年報 第 12 号

2010 年度

Annual Report No.12

2010

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 …… 5

組織図 …… 5
職員数 …… 5
教職員 …… 6
平成 22 年度中の人事異動 …… 11
東京大学情報基盤センター運営委員会委員名簿 …… 14

予　算 …… 15

収入・支出 …… 15
外部資金 …… 15

補助金等 …… 17

平成 22 年度科学研究費採択状況 …… 17
平成 22 年度受託研究費受入状況 …… 19
平成 22 年度共同研究費受入状況 …… 20
平成 22 年度政府系委託費受入状況 …… 22
平成 22 年度政府系補助金受入状況 …… 22

PART2 センター活動報告 …… 25

学際情報科学研究体 …… 27

学際情報科学研究体概要 …… 29
学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 …… 30
革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ（HPCI）構築への
取り組み …… 37
PKI …… 39

その他 …… 43

CO_2 排出量削減への取り組み …… 45

PART3 各研究部門 研究活動報告 …… 53

情報メディア教育研究部門 …… 55

情報メディア教育研究部門概要 …… 57
柴山 悦哉 …… 61
ソフトウェアセキュリティと言語処理系に関する研究

田中 哲朗 …… 68
ゲームプログラミングに関する研究
関谷 貴之 …… 74
教育支援システムの開発と運用―講義データベース 他―
丸山 一貴 …… 81
Web 検索結果インタフェースの改善

学術情報研究部門 …… 85

学術情報研究部門概要 …… 87
中川 裕志 …… 93
統計的機械学習とその応用
二宮　崇 …… 100
自然言語処理のための基礎理論―隠れマルコフモデルの集合型学習―
吉田　稔 …… 108
テキストマイニングの基盤技術に関する研究―Twitter を対象とした組織名曖昧性解消―
清水 伸幸 …… 114
知識発見と機械翻訳の自然言語処理要素技術―辞書と意味関係の抽出―
清田 陽司 …… 118
Web データマイニング技術の普及に向けた取り組み

ネットワーク研究部門 …… 125

ネットワーク研究部門概要 …… 127
若原　恭 …… 134
ネットワークの機能の高度化と設計・運用・保守・管理の合理化―アドホックネットワーク、P2P ネットワーク―
中山 雅哉 …… 140
広域分散環境の高度基盤技術に関する研究
小川 剛史 …… 144
人々の実生活を支援する情報メディア技術に関する研究
関谷 勇司 …… 151
耐障害性を有した広域分散サービスの設計・構築ならびにその計測手法に関する研究
中村 文隆 …… 159
インターネットトラフィックの最適化とラピッドプロトタイピングによるユーザーインターフェース
妙中 雄三 …… 162
独立管理された無線 LAN 群下における移動端末の通信品質管理

スーパーコンピューティング研究部門 …… 169

スーパーコンピューティング研究部門概要 …… 171
中島 研吾 …… 187
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 …… 193
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
佐藤 周行 …… 203
検証付き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, Privilidge Design in Federation Service, and Trust Models in Security

田浦 健次朗 …… 209
生産性と性能を両立させる並列処理のための枠組み
黒田 久泰 …… 213
シームレス高生産・高性能プログラミング環境―高効率・高可搬性ライブラリの研究開発―
大島 聡史 …… 216
GPU を用いた高性能計算に関する研究
實本 英之 …… 223
エクストリームスケール高性能計算を対象とした耐故障機能
片桐 孝洋 …… 231
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 …… 241
先端的大規模計算利用サービス
松野　裕 …… 243
システムのディペンダビリティ保証のためのツールとプロセスの構築
稲岡　創 …… 249
気液混相流の大規模分子動力学シミュレーション
鴨志田 良和 …… 254
大規模分散計算環境を有効活用するソフトウェアの研究
藤田　肇 …… 260
ディペンダブルな単一システムイメージ OS
林　雅江 …… 266
ヘテロジニアス環境のための統合数値計算ライブラリの開発
堀　敦史 …… 271
Catwalk ファイルステージングシステムの T2K 上での評価
山本 啓二 …… 274
単一実行環境を実現する汎用バッチジョブシステムの研究

学際情報科学研究体 …… 277

伊藤 祥司 …… 279
数値計算アルゴリズムに対する体系的性能評価と特性分析、および、センター業務への取り組み

PART4 各部門 教育・サービス活動報告 …… 285

情報メディア教育部門 …… 287

情報メディア教育部門概要 …… 289
教育用計算機システム運用報告 …… 291
学内組織向けメールサーバ（MAILHOSTING）運用報告 …… 301
WEB PARK サービス運用報告 …… 304
遠隔講義支援サービス運用報告 …… 306
CFIVE 運用報告 …… 312
部局負担による携帯端末接続環境運用報告 …… 318
その他のサービス運用報告 …… 319

図書館電子化部門 ····· 321

図書館電子化部門概要 ····· 323
デジタルコンテンツサービス ····· 324
学術情報リテラシー支援 ····· 326
図書館関係システム運用・管理 ····· 337

ネットワーク部門 ····· 339

ネットワーク部門概要 ····· 341
東京大学情報ネットワークシステム（UTnet3）の運用管理 ····· 344
セキュリティ対応 ····· 354
東京大学情報システム緊急対応チーム（UT-CERT）との連携 ····· 357
学内ソフトウェアライセンス ····· 359

スーパーコンピューティング部門 ····· 361

スーパーコンピューティング部門概要 ····· 363
スーパーコンピューティング業務 ····· 367
講習会 ····· 373
シンポジウム・研究会 ····· 377
研究プロジェクト ····· 385
文部科学省 研究開発施設共用等促進費補助金（先端研究施設共用促進事業）
　先端的大規模計算利用サービス ····· 390
HA8000 クラスタシステムの企業利用支援 ····· 396
スーパーコンピュータ利用による研究成果報告（2010 年） ····· 398

PART5 その他 ····· 407

平成 22 年度委員会委員等 ····· 409
平成 22 年度講習会・セミナー ····· 412
平成 22 年度報道関係一覧 ····· 415

巻 頭 言

東京大学情報基盤センター長　石川　裕

2010 年度の東京大学情報基盤センター年報をお届けします。当センターは、情報メディア教育部門、図書館電子化部門、ネットワーク部門、スーパーコンピューティング部門の 4 部門から構成される研究・教育・サービスの 3 つの役割を有する組織です。各部門の活動報告はそれぞれの報告に譲るとして、センター全体の 2010 年度活動として大きな事柄について簡単に紹介させていただきます。

2010 年度、当センターは学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点として本格的に活動を開始し、センター内に部門横断組織「学際情報科学研究体」を設置しました。また、2010 年度、当センターが代表機関となり、文部科学省最先端研究基盤事業「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高度利用促進」および文部科学省委託業務「HPCI の基本仕様に関する調査検討」を進めました。最先端研究基盤事業では 20 ペタバイト級の共有ストレージとデータ解析サーバを導入しております。HPCI は「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ」の略称です。HPCI では、2012 年秋に共用が開始される次世代スーパーコンピュータ「京コンピュータ」、情報基盤センター群等に設置されているスーパーコンピュータ群と共有ストレージを、ユーザに対して利便性を高めた先端基盤として提供していきます。

本年報が、我々のアクティビティの紹介を通して、新たなる共同利用・共同研究につながることを期待しております。皆様からのご意見やご提案をお待ちしております。

最後に、本年報をまとめるにあたり、年報編集委員長の杉本雅則先生をはじめとする年報編集委員の皆様に感謝申し上げます。

2011 年 5 月吉日

PART 1

概　況

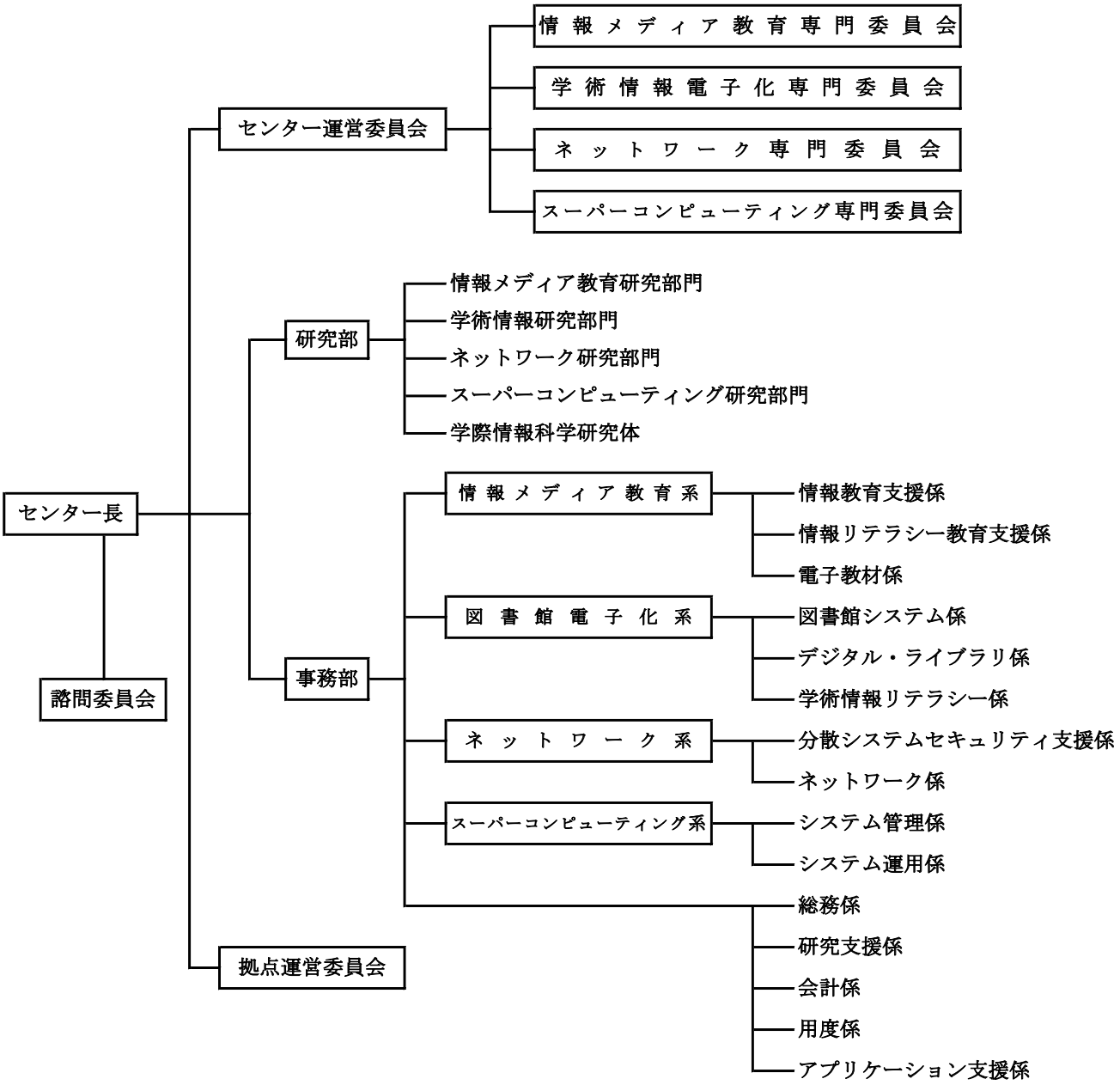
組　織

予　算

補助金等

組　織

組織図



職員数

H23.3.31

	専　任	兼　務	特　任	合　計
センター長		1		1
教　　授	5		1	6
准　教　授	4	3	3	10
講　　師	1		4	5
助　　教	7		3	10
研　究　員		3		3
事務職員	23			23
技術職員	26			26
事務補佐員	11			11
技術補佐員	7			7
派遣職員	7			7
合　　計	91	7	11	109

教職員

平成 23 年 3 月 31 日現在

情報基盤センター長　　石　川　　裕
（情報理工学系研究科教授）
秘書（事務補佐員）渡　邉　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

学術情報研究部門

教　授	中　川　裕　志
准教授（兼務）	杉　本　雅　則
助　教	吉　田　　稔
特任講師	清　水　伸　幸
特任講師	清　田　陽　司
事務補佐員	吉　冨　美　樹

ネットワーク研究部門

教　授	若　原　　恭
准教授	中　山　雅　哉
准教授	小　川　剛　史
講　師	関　谷　勇　司
助　教	中　村　文　隆
助　教	妙　中　雄　三
客員研究員	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
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	大　島　聡　史
助　教	實　本　英　之
特任教授	横　手　靖　彦
特任准教授	片　桐　孝　洋
特任准教授	吉　廣　　保
特任講師	松　野　　裕
特任講師	稲　岡　　創
特任助教	鴨志田　良　和
特任助教	藤　田　　肇
特任助教	林　　雅　江
客員研究員	堀　　敦　史
客員研究員	山　本　啓　二
学術支援専門職員	山　内　久　典
事務補佐員	亀　田　文美代
事務補佐員	高　橋　弘　美
派遣職員	蒲　地　　穣
派遣職員	原　田　　浩
派遣職員	石　川　　力
派遣職員	會　津　直　樹

学際情報科学研究体

教　授（兼務）	柴　山　悦　哉
教　授（兼務）	中　島　研　吾
准教授（兼務）	佐　藤　周　行
特任准教授	伊　藤　祥　司
特任准教授（兼務）	片　桐　孝　洋
講　師（兼務）	関　谷　勇　司
特任講師（兼務）	清　田　陽　司
助　教（兼務）	妙　中　雄　三
助　教（兼務）	實　本　英　之
特任助教（兼務）	鴨志田　良　和

事務部

事務長	根　岸　　茂
副事務長	大　塚　浩　一
（総務担当）	

副事務長　早野裕士
（業務担当）
専門員　風間勉
（財務・研究協力担当）
専門員　本多玄
主　査　西澤明生
（研究支援担当）
主　査　平野光敏
（スーパーコンピューティング担当）
専門職員　後藤和彦
（総務担当）
専門職員　小村昇
（会計担当）
専門職員　柏芳美
（e ラーニング支援担当）

総務係
係　長（兼務）　後藤和彦
主　任　宮地亨
一般職員　柳川圭介
一般職員　中田幸夫
事務補佐員　麦谷真弓

研究支援係
係　長　上杉将史
一般職員　高橋朝一

会計係
専門職員　小村昇
（会計担当）
主　任　木崎信一

用度係
係　長　大橋公一郎
主　任　岡戸彰二
主　任　山口挙史
事務補佐員　池田由香
事務補佐員　北郷明子

アプリケーション支援係

係　長	岩　崎　直　樹
技術職員	永　岡　陽　香

［情報メディア教育系］　チーフ　増　田　　均

専門職員	柏　　芳　美

（e ラーニング支援担当）

情報教育支援係

係　長	増　田　　均
専門職員	伊　藤　真　之
技術職員	安　部　達　巳
技術補佐員	宮　北　美　保
派遣職員	後　閑　直　子
派遣職員	竹　尾　朋　子
派遣職員	岡　野　珠　子

情報リテラシー教育支援係

係　長	松　岡　喜美代
専門職員	前　田　光　教
技術職員	秋　田　英　範

電子教材係

係　長	有　賀　　浩
主　任	坂　井　朱　美
技術職員	岩　藤　健　弘
技術補佐員	加　藤　康　一

［図書館電子化系］　チーフ　本　多　　玄

図書館システム係

係　長（兼務）	本　多　　玄
専門職員	小　松　陽　一
一般職員	田　口　忠　祐

デジタル・ライブラリ係

係　長	吉　田　幸　苗
主　任	小野澤　さわ子

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

［ネットワーク系］　チーフ　早　野　裕　士
専門職員　　中　山　仁　史

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　薗　隆　弘
技術補佐員　　阿　部　　大

ネットワーク係
係　長　　下　田　哲　郎
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

システム管理係
係　長　　宮　嵜　　洋
専門職員　　小　川　大　典
専門職員　　佐　島　浩　之
事務補佐員　　高　橋　陽　子

システム運用係
係　長　　石　崎　　勉
技術職員　　佐　藤　孝　明

文部科学省研修生
一般職員　　諏　佐　賢　司

平成２２年度中の人事異動

（転入・昇任・配置換等）

22. 4. 1	石　川　　裕	センター長／新規
22. 4. 1	小　川　剛　史	ネットワーク研究部門准教授／ネットワーク研究部門講師から
22. 4. 1	妙　中　雄　三	ネットワーク研究部門助教／新規
22. 4. 1	横　手　靖　彦	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　22.4.1～24.3.31）
22. 4. 1	清　水　伸　幸	学術情報研究部門特任講師／学術情報研究部門特任助教から（任期　22.4.1～23.3.31）
22. 4. 1	松　野　　裕	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　22.4.1～24.3.31）
22. 4. 1	加　藤　　朗	ネットワーク研究部門客員研究員／ネットワーク研究部門特任教授から
22. 4. 1	根　岸　　茂	事務長／本部教育・学生支援系学生支援グループ長から
22. 4. 1	伊　藤　真　之	専門職員／大学入試センター事業部事業第三課専門職員から
22. 4. 1	小　松　陽　一	専門職員／図書館システム係から
22. 4. 1	小　川　大　典	専門職員／東京国立博物館学芸企画部博物館情報課情報管理室専門職員から
22. 4. 1	佐　島　浩　之	専門職員／文部科学省研究振興局情報課研修生から
22. 4. 1	小野澤　さわ子	デジタル・ライブラリ係主任／デジタル・ライブラリ係から
22. 4. 1	中　田　幸　夫	総務係／柏地区事務部センター支援グループ副課長から
22. 4. 1	高　橋　朝　一	研究支援係／柏地区事務部新領域担当課予算・決算係から
22. 4. 1	安　部　達　巳	情報教育支援係／システム運用係から
22. 4. 1	秋　田　英　範	情報リテラシー教育支援係／情報教育支援係から
22. 4. 1	佐　藤　孝　明	システム運用係／システム管理係から
22. 4. 1	高　橋　陽　子	システム管理係事務補佐員／新規
22. 5. 1	山　本　啓　二	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　22.5.1～23.3.31）
22. 5. 1	山　内　久　典	スーパーコンピューティング研究部門学術支援専門職員／新規
22. 5. 1	笹　原　可　恵	学術情報リテラシー係事務補佐員／新規
22. 6. 1	麦　谷　真　弓	総務係事務補佐員／新規
22. 6.28	北　郷　明　子	用度係事務補佐員／新規
22. 7. 1	實　本　英　之	スーパーコンピューティング研究部門助教／新規

22. 7. 1	後　藤　和　彦	専門職員（総務担当）・総務係長（兼務）／国文学研究資料館管理部総務課人事係長から
22. 7. 1	前　田　光　教	専門職員／国文学研究資料館管理部学術情報課システム管理係長から
22. 8. 1	稲　岡　　創	スーパーコンピューティング研究部門特任講師／大学院工学系研究科特任研究員から（任期　22.8.1～25.7.31）
22. 8. 1	林　　雅　江	スーパーコンピューティング研究部門特任助教／人工物工学研究センター特任研究員から（任期　22.8.1～25.3.31）
22.10. 1	伊　藤　祥　司	学際情報科学研究体特任准教授／スーパーコンピューティング研究部門特任准教授から（任期　22.10.1～27.3.31）
22.10. 1	清　田　陽　司	学術情報研究部門特任講師／新規
22.10. 1	柴　山　悦　哉	学際情報科学研究体教授（兼務）／情報メディア教育研究部門教授から
22.10. 1	中　島　研　吾	学際情報科学研究体教授（兼務）／スーパーコンピューティング研究部門教授から
22.10. 1	佐　藤　周　行	学際情報科学研究体准教授（兼務）／スーパーコンピューティング研究部門准教授から
22.10. 1	片　桐　孝　洋	学際情報科学研究体特任准教授（兼務）／スーパーコンピューティング研究部門特任准教授から
22.10. 1	関　谷　勇　司	学際情報科学研究体講師（兼務）／ネットワーク研究部門講師から
22.10. 1	清　田　陽　司	学際情報科学研究体特任講師（兼務）／学術情報研究部門特任講師から
22.10. 1	妙　中　雄　三	学際情報科学研究体助教（兼務）／ネットワーク研究部門助教から
22.10. 1	鴨志田　良　和	学際情報科学研究体特任助教／スーパーコンピューティング研究部門特任助教から
22.11. 1	杉　本　雅　則	学術情報研究部門准教授（兼務）／大学院工学系研究科准教授から
22.11.15	堀　　淳　史	スーパーコンピューティング研究部門客員研究員／新規
22.11.15	山　本　啓　二	スーパーコンピューティング研究部門客員研究員／新規
23. 2. 1	宮　北　美　保	情報教育支援係事務補佐員／新規
23. 3. 1	實　本　英　之	学際情報科学研究体助教（兼務）／スーパーコンピューティング研究部門助教から
23. 3. 1	池　田　由　香	用度係事務補佐員／新規

（転出・退職等）

22. 4. 1	大　星　敏　明	事務長／本部総務部副部長（法務課長（兼務））へ
22. 4. 1	草　開　泰　之	研究支援係主任／農学系事務部総務課附属演習林秩父演習林事務室係長へ
22. 4. 1	山　本　和　男	情報教育支援係主任／大学入試センター事業部事業第三課専門職員へ
22. 4. 1	田　川　善　教	情報リテラシー教育支援係主任／東京国立博物館学芸企画部博物館情報課情報管理室専門職員へ
22. 4. 1	諏　佐　賢　司	システム管理係／文部科学省研修生へ
22. 7. 1	二　宮　　崇	学術情報研究部門講師／愛媛大学大学院理工学研究科准教授へ
22. 7. 1	米　山　　浩	総務係長／生産技術研究所総務課総務・広報チーム専門職員へ
22. 7. 1	佐々木　　馨	情報リテラシー教育支援係主任／国文学研究資料館管理部学術情報課システム管理係長へ
22. 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／物性研究所助教へ
22. 9.30	堀　　淳　史	スーパーコンピューティング研究部門特任教授／任期満了
22. 9.30	清　田　陽　司	学術情報研究部門助教／辞職
22. 9.30	松　岡　敦　美	学術情報研究部門事務補佐員／任期満了
22.10.17	山　本　啓　二	スーパーコンピューティング研究部門特任助教／辞職
22.10.31	宮　北　美　保	情報教育支援係技術補佐員／任期満了
23. 1.29	伊　東　雅　美	スーパーコンピューティング研究部門事務補佐員／任期満了
23. 3.31	吉　廣　　保	スーパーコンピューティング研究部門特任准教授／任期満了
23. 3.31	清　水　伸　幸	学術情報研究部門特任講師／任期満了
23. 3.31	吉　澤　文　代	ネットワーク研究部門事務補佐員／任期満了
23. 3.31	柏　　芳　美	専門職員（e ラーニング支援担当）／定年退職
23. 3.31	渡　邉　かがり	総務係事務補佐員／任期満了
23. 3.31	北　郷　明　子	用度係事務補佐員／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２１年４月１日～平成２３年３月３１日

平成２２年４月１日現在

氏　　名	所　属　・　職　名	適　用
石　川　　裕	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
中　島　研　吾	情報基盤センター・教授	規則第3条第2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
相　田　　仁	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
近　山　　隆	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
星　野　真　弘	大学院理学系研究科・教授	規則第3条第3号
新　井　富　雄	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
森　下　真　一	大学院新領域創成科学研究科・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
横　山　伊　徳	史料編纂所・教授	規則第3条第3号
古　田　元　夫	附属図書館長	規則第3条第4号

オブザーバー　西成　活裕　総長補佐（先端科学技術研究センター・教授）

予　算

収入・支出

平成22年度決算額

収入

区　　分	決算額（千円）
奨学寄附金収入	３２
受託研究費等収入	３，０９３，１４０
自　己　収　入	４１７，８１７
計	３，５１０，９８９

支出

区　　分	決算額（千円）
人　　件　　費	５６９，５６４
物　　件　　費	５，７１５，２８０
計	６，２８４，８４４

外部資金

1)科学研究費補助金(平成22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	１０，５００
学術情報研究部門	５	２４，０６０
ネットワーク研究部門	２	３，５８８
スーパーコンピューティング研究部門	７	１１，４４０
計	１５	４９，５８８

2)受託研究(平成22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		
学術情報研究部門		
ネットワーク研究部門	２	７，５５０
スーパーコンピューティング研究部門	３	６３，０８２
計	５	７０，６３２

3)共同研究(平成22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		
学術情報研究部門	1	２，４２０
ネットワーク研究部門	1	０
スーパーコンピューティング研究部門	7	４，９８０
計	9	７，４００

4)政府系委託費(平成22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		
学術情報研究部門		
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	６９，２８７
計	2	６９，２８７

5)政府系補助金(科学研究費補助金を除く。)(平成22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		
学術情報研究部門	1	１８，５６１
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	２，９２７，２６０
計	3	２，９４５，８２１

6)奨学寄附金受入(平成22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	３２
学術情報研究部門		
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		
計	1	３２

補助金等

平成２２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・更新方式
研究費	10,500,000 円（平成 22 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 21～22 年度
研究課題	Web 上のテキスト情報の信頼性と有益性の評価システムに関する研究
研究費	5,000,000 円（平成 22 年度）

研究代表者	教授　中川　裕志
研究種目	基盤研究（A）
研究期間	平成 21～23 年度
研究課題	機械学習によるロングテール現象の解決方法に関する研究
研究費	14,950,000 円（平成 22 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	2,600,000 円（平成 22 年度）

研究代表者	特任准教授　片桐　孝洋
研究種目	基盤研究（B）
研究期間	平成 21～23 年度
研究課題	メニーコア・超並列時代に向けた自動チューニング記述言語の方式開発
研究費	4,160,000 円（平成 22 年度）

研究代表者　教授　金田　康正
研究種目　基盤研究（C）
研究期間　平成 21～23 年度
研究課題　科学技術計算に有用な高速 4 倍長演算に関する研究
研究費　1,300,000 円（平成 22 年度）

研究代表者　講師　二宮　崇
研究種目　基盤研究（C）
研究期間　平成 22～23 年度
研究課題　重要な特徴を自動的に発見する系列ラベリング学習の研究
研究費　1,690,000 円（平成 22 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　780,000 円（平成 22 年度）

研究代表者　准教授　小川　剛史
研究種目　若手研究（B）
研究期間　平成 22～23 年度
研究課題　モバイルセンサネットワークにおけるプッシュ型放送を用いたデータ収集・管理方式
研究費　1,950,000 円（平成 22 年度）

研究代表者　助教　吉田　稔
研究種目　若手研究（B）
研究期間　平成 22～23 年度
研究課題　テキスト中の数値表現からの知識発見に関する研究
研究費　1,820,000 円（平成 22 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 22 年度）

研究分担者　教授　中島　研吾

（研究代表者：電気通信大学・今村俊幸准教授）
研究種目　基盤研究（B）
研究期間　平成 22 年度
研究課題　マルチコア複合環境を指向した適応型自動チューニング技術（分担事項等：適応型自動チューニング機能＋前処理付反復法ソルバの開発）
研究費　780,000 円（平成 22 年度）

研究分担者　特任准教授　片桐　孝洋
（研究代表者：電気通信大学・今村俊幸准教授）
研究種目　基盤研究（B）
研究期間　平成 22 年度
研究課題　マルチコア複合環境を指向した適応型自動チューニング技術（分担事項等：固有地ソルバのチューニング・適応型チューニング方式の研究）
研究費　780,000 円（平成 22 年度）

研究分担者　特任准教授　伊藤　祥司
（研究代表者：理化学研究所・姫野龍太郎センター長）
研究種目　基盤研究（B）
研究期間　平成 22 年度
研究課題　マルチプラットフォームの大規模数値シミュレーションを支援するフレームワークの構築（分担事項等：数値計算アルゴリズム性能評価とデータ処理方式開発）
研究費　1,040,000 円（平成 22 年度）

研究代表者　助教　妙中　雄三
研究種目　研究活動スタート支援
研究期間　平成 22～23 年度
研究課題　個別管理されたアクセスポイント群における ＷｉＦｉエリア制御に関する研究
研究費　1,638,000 円（平成 22 年度）

平成２２年度　受託研究費受入状況

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 22 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	48,782,500 円（平成 22 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 22 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	1,300,000 円（平成 22 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 22 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	5,200,000 円（平成 22 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 22 年度
研究課題	ポストペタスケールコンピューティングのためのヘテロジニアス環境向けアプリケーション開発基盤
研究費	13,000,000 円（平成 22 年度）
研究代表者	講師　関谷　勇司　他
相手機関名	（独）日本学術振興会（フランス CNRS）
研究期間	平成 22 年度
研究課題	One Lab システムにおける要素技術と拡張に関する研究
研究費	2,350,000 円（平成 22 年度）

平成２２年度　共同研究費受入状況

研究代表者	教授　中島　研吾
相手機関名	（独）国立環境研究所地球環境研究センター
研究期間	平成 22 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	1,600,000 円（平成 22 年度）
研究代表者	教授　中川　裕志
相手機関名	ソニー（株）システム技術研究所

研究期間　平成 22 年度
研究課題　自然言語処理による知識抽出技術の研究
研究費　2,420,000 円（平成 22 年度）

研究代表者　教授　中島　研吾
相手機関名　大成建設（株）技術センター
研究期間　平成 22～23 年度
研究課題　地下多相流体挙動解析の並列計算手法に関する技術開発
研究費　550,000 円（平成 22 年度）

研究代表者　教授　中島　研吾
相手機関名　住友ゴム工業（株）
研究期間　平成 22 年度
研究課題　粒度分布を有する二次元リバースモンテカルロ法（RMC）のコードの計算機科学的高速化検討
研究費　1,200,000 円（平成 22 年度）

研究代表者　教授　中島　研吾
相手機関名　AQALINC RESERCH LIMITED
研究期間　平成 22～23 年度
研究課題　Development of parallel iterative solvers for FEMWATER
研究費　1,630,359 円（平成 22 年度）

研究代表者　教授　石川　裕
相手機関名　（独）理化学研究所
研究期間　平成 22～23 年度
研究課題　次世代スーパーコンピュータにおける高度利用環境の構築
研究費　0 円（平成 22 年度）

研究代表者　教授　石川　裕
相手機関名　（株）日立製作所
研究期間　平成 22～23 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 22 年度）

研究代表者　教授　石川　裕
相手機関名　（株）富士通研究所
研究期間　平成 22～23 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 22 年度）

研究代表者	講師　関谷　勇司
相手機関名	朝日放送（株）
研究期間	平成 22 年度
研究課題	クラウドを利用した分散型コンテンツ配信に関する研究
研究費	0 円（平成 22 年度）

平成２２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 22 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	50,587,500 円（平成 22 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 22 年度
研究課題	ＨＰＣＩの基本仕様に関する調査検討
研究費	18,700,000 円（平成 22 年度）

平成２２年度　政府系補助金受入状況

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 22 年度
研究課題	先端的大規模計算利用サービス
研究費	26,560,000 円（平成 22 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 22 年度
研究課題	日中・中日言語処理技術の開発研究
研究費	18,561,077 円（平成 22 年度）

研究分担者	教授　石川　裕
相手機関名	文部科学省
研究期間	平成 22 年度

研究課題	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高度利用促進
研究費	2,900,700,000 円（平成 22 年度）

PART 2

センター活動報告

学際情報科学研究体

その他

学際情報科学研究体

学際情報科学研究体概要

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点

革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ（HPCI）構築への取り組み

PKI

学際情報科学研究体
概要

研究体長　柴山悦哉

学際情報科学研究体は、部門を横断する形で今年度 10 月に発足した新しい組織であり、専任の特任准教授 1 名の他に各研究部門を本務とする教員 9 名が所属した。情報基盤センターでは、今年度から始まった学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の中核拠点、さらに革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ (HPCI) コンソーシアムのメンバーとしての活動を始めており、先端研究ならびに教育部局と連携した教育も行なっている。そのための、戦略的研究推進体制の構築と学内外を先導する研究・教育の推進が研究体の主なミッションである。具体的な業務としては、次のようなものがあげられる。

- 学際情報科学およびそれを支える情報基盤に関する研究
- 学際大規模情報処理に関わる人材育成のための関係教育部局と連携した教育活動
- 学際大規模情報処理に関わる学内教育・研究基盤構築
- 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点活動の推進
- HPCI コンソーシアムに関わる活動の推進
- PKI の運用・普及

今年度、学際情報科学研究体に所属した教員は次の通りである。

柴山悦哉 (研究体長)	教授 (兼務; 情報メディア教育研究部門)
中島研吾 (副研究体長)	教授 (兼務; スーパーコンピューティング研究部門)
佐藤周行	准教授 (兼務; スーパーコンピューティング研究部門)
伊藤祥司	特任准教授
片桐孝洋	特任准教授 (兼務; スーパーコンピューティング研究部門)
関谷勇司	講師 (兼務; ネットワーク研究部門)
清田陽司	特任講師 (兼務; 学術情報研究部門)
妙中雄三	助教 (兼務; ネットワーク研究部門)
實本英之	助教 (兼務; スーパーコンピューティング研究部門)
鴨志田良和	特任助教 (兼務; スーパーコンピューティング研究部門)

この PART では、学際情報科学研究体として今年度行なった以下の活動について報告する。各教員の研究成果等については、各研究部門の活動報告のページをご覧いただきたい。

- 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点
- 革新的ハイパフォーマンス・コンピューティン・インフラ
- PKI

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点

伊藤 祥司　　研究支援係

1　共同利用・共同研究拠点“ Joint Usage / Research Center ”

本節では、まず、文部科学省が説明している「共同利用・共同研究拠点の概要」を引用し、拠点制度の実施背景について説明する。次いで、拠点制度の性質と形態について説明し、平成 20～22 年度における認定状況について説明する。

『我が国の学術研究の発展には、個々の大学の枠を越えて大型の研究設備や大量の資料・データ等を全国の研究者が共同で利用したり、共同研究を行う「共同利用・共同研究」のシステムが大きく貢献してきました。

共同利用・共同研究は、従来、国立大学の全国共同利用型の附置研究所等を中心に推進されてきましたが、我が国全体の学術研究の更なる発展のためには、国公私立大学を問わず大学の研究ポテンシャルを活用し、研究者が共同で研究を行う体制を整備することが重要です。

このため、文部科学省では、科学技術・学術審議会学術分科会研究環境基盤部会の報告を踏まえ、平成 20 年 7 月に、学校教育法施行規則を改正し、国公私立大学を通じたシステムとして、新たに文部科学大臣による共同利用・共同研究拠点の認定制度を設けました。

本制度の実施により、広範な研究分野にわたり、共同利用・共同研究拠点が形成されるなど、我が国の学術研究の基盤強化と新たな学術研究の展開が期待されます。』

これまでの国立大学の全国共同利用型附置研究所等は一分野につき一拠点とすることが原則であったが、今後国公私立大学を通じた共同利用・共同研究拠点では、研究分野によっては、一定の役割分担の下で複数の拠点を設けて相互に連携を図るなど、柔軟な形態による当該研究分野の特性や研究者コミュニティの議論を踏まえた最適な拠点構成の方向性が謳われている。このような拠点のタイプとしては、単一機関内に設置される「単独型」と、複数の拠点により構成される「ネットワーク型」とがある。後者は、「特定の国公私立大学の研究所等が中心となって、他の研究組織とネットワークを形成する形態」の拠点である。

これまでに認定された拠点数は、平成 20 年度が単独型 7 件、平成 21 年度が単独型 70 件、ネットワーク型 3 件、平成 22 年度が単独型 4 件である。

2　学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（情報基盤拠点）について

本章のタイトルでもある「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」が正式名称であり、略称として「情報基盤拠点」が用いられる。英語表記の正式タイトルは、“Joint Usage / Research Center for Interdisciplinary Large-Scale Information Infrastructures”である。また、本拠点正式発足に向けては、当事業の特長を示す研究分野の英語名から “JHPCN : Japan High Performance Computing and Networking plus Large-scale Data Analyzing and Information Systems” というキーワードも用意した。

2.1　本拠点の目的

本拠点は、北海道大学、東北大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学にそれぞれ附属するスーパーコンピュータを持つ 8 つの共同利用施設から構成され、

東京大学情報基盤センターがその中核機関として機能する「ネットワーク型」の共同利用・共同研究拠点である。

我が国の学術情報基盤全体の構築と次世代スーパーコンピュータとの連携という観点から、従来の大型計算機センターから発展してきた 7 つのスーパーコンピュータセンターと東京工業大学のそれが、緊密なネットワークを形成して共同利用・共同研究の拠点を構築することは、国家的観点から大変に意義深い。

本ネットワーク型拠点の目的は、超大規模計算機と大容量のストレージおよびネットワークなどの情報基盤を用いて、地球環境、エネルギー、物質材料、ゲノム情報、Web データ、学術情報、センサーネットワークからの時系列データ、映像データ、プログラム解析、その他情報処理一般の分野における、これまでに解決や解明が極めて困難とされてきた、いわゆるグランドチャレンジ的な問題について、学際的な共同利用・共同研究を実施することにより、我が国の学術・研究基盤の更なる高度化と恒常的な発展に資することにある。

2.2 拠点の全体計画の概要

本ネットワーク型拠点が共通的に対象とする研究分野は、地球環境、エネルギー、物質材料などの超大規模数値計算系応用分野、ゲノム情報や学術情報コンテンツに対する高度なアクセスや検索などの超大規模データ処理系応用分野、超大規模データを共有するため等の超大容量ネットワーク技術分野、および、これらの技術分野を統合した大規模情報システム関連研究分野を想定する。共同利用・共同研究拠点の重要事項は、8 大学内外の教員・研究者から構成され、中核機関に置かれる運営委員会において審議される。拠点が実施する共同研究の公募課題の設定や実施課題の採択等の重要事項は、運営委員会が審議する。

2.3 拠点の目指す役割

本ネットワーク型組織は、我が国の学際大規模情報基盤の共同利用・共同研究の拠点として、地球環境、エネルギー、物質材料、ゲノム情報、学術情報、プログラム解析等の分野を中心に、グランドチャレンジ的な問題に取り組む研究を、計算科学・工学および計算機科学に基づき、学際的に遂行・支援する中心的な役割を果たす。さらに、神戸に開設される次世代スーパーコンピュータ拠点に対して、本拠点は戦略性をもつ支援体制や共同研究体制を整備する役割を担う。また、次世代スーパーコンピュータが想定していない超大規模データ処理系応用分野においては、スーパーコンピュータを利用した学際共同研究を推進するという大きな役割を果たす。

2.4 拠点形成の必要性

超大規模数値計算系応用分野、超大規模データ処理系応用分野、超大容量ネットワーク技術分野、および、大規模情報システム関連研究分野における技術や知見は、科学技術の飛躍的発展に不可欠であり、我が国の持続的繁栄を支える基盤となる。8 大学の施設から構成されるネットワーク型の拠点では、大規模計算資源を集中的に連携させ、かつ運営委員会を通して、これらの分野の共同利用・共同研究を戦略的に遂行していく。

また、ネットワーク型拠点が可能にする緊密な連携とシナジー効果により、それぞれの施設が実施可能な特徴的な研究課題が他の多くの施設にも共有されるだけでなく、他の施設が持つ研究ポテンシャルを援用することによって問題解決が容易になり、一つの施設では解決不能と思われていた問題を解決・解明する。シナジー効果は研究能力の側面にとどまらず、ネットワークを構成する各大学センターのもつ設備を、ネットワーク内のルールに基づき、極めて柔軟性の高い形で集約・結合し、互いの共同利用・共同研究の資することが可能になるので、この点においても従来解決が困難とされていた諸問題への対処が可能になる。

このような拠点形成の必要性は、関係する研究者コミュニティからも明言されており、本拠点の申請に当たっては、以下の学会から推薦をいただいた。

日本計算工学会、 日本応用数理学会、 情報処理学会、 電子情報通信学会、
人工知能学会、 言語処理学会

さらに、拠点形成の必要性の要望について、拠点全体および拠点を構成する各大学に対しては、上記学会のほか、以下の研究者コミュニティからも要望書が寄せられた。

統計関連学会連合、 計算機学術利用北海道地区協議会、 航空宇宙学会、
日本機械学会 計算力学部門、 気象庁予報部数値予報課、
理化学研究所 情報基盤センター、 北陸先端大学 先端融合領域研究院、
産業技術総合研究所 計算科学部門、
情報・システム研究機構 国立情報学研究所 学術基盤推進部、
情報・システム研究機構 国立情報学研究所 リサーチグリッド研究開発センター、
宇宙航空研究開発機構 情報・計算工学センター、 京都高度技術研究所、
愛媛大学 総合情報メディアセンター、 日本バーチャルリアリティー学会、
大型計算機利用大阪地区（第6地区）協議会、 日本機械学会 計算力学部門、
分子科学会、 西日本地区大学情報関連センター長会議、
財団法人九州先端科学技術研究所、 財団法人福岡県産業・科学技術振興財団

2.5 全国的な学術研究の発展への寄与

本拠点（8 大学）のもつ施設は、国内では唯一の巨大な計算基盤であり、これが上記の研究分野の大半の研究者によって共同利用・共同研究として利用されることになる。このため、本ネットワーク型拠点の共同利用・共同研究による成果は、わが国における上述グランドチャレンジ的研究の成果全体のなかで非常に大きな部分を占めることになり、国内のみならず海外からも注目されることが期待できる。また本拠点では、このような研究分野を中心にしながら、ネットワークを構成する各センターがもつ特徴を生かすことにより、研究分野に広がりを持たせ、さらにスーパーコンピュータの資源や研究者を量的に集積・確保することにより、質・量双方の観点から当該コミュニティの中心的存在となり、総じて本ネットワーク型拠点が全国的な学術研究の発展へ大きく貢献できると考えている。

3 平成 22 年度公募型共同研究の活動内容

平成 22 年 4 月から本格的な活動を開始した。その内容は以下のとおり。

3.1 主なスケジュール

平成 22 年 3 月 9 日	拠点共同研究の案内開始
平成 22 年 4 月 8 日	課題応募受付開始
平成 22 年 4 月 30 日	課題応募受付締切
平成 22 年 5 月 24 日	採否通知
平成 22 年 6 月 1 日	共同研究開始
平成 22 年 9 月 1 日	第 1 回シンポジウム
平成 23 年 1 月 12, 13 日	第 2 回シンポジウム
平成 23 年 3 月 15 日	共同研究終了
平成 23 年 5 月 14 日	成果報告書提出

3.2 課題応募数と採択課題

課題応募数は 41 件であった。課題審査委員による審査を経て、下表の 37 課題（61 共同研究拠点）が採択された。

研究課題名の冒頭に* が付いた課題は平成 22 年度の負担金免除課題を表す。
研究分野の略称は以下のとおり。

数:超大規模数値計算系応用分野, デ:超大規模データ処理系応用分野,
ネ:超大容量ネットワーク技術分野, 情:大規模情報システム関連研究分野

研究課題名	研究分野	研究課題責任者(所属)	共同研究拠点
精度保証付き多倍長並列演算環境の構築と計算機援用解析への展開	数	山本野人(電気通信大学)	九大
高並列海洋モデルの開発を通した海洋循環のプロセス研究	数	羽角博康(東京大学)	東大
言語間差異を活用した Web 情報資源へのアクセスシステムに関する研究	デ	増田英孝(東京電機大学)	東大
GPU を用いた地震波伝播シミュレーション	数	竹中博士(九州大学)	東工大
移動境界問題の大規模流体シミュレーションと動的負荷分散の評価	数	高橋公也(九州工業大学)	九大
粗視化分子動力学法による高分子系シミュレーション基盤の計算機科学的高度化検討	数 デ 情	萩田克美(防衛大学校)	北大, 東大, 名大, 阪大
超並列フラグメント分子軌道法プログラム OpenFMO の性能評価と高性能化	数	南 一生(理化学研究所)	九大
生体分子の大規模シミュレーションにより得られる時系列データの解析	数デ	戸田幹人(奈良女子大学)	九大
次世代ジオスペースシミュレーション拠点の構築	数 ネ 情	荻野竜樹(名古屋大学)	東大, 名大, 九大
天体活動現象の輻射磁気流体シミュレーション	数	松元亮治(千葉大学)	東大
巨大地震発生サイクルシミュレーションの高度化	数	平原和朗(京都大学)	東大, 京大
動的な集団通信アルゴリズム選択技術の実アプリケーションにおける効果の検証	情	黒川原佳(理化学研究所)	九大
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	数	久田俊明(東京大学)	東大
ハイパフォーマンス計算力学	数	牛島 省(京都大学)	京大
地震と津波の大規模並列シミュレーションとその可視化	数	古村孝志(東京大学)	東大
アカデミッククラウド環境におけるソーシャルコンピューティングアーキテクチャの構築	情	松尾啓志(名古屋工業大学)	名大
* 学術グリッド基盤の構築・運用技術に関する研究	情	合田憲人(国立情報学研究所)	北大, 東北大, 東大, 東工大, 名大, 京大, 阪大, 九大
超並列宇宙プラズマ粒子シミュレーションの研究	数	大村善治(京都大学)	京大
GPGPU の地震ハザード予測シミュレーションへの適応性評価	数	青井 真(防災科学技術研究所)	東工大
肺野内の流れのシミュレーションによる病変形成・治癒過程の解析	数	平野 靖(山口大学)	名大

ペタスケールコンピューティングによる雲マイクロ物理解明のための計算科学的基盤構築	数	後藤俊幸(名古屋工業大学)	名大
* グリッドデータファームによる大規模分散ストレージの構築とサイエンスクラウド技術の研究	数 デネ情	村田健史(情報通信研究機構)	東北大, 名大, 阪大, 九大
原子衝突による材料科学のための大規模シミュレーション基盤	数	青木学聡(京都大学)	京大
超高エネルギーガンマ線連星系の高エネルギー放射モデル	数	岡崎敦男(北海学園大学)	北大
環オホーツク圏を中心とした大気・海洋シミュレーション	数	中村知裕(北海道大学)	北大
大規模並列計算における陰的時間積分法を使用した MHD 非線形コードの高速化	数	佐藤雅彦(核融合科学研究所)	東大
* マルチパラメータサーベイ型シミュレーションを支えるシステム化技術に関する研究	数 デ情	奥田洋司(東京大学)	北大, 東大, 名大, 京大, 阪大
MHD ダイナモシミュレーション	数	陰山 聡(神戸大学)	東大
市街地における風・温熱・光・音環境総合数値予測データベースの開発	数	坂本雄三(東京大学)	東大
電子情報の大学間相互保持に向けた遠隔バックアップ技術の研究	情	西村浩二(広島大学)	九大
大規模生物データ処理のための並列データベース	デ	森下真一(東京大学)	東大
計算機シミュレータ BSIM, NSIM によるスーパーコンピュータの性能予測及び性能解析	情	井上弘士(九州大学)	九大
GPGPU 流体シミュレーションを活用した宇宙物理学フロンティアの前進	数	村主崇行(京都大学)	東工大
3 次元有限要素法による光導波路解析の高速化と最適設計に関する検討	数	辻 寧英(北見工業大学)	北大
次世代ペタスケール CFD のアルゴリズム研究	数 デネ	中橋和博(東北大学)	東北大, 名大, 阪大
核融合・基礎プラズマの超並列シミュレーションに関する研究	数	岸本泰明(京都大学)	京大
計測融合オペレーション実現のための大規模計算機空気冷却風速場の高解像度過渡変化解析	数 デ情	松岡 浩(理化学研究所)	東北大, 阪大, 九大

3.3 拠点シンポジウム

平成 22 年度は、シンポジウムを 2 回開催した。開催後には、文教速報、文教ニュース、学内広報に開催報告の記事を掲載した。また、発表資料や報告書は各回の Web ページに掲載している。

● 第1回シンポジウム
開催日時: 平成 22 年 9 月 1 日(水) 10:20～18:30 (懇親会 17:00～)
開催場所: 東京大学 山上会館 (本郷キャンパス)
主な内容: 平成 22 年度採択課題の研究内容紹介(ポスター)、および、構成拠点の活動紹介
参加者数: 137 名(大学 85 名、独法等研究機関 18 名、企業他 34 名)
案内 URL: http://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/sympo/1st/

● 第 2 回シンポジウム
開催日時: 平成 23 年 1 月 12 日(水)13:00～18:15(懇親会:18:30～), 13 日(木)10:00～17:55
開催場所: 独立行政法人 理化学研究所 計算科学研究機構(神戸)
主な内容: 平成 22 年度採択課題の中間審査(口頭発表)
参加者数: 179 名(大学 103 名、独法等研究機関 33 名、企業他 43 名)
案内 URL: http://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/sympo/2nd/

4 拠点関連委員会の活動

拠点には運営委員会と課題審査委員会があり、下記の活動が行われた。各々の委員会活動の実務は、各拠点の教員から構成されるワーキンググループによっても推進された。

4.1 運営委員会

拠点運営委員会では、情報基盤拠点の長の諮問に応じて、主に「当拠点の組織に関する事項」「共同利用・共同研究の実施方針及び実施計画に関する事項」「共同利用・共同研究の概算要求及び予算に関する事項」を審議する。公募課題の審議については課題審査委員会が実施する。

第 1 回 平成 22 年 4 月 7 日
主な議題:
1. 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点について
2. 拠点運営委員会について
3. 22 年度の経費について
4. 共同研究課題審査委員会について
5. 公募型共同研究について

第 2 回 平成 22 年 5 月 19 日
主な議題:
1. 22 年度情報基盤拠点公募型共同研究の採択について
2. 今後の活動

第 3 回 平成 23 年 1 月 12 日(第 2 回課題審査委員会と合同開催)
主な議題:
1. 第 2 回シンポジウム(22 年度採択課題中間報告会)での審査実施要領について
2. 今後の活動計画
3. 22 年度の活動報告

第 4 回 平成 23 年 3 月 7 日
主な議題:
1. 23 年度公募型共同研究の採択について
2. 22 年度公募側共同研究報告書について
3. 23 年度実施計画書について

その他にも、随時、メール審議にて下記も行った。
1) 平成 22 年度構成拠点計算機資源の内容変更承認
2) 平成 23 年度共同研究募集要項、課題申込書の承認

4.2 課題審査委員会

第 1 回 平成 22 年 5 月 19 日
主な議題:
1. 22 年度情報基盤拠点公募型共同研究課題審査

第 2 回 平成 23 年 1 月 12 日(第 3 回運営委員会と合同開催)
主な議題:
1. 第 2 回シンポジウム(22 年度採択課題中間報告会)での審査実施要領について
2. 今後の活動計画
3. 22 年度の活動報告

第 3 回 平成 23 年 3 月 7 日
主な議題:
1. 23 年度公募型共同研究課題審査

その他にも、随時、メールにて下記作業も行った。主に、課題審査委員長と中核拠点担当者にて検討・調整の後、課題審査委員会 ML にて協議した。
1) 平成 23 年度共同研究募集要項、課題申込書の改訂
2) 平成 23 年度共同研究 応募課題審査要領の改訂
3) 中間審査の報告書フォーマット作成、中間審査評価シート作成、審査要領作成

4.3 拠点活動に関するその他の取り組み

1) 東日本大震災後の対応
ネットワーク型拠点として 8 つの構成拠点から形成されているため、平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災では、拠点間で連携し計算機リソースを特別配分していただくよう、中核拠点としての取りまとめも行った。

2) 拠点 Web ページ[http://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/]の整備
前年度に構築しているが、共同研究の案内に留まらず、各拠点からの情報発信や研究成果紹介のページを目指して継続的に更新している。

3) ロゴマーク作成
キーワードである「JHPCN」を用い、下記をテーマにしたロゴマークを作成した。
・8 拠点
・無限(∞)の可能性
・チャレンジ!(その他に:ひらめき!, あっ!, びっくり!)

4) パンフレット作成
4 ページ(表紙含む)構成のパンフレットを作成した。

革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ (HPCI) 構築への取り組み

實本　英之　研究支援係　システム管理係　システム運用係

1　プロジェクト概要

HPCI 構築事業は、我が国の科学技術振興の中心となり、世界最高水準の成果創出と成果の社会還元を推進する研究開発基盤を整備するものである。この研究開発基盤は、次世代スーパーコンピュータ「京」を中核とし、「京」と国内の計算資源を連携して利用するためのもので、計算資源を所有する機関やユーザコミュニティ機関等からなるコンソーシアムの主導によって構築され、「京」の共用が始まる 2012 年 11 月からの運用を予定している。

本センターも計算資源提供機関として各種システムの構成、運用体制の検討を行っている。

2　HPCI 構築基本仕様

HPCI 準備段階コンソーシアムでの検討を踏まえ、HPCI の整備に必要な機能を明確にし、HPCI の基礎的な仕様をまとめた。本仕様は最終的に全てのインフラが継続的に運用できることも意識したものになっており、運用手順やドキュメントの整備などを含んだものになっている。

仕様検討は 1) 認証基盤、2) 利用支援、3) ストレージ共有、4) ネットワーク基盤、5) 先端ソフトウェア運用基盤の 5 つのサブワーキンググループにより検討を行った。このうち、本センターでは利用支援、ストレージ共有、先端ソフトウェア運用基盤に関して、およびプロジェクト全体の総合的推進を行った。検討に際し、共同事業参画機関である国立情報学研究所と共に、協力機関として、北海道大学、東北大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学、筑波大学、および「京」運用機関である理化学研究所計算科学研究機構と連携した。

利用支援サブ WG 計算資源群の利用認可に必要となる事務手続きフロー、アカウンティング、障害対応などのユーザ利用管理支援に必要となるソフトウェア整備および運用に関して調査検討した。本仕様書を策定するにあたって、既にテスト運用されているグリッド連携の経験を元に事務手続きフロー策定手順、運用に必要とされる費用を検討した。

ストレージ共有サブ WG 各資源提供機関から提供されるストレージあるいはポータルシステムや各ユーザコミュニティとの連携に必要とされるストレージの共有方法の調査検討およびそれに伴うソフトウェアの整備など、ストレージ共有に関する基本仕様を検討した。また、共有ストレージの運用に向けての整備計画、運用体制ならびに運用経費について検討した。

先端ソフトウェア運用基盤サブ WG 計算資源群が共通先端ソフトウェアを共有して運用できる基盤に必要となるソフトウェア整備および運用に関して調査検討した。平成 24 年度の本格運用時までに成熟していないミドルウェアに関しては、開発のための環境が必要になると予想される。VM(Virtual Machine) 技術を利用して実運用環境と隔離した実験環境を提供する環境を基本仕様とした。

プロジェクトの総合的推進 協力機関と共にサブ WG をもうけ、基本仕様のひな形を作ると共に、2 回の合宿と、TV 会議により基本仕様をまとめた。

- 合宿
  2011 年 1 月 21〜22 日、2011 年 2 月 10〜11 日
- 会議
  2011 年 2 月 3 日、2011 年 2 月 25 日、2011 年 3 月 18 日、2011 年 3 月 25 日

PKI

佐藤周行

プロジェクト概要

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てきた。

さらに 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安定して運用している。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 8 部局を数え、サーバ証明書を発行した部局は 24、運用開始からの審査枚数は 394 枚に及ぶ。

証明書に関係するものの他に、「認証」一般についての係りの中でより一般的なサービスにおけるアイデンティティ管理の重要さを強調している。それには、2010 年度から参加した Eduroam でのアイデンティティ管理とさらに、NII が主導する認証フェデレーションでの東大内でのアイデンティティ管理の問題が含まれる。両者とも、学内一般の中で、正しいデザインのもとに行われることが重要である（ことが他大学の例を見るまでもなくわかっている）が、テスト環境の構築とテスト参加を通して学術的な検討を進めている。

さらに、2011 年 3 月の東日本大震災において、電子ジャーナルへのアクセスができなくなった被災者にアイデンティティを提供して、アクセスを可能にする総合図書館の震災対応に対して、このプロジェクトで運用中の SSL-VPN を提供できた。

1　運用報告

1.1　UT-CA

http://www.pki.itc.u-tokyo.ac.jp/UT_CA-top.html

1.2　TRA

http://www.pki.itc.u-tokyo.ac.jp/cerpj/

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。2011 年 3 月末で参加部局は 8 部局を数え、サーバ証明書を発行した部局は 24 部署、394 件に及ぶ。

東大は、学内体制として TRA を立ち上げ、CP/CPS を公開した上で可能ならば発行にともなう審査を部局に委譲するモデルを取っている。これは従来からあった UTnet が安定して運用されていることに大きく依存するモデルであった。この運用モデルは成功し、参加部局の広がりが見られるようになった。

さらに、2009 年末より、EV 証明書の発行権利を購入し、学内にサービスすることとなった。TRA は申請を代行する立場にあるが、申請に当たって、従来の審査を援用することで信頼を得るようにした。

2010 年度の部局別発行枚数の統計は以下のとおりである。

部局	枚数
史料編纂所	21
TRA (直接審査・発行)	20
情報基盤センター	15
本部事務局	13
数理科学研究科	8
生産技術研究所	6
医学部附属病院	3
理学系研究科	2
開始時からの累計	394
アクティブな証明書	214

1.3 認証フェデレーション

Shibboleth を利用した SSO への対応として、国立情報学研究所が主導する GakuNin にテスト参加し、Shibboleth のテスト運用を積極的に行った。

Shibboleth の運用は、そのバックにある LDAP の運用を含む。本運用ではないテスト環境という運用の柔軟性を活かし、いくつかの先端的なプロジェクトに対する Shibboleth 環境の提供を行った。その中で、本学総合図書館が参加した、総務省の 2010 年度新 ICT 利活用サービス創出支援事業「研究・教育機関における電子ブック利用拡大のための環境整備」において Shibboleth 環境を実証実験への協力の形で提供した。ここでは、利用者の属性をどの程度細かく制御すると利用者とサービス提供者それぞれについて利便性が上がるかの実験をしたが、そこでも属性提供において、LDAP を柔軟に運用することができた。

また、GakuNin ユーザに対し、米国 NiH の運用するデータベースを提供する協定のための交渉において、GakuNin のセキュリティや運用ポリシーの見直しに意見を述べた。

1.4 EduRoam への参加

ヨーロッパを中心に展開され、2010 年からは北米でも急速に広まっている Eduroam に 2010 年テスト参加した。現在、認証サーバをテスト運用している。Eduroam は、参加者の属する組織の運用ポリシーと訪問先の運用ポリシーのすり合わせに問題を抱えているが、それが実用的なレベルで解決されれば十分利用可能であると考えている。

1.5 SSL-VPN 試行サービス

図書館のもつ電子ジャーナルを ECCS の運用管理する ID 体系でサービスしている。理工系にとどまらず、広い分野でアクセスがなされている。2008 年度からはサービス可能な電子ジャーナルの数が大幅に増え、主だったところがサービス対象になり、利用が増大している。運用に対して、PKI プロジェクトは主にセキュリティの観点から関与している。

2 東日本大震災対応

2011 年 3 月の東日本大震災では、多くの大学が被災し、情報サービスの一部が利用不可能になった。特にサービス利用のためのアイデンティティ提供が受けられなくなると事態はより深刻である。この典型的なものが電子ジャーナルであった。総合図書館は、この状況に対して、被災した大学の研究者

や学生に対してアイデンティティを与え、電子ジャーナルへのアクセスを可能にすることを決断した。サービスを提供する電子ジャーナル側もこれに賛同し、2011 年 3 月 16 日には運用を開始できた。

http://www.lib.u-tokyo.ac.jp/koho/news/news/fuzokuto_11_03_16.html

これに運用中の SSL-VPN を活用した。従来行ってきた ECCS の ID 体系とは独立にアイデンティティを与えることが可能だったために、順調に運用することができた。4 月はじめの時点で東北大、筑波大などを含む 72 人から申し込みがあり、被災地支援の一環として役に立つことができた。

なお、このサービスは、多くのメディアの取り上げるところとなった。例えば日経メディカルオンライン (http://medical.nikkeibp.co.jp/leaf/all/hotnews/int/201103/518925.html) など。

そ の 他

CO_2 排出量削減への取り組み

CO_2 排出量削減への取り組み

TSCP 推進委員会

1　概要

情報基盤センターにおける CO_2 排出は本質的に電気消費に依るものが大部分であり、2009 年度より CO_2 排出量の削減を目的として消費電力量の節減に向け、本学の TSCP 室の行動シナリオにも沿った積極的な取り組みを開始した。センターで測定した 2009 年度と 2010 年度の消費電力量の比較結果の概要を、内訳を含めて図 1 に示す。図 1 から、情報基盤センターにおける消費電力量については以下の特徴がある。

－総消費電力量の大部分をスーパーコンピュータ本体及び空調が占めており、その割合は 90%以上となっている。
－2010 年度の消費電力量は、2009 年度に比較してやや増加する傾向で推移していたが、2011 年 3 月に発生した大震災に依る電力供給量の大幅な低減に伴って積極的に節電に努めた結果、3 月分は半分近くになり、年間全体としては約 8%減少した。

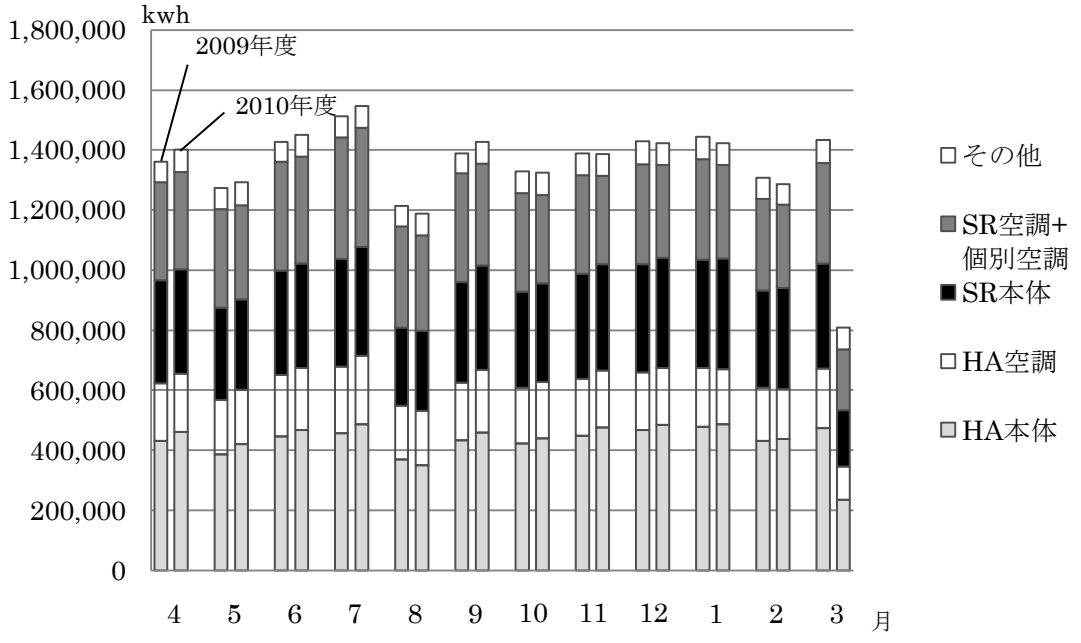


図 1　情報基盤センターにおける消費電力量
（HA、SR：2 台のスーパーコンピュータの略称）

2　スーパーコンピュータに関する取り組み

２.１　背景

スーパーコンピュータの大規模化とともに、電力消費量が増加し、電力料金という経済的な問題の他、CO_2 排出量の増加という環境への影響も生じている。特にスーパーコンピュータの最も重要な用途の一つが温暖化など気候予測シミュレーションであることもあり、世界的に業界全体として消費電力量削減の取り組みが始まりつつある。

スーパーコンピュータの性能を比較する「TOP 500 List[1]」というサイトがあるが、2007 年からは消費電力あたりの性能を比較する「Green 500 List[2]」というカテゴリーも登場している（図 2）。

図 2：Green500 Top Page
（http://www.green500.org）

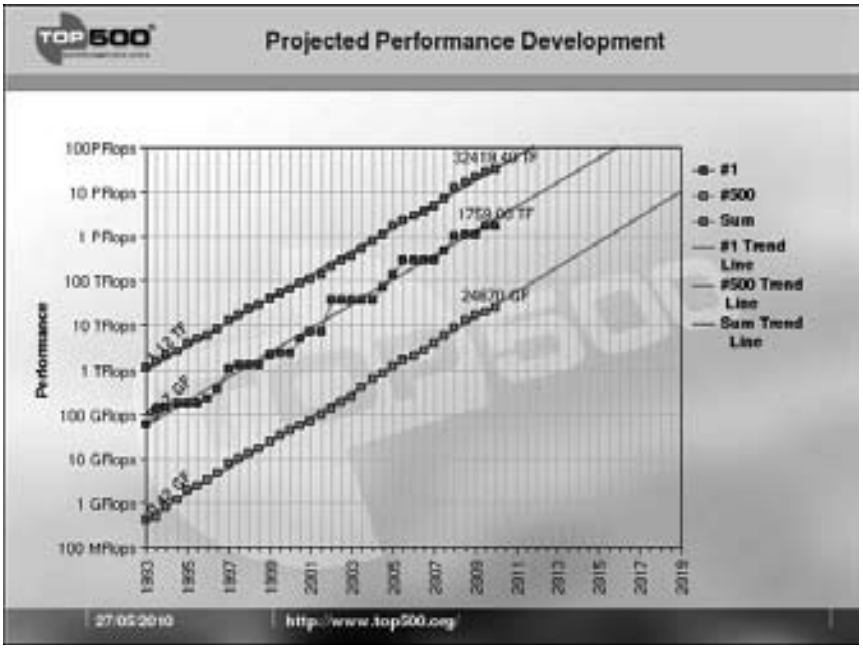


図 3　TOP500 の変遷（http://www.top500.org/）

2010 年 6 月現在、世界最高速の計算機は 1.759 PFLOPS である（PFLOPS：Peta (10^{15}) of Floating-Point Operations per Second、1 秒間に 10^{15} 回の浮動小数点演算）（図 3）。最も電力効率の良いシステム全体の消費電力（冷却設備除く定格消費電力より算出）あたりの性能は 500 MFLOPS/W（MFLOPS：Million (10^6) of Floating-Point Operations per Second、1 秒間に 10^6 回の浮動小数点演算）程度であるため、1PFLOPS では約 2MW の消費電力となる。ただし、この 500MFLOPS/W という数字は TOP500 の下

[1] http://www.top500.org/
[2] http://www.green500.org/

位に属する小型のシステムの数字であり、上位のシステムは、大型化に伴いファイルシステムやネットワークの消費電力量も増大するため、これに比較すると 50%程度の効率である。

2018 年頃に登場すると言われているピーク性能 1ExaFLOPS（10^{18}FLOPS）のシステムを、現実的な数字と思われる定格消費電力 20MW 程度で運用するためには、この効率を 100 倍、すなわち 50、000MFLOPS/W 程度まで高める必要がある。そのために様々な技術開発が行われている。

スーパーコンピュータの大規模化によって、電力消費量だけでなく設置面積も増加している。この影響をできるだけ抑えるために、様々な部品の小型化及び高集積化が進められている。高集積化によって、単位面積あたりの電力消費量（発熱量）が著しく増加するため、最新のスーパーコンピュータシステムは効率の良い水冷方式を採用する場合がほとんどであり、水冷に依存するシステムがしばらくは主流となるものと考えられる。

２．２　スーパーコンピュータ本体に関する取り組みの内容

現在、情報基盤センターには表 1 に示す 2 つのスーパーコンピュータシステムを有している。それらの稼働率は図4に示すようにいずれも 90%に近く、合計 1,500 人程度の利用者によって様々な研究開発用途に使用されている。特に、現状では国内で特別な制限無く利用可能な最大な計算資源であることから利用申込みが殺到しており、新規申込みを制限している状況である。

これらのスーパーコンピュータシステムを利用して、エンジニアリング、ナノ・バイオ、地震防災、気候変動など様々な分野で研究が進められており、国際的に高い評価を受けている事例も多数ある。また、スーパーコンピュータ運用に関わる教員が所属するスーパーコンピューティング研究部門はハイエンド計算機環境向けのシステムソフトウェア、数値計算ライブラリ、大規模科学技術シミュレーションに関する世界でもトップクラスの研究を推進しており、その研究成果をスーパーコンピュータシステムの運用に還元することによって、利用環境の向上に努めている。

表 1:情報基盤センター現有スーパーコンピュータシステム

		ベクトル並列型スーパーコンピュータシステム	超並列型スーパーコンピュータシステム
型　番		Hitachi SR11000/J2	Hitachi HA8000 クラスタシステム（T2K オープンスパコン（東大））
Architecture		Power 5+	Quad-core AMD Opteron
システム定格消費電力（うち計算機本体）		1.345 MW（0.716 MW）	1.734 MW（1.0512 MW）
日単位平均実効消費電力（うち計算機本体）		0.988 MW（0.462 MW）	0.792 MW（0.534 MW）
日単位ピーク実効消費電力（うち計算機本体）		1.135 MW（0.515 MW）	1.001 MW（0.675 MW）
冷却方式		空冷（空調機は一部水冷）	空冷
ノード	コア数	16	16
	ピーク性能（GFLOPS）	147.2	147.2
	メモリ容量（GB）	128（コア当たり 8GB）	32（一部 128）
	BYTE／FLOP（物理性能）	0.924	0.272
全体	ノード数	128	952
	コア数	2,048	15,232
	ピーク性能（TFLOPS）	18.84	140.13
	メモリ容量（TB）	16.38	32.00
稼動開始時期		2005 年 3 月（2007 年アップグレード）	2008 年 6 月
リプレース時期		2011 年 10 月	2014 年 4 月以降

表 1 に示す 2 システムのうち、ベクトル並列型スーパーコンピュータシステム（Hitachi SR11000/J2）は 2011 年度にリプレース時期を迎える。次期マシンは柏キャンパスに 2011 年 4 月末竣工予定の新研究棟に設置され、2011 年 10 月以降に稼動開始の予定である。この次期マシンの仕様策定では、性能もさることながら、環境に配慮したエネルギー効率の高いシステムを導入することを重要と考え、利用者のニーズも踏まえてバランスの良いシステムを導入する方針とした。

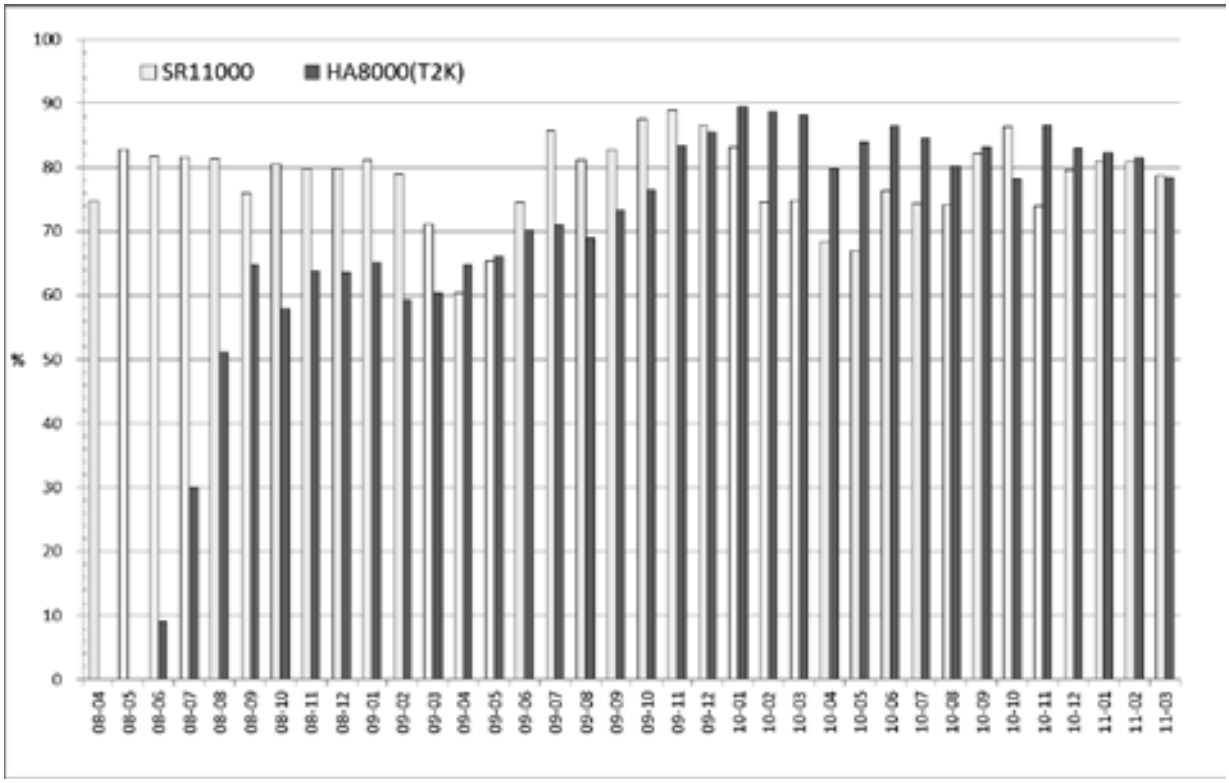


図 4　情報基盤センタースパコンの稼働率変遷（2008 年 4 月～2011 年 3 月）

消費電力あたりの性能を高めるための技術革新は、前節でも触れたようにスーパーコンピュータを構成するプロセッサ、メモリ、ネットワーク、ファイルシステムなど様々な分野で日々進められおり、できるだけ最新のシステムを導入することが、消費電力を削減し、環境に配慮することにつながる。特に、情報基盤センターのスーパーコンピュータのリプレース周期は 6 年であるため、あらゆる観点から技術開発の動向、上記のバランスを考慮して、最適な解を得ることが重要と考えている。

現在の Hitachi SR11000/J2 のシステム全体の消費電力あたりの性能は 26MFLOPS/W であるが、次期システムでは最高では 400MFLOPS/W を超えるものと予想されている。

前節でも述べたように、高集積化によって単位面積あたりの電力消費量（発熱量）が著しく増加するため、最新のスーパーコンピュータシステムは効率の良い水冷方式を採用する場合がほとんどであり、水冷に依存するシステムがしばらくは主流となるものと考えられる。前節で述べたような 100 倍の効率化が達成できれば、空冷が主流となる可能性も否定はできないが、少なくとも 2011 年、2014 年に予定されているリプレースにおいて、限られた面積で利用者のニーズに応えるためには、水冷方式によるシステムが中心となる。柏キャンパスで建造が進んでいる新研究棟もそのような傾向を考慮して設計を実施した。

２．３　スーパーコンピュータの空調機器に関する取り組み内容

Hitachi HA8000 クラスタシステム用空調機器の PUE は約 1.5 でかなり効率が良い。一方、SR11000/J2 用の空調機器は古いものであるため、PUE が約 2.0 と低い効率である。消費電力の削

減のためには、SR11000/J2 用の空調機器をリプレースすることが考えられる。また、スクリュー冷凍機の交換部品の製造がすでに中止されていることにより、故障への対応ができなくなっていることからも更新が必要と考えられる。しかし、

- SR11000/J2 はリプレースに伴い 2011 年 10 月頃には運用が終了する予定である
- 新しい空調機器の導入には多大な費用を要する
- 空調機器のリプレースの間、長期にわたって計算機システムを止めなくてはならず、図 4 に示した稼働状況を考慮すると非現実的である

という問題点がある。

したがって、 SR11000/J2 システムの運用が完全に終了する 2011 年 10 月末まで現在の空調機器を使い続けることが総合的に適切であると判断した。そして、SR11000/J2 用空調機器については、以下の示すとおり、様々な努力を進め、できる限りの消費電力量削減に努めた。

- 空調設定温度の変更と空調機の停止による削減

図 5 に示す通り、計算機システム内の各部の詳細な温度測定と記録を可能な状態とした上で、システム内部温度の上限値を超える程度まで空調吹出温度を上げ（1～2℃の上昇）、さらに可能な限りパッケージ型空調機を停止（3 台まで）する取り組みを行った。

これによりパッケージ型空調機の消費電力は 1 日あたり最大で 1,000kWh 程度の削減ができた。しかし、空調機故障時の余力と冗長性がなくリスクが高く、温度異常が疑われるシステム障害の発生頻度に上昇傾向がみられたため、限度を超えないように慎重に行った。

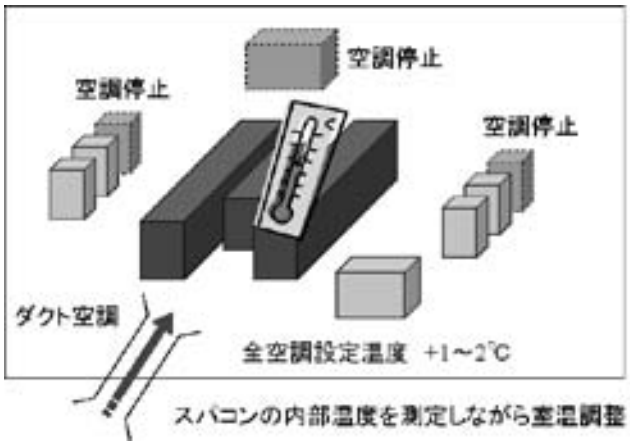


図 5　計算機室の空調機と温度制御のイメージ

- 冷凍機運転時間の変更による削減

冷凍機としては、スクリュー冷凍機（能力・消費電力大）とターボ冷凍機（能力・消費電力小）の 2 機を交代で運転しているが、図 6 に示す通り、消費電力の大きいスクリュー冷凍機をできるだけ使用せず、ターボ冷凍機を優先的に使用するよう 7 月から運転パターンを見直した。

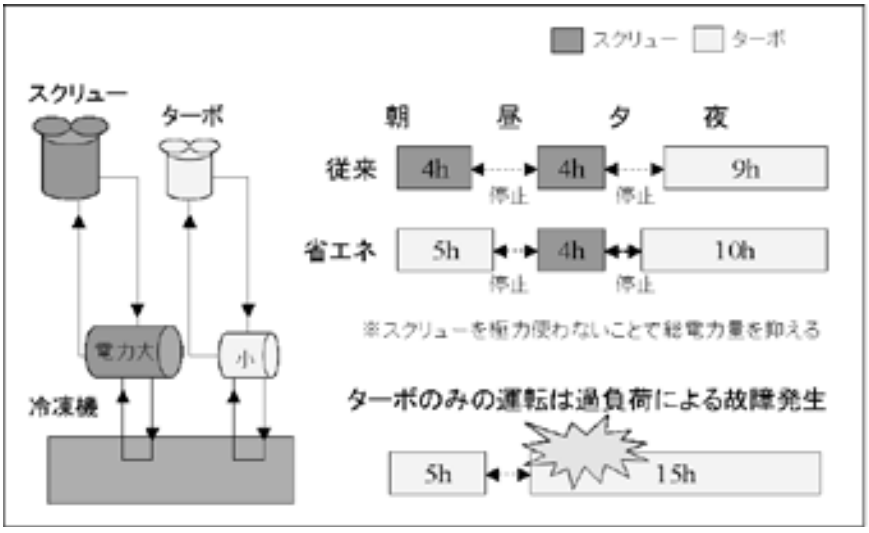


図 6　スクリュー冷凍機とターボ冷凍機の運転時間

これにより、表 2 に示すように冷凍機高圧動力の電力量は昨年と比較して 7、 8 月が 1 日平均で 100kWh、9 月は 300kWh 程度の削減となった。さらに効率を求めてターボ冷凍機のみの運転を試みたが、2010 年の猛暑の影響もあってか冷凍機が緊急停止することがあり、その計画は断念した。以降は、冬季の運転パターンを試行している。なお、冬季の運転パターンとしては、ターボのみの運転を 1 日おきに実施することを 10 月から始めており、ターボのみを基本としてスクリューの運転を週 2 回程度まで減らすこととした。

表 2　冷凍機運転時間の変更による電力量削減

	2009 年度		2010 年度		1 日平均電力量
	スクリュー	ターボ	スクリュー	ターボ	前年差
7 月	235 時間	283 時間	164 時間	395 時間	－101kWh
8 月	162 時間	232 時間	91 時間	343 時間	－104kWh
9 月	191 時間	276 時間	89 時間	413 時間	－303kWh

3　ソフト面での消費電力量削減の取り組み

CO_2 排出量削減を効果的に進めるため、ソフト面でも消費電力量の削減を目指して積極的に取り組んだ。特に、本学の TSCP 室の方針と歩調を合わせることとし、加えてセンター独自の施策も考案して、それらを総合した具体的な施策を表 3 の通り整理し、実施した。また、2011 年 3 月に発生した大震災によって電力会社の電力供給能力が大幅に低減したため、積極的に節電を推進した。具体的には、スーパーコンピュータの一時停止と縮退運転、研究・実験機器の一部停止、各部屋の空調設備の停止、蛍光灯の更なる間引き等を推進した。

表 3　消費電力量削減に向けた実施済み施策

- 照明スイッチへの「節電ラベル」貼り付けによる利用者の節電意識向上
- 廊下・通路など共用部分における蛍光灯の点灯間引き（約 50 本取り外し）
- 利用頻度が低い廊下等の蛍光灯の原則消灯
- 洗浄便座の保温温度「低」設定への変更
- 空調設備の冬季設定温度 20℃（夏季設定温度 28℃）の徹底
- 室不在時における照明消灯の徹底
- パソコン・プリンター等 OA 機器のスリープ設定の徹底
- パソコン・プリンター等 OA 機器の長時間不使用時及び帰宅時の電源遮断
- 洗浄便座の非使用時の便座蓋閉じの徹底
- 両面印刷や 2 アップ機能による印刷用紙枚数の適正化・不要なカラー印刷の削減
- 女子トイレ擬音装置設置による節水
- 天吊型空調機へのファンの取り付けによる空調効率の向上
- 廊下・トイレ等の照明器具の人感式スイッチへの取替え

PART 3

各研究部門

研究活動報告

情報メディア教育研究部門

学術情報研究部門

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

学際情報科学研究体

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
ソフトウェアセキュリティと言語処理系に関する研究

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 他―

丸山 一貴
Web 検索結果インタフェースの改善

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と複雑度を有する。そのため、既存のノウハウだけに頼っていては、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、情報メディア教育部門が運用するシステムのうち WEB PARK に関係した次のような研究成果の発表を行なった。これらは、業務部門を研究部門がサポートした成果である。

- 学内向け Web ホスティングサービスの運用 (丸山、関谷)

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、情報基盤を開発・運用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セキュリティテストの自動化およびその効率化に関する研究 (柴山)
- プログラミング言語の動的処理の高速化に関する研究 (柴山)
- 将棋プログラムの大規模並列実行 (田中)

このうち将棋プログラムの大規模並列実行に関しては、コンピュータ将棋と女流トッププロの対戦「清水市代女流王将 vs. あから 2010」が行なわれ、「あから 2010」を構成する四つのトッププログラムの一つとして、この研究で大規模並列処理の可能性が実証された GPS 将棋が組込まれ、「あから 2010」の歴史的勝利に貢献した。

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。

- 講義データベース (関谷)
- プログラミング能力の分析 (関谷)
- Web 検索結果インタフェースの改善 (丸山)

情報メディア教育研究部門 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] 田中哲朗: 将棋プログラムの大規模並列実行, 第 13 回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ (PPL2011), 札幌, 2011 年 3 月.

査読付論文

[査読付 1] Salikh Zakirov, Shigeru Chiba, Etsuya Shibayama: Optimizing Dynamic Dispatch with Fine-Grained State Tracking, *Proceedings of Dynamic Language Symposium*, ACM, pp. 15–26, October 2010, doi:10.1145/1869631.1869634.

[査読付 2] Thanh-Binh Dao, Etsuya Shibayama: Coverage Criteria for Automatic Security Testing of Web Applications, *Proceedings of International Conference on Information Systems Security*, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Vol. 6503, pp. 111–124, December 2010, doi:10.1007/978-3-642-17714-9_9.

[査読付 3] Thanh-Binh Dao, Etsuya Shibayama: Security Sensitive Data Flow Coverage Criterion for Automatic Security Testing of Web Applications, *Proceedings of International Symposium on Engineering Secure Software and Systems*, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Vol. 6542, pp. 101–113, February 2011, doi:10.1007/978-3-642-19125-1_8.

[査読付 4] 金子知適, 田中哲朗, 山口和紀, 川合慧: 新規節点で固定深さの探索を行う df-pn の拡張, 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 11, pp. 2040-2047, 2010 年 11 月.

[査読付 5] T. Sekiya, Y. Matsuda, and K. Yamaguchi: Development of a Curriculum Analysis Tool, ITHET 2010, Proceedings of 9th International Conference on Information Technology Based Higer Education and Training, pp.413–418, Cappadocia, Turkey.

[査読付 6] T. Sekiya, Y. Matsuda, and K. Yamaguchi: Analysis of Computer Science Related Curriculum on LDA and Isomap, ITiCSE'10, Proceedings of the 15th Annual SIGCSE Conferenc e on Innovation and Technology in Computer Science Education, pp.48–52, Bilkent, Ankara, Turkey, 2010.

その他の発表論文

[発表 1] Salikh Zakirov, Shigeru Chiba, Etsuya Shibayama: Towards JIT compilation for IO language, 日本ソフトウェア科学会第 27 回大会論文集, 2A-2, 2011.

[発表 2] 柴山悦哉: 学際計算科学・工学人材育成プログラム, 情報教育関連合同シンポジウム「情報科学技術における高度人材育成の取り組み」, 情報処理学会全国大会, 2011.

[発表 3] 田中哲朗, 金子知適: 将棋プログラムの大規模並列実行, 情報処理学会ゲーム情報学研究会, Vol.2010-GI-24, No.2, pp. 1-8, 奈良, 2010 年 6 月.

[発表 4] 山本一成, 竹内聖悟, 金子知適, 田中哲朗: コンピュータ将棋における Magic Bitboard の提案と実装, 第 15 回ゲーム・プログラミングワークショップ 2010, pp. 42-48, 箱根, 2010 年 11 月.

[発表 5] 金子知適, 田中哲朗: 善手の予測に基づくゲーム木探索の分散並列実行, 第 15 回ゲーム・プログラミングワークショップ 2010, pp. 126-133, 箱根, 2010 年 11 月.

[発表 6] 山口慶晃, 山口和紀, 田中哲朗, 金子知適: 箱積みが最善引き分けの証明, 情報処理学会ゲーム情報学研究会, Vol.2011-GI-25, No.1, pp. 1-8, 東京, 2011 年 3 月.

[発表 7] 坂井 朱美, 丸山 一貴, 関谷 貴之, 有賀 浩, 岩藤 健弘: 学内向け Web ホスティングサービスの運用, 平成 22 年度情報教育研究集会講演論文集, B3-2, 2010.

[発表 8] 丸山一貴, 井桁正人, 寺田実: 視覚的コンテキストによる検索結果提示, 夏のプログラミング・シンポジウム「みんなが使えるみんなのためのプログラミング」報告集, pp.11–16, 2010.

[発表 9] 田中英人, 丸山一貴, 寺田実: Web 情報を用いたキーワード抽出によるタグ付け支援, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-HCI-140, No.18, 2010.

[発表 10] 井桁正人, 丸山一貴, 寺田実: PatchworkVision: 視覚的コンテキストを用いた検索結果の提示, 第 18 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（WISS2010）論文集, pp.159–160, 2010.

[発表 11] 佐藤和哉, 平井重行, 丸山一貴, 寺田実: CodeDrummer: プログラム実行における関数呼び出しの可聴化手法, 情報処理学会報告集, Vol.2010-HCI-089, No.14, 2011.

[発表 12] 佐藤和哉, 平井重行, 丸山一貴, 寺田実: CodeDrummer: リズムに着目したプログラム可聴化システム, インタラクション 2011 論文集, pp.435–438, 2011.

公開ソフトウエア

[公開 1] 田中哲朗, 金子知適, 森脇大悟, 副田俊介, 林芳樹, 竹内聖悟: osl-for-csa (バージョン 0.7), コンピュータ将棋協会コンピュータ将棋選手権使用可能ライブラリ, 2011 年 1 月.

[公開 2] 田中哲朗, 金子知適, 森脇大悟, 副田俊介, 林芳樹, 竹内聖悟: gpsshogi-for-csa (バージョン 0.7), コンピュータ将棋協会コンピュータ将棋選手権使用可能ライブラリ, 2011 年 1 月.

特記事項

[特記 1] 柴山悦哉: プログラミング言語, 情報処理学会 50 年のあゆみ, pp. 216–218, 2010.

[特記 2] GPS 将棋: 第 20 回世界コンピュータ将棋選手権 3 位, コンピュータ将棋協会, 2010 年 5 月.

[特記 3] GPS 将棋: Computer Olympiad 2010 将棋部門 3 位, ICGA, 2010 年 9-10 月.

[特記 4] あから 2010: 「清水市代女流王将 vs. あから 2010」, 東京大学, 2010 年 10 月.

[特記 5] 田中哲朗, 金子知適: コンピュータ将棋の不遜な挑戦：4。大規模クラスタシステムでの実行-GPS 将棋の試み-, 情報処理学会誌, Vol. 51, No. 8, pp. 1008-1015, 2010 年 8 月.

[特記 6] 田中哲朗: 特集「ゲームプログラミング」の編集にあたって, 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 11, p. 2020, 2010 年 11 月.

報道関連

[報道 1] 週刊将棋 2010 年 5 月 5 日号-7 月 21 日号:第 2 回週将アマ COM 平手戦.

[報道 2] 週刊将棋 2010 年 5 月 12 日号:激指が 2 年ぶり 4 度目の優勝.

[報道 3] 産経新聞 2010 年 8 月 2 日 12 面: 将棋女流王将に挑むコンピューター.

[報道 4] 朝日新聞 2010 年 10 月 12 日夕刊 10 面: 将棋ソフト プロに初勝利.

[報道 5] 週刊将棋 2010 年 10 月 20 日号:あから 2010 歴史に残る勝利.

[報道 6] 朝日新聞 2010 年 10 月 20 日夕刊 5 面: 冷めた計算に軍配.

[報道 7] AERA 2010 年 11 月 1 日号: 「あから」が羽生を破る日.

[報道 8] 週刊朝日 2010 年 11 月 12 日: 「どうぶつしょうぎ」のかわいくて深い世界.

[報道 9] フジテレビ 2010 年 12 月 14 日「とくダネ!」:「どうぶつしょうぎ」特集.

ソフトウェアセキュリティと言語処理系に関する研究

柴山 悦哉

1 概要

日常生活から重要インフラにいたるまで社会全体にソフトウェアが浸透した今日、もはやソフトウェアに依存せずには何もできないに等しい時代となった。一方、優れたソフトウェアの設計・開発は非常に難しく、世の中で実際に使われているソフトウェアの中にも、安全性／信頼性、利便性、性能などに関して何らかの問題を抱えているものが少なくない。そこで、今年度は、これらの問題の中から、セキュリティと実行性能に注目し、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セキュリティテストの自動化およびその効率化に関する研究 [査読付 2, 査読付 3]
2. プログラミング言語の動的処理の高速化に関する研究 [査読付 1, 発表 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、今や世界中で利用さている Web アプリケーションの安全性／信頼性の向上を目指すものである。一方、2 番目のものは、Ruby, IO などの動的言語を対象に、これらに特徴的な動的処理の高速化を目的とした研究であり、実行時の柔軟性が高く、しかも実行性能も高いソフトウェアを簡便に開発するために重要となるものである。

2 Web アプリケーションのセキュリティテストの自動化およびその効率化に関する研究

2.1 背景

Web アプリケーションは、Web サーバや Web ブラウザなどの既存のソフトウェアインフラに多くを依存した形での開発が可能であり、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て、比較的開発が容易である。これは一見すると良い性質であるが、この開発の容易さが、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面もある。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、少人数かつ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から影響の深刻さを正確に読み取ることができるとは限らない。とはいえ、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

昨年度までに行なってきたWebアプリケーションのセキュリティテストを自動的に行なう方式の研究を発展させ、テストケースの網羅的生成の効率を向上させる枝刈り方式を考案するとともに、その有効性を現実的なWebアプリケーションを対象とした実証実験により示した。なお、実証実験はPHPで記述されたWebアプリケーションのSQLインジェクション脆弱性を対象として行なった。この研究の手法自体は、外部からのリクエストがセキュリティに関してクリティカルな操作（以降、セキュリティシンクと呼ぶ）に悪影響を及ぼすタイプのWebアプリケーションの脆弱性に対して有効である。

2.2.1 テストケースの生成と脆弱性判定

まず、脆弱性の判定は、テストケース実行時に、動的なテイント追跡を細粒度で行なう方式を採用した。SQLインジェクション脆弱性を対象とした場合、テイント追跡は以下のようにして行なわれる。

1. 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の文字列に含まれる各文字が汚染されている (tainted) と考える。

2. 汚染されたデータを用いた計算結果は汚染されていると考え、汚染の伝播を追跡する。これはPerlのテイントモードと類似の仕組みであるが、文字単位で追跡を行なう点が異なる。

3. 汚染された文字がセキュリティシンクに到達し、しかもSQLのクエリの構文構造に影響を与える場合に脆弱性の疑いがあると判定する。

一方、テストケースの生成は2段階で行なわれる。

1. プログラム中の分岐をなるべく多く通すための入力リクエストの生成

2. 脆弱性を発現させるための入力リクエストの生成

第1段階については、各ページに対し、入力リクエストのURLパラメータ部分を変えることで、プログラムの分岐をなるべく多く辿るような仕組みを組込んだ。そして、第1段階でセキュリティシンクに到達した入力リクエストに攻撃用コードを追加し、第2段階の処理を行なった。

2.2.2 カバレージの判定

テストケースの生成は可能な限り網羅的に行なうのが基本だが、脆弱性と無関係な分岐の探索は無駄であり、これは避けたい。そこで、以下のような考え方に注目し、無駄な探索の枝刈りを行なうことにした。

- セキュリティシンクになるのは比較的少数の組込み関数（たとえば、PHPでSQLインジェクション脆弱性を対象とする場合は`mysql_query`）である。そこで、セキュリティシンクは静的にすべて発見可能と仮定する。すると、その分岐を選ぶと、以降絶対にセキュリティシンクに到達しない分岐は、選んでもしかたがないことがわかる。

- セキュリティシンクとなる関数が、プログラム中の多くのコールサイトから呼び出されるアプリケーションもあれば、特定のラッパ関数の中からのみ呼び出されるアプリケーションも存在する。後者の場合、セキュリティシンクのステートメントレベルのカバレージが100%に達したとしても、十分に網羅的なテストが行なえたとは言えない可能性が高い。

アプリケーション名	種類	行数	分岐数	セキュリティシンク出現数
jobhut	Job board	2,278	94	1
mycrocms	CMS	4,256	380	9
pastelcms	CMS	4,929	279	1
easymoblog	Blog	9,996	768	86
phpaaCMS	CMS	13,434	368	4

表 1: 実験対象の Web アプリケーション

- Web アプリケーションの外部から入力リクエストとして与えられた文字列の一部または全部（に依存するデータ）が、セキュリティシンクに到達するデータフローのパスが存在する場合に問題が生じうる。したがって、入力リクエストを起点とするデータフローが、セキュリティシンクに到達する可能性が残っているような分岐以外は選択してもしかたがない。

2.2.3 実験結果

実験を行なうにあたり、Cyber Security Bulletins of US-Cert から既知の SQL 脆弱性を持つバージョンの Web アプリケーションをランダムに 5 つ選んだ。表 1 に掲載したのがこれらの Web アプリケーションである。この表を見るとわかるように、easymoblog はセキュリティシンクがプログラム中の多くの箇所に出現するが、jobhut と pastelcms は 1 箇所にしか出現しない。このようにアプリケーションによってセキュリティシンクの使い方には大きな差がある。

実験の方法としては、6 種類のカバレッジ基準に基づき、その基準でカバレッジが増える可能性のある分岐のみを可能な限り探索した。そして、その際にかかる時間と見つかった脆弱性の個数を計測した。なお、各カバレッジ基準に基づくテストケース生成を行なう前に、ファズテスティング型のブラックボックステストも行なっている。また、第 2 段階のテストに用いる攻撃用の文字列としては、

```
1' OR 1=1 --
```

のみを用いた。このようにしたのは、テストケース生成と脆弱性判定の基本的な仕組みが優れているので、攻撃用コードとしては単純なもののみを選んでも、脆弱性発見の効果は十分に得られると考えたためである。

6 種類のカバレッジ基準のうち以下の 3 種類の計測結果を表 2 に示す。なお、実行時間と発見した脆弱性の個数には、網羅的なテストケース生成を行なう前段階のブラックボックステストによるものも含めているが、その値はすべてのカバレッジ基準で共通となる。

SC (Sink Coverage): セキュリティシンクの全出現のうちテスト済みのものの割合

BC (Branch Coverage): 全分岐のうちテスト済みのものの割合

SSDFC (Security Secnsitive Data Flow Coverage): セキュリティシンクにデータフローが到達する可能性がある全分岐のうちテスト済みのものの割合

計測結果を示した 3 種類のカバレッジ基準のうち、SC と BC は既存のものであり、SC は高速だが発見できる脆弱性の個数は少なく、BC は発見できる脆弱性の個数は多いが実行時間は長い。これに対して、SSDFC が本研究で提案するものである。SC よりは遅いが、BC よりは早く、多くの場合、発見できる脆弱性の数が BC と同等になる。

アプリケーション名	カバレッジ基準	実行時間 (秒)	発見した脆弱性の数	分岐テスト率	セキュリティシンクテスト率
Jobhut	SC	33	12	46%	100%
	BC	152	19	69%	100%
	SSDFC	66	19	62%	100%
mycrocms	SC	544	8	34%	66%
	BC	6,908	9	42%	77%
	SSDFC	1,550	9	39%	77%
pastelcms	SC	65	1	11%	100%
	BC	251	3	14%	100%
	SSDFC	102	3	13%	100%
easymoblog	SC	948	7	20%	38%
	BC	4,676	10	21%	43%
	SSDFC	1,115	10	21%	43%
phpaaCMS	SC	75	17	17%	100%
	BC	187	31	24%	100%
	SSDFC	133	31	23%	100%

表 2: 実験結果

2.3 具体的成果

巧妙に仕組んだ入力リクエストにより、Web アプリケーションの脆弱性をつくタイプの攻撃への耐性を調べるための網羅的セキュリティテストをなるべく効率的に行なうための基本的な考え方をまとめることができた。そして、この成果を査読付き国際会議で発表した [査読付 2, 査読付 3]。

3 プログラミング言語の動的処理の高速化に関する研究

3.1 背景

ソフトウェアに求められる機能は年々増加傾向にある。また、一度構築したソフトウェアに対し、一部の機能を修正したり、新しい機能を追加したりする作業を、迅速に行いたいという要求も年々強まっている。24 時間 365 日稼働し続けるタイプのアプリケーションでは、稼働中のアプリケーションを止めずに機能を変更・追加したいという要請さえある。

このような要求に応えるための一つの考え方として、Ruby や Python のようなスクリプト言語を用いる場合がある。これらの言語は、C 言語などの従来の主流言語に比べ、以下のような特長を持つ。

- プログラムをコンパクトに記述するための言語機構が豊富
- プログラムの実行時に動的に機能を追加・修正することが可能

しかし、スクリプト言語は一般に実行性能が低く、C 言語より 2 桁程度遅いことも珍しくない。さらに、後者の機能に関しては、平均的な実行頻度が高くないこともあり、多くの処理系で、その性能は極端に低く設定されている。別の見方をすると、処理系の性能が低いから多用しづらいとも言え、卵と鶏のような関係になっている。

一方で、Ruby on Rails のように実社会で多用されているシステムが、この動的に機能を追加・修正するタイプの処理に大きく依存している現実もある。スクリプト言語の動的処理の高速化をはかることで、新たな応用分野を開拓できる可能性がある。

```
1  class P
2    ...
3  end
4
5  class C < P
6
7  module M
8    ...
9  end
10
11 C.class_eval do
12   include M
13 end
```

図 1: Dynamic mixin の例

3.2 内容

この節では以降、Ruby 言語を対象とした議論を行なう。Ruby 言語は、eval のような高度に動的な機能も含んでおり、すべての動的機能を対象に高速実行を実現するのは困難である。そこで、dynamic mixin に焦点を絞り、dynamic mixin の典型的利用形態である追加・削除を繰り返すパターンでの高速化を試みることにした。そのために、細粒度の状態管理、多相インラインキャッシュ、状態キャッシュを組み合わせて用いる技法を考案し、その有効性を実験により確かめた。

3.2.1 Ruby の dynamic mixin

Ruby 言語で動的にクラス階層を変更する例を図 1 に模式的に示す。この例では、1–3 行目でクラス `P` が定義され、5 行目でクラス `P` をスーパークラスとしてクラス `C` が定義される。そして、7–9 行目で mixin `M` が定義され、11–13 行目でクラス `C` に追加される。この追加を行なうと、`C` のインスタンスに対するメソッド検索は、`C`, `M`, `P` の順に行なわれるようになる。

なお、既存の Ruby の処理系では mixin の動的削除をサポートしていないが、これをサポートするための修正は比較的軽微である。そこで、以降、動的削除も容易にサポートできるものとして議論を行なう。

3.2.2 高速化技法

既存の Ruby の処理系では、クラス階層の一部だけに変更が生じても、すべてのメソッドキャッシュの無効化が行なわれる。そのため、mixin の動的追加・削除を頻繁に行なうと、大きなオーバーヘッドが発生する。そこで、本研究では、以下のようなアイデアに基づき、動的な mixin の追加・削除を頻繁に行なった場合のオーバーヘッドの削減を試みた。

細粒度状態管理の導入　既存の Ruby 処理系では、クラス階層の変更が発生するとグローバルなカウンタがインクリメントされ、このカウンタの値によりバージョン管理を行なう。このカウントが一つしかないため、局所的なクラス階層の変化に対して、大域的な無効化が行なわれる。そこで、メソッドの探索径路毎に別のカウンタを準備し、より細粒度の管理を行なうことで、局所的なクラス階層の変更の影響を局所化する方法を考案した。

多相インラインキャッシュ　Mixin の追加・削除を繰り返すパターンの場合、バージョン番号が増えるだけでなく、削除すれば元に戻る。この場合、古いバージョンに対応するメソッドキャッシュも残しておいた方が良い可能性がある。そこで、単純なインラインキャッシュではなく、多相インラインキャッシュの技法を用いて、一つのコールサイトに複数バージョンのインラインキャッシュを持てるようにした。

	hit/miss	時間 (ナノ秒)
既存方式	インラインキャッシュhit	33.5 ± 0.9
	メソッドキャッシュhit	43.1 ± 0.9
	メソッドキャッシュmiss	52.7 ± 0.5
本研究の方式	インラインキャッシュhit	59.6 ± 0.6
	メソッドキャッシュhit	78 ± 1
	メソッドキャッシュmiss	105 ± 1

表 3: 通常メソッド呼び出し 1 回あたりの時間

	メソッド定義の場所	時間 (ナノ秒)
既存方式	C	3200 ± 30
	P	3200 ± 30
	M, P	3200 ± 30
本研究の方式	C	464 ± 5
	P	479 ± 8
	M, P	495 ± 4

表 4: 動的な mixin の追加・削除およびメソッド呼び出しに要する時間

状態キャッシュ　特に、mixin の追加・削除が繰り返される場合を想定し、mixin の削除時に迅速に元の状態に戻せるようにするためのキャッシュを導入した。

3.2.3　実験結果

前節で述べた手法の有効性を評価する実験を行なった。ここで測りたいのは次の 2 点である。

- 動的 mixin を全く使わない場合に通常のメソッド呼び出しがどれくらい遅くなるか。
- Mixin の頻繁な追加・削除を行なった場合のオーバーヘッドをどれくらい削減できるか。

各項目を計測するためのマイクロベンチマークの結果を、それぞれ、表 3 および表 4 に示す。実験は、Ruby の処理系を改造して行なった。表 3 では、キャッシュが hit する場合と miss する場合のメソッド呼び出し 1 回あたりの時間を計測している。本研究の方式を用いると、多相インラインキャッシュ等の導入により、より単純な従来方式より性能が低下していることがわかる。また、表 4 の結果は、図 1 と同じような関係になる P, C, M に対し、探索するメソッドがどこで定義されているかを変えながら、M の追加・削除とメソッドの呼び出しに要する時間を計測した。通常の Ruby の処理系では、mixin の動的追加・削除のオーバーヘッドが非常に大きいことがわかる。そして、本研究の方式を導入することで、このオーバーヘッドを大幅に削減できる見通しを示すことができた。

3.3　具体的成果

動的言語で実現される動的なクラス階層更新のうち、比較的利用頻度が高いパターンのものに対し、高速化の手法を提案し、その有効性の実験的評価を行なった。この技法を実装した処理系を用いることにより、機能の追加・削除を頻繁に繰り返すプログラムの実効性を向上させることができる。この成果を査読付き国際会議で発表した [査読付 1]。

4 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] Salikh Zakirov, Shigeru Chiba, Etsuya Shibayama: Optimizing Dynamic Dispatch with Fine-Grained State Tracking, *Proceedings of Dynamic Language Symposium*, ACM, pp. 15–26, October 2010, doi:10.1145/1869631.1869634.

[査読付 2] Thanh-Binh Dao, Etsuya Shibayama: Coverage Criteria for Automatic Security Testing of Web Applications, *Proceedings of International Conference on Information Systems Security*, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Vol. 6503, pp. 111–124, December 2010, doi:10.1007/978-3-642-17714-9_9.

[査読付 3] Thanh-Binh Dao, Etsuya Shibayama: Security Sensitive Data Flow Coverage Criterion for Automatic Security Testing of Web Applications, *Proceedings of International Symposium on Engineering Secure Software and Systems*, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Vol. 6542, pp. 101–113, February 2011, doi:10.1007/978-3-642-19125-1_8.

その他の発表論文

[発表 1] Salikh Zakirov, Shigeru Chiba, Etsuya Shibayama: Towards JIT compilation for IO language, 日本ソフトウェア科学会第 27 回大会論文集, 2A-2, 2011.

[発表 2] 柴山悦哉: 学際計算科学・工学人材育成プログラム, 情報教育関連合同シンポジウム「情報科学技術における高度人材育成の取り組み」, 情報処理学会全国大会, 2011.

特記事項

[特記 1] 柴山悦哉: プログラミング言語, 情報処理学会 50 年のあゆみ, pp. 216–218, 2010.

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。今年度は大規模クラスタ環境用の並列探索に関する研究に取り組み、いくつかの大会に入賞する強さのクラスタ並列版プログラムを作成した。作成したプログラムは女流トップとの対戦でも用いられた。

他にも、コンピュータ将棋の盤面の表現に適したデータ構造の研究 [発表 2]、Connect4 というゲームの盤面サイズを無限に広げたゲームの解析 [発表 4] などゲームプログラミング関連の研究をおこなった。

2 将棋プログラムの大規模並列実行

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、将棋も同様のレベルに達しつつあり、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。

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、公開を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。2010 年度はクラスタ並列化を主なテーマに研究をおこなった。

2.1.1 クラスタ上でのゲーム木探索

主記憶を共有するマルチコアマシン上でスレッドを複数用いて、ゲーム木探索を効率的におこなう手法としては PVS(Principal Variation Splitting) およびその改良の様々な手法が考案され、コンピュータ将棋の分野でも広く使われるようになっている。

一方、主記憶を共有しないクラスタ環境のゲーム木探索への適用は遅れている。これは、マルチスレッドによる並列化と比較して、以下のような不利な点があるためと考えられる。

- 通信遅延
  プロセッサと主記憶上との通信と比較して、別プロセッサ間の通信はスループットが数桁小さいが、通信遅延の方は更に差が大きい。そのため、全体の性能を落とさないためには、細かい通信ではなく、まとまった単位での通信をおこなう必要がある。

- トランスポジションテーブル共有の困難
  合流がある木探索の場合は、トランスポジションテーブルを共有しないと同じノードを重複して

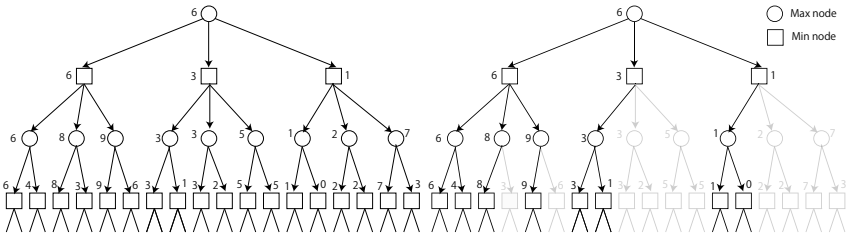


図 1: 単純なミニマックス法の並列実行とアルファベータ法との比較

探索する可能性がある。トランスポジションテーブルの参照、更新は高頻度で発生するので通信のみで実現するとオーバーヘッドが大きい。

- 負荷分散の困難
  通信遅延が大きいため、実行すべきタスクを持たないプロセッサがあり、別のプロセッサに実行可能なタスクが余っていても、タスクの割り当ては瞬時にはおこなわれない。

- 不要な探索の即時中断の困難
  枝刈りの結果、あるノード以下の木を探索することが不要になることもあるが、探索の中断と別のタスクへの割当てが瞬時に行われない。

研究レベルでは、これらの弱点を克服するための有望なアルゴリズムがいくつか発表されているが、多くのプログラムが開発されているコンピュータチェスの世界でもクラスタ並列化は一般的にはなっていない。

2.2 内容

2.2.1 GPS 将棋のクラスタ並列化

一般には台数に比例するスピードアップを並列化の目標とすることが多いが、今年度は、台数の平方根に比例するスピードアップしか実現できない並列化モデルを用いた。

木探索に関しては、「実質的なスピードアップがマシン数の平方根になる高速化は容易」と言われることが多い。これは、以下の考察に基づくものである。

- 木のルートから決められた深さまですべてのノードを展開して、それより深い木探索部分を別プロセスで並列に実行するという方法で容易に並列化することができる。

- この時、決められた深さまでの展開ノードはその深さまでの単純なミニマックス法の探索ノード数と等しい。

- 理想的なアルファベータ法の探索ノード数は単純なミニマックス法の探索ノード数の平方根となる。

図 1 の左側に、この方法で深さ 3 まで展開してその下を並列に探索する木の例を示す。この図では深さ 3 の 18 個のノードを別プロセスの逐次プログラムで探索することになる。

この木は、左の子供ほど良い手になるように並べているが、この順でアルファベータ法で探索をおこなった時に探索する部分を図の右側の黒で、不要になる部分を灰色で示す。この図では、18 個のノードのうち 8 個のノードしか有効な探索をしていないということがわかる。展開を打ち切る深さが深くなるにつれて、有効な探索をおこなうノードの数はノード数の平方根に収束するので、無駄になる割合が大きくなっているわけである。

実際のゲーム木の探索では、

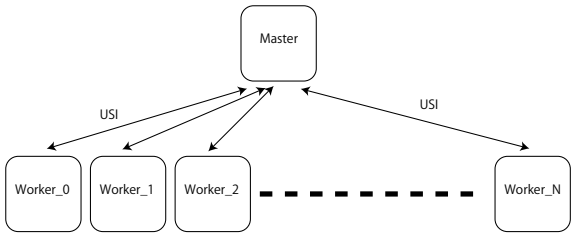


図 2: マスターワーカーモデルによる実現

- ゲームの局面は木ではなく合流やサイクルのあるグラフだが、逐次探索ではトランスポジションテーブルにより合流を扱える。トランスポジションテーブルを共有せずに並列化するだけでは合流は扱えない。

- アルファベータ法では適切な探索ウィンドウ (アルファベータ法における α 値、β 値の組) が設定されているが、この並列化では探索ウィンドウが $[-\infty, \infty]$ となっているので、 そのノード以下の探索ノード数が増える。

ことがあるので、台数の平方根のスピードアップが得られない可能性はある。一方で、実際の探索が理想的なアルファベータ法ではないために、台数の平方根以上のスピードアップが実現される可能性もある。

このモデルに基づく並列化であるが、実際に将棋に適用するのはそれほど自明ではない。平均分岐数 80 の将棋でトップレベルで全幅探索を用いると、深さ 2 で展開しても $80^2 = 6400$ プロセスが必要になるためである。

今年度のクラスタ並列化では、実装を容易にするために図 2 のようなマスター・ワーカーモデルを用いると共に、必要なプロセス数を抑えるための工夫をおこなっている。以下に概要を述べる。

- 一手ごとの探索時間は局面の進行度と持ち時間、経過時間、手数などから決定する。

- 短い時間 (制限時間 1 秒) で、Multi PV(root で PV 以外のノードの探索のウィンドウ幅を広めにして、PV よりも少し劣る手も求める) で探索し (以下では presearch と呼ぶ) 、その時の rank(順序) に応じて、子供ノードにリソース (ワーカー群) の数を調整して割り当てる。

- presearch 中に別ワーカーを使って並列に詰み探索もおこなう

- 残り時間が少ない場合は実現確率のみで候補手を生成する。

- 親から渡される「ワーカー群」のサイズが 1 になったら 1 ワーカーで残り時間いっぱいそのノードを探索させる。

- 「残りの手」は 1 ワーカーで探索をおこなう。

子供へのワーカー群の割当は root では、$\frac{1}{4}, \frac{1}{4} \times \frac{3}{4}, \frac{1}{4} \times (\frac{3}{4})^2, \ldots$ 非 root では $\frac{1}{2}, (\frac{1}{2})^2, (\frac{1}{2})^3, \ldots$ のように rank に応じて台数を減らす形でおこなっている。図 3 に木の探索の際にワーカーを割当てていく様子を示す。

これは、表 1 のように、presearch での rank が高い手が最終的に選択される確率が高く、rank に応じて選択確率が指数関数的に下がってきているという観察に基づいている。

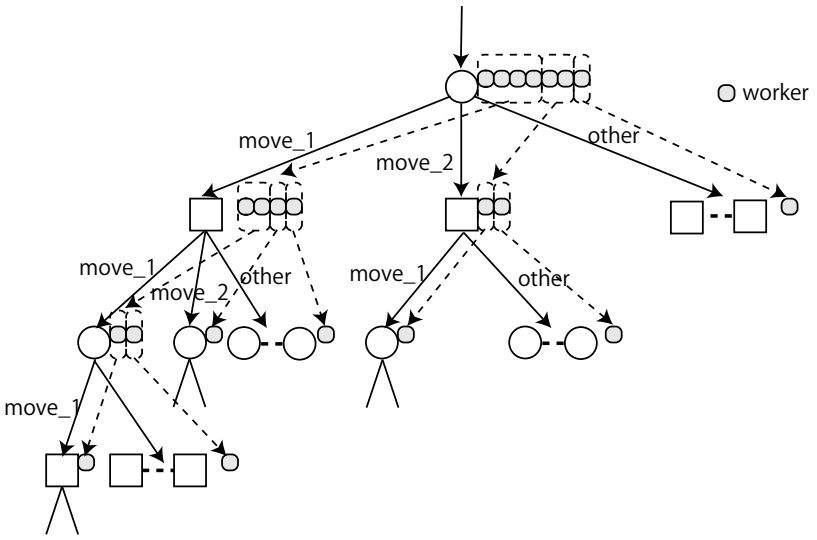


図 3: rank による子供へのワーカー群の割当

表 1: presearch による順位と最終的な選択確率

順位	0	1	2	3	4	5	その他
選択確率 (%)	46.3	21.4	12.0	6.65	4.70	2.78	5.93

2.2.2 評価

予備実験として、Xeon X5365(3GHz) x 2 = 8 core のサーバを使って、

- 8 スレッド使ったスレッド並列版
- 1 スレッド 8 ワーカーを使ったクラスタ並列版

を指定局面から 30 秒の秒読み先読みなしで 40 戦わせたところ、前者が 26 勝 14 敗と勝ち越した。一方

- 4 スレッド使ったスレッド並列版
- 1 スレッド 8 ワーカーを使ったクラスタ並列版

で同じ条件で対戦させたところ、20 勝 20 敗と互角の結果を得た。

このことから、マシン 1 台ごとにスレッド並列版をワーカーとして 1 つ動かして、それをまとめたクラスタ並列構成にしている。

各ワーカーの能力が異なるヘテロな環境では、

- あるノードを探索する際には、まず、1 番速いワーカーで presearch を 2 番目に速いワーカーで詰み探索をおこなう.
- 複数の候補が見つかったあとで、「その他の手」は 1 つのワーカーでしか実行できないので、1 番速いワーカーを使う。他の候補手には、2 番目に速いワーカーからラウンド・ロビンで割り当てていく。

というアルゴリズムで割り当てをおこなう。

第 20 回世界コンピュータ選手権に以下の構成で参加した。

表 2: 世界コンピュータ将棋選手権決勝での GPS 将棋の対戦

	1 回戦	2 回戦	3 回戦	4 回戦	5 回戦	6 回戦	7 回戦
対戦相手	芝浦将棋	激指	YSS	習甦	Bonanza Feliz	ボンクラーズ	大槻将棋
GPS の手番	後手	先手	後手	先手	後手	先手	先手
勝敗	勝	勝	勝	負	勝	負	勝

- マスター Xeon X5365(3GHz) 8core 8 thread, ruby プログラムのみを動かす。
- ワーカー
  - Xeon X5570(2.93GHz) x 2, 8core, 16 thread
  - Xeon X5470(3.33GHz) x 2, 8core, 8 thread
  - Opteron 2376 (2.3GHz) x 2, 8 core, 8 thread 4 台
  - Opteron 280 (2.4GHz) x 2, 4 core, 4 thread
  - Core 2 duo (2GHz), 2 core, 2 thread 307 台

実行できる時間が限られていたため、限られた評価しかおこなっていない。まず、人間用の問題集「ラクラク次の一手 2」の問題 216 問を 1 手 20 秒で解かせてみた。結果は 216 問中正解が 196 問となり、Xeon X5570 x 2 のスレッド並列版で 1 手 30 秒の制限時間で解かせた時の正解数である 186 問よりも改善されていた。また、Xeon X5570 x 2 のスレッド並列版と上記構成から該当マシンのみを除いたクラスタ並列版を、持ち時間 25 分で指定局面からの連続対戦をさせたところ、途中でバグが出たのを除くと 13 連勝となった。

2.3 具体的成果

前節で示す構成でクラスタ並列版で動かした GPS 将棋の第 20 回世界コンピュータ将棋選手権における成績は表 2 に示すように、5 勝 2 敗で 3 位に終わった。

また、9-10 月に参加した Computer Olympiad 将棋部門では、小規模なクラスタで参加したが、こちらも 3 位に終わった。

女流トップとの対戦「清水市代女流王将 vs. あから 2010」においては、GPS 将棋が「あから 2010」を構成する 4 つのプログラムの一つとして用いられるだけでなく、他のプログラムのクラスタ並列化にも GPS 将棋のクラスタ化コードが用いられ、「あから 2010」の勝利に貢献した。

3 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] 田中哲朗: 将棋プログラムの大規模並列実行, 第 13 回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ (PPL2011), 札幌, 2011 年 3 月.

査読付論文

[査読付 1] 金子知適, 田中哲朗, 山口和紀, 川合慧: 新規節点で固定深さの探索を行う df-pn の拡張, 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 11, pp. 2040-2047, 2010 年 11 月.

その他の発表論文

[発表 1] 田中哲朗, 金子知適: 将棋プログラムの大規模並列実行, 情報処理学会ゲーム情報学研究会, Vol.2010-GI-24, No.2, pp. 1-8, 奈良, 2010 年 6 月.

[発表 2] 山本一成, 竹内聖悟, 金子知適, 田中哲朗: コンピュータ将棋における Magic Bitboard の提案と実装, 第 15 回ゲーム・プログラミングワークショップ 2010, pp. 42-48, 箱根, 2010 年 11 月.

[発表 3] 金子知適, 田中哲朗: 善手の予測に基づくゲーム木探索の分散並列実行, 第 15 回ゲーム・プログラミングワークショップ 2010, pp. 126-133, 箱根, 2010 年 11 月.

[発表 4] 山口慶晃, 山口和紀, 田中哲朗, 金子知適: 箱積みが最善引き分けの証明, 情報処理学会ゲーム情報学研究会, Vol.2011-GI-25, No.1, pp. 1-8, 東京, 2011 年 3 月.

