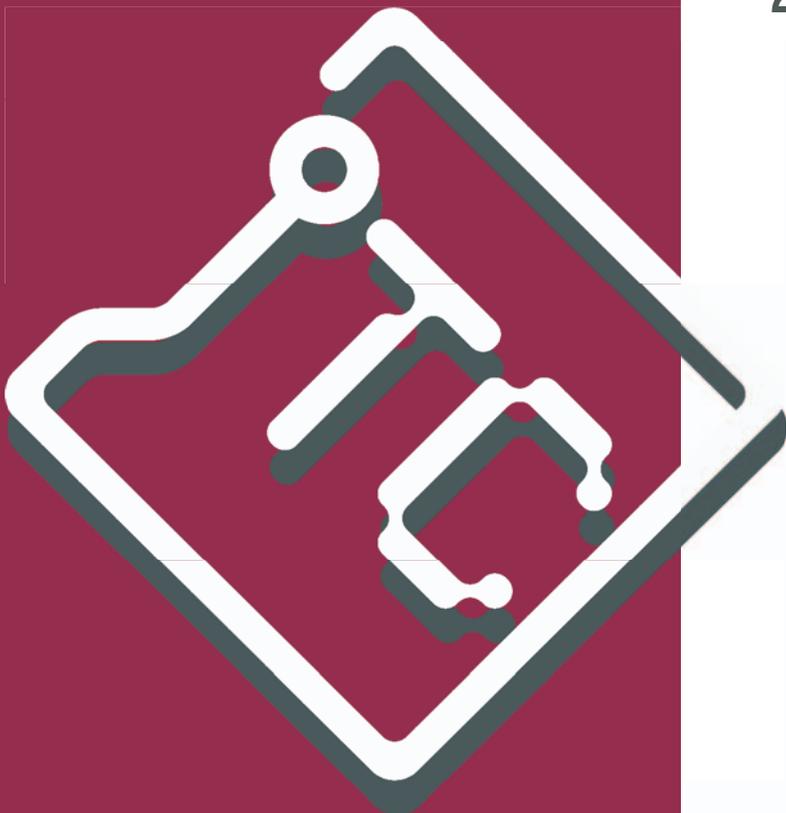


年報 第 10 号

2008 年度

Annual Report No.10

2008



東京大学情報基盤センター

Information Technology Center
the University of Tokyo

目 次

巻頭言	1
PART1 概 況	3
組 織	
組織図	5
職員数	5
教職員	6
平成 20 年度中の人事異動	10
東京大学情報基盤センター運営委員会委員名簿	13
予 算	14
収入・支出	14
外部資金	14
補助金等	16
平成 20 年度科学研究費採択状況	16
平成 20 年度受託研究費受入状況	17
平成 20 年度共同研究費受入状況	18
平成 20 年度政府系委託費受入状況	19
平成 20 年度奨学寄附金受入状況	20
PART2 研究活動報告	21
情報メディア教育研究部門	23
情報メディア教育研究部門概要	25
柴山 悦哉	28
ソフトウェアの安全性・信頼性とユーザビリティに関する研究	
田中 哲朗	33
ゲームプログラミングに関する研究	
関谷 貴之	36
教育支援システムの開発と運用—講義データベース—	
丸山 一貴	41
web 閲覧支援とプログラミング支援の研究	
図書館電子化研究部門	45
図書館電子化研究部門概要	47
中川 裕志	53
機械学習とそのテキスト処理への応用	
二宮 崇	63
自然言語構文解析と英文読解支援	

吉田 稔	71
高度テキスト分析システムの実現に向けて—テキスト中の数値表現検索—	
清田 陽司	81
多様な情報資源の架け橋としての Wikipedia の活用	
清水 伸幸	89
知識発見と機械翻訳の自然言語処理要素技術—同義語獲得、自動用語抽出&トピック分類、品詞タグ付け—	
吉田 和弘	94
生医学文献の固有表現認識 文字列検索に基づく同義語抽出の評価実験 Wikipedia へのトピックモデルの適用	
キャンパスネットワーク研究部門	103
キャンパスネットワーク研究部門概要	
若原 恭	111
ネットワークの設計・運用・保守・管理の合理化を図る技術—アドホックネットワーク、車車間通信、ネットワークセキュリティ、P2P ネットワーク—	
中山 雅哉	120
広域分散環境の高度基盤技術に関する研究	
小川 剛史	124
実空間における状況認識およびデータ送受信に関する研究	
関谷 勇司	135
DNS の信頼性ならびに耐障害性の分析とその向上に関する研究	
中村 文隆	146
ネットワークシミュレーションの信頼性	
中村 誠	148
教職員のための情報共有サイトの開発と高品質なインターネット中継システムの研究	
加藤 朗	151
DNS の安定な運用に関する研究	
スーパーコンピューティング研究部門	155
スーパーコンピューティング研究部門概要	
中島 研吾	171
大規模並列シミュレーション手法に関する研究、教育	
金田 康正	187
スーパーコンピューターに基づく大規模数値計算に関する研究	
石川 裕	200
次世代コンピュータシステムの研究開発—シームレス実行時環境、ディペンダブルシステム—	
佐藤 周行	210
言語処理系とサービス体系におけるセキュリティ保証の研究 Optimization Verifying Compiler, Document Carrying Authorization, and LoA of Services	
田浦 健次朗	217
大規模データ処理のための生産性・移植性の高い実行環境	

黒田 久泰	222
多倍長整数同士の積の高速化に関する研究及び電力消費量を抑えた線形数値計算ライブラリに関する研究	
松葉 浩也	229
HA8000 クラスタシステムの有効活用のための研究開発および運用支援	
掘 敦史	239
クラスタに向けたプログラミング環境の研究	
片桐 孝洋	249
ソフトウェア自動チューニングおよび高性能数値計算ライブラリの研究と HPC 教育	
吉廣 保	261
先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス	
渡辺 宙志	264
マルチスケールな現象の直接計算—新しい大規模並列化手法と効率的な実装—	
鴨志田 良和	272
大規模分散計算環境を活用するソフトウェア	
藤田 肇	282
ディペンダブルな単一システムイメージ OS	
PKI プロジェクト	293
西村 健	295
ネットワーク上の認証の安全性検証と認証基盤の構築	
PART3 教育・サービス活動報告	301
情報メディア教育部門	303
情報メディア教育部門概要	305
教育用計算機システム運用報告	306
学内組織向けメールサーバ(MAILHOSTING)運用報告	315
WEB PARK サービス運用報告(2008年4月—2009年3月)	318
遠隔講義支援サービス運用報告(2008.4—2009.3)	332
CFIVE 運用報告(2008年4月—2009年3月)	336
図書館電子化部門	341
図書館電子化部門概要	343
デジタルコンテンツサービス	344
学術情報リテラシー支援	347
図書館関係システム運用・管理	354
キャンパスネットワーキング部門	359
キャンパスネットワーキング部門概要	361
東京大学キャンパスネットワークシステム(UTnet3)の運用管理	364
セキュリティ対応	373
東京大学情報システム緊急対応チーム(UT-CERT)との連携	376
学内ソフトウェアライセンス	378

スーパーコンピューティング部門	379
スーパーコンピューティング部門概要.....	381
スーパーコンピューティング業務.....	384
講習会.....	393
シンポジウム・研究会.....	396
研究プロジェクト.....	399
先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス	406
文部科学省先端研究施設共用イノベーション創出事業【産業戦略利用】	
HA8000 クラスタシステムの企業利用支援	412
PKI プロジェクト	415
PKI プロジェクト概要.....	417
UT-CA（学内 CA）の運用	418
TRA（サーバ証明書学内登録局）の運用.....	419
AAO における学内 IdP の運用	420
学外からのアクセスのための SSL-VPN ゲートウェイの運用.....	421
セキュリティに関する啓発活動.....	422
PART4 その他	425
平成 20 年度委員会委員等.....	427
平成 20 年度講習会・セミナー.....	430
平成 20 年度報道関係一覧.....	436

巻 頭 言

東京大学情報基盤センター長 米澤明憲

平成20年度の年報をお届けします。これは、昨年度の当センターの研究・業務・その他の活動を比較的詳細に皆様にお知らせするものです。前年度と比べて、その活動はより一層充実したものになったと自負しておりますので、この年報をご覧になっていただければ幸いです。

この年報が発行されるころには、正式の発表がなされているはずですが、当センターは平成22年4月より、文部科学省が認定した「学際大規模情報基盤」共同利用・共同研究拠点となります。これまでの全国共同利用センターから研究活動にもうすこし重点を置くセンターとして再発足いたします。これまでの業務活動はそのまま同じ規模で継続されますが、それに加えて公募型の共同研究の実施を含め、より研究的色彩がセンターの活動のなかで強められる予定です。平成21年度（本年度）はそれへの移行期間ともなります。

この共同拠点は、とくにネットワーク型と呼ばれる形式のもので、複数の施設が緊密な連携のもとに、指定された学術領域の拠点として共同利用・共同研究を通じて、その分野の学術の発展に貢献しようとするものであります。実際、本ネットワーク型拠点は、

北海道大学情報基盤センター
東北大学サイバーサイエンスセンター
東京大学情報基盤センター
東京工業大学学術国際情報センター
名古屋大学情報基盤センター
京都大学学術情報メディアセンター
大阪大学サイバーメディアセンター
九州大学情報基盤研究開発センター

の8施設から構成されています。このネットワーク型拠点の中核機関となった東京大学情報基盤センターには、共同利用・共同研究の運営等に責任をもつ、拠点運営委員会が設置されます。また上記各施設は、これまでの全国共同利用施設としての機能に加え、それぞれ共同利用・共同研究拠点としての使命をもつことになるわけです。

このような組織の変革がともなう時期の年報であるので、異例の巻頭言となりましたことをお断りするとともに、本年報の編集にあたっては、担当された片桐先生の大変なご努力により迅速に出来上がったことをご報告して、同先生と編集委員の方々にあらためて感謝いたします。

平成21年5月吉日

PART 1

概 況

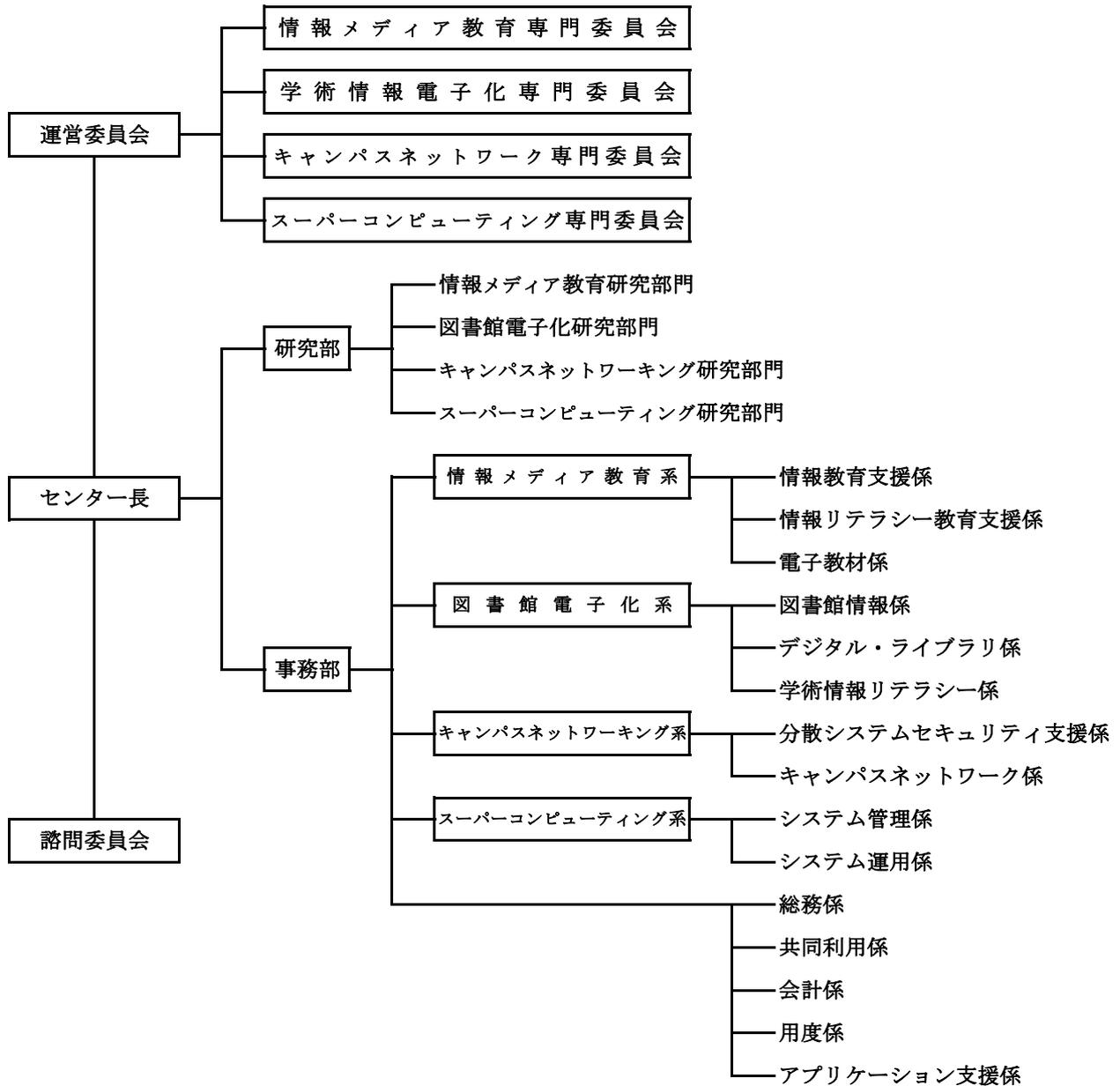
組 織

予 算

補助金等

組 織

組織図



職員数

H21. 3. 31

	専任	兼務	特任	合計
センター長		1		1
教授	5	1	2	8
准教授	3	2	2	7
講師	3		1	4
助教	7		4	11
研究員			1	1
事務職員	21			21
技術職員	26			26
事務補佐員	9			9
技術補佐員	5			5
派遣職員	4			4
合計	83	4	10	97

教職員

平成 21 年 3 月 31 日現在

情報基盤センター長 米 澤 明 憲
(情報理工学系研究科教授)

秘書(事務補佐員) 渡 邊 かがり

研究部

情報メディア教育研究部門

教 授 柴 山 悦 哉

准教授 田 中 哲 朗

助 教 関 谷 貴 之

助 教 丸 山 一 貴

図書館電子化研究部門

教 授 中 川 裕 志

講 師 二 宮 崇

助 教 吉 田 稔

助 教 清 田 陽 司

特任助教 清 水 伸 幸

特任研究員 吉 田 和 弘

事務補佐員 吉 富 美 樹

技術補佐員 赤 田 沙 織

キャンパスネットワーク研究部門

教 授 若 原 恭

准教授 中 山 雅 哉

講 師 小 川 剛 史

講 師 関 谷 勇 司

助 教 中 村 文 隆

助 教 中 村 誠

特任教授 加 藤 朗

事務補佐員 川 崎 しのぶ

事務補佐員 吉 澤 文 代

スーパーコンピューティング研究部門

教 授 中 島 研 吾

教 授 金 田 康 正

教 授(兼務) 石 川 裕

准教授	佐藤周行
准教授(兼務)	田浦健次朗
准教授(兼務)	黒田久泰
助教	松葉浩也
特任教授	堀敦史
特任准教授	片桐孝洋
特任准教授	吉廣保
特任講師	渡辺宙志
特任助教	鴨志田良和
特任助教	藤田肇
事務補佐員	亀田文美代
事務補佐員	高橋弘美

PKIプロジェクト

特任助教	西村健
事務補佐員	伊東雅美

事務部

事務長	大星敏明
副事務長	大塚浩一
(総務担当)	
副事務長	大日方一男
主査	佐藤安一郎
(情報業務担当)	
主査	西澤明生
(共同利用担当)	
主査	早野裕士
(情報基盤整備担当)	
主査	平野光敏
(スーパーコンピューティング担当)	

総務係

係長	米山浩
主任	灰塚毅弘
技術職員	佐々木一孝
事務補佐員	麦谷真弓
技術補佐員	阿部大

共同利用係

係長 (共同利用担当主査 兼務)
主任 草 開 泰 之
派遣職員 渡 邊 三知世

会計係

係長 野 呂 清 隆
主任 木 崎 信 一

用度係

係長 大 橋 公一郎
主任 入 江 健 司
主任 岡 戸 彰 二
一般職員 三 上 匠

[事務電算化系] チーフ 佐 藤 安一郎
アプリケーション支援係

係長 岩 崎 直 樹

[情報メディア教育系] チーフ 早 野 裕 士
情報教育支援係

係長 増 田 均
主任 山 本 和 男
技術補佐員 宮 北 美 保
派遣職員 後 閑 直 子
派遣職員 鈴 木 祐 一

情報リテラシー教育支援係

係長 松 岡 喜美代
主任 佐々木 馨
主任 田 川 善 教
技術職員 安 部 達 巳

電子教材係

係長 柏 芳 美
主任 坂 井 朱 美
技術職員 岩 藤 健 弘
技術補佐員 加 藤 康 一
技術補佐員 永 岡 陽 香

[図書館電子化系] チーフ 本 多 玄

図書館情報係

係 長 本 多 玄
一般職員 坂 牧 一 博
一般職員 小 松 陽 一

デジタル・ライブラリ係

係 長 嶋 邦 宏
一般職員 小野澤 さわ子
一般職員 赤 津 愛 美

学術情報リテラシー係

係 長 森 田 美由紀
一般職員 濱 田 智恵子
事務補佐員 笹 原 可 恵

[キャンパスネットワーク系] チーフ 早 野 裕 士

分散システムセキュリティ支援係

係 長 椿 山 惣一郎
技術職員 小 藺 隆 弘
派遣職員 棚 瀬 和 彦

キャンパスネットワーク係

係 長 中 山 仁 史
技術職員 友 西 大
技術職員 松 本 浩 一

[スーパーコンピューティング系] チーフ 平 野 光 敏

専門職員 丹 下 藤 夫
専門職員 石 崎 勉

システム管理係

係 長 宮 寄 洋
技術職員 佐 藤 孝 明
一般職員 諏 佐 賢 司

システム運用係

係 長 有 賀 浩
主 任 佐 島 浩 之

平成20年度中の人事異動

(転入・昇任・配置換等)

20. 4. 1	柴山悦哉	情報メディア教育研究部門教授／東京工業大学教授から
20. 4. 1	中島研吾	スーパーコンピューティング研究部門特任教授／新規 (任期 20. 4. 1～26. 3. 31)
20. 4. 1	鴨志田良和	スーパーコンピューティング研究部門特任助教／新規 (任期 20. 4. 1～23. 3. 31)
20. 4. 1	藤田肇	スーパーコンピューティング研究部門特任助教／新規 (任期 20. 4. 1～24. 3. 31)
20. 4. 1	吉田和弘	図書館電子化研究部門特任研究員／新規 (任期 20. 4. 1～23. 3. 31)
20. 4. 1	加藤朗	キャンパスネットワークング研究部門特任教授／新規 (任期 20. 4. 1～22. 3. 31)
20. 4. 1	大星敏明	事務長／柏地区事務部新領域担当課長から
20. 4. 1	大橋公一郎	用度係長／国立情報学研究所会計課経理チーム係長から
20. 4. 1	松岡喜美代	情報リテラシー教育支援係長／放送大学情報システム課専門職員から
20. 4. 1	中山仁史	キャンパスネットワーク係長／国立教育政策研究所教育研究情報センター情報支援課データベース・情報提供係長から
20. 4. 1	宮寄洋	システム管理係長／国立特別支援教育総合研究所研修情報課情報管理係長から
20. 4. 1	諏佐賢司	システム管理係／日本学術振興会企画情報課から
20. 4. 1	安部達巳	情報リテラシー教育支援係／新規
20. 4. 1	岩藤健弘	電子教材係／新規
20. 4. 1	小藪隆弘	分散システムセキュリティ支援係／新規
20. 4. 1	大塚浩一	副事務長(総務担当)／専門員から
20. 4. 1	平野光敏	主査(スーパーコンピューティング担当)／情報教育支援係長から
20. 4. 1	増田均	情報教育支援係長／情報リテラシー教育支援係長から
20. 4. 1	佐々木馨	情報リテラシー教育支援係主任／キャンパスネットワーク係主任から
20. 4. 1	坂井朱美	電子教材係主任／電子教材係から
20. 4. 1	友西大	キャンパスネットワーク係／情報リテラシー教育支援係から
20. 4. 1	佐藤孝明	システム管理係／電子教材係から

20. 7. 1	田 浦 健次朗	スーパーコンピューティング研究部門准教授（兼務）
20. 7. 1	森 田 美由紀	学術情報リテラシー係長／国立女性教育会館情報課情報係長から
20. 7. 1	岩 崎 直 樹	アプリケーション支援係長／大学入試センター事業部事業第三課専門職員から
20. 7. 1	小野澤 さわ子	デジタル・ライブラリ係／理学系研究科物理学科事務室から
20. 7. 1	関 谷 勇 司	キャンパスネットワーク研究部門講師／キャンパスネットワーク研究部門助教から
20. 7. 1	佐 藤 安一郎	アプリケーション支援係長（免）／アプリケーション支援係長（命）
20. 7. 1	木 崎 信 一	会計係主任／共同利用係主任から
20. 7. 1	入 江 健 司	用度係主任／アプリケーション支援係主任から
20. 8. 1	渡 辺 宙 志	スーパーコンピューティング研究部門特任講師／新規（任期 20. 8. 1～25. 3. 31）
20.10. 1	堀 敦 史	スーパーコンピューティング研究部門特任教授／新規（任期 20.10. 1～23. 3. 31）
20.10. 1	笹 原 可 恵	学術情報リテラシー係事務補佐員／新規
20.12. 1	中 島 研 吾	スーパーコンピューティング研究部門教授／新規
21. 1. 1	阿 部 大	総務係技術補佐員／新規
21. 3. 1	黒 田 久 泰	スーパーコンピューティング研究部門准教授（兼務）

（転出・退職等）

20. 4. 1	佐 藤 文 俊	スーパーコンピューティング研究部門准教授／生産技術研究所教授へ
20. 4. 1	富 田 正 明	主査（予算執行担当）／アイソトープ総合センター主査へ
20. 4. 1	中 村 昇 平	キャンパスネットワーク係長／文部科学省大臣官房国際課専門職／（併）内閣府国立公文書館アジア歴史資料センター事業第二係長へ
20. 4. 1	井 爪 健 雄	システム管理係長／放送大学学園情報システム課専門職員へ
20. 4. 1	小 林 拓 志	会計係主任／附属図書館総務課管理係長へ
20. 4. 1	佐 野 徹	分散システムセキュリティ支援係主任／国立青少年教育振興機構総務企画課情報システム係長へ
20. 4. 1	石 崎 勉	システム管理係主任／専門職員へ（文部科学省研究振興局情報課研修生）

20. 7. 1	吉野明美	学術情報リテラシー係長／放送大学学園教務部図書情報課情報サービス係長へ
20. 7. 1	伊藤真之	情報教育支援係技術専門職員／大学入試センター事業部事業第三課専門職員へ
20. 7. 1	西村昭子	デジタル・ライブラリ係／国立女性教育会館情報課専門職員へ
20. 7. 1	大島大輔	アプリケーション支援係／分子細胞生物学研究所財務会計チームへ
20. 8. 31	王玉馨	図書館電子化研究部門特任研究員／辞職
20.11. 30	中島研吾	スーパーコンピューティング研究部門特任教授／辞職
21. 1. 1	黒田久泰	スーパーコンピューティング研究部門助教／愛媛大学理工学研究科准教授
21. 3. 31	西村健	産学官連携研究員（特任助教）／任期満了
21. 3. 31	佐藤安一郎	主査（情報業務担当）／定年退職
21. 3. 31	赤田沙織	図書館電子化部門技術補佐員／任期満了

東京大学情報基盤センター運営委員会委員名簿

任期：平成19年4月1日～平成21年3月31日

平成20年4月1日現在

氏 名	所 属 ・ 職 名	適 用
米 澤 明 憲	情報基盤センター長	規則第3条第1号
金 田 康 正	情報基盤センター・教授	規則第3条第2号
中 川 裕 志	情報基盤センター・教授	規則第3条第2号
若 原 恭	情報基盤センター・教授	規則第3条第2号
柴 山 悦 哉	情報基盤センター・教授	規則第3条第2号
鈴 木 宏 正	先端科学技術研究センター・教授	規則第3条第3号
太 田 勝 造	大学院法学政治学研究科・教授	規則第3条第3号
平 尾 公 彦	大学院工学系研究科・教授	規則第3条第3号
堀 浩 一	大学院工学系研究科・教授	規則第3条第3号
佐 藤 隆 夫	大学院人文社会系研究科・教授	規則第3条第3号
青 木 秀 夫	大学院理学系研究科・教授	規則第3条第3号
矢 島 美 寛	大学院経済学研究科・教授	規則第3条第3号
山 口 和 紀	大学院総合文化研究科・教授	規則第3条第3号
山 口 泰	大学院総合文化研究科・教授	規則第3条第3号
相 田 仁	大学院工学系研究科・教授	規則第3条第3号
石 川 裕	大学院情報理工学系研究科・教授	規則第3条第3号
喜連川 優	生産技術研究所・教授	規則第3条第3号
西 郷 和 彦	附属図書館長	規則第3条第4号

オブザーバー 萩谷昌巳 総長補佐（情報理工学系研究科教授）

予 算

収入・支出

平成20年度決算額

収入

区 分	決算額 (千円)
寄 附 金 収 入	17,078
受託研究費等収入	212,694
自 己 収 入	94,368
計	324,140

支出

区 分	決算額 (千円)
人 件 費	486,326
物 件 費	4,039,170
計	4,525,496

外部資金

1)奨学寄附金受入(平成20年度)

内 訳	受入件数	受入額 (千円)
情報メディア教育研究部門	2	16,578
図書館電子化研究部門		
キャンパスネットワーク研究部門	1	500
スーパーコンピューティング研究部門		
計	3	17,078

2)受託研究(平成20年度)

内 訳	受入件数	受入額 (千円)
情報メディア教育研究部門		
図書館電子化研究部門	1	3,232
キャンパスネットワーク研究部門	2	44,950
スーパーコンピューティング研究部門	2	34,372
計	5	82,554

3) 共同研究(平成20年度)

内 訳	受入件数	受入額 (千円)
情報メディア教育研究部門		
図書館電子化研究部門	1	3,000
キャンパスネットワーク研究部門	1	1,540
スーパーコンピューティング研究部門	4	4,500
計	6	9,040

4) 政府系委託費(平成20年度)

内 訳	受入件数	受入額 (千円)
情報メディア教育研究部門		
図書館電子化研究部門	1	15,600
キャンパスネットワーク研究部門		
スーパーコンピューティング研究部門	2	105,500
計	3	121,100

5) 科学研究費補助金(平成20年度)

内 訳	受入件数	受入額 (千円)
情報メディア教育研究部門	1	11,200
図書館電子化研究部門	4	11,160
キャンパスネットワーク研究部門	2	2,600
スーパーコンピューティング研究部門	3	15,982
計	10	40,942

補助金等

平成20年度 科学研究費採択状況

研究代表者	教授 柴山 悦哉
研究種目	特定領域研究
研究期間	平成18～22年度
研究課題	情報爆発に対応する高度にスケーラブルでセキュアなソフトウェア構成・更新様式
研究費	11,200,000円(平成20年度)
研究代表者	教授 中川 裕志
研究種目	特定領域研究
研究期間	平成19～20年度
研究課題	多言語Webテキストからの知識マイニングに関する研究
研究費	5,100,000円(平成20年度)
研究代表者	准教授 佐藤 周行
研究種目	基盤研究(B)
研究期間	平成20～22年度
研究課題	階層的なアルゴリズム選択機構を有する自動チューニング方式の研究
研究費	13,260,000円(平成20年度)
研究代表者	准教授 佐藤 周行
研究種目	萌芽研究
研究期間	平成20～21年度
研究課題	ワークフローの認証と証明によるPKIの応用拡大の研究
研究費	2,000,000円(平成20年度)
研究代表者	講師 二宮 崇
研究種目	若手研究(A)
研究期間	平成19～21年度
研究課題	主辞駆動句構造文法のための統計同期文法による機械翻訳
研究費	3,640,000円(平成20年度)
研究代表者	講師 小川 剛史
研究種目	若手研究(B)
研究期間	平成19～20年度

研究課題 放送型データ配信を用いた自律移動型センサネットワークに関する研究

研究費 2,210,000 円(平成 20 年度)

研究代表者 特任講師 渡辺 宙志

研究種目 若手研究 (B)

研究期間 平成 19～22 年度

研究課題 非ハミルトンダイナミクスにおける統計力学諸概念の力学からの基礎付け

研究費 722,358 円(平成 20 年度)

研究代表者 助教 清田 陽司

研究種目 若手研究 (B)

研究期間 平成 20～21 年度

研究課題 情報探索支援を目的としたハイブリッド情報資源オントロジー

研究費 1,820,000 円(平成 20 年度)

研究代表者 日本学術振興会特別研究員 佐藤 一誠

研究種目 特別研究員奨励費

研究期間 平成 20～22 年度

研究課題 確率的生成モデルにおけるノンパラメトリックベイズ学習と自然言語処理への応用 (受入研究者: 中川裕志)

研究費 600,000 円(平成 20 年度)

研究分担者 講師 小川 剛史

(研究代表者: 大阪大学理事副学長・西尾章治郎教授)

研究種目 基盤研究 (A)

研究期間 平成 17～20 年度

研究課題 センサネットワークのための高度データ処理基盤に関する研究

研究費 390,000 円(平成 20 年度)

平成 20 年度 受託研究費受入状況

研究代表者 教授 中川 裕志

相手機関名 (株) 富士通総研

研究期間 平成 20 年度

研究課題 情報大航海プロジェクトサービス共通技術の改良

研究費 3,232,230 円(平成 20 年度)

研究代表者 教授 若原 恭
相手機関名 大学共同利用機関法人情報・システム研究機構
研究期間 平成 20 年度
研究課題 最先端学術情報基盤構築事業「最先端学術情報基盤の構築に関する研究開発と調査」
研究費 37,800,000 円(平成 20 年度)

研究代表者 教授 石川 裕
相手機関名 (独) 科学技術振興機構
研究期間 平成 20 年度
研究課題 並列・分散型組込みシステムのためのディペンダブルシングルシステムイメージ OS
研究費 28,262,000 円(平成 20 年度)

研究代表者 教授 中島 研吾
相手機関名 (独) 科学技術振興機構
研究期間 平成 20 年度
研究課題 ペタスケール大規模並列シミュレーション用ミドルウェア構築
研究費 6,110,000 円(平成 20 年度)

研究分担者 准教授 中山 雅哉
(研究代表者：本学工学系研究科・藤野陽三教授)
相手機関名 (独) 科学技術振興機構
研究期間 平成 20 年度
研究課題 都市基盤広域センシングに関する手法・データ伝送と処理・統合リスク評価そしてフィールド適応に関する研究
研究費 7,150,000 円(平成 20 年度)

平成 20 年度 共同研究費受入状況

研究代表者 教授 中川 裕志
相手機関名 (株) 富士通研究所ソフトウェア&ソリューション研究所
研究期間 平成 20 年度
研究課題 テキストに出現する数値情報の意味解析に関する共同研究
研究費 3,000,000 円(平成 20 年度)

研究代表者 教授 石川 裕
相手機関名 (独) 国立環境研究所
研究期間 平成 20 年度

研究課題	大量ジョブの効率的な処理方式に関する研究
研究費	1,500,000円(平成20年度)
研究代表者	教授 石川 裕
相手機関名	(株)日立製作所中央研究所
研究期間	平成20年度
研究課題	高性能高可搬性ライブラリに関する研究
研究費	0円(平成20年度)
研究代表者	教授 石川 裕
相手機関名	(株)富士通研究所 I Tシステム研究所
研究期間	平成20年度
研究課題	単一実行時環境に関する研究
研究費	0円(平成20年度)
研究代表者	准教授 佐藤 周行
相手機関名	(株)KDDI研究所
研究期間	平成20年度
研究課題	大学電子認証基盤におけるプライバシー保護技術の研究
研究費	3,000,000円(平成20年度)
研究代表者	助教 中村 文隆
相手機関名	日本電信電話(株)サービスインテグレーション基盤研究所
研究期間	平成20年度
研究課題	P2Pネットワークにおけるユーザ行動の研究
研究費	1,540,000円(平成20年度)

平成20年度 政府系委託費受入状況

研究代表者	教授 石川 裕
相手機関名	文部科学省
研究期間	平成20年度
研究課題	先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス
研究費	54,000,000円(平成20年度)
研究代表者	教授 石川 裕
相手機関名	文部科学省
研究期間	平成20年度
研究課題	シームレス高生産・高性能プログラミング環境
研究費	51,500,000円(平成20年度)

研究分担者	教授 中川 裕志 (研究代表者：本学情報理工学系研究科・辻井潤一教授)
相手機関名	文部科学省
研究期間	平成 20 年度
研究課題	日中・中日言語処理技術の開発研究
研究費	15,600,338 円(平成 20 年度)

平成 20 年度 奨学寄附金受入状況

研究代表者	教授 柴山 悦哉
相手機関名	東工大からの転入による移し替え
目的	柴山悦哉の教育・学術研究助成のため
研究費	14,960,615 円

研究代表者	教授 柴山 悦哉
相手機関名	東工大からの転入による移し替え
目的	柴山悦哉の教育・学術研究助成及び学生の奨学のため
研究費	1,617,317 円

研究代表者	教授 若原 恭
相手機関名	富士重工業(株) スバル技術研究所
目的	ネットワーキング研究助成のため
研究費	500,000 円

PART 2

研究活動報告

情報メディア教育研究部門

図書館電子化研究部門

キャンパスネットワークング研究部門

スーパーコンピューティング研究部門

PKI プロジェクト

情報メディア教育研究部門

情報メディア教育研究部門概要

柴山 悦哉

ソフトウェアの安全性・信頼性とユーザビリティに関する研究

田中 哲朗

ゲームプログラミングに関する研究

関谷 貴之

教育支援システムの開発と運用

—講義データベース—

丸山 一貴

web閲覧支援とプログラミング支援の研究

情報メディア教育研究部門 概要

部門長 柴山悦哉

情報メディア教育研究部門は、情報メディア教育部門の研究部門であり、今年度は、教授1名、准教授1名、助教2名が在籍して以下にあげるような研究を行なった。

実運用システムの設計・改善等を直接の目的とした研究: 情報メディア教育部門が業務として運用している教育用計算機システムなどは、教育機関が管理運用するエンドユーザ向けの情報基盤としては、我が国の中でも有数の規模や複雑度を有する。そのため、既存のノウハウだけに頼っているだけでは、安定的かつ効率的な運用は不可能であり、研究として解決すべき課題も多い。また、この規模と複雑さのシステムの実運用から得られた知見やノウハウには、他の組織にとって有用なものも多く、これらを系統的な形にまとめて公開することが研究活動として意味を持つこともある。今年度は、昨年度末より運用を開始した教育用計算機システム (ECCS2008) の設計や運用に関係した次のような研究成果の発表を行なった。

- Mac OS X 用仮想マシンの導入による Windows 環境の構築 (田中)
- シンククライアント管理ツールの導入に運用の省力化 (関谷、丸山)

なお、最初のもは業務部門が中心となり、研究部門がサポートした成果である。

情報システムの構成や開発に関連した研究: 情報メディア教育部門が業務として運用しているシステムを直接的に対象とするものではなく、より一般的に、情報基盤を構築するための技術に関連した研究も行なわれている。今年度は以下のような研究成果の発表を行なった。

- Web アプリケーションのための脆弱性テストの自動化に関する研究 (柴山)
- プログラミングの支援に関する研究 (丸山)

情報メディアの使い勝手の向上に関連した研究: 情報メディア教育部門では、3万人を超えるエンドユーザを対象に情報基盤を提供している。システムのユーザビリティの向上や情報メディアに容易にアクセスするための支援は重要な課題であり、これに関連した技術の研究開発も行なわれている。今年度は次のような研究成果の発表を行なった。

- モバイルユビキタス環境のユーザインタフェースに関する研究 (柴山)
- 講義データベースに関する研究 (関谷)
- Web 閲覧支援の研究 (丸山)

特に2番目のものは教育支援に密接に関係しており、学内向けに提供しているサービスとも直接的に関係している。

その他の研究: 今年度は、コンピュータゲームに関する次のような研究開発成果を発表/公開した。

- オープンソース将棋プログラムの作成 (田中)
- パズルゲーム問題の自動生成に関する研究 (田中)

情報メディア教育研究部門 成果要覧

査読付論文

- [査読付 1] Kiyotaka Takahashi, Tetsuo Yamabe, Etsuya Shibayama: A Study on Modality Adaptation Support for Migrating Services, *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, Vol. 3, No. 2, pp. 35-48, 2008.
- [査読付 2] Thanh-Binh Dao, Etsuya Shibayama: Automatic Security Testing for Web Applications, *Proceedings of International Symposium on Engineering Secure Software and Systems, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 5429, pp. 180-184, 2009.
- [査読付 3] T. Sekiya, Y. Matsuda, and K. Yamaguchi, Systematization of Course Syllabi Based on LDA, SCIS & ISIS 2008, *Proceedings of Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems*, pp.166-171, Nagoya, 2008.
- [査読付 4] 平山慧, 丸山一貴, 寺田実: GutaGuta:受動的な動画視聴と発見のためのインタフェース, 第16回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2008), pp.107-108, 2008.
- [査読付 5] Kiyotaka Takasuka, Kazutaka Maruyama, Minoru Terada, Yoshikatsu Tada: Extracting Precise Activities of Users from HTTP Logs, *The 5th International Conference on Web Information Systems and Technologies (WEBIST2009)*, pp.341-346, 2009.

その他の発表論文

- [発表 1] 水野秀一, 田中哲朗: 計算機によるパズルゲーム I.Q の自動作成, 第3回エンターテイメントと認知科学シンポジウム, pp. 68-71, 東京, 2009年3月.
- [発表 2] 田中哲朗, 田川善教: マルチユーザ環境における仮想マシン上の Windows 環境の構築, 平成20年度情報教育研究集会, 北九州, 2008年12月.
- [発表 3] 安部達巳, 下村健, 妹川竜雄, 関谷貴之, 丸山一貴, 運用の省力化のためのシンクライアントシステム管理ツールの導入と評価, *情報処理学会研究報告 2009-IOT-004*, pp. 79-84, 2009.
- [発表 4] 佐藤和哉, 丸山一貴, 寺田実: CodeMusician: プログラマは作曲家?, *インタラクシオン 2009*, ポスター発表 D23, 2009.

公開ソフトウェア

- [公開 1] 金子知適, 田中哲朗, 副田俊介, 林芳樹, 竹内聖悟: osl-for-csa (バージョン 0.5), コンピュータ将棋協会のコンピュータ将棋選手権使用可能ライブラリ, 2009年1月.

特記事項

- [特記 1] 柴山悦哉: ソフトウェアセキュリティ技術の動向, *RCIS ワークショップ 2008*, 秋葉原コンベンションホール, 2008.
- [特記 2] 柴山悦哉, 鳥澤健太郎: 情報爆発時代の研究動向, *情報処理*, Vol. 49, No. 8, p. 11, 2008.

[特記 3] 柴山悦哉, 小野寺民也, 千葉滋, 所真裏理雄, 米澤明憲: パネル討論「イノベータが語るオブジェクトの世界 — いかに生まれ, 浸透し, そしてどこに向かうのか? —」, 情報科学技術フォーラム (FIT 2008), 2008.

[特記 4] Izuru Kume, Etsuya Shibayama: A Trace Analysis Approach to Comprehend Features in Object-Oriented Effect Systems, 奈良先端科学技術大学テクニカルレポート TR2009002, 2009.

[特記 5] GPS 将棋: 世界コンピュータ将棋選手権第 12 位, コンピュータ将棋協会, 2008 年 5 月.

ソフトウェアの安全性・信頼性とユーザビリティに関する研究

柴山悦哉

1 概要

ソフトウェアの社会基盤化が進み、我々の日常生活の隅々にまでソフトウェアが浸透するようになった今日、ソフトウェアの安全性・信頼性とユーザビリティの向上に対する要求が、以前にも増して強くなっている。そこで、これらの要求に応えるために、今年度は以下のような研究活動を行なった。

1. Web アプリケーションの脆弱性テスト技法に関する研究 ([査読付 2])
2. モバイルユビキタス環境のユーザインタフェースに関する研究 ([査読付 1])

最初のものはソフトウェアのセキュリティに関する研究であり、社会基盤を構成する Web アプリケーションの安全性向上に資するものである。一方、2 番目のものは、新しい時代に要求されるタイプのユーザビリティに関する研究である。また、プログラム理解のモデルに関する研究 ([特記 4]) も開始した。

2 Web アプリケーションのための脆弱性テストの自動化に関する研究

2.1 背景

Web アプリケーションは、一般的なインターネットのサーバアプリケーションと比べ比較的開発が容易である。これは、Web サーバや Web ブラウザなどの既存のインフラに多くを依存した形での開発が可能ためである。しかし、開発の容易さが、逆に、脆弱性を含んだ Web アプリケーションを多数生み出す原因となっている感もある。Web アプリケーション開発者の技術レベルは必ずしも高くないことが多い。また、少人数で短期間で開発することが多く、セキュリティ対策の専門家が開発チーム内に含まれる可能性も低い。そのため、高度な技術者の存在を前提としたセキュリティ対策は実効性が乏しい。

数年前までは、報告されたソフトウェアの脆弱性の中で、バッファオーバーフローなどの C 言語のメモリモデルに起因するバグが多数を占めていた。ところが、近年では、クロスサイトスクリプティングや SQL インジェクションのような Web アプリケーションに潜む脆弱性の件数の方が多くなっている。もちろん、単純な件数だけの比較が実態を正確に反映しているとは限らないが、Web アプリケーションに多くの深刻な問題が潜んでいることは間違いない。

Web アプリケーションの脆弱性対策を考えるときには、量の多さと質の低さを念頭におく必要がある。手作業で書き換えるには量が多すぎるし、開発者に高度な技能を要求する対策技術は、使える局面が限定される。ここで鍵となるのは、一般の開発者にも利用できるような自動化された検証あるいはテストの方式である。

2.2 内容

Web アプリケーションのエントリーポイント (ユーザのリクエストを最初に受け付けるページ群の URL) を与えるだけで、脆弱性の検知を自動的に行う方法を提案した。次のようなテクニックの組み合わせでこれを実現している。

- 攻撃ポイントの自動生成
- 攻撃リクエストの自動生成
- 脆弱性の自動判定

そして、PHP の処理系を改造して脆弱性の自動判定機能と実行時トレース情報の取得機能を追加するとともに、実行時トレース情報を利用して攻撃ポイントと攻撃リクエストを自動生成するシステムのプロトタイプを構築した。

以下の節では、上であげたテクニックについてもう少し詳しく説明する。説明の都合上、節の順番は上のリストとは少し異なる。

2.2.1 攻撃ポイントの自動生成

Web アプリケーションに対する外部からの入力は、HTTP のリクエストとして与えられる。したがって、攻撃用のリクエストを生成するためには、まず、攻撃の潜在的な対象となる URL を可能な限り自動生成することが望まれる。そこで、Web アプリケーションへのエントリーポイントとなる URL だけは手動で与え、そこからスタティックリンクやレスポンスに含まれるリンクをたどることで、エントリーポイント以外の攻撃対象の URL を自動的に発見する。

この方法では、エントリーポイントからたどりつけないコードのテストは行なえない。現実のアプリケーションには、このようなゴミが含まれていることもある。また、入力リクエストの自動生成が不十分で、コードカバレッジが低い場合にも同様の問題が生じる可能性がある。したがって、十分にコードカバレッジの高い入力リクエスト生成方式と組み合わせて用いる必要がある。

2.2.2 脆弱性の自動判定

動的なテイント追跡を細粒度で行うことで、Web アプリケーションに外部から与えられた一般には信用できないデータがセキュリティ上重要な箇所に影響を及ぼしていないかどうかを自動的に判定する。文字列の場合なら、Perl のテイントモードのように文字列全体を単位としてテイント追跡を行なうのではなく、1文字単位でテイント追跡を行なう。

SQL インジェクション攻撃の場合であれば、HTTP のリクエストに含まれる文字列などが外部から与えられるデータであり、SQL クエリの構文に影響を与える箇所にこれらのデータが直接的または間接的に到達するかどうかを自動的に判定される。テイント情報は、代入や関数呼び出しを介して文字単位で伝播して行く。

典型的な例として、プログラム中で次の式により SQL クエリーが作られる場合を考える。

```
"SELECT * FROM table WHERE user = ' " + name + "' "
```

name は、Web アプリケーションに外部から与えられた入力リクエストに含まれる文字列である。これが通常の名前であれば外部から与えられたものであっても特に問題はない。SQL クエリの構文に影響を与える箇所には外部から与えられた文字は到達しない。一方、シングルクオートなどのメタ文字を含むと、この式の意図に反したクエリが生成される。このような場合には、SQL クエリの構文に影響を与える箇所に、外部から与えられた文字が到達する。

ここで提案する手法は SQL インジェクションに特化したものではなく、攻撃のタイプごとに異なるセキュリティポリシーを定義することが可能である。ここでのセキュリティポリシーとは、一般的に

は信用できない外部から与えられたデータが、クエリ文字列などのセキュリティクリティカルなデータにどこまで影響を与えても良いかを定義するものである。SQL インジェクション攻撃の場合であれば、外部から与えられたメタ文字が SQL クエリに含まれることを禁止するようにセキュリティポリシーを定義すればよい。

セキュリティポリシーは、攻撃の種類ごとに決まり、アプリケーション毎に再定義する必要はない(ただし、SQL の仕様がベンダーによって微妙に異なるため、SQL インジェクションの場合、どうしても使用するデータベースサーバに依存する部分が残る)。したがって、この部分の定義を行なうのは、末端の開発者ではないと考えてよい。

2.2.3 攻撃リクエストの自動生成

攻撃用のリクエストとしては、まず攻撃の種類ごとに用意された少数の定型パターンを試みる。たとえば SQL インジェクションの場合、SQL のメタ文字を含む数種類程度のパターンを予め登録しておく。SQL に限らず、インジェクション系の攻撃に対するテストを行なうときには、ほぼ同様の手法を用いる。

なお、fuzz テスト用のツールでも、同様のパターンを予め登録するのが一般的である。しかし、fuzz テスト用のツールに比べ、登録すべきパターンは少なくとも構わない。これは、細粒度のテイント追跡により自動判定を行なうため、一般的な fuzz テスト用のツールよりも判定の精度が高いためである。

もちろん、これだけでは網羅的なテストにはほど遠い。そこで、セキュリティクリティカルな操作(たとえば、SQL クエリの発行)を行っている箇所に制御が到達するようなリクエストの自動生成を試みる。そのために、実行時に取得したトレース情報から、有望そうなリクエストをヒューリスティックに探索する。

まず、セキュリティクリティカルな操作がプログラム中のどこで行なわれるかは、多くの場合、静的に求めることができる。SQL インジェクションの場合であれば、SQL のクエリをデータベースサーバに対して送る箇所が問題になる。このようなセキュリティクリティカルな操作を実行するために、 $\$str == "mod"$ という条件式を持つ条件分岐で、この式の値が真になる必要がある場合を考える。このとき、リクエストに含まれる文字を微調整し、 $\$str$ の値が "mod" に近づくようにすればよい。

もう少し厳密に言うと、二つの文字列 str_1 と str_2 に対して、距離 $d(str_1, str_2)$ を次のように定義する。

$$\xi(str) = \sum_{i=0}^{strlen(str)-1} str[i] \times w^{strlen(str)-i-1}$$
$$d(str_1, str_2) = |\xi(str_1) - \xi(str_2)|$$

ここで、 w はアルファベットを構成する文字の個数である。そして、この距離が縮まる方向に探索を行い、リクエストを構成する文字列を修正する。

Web アプリケーションの場合、文字列の単純な比較や正規表現とのマッチなどにより条件が記されることが多い。そのため、このような文字列間の距離を近づける方向への文字列の修正を繰り返すことで、適切な入力リクエストを生成できるケースが比較的多い。

2.3 具体的成果

基本的なアイデアをまとめた論文を国際会議で発表した [査読付 2]。

この手法の有効性を評価するために、BugTraq に脆弱性の報告が行われている Web アプリケーションの中から無作為に 8 件(各アプリケーションのサイズは 1,486~22,872 行)を選び、脆弱性の自動検知を試みた。その結果、これら 8 件の Web アプリケーションから計 40 カ所の脆弱性を発見し、しかも false positive は 0 件であった。BugTraq に報告されていたのは、これらの 40 カ所のうち 15 カ所だけであった。

3 モバイルユビキタス環境のユーザインタフェースに関する研究

3.1 背景

モバイルユビキタス環境では、歩きながらの情報機器の利用など、一般的なデスクトップ環境とは異なるモードでの機器の利用形態がいろいろ考えられる。そして、多様な利用形態に合わせてアダプティブなユーザインタフェースが求められる。そこで、センサー情報を用いたユーザの状態の検出、その状態に応じた適切なデバイスと情報提供方式の選択を目標に、フレームワークの提案と基礎的な実験を行なった。

3.2 内容

提案したフレームワークでは、次のような作業の組み合わせにより、アダプティブなユーザインタフェースを構成する。

- ユーザの状態変化の検知
- サービスマイグレーション
- メディアコンバージョン

たとえば、Web ページに記載された情報を提供する場合、ユーザがデスクトップ PC の前に座っているなら、その情報を画面に表示すれば良い。しかし、ユーザが道を歩いている時には、モバイルデバイスの画面に表示するより、音声による読み上げなどの別の方法を用いた方が良い場合もある。ユーザの状態変化の検知は、情報提供のための適切なデバイスと情報の提示方法を変更するためのトリガーとして利用される。たとえば、今までデスクトップ PC の前に座っていたユーザが、立ち上がって歩き始めると、これがトリガーになる。そして、このトリガーにより利用すべきデバイスを変更すべきと判断された時、デバイス間でのサービスマイグレーションが行なわれる。さらに、画像データから音声データなどの提示方法の変化まで生じた時には、メディアコンバージョンも発生する。

このようなサービスマイグレーションとメディアコンバージョンを、どのように行なうと有効かを確認するための基礎データを得るために、簡単なユーザテストも行なった。6名の被験者に対し、ノート PC で閲覧していた Web ページを途中から携帯デバイスで閲覧するタスクを課した。なお、ノート PC では、テキスト表示により Web ページを閲覧し、携帯デバイスでは、テキスト表示と音声提示の両方を試みた。情報提供の有効性は、被験者に簡単なクイズに答えてもらい確認した。さらにアンケートによる主観評価も行なった。

現時点では、被験者が少ないため統計的に有意な議論を行なうのは難しい面もあるが、いくつかの知見が得られた。クイズへの解答の正答率は、テキスト表示が音声提示を上回っていた。ただし、主観評価で、音声合成システムに対する評価が非常に低かったため、最終的な結論を出すには至っていない。同じく主観評価では、サービスマイグレーションの有効性に対し、6名中5名までは、かなり好意的であった。

3.3 具体的成果

利用シナリオ、フレームワーク、ユーザテストの結果などをまとめた論文を学術雑誌で公表した [査読付 1]。

4 成果要覧

査読付論文

- [査読付 1] Kiyotaka Takahashi, Tetsuo Yamabe, Etsuya Shibayama: A Study on Modality Adaptation Support for Migrating Services, *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, Vol. 3, No. 2, pp. 35-48, 2008.
- [査読付 2] Thanh-Binh Dao, Etsuya Shibayama: Automatic Security Testing for Web Applications, *Proceedings of International Symposium on Engineering Secure Software and Systems*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5429, pp. 180–184, 2009.

特記事項

- [特記 1] 柴山悦哉: ソフトウェアセキュリティ技術の動向, RCIS ワークショップ 2008, 秋葉原コンベンションホール, 2008.
- [特記 2] 柴山悦哉, 鳥澤健太郎: 情報爆発時代の研究動向, 情報処理, Vol. 49, No. 8, p. 11, 2008.
- [特記 3] 柴山悦哉, 小野寺民也, 千葉滋, 所眞裏理雄, 米澤明憲: パネル討論「イノベータが語るオブジェクトの世界 — いかに生まれ, 浸透し, そしてどこに向かうのか? —」, 情報科学技術フォーラム (FIT 2008), 2008.
- [特記 4] Izuru Kume, Etsuya Shibayama: A Trace Analysis Approach to Comprehend Features in Object-Oriented Effect Systems, 奈良先端科学技術大学テクニカルレポート TR2009002, 2009.

ゲームプログラミングに関する研究

田中哲朗

1 概要

ゲームプログラミング研究の一環として、2003年から他研究室と共同でオープンソース将棋プログラムの開発を行っている。さまざまな改良を加えた結果、世界でもトップレベルに達することができた。

また、パズルゲームの問題評価に関する研究をおこなって、IQ というパズルゲームで乱数を使って作成した問題のうちから、ある程度良い問題を選び出すことを自動化できた。

2 オープンソース将棋プログラムの作成

2.1 背景

1997年に、チェスプログラムが初めて人間の世界チャンピオンを破るという事件が起きたが、将棋もあと数年で同様のレベルに達することが期待され、コンピュータ将棋に関する研究は一番面白い時期を迎えようとしている。

しかし、コンピュータ将棋の研究を始める際に超えなくてはならない障壁は小さくない。まず、将棋は駒の種類がチェスより多く、独自の持ち駒ルールや、打ち歩詰め、二歩等のルールなどのため、ルール通り指させるだけでも大変である。

また、ある程度の強さを持つプログラム上で評価しないと、意味のある結果が得られないが、終盤の詰め将棋など十分な強さを持つものをバグなしに作るのは難しい。

そのため、コンピュータ将棋研究の全体的なレベルアップを狙って、最初から公開する前提で将棋プログラムの開発を2003年からおこなっている。将棋プログラム名はGPS将棋で、開発メンバーは田中研究室の学生の他に、総合文化研究科の教員、学生、会社員などが加わっている。

2.2 内容

この将棋プログラム自体は2003年度から開発を開始し公開もしているが、2008年度は

- より多くの特徴に対応した高速な学習アルゴリズム
- SIMD命令を使った評価関数の高速化

などをテーマに改良をおこなった。

2.3 具体的成果

ライブラリはBSDライセンスで公開し、将棋プログラム全体はGPLで公開する形にした。これにより、純粋に研究目的の人も、あるいは商品売って儲けようという人もどちらも自由に使えるようにしながら、「コンピュータ将棋選手権何位」といった売り文句は使えないという形で公開することができた。

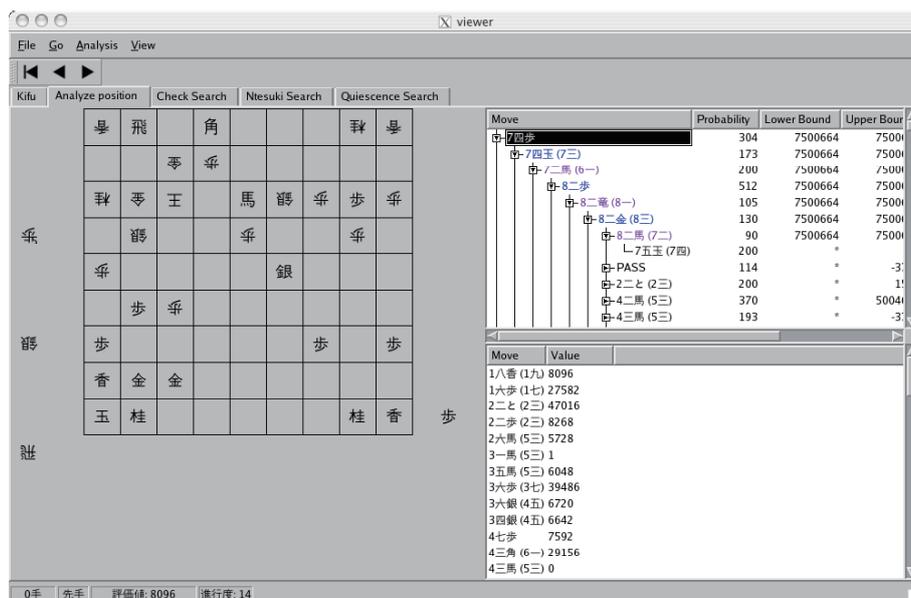


図 1: GPS 将棋の操作画面

作成したプログラム GPS 将棋 (図 1) は、5 月の世界コンピュータ選手権で決勝には進めなかったものの全体で 12 位という好成績をおさめた。

3 パズルゲーム問題の自動生成に関する研究

3.1 背景

コンピュータを使ったパズルゲームは、従来のパズルと比較して、物理的な制約に縛られずに自由にルールを決められるという特徴がある。コンピュータが身近になった 30 年ほど前から、様々なパズルゲームが考案され、コンピュータゲームの市場の中でも一分野として認められ、一定のシェアを維持している。

人間にとって面白いパズルゲームのルール、ステージデータを作成するためには、ゲームの面白さを評価する良い評価関数が不可欠である。しかし、良い評価関数を作るのは難しい。

3.2 内容

I.Q というパズルゲームは問題として成立する初期局面を作るのは容易だが、プレイして面白い初期局面を作るのは難しい。そこで、「面白さ」と関連が深いと思われる特徴を人間がいくつか設定し、それから計算される評価関数で面白い問題とそうでない問題を判別するという手法を提案する。特徴には、最適解の手順に関するものがあるので、最適解を求めるソルバーも作成した。

評価関数を作成するにはパラメータを決める必要があるが、パラメータは機械学習により決定することにする。そのためには、教師として人間の評価結果が必要になるが、I.Q のようなゲームでは十分な数の教師データを得るのが難しい。そこで、製品に含まれるステージデータを「面白い」問題と見なし、ランダム問題、近傍問題を「面白くない」問題と見なし、これを区別する二次判別関数を求める方法を提案した。

3.3 具体的成果

3 万以上のランダム問題を作った上で、得られた判別関数を用いて「面白い」と判別される問題を 100 個程度求めることができた。

4 成果要覧

その他の発表論文

[発表 1] 水野秀一, 田中哲朗: 計算機によるパズルゲーム I.Q の自動作成, 第 3 回エンターテイメントと認知科学シンポジウム, pp. 68-71, 東京, 2009 年 3 月.

[発表 2] 田中哲朗, 田川善教: マルチユーザ環境における仮想マシン上の Windows 環境の構築, 平成 20 年度情報教育研究集会, 北九州, 2008 年 12 月.

公開ソフトウェア

[公開 1] 金子知適, 田中哲朗, 副田俊介, 林芳樹, 竹内聖悟: osl-for-csa (バージョン 0.5), コンピュータ将棋協会のコンピュータ将棋選手権使用可能ライブラリ, 2009 年 1 月.

特記事項

[特記 1] GPS 将棋: 世界コンピュータ将棋選手権第 12 位, コンピュータ将棋協会, 2008 年 5 月.

教育支援システムの開発と運用

—講義データベース—

関谷 貴之

1 概要

広い意味で教育を支援するシステムとして、教育用計算機システムと学習管理システム CFIVE に関する開発と運用を行っている。また、講義データベースと題して、講義のシラバスを用いてカリキュラムを分析する研究を行っている。その他、プログラミング教育の支援や成績データの分析なども行っている。

2 講義データベース

2.1 背景

教材や論文のレポジトリ、オンラインシラバスという形で電子化されたコンテンツが大量に存在する現在、コンテンツの検索や類似度を算出する研究は広く行われている。これに対して、コンテンツが対象とする分野の範囲や、その分野の中でのコンテンツの位置づけを全体的に把握する研究は比較的少ないと考えられる。そこで、コンテンツに含まれる単語の分布を分析して、カリキュラムの設計に活用するための研究を行っている。

2.2 内容

2008 年度は、Latent Dirichlet Allocation(LDA) を用いて、海外の大学の情報教育に関わるカリキュラムの分析を試みた。

2.2.1 カリキュラムの分析方法

本研究では、シラバスの文章が講義の特徴を表しているとの仮定の下で、多数のシラバスで構成されるカリキュラムの分析において、シラバスのマップを作成することで、カリキュラムの構造を可視化することを試みた。

カリキュラム構造の可視化においては、シラバスの可視化のための基準を設けること、シラバス同士の関連度が可視化された空間内の距離などに反映されること、異なるカリキュラムを同一のマップに示すことの3つの条件が満たされねばならない。

この条件を満たすために次の分析方法を用いた。

1. 基準となるカリキュラムのシラバス中の単語の出現頻度のデータを、LDA を用いて分析することで、カリキュラムを特徴付けるトピック、ならびにトピックと単語との関連度を得る。
2. 次に分析対象となるカリキュラムのシラバス中の単語の出現頻度のデータを、再び LDA を用いることで1で求めた基準となるトピックと関連づける。これによって、分析対象となるシラバスと基準となるトピックとの関連度が得られる。
3. 2の結果を Isomap を用いて次元を落として平面上にプロットする。

表 1: CS2008 の Knowledge Area と Knowledge Unit

DS: Discrete Structures DS/FunctionsRelationsAndSets, DS/BasicLogic, DS/ProofTechniques, ...
PF: Programming Fundamentals PF/FundamentalConstructs, PF/AlgorithmicProblemSolving, ...
AL: Algorithms and Complexity AL/BasicAnalysis, AL/AlgorithmicStrategies, AL/FundamentalAlgorithms, ...
AR: Computer Architecture AR/DigitalLogic, AR/DataRepresentation, AR/AssemblyLevelOrganization, ...
OS: Operating Systems OS/OverviewOfOperatingSystems, OS/OperatingSystemPrinciples, ...
NC: Net Centric Computing NC/Introduction, NC/NetworkCommunication, NC/NetworkSecurity, ...
PL: Programming Languages PL/Overview, PL/VirtualMachines, PL/BasicLanguageTranslation, ...
HC: Human-Computer Interaction HC/Foundations, HC/BuildingGUIInterfaces, HC/UserCenteredSoftwareEvaluation, ...
GV: Graphics and Visual Computing GV/FundamentalTechniques, GV/GraphicSystems, GV/GraphicCommunication, ...
IS: Intelligent Systems IS/FundamentalIssues, IS/BasicSearchStrategies, IS/KnowledgeBasedReasoning, ...
IM: Information Management IM/InformationModels, IM/DatabaseSystems, IM/DataModeling, ...
SP: Social and Professional Issues SP/HistoryOfComputing, SP/SocialContext, ...
SE: Software Engineering SE/SoftwareDesign, SE/UsingAPIs, SE/ToolsAndEnvironments, ...
CN: Computational Science CN/ModelingAndSimulation, CN/OperationsResearch, CN/ParallelComputation

2.2.2 CS2008 を基準としたカリキュラムの分析

本研究では、情報教育に関わるカリキュラムの分析を試みた。そこで、2.2.1 節で分析方法の第一段階として述べた基準となるカリキュラムとして、ACM Education Board と IEEE Computer Society 's Education が提案している computer science のカリキュラムモデル (CS2008) を用いた。CS2008 は、教育内容を大きく分類する 14 個の Knowledge Area と、area 毎に約 10 個、全体で約 140 個の講義に相当する Knowledge Unit で構成される。表 1 に Knowledge Area(表中の太文字) と Knowledge Unit の名称の一部を示す。

CS2008 では、異なる area でもよく似た unit も存在するため、本研究では LDA を用いて 10 個の Topic に分類した。分類した Topic に含まれる area と主な単語を表 2 に示す。

2.2.3 MIT のカリキュラムの分析

2.2.2 節に示した CS2008 の Topic に基づいて、MIT の computer science に関連がある 299 個の講義を分析した。具体的には、“Electrical Engineering and Computer Science” と “Mathematics” の 2 つの学部について、OpenCourseWare(OCW) として公開されているページからシラバスを取得して

表 2: CS2008 から抽出した Topic と単語の関係

1	SE software, system, engineering, development, tool, requirement, applicable, design, method, approach
2	GV and HC computer, graphic, image, information, technique, model, visualization, user, design, visual
3	DS structure, discrete, computer, science, theory, material, formal, proof, graph, topic
4	AL and IM algorithm, system, software, efficiency, programming, language, information, explain, performance, particular
5	NC, IM, and HC network, concept, computing, datum, protocol, system, application, web, technology, involve
6	IS system, learning, agent, planning, search, algorithm, method, reasoning, machine, AI
7	SP course, ethical, issue, computing, technical, student, social, context, understand, impact
8	PF and PL language, programming, computer, program, core, unit, paradigm, datum, science, basic
9	AR and CN computer, architecture, program, computing, topic, system, understand, level, student, performance
10	OS and HC system, operating, design, topic, implementation, internal, explain, hardware, device, algorithm

分析対象とした。表 3 は、LDA による分析の結果として MIT の講義を表 2 に示した Topic に割り当てたものである。また、図 1 は Isomap を用いて講義を図示したものである。この図表から次のような点が読み取れる。

- 比較的多くの講義が Topic 3,4,5,9 (CS2008 における DS, AL, IM, NC, AR, CN) に関連があるが、Topic 10 (OS) に関する講義は少ない。
- Topic 8 (PF:Programming Fundamentals, PL:Programming Language) に分類される講義 “6.25J Nonlinear Programming” は Topic 3 (DS:Discrete Structures) の講義の近くに配置されている。シラバスからは、この講義が非線形最適化問題を取り扱い、計算機を用いた具体的な解法だけでなく、問題の理論的な側面を取り扱っており、そのためこのような配置になっていると推測される。

2.3 具体的成果

講義シラバスをもちいたカリキュラムの分析手法として、LDA と isomap を用いた可視化手法の可能性を示した。なお成果の一部は [査読付 1] で発表した。

3 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] T. Sekiya, Y. Matsuda, and K. Yamaguchi, Systematization of Course Syllabi Based on LDA, SCIS & ISIS 2008, Proceedings of Joint 4th International Conference on Soft

Computing and Intelligent Systems and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems, pp.166–171, Nagoya, 2008.

その他の発表論文

[発表 1] 安部 達巳, 下村 健, 妹川 竜雄, 関谷 貴之, 丸山 一貴, 運用の省力化のためのシンククライアントシステム管理ツールの導入と評価, 情報処理学会研究報告 2009-IOT-004, pp. 79–84, 2009.

表 3: MIT の講義と Topic との関係

1	6.930:Management in Engineering, 6.938:Engineering Risk-Benefit Analysis, 6.163:Strobe Project Laboratory, 6.871:Knowledge-Based Applications Systems, 6.780:Semiconductor Manufacturing
2	6.837:Computer Graphics, 18.965:Geometry of Manifolds, 6.801:Machine Vision, 6.866:Machine Vision, 18.994:Seminar in Geometry
3	18.175:Theory of Probability, 18.103:Fourier Analysis - Theory and Applications, 18.315:Combinatorial Theory, 18.314:Combinatorial Analysis, 6.630:Electromagnetics
4	18.415J:Advanced Algorithms, 6.854J:Advanced Algorithms, 6.830:Database Systems, 18.433:Combinatorial Optimization, 18.416J:Randomized Algorithms
5	6.263J:Data Communication Networks, 6.452:Principles of Wireless Communications, 6.829:Computer Networks, 6.013:Electromagnetics and Applications, 6.092:Bioinformatics and Proteomics
6	6.541J:Speech Communication, 6.034:Artificial Intelligence, 6.864:Advanced Natural Language Processing, 6.825:Techniques in Artificial Intelligence (SMA 5504), 6.804J:Computational Cognitive Science
7	6.901:Inventions and Patents, 6.071J:Introduction to Electronics, Signals, and Measurement, 6.912:Introduction to Copyright Law, 6.805:Ethics and the Law on the Electronic Frontier, 6.806:Ethics and the Law on the Electronic Frontier
8	18.725:Algebraic Geometry, 6.252J:Nonlinear Programming, 18.906:Algebraic Topology II, 6.092:Java Preparation for 6.170, 6.189:A Gentle Introduction to Programming Using Python
9	6.443J:Quantum Information Science, 6.453:Quantum Optical Communication, 18.435J:Quantum Computation, 6.374:Analysis and Design of Digital Integrated Circuits, 6.338J:Applied Parallel Computing (SMA 5505)
10	6.828:Operating System Engineering, 18.125:Measure and Integration, 6.823:Computer System Architecture, 6.033:Computer System Engineering (SMA 5501), 18.034:Honors Differential Equations

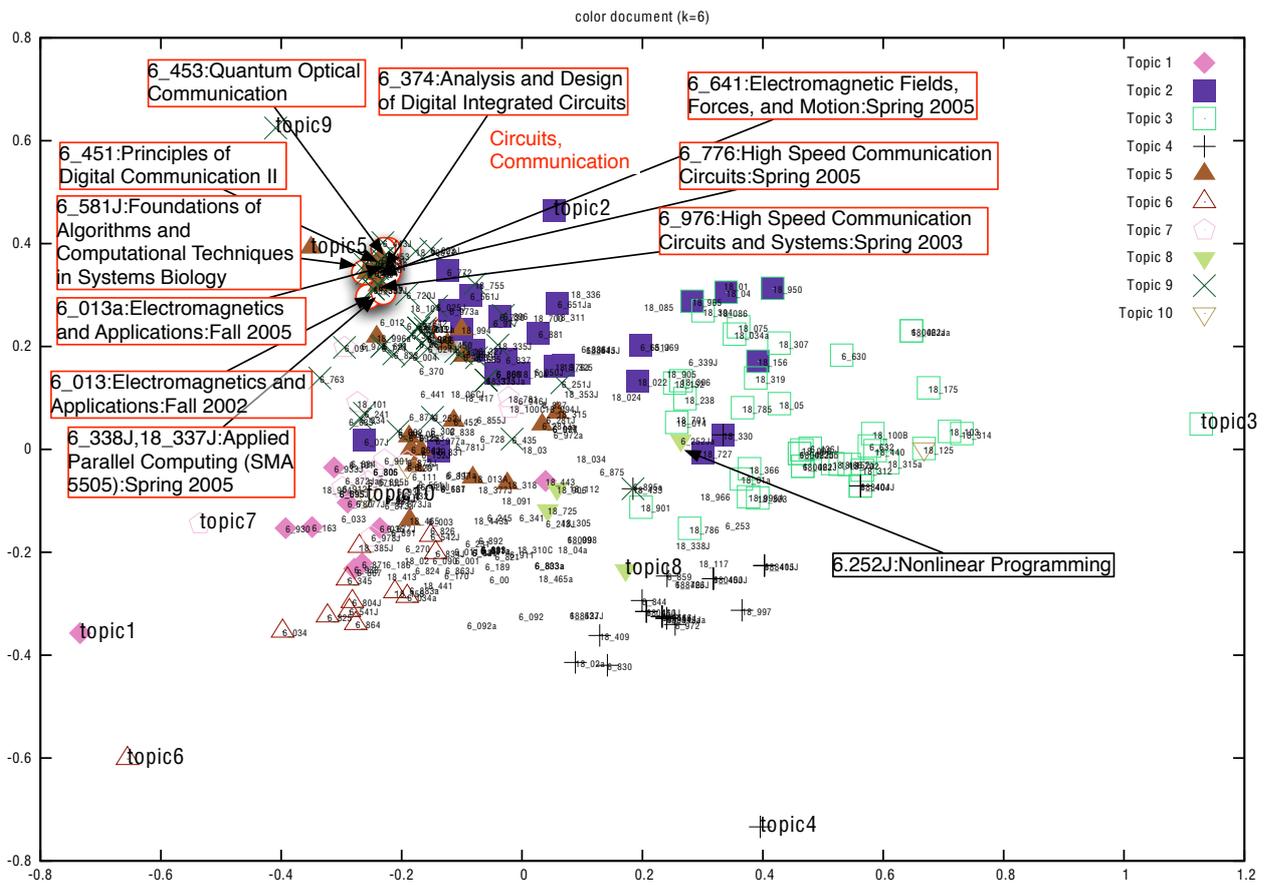


図 1: MIT の講義の分布図

web 閲覧支援とプログラミング支援の研究

丸山 一貴

1 web 閲覧支援の研究

1.1 背景

web の情報が爆発的に増加するに従い、情報を入手する方法に多様化が必要となった。従来は気に入ったポータルページを定期的に確認したり、調べたい事柄のキーワードを検索エンジンに入力するといった方法が一般的であった。これらは全てユーザの能動的なアクションに基づいており、見たい情報が予め決まっている場合の行動である。我々はこれを「目的的閲覧」と呼ぶ。

一方で、明確な目的を持たず、テレビのチャンネルをザッピングするように web を閲覧して、自分にとって興味のある情報を見つけるという行動がある。これを「発見的閲覧」と呼ぶ。ここで重要なことは、ユーザはそれを見るまで、それに興味があるかどうかは分からないということである。例えば、既に興味を持っている分野の情報であっても、そのユーザにとって既知の情報であれば価値がない。逆に興味がない分野の情報であっても、時事ニュースとの関連や意外性、あるいは潜在的な興味が喚起されることにより、価値のある情報となる。

こうした観点から、発見的閲覧を支援する仕組みとして、web 閲覧履歴に基づく情報推薦のためのトラフィック情報のスクリーニングと、発見的閲覧のためのユーザインタフェースの研究を行っている（電気通信大学 電気通信学部 情報通信工学科 寺田研究室と共同研究）。

1.2 内容

1.2.1 web 閲覧トラフィックのスクリーニング

web 閲覧情報の収集は当初、エンドユーザのウェブブラウザにアドオンを導入する方式で開発したが、多人数の閲覧情報を用いた推薦エンジンのチューニングのためにスニッファの情報を利用している。この場合はユーザが能動的にクリックした URL だけでなく、それに付随して取得される多数の URL も補足されてしまうため、スクリーニングに関する手法の研究を行った。

web ブラウザでハイパーリンクをクリックすると、まずそのリンクが指し示すリソース（base page と呼び、一般には HTML である）が取得される。続いて base page に含まれるスタイルシートやインラインイメージ等の付随するオブジェクトが自動的に取得される（図 1）。

この中で情報推薦のために必要なものは base page に対するリクエスト（基本リクエストと呼ぶ）であり、付随リクエストは不要である。スニッファ方式のログにはこれが含まれるので除去する必要があるが、図 1 に示したように、ユーザによるクリックは付随リクエストの発生に比べると十分に遅いため、タイムラグの情報を用いることで区別することができる。先行研究ではリクエストするオブジェクトの拡張子等を利用して区別する手法が提案されているが、これと組み合わせることで精度が向上されることを確認した（表 1）。

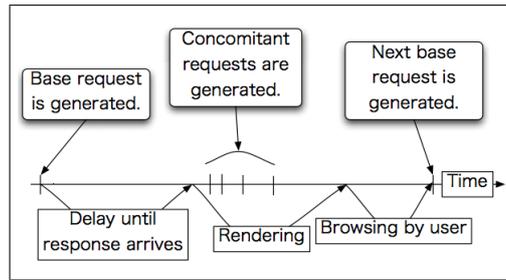


図 1: web ブラウザによるリクエストの時系列

表 1: 提案手法による付随リクエストの判定結果

	Result of filter	# of base	# of concomitant	Precision[%]	Recall [%]	F-measure
Initial cond.	1627	60	1567	3.8	100	6.0
Traditional	133	60	73	45.1	100	62.2
Proposed	236	60	176	25.4	100	40.5
Combined	84	60	24	71.4	100	83.3

1.2.2 発見的閲覧のためのユーザインタフェース

従来の web 閲覧は目的であり、ウェブブラウザもこれに適したものとして開発されてきたが、発見的閲覧にはより適切なブラウザが必要となる。発見的閲覧には (1) 受動的に閲覧可能で、(2) 興味を持った場合には容易に詳細な情報を見ることができ、(3) そうしたユーザのアクションが暗黙のレーティングとして推薦システムにフィードバックできるブラウザが適切である。将来的には推薦システムのフロントエンドとして利用するが、当面は YouTube のフロントエンドとしてこれを開発した (図 2)。

1.3 具体的成果

共著で発表を行った (成果要覧の [1], [2])。



図 2: 発見的閲覧のためのユーザインタフェース

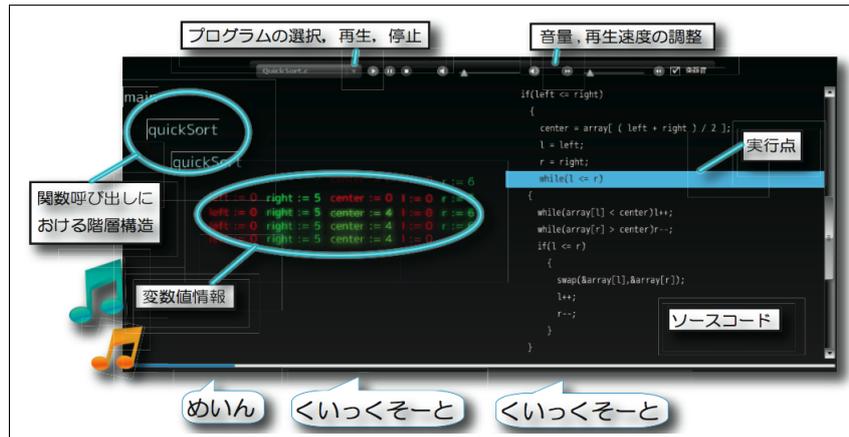


図 3: プログラム可聴化システム

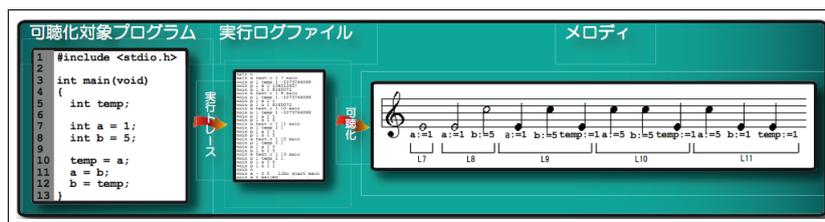


図 4: 変数値によるメロディパート可聴化の例

2 プログラミング支援の研究

2.1 背景

プログラムの実行トレースを予め取得しておき、デバッグや教育の目的で可視化するという研究を行ってきた。今年度は可視化に加えて、実行業の変化や変数への代入のタイミングで効果音を発生させるシステムを試作した（電気通信大学 電気通信学部 情報通信工学科 寺田研究室と共同研究）。

2.2 内容

試作したシステムの動作画面を図 3 に示す。ソースコードをウィンドウの右側に提示して実行点の移動をハイライトで表し、左半分には実行に伴って変化する情報（変数値の変化や関数呼び出しなど）を表示する。また、可聴化については以下のような手法を試みた。

- 変数値から正弦波音を生成し、メロディパートとして使用した。その際、平均律音階では不自然な音のシーケンスとなるため、代わりに沖縄音階を採用することで違和感を抑制した（図 4）。
- 実行位置の行番号をリズムパートとして可聴化した。実行位置のジャンプを音の高さによって聞き取り、位置を推測できるようにした。
- 関数呼び出しやリターンの際に、音声合成を用いて関数名を読み上げるようにした。また、呼び出しの深さは音声へのエフェクトのパラメータとして適用した。
- 繰り返し分による処理を検出して、音程調整や再生速度調整などのエフェクトを付加し、メロディに変化を加えた。

2.3 具体的成果

共著で論文を執筆し、共著者が発表を行った（成果要覧の [3]）。

3 成果要覧

査読付

- [1] 平山 慧, 丸山 一貴, 寺田 実: GutaGuta:受動的な動画視聴と発見のためのインタフェース, 第16回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2008), pp.107-108, 2008.
- [2] Kiyotaka Takasuka, Kazutaka Maruyama, Minoru Terada, Yoshikatsu Tada: Extracting Precise Activities of Users from HTTP Logs, The 5th International Conference on Web Information Systems and Technologies (WEBIST2009), pp.341-346, 2009.

発表

- [3] 佐藤 和哉, 丸山 一貴, 寺田 実: CodeMusician: プログラマは作曲家?, インタラクシオン 2009, ポスター発表 D23, 2009.
- [4] 安部 達巳, 下村 健, 妹川 竜雄, 関谷 貴之, 丸山 一貴: 運用の省力化のためのシンクライアントシステム管理ツールの導入と評価, 情報処理学会研究報告 2009-IOT-004, pp.79-84, 2009.

図書館電子化研究部門

図書館電子化研究部門概要

中川 裕志

機械学習とそのテキスト処理への応用

二宮 崇

自然言語構文解析と英文読解支援

吉田 稔

高度テキスト分析システムの実現に向けて
—テキスト中の数値表現検索—

清田 陽司

多様な情報資源の架け橋としてのWikipediaの活用

清水 伸幸

知識発見と機械翻訳の自然言語処理要素技術
—同義語獲得、自動用語抽出&トピック分類、品詞タグ付け—

吉田 和弘

生医学文献の固有表現認識
文字列検索に基づく同義語抽出の評価実験
Wikipediaへのトピックモデルの適用

図書館電子化研究部門概要

部門長 中川裕志

図書館電子化研究部門¹は、情報検索、図書館などに存在する学術情報資源への情報ナビゲーション、またこれらの応用研究の基礎となる機械学習、テキスト処理の研究を行っている。平成 20 年度は、教授 1 名、講師 1 名、助教 2 名、特任助教 1 名、特任リサーチフェロー 1 名、また大学院生としては情報理工学系研究科 8 名、学際情報学府 3 名が在籍し、具体的には以下にあげるような研究を行なった。

情報検索

情報検索技術は、Google のサービスに見られるようなキーワードを入力して検索するものは商用化が進んでいるが、必ずしも利用者の要求に十分に答えているとは言い難い。最近の情報検索に関する研究は、経産省の「情報大航海」プロジェクトや、科学研究費・特定領域研究「情報爆発」の成果にも見られるように、Google の一歩先をねらった目的特化型の検索を狙うものが増えている。特に重視されているのが Web のロングテールである。ロングテールは、検索ないし参照された回数が少ない大多数の Web ページを意味する。いわゆるロングテール現象とは、ロングテールの情報を集約すれば利益が十分に上がるということを意味するが、実際に問題になるのは、ロングテールに存在する情報を発見する強力な手段がないことである。我々の部門での情報検索に関する研究は、このような問題を解決する技術の開拓であり、本年度は以下の研究を行った。

- 文字列ベースの検索: Suffix Array を用いた用例検索の実現に加えて、類義語もオンデマンドで求めるシステム。対象は、東大内でクロールして収集したテキスト、Wikipedia、著作権の切れた文学作品などである。この研究は情報大航海プロジェクト、特定領域研究の支援を受けて行った(中川、吉田稔、吉田和弘)。[受賞 4] [公開 2, 3] [発表 6] [特記 1, 2, 3]
- さらに上記の技術を基礎に、テキスト中に出現する数値データの意味を与えるシステムを開発した(吉田稔)。[受賞 5] [発表 18]
- Web 検索エンジンで人名を検索した結果において、同姓同名だが実世界の異なる人物を参照するという曖昧性の解消を行うオンデマンド型のクラスタリングシステムを開発した(中川、吉田稔)。[査読付 1] [公開 1] [発表 5, 12]

情報ナビゲーション

学術情報へのナビゲーションは、図書館におけるレファレンスサービス(参考調査業務)を自動化し Web サービス化したものである。本研究部門では数年にわたって力をいれてきた開発項目であり、研究部門で開発したシステムをベンチャー企業を立ち上げて企業化している。また、これらのサービスを支える情報資源である Wikipedia についても分析、情報抽出に関する研究を行った。

- 我々が開発し、ベンチャー企業で事業化した図書館情報ナビゲーションシステムは、2008 年度末で東京大学をはじめ 6 大学の図書館、また 2009 年度からは国立国会図書館への導入も決まっている。その特徴は、Wikipedia などのいわゆる Web2.0 資源をレファレンスサービ

¹図書館電子化研究部門は、平成 21 年度より「学術情報研究部門」と名称変更した。

スに活用するところにあり、内外に高い評価を得ている(清田)。^[招待 1, 2, 3, 4, 5]^[査読付 7, 9]^[特許 1]^[発表 10]^[報道 1]

- Wikipedia は、上記の情報ナビゲーションなどに役立つが、日々発展しており、この情報資源の活用は急務である。このような観点から Wikipedia からの情報抽出の研究を行った(中川、清田)。^[受賞 1, 2]^[査読付 6]^[公開 3, 4]^[発表 4, 8, 9, 22, 23]
- Web テキストからの種々の情報抽出手法に関する検討と実験、評価を行った(吉田稔)。具体的には表の例示検索手法^[発表 19, 21]、経済情報の抽出^[発表 16, 17]。

機械学習とテキスト処理

教師なし学習であるクラスタリングの基礎研究と、テキスト処理の基礎的ツールおよび理論の研究に関して以下の研究を行った。

- ベイズ統計に基づくクラスタリングアルゴリズムの開発と評価であり、とくにノンパラメトリックベイズと呼ばれる技術において行った研究は内外で高く評価されている(中川、吉田稔)。^[受賞 3]^[査読付 5]^[発表 20]
- テキスト処理の基礎となる同義語抽出をグラフ論的手法と機械学習を併用して行うアルゴリズムを開発した(中川、清水)。^[査読付 2, 3, 4]^[発表 7]^[特記 4]
- スパムブログに対してテキスト分析し、Partitioned SVM を用いたスパム認識アルゴリズムを開発した(中川)。^[発表 3, 11]
- 機械学習の基礎ツールを整備したテンプレートライブラリを開発した(清水)。^[発表 13]^[特記 5]
- 自然言語処理の構文解析に関し、デフォルト単一化を用いた単一化文法のための決定的構文解析の理論とアルゴリズム開発を行った(二宮)。^[査読付 10]
- Web テキストを利用した英文穴埋め問題の自動作成システム(中川)^[発表 1, 2]、訳語の自動的アノテーションによる英文読解支援システム(二宮)^[発表 14, 15]の研究を行った。

図書館電子化研究部門 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] Yoji Kiyota: Fusion of Libraries and the Web: Subject-based Information Retrieval in the Web 2.0 Era, The 2008 annual meeting of the Committee on Japanese Materials (CJM), Council on East Asian Libraries (CEAL), Association for Asian Studies (AAS), Hyatt Regency Atlanta, Georgia, USA, April. 2008.

[招待 2] 清田陽司: レファレンスサービスをパワーアップするレファレンスナビの開発～図書館情報資源と Web 情報資源の統合的利用～, 私立短期大学図書館協議会総会, 日本図書館協会, 東京都, 2008 年 5 月 (収録誌: 短期大学図書館研究, Vol. 28, pp. 51-56, 2008).

[招待 3] 清田陽司: 対話的情報探索支援のためのオントロジー～Wikipedia と図書館件名標目表の統合～, 私立短期大学中国・四国地区図書館協議会, 広島ガーデンパレス, 広島市, 2008 年 8 月 (収録誌: 短期大学図書館研究, Vol. 28, pp. 135-138, 2008).

[招待 4] 清田陽司: 対話的情報探索支援のための統合分類体系の構築, 第 7 回情報科学技術フォーラム(FIT2008)イベント企画「情報爆発時代の自然言語処理の新展開ー大規模ウェブリソースは対話を賢くするか?ー」, 慶應義塾大学, 神奈川県藤沢市, 2008 年 9 月.

[招待 5] 清田陽司: レファレンスサービスをパワーアップする Web2.0 型レファレンスナビの開発, 第 10 回図書館総合展フォーラム企画, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2008 年 11 月.

受賞関連

[受賞 1] 新井嘉章, 福原知宏, 増田英孝, 中川裕志: 学生奨励賞, 情報処理学会 人文科学とコンピュータ研究会 じんもんこん 2008, 2008 年 12 月.

[受賞 2] 森 竜也, 増田 英孝, 清田 陽司, 中川 裕志: 奨励賞, NLP 若手の会 第 3 回シンポジウム, 2008 年 9 月.

[受賞 3] 佐藤一誠: コンピュータサイエンス領域奨励賞, 情報処理学会 第 64 回 数理モデルと問題解決研究会 07-64-08 (中川と共著), 情報処理学会, 2008 年.

[受賞 4] 吉田稔, 中川裕志: 第 70 回全国大会優秀賞, 情報処理学会, 2009 年 3 月.

[受賞 5] 吉田稔, 中川裕志: 第 3 回シンポジウム奨励賞, NLP 若手の会, 2008 年 9 月.

査読付論文

[査読付 1] Shingo Ono, Issei Sato, Minoru Yoshida and Hiroshi Nakagawa: Person Name Disambiguation in Web Pages using Social Network, Compound Words and Latent Topics, In the Proceedings of the 12th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD2008), Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) 5012, Springer, pp.260-271, May 2008.

[査読付 2] 寺田昭, 吉田稔, 中川裕志: 同義語辞書作成ツール, 自然言語処理, Vol. 15, No. 2, pp. 39-58, 2008 年 4 月.

[査読付 3] Nobuyuki Shimizu, Masato Hagiwara, Yasuhiro Ogawa, Katsuhiko Toyama and Hiroshi Nakagawa: Metric Learning for Synonym Acquisition, In the Proceedings of the 22nd International Conference on Computational Linguistics (Coling 2008), pp.793-800, 2008.

[査読付 4] Wei Hu, Nobuyuki Shimizu, Hiroshi Nakagawa and Huanye Sheng: Modeling Chinese Documents with Topical Word-Character Models, In the Proceedings of the 22nd International Conference on Computational Linguistics (Coling 2008), pp.345-352, 2008.

[査読付 5] Issei Sato, Minoru Yoshida, Hiroshi Nakagawa: Knowledge Discovery of Semantic Relationships between Words Using Nonparametric Bayesian Graph Model, In the Proceedings of the Fourteenth International Conference of Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-2008), ACM, pp. 587-595, August 2008.

[査読付 6] Yoshiaki Arai, Tomohiro Fukuhara, Hidetaka Masuda, Hiroshi Nakagawa: Analyzing Interlanguage Links of Wikipedias, In the Proceedings of Wikimania 2008 Conference, Alexandria, Egypt, July 17-19, 2008.

[査読付 7] Yoji Kiyota, Noriyuki Tamura, Satoshi Sakai, Hiroshi Nakagawa, Hidetaka Masuda: Automated Subject Induction from Query Keywords through Wikipedia Categories and Subject Headings, In Proceedings of The Sixth International Conference on Language Resource and Evaluation (LREC 2008), Marrakesh, Morocco, May 2008.

[査読付 8] Tomohiro Fukuhara, Akifumi Kimura, Yoshiaki Arai, Takafumi Yoshinaka, Hidetaka Masuda, Takehito Utsuro, Hiroshi Nakagawa: KANSHIN: A Cross-lingual Concern Analysis System using Multilingual Blog Articles, In the Proceedings of The First International Workshop on Next-

Generation Search (INGSS2008) in conjunction with APWeb 2008, IEEE, pp. 83-90, Shenyang, China, 26 April, 2008.

[査読付 9] 増田英孝、清田陽司、中川裕志:自動レファレンスサービスにむけて、情報の科学と技術, Vol. 58, No. 7, pp. 347-352, 2008.

[査読付 10] Takashi Ninomiya, Takuya Matsuzaki, Nobuyuki Shimizu and Hiroshi Nakagawa: Deterministic shift-reduce parsing for unification-based grammars by using default unification, In the Proceedings of the 12th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics (EACL 2009), pp.603-611, 2009.

[査読付 11] Yue Wang, Kazuhiro Yoshida, Jin-Dong Kim, Rune Sætre and Jun'ichi Tsujii: Raising the Compatibility of Heterogeneous Annotations: A Case Study on Protein Mention Recognition, In the Proceedings of BioNLP 2008, Columbus, Ohio, pp. 118-119, June 2008.

公開ソフトウェア

[公開 1] 小野真吾, 吉田稔, 中川裕志: “NAYOSE” Web の人名検索の結果をオンデマンドで同一人物ごとにまとめあげるクラスタリングを行うシステム, URL: <http://ianua7.r.dl.itc.u-tokyo.ac.jp:8080/nayose/servlet/Nayose>.

[公開 2] 吉田稔, 吉田和弘, 中川裕志: 同義語・類義語抽出ツール Kiwii, 情報大航海プロジェクト共通技術, 2009年3月.

[公開 3] 吉田稔, 中川裕志: Wikipedia 検索支援システム Wikiwi, <http://capacitas.r.dl.itc.u-tokyo.ac.jp:8080/ut-kiwi/>, 2008年8月.

[公開 4] 森竜也, 増田英孝, 清田陽司, 中川裕志: Wikipedia データ解析ツール Wik-IE, <http://wikie.sourceforge.jp/>, 2008年9月.

特許申請／取得

[特許 1] 国立大学法人東京大学(発明者: 清田陽司, 中川裕志): 情報検索システム及び方法及びプログラム並びに情報検索サービス提供方法, 特許出願 2007-214405, 特許公開 2009-48441, 出願公開, 2009年3月.

その他の発表論文

[発表 1] Ayako Hoshino and Hiroshi Nakagawa: A Framework for Automatic Generation of Grammar and Vocabulary Questions Presenters, In the Proceedings of WorldCALL 2008 Programme Committee, oral presentation, August 2008.

[発表 2] Ayako Hoshino and Hiroshi Nakagawa: Sakumon and SakumonChallenge: semi-automated and automated question making systems for grammar and vocabulary testing Presenters, WorldCALL 2008 Programme Committee, Courseware Showcase, August 2008.

[発表 3] Yuki Sato, Takehito Utsuro, Tomohiro Fukuhara, Yasuhide Kawada, Yoshiaki Murakami, Hiroshi Nakagawa, Noriko Kando: Analysing Features of Japanese Splogs and Characteristics of Keywords, WWW2008 workshop: AIRWeb2008, 22 April, 2008.

[発表 4] 新井嘉章, 福原知宏, 増田英孝, 中川裕志: 多言語情報資源へのアクセス支援に関する研究, 情報処理学会 人文科学とコンピュータ研究会主催 人文科学とコンピュータシンポジウム「じんもんこん 2008」3A-3, 2008年12月.

[発表 5] 小野真吾, 佐藤一誠, 吉田稔, 中川裕志: 重要語抽出を用いた Web 文書上の同姓同名の曖昧さ解消, 電子情報通信学会 第19回データ工学ワークショップ(DEWS 2008), A7, 宮崎, 2008.

- [発表 6] 吉田稔, 中川裕志: UT-Kiwi: 検索支援としてのテキストマイニングシステム, 情報処理学会 第 70 回全国大会, 4J-4, 筑波, 2008.
- [発表 7] Yuxin WANG, Nobuyuki SHIMIZU, Minoru YOSHIDA, Hiroshi NAKAGAWA: Contextual Information Based Technical Synonym Extraction, 言語処理学会 第 14 回年次大会 発表論文集, B4-4, pp.761-764, 2008.
- [発表 8] 野田陽平, 清田陽司, 中川裕志: 意外性のある知識発見のための Wikipedia カテゴリ間の関係分析, セマンティックウェブとオントロジー研究会第 20 回 Wikipedia ワークショップ, 東京大学, 東京都, 2009 年 1 月.
- [発表 9] 森竜也, 増田英孝, 清田陽司, 中川裕志: Wikipedia エントリ構造抽出ツール: Wik-IE, セマンティックウェブとオントロジー研究会第 20 回 Wikipedia ワークショップ, 東京大学, 東京都, 2009 年 1 月.
- [発表 10] 坂井 哲, 清田 陽司, 増田 英孝, 中川 裕志: 図書館と Web の分類体系を統合的に活用したテームグラフ可視化インタフェース, 情報処理学会第 70 回全国大会講演論文集 (4ZK-9), 筑波大学, 茨城県, 2008.
- [発表 11] 有久亘, 佐藤一誠, 中川裕志: 素性の分割利用による識別性能の向上とスプログへの応用, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム A1-5, 2009.
- [発表 12] 池田雅紀, 小野真吾, 佐藤一誠, 吉田稔, 中川裕志: クエリー拡張による特徴量抽出を用いた Web 検索における同姓同名問題解消, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM 2009), A3-3, 静岡, 2009 年 3 月.
- [発表 13] 松島慎, 清水伸幸, 二宮崇, 中川裕志: 機械学習テンプレートライブラリを用いた英語品詞タガー, NLP 若手の会第 3 回シンポジウム, 熱海, 2008 年 9 月.
- [発表 14] 江原遥, 二宮崇, 中川裕志: ソーシャル辞書: 語学学習における協調フィルタリングを用いた学習単語の推薦, NLP 若手の会第 3 回シンポジウム, 熱海, 2008 年 9 月.
- [発表 15] 江原遥, 二宮崇, 中川裕志: 機械学習による自動辞書引きを利用した英文の読解支援システム, 言語処理学会第 15 回年次大会発表論文集, pp.885-888, 鳥取, 2009 年 3 月.
- [発表 16] 吉田稔, 廣川敬真, 浦信将, 山田剛一, 増田英孝, 中川裕志: 株価情報とニュース記事の統合的検索・分析システム, 第 2 回 ファイナンスにおける人工知能応用研究会 (SIG-FIN), pp.59-64, 東京, 2009 年 1 月.
- [発表 17] Minoru Yoshida, Takahiro Sugiura, Takamasa Hirokawa, Kouichi Yamada, Hidetaka Masuda, and Hiroshi Nakagawa: TDU Systems for MuST: Attribute Name Extraction, Text-Based Stock Price Analysis, and Automatic Graph Generation, Proceedings of the 7th NTCIR (NII Test Collection for IR Systems) Workshop, pp. 520--527, December, 2008.
- [発表 18] 吉田 稔, 中川 裕志: Qiwi: テキスト中の数値情報マイニング, NLP 若手の会 第 3 回シンポジウム, 熱海, 2008 年 9 月.
- [発表 19] 前島一弥, 横川智浩, 山田剛一, 絹川博之, 吉田 稔, 中川裕志: 機械学習を用いた Web 表情報の例示検索方式とその評価, 電気学会研究会第 34 回情報システム研究会, IS-08-20, 大阪, 2008 年 9 月.
- [発表 20] 佐藤 一誠, 吉田 稔, 中川 裕志: 多重性を考慮したノンパラメトリックベイズグラフクラスタリングによる単語間関係抽出, 人工知能学会 データマイニングと統計数理研究会 (SIG-DMSM) 第 7 回, 小樽, 2008 年 7 月

[発表 21] 前島 一弥, 横川 智浩, 吉田 稔, 山田 剛一, 絹川 博之, 中川 裕志: Web 上の表情情報の例示検索における機械学習手法の検討, 第 22 回人工知能学会全国大会, 1G1-04, 旭川, 2008 年 6 月.

[発表 22] 野田陽平, 清田陽司, 中川裕志: Wikipedia カテゴリを用いたブログ著者の得意分野プロファイリング, NLP 若手の会第 3 回シンポジウム, 熱海金城館, 静岡県, 2008 年 9 月.

[発表 23] 森竜也, 増田英孝, 清田陽司, 中川裕志: Wikipedia データ抽出ツール WikIE, NLP 若手の会第 3 回シンポジウム, 熱海金城館, 静岡県, 2008 年 9 月.

[発表 24] F. Leitner, M. Krallinger, C. Rodriguez-Penagos, J. Hakenberg, C. Plake, C.-J. Kuo, C.-N. Hsu, R. T.-H. Tsai, H.-C. Hung, W. W. Lau, C. A. Johnson, R. Sætre, K. Yoshida, Y. H. Chen, S. Kim, S.-Y. Shin, B.-T. Zhang, W. A. Baumgartner Jr., L. Hunter, B. Haddow, M. Matthew, X. Wang, P. Ruch, F. Ehrlert, A. Ozgur, G. Erkan, D. R. Radev, M. Krauthammer, T. Luong, R. Hoffmann, C. Sander and A. Valencia: Introducing Meta-Services for Biomedical Information Extraction, Genome Biology, Vol. 9, No. Supple 2, September 2008.

特記事項

[特記 1] 科学研究費補助金特定領域研究「情報爆発IT基盤」報告書(代表者) A01-05, 2009.

[特記 2] 『情報大航海プロジェクトー共通技術「意味の似ている言葉の抽出」』に関わる報告書(分担), 2008.

[特記 3] 『情報大航海プロジェクトー共通技術「意味の似ている言葉の抽出」』に関わる発表(分担), 情報大航海プロジェクト共通技術最終報告会における報告, 2008.

[特記 4] 清水 伸幸, 中川 裕志: 同義語抽出技術と用語抽出技術を用いた対訳抽出技術, 「機械学習技術のイノベーション」シンポジウム セミナー発表, 2009 年 3 月 10 日.

[特記 5] 清水 伸幸, 宮尾 祐介: 機械学習テンプレートの使い方, NLP 若手の会 第 3 回シンポジウム チュートリアル, 2008 年 9 月 22 日.

報道関連

[報道 1] 日経産業新聞 2008 年 7 月 23 日 19 面: 検索システム関連語体系立て表示リッテル 自動的に整理・抽出.

機械学習とそのテキスト処理への応用

中川裕志

1 概要

2008 年度は、機械学習をテキスト処理および Web 情報資源などに適用するいくつかのテーマについて研究を行った。Web 上で入手できるテキストが膨大な量になりつつある現在においては機械学習を利用した効率的なテキスト処理が必須である。そのような状況を受けて、具体的には、以下に示すテーマの研究を行った。

- Web のサーチエンジンで人名検索を行った結果を異なる人物毎にクラスタリングする名寄せシステム[査読付 1][公開 1][発表 5][発表 12]
- 重要な Web2.0 的情報資源である Wikipedia からの情報抽出に関する研究。具体的には多言語対訳辞書抽出[査読付 6][発表 4][受賞 1]、意外性がある情報の発見[発表 8][発表 9][受賞 2]
- Wikipedia を利用した学術情報検索システムに関する研究[査読付 7][査読付 9][発表 10]
- 多言語ブログからの意見抽出[査読付 8]
- 多重トピック文書の確率的生成モデル[査読付 4][査読付 5][受賞 3]
- スパムブログの分析[発表 3][発表 11]
- 特定分野コーパスからの同義語抽出アルゴリズムの開発[査読付 2][査読付 3][発表 7][特記 2]
- Suffix Array を利用した高速用例検索システム[発表 6][特記 1]
- Web 英文テキストを利用した英語穴埋め 4 択問題の自動生成システム[発表 1][発表 2]

紙数の関係から、以下では、Web の人名検索における参照曖昧性解消の研究について詳述する。

2 Web 人名検索における参照曖昧性解消

2.1 概要

Web 上の人物検索は Web 検索において重要な地位を占めてきている。このような状況の中、人物の検索に関する問題として人物の同姓同名問題の解消が求められている。人物の同姓同名問題とは、Web 検索において検索対象者と同姓同名人物の存在によって検索結果から目的の人物のページを発見することが困難になるという問題である。特に困難な場合としては以下の場合が考えられる。第一に、検索対象者と同姓同名の有名人が存在する場合である。例えば、アメリカ合衆国大統領の”George Bush” と同姓同名の別人物を検索する場合、大統領である”George Bush” に関するページが検索結果に多く現れ、目的とするページを探すのが困難になる。第二に、検索対象者の名前が多くの同姓同名人物を持つ場合である。例えば、”田中太郎”、”John Smith” という名前を持つ人々は非常に多い。このように、同姓同名問題は言語を問わず問題となっている。実際の問題を考えると、

有名人の影響の大きさや人数によるデータのばらつき、1 文書内における複数の同姓同名人物の存在などが混在して問題を複雑にしている。この問題の解決方法として提案されているのが、検索結果の人名ごとのクラスタリングである。即ち、検索結果を同一人物ごとのクラスタにまとめて提示することによって、検索結果の閲覧性を向上させることで同姓同名の存在による効率の低下を防ぐという方法が提案されている。同姓同名人物のクラスタリングには文書中の人物に関わる名詞句を用いることが有効であるとされている。特に、人名、地名、組織名といった固有表現がクラスタリングにおいて有効である。我々の昨年の研究では、固有表現以外の特徴量として、文書中から検索クエリの前後の文字列を取り出し、その部分から複合名詞を抽出した。抽出した複合名詞に対して、重要度を計算し、重要度が一定以上の複合語を抜き出し、重要語とした。そして、これらの各特徴量についてクラスタリングを行った後、得られたクラスタを合併することによって同姓同名人物のクラスタを作成する方法を用いた。

本研究では、従来研究における特徴量抽出と類似度計算方法について見直しを行った。第一に、特徴量抽出範囲の検討を行った。従来研究では検索対象の人物名周辺の文から固有名詞、重要語の抽出を行っていたが、範囲を実験的に検討した結果、文書全体を対象とした抽出を行った方が性能が良いとの結果を得た。第二に、文書間の類似度計算について見直した。従来研究では重要語の類似度計算方法として、重要語の重要度を用いた文書ベクトルによる \cos 類似度を用いていたが、重要語の重要度が同姓同名人物のクラスタリングにおいて、最適な類似度であるかは未確認であった。そのため、検証として、本研究では **Overlap** 係数を用いて類似度計算を行った。同時に、複数種類の特徴量に基づいてクラスタリングを行う方法として、各特徴量によるクラスタリングの結果を併合する方法から各特徴量の類似度を組み合わせて計算した文書間の類似度を用いて階層併合クラスタリングを行う方法へと変更した。さらに、クラスタリングに有効な特徴量を抽出する手段として、上記のクラスタリングの結果を利用して、重要語から人物に関連していると考えられる重要語を抽出し、二段階目のクラスタリングを行った。二段階目のクラスタリングにおける目的は次の二つである。第一に、第一段階のクラスタリングで分離している同一人物のクラスタをまとめることである。第二に、複数の同姓同名人物が 1 文書中で扱われている場合への対応である。例えば、**Wikipedia** の曖昧性解消のページや別の検索エンジンによる検索結果などがこの場合に当たる。第一段階で行ったクラスタリングは 1 文書中で複数の同姓同名人物が含まれている場合を考慮していない。第二段階では、再クラスタリングを行う際に、複数の同姓同名人物のクラスタから類似している文書については複数のクラスタに属するようにするソフトクラスタリングを行い、このような場合への対応を行った。

また、近年人名の曖昧性の解消を目的とした **WePS** と命名された **Web** 上での人物検索に関するワークショップが行われ、様々な知見が明らかとなっている。**WePS** の上位チームが用いている方法の多くは文書ベクトルによるクラスタリングを用いたものである。2007 年に第 1 回が行われ、2008 年に第 2 回が行われた。**WePS** の上位チームが用いている方法の多くは文書ベクトル空間の類似度に基づくクラスタリングを用いたものである。

2.2 特徴量抽出

2.2.1 人物に関連した単語・句の抽出方法の検討

同姓同名の人物のクラスタリングにおいて重要となるのが、文書からの特徴量の抽出である。文書から抽出する固有表現や重要語には同姓同名の人物のクラスタリングにとって不適切な特徴量が含まれており、間違ったクラスタを形成するという問題が発生する。これは文書が複数の話題を扱っているために起こる問題であり、この問題に対処するための方法として通常、特徴量を抽出する範囲を対象人物の周辺に限定する方法が用いられている。しかし、範囲を限定したことによって本来クラスタリングに用いることができる特徴量を用いることができず、クラスタを形成できないという問題が生じる。本研究では、文書から同姓同名人物のクラスタリングに有効な特徴量抽出方法についての検討を行った。予備実験の結果、固有表現は文書全体から抽出し、重要語は範囲を限定して抽出することで同姓同名の人物のクラスタリングに適した重要語を得ることができることが判明した。

2.2.2 固有表現抽出

文書から人物に関連した固有名詞である固有表現を抽出する。固有表現として、本研究では人名、地名、組織名を扱っている。しかし、地名、組織名には特定人物との関連が弱く、複数の人物に共通する固有名詞が多く存在する。そのため、あらかじめ作成した不要語辞書を用いて、大域頻度の高い固有名詞は取り除く。

2.2.3 重要語抽出

文書から検索対象となる人物に関連した単語・句を抽出する方法のもう 1 つである重要語を用いた抽出について説明する。文書に対して、形態素解析を適用した結果から、我々が数年来にわたって開発してきた言選 Web を用いて重要語を抽出した。

2.2.4 リンク構造抽出

文書内に含まれる他文書へのリンクを抽出し、特徴量として用いる。文書の<a>タグに含まれる URL と文書自身の URL を抽出し、正規化を行った後、URL による特徴量とする。URL についても、あらかじめ作成した不要語辞書を用いて大域頻度の高い URL を取り除く。

2.3 類似度計算とクラスタリング

本研究では、階層併合クラスタリングを用いて、第一段階のクラスタを作成する。階層併合クラスタリングは各文書間の類似度を元にクラスタを生成する。本稿では、階層併合クラスタリングにおける類似度計算を各特徴量の類似度、文書間の類似度、クラスタ間の類似度の 3 点で改良する。

2.3.1 Overlap 係数の導入

各特徴量の類似度に用いる Overlap 係数について説明する。Overlap 係数は次式のように計算される。

$$\text{Overlap}(d_x, d_y) = |f_x \cap f_y| / \max(\min(|f_x|, |f_y|), T)$$

f_x, f_y はそれぞれ文書 d_x, d_y に含まれる特徴量の集合である。 $|f_x \cap f_y|$ は文書 d_x, d_y の共通する特徴量の数であり、 $\min(|f_x|, |f_y|)$ は文書 d_x, d_y の特徴量の数の最小値である。T は特徴量の極端に少ない文書の影響を減らすために定める分母の取りうる最小値であり、本研究においては $T = 4$ とする。我々は仮定 1 の下で、Overlap 係数の妥当性を述べる。

[仮定 1] 文書 A、B、C ($A \leq B$ and $A \leq C$) において、 $|A \cap B| > |A \cap C|$ が成り立つ場合(図 1 参照)、A、B 間の類似度は A、C 間の類似度よりも高い状態である。

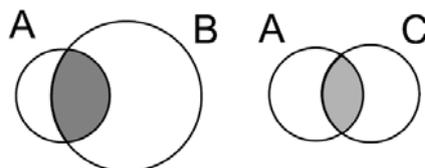


図1 仮定1の例

$|A \cap B| > |A \cap C|$ が成り立つ場合、Overlap 係数を用いて類似度を計算すると、 $\text{Overlap}(A, B) > \text{Overlap}(A, C)$ が成り立つ。一方、cos 類似度 $\cos(X, Y) = X \cdot Y / |X| \cdot |Y|$ を用いて計算した場合、 $\cos(A, B) > \cos(A, C)$ は必ず成り立つとは限らない。我々は仮定 1 が同姓同名人物のクラスタリングにおいて成り立つとし、短い文書の影響を反映しやすい Overlap 係数を導入する。

2.3.2 各特徴量ごとの類似度計算方法

●固有表現: 固有表現による類似度 sim_{NE} は固有表現抽出を用いて抽出した人名 (Person)、地名 (Location)、組織名 (Organization) を用いて次式のようにして計算する。

$$\text{sim}_{\text{NE}}(d_x, d_y) = \alpha_P \text{sim}_P(d_x, d_y) + \alpha_L \text{sim}_L(d_x, d_y) + \alpha_O \text{sim}_O(d_x, d_y)$$

この式の sim_P , sim_L , sim_O は各属性の Overlap 係数から計算する。 α_P , α_L , α_O は各属性 (人名、地名、組織名) についての重みである ($\alpha_P + \alpha_L + \alpha_O = 1$)。重みは $\alpha_P > \alpha_O > \alpha_L$ として、訓練データを用いて定める。

●重要語: 重要語による類似度 sim_{CKW} は重要語抽出を用いて抽出した複合語から次式のようにして計算する。

$$\text{sim}_{\text{CKW}}(d_x, d_y) = \text{Overlap}(d_x, d_y)$$

ここでは、抽出した複合語を特徴量として計算している。

●リンク: リンクによる類似度 sim_{URL} は元の HTML ファイルに含まれる URL から次式のようにして計算する。

$$\text{sim}_{\text{URL}}(d_x, d_y) = 1 \text{ if } d_x, d_y \text{ 間に直接リンクがある } \text{ else } \text{Overlap}(d_x, d_y)$$

文書 d_x , d_y のどちらか一方がもう一方の URL を特徴量として含んでいる場合は類似度を 1 とし、そうでない場合は Overlap 係数を用いて計算する。

2.3.3 複数の特徴量による類似度

上記に述べた各特徴量を利用したクラスタリングによって形成されるクラスタを考えると、各クラスタは正解となるクラスタの部分集合であると考えられる。この複数のクラスタリング結果を用いて正解クラスタを作成する方法として、従来研究では生成したクラスタの和集合を同一人物のクラスタとして扱う方法を取っていた。本論文ではこの複数の特徴量での類似度を元にして新たな類似度を作成し、クラスタリングを行う方法を検討する。

複数の類似度から新たな類似度を作成する方法として、各類似度に重みづけして類似度を計算する方法など様々な方法があるが、ここでは類似度の最大値を文章の類似度として扱い、次式のようにして、類似度を計算する。

$$\text{sim}_{\text{max}}(d_x, d_y) = \max(\text{sim}_{\text{NE}}(d_x, d_y), \text{sim}_{\text{CKW}}(d_x, d_y), \text{sim}_{\text{URL}}(d_x, d_y))$$

ただし $\text{sim}_{\text{NE}}(d_x, d_y)$, $\text{sim}_{\text{CKW}}(d_x, d_y)$, $\text{sim}_{\text{URL}}(d_x, d_y)$ は特徴量 NE、CKW、URL についての類似度である。

このようにして、類似度を計算する場合、元の類似度が同一の値域を持つことが必要になる。各特徴量の値域は [0,1] であり、必要条件を満たしている。この複数の類似度の最大値を用いる方法の特徴として、文書ごとに異なる特徴量の類似度を用いることが挙げられる。異なる特徴量の類似度を用いることによって、単一の特徴量では共通する特徴量が存在しない文書間の類似度についても他の特徴量を用いることで補うことができる。

2.3.4 階層併合クラスタリング

本研究におけるクラスタリング手法である階層併合クラスタリングについて説明する。階層併合クラスタリングは類似度を用いて類似度の高い要素を順に併合していく手法であり、閾値を用いるため、陽にクラスタ数を決める必要がない。従来の手法では、大きなクラスタを形成しやすい最短距離法を用いてクラスタリングを行っていたが、最短距離法は分類感度が低く、外乱により誤ったクラスタを形成

しやすいという欠点が存在する。そのため、本研究では群間平均法を用いて、階層併合クラスタリングを行う。

群間平均法ではクラスタ C_i と C_j の類似度を次の式に従って計算する。

$$\text{sim}(C_i, C_j) = (1/|C_i||C_j|) \sum_{dx \in C_i} \sum_{dy \in C_j} \text{sim}_{\max}(dx, dy)$$

$\text{sim}_{\max}(dx, dy)$ はクラスタ C_i, C_j に属する文書 dx, dy の類似度であり、 $\text{sim}(C_i, C_j)$ はクラスタ C_i, C_j 内の文書間の類似度の平均として計算される。類似度の最も高いクラスタを結合する作業を繰り返し、類似度が閾値 μ_{HAC} を下回った時点で終了することによってクラスタリングを行う。このクラスタリングにおいて、文書は 1 人の同姓同名の人物を扱っているとし、各文書は 1 クラスタのみに属する。

本研究では、2.3.3 節で述べた複数の類似度の最大値を文書間の類似度とみなして、群間平均法を用いることによって、複数の特徴量全体で高い類似度を持つ文書をクラスタにまとめることができるようになった。最短距離法を用いて階層併合クラスタリングを行った場合は閾値以上の類似度を持つ文書は類似度の大きさに関わらず同一のクラスタに含まれるため、従来手法である、和集合を用いて複数の特徴量を扱う方法において、各特徴量のクラスタリングでの閾値を一定にした場合と等しい結果となる。2.3.3 節で述べた類似度は、群間平均法を用いることによって、従来手法に比べて性能を向上させることができる。

2.4 二段階クラスタリング

クラスタリングにおける特徴量抽出方法として、クラスタリング結果を利用する方法を提案する。本手法はクラスタリングを二段階で行うことによってクラスタリング結果の精緻化を行っている。一段階目のクラスタリング結果をもとに、各クラスタについて、クエリーを追加し、新たな文書を収集し、クラスタに含まれる文書数を増加させる。これは情報検索におけるクエリー拡張[20] の考え方を基本とした方法である。本研究で扱っている文書集合は対象人物の名前 (NAME) をクエリーとした検索の結果である。二段階目では、一段階目で得られたクラスタリングの結果から特定の人物に関連するクエリー Q を抽出し、“NAME+ Q ” をクエリーとする検索を元の文書集合に対して行い、得られた結果を新しいクラスタとして扱う。

二段階目のクラスタリングを行うことによって、一段階目のクラスタリングでは分かれていたクラスタをまとめることができる。同時に、1 文書中に複数の同姓同名の人物への言及が含まれている場合にも対処することができる。

2.5 評価実験

英語の同姓同名の人物の文書集合に対して、上記の手法を適用し、クラスタリングの結果を評価する。実験の手法について説明する。まず、lxml、AutomaticEnglish Sentence Segmenter を用いて、HTML ファイルを 1 行 1 文形式のテキストファイルに変換する。このファイルに対して、形態素解析、固有表現抽出を行う。形態素解析には、Tree Tagger、固有表現抽出には、Stanford NER を用いた。また、形態素解析の結果を用いて、重要語抽出を行い、HTML ファイルのタグから URL の抽出を行う。これらの特徴量を元に文書間の類似度を計算し、上記の手法を適用した。文書間の類似度は特徴量から計算した類似度の最大値とした。固有表現の類似度計算に用いる重みは訓練データを用いて、 $\alpha_p = 0.78$ 、 $\alpha_o = 0.16$ 、 $\alpha_l = 0.06$ とした。実験に用いるデータセットは、WePS の第 1 回目、第 2 回目のデータセット WePS-1、WePS-2 を用いた。各データは検索エンジンにおいて、人名での検索結果の上位ページを取ってきたものであり、取得不可能なものも合わせて、WePS-1 は最大 100 ページ、WePS-2 は最大 150 ページである。人名の数はともに 30 である。データセットには人手で作成した同一人物のクラスタの正解データが存在する。これらのデータは 1 つの文書が複数の同姓同名の人物について述べている場合を許容しており、複数のクラスタに属する文書が存在している。

2.5.1 評価方法

評価方法としては、Purity/Inverse Purity と extended B-Cubed 指標を用いた。どちらの指標についても F-値により、総合的なシステムの性能を評価する。これらの評価方法は同一文書が複数のクラスターに属することを許容した場合の評価方法である。Purity、Inverse Purity による評価方法は以下の通りである。結果のクラスター集合を $C = \{C_1, \dots, C_i, \dots, C_N\}$, 正解のクラスター集合を $L = \{L_1, \dots, L_j, \dots, L_M\}$ とする。任意の 2 クラスター C_i, L_j の精度 $\text{Precision}(C_i, L_j)$ を

$$\text{Precision}(C_i, L_j) = |C_i \cap L_j| / |C_i|$$

と定義する。このとき、Purity、Inverse Purity 及び Purity/Inverse Purity のF値 F_{P-IP} は、

$$\begin{aligned} P &= \sum_i (|C_i|/N) \max_j \text{Precision}(C_i, L_j) \\ IP &= \sum_i (|L_i|/N) \max_j \text{Precision}(L_j, C_i) \\ F_{P-IP} &= 2 / (1/P + 1/IP) \end{aligned}$$

と計算される。Amig'ó [1]らは Purity/Inverse Purity が同姓同名人物クラスタリングの評価指標として不十分であることを示し、extended B-Cubed 指標を提案した。extended B-Cubed 指標について説明する。文書 e が属するクラスタリング結果のクラスター、正解クラスターをそれぞれ $C(e), L(e)$ とする。extended B-Cubed 指標を算出する際に用いられる Multiplicity Precision (MP), Multiplicity Recall (MR) は次式にて計算される。

$$\begin{aligned} \text{MP}(e, e) &= \min(|C(e) \cap C(e)|, |L(e) \cap L(e)|) / |C(e) \cap C(e)| \\ \text{MR}(e, e) &= \min(|C(e) \cap C(e)|, |L(e) \cap L(e)|) / |L(e) \cap L(e)| \end{aligned}$$

これらの指標を用いて、extended B-Cubed Precision (BEP)、extended B-Cubed Recall (BER) を次の式のように $\text{MP}(e, e), \text{MR}(e, e)$ の平均値を取ることで求められる。

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \text{Avg}_e [\text{Avg}_{e': C(e) \cap C(e') \neq \emptyset} [\text{MP}(e, e')]] \\ \text{BER} &= \text{Avg}_e [\text{Avg}_{e': L(e) \cap L(e') \neq \emptyset} [\text{MR}(e, e')]] \end{aligned}$$

extended B-Cubed の F-値: $F_{\text{BEP-BER}}$ は extended B-Cubed Precision、extended B-Cubed Recall を元にして

$$F_{\text{BEP-BER}} = 2 / (1/\text{BEP} + 1/\text{BER})$$

と求められる。Purity/Inverse purity は WePS-1 で用いられた指標であり、extended B-Cubed は WePS-2 で用いられた指標である。本研究の実験の評価では、extended B-Cubed 指標、Purity/InversePurity 指標を用いた。

2.5.2 実験:特徴量抽出における抽出範囲決定

固有表現と重要語、それぞれを文書から抽出する際に抽出範囲を変え、クラスタリングの性能を比較した。抽出範囲は検索クエリー(人名)の前後 50 語、100 語、200 語、文書全体と変え、抽出し実験した結果、全ての結果において、抽出範囲を全体に拡張した方が $F_{\text{BEP-BER}}$ が向上していたので、抽出範囲は文書全体を用いることにした。

2.5.3 実験:提案方法によるクラスタリング

提案手法によるクラスタリング手法を比較した。結果を表 1、表 2 に示す。URL、CKW、NE は各特徴量を単独で用いたクラスタリングの結果であり、それぞれが URL、重要語、固有表現を用いている。

MAX は URL、CKW、NE の類似度の最大値から生成した類似度を用いてクラスタリングを表わしている。これらのクラスタリングには群間平均法を用いた階層併合クラスタリングを用いている。抽出範囲に関しては CKW、NE は文書全体から抽出した場合の結果を示した。また、この MAX に対して二段階クラスタリングを適用した結果を QE1、QE2 に示した。QE1 は 1 文書が 1 クラスに属するハードクラスタリングであり、QE2 は文書が複数のクラスに属することを許容したソフトクラスタリングである。MAX は予備実験において、最も性能が高かった固有表現、重要語をクエリーの前後 100 語から抽出した場合の結果を示している。実験におけるベースラインとして、ALL IN ONE、ONE IN ONE、COMBINED を用いた。ALL IN ONE は全ての文書を 1 クラスにする場合、ONE IN ONE は各文書を 1 文書 1 クラスに分けた場合、COMBINED は ALL IN ONE と ONE IN ONE のクラスを合わせた場合である。COMBINED において、各文書は ALL IN ONE と ONE IN ONE の 2 クラスに属することになる。また、WePS-1 データセットでは WePS-1 の上位チームの結果を併記した。MAX、QE1、QE2 の結果は閾値 μ HAC を変化させて得られたクラス集合のうち、最も性能の良いものである。

WePS-1 データセットの結果について説明する。extended B-Cubed 指標では、NE、MAX、QE、QE2 において WePS-1 上位チームを上回る結果が得られ、QE、QE2 が最高値 $F_{\text{BEP-BER}} = 0.78$ を示した。一方、Purity/Inverse Purity 指標では WePS-1 上位チームの結果を下回る結果となった。このような結果が得られた原因として、extended B-Cubed 指標が Purity/Inverse Purity 指標では評価できなかった Rag Bag [1]と呼ばれるクラスの評価を行っていることが挙げられる。本研究の手法では、Rag Bag への対応が改善されたために性能が向上したと考えられる。また、BEP が WePS-1 上位チームと比較して、向上している点もこのことを裏付けている。WePS-2 データセットの結果について説明する。WePS-2 のデータセットは ALL IN ONE ベースラインが ONE IN ONE ベースラインに比べて良い性能を示していることより、平均的に大きなクラスによって構成されていると考えられる。この結果においては QE2 が最高値 $F_{\text{BEP-BER}} = 0.82$ を示した。これは MAX での値 $F_{\text{BEP-BER}} = 0.79$ を 0.03 上回る結果であり、WePS-1 データセットでの結果に比べて、改善値が大きくなっている。これらより、QE、QE2 は大きなクラスによって形成される文書集合に対するクラスタリングにおいて有効であると考えられる。

WePS-1 データセット、WePS-2 データセットの結果から二段階クラスタリングを用いることによって評価が改善できていることが確認できた。現在のクラスタリング手法では閾値を最も低く設定した場合も含めて全体的に Precision が高く、実際の人物に関するクラスが十分にまとまっていないことが示唆されている。Recall の改善のためには新たな特徴量を導入し、類似度計算の方法を改良することが必要となると考えられる。

表1 WePS-1 データセットによる評価実験

方法	BEP	BER	$F_{\text{BEP-BER}}$	P	IP	$F_{\text{P-IP}}$
BASELINE						
ALL IN ONE	0.18	0.98	0.25	0.29	1.00	0.40
ONE IN ONE	1.00	0.43	0.57	1.00	0.47	0.61
COMBINED	0.17	0.99	0.24	0.64	1.00	0.78
First-Stage Clustering						
URL	0.98	0.48	0.62	0.83	0.56	0.64
CKW	0.82	0.64	0.70	0.73	0.74	0.72
NE	0.86	0.65	0.73	0.76	0.76	0.74
MAX	0.85	0.73	0.77	0.74	0.82	0.76
Second-Stage Clustering						
QE	0.84	0.76	0.78	0.74	0.84	0.77
QE2	0.83	0.76	0.78	0.74	0.84	0.77
WePS top 5						
1st	0.67	0.81	0.71	0.72	0.88	0.79
2nd	0.68	0.73	0.68	0.75	0.80	0.77

3rd	0.68	0.71	0.67	0.73	0.82	0.77
4th	0.79	0.50	0.58	0.81	0.60	0.69
5th	0.43	0.84	0.53	0.53	0.90	0.67

表 6 WePS-2 データセットによる評価実験

方法	BEP	BER	$F_{\text{BEP-BER}}$	P	IP	$F_{\text{P-IP}}$
Baseline						
ALL IN ONE	0.43	1.00	0.53	0.56	1.00	0.67
ONE IN ONE	1.00	0.24	0.34	1.00	0.24	0.34
COMBINED	0.43	1.00	0.52	0.78	1.00	0.87
First-Stage Clustering						
URL	0.98	0.48	0.62	0.83	0.56	0.64
CKW	0.93	0.57	0.70	0.71	0.69	0.69
NE	0.94	0.60	0.72	0.72	0.72	0.71
MAX	0.93	0.70	0.79	0.71	0.79	0.74
Second-Stage Clustering						
QE	0.92	0.74	0.81	0.71	0.82	0.75
QE2	0.91	0.75	0.82	0.71	0.82	0.76

2.6 おわりに

本研究では Web における同姓同名問題の解消策として、検索結果のクラスタリングを行い、人物を同定したクラスタを作成する手法についての検討を行った。我々は名詞句が同姓同名の人物のクラスタリングにおいて重要であると考え、クラスタリングに有効な名詞句を抽出する方法として、固有表現の抽出と重要語の抽出を行った。また、各特徴量の類似度から新しい類似度を計算し、複数の特徴量を利用したクラスタリングを行った。さらに、重要語からクラスタリングに有効な特徴量を抽出する手段として、クラスタリング結果から各クラスタに関連した重要語を選択し、再クラスタリングを行った。この再クラスタリングによって、同一人物のクラスタのまとまりを高めることができた。また、二段階クラスタリングによって 1 文書内で複数の同姓同名の人物が取り扱われる場合を取り扱うことも可能となった。本研究で用いた手法の評価として、Web 上での人物検索に関するワークショップ WePS のデータセットを用いて実験を行い、評価を行った。その結果、WePS-1 データセットで $F_{\text{BEP-BER}} = 0.78$ 、WePS-2 データセットで $F_{\text{BEP-BER}} = 0.82$ を示した。この実験により、複数の特徴量によるクラスタリング、二段階クラスタリングがともに性能を向上していることも明らかとなった。今後の課題として、抽出した名詞句から同姓同名の抽出に有効な名詞句を選択する手法の研究を進める。

[1] E. Amig'ó, J. Gonzalo, J. Artiles and F. Verdejo: "A comparison of extrinsic clustering evaluation metrics based on formal constraints", Information Retrieval, pp. 1-26 (2008)

3 成果要覧

受賞関連

[受賞 1] 新井嘉章, 福原知宏, 増田英孝, 中川裕志: 学生奨励賞, 情報処理学会 人文科学とコンピュータ研究会 じんもんこん 2008, 2008 年 12 月.

[受賞 2] 森 竜也, 増田 英孝, 清田 陽司, 中川 裕志: 奨励賞, NLP 若手の会 第 3 回シンポジウム, 2008 年 9 月.

[受賞 3] 佐藤一誠: コンピュータサイエンス領域奨励賞, 情報処理学会 第 64 回 数理モデルと問題解決研究会 07-64-08 (中川と共著), 情報処理学会, 2008 年.

査読付き論文リスト

- [査読付 1] Shingo Ono, Issei Sato, Minoru Yoshida, Hiroshi Nakagawa: Person Name Disambiguation in Web Pages using Social Network, Compound Words and Latent Topics, Springer LNAI 5012: PAKDD2008 (The 12th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining), pp.260-271, May 2008.
- [査読付 2] 寺田昭, 吉田稔, 中川裕志: 同義語辞書作成支援ツール, 自然言語処理, Vol.15, No.2, pp.39-58, 2008.
- [査読付 3] Nobuyuki Shimizu, Masato Hagiwara, Yasuhiro Ogawa, Katsuhiko Toyama and Hiroshi Nakagawa: Metric Learning for Synonym Acquisition, In the Proceedings of The 22nd International Conference on Computational Linguistics (Coling 2008), pp.793-800, Manchester, UK, August 18-22, 2008.
- [査読付 4] Wei Hu, Nobuyuki Shimizu, Hiroshi Nakagawa and Huanye Sheng: Modeling Chinese Documents with Topical Word-Character Models, in the Proceedings of The 22nd International Conference on Computational Linguistics (Coling 2008), pp.345-352, Manchester, UK, August 18-22, 2008.
- [査読付 5] Issei Sato, Minoru Yoshida, Hiroshi Nakagawa: Knowledge Discovery of Semantic Relationships between Words Using Nonparametric Bayesian Graph Model, In the Proceedings of Fourteenth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, pp.587-595, Las Vegas, USA, August 24-27, 2008.
- [査読付 6] Yoshiaki Arai, Tomohiro Fukuhara, Hidetaka Masuda, Hiroshi Nakagawa: Analyzing Interlanguage Links of Wikipedias, In the Proceedings of Wikimania 2008 Conference, Alexandria, Egypt, July 17-19, 2008.
- [査読付 7] Youji Kiyota, Satoru Tamura, Hidetaka Masuda, Hiroshi Nakagawa: Automated Subject Induction from Query Keywords through Wikipedia Categories and Subject Headings, In the Proceedings of 6th LREC (The 6th edition of the Language Resources and Evaluation Conference), Marrakech, Morocco, May 2008.
- [査読付 8] Tomohiro Fukuhara, Akifumi Kimura, Yoshiaki Arai, Takafumi Yoshinaka, Hidetaka Masuda, Takehito Utsuro, Hiroshi Nakagawa: KANSHIN: A Cross-lingual Concern Analysis System using Multilingual Blog Articles, In the Proceedings of The First International Workshop on Next-Generation Search (INGS2008) in conjunction with APWeb 2008, IEEE, pp. 83-90, Shenyang, China, 26 April, 2008.
- [査読付 9] 増田英孝, 清田陽司, 中川裕志: 自動レファレンスサービスに向けて, 情報の科学と技術「特集:レファレンス再考」, 58巻7号, pp.347-352, 2008年7月.

公開ソフトウェア

- [公開 1] 小野真吾, 吉田稔, 中川裕志: “NAYOSE” Web の人名検索の結果をオンデマンドで同一人物ごとにまとめあげるクラスタリングを行うシステム, URL: <http://ianua7.r.dl.itc.u-tokyo.ac.jp:8080/nayose/servlet/Nayose>.

その他の発表論文リスト

- [発表 1] Ayako Hoshino and Hiroshi Nakagawa: A Framework for Automatic Generation of Grammar and Vocabulary Questions Presenters, In the Proceedings of WorldCALL 2008 Programme Committee, oral presentation, August 2008.

- [発表 2] Ayako Hoshino and Hiroshi Nakagawa: Sakumon and SakumonChallenge: semi-automated and automated question making systems for grammar and vocabulary testing Presenters, WorldCALL 2008 Programme Committee, Courseware Showcase, August 2008.
- [発表 3] Yuki Sato, Takehito Utsuro, Tomohiro Fukuhara, Yasuhide Kawada, Yoshiaki Murakami, Hiroshi Nakagawa, Noriko Kando: Analysing Features of Japanese Splogs and Characteristics of Keywords, WWW2008 workshop: AIRWeb2008, 22 April, 2008.
- [発表 4] 新井嘉章, 福原知宏, 増田英孝, 中川裕志: 多言語情報資源へのアクセス支援に関する研究, 情報処理学会 人文科学とコンピュータ研究会主催 人文科学とコンピュータシンポジウム「じんもんこん 2008」3A-3, 2008 年 12 月.
- [発表 5] 小野真吾, 佐藤一誠, 吉田稔, 中川裕志: 重要語抽出を用いた Web 文書上の同姓同名の曖昧さ解消, 電子情報通信学会 第 19 回データ工学ワークショップ(DEWS 2008), A7, 宮崎, 2008.
- [発表 6] 吉田稔, 中川裕志: UT-Kiwi: 検索支援としてのテキストマイニングシステム, 情報処理学会 第 70 回全国大会, 4J-4, 筑波, 2008.
- [発表 7] Yuxin WANG, Nobuyuki SHIMIZU, Minoru YOSHIDA, Hiroshi NAKAGAWA: Contextual Information Based Technical Synonym Extraction, 言語処理学会 第 14 回年次大会 発表論文集, B4-4, pp.761-764, 2008.
- [発表 8] 野田 陽平, 清田 陽司, 中川 裕志: 意外性のある知識発見のための Wikipedia カテゴリ間の関係分析, セマンティックウェブとオントロジー研究会 第 20 回 Wikipedia ワークショップ, 東京大学, 東京都, January 2009.
- [発表 9] 森 竜也, 増田 英孝, 清田 陽司, 中川 裕志: Wikipedia エントリ構造抽出ツール: Wik-IE. セマンティックウェブとオントロジー研究会 第 20 回 Wikipedia ワークショップ, 東京大学, 東京都, January 2009.
- [発表 10] 坂井 哲, 清田 陽司, 増田 英孝, 中川 裕志: 図書館と Web の分類体系を統合的に活用したテーマグラフ可視化インタフェース, 情報処理学会第 70 回全国大会講演論文集 (4ZK-9), 筑波大学, 茨城県, 2008.
- [発表 11] 有久亘, 佐藤一誠, 中川裕志: 素性の分割利用による識別性能の向上とスプログへの応用, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム A1-5, 2009.
- [発表 12] 池田雅紀, 小野真吾, 佐藤一誠, 吉田稔, 中川裕志: クエリー拡張による特徴量抽出を用いた Web 検索における同姓同名問題解消, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム A3-3, 2009.

特記事項

- [特記 1] 科学研究費補助金特定領域研究「情報爆発IT基盤」報告書(代表者) A01-05, 2009.
- [特記 2] 『情報大航海プロジェクトー共通技術「意味の似ている言葉の抽出」』に関わる報告書(分担), 2008.

自然言語構文解析と英文読解支援

二宮 崇

1 概要

本年度は、英語、日本語などの自然言語の決定的構文解析の研究を主に行った。構文解析は、文を入力とし、入力文の構文構造や単語間の依存構造を出力することを目的としたタスクであり、例えば、英語の主語や目的語を同定したり、名詞句や動詞句、関係節といった言語学的に規定される句構造を同定することを目的としている。構文解析により、世の中に大量に存するウェブテキストや新聞、論文、図書から種々の知識が構文構造または述語-項関係の形式で獲得できるため、より高度な情報検索・情報抽出システムの開発および自動図書リファレンスサービス等を含む自動応答システムの開発のための重要な基礎技術として期待されている。本研究では、単一化と呼ばれる操作により定義される単一化文法の構文解析において決定的解析の研究を行った。また、学術情報の理解を支援するために、ウェブブラウザ上に表示される英文に対し訳語を自動的に付与する英文読解支援システムの研究も行った。具体的には、下記の研究内容について報告する。

単一化文法のための決定的シフトリデュース構文解析 [査読付 1] 単一化文法のための決定的構文解析の研究を行った。単一化文法は制約により記述されるため、CFG のための決定的構文解析手法を単純に適用すると、制約違反により解析に失敗し、決定的に解析を進めることができない。本研究は、デフォルト単一化と呼ばれるほぼ失敗をすることがない特殊な単一化を用いることにより、単一化文法における決定的構文解析を実現する。

英文読解支援システム [発表 2][発表 3] 英文読解を支援するために、自動的に辞書を引いて語義のアノテーションを与えるシステムを提案する。事前に与えられた利用者の語彙力に関する情報を訓練データとして識別器に与えることにより、利用者にとって未知の語彙を特定し、利用者の英語習得レベルに適応したアノテーションを行う。

また、英文中の単語に対する品詞を自動的に推定する英語品詞タガーを同研究部門の清水が開発した機械学習テンプレートライブラリを用いて実装し、その性能評価およびエラー解析を行った [発表 1]。社会科学研究所図書職員の前田朗氏と協力して、図書館情報係が事務局となって開催された「図書系職員のためのアプリケーション開発講習会」に講師として参加した。詳細は、教育・サービス活動の章の図書館電子化部門、図書館関係システム運用・管理の講習会・研究会開催報告を参照されたい。

2 単一化文法のための決定的シフトリデュース構文解析

2.1 背景

単一化文法 (unification-based grammar) は単一化と呼ばれる操作により定義される文法形式であり、言語学的に詳細に定義される文法を記述することが可能なことや、論理的によく定義されているため、多くの研究者によって単一化文法による構文解析の研究が行われてきた。十数年以上前ではおもちゃ文法 (toy grammar) と非現実的な人工的文章に対してのみ単一化文法の構文解析の研究が行われていたが、近年、現実存在する文章に対する高精度かつ高被覆な構文解析の研究が多くな

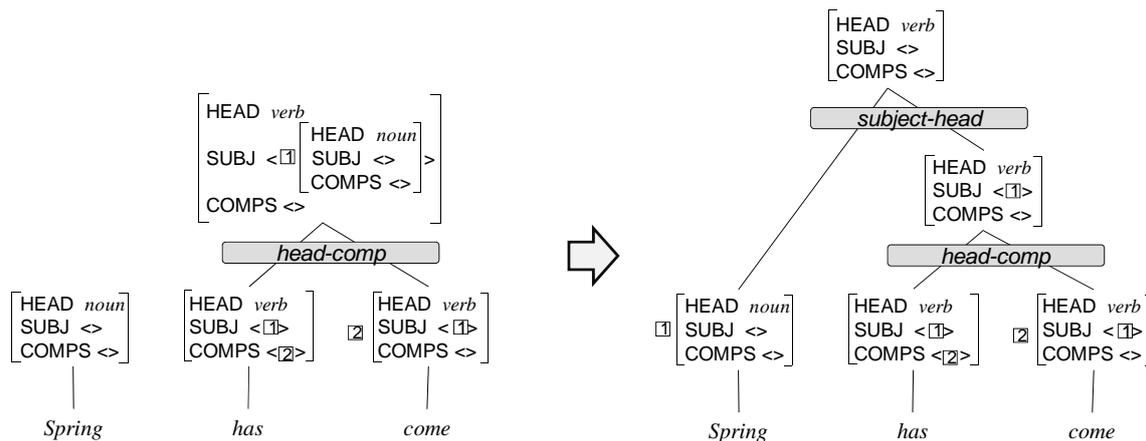


図 1: HPSG 構文解析の例

されるようになってきた。特に条件付確率場により定義される確率的単一化文法の研究により、主辞駆動句構造文法 (HPSG)、語彙機能文法 (LFG)、組合せ範疇文法 (CCG) を含む単一化文法のための確率モデルが与えられた。これらの確率モデルにおけるパラメータ学習や構文解析は、高精度かつ高効率に行うために動的計画法に基づいて計算され、曖昧性のある構文木集合 (構文森) を、畳み込まれた構文木集合 (畳み込み構文森) として扱う。しかしながら、これらの技術は畳み込み構文森の構造的局所性の制限により精度に対する限界や意味構造に対する制限が課せられるという問題点を持つ。まず、確率場の素性関数 (特徴関数) は局所的な構造にしか定義できない。構文解析において、構文木が句構造に対応する構成素に断片化され、等価な構成素を畳み込むことにより動的計画法が適用されるが、断片化された構成素に対してしか素性関数を記述することができない。次に、この断片化のため、単一化文法に付随する意味構造の形にも制限が課せられる。この問題は述語項構造以外の意味構造、例えば、機械翻訳のための同期文法など、の場合に大きな問題となる。意味構造を断片化しないと解析結果の数は指数爆発的に増えていく。最後に、単一化文法において素性関数を計算する場合には遅延評価等の複雑な処理が必要となるという問題がある。これは、単一化文法において、構文木中の遠く離れた位置にある構成素の値が単一化によって後から伝搬するためである。例えば、構文木の根ノードの値は葉ノードに伝搬することがあるが、その葉ノードの値は構文木全体の解析が終わるまで未定のままである。局所性の問題を解決する様々な手法が提案されており、リランキング、シフトリデュース構文解析、探索最適化学習、サンプリング等が研究されている。

本研究は畳み込み構文森を用いない手法として、単一化文法のための決定的シフトリデュース構文解析を提案する。決定的構文解析は畳み込み構文森を用いない手法の一つであり、高い精度で探索パスを決定的に選択することにより構文解析を行う。精度および効率の面から文脈自由文法 (CFG) や依存構造解析に対し近年盛んに研究されているが、単一化文法に対してはこれらの手法を単純に適用することはできない。これは単一化文法が論理的制約 (**hard constraints**) で記述されているためであり、解析途中で制約違反が生じた場合は決定的に解析を行うことができない。

2.2 内容

本研究はデフォルト単一化を用いた単一化文法のためのシフトリデュース構文解析を提案する。我々の手法は Sagae&Lavie による CFG の決定的構文解析とベストファースト構文解析を元に行っている。Sagae らの手法は、明示的な CFG 文法の規則を用いず、識別器により最も高確率であるシフト/リデュースアクションとそのアクションに付随する非終端記号を選択することにより、決定的に構文解析を行う。しかし、彼らの決定的構文解析を単純に単一化文法に対し適用することはできない。何故なら単一化文法には文法制約があるため解析途中で文法規則の適用に失敗することがあるためで

ある。本研究では、単一化文法のための (i) 決定的構文解析、(ii) 決定的構文解析に対するバックトラック、(iii) 決定的構文解析に対するベストファースト探索を提案する。本研究では単一化文法において決定的構文解析を実現するためにデフォルト単一化を用いる。以下ではまず単一化文法とデフォルト単一化について説明し、その後提案する構文解析について説明し、実験結果について報告する。

2.2.1 単一化文法の構文解析とデフォルト単一化

単一化文法は句構造規則集合と辞書項目集合のペアで定義される。辞書項目は単語特有の振る舞いを表現しており、句構造規則は構文木における構成素の構成を表す。これらは素性構造と呼ばれるグラフ構造により記述され、文法制約は単一化により実現される。句構造規則はバイナリ規則とユニナリ規則から成り、 \mathcal{F} を素性構造の集合とした時、バイナリ規則は部分関数: $\mathcal{F} \times \mathcal{F} \rightarrow \mathcal{F}$ であり、ユニナリ規則は部分関数: $\mathcal{F} \rightarrow \mathcal{F}$ である。バイナリ規則は二つの構成素 (子) を引数としてとり、その二つの子の親の構成素を返す。ユニナリ規則は一つの構成素 (子) を引数として取り、その子の親の構成素を返す。実験においては単一化文法の一つである主辞駆動句構造文法 (HPSG) を用いた。HPSG は制約に基づく語彙化文法と呼ばれる統語理論であり、少数の非常に一般的な句構造規則と語特有の性質を記述した非常に多くの辞書項目からなる。図 1 は “*Spring has come*” に対する構文解析の例を示している。まず、“*has*” と “*come*” に対する語彙項目が “*Head-Complement Schema*” と呼ばれる句構造規則の子ノードに相当する素性構造と単一化され、親ノードが生成される。より大きな句構造は同様に生成規則を繰り返し適用することにより得られ、最終的に文全体に対応する句構造が構文解析結果として出力される。

デフォルト単一化は、語彙意味論の領域で辞書のデフォルト継承を実現するために研究されてきた。しかし、デフォルト単一化は、語彙意味論のためだけではなく、(i) ほとんどの場合において成功する、(ii) 素性構造に含まれる情報をなるべく多く残すように制約を緩和する、という点において頑健な解析にも有用である。Carpentier によって定義された最も一般的なデフォルト単一化は次のように定義される。

$$F \overset{\leftarrow}{\sqcup} G = \{F \sqcup G' \mid G' \sqsubseteq G \text{ is maximal such that } F \sqcup G' \text{ is defined}\}$$

F は非デフォルトと呼ばれる素性構造で、この中に含まれる制約は緩和されてはならない。 G はデフォルトと呼ばれる素性構造で、この中に含まれる制約は緩和されても良いが、 F と緩和された G が単一化可能という条件において緩和される制約の量を可能な限り少なくする。しかし、この定義による結果は一意に定まらず、単純にはデフォルトに含まれる全ての制約の組合せに対し最小となる制約の緩和を見つける必要があるため多項式時間でこの解を見つけることは非常に困難である。Copestake はこの問題を解決するために、制約をパス値とパス等式の二種類に分類し、デフォルトにおけるパス等式は緩和せずパス値のみを緩和するデフォルト単一化を提案した。パス値は素性構造の根からあるパスを辿って到着するノードの値を表した制約であり、 $p = v$ と表記される。ただし、 p はパスであり、 v は値である。パス等式はあるパスとあるパスを辿って到着するノードが同一であることを示す制約であり、 $p = p'$ と表記される。ただし、 p と p' はパスである。 $PV(G)$ を G に含まれるパス値の集合を返す関数とし、 $PE(G)$ を G に含まれるパス等式の集合を返す関数とする。

(Copestake’s default unification)

$$F \overset{\leftarrow}{\sqcup}_a G = H \sqcup \left\{ F \mid \begin{array}{l} F \in PV(G) \text{ and there is no } F' \in PV(G) \text{ such that} \\ H \sqcup F' \text{ is defined and } H \sqcup F \sqcup F' \text{ is not defined} \end{array} \right\}, \text{ where } H = F \sqcup \sqcup PE(G).$$

Copestake のデフォルト単一化は非常に効率良く計算することができ、解も一意に定まる。本研究では Copestake のデフォルト単一化を用いて実験を行った。

表 1: 素性

<p>Shift Features [Sw(0)] [Sw(1)] [Sw(2)] [Sw(3)] [Sp(0)] [Sp(1)] [Sp(2)] [Sp(3)] [Shw(0)] [Shw(1)] [Shp(0)] [Shp(1)] [Snw(0)] [Snw(1)] [Snp(0)] [Snp(1)] [Ssy(0)] [Ssy(1)] [Shsy(0)] [Shsy(1)] [Shsy(1)] [Snsy(0)] [Snsy(1)] [d] [wi-1] [wi] [wi+1] [pi-2] [pi-1] [pi] [pi+1] [pi+2] [pi+3] [wi-1, wi] [wi, wi+1] [pi-1, wi] [pi, wi] [pi+1, wi] [pi, pi+1, pi+2, pi+3] [pi-2, pi-1, pi] [pi-1, pi, pi+1] [pi, pi+1, pi+2] [pi-2, pi-1] [pi-1, pi] [pi, pi+1] [pi+1, pi+2]</p> <p>Binary Reduce Features [Sw(0)] [Sw(1)] [Sw(2)] [Sw(3)] [Sp(0)] [Sp(1)] [Sp(2)] [Sp(3)] [Shw(0)] [Shw(1)] [Shp(0)] [Shp(1)] [Snw(0)] [Snw(1)] [Snp(0)] [Snp(1)] [Ssy(0)] [Ssy(1)] [Shsy(0)] [Shsy(1)] [Snsy(0)] [Snsy(1)] [d] [wi-1] [wi] [wi+1] [pi-2] [pi-1] [pi] [pi+1] [pi+2] [pi+3] [d,c,hw,hp,hl] [d,c,hw,hp] [d, c, hw, hl] [d, c, sy, hw] [c, sp, hw, hp, hl] [c, sp, hw, hp] [c, sp, hw,hl] [c, sp, sy, hw] [d, c, hp, hl] [d, c, hp] [d, c, hl] [d, c, sy] [c, sp, hp, hl] [c, sp, hp] [c, sp, hl] [c, sp, sy]</p> <p>Unary Reduce Features [Sw(0)] [Sw(1)] [Sw(2)] [Sw(3)] [Sp(0)] [Sp(1)] [Sp(2)] [Sp(3)] [Shw(0)] [Shw(1)] [Shp(0)] [Shp(1)] [Snw(0)] [Snw(1)] [Snp(0)] [Snp(1)] [Ssy(0)] [Ssy(1)] [Shsy(0)] [Shsy(1)] [Snsy(0)] [Snsy(1)] [d] [wi-1] [wi] [wi+1] [pi-2] [pi-1] [pi] [pi+1] [pi+2] [pi+3] [hw, hp, hl] [hw, hp] [hw, hl] [sy, hw] [hp, hl] [hp] [hl] [sy]</p>
--

Sw(i) ... head word of i-th item from the top of the stack
Sp(i) ... head POS of i-th item from the top of the stack
Shw(i) ... head word of the head daughter of i-th item from the top of the stack
Shp(i) ... head POS of the head daughter of i-th item from the top of the stack
Snw(i) ... head word of the non-head daughter of i-th item from the top of the stack
Snp(i) ... head POS of the non-head daughter of i-th item from the top of the stack
Ssy(i) ... symbol of phrase category of the i-th item from the top of the stack
Shsy(i) ... symbol of phrase category of the head daughter of the i-th item from the top of the stack
Snsy(i) ... symbol of phrase category of the non-head daughter of the i-th item from the top of the stack
d ... distance between head words of daughters
c ... whether a comma exists between daughters and/or inside daughter phrases
sp ... the number of words dominated by the phrase
sy ... symbol of phrase category
hw ... head word
hp ... head POS
hl ... head lexical entry

2.2.2 単一化文法のためのシフトリデュース構文解析

最初に単一化文法のための決定的シフトリデュース構文解析について説明する。構文解析システムはスタック S とキュー W を持ち、 S の要素は部分構文木であり、 W は入力文の単語/品詞列である。決定的シフトリデュース構文解析は次の 3 つのアクションのいずれかを選択し、繰り返し適用することにより構文解析が行われる。

- シフト: シフトアクションはキューの先頭のアイテム(単語と品詞のペア)を取り除き、そのアイテムに対する語彙項目を選択する。その選択された語彙項目はスタックのトップに置かれる。
- バイナリリデュース: バイナリリデュースアクションは二つのアイテム (部分構文木) をスタックのトップから取り除き、その二つの部分構文木に対し、バイナリ規則を適用する。バイナリ規則を適用した結果生成される親の候補のうちの一つをスタックのトップに置く。
- ユーナリリデュース: ユーナリリデュースアクションはアイテム (部分構文木) を一つスタックのトップから取り除き、その部分構文木に対しユーナリ規則を適用する。ユーナリ規則を適用した結果生成される親の候補のうち一つをスタックのトップに置く。

決定的構文解析は、解析途中で親の候補がまったく生成されない場合に構文解析に失敗したと言い、キューが空になりスタックのアイテムが一つになり、かつそのアイテムが適格文の条件を満たす時、構文解析が成功したと言う。本研究の実験では多クラスロジスティック回帰 (=対数線形モデル、最大エントロピー法) を識別器として用いた。表 1 は識別のために用いた素性を示している。これらの多くは、HPSG スーパータガの素性、確率的 HPSG モデルの素性、CFG のための決定的構文解析に用いられている素性である。これらの素性にはスタック情報などの畳み込み構文森では用いることが難しい大域素性も含まれている。

決定的構文解析は文法制約のため構文解析に失敗してしまうことが多い。そこで、本研究ではほとんどの場合に単一化に成功するデフォルト単一化をバイナリ規則の適用に用いる。主辞と単一化

された文法規則を非デフォルトとし、非主辞をデフォルトとした。つまり、 R をバイナリ規則を表す素性構造、 H を主辞の子、 NH を非主辞の子としたとき、次のように親 M が計算される。

$$M = (R \sqcup H) \overset{\leftarrow}{\sqcup} NH$$

実験においては、Copestack のデフォルト単一化を用いた。

決定的構文解析の失敗から回復する方法として、他にバックトラックを用いる手法と、非決定的にベストファースト探索を行う手法も提案する。バックトラックは、決定的構文解析に失敗した場合に、過去の構文解析のステートのうちのいずれかに戻って、選択されたアクションを変更して構文解析をそこから続ける手法である。本研究では、過去のステートのうち、選択確率が最大のアクションと 2 番目に最大のアクションとの差が最も小さいステートまでバックトラックした。

次にベストファースト探索を行う手法について説明する。ベストファースト探索は、決定的構文解析の各ステート (スタックとキュー) をステートキューに完全に保存し、シフトリデュースアクションをそれらのステートのうち最大確率のステートに適用する。ステートキューはプライオリティーキューであり、先頭には常に最大確率のステートが与えられる。ステートの確率は、そのステートに至るまでに選択されたアクションの選択確率の積として与えられる。しかし、構文解析におけるベストファースト探索はほぼ幅優先探索と同様の挙動で探索されるため解析には非常に時間がかかる。そこで、ビームサーチを導入し、ステートキューの最大確率のステートの $1/b$ 以上の確率を持つステートのみステートキューに挿入する。単一化文法は、非常に大きな素性構造で表現された構文木がステートに蓄えられるため、ベストファースト探索を用いた場合には、これらを 1 アクション毎にコピーして保存する必要があり、そのため決定的構文解析やバックトラックに比べて解析時間を大きく要する。

実験では、決定的構文解析、バックトラック、ベストファースト探索のそれぞれに対し、デフォルト単一化を用いない場合と用いた場合の効果を測定した。

2.2.3 評価

単一化文法の一つである HPSG に対する決定的/非決定的シフトリデュース構文解析の解析速度と精度を評価した。文法は、Enju2.3 β と呼んでいる Penn Treebank の Section 02~21 (39,832 文) を用いて辞書項目を獲得した HPSG 文法を用いた。この文法の辞書は、11,187 語に対する 2,302 辞書項目から成る。識別器は多クラスロジスティック回帰 (=対数線形モデル、最大エントロピー法)を用い、識別器の学習には同様に Penn Treebank の Section 02~21 を用いた。Section 22 を開発用テストセットとして用い、Section 23 を用いて性能評価を行った。精度の評価は、HPSG 構文解析の結果出力される述語項構造の依存構造に対する適合率、再現率を計算し、それらの調和平均である F スコアで評価した。また、Xeon5160 3.0GHz CPU を搭載するサーバーを用いて評価した。ベストファースト構文解析のビーム幅は一文あたりの平均解析時間が 500 ミリ秒以下になるように調整した。デフォルト単一化を用いない実験において解析に失敗した場合は、既に解析済みの部分構文木の依存構造を出力させ、また、失敗した箇所の次の単語から解析を続けるようにした。

Section 23 に対する結果は表 2 に示されている。決定的解析においては、デフォルト単一化を用いることにより精度 (F スコア) が 79.1%から 87.6%まで向上した。デフォルト単一化を用いずにバックトラックやベストファースト探索を用いた実験では、ベストファースト探索が最も精度が高く 87.0%の F スコアであった。ベストファースト探索に対しデフォルト単一化を用いることにより精度が 87.0%から 88.5%まで向上した。

2.3 具体的成果

本研究では決定的シフトリデュース構文解析に基づく単一化文法のためのシフトリデュース構文解析を提案した。具体的には、単一化文法のための (i) 決定的構文解析、(ii) 決定的構文解析に対するバックトラック、(iii) 決定的構文解析に対するベストファースト探索を提案した。近年、CFG における決定的構文解析が効率、精度の面から大きく注目されているが、決定的構文解析を単一化文法

表 2: Penn Treebank Section 23 に対する実験結果

	普通の単一化		デフォルト単一化	
	Fスコア	平均解析時間 (ミリ秒/文)	Fスコア	平均解析時間 (ミリ秒/文)
(Miyao and Tsujii 2005)	86.9%	604		
(Ninomiya et al., 2007)	89.5%	234		
決定的	79.1%	122	87.6%	256
バックトラック	83.6%	519	87.6%	267
ベストファースト	87.0%	510	88.5%	457

に対し適用することは困難であった。単一化文法は制約により文法規則が与えられているため、決定的に解析されている途中で文法規則の適用に失敗し、構文解析に失敗することがあるからである。本研究では文法規則の適用にほとんどの場合において失敗しないデフォルト単一化を用いることを提案し、実験により、決定的構文解析の精度は 79.1%から 87.6%まで向上したことを確認した。また、その他に構文解析の失敗から回復する手法として、バックトラックとベストファースト探索による手法も提案した。実験により、決定的構文解析、バックトラック、ベストファースト探索のうち、ベストファーストが 87.0%の F スコアで最も高い精度を達成した。また、ベストファーストとデフォルト単一化を組み合わせることにより、精度が 87.0%から 88.5%まで向上した。

3 英文読解支援システム

3.1 背景

英語学習者の英文読解を支援する方法として、英文に対し語義のアノテーションを与えることが有効であることは主にコンピュータ支援語学学習 (CALL) の分野における研究によって示唆されてきた。しかし、CALL 分野における研究はアノテーションによる教育効果を測定することが主な目的となっており、実際に学習者のレベルに応じて自動的に語義のアノテーションを与えるシステムの研究は少ない。読解支援のツールとしては、マウスカーソルを英単語にあてることにより自動的にその単語の語義を表示するシステムが存在するが、この手法はコンピュータと向き合って英文を読んでいる間は有効であるが、本や書類として印刷する場合には利用できない。

3.2 内容

本研究は、ユーザの英語レベルに合わせて英文に対し語義のアノテーションを自動的に与える手法を提案する。具体的には、(i) 単語頻度および SVL12000 に登録された単語難易度表のみを用いた判別手法、(ii) ユーザに適応した判別手法、(iii) 数百人規模のユーザに対する語彙情報が得られた場合の判別手法を提案し、それらの比較実験を行った。

3.2.1 問題設定

単語は全部で N 個あるとし、利用者 u は事前に $n (< N)$ 個の単語集合 V に対し単語の既知/未知の情報を入力していると仮定する。本研究における目標は、利用者 u に対し、単語集合 V の情報から V 以外の単語の既知/未知を予測することである。

本研究ではその予測のために次の外部リソースを用いる。

- SVL 単語難易度表
- Google コーパスから得られる単語の確率分布

- iKnow と呼ばれるコンピュータ支援語彙習得 (CAVOCA) システムから得られる数百人規模のユーザに対する語彙情報

SVL 単語難易度は単語頻度やネイティブスピーカーによる感覚的判断を参考に 12,000 語の単語に対し 12 段階の難易度を割り振ったものである。Google コーパスは、1 兆語分のウェブページにおける単語の出現頻度を 5 グラム (接続する 5 単語) まで記録したデータであり、1 グラム (単語) の出現頻度の対数を判別のための素性とした。iKnow からは 10,526 人分のデータを取得したが、iKnow ではユーザに提示されていない単語は未知として扱われているため、十分に学習したユーザの情報でないと未知と欠損 (=ユーザが既知/未知をつけていない状態) のラベルが混合されていることになる。そこで、学習した単語の 15% 以上を既知としており、かつ、100 単語以上の単語を学習している利用者 675 人に対するデータのみ外部リソースとして利用した。

次に評価について説明する。iKnow から得られるデータに対する既知/未知の予測精度を評価することも可能ではあるが、iKnow から得られるデータは、多くの単語に対し既知/未知のラベルが欠損しており、データに偏りがある。そのため評価には iKnow とは別の既知/未知ラベルがつけられたデータを作成した。具体的には、学生 10 人に対し、SVL 中の 12,000 語について、単語を知っている度合いを 5 段階から選択してもらうことにより評価用データを作成し、本研究においては、最高の 5 をつけている単語のみを既知とし、残りの 1~4 までは未知とすることとした。この評価用データから、10,000 語をテストデータとし、1,400 語を開発用テストデータとし、残りの 600 語を最初にユーザが与える既知/未知の情報とした。

3.2.2 手法

本研究では以下の 3 つの手法を比較した。

- 手法 1: 単語頻度および SVL 単語難易度のみを用いた判別手法。この手法では、次の素性を用いた。
 - Google コーパスの単語頻度の対数
 - SVL 単語の単語難易度
- 手法 2: 手法 1 に加えてユーザ ID を素性に加えた次の素性を用いた
 - Google コーパスの単語頻度の対数
 - SVL 単語の単語難易度
 - ユーザ ID

ユーザ毎の英語能力はユーザ ID に対する重み変数に学習され、単語の難易度は単語頻度の素性と SVL の素性に対する重み変数に学習されることが期待される。この手法はユーザ適応の学習になっており、ユーザの英語能力と単語の一般的な難易度がそれぞれ別の変数に学習され、テストユーザに対する単語難易度はテストユーザの英語能力と単語の一般的な難易度から推定される。識別器の訓練時にはユーザ毎の英語能力の差異がユーザ ID に対する重み変数で正規化されるため、テストユーザ以外の各単語の一般的な難易度が学習される。テスト時には少数の単語集合 (< 600 単語) に対する既知/未知情報から推定されるテストユーザの英語能力と、テストユーザ以外のユーザから学習された各単語の一般的な難易度から、テストユーザに対する単語の既知/未知情報が推定される。

表 3: テストデータに対する単語の既知/未知の判別精度

	$n=5$	30	100	300	600
手法 1	69.2%	69.2%	69.5%	69.7%	69.7%
手法 2	70.4%	77.7%	79.0%	79.3%	79.7%
手法 3	66.1%	77.9%	79.8%	80.4%	80.6%

- 手法 3: iKnow から得られる数百人規模の語彙情報が得られた場合の判別手法であり、用いた素性は手法 2 と同様であるが、9 人に対する 600 語だけではなく、675 人に対する 12000 単語の欠損データから識別器が学習される。

3.2.3 評価

節 3.2.2. で説明した素性を用い、RBF カーネルによる SVM を識別器として用いた。表 3 はユーザから得られると仮定する単語の既知/未知の情報を 5 単語から 600 単語まで変化させた場合の各手法による性能評価を示している。5 単語のみの情報を得る場合を除いて手法 3 が最も高い精度を達成しており、600 単語の情報を得た場合では 80.6% の精度で予測することができた。また、この結果からおおよそ 100 単語ほどの情報があれば予測に十分であることがわかった。

3.3 具体的成果

本研究では英文の読解を支援するために、英文に対し自動的に語義のアノテーションを与えるシステムを提案した。学生 10 人に、12,000 語について単語の既知/未知のラベルを与えたデータを作成し、このデータを用いてシステムの性能を評価した。外部リソースとして、Google コーパスによる単語頻度、SVL12000 単語の単語難易度表、iKnow と呼ばれるコンピュータ支援語彙習得システムから得られる 675 人分の既知/未知の欠損データを用いる手法を提案し、評価した。実験により、おおよそ 100 単語に対する既知/未知の情報を得ることでおおよそ 80% の精度で残りの単語の既知/未知を予測することが出来た。

4 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] Takashi Ninomiya, Takuya Matsuzaki, Nobuyuki Shimizu and Hiroshi Nakagawa: Deterministic shift-reduce parsing for unification-based grammars by using default unification, In the Proceedings of the 12th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics (EACL 2009), pp.603-611, 2009.

その他の発表論文

[発表 1] 松島慎, 清水伸幸, 二宮崇, 中川裕志: 機械学習テンプレートライブラリを用いた英語品詞タガー, NLP 若手の会 第 3 回シンポジウム, 熱海, 2008 年 9 月.

[発表 2] 江原遥, 二宮崇, 中川裕志: ソーシャル辞書: 語学学習における協調フィルタリングを用いた学習単語の推薦, NLP 若手の会 第 3 回シンポジウム, 熱海, 2008 年 9 月.

[発表 3] 江原遥, 二宮崇, 中川裕志: 機械学習による自動辞書引きを利用した英文の読解支援システム, 言語処理学会 第 15 回年次大会 発表論文集, pp.885-888, 鳥取, 2009 年 3 月.

高度テキスト分析システムの実現に向けて — テキスト中の数値表現検索 —

吉田 稔

1 概要

組織内文書、特定サイトの Web 文書、Wikipedia 等、Web スケールではないが大規模かつ有用な知識の多く含まれた文書集合を分析することは、近年の文書電子化の進展により益々その重要性を増している。本年度は、そのような特定テキスト集合から有用な知識を発見するテキストマイニングタスクに関して、以下のような研究を行った。本稿では、このうち最初の「テキスト中の数値表現検索システムに関する研究」に関して詳細に解説を行う。

- テキスト中の数値表現検索システムに関する研究 [受賞 2][発表 4]

テキスト中に出現する数値表現は、従来は単なる文字列として扱うほかなかった。これに対して、「数値範囲」を検索語として用いることができ、さらに検索結果中に出現する数値を自動的にまとめて「数値範囲」として表示することのできる新たな検索システムを開発した。

- 同義語・類義語抽出に関する研究 [公開 1][公開 2][査読付 1][査読付 2][発表 6]

同義語・類義語を与えられたテキストから自動的に抽出することにより、クエリ補完等、高度な検索を実現することができる。今年度は、同義語抽出アルゴリズムの研究の他、同義語抽出アルゴリズムを応用した Wikipedia ドキュメントの検索支援システム Wikiwi の開発や、ユーザが分析対象テキスト集合を指定し、インタラクティブに同義語辞書を作成できるツール Kiwii の開発を行った。

- テキスト中の数量表現抽出とそのグラフ化に関する研究 [発表 3]

テキスト中に出現する統計量を自動的に取得し、複数の記事から取得した統計量を自動的にグラフとして表示するシステムの開発を行った。また、作成したシステムを用い、動向情報抽出ワークショップ MuST に参加した。

- Web 検索における同名曖昧性解消に関する研究 [査読付 3][発表 1]

Web における人名検索では、検索結果に複数の「同じ名前だが異なる人物」が出現することが多い。このため、我々は、人名の検索結果を、実体によって区別して表示するシステムを開発している。本年度は、システムの英語名への対応および略称曖昧性解消への応用を行った。

- 株価とテキストの関連分析に関する研究 [発表 2]

企業に関するニュース中に現れる言葉と、その企業の当日の株価の変動を捉えることで、「良い影響を与える言葉」「悪い影響を与える言葉」の分類や、株価の動きの変動の予測等に役立つことが期待できる。今年度は、主に企業に関する Web ニュースと、その企業の株価を毎日クロールすることにより取得し、最新の株価とニュースの関係を調査できるツール MarketSearcher の開発を行った。

- Web 上の表構造検索に関する研究 [発表 5][発表 7]

文書上の表構造には、重要な情報が簡潔にまとめられていることが多く、表構造を適切に検索できれば、重要な情報に素早くアクセスできるようになる。本年度は、このような表検索システムの実現に向け、機械学習を応用し、意味のある情報を含む表とそうでない表の分類の研究を行った。

2 テキスト中の数値表現検索システムに関する研究

2.1 背景

テキスト情報の中には、多くの数値表現が含まれている。しかしながら、従来、テキストに対する検索において、数値情報は、単なる数字文字列としてしか取り扱うことができなかった。通常、サーチエンジンやテキストへの索引付けツールでは、数値情報は、そのまま数字の文字列として取り扱うか、#や0などの数値を表す特殊記号に置き換えられるかであった。しかしながら、数値は、異なる数値間に順序を持つ（例えば、“200”は“100”より大きく、“101”は“100”に近い）等、他の文字列と異なる性質を持つ。こういった数値の特性を活用した検索を提供することは、テキスト中の数値からの知識発見に大きく貢献することが期待できる。

本研究では、数値の範囲を検索することができる、新たな検索システムを提案する。提案システムでは、「[1000~2000]円」といった範囲検索が可能となる。例えば、「1~5人」と入力することにより、「1人」から「5人」までの異なる文字列を同時に取得できる。すなわち、提案するシステムは、「数値の範囲を、単語のように取り扱うことのできる検索システム」ということになる。

この数値検索機能を実現するため、我々は、データ構造として Suffix Array を採用し、Suffix Array を利用して数値を検索するための手法を提案する。本研究では、我々の提案システムを、Number Suffix Array と呼ぶ。Number Suffix Array は、数値による検索だけでなく、検索結果に数値が含まれていた場合に適切にそれらをまとめあげる機能も提供する。数値のまとめあげには、確率モデル DPM (Dirichlet Process Mixture) を利用したクラスタリング手法を用いる。DPM クラスタリングを用いることにより、クラスタ数を事前に指定せず、自動的に適切なクラスタ数が推定される。

また、Number Suffix Array を応用したテキストマイニングについても紹介を行う。ひとつは「用例検索」であり、クエリに接続しやすい文字列を返すというタスクである。Number Suffix Array を用いることにより、「数値の範囲」をクエリ及び検索結果に含めることができるようになる。今ひとつは「同義語抽出」であり、クエリと類似した意味を持つ文字列を返すというタスクである。Number Suffix Array を用いてクエリや文脈に「数値の範囲」を含めることにより、同義語抽出精度の向上や、「数値の範囲」と類似した意味を持つ文字列の取得、等が行えるようになる。

2.2 内容

2.2.1 Suffix Arrays

Suffix Array は、与えられた文字列のすべての接尾辞を辞書順にソートした整数配列である。与えられた文字列 S から、部分文字列 s を、 $O(\log|S|)$ の時間計算量で見つけることができる。（ここで $|S|$ は文字列 S の長さを示す。） Suffix Array は、文字列長と同じ長さの整数配列を必要とするため、整数を 32 ビット、各文字を 8 ビットで表現するとすると文字列の 4 倍、文字を 16 ビットで表現した場合は文字列の 2 倍のメモリを必要とするが、本研究では、文字列・Suffix Array とともにメモリ上に載っていることを仮定する。これは、将来的には、Compressed Suffix Array 等の省メモリの実装を用いることにより改善できると考えている。

図 1 に、 $S=AGE:32$ に対する Suffix Array の構築例を示す。図中では、文字列の配列となっているが、実際には、構築された配列は、もとの文字列へのポインタの配列となっている。

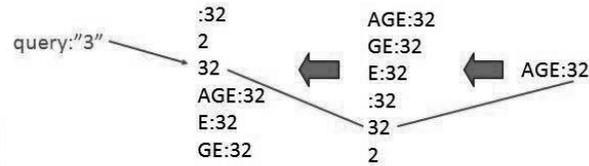


図 1: 文字列“AGE:32”に対する Suffix Array

2.2.2 Number Suffix Arrays

我々のシステムの中心となる Number Suffix Array について解説する。Number Suffix Array は、Suffix Array に、数値検索の機能を追加したインターフェースであり、以下の 2 種類の機能を持つ。

数値範囲クエリ 通常の文字列検索に加え、Number Suffix Array では、数値範囲をクエリに使用することができる。例えば、「[1000-2000]」というクエリにより、1000 以上 2000 以下の数値をすべて取得することができる。また、「[30-50] 人」のように、数値範囲と通常の文字列を混在させたクエリも可能である。

検索結果の数値範囲による表示 Number Suffix Array はさらに、複数の検索結果を、数値範囲を用いてまとめる機能を持つ。例えば、「300 円」「330 円」「350 円」という検索結果があったとき、これらをまとめて「[300-350] 円」という結果として表示することができる。どの範囲の数値をまとめて表示するかは、クラスタリングにより自動的に判別する。これにより、「1」と「1000000」をまとめて「[1-1000000]」となる、といった、不自然な数値範囲を避けることができる。

例えば、CEATEC [2000-2005]¹というクエリを用いることにより、CEATEC という文字列に 2000 から 2005 までの数値が接続した文字列を取得することができる。

ここで問題となるのは、Suffix Array 上の文字列が辞書順に並んでおり、この辞書順が、数字文字列により表現される数値の大きさの順とは異なっているということである。このことは、数値範囲検索において、通常の二分探索法が使用できないことを意味する。例えば、“120” で始まる接尾辞は、“50” で始まる接尾辞よりも、Suffix Array において上方に配置される (図 2 参照) ため、例えば“120” が“50” より下の範囲に含まれない。このことは、辞書順に基づく通常の二分探索が、“120” の検索に適用できないことを意味する。従って、数値範囲の取得においては、すべての数字文字列を調べ、最大値と最小値を取得する。

もう一つの問題として、数値範囲で検索した際、数値範囲に後続する文字列が整列されていないということが挙げられる。何故なら、後続する文字列は、その文字列自体ではなく、前方の数字の種類により整列されているからである。例えば、“[50-2000] 円”というクエリを扱う場合、まず最初に数値範囲 “[50-2000]” が検索され、その後それに接続する「円」という文字列を検索する。このとき、数値範囲 [50-2000] に含まれる数字文字列を探し、それらに後続する文字列へのインデックスを取得するが、これらの後続文字列は、その左の数字文字列によりソートされており、それらの文字列自体の辞書順には整列していないため、ここから二分探索で「円」を取得することができない。このため、数値範囲をそのまま 1 つの文字として扱うという Number Suffix Array の目的のためには、新たな機構を導入する必要がある。このため、検索時に動的に接尾辞のソートを行う。このため、数値範囲の検索後、後続文字列のソートに、 $O(a \log a)$ の時間計算量を要する (ここで、 a は数値範囲検索結果のサイズ。)

¹ [と] で囲まれた部分は、「左の数値から右の数値までの数値範囲」を示す。

```
...
100 people ...
1005 pieces ...
120 dollars ...
50 dollars ...
...
```

図 2: 異なる長さの数値文字列の Suffix Array 上での並びの例

```
...
50 dollars ...
100 people ...
120 dollars ...
1005 pieces ...
...
```

図 3: Number Array 構築の例

例えば、クエリ CEATEC [2000-2005] について考えると、すなわち、文字列 CEATEC を検索し、その後続文字列のうち数字のみを選択し、後続数字文字列が求める範囲に入っているものを選択し、それらの数字に後続する文字列を求め、新たな配列を作成し、それをソートする。

Number Arrays 一般に、範囲 $[x_n \dots y_n]$ はそれほど大きくなならない (qs の後に数字が来る文字列検索結果のみが対象となるため) が、 qs がヌル文字列の場合 (すなわち、「[10-20] 歳」のように、クエリが数値範囲で始まる場合) には、文書中のすべての数字が対象となるため、範囲が非常に大きくなる。このとき、 $[x_n \dots y_n]$ の範囲すべてについて解析を行うと非常に多くの時間を消費する。このため、我々は、Number Array という配列を新たに追加する。Number Array は、テキスト中の数字文字列のみを対象にインデクスを保持するが、その並びは、辞書順ではなく、**数値順**になっている。図 3 に、Number Array の例を示す。通常の Suffix Array(図 2 参照) と順序が異なっていることに注意されたい。

Suffix Array では、(接尾辞への) インデクスは、各接尾辞の辞書順にソートされており、文字列検索は、クエリの各文字を二分探索で発見することを繰り返すことにより行われる。数値範囲検索も、同様に二分探索で行う。すなわち、例えば数値範囲 [2000-2005] の検索では、「2000 より大きい数値のインデクス範囲」「2005 より小さい数値のインデクス範囲」を求め、その重複部分を取得することにより求める。数値が辞書順ではなく、数値そのものの値の順でソートされていれば、前者は数値「2000」を検索すれば、それよりも大きいインデクスが求める範囲となり、前者は数値「2005」を検索すれば、それよりも小さなインデクスが求める範囲となる。

コーパス S 上の Number Array na は、 S 中のすべての連続する数字の最初のインデクスを保持しており、配列は、各連続数字文字列の表す数値の昇順でソートされている。すなわち、通常の Suffix Array の構築・検索が「接尾辞の辞書順での比較」に基づき行われるのに対し、Number Array na の構築・検索は、「接尾辞の数値順での比較」に基づき行われる。

2.2.3 数値クラスタリング

Number Suffix Array は、クエリ中で数値範囲を使えるだけでなく、検索結果の中の数字文字列を数値範囲で表現する機能も持つ。これは、複数の数字が与えられた時、それを最大値と最小値、すなわち、例えば 20, 23, 30, 35, 42, 50 という数字を [20-50] と表現することができる。ここで問題となるのは、単純に最小値と最大値をとるだけでは、与えられた数値コレクションの性質を表現できないことがあるということである。例えば、 $\langle 1, 2, 3, 4, 1000, 1001, 1002 \rangle$ という数値リストを [1-1002] と表現すると、1~4, 1000~1002 という 2 つの範囲に数値が集中しているという情報を落とすことになる。また、少数の外れ値が、数値範囲に影響を与えるという問題もある。例えば、 $\langle 1, 50, 51, 52, 53, 54, 1000 \rangle$

という数値リストを [1-1000] と表現すると、実際には多くの値が 50~60 付近であるにもかかわらず、範囲はそれよりも遥かに広がってしまう。これらの問題は、数値のクラスタリングを行うことにより解決できる。

Dirichlet Process 混合モデルを用いた数値クラスタリング 我々の数値コレクションへのクラスタリングの問題では、適切なクラスタ数が数値コレクションによって変わるため、事前にクラスタ数を定めるアルゴリズムは適していない。

事前にクラスタ数を定める必要のない手法として、我々は DPM (Dirichlet Process Mixture) クラスタリングを用いる。DPM は混合数が異なる混合モデル同士の確率を比較することのできる確率モデルであり、DPM により数値クラスタ集合をモデル化することにより、最適なクラスタリングをクラスタ数を事前に決めずに確率的な指標により求めることができるようになる。

入力として与えられるのは、数値コレクション x_1, \dots, x_n ² である。また、各数値 x_i には、隠れパラメータ θ_i が付随していると考ええる。

Dirichlet Process は、確率分布の確率分布であり、与えられた集合（この問題においては、実数集合）上の離散分布を生成する。 G を Dirichlet Process から生成される分布、 θ_i が G から生成される実数とし、 x_i は θ_i をパラメータとして持つ分布から生成されるとする。すなわち、

$$\begin{aligned} G &\sim DP(\alpha, G_0) \\ \theta_i &\sim G \\ x_i &\sim f(\theta_i). \end{aligned}$$

Dirichlet Process のパラメータは、基底分布 G_0 と集中度パラメータ α である。Dirichlet Process は、 G を積分消去することにより、 θ_i のクラスタに確率を与えることができる。ただし、ここで θ_i と θ_j は、 $\theta_i = \theta_j$ のときに同じクラスタに入っていると定義する。また、このとき、 x_i と x_j も同じクラスタに入っていると定義する。 C_j を、 $\theta_{c_{j1}} = \theta_{c_{j2}} = \dots = \theta_{c_{j|C_j|}}$ となるような添字 $c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{j|C_j|}$ のクラスタとする。また、 C を、すべての C_j のコレクションとする。

我々は、正規分布の DPM (Infinit Gaussian Mixture と呼ぶ) を用いる。このモデルでは、 G_0 と f は共に正規分布であると仮定する。前者のパラメータ（平均, 分散）は (μ_1, σ_1) 、後者のパラメータを (θ_i, σ_2) と書く。すなわち、 $G_0 = \mathcal{N}(\mu_1, \sigma_1)$, $f_i = \mathcal{N}(\theta_i, \sigma_2)$ である。（実行速度の効率化のため、 $\sigma_1, \sigma_2, \mu_1$ はそれぞれ固定値に設定する。）これにより、 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ と $\boldsymbol{\theta}$ の結合分布は

$$p(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}) = \frac{\alpha^{|C|}}{\alpha^{(n)}} \prod_{j=1}^{|C|} (|C_j| - 1)! \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} \exp\left\{-\frac{(\theta_j' - \mu_1)^2}{2\sigma_1^2}\right\} \prod_{i=1}^{|C_j|} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} \exp\left\{-\frac{(x_{c_{ji}} - \theta_j')^2}{2\sigma_2^2}\right\}$$

となる。ここで、我々の目的はクラスタリングを求めることであるため、これを以下のように $\boldsymbol{\theta}'$ を積分消去することで問題を単純化する。（ $\mu_1 = 0$ と設定していることに注意されたい。）

$$\frac{\alpha^{|C|}}{\alpha^{(n)}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}^n \sigma_2^n} \prod_{j=1}^{|C|} (|C_j| - 1)! \frac{1}{\sqrt{1 + |C_j| \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_2}\right)^2}} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_2^2} \left\{ \left(\sum_{i=1}^{|C_j|} x_{c_{ji}}^2\right) - \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2 + |C_j|\sigma_1^2} \left(\sum_{i=1}^{|C_j|} x_{c_{ji}}\right)^2 \right\}\right\}$$

これが最大化すべき目的関数（「クラスタリングの良さ」）となる。この関数を $f(C)$ と記述する。ここで、後の議論のため、 $g(C_j)$ を

²実際には、 x_i としては、検索結果中の数字文字列を解釈したものの対数をとった結果を用いる。これは、数値の比較には、差よりも比率を用いたほうが適しているという事前の観察結果による。

$$g(C_j) = (|C_j| - 1)! \frac{1}{\sqrt{1 + |C_j| \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_2}\right)^2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma_2^2} \left\{ \left(\sum_{i=1}^{|C_j|} x_{c_{ji}}^2 \right) - \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2 + |C_j| \sigma_1^2} \left(\sum_{i=1}^{|C_j|} x_{c_{ji}} \right)^2 \right\} \right\}$$

と定義し、 $f(C)$ を

$$f(C) = \frac{\alpha^{|C|}}{\alpha^{(n)}} \frac{1}{\sqrt{2\pi^n} \sigma_2^n} \prod_{j=1}^{|C|} g(C_j) \quad (1)$$

と書き換える。

クラスタ割り当ての貪欲法による発見 アルゴリズムは、目的関数 (1) を最大化させるクラスタリングを求める。ここで、式 (1) は、各クラスタに対応する g を掛け合わせた形となっていることに注意されたい。各 $g(C_j)$ が、 C_j 以外のクラスタ C_i s.t. $i \neq j$ の変化に影響されないため、この目的関数 f は「各クラスタ C_j 毎に $g(C_j)$ を計算し、それを後で掛け合わせる」ことで計算することができる。本稿では、この意味で、この目的関数を「文脈自由である」と呼ぶ。

最適なクラスタリングを発見するため、動的計画法による最適解探索を適用することができるが、この場合、 n を数値の個数としたときに $O(n^3)$ の計算時間を要するため、 n が大きい場合には多くの時間がかかる。本研究での数値クラスタリングは、検索結果の表示に用いるため、高速な応答が求められる。このため、我々は、アルゴリズムの高速化のため、貪欲計算法を用いた近似解法を提案する。これは、まったく分割のない「全要素が一つのクラスタ」となる状態から始め、各クラスタを、そのクラスタの g を最大化させるような 2 つの領域に再帰的に分割させていく（もし分割させても g が増加しなければ、そこで分割を停止する）という手法である。各クラスタの g は独立であるため、 g を増加させることにより、目的関数 f も増加することになる。

具体的には、貪欲法によるクラスタリングは、 A を与えられた数値全部のコレクションとするとき、以下に示す関数 $partition(A)$ を呼び出すことで実現される。（ C がクラスタリング結果となる。）

$Partition(N)$: $g(left(N))g(right(N))$ を最大化させる分割 $left'(N), right'(N)$ を求める。もし

$$\alpha \cdot g(left'(N))g(right'(N)) \leq g(N),$$

ならば、 N を C に加える (= N の分割を停止し、 N を結果クラスタとして加える。). さもなくば、 $partition(left'(N))$ と $partition(right'(N))$ を再帰的に呼び出す。

ここで、 α が $g(left'(N))g(right'(N))$ に掛けられているのは、クラスタを分割することによりクラスタ数 $|C|$ が増加し、目的関数 (1) 中、 $\alpha^{|C|}$ の α の累乗数が増加するためである。

2.2.4 Number Suffix Arrays によるテキストマイニング

Number Suffix Array の応用として、「用例検索」と「同義語抽出」の二つのテキストマイニングに Number Suffix Array を適用した例を示す。

用例検索システム **Kiwi** 用例検索 **Kiwi** は、与えられたクエリに「接続しやすい」文字列を提示するシステムである。ここで「接続しやすさ」は、**Kiwi** スコアと呼ばれるスコア関数で定義される。例えば、「*処理」というクエリ³に対して、「情報処理」「知識処理」「自然言語処理」等、「処理」を右に含む文字列を検索結果として返す。**Kiwi** アルゴリズムの特徴は、「頻度と長さを考慮したスコア付け」

³ここで*は、検索したい文字列の位置を示す。

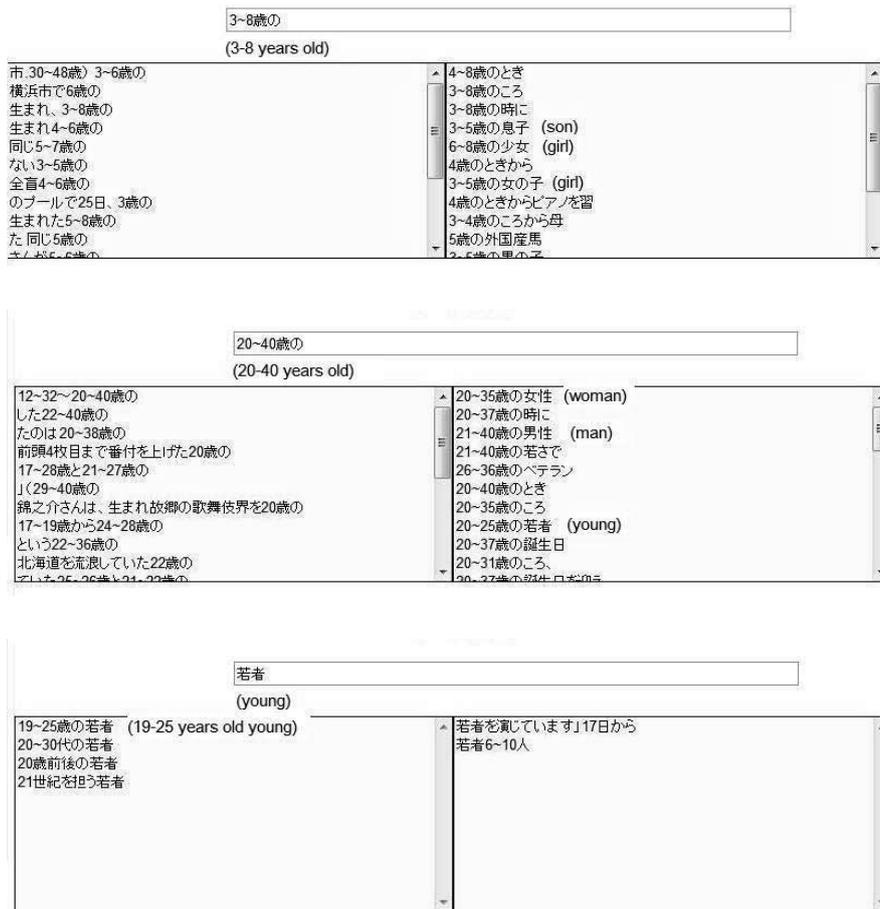


図 4: Number-Kiwi の出力例。左側の囲みはクエリ左側に頻出する文字列、右側の囲みはクエリ右側に頻出する文字列を示す。

と、「分岐数に基づく適切な切れ目の発見」にある。これらは、接続文字列 trie(木構造)を探索する問題であり、この木構造探索は、Suffix Array を用いてシミュレートすることができる。

Kiwi アルゴリズムを Number Suffix Array 上で実装することにより、数値範囲を用例の一部として抽出したり、数値範囲に接続し易い用例を取得したりすることが可能となった。毎日新聞コーパスを利用した用例検索の例を Figure 4 に示す。例えば「[3-8] 歳」というクエリに対して「息子」「娘」といった接続語が取得されるのに対し、「[20-40] 歳」というクエリに対しては「男性」「女性」「若者」といった接続語が取得されている。また、例えば、「若い」というクエリに対して、「[19-25] 歳」という接続語が取得できている。

同義語抽出 我々は、Suffix Array を用いたオンデマンド同義語抽出を提案している。この手法では、クエリ q の文脈 (q に接続する文字列) を Suffix Array を用いて取得⁴、さらにその後、取得された文脈に接続する文字列を逆方向に検索して取得することで、 q に類似した言葉を取得している。例えば、「U.S.」の右文脈として「army」が取得され、「army」の左に接続する文字列として「America's」が取得されることにより、「America's」が「U.S.」の同義語候補として取得される。この手法は、一般的なベクトル空間モデルを用いた同義語取得手法に比べやや劣る精度ながら、「単語のみ」「名詞のみ」と

⁴このさい、左右両方向の文脈を取得するため、順方向と逆方向 (Reversed Suffix Array) の 2 つの Suffix Array を用いている。



図 5: クエリ「[3~8]歳」に対する同義語抽出例。見やすさのため、上位2つの結果はスクロールアウトしてある。

いった従来の同義語抽出における候補語への制約を必要としない、適用範囲の広い手法となっており、また、通常の候補語ペア間の類似度を計算する手法に比べて高速に同義語を取得することができる。

我々は、このアルゴリズムを、Number Suffix Array を用いて拡張した。まず、文脈語として、数値範囲を利用できるようにする。たとえば、「10名」「15名」「20名」といった文脈語を自動的に「[10-20]名」のようにまとめることで、文脈および取得できる同義語候補のカバー率を向上させる。

さらに、同義語抽出のクエリとしても数値範囲を利用できるようにする。すなわち、与えられた数値範囲を置き換えられるような言葉を探すシステムを実現する。図 5 に、取得例を示す。「[3-8]歳」というクエリから、「若い」や「幼児」といった言葉が取得できている。

2.3 具体的成果

Number Suffix Array のテキストマイニングへの有用性を示すため、同義語抽出の文脈抽出に Number Suffix Array を利用した場合の精度の変化を調べる。

2.3.1 ベンチマーク課題

実験には、(株)日本航空インターナショナルの所蔵する機長レポートを用いた。使用したテキストコーパスのサイズは 6.1MByte であり、アルゴリズムの実装は Java, 実験は、Intel Core Solo U1300 (1.06GHz) プロセッサ + 2G バイトのマシン上で行った。Number Array のサイズ、順方向、逆方向それぞれの Number Suffix Array 毎に 60,766 であった。

正解データとしては、同様に (株)日本航空インターナショナルにおいて制作された同義語辞書を使用し、性能を測定した。同義語の例としては、日本語と英語の表記の違いのほか、「LDG」と「landing」のような短縮形等がある。同義語辞書は、 $(t, S(t))$ (t :用語、 $S(t)$: t の同義語集合) というペアを列挙することで構成されている。((CAPT, {Captain}), (T/O, {Takeoff}) 等。) ペアの数 404、各ペアにおける平均同義語数は 1.92 であった。精度測定においては、 t をクエリとして用い同義語候補のランキングを取得し、 $S(t)$ 内の言葉が高いランクに含まれているかどうかを見る。具体的には、各クエリ毎に平均精度 (average precision) を計算し、全クエリの average precision の平均をとって全体の精度とする。システムの返した同義語候補ランキングを $\langle c_1, c_2, \dots, c_n \rangle$ とし、正解同義語集合を $S = \{s_1, s_2, \dots\}$ とするとき、平均精度は、

$$\frac{1}{|S|} \sum_{1 \leq k \leq n} r_k \cdot \text{precision}(k),$$

として計算される。ここで $\text{precision}(k)$ は、ランキングの上位 k 候補における正解率 (正解と全体候補数の比率) であり、 r_k は、 k 番目の候補が正解 (= S に含まれる) のとき 1 を、不正解のとき 0 をとる変数である。

2.3.2 結果:同義語抽出精度

提案手法の平均精度を、ベースライン (通常の Suffix Array を用いた場合) と、No-Clustering (Number Suffix Array を用いるが、数値クラスタリングを用いない場合) と比較する。

表 1: 同義語抽出実験の結果。 σ_1 は 100.0 に設定。AvPrec は平均精度 (%)、Time はクエリ毎の平均実行時間 (秒) を示す。

Algorithm	AvPrec	Time
Baseline	40.66	2.294
No Clustering	41.30	10.272
Our Algorithm	41.68	7.837

表 1 に結果を示す。Number Suffix Array を用いることにより 0.6 ポイントの、さらに数値クラスタリングを用いることで 0.4 ポイントの精度向上が確認された。

しかしながら、平均実行時間は、通常の Suffix Array を用いた場合と比べ、3.5~4.5 倍必要となっている。このため、速度低下を防ぐために、数値範囲から始まる検索を制限する（これは例えば、「in 10,000」のような文脈を禁止し、「in 10,000 ft」でなければ採用しない等の制約を課することによって可能になる）等の措置による速度向上が必要となると考えられる。

3 成果要覧

受賞関連

[受賞 1] 吉田稔, 中川裕志: 第 70 回全国大会 大会優秀賞, 情報処理学会, 2009 年 3 月.

[受賞 2] 吉田稔, 中川裕志: 第 3 回シンポジウム奨励賞, NLP 若手の会, 2008 年 9 月.

査読付論文

[査読付 1] Issei Sato, Minoru Yoshida, Hiroshi Nakagawa: Knowledge Discovery of Semantic Relationships between Words Using Nonparametric Bayesian Graph Model, Proceedings of the Fourteenth International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-2008), ACM, pp. 587–595, August, 2008.

[査読付 2] 寺田昭, 吉田稔, 中川裕志: 同義語辞書作成支援ツール, 自然言語処理, Vol.15, No.2, pp.39–58, 2008 年 4 月.

[査読付 3] Shingo Ono, Issei Sato, Minoru Yoshida, and Hiroshi Nakagawa: Person Name Disambiguation in Web Pages using Social Network, Compound Words and Latent Topics, Proceedings of the 12th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD2008), Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) 5012, Springer, pp.260–271, May, 2008.

公開ソフトウェア

[公開 1] 吉田稔, 吉田和弘, 中川裕志: 同義語・類義語抽出ツール Kiwii, 情報大航海プロジェクト共通技術, 2009 年 3 月.

[公開 2] 吉田稔, 中川裕志: Wikipedia 検索支援システム Wikiwi, <http://capacitas.r.dl.itc.u-tokyo.ac.jp:8080/ut-kiwi/>, 2008 年 8 月.

その他の発表論文

[発表 1] 池田雅紀, 小野真吾, 佐藤一誠, 吉田稔, 中川裕志: クエリー拡張による特徴量抽出を用いた Web 検索における同姓同名問題解消, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2009), A3-3, 静岡, 2009 年 3 月.

- [発表 2] 吉田稔, 廣川敬真, 浦信将, 山田剛一, 増田英孝, 中川裕志: 株価情報とニュース記事の統合的検索・分析システム, 第 2 回 ファイナンスにおける人工知能応用研究会 (SIG-FIN), pp.59-64, 東京, 2009 年 1 月.
- [発表 3] Minoru Yoshida, Takahiro Sugiura, Takamasa Hirokawa, Kouichi Yamada, Hidetaka Masuda, and Hiroshi Nakagawa: TDU Systems for MuST: Attribute Name Extraction, Text-Based Stock Price Analysis, and Automatic Graph Generation Proceedings of the 7th NTCIR (NII Test Collection for IR Systems) Workshop, pp. 520-527, Dec., 2008.
- [発表 4] 吉田 稔, 中川 裕志: Qiwi: テキスト中の数値情報マイニング, NLP 若手の会 第 3 回シンポジウム, 熱海, 2008 年 9 月.
- [発表 5] 前島一弥, 横川智浩, 山田剛一, 絹川博之, 吉田 稔, 中川裕志: 機械学習を用いた Web 表情情報の例示検索方式とその評価, 電気学会研究会第 34 回情報システム研究会, IS-08-20, 大阪, 2008 年 9 月.
- [発表 6] 佐藤 一誠, 吉田 稔, 中川 裕志: 多重性を考慮したノンパラメトリックベイズグラフクラスタリングによる単語間関係抽出, 人工知能学会 データマイニングと統計数理研究会 (SIG-DMSM) 第 7 回, 小樽, 2008 年 7 月.
- [発表 7] 前島 一弥, 横川 智浩, 吉田 稔, 山田 剛一, 絹川 博之, 中川 裕志: Web 上の表情情報の例示検索における機械学習手法の検討, 第 22 回人工知能学会全国大会, 1G1-04, 旭川, 2008 年 6 月.

多様な情報資源の架け橋としての Wikipedia の活用

清田 陽司

1 概要

Web サーチエンジンの普及は、一般の人々の「情報探し」に対するものの見方に大きな影響を与えている。仕事や買い物、旅行、食事、読書、料理といった日々の行動をするにあたって「まずサーチエンジンで探す」という習慣は人々の間で広く共有されている。これにともない、「検索キーワードさえ適切に選べばサーチエンジンは答えを与えてくれる」とか、「サーチエンジンで何もみつからなければそれ以上探しても仕方ない」という誤解も生じかねない状況が生まれている。

しかし、私たちが日々抱く疑問の中には、検索キーワードを入力するだけでは答えを見いだせないものも数多く存在する。「関東大震災が発生したのはいつか?」「XXX ってどんな病気?」という疑問に対しては、サーチエンジンで簡単に答えにたどりつくことができる。一方で、大学の学生の「関東大震災についてレポートを書かなきゃいけないんだけど、いったいどんな資料から調べたらいいの?」という疑問や、難病を抱えた患者の「自分の病気について最先端の治療を行っている病院を探す方法は?」という疑問に対しては、サーチエンジンは明解な答えは与えてくれない。

「レポートの書くための資料の探し方を知りたい」「病院を探す方法を知りたい」といった疑問を抱くのは、情報探しのテーマがあいまいな場合が多い。このような場合、情報探しのテーマを利用者に推薦することが求められる。情報探しのテーマを推薦するためには、サービス提供側は以下の 3 つの条件を満たしていることが必要だと考えられる(図 1):

1. カバレッジ
あらゆる分野の質問に対して何らかの情報資源を推薦することが求められる。この条件を満たしていない限り、結局はサービスを利用してもらえない。
2. 分類体系の存在
お薦めすべき情報資源には、情報探しの分野に応じて「定番」とよべるものが存在する。例えば、図書館においては入門書(新書など)や参考図書がそれに該当する。「定番」となる情報資源を利用者に提示するためには、あらかじめそれらの情報資源を整理しておく分類体系が必要である。
3. 信頼性
どんな情報資源を推薦したとしても、利用者側が「このお薦めは信頼できる」という感情を抱かなければ結局は利用されない。「ネットでググる」ことで得られる情報資源を超える信頼性の根拠を利用者に示すことが重要となる。

日常の情報探しにおいて最も広く用いられている Web サーチエンジンは、上記の 3 つの条件のうち「カバレッジ」は満たしているが、「分類体系の存在」「信頼性」においては不十分である。1990 年代の Web では Yahoo!などのディレクトリサービスがこれらの条件を満たす役割を担っていたが、Web 空間の情報量が爆発している現代においては人手によるディレクトリの作成が追いついていない状況である。

一方、図書館の代表的な Web 情報サービスである OPAC では、「分類体系の存在」「信頼性」の条件は満たしているが、「カバレッジ」については不十分である。思いついたキーワードを OPAC に入力しても、何も情報が得られない場合はかなり多い。

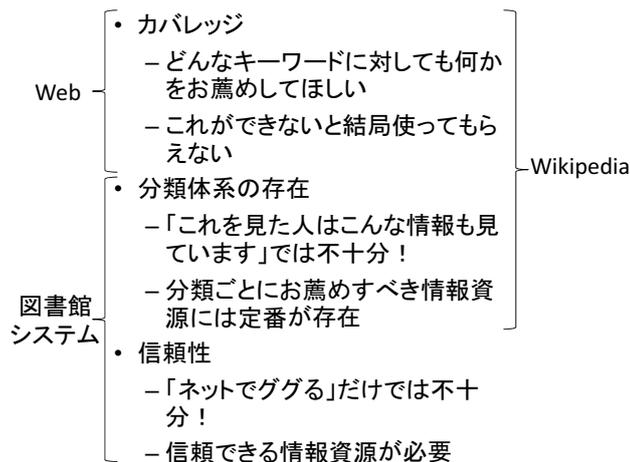


図 1: テーマ推薦の要件

オンライン百科事典 Wikipedia は、この 3 つの条件を考慮したとき興味深い位置に存在する。誰でも編集が可能であることから「信頼性」については課題があるが、「カバレッジ」「分類体系の存在」の条件は満たしていることから、Web と図書館システムとのギャップを埋める架け橋として利用できる可能性がある。

本研究は、このような Wikipedia 特有の性質に着目し、ブログや図書館情報資源などの多様な情報資源をつなぐ架け橋として Wikipedia を活用することを目標としている。本年度は以下の 3 つのトピックに取り組んだ。

- **図書館ナビゲーションシステム** [招待 1] [招待 2] [招待 3] [招待 4] [招待 5] [査読付 1] [査読付 2] [特許 1] [報道 1]

図書館において行われているレファレンスサービスを補完し、利用者自身が多様な情報資源(図書館や Web)を使いこなすことを支援するシステムの実現を目指している。Web の分類体系と図書館の分類体系を統合するにあたって Wikipedia を活用する。本年度は、昨年度実装した対話型図書館ナビゲーションシステム「Littel Navigator」が国内の複数の大学図書館にて導入・運用された。また、海外の図書館への展開に向けての活動や、テキストマイニングへの適用も行った。

- **Wikipedia カテゴリネットワークからの意外性のある知識の発見** [発表 1] [発表 3]

Wikipedia には「Wikipedia カテゴリ」と呼ばれる分類体系が存在する。Wikipedia カテゴリはいわゆるフォークソミーの特徴を有しており、さまざまな観点からの分類がなされている。この特徴をうまく用いると、個別の記事からだけでは得られない意外な知識の発見につなげることができる。本年度は、共起頻度が小さなカテゴリ同士の組み合わせを用いて意外な記事を発見する手法を考案し、発表を行った。

- **Wikipedia の軽量解析ツールの開発** [受賞 1] [公開 1] [発表 2] [発表 4]

Wikipedia は辞書・シソーラス作成の情報源やコーパスとして注目されているが、Wikipedia のデータを実際に活用するためには超えなければならない技術的なハードルが存在する。Wikipedia のデータを解析するために研究者が各自ツールやプログラムを作成するのは無駄が多い。そこで、Wikipedia のデータを簡単かつ高速に解析するためのツールを開発し、一般に公開した。

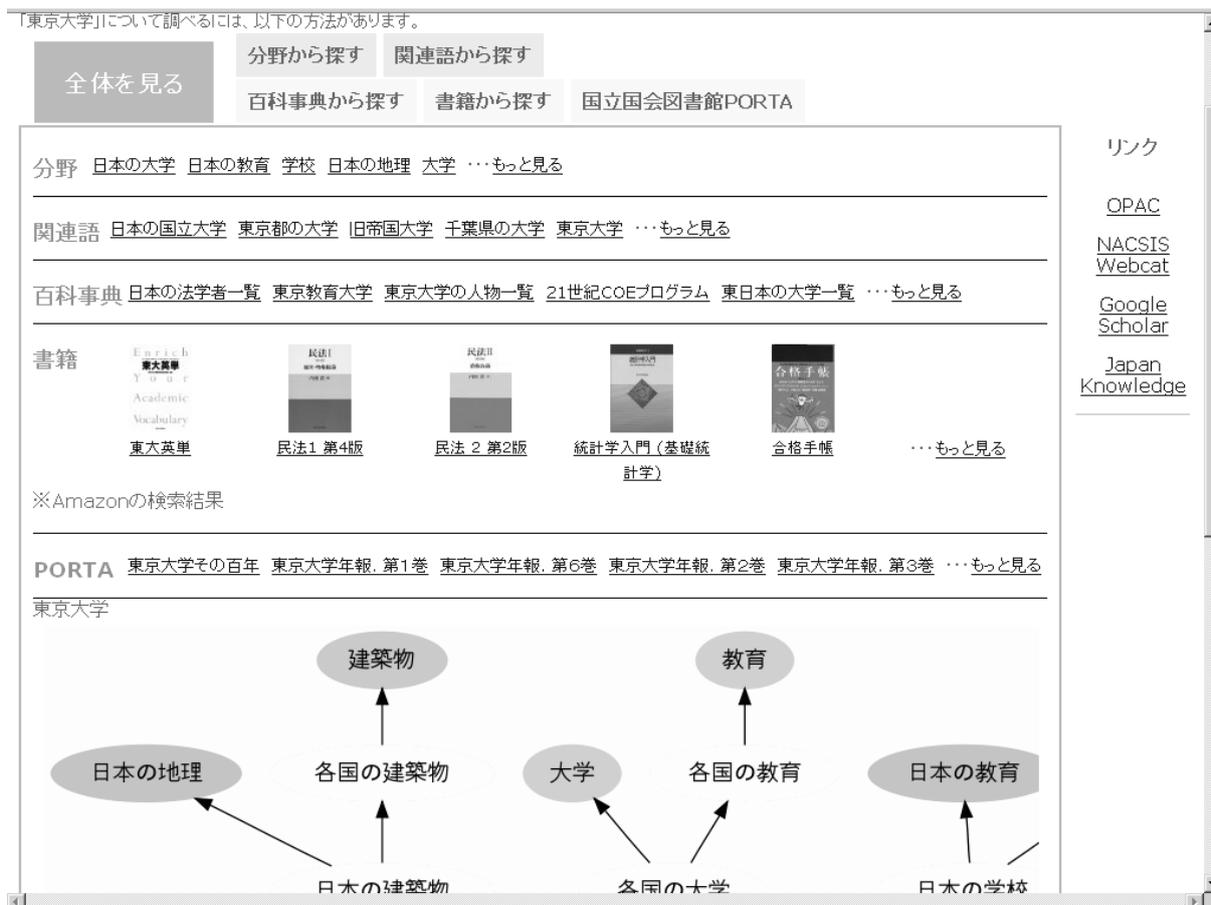


図 2: Littel Navigator のユーザインタフェース

2 図書館ナビゲーションシステム

2.1 背景

図書館において情報探索の窓口の役割を果たしているレファレンスサービスでは、Wikipedia をレファレンスツールとして活用するという試みがなされている。しかし、現在はレファレンスサービス自体が一般の人々にあまり認知されていないという状況である。また、特定のトピックごとに図書館が提供できる関連資料をリスト化したパスファインダーとよばれる情報資源を Web 上で公開する取り組みも盛んに行われるようになってきているが、図書館員が人手をかけて構築する必要があるため、Web 上に存在するオントロジーに比較すればごく一部のトピックをカバーしているにすぎない。

レファレンスサービスを発展させ、さまざまな情報探索ニーズに対応できるようにするためには、コンピュータシステムに多様な情報資源を活用するための仕組みを持たせる必要がある。パスファインダーは、トピックを表す図書館分類記号(日本十進分類法など)を手掛かりとして作成されるので、あらゆるキーワードから自動的に図書館分類記号を導出する仕組みが必要とされる。

2.2 内容

本研究において開発している図書館ナビゲーションシステム「Littel Navigator」は、Wikipedia に登録されているあらゆる項目から、Wikipedia カテゴリネットワークを利用して図書館件名標目と分類(日本十進分類表コード)を自動的に導出し、関連する情報資源(書籍や Web サイト)をユーザに提示する(2007 年度の年報にて報告済み)。現在の Littel Navigator のユーザインタフェースを図 2 に示す。

2.3 具体的成果

Littel Navigator において採用されている分類体系導出アルゴリズムについては特許を出願しているが、出願内容が 2009 年 3 月に公開された[特許 1]。また、国際会議における発表も行った[査読付 1]。

Littel Navigator は 2007 年度より東京大学、東京電機大学の図書館業務の現場に導入されているが、本年度は新たに同志社大学、東邦大学、亜細亜大学でも導入された。2009 年度からは、国立国会図書館のレファレンスデータベースで Littel Navigator のコンポーネントが採用される予定となっている。また、Littel Navigator を活用しているユーザ(図書館員や大学生)の意見をもとに、Littel Navigator のユーザインタフェースの改良を進めている。本年度は、テーマグラフ可視化インタフェース(2007 年度の年報にて報告済み)を Littel Navigator に実装し、好評を得た。

広報活動の一環として、主に図書館員を対象とした講演を各地で行っているほか[招待 2] [招待 3] [招待 4] [招待 5]、論文誌への寄稿を行った[査読付 2]。

現在の Littel Navigator は日本語版 Wikipedia と日本国内で利用されている分類体系(基本件名標目表、日本十進分類法)を採用しているが、Littel Navigator のアルゴリズム自体は言語非依存である。英語版 Wikipedia と、世界中の図書館において標準的に利用されている Library of Congress Subject Headings (LCSH) への対応を現在進めている。

3 Wikipedia カテゴリネットワークからの意外性のある知識の発見

3.1 背景

Wikipedia には「Wikipedia カテゴリ」と呼ばれる分類体系が存在し、ほぼ全ての記事(日本語版 50 万記事以上、英語版 250 万記事以上)がこの分類体系の下で整理されている。Wikipedia カテゴリを利用して、多様な知識を抽出する研究が盛んに行われている。

Wikipedia カテゴリを利用してオントロジーを構築する代表的な取り組みとしては、DBpedia がある。DBpedia は、Wikipedia の Infobox やカテゴリ情報などを RDF に変換し、データベースから情報を検索できるようにしている。また Wikipedia のカテゴリ関係を利用して WordNet を拡張する YAGO というオントロジーが構築されている。

Strube らは、密な Wikipedia の各記事が属するカテゴリの情報を利用し、各概念同士の関連の度合いを算出している。中山らは概念ごとの関連の度合いだけでなく、その概念同士がどのような関係性にあるのかなどの意味関係を定義したオントロジーの構築法を提案している。

3.2 内容

本研究の目的は、Wikipedia のカテゴリネットワークの情報を用い、意外性のある情報を発見することである。ここでは、意外性のある情報を含んだ項目を下記のように定義した。

まず、カテゴリ C に項目 Z が含まれることを、 $Z \in C$ と書く。カテゴリ C_i, C_j が存在したとき、共通の子項目を持つカテゴリ C_i, C_j を項目 Z に関する共起カテゴリセットと呼び、 C_{ij} と表すことにする。カテゴリ C_i, C_j に同時に含まれる項目、つまり、共起カテゴリセットの子項目 Z の集合 S は、下記のように表わされる。

$$S_{ij} = \{Z \mid Z \in C_i \wedge Z \in C_j\} = \{Z \mid Z \in C_{ij}\}$$

本研究では各 Z が含まれる S_{ij} に関する統計情報を用いることで、意外性のある知識情報を発見できると考え、 $F(S_{ij})$ を S_{ij} に含まれる Z の個数とした。

$$F(S_{ij}) = \text{count}(S_{ij})$$

C_i	$H(C_i)$	C_j	$H(C_j)$	子孫関係	Z	$F(S_{ij})$
category:日本の内閣総理大臣	5	category:オリンピック射撃競技日本代表選手	8	なし	麻生太郎	1
category:弁当	4	category:キャラクター	5	なし	キャラ弁	1
category:呪術	4	category:アメリカ合衆国の大統領	6	なし	テカムセの呪い	1
category:日本の経済学者	5	category:オリンピックサッカー日本代表選手	8	なし	堀江忠男	1
category:コンピュータウイルス	5	category:福田康夫	4	なし	福田ウイルス	1
category:日本の国会議員	5	category:銅像	4	なし	小淵恵三	1
category:イギリスの企業	5	category:イギリスの鉄道事業者	6	あり	ユーロトンネル会社	1
category:医療	2	category:伝統医学	3	あり	漢方医学	1
category:アメリカ合衆国の映画作品	6	category:恋愛映画	4	なし	卒業(1967年の映画)	55
category:アメリカ合衆国のオリンピック選手	6	Category:アメリカ合衆国のオリンピック金メダリスト	7	なし	ビーナス・ウィリアムズ	55
category:日本の俳優	6	category:東京都出身の人物	5	なし	木村拓哉	2088

図 3: 共起カテゴリセットとその子項目の例

意外性のある知識情報を含む項目 UI は、下記のように定義した。

$$UI = \{Z \mid F(S_{ij}) < \theta\}$$

本研究では、子の数が少ない共起カテゴリセットに属する項目 Z の中に、カテゴリ C_i, C_j にまたがった意外性のある知識が含まれているであろうと仮定した。ここで、上記の仮定に加え、カテゴリ C_i, C_j 同士が子孫関係にあるかどうかを考慮した。子孫関係の定義については後述する。子孫関係を考慮した理由は、 $C_i \in C_j$ のようにカテゴリ C_j がカテゴリ C_i の子孫である場合、 C_i と C_j は同じ分野に関するカテゴリであり、多くの分野にまたがる意外性のある知識情報を含む項目を発見するという本研究の目的から外れるからである。

次に、子孫関係の定義について述べる。子孫関係は、Wikipedia の各カテゴリが位置する階層 $H(C_i)$ を調べ、各カテゴリが属する階層と同じ階層化、それよりも深い階層へ向かってのみエッジをたどるようにして調べた。Wikipedia のカテゴリは「Category:主要カテゴリ」を起点としグラフ構造を成しており、本研究では Wikipedia カテゴリネットワークにおいてルートノードにあたる「Category:主要カテゴリ」からの距離(ホップ数)を階層とした。各カテゴリの階層 $H(C_i)$ は Wikipedia カテゴリの起点である「Category:主要カテゴリ」を root とすると、下記のように表わされる。

$$H(C_i) = \min |root - C_i|$$

カテゴリ C_i, C_j が子孫関係になっているか否かは、上記で調査した各カテゴリが属する階層の情報を用い、調査対象のカテゴリよりも同じ階層かそれよりも深い階層へ向かって探索して判定した。

3.3 具体的成果

上記の手法によって得られた共起カテゴリセットとその子項目の例を図 3 に示す。 $F(S_{ij})$ の値が小さくなるほど、カテゴリ同士の関係性が意外なものであることがわかる。たとえば、「麻生太郎」は「Category:日本の内閣総理大臣」に属しているが、一方で「Category:オリンピック射撃競技日本代表選手」にも属している。麻生太郎がオリンピックの射撃選手であることは一般的にあまり知られておら

ず、意外性のあるカテゴリ関係を含んだ項目と言える。また、「Category: 呪術」と「Category: アメリカ合衆国の大統領」に共通して現れる唯一の項目である「テカムセの呪い」は、1840 年から 1960 年までの 20 で割り切れる年に選出された大統領が皆在職中に死去した事実に基づいて語られている呪いであるが、両カテゴリ間の意外な関連をあらわす項目として興味深い項目である。一方、 $F(S_{ij})$ の値が大きなもの、カテゴリ同士の関係に特徴的な意外性はみられなかった。また、カテゴリ C_i, C_j が子孫関係にあるか否かも重要な視点である。カテゴリ C_i, C_j が子孫関係にある場合も、カテゴリ同士の関係に特徴的な意外性はみられなかった。たとえば、「漢方医学」は「Category: 医療」と「Category: 伝統医学」に属しているが、「Category: 伝統医学」は「Category: 医療」の子孫に該当するカテゴリである。

本研究の成果は、NLP 若手の会第 3 回シンポジウム[発表 1]、Wikipedia ワークショップ[発表 3]にて発表した。

4 Wikipedia の軽量解析ツールの開発

4.1 背景

近年 Wikipedia を辞書・シソーラス作成の情報源やコーパスとして用いることが注目されている。Wikipedia では各言語版の全データが配布されていて、誰でも自由に利用できるようになっている。しかしそれらのデータは XML や SQL ダンプの形式で提供されていて、どの記事がどのカテゴリに属しているか、ある記事に対してどのようなリダイレクトが設定されているか、といった情報を取り出したい場合には、その情報を使いたい研究者が必要なデータをデータベースに格納して操作する必要がある。また記事からある情報を独自に抽出したい場合には、そのためのツールを初めから自分で作成しなければならない。それぞれの研究者が自分で使うためのだけのツールやプログラムを自分で作成するのは無駄が多い。

4.2 内容

上記の問題に対処するため、我々は Wikipedia の軽量解析ツール Wik-IE を開発した。Wik-IE はオプションを指定して実行するだけで Wikipedia の配布 XML データから各種情報を簡単に抽出できる Java プログラムである。情報の抽出に使う部分のクラスファイルを定義することで機能を追加することもできる。また、Wik-IE はオープンソースの分散処理プラットフォームである Apache Hadoop を利用して実装されており、多数のクラスタ PC によって高速に処理することが可能である。

4.2.1 Wik-IE の機能

Wik-IE は標準で次の種類のデータを抽出する機能を持っている。

<u>node</u>	エントリのタイトルと ID とページ種別
<u>edge</u>	エントリのカテゴリとリダイレクト関係
<u>link</u>	Wiki 内リンク
<u>lang</u>	言語間リンク
<u>isbn</u>	記事に記述されている ISBN コード
<u>size</u>	記事の文字列の長さ

実行するには、使用する XML ファイルと機能を引数として指定すればよい。

4.2.2 生成データ

Wik-IE は最終的にタブ区切りのテキストファイルを出力する。出力されるデータは 2007 年度の年報にて報告した「汎用的な分類体系探索ライブラリ」に対応したフォーマットになっている。

4.2.3 MapReduce アルゴリズムによる解析

Wik-IE は Apache Hadoop を利用して、MapReduce アルゴリズムでデータを処理する。MapReduce アルゴリズムとは、Map と Reduce という 2 段階に分けられた工程でデータを処理するアルゴリズムである。Mapper と Reducer はそれぞれキーと値のペアが入力と出力になっている。Mapper へは入力ファイル (Wik-IE なら Wikipedia の XML ファイル) を切り分けて入力ペアが与えられる。入力ファイルをどのように切り分けて入力ペアを作るかはクラスファイルによって定義されるが、Wik-IE では値を Wikipedia エントリ 1 個分の XML 要素、キーをその要素の XML ファイル内の位置としている。このエントリ 1 個分の要素は page という名前が付けられている。Mapper は 1 個ずつ与えられる page 要素を解析して新しい出力ペアを作り Reducer へ与える。Reducer はキー毎にまとめられた入力ペアを処理し出力となるペアを作る。Reducer の出力ペアが最終的にファイルとして出力される際の形式もクラスファイルで定義されるが、Wik-IE では 1 つのペアを 1 行とし、キーと値の文字列をタブで区切ったテキストファイルとしている。

Wik-IE はこのように Wikipedia の XML ファイルを解析しているが、この工程で使う Mapper と Reducer を独自に定義すれば後から容易に機能を追加することができる。

4.3 具体的成果

Wik-IE は 2008 年 9 月に sourceforge.jp にて一般に公開した[公開 1]。また、NLP 若手の会第 3 回シンポジウム[発表 2]、Wikipedia ワークショップ[発表 4]での発表を行った。前者の発表においては奨励賞を受賞した[受賞 1]。

5 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] Yoji Kiyota: Fusion of Libraries and the Web: Subject-based Information Retrieval in the Web 2.0 Era, The 2008 annual meeting of the Committee on Japanese Materials (CJM), Council on East Asian Libraries (CEAL), Association for Asian Studies (AAS), Hyatt Regency Atlanta, Georgia, USA, Apr. 2008.

[招待 2] 清田陽司: レファレンスサービスをパワーアップするレファレンスナビの開発 ～図書館情報資源と Web 情報資源の統合的利用～, 私立短期大学図書館協議会総会, 日本図書館協会, 東京都, 2008 年 5 月 (収録誌: 短期大学図書館研究, Vol. 28, pp. 51-56, 2008).

[招待 3] 清田陽司: 対話的情報探索支援のためのオントロジー ～Wikipedia と図書館件名標目表の統合～, 私立短期大学中国・四国地区図書館協議会, 広島ガーデンパレス, 広島市, 2008 年 8 月 (収録誌: 短期大学図書館研究, Vol. 28, pp. 135-138, 2008).

[招待 4] 清田陽司: 対話的情報探索支援のための統合分類体系の構築, 第 7 回情報科学技術フォーラム(FIT2008)イベント企画「情報爆発時代の自然言語処理の新展開 –大規模ウェブリソースは対話を賢くするか?–」, 慶應義塾大学, 神奈川県藤沢市, 2008 年 9 月.

[招待 5] 清田陽司: レファレンスサービスをパワーアップする Web2.0 型レファレンスナビの開発, 第 10 回図書館総合展 フォーラム企画, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2008 年 11 月.

受賞関連

[受賞 1] 森竜也, 増田英孝, 清田 陽司, 中川裕志: 奨励賞, NLP 若手の会第 3 回シンポジウム, 2008 年 9 月.

査読付論文

[査読付 1] Yoji Kiyota, Noriyuki Tamura, Satoshi Sakai, Hiroshi Nakagawa, Hidetaka Masuda: Automated Subject Induction from Query Keywords through Wikipedia Categories and Subject Headings, In Proceedings of The Sixth International Conference on Language Resource and Evaluation (LREC 2008), Marrakesh, Morocco, May 2008.

[査読付 2] 増田英孝、清田陽司、中川裕志:自動レファレンスサービスにむけて、情報の科学と技術, Vol. 58, No. 7, pp. 347-352, 2008.

公開ソフトウェア

[公開 1] 森竜也, 増田英孝, 清田陽司, 中川裕志: Wikipedia データ解析ツール Wik-IE, <http://wik-ie.sourceforge.jp/>, 2008年9月.

特許申請／取得

[特許 1] 国立大学法人東京大学(発明者: 清田陽司, 中川裕志): 情報検索システム及び方法及びプログラム並びに情報検索サービス提供方法, 特許出願 2007-214405, 特許公開 2009-48441, 出願公開, 2009年3月.

その他の発表論文

[発表 1] 野田 陽平, 清田 陽司, 中川 裕志: Wikipedia カテゴリを用いたブログ著者の得意分野プロフィール, NLP 若手の会 第3回シンポジウム, 熱海金城館, 静岡県, 2008年9月.

[発表 2] 森 竜也, 増田 英孝, 清田 陽司, 中川 裕志: Wikipedia データ抽出ツール WikIE, NLP 若手の会 第3回シンポジウム, 熱海金城館, 静岡県, 2008年9月.

[発表 3] 野田 陽平, 清田 陽司, 中川 裕志: 意外性のある知識発見のための Wikipedia カテゴリ間の関係分析, セマンティックウェブとオントロジー研究会 第20回 Wikipedia ワークショップ, 東京大学, 東京都, 2009年1月.

[発表 4] 森 竜也, 増田 英孝, 清田 陽司, 中川 裕志: Wikipedia エントリ構造抽出ツール: Wik-IE, セマンティックウェブとオントロジー研究会 第20回 Wikipedia ワークショップ, 東京大学, 東京都, 2009年1月.

報道関連

[報道 1] 日経産業新聞 2008年7月23日 19面: 検索システム 関連語体系立て表示 リッテル 自動的に整理・抽出.

知識発見と機械翻訳の自然言語処理要素技術

—同義語獲得、自動用語抽出&トピック分類、品詞タグ付け—

清水伸幸

1 概要

本研究の最終的な目的は、中国語、日本語など、自然言語で書かれたテキスト情報から、有用な知識を効率的に発見するための自然言語処理の要素技術を、最新の機械学習の機械学習技術を用いて発展させることにある。具体的には、文書からユーザが必要とする意味関係の抽出(テキストマイニング)や、機械翻訳に有用な以下の三つの基本的な要素技術と、これらの成果を一般に公開するためのテンプレートライブラリに関する研究を行っている。

- 同義語獲得

大量の文書からユーザが必要とする事例の統計を取るには、まず同義語を認知することが重要である。ここでの事例とは、テキストマイニングにおいては記事に記されたイベントにかかわる事例、翻訳においては翻訳事例である。機械学習により義語類似指標を学習することで同義語獲得の性能向上を目指す。

- 自動用語抽出と用語のトピック推定

日本語、中国語など、テキストにおける単語分割が明示的でない言語においては、言語解析の前処理の段階で文字列の用語、単語への切り分けを行う必要がある。また、抽出した用語について、医学用語など、どのようなトピックの用語であるかを自動的に発見することで、機械翻訳などのアプリケーションでの訳し分けが可能になる。本研究では、これら二つを同時に組み込んだ教師無し学習の手法を中国語に応用して専門用語を抽出、用語トピックを自動的に推定する手法を提案する。

- 品詞タグ付け

文章内において単語が動詞、名詞など、どのように機能しているかを知るため、品詞タグを推定することは、自然言語処理において尤もよく使われる前処理のステップであり重要な基礎技術である。そこで、近年高性能であるとされる幾つかの学習手法を系列分類学習に応用し、品詞タグ付けの精度の向上を目指す。また、上記の成果を社会にフィードバックするため、他の機械学習手法も含めた構造付き学習器のテンプレートライブラリを開発、一般に公開した。

2 同義語獲得

2.1 背景

現在、Wordnetなどのシソーラスは、テキスト処理の効率と性能を向上させるための最も重要なリソースの一つであり、さまざまなタスクで利用されている。その重要性は、特定のドメインにおける高品質のシソーラスがなければ、例えば事故報告コーパス中の重大事件を過大、あるいは過小に評価する可能性があることから分かる。ただし、対象にしているドメインにおいて、自動的に同義語を

取得するのは簡単ではない。以下に一般的な同義語獲得の手法を述べる。通常、同義語獲得は、同義語であれば似た文脈情報を持つという分布仮説(Harris 1985)に基づいて行われる。まず、ターゲット単語それぞれについて、コーパスから抽出された重要度の高い単語の文脈特徴（通常は係り受け関係）の統計情報を抽出し、文脈特徴のベクトルによって表す。次に、cosine 類似度などの類似性量度を選び、それをクエリ単語と同義語候補の単語対に適用して、類似度を計算する。類似度の降順に各クエリ単語の同義語候補リストを作る。最終的には、同義語リストからトップ候補を選んで、クエリ単語の同義語と認定することで同義語獲得が終了する。

2.2 内容

本研究テーマでは、辞書により与えられた同義語対から、ユークリッド距離を拡張したマハラノビス距離のパラメタを Information Theoretic Metric Learning と呼ばれる手法で学習することで、同義語抽出に役立つ手法を提案した。この手法を用いることで、ある程度交換可能な文脈特徴などを自動的に発見し、距離の計算において考慮することが可能となる。問題点としては、パラメタ数が文脈特徴数の二乗となることであり、応用上、このパラメタを学習可能な特徴数が限られてしまうことである。本研究では、全ての特徴量を利用したベースラインとなる類似度と、特徴数を削減しつつパラメタを学習したマハラノビス距離とを比較した。結果として、特徴数を削減したにもかかわらず、マハラノビス距離が優位な性能を出すことが示された。これにより、より同義語としてよい単語を獲得することに成功した。

2.3 具体的成果

手法の評価実験として、New York Times のコーパスと Wordnet, Collins, Roget のシソーラスを用いて、同義語の距離学習を行い、ベースラインより提案手法が優れた同義語候補を抽出することを正解データに照らし合わせて確認した。この結果を国際会議[査読付 1]と国内の機械翻訳関係者が集まるセミナー [特記 1] において発表した。

3 自動用語抽出と用語のトピック推定

3.1 背景

他言語への翻訳や意味解析を行うにあたり、中国語、日本語など、テキストにおいて単語、用語の切れ目が明示的でない言語では、文字列を単語、用語などの意味単位に正しく分割しなければ、それ以降の解析で文章の意味をとらえた有用なアウトプットを取り出すことが出来ない。また、別なタスクとして、取り出した用語をトピックの類似性でクラスタすることで、医学用語、IT用語など、分野によって訳し分けが必要なケースで単語のトピックを推定することも重要である。前者の教師無し手法としては隠れマルコフモデル、後者の手法としては Latent Dirichlet Allocation が挙げられる。自然言語分野ではそれぞれのタスクに依存関係があるため、これらの手法を拡張、統合することで、用語抽出とトピック推定が相互に補い、より有用な用語とそのトピックが取り出せると考えられる。本研究テーマでは、用語だけでなく、文字のレベルでもトピックを推定し、統合した Topical word-character model を提案する。

3.2 内容

背景となる単語・用語分割とトピック推定の問題に対して、本研究テーマでは、英単語のトピック分布の発見に有用とされる教師無し学習モデル Latent Dirichlet Allocation を隠れマルコフモデルと組み合わせることで、図1のようなスキーマを表現するグラフィカルモデルを学習する。

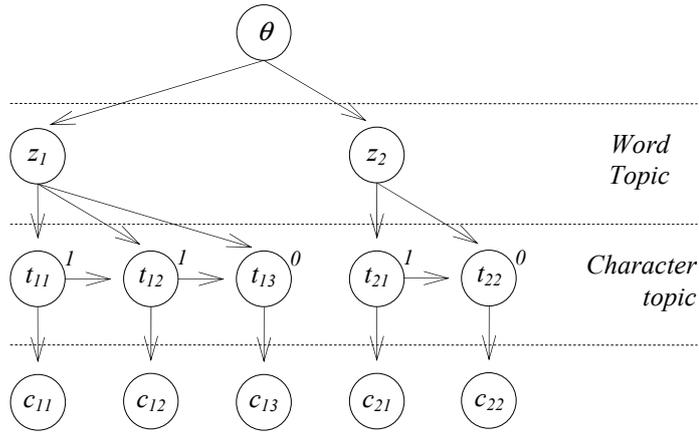


図 1: Schematic description of modeling Chinese documents with character and word topics.

図1において、 c は文字、用語の長さが可変長であるため、 t は文字のトピックと、現在の文字が次の文字へ同じ用語として連続するか、用語の切れ目となるかを示す隠れ変数である。変数 z は用語のトピックを表しており、これは文章のトピック分布から生成される。文字トピックの部分で。図 2 に、図 1 のスキーマを持つ生成モデルを表す。

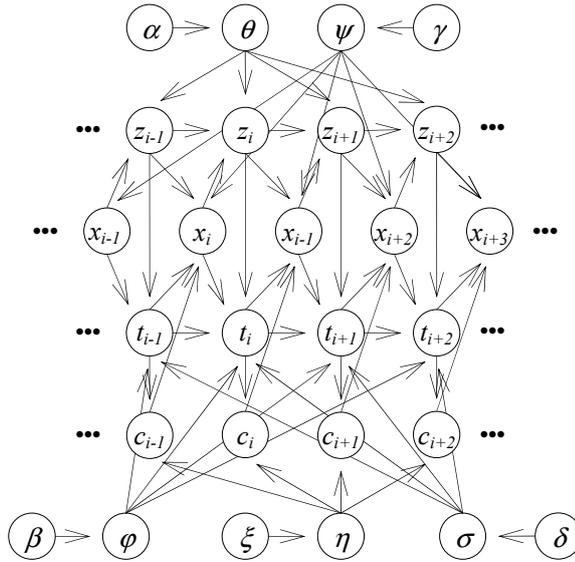


図 2: Topical word-character model

生成は以下のようにして行われる。

1. For each document d , draw $\theta_d \sim \text{Dirichlet}(\alpha)$;
2. For each word topic z , draw $\phi_z \sim \text{Dirichlet}(\beta)$;
3. For each word topic z and each character topic t , draw $\sigma_{zt} \sim \text{Dirichlet}(\delta)$;
4. For each word topic z , each character topic t and each character c , draw $\psi_{ztc} \sim \text{Beta}(\gamma)$;
5. For each character topic t , draw $\eta_t \sim \text{Dirichlet}(\xi)$;
6. For each character $c_{d,i}$ in document d :
 - (a) draw $x_{d,i} \sim \text{Bernoulli}(\psi_{z_{d,i-1}, t_{d,i-1}, c_{d,i-1}})$;
 - (b) draw $z_{d,i} \sim \text{Discrete}(\theta_d)$ if $x_{d,i}=0$;

- $$z_{d,i} = z_{d,i-1} \quad \text{if } x_{d,i} = 1;$$
- (c) draw $t_{d,i} \sim \text{Discrete}(\varphi_{z_{d,i}})$ if $x_{d,i} = 0$;
- $$\text{draw } t_{d,i} \sim \text{Discrete}(\sigma_{z_{d,i}, t_{d,i-1}}) \quad \text{if } x_{d,i} = 1;$$
- (d) draw $c_{d,i} \sim \text{Discrete}(\eta_{t_{d,i}})$.

この階層モデルをギブズサンプリングで学習し、パープレキシティと得られた用語でモデルの評価を行った。

3.3 具体的成果

Linguistic Data Consortium から入手した中国語のニュースコーパスを用いて上記のモデルを先行研究でベースラインとなる Topical N-gram Model と比較し、実験した結果、ベースラインを上回る結果が得られた。本研究は国際会議 [査読付 2] において掲載され、発表は Manchester, UK で行われた。

4 品詞タグ付け

4.1 背景

品詞タグ付けは自然言語処理の中でも基礎的なタスクとして認識されており、さまざまな応用アプリケーションの前処理として言語を理解するタスクにおいて非常に重要な位置を占めている。標準的な系列ラベリングの手法によって精度が 97% に達した現在、さらなる精度向上の余地をさぐるためにも、最新の研究によって得られたタグのエラー解析が求められている。

本研究テーマでは、近年発達した様々な最先端の線形分類器の学習手法による英語 POS タガーと比較し、タグの詳細なエラー解析をすることで、機械学習的、かつ、言語的な知見を得ることを目的とする。

4.2 内容

英語品詞タグ付けは、機械学習テンプレートライブラリ(Shimizu & Miyao, 2007)を用いて行った。機械学習テンプレートライブラリを用いることにより、様々な最先端の学習手法の比較を、同じ素性集合に対し容易に行うことが出来る。用いた学習手法は、平均化パーセプトロン、MIRA (McDonald et al., 2005)、Bayes Point Machine (Corston-Oliver et al., 2006)、Conditional Random Field (Lafferty et al., 2001) の 4 手法である。

実験の結果、学習手法に Bayes Point Machine を選んだ場合、最も高い精度が得られ、その精度は 97.19% に達した。次に高い精度が得られた手法は Conditional Random Field であり、精度は 97.15% であった。Bayes Point Machine 精度は英語の品詞付け問題において state of the art であり、著者の知る限り同じテストセットで二番目に位置する。エラー解析は本研究で最高精度を達成した Bayes Point Machine のタグ付け結果に対し行った。エラー解析の結果、関係詞などの複雑な構文や、初出の単語が関わっていて誤ったタグ付けが行われているケースはあまり多くなく、むしろ固有名詞や複合名詞の判別などに関する誤りが多いということがわかった。他にも正解データの誤りや、興味深い誤りのパターンなどが見出された。これらは英語タグ付けの精度向上のための新しい学習手法の開発にも重要な手掛かりになると期待される。またその影響によって係り受け解析などの精度向上も期待することができる。

4.3 具体的成果

機械学習テンプレートライブラリのソースコードに、品詞付けに必要な処理スクリプトを追加して公開した。本ライブラリについてのチュートリアルを国内ワークショップ [特記 2] において行い、また、同ワークショップで品詞付けについての成果 [発表 1] を発表した。

成果要覧

査読付論文

[査読付 1] Nobuyuki Shimizu, Masato Hagiwara, Yasuhiro Ogawa, Katsuhiko Toyama and Hiroshi Nakagawa: Metric Learning for Synonym Acquisition, In the Proceedings of the 22nd International Conference on Computational Linguistics (Coling 2008), pp.793-800, 2008.

[査読付 2] Wei Hu, Nobuyuki Shimizu, Hiroshi Nakagawa and Huanye Sheng: Modeling Chinese Documents with Topical Word-Character Models, In the Proceedings of the 22nd International Conference on Computational Linguistics (Coling 2008), pp.345-352, 2008.

その他の発表論文リスト

[発表 1] 松島 慎, 清水 伸幸, 二宮 崇, 中川 裕志: 機械学習テンプレートライブラリを用いた英語品詞タガー, NLP 若手の会 第 3 回シンポジウム, 2008 年 9 月 22 日.

特記事項

[特記 1] 清水 伸幸, 中川 裕志: 同義語抽出技術と用語抽出技術を用いた対訳抽出技術, 「機械学習技術のイノベーション」シンポジウム セミナー発表, 2009 年 3 月 10 日.

[特記 2] 清水 伸幸, 宮尾 祐介: 機械学習テンプレートの使い方, NLP 若手の会 第 3 回シンポジウム チュートリアル, 2008 年 9 月 22 日.

生医学文献の固有表現認識 文字列検索に基づく同義語抽出の評価実験 Wikipedia へのトピックモデルの適用

吉田和弘

1 概要

2008 年度 4 月の着任以前には、英語生医学文献に対する固有表現認識の研究を、東京大学大学院辻井研究室(情報理工学系研究科)における生医学文献処理研究の一環として行ってきた。開発した固有表現認識器は、着任後も同研究室で利用されており、2008 年度もこれに関して学会発表などの研究活動を行っている。本成果報告においてはまず、これらの生医学文献処理に関連した成果について、概要を述べる。

また、情報大航海プロジェクトにおいて、本センター吉田稔助教が開発してきた「意味の似ている言葉の抽出」の技術の評価実験を行い、年度末の報告会で報告した。この技術自体は吉田稔助教の研究成果であるが、評価実験に関しては本稿で述べる。

他の研究テーマとしては、研究室での Wikipedia を用いた言語処理研究の推進を見越して、トピックモデルなどを用いた Wikipedia の解析のためのソフトウェア整備に着手しているので、これについても報告する。

2 生医学文献の固有表現認識

2.1 背景

生医学分野の学術文献の発表ペースは非常に早いため、膨大な文献の中から、興味ある内容を含んでいる文献を探し出す検索技術や、有用な知識を取り出す情報抽出技術への期待は高い。本学辻井研究室では、学習用タグ付きコーパス(GENIA コーパス)にはじまり、様々な生医学文献用言語処理ソフトウェア開発しており、その成果は検索システム MEDIE に統合され、公開されている。
(<http://www-tsujii.is.s.u-tokyo.ac.jp/medie/>)

ここでは 2007 年度以前から開発しており、MEDIE 内部などで使われている固有表現認識器について概要を解説した上で、これを利用した本年度の研究成果について述べる。生医学文献における固有表現認識は、文献中に現れるたんぱく質名や病名などを認識するタスクで、検索や情報抽出の性能に直接影響を与える非常に重要な問題である。また、生医学分野においては、長い名前の固有表現が多く現れること、人手で整備された大規模な固有表現データベースが入手可能なため、大規模な曖昧性解消の問題の需要が生まれていること(すなわち、文中の固有表現が既存のデータベースのどのエンタリと対応するか判定する必要がある)など、新聞記事のような一般的な文書を対象とする固有表現認識にはない問題を含んでおり、研究対象としても興味深いものである。

2.2 内容

生医学分野の固有表現認識のために、2種類の固有表現認識器を開発してきた。(図 2-1)一方は文書中での固有表現の出現を検出するもの(検出器)、もう一方は出現した固有表現の、既存のデ

データベース上での ID を発見するもの(正規化器)である。これらの固有表現認識器の概要を解説した上で、2008 年度に行った関連研究について簡単に述べる。

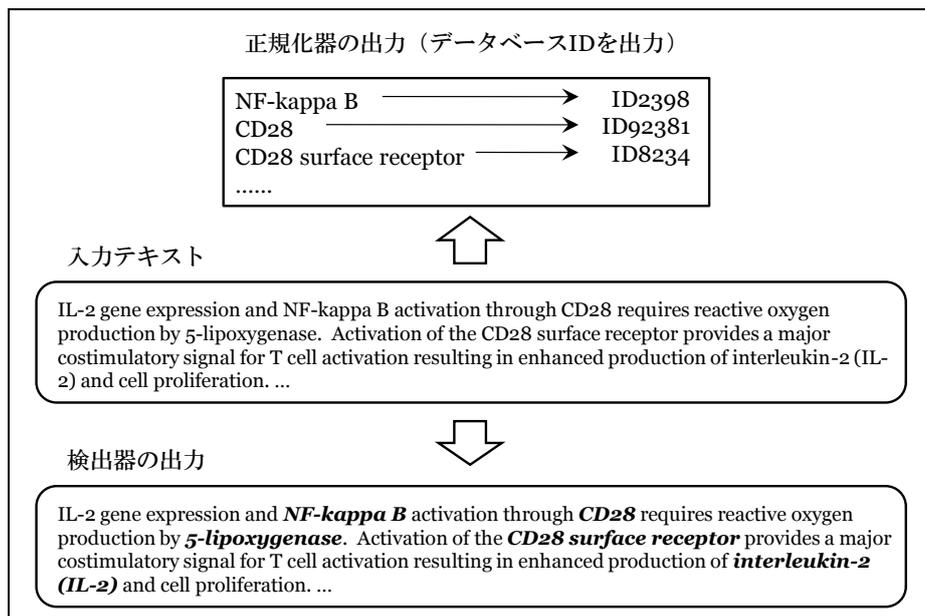


図 2-1 検出器と正規化器の出力例(検出器の出力は斜字体で示した)

2.2.1 検出器の開発と応用

検出の問題に関しては、maximum entropy Markov model (MEMM)とリランキングに基づくソフトウェアを開発している。このソフトウェアは、検出器の評価で一般に使われているデータセットの一つで、最高水準の精度を達成している。また、その過程で、生医学分野における固有表現認識で MEMM を利用する際には、文末から文頭への、後ろ向きの解析が非常に有効であることなどの知見を得ている。

このソフトウェアは、人手で固有表現を付与されたデータを与えることによって、簡単に再訓練することが可能である。本年度は、異なるアノテーション方針に基づいて作られた複数の訓練データを用いて固有表現認識器の訓練を行った場合の、検出器の精度について、様々な訓練データを用いて検証し、アノテーション方針の違いが機械学習に基づく固有表現認識器に与える影響を調査する実験を行った。

2.2.2 正規化器の開発と応用

正規化器は、次の3段階のパイプラインからなるプログラムによっている。

1. 単純な文字列マッチングによる辞書引き(辞書は複数の既存データベースから、同義語リストを自動的に取得するなどして作成する)
2. 文字列マッチングの際の誤検出を、機械学習により排除
3. 機械学習による曖昧性の解消(複数の辞書エントリが文中の文字列にマッチしている場合、どのエントリに正規化するかを決定する)

開発されたシステムは、2段階目の誤検出の排除の際に、検出器の訓練に使われているデータを利用していること、また、3段階目で、曖昧性解消のための情報源を、辞書エントリに関連する文書集合を用いたベクトル空間モデルによって統一的に扱っていることに特徴がある。このシステムは、生医学文献の固有表現正規化システムの評価ワークショップで使われたデータセットで、ワークショップ開催時の最高精度と同等の性能を達成している。

2006 年度に、このプログラムの出力結果を用いた、タンパク質相互作用抽出システムを開発し、生医学文献からの情報抽出システムの評価ワークショップに参加している。

2.3 具体的成果

本年度、この研究テーマに関連して、主に以下の 3 つの成果をあげている。これらはすべて、本学辻井研究室のメンバーと共同して行ったものである。

アノテーション方針の違いが検出器に与える影響を調査した結果、各コーパスのアノテーションがどのような場面で異なりを見せ、またそれがどの程度精度に影響を与えるかなどに関連して、興味深い知見が得られ、これについて論文を執筆し、発表を行った。([査読付 1])

また、前述の正規化器を含むシステムで 2006 年度のワークショップに参加した際の成果をまとめたものを、他のワークショップ参加チームとの共著論文として発表した。([発表 1])

さらに、開発した固有表現検出器を修正し、イベント表現のキーとなる単語を検出するプログラムを作成し、これを含む情報抽出システムを以て、文献からのイベント抽出システムのための評価ワークショップに参加した。これについては、2009 年度の文献発表が予定されている。

3 文字列検索に基づく同義語抽出の評価実験

3.1 背景

規模の大きい文書集合が与えられたとき、文書中の用例に基づいて同義語や類義語の候補となる単語対を抽出する試みは広く行われている。このような試みにおいては、各々の候補単語に対して、文書中での出現位置の周辺の様々な情報(出現位置の前後の単語など)を素性ベクトルにまとめ、内積などで類似度を算することによって、候補単語集合中で類似度の高いベクトルの対を発見する手法が一般的である。しかし、既存手法では、ある単語の類義語を発見するために、全ての候補単語をベクトルに変換し、類似度を計算しなければならない。この処理は計算量が大きく、状況によっては不都合な場合もある。たとえば、ユーザーが与えたクエリに対して文書中の類義語を返すようなインタラクティブなシステムを考えた場合は、既存手法では十分な速度を得ることは難しいと考えられ、また、類義語の候補として類似度計算の対象とする語句は、(名詞句に限定するなど)あらかじめある程度絞っておく必要がある。

情報大航海プロジェクト「意味の似ている言葉の抽出」において開発されたシステム **kiwii** は、そのようなインタラクティブな類義語抽出を、文字列検索に基づいて実現したものである。このシステムは、**Suffix Array** を用いた高速な全文検索を利用し、検索クエリの同義語・類義語を発見する。

システムの動作の概要を次に示す。(詳細については、前年度の年報の、吉田稔助教の記事が参考になる。)

1. 入力されたクエリに対して、検索対象文書中でのクエリ出現位置を、**Suffix Array** を用いて検索する。
2. クエリの前後に出現する文字列を、部分文字列の出現頻度に基づいて適当な長さで切り取り、クエリの前後に現れうる文脈語句の集合を抽出する。(右側文脈語句、左側文脈語句と呼ぶ)
3. 各文脈語句の、検索対象文書中での出現位置を、再び検索する。
4. 検索結果から、右側文脈語句の左側の文脈、および左側文脈語句の右側の文脈を得る。これらの文脈の部分文字列を、適当なスコア関数で並べ替え、ユーザーに提示する。

このシステムは、高速な全文検索を利用しているため、インタラクティブに同義語抽出を行えるだけの高速性が実現できる。また、文書中の文字の隣接関係の分布だけに基づいて語句切り出しを行う(切り出しの基準については、既に評価の確立した手法を用いている。)ため、形態素解析などの言語に特化したテキスト解析技術に依存せず、また、検索対象の語句を限定する必要がない。結果として、システムは言語に特化した調整なしに、任意の言語で動作する。また、検索対象として、単一の単語以外の語句なども含めることができる。



図 3-1 kiwii の GUI による同義語抽出の例

kiwii はこのような、検索に基づくインタラクティブな同義語抽出を実現する GUI プログラムで、図 3-1 のような検索エンジン風のインターフェースをもち、ユーザーはクエリを入力することによって対象文書から同義語候補を得ることができる。

このシステムの類義語抽出精度については、すでに分野を限定した文書を対象として、ある程度検証されている。しかし、このシステムが、小説などの、分野に特化した定型的な表現が表れにくい文書を対象とした場合、どの程度の精度を示すかは、興味のある問題である。

3.2 内容

同義語抽出の対象として、青空文庫 (<http://www.aozora.gr.jp/>) および Project Gutenberg (http://www.gutenberg.org/wiki/Main_Page) から取得した、日本語・英語の、小説などを中心とする文書集合を準備した。(両言語で、それぞれ 130MB および 40MB 程度の文書を用いた。)これらの文書集合に対して、既存の言語処理ツールで単語区切り及び品詞付けし、名詞および動詞を、検索対象文書中での頻度別に複数無作為抽出して、クエリとして用いる単語集合を作成した。

これらの単語をクエリとして、前述の kiwii システムを用いて同義語の検索を行い、結果を評価した。具体的には、次に示す各項目に関して評価した。なお、実験には CPU Intel Xeon(R) 5160 3.00GHz、メモリ 32GB の Linux マシンを用いた。

3.2.1 応答性の評価

検索の際の応答時間は、クエリの検索対象文書中での出現頻度が高いほど長くなるはずである。まず、これを検証するために、無作為抽出によって得たクエリに対するシステムの応答時間を計測し、頻度ごとの平均応答時間をグラフにしたのが図 3-2 である(ここでは日本語の場合のみ結果を示す)。

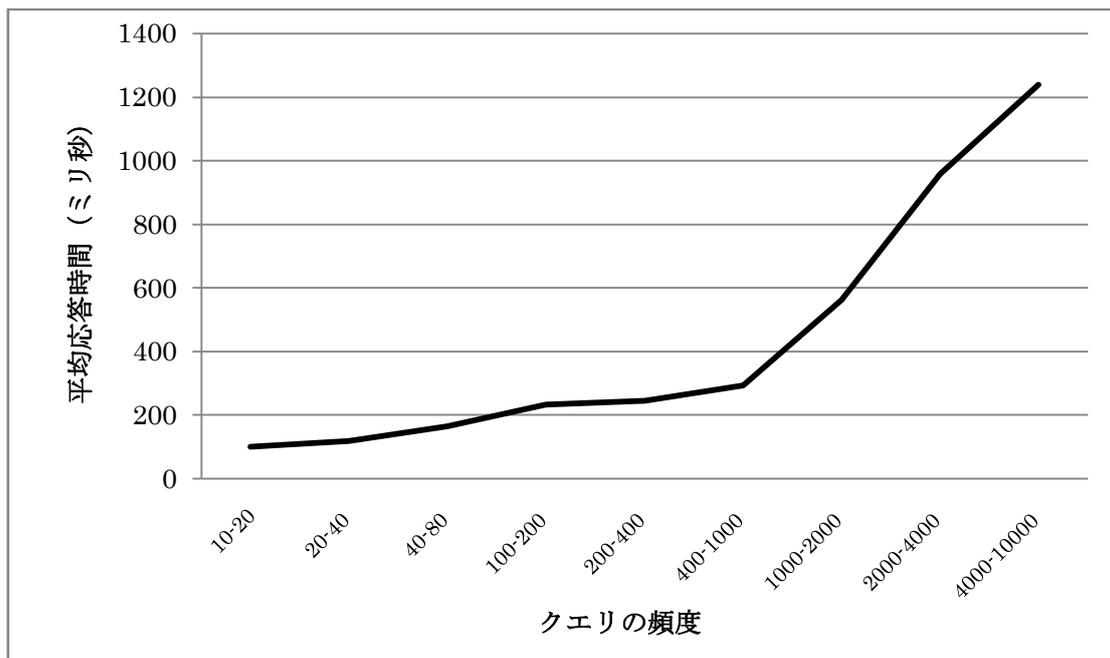


図 3-2 クエリの検索対象文書中での頻度とシステムの応答時間との相関

これを見ると、予想された通り、システムの平均応答時間はクエリの頻度に応じて長くなっている。この結果によれば、システムの最悪の場合の応答時間を見積もるためには、検索対象文書中でもっとも出現頻度が高い部類に属する単語について、応答時間を計測すればよい。そこで、文書中での出現頻度の上位 50 単語を抽出し、システムを用いて検索を行ったところ、平均の応答時間は 4239 ミリ秒、最長は 10099 ミリ秒であった。

3.2.2 精度の評価

頻度 100～200、300～600、1000～2000 の単語を 20 ずつランダムにサンプリングし、クエリ集合を作成した。これらのクエリをシステムに入力し、抽出された同義語のリストの上位 20 位までの結果を、人手で 3 分類(同義語、類義語、それ以外に分類した)し、精度を測定した。(なお、使用したクエリは単語区切り器を適用した結果の文書から抽出したため、システムの、単一単語以外でも動作するという側面は評価できていない。)

まず、3 分類のうち同義語のみを正解として利用したところ、正解率は品詞や言語にもよるが、1～10%にとどまった。3 分類のうち類義語までを正解に含めると、ある程度頻度の高い語がクエリになっている場合は、10%を超える精度に達した。

類義語抽出精度の測定の結果得られた、検索結果の順位と精度の関係を、頻度ごとのグラフとして示したのが図 3-3 である。(ここでは日本語名詞の場合のみ示す。)これを見ると、順位が下がるほど類義語抽出の精度は下がっており、kiwii による同義語候補のランキングが適切に行われていることを示している。また、頻度 100～200 の単語に対する同義語抽出精度は一貫して低く、この手法による同義語抽出が、頻度の低い語に対してはあまり有効でないことを示唆している。

3.3 具体的成果

評価実験の結果システムの応答時間は最大でも 10 秒程度であり、インタラクティブな使用に耐える応答性を持っていることが確認できた。また、類義語の抽出精度は、小説などの文書を対象とした場合で 10%～20%程度であり、類義語抽出支援などの目的で利用できるレベルにあると考えられる。この評価結果に基づき、情報大航海プロジェクトの成果として報告書を執筆し、また、プロジェクトの報告会において発表を行った。([特記 1] [特記 2])また、開発されたプログラム kiwii は情報大航

海プロジェクトのコラボレーションプラットフォームに登録しており、公開を待っている状態である。
([公開 1])

この成果については、他のシステムとの比較なども含めた実験を再度行った上で、外部発表を行うことを計画している。

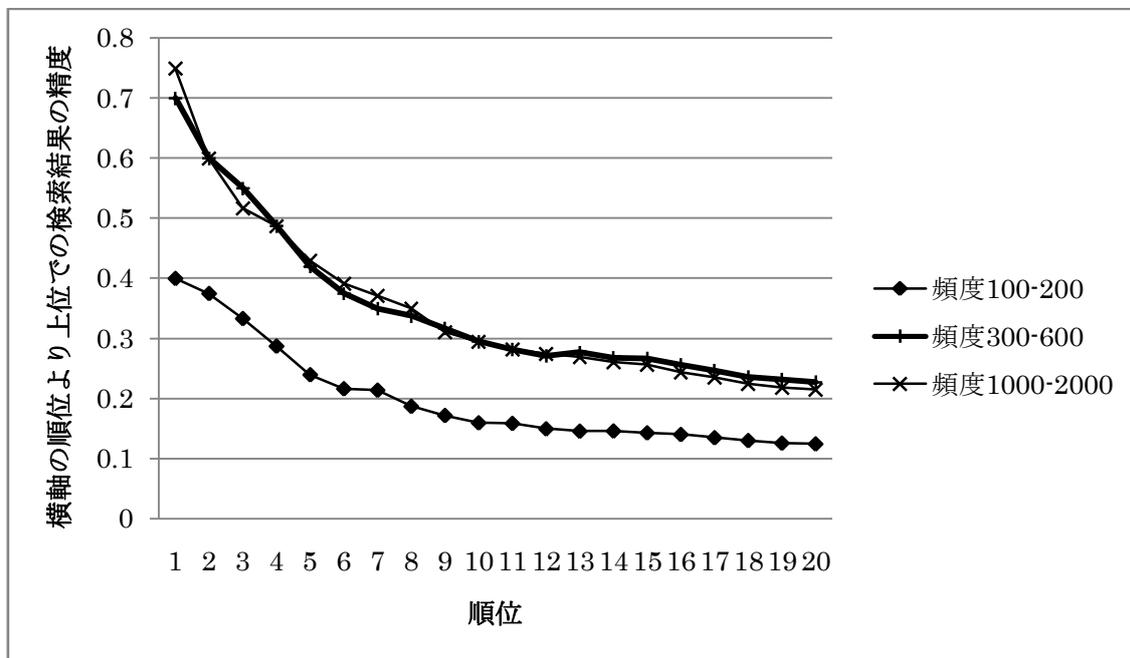


図 3-3 各頻度のクエリにおける、検索順位と精度の関係

4 Wikipedia へのトピックモデルの適用

4.1 背景

Web などの発達により、ある程度の均質性と品質を持った電子化テキストデータが、以前には無い規模で入手可能になっている。こうした言語資源においては、作成者が付与したメタ情報などが、機械学習手法などを適用する際に教師情報として活用できる場合も少なくない。しかし、そのような、資源の作成者が提供する情報は、作成者ごとの不均質なども含んでおり、より汎用的なトピック情報などを得るうえでは、教師なしの学習に基づくトピック分析なども、依然有効に機能すると考えられる。

そのようなことを念頭に置くと、Wikipedia などのある程度の規模を持つ文書集合を対象として、近年発達した確率的なトピックモデルなどを適用するためのソフトウェアを整備しておくことは、今後より進んだ解析を行うために有用になると思われる。

4.2 内容

文書集合などが与えられたとき、教師なしでトピック分析を行う手法としては、クラスタリングによるものもあるが、Latent Dirichlet Allocation を始めとする、生成的なトピック文書モデルによる分析が、近年著しく進歩している。文書中の単語の前後関係などを見ない簡単なモデルに絞って考えても、LDA の他に、それを単純化した Mixture of Unigrams や(図 4-1 参照)、逆に様々に複雑化したものが存在し、また、ノンパラメトリックなモデルを利用することによって、トピック数の推定をモデルの中に組み込んだものもある。これらのモデルのうち、LDA、Mixture of Unigrams と、これらに対応するノンパラメトリックなモデル(Dirichlet process に基づくもの)が、情報抽出の際の基礎的なツールとして有用であると考え、これらのモデルに基づくトピック推定プログラムを実装した。

これら生成的トピックドキュメントモデルの推定に際しては、広く使われている collapsed Gibbs sampling の手法を用いた。この手法は、図に示した目的関数(事後確率)のうち、パラメタにあたる変

数を周辺化することで、トピック (LDA の場合各単語のトピック) に関する離散的な確率分布を導出し、この分布を Gibbs sampling で推定するものである。LDA の実装においては、既存の LDA 推定の近似的並列化手法と同様の方法で、MPI による並列化を行っており、情報基盤センターの HA8000 クラスタシステムなどで並列に実行可能となっている。

現在このプログラムは、Wikipedia から抽出したテキストデータなど、ある程度規模の大きい文書に対して並列にトピック推定を行えるようになっている。また、プログラムには複数のトピックモデルが実装されているため、これらを様々なデータに適用し、性能を比較検討することが可能である。(そのような実験の過程で、ハードクラスタリングにおいて Mixture of Unigrams が高い性能を発揮するなど、さまざまな知見を得ている。)

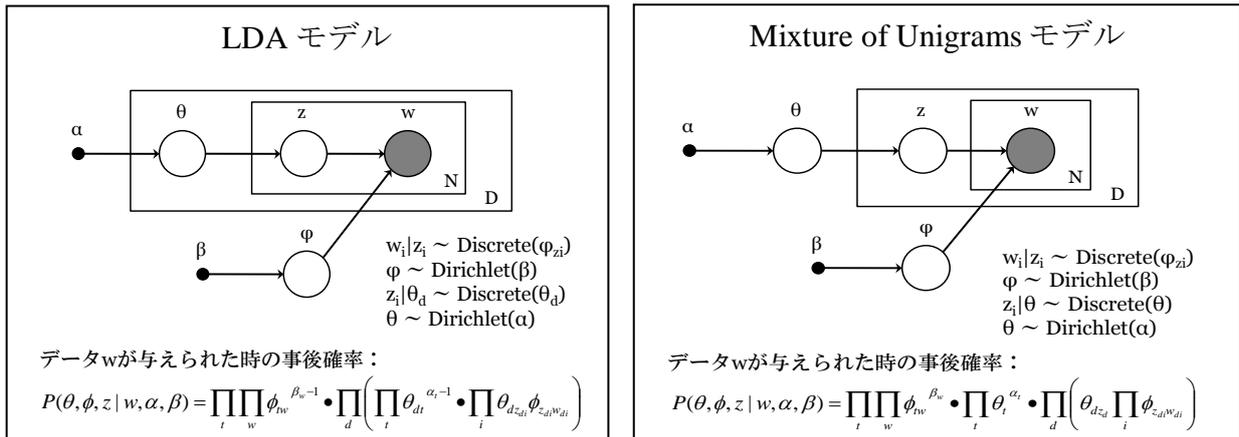


図 4-1 LDA と Mixture of Unigrams のグラフィカルモデルと、事後確率 (パラメタ推定の際の目的関数となる。ここで、 θ はトピックの分布を、 ϕ はトピックごとの単語の分布を表わす。)

4.3 具体的成果

Wikipedia から抽出したテキストデータに対してトピックモデルを適用するためのプログラムを開発した。これは LDA を含む複数の確率的トピック文書モデルを実装するもので、現状では LDA については並列実装も提供している。このプログラムによって Wikipedia を解析した結果を既に作成しており、今後の研究に役立てるべく、研究室のメンバーと共有している。また、プログラムは、スケーラビリティの問題などをさらに検討・改良した上での公開を計画している。

5 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] Yue Wang, Kazuhiro Yoshida, Jin-Dong Kim, Rune Sætre and Jun'ichi Tsujii: Raising the Compatibility of Heterogeneous Annotations: A Case Study on Protein Mention Recognition, In the Proceedings of BioNLP 2008, Columbus, Ohio, pp. 118-119, June 2008.

公開ソフトウェア

[公開 1] 吉田稔, 吉田和弘, 中川裕志: 同義語・類義語抽出ツール kiwii, 情報大航海プロジェクト共通技術, 2008.

その他の発表論文

[発表 1] F. Leitner, M. Krallinger, C. Rodriguez-Penagos, J. Hakenberg, C. Plake, C.-J. Kuo, C.-N. Hsu, R. T.-H. Tsai, H.-C. Hung, W. W. Lau, C. A. Johnson, R. Sætre, K. Yoshida, Y. H. Chen, S. Kim, S.-Y. Shin, B.-T. Zhang, W. A. Baumgartner Jr., L. Hunter, B. Haddow, M. Matthew, X.

Wang, P. Ruch, F. Ehrler, A. Ozgur, G. Erkan, D. R. Radev, M. Krauthammer, T. Luong, R. Hoffmann, C. Sander and A. Valencia: Introducing Meta-Services for Biomedical Information Extraction, Genome Biology, Vol. 9, No. Supple 2, September 2008.

特記事項

[特記 1] 『情報大航海プロジェクトー共通技術「意味の似ている言葉の抽出」』に関わる報告書(分担), 2008.

[特記 2] 『情報大航海プロジェクトー共通技術「意味の似ている言葉の抽出」』に関わる発表(分担), 情報大航海プロジェクト共通技術最終報告会における報告, 2008.

キャンパスネットワークング研究部門

キャンパスネットワークング研究部門概要

若原 恭

ネットワークの設計・運用・保守・管理の合理化を図る技術
—アドホックネットワーク、車車間通信、
ネットワークセキュリティ、P2Pネットワーク—

中山 雅哉

広域分散環境の高度基盤技術に関する研究

小川 剛史

実空間における状況認識およびデータ送受信に関する研究

関谷 勇司

DNSの信頼性ならびに耐障害性の分析とその向上に関する研究

中村 文隆

ネットワークシミュレーションの信頼性

中村 誠

教職員のための情報共有サイトの開発と
高品質なインターネット中継システムの研究

加藤 朗

DNSの安定な運用に関する研究

キャンパスネットワーキング研究部門

概要

部門長 若原 恭

情報通信ネットワークは、情報社会の発展とともに、経済・社会・文化等に係わる日々の活動に必要不可欠な社会基盤となっている。このようなネットワークへの要求は拡大する一方であり、これに応えるため、ネットワーク自体の構築と運用、ネットワーク基盤システム、ネットワーク応用システム、ネットワークセキュリティの維持確保、ネットワークに関する研究の支援等に関し、基礎技術から応用・実用技術まで幅広く研究に取り組んでいる。H20年度の取り組みの概要は以下の通りであり、その成果は、研究論文等としての発表だけでなく、学内外において実際に運用中のネットワーク関連システムでの実用もあり、関連学会や文部科学省から計4件（研究を指導した学生の受賞を含む）の表彰を受けた。

ネットワーク自体の構築と運用に関しては、ルータや基地局等のインフラ設備を必要としないアドホックネットワークやセンサネットワークが今後の本格的なユビキタス社会において必須になるとの考えから、その基本課題の解決に取り組んだ。具体的には、アドホックネットワークについては、それに参加するノードをユニークに識別するためのアドレス情報の管理と付与方法等について検討した。また、アドホックネットワークの実応用の一例として、車車間通信によって、交通事故や道路状況の変化等に関する情報を迅速に伝達する緊急通信の実現技術について検討を進めた。一方、センサネットワークについては、放送型データ配信を用いることによって、故障等によってセンサが少なくなった場合においても、情報転送スループットを維持向上させることが可能な制御方式を検討した。更に、ネットワークに含まれるセンサが爆発的に増大すると輻輳や遅延に関する問題が深刻となるため、この問題を解決する負荷分散技術の検討と開発を進め、実験研究ネットワーク JGN2plus (Japan Giga Network 2 plus) の上で、その成果に基づく広域分散仮想環境の提供を開始した。

ネットワークの利用に欠かせない代表的基盤システムの一つは DNS (Domain Name System) であり、その常時安定な運用は必須である。情報ネットワークとその利用の拡大に伴い、DNS に対しても処理能力の向上や DNS サーバが処理対象とするゾーンの拡大への対応が必要となる。そこで、まず DNS 自体の安定運用を実現するため、処理の並列化の工夫によって処理能力を高める方式の検討とその結果に基づく実装を進めた。また、ゾーンの巨大化への対応策の検討のため、DNS へのアクセスや処理に関する定量的データの収集を進めた。次に、DNS 全体の信頼性と耐障害性を把握するため、多地点から多数の DNS サーバに対して DNS の特性の広域分散計測を低コストで継続的に行うための手法ならびにシステム的设计・構築を行った。更に、DNS 詐称攻撃からクライアントを保護して、DNS データに関する信頼性を向上させるための手法ならびにそのシステム設計を進めた。この手法には、攻撃の影響範囲を局所化できる、既存アプリケーションを変更する必要がなくそのまま利用できる等、実用性が高いという特長がある。

ネットワーク応用システムとして、まず本学向けポータルサイトの開発・改良を進めた。この開発・改良では、特に情報アクセスや情報再利用の容易化等を達成でき、例えば教職員向け周知文や会議資料を掲載する等、このポータルサイトは学内で広く実用されるようになった。次に、公開講演会等のイベントをネットワーク経由でリアルタイム中継することが重要となっているため、講演会等の会場の様子を映した動画のライブ配信と共に、講演者の進行と同期したプレゼンテーション資料の表示を行うシステムを開発し、実際の講演会のインターネット中継での利用を開始した。更に、将来的なネットワーク応用システムとして、実世界から仮想世界を構築し両世界を融合させることによってコミュニケーションを支援する研究を進めた。具体的には、現実世界の状況を把握しその情報を収集するため、カメラ画像を用いたリアルタイムの物体認識技術について検討を進めた。また、ウェアラブル拡張現実感システムを構築するために必要な技術として、サーバにおける注釈情報の管理とサーバからクライアントへ注釈情報を効率よく配信するための通信の方式について検討を進めた。

情報ネットワークの発展とともに、そのセキュリティ面の問題が顕在化してきている。特に最近深刻となっている問題はスパムメールの急激な増加である。この対策には、利用者によって異なる様々な要求条件があり、これを満たす機能を総合して実現した迷惑メール対策システムを構築し学内で運用を開始した。H20 年度末時点で、ユーザは 10,000 名を超えている。また、スパムメール等の受信を好まない通信を排除するための新しい方式として、各ユーザが主体となって、通信相手毎に利用するコミュニケーション手段に対するアクセス権限を管理する機構を考案し検討を進めた。他の現実的なセキュリティ問題として、正常な通信に紛れる様な低レートで連続して行われる DoS (Denial of Service) 攻撃や、正常に動作する一般のノードに被害者のアドレスを送信元と偽装してパケットを送信するリフレクタ型 DDoS (Distributed DoS) 攻撃がある。これらの攻撃に対処するため、被害者側から容易に直接攻撃元を調べられるように改良したトレース方式の検討を行った。一方、無線ネットワークでは、転送情報を傍受したり、他のノードになりすましたりすることが比較的容易に実現できる。特に、通信相手ノードになりすましてパケットをすべて横取りするブラックホール攻撃は大きな脅威となる。そこで、ブラックホール攻撃を検知する手法を検討した。一方、特定のサーバを持たず各ノードが対等な役割を持つ P2P (Peer to Peer) ネットワークの利用がここ数年増え続けている。特に、ファイル交換用 P2P ネットワークは発展が著しく、トラヒック的にも大きな割合を占めるようになった。しかし、交換されるファイルの中には意図的に改ざんされたものや著作権上違法なもの等も含まれ、適切なファイル交換が阻害されている。この問題を解決するため、ユーザの認証とファイル提供ユーザの管理によって、ファイル交換の安全化を図る方式の検討を開始した。

以上の研究を含め、一般にネットワークに関する研究は実用化を目指すことが基本である。そのため、単にアイデアの機能的な実現性だけでなく、様々な特性パフォーマンスの評価や確認が必須となるが、理論的な検討や解析は困難であることが多く、シミュレーションによることが多い。そして、シミュレーションを容易に可能とするため様々なネットワークシミュレータが開発され広く利活用されている。しかし、シミュレーションの結果に十分な信頼性が得られていないことがある。そこで、代表的なネットワークシミュレータを対象にしてシミュレーション結果の比較調査等を行うとともに、シミュレーションの信頼性に関する啓蒙活動を行った。

キャンパスネットワーク研究部門 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] 中村文隆: ネットワーク評価とシミュレーション, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 108, No. 286, pp. 49-56, Nov. 2008.

受賞関連

[受賞 1] 若原 恭: フェロー称号, 電子情報通信学会, 2008 年 9 月.

[受賞 2] 高田 友則, 中山 雅哉: 2007 年度インターネットアーキテクチャ研究賞, 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会専門委員会, 2008 年 5 月.

[受賞 3] 平木 敬, 稲葉 真理, 加藤 朗: 文部科学大臣表彰 科学技術賞(研究部門), 文部科学省, 2008 年 4 月.

査読付論文

[査読付 1] Jianping Li and Yasushi Wakahara: Time Slot Assignment in Slotted Wire-less Ad Hoc Networks with Directed Links, 9th APRU Doctoral Students Conference, Session 6, Stream 19, Panel IT, Russia, Jul. 2008.

[査読付 2] Akkhara Pakornsiri, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Fast Alarm Message Broadcasting in Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs), Internet Conference 2008, Oct. 2008.

[査読付 3] Jianping Li and Yasushi Wakahara: Time Slot Assignment for End-to-end Bandwidth Guarantee in a Mobile Ad Hoc Network, Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE), Transactions on Communications, E92-B, 3, pp.858-866, Mar. 2009.

[査読付 4] Akkhara Pakornsiri, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Cut-Through Re-broadcasting using Multiple Channels for Alarm Message in Vehicular Ad Hoc Networks, The 2009 IAENG International Conference on Communication Systems and Applications (ICCSA), pp.269-274, Hong Kong, Mar. 2009.

[査読付 5] XiaoYang Zhang, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Proposal of a Method to Detect Black Hole Attack in MANET, The 9th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS 2009), Athens, Greece, Mar. 2009.

[査読付 6] Kentaro Saito and Masaya Nakayama: Multi-Path QoS Routing with estimating the interference between the communication paths in the TDMA-based wireless mesh networks, Proc. of 7th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies 2008, Apr. 2008.

[査読付 7] Muhammad Arifin Ritonga and Masaya Nakayama: Manager-Based Architecture in Ad Hoc Network Intrusion Detection System for Fast Detection Time, Proc. of International Symposium on Applications and the Internet 2008, Jul. 2008.

[査読付 8] 落合 秀也, 松浦 知史, 砂原 秀樹, 中山 雅哉, 江崎 浩: 広域センサネットワークの運用構造と属性検索, 電子情報通信学会和文論文誌 B, Vol.J91-B, No.10, pp.1160-1170, 2008 年 10 月.

- [査読付 9] 高田 友則, 中山 雅哉: 低レート DoS 攻撃の攻撃者特定に有効な改良型 ICMP Traceback, 電子情報通信学会和文論文誌 B, Vol.J91-B, No.10, pp.1203-1210, 2008 年 10 月.
- [査読付 10] 中村 一彦, 山本 成一, 北村 泰一, 大槻 英樹, 中山 雅哉, 小林 和真, 江崎 浩, 下條 真司: 研究開発用テストベッドネットワーク JGN2plus の現状, 情報処理学会 情報処理, Vol.49, No.10, pp.1176-1183, 2008 年 10 月.
- [査読付 11] 阪本 裕介, 中山 雅哉: 送信者 ID の動的把握に基づくメッセージ受信制御方式, インターネットコンファレンス 2008, pp.57-66, 2008 年 10 月.
- [査読付 12] 高田 大輔, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: ネットワーク型拡張現実感システムのための階層的注釈情報データベースと動的優先度制御手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.13, No.2, pp.279-287, 2008 年 6 月.
- [査読付 13] 新城 達也, 北島 信哉, 小川 剛史, 原 隆浩, 西尾章治郎: 移動型センサネットワークにおけるプッシュ型放送を用いたノード移動制御手法に関する評価, 日本データベース学会論文誌, Vol.7, No.1, pp.199-204, 2008 年 6 月.
- [査読付 14] Tatsuya Shinjo, Shinya Kitajima, Takefumi Ogawa, Takahiro Hara, and Shojiro Nishio: Mobile Sensor Control Methods for Reducing Power Consumption in Sparse Sensor Network, Proc. of International Workshop on Sensor Network Technologies for Information Explosion Era (SeNTIE2008), Beijing, China, pp. 133-140, Apr. 2008.
- [査読付 15] Daisuke Takada, Takefumi Ogawa, Kiyoshi Kiyokawa, and Haruo Takemura: A Hierarchical Annotation Database and a Dynamic Priority Control Technique of Annotation Information for a Networked Wearable Augmented Reality System, Proc. of 18th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2008), Yokohama, Japan, pp. 226-233, Dec. 2008.
- [査読付 16] Tatsuya Shinjo, Shinya Kitajima, Takefumi Ogawa, Takahiro Hara, and Shojiro Nishio: A Mobile Sensor Control Method Considering Node Failures in Sparse Sensor Network, Proc. of International Workshop on Data Management for Information Explosion in Wireless Networks (DMIEW 2009), Fukuoka, Japan, pp. 1054-1059, Mar. 2009.
- [査読付 17] 新城 達也, 北島 信哉, 小川 剛史, 原 隆浩, 西尾 章治郎: 移動型センサネットワークにおけるノードの故障を考慮したノードの移動制御手法, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, Vol. 2008, No. 14, pp. 297-302, 山口県萩市, 2008 年 12 月.
- [査読付 18] 石原 知洋, 関谷 勇司, 村井 純: セキュリティを考慮した名前解決エージェントの設計と実装, 情報処理学会, Vol. 50 No. 3, pp. 1012-1021, 2009 年 3 月.

その他の発表論文

- [発表 1] Jianping Li and Yasushi Wakahara: Approximately Maximum Bandwidth Routing for Slotted Wireless Ad Hoc Networks, The First Asia Future Internet (AsiaFI) School on Architecture and Building Blocks, Jeju, Korea, Aug. 2008.
- [発表 2] 田 偉, 関谷 勇司, 若原 恭, 田中 良明: メタデータによる P2P ファイル共有システムのファイル汚染対策, 電子情報通信学会, 通信ソサイエティ大会, B-6-46, p.46, 2008 年 9 月.

- [発表 3] Akkhara Pakornsiri, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Alarm Message Broadcasting in Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs), 電子情報通信学会, 通信ソサイエティ大会, BS-12-8, p.S-133-S-134, 2008 年 9 月.
- [発表 4] Jianping Li and Yasushi Wakahara: Direction-aware Time Slot Assignment for Maximum Bandwidth in Slotted Wireless Ad Hoc Networks, 電子情報通信学会, 通信ソサイエティ大会, BS-12-9, pp.S-135-S-136, 2008 年 9 月.
- [発表 5] XiaoYang Zhang, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Sub-Marine Attack and its Defense in Ad Hoc Network Routing Protocols, 電子情報通信学会, 通信ソサイエティ大会, BS-12-23, pp.S-159-S-160, 2008 年 9 月.
- [発表 6] XiaoYang Zhang, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: A method of detecting black hole attack in mobile ad hoc network, 電子情報通信学会・ネットワークソフトウェア研究会, 2008 年 11 月【研究奨励賞受賞】.
- [発表 7] Yasushi Wakahara: Assignment of Channels and Addresses for Mobile Ad-hoc Network (MANET), Proc. of Global COE Symposium, The University of Tokyo, pp.207-212, Jan. 2009.
- [発表 8] XiaoYang Zhang, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Detecting black hole attack in mobile ad hoc network by destination sequence number based method, 電子情報通信学会・ネットワークソフトウェア研究会, pp.50-56, 2009 年 2 月.
- [発表 9] Akkhara Pakornsiri, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Cut-Through Re-broadcasting for Curve Scenarios in Vehicular Ad Hoc Networks, 電子情報通信学会・IN研究会, IN2008-182, pp.297-302, 2009 年 3 月.
- [発表 10] XiaoYang Zhang, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Evaluation of Methods to Detect Black Hole Attack in MANET, BS-4-29, 電子情報通信学会, 総合大会, pp.S-57-S-58, 2009 年 3 月.
- [発表 11] Akkhara Pakornsiri, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Multiple Channel Re-broadcasting for Alarm Message in Vehicular Ad Hoc Networks, BS-4-30, 電子情報通信学会, 総合大会, pp.S-59-S-60, 2009 年 3 月.
- [発表 12] 田 偉, 関谷 勇司, 若原 恭, 田中 良明: P2P ファイル共有システムにおける悪意ファイル排除のための認証システム, B-6-118, 電子情報通信学会, 総合大会, p.108, 2009 年 3 月.
- [発表 13] 中山 雅哉: Live E! プロジェクト -- センサネットワークによる気象データの共有 --, 農業気象セミナー, 2008 年 04 月.
- [発表 14] 砂原 秀樹, 江崎 浩, 中山雅哉: Live E!: 生きた地球の今を知る ~グローバルセンサ情報基盤と地球環境~, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.108, No.74, IA2008-2, pp.7-10, 2008 年 5 月.
- [発表 15] 落合 秀也, 杉山 哲弘, 阪本 裕介, 山内 正人, 石塚 宏, 松浦 知史, 砂原 秀樹, 中山 雅哉, 江崎 浩: Live E! 広域センサネットワークの運用状況 ~2008 年 5 月の運用状況~, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.108, No.74, IA2008-2, pp.11-16, 2008 年 5 月.
- [発表 16] 阪本 裕介, 中山 雅哉: ID に基づく受信制御の自律管理方式とその効果, 情報科学技術フォーラム 2008, M-034, 2008 年 9 月.

- [発表 17] 阪本 裕介, 中山 雅哉: コンタクト ID 変更に対応したユーザ主導型コミュニケーション手段選択方式の提案と評価, 情報処理学会 グループウェアとネットワークサービス研究会, Vol.2009, No.33, pp.133-138, 2009 年 3 月.
- [発表 18] 四宮 龍, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: テーブルトップ型協調作業環境における動的なグループ構成に対応した情報共有手法, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008 論文集, 3114, 大阪府豊中市, 2008 年 9 月.
- [発表 19] 四宮 龍, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: テーブルトップ型協調作業環境における動的なグループ構成に対応した情報共有手法の実装, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 13, No. CS-3, pp. 73-78, 北海道釧路市, 2008 年 10 月.
- [発表 20] 新城 達也, 北島 信哉, 小川 剛史, 原 隆浩, 義久 智樹, 西尾 章治郎: プッシュ型放送を用いたセンサノードの移動制御のための故障対応手法について, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービス研究会(2009-GN-70)・放送コンピューティング研究グループ(2009-BCCgr-21)合同研究発表会, Vol. 2009, No. 3, pp. 73-78, 鹿児島県熊毛郡, 2009 年 1 月.
- [発表 21] 藤井 裕士, 小川 剛史: 色ヒストグラムの構築コストを考慮した高速物品探索手法の提案と評価, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービス研究会(2009-GN-70)・放送コンピューティング研究グループ(2009-BCCgr-21)合同研究発表会, Vol. 2009, No. 3, pp. 103-108, 鹿児島県熊毛郡, 2009 年 1 月.
- [発表 22] 藤井 裕士, 小川 剛史: Integral Histogram を用いたカメラ画像からの複数物品高速探索手法, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 14, No. CS-1, pp. 7-12, 東京都文京区, 2009 年 2 月.
- [発表 23] 北島 信哉, 義久 智樹, 小川 剛史, 原 隆浩, 西尾 章治郎: センサネットワークにおける消費電力削減のための放送型配信を用いたデータ収集手法の評価, データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM 2009), 静岡県掛川市, 2009 年 3 月.
- [発表 24] 関谷 勇司: 日本と世界におけるインターネット運用状況, 情報処理学会連続セミナー 2008「インターネットの進化」第 1 回, 東京電機大学, 2008 年 6 月.
- [発表 25] Yuji Sekiya: Trends of DNS Reachability in 2008, The 7th JST/CNRS Workshop, Toulouse, France, Mar. 2009.
- [発表 26] 関谷 勇司, 宇多 仁: インターネット管理運用の最前線, 日本ソフトウェア科学会チュートリアル, 慶應義塾大学, 2008 年 11 月.
- [発表 27] 関谷 勇司: IETF における標準化・デプロイメント状況, インターネットウィーク 2008, IP meeting 2008, 秋葉原コンベンションホール, 2008 年 11 月.
- [発表 28] 関谷 勇司: Root DNS Updates, インターネットウィーク 2008, DNS Day, 秋葉原コンベンションホール, 2008 年 11 月.
- [発表 29] 関谷 勇司: 運用における最新技術とこれからの普及の展望, 情報処理学会連続セミナー 2008「インターネットの進化」第 5 回, 東京電機大学, 2008 年 11 月.
- [発表 30] 玉造 潤史, 中村 誠, 柴田 有, 稲葉 真理, 平木 敬: Flash を用いたリアルタイム講演中継システムとその特性, 信学技報, Vol. 108, No. 120, IA2008-13, pp. 1-6, 東京, 2008 年 7 月.