公開ソフトウエア

[公開 1] 田中哲朗, 金子知適, 森脇大悟, 副田俊介, 林芳樹, 竹内聖悟: osl-for-csa (バージョン 0.7), コンピュータ将棋協会コンピュータ将棋選手権使用可能ライブラリ, 2011 年 1 月.

[公開 2] 田中哲朗, 金子知適, 森脇大悟, 副田俊介, 林芳樹, 竹内聖悟: gpsshogi-for-csa (バージョン 0.7), コンピュータ将棋協会コンピュータ将棋選手権使用可能ライブラリ, 2011 年 1 月.

特記事項

[特記 1] GPS 将棋: 第 20 回世界コンピュータ将棋選手権 3 位, コンピュータ将棋協会, 2010 年 5 月.

[特記 2] GPS 将棋: Computer Olympiad 2010 将棋部門 3 位, ICGA, 2010 年 9-10 月.

[特記 3] あから 2010: 「清水市代女流王将 vs. あから 2010」, 東京大学, 2010 年 10 月.

[特記 4] 田中哲朗, 金子知適: コンピュータ将棋の不遜な挑戦： 4。大規模クラスタシステムでの実行-GPS 将棋の試み-, 情報処理学会誌, Vol. 51, No. 8, pp. 1008-1015, 2010 年 8 月.

[特記 5] 田中哲朗: 特集「ゲームプログラミング」の編集にあたって, 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 11, p. 2020, 2010 年 11 月.

報道関連

[報道 1] 週刊将棋 2010 年 5 月 5 日号-7 月 21 日号:第 2 回週将アマ COM 平手戦.

[報道 2] 週刊将棋 2010 年 5 月 12 日号:激指が 2 年ぶり 4 度目の優勝.

[報道 3] 産経新聞 2010 年 8 月 2 日 12 面: 将棋女流王将に挑むコンピューター.

[報道 4] 朝日新聞 2010 年 10 月 12 日夕刊 10 面: 将棋ソフト プロに初勝利.

[報道 5] 週刊将棋 2010 年 10 月 20 日号:あから 2010 歴史に残る勝利.

[報道 6] 朝日新聞 2010 年 10 月 20 日夕刊 5 面: 冷めた計算に軍配.

[報道 7] AERA 2010 年 11 月 1 日号: 「あから」が羽生を破る日.

[報道 8] 週刊朝日 2010 年 11 月 12 日: 「どうぶつしょうぎ」のかわいくて深い世界.

[報道 9] フジテレビ 2010 年 12 月 14 日「とくダネ!」:「どうぶつしょうぎ」特集.

教育支援システムの開発と運用 —講義データベース 他—

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、プログラミング能力 (スキル) の分析などを行っている。

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可視化することで、カリキュラムの分析に活用するための研究を行っている。

2.2 内容

2010 年度は、これまでに開発した Latent Dirichlet Allocation(LDA) と Isomap を用いた分析手法と、分析結果を可視化する Web システムを用いて、情報教育に関するカリキュラムや教科書の分析などを実施した。

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、カリキュラム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ている。

異なるカリキュラムを可視化して分析するには、以下の条件を満たさなければならないと考える。

1. シラバスの可視化のための基準を設けること。
2. シラバス同士の関連度が可視化された空間内の距離として反映されること。
3. 異なるカリキュラムを比較するために、同一のマップに示すこと。

この条件を満たすカリキュラムの分析手法を以下に説明する。また、その手法の概念図を図 1 に示す。

Step 1. 条件 1 を満たすために、分析するカリキュラムが扱う分野において基準となるカリキュラム “Model Curriculum” C_{model} を導入する。C_{model} を LDA で分析することで、分析の基準となるトピック

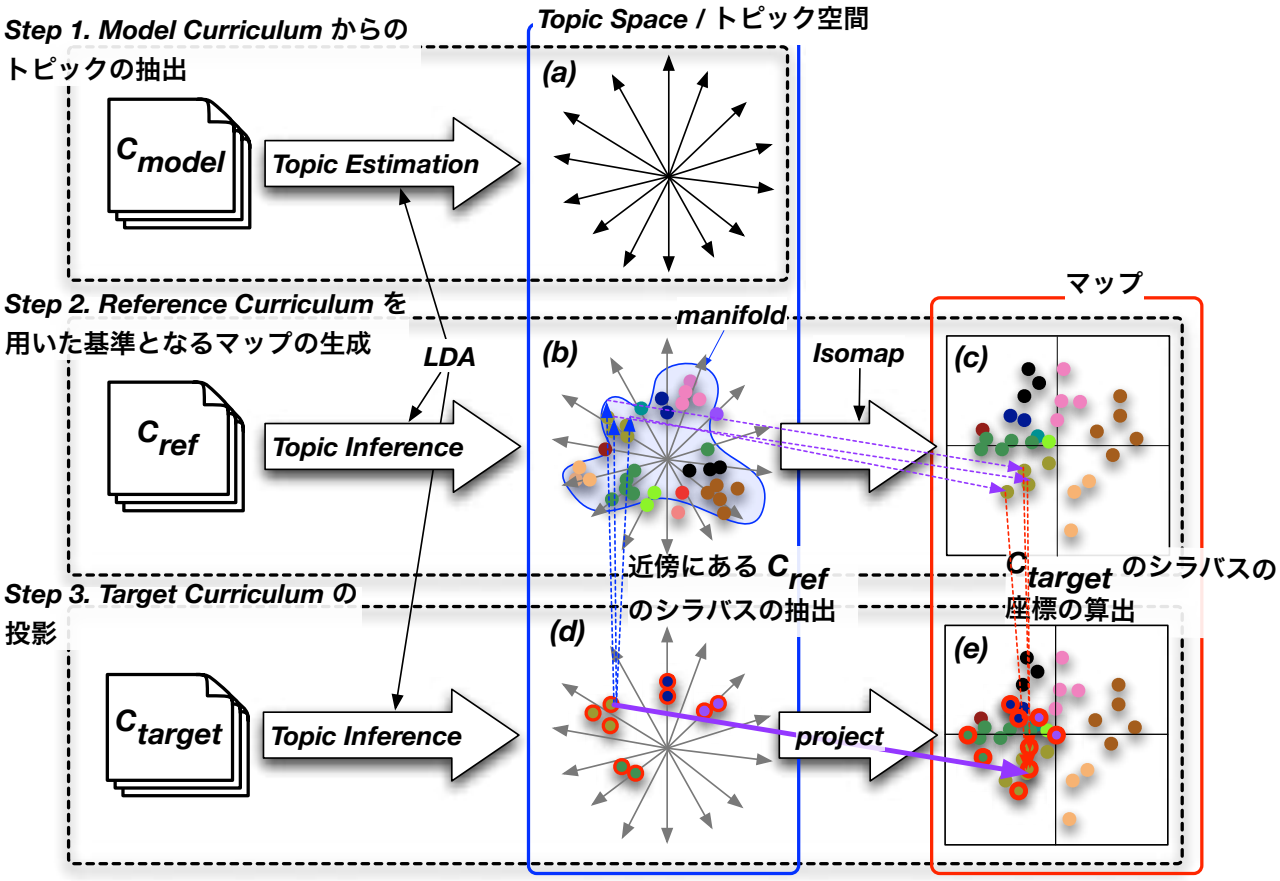


図 1: カリキュラム分析手法の概念図

を抽出する。ここで抽出したトピックは、今後分析対象となるカリキュラムの特徴を可視化するための標準的な高次元空間 “Topic Space” となる (図 1(a))。

Step 2. 次に、分析するカリキュラムが扱う分野を有る程度広くカバーすると考えられる参照用のカリキュラム “Reference Curriculum” C_{ref} を導入する。まず C_{model} のトピックに基づいて、C_{ref} を分析することで、前述の Topic Space の中に C_{ref} を配置する (図 1(b))。Topic Space は高次元空間であり、カリキュラムの全体構造を目で見て判断することができない。そこで、高次元空間内の多様体構造を保持したまま、これを広げるようにして次元を縮退する手法 Isomap を用いる。その結果、条件 2 を満たすように C_{ref} を二次元平面上に展開したマップが得られる (図 1(c))。

Step 3. 次に分析対象となるカリキュラム “Target Curriculum” C_{target} を C_{ref} と比較する。最初に、C_{ref} と同様に C_{model} のトピックに基づいて、C_{target} を分析することで、前述の Topic Space の中に C_{target} を配置できる (図 1(d))。次に、C_{target} の個々のシラバスについて、Topic Space 内で近傍に有る C_{ref} のシラバスを抽出する。更に抽出したシラバスに対応する図 1(c) のマップ上のベクトルを合成することで、C_{target} のシラバスをマップ上に投影する。これによって、C_{target} を C_{ref} のマップ上に投影して比較が可能となり、条件 3 を満たすことができる (図 1(e))。

2.2.2 カリキュラム分析ツール

2.2.1 節で述べた手法に基づいて、カリキュラムの分析を行う Web ベースのツール[1]を開発している。ツール全体は Perl CGI と PostgreSQL データベースで実装しているが，行列演算処理では GNU

[1] http://www.sekiya.ecc.u-tokyo.ac.jp/coursedb/

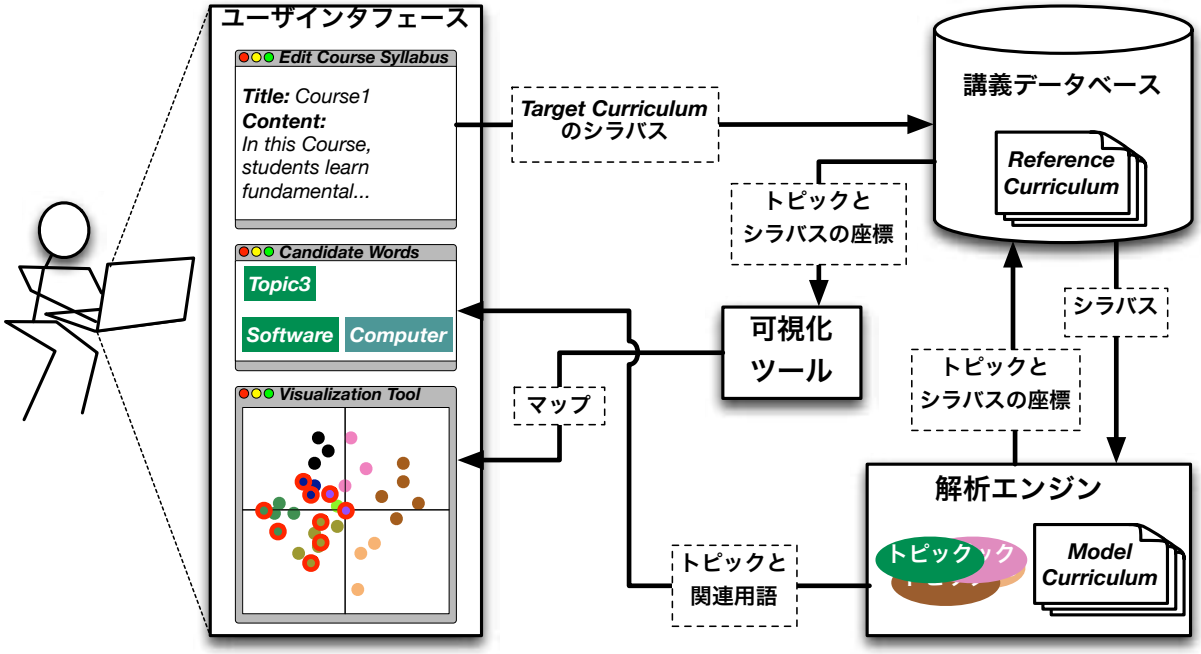


図 2: カリキュラム分析ツールの構成

Octave を呼び出すなど，一部で Perl 以外の外部プログラムを利用している．図 2 にツールのアーキテクチャを示す．

講義データベースは，利用者がユーザインタフェースから入力したタイトルや内容などの Target Curriculum の情報を保存する．また，Reference Curriculum のシラバスなどの可視化に必要なデータ， つまり Step 1, 2 を実行して得られたデータを保存する．

解析エンジンは 2.2.1 節の手法を実装したカリキュラム分析用のエンジンである．LDA を用いたトピックの抽出や各シラバスの座標値の算出を行う他に，利用者が入力したシラバスと指定したトピックに基づいて，関連のある用語を提示することが出来る．

可視化ツールは解析エンジンで生成したマップを表示するツールである．Ajax の技術を用いて，表示されたマップを拡大・縮小・移動することができる．

2.2.3 カリキュラムの分析例

ACM Education Board と IEEE Computer Society's Education のタスクフォースがまとめた Computer Science Curriculum 2008 (CS2008) は、計算機科学分野に関するカリキュラムの模範的なモデルとして有名である。このタスクフォースは、1991 年と 2001 年にも CS2008 と同様のカリキュラムモデルである Computing Curricula 1991 (CC1991) と Computing Curricula 2001 Computer Science (CC2001) を発表している。CC1991, CC2001, CS2008 の 3 つのモデルを、我々が提案するカリキュラム分析手法を用いて分析すれば、過去約 20 年間の計算機科学分野の変化を知ることが出来ると考えられる。以下では、CS2008 を Model Curriculum, ならびに Reference Curriculum として、CC2001 を Target Curriculum として本手法を適用した結果を示す。

LDA のトピック数は Area の数と同じ 14 として，更に CC2001 と比較する上では，Area と LDA のトピックが一対一対応していた方が理解しやすい．そこで，CS2008 を Model Curriculum として取り扱う際には，個々の Knowledge Area に関する記述を，当該 Area に含まれる個々の Unit の説明に加えることで，同じ Area の Unit であれば，同じ LDA のトピックと関連が強くなるように調整した．表 1 に，LDA のトピックの ID，CS2008 の Knowledge Area を示すタグ (アルファベット 2 文字)， Knowledge Area の名称を示す．

表 1: CS2008 の LDA のトピック (番号) と Knowledge Areas.

Topic	Tag	Knowledge Areas
1	IS	Intelligent Systems
2	PF	Programming Fundamentals
3	AL	Algorithms and Complexity
4	IM	Information Management
5	PL	Programming Languages
6	HC	Human-Computer Interaction
7	SP	Social and Professional Issues
8	OS	Operating Systems
9	GV	Graphics and Visual Computing
10	NC	Net Centric Computing
11	AR	Architecture and Organization
12	SE	Software Engineering
13	CN	Computational Science
14	DS	Discrete Structures

次に Reference Curriculum として，Model Curriculum と同じ CS2008 を用いた．但し，今度は Area の記述を Unit の記述としては加えていない．分析の結果得られた 142 個の Unit を投影したマップを図 3 に示す．丸い記号が Unit を表わし，その記号の下には Unit を識別する ID を表示している．いずれの Unit も複数の LDA のトピックと関わるが，最も関連の強いトピックに応じて色分けし，表 1 に示したトピックの ID を白抜きの数字で示している．マップ上で近くに配置される Unit 同士は互いに関係が有る可能性が有る．

表 1 に示した幾つかの Area のうち，その Area に含まれる Unit が顕著に固まって分布しているものについて，記号と同じ色で囲んでいる．この結果からは以下を読み取ることが出来る．

- 同じ Area に属する Unit が，ほぼ同じ LDA のトピックと関連付けられ，図 3 のマップ上でも互いに近くに配置された．

- 他の Unit から離れて配置されている Unit については，次のような特徴を読み取れる．

  - HC_07:HC/MultimediaAndMultimodalSystems
    Human-Computer Interaction (HC) の Unit だが，マップ上で Information Management (IM) の Unit 群に近い． Unit の説明を読むと，Web や Database というキーワードが含まれており，IM と関係がある．
  - AR_08:AR/DistributedArchitectures
    Architecture and Organization (AR) の Unit だが，やや Net-Centric Computing (NC) の方にずれて配置されている．Unit の説明を読むと，Network 関連の内容を含んでおり，NC とも関連がある．
  - SP_05:SP/Risks
    Social and Professional Issues (SP) の Unit だが，SP の Unit 群と Software Engineering

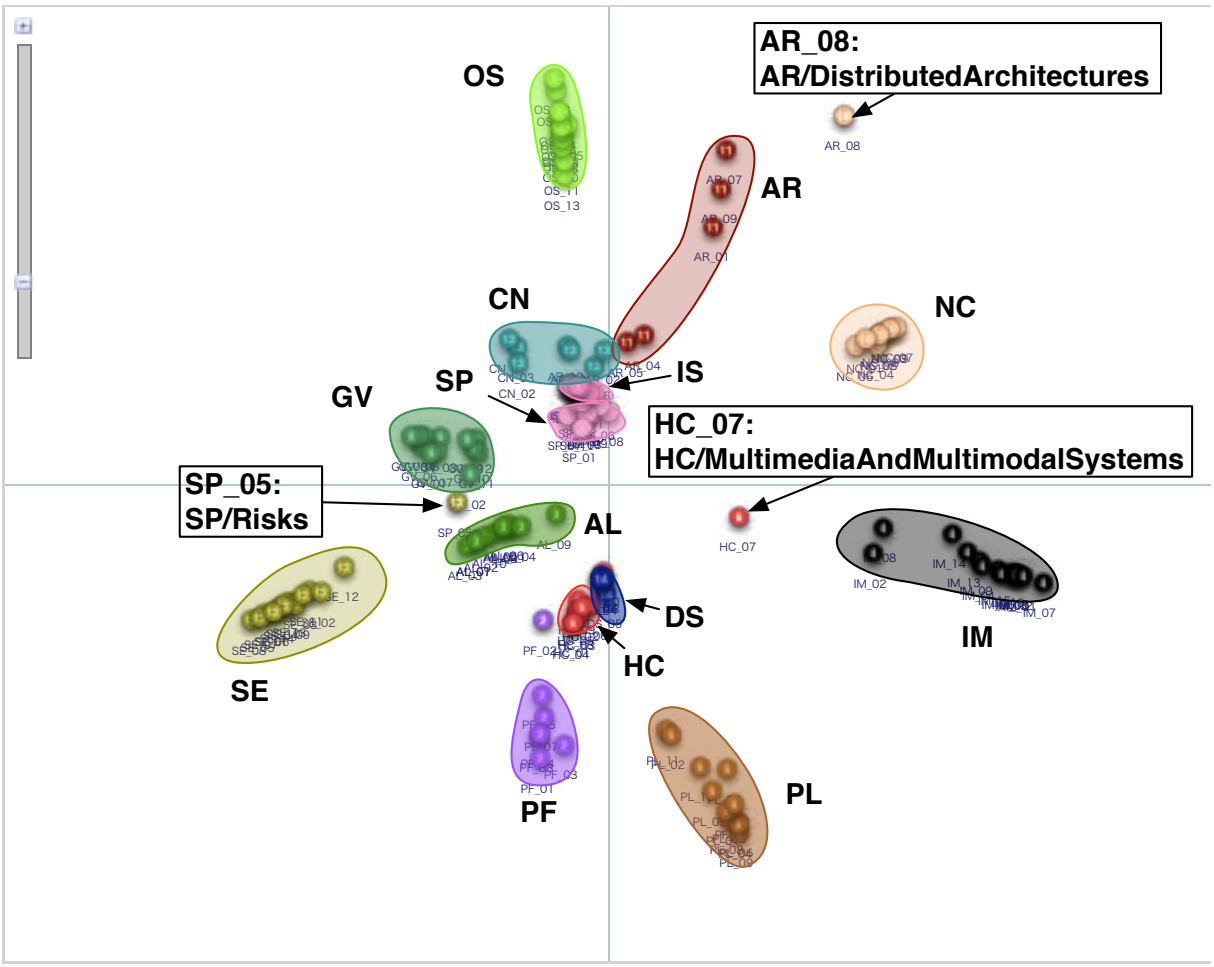


図 3: CS2008 のカリキュラムマップ

(SE) の Unit 群の間くらいに配置されている．Unit の説明によれば， Software に関する Risk の内容が含まれており，SE とも関連がある．

次に，CC2001 を Target Curriculum として分析して，132 個 の Unit を投影したマップを図 4 に示す．最も関連の強いトピックを表わす記号の色や， Area の範囲は図 3 と同じである．この図から次のような点が読み取れる．

- Operating Systems (OS) や SE, NC などについては，Unit の分布に CS2008 と大きな違いが無い．これは，CS2008 が “Interim Revision of CS2001” と呼ばれるもので， CS2001 の内容に近く，これらの Area については CC2001 においてもカバーされていたことが分かる．

- AR の Unit は，CS2001 に比べて広い範囲に散らばっている．そこで，改めて CS2008 と CC2001 のそれぞれの AR を比較すると，幾つかの Unit が CS2008 で追加されるなど，CC2001 の内容が改定されている．

2.3 具体的成果

主にツールについては [査読付 1] で発表した。理論的な背景については、[査読付 2] で発表した。

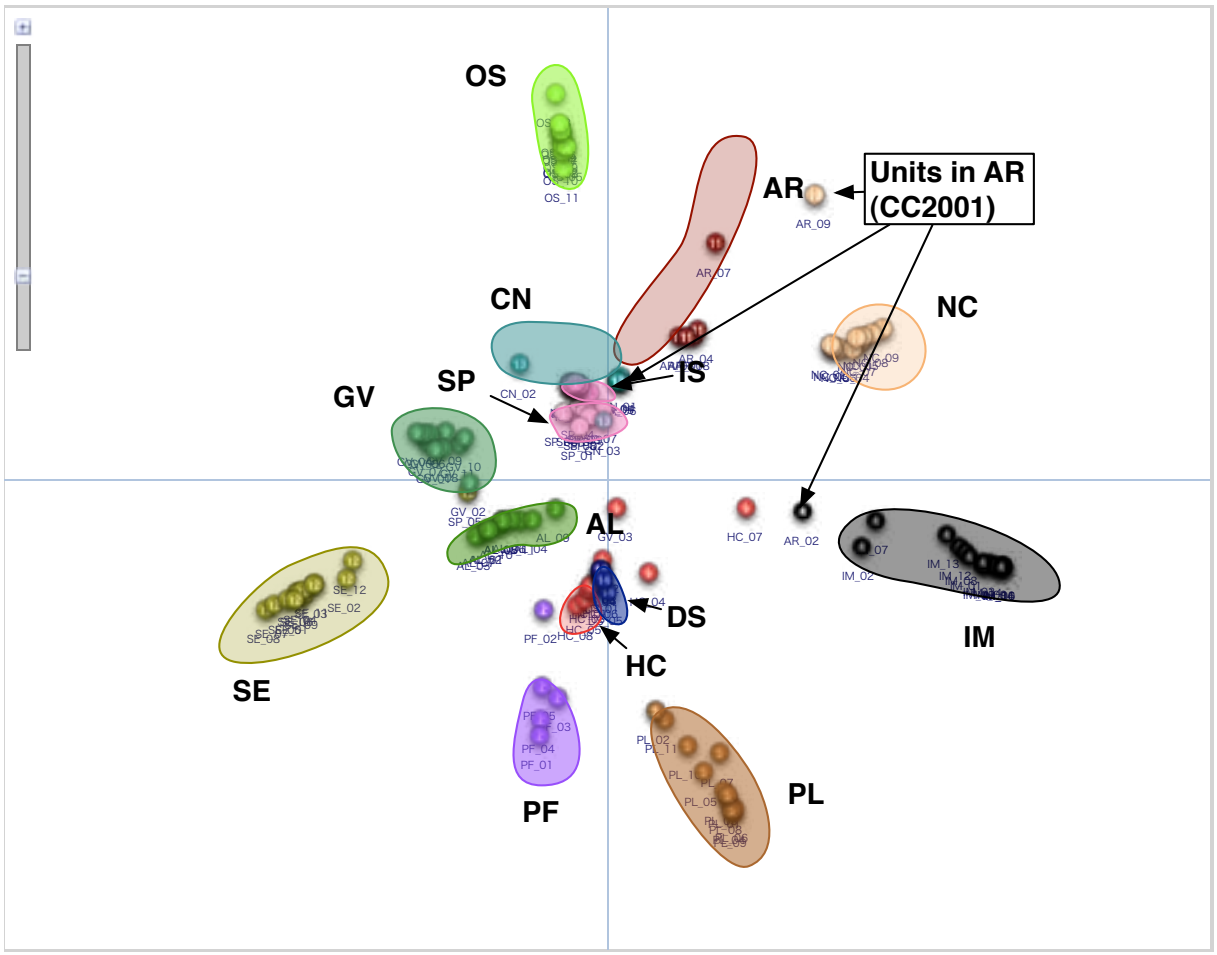


図 4: CC2001 のカリキュラムマップ

3　プログラミング能力の分析

3.1　背景

プログラミング教育を支援する上では、初学者がどのようにプログラムを作成できるようになるのか、どのような問題で躓くのかを分析した上で、教育方法を検討する必要がある。しかし、分析のために学生に多くの課題を与えたりすることは、学生にとっても教員にとっても大きな負担となる。そこで本研究では、定期試験においてプログラミングに関わる各種のスキルに対応する設問を用意し、各設問の得点結果を統計的に処理する事でスキル間の関係を分析することを試みている。

プログラミングのスキルに関して、コンピュータ科学教育に関するカンファレンス ITiCSE 2001 の McCracken らのワーキンググループが、プログラムの流れを追うスキル (Trace)、プログラムの意味を説明するスキル (Explain)、プログラムを書くスキル (Writing) などを想定し、これらのスキル間の関係を明らかにする事を試みており、本研究も McCracken らの手法にほぼ沿ったものである。

3.2　内容

まず、プログラミングの初心者と考えられる約 80 名の大学生に、Ruby による初歩的なプログラミングの授業を実施した。期間は 2010 年 4 月から 7 月までの約 3ヶ月である。授業期間の最後に、3.1 節で示したスキルに対応する 10 個の設問を含む期末試験を実施した。試験は筆記式で、多くの学生が 90 分以内に解答を終えることが出来た。

上記の結果ならびに同様の試験を実施した他の教育機関の試験結果に対して、重回帰分析や共分散

構造分析などの幾つかの手法を用いて、設問毎の関係つまりスキル間の関係を求めた。

3.3 具体的成果

スキル間のパス図は、分析手法や教育機関によっても結果が異なり、必ずしも McCracken グループが示したような階層的なスキル間の関係が得られないことが分かった。これは、設問の難易度や設問に含まれるプログラミングに関わる項目などの条件を揃えることが容易でないからでは無いかと推測しているが、現時点で明確な結論が得られていない。

4 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] T. Sekiya, Y. Matsuda, and K. Yamaguchi: Development of a Curriculum Analysis Tool, ITHET 2010, Proceedings of 9th International Conference on Information Technology Based Higer Education and Training, pp.413–418, Cappadocia, Turkey.

[査読付 2] T. Sekiya, Y. Matsuda, and K. Yamaguchi: Analysis of Computer Science Related Curriculum on LDA and Isomap, ITiCSE'10, Proceedings of the 15th Annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, pp.48–52, Bilkent, Ankara, Turkey, 2010.

その他の発表論文

[発表 1] 坂井 朱美, 丸山 一貴, 関谷 貴之, 有賀 浩, 岩藤 健弘: 学内向け Web ホスティングサービスの運用, 平成 22 年度情報教育研究集会講演論文集, B3-2, 2010.

Web 検索結果インタフェースの改善

丸山 一貴

1 背景

検索エンジンによる結果提示は、検索にヒットしたページの (1) タイトル、(2)URL、(3) 文字ベースのスニペットからなる。ユーザは検索結果ページ（SERP）で示された各ページが自分の所望の情報を含むかを、これら 3 つの情報に基づいて判断し、クリックするかどうかを決める。文字ベースのスニペットはページ本来の見た目とは異なるため実際にそのページを表示すると想定したものではなかったということも多い。例えば以下のようなケースがある。

- キーワード近辺の文脈が読み取れない
- 広告のテキストに含まれるだけで、そのキーワードについて言及したページではないことがある
- HTML/CSS で加工される実際の表示とは異なる

ここで言う文脈とは文章における意味の流れだけを表すのではなく、HTML/CSS による段組や文字サイズ、文字色の変更を含んでいる。例えばあるキーワードについて、それが文章中で他とは異なる色を与えられているか、複数のリストアイテムの 1 つであるのか、表の中で見出しとして扱われているのか、といったことを把握するための情報を含んでいると定義する。一般的な検索エンジンが提示する文字ベースのスニペットは、1 つのページに関する情報を限られたスペースで示すという制約がある。一方で、1 つのページにはキーワードが複数現れるし、それぞれの出現箇所では異なる話題を扱っている可能性もあるため、検索エンジンユーザに文字ベースのスニペットで適切に情報を与えることは自ずから限界がある。また、ユーザが本来欲していたのは「知りたい情報が書いてあるかもしれない Web ページ」ではなく「Web ページに書いてある情報そのもの」であるはずである。ページ全体を 1 つのスニペットにまとめてしまうことはこの問題に対する解決にならない。

2 内容

本研究では、我々は Visual Patch（以下、VP）と呼ぶ「視覚的コンテキストに基づくスニペット」を提案する。これは Web ページを実際にレンダリングし、検索キーワード付近をトリミングして提示するものである。これにより、ページという単位ではなく、ページの中の具体的な情報という単位で検索結果を提示できることになる。この方式が有効であることを予備的なユーザ実験を通じて定性的な評価を行った。

2.1 Visual Patch による検索結果ページの改善

先行研究では、Web ページ内のキーワード出現箇所を画像としてリストアップする、という手法を提案してきたが、これは Web ページを探すというシチュエーションでも有効である。検索エンジンが探し出した Web ページの中で、キーワードが出現する位置を VP としてリストすれば、SERP は Web

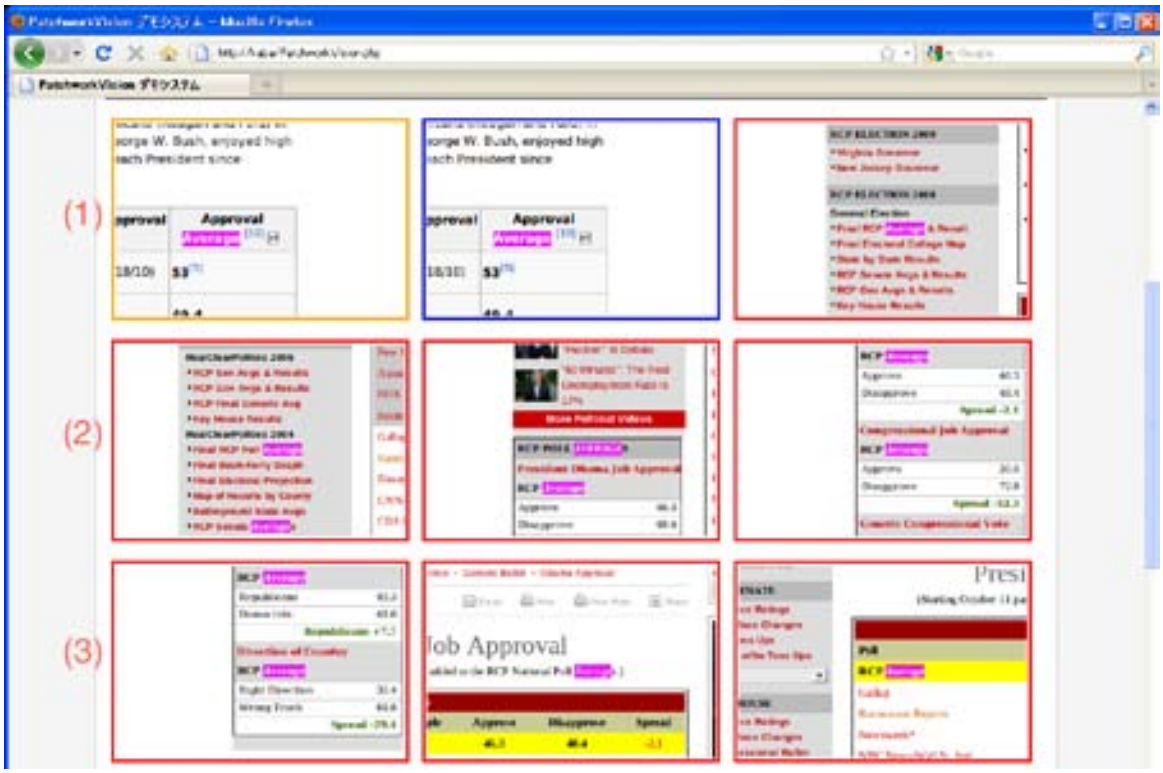


図 1: Visual Patch のみによる SERP。ページ検索キーワードは “obama approval rating” 、VP キーワードは “average” とした例。

ページではなくページ内の的確な情報を提示できるようになる。図 1 は、我々の試作システムで VP のみによる SERP を生成した例を示している。現在のシステムには 2 つの入力を与える：(1) ページ検索キーワードと (2) ページ内検索キーワードである。前者をページ検索キーワード、後者を VP キーワードと呼称する。図の例は、SEQ として”obama approval rating”, VP キーワードとして”average” を指定した例である[1]。

この例では (1) 列の左と中央、(2) 列の中央に所望の情報である approval rating が表示されていることが分かる。また、(1) 列の右や (2) 列の左は見出しの中であり、希望のものでないことが分かるし、(2) 列の右や (3) 列の左は総合的な支持率でなく個別の項目に関するデータであることも分かる。VP の枠は Web ページごとに異なる色が割り当てられている。(1) 列の左と中央は異なるページであることが分かるが、内容が同一であり、どちらか一方だけを見ればよいことも分かる。。ページのデザインから Wikipedia であることも気づくかもしれない。この SERP は単にスニペットを画像で置き換えただけではない。ページの要約を表すことでユーザを補助するものでもなく、調べている情報そのものを表示しているということが重要な点である。

2.2 実装

図 1 の SERP を実現するために実装したシステムの構成図を図 2 に示す。システムは大きく以下 3 つの部分に分かれている。

- ユーザとのインタラクションを行うクライアント側
- ページをレンダリングして VP を生成し、SERP を作るサーバ側
- 検索キーワードから検索結果として URL のリストを返す Yahoo!の検索 API

[1](1) から (3) の数字は、説明のために追加している。

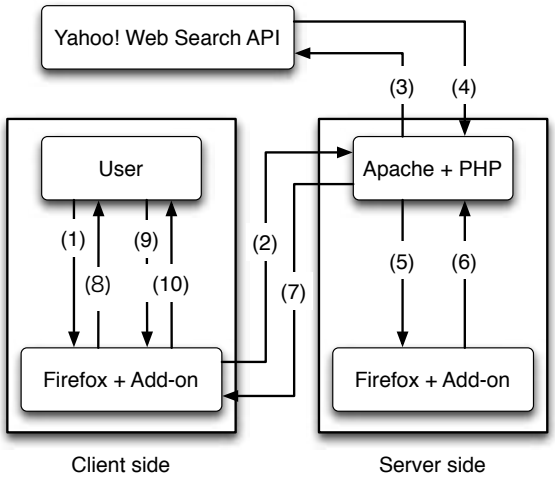


図 2: 試作システムの構成

クライアント側とサーバ側にはいずれも、我々が開発したアドオンを組み込んだ Firefox があり、VP の生成や VP をクリックしたときの表示において自動的なナビゲーションを行うよう設定されている。図中の矢印で示した 10 のステップはそれぞれ以下のような動作を意味している。

1. ユーザがシステムにページ検索キーワードと VP キーワードを入力。
2. サーバ上にある、PHP で構成された CGI にキーワードを送信。
3. ページ検索キーワードを Yahoo!検索 API に送信。
4. Yahoo!から検索結果としての URL リストを受信。
5. 各 URL をサーバ側 Firefox で表示させると同時に、VP キーワードを指定する。
6. 各ページをレンダリングし、ページ内に現れる VP キーワードをハイライトしてその出現位置周辺をキャプチャし、VP を生成して CGI に送信。
7. VP を含む SERP を生成してクライアント側の Firefox に送信。
8. ステップ 2 で送信した CGI へのアクションの結果として、VP つきの SERP をユーザに提示。
9. ユーザが特定の VP をクリック。
10. その VP が含まれるページを表示した上で、ページ内の該当箇所へ自動的にスクロールしてユーザに提示。

試作システムではユーザへのレスポンスタイムを長くしすぎないために、ステップ 5 でサーバ側 Firefox に渡す URL を検索結果の上位 10 個に制限している。サーバ側 Firefox は 10 個の URL をレンダリングした上で VP キーワードを探して VP を生成する。現在は CPU に Intel Core i7 2.8GHz、メモリ 4GB 搭載のコンピュータをサーバとして使用しているが、SERP の表示には 15 秒程度を要しており、VP 生成手法の改善と並列化、レンダリングしたページの情報をキャッシュに残す等の高速化が必要である。

2.3 定性評価

予備実験として学生 9 名に検索タスクを実行してもらい、定性的な評価を行った。SERP で視覚的な情報が得られることや、探している情報が具体的な場合には有効であるというポジティブな意見があった一方で、VP キーワードの入力が煩雑であるとか、ページ検索キーワードの選択によってはごく少数の結果しか得られないといった指摘も見られた。

VP キーワードは、短期的にはページ検索キーワードのうち末尾のものを自動的に割り当てるという方法がある。一方、複数の単語で検索した場合にそれぞれの単語を含む VP をどのようにレーティングして表示順序を制御するか検討する必要がある。多量の VP を表示する場合にはコンテンツによるクラスタリングが重要になると考えられ、この問題は、より長期的にはその表示方法において検討すべき課題の 1 つである。

ページ検索キーワードによって結果が少なくなってしまう問題は、現在の実装と処理時間の問題に起因している。サーバ上で単一のブラウザによって VP を処理している方式を並列化することで、より多数のページを処理できるものと考えられる。

3 具体的成果

共著で論文を執筆し、発表を行った（成果要覧の [発表 1], [発表 4]）。

4 成果要覧

その他の発表論文

[発表 1] 丸山一貴, 井桁正人, 寺田実: 視覚的コンテキストによる検索結果提示, 夏のプログラミング・シンポジウム「みんなが使えるみんなのためのプログラミング」報告集, pp.11–16, 2010.

[発表 2] 田中英人, 丸山一貴, 寺田実: Web 情報を用いたキーワード抽出によるタグ付け支援, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-HCI-140, No.18, 2010.

[発表 3] 坂井朱美, 丸山一貴, 関谷貴之, 有賀浩, 岩藤健弘: 学内向け Web ホスティングサービスの運用, 平成 22 年度情報教育研究集会報告集, pp.149–152, 2010.

[発表 4] 井桁正人, 丸山一貴, 寺田実: PatchworkVision: 視覚的コンテキストを用いた検索結果の提示, 第 18 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（WISS2010）論文集, pp.159–160, 2010.

[発表 5] 佐藤和哉, 平井重行, 丸山一貴, 寺田実: CodeDrummer: プログラム実行における関数呼び出しの可聴化手法, 情報処理学会報告集, Vol.2010-HCI-089, No.14, 2011.

[発表 6] 佐藤和哉, 平井重行, 丸山一貴, 寺田実: CodeDrummer: リズムに着目したプログラム可聴化システム, インタラクション 2011 論文集, pp.435–438, 2011.

学術情報研究部門

学術情報研究部門概要

中川 裕志
統計的機械学習とその応用

二宮　崇
自然言語処理のための基礎理論
―隠れマルコフモデルの集合型学習―

吉田　稔
テキストマイニングの基盤技術に関する研究
― Twitter を対象とした組織名曖昧性解消 ―

清水 伸幸
知識発見と機械翻訳の自然言語処理要素技術
―辞書と意味関係の抽出―

清田 陽司
Web データマイニング技術の普及に向けた取り組み

学術情報研究部門

概要

部門長　中川裕志

学術情報研究部門は、情報検索、情報抽出、データマイニング、統計的機械学習、テキスト処理の研究を行っている。平成 22 年度は、教授 1 名、講師 1 名 [1]、助教２ 名 [2]、特任講師2名、また大学院生としては情報理工学系研究科博士課程 5 名、修士課程 4 名、学際情報学府博士課程 2 名修士課程 1 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。この結果、査読論文22件、招待講演等5件、受賞 4 件、その他発表11件、報道 2 件の成果をあげた。

1　研究内容

1.1　情報検索および情報抽出

(1)本年度の情報検索および抽出の研究としては Web における人名検索結果の曖昧性解消のための研究を進め、情報検索分野の最難関会議 SIGIR に論文を発表した[査読付 17]外、査読ジャーナル論文として発表した[査読付 2]。さらに、これまで行ってきた人名検索結果の曖昧性解消の諸研究についてまとめた結果を 2nd Asian Conference on Machine Learning にてチュートリアル講演[招待 5]した。このテーマで本年度は、新たに「Twitter 上の発言における組織名の曖昧性解消」の問題に取り組み、国際ワークショップ WePS-3 に参加し、上位の成績を得た[発表 8]。情報抽出としては テキスト中の数値表現検索システムに関する研究を行い、本年度は、数値に対する検索支援を行う手法について、より多くの数値表現を扱えるような拡張を行った[査読付 11] 。応用として 株価とテキストの関連分析に関して企業に関するニュース記事と、その企業の株価等の指標の関連を分析する研究を行った[発表 5,6,7]。

(2)情報ナビゲーションに関しては、図書館で従来から情報流通に携わって来た人々にとっては、Web サーチエンジンやソーシャルネットワーク系サービスの技術を理解して活用しながら、これまで蓄積してきた専門性をどう活かすかが大きな課題となっている。今年度は、この課題を解決するため清田特任講師が中心となって学術情報流通に関わる人々を対象とした勉強会『マイニング探検会』を月 1 回のペースで開催し、未来の情報サービスの姿について議論するとともに、Web における最新技術を活用した新たなプロダクトを実際に作り、外部に向けて発信する取り組みを行った[招待 1] [発表 1] [特記 1,2,3,4,5]。また、その成果を図書館総合展で展示発表した[招待 2,3,4]。

(3)情報ナビゲーションの応用として、Web の英文テキストを提示する際に、読み手の英語力から推定される未知単語の意味を表示するシステムを開発した。このシステムでは、読み手の英語力推定を種々の情報資源と機械学習の枠組みで実現し、高い精度を得た[受賞 2] [発表 3] [査読付 20]。

1.2　機械学習とテキスト処理

(1)機械学習とテキスト処理に跨る基礎研究として、HMM の集合型学習によるパラメータ推定の研究を行った。HMM のパラメータ学習においては多くの局所解が存在し、その性能は得られた局

[1] 講師１名は１０月末日に転出。
[2] 助教１名は９月末に特任講師に配置換え。

所解に大きく依存するため、従来の HMM の学習では複数の HMM を学習し、その中で最も尤度の高い HMM を選択し、それ以外の HMM は用いなかった。本研究では、これらの従来捨てられていた HMM も用いて、複数の HMM パラメータの平均を求めることにより、より尤度の高い HMM を実現する手法を提案した[発表 2] [受賞 1]。

(2)複数のサイトからなるネットワーク環境で、自分のサイトのデータを公開せずにネットワーク全体のデータを利用してデータマイニングを行うプライバイー保護データマイニング(PPDM)の研究において、LDA(潜在ディリクレ配置)の PPDM 化[査読付 12]、 結託攻撃に耐える PPDM プロトコル提案はデータマイニングの難関会議 KDD で論文発表した[査読付 14]。複数パーティが保持するグラフ構造情報からのリンク解析のための PPDM プロトコル提案[査読付 8] という成果を上げた。

(3)PassiveAggressive アルゴリズムと呼ばれるオンライン教師あり学習アルゴリズムにおいて、多クラス分類アルゴリズムの研究で成果をあげた。本年度は、処理中のデータが属するクラスの素性だけを更新する従来手法を原理的に改善し、処理中のデータが属する以外で関連するクラスを SVM のサポートベクトルに倣ってサポートクラスと名付け、これを数学的に求めるアルゴリズムを開発した。その結果、多クラス分類精度が大幅に改善した。この成果はデータマイニングにおけるトップコンファレンスである SIAM SDM [査読付 10] [受賞 3]、で採択され、その他の発表も行った[査読付 5] に採録された。次に、この手法を半教師あり学習に応用する方法を提案、評価した[査読付 1]。

(4)オンライン教師なし学習アルゴリズムとして、オンライン LDA(潜在ディリクレ配置)法を提案した。LDA のオンライン化は、処理対象を 1 データずつメモリに読み込み、トピックなどに対応する潜在変数を更新するものである。従来は、潜在変数のかなりの履歴データを記憶しておく必要があったが、この提案では直前の潜在変数だけを記憶しておき、新たなデータからの学習結果と重み付けして加算する手法を採り、メモリ量の削減を計った。この重み付けのための重み係数であるが、数理モデルを工夫して最適な重み係数を求めることに成功した。この成果は[査読付 18] に採択され、[受賞 4]を受けるなどの評価を得た。

(5)これ以外には Pitman-Yor 過程を利用してロングテール対応を図ったトピックモデル抽出の機械学習アルゴリズムトピックモデルの提案[査読付 15]、Wikipedia からの気づきにくい有用な情報の抽出[査読付 9]、L1 正則化を発展させたオンライン学習[査読付 7]などの研究成果をあげた。

2 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] 清田 陽司: 新たな情報インフラとしての Hadoop の活用, Hadoop Hack Night Vol. 2, 株式会社技術評論社／ヤフー株式会社共催, 東京ミッドタウン, 東京都, 2010 年 8 月.

[招待 2] 清田 陽司: 大規模デジタル化時代における『知』との接点－Wikipedia、電子書籍、Twitter の潮流をライブラリアンはどう受け止めるか, 第 12 回図書館総合展/学術情報オープンサミット 2010 フォーラム企画, 株式会社ネットアドバンス主催, パシフィコ横浜, 横浜市, 2010 年 11 月.

[招待 3] 清田 陽司: 商用百科事典と Wikipedia の比較から見えてくるもの, 第 12 回図書館総合展/学術情報オープンサミット 2010 ミニ・フォーラム＆プレゼンテーション企画, 紀伊國屋書店主催, パシフィコ横浜, 横浜市, 2010 年 11 月.

[招待 4] 清田 陽司: マイニング探検会の知見，Code4Lib JAPAN スペシャル・パネル「システムライブラリアンの要請と養成」, 第 40 回ディジタル図書館ワークショップ, 筑波大学東京キャンパス, 東京都, 2011 年 3 月.

[招待 5] Yoshida，Minoru，Hiroshi Nakagawa: Web People Search: Person Name Disambiguation and Other Problems，*Tutorial of the 2nd Asian Conference on Machine Learning* (*ACML* 2010), Nov．8，2010

受賞関連

[受賞 1] 黒澤 雅人, 佐藤 一誠, 松島 慎, 二宮 崇, 中川 裕志: NLP 若手の会 第 5 回シンポジウム奨励賞, NLP 若手の会, 2010 年 9 月.

[受賞 2] 江原 遥: 情報処理学会 HCI 研究会 2010 年度 学生奨励賞, 情報処理学会 HCI 研究会, 2011 年 3 月.

[受賞 3] Shin Matsushima，Nobuyuki Shimizu，Kazuhiro Yoshida，Takashi Ninomiya，Hiroshi Nakagawa: Top 12 papers of SIAM SDM'2010: Exact Passive-Aggressive Algorithm for Multiclass Classification Using Support Class，*The 2010 SIAM International Conference on Data Mining* (*SDM'2010*)，April 2010.

[受賞 4] 佐藤　一誠:平成 22 年度山下記念研究賞，情報処理学会，2011 年 3 月.

査読付論文

[査読付 1] 松島 慎, 佐藤 一誠, 二宮 崇, 中川 裕志: PA アルゴリズムにおけるラベルなしデータの利用, 日本データベース学会論文誌, vol. 9, no. 1, pp. 82-87, 2010 年 6 月.

[査読付 2]吉田稔, 池田雅紀, 小野真吾, 佐藤一誠, 中川裕志:　二段階クラスタリングを単語重み付与に応用した人名曖昧性解消，　日本データベース学会論文誌，9，2，pp．19-24，2010 年 10 月.

[査読付 3]佐藤一誠，中川裕志: Succinct Semi-structured Data Mining Based on FREQT，　日本データベース学会論文誌，　Vol．9，　No．1，　pp．　76-81，　2010 年 7 月.

[査読付 4]柴山直樹, 中川裕志:確率的潜在意味解析における特異値行列の非対角化の解釈とその評価，人工知能学会論文誌　26，1，pp．262-272，2011 年 1 月.

[査読付 5] 松島 慎, 清水 伸幸, 二宮 崇, 中川 裕志: 多クラス識別問題における Passive- Aggressive アルゴリズムの効率的厳密解法, 電子情報通信学会論文誌 D, vol. J93-D, no. 6, pp. 724-732, 2010 年 6 月.

[査読付 6]　松島慎，清水伸幸，吉田和弘，二宮崇，中川裕志: 多クラス識別問題における Passive- Aggressive アルゴリズムの効率的厳密解法，　電子情報通信学会論文誌：情報爆発特集号，Vol．J93-D，　No．6，　pp724-732，　2010 年 6 月.

[査読付 7] 大岩秀和，松島慎，中川裕志：特徴の出現回数に応じた L1 正則化を実現する教師ありオンライン学習手法. 情報処理学会論文誌, Vol.50 TOM．2011.(採録決定)

[査読付 8] 森井正覚，佐久間淳，佐藤一誠，中川裕志：統合したグラフのプライバシ保護リンク解析．情報処理学会論文誌, Vol.50 TOD．2011.(採録決定)

[査読付 9] Yohei Noda, Yoji Kiyota, Hiroshi Nakagawa: Discovering Serendipitous Information from Wikipedia by Using its Network Structure, In Proceedings of *4th Int'l AAAI Conference on Weblogs and Social Media* (*ICWSM 2010*), poster session, pp. 299-302, Washington, D.C., USA, 2010 年 5 月.

[査読付 10] Shin Matsushima, Nobuyuki Shimizu, Kazuhiro Yoshida, Takashi Ninomiya and Hiroshi Nakagawa: Exact Passive-Aggressive Algorithm for Multiclass Classification Using Support Class, In the Proceedings of *the Tenth SIAM International Conference on Data Mining* (*SDM10*). pp. 303-314, 2010.

[査読付 11] Minoru Yoshida. Hiroshi Nakagawa: Mining Numbers in Text Using Suffix Arrays and Clustering Based on Dirichlet Process Mixture Models, *The 14th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*(*PAKDD 2010*) Part II. Springer LNAI 6119, pp. 230-237, June , 2010.

[査読付 12] Yang Bin, Hiroshi Nakagawa: Computation of Ratios of Secure Summations in Multi-Party Privacy-Preserving Latent Dirichlet Allocation, *The 14th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*(*PAKDD 2010*) Part I. Springer LNAI 6118. pp. 189-197. June , 2010.

[査読付 13] Nobuyuki Shimizu, Masashi Sugiyama, Hiroshi Nakagawa: Spectral Methods and Text Mining: Automatic Expansion of User, *IEICE Transactions*, E93-D, 6, special issues on "Info-Plosion", pp. 1378-1385, June 2010.

[査読付 14] Nobuyuki. Shimizu and Hiroshi. Nakagawa: Features for Detecting Hedge Cues, in Proceedings of *the Fourteenth Conference on Computational Natural Language Learning* (*CoNLL*). Uppsala, Sweden. July 2010.

[査読付 15] Issei Sato, Hiroshi Nakagawa. Topic Models with Power-Law Using Pitman-Yor Process. *16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, (*KDD2010*) pp. 673-682 , July 2010.

[査読付 16] Bin Yang, Hiroshi Nakagawa, Issei Sato, Jun Sakuma：Collusion-Resistant Privacy-Preserving Data Mining, *16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, (*KDD2010*) pp. 483-492 , July 2010 .

[査読付 17] Minoru Yoshida, Masaki Ikeda, Shingo Ono, Issei Sato, Hiroshi Nakagawa: Person Name Disambiguation by Bootstrapping, *The 33rd Annual* ACM SIGIR *Conference*. pp. 10-19, July, 2010.

[査読付 18] Issei Sato, Kenich Kurihara, Hiroshi Nakagawa: Deterministic Single-Pass Algorithm for LDA, *Neural Information Processing Systems Conference* (*NIPS2010*). Vancouver, B. C., Canada, December 2010.

[査読付 19] Takashi Ninomiya, Takuya Matsuzaki, Nobuyuki Shimizu, Hiroshi Nakagawa: Deterministic shift-reduce parsing for unification-based grammars, *Natural Language Engineering.* Cambridge University Press (to appear).

[査読付 20] Yo Ehara, Nobuyuki Shimizu, Takashi Ninomoya, Hiroshi Nakagawa: Personalized Reading Support for Second-Language Web Documents. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology.* 2010. (to appear)

公開ソフトウェア

なし

特許申請／取得

なし

その他の発表論文

[発表 1] 森 達也, 増田 英孝, 中川 裕志, 清田 陽司: Wikipedia からの再利用可能な構造化データの抽出手法, 第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム/第 9 回日本データベース学会年次大会(DEIM 2011), ラフォーレ修善寺, 静岡県, 2011 年 3 月.

[発表 2] 黒澤 雅人, 佐藤 一誠, 松島 慎, 二宮 崇, 中川 裕志: HMM におけるアンサンブル学習, NLP 若手の会 第 5 回シンポジウム, 東京, 2010 年 9 月.

[発表 3] 江原 遥, 二宮 崇, 清水 伸幸, 中川 裕志: en.newikipedia.org: 英語版 Wikipedia 中のユーザが知らない英単語を予測するユーザ参加型読解支援システム, 情報処理学会研究報告 Vol. 2010-HCI-138 No. 4, 2010 年 5 月.

[発表 4] 大井 健吾, 二宮 崇: オンライングラフティングのアンサンブル学習, 情報処理学会 第 73 回全国大会講演論文集, vol. 1, pp. 301-302, 2011 年 3 月.

[発表 5] 吉田稔, 中川裕志, 石田智也, 中嶋啓浩, 松井藤五郎, 和泉潔, 池田翔, 本多隆虎: ニュース記事の見出しを利用した取引高予測の試み, 第 6 回 人工知能学会 ファイナンスにおける人工知能応用研究会(SIG-FIN), 東京, 2011 年 1 月

[発表 6]和泉潔, 牧野龍彦, 石田智也, 中嶋啓浩, 松井藤五郎, 吉田稔, 中川裕志, 本多隆虎: テキスト分析による業種別平均株価の動向推定, 第 5 回 人工知能学会 ファイナンスにおける人工知能応用研究会(SIG-FIN), 東京, 2010 年 10 月

[発表 7]本多隆虎, 和泉潔, 松井藤五郎, 吉田稔, 中川裕志, 石田智也, 中嶋啓浩, 菅原俊治: 日次ニュース業界別記事抽出による株価変動予測 第 5 回 人工知能学会 ファイナンスにおける人工知能応用研究会(SIG-FIN), 東京, 2010 年 10 月

[発表 8]Minoru Yoshida, Shin Matsushima, Shingo Ono, Issei Sato, Hiroshi Nakagawa: ITC-UT: Tweet Categorization by Query Categorization for On-line Reputation management, WePS-3, CLEF 2010 Labs, Padua, Italy, September, Sept., 2010. (評価型ワークショップ:5 チーム中 2 位)

[発表 9] 楊　斌，中川裕志: EM 法に基づく混合ネットワークにおけるクラスタリング法． 第 3 回楽天研究開発シンポジウム． 主催：楽天株式会社 楽天技術研究所 2010 年 12 月.

[発表 10] 石井聡一， 福原知宏， 増田英孝， 中川裕志：アフィリエイト ID を用いたスパムブログ収集手法，*DEIM2011*:第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム& 第 9 回日本データベース学会年次大会，F2-4， 2011 年 2 月

[発表 11] 森井正覚， 佐久間淳， 佐藤一誠， 中川裕志:複数パーティーにおける統合したグラフのプライバシ保護リンク解析 *DEIM2011*:第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム&第 9 回日本データベース学会年次大会，C5-4， 2011 年 2 月

特記事項

[特記 1] 清田 陽司, 岡本真ほか:『図書館』の未来を探る勉強会 マイニング探検会(マイタン), 2010 年 4 月～. http://www.mi-tan.jp/, http://wiki.mi-tan.jp/

[特記 2] 清田 陽司: Hadoop を使ってみる, みてわかるクラウドマガジン vol. 1, 日経 BP 社, 2010 年 4 月.

[特記 3] 清田 陽司: Hadoop 登場の背景, Software Design 2010 年 5 月号, 技術評論社, 2010 年 4 月.

[特記 4] 清田 陽司: 企業で使われる Hadoop (連載 4 回), Think IT, インプレスビジネスメディア, 2010 年 6 月. http://thinkit.co.jp/book/2010/06/04/1574

[特記 5] 清田 陽司: Hadoop クラスターの力を引き出す設計パターンと負荷観察: MapReduce デザインレシピ, ASCII.technologies 2011 年 1 月号, アスキー・メディアワークス, 2010 年 12 月.

[特記 6] Viktors Garkavijs, 清水 伸幸, 中川 裕志: 日中対訳コーパスからの対訳抽出と文献検索クエリーサジェスト辞書構築, 「機械翻訳技術のイノベーション」シンポジウム　セミナー発表, デモンストレーション. 2011 年 2 月 23 日.

[特記 7] Takashi Ninomiya, Takuya Matsuzaki, Yusuke Miyao, Yoshimasa Tsuruoka and Jun'ichi Tsujii: HPSG Parsing with a Supertagger, In Harry Bunt, Paola Merlo and Joakim Nivre (eds.), Trends in Parsing Technology: Dependency Parsing, Domain Adaptation, and Deep Parsing, pp. 243-256, Springer-Verlag, 2010.

[特記 8] 吉田稔, 中川裕志: テキストマイニングの活用(解説記事), 情報の科学と技術 60 巻 6 号, pp.230-235, 2010.

[特記 9] 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) A01-05．2010.

報道関連

[報道 1] 日経産業新聞 2010 年(平成 22 年)4 月 2 日 17 面: 「お薦め商品」ツイッター分析し表示 東大発 VB リッテル EC サイト向け開発.

[報道 2] ヤフー・グーグル提携：検索エンジン以後のビジネスに期待， 東京大学新聞 2010 年 8 月 31 日　2 面.

統計的機械学習とその応用

中川 裕志

1 概要

2010 年度は、主に統計的機械学習とその応用に関して研究を行った。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システム。この研究においては昨年、競争型タスク WePS2 に参加し、全世界 17 参加チーム中 2 位の成績であった。この成果をまとめた論文が ACM SIGIR2010 に採録された[査読付 12]。さらにこの名寄せタスクに関して、国際会議でチュートリアルを行った[招待 1]。このテーマに関する論文発表[査読付 2]を行ったほか、WePS3 にも参加し、参加 5 チーム中 2 位となった[発表 1]。

- 複数のサイトからなるネットワーク環境で、自分のサイトのデータを公開せずにネットワーク全体のデータを利用してデータマイニングを行うプライバイー保護データマイニング(PPDM)の研究において、LDA(潜在ディリクレ配置)の PPDM 化[査読付 14]、 結託攻撃に耐える PPDM プロトコル提案[査読付 11] 、複数パーティが保持するグラフ構造情報からのリンク解析のための PPDM プロトコル提案[発表 6]という成果を上げた。

- PassiveAggressive アルゴリズムと呼ばれるオンライン教師あり学習アルゴリズムにおいて、多クラス分類アルゴリズムの研究を昨年に引き続き行った。ここでは、処理中のデータが属するクラスの素性だけを更新する従来手法を原理的に改善し、処理中のデータが属する以外で関連するクラスを SVM のサポートベクトルに倣ってサポートクラスと名付け、これを数学的に求めるアルゴリズムを開発した。その結果、多クラス分類精度が大幅に改善した。この成果はデータマイニングにおけるトップコンファレンスである SIAM SDM [査読付 16] [受賞 1]、など[査読付 8] に採録された。次に、この手法を半教師あり学習に応用する方法を提案、評価し、数%の F 値改善を実現した[査読付 4]。

- オンライン教師なし学習アルゴリズムとして、オンライン LDA 手法を提案した。LDA は文書コーパスから複数のトピックとその各々を特徴づける単語集合を同時に学習する教師なしの統計的機械学習手法である。この手法のオンライン化は、処理対象を 1 データずつメモリに読み込み、トピックなどに対応する潜在変数を更新するものである。ここで、更新すべきデータをメモリ内部記憶しておく範囲を小さくすることがメモリ効率の点から重要である。従来は、潜在変数のかなりの履歴データを記憶しておく必要があったが、この提案では直前の潜在変数だけを記憶しておき、新たなデータからの学習結果と重み付けして加算する手法を採った。問題は、この重み付けのための重み係数であるが、数理モデルを工夫して最適な重み係数を求めることに成功した。この成果は[査読付 9] に採択され、[受賞 2]を受けるなどの評価を得た。

- その他の研究としては、半正定値行列分解を利用したクラスタリング[査読付 1]、スペクトラルクラスタリングを利用した同義語抽出[査読付 7] 、Pitman-Yor 過程を利用してロングテール対応を図ったトピックモデル抽出の機械学習アルゴリズム[査読付 10] などで研究成果をあげ、難関国際会議に論文が採択されるという評価を受けた。
- 共同研究においては、スパムブログ収集方法[発表 4]、Wikipedia データを活用するためのツール開発[発表 5]などの成果をあげた。

紙数の関係から、以下では、オンライン学習に関する研究について詳述する。

2 オンライン学習アルゴリズム

2.1 背景

与えられた一定量の訓練データ全体に対し最適化を行う学習手法はバッチ学習と呼ばれ、SVM やロジスティック回帰(最大エントロピー法)のバッチ学習が自然言語処理を含む多くの問題に対し用いられてきた。バッチ学習に対し、訓練データを逐次的に受け取り、逐次的に学習を行う学習手法はオンライン学習と呼ばれる。オンライン学習は、例えば Web ページ、ブログ、ツイッターなど時間がたつにつれて性質が変わっていくデータに対しても適用可能であるだけでなく、訓練データを受け取る毎に簡単なパラメータ更新を行うだけでよい場合が多いため、大規模なデータを対象にする場合でも、小さなメモリで学習できる。さらにある程度の性能の学習結果までは短時間で学習できることが特徴である。また損失関数や誤分類するデータの総数に対し理論的な上限の保障ができる点など、多くの面から近年注目されている学習方法である。従来のオンライン学習は、バッチ学習に比べ精度が低いためあまり用いられてこなかったが、近年の研究によりバッチ学習に匹敵する精度が実現されうることが示されつつある。

2.2 内容

Crammer らによって提案された Passive-Aggressive アルゴリズム(PA アルゴリズム)[1]は代表的なオンライン学習アルゴリズムであるが、多クラス識別問題においては、厳密な PA アルゴリズムの枠組みから外れた近似解法が用いられてきた。本研究は本来の PA アルゴリズムの厳密解をサポートクラスという概念を用いて導出し、これらに基づく識別関数の更新を効率的に行う為のアルゴリズムを提案する。

ここで提案する Support Class Passive-Aggressive(SPA) アルゴリズムでは、データを受け取る毎に、サポートクラスと呼ぶ適当なクラスの集合を定義したことに新規性がある。このサポートクラス全体に関してパラメータ更新を行う。サポートクラスを適切に定めることによって、更新後の分類器は、訓練データを正しく分類できるようになる。このアルゴリズムは、受け取った訓練データを一定のマージンで正しく分類することを強制するような損失関数を設計し、Passive-Aggressive アルゴリズムの枠組みで用いることによって自然に得られる。SPA の概念を図１に示す。

2.2.1 問題設定

多クラス線形識別関数 $h_{w^{(i)}}$ とは、$x \in R^D$ に対し $p_i \in Y = \{1,2,...,K\}$ を返す関数であり、K 本の重みベクトル $\{w_u^{(i)}\}_{u \in Y} \left(w_u^{(i)} \in R^D\right)$ を用いて、以下のように表されるとする。

$$p_i = h_{w^{(i)}}(x_i) = \arg\max_{u \in Y}\left(w_u^{(i)} \cdot x_i\right)$$

ここで、$w^{(i)}=\{w_u^{(i)}\}_{u\in Y}$ とした。一般的なオンライン学習の枠組みにおいてはこの関数の学習を次の工程を繰り返すことによって行う。

1. i 番目のデータ $x_i \in X \subset R^D$ を受け取る。
2. i 番目の識別関数 $h_{w^{(i)}}$ によって x_i に対する予測クラス $p_i \in Y=\{1,2,...,K\}$ を計算する。
3. i 番目の正解クラス $y \in Y=\{1,2,...,K\}$ を受け取り、次の識別関数 $h_{w^{(i+1)}}$ を求める。

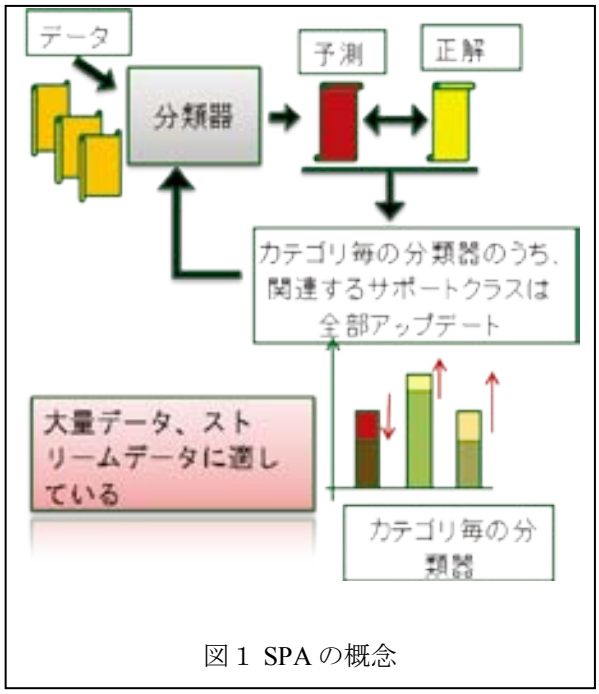


図 1 SPA の概念

PA アルゴリズムの枠組みにおけるオンライン学習の設定では、x_i に対応する正解ラベル y_i を受け取り、損失 $l(w;x_i,y_i)\geq 0$ を計算する。PA アルゴリズムの枠組みでは、損失関数に従い、次の識別関数に関する重みベクトルを以下の最適化問題を用いて特徴づける。

$$w^{(i+1)}=\min_w \frac{1}{2}\sum_{u=1}^{K}\left\|w_u-w_u^{(i)}\right\|^2 \qquad s.t. \qquad l(w;x_i,y_i)=0$$

この最適化問題の解は、損失が最小値 0 をとるような重みベクトルの中で最もデータを受け取った時点での重みベクトルからの変更が少ない重みベクトルとなる。Crammer らは、K クラス識別問題における PA アルゴリズムで用いる損失関数を以下のように定義している。

$$l(w;x,y)=\max_{u\neq y}\left[1-\left(w_y\cdot x-w_u\cdot x\right)\right]_+$$

$[\bullet]_+$ は $\max(\bullet,0)$ で定義される閾値関数である。この時、最適化問題(1)は K-1 本の線形制約式を持った凸最適化問題となる。Crammer らは計算の複雑性などを考慮してこれらの制約条件を緩和した問題の最適解を用いて識別関数を更新していた。

2.2.2 本研究での提案アルゴリズム[査読付 8] [査読付 16]

本研究においては近似解を用いず厳密な最適解を解析的に導出し、その最適解を用いて識別関数を更新する。導出された解析解は以下のようになる。

$$\begin{aligned} w_v^{(i+1)} &= w_v^{(i)}+\sum_{u\in S}\tau_u x_i \qquad (v=y_i)\\ w_v^{(i+1)} &= w_v^{(i)}-\tau_u x_i \qquad (v\in S)\\ w_v^{(i+1)} &= w_v^{(i)} \qquad (v\notin S) \end{aligned}$$

この S をサポートクラス集合と呼び、S の要素クラスすべてに対し重みベクトルの更新を行う。S の要素及び τ_v の値は我々が提案したアルゴリズムで計算できる。これを本稿では SPA アルゴリズムと呼び概要を表 1 に示す。また、Crammer らによる手法との違いおよびサポートクラス S の導出法を表 2 に示す。Crammer らによる PA-I、 PA-II アルゴリズムに

関しても同様に厳密解による更新アルゴリズムを導出した。これを本稿では SPA-I、 SPA-II アルゴリズムと呼ぶ。

表 1　導出された SPA アルゴリズム

$w_v^{(1)} = 0 \quad (\forall v \in Y)$
foreach $i = 1,2,..,N$ do
$l_v = \left[1 - \left(w_v^{(i)} \cdot x_i - w_{vi}^{(i)} \cdot x_i\right)\right] \quad (v \neq y_i)$
Compute j – th class $\sigma(\mathrm{j}) \in Y \setminus \{y_i\}$ in descending order of l_v for $\forall j \leq K-1$
$S := \varnothing;$
while $\sum_{j=1}^{|S|} \frac{l_{\sigma(j)}}{|S|+1} < l_{\sigma|S|}$ do
$S := S \cup \sigma(|S|);$
endwhile
$\tau_v := l_v - \sum_{u \in S} \frac{l_u}{|S|+1} \quad (v \in S)$
$\tau_v := 0 \quad (v \notin S)$
$w_v^{(i+1)} := w_v^{(i)} + \sum_{u \neq v} \tau_u x_i \quad (v = y_i)$
$w_v^{(i+1)} := w_v^{(i)} - \tau_u x_i \quad (v \neq y_i)$
endforeach

表 2: PA アルゴリズムと SPA アルゴリズム

	PA	SPA
最適化の定式化	$\min_w \frac{1}{2}\sum_{u=1}^{K}\left\|w_u - w_u^{(i)}\right\|^2$ s.t. $w_{yi} \cdot x_i - w_{pi} \cdot x_i \geq 1$	$\min_w \frac{1}{2}\sum_{u=1}^{K}\left\|w_u - w_u^{(i)}\right\|^2$ s.t. $\forall u \neq y_i, w_{yi} \cdot x_i - w_{pi} \cdot x_i \geq 1$
更新ステップサイズ	$\tau = \frac{1-\left(w_{yi} \cdot x_i - w_{pi} \cdot x_i\right)}{2\|x\|^2}$	$\tau = 2\|x\|^{-2}\left(l_v - \frac{1}{\|S\|+1}\sum_{u \in S} l_u\right)$
サポートクラス（SPA では条件）	p_i:1 個のクラスのみ	$\sigma(k): \sum_{j=1}^{K-1} l_{\sigma(j)} < k l_{\sigma(k)}$

2.2.3　半教師あり学習への拡張[査読付 4]

次に SPA を正解ではないテキストを活用して学習する方法、すなわち半教師有り学習に拡張した。正解は人手で作るので、作成コストが高く、量も少ない。一方、Web には膨大なテキストが溢れているので、正解ではないテキストを活用できると、小さなコストで高性能な分類器が作れる。半教師あり SPA の概念を図 2 に示す。

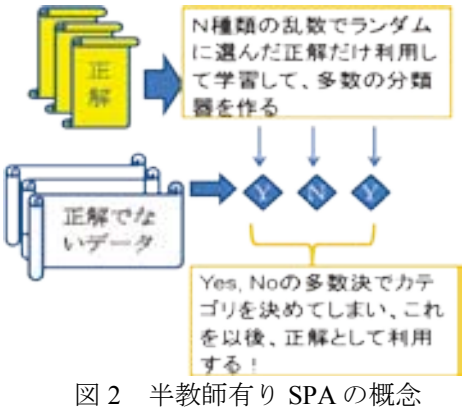


図 2　半教師有り SPA の概念

複数学習器の生成
我々の提案した学習法は、入力データからランダムに選択したデータでいくつかの疑似データ系列を作り、これを用いて複数の学習器を構成する。なお、ランダムな選択には Bernoulli 分布によって発生した系列で選択するかどうかを決める。数理モデルとしては次式で表される。ここでπはランダムに選択する部分の割合を決める分布のパラメターであり、vはクラスを表すインデクス、rは系列を表すインデクスである。

$$Z \sim Bernoulli(\pi), \qquad w_{r,v}^{(i+1)} = w_{r,v}^{(i)} + Z\alpha_i$$

これは、Online Bayes Point Machine と同じ考え方による。

正解づけられていないデータの処理
次に、人手で正解づけられていないデータに関しては、予測器の出力の多数決によって得られた結果を以後、正解として利用する。このような方法で、正解だけから学習する場合より性能が良くなることを示すことができた。

2.3 具体的成果

SPA の実験結果は以下の通りである。

20Newsgroups1、Reuters2、USPS3 のデータセットを用いて実験を行った。20Newsgroups、Reuters は文書分類、USPS は文字認識のタスクになっている。PA、PA-I、PA-II、SPA、SPA-I、SPA-II 及びパーセプトロンに対しこれらを 40 回まで反復し、各時点でのテストセットに対する識別精度の比較実験を行った。そしてこれらのオンライン学習法のアルゴリズムに加えて、2 つのバッチ学習法、多クラスロジスティック回帰および多クラス SVM における精度も検証し比較し 10 等分における交差検証を行い、超パラメータの調節はそのうちの一つを無作為に選んで行った。詳細は割愛するが、提案手法も含めたオンライン学習法はバッチ学習の 1/10 の時間で学習できた。また、誤識別率は、提案手法のひとつである SPA-II が 20Newsgroups1 で 4。96%、Reuters2 で 2。96%、USPS3 で 15。83%であり、これらは他のオンライン学習を 2 から 5%上回り、バッチ学習をも 1%以上上回る。

また、半教師あり学習においては、2 ないし 5%の精度向上が得られた。

意義および今後の展望

提案した多クラス分類アルゴリズム SPA は、従来のバッチ処理に匹敵する性能を持つ。これを人手で分類されていない新規データも利用して学習できる半教師あり学習へ拡張すると、省メモリ、高速性の観点から、時間的変化が激しく、ストリーム的に到着する Web データの分類のための強力な機械学習の枠組みとして期待できる。

参考文献

[1] Koby Crammer. Ofer Dekel, Joseph Keshet, Shai Shalev-Shwartz, and Yoram Singer。 Online Passive-Aggressive Algorithms. *Journal of Machine Learning Research*, 7, pp. 551–585, 2006.

3 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] Yoshida, Minoru, Hiroshi Nakagawa: Web People Search: Person Name Disambiguation and Other Problems, *Tutorial of the 2nd Asian Conference on Machine Learning* (*ACML 2010*), Nov. 8, 2010

受賞関連

[受賞 1] Shin Matsushima，Nobuyuki Shimizu， Kazuhiro Yoshida， Takashi Ninomiya， Hiroshi Nakagawa: Top 12 papers of SIAM SDM'2010: Exact Passive-Aggressive Algorithm for Multiclass Classification Using Support Class， *the 2010 SIAM International Conference on Data Mining* (*SDM'2010*)， April 2010.

[受賞 2] 佐藤 一誠:平成 22 年度山下記念研究賞，情報処理学会，2011 年 3 月

査読付論文

[査読付 1]柴山直樹, 中川裕志:確率的潜在意味解析における特異値行列の非対角化の解釈とその評価，*人工知能学会論文誌* 26，1，pp. 262-272，2011 年 1 月

[査読付 2]吉田稔, 池田雅紀, 小野真吾, 佐藤一誠, 中川裕志: 二段階クラスタリングを単語重み付与に応用した人名曖昧性解消， 日本データベース学会論文誌，9，2，pp. 19-24，2010 年 10 月

[査読付 3]佐藤一誠，中川裕志: Succinct Semi-structured Data Mining Based on FREQT， 日本データベース学会論文誌， Vol. 9， No. 1， pp. 76-81，2010 年 7 月

[査読付 4] 松島慎，佐藤一誠，二宮崇，中川裕志: PA アルゴリズムにおけるラベルなしデータからの学習， 日本データベース学会論文誌， Vol. 9， No. 1， pp. 82-87，2010 年 7 月

[査読付 5] Minoru Yoshida. Hiroshi Nakagawa: Mining Numbers in Text Using Suffix Arrays and Clustering Based on Dirichlet Process Mixture Models，The 14th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining(*PAKDD 2010*) Part II. Springer LNAI 6119，pp. 230-237，June ， 2010

[査読付 6] Yang Bin，Hiroshi Nakagawa: Computation of Ratios of Secure Summations in Multi-Party Privacy-Preserving Latent Dirichlet Allocation， *The 14th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*(*PAKDD 2010*) Part I. Springer LNAI 6118. pp. 189-197. June ，2010

[査読付 7] Nobuyuki Shimizu，Masashi Sugiyama，Hiroshi Nakagawa: Spectral Methods and Text Mining: Automatic Expansion of User， *IEICE Transactions*，E93-D，6，special issues on "Info-Plosion"，pp. 1378-1385，June 2010

[査読付 8] 松島慎，清水伸幸，吉田和弘，二宮崇，中川裕志: 多クラス識別問題における Passive- Aggressive アルゴリズムの効率的厳密解法， 電子情報通信学会論文誌：情報爆発特集号，Vol. J93-D， No. 6， pp724-732， 2010 年 6 月

[査読付 9] Issei Sato，Kenich Kurihara，Hiroshi Nakagawa: Deterministic Single-Pass Algorithm for LDA，*Neural Information Processing Systems Conference* (*NIPS2010*). Vancouver，B. C. ，Canada，December 2010

[査読付 10] Issei Sato，Hiroshi Nakagawa. Topic Models with Power-Law Using Pitman-Yor Process. *16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*，(*KDD2010*) pp. 673-682 ， July 2010

[査読付 11] Bin Yang， Hiroshi Nakagawa， Issei Sato， Jun Sakuma：Collusion-Resistant Privacy-Preserving Data Mining， *16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*，(*KDD2010*) pp. 483-492 ， July 2010

[査読付 12] Minoru Yoshida，Masaki Ikeda，Shingo Ono，Issei Sato，Hiroshi Nakagawa: Person Name Disambiguation by Bootstrapping，*The 33rd Annual* ACM SIGIR *Conference*. pp. 10-19，July，2010

[査読付 13] Minoru Yoshida. Hiroshi Nakagawa: Mining Numbers in Text Using Suffix Arrays and Clustering Based on Dirichlet Process Mixture Models, *The 14th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*(*PAKDD 2010*). pp. 230-237, June 2010

[査読付 14] Yang Bin, Hiroshi Nakagawa: Computation of Ratios of Secure Summations in Multi-Party Privacy-Preserving Latent Dirichlet Allocation, *The 14th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*(*PAKDD 2010*). pp. 189-197, June, 2010

[査読付 15] Yohei Noda, Yoji Kiyota, Hiroshi Nakagawa: Discovering Serendipitous Information from Wikipedia by Using its Network Structure, *Fourth International AAAI Conference on Web-logs and Social Media* (*ICWSM 2010*) , pp. 299-302, May 2010

[査読付 16] Matsushima, Nobuyuki Shimizu, Kazuhiro Yoshida, Takashi Ninomiya, Hiroshi Nakagawa: Exact Passive-Aggressive Algorithm for Multiclass Classification Using Support Class, *the 2010 SIAM International Conference on Data Mining* (*SDM'2010*) pp. 301-314, April 2010.

その他の発表論文

[発表 1] Minoru Yoshida, Shin Matsushima, Shingo Ono, Hiroshi Nakagawa: ITC-UT:Tweet Categorization by Query Categrization for On-line Reputation management , *Conference on Multilingual and Multimodal Information Access Evaluation*（*CLEF 2010*）*Labs WePS*, p. 94, Padua, Italy. Sept. 2010

[発表 2] Nobuyuki Shimizu, Hiroshi Nakagawa: Features for Detecting Hedge Cues, *ACL CoNLL2010*-ST 2010, Uppsala, Sweden July , 2010

[発表 3] 楊 斌, 中川裕志: EM 法に基づく混合ネットワークにおけるクラスタリング法. 第 3 回楽天研究開発シンポジウム. 主催：楽天株式会社 楽天技術研究所 2010 年 12 月

[発表 4] 石井聡一, 福原知宏, 増田英孝, 中川裕志：アフィリエイト ID を用いたスパムブログ収集手法, *DEIM2011*:第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム&第 9 回日本データベース学会年次大会, F2-4, 2011 年 2 月

[発表 5] 森竜也, 増田英孝, 中川裕志, 清田陽司:WIKIPEDIA からの再利用可能な構造化データの抽出手法, *DEIM2011*:第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム&第 9 回日本データベース学会年次大会, F3-4, 2011 年 2 月

[発表 6] 森井正覚, 佐久間淳, 佐藤一誠, 中川裕志:複数パーティーにおける統合したグラフのプライバシ保護リンク解析 *DEIM2011*:第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム&第 9 回日本データベース学会年次大会, C5-4, 2011 年 2 月

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. 2010

報道関連

[報道 1] 日本経済新聞, 商品検索簡単に － 東大発 VB リッテル －ネット購入 キーワード提示, 日本経済新聞 2009 年 5 月 13 日 １３面

[報道 2] ヤフー・グーグル提携：検索エンジン以後のビジネスに期待, 東京大学新聞 2010 年 8 月 31 日 2 面

自然言語処理のための基礎理論
—隠れマルコフモデルの集合型学習—

二宮 崇

1 概要

本年度は、自然言語処理の基礎理論と応用に関する研究を行い、主に隠れマルコフモデル(Hidden Markov Model, HMM)の集合型学習の研究を行った。HMM は、系列データを表現する基本的なモデルであり、音声認識や品詞解析など多くの実用的アプリケーションにおいて用いられている。HMM の学習は一般に過学習することが知られているが、本研究では HMM の集合に対し、パラメータの平均化を行うことにより過学習を緩和する手法を提案する。また、その他にオンライン学習、構文解析、英文読解支援の研究を行っており、本年度は、具体的には下記の研究内容を行った。

HMM の集合型学習 [受賞 1][発表 1] 本研究では HMM の集合型学習によるパラメータ推定の研究を行った。HMM のパラメータ学習においては多くの局所解が存在し、その性能は得られた局所解に大きく依存することが知られている。そのため、従来の HMM の学習では複数の HMM を学習し、その中で最も尤度の高い HMM を選択し、それ以外の HMM は用いられてこなかった。本研究では、これらの従来捨てられていた HMM も用いて、複数の HMM パラメータの平均を求めることにより、より尤度の高い HMM を実現する手法を提案する。

Passive-Aggressive 戦略の厳密解法によるオンライン学習 [査読付 1][査読付 2] [査読付 3] 本研究では Passive-Aggressive 戦略と呼ばれるオンライン学習の枠組における厳密解法による新しいオンライン学習手法を提案する。従来のアルゴリズムは Passive-Aggressive 戦略に対する緩和問題や近似解により導出されてきたが、本研究ではこの戦略における厳密解を閉じた式で導出することにより、新しいオンライン学習アルゴリズムを導出した。我々の提案するアルゴリズムは非オンライン学習よりも良い学習速度、メモリ効率を実現しながら、同時に非オンライン学習と同程度の精度を達成することに成功した。

オンライングラフティングの集合型学習 [発表 3] 機械学習における識別モデルの特徴関数は人手による試行錯誤で設計されているが、数十万から数百万に及ぶ特徴関数を人手で発見・制御することは非常に困難な作業となっている。オンライングラフティングは、特徴選択と最適化を同時に与える手法であり、最初は空の素性集合から始め、徐々に素性を増やすため、指数爆発的数の素性集合に対しても適用可能となる。しかし、その一方で、オンライングラフティングによる最適化は、訓練データに対し、過学習を起こすことが知られており、頻度の低い非常に複雑な合成特徴関数が選択され、結果として精度の高い識別器の実現は難しくなっている。本研究ではオンライングラフティングの過学習を抑制するために、オンライングラフティングの集合型学習を提案する。具体的には、オンライングラフティングにより複数の識別器を学習し、それらのパラメータの平均を得ることにより、よりテストに頑健な識別器を実現する。

英文読解支援システム [受賞 2][発表 2] 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。

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 4] 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。

HPSG 構文解析のためのスーパータガー[特記 1] 主辞駆動句構造文法(Head-driven Phrase Structure Grammar, HPSG)の構文解析のための新しい確率モデルの研究を行った。提案するモデルは、スーパータガーと呼ばれる辞書項目識別器によって与えられる確率分布を最大エントロピーモデルにおける参照分布とした確率的 HPSG である。この手法により、3〜4 倍の高速化とおよそ 2%ポイントの F スコアの向上を確認した。

本研究報告では、上記の中から HMM の集合型学習について報告する。

2 HMM の集合型学習

2.1 背景

HMM は、系列データを表現する基本的なモデルであり、音声認識や医学生物学の領域において、自動音声認識器や DNA のシーケンスアナライザーの実現のために広く用いられている。HMM が広く用いられている大きな理由は、音素や辞書などの HMM の具体的なモデルが与えられた時に、テキスト、音素列、DNA などの正解ラベルなしデータから、現実的な計算コストと精度で教師無し学習を実現できる、ということがある。一方、学習理論や機械学習の分野では、数十年にわたり、系列のための潜在変数を持つ生成モデルとして研究が盛んに行われている。HMM の学習理論においては、一般に、その潜在変数に、音素や品詞タグといった特定の状態を割り当てない汎用 HMM から学習することを想定しており、またその汎用 HMM は任意の状態から任意の状態へ遷移することを想定している。あるデータに対しこの汎用 HMM の尤度関数を最大化することにより、なんらかの状態を学習した特殊な HMM が得られ、学習過程においては徐々に各状態がなんらかの特殊なカテゴリーに対応していく。このようにして学習された HMM は、音声認識や機械翻訳の言語モデルとして用いるなど、多くのアプリケーションで用いることができ、また、教師無し学習による品詞解析器や、センサーからの異常値検出などにも用いることができる。しかし、このような HMM の学習には過学習の問題が指摘されている。正則化による学習はこの過学習の問題を緩和することが知られているが、正則化だけでは不十分で、過学習を抑制するためアーリーストッピングなどの処置が必要となっている。

2.2 内容

本研究は、複数の HMM を集積することにより、HMM における過学習を緩和する手法を提案する。最初に数十の HMM を異なる初期値で学習し、それらの学習された HMM の中で尤度が n ベストであるもののパラメータを平均化することにより、一つの HMM を得る。一般の HMM の学習においても、より良い局所最大の尤度を持つ HMM を見つけるために、複数の HMM を学習しているが、その中で最も尤度の高い HMM のみが用いられており、それ以外の HMM は用いられることがない。本提案手法はこれらの従来用いられなかった HMM を再利用し、過学習を緩和する。これらの n ベストの HMM のパラメータを平均化することにより、極端に大きな値を持つパラメータの値が緩和されることになる。パラメータの平均化を行うためには、各 HMM における各状態の対応がわからないといけないが、この対応は汎用 HMM の枠組みの中では明示的に与えられていない。本研究では対応をとるための三つの手法を提案する。

本研究の重要な点は、n ベストの HMM のパラメータ平均を求めるところにある。この平均化により、過学習されてしまった特殊な状態に対する重みを緩和することができ、この手法は一種のパラメータ正則化とも考えられる。従来の正則化手法は、懐疑的に均等に全てのパラメータに対しペナルティを与えていたが、本手法では、n ベストの中で特異な状態に対するパラメータにのみペナルティを与えることになり、従来手法よりもより細かな正則化の制御を与えることが可能となっている。

2.2.1 問題設定

HMM は、単語集合V、状態 ID$\{1,\cdots,S\}$、遷移行列A$(=a_{ij})$、出力行列B$(=b_{iv})$、初期状態ベクトル$\pi(=\pi_i)$からなる。ただし、a_{ij}は状態 IDiから状態 IDjに遷移する確率、b_{iv}は状態 IDiにおいて単語vを観測する確率、π_iは初期状態 ID がiになる確率を表しており、$\sum_j a_{ij}=1, \sum_v b_{iv}=1, \sum_i \pi_i=1$を満たす。

$X(=\{x_1,\cdots,x_n\})$を観測された単語の系列、$Z(=\{z_1,\cdots,z_n\})$をXに対する隠れ状態の列、θをモデルパラメータ$\{A,B,\pi\}$とする。このとき同時確率$p(X,Z|\theta)$は次のように定義される。

$$\begin{aligned} p(X,Z|\theta) &= p(Z|\theta)p(X|Z,\theta) \\ &= p(Z|A,\pi)p(X|Z,B) \end{aligned}$$

パラメータは$p(X|\theta)$を最大化するθを求めることにより得られる。また、$p(X|\theta)$は$p(X,Z|\theta)$についてZで周辺化することにより得られる。EM アルゴリズムによる各パラメータの更新式は次のとおりになる。

$$\begin{aligned} a_{ij}^{(new)} &= \sum_t \gamma_t(i,j) \Big/ \sum_t \gamma_t(i), \\ b_{iv}^{(new)} &= \sum_{t:x_t=v} \gamma_t(i) \Big/ \sum_t \gamma_t(i), \\ \pi_i^{(new)} &= \gamma_1(i) \end{aligned}$$

ただし、$\gamma_t(i)=p(z_t=i|X), \gamma_t(i,j)=p(z_t=i,z_{t+1}=j|X)$とする。

パラメータ学習においては、過学習を防ぐために EM アルゴリズムに事前分布を導入し、MAP 推定により、そのパラメータを求める。単語出力に対する事前分布を導入するため、ディリクレ分布がよく用いられる。

$$\begin{aligned} p(\theta|X) &\propto p(X|\theta)p(\theta) \\ &= \sum_Z p(Z|A,\pi)p(X|Z,B)p(B|\alpha) \\ p(B|\alpha) &= \frac{\Gamma(\sum_v \alpha)}{\prod_v \Gamma(\alpha)} \prod_v b_{iv}^{\alpha-1} \end{aligned}$$

ただし、$p(B|\alpha)$は出力確率に対するディリクレ分布であり、αはディリクレ分布のパラメータである。このとき、EM アルゴリズムによる更新は次のとおりになる。

$$b_{iv}^{(new)} = \frac{\sum_{t:x_t=v} \gamma_t(i) + \alpha - 1}{\sum_v \{\sum_{t:x_t=v} \gamma_t(i) + \alpha - 1\}}$$

2.2.2 提案手法

本研究では HMM の集合型パラメータ推定を提案する。まず、数十の HMM を異なる初期値で学習し、それらのパラメータの平均をとることにより、最終的に一つの HMM を得る。

$$\theta = \frac{1}{N}\left\{\theta^{(1)} + \sum_{i=2}^{N} \phi(\theta^{(1)}, \theta^{(i)})\right\}$$

ただし、Nは HMM の総数、$\theta^{(i)}$はi番目の HMM のパラメータ、ϕは二つの HMM パラメータにおける状態対応付けの関数である。

まず、N個の HMM を生成し、それらを異なる初期値で学習する。その後、HMM を訓練データに対する尤度の高い順に並べかえる。それらの並べ替えた HMM を$M^{(1)}, \cdots, M^{(N)}$とする。また、$M^{(1)}, \cdots, M^{(N)}$に対応するパラメータを$A^{(k)}, B^{(k)}, \pi^{(k)}$とする。単語出力確率のパラメータBは次のように表現される。

$$B^{(k)} = \begin{bmatrix} b_{11}^{(k)} & \cdots & b_{1V}^{(k)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{S1}^{(k)} & \cdots & b_{SV}^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_1^{(k)} \\ \vdots \\ \mathbf{b}_S^{(k)} \end{bmatrix}$$

$\mathbf{b}_i^{(k)}$は状態iに対する単語出力確率による単語ベクトルとみなすことができる。

次にこれらの$\mathbf{b}_i^{(k)}$に対する距離を Hellinger 距離で定義する。Hellinger 距離Hは、二つのベクトル$\mathbf{p}, \mathbf{q}$に対し、$H(\mathbf{p}, \mathbf{q}) = \sum_i \left(\sqrt{p_i} - \sqrt{q_i}\right)^2$で定義される。ここで、$h_{ij}^{(k)}$を次のように定義する。

$$h_{ij}^{(k)} = H(\mathbf{b}_i^{(1)}, \mathbf{b}_j^{(k)})$$

これにより、単語ベクトル間の距離が定義される。

次に、この単語ベクトル間の距離を用いて、状態の対応付けを行うことを考える。本研究では次の三つの対応付けを提案し、それぞれの性能を実験により評価する。

完全マッチングによる対応付け: この対応付けでは完全マッチングにより状態の対応付けを行う。つまり、異なる二つの HMM における状態の対応付けペア集合において、各状態はこのペア集合において必ず一度だけしか出現せず、各状態は他方の HMM の状態と 1 対 1 対応する。この完全マッチングにおいて、二つの HMM の単語ベクトルの距離の総和が最も近くなるように対応付けを求める。これは、次の線形計画問題として定義される。

$$\left\|\begin{array}{ll} \underset{q_{ij}^{(k)}}{\operatorname{argmin}} \displaystyle\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{S} q_{ij}^{(k)} h_{ij}^{(k)} & \\ \text{subject to} & \displaystyle\sum_{j=1}^{S} q_{ij}^{(k)} = 1 \quad (i = 1, \cdots, S) \\ & \displaystyle\sum_{i=1}^{S} q_{ij}^{(k)} = 1 \quad (j = 1, \cdots, S) \\ & q_{ij}^{(k)} \in \{0,1\} \end{array}\right.$$

この問題は、完全二部グラフにおける完全マッチングの問題と等価であるため、実験においては、ハンガリアン法を用いてこの線形計画問題を解いた。

貪欲対応付け: この対応付けにおいては、$M^{(1)}$における状態iに対し、$M^{(k)}$の状態$j(j = 1, \cdots, S)$の中から最も距離が小さい状態を選択する。つまり、状態iに対し、$h_{ij}^{(k)}$の値が最も小さい$j(j = 1, \cdots, S)$を選択する。この対応付けは次の線形計画問題として定義できる。

$$\left\| \begin{array}{l} \underset{q_{ij}^{(k)}}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^{S} \sum_{j=1}^{S} q_{ij}^{(k)} h_{ij}^{(k)} \\ \text{subject to} \quad \sum_{j=1}^{S} q_{ij}^{(k)} = 1 \quad (i = 1, \cdots, S) \\ \qquad\qquad q_{ij}^{(k)} \in \{0,1\} \end{array} \right.$$

閾値対応付け: この対応づけでは、ある閾値より近い距離の状態を全て対応づける。

$$q_{ij}^{(k)} = \begin{cases} 1 & \text{if } h_{ij}^{(k)} < \tau \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

上記の対応付けが与えられたとき、パラメータ平均化は次のように計算される。

$$\overline{B} = \frac{1}{N}\{B^{(1)} + \sum_{k=2}^{N} Q^{(k)} B^{(k)}\},$$
$$\overline{\pi} = \frac{1}{N}\{\pi^{(1)} + \sum_{k=2}^{N} Q^{(k)} \pi^{(k)}\}$$

ただし、$Q^{(k)} = \left(q_{ij}^{(k)}\right)$である。

完全対応付けの場合は、遷移確率行列の平均化は次のように計算される。

$$\overline{A} = \frac{1}{N}\{A^{(1)} + \sum_{k=2}^{N} Q^{(k)} A^{(k)} {Q^{(k)}}^{T}\}$$

完全対応付けでない場合は遷移確率行列の平均を求めることができないため、$\overline{A} = A^{(1)}$としている。

2.2.3 実験

本研究では、Penn Treebank に収録されている Wall Street Journal 11,000 文を用いて実験を行った。10,000 文は訓練に用い、1000 文はテストに用いた。性能はテストデータに対する負対数尤度(テスト負対数尤度, Test negative log-likelihood)で評価した。テスト負対数尤度は小さければ小さいほど良い性能を示していることになる。

図 1 は状態数に対するテスト負対数尤度を示しており、図 2 は学習時における反復回数に対するテスト負対数尤度を示している。図 1,2 における random は状態の対応付けをランダムに与えた場合の結果を表しており、max training は訓練データに対し尤度最大となった HMM を用いた場合の結果であり、max test はテストデータに対し尤度最大となった HMM を用いた場合の結果となっている。また、perfect は完全対応付け、greedy は貪欲対応付け、threshold は閾値対応付けによる結果を表している。図 1 の結果より、従来手法では状態数に対し過学習を起こしており、状態数が増えるにつれ一度性能が向上するものの、さらに状態数が増えると性能が低下することがわかる。我々の提案手法では完全対応付け、貪欲対応付け、閾値対応付けのどの場合でも過学習を起こすことなく性能

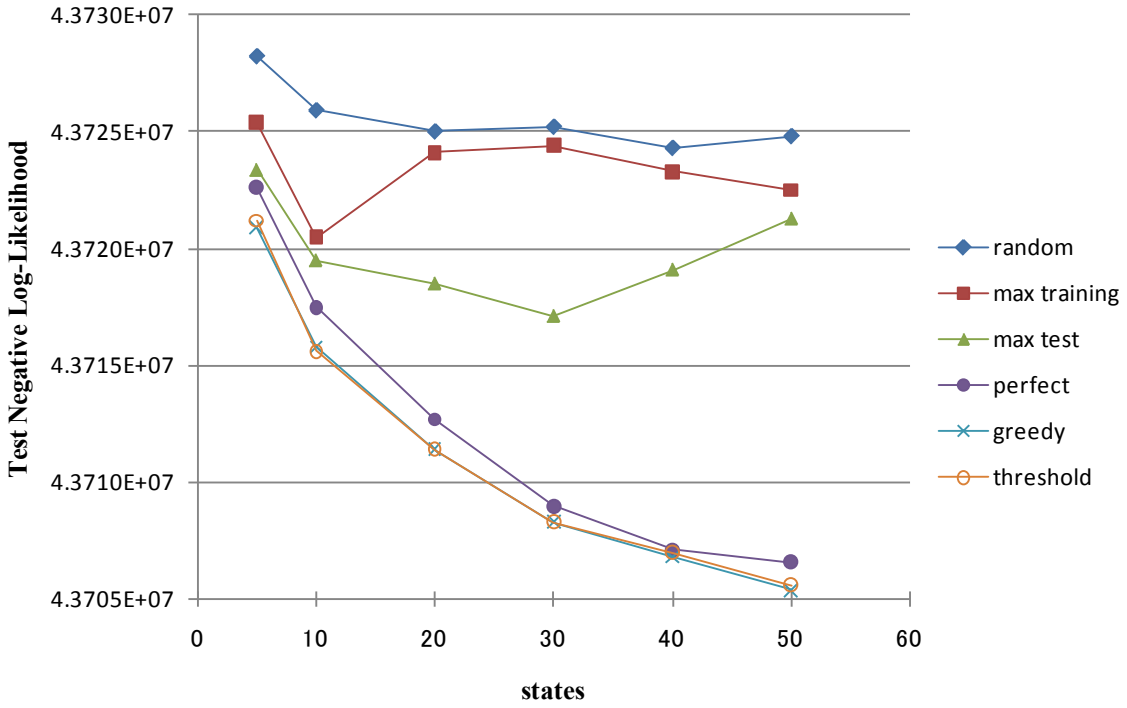


図 1　状態数に対するテスト負対数尤度 (Test negative log-likelihood)

が向上することが図よりわかる。また、これらの三つの提案手法の中では閾値対応付けが最も良い結果を示した。図 2 は学習曲線を示しており、従来手法では過学習のため、学習の反復回数を増やすと却って性能が低下することが図よりわかる。このため、従来手法では別のデータを用意して、性能が低下し始めるところで、学習を強制的に終了させるアーリーストッピングが必要になることがわかる。提案手法では、学習の反復回数を増やしても性能が低下することなく、学習を続ければ続けるほど性能が向上することが図よりわかる。また、図 1 においても、図 2 においても、従来の手法よりも提案手法のほうが良い性能を示していることがわかる。

2.3　具体的成果

本研究では HMM の学習における過学習の問題を緩和する新しい手法を提案した。本手法では異なる初期値で学習された数十の HMM のパラメータを平均化することにより、一つの HMM を得る。実験により、本手法により得られた HMM は、過学習を十分に抑制し、また、訓練データにおいて最も良い尤度の HMM よりも良い性能を示した。

パラメータの平均化のために、完全対応付け、貪欲対応付け、閾値対応付けの 3 種類の状態の対応付けを提案した。実験により、貪欲対応付けと閾値対応付けはほぼ同じ性能を示したが、完全対応付けはこれら二つの対応付けよりも若干性能が悪かった。これは、一対多の関係にある状態の対応に対し、一対一の対応付けを強制したことによるものと考えられる。

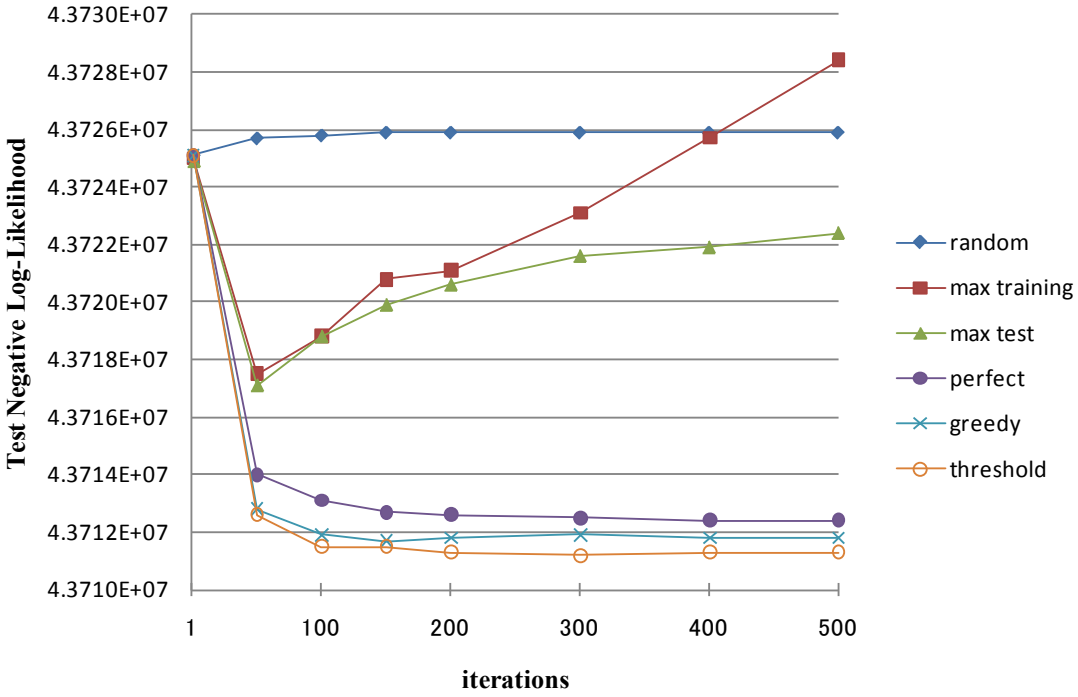


図 2 学習の反復回数に対するテスト負対数尤度 (test negative log-likelihood)

3 成果要覧

受賞関連

[受賞 1] 黒澤 雅人, 佐藤 一誠, 松島 慎, 二宮 崇, 中川 裕志: NLP 若手の会 第 5 回シンポジウム奨励賞, NLP 若手の会, 2010 年 9 月.

[受賞 2] 江原 遥: 情報処理学会 HCI 研究会 2010 年度 学生奨励賞, 情報処理学会 HCI 研究会, 2011 年 3 月.

査読付論文

[査読付 1] Shin Matsushima, Nobuyuki Shimizu, Kazuhiro Yoshida, Takashi Ninomiya and Hiroshi Nakagawa: Exact Passive-Aggressive Algorithm for Multiclass Classification Using Support Class, In the Proceedings of the Tenth SIAM International Conference on Data Mining (SDM10), pp. 303-314, 2010.

[査読付 2] 松島 慎, 佐藤 一誠, 二宮 崇, 中川 裕志: PA アルゴリズムにおけるラベルなしデータの利用, 日本データベース学会論文誌, vol. 9, no. 1, pp. 82-87, 2010 年 6 月.

[査読付 3] 松島 慎, 清水 伸幸, 二宮 崇, 中川 裕志: 多クラス識別問題における Passive- Aggressive アルゴリズムの効率的厳密解法, 電子情報通信学会論文誌 D, vol. J93-D, no. 6, pp. 724-732, 2010 年 6 月.

[査読付 4] Takashi Ninomiya, Takuya Matsuzaki, Nobuyuki Shimizu, Hiroshi Nakagawa: Deterministic shift-reduce parsing for unification-based grammars, Natural Language Engineering, Cambridge University Press (to appear).

その他の発表論文

[発表 1] 黒澤 雅人, 佐藤 一誠, 松島 慎, 二宮 崇, 中川 裕志: HMM におけるアンサンブル学習, NLP 若手の会 第 5 回シンポジウム, 東京, 2010 年 9 月.

[発表 2] 江原 遥, 二宮 崇, 清水 伸幸, 中川 裕志: en.newikipedia.org: 英語版 Wikipedia 中のユーザが知らない英単語を予測するユーザ参加型読解支援システム, 情報処理学会研究報告 Vol. 2010-HCI-138 No. 4, 2010 年 5 月.

[発表 3] 大井 健吾, 二宮 崇: オンライングラフティングのアンサンブル学習, 情報処理学会 第 73 回全国大会講演論文集, vol. 1, pp. 301-302, 2011 年 3 月.

特記事項

[特記 1] Takashi Ninomiya, Takuya Matsuzaki, Yusuke Miyao, Yoshimasa Tsuruoka and Jun'ichi Tsujii: HPSG Parsing with a Supertagger, In Harry Bunt, Paola Merlo and Joakim Nivre (eds.), Trends in Parsing Technology: Dependency Parsing, Domain Adaptation, and Deep Parsing, pp. 243-256, Springer-Verlag, 2010.

テキストマイニングの基盤技術に関する研究 — Twitterを対象とした組織名曖昧性解消 —

吉田 稔

1 概要

今年度は、昨年度に引き続き、大量のテキストデータを活用するための**テキストマイニング**について、以下の研究を行った。本稿では、このうち「Web 検索における同名曖昧性解消に関する研究」に関して、新たに「組織名曖昧性解消」の問題に取り組み、国際ワークショップへの参加を行ったため、これについて詳細に解説を行う。

- Web 検索における同名曖昧性解消に関する研究 [査読付 1][査読付 2][発表 4][特記 2]

  Web における人名検索結果の曖昧性解消のための研究。本年度は、新たに、「Twitter 上の発言における組織名の曖昧性解消」の問題に取り組み、国際ワークショップ WePS-3 に参加した。また、国際会議および論文誌での成果発表のほか、タスク全体を概観するチュートリアルを国際会議 ACML2010 において行った。

- テキスト中の数値表現検索システムに関する研究 [査読付 3]

  テキスト中の数値表現を対象としたテキストマイニングシステムの研究。本年度は、数値に対する検索支援を行う手法について、より多くの数値表現を扱えるような拡張を行った。

- 同義語・類義語抽出に関する研究 [特記 1]

  テキストから自動的に同義語・類義語を抽出するための研究。本年度は、新たなコーパスへの適用の検討が主であった。そのほか、関連する解説記事の執筆を行った。

- 株価とテキストの関連分析に関する研究 [発表 1][発表 2][発表 3]

  企業に関するニュース記事と、その企業の株価等の指標の関連を分析する研究。本年度は、記事のキーワード絞り込みによる取引高予測精度向上のための研究を行った。

- Web 文書構造の解析

  Web 文書のレイアウトを解析し、文書構造を抽出する研究。本年度は、昨年度に引き続き、レイアウトに対する新たな確率モデルの検討を行った。

2 Twitter 上の発言に対する組織名曖昧性解消

2.1 背景

本年度、我々は、人名曖昧性解消に関する評価型ワークショップ「WePS (Web People Search) 」のサブタスクである On-line Reputation Management Task に参加した。本タスクは、「組織の評判情報をツイッターで検索する状況」を想定し、組織名で検索した結果のツイートが、本当に当該組織への言及

なのか否かを判定するというものである。例えば、Apple 社に関するツイートを検索語「Apple」で取得した場合、「... Apple PC ...」というツイートは正解、「... Apple Pie ...」というツイートは不正解ということになる。これは、名前の参照曖昧性解消問題の一形態と捉えることができ、近年盛んに研究されている「人名曖昧性解消タスク」の技術が応用できると考えられる。しかしながら、本タスクの特徴として、対象となる文書 (ツイート) が非常に短いということが挙げられる。これは、通常の人名曖昧性解消タスクが Web 文書を対象としていたことに比較すると、曖昧性解消のために使える文脈情報があまり多く得られないという点で、より難しいタスクとなっていることが予想される。

このタスクに対して、我々は、「ツイート分類の前に、組織名そのものを『分類の簡単な組織名』と『分類の難しい組織名』に判別する」というアイデアに基づくアルゴリズムを提案した。具体的には、前述の「Apple」のように、「一般語として使われやすい語」と、「McDonald's」のように、「固有名詞らしい語」を予め判別しておき、判別結果に応じて、その後のツイート分類を、「一般語と組織名を分類するアルゴリズム」と「大部分が組織名の中から、そうでないノイズを除くアルゴリズム」といったそれぞれ別々のアルゴリズムで行うというものである。実際に、訓練データ中の TRUE ツイート (＝ツイートが確かに当該組織に言及している場合) と、FLASE ツイート (＝ツイートが当該組織に言及していない場合) の比率を計算してみると、その値は、対象組織によって大きく異なることがわかった (例えば、検索語「nikon」の場合は 98%、検索語「Renaissance」の場合は 1%以下であった。)

2.1.1 タスク設定

訓練データ、テストデータ共に、組織名 (例:「marriott international」) と、ツイートを得るための検索語 (例:「Marriott」)、その組織のホームページ URL、そして、検索で得られた 700 ツイートからなる。さらに、訓練データ中の各ツイートには、そのツイートがその組織に言及しているかを表す、TRUE か FALSE のラベルがつけられている。On-line Reputation Management Task は、テストデータ中の各ツイートに TRUE(「当該組織に言及」) か FALSE(「当該組織に言及していない」) のラベルを付与する問題である。

2.2 内容

前述の通り、アルゴリズムは、二段階に分かれている。第一段階 (Stage 1) は「クエリ分類」、第二段階 (Stage 2) は「ツイート分類」である。以下、各段階について詳述する。

2.2.1 Stage 1: クエリ分類

第一段階では、各クエリを、「組織名らしさ」(そのクエリが、(何の文脈もないときに) 単独で現れたときに、組織名を表している可能性) に従って、3 ないし 4 のクラスに分類する。

まず、訓練データの各クエリを、全ツイート中での TRUE ツイートの割合 (以下、t で表す) に従って、各クラスに分類する。我々は、3 クラスと 4 クラスの 2 種類のクラス分類を試した。3 クラス分類においては、各クエリを、以下のルールで分類する。

Class 1: TRUE 寄りクエリ: if $t > \theta_1$,

Class 2: FALSE 寄りクエリ: if $t < \theta_2$,

Class 3: 中立クエリ: それ以外の場合。

また、4 クラス分類の場合は、以下のルールとなる。

Class 1: TRUE 寄りクエリ: if $t > \theta'_1$,

Class 2: FALSE 寄りクエリ: if $t < \theta'_2$,

Class 3: 中立クエリ: if $\theta'_3 < t \leq \theta'_1$,

Class 4: やや FALSE 寄りクエリ: それ以外の場合。

これらのルールにおいて、しきい値 θ_i と θ'_i は、訓練データを見て人手で決定した値であり、3 クラス分類ルールにおいては $\theta_1 = 0.66..$ および $\theta_2 = 0.33..$、4 クラス分類ルールにおいては $\theta'_1 = 0.9$, $\theta'_2 = 0.1$, および $\theta'_3 = 0.5$ となっている。

自動分類のさいに用いる素性 (特徴量) としては、単語頻度等、複雑な言語的素性は用いず、パターンマッチングによる単純な素性 (以下で説明する、「略語か否か？」の素性等) のみを用いた。これは、今回の問題において、訓練データとテストデータでは、異なる組織に関するツイートが用いられているため、言語的素性があまり有効ではないと判断したためである (有効な言語的素性、典型的には、その組織に関連する単語等は、組織によって変わると考えられるため。) その代わりに、提案手法では、URL 等のメタデータを素性として用いて分類器を学習させた。学習器は、以下の 6 種の二値素性を用いた Naive Bayes 分類器である。(分類器は、機械学習のパッケージとしてよく用いられる Weka[1] ツールキットを利用した。)

クエリと組織名が同一か否か？ この素性は、例えば組織名「Apple」に関してクエリが「Apple」であれば真となり、例えば組織名「Amazon.com」に対してクエリが「Amazon」となっているような場合に偽となる。これは、クエリと組織名が異なっている場合は、クエリが組織を特定するのに不十分である可能性が高いという予想に基づいて導入した素性である。(例えば、「Delta Holding」に対してクエリが「Delta」であった場合は、「Delta Air Lines」と混同される可能性が高い。)

URL(のうち、ドメイン部分) が、クエリや組織名を含んでいるか？ この素性は、例えばクエリ「Apple」に対して、URL が正規表現 `http://(www.)?apple.[a-z]/` で表現される場合に真となる。これが真になるということは、その組織が独自ドメインを持っているということであり、ある程度大きな組織である可能性が高い。

Wikipedia に、クエリ文字列に関する「曖昧性回避のためのページ」が存在するか？ 曖昧性回避ページがあるということは、それだけそのクエリ文字列が曖昧性を持っており、さらに、それぞれの意味がある程度メジャーであることを意味する。従って、この素性が真の場合、分類は難しくなる可能性が高い。

クエリが略語 (acronym) となっているか？ 略語 (acronym) は、一般的に、2〜3 文字で構成されるため、異なる概念の略語がたまたま同じとなり、曖昧性を持つことが多い。従って、この素性が真である場合は、曖昧性が高く、分類の難しい問題である可能性が高い。

検索エンジンにクエリを投げた結果の最上位の URL が、与えられた URL と一致するか？ もしも問題の組織がクエリ文字列の表す代表的な組織であった場合、検索結果の最上位に当該組織がリストされるはずであり、その場合、関連するツイートもその組織を表している (TRUE となる) 可能性が高い。

クエリ文字列が、辞書の見出しに存在するか？ これは、クエリ文字列が一般的な語か否かを判定するための素性である。クエリ文字列が辞書に登録されている場合、それはそのクエリが一般語として用いられることを意味し、そのクエリで検索されたツイートは、より組織名以外の一般の概念としてそのクエリ文字列を用いている可能性が高い。

2.2.2 Stage 2: ツイート分類

第二段階では、問題中のそれぞれのツイートを、「当該組織に言及している」(TRUE) か否 (FALSE) かに分類する。これらは、以下に説明する単純なルールに基づいて決定される。

[1] http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/

まず、システムは、それぞれのツイート中の単語に、品詞タグと固有名詞タグを付与する。品詞タグは、http://nlp.stanford.edu/software/tagger.shtml で、固有名詞タグは、http://nlp.stanford.edu/software/CRF-NER.shtml で入手できるツールを用いた。ツイート分類ルールは、これらのタグに基づき、以下の通り各ツイートを TRUE と FALSE に分類する。(前述の通り、クエリのクラスタ分類結果に基づき、異なるルールが用いられる。)

Class 1: TRUE 寄りクエリの場合　クエリが TRUE 寄りだった場合、それぞれのツイートは、以下の条件 (クエリが組織名でないことを示す強い証拠がある場合) に当てはまるときのみ FALSE とし、それ以外はすべて TRUE と判定する。

1. もしも、クエリ文字列に、固有名詞タグ「人名」あるいは「場所名」が付与されていれば、FALSE
2. それ以外の場合、TRUE

Class 2: FALSE 寄りクエリの場合　一方、FALSE 寄りクエリの場合については、逆に、「ツイート中のクエリ文字列が目的の組織名を指す」という強い証拠がある場合のみ TRUE と判定し、残りの場合をすべて FALSE とする。具体的な分類ルールは以下である。

1. もしも、組織名が 2 単語以上で構成され (例:「Cisco Systems」)、それらの単語がすべてツイートに含まれていれば、TRUE と判定
2. もしもツイートが対象組織の URL を含んでいれば、TRUE と判定
3. どちらも成り立たなければ、FALSE と判定

Class 3: 中立クエリの場合　クラス 3(中立クエリ) の場合のツイート分類ルールは、クラス 1(TRUE 寄りクエリ) のルールに、さらに多くの FALSE ツイートを見つけるルールを追加したものである。これは、クラス 3 のクエリに対しては、より多くの FALSE ツイートが存在するという仮定に基づく。具体的な分類ルールは以下である。

1. もしも、クエリ文字列の NE タグが「人名」か「地名」であれば、FALSE
2. もしも、クエリ文字列の品詞タグが「固有名詞」で**なければ**、FALSE
3. それ以外の場合、TRUE

さらに、検証のため、上記のルール 2 を以下のものに変えたバージョンも作成した。これは、ルール 2(クエリ文字列が固有名詞以外だった場合をすべて FALSE と判定) の FALSE 検出能力を弱めたものである。(固有名詞は同時に名詞でもあることに注意されたい。) 以後、上記のルール 2 を「強フィルタ」、下記のルール 2 を「弱フィルタ」と呼ぶ。

2. もしも、クエリ文字列の品詞タグが「名詞」で**なければ**、FALSE

Class 4: 弱 FALSE 寄りクエリ　4 クラス分類を採用した場合のみ用いられる。このクラスでは、クラス 2(FALSE 寄りクエリ) 用のルールに、より多くの TRUE ツイートを検出するための新たなルールを加える。(クラス 2 よりも多くのツイートが TRUE であると予想されるため。) 具体的には、以下のルールとなる。

1. もしも、組織名が 2 単語以上で構成され (例:「Cisco Systems」)、それらの単語がすべてツイートに含まれていれば、TRUE と判定
2. もしもツイートが対象組織の URL を含んでいれば、TRUE と判定
3. もしもクエリ文字列の NE タグが「組織名」であれば、TRUE と判定。
4. どれも成り立たなければ、FALSE と判定

表 1: 性能評価結果

システム名	正解率	Precision (正例)	Recall (正例)	F-measure (正例)	Precision (負例)	Recall (負例)	F-measure (負例)
LSIR,EPFL_1	**0.83**	0.71	**0.74**	**0.63**	**0.84**	0.52	0.56
ITC-UT_1	0.75	**0.75**	0.54	0.49	0.74	**0.60**	**0.57**
ITC-UT_2	0.73	0.74	0.62	0.51	0.74	0.49	0.47
ITC-UT_3	0.67	0.70	0.47	0.41	0.71	0.65	0.56
ITC-UT_4	0.64	0.69	0.55	0.43	0.70	0.55	0.46

提出システムの設定　ワークショップには、以下の 4 種類の分類ルール設定のシステムを作成し、それぞれを参加させた。(なお、ワークショップのルールでは、参加システム上限は、一チーム 5 システムまででであった。)

ITC-UT_1: 3 クラス分類採用、クラス 3 のルール 2 で、強フィルタ (固有名詞以外は FALSE) 使用

ITC-UT_2: 3 クラス分類採用、クラス 3 のルール 2 で、弱フィルタ (名詞以外は FALSE) 使用

ITC-UT_3: 4 クラス分類採用、クラス 3 のルール 2 で、強フィルタ (固有名詞以外は FALSE) 使用

ITC-UT_4: 4 クラス分類採用、クラス 3 のルール 2 で、弱フィルタ (名詞以外は FALSE) 使用

2.3　具体的成果

上記提案システムを、WePS-3 評価キャンペーンに参加させた。システムの評価は、正例、負例それぞれについて正解率 (accuracy)、精度 (precision)、再現率 (recall)、F 値 (F-measure) といった、標準的な評価指標を計算したもので算出される。我々の提出システムと、ワークショップでトップの成績だったシステム (「LSIR,EPF_1」) の結果を、表 1 に示す。提出システムの中では、ITC-UT_1 が最も高い正解率となった。また、ワークショップ全参加システムの中でも、2 位の成績となった。4 クラス分類 (「弱 FALSE 寄りクエリ」クラスの導入) を用いたシステムの性能は、「負例に対する recall」を除くほとんどの指標で、3 クラス分類よりも下となった。負例に対する recall の上昇は、「弱 FALSE 寄りクエリ」用のルールが、「中立クエリ」用のルールよりもより多く FALSE を出力することを考えれば、自然な結果といえる。それ以外の指標での性能低下は、「弱 FALSE 寄り」に、必要以上に多くのクエリを分類してしまったことが原因と考えられる。結果論としては、学習データ作成時に用いた「弱 FALSE 寄り」のしきい値設定範囲を、より狭くする必要があったといえる。

表からわかる通り、クラス 3 用ルールで強フィルタを用いた場合と弱フィルタを用いた場合では、「正例に対する再現率」を除くすべての指標で前者の性能が上となった。弱フィルタは、より多くの TRUE ツイート (真陽性) を拾える代わり、より多くの FALSE ツイートも TRUE と判定してしまう (偽陽性)。評価結果は、前者による性能向上が、後者による性能低下をカバーできなかったことを示している。

次に、提出システムの性能を、ワークショップのトップシステム (LSIR,EPFL_1) と比較する。多くの指標で、LSIR のほうが高い性能であったが、「正例に対する精度」と「負例に対する再現率」では、提出システムが高い性能となった。このことから、提出システムでは、より多くのツイートを FALSE に分類する傾向があることがわかる。ツイート分類ルール、特にクラス 3(中立クラス) におけるツイート分類ルールを、あまり FALSE が多くならないよう改良することで、より提出システムの性能を向上させられると考えられる。

今後の課題としては、提案したツイート分類ルールが非常に単純であるため、これを改良していくことが挙げられる。また、現在、第一段階における訓練データの作成は、人手で決め打ちしたしきい値でクエリを分類した結果を用いているが、このしきい値を、例えば交差検定等の標準的なパラメー

タ設定手法を用いることにより、(あるいは、単純に訓練データでの正解率を最大化するようなパラメータを発見することにより、) より第二段階のルールに対して適切となるよう調節することにより、性能を向上させられると考えている。

3 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] 吉田稔, 池田雅紀, 小野真吾, 佐藤一誠, 中川裕志: 二段階クラスタリングを単語重み付与に応用した人名曖昧性解消, 日本データベース学会論文誌 Vol.9, No.2, pp.19-24, 2010 年 11 月

[査読付 2] Minoru Yoshida, Masaki Ikeda, Shingo Ono, Issei Sato, and Hiroshi Nakagawa: Person Name Disambiguation by Bootstrapping, Proceedings of SIGIR-2010 (the 33rd Annual ACM SIGIR Conference), pp. 10-17, Geneva, Swiss. July, 2010.

[査読付 3] Minoru Yoshida, Issei Sato, Hiroshi Nakagawa, and Akira Terada: Mining Numbers in Text Using Suffix Arrays and Clustering Based on Dirichlet Process Mixture Models, Proceedings of PAKDD-2010 (The 14th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining), Springer (LNAI 6119), pp. 230-237, Hyderabad, India, June, 2010.

その他の発表論文

[発表 1] 吉田稔, 中川裕志, 石田智也, 中嶋啓浩, 松井藤五郎, 和泉潔, 池田翔, 本多隆虎: ニュース記事の見出しを利用した取引高予測の試み, 第 6 回 人工知能学会 ファイナンスにおける人工知能応用研究会 (SIG-FIN), 東京, 2011 年 1 月

[発表 2] 和泉潔, 牧野龍彦, 石田智也, 中嶋啓浩, 松井藤五郎, 吉田稔, 中川裕志, 本多隆虎: テキスト分析による業種別平均株価の動向推定, 第 5 回 人工知能学会 ファイナンスにおける人工知能応用研究会 (SIG-FIN), 東京, 2010 年 10 月

[発表 3] 本多隆虎, 和泉潔, 松井藤五郎, 吉田稔, 中川裕志, 石田智也, 中嶋啓浩, 菅原俊治: 日次ニュース業界別記事抽出による株価変動予測, 第 5 回 人工知能学会 ファイナンスにおける人工知能応用研究会 (SIG-FIN), 東京, 2010 年 10 月

[発表 4] Minoru Yoshida, Shin Matsushima, Shingo Ono, Issei Sato, Hiroshi Nakagawa: ITC-UT: Tweet Categorization by Query Categorization for On-line Reputation management, WePS-3, CLEF 2010 Labs, Padua, Italy, Sept., 2010 (評価型ワークショップ:5 チーム中 2 位)

特記事項

[特記 1] 吉田稔, 中川裕志: テキストマイニングの活用 (解説記事), 情報の科学と技術 60 巻 6 号, pp.230-235, 2010

[特記 2] Minoru Yoshida, Hiroshi Nakagawa: Web People Search: Person Name Disambiguation and Other Problems (Tutorial), the 2nd Asian Conference on Machine Learning (ACML 2010), Tokyo, Nov., 2010

知識発見と機械翻訳の自然言語処理要素技術

—辞書と意味関係の抽出—

清水伸幸

1　概要

本研究の目的は、英語、日本語、中国語など、自然言語で書かれたテキスト情報から、有益な知識を効率的に発見するための自然言語処理の基礎技術を発展させることにある。具体的には、自然言語処理の要素技術として、以下の5つのトピックについて研究を進めた。

- 専門用語の抽出と意味関係の認定
- 言語横断学術文献検索におけるクエリサジェスト辞書の自動作成
- 言語ヘッジ検出

また、言語ヘッジ検出の成果を一般に公開するため機械学習テンプレートライブラリに学習モデルを追加した。

2　専門用語の抽出と意味関係の認定

2.1　背景

新たな研究の推進には、過去の研究という巨人の肩の上に立つことが欠かせない。 ここで重要となるのは、これまでに行われてきた研究に関する学術論文の検索、インデキシングする技術である。本研究では、中川研究室で行われてきた専門用語抽出システム、GensenWeb をベースに、専門用語の意味関係を抽出する実験を行った。

2.2　内容

日本語の専門用語、および中国語の専門用語の各々において同義語抽出アルゴリズムの精度を改善するため、専門分野の特徴を利用する方向で検討した。専門用語の分布仮説に従い、同一言語内で類義となる複合語を見つける手法を実験したが、専門用語では文脈情報が疎であるため精度に課題があり、そのような手法と比べ、日中機械翻訳プロジェクトのように、対訳コーパスが存在する場合には、コーパスから取り出した単語アライメントを利用した意味関係の強化がより効果を発揮することが分かった。
性能評価は、以前の人手によるサンプル評価に付け加えて、日中言語横断学術文献検索を設定し、ユーザーの検索を支援するクエリ候補を提案する辞書に意味関係辞書を利用することとした。
これにあわせ、昨年度までに構築した専門用語の意味関係の獲得システムと対訳辞書の抽出システムを再構築した。

2.3 具体的成果

本研究の結果は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、言語横断学術文献検索アプリケーションの一部としてデモンストレーションした。

3 言語横断学術文献検索

3.1 背景

日本語のネイティブスピーカーにとって、第二外国語で書かれた学術文献に精通するには多大な量力が必要となる。 特に、進歩が目覚しい中国語における学術文献の検索の需要は今後高まると予測される。 前項で抽出した専門用語の意味関係を実際の学術研究に役立てるため、検索でクエリ入力の際、類似したコンテキストで使われる専門用語を提案する機能をデモ用の検索 UI に追加し、そこで必要となるクエリサジェスト辞書の項目を自動抽出する技術を開発した。

3.2 内容

専門用語の意味関係の抽出システムをクエリサジェスト辞書に適応するにあたり、以下の二つのシステムを提案し、比較した。

a) 日中対訳コーパスから日本語の同義語、類義語辞書をそれぞれ抽出し、平成 21 年度に開発した、文単位での単語アライメント付けを利用する日中 2 言語間の専門用語対訳辞書を採用して、上記の同義語、類義語辞書における意味関係を強化する提案手法、
b) 同様に対訳を利用するが、文単位ではなく、統計的手法で得られた日中対訳コーパス全体の対訳フレーズテーブルを利用し、サジェスト専門用語を発見する手法である。
結果として、(b)ではクエリサジェストに求められる多様性が不十分であり、(a)の手法を採用した。

また、言語横断学術文献検索においては適合率重視の対訳辞書が新たに求められたため、日中対訳コーパスから統計翻訳によりコーパス全体の対訳フレーズテーブルを見つけ、存在する日本語の専門用語を自動抽出した後、対応する翻訳確率の高い中国語に用語フィルターをかける手法を提案し、情報および環境科学分野の専門用語対訳辞書を構築した。

評価の流れとしては、ユーザーがクエリを打ち込んだ後、クエリサジェスト辞書から、ユーザーの意図がより明確になるよう、追加の専門用語を提案する。ユーザーは提案された用語が有用であれば採用し、ここで作られたクエリは新たに作られた対訳辞書で翻訳され中国語でのクエリとなる。言語横断検索のシナリオを作成し、提案した用語が検索に有用であるどうかを測り、また、評価に付け加え、日中横断学術文献検索デモができるよう、NICT のインターフェースに辞書を追加した。

3.3 具体的成果

本テーマで作成された辞書リソースは、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、言語横断学術文献検索アプリケーションでデモンストレーションした。

4 言語ヘッジ検出

4.1 背景

品詞ヘッジとは、ここでは話し手または書き手が述べている内容に対する不確実性を表す表現のことである。情報抽出など、自然言語処理で知識をテキストから抽出するにあたり、不確実性が高い情報とそうでない情報を区別するため、言語ヘッジの検出は重要なタスクである。

4.2 内容

本テーマでは、英語の言語ヘッジの検出が課題である CoNLL2010 のタスクを系列分類問題として定式化し、機械学習テンプレートライブラリを使用して、キーワード、あるいはキーフレーズとなる曖昧表現を予測した。 Shared Task ではこの問題に対して24チームが参加し、7位に相当する分類精度85.08%を出した。 1位の 86.35%との差は 1.2%ほどであるため、システムとしてはまずまずの性能を出したと言える。

4.3 具体的成果

本研究は CoNLL2010 Shared Task のホームページにおいて、システムの性能が公開されている。システムの概要は[査読付 1]において国際会議で発表した。また、学習結果は機械学習テンプレートライブラリの一部として公開された。

5 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] N. Shimizu and H. Nakagawa: *Features for Detecting Hedge Cues*, in Proceedings of the Fourteenth Conference on Computational Natural Language Learning (CoNLL). Uppsala, Sweden. 2010.

特記事項

[特記 1] Viktors Garkavijs, 清水 伸幸, 中川 裕志: 日中対訳コーパスからの対訳抽出と文献検索クエリーサジェスト辞書構築, 「機械翻訳技術のイノベーション」シンポジウム　セミナー発表, デモンストレーション. 2011 年 2 月 23 日

Web データマイニング技術の普及に向けた取り組み

清田 陽司

1 概要

莫大な情報の中から自分のニーズに合致した情報を発見するためには、適切な情報の組織化が必要となる。たとえば図書館では、受け入れた資料それぞれについて、専門の職員が一定の基準をもとに著者名、タイトル、出版年、分類コードなどのメタデータを付与し、利用者が求める資料を素早く探せるように工夫している。しかし、世の中に流通する情報量が爆発的に増大している現在では、人手による情報の組織化という方法はすでに限界に達していて、アルゴリズムによって自動的に情報の組織化を行う Web サーチエンジンなどに多くを頼る状況になっている。また、Facebook や Twitter などのソーシャルネットワーク系サービスの急激な普及も、情報の探し方に大きな影響を与えている。

このような状況の中で、図書館やマスメディアなど、従来から情報流通に携わって来た人々にとっては、Web サーチエンジンやソーシャルネットワーク系サービスの技術を理解して活用しながら、これまでに蓄積してきた専門性をどう活かすかが大きな課題となっている。今年度は、この課題を解決するための一つのチャレンジとして、学術情報流通に関わる人々を対象とした勉強会「マイニング探検会」を月 1 回のペースで開催し、未来の情報サービスの姿について議論するとともに、Web における最新技術を活用した新たなプロダクトを実際に作り、外部に向けて発信する取り組みを行った。

また、従来から取り組んできた図書館情報ナビゲーションシステムを開発するにあたって活用してきたオープンソースの大規模分散処理システム「Hadoop」について得られた知見も、同じく外部に向けて発信する取り組みを行った。研究やビジネスの世界において急速に普及しつつある Hadoop が、どのような領域で有用なのか、どのようなタスクで効果を発揮するのかを、一般向けの雑誌記事や招待講演などで分かりやすく解説することによって、さまざまな組織が所有している膨大なデータが有効に活用されるきっかけを与えることを目指した。

昨年度に実施したWikipediaからの意外な情報発見に関する研究の成果 [1]については、ソーシャルメディアの活用に関する国際会議ICWSM 2010 において発表した[査読付 1]。

2 図書館の未来を探る勉強会「マイニング探検会」の主催

2.1 背景

我々が日々の生活で享受している便利な Web サービスは、膨大なデータから必要な情報を効率的にマイニングする要素技術の数々によって支えられている。現代の情報サービス提供者は、これら

[1] 内容については東京大学情報基盤センター年報第 11 号, 2009 年度, pp. 79-81 に掲載済みのため割愛.

の要素技術のポイントを的確に理解しておかなければ、利用者にとって満足のいくサービスを提供することが難しくなりつつある状況である。逆の見方をすれば、これらの要素技術をサービス開発者の視点から理解しておくと、従来の考え方では実現不可能であったサービスを新たに提供できる可能性も大きくなっている。

そこで、最先端のデータマイニング技術や検索技術を学ぶとともに、将来の情報サービスの姿について議論するとともに、さまざまなアイディアを創発的に生み出し、外部に向けて積極的に発信していくことを狙い、アカデミック・リソース・ガイド株式会社の岡本真氏と共同で、学術情報流通サービス(図書館業界・出版業界など)に携わる人々を対象とした勉強会「マイニング探検会」を立ち上げた。

2.2 内容

2010 年 3 月に、Web サイトや岡本氏が主催するメーリング・リスト、Twitter、SNS などの媒体を通じて勉強会の開催告知を行い、全国の大学図書館、公共図書館、国立国会図書館(NDL)、国立情報学研究所(NII)、科学技術振興機構(JST)、出版社、新聞社、出版流通会社などを中心として約 70 名からの参加希望申し込みがあった。開催会場スペースの都合により参加者を絞り込む選考を行い、約 40 名の方を参加者として受け入れた。2010 年 4 月から月 1 回のペースで開催し、東日本大震災の影響により開催を中止した 2011 年 3 月を除き、本年度中に 11 回開催した。

2.3 具体的成果

マイニング探検会では、たんに議論を重ねるだけではなく、学術情報流通に関わる業界全体や外部に向けたアウトプットを重視した運営を心がけた。

私自身は、議論のたたき台となる情報提供を主な役割として担当し、以下のトピックについての解説を参加者向けに行った。

- Web API とは何か？ (2010 年 4 月)
- 検索技術の発展の歴史 (2010 年 5 月)
- ICWSM 2010 参加レポート (2010 年 6 月)
- プライバシー保護データマイニング (PPDM) について (2010 年 10 月)
- 情報レコメンデーションとは？ (2010 年 12 月)
- 大規模分散データ処理技術「Hadoop」 (2011 年 1 月)
- 対話型ナビゲーションシステム「ダイアログナビ」 (2011 年 2 月)

これらのトピックについて参加者間での議論を深めるとともに、参加者主導でワーキンググループ(WG)の編成を行ってもらい、各々の WG で具体的なアウトプットを出してもらうよう求めた。その結果、主として以下の WG が編成され、各々の WG の成果物が発表された。

- ログデータ活用系 WG

  OPAC を代表とする図書館サービスにおいて得られるログデータ(検索クエリーログ、貸出履歴ログ)をサービス改善につなげるためのアイディアや、ログデータ活用にあたって問題になりうる利用者の個人情報保護の問題をどうクリアすべきかについての議論を重ねた。その結果として、以下に挙げる成果が得られた。

- 東京大学附属図書館 OPAC の検索クエリーログを試験的に活用し、利用者が入力した検索キーワードに対してサジェストキーワードの提示を行うシステムを試作した。
- 慶應義塾大学図書館より、マイニング探検会参加者メンバー限定で OPAC ログデータを活用してよいとの許諾を得た。

- メタデータつなぐ系 WG
  各々の図書館において作成されている書誌メタデータは、NDL、NII、JST などの全国規模の機関によって集約され、それぞれの機関が統一されたデータベースとして一般向けに提供している。しかし、機関をまたがったメタデータの管理はなされていないため、例えば大学図書館と公共図書館など、館種の違いを超えたデータベースの連携はまだまだ不十分である。この課題をクリアするため、各々の機関でなされているデータベース整備の取り組みについて情報共有するとともに、管理主体の異なるデータベース同士を連携させるための Wiki システムを立ち上げ、どのようなフォーマットであればデータベース連携が実現できるのかについての議論を重ねた。
- 連想検索技術 WG
  NII が公開している連想検索エンジン GETAssoc を活用することで、どのようなサービスが新たに提供できるのかについて、アイディア出しと議論を行った。その結果、連想検索技術に関する勉強会が参加者によって自主的に行われ、GETAssoc を活用するためのノウハウが参加者間で共有されるという成果が得られた。また、GETAssoc を使いやすくするためのツールが開発され、一般公開に向けて準備中である。
- 究極のレファレンスサービス WG
  図書館サービスにおいて重要視されているレファレンスサービスを Web 上においてどのように展開していけばよいのかについて、さまざまな議論を行った。また、NDL が運営するレファレンス協同データベースが公開している Web API を活用したアプリケーションを作る企画「API 腕自慢」に複数の参加者が応募し、NDL のサイト上で公開された。

勉強会開催の様子は、Ustream によって Web 中継を行うとともに、Twitter (ハッシュタグ `#mitan`) などを活用して積極的に情報発信を行った。勉強会の議事録および成果は、マイニング探検会 Web サイト(http://www.mi-tan.jp/)および Wiki ページ(http://wiki.mi-tan.jp/)にて一般向けに公開されている[特記 1]。また、マイニング探検会において得られた成果を、いくつかの招待講演において発表した[招待 2] [招待 3] [招待 4]。

3 Hadoop 活用の促進に向けての情報発信

3.1 背景

Web をはじめとする多様な情報サービスシステムの急激な普及に伴い、日々莫大な量のログデータが生み出され、さらにログデータを蓄積するデータベースの容量も爆発的に増大しつづける「情報爆発」といわれる現象が起きている。爆発的に増大しつづけるデータの中から、いかにして有用な情報を発見するかは、ビジネスの現場はもちろんのこと、研究活動においても非常に重要な課題となっ

ている。しかし、従来からデータマイニングのために利用されているデータウェアハウス(DWH)製品群は、爆発的に増大しつづけるデータに適用するためには、コスト的に見合わないという状況になりつつある。

Apache ソフトウェア財団の支援によって開発されているオープンソースソフトウェア「Hadoop」は、このような状況においていま大きな注目を集めている大規模分散バッチ処理インフラである。Google 社が発表している「MapReduce 論文」や「Google File System 論文」のアイディアを、オープンソースソフトウェアとして実装しようというプロジェクトとして 2006 年頃に立ち上がり、現在では多くの企業によってビジネスに活用されつつある。また、自然言語処理、ヒトゲノムデータベースからの DNA シーケンス発見、センサーネットワークのデータ活用など、さまざまな研究活動で Hadoop を活用しようという機運が高まっている。しかし、Hadoop の仕組みは既存の情報インフラとは大きく異なることが、Hadoop の活用方法の適切な理解を妨げ、Hadoop 導入の壁となっている状況が多く見られる。

3.2 内容

我々の研究グループでは、2007 年頃よりHadoopの有用性に着目し、図書館情報ナビゲーションシステム「Littel Navigator」をはじめとした研究開発にHadoopを活用してきた。具体的には、Wikipediaのダンプデータを簡単・高速に解析することができるツール「Wik-IE」[2]などを開発し、一般向けに公開してきた。これらの活動において、以下に挙げるような様々な知見が得られている。

- Hadoop が有用性を発揮する領域、およびそうでない領域
- Hadoop クラスターを動かすためのハードウェア選定
- Hadoop 上で動く MapReduce ロジックを効率的に開発するための方法論
- Hadoop と既存の情報インフラとの適切な組み合わせ

これらの知見を一般に広く発信していくことで、我々の研究グループの活動の認知度向上を目指すとともに、さまざまな組織が所有している膨大なデータが有効に活用されるきっかけを作り出すことを狙った。

3.3 具体的成果

Hadoop 活用により得られた知見を、できるだけ広い層にアピールしていくことを主眼として、クラウド関連の技術について網羅的に紹介するムック[特記 2]や、一般の技術者に広く購読されている『Software Design』誌 [特記 3] への寄稿を行った。それらの記事が注目された結果、Web ニュースサイトにおける連載企画[特記 4]や、『ASCII.technologies』誌への寄稿依頼[特記 5]も受けることになった。また、ヤフー社からの招待講演依頼を受け、200 名近い参加者を集めて行われたイベント『Hadoop Hack Night』において講演を行った[招待 1]。さらに、私が兼業で携わっている大学発ベンチャー企業で開発されているシステムが、Hadoop の活用例として新聞記事に取り上げられた[報道 1]。

Wik-IE を活用して得られた研究の知見については、DEIM 2011 にて発表した[発表 1]。

[2] http://wik-ie.sourceforge.jp/ , 東京大学情報基盤センター年報第 10 号, 2008 年度, pp. 81-88 に掲載.

4　成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] 清田 陽司: 新たな情報インフラとしての Hadoop の活用, Hadoop Hack Night Vol. 2, 株式会社技術評論社／ヤフー株式会社共催, 東京ミッドタウン, 東京都, 2010 年 8 月.

[招待 2] 清田 陽司: 大規模デジタル化時代における『知』との接点－Wikipedia、電子書籍、Twitter の潮流をライブラリアンはどう受け止めるか, 第 12 回図書館総合展/学術情報オープンサミット 2010 フォーラム企画, 株式会社ネットアドバンス主催, パシフィコ横浜, 横浜市, 2010 年 11 月.

[招待 3] 清田 陽司: 商用百科事典と Wikipedia の比較から見えてくるもの, 第 12 回図書館総合展/学術情報オープンサミット 2010 ミニ・フォーラム＆プレゼンテーション企画, 紀伊國屋書店主催, パシフィコ横浜, 横浜市, 2010 年 11 月.

[招待 4] 清田 陽司: マイニング探検会の知見, Code4Lib JAPAN スペシャル・パネル「システムライブラリアンの要請と養成」, 第 40 回ディジタル図書館ワークショップ, 筑波大学東京キャンパス, 東京都, 2011 年 3 月.

査読付論文

[査読付 1] Yohei Noda, Yoji Kiyota, Hiroshi Nakagawa: Discovering Serendipitous Information from Wikipedia by Using its Network Structure, In Proceedings of 4th Int'l AAAI Conference on Weblogs and Social Media (ICWSM 2010), poster session, pp. 299-302, Washington, D.C., USA, 2010 年 5 月.

その他の発表論文

[発表 1] 森 達也, 増田 英孝, 中川 裕志, 清田 陽司: Wikipedia からの再利用可能な構造化データの抽出手法, 第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム/第 9 回日本データベース学会年次大会(DEIM 2011), ラフォーレ修善寺, 静岡県, 2011 年 3 月.

特記事項

[特記 1] 清田 陽司, 岡本真ほか:『図書館』の未来を探る勉強会 マイニング探検会(マイタン), 2010 年 4 月～. http://www.mi-tan.jp/, http://wiki.mi-tan.jp/

[特記 2] 清田 陽司: Hadoop を使ってみる, みてわかるクラウドマガジン vol. 1, 日経 BP 社, 2010 年 4 月.

[特記 3] 清田 陽司: Hadoop 登場の背景, Software Design 2010 年 5 月号, 技術評論社, 2010 年 4 月.

[特記 4] 清田 陽司: 企業で使われる Hadoop (連載 4 回), Think IT, インプレスビジネスメディア, 2010 年 6 月. http://thinkit.co.jp/book/2010/06/04/1574

[特記 5] 清田 陽司: Hadoop クラスターの力を引き出す設計パターンと負荷観察: MapReduce デザインレシピ, ASCII.technologies 2011 年 1 月号, アスキー・メディアワークス, 2010 年 12 月.

報道関連

[報道 1] 日経産業新聞 2010 年(平成 22 年)4 月 2 日 17 面: 「お薦め商品」 ツイッター分析し表示 東大発 VB リッテル EC サイト向け開発.

ネットワーク研究部門

ネットワーク研究部門概要

若原　恭
ネットワークの機能の高度化と設計・運用・保守・管理の合理化
― アドホックネットワーク、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
人々の実生活を支援する情報メディア技術に関する研究

関谷 勇司
耐障害性を有した広域分散サービスの設計・構築
ならびにその計測手法に関する研究

中村 文隆
インターネットトラフィックの最適化と
ラピッドプロトタイピングによるユーザーインターフェース

妙中 雄三
独立管理された無線LAN群下における移動端末の通信品質管理

ネットワーク研究部門

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、ネットワーク利用基盤、ネットワーク応用システム等に関し、基礎技術から実用技術まで幅広く研究に取り組んでいる。2010 年度の研究の取り組みの概要は以下の通りである。

ネットワーク自体の構築と運用に関しては、複数の無線 LAN が独立に運用管理されているネットワーク、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ーネットワーク等が今後の本格的なユビキタス社会において益々重要になるとの考えから、それらに係わる基本課題の解決を目指して取り組んだ。

まず複数の無線 LAN から構成される環境において移動ノードの通信品質を適切なレベルで維持管理するため、異なる無線 LAN 間でのハンドオーバをシームレスに実現する手法、及び無線 LAN 間での相互電波干渉を回避するためのエリア制御について検討を進めた。特に、考案したシームレスハンドオーバによって、無線 LAN の切り替えタイミングの適切な制御が可能となり、また切り替え回数も削減でき、総合的な通信品質の向上が図れることを実験で明らかにした。次に、アドホックネットワークについては、複数のノードから構成される情報転送ルートが、ノードの移動によって不安定になったり冗長になったりするという問題を解決するためのルーティング技術を考案し、シミュレーション実験によって、情報転送ルートの障害時の修復と冗長部分の除去が迅速に実現できることを実証した。更に、センサーネットワークについては、気象センサーや振動センサーのような小型デバイスから得られるセンサー情報を社会生活に係わる安心情報として広く活用できるようにするため、都市部で顕著に現れるゲリラ豪雨やヒートアイランドなどの現象を、ディジタル百葉箱を用いて可視化するシステムの構築を進めた。そして、2010 年 7 月に実際に首都圏で発生した局所的な大雨等の様子の可視化を行ったところ、東京都環境科学研究所等からその有用性に関し高い評価を得ることができた。

ネットワークを活用するための基盤として、広域テストベッドネットワークを用いたデータ配信の実証的研究を行った。具体的には、テストベッドネットワークとして情報通信研究機構(NICT)が構築し運用しているJGN2plusを用いて、本学新領域創成科学研究科が保有する農学部演習林の映像・音声アーカイブ(約15年分)等のコンテンツを、小中学校の環境学習向けにリアルタイムに配信して遠隔授業の実証実験を行い、有効性を検証した。特に、高画質映像を伝送するための装置と音声を伝送するための装置のエンコード遅延が異なるために生じていた品質劣化問題を、ネットワーク遅延回路を用いて解決する方法の検証を行うことができた。

昨今、ネットワーク基盤として、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)アプリケーションの利用が増え続けている。今後そのような一例として

オンラインゲームが有力視されている。しかし、ゲーム情報が利用者のノードに格納されることになるため、ゲーム情報の悪用や不正処理の恐れが出てくる。この問題に対処するため、ゲーム情報を適切に分割して異なる利用者ノードで分散管理するとともに、ゲームの進行に伴って必要となる処理も適切に分散させる方法の検討を進めた。

ネットワークの利用に欠かせない基盤の一つはDNS(Domain Name System)であり、DNSの性能や特性を多地点から計測する分散計測手法についてこれまで検討し技術を確立してきた。そして、この分散計測手法を実装した計測システムを構築して世界各地に設置し、運用と実際の計測を進めた。更に、異なる性格を持つ計測システムの利点を生かし、より広域な計測を行うための計測システム相互接続法に関する検討を行った。具体的には、日仏共同研究の枠組みに基づき、フランス側研究者が持つ計測システムとの相互接続を試行し、各計測システムの長所を活かすとともに弱点を相互に補完することによって総合的に優れた計測結果を収集することができるよう図った。

ネットワーク上を流れるトラヒックにおいては、最近動画ストリームの占める割合が最大になってきている。そのため、動画トラヒックのアクセス分布やダウンロード状況等を明らかにし冗長なトラヒックを適宜集約することによって、ネットワークの帯域リソースの有効利用を図る技術が重要となっている。そこで、キャンパスネットワークを対象として、動画トラヒックの解析を実施した。その結果、複数ユーザが生み出す冗長トラヒックが少なくないことを確認でき、データキャッシュを適切に活用することによって冗長トラヒックを削減できるとの見通しを得た。

ネットワークの応用システムとしては、最近クラウドコンピューティングが急速に拡大しており、プライベートクラウド同士を相互接続して広域に展開される連邦型クラウドを形成するための研究に取り組んでいる。本年度は、連邦型ネットワーククラウドに必要となる要素技術の研究開発と、そのテストベッドとしての大学間クラウドを、慶應義塾大学、奈良先端科学技術大学院大学、北陸先端科学技術大学院大学と共同で設計し構築した。そして、このテストベッド上で、リソース管理技術、VM(Virtual Machine)冗長化技術、広域分散ストレージ技術等、拠点単位の冗長性を確保するための技術の実験的検討を行った。

昨今スーパーコンピュータやクラスタ型PCなどによる多様な計算機資源がネットワークで接続されるようになり、どこからでもネットワークを介して利用できる環境が整ってきた。しかし、複数のマルチコアCPU等の計算機資源を有効に活用するためには、それぞれの計算機やネットワークの特性を熟知している必要があり、利用できる計算機資源の特性にあわせてプログラムの構成方法を変更する必要が生じる場合もある。特に、複数の計算機資源が利用可能な環境で利用者が記述したプログラムを実行するにあたり、その処理タスクに応じて適切な計算機資源を自動的に割り当て処理する機構が重要となる。そこで、本研究では、C++言語の次期標準(C++0x) において標準ライブラリとして導入されるスレッドライブラリと同様に、明示的なタスク割当てを行うことができるライブラリの開発を進めた。その特徴は、利用者が計算機資源の割当てを意識したプログラムを明示的に記述できる一方で、計算機の構造を意識しないで自動的なタスク割当てをシステムに任せることも可能な点にある。

ネットワークの応用システムは極めて豊富になっているが、中でも、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拡張現実感(AR)技術は、今後の実用の期待が極めて大きい。しかしながら、これまでに提案されているAR技術では、ユーザに対して触覚を提示可能な場所が、デバイスを装着している場所に限定されていることが多く、ユーザの体の上を自由に動き回る仮想物体からの触覚を提示するには全身にデバイスを装着しなければならないなど多くの問題があった。本研究では、多数の触覚デバイスを装着しなくても、ユーザの体の上を仮想物体が動き回る際の触覚を提示できるシステムの構築を目指し、視覚と触覚を融合した刺激の提示手法について検討を進めた。その結果、適切に視覚刺激を提示することで、実際には触覚刺激を与えていない場所が震えたと利用者に感じさせること

が可能となり、視覚による触錯覚発生の可能性を確認できた。

急速な普及が近年進んでいるPCやプリンタ、プロジェクタなどでは、例えば、色を変えて語句を強調する、複数の色を用いて異なるものの区別を容易にするなど、視覚的に分かりやすくしており、重要な情報を色によって提示する機会も急増している。しかし、遺伝的背景や、白内障などの疾患が原因で、色覚は人によって異なり、色による情報は相手によって正確に内容を伝達できない場合がある。そこで、カメラから取り込んだ画像の中で支援すべき色遣いのある領域を検出し、その領域のみ色変換などの処理を行うことで、色盲者が日常生活において認識困難な色遣いがある箇所を意識せずに利用できるシステムの検討を進めた。その結果、混同する可能性のある色が集中している箇所を的確に抽出する方式を考案し、ユーザの動きや状況に応じて、提示すべき注釈情報を制御することが有効である等の実証的成果を得た。

ネットワークにアクセスするユーザ端末は多様化し拡大する一方である。しかし、ネットワークプログラミングの習熟が必ずしも容易でないこと、マイクロコンピュータと各種センサー等の現実環境とのインタフェース機能の実現事例が不足している等の問題があり、マイクロコンピュータのネットワーク接続やネットワークアプリケーション開発を妨げてきた面がある。一方、Arudinoやmbed等、ラピッドプロトタイピングを可能とする組み込みマイクロコンピュータシステムが最近登場してきている。そこで、Arduinoをプラットホームとする様々な開発事例を通してネットワークプログラミングリテラシの習得を可能とする書籍を執筆し、この分野における技術の啓蒙活動を進めた。

ネットワーク研究部門 成果要覧

受賞

[受賞 1] 中山 雅哉: ISS 活動功労賞, 電子情報通信学会, 2010 年 6 月.

著書／編集

[著書 1] 中村 文隆: Arduino 工作アイディア集, CQ 出版社, 2011 年 3 月.

[著書 2] Shigeru Kashihara, Muhammad Niswar, Yuzo Taenaka, Kazuya Tsukamoto, Suguru Yamaguchi, and Yuji Oie: VoIP Technologies, chapter End-to-End Handover Management for VoIP Communications in Ubiquitous Wireless Networks, In-Tech, Feb. 2011, ISBN: 978-953-307-549-5.

招待講演／招待論文

[招待 1] 関谷 勇司: 大学間クラウド環境の実現に向けて, 私立大学情報教育協会 大学教育と情報, Vol.19, No.4, pp.2-4, 2011 年 3 月.

[招待 2] 関谷 勇司: インターネット新技術の標準化動向, Internet Week 2011 IP Meeting, Japan Network Information Center, 富士ソフトアキバプラザ, 2010 年 11 月.

査読付論文

[査読付 1] 山崎 泰弘, 若原 恭:地球規模で普及するディジタルファクシミリ～電話網ファクシミリの研究開発と国際標準化～, 電子情報通信学会, 通信ソサイエティマガジン B-Plus, No.14, pp.70-73, 2010 秋.

[査読付 2] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Pro-Reactive Route Recovery with Automatic Route Shortening in Wireless Ad Hoc Networks, Proc. of The 10th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS2011), Tokyo & Hiroshima, Japan, pp.57-64, Mar. 2011.

[査読付 3] Daisuke Takada, Takefumi Ogawa, Kiyoshi Kiyokawa, and Haruo Takemura: A Context-Aware Wearable AR System with Dynamic Information Detail Control based on Body Motion, Proc. of the 3rd Korean Japanese Workshop on Mixed Reality (KJMR), Apr. 2010.

[査読付 4] Takefumi Ogawa, Tatsuya Shinjo, Shinya Kitajima, Takahiro Hara, and Shojiro Nishio: Node Control Methods to Reduce Power Consumption Using Push-Based Broadcast for Mobile Sensor Networks, Journal of Mobile Multimedia, Vol.6, No.2, pp.114-127, Jun. 2010.

[査読付 5] 中村 友宣, 間下 以大, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: ウェアラブル学習システムのための複数センサを用いた移動経路上での利用者コンテキスト認識機構, メディア教育研究, Vol.7, No.1, pp.28-34, 2010 年 10 月.

[査読付 6] 藤井 裕士, 小川 剛史: 色覚の差異による情報の誤伝達を防ぐ認識困難箇所提示ツールの試作, VR 学研報, Vol.15, No.CS-4, pp.15-18, 2010 年 11 月.

[査読付 7] 西川 知宏, 間下 以大, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: モバイル環境におけるコンテキスト認識とスケジュール予測に基づくマルチメディアコンテンツの動的再生制御, 電子情報通信学会論文誌(D-II), Vol.94, No.1, pp.147-158, 2011 年 1 月.

[査読付 8] Bu-Sung Lee, Yu Shyang, Tan, Yuji Sekiya, Atsushi Narishige, Susumu Date: Availability and Effectiveness of Root DNS servers: A long term study, Proc. of the 12th IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS 2010), pp.862-865, Osaka, Japan, Apr. 2010.

[査読付 9] Yuki Okamura, Hideaki Imaizumi, Kenji Hisadome, Osamu Ishida, Yuji Sekiya and Hiroyuki Morikawa: An Evaluation of Effects on Packet Loss Rate by Optical Packet Multiplexing Based on BGP Flow Aggregation, PS2010 (Photonics in Switching 2010), Monterey, California, USA, Jul. 2010.

[査読付 10] Yanjue Xu and Yuji Sekiya: Virtual Machine Migration Strategy in Federated Cloud, Internet Conference 2010, Proc. of Internet Conference 2010, pp.25-31, Tokyo, Japan, Oct. 2010.

[査読付 11] Muhammad Niswar, Shigeru Kashihara, Yuzo Taenaka, Kazuya Tsukamoto, Youki Kadobayashi, and Suguru Yamaguchi: Seamless vertical handover management for VoIP over intermingled IEEE 802.11g and IEEE 802.16e, Proc. of 8th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT 2010), Kuching, Sarawak, Malaysia, Jun. 2010.

[査読付 12] Kazuya Tsukamoto, Shigeru Kashihara, Yuzo Taenaka, and Yuji Oie: Seamless Handover Management Scheme under Multi-Rate WLANs, In proceedings of the 8th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia (MoMM2010), pp. 148–156, Paris, France, Nov. 2010.

その他の発表論文

[発表 1] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Automatic Route Recovery Based on Relay Nodes in Wireless Ad Hoc Networks, Proc. of the IEICE Society Conference 2010, BS-7-24, Sept. 2010.

[発表 2] Yasushi Wakahara, Yuji Sekiya and Pakornsiri Akkhara: Efficient Broadcasting of Alarm Message via Vehicle to Vehicle Communication, Global COE Symposium on Se-cure-Life Electronics, 2.31, Tokyo, Nov. 2010.

[発表 3] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Fast and Low-overhead Local Route Recovery in Ad Hoc Wireless Network, IEICE Technical Report, Vol.110, No.372, NS2010-146, pp.25-30, Jan. 2011.

[発表 4] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Incorporating Route Recovery Information to Gossip Routing in Wireless Ad Hoc Networks, Proc. of the IEICE General Conference 2010, BS-4-16, Mar. 2011.

[発表 5] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: A Pro-Reactive Route Recovery Scheme in Wireless Ad Hoc Networks, Proc. of the 1st International Symposium of Multidisciplinary Research, Mar. 2011.

[発表 6] 山崎 弘太郎, 妙中 雄三, 若原 恭: P2P 型 Massively Multiplayer Online Role-Playing Game (MMORPG) における情報悪用を防止する分散管理手法の提案, 電子情報通信学会総合大会, D-9-2, p.630, 2011 年 3 月.

[発表 7] 内藤 浩一, 小川 剛史, 若原 恭:P2P ネットワークのためのノードの安定性を考慮した DHT 管理手法, 電子情報通信学会・総合大会, 情報・システム学生ポスターセッション, 2011 年 3 月.

[発表 8] 斎藤 馨, 中村 和彦, 大辻 永, 豊田 かおり, 中山 雅哉, 藤原 章雄, 安東 孝二, 岩岡 正博: ブナの枝葉と映像を用いた小学校理科遠隔授業, 第 121 回日本森林学会大会, Vol.121, p.307, 2010 年 4 月.

[発表 8] 中山 雅哉, 江崎 浩, 砂原 秀樹: Live E! センサの東京都における展開 － 高大連携プロジェクト－, Live E! シンポジウム 2010 予稿集, pp.1-4, 2010 年 9 月.

[発表 9] 山崎 健生, 中山 雅哉: 並列分散処理環境におけるタスク割り当てライブラリの設計と C++ での実装と評価, 情報処理学会 HPCS2011, pp.4-3, 2011 年 1 月.

[発表 10] 中山 雅哉: センサ情報流通基盤の構築とその利用, 情報処理学会 第 73 回全国大会, イベント企画 JGN2plus の成果とその後継プロジェクト, 講演-2, 2011 年 3 月.

[発表 11] 山崎 健生, 中山 雅哉: C++ 用タスク割り当てライブラリ tpdplib の T2K オープンスーパーコンピュータ上での実装と NPB による評価, 情報処理学会 HPC 研究会, Vol.2011-HPC-129, No.26, pp.1-8, 2011 年 3 月.

[発表 12] 斎藤 馨, 中村 和彦, 藤原 章雄, 岩岡 正博, 小林 博樹, 中山 雅哉, 藤枝 俊輔: 東京大学秩父演習林ブナ林からのライブ配信と映像アーカイブを用いた小学校森林環境遠隔授業, 第 122 回日本森林学会大会, Vol.122, pp.352, 2011 年 3 月.

[発表 13] 高田 大輔, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: 身体動作に基づき提示情報を切り替えるコンテキストアウェアなウェアラブル拡張現実感システム, システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, F253, 2010 年 5 月.

[発表 14] 藤井 裕士, 小川 剛史: 色盲者支援のための混合線理論に基づく認識困難領域検出, 信学技報, Vol.110, No.456, MVE2010-166, pp.189-194, 2011 年 3 月.

[発表 15] 新島 有信, 小川 剛史: 拡張現実感における触覚刺激に対する視覚刺激の影響に関する一考察, 信学技報, Vol.110, No.456, MVE2010-167, pp.195-200, 2011 年 3 月.

[発表 16] Yuji Sekiya: The Design and Implementation of Federated Cloud in WIDE Project, 3rd CAIDA-WIDE-CASFI Joint Measurement Workshop, Apr. 2010.

[発表 17] Yanjue Xu and Yuji Sekiya: Virtual Machine Migration Strategy in Federated Cloud, 電子情報通信学会, 信学技報, Vol.110, No.116, IN2010-27, pp.25-30, 2010 年 7 月.

[発表 18] 関谷 勇司: 大学間クラウドの構築と活用, 広帯域ネットワーク利用に関するワークショップ (ADVNET 2010), 東京大学武田先端知ビル, 2010 年 9 月.

[発表 19] 岡村 悠貴, 鈴木 誠, 今泉 英明, 関谷 勇司, 森川 博之: 光リングネットワークにおける帯域利用効率向上のためのパケットスケジューリング手法, 電子情報通信学会, 信学技報, PN2010-57, pp.15-18, 2011 年 2 月.

[発表 20] 岡本 慶大, 寺田 直美, 赤藤 倫久, 岡本 裕子, 関谷 勇司, 河合 栄治, 藤川 和利, 砂原 秀樹: クラウドコンピューティングを用いた大規模コンテンツ配信基盤の構築と運用, 情報処理学会 第 12 回インターネットと運用技術研究発表会(IOT12), 2011 年 2 月.

[発表 21] 岡村 悠貴, 鈴木 誠, 石田 繁巳, 今泉 英明, 関谷 勇司, 森川 博之: 非同期光パケットリングにおける高帯域利用効率パケット選択方式, 電子情報通信学会, 総合大会, B-10-96, 2011 年 3 月.

[発表 22] 安藤 翔伍, 中尾 彰宏, 中村 文隆: ネットワークエッジにおけるビデオ共有サービストラフィックの重複度の解析, 信学技報, Vol.110, No.448, NS2010-282, pp.675-680, 2011 年 3 月.

[発表 23] 森久 和昭, 妙中 雄三, 樫原 茂, 山口 英: 無線 LAN アクセスポイントにおける要求品質を満たしたエリア検出のための品質指標の調査, 電子情報通信学会技術研究報告, Mo-MuC2010-18, pp.1-6, 北海道大学工学部, 2010 年 7 月.

特記事項

[特記 1] Yasushi Wakahara: Organization of special session: Networks Software, 10th International Symposium on Autonomous Decentralized System (ISADS 2011), Tokyo & Hiroshima, Japan, Mar. 2011.

公開ソフトウェア

[公開 1] Yuji Sekiya: WIDE Cloud Controller, https://wcc.wide.ad.jp/, 2011 年 3 月.

ネットワークの機能の高度化と設計・運用・保守・管理の合理化

― アドホックネットワーク、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機能面における高度化のあり方を探求するとともに、そのような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

主として移動可能な無線ノードから構成されるアドホックネットワークは、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、ノードの移動によって切断されて不安定となったり冗長になったりする情報転送ルートの効率的な維持方法として、ルートが切断した場合の迅速な修復法及びルートが冗長となった場合にルートを短縮して無駄を省く方法について検討を進めた。

- P2P ネットワークの管理

昨今、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等に利用される P2P ネットワークの発展が著しく、インターネットで流れるトラヒックの大きな割合を占めるようになった。今後、その応用は、様々な情報の流通に加えオンライゲーム等更に拡大していくものと予想される。しかし、P2P ネットワークにおいてオンラインゲームを行う場合、ゲーム情報の悪用や不正操作の可能性があり、その対策が必須となる。そこで、このような対策の検討を開始した。特に、ゲーム情報の悪用を防ぐ分散管理処理法についての検討に着手した。

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、主として移動可能な無線端末ノード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、近い将来と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果たす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、未解決の基本的な技術課題も多く、その一つとして、ノードの移動によって適切な情報転送ルートの維持が困難になるという問題があり、この問題を解決するための検討を進めた。

2.2 内容

一般に MANET においては、２個のノード間での情報授受を実現するため、直接電波が届かない場合には、他のノードを中継するルートに従ってパケット単位で情報を転送する。ノードの移動に伴ってノード間リンクの距離が大きくなりルートが切断された場合は、送信側のノードからルートを設定し直すことが必要となる。しかし、ノードの移動によってはルートの再設定の頻度が高くなり、それに伴う情報転送の中断や損失等品質の劣化が大きくなる。また、ルート設定に伴う制御情報の交換も多くなりトラヒック負荷も大きくなる。これらの問題を解決するため、図１に例を示す次の原理に基づき、ルートの切断を迅速に検知し修復可能な方法を考案した。

・ルート周辺のノードは、常にルート内のノードが送受するパケットをモニタし続け、パケットの送受が失敗したことを検知したときにそのようなパケットを中継することによってその送受を達成できる場合には、この旨を送信ノードに伝える。
・送信ノードは、受信ノードからパケットの受信確認応答を受け取れず、パケットを送信できないと判断したときは、中継が可能な周辺のモニタノードに中継をさせるルートを用いることによってルートを修復し受信ノードにパケットを届ける。

この原理に基づくルート切断の自動検知修復法によって、次の特長が得られる。

・実質的にルート全体を再設定するのでなく、切断したリンク付近でのローカルな処理でルートを修復するので、ルートの再設定のために従来採用していた制御パケットの放送を不要とでき、ルート修復に伴う制御パケットのトラヒック負荷が少ない。
・ルートが切断する前に予備のルートをローカルに準備することになり、ルート切断後直ちにデータパケットを予備のルートを経由して届けることが可能で、結果的にルート修復に要する時間が極めて小さい。

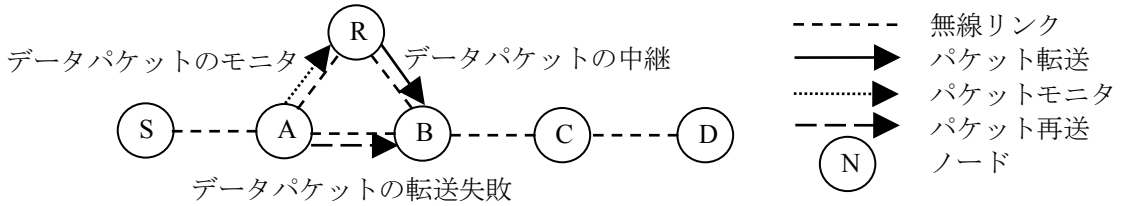


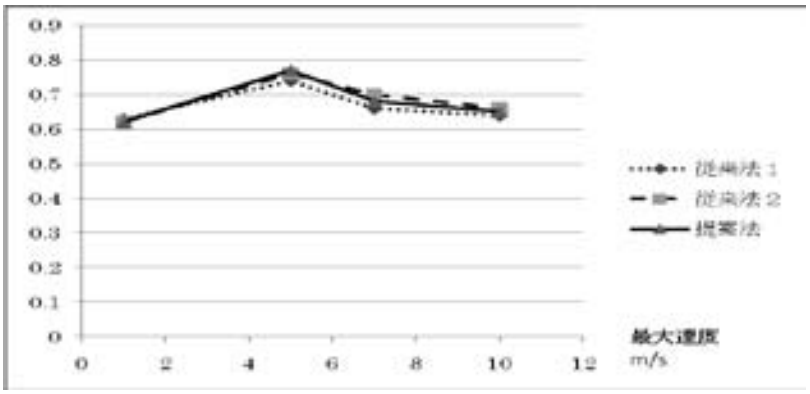
図１　リンクの切断に伴うルートの修復の例
（ノードＡとＢの間のリンクが切断した場合、そのリンクをモニタしていたノードＲがパケットを中継することによってルートが修復される）

更に、MANET では、ノードの移動によって、一つのノードが同一のパケットを複数回受信する可能性がある。例えば、図１の例で、ルートがノード S,A,B,C,D で構成されているものとして、ノードＣとＤが移動し、ノードＣがノードＡからパケットを直接受信できるようになったものとする。この場合、ノードＢを経てノードＣにパケットを転送することは無駄であり、ノードＣはパケットＡからパケットを受け取ったら直ちにノードＤに送出すれば十分である。つまり、ルートを、ノード S,A,C,D で構成するように変更すればよい。そこで、上述のルート修復法を基に、次の原理で無駄を検知し除去してルートを短縮する方法を考案した。

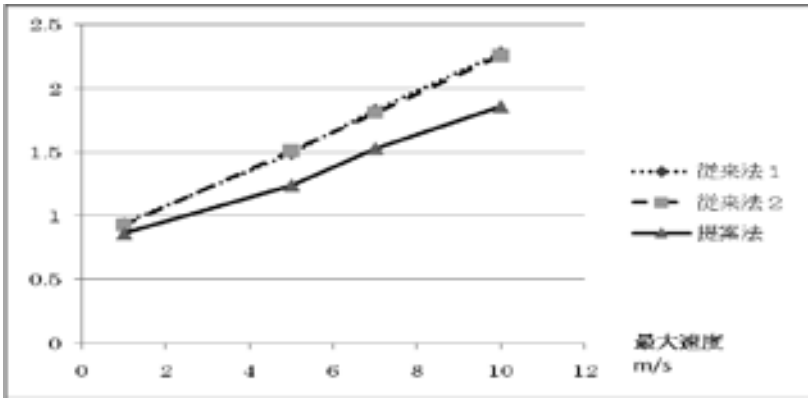
・ルート修復時、宛先ノードまでのホップ数がより少ないパスをモニタノードが保有していれば、そのようなパスを修復ルートに含める。
・一般にモニタしたルートに比較して宛先ノードが同一でホップ数が少ないパスをモニタノードが保有していた場合、ルート修復とは関係なく、そのルートにこのパスを含めるよう変更する。

このルート短縮法には、新たな制御情報を交換するというオーバーヘッドを追加することなく実現できるという特長がある。

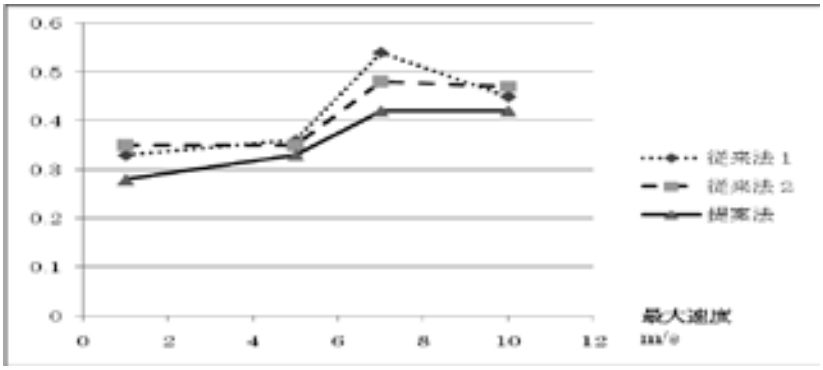
以上のルート修復法とルート短縮法を組み合わせた結果得られる提案法の効果の一部を図２に示す。この図からわかるように、従来法に比較して、宛先ノードにパケットが正しく到着する割合（パケット到着率）をほぼ維持させたまま、制御パケットによるトラヒックオーバーヘッド量を削減でき、かつパケット転送遅延時間を短縮できる。



(a) パケット到達率



(b) トラヒックオーバーヘッド（相対値）



(c) パケット転送遅延時間（秒）

図２　シミュレーションによる比較評価の例

2.3 具体的成果

前節で述べたルート修復法とルート短縮法は、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、その有効性も明らかにできた。具体的には、パケット損失率をほぼ維持したまま、制御パケットのトラヒックオーバーヘッド量の削減とパケット転送遅延時間の短縮が実現でき、総じてパケット転送に係わる通信品質の向上が図れることを定量的に実証した。このような成果に関し、国際学会や国内の研究会・大会等において論文発表やポスター発表等を行った。[査読付き 2], [発表 1, 3, 4, 5]。なお、ルート周辺のノードがモニタすることによって消費電力が増大するという問題があり、これを解決するためモニタを最小限に留める必要があり、今後は最小限のモニタを実現する方法の検討を進める予定である。

3 P2P ネットワークの管理

3.1 背景

情報ネットワークの応用の一つはオンラインゲームであり、昨今、多数の利用者がプレーヤとしてネットワーク越しに仮想ゲーム環境で遊ぶオンラインゲームの利用が急激に拡大している。このようなゲームは MMORPG(Massively Multiplayer Online Role Playing Game)等と呼ばれているが、ゲーム情報を集中的に管理し仮想環境上での処理を集中的に行うサーバの処理負荷が過大となりサーバ自体やそのネットワーク接続に係わる設備の投資が過剰になっていくという問題がある。この問題を解決する有力な方法の一つは、サーバ機能を利用者のノードに分散して分担する P2P ネットワークの応用にある。しかし、P2P ネットワーク上の MMORPG では、利用者が他の利用者のゲーム情報を管理し処理することになり、ゲーム情報の悪用や処理の不正が可能となってしまう。そこで、このような悪用や不正を防止するための技術の確立が重要となる。

本研究では、ゲーム情報の悪用に着目し、これを防止するための新しいゲーム情報の分散管理法と分散処理法を開拓し技術確立することを目標とした。

3.2 内容

MMORPG では、各プレーヤが仮想ゲーム環境上で操作するキャラクタ(PC)に加え、ゲーム環境に制御されるキャラクタ(NPC)、及び PC や NPC によって利用される様々なオブジェクトがある。これらをまとめて entity と総称する。ゲームでは、プレーヤが自分の PC を操作し他の entity との戦いや取引等の相互インタラクションを行うことによって他の entity に影響を与え最終的には勝敗を競う。従って、ゲームの実現には、仮想ゲーム環境の維持に加え、entity ごとの攻撃力、防御力、位置等のゲーム情報を管理し、ゲームの進行に伴ってゲーム情報を更新していくことが必要である。

このようなゲーム情報の悪用対策の最初の検討として、まずプレーヤ単独による悪用に限定する方針で、ゲーム情報を悪用できるための条件を分析した。その結果、ゲーム情報には、他の entity が知ることによって利益が生じる、つまり悪用できるものと、利益にならず悪用にならないものに２分割できることをまず確認し、前者を sensitive 情報、後者を非 sensitive 情報と命名した。悪用の対象は sensitive 情報のみとなるが、sensitive 情報の悪用には、そのようなゲーム情報が属す entity を知ることが必要になること、及びこの entity を特定する方法には、ゲーム情報を構成するいくつかの要素をゲーム情報要素と呼ぶことにして、次の２通り存在することを明らかにした。

(a) 単独で entity と直接結びつけることが可能なゲーム情報要素
(b) 単独では entity と結びつけることができないが、他のゲーム情報要素と組み合わせることによって entity と結びつけることが可能となるゲーム情報要素

(a)のゲーム情報要素としては、プレーヤの名称、IP アドレス等の ID 情報がある。(b)のゲーム情報要素は多々あるが、その一例としては、仮想環境で唯一のオブジェクトを所有しているというゲーム情報要素とそれを所有していることが外観から判断できるゲーム情報要素がある。検討の結果、(a)のゲーム情報要素は、すべて非 sensitive であることを確認した。

以上の分析結果に基づき、本研究では、次の原理に基づくゲーム情報の分散管理法を考案した。

(1) ゲーム情報要素を、sensitive 情報と非 sensitive 情報に区分する。両情報要素は、それぞれ異なるプレーヤが管理する。
(2) ゲーム情報要素を、上述の(a)と(b)に分類し、(a)に属すゲーム情報要素と(b)に属すゲーム情報要素は、異なるプレーヤが管理する。

このように分散管理したゲーム情報要素はゲームの進行に伴って更新する必要があるが、その処理についても不正を防ぐ必要がある。特に、更新時には、ゲーム情報要素をそれが所属する entity と対応付ける必要が生じるため、そのときに悪用の可能性が生じるという問題がある。そこで、本研究では、ゲーム情報要素が所属する entity を直接表す ID 情報をゲーム情報要素に対応付けるのではなく、両者を媒介する仮 ID を用意し、この仮 ID をゲーム情報要素に与えておき、仮 ID と真 ID との対応付けは別途行う分散処理法を考案した。一般に、ゲーム情報要素にアクセスする場合、真 ID から仮 ID を見出し、その後ゲーム情報要素にアクセスすることになるが、この分散処理法では、真 ID から仮 ID への対応付けを担当する管理ノードと仮 ID とゲーム情報要素を対応付けて管理するノードを別とする。これによって、各プレーヤが単独で真 ID とゲーム情報要素を対応付けて知ることを防止でき、ゲーム情報の悪用を防ぐことが可能となる。

以上のゲーム情報の分散管理法と分散処理法を合わせて分散管理処理法と命名した。

一方、このような P2P ネットワークでは、ノードを構成する PC の電源のオンオフや移動等に伴ってノードが離脱する可能性があり、その結果、分散して情報を管理し処理する場合には、情報が存在せず処理不可能となったり、存在するのにアクセスできなくなる等、適切な情報検索が困難になるという問題が生じる。この問題は churn 問題とも呼ばれ、その解決を図ることを目的として、離脱予測の的中率の高いノードに優先的に情報を管理させる方法や離脱ノードを検知した場合にその旨を迅速に無駄なく他のノードに通知する方法等の新しい分散検索制御法のアイデアを得て、方式の基本設計を進めた。

3.3 具体的成果

本検討が解決を目指すゲーム情報悪用防止課題は、これまで研究ではあまりとりあげられていないものである。そして考案したゲーム情報分散管理処理法は、これまでの研究では見られないオリジナリティの高い技術である。まだ複雑なゲームでの有効性を検証するまでには至っていないが、MMORPG の一つの基本モデルに対して、この分散管理処理法を適用して検討したところ、ゲーム情報の悪用を防止できることを確認できた。この検討結果の概要を、国内学会の大会で論文発表した。[発表 6]今後、より規模が大きく複雑な機能を持つ MMORPG モデルに対し、このゲーム情報分散管理処理法によってゲーム情報の悪用を防止できるよう

検討を深め拡張していく計画である。一方、新分散検索制御法については、概要について電子情報通信学会の大会で発表した。［発表 7］

4　成果要覧

査読付論文リスト

［査読付 1］山崎 泰弘，若原 恭：地球規模で普及するディジタルファクシミリ～電話網ファクシミリの研究開発と国際標準化～，電子情報通信学会，通信ソサイエティマガジン B-Plus，no.14，pp.70-73，2010 秋.

［査読付 2］Zilu Liang, Takefumi Ogawa and Yasushi Wakahara: Pro-Reactive Route Recovery with Automatic Route Shortening in Wireless Ad Hoc Networks, 10th International Symposium on Autonomous Decentralized System (ISADS 2011), Tokyo & Hiroshima, Japan, March 2011.

その他の発表論文リスト

［発表 1］Zilu Liang, Takefumi Ogawa and Yasushi Wakahara: Automatic Route Recovery Based on Relay Nodes in Wireless Ad Hoc Networks, IEICE Society Conference, BS-7-24, Osaka, Japan, September 2010.

［発表 2］Yasushi Wakahara, Yuji Sekiya and Pakornsiri Akkhara: Efficient Broadcasting of Alarm Message via Vehicle to Vehicle Communication, Global COE Symposium on Secure-Life Electronics, 2.31, Tokyo, November 2010.

［発表 3］Zilu Liang, Takefumi Ogawa and Yasushi Wakahara: Fast and Low-Overhead Route Recovery in Wireless Ad Hoc Networks, IEICT Technical Report, NS2010-146, vol.110, no.372, pp.25-30, Kagawa, Japan, January 2011.

［発表 4］Zilu Liang, Takefumi Ogawa and Yasushi Wakahara: Incorporating Route Recovery Information to Gossip Routing in Wireless Ad Hoc Network, IEICE General Conference 2010, BS-4-16, Tokyo, Japan, March 2011.

［発表 5］ Zilu Liang, Takefumi Ogawa and Yasushi Wakahara: A Pro-Reactive Route Recovery Scheme in Wireless Ad Hoc Networks, poster presentation in the 1st International Symposium of Multidisciplinary Research, Tokyo, Japan, March 2011.

［発表 6］山崎 弘太郎，妙中 雄三，若原 恭：P2P 型 Massively Multiplayer Online Role-Playing Game(MMORPG)における情報悪用を防止する分散管理手法の提案，電子情報通信学会・総合大会，D-9-2，p.630，2011 年 3 月.

［発表 7］内藤 浩一，小川 剛史，若原 恭：P2Pネットワークのためのノードの安定性を考慮したDHT管理手法，電子情報通信学会・総合大会，情報・システム学生ポスターセッション，2011年3月.

特記事項

［特記事項 1］ Organization of special session :Networks Software, 10th International Symposium on Autonomous Decentralized System (ISADS 2011), Tokyo & Hiroshima, Japan, March 2011.

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様になってきた。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るようになってきた。そこで、ディジタル百葉箱を用いて都市部で顕著に現れるゲリラ豪雨などの現象を可視化するシステムの検討を行っている。

また、Internet の利用は大学などの研究機関だけでなく、高校や小中学校などの教育機関でも広がっており、文字や静止画だけでなく、音声や動画などの大容量の情報を授業でも活用する方法が検討されている。東京大学には、環境教育用の演習林のアーカイブ映像資料を保有しているため、いくつかの初等教育機関を広帯域な研究開発テストベッドネットワークで接続し、リアルタイムなコンテンツ配信を用いた遠隔授業を実践することで、その有効性の検証を進めている。

一方、Internet には、スーパーコンピュータやクラスタ型 PC などの多様な計算機資源が接続され、どこからでもネットワークを介して利用できる環境が整ってきたが、複数の計算機資源を有効に活用するためには、ネットワークや個々の計算機の特性に関して利用者が熟知している必要があり、実際には効率的な利用が困難な状況にある。このため、実行するプログラムに応じて、適切な計算機資源にタスクを分散処理してくれるミドルウェアの研究開発を行っている。

本研究室では、上述したように広域分散環境における高度基盤技術に資する基礎技術の確立を中心とした各種の研究に取り組んでいる。

2　小型センサーを用いた効率的な情報流通技術と可視化に関する研究

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様になってきた。

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ている。

本研究では、各種センサー情報を効率的に分散管理するための基礎技術の確立をはかるとともに、都市部の工業高校や大学を中心に気象センサーを集中展開することで、ゲリラ豪雨やヒートアイランド現象など、都市部で顕著に現れる現象を可視化する方法の検討を行うこととした。

2.2 内容

本研究では、図 1 に示す様な気象観測ユニット (Vaisala 社の WXT510 ウェザートランスミッターや Oregon Scientific 社の WM918 気象ステーション) と 小型ネットワーク PC (Atmark Techno 社の Armadillo 210 や Echelon 社の i.LON 100) を組み合わせた「ディジタル百葉箱」を小型センサーとして用い、インターネット網を介して集約サーバ (Live E! Server) に SOAP ／ XML の形態で定期的に観測データを転送するシステムを構築し、複数の小型センサーからの観測情報を複数の教育・研究目的で利用できる仕組みの構築を行っている。

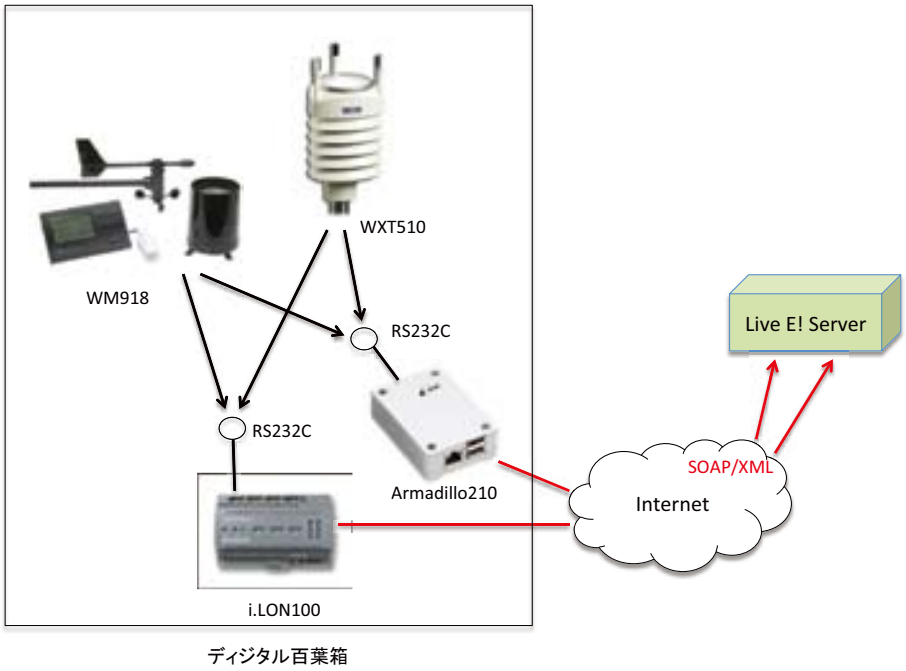


図 1: ディジタル百葉箱の構成

この研究は、産学共同の研究プロジェクト (Live E!) として実施しており、本年度は、東京都下の工業高校 8 校と東京大学、上智大学、慶応義塾大学など 8 箇所にディジタル百葉箱を分散配置し、都市部で顕著に現れるゲリラ豪雨やヒートアイランド現象を可視化するソフトウェアの開発を NICT と共に行った。

2.3 具体的成果

小型センサーなどの自律分散ノードから得られる情報を集約し、社会生活に対する安心情報をネットワーク利用者に提供する仕組みの一つとして、「ディジタル百葉箱」を用いて環境情報の収集と提供を行う実験を NICT と共に行ってきた。これまでの研究成果のまとめを情報処理学会全国大会の企画セッションで発表した [発表 4]。

また、東京の都市部に配置したディジタル百葉箱から得られる環境情報の可視化ソフトウェアを開発したことで、2010 年 7 月 5 日に首都圏で発生した局所的な大雨 (板橋区で 1 時間に 107mm の猛烈な雨が観測され、練馬区や北区などで床上・床下浸水の被害が出た) では、特定箇所で局所的に豪雨が観測された様子を可視化することができ [発表 2]、東京都環境科学研究所などで高い評価を受けた。

3　広域テストベッド網を用いたデータ配信に関する研究

3.1　背景

現在は、大学などの研究機関はもとより、高校や小中学校などの教育機関や一般家庭も Internet に接続される様になり、はば広く情報収集や情報発信などで活用されている。この情報収集や情報発信は、文字や静止画による情報流通が主体であったが、最近では、音声や動画などの大容量の情報も利用される様になってきた。

しかし、特に初等教育機関におけるネットワーク環境は、まだ十分に広帯域での利用には適さない状況にある。一方、NICT では、研究開発テストベッドネットワーク (JGN2plus) 網が構成され、全国各地に (場所によっては 100Mbps の拠点もあるが) 1Gbps 以上の広帯域ネットワークが提供されており、この網を用いた広帯域データ配信に関する研究を行うことができる環境にある。

いくつかの初等教育機関は、地域イントラネットや県の情報ハイウェイなどに接続されており、JGN2plus 網と相互接続することで大学などの研究機関との間で大容量データ通信を行うことも可能になってきた。

3.2　内容

現状の初等教育機関の学校インターネット環境だけでは、映像・音声のコンテンツを授業の時間中にリアルタイム配信を受けて利用することは困難であるが、JGN2plus 網と地域情報ハイウェイなどを相互接続することで、東京大学新領域創成科学研究科が保有する農学部演習林の映像・音声アーカイブ (約 15 年分) を、初等教育機関の環境学習で利用することが可能となる。

本研究では、茨城大学教育学部付属小学校、麗澤中学校や、甲斐市立竜王東小学校と東京大学を JGN2plus 網を用いた実証実験ネットワークで接続し、リアルタイムなコンテンツ配信を用いた遠隔授業の有効性と、その技術的課題の検討を行った。

3.3　具体的成果

2009 年 7 月に茨城大学教育学部付属小学校と東京大学を結んで実施した遠隔授業では、JGN2plus 網と IBBN (いばらきブロードバンドネットワーク) を結んだ初めての実証実験となった。この試みでは、児童との質疑で HDV カメラによる高画質な映像伝送を行うことでスムーズに行うことができ広帯域化の有効性が示された [発表 1]。

また、2011 年 2 月に甲斐市立竜王東小学校と東京大学を結んで実施した遠隔授業では、JGN2plus 網と山梨県情報ハイウェイおよび甲斐市イントラネットを接続して実証実験を行った [発表 6]。この実証実験では、高画質映像を伝送するための装置と音声を伝送するための装置のエンコード遅延が異なるために生じていたリップシンクが取れなかった問題をネットワーク遅延回路を用いて解消する方法の検証も行うことができた。

4　並列分散処理の動的タスク割当て技術に関する研究

4.1　背景

Internet には、スーパーコンピュータやクラスタ型 PC などの多様な計算機資源が接続される様になり、どこからでもネットワークを介して利用できる環境が整ってきた。

しかし、最近の計算機は、マルチコア CPU を複数台搭載した機種も多くなり、並列分散処理を行うプログラムを利用者が記述して、複数の計算機資源を有効に活用するためには、それぞれの計算機の特性やネットワークに関して熟知している必要があり、場合によっては、利用できる計算機資源の特性に合わせて、プログラムの構成方法も変更する必要がある。

新たにコア数や CPU 数が大きな計算機が開発される度に、その計算機の特性に合わせてユーザがプログラムを変更しなければならない事態は、著しく生産効率の低下を招くことになる。

そこで、利用者が記述したプログラムを複数の計算機資源が利用可能な環境で実行するにあたり、その処理タスクの適正に応じて適切な計算機資源に処理タスクを分散処理してくれる様な機構が必要であると思われる。

4.2 内容

本研究では、C++ 言語の次期標準 (C++0x) において標準ライブラリとして導入されるスレッドライブラリと同様にして、明示的なタスク割当てを行うことができるライブラリの開発を行っている。

開発を行っているライブラリ (tpdplib) では、タスクの割当てをデータの割当てと同様に階層化し、計算素子 (PE: Processing Element) の確保・タスク割当て・アルゴリズム処理を分離して設計できるようにした。このため、利用者が明示的に PE の割当てを意識したプログラムを記述できる一方で、計算機の構造を意識しないでシステムに自動的なタスク割当てを任せることも可能な構成をとることができる。

4.3 具体的成果

現在開発を行っている tpdplib についての構成方法とベンチマークプログラムを用いた性能評価の結果について発表 [発表 3] を行うとともに、具体的なプログラムインタフェースについて示した [発表 5]。

現在は、利用者が計算機の構造を意識しないでシステムに自動的なタスク割当てを任せた場合に、適切な計算機資源の割当てを行う方法の検討と実装を進めている。

5 成果要覧

受賞関連

[受賞 1] 中山雅哉: ISS 活動功労賞, 電子情報通信学会, 2010 年 6 月 1 日.

その他の発表論文

[発表 1] 斎藤馨, 中村和彦, 大辻永, 豊田かおり, 中山雅哉, 藤原章雄, 安東孝二, 岩岡正博: ブナの枝葉と映像を用いた小学校理科遠隔授業, 第 121 回日本森林学会大会, Vol.121, pp.307, 2010 年 4 月.

[発表 2] 中山雅哉, 江崎浩, 砂原秀樹: Live E! センサの東京都における展開 – 高大連携プロジェクト –, Live E! シンポジウム 2010 予稿集, pp.1-4, 2010 年 9 月.

[発表 3] 山崎健生, 中山雅哉: 並列分散処理環境におけるタスク割り当てライブラリの設計と C++ での実装と評価, 情報処理学会 HPCS2011, P4-3, 2011 年 1 月.

[発表 4] 中山雅哉: センサ情報流通基盤の構築とその利用, 情報処理学会 第 73 回全国大会, イベント企画 JGN2plus の成果とその後継プロジェクト, 講演-2, 2011 年 3 月.

[発表 5] 山崎健生, 中山雅哉: C++ 用タスク割り当てライブラリ tpdplib の T2K オープンスーパーコンピュータ上での実装と NPB による評価, 情報処理学会 HPC 研究会, Vol.2011-HPC-129, No.26, pp.1-8, 2011 年 3 月.

[発表 6] 斎藤馨, 中村和彦, 藤原章雄, 岩岡正博, 小林博樹, 中山雅哉, 藤枝俊輔: 東京大学秩父演習林ブナ林からのライブ配信と映像アーカイブを用いた小学校森林環境遠隔授業, 第 122 回日本森林学会大会, Vol.122, pp.352, 2011 年 3 月.

人々の実生活を支援する情報メディア技術に関する研究

小川　剛史

1　概要

拡張現実感(AR: Augmented Reality)技術とは、コンピュータが生成した仮想物体などの電子情報を現実世界に重畳して、現実世界に直感的に分かりやすく情報を提示するための技術で、多くのマニュアル参照を必要とする航空機整備のような作業の支援や、街中での効果的な広告やゲーム、外科手術の支援など様々な分野での応用が期待されている。筆者は、人々の日常生活を豊かにすることを目的に AR 技術を応用したシステムの構築を進めており、主に、インタフェース技術、実空間認識技術に関する研究を行った。また、複数ユーザでの協調作業やコミュニケーションを支援するためには、情報伝達の効率化などが重要となるため、センサネットワーク技術[査読付 2]やアドホックネットワーク技術[査読付 6, 発表 2, 3, 6, 7]に関する研究も行った。以下では、下記の 2 テーマについて具体的に述べる。

- 拡張現実間における視覚と触覚を融合したインタフェース
- 色盲者支援のためのウェアラブルインタフェース

2　拡張現実感における視覚と触覚を融合したインタフェース

2.1　背景

AR 技術を用いた従来のアプリケーションでは、ユーザに対して正確に情報を伝えるために、仮想物体と現実世界の幾何学的な整合性を保つことが重要とされ、これまでにカメラの位置・姿勢を推定するための様々な手法が提案されてきた。一方、ユーザの仮想物体に対するインタラクションのリアリティを向上させるために、ユーザに触覚フィードバックを与える研究も盛んに行われるようになってきており、例えば、ユーザが仮想物体を叩いたときの衝撃や仮想物体がユーザの体の上を動くときの感覚の実現を目的とした研究が存在する。しかし、これまでに提案されているシステムでは、ユーザに対して触覚を提示可能な場所がデバイスを装着している場所に限定されていることが多く、ユーザの体の上を自由に動き回る仮想物体からの触覚を提示するには全身にデバイスを装着しなければならないなど多くの問題があった。本研究では、多数の触覚デバイスを装着しなくても、図 1 に示すような、ユーザの体の上を仮想物体が動き回る際の触覚を提示できるシステムの構築を目指し、視覚と触覚を融合した刺激の提示手法について検討している。

図 1　腕の上を歩く仮想ペット

2.2　内容

2.2.1　ファントムセンセーション

ファントムセンセーションとは、触知覚において、皮膚上の二つの異なった位置を同時に刺激した場合、それらの間に刺激が一つのみ定位される現象であり、この現象を利用することで、触覚を提示

するすべての場所に振動モータを装着しなくても、少数のモータで広範囲に触覚を提示できる。刺激が提示される位置は二つの刺激の強さによって決まり、刺激の強い方に偏位して知覚される。二つの刺激間に均一な強さのファントムセンセーションを提示するためには、二つの刺激を対数的に変化させればよいことが過去に示されている。

ファントムセンセーションを利用すれば、二つの振動モータを使うだけで、二つの振動モータ間の線分上の触覚を提示可能となる。そのため二次元の手のひら上の任意の点で触覚を提示するために必要となる振動モータは 4 個程度で済む可能性があり、携帯デバイスとして必要な軽さ、小ささを実現できる。

2.2.2 視覚による触錯覚

仮想物体を自由に移動させるためには、任意の場所での触覚を実現する必要があるが、ファントムセンセーションを利用して、振動モータを装着していない場所での触覚を実現できたとしても、振動モータを結ぶ線分など振動モータの間以外の場所に触覚を提示することはできない。そこで、触知覚される場所とは異なる場所に仮想物体を提示することで、ユーザはどの場所に触覚刺激を感じるのかを調査し、触錯覚を引き起こす有効な視覚刺激の提示手法を検討した。

2.2.3 触知覚に対する視覚刺激の影響

(1) 実験1:触覚刺激と視覚刺激の同期提示

ファントムセンセーションによって提示した触覚刺激と同じ場所に仮想物体を提示することで、被験者が触覚刺激を知覚する位置が変化するかどうかを調査した。図 2 に示すように、振動モータを被験者の前腕部に 4cm 間隔で装着し、ファントムセンセーションによって 1cm 間隔ごと(図中の 1 から 5 の地点)に触覚刺激を提示した。また、USB カメラで被験者の前腕を撮影し、PC 画面上で ARToolKit を用いて触覚刺激と同じ場所に仮想ボールを重畳表示する。被験者には、触覚刺激や視覚刺激が提示される位置や、触覚刺激と視覚刺激の位置関係について、特に指示を与えずに、振動を感じる位置(知覚位置)をマウスを用いて回答させた。被験者は 23 歳から 36 歳の男女 7 名で、試行回数は被験者 1 名あたり平均 41 回である。実際の刺激位置と被験者が回答した知覚位置の距離が 5mm 以内の場合に場所が一致したと判断した。一致率を図 3 に示す。比較対象として、仮想ボールを表示しない、触覚刺激のみの場合も実施した。触覚刺激のみの場合の一致率が平均 47%であるのに対し、触覚刺激と視覚刺激を同期提示した場合 82%と大幅に向上しており、片側 t 検定を行ったところ、すべての位置において 10%水準で有意差が認められ、視覚刺激が触覚刺激を強化することが分かった。

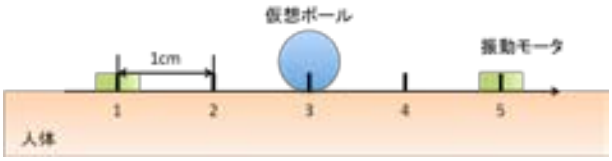


図 2　触覚・視覚刺激の同期提示実験

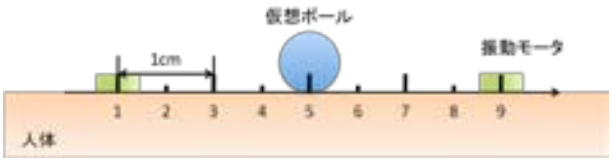


図 4　触覚・視覚刺激のランダム提示実験

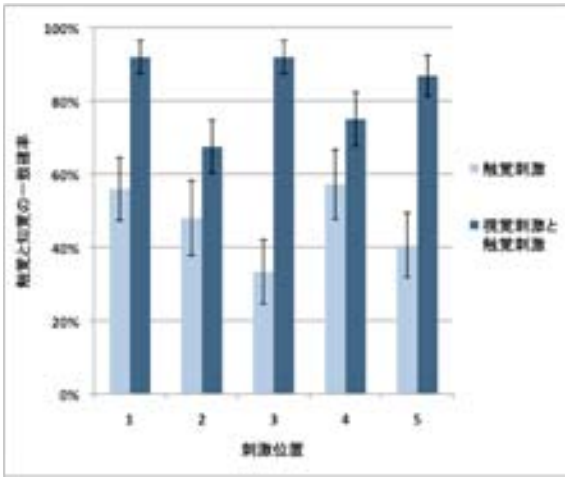


図 3　刺激位置と知覚位置

(2) 実験 2:触覚刺激と視覚刺激のランダム提示

ファントムセンセーションによって提示する触覚刺激と仮想物体による視覚刺激をランダムな位置に提示することで、被験者が触覚刺激を知覚する位置が変化するかどうかを調査した。触覚刺激の提示位置は、1cm 間隔(図 4 の 1, 3, 5, 7, 9 の 5 箇所)であるのに対し、視覚刺激は 0.5cm 間隔(図 4 の 1〜9 の 9 箇所)とした。被験者は実験 1 と同様で、平均試行回数は 110 回である。被験者には具体的な刺激位置については何も伝えていないが、視覚刺激位置と触覚刺激位置が必ずしも一致しないことを伝えている。被験者の知覚位置が触覚提示位置、視覚提示位置、その他のどの位置に近いかを調べた結果を図 5 に示す。グラフから分かる通り、知覚位置が 3 種類でほぼ均等になり、被験者が単純に仮想ボールが提示された場所に触覚を知覚するわけではないことが分かった。また、仮想ボールの移動方向と触覚刺激位置の移動方向が知覚位置の移動方向に与える影響を調べたところ、知覚位置の移動方向が 80%以上の確率で、触覚の移動方向に一致することが分かった(図 6)。

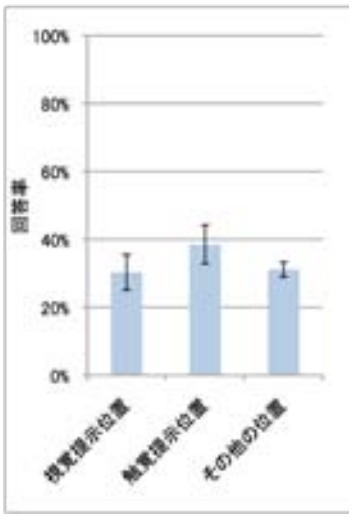


図 5 ランダム提示における知覚位置の割合

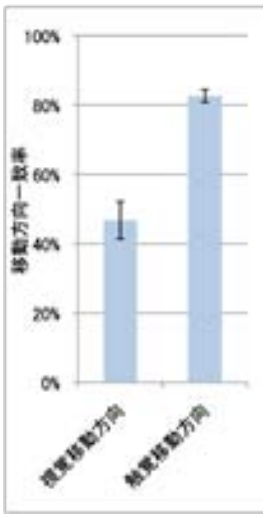


図 6 移動方向の一致率

(3) 実験 3:視覚刺激による触錯覚の発生

実験 2 の結果から、視覚刺激が触錯覚を引き起こす条件として、以下の 2 点を仮定して、実験により検証した。

条件 1: 視覚と触覚の提示位置の移動方向を一致させる。

条件 2: 視覚提示位置を、直前の知覚位置と、次の触覚提示位置を結ぶ半直線上にする。

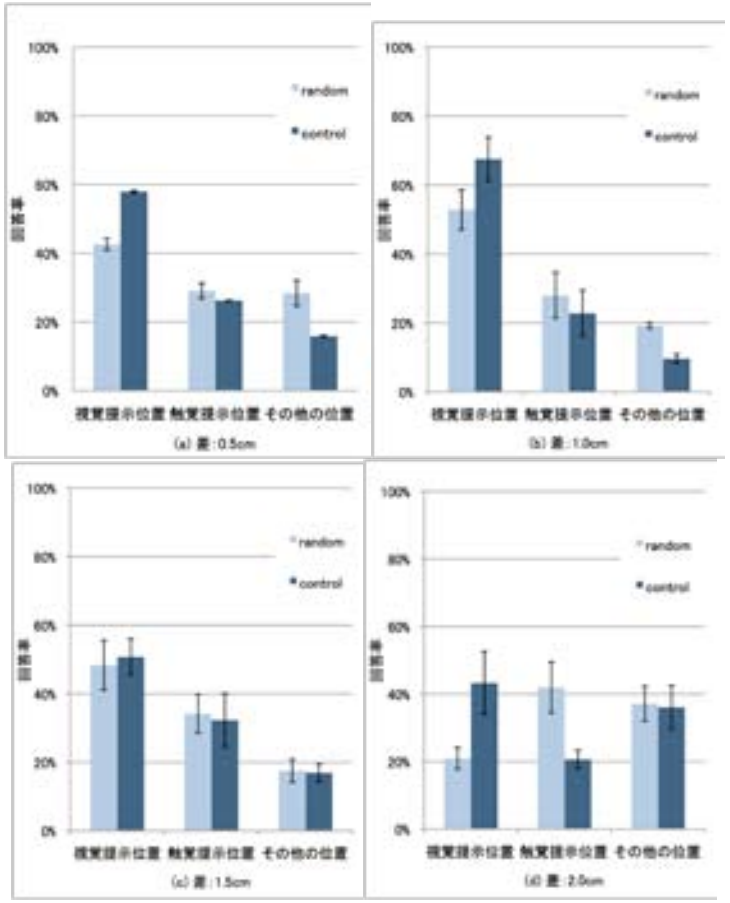


図 7 触覚・視覚刺激のランダム提示実験

視覚提示位置と触覚提示位置の差で、被験者が回答した知覚位置をまとめたのが図 7 である。すべての場合において視覚刺激の位置を知覚位置として回答する割合が、ランダムに提示した実験 2 の結果よりも増加しており、仮想ボールによって、実際には触覚刺激を与えていない場所を震えたと被験者が答える傾向が強くなることが分かった。

2.3　具体的成果

適切に視覚刺激を提示することで、実際には触覚刺激を与えてない場所を震えたと被験者に感じさせることができ、視覚による触錯覚発生の可能性が確認された。これらの研究成果は国内研究会[発表 5]にて発表した。

3　色盲者支援のためのウェアラブルインタフェースに関する研究

3.1　背景

近年の PC やプリンタ、プロジェクタなどの急速な普及により、誰でも容易に印刷物の作成やプレゼンテーションができるようになった。それらの作品や資料の多くでは、例えば、色を変えて語句を強調する、複数の色を用いて異なるものの区別を容易にするなどといった、視覚的に分かりやすくする試みがなされており、重要な情報を色によって提示される機会も急増している。しかし、遺伝的背景や、白内障などの疾患が原因で、色覚は人によって異なる(図 8)。そのため、文字や記号のような形態に基づく情報とは異なり、色による情報は相手によって正確に内容を伝達できない場合がある。これらの色覚の差異の中でも、特に遺伝的背景によるもの、いわゆる色盲は、予防、治療とも不可能であることから、色盲者を支援することを目的とした様々な研究がなされている。多くの研究では、色盲者を直接支援する手法を提案しており、視界全体、あるいはカメラから取り込んだ画像全体を変化させてしまうため、普段認識できていた情報も色が変更されて、逆に認識できなくなってしまうことがある。つまり、日常生活において、常時、支援ツールを利用することはできないと言える。したがって、従来の支援ツールには、常に色盲者が支援ツールを利用することができないが、常に支援ツールを利用していなければ、支援ツールを向けるべき場所に気付かないという大きな矛盾が生じていた。本研究では、カメラから取り込んだ画像のどの領域に支援すべき色遣いがあるか検出し、その場所にのみ色変換など処理を行うことで、色盲者が日常生活においてどこに認識困難な色遣いがあるかを意識せずに利用できるシステムの実現を目指している。

3.2　内容

3.2.1　混同色線理論

色盲者が同じ色に混同して見える色は、図 9 のように、xy 色度図において、直線状に並ぶことが知られている(図 9)。この直線は、P 型が、$(x_p, y_p) = (0.747, 0.253)$、D 型が、$(x_d, y_d) = (1.08, 0.08)$、T 型が、$(x_t, y_t) = (0.171, 0.000)$、または、$(x_t, y_t) = (0.174, 0.060)$ を中心として引くことのできる無数の直線であり、この中心となる点を、混同中心と呼ぶ。この混同色線上にあり、かつ異なる色を検出することで、色盲者にとって識別が困難な色になっているかを判定することができる。

図 8　色覚の差異による見え方の違い

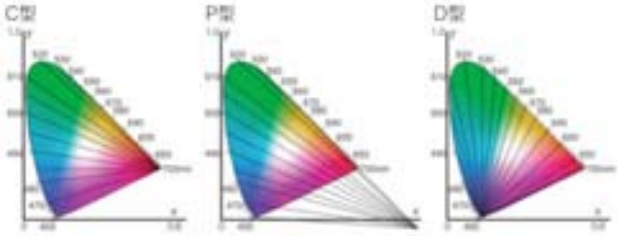


図 9　混同色線

図 10　検出結果

図 11　実験の様子

図 12　実験サンプル

3.2.2　認識困難領域の検出

混同色の検出は、混同色線が混同色中心を通ることを利用し、混同中心を原点とした極座標変換を用いて検出する。処理を施す対象となる画像を取り込み、これを CIE1394XYZ 表色系に変換したのち、x、y を求め、混同色中心を基準に極座標変換を行う。このようにして、色合いを混同色中心からの距離 r と、角度 θ によって表し、θ の値を利用して混同する可能性のある色が集中している箇所を以下の手順により抽出する。

（１）近い値の θ を持つピクセルを抽出

（２）抽出したピクセルを拡大

（３）一繋がりになっている各領域の面積を求め、一定以上の面積を持つ領域を抽出

同一の混同色線上にある色が集中していても、色盲者にとって、必ず認識が困難となるわけではない。例えば、単色で塗りつぶされた領域は、すべて同一混同色線上にある色で構成されることになるが、C 型の人にとってもその領域は単色で塗りつぶされた領域であるため、C 型の人と色盲者との認識の間に大きな違いはない。また、同一混同色線上にあり、混同色線上で離れた色が使われていたとしても、明度に大きな違いあれば、色盲者でも容易に認識できる。このような領域は特に注意を喚起する必要はない。具体的には、色盲者にとって認識困難となる領域には、次のような特徴がある。

- 同一混同色線上にある色が集中している。
- 混同色線上の離れた色が存在する。
- 明度が近い色が使われている。

これらを満たす領域を絞り込むため、尖度を用いた。尖度は、標準化された4次積率であり、確率分布やヒストグラムの裾野の分厚さや、平均辺りの尖り具合を示している。r のヒストグラムで、尖度が大きければ、混同色線上の離れた複数の箇所のピクセルが集まっていることになり、Y のヒストグラムで尖度が小さくなれば、同じ明度のピクセルが多数存在していることになり、色盲者が認識困難となる可能性が高い。以上の方法で、実際に認識困難箇所を検出した結果を図 10 に示す。

3.2.3 被験者実験による有効性評価

提案システムの有用性を検証するため、試作したプロトタイプを用いた評価実験を行った（図 11）。具体的には、被験者にプロトタイプを使用させ、既存のツールである「色のめがね」と比較した。実験は、D 型の被験者 9 名に、認識が困難であると予測されるサンプルを発見させた。実験に用いたサンプルは、5cm × 5cm の正方形の画用紙に、日本色彩研究所監修の配色カードを 1cm × 1cm に切ったものを 15 枚貼りつけたもので、15 枚すべてが同じ色のサンプルを複数と、15 枚のうち 3 枚が混同する色となっているサンプルを1つ用意した。混同色の組み合わせは図 12 のような 5 種類を用意した。

暗い色ほど正答率が下がっている傾向がある。ツールに対する習熟度の相違や、ツールに対する依存度の相違、照明条件の相違から、単純に比較はできないが、正答率は若干色のめがねの方が高い結果となった。ツールに対する習熟については、被験者の半数程度が色のめがねに習熟しており、サンプル E については、色のめがねや iPod の画面の輝度の設定や、色の変換方法の設定を変えることで混同色を含むサンプルを発見できた被験者もいた。全体の傾向としては、色のめがねよりも、提案システムの方が広範囲を映そうとする傾向があった。

3.3 具体的成果

本研究で提案した方式を用いることで、ユーザの動きや状況に応じて、提示すべき注釈情報を制御することが有効であることを確認した。これらの研究成果は国内研究会[査読付 4, 発表 4]にて発表した。また、本研究に関連して、ユーザのコンテキストに応じた情報を提示するウェアラブルシステムに関する研究の成果を国際会議[査読付 1]や国内論文誌[査読付 3, 5]、国内研究会[発表 1]にて発表した。

4 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] Daisuke Takada, Takefumi Ogawa, Kiyoshi Kiyokawa, and Haruo Takemura: A Context-Aware Wearable AR System with Dynamic Information Detail Control based on Body Motion, Proc. of the 3rd Korean Japanese Workshop on Mixed Reality (KJMR), Apr. 2010.

[査読付 2] Takefumi Ogawa, Tatsuya Shinjo, Shinya Kitajima, Takahiro Hara, and Shojiro Nishio: Node Control Methods to Reduce Power Consumption Using Push-Based Broadcast for Mobile Sensor Networks, Journal of Mobile Multimedia, Vol.6, No.2, pp.114-127, Jun. 2010.

[査読付 3] 中村 友宣, 間下 以大, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: ウェアラブル学習システムのための複数センサを用いた移動経路上での利用者コンテキスト認識機構, メディア教育研究, Vol.7, No.1, pp.28-34, 2010 年 10 月.

[査読付 4] 藤井 裕士, 小川 剛史: 色覚の差異による情報の誤伝達を防ぐ認識困難箇所提示ツールの試作, VR 学研報, Vol.15, No.CS-4, pp.15-18, 2010 年 11 月.

[査読付 5] 西川 知宏, 間下 以大, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: モバイル環境におけるコンテキスト認識とスケジュール予測に基づくマルチメディアコンテンツの動的再生制御, 電子情報通信学会論文誌（D-II）, Vol.94, No.1, pp.147-158, 2011 年 1 月.

[査読付 6] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Pro-Reactive Route Recovery with Automatic Route Shortening in Wireless Ad Hoc Net-

works, Proc. of The 10th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS2011), Tokyo & Hiroshima, Japan, pp.57-64, Mar. 2011.

その他の発表論文

[発表 1] 高田 大輔, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: 身体動作に基づき提示情報を切り替えるコンテキストアウェアなウェアラブル拡張現実感システム, システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, F253, 2010 年 5 月.

[発表 2] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Automatic Route Recovery Based on Relay Nodes in Wireless Ad Hoc Networks, Proc. of the IEICE Society Conference 2010, BS-7-24, Sept. 2010.

[発表 3] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Fast and Low-overhead Local Route Recovery in Ad Hoc Wireless Network, IEICE Technical Report, Vol.110, No.372, NS2010-146, pp.25-30, Jan. 2011.

[発表 4] 藤井 裕士, 小川 剛史: 色盲者支援のための混合線理論に基づく認識困難領域検出, 信学技報, Vol.110, No.456, MVE2010-166, pp.189-194, 2011 年 3 月.

[発表 5] 新島 有信, 小川 剛史: 拡張現実感における触覚刺激に対する視覚刺激の影響に関する一考察, 信学技報, Vol.110, No.456, MVE2010-167, pp.195-200, 2011 年 3 月.

[発表 6] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Incorporating Route Recovery Information to Gossip Routing in Wireless Ad Hoc Networks, Proc. of the IEICE General Conference 2010, BS-4-16, Mar. 2011.

[発表 7] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: A Pro-Reactive Route Recovery Scheme in Wireless Ad Hoc Networks, Proc. of the 1st International Symposium of Multidisciplinary Research, Mar. 2011.

耐障害性を有した広域分散サービスの設計・構築ならびにその計測手法に関する研究

関谷 勇司

1 概要

本年度は、連邦型ネットワーククラウドを形成するために必要となる要素技術の研究開発と、そのテストベッドの構築に関する研究を重点的に行なった。また、数年間継続して行っている、DNS の運用状況を分散計測するための手法と分析結果に関する研究と、異なった性格を持つ計測システム同士の相互接続に関する研究も行った。以下にその概要を示す。

- 耐障害性を有した連邦型大学間クラウドの設計と構築

プライベートクラウド同士を相互接続して、広域に展開される連邦型クラウドの形成を行うための研究である。連邦型クラウドを構築するための要素技術研究を行うとともに、そのテストベッドとしての大学間クラウドを、東京大学、慶應義塾大学、奈良先端科学技術大学院大学、北陸先端科学技術大学院大学との間で設計、構築した。このテストベッド上で、リソース管理技術や VM 冗長化技術、広域分散ストレージ技術といった、拠点単位の冗長性を確保するための研究を行った。

- DNS の分散計測と計測システムの相互接続に関する研究

DNS の分散計測手法を確立し、その計測手法を用いた計測システムを構築した。また、異なった性格を持つ計測システム同士の利点を生かし、より広域な計測を行うための計測システム相互接続に関する研究を行った。本研究は、日仏共同研究の枠組みに基づき、フランス側研究者が持つ計測システムとの相互接続に関する研究を行った。

2 耐障害性を有した連邦型大学間クラウドの設計と構築

2.1 背景

近年、クラウドコンピューティングと呼ばれる技術が普及し始めており、数々のサービスが登場し始めている。具体的には、Google App Engine や Amazon EC2、salesforce CRM といったものが商用サービスとして展開されており、これらは無償もしくは有償にて提供されている。特に Google App Engine や Amazon EC2 は、誰でも手軽に利用できるパブリッククラウドサービスの代表例となっている。一方、プライベートクラウドと呼ばれる、比較的小規模のクラウドコンピューティングも普及しつつある。これらのクラウドサービスは、企業もしくは個人ユーザを意図して構築、提供されているサービスであり、大学における情報システム構築ならびに研究目的での利用の場合には、使い易いサービスであるとは言い難い。大学においては、研究室毎に Web サーバやメールサーバ、DNS サーバを運用したい、といった要望や、研究にて利用するためのサーバや実験ホストを一時的に多数利用したい、といった要望が存在する。これらの要望を実現するために、データセンターへのサーバホスティングや、現存する商用クラウドサービスを用いることも可能である。しかし、商用クラウドの場合は、扱う Virtual Machine (VM) の自由度の点において、必ずしも大学の研究用途や教育用途に適していない場合が多い。

また、大学はデータセンターと違い、蓄電設備や発電設備を必ずしも備えているわけではない。従って、法定点検や不慮の停電といった事故によって、サーバやネットワークが一定時間ダウンすることも発生する。法定点検による停電の場合、多くの大学では、発電車等の設備を手配することによって、長時間落とすことのできないメールサーバや DNS サーバといった重要なサーバを稼働させるのが現状である。また、落雷等の不慮の停電事故は、蓄電設備を完備していない限り、対応が難しい。

そこで本研究では、大学における利用用途に適したクラウドのあり方とそれを実現するための要素技術に関する研究を行った。具体的には、

(1) 大学において必要とされる機能を有した柔軟かつ低コストな連邦型大学間クラウドの実現
(2) 計画停電や不慮の停電、ネットワーク障害等に対応できる大学間クラウドの実現

を目標とした要素技術の研究と、テストベッドの構築を行った。

大学ごとに存在するプライベートクラウドを、そのポリシーの差異や機器性能の差異、ネットワーク環境の差異を吸収し、各大学のクラウドを連結することによって、一つの広域クラウド網としてユーザに提供することが可能となる。本年度は、この大学間連邦型クラウドを実現するための、要素技術のひとつであるネットワーク移動透過性に関する研究開発と、実環境テストベッドの構築を重点的に行なった。

2.2 内容

大学間クラウドの有用性を検証するために、産学連携研究コンソーシアムである WIDE Project の研究者らと共同で、大学間クラウドのプロトタイプ(WIDE クラウド)の構築を行った。この WIDE クラウド構築に参加した研究者は、東京大学、慶應義塾大学、北陸先端科学技術大学院大学、奈良先端科学技術大学院大学の教員ならびに学生である。これらの大学内に、オープンソース技術を用いた小規模なプライベートクラウドを構築し、リソース管理を行うクラウドコントローラを実装して、プライベートクラウド同士を連結することで、大学間クラウドを構築した。WIDE クラウドのシステム構成を、図 1 に示す。

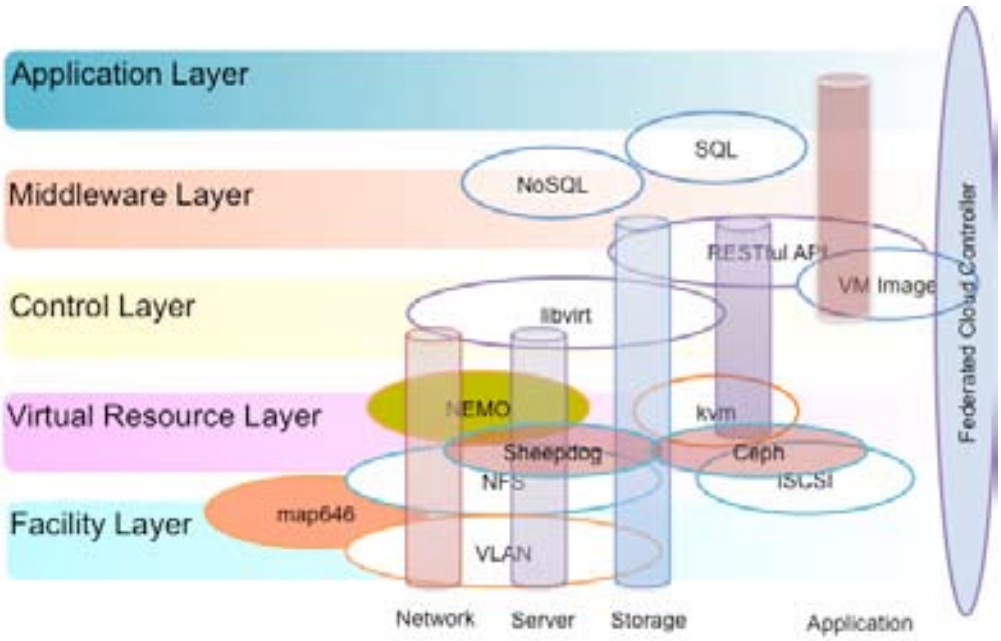


図 1 : WIDE クラウドの要素技術

IaaS クラウドの基盤となる VM 構成には、オープンソースである KVM[1](for Kernel-based Virtual Machine)技術を用い、VM のストレージ提供には NFS と iSCSI を用いた。また、VM へのネットワーク提供には、独自開発の map646[2]技術と、WIDE Project の研究開発成果である、NEMO[3](Network Mobility)技術を用いた。さらに、クラウドのリソース管理と制御には、オープンソースの libvirt[4]技術と、独自開発の WCC(WIDE Cloud Controller)を用いた。WIDE クラウドの今年度の技術的挑戦を、図 2 に示す。

まず、ネットワークの柔軟性に関する技術詳細について述べる。map646 は、IPv6 と IPv4 を相互にプロトコル変換を行うことによって、VM に直接グローバル IPv4 アドレスを割り当てることなく、ユーザからの IPv4 アクセスを実現する技術である。また、NEMO はある大学のネットワークを、他大学に仮想的に移動させ、VM に対して同じネットワークアクセスを提供することのできる技術である。VM に直接グローバル IPv4 アドレスを割り当てた場合、VM を他拠点（大学）にマイグレーションさせるにあたっては、その VM が利用しているネットワークを移動先の拠点(大学)にも同様に、あらかじめ構築しておく必要がある。一方、map646 + NEMO を用いた場合には、移動する VM が用いているある拠点(大学)のネットワークを、VM と一緒に自動的に移動させることが可能となる。また、map646 によるプロトコル変換ゲートウェイを複数地点に設置しておくことで、ある拠点(大学)のネットワークに障害が発生した場合にも、他の拠点(大学)からインターネットに出て行くことが可能となる。すなわち、ネットワークの移動透過性と冗長性を確保することが可能となっている。

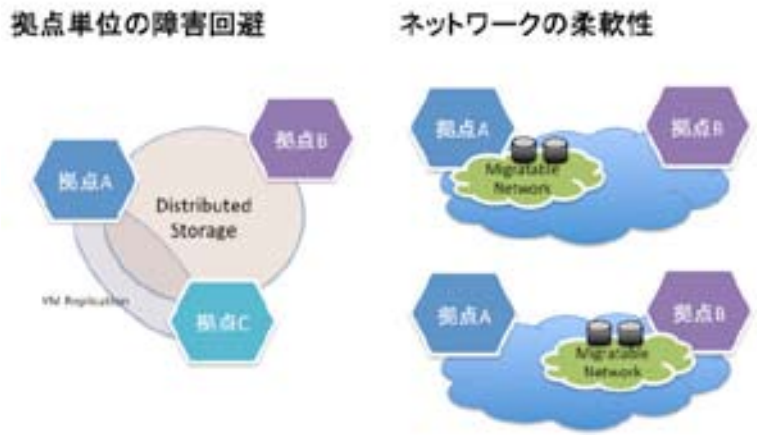


図 2 : WIDE クラウドの技術的挑戦

また、拠点単位の耐障害性を確保するためには、VM 自身の冗長化も必要となる。このための技術としては、VM レプリケーションと呼ばれる、予め予備の VM を立ち上げておき、リアルタイムで状態を同期しておく手法が利用出来る。この技術は現在発展途上であり、WIDE クラウドに導入するための評価と検証を行なっている。常に状態を同期しているため、VM 内部で割り込みが多発するような利用においては、性能の面で問題が発生する。この問題を改善するために KVM 内部実装における割り込みの改良を行う必要がある。これは今後の課題となっている。

また、障害を検知し、VM のリソースを動的に移動させたり、ネットワークを移動させたりするためには、それを統合するためのコントローラが必要となる。WIDE クラウドにおいては、既存のクラウドコントローラ実装である、Eucalyptus[5]や OpenStack[6]等を利用することも検討したが、これらは連邦型クラウドに適したコントローラ実装ではなく、機能が足りないと判断したため、コントローラを自作した。

[1] http://www.linux-kvm.org/
[2] https://github.com/keiichishima/map646
[3] http://www.nautilus6.org/
[4] http://libvirt.org/
[5] http://www.eucalyptus.com/
[6] http://www.openstack.org/

これら技術を組み合わせ、かつリソースを制御するコントローラを研究開発することによって、低コストかつ柔軟性のある連邦型大学間クラウドを構築することができた。

2.3 具体的成果

本研究にて構築した、連邦型大学間クラウドである WIDE クラウドを用いて、ライブ動画ストリーム配信実験を行った。 東京大学、奈良先端科学技術大学院大学、朝日放送、NTT スマートコネクト株式会社との共同研究として、全国高等学校野球選手権大会 (以下、甲子園) のインターネット中継を行った。今年度は、Web コンテンツの一部を WIDE クラウドを利用して配信を行うことで、期間限定の大規模配信におけるクラウドコンピューティング活用について検証した。

図 3 に示すシステム構成で、WIDE クラウドの中でも、特に東京大学と奈良先端科学技術大学院大学のクラウドリソースを用いて画像配信用のサーバを構築した。

中継実験は、第一日目の 2010 年 8 月 7 日から、決勝戦の 8 月 21 日まで、すべての試合に対して行われた。この間に一日、奈良先端科学技術大学院大学の法定点検によるキャンパス停電が発生した。停電時には、あらかじめ中継用 VM を全て東京大学にマイグレーションさせておくことによって、システム構成を変更することなく中継を継続することが可能であった。また、クラウドからインターネットへの出入口も、東京大学と奈良先端科学技術大学院大学の両方に設置していたため、どちらかが落ちても中継を継続することが可能であった。そのため、通常時は東京大学と奈良先端科学技術大学院大学で負荷分散を行って中継サーバを稼動させ、奈良先端大の停電時には、全ての中継用 VM を東京大学に移動し、ネットワークも東京大学のネットワークを利用した。奈良先端大の停電が終了した後に、VM を元の拠点に再度マイグレーションし、ネットワーク出入口も分散させることで、停電前の構成を復元することができた。これによって、連邦型大学間クラウドを用いることで、停電対応のためにサーバの再配置やネットワーク設定の変更を行うことなく、柔軟な対応が可能であることが検証できた。

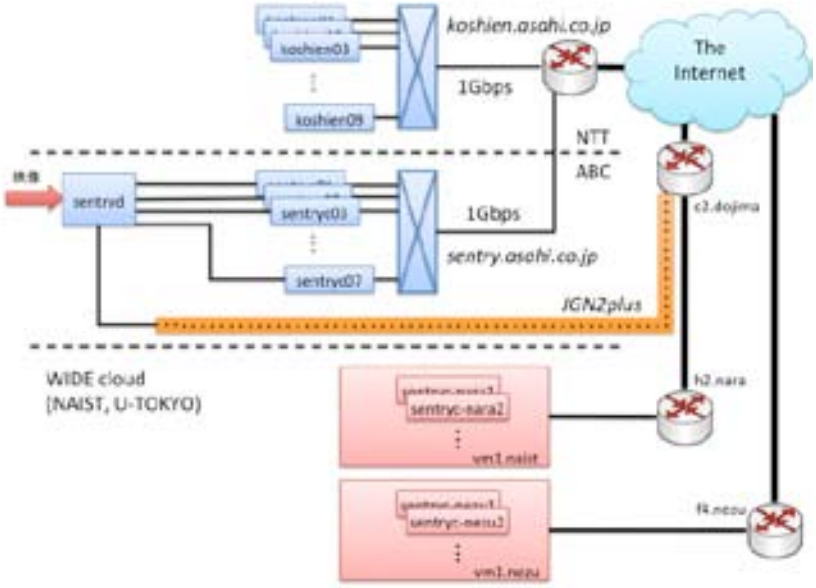


図 3 : 甲子園中継のシステム図

3 DNS の分散計測手法と計測システムの相互接続に関する研究

3.1 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 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。

そこで本研究では、(1) DNS がインフラを支える基盤技術としての信頼性を確保できているかを計測・分析する手法を確立する、(2) 提案手法を用いて DNS のインフラとしての信頼性を計測する、という 2 点を目標とした研究を行った。

本研究は 2006 年度から継続して行っており、(1)に関しては、世界規模の分散計測システムを構築することによって、計測手法を確立した。その計測手法を用いて、2008 年度から本格的な、主要 DNS サーバに対する分散計測を開始した。その初年度の結果を 2008 年度の年報にて報告した。さらに、2009 年度はその結果をうけ、継続した計測を行い継続的な計測によるアクセス性能の傾向を示した。2010 年度は、日仏共同研究の枠組みによって、フランス側研究者と分散計測に関する技術交流を行い、フランス側にて研究されている計測システムである、TopHat との相互乗り入れに関する議論とプロトタイプ作成を行った。

3.2 内容

2010 年度は、34 台の計測機器が世界各地に展開され、これらの計測機器を用いて、主要 DNS サーバの分散計測を行った。2011 年 3 月時点における、計測地点の一覧を表 1 に示す。強調文字の計測地点は、本年度に新たに設置された地点である。本研究での計測は、インターネット先進国のみならず、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。本研究の最新状況ならびに計測結果・成果は、http://gulliver.wide.ad.jp/ から取得することができる。

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, Japan
12	Tokyo (The University of Tokyo), Japan
13	Tokyo, 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	Taipei, Taiwan
25	Amsterdam, Netherlands
26	Nairobi, Kenya
27	Nairobi, Kenya
28	Singapore Singapore
29	Hong Kong, China
30	Pretoria, South Africa
31	Kathmandu, Nepal

32	Paris, France
33	**Quezon City, Philippine**
34	**Bandung, Indonesia**

また、フランス CNRS との共同研究にて、計測システムの相互接続に関する議論とプロトタイプによる検証を行った。具体的には、DNS サーバとインターネットトポロジの計測を例題として、フランス CNRS 側が有する計測システムである TopHat[7]と、本研究のシステムである Gulliver System の相互接続に関するフレームワーク構築を行った。

TopHat はインターネットの広域テストベッドである OneLab[8]の上に構築された計測システムであり、世界各地に設置された OneLab サーバを利用して、定点から能動的な計測を行うシステムである。OneLab サーバは通常の PC サーバであるため、計算資源やストレージを多量に使った計測が可能となっている。その反面、サーバ PC を用いているが故に、設置拠点に偏りが見られる。東南アジアや中東、アフリカ諸国といった、サーバ PC を設置しにくい拠点には計測拠点が存在しない。

一方、Gulliver System は、独自に計測機器を世界中に配置し、設置地点から能動的な計測を行うシステムである。計測に用いる機器は、ディスクレスの小型 PC であるため、大規模な計測を行うことは不可能である。その反面、ディスクレスの小型 PC であるため、故障しにくく、アフリカ諸国や東南アジアといった、発展途上国にも容易に設置可能である。

これら二つの計測システムを相互接続することによって、それぞれのシステムの欠点を補い、利点を生かした計測を行うことが可能となる。本研究では、異なった性格を持つ計測システムを相互接続するためのフレームワーク確立に関する研究を行った。

3.3 具体的成果

本研究では、Gulliver System を利用した主要 DNS サーバに対する到達性の計測と分析を行った。例として、本年度設置された計測拠点である、フィリピンの ASTI(Advanced Science and Technology Institute)から Root DNS サーバに対する到達性ならびに応答性能に関する計測結果を図 4 に、インドネシアの ITB(Institut Teknologi Bandung)からの計測結果を図 5 に示す。

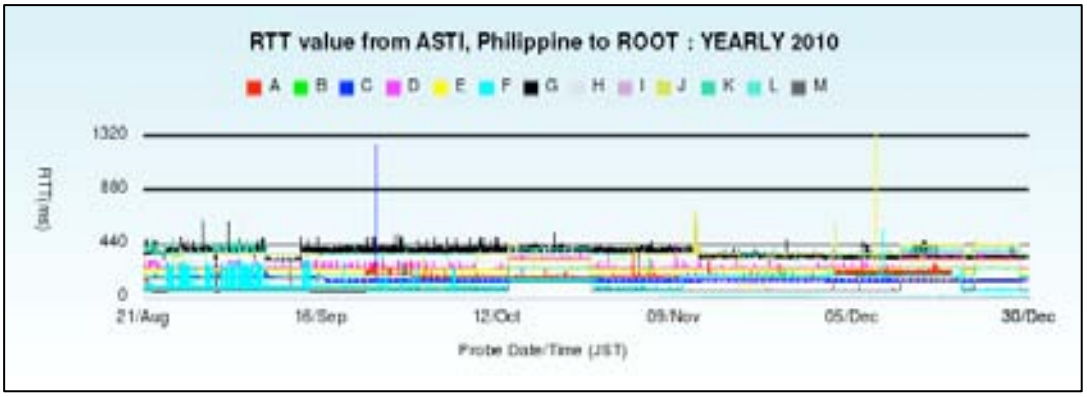


図 4 : ASTI から Root DNS サーバへの計測結果(2010/8 - 2010/12)

[7] http://www.top-hat.info/
[8] http://www.onelab.eu/

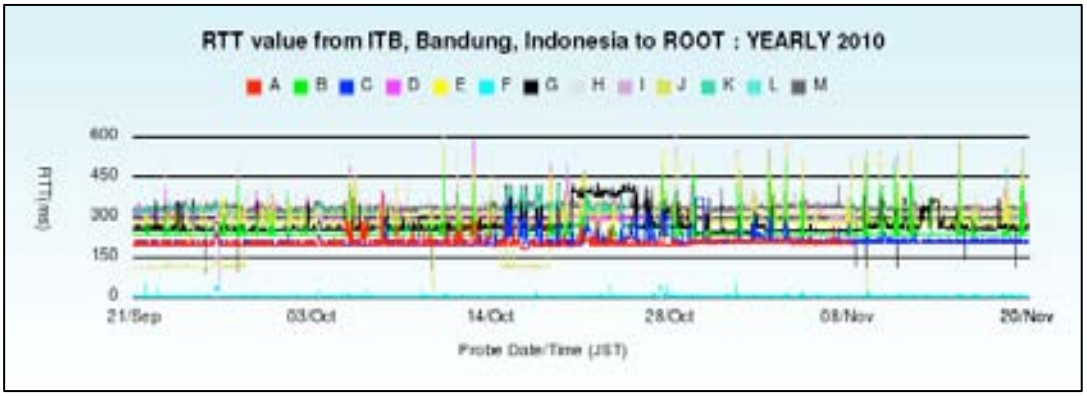


図 5 : ITB から Root DNS サーバへの計測結果 (2010/9 - 2010/11)

4 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] 関谷 勇司: 大学間クラウド環境の実現に向けて, 私立大学情報教育協会 大学教育と情報, Vol. 19, No. 4, pp2-4, 2011 年 3 月

[招待 2] 関谷 勇司: インターネット新技術の標準化動向, Internet Week 2010 IP Meeting, Japan Network Information Center, 富士ソフトアキバプラザ, 2010 年 11 月

査読付論文

[査読付 1] Yanjue Xu and Yuji Sekiya : Virtual Machine Migration Strategy in Federated Cloud, Internet Conference 2010, Proceedings of Internet Conference 2010, pp. 25-31, Tokyo Japan, Oct. 2010.

[査読付 2] Yuki Okamura, Hideaki Imaizumi, Kenji Hisadome, Osamu Ishida, Yuji Sekiya and Hiroyuki Morikawa : An Evaluation of Effects on Packet Loss Rate by Optical Packet Multiplexing Based on BGP Flow Aggregation, PS2010 (Photonics in Switching 2010), Monterey, California, USA, July 2010.

[査読付 3] Bu-Sung Lee, Yu Shyang, Tan, Yuji Sekiya, Atsushi Narishige, Susumu Date : Availability and Effectiveness of Root DNS servers: A long term study, Proceedings of the 12th IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS 2010), pp.862-865, Osaka, Japan, April 2010.

公開ソフトウェア

[公開 1] Yuji Sekiya : WIDE Cloud Controller, https://wcc.wide.ad.jp/ , 2011 年 3 月

その他の発表論文

[発表 1] 岡村悠貴・鈴木 誠・石田繁巳・今泉英明・関谷勇司・森川博之 : 非同期光パケットリングにおける高帯域利用効率パケット選択方式, 電子情報通信学会, 総合大会, B-10-96, 2011 年 3 月

[発表 2] 岡本慶大, 寺田直美, 赤藤倫久, 岡本裕子, 関谷勇司, 河合栄治, 藤川和利, 砂原秀樹 : クラウドコンピューティングを用いた大規模コンテンツ配信基盤の構築と運用, 情報処理学会 第 12 回インターネットと運用技術研究発表会(IOT12), 2011 年 2 月(学生奨励賞)

[発表 3] 岡村 悠貴, 鈴木 誠, 今泉 英明, 関谷 勇司, 森川 博之：光リングネットワークにおける帯域利用効率向上のためのパケットスケジューリング手法, 電子情報通信学会, 進学技報, PN2010-57, pp.15-18, 2011 年 2 月

[発表 4] 関谷 勇司：大学間クラウドの構築と活用, 広帯域ネットワーク利用に関するワークショップ (ADVNET 2010), 東京大学武田先端知ビル, 2010 年 9 月

[発表 5] Yanjue Xu and Yuji Sekiya : Virtual Machine Migration Strategy in Federated Cloud, 電子情報通信学会, 信学技報, vol. 110, no. 116, IN2010-27, pp. 25-30, 2010 年 7 月.

[発表 6] Yuji Sekiya : The Design and Implementation of Federated Cloud in WIDE Project, 3rd CAIDA-WIDE-CASFI Joint Measurement Workshop, Osaka, Japan, April 2010.