ネットワークの設計・運用・保守・管理の合理化を図る技術

－ アドホックネットワーク、車車間通信、ネットワークセキュリティ、P2P ネットワーク －

若原 恭

1 概要

情報通信ネットワークは、そのアプリケーションの急激な発展とともに、転送情報量の増大と規模的な拡大に加え、機能面の質的な変革も必要となる。このような認識のもと、情報通信に係わる各種リソースの最大限の利活用によって、複雑化・大規模化が進む一方の情報通信ネットワークの設計・運用・保守・管理をできる限り合理的なものにすることを目標にしている。具体的には、以下に示す諸技術に焦点を当て、理論と実験の両面から研究を進めた。

- アドホックネットワークの運用制御

移動可能な無線ノードのみから構成されるアドホックネットワークは、今後の本格的なユビキタス社会において必須になると考えられている。そのようなアドホックネットワークでは、運用と制御に係わる多くの基本技術が課題として山積している。そのうち、最も基本的な課題として、アドホックネットワークに参加するノードをユニークに識別するためのアドレス情報の管理と付与方法等について検討した。

- 車車間通信を応用した緊急通信

21 世紀に入っても車社会が発展し続けているが、交通事故や交通渋滞等の課題の解決は期待通りには進んでいない。しかしながら、昨今発展の著しい情報処理・情報転送技術を応用することによってこれらの問題をかなり解決できる可能性が大きくなってきた。そこで、アドホックネットワークの一つの応用とも考えられる車車間通信によって、交通事故や道路状況の変化等に関する情報を伝達する緊急通信の実現技術について検討を進めた。その目標は、緊急メッセージを、それを必要とする車両に可及的速やかにかつ確実に届ける技術の確立にある。

- ネットワークセキュリティ技術－無線ネットワークにおけるブラックホール攻撃の検知－

無線ネットワークでは、転送情報を傍受したり、他のノードになりすましたりすることが比較的容易に実現できる。例えば、通信相手ノードになりすましてパケットをすべて横取りしたり改ざんしたりするブラックホール攻撃は大きな脅威となる。そこで、このようなブラックホール攻撃を検知する手法を検討し、安全な無線ネットワークの構築と運用に資することを目指した。

- 安全なファイル交換用 P2P ネットワーク

昨今、特定のサーバを持たず各ノードが対等な役割を持つ P2P(Peer to Peer)ネットワークの利用が増えている。特に、音楽や映像等ユーザが持つファイルを自由に交換する目的に利用されるファイル交換用 P2P ネットワークは発展が著しく、トラヒック的にもインターネットで流れるパケットの大きな割合を占めるようになった。しかし、交換されるファイルの中には意図的に改ざんされたものや、本来は機密扱いのもの等も含まれ、適切なファイル交換を損なっている。そこで、このような問題を解決することを目標として、ユーザの認証とファイル提供ユーザの管理によって、ファイル交換用 P2P ネットワークの安全化を図る方式を検討した。

2 アドホックネットワークの運用制御

2.1 背景

アドホックネットワーク MANET(Mobile Ad-hoc Network)は、ルータやアクセスポイント等のインフラ設備を用いることなく、移動可能な無線端末ノードのみから一時的に構成されるネットワークである。例えば、イベント会場や旅行先での情報交換、走行中の車同士の間での情報交換等、近い将来に実現が予想される本格的なユビキタス社会において重要な役割を持つものと考えられている。このため近年研究が活発になってきているが、例えば、MANET に参加する無線端末ノードへの識別情報(アドレス)の付与法、無線リソースの有効活用によるパケット転送情報量の拡大法、所要の品質を維持したパケット転送法等、未解決の技術課題も多く、これらの解決が急務となっている。

2.2 内容

MANET を利用して情報を転送する際には、各無線端末ノードをユニークに識別できるためのアドレスが必須となる。アドレスの付与方法には、

- ・所要時間ができる限り短いこと
- ・付与したアドレスがユニークで衝突がないこと
- ・必要となるトラヒックの増大ができる限り少ないこと

等が要求される。これまでに研究されてきたアドレス付与法は、statefull 型と stateless 型に大別される。ノードが新規に参加する都度アドレスをランダムに選択し他の全ノードに衝突の有無をチェックするようブロードキャストする stateless 型アドレス付与法では所要時間が大きいという欠点があった。また、利用可能なアドレス群をノードが分散管理する statefull 型アドレス付与法では、ノードの参加・離脱に伴うアドレス管理のための制御トラヒックや負荷が大きいという問題があった。また、これらの方法には、MANET の統合や分割が行われる場合には、アドレスの衝突回避等の制御に伴うトラヒックや負荷が大きいという共通的な問題もあった。そこで、本研究では、これらの問題を解決し、上述の要求条件を満たす方式として、中央集中制御型のアドレス管理付与法を考案し検討した。

考案したこの集中制御型アドレス管理付与法の概要は次の通りである。まず、MANET 内で使用可能な全アドレスを維持管理する特別なノード(list manager と呼ぶ)を設ける。list manager の障害を考慮し、sublist manager を設け、前者の持つアドレス情報が変化する都度その差分情報を後者のノードに送り、両ノードが持つアドレス情報が常に同一となるように図る。各ノードは、MANET 参加時に、list manager と sublist manager のアドレスを近傍ノードから取得した後、list manager に依頼して自アドレスを取得する。一方、アドレスは、各 MANET を識別するネットワーク部とその内部でユニークなホスト部から構成する。MANET の統合は、ネットワーク部の検査によって複数 MANET の存在を認識した後、統合の必要性を判断し、MANET 統合時にはアドレスの再割り当て及び(sub)list manager の統合処理

を行う。MANET の分割は、(sub)list manager へのアクセスが不可となった場合に必要性を認識し、MANET 分割時にはアドレスの変更及び(sub)list manager の再選定を行う。

この集中制御型アドレス管理付与法を、最も代表的な既存アドレス管理付与法であるランダム付与法と比較評価した。その結果の一例を表 1 に示す。この表から分かるように、集中制御型アドレス管理付与法は、すべての点においてランダム付与法に比較して優れていることが確認できた。

表 1 集中制御型アドレス管理・付与法とランダム付与法の比較評価結果

	ランダム付与法	集中制御型アドレス管理付与法
所要時間 (秒)	2.1	0.07
アドレスの衝突	無	無
トラヒック量 (KB)	87	21

2.3 具体的成果

前節で述べた MANET 用アドレス管理付与法は、今後の期待が大きいアドホックネットワーク MANET が現在抱えている基本問題の解決を目指すもので、その効果が明確であることを確認できており、MANET の実用と発展に寄与するものと期待され、国際シンポジウムで論文発表した。また、これ以外の MANET 向け技術として、最大情報転送能力を持つルートの選択及び選択されたルートにおけるタイムスロット割当法等について、これまでの検討結果を論文としてとりまとめ発表した。[査読付 1, 3、発表 1, 4, 7]。

3 車車間通信を応用した緊急通信

3.1 背景

今日の車社会においては、交通トラヒックの安全性向上、運転や乗車の快適化、環境への配慮等が強く要求されている。そのうち、安全性向上については情報技術の応用が特に期待されており、近年の無線通信技術、パケット転送技術、衛星応用技術等の発展に伴い、車車間通信も経済的に実現できる見通しが得られるようになってきた。このような見通しの下、特に無線パケット転送技術の応用によって、道路交通トラヒックの安全性向上を図るため、交通事故や道路状況等に関する緊急メッセージの迅速な伝達手法の研究に取り組んだ。

3.2 内容

道路交通トラヒックの安全性向上を図るための緊急通信に係わる技術目標は、所定の範囲内の車に対して、緊急メッセージをできる限り確実にかつ迅速に届けることにある。緊急通信の実現には、交通事故や道路状況等に関する情報を得るためのセンサーを車または道路に設置しておき、そのようなセンサーから得られたデータを基に作成された緊急メッセージを、道路に設置した無線基地局または車の中継によって所定の範囲内の車に伝えていくことになる。しかし、設備投資額の観点からは、広範な道路でセンサーや無線基地局を設置することが容易でないため、車にセンサーと緊急メッセージの中継機能を持たせ、車車間通信を応用することも一つの現実的な解決策となる。

そこで、車車間通信によって、緊急メッセージをできる限り確実にかつ迅速に伝達する技術の検討を行った。具体的には、最近低廉化してきた無線 LAN 技術をそのまま適用するとパケットトラヒックの輻輳に基づく遅延時間の増大が大きな問題となるため、できる限り遠方の車のみ緊急メッセージを中継するように自律分散的に最小限の中継車を選択することによ

って冗長なパケットトラフィックを低減化することを狙った。その実現のため、各車は GPS 等の機能を搭載して位置情報を取得できるものとし、緊急メッセージには送出する車の位置情報を含めることとした。そして、緊急メッセージを受け取った車は、直ちに中継を開始するのでなく、いったん小時間待つこととし、その間に後続車が中継し始めた場合には中継を止めてしまう方式を考案した。この待ち時間を、緊急メッセージを送出した車に近い車ほど大きくなるように制御することによって、後続車が緊急メッセージを中継した場合には、そのような車は中継しなくて済むようになる。更に、複数の無線チャンネルを同時に利用できるよう各車は複数の無線チャンネルの中から緊急メッセージ送出に使用するチャンネルを適宜選択できる方式とし、いったん受けた情報が中継すべき緊急メッセージであることを認識した場合は、受信の途中であっても直ちに中継を開始することによって、伝達に要する時間を大幅に削減できる方式を考案した。この方式の概要を図 1 に示す。

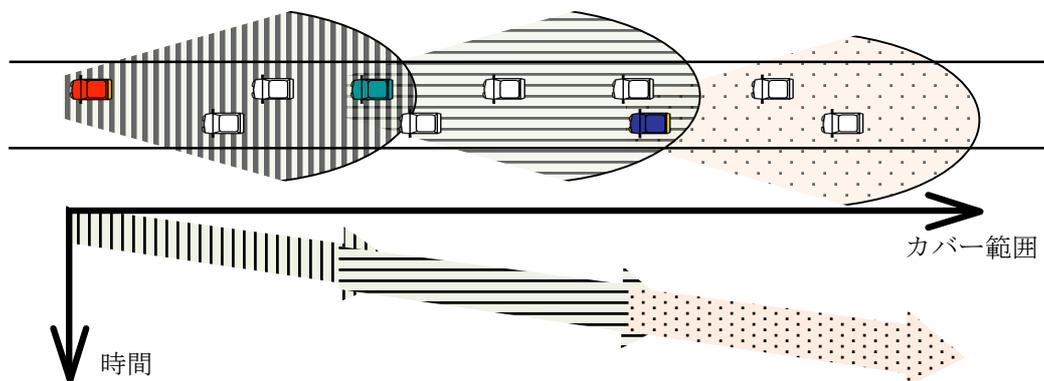


図 1 最小台数の中継車による緊急メッセージの迅速な伝達

この緊急メッセージ伝達方式の有効性を明らかにするため、簡単な車走行モデルを仮定してシミュレーション実験を行った。その結果、従来から検討されてきた伝達方式に比較して大幅に伝達所要時間を短縮することが可能で、実用性が高いことを実証できた。伝達所要時間の評価結果の例を図 2 に示す。

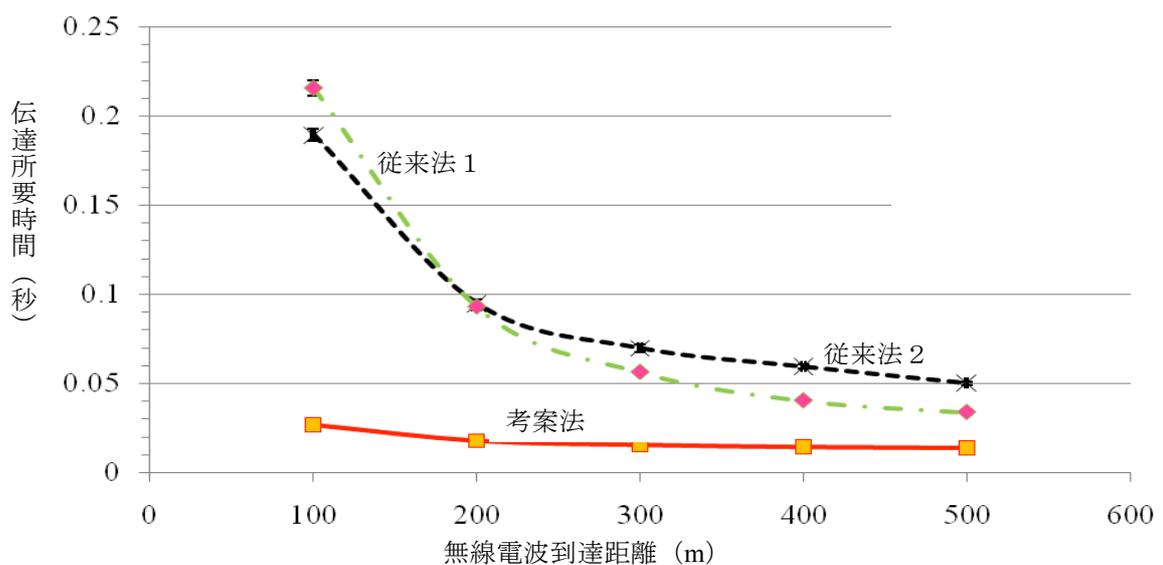


図 2 緊急メッセージの伝達所要時間

3.3 具体的成果

道路上の緊急メッセージを車車間通信によって迅速に伝える方式の原理及びその効果について検討し論じた結果を論文としてとりまとめ、国際学会、インターネットコンファレンス、及び電子情報通信学会の大会・研究会で論文発表した。[査読付 2, 4、発表 3, 9, 11]この方式は、近い将来実用化が検討されている車車間通信に有効な基礎技術と考えられ、実際の電波伝搬環境における現場試験を通じた技術確認と改善を通して応用されていくことが期待される。

4 ネットワークセキュリティ技術

—無線ネットワークにおけるブラックホール攻撃の検知—

4.1 背景

現在広く普及しているインターネット技術を無線ネットワークに応用した場合、様々なセキュリティ問題が発生する可能性がある。特に、移動端末のみにより一時的に構成される無線アドホックネットワークでは、通信相手端末になりすまし、送信パケットを横取りして正しい通信相手に届かないようにすること、あるいは改ざんした後転送することが容易に可能である。このような攻撃はブラックホール攻撃と呼ばれ、既存のルーティングプロトコルに脆弱性があることに起因する。また、このような脆弱性が、無線アドホックネットワークの本格的な実用化を妨げている一因ともなっている。そこで、このブラックホール攻撃を検知し、攻撃端末を回避したルートを選択することによって正しい通信相手とパケットを送受可能とする技術を開発することとした。

4.2 内容

代表的なブラックホール攻撃では、最も新鮮なルートを選択するというルーティングプロトコルに対し、攻撃端末が通信相手への最新ルートを所有しているとパケット送信端末に通知する。このような偽最新ルートを検知するため、パケット送信端末がルートの新鮮度を通信相手端末に確認する手順を追加する方法を考案した。この方法の原理を図3に示す。追加手順に含まれる制御パケットが改ざんされると意味がなくなり、攻撃を検知できなくなるので、ネットワークに含まれる非攻撃端末は常に自端末で傍受できるパケットは全て監視し改ざんや転送拒否がないか否か进行检查する方式とした。この方式によって、特に攻撃端末が少ない場合は、ブラックホール攻撃ノードを容易に検知することが可能となる。

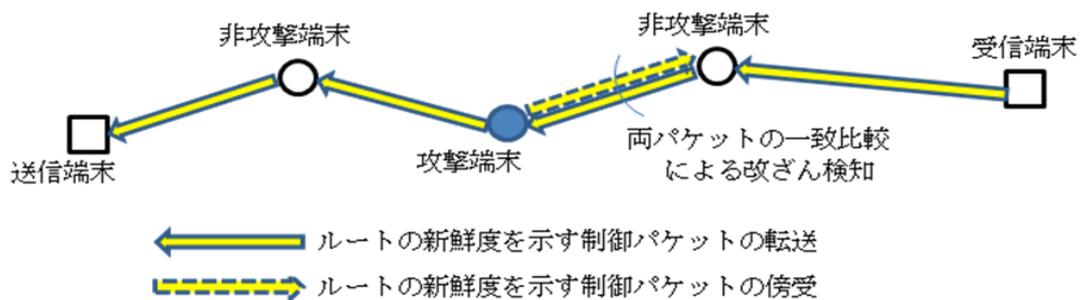


図3 ブラックホール攻撃検知法の基本原理

この方式の有効性を確認するため、シミュレーションによって、誤検知率や検知見逃し率等を評価した。その結果、従来法に比較して、制御パケットが少し増大するという弱点があるものの、誤検知率・検知見逃し率ともに大幅に削減できることを確認できた。その具体例を図4と図5に示す。

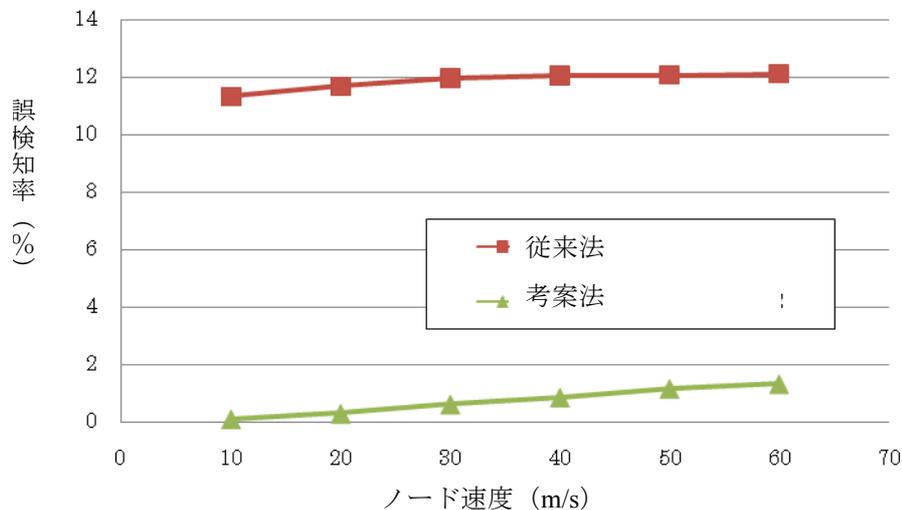


図4 ブラックホール攻撃検知法の誤検知率の評価

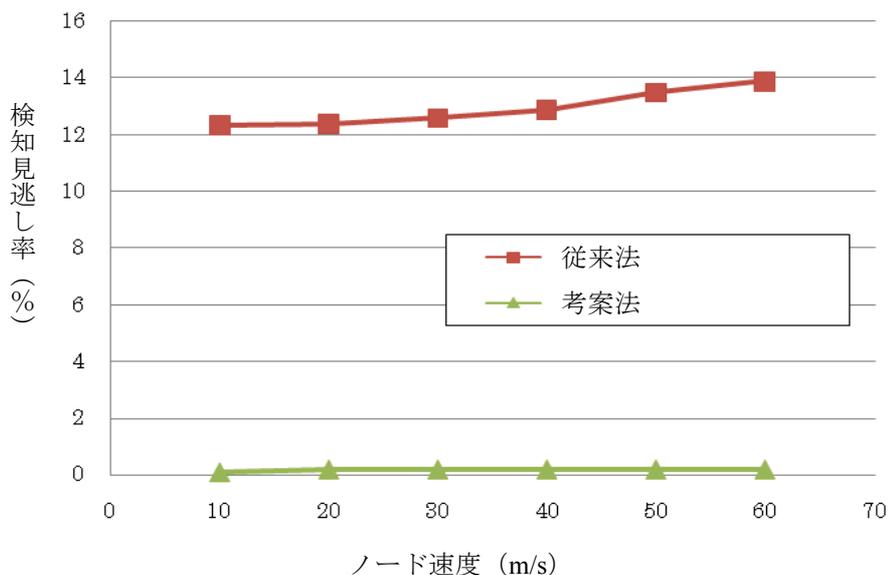


図5 ブラックホール攻撃検知法の検知見逃し率の評価

4.3 具体的成果

無線ネットワークにおけるブラックホール攻撃を検知する方法の基本原理と評価結果を論文としてとりまとめ、国際学会及び電子情報通信学会の研究会・大会で発表した[査読付 5、発表 5, 6, 8, 10]。この方法は、今後本格化するユビキタス社会において重要な役割を果たすものと期待されているアドホックネットワークにおける安全性を確保するための基礎技術として応用が期待される。

5 安全なファイル交換用 P2P ネットワーク

5.1 背景

昨今、特定のサーバを持たず各ノードが対等な役割を持つ P2P (Peer to Peer) ネットワークの利用が増えている。特に、ユーザが持つファイルを交換することが目的のファイル交換用 P2P ネットワークは発展が著しく、トラヒック的にもインターネットで流れるパケットの大きな割合を占めるようになってきた。しかし、交換されるファイルの中には、著作権上違法なもの、意図的に改ざんしたもの、本来は機密扱いのもの等が含まれ、このような悪意ファイルの増大によって本来の適切なファイル交換が損なわれている。そこで、このような問題を解決することを目標として、各ユーザの認証を行うことに加え、交換する各ファイルの提供ユーザを特定可能として悪意ユーザと悪意ファイルを識別し排除することによって、ファイル交換用 P2P ネットワークの安全化を図る方式を検討した。

5.2 内容

ファイル交換における安全性を損なう悪意ファイルと悪意ユーザを排除するためには、悪意ファイルの特定と流通の停止、及び悪意ファイルを提供した悪意ユーザの特定と排除を行う機能が必要である。これらの機能を実現する P2P ネットワーク制御方式を考案し、以下の通り具体的に設計した。

これまでの研究の結果、ダウンロードしたファイルが悪意ファイルであるか否かを機械的に自動判定する方法ではどうしても判定誤りが多くなるため、ユーザがファイルをダウンロードした際にマニュアルでそのファイルが悪意か否かを判定する方針とした。悪意ファイルの流通を停止しダウンロードできないようにするため、一定の条件を満たす個数の悪意ファイルを提供したユーザを悪意ユーザとして集中的に管理することとし、そのような管理機能を持つセンターノードを設けることとした。ユーザは悪意ファイルをダウンロードしたときは、このセンターノードにその旨を通知することとし、センターノードは悪意ファイル通知を受け、悪意ファイル数に関し予め定めた条件をその悪意ファイル提供ユーザが満たす場合は、その提供ユーザを悪意ユーザと判断し、悪意ユーザの P2P ネットワークの利用を以降拒否することとした。その結果、そのような悪意ユーザが生成し提供したファイルはすべて悪意ファイルと判断し、以降ダウンロードを許可しない方針とした。つまり、ユーザがファイルをダウンロードする場合、その直前にこのセンターノードにアクセスし、それが悪意ユーザの提供したファイルであるか否か検査し、そのようなファイルはダウンロードできなくする方式とした。一方、ユーザは P2P ネットワークの利用に際して認証を行うこととし、各交換ファイルは提供ユーザが署名してからダウンロードできるようにすることによって、悪意ファイルの提供者を誤りなく識別可能とし、また一定条件を満たす悪意ファイルを提供したユーザを確実に識別できるようにした。

以上の P2P ネットワーク制御方式の有効性を実験評価するため、この方式に基づき悪意ファイル数や悪意ユーザ数等の時間的推移をシミュレーションした。その結果、考案した方式に依れば、悪意ユーザが徐々に排除され、悪意ファイルが次第に低減していくことが確認でき、基本的な有効性を実証できた。

5.3 具体的成果

安全なファイル交換を実現するための P2P ネットワーク制御方式の基本原則と定量的評価等の検討結果を電子情報通信学会の通信ソサイエティ大会と総合大会で論文発表した。[発表 2, 12]

6 成果要覧

受賞関連

[受賞 1] 若原 恭：フェロー称号，電子情報通信学会，2008年9月。

査読付論文リスト

- [査読付 1] Jianping Li and Yasushi Wakahara: Time Slot Assignment in Slotted Wireless Ad Hoc Networks with Directed Links, 9th APRU Doctoral Students Conference, Session 6, Stream 19, Panel IT, Viadivostok, Russia, July 2008.
- [査読付 2] Akkhara Pakornsiri, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Fast Alarm Message Broadcasting in Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs), Internet Conference 2008, Okinawa, Japan, Oct. 2008.
- [査読付 3] Jianping Li and Yasushi Wakahara: Time Slot Assignment for End-to-end Bandwidth Guarantee in a Mobile Ad Hoc Network, Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE), Transaction on Communications, E92-B, 3, pp.858-866, Mar. 2009.
- [査読付 4] Akkhara Pakornsiri, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Cut-Through Re-broadcasting using Multiple Channels for Alarm Message in Vehicular Ad Hoc Networks, The 2009 IAENG International Conference on Communication Systems and Applications (ICCSA), pp.269-274, Hong Kong, Mar. 2009.
- [査読付 5] XiaoYang Zhang, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Proposal of a Method to Detect Black Hole Attack in MANET, The 9th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS 2009), Athens, Greece, Mar. 2009.

その他の発表論文リスト

- [発表 1] Jianping Li and Yasushi Wakahara : Approximately Maximum Bandwidth Routing for Slotted Wireless Ad Hoc Networks, The First Asia Future Internet (AsiaFI) School on Architecture and Building Blocks, Jeju, Korea , Aug. 2008.
- [発表 2] 田 偉, 関谷 勇司, 若原 恭, 田中 良明: メタデータによるP2Pファイル共有システムのファイル汚染対策, 電子情報通信学会, 通信ソサイエティ大会, B-6-46, p.46, 2008年9月.
- [発表 3] Akkhara Pakornsiri, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Alarm Message Broadcasting in Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs), 電子情報通信学会, 通信ソサイエティ大会, BS-12-8, p.S-133-S-134, 2008年9月.
- [発表 4] Jianping Li and Yasushi Wakahara: Direction-aware Time Slot Assignment for Maximum Bandwidth in Slotted Wireless Ad Hoc Networks, 電子情報通信学会, 通信ソサイエティ大会, BS-12-9, pp.S-135-S-136, 2008年9月.
- [発表 5] XiaoYang Zhang, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Sub-Marine Attack and its Defense in Ad Hoc Network Routing Protocols, 電子情報通信学会, 通信ソサイエティ大会, BS-12-23, pp.S-159-S-160, 2008年9月.
- [発表 6] XiaoYang Zhang, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: A method of detecting black hole attack in mobile ad hoc network, 電子情報通信学会・ネットワークソフトウェア研究会, 2008年11月, 【研究奨励賞受賞】.

- [発表 7] Yasushi Wakahara: Assignment of Channels and Addresses for Mobile Ad-hoc Network (MANET), Proc. of Global COE Symposium, The University of Tokyo, pp.207-212, Jan. 2009.
- [発表 8] XiaoYang Zhang, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Detecting black hole attack in mobile ad hoc network by destination sequence number based method, 電子情報通信学会・ネットワークソフトウェア研究会, pp.50-56, 2009年2月.
- [発表 9] Akkhara Pakornsiri, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Cut-Through Re-broadcasting for Curve Scenarios in Vehicular Ad Hoc Networks, 電子情報通信学会・情報ネットワーク研究会, IN2008-182, pp.297-302, 2009年3月.
- [発表 10] XiaoYang Zhang, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Evaluation of Methods to Detect Black Hole Attack in MANET, BS-4-29, 電子情報通信学会, 総合大会, pp.S-57-S-58, 2009年3月.
- [発表 11] Akkhara Pakornsiri, Yuji Sekiya and Yasushi Wakahara: Multiple Channel Rebroadcasting for Alarm Message in Vehicular Ad Hoc Networks, BS-4-30, 電子情報通信学会, 総合大会, pp.S-59-S-60, 2009年3月.
- [発表 12] 田 偉, 関谷 勇司, 若原 恭, 田中 良明: P2P ファイル共有システムにおける悪意ファイル排除のための認証システム, B-6-118, 電子情報通信学会, 総合大会, p.108, 2009年3月.

広域分散環境の高度基盤技術に関する研究

中山雅哉

1 概要

Internet に代表される広域分散環境は、今日の社会生活に不可欠な存在となっている。これまでは、コンピュータをノードとしてネットワークを構成することが中心であったが、最近では、気象センサーや振動センサーといった様々な小型デバイスもネットワークの構成要素として接続されるようになってきた。これら小型デバイスから得られる情報は、社会生活への安心情報として広く活用されている。一方で、ネットワークに接続されるノードの規模が爆発的に拡大することで、各ノードから得られる情報をデータ統合ノードに集約する際の中継ネットワークの輻輳や遅延に関わる課題、データ統合ノードに集約された情報を広域に分散した多数の利用者に効率的に提供するための課題に関わる技術開発が不可欠なものとなっている。また、ノード数の拡大に伴って、通常のノードを中継先とする DDoS 攻撃や SPAM などを早期に検知、防止するためのセキュリティ対策技術の必要性も高まっている。

また、各ノード間の接続は無線ネットワークの利用が一般的になっており、どこでも誰でも簡単に近くのノード間でグループコミュニケーションを行うことができるアドホックネットワーク技術の研究が盛んになってきている。

本研究室では、これらのネットワーク基盤技術の研究に取り組んでいる。

2 自律分散ノード間での効率的な情報流通技術に関する研究

2.1 背景

今日の社会生活に不可欠な存在である広域分散環境 (Internet) には、最近では計算機だけでなく気象センサーや振動センサーなどの様々な小型センサーがノードとして接続されるようになってきた。

これらの小型センサーは、自律分散ノードとして観測されたデータを集約ノードなどに常時送信する機能を持っており、集約ノードに集められた情報に基づいて、社会生活に対する安心情報としてネットワーク利用者に提供されるようになってきている。

例えば、気象庁が行っている緊急地震速報は、振動センサーから得られる地震に関する情報を、ネットワークを介して利用者に提供する仕組みの一例として挙げることができる。

2.2 内容

ネットワークに接続される自律センサノードの規模が爆発的に拡大すると、各ノードから得られた情報をデータ統合ノードに集約する際の中継ネットワークの輻輳や遅延に関する問題や、データ統合ノードで得られた集約情報を広域に分散した多数の利用者に提供するための技術が必要不可欠なものとなる。

そこで、国内外におかれた各地の気象センサー情報を集約する際の課題を取り上げ、その解決に関わる研究を進めている [発表 1, 発表 2, 発表 3, 査読付 3]。

また、集約ノードに集められた情報を分散した場所の利用者に提供するためには、各地に情報提供ノードを設けることで、負荷分散を行う技術が不可欠となる。この様な環境を多くの利用者が利用できる様に実験研究ネットワーク JGN2plus の上で、仮想化環境の提供に関する研究を行っている [査読付 5]。

2.3 具体的成果

この研究では、気象センサーを一例とした多様な自律分散ノードから得られる情報の集約に関わる課題と、その解決法に関する研究成果が得られているとともに、これらのセンサー情報が社会生活の安心情報として活用できる事例として成果をあげている [発表 1, 発表 2, 発表 3, 査読付 3]。

また、広域分散環境の実験研究ネットワーク JGN2plus 網の上で、仮想化環境を提供することで、多くの利用者が同様な実験環境を構築しやすい場を提供することができるようになった [査読付 5]。

3 安全で安定した社会基盤を構築するネットワーク技術の研究

3.1 背景

インターネットに接続されるノード数の拡大に伴って、通常のノードを中継先とする DDoS 攻撃や SPAM などの新たな問題が発生してきている。社会基盤として安全で安定したネットワークを構成するためには、これらの攻撃を早期に検知、防止するためのセキュリティ対策技術の開発が広く望まれている。

また、最近では、無線ネットワークの利用が一般的になっており、ノート PC をはじめとして、携帯型の端末を持ち歩きながら、どこでもネットワークに接続して利用できる環境が都市部では当たり前になってきた。しかし、無線 LAN の基地局がカバーする範囲は狭いため、移動しながら通信ができるネットワーク環境がどこでも構築される状況には至っていない。

そこで、近くの無線ノード同士がお互いに他のノードの通信を中継し合うことで、簡便に近隣のノード間でグループコミュニケーションを行うことができるアドホックネットワーク技術の研究が盛んに行われるようになってきた。しかし、グループ内の通信といえども他者の通信の中継を通常のノードが担うことから、不審者による通信妨害の検知や回避は不可欠であり、その解決は重要な課題となっている。

さらに、離島や山間部などでは地上網の整備が困難であり、衛星等を用いて社会基盤ネットワークを構築する必要性がある。

3.2 内容

本研究室では、安定した社会基盤を構築するネットワーク技術として、以下の 3 つのセキュリティ対策技術に関する研究と無線通信の効率化に関する研究を行っている。

セキュリティ対策技術に関する研究の 1 つめは、正常な通信に紛れる様な低レートで連続して行われる DoS 攻撃や、正常に動作する一般のノードに被害者のアドレスを送信元と偽装してパケットを送信するリフレクタ型 DDoS 攻撃の様に、従来の方式では検知が困難であった本来の攻撃元を、被害者側から容易に直接調べられるように改良した traceback 方式の研究である [査読付 4]。

2 つめは、利用者が望まない SPAM などの通信を排除する方式として、各利用者が主体となって、通信相手毎に利用するコミュニケーション手段に対する ID へのアクセス権限を管理する機構の提案である [査読付 6, 発表 4, 発表 5]。

3 つめは、無線ノード同士が他のノードの通信を中継するアドホックネットワークにおいて、不審ノードの参加を早期に検知する方式に関する研究である [査読付 2]。

また無線通信の効率化に関する研究は、通信の中継を行うノード間で協調制御を行うことができるメッシュネットワークにおいて、隣接ノードが扱っているデータフローの情報を集めて、他のフロー

との干渉関係を考慮したタイムスロットの割当てを行う同期式 MAC 制御方式に関する研究である [査読付 1]。

3.3 具体的成果

セキュリティ対策技術のうち、正常な通信に紛れる様な低レートで連続して行われる DoS 攻撃や、一般のノードを中継させるリフレクタ型 DDoS 攻撃に対して、本来の攻撃元を被害者側から容易に直接調べられるように改良した traceback 方式の研究 [査読付 4] の内容は、2007 年度インターネットアーキテクチャ研究賞 [受賞 1] を受賞する成果を得ることができた。

4 成果要覧

受賞関連

[受賞 1] 高田友則, 中山雅哉: 2007 年度インターネットアーキテクチャ研究賞, 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会専門委員会, 2008 年 5 月 .

査読付論文リスト

[査読付 1] Kentaro Saito, Masaya Nakayama: Multi-Path QoS Routing with estimating the interference between the communication paths in the TDMA-based wireless mesh networks, Proceedings of 7th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies 2008, Apr. 2008 .

[査読付 2] Muhammad Arifin Ritonga, Masaya Nakayama: Manager-Based Architecture in Ad Hoc Network Intrusion Detection System for Fast Detection Time, Proceedings of International Symposium on Applications and the Internet 2008, Jul. 2008 .

[査読付 3] 落合秀也, 松浦知史, 砂原秀樹, 中山雅哉, 江崎浩: 広域センサネットワークの運用構造と属性検索, 電子情報通信学会和文論文誌 B, Vol.J91-B, No.10, pp.1160-1170, 2008 年 10 月 .

[査読付 4] 高田友則, 中山雅哉: 低レート DoS 攻撃の攻撃者特定に有効な改良型 ICMP Traceback, 電子情報通信学会和文論文誌 B, Vol.J91-B, No.10, pp.1203-1210, 2008 年 10 月 .

[査読付 5] 中村一彦, 山本成一, 北村泰一, 大槻英樹, 中山雅哉, 小林和真, 江崎浩, 下條真司: 研究開発用テストベッドネットワーク JGN2plus の現状, 情報処理学会 情報処理, Vol.49, No.10, pp.1176-1183, 2008 年 10 月 .

[査読付 6] 阪本裕介, 中山雅哉: 送信者 ID の動的把握に基づくメッセージ受信制御方式, インターネットコンファレンス 2008, pp.57-66, 2008 年 10 月 .

その他の発表論文リスト

[発表 1] 中山雅哉: Live E! プロジェクト- センサネットワークによる気象データの共有 -, 農業気象セミナー, 2008 年 04 月 .

[発表 2] 砂原秀樹, 江崎浩, 中山雅哉: Live E!: 生きた地球の今を知る ~ グローバルセンサ情報基盤と地球環境 ~, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.108, No.74, IA2008-2, pp.7-10, 2008 年 5 月 .

[発表 3] 落合秀也, 杉山哲弘, 阪本裕介, 山内正人, 石塚宏, 松浦知史, 砂原秀樹, 中山雅哉, 江崎浩: Live E! 広域センサネットワークの運用状況 ~ 2008 年 5 月の運用状況 ~, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.108, No.74, IA2008-2, pp.11-16, 2008 年 5 月 .

[発表 4] 阪本裕介, 中山雅哉: ID に基づく受信制御の自律管理方式とその効果, 情報科学技術フォーラム 2008, M-034, 2008 年 9 月 .

[発表 5] 阪本裕介, 中山雅哉: コンタクト ID 変更に対応したユーザ主導型コミュニケーション手段選択方式の提案と評価, 情報処理学会 グループウェアとネットワークサービス研究会, Vol.2009, No.33, pp.133-138, 2009 年 3 月 .

実空間における状況認識およびデータ送受信に関する研究

小川 剛史

1 概要

実世界から仮想世界を構築し、その実世界と仮想世界を融合させることで、人々のコミュニケーションを支援する研究を進めている。構築した仮想世界を可能な限り現実世界に近づけるためには、現実世界の状況を如何に把握しその情報を収集するのか、また、構築した仮想世界もしくは融合世界の規模が拡大し、空間に関する大量の情報を大多数のユーザに提供するためにはどのようにデータを配信するのかが問題となる。そこで、以下の3つの技術に関する研究を中心に行った。

- カメラ画像を用いたリアルタイム物体認識
- 放送型データ配信を用いた自律移動型センサネットワーク
- 拡張現実感システムのための適応型注釈情報配信制御

2 カメラ画像を用いたリアルタイム物体認識手法

2.1 背景

ロボットの自律移動制御や、監視カメラによるセキュリティ管理などを目的として、カメラ画像から現実世界の状況を認識しようとする研究が盛んに行われている。現実世界のどこに何があるのかということを知り、管理することができれば、例えば日常生活において部屋の中を探し回らなくても、目的の物品を探し出すことが可能となったり、人がコートを着れば最寄りのバス停の時刻表を室内の壁面ディスプレイに表示するなど、人のコンテキスト認識や、様々な日常生活支援が可能となると考えられる。

従来研究におけるカメラ画像を用いた物品認識手法として、物品に対して事前に画像マーカを貼り付けるものがあるが、すべての物品にマーカを貼り付けることが現実的ではないことや、貼り付けたタグやマーカの位置が分からなければ検出が困難となる問題がある。画像の特徴として、SIFT 特徴量や Shape context を用いた物品認識に関する研究も盛んに行われている。これらの研究の多くは、物品の形状に注目しており、これらの手法では探索物品が変形するとその検出が困難となるため、衣類などといった日常生活において扱われる様々な物品を探索対象とすることが困難である。一方、Color Indexing をはじめとして色ヒストグラムを用いた手法は、物品の変形や回転、縮尺の変化に頑健であるとされており、あらゆる物品を統一的に扱える有効な手法の一つである。しかし、色ヒストグラムを利用する場合は、その構築コストが処理時間に大きな影響を与えるため、アクティブ探索手法やそれを応用した手法では色ヒストグラムの構築コストを削減して処理時間の大幅な短縮を実現しつつ、全探索を行った場合と同様の探索精度を維持している。しかし、いずれの手法も探索する物品数に比例して探索時間が大幅に増加してしまうため、生活空間のように広範囲で非常に多くの物品を探索するような場合には、適用が困難であると考えられる。

本研究では、日常生活支援を目的として、色ヒストグラムを用いた高速な物品探索を実現するために、色ヒストグラムの構築コストを低減する、Integral Histogram を提案し、それを用いた物品探索手法を提案した。Integral Histogram は、1枚の画像に対して1度構築

すれば、色ヒストグラムの構築コストが非常に小さくなり、探索する物品が増加したとしても、全体の処理時間には大きな影響を与えない。提案手法を用いて、複数物品を探索するためのシステムを構築し、提案手法の有効性を検証した。

2.2 内容

2.2.1 画像の特徴量と類似度

図 1 に示すような入力画像と、検出対象となる物品の画像である参照画像が与えられているものとする。提案手法は、入力画像中の矩形領域を部分画像として、参照画像と比較した際に類似度の最も高い部分画像を抽出することで、参照画像で与えられた物品が入力画像中のどの領域に映っているかを特定する。参照画像は探索対象の物品だけを含み、他の物品や背景を含まない画像が望ましく、一つの物品に対して複数の視点での画像を準備した方が認識精度の向上が期待できる。

画像の特徴は色ヒストグラムで表現し、照明変化に対応するため HSV 色空間を用いる。具体的には HS 平面において H と S の各軸を8等分し、各領域に含まれる画素数を累積したものとして定義する。色ヒストグラムによる類似度の算出には、Swain らによる手法を用いている。参照画像と部分画像のヒストグラムをそれぞれ R 、 P とした場合、まず式 1 を用いて各ヒストグラムを正規化し、式 2 を用いて参照画像と部分画像の類似度 θ を決定する。なお、 \hat{R} 、 \hat{P} はそれぞれ R 、 P を正規化したヒストグラム、 H 、 \hat{H} はこれらを代表したヒストグラムであり、 i 、 j はヒストグラムのビン、 N はヒストグラムにおける全ビン数を表している。

$$\hat{H}(i) = \frac{H(i)}{\sum_{j=1}^N H(j)} \quad (1)$$

$$\theta = \sum_{i=1}^N \min(\hat{R}(i), \hat{P}(i)) \quad (2)$$

提案手法では入力画像に対して Viola らが Rectangle Feature の算出に用いた Integral Image をヒストグラムに適用して中間データを生成する。この中間データを用いることで、部分領域の大きさとは無関係に一定時間でヒストグラムが生成できる。

2.2.2 Integral Histogram

物品の探索に色ヒストグラムを用いる場合、類似度を算出するすべての部分画像に対して色ヒストグラムを計算する必要あり、これに要する処理時間が問題となる。本研究では、Viola らが Rectangle Feature の算出に用いた Integral Image をヒストグラムに応用することで、中間データを生成する。この中間データは一度生成すれば、任意の部分画像でヒストグラムを高速に構築することが可能となる。この中間データを Integral Histogram と呼び、入力画像におけるすべての点に

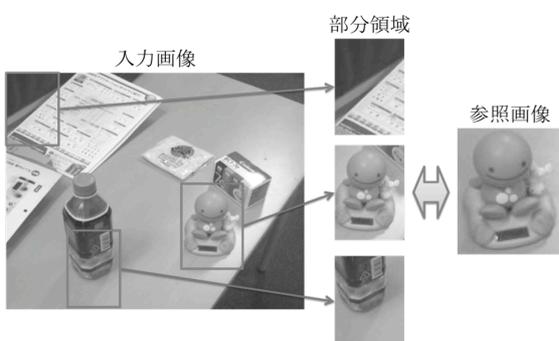


図 1 物品認識のための入力画像と参照画像の例

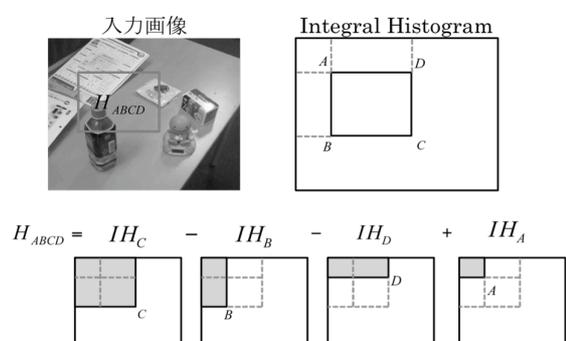


図 2 Integral Histogram を用いたヒストグラムの算出

において、原点(0,0)と結ぶ線分を対角線とする矩形領域のヒストグラムの集合と定義する。図 3 に Integral Histogram を用いた矩形領域のヒストグラムの算出方法を示す。矩形領域 ABCD のヒストグラム H_{ABCD} は、入力画像の Integral Histogram を IH 、点 $T(x,y)$ におけるヒストグラムを IH_T としたとき、式 3 で算出できる。したがって、矩形領域の画素数に依存せず一定時間で矩形領域のヒストグラムが得られる。

$$H_{ABCD}(i) = IH_C(i) - IH_B(i) - IH_D(i) + IH_A(i) \quad (3)$$

2.2.3 評価実験

実験は、CPU が Core 2 Duo 2.1GHz、メモリが 2GB の PC で行った。また、比較に用いた入力画像は、1024×768 ピクセルの画像をそれぞれ 640×480、800×600 に縮小したものを、参照画像は、入力画像と同じ倍率で縮小した画像を用いた。提案手法は入力画像の解像度を変更せずに、最小縮小率を適切に変更することで物品を探索できるが、アクティブ探索手法では参照画像を拡大、縮小したサイズの領域を探索対象のサイズとしているため、アクティブ探索にとって不利にならないように実験を行った。提案手法における最小縮小率は 0.5 で固定とし、比較対象であるアクティブ探索手法では、参照画像の 0.5、1、1.5、2 倍の四段階で探索を行うものとした。参照画像および入力画像の例をそれぞれ図 3(a)～(c)および(d)に示す。本実験では参照画像として物品につき一枚用意し、背景を含まないように物品の一部分を取り出した画像とした。

提案手法を用いた場合の結果を図 4 に示す。図中の白枠で示す矩形領域が探索結果として抽出した部分領域である。物品全体を完全に囲む領域としては抽出できていないが、探索物品がテーブルのどの位置にあるかという程度の精度で特定するという目的としてならば十分に利用できると考えられる。図 5 に比較手法であるアクティブ探索手法の結果を示す。参照画像に対して入力画像中の物品が回転しているため、提案手法と同様に物品全体を完全に囲む領域としては抽出できていないが、提案手法と同様の精度で認識できている。

表 1 に入力画像の画素数ごとの処理時間を示す。探索時間に関しては、各物品毎の処理時間を示している。なお、初期化等とは、参照画像と入力画像のロードや、各種法において予め変換しても問題ない画像の HSV 変換、ヒストグラムの構築などの時間である。この結果から、提案手法では一つの物品についても十分に高速だが、複数の物品の探索ではさらに差が顕著になっていることが分かる。また、この結果から提案手法は探索の段階では探索する物品の数や参照画像の画素数にほとんど影響を受けないことも分かる。

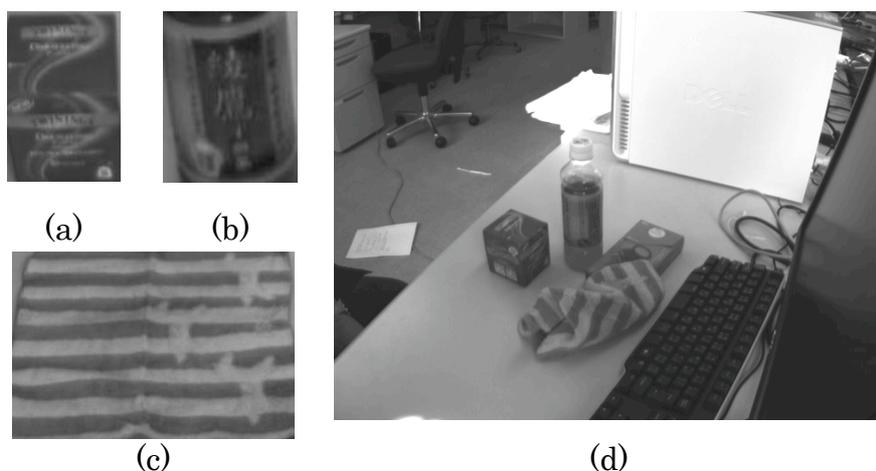


図 3 実験で用いた参照画像と入力画像

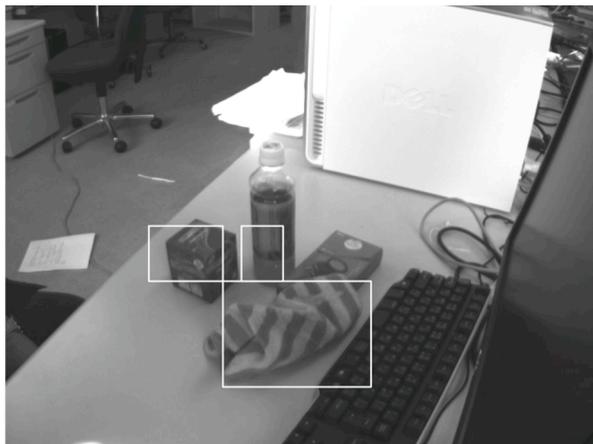


図 4 提案手法による検出結果



図 5 従来手法による検出結果

表 1 入力画像の解像度および検出物品による処理時間

入力画像の画素数	提案手法			従来手法		
	XGA	SVGA	VGA	XGA	SVGA	VGA
初期化など	58.6ms	37.0ms	25.4ms	50ms	32ms	22ms
Integral Histogram 構築	293.7ms	173.0ms	112.0ms	-	-	-
探索 (物品 1)	0.32ms	0.32ms	0.28ms	5312ms	2864ms	1783ms
探索 (物品 2)	0.31ms	0.28ms	0.27ms	7673ms	3518ms	1728ms
探索 (物品 3)	0.25ms	0.26ms	0.26ms	35078ms	7673ms	5870ms
合計	353.2ms	210ms	138ms	48113ms	17258ms	9404ms

2.3 具体的成果

本研究では、日常生活支援のための高速な複数物品探索を目的とした物品探索アルゴリズムを提案した。物品の特徴量として色ヒストグラムを用い、色ヒストグラムを高速に構築するための中間データとなる Integral Histogram を考案した。Integral Histogram を利用すれば、部分領域の画素数によらず一定の処理時間でヒストグラムが構築でき、検出する物品数が多数存在する場合でも従来手法よりも高速な検出が可能となることを評価実験により確認した。この研究成果は情報処理学会[発表 4]および日本バーチャルリアリティ学会[発表 5]にて発表した。

3 放送型データ配信を用いた自律移動型センサネットワーク

3.1 背景

環境モニタリング、動植物の生体調査、建物内のセキュリティ管理などを目的として、センサノード(以下、ノードと呼ぶ)だけでネットワークを構築するセンサネットワークが注目されている。センサネットワークでは、各ノードが取得したセンシングデータをマルチホップ通信により基地局に転送し、収集している。従来は、ノードの位置が固定された環境を想定したものが一般的であったが、広大な領域をセンシングするためには多数のセンサが必要となることや、人が入れない汚染地域などで

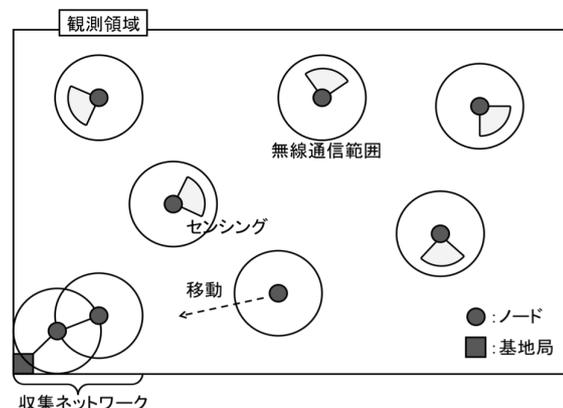


図 6 疎な移動型センサネットワーク

はセンサの設置自体が困難であるという問題があった。

近年では、ロボティクス技術を用いてノード自身が移動してセンシングを行ったり、ネットワークを形成したりする移動型センサネットワークが注目を集めている。移動型ノードを用いれば、人が直接センサを設置することが困難な場所であってもセンシングすることができ、さらに広大な領域であっても少数のノードでのセンシングが可能となる。しかし、ノード数に対して観測領域が非常に大きくなると、各ノードの無線通信範囲に他のノードが存在しない状況が発生する。この場合、基地局にセンシングデータを送信するために、各ノードは基地局と通信可能な位置まで移動する必要があり、多大な電力を消費することとなる。本研究では、図 6 に示すような疎な移動型センサネットワークにおいて、センシングデータを基地局へ収集するためのネットワーク(以下、収集ネットワークと呼ぶ)を構築する際の移動コストを低減する、放送型データ配信を用いたノード制御方式について検討しており、今年度は、主に実環境を考慮してノード故障に対応できるよう、手法の拡張を行った。

3.2 内容

3.2.1 ノードの移動制御方式

本研究では、プッシュ型放送から得られ、基地局とマルチホップ通信を行っているノードの位置に関する情報と、移動中に通信可能となったノードから得られる情報を用いて、各ノードが現在位置から最も近い、基地局へデータを転送できる地点に移動し、一時的なネットワーク(収集ネットワーク)を形成する SR-N(Shortest Route with Negotiation)方式の拡張を行った。具体的には、収集ネットワーク形成時のノード間距離を広げることで、後から接続するノードの移動距離削減とノード故障への対応である。また、移動コストの削減に注目して、収集ネットワークのトポロジをあらかじめ静的に決定する MST(Moving-distance-based Static Topology)方式も考案した。

(1) SR-N2 方式

SR-N2 方式では、収集ネットワークを効率よく形成するために、収集ネットワークに参加しているノードの位置を放送し、ノードはその情報に基づいて移動する。図 7(a) のように、センシングを終えたノード a 、 b は、放送される収集ネットワークに参加しているノードのうち、最も近いノード c と通信可能な位置 D_a 、 D_b を目的地として移動する。図中では、点線矢印は移動経路を表している。また、 D_x はノード x の目的地を表す。

移動中、新たに収集ネットワークにノードが追加されると、放送されるデータが更新される。図 7(b) のように、ノード b が新たに収集ネットワークに参加すると、ノード a はノード b が最も近いノードとなり、目的地を D_a から D'_a に変更する。このように、ノードはより移動距離が短くなるように目的地を変更しながら移動することで、消費電力を低減する。すべてのノードが収集ネットワークに参加した後、データの転送および中継が終了したノードからセンシング地点へと移動する。

ノードが目的地に向かって移動している間に他のノードと通信可能となったとき、目的地

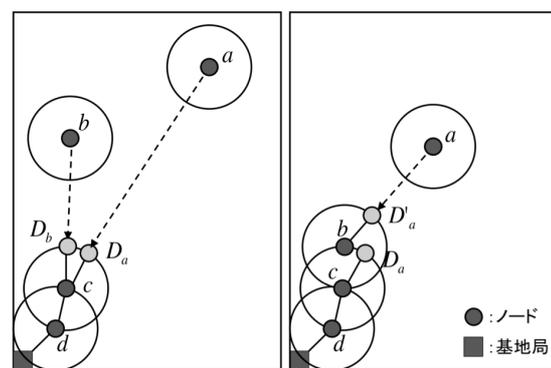


図 7 ノードの基本動作 (SR-N2 方式)

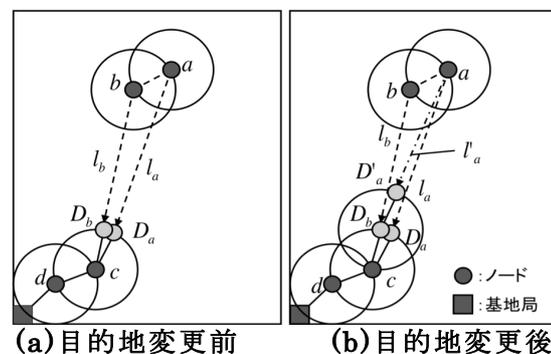


図 8 ノードが会ったときの動作 (SR-N 方式)

情報を交換し、連携して収集ネットワークに参加する。これにより収集ネットワークへ参加する際の移動距離を低減し、ノードの移動に要する電力の低減と、そのノードの後方から近づいてくる他のノードの移動コスト削減が期待できる。以下、SR-N方式におけるノード動作を、単独ノード同士が出会った場合について説明する。

図5に単独ノード同士が出会った場合のノードの動作例を示す。 l_x はノード x の目的地までの距離を表している。ノード a 、 b が収集ネットワーク内のノード c に接続するために移動している途中で、互いの通信範囲内まで接近した状況を示している。ノード a 、 b は、以下に示す手順で目的地を決定する。

1. 通信可能となったノード a 、 b は、現在の目的地である D_a 、 D_b の座標を互いに交換する。
2. 各ノードの現在位置と目的地までの移動距離 l_a 、 l_b を計算し、移動距離の短いノードを長いノードの接続先候補とする。図5では、 $l_a > l_b$ のため、ノード b がノード a の接続先候補となる。
3. ノード a は、ノード b に接続できる位置 D'_a まで移動した場合の移動距離 l'_a を求め、 $l'_a < l_a$ ならば接続先をノード c からノード b に変更する。
4. 手順3でノード a が接続先をノード b に変更した場合には、ノード a はノード b に自身の接続先をノード b としたことと、その接続位置 D'_a を伝える。
5. 以後、ノード b は目的地を変更するとノード a に新たな目的地を伝える。ノード a は受け取った情報を基に自身の目的地を修正し、放送による目的地の変更は行わない。このとき、ノード a 、 b はノード群を形成し、ノード a を b の子ノード、ノード b を a の親ノードと呼ぶ。

さらにSR-N2方式では、ノード間の距離を通信可能距離に近づけるために、子ノードは親ノードが停止状態、もしくは、親ノードとの距離が最大通信距離の99%より短い場合は、その場に停止し、親ノードとの距離が最大通信距離となると移動を再開する。

ノードが故障すると、そのノードに接続予定だったノードが基地局と通信できなくなるため、目的地に到着しても収集ネットワークに参加できないノードは、再度、放送から得られる情報を基に移動する。また、基地局へのデータ転送が終了したノードは、後から来るノードのデータを中継するためにすべてのノードが収集ネットワークに接続するまで待機する。したがって、ノード故障により収集ネットワークに参加しないノードいるとそのまま待機を続け、センシングに向かわない。本研究での拡張では、各ノードの到着時刻を基地局が予想し、予想時刻を越えてもやってこないノードに関しては故障したと判断して、センシングを継続するようにしている。

(2) MST方式

MST方式では、センシング終了後に各ノードがあらかじめ決定した接続位置に向かって移動し、その接続位置で収集ネットワークに参加する。以下で、接続位置の決定方法について説明する。これらの処理はノードを実際に配置する前に基地局の計算機上でシミュレーションし、各ノードには得られた接続位置のみを伝えた後、実際のセンシング地点に配置する。

1. 各ノードを与えられたセンシング地点に配置する。
2. 各ノードから、現在形成中の収集ネットワーク(基地局を含む)までの最短距離および接続位置を算出する。ただし、算出した接続位置がノードに対し基地局から離れる方向の場合、その次に短い収集ネットワークまでの距離および接続位置を算出する。これにより、ノードは常に基地局に近づく方向に移動する。
3. 手順2により算出した最短距離をノードごとに比較し、最も短いノードを計算により求めた接続位置まで移動させ、収集ネットワークに追加する。
4. すべてのノードが収集ネットワークに参加するまで、手順2、3を繰り返す。

ノードの故障が発生した場合には、収集ネットワークにおいて故障ノードからもっともホップ数が少なくなる末端ノードまでのノードの接続位置をひとつずつずらして収集ネットワークを再構成する。MST方式では、センシング位置と収集ネットワークでの決まった参加位置を常に往復するため SR-N2方式よりも、ノード故障を正確に検出できる。

3.2.2 評価実験

提案手法の有効性をシミュレーション

実験を行って確認した。シミュレーションで用いたパラメータを表 2 に示す。観測領域は2次元平面とし、基地局を領域の一角に配置した。各ノードのセンシング地点はランダムに割り当て、変更しないこととした。センシング地点をノードの初期位置とし、ノードはシミュレーション開始と同時にセンシングを開始する。各ノードは1回のセンシングに 1000 秒を要し、この間に 5Mbit のデータを収集した後、データ転送を開始する。ノードの移動コストを 1J/m とし、データの送信、および受信コストを、それぞれ以下に示す式(3)および式(4)によりモデル化した。

$$(k \cdot 50) + (0.1 \cdot k \cdot d^2) \text{ [nJ]} \quad (3)$$

$$k \cdot 50 \text{ [nJ]} \quad (4)$$

k [bit]は送受信データ量、 d [m]は送信距離を表す。1回のセンシングデータを 50m 離れたノードに送信する場合、送信コストは 1.5J となる。移動およびセンシングデータの送受信以外の動作に要するコストは非常に小さいものとして無視した。また、ノードはデータの送信と受信を同時に行えるものとし、電波衝突による遅延や、通信エラーはないものとする。表 2 にノード故障が発生しない場合の SR-N方式および SR-N2方式、MST方式の各ノードにおける移動コストおよび通信コスト、スループットを示す。また、図 9 および図 10 に、それぞれノードの故障率増加に伴うスループットおよび

表 2 パラメータ

パラメータ	値
領域の大きさ	2,000[m]×2,000[m]
ノード数	400
ノードの移動速度	1[m/s]
無線通信範囲	50[m]
通信速度	2[Mbps]
1回あたりのセンシングデータ量	5[Mbit]
1回あたりのセンシング時間	1,000[s]
シミュレーション時間	200,000[s]

表 3 評価結果

	SR-N	SR-N2	MST
移動コスト[J]	58,909	52,168	15,174
送信コスト[J]	4,803	5,281	5,512
受信コスト[J]	893	867	908
総コスト[J]	64,605	58,316	21,594
スループット[kbps]	931	979	910
平均通信距離[m]	44.4	48.0	49.2

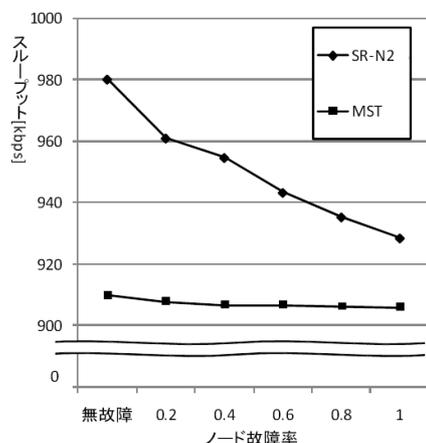


図 9 ノード故障率に対するスループット

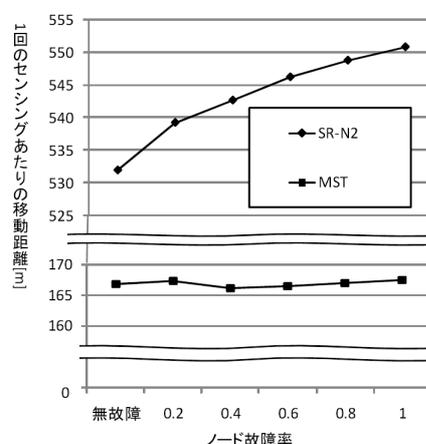


図 10 ノード故障率に対するノードの移動距離

び移動距離の変化を示す。SR-N2 方式では、SR-N 方式と比較して、平均通信距離が増加し、移動コストが減少している。これは、SR-N2 方式では、ノード群に参加しているノードがノード間距離を保って移動することで、収集ネットワーク形成時のノード間距離が SR-N 方式より長くなり、移動距離が減少するためである。これにより、SR-N2 方式は SR-N 方式よりも収集ネットワークを形成してデータを基地局に転送するための時間を低減しており、結果としてスループットを向上させている。MST 方式では、ノード間距離が最大通信距離になるように停止位置を決定しているため、SR-N2 方式と比べ移動コストが非常に小さく、平均通信距離が長い。しかし、収集ネットワークのノードの位置が固定であるため、基地局に近いノードはデータ転送に多くの時間を要し、再びセンシング地点に向かうのが遅くなるため、SR-N2 方式と比べ、MST 方式のスループットは低くなっている。ノードの移動距離に関しては、MST 方式では、ノード故障発生時に、目的地を変更するノードの数を最小限に抑えているため、ノード故障率が増加しても 1 回のセンシングあたりの移動距離はほとんど変化していないのに対し、SR-N2 方式では、ノード故障率の増加に伴って、移動距離が増加する結果となった。

3.3 具体的成果

本研究で提案した方式を用いることで、疎なセンサネットワークにおいて移動コストを低減しつつ、スループットを向上させることが可能であることを確認した。これらの研究成果は日本データベース学会論文誌[査読付 2]、国際ワークショップ[査読付 3, 5]、情報処理学会[査読付 6、発表 3]および電子情報通信学会[発表 6]にて発表した。

4 拡張現実感システムのための適応型注釈情報配信制御

4.1 背景

拡張現実感(AR)技術は、実際にはユーザが直接見ることのできない情報を現実空間に提示可能なため、ウェアラブルコンピューティングとの親和性が高く、これまでに、ウェアラブル AR 技術を用いてユーザのナビゲーションを行うシステムが構築されてきた。ナビゲーションシステムなどにおいて、広大な現実空間に配置する膨大な数の注釈情報を保持および管理する場合、リアルタイムに変化するユーザの位置や視点に応じて必要な注釈情報を検索し、正しい場所に提示する処理コストは大きく、一般的に非力なウェアラブル PC では処理が困難である。また、それらの注釈を複数のユーザが参照、修正するマルチユーザ環境を考えた場合、すべてのユーザが装着しているウェアラブル PC に保持したデータの一貫性を保証しなければならないため多大なコストが必要となる。

本研究では、ウェアラブル AR システムを構築するために必要な、サーバにおける注釈情報の管理方式とサーバからクライアントへ注釈情報を効率よく配信するための通信方式を考案した。

4.2 内容

4.2.1 ネットワーク型ウェアラブル AR システム

想定するネットワーク型 AR システムの模式図を図 11 に示す。ネットワーク型 AR システムは、サービス対象の空間における全ての注釈情報をデータベースに保持・管理するサーバと、クライアントであるユーザが装着しているウェアラブル PC から構成される。サーバ上の注釈情報データベースは、サービスを提供している管理者や、ウェアラブル PC を用いてサービスを受けているユーザなどによる

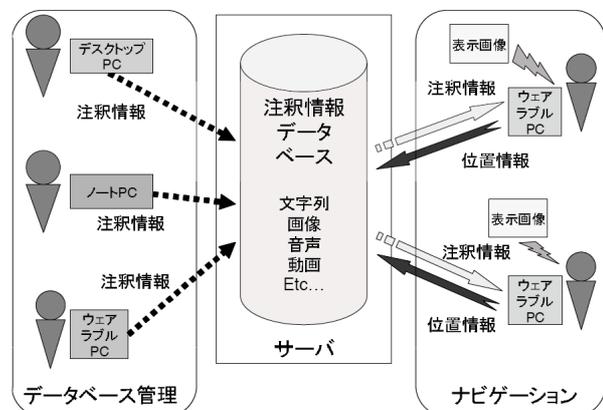


図 11 ネットワーク型 AR システム

更新が考えられる。これらのデータベース更新作業は全てネットワークを介して行われる。ウェアラブル PC は、ユーザの位置・姿勢データを計測し、サーバに送信することで、ユーザの状況に応じた注釈データをサーバから受信し、現実環境に重畳してユーザにその情報を提供する。

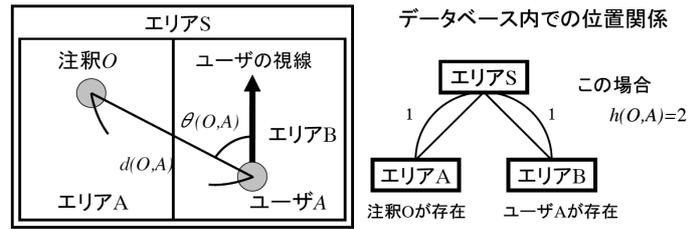


図 12 優先度評価時に利用するパラメータ

4.2.2 注釈情報の階層管理

注釈情報サーバにおいて、注釈情報はいずれかのエリアに属するものとして管理する。エリアは現実環境の一定の領域と対応しており、木構造を用いて階層的に管理する。各ノードはエリアもしくは注釈を表す。各エリアは、そのエリアに対応している現実環境の領域の性質に関する情報を持つ。エリアを定義する際は、たとえば、「部屋」「フロア」「建物」「区域」「町」「市」「都道府県・州」「国」などのカテゴリを指定し、これらのカテゴリを注釈情報の検索の際に利用する。

4.2.3 注釈情報の送信優先度の評価

注釈情報データベースへの検索結果として条件に合致する注釈情報の集合が得られるので、集合に含まれる各注釈情報に関して送信優先度を評価し、その順位に従って注釈情報を送信する。

具体的にはユーザと注釈の位置関係が図 12 のようになっているとき、ユーザ A の位置と姿勢を用いて注釈情報 O の優先度 $p(O,A)$ を次式で求める。

$$p(O,A) = \left(1 - \frac{h(O,A)}{H(A)}\right) s \left(1 - \frac{d(O,A)}{D(A)}\right) + \left(1 - \frac{h(O,A)}{H(A)}\right) t \left(1 - \frac{\theta(O,A)}{\pi(A)}\right) \quad (5)$$

ただし、

$$s = \frac{S(A)w(A)}{S(A)w(A) + \{1 - S(A)\}\{W(A) - w(A)\}} \quad (6)$$

$$t = \frac{\{1 - S(A)\}\{W(A) - w(A)\}}{S(A)w(A) + \{1 - S(A)\}\{W(A) - w(A)\}} \quad (7)$$

$d(O,A)$ は注釈 O とユーザ A の距離、 $\theta(O,A)$ はユーザ A の視線と、ユーザ A と注釈 O を結ぶ直線がなす角、 $h(O,A)$ はデータベースの木構造における注釈 O とユーザ A の距離を表す。 $w(A)$ は A の視線方向の変化を角速度で表したものである。式(2)によって、 $w(A)$ の値が大きい場合はより近い距離にある注釈の優先度を高く評価し、逆に $w(A)$ の値が小さい場合はより視線方向に近い向きにある注釈の優先度を高く評価することができる。本研究では、エリアが現実環境の何らかの意味的な空間と対応しているとしているため、注釈が属するエリアが木構造的により遠くなるほど、優先度はより低く評価される。 $D(A)$ 、 $\pi(A)$ 、 $H(A)$ 、 $W(A)$ はそれぞれ $d(O,A)$ 、 $\theta(O,A)$ 、 $h(O,A)$ 、 $w(A)$ を正規化するための定数で、接続確立時にユーザから与えられるとする。

角速度を用いて $d(O,A)$ と $\theta(O,A)$ に対する重みを自動的に決定することが必ずしも望ましくない場合もあると考えられる。そのため、重み付けに対してユーザが設定可能な余地を残すため、定数 $S(A)$ を導入している。 $S(A)$ は $0 \leq S(A) \leq 1$ の範囲で定義され、その他の定数と同様に接続確立時にユーザが与える。 $S(A)$ を用いることで、ユーザはその他の定数の値とは無関係に、距離と角度のどちらを優先するのかを決定できる。

4.2.4 評価実験

優先度評価手法の有効性を検証するため、シミュレーションによる評価実験を行った。比較対象として、 $d(O,A)$ の値のみを評価し、ユーザに近い注釈に高い優先度を与える手法(以下、距離優先手法)と、 $\theta(O,A)$ の値のみを評価し、視線方向に近い注釈に高い優先度を与える手法(以下、角度優先手法)を用いた。

図 13 に示す 300 個の注釈がランダムに配置された入り組んだ室内環境でシミュレーションを行った。ユーザは図の灰色の線に沿って移動し、複数の特定ポイントに到達する毎に左右 90 度に 2 回周囲

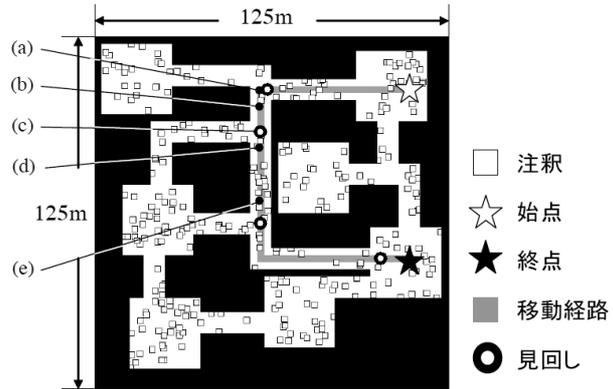


図 13 評価環境

を見回す。移動速度は毎時 4 kmとした。見回し動作の角速度は、実際の人間が周囲を見回しつつ室内環境を移動しているときの首振り動作から取得した角速度の時系列データを用いた。サーバは 200kbps の速度で注釈情報をクライアントへ転送する。各注釈は約 50KB のプログレッシブ jpeg 画像であり、全て面積 0.8 m²の正方形として三次元空間内に表示される。クライアントにおける満足度を比較したところ、提案手法が、角度優先手法および速度優先手法よりも高い満足度が得られることを確認した。

4.3 具体的成果

本研究で提案した方式を用いることで、ユーザの動きや状況に応じて、必要となる注釈情報を動的に決定し、配信することが可能であることを確認した。これらの研究成果は日本バーチャルリアリティ学会論文誌[査読付 1]、国際会議[査読付 4]にて発表した。また本研究に関連して、テーブルトップ型協調作業支援システムに関する研究の成果をヒューマンインタフェース学会[発表 1]および日本バーチャルリアリティ学会[発表 2]にて発表した。

5 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] 高田 大輔, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: ネットワーク型拡張現実感システムのための階層的注釈情報データベースと動的優先度制御手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.13, No.2, pp.279-287, 2008 年 6 月.

[査読付 2] 新城 達也, 北島 信哉, 小川 剛史, 原 隆浩, 西尾章治郎: 移動型センサネットワークにおけるプッシュ型放送を用いたノード移動制御手法に関する評価, 日本データベース学会論文誌, Vol.7, No.1, pp.199-204, 2008 年 6 月.

[査読付 3] Tatsuya Shinjo, Shinya Kitajima, Takefumi Ogawa, Takahiro Hara, and Shojiro Nishio: Mobile Sensor Control Methods for Reducing Power Consumption in Sparse Sensor Network, Proc. of International Workshop on Sensor Network Technologies for Information Explosion Era (SeNTIE2008), Beijing, China, pp. 133-140, Apr. 2008.

[査読付 4] Daisuke Takada, Takefumi Ogawa, Kiyoshi Kiyokawa, and Haruo Takemura: A Hierarchical Annotation Database and a Dynamic Priority Control Technique of Annotation Information for a Networked Wearable Augmented Reality System, Proc. of

18th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2008), Yokohama, Japan, pp. 226-233, Dec. 2008.

[査読付 5] Tatsuya Shinjo, Shinya Kitajima, Takefumi Ogawa, Takahiro Hara, and Shojiro Nishio: A Mobile Sensor Control Method Considering Node Failures in Sparse Sensor Network, Proc. of International Workshop on Data Management for Information Explosion in Wireless Networks (DMIEW 2009), Fukuoka, Japan, pp. 1054-1059, Mar. 2009.

[査読付 6] 新城 達也, 北島 信哉, 小川 剛史, 原 隆浩, 西尾 章治郎: 移動型センサネットワークにおけるノードの故障を考慮したノードの移動制御手法, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, Vol. 2008, No. 14, pp. 297-302, 山口県萩市, 2008年12月.

その他の発表論文

[発表 1] 四宮 龍, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: テーブルトップ型協調作業環境における動的なグループ構成に対応した情報共有手法, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008 論文集, 3114, 大阪府豊中市, 2008年9月.

[発表 2] 四宮 龍, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: テーブルトップ型協調作業環境における動的なグループ構成に対応した情報共有手法の実装, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 13, No. CS-3, pp. 73-78, 北海道釧路市, 2008年10月.

[発表 3] 新城 達也, 北島 信哉, 小川 剛史, 原 隆浩, 義久 智樹, 西尾 章治郎: プッシュ型放送を用いたセンサノードの移動制御のための故障対応手法について, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービス研究会(2009-GN-70)・放送コンピューティング研究グループ(2009-BCCgr-21)合同研究発表会, Vol. 2009, No. 3, pp. 73-78, 鹿児島県熊毛郡, 2009年1月.

[発表 4] 藤井 裕士, 小川 剛史: 色ヒストグラム of 構築コストを考慮した高速物品探索手法の提案と評価, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービス研究会(2009-GN-70)・放送コンピューティング研究グループ(2009-BCCgr-21)合同研究発表会, Vol. 2009, No. 3, pp. 103-108, 鹿児島県熊毛郡, 2009年1月.

[発表 5] 藤井 裕士, 小川 剛史: Integral Histogram を用いたカメラ画像からの複数物品高速探索手法, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 14, No. CS-1, pp. 7-12, 東京都文京区, 2009年2月.

[発表 6] 北島 信哉, 義久 智樹, 小川 剛史, 原 隆浩, 西尾 章治郎: センサネットワークにおける消費電力削減のための放送型配信を用いたデータ収集手法の評価, データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM 2009), 静岡県掛川市, 2009年3月.

DNS の信頼性ならびに耐障害性の 分析とその向上に関する研究

関谷 勇司

1 概要

インターネットは社会生活の情報インフラとして確立し、日常生活ならびに研究活動に不可欠なものとなっている。インターネットの重要性が増すにつれて、その信頼性や耐障害性といったものがますます必要とされている。

Domain Name System(DNS) はインターネットの基盤技術であり、DNS が正常に動作しない環境においては、Web やメール、MSN メッセンジャーや Skype といった、日常的に使われているインターネット上のサービスを利用することができなくなる。つまり、DNS が信頼性と耐障害性を持つことは、インターネットにおけるサービスが信頼性と耐障害性を持つための必要条件となる。

ところが、DNS は世界最大規模の分散データベースであり、インターネット上に存在する数万台の DNS サーバが連携することにより一つのデータベースを形成している。すなわち、DNS の信頼性と耐障害性を把握するためには、単一の DNS サーバに対して、単一の地点からだけ計測を行うだけでは不十分である。多数地点から多数の DNS サーバに対して計測を行わない限り、DNS 全体の信頼性と耐障害性を把握することはできない。

そこで本研究では、DNS の分散計測を低コストで継続的に行うための手法ならびにシステム的设计・構築を行った。また、DNS のデータベースに関する信頼性を向上させるための手法ならびにそのシステム設計に関する研究を行った。その結果、DNS の運用状態を単一地点から単一サーバのみならず、多地点から DNS データベースの構造に基づいて計測することができた。また、本研究で構築したシステムは、低コストで展開、運用ができる仕組みとなっており、データ収集における通信の安全性も確保したシステムとなっている。本報告書では、その成果について述べる。

本年度は、具体的に以下の 3 項目について活動を行った。

1. DNS の信頼性と耐障害性を計測するための分散計測手法に関する研究

社会インフラとしての重要な役割を担う、インターネットにおけるミドルウェアである DNS の信頼性と耐障害性を把握するための手法を確立し、その手法に基づいた計測を行なった。本年度はその計測に基づく Root DNS サーバの信頼性に関する分析結果を示す。

2. セキュリティを考慮した名前解決エージェントの設計と実装

DNS に対する攻撃が一般化している現在、DNS のデータ起源を保証するための技術として DNSSEC が存在する。しかし、DNSSEC はその運用と普及に多くの問題点を抱えている。そのため、本研究では DNSSEC を利用せずにデータの確実性を保証する技術の提案と検証を行なった。

3. 安全性を考慮したアドホック通信に関する研究

インターネットの適用範囲が広がるにつれ、アドホック通信の必要性も高まっている。そこで、アドホック通信を安全に行なうための手法について提案し、検証を行なった。

以上の 3 項目について今年度の成果報告を行う。

2 DNS の信頼性と耐障害性を測定するための分散計測手法に関する研究

2.1 背景

DNS はインターネットのサービスを支える基盤技術である。DNS に障害が発生すると、インターネットにて動作するほぼ全てのアプリケーションに影響を及ぼす。すなわち、DNS が健全に運用されることはインターネットが健全に運用されることであり、インターネットの信頼性を向上させるためには、DNS の信頼性を向上させる必要がある[発表 13]。

一方、DNS は世界最大規模の分散データベースであり、インターネット上に存在する数万台の DNS サーバが連携することにより、一つのデータベースを形成している。DNS の信頼性を向上させるためには、DNS の運用状態を把握する必要がある。しかし、単一の DNS サーバに対して、また単一の地点からだけ計測を行う手法では DNS 全体の運用状況を把握することはできない。DNS の系全体を計測するためには、多数地点から多数の DNS サーバに対して計測を行う必要がある。

そこで、本研究の目的は、低コストかつ容易に運用することのできる DNS 分散計測環境を構築することである。そのためには全世界に容易に展開できる必要があり、かつ低コストで管理・管理できることが必要である。

そこで本研究では、DNS がインフラを支える基盤技術として信頼性を有するかどうかを計測することを目的とする。そのための分散計測システムを設計・構築し、Root DNS サーバの信頼性に関する計測を行なった。その詳細について報告する。

2.2 内容

本システムは計測機器、管理サーバ、計測データ収集サーバから構成される。次に述べる遠隔管理機能を利用もしくは改造して、計測のための遠隔管理機構として構築した。

(a) Plug-and-Measure 機能

計測機器を設置するにあたって、個別に事前設定をすることなく、機器をネットワークに接続するだけで自動的に設定を完了し、計測ができる機構を構築した。

(b) 低運用コスト

計測機器の日々の管理、運用が低コストで行えるよう、遠隔管理機構を設計した。XML-RPC を用いて制御メッセージを交換し、管理者やユーザは GUI を用いて各機器の制御や計測を行えるよう構築した。

(c) 安全な通信ならびに制御

X509 証明書を用いてサーバと計測機器間の認証を行い、かつ証明書を用いた SSL 通信を行うことで通信の秘匿性を確保した。もし計測機器が物理的な盗難にあった場合にも、証明書を失効させることでシステムから切り離すことができるため、安全な運用を実現した。

計測機器は、計測可能状態に遷移した後には管理サーバからの指示待ち状態となる。ユーザもしくは管理者は、管理サーバ経由で各機器個別に、もしくは一斉に命令を発行することで、世界中の計測機器を制御することができる。この制御は本システムにて構築した GUI インタフェースを用いて行うことができる。

そこで本年度は、本研究にて構築した分散計測システムにて計測を開始するために、計測機器の展開を行い、計測を行なった。その計測結果について報告する。

2.3 具体的成果

2008 年度は、26 台の計測機器が世界各地に設置され、計測を行っている。計測地点の一覧を表 1 に示す。本研究での計測は、インターネット発展途上国に重点をおいた計測をめざしており、それを考慮した計測機器の配置が行われている。計測機器はまだ配布途中であり、これからさらなる配布を行う予定である

現在、Root DNS サーバ、ccTLD DNS サーバ、in-addr.arpa DNS サーバのあわせて 800 台程度の DNS サーバに対して、各計測地点から計測を行っている。本研究の最新状況ならびに計測結果・成果は、<http://gulliver.nc.u-tokyo.ac.jp/> から取得することができる。

2008 年度における 13 拠点の Root DNS サーバに対する到達性を図 1 に示す。縦軸は応答が得られる時間(RTT)の平均値(ms)を示し、横軸は計測機器を設置した計測地点番号を示す。

本研究の計測結果より、Root DNS サーバはその運用形態によって以下の 3 種類に分類されることがわかった。それぞれの分類に関して、特徴的なグラフを示す。

- (1) Non Anycasted Root DNS サーバ (図 2)
- (2) Anycasted Root DNS サーバ (図 3)
- (3) Heavily Anycasted Root DNS サーバ (図 4)

これらの結果より、Non Anycasted Root DNS サーバよりも Anycasted Root もしくは Heavily Anycasted Root DNS サーバの方が良好な到達性をもっていることがわかる。本計測結果の詳細な分析結果は[発表 1]にて述べられている。

表 1：計測機器設置拠点一覧

拠点番号	設置場所
1	Los Angeles, U.S.A.
2	Tokyo (WIDE), Japan
3	Sao Paulo, Brazil
4	Tokyo (WIDE), Japan
5	Osaka (WIDE), Japan
6	Osaka (WIDE), Japan
7	Paris, France
8	Brisbane, Australia
9	Bangkok, Thailand
10	Klong Luang, Thailand
11	Tokyo (JGN2), Japan
12	Tokyo (The University of Tokyo), Japan
13	Tokyo (IIJ), Japan
14	Seoul, Korea
15	Kuala Lumpur, Malaysia
16	San Diego, U.S.A.
17	Barcelona, Spain
18	Colombo, Sri Lanka
19	Napoli, Italy
20	Auckland, New Zealand
21	Bangkok, Thailand
22	Chicago, U.S.A.
23	Klong Luang, Thailand
24	Nairobi, Kenya
25	Nairobi, Kenya

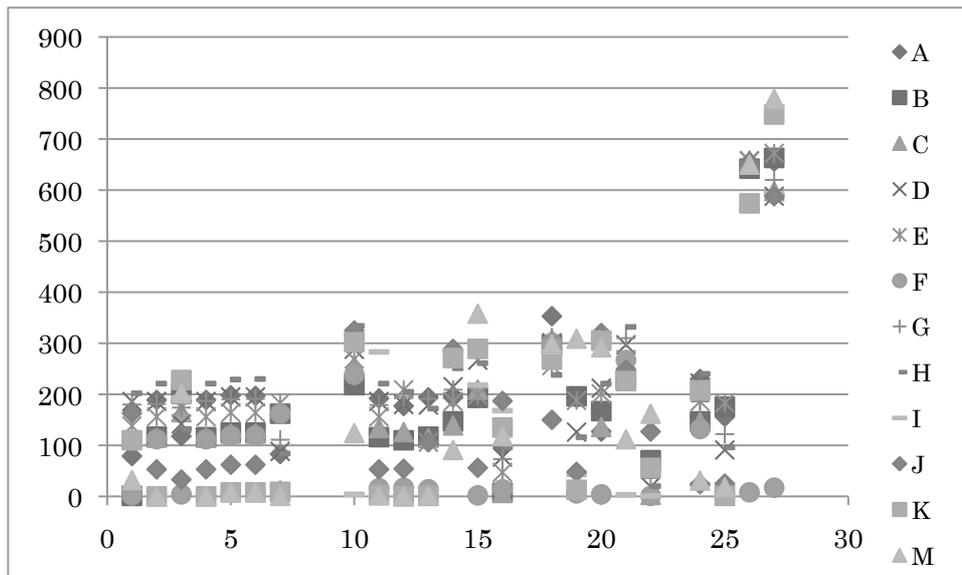


図 1：各計測地点から Root DNS サーバまでの RTT 平均値

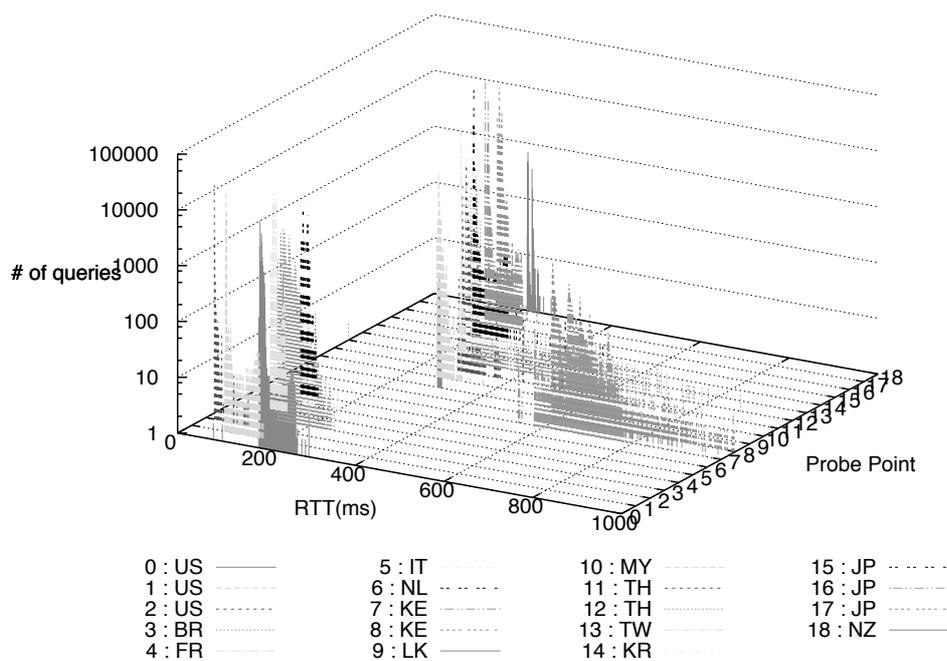


図 2：代表的な計測拠点から D Root DNS サーバへの RTT 分布

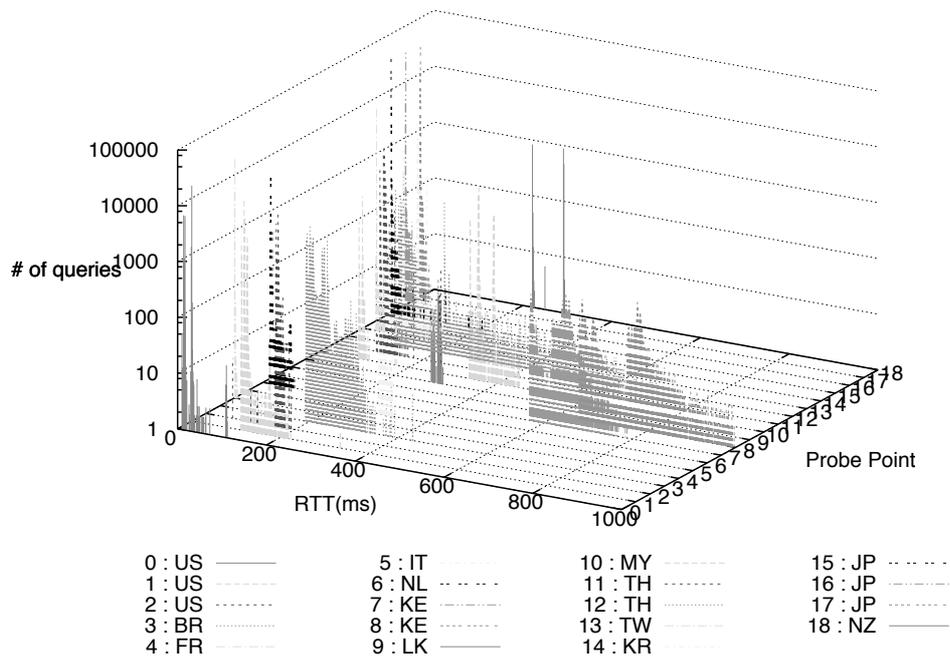


図 3 : 代表的な計測拠点から M Root DNS サーバへの RTT 分布

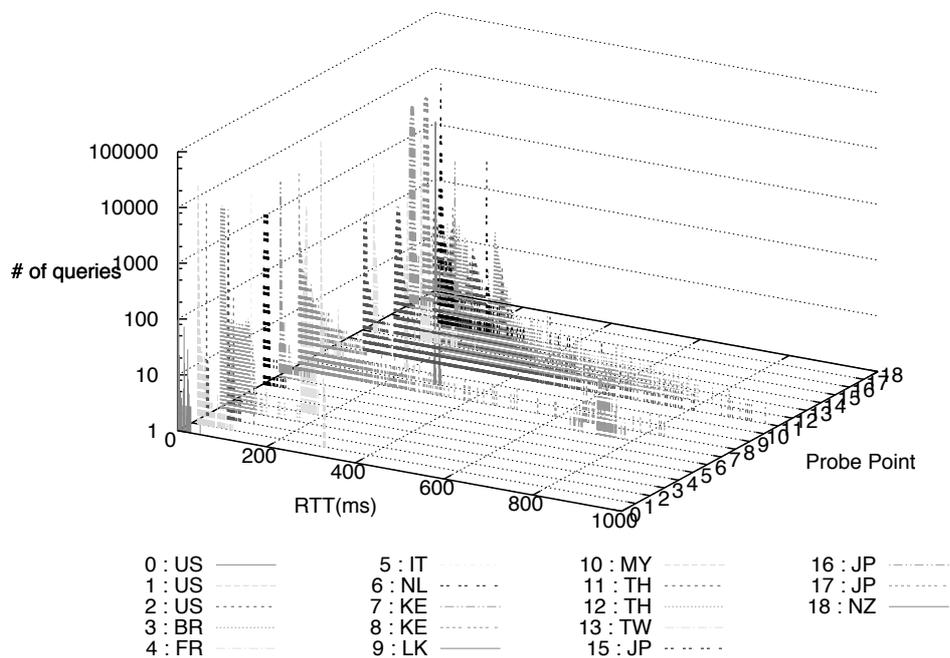


図 4 : 代表的な計測拠点から F Root DNS サーバへの RTT 分布

3 セキュリティを考慮した名前解決エージェントの設計と実装

3.1 背景

近年、DNS に対する攻撃がいくつか報告されている[発表 9]。代表的なものが DNS spoofing による攻撃である。DNS spoofing とは DNS の応答を詐称することで、クライアントやサーバに対して正規のものとは異なるデータを与える攻撃である。この攻撃によって、クライアントやサーバは本来通信しようとした相手とは異なる相手に通信を誘導されてしまう。

このような攻撃可能性は以前より指摘されており、対策のため DNSSEC が考案された。DNSSEC は DNS の情報に対して電子署名を施し、DNS のデータが正当なものであることを保証する技術である。DNSSEC は現在、様々なサーバ実装によりサポートされている。

しかし、現在において DNSSEC によって署名を施しているサーバは少ない。ルートネームサーバでは DNSSEC による署名をしておらず、ジェネリックトップレベルドメイン(gTLD)でも DNSSEC を採用しているところはまだ存在していない。また、DNSSEC に対応しているクライアントも現時点では普及しているとはいえない。ルートネームサーバのように影響範囲が多いドメインや、トップレベルドメインのようにレコード数が多いドメインにおいては DNSSEC を適用することが難しく、事実 DNSSEC のサーバ実装が出回ってからすでに 10 年近く経過するが、いまだにこれら上位ドメインにおいて DNSSEC は普及していない[発表 7][発表 10][発表 13]。そこで本研究では、DNSSEC を利用できない環境であっても DNS の通信を保護可能な DNS 名前解決方式について提案を行う。

3.2 内容

DNS への攻撃に対処するためには、以下の 3 つの条件が必要である。

(1) 攻撃を検知する

現在の DNS 実装では、クライアントは問合せに対応する単一の応答パケットが来た時点でその返答を正しいものと見なして扱う。そのため、攻撃パケットが正規パケットより先に到達した場合には攻撃パケットのデータを利用し、後から届いた正規のパケットは一切の処理をせずに捨ててしまう。そこで本研究では、1 つの応答パケットのみを受信するのではなく、一定期間パケットを受信し続け、問合せに対応するパケットが複数送られているかどうかを検出する。2 個以上の応答パケットが届き、かつそれぞれのパケットが異なる場合に何らかの攻撃がされたと判断する。

正規のサーバが何らかの理由で応答できない状況で *monkey-in-the-middle* 攻撃によって攻撃された場合、クライアントには偽装したパケットしか届かない場合も考えられる。この場合においても、DNS ID が異なる応答パケットが届いた場合には攻撃を検知できる。さらに DNS ID も合致する場合も考えられる。この場合、本研究が提案する方式ではカバーできないが、これは稀な例であると考えて本研究の範囲外とした。

(2) 正しい応答を検出する

上記の検出により複数の異なる返答パケットが寄せられていることが判明した場合、それらパケットの中から正しい返答パケットを抽出する必要がある。本研究では、以前の間合せ履歴の参照や、ブラックリストの参照、同一問合せの複数回発行などで正しい応答パケットの判断を行った。また、それらを補助する形でユーザの操作による問合せ結果の選別も行えるようにした。

(3) 攻撃があったことをユーザに通知する

monkey-in-the-middle 攻撃などは、以前の章で述べたとおり、攻撃者のネットワーク環境に前提が必要であるが、攻撃の成功率はきわめて高い。そのため、正しいパケットを選別するだけでなく、攻撃があったことをユーザに対して通知をし、なんらかの対策(攻撃者のローカルネットワーク上からの排除など)を促すことが重要である。

そこで本研究で提案する方式は、ユーザクライアント上で動作するエージェントとして実現する。このエージェントはクライアント上で動作するすべてのアプリケーションから発行される DNS 問合せを処理し、攻撃が行われた際はユーザに通知する。また、これらの機能に加え、既存のアプリケーションに対して変更を加えることなく動作することが可能であるという互換性も必要である。本研究では、以上に述べた機能を満たすシステムを設計した。

3.3 具体的成果

以上の議論をふまえ、本システムの設計ならびに実装を行った。前述したとおり、既存のアプリケーションがそのまま利用でき、かつユーザに対して通知を行う必要があるため、本システムは名前解決エージェントとしてユーザクライアント上で常駐動作し、既存の DNS プロトコルによる問合せを受け付けて名前解決処理を行う。

また、各クライアント上で名前解決を行うことにより、従来では DNS キャッシュサーバが攻撃された場合、影響範囲がその DNS キャッシュサーバを利用するクライアント全域にわたっていたものを、本研究では影響範囲をそれぞれ単独にすることができる。DNS キャッシュサーバを共有しないことで、キャッシュによる効果が減ることも考えられるが、Jung らが行った DNS キャッシュ効果の分析に関する研究¹によれば、多数のクライアントがキャッシュを共有することによる効果は 10%~20%にすぎず、全体的な問合せ量からみれば大差がないことが示されている。

本システムでは、問合せに対応する応答を受けた後も、しばらくの間他の応答を待機することによって攻撃を検出する。ここで、その待機時間をどの程度の長さにするかが問題となる。長時間受信し続けることで攻撃を検出できる確率は増加するが、その分名前解決に必要な時間は増加してしまう。

そこで、適切な待機時間の算出のため、慶應大学湘南藤沢キャンパス内に設置された名前解決を行う DNS キャッシュサーバ上と、東京大学内で多くのユーザが利用する DNS キャッシュサーバ上の 2 カ所において DNS 問合せ応答時間の統計を取得した(図 5、図 6)。

ユーザが多い昼間と少ない夜間では DNS 問合せの絶対数が異なる。したがって、統計は偏りをなくするため、ある 1 日に行われたすべての問合せのトランザクションの中から 10,000 個を無作為抽出して行った。

統計結果より、慶應大学湘南藤沢キャンパスで 98%、東京大学で 99%を超える応答パケットが DNS キャッシュサーバが問合せパケットを送信してから 1 秒以内に返答されていることが分かった。

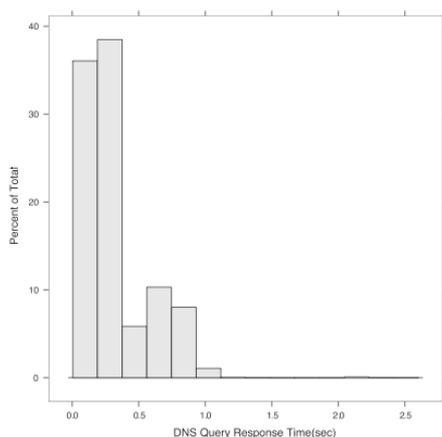


図 5: 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスの DNS サーバにおける問い合わせ応答時間の分布

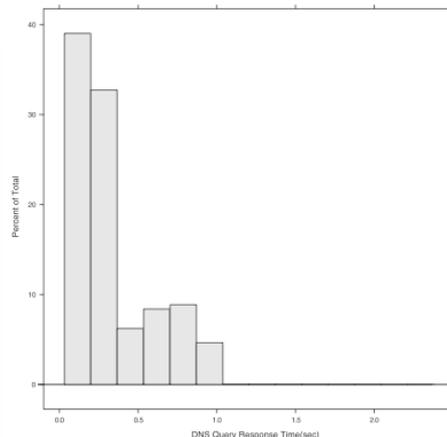


図 6: 東京大学の DNS サーバにおける問い合わせ応答時間の分布

DNS の応答時間は一般的に 20 msec から 120 msec 程度といわれ、図 2 からほとんどの応

¹ Jung, J., Sit, E., Balakrishnan, H. and Morris, R.: DNS Performance and the Effectiveness of Caching, Proc. ACM SIGCOMM Internet Measurement Workshop 2001

答が 300 msec 以下ということが読み取れる。以上から、本システムでは各問合せごとに 1 秒の受信待機時間をとることとした。本システムを導入することで応答時間は数百 msec ほど増加するが、これはキャッシュが存在しない最初の問合せの場合のみである。

また、DNS は再帰的に DNS ツリーをたどりつつデータを検索するため、1 つの名前解決における各問合せごとに 1 秒ずつ待機した場合、全体で数秒ほど待たなくてはならない。そこで本研究では、受信待機と並行して、問合せに対する回答が帰ってきたタイミングでその結果をもとにした問合せを行い、全体の問合せ時間を低減させる方式を採用した(図 7)。受信待機中に攻撃を検出した場合、そのドメイン以下の問合せ結果をすべて破棄し、正規パケットと判断された回答結果をもとに問合せを再開する。

問合せに対応する応答パケットを複数受信した場合、その中から正しいパケットを選択する必要がある。本研究では DNSSEC 署名の有無、過去の検索履歴の参照、再度の問合せなどで正しいパケットを判別する。

正規パケット判別のために、本システムは問合せの履歴を一定期間保持する。問合せの履歴は問合せ結果のデータだけではなく、その問合せを行ったときに複数の回答があったかどうか、すなわち攻撃されたかどうかを記録し、判断の基準とする。以下のルールに従ってパケットの正当性を判断する。

- (1) 応答パケットのうちの 1 つが DNSSEC で署名されており、その署名の正当性が検証された場合、その応答パケットを正当なものであると判断する。
- (2) いずれの応答パケットも署名されていなかった場合、過去の問合せ履歴を参照し、過去に攻撃されたことのない問合せ結果と同じ内容を持つ応答パケットを正しいものとして扱う。
- (3) 履歴が存在しなかった場合、もしくは攻撃された履歴しかなかった場合、その問合せを再度行う。問合せした結果応答パケットが 1 つしかなく、その 1 つが前回の問合せに含まれている場合は、そのパケットが正しいものであると判断する。
- (4) 再度の問合せでも複数の回答が帰ってきた場合、**monkey-in-the-middle** によって攻撃されていると判断し、クライアントに **SERVFAIL** エラーを返答する。ユーザに対して **monkey-in-the-middle** 攻撃がされていることを通知し、管理者などに相談し対処を行うことを促す。

上記のいずれの場合でも、攻撃によって複数の応答を検出した場合、ユーザに対してその旨を通知して注意を促す。

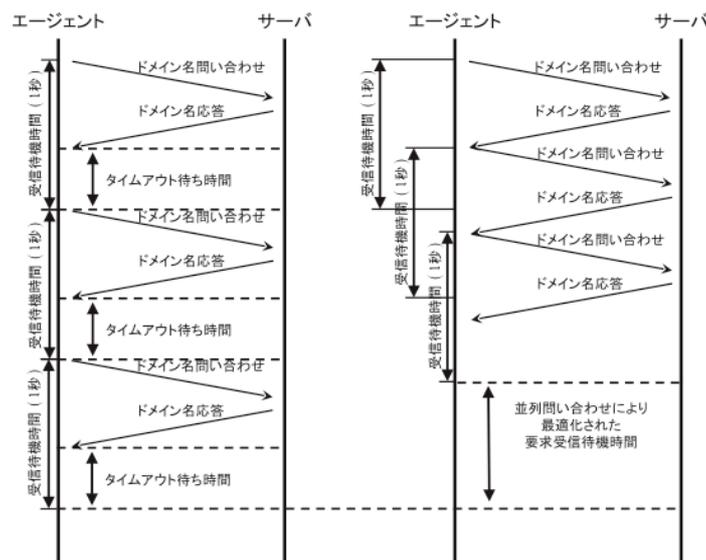


図 7：並行した問合せによる待機時間の低減

まとめると、本研究では従来の DNS プロトコルを利用して DNS 詐称攻撃からクライアントを保護するエージェントの提案を行った。本研究の有効性を検証するために、評価用のエージェントを実装し、実際に攻撃を行うことで評価を行った。その結果、本エージェントは DNS 詐称攻撃に対して効果があることが確認された。本研究によって提案した方式により、DNS 詐称攻撃に対して DNSSEC が利用できない環境においてもクライアントを保護することが可能であることを証明した。

今後の課題としては、まず相手方の DNS サーバが応答をしなかった場合の対策があげられる。相手方のサーバが応答できない状況として、

(1) 故障やメンテナンスによって先方サーバおよびネットワークが応答できない状態にある。

(2) サービス不能攻撃などによって先方サーバおよびネットワークが応答できない状態にある。

などが考えられる。これらの攻撃に対処するために、相手方の DNS サーバに対する到達性を確認する、IETF で新たに議論されている DNS cookie を本研究とあわせて利用する、などのさらなる新しい対策が必要となる[発表 8]。

また、アプリケーションに対して攻撃に関する情報を提供する枠組みを作成することがあげられる。現在のアプリケーションが利用する名前解決ライブラリは基本的なホスト名と IP アドレスの相互変換のみの機能に限定されている。そのため、名前解決システムが攻撃を検知したとしてもアプリケーションにその情報を伝えることができない。そこで、セキュリティに関する情報、たとえば署名の有無や攻撃されているかなどをアプリケーションとやりとりできるインタフェースを持った新しい名前解決ライブラリを提案することが考えられる。これによって、ユーザがアプリケーションが行っている名前解決が安全かどうかを確認したり、アプリケーションが自動的にアクセス先の安全性を判断したりすることも可能となり、より安全にシステムを動作させることが可能になると考えられる。本研究成果は論文[査読付 1]として発表した。

4 安全性を考慮したアドホック通信に関する研究

4.1 背景

インターネットが他分野にてインフラとして利用されるにつれ、アドホックネットワークの適用範囲も広がっている。机上のシミュレーションとしてだけではなく、発展途上国に置ける無線基地局間通信を利用した、簡易ネットワーク構築や、安全のための車車間通信ネットワークとしても適用が始まっている。このような状況をふまえ、アドホックネットワークの通信をより信頼性があり、安全なものとするための技術が必要となる。

アドホックネットワークにおける信頼性を確保するために、本研究では以下の研究テーマを扱う。

(1) 成りすましによるブラックホール攻撃の防止

(2) 緊急メッセージを確実にかつ素早く伝達のための手法

4.2 内容

ブラックホール攻撃防止に関しては、アドホックネットワークに参加している周囲のノードによって、相互監視を行う方式を提案した。これに関しては、[査読付 2][発表 2][発表 6][発表 12]にて論文として発表した。

車車間ネットワークに関しては、緊急メッセージを効率的にかつ素早く配信するための方法として、位置情報を利用したカットスルー転送方式を提案した。この提案に関しては、[査読付 2][査読付 4][発表 4][発表 5][発表 11]にて論文として発表した。またアドホックネットワーク上での信頼性を持ったファイル交換に適用できる仕組みとして[発表 3]にて評価型 P2P ファイル交換方式を提案した。

4.3 具体的成果

本年度の研究成果により、(1) ブラックホール攻撃を高確率にて防止できる手法を提案した。また (2) 緊急メッセージを効率的にかつ素早く配信するための方式を提案し、シミュレーションによってその方

式の有用性を検証した。さらに (3) アドホック環境にも適用できる、信頼性を有した P2P ファイル交換方式の提案と、その方式に関する一次シミュレーションを行なった。来年度も引き続き、車車間通信ならびにファイル交換に関する研究を続ける。

5 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] 石原知洋, 関谷勇司, 村井純: セキュリティを考慮した名前解決エージェントの設計と実装」情報処理学会, Vol.50 No.3, pp. 1012-1021, 2009 年 3 月.

[査読付 2] Pakornsiri Akkharara, Yuji Sekiya, Yasushi Wakahara : Cut-Through Rebroadcasting using Multiple Channels for Alarm Message in Vehicular Ad Hoc Networks, The 2009 IAENG International Conference on Communication Systems and Applications (ICCSA), Proceedings of ICCSA 2009, pp. 269--274, Hong Kong, Mar. 2009.

[査読付 3] Xiao Yang Zhang, Yuji Sekiya, Yasushi Wakahara : Proposal of a Method to Detect Black Hole Attack in MANET, International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS) 2009, Proceedings of the 9th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS), Athens, Greece, Mar. 2009.

[査読付 4] Pakornsiri Akkharara, Yuji Sekiya, Yasushi Wakahara : Fast Alarm Message Broadcasting in Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs), Internet Conference 2008, Proceedings of Internet Conference 2008, pp. 32--41, Okinawa Japan, Oct. 2008.

その他の発表論文

[発表 1] Yuji Sekiya : Trends of DNS Reachability in 2008, The 7th JST/CNRS Workshop, Toulouse, France, Mar. 2009.

[発表 2] 張 笑陽, 関谷勇司, 若原 恭 : Evaluation of Methods to Detect Black Hole Attack in MANET, 電子情報通信学会 2009 総合大会, BS-4-29, 愛媛大学, 2009 年 3 月.

[発表 3] 田 偉, 関谷勇司, 若原 恭, 田中良明 : P2P ファイル共有システムにおける悪意ファイル排除のための認証システム, 電子情報通信学会 2009 総合大会, B-6-118, 愛媛大学, 2009 年 3 月.

[発表 4] Akkharara Pakornsiri, Yuji Sekiya, Yasushi Wakahara : Multiple Channel Rebroadcasting for Alarm Message in Vehicular Ad Hoc Networks, 電子情報通信学会 2009 総合大会, BS-4-30, 愛媛大学, 2009 年 3 月.

[発表 5] Pakornsiri Akkharara, Yuji Sekiya, Yasushi Wakahara : Cut-Through Rebroadcasting for Curve Scenarios in Vehicular Ad Hoc Networks, 電子情報通信学会技術報告, IN2008-182, Vol. 108 No.458, 2009 年 3 月.

[発表 6] Xiao Yang Zhang, Yuji Sekiya, Yasushi Wakahara : A Method of Detecting Black Hole Attack in Mobile Ad Hoc Network, ネットワークソフトウェア研究会, 熊本県立大学, 2008 年 11 月.

[発表 7] 関谷 勇司, 宇多 仁 : インターネット管理運用の最前線, 日本ソフトウェア科学会チュートリアル, 慶應義塾大学, 2008 年 11 月.

[発表 8] 関谷 勇司 : IETF における標準化・デプロイメント状況, インターネットワーク 2008, IP meeting 2008, 秋葉原コンベンションホール, 2008 年 11 月.

- [発表 9] 関谷 勇司：Root DNS Updates, インターネットウィーク 2008, DNS Day, 秋葉原コンベンションホール, 2008 年 11 月.
- [発表 10] 関谷 勇司：運用における最新技術とこれからの普及の展望, 情報処理学会連続セミナー 2008「インターネットの進化」第 5 回, 東京電機大学, 2008 年 11 月.
- [発表 11] Akkhara Pakornsiri, Yuji Sekiya, Yasushi Wakahara : Alarm Message Broadcasting in Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs), 電子情報通信学会 2008 ソサイエティ大会 BS-12-8, 明治大学, 2009 年 9 月.
- [発表 12] Xiao Yang Zhang, Yuji Sekiya, Yasushi Wakahara : Defending Ad Hoc Network from Black Hole Attack, 電子情報通信学会 2008 ソサイエティ大会 BS-12-23, 明治大学, 2009 年 9 月.
- [発表 13] 関谷 勇司：日本と世界におけるインターネット運用状況, 情報処理学会連続セミナー 2008「インターネットの進化」第 1 回, 東京電機大学, 2008 年 6 月.

ネットワークシミュレーションの信頼性

中村 文隆

1 概要

ネットワークシミュレーションの信頼性について、シミュレータ、シミュレーションモデル、データ処理の観点から研究を行い、あわせて啓発活動を行っている。

2 背景

現在、通信ネットワークにおける性能評価において、ネットワークシミュレータは必要不可欠なツールとなっている。しかし、シミュレーションの結果に関する信頼性には主に以下の2つの問題があることが指摘されている。

1つはシミュレータ自体の信頼性の問題であり、ad hoc や WLAN など複数の要素を組み合わせた場合、各要素が比較的シンプルなものであってもシミュレータによって結果に本質的な違いが生じるケースがあることが報告されている。また、同一のシミュレータであっても、プラットフォームとして用いる OS が異なると計算精度の誤差では説明しきれない違いがおきることもある。

もう1つはシミュレーションの実行と結果処理の問題であり、たとえば Kurkowski *et.al*(2003) によれば MobiHoc に掲載されたシミュレータを用いた論文 114 編のうち、約 3 割には用いたシミュレータすら明記されておらず、結果の統計的処理に問題のある論文も同程度見出されたことが報告されている。

3 内容

前節の問題を解決するためには、シミュレータの信頼性を判別できるような標準的なテストセットを作成するとともに、シミュレータを用いる研究者のシミュレーションリテラシの向上を図る必要がある。

シミュレータ自体の信頼性に関しては、ns-2、qualnet、OPnet の 3 つの代表的なネットワークシミュレータについて、理論解のわかっているテストケースを用意し、結果の比較を行った。

シミュレーションリテラシに関しては、シミュレーションを用いた論文、研究発表のサーベイを行い、シミュレーションの信頼性について不足している側面を調査した。

4 具体的成果

シミュレータの信頼性テストについて、2008 年度はシンプルな待ち行列問題に関してシミュレータ間の結果の差異をチェックした。その結果、定性的な傾向については良好な結果が得られるものの、バージョンや OS の違いによって若干の差異があるケースも見出された。これは、先行研究で報告されているような、定性的な傾向すら異なるような深刻なものではないが、2009 年度に予定している、より現実的なケースの調査とあわせ、調査検討が必要であると考えている。

シミュレーションリテラシについては、発表文献のサーベイ結果に基づき、電子情報通信学会 NS 研究会においてチュートリアル招待講演を行った。

5 成果要覧

招待講演 / 招待論文

[招待 1] 中村文隆: ネットワーク評価とシミュレーション, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 108, No. 286, pp. 49-56, Nov. 2008 .

教職員のための情報共有サイトの開発と 高品質なインターネット中継システムの研究

中村 誠

1 概要

従来、メールの転送を主な手法としてきた学内の情報伝達業務を改善するため、ウェブサイトによる、より直接的に情報を伝達できる情報共有サイトを開発している。また、公開講演会のようなイベントを、プレゼンテーション資料を十分な品質とリアルタイム性を損なわずにインターネット中継するシステムを開発している。また、全学的な迷惑メール対策サービス実現のために、迷惑メール対策システムの構築を行っている。

2 教職員のための情報共有サイト

2.1 背景

学内の情報伝達は従来、メールや紙を使用する事が基本的な業務スタイルとして定着しており、情報の発信者から実際の対象者まで、本部や部局、さらに専攻の担当部署を順にメールを転送するためコストと時間がかかっていた。また、電子的に作成され印刷された紙を再度電子化するために読み取られたデータが作成されたり、メール転送の際に通知本文のコピーや関係文書ファイルの添付など情報の複製が多重、大量に生成されたりするなど、メールシステムやストレージなど情報インフラの浪費も問題である。東京大学では数年前から、情報を直接対象者に伝達できることを目標に、ポータルサイトを構築し業務の改善を図ってきた。またポータルサイトは規則など文書ファイルを共有するなど情報集約のツールとしても開発された。しかし、個人認証とそれによって得られた属性に基づいた高度にカスタム化されたインターフェイスを基本機能としていたため、アクセスするためには専用アカウントによる認証が必要であった。情報の提供方法が複雑なため必要な情報に直接、簡単にアクセスする事が困難である、組み込みの検索システムのレスポンスが悪く、検索結果から必要な情報が得にくいなどの理由によって、利用の促進が十分に進んだとは言えなかった。既存ポータルサイトの問題点を改善するため、情報の機密性を十分に検討し、必要以上に認証によるアクセス保護を行わない、必要な情報へ簡単にアクセスできる事を目標とした情報共有システムを開発する事となった。

2.2 内容

既存ポータルサイトの大きな問題として、これまでの業務スタイルからの移行に際して、メールや部局等で利用しているサイトから、ポータルサイトに掲載された情報を案内したくても、通知などの情報固有の URL が存在しないために、一覧表示や検索結果から必要な情報を探す必要があった点が挙げられる。また、一覧表示も本文が折りたたまれた状態で表示され、タイトルをクリックする事で本文が動的に表示される仕様のため、ブラウザのページ内検索が有効に機能しないなど情報を探す事を困難にしていると考えられる。そこで、必要な情報に簡単にアクセスでき、リンクするなど再利用可能な形態を実現するために、通知の大半を占める教職員一般を対象として掲載された通知のデータ移行を行い、通知の掲載期限の変更など仕様変更を行ったため通知の編集機能を実装した。さらに、

事務組織が保有する規則や様式等の文書ファイルを公開する機能を開発した。いずれの機能も各情報が恒久的で直接参照可能な URL を持ち、一次情報源としてメールや他システムからのリンクを通じた情報の再利用が容易に実現できる。また、各通知単独のページ生成など汎用的な検索エンジンでも情報収集ができるなど、既存の情報共有システムが持つ問題を解決している。

2.3 具体的成果

東大ポータルというサイトを構築し、教職員各人が周知文などの通知や事務長会議などの会議資料といった必要な情報を直接アクセスでき、業務に必要な各種システムの利用を開始できる場所を提供した。既存ポータルサイトからデータ移行を行い、また通知の編集や文書ファイルのアップロードなど機能を追加し、東大ポータルシステム単独での運用を開始した。また、人事系業務システムポータルや旅費サイトなどのページを提供するなど、ポータルサイトとして利用され始めている。

3 インターネット中継システム

3.1 背景

公開講演会など広報活動の一環として、会場となる大学から遠い地域のユーザがインターネット上でイベントに参加できるよう、リアルタイムにイベントの様子を中継する事が求められている。その際、プレゼンテーション資料を、可読性を保ったままリアルタイム性を損なわずに提供する事が、ユーザの理解度を高め、満足してもらうために重要となる。

3.2 内容

インターネット上でイベントに参加するユーザに、会場に足を運んだ場合と同等の体験を提供する事を目標に、プラットフォームとして Adobe Flash を採用し、会場の様子を映した動画のライブ配信と共に、講演者の進行と同期したプレゼンテーション資料の表示を行うシステムを開発した。プレゼンテーション資料を撮影して配信すると、解像度が不十分のためユーザが公演内容を理解するのが困難である、資料の内容が更新される頻度が稀であるにもかかわらず常にネットワーク帯域を必要とするといった問題がある。本システムでは、プレゼンテーション資料を Flash の形式で配信するため、資料の細部まで確認することができる。また、資料に埋め込まれた動画やアニメーションなども再現することができる。さらに、イベントの開催時間前後や、休憩時間などライブ配信する動画がない時間帯に、あらかじめ用意したコンテンツを放送する仕組みも有している。

3.3 具体的成果

理学系研究科の公開講演会において、本システムを用いたインターネット中継を実施した。

4 迷惑メール対策

4.1 背景

迷惑メールがメール配送システムやユーザ個人に及ぼす影響は大きく、迷惑メールによって、正常なメールの配信が不可能となったり、遅延したりする、また、メールサーバのメール保存領域が不要な迷惑メールで浪費される等の問題がある。迷惑メールを削除するなどの対策を行わないままメールを転送したために、メールサーバが迷惑メールの発信源として登録され、正常なメールの受信を拒否されるという問題もある。また、ユーザが迷惑メールを処理するコストが看過できないまでに増加しており、サーバ側で迷惑メールを可能な限り正常なメールと分離出来る事が望まれている。ただし、迷惑メールの判断基準は主観的要素を含むため、大量のユーザに対する解を提供するのは用意ではない。また、東京大学では、メールアドレスを部局や研究室といった様々な単位で発行しており、メ

ールサーバも同様に大量に存在する。こういった複雑な状況に対応した全学的な迷惑メール対策システムを提供する事が必要とされている。

4.2 内容

学内の現在のメール利用状況に対応するため、以下の要件を満たす迷惑メール対策システムを構築した。

1. 研究上使用する専門的な表現や単語が含まれている場合にも対応した判定基準を有する。
2. 大量の複数ドメインに対応している。
3. ドメイン単位およびメールアドレス単位で選択的に迷惑メール対策を施すことができる。
4. 迷惑メールと判定されたメールへの対応として、受信拒否、隔離、削除、ヘッダーの追加や件名の修正などから選択できる。
5. 既存の統一的な認証基盤を必要としない。

システムの利用開始時にはドメインの管理者に迷惑メール判断基準の評価を行ってもらい、ドメイン毎に迷惑メールの隔離や削除を行う基準を選択している。また、外部へのメールの転送を行っていないドメインの場合には、ヘッダーへの迷惑メール判定結果の追加や件名修正を行うなど柔軟な運用体制を取っている。

4.3 具体的成果

2009年3月末の時点で、28ドメイン、1万ユーザ以上を対象にサービスを提供している。

5 成果要覧

その他の発表論文

[発表 1] 玉造潤史, 中村 誠, 柴田 有, 稲葉真理, 平木 敬: Flash を用いたリアルタイム講演中継システムとその特性, 信学技報, Vol. 108, No. 120, IA2008-13, pp. 1-6, 東京, 2008年7月.

DNS の安定な運用に関する研究

加藤 朗

1 概要

インターネットにおける各種資源の名前付けには、ドメイン名が用いられているが、これの安定な運用は、IP データグラムを目的ノードに届ける、いわゆる経路システムと同じくらい重要である。ここでは、この DNS の上位に位置する Root や .JP DNS を安定に提供する方法について検討を行い、実際の運用に適用している。

2 DNS

2.1 背景

インターネットにおける各種資源の名前付けには、Root (“.”) を根とする木状に、つまり階層的に構成された名前空間であるドメイン名が使われており、その名前解決を行うシステムと総合して DNS — Domain Name System — と呼ばれている。DNS はインターネットのプロトコル体系から考えた場合、単なる UDP あるいは TCP を用いたアプリケーションの一つに過ぎない。しかし、我々がインターネットを利用する場合、IP アドレスによってアクセス対象を指定することは、ネットワーク管理やトラブルシュートなどの場面では珍しいことではないが、一般的には非常に稀である。そのため、DNS が動作しなくなった場合、仮に IP データグラムを目的ノードに配送する経路システムに全く問題がないとしても、実用的な側面を考えるとインターネットは使い物にならないと言っても過言ではない。このため、DNS はプロトコル的には一アプリケーションに過ぎないが、基幹サービスの一つとして位置づけられている。

特に、階層的に定義されたドメイン名空間の Root あるいはその直下のノードに対応した名前の解決を行う Root DNS サーバあるいは TLD (Top Level Domain) DNS サーバの動作に問題が発生した場合、非常に広い範囲に影響を及ぼすことが想定される。これらのノードは複数のサーバ群が並列に稼働しており、少数のサーバが利用不能になったとしても、大きな問題なく名前解決のサービスを提供できるようになっている。また、2002 年頃から特に Root DNS サーバでは RFC3258 で定義されているいわゆる Anycast、つまり同一サービスをネットワークトポロジ上の異なった場所に設置し、同じサービスアドレスを用いてサービスを提供することによる可用性と容量の向上が図られてきている。そのため、従来は Root DNS サーバは 13 台と言われていたが、現在では 170 以上のクラスタが稼働している。さらに一つのクラスタは複数のサーバを同時に稼働させることによる処理能力および可用性の向上が図られている。

2.2 内容

Root DNS サーバで管理しているデータは、Root Zone および in-addr.arpa ゾーン¹ である。前者は 280 の TLD およびそれに関連した NS レコードが 1561 余り、そのアドレスレコードが IPv4 で

¹一部の Root DNS サーバを除く

895、IPv6で191と比較的小さなりソースレコード(RR)の集合である。アドレス数がNSレコード数に比べて少ないのは、一つのサーバで複数のTLDを提供していることによる。

本研究は、1997年より主に東京で稼働しているM Root DNSサーバの運用を主眼に、.JPサーバの一つであるE.DNS.JPの運用も合わせて、その安定な運用について考察し、実際にその結果を運用に反映させることによって、安定なサービスを提供することを目指している。M Root DNSサーバでは、3つのIX²へのアクセスを有していたため、2002年からAnycastによるサービスの提供を行うことができた。これは、地理的には一カ所であったが、各IXに対して異なったサーバが対応することによりAnycastとしての性格を併せ持った運用を行うことが可能だったためである。

2004年にはサーバ設備の更新を行い、東京の3つのIXそれぞれに対してサーバクラスタを割り当て、また、SeoulのKINX、ParisのSFINXとPariX、San FranciscoのPAIXにそれぞれサーバクラスタを設置し、6クラスタとして運用を行っている。Parisは二つの独立したIXにアクセスしているものの、サーバクラスタとしては単一である。Seoulノード以外は経路情報をグローバルに広告しており、IX周辺を超えた広い範囲にサービスを提供している。

TLDに対するIPv6アドレス情報の提供は2004年7月から、.JPおよび.KRを皮切りに行っており、2009年4月現在、169のTLDに対して少なくとも一つIPv6による問い合わせを提供しているサーバが存在するに至っている。

Root DNSサーバにおけるIPv6での問い合わせは、2008年2月に始まった。M Root DNSサーバでは、IXでIPv6サポートが開始されていないSeoulを除く全てのクラスタでIPv6によるサービスを行っている。全体を合計した場合、総問い合わせが毎秒11,000回程度に対してIPv6によるものが当初は毎秒約50回程度であったが、2008年7月のKaminsky攻撃が知られるようになった後では毎秒約100回と、全体の1%になっている。

一方、ドメイン名とその構造を管理する国際的な非営利組織ICANNでは、それまで280程度と比較的少数しか存在しなかったTLDに対して、より基準を引き下げて多くのTLDを許容する方針を打ち出した。どの程度のTLDが登録されることになるかは、Root DNSサーバの運用にどのような影響が発生するかに依存することになる。

多数のTLDが存在した場合、以下のような懸念が想定される：

1. Root DNS サービスを提供するのに必要なメモリ量が増加するが、一部の古いサーバでは十分なメモリを搭載していない可能性がある。
2. Root Zone が肥大化し、Zone 転送に時間が掛る。特に発展途上国などインターネットの帯域が十分ではない地域のRoot DNSサーバに対して更新が反映するまでの遅延が増大する。
3. Root Zone が大きくなると、現在一日一件程度の変更が頻繁に発生する可能性が高い。また現在はRoot Zoneの更新は(実質的な変更の有無に関わらず)一日2回行われているが、更新間隔を短くすることが要請される可能性もある。
4. DNSのcacheによりRootに問い合わせを行う頻度は相当抑制されてきたが、TLD数が増加した場合、cacheで処理される割合が減少し、その分Root DNSサーバへの問い合わせが増加する。

2.3 具体的成果

サーバの性能を更新する方法として、従来はCPUを高速なものに交換することがもっとも効果的であった。しかしながら、最近は消費電力との関係から、CPUのクロック速度の向上はあまり見込まれず、CPUチップ上のコア数を増やすことで総合的な性能を向上する方策が採られている。DNSサーバの実装は、特にDNSSECの署名などの計算をしない限り、あまり並列性は存在せず、従ってマル

²Internet eXchange

チコアの恩恵を十分に受けることができない。一つの方法は、サーバに複数の異なる IP アドレスを loopback インターフェースに付し、それぞれに対して異なる DNS サーバプロセスを割り当て、並列な処理を可能にすることである。実際の性能向上は OS や CPU を含むサーバアーキテクチャに依存する。また、いずれかのサーバプロセスが何らかの理由でダウンした場合の処置や Zone 情報の update などの問題も考えなくてはならない。基本的には従来からの RIP を利用した方式を拡張し、実際の DNS の応答性まで含んだ監視が必要になる。この管理方式について、現在実装が進められている。

一方、Root Zone が大きくなった場合についても検討を行っている。1 のメモリに関して、およそ 100 万の子ノードを持つ .JP の場合、380MB 程度であるため、8 プロセスを同時に稼働させたとしても 4GB 以下ですむため、現在入手可能なサーバには大きな問題にはならない。2 や 3 に関しては、例えば incremental update を使うことによって、これらの問題を軽減可能である。

もっとも深刻と考えられるのは 4 である。例えば、ISP などが運用するある caching server を考える。このサーバが受け取る .COM を TLD とする名前の問い合わせは非常に多いが、Root DNS サーバへの問い合わせは 2 日に一回程度しか発生しない³。 .COM サーバへの情報が cache されるため、これらの問い合わせは直接 .COM サーバに対して問い合わせればよい。しかし TLD が非常に多い場合、各 TLD に対しては Root DNS サーバへの問い合わせは 2 日間に一回発生するため、TLD 数に比例して問い合わせが増える可能性がある。いわば、.COM が現在 [A-M].GTLD-SERVERS.NET で提供されているものを廃し、Root DNS サーバで提供するようなものである。これに関しては、定量的な解析が必要になるが、一つの手法としては .COM あるいは .NET への問い合わせを解析することが考えられる。

この Root Zone が巨大になった場合に関する考察は、比較的最近提示されたもので、具体的な結果が得られているわけではない。定量的な解析のためのデータとして、DNS-OARC による DITL データ収集プロジェクトが考えられる。これは毎年 1 回程度、48 時間の DNS のデータを同時に収集し、解析を行うもので、M-Root DNS サーバも 2007 年 1 月の第 2 回目からデータ収集に参加している。最近のものは 2009 年 3 月 30 日から 4 月 1 日にかけて、72 時間のデータ収集が実施されている。また DITL には提出されていないが、.JP でも同期間（一部のサーバは例年通り 48 時間）のデータが収集されており、.COM あるいは .NET に関するデータが入手できない場合には、これを用いて解析を実施する予定である。

受賞関連

[受賞 1] 平木 敬, 稲葉 真理, 加藤 朗: 文部科学大臣表彰 科学技術賞 (研究部門), 文部科学省, 2008 年 4 月 .

³現在の TLD の NS レコードの TTL が 172,800 秒になっていることに基づく

スーパーコンピューティング研究部門

スーパーコンピューティング研究部門概要

中島 研吾

大規模並列シミュレーション手法に関する研究、教育

松葉 浩也

HA8000クラスタシステムの有効活用のための
研究開発および運用支援

金田 康正

スーパーコンピューターに基づく大規模数値計算に関する研究

堀 敦史

クラスタに向けたプログラミング環境の研究

石川 裕

次世代コンピュータシステムの研究開発
—シームレス実行時環境、ディペンダブルシステム—

片桐 孝洋

ソフトウェア自動チューニングおよび
高性能数値計算ライブラリの研究とHPC教育

佐藤 周行

言語処理系とサービス体系におけるセキュリティ保証の研究
Optimization Verifying Compiler,
Document Carrying Authorization,
and LoA of Services

吉廣 保

先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス

渡辺 宙志

マルチスケールな現象の直接計算
—新しい大規模並列化手法と効率的な実装—

田浦 健次郎

大規模データ処理のための生産性・移植性の高い実行環境

鴨志田 良和

大規模分散計算環境を活用するソフトウェア

黒田 久泰

多倍長整数同士の積の高速化に関する研究及び
電力消費量を抑えた線形数値計算ライブラリに関する研究

藤田 肇

ディペンダブルな単一システムイメージOS

スーパーコンピューティング研究部門

概要

部門長 中島 研吾

計算科学が、理論、実験に続く「第三の科学」と呼ばれるようになって久しい。スーパーコンピューティングは計算科学を支える重要な基盤であり、ペタスケール、エクサスケールコンピューティングの時代を迎えて、スーパーコンピューティング研究部門の果たすべき役割は大きい。

スーパーコンピューティング研究部門は、2009年3月現在で10名のセンター専任教員(教授:2、准教授:1、助教:1、特任教授:1、同准教授:2、同講師:1、同助教:2)、2名の兼任教員(教授:1、准教授:1)を擁しており、大学院兼担教員による大学院生としては、新領域創成科学研究科基盤情報学専攻および工学系研究科電気系工学専攻から博士課程2名、修士課程4名の合計6名が在籍している。

専門分野は、計算機システムからコンパイラ、数値アルゴリズム、各種科学技術アプリケーション、セキュリティまで、また理論的研究から実用的研究まで多岐にわたっているほか、業務部門と協力してスーパーコンピューターシステム(SR11000/J2、HA8000 クラスタシステム)の運用にあたり、利用環境の向上、利用者拡大のための広報・普及活動を実施している。成果は各分野の学会において研究論文等として発表されており、高い評価を得ている。2008年度は情報処理学会より2件の表彰(山下記念研究賞、コンピュータサイエンス領域奨励賞)があった。また各学会の役員、各種会合運営、セッションオーガナイザ等としても活発に活動している。

以下に研究、教育活動の概要を示す。

1 計算機システム

2008年度から、京都大学 学術情報メディアセンター、筑波大学 計算科学研究センターと共同で研究開発を進めている「シームレス高生産・高性能プログラミング環境」では、研究室レベルで使用されているPCクラスタからHA8000クラスタシステムに相当する大規模クラスタ、次世代スーパーコンピュータまでをシームレスに利用できるためのシステムソフトウェアの開発を行っており、学術的な成果のみならず、HA8000クラスタシステムの運用にあたっても有用な成果が得られている。

主な研究開発項目は以下の通りである:

- ディペンダブルシステムに関する研究
- 分散ファイルステージングシステムに関する研究
- 大規模分散計算環境上のリアルタイムモニタリングシステム
- 大量ジョブの処理を必要とする利用者向けの環境整備
- HA8000クラスタシステムへのNAREGIミドルウェアの導入
- 柔軟な負荷分散を可能にする単一IPアドレスクラスタ(FTCS)に関する研究
- 安全なOSカーネル拡張を支援するカーネルAPI抽象化層(P-Bus)に関する研究

2 プログラム開発環境

プログラムの性能改善のためのコンパイラ最適化の理論の研究を実施した。特に、SSAの適用範囲を配列アクセスにまでスカラーから自然に拡張することでSSAを用いるコンパイラ最適化の範囲を広げることに成功した。また、プログラム開発環境に関する研究開発を実施した。

3 数値計算ライブラリ・アルゴリズム

SR110000/J2、HA8000 クラスタシステムを主たるターゲットとし、ペタスケール・エクサスケールシステムに向けて高性能数値計算手法・ライブラリの研究開発を実施した。

PC からスーパーコンピュータに至る広範な計算機環境において、自動的に性能チューニングが達成できるソフトウェア(ソフトウェア自動チューニング)に関する、理論、方式、言語、およびライブラリに関する総合的研究を実施したほか、並列プログラミングモデルに関する研究も実施した。

この他、基礎的な数値アルゴリズムに関する研究も実施した。

主な研究開発項目は以下の通りである：

- 先進的固有値アルゴリズム MRRR 法を組み込んだ超並列固有値ソルバの研究
- アルゴリズムパラメタを自動チューニングする機能を有する疎行列反復解法ソルバの研究(1で紹介した「シームレス高生産・高性能プログラミング環境」の一部)
- GPU における単精度浮動小数点数を用いた倍精度相当の精度を有する演算
- POWER5+における改良した4倍精度演算に基づくFFTの実装と評価
- 並列プログラミングモデルに関する研究
- Riemann zeta 関数の零点計算及び抽象化された発見的知能の理論を含めたシステム記述法
- 大規模整数の高速素因数分解法に関する研究

4 大規模並列シミュレーション

並列計算機を使用した大規模シミュレーションについて、アプリケーションの研究開発とそれを使用した科学的な研究の他、並列アプリケーション開発に必要な基盤技術の研究開発を実施した。

主な研究開発項目は以下の通りである：

- 棄却無しモンテカルロ法の効率の研究
- 局所的に負荷をバランスさせる機能を備えた並列分子動力学法計算コードの開発
- 並列前処理手法、領域分割手法に関する研究
- 大規模並列形状処理に関する研究

5 コンピュータサービスにおける保証

2.でも紹介した「最適化コンパイラ」に関する研究では、最適化に際してセマンティクスを保証するための検証の枠組と、最適化の結果、それが性能を確実に上げていることを検証する枠組を研究してきた。これは言語処理系を中心としてセマンティクスを保証するための枠組の研究だったが、さらにサービス体系全般に敷衍し、以下のテーマについて「保証」をテーマに研究を実施した。

- 分散環境における知識抽出。
- 認証におけるセキュリティ表現。
- ID の LoA の研究

6 教育活動

全国共同利用機関を生かした人材育成の取り組みの一環として、本センターが所有するスーパーコンピュータを受講学生が活用できる新しい形態の全学的な教育プログラム(学際計算科学・工学人材育成プログラム)を、本センターが主導して実施している。工学系、理学系、情報理工学系、新

領域創成科学の各研究科との緊密な協力のもと、2008 年度から学部・修士課程を中心としたカリキュラム策定のためのワーキンググループを組織し、2008 年度は 4 回の会合を開催し、検討を実施した。従来スーパーコンピューティング研究部門教員が担当している下記の 2 科目については、継続して実施した：

- スパコンプログラミング(工学部・工学系研究科共通科目)
- 並列計算プログラミング・先端計算機演習(理・地球惑星科学専攻、理学系研究科大学院教育高度化プログラム)

また、情報理工・コンピュータ科学専攻において「コンピュータ科学特別講義(有限要素法プログラミング)」を新たに開講した。

基礎的な並列プログラミング教育を目的とした、国内に例を見ないユニークな取り組みとして「お試しアカウント付きスパコン利用講習会」がある。2008 年度は同講習会を 3 回実施したほか、日本応用数学会との共催で、HA8000 クラスタシステムを使用した「科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門」を開催した。

7 共同研究プロジェクトの推進

共同研究プロジェクトとしては、業務部門と協力して、「2008 年度 T2K オープンスパコン(東大)共同研究プロジェクト」を実施した。本共同研究プロジェクトは、HA8000 クラスタシステムの利用環境の改善を目的として 2009 年 1 月～3 月の間実施され、「64 ノード(1,024 コア)」程度を使用する大規模計算を大量に行う研究を対象とする。この共同研究プロジェクトで採択された研究グループは、様々なシミュレーションのアルゴリズムの開発、プログラムの高速化に関する研究を本センターのスタッフと共同で実施する。研究成果は「T2K オープンスパコン(東大)」上でのその成果をライブラリ、HPC ミドルウェア等のアプリケーション開発環境整備にフィードバックすることにより、利用環境の向上に資することを最終的な目標とする。2008 年度は 7 件の応募があり、5 件が採用された。

8 広報・研究会活動

業務部門と協力して、広報誌「スーパーコンピューティング」を 6 回発行した他、特集号を 2 回発行した(「ペタスケールシミュレーションの信頼性(2009 年 2 月)」、「試行期間限定 T2K オープンスパコン(東大)HPC 特別プロジェクト(2009 年 3 月)」)。「スーパーコンピューティング」には「T2K オープンスパコン(東大)(HA8000 クラスタシステム)」に関するチューニング講座を教員が分担して執筆し、好評であった。

部門の研究活動として、2008 年度は先進スーパーコンピューティング環境研究会(Advanced Supercomputing Environment, ASE)(略称:ASE 研究会)を 3 回開催した。

スーパーコンピューティング研究部門 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] Kengo Nakajima: Early Experiences in "T2K Open Super Computer (Todai Combined Cluster)" with AMD Quad-Core Opteron processors, NERSC Scientific Computing Seminar, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2008.

- [招待 2] 中島研吾: 人材育成も視野に: スーパーコンピューティング・ミドルウェアの開発, IBM 天城 HPC セミナー 2008「Expect Unexpected - 大規模アプリケーションと大規模システムの Collaboration」, 2008.
- [招待 3] Kengo Nakajima: Strategy of Domain Partitioning for Parallel Preconditioned Iterative Solvers in the Multi-Core Era, 5th GSIC International Symposium (Leading Studies on Computational Mechanics), Tokyo Institute of Technology, 2008.
- [招待 4] 中島研吾: 東京大学における全学的 HPC 教育の試み: 学際計算科学・工学人材育成プログラム, 第 7 回 HSS (Hokudai Simulation Salon) ワークショップ, 2009.
- [招待 5] Yutaka Ishikawa, Hajime Fujita, Toshiyuki Maeda, Motohiko Matsuda, Midori Sugaya, Mitsuhsa Sato, Toshihiro Hanawa, Shinichi Miura, Taisuke Boku, Yuki Kinebuchi, Lei Sun, Tatsuo Nakajima, Jin Nakazawa, and Hideyuki Tokuda, "Towards an Open Dependable Operating System," IEEE 12th International Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing, 2009 年 3 月 (Invited Paper).
- [招待 6] 片桐孝洋: 大規模シミュレーションに向けた数値計算ライブラリのための自動チューニング方式, 理研セミナー, 大規模計算ワークショップ〜大規模シミュレーションを支えるミドルウェア〜, 2008 年 8 月.
- [招待 7] 片桐孝洋: 次世代計算機環境における固有値解法と自動チューニング機能の開発, 自然科学研究機構 岡崎共通研究施設 計算科学研究センター主催, スーパーコンピュータワークショップ 2009, 2009 年 1 月.
- [招待 8] 片桐孝洋: Towards Sparse Iterative Solver with Auto-tuning Facility on Petascale Computing Era, 日本原子力研究開発機構 那珂核融合研究所 核融合研究部門 先進プラズマ研究開発ユニット 主催, 第 14 回 NEXT(数値トカマク)研究会, 2009 年 3 月.
- [招待 9] 片桐孝洋: 次世代スパコンに向けた固有値解法と自動チューニング機能の開発, 大阪大学 蛋白質研究所 主催, 蛋白研セミナー, 蛋白質のバイオスーパーコンピューティング, 2009 年 3 月.

受賞関連

- [受賞 1] 中島研吾: 平成 20 年度山下記念研究賞, 情報処理学会, 2008.
- [受賞 2] 藤田肇: コンピュータサイエンス領域奨励賞, 情報処理学会, 2008.

著書／編集

- [著書 1] 佐藤文俊, 恒川直樹, 吉廣保, 平野敏行, 井原直樹, 柏木浩: タンパク質密度汎関数法, 柏木浩, 佐藤文俊編, 森北出版, 東京, 平成 20 年 5 月 26 日発行.
- [著書 2] 吉廣保: 佐藤文俊他: プログラムで実践する生体分子量子化学計算, 佐藤文俊, 中野達也, 望月祐志編著, 森北出版, 東京, 平成 20 年 10 月 10 日発行.

査読付論文

- [査読付 1] Kengo Nakajima: Sparse Approximate Inverse Preconditioner for Contact Problems on the Earth Simulator using OpenMP, *International Journal of Computational Methods* 5-2, pp.255-272, 2008.
- [査読付 2] Kengo Nakajima: Parallel Multistage Preconditioners by Hierarchical Interface Decomposition on “T2K Open Super Computer (Todai Combined Cluster)” with Hybrid Parallel Programming Models, *Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Cluster Computing (Cluster 2008)*, pp.298-303, 2008.
- [査読付 3] Kengo Nakajima: Strategies for Preconditioning Methods of Parallel Iterative Solvers in Finite-Element Applications on Geophysics, *Advances in Geocomputing, Lecture Notes in Earth Science* 119, pp.65-118, 2009.
- [査読付 4] T. Nagai, H. Yoshida, H. Kuroda and Y. Kanada: Fast Quadruple Precision Arithmetic Library on Parallel Computer SR11000/J2, *Int. Conf. on Comp. Sci. (ICCS 2008)*, 23–25 June, 2008, Krakow, Poland, Part I, LNCS 5101, pp. 446–455, 2008.
- [査読付 5] Hajime Fujita, Hiroya Matsuba, Yutaka Ishikawa: TCP Connection Scheduler in Single IP Cluster, the 8th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid -- CCGRID'08, 2008年5月.
- [査読付 6] Ryousei Takano, Motohiko Matsuda, Tomohiro Kudoh, Yuetsu Kodama, Fumihiro Okazaki, Yutaka Ishikawa: High Performance Relay Mechanism for MPI Communication Libraries Run on Multiple Private IP Address Clusters, the 8th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid -- CCGRID'08, 2008年5月.
- [査読付 7] 戴毛兵, 石川裕: リアルタイム Linux のための軽量割り込み処理, *情報処理学会論文誌 コンピューティングシステム(ACS)*, vol. 2, no. 1, pp.87 - 95, 2009年3月.
- [査読付 8] 高野了成, 松田元彦, 工藤知宏, 児玉祐悦, 岡崎史裕, 石川裕: プライベートアドレスを有するクラスター群のための高性能 MPI 通信リレー機構, *情報処理学会論文誌 コンピューティングシステム(ACS)*, vol. 2, no. 1, pp.133 - 145, 2009年3月.
- [査読付 9] Maobing Dai, Toshihiro Matsui, and Yutaka Ishikawa: A Light Lock Management Mechanism for Optimizing Real-Time and Non-Real-Time Performance in Embedded Linux, *IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing*, 2008年12月.
- [査読付 10] Taku Shimosawa, Hiroya Matsuba, Yutaka Ishikawa: Logical partitioning without Architectural Supports, *32nd IEEE International Computer Software and Applications Conference*, pp. 355-364, Jul. 2008.
- [査読付 11] Kazuki Ohta, Hiroya Matsuba, Yutaka Ishikawa: Gather-Arrange-Scatter: Node-Level Request Reordering for Parallel File Systems on Multi-Core Clusters (Poster), *IEEE International Conference on Cluster Computing*, Oct. 2008
- [査読付 12] 石川裕, 片桐孝洋, 吉廣保: T2K オープンスーパーコンピュータと共用イノベーション, *電気学会誌*, vol.129, no.1, pp.28-31, 2009年.
- [査読付 13] KAWANAKA, Sho, SATO, Hiroyuki: Analysis of Chronological Tag Dependency in Folksonomy, *Proceedings of Semantic Web and Web Services 2008*, 114–119, 2008.
- [査読付 14] NISHIMURA, Takeshi, SATO, Hiroyuki: LESSO: Legacy Enabling SSO, *Proceedings of Workshop on Middleware Architecture in the Internet 2008*, 301–304, 2008.

- [査読付 15] SATO, Hiroyuki: Delay Front and Skip Interval for Assessing Open Source Software Maintenance of System, Proceedings of 32nd IEEE Computer Software and Applications Conference(COMPSAC), 771–776, 2008.
- [査読付 16] SATO, Hiroyuki: Embedding Dataflow Information on Arrays into SSA and Extended Optimization Schema for Parallelization, Proceedings of Parallel and Distributed Computing and Networks 2009, 240–245, 2009.
- [査読付 17] Nan Dun, Kenjiro Taura, and Akinori Yonezawa. Gmount: An ad-hoc and locality-aware distributed file system by using ssh and fuse. In Proceedings of the 8th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid2009), page (to appear), 2009.
- [査読付 18] Ken Hironaka, Hideo Saito, Kei Takahashi, and Kenjiro Taura. gluepy: A simple distributed python framework for complex grid environments. In Proceedings of the 21st Annual International Workshop on Languages and Compilers for Parallel Computing (LCPC 2008), 2008.
- [査読付 19] Ken Hironaka, Hideo Saito, and Kenjiro Taura. High performance wide-area overlay using deadlock-free routing. In Proceedings of the International Symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC 2009), page (to appear), 2009.
- [査読付 20] Yoshikazu Kamoshida and Kenjiro Taura. Scalable data gathering for real-time monitoring systems on distributed computing. In Proceedings of the 8th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid2008), pages 425–432, 2008.
- [査読付 21] Hideo Saito, Kenjiro Taura, and Takashi Chikayama. Collective operations for wide-area message passing systems using adaptive spanning trees. International Journal of High Performance Computing and Networking (IJHPCN), 5(3):179–188, 2008.
- [査読付 22] Kei Takahashi, Hideo Saito, Takeshi Shibata, and Kenjiro Taura. A stable broadcast algorithm. In Proceedings of the 8th International IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid 2008), pages 392–400, 2008.
- [査読付 23] 吉富翔太, 弘中健, 田浦健次郎. メッセージ衝突を防止する適応的なデータ収集操作アルゴリズム, 先進的計算基盤シンポジウム(SACSIS 2009), page 掲載予定, 2009.
- [査読付 24] 原健太郎, 塩谷亮太, 田浦健次郎. メモリアクセス最適化を適用した汎用プロセッサと cell の性能比較—cell speed challenge を題材にして—, 先進的計算基盤シンポジウム(SACSIS2008), pages 157–166, 2008.
- [査読付 25] 弘中健, 斎藤秀雄, 高橋慧, 田浦健次郎. 複雑なグリッド環境でプログラミングを実現するフレームワーク, 先進的計算基盤シンポジウム(SACSIS 2008), pages 349–358, 2008.
- [査読付 26] 弘中健, 斎藤秀雄, 高橋慧, 田浦健次郎. 複雑なグリッド環境で柔軟なプログラミングを実現するフレームワーク, 情報処理学会論文誌:コンピューティングシステム(ACS), 1(2):157–168,2008.
- [査読付 27] 柴田剛志, 田浦健次郎. 多拠点クラスタにおけるトポロジ情報を用いた効率的かつ安定的な大容量ブロードキャスト, 先進的計算基盤シンポジウム(SACSIS 2009), page 掲載予定, 2009.
- [査読付 28] 長沼翔, 高橋慧, 斎藤秀雄, 柴田剛志, 田浦健次郎, 近山隆. ネットワークトポロジを考慮した効率的なバンド幅推定手法, 先進的計算基盤システムシンポジウム(SACSIS 2008), pages. 359–366, 2008.
- [査読付 29] Tomoaki Hirota and Hisayasu Kuroda: Implementation of Integer Multiplication in Multiple-Precision on POWER5+ Architecture, The 2008 International Conference on Scientific Computing (CSC'08) in WORLDCOMP'08, pp.197-203, 2008.

- [査読付 30] H. Watanabe: Non-equilibrium Relaxation Analysis on Two-dimensional Melting, Progress of Theoretical Physics Supplement, to appear in.
- [査読付 31] H. Watanabe: Markovian Approximation for the Nosae--Hoover method and H-theorem, Journal of the Physical Society of Japan, 77, 103001, 2008.
- [査読付 32] H. Watanabe and C.-K. Hu: Mapping functions and critical behavior of percolation on rectangular domains, Physical Review E, 78, 1, 2008.
- [査読付 33] M. Guerra, M. Novotny, H. Watanabe, and N. Ito: Efficiency of Rejection-Free Methods for Dynamic Monte Carlo Studies of Off-lattice Interacting Particles, Physical Review E, 79, 026706, 2009.

公開ソフトウェア

- [公開 1] 山本啓二: RETAS: Worst Case Execution Time Analysis Tool,
<http://www.il.is.s.u-tokyo.ac.jp/retas/>, 2008年3月.
- [公開 2] Kenjiro Taura. Gxp: Grid and cluster shell. <http://www.logos.t.u-tokyo.ac.jp/gxp/>
- [公開 3] 渡辺宙志:量子計算機シミュレータ QCAD,
<http://apollon.cc.u-tokyo.ac.jp/~watanabe/qcad/>
- [公開 4] Yoshikazu Kamoshida: VGXP(Visual grid explorer) release-20080804,
<http://www.logos.ic.i.u-tokyo.ac.jp/~kamo/vgxp/>, Aug 2008.
- [公開 5] 松葉浩也:ステージングソフトウェア STG,
<http://www.il.cc.u-tokyo.ac.jp/~matsuba/stg/>

特許申請／取得

- [特許 1] 片桐孝洋:計算処理方式, そのプログラム, データ再分散機構, 計算処理装置, 特許第 4273929, 特許登録, 2009年3月.