インターネットトラフィックの最適化と ラピッドプロトタイピングによるユーザーインターフェース

中村　文隆

1　概要

近年、情報ネットワークのインフラストラクチャーとしてのインターネットの普及が進む中、インターネット上を流れるトラフィックの分布は、メール、ウェブ、P2P、動画ストリーミングと多様化している。トラフィックの流量のトップは、時代の推移とともにここで挙げた順に変化してきており、ここ数年で動画ストリーミングのトラフィックがもっとも多くの流量を占めるに至っている。

動画ストリーミングのトラフィックは、それ以前のコンテンツから生み出されるトラフィックに比較すると相対的にリアルタイム性が高く、また、近年の動画の高画質化に伴って 1 つの動画が占有する帯域が相対的に高く、高帯域かつ長時間のトラフィックを生み出す傾向がある。そのため、動画トラフィックに特有のコンテンツアクセス分布やユーザリクエストの重複状況を明らかにし、冗長なトラフィックについては適宜集約することでインターネット全体、およびイントラネットにおける帯域資源の有効利用を図る技術が必要とされている。

本研究ではキャンパスネットワークにおける動画コンテンツの重複度の動向を調べ、キャンパスゲートウェイにおいて重複アクセスへのキャッシングを行うことでキャンパスから外部への動画アクセス帯域を削減するための効果的な方式について検討を行った。

また一方で、インターネットにアクセスするユーザ端末としてパーソナルコンピュータ、携帯電話やスマートフォンに加え、高機能化が進む組み込みマイクロコンピュータが出現してきている。従来、マイクロコンピュータのネットワーク接続やアプリケーション開発は手間と熟練を要する作業であり、そのことがマイクロコンピュータのインターネット利用を妨げてきた面がある。近年、USB 接続による ISP(In System Programming)をサポートしたマイクロコンピュータシステムが普及しつつあり、ネットワークライブラリの充実とともに組み込みマイコンをベースとしたインターネットアプリケーション、およびパーソナルコンピュータのユーザーインターフェースとしての利用が進みつつある。

そこで、本研究ではラピッドプロトタイピングによるマイクロコンピュータをもちいたユーザーインターフェースの普及促進を目的として、代表的なラピッドプログラミング環境である Arduino を対象としてインターネットアプリケーションの開発方法を解説した書籍を執筆し、出版した。

2　ゲートウェイキャッシュによるトラフィック制御

2.1　背景

インターネットにおいては、Youtube 等に代表されるビデオ共有サービスの利用が拡大しており、ネットワークエッジにおけるビデオ再生のトラフィックが増加している。

ネットワークエッジにおけるビデオ再生のトラフィックの解析は、ネットワーク需要の予測、またキャッシング等によるトラフィック削減のために必要である。

本研究では、ビデオ共有サービスの再生トラフィックの時間的・地理的な局所性に着目し、あるキャンパスネットワークの冗長トラフィックの解析を行い、ゲートウェイでキャッシュをした場合のトラフィック削減効果を評価することを目標とする。

2.2 内容

従来インターネットのトラヒックは、P2P が大部分 を占めていたが、2009 年には全トラヒックの 38% あった P2P トラヒックは 2010 年には 25%まで下がった。一方で、トラヒック における最大カテゴリは、動画再生トラフィックの 26 %となり、 HTTP や VPN、ビデオ通話に含まれる動画トラヒックも含めるとイン ターネットのトラヒックの 36-41 %を動画通信が占めるという 報告もある。 このインターネットにおける動画トラヒックの 著しい増加傾向は今後も継続すると考えられ、 インターネットにおける動画トラヒックの負荷は大きな問題になりつつある。

本研究では、東京大学キャンパスネットワークにおける動画共有サービスのトラヒックの動向を調べるため、冗長なビデオトラヒックの調査と、キャッシュ効果の検討を目的として、キャンパスネットワークを流れる YouTube へのアクセストラヒックを対象として解析を行った。解析にあたり、冗長なビデオトラヒックの実態、重複トラヒックの時間的な局所性、各ビデオトラヒックのダウンロード状況とサイズ、時間帯によるビデオトラヒックの変化の調査を行った。また、ビデオトラヒックの重複度の分布、ユニーク IP ごとのトラヒック、重複ビデオトラヒックの発生頻度とトラヒック、重複ビデオトラヒックの原因となるリクエストの分布の調査を行った。

2.3 具体的成果

東京大学キャンパスネットワークから YouTube へのアクセスにおける約 1 日のビデオトラフィックの解析を行った結果、YouTube への冗長なトラフィックが、解析対象の 31%を占めることが分かった[発表 1]、[図 1]。この冗長なトラフィックには単一ユーザが生み出すトラフィックと、複数ユーザが個別に生み出すトラフィックが含まれる。後者の割合が高いことから、今後データキャッシュを用いて選択的に後者をキャッシュ対象とし、 YouTube における冗長トラフィックの削減を実現するシステムを構築していく。

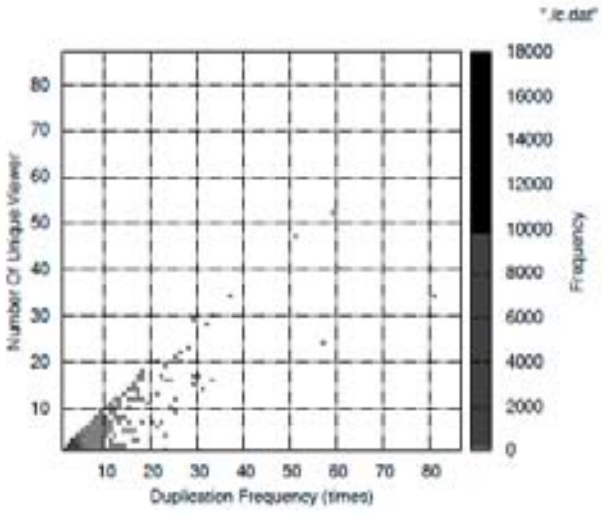


図 1 アクセス重複頻度と発生頻度

3　ラピッドプロトタイピング

3.1　背景

近年、インターネットへのアクセス環境を備え、従来に比較して簡便に開発を行うことのできる組み込みマイクロコンピュータシステムが登場してきている。代表的なものに Atmel 社の AVR CPU を用いた Arduino、ARM 社の M3 CPU を用いた mbed があり、これらはいずれもホストとなるパーソナルコンピュータと USB 接続を行うことにより、ROM ライタを必要としない ISP(In System Programming)を可能としている点に特徴がある。この環境により、これまでは開発検証に時間を要していたマイクロコンピュータによる組み込みシステムの開発が容易になり、迅速にアイディアの検証を行うことができることからラピッドプロトタイピングと呼ばれている。

このラピッドプロトタイピングにより、マイクロコンピュータのインターネットへの接続が進みつつあるが、従来のマイクロコンピュータユーザのインターネットプログラミングへの習熟度は必ずしも高くはないこと、開発検証の容易化に伴いこれまでマイクロコンピュータを扱った経験をもたないユーザの新規参入が増加していること、また、マイクロコンピュータの特徴として挙げられる各種センサ類を用いた現実環境とのインターフェース機能をインターネットアプリケーションと融合する具体的な事例が不足としている、といった問題点が存在している。

3.2　内容

そこで、上記の問題点を解決するために、代表的なラピッドプロトタイピング環境である Arduino をプラットホームとして、マイクロコンピュータによるインターネットプログラミング、センサを用いたユーザ入力情報のインターネットアプリケーションへのインターフェーシング、インターネットからの情報をマイコンに接続した振動子などのデバイスによりユーザにフィードバックする出力インターフェース、の開発事例を提示し、 具体的作例を通して開発リテラシの普及を図るとともに、プログラミングやエレクトロニクスのバックグラウンド知識の不足している新規参入ユーザを対象として、開発言語の習得と一般的なプログラミングリテラシの学習を行うことのできる書籍を執筆した。

3.3　具体的成果

加速度センサを用いた Google Map のコントロールを Active Perl を用いて行うアプリケーションの開発、ネットワークを経由して温度湿度などの気象情報を記録する観測プラットホームの開発、Flash の制御を行うプラットホームの開発、などを事例としてプログラミングリテラシを提示するとともに、初学者にも容易にプログラミングの概念、電子回路の実装技術が習得できるように配慮した[著書 1]を執筆し、CQ 出版社より上梓した。

4　成果要覧

著書／編集

[著書 1] 中村　文隆：Arduino 工作アイディア集, CQ 出版社, 2011 年 3 月.

その他の発表論文

[発表 1] 安藤翔伍, 中尾彰宏, 中村文隆: ネットワークエッジにおけるビデオ共有サービストラフィックの重複度の解析, 信学技報, vol. 110, no. 448, NS2010-282, pp. 675-680, 2011 年 3 月.

独立管理された無線LAN群下における移動端末の通信品質管理

妙中 雄三

1 概要

現在、無線 LAN は家庭内や会社内、公共の場等あらゆる場所で使用されている。これらの無線 LAN はだれでも安価で高速な無線通信基盤を実現できるという利点から、個人やサービスプロバイダーといった様々な管理者によって設置・管理されている。今後もこれまでと同様に無線 LAN は拡大を続け、広範囲をカバーする無線ネットワークインフラの一つとなる。そこでは独立管理された無線 LAN 群、つまり異なる IP サブネットに所属する多数の無線 LAN が重なり合うことでどこでもネットワーク接続が可能な環境が実現する。本稿では特に、複数の独立管理された無線 LAN によって構築される上記のネットワーク環境をユビキタス無線 LAN 環境と呼ぶ。

このユビキタス無線 LAN 環境下では、次世代携帯電話による IP ネットワーク上での音声・ビデオ通信や、携帯端末からクラウドサービスを利用する大容量データ通信が求められている。しかし、無線 LAN 環境下では周辺環境の影響や、周囲での無線送信状況に応じて通信品質が大幅に変動し、音声通信の途切れやデータ通信の大幅な帯域減少が問題となる。そのため移動端末の通信品質維持を実現するための技術開発が不可欠である。本年度は下記に挙げる２点について研究に取り組んだ。

- 異ドメインに所属する無線 LAN 間のシームレスハンドオーバ
- アクセスポイント間の相互無線干渉を避けるエリア制御

2 異ドメインに所属する無線LAN間のシームレスハンドオーバ

2.1 背景

ユビキタス無線 LAN 環境下では、無線 LAN は異なる管理者により管理されており、それぞれ異なる IP サブネットに所属している。その状況において、移動端末は通信品質の低下を防ぎながら使用している無線 LAN を切り替えるシームレスハンドオーバ機構が求められる。具体的には下記の 3 項目を満たさなければならない。

要件 1: 適切なハンドオーバ開始の判断

要件 2: レイヤ 2、3 アソシエーションによる通信中断の防止

要件 3: ハンドオーバ処理に起因する通信品質劣化の回避

要件 1 では使用中の無線 LAN の品質低下を検知し、適切にハンドオーバ開始を判断する必要がある。無線 LAN の品質は一般的に電波強度を用いて判定されるが、ユビキタス無線 LAN 環境では無線エリアが重複しているため、干渉や輻輳等の電波強度では判定できない品質低下の原因が存在し、電波強度では適切なハンドオーバ開始判定を行えない。要件 2 では無線 LAN を切り替える際にハンドオー

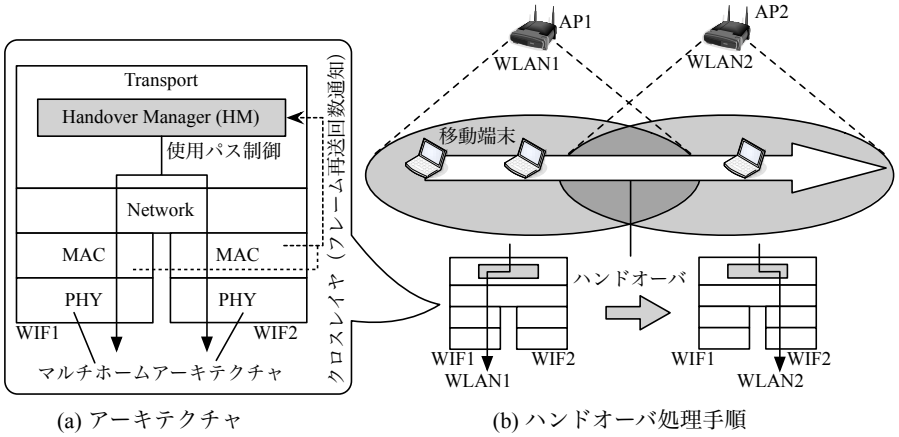


図 1: ハンドオーバの処理手順

バ先のアクセスポイントとのアソシエーション確立や IP アドレスの設定のために発生する無通信期間を削減する必要がある。また、要件 3 ではハンドオーバ前に比べてハンドオーバ後の通信品質が向上する適切な切り替え処理が求められる。

先行研究では上記の要件全てを満たし、実時間・非実時間通信のそれぞれを対象としたハンドオーバ手法を提案した。そこではフレーム再送をハンドオーバ開始の判定指標に使用し、複数の無線インタフェースを搭載するマルチホームアーキテクチャを採用した。また、MAC 層で得られる再送回数の情報をトランスポート層の handover manager（HM）で品質指標として使用するために、MAC 層とトランスポート層間の情報交換のためのクロスレイヤアーキテクチャも使用した。本研究では、この先行研究の提案手法に基づいて実環境の特性並びに実システムの制約を考慮したハンドオーバ制御機構の設計と実装・評価を行う。つまり、実環境に適したフレーム再送回数の利活用とマルチホームアーキテクチャによる複数パスの管理手法、クロスレイヤ構造を実時間・非実時間通信の特性に即して設計・実装する。

2.2 ハンドオーバ機構のアーキテクチャと処理手順

本節では先行研究で提案したハンドオーバ制御について説明する。図 1 にハンドオーバ機構のアーキテクチャとそのハンドオーバ処理手順を示す。初めに図 1(a) のアーキテクチャを上記の要件に基づいて説明する。まず、要件 2 を実現するためにマルチホームアーキテクチャとトランスポート層の HM を使用する。マルチホームアーキテクチャは移動端末に 2 つの無線インタフェースを搭載し、同時に異なる 2 つの無線 LAN へ接続を可能とする。さらにエンド端末間の通信はトランスポート層で制御されるため、トランスポート層の HM において 2 つの無線 LAN 間で使用するパスを切り替える事で通信中断を防止する。

次に、要件 1 のために本研究ではフレーム再送回数に着目した。無線 LAN ではパケットを送信する際、MAC 層において ACK フレームが受信できない場合はフレームの再送を規定の回数繰り返す。その後、そのパケットはパケットロスとして扱われるため、実際に通信品質が低下する前にハンドオーバ開始の判定を行えるようになる。また、フレーム再送回数は MAC 層で計測できるため、クロスレイヤアーキテクチャを使用し、MAC 層からトランスポート層の HM へ情報を知らせる構造をとる。

要件 3 を満たすために、再度マルチホームアーキテクチャとフレーム再送を使用する。マルチホームアーキテクチャによってハンドオーバ中に 2 つの無線インタフェースを同時に使用できるため、HM は 2 つの無線 LAN の品質をフレーム再送回数に基づいて比較する事ができる。その結果、HM はより品質の良い無線 LAN を選択でき、マルチホームアーキテクチャによってシームレスに通信を切り替える事が可能となる。

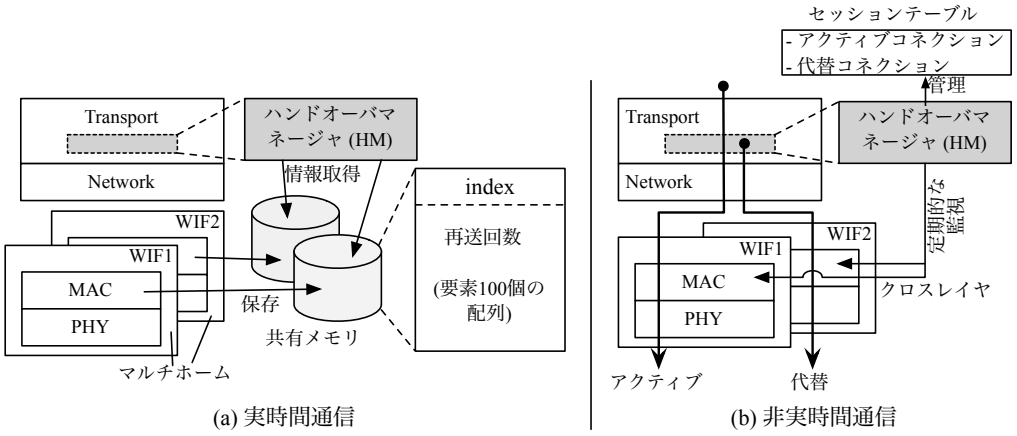


図 2: 設計

以上のアーキテクチャに基づいて、図 1(b) のハンドオーバ処理の手順を説明する。移動端末は 2 つの無線インタフェースを持ち、それぞれ異なる無線 LAN に接続する。一方のインタフェース（WIF1）で通信し、移動する。通信品質の低下をフレーム再送回数によって検知し、ハンドオーバを開始する。このとき、移動端末は同時に二つの無線 LAN に接続しているため、フレーム再送回数に基づいて通信品質を比較する。その後、良好な無線 LAN を介して通信を継続する（図中では WLAN2 経由の通信に切り替える）。この手順を繰り返す事で品質低下を防止しながら移動することが可能となる。

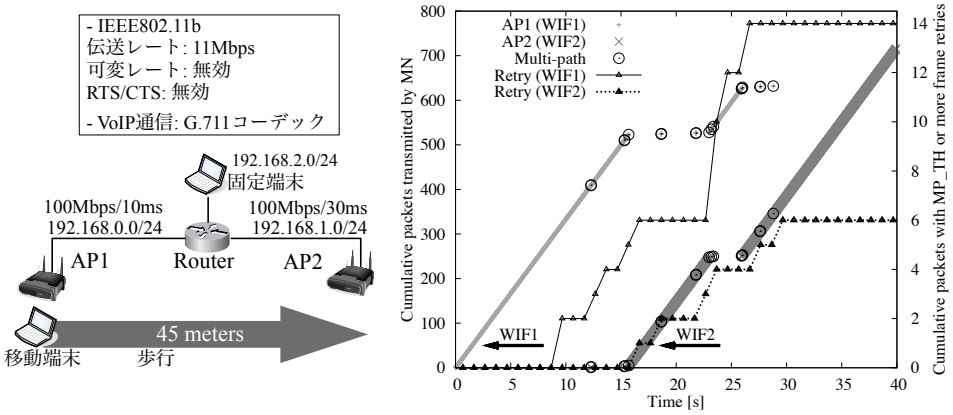
2.3 実装の概要

前述のハンドオーバ制御機構を実システムに実装するにあたって、図 2 に示す設計を行った。まず、フレーム再送回数を計測するために、MAC 層の無線ドライバにおいてパケットの送信毎にフレーム再送回数を取得する機構を実装する。得られたフレーム再送回数はクロスレイヤアーキテクチャを介してトランスポート層の HM へ通知するが、実システムではパケットの送信毎に通知すると頻繁な割り込み処理が発生してしまいシステム性能が著しくて以下してしまう。そこで、実時間・非実時間通信の特性を考慮したクロスレイヤ機構を設計した。実時間通信はパケット配送のリアルタイム性が重視され、パケットロスが品質低下に大きく影響するため、パケットロスが発生する以前に通信品質の低下を検知する必要がある。そこで、共有メモリを用いてクロスレイヤを実現した。MAC 層からパケット送信毎にフレーム再送回数を共有メモリに保存し、トランスポート層でのデータ送信の度に情報を共有メモリから取得、ハンドオーバの判定を行う。

一方、非実時間通信ではグッドプットが重視されるため、切り替え時にグッドプットが低下する無線 LAN の切り替えの回数を最小限に抑える必要がある。そこで、MAC 層ではフレーム再送回数を計測・保持し続け、トランスポート層から一定の間隔で取得し、通信品質の判定を行う。また、実時間通信はコネクション型であるため、エンド間通信を制御するトランスポート層において異なる 2 つの無線 LAN を介する 2 つのコネクション制御も行う。

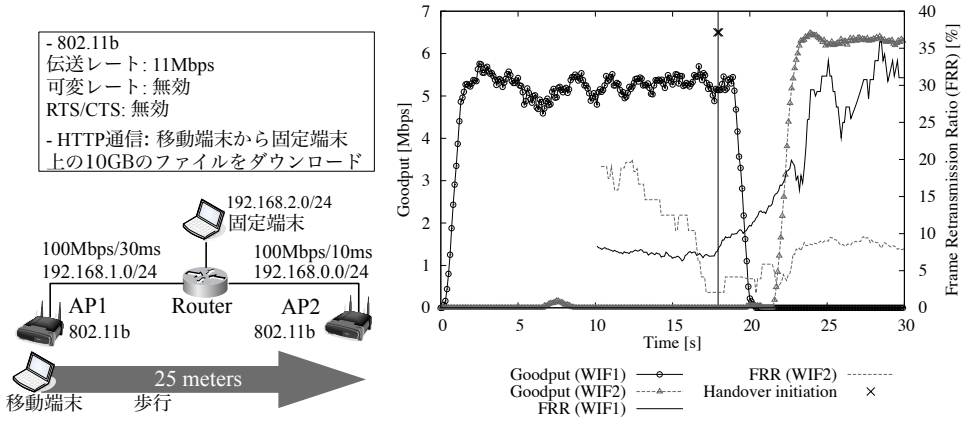
2.4 評価の概要

本節では実時間・非実時間通信のそれぞれに対する性能評価を行う。実験では、2 つのアクセスポイントを離して設置し、その間を移動端末がアクセスポイントからルータを介して有線で接続している固定端末と通信を行いながら移動するという手順で行った。なお、移動端末は予め 2 つの無線 LAN に接続しているものとする。図 3 に実時間通信における実験トポロジとハンドオーバ機構の性能評価の結果を示す。ここでは実時間通信として VoIP による音声通話を利用している。図 3(b) 中では各無線 LAN を介したパケット数と発生したフレーム再送回数を累積で示している。実験結果から、フレーム



(a) 実験トポロジ　(b) 実験結果

図 3: 実時間通信の性能評価



(a) 実験トポロジ　(b) 実験結果

図 4: 非実時間通信の性能評価

再送の発生と共に適切に使用する無線 LAN を切り替えていることがわかる。

非実時間通信における実験トポロジと実験結果を図 4 に示す。ここでは非実時間通信として http ダウンロードを使用し、移動端末から固定端末上にある 10GB のファイルをダウンロードする。実験結果より、2 つの無線 LAN 間の移動において、切り替え処理は 1 度のみ実行されていることがわかる。また、移動後のグッドプットが移動前より大きい事から、適切に使用する無線 LAN を選択できていることがわかる。

2.5 具体的な成果

上記の実システムへの実装と実環境での評価については現在投稿中である。昨年度までの先行研究で取り扱った実時間通信を対象としたハンドオーバ手法とシミュレーションによる評価については VoIP 通信の技術に着目した書籍を執筆し出版した [著書 1]。また、無線 LAN にとどまらず WiMAX におけるハンドオーバ開始の判定指標を検討した結果を国際会議で発表した [査読付 1]。さらに、これまでは複雑さを回避するために無線 LAN の可変伝送レートは使用していなかったが、より実環境に近づけるための可変レート無線 LAN 環境下におけるハンドオーバ手法の提案と評価も国際会議で発表した [査読付 2]。

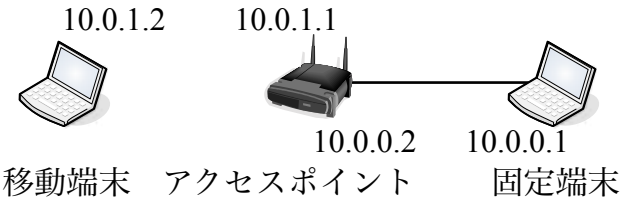


図 5: 実験トポロジ

3 アクセスポイント間の相互無線干渉を避けるエリア制御

ユビキタス無線 LAN 環境では端末へ常に良好な通信品質の無線接続を供給する必要がある。一方で、異なる管理者によりアクセスポイントが独立して設置されるため、無線エリアの過度な重複が発生する。そのため、多数の無線 LAN の混在による無線干渉が頻繁に発生し、移動端末の通信品質を低下させてしまう。よって、過度のエリア重複を避け各無線 LAN エリアを適切に組み合わせる必要がある。しかし、個別管理であることから共通の管理者が無線 LAN エリア内の品質を計測・調節し，品質低下を回避することが困難である。

そこで、アクセスポイントが自律的に連携して無線 LAN エリアを制御する手法に着目した。具体的には，アクセスポイントが（1）要求品質を満たした無線 LAN エリアの検出、（2）検出した無線 LAN エリア情報の共有、（3）品質低下エリアの検出、（4）エリア制御を繰り返し実行する。これまでに（1）について各アクセスポイントが自律的に無線エリア内の品質計測とエリア検出を可能とするアーキテクチャを提案し、シミュレーションによって評価した。しかし、実環境における通信品質の推定方法とエリア検出の可能性を確認していない。そこで、本年度は実環境に置ける無線計測を行い、アクセスポイント側で計測でき、エリア判定に使用できる品質指標の調査を行った。

3.1 計測実験の概要

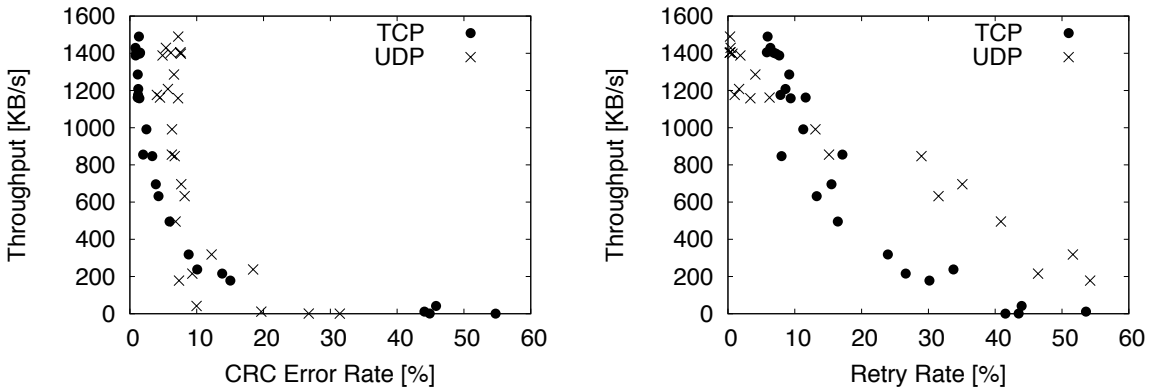
図 5 に実験トポロジを示す。移動端末と固定端末には Linux OS をインストールし、固定端末にのみ無線ドライバの madwifi に無線計測機構を実装している。実験ではアクセスポイントから 1 メートル毎に実験を行い、通信品質を品質指標の相関を調査する。計測では、移動端末が固定端末から HTTP ダウンロードを行い、スループットを計測する。計測した数値は計測地点での通信品質として利用する。その後、200 バイトの UDP パケットを 60 秒間 20 ミリ秒間隔で双方向に送信する。この通信期間中、アクセスポイントが無線計測機構によりパケット単位での計測を行う。この手順を各地点で行う事で通信品質を推定する品質指標を検討する。

3.2 評価の概要

図 6 に CRC エラー率・フレーム再送率とスループットの相関を示す。図 6(a) より TCP・UDP の両方で同じ CRC エラー率において、同程度のスループットが計測されている。そのため CRC エラー率はスループットを推定する品質指標として使用可能である可能性がある。一方、アクセスポイントからの送信時の品質指標としてフレーム再送率があるが、図 6(b) より再送率 15%までは TCP および UDP のどちらも同程度のスループットが観測されている。しかし、再送率が 30%を超えると TCP と UDP の間でスループットに乖離がみられる。そのため再送率から一様にスループットを推定することは困難である。したがって再送率はスループットを推定するための品質指標として用いることが困難であると考えられる。

3.3 具体的な成果

上記の無線計測を行った結果を国内研究会において発表した [発表 1]。



(a) CRC エラー率とスループット相関　(b) フレーム再送率とスループット相関

図 6: 通信品質と品質指標との相関

著書／編集

[著書 1] Shigeru Kashihara, Muhammad Niswar, Yuzo Taenaka, Kazuya Tsukamoto, Suguru Yamaguchi, and Yuji Oie: VoIP Technologies, chapter End-to-End Handover Management for VoIP Communications in Ubiquitous Wireless Networks, In-Tech, February 2011, ISBN: 978-953-307-549-5.

査読付論文

[査読付 1] Muhammad Niswar, Shigeru Kashihara, Yuzo Taenaka, Kazuya Tsukamoto, Youki Kadobayashi, and Suguru Yamaguchi: Seamless vertical handover management for VoIP over intermingled IEEE 802.11g and IEEE 802.16e, In Proceeding of 8th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT 2010), Kuching, Sarawak, Malaysia, June 2010.

[査読付 2] Kazuya Tsukamoto, Shigeru Kashihara, Yuzo Taenaka, and Yuji Oie: Seamless Handover Management Scheme under Multi-Rate WLANs, In proceedings of the 8th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia (MoMM2010), pp. 148–156, Paris, France, November 2010.

[査読付 3] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Pro-Reactive Route Recovery with Automatic Route Shortening in Wireless Ad Hoc Networks, In proceedings of the 10th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS2011), Tokyo & Hiroshima, Japan, March 2011.

その他の発表論文

[発表 1] 森久和昭, 妙中雄三, 樫原茂, 山口英: 無線 LAN アクセスポイントにおける要求品質を満たしたエリア検出のための品質指標の調査, 電子情報通信学会技術研究報告, MoMuC2010-18, pp. 1–6, 北海道大学 工学部, 2010 年 7 月.

[発表 2] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Automatic Route Recovery Based on Relay Nodes in Wireless Ad Hoc Networks, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, BS-7-24, 大阪府立大学 中百舌鳥キャンパス, 2010 年 9 月.

[発表 3] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Fast and Low-overhead Local Route Recovery in Ad Hoc Wireless Network, 電子情報通信学会技術研究報告, NS2010-146, pp. 25–30, 香川大学, 2010 年 1 月.

[発表 4] 山崎弘太郎, 妙中雄三, 若原恭: P2P 型 Massively Multiplayer Online Role-Playing Game (MMORPG) における情報悪用を防止する分散管理手法の提案, 電子情報通信学会 2011 総合大会, D-9-2, 東京都市大学 世田谷キャンパス, 2011 年 3 月.

[発表 5] Zilu Liang, Yuzo Taenaka, Takefumi Ogawa, and Yasushi Wakahara: Incorporating Route Recovery Information to Gossip Routing in Wireless Ad Hoc Networks, 電子情報通信学会 2011 総合大会, BS-4-16, 東京都市大学 世田谷キャンパス, 2011 年 3 月.

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

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

佐藤 周行
検証付き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,
Privilidge Design in Federation Service,
and Trust Models in Security

田浦 健次朗
生産性と性能を両立させる並列処理のための枠組み

黒田 久泰
シームレス高生産・高性能プログラミング環境
― 高効率・高可搬性ライブラリの研究開発 ―

大島 聡史
GPU を用いた高性能計算に関する研究

實本 英之
エクストリームスケール高性能計算を対象とした耐故障機能

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

吉廣　保
先端的大規模計算利用サービス

松野　裕
システムのディペンダビリティ保証のための
ツールとプロセスの構築

稲岡　創
気液混相流の大規模分子動力学シミュレーション

鴨志田 良和
大規模分散計算環境を有効活用するソフトウェアの研究

藤田　肇
ディペンダブルな単一システムイメージ OS

林　雅江
ヘテロジニアス環境のための統合数値計算ライブラリの開発

堀　敦史
Catwalk ファイルステージングシステムの T2K 上での評価

山本 啓二
単一実行環境を実現する汎用バッチジョブシステムの研究

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、2011 年 3 月現在で 12 名のセンター専任教員（教授:2、准教授:1、助教:2、特任准教授:2、同講師:2、同助教:3）、3 名の兼任教員（特任教授 1, 准教授 2）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, 工学系研究科電気系工学専攻, 情報理工学系研究科数理情報学専攻から博士課程 4 名、修士課程 4 名の合計 8 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。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　計算機システムソフトウェア

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なっており、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:

- 並列アプリケーションのトレースログの効率的なオンライン圧縮アルゴリズムの評価
- 単一実行環境を実現する汎用バッチジョブシステムの研究
- システムのディペンダビリティ保証のためのツールとプロセスの構築
- 高効率ファイルステージングシステムに関する研究
- エクストリームスケール高性能計算を対象とした耐故障機能に関する研究
- MPI3.0 における耐故障仕様の検討・調査
- 分散ワークフロー処理系に関する研究
- 分散ファイルシステムに関する研究
- データ集約的アプリケーションのアクセス解析に関する研究
- 分散環境における高性能通信に関する研究
- 資源の動的な伸縮が可能な大域アドレス空間に関する研究
- クラスタからクラスタ外部へのネットワーク出力に関する研究
- 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に関する研究

2 ディペンダブル OS

2006 年度から、JST CREST「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」において、ディペンダブルな並列分散 OS 機構・ディペンダブルシステム構築手法について研究を行っている。当プロジェクトに関連し、以下の研究開発を行った:

- ディペンダブルな単一システムイメージ OS
- システムのディペンダビリティ保証のためのツールとプロセスの構築

3 プログラム開発環境

以下の項目について、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研究、プログラム開発環境に関する研究を実施した:

- 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
- 自動チューニング機構を有するアプリケーション開発環境 ppOpen-HPC
- アプリケーションレベル耐故障コーディングの容易化に関する研究

4 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、基礎的な数理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:

- 10^{17} までの双子素数生成と Brun 定数の計算
- 高効率・高可搬性ライブラリの研究開発
- GPU を用いた疎行列ベクトル積に関する研究
- ソフトウェア自動チューニング研究
- ヘテロジニアス環境のための統合数値計算ライブラリの開発
- 並列多重格子法アルゴリズムに関する研究
- 並列プログラミングモデルに関する研究
- GPU を用いたアプリケーション高速化に関する研究

5 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:

- 二成分 Lenard-Jones 粒子系の爆発流に関する研究
- GPU を用いた有限要素法に関する研究
- 拡張階層型領域分割に基づく有限要素法の開発

- ヘテロ環境における係数行列の合成の並列化
- 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

6 セキュリティ関連分野

セキュリティ関連分野について、以下の研究を実施した:

- 権限管理を行うための属性のデザインの研究。
- クラウドにおけるトラストの研究
- Graded Trust の研究
- 情報セキュリティの標準体系

7 教育活動

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ている。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 3 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（大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、理学系研究科大学院教育高度化プログラム）
- 科学技術計算 Ⅰ・Ⅱ（有限要素法プログラミング）（大学院情報理工学系研究科数理情報学専攻）

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。2010 年度は同講習会を 4 回実施した。

8 高校生向け広報・普及活動

2010 年 7 月 14 日に，情報基盤センター主催による高校生向けスパコンセミナー「スーパーコンピュータの最前線を体験しよう！」が開催された。埼玉県立春日部高等学校，同 大宮高等学校，開成高等学校の 3 校から，引率教員も含めて合計 89 名が参加した。元々，高校の理数科教育の一環としての依頼であったが，高校生の段階で「スパコンが新しい科学的発見に役立つ」という認識を身につけてもらう機会を提供し，将来のスパコン利用者の獲得にもつながることであるので，今後も継続して実施して行く予定である。

また，セミナー終了後に各高校の先生方と意見交換を行い，セミナー参加者を対象とした並列プログラミング講習会，教員を対象としたセミナーの開催を決定した。前者については 2010 年 8 月 23 日～25 日に実施され，高校生 10 名，教員 2 名が参加した。後者については 2011 年度に実施予定である。

9　共同研究プロジェクトの推進

研究プロジェクトとしては、「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点　公募型共同研究」、「スーパーコンピュータ若手利用者推薦」を実施した。
2010 年 4 月より、北大、東北大、東大、東工大、名古屋大、京大、阪大、九州大の大型スーパーコンピュータを有する 8 大学の情報基盤センターによる学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点が正式に発足し、活動を開始した 。本共同利用・共同研究拠点は 8 機関によるネットワーク型拠点であり、東京大学情報基盤センターはその中核拠点である。

4 月に本年度公募型共同研究の課題募集を開始し、5 月に外部委員を含む審査委員会による厳正な審査の結果、応募 41 課題のうち 37 課題が採択された。東大情報基盤センターと共同研究を行うのはこのうち 14 課題である。この中には 2010 年 3 月まで実施されていた「T2K オープンスパコン（東大）共同研究プロジェクト」の 7 課題も含まれている。9 月 1 日に第一回シンポジウムが東京大学山上会館で開催された。本年度成果報告会を兼ねた第二回シンポジウムは 2011 年 1 月 12 日（火）・13 日（水）に理化学研究所計算科学研究機構（神戸）で開催された。課題採択グループのうちスーパーコンピュータを利用するグループは HA8000 クラスタシステムの最大 64 ノード専用キューを利用できる。

「スーパーコンピュータ若手利用者推薦（試行）」は、概ね45 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。2010 年度は、前期 3 件、後期 1 件（前期よりの継続）の合わせて 4 件の課題を採択した。

10 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、特集号として、「平成 21 年度公募型プロジェクト成果報告書（2011 年 3 月）」を 1 回発行した。

部門の研究活動として、2010 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

受賞関連

[受賞 1] 中島研吾: 平成 22 年度地盤工学会賞（地盤環境賞）「地球シミュレータを用いた二酸化炭素地下貯留の大規模シミュレーションシステムの開発と実用化」（共同受賞）, 2011.

招待講演／招待論文

[招待 1] Nakajima, K.: Infrastructure for Development of Codes in Scientific Computing on Post-Peta-Scale Systems, IPAB (Initiative for Parallel Bioinformatics) Open Workshop in Okinawa 2010: ”Seeds and Needs for Large Scale Computing 2010” -Next Generation Sequencer : Uniting IT and Biotechnology -, 2010.

[招待 2] Nakajima, K.: Infrastructure for Application Development on Heterogeneous Parallel Computers, Fujitsu Open Petascale Libraries Workshop, 2010.

[招待 3] Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Satoshi Ohshima, Mitsuyoshi Igai, Hisayasu Kuroda, Kengo Nakajima, Ken Naono, Ken Naono and Shoji Itoh : Numerical Policy Function on Auto-tuned Sparse Iterative Solver Xabclib, 2010 SIAM Annual Meeting, The David Lawrence Convention Center, Pittsburgh, PA, MS105, Architecture-Aware Algorithms-Part I of II (Organizer: Xiaoye S. Li (Lawrence Berkeley National Laboratory), July 2010.

[招待 4] 金田康正: 日本におけるスーパーコンピューターの過去, 現在, 未来, 地球流体データー解析ワークショップ, 東京大学理学部 3 号館 302 号室,2011 年 3 月 8 日.

[招待 5] 片桐孝洋: 固有値問題に関して, 第一原理勉強会, 東京大学理学部 1 号館中央棟 2 階物理 206 号室, 2010 年 4 月.

[招待 6] 片桐孝洋: 疎行列反復解法ライブラリにおける自動チューニング機能の開発, 京都大学数理解析研究所, 研究集会, 科学技術計算アルゴリズムの数理的基盤と展開（代表者：大石進一（早稲田大学））, 若手セッション, 京都大学数理解析研究所講究録, 2010 年 10 月.

[招待 7] 片桐孝洋: 密行対称固有値ソルバ ABCLib_DRSSED における超並列向きデータ分散法～枢軸ベクトル重複所有と実行速度のトレードオフ～, 第 3 回 大規模計算ワークショップ～マルチプラットフォームの大規模数値シミュレーションを支援するフレームワークの構築～, 2010 年 10 月.

[招待 8] 片桐孝洋: 自動チューニング記述言語の進展, 第 2 回自動チューニング技術の現状と応用に関するシンポジウム, 東京大学経済学研究科学術交流棟（小島ホール）2 階コンファレンスルーム, 2010 年 11 月.

[招待 9] 中坊嘉宏, 松野裕: ロボットの安全と System Assurance, 日本ロボット学会誌特集号 ロボット技術の国際標準, 2 頁, 掲載予定, 2011 年 5 月.

著書／編集

[著書 1] 金田康正 編著, 片桐孝洋, 黒田久泰, 山本有作, 五百木伸洋：並列処理シリーズ 9, 並列数値処理 –高速化と性能向上のために–, 272 頁, ISBN：978-4-339-02589-7, 2010 年 4 月.

[著書 2] 佐藤周行, 笠松隆幸, 田村拓也, 小林勇範: 情報セキュリティ基盤論, 共立出版, 2010.

[著書 3] Takahiro Katagiri, ABCLibScript: A Computer Language for Automatic Performance Tuning, Naono, K.; Teranishi, K.; Cavazos, J.; Suda, R. (Eds.) : Software Automatic Tuning, Springer, pp.295-314, Sep. 2010.

査読付論文

[査読付 1] Kengo Nakajima: Parallel Multistage Preconditioners by Extended Hierarchical Interface Decomposition for Ill-Conditioned Problems, Advances in Parallel ComputingVol.19 ”From Multicores and GPU’s to Petascale”, IOS press, 99-106, 2010.

[査読付 2] 中島研吾: 並列プログラミングモデルと自動チューニング（特集：数値計算のための自動チューニング）, 日本応用数理学会誌第 20 巻 4 号, 310-320, 2010.

[査読付 3] Hosoi, A., Washio, T., Okada, J., Kadooka, J., Nakajima, K., and Hisada, T.: A Multi-Scale Heart Simulation on Massively Parallel Computers, ACM/IEEE Proceedings of SC10, 2010.

[査読付 4] Nakajima, K.: Parallel Multigrid Solvers using OpenMP/MPI Hybrid Programming Models on Multi-Core/Multi-Socket Clusters, Lecture Notes in Computer Science 6449, 185-199, 2010.

[査読付 5] 櫻井隆雄, 直野健, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰: OpenATLib： 数値計算ライブラリ向け自動チューニングインターフェース, 情報処理学会論文誌：ACS, Vol.3, No.2, pp.39-47, 2010 年 6 月.

[査読付 6] 櫻井隆雄, 直野健, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰, 猪貝光祥: 数値計算ポリシーインターフェース付行列計算ライブラリの開発と評価, 2011 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学論文集 HPCS2011, 2011 年 1 月.

[査読付 7] KUBO, Akira, SATO, Hiroyuki: Design of Graded Trusts by Using Dynamic Path Validation , Trust Management IV (IFIP AICT 321), 172–183, 2010.

[査読付 8] SATO, Hiroyuki, KANAI, Atsushi, TANIMOTO, Shigeaki: A Cloud Trust Model in Security Aware Cloud, Proceedings of 10th International Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2010), 121–124, 2010

[査読付 9] TANIMOTO, Shigeaki, KUROSAKI, Satoru,, TAKAMOTO Tsuyoshi,HAYASHI, Kazunori,MIZUHARA, Shinichi,MORIYA, Toshihiko,YOKOI, Masahiko,SATO, Hiroyuki,KANAI, Atsushi: Managing PKI Deployment and Operation Based on Assurance Levels and Cost Structure, Proceedings of 5th International Conference on Project Management (ProMAC), 2010.

[査読付 10] SATO, Hiroyuki, KANAI, Atsushi, TANIMOTO, Shigeaki: Building a Security Aware Cloud by Extending Internal Control to Cloud, Proceedings of 10th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS 2011), pp.323–326, 2011.

[査読付 11] Nan Dun, Kenjiro Taura, and Akinori Yonezawa: Easy and instantaneous processing for data-intensive workflows. In Proceedings of the 3rd IEEE Workshop on Many-Task Computing on Grids and Supercomputers (MTAGS2010), 2010.

[査読付 12] Nan Dun, Kenjiro Taura, and Akinori Yonezawa: Fine-grained profiling for data-intensive workflows. In CCGRID, pp.571–572, 2010.

[査読付 13] Nan Dun, Kenjiro Taura, and Akinori Yonezawa: ParaTrac: a fine-grained profiler for data-intensive workflows. In HPDC, pp.37–48, 2010.

[査読付 14] Kentaro Hara and Kenjiro Taura: A global address space framework for irregular applications. In HPDC (Short Paper), pp.296–299, 2010.

[査読付 15] Takeshi Shibata, SungJun Choi, and Kenjiro Taura: File-access characteristics of data-intensive workflow applications. In CCGRID, pp.522–525, 2010.

[査読付 16] Takeshi Shibata, SungJun Choi, and Kenjiro Taura: File-access patterns of data-intensive workflow applications and their implications to distributed filesystems. In The Third International Workshop on Data Intensive Distributed Computing, pp.746–755, 2010.

[査読付 17] K. Taura, T. Matsuzaki, M. Miwa, Y. Kamoshida, D. Yokoyama, Nan Dun, T. Shibata, Choi Sung Jun, and J. Tsujii: Design and implementation of GXP make – a workflow system based on make. In e-Science (e-Science), 2010 IEEE Sixth International Conference on, pp.214 –221, dec. 2010.

[査読付 18] 原健太朗, 中島潤, 田浦健次朗: アドレス空間の大きさに制限されないスレッド移動を実現する PGAS 処理系. 情報処理学会論文誌 プログラミング (PRO), 4(1):27–65, 3 2011.

[査読付 19] 原健太朗, 田浦健次朗, 近山隆: DMI：計算資源の動的な参加/脱退をサポートする大規模分散共有メモリインタフェース. 情報処理学会論文誌, 3(1):1–40, 3 月 2010.

[査読付 20] 中島潤, 田浦健次朗: 高効率な I/O と軽量性を両立させるマルチスレッド処理系. 情報処理学会論文誌 プログラミング (PRO), 4(1):13–26, 2011.

[査読付 21] 鴨志田良和, 田浦健次朗: 並列処理に対して非侵入的な細粒度監視システムのためのプロセス一覧方式, SACSIS 2010 先進的計算基盤システムシンポジウム, IPSJ Symposium Series Vol. 2010, No.5, pp.225-232, 2010 年 5 月.

[査読付 22] Satoshi OHSHIMA, Shoichi HIRASAWA, Hiroki HONDA: OMPCUDA : OpenMP Execution Framework for CUDA Based on Omni OpenMP Compiler, Beyond Loop Level Parallelism in OpenMP: Accelerators, Tasking and More, Lecture Notes in Computer Science, pp.161–173, 2010.

[査読付 23] Satoshi OHSHIMA, Shoichi HIRASAWA, Hiroki HONDA: OMPCUDA : OpenMP Execution Framework for CUDA Based on Omni OpenMP Compiler, 6th International Workshop on OpenMP (IWOMP 2010), Tsukuba, June, 2010.

[査読付 24] 片桐孝洋: ペタフロップス環境における小規模行列用対称密行列固有値ソルバに向けて －逆変換の改良－, 情報処理学会論文誌：ACS, Vol.3, No.2, pp. 1-8, 2010 年 6 月.

[査読付 25] Takahiro Katagiri and Shoji Itoh: A Massively Parallel Dense Symmetric Eigensolver with Communication Splitting Multicasting Algorithm, 9th International Meeting on High Performance Computing for Computational Science (VECPAR'2010), After Proceedings of VECPAR'2010, High Performance Computing for Computational Science -VECPAR 2010, Lecture Notes in Computer Science, Vol.6449/2011, pp.139-150, DOI: 10.1007/978-3-642-19328-6_15, 2011.

[査読付 26] 片桐孝洋, 佐藤雅彦: 疎行列-ベクトル積におけるブロック化 BSS 法と高スレッド並列環境での性能評価, 2011 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学論文集 HPCS2011, 2011 年 1 月.

[査読付 27] Jin Nakazawa, Yutaka Matsuno, Hideyuki Tokuda: Evaluating Degree of Systems' Dependability with Semi-Structured Assurance Case, Proc. European Workshop on Dependable Computing (EWDC 2011), 2 pages, to appear, May 2011 (Short Paper).

[査読付 28] Yutaka Matsuno, Kenji Taguchi: Parameterised Argument Structure for GSN Patterns, Proc. IEEE 11th International Conference on Quality Software (QSIC 2011), 6 pages, to appear, July 2011 (Short Paper).

[査読付 29] Yutaka Matsuno, Hiroki Takamura, Yutaka Ishikawa: A Dependability Case Editor with Pattern Library, Proc. IEEE 12th International Symposium on High-Assurance Systems Engineering (HASE), pp. 170-171, Nov. 2010 (Fast Abstract).

[査読付 30] Yutaka Matsuno, Jin Nakazawa, Makoto Takeyama, Midori Sugaya, Yutaka Ishikawa: Toward a Language for Communication among Stakeholders, Proc. 16th IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC'10), pp. 93-100, Dec. 2010.

[査読付 31] Hajime Inaoka, Satoshi Yukawa, and Nobuyasu Ito: Spray flow-network flow transition of binary Lennard-Jones particle system, Physica A 389, 2500, Jul.2010.

[査読付 32] Balazs Gerofi, Hajime Fujita, Yutaka Ishikawa: An Efficient Process Live Migration Mechanism for Load Balanced Distributed Virtual Environments, 2010 IEEE International Conference on Cluster Computing (Cluster 2010), pp. 197-206, Sep 2010.

[査読付 33] Hajime Fujita, Yutaka Ishikawa: DTS: Broadcast-based Content-aware TCP Connection Handover, 第 22 回 コンピュータシステム・シンポジウム (ComSys 2010), pp. 21-30, Nov 2010.

[査読付 34] Jun Kato, Hajime Fujita, Yutaka Ishikawa: Design and Implementation of a Fault Tolerant Single IP Address Cluster, The 16th IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC'10), pp. 175-183, Dec 2010.

[査読付 35] Hajime Fujita, Motohiko Matsuda, Toshiyuki Maeda, Shin'ichi Miura, Yutaka Ishikawa: P-Bus: Programming Interface Layer for Safe OS Kernel Extensions, The 16th IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC'10), pp. 235-236, Dec 2010 (Fast Abstract).

[査読付 36] Hajime Fujita, Yutaka Ishikawa: DTS: Broadcast-based Content-aware TCP Connection Handover, IPSJ Transactions on Advanced Computing Systems Vol.4 No.2 (ACS 33), pp. 59-69, Mar 2011.

[査読付 37] 堀敦史, 鴨志田良和, 松葉浩也, 安井隆, 住元真司, 石川裕: リングトポロジーによる MPI-IO 書込の高速化技法, SACSIS 2010, 2010.

[査読付 38] 堀敦史, 鴨志田良和, 松葉浩也, 安井隆, 住元真司, 石川裕: MPI-IO 書込のパイプライン処理による高速化, 情報処理学会 ACS 32 論文誌 (to appear).

公開ソフトウエア

[公開 1] Nan Dun: ParaMark: high fidelity parallel file system benchmark. http://code.google.com/p/paramark/.

[公開 2] Nan Dun: ParaTrac: a tracking suite for parallel/distributed applications. http://code.google.com/p/paratrac/.

[公開 3] Kenjiro Taura: GXP: Grid and cluster shell. http://www.logos.t.u-tokyo.ac.jp/gxp/.

[公開 4] Atsushi HORI: SCore Cluster Sytem Version 7.0.1, http://www.pccluster.org/ja/score7.html, Dec 2010.

[公開 5] Keiji Yamamoto: SCore Cluster System Version 7, http://www.pccluster.org/ja/score7.html, Nov 2010.

特許申請／取得

[特許 1] 松野裕, 横手靖彦: ディペンダビリティ維持装置、ディペンダビリティ維持装置の制御方法、障害対応システム、制御プログラムおよびそれを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体, 特願 2010-267461, 出願済, 2010 年 11 月 30 日.

その他の発表論文

[発表 1] 中島研吾: OpenMP/MPI ハイブリッド並列プログラミングモデルの多重格子法への適用, 日本計算工学会第 15 回計算工学講演会, 2010.

[発表 2] 中島研吾: 講義紹介：並列計算プログラミング, 先端計算機演習（地球惑星科学専攻）, 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） 12-3, 2010.

[発表 3] 中島研吾: コンピュータ科学特別講義 I・II, 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） 12-3, 2010.

[発表 4] 中島研吾: 並列前処理付き反復法と領域分割, 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（MEPA）, 2010 年並列／分散／協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ（SWoPP 金沢 2010）, 2010.

[発表 5] Nakajima, K.: Parallel Scalable Solvers using Hybrid Programming Models on Multicore Clusters, 7th ACES （APEC Cooperation for Earthquake Simulations）Workshop, 2010.

[発表 6] Okuda, H. and Nakajima, K.: Integrated Predictive Simulation System for Earthquake and Tsunami Disaster (4): Framework for Development of Parallel Codes, 7th ACES （APEC Cooperation for Earthquake Simulations）Workshop, 2010.

[発表 7] 中島研吾: マルチコア時代の前処理手法, 京都大学数理解析研究所研究集会「科学技術計算アルゴリズムの数理的基盤と展開」, 2010.

[発表 8] Nakajima, K.: P Parallel Preconditioning Methods for Ill-Conditioned Problems on Multicore Clusters, 2011 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11): Parallel Programming Models and Algorithms for Scalable Manycore Systems Part-II of III, Reno, NV, USA , 2011.

[発表 9] 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾: Xabclib: 汎用的自動チューニング API「OpenATLib」を用いた数値計算ライブラリにおける数値計算ポリシー機能の性能評価, 第 15 回日本計算工学会講演会, オーガナイズドセッション「ペタスケール計算機時代の数値計算ライブラリと自動チューニング技術」, 九州大学医学部百年講堂, 計算工学会講演論文集, 2010 年 5 月.

[発表 10] 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥: 自動チューニングインターフェース OpenATLib における疎行列ベクトル積アルゴリズム, 情報処理学会研究報告 2010-HPC-125, No.2, 2010 年 6 月.

[発表 11] 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥: 行列計算ライブラリ向け数値計算ポリシーインターフェースの提案, 2010 年並列／分散／協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ（SWoPP2010）, 金沢市文化ホール, 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126, No.1, 2010 年 8 月.

[発表 12] 大島聡史, 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰, 直野健, 猪貝光祥, 伊藤祥司: Segmented Scan 法の CUDA 向け最適化実装, 2010 年並列／分散／協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ（SWoPP2010）, 金沢市文化ホール, 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126, No.42, 2010 年 8 月.

[発表 13] 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥: Xabclib:数値計算ポリシー入力型行列計算ライブラリ, 日本応用数理学会 2010 年年会, オーガナイズドセッション: 応用数理若手の会, 明治大学駿河台キャンパス, 年会予稿集, pp.241-242, 2010 年 9 月.

[発表 14] 黒田久泰, 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 中島研吾: 疎行列反復解法ライブラリ Xabclib におけるユーザーポリシー機能の実装と評価, 日本応用数理学会 2010 年年会, 正会員主催オーガナイズドセッション:数値計算における自動チューニングの最新動向–マルチコア, GPU, ヘテロジニアス環境へ向けて–, 明治大学駿河台キャンパス, 年会予稿集, pp.305-306, 2010 年 9 月.

[発表 15] Takao Sakurai, Ken Naono, Takahiro Katagiri, Hisayasu Kuroda, and Kengo Nakajima: OpenATLib: A Generalized Auto-tuning Facility and Xabclib: Adaptation to Numerical Algorithm Selection on an Iterative Method, Workshop on Advanced Auto-tuning on Numerical Software (AANS2010), 4F Tele-lecture room, Information Technology Center, The University of Tokyo, 2nd April, 2010.

[発表 16] Takao Sakurai, Ken Naono, Takahiro Katagiri, Hisayasu Kuroda, Kengo Nakajima, Satoshi Ohshima, and Shoji Itoh, Mitsuyoshi Igai: Development of Xabclib: A Sparse Iterative Solver with Numerical Computation Policy Interface, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), MS55, Advanced Performance Auto-tuning for Computer Systems and Numerical Libraries - Part II of II, Mar. 2011.

[発表 17] 大島聡史, 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰, 直野健, 猪貝光祥, 伊藤祥司: Segmented Scan 法の CUDA 向け最適化実装, 情報処理学会 研究報告 (HPC-126), 7 月 27 日, 2010 年.

[発表 18] Satoshi OHSHIMA, Takao SAKURAI, Takahiro KATAGIRI, Kengo NAKAJIMA, Hisayasu KURODA, Ken NAONO, Mitsuyoshi IGAI, Shoji ITOH: Implementation of SpMV Using Indexed Segmented Scan Method for CUDA, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), Reno, February 28 - March 4, 2011.

[発表 19] Satoshi OHSHIMA, Masae HAYASHI, Takahiro KATAGIRI, Kengo NAKAJIMA: Implementation and evaluation of FEM code for 3D Solid Mechanics on CUDA, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), Reno, February 28 - March 4, 2011.

[発表 20] 大島聡史, 林雅江, 片桐孝洋, 中島研吾: 三次元有限要素法アプリケーションの CUDA 向け実装と性能評価, 情報処理学会 研究報告 (HPC-129), 3 月 8 日, 2011 年.

[発表 21] Satoshi OHSHIMA, Takahiro KATAGIRI, Kengo NAKAJIMA, Hisayasu KURODA, Shoji ITOH: First Implementation of Segmented Scan Method on GPU, ICS'10, Epochal Tsukuba, June 1 - 4, 2010.

[発表 22] 林雅江, 中島研吾: マルチコアクラスタ環境における拡張階層型領域分割に基づく有限要素法, 計算工学会, 第 16 回計算工学講演会, 2011 年 5 月.

[発表 23] 吉田 仁: 高速な素数リスト生成と Brun 定数の計算誤差解析, 東京大学グローバル COE セキュアライフ・エレクトロニクス, 平成 22 年度 博士課程学生報告書 pp.112–113.

[発表 24] 清野 善裕: 数学的対象の計算機的証明とその高速化, 東京大学グローバル COE セキュアライフ・エレクトロニクス, 平成 22 年度 博士課程学生報告書 pp.114–115.

[発表 25] T.Kishida, O. Jinnouch, M. Imori, S. Imada, M. Katsuno, Y. Kanada and Y. Unno: Low Voltage Power Supply Using Stepdown Piezoelectric transformer, Topical Workshop on Elecgtronics for Particle Physics, Aachen, Germany, September 20-24, 2010.

[発表 26] 陣内修, 今田悟, 井森正敏, 海野義信, 勝野超史, 金田康正: 降圧型圧電トランスを用いた ATLAS シリコン検出器用定電圧電源の開発, 物理学会全国大会, 九州工業大学戸畑キャンパス,9 月 11 日–14 日,2010 年.

[発表 27] 谷本茂明, 黒崎 悟, 高本剛志, 林 和範, 水原真一, 守屋利彦, 横井雅彦, 佐藤周行, 金井 敦: キャンパス PKI におけるコスト構造に関する研究, 電子情報通信学会 LOIS 研究会 (信学技報 Vol. 110, No. 207 LOIS2010-22), 25–30, 2010.

[発表 28] 佐藤周行, 金井敦, 谷本茂明: セキュリティ・アウエア・クラウド：概念とモデル, Computer Security Symposium 2010 論文集, 339–344, 2010.

[発表 29] SATO, Hiroyuki: Building a Security Aware Cloud by Extending Internal Control over Cloud, Proceedings of Global COE Symposium on Secure Life Electronics, 2010.

[発表 30] 真子拓馬, 佐藤周行: インライン展開による最適化の加速の度合いの計測およびフィードバック手法, 情報処理学会プログラミング研究会 82 (oral), 2011.

[発表 31] 谷本茂明, 黒崎悟, 高本剛志, 林和範, 水原真一, 守屋利彦, 横井雅彦, 佐藤周行, 金井敦: キャンパス PKI のコスト構造定量化に関する検討, 電子情報通信学会全国大会予稿集 D-9-36, 2011.

[発表 32] 原健太朗, 中島潤, 田浦健次朗: アドレス空間の大きさに制限されないスレッド移動を実現する PGAS 処理系, In SWoPP, 2010.

[発表 33] 柴田剛志 田浦健次朗: 広域分散ワークフローのための耐遅延性の高い分散ファイルシステム, In SWoPP, 2010.

[発表 34] 中島潤 田浦健次朗: 高効率な I/O と軽量性を両立するマルチスレッド処理系, In SWoPP, 2010.

[発表 35] 田浦健次朗, 鴨志田良和, 横山大作, 崔升準, 柴田剛志, 頓楠, 三輪誠, 松崎拓也: 生命科学論文データベースの全データからのタンパク質に関する生命事象の抽出, 東京大学情報基盤センター, 2010 年 11 月.

[発表 36] 田浦健次朗: HA8000 のファイルシステムについて, 東京大学情報基盤センター, 2010 年 1 月.

[発表 37] 田浦健次朗: HA8000 のファイルシステムについて (ii), 東京大学情報基盤センター, 2010 年 5 月.

[発表 38] 田浦健次朗: 高生産言語を使いこなす, 東京大学情報基盤センター, 2011 年 1 月.

[発表 39] 鴨志田良和, 田浦健次朗: 並列アプリケーションのトレースログの効率的なオンライン圧縮アルゴリズムの評価, 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126, 金沢, 2010 年 7 月.

[発表 40] 黒田久泰, 片桐孝洋, 須田礼仁 : 消費電力を抑えた基本演算ライブラリの実装と評価, 2010 年並列／分散／協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ（SWoPP2010）, 金沢市文化ホール, 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（MEPA）研究会, 2010 年 8 月.

[発表 41] 大島聡史: AT の GPU への展開, 日本応用数理学会 (JSIAM)2010 年度年会, 明治大学駿河台キャンパス, 2010 年 9 月.

[発表 42] Satoshi OHSHIMA: GPGPU and Auto-tuning Framework, Workshop on Advanced Auto-tuning on Numerical Software (AANS2010), The University of Tokyo, April 2, 2010.

[発表 43] Shoichi HIRASAWA, Satoshi OHSHIMA, Hiroki HONDA: Energy and Performance Tuning Framework for Accelerator Environment, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), Reno, February 28 – March 4, 2011.

[発表 44] 大島聡史: これからの並列計算のための GPGPU 連載講座 (III) GPGPU プログラミング環境 CUDA 最適化編, スーパーコンピューティングニュース, Vol.12, No.3, pp.32–44, 2010 年 5 月.

[発表 45] 大島聡史: これからの並列計算のための GPGPU 連載講座 (IV) 特別編 CUDA プログラミング Windows 編, スーパーコンピューティングニュース, Vol.12, No.4, pp.11–16, 2010 年 7 月.

[発表 46] 大島聡史: これからの並列計算のための GPGPU 連載講座 (V) 疎行列ベクトル積を題材とした CUDA 最適化プログラミング, スーパーコンピューティングニュース, Vol.12, No.5, pp.7–16, 2010 年 9 月.

[発表 47] 大島聡史: これからの並列計算のための GPGPU 連載講座 (VI) 様々な GPGPU プログラミング環境, スーパーコンピューティングニュース, Vol.12, No.6, pp.13–25, 2010 年 11 月.

[発表 48] 實本英之, 石川裕: 容易なアドバイス記述法をもつ Fault Resilience プログラム環境構築にむけて. 情報処理学会研究報告 2011-HPC-129, March 2011.

[発表 49] Nguyen Toan, Hideyuki Jitsumoto, Naoya Maruyama, Tatsuo Nomura, Satoshi Matsuoka: MPI-CUDA Applications Checkpointing. 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126 (SWoPP2010), August, 2010.

[発表 50] 滝澤真一朗, 松岡聡, 佐藤仁, 東田学, 友石正彦, 實本英之: e-サイエンス基盤としての計算機センター POP(Point-of-Presence) 連携, 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126 (SWoPP2010), August, 2010.

[発表 51] Takahiro Katagiri and Shoji Itoh : A Massively Parallel Dense Symmetric Eigensolver with Communication Splitting Multicasting Algorithm, 9th International Meeting on High Performance Computing for Computational Science (VECPAR'2010), Proceedings of VECPAR'2010, 13 pages, Berkeley, California, USA, June 2010.

[発表 52] Takahiro Katagiri: Challenges of Run-time Auto-tuning for Sparse Iterative Solvers, Fifth International Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT2010), Proceedings of VECPAR'2010, 2pages., Berkeley, California, USA, A Position Paper, June 2010.

[発表 53] 片桐孝洋, 佐藤雅彦: 高並列スレッド環境での改良 Segmented Scan 法による疎行列-ベクトル積の性能評価, 2010 年並列／分散／協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ（SWoPP2010）, 金沢市文化ホール, 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（MEPA）研究会, 2010 年 8 月.

[発表 54] 片桐孝洋：T2K と ES2 による密行列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.12, No.5, pp. 25-33 , 2010 年 9 月.

[発表 55] 片桐孝洋: 自動チューニング機能付き数値計算ライブラリ Xabclib の HITACHI SR16000/VL1 での性能評価 ～疎行列-ベクトル積を中心に～, 第 4 回シミュレーション科学シンポジウム, 自然科学研究機構 核融合科学研究所 主催, 2010 年 9 月.

[発表 56] Takahiro Katagiri : Development of C Language Version of ABCLibScript - The Impact To Auto-tuning Software, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), MS44, Advanced Performance Auto-tuning for Computer Systems and Numerical Libraries - Part I of II, Mar. 2011.

[発表 57] 片桐孝洋, 大島聡史, 平澤将一, 本多弘樹: HxABCLibScript:非均質計算機向け自動チューニング記述言語拡張, 情報処理学会 研究報告 (HPC-129), 2011 年 3 月.

[発表 58] Yutaka Matsuno, Jin Nakazawa, Makoto Takeyama, Toshinori Takai, Takeo Matsuzaki, Kenji Taguchi, Atsushi Ito, Hajime Ueno: Dependability Case for Open Systems Lifecycle, Presented in Real-time and Embedded Systems Forum, The Open Group Conference, San Diego, California, USA, Feb. 2011.

[発表 59] Yutaka Matsuno, Jin Nakazawa, Makoto Takeyama, Toshinori Takai, Takeo Matsuzaki, Kenji Taguchi, Atsushi Ito, Hajime Ueno: Dependability Case for Open Systems Lifecycle, Presented in System Assurance Task Force, OMG Technical Meeting, Santa-Clara, California, USA, Dec. 2010.

[発表 60] 松野裕: ディペンダビリティ維持システムの試作, 第 11 回計測自動制御学会システムインテグ レーション部門講演会講演集, 東北大学川内キャンパス, 2010 年 12 月.

[発表 61] 松野裕: 組み込みシステムのディペンダビリティ評価, 日本応用数理学会 2010 年度年会講演予稿集, pp. 237-238, 明治大学駿河台キャンパス, 2010 年 9 月.

[発表 62] Yutaka Matsuno, Kenji Taguchi, Hiroki Takamura: Standardization of GSN Patterns in OMG sysA PTF, Presented in System Assurance Task Force, OMG Technical Meeting, Cambridge, Massachusetts, USA, Sep. 2010.

[発表 63] 高井利憲, 伊東敦, 武山誠, 上野肇, 高村博紀, 松野 裕: D-Case を用いた保証プロセスについて, 第 8 回ディペンダブルシステムワークショップ (DSW2010) 論文集, 日本ソフトウェア科学会, 9 頁, 函館大沼プリンスホテル, 2010 年 7 月.

[発表 64] Toshinori Takai, Atsushi Ito, Makoto Takeyama, Hajime Ueno, Kenji Taguchi, Hiroki Takamura, Jin Nakazawa, Yutaka Matsuno: A White Paper on Assurance Case Process Metamodel, Presented in System Assurance Task Force, OMG Technical Meeting, Minneapolis, Minnesota, USA, June 2010.

[発表 65] 松野裕: D-Case: ステークホルダとシステムをつなぐドキュメント, Bulletin JASA, Vol. 34, 社団法人組込みシステム技術協会, 2010 年 6 月.

[発表 66] Hajime Inaoka, Satoshi Yukawa, and Nobuyasu Ito: Simulation of spray flow by binary Lennard-Jones particle system, 13th ACP Workshop, The University of Tokyo, Japan, Apr.2010.

[発表 67] 稲岡 創、湯川 諭、伊藤 伸泰: 2 成分レナードジョーンズ粒子系による爆発流の流動様式, 第 14 回 ACP ワークショップ、東京大学, 2010 年 5 月.

[発表 68] Hajime Inaoka, Satoshi Yukawa, and Nobuyasu Ito: Simulation of gas-liquid flow by binary Lennard-Jones particle system, STATPHYS 24: XXIV IUPAP Internal Conference on Statistical Physics, Cairns, Australia, Jul.2010.

[発表 69] 稲岡 創、湯川 諭、伊藤 伸泰: 2 成分レナードジョーンズ粒子系による爆発流のシミュレーション, 第 4 回シミュレーション科学シンポジウム, 自然科学研究機構核融合科学研究所, 2010 年 9 月.

[発表 70] 稲岡 創、湯川 諭、伊藤 伸泰: 2 成分レナードジョーンズ粒子系による爆発流の流動様式, 日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス, 2010 年 9 月.

[発表 71] Hajime Inaoka, Satoshi Yukawa, and Nobuyasu Ito: Simulation of explosive gas-liquid flow by binary Lennard-Jones particle system, 17th ACP Workshop, The University of Tokyo, Japan, Oct.2010.

[発表 72] Hajime Inaoka, Satoshi Yukawa, and Nobuyasu Ito: Regime map of explosive gas-liquid flow by binary Lennard-Jones particle system, 19th ACP Workshop, The University of Tokyo, Japan, Jan.2011.

[発表 73] Hajime Inaoka and Nobuyasu Ito: Molecular dynamics simulation of Lennard-Jones shock-tube model, 20th ACP Workshop, The University of Tokyo, Japan Mar.2011.

[発表 74] 稲岡 創、湯川 諭、伊藤 伸泰: レナードジョーンズ粒子系による爆発流のスケーリング関係, 日本物理学会第 66 回年次大会、新潟大学五十嵐キャンパス, 2011 年 3 月.

[発表 75] Yoshikazu Kamoshida: VGXP: a Real-time Monitoring and Visualization Tool for Large-scale Distributed Computing Systems, 2nd JFLI workshop, Paris, Oct 2010.

[発表 76] 鴨志田良和: モニタリングツール VGXP を応用したアプリケーション性能のリアルタイム可視化, 第 8 回 ASE 研究会, 東京, 2010 年 12 月.

[発表 77] 藤田肇: シングル IP アドレスクラスタと OS 検証, オペレーティングシステムと形式手法・形式検証に関するワークショップ in 金沢, 金沢, Dec 2010.

特記事項

[特記 1] 中島研吾: パネリスト, 「大規模アプリの開発環境はこう在りたい」, 第 10 回 PC クラスタシンポジウム, 2010.

[特記 2] Kengo NAKAJIMA: General Council Member , IACM (International Association for Computational Mechanics)

[特記 3] Kengo NAKAJIMA: Associate Editor, SIAM Journal for Scientific Computing

[特記 4] Kengo NAKAJIMA: Member of Program Committee, The Eighteenth International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS10), 2010.

[特記 5] 中島研吾: 日本計算工学会第 15 回計算工学講演会 実行委員, 2010.

[特記 6] Kengo NAKAJIMA: Member of Program Committee, 2010 IEEE International Workshop on HPC and Grid Applications (IWHGA2010), 2010.

[特記 7] Kengo NAKAJIMA: Member of Program Committee, 24th ACM/SIGRAPH International Conference on Supercomputing (ICS'10), 2010.

[特記 8] Kengo NAKAJIMA: Member of Program Committee, 22nd International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing (SBAC-PAD 2010), Rio de Janeiro, Brazil, Oct. 2010.

[特記 9] Kengo NAKAJIMA: Member of Technical Papers Committee (Area Co-Chair in Application), 2010 IEEE International conference on high performance computing, networking, storage, and analysis (SC10), 2010.

[特記 10] Kengo NAKAJIMA: Member of Program Committee, The 17th International Conference on High Performance Computing (HiPC), 2010.

[特記 11] Kengo NAKAJIMA: Member of International Program Committee, IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Networks (PDCN 2011), 2011.

[特記 12] Kengo NAKAJIMA: Member of Program Committee, The Nineteenth International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS11), 2011.

[特記 13] 中島研吾: セッションオーガナイザ, 日本計算工学会第 15 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」, 2010.

[特記 14] 中島研吾: セッションオーガナイザ, 第 24 回数値流体力学シンポジウム「並列計算・適応格子」, 2010.

[特記 15] Kengo NAKAJIMA: Co-organizer of Mini-Symposium, 2011 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), "Parallel Programming Models and Algorithms for Scalable Manycore Systems Part I-III", 2011.

[特記 16] 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 17] 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/10e/

[特記 18] 中島研吾: 科学技術計算 I・II, 東京大学大学院情報理工学系研究科数理情報学専攻, http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/10s/, http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/10w/

[特記 19] （特集記事）日本応用数理学会 学会誌 「応用数理」（岩波書店）, 特集：数値計算のための自動チューニング, 片桐孝洋「編集にあたって」, 20 巻 3 号, pp.2-4 , 2010 年 9 月. 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾：Xabclib：汎用的自動チューニングインターフェース OpenATLib を利用した反復解法ライブラリの開発, 20 巻 4 号, pp.25-37, 2010 年 12 月.

[特記 20] 大島聡史: パネリスト, T2K シンポジウム 2010@東大 パネルディスカッション「ポスト T2K 時代のセンターマシン」, 7 月 12 日, 2010 年.

[特記 21] 大島聡史: 1 セミナーの講師を担当, GPGPU の基礎と行列計算への活用, 日本応用数理学会 3 部会連携 応用数理セミナー, 国立情報学研究所, 11 月 26 日, 2010 年.

[特記 22] 大島聡史: プログラム委員, 2011 年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 HPCS2011, 1 月 18 日-19 日, 2011 年.

[特記 23] 高校生のための「お試しアカウント付き並列プログラミング講習会（試行）」, 東京大学情報基盤センター, 8 月 23 日-25 日, 2010 年.

[特記 24] スーパーコンピュータ若手利用者推薦（試行）制度 2010 年度（前期）3 件（新規 2 件, 継続 1 件）, 2010 年度（後期）1 件（新規 0 件, 継続 1 件）.

[特記 25] 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: 第 7 回 ASE 研究会（2010 年 4 月 2 日（金））、第 8 回 ASE 研究会（2010 年 12 月 6 日（月））、第 9 回 ASE 研究会（2011 年 2 月 17 日（木））の 3 回実施.

[特記 26] お試しアカウント付き並列プログラミング講習会：2010 年 5 月 13 日～14 日、2010 年 7 月 29 日～30 日、2010 年 9 月 2 日～3 日、2010 年 9 月 27 日～28 日の 4 回実施.

[特記 27] 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 (CSE11), MS55, Advanced Performance Auto-tuning for Computer Systems and Numerical Libraries, Reno, Nevada, USA, Mar. 2011.

[特記 28] 松野裕: 説明責任を支援する技術 (1) オープンシステムディペンダビリティが世界を変える: ディペンダビリティと説明責任スペシャルセッション, ET2010, パシフィコ横浜, 2010 年 12 月.

[特記 29] 堀敦史: Catwalk Tutorial,PC クラスタワークショップ at 東京講演,2010 年 10 月 22 日.

[特記 30] 堀敦史: Catwalk Tutorial,PC クラスタワークショップ at 京都講演,2010 年 10 月 29 日.

[特記 31] 山本啓二: XQSUB チュートリアル, e-Science チュートリアル in 東京, 2010 年 10 月.

[特記 32] 山本啓二: XQSUB チュートリアル, e-Science チュートリアル in 京都, 2010 年 10 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た [査読付 1,2][発表 5,9]。

- 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。多重格子法を中心として、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[査読付 4][発表 1,6,8]。

- ハイエンド計算機環境におけるアプリケーション開発環境に関する研究

昨今、マルチコアクラスタ、GPU など様々な HPC 環境の利用が可能となっているが、科学技術計算に携わる科学者、技術者にとって、ハードウェアの能力を充分に引き出し、効率的なアプリケーションプログラムを開発することは至難の業である。一般に科学技術アプリケーションは様々な処理から構成されており、各プロセスを最適化することもまた科学者、技術者にとっては困難な作業である。本研究では、計算機の専門家でない科学者や技術者がスパコン向けの様々なシミュレーションプログラムを容易に開発し、高速・安定に実行するための基盤を開発する。異なるスパコンでも、自動チューニング機構によりプログラムの修正無しに最適な性能で安定に実行可能となる [招待 1,2]。

- HPC 教育

「学際計算科学・工学人材育成」委員会（委員長：松本洋一郎副学長）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、講義、演習を実施した [特記 16～18]。

2　自動チューニング機構を有するアプリケーション開発環境　ppOpen-HPC

2018 年頃にはエクサスケールシステムが実現すると言われているが、そのためには様々な技術革新が必要である。エクサスケールシステムに向けて、数値アルゴリズム、アプリケーションにおけるキーワードは、以下の 5 点に集約され、これらを考慮した研究開発が必要である：

① ヘテロジニアスなアーキテクチャ (Multicore, Manycore, GPU)
② 混合精度演算（Mixed Precision Computation）
③ 自動チューニング（Auto-Tuning）
④ 耐故障性（Fault Tolerant）
⑤ 通信削減アルゴリズム（Communication Reducing Algorithms）

本研究ではこの 5 点を念頭に置き、ホスト CPU とアクセラレータによるヘテロジニアスなアーキテクチャによる計算ノードを有するポストペタスケールシステムを想定し、その処理能力を充分に引き出す科学技術アプリケーションの効率的な開発、安定な実行に資する「自動チューニング機構を有するオープンなアプリケーション開発・実行環境（ppOpen-HPC、pp＝post-petascale）」の研究開発を行う。離散化手法としては、大規模シミュレーションに適した有限要素法（FEM）、差分法（FDM）、有限体積法（FVM）、境界要素法（BEM）、個別要素法（DEM）に限定し、各手法の特性に基づきハードウェアに依存しない共通インタフェースを有するアプリケーション開発用ライブラリ群、耐故障機能を含む実行環境を実現する。
ppOpen-HPC は：

- ppOpen-APPL：　各手法に対応した並列プログラム開発のためのライブラリ群
- ppOpen-MATH：　各離散化手法に共通の数値演算ライブラリ群
- ppOpen-AT：　科学技術計算のための自動チューニング（AT）コンパイラ
- ppOpen-SYS：　ノード間通信、耐故障機能に関連するライブラリ群

から構成される。ユーザープログラムから ppOpen-APPL、ppOpen-MATH、ppOpen-SYS のライブラリ群を呼び出し、自動チューニングコンパイラ ppOepn-AT を使用することによって、ハイブリッド並列化・CUDA・OpenCL 等に煩わされることなく、またハードウェアに依存したチューニング、ホスト CPU～アクセラレータ間の負荷分散等を考慮することなく、ポストペタスケールシステムに対して最適化された耐故障機能をもつアプリケーションを容易に開発できる。また、最適化されたライブラリ群が自動的に生成される。メモリアクセス最適化、資源配分に関するハードウェア依存のチューニングのプロ

セスを ppOpen-AT に集約することにより、計算機環境が変化しても、 ppOpen-AT の変更によって対応できる。

本研究の成果は、平成 26 年度以降に東京大学情報基盤センターに導入予定の数十ペタフロップス(PF)級システム上で検証、改良、更に公開し、大規模シミュレーションによる計算科学の進歩に貢献する。更に改良を進めることによって、エクサスケールシステムにおけるアプリケーション開発・実行環境へと発展させていくことを目標とする。

3 学際計算科学・工学人材育成プログラム

3.1 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 17]。2010 年度夏季集中講義として、2010 年 8 月に 7 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。

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。2010 年度は合計 39 名の受講者があった。2011 年度は同様の内容で 9 月 12 日～21 日の間に集中講義として実施する。

3.2 科学技術計算Ⅰ・Ⅱ(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「科学技術計算Ⅰ・Ⅱ:科学技術計算プログラミング(有限要素法)」を 2010 年夏・冬学期に実施した[特記 18]。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弾性静力学を扱った(夏学期:Ⅰ)。更に、冬学期(Ⅱ)では、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。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である。大規模並列シミュレーションにおいては、科学・工学と数理科学、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、特に数理情報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。2010 年度は夏学期（41 名）と冬学期（14 名）の受講者があった。2011 年度は数理情報学専攻「科学技術計算Ⅰ・Ⅱ」およびコンピュータ科学専攻「コンピュータ科学特別講義Ⅰ・Ⅱ」として開講の予定である。

4 成果要覧

受賞

[受賞 1] 平成 22 年度地盤工学会賞（地盤環境賞）「地球シミュレータを用いた二酸化炭素地下貯留の大規模シミュレーションシステムの開発と実用化」（共同受賞）, 2011.

招待講演

[招待 1] Nakajima, K., Infrastructure for Development of Codes in Scientific Computing on Post-Peta-Scale Systems, IPAB (Initiative for Parallel Bioinformatics) Open Workshop in Okinawa 2010: "Seeds and Needs for Large Scale Computing 2010" -Next Generation Sequencer : Uniting IT and Biotechnology -, 2010.

[招待 2] Nakajima, K., Infrastructure for Application Development on Heterogeneous Parallel Computers, Fujitsu Open Petascale Libraries Workshop, 2010.

査読付論文リスト

[査読付 1] Kengo Nakajima: Parallel Multistage Preconditioners by Extended Hierarchical Interface Decomposition for Ill-Conditioned Problems, Advances in Parallel ComputingVol.19 “From Multicores and GPU’s to Petascale”, IOS press, pp.99-106, 2010.

[査読付 2] 中島研吾：並列プログラミングモデルと自動チューニング（特集：数値計算のための自動チューニング）, 日本応用数理学会誌第 20 巻 4 号, pp.310-320, 2010.

[査読付 3] Hosoi, A., Washio, T., Okada, J., Kadooka, J., Nakajima, K., and Hisada, T. , A Multi-Scale Heart Simulation on Massively Parallel Computers, ACM/IEEE Proceedings of SC10, 2010.

[査読付 4] Nakajima, K., Parallel Multigrid Solvers using OpenMP/MPI Hybrid Programming Models on Multi-Core/Multi-Socket Clusters, Lecture Notes in Computer Science 6449, pp.185-199, 2010.

その他発表論文リスト

[発表 1] 中島研吾:OpenMP/MPI ハイブリッド並列プログラミングモデルの多重格子法への適用, 日本計算工学会第 15 回計算工学講演会　2010.

[発表 2] 中島研吾:講義紹介:並列計算プログラミング, 先端計算機演習(地球惑星科学専攻), 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) 12-3, 2010.

[発表 3] 中島研吾:コンピュータ科学特別講義Ⅰ・Ⅱ, 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) 12-3, 2010.

[発表 4] 中島研吾:並列前処理付き反復法と領域分割, 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(MEPA), 2010 年並列／分散／協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ(SWoPP 金沢 2010), 2010.

[発表 5] Nakajima, K., Parallel Scalable Solvers using Hybrid Programming Models on Multicore Clusters, 7th ACES (APEC Cooperation for Earthquake Simulations) Workshop, 2010.

[発表 6] Okuda, H. and Nakajima, K., Integrated Predictive Simulation System for Earthquake and Tsunami Disaster (4): Framework for Development of Parallel Codes, 7th ACES (APEC Cooperation for Earthquake Simulations) Workshop, 2010.

[発表 7] 中島研吾:マルチコア時代の前処理手法, 京都大学数理解析研究所研究集会「科学技術計算アルゴリズムの数理的基盤と展開」, 2010.

[発表 8] Nakajima, K., P Parallel Preconditioning Methods for Ill-Conditioned Problems on Multicore Clusters, 2011 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11): Parallel Programming Models and Algorithms for Scalable Manycore Systems Part-II of III, Reno, NV, USA , 2011.

特記事項

[特記 1] パネリスト, 「大規模アプリの開発環境はこう在りたい」, 第 10 回 PC クラスタシンポジウム, 2010.

[特記 2] General Council Member , IACM (International Association for Computational Mechanics)

[特記 3] Associate Editor，SIAM Journal for Scientific Computing

[特記 4] Member of Program Committee, The Eighteenth International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS10), 2010.

[特記 5] 日本計算工学会第 15 回計算工学講演会 実行委員, 2010.

[特記 6] Member of Program Committee, 2010 IEEE International Workshop on HPC and Grid Applications (IWHGA2010) , 2010.

[特記 7] Member of Program Committee, 24th ACM/SIGRAPH International Conference on Supercomputing (ICS'10), 2010.

[特記 8] Member of Program Committee, 22nd International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing (SBAC-PAD 2010), (Rio de Janeiro, Brazil, 2010.10)

[特記 9] Member of Technical Papers Committee (Area Co-Chair in Application), 2010 IEEE International conference on high performance computing, networking, storage, and analysis (SC10)，2010.

[特記 10] Member of Program Committee, The 17th International Conference on High Performance Computing (HiPC), 2010.

[特記 11] Member of International Program Committee, IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Networks (PDCN 2011), 2011.

[特記 12] Member of Program Committee, The Nineteenth International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS11), 2011.

[特記 13] セッションオーガナイザ，日本計算工学会第 15 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」，2010．

[特記 14] セッションオーガナイザ，第 24 回数値流体力学シンポジウム「並列計算・適応格子」，2010．

[特記 15] Co-organizer of Mini-Symposium, 2011 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11)，”Parallel Programming Models and Algorithms for Scalable Manycore Systems Part I-III”，2011．

[特記 16] 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 17] 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/10e/

[特記 18] 科学技術計算Ⅰ・Ⅱ，東京大学大学院情報理工学系研究科数理情報学専攻，http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/10s/，http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/10w/

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

2010 年度中に行った本研究報告では最大で 10 頁という制限を考えて、以下にある 2 種類の項目について研究全体の背景を述べた後、それぞれの研究テーマの具体的成果の説明を行うこととする。

- 10^{17} までの双子素数生成と Brun 定数の計算
- pi.super-computing.org 上での π 並びに関連する情報公開

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」等がある。

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担教員としての、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 2010 年度は博士 4 年 1 名、博士 3 年 1 名、修士 1 年 1 名、計 3 名の教育指導を行った。

私の研究室の従来からの指導方針として、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て、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（即ち研究費のかからない）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（即ち役に立つ）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大幅に変更になったが、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、2010 年度の研究・教育活動報告を以下に記す。

3　研究内容

3.1　10^{17} までの双子素数生成と Brun 定数の計算

本研究は本研究室の博士 4 年の吉田仁君が行った研究であり、本原稿執筆段階で査読付論文誌へ投稿を行い、査読結果を待っている状況にある。この研究の概要を以下に示す。

3.1.1 概要

素数とは整数環における基本的な要素であり、数論や暗号の分野において特に重要な役割を果たしている。素数が関わる問題としては、Goldbach の予想や双子素数予想といった未解決問題がることが広く知られている [2]。これらの問題に対する 1 つの解法として、具体的な素数列を用いてその予想の確認を行うことが挙げられるが、幅広い確認を行うためには素数列挙自体を高速に行なうことが求められる。

さて Eratosthenes の篩は広く知られた素数列挙の方法であり、x 以下の素数を求めるために $O(x\ln(\ln x))$ の計算量と $O(\sqrt{x}/\ln x)$ のメモリ量で実行することができる。

また $P_2 = \{(3,5),(5,7),(11,13),\cdots\}$ のように p と $p+2$ が両方共素数である数の組み合わせを双子素数という。双子素数の組み合わせが有限であるかどうかについては未解決問題であるが、その逆数の和が収束することは Brun によって証明されており [3]、その収束値は Brun 定数と呼ばれている。この Brun 定数については、計算の過程において Pentium プロセッサにおける浮動小数点数除算命令 `FDIV` のバグを発見したことで知られている。

Brun の定数の具体的な値を求めるためには、ほぼ定義式通りに双子素数を見つけ計算していく方法しか知られていないため、現在でも Nicely が計算した 9 桁分しか知られていない [4]。

本報告では、Eratosthenes の篩を高速に行なうための手法を紹介し、それにより得られた素数リストを元に Brun 定数の計算とその誤差解析を示す。

3.1.2 語句定義

素数個数関数 $\pi(x)$ は x 以下の素数の個数を与える関数である。

$$\pi(x) = \#\{p\,;\, p \le x, p \text{ は素数}\} \tag{1}$$

また p と $p+2$ のいずれもが素数であるときこの組み合わせを双子素数といい、$\pi_2(x)$ は小さい方の素数が x 以下になる双子素数の数を数える関数である。

$$\pi_2(x) = \#\{(p,p+2)\,;\, p \le x, (p,p+2) \text{ は双子素数}\} \tag{2}$$

$\pi(x)$ を計算しようとする場合、いくつかの式変形が提案されており、既に $\pi(10^{23})$ [6] までの値が計算されている。一方 $\pi_2(x)$ の算出方法については、具体的な双子素数を求めその数を数えるという手法以上に効率的な方法が知られていない。

双子素数は無限に存在すると考えられているが、その逆数の総和が就職することは Brun により示されており、この収束値 B_2 は Brun 定数と呼ばれてる。

$$\begin{aligned} B_2 &= \sum_{(p,p+2):\text{双子素数}} \left(\frac{1}{p}+\frac{1}{p+2}\right) \\ &= \frac{1}{3}+\frac{1}{5}+\frac{1}{5}+\frac{1}{7}+\frac{1}{11}+\frac{1}{13}+\cdots \\ &\simeq 1.90216058\cdots \end{aligned} \tag{3}$$

そして 2011 年 3 月現在、この B_2 の具体的な値は 9 桁分しか知られていない。

双子素数の分布状態は Hardy と Littlewood により、

$$\pi_2(x) \overset{\text{conj.}}{\simeq} 2C_2 \int_2^x \frac{dt}{(\ln t)^2} \tag{4}$$

として表されると予想される。なおここで計算に現れる双子素数定数 C_2 は

$$C_2 = \prod_{2<p} \frac{p(p-2)}{(p-1)^2} = 0.660161815846869\cdots \tag{5}$$

$N = \{2, 3, 4, \cdots, n\}$
while $p \leq \sqrt{n}$ **where** $p = \min\{N\}$ **do**
  $P \leftarrow P \cup \{p\}$
  $N \leftarrow N - \{p\} - \{pq \mid q \in N\}$
end of while
$P \leftarrow P \cup N$

図 1: Eratosthenes の篩のアルゴリズム

として計算される。

さらに Brun 定数 B_2 を計算する場合、部分的な計算を利用した近似式

$$B_2(x) = \sum_{p \leq x} \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{p+2} \right) + \frac{4C_2}{\ln x} \tag{6}$$

で計算され、その誤差

$$B_2 = B_2(x) + E(x) \tag{7}$$

$E(x)$ は $O(1/\sqrt{x})$ 以下のオーダーで抑えられると考えられているが、B_2 をより高精度に計算することでこの $E(x)$ の上界を得ることができる。

3.1.3 Eratosthenes の篩

Brun 定数の計算において、最も計算量が大きい部分は素数のリストを生成する篩処理である。効率的な篩アルゴリズムとして Eratosthenes の篩がよく知られている。Eratosthenes の篩では図 1 に示したように数の集合に対してその最小数 p を素数と判断し、その倍数を集合から取り除く、ということを繰り返して素数だけの集合を作る。この節では Eratosthenes の篩を高速に実装するための手法を紹介する。

まずは処理対象を削減することで効率化する。具体的には 2 以外の偶数を除くことで処理量を半減させる。これからさらに 3 と 5 の倍数も同様に対象から外すことで、それぞれ 1/3、1/5 の計算対象を削減する。最終的に全体の

$$1 - \left(1 - \frac{1}{2}\right)\left(1 - \frac{1}{3}\right)\left(1 - \frac{1}{5}\right) = \frac{11}{15} \tag{8}$$

を削減することになる。このとき、 30 (= 2 × 3 × 5) 当り 8 つの数、具体的には $30k + \{1, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29\}$ で表現される数が残っている。1 バイトには 8 ビットあるため、mod 30 の値と 2^j のビットを対応させることで計算量や記憶容量を抑えることができる。

次に計算領域の分割を行なう。Eratosthenes の篩では $[\sqrt{n}, n]$ の区間を篩うことが主な処理となる。しかし n が大きくなるとこのビットフラグを保持するための容量がメモリに収まらなくなる。例えば本研究で目標にしている 10^{17} までの篩を行う場合は 3000 TB 以上の容量を必要とする。そのためこのフラグをメモリに収めるために領域を分割する。領域を分割することで並列処理をすることが可能になるが、さらに分割して一度に処理する領域の大きさをキャッシュメモリに合わせることで計算速度の向上も図ることができる。

次に各素数での処理量を考える。素数 p では領域の W バイトあたり $8W/p$ ビットを篩い落とすので小さな素数での篩には時間を要する。また p で篩い落とすビットは p バイト毎に同じ並びを繰り返すため、$K-3$ 個の素数 $p_4 = 7, p_5 = 11, \cdots, p_K$ で篩をかけた後の状態は $\prod_{k=4}^{K} p_k$ バイトを周期とするループになる。ここで p_k は k 番目の素数である。この初期ビット列からコピーを取ることでこれらの素数での篩を省くことができる。より多くの素数を使うことで省かれる計算量は増える一方、必

要とする保存領域も増えてしまうので適当なサイズは実験的に求める必要がある。例えば 23 までの素数を初期ビット列に使った場合に必要となる容量は

$$\prod_{k=4}^{9} p_k = 7 \cdot 11 \cdot 13 \cdot 17 \cdot 19 \cdot 23 = 7{,}436{,}429 \text{ [Byte]}$$

であり、29 まで使うと

$$\prod_{k=4}^{10} p_k = 7436429 \cdot 29 = 215{,}656{,}441 \text{ [Byte]}$$

が必要になる。

初期ビット列作成に用いたものより大きな素数での篩を行うとき、分割領域内で最初に篩い落とすビット位置は計算して求める必要があるが、この計算では他の演算より計算時間を要する除算が必要になる。しかし隣り合った分割領域を連続して処理する場合にはこれを簡略化することができる。前の領域の処理を終えたとき、その領域にとって枠外となる位置は次に処理する領域で最初にビットを落とす位置であるため位置情報を保存しておくことで計算を省くことができる。

3.1.4 Brun 定数の計算

大量の浮動小数点数を足し合わせる計算をコンピュータを用いて計算する場合、丸め誤差の影響を弱めるために絶対値が小さなものから順に足していくことが推奨される。また Brun 定数の計算では多数の x に対して $B_2(x)$ を計算しなければならないが、3.1.3 で述べた通り必要な素数を全て保存するには膨大なディスクを必要とする。一方毎回素数を求めていると計算時間が月単位でかかるのでこれも現実的ではない。そのため必要な情報を纏め上げて容量を削減しなければならない。具体例として 10^{17} 以下の情報を使って計算する事を考えると、双子素数 1 組を 64 ビット整数で保存すると 91 $\times 10^{12}$ 組あるので 700TB もの容量が必要となる。

そこで 3×10^9 毎に情報を纏めて保存することにした。纏める内容は各区間にある素数の数、双子素数の数、双子素数の逆数の総和の 3 つである。この形で計算を纏めることで 10^{17} 以下の情報を保持するために必要な容量が 700 TB から 1 GB にまで削減された。

ここで部分計算を行なうことにより Brun 定数の計算に必要な精度が不足しないよう、浮動小数点数の演算や保存には高精度が要求される。しかし演算精度を長くすると計算量が大きくなってしまうので、必要十分な精度にとどめておく必要がある。

本研究では Brun 定数の 10 桁目を求めることを 1 つの目標に定めているので、10^{17} 以下の約 10^{14} の双子素数で計算できるとすると、演算内の最下位ビットは最上位ビットに対して $10^{-10}/10^{14} = 10^{-24}$ 未満でなければ丸め誤差による影響の可能性を除去できない。

近年一般的に用いられるコンピュータのプロセッサでは、浮動小数点演算に IEEE754-2008 [1] で定められた binary64 というフォーマットを用いる。binary64 では仮数部に 52 ビットが割り当てられ、1 ビットの隠れビットと合わせて十進数の 16 桁相当になるため、先に述べた目的に対しては十分な精度を持たないことが分かる。また IEEE754-2008 では binary128 というフォーマットも規定されており、その中での仮数部は 113 ビット、つまり十進数 34 桁相当と十分な精度を持っている。しかし現在殆どの汎用プロセッサでは binary128 の演算をハードウェアでサポートしていないため、演算シミュレートするためのソフトウェアを記述する必要があり効率的ではない。

そこでこれらの代わりとして double-double フォーマットの演算を利用することにした。double-double フォーマットは 2 つの binary64 変数を用いて 1 つの数を表現する方式で、仮数部は 107 ビット相当 (十進数で 32 桁相当) になる。またこのフォーマットでもハードウェアでの演算サポートはなされないが、ソフトウェア的には binary64 での演算を組み合わせることで実現可能な上、その演算の置換えを自動的に行なってくれるコンパイラもあるため、プログラムの見通しが悪くなることもない。具体的

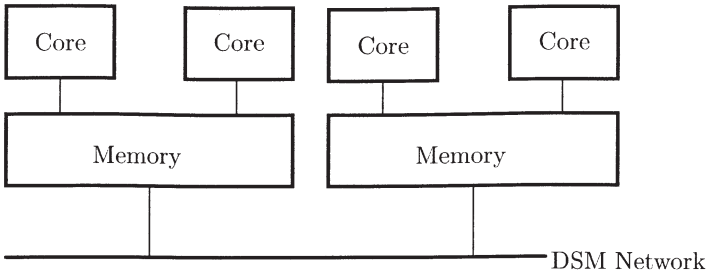


図 2: NUMA 構造の概略

表 1: SR16000/L1 のスペック

CPU	16 CPUs / node
	CPU Spec POWER6 3.5GHz (Dual Core)
	L2 Cache: 4MB / core
Memory	64 GB / node
OS	AIX 5.3
Compiler	IBM XL C/C++ V10.1

には double-dobule の乗算は 5 つの命令に、加減算は 11 の命令に、除算は 13 命令 (ただし浮動小数点除算命令を 1 つ含む) に置換される。

さらに $(p, p+2)$ は上限までの双子素数を取るものとして、今回行おうとする計算を以下の様に変形する。

$$\sum \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{p+2} \right) = \sum \frac{2p+2}{p(p+2)}$$
$$= 2 \sum \frac{q}{q^2 - 1} \quad (\text{where } q = p+1)$$

この計算において $q < 10^{17}$ は 64 ビット整数に格納することができ、その平方 q^2 は 113 ビットの長さになる。

q を求める計算までは 64 ビット整数で行い、それを double-double にキャストして残りの計算を行なうことで演算量を減らすことができる。もちろんキャスト演算にもある程度の計算コストがかかるが、$(p+1)/(p(p+2))$ の計算方式では $p, p+1, p+2$ の 3 回キャスト演算が必要になるため、2 回のキャスト分の演算が削減されたことになる。

また q^2 が double-double の仮数部より長いビット数を持つ場合、$+1$ の演算は不要になる。これを考慮してプログラムを記述すればより演算量を削減することができるが、本研究ではその場合分けを行っていない。

3.1.5 実験

以上の推察から実験を行なう。実験環境として用いたスーパーコンピュータ HITACHI SR16000/L1 のスペックを表 1 に示す。本計算機はノード当たり 32CPU コアであるが、ハイパースレッディングにより 64 仮想 CPU として OS に認識されている。

またノード内は NUMA (Non-Uniform Memory Access) で構成されており、各プロセッサは一部のメモリとだけ直接に接続されている図 2。そのため各プロセッサコアは直接接続されているメモリを利用することで、他のコアに接続されているメモリを利用するより高速に読み書きできる。

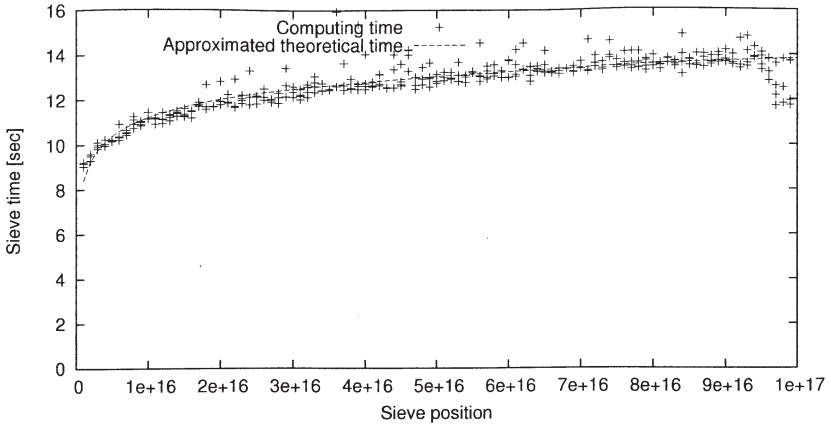


図 3: 区間 $[x, x + 3 \times 10^9)$ の篩にかかった時間

3.1.6 篩処理

本実験に用いたプログラムは MPI と Open MP を用いて並列化されている。MPI によりノード当たり 16 プロセスを稼動させ、3×10^{12} の数を含む区間を割り当てて篩処理を行なった。各区間は 1000 個の小区間に分けられ、Open MP により割り当てられた 4 スレッドずつでこの小区間を篩った。さらに 1 スレッド内では 3×10^9 の数を篩うことになるが、高速化のために 3×10^7 毎のサイズに分けて処理を行なった。このサイズであれば、計算環境における L2 キャッシュメモリ内に篩うビット列の他に、素数の情報や篩位置なども一緒に保持することができ効率的になると考えたからである。

最終的に我々は 10^{17} までのすべての領域を篩処理にかけた。篩う領域における 3×10^9 を篩う時間は 図 3 に示したような分布となった。計算量の概数から見積もられる小区間の演算時間近似

$$O((x \ln(\ln x))') = O(\ln(\ln x)) \tag{9}$$

と比較すると、実計算時間は少し大きなオーダーとなりそうである。

図 3 に示したのは色々な最適化を施したプログラムでの計算時間である。この計測から 10^{17} までの篩をシングルスレッドで行った場合約 26 年の計算時間が必要となることがわかった。これを 1 ノード 64 スレッドで稼動させた場合、単純には約 4.8 ヶ月の期間を要する計算になるが、演算パイプラインが一部埋まりきるため実際的には約 7 ヶ月の期間を要するものと考えられる。

我々の実験では適宜データの蓄積を行いつつ各高速化手法を発見 · 適用させ、時には複数ノードを用いて計算を行ったところ、10^{17} までの情報を蓄積するのに約 6 ヶ月の期間を要した。

3.1.7 計算結果

10^{17} までの篩を行った結果を用い、$x = 10^{13}k$ (for $k = 1, 2, 3, \cdots, 10^4$) に対して $\pi(x), \pi_2(x), B_2(x)$ を求めた。図 4 は $B_2(x)$ とその平均値

$$\mathrm{Avg}(B_2(x)) = 1.90216058315311389... \tag{10}$$

との差をグラフ化した物である。このグラフによると x が大きくなるにつれ $B_2(x)$ は平均値より少しずれた値に収束しそうであることが分かる。そのためこの差分が無くなるよう計算式に誤差補正項 $E(x)$ を加えてみる。

まず我々は Nicely[4] が述べたように (7) の $E(x)$ が以下の 4 つのいずれかの形をしていると仮定

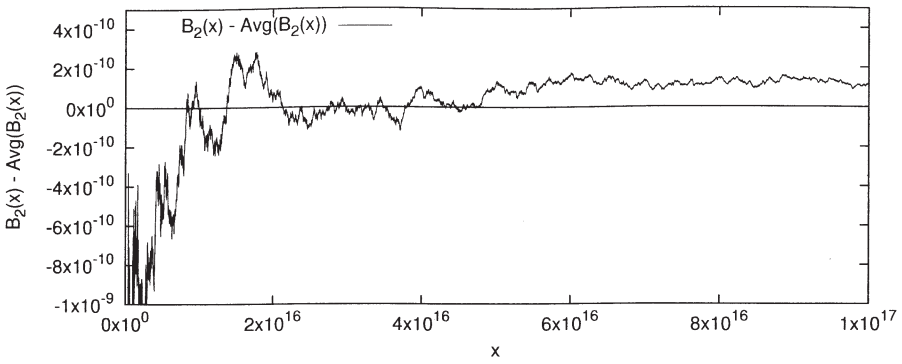


図 4: $B_2(x) - \mathrm{Avg}(B_2(x))$ for $x = 10^{13}k$ $(k = 1, 2, \cdots, 10^4)$

した。

$$
\begin{aligned}
E_1(x) &= \frac{c_1}{\sqrt{x}} \\
E_2(x) &= \frac{c_2}{\sqrt{x} \cdot \ln x} \\
E_3(x) &= \frac{c_3}{\sqrt{x} \cdot (\ln x)^2} \\
E_4(x) &= \frac{c_4}{\sqrt{x} \cdot \ln x \cdot \ln(\ln x)}
\end{aligned}
$$

これらの補正項を加えた場合の平均値からのズレを図 5 に示した。なお、各係数 c_i は誤差の平方差 $\sum |E_i(x) - B_2(x)|^2$ が最小になるようにしている。係数、補正後の平均値、平均からのズレが 2σ 以下のデータ数は 表 2 に示した数値となった。ここで σ は各式での標準偏差である。

この表に出てくる平均値はいずれも Nicely が [5] で 95%の確率で B_2 が含まれる範囲として示した

$$B_2 = 1.9021605823 \pm 0.0000000008 \tag{11}$$

に含まれていない。

以上の計算結果から、我々は Brun 定数はこの 4 つの予想範囲内のいずれかに含まれるであろうと予想した。この全域を含む誤差を含めて

$$B_2 = 1.902160583327 \pm 8.7 \times 10^{-11} \tag{12}$$

という数値になる。この誤差予想は 10 桁目 (小数点以下 9 桁目) の 3 を変動させないため $E(x)$ のいずれかが真の誤差項に近いとしても 10 桁分の数値までは違わないということになる。

表 2: 想定誤差項と統計誤差

$E(x)$	c_i	Average of $(B_2(x) + E(x)) \pm \sigma$	※[1]
-	-	$1.90216058315311 \pm 3.48 \times 10^{-10}$	9633
$E_1(x)$	0.0399893993	$1.90216058340420 \pm 1.66 \times 10^{-10}$	9714
$E_2(x)$	1.27072970	$1.90216058336804 \pm 1.73 \times 10^{-10}$	9692
$E_3(x)$	40.0491199	$1.90216058333611 \pm 1.81 \times 10^{-10}$	9662
$E_4(x)$	4.38810287	$1.90216058335860 \pm 1.75 \times 10^{-10}$	9685

[1] $|$ 平均値からの誤差 $| < 2\sigma$

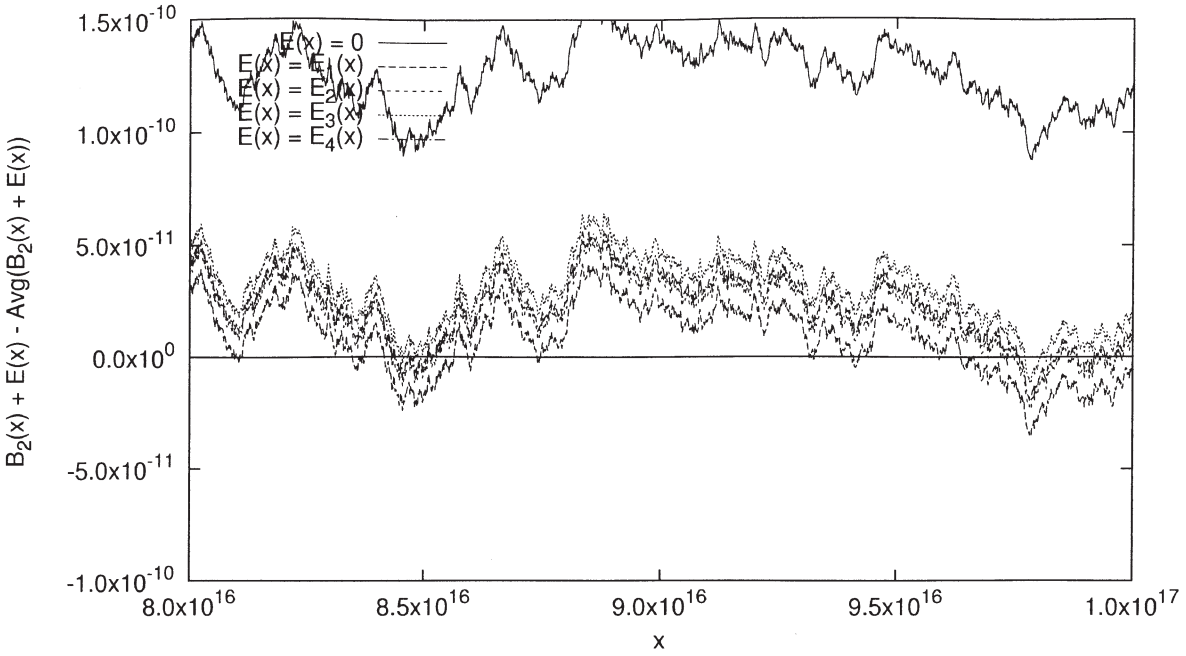


図 5: 補正項を用いた場合の平均からの差分

3.1.8 計算誤差解析

Brun 定数の計算では浮動小数点計算に寄る丸め誤差の影響を考えなければならない。我々の計算方法では部分区間 $[L, U)$ における逆数和を取ってから $B_2(x)$ の計算をしている。あらゆる浮動小数点演算を真値演算と比較した場合、最大でも最下位ビットだけ誤るように設計されている。そのため同じ程度の大きさを持った値を足しこんでいく場合、その誤差部分も同程度の大きさになるといえる。以上のことから double-double 型を用いた場合の区間 $[L, U)$ における計算誤差の上限を見積もると

$$Partial\ rounding\ error \leq \frac{2}{L} \times 2^{-107} \times (\pi_2(U) - \pi_2(L)) \tag{13}$$

となる。これを利用して $[0, 10^{17}]$ 全体での Brun 定数の計算に関わる計算誤差の上限は

$$Rounding\ error \leq \sum_{k=0}^{\lfloor x/(3\times 10^9)\rfloor} \frac{2}{L_k} \times 2^{-107} \times (\pi_2(U_k) - \pi_2(L_k)) \tag{14}$$

と表される。ここで $L_k = 3 \times 10^9 k, U_k = L_k + 3 \times 10^9$ である。実験により得られた各部分区間における双子素数の数を用いて計算したところ、計算誤差が最大になり得る $x = 10^{17}$ における計算誤差の上限は

$$Rounding\ error \leq 2.95 \times 10^{-20} \tag{15}$$

と求められ、近似解析による誤差より小さな誤差ですむことが分かった。

3.1.9 まとめ

本報告では Eratosthenes の篩を高速実装するために必要なノウハウをいくつか紹介し、その結果 10^{17} までの素数を全て得るのに単スレッドで約 26 年、64 スレッド並列で約 4.8 ヶ月の期間を要する速度になったことを示した。またその計算を実際に行なったところ、約 6 ヶ月の期間を要した。

さらにこの計算により蓄積されたデータを元に Brun 定数の計算を行った。その結果と近似式誤差、計算誤差を解析した結果、真の Brun 定数は

$$B_2 = 1.90216058\underline{3}32 \pm 9 \times 10^{-11} \tag{16}$$

の範囲に含まれるという結論に至った。この範囲は下線部を引いた 3 の数を変更しないものであるため、過去未確定であった 10 桁目を求めたことになる。

参考文献

[1] *Ieee standard for floating-point arithmetic*, IEEE Std 754-2008 (2008), 1 –58.

[2] Richard Crandall and Carl Pomerance, *Prime numbers a computational perspective*, second edition ed., Springer, 2005.

[3] H.E. Richert H. Halberstam, *Sieve methods*, Academic Press, 1974.

[4] Thomas R. Nicely, *Enumeration to 1.6*10^15 of the twin primes and brun's constant*.

[5] _____, *A new error analysis for brun's constant*, Virginia Journal of Science 52:1 (Spring, 2001), 2001, pp. 45–55.

[6] Tomás Oliveira e Silva, *Computing $\pi(x)$: the combinatorial method*, Revista do DETUA **4** (2006), no. 6, 759–768.

3.2 pi.super-computing.org 上での π 並びに関連する情報公開

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 16 年が経過した。公開当初に一般公開中のものは 2 億桁までの π と $1/\pi$、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 $1/\pi$ 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 月中旬にサーバーマシンを変更したついでに、40 億桁の π 並びに $1/\pi$ 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、総データー転送量等の統計情報を保存している。

さて 2010 年度中の利用統計は 48,967 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、2008 年度は 70,740 サイト、2009 年度は 71,146 サイト）（DNS に名前が載っているサイトとしては 41,336 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、2008 年度は 60,135 サイト、2009 年度は 60,547 サイト））から総計 116,337 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、200 8 年度は 134,180 回 、2009 年度は 125,299 回）ファイルがアクセスされ、転送された総データー量は 84,028.5 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、2008 年度は 109,411.6 MB、2009 年度は 122,689.0 MB）となった。

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 126 種類（ac ad ae am an ar arpa at au aw ba be bg bh biz bm bn bo br bs by ca ch cl cn co com cr cu cy cz db de dk do ec edu ee eg es eu fi fk fo fr gd ge gh gl gov gr gt hk hn hr hu id ie il in ir is it jo jp ke kg kr kz lb lk lt lu lv mc md me mg mil mk mx my mz na net ni nl no nu nz org pe pg ph pk pl pt py ro rs ru sa se sg si sk sm su sv sy th to tr tt tv tw ua uk us uy ve vn ws ye yu za。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、2008 年度は 123 種類、2009 年度は 124 種類）と、昨年度に引き続き増加した。

4 具体的成果

2010 年度は博士 4 年 1 名、博士 3 年 1 名、修士 1 年 1 名の学生が研究室に存在した。

2009 年度末に、並列数値計算についての教科書の最終校正を終了したが、2010 年 4 月に 252 ページの本として発刊となった [著書 1]。

研究室学生の（対外）発表として工学系研究科の GCOE 成果発表会での発表 [発表 1, 発表 2] がある。

また本報告では詳しくは述べなかったが、圧電トランス関係の活動（含海外におけるワークショップにおけるポスター発表：査読付 [発表 3] ならびに物理学会での発表 [発表 4]）や、気象関係の研究者が開催するワークショップでの招待講演 [招待 1] がある。鶴岡高等専門学校における特別講義の実施がある。

昨年度に引き続き、大阪大学サイバーメディアセンターの運営委員、 国立環境研究所スーパーコンピュータ研究利用専門委員としての貢献がある。

招待講演／招待論文

[招待 1] 金田康正: 日本におけるスーパーコンピューターの過去, 現在, 未来, 地球流体データー解析ワークショップ, 2011 年 3 月 8 日, 東京大学理学部 3 号館 302 号室.

著書／編集

[著書 1] 金田康正（編著）: 並列数値処理－高速化と性能向上のために－, 並列処理シリーズ 9, コロナ社,2010 年 4 月, 256p.

その他の発表論文

[発表 1] 吉田 仁: 高速な素数リスト生成と Brun 定数の計算誤差解析, 東京大学グローバル COE セキュアライフ・エレクトロニクス平成 22 年度博士課程学生報告書, pp.112–113.

[発表 2] 清野 善裕: 数学的対象の計算機的証明とその高速化, 東京大学グローバル COE セキュアライフ・エレクトロニクス平成 22 年度博士課程学生報告書, pp.114–115.

[発表 3] T.Kishida, O. Jinnouch, M. Imori, S. Imada, M. Katsuno, Y. Kanada and Y. Unno: Low Voltage Power Supply Using Stepdown Piezoelectric transformer, Topical Workshop on Elecgtronics for Particle Physics, September 20-24, 2010, Aachen, Germany.

[発表 4] 陣内修, 今田悟, 井森正敏, 海野義信, 勝野超史, 金田康正: 降圧型圧電トランスを用いた ATLAS シリコン検出器用定電圧電源の開発, 物理学会全国大会, 2010 年 9 月 11 日–14 日, 九州工業大学戸畑キャンパス.

検証付き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, Privilidge Design in Federation Service, and Trust Models in Security

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。さらに、「保証」を論じるためのモデル構築についてもあわせて研究を行っている。2010 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、インライン展開における性能向上と、適用のロジックを検討することで、インライン適用そのものを見直すことが必要になることを示し、一部結果を示した。

2. 権限管理を行うための属性のデザインの研究。特に認証フェデレーションにおいて、SP と安定したトラストを構築した上で権限管理を合理的なコストでできるだけ細かく設定することで、IdP の利便性をあげる予備的な実験を行った。本来は、ワークフローを含めたより一般的な権限管理を行うべきであるが、Shibboleth 等、現在の支配的な実験プラットフォームにあわせることが必要だった。

3. クラウドにおけるトラストの研究。トラスト構築は、セキュリティドメインにおいて決定的に重要になってきた。特に、最近利用シナリオがさかんに議論されているクラウドでは、従来の仮定がそのまま適用できず、「統制」の概念を拡張することが必須である。ここでは、まずクラウドにおけるトラストを明らかにし、さらに内部統制をクラウドにまで拡張するための方法を示すことでトラストをクラウドに拡張することを提案した。

4. Graded Trust 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。さらに、これを拡張することで、トラストそのものも階層を構築することで、合理的なコストでトラスト構築をすることが可能になる。ここでは、まず PKI のパス検証においてトラストを階層化することで検証のコストを下げる枠組みの提示に成功した。加えて、PKI で問題になる運用コストを各階層で合理化するためにコスト構造の分析を行うことに成功した。これら階層化の考えは、実世界においても、たとえば TFPAP への対応を日本で検討するときもその有用性が実証された。

5. 情報セキュリティの標準体系の構築。「情報セキュリティ」を論じるための標準的な体系を提示した。結果は教科書の形で結実した。

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。

従来の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 2010 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。

> インライン展開を対象にした、性能向上モデルの再検討と、それを反映した適用の可否を決めるロジックの再構築

インライン展開は、古くからある最適化であり、効果が期待される原因も下記のものといわれている。

1. コードの実行時間の短いものについては、関数コールのオーバヘッドの削減による効果
2. 引数の性質を利用して、定数伝播、コピー伝播などがさらに促進されることによる効果
3. アーキテクチャに関係してくるものでは、命令スケジューリングの効率化、レジスタの効率的な利用などの促進

この研究では 3. は考慮しないことにする。

しかし、従来のインライン展開の適用ロジックは 1. のみを対象としており、特に 2. については、手で適用した場合のさらなる最適化の可能性を示唆するのみであって、実際にこれを考慮した適用ロジックの研究はほとんどなされていない。

つまり、インライン展開については、適用のためのロジックが不十分であるために、適用の効果について十分な知見が得られていないというのが現状であった。これは性能モデルを論じる以前の状態である。しかも、「さらに促進」されることは、他の最適化のメニューに大きく依存するので、言語処理系全体を考慮の対象に入れなければならないことがわかった。

そこで、研究としては、適用ロジックとして以下のものを提案した

> インライン展開の結果、最適化が「さらに促進」された結果のコードを対象にインライン展開の適用の可否を定める。

これは「効果の予測が難しいので、一度インライン展開＋さらなる最適化を適用した後で、効果を「予測」する」ことであり、予測を一部あきらめることを意味する。

2.3 具体的成果

[発表 4] において、GCC をターゲットとし、上記の 2. を解決するために、関数全てにそのクローンを作成し、それに対して後続の最適化を適用するようにコンパイラのパスを再構築した。これによって、適用のためのロジックとしては上記 1. のみを考慮すればよくなった。研究はさらに継続中である。

3 権限管理を行うための属性のデザインの研究

3.1 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。

一方、ロールをより単純な属性集合で近似することで、実際的な権限をそれなりに管理できるということがわかってきて、代表的なフェデレーション用のパッケージである Shibboleth では、属性のリリースが権限管理に直結するようにしている。特に認証フェデレーションにおいて、SP と安定したトラストを構築した上で権限管理を合理的なコストでできるだけ細かく設定することが重要である。

3.2 内容

そこで、権限管理を属性のデザインとして実現することでユーザの利便性をあげる予備的な実験を行った。これは、総務省の実験プロジェクト「研究・教育機関における電子ブック利用拡大のための環境整備」に参加している東大総合図書館への IdP の提供と、属性デザインへの協力という形で行った。

3.3 具体的成果

上記実験プロジェクトは、非常に短期間の実験であるにもかかわらず実験参加者として法学政治学研究科、数理科学研究科と総合図書館関係者から 20 名余を得、電子ブックとして 3 社のコンテンツにアクセスすることができた。東大側では属性設定を細かく行い、SP 側でその属性に応じたアクセス権を設定することができた。

4 クラウドにおけるトラストの研究

4.1 背景

クラウドは、もはやサービス・計算環境として無視できない勢力になったが、それを大規模に採用するには、全体的な躊躇が観察される。特に、セキュリティ上問題のあるデータを外に出すことに対しての抵抗感は強い。大手のクラウドベンダーにおいても SLA では可用性については意識しているが、セキュリティについての記述は少ない。セキュリティ上の問題を解決するために、重要なデータをプライベートクラウドに置く解も提案されているが、これはクラウドの利点であるコストの合理化に逆行する。

セキュリティの問題が生じる原因は、これまで整備されてきた Organizational Security や Internal Control といった、組織内を統制する概念が適用できないことにある。ISO 27000 シリーズが暗黙のうちに仮定している組織がクラウドではクラウドベンダーにおきかわり、しかも、その統制は SLA という従来よりずっとゆるい形でしか実現されない。

4.2 内容

われわれは、クラウドにおけるトラストを構築することで、セキュリティの問題を解決することを試みた。具体的には、クラウド上のトランザクションとデータのセキュリティを保証するためにデータの暗号化に加えて、暗号化の鍵管理を従来の内部統制下におくこと、トランザクションは、認証によって保護し、認証そのものを従来の内部統制下におくことを提案した。これによって、「内部統制」を組織の外に拡張することが可能になる。クラウドベンダも、この拡張を実装することで、SLA を超えたセキュリティをユーザに提供できることを示した。

4.3 具体的成果

[査読付 2] において、まずクラウドにおけるセキュリティの概念を整理した。漠然としたクラウドでのセキュリティ上の不安を明らかにした。さらに [発表 3] と [査読付 4] において、それを解決するために内部統制をクラウドまで拡張させるための技術的な提案を行った。他には内部統制の概念をそのままにして ISO27002 (Best Practice) を適用させる試みがあるが、われわれの提案は、内部統制を拡張する技術的な方策を提示することでより具体的になっている。

5 Graded Trust の研究

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。

さらに、現在では上記 LoA を超え、トラストそのものにグレードをつけることも現実的になっている。グレードをつけることにより、各階層内で合理的なコストで運用を行えば、結果としてトラストとコストが両立することが可能になる。

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固定した後にトラストに階層を作り、階層ごとにパス検証が可能になる枠組みを提示した。具体的に証明書のパス検証を拡張する枠組を研究した。

階層を作成するのは、各階層において信用度に差をつけ、信用度に応じた運用コストを割り当てるのが目的である。従来から問題になっていた PKI の高コスト構造を是正することができる。ここでは、運用コストを具体的に計算するための PKI の運用コスト構造を分析した。

さらに、これらのアイデアはパス検証や PKI の運用のみに適用されるものではなく、一般的にたとえばアメリカ TFPAP のような枠組みとしても定着化が図られている。NiH のようなアメリカの連邦局のサービスを利用しようとすると、これらへの対応が求められる。今年度の後半、NII が主導する認証フェデレーション GakuNin が NiH のサービスを利用可能にするための交渉に参加し、階層に応じた運用の合理化を検討することが必要になった。このように、この研究は実世界でも応用されていることが明らかになった。

5.3 具体的成果

[査読付 1] において、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。成果は、以下の形で発表する予定である。さらにこの拡張版の IPSJ Journal of Information Processing への採録が決まっている。

PKI のコスト構造の分析は [査読付 3] や [発表 1], [発表 5] で明らかにすることができた。

また、フェデレーションにおける IdP 間のトラストの構築も重要である。フェデレーションのトラストが自明でないことを示すものであり、初期の成果は、以下の形で発表する予定である。

> Sato, H., Nishimura, T.: Federated Authentication in a Hierarchy of IdPs by using Shibboleth, to appear in SAINT 2011.

6 情報セキュリティの標準体系

6.1 背景と内容

情報セキュリティはその重要性が次第に認識されるようになったが、対象と考え方が複合領域にまたがり、学ぶうえでの必要な知識や考え方をまとめて説明するものが求められていた。そこで、認証とその背景にある暗号理論、アイデンティティ管理の情報科学・工学的なアプローチが中心の話題であることを踏まえつつ、加えてそこにいたるまでのリスク分析の方法論、さらに組織の統制論や社会的な枠組までを説明することで、情報セキュリティ全体を俯瞰できるように工夫して情報セキュリティの標準体系を提示した。

6.2 具体的成果

[著書 1] を上梓した。

7 成果要覧

著書／編集

[著書 1] 佐藤周行, 笠松隆幸, 田村拓也, 小林勇範: 情報セキュリティ基盤論, 共立出版, 2010.

査読付論文

[査読付 1] KUBO, Akira, SATO, Hiroyuki: Design of Graded Trusts by Using Dynamic Path Validation, Trust Management IV (IFIP AICT 321), pp.172–183, 2010.

[査読付 2] SATO, Hiroyuki, KANAI, Atsushi, TANIMOTO, Shigeaki: A Cloud Trust Model in Security Aware Cloud, Proceedings of 10th International Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2010), pp.121–124, 2010.

[査読付 3] TANIMOTO, Shigeaki, KUROSAKI, Satoru,, TAKAMOTO Tsuyoshi,HAYASHI, Kazunori,MIZUHARA, Shinichi,MORIYA, Toshihiko,YOKOI, Masahiko,SATO, Hiroyuki,KANAI, Atsushi: Managing PKI Deployment and Operation Based on Assurance Levels and Cost Structure, Proceedings of 5th International Conference on Project Management (ProMAC), 2010.

[査読付 4] SATO, Hiroyuki, KANAI, Atsushi, TANIMOTO, Shigeaki: Building a Security Aware Cloud by Extending Internal Control to Cloud, Proceedings of 10th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS 2011), pp.323–326, 2011.

その他の発表論文

[発表 1] 谷本茂明, 黒崎　悟, 高本剛志, 林　和範, 水原真一, 守屋利彦, 横井雅彦, 佐藤周行, 金井　敦: キャンパス PKI におけるコスト構造に関する研究, 電子情報通信学会 LOIS 研究会 (信学技報 Vol. 110, No. 207 LOIS2010-22), pp.25–30, 2010.

[発表 2] 佐藤周行, 金井敦, 谷本茂明: セキュリティ・アウエア・クラウド：概念とモデル, Computer Security Symposium 2010 論文集, pp.339–344, 2010.

[発表 3] SATO, Hiroyuki: Building a Security Aware Cloud by Extending Internal Control over Cloud, Proceedings of Global COE Symposium on Secure Life Electronics, 2010.

[発表 4] 真子拓馬, 佐藤周行: インライン展開による最適化の加速の度合いの計測およびフィードバック手法, 情報処理学会プログラミング研究会 82 (oral), 2011.

[発表 5] 谷本茂明, 黒崎悟, 高本剛志, 林和範, 水原真一, 守屋利彦, 横井雅彦, 佐藤周行, 金井敦: キャンパス PKI のコスト構造定量化に関する検討, 電子情報通信学会全国大会予稿集 D-9-36, 2011.

生産性と性能を両立させる並列処理のための枠組み

田浦 健次朗

1 概要

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。また、実験データが複数の拠点に分散して収集・蓄積される事から、拠点をまたがったデータの共有や協調処理が不可欠となる。クラウド環境のような、オンデマンドに利用できる計算資源を利用する場合も、ローカルな環境とクラウドを同様に協調させることが不可欠であり、いずれの場合も分散したデータを容易に、かつ高性能に処理できる枠組みの構築が非常に重要な課題である。

我々はそのような枠組みを構築するため、以下のような研究を進めている。

並列ワークフロー処理系: SSH、TORQUE、Sun Grid Engine など様々なインタフェースでアクセスされる計算資源を、管理者による設定なく、個々のユーザレベルで統合して利用でき、かつ各拠点へのインストールも不要な並列シェル GXP を開発している。 その上で make によってワークフローを並列実行できる処理系 GXP make を開発し、オープンソースのソフトウェアとして公開している [公開 3]。本処理系によって、自然言語処理を用いた生物医学テキストからの情報抽出、ゲノム解析のためのシーケンスアラインメントなどの、複雑なワークフローが HA8000 クラスのマシン (500 ノード、10,000 並列度) で実行可能になった [査読付 7]。

並列分散ファイルシステム: 拠点間でのデータ共有も、管理者による設定なく、個々のユーザレベルで可能とする分散ファイルシステムを設計、実装している。ユーザレベルファイルシステム FUSE と、その上で SSH のみを用いてファイル共有が可能な SSHFS をベースとし、スケーラビリティを高めた分散ファイルシステム、ワークフローの実行に適したメタデータの更新方法を提案・実装した [査読付 1, 発表 2]。また、並列ファイルシステムのためのベンチマーク paramark を実装し、オープンソースのソフトウェアとして公開している [公開 1]。

データ集約的アプリケーションのアクセス解析: 分散ファイルシステムの設計や、ワークフロースケジューラに対する知見を得るため、5 つの実アプリケーションを含むデータ集約的なプログラムレポジトリを構築し[1]、それらのファイル I/O 挙動を集積した [査読付 5, 査読付 6]。 そのために、再コンパイルや再リンクを行うことなく、ファイル I/O を解析する枠組み paratrac を設計・実装し [査読付 3, 査読付 2]、 オープンソースのソフトウェアとして公開している [公開 2]。

MPP 用言語の基盤となる軽量スレッドおよび PGAS ライブラリ: 科学技術計算において、UPC、Global Arrays、Co-Array Fortran、XcalableMP などの、大域的なアドレス空間をサポートするプログラミングモデルが、MPI よりも生産性の高いモデルとして浸透しつつある。我々は、動的なスレッド生成・消滅のサポート、計算資源の増減、スレッドの移動など、より動的な環境に適応

[1] http://www.intrigger.jp/wiki/index.php/Applications

した大域アドレス空間に基づくプログラミングモデル DMI を提案し、処理系を設計・実装している [査読付 9, 発表 1, 査読付 8, 査読付 4, 発表 3, 査読付 10]。

本報告では上記のうち、自然言語処理を用いた生物医学テキストからの情報抽出ワークフローについて述べる。

2 生命科学論文からの生体内イベント抽出ワークフローの大規模並列実行

生体内では、遺伝子から転写・翻訳を経てタンパク質が生まれ、それらのタンパク質が作り出す反応の連鎖 (代謝経路) によって、生命活動が維持されている。個々の生理現象は、発現する遺伝子、その翻訳結果として生成されるタンパク質、翻訳後のタンパク質が受ける化学的な修飾、あるタンパク質が他のタンパク質に及ぼす調節作用 (活発化・非活発化) などの要素が絡み合って維持されている。

生物学、生命科学の研究によって、それら様々な要素が代謝に及ぼす影響に関して、膨大な知見が蓄積されている。それらをデータベースの形で蓄積したデータベースも存在するが、多くの情報は論文 (自然言語) の形でのみ存在する。その文献の量は巨大であり、例えば生命科学論文データベース Medline には 2011 年 4 月現在約 2000 万件の論文が登録されており，一日あたり 1000 件以上の論文が新たに登録されている．そこでこれら巨大な文献から自動的に情報を抽出し，体系化することができるようなシステムへの期待が高まっている。[2]

本研究では、東京大学辻井研究室と共同で、深い自然言語処理技術を用い、Medline に収録されている抄録 (約 7200 万文) からのイベント情報抽出を行った。タスクは、生物テキストの自然言語処理に関する学会 BioNLP '09 における、共有タスクとして設定された課題である。 例えば、

> Interferons inhibit activation of STAT6 by interleukin 4 in human monocytes by inducing SOCS-1 gene expression. (インターフェロンは、SOCS-1 遺伝子の発現を誘導することにより、ヒト単球におけるインターロイキン 4 による STAT6 の活性化を阻害する。)

という文から、"STAT6"、"interleukin"、"SOCS-1" がタンパク質または遺伝子名であることを同定し、interleukin 4 が、STAT6 を活性化すること、SOSC-1 という遺伝子が発現すること、などの情報を抽出する。

用いたイベント抽出システムは，三輪らによって作成されたものであり，BioNLP'09 でのチャンピオンプログラムよりも有意に優れた精度が得られている．本共有タスクの詳細については

> Jin-Dong Kim et al. Overview of BioNLP ' 09 shared task on event extraction. In *BioNLP*, 2009

を、自然言語処理に関する詳細については

> Makoto Miwa et al. Event extraction with complex event classification using rich features. *JBCB*, 8(1):131–146, February 2010

を、並列処理手法については、下記 [発表 4] を参照されたい。

3 その他: 業務に関わる活動

基盤センターの運営に関わる業務活動として、HA8000 に、対話的利用における応答性、並列入出力性能に優れたファイルシステム Lustre を導入した際、仕様策定などで役割を果たした。導入後はその性能評価を行い、利用者への周知と啓蒙を兼ねて、センターの機関誌「スーパーコンピューティングニュース」に記事を 2 編執筆した [発表 5, 発表 6]。

また年末から、高生産並列言語に関する連載を同誌執筆中である [発表 7]。連載は 2011 年度中にわたり続き、高水準な並列処理に関する現状の詳細な調査とその報告、展望を行っていく予定である。

[2] Corie Lok. Literature mining: Speed reading. *Nature*, 463(7281):416-418, 2010.

4 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] Nan Dun, Kenjiro Taura, and Akinori Yonezawa. Easy and instantaneous processing for data-intensive workflows. In *Proceedings of the 3rd IEEE Workshop on Many-Task Computing on Grids and Supercomputers (MTAGS2010)*, 2010.

[査読付 2] Nan Dun, Kenjiro Taura, and Akinori Yonezawa. Fine-grained profiling for data-intensive workflows. In *CCGRID*, pp. 571-572, 2010.

[査読付 3] Nan Dun, Kenjiro Taura, and Akinori Yonezawa. ParaTrac: a fine-grained profiler for data-intensive workflows. In *HPDC*, pp. 37-48, 2010.

[査読付 4] Kentaro Hara and Kenjiro Taura. A global address space framework for irregular applications. In *HPDC (Short Paper)*, pp. 296-299, 2010.

[査読付 5] Takeshi Shibata, SungJun Choi, and Kenjiro Taura. File-access characteristics of data-intensive workflow applications. In *CCGRID*, pp. 522-525, 2010.

[査読付 6] Takeshi Shibata, SungJun Choi, and Kenjiro Taura. File-access patterns of data-intensive workflow applications and their implications to distributed filesystems. In *The Third International Workshop on Data Intensive Distributed Computing*, pp 746-755, 2010.

[査読付 7] K. Taura, T. Matsuzaki, M. Miwa, Y. Kamoshida, D. Yokoyama, Nan Dun, T. Shibata, Choi Sung Jun, and J. Tsujii. Design and implementation of GXP make – a workflow system based on make. In *e-Science (e-Science), 2010 IEEE Sixth International Conference on*, pp. 214-221, dec. 2010.

[査読付 8] 原健太朗, 中島潤, and 田浦健次朗. アドレス空間の大きさに制限されないスレッド移動を実現する PGAS 処理系. 情報処理学会論文誌 プログラミング *(PRO)*, 4(1):27–65, 3 2011.

[査読付 9] 原健太朗, 田浦健次朗, and 近山隆. DMI：計算資源の動的な参加/脱退をサポートする大規模分散共有メモリインタフェース. 情報処理学会論文誌, 3(1):1–40, 3 月 2010.

[査読付 10] 中島潤 and 田浦健次朗. 高効率な I/O と軽量性を両立させるマルチスレッド処理系. 情報処理学会論文誌 プログラミング *(PRO)*, 4(1):13–26, 2011.

公開ソフトウエア

[公開 1] Nan Dun. ParaMark: high fidelity parallel file system benchmark. http://code.google.com/p/paramark/.

[公開 2] Nan Dun. ParaTrac: a tracking suite for parallel/distributed applications. http://code.google.com/p/paratrac/.

[公開 3] Kenjiro Taura. GXP: Grid and cluster shell. http://www.logos.t.u-tokyo.ac.jp/gxp/.

その他の発表論文

[発表 1] 原健太朗, 中島潤, and 田浦健次朗. アドレス空間の大きさに制限されないスレッド移動を実現する PGAS 処理系. In *SWoPP*, 2010.

[発表 2] 柴田剛志 and 田浦健次朗. 広域分散ワークフローのための耐遅延性の高い分散ファイルシステム. In *SWoPP*, 2010.

[発表 3] 中島潤 and 田浦健次朗. 高効率な I/O と軽量性を両立するマルチスレッド処理系. In *SWoPP*, 2010.

[発表 4] 田浦健次朗, 鴨志田良和, 横山大作, 崔升準, 柴田剛志, 頓楠, 三輪誠, and 松崎拓也. 生命科学論文データベースの全データからのタンパク質に関する生命事象の抽出. Technical Report 1, 東京大学情報基盤センター, 11 月 2010.

[発表 5] 田浦健次朗. HA8000 のファイルシステムについて. Technical Report 1, 東京大学情報基盤センター, 1 月 2010.

[発表 6] 田浦健次朗. HA8000 のファイルシステムについて (ii). Technical Report 3, 東京大学情報基盤センター, 5 月 2010.

[発表 7] 田浦健次朗. 高生産言語を使いこなす. Technical Report 1, 東京大学情報基盤センター, 1 月 2011.

シームレス高生産・高性能プログラミング環境
― 高効率・高可搬性ライブラリの研究開発 ―

黒田　久泰

1　概要

2008 年度から文部科学省の次世代 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」における選定課題「シームレス高生産・高性能プログラミング環境（研究代表者：石川裕教授）」に取り組んでいる。本課題の目標は、PC クラスタからスーパーコンピューターまでをプログラムを改変せずに各環境で最適に実行するためのシステムソフトウェアを開発することである。サブテーマとして「高性能並列プログラミング言語処理系の研究開発」、「高生産並列スクリプト言語の研究開発」、「高効率・高可搬性ライブラリの研究開発」があり、私は「高効率・高可搬性ライブラリの研究開発」に関連して自動チューニング機構を含む数値計算ライブラリの開発に取り組んでいる。

2　高効率・高可搬性ライブラリの研究開発

2.1　背景

数値計算ソフトウェアの開発において、性能チューニングコストの増大が問題となっている。これは、PC クラスタからスーパーコンピューターまで様々なアーキテクチャー毎にチューニングしなくてはならないためである。また、実行時に与えられるデータセットの内容により最適な数値アルゴリズムや実装方式の選択を行うことで、そのためのオーバーヘッドを加味してもなお大幅な速度向上が得られる可能性もある。そのため、自動チューニング機構を含む数値計算ライブラリの役割は大きい。また、これまでの自動チューニング機能付きライブラリでは、汎用的なユーザーインターフェースが存在していなかったので、自動チューニング機能の再利用性が低く、開発コストが増大する傾向にあった。そこで、ライブラリ開発者やユーザー自身が自動チューニング機能付きライブラリを容易に開発したり、機能を追加したりできるような API を提供することの意味も大きい。

2.2　内容

汎用的自動チューニングAPIとしてOpenATLibの設計及び開発を行っている。OpenATLibは数値計算ライブラリにおけるAT機能を規格化してAPI化し、その参照実装を提供することを目的としている。2008年度にはOpenATLib α 版を開発、2009年度には新たにユーザーからのAT方針の指定機能である数値計算ポリシーの設定が可能となったOpenATLib β 版を開発した。2010年度は、さらに下記の機能を備えたOpenATLib 2011を開発した。

・マルチスレッド動作のためのスレッドセーフへの対応
・連立一次方程式の反復解法であるBiCG-Stab法への対応
・固有値問題の解法であるArnoldi法への対応
・BSS法のスキャンベクトル長の動的変更機能

・自動チューニングを行わないオプションの導入
・内部関数の充実
・実行時間、反復回数等の取得インターフェースの追加

OpenATLibを利用し、疎行列に対する対称標準固有値問題の解法であるリスタート付きLanczos法、非対称標準固有値問題の解法であるリスタート付きArnoldi法、連立一次方程式の解法であるGMRES(m)法とBiCG-Stab法を実装した数値計算ライブラリをXabclibと呼んでいる。OpenATLib 2011を用いて開発された Xabclib は Xabclib 2011 と呼び、2010年度はOpenATLib 2011の開発と合わせてXabclib 2011の開発も行った。

2.3 具体的成果

Xabclib β 版は PC クラスタコンソーシアムの Score Cluster System Version 7 download page (http://www.pccluster.org/ja/score7.html) からダウンロードできる。また、オープンソースダウンロードサイトの SourceForge.net からも下記の URL からプログラムをダウンロードすることができる。・

http://escore.cvs.sourceforge.net/viewvc/escore/score7-src/eScience/

一般ユーザーのアカウントでも下記のようにバージョン管理システムのコマンド cvs を用いてダウンロードを行い、ライブラリの構築を行うことが可能である。

```
$ cvs -d:pserver:anonymous@escore.cvs.sourceforge.net:/cvsroot/escore co -P score7-src/eScience/xabclib
$ cd score7-src/eScience/xabclib/Xabclib/
$ ./make.all
```

OpenATLib 2011 及びそれを用いて実装された Xabclib 2011 は 2011 年内に公開予定である。

3 成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Satoshi Ohshima, Mitsuyoshi Igai, Hisayasu Kuroda, Kengo Nakajima, Ken Naono, Ken Naono and Shoji Itoh: Numerical Policy Function on Auto-tuned Sparse Iterative Solver Xabclib, 2010 SIAM Annual Meeting, The David Lawrence Convention Center, Pittsburgh, PA, MS105, Architecture-Aware Algorithms-Part I of II (Organizer: Xiaoye S. Li (Lawrence Berkeley National Laboratory)), July 2010.

著書／編集

[著書 1] 金田康正 編著, 片桐孝洋, 黒田久泰, 山本有作, 五百木伸洋:並列処理シリーズ 9, 並列数値処理 －高速化と性能向上のために－, 272 頁, ISBN:978-4-339-02589-7, 2010 年 4 月.

査読付論文リスト

[査読付 1] 櫻井隆雄, 直野健, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰: OpenATLib:数値計算ライブラリ向け自動チューニングインターフェース, 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム, Vol.3, No.2, pp.39-47, 2010 年 6 月.

[査読付 2] 櫻井隆雄, 直野健, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰, 猪貝光祥:数値計算ポリシーインターフェース付行列計算ライブラリの開発と評価, 2011 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学論文集 HPCS2011, 2011 年 1 月.

その他の発表論文リスト

[発表 1] 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾: Xabclib:汎用的自動チューニング API「OpenATLib」を用いた数値計算ライブラリにおける数値計算ポリシー機能の性能評価, 第 15 回日本計算工学会講演会, オーガナイズドセッション「ペタスケール計算機時代の数値計算ライブラリと自動チューニング技術」, 九州大学医学部百年講堂, 計算工学会講演論文集, 2010 年 5 月.

[発表 2] 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥:自動チューニングインターフェース OpenATLib における疎行列ベクトル積アルゴリズム, 情報処理学会研究報告 2010－HPC－125, No.2, 2010 年 6 月.

[発表 3] 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥:行列計算ライブラリ向け数値計算ポリシーインターフェースの提案, 2010 年並列／分散／協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ(SWoPP2010), 金沢市文化ホール, 情報処理学会研究報告 2010－HPC－126, No.1, 2010 年 8 月.

[発表 4] 大島聡史, 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰, 直野健, 猪貝光祥, 伊藤祥司: Segmented Scan 法の CUDA 向け最適化実装, 2010 年並列／分散／協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ(SWoPP2010), 金沢市文化ホール, 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126, No.42, 2010 年 8 月.

[発表 5] 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥: Xabclib:数値計算ポリシー入力型行列計算ライブラリ, 日本応用数理学会 2010 年年会, オーガナイズドセッション: 応用数理若手の会, 明治大学駿河台キャンパス, 年会予稿集, pp.241-242, 2010 年 9 月.

[発表 6] 黒田久泰, 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 中島研吾: 疎行列反復解法ライブラリ Xabclib におけるユーザーポリシー機能の実装と評価, 日本応用数理学会 2010 年年会, 正会員主催オーガナイズドセッション:数値計算における自動チューニングの最新動向－マルチコア, GPU, ヘテロジニアス環境へ向けて－, 明治大学駿河台キャンパス, 年会予稿集, pp.305-306, 2010 年 9 月.

[発表 7] Takao Sakurai, Ken Naono, Takahiro Katagiri, Hisayasu Kuroda, and Kengo Nakajima: OpenATLib:A Generalized Auto-tuning Facility and Xabclib:Adaptation to Numerical Algorithm Selection on an Iterative Method, Workshop on Advanced Auto-tuning on Numerical Software (AANS2010), 4F Tele-lecture room, Information Technology Center, The University of Tokyo, 2nd April, 2010.

[発表 8] Takao Sakurai, Ken Naono, Takahiro Katagiri, Hisayasu Kuroda, Kengo Nakajima, Satoshi Ohshima, and Shoji Itoh, Mitsuyoshi Igai: Development of Xabclib:A Sparse Iterative Solver with Numerical Computation Policy Interface, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), MS55, Advanced Performance Auto-tuning for Computer Systems and Numerical Libraries - Part II of II, Mar. 2011.

特記事項

[特記 1] (特集記事)日本応用数理学会 学会誌 「応用数理」(岩波書店), 特集:数値計算のための自動チューニング, 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾: Xabclib:汎用的自動チューニングインターフェース OpenATLib を利用した反復解法ライブラリの開発, 20 巻 4 号, pp.25-37, 2010 年 12 月.

GPUを用いた高性能計算に関する研究

大島 聡史

1 概要

本年度の主な活動は以下の 3 つに大別される。

GPU を用いたプログラム高速化に関する研究 GPU を用いたプログラム高速化に取り組んだ。具体的には、昨年度に引き続き疎行列ベクトル積に取り組むとともに、新たに有限要素法にも取り組んだ。本活動の一部は JST 共同研究プロジェクト「日本－フランス共同研究 ポストペタスケールコンピューティングのためのフレームワークとプログラミング」および JST CREST プロジェクト「自動チューニング機構を有するアプリケーション開発・実行環境」の一部として行っている。

GPU プログラミング環境に関する研究 昨年に引き続き GPU プログラミング環境の作成に取り組んだ。具体的には、昨年に引き続き GPU 向けの OpenMP 処理系 OMPCUDA の開発に取り組んだ [査読付 1][査読付 2][発表 7]。本活動の一部は JST CREST プロジェクト「ULP-HPC : 次世代テクノロジのモデル化・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」の一部として行っている。

GPGPU/HPC の啓蒙と教育に関する活動 スーパーコンピューティングニュースにおける GPGPU の連載 [発表 10, 発表 11, 発表 12, 発表 13] を行った。日本応用数理学会のセミナーに講師として参加し、GPGPU についての講義を行った [特記 3]。高校生を対象とした並列プログラミング講習会に講師として参加した [特記 2]。

本報告では GPU を用いたプログラム高速化に関する研究について記述する。

2 GPUを用いた疎行列ベクトル積

2.1 背景

本年度は、昨年度に引き続き疎行列ベクトル積の GPU 化に取り組むとともに、有限要素法アプリケーションの GPU 化にも取り組んだ。本章では GPGPU についての背景および疎行列ベクトル積の GPU 化について記し、次章では有限要素法アプリケーションの GPU 化について記す。

GPU(Graphics Processing Unit) は画像処理用のハードウェアとして発展してきたハードウェアである。GPU の主な長所としては、並列処理による高い演算性能を持つこと、消費電力あたりや占有体積あたりの演算性能が CPU よりも高いこと、安価な価格 (CPU と同程度の価格) で入手できることが挙げられる。そのため科学技術計算用・HPC(High Performance Computing) 用の計算ハードウェアとして近年高い注目を集めている。またスーパーコンピュータへの搭載も進んでおり、2010 年 11 月のスーパーコンピュータランキング TOP500 では上位 4 システム中の 3 システムが GPU を搭載するに至っている。GPU を用いた汎用演算は GPGPU(General-Purpose computation using GPUs) や GPU コンピューティングと呼ばれており、近年の HPC 分野において注目を集めているトピックの一つとなっている。

現在、本情報基盤センターは GPU を搭載した計算資源の提供を行っていないものの、GPU 等の高い並列度を持つハードウェアの活用は今後の HPC・スーパーコンピュータにとって重要である。そのため本情報基盤センターにおいて GPGPU 研究の推進および情報発信を行うことには意義がある。

GPU は様々な対象問題において CPU を超える性能を発揮しているが、万能のハードウェアではない。GPU は既存の CPU とは異なる特徴を持つアーキテクチャを採用しており、

高い並列性を持つ

分岐処理が少ない

浮動小数点演算が多い

連続メモリアクセスが多い

以上のような特徴を持つプログラムにおいては特に高い性能を得やすい一方で、特徴にあわないプログラムにおいては非常に低い性能となることもある。そのため、全てのプログラムが GPU によって高速化できるわけではない。GPU を用いてプログラムの高速化を行うためには、GPU 向けに新たなアルゴリズムを開発することや、GPU に適した新たな実装の工夫を考案すること、GPU 向けに最適化パラメタを調整すること、対象問題の性質にあわせて CPU と GPU を使い分けることなどが必要である。

疎行列ベクトル積は、ゼロ要素を多く含む疎行列をベクトルと掛け合わせる問題である。様々な科学技術アプリケーションにおいて大規模な疎行列ベクトル積が利用されており、高速化への要求は大きい。疎行列ベクトル積の計算は密行列の行列ベクトル積と同様のデータ構造や計算方法で行うことも可能である。しかし大規模な疎行列を単純にメモリに格納すると計算に不要な要素が多くなり、メモリ効率の低下や性能の低下を招く。そのためゼロ要素を削除して格納したデータ構造を用いて計算を行うのが一般的である。しかしデータ格納形式と対象問題の非ゼロ要素の配置によっては、計算時に不連続なメモリアクセスが多くなり、キャッシュの効果も得られず高い性能が得られないことも多い。

GPU は不連続なメモリアクセスを苦手としているハードウェアであり、一般的には疎行列ベクトル積に適しているとは言い難い。しかしながら疎行列ベクトル積については、データ格納形式と対象問題の非ゼロ要素の配置によっては連続アクセスが多くなること、また並列性が高いことから、GPU を用いることで CPU よりも高い性能が得られることもある。

2.2 内容

本年度は昨年度に引き続き、特定形状の行列において特に高い性能が期待できる疎行列ベクトル積の提案と実装に取り組み、より高い性能を得た。提案・実装の内容は以下の通りである。

本提案は現在広く用いられている疎行列データ格納形式である CRS(Compressed Row Storage) 形式を用いた行列ベクトル積 (CRS 法) の実装についての提案である。CRS 法は行単位での並列計算を容易に行うことができる。しかし、行毎の非零要素数に偏りがある問題形状においてはスレッド・プロセスごとの実行時間に大きなばらつきが生じるために全体の実行時間が短くならないという問題がある。特に特定の行のみに非ゼロ要素が多いような問題形状においてはこの問題が顕著である。

この問題を解決する既存の手法として SegmentedScan 法が提案されている。SgmentedScan 法では計算対象の行列を固定長のセグメントに分割してセグメント毎に計算を行うため、負荷の不均衡が解消されて並列高速化が可能となる。GPU を用いた SegmentedScan 法についても既に研究が行われており、たとえば既存のライブラリ CUDPP では SegmentedScan 法に基づく疎行列ベクトル積関数を提供している。

本テーマで提案する改良型 SegmentedScan 法では、GPU がセグメント内の計算を行いやすいような形状情報を計算前に生成しておき、計算時には形状情報を用いて高速に演算を行う。具体的には、各

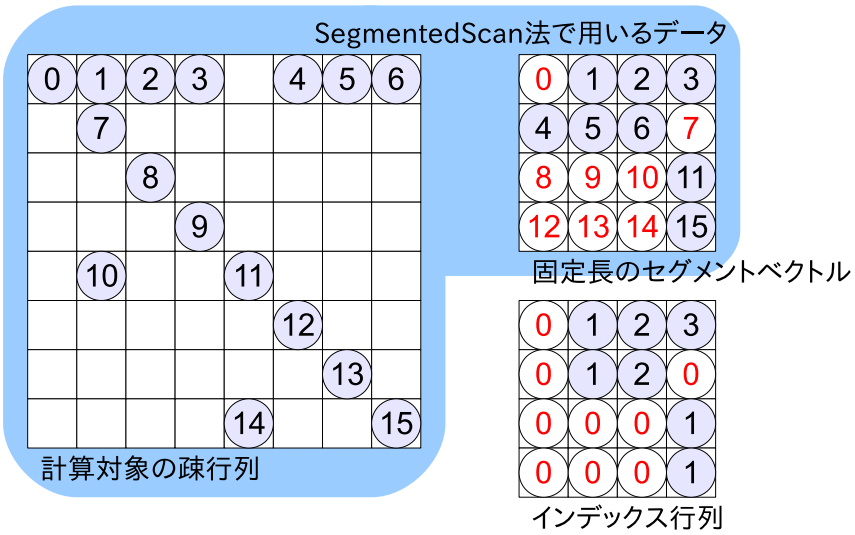


図 1: IBSS 法で用いる行列形状データの例

要素が元の行列における各行の先頭要素および各セグメントベクトルの先頭要素から何番目の要素であるかを意味する行列 (これをインデックス行列と呼んでいる) を作成し、これを用いて GPU による高速な並列計算を行う。本提案手法を IBSS(Indexed Branchless Segmented Scan) 法と名付けた。IBSS 法で用いるデータの例を図 1 に示す。計算時にはセグメントベクトル毎の計算を ThreadBlock に割り当て、各セグメントベクトル内の計算・足し合わせは Thread に割り当てる。インデックス行列を用いることで行列形状に関わらず (行列形状によって大きな性能低下を起こすことなく) 各セグメントベクトル内の処理を効率的に行うことが可能となる。

本提案手法は形状情報の算出時間がオーバーヘッドとなり得るが、形状情報は行列形状 (非零要素の配置) にのみ依存するため、同じ非零要素配置の行列についての計算を繰り返す場合には再利用することが可能である。そのため反復計算を行う場合にはオーバーヘッドの影響も小さくなることが期待できる。

2.3 具体的成果

図 2 に IBSS 法の性能に関するグラフを示す。実行環境としてはマルチコア CPU(Xeon W3520, 2.67GHz, 4 コア) を 1 台および GPU(Tesla C2050, 1.15GHz, 448 コア) を 1 台搭載した PC 用いた。横軸の文字列は用いた行列の名称を示している。Baumann と language は Florida Sparse Matrix Collection に含まれる行列である。testMatrix については IBSS 法の効果を確かめるために意図的に作成した行列である。各行列の非零要素の配置は図 3 に示すとおりであり、それぞれ、各行毎の非零要素数に大きなばらつきがない行列、各行毎の非零要素数にある程度大きなばらつきがある行列、各行毎の非零要素数に非常に大きなばらつきがある行列の代表例として用いている。

性能比較対象として、単純な行単位の並列化を行ったものや、既存のライブラリ (CUSPARSE, CUSP, CUDPP) でも性能を測定して比較した。GPU を用いた計算については CPU-GPU 間の実行時間を除外している。性能比較の結果、IBSS 法は各行毎の非零要素数に大きなばらつきがある行列において他の実装よりも良い性能が得られることが確認できた。

一方でさらなる改善や発展実装を行う余地も残されている。例えば、今回は測定範囲に含めていない形状情報算出処理の高速化、形状情報算出処理と計算のオーバーラップ、複数 GPU 化などがあげられる。次年度はこれらの改善を進め、ライブラリ化 (公開) を目指す予定である。

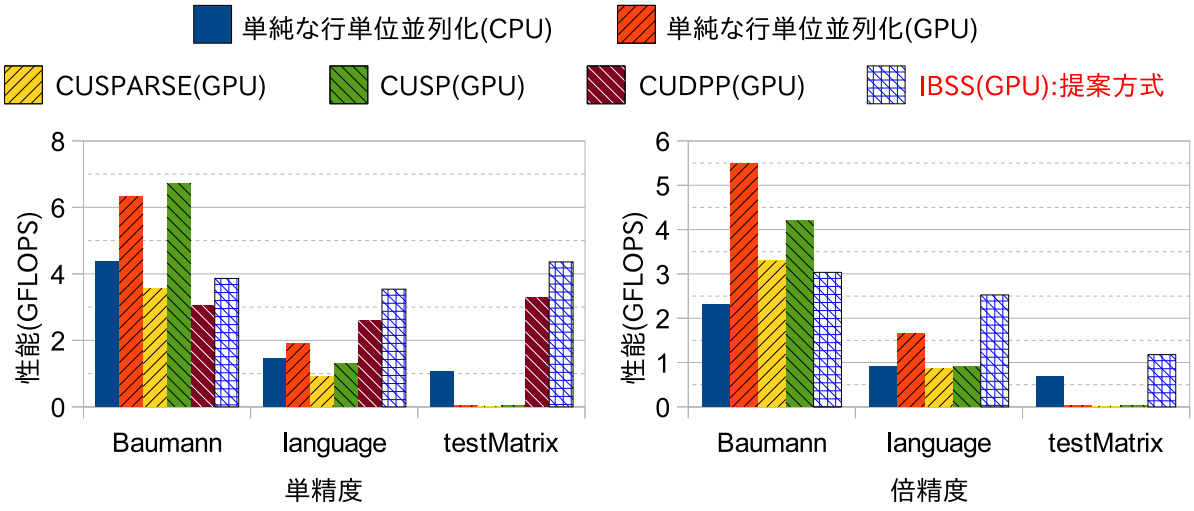


図 2: IBSS 法の性能

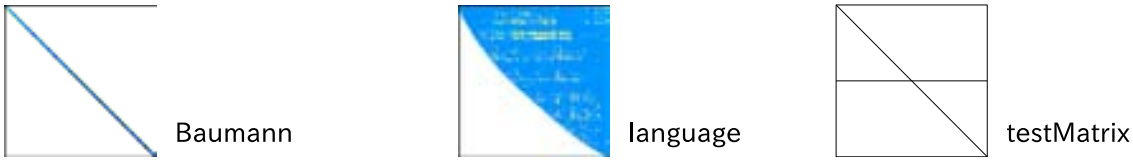


図 3: 行列の形状

3 GPU を用いた有限要素法

3.1 背景

今年度は新たに有限要素法 (Finite Element Method, FEM) アプリケーションの GPU 化への取り組みを開始した。

FEM は、解析領域全体を節点 (離散点) で構成される要素とよばれる微小領域に分割して扱う計算法である。FEM 本体の計算は、係数行列の生成と線形方程式ソルバによる連立一次方程式の求解に大部分が費やされ、特に線形方程式ソルバ部分が非常に大きな割合を占める。線形方程式ソルバとしては、係数行列が疎であることから反復解法が用いられ、また行列の定値対称性から共役勾配法 (Conjugate Gradient Method, CG 法) の適用が一般的であり、前処理と合わせて適用されることが多い。

そこで本テーマでは、FEM において実行時間の多くを占める線形方程式ソルバ (CG 法) と係数行列生成について、GPU を用いた高速化に取り組んだ。

3.2 内容

CG 法と行列生成の GPU 化を行った。いずれも一定の成果を得たがさらなる改善・発展の余地は多く、次年度も引き続き最適化を進める予定である。

CG 法

CG 法を構成する主な計算は疎行列ベクトル積やベクトル同士の積・和・内積であり、これらは GPU に適した種類の計算である。そのため CG 法の GPU 化自体は既に多くのグループが研究している。これに対して本テーマでは、ブロック化された CG 法を主な対象として最適化を行った。このブロック化された CG 法は、計算対象の行列を 3x3 のブロックとして扱っており、さらに対角要素・上三角要素・下三角要素に分離してデータを保持している。これにより単純な CRS 形式の行列を保持する場合

と比べて必要なメモリ量が削減されるとともに、メモリアクセスのランダム性も低減されるため性能の改善が期待できる。

GPU は高い並列度を持つ計算に適しており、GPU に適した問題の目安としては、GPU 上の各 Thread-Block が同時に同じ種類の計算をおおよそ 100 以上の並列度で実行するような計算が望まれる。本テーマで扱うブロック化された CG 法は 3x3 サイズのブロックにブロック化されている。対象問題のデータサイズが大きければ多数 (1000 以上) のブロックを扱うことになり、ブロック単位で並列化を行えば充分な並列度が得られるものの、GPU が高速計算を行うためには適切なメモリアクセス (コアレスなメモリアクセス) を行えるように実装する必要がある。そのため必要な計算をいかにうまく GPU 上のプロセッサに割り当てるかが課題となる。

これまでにナイーブな割り当てを行い性能評価を行った。またブロック化が性能に及ぼす影響についても調査を行った。

行列生成

行列生成は線形方程式ソルバで解く対象となる係数行列を生成する処理である。行列生成処理では対象問題の各要素に対してそれぞれ決められた処理を行う必要があるが、これらの処理は完全に独立しているわけではないため単純に並列化を行うことはできない。そこで既存の CPU 向け並列化においては、並列に計算を行っても問題のない要素を同じ色としてまとめるカラーリング処理が用いられている。

そこで本テーマではカラーリング処理の 1 つであるマルチカラー法 (Multi-Color 法, MC 法) の GPU 化を行った。MC 法で行う処理のうち、カラーリング処理自体は並列性のない探索処理であるため CPU にて行い、カラーリング後の色毎に行う要素毎の処理を GPU 化することにした。

カラーリング処理 (の中で色毎に行う要素毎の処理) の流れは以下の通りである：

```
do icel = 1, 要素数
  8 節点の座標から，ガウス積分点における
  形状関数の全体座標系における微分とヤコビアンを算出（独立計算）
  do ie = 1,8
    do je= 1,8
      全体接点番号 ip,jp から係数行列における位置を算出（小規模探索）
      do k = 1,2
        do j = 1,2
          do i = 1,2
            要素積分，要素行列成分計算，全体行列への足し込み（依存性のある足し込み）
      enddo enddo enddo
  enddo enddo
enddo
```

対象の処理は階層的なループ処理や探索処理を含んでおり、単純に GPU へと処理を割り当てただけでは良い性能が得られないこともある種類の問題である。これまでに単純な GPU への割り当てについては実装・性能測定が済んでおり、さらに他の割り当て方法について検討・実装を進めている。

3.3 具体的成果

CG 法と行列生成のそれぞれについて、CPU と GPU との性能比較を行った。CPU としては T2K 東大版 1 ノード (Opteron 8356, 2.3GHz, 4 コア　4 ソケット, グラフ中では T2K と表記) と PC 上のマルチコア CPU(XeonW3520, 2.67GHz, 4 コア, グラフ中では PC と表記) を、GPU としては GPU(Tesla C2050, 1.15GHz, 448 コア, 上記の PC に搭載, グラフ中では GPU と表記) を用いた。

CG 法については、CG 法の多くを占める疎行列ベクトル積の性能を測定した。要素数は 512,000 とし、CPU-GPU 間のデータ転送については測定範囲から除外している。実験結果を図 4 に示す。

性能を比較した結果、現在のナイーブな実装でも GPU は CPU 以上の性能を得られていることが確

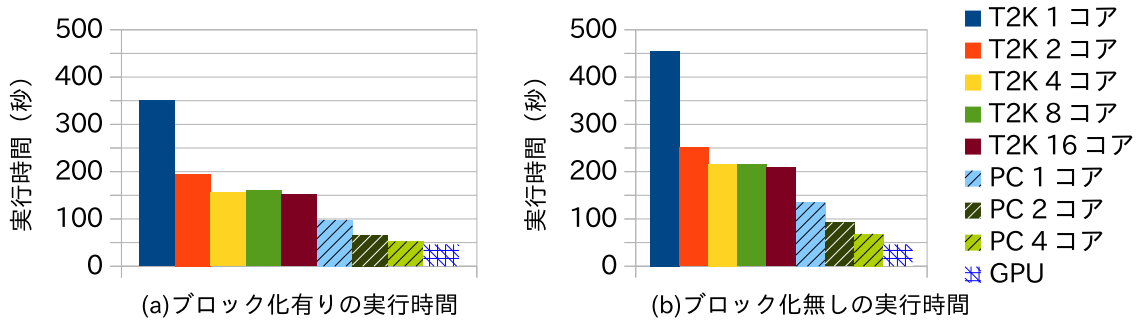


図 4: CG 法の性能

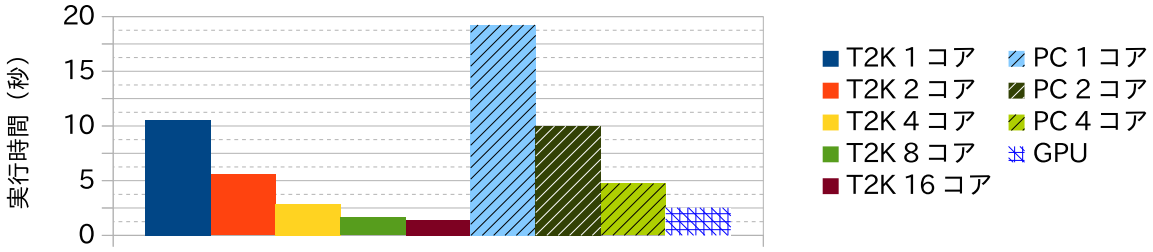


図 5: 行列生成の性能

認できた。現在の GPU 実装ではブロック化の性能に対する影響があまり見えていないが、ブロック化に合わせたより良い実装をすることで性能が上がることが期待される。

また行列生成については、要素数 1,000,000 の問題に対して性能を測定した。実験結果を図 5 に示す。

性能を比較した結果、現在のところ GPU は PC より高性能だが T2K よりは低性能という現状が確認できた。

CG 法、行列生成ともにさらなる最適化の余地があるため、次年度も引き続き取り組む予定である。

4 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] Satoshi OHSHIMA, Shoichi HIRASAWA, Hiroki HONDA: OMPCUDA : OpenMP Execution Framework for CUDA Based on Omni OpenMP Compiler, Beyond Loop Level Parallelism in OpenMP: Accelerators, Tasking and More, Lecture Notes in Computer Science, pp.161–173, 2010.

[査読付 2] Satoshi OHSHIMA, Shoichi HIRASAWA, Hiroki HONDA: OMPCUDA : OpenMP Execution Framework for CUDA Based on Omni OpenMP Compiler, 6th International Workshop on OpenMP (IWOMP 2010), Tsukuba, June 14 - 16, 2010.

その他の発表論文

[発表 1] 大島聡史: AT の GPU への展開, 日本応用数理学会 (JSIAM)2010 年度年会, 明治大学駿河台キャンパス, 9 月 6 日-9 日, 2010 年.

[発表 2] 大島聡史, 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰, 直野健, 猪貝光祥, 伊藤祥司: Segmented Scan 法の CUDA 向け最適化実装, 情報処理学会 研究報告 (HPC-126), 7 月 27 日, 2010 年.

[発表 3] Satoshi OHSHIMA: GPGPU and Auto-tuning Framework, Workshop on Advanced Auto-tuning on Numerical Software (AANS2010), The University of Tokyo, April 2, 2010.

[発表 4] Satoshi OHSHIMA, Takao SAKURAI, Takahiro KATAGIRI, Kengo NAKAJIMA, Hisayasu KURODA, Ken NAONO, Mitsuyoshi IGAI, Shoji ITOH: Implementation of SpMV Using Indexed Segmented Scan Method for CUDA, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), Reno, February 28 - March 4, 2011.

[発表 5] Satoshi OHSHIMA, Masae HAYASHI, Takahiro KATAGIRI, Kengo NAKAJIMA: Implementation and evaluation of FEM code for 3D Solid Mechanics on CUDA, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), Reno, February 28 - March 4, 2011.

[発表 6] 大島聡史, 林雅江, 片桐孝洋, 中島研吾: 三次元有限要素法アプリケーションの CUDA 向け実装と性能評価, 情報処理学会 研究報告 (HPC-129), 3 月 8 日, 2011 年.

[発表 7] 片桐孝洋, 大島聡史, 平澤将一, 本多弘樹: HxABCLibScript:非均質計算機向け自動チューニング記述言語拡張, 情報処理学会 研究報告 (HPC-129), 3 月 8 日, 2011 年.

[発表 8] Satoshi OHSHIMA, Takahiro KATAGIRI, Kengo NAKAJIMA, Hisayasu KURODA, Shoji ITOH: First Implementation of Segmented Scan Method on GPU, ICS'10, Epochal Tsukuba, June 1 - 4, 2010.

[発表 9] Shoichi HIRASAWA, Satoshi OHSHIMA, Hiroki HONDA: Energy and Performance Tuning Framework for Accelerator Environment, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), Reno, February 28 - March 4, 2011.

[発表 10] 大島聡史: これからの並列計算のための GPGPU 連載講座 (III) GPGPU プログラミング環境 CUDA 最適化編, スーパーコンピューティングニュース, Vol.12, No.3, pp.32–44, 2010 年 5 月.

[発表 11] 大島聡史: これからの並列計算のための GPGPU 連載講座 (IV) 特別編 CUDA プログラミング Windows 編, スーパーコンピューティングニュース, Vol.12, No.4, pp.11–16, 2010 年 7 月.

[発表 12] 大島聡史: これからの並列計算のための GPGPU 連載講座 (V) 疎行列ベクトル積を題材とした CUDA 最適化プログラミング, スーパーコンピューティングニュース, Vol.12, No.5, pp.7–16, 2010 年 9 月.

[発表 13] 大島聡史: これからの並列計算のための GPGPU 連載講座 (VI) 様々な GPGPU プログラミング環境, スーパーコンピューティングニュース, Vol.12, No.6, pp.13–25, 2010 年 11 月.

特記事項

[特記 1] パネリスト, T2K シンポジウム 2010@東大 パネルディスカッション「ポスト T2K 時代のセンターマシン」, 7 月 12 日, 2010 年.

[特記 2] 一部講習の講師を担当, 高校生のための「お試しアカウント付き並列プログラミング講習会（試行）」, 東京大学情報基盤センター, 8 月 23 日-25 日, 2010 年.

[特記 3] 1 セミナーの講師を担当, GPGPU の基礎と行列計算への活用, 日本応用数理学会 3 部会連携応用数理セミナー, 国立情報学研究所, 11 月 26 日, 2010 年.

[特記 4] プログラム委員, 2011 年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 HPCS2011, 1 月 18 日-19 日, 2011 年.

エクストリームスケール高性能計算を対象とした耐故障機能

實本　英之

1　概要

エクストリームスケールの HPC 環境（以降、エクストリームスケール環境）を実現するに当たり、故障に対処する機能は必須となっている。エクストリームスケール環境では、環境を構成する要素が非常に大規模であるため、現在運用されている数十万並列規模の環境と比較し、故障率は飛躍的に高まっている。並列アプリケーションの耐故障機能に関しては、先進的な幾つかの数十万並列規模の環境において運用が始まっているが、ここで利用されているアルゴリズムは、故障復旧に必要なコストが大きすぎるため、エクストリームスケール環境の高故障率に耐えられない。本研究では、エクストリームスケール環境に対応するために故障復旧コストを削減する。

- アプリケーションレベル耐故障コーディングの容易化

  アプリケーションに必要な最小限の故障復旧を行うことがコスト削減の実現には重要である。しかしながら、これにはアプリケーションプログラマに耐故障機能を意識したコーディングを強いるためコストが大きい。このため、アプリケーションプログラマが耐故障機能の一部だけを、効率よく実装可能なフレームワークについて提案する。

- MPI3.0 における耐故障仕様の検討・調査

  並列計算のデファクトスタンダードミドルウェアである MPI には耐故障に関する仕様がなく、エクストリーム環境での実行に耐えない。このため、MPI3.0 仕様では耐故障機能を実装することになり、これに関して仕様策定会議に参加し、検討／情報収集を行った。

また、上記の他にも GPU に関する耐故障技術として GPU チェックポイントの実現に関する学生研究の指導も行った [発表 2]。さらに、広域データ共有・先端アプリケーション開発基盤に関する研究にも寄与した [発表 3]。

2　アプリケーションレベル耐故障コーディングの容易化

2.1　背景

大規模 HPC 環境における要素数の増加に伴い、故障率も大きく増加しており、アプリケーションを実行するに当たり、故障対応が必須要件になっている。現在一般的な故障対応の手法はシステムレベルの機能であり、アプリケーションに変更を行う必要なく

しかしながらエクストリームスケール HPC 環境を実現するに当たりシステムによる一元的な故障対応アルゴリズムでは不要なコストが大きく (図 1)、復旧に必要な総コストが平均故障間隔を上回り、プログラムの実行が破綻してしまう。

故障対応アルゴリズムのコストを極限まで削減するためには、アプリケーションを構成する全スタックでの故障効率化が必要である。つまり、ノード内のソフトウェア、ミドルウェア、OS、ハードウェ

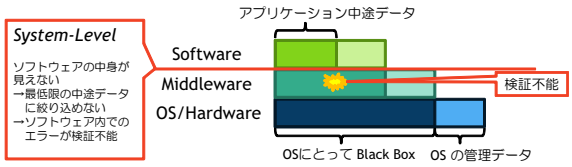


図 1: System-Level 故障復旧の問題

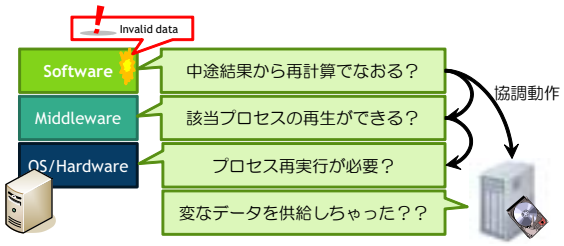


図 2: 横断的故障復旧の例

アのみならず、外部モジュールも含み、それらが協調動作しながら各自最低限の部分を修復することが理想的である (図 2)。

これを実現する為には、各コンポーネント間でのインタラクションが必要である。環境内でやりとりされる特に故障関連のイベントに対し、対応力を持つことを Fault Resilience とよぶ。以降、このような対応力を持つコンポーネントを Fault Resilient コンポーネント、コンポーネント間のインタラクションを提供している環境を Resilient 環境と呼ぶ (図 3)。

Fault Resilience はエクストリームスケール HPC 環境を実現する為に重要な手法であるが、アプリケーションプログラマへ耐故障コーディングを強いる。このため、故障対応手法の全てではなく、アプリケーション特有の手法部分のみをアプリケーションプログラマにコーディング（アドバイス）させることにより、コーディング負荷の軽減を図ると共に、このアドバイスを容易に記述できるフレームワークが必要である。

本研究では、このアドバイスを容易に記述できるフレームワークを検討する。さらに、故障情報を複数のコンポーネント間で転送しあう CiFTS を利用すると共に、故障情報に対して既存プログラミング手法である例外処理と条件分岐を利用したコーディングフレームワークを提案する。本フレームワークを利用することにより、アプリケーションプログラマがコーディングすべき内容をアプリケーションに起因する情報の復旧のみに限定できる。

2.2 内容

2.2.1 アドバイス記述容易化の検討

アドバイス記述手法を検討するに当たり、対象とする故障シナリオとして以下を考える。

外部コンポーネントに起因する故障 ファイルシステムの故障やネットワークダウン、またこれらの外部コンポーネントの一時的な負荷上昇により起こるエラーが伝播することに起因する故障。外部コンポーネントを利用するシステムコールの失敗、もしくは他の外部コンポーネントからの故障情報を受けることにより検出する。外部コンポーネントの冗長系を利用することにより故障復旧を行う。

Silent error に起因する故障 メモリ上のデータ不正等の Silent Error に起因する故障。中途結果が、アプリケーション内の検証ルーチンに失敗することにより検出する。復旧にはアプリケーションレベルのチェックポイント／リスタートを行う。この手法は、アプリケーションを復旧させる最低限の情報だけをチェックポイントするもので、システムレベルのチェックポイントと比べ低いコストで実現される。

故障対応の手法は、大きく分けて 1) 故障の検知／解析、2) 解析情報の伝播、3) 故障復旧に分けられる。これに合わせ、本研究では環境を図 4 の様に仮定する。故障の検知／解析は環境を監視するモニタやファイルシステム、アプリケーションなどの環境を構成するコンポーネント群によって行われる。検知・解析された情報は故障情報を伝播するバックボーンネットワークによって再び各コンポー

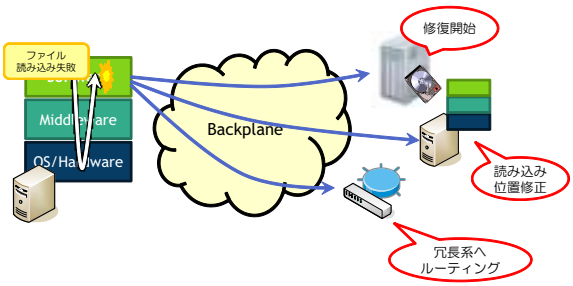


図 3: Resilient 環境

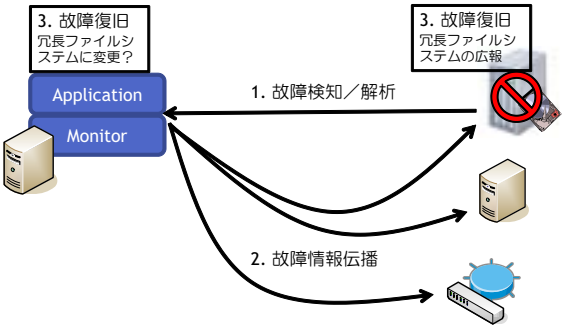


図 4: アドバイス記述の検討に仮定する環境

ネントに伝えられ、各コンポーネントは故障情報に応じた復旧処理を行う。この環境を構築するためには、1) 故障の検知・隠蔽：障害を検知、故障復旧がなされるまで適切に隠蔽する機能、2) 故障情報の送信：検出された障害を他コンポーネントへ送出する機能、3) 故障情報の受信・復旧：非同期に発生する障害を適切にハンドリングする機能が必要である。

特にアドバイス記述については、アプリケーション状態の復旧アルゴリズムをプログラマが記述する部分であり、容易な記述性が必要になる。割り込み的にアドバイスを実行する手法はシグナルハンドラやスレッドによるもの等、複数存在するが、以下の点に注意する必要がある。

各種関数の利用制限 シグナルハンドラやスレッドを使うことにより、アドバイスに利用可能な関数に制限を受けることがあり、実装難度が増してしまう。例として、シグナルハンドラを利用するのであれば非同期シグナル安全の関数しか利用できず、またスレッドを利用する場合も再入可能関数の利用が必要となる。

元コードのスコープの維持 アドバイスの変数スコープは、元コードのスコープと共有できることが望ましい。これが実現されない場合、アドバイスに必要な多くの変数を大域変数として定義することになり、コードの可読性やパッケージ化を著しく阻害する。

アドバイスへの入出位置 アドバイスから元コードへの復帰位置がわからない場合、プログラマは復旧時にアプリケーションをどのような状態にすれば良いのか規定することができない。また、進入位置がわからない場合、プログラマはアドバイス進入時にアプリケーションがどのような状態であるのかを取得することが出来ない。しかし、進入位置を特定し、故障したコンポーネントを利用するタイミングがアドバイス進入位置より早く実行された場合、アドバイス自体が実行不能になってしまう。

2.2.2 アドバイス記述フレームワーク

2.2.1 節での検討に則り、既存プログラミング手法である try/catch-like な例外処理と条件分岐を利用したコーディングフレームワークを提案する。本フレームワークはディレクティブを指定することによりアドバイスを記述するもので、1) 故障隠蔽を実現する関数ラッパの生成、2) 故障情報の送信、3) 条件分岐を利用したアドバイス記法、4) 例外処理によるアドバイス記法により構成される。2.2.1 節で仮定した要件にある故障解析情報の伝播には CiFTS を利用する。CiFTS は接続する複数のコンポーネント全てにイベントを送出するバックボーンネットワークを形成するサーバ群を利用するための API を規定している。フレームワークの各要素の詳細は以下のようになっている。

故障隠蔽を行う関数ラッパ 外部モジュールを利用する関数実行時に、利用外部モジュールに故障が起きている場合、関数が正常実行されない。この場合、プログラムの進行を停止し、故障復旧後、関数を再開する必要がある。対象とする関数名とエラーコードを指定することにより、コンパイ

ル時に自動的に故障隠蔽を行う関数ラッパを生成するディレクティブを提供する。関数のエラーコードは関数の返値を利用するものや、引数に格納するもの等があるが、スタンダードなものに関して複数の指示法を用意する。ディレクティブには、故障発生時に送出するイベント名を付記出来る。

故障情報の送信 CiFTS を用いてイベントを送信するためのディレクティブ。イベント名と付記情報として規定長の文字列を送ることが出来る。

条件分岐を利用したアドバイス記法 ディレクティブ記述位置において指定されたイベントが受信されているかを確認し、受信時に指定されたアドバイスを実行する。この記法はアドバイスへの進入位置が明示的であるため、故障復旧自体を行うアドバイスに利用する場合は故障隠蔽が行われる関数との併用はデッドロックを生み出す可能性がある。このため本ディレクティブは、主としてチェックポイントなどのアプリケーションの状態を取得するために利用する。

例外処理を利用したアドバイス記法 JAVA や C++等に用いられているプログラマによく知れ渡った try/catch-like な手法により、指定されたイベントが届いた際に指定されたアドバイスを実行する。元コードの変数スコープを維持した処理が可能かつ故障情報を受信する範囲も明示的に指示可能であり、元コードのプログラム進行に割り込む形でアドバイスを実行可能である。ディレクティブにはイベント名と復帰位置を示すフラグ名を指定できる。復帰位置の定義も同様にディレクティブで行う。

2.2.3 故障シナリオに対する復旧例

前節の提案を利用し、2.2.1 節で述べた故障シナリオの 1 つである Silent Error に起因する故障を修復する記述例を紹介する。図 5 はある演算 (calculate 関数) を繰り返し実行するプログラムにおいて、計算結果が何らかの要因で不正であった場合の復旧例で、∗ 印のついている行がアドバイスによる追加部分である。アプリケーションプログラマは中途計算結果が正しいかを検証する ast 関数を用意しており、これで不正が判明した場合、AP_SERR イベントを発行、これを受けた外部コンポーネントのモニタが復旧イベント CR_RST を発行するというシナリオを想定している。また、本プログラムは外部モニタにより定期的にチェックポイントイベント CR_CKPT が発行されており、復旧時にはこのイベントによりとられたアプリケーションチェックポイントを利用する。

2.2.4 試験実装

提案したフレームワークの実現性を実証するために試験実装を行った。この試験実装は実際のベンチマークアプリケーションである HPL の LU 分解を行うループ (HPL ソースコード内 HPL_pdgesv0.c に存在する) に対してチェックポイント／リスタート機能を提供するものである。HPL において LU 分解の中途結果は、問題行列に上書きされるように格納される。このため、問題行列のデータ領域全てをチェックポイントとして保存した。提案における各要素は以下のように実装されており、今回の試験実装で利用しない項目に関しては実装指針を示した。また CiFTS 規格に準拠したバックボーンネットワークとしては、ANL の開発した CiFTS の参照実装である FTB を利用した。

故障隠蔽を行う関数ラッパ 今回は故障復旧を行わないため、利用していない。この機能は、故障隠蔽を行う関数をラップし、故障が発生した場合は sleep を行うことにより実現する。sleep からの復帰は、以降で述べる例外処理により行われる。

故障情報の送信 CiFTS のイベント送信 API を用いて実現される。

条件分岐を利用したアドバイス記法 CiFTS のイベントポーリング API を利用し、イベントを受信していた場合に if 節による条件分岐を行い指定されたアドバイスを実行する。

```
int main(){
#pragma XPT init                            *
#pragma XPT subscribe CR_RST,CR_CKPT        *
#pragma XPT try{                            *
  for(iter i){
    calculate(i, data);
#pragma XPT assert ast(data)>0 AP_SERR      *
#pragma XPT chk{ CR_CKPT                    *
    write i to file;                        *
    write data to file;                     *
#pragma XPT chk}                            *
#pragma XPT label RST                       *
  }
#pragma XPT catch CR_RST return RST         *
  read i from file;                         *
  read data from file;                      *
#pragma XPT try}                            *
#pragma XPT unsubscribe CR_RST,CR_CKPT      *
#pragma XPT fini                            *
}
```

図 5: Silent Error に対応可能なアドバイス

例外処理を利用したアドバイス記法 sigsetjmp/siglongjmp、および CiFTS のイベント購読 API を利用した。イベント購読 API は特定のイベントを受信した際に登録しておいた関数をスレッド実行するものである。本実装では、この関数として、メインスレッドに pthread_kill を用いたシグナル送信を行うものを登録している。また、try 開始時には sigsetjmp を発行し、pthread_kill により発行されるシグナルのハンドラとして siglongjmp を発行する。これにより、変数スコープを元コードと共有することができる。

本実装の利用シナリオは、外部にジョブをマネージメントするスケジューラが存在することを仮定する。外部スケジューラはアプリケーションに対して定期的にチェックポイントイベント CR_CKPT を発行している。また、スケジューリングの再配置等を理由に、アプリケーションを強制終了させることがある。強制終了されたアプリケーションはスケジューラのタスクが終了し、資源に余裕ができ次第、チェックポイントから再開を行う。その際スケジューラは、プログラムを最初から再起動し、リスタート可能な状態になったことを示す CR_RDY がアプリケーションから発行されたことを確認してから、CR_RST イベントをアプリケーションに対して発行する。

図 6 は図 5 からチェックポイント／リスタートに関わる部分を実装したものである。実際の HPL では calculate 関数部分に、LU 分解を 1 ステップ分行う関数が入っている。また、リスタートが可能となる時点をモニタに報告するためにイベントの送信文が追加されている。なお、CiFTS API を含む一部の関数の引数は簡略化している。コードの右部に示したのは対応するディレクティブを示している。なお、本実装では非正規脱出が用いられているため、今後これを改善する予定である。

提案フレームワークにより改造した HPL によるアプリケーションレベルチェックポイント (APPL.) と BLCR によるシステムレベルチェックポイントのチェックポイント (SYS.) のサイズを比較した。双方とも実行には OpenMPI を利用している。HPL の問題サイズ (Ns) は 2048、MPI による 4 並列実行を行い、全てのプロセスから作成されたチェックポイントサイズの総和を測定した。結果、APPL. では 33.9MB、SYS. では 44.5MB となり、アプリケーションにおいて最低限必要なデータをプログラマがアドバイスすることにより、チェックポイントのサイズが抑えられていることがわかる。

```
pthread_t pid;
sigjmp_buf jbuf;
int main(){
  pid = pthread_self();                              ... init
  FTB Initiali ing Functions;                        ... init
  FTB_Subscribe(CR_CKPT, handler(&event_status)); ... subscribe
  FTB_Subscribe(CR_RST, handler(&event_status));  ... subscribe
  if(sigsetjmp(jbuf)==0){                            ... try{
  FTB_Publish(CR_RDY);                               ... throw
  for(iter i){
    calcurate(i, data);
    sigmask(SIGUSR1);                                ... chk{
    if(FTB_Poll_Event(CR_CKPT)){                     ... chk{
       checkpointing;
    }                                                ... chk}
    sigunmask(SIGUSR1);                              ... chk}
CR_RST:                                              ... label
  }
  }else if(event_status name=="CR_RST"){             ... catch
       restarting;
       goto CR_RST:
  }                                                  ... try}
}

void handler(*event_status){
  pthread_kill(pid,SIGUSR1);
}

void sigusr1handler(){
  siglongjmp(jbuf);
}
```

図 6: チェックポイント／リスタート実装の概略

2.3 具体的成果

Fault Resilience 環境において故障対応を行うアドバイスコードを平易に記述するフレームワークについて検討し、例外処理と条件分岐を模したアドバイス記述手法を提案した。提案フレームワークは既存コードにディレクティブを追加することによりアドバイスを記述可能とするもので、プログラミングに必須である if 節による条件分岐、C++や JAVA などに利用されている try/catch-like な例外処理といったプログラマにとってなじみ深いフレームワークを用いている。また、アドバイスと既存コードの変数スコープの共有や、アドバイスへの入出位置の明確化により、アプリケーションプログラマが平易にアドバイスを記述できる仕組みを提供している。この提案を利用し、実際のベンチマークアプリケーションである HPL にチェックポイント／リスタート機能を試験実装することによりフレームワークの実現性を検証し結果、アプリケーションからのアドバイスによる故障対応コスト削減が実現できた。これに関しては、5 月中に開催予定の情報処理学会 HPC 研究会 129 にて発表を行う予定であり、すでに研究会誌には収録されている [発表 1]。

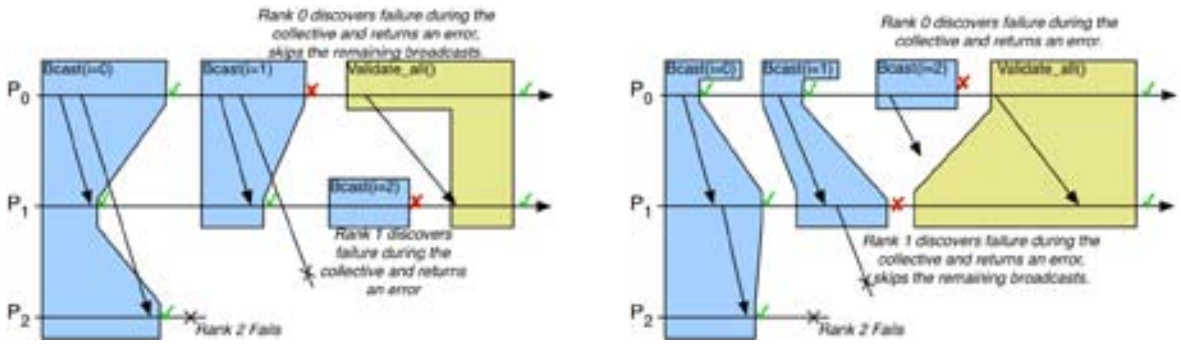


図 7: 複数の BCAST 実装に対応するループ構造を用いた故障検知アルゴリズム

3 MPI3.0 における耐故障仕様の検討・調査

3.1 背景

並列計算のデファクトスタンダードミドルウェアである MPI には耐故障に関する仕様がなく、エクストリームスケール環境での実行に耐えない。これに対して、FT-MPI, MPICH-V, OpenMPI 等の独自拡張による耐故障 MPI が研究された。これらを総括し、さらに仕様としての最低限度の機能と実装可能性を検討した結果、アプリケーションレベルの耐故障関数群を MPI3.0 に含めることとした。本テーマではこの耐故障関数群の検討に参加し、そこで決定した内容について簡単に紹介する。しかしながら本関数群は未だ検討中であり、ここで紹介する内容はあくまでも暫定的なものである。

3.2 内容

MPI3.0 の耐故障機能は Fail-Stop モデルを対象としており、その故障復旧手法は 1) 故障検知と周知 (Run-Through Stabilization)、2) プロセスの復旧 (Process Recovery) からなる。また、これを補助するために、構成プロセスの状態を保持する Process State という状態変数がある。

3.2.1 Process State

MPI3.0 では構成プロセスごとに Process State という状態変数を新たに追加しており、通常状態 (MPI_RANK_STATE_OK)、未承認故障状態 (MPI_RANK_STATE_FAILED)、承認済み故障状態 (MPI_RANK_STATE_NULL)、復旧状態 (MPI_RANK_STATE_RESTORING)、復旧終了状態 (MPI_RANK_STATE_RESTORED)、グループ未参加状態 (MPI_RANK_STATE_UNJOINED) が設定されている。すでに故障していることが確認されている承認済み故障状態のプロセスに対する通信を行った場合、なにもせず通信成功を返すことにより通信のブロックを回避し復旧処理を行うことができる。

3.2.2 Run-Through Stabilization

並列プロセスを構成する構成プロセスのいずれかが故障した場合に、他の構成プロセスに故障を伝達する必要がある。これには主として同期型と非同期型の手法があるが、エクストリームスケール環境に対応するためには非同期型であることが望ましい。MPI3.0 における障害検知についても非同期型で行うこととした。各構成プロセスは、相手ランクへ通信エラーか、Process State を問い合わせる MPI_Comm_validate 系の関数を呼ぶことにより、並列プロセス内の故障を検知する。故障を検知したプロセスは基本的にはアプリケーションの実行を中断し、復旧処理を始めるようプログラムが作られることを仮定している。この手法により、実際に故障しているランクを特定することができる。集団通信では、関数内部で新しいコミュニケータを作成している場合が多い。この場合、上記の MPI_Comm_validate による検知が上手くできないため、ループと専用関数 MPI_Comm_validate_all を用いた手法がサンプルとして提案されている (図 7)。

3.2.3 Process Recovery

プロセスの復旧についてはまだ検討初期の段階である。基本動作としては、故障を検知したプロセスにより、故障したプロセスの再生が行われ、再生されたプロセスは他プロセスのと一貫性を保つように自分のステータスを再設定する。全てが終了した後に復旧終了を承認することで、正常実行状態に復旧する。復旧終了の承認とともに、内部管理されているジェネレーションを進める。これを用いて復旧中の多重故障などにも対応できるよう検討している。

3.3 具体的成果

並列プログラミングのデファクトスタンダードとなっている MPI の耐故障機能は必須である。アプリケーションレベル耐故障コーディングの容易化の研究においても下請けの通信ミドルウェアとして利用されることを想定する必要がある。横断的で効率の良い故障復旧を行う為には、アプリケーションとミドルウェアの協調は不可欠であり、ミドルウェアの検討を通じ、情報を得たこと、およびアプリケーションで利用したい耐故障機能を議論にかけ標準仕様としてまとめていることが成果である。MPI Forum Home Page[1]にて、まとめられた成果や検討事項を確認することができる。

4 成果要覧

その他の発表論文

[発表 1] 實本英之, 石川裕. 容易なアドバイス記述法をもつ Fault Resilience プログラム環境構築にむけて. 情報処理学会研究報告 2011-HPC-129, March 2011

[発表 2] Nguyen Toan，Hideyuki Jitsumoto，Naoya Maruyama，Tatsuo Nomura, Satoshi Matsuoka. MPI-CUDA Applications Checkpointing. 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126 (SWoPP2010), August 2010

[発表 3] 滝澤真一朗, 松岡聡, 佐藤仁, 東田学, 友石正彦, 實本英之. e-サイエンス基盤としての計算機センター POP(Point-of-Presence) 連携, In 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126 (SWoPP2010), August 2010

[1] http://www.mpi-forum.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
  - 研究室の PC から国家が提供するスーパーコンピュータに至る広範な計算機環境で、自動的に性能チューニングができるソフトウェア（ソフトウェア自動チューニング）の理論、方式、言語、およびライブラリに関する総合的研究。
- 超並列高性能数値計算ライブラリ研究開発
  - 対称密行列用の超並列固有値ソルバの研究。
  - アルゴリズムと実装方式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開発（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）
- スーパーコンピュータによる社会貢献業務
  - 文部科学省　研究開発施設共用等促進費補助金（先端研究施設共用促進事業）「先端的大規模計算利用サービス」
  - 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や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、職人芸的な知識を必要とする。この背景から、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。このことで、ソフトウェアの再利用性を格段に高め、コスト削減を実現することができる。
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。日本発となる、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ための計算機言語、ミドルウエア、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。

2.2 内容

本研究により、数値計算や並列処理を専門としない利用者に対し、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できるようになる。世界に先駆け、数値計算ライブラリに限定しないATパラダイムやAT技術の提案を行ってきた。

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。2010 年度の主な研究成果は以下である。

1. **疎行列ソルバの実行時AT方式(E-サイエンスプロジェクト)[招待4][発表4]**: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数値アルゴリズムが異なる。数値計算ライブラリのレベルでは、実行時で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。そこで本研究は、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、従来では達成不可能な高速化を実現した。また, 実装方式を演算アクセレータ(GPU)に適用する研究も行っている。
2. **汎用的ATインターフェースおよびATライブラリの開発(E-サイエンスプロジェクト)[招待2, 3][査読付2, 4][発表3, 5, 8, 13]**:いままでのAT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ので、AT機能の再利用性が低い。そこで、汎用的ATインターフェースOpenATLibを設計し、ATに必要な機能の一部を実現した。成果1、成果2の研究は、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。本研究は、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7]**: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、愛媛大学黒田久泰准教授、東京大学須田礼仁教授との共同研究である。
4. **ペタフロップス環境に向けた超並列固有値ソルバの研究開発[招待1, 4][査読付1,3]**:ペタフロップス環境は10万コア以上を有する超並列環境である。このような超並列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、AT機能を総合的に研究する。
5. **学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 (2010年4月に発足、以降「拠点」とよぶ) の共同研究**:実用アプリケーションにおける並列化、演算高性能化、数値アルゴリズム改良、自動チューニングの適用の研究である。本研究は、7大学スパコンセンターおよび東工大による拠点の共同研究で行われている。片桐は東大・基盤センター側の研究者として参加し、関連する共同研究は8件に上る。単に事務的・技術提供的な補助ではなく、基盤センターと核融合研究所と共同研究を行った。本研究成果を筆頭著者として論文発表も行っている[査読付5][発表6, 11]。

日本応用数理学会学会誌 「応用数理」(岩波書店)、20巻3号、4号において、「数値計算のための自動チューニング」特集号[特記5]が出版された。日本国内でAT分野の研究の注目度は高い。また、米国応用数理学会(SIAM)の会議で継続して日本の自動チューニング研究を紹介するミニシンポジウム[特記4]を実施している。海外においてもAT研究の情報を発信し続けている。

3 高性能数値計算ライブラリ研究開発

3.1 背景

深い階層のメモリ構造と非均質なメモリアクセスのマルチコア CPU が広く浸透し、PC でもマルチコア CPU の利用は避けられない。複雑化した計算機環境では、コンパイラ最適化のみに依存することはできない。人手によるチューニングがいまだになされているが、性能挙動が複雑になり人手のチューニングさえ困難となってきている。一方、研究室レベルの PC クラスタから国家レベルで提供されるスーパーコンピュータまで、コードを改変することなく透過的に移植でき性能維持ができることは、低いコストのソフトウェア構築に不可避な技術項目となる。本研究では数値計算ライブラリの AT を取り扱うが、以下の 2 点を目的とする。

第 1 に、従来の AT ライブラリは AT 機能を搭載しているが、別の開発者が類似の AT 機能を新規開発する場合、AT 機能のプログラム再利用性がない。そこで本研究では、AT 機能の Application Programming Interface (API)を規格化することで AT ライブラリにおけるコード再利用問題の解決を目的とする AT 用 API ライブラリ OpenATLib を開発した。

第 2 に、従来の AT ライブラリでは実行速度のみ最適化し、利用メモリ量や演算精度に対しての AT 適用が不可能であった。そこで我々は、エンドユーザにより指定される AT 方針である「数値計算ポリシー」の設定機能を新規開発した。この機能説明と効果について一部紹介する。

3.2 内容

（1）OpenATLib：汎用的自動チューニングAPIライブラリ集

OpenATLib は数値計算ライブラリにおける AT 機能を規格化して API 化し、その参照実装を提供することを目的に開発された。現在、疎行列ソルバに特化した AT 機能、および実行時の AT 機能を中心に機能開発を行っている。我々は 2009 年度に開発し公開した OpenATLib β 版に対し、機能高度化を行った OpenATLib2011 版を開発した。この 2011 版の特徴は、以下にまとめられる。

- **2009 年度成果物（β 版）の特徴**
  - （世界初）疎行列-ベクトル積ルーチンにおける Segmented Scan 法におけるスカラー計算機向き実装の提案（Branchless Segmented Scan 法、以降、BSS 法）
  - （業界初）数値計算ポリシー実装と、そのインターフェース制式
    - ✧ 実行速度、メモリ量、演算精度、の観点から自動チューニングが可能
  - 直交化ルーチンの自動チューニング機能の提供
- **2010 年度成果物の特徴（2011版）**
  - スレッドセーフ実装の新規開発（コードの全面書き直し）
  - 数値計算アルゴリズムの新規開発（コードのスクラッチからの開発）
    - ✧ BiCG-STAB 法（連立一次方程式の解法）
      - ●（新規性）伊藤の前処理実装法を実装
    - ✧ Arnoldi 法（固有値問題の解法）
      - ●（新規性）複素ベクトルのリスタート時の実数ベクトルの利用を実装
  - BSS 法のスキャンベクトル長の動的変更機能（自動チューニング方式）
  - 自動チューニングを行わないオプションの導入
  - 内部関数充実
  - 実行時間、反復回数等の取得インターフェースの提供

OpenATLib の最大の特徴は、いくつかの疎行列反復解法中に現れ収束性と実行速度に大きく影響するアルゴリズム・パラメタである＜リスタート周期＞を、残差履歴を実行時にモニタすることでリスタート周期の増減を実行時に決定する API である OpenATI_DAFRT の提供である。OpenATI_DAFRT の判断基準は、MM比という独自基準を用いて実行時に特定の数値をモニタする。

（2）演算ポリシーと演算精度ポリシー指定

OpenATLib2011 版では、エンドユーザからの AT 方針の指定機能である数値計算ポリシー機能が提供されている。この数値計算ポリシー機能は、メタ・インターフェース API の 2 種に対して作用する。提供機能として、演算速度、メモリ量、演算精度の 3 種が指定可能であり、AT 戦略が異なる。

ここでは、エンドユーザにより演算精度最適化が指定された場合の処理（演算精度ポリシーの AT 戦略）について解説する。演算精度ポリシーの AT 戦略は、以下にまとめられる。

I. ソルバ内で利用される収束判定値 EPS は、ユーザが与えた要求精度（RAP）について最初の呼び出しについて同一（EPS=RAP）とする。
II. ソルバ内で収束後、真の残差（RRV）を計算する。ここで真の残差とは、解ベクトルを x、行列を A とすると連立一次方程式の場合は |Ax−b|/|b|、固有値問題の場合はλを固有値とすると |Ax−λx|/|λ|の最大値（複数固有値・固有ベクトルを求める場合）である。
III. もし、RAP ＜ RRV である場合、EPS = EPS / 10 として再度ソルバを呼び出す（これを、精度反復改良ループとよぶ）

なおソルバ中に用いられる Gram−Schmidt 直交化方式は、直交精度が高い DGKS 法を精度反復改良ループで強制的に採用する。以上の I〜III の AT 戦略は、実行時間が増加する可能性がある。ただしエンドユーザからの要求誤差を（収束する行列であれば）必ず満たす戦略であり、演算精度要求にかなうものである。一般に、RAP ＜ RRV になることを「偽収束」と呼ぶが、本 AT 戦略により（ソルバが正しく収束する問題である限り）偽収束は生じない。いままで手動におこなっていた EPS の調整作業が自動化される点に大きなメリットがある。

2011 版では、上記のポリシーが固有値ソルバである Arnoldi 法ルーチンにも適用可能となった。

3.3 具体的成果

（1）Xabclib と OpenATLib

演算精度ポリシーが実装された OpenATLib2011 版を利用し、疎行列に対する対称標準固有値問題の解法であるリスタート付き Lanczos 法、非対称標準固有値問題の解法であるリスタート付き Arnoldi 法、および、連立一次方程式の解法である GMRES(m)法、BiCG−Stab 法を実装して数値計算ライブラリ化した。本ライブラリを Xabclib と呼ぶ。OpenATLib2011 版を用いた Xabclib は、Xabclib2011 版となる。

（2）2011 版の評価詳細

OpenATLib2011 版を利用して構築された Xabclib2011 版の性能評価をする。最大実行時間制限を 1000 秒とした。なお、ユーザにより与えられた要求精度は 1.0E−8 である。連立一次方程式の前処理は ILU(0)を指定している.

（3）性能評価環境

テスト行列として、フロリダ大学疎行列コレクション（以降、フロリダ行列）から、21 種（対称行列）および 22 種（非対称行列）を選んだ。

評価対象の計算機は東京大学情報基盤センターが所有する T2K オープンスパコン（東大版）の 1 ノード（16 コア）である。計算ノードは、4 ソケットの Quad−Core AMD Opteron Processor 8356（2.3GHz）で構成され、ノードあたりのメモリ量は 32GB である。OpenATLib は OpenMP を利用して並列化されている。コンパイラは Intel Fortran Compiler Professional Version 11.0 であり、コンパイラオプションは −O3 −m64 −openmp −mcmodel=medium である。

（4）BSS 法の効果

Xabclib プロジェクトで独自に開発された疎行列 - ベクトル積の実装方式 BSS 法は、一行当たりの非零要素数が極端に偏った行列を、高スレッド実行するときに効果を奏する。そこで、フロリダ行列から IBM/EDA Trans4 行列を選び性能評価を行った。なお、BSS 法は、セグメント・ベクトル長（JL）に依存して性能が変化する。そこで、JL=8、16、32、64、128、

256 を取って性能を評価した。結果を図 1 に示す。

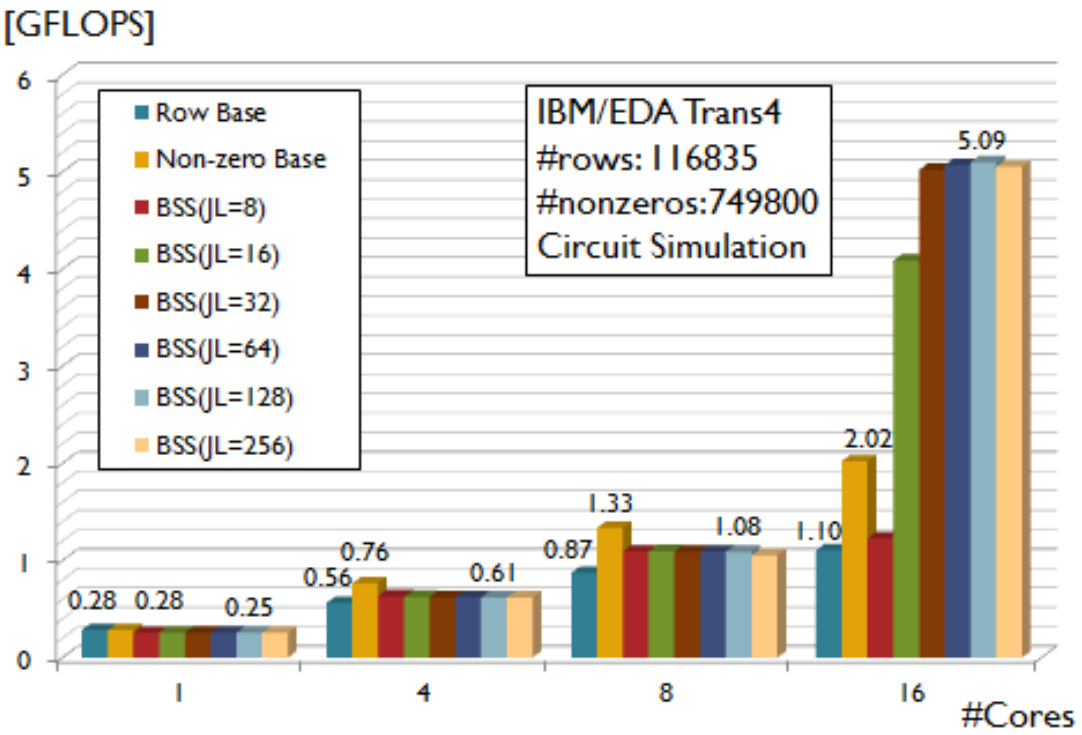


図 1　BSS 法の効果

図 1 からコア数、すなわち、スレッド数が増えるにつれて、従来法である Row Base 法よりも BSS 法が高性能になっていく。特に 16 スレッド実行時においては、従来法が 1.10GFLOPS の性能に対し、BSS 法（JL=128）では 5.09GFLOPS も達成している。これは、従来法に対し約 4.6 倍もの速度向上となる。BSS 法が、特定の行列であるが高性能を発揮できることが示された実例である。

（5）リスタート周期の調整効果

OpenATLib の AT において最大の特徴であるリスタート周期調整の効果を評価する。図 2 に、固有値ソルバ（OpenATLib の OpenATI_EIGENSOLVE を利用した場合で、アルゴリズムに Arnoldi 法を選択した場合）における評価結果を載せる。計算する固有値・固有ベクトル数は、絶対値の大きいほうから 10 個である。

図 2 から、行列 airfoil_2d では、リスタート周期を 20 や 30 で固定した場合は収束しない。しかし、自動チューニングをすることで収束するようになる。また同行列では、リスタート周期を 40 や 50 と固定した実行より、自動チューニングによる実行が速いことがわかる。一方で、chem_master1 のような行列は、自動チューニングをすると数倍遅くなる。同行列は、リスタート周期が 10 で収束し、かつ、この時が最も高速である。つまり、解くのに簡単な問題の行列といえる。

以上から、リスタート周期が 50 以上必要となる＜収束の悪い＞行列において、OpenATLib が提供する自動チューニングの効果があるといえる。このことは、従来ライブラリに対し、OpenATLib を利用することでパラメタ設定が容易になることを意味している。したがって、OpenATLib の有効性が示された一例である。

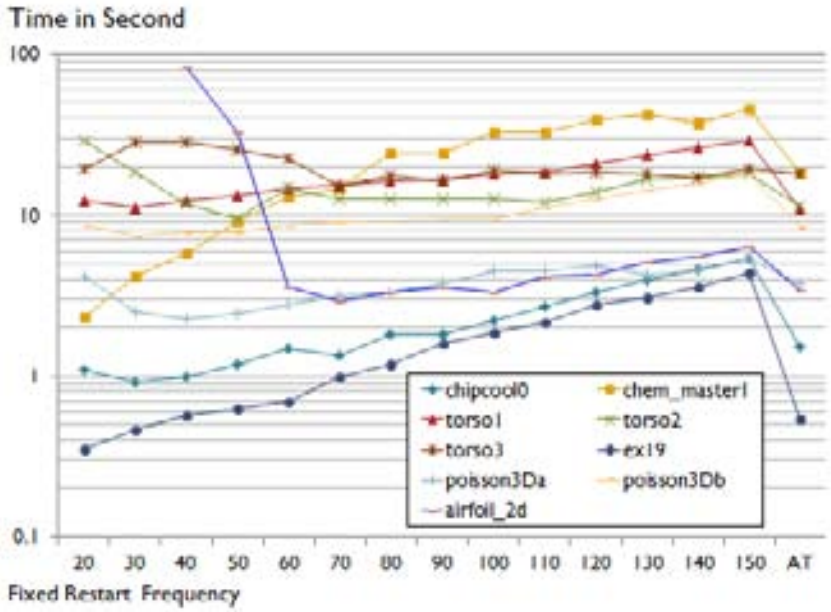


図 2　リスタート周期の自動調整効果（OpenATI_EIGENSOLVE（Arnoldi 法））

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コマ行っている。また、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」を開講している。本講義は、「学際計算科学・工学人材育成プログラム」の一環で開講されている。

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）を受講生に利用させた計算機演習を行う。スーパーコンピュータの利用方法の講習を含む。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。

4.2　内容（HPC 教育業務全般）

- **スーパーコンピュータ若手利用者推薦**（2007 年 10 月から実施）
  - **概要:** 概ね 45 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（以降、若手推薦）による課題公募である。スーパーコンピューティング研究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**(2008 年 3 月から実施)
  - **趣旨:**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、並列プログラミング講習会(MPI および OpenMP を用いるもの)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)、および企業所属の方も対象にする。
- **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:**センターに設置されたスーパーコンピュータに関係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創出するために必要である。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必要である。この趣旨から、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。

4.3 具体的成果

- 東京大学における HPC 教育(2010 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 45 名、単位取得者数 21 名を達成した。
  - 教養学部の全学ゼミにおいては、登録 8 名、合格 2 名であった。
- スーパーコンピュータ若手利用者推薦(試行)(2010 年度、前期・後期)[特記 1]
  - 本学、電気通信大学、から合計 4 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(2010 年度は 4 回実施[特記 3])
  - 他大学、研究機関、企業を含む、合計 71 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(ASE 研究会)(2010 年度は 3 回実施[特記 2])
  - 招待講演として、以下の講師を招へいした。
    - ✧ Kaushik Datta 博士 (米国カリフォルニア大学バークレー校 (現、Reservoir Labs, Inc.)) 、Feng-Nan Hwang 博士 (台湾国立中央大学) 、Tony Drummond 博士 (米国ローレンスバークレー国立研究所)
    - ✧ 荻田武史　准教授 (東京女子大学) 、下川辺隆史　氏 (東京工業大学)
    - ✧ Osni Marques 博士 (米国ローレンスバークレー国立研究所)
  - 参加者合計は 58 名に達した。高性能計算分野において活発な最新情報の交換、および、研究者間の交流に貢献した。

5 スーパーコンピュータによる社会貢献業務

5.1 背景

本業務は、文部科学省　研究開発施設共用等促進費補助金(先端研究施設共用促進事業)「先端的大規模計算利用サービス」(以降、大規模利用サービス)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である。

5.2 内容

大規模利用サービスは、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を目的にしている。

東京大学情報基盤センター業務は、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

- (大規模利用サービス)2010 年度、課題申込書・募集・成果報告に関する業務補助
- (大規模利用サービス)2010 年度の課題選定業務
- 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:固有値問題に関して, 第一原理勉強会, 東京大学理学部 1 号館中央棟 2 階物理 206 号室, 2010 年 4 月.

[招待 2] Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Satoshi Ohshima, Mitsuyoshi Igai, Hisayasu Kuroda, Kengo Nakajima, Ken Naono, Ken Naono and Shoji Itoh:Numerical Policy Function on Auto-tuned Sparse Iterative Solver Xabclib, 2010 SIAM Annual Meeting, The David Lawrence Convention Center, Pittsburgh, PA, MS105, Architecture-Aware Algorithms-Part I of II (Organizer: Xiaoye S. Li (Lawrence Berkeley National Laboratory), July 2010.

[招待 3]片桐孝洋:疎行列反復解法ライブラリにおける自動チューニング機能の開発, 京都大学数理解析研究所, 研究集会, 科学技術計算アルゴリズムの数理的基盤と展開(代表者:大石進一(早稲田大学)), 若手セッション, 京都大学数理解析研究所講究録, 2010 年 10 月.

[招待 4]片桐孝洋:密行対称固有値ソルバ ABCLib_DRSSED における超並列向きデータ分散法～枢軸ベクトル重複所有と実行速度のトレードオフ～, 第 3 回 大規模計算ワークショップ～マルチプラットフォームの大規模数値シミュレーションを支援するフレームワークの構築～, 2010 年 10 月.

[招待 5]片桐孝洋:自動チューニング記述言語の進展, 第 2 回自動チューニング技術の現状と応用に関するシンポジウム, 東京大学経済学研究科学術交流棟(小島ホール)2 階コンファレンスルーム, 2010 年 11 月.

著書／編集

[著書 1] 金田康正 編著, 片桐孝洋, 黒田久泰, 山本有作, 五百木伸洋:並列処理シリーズ 9, 並列数値処理 －高速化と性能向上のために－, 272 頁, ISBN:978-4-339-02589-7, 2010 年 4 月.

[著書 2] Takahiro Katagiri, ABCLibScript: A Computer Language for Automatic Performance Tuning, Naono, K.; Teranishi, K.; Cavazos, J.; Suda, R. (Eds.):Software Automatic Tuning, Springer, pp.295-314, Sep. 2010.

査読付論文リスト

[査読付 1] 片桐孝洋:ペタフロップス環境における小規模行列用対称密行列固有値ソルバに向けて －逆変換の改良－, 情報処理学会論文誌:ACS, Vol.3, No.2, pp. 1-8, 2010 年 6 月.

[査読付 2]櫻井隆雄, 直野健, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰:OpenATLib: 数値計算ライブラリ向け自動チューニングインターフェース, 情報処理学会論文誌:ACS, Vol.3, No.2, pp.39-47, 2010 年 6 月.

[査読付 3] Takahiro Katagiri and Shoji Itoh: A Massively Parallel Dense Symmetric Eigensolver with Communication Splitting Multicasting Algorithm, 9th International Meeting on High Performance Computing for Computational Science (VECPAR'2010), After Proceedings of VECPAR'2010, High Performance Computing for Computational Science –VECPAR 2010, Lecture Notes in Computer Science, Vol.6449/2011, pp.139–150, DOI: 10.1007/978–3–642–19328–6_15, 2011.

[査読付 4] 櫻井隆雄, 直野健, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰, 猪貝光祥: 数値計算ポリシーインターフェース付行列計算ライブラリの開発と評価, 2011 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学論文集 HPCS2011, 2011 年 1 月.

[査読付 5]片桐孝洋, 佐藤雅彦:疎行列–ベクトル積におけるブロック化 BSS 法と高スレッド並列環境での性能評価, 2011 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学論文集 HPCS2011, 2011 年 1 月.

その他の発表論文リスト

[発表 1] Takahiro Katagiri and Shoji Itoh:A Massively Parallel Dense Symmetric Eigensolver with Communication Splitting Multicasting Algorithm, 9th International Meeting on High Performance Computing for Computational Science (VECPAR'2010), Proceedings of VECPAR'2010, 13 pages, Berkeley, California, USA, June 2010.

[発表 2] Takahiro Katagiri: Challenges of Run–time Auto–tuning for Sparse Iterative Solvers, Fifth International Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT2010), Proceedings of VECPAR'2010, 2pages., Berkeley, California, USA, A Position Paper, June 2010.

[発表 3] 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾: Xabclib:汎用的自動チューニング API「OpenATLib」を用いた数値計算ライブラリにおける数値計算ポリシー機能の性能評価, 第 15 回日本計算工学会講演会, オーガナイズドセッション「ペタスケール計算機時代の数値計算ライブラリと自動チューニング技術」, 九州大学医学部百年講堂, 計算工学会講演論文集, 2010 年 5 月.

[発表 4]櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥:自動チューニングインターフェース OpenATLib における疎行列ベクトル積アルゴリズム, 情報処理学会研究報告 2010－HPC－125, No.2, 2010 年 6 月.

[発表 5]櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥:行列計算ライブラリ向け数値計算ポリシーインターフェースの提案, 2010 年並列／分散／協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ(SWoPP2010), 金沢市文化ホール, 情報処理学会研究報告 2010－HPC－126, 2010 年 8 月.

[発表 6]片桐孝洋, 佐藤雅彦:高並列スレッド環境での改良 Segmented Scan 法による疎行列–ベクトル積の性能評価, 2010 年並列／分散／協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ(SWoPP2010), 金沢市文化ホール, 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(MEPA)研究会, 2010 年 8 月.

[発表 7]黒田久泰, 片桐孝洋, 須田礼仁:消費電力を抑えた基本演算ライブラリの実装と評価, 2010 年並列／分散／協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ(SWoPP2010), 金沢市文化ホール, 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(MEPA)研究会, 2010 年 8 月.

[発表 8]黒田久泰, 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 中島研吾:疎行列反復解法ライブラリ Xabclib におけるユーザーポリシー機能の実装と評価, 日本応用数理学会 2010 年年会, 正会員主催オーガナイズドセッション: 数値計算における自動チューニングの最新動向ーマルチコア, GPU, ヘテロジニアス環境へ向けてー, 年会予稿集, pp.305-306, 2010 年 9 月.

[発表 9]片桐孝洋:T2K と ES2 による密行列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.12, No.5, pp. 25-33 , 2010 年 9 月.

[発表 10]Takao Sakurai, Ken Naono, Takahiro Katagiri, Hisayasu Kuroda, and Kengo Nakajima: OpenATLib: A Generalized Auto-tuning Facility and Xabclib: Adaptation to Numerical Algorithm Selection on an Iterative Method, Workshop on Advanced Auto-tuning on Numerical Software (AANS2010), 4F Tele-lecture room, Information Technology Center, The University of Tokyo, 2nd April, 2010.

[発表 11]片桐孝洋: 自動チューニング機能付き数値計算ライブラリ Xabclib の HITACHI SR16000/VL1 での性能評価 ～疎行列-ベクトル積を中心に～, 第4回シミュレーション科学シンポジウム, 自然科学研究機構 核融合科学研究所 主催, 2010 年 9 月.

[発表 12] Takahiro Katagiri: Development of C Language Version of ABCLibScript - The Impact To Auto-tuning Software, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), MS44, Advanced Performance Auto-tuning for Computer Systems and Numerical Libraries - Part I of II, Mar. 2011.

[発表 13] Takao Sakurai, Ken Naono, Takahiro Katagiri, Hisayasu Kuroda, Kengo Nakajima, Satoshi Ohshima, and Shoji Itoh, Mitsuyoshi Igai: Development of Xabclib: A Sparse Iterative Solver with Numerical Computation Policy Interface, SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE11), MS55, Advanced Performance Auto-tuning for Computer Systems and Numerical Libraries - Part II of II, Mar. 2011.

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 2010 年度(前期)3 件(新規 2 件, 継続 1 件), 2010 年度(後期)1 件(新規 0 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: 第 7 回 ASE 研究会(2010 年 4 月 2 日(金))、第 8 回 ASE 研究会 (2010 年 12 月 6 日(月))、第 9 回 ASE 研究会(2011 年 2 月 17 日(木))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:2010 年 5 月 13 日～14 日、2010 年 7 月 29 日～30 日、2010 年 9 月 2 日～3 日、2010 年 9 月 27 日～28 日 の 4 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 (CSE11), MS55, Advanced Performance Auto-tuning for Computer Systems and Numerical Libraries, Reno, Nevada, USA, Mar. 2011.

[特記 5] (特集記事)日本応用数理学会 学会誌 「応用数理」(岩波書店), 特集:数値計算のための自動チューニング, 片桐孝洋 「編集にあたって」, 20 巻 3 号, pp.2-4 , 2010 年 9 月. 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾:Xabclib:汎用的自動チューニングインターフェース OpenATLib を利用した反復解法ライブラリの開発, 20 巻 4 号, pp.25-37, 2010 年 12 月.

先端的大規模計算利用サービス

吉廣 保

1 概要

先端的大規模計算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、本年度も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な整備を行った。

2 文部科学省 研究開発施設共用等促進費補助金(先端研究施設共用促進事業) 先端的大規模計算利用サービス

2.1 背景

独立行政法人・大学等の研究機関等の保有する先端的な研究開発に係る施設及び設備(以下「先端研究施設」)の中には、広範な分野や多様な研究等に活用されることにより、様々な研究等に大きな成果をもたらす可能性のあるものが多数あるが、利用者支援等の共用のための体制が整備されていないことから十分に活用されていない。「研究開発施設共用等促進費補助金(先端研究施設共用促進事業) 」は、それらの先端研究施設の共用を促進し、基礎研究からイノベーション創出に至るまでの科学技術活動全般の高度化を図るとともに国の研究開発投資の効率化を図るために2009 年度から文部科学省が開始した事業である。

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、2007 年 7 月より 2009 年 3 月まで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「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」を通じ、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きた。

2009 年度からは、「先端研究施設共用促進事業」の支援を受け「先端的大規模計算利用サービス」として、より幅広い研究課題に対してスーパーコンピュータ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。

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、課題実施企業がスーパーコンピュータの利用に不慣れな場合のサポート等を行う。その他に、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等に取り組む。

2.3 具体的成果

本年度は RSS21 ソフトウェアを利用する課題がなかったため、HA8000 クラスタシステムの一般的な利用サポートを実施した。システムの利用方法から並列化に関する質問まで、様々な問題を主にメールのやり取りで、必要に応じて面談でのサポートを行った。

「施設利用の高度化に関する研究」に関しては、これまで作成してきた GUI を基に、汎用的に使用できるインタフェースの実装についてと、データの暗号化について昨年度の設計、試作を基に本格的な実装に取り組んだ。本事業や、センターで実施している HA8000 クラスタシステムの企業利用支援では、企業側からの要望として、データの安全性が求められることが多い。その解決策の 1 つとして、ユーザが設定する暗号化の方式を使用してデータエンコードを行い、センターのディスク上には常に暗号化されたデータのみが存在し、実際にデータを使う際に復号化を行いつつ計算を行う仕組みについて、いくつかの手法を模索している。

先端研究施設共用促進事業としては、2010 年 2 月 1 日から 3 月 5 日までで 2010 年度第 1 期公募を行い、12 件（継続課題を含む、うち東京大学は 0 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 3 日まで第 2 期公募を行い、8 件（継続課題を含む、うち東京大学は 2 件）の採択課題が 10 月 1 日より計算機利用を開始した。また。2009 年度第 3 期採択課題の継続申請 1 件（大阪大学利用）を第 1.5 期公募として審査し、7 月 1 日より計算機利用を開始した。

システムのディペンダビリティ保証のための ツールとプロセスの構築

松野 裕

1 概要

本研究は、システムのディペンダビリティ保証を補助するためのツールおよびプロセスの研究開発を目的として行っている。JST CREST 「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」研究領域（DEOS プロジェクト) における、「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 (研究代表者: 石川裕情報基盤センター長)」課題において、2010 年度より行っている。以下の活動は、DEOS プロジェクト内のサブチームである、東大、慶大、産総研、富士ゼロックス, JST からの 9 名の研究者よりなる D-Case/Metrics チームという、システムのディペンダビリティの保証・評価に関する研究チームのリーダーとして行ったものである。

システムのディペンダビリティ保証のための手法として近年イギリスなどで注目されている Assurance Case に着目し、Assurance Case の記述支援を行なうためのツールおよびプロセスの開発、およびエレベータなどの組み込みシステムを例にした Assurance Case 記述実験を行っている。また研究開発成果の国際規格標準化を目指して、Object Management Group (OMG), Open Group などの国際規格化団体に参加し、Assurance Case における型の導入やパターンの形式化など、我々独自の提案を行っている。

今年度の研究開発内容は以下である。

- Assurance Case 記述ツール「D-Case Editor」開発。D-Case とは、DEOS プロジェクトで開発されている、型やパターンなどによって拡張された Assurance Case である。D-Case Editor は、DEOS プロジェクトで開発中の OS などとツールチェーンを成すことにより、開発者、運用者などがシステムのディペンダビリティ情報を容易に記述、参照できるよう、補助を行なうことを目的として開発している。

- Assurance Case Process の構築。ディペンダビリティの保証は、システムのライフサイクルを通じて行われる。我々は、システムライフサイクルのどのようなときに、誰が、誰にディペンダビリティの保証を行なうかなどの手順のプロセス化を行っており、OMG, Open Group などで、Assurance Case Process として提案中である。

2 システムのディペンダビリティ保証のためのツールとプロセスの構築

2.1 背景

Assurance Case とは、主にイギリスなど欧米において、Safety critical なシステムを開発運用する際に、認証機関に提出することが義務付けられるほどに普及している、システムの安全性などを議論するための文書一式である。Case とは法廷用語の「根拠」を意味する。システムの安全性 (Safety) を議論する場合は Safety Case、ディペンダビリティなどを議論する場合は、Dependability Case などと呼ばれる。その基本構造は木構造であり、議論すべきゴール（システムの安全性など）をトップに置き、そ

れをサブゴールに分割することにより詳細化する。詳細化されたサブゴールは、最終的に、エビデンスによって保証される。図 1 に基本構造を示す。

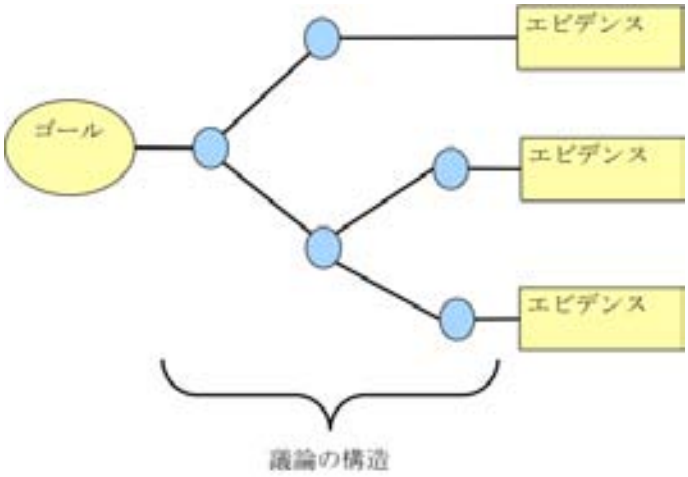


図 1: Assurance Case の基本構造

Assurance Case は、その木構造を明示的に示し議論しやすくするために、グラフィカルな記法でしばしば書かれる。主要な記法は、イギリスの York 大学で開発された Goal Structuring Notation (GSN) と、イギリス Aderald 社で開発された Claim, Argument, Evidence (CAE) である。GSN を用いた簡単な Assurance Case を図 2 に示す。

図２において、議論すべきトップゴールは「C/S Logic では欠陥が生じない」である。もちろん、すべての欠陥が生じないことは保証できないので、ここでは、リスク分析の結果から得られた、２つの欠陥 A, B について議論している。トップゴールにつけられた、丸みがついた長方形のノードは、コンテキストノードと呼ばれ、ゴールを議論する際の環境情報が記述される。ゴールの下につく、平行四辺形のノードは、ストラテジと呼ばれ、そのゴールを分割する際の理由が記述される。ここでは、欠陥 A, B を分けて議論することが記述されている。ストラテジの下のゴールは、欠陥 A, B についてであり、欠陥 A は、FTA 解析の結果によるエビデンス（楕円形のノード）によって、保証されている。一方、欠陥 B に関するゴールに与えられた菱形のノードは、欠陥 B に対してエビデンスが現時点では与えられていないことを示している。

Assurance Case が普及した背景には、1988 年におきた、死者 167 名を出した北海油田事故など近年イギリスで発生した深刻な障害がある。単にシステムの開発や運用を手順通りにするだけでなく、その開発や運用で、なぜシステムが安全になるのか、エビデンスをもとに議論する必要性がイギリスで広く認識された。以後原子力発電所など、Safety Critical なシステムの開発運用においては、Safety Case の記述が義務付けられるようになった。Safety Case に関しては、特にイギリス York 大学の Tim Kelly らのグループによる研究が有名であり、GSN を用いて、どのようにより安全性を確かにできるような Safety Case を記述できるのか、リスク分析手法などとの組み合わせ、複雑なシステムにおける記述の検討などにより、活発に行われている。Assurance Case ツールの数は現在それほど多くはない。Aderald 社で開発されている ASCE ツールが最も広く使われている。Assurance Case の重要性が高まるにつれて、いくつかの Assurance Case ツールが開発されている。

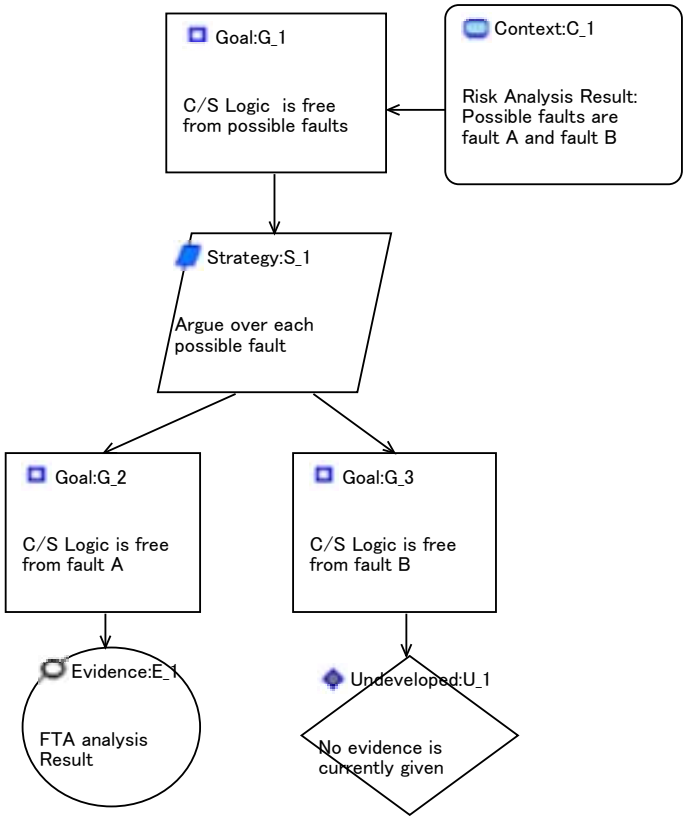


図 2: GSN で書かれた Assurance Case の例

2.2 内容

2.2.1 ディペンダビリティ保証ツール研究開発

図 3 に、開発中の D-Case Editor のスナップショットを示す。D-Case Editor は、Eclipse GMF 上で開発されている。利用者は、GSN のノードを選択し、キャンパスに貼り、リンクをすることにより記述を行なう。

Tim Kelly ら York 大学の研究者らは、Assurance Case 記述の困難さを低減し、優れた Assurance Case の再利用のために、GSN パターンを提案している。GSN パターンは実際の Safety Critical システムの Assurance Case 記述に用いられている。

通常の描画機能に加え、既存のツールにないパターンライブラリを実装した [査読付 3]。これにより優れた Assurance Case の再利用を、ツール上を用いて容易に実現できるようになる。これまでは、GSN パターンは、論文などの文献においてのみ公開されていた。

我々はさらに、プログラミング言語の技術を応用して、パターンの利用における変数に対して型を世界で、Assurance Case において初めて導入し、その簡単な型チェックシステムを提案した [査読付 2]。

図 4 は、簡単な GSN パターンである。X, Y, Z はパラメータである。システム X は Safety Integrity Level (SIL) Y をみたすことをトップゴールに、議論しており、それをシステム X の各機能ごとに議論している（ここではある機能 Z のみ記述している)。機能 Z が SIL レベル Y を満たしていることのエビデンスがリーフノードとして置かれている。本論文では、GSN パターンに出てくるパラメータに型と、そのパラメータ適用範囲（スコープ）を形式的に定義した。この例では、X, Y, Z はそれぞれシステム型、1 から 4 までのいずれかの値をとりうる enum 型、さらに機能型というオブジェクト型が与えられている。各パラメータが正しい型を持っていて、そのスコープの範囲内で用いられていることをチェックする型チェックシステムを定義した。さらに、そのプロトタイプ実装を D-Case Editor

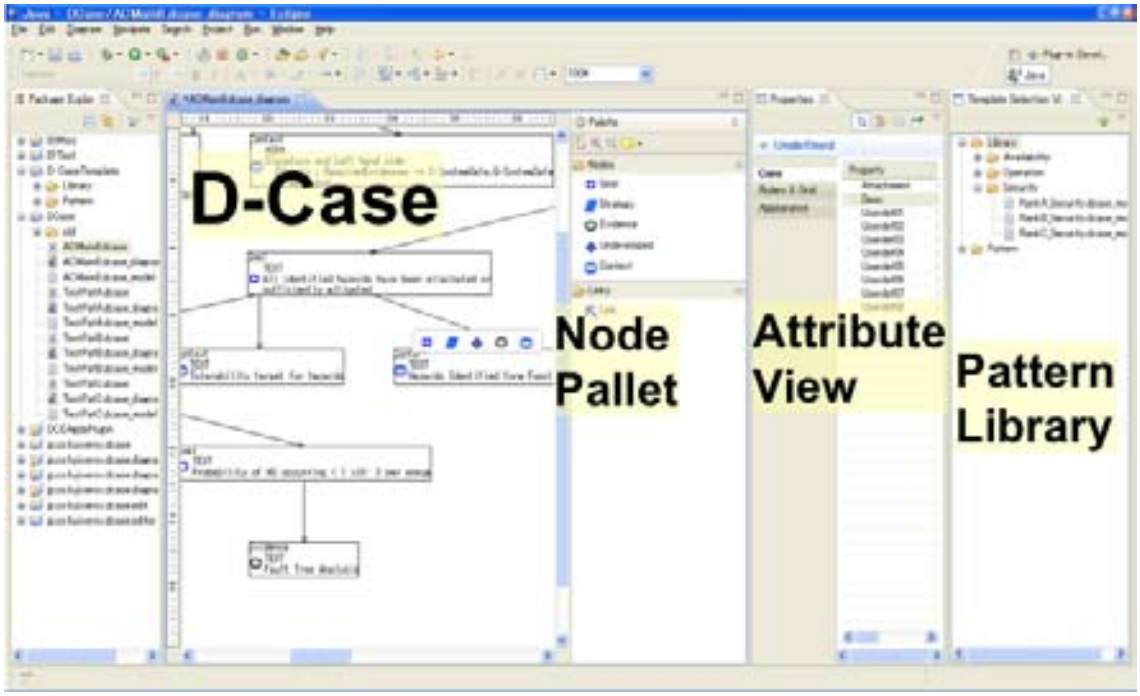


図 3: D-Case Editor のスナップショット

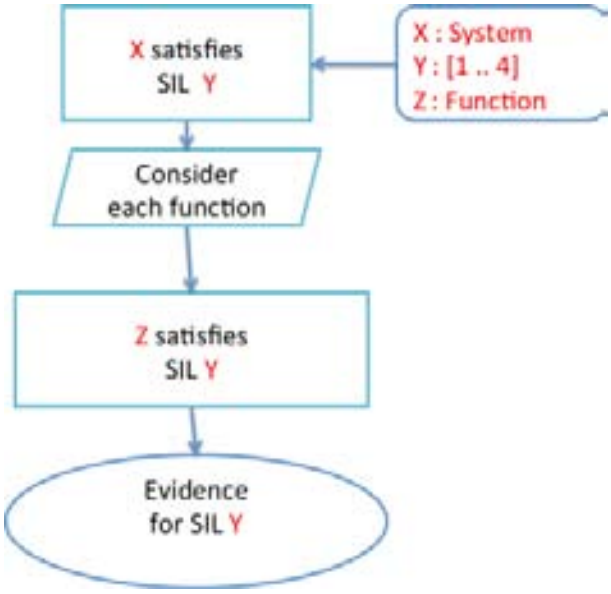


図 4: GSN パターンの例

で行った。我々が知る限り、世界で初めてである。従来の GSN パターンでは、型という概念は存在しておらず、パラメータのスコープもインフォーマルに定義されているのみであった。　本研究の実用性の提示はこれからであるが、プログラミング言語の基礎的な概念がシステムの安全性、ディペンダビリティ研究に貢献できうることを示したと考える。これは、安全性、ディペンダビリティの議論や保証などが、いまだ膨大な自然言語によるドキュメントによりなされていることを示している。

2.2.2　ディペンダビリティ保証プロセス研究開発

システムのライフサイクルにおいて、いつ、誰が、誰に、システムのどのようなディペンダビリティに対して保証、議論を行なうかについての手順を、Assurance Case Process として開発中である。共同研究を行っている企業におけるエレベータ開発の知見をもとにした Assurance Case 記述実験、ET2010 におけるデモシステムを例にした記述実験を通して、検討を行っている。2010 年度はその必要性を認識し、OMG、Open Group などでその規格化の提案を行った。

2.3　具体的成果

研究成果として、First Author として IEEE 国際会議に Regular, Short, Fast Abstract それぞれ 1 本づつ採択された [査読付 2, 査読付 3, 査読付 4]。また Second Author として国際ワークショップに、Short Paper が 1 本 [査読付 1] 採択された。

開発成果として、D-Case Editor のプロトタイプを DEOS プロジェクト内でリリースした。今後、オープンソースとして公開し、広くディペンダビリティ分野における普及を目指す。また、DEOS プロジェクトで開発中のアーキテクチャとの連携のための仕組みを発明し、特許出願を行った [特許 1]。この仕組みを、ET2010 においてデモ、講演を行った [特記 1]。

国際規格標準化に関して、OMG、Open Group において、D-Case Editor、プロセスに関する発表を行い、広く認知を得、OMG System Assurance 部門の Co-chair に、D-Case/Metrics チームの田口研治氏が選出される予定である。また、Open Group において、Assurance Case Process の必要性が認識され、Open Group で継続して議論することが合意された。また、我々の OMG における標準化活動を、日本ロボット学会誌において紹介する予定である [招待 1]。

2010 年度は、学会発表、研究交流などで積極的に国内・海外出張を行い、ディペンダビリティに関する先進的な研究者、機関（CNRS LAAS, York 大学、City University London、Aderald、名古屋大学、OMG, Open Group など）との交流を得た。日本において、ディペンダビリティはますます重要性を増すと考える。研究、国際標準化活動を通して、日本のディペンダビリティ研究開発に貢献していきたい。

3　成果要覧

招待講演／招待論文

[招待 1] 中坊嘉宏, 松野裕: ロボットの安全と System Assurance, 日本ロボット学会誌特集号 ロボット技術の国際標準, 2 頁, 掲載予定, 2011 年 5 月.