その他の発表論文

- [発表 1] 中島研吾:究極の「並列プログラミング教育」を目指して 地球惑星科学専攻での4年間と「学際計算科学・工学 人材育成プログラム」, スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 10-3, pp.30-44, 2008.
- [発表 2] 中島研吾:並列有限要素法のための新しい領域分割手法, 日本計算工学会第13回計算工学講演会, 2008.
- [発表 3] 中島研吾:六面体メッシュの適合型並列局所細分化と負荷分散, 情報処理学会研究報告(HPC-116), pp.163-168, 2008.
- [発表 4] Kengo Nakajima: Parallel Multistage Preconditioners by Extended Hierarchical Interface Decomposition for Ill-Conditioned Problems, International Kyoto Forum 2008 on Krylov Subspace Methods, 2008.

- [発表 5] 中島研吾:悪条件問題における並列前処理・領域分割手法, 日本応用数理学会 2008 年年会, 2008.
- [発表 6] Kengo Nakajima: Middleware for Petascale Coupled Simulations, Second International Symposium for “Integrated Predictive Simulation System for Earthquake and Tsunami Disaster”, 2008.
- [発表 7] 中島研吾:並列適応格子とその応用, 第 22 回数値流体力学シンポジウム, 2008.
- [発表 8] 中島研吾:T2K オープンスパコン(東大)チューニング連載講座(その 5)「OpenMP による並列化のテクニック:Hybrid 並列化に向けて」, スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 11-1, pp.20-46, 2009.
- [発表 9] 中島研吾:日本応用数理学会「2008 秋の学校」:科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門, スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 11-1, pp.20-46, 2009.
- [発表 10] 中島研吾:マルチコアクラスタにおける有限要素法アプリケーションのための階層型領域間境界分割に基づく並列前処理手法, 情報処理学会研究報告(HPC-119-18), pp.103-108, 2009.
- [発表 11] Kengo Nakajima, Takashi Furumura, Tsuyoshi Ichimura, Toshio Nagashima, Hiroshi Okuda, and Tatsuhiko Saito: Coupled Simulations in Integrated Predictive Simulation System for Earthquake and Tsunami Disaster, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE09), MS107: Multiphysics Modeling: Frameworks and Applications Part-I, 2009.
- [発表 12] Kengo Nakajima: Robust and Efficient Parallel Preconditioning Methods with Hierarchical Interface Decomposition for Multicore Architectures, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE09), MS115: Current Auto-tuning Challenges: Multicore Architecture and Crucial Algorithms Part-II, 2009.
- [発表 13] Kengo Nakajima: Optimization of Preconditioned Parallel Iterative Solvers for Finite-Element Applications using Hybrid Parallel Programming Models on “T2K Open Supercomputer (Tokyo)”, The 11th International Specialist Meeting on Next Generation Models on Climate Change and Sustainability for High Performance Computing Facilities, 2009.
- [発表 14] Kengo Nakajima: Parallel Programming Support for Applications with Unstructured Meshes: Expectations for "Local View" of XcalableMP, International Workshop on Peta-Scale Computing Programming Environment, Languages and Tools (WPSE 2009), 2009.
- [発表 15] 吉田仁, 黒田久泰, 後保範, 金田康正:複数多項式による MPBS の改善と HITACHI SR11000/J2 での実装評価, SWoPP 佐賀 2008, 電子情報通信学会技術研究報告(CPSY-2008), pp.103-107, 2008.
- [発表 16] 清野善裕:Riemann zeta 関数の零点計算について, 日本応用数理学会環瀬戸内応用数理研究部会第 12 回シンポジウム, 2008 年 10 月 10 日-12 日, 山形大学理学部, pp. 85-90, 2008.
- [発表 17] 筒井直機, 吉田仁, 黒田久泰, 金田康正:SR11000/J2 における 4 倍精度演算を改良した FFT の実装と評価, SWoPP 佐賀 2008, 情報処理学会研究会(HPC-4)報告, pp.61-66, 2008.
- [発表 18] M. Imori, Y. Unno, Y. Kanada, S. Imada and M. Katsuno: Development of High Voltage and Low Voltage Power Supplies Using Piezoelectric Transformer, TIPP08 ポスター, KEK, 12-17 Mar. 2008, Tsukuba.

- [発表 19] 平野 貴仁, 藤田 肇, 松葉 浩也, 石川 裕:「カーネル機能拡張のための抽象化レイヤ P-Bus の実装」, 情報処理学会 研究報告 2008-OS-108, pp. 17 - 24, 2008.
- [発表 20] 松葉 浩也, 野村 哲弘, 石川 裕:MPI 通信ライブラリの最適化と性能評価, 情報処理学会, 研究報告 HPC, vol. 2008, no. 74, pp. 1 - 6, 2008.
- [発表 21] 下沢 拓, 藤田 肇, 石川 裕:マルチコア SH における複数カーネル実行の設計と実装, 情報処理学会, 研究報告 OS, vol. 2008, no. 77, pp. 25 - 32, 2008.
- [発表 22] 藤田肇, 平野貴仁, 山本和典, 松葉浩也, 石川裕:P-Bus におけるネットワーク層の設計と実装, 情報処理学会, 研究報告 OS, vol. 2008, no. 77, pp. 33 - 38, 2008.
- [発表 23] 太田一樹, 石川裕: マルチコアクラスタ向け並列ファイルシステムアーキテクチャ, 情報処理学会, 研究報告 HPC, vol. 2008, no. 74, pp. 217 - 222, 2008.
- [発表 24] Kazuki Ohta, Hiroya Matsuba, and Yutaka Ishikawa:Improving Parallel Write by Node-Level Request Scheduling, IEEE Cluster 2008, 2008 (Poster).
- [発表 25] 石川 裕, 中島 研吾, 中島 浩, 朴 泰祐:T2K オープンスパコンが創る新しい計算環境, 計算工学会誌, 1月号, 2009.
- [発表 26] 石川 裕, 片桐 孝洋, 佐藤 三久, 朴 泰祐, 中島 浩: 高生産・高性能計算機環境実現のためのシステムソフトウェア, HPCS 2009, 2009(ポスター).
- [発表 27] 堀敦史, 鴨志田良和, 松葉浩也, 安井隆, 住元真司, 石川裕:ファイルステージング再考: オンデマンド化と高速化に向けたプロトタイプ実装の評価, 情報処理学会 研究報告, HOKKE 2009, 2009.
- [発表 28] 太田一樹, 石川裕:ファイルサーバー独立な並列ファイルキャッシュ機構, 情報処理学会 研究報告, HOKKE 2009, 2009.
- [発表 29] 住元真司, 中島耕太, 成瀬彰, 久門耕一, 安井隆, 鴨志田良和, 松葉浩也, 堀敦史, 石川裕:並列プログラムの実行可搬性を実現する MPI 通信ライブラリの設計, 情報処理学会 研究報告, HOKKE 2009, 2009.
- [発表 30] 小西祐介, 野村哲弘, 松葉浩也, 石川裕:NUMA 並列型クラスタ上での効率的なスケジューリング, 情報処理学会 研究報告, HOKKE 2009, 2009.
- [発表 31] Jun Kato, Hajime Fujita, and Yutaka Ishikawa:Evaluation of Energy-Efficient Cluster Server using Embedded Processors, 1st International Workshop on Software Technologies for Future Dependable Distributed Systems, 2009.
- [発表 32] Yutaka Ishikawa:Seamless runtime environment, International Workshop on Peta-Scale Computing Programming Environment, Languages, and Tools (WPSE 2009), 2009.
- [発表 33] 堀敦史, 鴨志田良和, 松葉浩也, 安井隆, 住元真司, 石川裕: ファイルステージング再考: オンデマンド化と高速化に向けたプロトタイプ実装の評価, 情報処理学会研究報告 Hokke'09, 2009.
- [発表 34] 川中翔, 佐藤周行: ソーシャルブックマークにおけるタグの時系列的な依存関係の解析, 情報処理学会研究報告 2008-ICS-152, 25-32, 2008.
- [発表 35] 西村健, 佐藤周行: 脅威モデルの構築をもとにしたサーバ証明書発行体制の分類とその評価手法の提案, 情報処理学会研究報告 2008-IOT-2, 1-5, 2008.
- [発表 36] SATO, Hiroyuki: Extending Authorization Scheme by Documents, 日本ソフトウェア科学会 第 25 回大会予稿集 7C-4, 2008.

- [発表 37] 佐藤周行, 西村健: IdP と SP のグレード付けとグレードに基づいたサービス提供の枠組み, コンピュータセキュリティシンポジウム 2008, 731-736, 2008.
- [発表 38] 久保彰, 佐藤周行: Dynamic Path Validation を用いた認証局の信頼ドメインの拡張に関する提案, ITRC 第 24 回ミーティング(oral), 2008.
- [発表 39] 佐藤周行: Alternatives for Parallelism, 情報技術標準化フォーラム「Fortran 最前線, 特に coarray について」(oral), 2008.
- [発表 40] SATO, Hiroyuki, NISHIMURA, Takeshi: Service Framework based on the Grades of IdP-sand Sps, Toward Security Trust Engineering, Proceedings of Secure-Life Electronics, 213-218, 2009.
- [発表 41] 渡辺龍, 田中俊昭, 西村健, 佐藤周行: 携帯電話上での公開鍵証明書サービスの展開, 2009 年 暗号と情報セキュリティシンポジウム, 2C1-3, 2009.
- [発表 42] 西村健, 佐藤周行, 渡辺龍, 田中俊昭: 東京大学における認証基盤上の属性基盤と携帯電話への展開, 2009 年 暗号と情報セキュリティシンポジウム, 2C1-4, 2009.
- [発表 43] 久保彰, 佐藤周行: Dynamic Path Validation を用いた信頼ドメインの拡張に関する提案, 先端的ネットワーク&コンピューティングテクノロジーワークショップ・情報流通基盤分科会ワークショップ(oral), 2009.
- [発表 44] 川中翔, 佐藤周行: ソーシャルブックマークにおけるタグの派生関係の解析, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2009.
- [発表 45] 矢野良輔, 鈴木宏二郎, 黒田久泰: 相対論的流体における非平衡現象について, 日本物理学会第 64 回年会, 28aTK-5, 2009 年 3 月.
- [発表 46] 片桐孝洋: 高性能プログラミング (I) 入門編, 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティングニュース, vol.10, no.4, pp.15-37, 2008 年 7 月.
- [発表 47] 片桐孝洋: マルチコア環境を指向した多固有値多分法の評価, 2008 年並列/分散/協調処理に関する『佐賀』サマー・ワークショップ (SWoPP2008), 日本応用数理学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会, 2008 年 8 月.
- [発表 48] 黒田久泰, 片桐孝洋, 須田礼二: 電力消費量を抑えた線形数値計算ライブラリの実装と評価, 2008 年並列/分散/協調処理に関する『佐賀』サマー・ワークショップ (SWoPP2008), 日本応用数理学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会, 2008 年 8 月.
- [発表 49] 片桐孝洋, 黒田久泰: Windows クラスタにおける疎行列反復解法ソルバの自動チューニング, 2008 年並列/分散/協調処理に関する『佐賀』サマー・ワークショップ (SWoPP2008), 情報処理学会研究報告 2008-HPC-116, pp.43-48, 2008 年 8 月.
- [発表 50] 片桐孝洋: T2K オープンスパコン(東大)における自動チューニング機能付き固有値ソルバの性能評価, 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティングニュース, Vol.10, No.5, pp.52-65, 2008 年 9 月.
- [発表 51] 片桐孝洋: 東京大学のスーパーコンピュータを用いた並列プログラミング教育 (2) —工学部・工学系研究科共通科目「スパコンプログラミング1および I」(2007 年度冬学期)、および、全学ゼミ「スパコンプログラミング研究ゼミ」を通じて—, 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティングニュース, vol.10, no.5, pp.66-76, 2008 年 9 月.
- [発表 52] 片桐孝洋: 超並列マルチコア環境での自動チューニング機能の有効性: T2K オープンスパコン上の固有値ソルバを例にして, 情報処理学会研究報告 2008-HPC-117, pp.31-36, 2008 年 10 月.

- [発表 53] 片桐孝洋: ペタスケール計算機環境に向けた固有値ソルバの開発, 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティングニュース, Vol.11, No.1, pp.47-59, 2009年1月.
- [発表 54] 片桐孝洋: T2K オープンスパコンを用いた3次元津波伝搬シミュレーションにおけるコードチューニング事例, 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティングニュース, Vol.11, No.2, pp.46-56, 2009年3月.
- [発表 55] Hisayasu Kuroda and Takahiro Katagiri: Impact of Auto-tuning for a Sparse Iterative Solver on a Multicore Windows Cluster, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE09), Mini Symposium, MS104, Current Auto-tuning Challenges: Multicore Architecture and Crucial Algorithms Part I of II, Mar. 2009.
- [発表 56] Takahiro Katagiri: Auto-tuning facility for peta-scale computing, International Workshop on Peta-Scale Computing Programming Environment, Languages and Tools (WPSE 2009), Mar. 2009.
- [発表 57] Yasuyuki Nishimura, Tamotsu Yoshihiro, Fumitoshi Sato: ProteinEditor: An Integrated Environment for Quantum Chemical Simulation of Biomolecules, The 1st International Workshop on Super Visualization, Greece, 2008年5月.
- [発表 58] Yasuyuki Nishimura, Tamotsu Yoshihiro, Naoki Tsunekawa, Fumitoshi Sato: ProteinEditor: Graphical User Interface for Molecular Simulation, 次世代生命体統合合同ワークショップ, 2008年7月.
- [発表 59] 西村康幸, 吉廣保, 佐藤文俊: タンパク質量子化学計算システムのための統合環境の開発, 東京大学生命科学研究ネットワークシンポジウム 2008, 2008年9月.
- [発表 60] 鈴木将, 渡辺宙志: 分子動力学計算による気泡生成過程の研究, 次世代スーパーコンピューティング・シンポジウム 2008, MY PLAZA ホール(東京都), 2008年9月.
- [発表 61] 能川知昭, 伊藤伸泰, 渡辺宙志: 3次元多分散性剛体球系の固体-流体転移, 日本物理学会 2008年秋季大会, 岩手大学上田キャンパス, 2008年9月.
- [発表 62] 渡辺宙志, 轟木義一: 定温ダイナミクスと, その縮約としての確率過程, 日本物理学会 2008年秋季大会, 岩手大学上田キャンパス, 2008年9月.
- [発表 63] 鈴木将, 渡辺宙志: 分子動力学法による気泡生成とそのダイナミクス, 日本物理学会 2008年秋季大会, 岩手大学上田キャンパス, 2008年9月.
- [発表 64] Hiroshi Watanabe: Isothermal Dynamics and Time Reversibility, US-Japan Bilateral Workshop, Large-scale Molecular Dynamics Simulation and Related Topics, University of California, Berkeley, USA, Sept. 2008.
- [発表 65] 渡辺宙志: 気液混相流の大規模並列計算, 第5回 ACPワークショップ, 東京大学, 2009年1月.
- [発表 66] Hiroshi Watanabe: Efficiency of Rejection-free Monte Carlo Methods, The ACP 6th workshop on Long-time simulations, Algorithms and Applications, University of Tokyo, Feb. 2009.
- [発表 67] 能川知昭, 伊藤伸泰, 渡辺宙志: 3次元剛体粒子結晶の多分散性による無秩序化, 日本物理学会 第64回年次大会, 立教学院池袋キャンパス, 2009年3月.
- [発表 68] 渡辺宙志, 鈴木将, 伊藤伸泰: 気液混相流の並列分子動力学計算, 日本物理学会 第64回年次大会, 立教学院池袋キャンパス, 2009年3月.
- [発表 69] 鈴木将, 渡辺宙志: 気泡核生成及び気泡成長ダイナミクス, 日本物理学会 第64回年次大会, 立教学院池袋キャンパス, 2009年3月.

- [発表 70]酒井将人, 藤田肇, 松葉浩也, 石川裕: ネットワーク管理システムにおける状態収集機構, 第 6 回ディペンダブルシステムワークショップ(DSW2008), pp. 83-86, 2008 年 7 月.
- [発表 71]藤田肇, 平野貴仁, 松葉浩也, 前田俊之, 菅谷みどり, 石川裕: 安全かつ拡張可能な OS 開発基盤実現に向けて, 第 6 回ディペンダブルシステムワークショップ(DSW2008), pp. 29-32, 2008 年 7 月.
- [発表 72]菅谷みどり, 藤田肇, 埜敏博, 中澤仁, 松田元彦, 前田俊行: ディペンダブルな組込み OS の提案, 第 10 回組込みシステム技術に関するサマワークショップ(SWEST10) 予稿集, pp. 35-38, September 2008 (Poster).
- [発表 73]鴨志田良和, 佐伯勇樹, 田浦健次朗: 分散計算機環境 InTrigger 上の資源共有ルールの評価, 並列/分散/協調処理に関する『佐賀』サマワークショップ(SWoPP 佐賀 2008), 情報処理学会研究報告 2008-HPC-116, pp. 97-102, Aug 2008.

特記事項

- [特記 1]中島研吾: パネリスト, 「学際計算科学・工学人材育成プログラム」, 理化学研究所次世代スーパーコンピューティングシンポジウム 2008 (次代を担う世界水準の人材育成に向けて), 分科会 B「計算機科学と計算科学の学際融合ーその意義と人材育成を考えるー」, 2008.
- [特記 2] 中島研吾: パネリスト, 「ペタスケール計算への道: T2K 連携の次の一手(人材育成)」, T2K シンポジウム 2008 in 京都, 2008.
- [特記 3] 中島研吾: パネリスト, 「オープンスパコンの次にくるもの」, 第 8 回 PC クラスタシンポジウム, 2008.
- [特記 4] 中島研吾: 日本計算工学会 評議員.
- [特記 5] 中島研吾: 日本応用数理学会 評議員.
- [特記 6] 中島研吾: 日本応用数理学会 学会誌編集委員(幹事).
- [特記 7] 中島研吾: 日本応用数理学会 「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会運営委員.
- [特記 8] 中島研吾: 日本機械学会計算力学技術者認定事業 計算力学技術者 1 級・2 級(固体力学分野の有限要素法解析技術者)認定試験 試験問題作成委員(能力開発促進機構 計算力学技術者認定事業委員会 固体力学分野 試験問題作成 WG 委員)(2005.4~).
- [特記 9] 中島研吾: 情報処理学会 論文誌(コンピューティングシステム)編集委員.
- [特記 10] 中島研吾: Associate Editor, SIAM Journal for Scientific Computing .
- [特記 11] 中島研吾: 日本計算工学会第 13 回計算工学講演会 実行委員, 2008.
- [特記 12] 中島研吾: Technical Committee Member (Scientific and Engineering Computing), 2008 IEEE 11th International Conference on Computational Science and Engineering, 2008.
- [特記 13] 中島研吾: Member of International Program Committee, The 21st ISCA International Conference on Parallel and Distributed Computing and Communication Systems (PDCCS 2008) , 2008.
- [特記 14] 中島研吾: 日本応用数理学会 2008 年度年会, 実行委員, 2008.
- [特記 15] 中島研吾: Member of Program Committee, 2008 IEEE International Conference on Cluster Computing (Cluster 2008), 2008.

- [特記 16] 中島研吾:Member of Program Committee, The Third International Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT 2008), 2008.
- [特記 17] 中島研吾:Member of Organizing Committee, Second International Symposium for “Integrated Predictive Simulation System for Earthquake and Tsunami Disaster”, 2008.
- [特記 18] 中島研吾:Member of Technical Papers Committee, 2008 IEEE International conference on high performance computing, networking, storage, and analysis (SC08), 2008.
- [特記 19] 中島研吾:ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム HPCS2009, プログラム委員長, 2009.
- [特記 20] 中島研吾:Member of International Program Committee, IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Networks (PDCN 2009), 2009.
- [特記 21] 中島研吾:セッションオーガナイザ, 日本計算工学会第 13 回計算工学講演会「大規模シミュレーションと並列前処理手法」, 2008.
- [特記 22] 中島研吾:Co-organizer of Organized Session, 2008 Western Pacific Geophysics Meeting, ”U06: Geo-Computing”, 2008.
- [特記 23] 中島研吾:セッションオーガナイザ, 第 22 回数値流体力学シンポジウム「並列計算, グリッド計算」, 2008.
- [特記 24] 中島研吾:Co-organizer of Mini-Symposium, 2009 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE09), ”MS107, 115: Multiphysics Modeling: Frameworks and Applications Part I-II”, 2009.
- [特記 25] 中島研吾:学際計算科学・工学人材育成プログラム, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/CSEedu/>
- [特記 26] 中島研吾:並列計算プログラミング, 先端計算機演習, 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/08s/>
- [特記 27] 中島研吾:コンピュータ科学特別講義 I, 東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/08w/>
- [特記 28] 堀敦史:SCore6 から SCore7 へ, 第八回 PC クラスタシンポジウム講演, 2008 年 12 月 11 日.
- [特記 29] 堀敦史:SCore7 の紹介, PC クラスタワークショップ in 大阪講演, 2009 年 3 月 13 日.
- [特記 30] 黒田久泰:高性能プログラミング(II) 上級編, 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティングニュース, Vol.10, No.5, 2008 年 9 月.
- [特記 31] スーパーコンピュータ若手利用者推薦(試行)制度 2008 年度(前期)4 件(新規 2 件、継続 2 件), 2008 年度(後期)4 件(新規 3 件、継続 1 件).
- [特記 32] 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティング部門主催, Advanced Supercomputing Environment (ASE)研究会: 2008 年 8 月 20 日第 2 回研究会, 2009 年 1 月 20 日第 3 回研究会, 2009 年 3 月 27 日第 4 回研究会、の 3 回実施.
- [特記 33] お試しアカウント付き並列プログラミング講習会(試行):2008 年 5 月 29 日, 2008 年 9 月 1 日～3 日, 2009 年 3 月 12 日、の 3 回実施.
- [特記 34] 片桐孝洋:ミニシンポジウム・オーガナイザー, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE09), Mini Symposium, MS104, Current Auto-tuning Challenges: Multicore Architecture and Crucial Algorithms, Miami, FL, USA., Mar. 2009.

[特記 35] 松葉浩也, 片桐孝洋, 黒田久泰, 吉廣保, 他:HA8000 クラスタシステム利用の手引き,
<http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/ha8000/ha8000-tebiki.pdf>

[特記 36] 鴨志田良和: T2K オープンスパコン東大版の半年, PC クラスタワークショップ in 大阪 講演,
2009年3月12日.

報道関連

[報道 1] 片桐孝洋, 黒田久泰, 中島研吾: 米国応用数理学会基幹新聞紙, 自動チューニング研究
に関する日本人研究者の特集記事, "PP08: Automatic Tuning of High-Performance Numerical
Libraries: State of the Art and Open Problems", SIAM News, Vol.41, No.5, 2008年6月.

大規模並列シミュレーション手法に関する研究、教育

中島 研吾

1 概要

有限要素法を中心とした、大規模並列シミュレーション手法に関する研究、教育を実施した。主な実施項目を以下に示す：

- 並列前処理手法、領域分割手法に関する研究

科学技術シミュレーションにおいて、有限要素法等の離散化を使用して得られる大規模疎行列を係数行列とする連立一次方程式を、並列計算機上で反復法によって解く場合の前処理手法、領域分割手法について研究を実施した。実問題において得られる悪条件な行列では適切な前処理手法、領域分割手法の選択が重要である。有限要素法における悪条件問題を中心に、問題、要素の特性に基づいた前処理・領域分割手法(選択的 Fill-in、選択的オーバーラップ)を提案し、様々な実問題における検証を実施したほか、Hierarchical Interface Decomposition (HID)の実問題向け拡張に関する研究を実施し、平成 20 年度情報処理学会山下記念研究賞を受賞した[受賞 1][査読付 2, 3][発表 4]。

- 並列プログラミングモデルに関する研究

近年プロセッサのマルチコア化が進み、並列プログラミングモデルとして、ノード(ソケット)内に OpenMP などのスレッド、ノード(ソケット)間にメッセージパッシング(MPI)を適用する「Hybrid」並列プログラミングモデルが再び脚光を浴びている。並列有限要素法を対象として、T2K オープンスパコン(東大)を使用して様々な Hybrid 並列プログラミングモデルの評価、最適化を実施した[招待 3]、[査読付 1, 2]、[発表 8, 10]。

- 大規模並列形状処理に関する研究

有限要素法による大規模並列問題を対象とした、メッシュ生成、可視化、適応格子、動的負荷分散に関する研究を実施した。特に、本年度は六面体要素を使用した並列有限要素法による、不均質複雑断面における単位すべり応答関数計算コードを対象として、適合型局所細分化のためのフレームワークのプロトタイプを開発し、負荷分散におけるデータマイグレーション部分の性能に注目した評価を T2K オープンスパコン(東大)を使用して実施した[発表 3, 7]。

- HPC 教育

「学際計算科学・工学人材育成」委員会(委員長:平尾公彦前副学長)の活動の一環として全学的な HPC 教育プログラムの策定を実施したほか、試験的な講義、演習を実施した[発表 1]、[特記 26~28]。また、日本応用数理学会と共催によるセミナーを実施した[発表 9]。また、内外の講演会において、本教育プログラムに関する紹介を実施した[招待 2, 4]、[特記 1]。

2 並列前処理手法に関する研究

2.1 選択的フィルイン、選択的オーバーラップ

接触問題は様々な科学技術分野において重要な現象である。様々な解法の中で、Augmented Lagrange 法(ALM)およびペナルティ法が広く使用されており、接触面周辺の拘束条件を表現する

ために、ペナルティ数が導入されている。大きなペナルティ数により、線形化された方程式の係数マトリクスの条件数は大きくなる。ペナルティ数の値が大きいと非線形計算の収束は速いが行列の条件数が大きくなり、線形計算の反復回数は多くなるため、安定した前処理手法が必要である。

著者等は、有限要素法、反復法によるプレート境界の断層接触面における応力蓄積と地震発生サイクルのシミュレーションのための前処理手法として選択的ブロッキング (selective blocking) 前処理を開発し、高速で安定な収束解を得ることができた。更により一般的な設定の問題に適用できるように選択的フィルイン (selective fill-in)、選択的オーバーラップ (selective overlapping) に基づく安定で効率の良い並列前処理手法を開発した。

一般に、ILU 型の前処理においてフィルインレベルを上げ、また並列処理時に領域間のオーバーラップを深くとることによって収束が改善されることは良く知られている。しかしながら、必要記憶容量、一回の反復における計算量は増加するため、全体の計算時間としては必ずしも速くならない場合もある。BILU(p)-(d) (BILU : Block ILU factorization、p : フィルインレベル、d : 領域間オーバーラップ深さ) は、対象とするアプリケーションの特性に基づき、選択的にフィルインレベルやオーバーラップ深さを増加させる、安定かつ効率的な前処理手法である。

2.2 Hierarchical Interface Decomposition (HID)

これに対して、Henon、Saad によって提唱された「PHIDAL (Parallel Hierarchical Interface Decomposition Algorithm)」は、「HID (Hierarchical Interface Decomposition、階層型領域間境界分割)」に基づいており、領域間オーバーラップを考慮しない手法である。HID を適用することによって、並列計算時の ILU/IC 分解やガウス・ザイデル法などの前処理手法の安定な収束と高い並列性能が得られることが報告されている。著者は HID を不均質場における弾性問題、接触問題などの実用悪条件問題、不均質場ポアソン方程式のマルチグリッド解法に適用し、通信負荷が大きくなるものの、全般的に良好な収束性と並列性能を得ることに成功している。HID のプロセスは、節点 (vertices) と辺 (edges) から構成されるグラフ

(graph) を互いに共通部分を持たない節点の集合 (コネクタ、connector) に分割することから始まる。この節点の集合を、「レベル 1 の connector (C^1)」と呼ぶ。残りの各節点に対してレベルを設定して分類する。レベル k の connector (C^k) ($k > 1$) は k 個の「レベル 1 の connector (C^1)」と共有節点を持つ節点の集合である。各 C^k は他の C^k とは共有節点を持たない。Fig.10 は二次元 9 点差分格子を 4 領域に分割する例である。各節点が HID レベルの順番に番号付けされた場合、全体マトリクス $[A]$ は各 connector に対応したブロック的な構造を有する。従って、ILU/IC 前処理やガウス・ザイデル等の計算プロセスの並列化が実現可能である。ただ、現状のアルゴリズムでは、並列計算時に領域外に生じるフィルインの効果を十分に考慮できないという問題点がある。

2.3 選択的オーバーラップと HID

接触問題、不均質場問題について、PC クラスタ (AMD Dual-core Opteron 64 コア) を使用して、選択的オーバーラップと HID によって領域分割した場合の結果を比較した。図 1 (接触問題)、図 2 (不均質問題) に計算結果 (計算時間) を示す。HID は、領域間オーバーラップとしては、(d=0)、(d=1) の中間程度に相当するものと考えられるが、(d=1+) の選択的オーバーラップはほぼ同じ安定性が得られている。より条件の悪い接触問題においては選択的オーバーラップの方が若干優れている (図 1)。ここまでは、各要素が立方体の場合を扱ってきたが、各要素が図 3 のようにねじれている場合についても検討を行った。最大ねじれ角度が 150° の場合は、HID の方が優れているが、 225° になると、オーバーラップを深く採った場合が有利となる。条件が悪くなった場合に HID が不利となるのは、2.2 で述べたように、領域外で生じるフィルインの効果を十分に考慮できていないためであり、今後、アルゴリズムの改良が必要である。

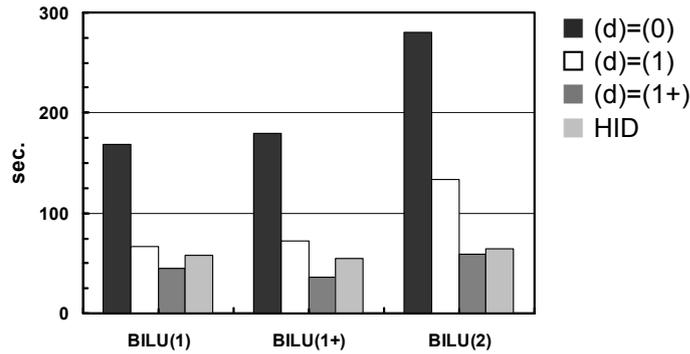


図 1 : 選択的オーバーラップと HID の比較 (接触問題、3、090、903 自由度)

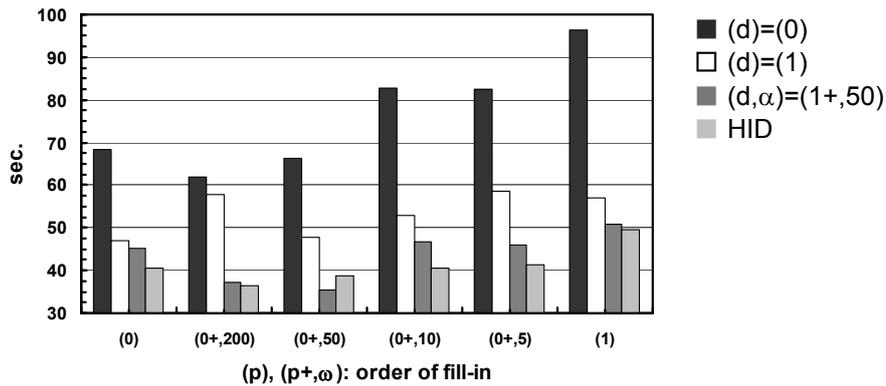


図 2 : 選択的オーバーラップと HID の比較 (不均質問題、3、090、903 自由度)

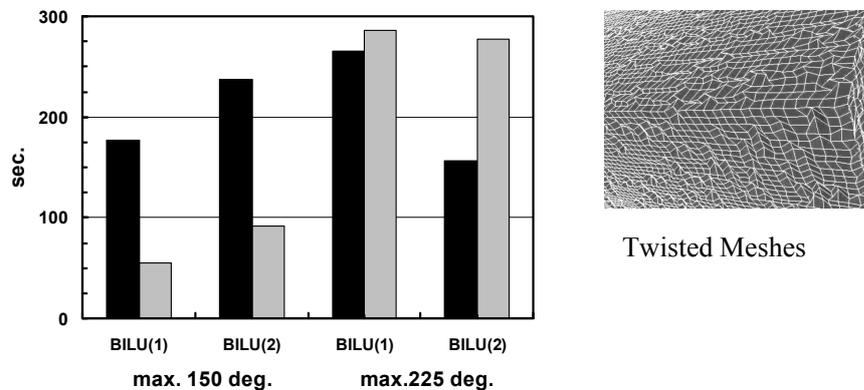


図 3 : 選択的オーバーラップと HID の比較 (要素が捩れている場合、3、090、903 自由度)、
 ■ : 選択的オーバーラップの最適値(d=1 or 2)、■ : HID

2.4 まとめ

領域分割による並列有限要素法において、前処理付反復法の安定化のために、著者の開発した、各領域における reordering を考慮し、個々の要素特性を考慮した選択的オーバーラップについて説明し、HID と比較した。一般的に選択的オーバーラップがより安定しているが、条件の比較的良い問題では HID が優れている場合もあった。HID については、選択的オーバーラップと組み合わせるなど、領域外のフィルインを考慮できるような改良が今後必要である。選択的オーバーラップについては、これまで「接触要素」、「ヤング率」、「ねじれ角度」などをパラメータとして考慮してきたが、実問題では、これらの複合した条件を考慮しなければならない。並列有限要素法において、要素単位の特性を考慮した領域分割は、実問題を解く上で非常に重要である。最適領域分割・reordering、最適前

処理手法選択という観点から、要素単位に「悪条件度」のような指標を導入することを検討して行きたい。

3 T2K オープンスパコン(東大)におけるハイブリッド並列プログラミングモデルの最適化

3.1 はじめに

マルチコアプロセッサの普及、大規模システムにおけるコア数の増加を背景として、ハイブリッド (Hybrid) 並列プログラミングモデルが脚光を浴びるようになり、Flat MPI との優劣に関する議論が盛んとなっている。Hybrid 並列プログラミングモデルはメッセージパッシングによる「coarse-grain parallelism」と、ディレクティブによる「fine-grain parallelism」の融合であり、一般的には MPI と OpenMP を組み合わせたスタイルである。著者らは、「地球シミュレータ」を中心とした SMP クラスタを対象として、並列有限要素法向けに最適化された前処理付き反復法による線形ソルバーを、Hybrid 並列プログラミングモデルを使用して開発した。さらに[査読付 2]では、階層型領域間境界分割 (Hierarchical Interface Decomposition, HID) に基づく並列前処理手法を使用した並列有限要素法アプリケーションに同様の最適化手法を適用し、T2K オープンスパコン(東大) (以下 T2K(東大)) 上で Hybrid と Flat MPI の性能比較を実施した。SMP クラスタ上では両者の性能はほぼ同じであるが、ノード数が増加すると Hybrid が優位となる傾向がある。NUMA (Non Uniform Memory Access) アーキテクチャに基づくマルチコアクラスタ (T2K(東大)) 上では、その特性を利用するために、実行時制御コマンド (NUMA control) 使用して、コア (またはソケット) とメモリの関係を明示的に指定することによって、特に Hybrid の性能が向上することが明らかとなった。有限要素法から得られる疎行列を係数とする連立一次方程式を解く場合、ノード数が増えると、MPI レイテンシの効果を無視できなくなるため、 10^8 規模のコア数を持つようなエクサスケールのスーパーコンピュータでは、MPI プロセス数を減らすことのできる Hybrid が有利となると考えられる。

本研究では、[査読付 2]で扱った、不均質場における静的弾性問題を対象とした並列有限要素法アプリケーションについて、特に Hybrid 並列プログラミングモデルの更なる最適化を、T2K(東大) 上で試みた。

3.2 アプリケーション・計算手法の概要

本研究では、図 4 に示すような、不均質な物性値分布を有する立方体形状における三次元静的弾性問題を並列有限要素法 (Finite-Element Method, FEM) によって解く。係数行列が対称正定となることから、SGS (Symmetric Gauss-Seidel) を前処理手法とし共役勾配法 (Conjugate Gradient, CG) 法によって連立一次方程式を解いている (以下 SGS/CG 法と呼ぶ)。SGS 前処理では、係数行列 A そのものが前処理行列として利用されるため ILU 分解は実施しない。

プログラムは GeoFEM¹ の並列 FEM の枠組みに基づいている。GeoFEM の局所データ構造は節点ベース、オーバーラップ要素付きの領域分割に基づいているが、本研究で使用する HID の階層的なデータ構造に適用可能なように修正されている。本研究では領域分割手法として、2. でも紹介した階層型領域間境界分割 (Hierarchical Interface Decomposition, HID) を使用している。

Hybrid 並列プログラミングモデルでは、各ノード (ソケット) に対応した局所データを OpenMP などのマルチスレッド的な手法によって並列化に処理する。SGS 前処理に基づく反復法では、並び替えにより節点間のグローバルな依存性を排除することによって、並列化が実現される。本研究では、並列性が高く悪条件問題に対して安定性な CM-RCM 法による並び替えを適用している。本手法は、

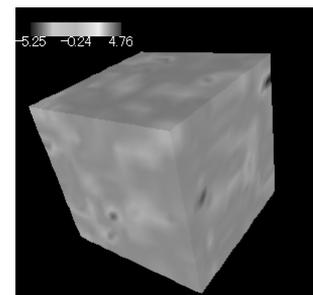


図 4 : 三次元不均質媒体

¹ <http://geofem.tokyo.rist.or.jp/>

Reverse Cuthill-McKee (RCM) 法とサイクリックに再番号付けする Cyclic マルチカラー法 (cyclic multicoloring, CM) を組み合わせたものである。図 5 は前処理プロセスにおける前進代入処理を FORTRAN、MPI、OpenMP によって記述したものである。階層的通信テーブルを使用したグローバル通信は各レベルの計算の最後の部分で実施される

```

do lev= 1, LEVELtot
do ic= 1, COLORTot(lev)
!$omp parallel do private(ip,i,SW1,SW2,SW3,isL,ieL,j,k,X1,X2,X3)
do ip= 1, PESMPTOT
do i = STACKMc(ip-1,ic,lev)+1, STACKMc(ip,ic,lev)
SW1= WW(3*i-2,R); SW2= WW(3*i-1,R); SW3= WW(3*i ,R)
isL= INL(i-1)+1; ieL= INL(i)
do j= isL, ieL
k= IAL(j)
X1= WW(3*k-2,R); X2= WW(3*k-1,R); X3= WW(3*k ,R)
SW1= SW1 - AL(9*j-8)*X1 - AL(9*j-7)*X2 - AL(9*j-6)*X3
SW2= SW2 - AL(9*j-5)*X1 - AL(9*j-4)*X2 - AL(9*j-3)*X3
SW3= SW3 - AL(9*j-2)*X1 - AL(9*j-1)*X2 - AL(9*j )*X3
enddo
X1= SW1; X2= SW2; X3= SW3
X2= X2 - ALU(9*i-5)*X1
X3= X3 - ALU(9*i-2)*X1 - ALU(9*i-1)*X2
X3= ALU(9*i ) * X3
X2= ALU(9*i-4)*( X2 - ALU(9*i-3)*X3 )
X1= ALU(9*i-8)*( X1 - ALU(9*i-6)*X3 - ALU(9*i-7)*X2)
WW(3*i-2,R)= X1; WW(3*i-1,R)= X2; WW(3*i ,R)= X3
enddo
enddo
!$omp end parallel do
enddo

call SOLVER_SEND_RECV_3_LEV(lev,...): Communications using
Hierarchical Comm. Tables.

enddo

```

図 5 : FORTRAN+OpenMP で記述された前進代入プロセス

3.3 実行環境

T2K(東大)の各ノードは AMD quad-core Opteron(2.3GHz) 4ソケット、合計 16 コアから構成されており(図 6)、ノードあたりの記憶容量は 32GB(一部 128GB)である。本研究では 32 ノード(合計 512 コア)を使用した。コンパイラは日立製専用コンパイラ(FORTRAN90)を使用した。各ノード 16 コアを全てを使用した。T2K(東大)は NUMA (Non-Uniform Memory Access)アーキテクチャによっており、この特性を考慮したプログラミング、データ配置が必要となる。

3.4 問題設定

T2K(東大)の 32 ノード(512)コアを使用して予備的な評価を実施した。問題サイズは 2, 097, 152 要素、6, 440, 067 自由度(Degrees of Freedom, DOF)である。Flat MPIと Hybrid 並列プログラミングモデルの比較を実施した。Hybrid については以下の 3 種類のプログラミングモデルを適用した。

- Hybrid 4x4 (HB 4x4): 図 6 の各ソケットに OpenMP スレッド×4、ノード当たり 4 つの MPI プロセス
- Hybrid 8x2 (HB 8x2): 2 ソケットに OpenMP スレッド×8、1 ノード当たり 2 つの MPI プロセス
- Hybrid 16x1 (HB 16x1): 1 ノードに 16 の OpenMP スレッド、1 ノード当たりの MPI プロセスは 1 つ

3.5 チューニングの戦略

チューニングにあたって以下の 3 つのプロセスを実施した。尚、ケース 2、ケース 3 は Flat MPI に対しては実施していない:

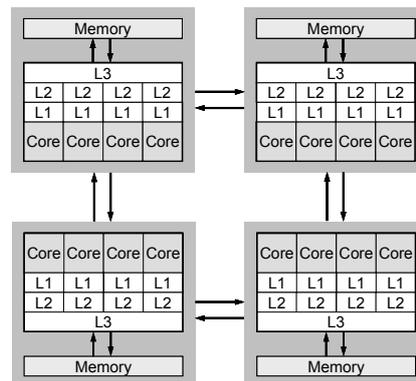


図 6 : T2K (東大) の 1 ノード

3.5.1 ケース 1 : NUMA Control による実行時制御

cc-NUMA アーキテクチャの特性を利用するための実行時制御コマンド (NUMA control) 使用してソケットとメモリの関係性を明示的に指定すると、性能が向上することはよく知られている。ケース 1 では、表 1 に示す 5 種類の制御コマンド群 (NUMA Policy) を適用した。

表 1 : NUMA Policy の概要

Policy ID	Command line switches
1	--cpunodebind=\$SOCKET --interleave=all
2	--cpunodebind=\$SOCKET --interleave=\$SOCKET
3	--cpunodebind=\$SOCKET --membind=\$SOCKET
4	--cpunodebind=\$SOCKET --localalloc
5	--localalloc

3.5.2 ケース 2 : First Touch Data Placement

cc-NUMA アーキテクチャでは、変数や配列を宣言した時点では、物理的メモリ上に記憶領域は確保されず、変数を最初にアクセスしたコア (の属するソケット) のローカルメモリ上に、その変数の記憶領域が確保される。これを First Touch Data Placement と呼び、配列の初期化手順により大幅な性能の向上が達成できる場合もある。

3.5.3 ケース 3 : データ再配置

本プログラムでは CM-RCM によりデータの並び替えを実施し、①同一の「色」に属する要素は独立、並列に計算可能、②「色」の順番に番号付、③色内の要素を各スレッドに振り分ける、という方式であるが、同じスレッド (すなわち同じコア) に属する要素は連続の番号では無いため、効率が低下している可能性がある。そこで、図 7 に示すように、データ再配置を実施し、同一スレッドに属する要素が連続の番号となるよう配慮した。

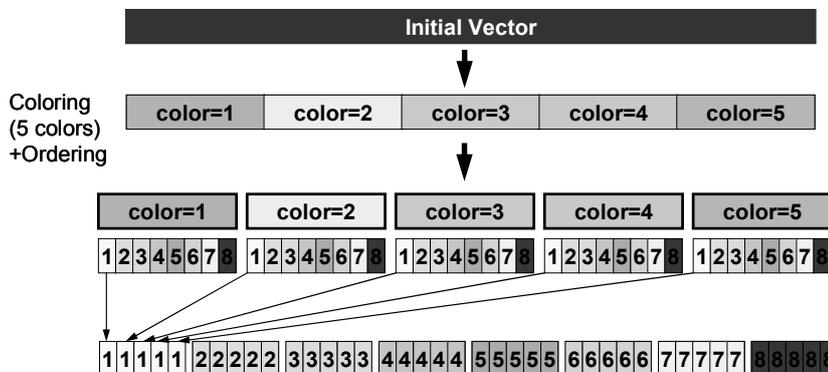


図 7: データ再配置例 (5 色、8 スレッドの例)、同一スレッドに属する要素が連続の番号となる

3.5.4 結果

図 8 は、32 ノードを使用した場合の各ケースのベストケースの性能である。線形ソルバーの計算時間を比較している。「Initial」は、NUMA Control を適用しない場合であり、これが参考文献 5) 等で紹介されている地球シミュレータ向けのケースとほぼ同等である。Flat MPI を使用した場合のケース 1 のベスト性能 (Policy 2) の場合で無次元化してある。Hybrid では、NUMA Control により 2 倍から 3 倍の性能の向上が見られる。HB 4×4 では各ソケットに 1 領域が割り当てられているため、First Touch やデータ再配置の影響は少ないが、HB 8×2、16×1 の場合は効果的である。32 ノードでは HB 4×4 が最もよく、HB 8×2、16×1 も Flat MPI に匹敵する性能である。Hybrid 疎行列ソルバーは Flat MPI と比較して memory-bound であり、ノード数が増えて、コアあたりの問題規模が減少した場合に相対的に性能が向上する。図 9 は、全体の問題規模を固定してノード数 (コア数) を変更した

「Strong Scale」の場合の各 Hybrid 並列プログラミングモデルの Flat MPI に対する相対性能である。コア数が増加しコア当たりの問題規模が小さくなると、相対性能が向上している。

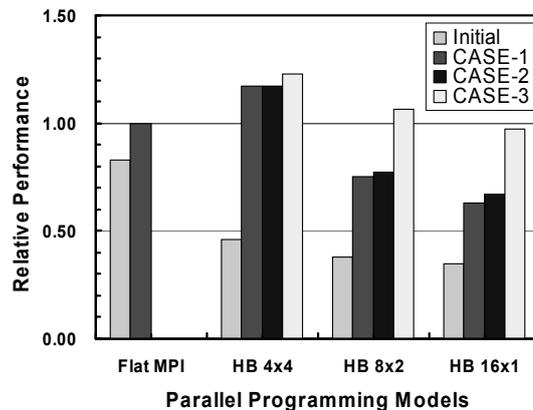


図 8:32 ノード(512 コア)使用時の線形ソルバー部分の相対性能、Flat MPI のベストケース(Policy 2)で無次元化してある、1 コアあたりの自由度数は約 12.6 千

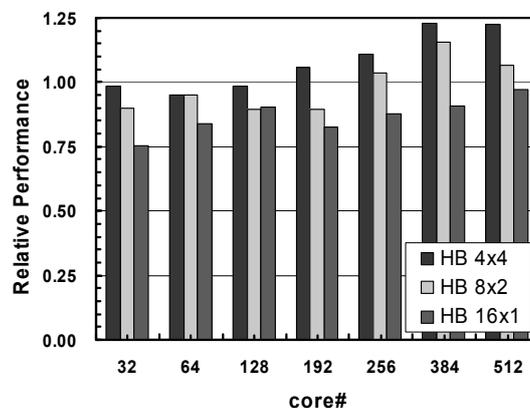


図 9: Strong Scale 時における Hybrid 並列プログラミングモデル(各コア数におけるベストケース)の相対性能、Flat MPI のベストケース(Policy 2)で無次元化、全体問題規模:6、440、067 DOF

3.6 まとめ

並列有限要素法アプリケーションに対して、階層型領域間境界分割に基づく SGS/CG 法および OpenMP と MPI の Hybrid 並列プログラミングモデルを適用し、T2K オープンスパコン(東大)の 512 コアにおいて Flat MPI との性能比較、最適化を実施した。First Touch Data Placement、データ再配置、適切な NUMA control の組み合わせにより、特にコア当たり的问题規模が小さい場合、Hybrid 並列プログラミングモデルが Flat MPI と同等かそれを上回る性能を得られることがわかった。今後は、Fill-in レベルの高い前処理に対して適用できるように改良していくとともに、1 コアあたりの性能を高めしていく必要がある。

4 並列適応格子とその応用

有限要素法、差分法などによる数値シミュレーションでは、空間メッシュのサイズが精度に大きく影響する。固体力学では応力集中、破壊、流体力学では剥離、衝撃波など、従属変数が大きく変動するような現象が生じる領域では、他の領域と比較して細かいメッシュが必要となる。実問題では、このような現象が生じる領域は、全体のごく一部であり、かつ予め明らかでない場合が多いため、粗いメッシュからスタートして、計算結果の空間分布に応じて局所的にメッシュを変更する「適応格子法」が用いられる。特に、メッシュを細分化する「h 型適応格子(h-Adaptive Mesh Refinement, AMR)」が広

く使用されている。AMR を並列計算に適用した場合、領域間で負荷の不均衡が生じるために、各領域の負荷が均等となるように再分割 (repartitioning) を実施する必要がある。領域再分割には、METIS の並列版である ParMETIS (Parallel Graph Partitioning and Fill-reducing Matrix Ordering)、JOSTLE などのライブラリが使用されている。特に、マルチレベルグラフ理論に基づいた ParMETIS は高速、安定な手法でライブラリの入手も容易であり、並列領域再分割ツールとして最も広く使用されている。領域を再分割した後は、領域間で様々なデータを移動するデータマイグレーション (data migration) が必要となる。このプロセスは個別のアプリケーションのデータ構造にも強く依存するが、近年 Zoltan のような汎用的なツールも開発されている。筆者らは、六面体要素に基づく並列有限要素法について局所細分化 (AMR)、負荷分散 (領域再分割、データ処理・マイグレーション) を実施するフレームワークを開発中である (図 10)。ここでは、特にデータ処理・マイグレーションについて、アルゴリズムの詳細とともに PC クラスタ及び T2K オープンスパコン (東大) による計算例を示す。プログラムは FORTRAN90、C および MPI によって記述されている。

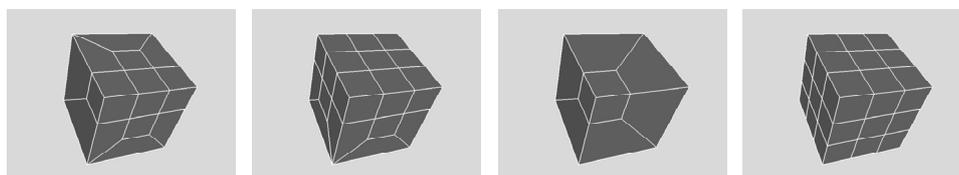


図 10 : 六面体要素の適合型細分化タイプ

データマイグレーションの処理時間は ParMETIS による領域再分割部分と比較して 512 コアでも半分程度であり、all-to-all 型の通信の使用を可能な限り避けているものの、コア数増加とともに処理時間が増加する傾向にあり、アルゴリズムの改良、ParMETIS の最適パラメータの設定が必要である (図 11)。特に処理時間を要している Data Removal の部分は問題に大きく依存する部分であり、様々な条件下における評価が必要である。今後は、局所細分化、負荷分散部分を実際の並列有限要素法コードに組み込んで、実際の計算に利用しつつ評価、改良を実施していく予定である。

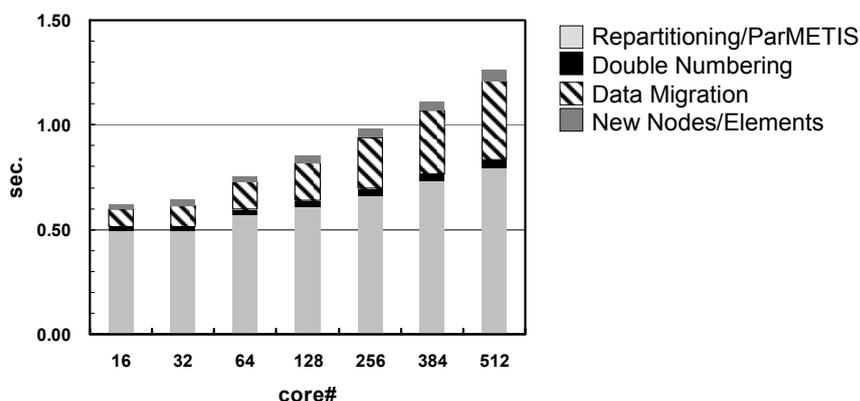


図 11 : 領域数変化時の負荷分散プロセス処理時間

5 東京大学における全学的 HPC 教育の試み「学際計算科学・工学人材育成プログラム」

5.1 背景

計算科学・工学、ハードウェアの急速な進歩、発達を背景に、「第 3 の科学」としての大規模並列シミュレーションへの期待は、産学において一層高まっている。最新ハードウェアを駆使して、大規模並列シミュレーションプログラムを開発するための体系的な教育プログラムの事例は、世界的に見ても少ない。

本学では 2008 年初頭から、「T2K オープンスパコン、次世代スーパーコンピュータ等を駆使した大規模シミュレーションを実施し、新しい科学を開拓する人材」を育成するための全学的な教育プログラムとして「学際計算科学・工学 人材育成プログラム」構想が検討されている。平尾公彦副学長をヘッドとして、情報基盤センターが中心となっており、関連部局（理学系・工学系・情報理工学系・新領域創成科学各研究科、生産技術研究所、気候システム研究センター）の緊密な協力のもとに作業が進められている。2008 年度冬学期から既に試験的な講義が開講されている。

5.2 人材育成プログラムの概要

本人材育成プログラムの特徴は単に講義、演習を実施するだけでなく、大規模並列計算機を使って研究開発を行う研究者、技術者の活動を生涯支援するような環境を整備することを念頭においている点にある。

具体的には HPC-MW、HEC-MW²のような大規模シミュレーションプログラム用開発基盤を整備する。このような開発基盤は計算科学と計算機科学の緊密な連携を考える上でも重要であり、両者の融合分野としての学際計算科学・工学の核となるものである。

教育カリキュラムについては、筆者が東京大学地球惑星科学専攻で 2003 年度～2007 年度に実施した「地球物理数値解析」、「並列計算プログラミング」、「先端計算機演習」の他、地球惑星物理学科、地球惑星科学専攻で実施されている講義、演習をベースに策定している[発表 1]。

教育カリキュラムの特徴は、「4S 型人材育成戦略: System、Stage、Status、Style」である。

System:

科学技術計算プログラミングを習得するためには「**SMASH**」すなわち、**S**cience、**M**odeling、**A**lgorithm、**S**oftware、**H**ardware の幅広い分野をカバーすることが必要である(図 12)。カリキュラム全体としてはもちろん個々の講義、演習においてもできるだけ「SMASH」をバランス良く習得できるよう配慮することが体系的教育の最も重要なポイントである。

Stage:

- 並列プログラミングを習得するためには、
- ① 計算機リテラシ、プログラミング言語
 - ② 基本的な数値解析
 - ③ 実アプリケーションのプログラミング
 - ④ その並列化

という 4 つの段階(stage)が必要である。最も重要かつ、最も体系的教育が欠如しているのが③の段階である。本人材育成プログラムでは④までを修士課程修了時までには習得することを目指している。

Status:

一言で「人材育成」と言っても様々なレベルがある。アプリケーション

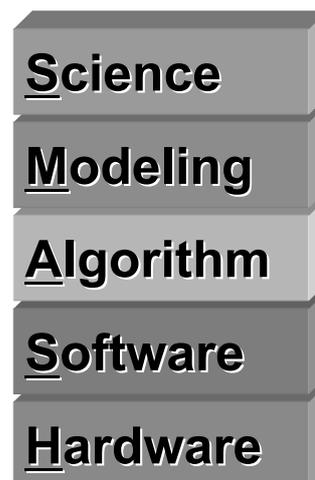


図 12 : SMASH : 科学技術計算の真髄

² <http://hpcm.w.tokyo.rist.or.jp/>

ンを使える人材、開発できる人材の育成が主であるが、「開発基盤」の研究開発に携わる学際的な人材(すなわち将来、並列プログラミング教育に携わることのできる人材)、また新しい先端的並列計算機システムを設計できる人材の育成も視野に入れていく必要がある。

Style:

「Stage」であげた、①、②については学部レベルでほとんどの学生が学んでいるが、③、④については新たな履修科目となる。集中講義、講習会、e-Learning など様々な形態(style)の教育を提供することで、学生の負担増を極力抑え、効果的な学習を促進する。

5.3 2008 年度活動の概要

5.3.1 WG 活動

カリキュラム策定のためにワーキンググループ(WG)を設置し、検討を実施した。メンバーは以下の通りである:

- 各研究科代表
 - 奥田洋司 教授(工学系研究科システム創成学専攻、人工物工学研究センター)
 - 常行真司 教授(理学系研究科物理学専攻)
 - 須田礼仁 准教授(情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻)
 - 中谷昭弘 准教授(新領域創成科学研究科情報生命科学専攻)
- 情報基盤センター
 - スーパーコンピューティング研究部門教員

WG を 4 回開催したほか、各分野でシミュレーションに関わる研究・教育に携わる教員にヒアリングを実施した。2008 年度は、基本的な方針を定め、試験的な講義・演習を開講していくこととなった。

- 各専攻とも、既存の講義・演習で手一杯のため、学生に負担のかからないようなやり方が望ましい。集中講義、e-Learning は有効である。
- 5.2 に示した「Stages」のうち、①、②については各学科・専攻で実施している既存の講義をそのまま継続する。ただ、③、④につながるようにガイドラインを作成する。
- ③、④については、以下のように離散化手法(有限要素法、差分法、分子動力学、非数値的手法等)ごとに基礎的な内容に基づき各研究科で講義・演習を開講する。
 - 有限要素法:情報理工学系研究科(2009 年度より(但し 2008 年度冬学期より試験的講義開講))
 - 有限体積法:理学系研究科(開講済み)
 - 分子動力学法、境界要素法:工学系研究科(開講済み)
 - 非数値的手法:新領域創成科学研究科(2010 年度より)
- 大規模なシミュレーションプログラムを開発するためには、計算機アーキテクチャに関する知識(すなわち SMASH の「H」)が不可欠である。2009 年度より情報理工学系研究科において夏季集中講義として「実践コンピュータシステム I・II」を開講し、並列コンピュータ上で先端的アプリケーションを設計・実装するために必要な基礎知識を学ぶこととする。

5.3.2 並列計算プログラミング・先端計算機演習(理学系研究科)

「学際計算科学・工学人材育成プログラム」の一環として、大学院理学系研究科地球惑星科学専攻で「並列計算プログラミング・先端計算機演習」を実施した[特記 27]。2008 年度夏季集中講義として、2008 年 7 月～9 月にかけての 13 回の講義と演習を実施した。本講義・演習は、21 世紀 COE プログラム「多圏地球システムの進化と変動の予測可能性(観測地球科学と計算地球科学の融合拠点

の形成)」(2003 年度～2007 年度)において 2004 年度より開講されたもので、2008 年度からは「理学系研究科大学院教育高度化プログラム」に認定され、夏季集中講義として開講された。

本講義・演習は、科学技術計算プログラミングに必須の項目である「SMASH (Science-Modeling-Algorithm-Software-Hardware)」を、できるだけ幅広くカバーし、広い視野を持った人材を育成することを最終的な目標とし、特に、MPI (Message Passing Interface) を使って、差分法、有限要素法、境界要素法等によるアプリケーションを並列化する能力を身につける、ことを重視している。

MPI には 400 以上の関数があるが、実際、科学技術シミュレーションで必要になるのは 10 程度である。本講義・演習では、まず、科学技術シミュレーションの手法を図 13 に示す 2 種類(局所的手法、大域的手法)に分類し、それぞれを「並列化」するために必要な最小限の MPI 関数(1 対 1 通信、グループ通信)について習得する。MPI の基本的な考え方である SPMD (Single-Program Multiple-Data) (図 14)を実際のアプリケーションの並列化を通して学ぶことに主眼を置いている。

講義では、アプリケーションの中身をよく理解し、並列化するための局所データ構造をどのように考えるか、というような話題を中心に進める。アプリケーションの中身、アルゴリズムの特性、をよく理解していれば、「並列化」というのはそれほど難しいことではない。従って講義の中では「並列計算」に直接結びつくものは少なく、むしろ基礎的なモデリングやアルゴリズムに関する基本的な項目について、学習することを重視している。ごく基本的なプログラミングと数値解析に関する知識があれば、これまで、自分でアプリケーションプログラムを開発した経験が無くても充分受講できる内容である。

プログラミング能力を高めるためには実習が必須である。本講義・演習では T2K オープンスパコン(東大)を使用したプログラミング実習を実施した。

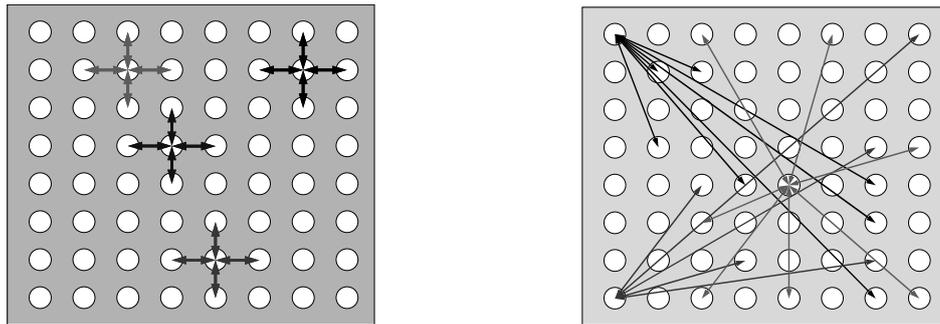
受講条件、前提とする知識

- 大学教養程度の物理、数学(線形代数、解析学)の知識
- LU 分解法、Gauss-Seidel 法などの基礎的な数値解析アルゴリズムに関する知識
- C または FORTRAN によるプログラミングの経験
- UNIX 環境についての基本的な知識と利用経験
- 情報基盤センター教育用計算機システム(ECCS2008)のアカウント

授業細目

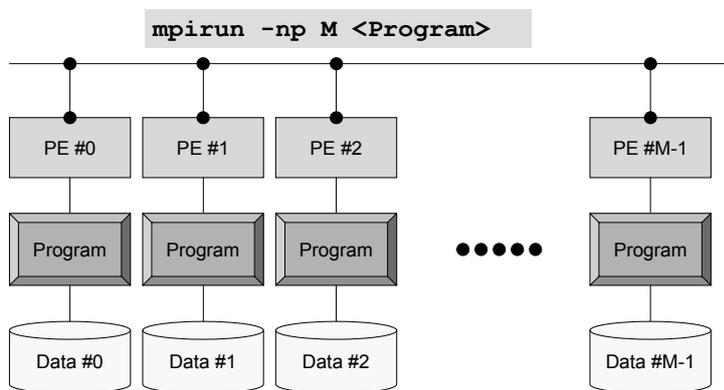
- ① 数値解析の基礎
- ② 連立一次方程式の解法
- ③ MPI によるプログラミング概要
- ④ 並列アプリケーション開発手法(有限体体積法、粒子間熱伝導法)
- ⑤ 並列可視化手法
- ⑥ チューニング手法(スカラー、ベクトル)
- ⑦ T2K オープンスパコン(東大)による実習

2008 年度は合計 34 名の受講者があった。2009 年度は同様の内容(ただしよりコンパクトなもの)で 8 月 17 日～28 日の間に集中講義として実施する。



- 局所的手法（差分法，有限要素法等）
 - 疎行列，1対1通信（point-to-point）
- 大局的手法（境界要素法，スペクトル法等）
 - 密行列，グループ通信（collective）

図 13：科学技術シミュレーション手法の分類



各プロセスは「同じことをやる」が「データが違う」
大規模なデータを分割し、各部分について各プロセス(プロセッサ)が計算する

図 14：SPMD (Single-Program Multiple-Data) の考え方

5.3.3 コンピュータ科学特別講義 I (科学技術計算プログラミング(有限要素法))(情報理工学系研究科)

「学際計算科学・工学人材育成プログラム」の一環として、大学院情報理工学系研究科地球惑星科学専攻で「コンピュータ科学特別講義 I：科学技術計算プログラミング(有限要素法)」を 2008 年冬学期に実施した[特記 28]。

偏微分方程式の数値解法として、様々な科学技術分野のシミュレーションに使用されている有限要素法について、背景となる基礎的な理論から、実用的なプログラムの作成法まで、連立一次方程式解法などの周辺技術も含めて講義を実施し、情報基盤センター教育用計算機システム (ECCS2008) を使用したプログラミングの実習を行なった。題材としては一次元及び三次元熱弾性静力学を扱った。更に、並列計算プログラミングのためのデータ構造の考え方、並列アルゴリズム、並列プログラムの作成法に関する講義、T2K オープンスパコン(東大)実習を実施した。

有限要素法は計算機と深い関係にあり、計算機の発展とともに進歩してきた分野であるが、本学の各学部、研究科において実施されている有限要素法関連の講義は、理論、アルゴリズムに関する教育が中心で、プログラミングまでカバーしているものはほとんどない。また、有限要素法は最終的には疎行列を係数とする大規模な連立一次方程式を解くことに帰着されるため、疎行列を係数とする行列解法と密接な関係を持っている。有限要素法を学ぶためには、背景となる物理、変分法などの基礎的な理論の他に、疎行列解法、特にプログラミングのためには疎行列の係数格納法に習熟することが不可欠であるが、疎行列解法まで含んだ教育を実施している講義はない。

担当者は、計算力学が専門であるが、数値線形代数、特に実用問題向けの前処理付並列反復法の研究に長年従事しており、疎行列解法と関連したプログラミング技術の教育を実施してきた。本講義は有限要素法そのものだけでなく、連立一次方程式解法についても学習できる非常にユニークな試みと言える。

大規模並列シミュレーションにおいては、科学・工学と計算機科学の専門家の密接な協力が必要である。本講義は、単に並列アプリケーション開発技術を習得するだけでなく、特にコンピュータ科学専攻の学生がアプリケーション側のニーズを把握し、両分野の融合領域を開拓する問題意識を育てることを目的としている。

受講条件、前提とする知識

- 大学教養程度の物理、数学(線形代数、解析学)の知識
- LU 分解法、Gauss-Seidel 法などの基礎的な数値解析アルゴリズムに関する知識
- C または FORTRAN によるプログラミングの経験
- UNIX 環境についての基本的な知識と利用経験
- 情報基盤センター教育用計算機システム(ECCS2008)アカウント

授業細目

- ① 概要
- ② 有限要素法の基礎理論
- ③ ガラーキン法による有限要素法の実装
- ④ 疎行列解法、前処理手法
- ⑤ 有限要素法プログラミング解説(一次元・三次元問題)
- ⑥ プログラミング実習(情報基盤センターECCS2008システムを使用)
- ⑦ 並列有限要素法入門、T2K オープンスパコンによる実習

2008 年度は合計 16 名の受講者があった。2009 年度は夏学期と冬学期に分けて、冬学期は並列有限要素法についてより詳細な講義・演習を実施する予定である。

6 成果要覽

招待講演

- [招待 1] Kengo Nakajima: Early Experiences in "T2K Open Super Computer (Todai Combined Cluster)" with AMD Quad-Core Opteron processors, NERSC Scientific Computing Seminar, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2008.
- [招待 2] 中島研吾:「人材育成も視野に:スーパーコンピューティング・ミドルウェアの開発」, IBM 天城 HPC セミナー2008「Expect Unexpected - 大規模アプリケーションと大規模システムの Collaboration」, 2008.
- [招待 3] Kengo Nakajima: Strategy of Domain Partitioning for Parallel Preconditioned Iterative Solvers in the Multi-Core Era, 5th GSIC International Symposium (Leading Studies on Computational Mechanics), Tokyo Institute of Technology, 2008.
- [招待 4] 中島研吾:「東京大学における全学的 HPC 教育の試み:学際計算科学・工学人材育成プログラム」, 第7回 HSS (Hokudai Simulation Salon) ワークショップ, 2009.

受賞

- [受賞 1] 中島研吾:平成 20 年度山下記念研究賞(情報処理学会), 2008.

査読付論文リスト

- [査読付 1] Kengo Nakajima: Sparse Approximate Inverse Preconditioner for Contact Problems on the Earth Simulator using OpenMP, International Journal of Computational Methods 5-2, pp.255-272, 2008.
- [査読付 2] Kengo Nakajima: Parallel Multistage Preconditioners by Hierarchical Interface Decomposition on "T2K Open Super Computer (Todai Combined Cluster)" with Hybrid Parallel Programming Models, Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Cluster Computing (Cluster 2008), pp.298-303, 2008.
- [査読付 3] Kengo Nakajima: Strategies for Preconditioning Methods of Parallel Iterative Solvers in Finite-Element Applications on Geophysics, Advances in Geocomputing, Lecture Notes in Earth Science 119, pp.65-118, 2009.

その他発表論文リスト

- [発表 1] 中島研吾:究極の「並列プログラミング教育」を目指して 地球惑星科学専攻での 4 年間と「学際計算科学・工学 人材育成プログラム」, スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 10-3, pp.30-44, 2008
- [発表 2] 中島研吾:並列有限要素法のための新しい領域分割手法, 日本計算工学会第 13 回計算工学講演会, 2008
- [発表 3] 中島研吾:六面体メッシュの適合型並列局所細分化と負荷分散, 情報処理学会研究報告(HPC-116), pp.163-168, 2008.
- [発表 4] Kengo Nakajima: Parallel Multistage Preconditioners by Extended Hierarchical Interface Decomposition for Ill-Conditioned Problems, International Kyoto Forum 2008 on Krylov Subspace Methods, 2008

- [発表 5] 中島研吾:悪条件問題における並列前処理・領域分割手法, 日本応用数理学会 2008 年年会, 2008.
- [発表 6] Kengo Nakajima: Middleware for Petascale Coupled Simulations, Second International Symposium for “Integrated Predictive Simulation System for Earthquake and Tsunami Disaster”, 2008.
- [発表 7] 中島研吾:並列適応格子とその応用, 第 22 回数値流体力学シンポジウム, 2008.
- [発表 8] 中島研吾:T2K オープンスパコン(東大)チューニング連載講座(その 5)「OpenMP による並列化のテクニック:Hybrid 並列化に向けて」, スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 11-1, pp.20-46, 2009.
- [発表 9] 中島研吾:日本応用数理学会「2008 秋の学校」:科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門, スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 11-1, pp.20-46, 2009.
- [発表 10] 中島研吾:マルチコアクラスタにおける有限要素法アプリケーションのための階層型領域間境界分割に基づく並列前処理手法, 情報処理学会研究報告(HPC-119-18), pp.103-108, 2009.
- [発表 11] Kengo Nakajima, Takashi Furumura, Tsuyoshi Ichimura, Toshio Nagashima, Hiroshi Okuda, and Tatsuhiko Saito: Coupled Simulations in Integrated Predictive Simulation System for Earthquake and Tsunami Disaster, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE09), MS107: Multiphysics Modeling: Frameworks and Applications Part-I, 2009.
- [発表 12] Kengo Nakajima: Robust and Efficient Parallel Preconditioning Methods with Hierarchical Interface Decomposition for Multicore Architectures, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE09), MS115: Current Auto-tuning Challenges: Multicore Architecture and Crucial Algorithms Part-II, 2009.
- [発表 13] Kengo Nakajima: Optimization of Preconditioned Parallel Iterative Solvers for Finite-Element Applications using Hybrid Parallel Programming Models on “T2K Open Supercomputer (Tokyo)”, The 11th International Specialist Meeting on Next Generation Models on Climate Change and Sustainability for High Performance Computing Facilities, 2009.
- [発表 14] Kengo Nakajima: Parallel Programming Support for Applications with Unstructured Meshes: Expectations for "Local View" of XcalableMP, International Workshop on Peta-Scale Computing Programming Environment, Languages and Tools (WPSE 2009), 2009.

特記事項

- [特記 1] パネリスト, 「学際計算科学・工学人材育成プログラム」, 理化学研究所次世代スーパーコンピューティングシンポジウム 2008(次代を担う世界水準の人材育成に向けて), 分科会 B「計算機科学と計算科学の学際融合ーその意義と人材育成を考えるー」, 2008.
- [特記 2] パネリスト, 「ペタスケール計算への道:T2K 連携の次の一手(人材育成)」, T2K シンポジウム 2008 in 京都, 2008.
- [特記 3] パネリスト, 「オープンスパコンの次にくるもの」, 第 8 回 PC クラスタシンポジウム, 2008.
- [特記 4] 日本計算工学会 評議員
- [特記 5] 日本応用数理学会 評議員
- [特記 6] 日本応用数理学会 学会誌編集委員(幹事)

- [特記 7] 日本応用数学会 「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会運営委員
- [特記 8] 日本機械学会計算力学技術者認定事業 計算力学技術者 1 級・2 級 (固体力学分野の有限要素法解析技術者) 認定試験 試験問題作成委員 (能力開発促進機構 計算力学技術者認定事業委員会 固体力学分野 試験問題作成 WG 委員) (2005.4~)
- [特記 9] 情報処理学会 論文誌 (コンピューティングシステム) 編集委員
- [特記 11] Associate Editor, SIAM Journal for Scientific Computing
- [特記 12] 日本計算工学会第 13 回計算工学講演会 実行委員, 2008.
- [特記 13] Technical Committee Member (Scientific and Engineering Computing), 2008 IEEE 11th International Conference on Computational Science and Engineering, 2008.
- [特記 14] Member of International Program Committee, The 21st ISCA International Conference on Parallel and Distributed Computing and Communication Systems (PDCCS 2008), 2008.
- [特記 15] 日本応用数学会 2008 年度年会, 実行委員, 2008.
- [特記 16] Member of Program Committee, 2008 IEEE International Conference on Cluster Computing (Cluster 2008), 2008.
- [特記 17] Member of Program Committee, The Third International Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT 2008), 2008.
- [特記 18] Member of Organizing Committee, Second International Symposium for “Integrated Predictive Simulation System for Earthquake and Tsunami Disaster”, 2008.
- [特記 19] Member of Technical Papers Committee, 2008 IEEE International conference on high performance computing, networking, storage, and analysis (SC08), 2008.
- [特記 20] ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム HPCS2009, プログラム委員長, 2009.
- [特記 21] Member of International Program Committee, IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Networks (PDCN 2009), 2009.
- [特記 22] セッションオーガナイザ, 日本計算工学会第 13 回計算工学講演会「大規模シミュレーションと並列前処理手法」, 2008.
- [特記 23] Co-organizer of Organized Session, 2008 Western Pacific Geophysics Meeting, ”U06: Geo-Computing”, 2008.
- [特記 24] セッションオーガナイザ, 第 22 回数値流体力学シンポジウム「並列計算, グリッド計算」, 2008.
- [特記 25] Co-organizer of Mini-Symposium, 2009 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE09), ”MS107, 115: Multiphysics Modeling: Frameworks and Applications Part I-II”, 2009.
- [特記 26] 学際計算科学・工学人材育成プログラム, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/CSEedu/>
- [特記 27] 並列計算プログラミング, 先端計算機演習, 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/08s/>
- [特記 28] コンピュータ科学特別講義 I, 東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/08w/>

スーパーコンピューターに基づく 大規模数値計算に関する研究

金田 康正

1 概要

本研究報告は2008年度中に行った、以下に示す4種類の研究テーマ(前2種類の研究テーマは主に研究室の大学院修士学生の研究テーマ。頁数の関係で博士二名分の報告は行っていない。)に関する研究概要報告である。まず研究の背景を述べた後、それぞれの研究テーマの説明を以下に行う。

- GPUにおける単精度浮動小数点数を用いた倍精度相当の精度を有する演算
- POWER5+における改良した4倍精度演算に基づくFFTの実装と評価
- pi.super-computing.org 上での π 並びに関連する情報公開
- 並列実行性能の高い数値計算ライブラリー及びプログラム開発環境に関する研究開発

2 背景

毎年の報告で繰り返し記述している事であるが、本センタースーパーコンピューティング研究部門教員の研究における主たる役割として、「利用者サービスに提供している現有のスーパーコンピューターの安定運用並びに、スーパーコンピューターの可用性向上の為の各種問題点の摘出」、また「利用者が将来要求する高性能計算需要をスーパーコンピューターの将来動向を見据えた上で安定的に導入・提供する事柄に関する情報収集や研究活動」がある。

また教育における役割として、「工学系研究科電気系工学専攻並びに新領域創成科学研究科基盤情報学専攻の情報基盤センターに割り当てられている学生定員に対する兼任教員としての、同専攻修士・博士学生の教育指導」も、前者に劣らず主要な役割となっている。ちなみに2008年度は博士1年1名、修士2年1.5名、修士1年0.5名、計4名の教育指導を行った。(なお0.5名は10月入学の修士学生。)これまでは理学系研究科情報科学専攻の兼任として修士・博士課程の学生指導を引き受ける事はあったが、毎年一定数の学生教育を引き受けるという状況にはなっていなかった。学生定員が文部科学省定員として本センタースーパーコンピューティング研究部門とネットワーク研究部門に措置されてからは、ほぼ毎年一名の学生が進学してくる様になり、中・長期的な研究テーマに取り組む事が可能となった。なお情報基盤センターに対する学生定員が情報基盤センターになって初めて実現したという事、また2008年度からは工学系研究科へ移っている事を記録としてここに記しておく。

私の研究室の指導方針として、研究テーマは各人の興味に基づき選択させている。また研究効率を考えると、競争的研究資金を獲得せずとも基本的に一人で実施できる研究テーマを選ぶとともに、たとえ時間がかかったとしても誰かが実際に使う(=役に立つ)成果物を得る事を心がけている。2005年度以降の年報はそれまで発行していたセンター全国共同利用部門が発行している年報の記述内容と変更になったが、それまでの年報の記載内容もそれぞれの教員の研究・教育活動報告であった事を考え、報告内容の継続性が重要であるという事を考慮しつつ、これまでとは記載する研究テーマの順序を変

更し、まずは研究指導の一環で研究室学生が得た成果を記載し、その次に学生が関係しない研究テーマの研究成果を記載するという流れで、2008年度の研究・教育活動報告を以下に記す。

3 研究内容

3.1 GPUにおける単精度浮動小数点数を用いた倍精度相当の精度を有する演算

本研究は本研究室の修士2年の廣田知章君が修士課程2年間に行った研究である。彼がこれまでに得た成果の一部は、すでに印刷公表されている論文[文献1]で発表済みである。この研究の概要を以下に示す事にする。

NVIDIA が提供を開始した、GPU 向けのスタンダードな C 言語のコンパイラやライブラリーを含む CUDA (Compute Unified Device Architecture) と呼ばれる統合開発環境により、GPU を用いた汎用コンピューティングに大きな進展がもたらされている。CUDA と CUDA が動作する 8、9-Series GPU の登場により、CPU から GPU へのプログラムの移植が従来と比べて容易になり、様々なアプリケーションが GPU に移植され 10 から 100 倍の高速化が実現された旨の報告がある。しかし、8、9-Series GPU では倍精度演算がサポートされていなかった為、演算精度が足りないという問題で移植の意味が無いアプリケーションが多数存在した。汎用コンピューティング分野からの倍精度演算のハードウェアサポートの要望は多く、NVIDIA は最新の GT200 世代のアーキテクチャーから倍精度浮動小数点演算ユニットの実装をはじめた。ただし、単精度と比べて倍精度の演算速度は 1/10 程度でしかない。その為、倍精度演算と単精度演算との性能差は依然大きく、GT200 世代の GPU においても単精度演算が中心となっている。GPU を用いる汎用コンピューティングの分野において、GPU 上の単精度演算ユニットを用いて倍精度相当の精度を有した演算が容易に実現可能となれば、GPU を汎用コンピューティングで利用する機会が増えるものと考えられる。

現在では、GPU は専門の研究者の環境だけでなく、通常の PC 環境に標準で搭載されておりしかもその数は膨大であるが、このような既に普及している GPU は単精度演算のみをハードウェアで実現する。単精度演算ユニットを利用し、倍精度相当の精度を有した演算を可能とする事で、GPU の高速な演算リソースを精度問題を意識する事なくすぐにも利用可能になる。これは新たな GPU の設置にかかるコストの削減にもつながるだけでなく、膨大な計算リソースの活用への大きな可能性を秘めている。また倍精度演算がサポートされた GPU において、単精度と倍精度とを利用した混合精度のアプリケーションなども考えられる。このような場合でも、単精度演算ユニットの一部を倍精度相当の演算に用いる事で倍精度演算ユニットと協調したり、全ての単精度演算ユニットを専念させたりする事で倍精度演算性能の向上も期待できる。

そこで、CUDA を用いて単精度浮動小数点数により倍精度相当の演算を行う基礎的な研究を行った。具体的には単精度浮動小数点数を 2 つ用いて、1 つの倍精度相当の値を表現する double-float 型を提案する。実行環境の GeForce 8800 GTX 上で CUDA に適したプログラミングモデルの評価の為幾つかの実験を行うとともに、提案手法を行列積に適用し演算速度および演算精度についての評価・考察を行った。この実験環境は、OS は Fedora 9 カーネル (2.6.26.3-29.fc9.x86_64)、Intel(R) Core(TM)2 Quad CPU Q6700 2.66GHz、メモリーは 4GB、マザボードは ASUS P5N32-E SLI、GPU は NVIDIA GeForce 8800 GTX、CUDA2.0 を用いており、CUDA ドライバの version は 177.67、コンパイラ nvcc は release 2.0、V0.2.1221 である。

本研究では 32 bits の単精度浮動小数点数を 2 個用いて表現する、double-float 型というデータ型を提案する。このデータ型は仮数部の桁数を増やす事によって精度を上げる事を目的としており、指数部のビット数が増えるわけではないので、絶対値が大きなあるいは小さな値を表現できるようにはならない。具体的には double-float 型は、32 bits 単精度浮動小数点数によって上位と下位の 2 つの単精度数によって表現しており、下位の単精度数の絶対値は上位の単精度数の最下位ビットの 0.5 倍よりも小さい為、2 つの単精度数がオーバーラップする事はない。したがって下位の単精度数は精度

を高める目的で利用できる。性能評価として、GPUにおける単精度浮動小数点数を用いた倍精度相当の精度を有する行列演算を用いて行っている。

CUDA プログラミングにおいてグローバルメモリーへのアクセスでは結合アクセスと呼ばれる、通常のCPUとは異なる特殊なメモリーアクセスで高速化を達成する為、入出力となる行列のデータ格納方法は演算速度に大きく影響する事が分かった。また、GPUを用いた汎用プログラミングにおいてはホスト上で用意されたデータをデバイス上にコピーする事で初めて利用が可能となる。そこで、行列データの格納方法によっては、ホストに用意された行列データをデバイス上にコピーする際には効率が良くても、演算カーネルにおいては不都合なデータ格納方法になるといった問題も生じる。さらに double-float 型の上位桁と下位桁をそれぞれ集めた、上位桁行列や下位桁行列といったデータ格納方法を採用する事により高速化が達成される事を示している。また、このようなデータ格納方法によって通常の単精度行列積の自然な拡張として実装も可能となっている。CUDAを用いたプログラミングではホスト デバイス間でのデータ転送において、転送回数はできるだけ少なく、一度に転送するデータ量はできるだけ大きくすると効率が良い。そこで、入力となる2つの行列を一つにまとめた行列を用意する事でさらなる効率化が実現される事を示している。

以上示したようなGPUの特徴を考慮する事で、CPU換算で1037MFLOPSの性能を達成した。性能評価の内容としては不十分であるが、演算精度に関しては、CPU上における通常の倍精度浮動小数点数を用いた行列積演算の結果と、2048次元の正方行列の行列積において平均して11桁、1024次元の行列積において12桁の一致を達成した。これは通常の単精度浮動小数点数を用いた行列積演算の結果と比べて2048次元の行列積では3倍以上の桁数が一致した事に当たり、大幅な演算精度の向上が可能である事を示している事になる。

今後の課題として以下の項目が考えられる。

- double-float 型の下位桁同士の演算誤差の補正
- Compute Capability 1.0 以上の GPU 上での実装および評価
- FFT への適用
- double-float 演算を倍精度浮動小数点数に適用する事で GPU 上での 4 倍精度演算の実現

本研究の double-float 精度演算において、単精度浮動小数点数による演算に比べて大幅な精度の向上は達成したが、倍精度浮動小数点数と同等にまでには達していない。さらなる精度が必要とされる場合を想定し、下位桁同士の演算誤差の補正を行い、演算精度の評価を行うとともに、演算速度とのトレードオフの関係についても今後の課題として挙げられる。

本実験環境は Compute capability 1.0 であるが、それ以上の環境においてはグローバルメモリーアクセスへの結合アクセスの制約が緩やかとなるだけでなく、マルチプロセッサごとに搭載されるレジスタの増加およびマルチプロセッサでの最大アクティブワーブ数・スレッド数の増加などの向上がみられる為、double-float 精度演算による演算精度を保持しつつ高速化が可能であると期待される。さらに、Compute capability の変化により、本研究環境では行えなかった積和演算命令の連続発行を行うなど、更なる高速なアルゴリズムの適用が可能になる事で性能の向上が期待できる。

提案手法を FFT に適用する事により、BLAS 同様大幅な演算精度の向上が期待できる。浮動小数点演算回数による誤差の予想は本研究から可能である為、double-float 精度演算の適用による演算精度の予測値との比較や、FFT に適したアルゴリズムの構築などが必要であると考えられる。科学技術計算の基本となる BLAS や FFT が GPU 上で倍精度相当の精度を有して演算される事は、精度の問題で GPU を用いる事のできなかつた多くの分野に貢献する事になるだろう。

これからは、倍精度演算ユニットがハードウェアでサポートされる事が一般的になると予想される。GPU の高い理論性能を達成するようなアプリケーションが登場してきたときに問題になるのは精度で

ある。高い理論性能の活用は計算量の増加を意味し、計算誤差も増大し倍精度演算でも誤差が無視できなくなり事が予想される。本研究で提案している double-float 型は単精度浮動小数点数を対象としているが、容易に倍精度浮動小数点数に拡張が可能である。本研究ですでに CUDA に適用する際のノウハウが培われており、GPU 上で 4 倍精度演算を実現する際に大いに役立つと考えられる。

3.2 POWER5+における改良した 4 倍精度演算に基づく FFT の実装と評価

本研究は本研究室の 10 月入学の現在修士 2 年の筒井直機君が修士課程の研究テーマとして行っている研究である。以下にその概要を示す。

さて FFT(Fast Fourier Transform)[文献 2] は数値計算法の分野においてよく知られた手法であり、理工学の各研究・応用分野で使われている。これは倍精度演算では丸め誤差の影響が無視できない為に、要素数 n が大きければ大きいほど誤差の影響が大きくなる。この誤差の改善には計算精度を高めた高精度演算、例えば 4 倍精度演算が有効であるが、現在の CPU ではハードウェアレベルで 4 倍精度演算が実現されていない為に、4 倍精度演算をソフトウェアエミュレーションで実行する事になる為に、計算時間がかかってしまう事になる。ソフトウェアエミュレーションによる 4 倍精度演算の実現手段の一つとして、倍精度浮動小数点数を二つ用いた“double-double”精度を使用した 4 倍精度演算があり、ベクトルデータに対する“double-double”精度演算に関する高速化に関する研究がおこなわれている[文献 3][文献 4][査読付 1]、そこで本研究ではさらなる応用事例として、4 倍精度 FFT への適用とその高速化を現在試みている。

3.2.1 4 倍精度のデータ型と演算について

数値計算では、解析的に困難な問題を数値的に解く計算などに（有限桁の）浮動小数点演算を用いる方法が一般的である。有限桁演算である事により、多くの演算を実行すると誤差が蓄積し、最終的に求まる値には多かれ少なかれ誤差が含まれる事になる。しかもその演算誤差量は問題及び計算手法依存であるので、誤差が許容範囲内に抑えられているとは限らない事もある。その為、数値計算を行う際には浮動小数点データ型の精度について考慮した上で行わなければならない。

SR11000/J2 上の HITACHI 最適化コンパイラで採用されている 4 倍精度データ型のフォーマットは 2 つの倍精度数を用いて実装される事から“double-double”データ型と呼ばれる事もある。[文献 6] 4 倍精度データ型は 128bit 長であるが、前述の単精度データ型や倍精度データ型の規格のように固有のデータ型が用意されているわけではなく、2 つの倍精度データ型を使って表現されている。具体的には、仮数部の桁数を増やす事で精度を上げており、指数部が倍精度数と同じなので絶対値の大きい数あるいは小さな数は表現できない。この方法を採用する事で 4 倍精度用の特別なアーキテクチャーが不要で、比較的高速かつ高精度に計算できるようになっている。

3.2.2 4 倍精度演算の精度確保の方法

まず実数を有限桁で近似する時に発生する丸め誤差について述べる。丸め誤差は実数を扱う演算を行う時には必ず注意しなければならない要素である。

この丸め誤差検出手順を一般化したのが次に述べるアルゴリズムである。丸め誤差を考慮した浮動小数演算は、Dekker[文献 7] と Knuth[文献 8] らの手法によってそれぞれアルゴリズムが構成されている。また、以下全てのアルゴリズムは round to even の丸めモードを想定しており、浮動小数点演算 $\{+, -, \times, \div\}$ に対してそれぞれ $\{\oplus, \ominus, \otimes, \oslash\}$ を用いて記述する。そして浮動小数点同士の加算 $a + b$ は $a + b = fl(a + b) + err(a + b)$ と表され、 $fl(a + b)$ は $a + b$ の浮動小数点演算、 $err(a + b)$ は $a + b$ の演算で生じる誤差を示すとす。即ち精度の確保は、おおよその値とそれに付随する誤差を合わせる事で 4 倍精度の精度を確保している事になる。

3.2.3 4倍精度一般加算演算における誤差

任意の二つの数 $a \in R$ 、 $b \in R$ について考える。 a と b をそれぞれ計算機上の浮動小数点として表現し、 a と b の加算を考える。アルゴリズムは引数 a, b に対し、 $s = fl(a + b)$ と $e = err(a + b)$ を計算するものである。

以下に示す Knuth の加算アルゴリズム $TwoSum(a, b)$ は v と e の演算を行う所で、if 文を使う事なく全て算術演算子だけで計算を行っているのが特徴である。

```
TwoSum(a, b){
  s ← a ⊕ b
  v ← s ⊕ a
  e ← (a ⊖ (s ⊖ v)) ⊕ (b ⊖ v)
  return (s, e)
}
```

3.2.4 4倍精度加算 Quad-TwoSum

4倍精度加算は引数に大小関係の制約の無い浮動小数点演算 $TwoSum$ を用いて構成される。 $Quad-TwoSum(a, b)$ は $(s_H, s_L) = fl(a + b)$ を計算する。ただし、 a, b, s はそれぞれ倍精度数二つで構成された4倍精度数であり、 (s_H, s_L) は $s = s_H + s_L$ を表している。アルゴリズムを以下に示す。

```
Quad-TwoSum(a, b){
  (t, r) ← TwoSum(a_H, b_H)
  e ← r ⊕ a_L ⊕ b_L
  s_H ← t ⊕ e
  s_L ← t ⊖ s_H ⊕ e
  return (s_H, s_L)
}
```

この方法は上位桁で発生した誤差を下位に加算する時の誤差を考慮しない為、最終的に数ビットの欠落がある場合がある。演算回数は $TwoSum$ の 6Flop と加減算の 5Flop で合計 11Flop となる。倍精度数演算が 1Flop でハードウェアで計算されるのに対して、11倍にもなる演算回数が必要となる。

3.2.5 4倍精度乗算 SR11000-Quad-TwoProd 及び Improved-SR11000-Quad-TwoProd

本センターにある SR11000/J2 上のコンパイラ、Hitachi 最適化コンパイラに採用されている $SR11000-Quad-TwoProd(a, b)$ は以下に示すものであり、 $(p_H, p_L) = fl(a \times b)$ を計算する。ただし、 a, b, p はそれぞれ倍精度数二つで構成された4倍精度数であり、 (p_H, p_L) は $p = p_H + p_L$ を表している。

```
SR11000-Quad-TwoProd(a, b){
  m_1 ← a_H ⊗ b_L
  m_2 ← a_L ⊗ b_H
  t ← m_1 ⊕ m_2
  p_H ← fl(a_H × b_H + t)
  e ← fl(a_H × b_H - p_H)
  p_L ← e ⊕ t
  return (p_H, p_L)
}
```

SR11000-Quad-TwoProd は 2, 3 行目の演算を FMA を使ってまとめる事ができる為、本実験では、その部分を改良した以下に示す Improved-SR11000-Quad-TwoProd を採用している。

```
Improved-SR11000-Quad-TwoProd(a, b){  
  m1 ← aH ⊗ bL  
  t ← fl(aL × bH + m1)  
  pH ← fl(aH × bH + t)  
  e ← fl(aH × bH - pH)  
  pL ← e ⊕ t  
  return (pH, pL)  
}
```

3.2.6 レイテンシーの隠蔽

浮動小数点演算ユニット (FPU: Floating point number Processing Unit) の性質を考慮してデータ転送やレイテンシーの隠蔽を行う事ができれば、より最適化できる事になる。数値計算アルゴリズムの一つである FFT には特定の形をした計算が非常にたくさん出てくる。ページ数の関係でここでは詳しくは示さないが、多くの場所をパターン化し、並列化する事でレイテンシーを隠蔽している。

3.2.7 実験環境

実験環境として本センターにある並列計算機 SR11000/J2 を利用した。CPU のメモリー、キャッシュ、レジスターの構造は L2 および L3 キャッシュは 2 つのプロセッサで共有されており、L3 キャッシュは L2 キャッシュからキャッシュアウトしたデータが保存される。その為データはメモリーから L2、L1 キャッシュを経由してレジスターへ転送される。また、SR11000/J2 で使われている CPU は POWER5+ であり、CPU1 つあたりの FPU は 2 個となっている。

実験に用いたコンパイラーは gcc 4.1.1 と Hitachi 最適化コンパイラー cc を使用した。コンパイルは、gcc -O3 -m32 -mcpu=power5+ -mlong-double-128 と、cc -Os +Op -noparallel で行った。なお cc のオプションの説明は次の通りである。

- -Os 並列化、ループ融合、インライン展開などの最適化の指定。
- +Op 関係引数のポインタに依存関係が無い事を仮定する。
- -noparallel 自動並列化を行わない。
- -(no)roughquad 精度を落として高速な 4 倍精度加減算をする (しない)。

3.2.8 実験内容

実験では、Radix 2、4 FFT のソースコードを元に C の long double 宣言変数の加減算と乗算部分を前述の double-double アルゴリズムに展開したもの、さらにインラインアセンブラーとアセンブラーでレイテンシーを埋める形で展開したものを用意した。

- normal 版
long double の演算部分に何も手を加えていないもの。
- double-double 版
加算部分と乗算部分を double-double アルゴリズムで展開したもの。ただし乗算部分は一部 FMA を使わなければならない箇所があり、その部分は関数化して使用した。展開した理由は、gcc では 4 倍精度演算は、我々が使用する場合に気にしなくてもよくなっているが、関数を呼び出す事で実現されている為に、通常との比較を行う目的があったからである。

- inline-asm 版
加算部分と乗算部分をレイテンシーを隠蔽するようにインラインアセンブラーで展開したもの。
- asm 版
inline-asm 版のソースコードの頻出部分をアセンブラーで展開したもの。ただし、cc ではインラインアセンブラーが使えないので gcc でのみ実験を行った。

実験は前述の 4 種類のソースコードとコンパイラーで、条件を変えた計 7 種のプログラムを作成し、 2^1 から 2^{20} の要素データの FFT を行うのに要した時間を計測する実験を、各 1024 回行った。7 種類のプログラムは以下に示すものである。

- gcc normal
normal 版ソースを gcc でコンパイルしたもの。
- gcc double-double
double-double 版ソースを gcc でコンパイルしたもの。
- gcc inline-asm
inline-asm 版ソースを gcc でコンパイルしたもの。
- gcc asm
inline-asm 版ソースの頻出部分を asm 版ソースに変換し、gcc でコンパイルしたもの。
- cc -roughquad normal
normal 版ソースを cc -roughquad でコンパイルしたもの。
- cc -roughquad double-double
double-double 版ソースを cc -roughquad でコンパイルしたもの。
- cc -noroughquad normal
normal 版ソースを cc -noroughquad でコンパイルしたもの。

3.2.9 実験結果と考察

各実験の計測時間の平均値を算出し、実行時間比で見れるようにしたものを図 1 に示す。ここで実行時間比のグラフとは、gcc normal の実行時間に対する各実験の実行時間を比で示したものである。また具体的な実行時間比と実行速度比を表 1 に示した。

表 1: 実験結果

Compiler and Option	Sorce code	Clock ratio	Speed ratio
gcc	normal	100%	100%
gcc	double-double	42%	236%
gcc	inline-asm	19%	525%
gcc	asm & inline-asm	13%	747%
cc -roughquad	normal	17%	596%
cc -roughquad	double-double	37%	267%
cc -noroughquad	normal	26%	370%

まず図 1 において、 n が小さい時はばらつきがあるものの、 $n \geq 5$ では各実験の実行時間の比率がほぼ一定である事がわかる。gcc normal に対する実行時間の比率で考えると、 $n = 20$ の時において

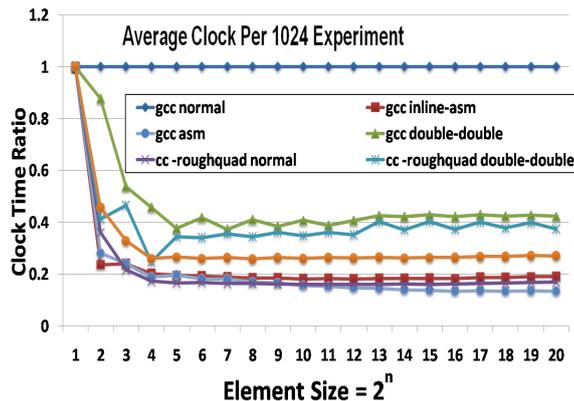


図 1: Relative comparison based on GCC normal

は、gcc double-double は、原則 C 言語で書かれているにもかかわらず、42% にする事ができ、高性能な cc でコンパイルした cc double-double は、37% となった。また、gcc inline-asm は cc -roughquad normal の 17% とほぼ同等の 19% となった。gcc asm 難易度が格段に高いものの 13% にまで性能をあげる事ができている。今回の実験では既存の Hitachi 最適化コンパイラより提案手法を速くできなかつたが、gcc normal 版と比べて、double-double の演算を展開するだけでも 42% の時間にする事ができた。これは単純に double-double で展開するだけでも 4 倍精度演算が高速化する事ができる事を示しており、この方法は汎用の高く利用価値が高い事がわかる。gcc double-double 版と Hitachi 最適化コンパイラの 17% とほぼ同性能である 19% まで引き上げた gcc inline-asm 版との比較からは、レイテンシーの隠蔽が高速化において非常に有効である事がわかる。また gcc inline-asm 版と gcc asm 版の性能差から、メモリーのロード、ストアに関するレイテンシーの隠蔽が、性能向上に非常に効果的である事が分かる。

3.2.10 4倍精度演算についてのおわりに

今回 SR11000/J2 で高速 4 倍精度演算を採用した FFT を実装した。高速化手法として double-double アルゴリズムを C 言語で展開したり、頻出部分をインラインアセンブラでレイテンシーの隠蔽を行う事で演算の並列化を行った。その結果インラインアセンブラを採用したものは、Hitachi 最適化コンパイラと比べて性能面で劣るコンパイラ gcc でも、ほぼ同等の性能まで引き上げる事ができた。またアセンブラを採用したものは、インラインアセンブラよりも 2.2 倍、Hitachi 最適化コンパイラの 1.3 倍性能を高められた。今後の課題としては、異なるアーキテクチャーにおいての同手法の適用や、今回より大きな範囲でアセンブラによる効果的なレイテンシーの隠蔽が考えられる。

3.3 pi.super-computing.org 上での π 並びに関連する情報公開

80 年代に入ってからこれまで 4 半世紀以上に渡り実施してきている円周率計算に関する学問的意義他については、一般向けの啓蒙・報告書 [文献 9] やその報告書中で引用している文献、また一般聴取者向けの講演で述べており繰り返しとなるので、本報告では省略する。なお 2009 年 3 月 14 日の朝日新聞夕刊第一面にて、円周率の現在の世界記録保持者として紹介された [文献 10]。

さて毎年の年報で報告しているように、1995 年 6 月末から <http://www.super-computing.org/> 上で円周率の値、並びに関連する (anonymous ftp による) 情報の公開を継続しているが、情報公開開始以降これまでにおおよそ 14 年が経過した事になる。公開当初、一般公開中のものは 2 億桁までの π と

1/π、並びにそれらに関連する統計値であり、特別な使用同意契約を FAX でやりとりして締結する事で、アクセス可能な期間は最大 1 ヶ月であったが、40 億桁の π 並びに 1/π がアクセス出来る様になっていた。しかしそれまで公開していた www.cc.u-tokyo.ac.jp (sun ws) マシンの不調が度重なった為、2000 年 9 月中旬にサーバマシンを変更したついでに、40 億桁の π 並びに 1/π が自由にアクセス出来る様にしていると同時に、要求元情報、総データ転送量等の統計情報を保存している。

この統計情報によると、2008 年度中に転送された総データ量は 2007 年度実績値と比べて約 2 割減少している。また合わせてアクセスサイト数、アクセス回数、アクセス元のアドレスのそれぞれも減少している。これまでに各種マスメディアでの報道のとおり、2002 年度後半に新しい円周率計算の世界記録を樹立する事が出来たので、その時に得られた数値を利用し自由にアクセスできるデータ量及びデータ種の増加させる価値は十分にある。2007 年度まではこの種の計算桁数を Web で公開する為のハードウェア整備の為に競争的研究資金の獲得が困難という事情もあったが、2008 年度後半にその目処がたちハードウェアの準備が行えた事により、公開桁数の大幅な増加を 2009 年度には実施できる見込みとなった。2009 年度中での計算データの公開を実現させたいと考えている。

さて 2008 年度中の利用統計は 70,740 サイト (1995 年度は 748 サイト、1996 年度は 2,052 サイト、1997 年度は 5,604 サイト、1998 年度は 9,615 サイト、1999 年度は 16,396 サイト、2000 年度は 15,619 サイト、2001 年度は 15,354 サイト、2002 年度は 25,529 サイト、2003 年度は 35,652 サイト、2004 年度は 60,728 サイト、2005 年度は 64,312 サイト、2006 年度は 73,469 サイト、2007 年度は 81,664 サイト) (DNS に名前が載っているサイトとしては 60,135 サイト (1995 年度は 641 サイト、1996 年度は 1,627 サイト、1997 年度は 4,654 サイト、1998 年度は 8,302 サイト、1999 年度は 14,092 サイト、2000 年度は 13,500 サイト、2001 年度は 13,518 サイト、2002 年度は 21,795 サイト、2003 年度は 29,503 サイト、2004 年度は 46,434 サイト、2005 年度は 54,459 サイト、2006 年度は 62,896 サイト、2007 年度は 71,500 サイト)) から総計 134,180 回 (1995 年度は 5,012 回、1996 年度は 9,296 回、1997 年度は 16,127 回、1998 年度は 24,495 回、1999 年度は 40,457 回、2000 年度は 41,191 回、2001 年度は 37,188 回、2002 年度は 58,243 回、2003 年度は 67,851 回、2004 年度は 108,379 回、2005 年度は 116,351 回、2006 年度は 129,497 回、2007 年度は 147,086 回) ファイルがアクセスされ、転送された総データ量は 109,411.6 MB (1996 年度は 6,918MB、1997 年度は 13,880MB、1998 年度は 14,455MB、1999 年度は 22,353MB、2000 年度は 55,392.6MB、2001 年度は 59,866.2MB、2002 年度は 111,082.7MB、2003 年度は 86,500.9MB、2004 年度は 120,464.2 MB、2005 年度は 167,199.9 MB、2006 年度は 126,747.6 MB、2007 年度は 124,604.4 MB) と一昨年度に引き続き下回っている。

これらのアクセス元のアドレス (u-tokyo.ac.jp の jp に対応する部分) 種別は総計で 123 種類 (ad ae af ag al an ar arpa at au aw ba be bg bh biz bn bo br by ca cat ch cl cn co com cr cu cx cy cz de dk do dz edu ee eg es eu fi fm fr ge gl gov gr gt hk hr hu id ie il in info int ir is it jo jp ke kr lb li lk lt lu lv ma mc md mil mk mw mx my nc net ni nl no nu nz org pe ph pk pl ps pt py ro rs ru sa se sg si sk su sv sy sz th tld to tr tt tv tw ua ug uk us uy ve vn yu za zm。なお 1996 年度は 50 種類、1997 年度は 59 種類、1998 年度は 65 種類、1999 年度は 78 種類、2000 年度は 68 種類、2001 年度は 76 種類、2002 年度は 82 種類、2003 年度は 89 種類、2004 年度は 104 種類、2005 年度は 115 種類、2006 年度は 126 種類、2007 年度は 125 種類) と、二年度連続で下回った。なおこれらの統計情報値が下回った理由は不明である。

また 2006 年度末には 2004 年度末に導入した新しいスーパーコンピューター HITACHI SR11000/J1 の中間レベルアップが実施され、現在サービスしているスーパーコンピューターの 3 倍強の主記憶容量・総合演算性能を持つ新しいスーパーコンピューター HITACHI SR11000/J2 のサービスが開始された。新しいマシンはこれまでの 3 倍弱のノード数と総主記憶容量、3 倍強の性能と高信頼性・高速磁気ディスクを有しており、本センターでこれまで新機種の導入当初に行い、各種問題点を的確に検出してきた実績を有する、信頼性・可用性確認用の大規模計算を実施する事になる、システムに高負荷をかける大規模円周率計算の実施により、結果として計算桁数記録の更新が実現される可能性があった。しかし残念ながらこのマシンを利用したの 10 進結果による新記録樹立には未だ至っていない。そ

の理由は、計算桁数を増加させた時にプログラムに問題が生じる事が判明したが、プログラムにおけるこの問題点の確定および対策方法の確認に必要な計算リソースの確保が出来なかった事による。いずれ機会を見て問題点の確定および対策確認を行いたいと考えているが、大規模計算リソースを研究目的であれば無料で提供する研究機関への利用申請等も選択肢の一つとして、現在検討中である。

3.4 並列実行性能の高い数値計算ライブラリー及びプログラム開発環境に関する研究開発

分散メモリー型並列型計算機の性能を高度に引き出すプログラムを書く事は、過去における失敗経験量に大きく依存するとともに、職人芸的要素に基づく活動はなかなか評価を受けにくい。その結果プログラミングを生業としている、あるいは計算科学を専門としない多くの研究者にとって、高性能プログラム作成を行う事に対する動機付が弱く、プログラム作成効率を高める為の努力や、プログラムそのものの実行効率を極限まで高めようとする事に興味を持つとともに、長期にわたり没頭する事に喜びを感じる学生が生まれる事は多くは無い。ところが研究の最前線の進展速度を高める為には、少なくとも多くの研究者にとって使いやすく、高い実行性能が出せ、ノード数に関するスケラビリティが高く、広範囲の機能を有する数値計算ライブラリーの提供が必須と考える。その様な目的を持った数値計算ライブラリーが、一部ベンダーあるいは独立ベンダーから提供・販売、また個別に研究開発がなされてはいるが、その導入コストが高かったり、利用者が要求する機能を提供していなかったり、実現している機能間の性能に問題があったり、という問題が存在する。計算機を利用した研究・開発における研究環境のインフラ整備として、高い実行効率を容易に出す事ができるとともに、プログラムの保守管理が容易となる様なプログラム開発環境の開発や提供が今後必要となると考える。

この様な考え方に基づく研究として、分散メモリー型計算機および共有メモリー型計算機、PC クラスタからスカラー並列計算機あるいは(ハード及びソフト)ベクトル並列計算機までの広範囲のアーキテクチャーのどの様なマシンに対しても高い並列実行性能を発揮でき、広範囲の機能をカバーし、使いやすく実行効率の高い数値計算ライブラリーの研究開発、また簡単なプログラミングで実行効率が高いプログラム開発環境の研究開発、等がある。具体的には、東京大学新領域創成科学研究科基盤情報学専攻ならびに工学系研究科電気系工学専攻の学生諸君達とこの研究テーマで研究を断続的に遂行中である。2004年度までに行った研究として、特に連立一次方程式の反復解法における階の直交性と収束特性に関する研究と、大きな素数の基底に対する高速フーリエ変換の高速化に関する研究を実施したが、2005・2006・2007・2008の各年度はこの種の数値計算に興味を持つ学生が全く存在しなかった為に本研究は一時停止状態になっている。また2009年度に数値計算に興味を持つ修士課程の学生は進学して来ないので、2010年度以降に学生を加えての研究活動を実施事になろう。

なおこの研究テーマに関連し、「次世代スーパーコンピューティング応用言語研究会 (Next Generation Computing Application Language Consortium (略称 NSCAL))」を2005年11月に立ち上げて、研究室外のメンバーと活動を開始し、2008年度は合計で4回の研究会を開催した。この研究会でアイデアを発表・検討し、実際の仕様を検討した事のある言語で記述した数値計算プログラムの一例と生成される Fortran プログラム例を以下に示す。同じ内容のプログラム例を昨年度の年報で報告したが、2008年度は Fortran 構文に近い構文で記述しても、そのまま受け付ける機能を追加した事もあり、今年度を示す例として、その機能を示す為に Fortran 構文に近い構文で書き直したプログラム例を示している。この言語については今後地道な改善が必要であるが、既存の Fortran プログラムで書かれた過去のソフトウェア財産を生かす機能が追加できた事になり、実際に使う場合の障壁は低くなったと予想している。ただし、最適化されたプログラムの生成能力に機能的問題が残っており、必要機能や仕様の検討を2009年度以降も継続し、実際に使い物になるソフトウェアになるよう努力を継続する事になる。

```
subroutine jacobi(nn,gosa)
  implicit real*4(a-h,o-z)
  get 'mpif.h'
  include 'param-unix.h'
```

```

do loop11=1,nn
  gosa=0.0
  wgosa=0.0
  do K=2,kmax-1
    do J=2,jmax-1
      do I=2,imax-1
        S0=a(I,J,K,1)*p(I+1,J,K)+a(I,J,K,2)*p(I,J+1,K)+
          a(I,J,K,3)*p(I,J,K+1)+b(I,J,K,1)*(p(I+1,J+1,K)-
            p(I+1,J-1,K)-p(I-1,J+1,K)+p(I-1,J-1,K))+b(I,J,K,2)*
            (p(I,J+1,K+1)-p(I,J-1,K+1)-p(I,J+1,K-1)+p(I,J-1,K-1))+
            b(I,J,K,3)*(p(I+1,J,K+1)-p(I-1,J,K+1)-p(I+1,J,K-1)+
              p(I-1,J,K-1))+c(I,J,K,1)*p(I-1,J,K)+c(I,J,K,2)*
              p(I,J-1,K)+c(I,J,K,3)*p(I,J,K-1)+wrk1(I,J,K)
        SS=(S0*a(I,J,K,4)-p(I,J,K))*bnd(I,J,K)
        WGOSA=WGOSA+SS*SS
        wrk2(I,J,K)=p(I,J,K)+OMEGA*SS
      end do
    end do
  end do
do K=2,kmax-1
  do J=2,jmax-1
    do I=2,imax-1
      p(I,J,K)=wrk2(I,J,K)
    end do
  end do
end do
sendp(ndx,ndy,ndz);
mpi_allreduce(wgosa,gosa,1,mpi_real4,mpi_sum,mpi_comm_world,ierr)
end do
end
// End of iteration

```

include ファイル param-unix.h の中身は、

```

manifest { mimax=67; mjmax=65; mkmax=35 }
manifest { ndx=2; ndy=1; ndz=2; ndims=3 }
// Array
dimension p(mimx,mjmx,mkmx)
dimension a(mimx,mjmx,mkmx,4),b(mimx,mjmx,mkmx,3),c(mimx,mjmx,mkmx,3)
dimension bnd(mimx,mjmx,mkmx)
dimension wrk1(mimx,mjmx,mkmx),wrk2(mimx,mjmx,mkmx)
// Other constants
common /indx/imax,jmax,kmax
common /other/omega
// Array
common /pres/p
common /mtrx/a,b,c
common /bound/bnd
common /work/wrk1,wrk2

```

上記二種類のプログラムから以下に示す最適化プログラムを生成する。

```

subroutine jacobi(nn,gosa)
integer j,nn,loop11,k,i,ierr,imax,jmax,kmax,g49,g36,g47,g59,g56,g62
real*8 wrk1(67,65,35),bnd(67,65,35),a(67,65,35,4),b(67,65,35,3),c(
. 67,65,35,3),omega,gosa,s0,ss,wgosa,wrk2(67,65,35),p(67,65,35)

```

```

include 'mpif.h'
dimension p(67,65,35)
dimension a(67,65,35,4),b(67,65,35,3),c(67,65,35,3)
dimension bnd(67,65,35)
dimension wrk1(67,65,35),wrk2(67,65,35)
common /indx/imax,jmax,kmax
common /other/omega
common /pres/p(67,65,35)
common /mtrx/a(67,65,35,4),b(67,65,35,3),c(67,65,35,3)
common /bound/bnd(67,65,35)
common /work/wrk1(67,65,35),wrk2(67,65,35)
do 25010 loop1=1,nn
  gosa=0.0d0
  wgos=0.0d0
  do 25020 k=2,kmax-1
    do 25030 j=2,jmax-1
      do 25040 i=2,imax-1
        g49=i+1
        g36=1+j
        g47=1+k
        g59=j-1
        g56=i-1
        g62=k-1
        s0=wrk1(i,j,k)+p(i,j,g62)*c(i,j,k,3)+p(i,g59,k)*c(i,j,
.          k,2)+p(g56,j,k)*c(i,j,k,1)+b(i,j,k,3)*(p(g49,j,g47)-p
.          (g56,j,g47)-p(g49,j,g62)+p(g56,j,g62))+b(i,j,k,2)*(p(
.          i,g36,g47)-p(i,g59,g47)-p(i,g36,g62)+p(i,g59,g62))+b(
.          i,j,k,1)*(p(g49,g36,k)-p(g49,g59,k)-p(g56,g36,k)+p(
.          g56,g59,k))+p(i,j,g47)*a(i,j,k,3)+p(i,g36,k)*a(i,j,k,
.          2)+p(g49,j,k)*a(i,j,k,1)
        ss=bnd(i,j,k)*(a(i,j,k,4)*s0-p(i,j,k))
        wgos=wgos+ss*ss
        wrk2(i,j,k)=p(i,j,k)+omega*ss
25040          continue
25030        continue
25020      continue
      do 25050 k=2,kmax-1
        do 25060 j=2,jmax-1
          do 25070 i=2,imax-1
            p(i,j,k)=wrk2(i,j,k)
25070          continue
25060        continue
25050      continue
      call sendp(2,1,2)
      call mpi_allreduce(wgos,gosa,1,mpi_real4,mpi_sum,
.      mpi_comm_world,ierr)
25010 continue
  return
end

```

4 具体的成果

2008年度は博士2年1名、博士1年1名、修士2年1.5名、修士1年0.5名の学生が研究室に存在した。2007年度に修士を修了した学生の投稿論文が出版されており、投稿論文[査読付1,文献1]を印刷・公表する事ができた。また本報告では詳しくは述べなかったが、著者の対外発表として素因数分解に関する発表[発表1]と、圧電トランス関係の発表[発表4]がある。研究室学生の対外発表として

Riemann Zeta 関数の零点計算に関する発表 [発表 2] と 4 倍精度演算に関する発表 [発表 3] がある。これらを具体的成果とする。

査読付論文リスト

[査読付 1] T. Nagai, H. Yoshida, H. Kuroda and Y. Kanada : Fast Quadruple Precision Arithmetic Library on Parallel Computer SR11000/J2, Int. Conf. on Comp. Sci. (ICCS 2008), 23–25 June, 2008, Krakow, Poland, Part I, LNCS 5101, pp. 446–455, 2008.

その他の発表論文リスト

[発表 1] 吉田仁, 黒田久泰, 後保範, 金田康正 : 複数多項式による MPBS の改善と HITACHI SR11000/J2 での実装評価, SWoPP 佐賀 2008, 電子情報通信学会技術研究報告 (CPSY-2008), pp.103–107, 2008.

[発表 2] 清野善裕 : Riemann zeta 関数の零点計算について, 日本応用数学会環瀬戸内応用数理研究部会第 12 回シンポジウム, 2008 年 10 月 10 日–12 日, 山形大学理学部, pp. 85–90, 2008.

[発表 3] 筒井直機, 吉田仁, 黒田久泰, 金田康正 : SR11000/J2 における 4 倍精度演算を改良した FFT の実装と評価, SWoPP 佐賀 2008, 情報処理学会研究会 (HPC-4) 報告, pp.61–66, 2008.

[発表 4] M. Imori, Y. Unno, Y. Kanada, S. Imada and M. Katsuno: Development of High Voltage and Low Voltage Power Supplies Using Piezoelectric Transformer, TIPPO8 ポスター, KEK, 12–17 Mar. 2008, Tsukuba.

引用文献関連

[文献 1] T. Hirota and H. Kuroda: Implementation of Integer Multiplication in Multiple-Precision POWER5+ Architecture, The 2008 World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (in CSC 08) at Las Vegas, Nevada, 14–17 July, 2008.

[文献 2] J.W. Cooley and J.W. Tukey: An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series, Mathematics of Computation, 19:297-301, 1965.

[文献 3] 小武守, 藤井, 長谷川, 西田 : 倍精度と 4 倍精度の混合型反復法の提案, HPS2007, 論文集, pp. 9–16, 2007.

[文献 4] 永井貴博, 吉田仁, 黒田久泰, 金田康正 : SR11000 モデル J2 における 4 倍精度関和演算の高速化, 情報処理学会論文誌 : コンピューティングシステム, Vol.48, No.SIG13(ACS19), pp. 214–222, 2007.

[文献 5] Standard for Binary Floating-Point Arithmetic (ANSI/IEEE Std 754–1985)

[文献 6] IEEE. 2001. 754 Revision. <http://grouper.ieee.org/groups/754/>.

[文献 7] T.J. Dekker. A floating-point technique for extending the available precision. Numerische Mathematik, 10:224–242, 1971.

[文献 8] D.E. Knuth. The art of computer programming Vol:2 Seminumerical algorithms Third Edition, Addison-Wesley, 1998.

[文献 9] 金田康正 : 計算機による円周率計算, 数学文化, pp. 72–83, 日本評論社, Vol. 1, No. 1, 2003.

[文献 10] 2009 年 3 月 14 日夕刊第一紙面.

次世代コンピュータシステムの研究開発

—シームレス実行時環境、ディペンダブルシステム—

石川 裕

1 概要

平成20年度、京都大学 学術情報メディアセンター、筑波大学 計算科学研究センターと共に策定した共通基本仕様によるT2Kオープンスパコンが稼働し、一般ユーザ利用が開始した。京都大学、筑波大学との取り組みは、本格的共同研究に進展し、平成20年秋より、「シームレス高生産・高性能プログラミング環境」に関する共同研究開発を進めている。本課題は、文部科学省が進める「e-サイエンス実現のためのシステム統合・連携ソフトウェアの研究開発」プログラムの支援で行なわれている。「シームレス高生産・高性能プログラミング環境」において、研究室レベルで使用されているPCクラスタから基盤センターに設置されている大規模クラスタ、次世代スーパーコンピュータまでをシームレスに利用できるためのシステムソフトウェアの開発を行なっている。東京大学では、アプリケーションの性質に応じて数値計算ライブラリのアルゴリズムが最適に自動選択され計算時間が大幅に短縮される自動チューニング機構の研究開発、PCクラスタ上の実行時環境と基盤センタースパコン(PCと同一CPUアーキテクチャ)の環境があたかも単一実行時環境(Single Runtime Environment)であるようにするためのライブラリ群の研究開発を行なっている。

ディペンダブルシステムに関する研究では、基本コンセプト*-proof を提唱してきている。*-proofでは、ディペンダビリティを阻害する要因に対して、その阻害要因を設計・実装・試験・保守時に検証・解析ツールにより取り除き、運用時には、取り除けない阻害要因に対して、実行時耐故障機構およびモニタリング、ロギング、トレース機構で対応する。オペレーティングシステムを安全に拡張していくための枠組みである P-Bus を設計し、Linux に実装した。また、ネットワークで接続された組込みコンピュータによるデータベースサーバや高性能計算システムを実現するための高信頼高性能並列分散オペレーティングシステムの開発を行なった。

2 シームレス実行時環境

2.1 背景

平成24年度には10ペタフロップスを超える次世代スーパーコンピュータが誕生する。一方、現在、大学情報基盤計算センターに設置されているスパコンは150テラフロップス以下であり、さらに研究室レベルで使用されているコンピュータは100ギガフロップス程度しかない。このように、研究室、計算センター、次世代スーパーコンピュータは、100倍、1000倍の違いがある。科学技術・学術研究における萌芽的研究は、研究室レベルで進められることが多く、それら研究は、利用できるコンピュータの能力程度の問題規模を解くに留まることが多い。なぜならば、研究室レベルで使用されているコンピュータ上で開発されたアプリケーションを計算センターに設置されているスパコン上で単に動かしても大規模問題を解くことができないことが多いからである。萌芽的研究成果を基にして大規模問題に取り組めるようにするためには、アプリケーションプログラムが小規模問題から大規模問題までを解くことができるような仕組みにしなければならない。しかし、このようなプログラムは、並列処理に関する深い知識に加えて、スパコンの性能を引き出す豊富なノウハウを持つ、ごく限られたプログラマにし

か記述できない。このような状況を解決するために、深い並列処理に関する専門知識を有しない科学者・工学者でも手軽にアプリケーションが記述できるような、プログラミング言語・ライブラリ・ツール・実行環境を、東京大学が代表校となり、筑波大学および京都大学と協力して進めている。

東京大学では、アプリケーションの性質に応じて数値計算ライブラリのアルゴリズムが最適に自動選択され計算時間が大幅に短縮される自動チューニング機構の研究開発、PCクラスタ上の実行時環境と基盤センタースパコン(PCと同一CPUアーキテクチャ)の環境があたかも単一実行時環境(Single Runtime Environment)であるようにするためのライブラリ群の研究開発を行なっている。

2.2 内容

自動チューニング機構の研究開発は片桐の報告を参照のこと。ここでは、単一実行時環境の研究開発に関して述べる。PC クラスタと基盤センターが有するスパコンの実行環境の違いとして、以下にあげるファイルシステムおよび通信ライブラリについて焦点を当てている。

- (1) PC クラスタ環境においては、各計算ノードにはローカルディスクがあり、ユーザは自由にローカルディスクを使うことができる。一方で、計算センターのスパコンでは、ローカルディスクの内容はジョブが終了すると消去される。この環境の違いを吸収するために、PC クラスタおよびスパコンで利用できるファイルステージングシステムのプロトタイプシステムを開発した。本システムについては、堀および松葉の報告を参照のこと。
- (2) 各プロセスがファイル I/O 処理する並列アプリケーションが PC クラスタのような小規模クラスタ上でスケールしても、大規模クラスタ環境で実行すると、ファイル I/O 処理がボトルネックになる場合がある。これは、大量の I/O 要求がファイルサーバに集中するためである。ファイルサーバの負荷を軽減するファイルキャッシュ機構を開発した。2.2.1 節において説明する。
- (3) PC クラスタ環境上で開発されたアプリケーションを PC クラスタと同じ CPU アーキテクチャ、OS が稼働しているセンターマシンに持っていっても、再度アプリケーションをコンパイルしないと稼働しない。これは、MPI 通信ライブラリ実装の違いによるものである。OpenMPI 環境でコンパイルされたプログラムが MPICH2 環境上でも実行可能となるプロトタイプシステム MPI-Adapter を開発し、予備実験を行なった。2.2.2 節において説明する。

2.2.1 ファイルキャッシュ機構

まず、ファイルサーバ性能に関する問題を明らかにする。最近のクラスタの計算ノードは、マルチコア化されている。例えば、東大情報基盤センターに設置されている HA8000 クラスタでは、1 ノード当たり 16CPU コアが搭載されている。このようなシステムで、図 1 に示す通り、計算ノード上のそれぞれのコア上でプロセスが実行されていると想定する。それぞれのプロセスが、ファイルを逐次アクセスしたとしてもファイルサーバ上では、ファイルアクセス要求がばらばらに到着する。このため、ファイルサーバからみるとランダムなファイルアクセスが生じることになり、ディスクシーク時間が増加し、著しく性能劣化を引き起こす。

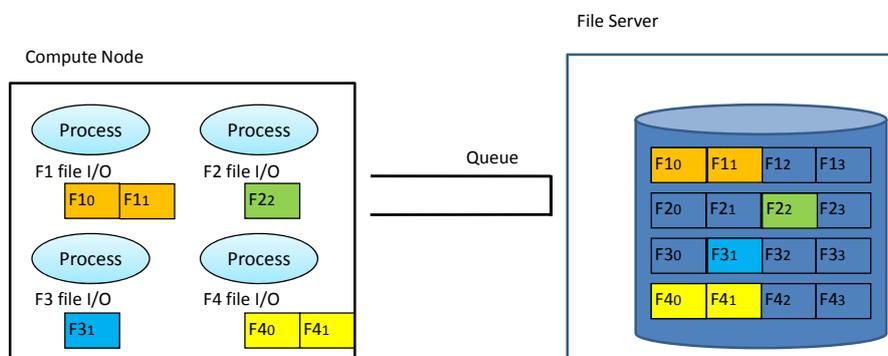


図 1 ファイルサーバ問題

さらに、図 2 に示す通り、ディレクトリやファイルの属性を管理しているメタデータサーバが単一ノードでしかサービスを提供していないことによるボトルネックが存在する。

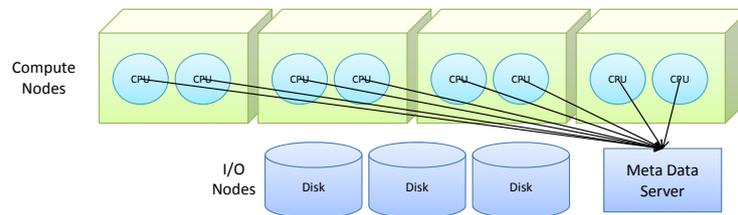


図 2 メタデータアクセス

このような問題に対処するために、pdCache と呼ばれるファイルデータおよびメタデータをキャッシュする機構を開発した。図 3 に示す通り、計算ノード上にファイル I/O のためのクライアントライブラリが置かれる。クライアントライブラリは、キャッシュサーバに対してファイル I/O 要求を行なう。キャッシュサーバは複数設置することができ、サーバ間でキャッシュの一貫性が保たれる。クライアントライブラリとキャッシュサーバおよびキャッシュサーバ間のプロトコルは、遠隔手続き呼び出しにより定義されている。ポータビリティ向上のために、クライアントライブラリとキャッシュサーバとの通信は、PVFS2 並列ファイルシステムで実装されている BMI インターフェイスを用い、BMI 上に遠隔手続き呼び出し機構を実現した。これにより、BMI で提供される低レベル通信ライブラリ (MX, Infiniband, TCP/IP) を利用できる。キャッシュサーバとファイルシステムとの間の通信プロトコルは、ROMIO を実装している ROMIO を利用することにより、ROMIO で利用できる PVFS や Lustre ファイルシステムを利用することが可能である。

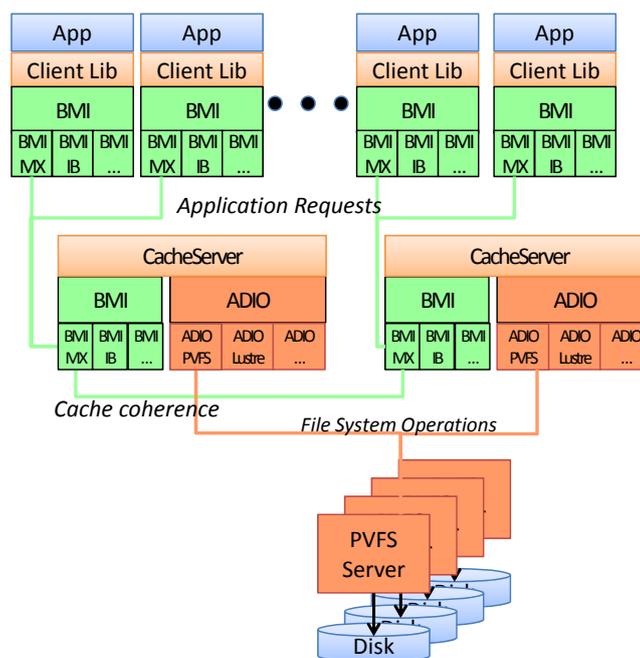


図 3 pdCache の概略

2.2.2 MPI-Adapter

計算機センター間でシームレスなジョブ実行を行うには、実行バイナリをはじめ実行環境が統一されている必要がある。しかし、実行バイナリが作られたCPUアーキテクチャおよびOSが同一の環境上で、その実行バイナリが動作するとは限らない。例えば、図4において、OpenMPI通信ライブラリ実装環境下でコンパイルされたfoo.cプログラムは、OpenMPI通信ライブラリ実装環境下では実行可能だが、MPICH2通信ライブラリ実装環境下では実行できない。ユーザは、自身が持つPCクラスターと基盤センターが提供する大規模クラスターとで同じCPU、同じOSを使用しているにもかかわらず、MPI通信ライブラリの実装の違いにより、それぞれの環境で実行バイナリを作らなければいけない。さらに、東大情報基盤センターに限らず、多くの基盤センターでは、MPICH、OpenMPIやベンダー提供のMPI通信ライブラリ実装環境など、複数の実装環境を提供していることが多い。ユーザは、自身のアプリケーションに最適な実装を選択するために、それぞれの実装環境で実行バイナリを作って試すという作業が発生する。

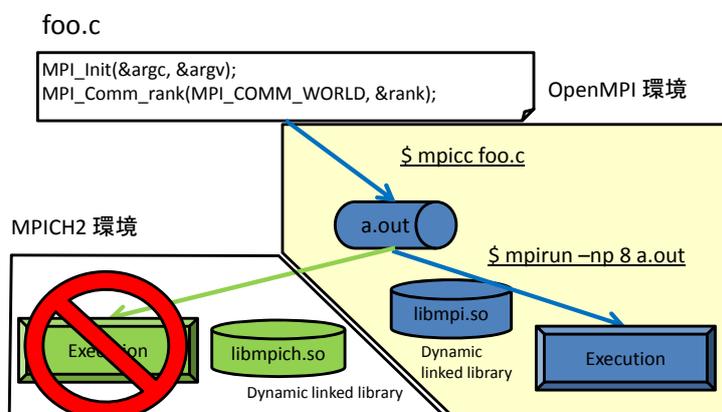


図4 MPI 実行環境

この問題は、MPI通信ライブラリ規格に起因している。MPI通信ライブラリ規格は、API (Application Programming Interface)を定義しているが、ABI (Application Binary Interface)を定義していない。MPI通信ライブラリのAPIは、関数名と引数、引数の型、定数名を規定しているが、ABIとして規定しなければいけないデータ型のサイズや定数の値などが定義されていない。例えば、MPICH実装では、MPI_Commは32bit整数値、OpenMPI実装ではアドレス型となっている。64bitアーキテクチャにおいては、アドレス型は64bit幅とサイズが異なってしまう。

現在、MPI Forumでは、MPI-3の規格化が進行し、ABI策定のワーキンググループも出来ている。しかし、MPIを実装しているグループとの規格に対する温度差も感じられ、例え、ABIが規格化されても、その規格に基づいた実装が広まるには時間がかかるだろう。

そこで、我々は、あるMPI通信ライブラリの動的リンクライブラリ(以降オリジナルMPI通信ライブラリと呼ぶ)とリンクされた実行バイナリに対して、実行時に他のMPI通信ライブラリ環境上(以降ターゲットMPI通信ライブラリと呼ぶ)で実行可能とする機構を開発している。本機構をMPI Adapterと呼ぶ。図5に、オリジナルMPI通信ライブラリとしてOpenMPI、ターゲットMPI通信ライブラリとしてMPICH2を想定した時の概要を示す。ターゲットMPI通信ライブラリ環境下では、libmpi-adapter.so動的ライブラリがMPI通信ライブラリとして使用される。libmpi-adapter.soでは、全てのMPI通信ライブラリ関数が定義され、オリジナルMPI通信ライブラリで定義されている型および定数名をターゲットMPI通信ライブラリ環境で定義されている型および定数名に変換した後、ターゲットMPI通信ライブラリ関数を呼ぶ。ターゲットMPI通信ライブラリ関数からの返値は、オリジナル通信ライブラリで定義されている値に変換

した後、呼び出し元に戻る。ユーザコードからMPI通信ライブラリ関数が呼ばれた時に、libmpi-adapter.soが呼び出されるように、UNIX系OSにおいては、LD_LIBRARY_PATHを変更する。

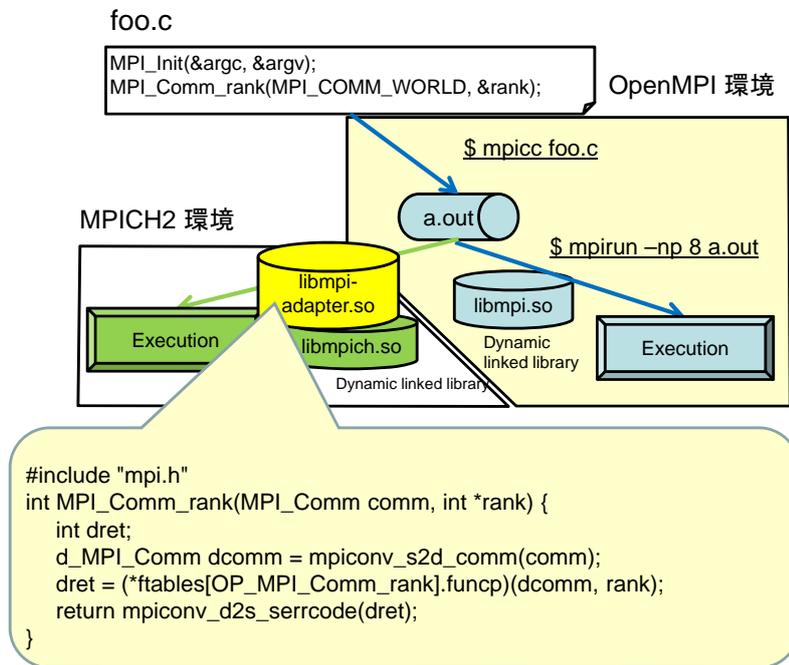


図 5 MPI-Adapter

平成 20 年度、C 言語インターフェイスのみを有するプロトタイプシステムを開発し基本評価した。評価に使用した機材を表 1 に示す。評価では、MPICH2/SCore 環境でコンパイルしたプログラムの実行と、OpenMPI 環境下でコンパイルしたプログラムを MPI Adapter およびターゲット MPI 通信ライブラリを MPICH2/SCore 環境で実行したときの実行を測定しオーバヘッドを求めた。表 2 に 1 対 1 通信遅延時間計測の結果を、図 6 に通信バンド幅測定の結果を、それぞれ示す。

表 1 評価環境

ノード数	8
ノード CPU	Dual Xeon 3.8 GHz
ネットワーク	Intel E1000 NIC, Netgear 48 port switch
クラスタソフトウェア	CentOS 5.1, MPICH2/SCore with PMX/Etherhxb

表 2 Round Trip Time

	RTT(μ sec)	Ratio
MPICH2/SCore	43.328	1
OpenMPI+MPI-Adapter on MPICH2/SCore	43.440	1.002

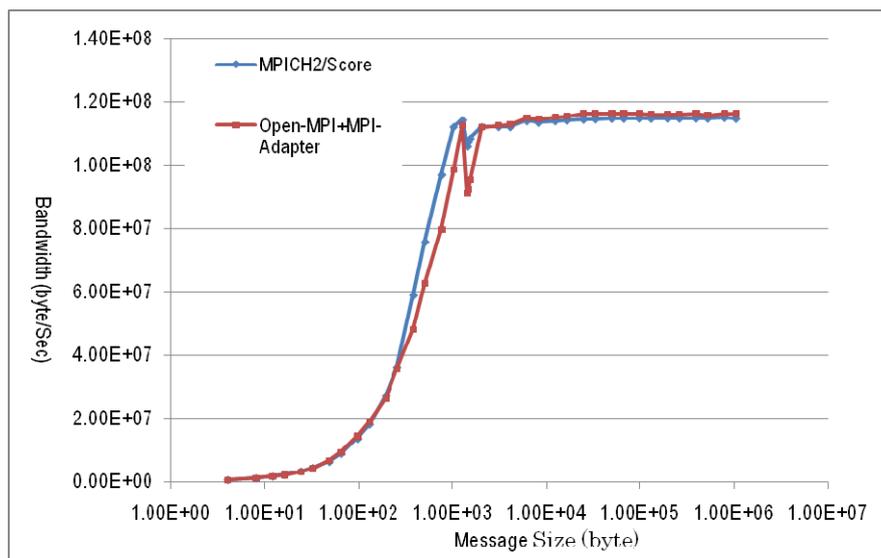


図 6 通信バンド幅

通信バンド幅では、メッセージサイズが 512Byte あたりから 1.5Kbyte の範囲で 5%の性能劣化が観測されている。NAS Parallel Benchmarks の中から IS の性能結果を表 3 に示す。ベンチマークレベルでは、同等の性能を達成していることがわかる。プロトタイプシステムでは、C 言語インターフェイスのみを実現したため、他の NAS Parallel Benchmarks は測定できていない。今後の課題である。

表 3 NAS Parallel Benchmarks IS の結果

	Class A	Class B	Class C
MPICH2/SCore	45.90	52.27	70.20
OpenMPI+MPI-Adapter on MPICH2/SCore	46.10	49.77	70.02

2.3 具体的成果

「シームレス高生産・高性能プログラミング環境」に関する全体構想については、情報処理学会 HPCS2009 でのポスター発表、筑波大と京大と共に主催した WPSE ワークショップにおいて発表した [発表 9] [発表 15]。MPI 通信ライブラリに関する成果は、IEEE CCGrid'08 および情報処理学会論文誌および研究会で発表した [査読付 2] [査読付 4] [発表 2] [発表 12]。ファイルシステムに関する成果は、情報処理学会研究会、IEEE Cluster2008 で発表した [発表 5] [発表 6] [発表 10] [発表 11]。スケジューリングに関する研究も行っており、情報処理学会研究会で発表している [発表 13]。また、T2K オープンスーパーコンピュータおよび我々の取り組みを計算工学会誌および電気学会誌で発表している [発表 7] [発表 8]。

3 ディペンダブルシステム

3.1 背景

基幹業務システム、インターネット、携帯機器、センサー・ネットワーク、ホームサーバ、車載コンピュータ、ロボット等、様々な機器にコンピュータが使われている。このようなシステムが持たなければいけない属性として、可用性、信頼性、安全性、機密性、保全性、保守性があげられ、その総称としてディペンダビリティという用語が使われている。従来のディペンダビリティに関する研究では、ソフトウェア設計時の仕様バグ、ソフトウェア開発時のプログラムバグ、オペレーティングシステムによる信頼性・耐故障性の提供、と研究領域毎の研究開発がおこなわれてきている。科学技術振興機構CREST「実用化を目指した組み込み用ディペンダブル・オペレーティングシステム」研究領域では、システムの開発、運用、改良といったライフサイクルに対して、ディペンダビリティを実現し維持できるソフトウェア体系とディペンダビリティ評価指標の確立を目指している。

3.2 内容

3.2.1 P-Bus

図7に示す通り、我々は、基本コンセプトとして*-proofを提唱した。*-proofでは、ディペンダビリティを阻害する要因に対して、その阻害要因を設計・実装・試験・保守時に検証・解析ツールにより取り除き、運用時には、取り除けない阻害要因に対して、実行時耐故障機構およびモニタリング、ロギング、トレース機構で対応する。モニタリング技術により、システム開発時の仕様バグや発見できなかったバグを早期発見し、不具合の影響を最小限に抑える。また、ロギングやトレース機構により、不具合再現情報を得て、システム改良サイクルを支援する。設計・実装・試験・運用・保守・改良といった一連の製品開発サイクルにおけるPDCA(Plan/Do/Check/Action)を支援するOS機構を開発するとともに製品のライフサイクル全体をディペンダビリティの観点から評価するための規格を策定する。図8にソフトウェアアーキテクチャの全体像を示す。

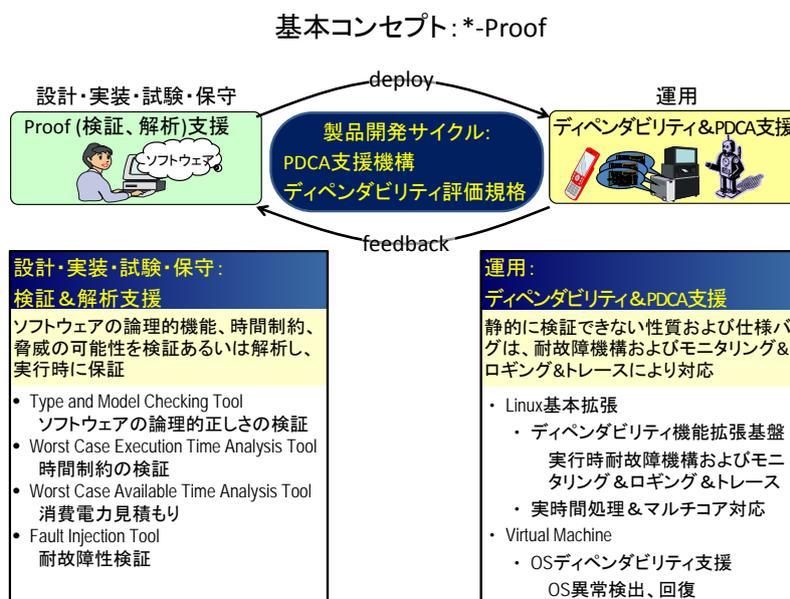


図7 DEOS 基本コンセプト

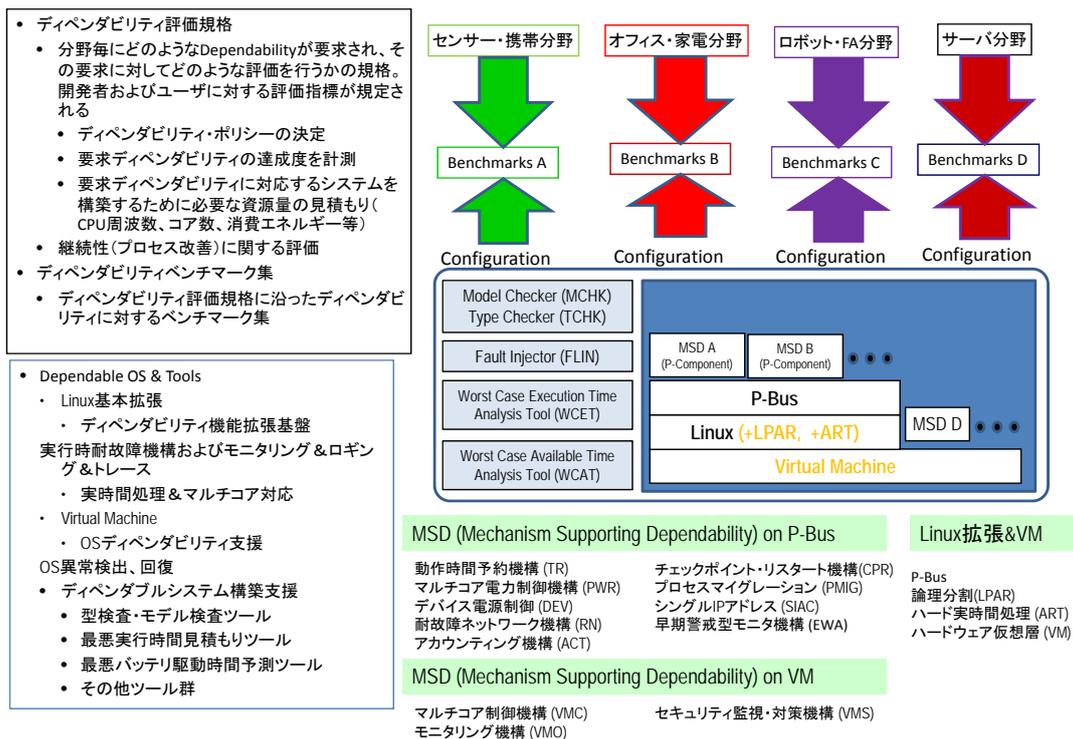


図 8 DEOS ソフトウェアアーキテクチャ

基本コンセプトに基づいて東京大学情報基盤センターでは、以下の Linux 基本拡張を担当している。

① Linux 基本拡張:P-Bus

P-Bus と呼ばれる OS 機能抽象層を Linux に導入する。P-Bus 上で定義されるモジュールは P-Component と呼ばれる。P-Component は、モデル検査、タイプ検査ツールによって安全性が静的に検証される。P-Bus が提供する機能を使ってディペンダビリティ機構が安全に実現される。各研究チームは、ディペンダビリティを支援する OS 機構を P-Component として実現する。

② Linux 基本拡張:論理分割

マルチコアシステム上で、複数の Linux を実行、かつ、ネットワークやディスクなどを共有する機構の研究開発。

また、開発ツールとして、最悪実行時間予測ツールを研究開発している。P-Bus の有効性を実証するディペンダブルシステムとしてシングルシステムイメージを提供するクラスタシステムの開発も行っている。P-Bus およびシングルシステムイメージについては、藤田の報告を参照のこと。また、CPU 論理分割および最悪実行時間予測ツールについては、紙面の関係で割愛する。

3.3 具体的成果

プロジェクト全体の紹介を IEEE ISORC 国際会議で発表した[招待 1]。シングルシステムイメージに関する成果は、IEEE CCGrid'08 および FDDS ワークショップで発表した[査読付 1] [発表 14]。P-Bus および CPU 論理分割に関する成果は、情報処理学会研究会で発表した[発表 1] [発表 3] [発表 4]。実時間処理に関する成果は、情報処理学会論文誌および IEEE EUC'08 で発表した[査読付 3] [査読付 5]。また、最悪実行時間予測ツールを一般公開した[公開 1]。

4 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] Yutaka Ishikawa, Hajime Fujita, Toshiyuki Maeda, Motohiko Matsuda, Midori Sugaya, Mitsuhisa Sato, Toshihiro Hanawa, Shinichi Miura, Taisuke Boku, Yuki Kinebuchi, Lei Sun, Tatsuo Nakajima, Jin Nakazawa, and Hideyuki Tokuda, "Towards an Open Dependable Operating System," IEEE 12th International Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing, 2009年3月 (Invited Paper).