査読付論文

[査読付 1] Jin Nakazawa, Yutaka Matsuno, Hideyuki Tokuda: Evaluating Degree of Systems' Dependability with Semi-Structured Assurance Case, Proc. European Workshop on Dependable Computing (EWDC 2011), 2 pages, to appear, May 2011 (Short Paper).

[査読付 2] Yutaka Matsuno, Kenji Taguchi: Parameterised Argument Structure for GSN Patterns, Proc. IEEE 11th International Conference on Quality Software (QSIC 2011), 6 pages, to appear, July 2011 (Short Paper).

[査読付 3] Yutaka Matsuno, Hiroki Takamura, Yutaka Ishikawa: A Dependability Case Editor with Pattern Library, Proc. IEEE 12th International Symposium on High-Assurance Systems Engineering (HASE), pp. 170-171, Nov. 2010 (Fast Abstract).

[査読付 4] Yutaka Matsuno, Jin Nakazawa, Makoto Takeyama, Midori Sugaya, Yutaka Ishikawa: Toward a Language for Communication among Stakeholders, Proc. 16th IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC'10), pp. 93-100, Dec. 2010.

その他の発表論文

[発表 1] Yutaka Matsuno, Jin Nakazawa, Makoto Takeyama, Toshinori Takai, Takeo Matsuzaki, Kenji Taguchi, Atsushi Ito, Hajime Ueno, Dependability Case for Open Systems Lifecycle, Presented in Real-time and Embedded Systems Forum, The Open Group Conference, San Diego, California, USA, Feb. 2011.

[発表 2] Yutaka Matsuno, Jin Nakazawa, Makoto Takeyama, Toshinori Takai, Takeo Matsuzaki, Kenji Taguchi, Atsushi Ito, Hajime Ueno, Dependability Case for Open Systems Lifecycle, Presented in System Assurance Task Force, OMG Technical Meeting, Santa-Clara, California, USA, Dec. 2010.

[発表 3] 松野裕: ディペンダビリティ維持システムの試作, 第 11 回計測自動制御学会システムインテグ レーション部門講演会講演集, 東北大学川内キャンパス, 2010 年 12 月.

[発表 4] 松野裕: 組み込みシステムのディペンダビリティ評価, 日本応用数理学会 2010 年度年会講演予稿集, pp. 237-238, 明治大学駿河台キャンパス, 2010 年 9 月.

[発表 5] Yutaka Matsuno, Kenji Taguchi, Hiroki Takamura: Standardization of GSN Patterns in OMG sysA PTF, Presented in System Assurance Task Force, OMG Technical Meeting, Cambridge, Massachusetts, USA, Sep. 2010.

[発表 6] 高井利憲, 伊東敦, 武山誠, 上野肇, 高村博紀, 松野 裕: D-Case を用いた保証プロセスについて, 第 8 回ディペンダブルシステムワークショップ (DSW2010) 論文集, 日本ソフトウェア科学会, 9 頁, 函館大沼プリンスホテル, 2010 年 7 月.

[発表 7] Toshinori Takai, Atsushi Ito, Makoto Takeyama, Hajime Ueno, Kenji Taguchi, Hiroki Takamura, Jin Nakazawa, Yutaka Matsuno: A White Paper on Assurance Case Process Metamodel, Presented in System Assurance Task Force, OMG Technical Meeting, Minneapolis, Minnesota, USA, June 2010.

[発表 8] 松野裕: D-Case: ステークホルダとシステムをつなぐドキュメント, Bulletin JASA, Vol. 34, 社団法人組込みシステム技術協会, 2010 年 6 月.

特許申請／取得

[特許 1] 松野裕, 横手靖彦: ディペンダビリティ維持装置、ディペンダビリティ維持装置の制御方法、障害対応システム、制御プログラムおよびそれを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体, 特願 2010-267461, 出願済, 2010 年 11 月 30 日.

特記事項

[特記 1] 松野裕: 説明責任を支援する技術 (1) オープンシステムディペンダビリティが世界を変える: ディペンダビリティと説明責任スペシャルセッション, ET2010, パシフィコ横浜, 2010 年 12 月.

気液混相流の大規模分子動力学シミュレーション

稲岡　創

1　概要

沸騰現象を伴う気液混相流は、熱機関やエネルギー輸送など、我々の生活にとって工学的に重要な応用がなされている現象である。しかし、沸騰は液相から気相への相転移を伴う非平衡現象であり、また、液相が破砕して液滴を形成する現象は強い非線形性を伴う現象である。このような非平衡非線形現象の理論は未完成であり、沸騰流の振舞について理解し正確に予測することは、現在知られている物理理論では不可能である。

このような状況においては計算機シミュレーションによる研究の進展が望まれるのであるが、これまでに広く行われている方法を用いた沸騰流のシミュレーションには次のような問題がある。即ち、現在広く行われている気液混相流のシミュレーションは、気体や液体を連続体として取り扱い、気相－液相間の質量や熱の移動などに関する方程式とナビエ・ストークス方程式などの流体方程式とを連立させて数値的に解くことで行われている。しかし、気液界面におけるエネルギーや質量の移動の方程式は、局所平衡や線形非平衡を仮定して導出されたものがほとんどであり、沸騰流のような強い非平衡や非線形性を生ずる現象に対してこれらを適用可能であるか否かは不明である。

そこで、筆者らは流体を分子に相当する粒子の集合で構成し、それら全ての粒子の運動を分子動力学法により計算することで複雑な気液混相流を再現する研究を行っている。この研究により、沸騰流の理解に繋がる気液混相流に関する新たな知見の獲得を目指す。また、沸騰流に限らず、非線形非平衡現象についての一般的な物理学の確立への貢献も視野に入れている。既に前年度までに、大規模分子動力学シミュレーションを行うための並列化コードは完成しており、本年度はこのコードを用いて、主に、爆発的な減圧膨張に伴う気液二相流の研究を行った。

尚、本研究は工学系研究科物理工学専攻の伊藤伸泰准教授が提案し、２００８年にサウジアラビア・アブドラ王立科学技術大学の Global Research Partnership Investigators 賞に選ばれたプロジェクト「アボガドロ数への挑戦－非平衡現象の計算統計物理学－」の一環として行われている。このため、このプロジェクトのために購入された日立製作所製 SR16000/L1 の運用管理、プロジェクトに関係する研究を行っている大学院生に対する指導、プロジェクトに必要な外部計算資源の確保、なども筆者の業務に含まれている。

2　二成分 Lennard-Jones 粒子系の爆発流

2.1　背景

概要で述べたように、沸騰流のような複雑な気液二相流の計算機シミュレーションを連続流体力学に基づいて行った場合、得られる結果の妥当性に疑問が残る。我々の研究のような分子動力学法によるシミュレーションでは、全ての粒子の運動を Newton 力学によって決定するため、恣意的な仮定の入り込む余地がほとんどなく、自然界で起こる現象を忠実に再現することが可能になると期待できる。しかしこの方法には流体運動のシミュレーションのために膨大な数の粒子の運動を計算しなければな

らない、という欠点もある。特に、沸騰流の再現は非常に大きな計算資源を必要とし、現在のスーパーコンピュータでも困難であると考えられる。これは、液体の沸騰が起こる際に生ずる気泡には液体と気体の間の自由エネルギーの差と界面エネルギーから決まる最小の大きさがあり、この大きさを超えるスケールでシミュレーションを行わなければ沸騰流の再現ができないためである。そこで、沸騰流のシミュレーションを行う前段階の課題として、膨張減圧によって気化しやすい流体と液化しやすい流体の混合物を作り、これが膨張減圧する際に生ずる複雑な気液二相流の性質を大規模分子動力学シミュレーションにより研究することとした。

2.2 内容

研究に用いたモデルは系内の流体を Lennard-Jones ポテンシャル

$$\phi(r) = 4\epsilon\left[\left(\frac{\sigma}{r}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r}\right)^{6}\right] + \phi_0 \tag{1}$$

を通じて二体相互作用する粒子の集合で構成する。ここで r は粒子間の距離である。ϵ と σ は定数であり、このモデルでは共に 1 に設定されている。実際のシミュレーションでは、遠く離れた粒子間の相互作用まで計算すると計算量が多くなりすぎるので、適当なカットオフ距離を設定し、この距離以上の相互作用を無視するようにする。式 (1) 中の ϕ_0 はカットオフ距離 r_0 で $\phi(r_0)$ がゼロとなるよう加えられる定数である。筆者らの研究ではカットオフ距離 r_0 として $r_0 = 2.5$ を用いた。系内の粒子は近隣の粒子や系の境界にある壁面からの力を受けながら Newton 力学に従って運動する。即ち、系は Hamiltonian

$$H = \sum_i \frac{1}{2m_i}|\boldsymbol{p}_i|^2 + \sum_{i,j(i<j)} C_i C_j \phi(|\boldsymbol{q}_i - \boldsymbol{q}_j|) + H_W \tag{2}$$

に従って時間発展する。式 (2) で m_i、$\boldsymbol{p}_i$、$\boldsymbol{q}_i$ はそれぞれ i 番目の粒子の質量、運動量、位置を表している。第 1 項の和は系内の全ての粒子についてとられ、第 2 項の和は全ての粒子ペアについてとられる。第 3 項は系内の粒子と系の壁面との相互作用を表す。式中の C_i は、次に述べるように、粒子間の相互作用の強さを表す係数である。

このモデルの特徴は、系内に二種類の粒子があり、それぞれが異なる質量と相互作用の強さをもつところにある。二種類の粒子を Liquid 粒子、Gas 粒子と呼ぶことにする。それぞれの質量と相互作用の強さは

$$\text{Liquid 粒子}\begin{cases} m &= 1.0 \\ C &= 1.0 \end{cases} \qquad \text{Gas 粒子}\begin{cases} m &= 0.1 \\ C &= 0.1 \end{cases} \tag{3}$$

と設定されている。このように設定することで、シミュレーションでの減圧の際、Liquid 粒子は液体、Gas 粒子は超臨界ガスになろうとする性質を示す。

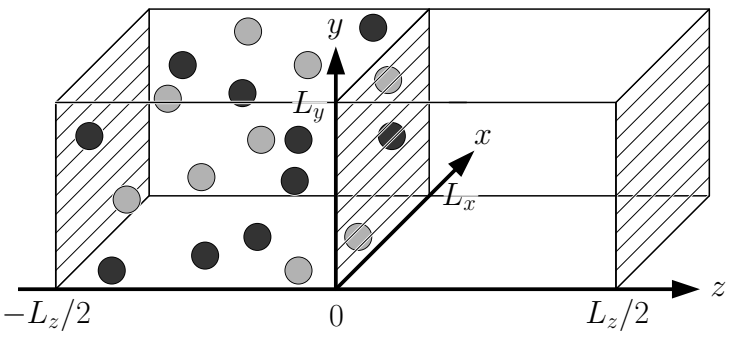


図 1: シミュレーションを行う系の模式図

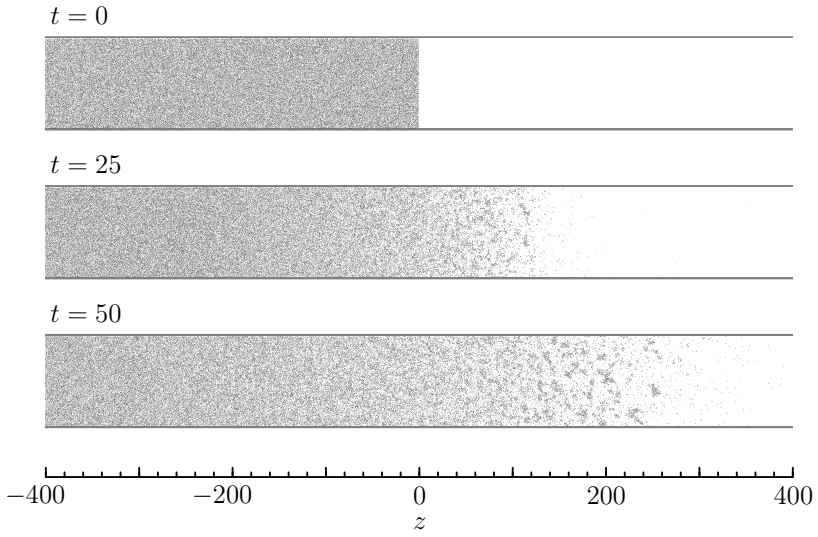


図 2: シミュレーションによる爆発流の例

シミュレーションは図１のような衝撃波管状の系を用いて行われる。この管状の系の両端には、粒子が漏れ出さないようにポテンシャル障壁が設けられている。初期状態では管の中央部にもポテンシャル障壁が設けられており、この障壁一方の側には二種類の粒子の混合物が封入され、他方の側は真空に保たれている。封入した粒子の混合物を Lennard-Jones 粒子の臨界温度より高温に保ち熱平衡状態を実現した後、中央の障壁を取り除く。すると、高圧部の粒子混合物が爆発的に減圧膨張しながら真空部に流れ込む。この爆発流の振舞を解析する。尚、シミュレーションの規模を表す系内の粒子数は、解析する物理的内容によって異なるが、これまでのところ最大１３００万粒子程度となっている。

2.3 具体的成果

このモデルによるシミュレーションの例を図２に示す。シミュレーションは三次元空間で行われているが、図ではその断面を示している。黒点は Liquid 粒子、薄い灰点は Gas 粒子を表している。初期状態で左側の高圧部に閉じ込められていた粒子混合物は、中央の障壁が取り除かれると膨張し、減圧しながら右側の真空部に流れ込む。減圧によって粒子混合物中に気泡が発生し、それが繋がりあって液相を破砕し液滴を作る様子が観察できる。このように、このモデルによって、気泡流や噴霧流のような、気液二相流の代表的な流動様式を再現できる。また、気泡流と噴霧流の間に、混相流物理学の分野ではあまり観察されないネットワーク流が見られることも分かった。ネットワーク流は、物理学の分野ではあまり知られていないが、火山学の分野では、火山噴火の際に生ずることがあると考えられており、よく知られた流動様式である。初期状態での２種類の粒子の粒子密度によってどのような流動様式が生ずるか、については、既に前年度に結果が出ているので、詳しくは [査読付 1] を参照されたい。本年度は主に、爆発流中の局所物理量と流動様式の関係についての解析を行った。

図２のような爆発流について、流れの方向に沿って局所的物理量 Q を計測し、これを位置 z と時間 t の関数 $Q(z,t)$ として表す。これを、粒子数密度、流速、温度、圧力などの代表的な物理量について行うと、これらの物理量 $Q(z,t)$ は、少なくとも短時間では

$$Q(z,t) = F(t/z) \tag{4}$$

のようなスケーリング関係を示すことが明らかになった。ここで $F(\zeta)$ はスケーリング関数である。また、系内では流れの方向に沿って、高圧部から真空部の向きに、気泡流、ネットワーク流、噴霧流が生ずるが、このような流動様式の空間配置もスケーリング関係を示す。局所物理量と流動様式の双方

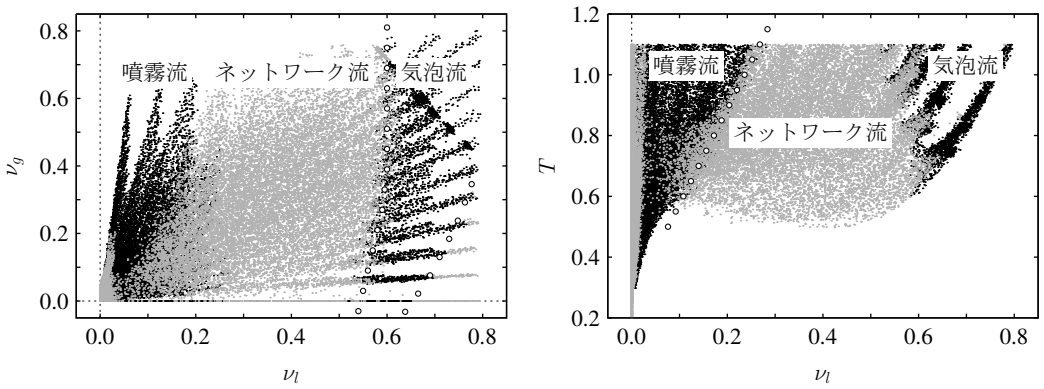


図 3: 爆発流の流動様式図

がスケーリング関係を示すことから、流動様式は局所物理量で決まるのではないか、との推測が成り立つ。物理量のパラメータ空間中に流動様式を描いたものは流動様式図と呼ばれる。従って、上の推測は、このモデルで生ずる爆発流の流動様式図を描くことが可能である、ということを意味している。

この推測の正しさを確かめるため、様々な初期状態から生じた爆発流の局所物理量と流動様式の測定を行い、いくつかの物理量のパラメータ空間に系内で生じた流動様式を図３のように色分けしてプロットした。図３の左図は流動様式を局所 Liquid 粒子数密度 ν_l と局所 Gas 粒子数密度 ν_g の空間にプロットしたものである。図３では、気泡流と噴霧流を黒点で、ネットワーク流を灰色の点で示し、明瞭な流動様式の境界を○の点線で示している。また、複雑な混相流とは見做せない、気泡を含まない流れや、液滴を含まない流れも灰色の点で示している。図３の左図では、図中に示すように、気泡流とネットワーク流の境界は明瞭であるが、ネットワーク流と噴霧流の境界は不明瞭である。図３の右図は、左図と同様に、流動様式を局所 Liquid 粒子数密度 ν_l と局所温度 T の空間にプロットしたものである。この図では、左図とは逆に、気泡流とネットワーク流の境界が不明瞭となるが、ネットワーク流と噴霧流の境界が明瞭に見える。これらの結果から、実際に上記の推測は正しく、流動様式が３つの局所物理量、即ち、Liquid 粒子数密度、Gas 粒子数密度、温度、によって決まることが明らかとなった。結果として、図３は３次元パラメータ空間での流動様式図を ν_l-ν_g 平面と ν_l-T 平面に投影したものとなっているのである。この結果については現在投稿中の論文

Hajime Inaoka, Satoshi Yukawa, and Nobuyasu Ito: Scaling relation and regime map of explosive gas-liquid flow of binary Lennard-Jones particle system, submitted to Physica A, Oct.2010.

で公表する予定である。

3 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] Hajime Inaoka, Satoshi Yukawa, and Nobuyasu Ito: Spray flow-network flow transition of binary Lennard-Jones particle system, Physica A, Vol. 389, pp.2500–2509, Jul.2010.

その他の発表論文

[発表 1] Hajime Inaoka, Satoshi Yukawa, and Nobuyasu Ito: Simulation of spray flow by binary Lennard-Jones particle system, 13th ACP Workshop, The University of Tokyo, Japan, Apr.2010.

[発表 2] 稲岡　創, 湯川　諭, 伊藤　伸泰: ２成分レナードジョーンズ粒子系による爆発流の流動様式, 第１４回ＡＣＰワークショップ, 東京大学, 2010 年 5 月.

[発表 3] Hajime Inaoka, Satoshi Yukawa, and Nobuyasu Ito: Simulation of gas-liquid flow by binary Lennard-Jones particle system, STATPHYS 24: XXIV IUPAP Internal Conference on Statistical Physics, Cairns, Australia, Jul.2010.

[発表 4] 稲岡　創, 湯川　諭, 伊藤　伸泰: ２成分レナードジョーンズ粒子系による爆発流のシミュレーション, 第４回シミュレーション科学シンポジウム, 自然科学研究機構核融合科学研究所, 2010 年 9 月.

[発表 5] 稲岡　創, 湯川　諭, 伊藤　伸泰: ２成分レナードジョーンズ粒子系による爆発流の流動様式, 日本物理学会２０１０年秋季大会, 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス, 2010 年 9 月.

[発表 6] Hajime Inaoka, Satoshi Yukawa, and Nobuyasu Ito: Simulation of explosive gas-liquid flow by binary Lennard-Jones particle system, 17th ACP Workshop, The University of Tokyo, Japan, Oct.2010.

[発表 7] Hajime Inaoka, Satoshi Yukawa, and Nobuyasu Ito: Regime map of explosive gas-liquid flow by binary Lennard-Jones particle system, 19th ACP Workshop, The University of Tokyo, Japan, Jan.2011.

[発表 8] Hajime Inaoka and Nobuyasu Ito: Molecular dynamics simulation of Lennard-Jones shock-tube model, 20th ACP Workshop, The University of Tokyo, Japan, Mar.2011.

[発表 9] 稲岡　創, 湯川　諭, 伊藤　伸泰: レナードジョーンズ粒子系による爆発流のスケーリング関係, 日本物理学会第６６回年次大会, 新潟大学五十嵐キャンパス, 2011 年 3 月.

大規模分散計算環境を有効活用するソフトウェアの研究

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。

- 並列アプリケーションのトレースログの効率的なオンライン圧縮アルゴリズムの評価

  並列アプリケーションで取得される大量のトレースログのサイズをサンプリングにより効率的に削減する方法について調査した [発表 1]。また、クラスタ上で低負荷にモニタリング情報を収集する方法について調査 [査読付 1] し、これを実装したリアルタイムモニタリングシステムについての発表を行った [発表 2, 発表 3]。

- スパコン運用支援

  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 SR11000、HA8000 クラスタシステムの各種運用支援を行った。さらに、スパコン利用促進のため、スパコン講習会 [特記 2] での講義の実施、プログラミングコンテスト [特記 1] の開催に貢献した。また、学際情報科学研究体の一員として、HPCI 基本仕様検討会議での議論や、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の共同研究プロジェクトへの参加をした。

2 並列アプリケーションのトレースログの効率的なオンライン圧縮アルゴリズムの評価

2.1 背景

今後普及すると予測されているペタスケール・エクサスケールの並列計算では、並列計算にかかわるプロセス数が数十万から 100 万以上になると考えられている。並列計算の性能チューニングを行うためには、通信にかかる時間などをログにとってそれを解析することがよく行われるが、100 万プロセス規模の並列計算ではそのトレース・ログのサイズが膨大になり、記憶域や通信帯域を圧迫してしまう恐れがある。この問題を解決するためには、出力されるログのサイズを、効率的に、オンラインで削減することが必要である。

トレース・ログをもとに性能解析を効率的に行うためには、ログに各イベントの発生時刻と経過時間が含まれることが望ましい。しかし、これらのデータを含むログを効率的に圧縮することは困難である。単にプロセスごとに gzip コマンド等で圧縮するだけでは 1/3 から 1/5 程度にしかサイズを削減することはできない。実際、100 万プロセス規模のトレース・ログを低負荷に、かつ利用しやすい形で蓄積しようとする場合、ログのサイズを 1/100 から 1/1000 程度に圧縮できないと現実的ではないため、非可逆的なサイズの削減、すなわち、ログに含まれる主要な情報は保持しつつ、重要ではない情報を削除することでサイズを削減することを考えなければならない。

大規模な並列計算を想定した、トレースログを削減する研究は、ここ数年活発になりつつある。ScalaTrace は、MPI アプリケーションを実行して、あとから再生可能な MPI イベントトレースを生成することができ、ノード内での圧縮とノード間での圧縮の、2 つの方法を使ってログのサイズを大幅に削減している。ノード内での圧縮では、プログラムの中のあるループの中で発生する MPI イベントの列を表す RSD(Regular Section Descriptor) を、多重ループに拡張したものを用い、連続するイベント列をランレングス圧縮している。また、ノード間では、通信相手の rank を自分からの相対値として保持し、類似のログのマージすることで圧縮を行う。この手法自体は時間データを保持することを想定していない。また、すべてのノードからログを収集するのではなく、一部のノードだけをサンプリングしてデータを取得し、全体のサイズを削減する方法も提案されている。

このような背景のもと、時間データを含むような並列アプリケーションのトレース・ログのサイズを大幅に削減するための方法を提案し、その圧縮率や圧縮にかかる CPU 負荷を評価する。

2.2 内容

2.2.1 提案手法

ログデータは多数のイベントの集合で構成され、この中には、重要なものとそうでないものが混在する。本研究では、ログデータの中から、重要ではないイベントを削除し、重要なイベントを保持することでデータ量を削減する方法を提案する。

あるログイベント e_i の重要性を、s_i とするとき、

$$p_i = \frac{s_i}{\sum_{k=0}^{k<n} s_k} \tag{1}$$

の確率で e_i を保持することにする。オンラインでログデータを圧縮するアルゴリズムは以下のとおりである。

1. イベントの個数が一定量 (n) になるまでメモリに蓄積する
2. 乱数を用いて、式 1 に従って保持するべきイベントを決定する
3. 上記のサンプリングを x 回行う

このアルゴリズムで “重要な” データのみ保持することにより、もとのデータを x/n に削減することが可能である。このアルゴリズムを適用する際、重要性 (s_i) をどのように決定するかが、アルゴリズムの有効性を左右する。重要性の決定に関して、ここでは、「まれにしか発生しないイベントほど重要である」という仮定を置くことにする。イベント e_i と同一種類のイベントの発生頻度に対して単調減少する関数を s_i に設定すれば、上の過程を満たすと考えられる。

1 種類の MPI イベントでも、たとえば実行時間の違いによって分類することで、時間情報を含むログの圧縮を行うことができる。以降では、イベント e_i の実行時間を d_i、実行時間によって作成したヒストグラムの、実行時間 t における値を $Freq(t)$ とするとき、s_i を

$$s_i = \frac{1}{f(Freq(d_i))} \tag{2}$$

のように定義することを考える。f は 0 より大きい値をとる任意の単調増加関数を使用することができるが、2.2.2 節で述べる実験では、f の形式として、

$$f(h) = 1 \tag{3}$$

$$f(h) = h \tag{4}$$

$$f(h) = h^2 \tag{5}$$

の 3 つの場合について評価を行う。式 3 は、すべてのイベントが同一の重要度であることを示し、式 4 は、ヒストグラムの各階級から、同数のサンプルを抽出することを示す。また、式 5 は、頻度が低いイベントに、より重みをつけてサンプリングを行うことを示す。ヒストグラム $Freq(t)$ は、t の値を、1μsec 以下、10μsec 以下、100μsec 以下、$1m$sec 以下、$10m$sec 以下、$10m$sec 以上の 6 種に分類して作成する。

2.2.2 実験

実験環境

実験は本センターの HA8000 クラスタシステム上で行った。各計算ノードは 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、ノードあたりの記憶容量は 32GB である。この実験は、HA8000 クラスタシステム 512 ノードサービスの、東京大学情報基盤センター内での試験運用として行われた。実験では 512 ノードを使用、各ノードで 16 プロセスを実行し、合計 8,192 プロセスでの実行を行った。実験に使用した各ノードは、4 つの Myrinet-10G(1 リンクあたり 1.25GB/sec ×双方向) でネットワークに接続し、フルバイセクションバンド幅が確保される方法で接続されている。

使用するベンチマークプログラム

実験に用いる並列アプリケーションは、一定時間のローカル計算と、全プロセスでの Allreduce 処理を交互に繰り返す、人工的に作成したベンチマークプログラムである。このプログラムは共役勾配法で疎行列を係数に持つ連立一次方程式を解く場合など、同期の多い並列アプリケーションにみられる特徴的な通信パターンをもとに作成したものである。2^n プロセスでの実行時、1 回の Allreduce 処理は n 回の MPI_Sendrecv を実行することで実現できる。それぞれの MPI_Sendrecv の開始時刻と終了時刻を計測してログを生成し、ログ圧縮プロセスに渡して処理を行う。このプログラムでは、1 秒間に約 100 回の Allreduce 処理を行い、全部で約 34,000 回の繰り返しを行う。並列計算は $2^{13}(= 8,192)$ プロセスで実行するため、MPI イベントの発生頻度は 1 秒間に約 1,300 回、全体で約 44 万回である。

また、ログは圧縮プロセスに渡すだけでなく、アプリケーションのメモリ上にも保持し、実行終了後にファイルに書き出し、オフラインでの圧縮との比較に使用する。

ログ圧縮ツール

ログの圧縮は、1 つの MPI プロセスに対して 1 つのプロセスを割り当てて行う。圧縮プロセスは、それぞれの MPI プロセスとパイプで通信を行い、ログの処理を行う。圧縮を行うまでに蓄積するイベントの個数 (n) は $100,000$ とし、サンプリング数 (x) は 100 とする。今回行う実験では、MPI イベントの種類はすべて MPI_Sendrecv である。このイベントの異なる実行時間に対して、先に述べたようにヒストグラムを作成し、イベントのサンプリングを行う。

実験では、圧縮プロセスの使用 CPU 時間を計測することにより、オンライン圧縮にかかる負荷を測定する。また、圧縮の効率、選択されたイベントの分布について評価を行う。

実験結果*: CPU* 使用率

提案するアルゴリズムでログを圧縮する際の CPU 使用率 (%) を、図 1 に示す。CPU 使用率の値は、1 コア使い切っている状態を 100%としたときの相対値で、全 MPI プロセスの平均値である。`f=1` は 2.2.1 節の式 3 を使用した場合、`f=h` は式 4 を使用した場合、`f=h*h` は式 5 を使用した場合である。また、比較のために、`gzip` コマンドと `gzip --fast` コマンドでログをオフラインで圧縮した場合の結果を載せる。gzip の結果は、gzip コマンドの実行時間をアプリケーションの実行時間 (339 秒) で割った値である。図より、f の形式によって値はほとんど変わらず、`gzip --fast` コマンドと同程度の CPU 使用率で圧縮を行うことができることが分かる。またその CPU 使用率は、平均して 0.06% 程度であり、アプリケーションの動作を大きく妨害しないと期待できる。

実験結果*:* データ削減率

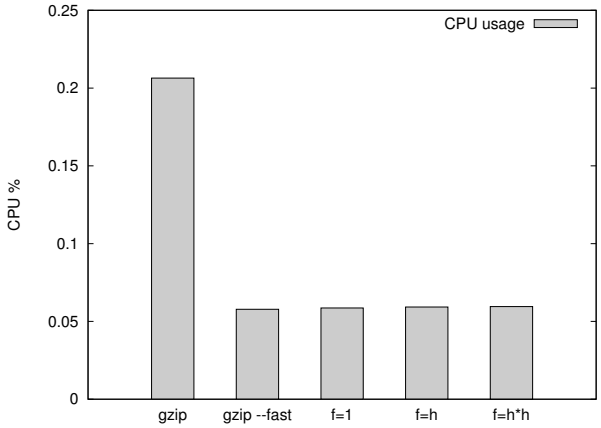


図 1: ログ圧縮プロセスの CPU 使用率

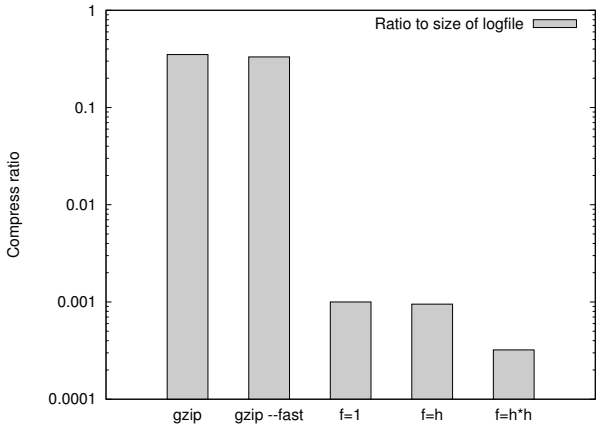


図 2: ログ圧縮のデータ削減率

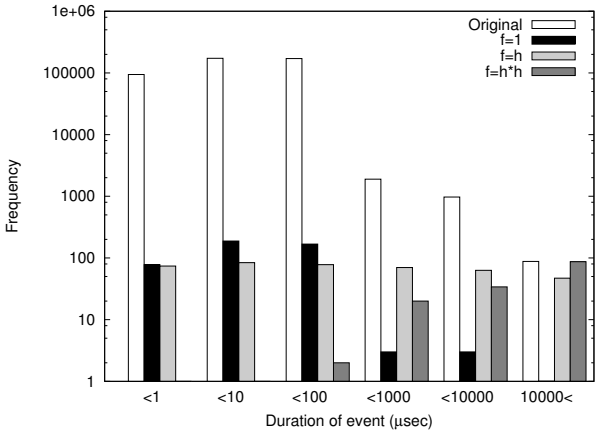


図 3: 圧縮前後のデータの分布

図 2 にログ圧縮のデータ削減率を示す。縦軸には、圧縮後のログサイズの、圧縮前のサイズに対する割合を示す。`gzip` コマンドでは、圧縮後のログのサイズはもとのログファイルのサイズの 3 分の 1 程度であるのに対し、提案手法ではあらかじめ設定したサンプル数 x と蓄積するイベント数 n から決定される $1/1,000$ にデータを削減できていることがわかる。なお、$f = h * h$ の場合にサイズがさらに小さくなっているのは、複数回のサンプリングで同じイベントが選択されたため、選択されたイベントの数が x よりも少なくなっているからである。

データの分布

図 3 に、圧縮前と圧縮後のデータ分布をヒストグラムで示す。縦軸は対数スケールで示したイベントの件数である。`Original` は圧縮前のデータ分布である。`f=1` では、各イベントを等確率でサンプリングするため、頻度が小さい $10msec$ を超える場合を 1 件も選択できていない。`f=h` では、ヒストグラムの各階級からほぼ同じ件数だけサンプリングできていることがわかる。また、`f=h*h` では、2.2.2 で示したように、データのサイズは $1/1,000$ 以下になっているにもかかわらず、まれに (90 回程度) しか発生していない、MPI イベントの実行時間が $10msec$ を超える場合を、ほとんどもらさず保持することができていることがわかる。

2.2.3 まとめと今後の課題

並列アプリケーションの膨大なトレースログを、イベントの重要度に基づいて効率的にオンライン圧縮するアルゴリズムを提案し、その CPU 使用率や圧縮率などについて評価を行った。関連研究と比

較すると、提案手法はイベントの頻度をもとに重要そうなイベントを判定するものであり、上記の両方の手法とも組み合わせて利用することで、より高いデータ圧縮率を達成できると考えられる。本研究は、現時点ではアルゴリズムの基本的な部分の評価を行った段階である。今後は主に以下の点を考慮して研究を進め、実用的なソフトウェアとして完成度を高める予定である。

- 入れ子ループや、より複雑な通信パターンへの対処
- ノード間のデータ類似性に着目した、データ圧縮
- PMPI 等を用いた、低オーバーヘッドで、より一般的なログ生成処理の実装
- 取得したログデータから実際の問題解決に役立つ情報の (自動) 抽出

2.3 具体的成果

上記の、トレースログの圧縮アルゴリズムについて、[発表 1] において発表を行った。また、筆者が開発しているクラスタ計算機向けリアルタイムモニタリングシステムの軽量なデータ収集方法に関する発表を、[査読付 1, 発表 2, 発表 3] で行った。

3 スパコン運用支援

3.1 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、無料の試行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。

3.2 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継続的に実施している。

- 質問対応
  SR11000、HA8000 の利用方法等に関する相談・質問に他の職員・教員と共同で対応した。
- 利用促進
  並列プログラミング講習会やプログラミングコンテストを通してスパコンの効率的な利用方法を案内した。
- グリッド配備・運用
  他大学と高速のネットワークで接続する 2 つのグリッド環境 (T2K グリッド、CSI グリッド) の配備と運用を行った。

3.3 具体的成果

スパコン利用促進のため、スパコン講習会 [特記 2] での講義や、プログラミングコンテスト、[特記 1] の開催を行った。また、SR11000 の後継機となるスパコンについて、仕様の検討を行った。CSI グリッドでは、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 [特記 8] と、NAREGI の今後のアーキテクチャを検討するための NAREGI アーキテクトタスクフォース [特記 9] に参加し、議論を行った。グ

リッドの配備については、学際大規模情報基盤 共同利用・共同研究拠点の共同研究 [特記 3] として位置づけ、計算資源の提供を行っている。また、HPCI の基本仕様検討会議に参加し、HPCI の仕様についての議論を行った、

また、グリッド配備以外にも学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の共同研究プロジェクトに、学際情報科学研究体の一員として複数のプロジェクト [特記 3, 特記 4, 特記 5, 特記 6, 特記 7] に関わってきた。

4 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] 鴨志田良和, 田浦健次朗: 並列処理に対して非侵入的な細粒度監視システムのためのプロセス一覧方式, SACSIS 2010 先進的計算基盤システムシンポジウム, IPSJ Symposium Series Vol. 2010, No.5, pp. 225-232, 2010 年 5 月.

その他の発表論文

[発表 1] 鴨志田良和, 田浦健次朗: 並列アプリケーションのトレースログの効率的なオンライン圧縮アルゴリズムの評価, 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126, 金沢, 2010 年 7 月.

[発表 2] Yoshikazu Kamoshida: VGXP: a Real-time Monitoring and Visualization Tool for Large-scale Distributed Computing Systems, 2nd JFLI workshop, Paris, Oct 2010.

[発表 3] 鴨志田良和: モニタリングツール VGXP を応用したアプリケーション性能のリアルタイム可視化, 第 8 回 ASE 研究会, 東京, 2010 年 12 月.

特記事項

[特記 1] 第 3 回クラスタシステム上での並列プログラミングコンテスト 実行委員, 2010 年 10 月〜2011 年 5 月.

[特記 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): 2010 年 7 月, 2010 年 9 月.

[特記 3] 学術グリッド基盤の構築・運用技術に関する研究 共同研究者, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究, 2010 年.

[特記 4] 大規模生物データ処理のための並列データベース 共同研究者, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究, 2010 年.

[特記 5] マルチパラメータサーベイ型シミュレーションを支えるシステム化技術に関する研究 共同研究者, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究, 2010 年.

[特記 6] 高並列海洋モデルの開発を通した海洋循環のプロセス研究 共同研究者, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究, 2010 年.

[特記 7] 市街地における風・温熱・光・音環境総合数値予測データベースの開発 共同研究者, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究, 2010 年.

[特記 8] グリッド配備・運用タスクフォース.

[特記 9] NAREGI アーキテクトタスクフォース.

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。平成22年度においては、平成21年度に引き続き、以下の研究を行った。

- DTS: 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おいて、クライアントからのリクエスト内容に応じたリクエスト割り振りを可能にする機構DTS (Distributed TCP Splicing) を提案し、性能評価を行った。

- P-Bus: 安全なOSカーネル拡張のためのプログラミングインターフェース層
  OSカーネル拡張を安全に行うため、カーネル拡張に用いるプログラミングインターフェースとその形式的な仕様を定義し、モデル検査器によって、新しいカーネル拡張がOSを安全に利用することを検証することを目指した研究を行っている。平成22年度は主に情報理工学系研究科前田助教のもとで行われているモデル検査器の開発に参加し、検査器の改良に対する助言を行った。

本報告では、前者の内容について報告する。

2 DTS: 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

高性能・高可用性を持つインターネットサーバを構築するための要素技術として、単一IPアドレスクラスタの研究開発を行っている。これは、複数の計算機から構成されるクラスタを1つのサーバとして運用するために、単一のIPアドレスをクラスタに対して割り振り、1つのサーバとして運用する手法である。

著者は単一IPアドレスクラスタのうち、ブロードキャスト型という種類のシステムに対する研究を行っている。これは、1) クラスタの全ノードに同一のIPアドレスを割り振り、2) クライアントからのパケットを全ノードにブロードキャスト配送するようスイッチやルータを設定 3) 各ノードが自分宛のパケットかどうかを判断して自分宛のもののみ受信する、とすることによって単一IPアドレスクラスタを構成するものである。この方式は、クライアントからのパケットを受信するにあたってパケットを集中的に転送する役割のノードが存在しないため、あるノードの故障が他のノードに一切影響を及ぼさないという利点がある。一方で、このタイプのクラスタにおけるリクエスト振り分けの実現方式についてはあまり研究がなされていない。

平成21年度の研究において、ブロードキャスト型単一IPアドレスクラスタにおいてクライアントからのリスクエスト内容に応じたリクエスト振り分けを実現するための機構として、DTS (Distributed

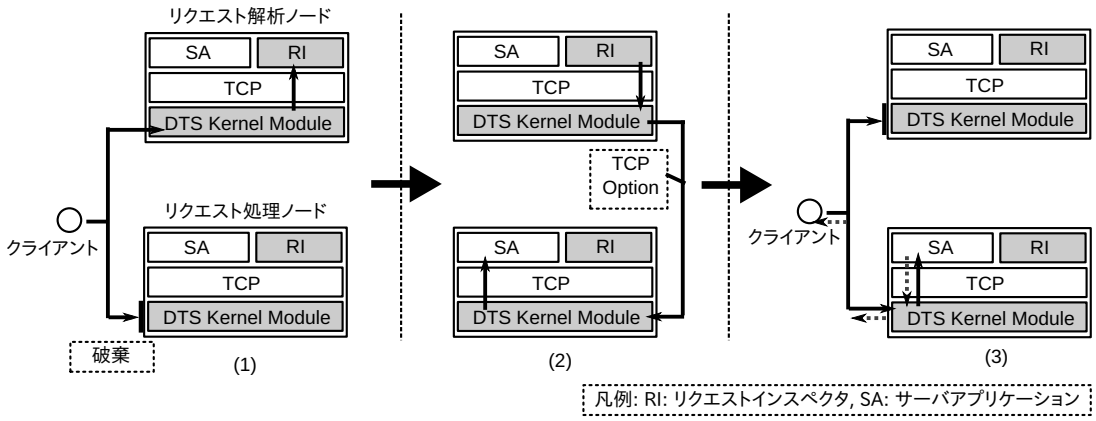


図 1: DTS における TCP 接続移送の様子

TCP Splicing) を提案し、平成 21 年度年報において紹介した。平成 22 年度は、DTS を拡張してリクエスト解析処理の負荷分散を行うようにするとともに、システム全体の性能評価を行ったので、それらについて報告する。

2.2 内容

提案手法 DTS の詳細な動作は平成 21 年度年報において報告済みであるが、ここでは概略を述べる。DTS はあるサーバノードで受理した TCP 接続のサーバ側接続端点を別のサーバノードに移送する機構である。この機構が有用なのは、クライアントからのリクエスト内容に応じて適切なサーバノードに処理を振り分ける場合である。例えば、要求されたデータが特定のノード上のローカルディスクにのみ存在するような場合にこのような処理が必要となる。リクエスト内容に応じて接続先を決めるためには、まずクライアントとあるサーバノード (リクエスト解析ノードと呼ぶ) との間で TCP 接続を確立し、クライアントからリクエストを受け取って内容を解析する必要がある。その時点ではじめて、最も適切な接続先ノード (リクエスト処理ノードと呼ぶ) を判断することが可能になるため、接続確立済みの TCP 接続端点をリクエスト解析ノードからリクエスト処理ノードに移動させる必要がある。

図 1 に DTS の動作の概要を示す。(1) まずはじめに、クライアントが新しい TCP 接続をサーバに対して試みる。DTS はブロードキャスト型クラスタで用いることを前提にしているため、このパケットはクラスタの全ノードに同時に配送されるが、1 つのサーバノードのみがコネクションを受理するようなルールを定める。このルールについては後に詳述する。図 1 においては、クラスタ内のノードは 2 つとし、図中上側のノードがリクエスト解析ノードに、下側のノードがリクエスト処理ノードになるものとする。リクエスト解析ノードにおいては、リクエストインスペクタ (RI) と呼ぶプログラムがまずクライアントからのコネクションを受けつけ、リクエスト内容を受信して内容の解析を行う。(2) 次に、RI はリクエスト内容に応じて最適なリクエスト処理ノードを 1 つ選び、DTS カーネルモジュールに対してサーバ側 TCP 接続端点をリクエスト処理ノードに移送するよう要求する。カーネルモジュールは新しい TCP 接続をリクエスト処理ノードに対して確立し、クライアントから受け取ったリクエスト内容を送信する。このとき、受信側となるリクエスト処理ノード側では、DTS カーネルモジュールによって、リクエスト解析ノードからのパケットヘッダ (IP アドレス、ポート番号、TCP シーケンス番号等) が書き換えられ、この TCP 接続があたかもクライアントから直接やってきたように見えるようになる。(3) リクエスト処理ノード上のサーバアプリケーション (例えば web サーバ) はこの TCP 接続を受け取り、要求された処理を行ってクライアントに結果を返す。

DTS はクライアントやサーバアプリケーションに対して透過的である。サーバ OS にカーネルモジュールを組み込めば、クライアントアプリケーションやサーバアプリケーションは変更する必要が

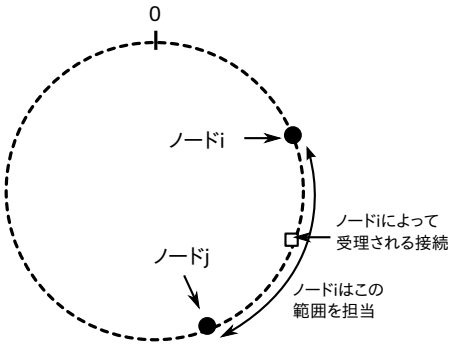


図 2: コンシステントハッシングのハッシュ値空間

ない。

2.2.1 リクエスト解析ノードの決定

前述の説明では、最初にリクエスト解析ノードをどのように決定するかが明らかになっていなかった。リクエスト解析ノードでは、一旦クライアントからの接続を受け付けてリクエスト内容の解析処理を行うため、この処理は多くのノードに分散できることが望ましい。平成 22 年度は、提案手法 DTS にリクエスト解析ノードの負荷分散機構を加えた。

この負荷分散は、コンシステントハッシング[1] を用いて行われる。それぞれのサーバノードに、ノードごとの IP アドレスのようなユニークな ID をもとにしたハッシュ値を持たせる。また、クライアントからの TCP 接続ごとに、クライアントの IP アドレスとポート番号から、接続のハッシュ値を計算する。次に、ハッシュ関数の値域からなる仮想的な円を考える (図 2)。ハッシュ関数の値域のうち、0 と最大値の部分は連続しているものとする。そのうえで、各ノードのハッシュ値および各 TCP 接続のハッシュ値を円上にプロットする。このとき、IP アドレス a、ポート番号 p からの接続は以下の条件を満たすときノード i に受理されることとする。

$$h(n_i) \leq h(a,p) < h(n_j)$$

ただし、h はハッシュ関数である。

ここで、各ノードが 1 つの点のみを円上にプロットすると、ノード間の間隔、すなわち各ノードが処理する接続の割合が大きく異なることが考えられる。そこで、Amazon Dynamo で用いられているように、各ノードが円上に複数の点 (仮想ノード) を持つようにし、各ノードの負荷がなるべく均一化されるように調整している。

2.2.2 評価

提案手法 DTS の評価として、1) ノード数を変えたときのスケーラビリティの評価、2)Web サーバに適用し、リクエスト内容に応じたリクエスト分散を行った時の性能評価を行った。実験には最大 8 台のサーバノードと最大 6 台のクライアントノードを使用した。各ノードのおおまかな仕様は以下の通りである。

- サーバノード: 最大 8 台
  CPU: Intel Xeon L5520 (2.26GHz, 4 cores) / Memory: 3GB / OS: Ubuntu 10.04 amd64
- クライアント A: 5 台
  CPU: AMD Opteron 175 (2.2GHz, 2 cores) / Memory: 2GB / OS: Ubuntu Linux 8.04 i686

[1] Karger, D., Lehman, E., Leighton, T., Panigrahy, R., Levine, M. and Lewin, D.: Consistent hashing and random trees: distributed caching protocols for relieving hot spots on the World Wide Web, STOC ’97: Proceedings of the twenty-ninth annual ACM symposium on Theory of computing, New York, NY, USA, ACM, pp.654-63 (1997).

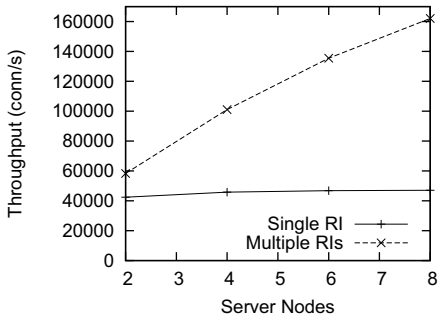


図 3: 4 バイト

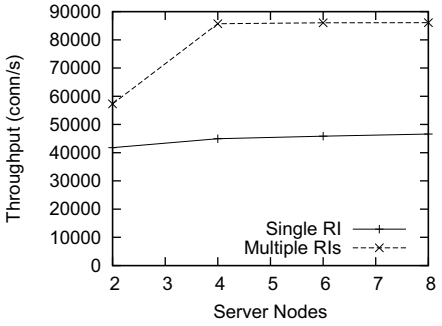


図 4: 1024 バイト

- クライアント B: 1 台
  CPU: Intel Xeon X5520 (2.67GHz, 4 cores) × 2 / Memory: 12GB / OS: Ubuntu Linux 10.04 amd64

各計算機は 1Gbps のネットワークで共通のネットワークスイッチに接続されている。また、サーバノードはそれぞれ 2 つのネットワークインターフェースを持ち、対クライアント通信とサーバノード間通信で別々のネットワークインターフェースを使うように設定した。

スケーラビリティに関する評価結果のグラフを図 3 および図 4 に示す。この実験では、単純な echo サーバをサーバアプリケーションとして使用し、クライアントから固定長のデータをサーバに送信し、サーバがそれをクライアントに送り返すという処理をどのくらいの頻度で行えるか計測した。クライアントから送信されたデータは一旦リクエストインスペクタに受信された後、ラウンドロビン方式でリクエスト解析ノードが 1 つ選ばれ、TCP 接続の移送が行われる。サーバクラスタ構成は 2 通りとし、リクエストインスペクタを 1 ノードだけで動作させる場合 (図中”Single RI”) と、クラスタ中の全ノードで動作させる場合 (図中”Multiple RIs”) とを比較した。複数のリクエストインスペクタへのアクセスの分散はコンシステントハッシングに基づき、各サーバノードが 63 個の仮想ノードを持つように設定した。クライアントからサーバへ送るデータのサイズは 4 バイト (図 3) および 1024 バイト (図 4) とした。グラフの横軸は合計でのサーバノード数を表す。グラフから、複数のリクエストインスペクタを用いることで、リクエストインスペクタが 1 つの場合よりも高いスループットを得られることがわかる。リクエストインスペクタが単一の場合、これがボトルネックとなって、サーバノード数を増やしても性能はほとんど上がらない。一方図 4 においては、複数のリクエストインスペクタを用いても 85,000 接続毎秒程度で性能が頭打ちになっている。このケースでは、各接続は 1KB のデータを転送することから、も 85,000 接続毎秒はおよそ 85MB/s に相当し、ネットワーク帯域 (1Gbps) をほぼ使い切っているものと思われる。

次に、リクエスト内容に応じたアクセス分散の効果を確かめるため、Web アプリケーションを用いたベンチマークを行った。ベンチマークとして、SPECweb2005 に含まれる”Support” アプリケーションを使用した。これはユーザサポートのためのダウンロードファイルを提供する web サイトを模擬した web アプリケーションである。この実験にはサーバノード 4 台と、クライアント A を 5 台使用した。Web サーバおよび JSP サーバとして、Apache Tomcat を使用した。

Web サーバに対するアクセス振り分けのアルゴリズムとして、L4(Layer-4) と L7(Layer-7) の 2 種類を用いて比較した。L4 アルゴリズムは、サーバに対するアクセスをクライアントの IP アドレス/ポート番号に基づいてハッシュした結果のみに基づいて担当サーバノードを決定する。一方 L7 アルゴリズムでは、Web サーバへのリクエスト内容を解析するために、HTTP を理解するリクエストインスペクタを実装した。リクエスト振り分けアルゴリズムの擬似コードを図 5 に示す。このアルゴリズムは以下のような動作をする。

- L4 アルゴリズムと同様にリクエスト解析ノードを決定する。

```
   uri = read_http_request_uri();

A: if (!contains(uri, "/downloads/")
B:   || contains(uri, "dir000000000")) {
       target = myself;
   }
   else {
       hash = md5_hash(uri);
C:     target = node_from_consistent_hash(hash);
   }

   request_handover(target);
```

図 5: L7 リクエスト分散アルゴリズムの擬似コード

表 1: SPECweb2005 Support ベンチマークテストの結果

アルゴリズム	ファイル種別	合計リクエスト数	QoS Good	QoS Tolerable	QoS Fail
L7	Download	21040	20879	109	52
	JSP	288493	288112	378	3
L4	Download	20859	20643	116	100
	JSP	286878	284938	1935	5

- リクエストされた URI にハッシュ関数を適用し、ハッシュ値から担当すべきリクエスト処理ノードを決定する。これは同一のファイルを同一のノードから取得させることによってファイルアクセスを空間的に局所化することが目的である。

- ただし、SPECweb の性質から、非常に頻繁にアクセスされることがわかっているファイル (“/downloads/” 以下にある、もしくは “dir000000000” を含むもの) については、それぞれのノードにキャッシュされている可能性が高いとし、リクエストインスペクタと同じノードで処理を行う。

表 1 に結果を示す。ここでは、静的ファイルのダウンロード速度に関する評価である、“Download” の行に注目する。結果は特定の QoS(Quality of Service) 基準を満たしたリクエストの数であり、それぞれ “Good” は 990KB/s 以上、“Tolerable” は 990KB/s 未満 950KB/s 以上、“Fail” は 950KB/s 未満である[2]。結果を比較すると、L7 アルゴリズムの方が総リクエスト数および QoS の点で L4 アルゴリズムよりもよい結果を出している。特に、L7 では L4 よりも約 1.1%多くのファイルが “Tolerable” の基準内でダウンロードできているうえ、“Fail” と判定されたファイルの数は L4 の約半数となっている。

表 2 はこのベンチマークを行った際のサーバのディスク I/O 統計値を示したものである。各升の 4 つの数値は、左からそれぞれサーバノード 0,1,2,3 のものを示す。L7 アルゴリズムでは、L4 に比べて

表 2: ベンチマーク実行中のディスク I/O 統計

アルゴリズム	ディスク I/O 待ち中の平均スレッド数	平均ディスク読み込み速度 (KB/s)
L7	0.028/0.011/0.061/0.22	2839/3196/7330/10169
L4	0.20/0.12/0.21/0.12	11038/10294/11970/11513

[2]ディスクアクセス速度の違いが結果の違いに反映されやすいよう、SPECweb 標準の基準値から値を変更している。

ディスクアクセス量が減っていることがわかる。ここから、L7 アルゴリズムによって空間的局所性を考慮したことによって、ディスクキャッシュのヒット率が向上したことがわかる。

2.3 具体的成果

本研究内容を論文としてまとめ、情報処理学会のシンポジウム [査読付 2] および論文誌 [査読付 5] において発表した。

3 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] Balazs Gerofi, Hajime Fujita, Yutaka Ishikawa: An Efficient Process Live Migration Mechanism for Load Balanced Distributed Virtual Environments, 2010 IEEE International Conference on Cluster Computing (Cluster 2010), pp. 197-206, Sep 2010.

[査読付 2] Hajime Fujita, Yutaka Ishikawa: DTS: Broadcast-based Content-aware TCP Connection Handover, 第 22 回 コンピュータシステム・シンポジウム (ComSys 2010), pp. 21–30, Nov 2010.

[査読付 3] Jun Kato, Hajime Fujita, Yutaka Ishikawa: Design and Implementation of a Fault Tolerant Single IP Address Cluster, The 16th IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC'10), pp. 175–183, Dec 2010.

[査読付 4] Hajime Fujita, Motohiko Matsuda, Toshiyuki Maeda, Shin'ichi Miura, Yutaka Ishikawa: P-Bus: Programming Interface Layer for Safe OS Kernel Extensions, The 16th IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC'10), pp. 235-236, Dec 2010 (Fast Abstract).

[査読付 5] Hajime Fujita, Yutaka Ishikawa: DTS: Broadcast-based Content-aware TCP Connection Handover, IPSJ Transactions on Advanced Computing Systems Vol.4 No.2 (ACS 33), pp. 59-69, Mar 2011.

その他の発表論文

[発表 1] 藤田肇: シングル IP アドレスクラスタと OS 検証, オペレーティングシステムと形式手法・形式検証に関するワークショップ in 金沢, 金沢, Dec 2010.

ヘテロジニアス環境のための 統合数値計算ライブラリの開発

林 雅江

1 概要

科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業 (共同研究型)「日本ーフランス共同研究」「ポストペタスケールコンピューティングのためのフレームワークとプログラミング」(佐藤三久教授（筑波大学)) における本学担当分「ポストペタスケールコンピューティングのためのヘテロジニアス環境アプリケーション開発基盤」に取り組んでいる．本研究課題は統合数値計算ライブラリと実行時環境に関する二つの研究から構成され，私は主に統合数値計算ライブラリの開発に従事している．有限要素法 (FEM), 有限体積法 (FVM), 差分法 (FDM) といった科学技術手法における様々な処理に対応するライブラリを開発し，multi/many-core，GPGPU やそれらのクラスタ等で構成されるヘテロジニアス環境において，高い移植性・信頼性を有する科学技術アプリケーションの効率的な開発のためのフレームワークの提供を目指している．本報告書においては，次の二つの研究内容

- 拡張階層型領域分割に基づく有限要素法の開発
- ヘテロ環境における係数行列の合成の最適化

について報告する．

2 拡張階層型領域分割に基づく有限要素法の開発

2.1 背景

FEM, FVM, FDM 等の離散化手法を用いた場合，最終的に帰着する連立一次方程式の係数行列は疎行列となることから，演算量・メモリ容量の観点より，反復解法の適用が一般的である．反復解法の収束特性は係数行列の固有値分布に依存するため，実用的な問題に適用するためには前処理を施すが，悪条件問題になればその適用が不可欠である．Block Jacobi 型前処理は，領域外からの影響を無視することによって，前処理が局所化されることから，並列計算を行う場合に広く利用される．しかしながら，本来の大域的な計算となる前処理の演算を無視するため，領域数が増えるほどその効果が弱まり，反復回数が著しく増加する場合がある．従って，効果的な前処理手法を検討する上で，領域分割手法についても同時に工夫してゆくことが肝要である．

Multi/many-core 環境における効果的な並列前処理手法を開発してゆく上で，本研究が注目している領域分割手法が，階層型領域間境界分割 (Hierarchical Interface Decomposition, HID) 法である．HID 法は，直接解法の解法中に生じる Fill-in を最小限にすることを目的に行う Fill-reducing Ordering やその並列化手法として用いられる Nested Deissection 法 (以下 ND 法) をより厳密に行うものである．図 1 に自然な番号付けによる FEM メッシュとその行列，図 2 に ND 法によるオーダリングを施した後の FEM メッシュとその行列の例を示す．ND 法では，解析領域をいくつかの部分領域 (例では 4 つ) とそれらの間に存在する節点から構成される境界領域 (separator 領域, 節点 16 から 24) に分け，4 つの部分

領域に属する節点から先に番号付けした後に separator 領域の節点を番号付けしてゆく．こうすることで，各部分領域の節点は直接結合しないため，行列のプロファイルには 4 つのブロックが現れ，各部分領域についての LU 分解は独立に行うことができる．HID 法では，この separator 領域についても更に ND 法を適用し，直接結合しない複数の separator へと再分割してゆく．HID 法によって並列化 k した不完全 LU 分解 (以下 ILU)，不完全 Cholesky 分解 (以下 IC) 前処理では，領域数増加による反復回数増加を効果的に抑止することが示されており，HID 法は，より安定な収束と高い並列性能を得る事ができる領域分割手法といえる．ただし，オリジナルの HID 法では，領域外の節点からの高次 fill-in については考慮することができず，悪条件問題では必ずしも安定とはいえない．そこで，領域外節点からの高次 fill-in の影響を導入可能な手法として，拡張階層型領域間分割 (Extended HID) 法 (以下，ExHID 法) が提案された．ExHID 法は separator 領域を拡張し，その厚みを増やすことで領域外にある節点からの高次の fill-in を考慮可能とする領域分割手法である．ExHID 法は，分散データの局所性が高いため，T2K をはじめとするソケット数の多い multi/many-core 環境における並列化手法として高い性能が期待されている．

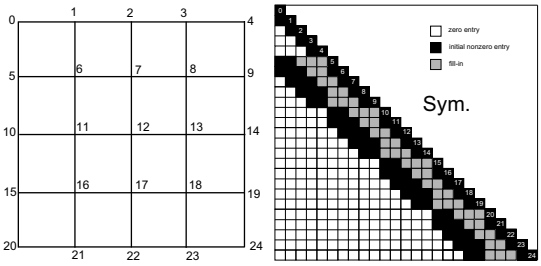


図 1: Assembled matrix and associated FEM mesh according to natural order.

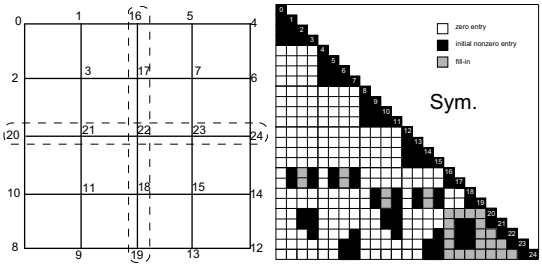


図 2: Assembled matrix and associated FEM mesh after Nested Deissection ordering.

2.2 内容

ExHID 法を局所的な不均質性を考慮した FEM による三次元静的弾性力学問題に適用し，OpenMP による multi-core 環境向けコードを実装した．ソルバーには最大で 2 次までの fill-in を許すブロック ILU(BILU) 前処理付き GPBiCG 法 (Generalized Product-type method based on BiCG) を用い，指定する fill-in レベルに応じて ExHID における separator 領域の厚みを変更して利用する．開発したコードを T2K オープンスパコン (東大) の 1 ノード 16 コアを利用し，スケーラビリティと収束性について評価した．T2K(東大) 各ノードの構成は，cc-NUMA(Cache-Coherent NUMA) アーキテクチャに基づき AMD quad-core Opteron(2.3GHz) 4 ソケット，合計 16 コアから構成されている．また，従来，共有メモリ環境において ILU 前処理の並列化手法として実績がある Multi-Color ordering 法 (MC 法) を用いた場合についてもそのスケーラビリティと収束性を評価し，両者を比較する．

例題は不均質物性分布をもつ立方体形状における三次元静的弾性問題で，問題サイズは 125,000 要

素，132,651 節点である．要素タイプには一次補間関数に基づく六面体アイソパラメトリック要素を使用している．ポアソン比は全要素で 0.30 を与える一方，ヤング率については，中心部分の要素には $E = 1,000$ を，それ以外の要素には $E = 1.00$ を与えた．こうした不均質性を持つ問題では，ブロック対角スケーリング等の簡単な前処理手法では容易に収束しない事が知られている．実験では，fill-in レベルを fill-in なしから最大 2 次まで変化させると同時に，1 次の fill-in を考慮する場合には，separator の厚みに 3 層または 5 層の二通りを，2 次の fill-in を考慮する場合には separator の厚みを 5 層を指定した．すなわち，フィルインレベル l とセパレータの厚み t の組み合わせで前処理 BILU(l,t) を指定すると，BILU(0,1)，BILU(1,1)，BILU(1,3)，BILU(1,5)，BILU(2,1)，BILU(2,3)，BILU(2,5)　の 7 通りについて収束性の評価を行った．一方，MC 法を並列化に用いた場合の前処理は BILU(0)，BILU(1)，BILU(2) の 3 通りである．MC 法を利用する場合には fill-in レベルが 1 次，2 次と高次になるにつれ，色分けの際に隣接節点の隣接節点，あるいは隣接節点の隣接節点の隣接節点といったより深い結合までを調べて色分けを実施している．

図 3 において，ExHID 法と MC 法各手法を用いて 16 スレッドで並列計算したときの収束までにかかった反復回数を各前処理手法ごとに示す．ExHID 法，MC 法とも fill-in レベルが上がるほど，また，ExHID 法においてはセパレータの厚みを厚くするほど反復回数が減少することが確認され，手法間で比べると，ExHID 法の方がより短い反復回数で収束が得られた．

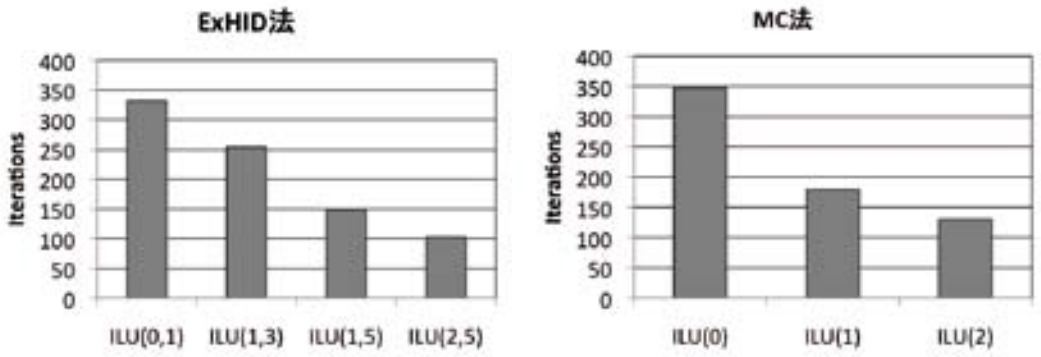


図 3: Iterations when increasing fill-in level with thicker separators using 16 cores on T2K/Tokyo for the 3D linear elasticity model with 125,000 elements, 397,953 DOF.

次に実際に収束までにかかった計算時間についてを図 4 に示す．図で示すのは，反復計算部分にかかった時間で，スレッド数を 4, 8, 16 とした場合の計測時間である．また，本開発コードでは，各スレッドが割当ら得た部分領域のデータをローカルなメモリにアサインするように，初期化等の処理においてファーストタッチルール (以下 FT) を考慮している．実行時の numactl ポリシには「–cpunodebind=$SOCKET –localalloc」を適用した．その結果，計算時間は全体的に ExHID 法の方が短く，最短となったのは，ExHID 法による ILU(2,5) を用いた場合となった．並列化効率については，4 スレッドの計算時間を基準とした場合，fill-in レベルにも依るが，両手法ともに，8 スレッドで約 1.3-1.8 倍だが，16 スレッドで ExHID 法が 1.5-2.0 倍にとどまったのに対し，MC 法では約 2.0-2.8 倍近くまで向上した．

本コードは今後，ノード間並列可能なものへ拡張し，many-core 環境 MPI/OpenMPHybrid 並列コードを開発する予定である．ノード間の並列化手法には，分散データの局所性が高い ExHID 法をベースとし，ノード内並列に MC 法等のオーダリング手法 (CM 法，RCM など) と ExHID 法を用い，many-core 環境における効果的な並列化手法を検討してゆく．

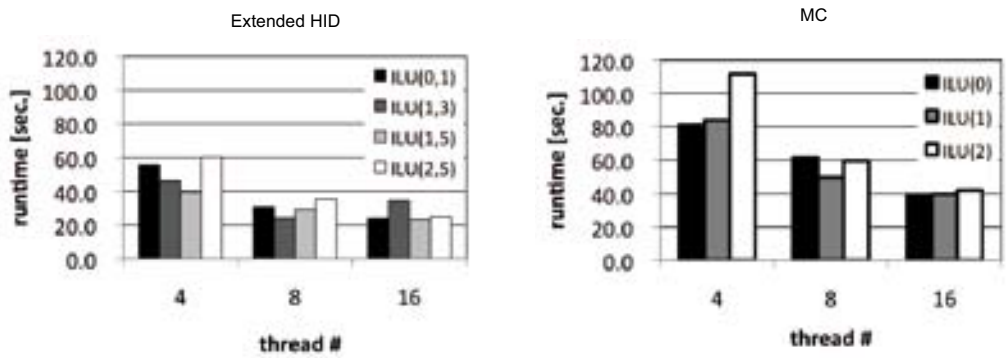


図 4: Elapsed time for solver time by BILU with level of fill-ins from 0th to 2nd by ExHID and MC ordering, using 1 to 16 cores(1node) on T2K/Tokyo for the 3D linear elasticity model with 125,000 elements, 397,953 DOF.

2.3 具体的成果

ExHID 法および MC 法を用いたノード内並列コードを開発し，T2K1 ノード上にてスケーラビリティと収束性について評価した．研究成果については，2011 年 5 月の計算工学講演会にて発表予定である [発表 1].

3 ヘテロ環境における係数行列の合成の並列化

3.1 背景

FEM をはじめとする計算手法においては，これまで高速化の対象としてソルバーばかりが取り上げられてきたが，係数行列の生成部分もソルバーに続いてコストの高い部分である．本ライブラリで提供する一部として，ヘテロ環境における要素行列の合成部分の並列化について取り組んでいる．また，要素行列の合成部分においては，並列化に伴う通信は発生しないため，GPGPU との連携が高速化・最適化手法に不可欠である．

3.2 内容

行列合成部分の高速化は現在，二段階の手順で進めてきた．第一段目は，データ並列化である．要素行列の合成処理を MC 法によって依存関係のない要素に色分けしたのち，各色で色分けされた要素グループをスレッド並列化するものである．全体行列は，全節点数に対する次元を持っている．各要素ごとに計算される要素行列を全体化するにあたっては，その要素を構成する節点に対応する行において足し込みが行われるため，ある節点が二つ以上の要素の構成節点となっていれば，同じ行への足し込みが生じるため，同時に行うことができない．そこで，この依存関係を排除するような色分けを行うことで並列化を行った．次に，タスク並列化による加速化を試みているのが第二段目である．行列合成部分の処理は主な 4 つの処理 (ヤコビアンの計算，足し込み位置の探索，要素行列の計算，全体行列への足し込み) から成り，このうち，探索処理とヤコビアンおよび要素行列の計算が独立に処理できる．これらをオーバーラップさせるタスク並列化を実装した．また，このオーバラップを実現するため，探索結果およびヤコビアンや要素行列の計算を全要素に対して計算・保持しておくため，大規模な配列を扱うコストが発生する．そのため，Firsttouch ルール (FT) を考慮した適切なメモリ配置が不可欠となる．図 6 に，データ並列のみ行った場合，データ並列 + タスク並列を行った場合，データ並列 + タスク並列 +FT を行った場合の 3 通りについて，T2K1 ノードでスレッド数を 1-16 とした場合の行列合成にかかった処理時間の変化を示す．例題は，125,000 要素の立方体形状の 3 次元静弾性問題である．また同図右で 1 スレッドで実行して計測した各タスクにかかった計算時間の割合を示す．

その結果，データ並列によって，2 スレッドで約 95%，4 スレッドで約 92%，8 スレッドで約 82%，16 スレッドで約 55%の並列化効率を得た．また 3 つのケースを比較すると，データ並列のみを行った場合が最も短い処理時間となり，FT ルールを考慮した場合でもタスク並列によるさらなる処理時間の短縮は得られなかった．実際にはオーバラップできる探索処理のコストが全体の 5%と低いためでもあるが，本タスク並列コードを GPU との処理分担 (探索部分を CPU，ヤコビアンと要素行列の計算を GPU) につなげ，更なる高速化を検討している．

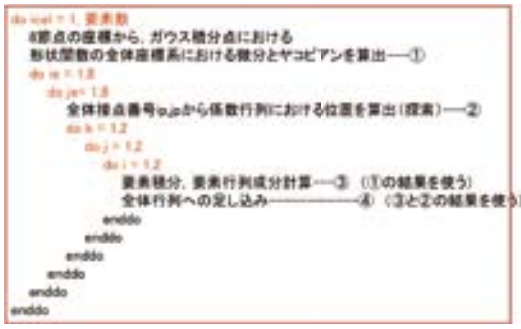


図 5: schematic diagram of matrix assembling procedure

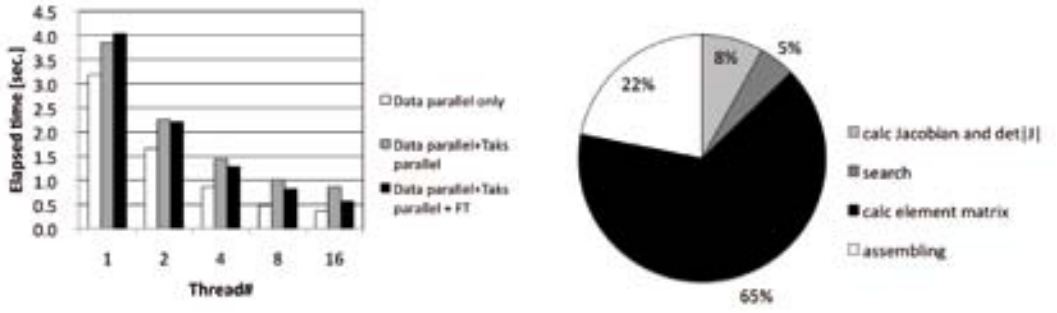


図 6: Speed up in matrix asssembling process by Data parallelization and Task parallelization.

3.3 具体的成果

ヘテロ環境における行列合成処理の高速化について，データ並列化およびタスク並列化を実装した．その結果，データ並列によって 16 スレッドを用いた場合に最大で 88%の処理時間の削減が得られた．また，2011 年 3 月の情報処理学会 HPC 研究会においては，データ並列コードにおいて探索を CPU，ヤコビ計算と要素行列の計算を GPU に分担させることで CPU のみで実行した場合に対して約 51%の計算時間削減を達成している [発表 2].

4 成果要覧

その他の発表論文

[発表 1] 林 雅江，中島研吾: マルチコアクラスタ環境における拡張階層型領域分割に基づく有限要素法，計算工学会，第 16 回計算工学講演会, 2011 年 5 月.

[発表 2] 大島聡史，林雅江，片桐孝洋，中島研吾: 三次元有限要素法アプリケーションの CUDA 向け実装と性能評価, 情報処理学会 研究報告 (HPC-129), 2011 年 3 月.

Catwalk ファイルステージングシステムの T2K 上での評価

堀 敦史

1 概要

クラスタはコストパフォーマンスの高い科学技術計算用コンピュータとして広く使われるようになった。一方、PC のコストパフォーマンスの著しい向上によりクラスタのコストパフォーマンスも向上し、比較的小規模な構成のクラスタでも数十〜数百プロセスにより MPI プログラムを実行可能となった。

一方、並列プログラムから並列にアクセス可能なファイルシステムは、大規模クラスタにおいては専用のネットワークと専用のストレージクラスタを持つことで、大規模な並列プログラムからの高い要求に耐える並列ファイルシステムを持つことができるが、小規模のクラスタで専用のハードウェアを別途持ち、並列ファイルシステムを構築することはコスト的に難しい。しかしながら、分散ファイルシステムとして広く使われている NFS ではせいぜい数十プロセスからの同時アクセスが上限であり、100 を超えるプロセス数からの同時アクセスには応えることは非常に困難となっている。

昨年度までに開発されたファイルステージングシステム Catwalk と、その MPI-IO への機能拡張が施された Catwalk-ROMIO は、ファイルステージングシステムでありながら、それをユーザからは透過なものとし、一見、普通の並列アクセス可能なファイルシステムとなるべく設計、実装されている。Catwalk(-ROMIO) は並列ファイルアクセスを、意図的に逐次アクセスに変換し、同時に、より高いディスクアクセスの性能を引き出すべく、ファイルアクセスパターンを変換する。さらに、Catwalk(-ROMIO) は任意のファイルシステム上で動くことができるため、逐次アクセスしかできないようなファイルシステムに対しても、理論ハードウェア性能の上限に近い性能を並列ファイルアクセス時に引き出すことが可能である。これにより、高価は並列ファイルシステムを使わなくてもそれなりの性能を発揮するクラスタシステムの構築が容易となる。

本年度では、Catwalk-ROMIO の性能が、そのベースとするファイルシステムの違いが、どのように性能に影響を与えるのかをしらべるため、T2K のメンバーである東大、筑波大、京都大の各クラスタ上で Catwalk-ROMIO を動かし、性能を比較した。その結果、ファイルのアクセスパターンによっては Catwak-ROMIO の性能が他の（並列）ファイルシステムの性能を上回ることが確認された。

2 T2K 上での評価

評価プログラムとしては並列ベンチマークスイートの中に含まれる BT-IO を用いた。Catwalk-ROMIO が用いるファイルシステムは、各 T2K のクラスタ上に使うことができるファイルシステムを使用した。また、併せて Gfarm を用いた評価もおこなった。

図 1 に各クラスタ上での BT-IO の実行時間を示す。X 軸上に、例えば “Full-A” とあるのは、BT-IO の問題サイズ A で、ファイルアクセスパーアンが full（collective I/O) であることを示し、”Simple-C” とあるのは、問題サイズが C で、ファイルアクセスパターンが simple（non-collecitve I/O）であることを示す。各グラフの凡例において、例えば “Local Disk - Cat” とあるのは、ローカルディスク（/tmp を使用）上で、Catwalk-ROMIO を動かしたことを意味し、単に “NFS” とあるのは Catwalk-ROMIO を

使わずに直接 NFS を用いた場合を示している。また、Catwalk-ROMIO が用いるファイルシステムが Lustre の場合、全てのケースにおいてストライピングは 1 となっている。また、種々の都合により計測出来なかった場合は、棒グラフが存在していない。

以上の結果を概観すると、BT-IO の full（collective I/O）では Catwalk-ROMIO の方が性能が低い場合が多く、simple（non-collective I/O）の場合では Catwalk-ROMIO の性能が高い場合が多い。しかしながら、simple の場合の Catwalk-ROMIO を使った場合と Catwalk-ROMIO を使わなかった場合の差は、例えば特に筑波大の T2K で非常に顕著である。

このことから、用いる（並列）ファイルシステムの特性と、アクセスパターンの違いにより Catwalk-ROMIO を使うか使わないかを選択することで、より高い並列ファイルアクセス性能を得ることができることが確認された。

3 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] 堀敦史, 鴨志田良和, 松葉浩也, 安井隆, 住元真司, 石川裕: リングトポロジーによる MPI-IO 書込の高速化技法, SACSIS 2010, pp.319-327, 2010.

[査読付 2] 堀敦史, 鴨志田良和, 松葉浩也, 安井隆, 住元真司, 石川裕: MPI-IO 書込のパイプライン処理による高速化, 情報処理学会 ACS 32 論文誌 (to appear).

公開ソフトウエア

[公開 1] Atsushi HORI: SCore Cluster Sytem Version 7.0.1, http://www.pccluster.org/ja/score7.html, Dec 2010.

特記事項

[特記 1] 堀敦史：Catwalk Tutorial, PC クラスタワークショップ at 東京講演, 2010 年 10 月 22 日.

[特記 2] 堀敦史：Catwalk Tutorial, PC クラスタワークショップ at 京都講演, 2010 年 10 月 29 日.

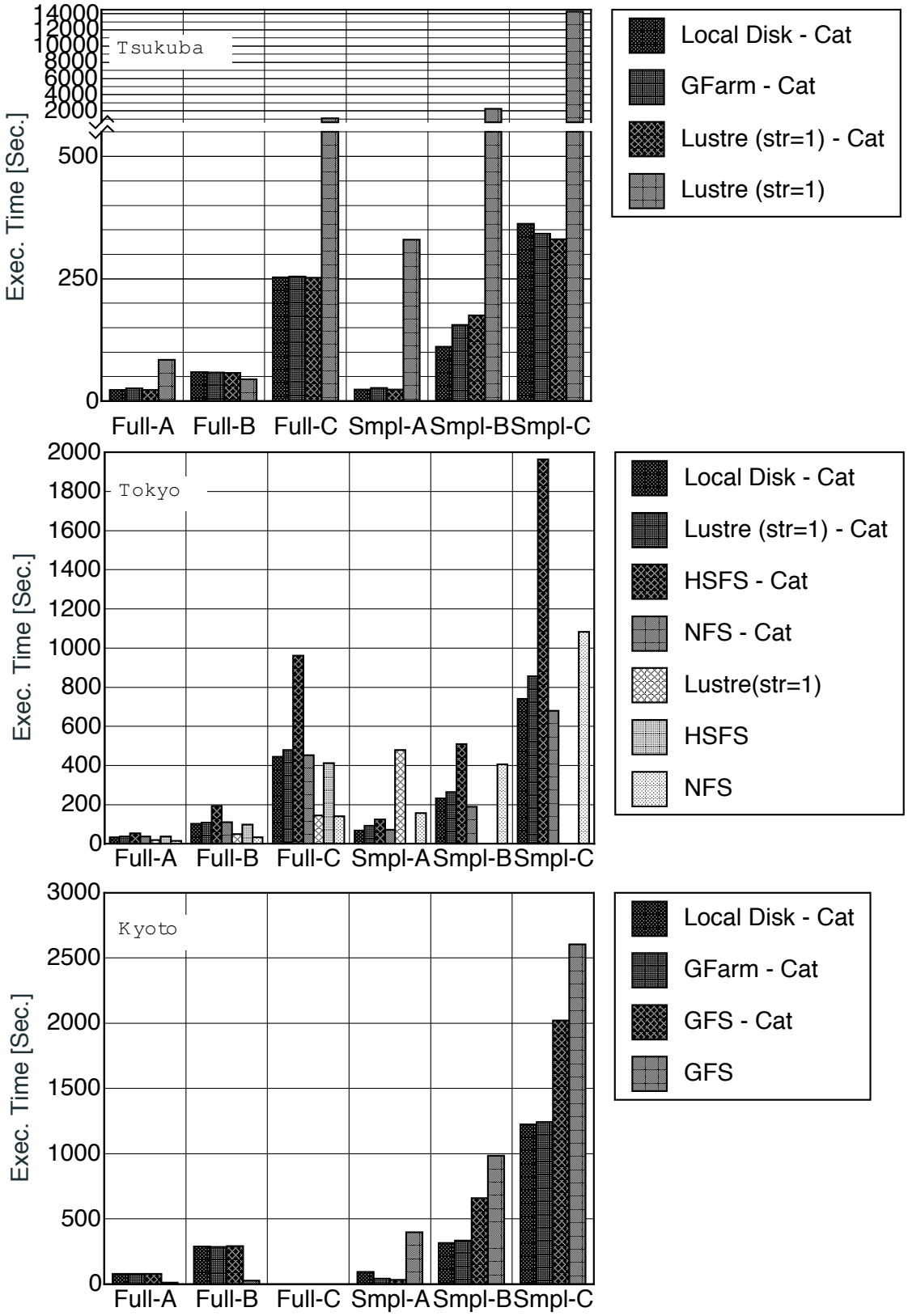


図 1: T2K の各クラスタ上での BT-IO の性能

単一実行環境を実現する汎用バッチジョブシステムの研究

山本 啓二

1 概要

クラスタやセンターのスパコンに対して単一実行環境を提供するために、まずバッチジョブシステムに注目し、様々なバッチジョブシステムへの共通のインターフェイスを設計し汎用のバッチジョブシステムを実装した。バッチジョブスクリプトの標準記述を定義し、各バッチジョブシステムのスクリプト記述への変換器を用いることでバッチジョブシステムの違いを吸収している。

バッチジョブシステムが異なる筑波大学、東京大学、京都大学の T2K スーパーコンピュータシステムに対して、ひとつのバッチジョブスクリプトを使ってジョブ投入に成功した。開発したシステムはオープンソースにて公開した。

2 単一実行環境を実現する汎用バッチジョブシステムの研究

2.1 背景

多人数で利用されるスーパーコンピュータやクラスタシステムでは、一般に計算リソース管理のためにバッチジョブシステムが導入されている。このような環境ではユーザはジョブスクリプトを記述しバッチジョブシステムを経由してプログラムを実行しなければならない。計算環境によっては導入されているバッチジョブシステムが異なることがある。このため、ユーザは各バッチジョブシステムの利用方法を学ぶ必要がある。

バッチジョブシステムへの要求は、基本的に資源の確保とプログラムの実行に集約される。バッチジョブシステムへの共通インターフェイスを整備することで、どのようなシステムでも共通の操作でプログラムの実行が可能になる。

本研究では、バッチジョブシステムによって異なるバッチジョブスクリプト記述に対して標準記述を提案する。また、あるバッチジョブスクリプト記述から、別のバッチジョブスクリプト記述への変換器を設計、実装する。また、実装したソフトウェアをオープンソースで公開する。

2.2 内容

本研究で提案する XBS は、一つのバッチジョブスクリプトから様々なバッチジョブシステムを利用できる汎用バッチジョブシステムである。XBS はバッチジョブを投入する xqsub コマンド、バッチジョブの状態を確認する xqstat コマンド、バッチジョブをキューから削除する xqdel コマンドから構成される。XBS それ自身はシステムに導入されている既存のバッチジョブシステムのラッパーとして動作する。

ジョブの投入には、xqsub コマンドを用いてバッチジョブスクリプトを受け取り、ターゲットのバッチジョブシステムに対応したバッチジョブスクリプトに変換しジョブを投入する。XBS では GJSL(Generic Job Script Language) と呼ぶジョブスクリプト記述を定義している。GJSL のオプションとスクリプト記述の例を図 1 に示す。スクリプト中の#XBS で始まる行は XBS へのディレクティブである。

オプション	内容
–queue	実行するキュー
–job_name	ジョブ名
–job_memory_size	メモリ量の最大値
–job_cpu_time	CPU 時間の最大値
–job_elapse_time	実行時間の最大値

```
01: #XBS --job_elapse_time 60    07: #XBS@cluster_b
02: #XBS@cluster_a --queue debug 08: cd /work/user_name/
03: #XBS@cluster_b --queue test  09: #XBS@cluster_a,cluster_b
04: #XBS --job_name example      10: date
05: #XBS@cluster_a               11: #XBS@*
06: cd /home/user_name/          12: ./a.out
```

図 1: GJSL オプションとスクリプトの例

GJSL は様々な実行環境に対するオプションを指定できる。システム固有のオプションは “@” の後にシステム名を付けて指定する。例えば図 1 の 2 行目は`--queue debug` オプションを `Cluster A` 環境向けに指定しており、3 行目は`--queue test` オプションを `Cluster B` 環境向けに指定している。つまり、`Cluster A` 環境では `debug` キューにジョブが投入され、`Cluster B` 環境では `test` キューにジョブが投入される。また、図 1 の 6 行目や 8 行目ではプログラム実行時のディレクトリを環境毎に切り替えている。

GJSL で記述したバッチジョブスクリプトを、Torque や GridEngine 等の各種システムに対応したスクリプトに変換するためにスクリプト変換器が必要である。変換器には各種システムに容易に対応できる柔軟性が必要である。本研究では、GJSL と各システムのスクリプト記述間の変換ルールを JSON(JavaScript Object Notation) を用いて記述する。

図 2 に GJSL と Torque 間の変換ルール記述の一部を示す。`queue` と `job_elapse_time` は GJSL で定義する Generic オプションである。`istring,ifilter` には対象システムのバッチジョブオプションから Generic オプションへ変換するルールを書くことができる。GJSL の `queue` オプションは torque の `-q` オプションにそのまま対応することを示している。`job_elapse_time` オプションは torque の `-l` オプション中の `walltime` に対応することを示している。`ifilter` はオプションの修正用フィルターで、以下の式によってオプション文字列が修正される。`parse_csv` や `from_time` は xqsub に実装されている関数である。新しいバッチジョブシステムに対応する関係で、独自処理のために新たな関数が必要な場合に関数を追加し、呼び出すことができる。

```
tmp = parse_csv("walltime=00:01:00", "walltime")
job_elapse_time = from_time(tmp)
```

`ostring,ofilter` は Generic オプションから対象のシステムのバッチジョブオプションへ変換するルールを書くことができる。基本的に Generic オプションを `ostring` に代入する。代入前に `ofilter` を使ってオプションのフォーマットを変換することができる。例えば、`job_elapse_time` は `to_time` によってフォーマット変換され、その結果が `ostring` に代入される。

変換ルールは GJSL と対象のバッチジョブシステム間にて定義される。よって、Torque スクリプトを GJSL を経由して GridEngine スクリプトに変換することも可能である。実際の Torque から GridEngine スクリプトへの変換例を図 3 に示す。

xqsub コマンドは、各バッチジョブシステムの qsub コマンド実行時の終了コードや標準出力も変換する。これらの変換はパターンマッチ等を組み合わせた数行程度の python コードとして xqsub に実装

```
"queue": {
  "istring": "-q",
  "ostring": "-q %s",
},

"job_elapse_time": {
  "istring": "-l",
  "ifilter": [["parse_csv", "walltime"], "from_time"],
  "ostring": "-l walltime=%s",
  "ofilter": ["to_time"],
}
```

図 2: バッチジョブスクリプトの変換ルール記述

```
#PBS -q debug_queue
#PBS -l walltime=00:01:00
```

Torque スクリプト

```
#XBS --queue debug_queue
#XBS --job_elapse_time 60
```

XBS Generic スクリプト

```
#$ -q debug_queue
#$ -l s_rt 60
```

GridEngine スクリプト

図 3: Torque, XBS generic, GridEngine スクリプトの例

されている。xqstat,xqdel コマンドも xqsub 同様に終了コードや標準出力を変換している。XBS を用いることでクラスタやスーパーコンピュータに導入されている各種バッチジョブシステムを共通の手法で利用でき、ユーザの利便性が向上する。

2.3 具体的成果

上記 XBS を筑波大学、東京大学、京都大学の T2K スーパーコンピュータシステムに対応させ、ひとつのバッチジョブスクリプトを用いてそれぞれのシステムにジョブ投入可能であることを確認した。また、ジョブの状態確認やバッチキューからのジョブ削除を共通の手法で操作できることを確認した。東大のクラスタシステムに XBS を導入し利用講習会 [特記 1, 特記 2] を行った。開発した XBS は PC クラスタコンソーシアムの SCore Cluster System に含まれ、オープンソースにて公開されている [公開 1]。

3 成果要覧

公開ソフトウエア

[公開 1] Keiji Yamamoto: SCore Cluster System Version 7, http://www.pccluster.org/ja/score7.html, Nov 2010.

特記事項

[特記 1] 山本啓二: XQSUB チュートリアル, e-Science チュートリアル in 東京, 2010 年 10 月.

[特記 2] 山本啓二: XQSUB チュートリアル, e-Science チュートリアル in 京都, 2010 年 10 月.

学際情報科学研究体

伊藤 祥司

数値計算アルゴリズムに対する体系的性能評価と
特性分析、および、センター業務への取り組み

数値計算アルゴリズムに対する体系的性能評価と特性分析、および、センター業務への取り組み

伊藤 祥司

1 概要

自然現象や工学現象の解明では、数値シミュレーションを用いた解析が盛んである。その過程では、多くの場合、大規模な $n \times n$ の係数行列を持つ線形方程式

$$Ax = b \tag{1}$$

の求解に帰着され、シミュレーションに要する時間の多くがこの計算に費やされる。

ところが、線形方程式の求解アルゴリズムには様々なものが存在し、対象とする問題の性質によっては、その性能が十分に発揮されないような場合や数値解が得られない場合もある。さらに、アルゴリズムの実効性能などに関しては、理論面だけでは分析し切れないことも少なく無い。これまでに、このような観点から求解アルゴリズムに対する体系的な性能評価と特性分析が行なわれ、そこで得られた数値計算結果のデータ分析をとおして新しい知見が見出されてきている。

また、現在、実現に向けて研究開発が進んでいるペタスケールやエクサスケールコンピューティングでは、超並列計算により大規模な問題の求解が行なわれる。しかし、そのような状況においても、逐次計算の時点で、求解アルゴリズム面での安定求解に深く関係する問題点が潜む。数理的に不適切な記述を含んでいるアルゴリズムのままでは、高度なアーキテクチャを用いた超並列化やグリッドコンピューティング、あるいは、計算コードを高性能化したとしても求解させることは難しい。さらに、それら問題点に、並列計算の段階で直面したり、計算コードを高度な性能向上を図った後で直面した場合には、そこでの問題解決は逐次計算の場合と比較して遥かに複雑である。したがって、逐次計算の段階で既に潜在する“求解品質”を大きく揺さぶる問題点の発見と解決が非常に重要である。その一手段としても、工学的な方法論により、品質管理(QC: Quality Control)手法などに基づいた体系的な性能評価や特性分析の研究が欠かせない。

本稿では、下記について述べる。

- 数値計算求解アルゴリズムの体系的性能評価手法に対する品質管理の側面
- 線形方程式求解アルゴリズムに対する求解品質の改善

また、センター業務関係では、

- 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（情報基盤拠点）における作業効率の改善
- エンドユーザ教育関連

2 数値計算求解アルゴリズムの体系的性能評価手法に対する品質管理の側面

2.1 背景

様々な研究領域で展開されている計算科学では、多くの場合、大規模な線形方程式求解に帰着される。ところが、線形方程式の求解アルゴリズムには様々なものが存在し、対象とする問題の性質によっては、その性能が十分に発揮されないような場合や数値解が得られない場合すらある。それにも

関わらず、求解アルゴリズム全般を展望し、求解品質（本稿では、求解速度や安定性なども含めた求解精度などを指す）について分析・評価する研究がなされていない。

2.2 内容

従来から、数値計算アルゴリズムは理論的な側面から分析や開発（実態としては、方程式求解に向けた数理構造の発見である）されてきている。本研究では、数多くの問題を用意し、それらを数多くの求解アルゴリズムで解く。この時に算出（産出）される問題特性や求解特性を示すデータを DB に蓄積し、それらを“体系的に”分析する。言わば、“数値解析に対する実験科学”の側面からのアプローチにより研究する。しかし、それに向けた既成の方法論は無い。そこで、本研究では、求解問題の特性や求解アルゴリズムの求解状況を、“求解品質”という観点から捉えることで、分析・評価や問題解決する方法論として品質管理手法を用い議論する。

2.3 具体的成果

本研究は 2005 年から継続して取り組んできている。これまでは、本研究を実施するための情報基盤の構築と、上述の方法論の検討、および、これらを用い、新たな知識発見に取り組んできた。

線形方程式に対する求解アルゴリズムも、ガウス消去法に代表される“直接法”、一定の求解式を繰り返し実行して解に収束させる“反復法”があり、さらに反復法は“定常反復法”と“クリロフ部分空間法に代表される“非定常反復法”とに分かれる。両反復法とも、解への収束を改善するための“前処理”と呼ばれる技法を併用することが多い。本研究では、現在、クリロフ部分空間(KSP: Krylov subSPace)法に基づく解法を対象としてきており、それらの解法と併用する前処理の影響も併せて議論してきている。ここでは、あらためて、解法と前処理技法とを組み合わせたものを“求解アルゴリズム”と呼ぶことにする。

1. 本研究実施のための情報基盤構築に対する具体的成果として、[公開 1][特許 1][特許 2]がある。この成果物は、4 節で述べる講習会受講者にも紹介し、センター運用にも役立てている。
2. 方法論を検討し求解品質についての議論と新たな知識発見の具体的成果は、[査読付 2]である。上述の KSP 法の解法と前処理との効果について QC 手法を適用して評価したところ、KSP 法の収束性に及ぼす影響は解法の違いよりも前処理の違いの方が大きいことが確認された。このような定量・定性的分析手法は従来行われていないものであり、ここで得られた知見も、本手法を通してはじめて全体像が明らかにされたものである。
3. また、このような方法論にも基づく分析・評価は、様々な研究にも適用できる。[査読付 3][発表 5]などはその一例とも言える。
4. さらに、様々な KSP 法に対する前処理変換を理論面からも体系的に分析すると、従来から国際的にも標準・典型的とされてきている前処理付きアルゴリズムの記述では、数学上の問題点があることが分かった。本研究では、その問題点に対する適正化、言わば、“アルゴリズム記述の品質改善”に成功した。そして、従来から用いられてきているアルゴリズムでは求解できなかった問題に対して、本提案手法により求解可能となる事例も確認された。本提案手法の適用範囲は、1つの解法に限らず、“双ランチョス系統”と呼ばれる解法群全てに対して適用できるものであり、その波及効果ははかり知れない。[発表 1][発表 2][発表 4]

3 線形方程式求解アルゴリズムに対する求解品質の改善

3.1 背景

前節で述べた“体系的性能評価と特性分析”により見つかる事象とは、求解アルゴリズムの性能評価に留まらず、あらたな問題発見としても役立つ。

本節では、求解アルゴリズム上の問題発見に対する解決策を、数値計算ライブラリの品質改善に役立てた研究成果について述べる。

3.2 内容

前述のとおり、線形方程式(1)に対して、KSP 法を用いて解く場合、多くの場合、前処理技法を併用する。この前処理の効果とは、大雑把ながら一般的な説明方法に基づくと、係数行列 A に対し、$K \approx A$ となるような前処理行列 K を何らかの方法で生成し、元の線形方程式を

$$\left(K_L^{-1} A K_R^{-1}\right)\left(K_R x\right) = K_L^{-1} b \tag{2}$$

と変換することに基づく。ここで、

$$K = K_L K_R \tag{3}$$

である(ガウス消去法に基づく LU 分解を用いる)。このとき、変換後の係数行列 $K_L^{-1} A K_R^{-1}$ は単位行列 I に近くなり、性質の良い(解き易い)問題へと変わることが期待される。従来からの定義に基づくと、ここでの前処理変換とは、係数行列の両側から前処理行列を作用させているので“両側前処理”とも呼ばれ、$K_L = K, K_R = I$ の場合は“左前処理”、$K_L = I, K_R = K$ の場合は“右前処理”と呼ばれる。

しかし、実際には、(1)から(2)などへの変換自体は行わず、(2)の変換と等価となるように、KSP 法のアルゴリズム中に表れる行列やベクトルを変換して前処理付きアルゴリズムを記述する。すなわち、元々の(1)に対し、“前処理付き KSP 法”を適用して求解する。このとき、前処理に関わる演算は必ずしも(3)の分解を行う必要は無く、前処理付きアルゴリズムの中では、何らかの手段で $\boldsymbol{u} = K^{-1}\boldsymbol{v}$ の演算を解けば良い。

以上は、教科書どおりの説明である。ここからが問題である。上記で両側・左・右前処理と 3 種類の前処理方向が定義されているが、ここでの前提を取り違えると、結果的に得られる前処理付きアルゴリズムの記述や収束判定式までが異なるものになってしまう。また、上述の前処理と似たもので“スケーリング”という技法(広義の前処理の一つである)もあり、これまで説明してきた(狭義の)前処理と同様に収束判定式と密接な関係がある。このようなことは一般化して論じられておらず、国内外の数値計算アルゴリズムの論文、著書、ライブラリを見渡すと、取り違えた前提に基づいていると思われるものが散見される。さらには、前処理方向を3種類定義したにも関わらず、アルゴリズムの数理的構造のために、結果的に得られる前処理付きアルゴリズムが一致する解法もあれば、一方で、数理的構造のために、一致しない解法もある。このような観点からの議論が無い訳ではないものの、議論される場合でも、特定の解法の論文中で扱われるに留まり、未だ体系的に論じられておらず、非常に見通しが良くない。これらに対して体系的に議論し、検証としての体系的性能評価を行った。

3.3 具体的成果

本研究は 2007 年から継続して取り組んできた。ここでの研究成果は、2.3 節の具体的成果 4.へと派生してもいる。

1. (広義の)前処理方式と収束判定の関係について議論し、体系的評価により、その影響の大きさを評価した。ここでの議論と研究成果は、数値計算ライブラリ開発に対する品質改善にも有用な成果であり、4 節で述べる講習会受講者にも紹介し、センター運用にも役立てている。[査読付 1]
2. (狭義の)前処理変換により 3 方向の変換を施しても、最終的に得られる前処理付きアルゴリズムが一致する“一致性”について議論した。さらには、従来から国際的にも標準・典型的とされてきている前処理付き CGS 法の記述の数学上の問題点を適正化することで、前処理方向に対する幾何学的な“対称性”が成り立つことを示した。これは、前処理無しの CGS 法の導出過程と照らし合わせても、合理的な適正化である。[発表 1][発表 2]
3. 上述の研究成果を掘り下げると、従来の両側・左・右 3 方向の前処理変換の定義では、前処理系を合理的に説明できないことを指摘し、新しい前処理方向を定義し、前処理方向に対する概念を体系化した。[発表 1][発表 3]

4　センター業務への取り組み

4.1　背景

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（情報基盤拠点）を主に担当している。また、当センターのエンドユーザ教育の一環として、“お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「ライブラリ利用：高性能プログラミング初級入門」”の講習会を部分的に担当している。

4.2　内容

(1) 情報基盤拠点における作業効率の改善
当拠点事業では、単年度ごとに共同研究の課題募集が行われ、その採択のための課題審査が実施される。さらに、シンポジウムの形態で、採択課題の研究内容紹介と中間審査が実施される。平成 22 年度は、37 課題が採択された。また、拠点活動の体制として、学内外 21 名の委員で構成される運営委員会、学内外 17 名の委員で構成される課題審査委員会、8 拠点の連絡教員 15 名で構成されるワーキンググループがある。

上記のとおり、関係者数が少々多いため、シンポジウムごとの発表資料の提出、課題審査等の書類提出や、各拠点からの提出などでは、作業効率や間違い防止の点からも、極力、手作業を避けることが重要であり、如何にシステマティックに処理するかが重要である。このため、オーソドックスなスタイルに倣い、課題 ID、委員 ID 等を決め、それら ID に基づく認証用アカウントを準備し、関係者全員に配布の上、各書類提出等を実施した。

(2) エンドユーザ教育関係
“お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「ライブラリ利用：高性能プログラミング初級入門」”にて、疎行列線形方程式向けライブラリを用いた講習会を行っている。ここで用いているライブラリは、2、3 節で述べた研究でも使用しているものであり、本人の使用経験に基づいた内容で講習会を実施した。また、そのライブラリを用いた研究成果の一部には、数値計算の基本事項（しかし、従来から体系付けて議論されていない、盲点ともなっていた話題）に当たるものもあり、講習会の中でも取り上げて解説している。

4.3　具体的成果

(1) 情報基盤拠点における作業効率の改善
例えば、第 1 回シンポジウム案内の Web ページは html でスタティックに作成したが、第 2 回シンポジウムのページは php により、アクセス時にダイナミックに画面表示されるようにした（最終版が確定した時点でスタティックな html ファイルに差し替え）。第 2 回ページのプログラム部分の「課題名」、「研究代表者名」、「所属情報」は、Web サーバ上のデータベースを参照し、html 生成もわずか数行の php コードで記述しているので、発表順序の変更やセッション時間の変更などに対しても、瞬時にページ更新できるようになった。また、各課題代表者が各自のアカウントを用いてアップロードした予稿には課題 ID を利用したファイル名が付され、アップロードと同時にシンポジウムページからリンクできるので、公開期日に index.php 中のファイル公開のパラメタを on にするだけの手間で済む（最終版が確定した時点でスタティックな html ファイルに変更すれば良い）。特に、第 2 回シンポジウムの中間審査評価結果の課題代表者への配布でも、上記システムを応用した。課題代表者全員が一つの php ファイルにアクセスすると同時に、評価結果の csv ファイル内の課題 ID をキーにして評価結果のレコードを検索し、該当する課題の評価結果のみがブラウザ画面に表示される。

上記の仕組みは、課題審査委員による中間審査や平成 23 年度共同研究の採択課題審査などでも流用し、手作業の部分を大幅に減らすことができた。多人数の処理に対しても、制御用ファイルは 1 つのみで良い。

(2) エンドユーザ教育関係
当講習会を 2010 年 9 月 28 日に実施した。2011 年 2 月 3 日にも開催する予定であったが、時期が悪く、受講希望者数が少なかったため、7 月に開催することとなった。
内容は実習形式であり、筆者のこれまでの各種授業実施経験（情報処理実習、UNIX 入門、数値計算法：全て筑波大学にて実施実績あり。UNIX 入門と数値計算法は自作テキストと自作実習例題を使用）にも基づき、講習会テキストを作成の上、OJT 方式で実施した。

5 成果要覧

査読付論文

[査読付 1] 伊藤祥司, 杉原正顯, 姫野龍太郎: クリロフ部分空間法に対する前処理方式と収束判定について, 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム(ACS), Vol.3, No.2, pp.9‐19, 2010 年 6 月.

[査読付 2] Shoji Itoh, Masaaki Sugihara: Systematic performance evaluation of linear solvers using quality control techniques, Software Automatic Tuning From Concepts to State-of-the-Art Results (eds. Ken Naono, Keita Teranishi, John Cavazos and Reiji Suda), pp.135-152, Springer, Sep., 2010.

[査読付 3] Takahiro Katagiri and Shoji Itoh: A Massively Parallel Dense Symmetric Eigensolver with Communication Splitting Multicasting Algorithm, LNCS (the post-conference book of VECPAR'10), pp.139-150, Nov., 2010.

公開ソフトウェア

[公開 1] Shoji Itoh: SESNA: Survey and Evaluation System for Numerical Algorithms, http://sesna.jp, Sep., 2010.

特許申請／取得

[特許 1] 伊藤祥司: 収束求解アルゴリズム性能表示装置および収束求解アルゴリズム性能表示方法, 特許第 4576535 号, 特許取得, 2010 年 9 月.

[特許 2] 伊藤祥司: 収束求解アルゴリズムに対する性能比較表示装置及び性能表示比較システム, 特許第 4576536 号, 特許取得, 2010 年 9 月.

その他の発表論文リスト

[発表 1] 伊藤祥司, 杉原正顯: 双ランチョス系統の前処理付きアルゴリズムの改善, 計算工学講演会論文集, Vol.15, pp.171-174, 2010 年 5 月.

[発表 2] 伊藤祥司, 杉原正顯: 双ランチョス系アルゴリズムの前処理変換について, 日本応用数理学会, 2010 年度年会, 明治大学, 2010 年 9 月.

[発表 3] 伊藤祥司, 杉原正顯 , クリロフ部分空間法に対する前処理方向とライブラリ実装における注意点, 日本応用数理学会 2010 年度年会, 明治大学, 2010 年 9 月.

[発表 4] Shoji Itoh, Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Mitsuyoshi Igai, Satoshi Ohshima, Hisayasu Kuroda, Ken Naono, Kengo Nakajima, An improvement in preconditioned BiCGStab method, 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論文集, pp.62-62 (Poster), 産総研（つくば）, 2011 年 1 月.

[発表 5] Tetsuro Ogi, Takashi Furumura, Shoji Itoh, Hanxiong Chen, Takahiro Katagiri, Osamu Tatebe, Atsuyuki Morishima, Hiroto Tadano and Kengo Nakajima: Visual Data Mining for Seismic

Data Analysis Using Super High Definition Image towards Petascale Computational Science, The 1st Data Intensive Science Workshop, Poster(P9), The University of Tokyo, Mar., 2011.

特記事項

[特記 1] 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会 運営委員会委員

[特記 2] 情報処理学会 論文誌コンピューティングシステム 編集委員会委員

[特記 3] 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 HPCS2011 実行委員会 プログラム委員会副委員長（論文担当）

[特記 4] 日本応用数理学会「行列・固有値問題とその解法」研究部会 運営委員会委員

[特記 5] Organizing Committee of the Fifth International Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT2010), 2010.

[特記 6] 理化学研究所 情報基盤センター 客員研究員

[特記 7] 数値解析，中央大学理工学部 兼任講師

[特記 8] ハイパフォーマンスコンピューティング，東京電機大学理工学部 非常勤講師

PART 4

各 部 門

教育・サービス活動報告

情報メディア教育部門

図書館電子化部門

ネットワーク部門

スーパーコンピューティング部門

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内の教育用計算機システム iMac端末

情報メディア教育部門

概要

部門長　柴山　悦哉　　情報教育支援係長　増田　均

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。今年度は、福武ホール（本郷キャンパス）での業務体制を強化し、従来より要望の強かった受付と新規利用者講習会の業務を本格的に開始した。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する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。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。

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、417 ドメインに所属する 18,135 名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、延ユーザ数は約 40,000 名に達する。

Web ホスティング：学内の 723 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。

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,TODAITV,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、157 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。

部局負担による携帯端末接続環境：教育用計算機システムの携帯端末接続環境と同様の機器の一部を部局が負担し、センターが運用・管理をすることにより、インターネットに接続できる環境を提供している。

その他のサービス:上記以外のサービスとして、部局設置機器の管理、一時アカウント使用、認証情報の提供、大判プリントのサービスを提供している。

認証情報の提供については、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 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、部局所有のシステムに ECCS の認証情報を提供するサービスも行っている。

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。

2010 年度の主な更新は以下の通りである。

iMac 端末(Mac 環境)

2010 年 4 月 27 日 iMac 端末のシステム更新
- MacOSX 10.6.3
- Adobe Reader 9.3.2
- セキュリティアップデート 2010-003

2010 年 5 月 27 日 iMac 端末のシステム更新
- Java for Mac OSX 10.6
- iTunes 9.1.1
- Xcode アップデート 3.2.2
- JMP8 ライセンス更新
- Firefox 3.5.9
- Firefox 3.6.3
- Thunderbird 3.0.4
- Microsoft Office 2004 for Mac 11.5.8

2010 年 7 月 22 日 iMac 端末のシステム更新
- MacOSX 10.6.4
- Safari 5.0
- Mail 4.3
- Firefox 3.6.6
- Adobe Reader 9.3.3
- Adobe Flash Player 10.1
- Microsoft Office 2008 for Mac 12.2.5
- Microsoft Office 2004 for Mac 11.5.9

2010 年 9 月 2 日 iMac 端末のシステム更新
- iTunes 9.2.1
- Safari 5.0.1
- Xcode 3.2.3
- Security Update 2010-005
- FireFox 3.6.8

- Thunderbird 3.1.2
- Adobe Reader 9.3.4
- Adobe Flash Player 10.1.82.76
- Microsoft Office 2008 for Mac 12.2.6
- Microsoft Office 2004 for Mac 11.6.0
- mi 2.1.10
- RealPlayer 12.0.0
- VLC media player 1.1.3

2010 年 12 月 2 日 iMac 端末のシステム更新

- MacOSX 10.6.5
- Mail 4.4
- iTunes 10.1
- Safari 5.0.3
- Xcode 3.2.4
- Security Update 2010-007
- リコープリンタソフトウェア
- Java for Mac OS X 10.6 update 3
- FireFox 3.6.12
- Adobe Flash Player 10.1.102.64
- Adobe Reader 9.4.1
- Microsoft Office 2008 for Mac 12.2.7
- Microsoft Office 2004 for Mac 11.6.2
- Thunderbird 3.1.6
- WPBD(west point bridge designer) 2010
- MATLAB R2010b
- OpenCV 2.1.0
- write-N-cite 2.5

iMac 端末(Windows 環境)

2010 年 5 月 19 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2010　パターンファイル等 update
- Adobe Reader 9.3.2
- Firefox 3.6.3
- Firefox 3.5.9
- Thunderbird 3.0.4
- R learnBayes パッケージ
- Java Version 6 Update 20

2010 年 8 月 5 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2010 パターンファイル等 update
- Adobe Flash Player 10.1
- Adobe Reader 9.3.3
- Firefox 3.6.8
- Thunderbird 3.1.1

2010 年 11 月 30 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2010 パターンファイル等 update
- Adobe Flash Player 10.1.102.64
- Adobe Reader X
- Firefox 3.6.12
- Thunderbird 3.1.6
- OxMetrics5
- Lhaplus 1.5.9

2011 年 2 月 22 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2010 パターンファイル等 update
- Adobe Flash Player 10.2.152.26
- Adobe Reader X 10.0.1
- Firefox 3.6.13
- Thunderbird 3.1.7
- Java 1.6.0.23
- OpenOffice 3.3.0

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、その他にソフトウエアの更新などを行った。

2010 年度の主な更新は以下の通りである。

CAD 端末

2010 年 4 月 28 日 CAD 端末のシステム更新

- Windows Update
- ウイルスバスター2010 パターンファイル等 update
- Adobe Reader 9.3.2
- Firefox 3.6.3
- Firefox 3.5.9
- Thunderbird 3.0.4
- Java Version 6 Update 20

2010 年 6 月 11 日 CAD 端末のシステム更新

- Windows Update
- ウイルスバスター2010 パターンファイル等 update
- JMP8 ライセンス更新
- SAS 9.2
- QuickTime Player 7.6.6

2010 年 8 月 16 日 CAD 端末のシステム更新

- Windows Update
- ウイルスバスター2010 パターンファイル等 update
- Adobe Flash Player 10.1
- Adobe Reader 8.2.3
- Firefox 3.6.8

- Firefox 3.5 削除
- Thunderbird 3.1.2
- OpenOffice 3.2
- VLC メディアプレイヤー 1.1.2

2010 年 8 月 25 日 CAD 端末のシステム更新
- ウイルスバスター2010 パターンファイル等 update
- Adobe Flash Player 10.1.82.76
- Adobe Reader 8.2.4
- QuickTime Player 7.6.7
- TeraPad ver0.93 インストール

2010 年 10 月 27 日 CAD 端末のシステム更新
- Windows Update
- ウイルスバスター2010 パターンファイル等 update
- Adobe Flash Player 10.1.85.3
- Adobe Reader 8.2.5
- Firefox 3.6.11
- Thunderbird 3.1.5
- QuickTime Player 7.6.8
- VLC メディアプレイヤー 1.1.4
- Java Runtime Environment 1.6.0.22
- write-N-cite
- TSP 5.1
- OxMetrics 6.0
- EViews 7
- GiveWin2 削除

2010 年 12 月 27 日 CAD 端末のシステム更新
- Windows Update
- ウイルスバスター2010 パターンファイル等 update
- Adobe Flash Player 10.1.102.64
- Adobe Reader X
- FireFox 3.6.13
- Thunderbird 3.1.7
- TeraPad 1.05
- QuickTime 7.6.9
- MATLAB R2010b

2011 年 3 月 11 日 CAD 端末のシステム更新
- Windows Update
- ウイルスバスター2010 パターンファイル等 update
- Adobe Flash Player 10.2.152.26
- Adobe Reader X 10.0.1
- FireFox 3.6.15
- Thunderbird 3.1.9
- Office 2010
- JMP 9
- Mathematica 8
- VLC メディアプレイヤー 1.1.7
- Java 1.6.0.24

- OpenOffice 3.3
- SAS 9.1 削除
- RealPlayer SP 削除
- Westpoint Bridgr Designer 2007 削除

2 サービス関係

2.1 迷惑メール隔離の開始

2010 年 11 月 8 日(月)から、ECCS で提供しているメールサービス、Mailhosting M サービス、Mailhosting D サービスの迷惑メール・ウィルス対策サーバにおいて、迷惑メールと判断したメールを利用者のメールボックスに配送する前に隔離する運用に切り替えた。

隔離したメールの概要は、「迷惑メール隔離リスト」として定時に各利用者にメールで送信される。このメールの本文中にあるリンクから隔離された個々のメール本文などが確認でき、必要に応じて利用者自身が自分のメールボックスに送信することができる。

3 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、2010 年度(各月右側)と 2009 年度(同左側)を掲せてある。

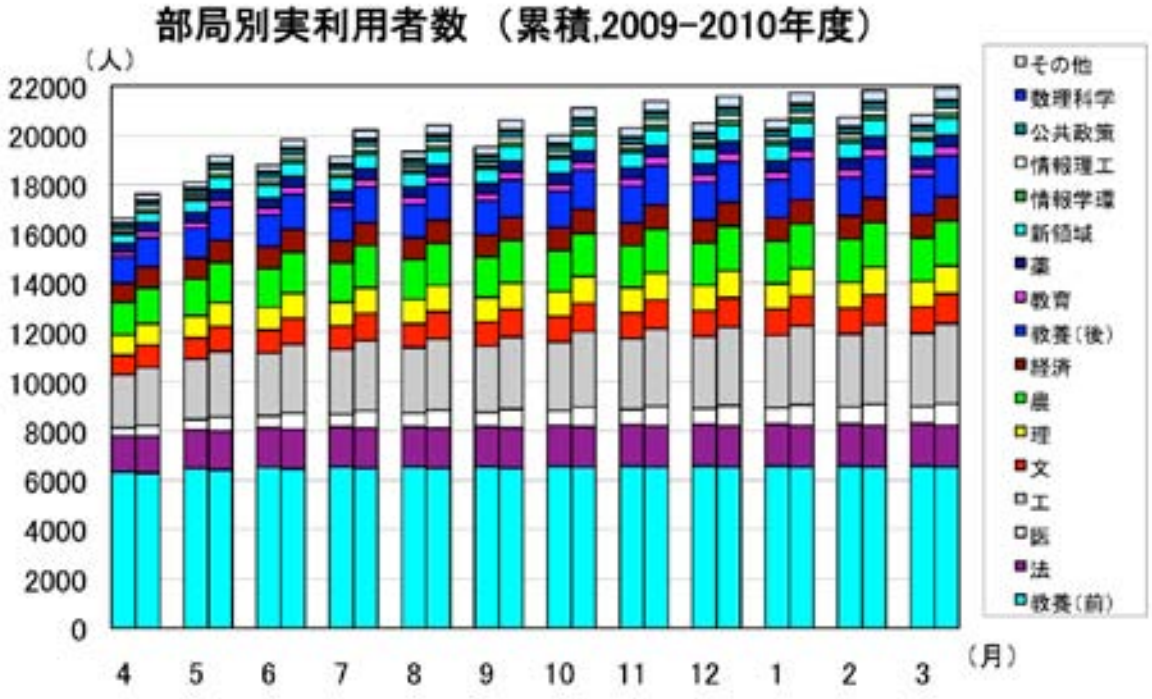


図 1. 部局別実利用者数

3.1 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(2010 年 12 月 10 日)は図 2 から図 6 の通りである。

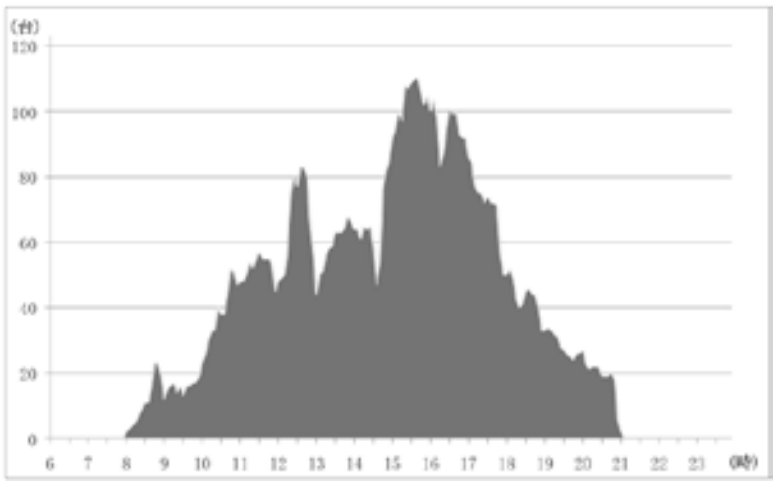


図 2. 駒場情報教育棟 1 階自習室 (123 台)

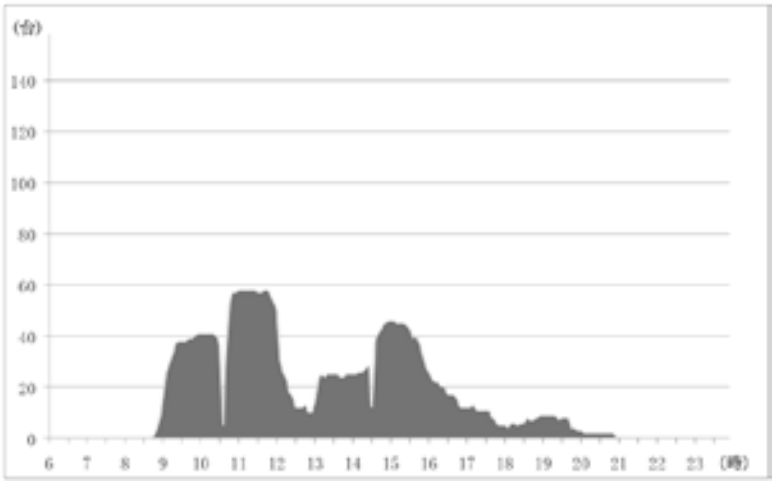


図 3. 駒場情報教育棟 2 階大演習室 1 (158 台)

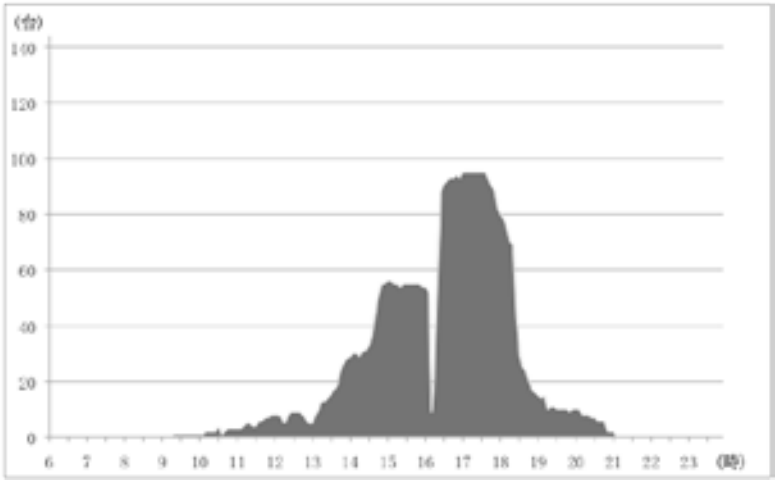


図 4. 駒場情報教育棟 3 階大演習室 2 (144 台)

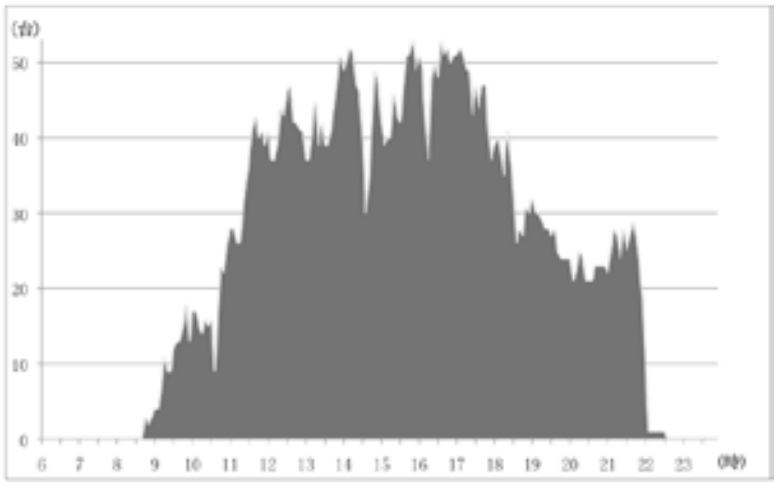


図 5. 駒場図書館 1F-メディアパーク (53 台)

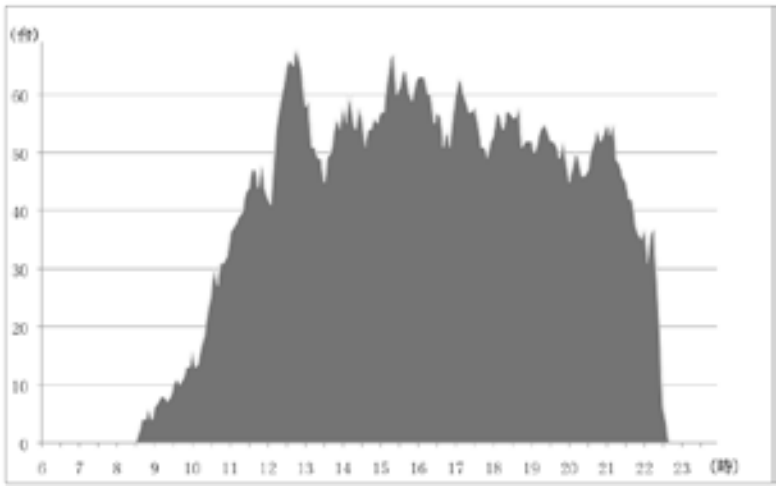


図 6. 総合図書館 2F-メディアプラザ 2, 3F-メディアプラザ 3 (69 台)

4　次期システムについて

情報基盤センターでは、2012 年 3 月に教育用計算機システム(ECCS:2008 年 3 月導入)の更新を予定している。ここに、システム更新に向けて行った手続き等を掲載する。

4.1 アンケート

第 36 回情報メディア教育専門委員会（2010 年 7 月 7 日）で、現行システムの利用状況、次期システムへの要望などを利用者に伺うためのアンケート実施について説明があった。アンケートは、講義担当教員向けの「ECCS2008 に関するアンケート - 教員向け -」と全利用者向けの「ECCS2008 に関するアンケート」の 2 種類を用意した。回答方法は、教育用計算機システムのアカウントを用いたユーザ認証(CFIVE 利用)により、1 人 1 回のみとし、回答期間は 2010 年 8 月 2 日～10 月 31 日とした。

調査項目は以下のものを設定した。

[教員向けアンケート]

1 担当している講義について
2 講義で利用しているソフトウェアについて
3 授業での印刷利用について
4 Apple Remote Desktop(ARD)について
5 Parallels について
6 講義で利用したいソフトウェアについて

[全利用者向けアンケート]

1 ECCS を利用する主な目的について
2 iMac 端末について
3 CAD 端末について
4 ファイルサーバについて
5 メールについて
6 印刷環境について
7 携帯端末環境について
8 Unix サーバについて
9 端末で利用しているソフトウェアについて
10 ECCS で満足している点について
11 ECCS で不満な点について
12 新 ECCS に必要なものについて

4.2 公聴会

教育用計算機システムを利用して授業を担当されている教職員を対象に次期システムの基本システム案を説明し、要望などを伺った。また、アンケートの中間報告も併せて行った。公聴会は、本郷地区(2010 年 9 月 16 日) 、駒場地区(2010 年 9 月 17 日)で開催した。

4.3 教育用計算機システム導入作業部会、導入説明会

情報メディア教育専門委員会(10/8)で、同専門委員会の下に「教育用計算機システム導入作業部会」を組織することとした。作業部会は各学部からの代表等により構成される。

本作業部会は 2 回(2010 年 11 月 15 日、12 月 20 日)開催され、アンケート結果・公聴会での意見等を参考に、次期システム案の大枠について検討を行った。その後、導入説明書案を作成し導入説明会(2011 年 1 月 14 日)を開催した。

4.4 今後のスケジュール

仕様作成手続きに入るため、仕様策定委員会を設置して各社からの提案書・資料をもとに仕様書案の作成、仕様書案説明会と続く。その後、入札手続きの段階に入り、入札説明会の開催、応札締切日となり、開札日に業者が決定する。そして、2012 年 3 月に新システムによるサービス運用の開始となる。ただし、Mailhosting サービスを含むメールシステムについては、年度末にシステム移行することによる混乱を避けるため、2012 年の夏休み頃まで現在のメールシステムを運用し、その後新システムに移行する予定である。

5 新規利用者向け講習会受講者数

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。講習会についてはセンター主催が基本であるが、部局からの依頼による出張講習会も行っている。

2010 年度の実施状況は以下の通りである。

表 1. センター主催新規利用者向け講習会受講者数

	本郷地区				駒場地区		柏地区	
	情報基盤センター		福武ホール		情報教育棟		柏図書館	
	開催数	受講者数	開催数	受講者数	開催数	受講者数	開催数	受講者数
4 月	4	117	42	449	12	270	3	181
5 月			36	169	4	34		
6 月			44	71	4	10		
7 月			42	58	2	9		
8 月			34	21	2	4		
9 月			40	39	2	4		
10 月			40	248	5	27	1	40
11 月			40	63	4	12		
12 月			34	39	3	7		
1 月			36	17	2	4		
2 月			36	23	3	3		
3 月			41	13	1	0		
合計	4	117	465	1,210	44	384	4	221

表 2. 部局依頼による出張講習会

開催日	依頼部局	対象者	受講者数
4 月 2 日	法科大学院	法科大学院新入生	240
4 月 2 日	公共政策大学院	公共政策大学院新入生	102
4 月 5 日	教養学部	学部新入生(文科)	1,273
4 月 6 日	教養学部	学部新入生(理科)	1,802
9 月 3 日	公共政策大学院	公共政策大学院短期留学生	12
10 月 5 日	教養学部	AIKOM 学生	28
10 月 7 日	本部国際部	日韓共同理工学部留学生	5

6　利用者対応

利用者への対応について、窓口受付件数、電話対応件数、メールによる回答および通知数を以下に示す。

表3. 利用者対応件数

	情報基盤センター		福武ホール	駒場情報教育棟		メール
	窓口対応	電話対応	窓口対応	窓口対応	電話対応	
4 月	643	395	−	792	59	128
5 月	940	215	−	839	25	156
6 月	411	164	−	337	15	81
7 月	283	121	−	205	25	105
8 月	188	98	92	80	11	43
9 月	214	69	116	109	18	55
10 月	303	117	265	271	12	71
11 月	202	78	175	140	13	50
12 月	161	54	142	89	19	76
1 月	171	46	89	75	17	67
2 月	137	74	100	54	16	74
3 月	199	156	84	31	24	84
合計	3,852	1,587	1,063	3,022	254	990

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

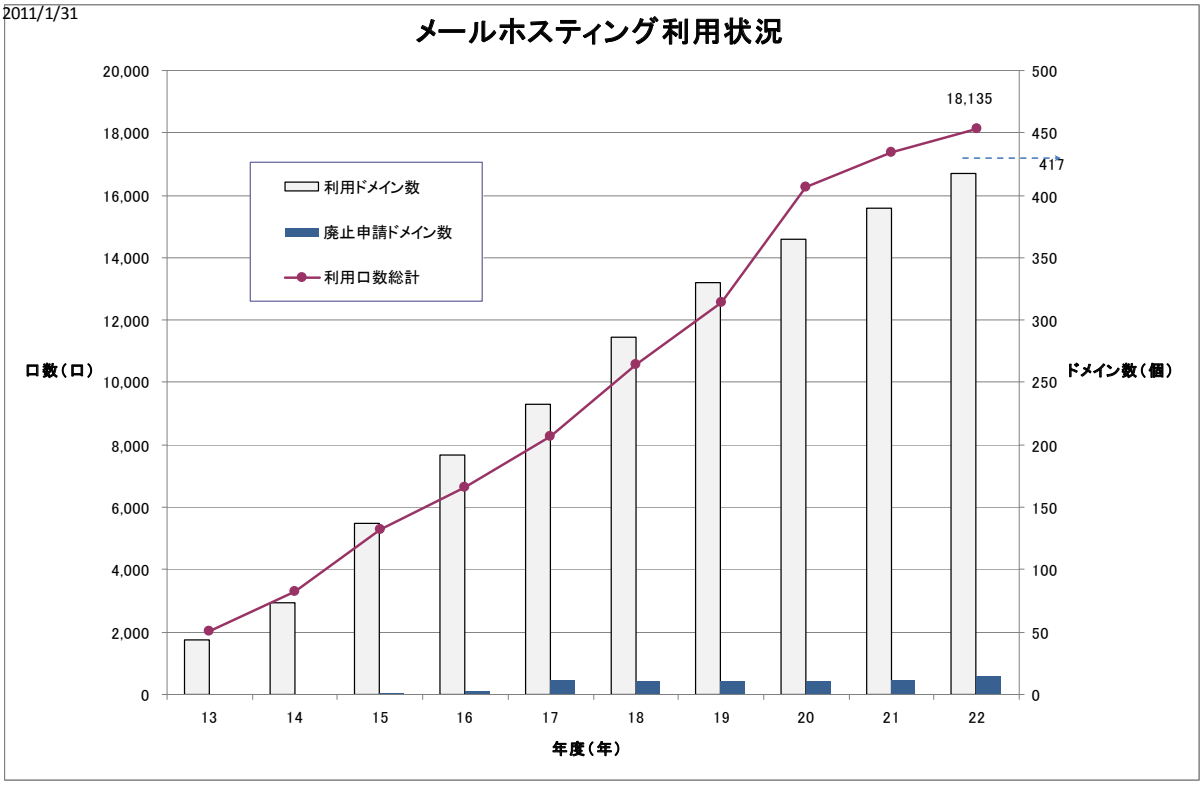
1　経過

2010 年 7 月 7 日　第 36 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、また、新規に利用負担金免除制度の適用を希望していた 1 組織に対し、制度が認められた。

2010 年 10 月 8 日　第 37 回情報メディア教育専門委員会において、新規に利用負担金免除制度の適用を希望していた 1 組織に対し、制度の適用が認められた。

2　参加組織

平成 22 年度末現在、本サービスを利用している組織は 417 組織であり、それらの申込み口数の合計は 18,135 口である。平成 21 年度末に比べ、27 組織、755 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

2010 年

5 月 30 日　5/30(日) 外部へのメール送信の遅延
8 月 31 日　障害情報:メールの送受信障害
9 月 17 日　SPAMBlock のメンテナンスについて
10 月 28 日　10/28(木) Mailman の障害について
11 月 04 日　【管理者向け】SPAMBlock の管理
11 月 04 日　迷惑メール隔離の開始について
11 月 08 日　11/8(月) SPAMBlock のメンテナンス作業
11 月 09 日　【利用者向け】迷惑メール隔離リストの対処方法
11 月 09 日　Distribution List(DL)、Mailman の迷惑メール隔離について
11 月 09 日　SPAM 判定ルールの誤った適用について
11 月 17 日　迷惑メール隔離時の動作設定変更について
12 月 01 日　隔離されたメールを復旧できない不具合について

2011 年

3 月 09 日　メールの転送設定方法
3 月 14 日　東北地方太平洋沖地震に関連した節電対策のための ECCS の部分停止について 2011-03
3 月 17 日　東北地方太平洋沖地震に関連した東京電力輪番停電に対するサービスの影響範囲について
3 月 23 日　東北地方太平洋沖地震に関連した節電対策によるメールサーバの運用について
3 月 29 日　3 月 29 日(火) SPAMBlock のメンテナンス作業
3 月 31 日　東北地方太平洋沖地震に関連した節電対策および東京電力輪番停電への ECCS サービス対応状況
3 月 31 日　4 月 14 日(木) Active!mail のバージョンアップ作業

メールホスティング D

2010 年

6 月 03 日　古いメールを自動削除する機能はありますか？
7 月 01 日　メールサーバの高負荷状態
7 月 01 日　7/1(木)18:00～21:00 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
8 月 17 日　【管理者向け】資料室の容量および管理画面の変更について
8 月 31 日　メールサーバの高負荷状態
8 月 31 日　メールの送受信障害
10 月 28 日　10/28(木) Mailman の障害について
11 月 04 日　迷惑メール隔離の開始について
11 月 04 日　【管理者向け】MailSuite での迷惑メール隔離の管理
11 月 08 日　11/8(月) MailSuite のメンテナンス作業
11 月 09 日　【利用者向け】迷惑メール隔離リストの対処方法
11 月 09 日　エイリアス、メーリングリスト、Mailman の迷惑メール隔離について
11 月 17 日　迷惑メール隔離時の動作設定変更について
12 月 07 日　ドメイン管理インターフェース障害
12 月 28 日　メールのサイズ制限が無効になる

2011 年

1 月 05 日　利用者による例外処理設定不可について
1 月 24 日　メールサーバの障害について
2 月 22 日　2 月 22 日(火) MailSuite のメンテナンス作業
3 月 14 日　東北地方太平洋沖地震に関連した節電対策のための ECCS の部分停止について 2011-03
3 月 17 日　東北地方太平洋沖地震に関連した東京電力輪番停電に対するサービスの影響範囲について
3 月 23 日　東北地方太平洋沖地震に関連した節電対策によるメールサーバの運用について
3 月 31 日　東北地方太平洋沖地震に関連した節電対策および東京電力輪番停電への ECCS サービス対応状況

WEB PARK サービス運用報告

電子教材係

1　システム作業

WEB PARK システムは 2009 年度にシステム更新を行い、2010 年 2 月 22 日より新システムによるサービスを開始した。2010 年度はシステムに関する大きな作業は行っていない。2010 年度中に行った主な作業は以下のとおりである。

サーバ証明書を取得し、SSL（https によるアクセス）の利用を可能とし、6 月 10 日にアナウンスを行った。なお、サーバ証明書は、3 月 2 日に公開したパスワード変更インターフェースにも用いているため、2 月に取得した。

AWstats による組織ごとのアクセス情報表示を可能とし、11 月 29 日にアナウンスを行った。

2　利用組織数

2010 年度に利用を開始した組織数は 105、利用を中止した組織数は 32 であった。2011 年 3 月末現在の総利用組織数は 723 である。利用組織数の変化を図1に示す。

なお、2010 年 7 月 7 日に行われた第 36 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。

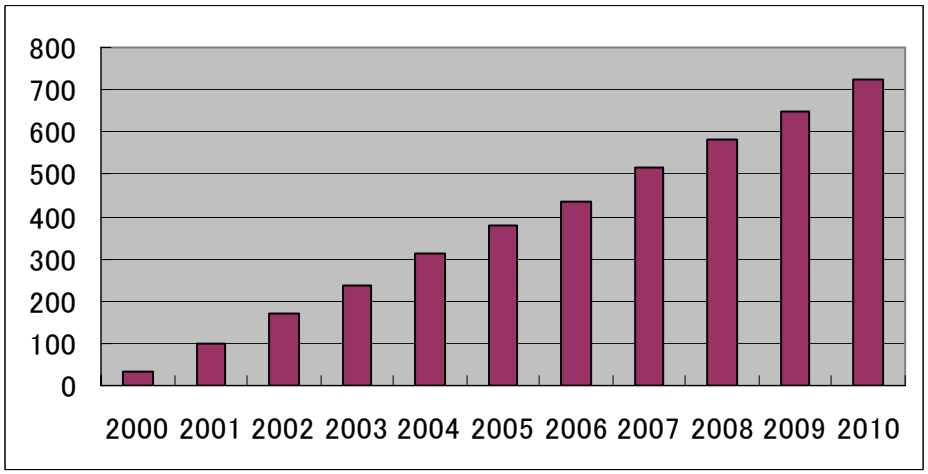


図1　利用組織数

部局別利用組織数は以下のとおりである。（2011 年 3 月末現在）

法学系研究科／法学部	36
医学系研究科／医学部	40
工学系研究科／工学部	203
理学系研究科／理学部	11
農学生命科学研究科／農学部	106
経済学研究科／経済学部	29

総合文化研究科／教養学部	79
教育学研究科／教育学部	2
薬学系研究科／薬学部	1
新領域創成科学研究科	90
情報理工学系研究科	12
公共政策大学院	1
医科学研究所	1
東洋文化研究所	1
社会科学研究所	1
生産技術研究所	3
大気海洋研究所	16
先端科学技術研究センター	16
低温センター	1
アイソトープ総合センター	2
環境安全研究センター	5
留学生センター	1
人工物工学研究センター	1
生物生産工学研究センター	2
アジア生物資源環境研究センター	9
医学教育国際協力研究センター	1
情報基盤センター	7
機構・委員会等	33
その他	13

3　利用者管理システム

WEB PARK サービスの利用手続きについて、これまでは、新規申請、継続申請、各種情報の更新等は、申請書による方法をとっていた。このため、センター側でのデータ入力の手間や、メールアドレス等の誤入力について支障をきたしていた。そこで、各種情報を利用者自身に入力、更新してもらうための利用者管理システムを作成した。新規申請については 2010 年 3 月 31 日から受付を開始し、継続申請等については 4 月 14 日に登録状況通知書と共に本システム用のパスワードを通知し利用を開始した。

4　情報教育研究集会での発表

2010 年 12 月 10 日～11 日に京都大学主催で行われた情報教育研究集会において、坂井主任が「学内向け Web ホスティングサービスの運用」について発表を行った。

関連 URL　http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/

遠隔講義支援サービス運用報告

電子教材係

1 運用報告

2010 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。なお、会議等の利用状況については、学外との接続利用のみの回数である。

	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	53	5
2) 駒場 情報教育棟 E49 遠隔講義室	14	6
3) 貸出用テレビ会議システム	4	-
4) MCU:テレビ会議システム多地点接続制御装置	53	8
5) インターネットライブ中継	2	4

以下にその詳細を記す。

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

2010 年 04 月 02 日(金) 09:00-18:00 情報基盤センター 片桐孝洋
2010 年 04 月 20 日(火) 13:00-18:00 総合研究博物館 宮本英昭
2010 年 04 月 22 日(木) 14:00-17:30 情報基盤センター 米山浩
2010 年 04 月 23 日(金) 15:00-19:00 情報基盤センター 佐藤周行
2010 年 04 月 28 日(水) 16:00-17:00 情報基盤センター 中島研吾
2010 年 05 月 13 日(木) 13:00-18:00 情報基盤センター 中島研吾
2010 年 05 月 14 日(金) 09:00-18:00 情報基盤センター 中島研吾
2010 年 05 月 19 日(水) 14:00-18:00 情報基盤センター 中川裕志
2010 年 06 月 01 日(火) 13:00-16:00 情報基盤センター 大橋公一郎
2010 年 06 月 02 日(水) 15:30-18:00 情報基盤センター 柴山悦哉
2010 年 07 月 08 日(木) 09:00-17:00 情報基盤センター 片桐孝洋
2010 年 07 月 09 日(金) 09:00-17:00 情報基盤センター 片桐孝洋
2010 年 07 月 15 日(木) 13:00-17:00 情報基盤センター 西澤明生
2010 年 07 月 23 日(金) 16:30-20:00 情報基盤センター 中山雅哉
2010 年 07 月 28 日(水) 13:00-17:00 情報基盤センター 西澤明生
2010 年 07 月 29 日(木) 09:00-18:00 情報基盤センター 片桐孝洋
2010 年 07 月 30 日(金) 09:00-18:00 情報基盤センター 片桐孝洋
2010 年 08 月 03 日(火) 09:00-12:00 医学系研究科 奥野浩行
2010 年 08 月 30 日(月) 09:00-17:00 情報基盤センター 片桐孝洋
2010 年 09 月 02 日(木) 09:00-18:00 情報基盤センター 片桐孝洋
2010 年 09 月 03 日(金) 09:00-18:00 情報基盤センター 片桐孝洋
2010 年 09 月 14 日(火) 09:00-17:00 情報基盤センター 後藤和彦

2010 年 09 月 17 日(金) 13:00-18:00 情報基盤センター　後藤和彦
2010 年 09 月 21 日(火) 11:00-14:00 情報基盤センター　中山雅哉
2010 年 09 月 22 日(水) 16:99-18:00 情報基盤センター　柴山悦哉
2010 年 09 月 27 日(月) 09:00-18:00 情報基盤センター　片桐孝洋
2010 年 09 月 28 日(火) 09:00-18:00 情報基盤センター　片桐孝洋
2010 年 09 月 30 日(木) 09:00-12:00 情報基盤センター　大橋公一郎
2010 年 10 月 19 日(火) 15:00-18:00 情報基盤センター　大橋公一郎
2010 年 10 月 22 日(金) 15:30-18:00 情報基盤センター　若原　恭
2010 年 10 月 27 日(水) 13:00-18:00 情報基盤センター　宮嵜　洋
2010 年 11 月 15 日(月) 10:00-12:00 情報基盤センター　増田　均
2010 年 11 月 24 日(水) 15:00-17:00 情報基盤センター　大橋公一郎
2010 年 12 月 01 日(水) 11:00-12:00 情報基盤センター　加藤　朗
2010 年 12 月 07 日(火) 09:00-18:00 情報基盤センター　岩崎直樹
2010 年 12 月 08 日(水) 09:00-18:00 情報基盤センター　岩崎直樹
2010 年 12 月 09 日(木) 09:00-18:00 情報基盤センター　岩崎直樹
2010 年 12 月 14 日(火) 10:00-12:00 情報基盤センター　関谷勇司
2010 年 12 月 16 日(木) 15:00-18:00 情報基盤センター　柴山悦哉
2010 年 12 月 21 日(火) 09:00-12:00 総合研究博物館　宮本英昭
2010 年 12 月 22 日(水) 10:00-15:00 情報基盤センター　大塚浩一
2010 年 12 月 27 日(月) 13:00-18:00 情報基盤センター　片桐孝洋
2011 年 01 月 05 日(水) 12:00-18:00 情報基盤センター　関谷勇司
2011 年 01 月 11 日(火) 09:30-11:30 情報基盤センター　大橋公一郎
2011 年 01 月 14 日(金) 13:00-16:00 情報基盤センター　大橋公一郎
2011 年 02 月 14 日(月) 09:00-18:00 情報基盤センター　宮嵜　洋
2011 年 02 月 15 日(火) 09:00-18:00 情報基盤センター　宮嵜　洋
2011 年 02 月 18 日(金) 09:30-15:00 情報基盤センター　宮嵜　洋
2011 年 03 月 14 日(月) 17:00-21:00 情報基盤センター　石﨑　勉
2011 年 03 月 28 日(月) 09:30-13:00 情報基盤センター　若原　恭
2011 年 03 月 28 日(月) 13:00-18:00 情報基盤センター　片桐孝洋
2011 年 03 月 29 日(火) 09:00-13:00 情報基盤センター　片桐孝洋
2011 年 03 月 30 日(水) 14:00-17:00 情報基盤センター　中山雅哉

2.1.2　駒場情報教育棟 E49 遠隔講義室

2010 年 06 月 18 日(金) 13:00-14:00 総合文化研究科　滝浪 幸次郎
2010 年 08 月 03 日(火) 13:00-17:00 国際推進学部入試担当室　谷井 賢治
2010 年 09 月 02 日(木) 09:00-14:00 総合文化研究科　古城 佳子
2010 年 09 月 15 日(水) 14:00-17:00 国際推進学部入試担当室　谷井 賢治
2010 年 10 月 20 日(水) 17:50-20:00 総合文化研究科　増原 英彦
2010 年 10 月 27 日(水) 14:00-17:00 国際推進学部入試担当室　谷井 賢治
2010 年 11 月 15 日(月) 10:00-12:00 情報基盤センター　増田　均
2010 年 11 月 17 日(水) 17:50-20:00 総合文化研究科　増原 英彦
2010 年 11 月 24 日(水) 14:00-17:00 国際推進学部入試担当室　谷井 賢治
2010 年 12 月 08 日(水) 17:50-20:00 総合文化研究科　増原 英彦
2010 年 12 月 27 日(月) 15:00-18:00 総合文化研究科　松尾 基之
2011 年 01 月 19 日(水) 17:50-20:00 総合文化研究科　増原 英彦
2011 年 02 月 16 日(水) 17:50-20:00 総合文化研究科　増原 英彦
2011 年 03 月 22 日(火) 10:00-12:00 情報基盤センター　増田　均

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

2010 年 04 月 06 日 - 2010 年 07 月 27 日　毎週火曜日 10:15-11:55
工学系研究科電気系工学専攻　情報セキュリティ基盤論
柏キャンパスと接続

2010 年 04 月 19 日 - 2010 年 07 月 26 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

2010 年 10 月 01 日 - 2011 年 01 月 28 日毎週金曜日 10:15-11:55
工学系研究科電気系工学専攻　融合情報学輪講 I・II
柏キャンパスと接続

2010 年 10 月 04 日 - 2011 年 01 月 31 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

2010 年 10 月 18 日 - 2011 年 01 月 24 日毎週月曜日 16:20-18:00
新領域創成科学研究科　複雑理工学輪講
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

2010 年 04 月 19 日 - 2010 年 06 月 28 日　毎週月曜日 15:00-18:00
「聞く力 2010」

2010 年 10 月 18 日 - 2011 年 01 月 24 日　毎週月曜日 16:20―17:50
教養学部前期課程　学術俯瞰講義「社会学ワンダーランド」
駒場遠隔講義室の撮影装置で講義収録
駒場 18 号館ホールと接続

2010 年 10 月 06 日 - 2011 年 01 月 27 日　毎週水曜日 9:00-10:30
教養学部前期課程　テーマ講義「身体論」
南京大学と接続

2010 年 10 月 07 日 - 2011 年 01 月 20 日毎週木曜日 13:00-16:10
教養学部前期課程　特殊研究演習（日本・韓国）
ソウル大学と接続

教養学部前期課程　モンゴル語初級、中級
2010 年 12 月 7 日、2011 年 01 月 13 日　火曜日 14:30-18:00
モンゴル国立大学と接続

教養学部前期課程　LAP 南京大学集中講義
2011 年 03 月 24 日(木) 、2011 年 03 月 25 日(金) 09:30-13:00
南京大学と接続

2.3 貸出用テレビ会議システム

2010 年 06 月 10 日(木) - 06 月 11 日(金) 薬学 東京大学 GCOE プログラム 佐藤剛
学内セミナー中継
テレビ会議システム SONY PCS-TL50 1台、SONY PCSA-DSB1S 1 台

2010 年 10 月 18 日(月) - 10 月 20 日(水) 総合研究博物館 宮本英昭
会議
テレビ会議システム Sony PCS-TL50 1台、データソリューションボックス 1 台

2010 年 11 月 30 日(火) - 12 月 08 日(水) 総合研究博物館 宮本英昭
会議
テレビ会議システム Sony PCS-TL50 1台、データソリューションボックス 1 台

2011 年 03 月 10 日(木) - 03 月 18 日(土) 総合文化研究科 菊川芳夫
テレビ会議システム TANDBERG 1000 1 台

3 MCU サービス

3.1 会議等利用状況

2010 年 04 月 05 日(月) 13:15-16:20 宇宙線研究所 黒田 和明 9 地点同時接続
2010 年 04 月 07 日(水) 10:00-12:00 工学系研究科 新井 民夫 3 地点同時接続
2010 年 04 月 07 日(水) 12:30-16:00 情報基盤センター 上杉 将史 4 地点同時接続
2010 年 04 月 22 日(木) 15:00-21:00 情報基盤センター 佐々木 馨 6 地点同時接続
2010 年 04 月 28 日(水) 18:00-20:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 04 月 30 日(金) 16:30-20:00 理学系研究科 佐藤 将春 5 地点同時接続
2010 年 05 月 12 日(水) 10:00-12:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 05 月 19 日(水) 09:30-15:00 情報基盤センター 上杉 将史 3 地点同時接続
2010 年 05 月 19 日(水) 15:00-18:00 情報基盤センター 上杉 将史 4 地点同時接続
2010 年 05 月 24 日(月) 15:00-17:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 05 月 28 日(金) 15:30-18:30 理学系研究科 鈴木 隆敏 4 地点同時接続
2010 年 06 月 07 日(月) 18:00-20:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 06 月 17 日(木) 10:00-12:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 06 月 30 日(水) 18:00-20:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 07 月 09 日(金) 18:00-20:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 07 月 20 日(火) 13:30-17:30 宇宙線研究所 黒田 和明 13 地点同時接続
2010 年 07 月 22 日(木) 18:00-20:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 07 月 28 日(木) 14:00-16:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 08 月 02 日(月) 13:30-17:30 宇宙線研究所 黒田 和明 13 地点同時接続
2010 年 08 月 11 日(火) 18:00-20:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 09 月 01 日(水) 10:00-12:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 09 月 07 日(火) 07:30-11:30 宇宙線研究所 黒田 和明 14 地点同時接続
2010 年 09 月 10 日(金) 10:00-12:00 新領域創成科学研究科 小貫 元治 6 地点同時接続
2010 年 09 月 27 日(月) 09:00-17:30 宇宙線研究所 黒田 和明 13 地点同時接続
2010 年 09 月 28 日(火) 09:00-17:30 宇宙線研究所 黒田 和明 13 地点同時接続
2010 年 09 月 30 日(木) 18:00-20:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 10 月 01 日(月) 18:00-20:00 工学系研究科 タン・ジェフリー 3 地点同時接続

2010 年 10 月 07 日(木) 18:00-22:00 情報理工学研究科　江崎 浩 8 地点同時接続
2010 年 10 月 12 日(火) 18:00-20:00 工学系研究科　タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 10 月 15 日(金) 19:30-20:30 工学系研究科　タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 10 月 19 日(火) 10:00-18:00 総合研究博物館　宮本 英昭 5 地点同時接続
2010 年 11 月 10 日(木) 18:00-20:00 工学系研究科　タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 11 月 04 日(木) 18:00-20:00 工学系研究科　タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 11 月 29 日(月) 16:30-19:00 理学系研究科　鈴木 隆敏 5 地点同時接続
2010 年 11 月 29 日(月) 18:00-20:00 工学系研究科　タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 11 月 30 日(火) 12:00-18:00 総合研究博物館　宮本 英昭 5 地点同時接続
2010 年 12 月 16 日(木) 18:00-22:00 情報理工学系研究科　江崎 浩 9 地点同時接続
2010 年 12 月 17 日(金) 14:00-16:00 工学系研究科　タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2010 年 12 月 20 日(月) 09:30-12:30 情報基盤センター　丸山 一貴 3 地点同時接続
2010 年 12 月 20 日(月) 16:30-19:00 理学系研究科　鈴木 隆敏 5 地点同時接続
2010 年 12 月 21 日(火) 13:00-15:00 新領域創成科学研究科　藤枝 俊輔 4 地点同時接続
2010 年 12 月 22 日(水) 13:00-15:30 情報基盤センター　丸山 一貴 3 地点同時接続
2010 年 12 月 27 日(月) 14:00-17:30 情報基盤センター　丸山 一貴 3 地点同時接続
2011 年 01 月 14 日(金) 17:30-21:00 情報理工学系研究科　江崎 浩 9 地点同時接続
2011 年 01 月 24 日(火) 14:00-16:00 工学系研究科　タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2011 年 02 月 04 日(金) 17:30-21:00 情報理工学系研究科　江崎 浩 10 地点同時接続
2011 年 02 月 24 日(木) 14:30-16:30 工学系研究科　タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2011 年 02 月 25 日(金) 17:30-21:00 情報理工学系研究科　江崎 浩 9 地点同時接続
2011 年 02 月 28 日(月) 16:30-19:00 理学系研究科　鈴木 隆敏 6 地点同時接続
2011 年 03 月 07 日(月) 09:30-18:00 情報基盤センター　上杉 将史 4 地点同時接続
2011 年 03 月 08 日(火) 17:00-21:00 理学系研究科　早野 龍五 4 地点同時接続
2011 年 03 月 22 日(火) 11:00-13:00 工学系研究科　タン・ジェフリー 3 地点同時接続
2011 年 03 月 28 日(月) 15:30-17:30 工学系研究科　タン・ジェフリー 3 地点同時接続

3.2　講義等利用状況

2010 年 04 月 05 日 - 07 月 05 日 毎週月曜日
新領域創成科学研究科　江尻 晶 3 地点同時接続

2010 年 10 月 04 日 - 2011 年 01 月 24 日 毎週月曜日
新領域創成科学研究科　杉田 精司 3 地点同時接続

2010 年 10 月 21 日(木) 16:20-18:30
新領域創成科学研究科　杉田 精司 3 地点同時接続

2010 年 10 月 29 日(金) 17:00-翌 19:30
新領域創成科学研究科　小貫 元治 10 地点同時接続

2010 年 11 月 05 日(金) 17:00-翌 19:30
新領域創成科学研究科　小貫 元治 9 地点同時接続

2010 年 11 月 12 日(金) 17:00-翌 19:30
新領域創成科学研究科　小貫 元治 9 地点同時接続

2010 年 11 月 18 日(木) 16:20-18:30
新領域創成科学研究科　杉田 精司 3 地点同時接続

2010 年 12 月 16 日(木) 16:20-18:30
新領域創成科学研究科　杉田 精司 3 地点同時接続

4　インターネットライブ中継

2010 年 04 月 07 日 - 2011 年 06 月 30 日　16:20-17:50
学術俯瞰講義「法と現代社会見える法と見えざる法」
(配信範囲: 学内のみ)

2010 年 04 月 08 日 - 2011 年 07 月 01 日　16:20-17:50
学術俯瞰講義「ネットとリアルのあいだ　知のデジタル・シフトとインターネット社会の未来」
(配信範囲: 学内のみ)

2010 年 09 月 27 日(月) 10:00-11:20
平成 22 年度 東京大学秋季学位記授与式・卒業式
(配信範囲: 制限なし)

2010 年 10 月 05 日(火) 10:00-11:05
平成 22 年度 東京大学秋季入学式
(配信範囲: 制限なし)

2010 年 10 月 07 日 - 2011 年 01 月 20 日　16:20-17:50
学術俯瞰講義「多彩な物質の世界　ー宇宙から地球への遙かなる旅」
(配信範囲: 学内のみ)

2010 年 10 月 18 日 - 2011 年 01 月 24 日　16:20-17:50
学術俯瞰講義「社会学ワンダーランド」
(配信範囲: 学内のみ)

5　その他

2011 年 3 月 11 日(金)に発生した東日本大震災に伴う節電のため、ストリーミングサーバ(学内向け、学外向け)を 3 月 14 日(月) 15:00 から年度末まで停止した。

関連 URL http://elearn.itc.u-tokyo.ac.jp/

CFIVE 運用報告

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 35 講義、2006 年度 63 講義、2007 年度 104 講義、2008 年度 126 講義、2009 年度 143 講義、2010 年度 157 講義で利用された。2010 年度に改良された機能、利用された講義名、広報等を以下に示す。

2　新たに追加・改善された機能

2010 年度に CFIVE に新たに追加・改善された機能は、以下の通りである。

追加機能

・レポートの一括ダウンロード機能
・教材の一括エクスポート・インポート機能
・課題の一括エクスポート・インポート機能

機能改善

・テスト提出エラー時の解答保存改善
・レポート課題の拡張子無しファイル対応
・出席一覧表示時不具合の改善
・SSL アクセラレータ設定変更
・テスト問題文中の Wiki 表示時不具合の改善
・掲示板スレッド表示時の画面遷移不具合の改善

3　夏学期に CFIVE を利用した講義

夏学期（2010 年 4 月－2010 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)	ことばと文学 I(水 1)	広瀬友紀
2	教養学部(前期課程)	はいぱーワークブック(全員登録)	はいぱーワークブックプロジェクト
3	教養学部(前期課程)	プログラム構成論(火 5)	山口和紀
4	教養学部(前期課程)	英語２列(C)(木 2)	アルヴィなほ子
5	教養学部(前期課程)	英語２列(C)(木 4)	アルヴィなほ子
6	教養学部(前期課程)	英語二列(C)(火 3)	奥聡一郎
7	教養学部(前期課程)	英語二列(C)(火 4)	奥聡一郎
8	教養学部(前期課程)	英語二列C（C）(火 3)	広瀬友紀
9	教養学部(前期課程)	英語二列C（C）(金 3)	広瀬友紀
10	教養学部(前期課程)	英語二列 C(C)(木2)	河合祥一郎
11	教養学部(前期課程)	英語二列C（C）(木 3)	広瀬友紀
12	教養学部(前期課程)	英語二列C（C）(木 4)	広瀬友紀
13	教養学部(前期課程)	英語二列R（R）(金 1)	荒木純子
14	教養学部(前期課程)	英語二列R（R）(金 2)	荒木純子

15	教養学部(前期課程)	英語二列 R(木 2)	小林薫
16	教養学部(前期課程)	英語二列 R(木 3)	小林薫
17	教養学部(前期課程)	学術俯瞰講義「ネットとリアルのあいだ」(木 5)	吉見俊哉、山本泰
18	教養学部(前期課程)	学術俯瞰講義「法と現代社会」(水 5)	太田勝造、清水剛
19	教養学部(前期課程)	環境エネルギー科学基礎概論(木 3)	飯田誠
20	教養学部(前期課程)	基礎演習(水 2)	西村弓
21	教養学部(前期課程)	基礎演習(水 2)	岩月純一
22	教養学部(前期課程)	基礎演習(水 4)	荒巻健二
23	教養学部(前期課程)	基礎現代化学(金 5)	永田敬
24	教養学部(前期課程)	基礎現代化学(水 1)	永田敬
25	教養学部(前期課程)	近現代史 I (木 4)	伊熊幹雄
26	教養学部(前期課程)	国際関係論 I(月 2)	古城佳子
27	教養学部(前期課程)	国際関係論 I(水 5)	大庭三枝
28	教養学部(前期課程)	社会 I(金 4)	和田毅
29	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
30	教養学部(前期課程)	情報(火 2)	笹田耕一
31	教養学部(前期課程)	情報(火 2)	藤垣裕子
32	教養学部(前期課程)	情報(火 3)	中谷多哉子
33	教養学部(前期課程)	情報(火 3)	美馬秀樹
34	教養学部(前期課程)	情報(火 4)	中谷多哉子
35	教養学部(前期課程)	情報(火 4)	藤垣裕子
36	教養学部(前期課程)	情報(共通)	藤垣裕子ほか
37	教養学部(前期課程)	情報(金 1)	増原英彦
38	教養学部(前期課程)	情報(金 2)	蔡東生
39	教養学部(前期課程)	情報(金 2)	広田光一
40	教養学部(前期課程)	情報(金 3)	蔡東生
41	教養学部(前期課程)	情報(金 3)	山口泰
42	教養学部(前期課程)	情報(金 4)	田浦健次朗
43	教養学部(前期課程)	情報(金 4)	中村政隆
44	教養学部(前期課程)	情報(月 1)	福永アレックス
45	教養学部(前期課程)	情報(月 3)	河内谷幸子
46	教養学部(前期課程)	情報(月 3)	玉井哲雄
47	教養学部(前期課程)	情報(月 4)	田村肇
48	教養学部(前期課程)	情報(月 4)	柴山悦哉
49	教養学部(前期課程)	情報(月 5)	田中哲朗
50	教養学部(前期課程)	情報(水 2)	原田至郎
51	教養学部(前期課程)	情報(水 2)	開一夫
52	教養学部(前期課程)	情報(水 3)	佐藤洋一
53	教養学部(前期課程)	情報(水 3)	日暮英治
54	教養学部(前期課程)	情報(水 4)	原田至郎
55	教養学部(前期課程)	情報(水 4)	佐藤洋一
56	教養学部(前期課程)	情報(木 1)	山口和紀
57	教養学部(前期課程)	情報(木 2)	植田一博
58	教養学部(前期課程)	情報(木 2)	中村政隆
59	教養学部(前期課程)	情報(木 3)	開一夫
60	教養学部(前期課程)	情報(木 3)	辰己丈夫
61	教養学部(前期課程)	情報システム利用入門(金 5)	玉井哲雄金子知適

62	教養学部(前期課程)	情報科学概論 I(火 5)	増原英彦
63	教養学部(前期課程)	図形科学 II(火 3)	加藤道夫・奈尾信英
64	教養学部(前期課程)	図形科学 II(火 4)	奈尾信英・加藤道夫
65	教養学部(前期課程)	図形科学 II(金 3)	堤江美子、深野暁雄
66	教養学部(前期課程)	図形科学 II(金 4)	深野暁雄、堤江美子
67	教養学部(前期課程)	図形科学 II(月 3)	田中一郎
68	教養学部(前期課程)	図形科学 II(月 4)	道川隆士
69	教養学部(前期課程)	図形科学 II(水 3)	金井崇,柏原賢二
70	教養学部(前期課程)	図形科学 II(水 4)	柏原賢二,金井崇
71	教養学部(前期課程)	図形科学 II(木 2)	横山ゆりか,舘知宏
72	教養学部(前期課程)	図形科学 II(木 3)	舘知宏,横山ゆりか
73	教養学部(前期課程)	図形科学演習 II(木 1)	山口泰
74	教養学部(前期課程)	生命科学(1)(月 1)	池内昌彦
75	教養学部(前期課程)	生命科学(木 1)	佐藤直樹
76	教養学部(前期課程)	生命科学 I(1)(金 3)	池内昌彦
77	教養学部(前期課程)	生命科学 I(月 3)	佐藤直樹
78	教養学部(前期課程)	地球環境論(木 5)	丸山康司
79	教養学部(前期課程)	適応行動論(月 5)	長谷川寿一齋藤慈子
80	教養学部(前期課程)	哲学1(月 3)	村田純一
81	教養学部(前期課程)	法と社会(月 2)	岩田太
82	教養学部(前期課程)	歴史世界論(火 4)	相澤隆
83	教養学部(前期課程)	歴史世界論(木 4)	森まり子
84	教養学部(前期課程)	惑星地球科学 I(水 4)	小河正基
85	教養学部(後期課程)	国際金融(土 1)	中尾武彦
86	教養学部(後期課程)	国際政治理論演習	古城佳子
87	教養学部(後期課程)	数理情報学 I 演習(木 3)	齊藤宣一
88	総合文化研究科	国際関係論実験実習 I	古城佳子
89	工学部	計算機工学概論(火 1)	矢入健久,堀浩一
90	工学系研究科	先端技術と社会特別講義 II(学部) 先端技術特別講義 II(大学院)	美馬秀樹
91	経済学部	金融システムの諸問題と行政	石田晋也
92	理学部	計算数理演習(金 3)	齊藤宣一
93	公共政策大学院	公共政策大学院デモコース	栗間玲二
94	公共政策大学院	事例研究(経済財政政策)(月 2,木 2)	杉本和行

4　冬学期に CFIVE を利用した講義

冬学期(2010 年 10 月－2011 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)	コンピュータ及び演習(水 1)	阿久津好明
2	教養学部(前期課程)	システム論(月 2)	福永アレックス
3	教養学部(前期課程)	データ分析(金 4)	来島愛子
4	教養学部(前期課程)	テクスト分析(水 1)	アルヴィなほ子
5	教養学部(前期課程)	テスト作成テスト用	広瀬友紀
6	教養学部(前期課程)	はいぱーワークブック(全員登録)	はいぱーワークブックプロジェクト
7	教養学部(前期課程)	モンゴル語初級(火 5,木 5)	木村理子
8	教養学部(前期課程)	英語二列(P)(火 3)	奥聡一郎
9	教養学部(前期課程)	英語二列P(P)(火 3)	広瀬友紀

10	教養学部(前期課程)	英語二列 P(P)(金 1)	荒木純子
11	教養学部(前期課程)	英語二列 P(P)(金 2)	荒木純子
12	教養学部(前期課程)	英語二列P(P)(月 4)	広瀬友紀
13	教養学部(前期課程)	英語二列P(P)(木 2)	広瀬友紀
14	教養学部(前期課程)	英語二列P(P)(木 3)	広瀬友紀
15	教養学部(前期課程)	英語二列 P(火 2)	藤田祐
16	教養学部(前期課程)	英語二列 P(火 3)	藤田祐
17	教養学部(前期課程)	英語二列 P(金 2)	藤井彰子
18	教養学部(前期課程)	英語二列P(木 2)	河合祥一郎
19	教養学部(前期課程)	英語二列P(木 3)	河合祥一郎
20	教養学部(前期課程)	英語二列 R(木 2)	小林薫
21	教養学部(前期課程)	英語二列 R(木 3)	小林薫
22	教養学部(前期課程)	学術俯瞰講義「社会学ワンダーランド」(月 5)	山本泰
23	教養学部(前期課程)	学術俯瞰講義「多彩な物質の世界」(木 5)	永田敬、岡村定矩
24	教養学部(前期課程)	基礎倫理学(木 4)	村田純一
25	教養学部(前期課程)	近現代史 II(木 4)	伊熊幹雄
26	教養学部(前期課程)	経済政策(月 5)	河村哲二
27	教養学部(前期課程)	国際関係論 II(木 5)	岡田晃枝
28	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
29	教養学部(前期課程)	情報科学(火 4)	山口和紀
30	教養学部(前期課程)	情報科学(金 3)	上田哲郎
31	教養学部(前期課程)	情報科学(金 4)	山口泰
32	教養学部(前期課程)	情報科学(月 4)	玉井哲雄
33	教養学部(前期課程)	情報科学(水 3)	増原英彦
34	教養学部(前期課程)	情報科学(水 4)	田中哲朗
35	教養学部(前期課程)	情報科学概論 II(木 5)	玉井哲雄
36	教養学部(前期課程)	情報工学(木 3)	中村典裕
37	教養学部(前期課程)	図形科学 I (金 2)	佐久田博司
38	教養学部(前期課程)	図形科学 I(木 2)	椎名久美子
39	教養学部(前期課程)	全学自由研究ゼミナール 「宇宙粒子物理学のフロンティア」(水 4)	早戸良成
40	教養学部(前期課程)	日本国憲法(水 5)	山元一
41	教養学部(前期課程)	比較地域史(木 5)	森まり子
42	教養学部(前期課程)	分野横断的な研究技術としてのプログラミング・統計学(金 5)	吉武透
43	教養学部(前期課程)	法 II(水 1)	西村弓
44	教養学部(前期課程)	惑星地球科学1(月 2)	小河正基
45	教養学部後期課程	米州地域文化論 I/米州関係論(火 5)	ドボルザーク、グレッグ
46	教養学部後期課程	特殊研究演習 IV(火 2)	小塩和人
47	教養学部後期課程	システム数理 II(水 2)	山口泰
48	教養学部後期課程	情報システム科学 V(火 2)	山口泰
49	教養学部後期課程	システム理論 I(水 2)	福永アレックス
50	総合文化研究科	データ分析(金 4)	和田毅
51	工学部	ソフトウェア第一/機械ソフトウェア演習(水 4,5)	広田光一,杉田直彦
52	工学部	プログラミング基礎 A(金 4,5)	高木健
53	工学部	プログラミング基礎 B(金 4,5)	西原陽子
54	工学部	プログラミング基礎 D(金 4,5)	白山晋
55	工学部	プログラミング基礎演習(金 5)	川原圭博
56	法学部	特別講義現代ラテンアメリカの政治(金 2)	大串和雄

57	法学部	現代日本政治(火 4)	谷口将紀
58	法学政治学研究科	法科大学院テストコース	法科大学院担当講師
59	公共政策大学院	地方自治法(火 3)	太田匡彦
60	公共政策大学院	金融システムと金融行政(火 5)	石田晋也
61	公共政策大学院	事例研究(資本市場と公共政策)(水 5)	石田晋也,小野傑
62	情報基盤センター	教育用計算機システム(全員登録)	情報基盤センター
63	情報基盤センター	平成22年度コンピュータネットワーク研修	情報基盤センター教職員

5 組織毎の利用状況

組織毎にまとめた 2010 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)	128
教養学部(後期課程)	8
工学部	6
法学部	2
理学部	1
経済学部	1
総合文化研究科	2
公共政策大学院	5
法学政治学研究科	1
工学研究科	1
情報基盤センター	2
合計	157

6 広報

2010 年度に行った主な広報は、以下の通りである。

お知らせ

1	教育用計算機システム(ECCS)継続処理（教職員向け）	2010/04/14
2	CFIVE と UTask-Web の履修について	2010/04/19
3	ECCS アカウントが変更になった学生(学生向け)	2010/05/10
4	(6/12)CFIVE 停止のお知らせ	2010/05/28
5	ECCSiMac 端末上の Safari からの CFIVE の利用について	2010/06/16
6	課題提出時のファイル名（学生向け）	2010/06/29
7	コース「教育用計算機システム(全員登録)」を作成しました	2010/08/02
8	CFIVE サービス停止のお知らせ	2010/08/19
9	CFIVE の学期変更	2010/09/14
10	CFIVE の不具合（11/6-7)	2010/11/08
11	CFIVE システムメンテナンス作業(3/25)のお知らせ	2011/02/25
12	節電のための CFIVE の停止について(3/14)	2011/03/14

7　その他

2011 年 3 月 11 日(金)に発生した東日本大震災に伴う節電のため、CFIVE システムを 3 月 14 日(月) 15:00 から 4 月 1 日(金)10:00（予定）まで停止した。なお、3 月 25 日(金)のみシステムの一部を起動し、メンテナンス作業を行った。

部局負担による携帯端末接続環境　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

昨年度まで覚え書きを取り交わし実施していた部局負担による携帯端末接続環境について 2010 年 2 月 16 日　第 35 回情報メディア教育専門委員会において、部局負担による携帯端末接続環境利用規則が制定され、本年度から施行することとなった。

2　参加組織

平成 22 年 2 月現在、有線接続サービスを利用している組織は 6 であり、場所数が 54、口数が 1374 である。無線接続サービスを利用している組織は 12 であり、場所数が 79、アクセスポイント数が 89 である。平成 21年度末に比べ、有線接続サービスは変化がなく、無線接続サービスは 3 組織、アクセスポイント数が4増加している。

今年度の新設、移設、廃止等
6 月　7 日新設 農学部 図書館 無線 1ST 通常設定
9 月　1 日新設 工学部 5 号館 無線 1ST 通常設定
12 月 20 日新設 経済学図書館 3F 閲覧室 無線 1ST 通常設定
1 月 17 日新設 (情報学環・学際情報学府)工学部 2 号館 9F 93A2 室 無線 1ST 通常設定

3　広報

本年度に行った主な広報は、以下のとおりである。

有線接続サービス
3 月 24 日 柏地区の携帯端末接続環境(有線 LAN)の一時停止について

無線接続サービス
8 月 2 日　無線 LAN 実験システムの端末登録可能数変更(追加)
2 月 24 日　白金地区 UTnet メンテナンスに伴う無線 LAN サービス停止のお知らせ
3 月 2 日　全学共通無線 LAN サービス(utroam)について
3 月 4 日　本郷・柏地区の携帯端末接続環境(有線 LAN)の一時停止について

その他のサービス 運用報告

情報教育支援係　　情報リテラシー教育支援係　　電子教材係

1 その他のサービス

情報メディア教育部門において実施されている、その他のサービス(部局設置機器の管理、一時アカウント使用、認証情報の提供、大判プリント)について報告する。

2 部局設置機器の管理

部局設置端末の運用代行申込組織は以下のとおり。
1 組織、ブートサーバ 3 台、端末数 93 台、プリンタ 2 台、プリンタ管理端末 2 台

3 一時アカント使用

一時アカウントの発行状況は 9 申込み、合計口数 269。

利用月	部局	口数	内容
4 月	経済学研究科	31	経済学実験
8 月	医学系研究科	65	PubMed 実践セミナー
8 月	教養学部	20	オープンキャンパス
8 月	情報基盤センター	10	T2K オープンスパコンによる体験学習セミナー
9 月	情報基盤センター	1	第 72 回コンピュータ・ネットワーク利用セミナー
12 月	本部	15	平成 22 年度コンピュータネットワーク研修
1 月	経済学研究科	31	経済学実験
1 月	経済学研究科	31	経済実験
3 月	医学系研究科	65	PubMed 実践セミナー

4 認証情報提供

教育用計算機システムの認証情報の提供サービスは SSL-VPN の他以下のとおり。
組織数4、対象:部局管理の Active Directory、部局管理サーバ、Utask-Web

5 大判プリント

2009 年 6 月 30 日に開催された第 33 回情報メディア教育専門委員会において、利用負担金について、ECCS のプリンタカードでの支払いから、2010 年度より、A0 以下 1000 円、B0 1500 円、という負担金単価を設定し年度末に取りまとめて各部局に負担金請求する方法に変更することが承認された。2010 年度はこの適用を受ける最初の年度となった。2010 年度の大判プリント提供サービスは以下のとおりである。

本郷(福武ホール　教材編集室)　45 件
駒場(情報教育棟　教材作成室)　1 件

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

専門員　本多　玄

図書館電子化部門の事業目的は、

- 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提供すること
- 本学で日々生産・蓄積される研究成果を電子化し、社会に向けて発信すること
- 電子的学術情報資源を利用者が充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を行なうこと

である。

この目的に沿って、「図書館システム係」「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、附属図書館とも連携しながら事業を行なっている。

図書館電子化部門が提供しているサービス・事業の主なものは以下である。

- 東京大学 OPAC
- GACoS
- 東京大学学術機関リポジトリ（UT Repository）
- 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
- 貴重書電子化
- 「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等の実施

2010 年度は上記に関連して以下の事業を実施した。

- 新図書館システムの仕様策定とリリース
- リポジトリシステム増強
- 貴重書電子化支援（総合文化研究科「大日本海志」等）
- 学位論文データベースへのコンテンツ追加
- 情報探索・データベース講習会の実施
- 「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

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。2004 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、2006 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/)

2010 年度は、基本的に内部で紀要論文等の電子化を行う一方で、国立情報学研究所の学術機関リポジトリ構築連携支援事業の枠組みで「博士論文発信支援パッケージ開発プロジェクト」を実施、一定の成果を収めている。また、国立国会図書館による博士論文の電子化事業にも協力している。

1.1.1　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 23,000 件のデータを公開しており、前年度以前と比較しても順調に増加している。

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。

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 90 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, 400 件)のメンテナンス及び維持・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 100,000 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。

2010 年度は 2008 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　貴重資料のデータベース化支援

1.4.1　大日本海志編纂資料

1883 年に農商務省駅逓局から古来船舶制度調査事業を引き継いだ海軍省は、日本海志の編纂を企て、資料の収集に努めた。収集資料は大日本海志編纂資料として海軍省の海軍文庫に収められ、戦後、駒場図書館に移された。水軍書と造船関係資料の充実振りは他に類例がなく、起絵図と呼ばれる、立体的な絵図面も含まれている。

(http://gazo.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/kaishi/)

1.4.2　『三十六歌撰』絵巻

これは、総合図書館所蔵の資料であり、南葵文庫旧蔵の一品である。歌人名と和歌は蜀山人太田南畝が染筆し、絵師の高田円乗が和歌に詠われた風景を描いている。なお、所蔵のものは、斎宮女御と源重之が欠けている。

(http://gazo.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/kasen/)

1.4.3　『百鬼夜行』絵巻

今回の電子化に使用した総合図書館所存の原本は、百鬼夜行絵巻の源流とされる京都・大徳寺真珠庵の「百鬼夜行絵巻」を江戸時代に模写したものである。

室町時代の土佐行秀の画を蔭山源広迢が写した。

(http://gazo.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/hyakki/)

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（日本語・英語・中国語・韓国語版）を継続的に構築、運用した。
（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　「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「ネットでアカデミック 2011」（日本語・英語・中国語・韓国語版）を作成し、東京大学 OPAC のリリースに対応した内容に改訂した。また、PDF 版を GACoS 上で公開した。
(http://www.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/net.html)

1.2.2　リーフレット「文献探しのヒント」

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、各々の概要や機能を紹介したリーフレット 4 種（日本語・英語版）を作成した。平成 22 年度は、タイトルをより大きく表示し、目的を明確にした。そのほか、画面操作の流れを盛り込むなどの改訂を行った。PDF 版を GACoS 上で公開した。
(http://www.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/literacy.html)

リーフレット「文献探しのヒント」4 種類は次のとおり。

① 目的に合ったデータベースを探すには？（GACoS）
② データベースの検索結果で本文へのリンクが無かったら？（UT Article Link）
③ 本や雑誌論文を入手するには？（東京大学 OPAC）
④ 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）

1.2.3　「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 2011」（附属図書館学術情報リテラシー教育部会編集、日本語・英語版）の作成に協力した。東京大学 OPAC のリリースに伴って内容を大幅に見直し、A5 判、8p のコンパクトなものにした。

1.2.4 クイックガイド

アニメーション教材のクイックガイドを、東京大学 OPAC のリリースに伴って改訂した。
クイックガイド6種類は以下のとおり。

・目的に合ったデータベースを探すには？
・自宅からデータベースや電子ジャーナルを使うには？
・「UT Article Link」はどう使うの？
・電子ジャーナルで論文を入手するには？
・これを使えば探せます！
・参考文献リストの見かた

（http://www.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/literacy.html）

1.3 Litetopi メールマガジンの発行

東京大学構成員を対象に、新規サービスや講習会の情報を発信する「Litetopi（リテトピ）メールマガジン」を、年 35 回発行した。購読登録者は約 1,700 人に達した。バックナンバーは GACoS 上で公開した。

1.4 Twitter の発信

講習会の臨時開催や新規サービスなどをタイムリーに広報する手段として、Twitter の発信を新たに開始した。

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各コースを開催した。平成 22 年度は計 175 回開催し、1,736 人の参加があった。

2.1.1 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 21 コース実施した。平成 22 年度は、医学・経済学分野等の基本的な文献の探し方や、Web 版文献管理ツール RefWorks の応用コース等の講習会を、新たに 10 コース実施した。

コース名	月日	回数	人数	内容
日本の論文を探すには?	4/26, 5/20, 7/8, 10/15	4	36	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
自宅から検索するには?	4/12, 5/10, 5/21, 7/7, 10/6, 12/9, 2/3, 3/2	8	49	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
文献検索早わかり	4/16,5/7, 5/26, 7/29, 9/17, 11/26, 12/15	7	63	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
電子ジャーナルで論文を入手	5/13, 5/28, 6/17, 7/23, 12/21	5	22	雑誌論文を電子ジャーナル等で入手する方法
はじめての論文の探し方(※)	10/8, 10/27, 12/21, 1/18	4	41	参考文献リストの見方、図書や電子ジャーナル、雑誌論文など、基本的な文献

				の検索方法
はじめての医学系論文の探し方(※)	1/26, 3/8	2	9	医中誌 Web、PubMed の基本的な検索方法
はじめての経済学論文・企業情報の探し方(※)	2/10	1	8	Business Source Complete、eol の基本的な検索方法
国内の新聞記事を探すには？	6/10, 1/21	2	7	朝日新聞、毎日新聞、読売新聞の記事の検索方法
海外の新聞記事を探すには？	3/10	1	6	ProQuest News&Newspapers、LexisNexis Academic などの海外新聞記事の検索方法
学位論文を探すには？(※)	3/4	1	8	東京大学内、国内、海外の学位論文の検索ツールの紹介とその検索方法
知っておきたい検索のコツ(※)	12/22, 2/8	2	6	論理演算、前方一致検索、フレーズ検索等、知っておくと便利な検索方法を紹介
RefWorks を使うには？	5/14, 6/29, 7/27, 9/22, 10/14, 12/17, 1/28, 2/4, 3/3(※※)	9	78	RefWorks 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
電子ジャーナルで論文を入手& RefWorks ですっきり整理(※)	9/14, 11/30	2	26	電子ジャーナルで論文を入手する方法、およびその書誌データを RefWorks に取り込み、参考文献リストを自動生成する方法
CiNii で国内の論文検索&RefWorks ですっきり整理(※)	11/18, 2/16	2	23	CiNii の基本的な検索方法、およびその書誌データを RefWorks に取り込み、参考文献リストを自動生成する方法
Web で文献の「検索」から「整理」まで～PubMed＋ RefWorks～	5/21	1	7	PubMed の検索方法、およびその書誌データを RefWorks に取り込み、参考文献リストを自動生成する方法
EndNote Web を使うには？	7/20, 10/12, 1/20	3	21	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
Web で文献の「検索」から「整理」まで～Web of Science＋ EndNote Web～	6/8, 6/22, 2/18	3	37	Web of Science の検索方法、およびその書誌データを EndNote Web に取り込み、参考文献リストを自動生成する方法
Web of Science を使うには？	7/9	1	2	Web of Science の基本的な検索方法
Web of Science（応用編）&インパクトファクターミニ講座(※)	9/28, 11/10	2	12	Web of Science の応用的な検索方法、およびインパクトファクターの調べ方とその読み取り方
はじめての CNKI (※)	11/12	1	7	CNKI の基本的な検索方法、および CNKI 利用にあたって必要なツール等を紹介

eol 企業情報データベース(※)	11/19	1	6	eol の基本的な検索方法
合計		62 回	474 名	

※新規コース

※※12/17 は「じっくりコース」、2/4 は「クイックコース」、3/3 は「人文社会科学系のためのコース」として開催。(3/11「自然科学系のためのコース」は、東北地方太平洋沖地震のため中止。)

2.1.2 留学生向け情報探索ガイダンス

留学生を対象に韓国語および中国語コースを開催した。両コースともに外国人講師が講習を担当した。中国語コースについては、昨年度より開催時期を早めたほか、講習会名称を「留学生のためのはじめての論文の探し方講習会」と改称し、初心者が対象であることを明確にした。その結果、受講者が 3.5 倍に増加した。

コース名		月日	時間	人数
留学生向け情報探索ガイダンス	韓国語コース	5/12	16:00-17:00	4
	中国語コース	10/20	15:00-16:00	28
合計			2 回	32 名

2.1.3 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の講習会を実施した。従来のものを大幅に見直しし、高度な専門性を必要とするデータベース、新規導入のデータベース、大幅なリニューアルのあったデータベースのみを対象に開催した。なお、初めての試みとして、Springer Materials、OECD iLibrary については、英語による講習会も開催した。

コース名	月日	時間	人数	会場
eol	6/2(水)	15:00-16:30	11	総合図書館
	11/9(火)	15:00-16:00	20	柏図書館
MathSciNet	6/2(水)	15:00-16:00	9	数理科学研究科
	6/3(木)	15:00-16:00	6	数理科学研究科
SciFinder	6/4(金)	13:00-14:30	10	柏図書館
	6/16(水)	15:00-16:30	17	総合図書館
Business Source Complete	6/10(木)	15:00-16:00	16	総合図書館
Lexis.com	6/11(金)	13:30-15:00	8	総合図書館
LexisNexis Academic	6/11(金)	15:15-16:15	9	総合図書館
SpringerMaterials(英語)	6/14(月)	13:30-14:30	8	柏図書館
SpringerMaterials(日本語)	6/14(月)	15:00-16:00	13	柏図書館
Zentralblatt Math	6/16(水)	15:00-16:00	6	数理科学研究科
OECD iLibrary	6/17(木)	15:00-16:00	17	総合図書館
	6/17(木)	16:00-17:00	9	総合図書館
BIOSIS Previews	6/22(火)	15:00-16:00	6	柏図書館
D1-Law.com	9/15(水)	15:00-16:00	16	総合図書館
OECD iLibrary(英語)	10/29(金)	15:00-16:00	6	総合図書館
国際連合と情報/資料	11/12(金)	13:15-14:45	20	総合図書館
合計	18 回		207 名	

2.1.4　秘書さんのためのはじめての論文の探し方講習会

従来の事務職員講習会を発展的に解消し、要望の高かった研究補助従事者を対象に限定した。また、予約優先制にしたことで、聴講のみ（端末実習なし）の受講者を解消することに成功した。その結果、両日ともに1回ずつ追加開催するなど、大変好評であった。

月日	時間	人数	内容
8/5	11:00-12:00	11	参考文献リストの見方、図書や電子ジャーナル、雑誌論文など、基本的な文献の検索方法
8/5	16:00-17:00	13	
8/10	11:00-12:00	16	
8/10	15:00-16:00	18	
合計	4回	58名	

2.1.5　出張・オーダーメイド講習会

利用者（教員、学生等）からの依頼に合わせた内容で行なう、出張講習会を実施した。各部局図書館・室との共催講習会が増加したほか、個人単位の講習要望にも応えた。初めての試みとして、グローバル30および医学図書館との共催で、留学生を対象とした英語の出張講習会も開催した。

オーダーメイド講習会

研究科・研究室名など	月日	時間	人数	講習内容	会場
学際情報学府	4/5	11:30-12:00	91	JapanKnowledge+、OPAC、電子ジャーナル、CiNii 、Web of Science 等	福武ホール ラーニングシアター
総合文化研究科言語情報科学専攻松本ゼミ	4/9	14:40-15:40	5	OPAC、電子ジャーナル、CiNii 、Web of Science、LLBA、MLA、学位論文の探し方等	駒場情報教育棟4階 中演習室2
教養学部「基礎演習」	4/16	11:20-12:10	28	JapanKnowledge+、OPAC、Webcat Plus、CiNii 等	駒場情報教育棟4階 中演習室2
	4/23	13:00-14:30	25		
	5/13	13:00-14:30	25		
文学部現代文芸論研究室「現代文芸論入門」	4/22	10:30-12:00	11	電子ジャーナル、JSTOR、LRC、文学部図書室ツアー等	総合図書館講習会コーナー
学際情報学府「社会情報学」	4/27	13:00-14:30	13	JapanKnowledge+、OPAC、電子ジャーナル、CiNii 、Web of Science 等	総合図書館講習会コーナー
医学系研究科健康科学専攻	4/27	14:30-16:45	15	PubMed, RefWorks, OPAC、Webcat、電子ジャーナル、CiNii、Web of Science 等	総合図書館講習会コーナー
医学系研究科医学専攻	5/7	16:40-18:00	10	PubMed, RefWorks 等	総合図書館講習会コーナー

新領域創成科学研究科自然環境学専攻	5/10	15:00–16:30	12	OPAC、Webcat、電子ジャーナル、CiNii、Web of Science、新聞記事、RefWorks 等	柏キャンパス環境棟 5 階自然環境学専攻講義室
文学部 Academic Writing(I): Introductory	5/20	15:00–16:00	13	JapanKnowledge+、OPAC、Webcat、CiNii、Web of Science、PIO 等	総合図書館講習会コーナー
	11/4	15:00–16:00	10		
工学部・工学系研究科建築学専攻藤井研究室	6/9	15:30–17:00	8	JapanKnowledge+、OPAC、電子ジャーナル、CiNii、Web of Science、RefWorks 等	総合図書館講習会コーナー
工学部社会基盤学専攻国際プロジェクト研究室	7/8	15:00–16:00	4	電子ジャーナル、Web of Science、Engineering Village 等	総合図書館講習会コーナー
個人オーダーメイド	8/9	14:00–15:00	1	RefWorks、CiNii、Webcat、雑誌論文、聞蔵 II 等	総合図書館講習会コーナー
個人オーダーメイド	9/7	9:00–10:00	1	RefWorks、Web of Science 等	総合図書館講習会コーナー
個人オーダーメイド	9/24	15:00–16:45	1	RefWorks、Web of Science 等	総合図書館講習会コーナー
個人オーダーメイド	9/28	13:30–14:30	1	医中誌 Web、Cochrane Database、PubMed 等	総合図書館講習会コーナー
個人オーダーメイド	10/6	13:30–14:45	1	PubMed、EndNote Web 等	総合図書館講習会コーナー
工学部精密工学科「精密工学輪講」	10/7	13:00–14:30	42	JapanKnowledge+、OPAC、電子ジャーナル、CiNii、Web of Science、Engineering Village 等	工学部 14 号館 3 階計算機演習室（326 号室）
個人オーダーメイド	10/26	13:00–14:00	1	医中誌 Web、PubMed、EndNote Web 等	総合図書館講習会コーナー
文学部社会心理学調査実習 1	10/27	10:00–11:00	12	OPAC、Webcat、電子ジャーナル、CiNii、PsycINFO、Web of Science 等、総合図書館、文学部図書室ツアー	総合図書館講習会コーナー
	10/27	11:00–12:00	11		
個人オーダーメイド	11/10	15:00–15:40	1	CiNii、医中誌 Web、D1-Law、PubMed 等	総合図書館
教育学部「教育資料調査演習」	11/11	10:40–12:10	23	NDL-OPAC、OPAC、CiNii、ERIC 等	駒場キャンパス情報教育棟

					4 階 中演習室 2
個人オーダーメイド	12/17	16:15– 17:30	1	PubMed、MEDLINE、 Web of Science 等	総合図書館講 習会コーナー
個人オーダーメイド	12/21	16:00– 16:30	1	RefWorks 等	総合図書館講 習会コーナー
個人オーダーメイド	3/1	15:00– 16:00	1	学位論文の探し方	総合図書館講 習会コーナー
	合計	28 回	368 名		

附属図書館・室との共催講習会

研究科・研究室名など	月日	時間	人数	講習内容	場所
文学部図書室 ガイダンス	4/5	13:30– 14:00	1	OPAC, Webcat 等	文学部図書室
	4/5	14:00– 14:30	0	OPAC, Webcat 等	
	4/6	13:30– 14:00	12	OPAC, Webcat 等	
	4/6	14:00– 14:30	4	OPAC, Webcat 等	
総合図書館 OPAC 入門(日本語)	4/7	13:00– 13:30	13	OPAC, 電子ジャーナル, 自宅からの利用方法等	総合図書館講 習会コーナー
	4/9	13:00– 13:30	14		
	4/12	15:00– 15:30	4		
	4/13	11:00– 11:30	6		
	4/15	13:00– 13:30	1		
	4/19	13:00– 13:30	7		
	4/23	17:00– 17:30	15		

総合図書館 留学生ガイダンス (日本語)	4/8	14:30– 15:00	11	OPAC, 電子ジャーナル, 自宅からの利用方法等	総合図書館講習会コーナー
	4/8	15:00– 15:30	13		
	10/7	14:30– 15:00	13		
	10/7	15:00– 15:30	13		
総合図書館 OPAC 入門(英語)	4/14	11:00– 11:30	6	OPAC, 電子ジャーナル, 自宅からの利用方法等	総合図書館講習会コーナー
	4/20	13:00– 13:30	22		
総合図書館 留学生ガイダンス (英語)	4/14	13:30– 14:00	10	OPAC, 電子ジャーナル, 自宅からの利用方法等	総合図書館講習会コーナー
	10/8	13:15– 13:45	8		
	10/8	13:45– 14:15	7		
	10/15	15:30– 16:00	14		
	10/15	16:00– 16:30	9		
	10/21	14:30– 15:00	11		
	10/21	15:00– 15:30	11		
	10/21	16:00– 16:30	7		
理学部生物学図書室 動物学・植物学コース	5/6	14:00– 15:00	15	JapanKnowledge+、Web of Science、PubMed、OPAC、生物学図書室案内等	総合図書館講習会コーナー
理学部生物学図書室 人類学コース	5/11	11:00– 12:00	1	JapanKnowledge+、Web of Science、	総合図書館講習会コーナー

				PubMed、生物学図書室案内等	
工学・情報理工学図書館 文献検索早わかりコース	5/11	15:00–16:00	6	OPAC、Webcat、電子ジャーナル、CiNii、Web of Science、Engineering Village 等	工学部 2 号館図書室グループ学習室
	5/12	11:00–12:00	3		
	5/14	12:00–13:00	8		
	5/19	12:00–13:00	8		
	5/21	15:00–16:00	10		
	5/25	12:00–13:00	3		
	10/18	12:00–12:50	3		
	10/19	12:00–12:50	5		
	10/20	12:00–12:50	7		
	10/21	12:00–12:50	1		
	10/22	12:00–12:50	6		
	10/22	15:00–15:50	5		
医学図書館 RefWorks 講習会	5/18	15:00–16:00	23	RefWorks	医学図書館 3 階 333 会議室
駒場図書館 RefWorks 講習会	6/3	13:00–14:00	8	RefWorks	駒場図書館 地下 1 階会議室
柏図書館 PubMed＋RefWorks 講習会	6/15	15:00–16:30	10	PubMed、RefWorks	柏図書館コンファレンスルーム
農学生命科学図書館 レポート&論文作成対策講習会	6/18	16:30–18:00	18	雑誌論文の探し方、Web of Science、EndNote Web 等	農学生命科学図書館 3 階 PC 端末室
	6/24	16:30–18:00	8	雑誌論文の探し方、Web of Science、RefWorks 等	
	10/26	16:30–18:00	11	CiNii、日本語雑誌論文の探し方、EndNote Web 等	
柏図書館	6/23	13:30–	24	Web of Science、	柏図書館コン

Web of Science＋ EndNote Web 講習会		15:00		EndNote Web	ファレンスルーム
駒場図書館 Web Science＋ EndNote Web 講習会	6/25	13:00– 14:30	8	Web of Science（自然科学分野）、 EndNote Web	駒場図書館 地下 1 階会議室
	6/25	14:40– 16:10	12	Web of Science（人文社会科学分野）、 EndNote Web	
柏図書館 Web of Science （応用編）講習会	6/30	15:00– 16:00	12	Web of Science	柏図書館ラーニングサポートサービス
	11/17	15:00– 16:00	16		
柏図書館 秘書さんのためのはじめての論文の探し方ガイダンス	9/21	13:00– 14:00	22	OPAC、電子ジャーナル、CiNii、Web of Science 等	柏図書館ラーニングサポートサービス
	9/21	14:30– 15:30	18		
工学・情報理工学図書館　RefWorks コース	10/19	13:00– 14:00	5	RefWorks	工学部 2 号館図書室グループ学習室
工学・情報理工学図書館　EndNote Web コース	10/21	13:00– 14:00	4	EndNoteWeb	工学部 2 号館図書室グループ学習室
生産技術研究所図書室・先端科学技術研究センター図書室 はじめての論文の探し方講習会 in 駒場 II	10/28	15:00– 16:00	17	OPAC、電子ジャーナル、CiNii、Web of Science 等	生産技術研究所 An 棟 4 階小セミナー室
医学図書館 医者なら誰でも知っている!?～医学系文献検索入門	10/29	15:30– 16:30	20	電子ジャーナル、医中誌 Web、PubMed、等	医学図書館 1 階マルチメディアコーナー
	10/29	17:30– 18:30	15		
柏図書館 はじめての論文の探し方	11/5	15:00– 16:00	4	OPAC、電子ジャーナル、CiNii、Web of Science 等	柏図書館ラーニングサポートサービス
柏図書館 はじめての Web of Science	11/11	15:00– 16:00	9	Web of Science 等	柏図書館ラーニングサポートサービス
医学図書館 Introduction to Medical Document Databases as Research Tools （英語）	2/2	13:30– 14:30	7	雑誌論文の探し方、PubMed、Web of Science 等	医学図書館 3 階 310 会議室
地震研究所図書室 論文の探し方&図書館	2/3	14:00– 15:00	13	OPAC、電子ジャーナル、CiNii、Web of	地震研究所 1 号館 3F セミ

サービスの使い方講習会＠地震研				Science、新聞記事の探し方等	ナー室
	合計	61 回	597 名		

図書館関係システム運用・管理

図書館システム係

1　運用報告

図書館システム係では、「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サーバ群の運用管理を行なっている。本年度は「附属図書館学術情報システム」のリプレイスを行い、2011 年 3 月 22 日より新システムによるサービスを開始している。

1.1　附属図書館学術情報システムの調達

以下の日程で調達を行なうとともに、附属図書館職員や本部の情報システム部とも仕様案について調整を行なった。

2010 年 4 月 26 日　第一回仕様策定委員会
2010 年 5 月 10 日　仕様書原案提出
2010 年 6 月 11 日　官報公示
2010 年 6 月 18 日　仕様書原案説明会
2010 年 7 月 7 日　 第二回仕様策定委員会
2010 年 7 月 13 日　仕様書最終原稿提出
2010 年 8 月 11 日　入札公告官報公示
2010 年 8 月 26 日　入札説明会
2010 年 10 月 6 日　技術審査委員会
2010 年 10 月 21 日　開札

開札および技術審査の結果、日本電気株式会社に決定した。

1.2　新システムの特徴

大学をめぐる予算状況が厳しい中、従前のシステムを一層改善する部分、現状維持とする部分、縮小もしくは廃止する部分に分けて仕様の検討を行なった。

改善部分としては、OPAC を通した利用者向けの各種サービスが挙げられる。認証を必要とするサービスは総じて「MyOPAC」で提供することとした。

「MyOPAC」は認証を必要とする OPAC であるが、一度ログインすれば個々のサービスごとのログインは不要となり、さらに利用者の所属部局や身分をシステム的に参照することによって、検索結果を自部局・自キャンパス優先で表示させたり、身分に応じて利用可能なサービスを提示させることが可能である。また、利用者個人宛の図書館室からのメッセージ等も画面上に表示させることができる。

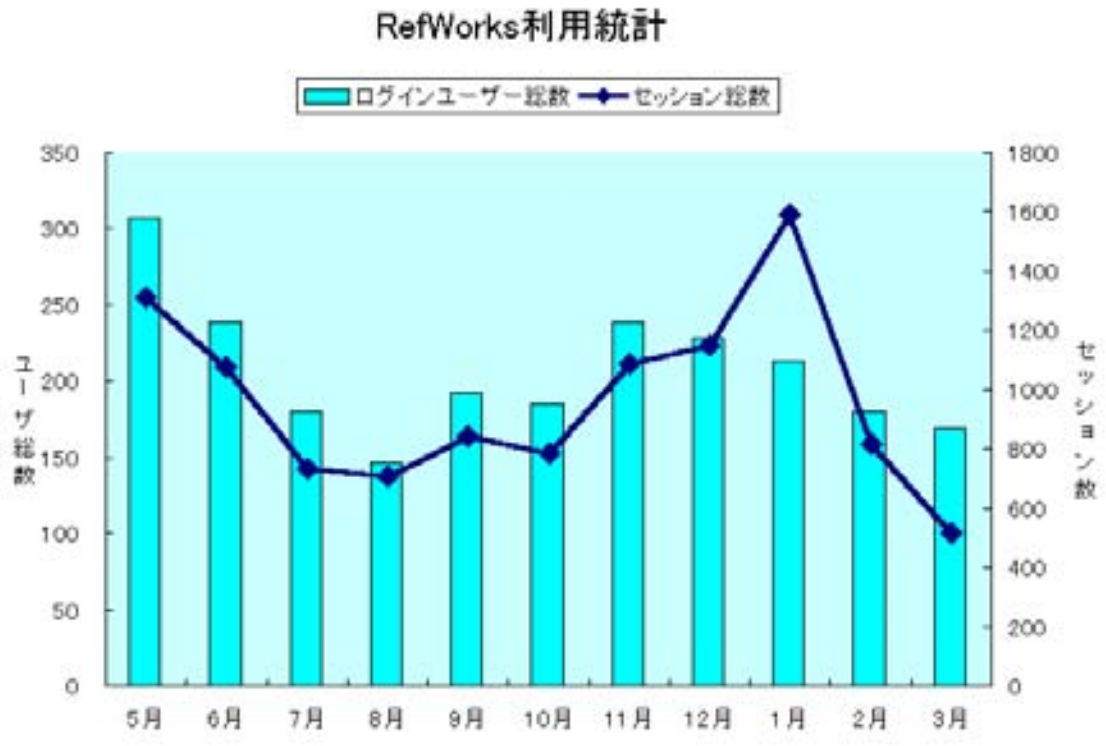
なお、従来提供していた「MyLibrary」機能は上述の「MyOPAC」に主要な機能を引継ぎ、「Book コンテンツ」機能は国立情報学研究所で同種のサービスが提供されているため廃止した。

業務システム面では、学内での文献・図書の取寄サービスに関連して従来の業務の流れを見直し、簡潔に処理できるよう改めた。

1.3　その他の図書館関係サーバ

セキュリティパッチの摘要、インシデント対応、ハードウェア障害への対応等、日常的にサーバの保守・管理作業を行なっている。

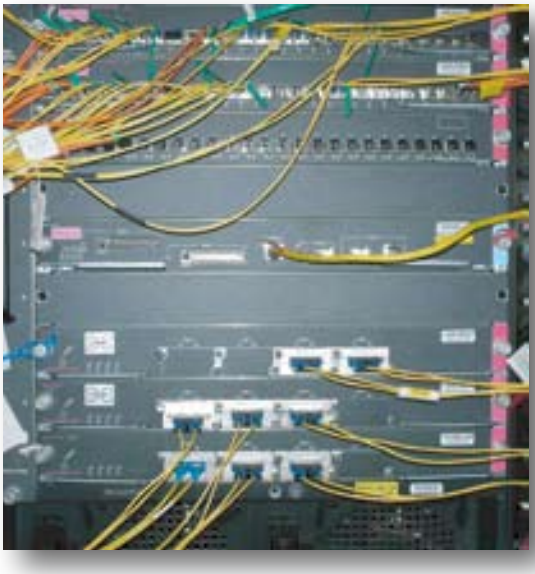
2　サービス統計



（4 月の統計データはなし）

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）

ネットワーク部門

概要

部門長　若原 恭　　副事務長　早野裕士

■東京大学情報ネットワークシステム（UTnet3）の運用管理

本学の情報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ネットワーク部門は、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にしたスター型になっている。この基幹全体に関し、必要な設定やその変更、機器のバージョン更新、障害時の対処等の運用管理に係わる諸作業を行った。更に、基幹のギガビットスイッチ相互間回線の信頼性向上のための増強等を実施した。

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、2010 年度も 2009 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、新設された工学部プレハブ棟とフードサイエンス棟の建物にレイヤー2 スイッチを設置した。

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．SINET4 接続
SINET3 から SINET4 への更新で、対外接続回線を 10Gbpsから 20Gbps に増強した。

5．遠隔地施設接続
本部情報システム部（本郷第一ビル）、工学部（南山堂ビル）、工学部仮設プレハブ、柏2キャンパス管理棟、追分国際学生宿舎、薬学部附属薬用植物園を公衆イーサ網や SINET4 回線で UTnet に接続した。

6．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、医学部教育研究棟14階　鉄門記念講堂で無線 LAN サービスを提供した。また、情報システム戦略会議・ICT インフラ整備専門部会からの要請に基づき、その全学共通無線 LAN サービス作業分科会と連携して、キャンパスの様々な場所で利用できる全学共通無線 LAN サービス（utroam）のシステム構築を進め、試行的に運用を開始した。

7. その他関連業務
全学法定点検のための停電措置による基幹のギガビットスイッチ(L3)の停止を回避するために HUB サイト内に設置している無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power Supply）のバッテリー増強ならびに無停電電源装置の遠隔監視システムの導入、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、対外回線が 20Gbps に増強されたので、不正侵入検知装置も追加した。

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、予防に役立てた。また、新しいウィルス対策ソフトウェアの導入による検知対象範囲の拡大等、ウィルス対策の強化を積極的に進めた。

3. SPAM 対策
全学的に激増する SPAM メールに対して、全学的な対策として、本部事務組織と連携協力して、メールサーバ単位での SPAM 対策の運用を実施した。

■ 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。

■ 関係委員会
情報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

センターネットワーク専門委員会が下記のとおり行われた。

2010 年　5 月　18 日　第 36 回情報基盤センターネットワーク専門委員会
2010 年　7 月　23 日　第 37 回情報基盤センターネットワーク専門委員会
2010 年 10 月　19 日　第 38 回情報基盤センターネットワーク専門委員会
2011 年　1 月　18 日　第 39 回情報基盤センター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
・ドメイン申請について
・歴史的 PI（Provider Independent）アドレスへの課金案について
・サーバハウジングサービスについて
・中野キャンパスの回線経費について
・遠隔地の接続状況について

東京大学情報ネットワークシステム（UTnet3）の運用管理

ネットワーク係

1　運用報告

本学の情報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 ヶ所の HUB 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）がある。各 HUB サイトにはコア用レイヤ 3 スイッチ（L3SW）を設置し、基幹は情報基盤センターを中心に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 HUB 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。

- －本郷地区の L3SW の機能拡張（CPU 増強、10Gbps（以下、Gbps を G と略す）I/F 増強、 1G I/F 増強）
- －柏地区の L3SW の機能拡張（OS 更新）
- －図書館 HUB サイト設置の無停電電源装置のバッテリ増設
- －情報基盤センターから白金地区、駒場 Ⅱ 地区、柏地区の HUB サイトへ、商用 VPN 網を用いた遠隔監視網の設置

以上の通り、監視の強化・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、各建物に設置したエッジ用レイヤ 2 スイッチ（L2SW）で行っており、この L2SW は HUB サイトの L3SW から伸ばした光ファイバに接続されている。 UTnet3 導入（2001 年度）当初には L2SW を約 200 台設置した。以来、撤去や新設で台数の増減はあったものの、現在では約 230 台のエッジ用 L2SW を設置している。これらの L2SW は老朽化したものから優先的に更新しており、支線との接続速度がギガビットに対応した機種を配置している。また、更新時の I/F 使用量に応じて、I/F 数の少ない省電力機種を中心に設置している。今年度は約 30 台の L2SW を更新し、13 台を新設した。

1.3 VLAN 対応

部局や研究室が、複数の建物やキャンパスに分散配置されたり、他部局の建物内に入居するケースがある。UTnet では、部局や研究室と同一のサブネットを VLAN で延長することができる。こ

のような VLAN 機能を持つ基幹に関して、今年度に実施した構成変更及びサブネットの割当を表1に示す。

1.4 キャンパス間接続及び対外ネットワーク接続

以下の通り、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、高機能化・高速化を達成した。また、2011 年 3 月には対外接続ネットワークのひとつである学術情報ネットワーク(SINET)が SINET3 から SINET4 に更新され、これに伴い、東大の接続も SINET4 へ移行した。

－本郷、柏、白金地区を始め SINET3 を利用した接続を SINET4 へ移行
－対外接続用ルータ(主)の SINET 接続を 10G →20G(10Gx2 チャンネル)に増速
－対外接続用ルータ(副)の SINET 接続を 1G →10G に増速

1.5 遠隔地接続

以下の通り、遠隔研究施設等の接続構成変更を行った。
－2010 年 5 月に、南山堂ビル(工学部)を NGN(10Mbps)で新規接続
－2010 年 5 月に、本郷第一ビル(本部)を NGN(100Mbps)で新規接続
－2010 年 7 月に、農学部附属田無試験地を B フレッツで接続変更
－2010 年 8 月に、新追分国際宿舎(本部)を NGN(10Mbps)で新規接続
－2010 年 8 月に、柏 2 地区キャンパス管理棟を NGN(10Mbps)で新規接続
－2011 年 3 月に、薬学部附属検見川薬用植物園を B フレッツで新規接続

1.6 その他関連業務

(1)ドメイン名の割当等

ネットワーク専門委員会の承認を経て、新規割り当て 4 件、廃止 2 件を実施した。詳細を表 2 に示す。

(2)UTnet 光ファイバケーブル専用利用

建物間を横断する UTnet 光ファイバケーブル専用利用の変更、及び割当を行った。結果を表 3 に示す。

(3)無線 LAN サービス

山上会館、武田ホール(武田先端知ビル)、一条ホール(弥生講堂)、鉄門記念講堂、柏図書館内のメディアホールにおいて無線 LAN サービスを提供した。それらの部局別の申請利用状況を表 4 に示す。また、向ヶ岡ファカルティハウス(2010 年 4 月から)、工学部共通講義室等(2010 年 7 月から)についても、無線 LAN サービスを始めた。

2 講習会・研究会開催報告

[第 8 回 UTnet Meeting]

情報ネットワークの直近の動向や管理の問題点に関して情報交換を行うため、UTnet Meeting を開催した。参加者は、情報基盤センターの関係者を含め 62 名であった。

・期間 2010 年 10 月 13 日(水)
・場所 農学部弥生講堂・一条ホール

プログラムは次の通り

1. UTnet update		松本浩一
2. セキュリティ報告(ウイルス、迷惑メール)		椿山惣一郎
3. UT-CERT 報告		中山雅哉
4. P2P問題について	工学系研究科	三木修次
4. 東京大学の情報システム運営	情報システム本部	玉造潤二
5. 理学系研究科の無線LANの運用	理学系研究科	下見淳一郎
6. フリーディスカッション		

[平成 22 年度コンピュータネットワーク研修]
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 14 名であった。

・期間　2010 年 12 月 7 日(火)～12 月 9 日(木)(3 日間)
・場所　情報基盤センター4階講義室および1階演習室

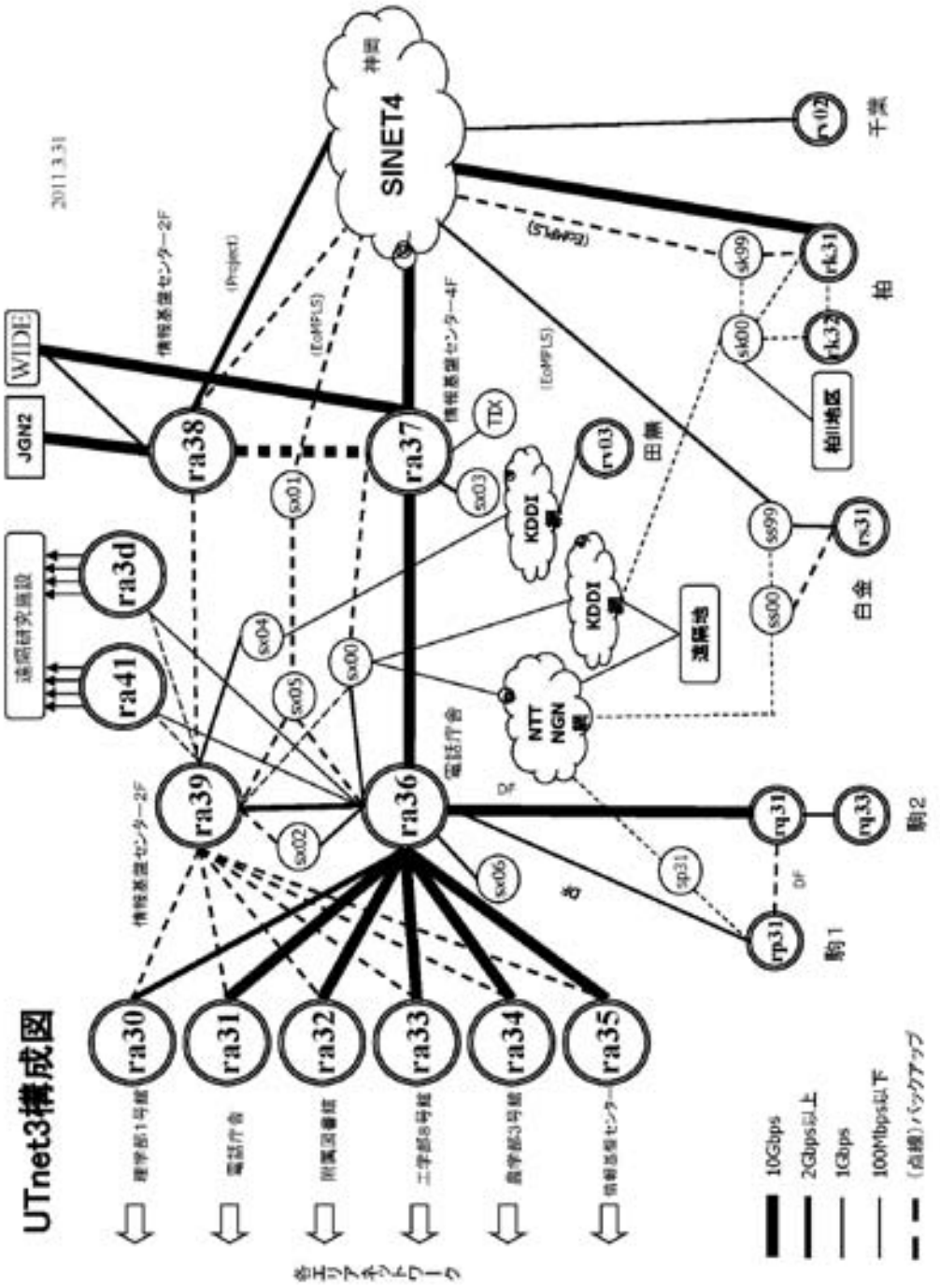


図1　UTnet 基幹構成図

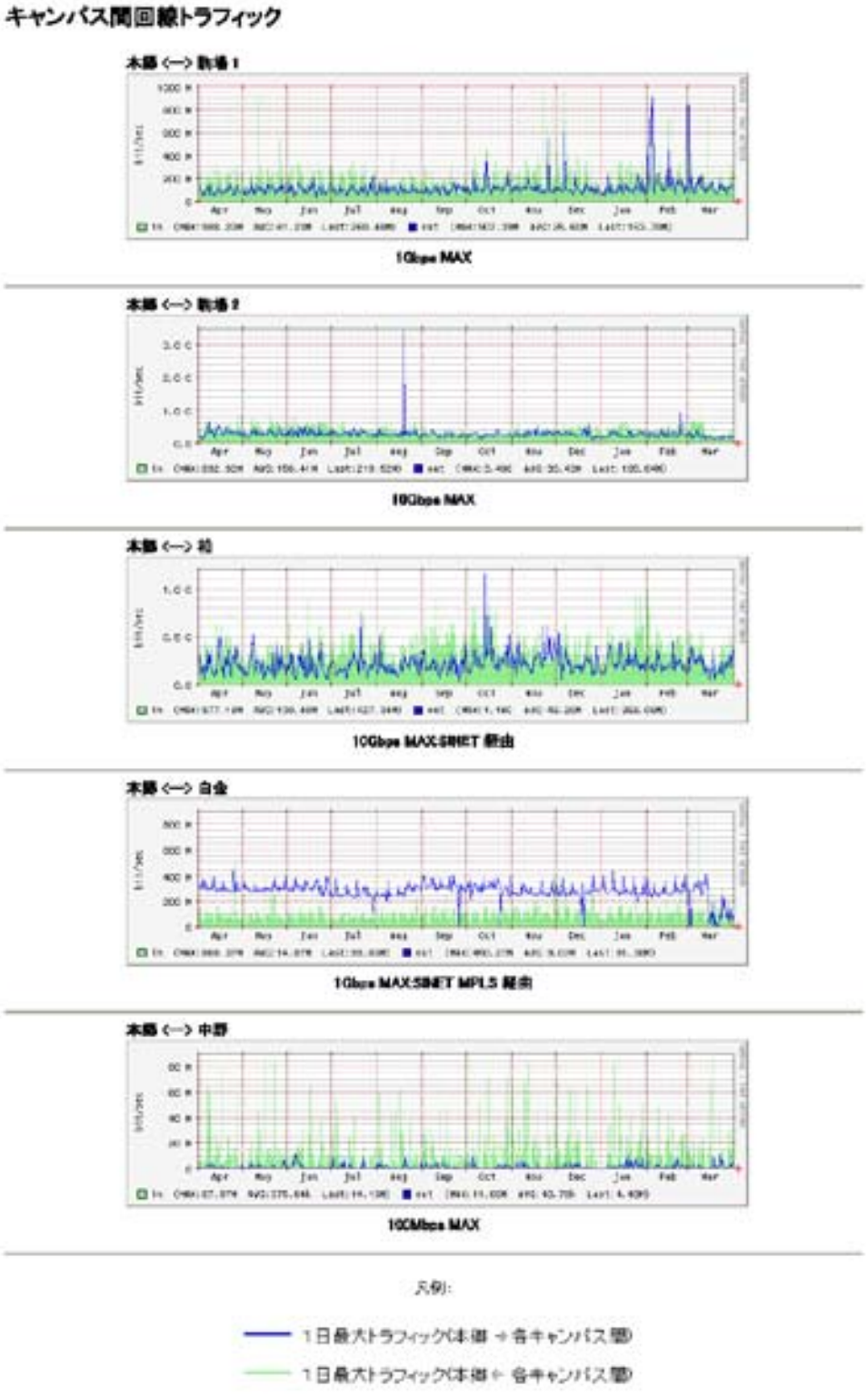


図2　UTnet のキャンパス間トラフィック

表 1 基幹ネットワークの構成変更及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	大学院理学系研究科	理学部 1 号館、通信機械室	基幹ネットワークの構成変更
2	大学院法学政治学研究科	教養学部 105 号館	建物間 VLAN の申請
3	本部事務組織	教養学部 102 号館	建物間 VLAN の申請
4	生産技術研究所	生産技術研究所	サブネットアドレスの申請
5	柏地区事務部	柏 1 地区設備センター	建物間 VLAN の申請
6	情報基盤センター	農学部図書館	建物間 VLAN の申請
7	情報基盤センター	アイソトープ総合センター	建物間 VLAN の申請
8	大学院総合文化研究科	教養学部[8,9,10,11,14,15]号館、アドミニストレーション棟、情報教育棟	基幹ネットワークの構成変更
9	大学院新領域創成科学研究科	新領域基盤棟、数物プレハブ棟	基幹ネットワークの構成変更
10	本部事務組織	総合図書館	建物間 VLAN の申請
11	大学院総合文化研究科	数理科学研究科棟	建物間 VLAN の申請
12	大学院総合文化研究科	教養学部 9 号館、教養学部 14 号館、トレーニング体育館	建物間 VLAN の申請
13	大学院情報理工学系研究科	工学部 8 号館	サブネットアドレスの申請
14	大学院情報学環	第 2 本部棟、情報学環アネックス	基幹ネットワークの構成変更
15	大学院工学系研究科	南山堂ビル	基幹ネットワークの構成変更
16	本部事務組織	情報基盤センター、大講堂、新領域基盤棟	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
17	大学院総合文化研究科	教養学部 15 号館	建物間 VLAN の申請
18	本部事務組織	本郷第一ビル	建物間 VLAN の申請
19	本部事務組織	通信機械室、本郷第一ビル	建物間 VLAN の申請
20	分子細胞生物学研究所	分子細胞生物学研究所	基幹ネットワークの構成変更
21	大学院総合文化研究科	情報教育棟	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
22	本部事務組織	御殿下記念館	建物間 VLAN の申請
23	本部事務組織	通信機械室	建物間 VLAN の申請
24	大学院総合文化研究科	情報教育棟	建物間 VLAN の申請
25	大学院工学系研究科	工学部暫定プレハブ A 棟	建物間 VLAN の申請
26	本部事務組織	第 2 食堂、総合図書館	建物間 VLAN の申請
27	理学系研究科	通信機械室	サブネットアドレスの申請
28	大学院総合文化研究科	情報教育棟	建物間 VLAN の申請
29	本部事務組織	けやき保育園	建物間 VLAN の申請
30	大学院農学生命科学研究科	農学部附属演習林田無試験地	基幹ネットワークの構成変更
31	情報基盤センター	工学部 5 号館	建物間 VLAN の申請
32	本部事務組織	新追分国際宿舎	建物間 VLAN の申請
33	本部事務組織	柏 2 地区キャンパス管理棟	建物間 VLAN の申請
34	本部事務組織	教養学部 102 号館	建物間 VLAN の申請
35	大学院工学系研究科	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
36	大学院新領域創成科学研究科	新領域基盤棟、柏 2 地区キャンパス管理棟	建物間 VLAN の申請
37	大学院工学系研究科	工学部新 2 号館	建物間 VLAN の申請
38	大学院総合文化研究科	アドミニストレーション棟	建物間 VLAN の申請
39	大学院農学生命科学研究科	農学部 7 号館 B 棟	サブネットアドレスの申請
40	医科学研究所	医科学研究所総合研究棟	基幹ネットワークの構成変更
41	低温センター	低温センター	基幹ネットワークの構成変更
42	大学院情報学環	情報学環・福武ホール	基幹ネットワークの構成変更

43	情報基盤センター	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
44	情報基盤センター	総合図書館、情報学環	建物間 VLAN の申請
45	本部事務組織	経済学研究科学術交流棟	建物間 VLAN の申請
46	本部事務組織	大講堂、第 2 本部棟・教養学部附属中等学校	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
47	大学院工学系研究科	工学部列品館	基幹ネットワークの構成変更
48	大学院新領域創成科学研究科	山上会館	基幹ネットワークの構成変更
49	医科学研究所	医科学研究所 2 号館	基幹ネットワークの構成変更
50	大学院新領域創成科学研究科	新領域基盤棟、新領域生命棟	建物間 VLAN の申請
51	本部事務組織	本部棟	サブネットアドレスの申請
52	本部事務組織	総合図書館、工学部 14 号館、文学部 3 号館、理学部 7 号館	建物間 VLAN の申請
53	本部事務組織	工学部列品館、教育学部、教育学部附属中等教育学校、史料編纂所、分子細胞生物学研究所	建物間 VLAN の申請
54	本部事務組織	工学部[1,2,4,5,6,7,8,9]号館、武田先端知ビル	建物間 VLAN の申請
55	大学院理学系研究科	通信機械室・新領域基盤棟	建物間 VLAN の申請
56	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
57	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
58	ICT インフラ整備専門部会	通信機械室、工学部新 2 号館、小石川植物園、教養学部[1,11,13,102]号館、教養学部 900 番教室、教養学部アドミニストレーション棟、教養学部情報教育棟、駒場ファカルティハウス、新領域基盤棟	建物間 VLAN の申請
59	史料編纂所	経済学研究科学術交流棟・小島ホール	建物間 VLAN の申請
60	情報基盤センター	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
61	本部事務組織	大講堂、新領域基盤棟	建物間 VLAN の申請
62	大学院総合文化研究科	教養学部 1 号館	建物間 VLAN の申請
63	本部事務組織	理学部 1 号館別館 A 棟	建物間 VLAN の申請
64	大学院総合文化研究科		サブネットアドレスの申請
65	大学院総合文化研究科	教養学部 18 号館	建物間 VLAN の申請
66	情報基盤センター	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
67	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
68	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
69	情報基盤センター	情報教育棟	建物間 VLAN の申請
70	大学院総合文化研究科	教養学部 17 号館	建物間 VLAN の申請
71	大学院工学系研究科	工学部 5 号館	基幹ネットワークの構成変更
72	本部事務組織	情報基盤センター、大講堂	基幹ネットワークの構成変更
73	大学院情報学環	工学部 2 号館、福武ホール	建物間 VLAN の申請
74	大学院理学系研究科	情報基盤センター、通信機械室	基幹ネットワークの構成変更
75	大学院理学系研究科	通信機械室	サブネットアドレスの申請
76	大規模集積システム設計教育研究センター	情報基盤センター	基幹ネットワークの構成変更
77	大学院工学系研究科	工学部新 2 号館、工学部 7 号館、工学部 8 号館	基幹ネットワークの構成変更
78	情報基盤センター	赤門総合研究棟、総合図書館、経済学研究科棟、情報学環・福武ホール、情	建物間 VLAN の申請

		報基盤センター、法文 1 号館(法学部)	
79	情報基盤センター	柏図書館	建物間 VLAN の申請
80	大学院工学系研究科	工学部新 2 号館、工学部 7 号館、工学部 8 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
81	大学院理学系研究科	通信機械室、新領域基盤棟	基幹ネットワークの構成変更
82	本部事務組織	本部棟、第 2 本部棟	建物間 VLAN の申請
83	数物連携宇宙研究機構	数物連携宇宙研究機構棟、第2総合研究棟	基幹ネットワークの構成変更
84	大学院総合文化研究科	教養学部情報教育棟	建物間 VLAN の申請
85	情報基盤センター	総合図書館、福武ホール	建物間 VLAN の申請
86	大学院法学政治学研究科	法文 1 号館(法)、法学部[2,3,4]号館、法学政治学総合教育棟、弥生地区総合研究棟、第 2 本部棟、史料編纂所、医学部[1,2]号館、教養学部 105 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
87	大学院薬学系研究科	薬学部附属薬用植物園	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
88	本部事務組織	山上会館	建物間 VLAN の申請
89	大学院人文社会系研究科	法文 1 号館(文学部)、総合図書館	基幹ネットワークの構成変更
90	大学院情報学環	情報学環、情報学環・福武ホール、工学部 2 号館	建物間 VLAN の申請

表 2 ドメイン名の割当及び廃止

項番	ドメイン名	申請部局名	備考	
1	nkc.u-tokyo.ac.jp	本部事務組織	日本語教育センター	新規
2	hsp.u-tokyo.ac.jp	先端科学技術研究センター	旧医療政策人材養成スクール	廃止
3	ocdd.u-tokyo.ac.jp	生物機能制御化合物ライブラリー機構	創薬オープンイノベーションセンター	新規
4	isics.u-tokyo.ac.jp	大学院情報学環	旧社会情報研究所	廃止
5	gsi.u-tokyo.ac.jp	大学院工学系研究科	「太陽光を機軸とした持続可能グローバルエネルギーシステム」総括寄付講座	新規
6	todias.u-tokyo.ac.jp	国際高等研究所	国際高等研究所	新規

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	本部事務組織	起点:通信機械室 終点:理学部 2 号館、工学部 2 号館	各 GI2 芯	新規
2	本部事務組織	起点:通信機械室 終点:安田講堂、山上会館、情報基盤センター、法文1号館、医学部1号館、医学部附属病院管理研究棟、看護職員宿舎、工学部列品館、工学部4号館、工学部12号館、超高圧電子顕微室、風工学実験室、農学部2号館、赤門総合研究棟、経済学研究科棟	各 GI2 芯	新規
3	本部事務組織	起点:アドミニストレーション棟 終点:教養学部(1,5,7,11,12,13)号館・講堂	各 GI1 芯	新規
4	医科学研究所	ヒトゲノム研究センター - 医科学研究所総合研究棟	SM2 芯	新規
5	生産技術研究所	生産技術研究所 C 棟 - 駒場オープンラボラトリ	SM2 芯	新規
6	大学院工学系研究科	情報基盤センター - 工学部6号館	SM2 芯	新規

表 4　無線 LAN サービス利用の申請部局・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	鉄門記念講堂	向ヶ岡ファカルティハウス	工学部2号館
1	サスティナビリティ学連携研究機構	1			1			
2	国際本部	1						
3	卒業生室							1
4	附属図書館					2		
5	人工物工学研究センター				2			
6	情報基盤センター	1	2					
7	インテリジェント・モデリング・ラボラトリー			1				
8	数物連携宇宙研究機構				1			
9	医学系研究科	1				6		
10	医学部附属病院					4		
11	工学系研究科	10	10			1	2	6
12	人文社会系研究科	2		1				
13	理学系研究科	2		1			1	1
14	農学生命科学研究科			4			2	
15	教育学研究科	3						
16	新領域創成科学研究科		3		1			
17	情報理工学系研究科	3		1				1
18	情報学環	1						
19	公共政策大学院	1				1		
20	生産技術研究所	2						
21	宇宙線研究所				3			
22	物性研究所	1				1		
23	東大 GCOE「機械システム・イノベーション国際拠点」		1			1		
24	東大 GCOE「セキュアライフ・エレクトロニクス」			1				
25	東大 GCOE「世界を先導する原子力教育研究イニシアティブ」			1				
26	東大 GCOE「学融合に基づく医療システムイノベーション」					2		
27	宇宙航空研究湯開発機構	1						
28	東京大学・日本電子産学連携室		3					
29	日本ヒト脳機能マッピング学会		1					
30	ライフサイエンス統合データベースセンター		1					
31	宇宙開発フォーラム実行委員会		1					
32	株式会社三菱総合研究所		1					
33	IBISML 研究会		1					
34	タンデム研究会		1					
35	国立情報学研究所		1					
36	物性科学領域横断研究会		1					
37	ADMETA2010		1					
38	MPLS JAPAN		1					

39	日本原子力学会		1					
40	名古屋大学		1					
41	日本薬学会医療薬科学部会		1					
42	土木学会		1					
43	科学技術振興機構		1	2				
44	日本生産者 GAP 協会			2				
45	インターネットコンファレンス 2010 実行委員会			1				
46	健康と病いの語りディペックス・ジャパン			1				
47	日本熱電学会			1				
48	Live E! 協議会			1				
49	WIDE プロジェクト			1				
50	21 世紀の科学教育を創造する会			1				
51	NPO 法人富士山測候所を活用する会			1				
52	NPO 事業サポートセンター			1				
53	ターゲットタンパク研究プログラム事務室			1		1		
54	日本 AD/HD 学会事務局					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。具体的には、マカフィー社の I-4000 と M-8000 を併用し、学内と学外との通信をタップして監視を行った。2007 年度から引き続き 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た。また、M-8000 において附属病院及び地震研究所のローカルネットワークの通信情報を部局の端末で監視するためのサービスを前年度から継続して行った。

・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いて、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、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。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 の配布サービスも引き続き行った。また、USB メモリ等のウイルス対策用として ESET Smart Security 4.0 （キヤノン IT ソリューションズ）の配布も引き続き行った。

1.3 迷惑メール（SPAM メール）対策

全学的な迷惑メール対策システムの運用を行った。東京大学職員メールシステムについても本システムで迷惑メール対策を行った。2010 年 8 月には、医学系研究科で約 1,300 のメールアカウントの参加があり、2011 年 3 月末時点での参加数は 64ドメイン、約 11,150 メールアカウントである。

2 講習会・研究会開催報告

（東京大学情報ネットワークシステム（UTnet3）の運用管理の 2. を参照）

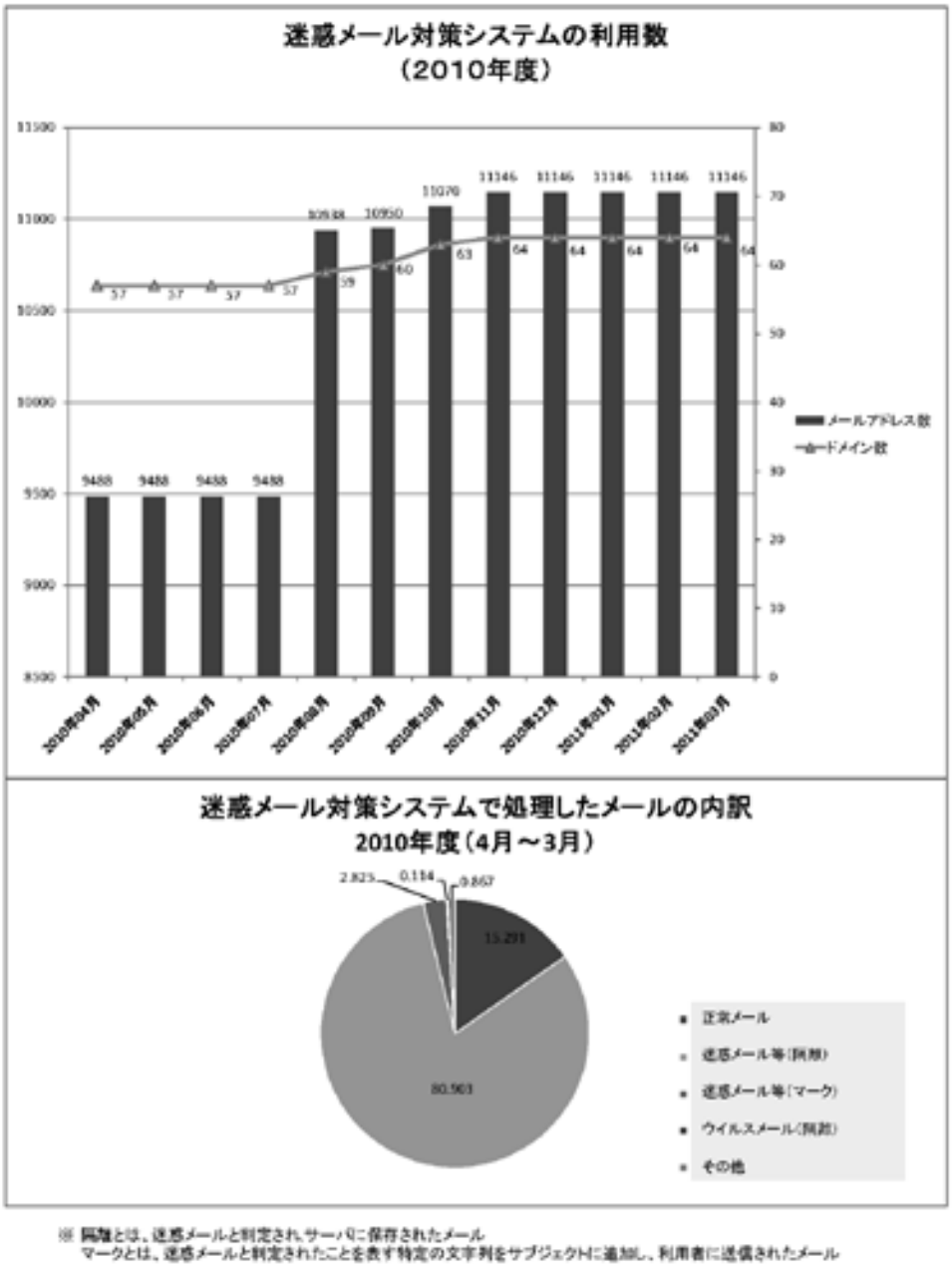
3 サービス統計

2010 年度のコンピュータウイルス対策ソフトウェアの申請状況は表1の通りである。

表1 ウイルス対策ソフトウェアの申請状況

ソフトウェア名	申請件数	部局数	申請ライセンス数
ウイルスバスター2010（日本語版）	６８５	４４	２２，８２２
ウイルスバスター2010（英語版）	１１０	２７	１，０７３
Sophos Anti-Virus for Windows	２８	１６	２１１
Sophos Anti-Virus for Mac OSX	１０１	２８	１，４２０
ESET Smart Security 4.0	２８	１２	１，５９３
Server Protect	５４	２４	１７１
InterScan VirusWall	8	7	１６
InterScan VirusWall エンタープライズエディション	3	3	4

2010 年度の迷惑メール対策システムの運用状況は図1の通りである。



※ 隔離とは、迷惑メールと判定されサーバに保存されたメール
マークとは、迷惑メールと判定されたことを表す特定の文字列をサブジェクトに追加し、利用者に送信されたメール

図1　迷惑メール対策システムの運用状況

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ィ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監視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の運用管理を行った。
・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。
・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

（東京大学情報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

2010 年度のセキュリティ対策で扱ったインシデント件数は図1のとおりである。

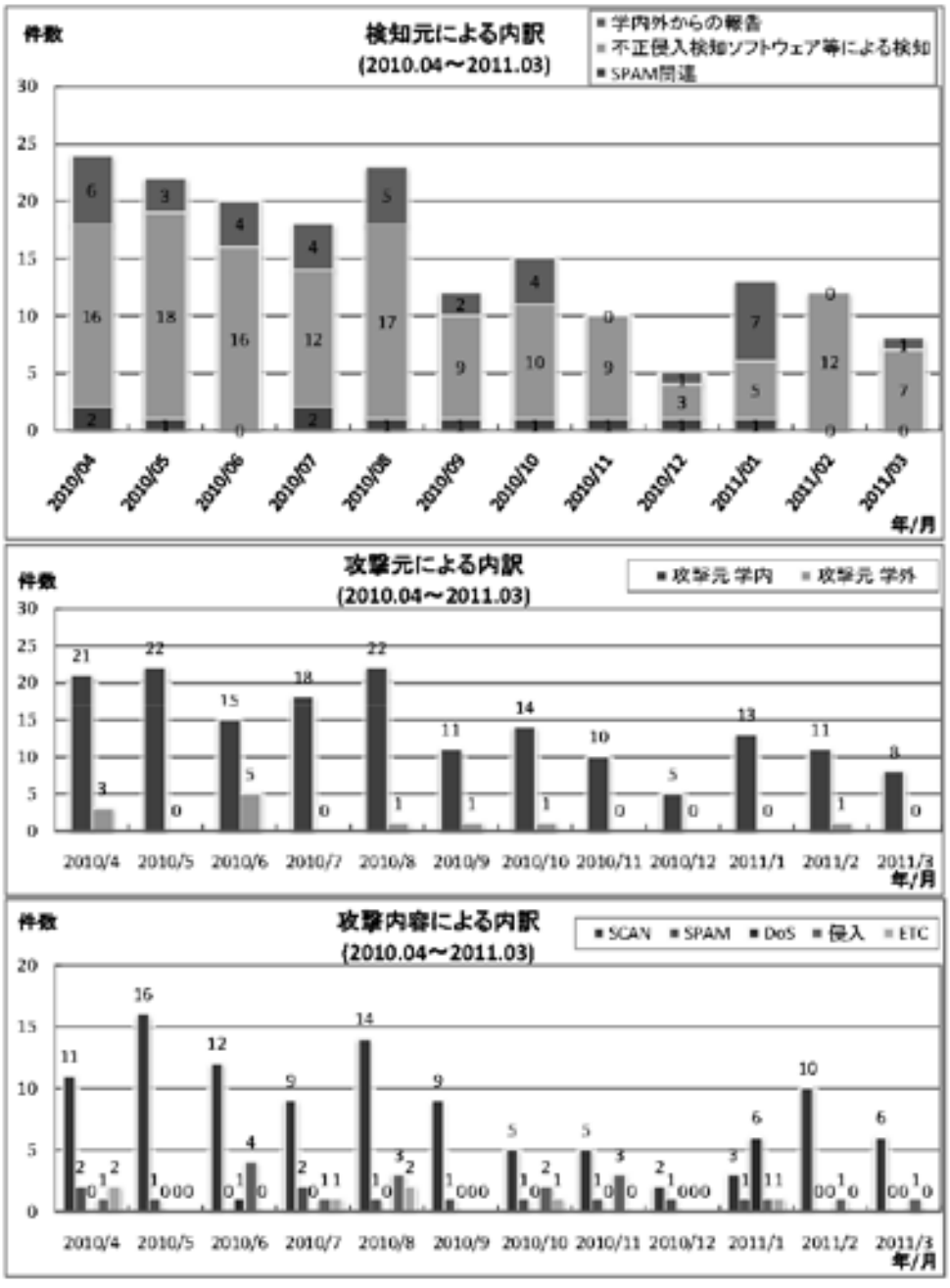


図 1　セキュリティインシデント件数

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。表1にソフトウェアライセンスの利用状況を示す。

(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。

表1 ソフトウェアライセンスの利用状況

ソフトウェア名	申請件数	部局数
Pro/ENGINEER	２０	１１
JMP	２５	１３
SAS9	５６	１５
MATHEMATICA	１４４	１８
ChemOffice	２６	１１
LabVIEW	７４	１３