査読付論文

[査読付 1] Hajime Fujita, Hiroya Matsuba, Yutaka Ishikawa: TCP Connection Scheduler in Single IP Cluster, the 8th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid -- CCGRID'08, 2008年5月

[査読付 2] Ryousei Takano, Motohiko Matsuda, Tomohiro Kudoh, Yuetsu Kodama, Fumihiro Okazaki, Yutaka Ishikawa: High Performance Relay Mechanism for MPI Communication Libraries Run on Multiple Private IP Address Clusters, the 8th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid -- CCGRID'08, 2008年5月

[査読付 3] 戴毛兵, 石川裕: リアルタイム Linux のための軽量割り込み処理, 情報処理学会論文誌 コンピューティングシステム(ACS), vol. 2, no. 1, pp.87 - 95, 2009年3月

[査読付 4] 高野了成, 松田元彦, 工藤知宏, 児玉祐悦, 岡崎史裕, 石川裕: プライベートアドレスを有するクラスタ群のための高性能 MPI 通信リレー機構, 情報処理学会論文誌 コンピューティングシステム(ACS), vol. 2, no. 1, pp.133 - 145, 2009年3月

[査読付 5] Maobing Dai, Toshihiro Matsui, and Yutaka Ishikawa: A Light Lock Management Mechanism for Optimizing Real-Time and Non-Real-Time Performance in Embedded Linux, IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, 2008年12月

公開ソフトウェア

[公開 1] 山本啓二: RETAS: Worst Case Execution Time Analysis Tool, <http://www.il.is.s.u-tokyo.ac.jp/retas/>, 2008年3月

その他の発表論文

[発表 1] 平野貴仁, 藤田肇, 松葉浩也, 石川裕: カーネル機能拡張のための抽象化レイヤ P-Bus の実装, 情報処理学会 研究報告 2008-OS-108, pp. 17 - 24, 2008

[発表 2] 松葉浩也, 野村哲弘, 石川裕: MPI 通信ライブラリの最適化と性能評価, 情報処理学会, 研究報告 HPC, vol. 2008, no. 74, pp. 1 - 6, 2008

[発表 3] 下沢拓, 藤田肇, 石川裕: マルチコア SH における複数カーネル実行の設計と実装, 情報処理学会, 研究報告 OS, vol. 2008, no. 77, pp. 25 - 32, 2008

[発表 4] 藤田肇, 平野貴仁, 山本和典, 松葉浩也, 石川裕: P-Bus におけるネットワーク層の設計と実装, 情報処理学会, 研究報告 OS, vol. 2008, no. 77, pp. 33 - 38, 2008

[発表 5] 太田一樹, 石川裕: マルチコアクラスタ向け並列ファイルシステムアーキテクチャ, 情報処理学会, 研究報告 HPC, vol. 2008, no. 74, pp. 217 - 222, 2008

- [発表 6] Kazuki Ohta, Hiroya Matsuba, and Yutaka Ishikawa: Improving Parallel Write by Node-Level Request Scheduling, IEEE Cluster 2008, 2008 (Poster)
- [発表 7] 石川 裕, 中島 研吾, 中島 浩, 朴 泰祐: T2K オープンスパコンが創る新しい計算環境, 計算工学会誌, 1月号, 2009
- [発表 8] 石川 裕, 片桐 孝洋, 吉廣 保: T2K オープンスーパーコンピュータと共用イノベーション, 電気学会誌, Vol. 129, 1月号, pp.28 - 31, 2009
- [発表 9] 石川 裕, 片桐 孝洋, 佐藤 三久, 朴 泰祐, 中島 浩: 高生産・高性能計算機環境実現のためのシステムソフトウェア, HPCS 2009, 2009 (ポスター)
- [発表 10] 堀敦史, 鴨志田良和, 松葉浩也, 安井隆, 住元真司, 石川裕: ファイルステージング再考: オンデマンド化と高速化に向けたプロトタイプ実装の評価, 情報処理学会 研究報告, HOKKE 2009, 2009
- [発表 11] 太田一樹, 石川裕: ファイルサーバー独立な並列ファイルキャッシュ機構, 情報処理学会 研究報告, HOKKE 2009, 2009
- [発表 12] 住元真司, 中島耕太, 成瀬彰, 久門耕一, 安井隆, 鴨志田良和, 松葉浩也, 堀敦史, 石川裕: 並列プログラムの実行可搬性を実現する MPI 通信ライブラリ的设计, 情報処理学会 研究報告, HOKKE 2009, 2009
- [発表 13] 小西祐介, 野村哲弘, 松葉浩也, 石川裕: NUMA 並列型クラスタ上での効率的なスケジューリング, 情報処理学会 研究報告, HOKKE 2009, 2009
- [発表 14] Jun Kato, Hajime Fujita, and Yutaka Ishikawa: Evaluation of Energy-Efficient Cluster Server using Embedded Processors, 1st International Workshop on Software Technologies for Future Dependable Distributed Systems, 2009.
- [発表 15] Yutaka Ishikawa: Seamless runtime environment, International Workshop on Peta-Scale Computing Programming Environment, Languages, and Tools (WPSE 2009), 2009.

言語処理系とサービス体系におけるセキュリティ保証の研究

Optimization Verifying Compiler, Document Carrying Authorization, and LoA of Services

佐藤周行

1 概要

われわれは、「検証付最適化コンパイラ」のもと、最適化に際してセマンティクスを保証するための検証の枠組と、最適化の結果、それが性能を確実に上げていることを検証する枠組を研究してきた。これは言語処理系を中心としてセマンティクスを保証するための枠組の研究だったが、さらにサービス体系全般に敷衍し、複数のテーマについて「保証」をテーマに研究を行っている。2008年度は特に以下の研究を行った。

1. プログラムの性能改善のためのコンパイラ最適化の理論の研究。特に、SSAの適用範囲を配列アクセスにまでスカラーから自然に拡張することでSSAを用いるコンパイラ最適化の範囲を広げることに成功した。
2. 分散環境における知識抽出。フォークソノミーのタグ付け行動を対象として知識抽出とその応用、評価を行った。特に、時系列にしたがったトピック発生の過程をタグの集合から推論することについて、直感的だが成績の良い方法を得ることができた。
3. 認証におけるセキュリティ表現。セキュアな認証を用いて、認可を表現する枠組みの研究を行った。プラットフォームは言語処理系に限らず、一般に言語で表現されているもの一般である。特にワークフローを証明するための理論的な枠組みを提唱した。
4. IDのLoAの研究。IDのLoAは、強固かつ合理的な認証基盤を構築する上で必須の研究対象である。東大で運用中のサーバ証明書審査体制において認証強度のcriteriaを定めるための評価軸を定めることから、LoAを通してIdPとSPのインタラクション全体を統制する枠組みの提案を行った。

2 プログラムの性能改善のためのコンパイラ最適化の理論の研究

2.1 背景

コンパイラの研究の中心である最適化において、従来、研究の展開はアドホックなノウハウの蓄積によってなされてきた。しかし、副作用を許容する最適化、性能的にトレードオフを持つ最

適化群の登場など、最適化が複雑・高度になった現在では、理論的基盤を持たなければ最適化適用の正しさの証明さえ危うくなってきている。事実 Gnu-C では、いまだに大量のバグレポートがなされている。

検証付きコンパイラ (Verifying Compiler) は、もともと Hoare の提唱したプログラムの正当性を併せて証明するコンパイラシステムとして 21 世紀の課題として提唱した概念である。本研究で目指すのは、コンパイラ最適化における上のような危機的状況に対応すべく最適化をその正しさの証明を込めて適用するコンパイラの構築であり、最適化検証つきコンパイラ (**Optimization Verifying Compiler**) と呼ぶべきものである。

従来国内外における構成要素としての研究成果にはアセンブラの型付けによる動作正当性の証明 (Necula)、最適化の適用前後での意味保存の証明 (Necula)、最適化適用条件の時相論理等での形式化 (D Jones) を含む。さらに広義にはモデル検査の応用として動作正当性を証明することも含む。

現在、最適化検証付きコンパイラが検証することのひとつの柱は最適化適用の前後でプログラムの意味が保存されることである (Translation Validation)。証明を最適化の適用と同時に行うことを、アセンブラ言語に対する型理論として展開する。最適化適用はデータフロー解析を本質的に用いることから、データフロー理論を包含した型理論の構築につなげることができる。この最大の意義はデータフロー型の最適化の正当性を形式的に証明する体系を提示することである。また研究の基礎として、動作同一性証明に適したプログラム実行の適切な抽象化ができることになる。

また、最適化検証付きコンパイラはプログラム実行の抽象化を通して、最適化適用の最大の目的である性能向上の理論的解析のベースになる。現実的に妥当な数理的な性能モデルを仮定すると、その中で適用最適化が「真に」最適なコードを出すかどうかの検証ができる。(従来の最適化は、もとのコードと比較して、性能が良くなるかもしれないということを定性的にしか示せなかった。自動チューニング (Atlas 他) は、没理論でノウハウを適用することを目指しているものである。また、アーキテクチャ研究ではエミュレータが実質的なモデルの役割を果たしてきた。しかし、アンローリングなどのパラメトリックな最適化を解析するには数理的なモデルが必須である。) 性能モデルと、各種整数計画法の適用により、複数の最適化の組み合わせのどれが真に最適かを決定することができる。これはまさに性能面からみた検証であり、検証というプロセスが従来のアドホックな最適化研究に与えるインパクトの大きさを証明するものである。理論的な検証付きコンパイラが具体的な性能モデルの概念と結合して具体的な性能保証をすることは、理論と実践の両面での貢献が大きいものである。

2.2 内容

目的としてあげたゴールに対して 2008 年度、本研究では具体的に以下のようにテーマを設定した。

1. 研究対象を広げるための SSA の拡張の研究
2. Fortran の新規格をターゲットとした最適化の可能性の研究

プログラムの性能改善のためには個別の最適化を深化させるとともに、広いクラスのプログラムを対象とするように枠組そのものを拡大することが有効である。

特にコンパイラの間接表現として標準のひとつになっている SSA について、HPC 向けに、配列 (ベクトル) を自然に表現できるための拡張を行った。

さらに、具体的にターゲット言語を Fortran にしぼり、最適化の適用可能性の調査・研究をおこなった。特に、ISO では Fortran の新規格の制定が大詰めを迎えている。佐藤は日本の JIS Fortran に関する委員として制定作業に関与するとともに、coarray とよばれる分散共有メモリビューを提供することでどのように最適化が進行するか・阻害されるかを研究した。

2.3 具体的成果

[査読付 4] において、SSA を配列まで拡張することに成功した。従来研究と比べて、この手法は“Everything is a scalar” のアイデアに基づいている。配列をスカラーに分解するための φ 関数の拡張に成功している。これによって、従来のスカラー向けの最適化と主に HPC 向けの配列をターゲットとした最適化を融合することが可能になった。

さらに、Fortran の新規格については新機能である coarray についての議論の場を情報処理学会・情報企画調査会主催の情報技術標準化フォーラムとして企画し、そこにおいても [発表 6] において積極的に発言を行った。この議論はその後東京で開催された ISO Fortran 委員会への日本からの意見表明として扱われた。

3 分散環境における知識抽出

3.1 背景

分散環境下でのプログラミングモデルには、スケジューリング、セキュリティなどの重要な視点が Web-service の中に次々と取り込まれている。これらの表現が今後重要になる。現在、Semantic Web の動きが停滞し、オントロジーのサイトの閉鎖が相次ぐ中で、それとは逆にボトムアップに知識を積み上げるアプローチが提案されている。Web マイニングとして、エンドユーザが集団的に情報にアクセスしてタグ付けや感想の付加などのアクションをとる行動が対象になってきている。特に Folksonomy を解析することで、Web から有用な知識が抽出できるのでないかと考えられている。分散計算環境の振る舞いを記述する上でこの方法論の調査と展開が必要であった。

3.2 内容

Web マイニングとして、エンドユーザが集団的に情報にアクセスしてタグ付けや感想の付加などのアクションをとる行動が対象になってきている。これらはフォークソノミーとよばれ、現在の Web のアクティビティからいって注目すべき現象である。われわれはフォークソノミーのタグ付け行動を対象として知識抽出とその応用、評価を行っている。特に、フォークソノミーが実社会をある程度反映していることを考えれば、その中で話題の消長を特定することは社会における概念の発見や展開の解析に有用であると考えられる。このアイデアのもと、具体的には(1) タグ付け行動の時系列解析による概念の発生点の同定(2) そのために提案した手法の精度の解析を行った。

3.3 具体的成果

[査読付 1]において、Folksonomy を解析することで Folksonomy のタグ付け行動の時系列を対象として概念の生成過程を解析することの妥当性の評価を行った。ここで提案された手法は直感的なものではあるが、「それなりの」妥当性を得ることができている。この解析はさらに [発表 1] でなされ、最終的に [発表 11] の結果を得た。

4 認証におけるセキュリティ表現

4.1 背景

コンピュータが情報システムの中核をなすようになると、データへのアクセス権限の証明と、認証（アクセス元の本人性証明）が重要になっている。それは一つとしてアクセス権設定のためのロールモデルの研究を生み出し、もうひとつはデジタルデータを対象にした厳密な証明をもとめる PKI を生み出した。ロールモデルとして RBAC (NIST Standard CS1.1) が実用化され、また組織のロールの研究から ORBAC(<http://www.orbac.org/>) が研究されるなどこの分野の成長は著しい。一方、PKI は、現在電子署名や暗号化メール (RFC2633 等)、さらに認証に使われるようになった。しかし、これらの学術的な成果が一般的な情報システムに組み込まれるには、まだ時間がかかるというのが共通の理解である。

他方において、サービス志向アーキテクチャにおけるサービス構築技術においてシステムどうしが通信を行なうワークフローの定式化が WS3C(<http://www.w3c.org/>) によって進行している。とくに WS-* の枠内において WS-BPEL によりビジネスプロセスを記述する流れが決定的なものになっている。ワークフローの定式化は Grid その他、複数のプロセスのインタラクションにより計算が進行していくものにおいても重要である。ここでは WS-BPEL にとどまらない言語が提案、研究、実装されている。しかし、ここでのワークフローはロールモデル中の複雑な意思決定機構を反映できるようなものではなかった。

組織における意思決定をワークフローに反映させるためには、従来の貧弱なワークフロー表現では対応できないことはもはや明らかである。

4.2 内容

現在のサービス構築技術、またサービス志向アーキテクチャにおいて、ワークフローの表現が本質的になっている。現実のワークフローによるプロセスの進行においては、進行をアクティベートさせるものが重要である。とくに人間による「承認」が本質的に重要である。これが署名や印鑑で担保されることにより現実の世界は動いている。情報システム、およびその結合体は、ワークフローと進行のアクティベータの実現により、はじめてある程度の複雑度を持ったサービスを構築できる。ところが、現状は、要素的なサービス (DB アクセス、計算等) の記述は進んでいても、それらを結合させるワークフローの記述力は十分でない。

しかし、要素技術は存在する。それがロールモデルであり、PKI の特に電子署名技術による認証 (証明) 機能の提供である。不足しているのは、一定の動作がある言明を証明していることの形式化とその表現である。本研究では、ワークフロー、特にプロセスのアクティベーションに関する記述を定式化し、加えて PKI の電子署名技術を使って一連のプロセスに (実世界上での) セマンティクスを与えるためのフレームワークを確立する手法を研究した。

情報化以前においては、これら「承認」に基づくアクティベーションはドキュメントの流通によって行なわれてきた。ここではドキュメントが組織の意思を体現し、署名や押印がそれを承認するものとして扱われてきた。本研究は、特にこれに着目する。すなわち、ドキュメントが持つ「意思をセマンティクスとして表現し、PKIによる電子署名で承認を表現する。これによって電子化されたドキュメントをワークフローの中に組み込むことが可能になる。

4.3 具体的成果

現実的な環境でのセキュリティモデルとその表現についての考察を行った。特に、データそのものが持つ認証情報と権限情報を計算環境下でどのように利用するかについて検討を行っている。

特に分散環境中にワークフローが検証可能なドキュメントをやりとりする枠組みを提唱した[発表3]。これは検証可能なプログラムコードが分散環境を飛び交うPCC(Proof Carrying Code)等と並列に論じられるべきものである。

PCCでは検証器がコードの証明を受け取る。われわれの枠組みでは検証器はある要求を満たすドキュメントをモデルとして受け取る。証明の生成が困難であるのと同じように、「ある要求を満たす」(上司の許可を得ていることを証明している等)ことを充足するドキュメントの作成は業務におけるワークフローの完成と同等の困難さを持つ。したがってモデルとしてのドキュメントを受け渡すことが重要である。

なお、このアイデアはCOMPSAC2009で以下の論文として発表される。さらにプロトタイプの実装が残っている。

- Sato, H.: “Analyzing Semantics of Documents by using a Program Analysis Method,” to appear in COMPSAC 2009.

5 LoA of Identity and Services

5.1 背景

認証基盤で、IDのライフサイクル管理は基本的なものである。その構築においてNISTの基準にも見られるように、「IDの保証基準」を定め、それによってコンテンツへのアクセスを制御する技術が一般的になってきた。この背景には、合理的なコストでセキュリティを担保することへの強い要請がある。

PKIプロジェクトで実施しているクライアント証明書発行のためのUTCAと、サーバ証明書発行審査のためのTRAは、強い認証強度をもつようにCP/CPSを作成し、実際に運用しているにもかかわらずその認知度は一般的ではない。これはひとつには監査その他標準的な認証強度の認定プロセスを経っていないことが原因であるが、もうひとつには認証強度のcriteriaが定められていないことも原因としてあげられる。

5.2 内容

この研究では、認証強度のcriteriaを定めるための評価軸を定めることを行っている。特にサーバ証明書においてFQDNのすべてのドメインについてまで保証を行うための審査体制の構築の研

究を行った。また、これをもとに、EV 証明書と WTCA 証明書の中間の強度を持つ証明書を合理的なコストで発行するための基準についても検討を行った。

加えて、認証強度を保証することでどのようなサービスが展開可能かの研究を実際にシステムを構築することで行った。

認証強度の criteria は、組織内の統制のみならず、組織間のデータ通信にも有用である。本年度は特に証明書のパス検証を拡張する枠組を研究した。

5.3 具体的成果

強い認証のための基盤の構築については認証の LoA の研究 [発表 4, 発表 7] とともに精力的に行っている。これについては、以下にまとめられ、発表する予定である。

- Sato, H., Nishimura, T.: “A Service Framework Based on Grades of IdPs and SPs,” to appear in Security and Management 2009.

特に PKI プロジェクトで行っているサーバ証明書審査において、品質保証をおこない、それをシールの形で可視化することに成功している [発表 2]。品質保証については、2008 年 Debian の過失により OpenSSL の品質を劣化させる改変があったことが報告された。多くの秘密鍵がリプレイにより生成可能になるということであった。われわれは HA8000 システムを中心として自明な並列性を最大限に利用し約 8G 個の鍵ペア生成のリプレイを行い、改変は重大であるが致命的ではないことを実証した。この結果も関連する国際会議で報告する予定である。

なお、研究の途中で Open source software のアップグレードのコストに注目せざるを得ない状況に至った。ソフトウェアの信頼性を高めるためにバグフィックスや機能拡張の成果を誠実に反映することで、実は製品購入以外の人的コストが跳ね上がっていることが観察できるようになった [査読付 3]。これは Identity のライフサイクル管理との類似性が認められ、興味深い事象である。

認証強度の保証によりどのようなサービスが展開可能かについては、携帯電話を対象にしてプロトタイプを構築し、実験を行った [発表 8, 発表 9]。さらに、パスワード認証を強化することで認証強度を保証することも試み、具体的にシステムを構築した [査読付 2]。

組織間で合理的なコストで信用を構築するために、証明書のパス構築の概念拡張を試みた [発表 5, 発表 10]。

6 成果要覧

査読付論文リスト

- [査読付 1] KAWANAKA, Sho, SATO, Hiroyuki: “Analysis of Chronological Tag Dependency in Folksonomy,” Proceedings of Semantic Web and Web Services 2008, 114–119, 2008.
- [査読付 2] NISHIMURA, Takeshi, SATO, Hiroyuki: “LESSO: Legacy Enabling SSO,” Proceedings of Workshop on Middleware Architecture in the Internet 2008, 301–304, 2008.
- [査読付 3] SATO, Hiroyuki: “Delay Front and Skip Interval for Assessing Open Source Software Maintenance of System,” Proceedings of 32nd IEEE Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 771–776, 2008.

[査読付 4] SATO, Hiroyuki: “Embedding Dataflow Information on Arrays into SSA and Extended Optimization Schema for Parallelization,” Proceedings of Parallel and Distributed Computing and Networks 2009, 240–245, 2009.

その他の発表論文リスト

[発表 1] 川中翔, 佐藤周行: “ソーシャルブックマークにおけるタグの時系列的な依存関係の解析,” 情報処理学会研究報告 2008-ICS-152, 25–32, 2008.

[発表 2] 西村健, 佐藤周行: “脅威モデルの構築をもとにしたサーバ証明書発行体制の分類とその評価手法の提案,” 情報処理学会研究報告 2008-IOT-2, 1–5, 2008.

[発表 3] SATO, Hiroyuki: “Extending Authorization Scheme by Documents,” 日本ソフトウェア科学会第 25 回大会予稿集 7C-4, 2008.

[発表 4] 佐藤周行, 西村健: “IdP と SP のグレード付けとグレードに基づいたサービス提供の枠組み,” コンピュータセキュリティシンポジウム 2008, 731–736, 2008.

[発表 5] 久保彰, 佐藤周行: “Dynamic Path Validation を用いた認証局の信頼ドメインの拡張に関する提案,” ITRC 第 24 回ミーティング (oral), 2008.

[発表 6] 佐藤周行: “Alternatives for Parallelism,” 情報技術標準化フォーラム「Fortran 最前線, 特に coarray について」(oral), 2008.

[発表 7] SATO, Hiroyuki, NISHIMURA, Takeshi: “Service Framework based on the Grades of IdPs and Sps, Toward Security Trust Engineering,” Proceedings of Secure-Life Electronics, 213–218, 2009.

[発表 8] 渡辺龍, 田中俊昭, 西村健, 佐藤周行: “携帯電話上での公開鍵証明書サービスの展開,” 2009 年 暗号と情報セキュリティシンポジウム, 2C1-3, 2009.

[発表 9] 西村健, 佐藤周行, 渡辺龍, 田中俊昭: “東京大学における認証基盤上の属性基盤と携帯電話への展開,” 2009 年 暗号と情報セキュリティシンポジウム, 2C1-4, 2009.

[発表 10] 久保彰, 佐藤周行: “Dynamic Path Validation を用いた信頼ドメインの拡張に関する提案,” 先端的ネットワーク & コンピューティングテクノロジーワークショップ・情報流通基盤分科会ワークショップ (oral), 2009.

[発表 11] 川中翔, 佐藤周行: “ソーシャルブックマークにおけるタグの派生関係の解析,” 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2009.

大規模データ処理のための生産性・移植性の高い実行環境

田浦 健次郎

1 概要

大規模な環境で、多数の逐次プログラムを複雑に組み合わせで構成されるワークフロー処理を高い生産性で実行し、HA8000 の適用分野を広げるべく研究を行っている。

2 HA8000 上での大規模データ処理ワークフローの実行

2.1 背景

ゲノム処理, 天文学, 生物医学, 素粒子物理, 環境モニタリングなど多くの分野で, 大量に蓄積されたデータとその処理が必須の方法論となっている. そのようなデータ処理中心のワークロードには一般に以下のような特徴がある.

1. 大量, 多数のデータの入出力を行う.
2. 処理時間がデータの性質に大きく依存し, 少数のパラメータからの計算量や必要メモリ量などの予測がしにくい.
3. 場合によっては, 新しいデータに対して処理が失敗することもあり, プログラムの修正と実行のサイクル (試行錯誤) を繰り返す必要がある.
4. ワークロード全体は, 複雑なデータ処理を行ういくつものプログラムを組み合わせで構築されており, 多くの場合自分で修正することが困難なプログラムである.

したがってそのような, 既存の逐次プログラムを簡単に組み合わせ, 大量・多数のデータ処理から並列性を容易に引き出せるような, 生産性の高い枠組みが求められる.

筆者は, そのような枠組みとして GXP とその上の make に基づいたワークフロー処理系 (GXP make) をオープンソースのソフトウェアとして公開している. 本年度, GXP を HA8000 クラスタシステム上で動作させるための拡張を施し (2.2), そのスケーラビリティの検証 (2.3) 大規模な生物医学テキスト処理ワークフローへの適用 (2.4) を行った. なお, GXP は以下の URL から入手可能である.

<http://www.logos.t.u-tokyo.ac.jp/gxp/>

2.2 GXP と GXP make

GXP は様々なインタフェース (SSH, qsub などのバッチスケジューラ) でアクセスされる多数の計算機に, 統一されたインタフェースで, 高速な並列プロセス起動を提供する.

GXP make はその上に構築された, make の分散並列処理系である. GXP make は内部で GNU make を無変更で用いており, それ故通常の make とまったく同じ記述で分散並列実行をサポートし, すべての GNU make の拡張構文や機能なども自動的にサポートする. 大規模な並列処理向けの機能として, ジョブの進行状況や並列度の時間推移などを表示する (html を生成する) などの機能を持つ.

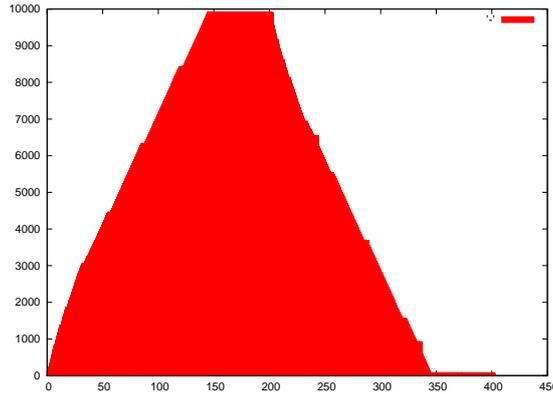


図 1: GXP make のジョブディスパッチ速度. 横軸=経過時間, 縦軸=並列度で, 開始 150 秒で頂上で並列度 10,000 に達している

2.3 GXP make のスケーラビリティ検証

GXP make は, 1 つのスケジューラプロセスがすべての make ジョブリクエストを受け取ってジョブをディスパッチするという構成をとるため, 高並列で実行する際にはこの部分がボトルネックになる可能性がある. 一方で, 依存関係の解析を並列に行うのは難しく, まして無変更の GNU make を用いるという制約下では, この部分の潜在的ボトルネックを完全に取り除くのは難しい. そこでまず GXP make が本タスクを実行するのに十分なスケーラビリティを持つかどうかを, 予備実験によって定量的に検証した.

図 1 は HA8000 システムにおいて, 200 秒 sleep するだけのジョブを 10,000 個投入したときの, 並列度の時間推移を示したものである. 約 150 秒ほどで 10,000 のジョブを投入し終え (並列度 10,000 へ到達), 200 秒経過後から, 徐々にジョブが終了している事が見て取れる. 言い換えれば, 60 ジョブ/秒程度のジョブディスパッチ性能を持っており, この程度の粒度以上のジョブが実行時間の大半を占めるようなタスクに対して, GXP make は 10,000 程度の並列性を十分に引き出せるということがわかる.

ただしこの速度は, GXP の処理系, および GXP を実行する Python の処理系がともにローカルファイルシステムにあったときの性能である. GXP 処理系や Python 処理系が共有ファイルシステムに置かれたときの性能は, 用いているファイルシステム, 設定 (PATH 環境変数など) で大きく異なっており, 条件により数倍 ~ 10 倍程度のスローダウンが観測された. 同じ共有ファイルシステム (NFS) を用いても大きく性能が異なっており, 今後詳細な調査を行う予定である. 本実験に置いては, GXP, Python をローカルファイルシステムに配置している.

2.4 生物医学テキストの, 深い自然言語処理を用いた索引づけ

本タスクは, 生物医学テキストの文献データベース MEDLINE¹ の抄録に対して, 高速な HPSG 構文解析器を核技術とした自然言語解析を行い, 構文情報を加味した索引づけを行う. 本タスクを構成する個々の逐次プログラムおよび逐次処理用のワークフロー (Makefile) は, 東京大学情報理工学系研究科辻井研究室により開発された.

この索引付けにより, 同じ意味を持つ構文的なバリエーションにとらわれない, 意味上の主語や意味上の目的語を指定した検索を行うことができる. この索引を用いた検索システム MEDIE が稼働しており, <http://www-tsujii.is.s.u-tokyo.ac.jp/medie/> を通してアクセス可能である. そこで以下では本ワークフローのことを, MEDLINE2MEDIE ワークフローと呼ぶことにする. 図 3 は 1 つの入力ファイルに対するジョブとその間の依存関係 (データの流れ) を図式化したものであり, 全体ではこのような処理が, 入力ファイル数分生成される.

¹ www.pubmed.gov

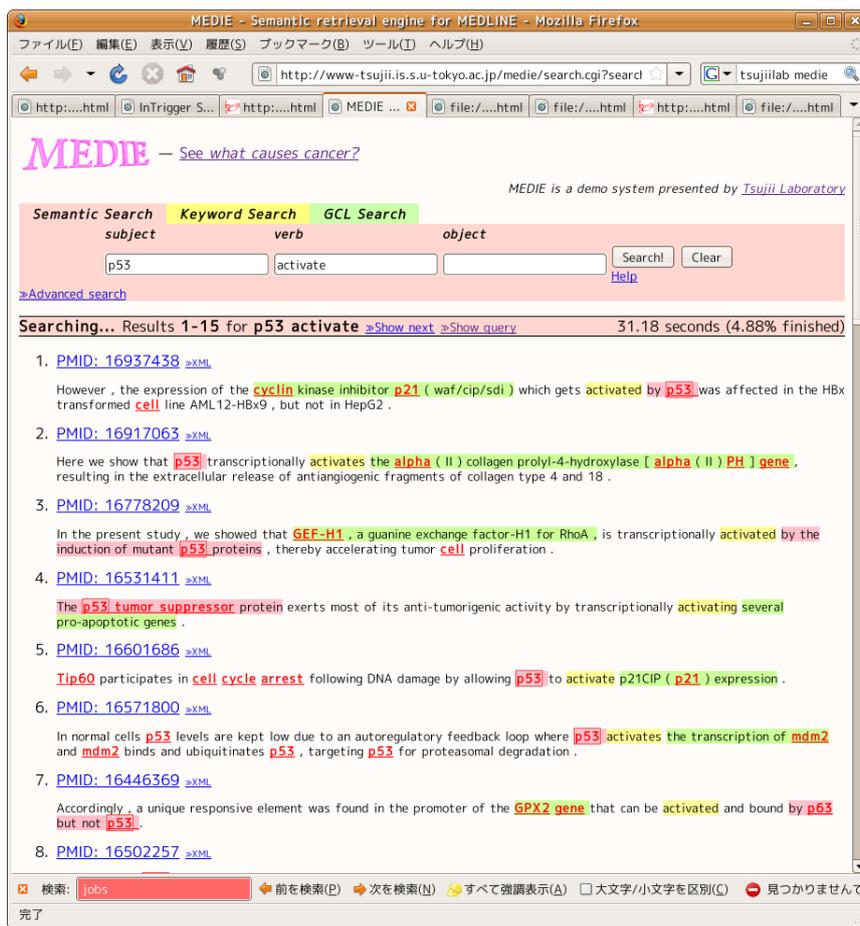


図 2: MEDIE 検索システム

MEDLINE 文献データベースに登録されている文献は日々加速度的に増加しており、現在 1 日に登録される文献の抄録を処理するのに、1 台で 8 時間程度の時間を要する。索引へのタイムリーな反映、抄録のみではない全文の処理、各種処理方式の比較などのためには、並列処理が必須なのは言うまでもない。今回は 1865 年から 2008 年 7 月 10 日までの全記事（抄録が収録されているものと、いないものがある）で、抄録数にして約 1,000 万、文数にして約 1 億からなるデータセットに対する処理を実行した。実行結果の詳細は省略するが、HA8000 の 30 ノード（480 コア）を用いて、3 日程度で完了するという見通しを得ている。今後さらに大規模な構成での実験を行っていく予定である。

3 HA8000 システムの今後へ向けた活動

データ処理が中心のワークロードに対しては、中間結果を格納するファイルシステムの性能が欠かせない。特に、大量の書き込み・読み込みだけでなく、ディレクトリ作成や小さなファイルへの読み書きなどの細かいアクセスについてもバランスよく性能を発揮することが必須となる。HA8000 に搭載されている並列ファイルシステムはその点で問題があり、利用者に対するアンケート調査などからも、多くのユーザがそれを感じていることが明らかになっている。

本年度、HA8000 のファイルシステムの性能向上を行うべく、各種システムのベンチマーキング、製品調査、動作検証、新ファイルシステムの仕様策定などを、本センターの松葉、鴨志田らを中心としたグループで行った。

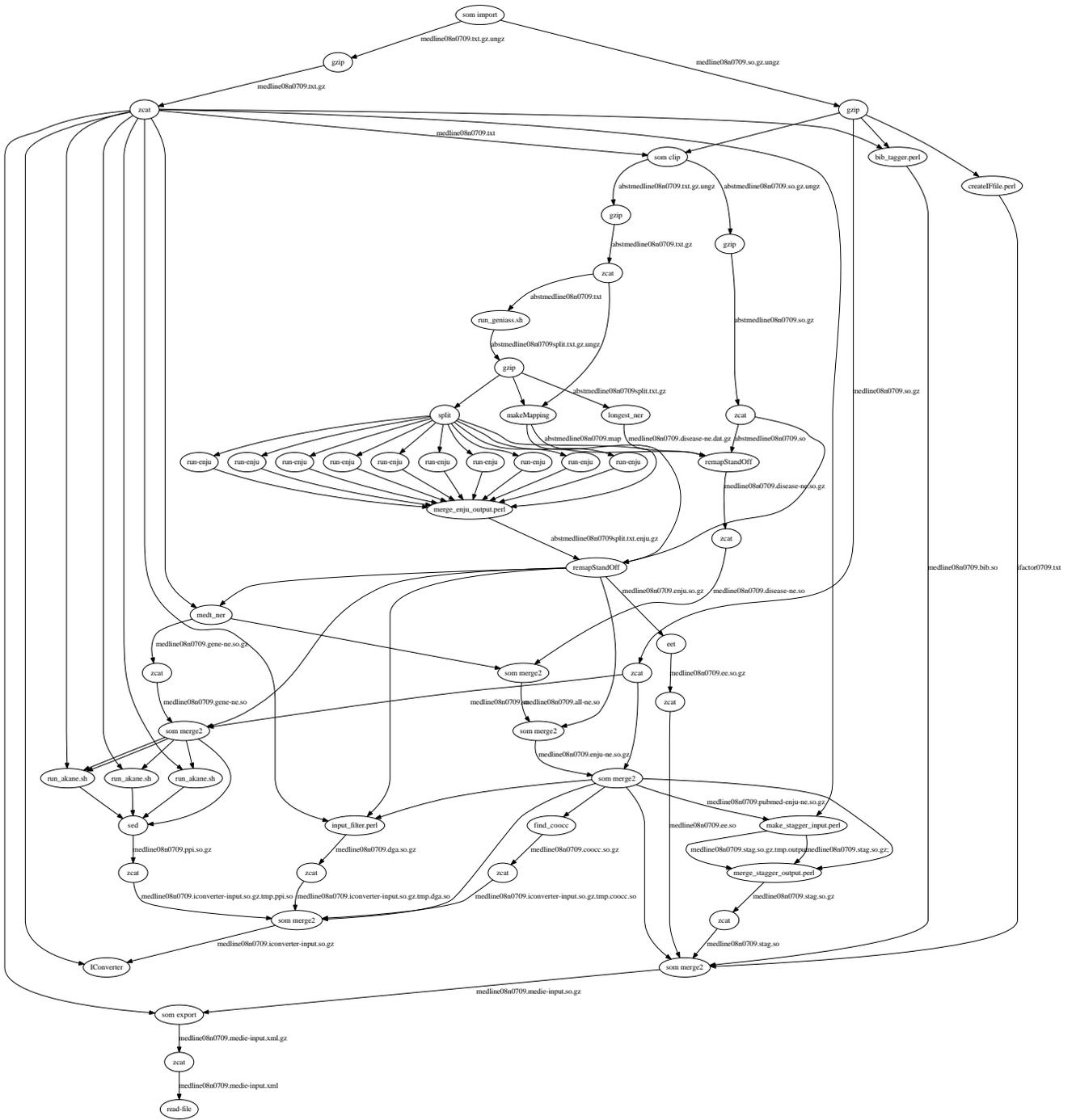


図 3: MEDLINE2MEDIE のワークフロー (1 入力ファイルにつき)

4 成果要覧

査読付論文

- [査読付 1] Nan Dun, Kenjiro Taura, and Akinori Yonezawa. Gmount: An ad-hoc and locality-aware distributed file system by using ssh and fuse. In *Proceedings of the 8th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid2009)*, page (to appear), 2009.
- [査読付 2] Ken Hironaka, Hideo Saito, Kei Takahashi, and Kenjiro Taura. gluepy: A simple distributed python framework for complex grid environments. In *Proceedings of the 21st Annual International Workshop on Languages and Compilers for Parallel Computing (LCPC 2008)*, 2008.
- [査読付 3] Ken Hironaka, Hideo Saito, and Kenjiro Taura. High performance wide-area overlay using deadlock-free routing. In *Proceedings of the International Symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC 2009)*, page (to appear), 2009.
- [査読付 4] Yoshikazu Kamoshida and Kenjiro Taura. Scalable data gathering for real-time monitoring systems on distributed computing. In *Proceedings of the 8th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid2008)*, pages 425–432, 2008.
- [査読付 5] Hideo Saito, Kenjiro Taura, and Takashi Chikayama. Collective operations for wide-area message passing systems using adaptive spanning trees. *International Journal of High Performance Computing and Networking (IJHPCN)*, 5(3):179–188, 2008.
- [査読付 6] Kei Takahashi, Hideo Saito, Takeshi Shibata, and Kenjiro Taura. A stable broadcast algorithm. In *Proceedings of the 8th International IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid 2008)*, pages 392–400, 2008.
- [査読付 7] 吉富翔太, 弘中健, 田浦健次郎. メッセージ衝突を防止する適応的なデータ収集操作アルゴリズム. In *先進的計算基盤シンポジウム (SAC SIS 2009)*, page 掲載予定, 2009.
- [査読付 8] 原健太郎, 塩谷亮太, 田浦健次郎. メモリアクセス最適化を適用した汎用プロセッサと cell の性能比較—cell speed challenge を題材にして—. In *先進的計算基盤シンポジウム (SAC SIS 2008)*, pages 157–166, 2008.
- [査読付 9] 弘中健, 斎藤秀雄, 高橋慧, 田浦健次郎. 複雑なグリッド環境でプログラミングを実現するフレームワーク. In *先進的計算基盤シンポジウム (SAC SIS 2008)*, pages 349–358, 2008.
- [査読付 10] 弘中健, 斎藤秀雄, 高橋慧, 田浦健次郎. 複雑なグリッド環境で柔軟なプログラミングを実現するフレームワーク. *情報処理学会論文誌: コンピューティングシステム (ACS)*, 1(2):157–168, 2008.
- [査読付 11] 柴田剛志, 田浦健次郎. 多拠点クラスタにおけるトポロジ情報を用いた効率的かつ安定的な大容量ブロードキャスト. In *先進的計算基盤シンポジウム (SAC SIS 2009)*, page 掲載予定, 2009.
- [査読付 12] 長沼翔, 高橋慧, 斎藤秀雄, 柴田剛志, 田浦健次郎, 近山隆. ネットワークトポロジを考慮した効率的なバンド幅推定手法. In *先進的計算基盤システムシンポジウム (SAC SIS 2008)*, pages 359–366, 2008.

公開ソフトウェア

- [公開 1] Kenjiro Taura. Gxp: Grid and cluster shell. <http://www.logos.t.u-tokyo.ac.jp/gxp/>.

多倍長整数同士の積の高速化に関する研究及び 電力消費量を抑えた線形数値計算ライブラリに関する研究

黒田 久泰

1 概要

本研究は、コンピューターを用いた計算の高速化や効率化を目的として行っている。高速化には、1つの解法やアルゴリズムだけに着目し最大限の高速化を試みるといったことも考えられるが、ここでは、複数考えらえる解法やアルゴリズムの中で、どういった条件の下ではどういった解法やアルゴリズムが短時間で実行できるかといったことに焦点を置いている。また、効率化に関しては、コンピューターリソースを有効に活用するといった場合でも、何を基準にするかで方法が大きく変わってくる。ここでは、電力消費量を削減することを目的とした効率化を考える。本報告では、下記の2つについて報告する。

- 多倍長整数同士の積の高速化に関する研究

数値計算では、主として 32bit 整数同士の演算、あるいは、倍精度浮動小数点数同士の演算を行っているが、これは、プロセッサ内部のレジスタが行う演算に対応している。しかし、研究分野によっては長い桁数同士の乗算が必要になる場合がある。長い桁数の小数の場合でもプログラム内部で小数点の位置を別管理することで、ほとんど多倍長整数として扱うことができるので、多倍長整数同士の演算に置き換えられる。また、多倍長整数同士の除算は、多倍長整数同士の乗算に置き換えて計算されることが多い。そのため、多倍長整数に関する計算速度は、多倍長整数同士の乗算の性能に大きく依存することとなる。本研究では、多倍長整数の桁数によってどのようなアルゴリズムを選択すべきかについて調査した。

- 電力消費量を抑えた線形数値計算ライブラリに関する研究

現在、日本国内でもグリーン IT に関連して、サーバーの電力消費量をいかに下げるかということが大きな課題となっている。本研究では、ソフトウェアの観点から、電力消費量を下げられないかということを研究している。従来、CPU 利用率が低いときに CPU 動作周波数を下げるといったことが行われてきたが、本研究では、CPU 利用率が高い状態であるにも関わらず、演算性能をできるだけ保ちつつ自ら CPU 動作周波数を下げて、消費電力を下げることを考えている。

2 多倍長整数同士の積の高速化に関する研究

2.1 背景

計算機で整数を扱う場合、通常は整数レジスタのサイズに合わせて 32bit や 64bit を単位として扱うことが多い。しかし、一部の計算分野においては、64bit の範囲では収まらないもっと大きな整数を扱うこともある。多倍長整数同士の積の方法には何通りかの方法があるが、その内のどれを選べば

よいかは桁数やシステムによって異なってくる。そのため、多倍長整数を扱うライブラリでは、ライブラリ構築時にどの桁数ではどの方法を選択するかを予め決めておく必要がある。

2.2 内容

被乗数 X と乗数 Y の積 Z を求める方法には何通りかの方法があるが、ここでは次の3通りについて考える。

1. 筆算方式

基数を B としたとき被乗数 X と乗数 Y の値がそれぞれ次のように表わされているとする。

$$X = \sum_{n=0}^{N-1} x_n B^n, \quad Y = \sum_{n=0}^{N-1} y_n B^n$$

通常、人間が筆算を行う場合には $B=10$ となり、 N は10進数表記での桁数となる。計算機上では、例えば32bitで処理する場合は $B=2^{32}$ となる。積 XY は次のように表わされる。

$$XY = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} x_k y_n B^{k+n}$$

この式のとおり計算すると、計算量は $O(N^2)$ である。

2. カラツバ法

被乗数 X と乗数 Y をそれぞれ上位、下位の2つに分割する。

$$X = x_1 B^{N/2} + x_0 \quad 0 \leq x_0, x_1 < B$$

$$Y = y_1 B^{N/2} + y_0 \quad 0 \leq y_0, y_1 < B$$

そうすると、積 XY は次のようになる。

$$XY = x_1 y_1 B^N + (x_1 y_0 + x_0 y_1) B^{N/2} + x_0 y_0$$

ここで、上記の右辺の2項目の係数を次のように計算すると、

$$x_1 y_0 + x_0 y_1 = (x_0 + x_1)(y_0 + y_1) - x_0 y_0 - x_1 y_1$$

N 桁同士の乗算を、本来 $N/2$ 桁同士の乗算を4回行うところが3回で済むようになる。これを再帰的に利用することにより、 $O(N^{\log_2 3})$ の計算量で済む。

3. 高速フーリエ変換を利用した方法

被乗数 X と乗数 Y が B 進数で N 桁の数となっているとき、その各桁の値を N 個並べた数列とみなして、高速フーリエ変換を行い、畳み込み演算を行った後、逆フーリエ変換を行う方法である。計算量は $O(N \log N \log \log N)$ である。

多倍長整数の計算機内部の表現方法には次の2つの方法が考えられる。

A. 整数型配列を利用したもの

各要素の乗算や加算も整数演算とする。

B. 倍精度浮動小数点型配列を利用したもの

各要素の乗算や加算も倍精度浮動小数点数演算とする

POWER5+の場合は、Bの倍精度浮動小数点型を利用した方が1クロックのスループットで2つの積和演算を同時に行えるため、Aの整数型を利用した場合よりも高速に行える。しかし、倍精度浮動小数点型は、1要素中に11bitの指数部分が含まれており、多倍長整数を格納する場合には整数値しか扱わないため実質この指数部分は無駄となってしまう。一方、整数の場合には32bitがすべて有効に利用できるため少ない要素数で多くの桁数を格納することが可能である。

2.3 具体的成果

実験環境として、東京大学情報基盤センターにある SR11000/J2 を用いた。搭載されている CPU は POWER5+ 2.3GHz である。コンパイラとして、日立最適化 C コンパイラ(バージョン 01-03-/C)と GNU C コンパイラ(バージョン 4.1.1)を用いた。できるだけ高速な実行ファイルを生成するために、2つのコンパイラを組み合わせ用いている。

図 1 に同一ビットサイズの 2 つの多倍長整数の乗算にかかった時間を示す。Bit length はビット長を示しており、例えば Bit length が 2048 の場合であれば、 $2^{2048} \approx 10^{616.448}$ なので、10 進数で 616桁の数である。縦軸はバスクロック時間である(約 512MHz で動作)。なお、被乗数と乗数のデータが完全にキャッシュメモリにはない状態で測定した。表記の意味は次のとおりである。

Schoolbook	筆算方式、倍精度浮動小数点型配列に格納
Schoolbook(integer)	筆算方式、整数型配列に格納
Karatsuba	カラツバ法、倍精度浮動小数点型配列に格納
Karatsuba(integer)	カラツバ法、整数型配列に格納
FFTW	高速フーリエ変換を行うフリーソフト FFTW Version 3.1.2 を利用
OurFFT	多倍長乗算向けに独自開発した高速フーリエ変換プログラムを利用

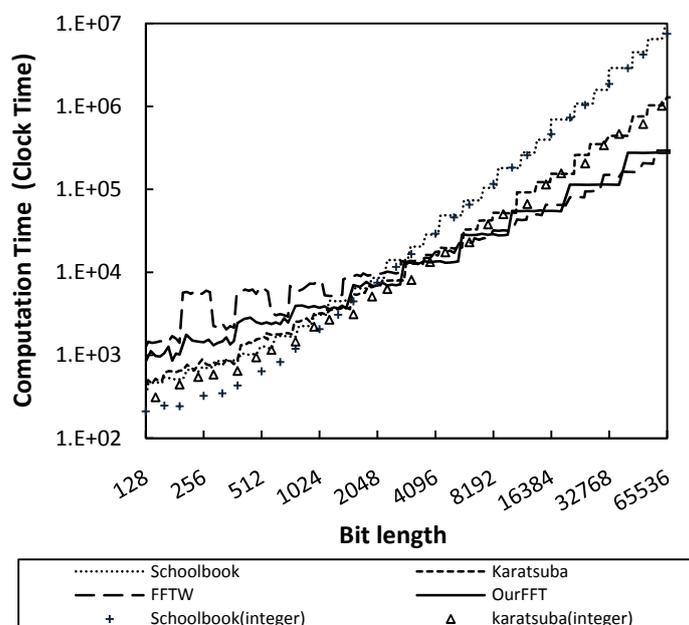


図 1 乗算アルゴリズムと実行時間

桁数が 1024 ビットまでは整数型配列格納形式の筆算方式、2048 ビットでは整数型配列格納形式のカラツバ法、4096 ビット以上では高速フーリエ変換を用いた方法が最も早かった。なお、我々が独自開発した高速フーリエ変換プログラムは 2 のべき乗にはしか対応していないため、2 のべき乗ではない場合には FFTW を利用した方が高速に計算できた。2 のべき乗でない多倍長整数同士の乗算の場合に、2 のべき乗として扱うために上位桁を 0 で埋めるのか、あるいは、2 のべき乗以外の要素数に対する高速フーリエ変換を用いて計算を行うのか、どちらが高速になるのかについての評価は今後の課題の一つである。

3 電力消費量を抑えた線形数値計算ライブラリに関する研究

3.1 背景

ここ数年、コンピューターの性能向上に伴った電力消費量の増大が問題となっている。電力消費量が増えることで発熱量も増加し、コンピューターを設置している部屋を冷やすための空調設備にかかる電力消費量も増大してしまうという問題が起きる。そのため、電力消費量はできるだけ小さい方が望ましいということは言うまでもない。最近のプロセッサは省電力化機能を備えていることが一般的となっており、その機能の一つにプロセッサの動作周波数を動的に変更できるというものがある。ここでは、プロセッサの動作周波数を変更することで、どれくらいの電力消費量が抑えられるのかについて調査した。

3.2 内容

コンピューター上で実行されるプログラムは、メモリ階層の観点から、(1)メモリアクセスのないレジスタ内演算、(2)L1/L2キャッシュメモリに対するメモリアクセス、(3)主記憶メモリへのアクセス、に分けられる。ここで、次のような3つの測定プログラムを用意し、プロセッサの動作周波数とコンピューターの消費電力の関係について調査した。

プログラム1

レジスタ同士の演算の繰り返し

プログラム2

32KBの倍精度浮動小数点型配列に対するデータ更新の繰り返し
L1キャッシュメモリに収まるサイズ

プログラム3

256MBの倍精度浮動小数点型配列に対するデータ更新の繰り返し
L1/L2キャッシュメモリには収まらないサイズ

3.3 具体的成果

3種類のコンピューターで電流値を測定した。3種類のコンピューターのプロセッサは(1)Pentium M 735 1.7GHz、(2) Athlon64 X2 BE-2350 2.1GHz、(3) Core2Duo T9300 2.5GHzである。測定機器として、日置電機株式会社のデジタルハイテスタ3237-01を利用したが、消費電力量が測定できなかつたため電流値を測定した。また、CPUだけではなくパソコン本体全体の電流値を測定した。(1)の結果を図2、(2)の結果を図3、(3)の結果を図4に示す。Prog.1はプログラム1、Prog.2はプログラム2、Prog.3はプログラム3を表している。2つのグラフの横軸はCPUの動作周波数である。縦軸は上のグラフについては電流値(mA)、下のグラフについては最も遅い動作周波数で実行した場合のプログラムの実行速度を1としたときの実行時間比である。また、上の電流値のグラフでは、比較のため何も実行していないCPUアイドル時の電流値も示した。

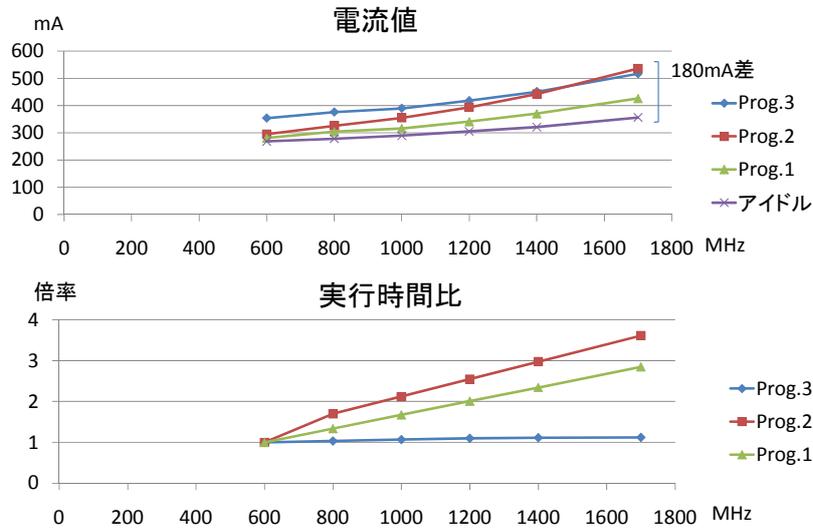


図2 電流値と実行時間比 (Pentium M 735 1.7GHz)

図2について、プログラム1とプログラム2では、CPU動作周波数の比率に応じた速度向上が見られたが、プログラム3では速度向上が見られなかった。一方、電流値はCPU動作周波数に応じて上昇していることがわかるが、特にプログラム2の上昇が激しいことがわかる。CPU動作周波数が1700MHzのとき、アイドル時とプログラム2実行時では180mAの差が生じた。

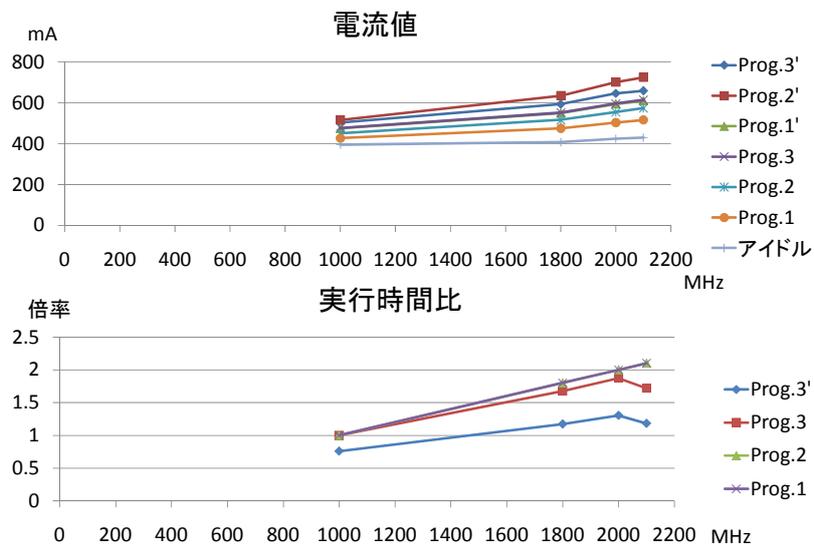


図3 電流値と実行時間比 (Athlon64 X2 BE-2350 2.1GHz)

(2)Athlon64 X2 BE-2350 2.1GHz と(3)Core2Duo T9300 2.5GHz は、2つの CPU コアが搭載されているため、プログラム 1 から 3 について 2 個同時に実行した場合も測定した。それらは、図 3 と図 4 中の Prog.1'、Prog.2'、Prog.3'に対応する。また、実行時間については、プログラム 1 とプログラム 2 については 2 個同時に走らせた場合と 1 個だけ走らせた場合で同じだったため Prog.1'は Prog.1、Prog.2'は Prog.2 と全く同じである。

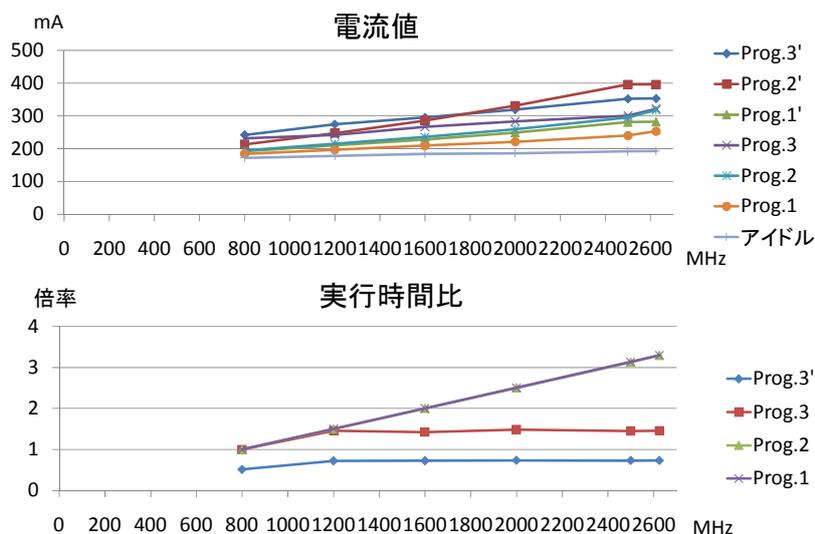


図 4 電流値と実行時間比 (Core2Duo T9300 2.5GHz)

図3では図2ではみられなかったプログラム3の速度向上が見られた。CPUの種類によって、大きく傾向が異なることがわかる。

図4について、仕様上は2.5GHzとなっているが、2.625GHzの動作が可能であることが確認できた。しかし、2つのプログラムを同時実行すると両方とも2.5GHzでの動作速度になるため、1コアだけ稼働しているときにだけ2.625GHzが有効になるようである。図2と同様にプログラム3についてはCPU動作周波数に応じた速度向上は得られなかった。

これらの実験から、CPU動作周波数が低い場合でも、主記憶メモリへのアクセスについては消費電力量が高くなることと、CPU動作周波数が高い場合には、キャッシュメモリへのアクセスの消費電力量が高くなることがわかる。また、主記憶メモリへのアクセス速度はCPU動作周波数とはあまり関係がないため、主記憶メモリへのアクセスが多い部分では、CPU動作周波数を極力下げておくのが良いということになる。また、即時性を要求されない場合には、できるだけCPU動作周波数を下げた状態で実行することで消費電力量を落とせることに繋がることがわかった。

4 成果要覧

査読付論文リスト

- [査読付 1] Takahiro Nagai, Hitoshi Yoshida, Hisayasu Kuroda, and Yasumasa Kanada : Fast Quadruple Precision Arithmetic Library on Parallel Computer SR11000/J2, ICCS2008, Lecture Notes in Computer Science 5101 Springer 2008, pp.446-455, 2008.
- [査読付 2] Tomoaki Hirota and Hisayasu Kuroda: Implementation of Integer Multiplication in Multiple-Precision on POWER5+ Architecture, The 2008 International Conference on Scientific Computing (CSC'08) in WORLDCOMP'08, pp.197-203, 2008.

その他の発表論文リスト

- [発表 1] 黒田久泰, 片桐孝洋, 須田礼二: 電力消費量を抑えた線形数値計算ライブラリの実装と評価, 2008 年並列/分散/協調処理に関する『佐賀』サマー・ワークショップ (SWoPP2008), 日本応用数学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会, 2008 年 8 月.
- [発表 2] 片桐孝洋, 黒田久泰: Windows クラスタにおける疎行列反復解法ソルバの自動チューニング, 2008 年並列/分散/協調処理に関する『佐賀』サマー・ワークショップ (SWoPP2008), 情報処理学会研究報告 2008-HPC-116, pp.43-48, 2008 年 8 月.
- [発表 3] 筒井直機, 吉田仁, 黒田久泰, 金田康正: SR11000/J2 における 4 倍精度演算を改良した FFT の実装と評価, 2008 年並列/分散/協調処理に関する『佐賀』サマー・ワークショップ (SWoPP2008), 情報処理学会研究報告 2008-HPC-116, pp.61-66, 2008 年 8 月.
- [発表 4] 吉田仁, 黒田久泰, 後保範, 金田康正: 複数次多項式による MBPS の改善と HITACHI SR11000/J2 での実装評価, 2008 年並列/分散/協調処理に関する『佐賀』サマー・ワークショップ (SWoPP2008), 電子情報通信学会技術研究報告 CPSY2008-28, Vol.108, No.180, pp.103-107, 2008 年 8 月.
- [発表 5] Hisayasu Kuroda and Takahiro Katagiri: Impact of Auto-tuning for a Sparse Iterative Solver on a Multicore Windows Cluster, 2009 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE09), Mini Symposium, "MS104 Current Auto-tuning Challenges: Multicore Architecture and Crucial Algorithms Part I of II", Miami, Florida, Mar. 2-6, 2009.
- [発表 6] 矢野良輔, 鈴木宏二郎, 黒田久泰: 相対論的流体における非平衡現象について, 日本物理学会第 64 回年会, 28aTK-5, 2009 年 3 月.

特記事項

- [特記 1] 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティング部門: HA8000 クラスタシステム利用の手引き 第 1 版, 2008 年 6 月.
- [特記 2] 黒田久泰: 高性能プログラミング(II) 上級編, 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティングニュース, Vol.10, No.5, 2008 年 9 月.

H 8000 クラスタシステムの有効活用のための 研究開発および運用支援

松葉 浩也

1 概要

2008 年度は 6 月から新しいスーパーコンピュータである「HA8000 クラスタシステム」の試験運用が始まり、10 月には正式運用に移行した。本年度はこの新しいシステムの利用者が有効にスーパーコンピュータを活用するためのソフトウェアの研究開発および運用支援を行った。研究開発としてはスーパーコンピュータでのアプリケーション実行の前後に各計算機のローカルディスクのファイルを準備および退避するステージングを行うソフトウェアを作成し公開した。また、運用支援としては大量ジョブの処理を必要とする利用者向けの環境整備および利用の手引きの整備を行った。

2 汎用ステージングソフトウェアの研究開発

2.1 背景

2008 年度より運用をはじめた HA8000 クラスタシステムであるが、ファイルシステムの設計が特徴的であり、特に本システムで初めて本センターのスーパーコンピュータを使用する利用者にとっては扱いが難しい。具体的にはファイル操作に使用するネットワークの接続形態が全体で一様でなく、ファイルアクセスに有利なノード、不利なノードが存在すること、通常のファイルシステムの 1000 倍にもなる大きな単位で入出力リクエストを出さないと高い性能が得られないことの 2 点が利用者にしんどさを感じさせる原因となっている。

HA8000 クラスタシステムの各ノードでは、利用者が自由に使用できるローカルディスク領域がある。ローカルディスクには広く使われている Linux のファイルシステムが採用されているため、本システムに向けた特殊な最適化を行わなくても利用者は一般的な性能を得ることができる。そこで、並列アプリケーション実行前に扱いの難しい共有ファイルシステムからローカルディスクにファイルをコピーするツールを提供し、利用者プログラムにはローカルディスクのファイルを用いて計算を進めてもらうことにより、ユーザーの利便性の向上、あるいは利用者プログラムの性能向上が期待できる。このように計算実行前にデータ保管場所からローカルディスクにファイルをコピーすることを「ステージイン」と呼ぶ。また、ステージインを行った場合、ジョブの終了後にローカルディスクからデータ保管場所に結果を退避する必要がある場合が多い。このように終了後に行うローカルディスクからのデータ退避を「ステージアウト」と呼び、ステージインと合わせて「ステージング」と呼ぶ。

2008 年 6 月より運用を開始した HA8000 クラスタシステムの利用状況や試験運用中にセンターに寄せられた利用者の声を総合的に検討した結果、HA8000 クラスタシステムを快適に使用するためには、ステージングによりファイルシステムの扱いに関わる難しさを隠蔽することが必要であると判断された。そこで本システムで利用できるステージングソフトウェアを開発することとした。

一方、本センター以外のスーパーコンピュータについて考えたとき、ステージングの必要性は本センター固有のものでないことがわかる。たとえば、地球シミュレーターや筑波大学の PACS-CS などの有名な大型計算機でもローカルディスクの利点を生かすためにステージングが採用されている。今後、

```
#!/bin/bash
#@$-N 16      # ノード数 16
#@$-J T4      # ノードあたり 4 プロセス
mpirun /opt/itc/bin/stg stgin.cfg
mpirun ./my_mpi_program
mpirun /opt/itc/bin/stg stgout.cfg
```

図 1: NQS システムでの使用例

フラッシュディスクを用いた SSD が普及するにしたいがローカルディスクを利用する利点はさらに大きくなることが予想されることもあり、スーパーコンピュータにおけるステージングは本センター以外においても重要性が増すことが考えられる。そこで、開発するステージングソフトウェア (STG と呼ぶ) は本センターでの利用を中心に考えながらも、多種多様な環境に適應できるよう柔軟な設計とすることを目標とした。

2.2 内容

前節の最後に述べたように、STG は汎用性の高いステージングソフトウェアである。この汎用性とは具体的には次の 3 つの機能を持つことである。

モジュラアクセス

利用者データへのアクセス手段は計算機環境や利用者の目的によって様々である。例えば、共有ファイルシステムが提供されている計算機では、利用者データは通常のファイルとしてアクセスする。一方、共有ファイルシステムが存在しない場合は決められた手段でファイルサーバにアクセスすることが求められる。STG ではこのようなアクセス手段の違いを吸収するインタフェースを規定し、未知のシステムに対しても容易にアクセス手段を追加することができる。

代表アクセス

多数の計算ノードにステージインを行う場合、利用者データを格納するシステムの性能によっては各ノードが個々にアクセスするよりも、代表ノードが集中的にアクセスを行う方が効率的な場合がある。また、並列計算機の構成によっては MPI プロセスの一部ランクからのみストレージアクセスができるような構成も考えられる。そこで STG は一部ノードが集中的に利用者データへのアクセスを行い、他のノードとは MPI 経由でデータ交換を行うことを可能としている。

転送トポロジ設定

同一のファイルを全ノードに分配する場合は同一ファイルの転送を繰り返すよりも、Tree やリングのようなトポロジを構成して分配した方が効率的である。そこで STG は上記代表アクセス機能で指定した代表プロセスから計算ノードに至るまでの転送経路やトポロジを任意に設定できるよう設計されている。

2.2.1 使用例

ソフトウェアの内部構造を述べる前に、STG の使用方法を示す。図 1 に HA8000 クラスタシステムで使用する場合のジョブスクリプトの例を示す。例にあるように STG はそれ自体が MPI アプリケーションであり、ステージング命令を含んだ設定ファイルの指定と共に mpirun コマンドで起動される。MPI のプロセス数やノードあたりのプロセス数は並列アプリケーションと同じ設定で起動するものとする。このルールにより STG 内のランク番号と並列アプリケーションの MPI_COMM_WORLD におけるランク番号は常に一致する。

```

LINE ::= METHOD GLOBALFILE LOCALFILE
METHOD ::= in | out | TOPOLOGY
GLOBALFILE ::= STORAGE_RANK:METHOD://NAME
LOCALFILE ::= NAME
TOPOLOGY: トポロジ構成コンポーネント名
STORAGE_RANK: アクセスするプロセス
METHOD: 入出力コンポーネント名
NAME: ファイル名

```

図 2: 設定ファイルの書式

```

in /data/data.%03d /tmp/dataX.%03d
in 0:/data/data.%03d /tmp/dataY.%03d
in 0:http://fs/data.%03d /tmp/dataZ.%03d
out /data/data.%03d /tmp/dataX.%03d
tree 0:/data/all.dat /tmp/all.dat

```

図 3: 設定ファイルの例

STG の実行のためには図 2 の書式にしたがった図 3 のような設定ファイルを準備する。詳細は後述するが、設定ファイルの各行には転送方式、ステージング対象のファイル名とアクセス方法、ローカルディスクのファイル名を記述する。設定中ではランク番号に展開される "%d" が使用可能である。

2.2.2 設計概要

図 4 に STG の設計概要を示す。図中、重要な役割を果たすのは「転送計画作成コンポーネント」および「入出力コンポーネント」である。「転送計画作成コンポーネント」は設定ファイルを読み込み STG の各ランクのプロセスが行うべき操作を決定する。このコンポーネントはステージイン、ステージアウト、あるいは Tree トポロジによるファイル分配などの転送の種類に応じて存在する。設定ファイルの一カラム目が転送計画作成コンポーネントの種類を示しており、二カラム目以降をそれぞれのコンポーネントが解釈する。

「入出力コンポーネント」はファイルや MPI, HTTP などのデータアクセス手段に対して共通のインタフェースを提供するものである。転送計画作成コンポーネントにより各プロセスでの転送操作が決定されると、それに応じて入出力コンポーネントが選択され、具体的なファイル名などと共にインスタンス化された「入出力オブジェクト」が作成される。

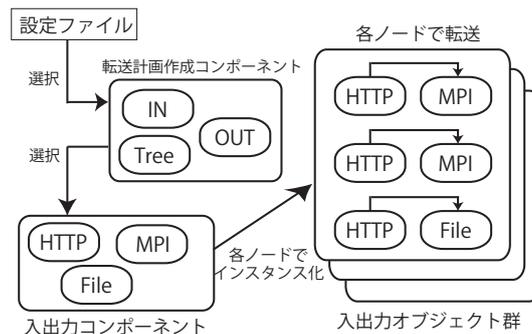


図 4: 設計概要

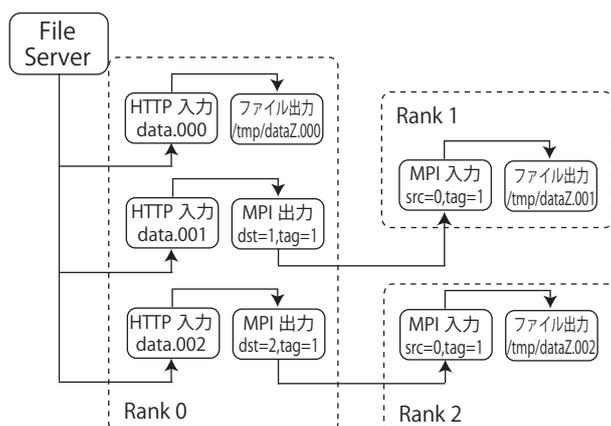


図 5: 動作例

前節の設定ファイル図 3 の 3 行目を例に取ると、後で説明するようにこの設定は「サーバ fs に HTTP でアクセスし、data.001, data.002, ... を取得し、それぞれのランクに "/tmp/dataZ. ランク番号" という名前で配置する」と読む。このとき作成される入出力オブジェクトは図 5 のようになる。この例ではランク 0 番のプロセスではファイルサーバから HTTP 経由でデータを取得するための入力オブジェクトとファイルまたは MPI に出力するオブジェクトが接続されている。ランク 1,2 では MPI から入力するオブジェクトとファイルに出力するオブジェクトが接続されている。このような接続によりファイルサーバから各ノードへのファイル転送が実現される。この接続関係を作成するのが転送計画作成コンポーネントである。

以降の節ではこれらのコンポーネントの設計について詳細を述べる。

2.2.3 転送計画作成コンポーネント

図 5 のように入出力オブジェクトを配置するためには、図 2、図 3 に示した設定ファイルを読み込み各プロセスで入出力オブジェクトのペアを作成する必要がある。各ランクでどのような転送を行うかを決定し、各ランクでの生成が必要な入出力オブジェクトのペアを決定することを「転送計画の作成」と呼ぶことにする。「転送計画作成コンポーネント」はこの転送計画の作成のためのコンポーネントである。転送計画コンポーネントはすべて STG のランク 0 で実行され、STG 内の全プロセスについて各プロセスが行うべき転送処理が決定される。この転送計画は各ランクのプロセスに伝えられ、それぞれのプロセスで入出力オブジェクトが作成される。

設定ファイル読み込み

STG は設定ファイルを一行読み込み、先頭のカラムを読むことで使用する転送計画作成コンポーネントを選択する。ステージイン、アウトを意味する "in"、"out" は組み込みの転送計画作成コンポーネントであり、計算ノードローカルで完了する操作、またはファイルサーバと計算ノードの間の一対一通信で完了する操作で実行可能なステージングを計画する。これを「in/out 転送計画コンポーネント」と呼ぶ。一カラム目が "in" または "out" 以外の場合、それは転送計画作成コンポーネントの名前と解釈される。図 3 は例として "tree" を作成し、使用する例がある。これを「tree 転送計画コンポーネント」と呼ぶことにする。in/out および tree の転送計画コンポーネントについては後述する。

二カラム目以降は「in/out」や「tree」のような各転送計画コンポーネントによって解釈されるが、二カラム目はファイルサーバ上の名前、三カラム目はローカルディスク上のファイル名とするのは転送計画コンポーネントの種類に依らないルールとなっている。またファイルサーバ上の名前を指定する二カラム目の書式も固定されており次のようになっている。

`STORAGE_RANK:METHOD://NAME`

STORAGE_RANK はファイルサーバにアクセスする STG のプロセス番号である。METHOD はファイルサーバへのアクセス方法を示しており、これは入出力コンポーネントの名前となる。NAME は前節で説明したように、入出力コンポーネントに依存する名前である。なお、STORAGE_RANK を省略した場合は STG の各プロセスが直接ファイルサーバにアクセスすることを意味する。また、METHOD を省略した場合は通常のファイルと解釈する。

なお、実装上は設定ファイルの読み替え機能も存在する。例えば 1 カラム目に "bcast" と書いた場合にそれを "tree" と読み替えるようなことができる。これは計算機による適切なトポロジの違いを利用者から隠蔽するために利用できる。例えば利用者には常に "bcast" を使用してもらい、各計算機でそれぞれに適したトポロジを作成する転送計画作成コンポーネントにマッピングするような使い方ができる。同様にストレージファイル名の STORAGE_RANK や METHOD を省略した場合のデフォルト動作も変更可能である。

in/out 転送計画コンポーネント

設定ファイルの 1 カラム目が in または out の場合は一対一のファイル転送である。in/out 転送計画コンポーネントは設定ファイルに記述された転送がすべてのランクで発生するものとしてデータ転送計画を作成する。例えば図 3 の 1 行目はすべての STG プロセスで「/data/data. ランク番号」を「/tmp/dataX. ランク番号」にコピーする。ファイルサーバにアクセスするプロセス番号が指定されていないため、すべて各プロセスからの直接アクセスとなる。ファイルサーバへのアクセスとファイルの保存先が同じプロセスである場合、in/out 転送計画コンポーネントはファイルサーバからの入力オブジェクトとローカルディスクへの出力オブジェクトを直接接続するような転送計画を作成する。この場合図 6 のような入出力オブジェクトの組み合わせが STG の全プロセスで作成されるような転送計画となる。

一方、図 3 の 2 行目および 3 行目はファイルサーバへのアクセスランクが 0 番であることが指定されている。この場合、ランク 0 のみはプロセス内でのファイルコピーであるが、その他のプロセスにステージインするファイルはランク 0 から読み込んだ上で他のプロセスに転送する必要がある。この場合、in/out 転送計画コンポーネントは前節で例として示した図 5 のように、MPI によってデータ転送を行う転送計画を作成する。つまり、ランク 0 では自プロセス宛のファイルはローカルコピー、他はファイルを読み込み MPI に出力するような入出力コンポーネントのペアが作成され、その他のプロセスでは MPI からデータを受け取りファイルに書き出すような入出力コンポーネントのペアが作成される。

以上の例からわかるように、in/out 転送計画コンポーネントへの入力によりファイルサーバへアクセスするプロセスが指定できる。STG の特徴のひとつである「代表アクセス」は以上のように実現されている。

tree 転送計画コンポーネント

図 3 の 5 行目は同一のファイルをすべてのプロセスに分配する例である。この場合、STG は先頭カラムの "tree" を認識して「tree 転送計画コンポーネント」に転送計画を作成させる。tree 転送計画コンポーネントも in/out と同様に設定ファイルを解釈するが、"%d" によるランク番号置換は無視する。

tree 状のファイル分配にあたっては、出力コンポーネントの一種として書き込み要求を受けたデータを二個または三個の出力オブジェクトに出力する「分配出力コンポーネント」を導入する。このコ

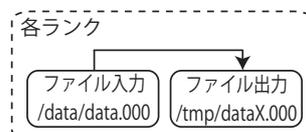


図 6: ローカルコピーになる例

ンポーネントは後述する出力コンポーネントの一種であり、書き込まれたデータを2つまたは3つの出力オブジェクトに書き出す役割をもつ。tree 転送計画コンポーネントはこの分配出力コンポーネントをインスタンス化したオブジェクトとファイルやMPIに対する入出力オブジェクトを図7のように配置する転送計画を作成する。

他の通信トポロジの構成

単一のファイルをクラスタの全ノードに分配するための効率的なトポロジはTreeとは限らず、ハードウェア環境に合わせた適切なトポロジを選択すべきである。新しいトポロジを構築するためには、そのための転送計画コンポーネントを作成する。この転送計画作成コンポーネントの実装とTree転送に用いた分配出力コンポーネントのような補助的な入出力コンポーネントの組み合わせにより、多様な転送トポロジが作成可能である。これがSTGの特徴のひとつである「転送トポロジ設定」の実現である。

2.2.4 入出力コンポーネント

図5にはHTTPからファイルへの転送、HTTPからMPIへの転送、およびMPIからファイルへの転送の三種類が含まれる。これらの転送をすべてそれぞれ専用の実装すると、実装量が多くなり拡張性が損なわれる。そこでSTGではデータ入出力はすべて共通のインタフェースで行えるようにし、この共通インタフェースを通じて転送命令を発行することとする。これにより、新しい入出力対象を加える際には、その対象用の実装を作成するのみで任意の入出力とのデータ交換が可能となる。この共通のインタフェースを「入出力インタフェース」と呼ぶ。実装上はC++の抽象クラス定義である。

ファイル、MPI、HTTPなど入出力の対象となるリソースはすべてこの「入出力インタフェース」を持ったコンポーネントとして抽象化される。これを「入出力コンポーネント」と呼ぶ。実装上は「入出力インタフェース」を定めた抽象クラスの派生クラスであり、仮想関数としてそれぞれのリソースに合わせた入出力方法が記述される。この入出力コンポーネントは利用者データへのアクセス方式の種類の違いを吸収するものであり、STGの特徴である「モジュラアクセス」を実現するものである。

入出力コンポーネントが実際にファイル転送を行う際には、転送計画作成コンポーネントの指示にしたがいコンポーネントを具体化した「入出力オブジェクト」を作成する。入出力オブジェクトは転送ファイル1個につき1オブジェクト作成され、作成の際には図2で示した設定ファイルの書式の中にあるNAMEが渡される。これは入出力コンポーネントによって解釈される入出力対象を示す文字列であり、URL、あるいはMPIのランク番号などと内容は入出力コンポーネントの種類に依存する。図5の各ノード内に描かれた長方形は、各ノードで行うべき転送を示した入出力オブジェクトである。ファイル転送作業は、入力側のコンポーネントに入力リクエストを出し、読み込まれたデータを対に

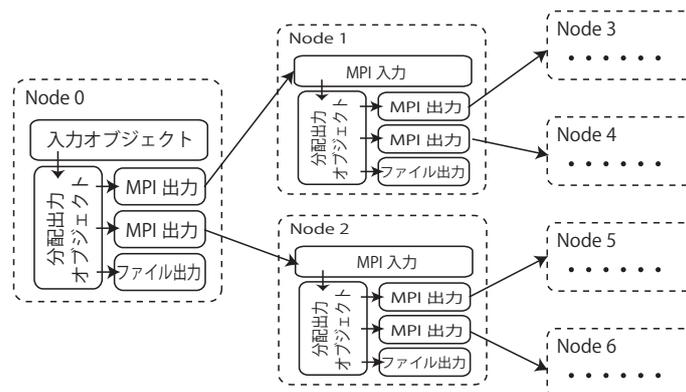


図7: Tree トポロジの構成例

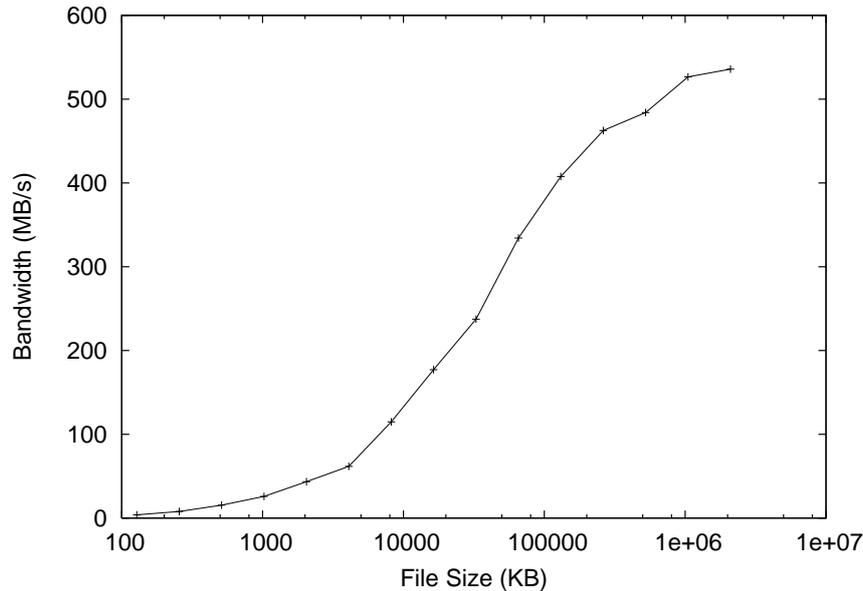


図 8: HTTP 経由のステージイン性能

なる出力コンポーネントに書き出す操作をすべての入出力のペアについて繰り返すことによって進行する。

2.3 具体的成果

ステージング性能を測定するために HA8000 クラスタシステムで性能測定を行った。なお、本稿の評価ではステージング自体の性能のみに注目して評価している。本来はアプリケーション実行時間も含めた評価が望ましいが、ステージングのメリットは多くのアプリケーションがステージングを用うことによる共有ファイルシステムの負荷の低減も含めて評価されなくてはならず、単純なベンチマークにより評価できるものではない。運用環境も含めた評価は今後の課題である。

2.3.1 外部アクセスの性能評価

スーパーコンピュータ外部に存在する利用者データのステージング例として HTTP 入力を利用してファイルを全プロセスに分配する性能を測定した。大規模で高性能な Web サーバは大容量メモリにディスクキャッシュを持ち、多くのデータをメモリに保持するよう設計されていることを考慮し、ここでも測定にはメモリ上のファイルシステムを用いた。このメモリ上に置かれたファイルを外部に提供する Web サーバを準備し、それを STG のデータストレージとした。STG はこの Web サーバに HTTP でアクセスし、データをダウンロードしながら Tree トポロジで 16 台の計算ノードに配布する。ファイルサイズは 128KB から 2GB である。STG から Web サーバには IP over Myrinet による 10Gbps のネットワークで接続した。専用 HTTP クライアントを用いたダウンロードでは 2GB のファイルで 509MB/s のダウンロード性能が得られる環境である。

結果を図 8 に示す。2GB のファイル転送時に最高の 535MB/s が得られている。専用クライアントを上回る性能でダウンロードに加えて 16 プロセスへの配布を行っており、外部アクセスを含む転送も効率よく処理されることが示された。

2.3.2 代表アクセス機能の評価

並列プログラム中の全プロセスがファイルサーバにアクセスできる場合でも、ファイルサーバに対する集中アクセスを避けた方が高い性能が得られる場合がある。このことを確認するため HSFS と NFS の双方で代表アクセス機能を使用する場合と使用しない場合の性能を調査し比較した。

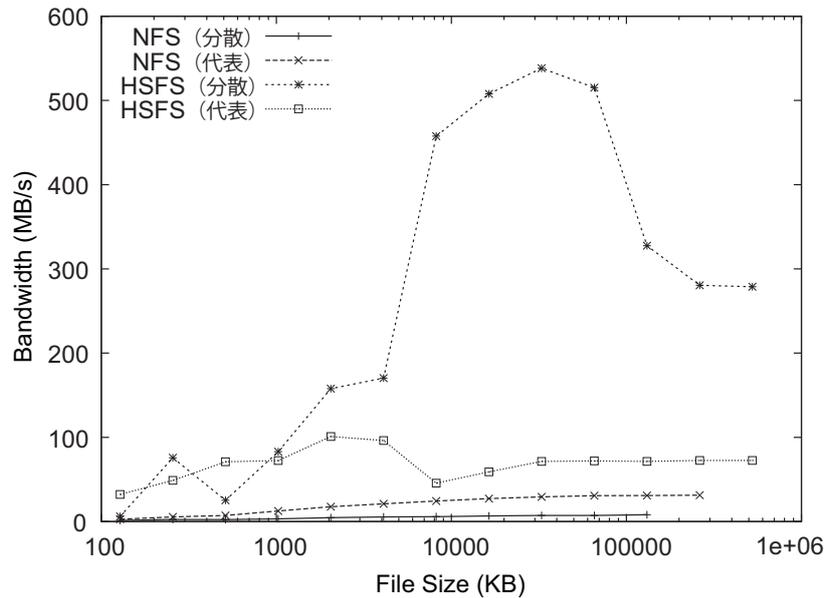


図 9: トポロジによる性能の違い

性能測定は共有ファイルシステムに置かれた 128 個のファイルを 1 ノードあたり 8 個で 16 ノードにステージインするのに要した時間を測定する。測定条件は次の通りである。

- 各プロセスが HSFS または NFS から直接読み込む。「NFS 分散アクセス」と呼ぶ。設定ファイルとしては、図 3 の 1 行目を使用する。
- STG の 1 プロセスが HSFS または NFS に代表アクセスして全プロセスに配布する。設定ファイルとしては、図 3 の 2 行目を使用する。

NFS における測定はすべてのキャッシュ効果を無効化するため、サーバ及びクライアント双方で測定の度にアンマウントとマウントを繰り返している。HSFS は運用上そのようなことはできず、測定値にはキャッシュの効果を含む。条件は異なるが、NFS と HSFS を比較することが目的ではないので問題はない。転送したファイルのサイズは一個あたり 128KB から 128MB である。

結果を図 9 に示す。NFS では分散アクセスより代表アクセス方が高い性能を示している。代表アクセスの際の最高性能は 31.25MB/s であるのに対し、分散アクセスでは 8.0MB/s にとどまっている。分散アクセスではサーバは多数のファイルを同時に読み込むため、ディスクのシークなどのオーバーヘッドが大きくなると考えられる。一方、HSFS は分散アクセスの方が高い性能を記録している。HSFS のような並列ファイルシステムは複数のファイルサーバで負荷分散を行うため、16 台が集中的にアクセスしても NFS のような性能低下がない。

これらの測定結果により、NFS を使うような一般的な PC クラスタでは代表アクセスが有利なことが確認された一方、HSFS では分散アクセスの方が効率的であることがわかった。STG は設定ファイルのわずかな変更で分散アクセスと代表アクセスの切り替えができるため、いずれの環境でも適切な転送方式を選択することができる。STG が分散アクセスと代表アクセスの双方に対応することの意義が確認できる結果である。

3 運用支援

3.1 背景

HA8000 クラスタシステムの運用にあたって次のような準備が必要であった。

- 一部の利用者は5万を越える数の大量ジョブの同時登録と2000以上のジョブの同時実行を希望したが、HA8000 クラスタシステムはMPIによる並列ジョブを想定しているため対応することができなかった。このような大量ジョブを扱う方法を考案する必要があった。
- 本センターのこれまでのスーパーコンピュータとはアーキテクチャの異なる新しい計算機が導入されたため、スーパーコンピュータの特徴や利用方法をわかりやすくまとめた文書の作成が必要であった。

3.2 内容

前節で挙げた問題に対して以下の対応を行った。

- 大量ジョブの実行を希望する利用者との打ち合わせを繰り返し行い、希望する性能と機能を明らかにした。その上でスーパーコンピュータの納入業者とも調性を行い、バッチジョブシステムの構成変更及びソフトウェア修正を行った。
- 本センターのスーパーコンピュータを初めて利用する利用者にもわかりやすい「利用の手引き」[特記1]を執筆し、印刷、配布した。

3.3 具体的成果

バッチジョブシステムについては利用者の求める環境が実現し、操作性と安定性については高い評価を得ている。「利用の手引き」に関してはユーザーアンケートにより利用者に一定の評価をいただいていることがわかっている。

4 成果要覧

査読付論文

[査読付1] Taku Shimosawa, Hiroya Matsuba, Yutaka Ishikawa: Logical Partitioning without Architectural Supports, 32nd IEEE International Computer Software and Applications Conference, pp. 355-364, Jul. 2008

[査読付2] Kazuki Ohta, Hiroya Matsuba, Yutaka Ishikawa: Gather-Arrange-Scatter: Node-Level Request Reordering for Parallel File Systems on Multi-Core Clusters (Poster), IEEE International Conference on Cluster Computing, Oct. 2008

その他の発表論文

[発表1] 松葉 浩也, 野村 哲弘, 石川 裕: MPI 通信ライブラリの最適化と性能評価, 情報処理学会研究報告 (HPC-116), pp. 1-6, 2008 年 8 月

[発表2] 平野 貴仁, 藤田 肇, 松葉 浩也, 石川 裕: カーネル機能拡張のための抽象化レイヤ P-Bus の実装, 情報処理学会研究報告 (OS-108), pp. 17-24, 2008 年 4 月

[発表3] 酒井 将人, 藤田 肇, 松葉 浩也, 石川 裕: ネットワーク管理システムにおける状態収集機構, 第6回ディペンダブルシステムワークショップ (DSW2008), pp. 83-86, 2008 年 7 月

[発表 4] 藤田肇, 平野貴仁, 松葉浩也, 前田俊之, 菅谷みどり, 石川裕: 安全かつ拡張可能な OS 開発基盤実現に向けて, 第 6 回ディペンダブルシステムワークショップ (DSW2008), pp. 29-32, 2008 年 7 月

[発表 5] 藤田肇, 平野貴仁, 山本和典, 松葉浩也, 石川裕: P-Bus における OS カーネル間通信機構の設計と実装, 情報処理学会研究報告 (OS-109 SWoPP2008), pp. 33-38, 2008 年 8 月

公開ソフトウェア

[公開 1] ステージングソフトウェア STG, <http://www.il.cc.u-tokyo.ac.jp/~matsuba/stg/>

特記事項

[特記 1] 松葉浩也, 片桐孝洋, 黒田久泰, 吉廣保, 他: HA8000 クラスタシステム 利用の手引き, <http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/ha8000/ha8000-tebiki.pdf>

クラスタに向けたプログラミング環境の研究

堀 敦史

1 概要

本研究はスケーラブルなクラスタ向けシステムソフトウェアの研究開発である。本年度は特にファイルステージングに焦点をあて研究開発をおこなった。その結果、小規模なクラスタにおいて広く使われている分散ファイルシステムの NFS との性能比較において、ファイルの読み込み（ステージイン）では NFS より高い性能を示し、ファイルの書き込み（ステージアウト）ではファイルサーバの負荷をより低く保つことが実証された。開発されたファイルステージングシステムは Catwalk と名付けられ、オンデマンドによりステージングが起動されるため、従来のステージングで必要とされたステージングの対象となるファイルを記述する必要がないのも大きな特徴のひとつである。また Catwalk はスケーラブルな設計になっていることから、大規模なクラスタにおいてもケースによっては並列ファイルシステムに比肩できる性能を発揮するものと期待される。開発された Catwalk はオープンソースのクラスタシステムソフトウェア SCore¹ に組み込まれ、一般に配布される予定である。

2 背景

大規模な科学技術計算においてはしばしば大量のデータの入出力を伴う。このため計算性能や通信性能だけでなく、実運用においてはファイルの性能も重要である。図 1 は IDC² が出した 2008 年の科学技術計算用クラスタに関するレポートをベースに、ユーザ（所有者）の分類と数を図にしたものである。この図において、例えば T2K クラスタは、ピラミッドの頂点付近に位置づけられる。比較的規模の大きなクラスタにおいては専用の並列ファイルシステム装置を設けることが多い。しかしながら、T2K 以上に大規模なクラスタでは、並列ファイルシステムの性能が十分にスケールせず、必要とされる性能を提供することができない場合もある。一方、この図の底辺付近に位置する小規模なクラスタでは、専用のファイルシステムよりもより多くの計算ノードに予算を割り振ることが多い。この場合、ファイルシステムは古典的な NFS が使われている。

演算装置の性能向上は、アーキテクチャの違いはあるにせよ、年々向上を続けている一方で、ファイルシステムの要であるディスクの性能はほとんど向上していない。従い、両者の性能ギャップは広がるばかりである。図 2 は T2K の 4 ノード（計 16 プロセス）から 1 台の NFS サーバに対し、1 GByte のファイルを書込んだときの NFS サーバの LoadAverage（1 min.）の時間変化を示したものである（太線、左 Y 軸）。この図にあるように、たった 4 台からの書き込みに対し、1 台の NFS サーバは過負荷状態に陥り、負荷をサンプリングするために発行したコマンドの応答時間（細線、右 Y 軸）もしばしば悪く、終盤の特に負荷が高い期間においてはおよそ 8 分間も応答しない状態に陥っている。

ファイルステージングは NFS よりも長い歴史を持つ古い技術であるが、クラスタにおいては必要なファイルをローカルディスクにコピーすることで、並列ジョブが走る計算ノード数に比例した性能

¹<http://www.pcluster.org>

²<http://www.idc.com/>

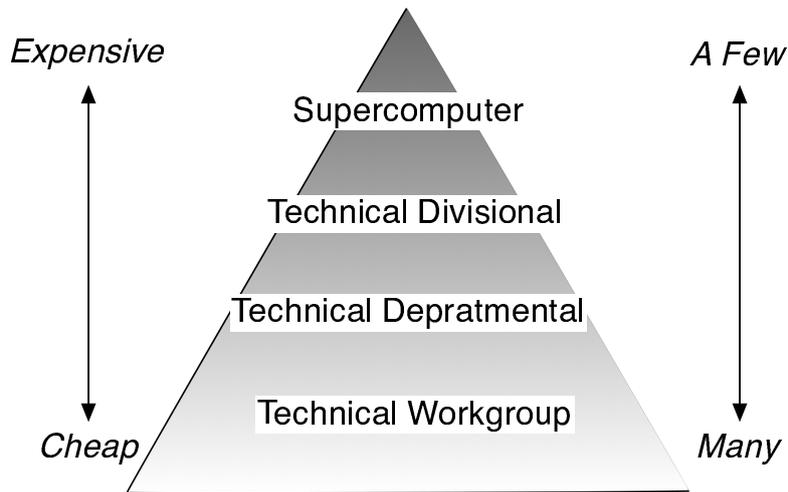


図 1: クラスタユーザの階層

を提供することが可能である。これにより小規模から大規模なクラスに到るまでスケラブルな性能を発揮するものと期待されるが、ステージングに必要なファイルをユーザが記述する必要があるという利便性の問題点がある。

T2K に代表されるような大規模なクラスタにおいては、並列ファイルシステムを使う場合が多い。並列ファイルシステムでは、複数のファイルサーバと専用のネットワークにより、高いバンド幅を実現している。しかしながら、ファイルサーバの数は運用中は固定であることや、ディレクトリやストライピングの情報を管理するメタサーバに処理が集中ことのボトルネックも問題とることがある。大規模なクラスタでは、ジョブの実行に必要なノード数が数十から数百と幅が広く、費用対効果を最適とするファイルサーバの数を決めることは難しく、しばしば小さなジョブにはオーバースペックで、大きなジョブにはアンダースペックといった状況に陥る事も珍しくない。

クラスタのファイルステージングは、計算ノードのローカルディスクを用いるため、いったんファイルサーバから必要とされるローカルディスクにコピーされてしまえば、自然と計算ノード数に比例したバンド幅を確保することができ、上に述べたような並列ファイルシステムのスケラビリティの問題は回避できると同時に、複数のファイルサーバや専用のネットワークの必要性もないことから、費用対効果が高い。もし、ファイルステージングが NFS よりも高い性能を発揮するとしたら、図 2 にあるように、潜在的なユーザ数は多いと考えることができる。

このような背景から、本研究ではファイルステージングに焦点を当てる。本研究で開発された Catwalk は、従来のファイルステージングと比べ、1) オンデマンド化、2) ファイルコピーのパイプライン化、という 2 点で新規性がある。1) に関しては、ユーザをステージングの記述から解放し、誤った記述をなくすことが可能とする。2) に関しては性能向上のための工夫である。本年度は最初の研究であることから、小規模のクラスタでの基本性能を評価することとした。

3 オンデマンドファイルステージング

3.1 オンデマンド化の実装

通常のファイルステージングでは、ジョブの実行に先立ち、必要となるファイルを計算ノードのローカルディスクにステージインし、ジョブの終了時に必要なファイルをファイルサーバにステージアウトする。ステージングのオンデマンド化では、実行時ライブラリにある `open()` などの関数にフックを掛けることで、1) ステージングの対象となるファイル、2) I/O の方向 (入力 / 出力) を知ることができる。Linux では `LD_PRELOAD` 環境変数に動的ライブラリを設定することで、任意の `glibc` 関数に

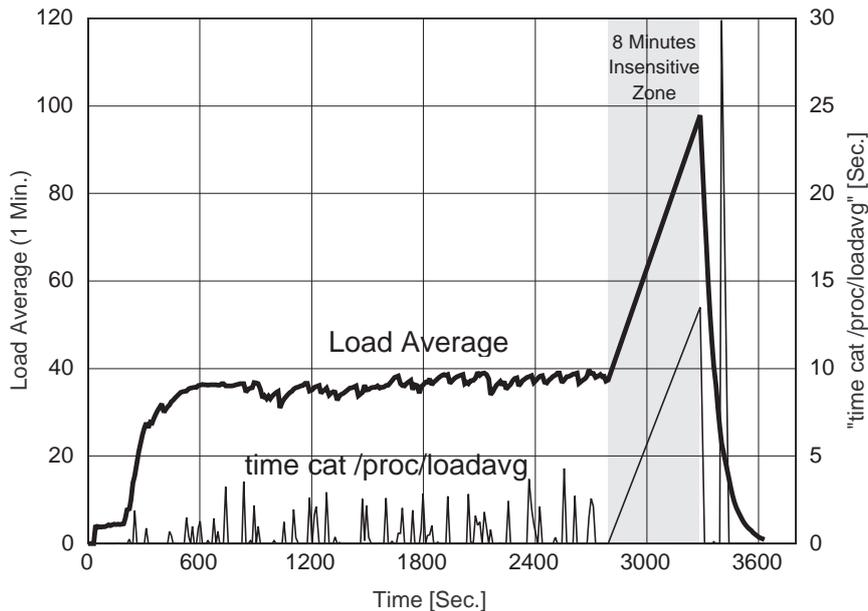


図 2: T2K 4 ノードでの NFS へのファイル書込時の負荷の様子

フックを掛けることが可能になっている。本システムではこの `LD_PRELOAD` 環境変数にフックのためのライブラリを自動的に設定するようにした。

Catwalk では、読込 `open()` のフックにより、ステージインに必要なファイルの情報を得る。同様に書込 `open()` あるいは `creat()` のフックにより、ステージアウトの情報を得る。現時点の Catwalk では、上記以外に `fopen()`、`stat()` や `exec()` の類に対しフックが設けられており、これらは基本的にステージインとして扱われる。Catwalk ではそれ専用の API を特に必要とせず、NFS やファイルステージングを仮定した並列プログラムならばプログラムに手を入れる必要は全くない。

3.2 ステージングの実装

Catwalk は図 3 に示すようなリング状の分散プロセス構造を持つ。ステージングの元となるファイルサーバおよびステージングの先となる計算ノード上にそれぞれひとつの Catwalk プロセスが生成される。隣接するプロセスは TCP/IP により通信が可能になっている。これらのプロセスはユーザジョブの起動とともに生成され、ジョブの終了とともに消滅する。以下の説明で、ファイルサーバ上の Catwalk プロセスを「(Catwalk) サーバプロセス」、計算ノード上の Catwalk プロセスを「(Catwalk) クライアントプロセス」と呼ぶ。

ステージイン処理の概略を図 4 に示す。

1. ユーザプロセスで `open()` が呼ばれるとフック関数が起動し、それが読込オープンで会った場合、ステージインに必要な情報を同じノード上のクライアントプロセスに通知し、フック関数はクライアントからの返答を待つ。
2. クライアントプロセスは、この要求を次のプロセスに渡す。この要求はリングに沿って順次転送され、最終的にサーバプロセスに到達する。
3. サーバプロセスは受け取ったステージイン要求を StageIn Queue に入れ、このキューの先頭から順次ステージイン要求が処理される。
4. サーバプロセスはステージイン要求に従い該当するファイルをオープンし、そのファイル属性およびファイルの内容を次のクライアントプロセスに渡す。

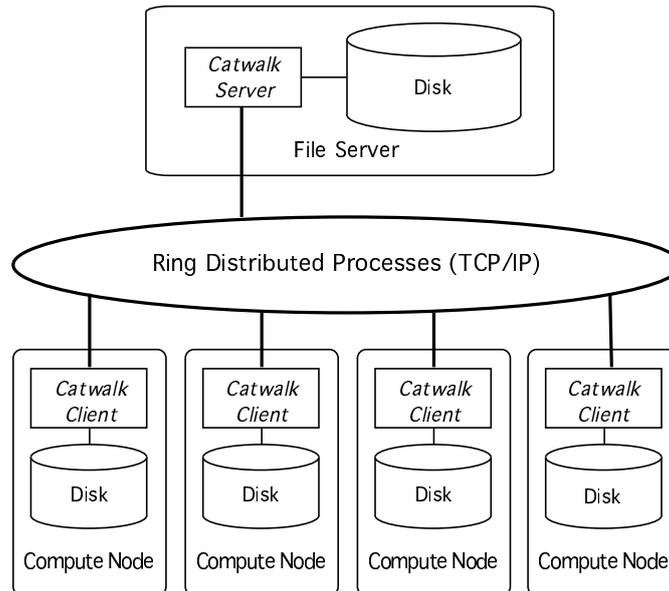


図 3: Catwalk の分散リングプロセス構造

5. ステージンファイルのデータを受け取ったクライアントは、該当するファイルをオープンし、データを書き込み、隣のプロセスにリレーする。この処理は全てのクライアントで行われるため、結果として全ての計算ノード上にコピーが生成されることになる。
6. サーバのファイル読込が EOF に達すると、それが各クライアントに通知され、ステージイン要求を出したユーザプロセスに完了結果を通知する。ユーザプロセスでは結果を受け取り、ステージインが正常に終了したならば、glibc の `open()` を呼び、`open()` のフック関数から戻る。

Catwalk をリング状の分散プロセス構造としたのは、1) ファイルのブロードキャストをパイプライン処理し、バンド幅を稼ぐ、2) 逐次的な処理のためプログラミングが比較的容易、という理由からである。このようなパイプライン処理では計算ノード数に比例したパイプライン段数となり、ファイルサーバからのデータ出力バンド幅が一定にも関わらず、理論上はファイルが十分に大きければ計算ノード数に比例したバンド幅が得られるという利点がある。

この方式で評価を開始すると、計算ノード数が多い程、また、ステージインの対象となるファイルの大きさが大きい程、処理時間にかなりのバラツキがでる現象が確認された。これは、計算ノードで発生した Linux のバッファキャッシュのフラッシュによりパイプラインのストールが発生しているものと推測される。このフラッシュはキャッシュの状態に応じて発生するが、各計算ノードのキャッシュの状態は一樣ではないため、キャッシュのフラッシュは時空間的にランダムに発生すると考えられる。ストールから復帰したとしても別なノードで再度ストールが発生するという状態が続く。このようにして計算ノードのあちこちでランダムで発生するパイプラインのストールは全体のスループットを著しく低下させる。

この影響を回避するために、計算ノード上のステージインで書込むファイルを `O_DIRECT` フラグでオープンした。`O_DIRECT` でオープンされたファイルにおける I/O はバッファキャッシュを経由しない。しかしながら、`O_DIRECT` フラグによるファイルのアクセスはキャッシュの効果が失われるため I/O 速度が低下するという悪影響もある。

ステージアウト場合の処理の概略を図 4 および以下に示す。

1. ステージイン同様、ユーザプロセスで `open()` が呼ばれるとフック関数が起動し、それが書込

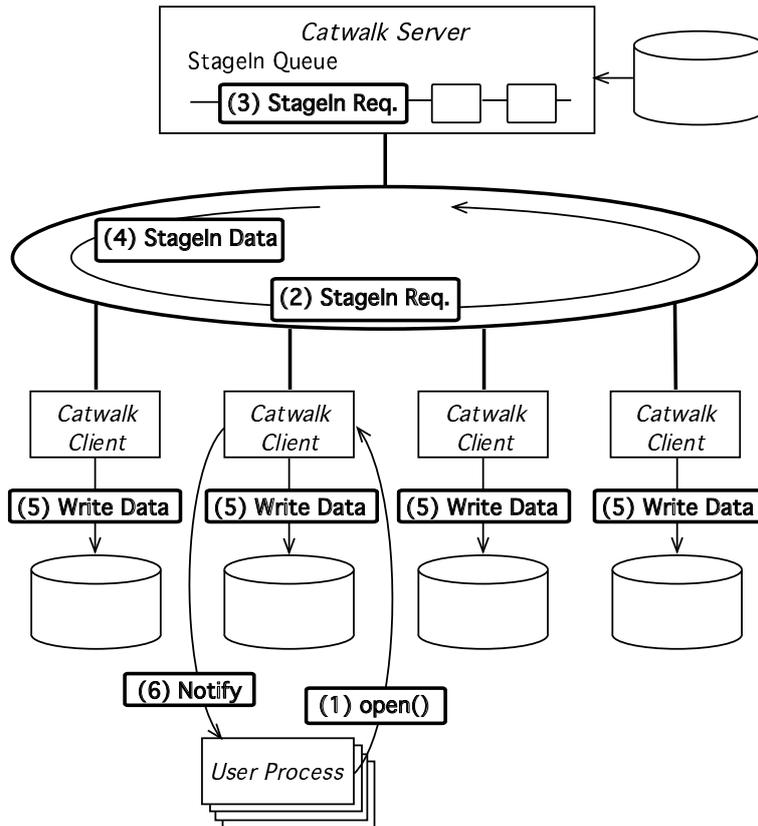


図 4: ステージイン手順

オープンであった場合、ステージアウトに必要な情報を同じノード上のクライアントプロセスに通知する。

2. Catwalk クライアントプロセスでは、ステージアウト要求を StageOut Queue に入れ、ユーザプロセスの終了を待つ。
3. 計算ノードの全てのユーザプロセスが終了すると、その旨をサーバプロセスに通知する。サーバプロセスでは全てのクライアントプロセスからのプロセス終了通知を待つ。
4. サーバプロセスが全てのユーザプロセスの終了、すなわちジョブの終了を感知すると、最初のクライアントプロセスに StageOut Token を渡す。
5. StageOut Token を受け取ったクライアントプロセスは、StageOut Queue にあるステージアウト要求を順序処理する。処理に先立ち、サーバプロセスに直接、新たな TCP/IP 接続を生成し、以後、このクライアントからのステージアウトの情報は全てこの TCP/IP 接続を経由する。ステージアウト要求のあったファイルがユーザプロセスによって消されていないならば、そのファイルをオープンし、ファイルの属性とファイルの内容をサーバに送る。
6. サーバプロセスではステージアウトの情報を受け取り、該当するファイルをオープンし、受け取ったファイルの内容を書き出す。
7. StageOut Queue が空になると、StageOut Token を隣のクライアントに渡し、ステージアウト処理は隣のクライアントに引き継がれる。この時、引き継ぎ先がサーバプロセスであった場合は、計算ノード上の Catwalk の全てのプロセスを終了待ってサーバ上の Catwalk プロセスが終了する。

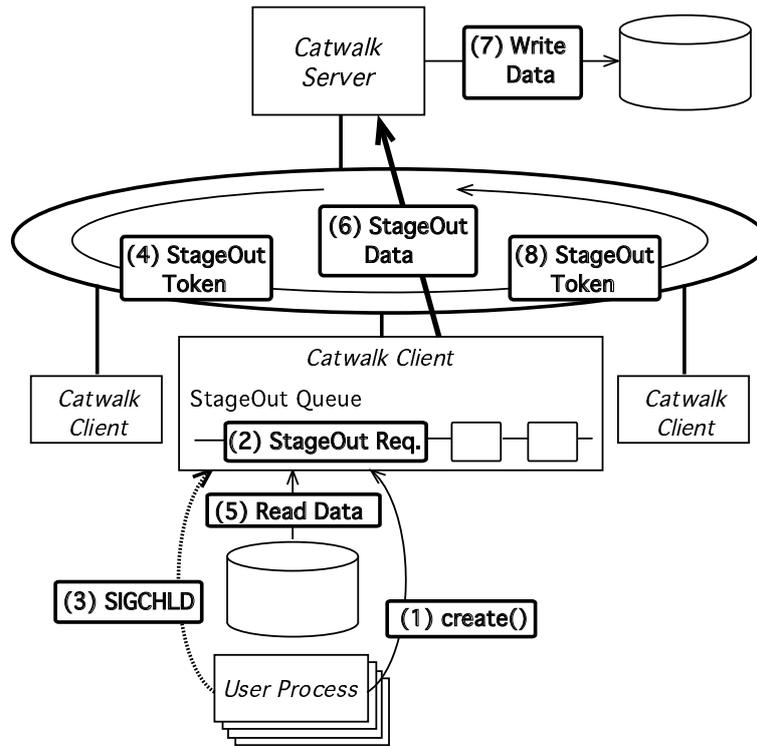


図 5: ステージアウト手順

3.3 評価

表 1 に示す 17 ノード (NFS サーバ 1 台と計算ノード 16 台) から構成されるクラスタを用いた。本クラスタには 1 Gbps の Ethernet と並列計算用の Myrinet 10G の 2 種類のネットワークがあるが、今回の計測では Ethernet のみがステージングに関わるネットワークになっている。

表 1: ノードの概要

CPU	AMD Barcelona, 2.3 GHz, 4 Cores
# Sockets	4
Memory	32 GB
Local Disk	SATA
Ethernet	Intel E1000 (1 Gbps) Myrinet 10G
OS	RHEL5 5.1
File System	EXT3, NFS3

Catwalk 自体には計算ノード上にプロセスを生成する機能は含まれていないため、現在開発が進められている SCore³ Version 7 に組込んで計測した。また結果の考察を単純化するために、本稿では計算ノードのそれぞれにひとつのユーザプロセスを生成するものとした。ファイルの I/O およびパイプラインを一度に転送するデータの大きさは全て 32 KB とした。NFS のマウントオプションおよび /proc/sys/vm 以下にあるバッファキャッシュに関するカーネルパラメータはデフォルトのままである。Ethernet の MTU はデフォルトの 1500 である。

³<http://www.pcluster.org>

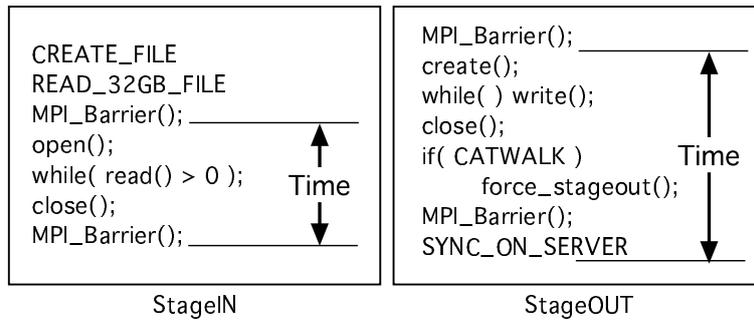


図 6: 評価プログラムの疑似コード

図 6 に計測に用いたプログラムの疑似コードを示す。左側がステージイン、右側がステージアウトの計測プログラムである。ステージインの計測では、最初に読込ためのファイルを生成し、バッファキャッシュをフラッシュするためにメモリと同じ大きさの 32 GB のファイルを読み込む。バリア同期の後、全てのランク上で計測を開始する。同一のファイルを読込オープンし、ファイルを全て読み込んでからクローズするまでの時間をバリア同期の後で計測した。Catwalk の場合、open () が返ってきた時点で該当するファイルがステージインされている。

一方、ステージアウトの場合では、全てのランク上で異なるファイル名のファイルをオープンし、所定の量のデータを書き込む。通常の Catwalk の処理ではプログラムが終了してからステージアウトが行われるが、これだと計測の都合が悪い。そこで、強制的にファイルのステージアウトを起動し、全てのステージアウトが完了するまで待つという計測のための API を作り、ファイルをクローズした後にこの API 関数を呼ぶこととした。ファイルの最終的なディスクへの書込バンド幅を計測するために、この計測プログラムでの測定時間に、ファイルサーバ上での sync コマンドの実行時間を加えてある。

上記のプログラムで計測した時間から合計のバンド幅をプロットしたグラフが図 7 および図 8 である。図 7 は NFS、図 8 は Catwalk の結果である。比較が容易となるよう両方とも同じスケールとした。なお、ステージアウトではディスクの空き容量の制約から、最大 5 GB のファイルまで計測した。

NFS で並列にファイルを読み込んだ場合、ファイルサイズやノード数に無関係にほぼ 95 MB/s 前後の値を示した。通信ネットワークが 1 Gbps の Ethernet であるため、ネットワークのバンド幅がボトルネックになっていると推測される。一方、ファイルの並列書込では、合計のバンド幅は 20-40 MB/s と幅があり、ノード数が多い程、またファイルのサイズが大きい程、バンド幅は減少し 20 MB/s に収束する傾向が見られる。

Catwalk のステージインでは、おおまかな傾向として、1 計算ノードにつき 20 MB/s 弱のバンド幅が実現されていることが分かる。別な見方をすれば、Catwalk のステージインに要する時間は計算ノードの数よりもファイルの大きさの影響が大きい。このグラフからは、計算ノード数が 8 のときに NFS のバンド幅を超え、16 のときのバンド幅は 200 MB/s と NFS の倍以上の値を示している。この結果はパイプライン処理がほぼ理論通り実現されているものと考えられる。

図 9 は図 2 と同じ条件で計測したステージアウト時のサーバノードの負荷の変化を示している。双方の図を比較すると、Catwalk が与えるファイルサーバへの負荷は常に 3 以下であり、NFS よりも圧倒的に少なく、また無応答時間もない。特筆すべきは、Catwalk では出力されたファイルをひとつひとつ逐次的にサーバへコピーしているのにも関わらず、NFS の場合とほぼ同じ時間で終了している点である。これは、並列書込みによりディスクのシーク時間が増大するためと、1 台のファイルサーバに通信が集中したためと考えられる。Catwalk では、逐次的に個々のファイルを順次サーバのディスクに書込むため、シーク時間が最小とすると同時に、通信の集中も回避することができたため、このような結果になったものと推測される。この結果から、同じ処理時間であるならば、ファイルサーバ

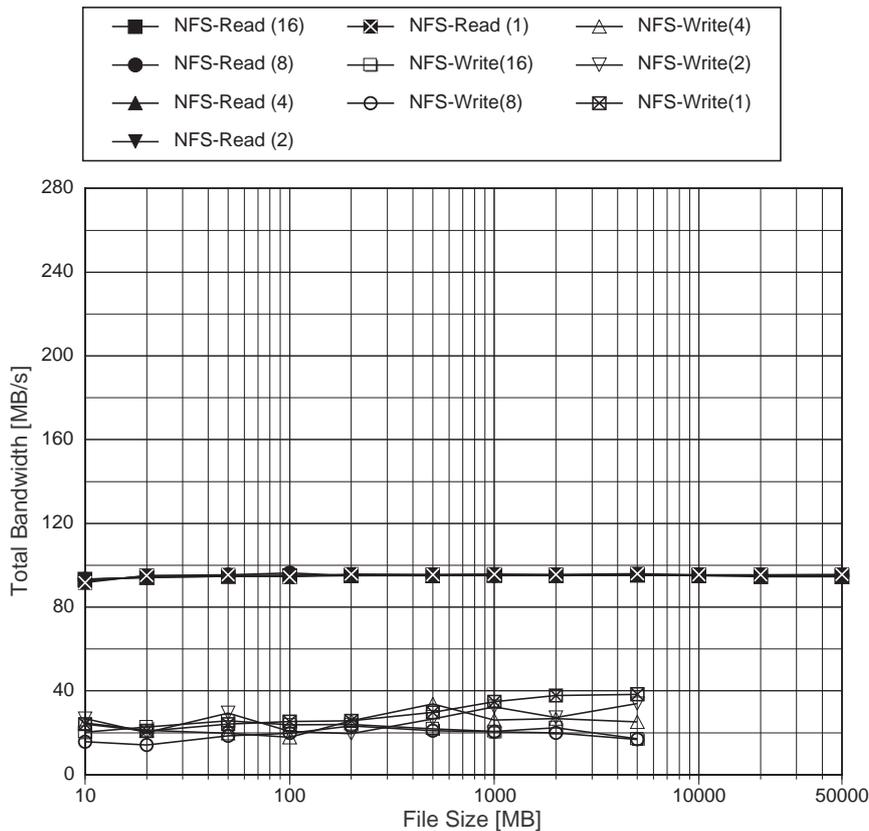


図 7: NFS の性能

への負荷がより少ない Catwalk の方が優れていると判断できる。

考察

オンデマンド化によりファイルのステージインはユーザプログラムの `open()` の実行時まで遅延される。プログラムの実行の前に、陽にステージインを開始しておくことで、プログラムで呼び出される `open()` 時のステージイン時間を減らすことが可能である。こうすることで、ステージイン処理とプログラムの実行の一部がオーバーラップし、ジョブ全体の実行時間を短くする効果が期待される。このような動作はキャッシュのプリフェッチに近い。この時、事前のステージイン開始のファイル名が間違っていたとしても、正しいファイルが `open()` 時にステージインされるため、意図した動きではないが、プログラムは正しく実行される。

ステージングをオンデマンド化することは、ファイルのコピーを陽に記述しないことを意味する。これは遠隔にあるファイルをローカルディスクにキャッシュするのと同じとみなすことができる。例えば、ステージイン中にディスクが満杯になったため、既にステージインが完了したファイルを消したとしても、プログラムの実行は可能である。以上のようにステージングのオンデマンド化は、ステージング記述が不要になるというユーザの利便性以外にもメリットがあると考えられる。

オンデマンド化を実現するにあたっては、`LD_PRELOAD` 環境変数による共有ライブラリのプリロード機能を用いているだけである。現在の `glibc` には、`glibc` の中から呼ばれた同じ `glibc` 内の関数に対してフックを掛けることができない、という制約がある。このため Calwalk では、例えば `fopen()` 関数のフックも `open()` とは別に用意されている。C 言語以外の言語処理系では、実行時ライブラリから呼ばれる `glibc` の関数に直接フックを掛けることができない場合があり、言語処理系毎にフック関数を用意する必要がある。

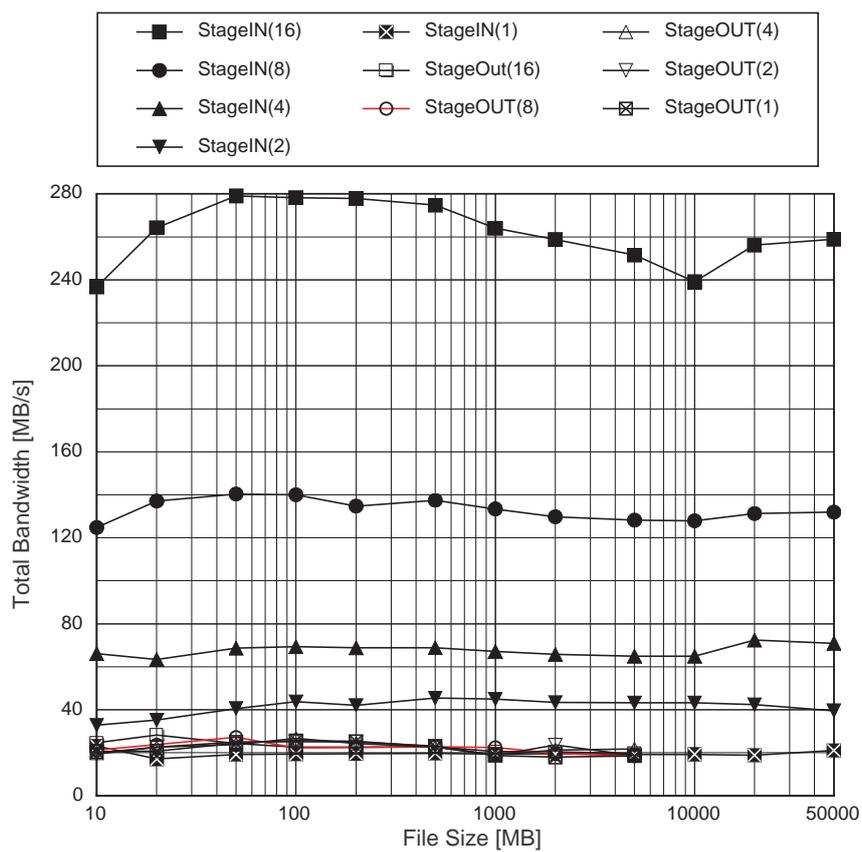


図 8: Catwalk の性能

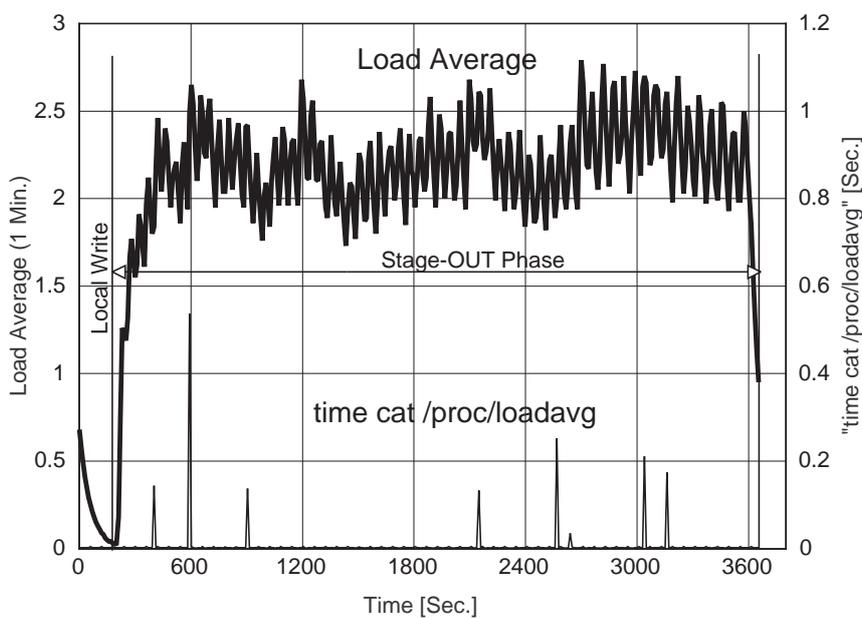


図 9: T2K 4 ノードでの StageOUT 時のサーバの負荷の様子

本格的な並列ファイルシステムの多くは複数のファイルサーバと強力なネットワークを前提としているため、単一のファイルサーバと凡庸なネットワークという構成を基本とする Catwalk との直接的な比較は公平ではないと考える。一方、多くの並列ファイルシステムでは、巨大なファイルアクセスのバンド幅を重視して設計されており、大量の小さいファイルのアクセスに対して性能が発揮できないという問題を抱えていることが多い。Catwalk の実装からは、大量の小さいファイルへのアクセスにおいて著しく性能が劣化するとは考え難い。ファイルのアクセスパターンによっては、高価な並列ファイルシステムと対等の性能を発揮する可能性もある。また Catwalk と並列ファイルシステムは共存できるため、状況に応じて分散ファイルシステムや並列ファイルシステムと Catwalk を使い分けることも可能である。

今年度は、Catwalk の基本的な性能に注目し、評価をおこなってきた。より大規模なクラスタへの適応のための改良、様々なファイルアクセスパターンにおける性能、NFS や並列ファイルシステムと組み合わせた時の性能、実用化に向けたチューニング等は今後の課題としたい。

3.4 具体的成果

本研究で開発されたソフトウェア Catwalk は PC クラスタコンソーシアム⁴（情報基盤センターもコンソーシアムの会員である）で開発されている SCore クラスタシステムソフトウェアに組み込まれ、オープンソースとして一般に配布される予定である。また、Catwalk については SCore の新機能として、PC クラスタコンソーシアムが主催するシンポジウム [特記 1] やワークショップ [特記 2] で、既に発表済みである。

4 成果要覧

その他の発表論文

[発表 1] 堀敦史, 鴨志田良和, 松葉浩也, 安井隆, 住元真司, 石川裕: ファイルステージング再考: オンデマンド化と高速化に向けたプロトタイプ実装の評価, 情報処理学会研究報告 Hokke 09, 2009 .

特記事項

[特記 1] 堀敦史: SCore6 から SCore7 へ, 第八回 PC クラスタシンポジウム講演, 2008 年 12 月 11 日 .

[特記 2] 堀敦史: SCore7 の紹介, PC クラスタワークショップ in 大阪講演, 2009 年 3 月 13 日 .

⁴<http://www.pccluster.org>

ソフトウェア自動チューニングおよび 高性能数値計算ライブラリの研究と HPC 教育

片桐 孝洋

1 概要

本報告は、以下の研究・教育・業務報告に大別される。

- ソフトウェア自動チューニング研究
 - PC からスーパーコンピュータに至る広範な計算機環境において、自動的に性能チューニングが達成できるソフトウェア(ソフトウェア自動チューニング)に関する、理論、方式、言語、およびライブラリに関する総合的研究。
- 次世代ペタコン環境を目指した高性能数値計算ライブラリ研究開発
 - 先進的固有値アルゴリズム MRRR 法を組み込んだ超並列固有値ソルバの研究。
 - アルゴリズムパラメタを自動チューニングする機能を有する、疎行列反復解法ソルバの研究(e-サイエンスプロジェクトによる研究開発)。
- 高性能計算(HPC)における学部・大学院教育およびスーパーコンピュータユーザ教育業務
 - センターのスーパーコンピュータを用いて行う並列プログラミングの授業。
 - ◇ 東京大学工学部・工学系研究科共通科目:スパコンプログラミング(1)(I)
 - ◇ 駒場の教養学部学生を対象に行う全学ゼミ:スパコンプログラミング研究ゼミ
 - 並列プログラミング教育および新規ユーザ獲得支援業務。
 - ◇ 若手利用者推薦(試行)
 - ◇ Advanced Supercomputing Environment (ASE)研究会
 - ◇ お試しアカウント付き並列プログラミング講習会(試行)
 - 共同研究プロジェクト
- スーパーコンピュータの民間開放業務
 - 文部科学省「先端研究施設共用イノベーション創出事業」【産業戦略利用】「先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス」事業
 - 東京大学情報基盤センター企業利用支援制度

2 ソフトウェア自動チューニング研究

2.1 背景

近年の数値計算ソフトウェアは、性能に影響を及ぼす計算機上・アルゴリズム上のパラメタが多数存在する。これは平易な利用の妨げになるばかりか、高性能を達成するため時間を浪費し、かつ職人芸的な知識を必要とする。煩雑な人手によるチューニングが必要である。要因・問題点は以下にまとめられる。

- **先進計算機アーキテクチャの複雑化:** マルチコア化、非対称メモリアクセス、深い階層キャッシュメモリという近年の計算機アーキテクチャのトレンドは、コンパイラの最適化性能を劣化させるにとどまらず、エンドユーザのアプリケーション性能が安定しないという古くて新しい問題(性能不安定性)を生じさせる。これは、性能チューニングをますます複雑化させる要因となる。
- **ペタフロップスコンピューティングの困難性:** ペタフロップスコンピューティングを実現するスーパーコンピュータ開発プロジェクト(次世代スパコンプロジェクト)が進んでいる。米国で実現されているペタフロップスコンピュータを概観すると、10万コアにも達する超並列計算機になると予想される。このような超並列環境で高性能を達成するには、実行前のチューニングだけでは不十分であり、通信と計算処理のパラメタに関し実行時自動チューニングの必要性が指摘されている。

以上の背景から本研究では以下を目的とする。

1. ソフトウェア工学的観点(図1)から、ソフトウェア自動チューニング(以降、単に自動チューニング、ATとよぶ)という新しい汎用的ソフトウェア・パラダイムの研究をおこなう。AT研究により、パラメタチューニング作業が自動化され、最適プログラムが自動選択されることで、ソフトウェア再利用性を格段に高めることができる。ソフトウェア開発効率の向上(ソフトウェア開発工期短縮)に資することができる。
2. AT機能を付加した実用的な数値計算ソフトウェアの研究開発を行う。日本発の高性能・自由入手可能なソフトウェアの普及を目指す。
3. AT機構をソフトウェアに実装する際の計算機言語、ミドルウェア、システムソフトウェア、およびAT支援ツールの研究開発を行う。

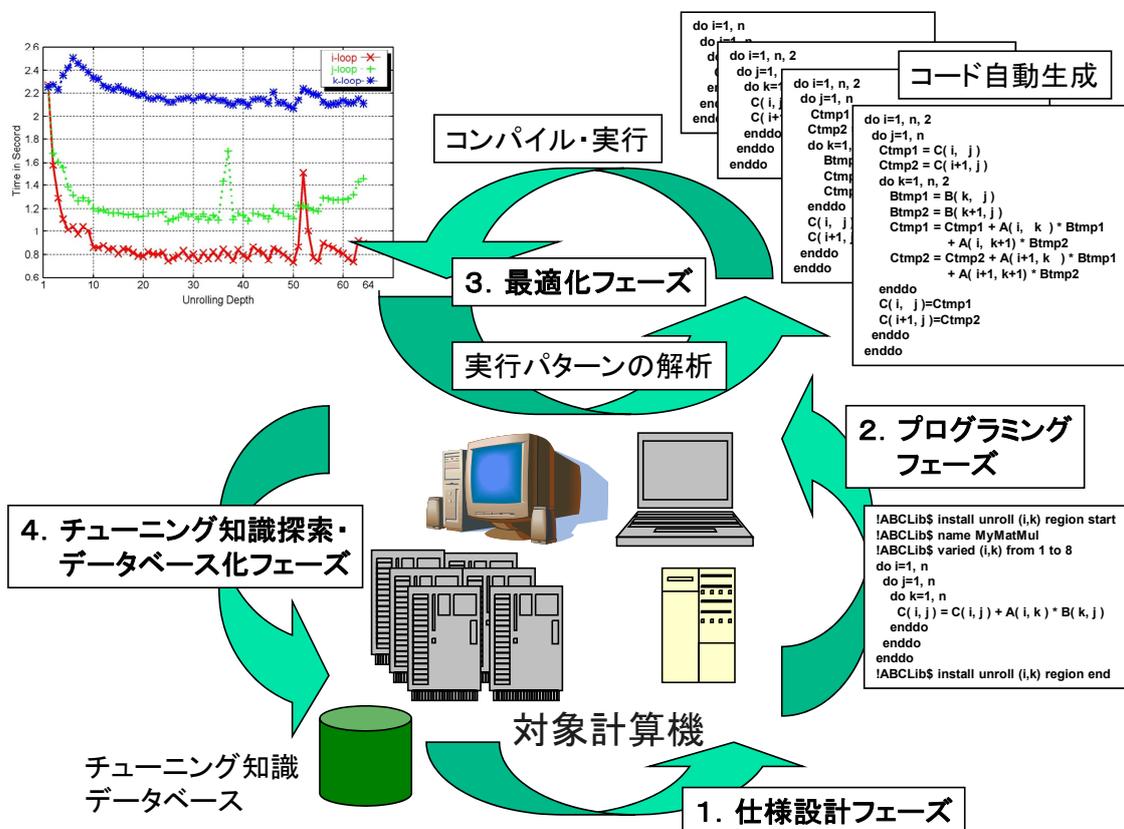


図1 自動チューニングソフトウェア工学の全体像

2.2 内容

本研究によるAT機能の提供から、数値計算および並列処理を専門としない利用者に対して、容易に利用できる高性能数値ソフトウェアが初めて開発可能となった。本研究では、世界に先駆けて数値計算ライブラリに限定しないATパラダイムの提案を行ってきた。

具体的には、3種の最適階層を有し、かつチューニングのタイミングも3種であることを特徴とする、汎用的な自動チューニングソフトウェア構成方式 *FIBER (Framework of Install-time, Before Execute-time, and Run-time optimization layers)* の提案と有効性評価を行ってきた。

2.3 具体的成果

本研究は、2002年から継続して成果を出してきている。2008年度における主な研究成果は以下の通りである。

1. **疎行列ソルバの実行時自動チューニング方式研究[招待1][発表4、11]**: 疎行列反復解法は、入力疎行列の形状により最適な実装方式とアルゴリズムが異なる。数値計算ライブラリレベルでは、実行時にならないとユーザが入力する疎行列形状が不明であり、最適化ができないことが問題であった。そこで本研究では、実行時のAT機能を数値計算ライブラリに実装することで従来にない高速化を実現した。なお本研究は、マイクロソフト産学連携研究機構(IJARC)戦略プロジェクトの支援による。本研究は、愛媛大学/東京大学情報基盤センター黒田久泰准教授との共同研究である。
2. **汎用的な自動チューニングインターフェースおよび同インターフェースをもつ自動チューニングライブラリの開発(e-サイエンスプロジェクト)[招待3、5][発表9]**: いままでの自動チューニング機能付きライブラリでは、汎用的なユーザインターフェースが存在しない理由から可搬性が低かった。そこで、汎用的自動チューニングインターフェースOpenATLibを設計し、機能の一部を実装した。またOpenATLibを利用した数値計算ライブラリを新規開発した。本研究は、文部科学省、e-サイエンス実現のためのシステム統合・連携ソフトウェアの研究開発、「シームレス高生産・高性能プログラミング環境」、サブテーマ、「高生産高可搬性ライブラリに関する研究」(研究代表者: 石川裕教授)の一環で行われた。また研究の一部は、日立製作所中央研究所との共同研究である。
3. **超省電力数値計算ライブラリの研究[発表3]**: 低電力を実現するシステム上において、数値計算ライブラリレベルで行う省電力化方式の基礎研究である。なお本研究は、JST-CREST、「ULP-HPC: 次世代テクノロジーのモデル化・最適化による超低消費電力ハイパフォーマンスコンピューティング」(研究代表者: 東京工業大学 松岡聡 教授)の支援により、愛媛大学/東京大学情報基盤センター黒田久泰准教授、東京大学須田礼仁准教授との共同研究である。
4. **ペタフロップス環境を指向した超並列固有値ソルバの研究開発[招待2、4][発表2、5、7、8]**: ペタフロップス環境は10万コアを有する超並列環境となることが予想される。このような環境に向けた固有値ソルバのアルゴリズム、実装方式、通信アルゴリズム、自動チューニング機能などを総合的に研究する。それにとどまらず、実用となるソルバを開発し無償公開を行うことを目指す。なお本事項は、次節3章で詳細に説明する。

本センターの3教員(黒田准教授、中島教授、片桐)を含む自動チューニング研究を行っている日本人研究者(東大他部局、名大、筑波大、電通大)らと企画したオーガナイズドセッション(本年度の関連は[特記 4])において、米国応用数理学会が発行する基幹新聞紙で特集が組まれた[報道 1]。これは、当該分野において、日本の研究動向が米国においても注目されていることを意味している。

3 高性能数値計算ライブラリ研究開発

3.1 背景

2008年6月、人類は始めてペタフロップスマシンを持った。米国ロスアラモス国立研究所に設置された Roadrunner である。2008年11月には、米国オークリッジ国立研究所の Jaguar が1ペタフロップス超えの性能を出し二番目のペタフロップスマシンとなった。それぞれのCPU(コア)は、129,600コア、150,152コアである。このことは、ペタフロップスの演算性能を達成する計算機環境(ペタスケール環境)では、10万コアもの超並列性を、1つのアプリケーション内で達成しなくてはならないことを意味している。

従来の数値計算ライブラリは、次元の大きな問題を長時間かけて解く場合に高効率となるよう設計されている。ところが上記10万コアのペタスケール環境では、全系、もしくは超並列実行を許される環境における1ユーザ当たりの利用時間は高々数時間と推定される。このような実行形態では数値計算ライブラリ上で十分大きな問題が求解できないと言いき難く、従来の数値計算ライブラリでは設計上、高性能を達成できない可能性がある。つまり、小規模かつ超並列実行でも高性能が達成できる数値アルゴリズムの実現がペタスケール環境で必要不可欠となる。

固有値問題を解く場合、行列要素に0が少ない密行列で、かつ対称行列となる場合が少なくない。対称かつ密行列の固有値問題において、固有値のみ必要/固有値・固有ベクトル双方が必要という場合がある。さらに、必要な固有値・固有ベクトルが少数/ほとんどすべてが必要な場合ごとに適切な数値アルゴリズムが異なる。本稿で取り扱う固有値問題ソルバは、対称密行列の全固有値・全固有ベクトルを計算する最も演算量が必要とされる場合である。この処理が必要とされる分野は、量子化学計算分野(タンパク質の構造解析)などである。

3.2 内容

(1) 概要

ABCLib_DRSSSEDは、実数対称密行列の固有値問題の任意の個数の固有値・固有ベクトルを計算できる機能をもつ並列数値計算ライブラリである。現在公開されているABCLib_DRSSSED ver. 1.04は、MPI-1とFortran90で実装されている。

数値アルゴリズムとして、対称固有値ソルバに利用される対称密行列用Householder三重対角化、対称三重対角行列用の固有値計算のための二分法、対称三重対角行列用の固有ベクトル計算のための逆反復法、および対称密行列の固有ベクトル計算のためのHouseholder逆変換の各ルーチンが利用できる。さらに、密行列用QR分解ルーチンも提供している。ABCLib_DRSSSEDは、ベクトル化(もしくは、疑似ベクトル化)機能を有するプロセッサをもつノードにおいて、超並列環境(2000年頃において1000並列以上)で高速に動作する方式が採用されている。当時、HITACHI SR2201において、日立製作所が最適化したBLAS(Basic Linear Algebra Subprograms)を利用したScaLAPACKの同種ルーチンに対して、超並列環境で5.7倍ほど高速であった。

(2) 解法の説明

対称密行列 $A \in R^{n \times n}$ 、実数 $\lambda \in R$ 、実数ベクトル $x \in R^n$ とすると、以下の標準固有値問題

$$A x = \lambda x \quad (1)$$

の解 λ を固有値、ベクトル x を固有ベクトルとよぶ。いま、式(1)の固有値 n 個を対角要素に並べた行列 Λ を、 $\Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ 、固有値 λ_i に対応する固有ベクトル x_i を並

べて構成された行列 X を、 $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ とすると、式(1)は以下のように書ける。

$$A X = X \Lambda \quad (2)$$

式(2)の固有値行列 Λ 、固有ベクトル行列 X を求める。このとき、以下の手順で解く方法が多くの固有値ソルバで採用されている。

- (Step1) (三重対角化) 行列 A を相似変換により、三重対角行列 T に変換 ($Q A Q = T$)
- (Step2) 三重対角行列 T の固有値行列 Λ を求解
- (Step3) 三重対角行列 T の固有ベクトル行列 Y を求解
- (Step4) (逆変換) Y を行列 A の固有ベクトル行列 X に変換 ($X = Q Y$)

計算量に言及すると、(Step1)及び(Step4)は $O(n^3)$ である。(Step3)は解法と問題性質に依存して変化し $O(n) \sim O(n^3)$ であることが知られている。したがって、ソルバ全体の演算量は $O(n^3)$ となる。メモリ量については、入出力行列 A と X が密行列であるため $O(n^2)$ となるのは自明であるが、解法に必要なメモリ量もソルバ全体で $O(n^2)$ となることが知られている。

(3) 並列解法

手順(Step1)～(Step4)を実現する解法は多数提案されており、特に逐次処理を中心に開発されてきた。それら逐次解法のうち、並列化に向くアルゴリズムとしてScaLAPACKなどの主流ライブラリで採用されているのが、Householder変換を用いた方法である。Householder変換の逐次アルゴリズムの詳細は割愛するが、並列環境において重要な点は以下である。

- (a) どのように行列 A を各コアに分散させるのか
- (b) どのように行列 X を分散収納して戻すのか

(a) は、通信量と負荷バランスという並列実行性能に影響する要因である。(b) は解の演算精度と並列実行性能に影響する要因であり、均等に分割して収納すると採用する解法の特質により、固有ベクトルの精度が保てない場合が生じる。

(a) について負荷分散の観点から、行列 A を二次元に循環するように分散する方式が有効であることが知られている。すなわち、 $A=(a_{ij})$ 、 $(i, j=1, 2, \dots, n)$ とするとき、

$$a_{ij} \rightarrow P(i \% nprocx, j \% nprocy) \quad (3)$$

への写像となる。ここで、 $P(x, y)$ は、二次元で表されたコア番号($x = 0, \dots, nprocx-1, y = 0, \dots, nprocy-1, nprocx * nprocy =$ コア数)であり、 $\%$ はモジュロ演算子である。このような分散方式を二次元サイクリック分散方式と呼ぶ。ScaLAPACKでは、二次元サイクリック分散の対象は、ある幅 m をもつ正方行列 $m \times m$ の単位で行うなどバリエーションがあるが、本質的に二次元サイクリック分散方式である点を言及しておく。

(b) について、まず解法として、(Step2)で二分法による全固有値の求解、(Step3)で逆反復法による全固有ベクトルを求解するアルゴリズムが古典的な方法として知られている。この場合、固有ベクトルが十分に離れている場合には、固有ベクトル計算ごとに演算が独立して行える上に、固有ベクトルの直交精度が十分である場合が多く、きわめて並列化に向く解法となる。一方で、もし固有値が近接密集する場合、各固有ベクトルの計算が逐次化される。いま密集する固有値群 m 個を $\lambda_k, \lambda_{k+1}, \dots, \lambda_{k+m-1}$ とすると、逆反復のたびに直交化処理をするため、固有ベクトルの計算順序が、 $x_k, x_{k+1}, \dots, x_{k+m-1}$ の順に行わなくてはならない。

加えて、直交化のための演算量は $O(n \times m^2)$ と大きい。最悪の場合は全固有値が密集する場合であり $m=n$ なので $O(n^3)$ となり、かつ並列化ができないのでコア数が増加するにつれ、ほとんどの実行時間が(Step3)の時間になることが知られている。

(4) 先進的な固有ベクトル解法の導入

先述の問題は、古典的な解法である逆反復法を採用して並列化する場合の問題点であった。現在では古典的な解法に加え、先進的な解法がソルバで導入されている。2つ知られている方法があり、1つは分割統治法 (Divide and conquer) 法によるもの、もう一つが MRRR法 (Multiple Relatively Robust Representations) [3][4]によるものである。両者の特徴を以下にまとめる。

- 分割統治法：直交精度が多くの場合に良い。並列性はあるが、分散環境では通信が必要である。
- MRRR法：直交精度が1桁~2桁程度、経験的に古典的解法に対して悪い。並列性がきわめて高く、分散環境でも通信を必要としない。

以上から、先進的な解法でも直交精度と並列実行性能のトレードオフの問題があり、ユーザ要求により適する解法が異なる。本稿では、10万コアからなるペタスケールな超並列計算機環境での実行を目指しているため、並列性がきわめて高いMRRR法を(Step2)(Step3)で採用する。

3.3 具体的成果

T2Kオープンスパコン（東大版）（HITACHI HA8000クラスタシステム、以降、T2Kオープンスパコン）を、ペタスケール計算機環境に向けたテストマシンと位置づけ性能評価を行った。

(1) MRRR法と古典解法の実行性能と演算精度

図2にFrank行列を入力とした場合の、MRRR法および逆反復法（修正Gram-Schmidt法 (MGS) による直交化版）の、1ノード（16コア実行）の実行時間を載せる。

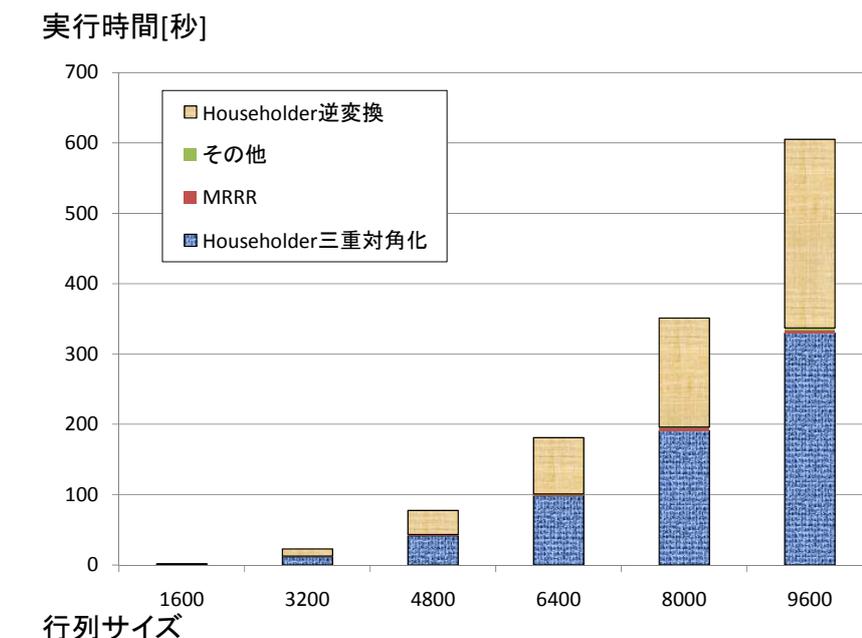


図2 固有値ソルバ実行時間 (MRRR法、1ノード(16コア)、Frank行列)

図 2から、以下の傾向が読み取れる。

- MRRR法は、直交化なしの逆反復法と実行時間がほぼ同じである。(MRRR法の実行時間は無視できる)
- MGS直交化を行った逆反復法の実行は、MRRR法の実行に対し約8倍遅くなる。
- MRRR法では、ほとんどの実行時間 (98%以上) は、三重対角化と逆変換の時間である。

図3に、固有ベクトルの直交性をフロベニウスノルムにより評価した結果を載せる。図 2では、3200次元より大きくなると、直交化をしない逆反復法では直交性が破たんすることがわかる。一方、直交性が一番良いのはMGS直交化を行った逆反復法であるが、これは逆反復ごとに陽に直交化することから当然の結果である。興味深いのはMRRRの直交性であり、陽に直交化を行った逆反復法に対し、フロベニウスノルムの観点で2桁程度の精度悪化を生じるだけである。またMRRRでは、直交性の破たんがないのも特筆すべき結果である。

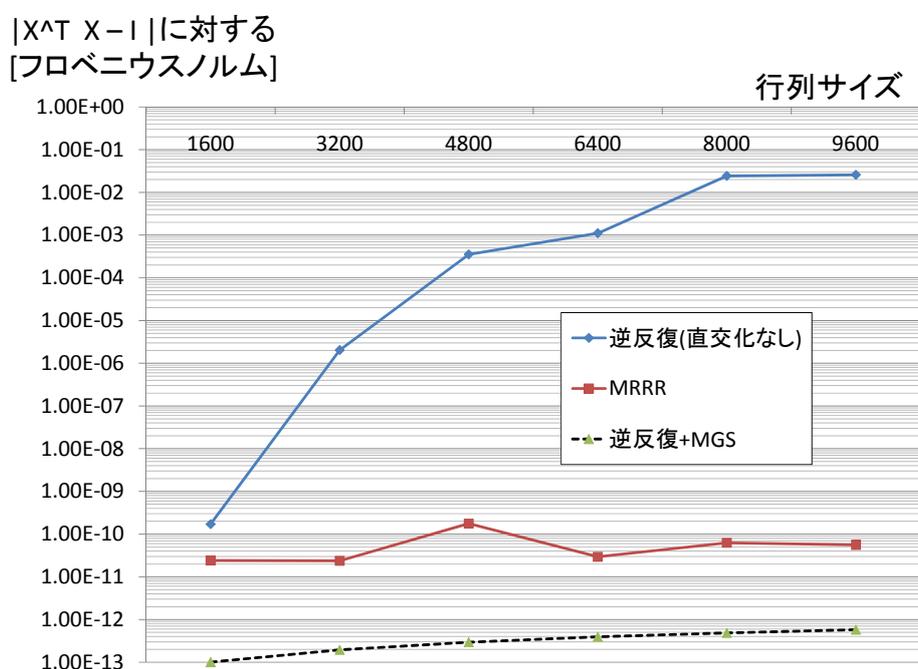


図3 固有ベクトルの直交性 (1ノード(16コア)、Frank行列)

演算精度評価をまとめると以下のようなになる。

- MRRR法は、直交化しない逆反復法と同等の実行性能をもつ。直交化しない逆反復法は通信がないので、超並列向きの解法である。したがってMRRR法も、超並列向きの実行性能が実現できる。
- MRRR法は、陽に直交化した逆反復法に対して、直交性が2桁程度悪化するだけであり、直交化なしの逆反復法のような直交性の破たんがない。
- MRRR法を採用する場合、98%以上の時間は三重対角化と逆変換の時間となる。したがって、この2処理をいかに高速化するかが高性能化の鍵となる。

以上から、ペタスケール計算機環境向きの固有値ソルバにおいては、2桁程度の直交性の崩れが許容できるのであればMRRR法がきわめて有効な解法になりうることを示された。

4 HPC 教育関連業務

4.1 背景

東京大学情報基盤センター特任准教授として 2007 年 4 月 1 日に赴任後、教育業務として並列プログラミングの基礎の講義と本センターのスーパーコンピュータを用いた演習を、東京大学工学部・工学系研究科の共通科目「スパコンプログラミング(1)および(Ⅰ)」として、通年(夏学期・冬学期)各1コマで同じ講義を行った。夏学期には、駒場キャンパスの教養学部の学生に、工学部と同様の授業を教えることで、天才プログラマを早期から育成することを目指す、全学ゼミ「スパコンプログラミング研究ゼミ」を開講した。

内容は、通信ライブラリ MPI を利用し、情報基盤センターに設置されている T2K オープンスパコン(東大版)4 ノード(64 コア) を受講生に無料で利用させるものであり、スーパーコンピュータの利用方法の講習を含む。したがって、情報基盤センターのスーパーコンピュータの将来的な新規ユーザ獲得も狙った講義である。本講義の報告は、[発表 6]を参照されたい。

センターユーザの HPC 教育を行う業務を、本年度に複数実施した。詳細は次節に記述する。

4.2 内容(HPC 教育業務)

- **スーパーコンピュータ若手利用者推薦(試行)(2007 年 10 月から実施)**
 - **概要:** 東京大学情報基盤センター(以下、センター)では、概ね 35 歳以下の若手研究者(学生を含む)を対象とした利用者向けの、スーパーコンピュータ若手利用者推薦(試行)(以降、若手推薦(試行))による課題公募である。スーパーコンピューティング部門の教員により審査の上、採択された課題の計算機利用負担金(半年分)をセンターが負担する。
 - **詳細:** 年 2 回公募し、年間で 4 件程度の優れた研究提案を採択する。継続申請と再審査の上で、最大で 1 年間の無料利用ができる。採択者には、報告書の提出、研究成果の発表の際に若手推薦(試行)を利用したことの明記、およびセンターが発行する「スーパーコンピューティングニュース」誌の原稿執筆を採択の条件とする。

- **お試しアカウント付き並列プログラミング講習会(試行)(2008 年 3 月から実施)**
 - **趣旨:** 情報基盤センター(以降、センター)に設置されたスーパーコンピュータの利用者における利用促進、および利用を検討している新規ユーザを対象とした、センターのスーパーコンピュータを用いた並列プログラミング講習会(MPI および OpenMP を用いるもの。終日の講習会。)を実施した。
 - **対象者:** センターのスーパーコンピュータのアカウントを所有しているユーザのみならず、センターのスーパーコンピュータの利用資格を有し、今後の利用を検討している方(大学教員、および学生など)を対象にする。

- **先進スーパーコンピューティング環境(ASE)研究会(2008 年 3 月から実施)**
 - **概要:** スーパーコンピュータでの高速化の鍵となる通信ライブラリや数値計算ライブラリ、およびスーパーコンピュータシステムの技術革新が日進月歩である。さらに従来の高速化要求に加え、スーパーコンピュータの利便性を追求する新しい価値観や、利便性を達成する技術要求が、スーパーコンピュータの利用分野においても必要とされている。これらの新技術要求は、ソフトウェア研究を行っている計算機科学者のみならず、数値シミュレーションをおこなっている計算科学者においても、研究を推進するための重要なテーマとなっている。このような時代の変化と要求にともない、情報基盤センター(以降、センター)に設置されたスーパーコンピュータに関する最新の研究成果をユーザが知るこ

とは、スーパーコンピュータの利用成果を著しく創出するための必要な技術知識となる。また、センターのユーザが個別に所有する情報に関して、ユーザ間での情報交流の活性化も、研究の活性化に必要と考える。以上の趣旨から、スーパーコンピューティング部門が主催する、スーパーコンピュータ環境に関する研究会を行う。

- **共同研究プロジェクト(2009年1月に実施開始)**

- **概要:**「T2K オープンスパコン(東大版)」の利用環境を向上することを目的とし、様々なシミュレーションのアルゴリズムの開発、プログラムの高速化に関する研究を本センターのスタッフと共同で実施する。本共同研究プロジェクトの対象となる研究は「64 ノード(1024 コア)」程度を使用する大規模計算を大量に行う研究とする。利用者は、本センターとプログラムの並列化、高速化に関する研究を共同で実施する。

4.3 具体的成果

- 東京大学における HPC 教育(2008 年度)
 - 工学部共通科目(夏学期・冬学期)において、登録人数合計 97 名、単位取得者数 22 名を達成した。詳しくは、[発表 6]を参考のこと。
 - 教養学部の全学ゼミにおいては、登録 18 名、合格 7 名であった。
- スーパーコンピュータ若手利用者推薦(試行)(2008 年度、前期・後期)[特記 1]
 - 本学、筑波大学、埼玉大学、大阪大学から、合計 8 件の課題を採択した。
- お試しアカウント付き並列プログラミング講習会(試行)(2008 年度は 3 回実施[特記 3])
 - 他大学を含む、合計 72 名の参加登録があった。
- 先進スーパーコンピューティング環境研究会(2008 年度は 3 回実施[特記 2])
 - 基調講演について、以下の3件を企画した。独立行政法人理化学研究所次世代生命体統合シミュレーションから研究者を招きペタスケールシミュレーションのソフトウェア基盤に関する基調講演、米国ローレンスバークレー国立研究所の研究者による最新大型計算機システムの評価手法に関する基調講演、米国コロラド大学から研究者を招き、密行列解法アルゴリズムとその自動チューニングに関連する基調講演を行った。
 - 招待講演として、若手利用者推薦制度(試行)2007 年度後期採択課題 3 件の招待講演、理化学研究所から研究者を招き、反復解法アルゴリズムにおける系統的な性能評価の試みとそのデータベースからの知識発見に関する講演を行った。首都大学東京から研究者を招き、マルチコアに向く固有値ソルバのアルゴリズムに関する講演を行った。
 - 3 研究会の参加者合計は、49 名に達し、高性能計算分野において最新情報の交換、および研究者間の交流に貢献した。
- 共同研究プロジェクト
 - 主に3件の共同研究プロジェクトを担当した。
 - そのうち 1 件について記載すると、共同研究の成果として、3 次元津波伝搬シミュレーションのコードで高速計算できる手法の開発に成功した。本手法はまだ評価段階にあるが、研究速報としてセンターニュース記事で手法を発表した[発表 10]。

5 スーパーコンピュータの民間開放業務

5.1 背景

本業務は、文部科学省「先端研究施設共用イノベーション創出事業」【産業戦略利用】「先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス」(以降、共用イノベーション事業)の支援に関する業務、および東京大学情報基盤センターが民間企業にスーパーコンピュータを有償利用に供するための業務。

5.2 内容

共用イノベーション事業では、企業におけるもの作りでは創薬のための分子設計やナノ技術分野においてスパコンを提供する。東大を中心とする7大学は、ASP (Application Service Provider) 事業を行う NPO 等の団体・企業と協力して、「戦略分野利用推進」と「新規利用拡大」の2つのカテゴリに分けて支援する。

東京大学情報基盤センター業務においては、スーパーコンピュータを民間企業に供する場合、企業ユーザの利用資格を審査したうえで、限定資源に対し有償利用を行う。

5.3 具体的成果

- (共用イノベーション)2008年度課題申込書・募集・成果報告に関する業務の補助
- (共用イノベーション)2008年度、第1期、第2期の課題選定業務
- 東京大学情報基盤センターにおける企業利用者に対する支援業務

6 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1]片桐孝洋:大規模シミュレーションに向けた数値計算ライブラリのための自動チューニング方式, 理研セミナー, 大規模計算ワークショップ～大規模シミュレーションを支えるミドルウェア～, 2008年8月.

[招待 2]片桐孝洋:次世代計算機環境における固有値解法と自動チューニング機能の開発, 自然科学研究機構 岡崎共通研究施設 計算科学研究センター主催, スーパーコンピュータワークショップ 2009, 2009年1月.

[招待 3]片桐孝洋: Towards Sparse Iterative Solver with Auto-tuning Facility on Petascale Computing Era, 日本原子力研究開発機構 那珂核融合研究所 核融合研究部門 先進プラズマ研究開発ユニット 主催, 第14回 NEXT(数値トカマク)研究会, 2009年3月.

[招待 4]片桐孝洋:次世代スパコンに向けた固有値解法と自動チューニング機能の開発, 大阪大学 蛋白質研究所 主催, 蛋白質研セミナー, 蛋白質のバイオスーパーコンピューティング, 2009年3月.

[招待 5] Takahiro Katagiri: Auto-tuning facility for peta-scale computing, International Workshop on Peta-Scale Computing Programming Environment, Languages and Tools (WPSE2009), Mar. 2009.

査読付論文リスト

[査読付 1] 石川裕, 片桐孝洋, 吉廣保: T2K オープンスーパーコンピュータと共用イノベーション, 電気学会誌, Vol.129, No.1, pp.28-31, 2009年.

特許申請／取得

[特許 1] 片桐孝洋: 計算処理方式, そのプログラム, データ再分散機構, 計算処理装置, 特許第 4273929, 特許登録, 2009 年 3 月.

その他の発表論文リスト

[発表 1] 片桐孝洋: 高性能プログラミング (I) 入門編, 東京大学情報基盤センタースーパーコンピュータインテグレーションニュース, Vol.10, No.4, pp.15-37, 2008 年 7 月.

[発表 2] 片桐孝洋: マルチコア環境を指向した多固有値多分法の評価, 2008 年並列／分散／協調処理に関する『佐賀』サマー・ワークショップ (SWoPP2008), 日本応用数学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会, 2008 年 8 月.

[発表 3] 黒田久泰, 片桐孝洋, 須田礼二: 電力消費量を抑えた線形数値計算ライブラリの実装と評価, 2008 年並列／分散／協調処理に関する『佐賀』サマー・ワークショップ (SWoPP2008), 日本応用数学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会, 2008 年 8 月.

[発表 4] 片桐孝洋, 黒田久泰: Windows クラスタにおける疎行列反復解法ソルバの自動チューニング, 2008 年並列／分散／協調処理に関する『佐賀』サマー・ワークショップ (SWoPP2008), 情報処理学会研究報告 2008-HPC-116, pp.43-48, 2008 年 8 月.

[発表 5] 片桐孝洋: T2K オープンスパコン (東大) における自動チューニング機能付き固有値ソルバの性能評価, 東京大学情報基盤センタースーパーコンピュータインテグレーションニュース, Vol.10, No.5, pp.52-65, 2008 年 9 月.

[発表 6] 片桐孝洋: 東京大学のスーパーコンピュータを用いた並列プログラミング教育 (2) — 工学部・工学系研究科共通科目「スパコンプログラミング1および I」(2007 年度冬学期)、および、全学ゼミ「スパコンプログラミング研究ゼミ」を通じて、東京大学情報基盤センタースーパーコンピュータインテグレーションニュース, Vol.10, No.5, pp.66-76, 2008 年 9 月.

[発表 7] 片桐孝洋: 超並列マルチコア環境での自動チューニング機能の有効性: T2K オープンスパコン上の固有値ソルバを例にして, 情報処理学会研究報告 2008-HPC-117, pp.31-36, 2008 年 10 月.

[発表 8] 片桐孝洋: ペタスケール計算機環境に向けた固有値ソルバの開発, 東京大学情報基盤センタースーパーコンピュータインテグレーションニュース, Vol.11, No.1, pp.47-59, 2009 年 1 月.

[発表 9] 石川裕, 片桐孝洋, 佐藤三久, 朴泰祐, 中島 浩: 高生産・高性能計算機環境実現のためのシステムソフトウェア, 2009 年ハイパフォーマンスコンピュータインテグレーションと計算科学論文集 HPCS2009, HPCS2009 論文集, pp.53, 2009 年 1 月.

[発表 10] 片桐孝洋: T2K オープンスパコンを用いた 3 次元津波伝搬シミュレーションにおけるコードチューニング事例, 東京大学情報基盤センタースーパーコンピュータインテグレーションニュース, Vol.11, No.2, pp.46-56, 2009 年 3 月.

[発表 11] Hisayasu Kuroda and Takahiro Katagiri: Impact of Auto-tuning for a Sparse Iterative Solver on a Multicore Windows Cluster, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE09), Mini Symposium, MS104, Current Auto-tuning Challenges: Multicore Architecture and Crucial Algorithms Part I of II, Mar. 2009.

特記事項

[特記 1] スーパーコンピュータ若手利用者推薦(試行)制度 2008 年度(前期)4 件(新規 2 件, 継続 2 件), 2008 年度(後期)4 件(新規 3 件, 継続 1 件).

[特記 2] 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティング部門主催, Advanced Supercomputing Environment (ASE)研究会: 2008 年 8 月 20 日第 2 回研究会, 2009 年 1 月 20 日第 3 回研究会, 2009 年 3 月 27 日第 4 回研究会の 3 回実施.

[特記 3] お試しアカウント付き並列プログラミング講習会(試行):2008 年 5 月 29 日, 2008 年 9 月 1 日~3 日, 2009 年 3 月 12 日の 3 回実施.

[特記 4] ミニシンポジウム・オーガナイザー, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE09), Mini Symposium, MS104, Current Auto-tuning Challenges: Multicore Architecture and Crucial Algorithms, Miami, FL, USA., Mar. 2009.

報道関連

[報道 1] 米国応用数理学会基幹新聞紙, 自動チューニング研究に関する日本人研究者の特集記事, "PP08: Automatic Tuning of High-Performance Numerical Libraries: State of the Art and Open Problems", SIAM News, Vol.41, No.5, 2008 年 6 月.

先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス

吉廣 保

1 概要

先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービスの施設共用技術指導研究員として、大学で開発された応用ソフトウェアを、スーパーコンピュータへ移植する作業をなど、企業がスーパーコンピュータを利用するために必要な支援を行った。また、研究対象が「施設利用の高度化に関する研究」に限定されているため、本年度はこれまで開発してきたグラフィカル・ユーザ・インタフェースで、情報基盤センターのスーパーコンピュータを利用できるように拡張を行った。

2 文部科学省 先端研究施設共用イノベーション創出事業【産業戦略利用】 先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス

2.1 背景

「先端研究施設共用イノベーション創出事業」は、大学、独立行政法人等の研究機関が有する先端的な研究施設・機器について、広範な分野における幅広い利用（共用）を促進し、イノベーションにつながる成果を創出するために、平成 19 年度から文部科学省が開始した委託事業である。

本事業を通じて、産学官の研究者による戦略的かつ効率的な研究開発や、研究機関・研究分野を越えた横断的な研究開発活動を推進することにより、継続的に産学官の知の融合によるイノベーションを加速していくことを目指している。

全国共同利用施設であるスーパーコンピュータを有する 7 大学（北海道大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学）は、社会貢献の一環として、大学で開発された応用ソフトウェアとスーパーコンピュータの、民間企業への提供を実施している。7 大学が提供するスーパーコンピュータの総計算能力（理論性能値）は、平成 20 年度には約 330TFlops となり、このうち数%のリソースを企業へ提供する。

本事業の特徴は、各大学が開発した応用ソフトウェア（シミュレーションソフトウェア等）と各大学が持つ国内有数のスーパーコンピュータを、それらの利用支援サービスと一体化して民間企業に提供することにある。このようにサービス、ソフトウェア、ハードウェアの 3 つを同時に支援する試みは、国内外を通じて初めてのものである。この事業の目的は、大学の持つ知と施設によって我が国の経済発展に貢献することである。

2.2 内容

施設共用技術指導研究員として、「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発（RSS21）」で開発されたソフトウェアを 7 大学の計算機へインストール・整備・サポートを行う。また、RSS21 ソフトウェアのチューニングを行うための非常勤研究員と連携してチューニング作業を行う。ASP（Application Service Provider）事業を考えている企業に関しての全般的なサポートを行う。

「施設利用の高度化に関する研究」に関してのみ研究活動が行えるため、グラフィカル・ユーザ・インタフェース（GUI）によるスーパーコンピュータの操作性向上に関する研究に取り組む。

2.3 具体的成果

昨年度から引き続き、RSS21 ソフトウェアのうち ABINIT-MP、FrontFlow/blue、PHASE、FrontSTRなどを東京大学情報基盤センターの SR11000/J2 へ移植・チューニングする作業を行った。平成 20 年 6 月より T2K オープンスーパーコンピュータ(東大版) :HA8000 クラスタシステムの運用が開始されたので、同様に移植作業を行った。平成 20 年度採択課題では、HA8000 クラスタシステム上で、特に PHASE と ABINIT-MP のサポートを行った。PHASE に関しては、ファイルシステムによっては正常に実行されてしまう不具合が発見され、開発元への問い合わせを行いバグとして修正を行った。その不具合を修正する過程で、HSFS ファイルシステムの不具合も発見され修正が行われた。

「施設利用の高度化に関する研究」に関しては、RSS21 プロジェクトで開発を行っていた、統合的な量子化学計算シミュレーション・システムの GUI である、ProteinEditor を、情報基盤センターのスーパーコンピュータでのジョブ実行が行えるような改良を加えた。これまでは、研究室で管理していた小規模な PC クラスタなどでのジョブ実行を想定したプログラムとなっていたため、パズフレーズの管理などセキュリティに関する実装が甘かったが、今回の改良で、スーパーコンピュータの利用に向けて十分に実用的な実装となった。また、これまで計算サーバでの計算ジョブ実行は、SSH での直接実行を行っていたが、バッチシステムへの対応を行い、Windows 上で動く ProteinEditor より直接スーパーコンピュータへジョブを投入することが可能となった。

ProteinEditor は、RSS21 プロジェクトの「創薬・バイオ新基盤技術開発へ向けたタンパク質反応全電子シミュレーション・システム」グループで開発された、タンパク質のための密度汎関数法プログラム ProteinDF を基にタンパク質の統合的な量子化学計算シミュレーション・システムを統括する GUI である。本システムは「計算エンジン ProteinDF」を中心に「自動計算法」、「構造最適化・ab initio 分子動力学(MD)」などのプログラムで構成されており、現在では ProteinDF によるタンパク質の基底状態全電子計算達成をサポートする機能をほぼ全て装備している。

共用イノベーション創出事業としては、平成 19 年 2 月 4 日から 3 月 7 日までで平成 20 年度第 1 期公募を行い、17 件(継続課題を含む、うち東京大学は 6 件)の採択課題が 4 月 1 日より計算機利用を開始した。また、7 月 1 日より 9 月 5 日まで第 2 期公募を行い、18 件(継続課題を含む、うち東京大学は 4 件)の採択課題が 10 月 1 日より計算機利用を開始した。

平成 20 年度採択企業のうち 4 社が ASP 事業を考えており、それらの企業と ASP を実現するために必要な技術的な問題の解決を行うためのミーティングを行った。

第 1 期に採択された課題で、新規利用拡大利用の 1 年間が終了する企業が、平成 20 年 10 月より開始の HA8000 クラスタシステムの企業利用支援枠で ASP 事業を開始したいとの希望があったため、契約に関しての打ち合わせなどのサポートも行った。この企業は平成 20 年 11 月より企業利用支援枠での ASP 事業を開始し、平成 21 年度も継続して利用を行う予定である。

第 2 期で新規利用拡大を終了する企業も、平成 21 年秋からの ASP 事業開始を目指しシステム開発を行っている。ASP 事業で利用するソフトウェアのライセンスサーバ問題などについてサポートを行い、良好な評価を得ている。

3 成果要覧

著書／編集

- [著書 1] 佐藤文俊, 恒川直樹, 吉廣保, 平野敏行, 井原直樹, 柏木浩: タンパク質密度汎関数法, 柏木浩, 佐藤文俊編, 森北出版, 東京, 平成 20 年 5 月 26 日発行.
- [著書 2] 佐藤文俊他: プログラムで実践する生体分子量子化学計算, 佐藤文俊, 中野達也, 望月祐志編著, 森北出版, 東京, 平成 20 年 10 月 10 日発行.
- [著書 3] 石川裕, 片桐孝洋, 吉廣保: 解説 T2K オープンスーパーコンピュータと共用イノベーション, 電気学会誌, 129 巻 1 号, 2009.

その他の発表論文

- [発表 1] Yasuyuki Nishimura, Tamotsu Yoshihiro, Fumitoshi Sato: ProteinEditor: An Integrated Environment for Quantum Chemical Simulation of Biomolecules, The 1st International Workshop on Super Visualization, Greece, 2008 年 5 月.
- [発表 2] Yasuyuki Nishimura, Tamotsu Yoshihiro, Naoki Tsunekawa, Fumitoshi Sato: ProteinEditor: Graphical User Interface for Molecular Simulation, 次世代生命体統合 合同ワークショップ, 2008 年 7 月.
- [発表 3] 西村康幸, 吉廣保, 佐藤文俊: タンパク質量子化学計算システムのための統合環境の開発, 東京大学生命科学研究ネットワークシンポジウム 2008, 2008 年 9 月.

マルチスケールな現象の直接計算 — 新しい大規模並列化手法と効率的な実装 —

渡辺 宙志

1 概要

本研究の目的は、相転移や流れを伴うマルチスケールな現象を粒子を用いた大規模計算により再現し、その非平衡特性を明らかにすることである。具体的には、高密度における速度低下を防ぐための高速化技法の開発、および大規模計算のためのアルゴリズムの開発に関する研究を行っている。

今年度は、以下に挙げる二つのトピックについて取り組んだ。

棄却なしモンテカルロ法を用いた効率的なサンプリングの効率 [発表 7] [査読付 4]

高密度、かつ極低温における粒子系について、棄却なしモンテカルロ (Rejection-free Monte Carlo) 法の実装効率について調べた。粒子系におけるモンテカルロ法は、通常高密度、極低温になると棄却確率が大幅に上昇し、結果としてほとんどの計算時間が棄却される施行に費やされ、効率的なサンプリングが行えない。そのような領域では棄却なしモンテカルロ法が有効であると考えられるが、その実装は難しい。そこで、実装前に棄却なしモンテカルロ法の効率について研究を行った。効率の密度、温度依存性を予測する理論を構築し、高密度、低温において高い効率を持つことが確認された。

自動ロードバランスを備えた大規模並列化コードの開発 [発表 4, 発表 6] 沸騰などの相転移が伴う流体計算は、相境界の移動、生成消滅を伴うために一般に難しい。特に、相境界における摩擦や輸送係数をパラメータとして与える必要があるが、実験で求めるのは難しいため、経験的な手法に頼らざるを得ない。それに対して、すべての構成粒子の運動を追う全粒子計算を行えば、相転移、相境界の移動、相境界における輸送などはすべて自発的に行われるため、非経験的な扱いが可能である。しかし、そのようなマルチスケールの現象を扱うためには、大規模計算が必須となる。粒子系の大規模並列計算を行った場合、相転移に伴う密度ゆらぎによってプロセス間のロードバランスが悪化する。そこで、系をサブブロックに分割し、自発的にロードバランスの整合をはかる並列化手法を提案、実装を行った。

その他、量子計算機シミュレータ QCAD のバージョンアップ [公開 1]、分子動力学法の温度制御の理論的な解析 [発表 3, 発表 5] などを行った。

2 棄却なしモンテカルロ法を用いた効率的なサンプリングの効率

2.1 背景

モンテカルロ法は、計算機の発達に伴い、物性を調べる強力な手段の一つとなっている。モンテカルロ法の状態更新は詳細釣り合いの条件さえ満たせばどのような遷移確率を用いても良いが、現在広く用いられている Metropolis 法は以下のようなステップで行われる。

1. 現在の状態 S_0 から遷移可能な状態 S_1, S_2, \dots, S_p のうち、遷移候補 S_i を一つ選ぶ。

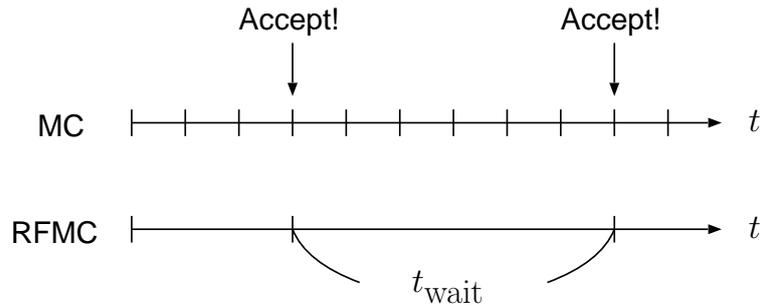


図 1: 通常のモンテカルロ (MC) 法と棄却なしモンテカルロ (RFMC) 法の違い。どちらも同じ現象を再現するが、MC は一定の時間刻みで系を時間発展させるのに対し、RFMC はイベント (この場合は試行の accept) を処理することで時間発展させる。これは、分子動力学法 (MD) の時間刻み (Time-step MD, TSMD) 法とイベントドリブン (Event-driven MD, EDMD) 法の関係に類似している。

2. エネルギーの比較を行い、 $E(S_0) > E(S_i)$ なら確率 1 で遷移、 $E(S_0) < E(S_i)$ なら確率 $\exp[\beta(E(S_0) - E(S_i))]$ で遷移させる

3. 1 へ戻る

ここで「確率 p で遷移させる」という操作はその状態へ遷移させる試行 (trial) について、成功 (accept) するか棄却するか (reject) するかを判定することでおこなわれる。具体的には $0 < r \leq 1$ なる乱数 r と p を比較し、 $r \leq p$ なら成功、そうでなければその試行は棄却される。したがって、系の温度が著しく低い、もしくは試行状態のエネルギーが現在の状態よりも非常に高い場合、ほとんどの試行は棄却されることになる。

マントルやガラスなど、粒子が高密度に詰まった系においてはこれらの系は粒子の運動エネルギーに比べてポテンシャルエネルギーが著しく大きく、温度で言えば極低温の系に対応する。したがって系が局所安定状態にとどまりやすく、分子動力学法で計算しようとするると長時間を要し、モンテカルロ法で調べようとするるとほとんどの計算時間を棄却される試行に費やすために非効率的である。この問題を解決するため、棄却無し MC 法 (Rejection-Free MC、以下 RFMC) が提案された。RFMC の基本的な思想は、現在の状態にとどまる確率 (全ての状態への遷移が棄却される確率) を求め、どれだけの時間現在の状態にとどまるか求めたあとに別の状態へ遷移させることになる。

通常、モンテカルロ法は、一ステップごとに適当な状態の遷移を選び、そこに遷移させるかどうかを決める。一ステップを時間だと思えば、等間隔の時間刻みを用いて系を時間発展させることに対応する。これに対し、棄却なしモンテカルロ法は一種の Event-driven 法だと考えることができる。モンテカルロ法では、一ステップごとに試行を許可 (accept) するか棄却 (reject) するか決めだが、棄却なし法では、accept するまでの待ち時間 (waiting time) t_{wait} を計算し、その分だけ時間を進めた後に現在の状態以外の状態へ遷移させる。

通常のモンテカルロ法と棄却なし法は、双方とも同じ現象 (厳密には同じマルコフ鎖) を再現するが、その実装方法が異なる。モンテカルロ法を実装するためには、現在の状態と試行状態のエネルギー差のみが計算できれば良いが、棄却なし法を実装するためには、あらかじめ遷移し得るすべての状態をリストアップし、そのエネルギーを計算しておく必要がある。そのため、一般に通常の方法よりも棄却なし法の方が実装が難しい。そこで、実際に実装を行う前に、通常的手法に比べてどの程度効率的であるのかを予測する必要がある。すでに剛体粒子系については筆者らが効率を予測する理論を構築し、実際に実装して高密度において棄却なし法のほうが高い効率を持つことを確認している。しかし、実際の計算では剛体系ではなくやわらかいポテンシャルを持つとして粒子が計算される場合が多い。そこで、本研究ではポテンシャルにより相互作用する粒子系について棄却なしモンテカルロ法の効率

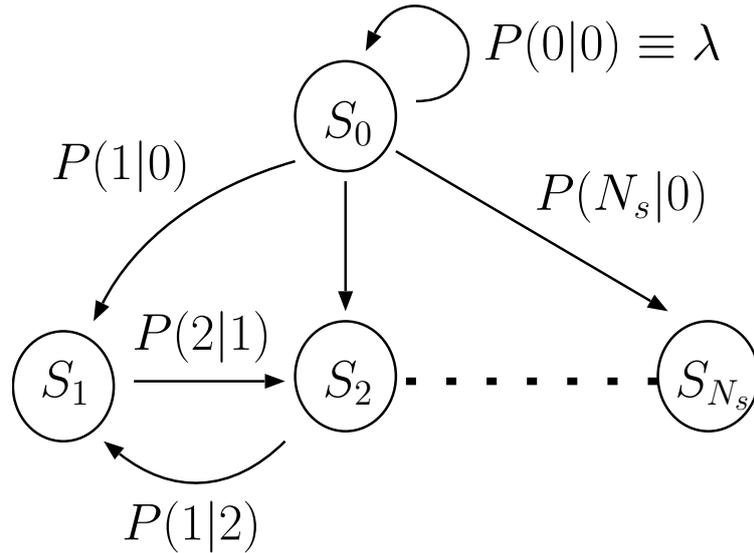


図 2: モンテカルロ法のマルコフ鎖による表現。

を調べる。

2.2 内容

ある採用された試行と、次に採用された試行の間の時間を待ち時間 (waiting time) t_{wait} としよう。通常のモンテカルロ法は系の状態に関係なく、一定の時間刻みで系のサンプリングを行うのに対し、棄却なし法は採用されたイベントのみを追うため、一度のステップで t_{wait} だけ系の時間が進む。言い換えれば、通常の方法と棄却なし法の効率は互いに反比例の関係にある。通常の手法の方が実装が単純であるから 1 ステップにかかる計算時間は棄却なし法の方が長くなるが、 t_{wait} が十分大きな系では必ず棄却なし法の方が効率が良くなる。問題は、どの程度早くなるかである。極低温にすれば必ず棄却なし法の方が効率がよくなるが、その温度が物理的に興味のある領域になれば実装する意味が無い。そこで、待ち時間 t_{wait} を事前に予測する必要がある。

図 2 に、状態遷移図を示す。現在の状態が $S(0)$ にあり、遷移可能な状態が $S(1), S(2), \dots, S(N_s)$ までであるとする。状態 i から j への遷移確率が $P(j|i)$ で与えられているとすると、一度の試行の後、現在の状態にとどまる確率 λ は

$$\lambda = P(0|0) \quad (1)$$

で与えられる。ここまでは一般のモンテカルロ法の話だが、ここから N 粒子系を考えよう。モンテカルロ法においては、まず $1/N$ の確率で粒子を一つ選び、その粒子の位置を更新することで系の状態をサンプリングする。粒子 i が選ばれ、その粒子の移動の試行が却下される確率を λ_i とする。すると、先ほどの棄却確率 λ は

$$\lambda = \frac{1}{N} \sum_i \lambda_i \quad (2)$$

と表現される。系が極低温にあれば、ほとんどの試行はエネルギーの上昇を伴うであろう。したがって、

$$\lambda_i = \langle 1 - \exp(-\beta \Delta E) \rangle \quad (3)$$

が期待される。ただし $\langle \dots \rangle$ は取り得る状態についての平均である。また、どの状態もほとんど似たような状況にあるという近似 (平均場近似) を用いれば、最終的に平均待ち時間の表式

$$\langle t_{\text{wait}} \rangle = \langle \exp(\beta \Delta E) \rangle \quad (4)$$

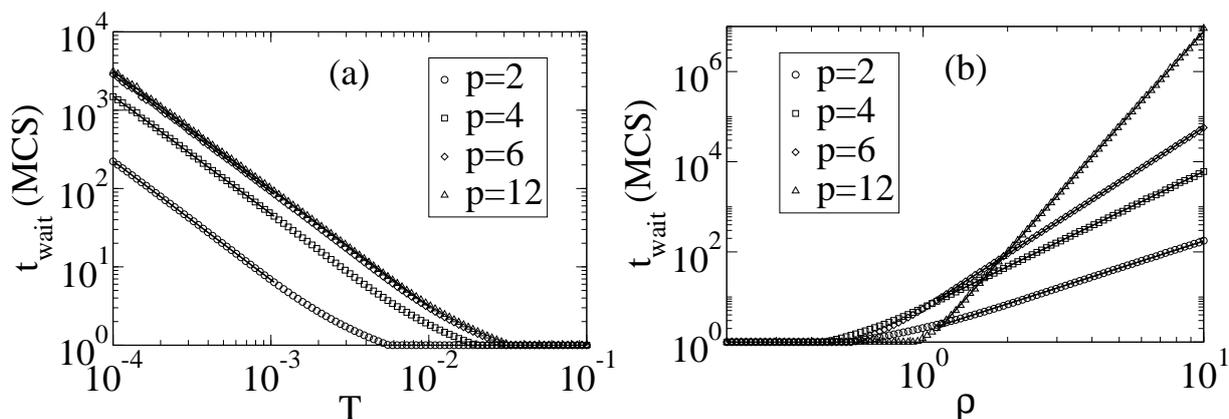


図 3: 待ち時間の温度、密度依存性。理論どおりの振る舞いを見せていることがわかる。

を得る。先に述べたように平均待ち時間は通常の手法の効率に反比例、棄却なし法の効率に比例するため、この式を実際の系について評価すれば棄却なし法の効率が実装せずに分かる。

2.3 具体的成果

具体的な粒子間ポテンシャルとして、カットオフのある p 次のべき的関数を考えよう。粒子間距離を r 、粒子の半径を σ 、カットオフ距離を r_0 として以下のようなポテンシャルを考える。

$$V(r) = \begin{cases} \left(\frac{\sigma}{r}\right)^p & r \leq r_0 \\ 0 & r > r_0 \end{cases} \quad (5)$$

このとき、鞍点法近似により、式 (4) は

$$\langle t_{\text{wait}} \rangle \sim \rho^{(p+2)/2} T^{-d/2} \quad (6)$$

と評価される。ここで ρ は系の密度、 T は系の温度、 d は系の次元である。すなわち、棄却なし法は温度が低いほど、密度が高いほど効率的であることがわかる。

この理論値を実際のシミュレーションにより確認した結果を図 3 に示す。高密度、低温において理論値と良く合うことがわかる。以上の成果は国際会議において発表され [発表 7]、論文としても出版された [査読付 4]。

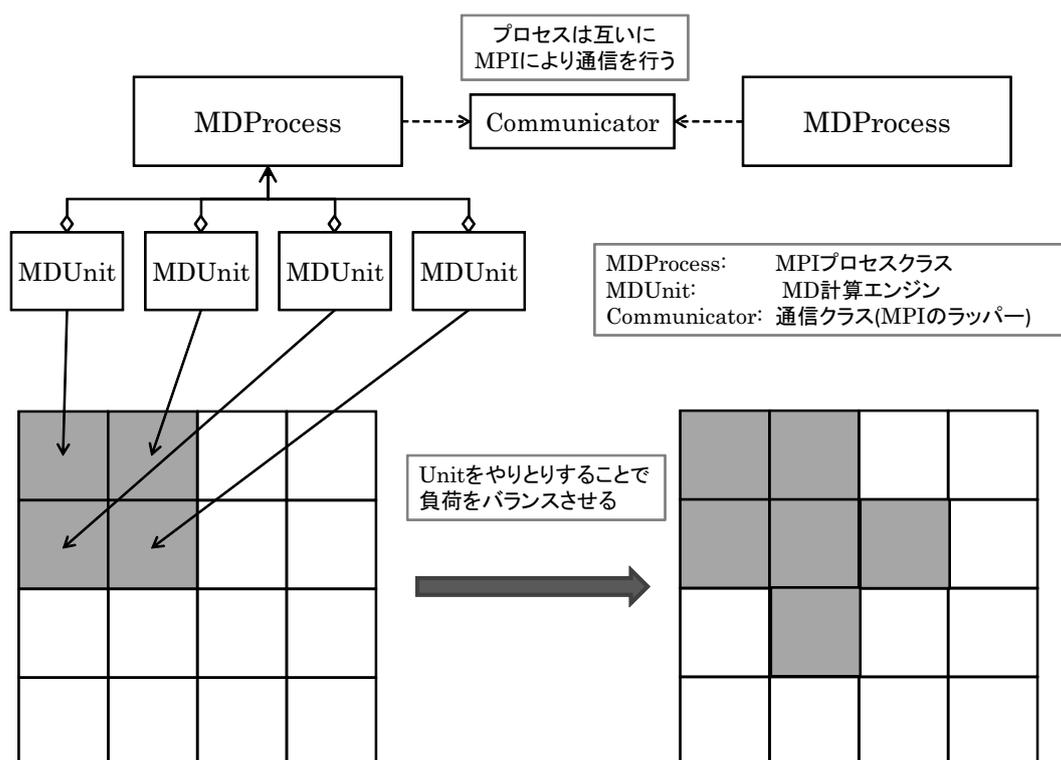


図 4: サブブロック分割による並列化。

3 自動ロードバランスを備えた大規模並列化コードの開発

3.1 背景

気液混相流は流れと相転移がカップルした典型的なマルチスケール、マルチフィジックス問題であり、工学応用上重要な現象でありながら、移動境界問題であること、相転移により密度が大きく変化すること、さらに相転移と流れがカップルしていることが数値計算を困難なものとしている。これらの系の計算は主にナビエ・ストークス方程式などの構成方程式を連立させて行われてきたが、相境界の扱い、特に相境界の厚さをゼロとしていることと、相境界での輸送係数が実験で決めづらいことなどが問題視されてきた。

それに対し、系を構成する粒子の挙動をすべて追う全粒子計算が注目されている。全粒子計算では、粒子間ポテンシャルのみを与えることで、相転移や熱輸送、相境界の移動などがすべて自発的に行われる。近年の計算機の能力の向上および数値計算アルゴリズムの改良により、現在扱える粒子数は数百億から1兆個を超えるまでになった。

これだけの計算を行うためには並列化が必須となるが、混相流の並列計算においてもっとも問題となるのは気相と液相の密度差からくる不平等なロードバランスによる並列化効率の低下である。そこで我々は、その困難を克服するためにロードバランスを動的に修正可能な大規模並列分子動力学コードの開発を行った。

3.2 内容

本研究の目的は、プロセス間の負荷を動的にバランスさせる機能を持った分子動力学コードを開発することである。一般に、領域分割における負荷のバランスは、分割領域の境界の移動によって行われることが多い。しかし気液混相流においては局所的に気泡が発生するなど、負荷バランスは局所的に揺らぐため、分割領域の境界移動では効率的なバランスが行えない。

そこで、計算空間をプロセスが担当する領域よりも細かいサブブロックに分割し、各プロセスに複数の領域を担当させ、そのブロックをプロセス間でやりとりすることで負荷をバランスさせる。提案手法の概略を図4に示す。この例では二次元、4プロセスで並列化し、各プロセスが4つの小領域を担当している。密度に揺らぎが生じたら、密度、通信速度に応じて領域を再配分することでロードバランスの悪化を防ぐ。

提案手法をMPIにより実装を行った。通常の領域分割法に比べ、提案手法はプロセス間で通信が大量に、かつ非対称に発生するため、適切にスケジューリングを行わなければデッドロックを起こしてしまう。そこで、すべてノンブロッキング通信を行うことでデッドロックの問題を回避した。また、同じプロセス間において複数の通信が発生するため、それぞれの通信を区別する必要がある。そこで、MPIのタグシステムを利用することでデータ通信の混乱を防いだ。計算例を図5に示す。

図5では、二次元系において二つの固体を衝突させ、その破壊の様子を追った。粒子間力にはLennard-Jones 12-6ポテンシャルを用い、カットオフを 2.5σ とした。数値積分法にはLeap-Frog法を用いた。計算例では4並列で、各プロセスが4つのサブブロックを担当する状態から開始し、計算中にブロックをやり取りする実験を行った。その結果、全体としてエネルギーが精度の範囲内で保存し、サブブロックをやりとりしても正しく計算されていることが確認された。

開発した計算コードを64プロセスまで実行したところ、並列化効率は80%であった。通常の方法よりも通信回数が増えるため、今後は通信のスケジューリングを行って通信コストを抑えることを目標とする。また、ノード間通信とノード内通信のコスト差も考慮したロードバランスアルゴリズムの開発も行う。

3.3 具体的成果

本テーマに関して2件の口頭発表を行った[発表6, 発表9]。また、気液混相流について3件の口頭発表を行っている[発表1, 発表4, 発表10]。

4 成果要覧

その他の発表論文

- [発表1] 鈴木将, 渡辺宙志: 分子動力学計算による気泡生成過程の研究, 次世代スーパーコンピューティングシンポジウム 2008, MY PLAZA ホール (東京都), 2008年9月.
- [発表2] 能川知昭, 伊藤伸泰, 渡辺宙志: 3次元多分散性剛体球系の固体 - 流体転移, 日本物理学会 2008年秋季大会, 岩手大学上田キャンパス, 2008年9月.
- [発表3] 渡辺宙志, 轟木義一: 定温ダイナミクスと, その縮約としての確率過程, 日本物理学会 2008年秋季大会, 岩手大学上田キャンパス, 2008年9月.
- [発表4] 鈴木将, 渡辺宙志: 分子動力学法による気泡生成とそのダイナミクス, 日本物理学会 2008年秋季大会, 岩手大学上田キャンパス, 2008年9月.
- [発表5] Hiroshi Watanabe: Isothermal Dynamics and Time Reversibility, US-Japan Bilateral Workshop, Large-scale Molecular Dynamics Simulation and Related Topics, University of California, Berkeley, USA, Sept. 2008.

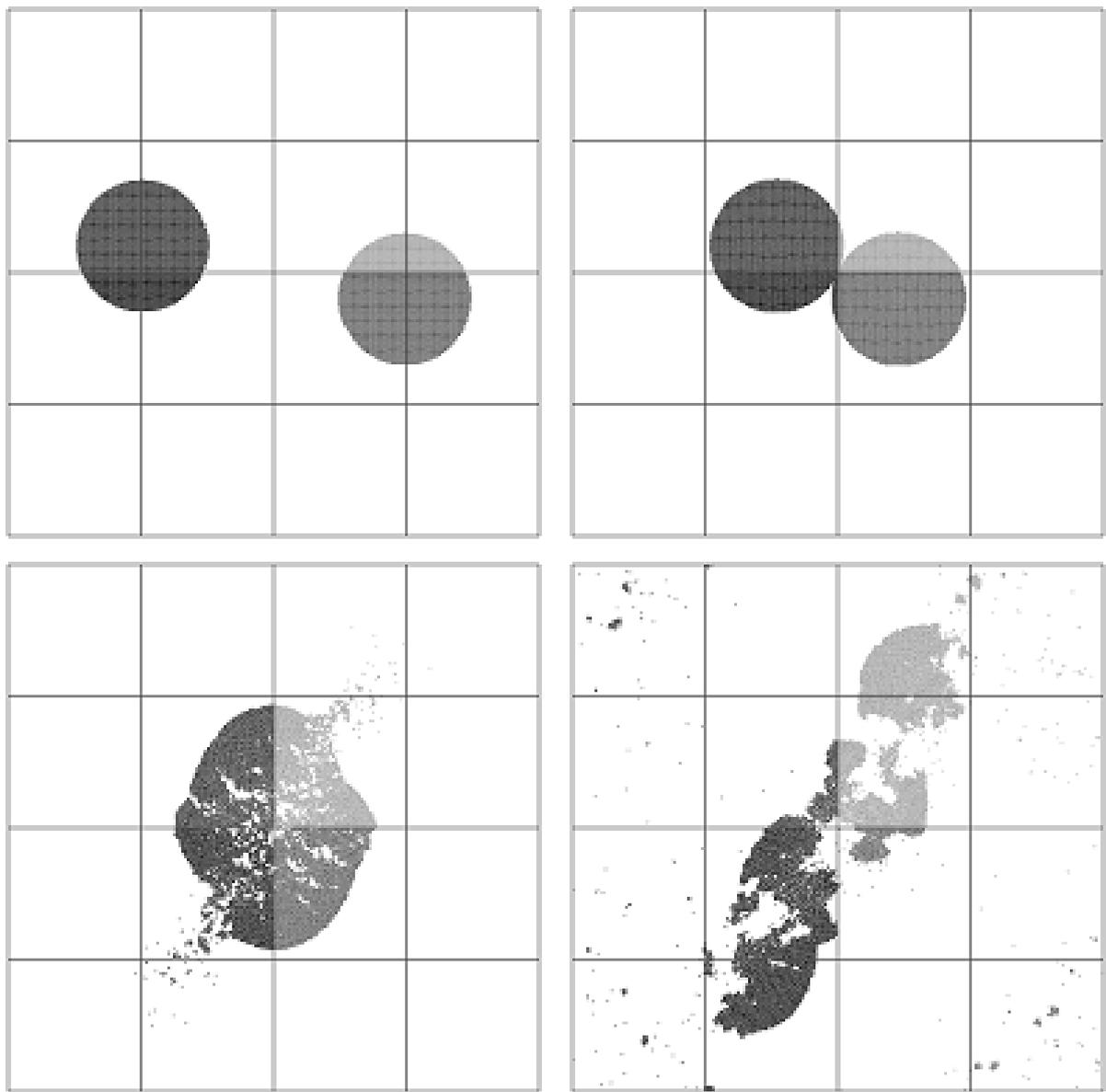


図 5: 二次元系における計算例。Lennard-Jones ポテンシャルを用いた二粒子オフセット衝突の計算を行い、運動エネルギーにより破壊されの様子を追った。グリッドはサブブロックの大きさをあらわす。

- [発表 6] 渡辺宙志: 気液混相流の大規模並列計算, 第 5 回 ACP ワークショップ, 東京大学, 2009 年 1 月
- [発表 7] Hiroshi Watanabe: Efficiency of Rejection-free Monte Carlo Methods, The ACP 6th workshop on Long-time simulations, Algorithms and Applications, University of Tokyo, Feb. 2009.
- [発表 8] 能川知昭, 伊藤伸泰, 渡辺宙志: 3 次元剛体粒子結晶の多分散性による無秩序化, 日本物理学会 第 64 回年次大会, 立教学院池袋キャンパス, 2009 年 3 月.
- [発表 9] 渡辺宙志, 鈴木将, 伊藤伸泰: 気液混相流の並列分子動力学計算, 日本物理学会 第 64 回年次大会, 立教学院池袋キャンパス, 2009 年 3 月.
- [発表 10] 鈴木将, 渡辺宙志: 気泡核生成及び気泡成長ダイナミクス, 日本物理学会 第 64 回年次大会, 立教学院池袋キャンパス, 2009 年 3 月.

査読付論文

- [査読付 1] H. Watanabe: Non-equilibrium Relaxation Analysis on Two-dimensional Melting, Progress of Theoretical Physics Supplement, to appear in.
- [査読付 2] H. Watanabe: Markovian Approximation for the Nosé–Hoover method and H-theorem, Journal of the Physical Society of Japan, **77**, 103001 (2008).
- [査読付 3] H. Watanabe and C.-K. Hu: Mapping functions and critical behavior of percolation on rectangular domains, Physical Review E, **78**, 1 (2008).
- [査読付 4] M. Guerra, M. Novotny, H. Watanabe, and N. Ito: Efficiency of Rejection-Free Methods for Dynamic Monte Carlo Studies of Off-lattice Interacting Particles, Physical Review E, **79**, 026706 (2009).

公開ソフトウェア

- [公開 1] 量子計算機シミュレータ QCAD, <http://apollon.cc.u-tokyo.ac.jp/~watanabe/qcad/>

大規模分散計算環境を活用するソフトウェア

鴨志田 良和

1 概要

クラスタベースの大規模分散計算環境をより扱いやすく、より効率よく利用可能にするためのソフトウェアの研究を行った。具体的には、以下の項目について実施した。

大規模分散計算環境上のリアルタイムモニタリングシステム

大規模分散計算環境上のリアルタイムモニタリングシステムを実現するために必要となる、低い通信負荷で多数の計算機の情報をできるだけ細かく柔軟に収集するための基礎的な技術についての研究を実施した [査読付 1]。また、公開しているモニタリングソフトウェア VGXP に改良を施した [公開 1]。

分散計算環境の利用効率を高めるためのミドルウェア

分散計算環境の利用効率を高める方法の一つである Idle Cycle Stealing を支援するためのミドルウェア Nicer を改良し、より少ない負荷で効率よく低優先度プロセスとバッチキューイングシステムによるプロセスを混在させる方法についての検証を実施した [発表 1]。

HA8000 クラスタシステムの運用支援

本センターのスーパーコンピューティング部門でサービスを提供する HA8000 クラスタシステムの各種運用支援のために、必要となる技術検証や基本的な要素技術に関する研究を実施し、利用者アンケートや蓄積されたログから、運用状況や今後の運用についての課題の紹介をした [特記 1]。また、全国共同利用施設であるスパコンセンターを設置する 7 大学と筑波大学、東京工業大学、国立情報学研究所によるグリッド配備・運用タスクフォースに参加し、HA8000 クラスタシステムに NAREGI ミドルウェアを試験導入した。

2 大規模分散計算環境上のリアルタイムモニタリングシステム

2.1 背景

大規模な計算環境を効率的に利用するためには、多種多様な利用者に対しての計算資源をスケジューリング、アプリケーションの性能チューニング、また、故障・障害とその原因の調査などのため、多数の計算機の状態を迅速に把握することが必要となる。これを実現するためには、監視対象の計算資源からの情報収集について、以下のようなことを低いオーバーヘッドで、実行中の並列アプリケーションに与える影響をできるだけ少なくして実現することが求められる。

多数の計算機の状態を収集すること

必要に応じて短い時間間隔で収集すること

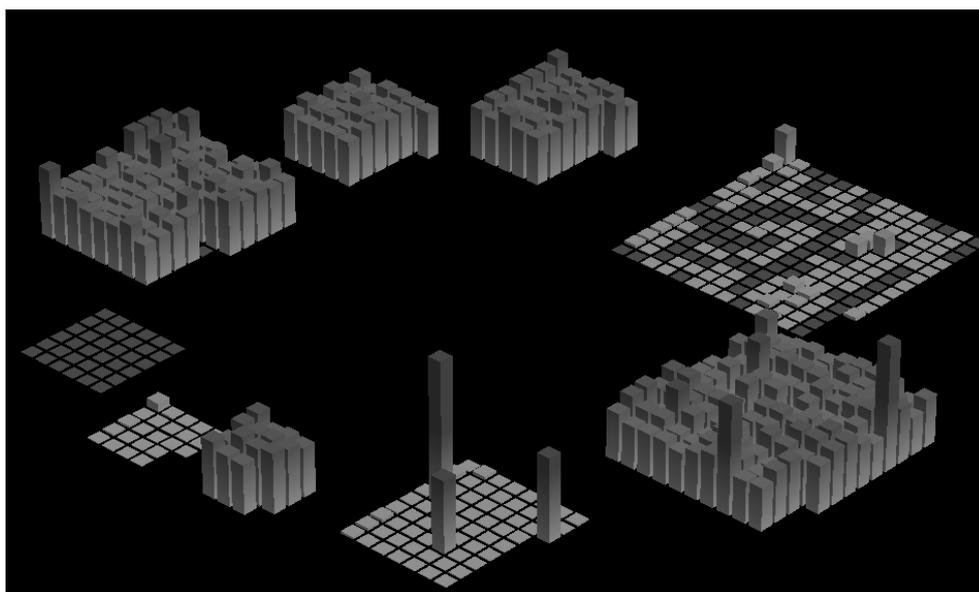


図 1: VGXP のスクリーンショット

さまざまなクエリに柔軟に対応して収集すること

また、収集した情報をわかりやすく提示し、パフォーマンスの問題点や故障原因などの調査を行いやすくすることも必要となる。このために、大量のデータを分類することや、可視化するための技術も求められる。

以上のような課題を解決し、多数の計算機の状態をわかりやすく把握するためのソフトウェアとして、本研究ではそれぞれの課題を解決するための基礎的な技術についての研究を行い、その成果を反映したソフトウェアとして VGXP(Visual Grid Explorer)[公開 1] の開発・公開を行っている。図 1 に VGXP のスクリーンショットを示す。各計算機を、アニメーションする 3 次元縦棒グラフで表現することで、多くの計算機の情報と同時に閲覧することが可能である。また、各計算機に対応する直方体をクリックすることで、その計算機により詳細な情報を取得することが可能である。

VGXP は、クライアント、サーバ、エージェントとイベントプロデューサという 4 種類のプロセス群から構成される。VGXP のプロセス構成図を図 2 に示す。クライアントはモニタリングデータを可視化し、ユーザからの入力を受け付ける GUI アプリケーションである。クライアントはサーバにソケット接続し、モニタリングデータを受け取る。サーバは、必要なデータを集め、クライアントへ渡す。エージェントはモニタリング対象の各ノードで実行され、イベントプロデューサが生成したデータを受け取り、サーバにデータを送る。エージェント同士は階層的に接続を確立し、木構造のネットワークを構成する。木の根にあたるエージェントはサーバと接続し、他のエージェントは自分の親ノードにデータを送ることで、サーバにデータを送る。

エージェントやイベントプロデューサは、プロセスマネージャ GXP を使って起動する。GXP はホスト名と SSH ログインのためのユーザ名などのログイン方法を指定すると、指定されたホスト間で木構造のネットワークを構成する。このネットワークを用いて、多数のノードに同時にコマンドを投入する。GXP はノードの追加や削除を任意のタイミングで行うことが可能である。ノードに変更があると、木構造もそれに従って再構成される。この機能を使って、サーバ上で簡単なシェルスクリプトを実行することで、エージェントがすべての到達可能なノード上で動作している状態を保つことが可能である。イベントプロデューサはエージェントと接続し、モニタリング対象のデータ種類とその値を報告する。

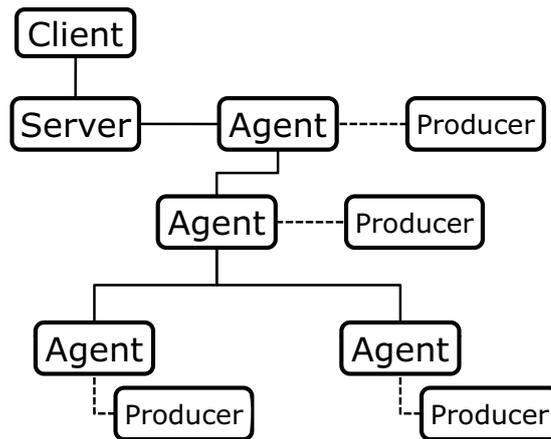


図 2: VGXP のプロセス構成

2.2 内容

本年度の研究ではこの VGXP の情報収集アルゴリズムを改良して、低い通信負荷で情報を収集可能にする方法を考案し、評価を行った。計算機ごとに取得可能な統計情報としては計算機の CPU 使用率やブロック I/O、通信量などの値がある。これらの値は通常 OS 等が保持しているカウンタを読んで単位時間当たりの値を計算して使用する。アプリケーションが一定の状態で作動している場合は、これらの値は短い時間で見ると大きく変化しない場合が多い。このことを利用して、毎回値そのものを送るのではなく、値の差分を送り、差分が 0 の場合はメッセージを送らないことで、通信量の削減が可能となる。また、モニタリング情報を利用するクライアント側が許容可能な誤差を設定し、各計算機上で実行されるエージェントに通知することで、差分がその誤差の範囲内である場合は差分が 0 である場合と同様にメッセージを送らないことにすることでさらなる通信量の削減が可能となる。許容誤差は、クライアントが必要とする値を通知するようにする。たとえば VGXP の場合は、図 3 のようにビューを回転して上部からの表示を行っている場合は、資源の使用率により矩形の色の変化はあるが形については変化がない。このような場合や、ウィンドウサイズが小さい場合などは、細かい値の変化が表示に影響しないため、許容誤差を大きく設定できる。

実験は InTrigger プラットフォーム¹ 上の、500 ノード、8 拠点のクラスタの分散環境で実施した (表 1)。情報の更新間隔は 500ms ごとに 1 回とした。図 4 は、許容誤差を変化させたときにどの程度データ転送量が変化するかをグラフにしたものである。ALL は転送量削減をしない場合の値で、CPU はノードの CPU 使用率、load1 は過去 1 分間のロードアベレージを転送した時の値である。測定は以下の 2 回に分けて実施し、そのログをもとに評価を行った。

idle ログ

約 10% のノードがビジーな状態 (1 以上のユーザがノード上で 1 コア以上の CPU を 100% 使用している状態) で取得した 1 時間分のログ

busy ログ

約 50% のノードがビジーな状態で取得した 1 時間分のログ

ロードアベレージのような値の変化が比較的少ない統計量の場合は、より多くの転送量削減効果があることが分かる。また、利用率が高い場合でも低い場合でも、この転送量削減アルゴリズムは効果があることが確かめられた。

¹<http://www.intrigger.jp/>

CPU	GHz	Kernel Release	# of CPU Cores	Site ID(Num. of Nodes)
Core2 6400	2.13	2.6	2	1(58),2(14),3(30),6(33),7(14)
Pentium M	1.86	2.6	1	1(51),2(65)
Xeon 5110	1.60	2.6	4	8(1)
Xeon 5140	2.33	2.6	4	5(22)
Xeon 5160	3.00	2.6	4	1(1),2(1),3(1),5(1),6(1),7(1)
Xeon Prestonia	2.80	2.6	2	4(69)
Xeon Prestonia	2.40	2.4	2	4(64),8(38)
Xeon Prestonia	2.80	2.4	2	4(37)

表 1: 実験に使用した計算機

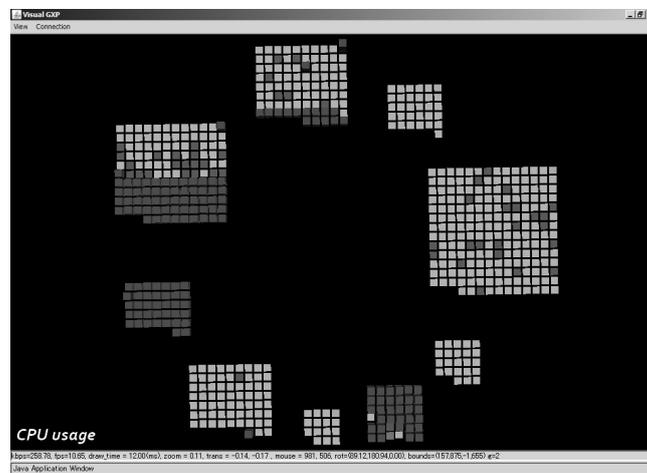


図 3: VGXP: 上部からのビュー

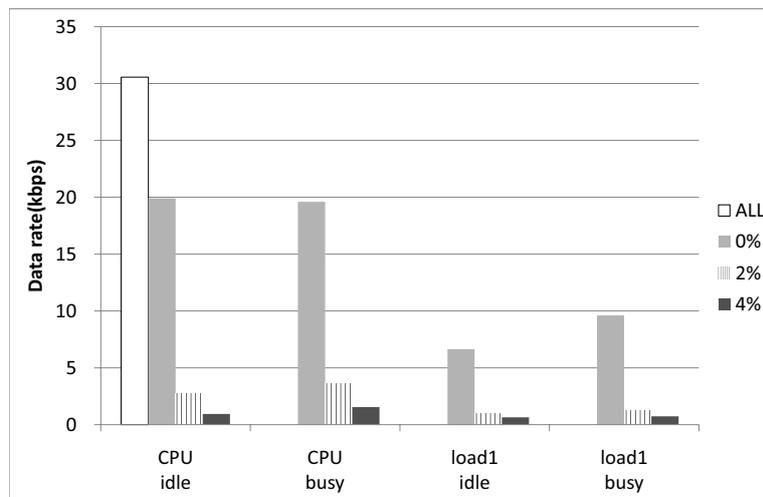


図 4: 許容誤差の違いによる通信量の変化

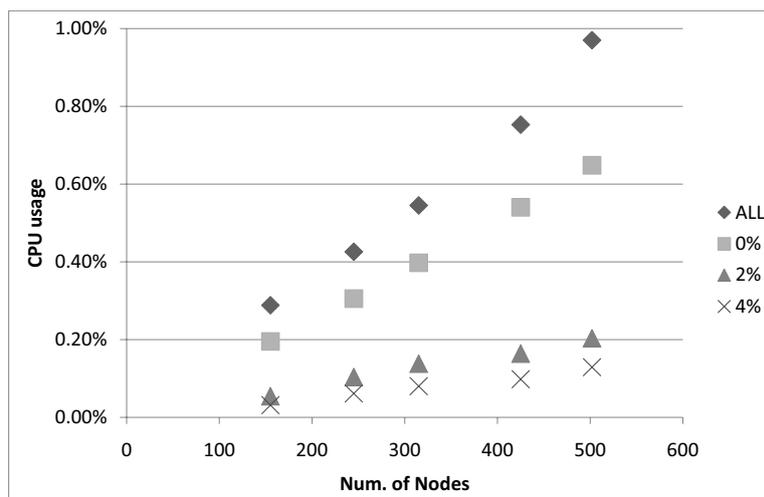


図 5: サーバ上の CPU 負荷

また、全ノードからのデータを集約を担当するサーバ上で、データの集約にかかる CPU 負荷の測定を行った。図 5 に、ノード数を変化させたときの CPU 負荷の変化を示す。通信量削減を行わなかった時 (ALL) に比べて、通信量削減を行った時のほうが CPU 負荷が低くなっていることが分かる。より許容誤差を大きくするほうがその負荷は低下し、 $\pm 4\%$ の誤差を許容した場合は元の約 5 分の 1 の CPU 負荷ですむことが確かめられた。

2.3 具体的成果

上記の、低い通信負荷でリアルタイムモニタリングを行うための、差分データのみを送信するアルゴリズムについては、[査読付 1] において発表を行った。

また、[公開 1] においてソフトウェアの公開を行っているほか、文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「情報爆発に対応する新 IT 基盤研究プラットフォームの構築」の支援班が提供する分散計算機環境 InTrigger において、公式のモニタリングツールとして VGXP を公開²している。

3 分散計算環境の利用効率を高めるためのミドルウェア

3.1 背景

大規模な分散計算環境を幅広い利用者が扱えるようにするためには、計算環境を柔軟に利用可能にすることと利用効率を高めることを両立する必要がある。スパコン等では計算資源を多数の利用者が共有するためにバッチキューイングシステムが用いられることが多いが、一般にバッチキューイングシステムだけを使ったシステムではシステムソフトウェアの研究などでしばしば必要となるようなできるだけたくさんの計算機を比較的短時間使用するようなリクエストをうまく扱えないことが多い。このようなリクエストを扱うための方法の一つとして、Idle Cycle Stealing という方法がある。これは、バッチキューイングシステムによって割り当てられていない計算リソース上で、優先度の低いプロセスを動作させ、優先度の高いプロセスが動き始めた時は、優先度の低いプロセスは即座に実行を停止・休止するものである。このような実行方式を支援するミドルウェアを整備することによって、計算資源をより効率的に利用できるようになることが期待される。

また、バッチキューイングシステムを使ったプロセス実行は計算資源を占有して使用したい場合の業界標準のシステムではあるものの、プロセスの起動手手段として必ずバッチキューイングシステムが

²<http://hongo-charlie.logos.ic.i.u-tokyo.ac.jp/kamo/vgxp/intrigger/>

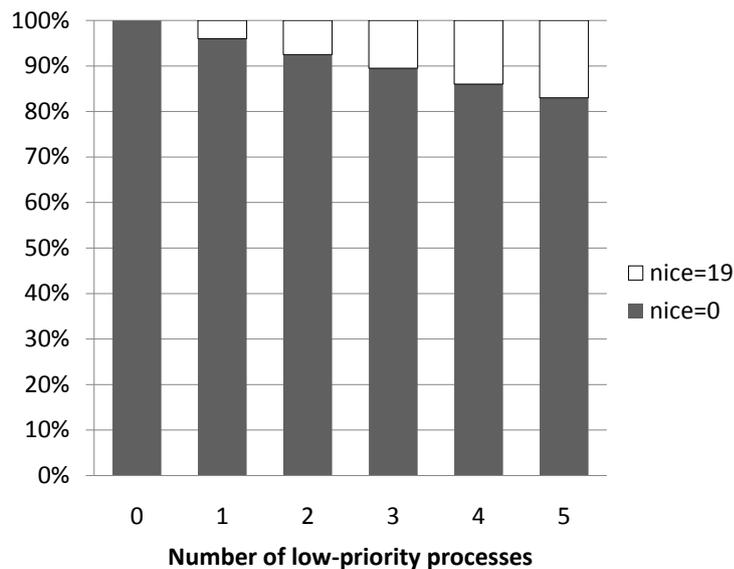


図 6: nice プロセスの CPU 使用率

提供する API を使用しないといけない場合が多いなど、いくつかの制約を伴う。これがシステムソフトウェアの研究等で使用するプログラムを実行する場合の障害になる場合もある。Idle Cycle Stealing を活用して他のユーザのジョブに迷惑をかけずにプログラムを実行することができるようになれば、スパコン等の利用ユーザ層がさらに広がることが期待される。

3.2 内容

実行時間が長期にわたるプロセスは、UNIX の `nice` コマンドや `renice` コマンドを使用してプロセスの優先度を低く変更することにより、他のプロセスの実行を大きく妨げずに実行することができる。しかし、プロセスの優先度を変更するだけでは、優先度が高いプロセスに実行を完全に明け渡すことはできない。例えば 1CPU のマシン上でビジーループを行って CPU を使用するプロセスを、通常の優先度、低い優先度 (`nice=19`) で実行した場合、低い優先度のプロセスも 3.5% から 4% の CPU を使用する。また、低い優先度のプロセスが増加しても、低優先度プロセス 1 つあたりの CPU 使用時間はあまり変わらないため、低優先度プロセスの数が多いと通常の優先度のプロセスの使用可能な CPU 時間はかなり削られてしまう (図 6)。

Nicer は、`nice` コマンドの拡張で、他のユーザが実行するプロセスへの影響をなるべく抑えつつ CPU の遊休時間を活用するツールである。Nicer は目的のプロセスを最低の優先度で実行させるだけでなく、シグナルを使ってプロセスを一時停止あるいは再開させることにより、`nice` より低い負荷でプロセスのスケジューリングを行うことを可能とした、ユーザレベルで動作するミドルウェアである。Nicer はノード内の資源の利用状況を定期的に監視し、CPU 時間や最後にコマンドを実行した後のアイドル時間など、利用状況に応じて配下プロセスの停止/再開を行う。

本研究ではこの Nicer に対して、バッチキューイングシステムと Nicer プロセスを共存可能にするような機能拡張を施した。バッチキューイングシステムは、ノード内に複数のユーザが占有したい CPU コア数を指定して共存することが可能な設定を行っている前提で、具体的には、評価実験では TORQUE を使用した。改良版 Nicer の動作概要は以下のとおりである。

「非キュー管理下 CPU 時間」 C_u の計算

まず、バッチキューイングシステムを使用して占有権を得ていない CPU 時間をユーザ u 毎に集

計する。あるユーザ u がノード内で実行しているプロセスすべての CPU 使用率の和を C'_u 、 u がバッチキューイングシステムを使用して占有権を得ている CPU コア数を B_u とするとき、ユーザごとの非キュー管理下 CPU 時間 C_u を、以下のように定義する。

$$C_u = \max(0, C'_u - B_u)$$

「非キュー管理下 CPU 数」 N の計算

バッチキューイングシステム以外が使用できる CPU コア数 N は、以下のようになる。

$$N = \sum_u B_u$$

停止条件

Nicer 管理下に置くプロセスの所有者を x とするとき、

$$\sum_{p \neq x} C_p / N > th_{stop}$$

が成り立つと、Nicer はプロセスを一時的に停止させる。

再開条件

Nicer 管理下のプロセスが停止中のとき、

$$\sum_{p \neq x} C_p / N < th_{start}$$

が成り立つと、Nicer はプロセスの実行を再開させる。プロセスの停止と再開は、管理下のプロセスにシグナルを送ることで行うため、停止中のプロセスは `nice` のように CPU を使用することはない。

改良版 Nicer を使用することで、バッチキューイングシステムの存在下でも、キューを経由せずに起動した優先度の低い長時間ジョブを共存させることができる。(ただし、プロセス停止中でもプロセス自体は存在しているため、低優先度のプロセスでもメモリは消費してしまう。) このことを示すため、性能評価を実施した。評価環境は InTrigger 上の 1 ノードで、CPU は Intel Core2 Duo 6400(2.13GHz) である。ノード上では 2 つの通常優先度のプロセスをキュー経由で実行している状態で、5 つの CPU インテンシブなプロセスを Nicer から実行した。5 つの各プロセスに Nicer が必要になるため、Nicer も 5 プロセス実行される。この状態で、Nicer とその子プロセスの CPU 時間を計測した。図 7 において、横軸は実行したプロセスの種類、縦軸は CPU 使用率である。評価環境は 2CPU コアの計算機なので、CPU 使用率は 0 から 200% までとしてある。実行したプロセスの種類は、上の行は、通常優先度のプロセスの種類で、“Busy” はビジーループ、“Sleep” は何もしないプロセスである。下の行は Nicer の種類で、“Nicer” は改良版 Nicer、“Nicer-” は改良前の Nicer である。Nicer のポーリング間隔は、プロセス実行時は 2 秒、停止時は 32 秒、 $th_{stop} = 33.3\%$ 、 $th_{start} = 25\%$ とした。

通常優先度のプロセスが CPU インテンシブなものである場合は、Nicer プロセスは正しくそのプロセスの存在を認識し、子プロセスの実行を停止した。CPU 使用率も 5 プロセスの合計でもほぼ 0.6% であった。これは、1 プロセスあたりに換算すると 0.12% であり、`nice` を使用したときと比べると十分に低いことが分かる。また、通常優先度のプロセスが CPU インテンシブでない場合でも改良版 Nicer はキュー経由のプロセスによって CPU が使用されていると判断して子プロセスの実行を停止していることが分かる。また、その時のオーバーヘッドも他の場合と同様に低いことが確認された。

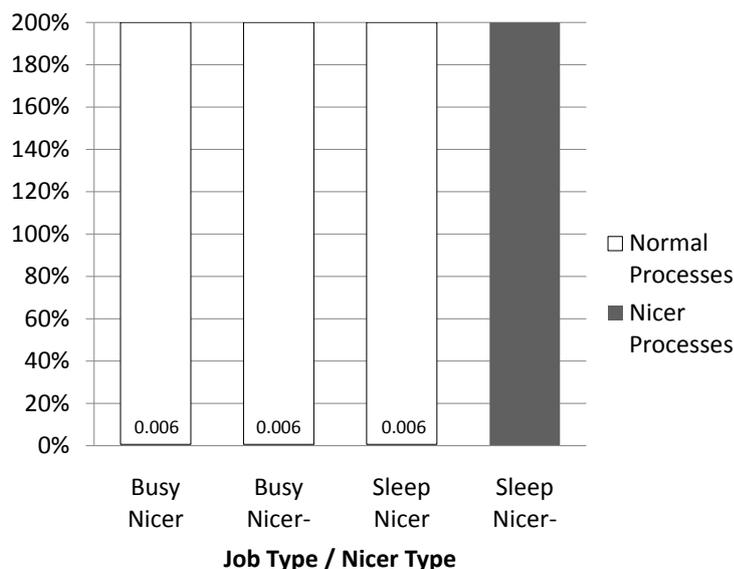


図 7: サーバ上の CPU 負荷

このように、Nicer の仕組みによって、キューを通さずに開始されたジョブが、キューを通して投入されたジョブを大きく妨害することなく実行できることが確認された。

Nicer はユーザごとに使用可能な CPU 時間をカウントして管理下のプロセスの停止と再開の判定を行う。このため、自分の Nicer プロセスが動いている状態で、キューに、一定時間スリープするだけで実際には何もしないジョブを投入することで、そのジョブが実行可能な間は使用可能な CPU 時間が増えることになり、結果として停止していた Nicer プロセスを「起こす」ことができる。これを確かめるため、スリープするだけのジョブをキューに投入し、Nicer プロセスを再開する実験を行った。図 8 は経過時間によって各プロセスの CPU 使用率を示したものである。まず、約 2 秒の時点で Nicer プロセスを起動した。その時は他人のジョブ (“job” で示した黒い領域) が実行中だったため、Nicer プロセスはすぐに一時停止状態になった。その後、約 46 秒の時点で他人のジョブが終了し、自分のジョブが開始された。そして、約 96 秒の時点から Nicer 経由で開始したプロセスが実行を再開した。しばらく何も動作していない時間があるのは、Nicer が、CPU 使用率が定期的に変動するような他人のプロセスが実行している時には自身の実行を控えるという使用になっており、そのようなプロセスが存在しないことを確認するために時間がかかるからである。

このように Nicer の利用すると、本来は優先度が低い Nicer プロセスの優先度を一時的に上げたり、バッチキューイングシステムが提供する API に対応していないプロセス起動方法で動作する並列プログラムを、バッチキューイングシステムで管理される他のシステムと競合しない形で実行させたりすることが可能になる。また、実行時間制限を越えた後は通常のプロセスとして実行させるといった柔軟なプロセス制御も可能である。

3.3 具体的成果

改良版 Nicer とその性能評価について、[発表 1] において発表した。また InTrigger プラットフォーム上で Nicer の利用を普及させる取り組みを行っている。

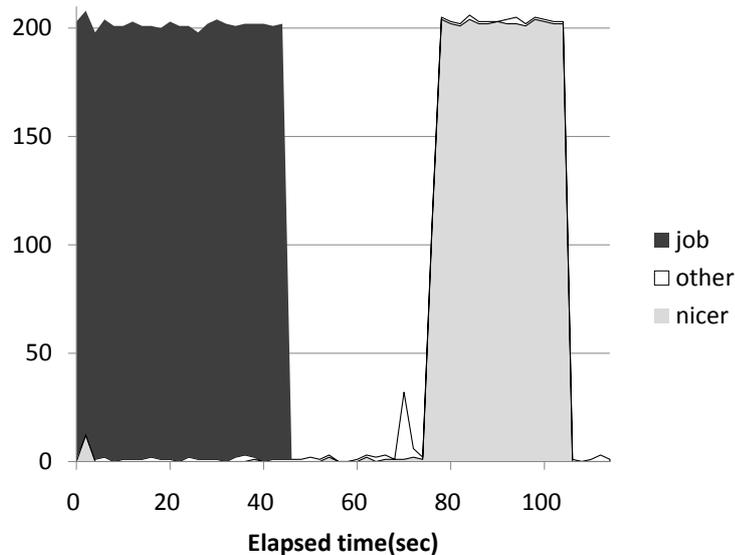


図 8: サーバ上の CPU 負荷

4 HA8000 クラスタシステムの運用支援

4.1 背景

2008 年 6 月より運用開始した HA8000 クラスタシステムは、PC クラスタベースのシステムであり、無料の試用期間の利用者に対して行ったアンケートによれば、半数が本学のスーパーコンピュータの利用経験がなく、さらにその半数はスーパーコンピュータ自体の利用経験がない利用者である。このような新規利用者を含むスパコン利用者の利用実態を把握し、幅広い利用者の新規開拓とシステム運用の改善を継続的に行っていくことが重要である。

4.2 内容

日常的にスパコンシステムの運用支援を行っている中で、特に以下に挙げる活動などを実施している。

スーパーコンピュータの広報活動

本学のスーパーコンピュータを外部に紹介し、新しい利用者の獲得やニーズの掘り起こしを行った。

ソフトウェアの導入支援

OpenMPI や AVS 等の新規ソフトウェアを HA8000 クラスタシステムに導入するための技術的課題を解決し、導入に向けての指針を示した。また、分散環境向けのシェルプログラムである GXP³ を HA8000 クラスタシステムで動作させるための機能拡張と動作試験に貢献した。

ログファイルの解析

スーパーコンピュータのイベントや統計情報のログから、利用状況やシステムが抱える問題点を発見する取り組みを継続的に行っている。また、これらのログ情報を利用して、より詳細な情報を提供する qstat コマンドの改良版の開発を行っている。

ファイルシステムの性能測定

利用者アンケートで要望が多かったファイルシステムの性能改善要求を受けて、HSFS や NFS 等

³<http://www.logos.ic.i.u-tokyo.ac.jp/gxp/>, <http://sourceforge.net/projects/gxp/>

の並列アクセス性能を測定し、今後の改善計画の基礎資料を作成した。

公募型プロジェクトの研究支援

HA8000 システム上で実施された公募型プロジェクトのひとつである HPC 特別プロジェクトにおいて、「GXP システムとそれを用いた大規模テキスト処理の実行」プロジェクト(代表者: 黒橋禎夫(京都大学))に対しての研究支援を行った。このグループが実行するジョブは、ファイルシステムに対する大量のメタデータアクセスを並列に行うため、レスポンスの遅いネットワークファイルシステム(HSFS)をなるべく使用せずにジョブを実行しないと性能が向上しない。この問題を解決するために、FCP(Find and CoPy) システムという簡易型の分散ファイルシステムを作成した。

グリッド配備・運用(T2K グリッド)

筑波大学・京都大学の T2K スパコンと連携して、シングルサインオンや gfarm によるファイル共有の実験を行っている。

グリッド配備・運用(CSI グリッド)

全国共同利用施設であるスパコンセンターを設置する 7 大学と筑波大学、東京工業大学、国立情報学研究所が参加するグリッド配備・運用タスクフォースに参加し、NAREGI ミドルウェアの試験導入を行っている。

4.3 具体的成果

PC クラスタコンソーシアムが主催する PC クラスタワークショップにおいて、HA8000 クラスタシステムの概要と、2008 年 6 月から開始された試験運用とそれに続いて開始された本運用で得られた知見や問題点について紹介した[特記 1]。また、T2K グリッドの成果として、筑波大学、京都大学と本学の T2K スーパーコンピュータを接続し、シングルサインオンでジョブの実行を行えるように設定し、一部の共用イノベーションの利用者に対してサービスの提供を行った。また、CSI グリッドの成果としては、センターでの運用に適した導入方法を検討して NAREGI ミドルウェアの試験導入を完了し、グリッド用に資源提供予定の HA8000 クラスタシステムのノード群に対して、ジョブ投入が行えることを確認した。

5 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] Yoshikazu Kamoshida and Kenjiro Taura: Scalable Data Gathering for Real-time Monitoring Systems on Distributed Computing, In Proceedings of the 8th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid2008), pp. 425-432, Lyon, France, 2008.

公開ソフトウェア

[公開 1] Yoshikazu Kamoshida: VGXP(Visual grid explorer) release-20080804, <http://www.logos.ic.i.u-tokyo.ac.jp/~kamo/vgxp/>, Aug 2008.

その他の発表論文

[発表 1] 鴨志田良和, 佐伯勇樹, 田浦健次朗: 分散計算機環境 InTrigger 上の資源共有ルールの評価, 並列/分散/協調処理に関する『佐賀』サマー・ワークショップ(SWoPP 佐賀 2008), 情報処理学会研究報告 2008-HPC-116, pp. 97-102, Aug 2008.

特記事項

[特記 1] 鴨志田良和: T2K オープンスパコン東大版の半年, PC クラスタワークショップ in 大阪 講演, 2009 年 3 月 12 日.

ディペンダブルな単一システムイメージ OS

藤田 肇

1 概要

本研究は JST CREST のプロジェクト「実用化を目指した組込みシステム用ディペンダブル・オペレーティングシステム」の一部として、ディペンダブルな並列・分散システムの構築を目指したものである。具体的には、以下の研究を行った。

- FTCS: 柔軟な負荷分散を可能にする単一 IP アドレスクラスタ

ブロードキャスト型の単一 IP アドレスクラスタに TCP 接続の割り当てを判断し指示する集中的スケジューラを設けた手法 FTCS を提案した。これにより、TCP を利用するサーバーの負荷分散を自由に行えるようになるとともに、他のノードで故障が起きてもそれ以外のノードでの通信は継続できる。

- P-Bus: 安全な OS カーネル拡張を支援するカーネル API 抽象化層

P-Bus と呼ぶ OS カーネル拡張のための新しいカーネル API 抽象化層の開発を進めた。P-Bus はカーネル内部の API を再定義し、この上に新しい機能拡張 (P-Component) を構築する。P-Bus の API には API の使い方に関する仕様が規定されており、開発者およびモデル検査器に対して提供される。

2 FTCS: 柔軟な負荷分散を可能にする単一 IP アドレスクラスタ

2.1 背景

インターネットの普及と発展に伴って、インターネット上のサーバーはますます高性能で、かつ高い可用性をもつことが求められている。この要求に応える技術の 1 つが単一 IP アドレスクラスタである。単一 IP アドレスクラスタは複数の計算機に単一の IP アドレスを与え、クライアントから見ると 1 台のサーバーのみが存在しているように見せる技術である。

従来提案されてきたインターネットサーバー向け単一 IP アドレスクラスタは、大きく代表ノード型とブロードキャスト型の 2 種類に分けることができる。代表ノード型クラスタはクラスタを代表するノードを 1 つ設け、代表ノードがクラスタを代表する IP アドレスを持つ。クライアントからサーバーに送られたパケットは一旦代表ノードによって受信され、適切なバックエンドサーバーノードに転送される。代表ノード型クラスタの例としては Linux カーネルに標準で含まれている Linux Virtual Server (LVS) がある。一方ブロードキャスト型クラスタは代表ノードを持たず、全ノードが同一の IP アドレスを持つ。また、クライアントからサーバーに向かうパケットがサーバーの全ノードにブロードキャストまたはマルチキャストで配信されるように設定を行う。すなわち、クライアントからのパケットは全ノードに同時に受信される。パケットの受信後、1 つのノードのみがこれに返信することで、クライアントから見ると 1 台のサーバーのみが動いているように見える。ブロードキャスト型クラスタの

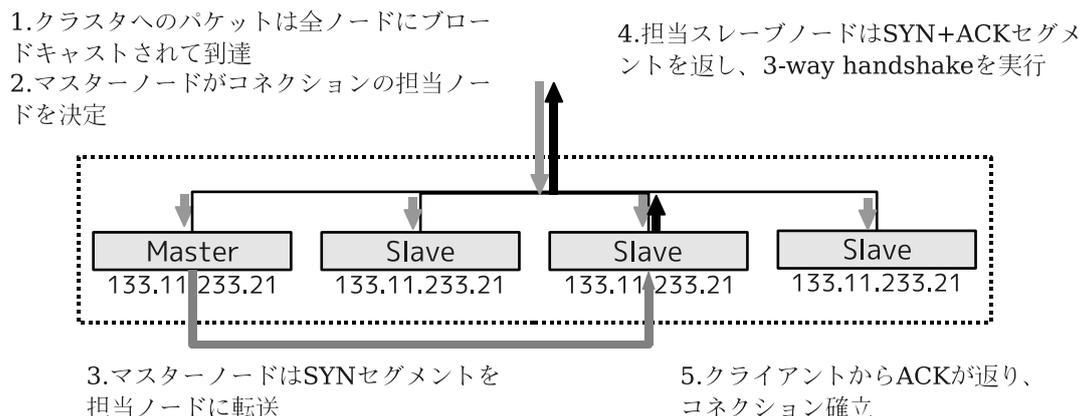


図 1: 新しい TCP 接続の確立

例としては、Microsoft 社の Windows Server ファミリに搭載されている Network Load Balancing(NLB)がある。

代表ノード型クラスタの利点は、入力パケット、すなわちクライアントからのリクエストの振り分けを代表ノード一ヶ所で処理することにより、様々な負荷分散アルゴリズムを利用できる点である。逆に欠点は、クラスタとクライアントとのネットワーク接続性が代表ノードに完全に依存しており、代表ノードがクラスタの単一障害点となることである。特に代表ノードは接続表を持っており、たとえ代表ノードをフェイルオーバーしてもクライアントとバックエンドサーバーとの間の接続を維持するのは容易ではない。

一方ブロードキャスト型の利点は、代表ノードがないために単一障害点がない点である。逆にブロードキャスト型の欠点は、自由な負荷分散が行えない点である。既存のブロードキャスト型クラスタは、ただ1つのノードがクライアントに返答を返すことを保証するため、クライアントの IP アドレスやポート番号をクラスタのノード数で割った余りの値がノード番号が等しいかどうかという条件で返答を返すかどうか決定している。すなわち、ノードごとの負荷の偏りを見て最適な割り当てを決めるようなアルゴリズムは利用できない。

2.2 内容

そこで本研究では、柔軟な負荷分散アルゴリズムの採用を可能としつつ、TCP 接続を維持することを目標に、単一 IP アドレスクラスタの構成法 FTCS(Flexible TCP Connection Scheduler)を提案した。FTCS ではブロードキャスト型の単一 IP アドレスクラスタの1つをマスターノードと呼ぶ特別な状態に指定する。クラスタに新しい TCP 接続要求がくると、マスターノードがその接続をどのノードに担当させるか判断し、指示を行う。他のサーバーノード(スレーブノードと呼ぶ)はマスターノードからの指示を受け、実際にクライアントとの通信を行う。FTCS と既存の代表ノード型単一 IP アドレスクラスタの違いは、FTCS では TCP 接続の確立後マスターノードの介在なしにクライアントとスレーブノードが通信できることである。これは、FTCS がブロードキャスト型の単一 IP アドレスクラスタを基本としているためである。

FTCS の動作を図 1 を用いて説明する。

1. クライアントは TCP のプロトコルに従い、サーバーに新しい TCP 接続要求を送る。具体的には、SYN ビットの立った TCP セグメント(以下、SYN セグメントと呼ぶ)を送ることにより行われる。クライアントからのあらゆるパケットはサーバークラスタ内の全ノードにブロードキャストされる。
2. スレーブノードは SYN セグメントがクライアントから届いてもこれを無視する。マスターノード

ドのみが SYN セグメントを受信し、新しい TCP コネクションをどのノードが担当すべきか、何らかのスケジューリングアルゴリズムで決定する。

3. マスターノードは担当ノードを決定すると、先ほどクライアントから受信した SYN セグメントを担当ノードに向けて転送する。
4. SYN セグメントを転送されたノードは、この SYN セグメントを普通の SYN セグメントと見なし、TCP のプロトコルに規定された通り SYN+ACK セグメントをクライアントに返す。
5. さらにクライアントはサーバーからの SYN+ACK セグメントに対する応答として ACK を返す。これをサーバー側が受けとることで、3-way handshake が終わり、コネクションが確立される。この ACK も含め、これ以降このコネクションに関してクライアントからサーバーに送られる TCP セグメントには SYN ビットが立っていない。SYN ビットが立ったセグメントの場合はマスターノードのみが受信していたが、SYN ビットが立っていないセグメントが到着した場合、マスター・スレーブともに各ノードが各々の TCP コネクション表を検索し、そのセグメントが自分宛であるかどうかを自律的に判断する。

TCP コネクションが確立した後は、マスターノードかスレーブノードかの区別なく、TCP セグメントを受信するかどうかを各ノードが独立に判断できる。このため、確立したコネクションにおける通信にはマスターノードの介在を必要とせず、たとえマスターノードが故障しても、スレーブ上のコネクションが失われたり通信が途切れたりすることはない。ただしマスターノードが故障すると新しい TCP 接続要求に対して誰も応答しなくなってしまうため、残ったスレーブノードの中でリーダー選挙等を行って新しいマスターノードを選出する必要がある。

2.3 具体的成果

提案手法 FTCS を Linux カーネル内のパケットフィルタ機構として実装した。またマスターノードにおけるスケジューリングアルゴリズムとして、ラウンドロビンアルゴリズムと最小コネクション数優先アルゴリズムを実装した。この実装に対し、Web サーバ性能のベンチマークソフト SPECweb2005 を用いて評価を行った。SPECweb は Banking、e-Commerce、Support という 3 種のベンチマークから構成されるが、Banking 及び e-Commerce はそのままではクラスタでの分散並列化に適さないため、Support を利用してベンチマークを行った。Support ベンチマークはコンピューターメーカーのサポートサイトを模擬し、製品の検索とファイルのダウンロードが主な負荷である。

実験に使用した計算機構成は表 1 に示す通りである。サーバーノードは 4 台、クライアント側の計算機は 10 台使用し、クライアントとサーバーノードの間には 1Gbps のボトルネックリンクがある。サーバーノード上で動作する Web サーバソフトウェアには Apache を使用し、表 2 の通り設定した。また SPECweb2005 ではサーバー側ソフトウェアが PHP もしくは JSP の 2 つの形態で提供されているが、今回は PHP を利用した。サーバーに与える負荷の指標である同時セッション数 (Simultaneous Sessions) は 2,300 に設定した。

単一 IP アドレスクラスタの構成法及び負荷分散手法の違いによる差を明らかにするため、サーバークラスタを以下の 3 通りの方法で構築し、それぞれに対して同じベンチマークを実施した。

FTCS 提案手法の FTCS を用いたクラスタである。マスターノードでは、最小コネクション数優先アルゴリズムを用いて新規コネクションの割り当てを決定する。

PortHash Windows NLB のような既存のブロードキャスト型単一 IP アドレスクラスタの挙動を模擬するために実装したものである。この構成では、各ノードが受信パケットのクライアント側ポート番号をノード台数で割った値をハッシュ値として、パケットを受信するかどうか決定する。

表 1: 実験に使用した計算機およびソフトウェア

サーバーノード	
CPU	AMD Opteron 1124 (2.2GHz×2)
メモリ	2GB
HDD	HITACHI HDS7225SCSUN250G (250GB SATA)
ネットワークカード	Intel Pro/1000 Server (対クライアント通信用) Broadcom NetXtreme BCM5715 (On-board) (サーバーノード間通信用)
Intel Pro/1000 Parameters	InterruptThrottleRate = 4000, RxDescriptors = 768
OS カーネル	Linux 2.6.20 (x86_64)
Web サーバー	Apache 2.2.3
PHP	PHP 5.1.6
クライアント	
CPU	Intel Xeon 2.80GHz × 2
メモリ	1GB
ネットワークカード	Intel Pro/1000 Server (On-board)
OS カーネル	Linux 2.6.18 (i386)
Java VM	Sun Java 1.5.0_12

表 2: Apache の設定

Multi Processing Module (MPM)	prefork
StartServers	128
MinSpareServers	128
MaxSpareServers	256
ServerLimit	768
MaxClients	768
MaxRequestsPerChild	2000
KeepAlive	On
MaxKeepAliveRequests	0 (i.e. ∞)
KeepAliveTimeout	1

表 3: SPECweb Support ベンチマークの結果 (Simultaneous Sessions = 2300)

Clustering Method	File Type	Total Requests	QoS Good	QoS Tolerable	QoS Fail
FTCS	Scripts	363,614	328,142	361,449	2,165
	Download	26,459	22,940	23,349	3,110
	Total	390,073	351,082	384,797	5,275
PortHash	Scripts	321,165 (0.883) ¹	289,686 (0.883)	311,472 (0.862)	9,692 (4.476)
	Download	23,324 (0.882)	17,200 (0.750)	17,431 (0.747)	5,892 (1.895)
	Total	344,488 (0.883)	306,887 (0.874)	328,904 (0.855)	15,585 (2.954)
LVS-DR	Scripts	361,383 (0.994)	335,347 (1.022)	360,245 (0.997)	1,138 (0.526)
	Download	26,256 (0.992)	21,615 (0.942)	21,918 (0.939)	4,337 (1.395)
	Total	387,639 (0.994)	356,962 (1.017)	382,163 (0.993)	5,476 (1.038)

¹ 括弧内の数値は FTCS の値に対する比である。

LVS-DR 代表ノード型単一 IP アドレスクラスタのオープンソース実装として普及している Linux Virtual Server(LVS) を用いた構成である。クラスタへの入力パケットは一旦代表ノードによって受信され、バックエンドノードに転送される。一方サーバーからクライアントへ向かうパケットは代表ノードを通らずに直接クライアントへ返る、Direct Routing(DR) という構成をとっている。代表ノードは FTCS の構成と同じく、最小コネクション数優先アルゴリズムを用いてコネクションの割り当てを決定する。使用するハードウェア資源の量を揃えるため、代表ノード自身も Web サーバとしてクライアントからのリクエストに応答するよう設定した。

ベンチマークの結果を表 3 に示す。この数値は 30 分のベンチマークを 3 回行い、その結果を平均したものである。SPECweb2005 本来の規定では 3 回の試行は連続して一気に行わなければならないことになっているが、PortHash において過負荷のためベンチマークが異常終了してしまうことが多かったため、3 回の試行はそれぞれ独立したものとなっている。このためこの値は公表されている SPECweb2005 の結果と比較可能ではない。

表 3 において、Scripts は製品検索の実行や検索結果表示のための PHP スクリプトに対するリクエスト数を、Download はファイルのダウンロードのためのリクエスト数をそれぞれ表している。QoS はクライアントによって観測されるサービス品質を示し、Scripts と Download でそれぞれ次のように定義されている。

Good Scripts の場合、リクエストが 3 秒以内に返ってきたことを示す。Download の場合は平均ダウンロード速度が 99KB/sec 以上であることを示す。

Tolerable Scripts の場合、リクエストが超 5 秒以内に返ってきたことを示す。Download の場合は平均ダウンロード速度が 95KB/sec 以上であることを示す。Tolerable の中には Good に分類されるものも含まれている。

Fail Scripts/Download とともに、Tolerable の基準を満たせなかったことを示す。

表 3 から、FTCS と PortHash を比べると、FTCS の方が合計で 13% 多くのリクエストを処理できたことがわかる。また、FTCS と LVS-DR ではほぼ同数のリクエストを処理しており、FTCS は代表ノード型のクラスタと遜色ない性能を出せていることがわかる。

ベンチマーク中の各ノードの確立済み TCP コネクション数をグラフ化したものを図 2-4 に示す。FTCS(図 2) ではコネクション数が均等に分散しているのに対して、PortHash(図 3) では特定のノード

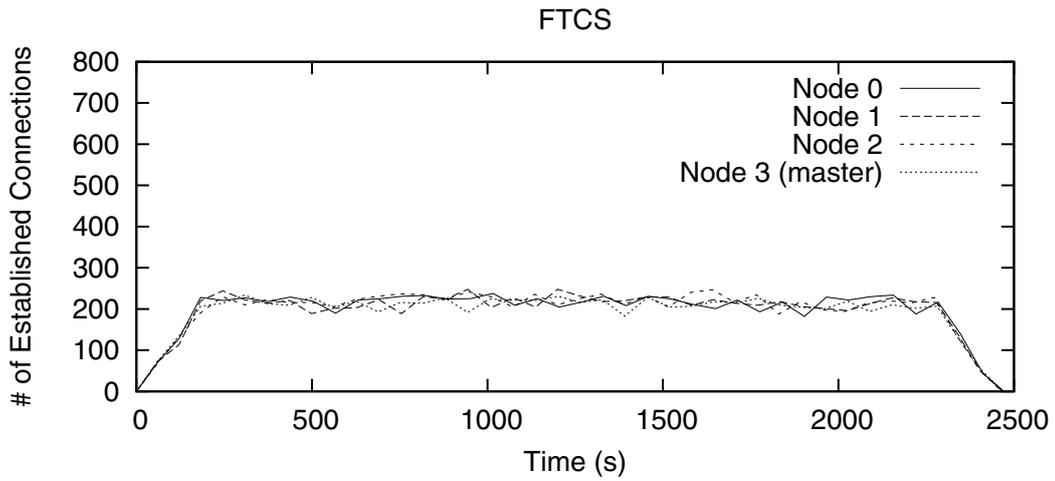


図 2: 確立済み TCP コネクション数の推移: FTCS

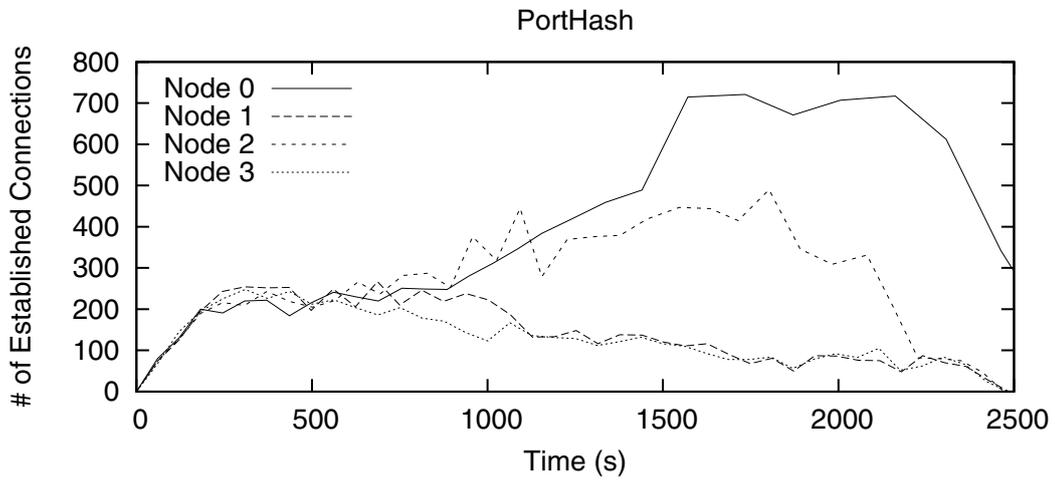


図 3: 確立済み TCP コネクション数の推移: PortHash

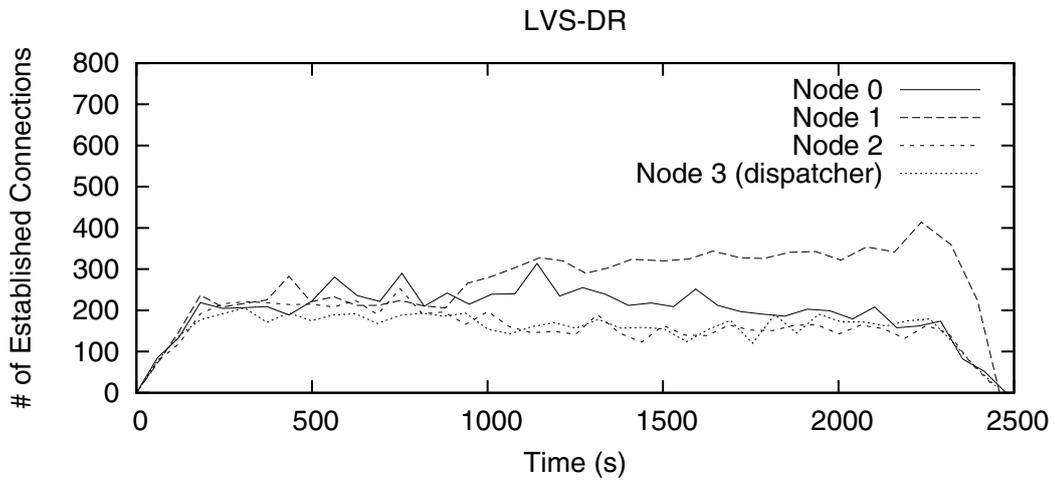


図 4: 確立済み TCP コネクション数の推移: LVS-DR

に負荷が偏り、過負荷状態となっている。このことから静的にハッシュ関数で接続の割り振りを行う既存のブロードキャスト型単一 IP アドレスクラスタでは不十分であることがわかり、提案手法の有効性が確認できた。LVS-DR(図 4) では FTCS と比較して若干の負荷の偏りが認められるが、これは LVS-DR では代表ノードがバックエンドノードからクライアントに向かうパケットを観測できず、接続が終了したことを正しく検出できないためである。FTCS では、スレーブノードが FIN もしくは RST セグメントをクライアントに送出する際にはその事実を併せてマスターノードにも報告する実装としているため、FTCS のマスターノードは各ノードの接続数をより正確に把握することができる。

本提案手法 FTCS についてまとめた論文が IEEE の国際会議 CCGRID に採択され、発表を行った [査読付 1]。また、FTCS を組み込み向けプロセッサである SH4A を用いたプラットフォームに移植し、消費電力と性能との関係を調べた [査読付 2]。

3 P-Bus: 安全な OS カーネル拡張を支援するカーネル API 抽象化層

3.1 背景

Linux に代表されるオープンソースのコモディティ OS は今や、研究開発から商業サービスの基盤まで、あらゆる場面で使われるようになってきている。それに伴って、こうした OS が導入される機器も、コンパクトな組み込み機器から大規模エンタープライズサーバー、さらには本センターで 2008 年度に導入した HA8000 クラスタのような例まで、非常に多岐に渡る。

単一の OS カーネルでこうした幅広い要求に応えることは容易ではなく、これまであまりユーザーのいなかった分野に Linux を適用しようとする場合には Linux カーネルそのものを拡張・改良する必要に迫られることがある。カーネルを変更する理由としては次のようなものがある。

新しいデバイスへの対応 デバイスドライバの中核となる部分はカーネルモードで動作するためカーネルにコードを加える必要がある。

システム全体へのポリシーの強制 既存の Linux にはない資源管理ポリシーやセキュリティポリシーを強制する仕組みを導入するためには、資源管理の全権限を握っている OS カーネルを改良する必要がある。

パフォーマンスの向上 システムの動作の中で極めて頻繁に実行される部分は、ユーザー空間に実装すると CPU の特権モード切り替えやデータのコピーのコストが大きい。このため、プロセススケジューリングやファイルシステム、ネットワークプロトコルスタックといった性能が要求される機能はカーネル内に実装されることが多い。

OS カーネルをこうした要求に応じて自由に書き換えられることが Linux の特徴であり、様々な場面で利用されるに至った理由の 1 つであると考えられるが、一方で Linux カーネルの拡張は容易ではない。難しさの理由の一つが Linux カーネル内部の仕様の不明瞭さである。カーネル内の関数やデータ構造といった API(プログラミングインターフェース) はきちんとドキュメント化されていないものが多く、正しいコードを追加するためには周辺のソースコードを丹念に読み解かなければならない。カーネル内の関数には例えば割り込みハンドラ中ではプロセス切り替えが起こるような関数を呼んではいけない、というような様々な使用上の制約があり、これらの制約を守らないとカーネルは正しく動作しない。

また、Linux カーネルの開発速度は非常に早く、バージョンが上がる度に機能が大きく変更されたり、追加・廃止されたりする。このため、Linux のバージョンアップに併せて開発を進めるためには、その都度カーネル内の仕様を解析しなおすという作業が必要になる。

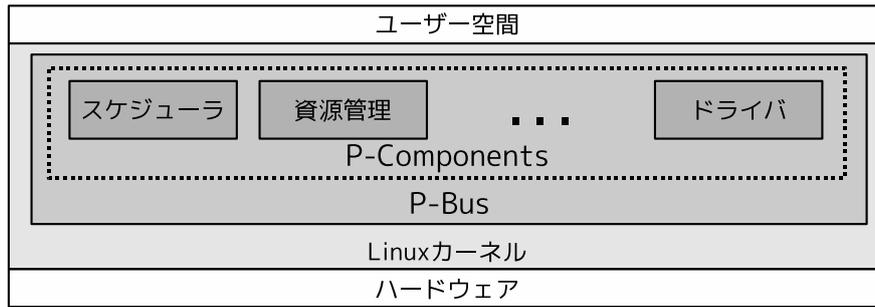


図 5: P-Bus の概要

表 4: P-Bus API の例

関数	<code>int pbus_bmtx_extrylock (pbus_bmtx_t *mtx)</code>
説明	mtx に指定されたブロッキングミューテックスの排他的確保を試みる。
走行コンテキスト	プロセスコンテキスト
関数内で休眠するか	しない
事前条件	mtx は pbus_bmtx_init によって初期化されていなければならない。 また、mtx は呼び出しコンテキストによって既にロックされてはならない。
返り値	0 (成功) または EBUSY (失敗)
事後条件	成功時、mtx は呼び出しコンテキストによって排他的にロックされている。 失敗時には、mtx の状態は変化しない。

3.2 内容

Linux カーネル内に P-Bus と呼ぶ新たなカーネル内 API 抽象化層を設け、カーネル内部の API を再定義する。P-Bus の構造を図 5 に示す。新しく記述されるカーネル拡張モジュールを P-Component と呼ぶ。P-Component はあくまでもカーネル拡張であり、マイクロカーネルのようにユーザー空間で動作するわけではない。P-Component は P-Bus が提供する API のみを利用してカーネルの機能を利用する。

P-Bus を導入する目的は次の通りである。

カーネル依存性の除去 P-Component は P-Bus が定義した API のみを利用するため、P-Component は Linux カーネルの内部 API に依存することがなくなる。このため、Linux の実装が変更された場合でもその変更は P-Bus が吸収し、P-Component の変更は最小限に抑えられる。

API 使用の正しさに関する検査の支援 P-Bus は API の使い方に関する仕様をプログラムが読める仕様記述言語の形で提供する。このため、P-Component が P-Bus API を正しく利用しているかどうか、静的に検査することが可能になる。

動的拡張の支援 P-Component は全て動的にロードしたりアンロードしたりすることを前提に記述される。P-Bus は Linux が動的拡張を認めていない一部の機能、例えばプロセススケジューラを変更するための機能を P-Component に提供する。

P-Bus は P-Component に API を提供し、同時にこの API の仕様を定義する。API の例を表 4 に示す。これはブロッキングミューテックスの排他的な確保を試みるための関数である。表 4 に示したような関数の仕様はドキュメントとして P-Component 開発者に提供されるだけでなく、図 6 のような仕様記述言語によって P-Bus API を定義したソースコード中にコメントとして直接記述される。この仕様記

```

/*@
  requires (pspc_context == PSPC_CTX_PROCESS);
  requires (\valid(mtx));
  requires (*mtx == PSPC_MTX_UNLOCKED);

  ensures (\result == 0 || \result == EBUSY);
  ensures (\result == 0 ==> *mtx == PSPC_MTX_EXLOCKED);
  ensures (\result == EBUSY ==> *mtx == \old(*mtx));
*/
int pbus_bmtx_extrylock(pbus_bmtx_t *mtx);

```

図 6: API 仕様記述の例

述言語は、情報理工学系研究科の前田助教らのグループと共同で策定を進めているものであり、フランス原子力庁 (CEA) によって策定されている仕様記述言語 ACSL (ANSI/ISO C Specification Language) を基にしている。最終的には P-Bus API の仕様記述は前田グループで開発中のモデル検査器によって読み取られ、モデル検査器が P-Component の安全性¹を検証するのを支援する。

P-Bus は 2007 年度から開発を開始したが、2008 年度には P-Bus API の拡充を進めた。具体的には、

- ミューテックスや割り込み禁止操作などの排他制御プリミティブ群
- 動的メモリ確保と解放のためのプリミティブ群
- スレッド (プロセス) 操作のためのプリミティブ群
- タイマー操作のためのプリミティブ群
- キャラクタデバイス作成のためのプリミティブ群
- ユーザー・カーネル間通信のためのプリミティブ群
- 異なる計算機上のカーネル間で通信するためのプリミティブ群
- ネットワークインターフェースを実装するためのプリミティブ群
- CPU 周波数制御インターフェースを実装するためのプリミティブ群

等を新たに設計・実装した。

3.3 具体的成果

P-Bus は「実用化を目指した組込みシステム用ディペンダブル・オペレーティングシステム」プロジェクトの基盤要素技術の 1 つとして研究開発が進められており、P-Bus も含めたプロジェクト全体の取り組みについて、IEEE 主催の国際会議 ISORC において発表を行った [招待 1]。また、国内の研究会においても P-Bus の設計や実装に関して発表を行った [発表 1, 発表 3, 発表 4, 発表 6]。

4 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] Yutaka Ishikawa, Hajime Fujita, Toshiyuki Maeda, Motohiko Matsuda, Midori Sugaya, Mitsuhisa Sato, Toshihiro Hanawa, Shinichi Miura, Taisuke Boku, Yuki Kinebuchi, Lei Sun, Tatsuo Nakajima, Jin Nakazawa, and Hideyuki Tokuda: Towards an Open Dependable Operating System, IEEE 12th International Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC 2009), pp. 20-27, March 2009 (Invited Paper)

¹ここでは、API の使用に関する制約事項が満たされていること。

受賞関連

[受賞 1] 藤田 肇: コンピュータサイエンス領域奨励賞, 情報処理学会, 2008 年 11 月

査読付論文

- [査読付 1] Hajime Fujita, Hiroya Matsuba, Yutaka Ishikawa: TCP Connection Scheduler in Single IP Cluster, 8th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGRID'08), pp. 366-375, May 2008
- [査読付 2] Jun Kato, Hajime Fujita, Yutaka Ishikawa: Evaluation of Energy-Efficient Cluster Server using Embedded Processors, First International Workshop on Software Technologies for Future Dependable Distributed Systems (STFSSD 2009), March 2009

その他の発表論文

- [発表 1] 平野 貴仁, 藤田 肇, 松葉 浩也, 石川 裕: カーネル機能拡張のための抽象化レイヤ P-Bus の実装, 情報処理学会研究報告 (OS-108), pp. 17-24, April 2008
- [発表 2] 酒井 将人, 藤田 肇, 松葉 浩也, 石川 裕: ネットワーク管理システムにおける状態収集機構, 第 6 回ディペンダブルシステムワークショップ (DSW2008), pp. 83-86, July 2008
- [発表 3] 藤田 肇, 平野 貴仁, 松葉 浩也, 前田 俊之, 菅谷 みどり, 石川 裕: 安全かつ拡張可能な OS 開発基盤実現に向けて, 第 6 回ディペンダブルシステムワークショップ (DSW2008), pp. 29-32, July 2008
- [発表 4] 藤田 肇, 平野 貴仁, 山本 和典, 松葉 浩也, 石川 裕: P-Bus における OS カーネル間通信機構の設計と実装, 情報処理学会研究報告 (OS-109 SWoPP2008), pp. 33-38, August 2008
- [発表 5] 下沢 拓, 藤田 肇, 石川 裕: マルチコア SH における複数カーネル実行機構の設計と実装, 情報処理学会研究報告 (OS-109 SWoPP2008), pp. 25-32, August 2008
- [発表 6] 菅谷 みどり, 藤田 肇, 塙 敏博, 中澤 仁, 松田 元彦, 前田 俊行: ディペンダブルな組込み OS の提案, 第 10 回組込みシステム技術に関するサマーワークショップ (SWEST10) 予稿集, pp. 35-38, September 2008 (Poster)

PKIプロジェクト

西村 健

ネットワーク上の認証の安全性検証と認証基盤の構築

ネットワーク上の認証の安全性検証と認証基盤の構築

西村 健

1 概要

インターネットが新たなインフラとなり、多数の人がそれに依存した経済・社会活動を行なうようになってきた。大学内での活動においても履修登録から成績閲覧、人事給与に至るまで、多くのシステムがネットワークと結合され、物理的距離を越えネットワークごとに情報閲覧および情報交換のできる環境へ移行しつつある。いうまでもなくこれは管理者・利用者双方の利便性を求めた結果であり、その中で認証は重要な位置を占めることとなった。認証はネットワーク上でのアクセス制御・権限管理を行なう上での根拠となり、特に機密情報を扱う場面において認証の堅牢性が求められている。

本研究では、ネットワーク上での認証における基礎技術である公開鍵暗号とそれを基にした電子証明書について、その新しい応用例の追究や各種実装における安全性検証などを行なっている。

2 シングルサインオンシステムにおける認証連携方式と属性管理

2.1 背景

近年、インターネットの普及や Web アプリケーションの充実によりコンピュータ上での認証の重要性は増している。Web は情報提供の場として重要度を増していくとともに、別の側面で特定のコミュニティにおける情報共有の場としても利用されてきている。学部、学科など特定の単位のコミュニティの人々がこの Web によってつながりを持っている。この場面での問題は情報に対するアクセス制御である。例えば財務部門のシステムに対するアクセス制御は厳格におこなわれなければならない。またオンラインジャーナルやソフトウェアパッケージなど、ライセンスからの要請でアクセス制御が必須のものもある。

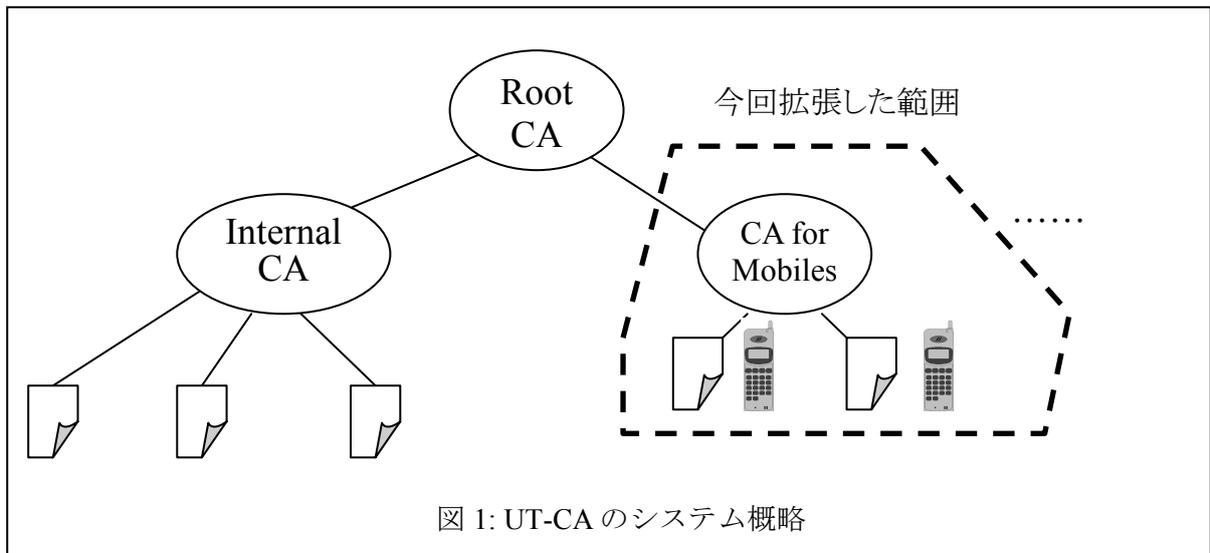
シングルサインオンシステムは認証の統一という利便性をもたらすが、依然として ID 提供システム (Identity Provider, IdP) における ID の管理をどのように行なうかは問題として残っている。また ID に付随する属性の管理も同様である。[特記 1,3]

一方で携帯電話でのインターネット利用の増加にはめざましいものがある。その名の通り携帯性によって通勤・通学中などどこでも利用できる利便性があり、学内サービスを携帯電話からのアクセスに対応させる需要も大きくなっている。最近の機種では PKI で使用される証明書の格納に対応しているものも多く、PKI による厳密な認証を適用する素地は整っているといえる。

携帯電話で最も必要とされるのは利便性であり、裏返すとアクセスに煩雑な手続きを必要とするものは好まれない。その意味でも PKI による認証は ID/パスワード等の入力を必要とせず理想的であるといえる。また、最近の流れとして利用者個人の属性(嗜好)に合わせたサービスを提供することが重要視されているが、それが利用者の入力を必要とせず統計情報などから求められているのも特徴的である。

2.2 内容

我々は既存の証明書を元にした ID 管理と属性管理を提案している。具体的には、証明書認証を行なった上でその ID に対して短期間有効なパスワードを発行する。さらに PKI をより進めた属性基盤を提供することによって携帯電話利用者の利便性を促進する試みを行なっている。属性基盤として



利用者の属性を明示的に保持しておくことによって利用者が属性情報を入力する手間を削減し利便性を向上させるものである。

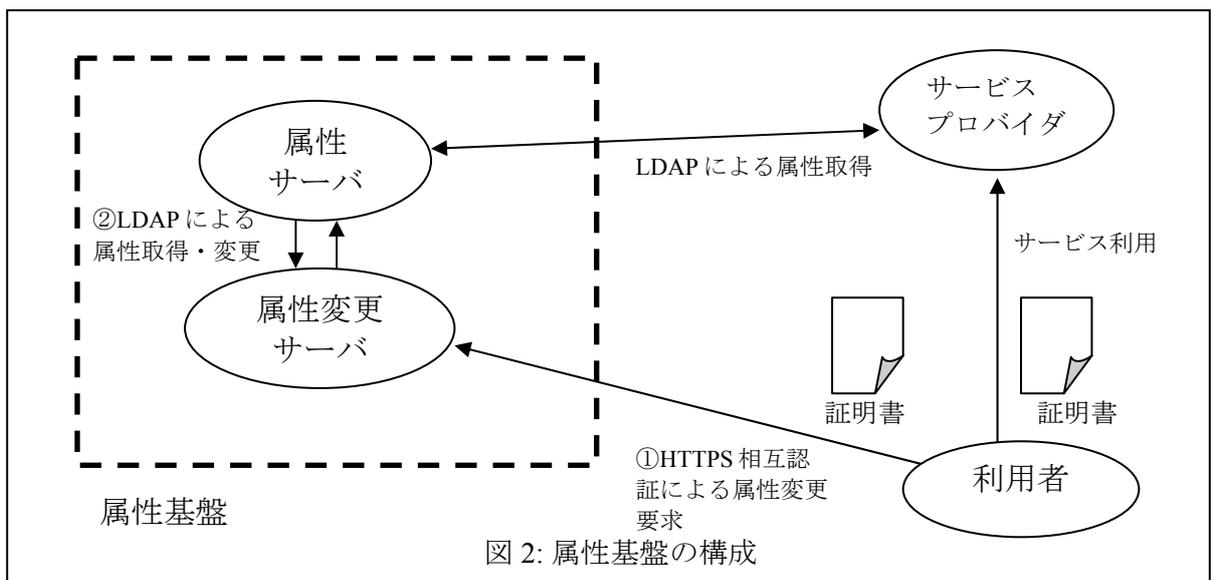
属性基盤を構築するには 大学において学部・研究科等の各部局がそれぞれ自律的な組織として機能しているため統一的な基盤を構築することが難しいことが問題となってくる。我々は属性基盤を分割して管理することによってこの問題に対処している。

携帯電話の利用には入力装置(高々十プラスαのボタン)の制限に関して、例えば認証のためにID とパスワードを入力させること、利用者の嗜好を反映させるための情報の入力などがある。これに対して、認証には証明書による認証を用い、後者の要求には個人情報を集積しておくことにより必要な情報をそこから抽出することが考えられる。

我々PKI プロジェクトは大学での運用に合わせたプライベート CA(Certification Authority, 認証局)のプロトタイプを構築し、これを UT-CA と命名した。UT-CA は大学内の数部局の協力を得て共同で実証実験を行なっているところである。

我々は図 1 のように UT-CA から発行された証明書を携帯電話へ格納した上で属性基盤により必要な情報を補完することが最良の方法であると結論付けた。

属性の格納方式には、証明書内に記述する方式、他の ID 連携技術により提供する方式などが考えられる[発表 4]が、今回のシステムでは属性サーバとして LDAP サーバを用いるシンプルなもの



を構築した。属性情報の登録・変更にも UT-CA 証明書によるクライアント証明書認証を用いた Web によるインターフェースを提供する(図 2)。今回設計した属性基盤の特徴は、大学内の組織構成を反映した属性管理方法である。以下、この点を詳しく解説する。

まず、大学における個人の属性には名前や所属など様々なものがあるが、これらを管理主体によって 3 つに分類する。

クラス C

利用者本人が登録・変更して問題のない属性

クラス B

利用者本人が自由に変更できては問題があるが、所属部局における属性管理者(以下、部局管理者と呼ぶ)が登録・変更できる属性

クラス A

部局管理者によって自由に変更できては問題のある属性

これらのクラスを分類する基準は、その属性に必要とされる真正性・正確性である。これらのクラス分けに従って、利用者本人による自由な登録から複数の部局管理者の合意によってのみ行なわれる登録まで、システムは適切なアクセス制御を提供する。

ここで組織全体を管理する管理者がいないことに注意されたい。認証基盤 UT-CA が登録局を分散配置して部局の下に置いているのと同様に、属性基盤においても管理は部局単位に分散させ、部局下に部局担当者を置くこととした。

全学的な管理者が一人おり全てその管理者の責任で運用できるシステムは理想的ではあるが、総合大学のような部局(内部組織)の自律性が高い組織では情報を一元的に扱うことが困難であるため、全学的な管理者を置くのも困難である場合がある。世の中の流れとして認証基盤と同様に全学的な人事データベースを整備しようとする流れもあるが、整備には時間が必要であることと、また全学的データベースでは対応できない柔軟な運用を可能にすることができるという点で、このような自律性を最重要視した属性基盤にも利点があると考えられる。また全学的な人事データベースを構築する上で各人の属性を登録・変更する際にこの方式を流用し、管理体制を分散化することが可能である。

2.3 具体的成果

この研究で開発したシステムは数々の点で従来の管理コストの分散化、利便性の向上をもたらす。

まず、既存の認証局および証明書を用いることで ID 管理を簡素なものにすることができ、また IC カードを携帯するなどの不便さをなくし利便性を高めることができる。さらに携帯電話に証明書を格納し利用することで、携帯電話をセキュリティトークンとみなした認証に応用できることを実証した[発表 2]。

元が電子証明書による認証であることからこのシステムはある程度厳格な認証レベルを持つことができ、この認証レベルを示すことにより実際に東京大学での電子ジャーナル等のライセンス問題をクリアすることができた。

3 Debian OpenSSL 脆弱性問題の解析

3.1 背景

近年オープンソースソフトウェアはさまざまな分野で使われるようになっており、そのようなソフトウェアを組み合わせて開発されるシステムも珍しくない。ただし OpenSSL に代表されるセキュリティに直結するソフトウェアを用いる場合には、それが何らの保証レベルも提供しておらず、リスク評価も容易ではないことに注意しなければならない。評価基準のない現状では、多くの開発者の目があるから、他の多くのプロジェクトで利用されているからという理由で選択せざるを得ない。

このような状況で 2008 年 5 月に発覚した、OpenSSL のソースをディストリビューターである Debian 側が独自に改変したことによる脆弱性は、多くの人に影響を与えた。これは擬似乱数生成ルーチンへの改変であり公開鍵暗号の鍵ペア生成時に予測可能なものが生成されていたという点で端的に現われている。

3.2 内容

本研究では、件の改変により鍵ペア生成の範囲にどのような変化が見られたか、予測可能な鍵の集合を明らかにすることを目的とする。

従来云われていたのは、プロセス ID・CPU アーキテクチャ(32bit / 64bit)・エンディアン(little / big)・シードファイルの有無・鍵長をパラメータとして、これらが固定されれば固定の鍵ペアが生成されるというものであったが、実際にはパラメータとしてより多くのものを含む可能性がある。

詳細は割愛するが、そこまで含めて「予測可能」とした場合、脆弱である鍵の数は飛躍的に上昇する。またそれらの鍵の脆弱性を把握するためには実際に生成させることが不可欠であり、現実世界でどの程度使用されているのか、「脆弱でない」と判断されているために更新されずに未だに使用されているものがあるかなど推測することが可能になる。

3.3 具体的成果

我々は大規模な計算により脆弱な鍵が生成される範囲を精査し、脆弱である鍵の数を従来より大幅に増加させた。また、増加分に対してその鍵がどの程度脆弱なものかを判断する尺度を提示している。また、現にそのような脆弱な鍵を使用しているサーバが存在していることも確認した。[査読付 2] これらの解析は今後同様に脆弱性が発見された場合にも、その範囲や深刻度を調査するための一助となると考えている。

4 学内の認証基盤への取り組み

4.1 背景

これまでは大学間連携も含めた大学構成員の認証のあるべき姿として語られるものであるが、こと東京大学の認証基盤となると、全学部・学科の教職員・学生を対象とした認証基盤は現在のところ存在しない。教育用計算機システムという情報基盤センターが提供するシステムがあるが、これに登録されるためにはシステムの利用者としての資格を満たすことが必要であり、認証のための基盤として利用するにはハードルが高すぎる。このねじれは実際に利用者からの苦情として露見することとなる。

東京大学に認証基盤を普及させるため、前述の研究も含めて PKI プロジェクトとしてさまざまな活動を行なっている。その中でも、学内のサーバに審査の上で電子証明書を配付するプロジェクトを取り上げる[発表 1]。ここでは構成員に対する認証ではなくサーバに対する認証であるが、結果的に管理者(申請者)である人の認証も行なうことになる。

4.2 内容

パブリックサーバ証明書発行プロジェクトは国立情報学研究所(NII)と多くの大学が協力して効率的なサーバ証明書発行体制を構築することを目的とするものである。NII は、2007 年に大学等のサーバ証明書の普及推進と証明書発行プロセスの研究をすることを目的として「サーバ証明書の発行・導入における啓発・評価研究プロジェクト」(以下、NII プロジェクトという)を開始した。ブラウザに信頼されていない認証局によるサーバ証明書は一般に検証が難しく、サービス利用者に検証を省略するように説明しているところも多い。もちろん検証の省略はフィッシング詐欺にもつながるもので決して容認されるものではない。NII プロジェクトは大学で運用されているこのようなサーバ証明書を一掃しサービス利用者側のリテラシー向上させることを目的の一つとしている。このため、WebTrust for CA 認定の主要なブラウザから信頼される商用認証局をルート認証局とするサーバ証明書を参加大

学に対して配付している。登録局は NII において運用されるが、参加大学に対して審査権限をほぼ全て委譲し、大学内での審査に任せているのが特徴である。

東京大学はこの NII プロジェクトに参加している。東京大学における登録局構成は図 3 の通りである。まず、NII 側との窓口として東大登録局(TRA)と呼ばれる登録局がある。TRA は下記条件に合致しない証明書発行申請(直接申請)の審査も行なうが、条件が合えば一部の審査権限を部局単位の下位組織に委譲する。部局単位の発行審査組織が東大部局登録局(TLRA)である。TLRA 責任者が TRA に設置申請を行ない、その承認をもって正式に設置される。

審査は対面での確認を原則としており、外部監査等での証拠能力を重視して紙ベースの申請・承認を行なっている。証明書発行直接申請時および TLRA 設置申請時には、教職員による本人確認、および部局内でのドメイン管理体制を示した文書、TLRA 設置申請時には加えて申請者の本人確認方法を示した文書を提出してもらうことにより審査を行なう。

サーバ証明書発行については、NII 側で示されているとおり CSR (Certificate Signing Request)を提出してもらうが、ここで Organizational Unit Name (OU)に部局の英語名称を記載してもらい、審査の上で発行証明書に記載する形にしている。これによって発行された証明書をインストールしたサーバの利用者は、部局名を確認しより確かな保証を受けることができる。

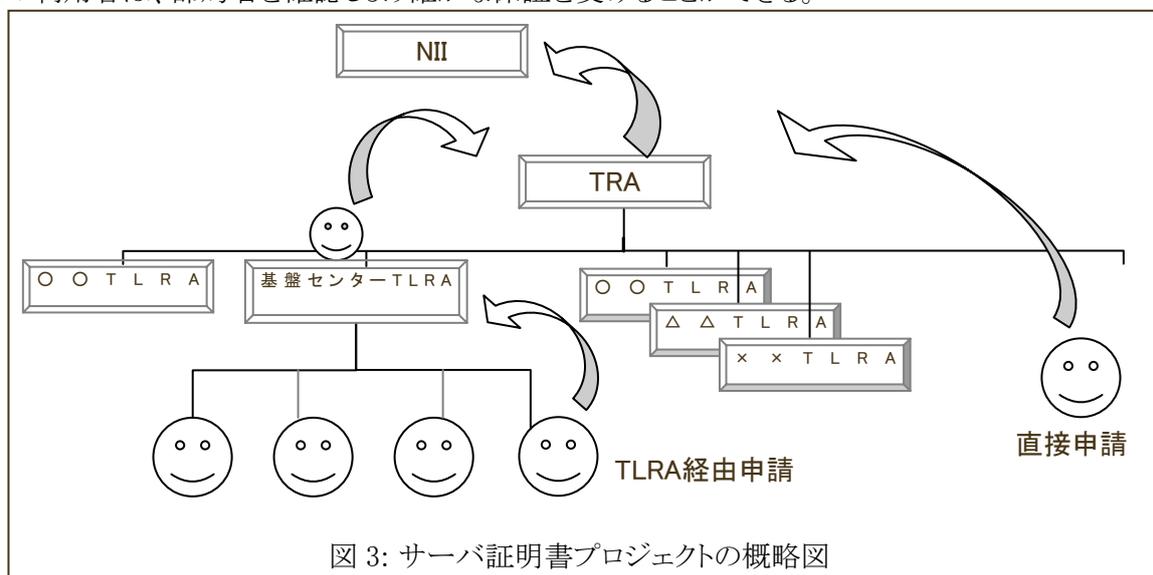


図 3: サーバ証明書プロジェクトの概略図

4.3 具体的成果

東京大学側の運用体制の設計から各種書類様式決定、登録局の運用、内部調査に至るまで中心的役割を担っており、プロジェクトは 160 枚超の証明書発行実績を持つ[特記 5]。ここで培ったノウハウは構成員に対する認証基盤構築に必ず役に立つものと確信している。

パブリックサーバ証明書発行プロジェクトでは NII と連携を密にとれることが最重要の課題であり、それには NII が提供する文書(マニュアル・手引きや解説ウェブページ)の改善が欠かせない。地道な改善によって信頼される文書とすることが利用者増加にもつながる。特に 2008 年 5 月に起きた Debian の OpenSSL 脆弱性問題や年末の MD5 コリジョンを利用した証明書の偽造可能性の問題では、情報収集、脆弱性の解析などを基にして NII に対して数々の助言を行ない、大学関係者への正確な情報の通知に努めた。

学内の審査体制においては、subjectAltName を用いて複数エンティティを認証するための証明書を発行するために、申請方法から発行まで運用体制の検討を行ない、それを実践した。申請パターンを想定した上で破綻を起こさず効率的な運用を可能としている。

5 成果要覧

査読付論文

- [査読付 1] T. Nishimura, H. Sato: Lesso: Legacy Enabling SSO, Workshop on Middleware Architecture in International Symposium on Applications and the Internet 2008, pp.301-304, 2008.
- [査読付 2] T. Nishimura, H. Sato: Analysis of a Security Incident of Open Source Middleware – Case Analysis of 2008 Debian Incident of OpenSSL –, Workshop on Middleware Architecture in International Symposium on Applications and the Internet 2009, 発表予定.

その他の発表論文

- [発表 1] 西村健, 佐藤周行: 脅威モデルの構築をもとにしたサーバ証明書発行体制の分類とその評価手法の提案, 情報処理学会研究報告(インターネットと運用技術), Vol.2008, No.72, pp.1-5, 2008.
- [発表 2] 西村健, 佐藤周行: 東京大学における認証基盤上の属性基盤と携帯電話への展開, 暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS 2009), pp.1-6, 2009.
- [発表 3] 佐藤周行, 西村健: IdP と SP のグレード付けとグレードに基づいたサービス提供の枠組み, コンピュータセキュリティシンポジウム 2008, pp.731-736, 2008.
- [発表 4] 渡辺龍, 田中俊昭, 西村健, 佐藤周行: 携帯電話上での公開鍵証明書サービスの展開, 暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS 2009), pp.1-6, 2009.

特記事項

- [特記 1] 西村健: 実証環境構築の進捗状況(公開鍵証明書との連携について), シングルサインオン実証実験中間報告会, 国立情報学研究所, 2008.
- [特記 2] 西村健: 東京大学における認証基盤への取り組みについて, SINET3 利用説明会東京, 2009.
- [特記 3] 西村健, 佐藤周行: 東京大学における認証基盤構築パイロット事業, ポスター発表, 国立情報学研究所, 2009.
- [特記 4] 西村健: 電子証明書と PKI システム, 学内技術職員研修(コンピュータネットワーク研修) 講義, 2008.
- [特記 5] 西村健: PKI プロジェクトでのサーバ証明書の発行状況, 学内広報誌 Digital Life Vol. 11, pp. 39, 2008.

PART 3

教育・サービス活動

情報メディア教育部門

図書館電子化部門

キャンパスネットワークワーキング部門

(全国共同利用)

スーパーコンピューティング部門

PKI プロジェクト

情報メディア教育部門



情報基盤センター1階大演習室(1)と教育用計算機システム標準端末

情報メディア教育部門 概要

部門長 柴山悦哉

主査 早野裕士

情報メディア教育部門の主要なミッションは、教育研究目的で利用可能なさまざまな機器、ソフトウェア、サービスなどを、東京大学に所属する学生および教職員に対して提供することである。そして、これに付随する管理運用、ユーザサポート、システム設計、研究開発などの作業も行っている。現在提供中のシステムやサービスには以下のようなものがある。これらは、研究室、学科、部局等で個別に運用管理を行うことが困難であったり、大学全体で共有して管理運用を集約化の方が費用面等で有利であったりするものである。

教育用計算機システム (ECCS)：本郷、駒場、柏の3キャンパスに分散配置した1,176台のiMac端末と186台のWindows端末を約24,000名の登録ユーザに提供している。これらの端末には、Officeアプリケーションや数式処理システムなどの商用アプリケーションと多数のフリーソフトウェアが搭載されており、授業での利用をはじめとした教育目的を中心にさまざまな用途に利用されている。一般ユーザが直接触れることはないが、これらを一元管理するために、ブートサーバ、ファイルサーバなどを用いた集中管理体制を取っている。端末の他にも、プリントサービス、メールサービス、遠隔ログインサービスなどを各ユーザに対して提供している。また、新規利用者向け講習会などのソフトなサービスにも力を入れている。

メールホスティング：学内のドメインを単位としたメールホスティングサービスを提供しており、400近くのドメインに所属する13,000名以上のユーザが利用している。ECCSユーザ向けのメールサービスと合わせると、延ユーザ数は37,000名以上に達する。

Webホスティング：学内の600近くのドメインに対して、Webのホスティングサービスを提供している。

認証サービス：ECCSの登録ユーザ情報を活用した認証サービスも一部で行っており、無線LAN、SSL-VPNなどがこれに該当する。さらに一部の部局に対しては、部局所有の端末にECCSの認証情報を提供するサービスも行っている。

ストリーミングサービス：映像配信用のストリーミングサーバを利用したサービスの提供を行っており、UTOCW、TODAI TV、卒業式中継をはじめさまざまな用途に利用されている。また、映像作成のための機材の提供も行っている。

CFIVE：講義支援のためのオープンソースシステムとしてCFIVEの開発と運用を行っており、学生証を用いた出欠管理、課題の出題とレポートの提出、教材のオンライン配信などを支援する機能を提供している。CFIVEは、100以上の講義で利用されている。

遠隔講義支援：テレビ会議システムを備えた遠隔講義室、多地点接続装置などを用意しており、遠隔講義や遠隔会議に利用されている。

教育用計算機システム運用報告

情報教育支援係

情報リテラシー教育支援係

1 経過報告

1.1 Mac(iMac, Xserve)

教育用計算機システム全体では標準端末として iMac 端末(1,176 台)を設置している。iMac 端末はブートサーバ(Apple Xserve)から OS(Mac OS X)のイメージを読み込んで起動する。1 台のブートサーバは iMac 端末 30 数台を制御し、33 台(駒場 20 台、本郷 13 台)のサーバを設置している。また、iMac 端末にインストールされている Parallels Desktop というソフトウェア上で Windows Vista を起動し、Windows 環境を利用することができる。

システムイメージの更新は OS のバージョンアップ、セキュリティアップデート、アプリケーションのインストールやアップデートに伴って行っている。

2008 年度の主な更新は以下の通りである。なお、不具合の修正や広報の表示の際にもイメージの更新を行うことがあった。

iMac 端末(Mac 環境)

2008 年 5 月 20 日 iMac 端末のシステム更新

- Adobe Flash Player 9.0.124.0
- Firefox 2.0.0.14
- iTunes 7.6.2
- Java For Mac OS X 10.5 アップデート 1(1.0)
- mi 2.1.8b3
- Microsoft Office 2008 for Mac 12.1.0
- Quicktime 7.4.5
- R 2.7.0
- Safari 3.1.1
- Thunderbird 2.0.0.14
- Adobe Reader アジア・拡張言語フォントパックを追加
- Microsoft Office 2004 for Mac を追加

2008 年 6 月 24 日 iMac 端末のシステム更新

- Mac OS X 10.5.3
- mi 2.1.8b4
- Quicktime 7.5
- The Unarchiver を追加
- Microsoft Office 2004 for Mac で VBA(マクロ、アドイン等)が利用できない不具合を修正

2008 年 7 月 8 日 iMac 端末のシステム更新

- Mac OS X 10.5.4
- Adobe Reader 8.1.2 セキュリティアップデート 1
- Microsoft Office 2004 for Mac 11.5.0
- Microsoft Office 2008 for Mac 12.1.1
- Parallels Build5608
- Cg 2.0 を追加

2008年9月1日 iMac 端末のシステム更新

- Security Update 2008-005
- Firefox 2.0.0.16
- iTunes 7.7.1
- Mathematica 6 6.0.3.0
- MS Office 2004 for Mac 11.5.1
- MS Office 2008 for Mac 12.1.2
- R 2.7.1
- Thunderbird 2.0.0.16
- R に languageR パッケージ群を追加

2008年9月22日 iMac 端末のシステム更新

- Mac OS X 10.5.5
- Firefox 3.0.1 (※)
- Flip4Mac 2.2.1.11
- iTunes 8.0
- QuickTime 7.5.5
- R 2.7.2
- MATLAB R2008a を追加

2008年10月21日 iMac 端末のシステム更新

- Security Update 2008-007
- Firefox 3.0.3
- iTunes 8.0.1
- Java For Mac OS X 10.5 アップデート 2
- mi 2.1.8b6
- MS Office 2004 for Mac 11.5.2
- MS Office 2008 for Mac 12.1.3

2008年12月19日 iMac 端末のシステム更新

- Mac OS X 10.5.6
- Adobe Flash Player 10.0.12.36
- Firefox 2.0.0.19
- Firefox 3.0.5
- iTunes 8.0.2
- MS Office 2004 for Mac 11.5.3
- MS Office 2008 for Mac 12.1.5
- Safari 3.2.1
- Thunderbird 2.0.0.18
- VLC 0.9.8a

2009年2月18日 iMac 端末のシステム更新

- Security Update 2009-001
- Firefox 3.0.6
- Java For Mac OS X 10.5 アップデート 3
- Thunderbird 2.0.0.19
- 端末起動時、Bluetooth を無効(切)に変更

2009年3月24日 iMac 端末のシステム更新

- Adobe Flash Player 10.0.22.87
- Adobe Reader 9.1.0
- Firefox 3.0.7

- iTunes 8.1
- Mathematica 7.0.0
- R 2.8.1
- Xcode 3.1.2

iMac 端末 (Windows 環境)

2008 年 5 月 21 日 iMac 端末の Windows 環境のシステム更新

- Windows Update
- R 2.7.0 インストール
- Firefox 2.0.0.14
- Adobe Reader アジア・拡張言語フォントパックを追加
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update

2008 年 6 月 25 日 iMac 端末の Windows 環境のシステム更新

- Windows Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Flash Player 9.0.124.0
- Thunderbird 2.0.0.14
- Java 6 インストール
- Software Update for Web Folders ※WebDAV 修正プログラム
- PrimoPDF 4.0 インストール

2008 年 7 月 8 日 iMac 端末の Windows 環境のシステム更新

- Parallels Tools update (Parallels Build 5608 対応)
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update

2008 年 8 月 20 日 iMac 端末の Windows 環境のシステム更新

- Windows Update (Windows Vista Service Pack 1 を含む)
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Autodesk Inventor Professional 2008 Service Pack 3
- Word Viewer 2003 Service Pack 3
- Excel Viewer 2003 Service Pack 3
- PowerPoint Viewer 2007 Service Pack 1
- Word/Excel/PowerPoint 2007 ファイル形式用 Microsoft Office 互換機能パック Service Pack 1
- Firefox 2.0.0.16
- Thunderbird 2.0.0.16
- Java Version 6 Update 7
- Shockwave Player 11.0.0.465

2008 年 9 月 26 日 iMac 端末の Windows 環境のシステム更新

- Windows Update
- Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Firefox 2.0.0.17
- Firefox 3.0.1 インストール
- R 2.7.2
- OpenOffice.org 2.4.1 インストール
- MATLAB R2006b 削除

2008年10月24日 iMac 端末の Windows 環境のシステム更新

- Windows Update / Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- FireFox 3.0.3

2008年11月20日 iMac 端末の Windows 環境のシステム更新

- Windows Update / Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Firefox 3.0.4
- Firefox 2.0.0.18
- Thunderbird 2.0.0.17
- Flash Player 10.0.12.36
- Shockwave Player 11.0.3.470

2008年12月19日 iMac 端末の Windows 環境のシステム更新

- Windows Update / Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Java Version 6 Update 11
- Firefox 3.0.5
- Firefox 2 削除

2009年2月2日 iMac 端末の Windows 環境のシステム更新

- Windows Update / Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Adobe Reader 8.1.3
- Thunderbird 2.0.0.19
- Lhaplus 1.57

2009年3月30日 iMac 端末の Windows 環境のシステム更新

- Windows Update / Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Firefox 3.0.7
- Thunderbird 2.0.0.21
- Adobe Reader 9.1
- Java Version 6 Update 13
- Flash Player 10.0.22.87
- Shockwave Player 11.5.0.595

1.2 CAD 端末(Windows)

CAD 端末は、CAD のアプリケーションを必要とする講義などで用いることを想定した WindowsVista ネットブート型シンクライアントシステムの端末であり、本郷・駒場に合計 186 台設置している。

Windows において、ディスクイメージファイルの更新時には OS のセキュリティアップデートとウイルス対策ソフトのパターンファイル更新を必須に行い、その他にソフトウェアの更新などを行った。

2008 年度の主な更新は以下の通りである。

CAD 端末

2008年6月25日 CAD 端末のシステム更新

- Windows Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Flash Player 9.0.124.0

- Firefox 2.0.0.14
- Thunderbird 2.0.0.14
- Adobe Reader 8.1.2
- Adobe Reader アジア・拡張言語フォントパックを追加
- Java 6
- Software Update for Web Folders ※WebDAV 修正プログラム
- スキャナドライバおよびツールのインストール(大演習室 3 向け)

2008 年 7 月 23 日 CAD 端末のシステム更新

- Windows Update
- Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Autodesk Inventor Professional 2008 Service Pack 3
- Firefox 2.0.0.16
- Java Version 6 Update 7
- PrimoPDF 4.0.2.5 インストール
- スキャナドライバおよびツールのインストール

2008 年 9 月 3 日 CAD 端末のシステム更新

- Windows Update
- Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Thunderbird 2.0.0.16
- OpenOffice.org 2.4.1

2008 年 10 月 1 日 CAD 端末のシステム更新

- Windows Update
- Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Mathematica 6.0.3
- MATLAB R2008a
- FireFox 3.0.3 インストール
- FireFox 2.0.0.17
- Thunderbird 2.0.0.17
- Shockwave Player 11.0.0.465

2008 年 10 月 30 日 CAD 端末のシステム更新

- Windows Update / Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Flash Player 10.0.12.36
- QuickTime 7.5.5

2009 年 1 月 28 日 CAD 端末のシステム更新

- Windows Update / Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Thunderbird 2.0.0.19
- Firefox 2.0.0.20
- Firefox 3.0.5
- Java Version 6 Update 11
- Shockwave Player 11.0.3.470
- West Point Bridge Designer 2007

2009年3月24日 CAD 端末のシステム更新

- Windows Update / Office Update
- ウイルスバスター2008 パターンファイル等 update
- Mathematica 7 インストール
- Mathematica 6 削除
- Adobe Reader 8.1.4
- Firefox 3.0.7
- Firefox 2 削除
- セキュリティ更新終了のため
- Thunderbird 2.0.0.21
- RealPlayer 11.1
- Quicktime 7.6
- Java Version 6 Update 12
- Flash Player 10.0.22.87
- Shockwave Player 11.0.3.472

2 稼働状況

2.1 部局別実利用者数

教育用計算機システムを一度でも利用したことのある学部学生、大学院生、研究生、教職員の月毎累積の部局別実利用者数である。比較のため、2008年度(各月右側)と2007年度(同左側)を掲せてある。

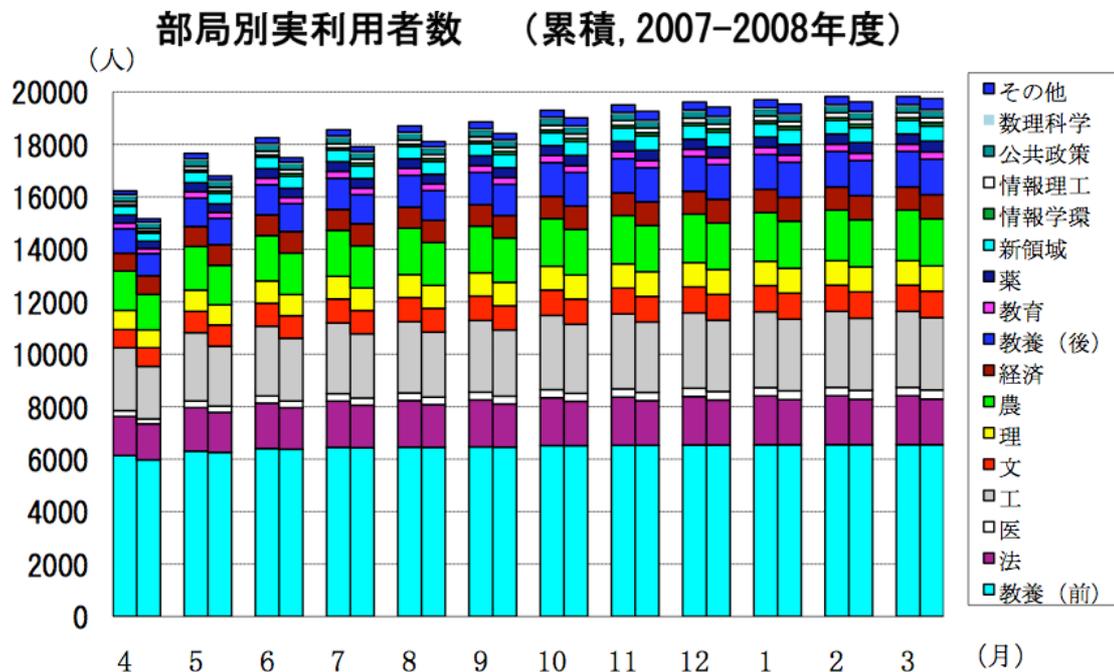


図 1. 部局別実利用者数

2.2 端末利用状況

情報メディア教育部門では、教育用計算機システムを管理しており、その端末等を本郷キャンパスと駒場キャンパスに配置している。本郷地区では、情報基盤センター(浅野地区)の演習室に端末等を集中配置すると共に、総合図書館、留学生センター、福武ホール、各学部／研究科等の 15 箇所にも端末を分散配置している。駒場地区では、情報教育棟に端末等を集中配置すると共に駒場図書館にも端末を分散配置している。また、柏地区では柏図書館に端末を分散配置している。

これらの配置場所のうち、利用の多い本郷の総合図書館と駒場の情報教育棟と駒場図書館の iMac 端末利用状況(2009 年 1 月 14 日)は図2から図6の通りである。

2009年 1 月 14 日 iMac 端末利用状況

各部屋の時間帯ごとの端末利用数のグラフである。

縦軸は端末数で横軸は時刻(6時から24時まで)である。

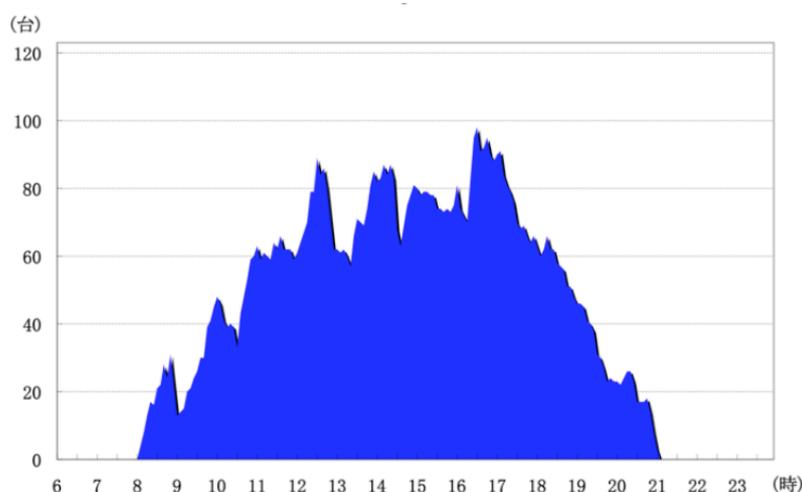


図 2. 駒場情報教育棟 1階自習室 (123 台)

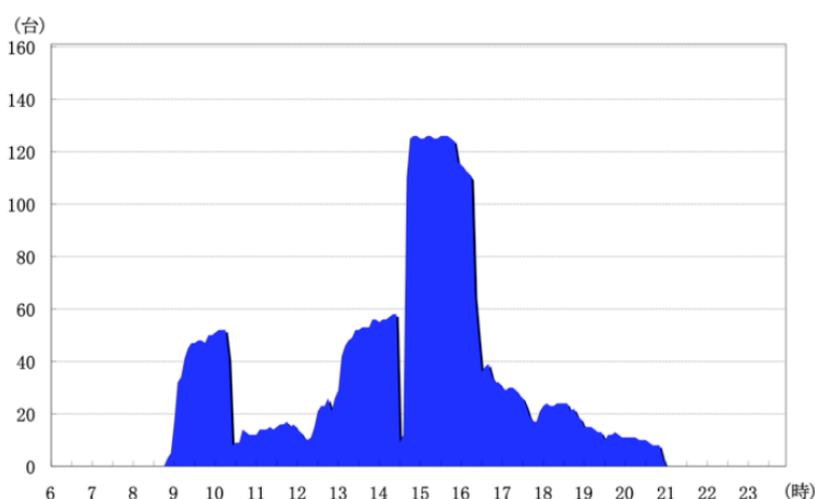


図 3. 駒場情報教育棟 2階大演習室 1 (158 台)

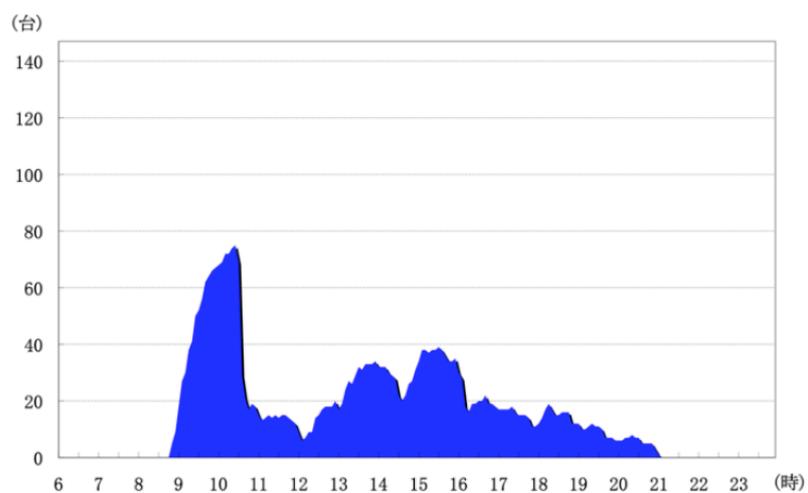


図 4. 駒場情報教育棟 3階大演習室 2 (144 台)

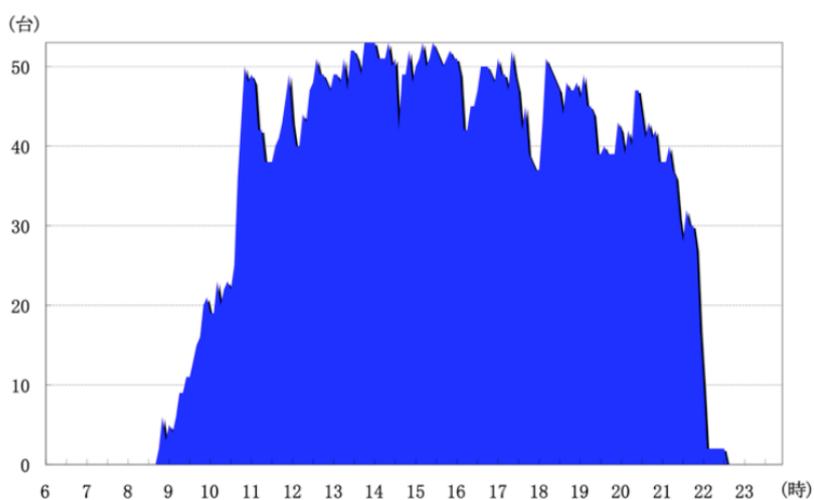


図 5. 駒場図書館 1F-メディアパークプラザ (53 台)

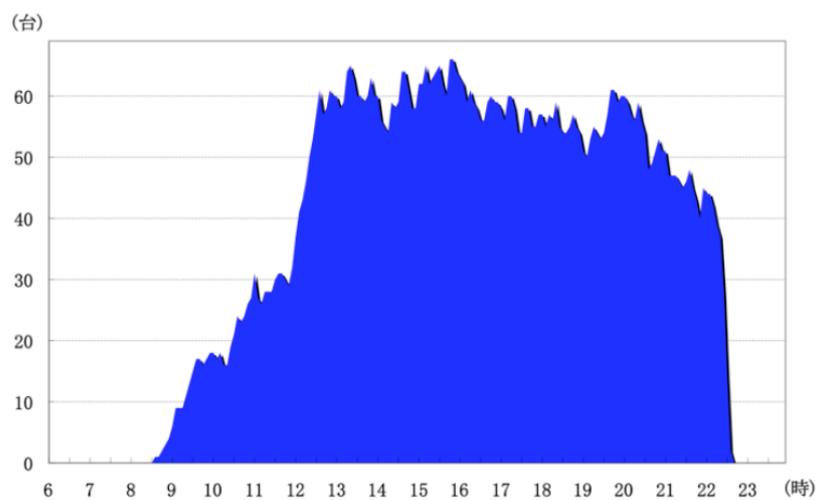


図 6. 総合図書館 2F-メディアプラザ 2, 3F-メディアプラザ 3 (69 台)

3 柏キャンパス出張講習会

学部学生、大学院生および研究生が教育用計算機システムの利用を新規に申し込む際には、新規利用者向け講習会を受講する必要がある。しかし、柏キャンパスに所属する学部学生、大学院生については、本郷への移動は時間がかかるため、受講者の負担が大きく、また、遠隔キャンパスとしては所属人数が多いという事情を考慮して出張講習会を開催している。

2008 年度の実施状況は以下の通りである。

- ・ 4 月 18 日(金) 講習会開催・継続利用申込書受付
新規利用申込者 177 名
継続利用申込者 149 名
- ・ 4 月 25 日(金) パスワード配付
- ・ 6 月 4 日(水) 講習会開催・継続利用申込書受付
新規利用申込者 24 名
- ・ 6 月 11 日(水) パスワード配付
- ・ 10 月 15 日(水) 講習会開催・継続利用申込書受付
新規利用申込者 24 名
継続利用申込者 4 名
- ・ 10 月 22 日(水) 講習会開催・継続利用申込書受付およびパスワード配付
新規利用申込者 4 名
継続利用申込者 3 名

4 柏キャンパスでのアカウント発行業務委託について

柏キャンパス在籍の学生の便宜をはかるため、平成 20 年 10 月 1 日より柏図書館にて ECCS のアカウントの代行配付を行うこととなり、柏図書館と情報基盤センターの間で覚書を取り交わした。

主な業務委託内容は次の通りである。

- ・ 柏図書館は、情報基盤センターが発行する教育用計算機システム利用者登録済通知書（新規）を代行配付する。
- ・ 柏図書館は、IC カードリーダーにより学生証を読み取る方式による、登録済通知書（継続）の随時配付を行う。

また、平成 21 年度からはパスワード再発行業務の委託を予定している。

学内組織向けメールサーバ(MAILHOSTING)運用報告

情報教育支援係

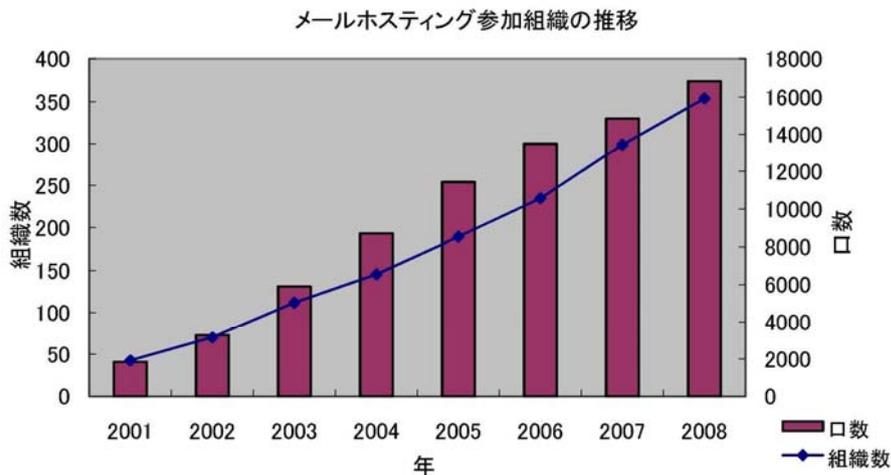
情報リテラシー教育支援係

1 経過

2008年6月30日 第30回情報メディア教育専門委員会において、利用負担金免除制度の適用継続を希望していた1組織に対し、制度の適用継続が認められた。

2 参加組織

平成20年度末現在、本サービスを利用している組織は374組織であり、それらの申込み口数の合計は、15,930口である。平成19年度末に比べ、44組織、2,480口増加している。



3 広報

本年度に行った主な広報は、以下のとおりである。

メールホスティングM

2008年

- 4月02日 4/6(日) Active!mail メンテナンス作業
- 4月08日 4/8(火)ECCS 外部宛メールの遅延について
- 4月10日 @gmail.com 宛メールの遅延について
- 4月11日 複数の宛先にメールを転送したいのですが.
- 4月11日 Thunderbird 2 の設定例 (IMAP)
- 4月14日 Safari 3.1 で Active!mail が利用できない不具合
- 4月15日 4/15(火)UTnet メンテナンス作業による通信断について
- 4月21日 迷惑メールの対処方法について
- 4月21日 Administration Suite の迷惑メールフィルタ設定方法
- 5月12日 5/12(月) メールサーバ緊急メンテナンス
- 5月14日 1フォルダあたりのメール数上限について
- 5月16日 メールングリストの一部 ML 配送障害について

- 5月22日 メールリストの保存書庫における不具合
- 5月30日 5/29(木)不具合修正作業によるメール遅延について
- 6月03日 6/3(火)ネットワーク機器メンテナンス作業によるサービス中断
- 6月03日 メールが遅延する/届かない
- 6月10日 Active! mail で件名と本文が一致しない現象について
- 7月11日 WebMail サーバ保守作業
- 7月15日 7/8(火)メールサーバソフトウェア更新作業
- 7月17日 メールが遅延する/届かない
- 7月31日 7/31(木) Active!mail 用ファイルサーバメンテナンスのお知らせ
- 8月19日 mh001 ユーザのメール送受信障害
- 8月19日 東京大学情報基盤センター 学内組織向けメールサーバ環境利用規則
- 8月23日 8/23(土) Active!mail 用ファイルサーバメンテナンスのお知らせ
- 9月02日 自動返信が機能しない障害
- 9月02日 Active! mail で件名と本文が一致しない現象について
- 9月02日 パスワードに使用できる文字種・文字数の制限について
- 9月02日 移行作業後に一部ユーザの認証が失敗する不具合
- 9月02日 メールシステムの移行作業における障害について
- 9月02日 SMTP AUTH でメールが送信できない不具合
- 9月02日 メール転送設定でメッセージの保存を行う時の注意事項
- 9月02日 移行期間中のメール受信障害について
- 9月17日 学内組織向けメールサーバ (MAILHOSTING) を申込み/利用する上で注意して
いただきたいこと
- 9月25日 学内組織向けメールサーバ (MAILHOSTING) を申込み/利用する上で注意して
いただきたいこと
- 10月10日 メール受信障害
- 10月16日 10/16(木) Active!mail バージョンアップ作業
- 11月05日 mh003 サーバへのメール不達
- 11月17日 メールが遅延する/届かない 更新
- 12月5日 12/13(土), 14(日) 計画停電に伴う Active!mail サービスの停止について
- 12月11日 mh001~mh004 メンテナンス作業
- 12月17日 mh002 障害
- 2009年
- 1月05日 SPAMBlock による迷惑メール判定
- 1月14日 メール送受信容量制限について
- 1月16日 本郷一駒場間回線の停止による ECCS 各サービスの停止 (1/16 追記)
- 1月26日 パスワードの変更方法
- 1月29日 学内組織向けメールサーバの利用負担金について
- 2月4日 メールホスティングサーバ mh001 障害 (2/3 16:00 より、保守作業のため停止)
- 2月6日 ECCS 各種メールサービスの電子証明書更新について
- 2月26日 システムメンテナンス作業に伴う一時停止について
- 3月12日 メールシステム用負荷分散装置メンテナンス作業
- 3月14日 mh004 サーバのファームウェアアップデートによる停止について
- 3月31日 メールシステム用負荷分散装置メンテナンス作業

メールホスティングD

2008年

- 4月 08日 4/8(火)ECCS 外部宛メールの遅延について
 - 4月 10日 @gmail.com 宛メールの遅延について
 - 4月 11日 Thunderbird 2 の設定例 (IMAP)
 - 4月 15日 4/15(火)UTnet メンテナンス作業による通信断について
 - 5月 12日 5/12(月) メールサーバ緊急メンテナンス
 - 5月 16日 メールングリストの一部 ML 配送障害について
 - 5月 22日 メールングリストの保存書庫における不具合
 - 6月 03日 6/3(火)ネットワーク機器メンテナンス作業によるサービス中断
 - 6月 03日 メールが遅延する/届かない
 - 6月 10日 6/10(火)メールサーバソフトウェア更新作業
 - 6月 23日 メールサーバの過負荷による動作不良について
 - 7月 17日 メールが遅延する/届かない
 - 7月 31日 7/31(木) メール用ファイルサーバメンテナンスのお知らせ
 - 8月 19日 8/19(火) メールサーバメンテナンス作業
 - 8月 19日 東京大学情報基盤センター 学内組織向けメールサーバ環境利用規則
 - 8月 23日 8/23(土) メール用ファイルサーバのメンテナンスのお知らせ
 - 9月 04日 MailSuite で受信トレイのメールが正しくソートされない
 - 9月 17日 学内組織向けメールサーバー (MAILHOSTING) を申込み/利用する上で注意していただくこと
 - 9月 24日 届かないメールが、Greylisting によって切断されたものかどうか確認できないか
 - 11月 17日 メールが遅延する/届かない 更新
 - 12月 13日 WebMail(ECCS メール、mailhosting D サーバ)へのアクセス不可
- 2009年
- 1月 05日 SPAMBlock による迷惑メール判定
 - 1月 14日 メール送受信容量制限について
 - 1月 16日 本郷一駒場間回線の停止による ECCS 各サービスの停止 (1/16 追記)
 - 1月 29日 学内組織向けメールサーバの利用負担金について
 - 2月 6日 ECCS 各種メールサービスの電子証明書更新について
 - 2月 26日 11:00~13:00 メールシステムメンテナンスに伴うサービス一時停止について
 - 3月 12日 メールシステム用負荷分散装置メンテナンス作業
 - 3月 31日 メールシステム用負荷分散装置メンテナンス作業

WEB PARK サービス運用報告(2008年4月-2009年3月)

電子教材係

1 経過

2008/06/30(月)第30回情報メディア教育専門委員会において、利用負担金免除制度の適用継続を希望していた5組織に対し、制度の適用継続が認められた。

2008/09/02(火)12:00~13:00 ネットワークの保守作業のためサービスを休止した。

2009/02/12(木)17:00~19:05 過負荷な状態になりサービスの一部の動作が不安定となった。

2 利用組織数

2008年度に利用を開始した組織数は78、利用を中止した組織数は15であった。

2009年3月末現在の総利用組織数は581である。

3 WEB PARK サービスを利用している学内組織一覧(2009年3月末現在)

(各カテゴリーにおいては申し込み順、各組織の名称は2009年3月末現在)

センター、委員会等(102組織)

アジア生物資源環境研究センター(8組織)

- アジア生物資源環境研究センター (anesc)
- 地域資源評価研究分野 (horiken)
- 生物環境評価大部門 土地環境評価研究分野 福代研究室 (dinos)
- 樹木生理学・熱帯造林学研究室 (tree)
- 耐性機能開発研究分野 白子研究室 (anesctmv)
- 土地環境評価研究分野 環境材料設計学研究室 (smd)
- 環境ストレス耐性機能研究室 (lestm)
- 共生研究室 (symbio)

総合文化研究科/教養学部(13組織)

- AIKOM委員会 (aikom)
- 進学情報センター (agc)
- 学生相談所 (soudanjo-komaba)
- 情報教育棟 (i-edu)
- 駒場図書館 (lib-c)
- ドイツ・ヨーロッパ研究センター (desk)
- 文化施設運営委員会オルガン委員会 (organ)
- 「人間の安全保障プログラム」運営委員会 (human_security)
- 教養教育開発室 (komed)
- 社会連携委員会 (friday-lecture)
- アメリカ太平洋地域研究センター (cpas)
- 美術博物館 (museum)
- 生命科学構造化センター (csls)

先端科学技術研究センター (14 組織)

- フォトニクス材料分野(宮野研究室) (myn)
- 知的財産権大部門 (ip)
- 知的財産マネジメント研究会 (smips)
- 御厨貴研究室 (mikuriya)
- バリアフリー分野 (bfp)
- 馬場研究室 (zzz)
- 研究戦略・社会システム大部門 資源・エネルギー・環境政策 (wlab)
- 化学認識機能材料分野 (crm)
- 菅研究室 (cbl)
- 認知科学分野 渡辺研究室 (fennelweb)
- 藤井研究室 (finlab)
- NED 新環境エネルギー科学創成特別部門 (nedo)
- 香川研究室 (cm)
- 米本研究室 (yonemoto)

海洋研究所 (17 組織)

- 海洋研究所 (ori)
- 海洋生命科学部門 行動生態計測 (fishecol)
- 新プログラム「海洋生命系のダイナミクス」 (dobis)
- 海洋生態系動態部門 (ori-ecosystem)
- 海洋物理学部門 (ori-dpo)
- 先端海洋システム研究センター 海洋システム計測分野 (ori-cer)
- 海洋化学部門 (ori-co)
- 観測研究企画室 (ori-tso)
- 海洋生物資源部門 (ori-lmr)
- 海洋生命科学部門 (ori-bio)
- 国際沿岸海洋研究センター (icrc)
- 先端海洋システム研究センター (ori-camr)
- 海洋生命科学部門 生理学分野 (physiol)
- 海洋研究所図書室 (ori-library)
- 海洋科学国際共同研究センター 企画情報分野 (ori-cicplan)
- 先端海洋システム研究センター 海洋システム解析分野 (ori-msa)
- 海洋研究連携分野「生物圏環境学」 (ori-mbe)

低温センター (crc)

情報基盤センター (6 組織)

- 情報メディア教育部門 (itc-media)
- キャンパスネットワーク研究部門 若原研究室 (wakahara)
- 情報メディア教育部門 電子教材係 (elearn)
- 図書館電子化部門 (dl-itc)
- 片桐研究室 (katagiri)
- 小川研究室 (ogawa)

東京大学バリアフリー支援室 (spds)

生物生産工学研究センター (2 組織)

- 生物生産工学研究センター (biotec-res-ctr)
- 植物機能工学研究室 (ppk)

情報倫理審査専門委員会 (cie)

産学連携本部 (ducr)

埋蔵文化財調査室 (aru)
 保健センター (health)
 UT-CERT (ut-cert)
 医療ナノテクノロジー人材養成ユニット (NBEP)
 留学生センター (ic)
 社会科学研究所 (1 組織)
 ● 図書室 (iss-lib)
 大学総合教育研究センター (1 組織)
 ● 中原研究室 (jun)
 科学総合教育研究センター技術インタープリター養成プログラム (STITP)
 ナノバイオインテグレーション研究拠点 (CNBI)
 生命科学教育支援ネットワーク (lse)
 北京代表所 (beijing-office)
 柏地区事務部 渉外・広報室 (utkk)
 サステイナビリティ学連携研究機構 (ir3s)
 情報の知識化・価値化技術協議会 (chishiki)
 AGS 推進室 Intensive Program on Sustainability (ipos)
 生物機能制御化合物ライブラリー機構 (cbri)
 地球観測データ統融合連携研究機構 (editoria)
 海洋アライアンス (OA)
 武田先端知クリーンルーム (nanotechnet)
 教養学部附属 教養教育開発機構／大学総合教育研究センター／情報学環
 駒場アクティブラーニングジオスタジオ (Kals)
 知の構造化センター(ネットワーク) (cks)
 環境安全研究センター (esc) (5 組織)
 ● 戸野倉研究室 (tonokura)
 ● 新井研究室内 大学等環境安全協議会 (daikankyo)
 ● 刈間研究室 (karima-lab)
 ● 尾張研究室 (owari)
 総括プロジェクト機構 (2 組織)
 ● ジェロントロジー寄付研究部門 (gerontology)
 ● 知的資産経営研究寄付講座 (iam)
 AGS 環境教育 YES (ags-yes)
 教育企画室(学術俯瞰講義) (gfk)
 総括プロジェクト機構「水の知」サントリー総括寄付講座 (WoW)
 医学教育国際協力研究センター (ircme)
 アイソトープ総合センター (ric)
 トランスレーショナル・リサーチ・イニシアティブ (tri)
 政策ビジョン研究センター (pari)
 大学発教育支援コンソーシアム推進機構 (CoREF)
 IRT 研究機構 (irt)
 高齢社会総合研究機構 (iog)

学部／研究科、学科／専攻、研究室等 (473 組織)
 法学系研究科／法学部 (1 組織)
 ● 久保研究室 (kubo)
 医学系研究科／医学部 (30 組織)

- 機能生物学専攻 統合生理学研究室 (iphysiol)
- 病因病理学専攻 免疫学研究室 (immunol)
- 健康科学・看護学専攻 成人看護学／緩和ケア看護学分野 (adng)
- 国際保健学専攻 (sih)
- 公共健康医学専攻 生物統計学 (epistat)
- 健康科学・看護学専攻 地域看護学分野 (chn)
- 健康科学・看護学科 (hn)
- 国際地域保健学教室 (ich)
- 病因病理学専攻 微生物学講座 (microbiology)
- 健康科学・看護学専攻 健康社会学分野 (hlthsoc)
- 公共健康医学専攻 老年社会学分野 (sg)
- 健康科学・看護学専攻 母性看護学・助産学分野 (midwifery)
- 公衆衛生学教室 (public health)
- 国際保健学専攻 人類生態学分野 (humeco)
- 健康科学・看護学専攻 老年看護学／創傷看護学分野 (rounenkango)
- 機能生物学専攻 細胞分子生理学分野 (cmphysiology)
- 健康科学・看護学専攻 家族看護学分野 (fn)
- 分子予防医学教室 (macrophage)
- 分子神経生物学 (mnp)
- 国際保健学専攻 人類遺伝学教室 (humgenet)
- 疾患生命工学センター 健康・環境医工学部門 (env-health)
- 神経生化学 (neurochemistry)
- 疾患生命工学センター 分子病態医科学 (tmlab)
- システム疾患生命科学による先端医療技術開発拠点 (TSBMI)
- 公共健康医学専攻 疫学保健学講座 社会予防疫学分野 (nutrepi)
- アドバンストスキンケア(ミスパリ)講座 (advskincare)
- 附属病院 企画情報運営部 (uthcc)
- 国際保健学専攻 発達医科学教室 (development)
- 脳神経医学専攻 神経生物学 (neurobiol)
- 国際保健政策学教室 (ghp)

工学系研究科／工学部 (174 組織)

- 航空宇宙工学専攻 (aero)
- 航空宇宙工学専攻 藤本研究室 (crack)
- 航空宇宙工学専攻 森下研究室 (tmorisi)
- 航空宇宙工学専攻 ジェットエンジン研究室 (jetlab)
- 物理工学専攻 鹿野田研究室 (kanoda_lab)
- マテリアル工学系専攻 (material)
- マテリアル工学専攻 先端デバイス材料工学研究室 (adam)
- 物理工学専攻 教務室 (ap_office)
- 物理工学専攻 藤原研究室 (fujiwaralab)
- 物理工学専攻 古澤研究室 (furusawa)
- 物理工学専攻 五神研究室 (gono)
- 物理工学専攻 十倉研究室 (cmr)
- 物理工学専攻 初貝研究室 (ap_hatsugai)
- 建築学専攻 (arch)
- 機械系専攻 (microsystemlab)
- 地球システム工学専攻 (geosys)

- エネルギー・資源フロンティアセンター 物探・油層研究室 (gpre)
- 計数工学科 (keisu)
- 技術経営戦略学専攻 (knowledge)
- 工学・情報理工学図書館 (cllib)
- 附属総合研究機構 (sogo)
- 電気工学科 山地研究室 (yamaji)
- 電気工学専攻 横山研究室 (syl)
- マテリアル工学系専攻 材料システム研究室 (mse)
- 電子工学専攻 田中雅明研究室 (cryst)
- 都市工学科 都市デザイン研究室 (ud)
- マテリアル工学専攻 プラズマ工学研究室 (plasma)
- 社会基盤工学専攻 建設マネジメント・開発システム研究室 (cmis)
- マテリアル工学専攻 COE 推進委員会 (coe-material)
- 社会基盤学専攻 海岸・沿岸環境研究室 (coastal)
- 社会基盤学専攻 交通・都市・国土学研究室 (trip)
- 物理工学専攻 為ヶ井研究室 (tamegai_lab)
- 社会基盤学専攻 河川／流域環境研究室 (reel)
- 航空宇宙工学専攻 青木研究室 (aokilab)
- 量子相エレクトロニクス研究センター 染谷研究室 (someya)
- システム創成学専攻 加藤研究室 (katolab)
- 量子相エレクトロニクス研究センター (qpec)
- 環境海洋工学専攻 (naoe)
- マテリアル工学科 山口研究室 (ssi-lab)
- 工学教育推進機構 国際化推進室(GWP) (gwp)
- 建築学専攻 環境系 (envarch)
- システム創成学専攻 海洋機器研究室 (gisolab)
- 21世紀 COE 強相関物理工学 (coe-ap)
- 物理工学専攻 (ap)
- マテリアル工学専攻 (metall)
- 航空宇宙工学専攻 河野－津江研究室 (kono-tsue_lab)
- 環境海洋工学専攻 安全評価工学研究室 (yuhalab)
- マテリアル工学専攻 マイクロフォトニクス研究室 (microphotonics)
- 物理工学科 香取研究室 (amo)
- 技術経営戦略学専攻 元橋研究室 (mo)
- システム創成学専攻 生産システム工学研究室 (msel)
- 物理工学科 樽茶研究室 (tarucha-lab)
- 化学システム工学科 山下研究室 (tcl)
- 精密機械工学専攻 (pe)
- 技術経営戦略学専攻 (biz-model)
- 精密機械工学専攻 小林研究室 (ein)
- 機械工学専攻 牛田・古川研究室 (tissue)
- 技術部 (ttc)
- 社会基盤学専攻 コンクリート研究室 (concrete)
- 化学生命工学専攻 (chembio)
- 総合研究機構 俯瞰工学 (metatechnica)
- 総合研究機構 強力 X 線実験室 (hpx)
- 精密機械工学専攻 新井・横井・太田研究室 (arai-lab)

- 社会基盤学専攻 上田研究室 (infra_economics)
- 環境海洋工学専攻 輸送・環境システム計画研究室 (suiso)
- 電気系工学専攻 大津研究室 (uuu)
- 航空宇宙工学専攻 西成研究室 (tknishi)
- 機械工学専攻 ホロニックエネルギーシステム学講座 (hes)
- 総合研究機構 井上研究室 (ultracold)
- 総合研究機構 触媒反応工学領域 (nishiba)
- 地球システム工学専攻 藤田研究室 (tfujita-lab)
- 建築学専攻 岸田研究室 (design)
- システム創成学科 (si)
- 都市工学専攻 国際都市計画・地域計画研究室 (onishiken)
- 建築学専攻 難波研究室 (namba)
- マテリアル工学専攻 阿部研究室 (nanostructures)
- 社会基盤学専攻 橋梁研究室 (bridge)
- 応用化学専攻 平尾研究室 (qcl)
- 社会基盤学専攻 石原研究室 (ishihara)
- 技術経営戦略学専攻 (TMI)
- バイオエンジニアリング専攻 (bioeng)
- 応用化学専攻 橋本研究室 (hashimoto_lab)
- マテリアル工学科 片岡研究室 (kklab)
- マテリアル工学専攻 吉田亮研究室 (yoshida-lab)
- 電子工学専攻 保立・山下・何研究室 (sagnac)
- 物理工学科 今田研究室 (imada)
- 都市工学専攻 関澤研究室 (fse)
- 物理工学専攻 求研究室 (motomelab)
- 航空宇宙工学専攻 岩崎研究室 (sal)
- 社会基盤学専攻 英語コミュニケーション教室 (english)
- 建築学専攻 野口研究室 (bmat)
- 都市工学科 都市交通研究室 (ut)
- システム創成学専攻 マリタイム・イノベーション(常石造船) 寄附講座 (mil_tsuneishi)
- 建築学専攻 伊藤研究室 (itolaboratory)
- 環境海洋工学専攻 設計研究室 (nakl)
- システム創成学専攻 登坂研究室 (tosaka-lab)
- 機械工学専攻 加藤研究室 (sstl)
- 化学システム工学専攻 土橋研究室 (dobashi)
- マテリアル工学専攻 複層鋼板プロジェクト (lism)
- 化学システム工学専攻 堂免・久保田研究室 (domen-lab)
- 化学システム工学専攻 大久保研究室 (zeolite)
- 化学システム工学専攻 (chemsys)
- システム創成学専攻 大橋研究室 (ohashi)
- 化学システム工学専攻 中尾研究室 (nakaolab)
- システム量子工学専攻 渡辺研究室 (fwlbg)
- 国際交流室 (oice)
- 建築学専攻 高田研究室 (tkdlab)
- 機械工学専攻 笠木・鈴木研究室 (thtlab)
- 機械工学専攻 鹿園研究室 (feslab)
- バイオエンジニアリング専攻 田畑研究室 (tabata-lab)

- 社会基盤学専攻 国際プロジェクト研究室 (intl-project)
- 建築学専攻 野口研究室 (noguchi)
- 総合研究機構 加藤研究室 (ykkato)
- 建築学専攻 松村・藤田研究室 (mf_lab)
- システム創成学科 B コース シミュレーション・数理社会デザイン (wisip)
- 精密機械工学専攻 医用精密工学研究室 (bmpe)
- 産業機械工学専攻 山田・ドローネー研究室 (lelab)
- 水環境制御研究センター (recwet)
- 都市工学専攻 都市環境工学コース (enveng)
- フロンティアエネルギー開発工学(JAPEX) 寄付講座 (fedl)
- 都市工学専攻 環境システム(花木)研究室 (esys)
- 都市工学専攻 環境質リスク管理研究室 (envrisk)
- 都市工学専攻 都市環境工学講座 都市水システム研究室 (urbanwater)
- 物理工学専攻 押山研究室 (oshiyama)
- システム創成学専攻 越塚研究室 (koshizukalab)
- 都市工学専攻 石川幹子研究室 (ishikawa)
- 機械工学専攻 リサイクルウェブ (recycle-w)
- 化学システム専攻 平尾研究室 (pse)
- 電子工学専攻 保立研究室 (hotalab)
- 電子工学専攻 山下研究室 (yamalab)
- 電子工学専攻 何研究室 (helab)
- バイオエンジニアリング専攻 古川研究室 文部科学省 科学技術振興調整費 重要課題解決型研究の推進プログラム (EMTE)
- 建築学専攻 前研究室 (labf)
- 物理工学専攻 就職幹事会 (ap-shushoku)
- 総合研究機構 ナノフォトニクス研究センター (npc)
- システム創成学専攻 (dsi)
- エネルギー・資源フロンティアセンター (frcer)
- 機械工学専攻 松本・高木研究室 (fel)
- バイオエンジニアリング専攻 鄭研究室 (Teilabo)
- 化学生命工学専攻 加藤研究室 (katotakashi)
- 応用化学専攻 (appchem)
- バイオエンジニアリング専攻 長棟研究室 (nagamune)
- 化学生命工学専攻 野崎研究室 (nozakilab)
- 応用化学専攻 水野研究室 (mizuno)
- 都市工学専攻 小出研究室 (Koidelab)
- 総合研究機構 ロケットエンジニアリングラボラトリー (JAXA 社会連携講座) (rocketlab)
- 建築学専攻 平手研究室 (hiratelab)
- システム創成学専攻 吉田研究室 (cselab)
- 応用化学専攻 北森研究室 (kitamori)
- 化学生命専攻 蛋白質工学研究室 (hueda)
- 電気系工学専攻 八井研究室 (lux)
- マテリアル工学専攻 宮原・坂田研究室 (biofet)
- 電子工学専攻 高木研究室 (takagilab)
- 1st Asian Biomaterials Congress (abc1st)
- 第34回 日本臨床バイオメカニクス学会 (biomech 34)
- 電気系工学専攻 竹内研究室 (lsi)

- 都市工学専攻 都市衛生工学研究室 (envph)
- 無錫代表所 (cn)
- 化学・生命系 (chem)
- 応用化学専攻 尾嶋研究室 (oshimalab)
- 安全衛生管理室 実験廃棄物処理ワーキンググループ (t-fumei)
- 物理工学専攻 有田研究室 (arita-lab)
- 社会基盤学専攻 地域／情報研究室 (planner)
- システム創成学専攻 大澤研究室 (panda)
- グローバル COE「未来を拓く物理科学結集教育研究拠点」 (phys-gcoe)
- バイオエンジニアリング専攻 東京大学グローバル COE プログラム「学融合に基づく医療システムイノベーション」 (CMSI)
- 都市工学専攻 国際都市計画・地域計画研究室 (ues)
- 技術経営戦略学専攻 計量分析研究室 (qal)
- 先端電力エネルギー・環境技術教育研究センター (apet)
- 物理工学専攻 鹿野田研究室 (iscom2009) (iscom2009)
- 広学部 広報室 (t-pr)
- 社会基盤学専攻 都市持続再生研究センター (cSUR)
- マテリアル工学専攻 近藤研究室 (kondo-lab)
- 機械工学専攻 (mech)

人文社会系研究科／文学部 (1 組織)

- 言語動態学研究室 (dootai)

理学系研究科／理学部 (9 組織)

- 技術部 (s-tech)
- 物理学専攻 藤森研究室 (atsushi)
- 物理学専攻 島野研究室 (shimanolab)
- 生物化学専攻 生物情報科学科 (upbsb)
- 物理学専攻 岡本研究室 (okamotolab)
- 物理学専攻 樋口研究室 (higuchilab)
- 遺伝子実験施設 (mgrl)
- 化学専攻 量子化学研究室 (yamanouchi)
- 物理学専攻 村尾研究室 (mura)

農学生命科学研究科／農学部 (98 組織)

- 生産・環境生物学専攻 応用昆虫学研究室 (applent)
- 応用生命化学専攻 分析化学研究室 (bunseki)
- 応用生命化学専攻 生物機能開発化学研究室 (biofunc)
- 応用生命化学専攻 生物有機化学研究室 (seiyu)
- 応用生命化学専攻 土壌圏科学研究室 (soil-cosmology)
- 応用生命化学専攻 植物分子生理学研究室 (pmp)
- 応用生命化学専攻 植物栄養・肥料学研究室 (syokuei)
- 応用生命化学専攻 放射線植物生理学研究室 (radio-plantphys)
- 応用生命工学専攻 分子生命工学研究室 (molbiotech)
- 生物・環境工学専攻 生物機械工学研究室 (bme)
- 生物材料科学専攻 生物材料物理学研究室 (bmp)
- 森林科学専攻 (forest)
- 森林科学専攻 森林利用学研究室 (foresteng)
- 生圏システム学専攻 (es)
- 農業・資源経済学専攻 (arec)

- 水圏生物科学専攻 (fs)
- 附属牧場(高等動物教育研究センター) (bokujo)
- 放射性同位元素施設 (kanri)
- 農学生命科学図書館 (aglib)
- 獣医学専攻 (vetmed)
- 生物・環境工学専攻 農地環境工学研究室 (land)
- 水圏生物科学専攻 水産資源研究室 (shigen)
- 水圏生物科学専攻 水圏生物工学研究室 (suikou)
- 農業・資源経済学専攻 農業史研究室 (aghist)
- 森林科学専攻 森林風致計画学研究室 (fuuchi)
- 獣医学専攻 動物育種繁殖学研究室 (ikushu)
- 獣医学専攻 獣医解剖学研究室 (kaibo)
- 獣医学専攻 獣医生理学研究室 (seiri)
- 獣医学専攻 獣医薬理学研究室 (yakuri)
- 獣医学専攻 獣医微生物学研究室 (microbio)
- 獣医学専攻 獣医公衆衛生学研究室 (eisei)
- 獣医学専攻 比較病態生理学研究室 (hibyou)
- 獣医学専攻 獣医病理学研究室 (byouri)
- 獣医学専攻 獣医内科学研究室 (naika)
- 獣医学専攻 獣医外科学研究室 (geka)
- 獣医学専攻 実験動物学研究室 (jitsudo)
- 獣医学専攻 獣医臨床病理学研究室 (vcpb)
- 応用動物科学専攻 応用免疫学研究室 (immune)
- 応用動物科学専攻 応用遺伝学研究室 (iden)
- 応用動物科学専攻 動物細胞制御学研究室 (saibo)
- 応用動物科学専攻 細胞生化学研究室 (seika)
- 応用動物科学専攻 獣医動物行動学研究室 (koudou)
- 応用動物科学専攻 高度医療科学研究室 (kouji)
- 生物・環境工学専攻 生物環境情報工学研究室 (beie)
- 森林科学専攻 森林植物学研究室 (fb)
- 応用生命化学専攻 有機化学研究室 (org-chem)
- 応用生命化学専攻 食品生化学研究室 (food-biochem)
- 生物・環境工学専攻 環境地水学研究室 (chisui)
- 応用生命工学専攻 細胞遺伝学研究室 (cell-gene)
- 水圏生物科学専攻 水圏生物環境学研究室 (fol)
- 応用生命工学専攻 醗酵学研究室 (hakko)
- バイオトロン研究室 (biotron)
- 農業・資源経済学専攻 経済学研究室 (agriecon)
- 森林科学専攻 造林学研究室 (silviculture)
- 生物・環境工学専攻 生物環境情報工学研究室 (joho)
- 応用生命工学専攻 微生物学研究室 (Lab_Microbiology)
- 応用生命化学専攻 食糧化学研究室 (foodchem)
- 応用生命化学専攻 生物化学 (inositol)
- 生物・環境工学専攻 (bee)
- 生圏システム学専攻 保全生態学研究室 (coneco)
- 生産・環境生物学専攻 (aeb)
- 生物・環境工学専攻 生物環境情報工学研究室 (agrinfo)

- 生産・環境生物学専攻 植物分子遺伝学研究室 (pmg)
 - 付属家畜病院 (vmc)
 - 生物・環境工学専攻 生物プロセス工学研究室 (bipren)
 - 附属水産実験所 (suijitsu)
 - 生産・環境生物学専攻 園芸学研究室 (engei)
 - 生産・環境生物学専攻 植物分子遺伝学研究室 (ICPMB2007)
 - 電脳土壌センター (soilDB)
 - 農学国際専攻 (ga)
 - 農業・資源経済学専攻 食料・資源経済学研究室 (frec)
 - 産学官民連携型農学生命科学インキュベータ機構 (agri-cocoon)
 - 農学国際専攻 国際情報農学研究室 (iai)
 - 農学国際専攻 新機能植物開発学研究室 (pbt)
 - 森林科学専攻 森林経営学研究室 (forestmanag)
 - 農学国際専攻 国際森林環境学研究室 (gfes)
 - 森林科学専攻 森林動物学研究室 (zoology)
 - 応用生命化学専攻 栄養化学研究室 (ayo)
 - 農学国際専攻 国際水産開発学研究室 (lgfs)
 - バイオミネラルゼミ (biomineral)
 - 食の安全研究センター (frc)
 - 水圏生物科学専攻 魚病学研究室 (fishparasite)
 - 生物材料科学専攻 木材化学研究室 (woodchem)
 - 生圏システム学専攻 水域保全研究室 (suiiki)
 - 学術創成バイオミネラル (gakujutsubiom)
 - 水圏生物科学専攻 魚病学研究室 (jsfp2008)
 - 農業・資源経済学専攻 農政学研究室 (agripo)
 - 農学国際専攻 国際環境経済学研究室 (iee)
 - 生物・環境工学専攻 生物環境工学研究室 (kankyo)
 - 森林科学専攻 森林理水及び砂防工学研究室 (sabo)
 - 「共生社会基盤形成を通じた国土の保全管理に係る寄付講座」 (irrigationwater)
 - 応用生命化学専攻 味覚サイエンス(日清食品) 寄付講座 (tastescience)
 - 技術基盤センター (techad)
 - 先端機器分析室 (adanu)
 - 農業・資源経済学専攻 氏家研究室 (utaeuk)
 - 農業・資源経済学専攻 農村開発金融研究室 (ruralfinance)
 - 附属緑地植物実験所 (eslp)
 - 食の安全研究センター 免疫制御研究室 (immunoreg)
- 経済学研究科／経済学部 (2 組織)
- 都市経済学 金本良嗣研究室 (urban-eco)
 - 経営教育研究センター (merc)
- 総合文化研究科／教養学部 (c) (61 組織)
- 教務課 (kyomu)
 - 広域科学専攻 広域システム科学系 嶋田研究室 (shimada-lab)
 - 広域科学専攻 生命環境科学系 丹野研究室 (tanno)
 - 国際社会科学専攻 (kiss)
 - 国際社会科学専攻 相関社会科学講座 (kiss-sr)
 - 国際社会科学専攻 国際関係論講座 (kiss-ir)
 - 国際社会科学専攻 山影進研究室 (yamakage-ken)

- 国際社会科学専攻 山本泰研究室 (sociology-komaba)
- 化学部会 (chemistry)
- 地域文化研究学科ドイツ分科 (doitsuka)
- 複雑系生命システム研究センター (rcis)
- 地域文化研究専攻 (ask)
- 地域文化研究専攻 イギリス科 (british section)
- 超域文化科学専攻 表象文化論 (repre)
- 地域文化研究専攻 若林研究室 (wakasemi)
- 地域文化研究専攻「ジェノサイド研究の展開」(cgs)
- 広域科学専攻 生命環境科学系 (bio-komaba)
- 国際社会科学専攻 廣松研究室 (stat-komaba)
- 英語教育支援室 英語I運営班 (eigoichi)
- 超域文化科学専攻 比較文学比較文化コース (hikaku)
- 広域科学専攻 関連基礎科学系 吉岡研究室 (yoshioka-lab)
- 広域科学専攻 関連基礎科学系(共通) (dbs)
- 国際社会科学専攻 内山研究室 (politics-komaba)
- 文系三学科 地域文化研究科 ラテンアメリカ分科 (latinamerica)
- 広域科学専攻 生命環境科学系 陶山研究室 (suyamalab)
- 広域科学専攻 広域システム系 人文地理学 (humgeo)
- 広域科学専攻 佐々研究室 (sasa)
- 広域システム科学系 (system)
- 基礎科学科 (kisokagakuka)
- 広域科学専攻 広域システム科学系 増田研究室 (masuda_lab)
- 広域科学専攻 染田研究室 (somedalab)
- 地域文化研究学科 フランス分科 (sfr)
- 文学・芸術の社会的統合機能の研究 (lac)
- 広域科学専攻 関連基礎科学系 科学史・科学哲学研究室 (hps)
- 地域文化研究専攻(古田元夫ゼミ) (furuta-semi)
- 広域科学専攻 生命環境科学系 栗栖研究室 (xtalstructure)
- 広域科学専攻 和田研究室 (lipid)
- 広域科学専攻 関連基礎科学系 加藤雄介研究室 (kato-yusuke-lab)
- 地域文化研究専攻 カンパニア地方の都市とヴェッラ集落をめぐる社会史的研究 (campania)
- 超域文化科学専攻 文化人類学コース (bunjin)
- 超域文化科学専攻/超域文化科学科 (choiki)
- フランス語部会 (langue_fr)
- 教養教育開発機構寄付研究部門「教養教育への囲碁の活用研究部門」(igo)
- 情報システム研究グループ (graco)
- 英語部会 (eigo)
- 広域科学専攻 広域システム科学系 吉田研究室 (yoshidalab)
- 国際社会科学専攻 木畑洋一研究室 (kibata)
- 日独共同大学院プログラム (igk)
- 広域科学専攻 関連基礎科学系 永田研究室 (nagatalab)
- 前期宇宙地球部会 (ea)
- ピアノ委員会 (pfkomaba)
- 広域科学専攻 進化認知科学研究センター (ecs)
- 広域科学専攻 関連基礎科学系 澤井研究室 (sawailab)

- 地域文化研究学科 小地域アメリカ (amst)
- 国際ジャーナリズム寄付講座 (ijs)
- 地域文化研究学科 矢口研究室 (yaguchi)
- 生命環境科学系 認知行動科学研究室 (cbs)
- 複雑系生命システム研究センター 若本研究室 (wakamoto-lab)
- 広域科学専攻 科学技術基礎論大講座 (katetsu)
- 広域科学専攻 生命環境科学系 石浦研究室 (ishiura2008)

教育学研究科／教育学部 (2 組織)

- 教育学研究科・教育学部図書室 (ikuto)
- 附属中等教育学校 (hs)

新領域創成科学研究科 (80 組織)

- 先端生命科学専攻 分子認識化学分野 (molecular-recognition)
- 国際協力学専攻 佐藤研究室 (satoj)
- 国際協力学専攻 (cois)
- 国際協力学専攻 湊研究室 (minato)
- 国際協力学専攻 農業環境学研究室 (aee-labo)
- 環境学研究系 自然環境学専攻 (nenv)
- 環境学研究系 自然環境学専攻 生物圏情報学分野 (bis)
- 自然環境学専攻 自然環境形成学分野 (nef)
- 環境学研究系 社会文化環境学専攻 沿岸域環境研究室 (coastal-env)
- 物質系専攻 木村研究室 (phys)
- 環境学専攻 自然環境評価学研究室 (nee)
- 自然環境学専攻 自然環境構造学分野 (nes)
- 環境学専攻 久田研究室 (sml)
- 複雑理工学専攻 齊木研究室 (yukimuki)
- 人間環境学専攻 鳥居研究室 (torii-lab)
- 環境学専攻 環境健康システム学分野研究室 (envhlth)
- 環境学専攻 自然環境学コース 生物圏機能学分野 (lbf)
- 複雑理工学専攻 佐々木研究室 (sas)
- 国際協力学専攻 柳田研究室 (yanagita)
- 環境学専攻 社会文化環境学大講座 (sbk)
- 環境システム学専攻 徳永研究室 (tokunaga)
- 環境学専攻 環境システムコース 島田研究室 (shimada-labo)
- 人間環境学専攻 人間エネルギー環境学大講座 (hee)
- 物質系専攻 川合研究室 (surfchem)
- 先端生命科学専攻 動物生殖システム分野 (K-medaka)
- 物質系専攻 和田研究室 (wadalab)
- 国際協力学専攻 中山幹康研究室 (nakayama)
- 国際協力学専攻 中山研究室「水のグローバルガバナンス」プロジェクト (ggwater)
- 複雑理工学専攻 鳥海研究室 (gaea)
- 環境システム学専攻 松橋・吉田研究室 (globalenv)
- 先端生命科学専攻 久恒辰博研究室 (hisatsune-lab)
- 海洋技術環境学専攻 環境モデリング統合学研究室 (lemons)
- 先端生命科学専攻 資源生物制御学分野 (seigyō)
- 人間環境学専攻 保坂研究室 (ems)
- 環境学系 岡本研究室 (vis)
- 環境システム学専攻 (envsys)

- 先端生命科学専攻 医薬デザイン工学分野 (iyaku)
 - 人間環境学大講座 メディア環境学研究室 (mesh)
 - 人間環境学専攻 (h-k)
 - 先端エネルギー工学専攻 藤井研究室 (fujilabkashiwa)
 - 環境学研究系 国際協力学専攻 國島研究室 (kunishimalab)
 - 先端生命科学専攻 (ib)
 - 先端生命科学専攻 人類進化システム分野 (jinrui)
 - 先端エネルギー工学専攻 鈴木研究室 (aesuzuki)
 - 社会文化環境学専攻 環境音響学研究室 (env-acoust)
 - 社会文化環境学専攻 味塾研究室 (minolab)
 - 環境システム学専攻 地球環境工学研究室 (geelhome)
 - 環境システム学専攻 大島研 (oshima-lab)
 - 先端生命科学専攻 生命応答システム分野 (outou)
 - 人間環境学専攻 鳥居研究室 (droptech)
 - 自然環境学専攻 自然環境変動学分野 (changes)
 - 生涯スポーツ健康科学研究センター (hss)
 - メディカルゲノム専攻 生命分子解析学分野 (phys-biochem)
 - 環境システム学専攻 柳沢研究室 (yy-lab)
 - 複雑理工学専攻 溝川研究室 (mizokawa)
 - 環境学研究系 サステナビリティ学教育プログラム (sustainability)
 - 社会文化環境学専攻 清水研究室 (rshimizu)
 - 人間環境学専攻 神保研究室 (jimbo_lab)
 - 複雑理工学専攻 高瀬・江尻研究室 (takase-ejiri-lab)
 - 複雑理工学専攻 武田常広研究室 (meg)
 - 国際協力学専攻 戸堂康之研究室 (yastodo)
 - 環境システム学専攻 海洋環境システム学研究室 (marenv)
 - 社会文化環境学専攻 北沢猛研究室 (kitazawalab)
 - 環境システム学専攻 室内環境保全学分野 (ieq)
 - 社会文化環境学専攻 鬼頭研究室 (kitosh)
 - 国際協力学専攻 田中幸夫研究室 (yukio)
 - メディカルゲノム専攻 田口研究室(科研費特定領域研究) (protein)
 - 海洋技術環境学専攻 (otpe)
 - 先端生命科学専攻 植物生存システム分野 (pls)
 - メディカルゲノム専攻 医用機能分子工学分野 (moldes)
 - 物質系専攻 高木研究室 (takagi_lab)
 - 人間環境学専攻 構造システム研究室 (nasl)
 - 先端生命科学専攻 遺伝システム革新学分野 (idensystem)
 - 先端生命科学専攻 資源生物創成学研究分野 (birt)
 - 海洋技術環境学専攻 鈴木研究室 (ospl)
 - 物質系専攻 ファン研究室 (hwanglab)
 - 複雑理工学専攻 杉田研究室 (astrobio)
 - 基盤科学研究系 物質系専攻 多次元画像科学講座 (sasakilab)
 - 先端エネルギー工学専攻 プラズマ理工学研究室 (ppl)
 - 国際協力学専攻 堀田研究室 (horitalab)
- 情報学環・学際情報学府 (1 組織)
- 佐倉研究室 (sakuralab)
- 情報理工学系研究科 (12 組織)

- システム情報学専攻 第七研究室 (mels)
- 知能機械情報学専攻 下山・松本研究室 (leopard)
- 知能機械情報学専攻 (ist)
- システム情報学専攻 第5研究室 (cyb)
- 数理情報学専攻 武市研究室 (ipl)
- 数理情報学専攻 (mist)
- システム情報学専攻 (ipc)
- 21世紀COE「情報科学技術戦略コア」(coe-inside)
- 情報理工学系研究科 (ist-inside)
- 知能機械情報学専攻 CREST 移動体プロジェクト (crestidotai)
- 創造情報学専攻 石塚研究室 (ishizuka-lab)
- 数理情報学専攻 竹村教授室 (atstat)

公共政策大学院 (graspp)

生産技術研究所 (1 組織)

- 第5部 村松研究室 (WEUHRP)

留学生会、同窓会、クラブ等：6 組織

東京大学中国留学生学友会 (acsut)

東京大学台湾留学生会 (today-tsa)

Tokyo University Islamic Cultural Society (tuics)

農学生命科学研究科 生物・環境工学専攻 同窓会 (shikou)

The University of Tokyo Nepalese Forum (TUNeF)

Myanmar Student's Association (msa)

関連 URL：<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/>

遠隔講義支援サービス運用報告(2008.4 2009.3)

電子教材係

1 運用報告

2008 年度においては、遠隔講義支援に関わる設備等は次の利用回数があった。
以下にその詳細を記す。

	会議等(回数)	講義等(講座数)
1) 本郷 情報基盤センター413 遠隔講義室	10	3
2) 本郷 情報基盤センター405 遠隔スタジオ	21	-
3) 駒場 情報教育棟 E49 遠隔講義室	12	3
4) 貸出用テレビ会議システム	1	-
5) MCU:テレビ会議システム多地点接続制御装置	36	1
6) インターネットライブ中継	2	4

2 IP 遠隔会議システム

2.1 会議等利用状況 (学外接続利用のみ抜粋)

2.1.1 本郷 情報基盤センター413 遠隔講義室

2008年07月31日(木) 08:30-17:00	情報基盤センター	西澤 明生
2008年08月01日(金) 08:30-17:00	情報基盤センター	西澤 明生
2008年08月20日(水) 15:00-17:00	情報基盤センター	関谷 勇司
2008年08月21日(木) 13:00-14:00	情報基盤センター	関谷 勇司
2008年10月06日(月) 15:00-17:00	情報基盤センター	二宮 崇
2008年12月25日(木) 12:30-16:00	情報基盤センター	片桐 孝洋
2008年12月26日(金) 13:00-18:00	情報基盤センター	二宮 崇
2009年01月29日(木) 14:30-17:00	情報基盤センター	関谷 勇司
2009年02月09日(月) 09:30-18:30	情報基盤センター	関谷 勇司
2009年02月10日(火) 18:00-20:00	情報基盤センター	加藤 朗

2.1.2 本郷情報基盤センター405 遠隔スタジオ

2008年04月17日(木) 15:00-18:00	情報基盤センター	中山 雅哉
2008年04月18日(金) 17:00-18:15	情報基盤センター	中山 雅哉
2008年05月16日(金) 10:00-13:00	情報基盤センター	柴山 悦哉
2008年05月28日(水) 10:00-12:00	情報基盤センター	中山 雅哉
2008年05月28日(水) 10:00-12:00	情報基盤センター	中山 雅哉
2008年06月18日(水) 14:30-15:30	情報基盤センター	柴山 悦哉

2008年07月02日(水) 16:20-18:00 情報基盤センター 中山 雅哉
 2008年07月08日(火) 15:00-15:30 情報基盤センター 中山 雅哉
 2008年07月10日(木) 17:30-20:00 情報基盤センター 吉廣 保
 2008年08月01日(金) 10:00-12:00 情報基盤センター 片桐 孝洋
 2008年08月13日(水) 15:00-18:00 情報基盤センター 中山 雅哉
 2008年08月21日(木) 15:30-19:00 情報基盤センター 吉廣 保
 2008年08月26日(火) 12:00-13:00 情報基盤センター 中山 雅哉
 2008年08月26日(火) 13:00-15:00 情報基盤センター 柴山 悦哉
 2008年09月19日(金) 17:00-18:30 情報基盤センター 吉廣 保
 2008年11月04日(火) 15:00-16:00 情報基盤センター 松葉 浩也
 2008年11月25日(火) 17:30-20:00 情報基盤センター 中山 雅哉
 2008年12月17日(水) 18:10-18:30 情報基盤センター 中山 雅哉
 2009年01月26日(月) 18:00-20:00 情報基盤センター 中山 雅哉
 2009年01月28日(水) 15:00-15:30 情報基盤センター 中山 雅哉
 2009年02月12日(木) 14:00-18:00 情報基盤センター 中山 雅哉

2.1.3 駒場情報教育棟 E49 遠隔講義室、および教材作成室(*)

2008年04月15日(火) 17:30-19:00 文学部 高橋 原
 2008年04月17日(木) 10:00-16:10 新領域創成科学研究科 小野 靖
 2008年05月14日(水) 09:00-13:00 総合文化研究科 山本 哲史
 2008年05月20日(火) 17:00-18:30 総合文化研究科 池上 高志(*)
 2008年06月30日(月) 09:00-14:00 総合文化研究科 山本 哲史
 2008年07月18日(金) 19:00-21:00 東洋文化研究所 玄 大松
 2008年07月23日(水) 19:00-21:00 東洋文化研究所 玄 大松
 2008年07月28日(月) 09:00-14:00 総合文化研究科 山本 哲史
 2008年09月16日(火) 14:20-17:30 東アジア・バラルアーツ・イニシアティブ 伊藤未帆
 2008年10月27日(月) 14:00-18:00 総合文化研究科 松田 恭幸
 2009年01月22日(木) 10:30-12:30 東アジア・バラルアーツ・イニシアティブ 伊藤 未帆
 2009年03月26日(木) 10:15-12:30 東アジア・バラルアーツ・イニシアティブ 伊藤 未帆

2.1.4 貸出用テレビ会議システム

2009年03月19日(木) 3月30日(月) 薬学系研究科 五十嵐 中

2.2 講義等利用状況

2.2.1 本郷 情報基盤センター413 遠隔講義室

2008年4月21日 - 2009年01月19日 毎週月曜日 13:00-14:45
 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学輪講 柏キャンパスと接続

2008年04月08日 - 2008年08月15日 毎週火曜日 10:00-12:00
 工学系研究科/新領域創成科学研究科 情報セキュリティ基盤論 柏キャンパスと接続

2008年04月18日 - 2009年01月23日 毎週金曜日 10:15-11:55
 新領域創成科学研究科 平成20年度基盤情報学専攻輪講 柏キャンパスと接続

2.2.2 駒場情報教育棟 E49 遠隔講義室

2008年04月15日 - 2008年07月22日 毎週火曜日 16:20-17:50
情報学環 全学自由研究ゼミナール「学際情報学への招待」情報学環と接続

2008年10月07日 - 2009年01月27日 毎週火曜日 14:20-17:30
東アジア・パラルーツ・イニシアティブ(EALAI) E-lecture (ソウル大学との共同講義)
ソウル大学基礎教育院、ハノイ国家大学と接続

2008年10月16日 - 2009年01月29日 毎週木曜日 14:30-16:30
学術俯瞰講義「グローバル化する社会に生きる」教養学部18号館ホールと接続

3 MCU サービス

3.1 会議等利用状況

2008年04月02日(水) 10:30-12:00 情報基盤センター 中山 雅哉 3地点同時接続
2008年04月03日(木) 10:00-17:00 理学系研究科 藤代 知子 4地点同時接続
2008年04月23日(水) 10:00-12:30 情報基盤センター 米山 浩 3地点同時接続
2008年04月23日(水) 17:00-19:30 柏地区新領域担当課 三浦 勝正 3地点同時接続
2008年05月02日(金) 12:00-14:00 情報基盤センター 松葉 浩也 4地点同時接続
2008年05月14日(水) 13:30-15:30 総括プロジェクト機構 山本 成一 5地点同時接続
2008年05月16日(金) 12:30-18:30 総括プロジェクト機構 山本 成一 5地点同時接続
2008年05月28日(水) 17:00-19:30 柏地区新領域担当課 三浦 勝正 3地点同時接続
2008年06月02日(月) 10:00-18:00 情報基盤センター 宮寄 洋 4地点同時接続
2008年06月05日(木) 12:00-19:00 総括プロジェクト機構 山本 成一 5地点同時接続
2008年06月25日(水) 17:00-19:00 柏地区新領域担当課 三浦 勝正 3地点同時接続
2008年06月26日(木) 13:00-17:00 数理科学研究科 一井 信吾 11地点同時接続
2008年06月30日(月) 09:00-14:00 総括プロジェクト機構 山本 成一 5地点同時接続
2008年07月17日(木) 10:00-12:30 情報基盤センター 米山 浩 6地点同時接続
2008年07月22日(火) 09:00-14:00 総括プロジェクト機構 山本 成一 6地点同時接続
2008年07月23日(水) 17:00-19:20 柏地区新領域担当課 三浦 勝正 3地点同時接続
2008年08月11日(月) 09:00-14:00 総括プロジェクト機構 山本 成一 6地点同時接続
2008年09月01日(月) 09:00-14:00 総括プロジェクト機構 山本 成一 6地点同時接続
2008年09月16日(火) 14:20-17:30 東アジアパラルーツイニシアティブ 伊藤 未帆
3地点同時接続
2008年09月24日(水) 09:00-12:30 生産技術研究所 山本 成一 7地点同時接続
2008年10月06日(月) 12:30-17:00 総括プロジェクト機構 山本 成一 3地点同時接続
2008年11月10日(月) 16:15-19:30 柏地区新領域担当課 三浦 勝正 3地点同時接続
2008年11月14日(金) 15:00-18:00 サステナビリティ学連携研究機構 小貫 元治
5地点同時接続
2008年11月19日(水) 17:00-19:20 柏地区新領域担当課 三浦 勝正 3地点同時接続
2008年12月09日(火) 12:00-17:00 理学系研究科 藤代 知子 3地点同時接続
2008年12月17日(水) 17:00-19:20 柏地区新領域担当課 三浦 勝正 3地点同時接続
2008年12月19日(金) 13:00-16:00 情報基盤センター 関谷 勇司 4地点同時接続
2009年01月06日(火) 10:00-12:00 サステナビリティ学連携研究機構 小貫 元治
7地点同時接続

2009年01月15日(木) 10:00-15:00 情報基盤センター 米山 浩 3地点同時接続
2009年02月12日(木) 09:30-13:00 サステイナビリティ学連携研究機構 小貫 元治
6地点同時接続
2009年02月17日(火) 11:00-15:00 情報基盤センター 米山 浩 3地点同時接続
2009年03月02日(月) 09:00-18:00 サステイナビリティ学連携研究機構 小貫 元治
6地点同時接続
2009年03月03日(火) 09:00-18:00 サステイナビリティ学連携研究機構 小貫 元治
6地点同時接続
2009年03月04日(水) 09:00-18:00 サステイナビリティ学連携研究機構 小貫 元治
6地点同時接続
2009年03月26日(木) 17:30-21:00 情報基盤センター 佐藤周行 3地点同時接続
2009年03月27日(金) 11:00-13:00 サステイナビリティ学連携研究機構 小貫 元治
5地点同時接続

3.2 講義等利用状況

2008年04月14日 - 2009年01月26日 毎週月曜日 16:30-18:20
新領域創成科学研究科 複雑理工学輪講 I,II 3地点同時接続

4 インターネットライブ中継

2008年04月09日 - 2008年07月02日 毎週水曜日 16:20-17:50
学術俯瞰講義 変化する都市-政治・技術・祝祭-」(配信範囲: 学内のみ)

2008年04月17日 - 2008年07月10日 毎週木曜日 14:40-16:10
学術俯瞰講義 心に挑む-心理学との出会い、心理学の魅力-」(配信範囲: 学内のみ)

2008年07月04日 13:00-17:00
環境安全本部 東京大学 安全の日」講演会 (配信範囲: 学内のみ)

2008年10月08日 - 2009年01月14日 毎週水曜日 16:20-17:50
学術俯瞰講義 「137億年の「物質」の旅 -ビッグバンからみどりの地球へ-」(配信範囲: 学内のみ)

2008年10月09日 - 2009年01月29日 毎週木曜日 14:40-16:10
学術俯瞰講義 「グローバル化する社会に生きる -地球規模での競争の時代における日本-」
(配信範囲: 学内のみ)

2009年03月24日 09:00-12:15
平成20年度東京大学卒業式

関連 URL <http://elearn.itc.u-tokyo.ac.jp/>

CFIVE 運用報告(2008年4月—2009年3月)

電子教材係

1 経過

CFIVE はプログラムソースを公開している学習管理システムであり、2004年4月より東京大学でのサービスを開始した。サービス開始以来 CFIVE を利用する講義数は順調に増加しており、2005年度は35講義、2006年度は63講義、2007年度は104講義、2008年度は126講義で利用された。

以下に利用された講義名等のデータ、改良された機能、広報等を示す。

2 夏学期に CFIVE を利用した講義

夏学期(2008年4月—2008年9月)に CFIVE を利用した講義は以下の通りである。

1	教養学部(前期課程)	はいばーワークブック	はいばーワークブックプロジェクト
2	教養学部(前期課程)	初修外国語スペイン語(公開講座,全員登録)	スペイン語部会全教員
3	教養学部(前期課程)	情報(共通)	丹羽 清ほか
4	教養学部(前期課程)	情報(月 1)	増原 英彦
5	教養学部(前期課程)	情報(金 1)	蔡 東生
6	教養学部(前期課程)	情報(木 3)	辰己 丈夫
7	教養学部(前期課程)	情報(火 3)	中谷 多哉子
8	教養学部(前期課程)	情報(金 2)	蔡 東生
9	教養学部(前期課程)	情報(月 4)	田村 肇
10	教養学部(前期課程)	情報(月 3)	河内谷 幸子
11	教養学部(前期課程)	情報(水 4)	美馬 秀樹
12	教養学部(前期課程)	情報(金 2)	広田 光一
13	教養学部(前期課程)	情報(月 5)	竹内 郁雄
14	教養学部(前期課程)	情報(火 3)	田浦 健次朗
15	教養学部(前期課程)	情報(木 2)	原田 至郎
16	教養学部(前期課程)	情報(木 3)	原田 至郎
17	教養学部(前期課程)	情報(金 3)	藤垣 裕子
18	教養学部(前期課程)	情報(水 3)	日暮 栄治
19	教養学部(前期課程)	情報(水 3)	石崎 雅人
20	教養学部(前期課程)	情報(火 2)	石崎 雅人
21	教養学部(前期課程)	情報(火 2)	丹羽 清
22	教養学部(前期課程)	情報(月 4)	玉井 哲雄
23	教養学部(前期課程)	情報(火 4)	玉井 哲雄
24	教養学部(前期課程)	情報(金 3)	中村 政隆
25	教養学部(前期課程)	情報(金 4)	中村 政隆
26	教養学部(前期課程)	情報(水 2)	開 一夫
27	教養学部(前期課程)	情報(金 4)	藤垣 裕子
28	教養学部(前期課程)	情報(水 2)	植田 一博
29	教養学部(前期課程)	情報(水 4)	植田 一博
30	教養学部(前期課程)	情報(火 4)	山口 和紀
31	教養学部(前期課程)	情報(木 1)	山口 泰
32	教養学部(前期課程)	情報(月 3)	柴山 悦哉

33	教養学部(前期課程)	変化する都市-政治・技術・祝祭-(水5)	鈴木博之他
34	教養学部(前期課程)	生命科学I(1)(月3)	佐藤直樹
35	教養学部(前期課程)	生命科学(1)(木1)	佐藤直樹
36	教養学部(前期課程)	英語2列C(C)(水3)	中尾まさみ
37	教養学部(前期課程)	英語2列C(C)(水4)	中尾まさみ
38	教養学部(前期課程)	図形科学II(共通)	鈴木賢次郎ほか
39	教養学部(前期課程)	心に挑む-心理学との出会い、心理学の魅力-(木4)	丹野義彦他
40	教養学部(前期課程)	英語二列R(R)(金3)	矢口祐人
41	総合文化研究科	情報組織論II,情報システム論(水2)	山口 泰
42	教養学部(前期課程)	英語二列R(R)(木2)	小林薫
43	教養学部(前期課程)	近現代史I(木5)	伊熊幹雄
44	教養学部(後期課程)	メディア・コミュニケーション論II	伊熊幹雄
45	教養学部(前期課程)	英語二列C(C)(火3)	奥 聡一郎
46	教養学部(前期課程)	英語二列C(C)(火4)	奥 聡一郎
47	教養学部(前期課程)	英語二列R(R)(金1)	荒木純子
48	教養学部(前期課程)	英語二列R(R)(金2)	荒木純子
49	教養学部(前期課程)	宇宙科学実習II(月4,5)	鈴木 建
50	教養学部(前期課程)	宇宙科学実習II(火4,5)	鈴木 建
51	教養学部(前期課程)	英語二列C(月4)	河合祥一郎
52	教養学部(前期課程)	英語二列C(月3)	河合祥一郎
53	教養学部(前期課程)	中級英語(国コミL&S)60 Minutesを聞く、語る(木3)	山本久美子
54	教養学部(前期課程)	中級英語(国コミL&S)60 Minutesを聞く、語る(木2)	山本久美子
55	教養学部(前期課程)	法と社会(月2)	岩田太
56	教養学部(前期課程)	図形科学II(月3)	金井崇, 田中一郎
57	教養学部(前期課程)	英語二列C(C)(木3)	広瀬友紀
58	教養学部(前期課程)	英語二列C(C)(木2)	広瀬友紀
59	教養学部(前期課程)	基礎現代化学(木5)	永田 敬
60	教養学部(前期課程)	情報(木2)	田中哲朗
61	教養学部(前期課程)	図形科学II(月4)	金井崇, 田中一郎
62	教養学部(後期課程)	国際協力	旭英昭
63	総合文化研究科	計算機構論1	山口和紀
64	教養学部(前期課程)	平和プロセスと国際協力2	旭英昭
65	教養学部(前期課程)	全学自由研究ゼミナール 情報システム利用入門(金5)	玉井哲雄,金子知道
66	教養学部(前期課程)	図形科学II(金4)	道川隆士,堤江美子
67	教養学部(前期課程)	図形科学II(金3)	堤江美子,道川隆士
68	教養学部(前期課程)	図形科学II(木3)	山口 泰
69	教養学部(前期課程)	英語二列R(R)(木3)	小林薫
70	教養学部(前期課程)	図形科学II(木2)	深野暁雄(代理-山口 泰)
71	教養学部(前期課程)	プログラム構成論(水5)	山口和紀
72	教養学部(前期課程)	図形科学演習II(水5)	山口 泰
73	教養学部(前期課程)	図形科学II(水4)	柏原賢二,鈴木賢次郎
74	教養学部(前期課程)	図形科学II(水3)	鈴木賢次郎,柏原賢二
75	教養学部(前期課程)	情報科学概論I(火5)	増原英彦
76	教養学部(前期課程)	図形科学II(火3)	横山ゆりか
77	教養学部(前期課程)	図形科学II(火4)	奈尾信英
78	教養学部(前期課程)	中級英語(W)(月2)	小林薫
79	教養学部(前期課程)	現代国際社会論(月5)	旭英昭

3 冬学期に CFIVE を利用した講義

冬学期(2008年10月－2009年3月)に CFIVE を利用した講義は以下の通りである。

1	教養学部(前期課程)	初修外国語スペイン語(公開講座,全員登録)	スペイン語部会全教員
2	教養学部(前期課程)	情報科学(金1)	山口和紀
3	教養学部(前期課程)	情報科学(水4)	田中哲朗
4	教養学部(前期課程)	テーマ講義(木4)	丸山康司 飯田誠
5	教養学部(前期課程)	はいばーワークブック	はいばーワークブックプロジェクト
6	工学部	スパコンプログラミング(1)(火2)	片桐孝洋
7	教養学部(前期課程)	学術俯瞰講義「グローバル化する社会に生きる」(木4)	荒巻健二、廣松毅
8	教養学部(前期課程)	英語二列P(PW)(木3)	小林薫
9	教養学部(前期課程)	英語二列P(PW)(木2)	小林薫
10	教養学部(前期課程)	英語二列P(PW)(火4)	小林薫
11	教養学部(前期課程)	情報科学(金4)	増原英彦
12	教養学部(前期課程)	情報科学(月4)	河内谷幸子
13	教養学部(前期課程)	ALESS ライティングセンター(英語二列 PA 履修者)	板津木綿子ほか
14	工学部	コンピュータ及び演習(水1)	阿久津 好明
15	教養学部(前期課程)	情報科学(火4)	玉井哲雄
16	教養学部(前期課程)	情報科学概論 II(木5)	玉井哲雄
17	工学部	プログラミング基礎 D(金 3,4,5)	白山 晋
18	工学部	ソフトウェア第一/機械ソフトウェア演習(水 4-5)	森武俊, 広田光一, 杉田直彦
19	教養学部(前期課程)	近現代史 II(木5)	伊熊幹雄
20	教養学部(前期課程)	学術俯瞰講義「137億年の「物質」の旅」(水5)	永田 敬
21	教養学部(前期課程)	英語二列 P (PA)(月4)	リー・シーチェン ナンシー
22	教養学部(前期課程)	英語二列 P (PA)(月5)	リー・シーチェン ナンシー
23	教養学部(前期課程)	英語二列 P (PA)(火2)	リー・シーチェン ナンシー
24	教養学部(前期課程)	英語二列 P (PA)(火4)	リー・シーチェン ナンシー
25	教養学部(前期課程)	英語二列 P (PA)(火5)	リー・シーチェン ナンシー
26	教養学部(前期課程)	英語二列 P (PA)(金2)	リー・シーチェン ナンシー
27	教養学部(前期課程)	英語二列 P (PA)(金3)	リー・シーチェン ナンシー
28	教養学部(前期課程)	英語二列 P(PO)(月4)	河合祥一郎
29	教養学部(前期課程)	英語演習2(R2)(木2)	河合祥一郎
30	教養学部(前期課程)	経済政策(月5)	河村 哲二
31	教養学部(前期課程)	英語二列 P (PA)(木2)	リー・シーチェン ナンシー
32	教養学部(前期課程)	情報工学(木3)	中村典裕
33	教養学部(前期課程)	全学自由研究ゼミナール宇宙素粒子物理学のフロンティア(水4)	大橋正健
34	工学部	プログラミング基礎演習(金5)	川原圭博, 峯松信明, 伊庭斉志
35	教養学部(前期課程)	統計分析(木5)	安藤 雅和
36	教養学部(前期課程)	情報科学(金3)	上田哲郎
37	教養学部(前期課程)	英語二列(PO)(火4)	奥 聡一郎
38	教養学部(後期課程)	アメリカ思想テキスト分析(火2)	ロビンズ・ロジャー
39	総合文化研究科	北米・南米地域文化演習 II(火3)	ロビンズ・ロジャー
40	文学部	哲学特殊講義(木5)	ロビンズ, ロジャー
41	教養学部(前期課程)	英語二列(PO)(火3)	奥 聡一郎
42	教養学部(前期課程)	データ分析(水1)	和田 毅
43	教養学部(前期課程)	特殊研究演習 III(グローバル化の社会学)(火2)	和田 毅
44	情報基盤センター	技術職員研修	情報基盤センター

45	教養学部(前期課程)	環境エネルギー科学基礎概論(木 5)	飯田 誠
46	教養学部(前期課程)	日本国憲法(金 5)	渋谷秀樹
47	広域科学科広域システム	情報システム科学 V(火 2)	山口 泰

4 組織毎の利用状況

組織毎にまとめた 2008 年度の利用状況は、以下の通りである。

開講組織	講義数
教養学部(前期課程)	112
工学部	5
教養学部(後期課程)	3
総合文化研究科	3
情報基盤センター	1
広域科学科広域システム	1
文学部	1
合計	126

5 新たに追加・改善された機能

2008 年度に新たに CFIVE に追加・改善された機能は、以下の通りである。

- ・旧サーバ運用環境におけるチューニング
- ・新サーバ移行に伴う、システム冗長化の検証
- ・新サーバ移行に伴う、システム負荷テストの策定・実施
- ・新サーバ移行に伴う、システムレスポンス向上
- ・新サーバ環境への移行

6 広報

2008 年度に行った主な広報は、以下の通りである。

お知らせ

- | | | |
|----|------------------------------------|------------|
| 1 | 受講していない講義でも表示されることがあります | 2008/4/3 |
| 2 | 最終提出時刻や各レポートの登録日として表示される日時について | 2008/4/3 |
| 3 | 課題作成の際の注意について(教職員向け) | 2008/4/3 |
| 4 | 学生自身による CFIVE のコースへのユーザ登録(学生向け) | 2008/4/3 |
| 5 | IC カードによる出欠管理システムについて(教職員向け) | 2008/4/3 |
| 6 | 平成 20 年度夏学期の CFIVE のご利用について(教職員向け) | 2008/6/6 |
| 7 | CFIVE に関する情報について | 2008/6/6 |
| 8 | 「課題」レポートが登録できない場合(学生向け) | 2008/6/6 |
| 9 | CFIVE マニュアルについて | 2008/6/13 |
| 10 | WebDAV サーバへの接続について | 2008/6/13 |
| 11 | c5-support への問い合わせ(学生向け) | 2008/8/12 |
| 12 | 推奨ブラウザについて | 2008/8/19 |
| 13 | CFIVE メンテナンスのお知らせ | 2008/8/19 |
| 14 | 平成 20 年度冬学期コース登録について | 2008/10/21 |

15	CFIVESupport ではレポート提出の受付は行っておりません。(学生向け)	2008/10/22
16	課題提出時の注意	2008/10/22
17	課題再提出時の注意(学生向け)	2008/11/7
18	課題・教材が参照できない(学生向け)	2008/11/7
19	CFIVE 運用停止(12/12~13)のお知らせ	2008/11/25
20	CFIVE システム更新によるサービス停止のお知らせ	2009/2/25
21	WebDAV 機能の不具合について	2009/3/30

図書館電子化部門



データベースリーフレット



ネットでアカデミック 学術情報へのアクセスガイド



東京大学 OPAC

図書館電子化部門

概要

図書館情報係長 本多 玄

図書館電子化部門は本学の学生・教職員の学習・教育・研究活動にとって必要不可欠な学術情報をデジタルコンテンツとしてネットワークを介して提供するとともに、本学において日々生産・蓄積される研究成果を電子化し社会に向けて発信するための事業、またそれら電子的学術情報を利用者が十分に利活用できるよう講習会等による情報リテラシー支援事業を附属図書館とも連携しながら行なっている。

図書館電子化部門にはこれらの目的に沿って「図書館情報係」「デジタル・ライブラリ係」「学術情報リテラシー係」の3係が置かれている。

図書館電子化部門が提供しているサービス・事業の主なものとして以下がある。

- 東京大学 OPAC
- GACoS
- 東京大学学術機関リポジトリ
- 学位論文データベース
- 東京大学で利用できる電子ジャーナル検索
- 各種電子版貴重書
- 「ネットでアカデミック」等の発行
- 各種講習会・情報探索ガイダンスの実施

2008年度は上記に関し以下の事業を行なった

- 図書館システムの各種改修
- 次期図書館システム導入に向けての検討
- 東京大学機関リポジトリのコンテンツ増強およびシステム強化
- 学位論文データベースへのコンテンツ追加
- 学内貴重資料の電子化支援
- 附属図書館展示会の支援(電子展示作成)
- データベース講習会の充実
- 「ネットでアカデミック」や「図書館利用ガイド」等印刷出版物の内容改訂
- 「GACoS」の内容メンテナンスやメールマガジン「Litetopi」の発行
- 図書系職員のアプリケーション開発能力を高めるための支援

デジタルコンテンツサービス

デジタル・ライブラリ係

1 運用報告

1.1 東京大学学術機関リポジトリの構築

東京大学学術機関リポジトリ～UT Repository～とは、東京大学で生産されたさまざまな研究成果を電子的な形態で集中的に蓄積・保存し、学内外に公開することを目的としたインターネット上の発信拠点である。平成 16 年度から附属図書館と連携し学術機関リポジトリの構築を行い、平成 18 年 4 月 1 日から「東京大学学術機関リポジトリ(UT Repository)」としてサービスを開始した。

(<http://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/>)

平成 20 年度は、昨年度に引き続き、国立情報学研究所の最先端学術情報基盤(CSI)構築事業による外部資金を調達・活用するなどして、附属図書館と連携協力して次の業務を行った。



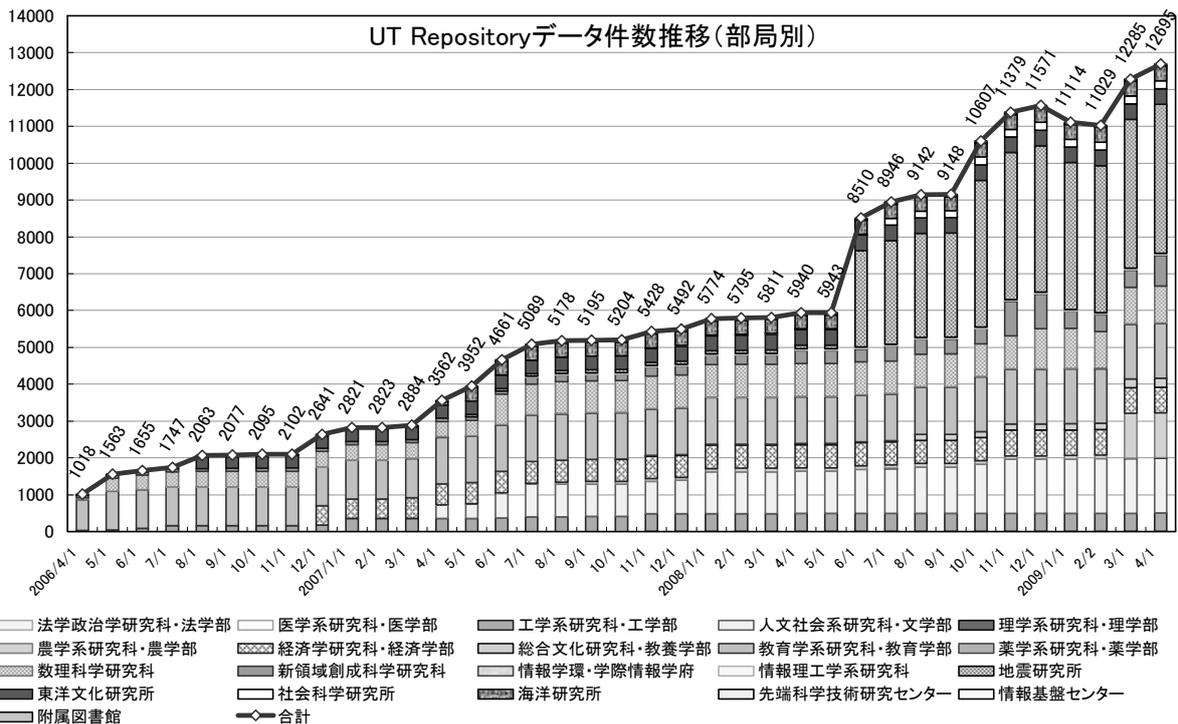
1.1.1 広報活動

学位論文のリポジトリ登録制度拡大のため、全部局の学位論文担当者への説明資料として、教員、事務担当者、学生へ向けたきめ細かい資料を作成し、更に学位論文のリポジトリ登録を制度化していない 15 部局の学位論文担当者への説明を作成資料に基づき実施した。

1.1.2 コンテンツ作成と著作権許諾処理

紀要、学位論文、学術雑誌論文を中心としてコンテンツの収集と作成を行い、3 月末には約 12,700 件のデータを公開しており、前年度以前と比較すると飛躍的に増大している。

機関リポジトリでは本文そのものを PDF 等で公開するため、単に電子化作業を行うだけではなく、著作権の許諾処理を必須として作業を行っている。著者本人や共著者の許諾はもちろんであるが、学術雑誌掲載論文では出版者の許諾も必要であるため、機関リポジトリへの掲載許諾情報を調査し、必要に応じて学協会等へ個々に許諾の確認を取る作業を行った。また、紀要等のバックナンバーの電子化にあたり、著者への許諾を電子メールと郵送により実施した。



1.2 電子ジャーナルのゲートウェイサービス

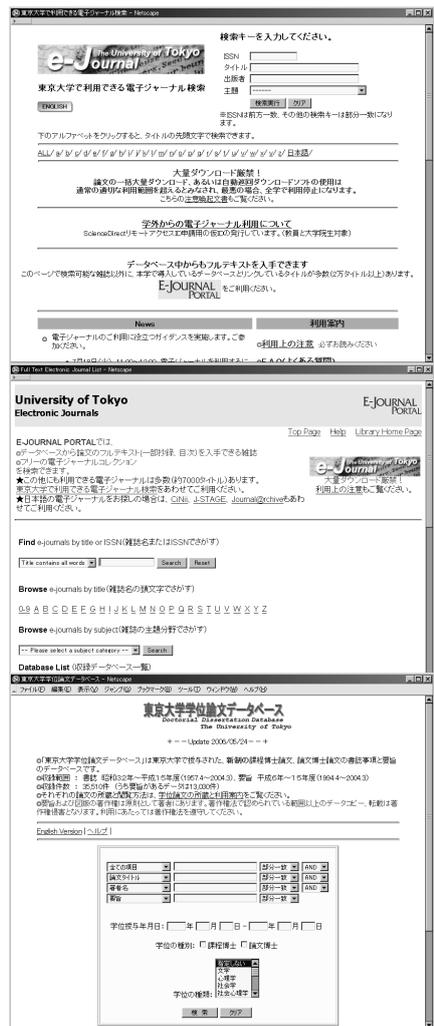
ゲートウェイとして、SSL-VPN Gateway サービス(試行版)を実施、3月末現在で約50件のデータベースや電子ジャーナルのパッケージに、外部から当該ゲートウェイを介してアクセス可能である。

電子ジャーナルの提供を円滑に行うための電子ジャーナルリンク集データベース(約8,500件)のメンテナンス及びプロキシサーバの維持・管理と、本学が契約するデータベースを経由して利用できる電子ジャーナルとフリーの電子ジャーナルについての管理ソフトを導入したE-Journal Portal(約45,000件)の学内へのサービスを行っている。

1.3 東京大学学位論文要旨データベースの構築

学位論文データベースは従来冊子体で刊行されていた「東京大学博士学位論文の内容の要旨と審査結果の要旨」を電子化して公開しているものである。

平成20年度は平成18年度論文要旨約1,400件の電子化を行った。昨年度同様に、提出電子ファイルを全面的に利用し、データベース作成の効率化と経費の削減を図った。
(<http://gakui.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/>)



1.4 貴重書のデータベース化支援

1.4.1 スタニスラス・プチ『産業実務家』

教養学部の前身である第一高等学校の教育資料のうち、機械製図の教材として使用されたとと思われる、スタニスラス・プチ編纂の『産業実務家』を電子化し、本部門の公開用サーバからの公開を行った。

本書は建築・機械など 126 図 120 枚からなる図面集であり（第 125 図は欠）、当時は機械製図の演習等に利用されていたと思われる。

(<http://gazo.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/petit/>)

1.4.2 教育用掛図

これも第一高等学校の旧蔵資料であり、現在は駒場図書館に保存されている。今回は既に修復とデジタル化を終えたものについて公開用サーバから公開した。

教育用掛図とは、例えば地図や人体図等を掛け軸に仕立てたもので、戦前は教育の現場で広く使用されていたものである。現在は、約 70 点を公開している。

(<http://gazo.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/ichiko/kakezu/index.html>)

1.5 貴重書展示会の支援

附属図書館展示委員会に協力し、常設展示および特別展示への協力を行っている。平成 20 年度まで開催された「東京大学創立 130 周年記念事業「知のプロムナード」関連展示 鷗外と地図 ー東京大学総合図書館所蔵鷗外文庫よりー」及び平成 20 年度の特別展示「かわら版・絵巻に見る江戸・明治の災害情報ー石本コレクションからー」では、パンフレット及びポスターのデザイン作成を行い、電子展示版（ホームページ）を作成・公開した。

(http://www.lib.u-tokyo.ac.jp/tenjikai/josetsu/2007_12/)



学術情報リテラシー支援

学術情報リテラシー係

1 運用報告

1.1 情報探索ポータルサイト GACoS(Gateway to Academic Contents System)の運用

電子的な学術情報にアクセスするためのポータルサイトとして GACoS(ガコス、日本語・英語・中国語・韓国語の4ヶ国語版)を継続的に構築、運用した。平成20年度は「出張講習会」「メールマガジン」のページを新たに追加するとともに、ページ名称の改訂や各種サービスのバナー表示など、利用者が直感的に使えるよう改良した。このほか、講習会の日程が携帯電話から入手できるサイトを新たに開設するなど、内容を充実した。

(<http://www.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/>)

1.2 リテラシー支援資料の作成・改訂

1.2.1 「図書館利用ガイド」

東京大学の図書館を初めて利用する学生等を対象とした「図書館利用ガイド 2009」、英語版「Guide to UT Libraries 2009」(ともに附属図書館学術情報リテラシー教育部会編集)の作成に協力し、「第2部 インターネットリソースへのアクセス」を担当した。

1.2.2 「ネットでアカデミック」

東京大学における文献収集のガイドブックとして発行している小冊子「ネットでアカデミック 2009」(日本語・英語・中国語・韓国語の4ヶ国語版)を作成した。電子ジャーナルやデータベース等学内限定のサービスを学外からも利用できる「SSL-VPN Gateway サービス(試行)」の解説を加えるなど、内容の改訂を行なった。

冊子版を学内各図書館・室に配布するとともに、PDF版をGACoS上で公開し、パソコンからも参照できるようにした。

(<http://www.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/net.html>)



1.2.3 リーフレット

東京大学で利用できるデータベース等のサービスについて、各々の概要や機能等を紹介したリーフレット5種(日本語・英語の2ヶ国語版)を作成し、学内各図書館・室に配布した。平成20年度は、新サービスSSL-VPN Gateway サービス(試行)と雑誌論文入手に関するリーフレットを新規に作成した。特に雑誌論文入手に関するリーフレットについては、電子ジャーナルやUT Article Linkなどを紹介しながら、雑誌論文を入手するまでの流れを4ページ構成で示す新たな試みをした。

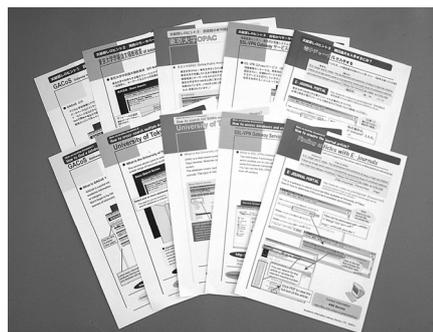
リーフレットには「文献探しのヒント」というシリーズ名称と、「目的に合ったデータベースを探すには？」などの目的性のある名称を個別に付し、各リーフレットの有用性が利用者にわかるよう改良した。

PDF 版を GACoS 上で公開し、パソコンからも参照できるようにしている。

- 日本語版: <http://www.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/literacy.html>
- 英語版: <http://www.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/e/literacy-e.html>

リーフレット 5 種類は次のとおり。

- 目的に合ったデータベースを探すには？ (GACoS)
- 複数のデータベースを横断検索するには？ (東京大学学術論文横断検索・UT Article Search)
- 図書館の本や雑誌を検索するには？ (東京大学 OPAC)
- 自宅からデータベースや電子ジャーナルを使うには？ (SSL-VPN Gateway サービス)
- 雑誌論文を入手するには？ (電子ジャーナル、東京大学学術論文リンク・UT Article Link ほか)



1.2.4 クイックガイド

e-learning 教材として提供していた「オンライン・チュートリアル」および「ネットでアカデミック on Web」に代わり、2 分程度のアニメーションで各サービスの内容がコンパクトにわかるクイックガイドを作成し、GACoS 上で試行的に公開した。

1.3 Litetopi メールマガジンの発行

東京大学所属者に各種データベースサービスや、情報探索ガイダンスの案内などを送る「Litetopi (リテトピ) メールマガジン」の発行を継続して行なった。月 2～3 回の頻度で、No.47 から No.76 までの 30 号を発行した。購読登録者は約 1,050 人に増加した。

バックナンバーは、GACoS(<http://www.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/litetopi.html>)から参照できるようにしている。

1.4 学術データベースの拡充

明治から現在までの総合雑誌記事や地方誌の記事が検索可能な「雑誌記事索引集成データベース」を新たに導入し、国内の雑誌記事に関するデータベースを拡充した。

2 講習会・説明会開催報告

2.1 情報探索ガイダンスの実施概要

データベース等の電子的学術資料を学習・教育・研究に効率的に利用してもらうことを目的とし、情報探索ガイダンスを各種開催した。平成 20 年度は 117 回開催し、合計で 1,203 人の参加があった(インターネット講習会を除く)。このうち、いくつかのコースでは、電子教材系の協力の下、テレビ会議システムを用いて、柏図書館に中継を行い、柏キャンパスの利用者が本郷キャンパスまで出向かなくても同じ内容を視聴できるようにした(以下の表で会場欄に※印のあるもの)。また、前年度同様に駒場図書館主催の講習会に配布資料や台本の提供、広報等の協力を行なっただけでなく、新

たに工学・情報理工学図書館および医学図書館と各々講習会を共催した。前者については春季・秋季計4回、後者については秋季に2回講習会を実施し、部局図書館との連携をさらに拡大した。

2.2 平成20年度情報探索ガイダンス開催実績

2.2.1 テーマ別ガイダンス

1つのテーマについて、検索実習を交えながら解説するテーマ別ガイダンスを5コース実施した。平成20年度は、資料種別に検索方法をまとめてコンパクトに解説する「入門コース(9月より文献検索早わかり)」コースを新設し、春季(5月)に多数の参加を得た。全コースには新規サービス UT Article Link および SSL-VPN Gateway サービスの説明を盛り込み、サービスの普及を図った。開催回数は学生や教職員等が参加しやすいよう昨年度の2倍強(38回)に増やし、可能な範囲で定期的に講習会を開催した。

コース名	月日	回数	人数	内容
入門コース(内容を改め、9月より文献検索早わかりコース)	5/8,5/9	2	22	東京大学 OPAC の使い方、電子ジャーナルの探し方など、基本的なデータベースを使った図書や雑誌論文の探し方を紹介。
日本の論文を探すには?	5/14,5/27, 7/3,10/9, 11/12,12/11, 1/26,2/12, 3/3,3/13	10	54	CiNii の使い方を中心に、日本の雑誌論文を検索できるデータベースを紹介。
電子ジャーナルを利用するには?	5/15,5/21, 7/15,10/15, 11/13,12/18, 1/28,2/24, 3/6	9	61	電子ジャーナルにアクセスする方法や、代表的な出版社の電子ジャーナルサイトを例にとりて実際の利用方法を解説。
自宅から検索するには?	5/20,5/30, 7/9,10/21, 11/19,12/8, 1/16,2/18, 3/5	9	62	学外からも利用できるデータベース、電子ジャーナルの利用手続きやアクセス方法を紹介。
文献検索早わかりコース	9/17,9/26, 10/30,11/18, 12/10,1/20, 2/16,3/11	8	42	図書や電子ジャーナル、雑誌論文、新聞記事など、各種の文献検索方法をコンパクトに紹介。
合計		38回	241名	

2.2.2 データベースユーザトレーニング

要望の高い文献管理ツール EndNote Web の解説を Web of Science コースに加え、2～3月に重点的に開催した結果、大変好評であった。なお、講習の目的を明示するため、コース名称を「Web で文献の「検索」から「整理」まで」と改訂した。

コース名	月日	回数	人数	内容
Web で文献の「検索」から「整理」まで～Web of Science + EndNote Web ～	10/22,11/26, 2/3,2/27, 3/12	5	37	Web of Science の検索方法と、EndNote Web を使った文献検索結果の保存・整理方法、参考文献リストの作成方法を紹介。
合計		5回	37名	

2.2.3 分野別データベースユーザトレーニング

データベースの提供元から講師を招き、各分野の主要なデータベースごとの講習会を実習形式で実施した。前年度同様、一部のコースについては駒場図書館、柏図書館でも実施した。

・総合分野

コース名	月日	時間	人数	会場
朝日新聞オンライン記事データベース「聞蔵 II ビジュアル」	6/9	16:00-17:00	9	総合図書館
JapanKnowledge	6/10	15:00-16:30	9	総合図書館
EndNote Web	6/11	15:15-16:15	6	柏図書館
	6/16	16:30-17:30	25(7)	総合図書館※
	6/20	16:30-17:30	26	駒場図書館
LexisNexis Academic	6/12	13:15-14:45	7	総合図書館
	6/17	14:40-16:10	5	駒場図書館
EBSCOhost	11/14	15:00-16:00	10	総合図書館
Littel Navigator	12/10	15:45-16:30	9	

・人文社会科学系分野

コース名	月日	時間	人数	会場
eol ESPer	6/3	15:00-16:00	6	総合図書館
ASSIA・LLBA	6/4	10:30-12:00	3	
Lexis.com	6/12	15:00-16:30	11	
Web of Science 人文社会科学系	6/16	10:30-12:00	11	総合図書館
	6/20	14:45-16:15	17	駒場図書館
Eighteenth Century Collections Online (ECCO)	6/18	13:45-14:45	4	総合図書館
Literature Resource Center with MLA	6/18	15:00-16:00	5	
InfoTrac Custom	6/18	16:15-17:15	9	
JSTOR	6/19	15:00-16:00	8	
CNKI	12/11	15:00-16:00	15	

・自然科学系分野

コース名	月日	時間	人数	会場
Engineering Village	6/5	15:00-16:30	13(4)	総合図書館※
Web of Science 自然科学系	6/11	13:30-15:00	8	柏図書館
	6/16	13:30-15:00	17(6)	総合図書館※
	6/20	13:00-14:30	7	駒場図書館
BIOSIS Previews	6/16	15:15-16:15	9(3)	総合図書館※
SciFinder Scholar	6/24	15:00-16:30	3	柏図書館
	6/27	15:00-16:30	8	総合図書館
AGRICOLA・ProQuest Agriculture Journals	6/30	13:30-15:00	12	農学生命科学図書館
合計		27 回	272 名	

※柏図書館に中継したコース。人数欄に()で中継参加者を内数で示す。

2.2.4 総合図書館オリエンテーション

総合図書館オリエンテーションに協力し、春季は「OPAC 入門」、秋季は「データベース講習会」として、各 30 分のコースを担当した。

コース名	月日	回数	人数	内容
OPAC 入門	4/8～4/18	8	46	OPAC の使い方と GACoS の紹介
OPAC 入門(英語)	4/11,4/16, 4/18,5/28	4	31	OPAC の使い方と GACoS の紹介
留学生ガイダンス	10/9,10/16	2	30	OPAC、電子ジャーナル、Web of Science の利用方法
留学生ガイダンス(英語)	10,15,10/17, 10/22,10/24	4	53	OPAC、電子ジャーナル、Web of Science の利用方法
合計		18回	160名	

2.2.5 留学生向け情報探索ガイダンス

データベースユーザトレーニング、テーマ別ガイダンスの英語編を開催した。また、11月には「留学生向け情報探索ガイダンス」を中国語および韓国語で開催した。いずれも外国人講師が講習を担当した。

コース名	月日	回数	人数
Electronic Journals 英語編	5/26,11/28	2	6
Web of Science 英語編	9/30	1	0
留学生向け情報探索ガイダンス	中国語コース	11/11	10
	韓国語コース	11/5	2
合計		5回	18名

2.2.6 事務職員向け情報探索ガイダンス

事務職員が業務をする上で役立つと思われるデータベースの紹介を行なった。

月日	時間	人数	内容
8/7	11:00-12:00	3	辞書・事典ツール、新聞・雑誌記事、官報、統計、企業情報の検索方法や図書館サービスを紹介。
8/27	16:00-17:00	4	
合計	2回	7名	

2.2.7 出張講習会

利用者(教員、学生等)からの依頼に合わせて授業や研究室単位などで行なう出張講習会を実施した。前年度に引き続き、教養学部、文学部、理学部の出張講習会では、関係部局の図書館・室と連携して行なった。平成20年度は新たに、工学・情報理工学図書館および医学図書館と共催で講習会を開催した。

研究科・研究室名等	月日	時間	人数	内容	会場
学際情報学府 「学際情報学概論 I」	4/8	11:00-11:30	108	・JapanKnowledge、OPAC、電子ジャーナル、CiNii、Web of Science 等の利用方法	福武ホールラ ーニングシアタ ー
教養学部 「基礎演習」	4/17	13:00-14:30	25	・情報検索の基礎の解説と実習	駒場図書館、 駒場情報教育 棟
	4/25	9:30-10:30	24		
	4/25	11:10-12:10	23	・JapanKnowledge、OPAC、Webcat Plus、CiNii 等の利用方法	
	4/28	14:40-15:40	24		
教養学部 後期課程 「英語」	5/27	11:00-12:00	4	・LRC with MLA International Bibliography の利用方法	駒場図書館

文学部 “Academic Writing”	5/28	17:00-18:00	14	・JapanKnowledge、OPAC、Webcat、CiNii 等の利用方法 ・文学部図書室案内	総合図書館
工学系・情報理工学系向け情報探索ガイダンス	6/13	11:00-12:00	10	・電子ジャーナル、Web of Science、Engineering Village 等の利用方法	工学部 3 号館
	6/17	15:00-16:00	15		
	10/23	11:00-12:00	13		
	10/28	15:00-16:00	23		
工学系研究科社会基盤学専攻 国際プロジェクト研究室	6/19	13:00-14:00	12	・電子ジャーナル、Web of Science、Engineering Village 等の利用方法	総合図書館
理学部生物学科動物学コース・植物学コース	6/25	15:00-16:00	11	・JapanKnowledge、Web of Science、PubMed 等の利用方法 ・生物学図書室案内	総合図書館
工学部精密工学専攻「精密工学輪講・工場見学」	10/2	13:15-14:15	44	・JapanKnowledge、OPAC、電子ジャーナル、Web of Science、Engineering Village 等の利用方法	工学部 14 号館
文学部社会心理学研究室「社会心理学調査実習1」	10/29	10:00-11:00	12	・OPAC、Webcat、電子ジャーナル、CiNii、PsycINFO、Web of Science 等の利用方法 ・総合図書館ツアー ・文学部図書室ツアー	総合図書館 文学部図書室
	10/29	11:00-12:00	13		
医学系文献検索講習会	11/28	13:30-14:30	19	・電子ジャーナル、医中誌 Web、PubMed、Ovid MEDLINE 等の利用方法	医学図書館
	11/28	15:00-16:00	23		
技術職員研修(コンピュータネットワーク研修)	12/17	16:00-17:00	10	・JapanKnowledge、聞蔵II、日経 BP 記事検索サービス等の利用方法	情報基盤センター
合計	19 回		427 名		

2.2.8 セミナー・説明会

平成 21 年度より新規にサービスを開始する、百科事典の横断検索が可能な「Gale Virtual Reference Library」と文献管理ツール「RefWorks」の説明会を実習形式で行なった。前者は総合図書館、駒場図書館を会場に、後者は総合図書館で図書職員を対象に開催した。両説明会ともに、提供元から講師を招いて実施した。

講習会名	月日	時間	人数	会場
Gale Virtual Reference Library 説明会	10/16	13:00-14:00	13	総合図書館
	10/17	15:00-16:00	8	駒場図書館
RefWorks 説明会	2/23	15:30-16:30	20	総合図書館
合計	3 回		41 名	

2.2.9 インターネット講習会

トムソン・ロイター社主催の Web of Science、EndNote Web、Journal Citation Reports 等のインターネット講習会にあわせ、試行的に会場を開放した。27 コース実施し、計 39 名の参加者があった。

図書館関係システム運用・管理

図書館情報係

1 運用報告

図書館情報係では、「附属図書館学術情報システム」を中心に附属図書館 Web サーバも含めた図書館関係のサーバ群(リポジトリと電子ジャーナル関係を除く)の運用管理を行なっている。

1.1 附属図書館学術情報システム

「附属図書館学術情報システム」はいわゆる全学の図書館業務システムでもあり、また OPAC や MyLibrary 等のサービスを提供するシステムでもある。

2008 年度は以下の機能を実装するとともに 2010 年度末に予定されるシステムリプレースに向けて基本方針の検討を開始した。

1.1.1 外部システムとの本番連携開始

2008 年 9 月 1 日より「附属図書館学術情報システム」と予算執行管理システムとの本番連携をスタートさせた。これは図書購入や製本に係る発注・検収情報を予算執行管理システム側に反映させるためのものである。

続いて 9 月 17 日からは「附属図書館学術情報システム」と学務データの連携も正式にスタートさせた。このことにより進学時等の図書館利用者データ作成・更新作業の負担軽減が期待できる。

ただしデータの発生源となる学務システム・UT-mate の運用に各部局ごと差異があることから若干の見直しが必要となる見込みである。

1.1.2 次期システム検討ワーキング・グループの開催

2010 年度末(2011 年 3 月)に「附属図書館学術情報システム」のリプレースを控えていることから、導入説明書で記載すべきシステム仕様コンセプトや業務のあり方について検討を開始した。2008 年度は以下の事項について検討を行なった。2009 年度も引き続き検討を行なう予定である。

- MyLibrary
- 学内 ILL システムと e-DDS システム
- 図書のキャンパス内配送・物流管理
- 外部システムとの連携機能
- OPAC の機能強化
- ASK システム
- 端末とプリンタの措置について

1.2 その他の図書館関係サーバ

2001年5月以来、国内外の論文情報を提供してきた検索システム「FELIX」であるが、その後の各種論文データベースの充実や他の横断検索システムが導入されたことにより、2009年3月31日をもってサービス終了とし、それにもなう作業を行なった。

図書館メインのサーバについてセキュリティパッチの適用、定期的バックアップの取得など日常的なサーバ管理作業を行なった。

2 講習会・研究会開催報告

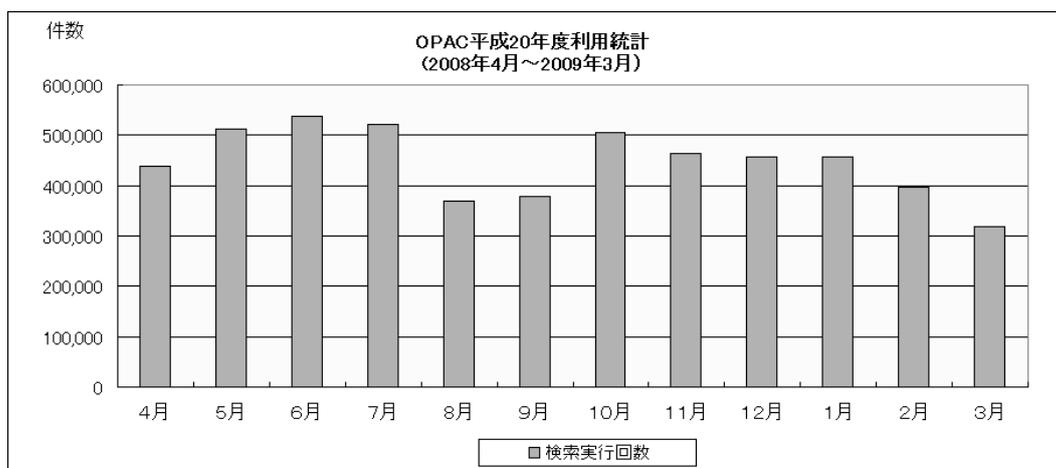
「図書系職員のためのアプリケーション開発講習会」を2007年度に引き続き主催した。講習会では利用者向けの検索ツール類や「附属図書館学術情報システム」の機能を外付けで補完する業務向けシステムの開発を行なっているが、特に本講習会の成果であるキャンパス間図書配送管理システムが全学の図書館業務の中で正式に採用されるなど、大いに成果があった。

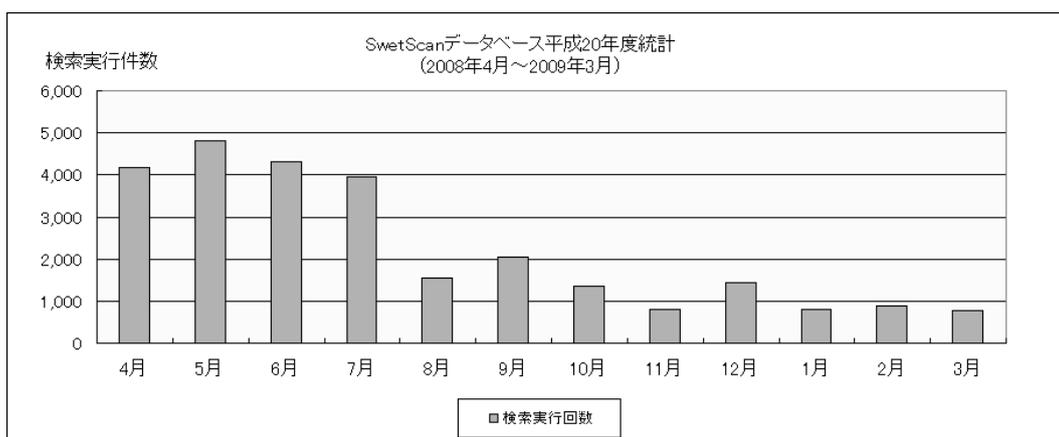
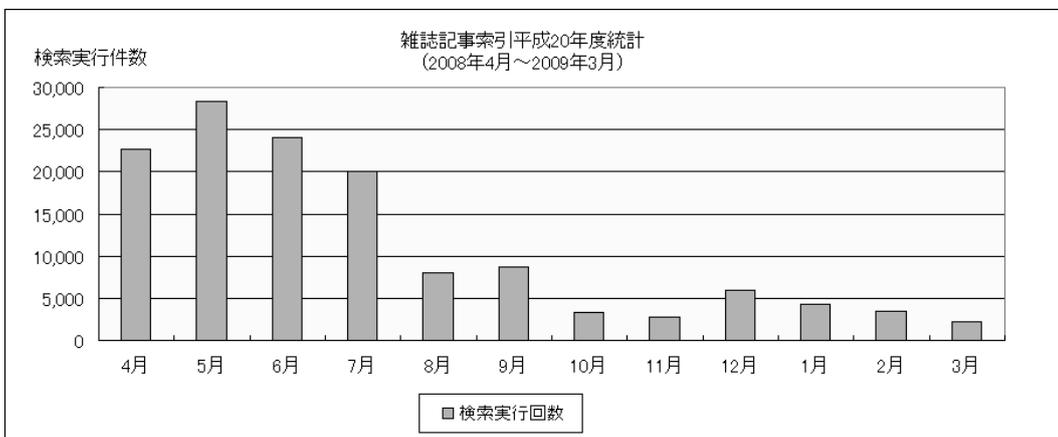
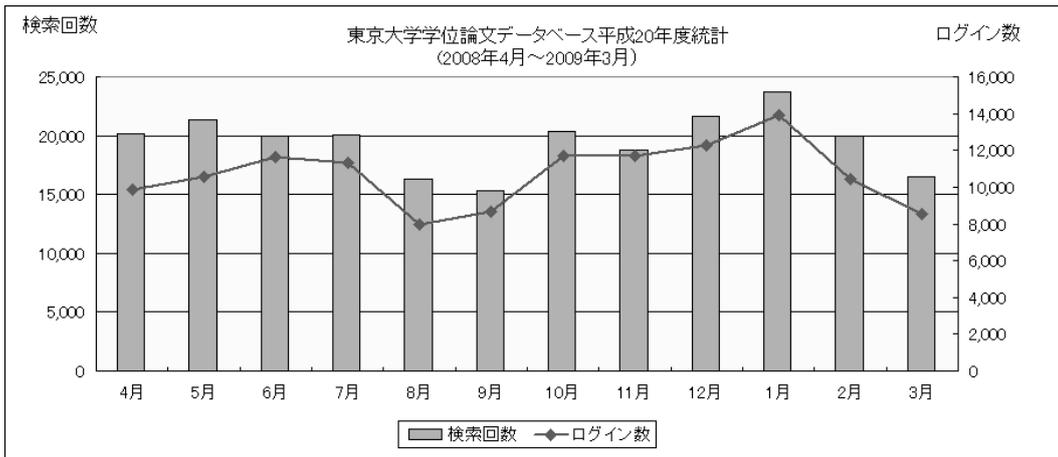
昨年度の講習会で開発・リリースされたものと合せ19本のアプリケーションが公開されている(<https://mbc.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/products.html>)。

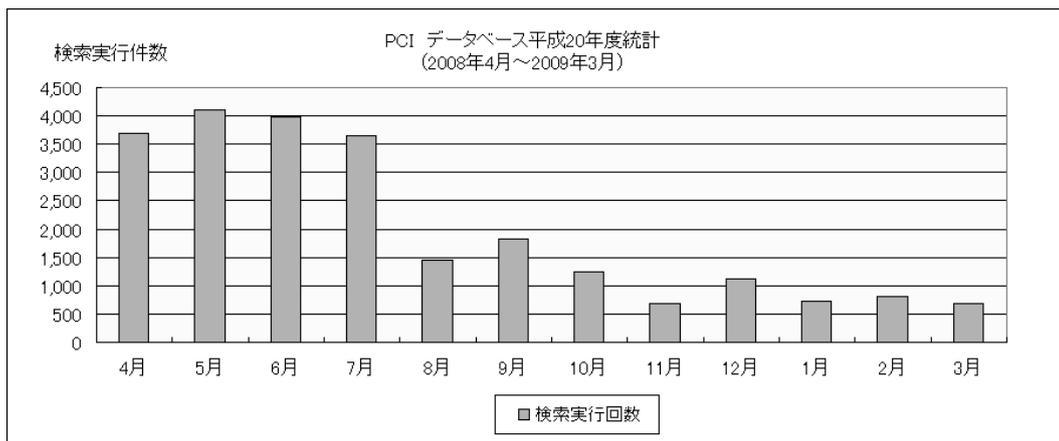
以下2008年度の講習成果としてリリースされたものを挙げる。

- iGoogle ガジェット集(東大 OPAC 検索、PubMed「CSLS Search」のガジェット)
- OPAC から東大生協在庫検索へのリレー検索ブックマークレット
- 東京大学 OPAC Plus”言選 Web”
- 東京大学 OPAC バスケット
- 東京大学所蔵雑誌タイトル並列検索
- キャンパス間図書配送管理システム
- 2館間の雑誌所蔵比較ツール及び柏図書館と自館所蔵雑誌の比較ツール
- バーコード一括生成ツール

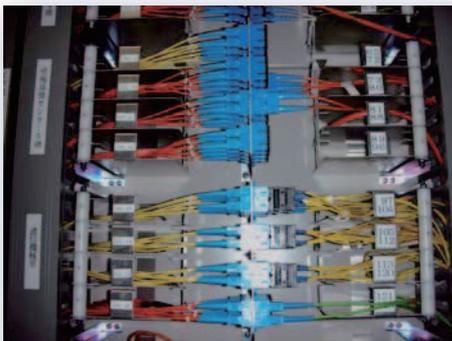
3 サービス統計



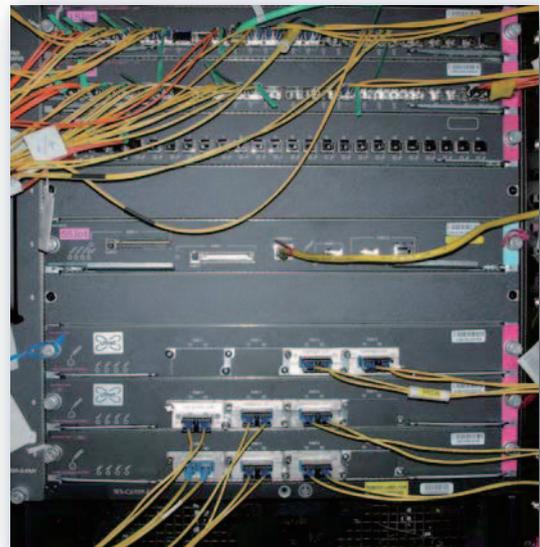




キャンパスネットワーク部門



光ケーブルが集線されているスプライシングボックス



UTnet3の代表的な機器 (レイヤ3スイッチ)

キャンパスネットワークング部門

概要

部門長 若原 恭

主査 早野裕士

■東京大学キャンパスネットワークシステム(UTnet3)の運用管理

本学のキャンパスネットワークシステム UTnet3(University of Tokyo network system 3)は、各建物内の支線ネットワーク(支線)及び建物間接続や学外との接続のための基幹ネットワーク(基幹)とから構成されている。情報基盤センターの本キャンパスネットワークング部門は、以下に示す通り、基幹の運用管理に加え、これに関連する業務も含めて取り組んだ。

1. 基幹ネットワークの運用管理

基幹の中核を占めるネットワーク機器は、本郷地区、駒場Ⅰ地区、駒場Ⅱ地区、柏地区、白金地区、中野地区の各ハブサイトに設置したギガビットスイッチ(L3)であり、基幹の基本トポロジーは情報基盤センターを中心としたスター型になっている。基幹のギガビットスイッチ相互間の信頼性向上のための回線の二重化等の増強を実施した。

2. 基幹ネットワークと支線ネットワークとの接続

各建物にレイヤー2 スイッチを設置し、基幹のギガビットスイッチ(L3)と支線を接続しているが、ネットワーク利用の増大への対応と高機能化のため、2008年度も2007年度に引き続き、レイヤー2 スイッチの順次更新を行った。また、支線ネットワークから10Gbpsによる接続要求に伴う、基幹のギガビットスイッチ(L3)へ接続できる環境を整備した。

3. VLAN 対応

UTnet3 では仮想 LAN(VLAN: Virtual LAN)に対応している。VLAN によって、部局や研究室が複数の建物やキャンパスに分散して配置されている場合でも部局や研究室のまとまりごとに同一のサブネットに収容することを可能としている。本学では、建物の新設や組織変更等が少なくなく、それに伴った VLAN に関する要求は非常に多く、それら要求に応じてネットワーク機器の設定変更や増設等を実施した。

4. キャンパス間接続

キャンパス間接続については、本郷地区と駒場Ⅱ地区間を1Gbps から10Gbps に接続回線速度の高速化を実施した。

4. 無線 LAN サービス

山上会館、武田先端知ビル内の武田ホール、弥生講堂・一条ホール、柏地区の柏図書館内メディアホールに加えて、2009年3月から医学部教育研究棟14階 鉄門記念講堂で無線 LAN サービスを開始した。

5. その他関連業務

UTnet3 基幹ネットワークの運用管理に関連する業務として、基幹のギガビットスイッチ(L3)を設置している HUB サイト内に全学法定点検による停電の回避策としての無停電電源装置 (UPS: Uninterruptible Power Supply) のバッテリーの増強、ドメイン名の割り当て、DNS(Domain Name System)のサービス、UTnet 光ファイバケーブル専用利用の各業務に取り組んだ。

■ セキュリティ対応

最近のネットワークにおいてはセキュリティへの対応が必須となっており、本学においてもセキュリティインシデントは日常茶飯事と言っても過言ではないほどに頻繁に発生している。特にコンピュータへの不正侵入の試み、電子メールや Web ページを通してのウィルス感染、P2P(Peer to Peer)、SPAM メール等が問題となっている。そこで、本学のセキュリティの維持確保に向け、以下の通り、セキュリティ対応業務を実施した。

1. 不正侵入の監視

学外と学内との間の通信に関し、基幹部分において不正侵入の試みを検知し事前に予防する仕組みとして、UTnet3 では不正侵入検知装置 (IDS: Intrusion Detection System)と異常トラフィック監視システムを導入して監視し、その結果に応じて必要な対処を実施した。また、不正侵入検知装置については、学外と学内との間のネットワークが 10Gbps へ高速化したことに伴う、不正侵入検知装置の増強を行った

2. ウィルス感染への対応

メールや Web ページ等を通してのウィルス感染に関する対策として、情報基盤センターでは、適切なウィルス対策ソフトウェア製品を学内利用者の希望に応じて配布し、予防に役立てている。また、更なる利用者の増大を図って、ウィルス対策を積極的に進めた。

3. SPAM 対策

全学的に激増する SPAM メールに対して、本部事務組織では全学的な対策が検討されていて、情報基盤センターでは、メールサーバ単位での SPAM 対策の試行運用を開始して、SPAM 対策システムの運用管理等を協力した。

■ 東京大学情報システム緊急対応チーム(UT-CERT)との連携

UTnet3 ではセキュリティに関する対応として、基幹部分のギガビットスイッチ(L3)で、全学的に問題となる事象や各部局の個別の事象についてのフィルタを設定している。東京大学情報システム緊急対応チーム(UT-CERT)から委託業務を受け、このフィルタを活用することによって、全学的なセキュリティ対策を行った。

■ 学内ソフトウェアライセンス

学内に利用者の多いソフトウェアについて、全学サイトライセンスを取得し、そのライセンス管理と配布サービスを行った。2008 年度には、LabVIEW を新規に運用開始した。

■ 関係委員会

キャンパスネットワークに関する事項について、全学的視点から企画、立案及び審議を行う情報基盤センターキャンパスネットワーク専門委員会が下記のとおり行われた。

2008 年 5 月 13 日 第 30 回情報基盤センターキャンパスネットワーク専門委員会

2008 年 10 月 31 日 第 31 回情報基盤センターキャンパスネットワーク専門委員会

2009 年 1 月 28 日 第 32 回情報基盤センターキャンパスネットワーク専門委員会

主な検討事項および承認事項

- 基幹ネットワークの構成変更について
- UTnet 部局負担金について
- 10G 接続の負担金について
- 光ファイバケーブル専用利用の業務利用について
- 情報セキュリティポリシー関連
- 対外接続について

東京大学キャンパスネットワークシステム(UTnet3)の運用管理

キャンパスネットワーク係

1 運用報告

本学のキャンパスネットワークシステムは UTnet(University of Tokyo network system)と称し、これまでの更新経緯に応じて現在は UTnet3 と呼ばれている。UTnet3 は支線ネットワーク(支線)と基幹ネットワーク(基幹)とから構成されている。支線は、各建物内に設置されたネットワークで、当該部局によって運用管理されている。基幹は、支線の相互接続及び学外との接続のために設置されたネットワークで、情報基盤センターの本キャンパスネットワーク部門が運用管理している。本部門では、以下に示す通り、基幹ネットワークの運用管理に加え、これに関連する業務も含めて取り組んだ。

1.1 基幹ネットワークの運用管理

本郷地区の基幹には、5箇所ハブサイト(情報基盤センター、電話庁舎、附属図書館、工学部8号館、農学部3号館)があり、各ハブサイトにはレイヤー3スイッチ(L3SW)を設置し、基幹は情報基盤センターを中心としたスター型の構成としている。駒場Ⅰ地区、駒場Ⅱ地区、柏地区、白金地区、中野地区の各郊外地区についても、L3SWを設置したハブサイトから専用回線等を介して本郷地区と接続している。このような基幹の運用管理について、主に以下の取り組みを行った。

ー本郷地区の L3SW の筐体の更新

ー工学部8号館、白金地区の HUB サイトの停電対策としての無停電電源装置の増強

以上の増強、安定化運用の対策等を実施し、基幹に対する学内からの要求に応えることによって、本学の研究・教育の一層の円滑な推進を図った。基幹のネットワーク構成を図1に示す。また、本郷地区と、駒場Ⅰ地区、駒場Ⅱ地区、柏地区、白金地区、中野地区の各キャンパスの間のトラフィック量の推移を図2に示す。

1.2 基幹ネットワークと支線ネットワークとの接続

基幹と各支線の接続については、各建物にレイヤー2スイッチ(L2SW)を設置し、この L2SW とハブサイト内の L3SW との接続で実現している。UTnet3 導入当初には L2SW を約 200 台設置したが、ネットワーク利用の増大への対応と高機能化のため 2005 年度より順次更新作業を開始した。2008 年度までに約 190 台の L2SW の更新を行った。

1.3 VLAN 対応

本学では、部局や研究室が、複数の建物やキャンパスに分散して配置されている場合及び他部局の建物の一部に入室する場合が増えており、これに伴って、部局や研究室のまとまりごとに同一のサブネットを利用できる建物間仮想 LAN (Virtual LAN: VLAN) の申請が増えている。VLAN に関して 2008 年度にあった申請に伴って実施した、基幹ネットワークの構成変更およびサブネットワークの割当は表1の通りである。

1.4 キャンパス間接続、及び対外ネットワーク接続

以下に示す通り、学内キャンパス間接続及び対外ネットワークとの接続に関して、変更作業を実施し、これによって、各接続に関して高機能化・高速化を達成した。

- －2008年4月に、生産技術研究所附属千葉実験所との接続を、商用イーサネット網から SINET に変更した。
- －2008年5月に、本郷地区の基幹スイッチ(ra36)と駒場第Ⅱ地区との接続用の基幹スイッチ(rq31)間の回線を1Gb/sから10Gb/sに増強した。
- －2008年9月に、本郷地区の基幹スイッチ(ra36)と対外ネットワーク接続用の基幹スイッチ(ra37)間の回線を1Gb/sから10Gb/sに増強した。
- －田無地区と本郷地区(情報基盤センター)間の回線を1Mb/sから10Mb/sに増強した。
- －2008年12月に遠隔研究施設との接続で使用していたフレームリレー回線の廃止をした。

キャンパス間回線のトラフィック量の推移は図2の通りであった。

1.5 その他関連業務

(1)ドメイン名の割り当て

2008年度に申請があり、キャンパスネットワーク専門委員会で承認されたドメイン名の割当を行った。内訳は、新規が9件で、詳細を表2に示す。

(2)UTnet 光ファイバケーブル専用利用

本学では建物間で光ファイバを専用利用することが可能で、2008年度に行った UTnet 光ファイバケーブル専用利用の変更及び割り当てを表3に示す。

(3)無線 LAN サービス

2008年度の山上会館、武田先端知ビル内の武田ホール、弥生講堂・一条ホール、柏図書館内のメディアホールにおける無線 LAN サービスの各部局別の申請利用状況を表4に示す。

2 講習会・研究会開催報告

[第64回コンピュータ・ネットワーク利用セミナー“迷惑メール対策の現状と学内での対策”]

商用ISPで実施されている迷惑メール対策(受信対策と送信対策)について紹介するとともに、現在、本学で進められつつある迷惑メール対策について紹介を、2008年6月27日に情報基盤センター4F 413 遠隔講義室および柏図書館のメディアホールで行った。

プログラムは次の通りであり、参加者は、情報基盤センターの関係者を含め52名であった。

- | | | |
|-------------------------|---------------|---------------|
| 1. プロが語る、いまどきのメール運用 | ソフトバンクテレコム(株) | 松本勝之 |
| 2. 東京大学における迷惑メール対策について | 理学系研究科 | 玉造潤二
椿山惣一郎 |
| 3. 電子メールに関わるセキュリティ事案 | | 中山雅哉 |
| 4. MailHosting サービスについて | | 丸山一貴 |

[第6回 UTnet Meeting]

最近のネットワークの動向や管理の問題点に関して情報交換を行うための集まりとして開催している UTnet Meeting を、2008年10月7日に理学部1号館の小柴ホールで行った。

プログラムは次の通りであり、参加者は、情報基盤センターの関係者を含め72名であった。

- | | |
|-------------------------|-----------------|
| 1. UTnet の現状 | 友西 大 |
| 2. 迷惑メール対策の試行運用について | 小菌隆弘 |
| 3. DNS キャッシュポイズニング等について | 関谷勇司 |
| 4. UT-CERT 報告 | 早野裕士 |
| 5. P2P アプリケーションの現状と対策 | 新領域創成科学研究科 藤枝俊輔 |
| 6. CPU exploit について | 情報システム本部 安東孝二 |

7. 慶応義塾大学における学内ネットワーク設計と運用

慶応義塾大学

中村 修

8. フリーディスカッション

[第 65 回コンピュータ・ネットワーク利用セミナー”再考イマドキの情報セキュリティ”]

学内の活動にはなくてはならない PC やインターネットを使う上で、今、もう一度あるべきセキュリティを考え直すために、2008 年 12 月 2 日に工学部 2 号館 245 号講義室で行った。

プログラムは次の通りであり、参加者は、情報基盤センターの関係者を含め 33 名であった。

1. マイクロソフトのセキュリティに対する取り組みと今後の展望

マイクロソフト(株)

有待 剛

2. インターネット時代の情報セキュリティ～脅威や脆弱性を知った上で活用する～

(株)シマンテック

有吉 純

[平成 20 年度東京大学技術職員研修(コンピュータ関係)]

本学職員のうち、研究室やセンター等においてコンピュータやコンピュータ・ネットワークの初心者レベルの利用者、及びそれらの運用管理業務やセキュリティ対策業務に携わる初心者レベルの管理者を対象に、セキュリティ対応を含むコンピュータやコンピュータ・ネットワークの利用に関する研修を、以下の通り実施した。参加者は 11 名であった。

・期間

平成 20 年 12 月 16 日(火)～平成 20 年 12 月 18 日(木) (3 日間)

・場所

情報基盤センター4階講義室

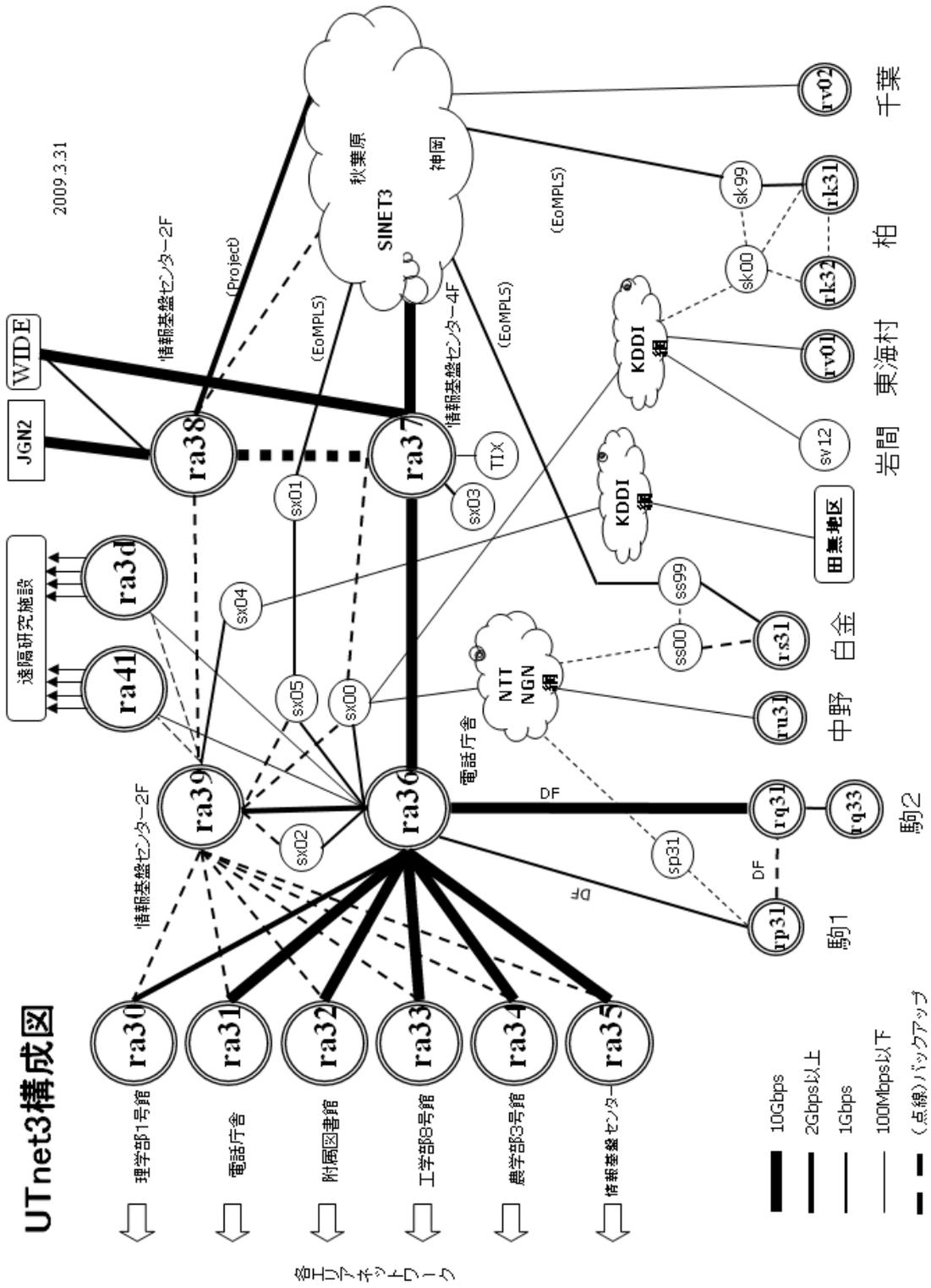
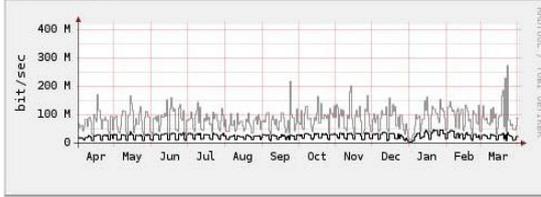


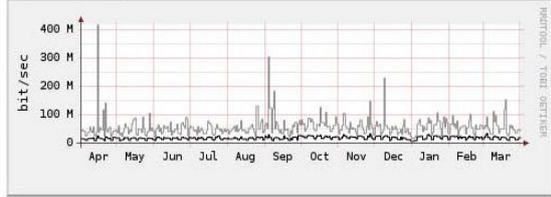
図1 UTnet 基幹構成図

キャンパス間回線トラフィック

駒場1 → 本郷

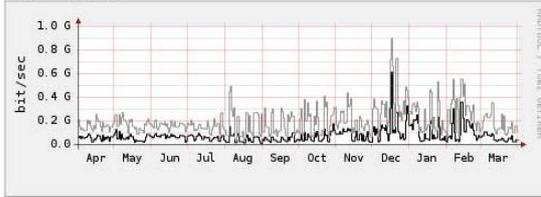


駒場1 ← 本郷

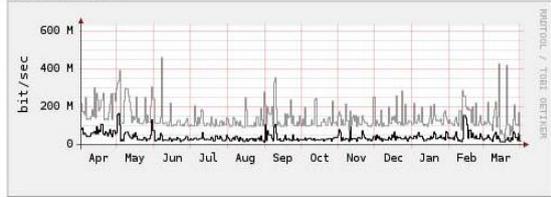


1Gbps MAX

駒場2 → 本郷

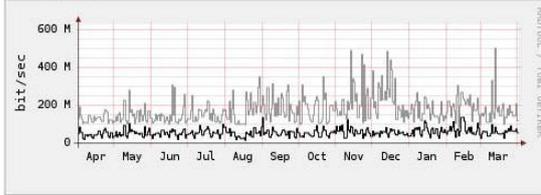


駒場2 ← 本郷

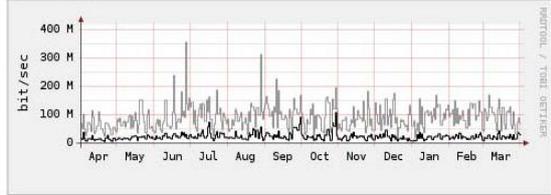


10Gbps MAX

柏 → 本郷

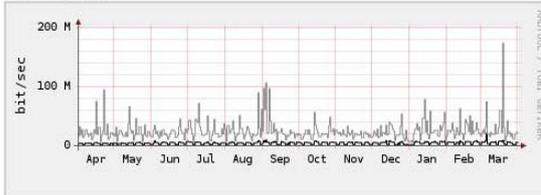


柏 ← 本郷

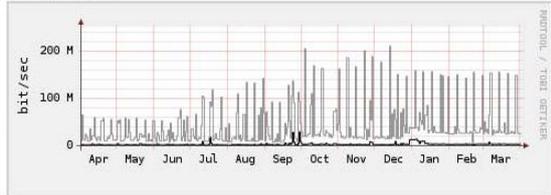


1Gbps MAX: SINET MPLS 経由

白金 → 本郷

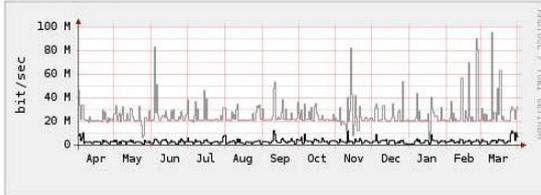


白金 ← 本郷

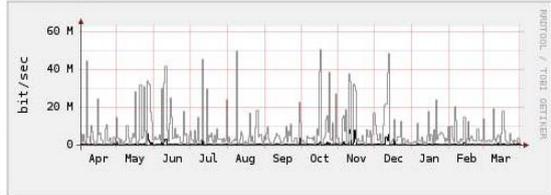


1Gbps MAX: SINET MPLS 経由

中野 → 本郷



中野 ← 本郷



100Mbps MAX

凡例: — 1日平均トラフィック(本郷-各キャンパス間)
 — 1日最大トラフィック(本郷-各キャンパス間)

図2 Utnet のキャンパス間トラフィック

表 1 基幹ネットワークの構成変更およびサブネットワークの割当

項番	申請部局名	設置場所	変更内容
1	本部事務組織	第2本部棟、山上会館別館、工学部9号館、法学部総合研究棟、附属病院管理研究棟、弥生講堂、地震研究所2号館、安田講堂	建物間 VLAN の申請
2	本部事務組織	工学部8号館	建物間 VLAN の申請
3	数物連携宇宙研究機構	数物連携宇宙研究機構プレハブ棟	基幹ネットワークの構成変更
4	本部事務組織	アイトープ総合センター、工学部10号館	建物間 VLAN の申請
5	生産技術研究所	生産技術研究所 B 棟	基幹ネットワークの構成変更及びサブネットアドレスの申請
6	情報基盤センター	情報基盤センター	基幹ネットワークの構成変更
7	先端科学技術研究センター	薬学系総合研究棟	基幹ネットワークの構成変更及びサブネットアドレスの申請
8	大学院農学生命科学研究科	農学部附属農場	基幹ネットワークの構成変更及びサブネットアドレスの申請
9	大学院理学系研究科	情報基盤センター	基幹ネットワークの構成変更
10	社会科学研究所	学生会分館	建物間 VLAN の申請
11	大学総合教育研究センター	第二本部棟	建物間 VLAN の申請
12	社会科学研究所	社会科学研究所、学生会分館	基幹ネットワークの構成変更
13	大学院理学系研究科	情報基盤センター	サブネットアドレスの申請
14	柏地区事務部	数物連携宇宙研究機構	基幹ネットワークの構成変更
15	大学院工学系研究科	工学部列品館、工学部8号館	建物間 VLAN の申請
16	社会科学研究所	理学部1号館別館 A	建物間 VLAN の申請
17	情報基盤センター	理学部1号館別館 A	基幹ネットワークの構成変更
18	情報基盤センター	工学部8号館	基幹ネットワークの構成変更
19	情報基盤センター	教養学部18号館	基幹ネットワークの構成変更
20	東洋文化研究所	工学部3号館、工学部8号館、理学部1号館別館 A、農学部2号館別館	建物間 VLAN の申請
21	大学院医学系研究科	医学部3号館	建物間 VLAN の申請
22	史料編纂所	医学部2号館	建物間 VLAN の申請
23	史料編纂所	工学部3号館	建物間 VLAN の申請
24	情報基盤センター	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
25	大学院工学系研究科	工学部2号館、工学部8号館、工学部14号館	基幹ネットワークの構成変更及びサブネットアドレスの申請
26	保健センター	安田講堂、理学部旧1号館、保健センター駒場支所、物性研究所教養学部101号館、柏地区福利厚生棟、	建物間 VLAN の申請
27	本部事務組織	産学連携プラザ、法文2号館 情報学環、理学部1号館	基幹ネットワークの構成変更
28	本部事務組織	第二食堂、御殿下記念館	建物間 VLAN の申請
29	社会科学研究所		サブネットアドレスの申請
30	保健センター	保健センター駒場支所、柏地区福利厚生棟	建物間 VLAN の申請
31	本部事務組織	医学部1号館	基幹ネットワークの構成変更及びサブネットアドレスの申請
32	大学院工学系研究科	工学部6号館、工学部8号館、薬学部総合研究棟	基幹ネットワークの構成変更及びサブネットアドレスの申請

33	本部事務組織	旧国際・産学共同研究センター	サブネットアドレスの申請
34	大学院法学政治学研究科	医学部1号館	建物間 VLAN の申請
35	史料編纂所	医学部1号館・史料編纂所	建物間 VLAN の申請
36	史料編纂所	史料編纂所	建物間 VLAN の申請
37	本部事務組織	駒1 アドミニストレーション棟・講堂・(1,5,7,11,12,13)号館	建物間 VLAN の申請
38	生産技術研究所		サブネットアドレスの申請
39	大学院農学生命科学研究科		サブネットアドレスの申請
40	保健センター	理学部新1号館・理学部旧1号館	建物間 VLAN の申請
41	本部事務組織	情報基盤センター	基幹ネットワークの構成変更
42	駒場リサーチキャンパス 連携研究棟管理委員会	駒2 先端研4号館・CCR棟	建物間 VLAN の申請
43	大学院農学生命科学研究科	附属牧場	基幹ネットワークの構成変更
44	情報基盤センター	工学部6号館	建物間 VLAN の申請
45	大学院新領域創成科学研究科	第2本部棟・理学部旧1号館 理学部1号館別館A・工学部3号館	基幹ネットワークの構成変更及び サブネットアドレスの申請
46	大学院新領域創成科学研究科		サブネットアドレスの申請
47	生産技術研究所	駒2 生研C棟・先端研4号館、工学部 14号館	建物間 VLAN の申請
48	本部事務組織	総合研究博物館	建物間 VLAN の申請
49	柏地区事務部		サブネットアドレスの申請
50	大学院理学系研究科	電話庁舎・理学部1号館	建物間 VLAN の申請
51	情報基盤センター	情報基盤センター	基幹ネットワークの構成変更及び サブネットアドレスの申請
52	情報基盤センター	情報基盤センター	基幹ネットワークの構成変更及び サブネットアドレスの申請
53	大学院工学系研究科	工学部1号館・工学部3号館	建物間 VLAN の申請
54	柏地区事務部	柏 物性研究所・設備センター	建物間 VLAN の申請
55	大学院新領域創成科学研究科		基幹ネットワークの構成変更
56	大学院情報理工学研究科		サブネットアドレスの申請
57	先端科学技術研究センター	先端研(4,13,14,22,56)号館、CCR棟	基幹ネットワークの構成変更
58	大学院教育学研究科	教育学部附属中学校新校舎	建物間 VLAN の申請
59	生産技術研究所	駒2 生研B棟	基幹ネットワークの構成変更及び サブネットアドレスの申請
60	情報基盤センター	情報基盤センター、柏図書館	建物間 VLAN の申請
61	情報基盤センター	理学部(2,3)号館、理学部化学館	建物間 VLAN の申請
62	大学院教育学研究科	教育学部附属中学校新校舎	基幹ネットワークの構成変更及び サブネットアドレスの申請
63	情報基盤センター	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
64	先端科学技術研究センター	先端研(4,13,14,22,56)号館、CCR棟	建物間 VLAN の申請

表 2 ドメイン名の割当

項番	ドメイン名	申請部局名	備考
1	emp.u-tokyo.ac.jp	本部事務組織	東京大学エグゼクティブ・マネジメント・プログラム
2	wow.u-tokyo.ac.jp	本部事務組織	総括プロジェクト機構 「水の知」(サントリー)総括寄付講座
3	tscp.u-tokyo.ac.jp	本部事務組織	東京大学サステイナブルキャンパスプロジェクト室
4	pari.u-tokyo.ac.jp	本部事務組織	政策ビジョン研究センター
5	tri.u-tokyo.ac.jp	本部事務組織	トランスレーショナル・リサーチ・イニシアティブ
6	coref.u-tokyo.ac.jp	本部事務組織	大学発教育支援コンソーシアム推進機構
7	freut.u-tokyo.ac.jp	本部事務組織	東大女性研究者コミュニティフルート(FREUT)
8	iog.u-tokyo.ac.jp	本部事務組織	高齢社会総合研究機構
9	envleader.u-tokyo.ac.jp	大学院工学系研究科	文部科学省科学技術振興調整費 共鳴型アジア環境リーダー育成網の展開

表 3 Utnet 光ファイバケーブル専用利用の変更及び割当

項番	申請部局	利用区間	種類	
1	生産技術研究所	生産技術研究所-CCR 棟	GI2 芯	廃止
2	生産技術研究所	生産技術研究所-CCR 棟	SM2 芯	新規
3	情報基盤センター	附属図書館-経済学部	SM4 芯	新規
4	情報基盤センター	附属図書館-経済学部	GI4 芯	廃止
5	地震研究所	情報基盤センターHUB サイト-地震研究所 1 号館	SM2 芯	新規
6	先端科学技術研究センター	先端研 4 号館-先端研 56 号館	SM2 芯	新規
7	大学院工学系研究科	情報基盤センターHUB サイト-工学部 12 号館	SM2 芯	新規
8	本部事務組織	本部棟地下 2 階-医学部 5 号館	GI2 芯	新規
9	先端技術研究センター	先端研 3 号館-先端研 56 号館	GI2 芯	新規
10	本部事務組織	駒 1 アドミニストレーション棟- 駒 1(1,5,7,11,12,13)号館・講堂	GI7 芯	新規
11	本部事務組織	駒 1 102 号館-駒 1(1,5,7,11,12,13)号館・講堂	GI7 芯	新規
12	大学院新領域創成科学研究科	情報基盤センター 2F-工学部 9 号館	GI2 芯	廃止
13	生産技術研究所	先端研 4 号館-生研 C 棟	SM 2 芯	新規
14	大学院情報理工学研究科	電話庁舎-工学部 2 号館	SM 2 芯	新規

表4 ネットワーク利用の申請部局・組織別申請件数

項番	申請部局・組織	山上会館	武田ホール	弥生講堂	柏図書館
1	サステナビリティ学連携研究機構	7	1		
2	地球観測データ統合連携研究機構		2	1	
3	数物連携宇宙研究機構				3
4	環境安全本部			1	
5	研究推進系	1			
6	国際系	1		1	
7	経営・企画系	1			
8	空間情報科学研究センター	1			
9	情報基盤センター		2		3
10	医学部附属病院	2			
11	工学系研究科	11	9	1	
12	人文社会系研究科	2			
13	理学系研究科	1			
14	農学生命科学研究科			7	
15	薬学系研究科		1		
16	新領域創成科学研究科	2	1		2
17	情報理工学系研究科	2	1	3	
18	情報学環	1			
19	公共政策大学院	2			
20	東洋文化研究所	2			
21	生産技術研究所	1			
22	史料編纂所	1			
23	宇宙線研究所				1
24	物性研究所				1
25	海洋研究所			1	
26	医学教育国際協力研究センター	1			
27	認知神経科学会		1		
28	資源・素材学会 関東支部		1		
29	(財)全国青少年教化協議会		1		
30	日本災害復興学会		1		
31	デザイン・イノベーション・フォーラム 2008 実行委員会		1		
32	凝縮系領域横断研究会		1		
33	情報処理学会		1		
34	ライフサイエンス統合データベースセン ター		1		
35	独立行政法人科学技術振興機構			1	
36	文科省科学研究費 火山噴火罹災遺 跡の文化・自然環境復元			1	

セキュリティ対応

分散システムセキュリティ支援係

1 運用報告

最近のネットワークにおいては、高速な接続性の実現とともに、セキュリティへの対応も重要となっている。本学においてもセキュリティインシデントは日常茶飯事と言っても過言ではないほどに頻繁に発生している。特にコンピュータへの不正侵入の試み、電子メールや Web ページを通じてのウイルス感染は問題で、感染を受けた側の被害はもとより、学内や学外への不正アクセスの踏台となることも珍しくない。しかし、一方で、セキュリティを厳重にすることは利用者の利便性の低下にもつながる。一般論としていえば、セキュリティ対策の要点は安全性と利便性のトレードオフといえるが、本学のように多種多様な部局が存在している環境では、このトレードオフのバランス点を一つに収束させることは容易ではない。このような配慮のもと、本学のセキュリティの維持確保に向け、以下の通り、セキュリティ対応業務を実施した。

1.1 不正侵入の監視

本学内のコンピュータに対して不正なアクセスを試みている可能性を検出し、必要ならば当該コンピュータが収容されているネットワークの管理者と連絡をとって不正侵入を防ぐべく対応を行った。このような不正アクセスの検知には、以下の2システムを活用した。

- 不正侵入検知システム (IDS :Intrusion Detection System)

これは、通常のネットワークアクセスでは発生しないようなアクセスパターン (例えば多数のホストを順にスキャンしていく動作など)を対象として検知し、警告を発するシステムである。昨年度は、基幹ネットワークの 10Gbps 化に伴い、マカフィー社の M-8000 の導入作業を行った。従来から使用している、マカフィー社の IntruShield 4000 と併用し、学内と学外との通信をタップし IDS に接続して監視を行っている。2007 年度に引き続き P2P 通信の監視を行い、P2P 通信情報を各部局のセキュリティ担当者宛に電子メールでの連絡を行っている。

- 異常トラフィック監視システム

これは、サービス妨害攻撃またはサービス不能攻撃などと呼ばれる、インターネット経由での不正アクセスの 1 つで、大量のデータや不正パケットを送りつける行為などの不正な攻撃を検知できるシステムである。実際には、沖電気工業社製 Secure Traffic Probe (ソフトウェア)を導入し、学内と学外との通信をタップし異常トラフィック監視システムに接続して、ポート単位での異常なトラフィックの変化について監視した。

1.2 ウイルス対策

Windows パソコンやサーバマシン等における、ウイルスの脅威と感染被害を未然に防ぐ有効な手段として、コンピュータウイルス対策ソフトウェアがある。情報基盤センターでは、昨年度に引き続きトレンドマイクロ社の製品についてサイトライセンス契約を拡大継続することによって、学内への安価な配布サービスを推し進めた。また、Mac OS (Intel 版 Mac) 対応として Sophos Anti-Virus for Mac、及び多言語対応(基本的には留学生向け)として、Windows OS の簡体中国語と繁体中国語用の Sophos Anti-Virus for Windows の配布サービスも行っている。コンピュータウイルス対策ソフトウェア配付の 2008 年度の申請状況は表1の通りである。

1.3 迷惑メール(SPAMメール)対策

全学的な迷惑メール対策を行うための事前の性能評価を行った結果、マカフィー社の SMG3400 を導入し、4月より迷惑メール対策システムの試験運用を開始した。2009年3月末時点での参加数は24ドメイン、約5100メールアカウントである。また、来年度からの正式運用に向けて、バックアップ装置の導入及び資料等の準備を行った。2008年度の迷惑メール対策システムの運用状況は表2の通りである。

表1 サイトライセンスソフトウェアの申請状況(2008年度)

ソフトウェア名	申請件数	部局数	申請台数
ウイルスバスターコーポレートエディション	11	8	736
ウイルスバスター2008(日本語版)	600	42	23,857
ウイルスバスター2008(英語版)	101	25	1,046
Sophos Anti-Virus for Windows	20	13	801
Sophos Anti-Virus for Mac OSX	62	23	948
Server Protect	54	21	278
InterScan VirusWall	12	10	28
InterScan VirusWall エンタープライズエディション	3	2	13

2 講習会・研究会開催報告

(東京大学キャンパスネットワークシステム(UTnet3)の運用管理の2.を参照)

3 サービス統計

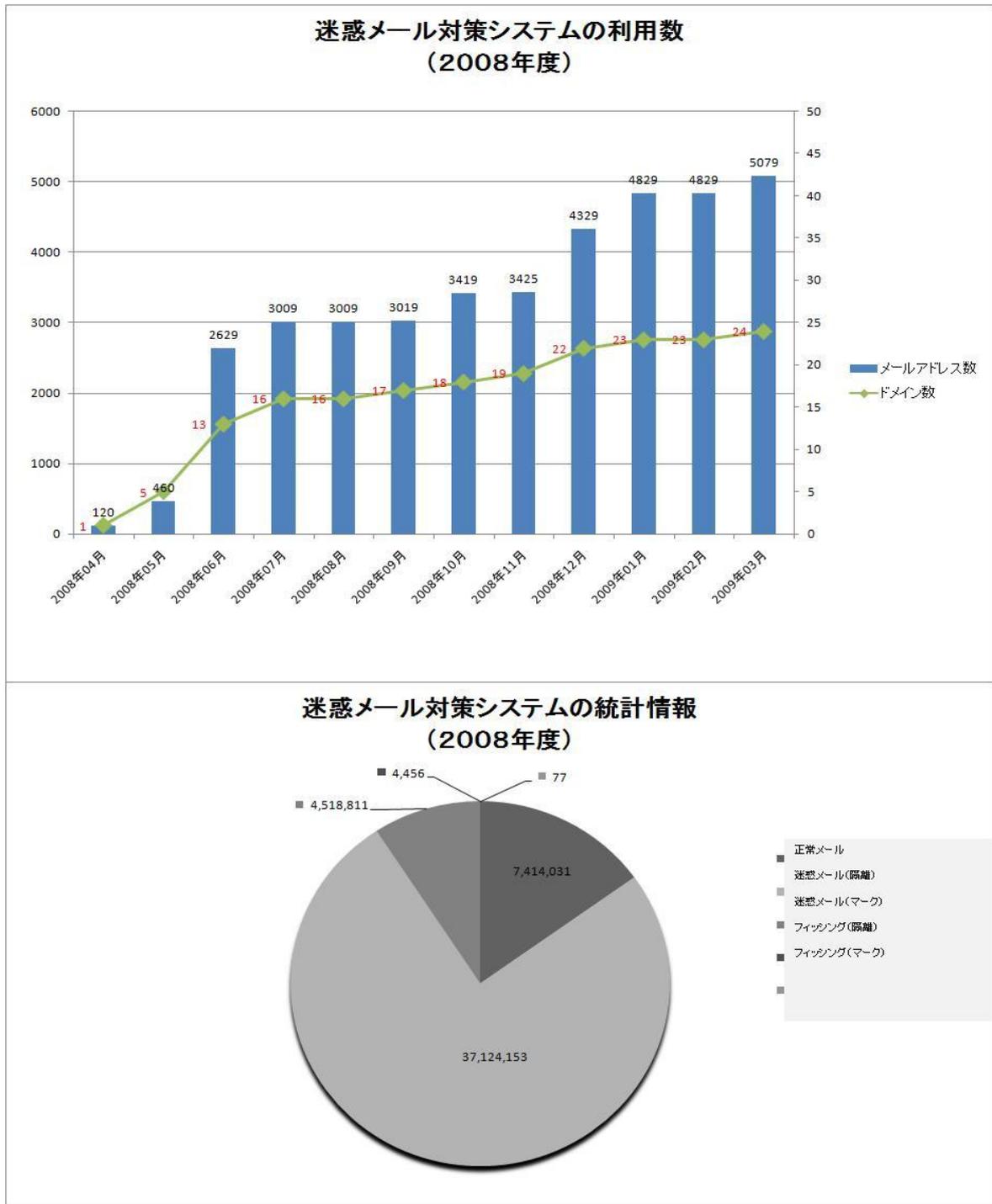


表2 2008年度の迷惑メール対策システムの利用状況

東京大学情報システム緊急対応チーム(UT-CERT)との連携

分散システムセキュリティ支援係

1 運用報告

情報基盤センターでは、UTnet3 の基幹ネットワークでセキュリティ対策を実施していることから、ネットワークを介したセキュリティインシデントについて、東京大学情報システム緊急対応チーム UT-CERT(University of Tokyo-Computer Emergency Response Team)から以下の委託業務を受け、UT-CERT と連携協力しながら、全学的なセキュリティ対策を実施した。

- セキュリティ関連情報の収集と学内への注意喚起等
メーカーやセキュリティ情報サイト等から、セキュリティの脆弱性やウイルスに係わる情報を収集し、情報基盤センターおよび UT-CERT の web ページへの掲載や部局 CERT へのメールによって、セキュリティ対応に関し注意喚起を行った。
- 学内と学外との通信におけるネットワークを介したインシデントの監視
IDS や異常トラフィックシステムで学内と学外との通信を監視し、セキュリティインシデントの検知を行った。
- セキュリティインシデントの部局 CERT への連絡
学内と学外との通信の監視や UT-CERT への学内外からの連絡等によって判明したセキュリティインシデントについて、該当する部局 CERT 担当者へメールで対処を依頼した。また、インシデントレポートシステムでの報告を求めた。
- P2P 通信情報の部局 CERT への連絡
P2P の通信の監視や通信情報を、該当する部局 CERT 担当者へメールで連絡を行った。また、部局 CERT からの P2P 通信に対する詳細情報提供等の依頼に関する対応を行った。
- インシデントレポートシステムの運用管理
部局 CERT から、発生したセキュリティインシデントの内容や対処等を定型的な書式で報告できるように、インシデントレポートシステムを開発し、運用管理した。
- インシデントレポートの集計
部局 CERT から報告されたインシデントレポートについて、毎月集計し UT-CERT のホームページ (<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/ut-cert/>) に掲載した。(表1参照)
- セキュリティインシデントの当該 IP アドレスのネットワーク遮断
部局 CERT に連絡したセキュリティインシデントのうち、発見時点から事象が連続している場合は、緊急措置として、当該 IP アドレスのホストによる通信を UTnet 機器でネットワーク遮断した。
- セキュリティインシデントの部局 CERT の対策への連携協力
部局 CERT に連絡したセキュリティインシデントのうち、具体的な対処方法等について、部局 CERT から UT-CERT に協力の依頼があった場合、UT-CERT 及び部局 CERT と連携協力して対応した。

2 講習会・研究会開催報告

(東京大学キャンパスネットワークシステム(UTnet3)の運用管理の 2. を参照)

3 サービス統計

セキュリティインシデント件数

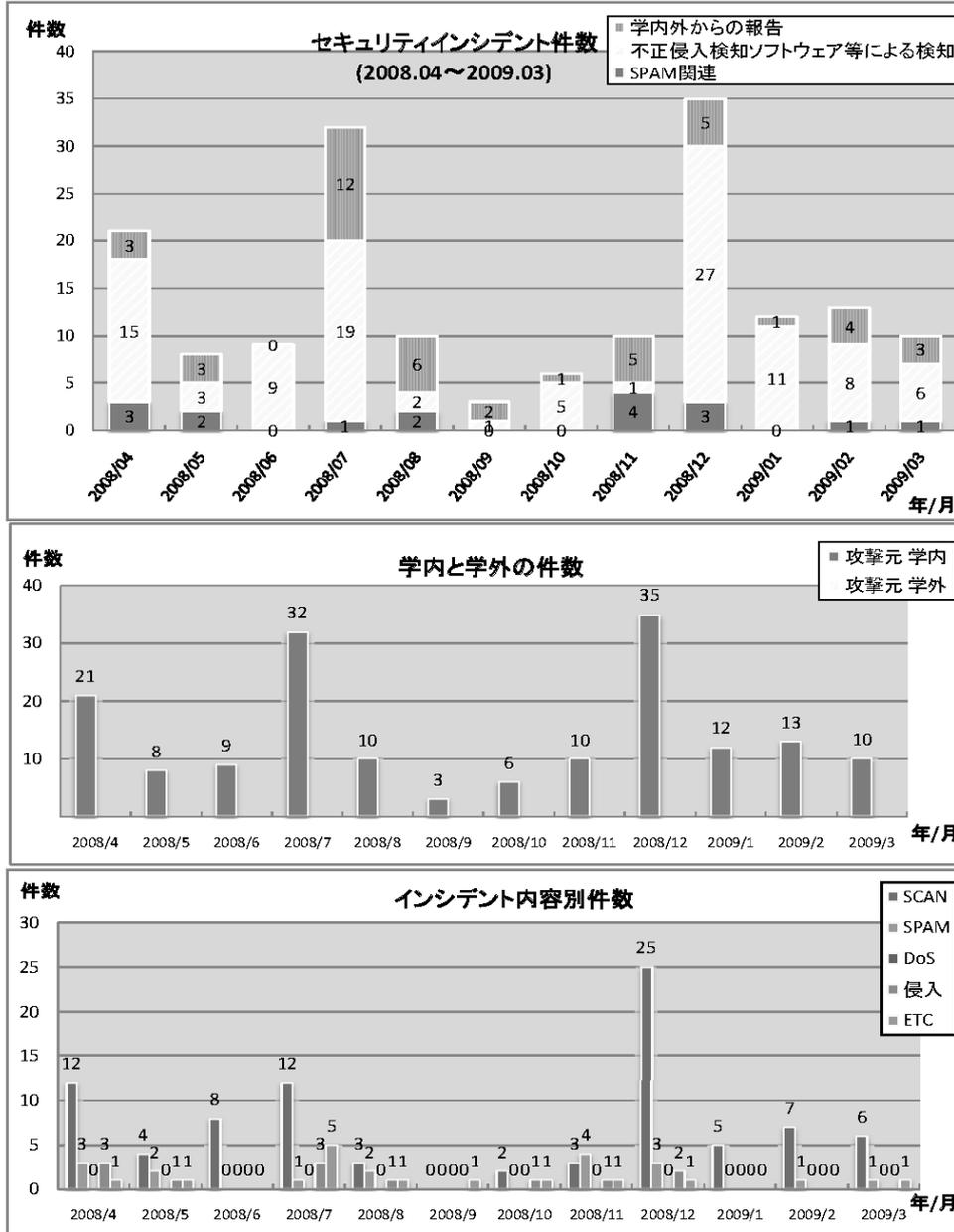


表 1 2008 年度の学内のセキュリティインシデント件数

学内ソフトウェアライセンス

分散システムセキュリティ支援係

1 運用報告

学内での研究教育の円滑な推進を達成することを目的として、利用が多いソフトウェアのうち、可能な範囲でサイトライセンス契約を提供業者との間で結び、安価でかつ容易に利用できるよう図っており、具体的には、以下の各種ソフトウェアの配布サービスとライセンスの管理を行った。平成 20 年 4 月より、新たに LabVIEW のソフトウェアの配布サービスを開始した。

(1) ウィルス対策ソフトウェア

Windows パソコン、ファイルサーバ、メールサーバ等のコンピュータウィルス対策ソフトウェア。

(2) Pro/ENGINEER

3次元の CAD のソフトウェア。

(3) JMP

統計解析ソフトウェア。

(4) SAS9

統計解析ソフトウェア。

(5) MATHEMATICA

数値計算や数式処理用のソフトウェア。

(6) ChemOffice

化学・バイオ分野で必要とされる様々なツールを 1 つにまとめた統合化学ソフトウェア。

(7) LabVIEW

計測・制御ハードウェアとの通信や、データの解析、結果の共有、システムの分散化したデータを処理するためのグラフィカルプログラミングソフトウェア。

(8) Buzzsaw

設計レビューと建設プロセスを自動化・標準化しながら、プロジェクトに関連するドキュメントや設計情報を一元管理することができるソフトウェア。

(9) Adobe CLP

Adobe 社の Acrobat、Photoshop 等の製品が安価に購入できるライセンス。

スーパーコンピューティング部門



ベクトル並列型スーパーコンピュータ HITACHI SR11000モデルJ2



新スーパーコンピュータ HITACHI HA8000クラスタシステム
(T2Kオープンスパコン(東大版))

スーパーコンピューティング部門

概要

部門長 中島 研吾

主査 平野 光敏

1 スーパーコンピュータシステムの運用

スーパーコンピューティング部門では、学術研究および教育に供することを目的として、全国の大学・研究機関等に在籍する大学教員、大学院学生、および卒業研究や授業を目的とした学生に対して、スーパーコンピュータシステムを用いた高度かつ大規模な計算サービスを提供している。

2008年度は、2007年3月をもってサービスを終了した超並列型スーパーコンピュータシステムSR8000/MPPの後継機として導入した、HA8000 クラスタシステム 952 ノード(ピーク性能約140TFLOPS)の運用を開始した。このシステムは東京大学、筑波大学、京都大学の3大学で定められた「T2K オープンスパコン仕様」に基づいたクラスタ型のスーパーコンピュータシステムであり、2008年6月には試験運用を開始し、同年10月には本運用を開始した。本システムは、LINPACK性能82.98 TFLOPSを記録し、2008年6月のTOP500リストで、世界16位(国内1位)の性能を達成した。なお、この記録は952ノードのうち768ノードを使用した性能であり、ピーク性能約113TFLOPSに対する比率は73.4%である。

HA8000 クラスタシステムの稼働率は2008年10月以降の平均で60%を超えており、順調に稼働している。また、2005年より稼働しているSR11000/J2は約80%であり、こちらも引き続き多くの利用者により利用されている。

利用者拡大、サービスの向上を目的として以下のような様々な試みを実施している：

- SR11000/J2、HA8000 クラスタシステム共通
 - 研究プロジェクトの推進(*)
 - 先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス(*)
 - 講習会(*)
 - 広報活動(*)
 - 利用の手引きの整備
 - 成果登録システムの整備
- HA8000 クラスタシステム単独
 - 企業ユーザー利用支援(*)
 - 利用説明会の実施
 - 利用に関するアンケートの実施
 - ファイルステージング機能等の整備

(*)を付した研究プロジェクト、先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス、企業ユーザー利用支援、講習会、広報活動については別項にて紹介する。

SR11000/J2、HA8000 クラスタシステムについて利用の手引きを更新し、HA8000 クラスタシステムについては印刷したものを全ての利用者に送付した。また、成果登録システムを整備した。集計結果等については今後ホームページ、広報誌等で公開する予定である。

HA8000 クラスタシステムの運用開始にあたっては、学外の利用者拡大を目的として、初めて他大学での利用説明会を実施した。2008年5月に横浜国立大学、埼玉大学、電気通信大学、千葉大学、慶應義塾大学で説明会を実施し、多数の参加者があった。

HA8000 クラスタシステムについては試行期間(～2008年9月末)終了時に利用アンケートを、更に2009年2月にファイルシステムに関するアンケートを実施し、結果を広報誌に掲載、ホームページより公開するとともに、サービス改善に役立てた。更にファイルステージング機能等の整備を実施した。

2 研究プロジェクトの推進

研究プロジェクトとしては、公募型「試行期間限定 T2K オープンスパコン(東大)HPC 特別プロジェクト」、「2008年度 T2K オープンスパコン(東大)共同研究プロジェクト」、「スーパーコンピュータ若手利用者推薦(試行)」を実施した。

公募型「試行期間限定 T2K オープンスパコン(東大)HPC 特別プロジェクト」は、2008年10月より本運用に先立つ「試行期間(無料)」中に、特に大量の計算リソースを必要とする利用者が優先的に利用できるようにすることを目的として実施した。本プロジェクトは最大 512 ノード(8,192 コア)を使用可能である。29 件の応募のうち 10 件の様々なタイプのアプリケーションを利用するグループが採択され、512 ノード(8,192 コア)を使用した大規模計算の連続実行を実現した。

「2008年度 T2K オープンスパコン(東大)共同研究プロジェクト」は HA8000 クラスタシステムの利用環境の改善を目的として 2009年1月～3月の間実施された。本共同研究プロジェクトでは「64 ノード(1,024 コア)」程度を使用する大規模計算を大量に行う研究を対象とする。この共同研究プロジェクトで採択された研究グループは、様々なシミュレーションのアルゴリズムの開発、プログラムの高速化に関する研究を本センターのスタッフと共同で実施する。研究成果は「T2K オープンスパコン(東大)」上でのその成果をライブラリ、HPC ミドルウェア等のアプリケーション開発環境整備にフィードバックすることにより、利用環境の向上に資することを最終的な目標とする。2008年度は7件の応募があり、5件が採用された。

「スーパーコンピュータ若手利用者推薦(試行)」は、概ね 35 歳以下の若手研究者(学生を含む)を対象としており、採択された課題の計算機利用負担金(半年分)をセンターが負担する。年2回公募し、年間で4件程度の優れた研究提案を採択する。継続申請と再審査の上で、最大で1年間の無料利用ができる。2008年度は、前期・後期合わせて8件の課題を採択した。

3 先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス

文部科学省が2007年度から開始した委託事業「先端研究施設共用イノベーション創出事業【産業戦略利用】」から支援を受け、2007年7月から、東京大学情報基盤センターが代表として7大学の全国共同利用施設(北海道大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学)のスーパーコンピュータシステム及び応用ソフトウェア(シミュレーションソフトウェア等)を社会貢献の一環として民間企業へ提供する事業を2008年度も継続実施した。2008年度は第1期に戦略分野利用推進1件、新規利用拡大7件の応募があり、それぞれ1件、5件が採択された。第2期に戦略分野利用推進1件、新規利用拡大3件の応募があり、それぞれ1件、3件が採択された。また、2008年10月に「第2回先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用シンポジウム」を開催した。

4 企業ユーザー利用支援

2008年度から、大規模高性能並列計算によるイノベーションと科学技術の発展に寄与することを目的として、HA8000 システムの資源のうち最大 10%(上記共用イノベーション創出事業を含む)までを企業利用に有償で提供することとし、利用規程の変更を含む制度の改定を実施し、2008年10月より企業利用支援の制度を開始した。課題の公募を9月末まで実施し、2社の応募があり、2件が採択された。

5 講習会・広報活動

基礎的な並列プログラミング教育を目的とした、国内に例を見ないユニークな取り組みとして「お試しアカウント付きスパコン利用講習会」がある。2008年度は同講習会を3回実施したほか、日本応用数学会との共催で、HA8000 クラスタシステムを使用した「科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門」を開催した。

2008年度は広報誌「スーパーコンピューティング」を6回発行した他、特集号を2回発行した（「ペタスケールシミュレーションの信頼性(2009年2月)」、「試行期間限定 T2K オープンスパコン(東大) HPC 特別プロジェクト(2009年3月)」)。「スーパーコンピューティング」には「T2K オープンスパコン(東大)(HA8000 クラスタシステム)」に関するチューニング講座を教員が分担して執筆し、好評であった。

6 参考文献

報道関連

[報道 1] 日経産業新聞 2008年6月3日 9面:筑波大、東大、京大共通仕様「T2K」に基づいて調達したスパコン「HA8000」がスパコンランキング国内1位。

[報道 2] 読売新聞 2008年6月3日 2面:国内最速スパコン東大で運用開始。

[報道 3] 日刊工業新聞 2008年6月4日 11面:東大納入のスパコン国内最高性能を達成。

[報道 4] 読売オンライン 2008年10月16日:東大国内最速スパコン、一部民間に有償提供。

[報道 5] 日刊工業新聞 2008年10月17日:国内最速スパコン民間に有償提供、東大、国立大で初めて。

[報道 6] 毎日新聞 2008年10月21日 8面:日本一の頭脳貸します、東大スパコン能力1割を民間へ。

[報道 7] 毎日 JP 2008年10月21日:東京大:計算能力国内最速のスパコン貸します、年4百万円。

スーパーコンピューティング業務

システム管理係

システム運用係

1 2008年度のシステム整備状況

本部門で提供しているスーパーコンピュータシステムのサービスについて、2008 年度中に行ったシステム整備状況を以下に述べる。

従来からサービスを行っている、SR11000 に加えて、HA8000 クラスタシステムについても 10 月 1 日(水)より正式サービスを開始した。SR11000 については、従来からのサービスを継続して行い、HA8000 クラスタシステムについては、大規模ジョブを優先的に実行するコンセプトにより、ジョブクラス制限値を 4 ノードからとするなど、計算機の特徴を踏まえたサービスを行った。

また、大規模(超並列)ジョブ実行サービスや教育利用への支援など、従来から継続して行ってきたサービスに加え、新たに講習会や研究会を実施するなど、利用支援の向上を行った。

1.1 HA8000 クラスタシステムのサービス開始

HA8000 クラスタシステムは、2008 年 6 月 2 日(月)より試行サービスを開始し、10 月 1 日(水)より正式サービスを開始した。総理論演算性能値では、SR11000 の約7倍、総主記憶容量は約 2 倍となっている。ノード単体での性能は、理論演算性能値は同じだが、主記憶容量は一部のノードを除いて 1/4 となっている。表 1 に SR11000 との性能比較をまとめた。また、試行サービス開始にあたっては、本学および学外における導入・利用説明会を表 2 に示すように実施した。

表 1. 現有スパコンの性能比較

	HA8000 クラスタシステム	SR11000/J2
総理論演算性能	140.1344 TFLOPS	18.841 TFLOPS
総主記憶容量	32000 GB	16384 GB
総ノード数	952	128
ノード間ネットワーク性能	タイプ A: 5 GB/s × 双方向 タイプ B: 2.5 GB/s × 双方向	24 GB/s
単体ノード理論演算性能	147.2 GFLOPS	147.2 GFLOPS
単体ノード主記憶容量	32 GB (128 GB)	128 GB

表 2. 導入・利用説明会

種 別	開催場所	開催日	参加人数
導入説明会	東大(柏)	2008 年 4 月 25 日	8 人
	東大(本郷・駒場)	4 月 25 日	30 人
利用説明会	横浜国立大学	5 月 15 日	40 人
	東大(柏)	5 月 26 日	24 人
	東大(本郷・駒場)	5 月 27 日	60 人
	慶應義塾大学	5 月 28 日	18 人
	電気通信大学	5 月 28 日	44 人
	千葉大学	5 月 30 日	18 人
	埼玉大学	5 月 30 日	25 人

1.1.1 ハードウェア

HA8000 クラスタシステム(管理サーバを除く)のハードウェア諸元は、表 3 のとおり。

表 3. HA8000 クラスタシステムハードウェア諸元

項目		仕様
システム全体	総理論演算性能	140.1344 TFLOPS
	総主記憶容量	31.25 TB
	総ノード数	952
	ノード間ネットワーク性能	タイプ A 5 GB/s×双方向 タイプ B 2.5 GB/s×双方向
	ストレージ装置容量	1 PB
ノード	理論演算性能	147.2 GFLOPS
	プロセッサ数(コア数)	4(16)
	主記憶容量	32 GB (936 ノード)、128 GB (16 ノード)
	ローカルディスク容量	250 GB
プロセッサ	プロセッサ(周波数)	AMD 社製 Quad Core Opteron プロセッサ (2.3GHz)
	キャッシュメモリ	L2:512 kB/コア、L3:2 MB/プロセッサ
	プロセッサコア理論演算性能	9.2 GFLOPS

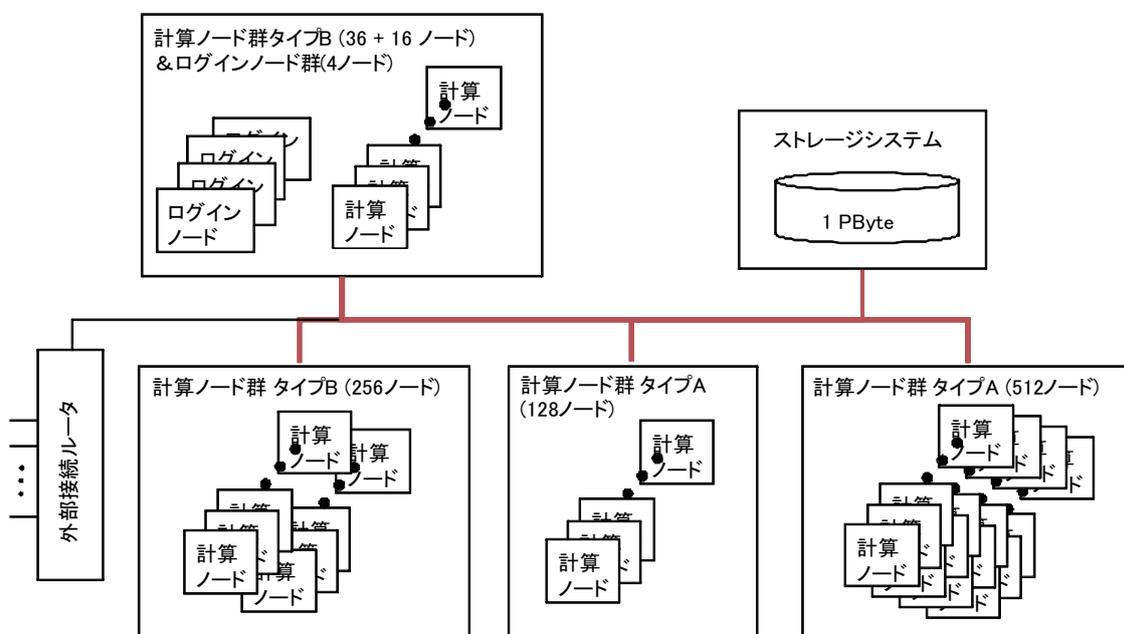


図 1. HA8000 クラスタシステムの概略

1.1.2 ソフトウェア

HA8000 クラスタシステム(管理サーバを除く)のソフトウェア諸元は、表 4 のとおり。

表 4. HA8000 クラスタシステムソフトウェア諸元

項目	仕様
OS	RedHat Enterprise Linux 5
バッチシステム	NQS(現有の SR11000 と同等の機能)
コンパイラ	日立製作所製 最適化 Fortran(77/90/95)、 最適化 C、最適化標準 C++ (全て OpenMP 2.0 を含む)
並列化支援	MPI1.2 通信ライブラリ(MPICH-MX)
数値計算ライブラリ	MSL2、MATRIX/MPP、MATRIX/MPP/SSS BLAS、LAPACK、ScaLAPACK
分子計算アプリケーション	Gaussian03

1.1.3 サービス形態

HA8000 クラスタシステムのサービス形態については、パーソナルコース、専用キュー・ノード固定の各コースを用意した。また、SR11000 と同様に教育利用・若手利用、月 1 回、数日程度の大規模ジョブ実行環境を提供した。ジョブクラス制限値は、表 5 のとおり。

1.1.4 利用負担金

利用負担金については、SR11000 と同様の定額制を導入。また、公共機関や企業が利用可能とする制度を導入した。利用負担金は表 6 のとおり。

1.1.5 アンケート調査

HA8000 クラスタシステム利用者に以下のアンケートを実施し、サービス改善に反映した。

・HA8000 クラスタシステムの利用に関するアンケート(2008 年 6 月～9 月)

HA8000 クラスタシステムの利用状況の把握とサービス改善のため、試行サービスの利用者に対して、スーパーコンピュータの利用に関するアンケートを行った。試行サービス利用者のうちの 43.1%から回答を得て、その結果はシステムの増強計画やキューの実行時間制限などの運用改善、新規サービスのアナウンス方法の改善などに役立てた。

・ファイルシステムに関するアンケート(2009 年 2 月)

HA8000 クラスタシステムに関しては複数の利用者からファイルシステムの性能不足に対する改善要望があった。ただし、全国共同利用施設として一部の利用者の声のみを反映させるシステム変更を行うのは不適切であるため、全利用者に対してファイルシステムの性能についてのアンケート調査を行った。結果として、大半の利用者が操作時の反応速度に不満を持つ一方、8 割以上の利用者は研究用の並列プログラムの実行には支障がないと回答した。この結果により、操作時の反応速度向上を最優先にする対策を採ることができた。

表 5. HA8000 クラスタシステムジョブクラス制限値

キュー名 ※1	最大ノード数 (コア数)	制限時間 (経過時間)	メモリー容量 (GB) ※2	パーソナル					専用キュー	ノード固定
				コース1	コース2	コース3	コース4	コース5		
(short)										
S004	4 (64)	1 時間	28	○	○	○	○	○	○	○
S008	8 (128)	"	"	×	○	○	○	○	○	○
S016	16 (256)	"	"	×	×	○	○	○	◇	◇
(parallel)										
P004	4 (64)	24 時間	"	○	○	○	○	○	×	×
P008	8 (128)	"	"	×	○	○	○	○	×	×
P016	16 (256)	"	"	×	×	○	○	○	×	×
P032	32 (512)	12 時間	"	×	×	×	○	○	×	×
P064	64 (1024)	"	"	×	×	×	×	○	×	×
(large)										
L004	4 (64)	24 時間	112	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
L008	8 (128)	"	"	×	☆	☆	☆	☆	☆	☆
(monthly)										
M008	8 (128)	18 時間	28	△	×	×	×	×	×	×
M016	16 (256)	"	"	×	△	×	×	×	×	×
M032	32 (512)	9 時間	"	×	×	△	×	×	×	×
M064	64 (1024)	"	"	×	×	×	△	×	×	×
M256	256 (4096)	6 時間	"	×	×	×	×	△	□	□
任意 ※3	申込数	任意 ※3	"	×	×	×	×	×	○	○
debug	4 (64)	5 分	"	○	○	○	○	○	○	○

- ☆ 別途申し込みをした場合のみ利用可能。
- △ 月1回の一定期間のみ利用可能(原則として最終金曜日午後～翌月曜日朝)。
- ◇ 16ノード以上の申し込みの場合に利用可能。
- 64ノード以上の申し込みの場合、月1回の一定期間のみ利用可能。
- ※1 NQSのキューの指定(“#@\$-q”)は、short、parallel、large、monthly、debugと指定する。
(例: #@\$-q parallel, #@\$-q debug キュー名は大文字・小文字を区別するので注意が必要)
- ※2 1ノード当りの利用者が利用可能なメモリー容量。
- ※3 申し込みノード数の合計以内ならば、キュー名・制限時間(原則 48 時間以内)は、相談の上、任意に設定可能。
制限時間の延長には専用キュー制限時間延長申込書の提出および審査が必要。

表 6. HA8000 クラスタシステム利用負担金表

コース	負担金額(税込) ※1			/home	備考
	大学等	公共機関等	企業 ※2		
パーソナル	コース1	110,000 円/年	220,000 円/年	100GB	
	コース2	150,000 円/年	300,000 円/年		
	コース3	220,000 円/年	440,000 円/年		
	コース4	300,000 円/年	600,000 円/年		
	コース5	440,000 円/年	880,000 円/年		
専用キュー	1,000,000 円/年	2,000,000 円/年	4,000,000 円/年	4TB	8ノード申し込み当り
ノード固定 ※3	1,500,000 円/年	3,000,000 円/年			
ディスク追加	12,000 円/(100GB*年)				100GB 単位で申込可

- ※1 「大学等」は大学、高等専門学校及び大学共同利用機関、文部科学省所管の独立行政法人、文部科学省科学研究費補助金の交付を受けている研究、「公共機関等」は学術研究及び学術振興を目的とする国又は地方公共団体が所管する機関とする。
- ※2 「企業」の申し込みには、企業利用申込書添付書類の提出および審査を要する。
- ※3 ノード固定の申し込みには、ノード固定コース申込時添付書類の提出および審査を要する。

1.2 2008 年度のサービス変更

1.2.1 主な変更点

2008 年 4 月以降に行った、主なサービス変更点は以下のとおり。なお、HA8000 に関しては、前項を参照のこと。

- HA8000 クラスタシステムサービス開始
- SR11000 ファイルシステム見直し
- ログイン方法の変更(SSH 鍵による認証)

1.2.2 サービス変更点

SR11000 システムのサービスの変更点について以下に記載する。なお、システムのホスト名、IP アドレスは変更ない。

① /short、/gpfs ファイルシステムの新設

2007 年度までは、/batch、/para-io のファイルシステムで運用してきたが、2008 年 8 月 18 日より、/short、/gpfs ファイルシステムの利用を可能とした。/batch、/para-io、/short の 3 つのファイルシステムは、HSFS にて構築され、/gpfs は、AIX 標準ファイルシステムで構築されている。各ファイルシステムの比較については、表 7 のとおり。

表 7. SR11000 ファイルシステム比較

ファイルシステム	ファイル上限値	保存期間	インタラクティブから	申込	利用負担金
/batch	あり	--	read/write	不要	利用負担金に含まれる
/short	なし	5 日	read/write	不要	無料
/para-io	なし	5 日	read only	不要	無料
/gpfs	なし	5 日	read/write	必要	無料

② ログイン方法の変更

セキュリティを強化すべく、2009 年度から「SSH 鍵による認証」を行うように変更した。

1.3 教育利用

前年度に引き続き、教育利用のためのシステム提供(試行、無料)を行い、並列プログラミング教育として 6 件(SR11000、HA8000 クラスタシステム、各 3 件)の利用があった。

SR11000

- 東京大学情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻「並列数値計算論」
- 東京大学工学部・工学系研究科(前期)「スパコンプログラミング(1)、(I)」
- 東京大学教養学部 全学ゼミ(1、2 年生)「スパコンプログラミング研究ゼミ」

HA8000

- 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻「並列計算プログラミング・先端計算機演習」
- 東京大学工学部・工学系研究科(後期)「スパコンプログラミング(1)、(I)」
- コンピュータ科学特別講義 I「科学技術計算プログラミング(有限要素法)」

2 2009 年度のシステム整備計画

2009 年度は、HA8000 ファイルシステムの性能向上を行う予定である。主な予定は以下のとおりである。

- ・高レスポンス領域の新設、大容量 NFS 領域の提供。
- ・各ノードからファイルサーバに高速な通信が可能となるように、ネットワーク構成を見直す
- ・大量ノードからの入出力を行ってもレスポンスが期待できる新たな並列ファイルシステムの導入

3 専門委員会報告

本センター運営委員会のもとにスーパーコンピューティング専門委員会を設置し、全国共同利用スーパーコンピュータシステムおよびその運用に関する事項について、企画、立案及び審議を行っている。2008 年度に開催した同専門委員会の主な議事内容は以下のとおりである。

第 10 回 スーパーコンピューティング専門委員会

日 時: 2008 年 9 月 10 日(水)10:00～

- 議 題: 東京大学情報基盤センタースーパーコンピュータシステム利用規程の改定等について
- ・東京大学情報基盤センタースーパーコンピュータ利用資格者審査委員会の運用について(審査基準)
 - ・超並列型スーパーコンピュータシステムのノード固定利用審査について
 - ・スーパーコンピュータシステムの教育・普及枠について
 - ・超並列型スーパーコンピュータシステムの若手利用者推薦(試行)について
 - ・超並列型スーパーコンピュータシステムの教育利用(試行)について
 - ・平成 19 年度スーパーコンピューティング部門決算報告について
 - ・プログラム相談状況について
 - ・システム稼動状況報告について
 - ・その他

4 システムの利用状況

2008年度におけるジョブ統計は表8、表9のとおりである。スーパーコンピュータの利用状況については、SR11000/J2 では、ノード稼働率がほぼ 80%前後になるなど、今年度も多数の利用者に利用された。また、HA8000 クラスタシステムにおいても、ノード稼働率が 60%を超えるなど、順調に利用が増加している。

4.1 SR11000/J2 (AIX 5L) のジョブ処理状況

表 8. ジョブ処理状況

年月	登録者数	実利用者数	TSS 件数	NQS 件数	接続時間 (時間)	CPU 時間		ノード 稼働率 (%)	/batch ファイル 使用量(MB)
						sr11000-s (時間)	NQS (時間)		
0804	624	276	6,033	5,602	7,653.78	143.53	827,608.17	74.8	16,431,305
0805	715	316	9,094	8,635	10,774.56	318.57	1,163,254.01	82.9	18,013,022
0806	722	287	8,294	7,442	10,025.17	202.49	1,115,883.30	81.8	18,013,471
0807	726	271	9,350	8,448	9,662.12	241.90	1,184,886.59	81.7	18,490,741
0808	730	258	6,403	6,677	6,717.09	178.13	762,555.28	81.4	19,119,097
0809	731	240	8,038	5,978	8,129.56	232.52	967,934.69	76.0	20,283,752
0810	736	240	8,414	7,259	10,235.99	329.81	952,211.80	80.5	19,807,613
0811	749	221	7,750	6,974	11,217.52	234.82	1,095,792.97	79.8	21,139,501
0812	756	234	8,863	7,083	8,470.79	238.02	1,082,607.76	79.8	21,721,836
0901	758	235	8,496	7,335	9,262.96	183.97	1,144,595.53	81.2	23,391,481
0902	759	223	6,553	5,791	8,639.34	169.00	999,774.89	79.0	22,652,533
0903	764	233	6,436	5,528	7,499.00	189.00	938,072.84	71.1	21,902,844
合計	767	484	93,724	82,792	108,287.88	2,661.77	12,235,177.83		

(注) ・ノード稼働率とは1ノードが100%稼働したと仮定した場合のサービスノードに対する稼働率である。

4.2 HA8000 クラスタシステムのジョブ処理状況

表 9. ジョブ処理状況

年月	登録者数	実利用者数	ログイン 件数	NQS 件数	接続時間 (時間)	CPU 時間		ノード 稼働率 (%)	/home ファイル 使用量(MB)
						ログイン (時間)	NQS (時間)		
0806	263	106	2,755	2,681	3,529.01	74.60	434,079.16	9.0	14,660
0807	422	167	6,147	12,189	15,198.45	855.63	2,259,671.96	30.1	538,843
0808	439	197	5,212	5,869	8,924.32	443.11	2,335,037.60	51.1	250,230
0809	475	213	5,974	8,222	8,598.14	326.14	3,242,568.29	64.8	9,993
0810	498	206	5,403	6,434	9,330.99	230.69	3,224,556.56	57.9	1,664,686
0811	475	171	5,262	7,785	6,379.77	602.71	4,218,776.36	63.9	92,819
0812	529	217	6,019	9,710	9,602.37	169.02	4,344,516.99	63.6	1,007,778
0901	546	187	6,708	10,252	14,087.34	286.39	4,449,688.48	65.1	25,808,238
0902	575	181	6,150	10,561	10,029.79	299.67	3,595,294.30	59.3	30,775,463
0903	527	208	6,139	12,423	11,334.03	400.64	3,945,809.62	60.4	38102404
合計	802	537	55,769	86,126	97,014.22	3,688.60	32,049,999.33		

(注) ・ノード稼働率とは1ノードが100%稼働したと仮定した場合のサービスノードに対する稼働率である。

・2008年6月より試行サービス開始、10月より正式サービス開始。

5 プログラム相談と刊行物

5.1 プログラム相談

サービスの一環として、利用者からのプログラム相談を受け付けているが、オープンフロアサービスの終了により、これまでのようにプログラム相談員を常設せず、事前予約により本センター教職員の面談による対応を行っている。また、以前と同様に E-Mail による相談も受け付けている。また、相談システムを新たに整備し、進捗管理が行えるようにするなどの改善を行った。

表 10. 相談状況

	対面相談	E-Mail 相談	合計
4 月	0	3	3
5 月	0	9	9
6 月	0	54	54
7 月	2	60	62
8 月	2	43	45
9 月	1	43	44
10 月	0	30	30
11 月	0	15	15
12 月	0	19	19
1 月	0	20	20
2 月	2	18	20
3 月	0	18	18
小計	7	332	339

5.2 刊行物

2008 年度に刊行したものは以下のとおりである：

- スーパーコンピューティングニュース Vol.10 No.3 ～ Vol.11 No.2 (2008 年度)
- スーパーコンピューティングニュース Vol.11 No. Special Issue 1 2009.2 「ペタスケールシミュレーションの信頼性」
- スーパーコンピューティングニュース Vol.11 No. Special Issue 2 2009.3 「試行期間限定 T2K オープンスパコン(東大)HPC 特別プロジェクト」
- HA8000 クラスタシステム 利用の手引き 第 2 版 (2009.3)
- 東大センターにおけるスーパーコンピューター利用入門 - SR11000 編 - 第 4 版 (2009.3)

「スーパーコンピューティングニュース」は、スーパーコンピューティング部門の教員、職員が部門連絡会等で討議のうえ掲載事項・内容を検討し、スーパーコンピュータの利用者に対して利用に関する適切な情報提供を行うとともに、センターへの要望・提案を受け付けている。スーパーコンピュータ利用者へよりわかりやすく情報伝達を行なうとともに、コンピュータ利用サービスの改善に役立っている。さらに同じ内容を本センターのホームページに掲載している。2008 年度は「T2K オープンスパコン(東大)(HA8000 クラスタシステム)」に関するチューニング講座を教員が分担して執筆し、好評であった。

また従来から発行しているものには、以下のものがある。

- ベクトル並列型スーパーコンピューターSR11000 チューニングガイド(2005.5)

6 職員による研究開発活動

業務系の職員は、日々利用者サービスの向上やシステム運用の効率化・高度化を図りながら業務に携わっており、その成果を発表することで更なる動機付けに期待される。このような成果の発表の場として、全国共同利用情報基盤センター長会議のもとに研究開発連合発表会講演会を毎年開催している。その他、各大学等の機関で行っている総合技術研究会にも参加している。

6.1 第30回全国共同利用情報基盤センター 研究開発連合発表講演会

九州大学情報基盤研究開発センターの当番で、第30回全国共同利用情報基盤センター研究開発連合発表講演会が2008年11月27日に開催され、本センターからも職員が参加し発表を行った。

本講演会は日々急激に進展するスーパーコンピューターを中心とした計算機、ソフトウェア及びネットワークに関する最新の技術について知識・サービスの発表・討議を行い、情報基盤センター群相互の情報交換を図るものである。

<本センターの研究開発論文>

(東京大学情報基盤センター)

・「利用者登録システムの構築」－佐藤孝明(発表者)－

SR11000/J2 及び HA8000 クラスタシステムの各種サービスの利用申し込みを利用者が容易にWeb インターフェースにより申請が行えることを目的としたシステムである。

詳しくは、「研究開発論文集 No.30 平成 20 年 11 月全国共同利用情報基盤センター」(P33～P35)をご覧願いたい。

6.2 研究成果登録システム

利用者が、本センターのスーパーコンピュータシステムを利用して得られた研究成果を Web Page を利用して登録できるシステムを作成した。本システムにて報告された内容については、研究成果データベースに登録され、今後のスーパーコンピュータシステムの整備・拡充の際の基礎データの一部に利用される予定である。

講習会

共同利用係

システム管理係

システム運用係

1 概要

2008年度は表1に示すような並列計算プログラミングに関連した講習会を開催した。スパコン(SR11000、およびHA8000 クラスタシステム)の臨時アカウントを無料で発行しての講習会は国内でも他に例が無い先駆的な取り組みであり、学習効果の促進とともに利用者の拡大にも貢献している。受講者はノートPCを持参してもらい、無線LAN経由でスパコンにログインする。受講者が復習できるように、アカウントの有効期限は、講習会の日から1週間～2週間程度としている。受講者は、これまでは、スパコンの利用資格者(学生、教育機関・研究機関教職員)に限定してきたが、2008年10月より、社会貢献の一環として企業ユーザーもスパコン利用が可能となっており、企業ユーザーも講習会を受講できるようになった。

表1:2008年度に開催した講習会

名称	開催日	利用計算機	申込者数	備考
第2回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会(試行)	2008年5月29日	SR11000	18人	
第3回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会(試行)	2008年9月1日～3日	HA8000 クラスタ システム	25人	情報基盤センター主催
第4回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会(試行)	2009年3月12日		29人	
日本応用数学会「秋の学校」:科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門	2008年12月3日～4日		48人	日本応用数学会と共催
CCS HPC サマーセミナー2008	2008年7月31日～8月1日	—	12人	筑波大学主催
京都大学 並列プログラミング入門講習会	2008年11月6日	—	5人	京都大学主催

2 お試しアカウント付き並列プログラミング講習会(試行)

2008年度は本センター主催による初心者向け並列プログラミングを表1に示すように3回実施した。以下に概要を示す。詳細はホームページを参照されたい¹。

¹ <http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/publication/kosyu/>

2.1 第2回講習会

SR11000 を使用した、初心者向け並列プログラミング講習会を実施した。並列プログラミングの基礎、MPI、OpenMP の初歩的なプログラミング手法について講義・実習を実施した。

表 2：第2回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会（試行） スケジュール

開催日	時 間	内 容	講 師
2008 年 5 月 29 日（木）	1030～1100	ノートパソコンの設定（SSH 環境のインストール）	片桐孝洋
	1100～1130	スパコンへのログイン・テストプログラム起動	
	1130～1230	並列プログラミングの基礎	
	1330～1530	MPI プログラミング実習	
	1545～1715	OpenMP プログラミング実習	黒田久泰

2.2 第3回講習会

HA8000 クラスタシステムを使用した、初心者向け並列プログラミング講習会を実施した。並列プログラミングの基礎、MPI、OpenMP の初歩的なプログラミング手法についての講義・実習の他、有限体積法による三次元熱伝導解析コードを題材として、並列アプリケーションの開発手法についての講義・実習を実施した。

表 3：第3回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会（試行） スケジュール

開催日	時 間	内 容	講 師
2008 年 9 月 1 日（月）	1000～1200	ノートパソコンの設定、テストプログラムの実行	片桐孝洋
	1300～1500	並列プログラミングの基本	黒田久泰
	1500～1700	OpenMP プログラミング実習	
9 月 2 日（火）	1000～1200	MPI プログラミング実習	片桐孝洋
	1300～1700	MPI による並列アプリケーション開発入門 (1)	中島研吾
9 月 3 日（水）	1000～1730	MPI による並列アプリケーション開発入門 (2)	

2.3 第4回講習会

HA8000 クラスタシステムを使用した、初心者向け並列プログラミング講習会を実施した。並列プログラミングの基礎、MPI の初歩的なプログラミング手法についての講義・実習の他、大規模シミュレーションにおける解法として重要な多重格子法についての講義・実習を実施した。

表 4：第4回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会（試行） スケジュール

開催日	時 間	内 容	講 師
2008 年 3 月 12 日（木）	1030～1130	ノートパソコンの設定、テストプログラムの実行	片桐孝洋
	1230～1330	並列プログラミングの基本	
	1330～1520	MPI プログラミング実習	
	1520～1730	多重格子法について	中島研吾

3 日本応用数学会「2008 秋の学校」: 科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門

近年マイクロプロセッサのマルチコア化が進み、様々なプログラミングモデルが提案されている。中でも OpenMP は指示行(ディレクティブ)を挿入するだけで手軽に「並列化」ができるため、広く使用されており、様々な解説書も出版されている。メモリへの書き込みと参照が同時に起こるような「データ依存性(data dependency)」が生じる場合に並列化を実施するには、適切なデータの並べ替えを施す必要があるが、このような対策は OpenMP 向けの解説書でも詳しく取り上げられることは余り無い。本講習会は、このような事情を考慮し、本センターと日本応用数学会の共催で実施したものであり、「有限体積法から導かれる疎行列を対象とした ICCG 法」を題材として、科学技術計算のためのマルチコアプログラミングにおいて重要なデータ配置、reordering などのアルゴリズムについての講習、実習を実施した。

今回は、2008 年 6 月より稼動を開始した、「T2K オープンスパコン(東大)(HA8000 クラスタシステム)」等最近のマルチコアプロセッサへの適用を念頭においた内容を実施した。本講習会のスケジュールを表 5 に示す。詳細はホームページ²を参照されたい。12 月 3 日(水)の午後、12 月 4 日(木)の正味 10 時間弱の講義であるが、その中で目を引くのが、対象となるアプリケーション(有限体積法、ICCG 法)に 2 時間、オーダリングのアルゴリズム、実装について 3 時間と合計半分程度を占めていることである。それに対して、OpenMP の文法に関わる部分はごく少ない。

表 5 : 科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門 スケジュール

開催日	時間	内容	講師
2008 年 12 月 3 日 (水)	1300~1310	開会	中島研吾
	1310~1330	T2K オープンスパコン (東大) の概要、ロ グイン	
	1330~1530	有限体積法、ICCG 法によるポアソン方程 式ソルバー	
	1545~1700	OpenMP 「超」 入門+実習	
12 月 4 日 (木)	0900~1200	オーダリングについて	
	1300~1600	OpenMP による並列化実装、T2K オープ ンスパコン (東大) での最適化	
	1630~1730	実習	

4 T2K 連携セミナー・講習会

筑波大学および京都大学が主催する T2K オープンスパコンに関連するセミナーおよび講習会を、連携の一環として、東京大学情報基盤センターの遠隔講義室を利用し公開講座を行った。

² <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/seminars/0812-JSIAM/>

シンポジウム・研究会

共同利用係

システム管理係

システム運用係

1 T2K シンポジウム

筑波大学、京都大学との共催によるシンポジウムを：

- 2008年4月7日(月):筑波大学¹
- 2008年6月2日(月):東京大学²
- 2008年10月24日(金):京都大学³

の合計3回実施した。

T2K オープンスパコン運用開始にあたって2008年6月2日に開催されたシンポジウムでは、3大学各機関による挨拶の他、「ペタスケール計算への道:T2K オープンスパコンによる学際研究・教育・支援」と題してパネルディスカッションが実施された。シンポジウムの模様は、筑波大学、京都大学でも同時中継された。163人の出席者があった。

2 研究会

2.1 概要

2008年度は表1に示すように3回の先進スーパーコンピューティング環境研究会(Advanced Supercomputing Environment、ASE)(略称:ASE研究会)を開催した。

表1:2008年度に開催した研究会

名称	開催日	参加者数
第2回 ASE 研究会	2008年8月20日(水)	20人
第3回 ASE 研究会	2009年1月20日(火)	20人
第4回 ASE 研究会	2009年3月27日(金)	9人

2.2 第2回 ASE 研究会

2008年8月20日(水)13時30分から16時15分まで、東京大学情報基盤センター大会議室にて、第2回 ASE 研究会を開催した。国内の大学、および企業からの参加者が20名あり、活発な議論がなされた。

第2回 ASE 研究会の招待講演として、独立行政法人 理化学研究所 次世代生命体統合シミュレーション研究推進グループ 小野謙二 博士を招待した。小野博士は、ペタスケールのシミュレーションを容易にするソフトウェア基盤(フレームワーク)である SPHERE の開発責任者であり、また、シミュレーション結果の可視化についても重視している。スーパーコンピュータと連携した可視化システ

¹ <http://www.ccs.tsukuba.ac.jp/workshop/t2k-sympo2008/>

² <http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/publication/sympo/01/>

³ <http://announce.cc.u-tokyo.ac.jp/announce/A00038.html>

ムの開発に力を注いでいる。理化学研究所における先進的なソフトウェア基盤の開発事例を発表した。

2.3 第3回 ASE 研究会

2009年1月20日(火)15時から18時まで、東京大学情報基盤センター大会議室において、第3回先進スーパーコンピューティング環境研究会(ASE研究会、Advanced Supercomputing Environment)が開催された。今回は、「ペタスケールアプリケーション開発支援環境に関する国際ワークショップ」と題して、科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業(CREST)との共催にて実施された。国内の大学、研究機関、企業から合計20名の出席者があり、活発な議論が行われた。

プログラムは表2に示すように、招待講演1件と情報基盤センタースーパーコンピューティング研究部門に所属する教員による3件の講演から構成されている。

表2：第3回 ASE 研究会 プログラム

講演者	講演タイトル
Jonathan Carter (NERSC, Lawrence Berkeley National Laboratory, USA) (招待講演)	Collaborative Benchmarking at NERSC and the T2K Open Super-Computer (Tokyo)
石川 裕 (東大・情報理工/情報基盤センター)	An Overview of Seamless and Highly-Productive Parallel Programming Environment Project
片桐孝洋 (東大・情報基盤センター)	Towards Petascale Eigensolver and Its Auto-tuning Methodology
中島研吾 (東大・情報基盤センター)	Parallel Multistage Preconditioners by Hierarchical Interface Decomposition on T2K Open Supercomputer (Tokyo) with Hybrid Parallel Programming Models

招待講演者の Jonathan T. Carter 博士⁴はローレンスバークレイ国立研究所(Lawrence Berkeley National Laboratory)の National Energy Research Scientific Computing (NERSC) Center で User Service Group Leader を勤めており、スーパーコンピュータの導入、運用の責任者の一人である。スパコンの導入、運用を円滑に実施するための評価手法、ベンチマーキングの研究を行っており、今回は NERSC における事例も交えてシステムの評価手法について紹介があった。非常に興味深かったのは：

- 様々なユーザーアプリケーションの特徴を網羅し、実際のアプリケーションに基づいて作成された7種類のベンチマークテストによって評価を実施している。
- いわゆる「検収」を、運用前のテストだけでなく、実運用環境でも実施している。また、実行性能、入出力性能を常時モニターしており、例えばコンパイラやライブラリのバージョンアップ等による様々な影響についても考慮している。

という点であり、今後の調達、センター運用においても参考になる点が多かった。

Carter 博士の今回の来日の目的は、これらのベンチマークを HA8000 クラスタシステム(T2K オープンスパコン(東大))に適用し、評価することである。現在 NERSC で稼働中の Cray XT4 システムは T2K オープンスパコンと同様、AMD Quad-core Opteron (Barcelona) 2.3GHz をしており、両者の比較という点からも興味深い。

引き続き実施された、センター3 教員による講演は、現在、筑波大学、京都大学と共同で実施されている「シームレス高生産・高性能プログラミング環境」(代表：石川裕教授(東大))に関連したもの

⁴ <http://www.nersc.gov/~jcarter/>

である。本プロジェクトは文部科学省 次世代 IT 基盤構築のための研究開発「e-サイエンス実現のためのシステム統合・連携ソフトウェアの研究開発(テーマ①:高生産・高性能計算機環境実現のためのシステムソフトウェアの研究開発)」として実施されているものであり、本学では「高効率・高可搬性ライブラリ」を担当している。第3回 ASE 研究会では、プロジェクトの概要(石川)、自動チューニング機構の開発(片桐)、マルチコア環境での最適化(中島)について紹介した。

2.4 第4回 ASE 研究会

2009年3月27日(金)14時00分～17時00分、東京大学情報基盤センター大会議室にて、第4回 ASE 研究会を開催した。国内の大学、研究機関、企業から合計9名の参加者があった。今回は、基調講演として、米国コロラド大学デンバー校から Julien Langou 博士を招聘し、T2K オープンスパコンにも搭載されているマルチコアプロセッサに向く、密行列解法アルゴリズムとその自動チューニングに関連する講演を行った。招待講演は2件行った。理化学研究所の伊藤祥司博士による、反復解法アルゴリズムにおける系統的な性能評価の試みと、そのデータベースからの知識発見に関する講演をおこなった。首都大学東京の村上弘博士による、マルチコアに向く固有値ソルバのアルゴリズムに関する講演をおこなった。

研究プロジェクト

共同利用係

システム管理係

システム運用係

1 試行期間限定 T2K オープンスパコン(東大)HPC 特別プロジェクト

本センターでは、2008 年 10 月よりの本運用に先立ち、9 月末までは、「試行期間」として無料でご利用いただいた。特に大量の計算リソースを必要とする利用者が優先的に利用できるように公募型「試行期間限定 T2K オープンスパコン(東大)HPC 特別プロジェクト」を実施した。本プロジェクトは最大 512 ノード(8,192 コア)を使用可能である。

全部で 29 件の応募があったが:

- 自作コードによる研究であること
- 当該コードについて 1,000 コア以上の利用実績があること
- 計算結果が科学的に有用、あるいは社会的なインパクトがあると考えられること
- 当情報基盤センターの運用、利用者にとって有用な情報を提供すること
- 512 ノードの利用を目標としていること
- 計画に実現性があり、短期間で効果を示すことが可能であること

等を考慮して、表 1 に示す 10 件を採択した。うち、「次世代スーパーコンピュータ」のターゲットアプリケーションに選ばれているものが 5 件、「SC-XY Conference Series」¹でアプリケーションの最高性能を競う Gordon Bell Prize の Finalist に選出された経験のあるものが 2 件である。多くのグループは 10 月以降も T2K オープンスパコン(東大)を利用していただいている。また、いわゆる科学技術シミュレーションだけでなく、「大規模テキスト処理」に関連した課題も採択されている。

各グループは、単に得られた知見だけでなく、「T2K オープンスパコン(東大)」への要望、不満も含めて忌憚りの無い意見を記述いただいた報告書を提出いただいた。詳細は広報誌^{2,3}を参照されたい。

512 ノードジョブを実行する特別サービスは週末を中心に実施されるため、1 グループが 512 ノードを占有できる時間は概ね 1 日程度となった。従って、科学的な成果を求めるよりはベンチマーク、性能評価が中心となっている。本センターにとっても、512 ノード、8,192 コアという大規模なシステムを継続的に運用することは貴重な経験であり、その後の円滑な運用に大きく貢献している。

今後、科学技術シミュレーションを中心として、計算の大規模化が進み、10 万コア、100 万コアを利用することが日常化することもそれほど遠い将来のことではない。T2K(東大)では 512 ノード、8,192 コアが最大であるが、本 HPC 特別プロジェクトのような試みは将来のペタスケール・エクサスケールコンピューティングに向けて大いに資するところがあり、利用者の報告書を見てもそのような意見が多い。2009 年度以降も引き続き実施していく予定である。

¹ <http://www.sc-conference.org/> 毎年 11 月にアメリカで開催されている IEEE 主催による国際会議 The International Conference for High Performance Computing Networking, Storage, and Analysis のこと

² スーパーコンピューティングニュース 特集:ペタスケール・シミュレーションの信頼性(東京大学情報基盤センター) 11-S.1, 2009.

³ スーパーコンピューティングニュース 特集:試行期間限定 T2K オープンスパコン(東大)HPC 特別プロジェクト(東京大学情報基盤センター) 11-S.2, 2009.

表1:「試行期間限定 T2K オープンスパコン(東大)HPC 特別プロジェクト」採択課題

課題名	代表者(所属)
全球雲解像正 20 面体格子非静力学大気モデル(NICAM)の開発	佐藤正樹(東大・気候システム研究センター)
海洋循環形成プロセスの高解像度シミュレーション	羽角博康(東大・気候システム研究センター)
高性能直接法 N 体計算ベンチマーク	似鳥啓吾(東大・理学系研究科)
T2K オープンスパコンへのインヤン地球ダイナモコードの移植	陰山 聡(海洋研究開発機構)
3 次元不均質場での地震波伝播の大規模シミュレーション	古村孝志(東大・情報学環)
超並列計算によるマルチスケール・マルチフィジックス心臓シミュレーション	久田俊明(東大・新領域創成科学研究科)
革新的シミュレーションソフトウェア	加藤千幸(東大・生産技術研究所)
密度行列繰り込み群法と行列対角化による強相関量子系のシミュレーション	町田昌彦(日本原子力研究開発機構)
プロセッサアフィニティ制御を組み込んだフレームワークによる実用大規模並列シミュレータの性能評価	小野謙二(理化学研究所)
GXP システムとそれを用いた大規模テキスト処理の実行	黒橋禎夫(京大・情報学研究科)

2 2008 年度 T2K オープンスパコン(東大)共同研究プロジェクト

2009 年 1 月～3 月の間、2008 年度「T2K オープンスパコン(東大)共同研究プロジェクト」を実施した。共同研究プロジェクト期間中は 64 ノード専用キュー(1,024 コア)を無料で使用できる。以下、共同プロジェクトの概要と 2008 年度採択課題について、簡単に紹介する。

2.1 共同研究プロジェクトの対象、目標

本共同研究プロジェクトでは「64 ノード(1,024 コア)」程度を使用する大規模計算を大量に行う研究を対象とする。この共同研究プロジェクトで採択された研究グループは、様々なシミュレーションのアルゴリズムの開発、プログラムの高速化に関する研究を本センターのスタッフと共同で実施する。研究成果は「T2K オープンスパコン(東大)」上でのその成果をライブラリ、HPC ミドルウェア等のアプリケーション開発環境整備にフィードバックすることにより、利用環境の向上に資することを最終的な目標とする。

2.2 応募資格

申込者(代表者)は「国内の大学に所属する研究者、公共機関に所属する研究者」に限定する。研究グループのメンバーは「T2K」オープンスパコンの利用有資格者、すなわち:

- 国内の大学に所属する学生・研究者
- 公共機関に所属する研究者
- 企業に所属する研究者、技術者

でなければならない。

2.3 共同研究プロジェクトの要件

研究期間は 2009 年 1 月～2009 年 3 月の間とする。2009 年 4 月以降の継続については改めて募集する。最大継続期間は、2009 年度以降 3 年間とする。

本センターのスタッフとプログラムの並列化、高速化に関する共同研究を実施する。原則としてプログラムのソースコードを本センターの担当スタッフに対して提供する。本センターとして協力可能な分野は下記の通りである。

- スカラープロセッサ向けチューニング
- 線形ソルバー(密行列、疎行列)の高速化、チューニング
- 反復法前処理手法
- ハイブリッド並列化
- 並列適応格子法、動的負荷分散
- 細粒度タスク並列化、並列分散プログラミング言語
- ファイル転送効率化
- ユーザー所有クラスタや他のスパコンとの連携

共同研究期間中は、64 ノード専用キューを無料で利用できる(但し、本共同研究プロジェクトで採択された他グループと共同で使用する)。

共同研究プロジェクトで得られた成果は当センター(スーパーコンピューティング部門)広報誌「スーパーコンピューティングニュース」に投稿していただく。また、当センターの主催するセミナー、ワークショップ等でご発表いただく場合がある。年度末に所定の様式に従って共同研究プロジェクト実績報告書(研究成果の概要、外部発表リスト等)を提出していただく。

研究結果の公表の際には、その論文、報告等に「T2K オープンスパコン(東大)」を利用したことを明記するとともに、当該論文、報告等の別刷又は写し 1 部を提出していただく。なお、本センター教職員の貢献度に応じて co-authorship を求める場合がある。性能データの誤解等に基づく誤謬防止のため投稿前に本センター教職員の助言を受けることが望まれる。

2.4 2008 年度募集と採択課題について

2008 年度については 2008 年 12 月 3 日に募集を開始し、同 12 月 26 日に締め切った。合計 7 件の応募があったが、本センタースーパーコンピューティング研究部門教員による厳正なる審査の結果、次ページ以降に示す 5 課題を採択することにした。採否にあたっては、以下の点に特に留意した:

- 研究テーマの有用性、先進性
- T2K オープンスパコン(東大)を利用することの必要性
- 大規模計算に関する経験
- 共同研究プロジェクトとしての有用性
- T2K オープンスパコン(東大)利用環境向上への貢献

採択課題については 2009 年 1 月中旬より開始した。採択課題は以下の通りである(代表者五十音順に記載)。

採択課題①

課題名	地球ダイナモの新しいシミュレーションコード開発とその応用
代表者	陰山 聡
所属	海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター
分野	地球電磁気学、地球内部ダイナミクス

地球ダイナモに関する計算機シミュレーション研究において、これまで我々は理想化されたモデルに基づく高解像度計算に注力してきた。今後は、地球外核の現実環境を可能な限り反映させた複合的なモデルに基づくシミュレーションの重要性が増すであろう。多数のスカラプロセッサが結合されたスーパーコンピュータはそのような複合シミュレーションに適している。本研究の目的は、T2K オープンスパコン(東大)に向けて最適化した地球ダイナモシミュレーションの新しいコードを開発することである。まずは地球シミュレータ向けに開発した従来の我々のコードを T2K(東大)向けに最適化し、そこで得られた知見を生かして、基本アルゴリズムから検討し直して新たなコードを開発する。単純モデルによる高解像度・短時間計算という従来のアプローチとは相補的な、複合モデルによる中解像度・長時間計算により、地球双極子磁場の成因とその逆転機構に関する新発見を目指す。

採択課題②

課題名	海洋大循環のマルチスケール連結階層モデリング
代表者	羽角 博康
所属	東京大学 気候システム研究センター
分野	海洋物理学
<p>海洋循環は、水平 1 km 以下のスケールで生じる対流や混合現象から、水平 100,000 km スケールに及ぶ全地球規模循環までの間で、様々なスケールを持つ現象のスケール間相互作用の結果として形成されている。海洋循環の形成や変動のシミュレーションは、数十年から場合によっては数千年という時間スケールを対象としており、全海洋を一様に 1 km 程度の解像度で表現しつつそれを実施することは 10 年程度の将来を見越しても不可能である。大循環の形成という視点から見た場合、小規模スケール現象が重要となる領域は限定されているため、適切な連結階層化によるシミュレーションが可能であり、また必要とされる。本研究は、ネステッドグリッド手法による連結階層海洋大循環モデルについて、高並列環境におけるチューニングを目的とする。</p>	

採択課題③

課題名	超並列計算によるマルチスケール・マルチフィジックス心臓シミュレーション
代表者	久田 俊明
所属	東京大学 大学院新領域創成科学研究科
分野	バイオメカニクス、非線形力学
<p>当研究チームでは、細胞イオンチャンネルや収縮タンパクの数理モデルから出発し有限要素法でモデル化された心室の収縮、血液の拍出に至る現象を一貫して再現できる国際的にも突出した心臓シミュレータ、<i>UT-Heart</i> の開発を行ってきた。一方、有限要素法に基づく心筋細胞も並行して開発し、両者を組み合わせることでシームレスなマルチスケール・マルチフィジックスシミュレータを開発中であり、最終的には次世代スパコン上での数十万個の細胞を用いたマルチスケールシミュレーションを実施することを目指している。今年度 7 月の HPC 特別プロジェクトにおいては規模を縮小した心臓モデルと細胞モデルにより、最大 6,144 コアを用いたマルチスケールシミュレーションを実施し、非常に良好なスケーラビリティを得た。また、さらなる高精度なシミュレーションを行なうことにより、基礎医学や創薬への貢献が可能であると考えている。本共同研究プロジェクトにおいても、次世代スパコン上での実行を見据えて、各モジュールのさらなる高速化・高機能化を実施する予定である。</p>	

採択課題④

課題名	電磁流体コードによる惑星磁気圏シミュレーション
代表者	深沢 圭一郎
所属	情報通信研究機構 電磁波計測研究センター
分野	宇宙プラズマ物理学
<p>宇宙空間はプラズマで満ちており、そのプラズマダイナミクスをシミュレーションにより研究することを目的とする。その宇宙空間において惑星磁気圏のようなグローバルな構造に注目する場合、電磁流体(MHD)近似が成り立ち、MHD 方程式によってその構造はよく表される。現在 MHD シミュレーション</p>	

ンは磁気圏観測結果の理解だけでなく、観測に先立つ磁気圏ダイナミクスの予見にも役立っている。今までに我々が行ってきた MHD シミュレーションでは、計算機の能力的問題から時空間解像度を理想よりも粗く設定しており(惑星によるが、約 10 倍～1,000 倍程度)、扱えていないプラズマ乱流構造、磁気圏がお椀型に変形するなど再現できていない観測結果がある。本課題では、MHD コードを用いた惑星磁気圏シミュレーションを行い、特に土星磁気圏に焦点を当て、高解像度長時間発展下における惑星磁気圏の構造を明らかにすることを目的とする。シミュレーションコードではスカラ計算機で高効率の実績のある直行格子 3 次元領域分割を用いて、東京大学 T2K スパコンに最適化させていく。

採択課題⑤

課題名	津波発生伝播の大規模 3 次元シミュレーション
代表者	古村 孝志
所属	東京大学 大学院情報学環総合防災情報研究センター
分野	地震学、津波学
<p>将来発生が危惧される巨大地震による津波被害の軽減を目的に、大規模津波シミュレーションのための大規模計算コードを開発する。既に開発した 3 次元ナビエ・ストークス式の差分法計算に基づく津波計算コード (Saito and Furumura,2008) を改良し、T2K オープンスパコン (東大) に代表される、スカラ型超並列計算機において高い並列化スケーラビリティ (8,192 コア以上) と実効性能 (ピーク性能比 8%程度以上) を引き出すことのできる実用化コードを整備する。これにより、現在のモデルより計算時間を 10 倍以上、計算規模を 8 倍以上大きくした大規模津波計算を可能にする。さらに、デカルト座標系における津波計算を極座標系に改良し、遠地巨大地震による地球規模の津波計算を実現する。本津波計算コードを用いて、近年の 2007 年千島列島地震や 2004 年紀伊半島南東沖など、近年の津波地震の大規模・高精度津波シミュレーションを実施し、沖合ケーブル津波計で記録した津波データとの比較からモデルの有効性と精度を検証する。</p>	

2.5 2008 年度報告会、2009 年度募集

2008 年度採択課題については、2009 年 5 月 11 日(月)に報告会を実施する⁴。また、2009 年度については 2009 年 3 月より募集を開始し、4 月 10 日に募集を締め切る予定である⁵。4 月 17 日に採択課題を決定する予定である。

3 スーパーコンピュータ若手利用者推薦(試行)

当センターでは、概ね 35 歳以下の若手研究者(学生を含む)を対象とした利用者向けの、スーパーコンピュータ若手利用者推薦(試行)(以降、若手推薦(試行))による課題の公募を開始する。スーパーコンピューティング部門の教員により審査の上、採択された課題の計算機利用負担金(半年分)をセンターが負担する。

年 2 回公募し、年間で 4 件程度の優れた研究提案を採択する。継続申請と再審査の上で、最大で 1 年間の無料利用ができる。採択の方には、報告書の提出、研究成果の発表の際に若手推薦(試行)を利用したことの明記、およびセンターが発行する「スーパーコンピューティングニュース」誌の原稿執筆を採択の条件とする。

スーパーコンピュータを利用することで学術的にインパクトがある成果を創出できると期待される点、大規模計算、テーマの重要性、既発表文献の観点から以下の課題を採択した。

⁴ <http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/publication/sympo/03/>

⁵ http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/use_info/project/

3.1 2008年(前期)採択課題

採択課題①

課題名	実対称固有値問題に対する多分割の分割統治法の並列化
代表者	坪谷 怜
所属	埼玉大学 理工学研究科

採択課題②

課題名	高レイノルズ数における正方形管路内乱流の数値シミュレーション～乱流中の秩序構造と二次流れ～
代表者	関本 敦
所属	大阪大学 基礎工学研究科

採択課題③

課題名	数値モデルによる海洋微小スケールプロセスの解明
代表者	松村 義正
所属	東京大学 理学系研究科

採択課題④

課題名	発火の時空パターンに着目した睡眠時神経活動の機能解明
代表者	並木 重宏
所属	筑波大学 生命環境科学研究科

3.2 2008年(後期)採択課題

採択課題①

課題名	実対称固有値問題に対する多分割の分割統治法の分散メモリ型並列計算機への実装
代表者	田村 純一
所属	埼玉大学 大学院理工学研究科

採択課題②

課題名	大規模データから探る経済現象の数理
代表者	大西 立顕
所属	東京大学 大学院法学政治学研究科

採択課題③

課題名	厳密な理論波形計算を用いた高解像度地球内部構造推定
代表者	竹内 希
所属	東京大学 地震研究所

採択課題④

課題名	数値モデルによる海洋微小スケールプロセスの解明
代表者	松村 義正
所属	理学系研究科 気候システム研究センター

4 参考文献

広報誌

- [広報誌 1] スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 10-3, 2008.
- [広報誌 2] スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 10-4, 2008.
- [広報誌 3] スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 10-5, 2008.
- [広報誌 4] スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 10-6, 2008.
- [広報誌 5] スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 11-1, 2009.
- [広報誌 6] スーパーコンピューティングニュース 特集:ペタスケール・シミュレーションの信頼性(東京大学情報基盤センター) 11-S.1, 2009.
- [広報誌 7] スーパーコンピューティングニュース 特集:試行期間限定 T2K オープンスパコン(東大) HPC 特別プロジェクト(東京大学情報基盤センター) 11-S.2, 2009.

その他発表論文リスト

- [発表 1] 中島研吾:T2K オープンスパコン(東大)チューニング連載講座(その 5)「OpenMP による並列化のテクニック:Hybrid 並列化に向けて」, スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 11-1, pp.20-46, 2009.
- [発表 2] 中島研吾:日本応用数学会「2008 秋の学校」:科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門, スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 11-1, pp.20-46, 2009.
- [発表 3] 中島研吾:第 3 回先進スーパーコンピューティング環境研究会(ASE 研究会, Advanced Supercomputing Environment), スーパーコンピューティングニュース(東京大学情報基盤センター) 11-2, pp.57-65, 2009.

先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用サービス 文部科学省 先端研究施設共用イノベーション創出事業【産業戦略利用】

共同利用係

1 事業内容

1.1 事業の趣旨と概要

「先端研究施設共用イノベーション創出事業」は、大学、独立行政法人等の研究機関が有する先端的な研究施設・機器について、広範な分野における幅広い利用(共用)を促進し、イノベーションにつながる成果を創出するために、平成 19 年度から文部科学省が開始した委託事業である。

本事業を通じて、産学官の研究者による戦略的かつ効率的な研究開発や、研究機関・研究分野を越えた横断的な研究開発活動を推進することにより、継続的に産学官の知の融合によるイノベーションを加速していくことを目指している。

全国共同利用施設であるスーパーコンピュータを有する 7 大学(北海道大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学)は、社会貢献の一環として、大学で開発された応用ソフトウェアとスーパーコンピュータの、民間企業への提供を実施している。

本事業の特徴は、各大学が開発した応用ソフトウェア(シミュレーションソフトウェア等)と各大学が持つ国内有数のスーパーコンピュータを、それらの利用支援サービスと一体化して民間企業に提供することにある。このようにサービス、ソフトウェア、ハードウェアの 3 つを同時に支援する試みは、国内外を通じて初めてのものである。この事業の目的は、大学の持つ知と施設によって我が国の経済発展に貢献することである。

- 本事業は、東京大学が代表して、文部科学省「先端研究施設共用イノベーション創出事業」プログラムから支援を受けている。
- 国立大学法人 東京工業大学において同プログラムからの支援を受けた「『みんなのスパコン』TSUBAME によるペタスケールへの飛翔」プログラムと連携し、民間企業へのスーパーコンピュータ提供事業を行っている。

1.2 支援内容

募集課題について、戦略分野利用推進と新規利用拡大の 2 つのカテゴリに分けて支援する。

1.2.1 戦略分野利用推進

ライフサイエンス、もの作り技術、情報通信、環境エネルギー、社会基盤分野を対象に、大学で開発された先端的シミュレーションソフトウェアとスーパーコンピュータの利用課題を民間企業から募り、企業によるイノベーション創出を支援する。民間企業が有するアプリケーションを利用した課題あるいは新規アプリケーションを開発する課題も募っていく。

- タンパク質機能シミュレータによる創薬開発
- ナノマテリアルシミュレータによる新材料開発
- 音・熱・力の解析シミュレータによるものづくり
- 機器・システムレベルのシミュレータ開発・利用実験による次世代情報通信技術開発
- 地盤と拡散物質・構造物解析シミュレーション技術の開発

1.2.2 新規利用拡大

新しいニーズを掘り起こしイノベーション創出につながる利用課題も民間企業から募っている。

分野は特定していない。産業界の潜在的高性能計算需要を掘り起こし、大学と ASP (Application Service Provider) 事業との連携によるサービス、ソフトウェア、ハードウェアを有償で利用する下地を作ることが目的となる。

1.2.3 利用可能なソフトウェア

- 革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発 (RSS21) で開発されたソフトウェア群
 - タンパク質構造解析ソフトウェア myPresto / AMOSS
※AMOSS は日本電気株式会社の製品
 - 分子動力学法に基づくソフトウェア OCTA
 - 全電子第一原理計算ソフトウェア TOMBO
 - 数値タービンシミュレーション
 - 超臨界流体シミュレータ
 - TAS-code (Tohoku University Aerodynamic Simulation Code)
 - 時間領域差分法に基づく大規模電磁界解析ソフトウェア JetFDTD
 - ワイヤレスコミュニケーション可視化システム (RWV) Ver.2
 - 可視化システム KVS
- ◇ 上記以外で企業がすでに利用しているアプリケーションをスパコンで実行することも可能。また、企業によるソフトウェアの新規開発も可能。

1.3 公募日程

1.3.1 平成 20 年度第 1 期公募

2月4日(月)	受付開始
3月7日(金)	受付締め切り
3月24日(月)	採択通知
4月1日(火)	利用手続き開始

東京大学情報基盤センターでは2月1日と2月22日に公募説明会を実施した。

1.3.2 平成 20 年度第 2 期公募

7月1日(火)	受付開始
9月5日(金)	受付締め切り
9月19日(金)	採択通知
10月1日(水)	利用手続き開始

東京大学情報基盤センターでは7月15日に公募説明会を実施した。

1.4 採択結果

1.4.1 平成 20 年度第 1 期公募

- 戦略分野利用推進
 - 申請 3 件 (東京大学利用希望は 1 件)
 - 採択 3 件 (東京大学での採択は 1 件 (グリッド利用のモデルケースとして京都大学と連携して課題を実施))
 - ◇ 株式会社村田製作所 故障解析センタ「遷移金属酸化物における酸素欠陥に関する研究」
 - ◇ 株式会社豊田中央研究所 計算物理研究室「多階層複合材料の大規模シミュレーション」

- ◇ NEC ソフト株式会社 VALWAY テクノロジーセンター「核酸のフォールディングシミュレーションによる特異的結合分子の探索」
- 新規利用拡大
 - 申請 15 件(うち継続申請 8 件、東京大学利用希望は 7 件)
 - 採択 14 件(うち継続課題 8 件、東京大学での採択は 5 件)
 - ◇ 住友電気工業株式会社 伝送デバイス研究所「電磁界解析による EMC シミュレーション」
 - ◇ 株式会社神戸製鋼所 電子技術研究所「有機分子/金属界面構造のシミュレーション」
 - ◇ 国際電気通信基礎技術研究所 音声言語コミュニケーション研究所「音声翻訳のための音声言語データの収集とモデル化の並列処理」
 - ◇ 株式会社エコ・ウェーブ 名取研究所「Large Eddy Simulation によるエマルジョン燃焼シミュレーションの開発」
 - ◇ NEC ソフト株式会社 ニューソリューション事業部 エンジニアリング SI グループ「大規模 HPC 向け ASP・SaaS サービスを適用したモデルと実現可能性の研究」
 - ◇ 川崎重工業株式会社 航空宇宙カンパニー技術本部研究部空力技術課「航空宇宙分野における大規模空力解析の応用」
 - ◇ SRI 研究開発株式会社 商品研究部「大規模/フルアトミックモデルを用いた分子シミュレーションによる分子構造からの高分子化合物の物性予測」
 - ◇ ビヨンド・コンピューティング株式会社「グリッド ASP 利用モデルの研究」
 - ◇ 株式会社情報数理研究所「環境対応型全体最適指向生産スケジューラ ASP のための分散・並列計算基盤の構築」
 - ◇ 株式会社ワールドフュージョン 技術営業部「化学反応動力学を応用した蛋白質と薬物の結合自由エネルギーの予測と生理活性物質探索」
 - ◇ 富士通株式会社 光モジュール事業本部 第三商品部「大規模・高精度高周波電磁界解析」
 - ◇ みずほ情報総研株式会社 サイエンスソリューション部「大規模流体解析を対象とした ASP 事業のフィージビリティスタディ」
 - ◇ アドバンスソフト株式会社「大規模マルチフィジクスシミュレーションの工学的諸問題への適用」
 - ◇ 鹿島建設株式会社 IT ソリューション部「建設分野構造解析における大規模外部リソース利用と RSS21 ソフトウェア活用に関する研究」

1.4.2 平成 20 年度第 2 期公募

- 戦略分野利用推進
 - 申請 11 件(うち継続申請 8 件、東京大学利用希望は 1 件)
 - 採択 9 件(うち継続課題 7 件、東京大学での採択は 1 件)
 - ◇ 三菱航空機株式会社 本社 技術部「国産小型民間航空機空力設計への大規模空力解析技術の適用」
 - ◇ 特定非営利活動法人バイオグリッドセンター関西「タンパク質機能シミュレータによる創薬開発」
 - ◇ 三菱重工業株式会社 原動機事業本部蒸気タービン統括技術部「三次元蒸気タービン静動翼列多段流動の大規模数値シミュレーション」
 - ◇ パナソニック株式会社(旧 松下電器産業株式会社) 本社 R&D 部門「大規模 EMC シミュレーション」
 - ◇ 日本電気株式会社 ナノエレクトロニクス研究所「固体高分子型燃料電池材料の in silico 設計」

- ◇ TDK 株式会社 テクノロジーグループ SQ 研究所「熱アシスト磁気記録の記録磁化過程シミュレーション」
- ◇ 住友ゴム工業株式会社(旧 SRI 研究開発株式会社) 研究開発本部 情報研究部「ゴルフボール空力大規模計算による乱流遷移の研究」
- ◇ 三菱自動車工業株式会社 開発本部 実験総括部 流体技術グループ「自動車部品から発生する空力騒音予測手法の開発」
- ◇ ソニー株式会社 モノ作り技術センター 技術開発室「大規模電磁界解析の高速化/高精度化の検討」
- 新規利用拡大
 - 申請 12 件(うち継続申請 7 件、東京大学利用希望は 3 件)
 - 採択 9 件(うち継続課題 7 件、東京大学での採択は 3 件)
 - ◇ ダイハツ工業株式会社 先端技術開発部「脱貴金属を目指すナノ粒子自己形成触媒の新規発掘」
 - ◇ 富士通株式会社 光モジュール事業本部 第三商品部「大規模・高精度高周波電磁界解析」
 - ◇ 株式会社ワールドフュージョン 技術営業部「化学反応動力学を応用した蛋白質と薬物の結合自由エネルギーの予測と生理活性物質探索」
 - ◇ 住友電気工業株式会社 伝送デバイス研究所「電磁界解析による EMC シミュレーション」
 - ◇ 株式会社エコ・ウェーブ 名取研究所「Large Eddy Simulation によるエマルジョン燃焼シミュレーションの開発」
 - ◇ アドバンスソフト株式会社「大規模マルチフィジクスシミュレーションの工学的諸問題への適用」
 - ◇ HPC システムズ株式会社 新規事業企画室「量子化学計算 ASP におけるアプリケーションレベルの有効な資源配分の研究」
 - ◇ エス・ジー・ゲートウェイ株式会社 技術開発本部「GridASP によるサービス提供フレームワークの研究」
 - ◇ NEC ソフト株式会社 ニューソリューション事業部 エンジニアリング SI グループ「大規模 HPC 向け ASP・SaaS サービスを適用したモデルと実現可能性の研究」

1.5 広報活動

雑誌に公募広告を掲載した。また 4 ページのリーフレットを 3,000 部作成し、各種セミナー、展示会などで配布を行い、本事業の認知度を高める努力を行った。関係機関のメーリングリストへ公募説明会情報などの送信を依頼し配布した。共用ナビへの公募情報、シンポジウム情報を掲載した。

東京工業大学と連携して広報活動を行い、雑誌広告などは重複しないように担当を分けて掲載を行った。

1.5.1 雑誌記事

- 電気学会誌 129 巻 1 号(1 月)

1.5.2 雑誌広告

- 日本計算工学会学会誌「2009 年第 1 号」(1 月 31 日)
- 日経 BP 社「日経 Automotive Technology 3 月号」(1 月 31 日)
- 日本化学会「化学と工業 2 月号」(2 月 1 日)
- 電気学会「電気学会誌 129 巻 2 号」(2 月 1 日)
- 工業調査会「M&E 2 月号」(2 月 1 日)
- 日経 BP 社「日経マイクロデバイス 2 月 1 日号」(2 月 1 日)

- 日経BP社「日経ものづくり 2月号」(2月1日)
- 日本機会学会「日本機会学会誌 2月号」(2月5日)
- 日刊工業新聞「機械設計 3月号」(2月10日)
- CMC出版「月刊ファインケミカル 3月号」(2月15日)

1.5.3 展示会へのブース出展

- 第7回産学官連携推進会議(国立京都国際会館、6月14～15日)
- CEATEC JAPAN 2008(幕張メッセ、9月30日～10月4日)

1.6 シンポジウム開催

10月17日に本プログラムの現状報告、採択企業からの本年度の成果報告などを実施するシンポジウムを行った。参加者は109名であった。

第2回先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用シンポジウム

開催日時： 2008年10月17日(金) 13:30～18:30
 開催場所： 東京大学 武田先端知ビル5階 武田ホール
 定員： 200名
 主催： 東京大学情報基盤センター、
 北海道大学情報基盤センター、
 東北大学サイバーサイエンスセンター、
 名古屋大学情報連携基盤センター、
 京都大学学術情報メディアセンター、
 大阪大学サイバーメディアセンター、
 九州大学情報基盤研究開発センター

趣旨：

文部科学省先端研究施設共用イノベーション創出事業の支援を受けて、全国共同利用施設であるスーパーコンピュータを有する7大学は、社会貢献の一環として、大学で開発された応用ソフトウェアとスーパーコンピュータの民間企業への提供を平成19年7月より開始しております。本取り組みによる課題の成果報告と、現在の採択課題の中間報告を口頭発表、ポスター発表にて行います。

プログラム：

13:00～	受付開始
13:30～14:00	主催者挨拶 米澤 明憲 (東京大学 情報基盤センター センター長) 文部科学省挨拶 田口 康 (文部科学省研究振興局 研究環境・産業連携課 課長)
14:00～15:00	採択企業からの報告 (口頭発表1) ● 「大規模計算結果の遠隔可視化システムに関する技術開発と実証試験」 宮地英生 (株式会社ケイ・ジー・ティー) ● 「タービン高効率設計に向けた数値タービンの実用」 梶月浩史 (三菱重工業株式会社) ● 「固体高分子型燃料電池材料の in silico 設計」 岡本稔治 (日本電気株式会社)
15:00～15:20	休憩
15:20～16:20	採択企業からの報告 (口頭発表2)

16:30～17:30

- 「フィルター入りゴムの大規模 MD シミュレーション」皆川康久（住友ゴム工業株式会社）
- 「大規模 EMC シミュレーション」崎山一幸（パナソニック株式会社）
- 「創薬バリューチェーンにおける先端的大規模計算シミュレーションプログラム利用」志水隆一（NPO 法人バイオグリッドセンター関西）
ポスターセッション（採択企業から 13 社）
- 「ゴルフボール空力大規模計算による乱流遷移の研究」（住友ゴム工業株式会社）
- 「電磁界解析による EMC シミュレーション」（住友電気工業株式会社）
- 「大規模・高精度高周波電磁界解析」（富士通株式会社）
- 「車両空気力学特性に関する大規模 LES」（アドバンスソフト株式会社）
- 「熱硬化性樹脂原料の構造・物性シミュレーション」（積水化学工業株式会社）
- 「大規模流体解析サービス MIZUHO FLOW STATION」（みずほ情報総研株式会社）
- 「グリッド ASP 利用モデルの研究」（ビヨンド・コンピューティング株式会社）
- 「直接解法による簡易ドアミラーからの空力騒音予測」（三菱自動車工業株式会社）
- 「航空機機体騒音低減技術の研究」（川崎重工業株式会社）
- 「Wikipedia 記事の機械翻訳を目的とした言語モデルアダプテーション」（国際電気通信基礎技術研究所）
- 「超大規模詳細システムレベル電磁界解析技術」（ソニー株式会社）
- 「自動車触媒の貴金属固溶・析出現象についての解析」（ダイハツ工業株式会社）
- 「第一原理計算による貴金属/担体の相互作用と触媒活性についての解析」（株式会社豊田中央研究所）

順不同

17:30～18:30

懇親会

HA8000 クラスタシステムの企業利用支援

共同利用係

1 企業利用趣旨

工学系研究者、産業界における大規模計算シミュレーションに対する期待が高まっている一方で、その利用が進まず、また、企業におけるスパコン導入の動きは必ずしも旺盛ではない。その理由として、PC レベルでの小規模計算シミュレーションを大量に処理したいというユーザが多いこと、小規模計算シミュレーションを行っているユーザが大規模計算シミュレーションを行うような機会がないために、費用対効果を検討できないということもあげられる。さらに多くの現場では、計算シミュレーションの方法論が浸透していないということもあげられる。

一方、文部科学省は、世界が研究開発にしのぎを削る分野で日本の国際競争力を高めようと、大学や独立行政法人等の公的研究機関がもつ先端研究装置の企業への開放を拡大する方針を打ち出している。

このような状況を背景として、情報基盤センターは、次世代スーパーコンピュータにつながるユーザ育成も視野に入れつつ、大規模高性能並列計算を必要とする企業に対して計算資源を提供する。企業利用については、企業における単なる計算需要の負荷を肩代りするのではなく、以下の項目に合致するテーマを支援するものである。

- (1) 将来の科学技術発展に寄与する。
- (2) 大規模高性能並列計算分野の発展に寄与する。
- (3) 大規模高性能並列計算によるイノベーションに寄与する。

2 支援内容

企業利用へ提供するものは、HA8000 クラスタシステム全資源の 10%以内であり、この 10%には共用イノベーション創出事業の企業利用も含まれる。

以下の 2 つの利用者カテゴリで課題を公募し、審査委員会での審査を行う。企業利用では、HA8000 クラスタシステムの専用キューコースの利用を申し込むことができる。専用キューコースは 8 ノードを 1 単位とし、企業が必要なノード数を決定する。ただし、限られた資源を有効に利用するために、採択可能な課題に対して優先順位を付け、提供可能な計算資源を勘案し、申込内容の調整を行い、採択課題を決定する。

- アプリケーション開発者あるいは利用者
企業の開発現場において既に確立されている計算シミュレーションによるものづくりに使われるのではなく、産業利用として先端性を有する計算シミュレーションおよび応用分野の課題を支援する。このような先端性を有する計算シミュレーションでは、大規模な並列計算が必要であると考えられる。

- **ASP(Application Service Provider) 事業者**

計算シミュレーションによるものづくりを行ってきていない企業に対し計算シミュレーションによる高度ものづくりを支援するためには、計算シミュレーションソフトウェアの性質を理解し、入力データの作成、シミュレーション結果の解析など、きめ細かい支援が必要である。産業界に対して、このような広範な支援を大学が行うのは難しく、このような支援を行っていく企業との連携が不可欠である。このために、計算シミュレーションによるものづくりを従来行っていない企業への支援体制が整っている **ASP 事業者** を支援する。

大学が提供する計算資源は限られており、また、本来、企業は、自前でスパコンを確保されるべきものである。企業においては、大規模計算シミュレーションによるものづくりの可能性が得られた場合に、支援を終了する。ASP 事業者においては、ASP 事業者が自前でスパコンを確保できる環境が整い次第、支援を終了する。

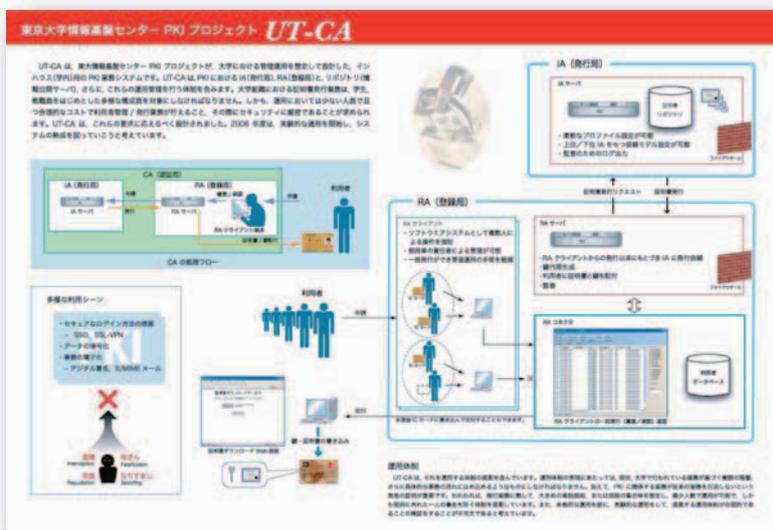
3 平成 20 年度企業利用

平成 20 年 10 月より企業利用支援の制度を開始した。課題の公募を 9 月末まで実施し、2 社の応募があった。

1 社は、共用イノベーション創出事業での 1 年間の無償利用によって、ASP 事業を進めるにあたっての問題点を検討してきており、事業化のめどが立ったので有償利用に移行し、ASP 事業の展開を目指し、平成 20 年 11 月より利用を開始した。

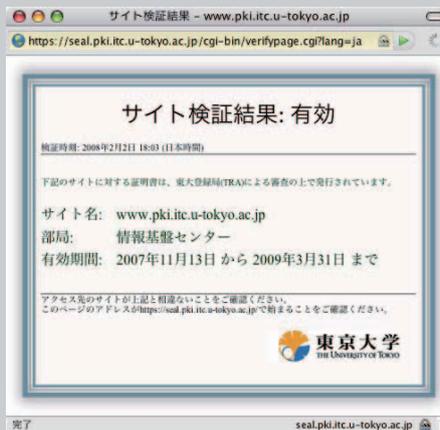
もう 1 社は、デバイス材料開発のための大規模シミュレーションの実施を目指し、平成 21 年 1 月より利用を開始した。

PKI プロジェクト



UT-CA (東大認証局のパイロット版) リーフレット

「オープンドメイン証明書発行実験」に伴う東大シールとサーバ検証結果の表示



PKIプロジェクト

概要

佐藤周行

PKIプロジェクトは、CA（認証局）を安定的に運用するための運用技術を、発足以来重要項目として検討してきたが、いくつかの試行錯誤を経て、UT-CAとしてキャンパスPKIのためのCAを実際に構築し、運用技術を蓄積するために、インソースでの運用でのプロトタイプを構築した。現在では、UT-CAの実験協力部局として情報学環、情報基盤センター・本部合同を得て実験開始以来2年5ヶ月の間安定して運用できている。プロトタイプとしての運用ではあるが、この実績で当プロジェクトが提唱している分散RAの運用モデルの有効性が明らかになった。さらに、インソースのCAであることを利用し、複数のIAを構築し、ひとつのルートの下に統合する実証実験を行った。

NIIが主導しているCSI UPKIプロジェクトが開始した「オープンドメイン証明書発行実験」に参加し、パブリックサーバ証明書発行のための学内の体制を構築した。ここにおいても分散RA方式を取っている。2009年3月末で参加部局は7部局を数え、サーバ証明書は98件に及ぶ。さらに証明書の更新を経験し、構築した体制が安定して稼動することを実証した。更新まで含めるとトランザクションは170件を数える。

PKIプロジェクトのもうひとつの目標はPKIのアプリケーション調査である。特に有力なアプリケーションとして、SSL-VPNを取り上げ、そのテスト運用を行った。特に図書館電子化部門・分散教育メディア研究部門と協力して図書館アクセス認証のゲートウェイとしてSSL-VPNを採用し、テスト的に運用を行っている。

さらにNIIの主導するCSIでの全国規模のSSO構築実験に参加した。IdPを構築し、その運用管理を行った。

PKIはその性格からもセキュリティを念頭に置いたITの内部統制と強いかかわりがある。監査の実態報告やISMSの紹介を通して、学内に必要な情報の提供を行っている。

UT-CA (学内 CA)の運用

佐藤周行 西村健

1 運用報告

UT-CA は、学内を対象としたユーザ証明書発行のための CA である。IA と、各部局に分散して配置される RA からなるアーキテクチャを取る。

UT-CA の運用は順調に推移している。UT-CA の下に部局やサービス、メディアごとに subCA を構築するキャンパス CA モデルを構築中である。今回は手始めとして KDDI 研究所との共同研究として携帯電話にクライアント証明書を搭載するための subCA を構築し、UT-CA のルートの下においた (UTCA 証明書 in 携帯電話プロジェクト <http://www-sato.cc.u-tokyo.ac.jp/PKI-project/MOBILE/> 参照)。

この運用が成功したことで、(サービスの面で) 拡張可能性を持つ CA として UT-CA の構築を推進する予定である。

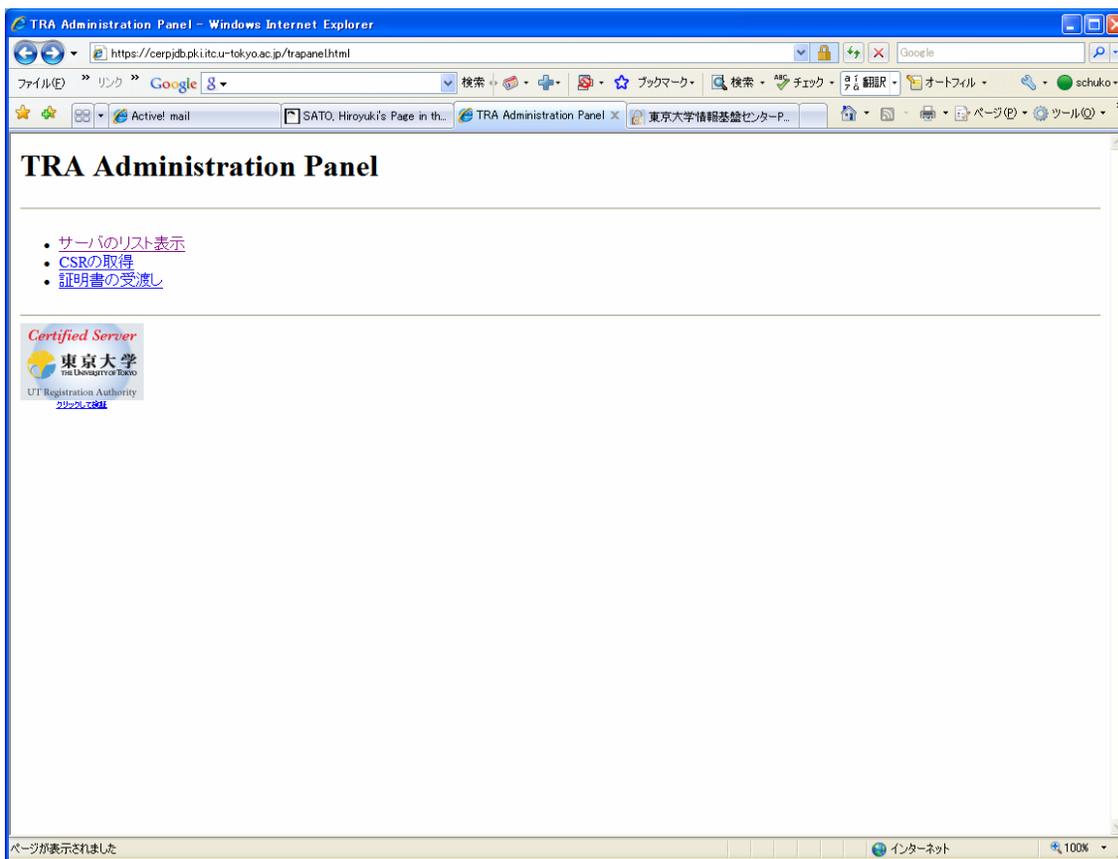
ただし、2008 年度までの運用で、利用範囲拡大が十分おこなわれたとは言いがたい。これを反省し、全学規模を対象とする RA の立ち上げと運用のためのシミュレーションを行った。

TRA (サーバ証明書学内登録局)の運用

佐藤周行 西村健

1 運用報告

NIIが主導しているCSI UPKIプロジェクトが開始した「オープンドメイン証明書発行実験」に参加し、パブリックサーバ証明書発行のための学内の体制を構築した。ここにおいても分散RA方式を取っている。2009年3月末で参加部局は7部局を数え、サーバ証明書は98件に及ぶ。さらに証明書の更新を経験し、構築した体制が安定して稼動することを実証した。更新まで含めるとトランザクションは170件を数える。昨年度構築したシールサーバの運用も引き続き行っている。手続きは証明書の品質保証の観点から紙媒体を使ったものは残さざると得ないが、実際のCSR/証明書の受け渡しはオンライン化されている。以下は証明書の管理サーバの画面である。シールの貼付の具体例にもなっている。



AAOにおける学内 IdP の運用

佐藤周行 西村健

1 運用報告

NIIが主導している全国規模のSSOフェデレーションであるAAOに参加している。参加のために学内でIdPを立ち上げた。このIdPは「共通ID」をIDとし、UTCAと連動して動作するIdPである。参加者はまだ少ないが、AAOの認知度が上がり、利用サービスメニューが拡充されるにしたがって参加者の増加を予想している。下の図は東大のIdPのサインイン画面である。現在、CiNIIが利用可能になっている。



Shibboleth

Shibboleth Identity Provider Login: The University of Tokyo

sersname:

assword:

erated by

[e University of Tokyo PKI Project](#)

学外からのアクセスのための SSL-VPN ゲートウェイの運用

佐藤周行

清田陽司

西村健

1 運用報告

電子ジャーナル等の学外からのアクセスを可能にする SSL-VPN ゲートウェイの機器提供を行っている。

学外からのアクセスに対して、品質の高い ID 体系を用意すれば、セキュリティは十分担保されることは周知の事実であるが、これまで「品質の高い ID 体系」の認定が進んでいるかといえ不安があった。2008 年に大手の電子ジャーナル供給元が ECCS の ID 体系を高品質と認定したことで電子ジャーナルのメニューが一気に拡大した。今年度、UTCA の提供する ID 体系を利用しても電子ジャーナルの利用が可能になった。

この際に ID の品質管理その他において経験を積んだ。なお、このサービスは試行を離れ、近々情報基盤センターの正式なサービスとして運用される予定である。



セキュリティに係る啓発活動

佐藤周行 西村健

1 運用報告

セキュリティに係る事項、特にセキュリティポリシーの実施に関しては、業務的に標準的な手順が確立されているにもかかわらず、大学一般ではあまり知られておらず、具体的にセキュリティポリシーを実施する際に障害となることがあった。これを打破するためにも、関係する知識の講習会を通じた啓発活動は必須である。

今年度は、実施に際して特に見逃されやすい「監査」について、また「標準的な手順」のひとつである ISMS の大学での実施をテーマに選んで講習会を実施した。

2 講習会・研究会開催報告

1. 公認会計士が行う情報システムの監査

日 時

2008年4月18日（金） 14時00分～15時00分

概 要

セキュリティポリシーの実施を考える上で、組織の有している情報システムをどうコントロールするかは非常に重要である。コントロールにはIDの管理やデータの保護が当然含まれるが、これを適切にリスクを評価して合理的にどう行うかに自明な解があるわけではない。J-SOX（金融商品取引法）でも「ITの統制」が求められることになり、特に財務関係の文書作成にかかわる情報システムをどうコントロールするかは企業でも大きな問題になっている。

このセミナーでは、情報システムのコントロールが適切であるかどうかを監査する立場にいる公認会計士の講演を通じて、どこまでやれば「適切な管理」と認められるのか、どこに注力して管理を行えばよいかを考えることができた。

講師

公認会計士 渡邊祐子 氏

2. 宇都宮大学総合メディア基盤センターにおける ISO/IEC 27001 の運用

日 時

2008年12月12日（金） 13時30分～15時30分

概 要

宇都宮大学総合メディア基盤センターでは、ISMS の構築及び運用を展開し、平成 19 年 11 月に情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS) の国際規格である ISO/IEC 27001 認証を取得し、現在も登録継続を維持している。センターにおける ISMS の構築及びその運用について、活動開始の経緯、国際規格 認証の取得に至るまでの過程で得られた知識や方法、このマネジメントシステム 展開の方向性などを簡潔に解説した。

講 師

宇都宮大学総合メディア基盤センター 永井 明 教授

PART 4

その他

委員会委員等

講習会・セミナー

報道関係一覧

平成20年度委員会委員等

教員名	委員会委員等名	任 期
柴山 悦哉	東京大学 キャンパス計画委員会柏地区部会委員	20. 4. 1～22. 3. 31
	東京工業大学 連携教授	20. 4. 1～21. 3. 31
	独立行政法人 産業技術総合研究所 招へい研究員	20. 4. 1～21. 3. 31
	社団法人 情報処理学会 理事	20. 4. 1～21. 5. 29
	情報セキュリティ大学院大学 客員教授	20.10. 1～21. 3. 31
田中 哲朗	社団法人 情報処理学会 論文誌編集委員会編集委員／副査	18. 6. 1～22. 5. 31
	社団法人 情報処理学会 論文賞委員会委員	19. 8. 30～20. 5. 30
	社団法人 情報処理学会 会誌編集委員会編集委員	20. 4. 1～22. 3. 31
	全国共同利用情報基盤センター長会議 災害対策検討委員会委員	20.12.10～21.12. 9
関谷 貴之	東京学芸大学 非常勤講師	20. 4. 9～21. 3. 19
丸山 一貴	早稲田大学 非常勤講師	20. 4. 1～21. 3. 31
中川 裕志	北海道大学情報基盤センター 全国共同利用委員会委員	19. 4. 1～21. 3. 31
	東京大学 学術諮問委員会委員	19. 6. 18～21. 3. 31
	東京大学 キャンパス計画委員会本郷地区部会委員	20. 4. 1～22. 3. 31
	東京大学駒場図書館 運営委員会委員	20. 4. 1～22. 3. 31
	東京大学柏図書館 運営委員会委員	20. 4. 1～21. 3. 31
	京都大学学術情報メディアセンター 全国共同利用運営委員会委員	20. 4. 1～22. 3. 31
	社団法人 人工知能学会 評議員	20. 7. 17～22. 3. 31
	東京大学史料編纂所 附属前近代日本史情報国際センター 外部評価委員	20. 9. 16～21. 3. 31
	経済産業省 情報大航海プロジェクト委員	20. 9. 29～21. 3. 31
	国土交通省航空局管制保安部 新システム技術検討会委員	21. 3. 11～21. 3. 31
	二宮 崇	アジア太平洋機械翻訳協会 特許翻訳研究会委員
言語処理学会 年次大会プログラム委員会委員		20.10. 3～21. 6. 30
国土交通省総合政策局 総合評価検討委員会委員		21. 3. 10～21. 8. 31
清田 陽司	リッテル 上席研究員	19. 8. 1～21. 7. 31
若原 恭	社団法人 電子情報通信学会 ネットワークソフトウェア特集号編集委員会編集委員	20. 2. 14～21. 4. 1
	東京大学 バリアフリー支援室室員	20. 4. 1～21. 3. 31
	東京大学 評価支援室室員	20. 4. 1～21. 3. 31
	東京大学 情報セキュリティ委員会 情報セキュリティ・ポリシー検討 WG 委員	20. 4. 1～21. 3. 31
	東京大学 技術職員研修臨時委員	20. 4. 1～21. 3. 31
	名古屋大学情報連携基盤センター 運営委員会委員	20. 4. 1～22. 3. 31
	国立情報学研究所 学術情報ネットワーク運営・連携本部委員	20. 4. 1～21. 3. 31

	国立情報学研究所 学術情報ネットワーク運営・連携本部 ネットワーク作業部会委員	20. 4. 1～21. 3. 31
	独立行政法人 情報処理推進機構 情報処理技術者試験試験委員会委員	20. 4. 1～22. 3. 31
	社団法人 電子情報通信学会 ネットワークソフトウェア時限研究専門委員会専門委員	20. 4. 1～21. 3. 31
中山 雅哉	社団法人 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究専門委員会副委員長	19. 5. 25～21. 5. 26
	東京大学 本郷地区事業場衛生委員会委員	20. 4. 1～21. 3. 31
	独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙利用ミッション本部衛星利用推進センター主幹開発員	20. 4. 1～21. 3. 31
	独立行政法人 情報通信研究機構 新世代ネットワーク研究センター客員研究員	20. 4. 1～21. 3. 31
	社団法人 電波産業会 WINDS 利用実験検討会主査	20. 9. 10～21. 3. 31
	総務省関東総合通信局 関東 JGN2plus 懇話会会員	20. 9. 30～23. 3. 31
	総務省情報通信政策局 評価検討会構成員	21. 1. 22～21. 3. 31
小川 剛史	社団法人 情報処理学会 論文誌査読委員	19. 4. 1～21. 5. 31
	日本バーチャルリアリティ学会 サイバースペースと仮想都市研究委員会委員／幹事	19. 4. 1～23. 12. 31
	社団法人 情報処理学会 グループウェアとネットワークサー ビス研究運営委員会運営委員	20. 4. 1～22. 3. 31
	社団法人 情報処理学会 CollabTech 実行委員会委員	20. 4. 1～20. 9. 30
関谷 勇司	慶應義塾大学 SFC 研究所 上席所員（訪問）	20. 4. 1～21. 3. 31
	社団法人 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究専門委員会専門委員	20. 5. 27～21. 5. 26
	社団法人 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究専門委員会専門委員	20. 5. 27～21. 5. 26
	社団法人 電子情報通信学会 論文誌編集委員会編集委員	20. 5. 27～23. 5. 26
中村 文隆	社団法人 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究専門委員会専門委員	19. 5. 25～20. 5. 24
	社団法人 電子情報通信学会 第7回アジア太平洋情報通信技 術シンポジウム Technical Program Committee 委員	19. 9. 5～20. 7. 31
	法政大学 非常勤講師	20. 4. 1～20. 9. 30
中島 研吾	独立行政法人 海洋研究開発機構 招聘技術研究主幹	20. 4. 1～21. 3. 31
	筑波大学計算科学研究センター 並列プログラミング言語検討委員会委員	20. 9. 1～21. 3. 31
金田 康正	東京大学物性研究所 附属物質設計評価施設 スーパーコンピュータ共同利用委員会委員	20. 4. 1～22. 3. 31
	東京大学物性研究所 附属物質設計評価施設 スーパーコンピュータ共同利用課題審査委員会委員	20. 4. 1～22. 3. 31
	東京大学気候システム研究センター 研究協議会委員	20. 4. 1～23. 3. 31

	大阪大学サイバーメディアセンター 運営委員会委員	20. 4. 1～22. 3. 31
	国立環境研究所地球環境研究センター スーパーコンピュータ研究利用専門委員会委員	20. 7. 16～21. 3. 31
石川 裕	全国共同利用情報基盤センター長会議 スーパーコンピュータ研究会委員	18. 12. 1～21. 11. 30
	東京工業大学学術国際情報センター 課題選定評価委員会委員	20. 4. 1～21. 3. 31
佐藤 周行	社団法人 情報処理学会 論文誌編集委員会編集委員	19. 4. 1～21. 3. 31
	日本ソフトウェア科学会 理事	19. 4. 1～21. 3. 31
	社団法人 情報処理学会 情報規格調査会委員	20. 3. 17～24. 3. 16
	国立情報学研究所 学術情報ネットワーク運営・連携本部 認証作業部会委員	20. 4. 1～21. 3. 31
	社団法人 情報処理学会 ハイパフォーマンスコンピューティ ング研究運営委員会運営委員	20. 4. 1～22. 3. 31
黒田 久泰	社団法人 情報処理学会 論文誌編集委員会編集委員	19. 6. 1～20. 12. 31
	社団法人 情報処理学会 論文賞委員会委員	20. 9. 1～20. 12. 31
片桐 孝洋	社団法人 情報処理学会 ハイパフォーマンスコンピューティ ング研究運営委員会幹事	20. 4. 1～22. 3. 31
	日本応用数理学会 研究部会主査	20. 4. 1～21. 3. 31
	日本応用数理学会 年会実行委員会委員	20. 4. 1～21. 3. 31
	日本応用数理学会 学会誌編集委員会委員	20. 4. 1～21. 3. 31

平成20年度講習会・セミナー

開催日	講習会・セミナー名	担 当
H20. 4. 1	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 4. 2	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 4. 3	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 4. 4	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 4. 7	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 4. 7	新入生学部ガイダンス	情報リテラシー教育支援係
H20. 4. 8	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 4. 8	新入生学部ガイダンス	情報リテラシー教育支援係
H20. 4. 8	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」	学術情報リテラシー係
H20. 4. 8	データベース出張講習会（学際情報学府）	学術情報リテラシー係
H20. 4. 9	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 4. 9	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」	学術情報リテラシー係
H20. 4. 10	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 4. 10	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」	学術情報リテラシー係
H20. 4. 11	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 4. 11	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」[英語編]	学術情報リテラシー係
H20. 4. 14	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 4. 14	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」	学術情報リテラシー係
H20. 4. 15	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 4. 15	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」	学術情報リテラシー係
H20. 4. 16	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」[英語編]	学術情報リテラシー係
H20. 4. 16	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」	学術情報リテラシー係
H20. 4. 17	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 4. 17	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 4. 17	データベース出張講習会（教養学部「基礎演習」）	学術情報リテラシー係
H20. 4. 17	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」	学術情報リテラシー係
H20. 4. 18	第61回コンピュータ・ネットワーク利用セミナー「公認会計士が行う情報システムの監査」	アプリケーション支援係
H20. 4. 18	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 4. 18	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」	学術情報リテラシー係
H20. 4. 18	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」[英語編]	学術情報リテラシー係
H20. 4. 22	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 4. 25	第62回コンピュータ・ネットワーク利用セミナー「情報基盤センターにおける『T2Kオープンスパコン』導入について」	アプリケーション支援係
H20. 4. 25	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 4. 25	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 4. 25	データベース出張講習会（教養学部「基礎演習」）	学術情報リテラシー係
H20. 4. 25	データベース出張講習会（教養学部「基礎演習」）	学術情報リテラシー係
H20. 4. 28	データベース出張講習会（教養学部「基礎演習」）	学術情報リテラシー係

H20. 4. 30	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 4. 30	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 5. 8	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 5. 8	情報探索ガイダンス「入門コース」	学術情報リテラシー係
H20. 5. 9	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 5. 9	情報探索ガイダンス「入門コース」	学術情報リテラシー係
H20. 5. 13	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 5. 14	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 5. 14	情報探索ガイダンス「日本の論文を探すには？」	学術情報リテラシー係
H20. 5. 15	情報探索ガイダンス「電子ジャーナルを利用するには？」	学術情報リテラシー係
H20. 5. 15	T2Kオープンスパコン（東大）利用説明会（横浜国立大学）	スーパーコンピューティング部門
H20. 5. 20	情報探索ガイダンス「自宅から検索するには？」	学術情報リテラシー係
H20. 5. 21	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 5. 21	情報探索ガイダンス「電子ジャーナルを利用するには？」	学術情報リテラシー係
H20. 5. 23	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 5. 26 ～5. 27	第63回コンピュータ・ネットワーク利用セミナー「情報基盤センターにおける『T2Kオープンスパコン』の利用方法について」	アプリケーション支援係
H20. 5. 26	情報探索ガイダンスElectronic Journals Course [英語編]	学術情報リテラシー係
H20. 5. 27	情報探索ガイダンス「日本の論文を探すには？」	学術情報リテラシー係
H20. 5. 27	データベース出張講習会（教養学部後期課程「英語」）	学術情報リテラシー係
H20. 5. 28	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 5. 28	総合図書館オリエンテーション「OPAC入門」[英語編]	学術情報リテラシー係
H20. 5. 28	データベース出張講習会（文学部Academic Writing）	学術情報リテラシー係
H20. 5. 28	T2Kオープンスパコン（東大）利用説明会（慶應義塾大学）	スーパーコンピューティング部門
H20. 5. 28	T2Kオープンスパコン（東大）利用説明会（電気通信大学）	スーパーコンピューティング部門
H20. 5. 29	第2回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会（試行）	スーパーコンピューティング部門
H20. 5. 30	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 5. 30	情報探索ガイダンス「自宅から検索するには？」	学術情報リテラシー係
H20. 5. 30	T2Kオープンスパコン（東大）利用説明会（千葉大学）	スーパーコンピューティング部門
H20. 5. 30	T2Kオープンスパコン（東大）利用説明会（埼玉大学）	スーパーコンピューティング部門
H20. 6. 3	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 6. 3	情報探索ガイダンス「eol ESPer」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 4	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 6. 4	情報探索ガイダンス「ASSIA/LLBA」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 5	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 6. 5	情報探索ガイダンス「Engineering Village」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 9	情報探索ガイダンス「聞蔵IIビジュアル」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 10	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 6. 10	情報探索ガイダンス「JapanKnowledge」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 11	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 6. 11	情報探索ガイダンス「Web of Science自然科学系」（柏図書館）	学術情報リテラシー係
H20. 6. 11	情報探索ガイダンス「EndNote Web」（柏図書館）	学術情報リテラシー係

H20. 6. 12	情報探索ガイダンス「LexisNexis Academic」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 12	情報探索ガイダンス「Lexis.com」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 13	データベース出張講習会（工学系・情報理工学系）	学術情報リテラシー係
H20. 6. 16	情報探索ガイダンス「Web of Science人文科学系」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 16	情報探索ガイダンス「Web of Science自然科学系」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 16	情報探索ガイダンス「BIOSIS Previews」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 16	情報探索ガイダンス「EndNote Web」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 17	データベース出張講習会（工学系・情報理工学系）	学術情報リテラシー係
H20. 6. 17	情報探索ガイダンス「LexisNexis Academic」（駒場図書館）	学術情報リテラシー係
H20. 6. 18	情報探索ガイダンス「ECCO」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 18	情報探索ガイダンス「LRC with MLA」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 18	情報探索ガイダンス「InfoTrac Custom」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 19	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 6. 19	データベース出張講習会（工学系研究科社会基盤学専攻国際プロジェクト）	学術情報リテラシー係
H20. 6. 19	情報探索ガイダンス「JSTOR」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 20	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 6. 20	情報探索ガイダンス「Web of Science自然科学系」（駒場図書館）	学術情報リテラシー係
H20. 6. 20	情報探索ガイダンス「Web of Science人文科学系」（駒場図書館）	学術情報リテラシー係
H20. 6. 20	情報探索ガイダンス「EndNote Web」（駒場図書館）	学術情報リテラシー係
H20. 6. 24	情報探索ガイダンス「SciFinder Scholar」（柏図書館）	学術情報リテラシー係
H20. 6. 25	データベース出張講習会（理学部生物学科）	学術情報リテラシー係
H20. 6. 27	第64回コンピュータ・ネットワーク利用セミナー「迷惑メール対策の現状と学内での対策」	アプリケーション支援係
H20. 6. 27	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 6. 27	情報探索ガイダンス「SciFinder Scholar」	学術情報リテラシー係
H20. 6. 30	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 6. 30	情報探索ガイダンス「AGRICOLA・ProQuest Agriculture Journals」（農学部図書館）	学術情報リテラシー係
H20. 7. 3	情報探索ガイダンス「日本の論文を探すには？」	学術情報リテラシー係
H20. 7. 9	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 7. 9	情報探索ガイダンス「自宅から検索するには？」	学術情報リテラシー係
H20. 7. 10	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 7. 15	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 7. 15	情報探索ガイダンス「電子ジャーナルを利用するには？」	学術情報リテラシー係
H20. 7. 22	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 7. 25	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 7. 31 ～8. 1	CCS HPCサマーセミナー2008（筑波大学主催）	スーパーコンピューティング部門
H20. 8. 7	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 8. 7	事務職員向け情報探索ガイダンス	学術情報リテラシー係
H20. 8. 8	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 8. 27	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 8. 27	事務職員向け情報探索ガイダンス	学術情報リテラシー係

H20. 9. 1 ～9. 3	第3回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会(試行)	スーパーコンピューティング部門
H20. 9. 4	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 9. 9	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 9. 17	情報探索ガイダンス「文献検索早わかり」	学術情報リテラシー係
H20. 9. 24	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 9. 25	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 9. 25	システム利用説明会	情報リテラシー教育支援係 電子教材係
H20. 9. 26	システム利用説明会	情報教育支援係, 電子教材係
H20. 9. 26	情報探索ガイダンス「文献検索早わかり」	学術情報リテラシー係
H20. 9. 30	情報探索ガイダンスWeb of Science Course [英語編]	学術情報リテラシー係
H20. 10. 2	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 10. 2	データベース出張講習会(工学部精密工学科)	学術情報リテラシー係
H20. 10. 6	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 10. 6	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 10. 7	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 10. 7	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 10. 7	第6回UTnet Meeting	キャンパスネットワークワーキング部門
H20. 10. 9	情報探索ガイダンス「日本の論文を探すには？」	学術情報リテラシー係
H20. 10. 9	留学生向け総合図書館ガイダンス&データベース講習会	学術情報リテラシー係
H20. 10. 14	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 10. 15	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 10. 15	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 10. 15	情報探索ガイダンス「電子ジャーナルを利用するには？」	学術情報リテラシー係
H20. 10. 15	留学生向け総合図書館ガイダンス&データベース講習会[英語編]	学術情報リテラシー係
H20. 10. 16	留学生向け総合図書館ガイダンス&データベース講習会	学術情報リテラシー係
H20. 10. 16	「Gale Virtual Reference Library」説明会	学術情報リテラシー係
H20. 10. 17	留学生向け総合図書館ガイダンス&データベース講習会[英語編]	学術情報リテラシー係
H20. 10. 17	「Gale Virtual Reference Library」説明会(駒場図書館)	学術情報リテラシー係
H20. 10. 21	情報探索ガイダンス「自宅から検索するには？」	学術情報リテラシー係
H20. 10. 22	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 10. 22	留学生向け総合図書館ガイダンス&データベース講習会[英語編]	学術情報リテラシー係
H20. 10. 22	情報探索ガイダンス「Web of Science+EndNote Web」	学術情報リテラシー係
H20. 10. 23	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 10. 23	データベース出張講習会(工学系・情報理工学系)	学術情報リテラシー係
H20. 10. 24	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 10. 24	留学生向け総合図書館ガイダンス&データベース講習会[英語編]	学術情報リテラシー係
H20. 10. 27	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 10. 28	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 10. 28	データベース出張講習会(工学系・情報理工学系)	学術情報リテラシー係
H20. 10. 29	データベース出張講習会(文学部社会心理学研究室)同日2回開催	学術情報リテラシー係
H20. 10. 30	情報探索ガイダンス「文献検索早わかり」	学術情報リテラシー係

H20. 11. 5	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 11. 5	留学生向け情報探索ガイダンス[韓国語編]	学術情報リテラシー係
H20. 11. 6	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 11. 11	留学生向け情報探索ガイダンス[中国語編]	学術情報リテラシー係
H20. 11. 12	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 11. 12	情報探索ガイダンス「日本の論文を探すには？」	学術情報リテラシー係
H20. 11. 13	情報探索ガイダンス「電子ジャーナルを利用するには？」	学術情報リテラシー係
H20. 11. 14	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 11. 14	情報探索ガイダンス「EBSCOhost」	学術情報リテラシー係
H20. 11. 18	情報探索ガイダンス「文献検索早わかり」	学術情報リテラシー係
H20. 11. 19	情報探索ガイダンス「自宅から検索するには？」	学術情報リテラシー係
H20. 11. 20	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 11. 25	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 11. 26	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 11. 26	情報探索ガイダンス「Web of Science+EndNote Web」	学術情報リテラシー係
H20. 11. 28	データベース出張講習会（医学系） 同日2回開催	学術情報リテラシー係
H20. 11. 28	情報探索ガイダンスElectronic Journals Course [英語編]	学術情報リテラシー係
H20. 12. 2	第65回コンピュータ・ネットワーク利用セミナー「再考イマドキの情報セキュリティ」	アプリケーション支援係
H20. 12. 3 ～12. 4	日本応用数学会「秋の学校」：科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門	スーパーコンピューティング部門
H20. 12. 5	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 12. 8	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 12. 8	情報探索ガイダンス「自宅から検索するには？」	学術情報リテラシー係
H20. 12. 9	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 12. 10	情報探索ガイダンス「文献検索早わかり」	学術情報リテラシー係
H20. 12. 10	情報探索ガイダンス「Littel Navigator」	学術情報リテラシー係
H20. 12. 11	情報探索ガイダンス「日本の論文を探すには？」	学術情報リテラシー係
H20. 12. 11	情報探索ガイダンス「中国の論文を探すには？」	学術情報リテラシー係
H20. 12. 12	第66回コンピュータ・ネットワーク利用セミナー「宇都宮大学総合メディア基盤センターにおけるISO/IEC 27001の運用」	アプリケーション支援係
H20. 12. 15	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H20. 12. 16 ～12. 18	第67回コンピュータ・ネットワーク利用セミナー「平成20年度東京大学技術職員研修（コンピュータネットワーク研修）公開講義」	アプリケーション支援係
H20. 12. 18	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H20. 12. 18	情報探索ガイダンス「電子ジャーナルを利用するには？」	学術情報リテラシー係
H21. 1. 7	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H21. 1. 15	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H21. 1. 15	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H21. 1. 16	情報探索ガイダンス「自宅から検索するには？」	学術情報リテラシー係
H21. 1. 20	情報探索ガイダンス「文献検索早わかり」	学術情報リテラシー係
H21. 1. 23	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H21. 1. 26	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H21. 1. 26	情報探索ガイダンス「日本の論文を探すには？」	学術情報リテラシー係

H21. 1. 27	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H21. 1. 28	情報探索ガイダンス「電子ジャーナルを利用するには？」	学術情報リテラシー係
H21. 2. 2	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H21. 2. 3	情報探索ガイダンス「Web of Science+EndNote Web」	学術情報リテラシー係
H21. 2. 6	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H21. 2. 9	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H21. 2. 12	情報探索ガイダンス「日本の論文を探すには？」	学術情報リテラシー係
H21. 2. 16	情報探索ガイダンス「文献検索早わかり」	学術情報リテラシー係
H21. 2. 17	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H21. 2. 18	第68回コンピュータ・ネットワーク利用セミナー「iMacでつくる簡単スライドショーとBGM作成」	アプリケーション支援係
H21. 2. 18	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H21. 2. 18	情報探索ガイダンス「自宅から検索するには？」	学術情報リテラシー係
H21. 2. 23	図書系職員向け「RefWorks」説明会	学術情報リテラシー係
H21. 2. 24	情報探索ガイダンス「電子ジャーナルを利用するには？」	学術情報リテラシー係
H21. 2. 27	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H21. 2. 27	情報探索ガイダンス「Web of Science+EndNote Web」	学術情報リテラシー係
H21. 3. 2	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H21. 3. 3	情報探索ガイダンス「日本の論文を探すには？」	学術情報リテラシー係
H21. 3. 5	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H21. 3. 5	情報探索ガイダンス「自宅から検索するには？」	学術情報リテラシー係
H21. 3. 6	情報探索ガイダンス「電子ジャーナルを利用するには？」	学術情報リテラシー係
H21. 3. 11	新規利用者向け講習会	情報リテラシー教育支援係
H21. 3. 11	情報探索ガイダンス「文献検索早わかり」	学術情報リテラシー係
H21. 3. 12	情報探索ガイダンス「Web of Science+EndNote Web」	学術情報リテラシー係
H21. 3. 12	第4回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会	スーパーコンピューティング部門
H21. 3. 13	情報探索ガイダンス「日本の論文を探すには？」	学術情報リテラシー係
H21. 3. 17	新規利用者向け講習会	情報教育支援係
H21. 3. 18	システム利用説明会	情報教育支援係、電子教材係
H21. 3. 19	システム利用説明会	情報リテラシー教育支援係 電子教材係

平成 20 年度報道関係一覧

図書館電子化研究部門

[報道 1] 日経産業新聞 2008 年 7 月 23 日 19 面: 検索システム関連語体系立て表示リッテル 自動的に整理・抽出.

スーパーコンピューティング研究部門

[報道 1] 片桐孝洋, 黒田久泰, 中島研吾: 米国応用数学会基幹新聞紙, 自動チューニング研究に関する日本人研究者の特集記事, PP08: Automatic Tuning of High-Performance Numerical Libraries: State of the Art and Open Problems, SIAM News, Vol.41, No.5, 2008 年 6 月.

スーパーコンピューティング部門

[報道 1] 日経産業新聞 2008 年 6 月 3 日 9 面: 筑波大、東大、京大共通仕様「T2K」に基づいて調達したスパコン「HA8000」がスパコンランキング国内1位.

[報道 2] 読売新聞 2008 年 6 月 3 日 2 面: 国内最速スパコン東大で運用開始.

[報道 3] 日刊工業新聞 2008 年 6 月 4 日 11 面: 東大納入のスパコン国内最高性能を達成.

[報道 4] 読売オンライン 2008 年 10 月 16 日 : 東大国内最速スパコン、一部民間に有償提供.

[報道 5] 日刊工業新聞 2008 年 10 月 17 日 : 国内最速スパコン民間に有償提供, 東大、国立大で初めて.

[報道 6] 毎日新聞 2008 年 10 月 21 日 8 面: 日本一の頭脳貸します、東大スパコン能力1割を民間へ.

[報道 7] 毎日 JP 2008 年 10 月 21 日 : 東京大: 計算能力国内最速のスパコン貸します、年4百万円.

東京大学情報基盤センター一年報

2008 年度（第 10 号）

編 集

東京大学情報基盤センター一年報編集委員会

編集委員長 片桐 孝洋

編集委員 田中 哲朗、二宮 崇、小川 剛史、西村 健

編集スタッフ 大塚 浩一、早野 裕士、本多 玄、平野 光敏、
柏 芳美、米山 浩、岩崎 直樹、灰塚 毅弘、
佐々木 一孝、永岡 陽香

発 行

東京大学情報基盤センター

〒113-8658 東京都文京区弥生 2-11-16

電話 03-5841-2710

2009 年 6 月発行