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

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。

当部門では Hitachi SR11000/J2（128 ノード、2,048 コア、ピーク性能 18.84TFLOPS）、Hitachi HA8000 クラスタシステム（T2K オープンスパコン（東大））（952 ノード、15,232 コア、ピーク性能 140.1TFLOPS）の 2 システムを有している。2010 年度末の稼働率はともに約 80%であり、学内外の幅広い利用者に研究・教育のために利用されている。

2005 年 3 月より稼働を開始した SR11000/J2 は 2011 年 10 月にリプレース時期を迎える予定であり、ピーク性能 54.9TFLOPS を有する次期機種の導入が既に決定している。また、2012 年 1 月稼働開始を目指して、ピーク性能 1PFLOPS を有する大規模超並列スーパーコンピューターシステム導入のための検討を実施した。

2008 年 6 月より稼働した HA8000 クラスタシステムは、順調な稼働を続けている。

2010 年度は利用者拡大、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
  - 先端的大規模計算利用サービス
  - 広報活動
- HA8000 クラスタシステム
  - 研究プロジェクトの推進
  - 512 ノードサービス
  - 先端的大規模計算利用サービス
  - 企業ユーザー利用支援
  - 講習会
  - 広報活動

2　研究プロジェクトの推進

研究プロジェクトとしては、「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点　公募型共同研究」、「スーパーコンピュータ若手利用者推薦」を実施した。

2010 年 4 月より、北大、東北大、東大、東工大、名古屋大、京大、阪大、九州大の大型スーパーコンピュータを有する 8 大学の情報基盤センターによる学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点が正式に発足し、活動を開始した。本共同利用・共同研究拠点は 8 機関によるネットワーク型拠点であり、東京大学情報基盤センターはその中核拠点である。

4 月に本年度公募型共同研究の課題募集を開始し、5 月に外部委員を含む審査委員会による厳正な審査の結果、応募 41 課題のうち 37 課題が採択された。東大情報基盤センターと共同研究を行うのはこのうち 14 課題である。この中には 2010 年 3 月まで実施されていた「T2K オープンスパコン（東大）共同研究プロジェクト」の 7 課題も含まれている。9 月 1 日に第一回シンポジウムが東京大

学山上会館で開催された。本年度成果報告会を兼ねた第二回シンポジウムは 2011 年 1 月 12 日（火）・13 日（水）に理化学研究所計算科学研究機構（神戸）で開催された。

課題採択グループのうちスーパーコンピュータを利用するグループは HA8000 クラスタシステムの最大 64 ノード専用キューを利用できる。

「スーパーコンピュータ若手利用者推薦（試行）」は、概ね 45 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。2010 年度は、前期 3 件、後期 1 件（前期よりの継続）の合わせて 4 件の課題を採択した。

3 512 ノードサービス

2010 年度から「512 ノードサービス」を開始した。実施要項は以下の通りである：

- 1 ヶ月に一回、月末処理前の木曜日 9:00～金曜日 9:00 までの 24 時間の間、A512 系を利用して実施する。
- 2010 年度は 6 月末から開始する。
- 課題は公募制とし、センター外部からの審査委員も含む審査委員会による審査、選定を実施する。年 3～4 回課題を募集し、各月に 1 グループ採用を原則とする。2010 年度は 3 回の募集を予定している（申込状況によっては変更の可能性がある）。
- 応募資格を現ユーザーに限定せず、広く参加者を募集する。
- 利用者には報告書を提出していただき、「スーパーコンピューティングニュース」記事として出版させていただく。

2010 年度は 3 回に分けて募集を行い、合計 11 件が採択された。

4 先端的大規模計算利用サービス

文部科学省が 2009 年度から開始した補助金事業「研究開発施設共用等促進費補助金（先端研究施設共用促進事業）」から支援を受け、全国共同利用施設である 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）が連携して、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実施した。2010 年度は第 2 期に 2 件の応募があり、採択された。また、2010 年 7 月に「第 4 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。

5 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 クラスタシステムの資源のうち最大 10%（上記先端研究施設共用促進事業利用を含む）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。2010 年度は、課題の公募を 3 回（4 月、8 月、12 月）実施し、4 月に 3 社の応募（いずれも前年度からの）があり、3 件が採択された。8 月、12 月はそれぞれ 1 社からノード数拡大の応募があったが、新規応募はなかった。

6 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並列プログラミング講習会」がある。2010 年度は同講習会を 4 回実施した。

2010 年度は広報誌「スーパーコンピューティングニュース」を 6 回発行した他、特集号として、「平成 21 年度公募型プロジェクト成果報告書(2011 年 3 月)」を 1 回発行した。

7 高校生向け広報・普及活動

2010 年 7 月 14 日に、情報基盤センター主催による高校生向けスパコンセミナー「スーパーコンピュータの最前線を体験しよう！」が開催された。埼玉県立春日部高等学校、埼玉県立大宮高等学校、開成高等学校の 3 校から、引率教員も含めて合計 89 名が参加した。元々、高校の理数科教育の一環としての依頼であったが、高校生の段階で「スパコンが新しい科学的発見に役立つ」という認識を身につけてもらう機会を提供し、将来のスパコン利用者の獲得にもつながることであるので、今後も継続して実施して行く予定である。

また、セミナー終了後に各高校の先生方と意見交換を行い、セミナー参加者を対象とした並列プログラミング講習会、教員を対象としたセミナーの開催を決定した。前者については 2010 年 8 月 23 日～25 日に実施され、高校生 10 名、教員 2 名が参加した。後者については 2011 年度に実施予定である。

8 利用規程改正、利用負担金

2010 年度は、教育・人材育成、企業利用に関連して「東京大学情報基盤センタースーパーコンピューターシステム利用規程(以下、利用規程)」の改正と実施要領、補則制定を実施、第 13 回スーパーコンピューティング専門委員会(2010 年 10 月 12 日)での審議を経て同日より発効している。以下の実施要領が制定された:

- トライアルユース
- 試用アカウント配布型講習会
- 512 ノード利用大規模 HPC 研究
- スーパーコンピューター教育利用
- スーパーコンピューター若手利用

また、HA8000 クラスタシステムについては、これまでの負担金収入、必要電力料金、新機種導入の影響等も考慮して、2011 年度より利用負担金の引き下げを実施する。第 13 回スーパーコンピューティング専門委員会(2010 年 10 月 12 日)での審議を経て承認され、併せて利用規程別表の修正も実施した。

9 参考文献

報道関連

[報道 1] 日本テレビ 2010 年 4 月 1 日 ズームイン！！SUPER 東京都の二酸化炭素排出削減義務化

[報道 2] テレビ朝日 2010 年 6 月 14 日 東京サイト 都市と地球の環境～東大 CO2 削減チャレンジ～

[報道 3] 産経新聞 2010 年 7 月 29 日【県立学校だより】春日部高校の生徒が東大のスパコン施設見学

[報道 4] 毎日放送 2010 年 10 月 30 日 知っとこ！ スーパーコンピューターとは

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　2010 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ーシステムのサービスについて、2010 年度中に行ったシステム整備状況を以下に述べる。

SR11000 システムについては、従来からのサービスを継続して行った。HA8000 クラスタシステムについては、利用者から要望の多かった、512 ノードサービスを月 1 回、正式サービスとして実施、性能モニタ機能を提供するなど、利用者環境を充実させた。また、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、利用支援のため講習会や研究会を随時実施した。

2011 年 3 月に発生した東日本大震災を受け、大規模な電力不足に対応すべく、システムの縮退運転を行うなどの運用変更を随時行った。

1.1　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 (HA8000 クラスタシステム) を無料で行い、並列プログラミング教育として 13 件の利用があった。

・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)」
・東京大学工学部・工学系研究科 (後期)「スパコンプログラミング(1),(I)」
・東京大学工学系研究科「実践的シミュレーションソフトウェア開発演習」
・東京大学理学部「理論演習Ⅰ」
・東京大学理学系研究科「並列計算プログラミング・先端計算機演習」
・東京大学情報理工学系研究科「科学技術計算Ⅰ」
・東京大学情報理工学系研究科「科学技術計算Ⅱ」
・東京大学情報理工学系研究科「実践コンピュータシステムⅡ」
・東京大学情報理工学系研究科「並列数値計算論」
・東京大学教養学部 「全学ゼミナール:スパコンプログラミング」
・電気通信大学情報理工学研究科「並列分散計算法特論」
・電気通信大学情報理工学研究科「ハイパフォーマンスコンピューティング基礎論」
・高校生向け「スパコンプログラミング体験学習セミナー」

2　2011 年度のシステム整備計画

現在サービスを行っている SR11000 システムの更新を行う予定である。今回のシステム更新では、従来の利用者サービスを継続するだけでなく、京速コンピュータ「京」の利用に向けた開発環境の整備、人材育成などの利用目的を満たすべく、2 式のスーパーコンピューターの導入を予定しており、2011 年度中のシステム導入及びサービス開始を予定している。

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ーシステム及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。2010 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 13 回スーパーコンピューティング専門委員会

日時 : 2010 年 10 月 12 日 (火) 15:00 ～

議題 :
- 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューターシステム利用規程の改正について
- 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューターシステム利用規程実施要領および利用規程に関する補則の制定について
- 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューターシステム利用負担金の改定について
- 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューター利用資格者審査委員会内規の改正について
- 次期スーパーコンピューターシステム調達状況について
- 文部科学省最先端研究基盤事業「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高度利用促進」について
- HA8000 クラスタシステム 512 ノードサービス報告
- 平成 21 年度公募型プロジェクト成果報告会（5 月 21 日）報告
- お試しアカウント付き並列プログラミング講習会（試行）報告
- 高校生のためのセミナーおよびプログラミング講習会実施報告
- 「T2K シンポジウム 2010@東大」実施報告
- 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点報告
- 平成 21 年度スーパーコンピューティング部門決算報告
- プログラム相談状況
- システム稼動状況報告
- その他

4　スーパーコンピューターシステム利用規程の改正

教育・人材育成、企業利用、大規模計算など利用形態の拡大に伴い、サービスの提供には、より円滑な運用が求められるために、スーパーコンピューターシステム利用規程（以下、利用規程）の改正を実施し、利用資格者の規定を見直すとともに、実施要領ならびに利用規程の補則の整備を行った。また、システムの経年や運転経費を考慮し、利用負担金額の改訂も行っている。

1.　利用規程の改正

（利用資格者）
第 3 条 1 号 「教員および学生」→「教職員および学生」
第 3 条 6 号（旧 5 号） 「科学技術研究費補助金等の公的資金の交付を受けて」を追加

（補則） 条文を追加
第 17 条　この規程に定めるもののほか，計算機システムの利用に関し必要な事項は別に定める。

2. 実施要領の制定

新たにトライアルユース制度を設けるほか、これまで「試行」として実施してきたサービスを正式に実施するための規則を実施要領として整備した。

- トライアルユース
- 試用アカウント配布型講習会
- 512 ノード利用大規模 HPC 研究
- スーパーコンピューター教育利用
- スーパーコンピューター若手利用者推薦

3. 利用規程に関する補則の制定

これまで明文化されて来なかった事項（資源利用割合、教育）を明確にし、利用規程の補則として整備した。

4. 利用規程別表の改訂

HA8000 クラスタシステムについて、経年による性能価値の相対的低下を伴う計算機システムの適正な利用負担金額について、運転経費および、大学、研究機関と企業の格差是正を考慮し、見直しを行った結果、2011 年度より、下表のように引下げを実施することとした。なお、下表は専用キューの場合であるが、パーソナルコース、ノード固定もこれに準ずる。

	旧負担金 （8 ノード，1 年）	新負担金 （8 ノード，1 年）
大学等	1,000,000 円	850,000 円
研究機関等	2,000,000 円	1,700,000 円
企業	4,000,000 円	2,400,000 円

5 システム利用状況

2010 年度におけるジョブ統計は表 1 、表 2 のとおりである。スーパーコンピューターの利用状況については、SR11000 システムでは、ノード稼動率が 70% を越える月が 10 ヶ月になるなど、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は、ノード稼動率が 80% を超える月が 9 ヶ月となるなど利用が増加している。

なお、3 月に発生した東日本大震災の影響を受け、システムを停止したため、CPU 時間、処理件数等が通常月よりも少なくなっている。

5.1 SR11000 システム (AIX 5L) のジョブ処理状況

表 1. ジョブ処理状況

年月	登録者数	実利用者数	TSS 件数	NQS 件数	CPU 時間		ノード稼動率 (%)	/batch ファイル使用量 (MB)
					sr11000-s (時間)	NQS (時間)		
201004	417	143	5,017	4,866	170.14	895,572.54	68.5	9,868,236
201005	418	132	4,266	3,956	148.33	779,868.73	67.1	9,235,793
201006	420	148	5,132	5,238	190.17	1,016,084.62	76.4	9,017,418
201007	423	147	5,458	10,908	233.61	945,142.74	74.4	10,254,779
201008	425	150	4,138	9,327	192.04	688,041.98	74.3	10,282,176
201009	428	159	5,499	10,079	179.71	975,295.76	82.2	10,735,791
201010	433	177	6,350	4,799	253.00	841,640.99	86.3	11,816,777
201011	435	156	5,847	6,882	262.72	889,605.37	74.0	12,038,599
201012	442	162	5,999	6,100	340.22	1,079,990.50	79.6	12,158,590
201101	446	168	7,012	6,109	336.44	1,074,032.53	81.1	12,253,767
201102	448	163	5,533	4,658	224.59	1,024,431.08	80.9	12,800,697
201103	451	158	2,474	2,115	147.17	465,063.49	78.7	12,743,426
合計			62,725	75,037	2,678.14	10,674,770.33		

(注) ノード稼動率とは 1 ノードが 100% 稼動したと仮定した場合のサービスノードに対する稼動率である。

5.2 HA8000 クラスタシステムのジョブ処理状況

表 2. ジョブ処理状況

年月	登録者数	実利用者数	TSS 件数	NQS 件数	CPU 時間		ノード稼動率 (%)	/home ファイル使用量 (MB)
					ログイン (時間)	NQS (時間)		
201004	532	232	5,944	18,222	300.11	5106577.71	79.8	68,773,560
201005	602	260	7,144	21,177	520.51	4,921,716.24	83.9	76,265,076
201006	752	254	7,806	22,226	596.87	6,070,983.05	86.5	79,950,904
201007	790	285	9,228	21,075	907.66	6,491,736.63	84.7	68,318,434
201008	848	283	6,344	10,293	994.52	4,177,004.47	80.2	94,913,691
201009	902	261	7,156	14,153	603.88	6,036,537.40	83.1	117,496,055
201010	1,030	238	7,094	12,989	1,130.94	5,312,322.36	78.1	124,408,808
201011	1,068	286	9,653	15,333	1,449.69	6,624,731.35	86.6	126,857,872
201012	1,102	323	10,371	16,402	888.58	6,332,174.00	83.0	140,195,274
201101	1,116	304	9,277	14,230	736.47	6,440,010.69	82.3	152,978,700
201102	1,123	293	8,866	13,868	1,103.33	5,526,747.82	81.5	147,663,736
201103	1,132	268	5,206	7,961	270.62	3,307,056.41	78.5	143,783,098
合計			94,089	187,929	9,503.18	66,347,598.13		

(注) ノード稼動率とは 1 ノードが 100% 稼動したと仮定した場合のサービスノードに対する稼動率である。

6 プログラム相談と刊行物

6.1 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を行っていないため、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。

表 3. 相談状況

	対面相談	E-Mail 相談	合計
2010 年 4 月	0	13	13
2010 年 5 月	0	14	14
2010 年 6 月	0	21	21
2010 年 7 月	1	10	11
2010 年 8 月	1	14	15
2010 年 9 月	0	15	15
2010 年 10 月	1	20	21
2010 年 11 月	0	16	16
2010 年 12 月	0	30	30
2011 年 1 月	0	14	14
2011 年 2 月	1	14	15
2011 年 3 月	0	16	16
小計	4	197	201

6.2 刊行物

2010 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.12 No.3 ～ Vol.13 No.2 (2010 年度)
- スーパーコンピューティングニュース Vol.13 No. Special Issue 1 2011.3
  「平成 21 年度公募型プロジェクト報告」

「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、職員が部門連絡会議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ー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ー利用者へよりわかりやすく情報伝達を行うとともに、スーパーコンピューター利用サービスの改善に役立てている。さらに同じ内容を本センターの Web ページにも掲載している。

2010 年度は、昨年度から引き続き「これからの並列計算のための GPGPU 連載講座」を掲載し、Vol. 13 No.1 (2011 年 1 月) 号からは「連載講座:高生産並列言語を使いこなす」を新連載している。より一層利用者の皆様に役立つものとするよう推進していく。

また従来から発行しているものには、以下のものがある。

- 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)
- 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)

7　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が毎年開催されている。

7.1　第 32 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

名古屋大学情報基盤センターの当番で、第 32 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 2010 年 11 月 11 日 (木) 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）
・「HA8000 クラスタシステムでの大規模ジョブ実行サービス」 －佐島　浩之　(発表者)－

HA8000 クラスタシステムで行っている大規模ジョブ実行サービスの概要、サービス向上のための取り組み、利用状況などを報告したものである。

詳しくは、「研究開発論文集 No.32　平成 22 年 11 月全国共同利用情報基盤センター」（P31 ～ P34）をご覧願いたい。

講習会

研究支援係　　システム管理係　　システム運用係

1　概要

2010 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。スーパーコンピュータ（HA8000 クラスタシステム）の試用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 経由でスーパーコンピュータにログインする。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 週間程度としている。受講者は、これまでは、スーパーコンピュータの利用資格者（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ーパーコンピュータの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。

また本年度は社会貢献の一環として、スーパーコンピュータの利用や並列プログラミングに興味のある高校生を対象に、高性能計算や並列処理の技術習得を目的にした講習会を実施した。

表 1：2010 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 9 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）「MPI 応用編：並列アプリケーション開発入門」	2010 年 5 月 13 日～14 日	HA8000 クラスタシステム	37 人	情報基盤センター主催
第 10 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）「MPI 基礎：並列プログラミング初級入門」	2010 年 7 月 29 日～30 日		14 人	
第 11 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）「MPI 基礎：並列プログラミング初級入門」	2010 年 9 月 2 日～3 日		12 人	
第 12 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）「ライブラリ利用：高性能プログラミング初級入門」	2010 年 9 月 27 日～28 日		8 人	
高校生のための「お試しアカウント付き並列プログラミング講習会（試行）」	2010 年 8 月 23 日～25 日		延べ 12 名	開成高校、春日部高校
CCS HPC サマーセミナー2010	2010 年 7 月 8 日 ～ 7 月 9 日	—	10 人	筑波大学主催

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）

2010 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 4 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]。

2.1　第 9 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。本講習会では、有限体積法による熱伝導解析プログラムを、MPI を使用して並列化するための手順、特に並列分散データ構造に関する考え方を中心に講義・実習を実施した。

表 2：第 9 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
2010 年 5 月 13 日（木）	1300～1730	• はじめに ➢ 本講習会の概要 ➢ T2K オープンスパコン（東大）について ➢ T2K オープンスパコン（東大）へのログイン • 並列アプリケーション開発入門（I） ➢ 並列プログラミングの学び方 ➢ 有限体積法 ➢ 1CPU 用計算プログラム eps_fvm ➢ 演習	中島研吾
5 月 14 日（金）	1000～1200	• 並列アプリケーション開発入門（II） ➢ 並列分散メッシュデータ ➢ 領域分割 ➢ MPI 超入門	中島研吾
	1300～1730	• 並列アプリケーション開発入門（III） ➢ 並列 FVM コードの開発 ➢ 実習	中島研吾

2.2　第 10 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、並列アプリケーション入門について講義・実習を実施した。

表 3：第 10 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
2010 年 7 月 29 日（木）	1030～1230	ノートパソコンの設定、テストプログラムの実行など（演習）	片桐孝洋
	1400～1545	並列プログラミングの基本（座学）	片桐孝洋
	1600～1700	MPI プログラム実習 I（演習）	片桐孝洋
7 月 30 日（金）	1000～1230	プログラミングの基礎（分割コンパイル）（演習）	鴨志田良和
	1400～1530	MPI プログラミング実習 II（演習）	片桐孝洋
	1545～1700	MPI プログラミング実習 III（演習）	片桐孝洋

[1] http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/publication/kosyu/

2.3 第11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、並列アプリケーション入門について講義・実習を実施した。

表 4：第 11 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
2010 年 9 月 2 日（木）	1030～1230	ノートパソコンの設定、テストプログラムの実行など（演習）	片桐孝洋
	1400～1545	並列プログラミングの基本（座学）	片桐孝洋
	1600～1700	MPI プログラム実習 I（演習）	片桐孝洋
9 月 3 日（金）	1000～1230	プログラミングの基礎（分割コンパイル）（演習）	鴨志田良和
	1400～1530	MPI プログラミング実習 II（演習）	片桐孝洋
	1545～1700	MPI プログラミング実習 III（演習）	片桐孝洋

2.4 第12回講習会

HA8000 クラスタシステムを使用した、数値計算ライブラリ利用による基礎的な高性能プログラミングの講習会を実施した。並列処理の基礎概念の説明、数値計算ライブラリの解説、簡単な数値計算プログラムによるライブラリ利用の実習を実施した。

表 5：第 12 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
2010 年 9 月 27 日（月）	1030～1230	ノートパソコンの設定、テストプログラムの実行など（演習）	片桐孝洋
	1400～1500	並列プログラミングの基本（座学）	片桐孝洋
	1515～1700	プログラム実習 I（BLAS）(演習)	片桐孝洋
9 月 28 日（火）	1030～1230	プログラム実習Ⅱ(LAPACK、ScaLAPACK)（演習）	片桐孝洋
	1400～1530	プログラム実習Ⅲ（Lis）（演習）	伊藤祥司
	1545～1700	線形代数の基礎（座学）	伊藤祥司

3 高校生のための「お試しアカウント付き並列プログラミング講習会（試行）」

本センターにおける社会貢献の一環として、スーパーコンピュータの利用、および C 言語と MPI（Message Passing Interface）による並列プログラミングに興味のある高校生を対象に、高性能計算や並列処理の技術習得を目的として HA8000 クラスタシステムを使用した並列プログラミング講習会を実施した。

表 6：高校生のための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
2010 年 8 月 23 日（月）	1030～1200	スパコンへのログイン（実習）	片桐孝洋
	1300～1400	UNIX コマンドの使い方（実習）	大島聡史
	1415～1515	emacs の使い方（実習）	
	1530～1630	サンプルプログラムの起動と説明（実習）	片桐孝洋
	1630～1700	自由時間・自由討議	講師全員

8 月 24 日（火）	1000～1200	C 言語の基礎 I（実習）	實本英之
	1300～1400	C 言語の基礎 II（実習）	
	1415～1515	並列プログラミング概論（座学）	片桐孝洋
	1530～1700	MPI 概論（座学）	
8 月 25 日（水）	1000～1200	並列化実習 I（演習）	片桐孝洋
	1300～1500	並列化実習 II（演習）	
	1515～1700	自由時間・質疑応答	講師全員

4　T2K 連携セミナー・講習会

筑波大学が主催する 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、本センターの遠隔講義室を利用し公開講座を行った。

シンポジウム・研究会

研究支援係　　システム管理係　　システム運用係

1　平成 21 年度公募型プロジェクト報告会

本スーパーコンピューティング部門では、通常のスパコン資源提供サービスの他、様々なサービスを実施している。平成 22 年 5 月 21 日（金）に東京大学武田先端知ホールにおいて、以下に示す 2 つの公募型プロジェクト：

- 平成 21 年度「T2K オープンスパコン（東大）共同研究プロジェクト」（7 件）
- 平成 21 年度「スーパーコンピューター若手利用者推薦（試行）」（後期）（4 件）

採択課題の報告会「ペタ／エクサスケールコンピューティングへの道 2010」を開催した。

当日のプログラムは次ページ表 1 に示す通りである。合計 71 名の出席者があった。発表者も含めて 32 名が大学教職員であったが、企業からの参加者も 25 名あった。

「T2K オープンスパコン（東大）共同研究プロジェクト」は平成 21 年度を以て終了し、8 大学ネットワーク型拠点「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」公募型共同研究へと発展的に解消する。

「スーパーコンピューター若手利用者推薦（試行）」は、平成 22 年度からはメニーコア、10 万コア超える超並列環境など、将来の先端的なスーパーコンピュータ環境を目指した提案を優先的に採択するため、HA8000 クラスタシステムを利用する課題のみ受け付ける。また、若手研究者の登竜門として、本制度に採択された課題が終了後、得られた成果をもとに、競争的資金による発展研究、「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」が行う公募型共同研究への進展を一層期待するものである。

表 1：ペタ／エクサスケールコンピューティングへの道 2010　プログラム
2010 年 5 月 21 日（金）東京大学武田先端知ホール

開会	10:20〜10:30	はじめに	石川 裕 （東京大学情報基盤センター長）
共同研究プロジェクト報告（1）	10:30〜11:00	電磁流体コードによる惑星磁気圏シミュレーション	深沢圭一郎（九州大学宙空環境研究センター）
	11:00〜11:30	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	陰山　聡（神戸大学大学院システム情報学研究科）
	11:30〜12:00	天体活動現象の輻射磁気流体シミュレーション	松元亮治 （千葉大学大学院理学研究科）
若手利用者推薦報告	13:10〜13:35	Study of QCD and effective models in the context of equilibrium and out of equilibrium quantum field theory with application to Heavy Ion Collisions, the Quark Gluon Plasma and Early Universe dynamics	ROTHKOPF, Alexander （東京大学大学院理学系研究科）
	13:35〜14:00	量子 i.i.d.状態のシミュレーションとその理論的考察	坂下達哉（電気通信大学大学院情報システム学研究科）
	14:00〜14:25	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	田村純一 （埼玉大学大学院理工学研究科）
	14:25〜14:50	直接メタノール形燃料電池内の流動現象シミュレーション	高木洋平 （静岡大学工学部）
共同研究プロジェクト報告（2）	15:10〜15:40	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（東京大学大学院新領域創成科学研究科）
	15:40〜16:10	市街地における風・温熱・光・音環境総合数値予測データベースの開発	坂本雄三 （東京大学大学院工学系研究科）
	16:10〜16:40	津波発生伝播の大規模 3 次元シミュレーション	古村孝志（東京大学大学院情報学環・総合防災情報研究センター）
	16:40〜17:10	海洋大循環のマルチスケール連結階層モデリング	羽角博康 （東京大学大気海洋研究所）
閉会	17:10〜17:30	公募型プロジェクトの今後と学際情報基盤共同利用・共同研究拠点	中島研吾 （東京大学情報基盤センター）

2　T2K シンポジウム

筑波大学、東京大学、京都大学の 3 大学の連携により進められてきた「T2K Open Supercomputer Alliance」のもと、各大学における T2K オープンスパコンの運用開始から 2 年を迎え、様々なアプリケーションが実行され、大規模 PC クラスタの運用経験も蓄積されている。

T2K Open Supercomputer Alliance では、これまで 4 回のシンポジウムを各拠点で実施してきたが、2010 年 7 月 12 日（月）に第 5 回目となるシンポジウム「T2K シンポジウム 2010＠東大」を東京大学武田先端知ホールで開催した。本シンポジウムでは、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」での採択課題「シームレス高生産・高性能プログラミング環境」プロジェクトの成果発表、ポスト T2K システムについて若手研究者によるパネルディスカッションを実施した。

合計 92 名（大学関係 32 名、研究機関 7 名、企業 53 名）の参加者があり盛況のうちに終了した。プログラムは表 2 の通りである。

表 2：T2K シンポジウム 2010＠東大プログラム

第 1 部		
13:00～13:05	ご挨拶	石川 裕（東京大学情報基盤センター長）
13:05～13:35	T2K オープンスパコン東大版の稼働報告と今後の動向	中島研吾（東京大学）
第 2 部　eScience プロジェクト成果報告		
13:35～15:20	概要	石川 裕（東京大学）
	単一実行環境 Xruntime	石川 裕（東京大学）
	自動チューニング機能付き数値計算ライブラリ Xabclib	片桐孝洋（東京大学）
	高性能並列プログラミング言語処理系 XcalableMP	中尾昌広（筑波大学）
	高生産並列スクリプト言語 Xcrypt	平石拓（京都大学）
第 3 部パネルディスカッション「ポスト T2K 時代のセンターマシン」		
15:40～17:20	モデレータ：石川 裕（東京大学） パネリスト：多田野寛人（筑波大学），大島聡史（東京大学），平石 拓（京都大学），安島雄一郎（富士通），櫻井隆雄（日立），菅真樹（NEC）	

3　スーパーコンピュータの最前線を体験しよう！（高校生向けスパコンセミナーの開催）

2010 年 7 月 14 日に、情報基盤センター主催による高校生向けスパコンセミナー「スーパーコンピュータの最前線を体験しよう！」が開催された。埼玉県立春日部高等学校、同 大宮高等学校、開成高等学校の 3 校から、引率教員も含めて合計 89 名が参加した。

本セミナーは、本年 4 月に池内仁史先生（埼玉県立春日部高等学校・数学科）から、「T2K オープンスパコンを見学し、スパコンに関する話を聴きたい」という依頼を頂いたのが発端である。春日部高校は本年度から文部科学省「スーパーサイエンスハイスクール（SSH）」に指定されており、池内先生は SSH 推進部主任としてその中心的な役割を果たされている。2002 年度から始まった「スーパーサイエンスハイスクール」は未来を担う科学技術系人材を育てることをねらいとして、理数系教育の充実をはかる取り組みである。

本広報誌でも何回か記事を掲載してきたように、情報基盤センターは、全学的な HPC 教育のための「学際計算科学・工学人材育成プログラム」を関連部局と協力して推進している。計算科学が、理

論、実験に続く「第 3 の科学」と言われて久しいが、学部学生レベルでは「スパコンを駆使した大規模シミュレーション」と「新しい科学の開拓」が明確に結びついておらず、プログラミング学習へのモチベーションが今一つ高まらない要因となっていると考えている。これは、日本の科学技術の発展にとっては由々しき事態であり、情報基盤センターとしても、将来のスパコンユーザーを獲得のためには解決しなければならない重大な課題である。

そのような観点から、高校生の段階で「スパコンが新しい科学的発見に役立つ」という認識を身につけてもらう機会を提供することを模索していたこともあり、今回の春日部高校からの依頼は情報基盤センターにとっては「渡りに舟」だったのである。

当日のプログラムは以下の通りで、講演、見学の 2 部構成である:

（第 1 部）講演（工学部 2 号館 213 講義室）
14:00～14:20　情報基盤センター紹介
　　石川 裕（情報基盤センター長、大学院情報理工学系研究科教授）
14:20～14:55　コンピュータシミュレーションで予測する巨大地震の強い揺れと大津波
　　古村孝志（大学院情報学環総合防災情報研究センター／地震研究所 教授）
14:55～15:30　DNA の謎を超高速計算により読み解く
　　森下真一（大学院新領域創成科学研究科情報生命科学専攻 教授）

（第 2 部）見学（情報基盤センター（浅野））
16:00～17:00　T2K オープンスパコン（東大）見学

講演は、地震、生命科学という身近な分野だったこともあり、高校生達が熱心に聴き入っているのが印象的であった。古村教授、森下教授からは、特定の分野に興味を持って深く勉強することがまず大切だが、計算機を使いこなすためには、数学、情報科学の知識も必要なので、幅広く勉強することが重要であるというアドバイスがあった。講演、見学ともに活発な質疑応答があった。

講演会終了後、各校の先生方との意見交換の機会があった。高校生たちにとっては大変貴重な体験だったようで、最初の試みとしてはまずまずの成功であった。先生方からは、生徒達のニーズに応えるためには、「教員に対する教育」がむしろ重要であるという意見があった。そのような検討も含めて、今後も積極的に取り組み、日本と世界の科学技術の発展に貢献し、センタースパコンの利用者拡大を図ることができればと考えている。

また、この意見交換会を通じて、高校生向け並列プログラミング講習会の話が持ち上がり、8 月 23 日～25 日に 3 高校の生徒 10 名（教員 2 名）を対象とした講習会を早速実施した。詳細は担当教員による報告記事が本号に掲載されているので詳しくはそちらを参照されたい。

古村教授、森下教授はセンタースパコンのヘビーユーザーであるが、今回のセミナーの趣旨に賛同いただき、ご多忙中にもかかわらず講演を引き受けていただいた。この場を借りて篤く御礼申し上げたい。今回のような試みはセンタースパコンのユーザーを中心とした学内外の研究者の協力が重要であり、まずは学内の体制整備に取り組む必要がある。

4 情報基盤センター公開セミナー「The Path to Petascale Computing in China」

2010 年 11 月に New Orleans で開催された国際会議 SC10[1]で、恒例の TOP 500 List[2]が発表された。TOP500 とは世界で最も高速なコンピュータシステムの上位 500 位までを年 2 回（6 月、11 月）ランク付けし、評価するプロジェクトである。1993 年に発足し、今回が 36 回目とな

[1] http://sc10.supercomputing.org/
[2] http://www.top500.org/

る。2010 年 11 月版 TOP 500 の大きなトピックは、「Tianhe-1A（天河一号 A）（中国国防科学技術大学（National University of Defense Technology、NUDT））」が 2.566 PFLOPS[3]の性能を記録し、中国のシステムとして初めて一位となったことである。この他、中国のシステムとしては「Nebulae（国家超級計算深圳中心（National Supercomputing Centre in Shenzhen、NSCS））」も 1.271 PFLOPS を記録して 3 位となっている。これらのシステムはいずれも Intel の CPU と GPU によるヘテロジニアスなノード構成を有している。

このように、中国の High-Performance Computing が世界の注目を集める中、Xue-bin Chi 博士（中国科学院超級計算中心主任（センター長）（Director, Supercomputing Center in Chinese Academy of Sciences，SCCAS））[4]が来日し、2010 年 12 月 9 日に東京大学情報基盤センター大会議室で「The Path to Petascale Computing in China」と題して講演を行った。

講演内容は、①中国における HPC の歴史、②SCAAS の概要、③中国のグリッド環境、④スーパーコンピュータを利用した計算例紹介、⑤将来の HPC 環境など多岐にわたる興味深いものであった。中国のシステムが TOP 10 入りしたのは 2004 年の Dawning 4000（上海超級計算中心（Shanghai Supercomputer Center，SSC）、ピーク性能 11 TFLOPS）が最初であり、6 年の間に急速に進歩を遂げたことになる。興味深かったのが予算の出所で、Nebulae、Tianhe-1A 共に 3 分の 1 を中国科学技術部（Ministry of Science and Technology，MOST）が拠出し、3 分の 2 を設置場所の地元自治体が負担していることである。スパコン誘致を巡る政治的な背景もあるらしいが、大変興味深い。

SCAAS は 1996 年に創立され、1998 年には東大情報基盤センターでも使用されていた Hitachi SR2201（32 CPU、ピーク性能 9.6 GFLOPS）が導入されている。

現在は 2008 年に稼働を開始した Lenovo DeepComp 7000（ピーク性能 150 TFLOPS、SGI Altix、IBM 3950、IBM Blade の複合システム）を運用しており、2009 年には更にピーク性能 300 TFLOPS 級の GPU クラスタが導入されている。2012 年には PFLOPS 級のシステム、更に 2015 年には北京市と協力して 10 PFLOPS 級のシステムを導入する予定だそうである。

登録利用者数は 320 名程度、主として中国科学院の研究者、大学院生であり、外部ユーザーは 50 名程度とのことである。運用に関わるスタッフは 40 名以上で、そのうち約 20 名はアプリケーションの並列化支援などに従事している。可視化専門のスタッフも 5 名居るそうである。SCCAS 自体の研究としては AMR（Adaptive Mesh Refinement）、固有値解法、高速多重極展開法、グリッドミドルウェアなどの様々なソフトウェア基盤に関する課題に取り組んでいる。Tianhe-1A、Nebulae の例からもわかるように中国は現在、GPU クラスタ設置、利用を積極的に推進している。2010 年 7 月には哈爾浜で GPU-SMP（International Workshop of GPU Solutions to Multiscale Problems in Science and Engineering）[5]が開催され、中国の研究者による GPU を利用した様々な科学技術シミュレーションの計算例が発表されている。中国科学院では SCCAS も含め、GPU クラスタを合計 10 システム設置しており、合計ピーク性能は 1.914 PFLOPS に達している。当面の問題は GPU プログラミングの教育であり、現在のところは一部の先進的な利用者が科学技術シミュレーションに適用して成果をあげているとのことである。ハードウェア、ソフトウェアの両面で様々な技術革新が順調に進めば、2018 年にはエクサ（Exa）スケールのシステムが登場すると言われている。Chi 博士によると、中国では：

- 2011 年～2015 年には多くのペタスケールシステムが各地に設置され、そのうち少なくとも一つは 50～100 PFLOPS のピーク性能である。予算は全体で約 40 億元（約 500 億

[3] PFLOPS：Peta FLoating point Operations Per Second，1 秒間に 10^{15} 回の浮動小数点演算能力，GFLOPS：Giga FLOPS（10^{9}），TFLOPS：Tera FLOPS（10^{12}），ExaFLOPS（10^{18}）

[4] http://www.sccas.cn/gb/index.html

[5] http://gpu-smp.csp.escience.cn/dct/

円）であり、60%を MOST が、40%を各自治体が負担する。
- 2016 年～2020 年には 1～10 ExaFLOPS のシステムが登場する。

ということである。何ともスケールの大きな話であるが、エクサスケールのシステムが本当に実現できるのかどうか様々な議論がなされている中で、公式の場で「10 ExaFLOPS」のシステムについて言及されたのは、世界でもこれが初めてかも知れない。

5 研究会

5.1 概要

2010 年度は表 3 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 3：2010 年度に開催した研究会

名称	開催日	参加者数
第 7 回 ASE 研究会	2010 年 4 月 2 日（金）	19 人
第 8 回 ASE 研究会	2010 年 12 月 6 日（月）	20 人
第 9 回 ASE 研究会	2011 年 2 月 17 日（木）	19 人

5.2 第 7 回 ASE 研究会

2010 年 4 月 2 日（金）10 時 20 分～17 時 10 分、本センター４階遠隔講義室にて、第 7 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）を開催した。なお、本研究会は科学技術研究費補助金基盤（Ｂ）、自動チューニング研究会との共催研究会であり、数値計算ソフトウェアにおける先進自動チューニングに関するワークショップ（Workshop on Advanced Auto-tuning on Numerical Software（AANS2010））として開催した。

招待講演として、米国カリフォルニア大学バークレー校（現、Reservoir Labs, Inc.）から Kaushik Datta 博士、台湾国立中央大学から Feng-Nan Hwang 博士、米国ローレンスバークレー国立研究所から Tony Drummond 博士の 3 名を招へいした。

Kaushik Datta 博士の講演は、差分法などに現れる規則的な計算パターンのコード（Stencil Code）の性能チューニングについて、現存するマルチコア型の並列計算機上で詳細にチューニング効果を調べることで、効果的な技法に関する知見の蓄積とチューニング作業の自動化に向けた研究であり、活発な議論が行われた。

5.3 第 8 回 ASE 研究会

2010 年 12 月 6 日（月）14 時 00 分～17 時 45 分、本センター3 階大会議室にて、第 8 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）を開催した。

プログラムは表 4 に示すように、招待講演 2 件と本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 1 件、および若手利用者の 1 講演から構成されている。

表 4：第 8 回 ASE 研究会　プログラム

講演者	講演タイトル
荻田武史　准教授 （東京女子大学）（招待講演）	数値線形代数における精度保証付き数値計算法の現状
下川辺隆史　氏 （東京工業大学）（招待講演）	TSUBAME 2.0 の 4000 GPU を用いた次世代気象モデルの大規模高性能計算
鴨志田良和 （東大・情報基盤センター）	モニタリングツール VGXP を応用したアプリケーション性能のリアルタイム可視化
坂下達哉　氏 （電気通信大学）	量子 i.i.d.状態のシミュレーションとその理論的考察

荻田武史准教授の講演は、いままで検証なしに行われていた数値計算について、解の存在範囲内の保証をしつつ行う「精度保証計算」の分野の紹介である。数値線形代数の精度保証計算技術の現状と今後の課題をわかりやすく紹介した。スーパーコンピュータを用いたシミュレーションで精度保証しつつ数値計算する事例はほとんどない。しかし、数値計算の問題サイズが超大規模化している現状を鑑みると、予期しない精度劣化が生じる可能性がある。今後、重要な研究分野となると思われる。

下川辺隆史氏の講演は、気象シミュレーションプログラムを GPU 向きに改良して実装し高速化した事例である。東京工業大学の GPU を搭載したスーパーコンピュータ TSUBAME で性能評価をした。GPU を搭載した計算機環境での数値計算は、非均質計算（Heterogeneous Computing）と呼ばれ、現在もっとも注目され研究されている。次々世代のスーパーコンピューティング環境であるエクサスケール・コンピューティング環境で必須となる技術といわれている。

5.4　第 9 回 ASE 研究会

2011 年 2 月 17 日（木）14 時 00 分～17 時 30 分、東京大学情報基盤センター3 階大会議室にて、第 9 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）を開催した。

プログラムは表 5 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 2 件から構成されている。

表 5：第 9 回 ASE 研究会　プログラム

講演者	講演タイトル
Dr. Osni Marques （Lawrence Berkeley National Laboratory） （招待講演）	Extreme Levels of Computing: Challenges and Opportunities
Kengo Nakajima （Information Technology Center, The University of Tokyo）	Effect of coarse grid solver of parallel multigird preconditioning for Krylov iterative method on multi-core cluster with 8,192 cores
Takahiro Katagiri （Information Technology Center, The University of Tokyo）	Xabclib2011 ： A Sparse Iterative Solver with an Auto-tuning Facility -- New AT Functions Developed in 2011 --

Osni Marques 博士の講演は、現在の高性能計算についてエクサスケールのスパコンへの適用シナリオと、米国エネルギー省（DOE）の科学部門（Office of Science（SC））における、先進科学計算研究プログラム（Advanced Scientific Computing Research（ASCR）Program）に関する、人員、研究、計画に関するものであった。現在の高性能計算のシナリオは、スパコンランキングで著名な Top500 の第 36 回ランキングで 1 位と 3 位を受賞したスパコンを有する中国における情勢などを紹介した。また ASCR プログラムでは、オークリッジ国立研究所、アルゴンヌ国立研究所、ローレンスバークレー国立研究所のスパコンとその運用状況について紹介した。特に、Osni 博士が所属するローレンスバークレー国立研究所では、スパコンのユーザ数が 1000 人以上、かつ、100 件以上のプロジェクトを管理・運営されている。その他の米国の主要な国立研究所に対し、その数が 1 桁も大きい規模である。参加者間で活発な質疑応答がなされた。

研究プロジェクト

研究支援係　　システム管理係　　システム運用係

1　学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点　公募型共同研究　平成22年度採択課題

2010 年 4 月より、北大、東北大、東大、東工大、名古屋大、京大、阪大、九州大の大型スーパーコンピュータを有する 8 大学の情報基盤センターによる学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点が正式に発足し、活動を開始した。本共同利用・共同研究拠点は 8 機関によるネットワーク型拠点であり、東京大学情報基盤センターはその中核拠点である。

表 1：学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点公募型共同研究平成 22 年度採択課題（東大分）

	課題名	分類	代表者名（所属）	他大学
A	巨大地震発生サイクルシミュレーションの高度化	数	平原和朗（京都大学）	京大
A	地震と津波の大規模並列シミュレーションとその可視化	数	古村孝志（東京大学）	
A	市街地における風・温熱・光・音環境総合数値予測データベースの開発	数	坂本雄三（東京大学）	
A	高並列海洋モデルの開発を通した海洋循環のプロセス研究	数	羽角博康（東京大学）	
A	次世代ジオスペースシミュレーション拠点構築	数ネ情	荻野竜樹（名古屋大学）	名大、九大
A	天体活動現象の輻射磁気流体シミュレーション	数	松元亮治（千葉大学）	
A	MHD ダイナモシミュレーション	数	陰山聡（神戸大学）	
B	大規模並列計算における陰的時間積分法を使用した MHD 非線形コードの高速化	数	佐藤雅彦（核融合科学研究所）	
B	粗視化分子動力学法による高分子系シミュレーション基盤の計算機科学的高度化検討	数デ情	萩田克美（防衛大学校）	北大、名大、阪大
B	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	数	久田俊明（東京大学）	
C	大規模生物データ処理のための並列データベース	デ	森下真一（東京大学）	
C	言語間差異を活用した Web 情報資源へのアクセスシステムに関する研究	デ	増田英孝（東京電機大学）	
D	学術グリッド基盤の構築・運用技術に関する研究	情	合田憲人（NII）	全 8 大学
D	マルチパラメータサーベイ型シミュレーションを支えるシステム化技術に関する研究	数デ情	奥田洋司（東京大学）	北大、名大、京大、阪大

注：　A：シミュレーション（地球・宇宙・環境）、B：シミュレーション（それ以外）、
C：大規模データ処理、D：情報基盤技術
数：超大規模数値計算系応用分野、デ：超大規模データ処理系応用分野、
ネ：超大容量ネットワーク技術分野、情：超大規模情報システム関連研究分野

4 月に本年度公募型共同研究の課題募集を開始し(4 月 30 日締切り)、5 月に外部委員を含む審査委員会による厳正な審査の結果、応募 41 課題のうち 37 課題が採択された。表 1 は東大情報基盤センターと共同研究を行う 14 課題である。この中には 2010 年 3 月まで実施されていた「T2K オープンスパコン(東大)共同研究プロジェクト」の 7 課題も含まれている。9 月 1 日に第一回シンポジウムが東京大学山上会館で開催された。本年度成果報告会を兼ねた第二回シンポジウムは 2011 年 1 月 12 日(火)・13 日(水)に理化学研究所計算科学研究機構(神戸)で開催された。

課題採択グループのうちスーパーコンピュータを利用するグループは HA8000 クラスタシステムの最大 64 ノード専用キューを利用できる。

2 HA8000 クラスタシステム 512 ノードサービス

2.1 背景

本センターの超並列型スーパーコンピュータ「HA8000 クラスタシステム」は合計 15, 000 コア以上を有している。そのうち同時利用可能な最大単位は 512 ノード(8,192 コア)で、国内で一般に利用可能なコア数としては最大級のものである。

人類は 2008 年から 10 万以上のコアを有する計算機を使用したペタスケール・コンピューティングの時代に突入した。現在我が国で開発されている「次世代スーパーコンピュータ」も数十万コアを有するシステムになると考えられ、少なくとも 1 万コアくらいで練習しておく必要がある。

当センターの重要なミッションの一つは「次世代スーパーコンピュータ」への橋渡しであり、「次世代スパコン」を利用するユーザーの育成である。そのためには、できるだけ多くのコア数を利用できるサービスを提供することが重要である。

これまで、当センターでは月末の週末に 256 ノード(4,096 コア)を利用できるサービス M256 を実施している。これは一回最長 6 時間までのジョブに限られている。また、4,096 コアは「地球シミュレータ(第一世代)」の最大利用可能プロセッサ数と同じであり、実は、日本の大規模計算機利用者にとっては決して大きな数字ではない。512 ノード、8,192 コアはその 2 倍ではあるが、「次世代スパコン」利用に備えるために最低限必要な計算機資源と言うことができる。

HA8000 クラスタシステムについては、試行期間限定 HPC 特別研究プロジェクト(2008 年 6 月～9 月)で 512 ノードサービスを実施した実績があり、応募 29 グループから厳選された 10 グループによりレベルの高い成果が得られた(スーパーコンピューティングニュース Vol.11 特集号 2「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」参照)。この 10 件の課題を通して得られた経験は、その後のシステム運用にも多いに貢献している。また、このサービスは大変好評で、経験者からは再開を望む声が多く上がっていた。

2.2 概要

このような背景のもと、2010 年度から「512 ノードサービス」を開始した。実施要項は以下の通りである:

- 1 ヶ月に一回、月末処理前の木曜日 09:00～金曜日 09:00 までの 24 時間の間、A512 系を利用して実施する。
- 2010 年度は 6 月末から開始する。
- 課題は公募制とし、センター外部からの審査委員も含む審査委員会による審査、選定を実施する。年 3～4 回課題を募集し、各月に 1 グループ採用を原則とする。2010 年度は表 1 に示す 3 回の募集を予定している(申込状況によっては変更の可能性がある)。
- 応募資格を現ユーザーに限定せず、広く参加者を募集する。
- 利用者には報告書を提出していただき、「スーパーコンピューティングニュース」記事

として出版させていただく。

表 1：512 ノードサービス募集スケジュール（2010 年度）

実施時期	募集締切	審査	採択通知
2010 年 6～9 月　（4 回）	2010 年 5 月上旬	2010 年 5 月中旬	2010 年 5 月下旬
2010 年 10～12 月（3 回）	2010 年 9 月上旬	2010 年 9 月中旬	2010 年 9 月下旬
2011 年 1～3 月　（3 回）	2010 年 12 月上旬	2010 年 12 月中旬	2010 年 12 月下旬

2.3　採択課題

2010 年度の採択課題を以下に示す:

第 1 回募集

課題名	代表者名	所属
流体解析ソフトウェア FrontFlow/blue ver.6.0 の大規模ベンチマークテスト	加藤　千幸	東京大学生産技術研究所革新的シミュレーションセンター
電磁流体コードによる宇宙天気シミュレーション性能測定	深沢 圭一郎	九州大学宙空環境研究センター
密行列固有値解析の大規模並列化のための通信性能評価	大島　聡史	東京大学情報基盤センター
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	東京大学新領域創成科学研究科
酸化チタンと金属材料の界面構造の電子状態	大野　隆央	東京大学生産技術研究所

第 2 回募集

課題名	代表者名	所属
電磁流体コードによる宇宙天気シミュレーション性能測定	深沢 圭一郎	九州大学宙空環境研究センター
毛細管血流までを再現する冠循環マルチスケールシミュレーション	久田　俊明	東京大学新領域創成科学研究科
高並列計算機に適した海洋非静力学モデルの開発	松村　義正	東京大学大気海洋研究所
高並列アプリケーションプログラムの研究開発	南　一生	理化学研究所次世代スーパーコンピュータ開発実施本部

第 3 回募集

課題名	代表者名	所属
ペタスケール時代に向けた高性能固有値ソルバーの開発	今村　俊幸	電気通信大学情報理工学研究科
ADVENTURE_Solid による大規模並列構造解析	吉村　忍	東京大学大学院工学系研究科

2.4 2011 年度の予定

2011 年度は学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の研究課題とも連携し、より共同研究プロジェクトとしての色彩を強めた、HA8000 クラスタシステム「512 ノード利用大規模 HPC 研究」として実施していく予定である。

3 スーパーコンピューター若手利用者推薦

本センターでは、概ね 45 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ー若手利用者推薦(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。

3.1 2010 年(前期)採択課題

採択課題①

課題名	ビン型雲モデルを用いた雲・エアロゾル相互作用に関する研究
代表者	佐藤　陽祐
所　属	東京大学　大気海洋研究所

採択課題②

課題名	渦解像モデリングによる南大洋水塊変質過程の定量化
代表者	浦川　昇吾
所　属	東京大学　大気海洋研究所

採択課題③

課題名	量子 i.i.d.状態のシミュレーションとその理論的考察
代表者	坂下　達哉
所　属	電気通信大学　大学院情報システム学研究科　ネットワークシステム学専攻

3.2 2010 年(後期)採択課題

採択課題①

課題名	ビン型雲モデルを用いた雲・エアロゾル相互作用に関する研究
代表者	佐藤　陽祐
所　属	東京大学　大気海洋研究所

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） 12-3, 2010.

[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） 12-4, 2010.

[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） 12-5, 2010.

[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） 12-6, 2010.

[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） 13-1, 2011.

[広報誌 6] スーパーコンピューティングニュース 特集：平成 21 年度公募型プロジェクト報告（東京大学情報基盤センター） 13-S.1, 2011.

文部科学省　研究開発施設共用等促進費補助金（先端研究施設共用促進事業）

先端的大規模計算利用サービス

研究支援係

1　文部科学省　研究開発施設共用等促進費補助金（先端研究施設共用促進事業）　先端的大規模計算利用サービス

1.1　事業の趣旨と概要

独立行政法人・大学等の研究機関等の保有する先端的な研究開発に係る施設及び設備（以下「先端研究施設」）の中には、広範な分野や多様な研究等に活用されることにより、様々な研究等に大きな成果をもたらす可能性のあるものが多数ある。しかし、利用者支援等の共用のための体制が整備されていないことから十分に活用されていない。「研究開発施設共用等促進費補助金（先端研究施設共用促進事業）」は、それらの先端研究施設の共用を促進し、基礎研究からイノベーション創出に至るまでの科学技術活動全般の高度化を図るとともに、国の研究開発投資の効率化を図るために平成 21 年度から文部科学省が開始した事業である。

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、平成 19 年 7 月より平成 21 年 3 月まで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「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」を通じ、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きた。

平成 21 年度からは、「先端研究施設共用促進事業」の支援を受け「先端的大規模計算利用サービス」として、より幅広い研究課題に対してスーパーコンピュータ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。

- 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

本事業は大きく 2 つの目的から成り立つ。

- 一企業では試すことが困難な大規模高性能並列計算支援

文部科学省が進める次世代スーパーコンピュータプロジェクトでは、10 ペタフロップス規模のスパコンが実現され、産業界でも期待されている。一方で、企業では PC や PC を集めた PC クラスタと呼ばれる コンピュータ上で、小規模な計算が行われているのが現状である。大規模並列計算を行ってみようと思っても、費用対効果も見込めないため、大規模計算資源を利用できていない。本支援は、このような企業に対して計算資源を提供する。

- ASP 事業者支援
  計算シミュレーションによるもの作りの方法論が確立できていない企業の支援を目的とする、ASP 事業者を支援する。ASP 事業者により、今までスパコンを利用した「もの作り」を行ったことのない企業の利用促進が期待される。

募集課題については、「大規模計算利用（有償利用）」課題と「トライアルユース（無償試用）」課題の 2 つのカテゴリに分類し支援を行う。ただし、平成 22 年度までは委託事業から補助金事業への移行課題が残っており、「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」で採択されていた「戦略分野利用推進」課題についても支援を行った。

1.2.1 大規模計算利用（有償利用）

従来の「戦略分野利用推進」と同様に、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、社会基盤の対象課題分野を維持しつつ、他の分野における特に優れた課題にも対応できるようにするため、「大規模計算利用」と改称した。利用成果は従来どおり公開を原則とし、利用期間も従来どおり1年間とするが、継続回数は特に規定していない。大規模計算利用では、計算機利用料の一部が文部科学省の補助金によって負担されるので、通常の有償利用より安価で計算機を利用可能である。

1.2.2 トライアルユース（無償試用）

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、ソフトウェア、ハードウェアを有償で利用してもらえる下地を作ることが目的である。

1.2.3 戦略分野利用推進（無償利用・第 1 期公募で継続のみ受付）

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

1.2.4 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
- 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
- 光導波路解析のための高精度・高速シミュレータ　YT-FEM
- 粗視化分子動力学法ソフトウェア　並列版 OCTA/COGNAC
- 全電子第一原理計算ソフトウェア　TOMBO
- TAS-code（Tohoku University Aerodynamic Simulation Code）
- 数値タービンシミュレーション
- 分子動力学法に基づくソフトウェア　OCTA

- 電磁界解析ソルバー
- 可視化システム KVS
- 計算機マテリアルデザイン統合パッケージ CMD®Pack
- 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

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

利用課題の募集は、年 2 回（第 1 期、第 2 期）の定期募集を原則とするが、平成 22 年度は、平成 21 年度第 3 期で採択した課題の継続申請を受け付けるため、継続申請のみを受け付ける第 1.5 期公募を実施した。

1.3.1 平成 22 年度第 1 期公募

2 月 1 日(月)　受付開始
3 月 5 日(金)　受付締め切り
3 月 24 日(水)　採択通知
4 月 1 日(木)　利用手続き開始

東京大学情報基盤センターでは 2 月 23 日に公募説明会を実施した。

1.3.2 平成 22 年度第 1.5 期公募（継続申請のみ受付）

平成 21 年度第 3 期課題が 6 月 30 日で終了するため、7 月 1 日利用開始課題として申請を受け付け、審査を実施した。

1.3.3 平成 22 年度第 2 期公募

7 月 1 日(木)　受付開始
9 月 3 日(金)　受付締め切り
9 月 15 日(水)　採択通知
10 月 1 日(金)　利用手続き開始

東京大学情報基盤センターでは 7 月 15 日と 7 月 28 日に公募説明会を実施した。

1.4 採択結果

1.4.1 平成 22 年度第 1 期公募

- 戦略分野利用推進（継続のみ）
  - 申請 2 件（東京大学利用希望は 0 件）
  - 採択 2 件（東京大学での採択は 0 件）
    - 株式会社 Hyper-SIT 新技術・事業開発室「極限構造超微細新機能デバイスの開発」
    - 株式会社コベルコ科研 技術本部エンジニアリングメカニクス事業部 CAE・実験解析技術部 熱流体・ナノ構造解析技術室「エンジン燃焼室内の熱空力環境の予測技術の開発」
- トライアルユース
  - 申請 10 件（うち継続申請 4 件、東京大学利用希望は 0 件）
  - 採択 10 件（うち継続課題 4 件、東京大学での採択は 0 件）

- ✧ ホンダエンジニアリング株式会社　車体研究開発部「塗装微粒化シミュレーション実現可能性の検討」
- ✧ トヨタテクニカルディベロップメント株式会社　第 1CAE 技術部「有限要素法のための，高分子材料の物性値推定技術の開発」
- ✧ 株式会社東芝　京浜事業所「蒸気タービン高圧段翼列設計への数値タービンの実用」
- ✧ 株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ「触媒・材料分野の大規模計算化学シミュレーション」
- ✧ 株式会社デンソー　研究開発 3 部「車載電子機器の自動車搭載状態における電磁環境解析」
- ✧ 三ツ星ベルト株式会社　研究開発本部「大規模計算によるゴム複合材料のミクロ構造解析と物性予測」
- ✧ バンドー化学株式会社　R&D センター　要素技術開発部　先端機能材料グループ「有機分子におけるアモルファスバルク中の電子状態計算」
- ✧ 株式会社京都コンステラ・テクノロジーズ「相互作用マシンラーニング法によるバーチャル化合物ライブラリーの開発」
- ✧ 三井情報株式会社　総合研究所「網羅的データ解析とインシリコスクリーニングを中核とした創薬向け IT サービス環境の構築」
- ✧ 大阪ガス株式会社　エネルギー技術研究所「オープンソース系 CFD ソフトウェアによる応用計算と並列性能評価」

1.4.2　平成 22 年度第 1.5 期公募（継続申請のみ受付）

- トライアルユース（継続のみ）
  - ➢ 申請 1 件（東京大学利用希望は 0 件）
  - ➢ 採択 1 件（東京大学での採択は 0 件）
    - ✧ 大塚化学株式会社　総合研究所「電気二重層キャパシタの材料評価」

1.4.3　平成 22 年度第 2 期公募

- 大規模計算利用
  - ➢ 申請 2 件（東京大学利用希望は 0 件）
  - ➢ 採択 2 件（東京大学での採択は 0 件）
    - ✧ 三菱航空機株式会社　機体設計部「民間航空機空力弾性設計への CFD 解析技術の適用」
    - ✧ 東電設計株式会社「地盤強非線形問題に対する並列有限要素法解析法の開発」
- トライアルユース
  - ➢ 申請 7 件（うち継続申請 4 件、東京大学利用希望は新規申請 3 件）
  - ➢ 採択 6 件（うち継続課題 4 件、東京大学での採択は新規課題 2 件）
    - ✧ トヨタテクニカルディベロップメント株式会社　第 1CAE 技術部「有限要素法のための，高分子材料の物性値推定技術の開発」
    - ✧ 株式会社アールフロー「粒子法（代表粒子モデル）による鉱石粒子の大規模計算」
    - ✧ 株式会社ヴィスコア　研究開発グループ「大規模メッシュの並列生成とデータ処理の並列化」
    - ✧ 三ツ星ベルト株式会社　研究開発本部「大規模計算によるゴム複合材料のミクロ構造解析と物性予測」
    - ✧ 三井情報株式会社　総合研究所「網羅的データ解析とインシリコスクリーニングを中核とした創薬向け IT サービス環境の構築」

✧ 大阪ガス株式会社 エネルギー技術研究所「オープンソース系 CFD ソフトウェアによる応用計算と並列性能評価」

1.5 広報活動

学会誌に公募広告を掲載した。また 4 ページの事業リーフレットと 8 ページの 7 センター紹介パンフレットを 600 部増刷し、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 雑誌広告

- 日本化学会「化学と工業 8 月号」(8 月 1 日)
- 日本機械学会「日本機械学会誌 8 月号」(8 月 5 日)

1.5.2 展示会へのブース出展等

- 科学・技術フェスタ in 京都－平成 22 年度産学官連携推進会議(国立京都国際会館、6 月 5 日)
- 第 21 回設計・製造ソリューション展(東京ビッグサイト、6 月 23～25 日、東京工業大学出展ブースへのパンフレット等配布依頼)

1.6 シンポジウム開催

7 月 1 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 120 名であった。

先端的大規模計算利用サービス 第 4 回シンポジウム

開催日時： 2010 年 7 月 1 日 (木) 13:30～18:30
開催場所： 丸ビルホール
定員： 200 名
主催： 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、
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

趣旨：

「先端的大規模計算利用サービス」は、文部科学省研究開発施設共用等促進費補助金（先端研究施設共用促進事業）の支援を受けて、平成 21 年度から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 大学が、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行っているプログラムである。平成 19、 20 年度に、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実施した「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」よりも幅広い研究課題に対して、スーパーコンピュータの提供を実施している。本シンポジウムでは、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う。

プログラム：

13:00～　受付開始

13:30～14:00　主催者挨拶

石川 裕（東京大学 情報基盤センター センター長）

文部科学省挨拶

柳 孝（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）

採択企業から 3 社

- 「エンジン燃焼室内の熱空力環境の予測技術の開発（第 1 報）」満田正彦（株式会社コベルコ科研）
- 「蒸気タービン高圧段翼列設計への数値タービンの実用」新関良樹（株式会社東芝）
- 「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」黒木勇（サイバネットシステム株式会社（旧・株式会社ケイ・ジー・ティー））

15:00～15:20　休憩

15:20～16:20　採択企業からの報告（口頭発表 2）

採択企業から 3 社

- 「流動場中のナノ液滴の分子動力学シミュレーション」金城友之（株式会社豊田中央研究所）
- 「固体高分子型燃料電池材料の *in silico* 設計」岡本穏治（日本電気株式会社）
- 「極限構造超微細新機能デバイスの開発」山田隆博（株式会社 Hyper-SIT）

16:20～16:45　ポスターセッション概略紹介

ポスター展示企業 1 件につき 2～3 分

16:45～17:30　ポスターセッション（採択企業から 8 社）

- 「自動車部品から発生する空力騒音予測手法の開発」濱本直樹（三菱自動車工業株式会社）
- 「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」渡邊啓正（HPC システムズ株式会社）
- 「自動車触媒の金属表面での排ガス分子の挙動解析」荒木真剛（北興化学工業株式会社）
- 「FMO 法による電子状態計算と超並列機による性能評価」橋祐一（株式会社日立東日本ソリューションズ）
- 「塗装微粒化シミュレーション実現可能性の検討」福野純一（ホンダエンジニアリング株式会社）
- 「はんだ熱疲労長寿命化に向けた解析精度向上および時間短縮化の検討」近藤邦仁（ソニーイーエムシーエス株式会社）
- 「有機分子のアモルファスバルク状態での電子状態計算」加藤秀之（バンドー化学株式会社）
- 「有限要素法のための，高分子材料の物性値推定技術の開発」木村陽介（トヨタテクニカルディベロップメント株式会社）

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

研究支援係

1 HA8000 クラスタシステムの企業利用支援

1.1 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、その利用が進んでいない。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。

1.2 支援内容

企業利用へ提供する資源は、HA8000 クラスタシステム全資源の 10%以内である。この 10%には先端研究施設共用促進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かノード固定コースの利用を申し込むことができる。これらのコースは 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る。提供可能な計算資源を勘案して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な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の、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いので、支援を行っていく企業との連携が不可欠である。そのため、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いる。本来、企業は自前でスパコンを確保すべきものである。企業において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、本支援を終了する。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。

1.3 平成 22 年度企業利用

平成 22 年度は 4 月、8 月、12 月利用開始の 3 回の課題公募を実施した。4 月利用開始の公募では、平成 21 年度までに利用していた 3 社が継続して応募し、新規の応募はなかった。8 月利用開始の公募では、課題実施中の企業1社からノード数拡大の応募があったが、新規の応募はなかった。12 月利用開始の公募では、別の課題実施中の企業 1 社からノード数拡大の応募があったが、新規の応募はなかった。

- 平成 22 年度第 1 回公募（4 月以降利用開始）
  - 申請 3 件（うち継続申請 3 件）
  - 採択 3 件（うち継続課題 3 件）
    - みずほ情報総研株式会社　サイエンスソリューション部
      「大規模流体解析サービス“MIZUHO FLOW STATION”」
    - 富士通アドバンストテクノロジ株式会社　HPC 適用推進センター・富士通株式会社
      「情報機器における大規模流体解析」
    - 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
      「科学技術計算 ASP サービス」
- 平成 22 年度第 2 回公募（8 月以降利用開始）
  - 申請 1 件（ノード数拡大）
  - 採択 1 件（ノード数拡大）
    - 富士通アドバンストテクノロジ株式会社　HPC 適用推進センター・富士通株式会社
      「情報機器における大規模流体解析」
- 平成 22 年度第 3 回公募（12 月以降利用開始）
  - 申請 1 件（ノード数拡大）
  - 採択 1 件（ノード数拡大）
    - 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
      「科学技術計算 ASP サービス」

スーパーコンピュータ利用による研究成果報告(2010 年)

スーパーコンピューティング部門

1　ベクトル並列型スーパーコンピュータ SR11000

2010 年(2010 年 1 月～2010 年 12 月)における、ベクトル並列型スーパーコンピュータ SR11000 の利用による研究成果報告については以下のとおりである。

1.1　論文

【物理学】
1. H. Nakada: Modified parameter-sets of M3Y-type semi-realistic nucleon-nucleon interaction for nuclear structure studies: Physical Review C, American Physical Society, 81, 2, 027301.
2. H. Nakada: Shell structure in neutron-rich Ca and Ni nuclei under semi-realistic mean fields: Physical Review C, American Physical Society, 81, 5, 051302(R).
3. K. Hida, K. Takano and H. Suzuki: Quantum Phase Transitions in Alternating-Bond Mixed Diamond Chains with Spins 1 and 1/2: J. Phys. Soc. Jpn., Physical Society of Japan, 79, 044702.
4. K. Hida, K. Takano and H. Suzuki: Haldane Phases and Ferrimagnetic Phases with Spontaneous Translational Symmetry Breakdown in Distorted Mixed Diamond Chains with Spins 1 and 1/2: J. Phys. Soc. Jpn., Physical Society of Japan, 79, 114703.

【地球惑星科学】
5. Onitsuka, G., N. Hirose, K. Miyahara, T. Ota, J. Hatayama, Y. Mitsunaga, and T. Goto: Numerical simulation of the migration and distribution of diamond squid (Thysanoteuthis rhombus) in the southwest Sea of Japan: Fisheries Oceanography, 水産海洋学会, 19, 1, 63-75.
6. Tozuka, T., T. Yokoi, and T. Yamagata: A modeling study of interannual variations of the Seychelles Dome: Journal of Geophysical Research, 115, C04005.
7. Doi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata: The Atlantic Meridional Mode and its coupled variability with the Guinea Dome: Journal of Climate, 23, pp.455-475.
8. Morioka, Y., T. Tozuka, T. Yamagata: Climate Variability in the Southern Indian Ocean as Revealed by Self-Organizing Maps: Climate Dynamics, 35, 1075-1088.
9. T. Kawasaki and H. Hasumi: Role of localized mixing around the Kuril Straits in the Pacific thermohaline circulation: Journal of Geophysical Research Oceans, American Geophysical Union, 115, C11002, doi: 10.1029/2010JC006130.

【応用物理学・工学基礎】
10. T. Kumagai, M. Kaizu, H. Okuyama, S. Hatta, T. Aruga, I. Hamada, Y. Morikawa: Symmetric hydrogen bond in a water-hydroxyl complex on Cu(110): Phys. Rev. B, The American Physical Society, 81, 045402-1-5.
11. Hamada, K. Lee, Y. Morikawa: Interaction of water with a metal surface: Importance of van der Waals forces: Phys. Rev. B, The American Physical Society, 81, 115452-1-6.
12. Ikutaro Hamada, Minoru Otani: Comparative van der Waals density-functional study of graphene on metal surfaces: Physical Review B, The American Physical Society, 82, 11, 153412-1-4.
13. Ikutaro Hamada: A van der Waals density functional study of ice Ih: The Journal of Chemical Physics, American Institute of Physics, 133, 214503.
14. 田村純一, 坪谷怜, 桑島豊, 重原孝臣: 実対称固有値問題に対す多分割の分割統治法の分散並列アルゴリズムの提案: 情報処理学会論文誌: コンピューティングシステム, Vol.3, No.2, pp.20-29.

【建築学】
15. Bu Z, Kato S., Takahashi T.: Measurements and numerical modeling of flow field and pollutant dispersion in areaway space: Building Simulation: An International Journal, Springer, Vol.3, No.1, pp.25-38.

16. 菊本英紀, 大岡龍三, 黄弘, 香月壮亮, 伊藤一秀: LES による 2 次元閉空間内の乱流場における二分子化学反応現象の数値解析： マイクロスケール大気汚染予測システムの開発 その 1: 日本建築学会環境系論文集, 日本建築学会, 75, 653, pp. 629-636.

1.2 口頭・ポスター発表

【物理学】

17. 観山正道, 佐々真一: 剪断流下コロイド結晶に対する剪断率ゼロ極限の特異性: 日本物理学会第 65 回年次大会.

【地球惑星科学】

18. Endoh Takahiro, and Kaoru Ichikawa: Numerical study of the penetration of the subsurface Kuroshio water onto the continental shelf northeast of Taiwan: Ocean Sciences Meeting 2010.
19. Tozuka, T., T. Yokoi, and T. Yamagata: Simulated interannual variations of the Seychelles Dome: 2010 Ocean Sciences Meeting.
20. 東塚知己, 土井威志, 宮坂貴文, 山形俊男: 大気海洋結合モデルによる大西洋赤道域の海面水温の再現性: 2010 年度日本海洋学会春季大会.
21. Doi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata: The Atlantic Meridional Mode and its coupled variability with the Guinea Dome: 2010 Ocean Sciences Meeting.
22. Takao Kawasaki, and Hiroyasu Hasumi: Role of locally enhanced vertical mixing around the Kuril Straits in the Pacific thermohaline circulation: Ocean Science Meeting 2010, American Geophysical Union, Ocean Science Meeting 2010, Scientific Abstracts.
23. Tozuka, T., Y. Morioka, T. Yamagata: Indian Ocean Subtropical Dipole Mode and Its Influence on the Southern African Region: 日本地球惑星科学連合 2010 年大会.
24. Tozuka, T., T. Qu, T. Yamagata: Role of the South China Sea Throughflow in the Global Climate System: 2010 Western Pacific Geophysics Meeting.
25. 東塚知己, T. Qu, 山形俊男: 大気海洋結合モデルを用いた南シナ海通過流に関する研究: 2010 年度日本海洋学会秋季大会.
26. Tozuka, T., Y. Morioka, J. Hermes, S. K. Behera, T. Yamagata: Indian Ocean Subtropical Dipole Mode and Its Influence on the Agulhas Current: 第 3 回 OFES ワークショップ.
27. Yokoi, T., T. Tozuka, T. Yamagata: Seasonal and interannual variations of the SST over the Seychelles Dome: CYNDY/DYNAMO Workshop.
28. Tozuka, T., Y. Morioka, T. Kataoka, T. Yamagata: Indian Ocean Subtropical Dipole Mode and Its Influence of the Southern African Region in Coupled Models: South Africa-Japan SATREPS Kick-Off Symposium.
29. Tozuka, T., T. Yamagata: Indian Ocean Subtropical Dipole Mode and Its Influence on the Southern African Region in UTCM: SATREPS Workshop on Seasonal and Inter-Annual Climate Variability.
30. 森岡優志, 東塚知己, 山形俊男: 南大西洋亜熱帯ダイポールモードの減衰機構: 2010 年度日本海洋学会秋季大会.
31. Morioka, Y., T. Tozuka, T. Yamagata: The generation of the subtropical dipole mode in the South Atlantic: 2010 SASAS conference.
32. 横井孝暁, 東塚知己, 山形俊男: セーシェルドーム域における混合層水温の経年変動: 2010 年度日本海洋学会秋季大会.
33. Morioka, Y., T. Tozuka, T. Yamagata: The Generation of the Subtropical Dipole Mode in the South Atlantic: Mini-Workshop on Seasonal to Interannual Climate Variations.
34. Kataoka, T., T. Tozuka, Y. Masumoto, T. Yamagata: Indian Ocean Subtropical Dipole Mode Simulated in the CMIP3 Models: Mini-Workshop on Seasonal to Interannual Climate Variations.
35. M. Yamamoto, and M. Takahashi: Modeling of planetary-scale waves using a Venus middle atmosphere GCM: 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 大会予稿集, U002-08.
36. M. Yamamoto, and M. Takahashi: Application of GCM to the Venus middle atmosphere dynamics: International Venus Conference Aussois, France, Book of abstract, p36.
37. M. Yamamoto, M. Takagi, K. Ikeda, M. Takahashi, and Y. Matsuda: Development of Venus GCM toward the AKATSUKI mission: 2010 VEXAG International Workshop, Abstract summaries, p24.
38. 山本勝, 高橋正明: 金星中層大気 GCM の中の惑星スケール波と超回転: 日本気象学会秋季大会, 2010 年秋季大会予稿集, p152.

39. Tozuka, T., T. Qu, T. Yamagata: Role of the South China Sea Throughflow in the global climate system: Mini-Workshop on Seasonal to Interannual Climate Variations.
40. Tozuka, T., Y. Morioka, T. Yamagata: Subtropical Dipole Modes and Their Influence on the Southern African Region: IOC 創設 50 周年シンポジウム「気候変化と変動におけるインド洋と太平洋の役割」.
41. Yokoi, T., T. Tozuka, T. Yamagata: Seasonal and Interannual Variations of the SST above the Seychelles Dome: SATREPS Symposium on Climate Prediction and Information for the Society.
42. Tozuka, T., T. Doi, T. Miyasaka, N. Keenlyside, T. Yamagata: Toward Realistic Simulation of the Equatorial Atlantic Zonal SST Gradient in a CGCM: SATREPS Symposium on Climate Prediction and Information for the Society.
43. Morioka, Y., T. Tozuka, T. Yamagata: SISD and SASD Variations in SINTEX-F1 Model Simulations: SATREPS Symposium on Climate Prediction and Information for the Society.
44. 佐藤陽祐, 中島映至, 井口享道, 鈴木健太郎: ビン型雲モデルを用いた東部太平洋における層積雲の再現実験: 日本気象学会秋季大会, 日本気象学会秋季大会 予稿集, P394.
45. 佐藤陽祐: 東部太平洋における層積雲の再現実験: 気象学会若手夏の学校, 気象学会若手夏の学校 予稿集, A22.
46. Endoh, Takahiro, Hiroyuki Tsujino, and Toshiyuki Hibiya: The effect of Koshu Seamount on the formation of the Kuroshio large meander south of Japan: American Geophysical Union 2010 Fall Meeting.
47. Sato Y.,T. Nakajima, K. Suzuki: Application of a Monte-Carlo integration method to collision and coagulation growth processes of hydeometeors in a bin-type model.: 13th Conference on Cloud Physics, 13th Conference on Cloud Physics 予稿集, P1.50.
48. Sato Y., T. Nakajima, T. Iguchi: Numerical Simulation of stratocumulus off the coast of California.: First International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models, First International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models 予稿集.
49. Sato Y., T. Nakajima, K. Suzuki, T. Iguchi, I.-J. Choi: A study of the microphysical mechanism for correlation patterns between droplet radius and optical thickness of warm clouds off the coast of California as simulated by a downscaling spectral bin microphysical model.: American Geophysical Union Fall meeting, American Geophysical Union Fall meeting 予稿集, A21C-101.
50. 川崎高雄, 羽角博康: ラブラドル海における深層対流と中規模渦のモデリング: 日本海洋学会 2010 年秋季大会.

【応用物理学・工学基礎】

51. 田村純一, 坪谷怜, 桑島豊, 重原孝臣: 実対称固有値問題に対する多分割の分割統治法の分散並列アルゴリズムの提案: 2010 年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 HPCS2010, HPCS2010 論文集, pp. 35--42.

【建築学】

52. 菊本英紀, 大岡龍三: 乱流拡散場において二分子化学反応が大気汚染物質の濃度及び輸送に与える影響: 第 21 回風工学シンポジウム, 第 21 回風工学シンポジウム論文集, pp. 91-96.
53. Hideki Kikumoto, Ryozo Ooka: Numerical Studies of Bi-Molecular Reactions in an Urban Street Canyon using Large-Eddy Simulation: Urban Environmental Pollution.

【総合工学】

54. 大道勇哉, 鈴木宏二郎: 第 24 回数値流体力学シンポジウム: 極超音速流れにおけるキャビティを有する物体まわりの CFD 解析, 第 24 回数値流体力学シンポジウム講演集.

1.3 受賞情報

55. Ambe Daisuke, Takahiro Endoh, Toshiyuki Hibiya, and Shiro Imawaki: Transition to the large meander path of the Kuroshio as observed by satellite altimetry: 日仏海洋学会論文賞, 日仏海洋学会.

2　超並列型スーパーコンピュータ　HA8000 クラスタシステム

2010 年(2010 年 1 月～2010 年 12 月)における、超並列型スーパーコンピュータ HA8000 クラスタシステムの利用による研究成果報告については以下のとおりである。

2.1　論文

【情報学】

56. 櫻井隆雄, 直野健, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰: OpenATLib: 数値計算ライブラリ向け自動チューニングインターフェース: 2010 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学論文集, 情報処理学会, pp. 99-106.
57. 片桐孝洋: ペタフロップス環境における小規模行列用対称密行列固有値ソルバに向けて －逆変換の改良－: HPCS2010 論文集, 出版予定.
58. 片桐孝洋: ペタフロップス環境における小規模行列用対称密行列固有値ソルバに向けて －逆変換の改良－: 情報処理学会論文誌: ACS, 情報処理学, Vol.3, No.2, pp. 1-8.
59. 櫻井隆雄, 直野健, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰: OpenATLib:　数値計算ライブラリ向け自動チューニングインターフェース: 情報処理学会論文誌: ACS, 情報処理学会, Vol.3, No.2, pp.39-47.
60. Takahiro Katagiri, and Shoji Itoh: A Massively Parallel Dense Symmetric Eigensolver with Communication Splitting Multicasting Algorithm: 9th International Meeting on High Performance Computing for Computational Science (VECPAR'2010), Proceedings of VECPAR'2010.
61. 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾: Xabclib:汎用的自動チューニング API「OpenATLib」を用いた数値計算ライブラリにおける数値計算ポリシー機能の性能評価: 第 15 回日本計算工学会講演会、オーガナイズドセッション、「ペタスケール計算機時代の数値計算ライブラリと自動チューニング技術」, 日本計算工学会講演会.
62. 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥: 自動チューニングインターフェース OpenATLib における疎行列ベクトル積アルゴリズム: 情報処理学会研究報告 2010-HPC-125, 情報処理学会, No.2.
63. 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥: 行列計算ライブラリ向け数値計算ポリシーインターフェースの提案: 2010 年並列/分散/協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ(SWoPP2010), 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126.
64. 大島聡史, 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 中島研吾, 黒田久泰, 直野健, 猪貝光祥, 伊藤祥司: SegmentedScan 法の CUDA 向け最適化実装: 2010 年並列/分散/協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ(SWoPP2010), 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126.
65. 片桐孝洋, 佐藤雅彦: 高並列スレッド環境での改良 Segmented Scan 法による疎行列-ベクトル積の性能評価: 2010 年並列/分散/協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ(SWoPP2010), 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126.
66. 黒田久泰, 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 中島研吾: 疎行列反復解法ライブラリ Xabclib におけるユーザーポリシー機能の実装と評価: 日本応用数理学会 2010 年年会、正会員主催オーガナイズドセッション: 数値計算における自動チューニングの最新動向－マルチコア, GPU, ヘテロジニアス環境へ向けて－, 年会予稿集.
67. 片桐孝洋: T2K と ES2 による密行列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, 東京大学情報基盤センター, Vol.12, No.5, pp. 25-33.
68. 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾: Xabclib: 汎用的自動チューニングインターフェース OpenATLib を利用した反復解法ライブラリの開発: 日本応用数理学会学会誌「応用数理」 特集: 数値計算のための自動チューニング, 日本応用数理学会学会誌, Vol.20, No.4, pp.25-37.
69. Takahiro Katagiri, and Shoji Itoh: A Massively Parallel Dense Symmetric Eigensolver with Communication Splitting Multicasting Algorithm: After Proceedings of VECPAR'2010, High Performance Computing for Computational Science VECPAR 2010, Springer Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6449/2011,, pp.139-150.

【ゲノム科学】
70. Reginaldo Kuroshu, Junichi Watanabe, Sumio Sugano, Shinichi Morishita, Yutaka Suzuki, Masahiro Kasahara: Cost-effective sequencing of full-length cDNA clones powered by a de novo-reference hybrid assembly: PLoS ONE, The Public Library of Science, in press.
【物理学】
71. T. Yamazaki, Y. Kuramashi, and A. Ukawa for PACS-CS Collaboration: Helium nuclei in quenched lattice QCD: Physical Review D, The American Physical Society, 81, 1115p4.
72. N. Shimizu, Y. Utsuno, T. Mizusaki, T. Otsuka, T. Abe, and M. Honma: Novel extrapolation method in the Monte Carlo shell model: Physicsal Review C, American Physical Society, Vol.82, Issue. 6, 061305.
73. T. Kawanai and S. Sasaki: Charmonium-nucleon potential from lattice QCD: Physical Review D, American Physical Society, 82, 091501.
74. T. Kawanai and S. Sasaki: Study of charmonium-nucleon interaction in lattice QCD: AIP conference proceedings, American Institute of Physics, 1296, 294-297.
75. Y-K. Choe, E. Tsuchida, T. Ikeshoji, A. Ohira, and K. Kidera: An Ab Initio Modeling Study on a Modeled Hydrated Polymer Electrolyte Membrane, Sulfonated Polyethersulfone (SPES): Journal of Physical Chemistry B, Americal Chemical Society, 114, 7, pp.2411-2421.
76. Yoshihide Yoshimoto: Melting of MgO Studied Using a Multicanonical Ensemble Method: J. Phys. Soc. Jpn, IPAP, Vol. 79, No. 3, p.034602.
【地球惑星科学】
77. Takeuchi, N.: Simulation of heterogeneity sections obtained by neutrino radiography: Earth Planets Space, Terrapub, Vol.62, No.2, pp.215-221.
78. Kazuya Kusahara, Hiroyasu Hasumi, and Takeshi Tamura: Modeling sea ice production and dense shelf water formation in coastal polynyas around East Antarctica: Journal of Geophysical Research (Oceans), American Geophysical Union, 115, C10006, doi: 10.1029/2010JC006133.
【基礎化学】
79. Yanli Mao, Zhiguo Shang, Yosuke Imai, Tyuji Hoshino, Ryugo Tero, Motohiko Tanaka, Naoki Yamamoto, Katsuhiko Yanagisawa, Tsuneo Urisu: Surface-induced phase separation of a sphingomyelin/cholesterol/ganglioside GM1-planar bilayer on mica surfaces and microdomain molecular conformation: Biochimica et Biophysica Acta-Biomembranes, ELSEVIER, in printing, published on line at http://dx.doi.org/10.1016/j.bbamem.2010.03.003.
【応用物理学・工学基礎】
80. 中島研吾: 拡張階層型領域間境界分割に基づく悪条件問題向け並列前処理手法: 「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 HPCS2010」論文集, 情報処理学会, 91-98.
81. 中島研吾: OpenMP/MPI ハイブリッド並列プログラミングモデルの多重格子法への適用: 情報処理学会研究報告, 情報処理学会, HPC-124.
82. 大西立顕, 高安秀樹, 高安美佐子: 企業間取引ネットワークのモチーフ構造: 統計数理研究所共同研究リポート, 241, pp.63-67.
83. Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Misako Takayasu: Network Motifs in Inter-firm Network: Journal of Economic Interaction and Coordination, Springer, 5, 2, 171-180.
84. 大西立顕, 高安秀樹, 高安美佐子: 企業間ネットワークの数理構造: 応用数理, 岩波書店, 20, 3, 37-49.
85. Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Takatoshi Ito, Yuko Hashimoto, Tsutomu Watanabe, Misako Takayasu: On the Nonstationarity of the Exchange Rate Process: Research Center for Price Dynamics Working Paper, 65.
【機械工学】
86. M. Kohiyama, M. Ohsaki, T. Miyamura, K. Onda, D. Isobe, H. Akiba, M. Hori, K. Kajiwara, and T. Ine: DYNAMIC PROPERTY EVALUATIONS OF FULL-SCALE 4-STORY STEEL FRAME USING PARALLEL FE-ANALYSIS: Proceedings of 9th US National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering.
87. Iwai, H., Shikazono, N., Matsui, T., Teshima, H., Kishimoto, M., Kishida, R., Hayashi, D., Matsuzaki, K., Kanno, D., Saito, M., Muroyama, H., Eguchi, K., Kasagi, N., Yoshida, H.: Quantification of SOFC Anode Microstructure Based on Dual Beam FIB-SEM Technique: Journal of Power Sources, ELSEVIER, Vol.195, Is.4, pp.955-961.
88. Alfredo Pinelli, Markus Uhlmann, Atsushi Sekimoto, Genta Kawahara: Reynolds number dependence of mean flow structure in square duct turbulence: Journal of Fluid Mechanics, Cambridge University Press, Volume 644, pages 107-122.

89. 金野祥久: 船舶のチャネル内氷片排除能力の数値シミュレーションによる推定(第 4 報: 氷片排除能力に対する船体周り流れ場の影響): 寒地技術論文・報告集, 25, 202-206.

【土木工学】

90. 小松雄二・佐々木淳・松丸亮: 非構造格子モデルを用いたバンダアチェにおける 2004 年インド洋大津波の追算: 土木学会論文集 B2, 土木学会, 66, 1, 256-260.

【薬学】

91. S. Matsuyama, A. Aydan, H. Ode, M. Hata, W. Sugiura, T. Hoshino: Structural and Energetic Analysis on the Complexes of Clinically-isolated Subtype C HIV-1 Proteases and Approved Inhibitors by Molecular Dynamics Simulation: J. Phys. Chem. B, American Chemical Society, 114, pp. 521-530.

【その他】

92. Watanabe H., Yuki A., Kikuchi N., Hayashi K., Kawazoe F., Takahashi F., Yokota T.: GOSAT higher level Product status 1.5 year after the launch: Proc. of SPIE, Vol. 7826.
93. Watanabe H., Yuki A., Hayashi K., Kawazoe F., Kikuchi N., Takahashi F., Matsunaga T., Yokota T.: GOSAT higher level product status more than 1.5 years after the launch and planned improvement: Proceedings of SPIE, Vol.7862, pp.1-12.

2.2 口頭･ポスター発表

【情報学】

94. Takao Sakurai, Ken Naono, Hisayasu Kuroda, Takahiro Katagiri, and Kengo Nakajima: OpenATLib: A General Auto-tuning Interface for Numerical Solvers: 14th SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing (PP2010).
95. Takahiro Katagiri, Hisayasu Kuroda, and Kengo Nakajima: A Branchless Segmented Scan Method for Sparse Matrix-vector Multiplications: 14th SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing (PP2010).
96. Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Hisayasu Kuroda, Ken Naono, and Kengo Nakajima: Development of numerical computation policy facility and its effect on Xabclib: 2nd International Workshops on Advances in Computational Mechanics (IWACOM-II).
97. Tatsuya Sakashita, Hiroshi Nagaoka: A Numerical Study of Hypothesis Testing for Quantum I.I.D. States: Asian Conference on Quantum Information Science 2010, Asian Conference on Quantum Information Science 2010, pp.213-214.
98. 坂下達哉, 長岡浩司: 量子 i.i.d.状態のシミュレーションとその理論的考察: 日本応用数理学会, 日本応用数理学会 2010 年度年回 講演予稿集, pp.245-246.
99. Takao Sakurai, Ken Naono, Takahiro Katagiri, Hisayasu Kuroda, and Kengo Nakajima: OpenATLib: A Generalized Auto-tuning Facility and Xabclib: Adaptation to Numerical Algorithm Selection on an Iterative Method: Workshop on Advanced Auto-tuning on Numerical Software (AANS2010).
100. 片桐孝洋: 自動チューニング機能付き数値計算ライブラリ Xabclib の HITACHI SR16000/VL1 での性能評価 ～疎行列-ベクトル積を中心に～: 第 4 回シミュレーション科学シンポジウム、自然科学研究機構 核融合科学研究所 主催.
101. Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Satoshi Ohshima, Mitsuyoshi Igai, Hisayasu Kuroda, Kengo Nakajima, Ken Naono, and Shoji Itoh: Numerical Policy Function on Auto-tuned Sparse Iterative Solver Xabclib: 2010 SIAM Annual Meeting,.
102. 片桐孝洋: 疎行列反復解法ライブラリにおける自動チューニング機能の開発: 京都大学数理解析研究所、研究集会、科学技術計算アルゴリズムの数理的基盤と展開(代表者: 大石進一(早稲田大学)), 京都大学数理解析研究所講究録.
103. 片桐孝洋: 密行対称固有値ソルバ ABCLib_DRSSED における超並列向きデータ分散法 ～枢軸ベクトル重複所有と実行速度のトレードオフ～: 第 3 回 大規模計算ワークショップ ～ マルチプラットフォームの大規模数値シミュレーションを支援するフレームワークの構築 ～.
104. 片桐孝洋: 自動チューニング記述言語の進展.
105. 森竜也, 増田英孝, 清田陽司, 中川裕志: Wikipedia における言語間の差異マイニング: 情報処理学会第 72 回全国大会, 情報処理学会第 72 回全国大会 講演論文集, 5ZN-6.
106. 森竜也, 増田英孝, 清田陽司, 中川裕志: Wikipedia を活用した言語間差異比較システムの提案: 第 2 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム DEIM2010, A5-5.
107. 清田陽司: Apache Hadoop による大規模データの研究活用事例: 産学連携共同研究シンポジウム「クラウド・コンピューティングと大学発ベンチャー」.

108. 清田陽司: Hadoop による大規模分散データ処理: 産業技術大学院大学 InfoTalk 第 16 回.
109. 森竜也: 分散処理プラットフォーム Hadoop による Wikipedia データの解析: Wikimedia Conference Japan 2010.
110. 剣持竜介, 中茎隆, 岡田眞里子, 石井千春: 前立腺癌細胞における上皮成長因子受容体の粒子シミュレーション: 第 53 回自動制御連合講演会.
【ナノ・マイクロ科学】
111. 田口昇, 田中真悟, 秋田知樹, 香川正憲, 堀史説: fcc-Au 上に積層した Pd の電子状態の第一原理計算による評価: 日本物理学会第 65 回年次大会.
112. 田口昇, 田中真悟, 秋田知樹, 香川正憲, 堀史説: エチレンを吸着した Au-Pd(100)スラブの第一原理計算: 日本金属学会 2010 春期大会.
113. Noboru Taguchi, Shingo Tanaka, Tomoki Akita, Masanori Kohyama, Fuminobu Hori: C2H4 adsorption on Pd surface stacked on Au(100): OpenMX/QMAS workshop 2010.
114. Yutaka Mera, Koji Maeda: Defect generations in single walled carbon nanotubes induced by electronic excitations: NanoteC 10 Carbon Nanoscience and Nanotechnology.
115. 目良裕, 坂田俊, 松川智哉, 佐藤弘紹, 前田康二: プローブ励起によって単層カーボンナノチューブに誘起された欠陥のプローブ電流誘起拡散: 日本物理学会　2010 年秋季大会.
【社会・安全システム科学】
116. 香川敬生, ペトヒン・アナトリ, 纐纈一起, 三宅弘恵, 室谷智子, 鶴来雅人: 南海地震の長周期地震動予測のための地下構造モデル: 日本地震学会 2010 年秋季大会, 日本地震学会講演予稿集 2009 年秋季大会, P1-19.
117. Kagawa, T., A. Petukhin, K. Koketsu, H. Miyake, S. Murotani, and M. Tsurugi: 3-D velocity structure model for long-period ground motion simulation of the　hypothetical Nankai Earthquake: AGU 2010 Fall Meeting, Abstracts presented at 2010 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 13-17 Dec., S51A-1910.
【物理学】
118. T. Kawanai and S. Sasaki: Study of charmonium-nucleon interaction in lattice QCD: The International Workshop XI Hadron Physics.
119. 河内太一, 佐々木勝一, 初田哲男: 格子ゲージ理論に基づくチャーモニューム・核子相互作用の研究: 日本物理学会第 65 回年会.
120. 佐々木勝一: チャーモニウム原子核の可能性を探る: 科学研究費新学術研究「素核宇宙融合」シンポジウム.
121. 延与佳子, 高橋徹: SU(2)格子 QCD によるハドロン相互作用の研究: 日本物理学会 第 65 回年次大会, 日本物理学会予稿集.
122. 清水則孝, 宇都野穣, 水崎高浩, 大塚孝治, 阿部喬, 本間道雄: Extrapolation method in the Monte Carlo Shell Model: Second EMMI-EFES Workshop on Neutron-Rich Exotic Nuclei (EENEN 10).
123. 清水則孝, 宇都野穣, 水崎高浩, 大塚孝治, 阿部喬, 本間道雄: モンテカルロ殻模型における外挿法: 日本物理学会秋季大会.
124. 清水則孝, 宇都野穣, 水崎高浩, 大塚孝治, 阿部喬, 本間道雄: Extrapolation method in the Monte Carlo Shell Model and its applications: International Symposium ``New Faces of Atomic Nuclei".
125. 吉本芳英: 第一原理計算とマルチカノニカル法による金属系の研究: 日本物理学会　第 65 回年次大会.
【地球惑星科学】
126. 竹内希: 太平洋下最下部マントルの微細全体像: 日本地震学会, C12-07.
127. Masao Kurogi, Hiroyasu Hasumi, Yukio Tanaka: Development of a parallel nested-grid ocean circulation model for petaflop supercomputers: The 12th International Specialist Meeting on The Next Generation Models on Climate Change and Sustainability for Advanced High Performance Computing Facilities.
128. 山本勝: 金星大気の 1 ㎞スケール擾乱の数値実験: 日本惑星科学会秋季講演会, 2010 年秋季講演会予稿集, pp.121.
129. Sato Y., T. Nakajima, K. Suzuki, T. Iguchi, I.-J. Choi: A study of the microphysical mechanism for correlation patterns between droplet radius and optical thickness of warm clouds off the coast of California as simulated by a downscaling spectral bin microphysical model.: American Geophysical Union Fall meeting, American Geophysical Union Fall meeting 予稿集, A21C-101.
130. Sato Y., T. Nakajima, T. Iguchi: Numerical Simulation of stratocumulus off the coast of California.: First International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models, First International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models 予稿集.

131. Sato Y., T. Nakajima, and K. Suzuki: Application of a Monte-Carlo integration method to collision and coagulation growth processes of hydeometeors in a bin-type model.: 13th Conference on Cloud Physics, 13th Conference on Cloud Physics 予稿集, P1.50.
132. 佐藤陽祐, 中島映至, 井口享道, 鈴木健太郎: ビン型雲モデルを用いた東部太平洋における層積雲の再現実験: 日本気象学会秋季大会, 日本気象学会秋季大会 予稿集, P349.
133. 佐藤陽祐: 東部太平洋における層積雲の再現実験: 気象学会若手夏の学校, 気象学会若手夏の学校予稿集.
134. Masayuki Takigawa: Comparison of the distribution of mineral dust calculated by WRF/Chem with Mie scattering Lidar observation in East Asia: Workshop on “Impact of Asian megacity development on local to global climate change”.
135. 深沢圭一郎, 梅田隆行, 荻野瀧樹: 高効率並列電磁流体コードによる HA8000 クラスタシステムの性能評価: 2010 年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, HPCS2010 論文集, pp.133-140.
136. 梅田隆行, 深沢圭一郎, 栂野健太郎, 松本洋介: 次世代ブラソフコードによるジオスペースシミュレーション: 2010 年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, 2010 年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 論文集, p.51.
137. 深沢圭一郎, 梅田隆行, 荻野瀧樹, 田中高史: 様々なスカラー型スーパーコンピュータを使った惑星磁気圏 MHD シミュレーション: 日本地球惑星科学連合 2010 年大会.
138. T. Umeda: Effect of ion cyclotron motion on the structure of wakes: 5th Alfven Conference on Plasma Interaction with Non-magnetized Planets/Moons and its Influence on Planetary Evolution.
139. T. Umeda, K. Fukazawa, Y. Nariyuki, Y. Matsumoto, T. K. M. Nakamura: Highly scalable full electromagnetic Vlasov solver for cross-scale coupling in space plasma: SC2010.
140. 梅田隆行: ウェイク形成に対するイオンジャイロ運動の効果: 第 128 回地球電磁気・地球惑星圏学会.

【応用物理学・工学基礎】

141. Nakajima, K.: Framework for Development of Parallel Codes in “Integrated Predictive Simulation System for Earthquake and Tsunami Disaster”: SIAM 14th Conference on Parallel Processing for Scientific Computing (PP10).
142. Nakajima, K.: Parallel Multigrid Solvers using OpenMP/MPI Hybrid Programming Models on Multi-Core/Multi-Socket Clusters: SIAM 14th Conference on Parallel Processing for Scientific Computing (PP10).
143. 大西立顕, 水野貴之, 清水千弘, 渡辺努: マンション価格の統計性: 平成 21 年度統数研研究会「経済物理学とその周辺」第 2 回研究会.
144. 大西立顕, 高安秀樹, 高安美佐子: 企業間ネットワークのパーコレーションと臨界特性 II: 日本物理学会第 65 回年次大会, 日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 2 分冊, pp.312.
145. 大西立顕, 高安秀樹, 高安美佐子: 企業間取引ネットワークのページランク: 第 81 回数理モデル化と問題解決研究, Vol.2010-MPS-81 No.1, Vol. 2010-BIO-23 No.1.
146. Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Takatoshi Ito, Yuko Hashimoto, Tsutomu Watanabe, Misako Takayasu: Detecting and analyzing nonstationarity in foreign exchange market: Econophysics Colloquium 2010.
147. Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Misako Takayasu: PageRank for characterizing growth possibility in Japanese inter-firm network: 2nd Workshop on Complex Networks.
148. Takaaki Ohnishi, Misako Takayasu, Hideki Takayasu: Structural motif-based classification of nodes in Japanese inter-firm network: Statphys 24.
149. 大西立顕, 水野貴之, 清水千弘, 渡辺努: 住宅価格のパレート則の起源: 日本物理学会 2010 年秋季大会, 日本物理学会講演概要集 第 65 巻第 2 号第 2 分冊, 236.
150. 大西立顕, 水野貴之, 清水千弘, 渡辺努: 住宅価格分布からみたバブルの特徴: 平成 22 年度統数研研究会「経済物理学とその周辺」第 1 回研究会.
151. 大西立顕, 高安秀樹, 高安美佐: 企業間の取引関係にみられるネットワーク構造: 統数研研究会「社会物理学の展望」.

【機械工学】

152. 寺田聡,渡邉翔,金野祥久: OpenFOAM を用いた 2 次元ピッチング+ヒービング運動翼まわりの乱流流れ場解析: 第 24 回数値流体力学シンポジウム, CD-ROM.

【電気電子工学】

153. 清水健, 更屋拓哉, 平本俊郎: 歪みによる(110)面極薄 SOI MOSFET の正孔移動度向上の物理的起源: 第 57 回応用物理学関連連合講演会, 応用物理学関連連合講演会予稿集, 18a-B-5.

154. 古賀裕明: GaAs(111)B 六角リング再構成モデルの第一原理的検討: 第 57 回応用物理学関係連合講演会, 第 57 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, p.15-295.
155. 関根晃太, 山崎憲: TLM 法を用いた波面合成法の応用: 第 43 回日本大学生産工学部学術講演会電気電子部会, 第 43 回日本大学生産工学部学術講演会電気電子部会講演論文集, pp.63-66.

【総合工学】

156. Y. Idomura, S. Jolliet: Rotation scan numerical experiment of ITG turbulence using GT5D: 第 15 回数値トカマク研究会.

【生物科学】

157. 高松佑一郎, 藤谷秀章, 津本浩平, 井原茂男, 浜窪隆雄, 児玉龍彦: Molecular dynamics simulation and binding free energy calculation for Henn Egg Lysozyme(HEL)-antibody, and streptoavidin-biotin complex.: Keystone Symposia, Computer-Aided Drug Design (Z7).

【薬学】

158. 香川璃奈, 平野秀典, 泰岡顕治, 安井正人: 電解液中における脂質二重層膜の流動性低下と水のダイナミクス変化との関係: 第 24 回分子シミュレーション討論会, 第 24 回分子シミュレーション討論会講演要旨集, pp. 134-135.
159. 香川璃奈, 平野秀典, 泰岡顕治, 安井正人: Analysis of the effect of water molecules on lipid bilayer dynamics: 第 48 回日本生物物理学会, 第 48 回日本生物物理学会講演予稿集, S62.

【その他】

160. Watanabe H., Yuki A., Kikuchi N., Hayashi K., Kawazoe F., Takahashi F., Yokota T.: GOSAT higher level product status 1.5 year after the launch: SPIE Eur.Remote Sens.2010, Program, Vol. 7826.
161. Watanabe H., Yuki A., Hayashi K., Kawazoe F., Kikuchi N., Takahashi F., Matsunaga T., Yokota T.: GOSAT higher level product status more than 1.5 years after the launch and planned improvement: SPIE Asia-Pac.Remote Sensing 2010, Program, Vol. 7862.

2.3 著書

162. 森竜也: Wikipedia を解析! Hadoop による MapReduce 処理を試す, Software Design 5 月号: 技術評論社.
163. Takahiro Katagiri: Software Automatic Tuning, Naono, K.; Teranishi, K.; Cavazos, J.; Suda, R. (Eds.), ABCLibScript: A Computer Language for Automatic Performance Tuning: Springer.

2.4 受賞情報

164. 清水健: Physical Understandings of Si (110) Hole Mobility in Ultra-Thin Body pFETs by <110> and <111> Uniaxial Compressive Strain: IEEE EDS Japan Chapter Award, IEEE Electron Device Society, Japan Chapter.

PART 5

そ の 他

委員会委員等

講習会・セミナー

報道関係一覧

平成２２年度委員会委員等

教員名	委員会委員等名	任　期
柴山 悦哉	東京大学教養学部 非常勤講師	22. 4. 1～22. 9.30
	独立行政法人産業技術総合研究所 招へい研究員	22. 4. 1～23. 3.31
	社団法人情報処理学会 調査研究運営委員会委員	22. 5.31～23. 6. 2
	財団法人りそな中小企業振興財団 中小企業優秀新技術・新製品賞専門審査委員会委員	22. 9. 1～24. 8.31
	学際大規模情報基盤共同拠点・共同研究拠点 運営委員会委員	23. 1. 1～24. 3.31
田中 哲朗	東京大学教養学部 非常勤講師	22. 4. 1～23. 3.31
関谷 貴之	専修大学 非常勤講師	22. 4. 1～23. 3.31
	東京学芸大学 非常勤講師	22. 4. 1～22. 9.30
丸山 一貴	早稲田大学 非常勤講師	22. 4. 1～23. 3.31
中川 裕志	東京大学駒場図書館 運営委員会委員	22. 4. 1～24. 3.31
	東京大学柏図書館 運営委員会委員	21. 4. 1～24. 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	22. 4. 1～24. 3.31
	北海道大学情報基盤センター 共同利用・共同研究委員会委員	21. 4. 1～23. 3.31
	東京大学大学院工学系研究科 非常勤講師	22. 4. 6～22. 9.30
	社団法人人工知能学会 評議員	22. 8. 1～24. 6.30
	東京大学 キャンパス計画委員会 本郷地区部会委員	22.11. 1～24. 3.31
	東京大学 大学史料収集・管理のあり方に関するワーキンググループ委員	22. 2.15～
吉田　　稔	社団法人情報処理学会 論文誌ジャーナル/JIP 編集委員会編集委員	21. 6. 1～23. 5.31
	社団法人情報処理学会 情報基礎とアクセス技術研究会 運営委員	22. 4. 1～24. 3.31
	社団法人情報処理学会 論文誌 数理モデル化と応用 編集委員	22. 4. 1～24. 3.31
	人工知能学会全国大会 プログラム委員	22.10. 1～24. 6.30
清田 陽司	株式会社リッテル 上席研究員	22. 4. 1～22. 9.30
	言語処理学会 編集委員	22.10. 1～24.10.31
若原　　恭	独立行政法人情報処理推進機構 情報処理技術者試験委員	22. 4. 1～24. 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委員	22. 4. 1～23. 3.31
	東京大学情報セキュリティ委員会委員	22. 4. 1～24. 3.31
	東京大学評価支援室 室員	22. 4. 1～23. 3.31
	東京大学バリアフリー支援室 室員	22. 4. 1～23. 3.31
	東京大学バリアフリー支援室 支援促進ワーキンググループメンバー	22. 4. 1～23. 3.31
	東京大学情報システム戦略会議 ICT インフラ整備専門部会部会長	22. 6. 1～23. 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技術とその応用特集号編集委員	22. 7.29～23. 4. 1
	東京大学教養学部 非常勤講師	22.10. 1～23. 3.31
	東京大学情報システム戦略会議 ICT インフラ整備専門部会全学共通無線 LAN サービス作業分科会委員	22.12. 1～23. 3.31

中山 雅哉	社団法人電子情報通信学会 「Special Section on Architectures, Protocols and Applications for the Future Internet」編集委員会 編集委員	22. 1.22～22.11. 1
	情報・システム研究機構 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	22. 4. 1～23. 3.31
	独立行政法人情報通信研究機構 招へい専門員	22. 4. 1～23. 3.31
	独立行政法人宇宙航空研究開発機構 招聘職員	22. 4. 1～23. 3.31
	株式会社日本レジストリーサービス 地域型 JP ドメイン名再構築検討部会チェア	22. 5. 1～23. 4.30
	総務省 情報通信技術の研究開発の評価に関する会合評価検討会	22. 6.16～22. 7.30
小川 剛史	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幹事	21. 1. 1～23.12.31
	電子情報通信学会ネットワークシステム研究会専門委員	21. 5.23～23. 5.22
	東京大学文学部 非常勤講師	22. 4. 1～23. 3.31
関谷 勇司	社団法人電子情報通信学会 英文論文誌 B 編集委員会編集委員	20. 5.27～23. 5.26
	慶應義塾大学 SFC 研究所 上席所員（訪問）	22. 4. 1～23. 3.31
	財団法人地方自治情報センター 地方自治体推進における IPv4 アドレスの枯渇への対応に関する研究調査委員会委員	22. 9. 2～23. 2. 4
	東京大学大学院工学系研究科 非常勤講師	22.10. 1～23. 3.31
	東京大学理学部 非常勤講師	22.10. 1～23. 3.31
中村 文隆	法政大学 非常勤講師	22. 4. 1～22. 9.30
中島 研吾	東京大学フューチャー推進機構 運営委員会委員	22. 2. 1～23. 3.31
	独立行政法人海洋研究開発機構 招聘技術研究主幹	22. 4. 1～23. 3.31
	東京大学大学院理学系研究科 非常勤講師	22. 4. 1～22. 9.30
	独立行政法人理化学研究所 研究主幹	22. 4. 1～23. 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	22. 4. 1～23. 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委員会委員	22. 4. 1～24. 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	22. 4. 1～24. 3.31
	学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 共同研究課題審査委員会委員	22. 4.23～24. 3.31
	一般社団法人日本計算工学会 評議員	22. 6.23～24. 5
	東京大学物性研究所 次世代スーパーコンピュータ戦略機関プログラム 分野2「計算物質科学イニシアティブ」スパコン連携小委員会委員	22. 9.27～23. 3.31
	東京大学キャンパス計画室 柏地区部会員	22.11. 1～24. 3.31
金田 康正	大阪大学サイバーサイエンスセンター 運営委員会委員	22. 4. 1～24. 3.31
	鶴岡工業高等専門学校 非常勤講師	22. 4. 7～22. 9.30
	独立行政法人国立環境研究所 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	22. 6.10～23. 3.31

佐藤 周行	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	22. 4. 1～23. 3.31
片桐 孝洋	独立行政法人理化学研究所 客員研究員	22. 4. 1～23. 3.31
	日本応用数理学会 評議員	22. 4. 1～23. 3.31
	日本応用数理学会 「行列・固有値問題とその解法」研究部会主査	22. 4. 1～23. 3.31
	日本応用数理学会 学会誌編集委員会委員	22. 4. 1～23. 3.31
	日本応用数理学会 JSIAM Letters 編集委員会委員	22. 4. 1～23. 3.31
	東京大学教養学部 非常勤講師	22.10. 1～23. 3.31
伊藤 祥司	中央大学 兼任講師	22. 4. 1～22. 9.30
	独立行政法人理化学研究所 客員研究員	22. 4. 1～23. 3.31
	社団法人情報処理学会 論文誌コンピューティングシステム編集委員会委員	22. 4. 1～23. 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会	22. 4. 1～23. 3.31
	日本応用数理学会 「行列・固有値問題とその解法」研究部会運営委員会委員	22. 4. 1～23. 3.31
	社団法人情報処理学会 HPCS2011 プログラム委員会副委員長	22. 5. 1～23. 1.31
	東京電機大学 非常勤講師	22. 9.15～23. 3.31

平成２２年度講習会・セミナー

1. センター共通

講習会・セミナー名	開 催 日	参照頁
・拠点シンポジウム		p.34
第1回	9/1	
第2回	1/12-13	
・コンピュータ・ネットワーク利用セミナー		
(第72回) Digital Contents Creation － 手軽にスライドショーとBGMを作ろう －	10/5	
(第73回)「平成22年度コンピュータネットワーク研修（東京大学技術職員研修）」講義	12/7-9	p.346

2. 情報メディア教育部門によるもの

講習会・セミナー名		開 催 日	参照頁
・新規利用者向け講習会			p.299
本郷キャンパス	情報基盤センター	4/7, 4/9, 4/12, 4/15	
	情報学環・福武ホール	4/1-8/6(平日), 8/16-12/27(平日), 1/5-3/31(平日)	
駒場キャンパス	情報教育棟	4/2, 4/5, 4/6, 4/7, 4/8, 4/9, 4/12, 4/14, 4/16, 4/20, 4/22, 4/28, 5/7, 5/12, 5/17, 5/25, 6/2, 6/10, 6/18, 6/28, 7/6, 7/21, 8/6, 8/17, 9/6, 9/24, 10/1, 10/6, 10/14, 10/19, 10/25, 11/4, 11/9, 11/15, 11/26, 12/2, 12/8, 12/14, 1/13, 1/21, 1/31, 2/8, 2/16, 2/24, 3/4	
柏キャンパス	柏図書館	4/13,4/23,10/13	
出張講習会		4/2, 4/5, 4/6, 9/3, 10/5, 10/7	
・システム利用説明会			
本郷キャンパス	情報基盤センター	9/16	
駒場キャンパス	情報教育棟	9/17	

3. 図書館電子化部門によるもの

講習会・セミナー名	開 催 日	参照頁
・情報探索ガイダンス（テーマ別ガイダンス）		p.327
日本の論文を探すには？	4/26, 5/20, 7/8, 10/15	
自宅から検索するには？	4/12, 5/10, 5/21, 7/7, 10/6, 12/9, 2/3, 3/2	
文献検索早わかり	4/16 ,5/7, 5/26, 7/29, 9/17, 11/26, 12/15	

電子ジャーナルで論文を入手	5/13, 5/28, 6/17, 7/23, 12/21	
はじめての論文の探し方	10/8, 10/27, 12/21, 1/18	
はじめての医学系論文の探し方	1/26, 3/8	
はじめての経済学論文・企業情報の探し方	2/10	
国内の新聞記事を探すには？	6/10, 1/21	
海外の新聞記事を探すには？	3/10	
学位論文を探すには？	3/4	
知っておきたい検索のコツ	12/22, 2/8	
RefWorksを使うには？	5/14, 6/29, 7/27, 9/22, 10/14, 12/17, 1/28, 2/4, 3/3	
電子ジャーナルで論文を入手＆RefWorksですっきり整理	9/14, 11/30	
CiNiiで国内の論文検索＆RefWorksですっきり整理	11/18, 2/16	
Webで文献の「検索」から「整理」まで PubMed＋RefWorks	5/21	
EndNote Webを使うには？	7/20, 10/12, 1/20	
Webで文献の「検索」から「整理」まで Web of Science＋EndNote Web	6/8, 6/22, 2/18	
Web of Scienceを使うには？	7/9	
Web of Science（応用編）＆インパクトファクターミニ講座	9/28, 11/10	
はじめてのCNKI	11/12	
eol	11/19	
・留学生向け情報探索ガイダンス		p.329
韓国語コース	5/12	
中国語コース	10/20	
・情報探索ガイダンス（データベースユーザートレーニング）		p.329
eol	6/2, 11/9（柏図書館）	
MathSciNet	6/2（数理科学研究科）, 6/3（数理科学研究科）	
SciFinder	6/4（柏図書館）, 6/16	
Business Source Complete	6/10	
Lexis.com	6/11	
LexisNexisAcademic	6/11	
Springer Materials（英語）	6/14（柏図書館）	
Springer Materials（日本語）	6/14（柏図書館）	
Zentralblatt Math	6/16（数理科学研究科）	
OECD iLibrary	6/17（同日2回開催）	
BIOSIS Previews	6/22（柏図書館）	
D1-Law.com	9/15	
OECD iLibrary（英語）	10/29	
国際連合と情報/資料	11/12	

・秘書さんのためのはじめての論文の探し方講習会	8/5（同日2回開催）, 8/10（同日2回開催）	p.330
・出張・オーダーメイド講習会		p.330
オーダーメイド講習会 学際情報学府，総合文化研究科，教養学部， 文学部／人文社会系，医学系， 新領域創成科学研究科，工学部／工学系， 教育学部等	4/5, 4/9, 4/16, 4/22, 4/23, 4/27, 5/7, 5/10, 5/13, 5/20, 6/9, 7/8, 8/9, 9/7, 9/24, 9/28, 10/6, 10/7, 10/26, 10/27, 11/4, 11/10, 11/11, 12/17, 12/21, 3/1	
附属図書館・室との共催講習会 文学部図書室，総合図書館，理学部生物学図書室， 工学・情報理工学図書館，医学図書館，駒場図書 館，柏図書館，農学生命科学図書館，生産技術研 究所図書室・先端科学技術研究センター図書室， 地震研究所図書室	4/5, 4/6, 4/7, 4/8, 4/9, 4/12, 4/13, 4/14, 4/15, 4/19, 4/20, 4/23, 5/6, 5/11, 5/12, 5/14, 5/18, 5/19, 5/21, 5/25, 6/3, 6/15, 6/18, 6/23, 6/24, 6/25, 6/30, 9/21, 10/7, 10/8, 10/15, 10/18, 10/19, 10/20, 10/21, 10/22, 10/26, 10/28, 10/29, 11/5, 11/11, 11/17, 2/2, 2/3	

4. ネットワーク部門によるもの

講習会・セミナー名	開 催 日	参照頁
・UTnet Meeting		p.345
第8回	10/13	

5. スーパーコンピューティング部門によるもの

講習会・セミナー名	開 催 日	参照頁
・お試しアカウント付き並列プログラミング講習会（試行）		p.374
第9回	5/13-14	
第10回	7/29-30	
第11回	9/2-3	
第12回	9/27-28	
高校生のための講習会	8/23-25	
・先進スーパーコンピューティング環境研究会（ASE研究会）		p.382
第7回	4/2	
第8回	12/6	
第9回	2/17	
・その他		
CCS HPCサマーセミナー2010 東京会場（遠隔）	7/8-9	p.373
スーパーコンピュータの最前線を体験しよう！ （高校生向けスパコンセミナー）	7/14	p.379
情報基盤センター公開セミナー 「The Path to Petascale Computing in China」	12/9	p.380

平成 22 年度報道関係一覧

情報メディア教育研究部門

[報道 1] 週刊将棋 2010 年 5 月 5 日号-7 月 21 日号 第 2 回週将アマ COM 平手戦.

[報道 2] 週刊将棋 2010 年 5 月 12 日号 激指が 2 年ぶり 4 度目の優勝.

[報道 3] 産経新聞 2010 年 8 月 2 日 12 面 将棋女流王将に挑むコンピューター.

[報道 4] 朝日新聞 2010 年 10 月 12 日夕刊 10 面 将棋ソフト プロに初勝利.

[報道 5] 週刊将棋 2010 年 10 月 20 日号 あから 2010 歴史に残る勝利.

[報道 6] 朝日新聞 2010 年 10 月 20 日夕刊 5 面 冷めた計算に軍配.

[報道 7] AERA 2010 年 11 月 1 日号「あから」が羽生を破る日.

[報道 8] 週刊朝日 2010 年 11 月 12 日「どうぶつしょうぎ」のかわいくて深い世界.

[報道 9] フジテレビ 2010 年 12 月 14 日とくダネ!「どうぶつしょうぎ」特集.

学術情報研究部門

[報道 1] 日経産業新聞 2010 年(平成 22 年)4 月 2 日 17 面:「お薦め商品」ツイッター分析し表示 東大発 VB リッテル EC サイト向け開発.

[報道 2] ヤフー・グーグル提携:検索エンジン以後のビジネスに期待, 東京大学新聞 2010 年 8 月 31 日 2 面.

スーパーコンピューティング部門

[報道 1] 日本テレビ 2010 年 4 月 1 日 ズームイン！！SUPER 東京都の二酸化炭素排出削減義務化.

[報道 2] テレビ朝日 2010 年 6 月 14 日 東京サイト 都市と地球の環境～東大 CO2 削減チャレンジ～.

[報道 3] 産経新聞 2010 年 7 月 29 日【県立学校だより】春日部高校の生徒が東大のスパコン施設見学.

[報道 4] 毎日放送 2010 年 10 月 30 日 知っとこ！ スーパーコンピューターとは.

東京大学情報基盤センター年報

2010 年度（第 12 号）

編　集

東京大学情報基盤センター年報編集委員会

編集委員長　　杉本 雅則

編集委員　　田中 哲朗、小川 剛史、大島 聡史、伊藤 祥司、早野 裕士、
本多　玄、平野 光敏、増田　均、岩崎 直樹、柳川 圭介、
中田 幸夫、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

2011 年 6 月発行

東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO