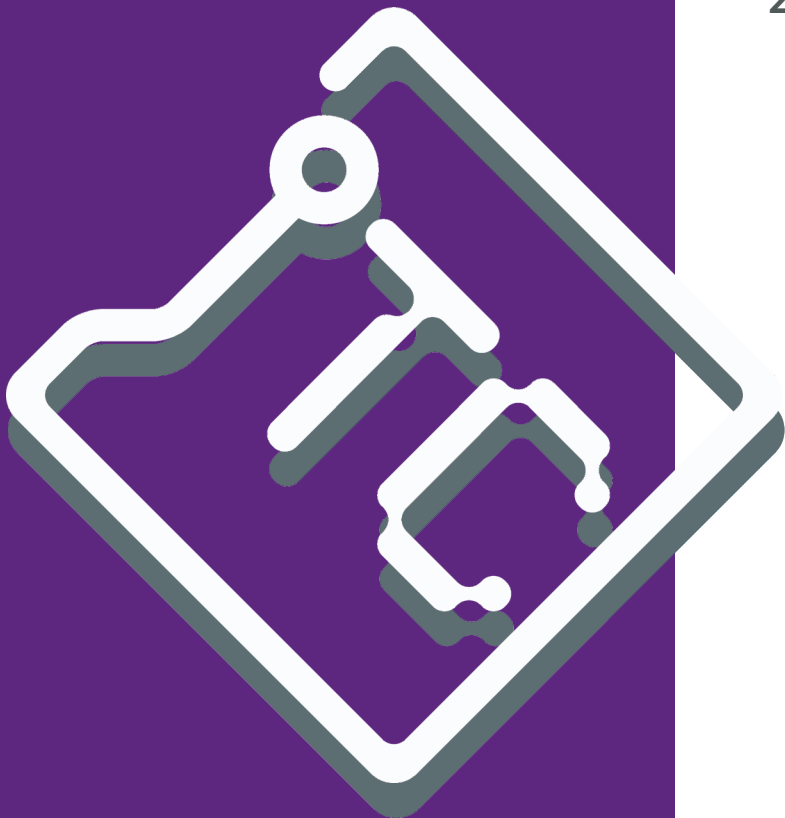


# 年報 第 14 号

2012 年度

Annual Report No.14

2012



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
<b>PART1 概 況</b>	<b>3</b>
組 織	5
組織図	5
職員数	5
教職員	6
平成 24 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	17
予 算	18
収入・支出	18
外部資金	18
補助金等	20
平成 24 年度科学研究費助成事業採択状況	20
平成 24 年度受託研究費受入状況	24
平成 24 年度共同研究費受入状況	24
平成 24 年度政府系委託費受入状況	27
平成 24 年度政府系補助金受入状況	27
<b>PART2 センター活動報告</b>	<b>29</b>
学際情報科学研究体	31
学際情報科学研究体概要	33
学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点	35
HPCI（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）	45
PKI	47
<b>PART3 各研究部門 研究活動報告</b>	<b>49</b>
情報メディア教育研究部門	51
情報メディア教育研究部門概要	53
柴山 悦哉	59
ソフトウェアの信頼性とセキュリティに関する研究	
田中 哲朗	65
ゲームプログラミングに関する研究	
品川 高廣	71
準パススルー型仮想マシンモニタ「BitVisor」の研究	

関谷 貴之	77
初学者によるプログラムトレーシングにおける誤答の分析及び計算機科学関連カリキュラムの分析	
丸山 一貴	84
Twitter におけるリツイート伝播分析とデュアルブート端末管理方式の研究	
<b>学術情報研究部門</b>	<b>89</b>
学術情報研究部門概要	91
中川 裕志	94
統計的機械学習とその応用	
吉田 稔	100
テキストマイニングの基盤技術・応用技術に関する研究 -テキストと数値の関連性分析-	
佐藤 一誠	108
確率的潜在変数モデルの統計的機械学習に関する研究 -周辺化変分ベイズ法の理論と応用-	
<b>ネットワーク研究部門</b>	<b>115</b>
ネットワーク研究部門概要	117
若原 恭	124
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	
中山 雅哉	132
広域分散環境の高度基盤技術に関する研究	
小川 剛史	136
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	143
クラウド構築運用のための仮想化ネットワークに関する研究	
中村 文隆	151
情報教育環境としてのシングルボードコンピューター	
妙中 雄三	153
災害時を想定した通信システムの研究	
宮本 大輔	161
悪意あるウェブサイトの対策に関する研究	
<b>スーパーコンピューティング研究部門</b>	<b>169</b>
スーパーコンピューティング研究部門概要	171
中島 研吾	188
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	198
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	204
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, Privilege Design in Federation Service, and Trust Models in Security	
片桐 孝洋	211
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	
田浦 健次朗	220
高生産・高性能並列プログラミング言語・処理系の研究	

大島 聡史	229
GPU を用いた高性能計算に関する研究	
實本 英之	237
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	
鴨志田 良和	243
クロスコンパイル環境でインストール時チューニングを容易にするミドルウェア	
伊東 聡	249
OpenFOAM の高速化に関する研究 -行列格納形式の自動選択-	
林 雅江	255
ポストペタスケール環境に向けた大規模疎行列解法の研究	
<b>学際情報科学研究体</b>	261
伊藤 祥司	263
線形方程式求解アルゴリズムに対する求解品質の改善、および、センター業務への取り組み	
<b>PART4 教育・サービス活動報告</b>	271
<b>情報メディア教育</b>	273
情報メディア教育支援サービス概要	275
教育用計算機システム運用報告	277
学内組織向けメールサーバ (MAILHOSTING) 運用報告	285
WEB PARK サービス運用報告	288
学内組織向け DNS ホスティング運用報告	290
遠隔講義支援サービス運用報告	291
CFIVE 運用報告	293
部局負担による携帯端末接続環境運用報告	300
その他のサービス運用報告	301
<b>学術情報</b>	303
学術情報チーム概要	305
デジタルコンテンツサービス	306
学術情報リテラシー支援	308
図書館関係システム運用・管理	320
<b>ネットワーク</b>	323
ネットワーク概要	325
東京大学情報ネットワークシステム (UTnet3) の運用管理	328
セキュリティ対応	338
東京大学情報システム緊急対応チーム (UT-CERT) との連携	341
学内ソフトウェアライセンス	343
ハウジングサービス	345
<b>スーパーコンピューティング</b>	347
スーパーコンピューティング概要	349
スーパーコンピューティング業務	352

講習会	364
シンポジウム・研究会	369
公募型研究プロジェクト	373
スーパーコンピュータの企業利用支援	378
スーパーコンピュータ利用による研究成果報告（2012年）	381
その他イベント	386
<b>PART5 その他</b>	<b>391</b>
委員会委員等	393
講習会・セミナー	396
報道関係一覧	399

## 巻 頭 言

東京大学情報基盤センター長 石川 裕

2012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の4部門と、4部門を横断的に機能する学際情報科学研究体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2012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。

柏キャンパス第2総合研究棟に設置された富士通製FX10スーパーコンピュータが昨年4月から試験運用開始し、7月から正式運用を開始しました。また、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」で整備を進めた大規模ストレージ等も第2総合研究棟に設置され、文部科学省が進めているHPCI（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）の中核資源として運用を開始しました。

昨年7月、情報基盤センターの事務・技術組織を改組し、情報システム部と統合しました。学内サービスを充実しながら、共同利用・共同研究拠点及びハイパフォーマンスコンピューティング拠点としての研究と業務を進めていきます。国内の重要なサービスとしては、HPCIの計算資源、ストレージ資源提供機関として、中核的役割を担いながら、先端研究を進めるとともに、そのための研究基盤も整備していくという大きなミッションを担っていると考えています。

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、年報編集委員長の大島聡史先生をはじめとする年報編集委員の皆様にご感謝申し上げます。

2013年5月吉日





PART 1

# 概 況

組 織

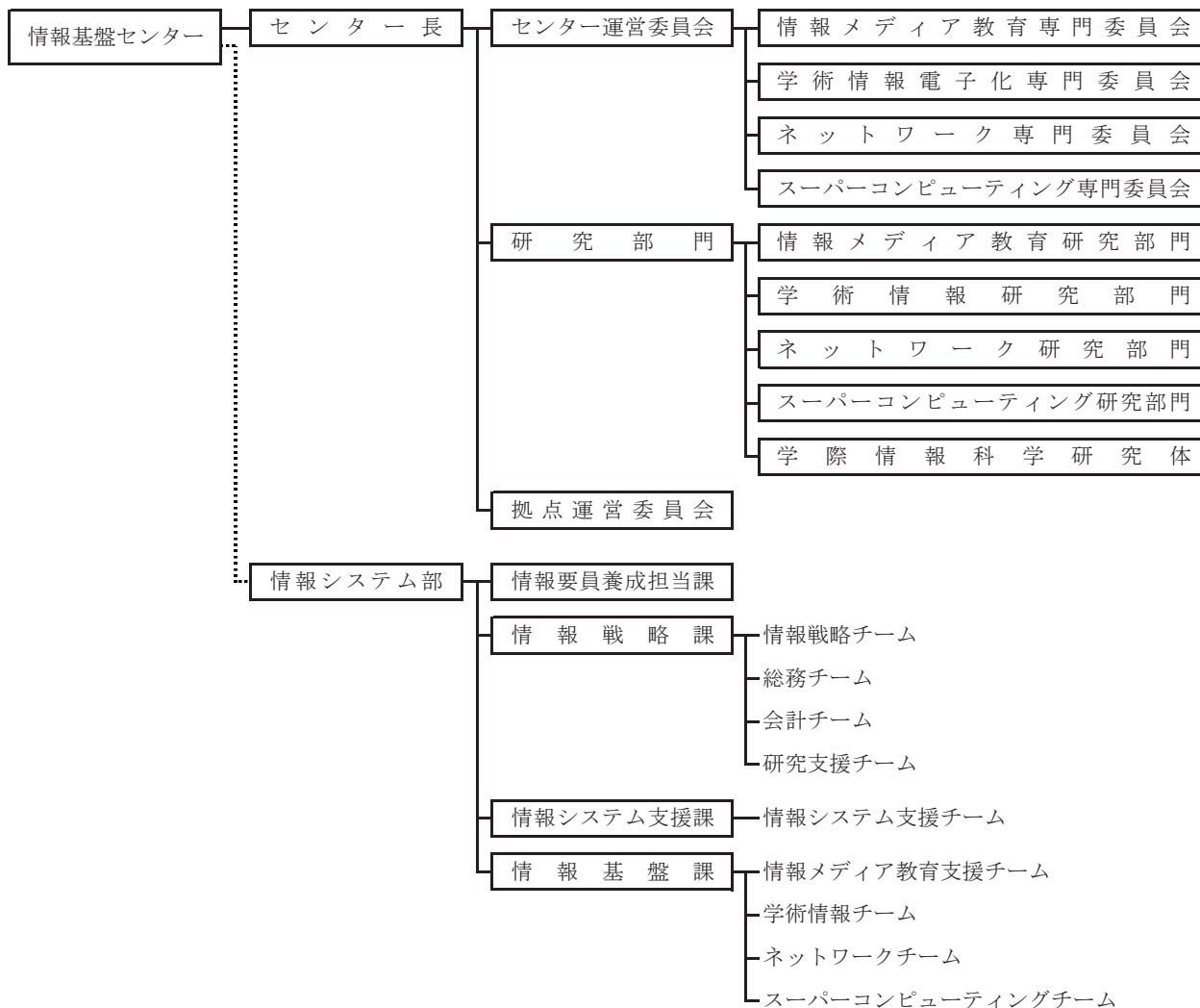
予 算

補助金等



# 組 織

## 組織図



備考：情報基盤センターに事務部門はなく、情報システム部が行っている。

## 職員数

情報基盤センター H25. 3. 31

	専任	兼務	特任	合計
センター長		1		1
教授	5			5
准教授	7	1	1	9
講師			1	1
助教	8		2	10
研究員		10		10
事務補佐員	7		1	8
技術補佐員	8		1	9
合計	35	12	6	53

情報システム部 H25. 3. 31

	専任	兼務	特任	合計
事務職員	32			32
技術職員	28		1	29
事務補佐員	7			7
技術補佐員	6			6
派遣職員	6			6
合計	79		1	80

## 教職員

平成 25 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(特任専門職員) 渡 邊 かがり

### 研究部門

#### 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  
准教授 品 川 高 廣  
助 教 関 谷 貴 之  
客員研究員 丸 山 一 貴

#### 学術情報研究部門

教 授 中 川 裕 志  
助 教 吉 田 稔  
助 教 佐 藤 一 誠  
事務補佐員 吉 富 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  
准教授 関 谷 勇 司  
助 教 中 村 文 隆  
助 教 妙 中 雄 三  
助 教 宮 本 大 輔  
事務補佐員 川 崎 しのぶ  
技術補佐員 中 村 遼  
臨時用務員 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 片 桐 孝 洋  
准教授(兼務) 田 浦 健次朗  
助 教 大 島 聡 史  
助 教 實 本 英 之  
特任講師 金 子 勇

特任助教	鴨志田 良 和
特任助教	伊 東 聰
客員研究員	林 雅 江
客員研究員	黒 川 原 佳
客員研究員	Gerofi Balazs
客員研究員	堀 敦 史
客員研究員	山 本 啓 二
協力研究員	大 野 善 之
協力研究員	亀 山 豊 久
協力研究員	島 田 明 男
協力研究員	畑 中 正 行
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
事務補佐員	伊 東 雅 美
技術補佐員	思 敏
技術補佐員	本 山 裕 一
技術補佐員	藤 原 祐 二
技術補佐員	澤 田 武 男
技術補佐員	轟 侑 樹
技術補佐員	松 尾 勇 気
技術補佐員	新 井 淳 也

## 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)	品 川 高 廣
准教授 (兼務)	関 谷 勇 司
准教授 (兼務)	佐 藤 周 行
准教授 (兼務)	片 桐 孝 洋
助 教 (兼務)	妙 中 雄 三
助 教 (兼務)	實 本 英 之
特任准教授	伊 藤 祥 司
特任助教 (兼務)	鴨志田 良 和
事務補佐員	福 島 たかね

組 織

情報システム部

部 長 井 戸 清 隆

情報要員養成担当課長 貴 志 武 一

情報戦略課

課 長 水 上 順 一

情報戦略チーム

専門職員 野 口 陽 生

係 長 松 村 光

主 任 今 田 哲 也

事務補佐員 宮 村 美貴子

総務チーム

専門員 植 木 祐 輔

専門職員 後 藤 和 彦

係 長 岩 崎 直 樹

係 長 丸 山 忍

主 任 齊 藤 暁 子

主 任 永 岡 陽 香

一般職員 中 田 幸 夫

事務補佐員 麦 谷 真 弓

会計チーム

専門員 風 間 勉

主 査 渡 邊 康

係 長 海 津 聡

主 任 木 崎 信 一

主 任 岡 戸 彰 二

主 任 山 口 拳 史

事務補佐員 池 田 由 香

研究支援チーム

副課長 新 井 忠

専門職員 中 村 昇 平

主 任 高 橋 朝 一

一般職員 諏 佐 賢 司

派遣職員 西 川 恵 美

## 情報システム支援課

課 長	香 田 健 二
-----	---------

## 情報システム支援チーム

係 長	清 野 一 男
係 長	佐 野 徹
係 長	垂 水 美奈子
係 長	長谷川 聖
一般職員	廣 本 和 哉
事務補佐員	島 田 知 子

## 情報基盤課

課 長	早 野 裕 士
-----	---------

## 情報メディア教育支援チーム

専門職員	有 賀 浩
係 長	松 岡 喜美代
係 長	前 田 光 教
係 長	伊 藤 真 之
主 任	安 部 達 巳
主 任	松 本 浩 一
主 任	坂 井 朱 美
主 任	岩 藤 健 弘
技術職員	秋 田 英 範
技術補佐員	加 藤 康 一
技術補佐員	宮 北 美 保
技術補佐員	柏 芳 美
技術補佐員	竹 尾 朋 子
派遣職員	後 閑 直 子
派遣職員	五 味 由美子
派遣職員	高 谷 智 子

## 学術情報チーム

専門員	本 多 玄
係 長	佐 藤 英 之
係 長	小 松 陽 一
係 長	成 澤 めぐみ
主 任	田 口 忠 祐
主 任	胡 内 奈都子
主 任	濱 田 智恵子
事務補佐員	笹 原 可 恵

組 織

ネットワークチーム

係 長	井 爪 健 雄
係 長	下 田 哲 郎
係 長	中 山 仁 史
主 任	小 藺 隆 弘
主 任	友 西 大
技術職員	駒 井 優 哉
技術補佐員	阿 部 大
技術補佐員	山 崎 友 理

スーパーコンピューティングチーム

副課長	平 野 光 敏
係 長	宮 寄 洋
係 長	小 川 大 典
係 長	佐 島 浩 之
係 長	石 崎 勉
係 長	山 本 和 男
係 長	丹 下 藤 夫
主 任	佐 藤 孝 明
特任専門職員	原 田 浩
事務補佐員	高 橋 陽 子
事務補佐員	佐々木 友 博
派遣職員	蛭 原 純
派遣職員	藤 本 大 輔



## 平成24年度中の人事異動

## 情報基盤センター

(転入・昇任・配置換等)

24. 4. 1	早野裕士	事務長代理／副事務長（業務担当）・（兼務）アプリケーション支援係長から
24. 4. 1	平野光敏	副事務長（業務担当）／主査（スーパーコンピューティング担当）から
24. 4. 1	海津 聡	用度係長／医学部附属病院事務部管理課経理チーム係長から
24. 4. 1	佐藤英之	専門職員／附属図書館事務部総務課企画渉外係長から
24. 4. 1	小松陽一	デジタル・ライブラリ係長／専門職員から
24. 4. 1	山本和男	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
24. 4. 1	永岡陽香	アプリケーション支援係主任／アプリケーション支援係から
24. 4. 1	安部達巳	情報教育支援係主任／情報教育支援係から
24. 4. 1	松本浩一	情報教育支援係主任／情報教育支援係から
24. 4. 1	田口忠祐	図書館システム係主任／図書館システム係から
24. 4. 1	胡内奈都子	デジタル・ライブラリ係主任／デジタル・ライブラリ係から
24. 4. 1	友西 大	ネットワーク係主任／ネットワーク係から
24. 4. 1	佐藤孝明	システム運用係主任／システム運用係から
24. 4. 1	駒井優哉	ネットワーク係技術職員／新規
24. 4. 1	笹原可恵	学術情報リテラシー係事務補佐員／新規
24. 5. 1	佐々木友博	システム管理係事務補佐員／新規
24. 5. 14	中村 遼	ネットワーク研究部門技術補佐員／新規
24. 8. 1	本山裕一	スーパーコンピューティング研究部門技術補佐員／新規
24. 8. 8	新井淳也	スーパーコンピューティング研究部門技術補佐員／新規
24. 9. 27	澤田武男	スーパーコンピューティング研究部門技術補佐員／新規
24. 12. 1	金子 勇	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 24. 12. 1～26. 3. 31)

(転出・退職等)

24. 4. 1	大橋公一郎	用度係長／経済学研究科等事務部研究協力係長へ
24. 4. 1	吉田幸苗	デジタル・ライブラリ係長／国立情報学研究所学術基盤推進部学術コンテンツ課図書館連携チーム係長へ
24. 5. 31	藤田 肇	スーパーコンピューティング研究部門特任助教／退職
24. 6. 5	新井淳也	スーパーコンピューティング研究部門技術補佐員／退職
24. 6. 22	澤田武男	スーパーコンピューティング研究部門技術補佐員／退職
24. 7. 1	西澤明生	副事務長（研究支援担当）／柏地区共通事務センター副事務長・（兼務）柏地区研究センター支援室主査へ
24. 7. 1	早野裕士	事務長代理／情報基盤課長へ
24. 7. 1	平野光敏	副事務長（業務担当）／情報基盤課副課長へ

組 織

24. 7. 1	植 木 祐 輔	専門員（総務担当）／情報戦略課専門員へ
24. 7. 1	風 間 勉	専門員（財務・研究協力担当）／情報戦略課専門員へ
24. 7. 1	本 多 玄	専門員・（兼務）図書館システム係長／情報基盤課専門員へ
24. 7. 1	渡 邊 康	主査（会計担当）／情報戦略課主査へ
24. 7. 1	後 藤 和 彦	専門職員（総務担当）・（兼務）総務係長／情報戦略課専門職員へ
24. 7. 1	中 村 昇 平	専門職員（研究支援担当）／情報戦略課専門職員へ
24. 7. 1	有 賀 浩	情報教育支援係長／情報基盤課専門職員へ
24. 7. 1	岩 崎 直 樹	総務係専門職員／情報戦略課総務チーム係長へ
24. 7. 1	海 津 聡	用度係長／情報戦略課会計チーム係長へ
24. 7. 1	松 岡 喜美代	情報リテラシー教育支援係長／情報基盤課情報メディア教育支援チーム係長へ
24. 7. 1	前 田 光 教	情報リテラシー教育支援係長／情報基盤課情報メディア教育支援チーム係長へ
24. 7. 1	伊 藤 真 之	電子教材係長／情報基盤課情報メディア教育支援チーム係長へ
24. 7. 1	佐 藤 英 之	専門職員／情報基盤課学術情報チーム係長へ
24. 7. 1	小 松 陽 一	デジタル・ライブラリ係長／情報基盤課学術情報チーム係長へ
24. 7. 1	成 澤 めぐみ	学術情報リテラシー係長／情報基盤課学術情報チーム係長へ
24. 7. 1	井 爪 健 雄	分散システムセキュリティ支援係長／情報基盤課ネットワークチーム係長へ
24. 7. 1	下 田 哲 郎	ネットワーク係長／情報基盤課ネットワークチーム係長へ
24. 7. 1	中 山 仁 史	専門職員／情報基盤課ネットワークチーム係長へ
24. 7. 1	宮 寄 洋	システム管理係長／情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長へ
24. 7. 1	小 川 大 典	専門職員／情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長へ
24. 7. 1	佐 島 浩 之	専門職員／情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長へ
24. 7. 1	石 崎 勉	システム運用係長／情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長へ
24. 7. 1	山 本 和 男	専門職員／情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長へ
24. 7. 1	丹 下 藤 夫	専門職員／情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長へ
24. 7. 1	原 田 浩	スーパーコンピューティング研究部門特任専門職員／情報基盤課特任専門職員へ
24. 7. 1	柳 川 圭 介	総務係主任／放送大学学園教育研究支援部情報推進課専門職員へ

24. 7. 1	宮 地 亨	総務係主任／農学系事務部総務課人事チーム主任へ
24. 7. 1	永 岡 陽 香	アプリケーション支援係主任／情報戦略課総務チーム主任へ
24. 7. 1	木 崎 信 一	会計係主任／情報戦略課会計チーム主任へ
24. 7. 1	岡 戸 彰 二	用度係主任／情報戦略課会計チーム主任へ
24. 7. 1	山 口 拳 史	用度係主任／情報戦略課会計チーム主任へ
24. 7. 1	高 橋 朝 一	研究支援係主任／情報戦略課研究支援チーム主任へ
24. 7. 1	安 部 達 巳	情報教育支援係／情報基盤課情報メディア教育支援チーム主任へ
24. 7. 1	松 本 浩 一	情報教育支援係主任／情報基盤課情報メディア教育支援チーム主任へ
24. 7. 1	坂 井 朱 美	電子教材係主任／情報基盤課情報メディア教育支援チーム主任へ
24. 7. 1	岩 藤 健 弘	電子教材係主任／情報基盤課情報メディア教育支援チーム主任へ
24. 7. 1	田 口 忠 祐	図書館システム係主任／情報基盤課学術情報チーム主任へ
24. 7. 1	胡 内 奈都子	デジタル・ライブラリ係主任／情報基盤課学術情報チーム主任へ
24. 7. 1	濱 田 智恵子	学術情報リテラシー係主任／情報基盤課学術情報チーム主任へ
24. 7. 1	小 藺 隆 弘	分散システムセキュリティ支援係主任／情報基盤課ネットワークチーム主任へ
24. 7. 1	友 西 大	ネットワーク係主任／情報基盤課ネットワークチーム主任へ
24. 7. 1	佐 藤 孝 明	システム運用係主任／情報基盤課スーパーコンピューティングチーム主任へ
24. 7. 1	中 田 幸 夫	総務係／情報戦略課総務チームへ
24. 7. 1	諏 佐 賢 司	研究支援係／情報戦略課研究支援チームへ
24. 7. 1	秋 田 英 範	情報リテラシー教育支援係／情報基盤課情報メディア教育支援チームへ
24. 7. 1	駒 井 優 哉	ネットワーク係／情報基盤課ネットワークチームへ
24. 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／辞職（工学系研究科特任研究員へ）
24. 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／辞職（公益財団法人鉄道総合技術研究所副主任研究員へ）
24. 9. 30	山 崎 弘 美	学術情報研究部門事務補佐員／任期満了
24. 10. 1	杉 本 雅 則	学術情報研究部門准教授／北海道大学大学院情報科学研究科教授へ
25. 1. 1	丸 山 一 貴	情報メディア教育研究部門助教／辞職（明星大学情報学部情報学科准教授へ）
25. 3. 31	鴨志田 良 和	スーパーコンピューティング研究部門特任助教／任期満了
25. 3. 31	伊 東 聰	スーパーコンピューティング研究部門特任助教／任期満了

## 組 織

25. 3. 31	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／ 任期満了
25. 3. 31	澤 田 武 男	スーパーコンピューティング研究部門技術補佐員／任期満了
25. 3. 31	轟 侑 樹	スーパーコンピューティング研究部門技術補佐員／任期満了
25. 3. 31	藤 原 祐 二	スーパーコンピューティング研究部門技術補佐員／任期満了
25. 3. 31	新 井 淳 也	スーパーコンピューティング研究部門技術補佐員／任期満了

## 情報システム部

(転入・昇任・配置換等)

24. 7. 1	井 戸 清 隆	情報システム部長／九州大学統合移転推進部長から
24. 7. 1	早 野 裕 士	情報基盤課長／情報基盤センター事務長代理から
24. 7. 1	新 井 忠 忠	情報戦略課副課長／産学連携課副課長から
24. 7. 1	平 野 光 敏	情報基盤課副課長／情報基盤センター副事務長（業務担当） から
24. 7. 1	植 木 祐 輔	情報戦略課専門員／情報基盤センター専門員（総務担当） から
24. 7. 1	風 間 勉	情報戦略課専門員／情報基盤センター専門員（財務・研究協 力担当）から
24. 7. 1	本 多 玄	情報基盤課専門員／情報基盤センター専門員・（兼務）図書 館システム係長から
24. 7. 1	渡 邊 康	情報戦略課主査／情報基盤センター主査（会計担当）から
24. 7. 1	後 藤 和 彦	情報戦略課専門職員／情報基盤センター専門職員（総務担 当）・（兼務）総務係長から
24. 7. 1	中 村 昇 平	情報戦略課専門職員／情報基盤センター専門職員（研究支援 担当）から
24. 7. 1	有 賀 浩	情報基盤課専門職員／情報基盤センター情報教育支援係長 から
24. 7. 1	岩 崎 直 樹	情報戦略課総務チーム係長／情報基盤センター専門職員から
24. 7. 1	丸 山 忍	情報戦略課総務チーム係長／生産技術研究所事務部総務課総 務・広報チーム係長から
24. 7. 1	海 津 聡	情報戦略課会計チーム係長／情報基盤センター用度係長から
24. 7. 1	松 岡 喜美代	情報基盤課情報メディア教育支援チーム係長／情報基盤セン ター情報リテラシー教育支援係長から
24. 7. 1	前 田 光 教	情報基盤課情報メディア教育支援チーム係長／情報基盤セン ター専門職員から
24. 7. 1	伊 藤 真 之	情報基盤課情報メディア教育支援チーム係長／情報基盤セン ター電子教材係長から
24. 7. 1	佐 藤 英 之	情報基盤課学術情報チーム係長／情報基盤センター専門職員 から

24. 7. 1	小 松 陽 一	情報基盤課学術情報チーム係長／情報基盤センターデジタル・ライブラリ係長から
24. 7. 1	成 澤 めぐみ	情報基盤課学術情報チーム係長／情報基盤センター学術情報リテラシー係長から
24. 7. 1	井 爪 健 雄	情報基盤課ネットワークチーム係長／情報基盤センター分散システムセキュリティ支援係長から
24. 7. 1	下 田 哲 郎	情報基盤課ネットワークチーム係長／情報基盤センターネットワーク係長から
24. 7. 1	中 山 仁 史	情報基盤課ネットワークチーム係長／情報基盤センター専門職員から
24. 7. 1	宮 寄 洋	情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長／情報基盤センターシステム管理係長から
24. 7. 1	小 川 大 典	情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長／情報基盤センター専門職員から
24. 7. 1	佐 島 浩 之	情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長／情報基盤センター専門職員から
24. 7. 1	石 崎 勉	情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長／情報基盤センターシステム運用係長から
24. 7. 1	山 本 和 男	情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長／情報基盤センター専門職員から
24. 7. 1	丹 下 藤 夫	情報基盤課スーパーコンピューティングチーム係長／情報基盤センター専門職員から
24. 7. 1	原 田 浩	情報基盤課特任専門職員／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特任専門職員から
24. 7. 1	齊 藤 暁 子	情報戦略課総務チーム主任／農学系事務部総務課人事チーム主任から
24. 7. 1	永 岡 陽 香	情報戦略課総務チーム主任／情報基盤センターアプリケーション支援係主任から
24. 7. 1	木 崎 信 一	情報戦略課会計チーム主任／情報基盤センター会計係主任
24. 7. 1	岡 戸 彰 二	情報戦略課会計チーム主任／情報基盤センター用度係主任
24. 7. 1	山 口 拳 史	情報戦略課会計チーム主任／情報基盤センター用度係主任
24. 7. 1	高 橋 朝 一	情報戦略課研究支援チーム主任／情報基盤センター研究支援係主任から
24. 7. 1	安 部 達 巳	情報基盤課情報メディア教育支援チーム主任／情報基盤センター情報教育支援係から
24. 7. 1	松 本 浩 一	情報基盤課情報メディア教育支援チーム主任／情報基盤センター情報教育支援係主任から
24. 7. 1	坂 井 朱 美	情報基盤課情報メディア教育支援チーム主任／情報基盤センター電子教材係主任から

組 織

24. 7. 1	岩 藤 健 弘	情報基盤課情報メディア教育支援チーム主任／情報基盤センター電子教材係主任から
24. 7. 1	田 口 忠 祐	情報基盤課学術情報チーム主任／情報基盤センター図書館システム係主任から
24. 7. 1	胡 内 奈都子	情報基盤課学術情報チーム主任／情報基盤センターデジタル・ライブラリ係主任から
24. 7. 1	濱 田 智恵子	情報基盤課学術情報チーム主任／情報基盤センター学術情報リテラシー係主任から
24. 7. 1	小 菌 隆 弘	情報基盤課ネットワークチーム主任／情報基盤センター分散システムセキュリティ支援係主任から
24. 7. 1	友 西 大	情報基盤課ネットワークチーム主任／情報基盤センターネットワーク係主任から
24. 7. 1	佐 藤 孝 明	情報基盤課スーパーコンピューティングチーム主任／情報基盤センターシステム運用係主任から
24. 7. 1	中 田 幸 夫	情報戦略課総務チーム／情報基盤センター総務係から
24. 7. 1	諏 佐 賢 司	情報戦略課研究支援チーム／情報基盤センター研究支援係から
24. 7. 1	秋 田 英 範	情報基盤課情報メディア教育支援チーム／情報基盤センター情報リテラシー教育支援係から
24. 7. 1	駒 井 優 哉	情報基盤課ネットワークチーム／情報基盤センターネットワーク係から
24. 9. 1	山 崎 友 理	情報基盤課ネットワークチーム技術補佐員／新規
24.10. 1	廣 本 和 哉	情報システム支援課情報システム支援チーム／医学部附属病院事務部総務課医療安全管理チームから
25. 3. 1	竹 尾 朋 子	情報基盤課情報メディア教育支援チーム技術補佐員／新規
(転出・退職等)		
24. 7. 1	尾 越 和 博	情報システム部長 (免)
24.10. 1	伊與泉 文 彰	情報システム支援課情報システム支援チーム／生産技術研究所事務部総務課総務・広報チームへ

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23年4月1日～平成25年3月31日

平成24年4月1日

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
杉 原 正 顯	大学院情報理工学系研究科・教授	規則第3条第3号
須 田 礼 仁	大学院情報理工学系研究科・教授	規則第3条第3号
喜連川 優	生産技術研究所・教授	規則第3条第3号
林 謙	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 小野 靖 総長補佐（大学院新領域創成科学研究科・教授）

## 予 算

## 収入・支出

## 平成24年度決算額

## 収入

区 分	決算額 (千円)
受託研究費等収入	2,014,060
自己収入	479,664
計	2,493,724

## 支出

区 分	決算額 (千円)
人件費	676,014
物件費	3,242,662
計	3,918,676

## 外部資金

## 1) 科学研究費補助金(平成24年度)

内 訳	受入件数	受入額 (千円)
情報メディア教育研究部門	2	2,730
学術情報研究部門	9	16,800
ネットワーク研究部門	2	4,160
スーパーコンピューティング研究部門	8	18,300
情報システム部	1	300
計	22	42,290

## 2) 受託研究(平成24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	1	5,900
スーパーコンピューティング研究部門	2	42,511
計	3	48,411



## 3) 共同研究(平成24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	2	3, 0 0 0
ネットワーク研究部門	4	5 2 5
スーパーコンピューティング研究部門	8	1, 9 0 0
計	1 4	5, 4 2 5

## 4) 政府系委託費(平成24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	4	4 8 8, 9 3 4
計	4	4 8 8, 9 3 4

## 5) 政府系補助金(科学研究費補助金を除く。)(平成24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	1	1, 4 2 9, 0 0 0
計	1	1, 4 2 9, 0 0 0

## 補助金等

### 平成24年度 科学研究費助成事業採択状況

研究代表者 准教授 杉本 雅則  
研究種目 基盤研究 (B)  
研究期間 平成22～24年度  
研究課題 ロボットと拡張現実手法を融合したテーブルトップ協調学習支援環境の構築と評価  
研究費 4,940,000円 (平成24年度)

研究代表者 准教授 片桐 孝洋  
研究種目 基盤研究 (B) 【一部基金】  
研究期間 平成24～26年度  
研究課題 実行時自動チューニング機能付き疎行列反復解法ライブラリのエクサスケール化  
研究費 6,110,000円 (平成24年度)

研究代表者 准教授 品川 高廣  
研究種目 基盤研究 (C) 【基金】  
研究期間 平成24～26年度  
研究課題 準パススルー型仮想マシンモニタの研究  
研究費 1,950,000円 (平成24年度)

研究代表者 准教授 関谷 勇司  
研究種目 基盤研究 (C) 【基金】  
研究期間 平成23～25年度  
研究課題 DNSSECに対応した広域分散DNSサービス環境シミュレータの設計と実装  
研究費 1,040,000円 (平成24年度)

研究代表者 准教授 佐藤 周行  
研究種目 基盤研究 (C) 【基金】  
研究期間 平成23～25年度  
研究課題 認証・権限情報を制御可能なワークフロー特定ドメイン言語システムの研究  
研究費 2,340,000円 (平成24年度)

研究代表者	教授 金田 康正
研究種目	基盤研究 (C) 【基金】
研究期間	平成 24～26 年度
研究課題	科学技術計算に有用な超高速 4 倍長演算に関する研究
研究費	2,340,000 円 (平成 24 年度)
研究代表者	助教 吉田 稔
研究種目	基盤研究 (C) 【基金】
研究期間	平成 24～26 年度
研究課題	WWW上の多種メディア情報利用のための数値情報解析
研究費	2,860,000 円 (平成 24 年度)
研究代表者	助教 妙中 雄三
研究種目	基盤研究 (C) 【基金】
研究期間	平成 24～26 年度
研究課題	端末密集による無線 LAN 品質低下の改善に関する研究
研究費	3,120,000 円 (平成 24 年度)
研究代表者	教授 中川 裕志
研究種目	挑戦的萌芽研究 【基金】
研究期間	平成 24～25 年度
研究課題	相関を持つデータベースに対する差分プライバシーに関する研究
研究費	1,950,000 円 (平成 24 年度)
研究代表者	准教授 杉本 雅則
研究種目	挑戦的萌芽研究 【基金】
研究期間	平成 24～25 年度
研究課題	カメラ画像と超音波測距による可搬性を備えた高精度モーションキャプチャシステム
研究費	2,080,000 円 (平成 24 年度)
研究代表者	助教 丸山 一貴
研究種目	若手研究 (B) 【基金】
研究期間	平成 23～24 年度
研究課題	視覚的コンテキストによる検索結果の提示とナビゲーション
研究費	780,000 円 (平成 24 年度)

補助金等

研究代表者	助教 佐藤 一誠
研究種目	若手研究 (B) 【基金】
研究期間	平成 24～25 年度
研究課題	確率的潜在変数モデルを用いた分散学習と統合に関する研究
研究費	2, 210, 000 円 (平成 24 年度)
研究代表者	助教 大島 聡史
研究種目	若手研究 (B) 【基金】
研究期間	平成 24～25 年度
研究課題	G P U プログラム最適化のための指示文を用いた自動チューニング機構の開発
研究費	2, 210, 000 円 (平成 24 年度)
研究代表者	日本学術振興会特別研究員 松島 慎
研究種目	特別研究員奨励費
研究期間	平成 23～24 年度
研究課題	データストリーム環境におけるオンライン学習アルゴリズムの研究 (受入研究者: 中川裕志)
研究費	600, 000 円 (平成 24 年度)
研究代表者	日本学術振興会特別研究員 江原 遥
研究種目	特別研究員奨励費
研究期間	平成 24～25 年度
研究課題	心内辞書と語彙ネットワークの数理モデル化による第二言語運用支援システムの研究 (受入研究者: 中川裕志)
研究費	900, 000 円 (平成 24 年度)
研究代表者	日本学術振興会特別研究員 大岩 秀和
研究種目	特別研究員奨励費
研究期間	平成 24～26 年度
研究課題	ノイズを含むストリームデータ環境における省メモリかつ高速なオンライン学習 (受入研究者: 中川裕志)
研究費	1, 000, 000 円 (平成 24 年度)
研究代表者	一般職員 諏佐 賢司
研究種目	奨励研究
研究期間	平成 24 年度
研究課題	日本の大学における外国人職員の実態と役割に関する研究
研究費	300, 000 円 (平成 24 年度)

研究分担者	助教 實本 英之 (研究代表者：東京工業大学・松岡聡教授)
研究種目	基盤研究 (S)
研究期間	平成 24 年度
研究課題	10億並列・エクサスケールスーパーコンピュータの耐故障性基盤 (分担事項等：エクサスケールシステム障害復旧機構)
研究費	1,300,000 円 (平成 24 年度)
研究分担者	准教授 佐藤 周行 (研究代表者：情報理工学系研究科・須田礼二教授)
研究種目	基盤研究 (A)
研究期間	平成 24 年度
研究課題	汎用自動チューニング機構を実現するためのソフトウェア基盤の研究 (分担 事項等：プログラミング領域、特にアルゴリズム変種)
研究費	700,000 円 (平成 24 年度)
研究分担者	特任助教 鴨志田 良和 (研究代表者：情報理工学系研究科・須田礼二教授)
研究種目	基盤研究 (A)
研究期間	平成 24 年度
研究課題	汎用自動チューニング機構を実現するためのソフトウェア基盤の研究 (分担 事項等：システム領域、特に計量ログ手法)
研究費	700,000 円 (平成 24 年度)
研究分担者	准教授 杉本 雅則 (研究代表者：神戸大学・武田義明教授)
研究種目	基盤研究 (B)
研究期間	平成 24 年度
研究課題	位置計測技術を応用してフル・ボディ・インタラクションを実現した環境問 題学習ゲーム (分担事項等：システム開発・評価)
研究費	260,000 円 (平成 24 年度)
研究分担者	准教授 佐藤 周行 (研究代表者：法政大学・金井敦教授)
研究種目	基盤研究 (B)
研究期間	平成 24～26 年度
研究課題	ハイブリッドクラウドにおける動的セキュリティ検知・調停制御技術の研究 開発及び構築 (分担事項等：セキュリティ検知・可視化・ポリシ調停)
研究費	2,600,000 円 (平成 24 年度)

平成 24 年度 受託研究費受入状況

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 24～26 年度  
研究課題 自動チューニング機構を有するポストペタスケールアプリケーション開発・実行環境のための基盤ソフトウェア  
研究費 36,271,300 円 (平成 24 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 24～25 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 6,240,000 円 (平成 24 年度)

研究代表者 准教授 関谷 勇司  
相手機関名 (独) 情報通信研究機構  
研究期間 平成 24～25 年度  
研究課題 論理的管理仮想化ルータ群の連携機構の実装方法に関する研究開発  
研究費 5,900,000 円 (平成 24 年度)

平成 24 年度 共同研究費受入状況

研究代表者 准教授 片桐 孝洋  
相手機関名 (株) アールフロー  
研究期間 平成 23～24 年度  
研究課題 粉体解析の高度並列化に関する研究  
研究費 300,000 円 (平成 24 年度)

研究代表者 助教 宮本 大輔  
相手機関名 (独) 情報通信研究機構  
研究期間 平成 23～24 年度  
研究課題 人間の弱点を守るサイバーセキュリティの研究  
研究費 0 円 (平成 24 年度)

研究代表者	助教 妙中 雄三
相手機関名	(株)NTTPCコミュニケーションズ
研究期間	平成23～24年度
研究課題	高機能無線メッシュルータのプロトタイプ開発に関わる研究
研究費	525,000円(平成24年度)
研究代表者	准教授 中山 雅哉
相手機関名	(独)情報通信研究機構
研究期間	平成23～27年度
研究課題	センサーネットワークに関する研究開発
研究費	0円(平成24年度)
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24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24年度)
研究代表者	准教授 関谷 勇司
相手機関名	NEC(株)クラウドシステム研究所
研究期間	平成24年度
研究課題	OpenFlow制御アプリケーションの研究
研究費	0円(平成24年度)
研究代表者	教授 中川 裕志
相手機関名	(株)ネクスト
研究期間	平成24年度
研究課題	地域密着型メディアにおける情報レコメンデーション
研究費	0円(平成24年度)
研究代表者	教授 中川 裕志
相手機関名	(株)日立製作所
研究期間	平成24年度
研究課題	テキストベース保守履歴情報処理手法の研究ーシナリオ抽出方式検討ー
研究費	3,000,000円(平成24年度)

補助金等

研究代表者 教授 中島 研吾  
相手機関名 (独)理化学研究所  
研究期間 平成 24～27 年度  
研究課題 ポストペタスケールを目指したシステムソフトウェアに関する共同研究  
研究費 0 円 (平成 24 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 24 年度  
研究課題 スーパーコンピュータ「京」及び周辺ストレージシステムにおける大規模データ処理性能の評価研究  
研究費 0 円 (平成 24 年度)

研究代表者 教授 中島 研吾  
相手機関名 大成建設 (株)  
研究期間 平成 24 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 0 円 (平成 24 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 24～25 年度  
研究課題 将来の H P C I システムに関する研究  
研究費 0 円 (平成 24 年度)

研究代表者 准教授 片桐 孝洋  
相手機関名 国立大学法人愛媛大学・(株) 日立製作所  
研究期間 平成 24～26 年度  
研究課題 実行時自動チューニングの研究  
研究費 0 円 (平成 24 年度)

研究代表者 教授 石川 裕  
相手機関名 富士通 (株)  
研究期間 平成 24～25 年度  
研究課題 将来の H P C I システムに関する調査研究のための性能分析と検討  
研究費 0 円 (平成 24 年度)



## 平成 24 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 24 年度
研究課題	H P C I 共通運用システムの整備
研究費	35,220,000 円 (平成 24 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 24～28 年度
研究課題	H P C I の運営 (H P C I 共用ストレージ等の運用・保守)
研究費	392,400,000 円 (平成 24 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 24～25 年度
研究課題	レイテンシコアの高度化・高効率化による将来のH P C I システムに関する調査研究
研究費	45,550,000 円 (平成 24 年度)
研究代表者	准教授 佐藤 周行
相手機関名	総務省
研究期間	平成 24 年度
研究課題	情報流通連携のためのオープンな I D 連携プラットフォームにおけるプライバシー保護機能の高度化の研究開発
研究費	15,764,151 円 (平成 24 年度)

## 平成 24 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 24 年度
研究課題	「京」を中核とするH P C I の産業利用支援・裾野拡大のための設備拡充
研究費	1,429,000,000 円 (平成 24 年度)



PART 2

# センター活動報告

学際情報科学研究体

PART 2



# 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

HPCI（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）

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、情報基盤センターの研究部門を横断する形で活動する組織であり、以下のようなミッションを持つ。

- 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のは、次に掲げる専任の特任准教授1名と各研究部門を本務とする教員9名であった。

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)
片桐孝洋	准教授 (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)
品川高廣	准教授 (兼務; 情報メディア教育研究部門)
関谷勇司	准教授 (兼務; ネットワーク研究部門)
伊藤祥司	特任准教授
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)
妙中雄三	助教 (兼務; ネットワーク研究部門)
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。各兼務教員の研究成果等については、それぞれが所属する研究部門の活動報告のページをご覧ください。

**学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点:** 情報基盤センターは、8 大学 (東京大学の他に、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) のスーパーコンピュータセンターから構成されるネットワーク型の共同利用・共同研究拠点の中核機関として活動している。今年度は 8 大学全体で 35 件の公募型共同研究課題を採択し、共同研究を実施した。

**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):** 「京」コンピュータを中心に大学のスーパーコンピュータや大容量共用ストレージなどを連携させた、最先端の科学技術のための研究基盤である HPCI が、2012 年 9 月 28 日より本格運用を開始した。情報基盤センターでは、スーパーコンピュータや共用ストレージなどの資源を HPCI に提供するとともに、HPCI の運営に必要となる手順や支援システムなどを整備し、また実際の運営を行なった。

**PKI:** CSI UPKI プロジェクトの「オープンドメイン証明書発行実験」に参加し、従来から行っていたサーバ証明書の発行を継続した。また、無線 LAN ローミングサービス eduroam の実験などにも参加した。



# 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点

伊藤 祥司

研究支援チーム

## 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(公募課題の審議自体は課題審査委員会が実施し、拠点運営委員会が採択課題の承認を行う)。

## 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、京コンピュータを中心とする HPCI 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、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、分子科学会

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、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、名古屋大学情報連携基盤センター利用者懇談会、Sakai Foundation(本部:米国)、日本流体力学会、財団法人 科学技術交流財団(愛知県)、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、豊橋技術科学大学、日本バーチャリアリティー学会、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、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

ただし、上記は当拠点申請時のコミュニティであったが、当拠点採択後に起きた事業仕分けにより、次世代スーパーコンピュータ開発の位置付けの変更を余儀なくされ、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)や HPCI コンソーシアムが発足した。現状としては、上記のコミュニティのほとんどが HPCI システム構成機関や HPCI コンソーシアム会員となっており、当拠点の活動内容からも、現在の主な研究者コミュニティとはこれら HPCI 系のコミュニティであると捉えている。また、HPCI 系ではない機関であっても、当拠点運営委員、課題審査委員、各構成拠点の教員が中心的役割を担っている、または、実際に共同研究を実施してきている研究機関やコミュニティである。

## 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、国内では希少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 24 年度公募型共同研究の活動内容

平成 24 年度の公募型共同研究の活動内容は以下のとおり。

### 3.1 主なスケジュール

平成 23 年 11 月 15 日	平成 24 年度拠点共同研究の日程を掲載
平成 23 年 12 月 9 日	平成 24 年度拠点共同研究の募集要項を公開
平成 24 年 1 月 10 日	課題応募受付開始
平成 24 年 2 月 10 日	課題応募受付締切
平成 24 年 3 月 12 日	採否通知

平成 24 年 4 月 1 日	共同研究開始
平成 24 年 7 月 12、13 日	第 4 回シンポジウム
平成 25 年 3 月 15 日	共同研究終了
平成 25 年 5 月 13 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 39 件であった。課題審査委員による審査を経て、下表の 35 課題(60 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 24 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: 超大規模情報システム関連研究分野

研究課題名	研究課題代表者 (所属)	研究 分野	共同研究拠点
雲マイクロ物理過程と乱流混合との相互作用の 計算科学的解明	後藤俊幸 (名古屋工業大学)	数	名大
計算集約的統計手法による大規模経済データの実証分析	大西立顕 (東京大学)	デ	東大
高精度行列-行列積アルゴリズムにおける並列化手法の 開発	片桐孝洋 (東京大学)	数	東大
巨大地震発生サイクルシミュレーションの高度化	平原和朗 (京都大学)	数	東大、京大
* 分散クラウドシステムにおける遠隔連携技術	棟朝雅晴 (北海道大学)	情	北大、東大、東工大、 九大
放射線治療に関する計算機統計学的アプローチ	水田正弘 (北海道大学)	デ	北大
次世代ペタスケール CFD のアルゴリズム研究	佐々木大輔 (金沢工業大学)	数情	東北大、名大、阪大
並列プログラミング言語のシミュレーション宇宙物理学 における実践	村主崇行 (京都大学)	数	東工大
次世代ジオスペースシミュレーション拠点の構築	荻野瀧樹 (名古屋大学)	数 ネ情	東大、名大、九大
生体分子の大規模分子動力学計算に対する時系列解析と その応用	戸田幹人 (奈良女子大学)	デ	九大
高分子系粗視化シミュレーション基盤の 計算機科学的な高度化検討	萩田克美 (防衛大学校)	数デ 情	北大、東大、名大、阪大
分野横断型ハイパフォーマンス計算力学の新展開	牛島 省 (京都大学)	数	京大
スクラムジェットエンジンにおける超音速乱流燃焼の 数値シミュレーション	滝田謙一 (東北大学)	数	東北大
並列フラグメント分子軌道計算プログラム OpenFMO の 高性能化	南 一生 (理化学研究所)	数	九大
超並列宇宙プラズマ粒子シミュレーションの研究	臼井英之 (神戸大学)	数	京大、九大
移動境界問題及び連成計算の大規模流体シミュレーション と動的負荷分散の評価	高橋公也 (九州工業大学)	数	九大

超多自由度複雑流動現象解明のための計算科学	石原 卓 (名古屋大学)	数	名大
GPGPU による地震ハザード評価	青井 真 (防災科学技術研究所)	数	東工大
壁乱流の大規模組織構造の解明がもたらす エネルギー高効率化への貢献	辻 義之 (名古屋大学)	数情	名大
海溝型巨大地震を対象とした大規模並列地震波伝播 シミュレーション	竹中博士 (九州大学)	数	東大、東工大
分散型 e ポートフォリオの構築に向けた、 コンテンツ変換機能・移動機能に関する研究	大西淑雅 (九州工業大学)	ネ	東大
環オホーツク圏の海洋・大気シミュレーション	中村知裕 (北海道大学)	数	北大
超大規模数値計算に基づく核融合炉先進ブランケットデザ イン条件における高精度 MHD 熱伝達データベースの構築	山本義暢 (山梨大学)	数	東北大
クラウド基盤ミドルウェアのスケラビリティ向上に関する 研究	杉本章義 (筑波大学)	情	東大
*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	村田健史 (情報通信研究機構)	数デ ネ情	東北大、名大、阪大、 九大
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)	数	東大
感性情報による自然環境の観察・記録支援システムの 構築	斎藤 馨 (東京大学)	ネ	東大
量子アニーリングを用いた機械学習および データマイニングの並列アルゴリズム開発	宮下精二 (東京大学)	デ	東大
災害影響評価のための大規模マルチフィジックス・ シミュレータの高度・高性能化	田上大助 (九州大学)	数	九大
トレオニン合成酵素における反応制御機構の理論的解明	庄司光男 (筑波大学)	数	東大
ログ解析機構を備えた並列スクリプト実行システムの研究	倉光君郎 (横浜国立大学)	情	東大
大規模テキストを利用した経済指標分析手法 に関する研究	和泉 潔 (東京大学)	デ	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	奥田洋司 (東京大学)	数デ 情	北大、東北大、東大、 東工大、名大、京大、 阪大、九大
実在地域における建築・都市環境の総合数値予測	大嶋拓也 (新潟大学)	数	東大
大規模計算機空気冷却風速場の実時間解析と移動型 ネットワークセンサー連携による計測融合オペレーション	東田 学 (大阪大学)	数デ	東北大、阪大、九大

### 3.3 拠点シンポジウム

平成 24 年度は、シンポジウムを 1 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 4 回シンポジウム

開催日時：平成 24 年 7 月 12 日(木)、13 日(金)

開催場所：UDX GALLERY(秋葉原)

主な内容：平成 23 年度採択課題の最終審査(口頭発表 39 件)

平成 24 年度採択課題の研究紹介 (ポスター発表 35 件)

参加者数: 209 名 (大学 125 名、独法等研究機関 24 名、企業他 60 名)

案内 URL: <http://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/sympo/4th/>

## 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 (実務教員 WG または連絡教員 WG) 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。公募課題の審議は課題審査委員会が実施し、拠点運営委員会が採択課題の承認を行う。

第 8 回 平成 24 年 7 月 12 日 (於: 秋葉原 UDX GALLERY)

主な議題:

1. 規則改正について
2. 平成 23 年度予算決算について
3. 平成 24 年度予算について
4. 募集要項・課題申込書の見直しについて
5. 拠点の自己点検評価と外部評価について
6. HPCI の現況について

第 9 回 平成 24 年 11 月 9 日 (於: 北大事務局新館)

主な議題:

1. 拠点の外部評価について
2. 募集要項・課題申込書について
3. 研究成果に対する支援について

第 10 回 平成 25 年 2 月 8 日 (於: 東大センター)

主な議題:

1. 平成 25 年度公募型共同研究の採択について
2. 外部評価委員会について
3. 研究成果に対する支援について
4. 平成 24 年度公募型共同研究成果報告書について
5. 第 5 回拠点シンポジウム

### 4.2 課題審査委員会

第 6 回 平成 24 年 7 月 13 日 (於: 秋葉原 UDX GALLERY)

主な議題:

1. 平成 23 年度実施課題の最終評価について
2. 募集要項・課題申込書の見直しについて
3. 拠点の自己点検評価について
4. HPCI の現況について

第7回 平成25年2月8日(於:東大センター)

主な議題:

1. 平成25年度公募型共同研究課題審査について
2. 研究課題に対する支援について
3. 第5回拠点シンポジウム

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25年度共同研究募集要項、課題申込書の改訂
- 2) 平成25年度共同研究 応募課題審査要領の改訂
- 3) 各種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) 共同研究課題の実施要領作成(計算機リソース追加、共同研究者追加・削除等の事務的な実施要領)

## 5 外部評価の実施

### 5.1 外部評価の主旨

当拠点全体で取り組んで来た共同利用・共同研究活動と当拠点を構成する8構成拠点(8センター)それぞれの活動や特色に対する客観的な評価、および、今後の拠点活動に対する助言をいただくことを期待して実施した。さらに、文科省による拠点中間評価(2013年春～夏にかけて実施)に向け、事前に外部評価委員からアドバイスをいただくことも目的の1つである。外部評価自体は5名の委員(研究機関の理事長、所長、副学長、機構長、各種政府機関における委員長等の経歴を有するクラスの研究者。研究分野:計算科学、情報科学、マルチメディア、計算機科学)に委嘱し、2013年2月13日に実施した。

### 5.2 外部評価準備のスケジュール

外部評価れに向けての事前準備自体は、2012年7月から取り組まれ、外部評価準備WG(委員長:東京大学情報基盤センター 柴山悦哉 教授)を形成し、下記のとおり会合を開催した。

第1回 平成24年9月4日(於:東大センター)

主な議題:

1. 外部評価実施概要について
2. 外部評価準備要領について
3. 研究業績調査シートについて

第2回 平成24年10月31日(於:東大センター)

主な議題:

1. 拠点外部評価資料と実施要領に関する意見交換
2. 外部評価と準備に関するスケジュールについて

第3回 平成24年12月7日(於:東大センター)

主な議題:

1. 外部評価資料について
2. プレゼンテーション方針について

第4回 平成25年1月30日(於:九大センター)

主な議題:

1. プレゼンテーション資料について

### 5.3 外部評価に向けた作成資料

外部評価の主な資料は下記の(1)～(4)であり、最終版に至るまでには、上記の外部評価準備 WG の会合や拠点運営委員会での検討の度に改版を重ねた。2012 年 12 月下旬には最終版(2013 年 2 月版)を確定させ、全外部評価委員に発送した。また、外部評価当日には、全てのプレゼンテーションスライドを印刷した資料も配布した。

(1) 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 外部評価資料(要約)

(2) 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 外部評価資料(参考資料)

メインの資料は冊子(1)「外部評価資料(要約)」であり、この資料の中では冊子(2)「外部評価資料(参考資料)」に掲載した資料を適宜参照している(本来 1 冊の資料を本編と資料編に分冊にしたものである)。

冊子(1)では、当拠点のこれまでの活動に対する自己点検と今後の方向性について説明した。また、下記の冊子(3)(4)から当拠点の主なアクティビティを図表によりまとめた。そして、共同利用・共同研究拠点認定の際に文部科学省に提出した「当拠点の申請書」の“各センター(各構成拠点)が果たす役割”に対する各構成拠点の自己点検の要約として、「前半3年間のアクティビティ」と「現在の各構成拠点の特徴」を記載した。下記の冊子(3)(4)は、この自己点検の過程で作成した資料をまとめたものである。

(3) 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 外部評価資料(組織)

平成 22～24 年度に亘る当拠点全体と 8 構成拠点の共同利用・共同研究状況の詳細についてまとめた調書である。2013 年度に予定されている文部科学省による中間評価の調書様式案を元にした。この資料には冊子(4)の内容が反映されている。

(4) 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 外部評価資料(共同研究課題)

平成 22～24 年度の期間に亘り実施された共同研究課題(45 件)について、今回の外部評価の基礎資料として、拠点側共同研究者を介して研究業績を調査したものである。ただし、平成 24 年度の新規課題は、共同研究開始後半年程度のため、対象外とした。

### 5.4 外部評価

平成 25 年 2 月 13 日外部評価のスケジュール:

13:00～13:10	総括拠点長挨拶、外部評価委員紹介、外部評価進行方法の説明
13:10～13:30	拠点全体の説明と外部評価委員による質疑と応答(総括拠点長)
13:30～16:25	各構成拠点の活動と特徴(各構成拠点長または代理発表者) 各構成拠点 説明(15 分) + 外部評価委員による質疑と応答(5 分) 途中 15 分休憩
16:25～16:50	外部評価委員による全体質疑と応答
16:50～17:30	各外部評価委員からの評価と講評

ここでは、外部評価委員からの助言の内、当拠点活動全体に関する主な事柄について述べる。

外部評価委員から様々な指摘や助言が有った中で、全委員が言及されたこととして、文科省からの運営費が少ないにも関わらず、これだけの規模の拠点を形成し、拠点活動・運営全体を順調に取りまとめて推進してきたことに対する高評であった。これは、拠点運営委員会、課題審査委員会、当拠点発足時から形成していた 8 構成拠点のワーキンググループ(実務教員 WG または連絡教員 WG)や事務部門の連携と献身的な協力・取り組みが機能した成果でもある。また、それらが円滑に機能できるよう、中核拠点でも尽力してきた。

その他の当拠点全体の方向付けに関する主な助言として、8 構成拠点が同じことを行う方向付けよりも、各構成拠点が個々の特徴や独自性を出していくことが重要であり、互いに刺激し合うことや、個々の大学に対峙していく上で、バーチャルオーガナイズーションとしての当拠点での連携や議論



するなどの助言もあった。また、共同研究の支援を目的とするのか、研究により得られる成果を目指して活動していくのかの方向性については、今後の大きな分かれ道であるとの助言もあった。

当拠点活動や運営に対する直接的な意見では無いが、当拠点共同研究で実施された課題の中には、HPCI システム構築に大きく貢献した課題もあり、外部評価委員からは当拠点の研究成果として評価された。また、各構成拠点は HPC の教育研究機関を目指していくべきであるとの助言もいただいた。

## 6 HPCI システム利用のための制度変更と環境整備

当拠点の従来の運営に加え、平成 25 年度からは、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(HPCI)の計算機システム(HPCI システム)の一部である当構成拠点が提供する計算機システム(HPCI-JHPCN システム)を、当拠点共同研究の研究資源として使用することになった。

### 6.1 主な制度変更

1) HPCI-JHPCN システム利用の有無により課題申込み方法や申込書提出の Web ページも異なる

HPCI-JHPCN システムを利用する研究課題については、HPCI 利用研究課題の公募窓口を通して応募を受け付け、当拠点の趣旨に沿った課題が選定される。HPCI-JHPCN システムを利用しない研究課題については、従来どおりの方法で応募を受け付け課題審査される。

2) HPCI-JHPCN システムの基本的範囲の利用では施設利用負担金は徴収しない

3) 共同研究課題審査の方法

応募された共同研究課題については、各構成拠点に所属する教職員と外部委員から構成される共同研究課題審査委員会(当拠点が設置する委員会)、および、HPCI-JHPCN システムを利用する課題については、産学官の有識者から構成される HPCI 利用研究課題審査委員会において、科学技術上の妥当性、施設・設備を利用する必要性、利用・開発の実施可能性等について総合的かつ専門的に審査される。

### 6.2 HPCI システム利用に向けた環境整備

平成 25 年度公募型共同研究に向けて、2012 年 8 月から拠点内(統括拠点長、課題審査委員長、HPCI 連携窓口教員(拠点運営委員)、中核拠点教員)、および、文科省と RIST(HPCI の運用事務局)との間で実施検討と調整作業を行ない、実装に向けての個別検討と調整を行った。

主な調整事項や作業は下記のとおりであった。

- 1) HPCI 課題としての課題採択、実施要領を考慮した上での、当拠点における課題募集、審査、採択方法の検討
- 2) HPCI 申請支援システムをはじめ、HPCI の運用システムと当拠点の運用システムとの整合確認と拠点側システムの仕様変更作業
- 3) エンドユーザへの案内方法の検討(課題申込み手順、拠点版クイックスタートガイド作成、トラブルシューティング・QA 対応方法、採否通知も含めた各種アナウンス方法等)

## 7 拠点活動に関するその他の取り組み

### 7.1 経費助成

当拠点で採択された課題に対する支援の一環として、あらたに「経費助成」を実施した。

- 助成対象:  
JHPCN の公募型共同研究による成果を発表するための、「査読付き国際会議での発表旅費」、「論文掲載料」、「研究集会(ワークショップ等)の会場利用料」が対象である。

- 助成金額:

1 件 50 万円を上限として助成。同一の研究課題に対する助成は、各年度 1 回まで。

- 選考方法:  
JHPCNの課題審査委員会にて審査。申込後1ヶ月を目処に審査結果を研究課題代表者に通知する。
- 平成24年度実施課題に対する実施結果:  
平成25年1月17日(木)17:00 申込〆切  
申込み件数:1件(論文掲載料)、採択件数:1件(論文掲載料)

# HPCI(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)

實本英之 鴨志田良和 研究支援チーム スーパーコンピューティングチーム

## 1 HPCI 運用開始

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、「京」コンピュータを中核とし、「京」と国内の計算資源を連携して利用するためのものであり、計算資源を提供するシステム構成機関やユーザコミュニティ代表機関等からなる HPCI コンソーシアム( <http://hpci-c.jp/>)の主導によって構築されている。本センターもシステム構成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きており、2012年9月28日より運用を開始した。

本環境は、シングルサインオンを実現するユーザ認証システムと各計算機資源から利用可能な共用ストレージシステムを持ち、これらと、各システム構成機関を高速接続する学術情報ネットワーク(SINET4)により、シームレスな連携環境を実現している。

HPCI 運用事務局( <http://www.hpci-office.jp/>)である高度情報科学技術研究機構による第一回の課題募集が2012年5月9日～2012年6月22日の期間で行われた。東京大学の供出する計算機資源の利用課題は13件、共用ストレージシステムの利用課題は44件採択され、これに関してサービスを提供した。

## 2 情報基盤センターから提供する資源

東京大学情報基盤センターの資源は、本学本郷地区キャンパス、柏キャンパス(東拠点)および理化学研究所計算科学研究機構(西拠点)に分散して配置されている。

### 2.1 計算機資源

以下の表は各システムのノード単体性能である。

本郷地区キャンパス・HITACHI HA8000 スーパーコンピュータ 総計 512 ノード

CPU	AMD Opteron Processor 8356 (2.3GHz, 4cores) x 4
Memory	32GB
HDD	250GB (OS含む)
Network	Myrinet-10G (10Gbps) x 4

東拠点・データ解析可視化システム Fujitsu PRIMERGY RX200S6 総計 87 ノード

CPU	Intel Xeon Processor X5680 (3.33GHz, 6cores) x2
Memory	96GB
HDD	600GB (OS含む)
Network	InfiniBand 4xQDR (40Gbps)

東拠点・データ解析可視化システムアクセラレーション部 (GPUクラスター)  
HP ProLiant SL390s G7 2U 総計35ノード

CPU	Intel Xeon Processor X5670 (2.93GHz, 6cores) x2
Memory	48GB
HDD	1TB (OS含む)
GPU	Tesla M2050 (32ノードのみ)
Network	InfiniBand 4xQDR (40Gbps)

西拠点・データ解析システム JCS 2USBLH6 総計 88 ノード (22 筐体)

CPU	Intel Xeon Processor X5670 (2.93GHz, 6cores) x2
Memory	96GB
HDD	292GB (20ノードOS含む), 146GB (68ノードOS含む)
Network	InfiniBand 4xQDR (40Gbps)

## 2.2 ストレージ資源

前節に加え、HPCI を構成する各拠点から参照可能な大規模ストレージが存在し、柏キャンパス（東拠点）および理化学研究所計算科学研究機構（西拠点）に配置されている。

東拠点・共用ストレージシステム	6.3PB + 5.5PB (HDD)
東拠点・テープアーカイバ	20PB (Tape最大容量25PB)
西拠点・共用ストレージシステム	10PB (HDD)
西拠点・テープアーカイバ	60PB (Tape 最大容量95PB)

# PKI

佐藤周行

## PKI 概要

PKI はプロジェクトとして、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。2013 年 3 月末で参加部局は 11 部局を数え、それを含めサーバ証明書を発行したドメインは 31、運用開始からの審査枚数は 682 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性を強調している。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。

## 1 運用報告

### 1.1 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。2013 年 3 月末で参加部局は 11 部局を数え、サーバ証明書を発行したドメインは 31、累計発行枚数は 682 枚に及ぶ。

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。

2012 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 (アクティブ)
TRA (直接審査・発行)	83
(旧) 本部事務局	36
生産技術研究所	34
史料編纂所	31
情報基盤センター	24
理学系研究科	24
情報学環	11
医学部附属病院	11
総合文化研究科	10
数理科学研究科	9
空間情報科学研究センター	6
新領域創成科学研究科	6
開始時からの累計	682
アクティブな証明書	285

証明書の運用管理は、いわゆる 2010 年問題や DigiNotar の問題を経て、その専門性が強く意識されるようになった。監査の枠組みを含め、より effective な枠組みをどう構築するかは依然問題である。

## 1.2 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、ID を提供した。現在、認証サーバをテスト運用している。この運用の中で発行された ID は 30、部局の数は 10 を数える。出張先での Eduroam の利用が主たる目的である。

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。

## 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

ソフトウェアの信頼性とセキュリティに関する研究

田中 哲朗

ゲームプログラミングに関する研究

品川 高廣

準パススルー型仮想マシンモニタ「BitVisor」の研究

関谷 貴之

初学者によるプログラムトレーシングにおける誤答の分析  
及び計算機科学関連カリキュラムの分析

丸山 一貴

Twitterにおけるリツイート伝播分析と  
デュアルブート端末管理方式の研究



# 情報メディア教育研究部門

## 概要

部門長 柴山悦哉

情報メディア教育研究部門では、今年度、教授1名、准教授2名、助教2名(うち1名は2013年1月から客員研究員)が在籍して以下にあげるような研究を行った。

**実運用システムの設計・改善等を直接の目的とした研究:** 本研究部門が企画、設計、調達、構築、運用などに関与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るだけでは、安定的かつ効率的な運用は不可能であり、研究として解決すべき課題も多い。また、この規模と複雑さのシステムの実運用から得られた知見やノウハウには、他の組織にとって有用なものも多く、これらを系統的な形にまとめて公開することが研究活動として意味を持つこともある。

今年度は、2012年3月から運用を開始した教育用計算機システム ECCS2012 が、授業などで本格的に利用されるようになった最初の年である。そこで、設計上のゴールとして設定した学外サービスやユーザ所有機器との連携による利便性の向上、省電力、災害時のサービス継続性の向上、システム管理運用コストの抑制などの達成状況の評価を始めたところである。今年度の研究成果発表としては、以下のような内容のものを行なった。

- デュアルブート端末管理方式の研究(丸山)

**情報システムの構成や開発に関連した研究:** 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っている。今年度は以下のような研究と成果発表を行った。

- 通信プロトコルのソフトウェア実装を対象とした形式検証とテストに関する研究(柴山)
- Java アプリケーションを対象としたプログラム理解支援に関する研究(柴山)
- 将棋プログラムの大規模並列実行(田中)
- 仮想マシンモニタによるボランティアコンピューティング基盤の実現(品川)
- 仮想マシンモニタによる物理デバイスドライバ検証環境の実現(品川)
- 仮想マシンモニタによる OS 起動時間短縮(品川)
- 仮想マシンモニタによるスーパーコンピュータ向け仮想計算環境の実現(品川)

**情報メディアの使い勝手の向上と教育支援に関連した研究:** 本研究部門は、教育用計算機システム、メールホスティングサービスなど延べ合計では4万人以上のエンドユーザを対象に情報基盤を提供している。そのため、システムのユーザビリティの向上、情報メディアに容易にアクセスするための支援、情報技術を用いた教育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っている。今年度は次のような研究と成果発表を行った。

- 初学者によるプログラムとレーシングにおける誤答に関する分析(関谷)

- 計算機科学関連カリキュラムの分析 (関谷)
- Twitter におけるリツイート伝播分析 (丸山)

**その他の研究:** 今年度は、コンピュータゲームに関する次のような研究と成果発表を行った。

- 将棋プログラムの大規模並列実行 (田中)
- 入玉指向の将棋プログラムの作成 (田中)

## 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] 品川 高廣：クライアント向け仮想化ソフトウェア **BitVisor** のクラウドへの応用，アカデミッククラウドシンポジウム 2012 @北海道大学，札幌，2012年8月。
- [招待 2] 品川 高廣：Single-VM Virtualization ～最新技術と研究動向～，日本ソフトウェア科学会第29回大会併設チュートリアル：仮想化技術最前線，東京，2012年8月。

### 査読付論文

- [査読付 1] Izuru Kume, Masahide Nakamura, Etsuya Shibayama: Toward Understanding Side Effects in Framework Applications, *Proceedings of International Conference on Software Technology and Engineering*, pp. 589-594, 2012.
- [査読付 2] Kuniyasu Suzaki, Kengo Iijima, Akira Tanaka, Yutaka Oiwa, Etsuya Shibayama: Nested Virtual Machines and Proxies for Easily Implementable Rollback of Secure Communication, *USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation*, Poster, 2012.
- [査読付 3] Izuru Kume, Masahide Nakamura, Etsuya Shibayama: Toward Comprehension of Side Effects in Framework Applications as Feature Interactions, *Proceedings of Asia-Pacific Software Engineering Conference*, pp. 713-716, 2012.
- [査読付 4] Kuniyasu Suzaki, Kengo Iijima, Akira Tanaka, Yutaka Oiwa, and Etsuya Shibayama: Rollback Mechanism for Secure Communication Test with Nested Virtual Machines, *ACM ASPLOS Workshop on Runtime Environments, Systems, Layering and Virtualized Environments (RESOLVE)*, 2013.
- [査読付 5] 金子知適, 田中哲朗: 最善手の予測に基づくゲーム木探索の分散並列実行, 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 11, pp. 2517-2524, 2012年11月.
- [査読付 6] 滝瀬竜司, 田中哲朗: 入玉指向の将棋プログラムの作成, 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 11, pp. 2544-2551, 2012年11月.
- [査読付 7] 関谷 貴之, 山口 和紀, 山本 三雄: 初学者によるプログラムトレーシングにおける誤答に関する分析, 情報教育シンポジウム SSS2012, pp. 113-120, 2012年8月.
- [査読付 8] 関谷 貴之, 松田 源立, 山口 和紀: LDA と Isomap を用いた 計算機科学関連カリキュラムの分析, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.423-434, 2013年1月.
- [査読付 9] M. Yamamoto, T. Sekiya, and K. Yamaguchi. Skill Hierarchy Revised by SEM and Additional Skills. ITHET 2012, 11th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, Istanbul, TURKEY, 2012年6月.
- [査読付 10] 丸山 一貴, 関谷 貴之, 妹川 竜雄, 和田 佳久: 教育用計算機システムにおけるエージェント方式によるデュアルブート端末管理, 情報処理学会インターネットと運用技術シンポジウム 2012 論文集, pp.39-46, 2012年12月.
- [査読付 11] 丸山 一貴, 関谷 貴之, 妹川 竜雄, 和田 佳久: 教育用計算機システムにおけるエージェント方式によるデュアルブート端末管理, インターネットと運用技術シンポジウム 2012(IOTS2012), pp.39-46, 2012.

[査読付 12] Yusuke Ota, Kazutaka Maruyama, Minoru Terada: Discovery of Interesting Users in Twitter by Overlapping Propagation Paths of Retweets, Proceedings of the 2012 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI'12), pp.274–279, 2012.

## その他の発表論文

[発表 1] 久米出, 中村匡秀, 柴山悦哉: フレームワークアプリケーションに於ける逸脱効果の特徴付け手法, 情報処理学会研究会報告, 2012-SE-177(7), pp. 1-8, 2012.

[発表 2] 柴山悦哉, 自分たちの頭で考えろ!, 情報処理, Vol. 53, No. 11, p. 1217, 2012.

[発表 3] 久米出, 中村匡秀, 新田直也, 柴山悦哉: 動的解析によるフレームワーク学習に向けて, 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会 ウィンターワークショップ, 2013.

[発表 4] 柴山悦哉, 新誠一, 宮地充子, 田中英彦, 岩野和生: パネル討論「新時代の情報セキュリティ」, 情報処理学会全国大会, 2013.

[発表 5] 滝瀬竜司, 田中哲朗: 入玉後評価関数の作成, 第 17 回ゲーム・プログラミングワークショップ 2012, pp. 159-162, 箱根, 2012 年 11 月.

[発表 6] 忠鉢 洋輔, 品川 高廣, 加藤 和彦: 直感的ポリシー設定を可能にする動的な資源隔離機構, 第 124 回システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会, 情報処理学会研究報告, 第 2012-OS-124 巻, 情報処理学会, 2013 年 3 月.

[発表 7] 大久保 諒, 表 祐志, 品川 高廣, 加藤 和彦: 第 24 回 コンピュータシステム・シンポジウム (ComSys 2012) ポスターセッション, 東京, 2012 年 12 月. (学生ポスター賞受賞)

[発表 8] 品川 高廣: 次世代スパコン向けの軽量な仮想計算環境の実現に向けた研究開発, E-サイエンス若手・女性研究者シンポジウム 2012, 柏, 2012 年 10 月.

[発表 9] 芹川 大地, 表 祐志, 品川 高廣, 加藤 和彦: 2012 年並列/分散/協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012), 鳥取, 2012 年 7 月.

[発表 10] 島田 恭平, 表 祐志, 品川 高廣, 加藤 和彦: 2012 年並列/分散/協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012), 鳥取, 2012 年 7 月.

[発表 11] 猪俣 順平, 丸山 一貴, 寺田 実: ドラッグ操作による Java プログラムリファクタリングシステム, 情報処理学会研究報告 ソフトウェア工学 (SE), Vol.2013-SE-179, No.30, pp.1-6, 2013.

[発表 12] 大井 彩香, 丸山 一貴, 寺田 実: 履歴情報およびアプリケーション利用状況を考慮した Web 閲覧状況把握支援, 第 5 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, B6-1, 2013.

[発表 13] 安部 達巳, 田中 哲朗, 関谷 貴之, 丸山 一貴, 前田 光教, 有賀 浩: 教育用計算機ユーザ管理システムの改善と運用評価, 大学 ICT 推進協議会 2012 年度年次大会論文集, pp.277-281, 2012.

[発表 14] 丸山 一貴, 関谷 貴之: 教育用計算機システム ECCS2012 の構成, 大学 ICT 推進協議会 2012 年度年次大会論文集, pp.330-335, 2012.

[発表 15] 石川 斉, 丸山 一貴, 寺田 実: SNS の機能を利用したプログラミング学習支援, 情報処理学会・電子情報通信学会 第 11 回情報科学技術フォーラム (FIT2012) 講演論文集, K-032, 2012.

[発表 16] 佐々木 佳祐, 丸山 一貴, 寺田 実: スマートフォンでの利用に特化した Wiki システムの開発, 情報処理学会・電子情報通信学会 第 11 回情報科学技術フォーラム (FIT2012) 講演論文集, M-015, 2012.

[発表 17] 平山 拓朗, 丸山 一貴, 寺田 実: Web ブラウザを用いた手書きメモ共有システムの提案, 情報処理学会・電子情報通信学会 第 11 回情報科学技術フォーラム (FIT2012) 講演論文集, J-001, 2012.

## 公開ソフトウェア

[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: `gpsfish` (rev. 24), <http://gps.tanaka.ecc.u-tokyo.ac.jp/gpsshogi>, 2012 年 11 月.

[公開 2] BitVisor 1.3, <http://www.bitvisor.org/>, 2012 年 9 月

## 特記事項

[特記 1] GPS 将棋: 第 22 回世界コンピュータ将棋選手権優勝, コンピュータ将棋協会, 2012 年 5 月.

[特記 2] 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. 53, No. 11, page 2516, 2012 年 11 月.

[特記 3] 田中哲朗: ゲームの解決, 「数学」日本数学会編集 岩波書店発売, Vol. 65, No. 1, pp. 93-102, 2013 年 1 月.

[特記 4] BitVisor Summit 開催 (第 24 回コンピュータシステム・シンポジウム 併設イベント), 2012 年 12 月, <http://www.bitvisor.org/summit/>

## 報道関連

[報道 1] 朝日新聞 2012 年 5 月 8 日夕刊: 1 秒に 2 億手読んで V.

[報道 2] 読売新聞 2012 年 6 月 5 日夕刊: ボナンザ 2 次予選敗退.

[報道 3] 読売新聞 2012 年 6 月 12 日夕刊: GPS 将棋が 2 度目優勝.

[報道 4] 週刊将棋 2012 年 5 月 16 日号:GPS 将棋 V2.

[報道 5] 週刊現代 2012 年 6 月 9 日号: 名勝負今昔物語.

[報道 6] ニコニコ生放送 2012 年 12 月 15 日: 第 2 回電王戦記者会見.

[報道 7] 日刊工業新聞: 東大など、PC にセキュリティーソフトを瞬時導入する技術開発, 2012 年 9 月 28 日.

[報道 8] @IT: 国産セキュア VM、「BitVisor」がバージョンアップ, 2012 年 9 月 27 日.

[報道 9] Cloud Watch: セキュリティ用の仮想マシンモニター「BitVisor」新版～性能向上など, 2012 年 9 月 27 日.

[報道 10] ScanNetSecurity: 純国産セキュリティ対策仮想マシンモニタの最新版、より高速化を実現, 2012 年 9 月 26 日.

[報道 11] 東京大学情報基盤センター (プレスリリース): 国産仮想化ソフトウェア「BitVisor」の最新版を公開—セキュア VM の瞬時導入が可能に一, 2012 年 9 月 26 日.

- [報道 12] 株式会社イーゲル（プレスリリース）：64 ビットゲスト OS、バックグラウンド暗号化に対応し、より高速化した純国産セキュリティ対策仮想マシンモニタ、BitVisor の最新版 Version1.3 をリリース，2012 年 9 月 26 日．
- [報道 13] アルファシステムズ（プレスリリース）：東京大学情報基盤センター「教育用計算機システム」に授業支援ソフトウェア『V-Class』を導入，2012 年 4 月 26 日．
- [報道 14] 富士ゼロックス（プレスリリース）：いつでもどこでも簡単に出力できる機能など利便性の高いプリント環境を提供，2012 年 5 月 1 日．



# ソフトウェアの信頼性とセキュリティに関する研究

柴山 悦哉

## 1 概要

今日では、社会の隅々にまで情報システムが浸透するようになった。同時に、人々は情報システムにより強く依存するようになり、日々の生活にとって情報システムが不可欠な存在となっている。しかも、この傾向は今後さらに強くなることが予想されている。一方で、このように社会基盤化した情報システムでは、わずかな綻びがネットワーク効果により拡大することが珍しくない。また、情報システムを制御するソフトウェアは、巨大化・複雑化の一途をたどり、バグや脆弱性などの綻びの種が世の中に蔓延している。システム障害や悪意ある攻撃が、大事故・大事件につながる可能性は無視できないくらい大きい。

そこで、情報システムを制御するソフトウェアの信頼性、安定性、セキュリティなどを向上させるための研究活動を以前より行っている。今年度は、昨年度に引き続き、主として以下のような研究を行った。

1. 通信プロトコルのソフトウェア実装を対象とした形式検証とテストに関する研究 [査読付 2, 査読付 4]
2. Java アプリケーションを対象としたプログラム理解支援に関する研究 [査読付 1, 査読付 3, 発表 1, 発表 3]

最初の項目は、ネットワーク機器やネットワークに接続されたコンピュータで稼働するソフトウェアのうち、通信プロトコルの処理を行なうものを対象に、信頼性、安定性、セキュリティなどを向上させるために行なった研究に関するものである。このために、厳密性と網羅性を特長とする形式検証とサンプリングに基づくより軽量の手法であるソフトウェアテストを組み合わせた技法を、以前から提案している。今年度は、セキュリティプロトコルとして有名で、インターネットで広く使われている TLS (Transport Layer Security) のソフトウェア実装を対象とした事例研究などを行なった。また、通信プロトコルのソフトウェア実装のためのブラックボックステストを自動化するツールを構築するにあたり、二重にネストした仮想マシンを用いる手法を提案し、その有効性を評価するための実証実験も行なった。

2 番目の項目は、ソフトウェアの設計や動作の理解を促進するための支援技術に関する研究である。今年度は、フレームワークを用いて構築される Java アプリケーションを対象に、ソフトウェアを構成するクラスを、(1) フレームワークに属するもの、(2) Java の標準ライブラリなどのフレームワーク以外のライブラリに属するもの、(3) アプリケーション固有のものに三種類に分け、これらの境界を超えるメソッド呼び出しに注目することで、Inversion of Control などのプログラム理解の妨げとなる現象の了解性を高める方式について検討を行なった。

これらの研究の他に、今年度は、2012 年 9 月 28 日から本格運用が開始され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) の利用者支援システムの整備を行なった。この利用者

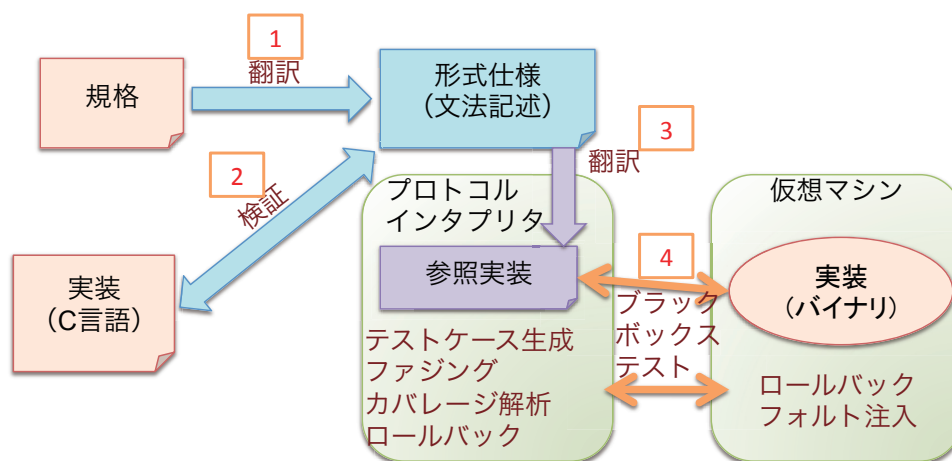


図 1: 全体の構成

支援システムは、HPCI 利用者のためのヘルプデスクとコンテンツマネジメントシステム (CMS) から構成されている。HPCI では、スーパーコンピュータやストレージが複数の機関に分散配置されており、運用担当者も全国に分散しているが、この利用者支援システムを用いることで、利用者の問い合わせや広報の窓口を一カ所にまとめることができる。

## 2 通信プロトコルのソフトウェア実装を対象とした形式検証とテストに関する研究

### 2.1 背景

インターネットや Web は、今日の我々の社会において必要不可欠なインフラとなっている。そして、このインフラを構成する要素技術として、TCP/IP, HTTP, SSL/TLS などの通信プロトコルは非常に重要なものであり、これらプロトコルの実装が安定動作しないと、社会に大きな不安を引き起こす可能性がある。

しかし、これらプロトコルの実装が、社会的要請に応えるに十分な信頼性を持っているとは必ずしも言えないのが現状である。プロトコルの設計自体に問題が指摘されるケースもあれば、ネットワーク機器やネットワークに接続されたコンピュータで稼働するプロトコル実装のバグが指摘されるケースもある。これらのうちの一部は、ネットワーク停止やセキュリティ侵害など、社会基盤としての情報システムの信頼性やセキュリティに深刻な影響を与えるものである。しかも、些細な実装のミスが、大問題に発展することもある。たとえば、パケットの構文解析部のバグにより、規約に違反した長さのパケットを受け取った時にネットワーク機器が不調をきたし、本センターのサービスに重大な障害が発生したケースも現に存在する。

一方で、ソフトウェアの検証あるいは検査を行うための技術は少しずつではあるが進歩しており、定理証明支援系を用いた形式検証、モデル検査、テストケースの自動生成、フォルトインジェクションなどの研究が進んでいる。これらの技術を組み合わせることで、ネットワークプロトコルを実装するソフトウェアの信頼性やセキュリティを向上させることができる可能性がある。

### 2.2 内容

前節で述べたような検証や検査の技術を組み合わせることで、通信プロトコルのソフトウェア実装の信頼性、安定性、セキュリティを高める方式について、一昨年度から継続して研究を行なっている。基本的なアイデアは次のようなものである (図 1)。

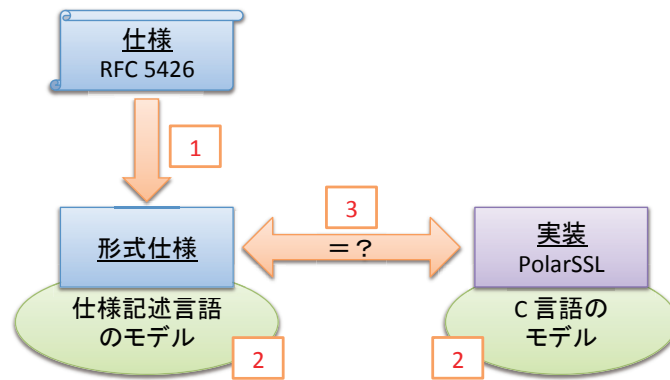


図 2: 形式検証

1. 自然言語等で記述されたプロトコルの仕様 (図 1 では「規格」) を形式的で機械可読な形式に翻訳した形式仕様を作成する。
2. ソースコードが入手可能なプロトコル実装 (図 1 では「実装 (C 言語)」) の形式検証を 1 で得られた形式仕様に基づき行う。
3. 1 で得られた形式仕様から実行可能なプログラムを抽出し、参照実装を得る。
4. 参照実装とテスト対象となる実装 (図 1) では「実装 (バイナリ)」) を対向でつなげてテストを行う。

今年度は、以上のような方式を実現するための要素技術の開発とこの方式の妥当性を評価するための実証実験を行なった。実証実験では、セキュアプロトコルとして重要な TLS (Transport Layer Security) を対象とした。

形式検証の対象としたのは、TLS のソフトウェア実装の一つである PolarSSL のソースコードのうち、TLS の ClientHello メッセージの構文解析を行なう関数 (ssl\_parse\_client\_hello) である。この関数は、コメント等を除いて 85 行程度の規模で、C 言語により記述されている。形式検証方式の概要は次の通りである (図 2)。

1. プロトコルの形式仕様を記述する言語を設計し、TLS の仕様である RFC 5426 から、手作業でこの仕様記述言語に変換を行なう。
2. 形式仕様記述言語と C 言語の意味モデルを定理証明支援系 Coq を用いて定義する。
3. 1 で作成した形式仕様記述と ClientHello の定義に対し、PolarSSL の ssl\_parse\_client\_hello 関数がこのメッセージの構文解析を行なうものであることを Coq を用いて半自動的に検証

ssl\_parse\_client\_hello 関数の定義は短いものではあるが、典型的なバイナリプロトコルの構文解析を行なっており、この分野での、この方式自体の実用性は高いと予想される。

一方、テストの対象としたのは、TLS の四つのソフトウェア実装 (OpenSSL, CyaSSL, GnuTLS, PolarSSL) であり、実際に実証実験に用いたのは、各実装のハンドシェイク (ただし SSL 証明書の検証部は除く) の処理を行なう部分である。このような選択を行なったのは、セキュアプロトコルとして重要で脆弱性が問題となりやすい箇所が、ハンドシェイクの部分に集中的に現れるためである。

参照実装とテスト対象となる実装を対向でつなげてテストを行なうときに重要となる要素技術として、次の 2 項目がある。

- 異常系を含むテストケースの自動生成

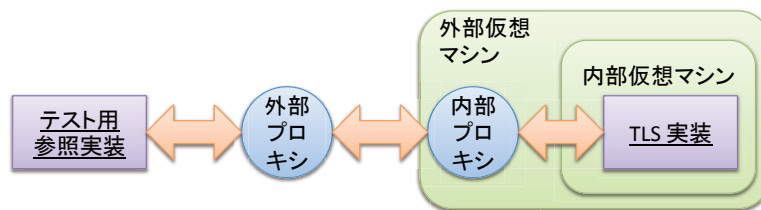


図 3: 二重の仮想化

表 1: ブラックボックステストの結果

	テスト回数	Handshake 失敗	予期せぬ TCP 切断	Timeout すべき箇所ですでに返答	未分類の失敗
CyaSSL 2.4.2	2324	1354	597	120	5
GnuTLS 3.1.5	2311	279	585	113	3
OpenSSL 1.0.1c	2311	249	185	119	247
PolarSSL 1.2.3	2311	279	574	122	18

- ブラックボックス実装のロールバックを含むテストの制御

最初の要素技術を用いて、網羅的なテストのためのテストケースを生成し、2 番目の要素技術を用いて、バックトラック実行を可能とすることで網羅的なテストを効率的に行なう。

以下では、2 番目の要素技術の概要を述べる。ブラックボックス実装を仮想マシンの中で動かした場合、仮想マシンモニタの機能を用いてスナップショットを取ることができる。単純に考えると、このスナップショットから過去の仮想マシンの状態を復元することで、ロールバックが容易に行なえると思うかもしれない。しかし、この方法で復元できるのは 1 台の仮想マシンの状態である。対向で通信する 2 台のコンピュータによるテストの状態を復元するためには、分散スナップショットを取る必要がある。すなわち、2 台のコンピュータとその間のネットワークの状態に関して、矛盾の無いスナップショットが必要になる。

そこで、仮想マシンを二重にネストさせ、さらに二つのプロキシを用いる方式を考案した(図 3)。この方式では、ネットワークの状態を図 3 の内部プロキシに持たせ、内部プロキシを外部仮想マシン上で稼働させることにする。さらに外部プロキシには状態を持たせないようにすることで、外部仮想マシンモニタのスナップショット機能により、ロールバックに必要な状態を取得することが可能となる。なお、実験では、内部仮想マシンモニタとして QEMU、外部仮想マシンモニタとして KVM を用いた。

この仕組みと自動生成した異常系のテストケースを用いて、上で述べた 4 種類のソフトウェア実装をテストした結果を表 1 に示す。

### 2.3 具体的成果

基本的な方式と事例研究を通して、具体的な形式仕様記述言語の設計、TLS 仕様の一部を対象とした記述例、異常系を含むテストケースと参照実装を自動生成するツール、ロールバックを含むブラックボックステストの自動実行系などを開発した。また、実際に使われている TLS 実装のバグを 3 件発見し、開発者に報告した。

## 3 HPCIの整備

### 3.1 背景

2012年9月28日より、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) の本格運用が始まった。これは、スーパーコンピュータ「京」、9大学センターに設置されたスーパーコンピュータ群、大容量の共用ストレージ、高速ネットワークを利用し、計算科学に基づく先端的研究開発を推進する国家事業である。

スーパーコンピュータなどの資源を提供する全国のセンター群は、従来、基本的に独立に活動してきた。その結果、申請や問い合わせの窓口、発行されるアカウントがセンター毎に分かれており、複数センターのスーパーコンピュータ間でのデータの共有や交換も容易ではなかった。特に、複数センターを利用して先端的科学研究を行なう研究者にとって、利便性の問題が大きかった。

### 3.2 内容

今年度は、文部科学省委託業務「HPCI 共通運用システムの整備」により、複数センターの利用を円滑に行なうために、次のような仕組みを導入するための整備が行なわれた。

1. 申請支援システム、ヘルプデスクシステム、コンテンツマネジメントシステム (CMS) の導入による申請、問い合わせ、広報窓口の統一
2. シングルサインオンによるスーパーコンピュータや大容量ストレージの利用
3. SINET によるスーパーコンピュータの高速ネットワークへの接続
4. 大容量ストレージによるデータ共有

このうち、ヘルプデスクシステムと CMS の整備を担当した。これらのシステムは、概ね次のような利用方法を想定したものである (図4)。

1. 課題採択者等が、ワンストップの窓口であるヘルプデスクシステムを介して、問い合わせを行なう。
2. ヘルプデスク担当者が切り分けを行い、問い合わせを適切な機関に転送する。
3. 問題を解決した機関からの回答が、ヘルプデスクシステム経由で通知される。
4. 各センターの担当者が、運用や障害などに関する広報を作成する。全国のセンターの広報が一カ所に集められ、課題採択者等の閲覧に供される。
5. HPCI の採択課題を単位とした閉じた情報共有の空間を作り、課題採択者間で Wiki や Blog のインタフェースによる情報共有を行なう。

### 3.3 具体的成果

HPCI の本格運用が開始した9月28日から HPCI ヘルプデスクの運用も開始し、実用に供されている。今年度は、ユーザからの1000件以上の問い合わせの処理や記録のために利用されている。

## 4 成果要覧

### 査読付論文

[査読付1] Izuru Kume, Masahide Nakamura, Etsuya Shibayama: Toward Understanding Side Effects in Framework Applications, *Proceedings of International Conference on Software Technology and Engineering*, pp. 589-594, 2012.

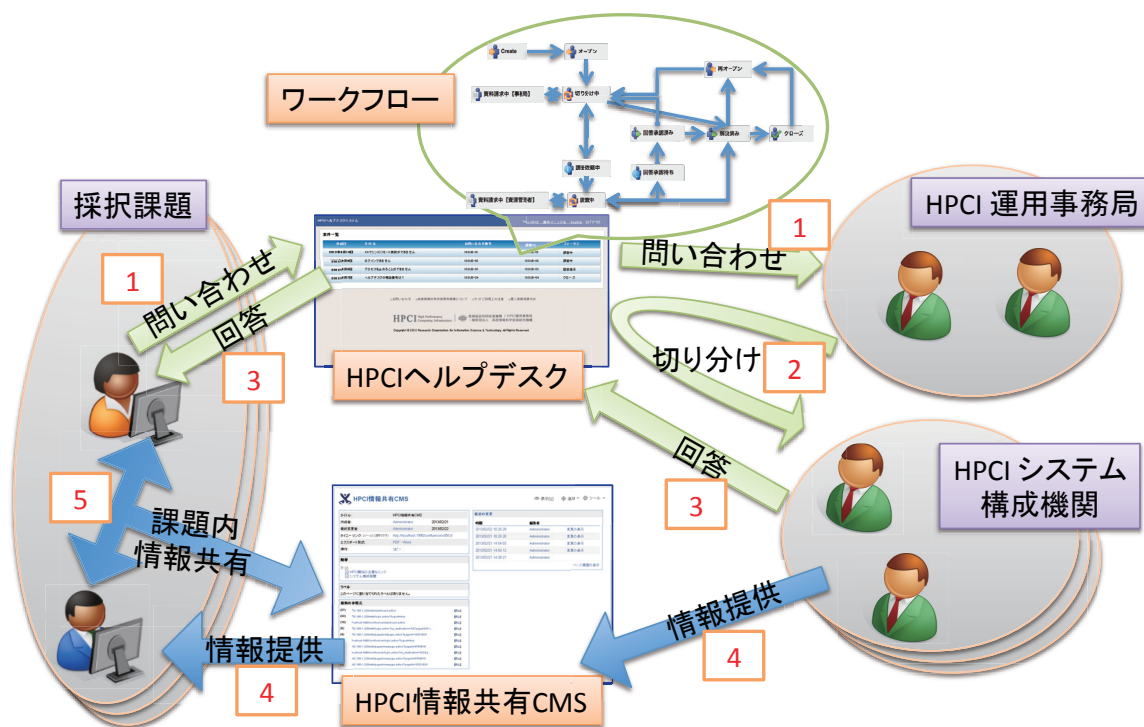


図 4: HPCI ヘルプデスクシステムと HPCI 情報共有 CMS

[査読付 2] Kuniyasu Suzaki, Kengo Iijima, Akira Tanaka, Yutaka Oiwa, Etsuya Shibayama: Nested Virtual Machines and Proxies for Easily Implementable Rollback of Secure Communication, *USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation*, Poster, 2012.

[査読付 3] Izuru Kume, Masahide Nakamura, Etsuya Shibayama: Toward Comprehension of Side Effects in Framework Applications as Feature Interactions, *Proceedings of Asia-Pacific Software Engineering Conference*, pp. 713-716, 2012.

[査読付 4] Kuniyasu Suzaki, Kengo Iijima, Akira Tanaka, Yutaka Oiwa, and Etsuya Shibayama: Rollback Mechanism for Secure Communication Test with Nested Virtual Machines, *ACM ASPLOS Workshop on Runtime Environments, Systems, Layering and Virtualized Environments (RESOLVE)*, 2013.

### その他の発表論文

[発表 1] 久米出, 中村匡秀, 柴山悦哉: フレームワークアプリケーションに於ける逸脱効果の特徴付け手法, *情報処理学会研究会報告*, 2012-SE-177(7), pp. 1-8, 2012.

[発表 2] 柴山悦哉, 自分たちの頭で考えろ!, *情報処理*, Vol. 53, No. 11, p. 1217, 2012.

[発表 3] 久米出, 中村匡秀, 新田直也, 柴山悦哉: 動的解析によるフレームワーク学習に向けて, *情報処理学会 ソフトウェア工学研究会 ウィンターワークショップ*, 2013.

[発表 4] 柴山悦哉, 新誠一, 宮地充子, 田中英彦, 岩野和生: パネル討論「新時代の情報セキュリティ」, *情報処理学会全国大会*, 2013.

# 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 [公開 1]。2010年度から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、大会で優勝する強さのクラスタ並列版プログラムを作成した [査読付 1]。

他にも、入玉指向の将棋プログラムの作成 [査読付 2, 発表 1] 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ったが、将棋も同様のレベルに達しつつあり、トッププロに挑戦するイベントが開かれるなど [報道 6]、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 [公開 1]。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卒業生の他に、総合文化研究科の教員、ポスドク、会社員などが加わっている。2012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きている。

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一ノードを重複して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。

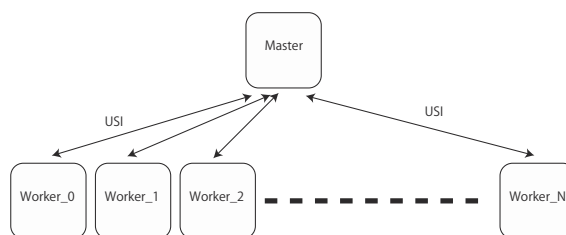


図 1: マスターワーカーモデルによる実現

- 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り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。

将棋における大規模クラスタ並列化には、GPS 将棋が 2010 年度から取り組んでいるが、今年度は研究を更に進展させて、耐故障性の向上、再探索により深い探索をおこなわせる試みに取り組んだ。

## 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、GPS 将棋では、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ている。

実装を容易にするために図 1 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、PV 候補のいくつかの手について、複数のワーカーを使って並列に探索 (presearch) し、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。昨年度まではワーカー 1 つに複数の PV を探索させていたが、複数のワーカーを使うことにより、この段階でより深い読みをおこなうことが可能になった。
- 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。
- 木の浅いところの「残りの手」が有力そうだと分かった時は、他のノードを探索中だった複数のワーカーを再割り当てして、深く読ませる。

第 22 回世界コンピュータ選手権に以下の構成で参加した。

- マスター Xeon X5365(3GHz) x 2, 8core, マスタープログラム (C++) のみを動かす。



表 1: 世界コンピュータ将棋選手権 2 次予選での 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	8 回戦	9 回戦
対戦相手	技巧	Blunder	YSS	Selene	Puella $\alpha$	激指	習甦	ponanza	ツツカナ
GPS の手番	先手	後手	先手	後手	後手	後手	先手	先手	後手
勝敗	勝	勝	負	勝	勝	勝	勝	勝	負

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	激指	習甦	Blunder	YSS	ツツカナ	Puella $\alpha$	ponanza
GPS の手番	後手	先手	後手	先手	後手	先手	先手
勝敗	勝	勝	勝	勝	勝	負	勝

- ワーカー

- Xeon X5690(3.47GHz) x 2, 12core
- Xeon X5570(2.93GHz) x 2, 8core
- Xeon X5470(3.33GHz) x 2, 8 core
- Xeon W3680(3.33GHz), 6 core
- Opteron 2376 (2.3GHz) x 2, 8 core 3 台
- Phenom II X4 965(3.4GHz), 6 core
- Core i5(2.5GHz), 4 core 788 台

## 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 22 回世界コンピュータ将棋選手権における成績は表 1, 2 に示すように、二次予選 7 勝 2 敗、決勝 6 勝 1 敗の成績で優勝した [報道 1, 報道 2, 報道 3, 報道 4]。

選手権での優勝により、GPS 将棋はコンピュータ将棋と将棋のプロ棋士との団体戦である第 2 回電王戦の出場権を得た。第 2 回電王戦は 2013 年 3 月から 4 月にかけておこなわれ、GPS 将棋は 4 月 20 日に三浦八段と対戦する。

## 3 入玉指向の将棋プログラムの作成

### 3.1 背景

対コンピュータ将棋戦略を研究しているアマチュア強豪の多くが、コンピュータ将棋の苦手な展開がいくつかあることを指摘している。そこで指摘されている展開の一つが入玉絡みの展開である。

自分の玉を敵陣(相手側の 3 段以内)に移動する入玉と言う。入玉して成駒で周りを固めると、敵から詰まされにくくなるので有利になる。両方の玉が入玉すると、両者共に相手玉を詰ますことができなくなり、勝負が終わらなくなるので、駒の点数を計算して、それによって勝敗および持将棋(引き分け)を判定する。

コンピュータ将棋の特徴を決めるのは評価関数と探索だが、コンピュータ将棋が入玉絡みの局面を苦手としている原因としては、入玉絡みの局面の評価関数が適切でないことがあると指摘されている。



図 2: 先手勝勢だが Bonanza が後手良しと判断する局面

図 2 は、先手勝勢だがオープンソースの強豪将棋プログラムとして知られる Bonanza は後手良しと判断する。

2011 年度は、入玉可能性の高い局面を検出する特徴である「入玉ステップ数」を以下のような探索によって求め、その重みパラメータを学習によって決定した評価関数を用いる方法を提案し、効果を確かめた [査読付 2] が、2012 年度は、どちらかの玉が入玉を果たした後に勝ちに近づけるような評価関数の作成を試みた [発表 1]。

### 3.2 内容

Bonanza の最新版 (Bonanza version 6) では、評価関数の特徴として玉を含むすべての 3 駒の関係 (駒の種類と座標) を用いている。その重みパラメータを、どちらかの玉が敵陣 (相手側の 3 段以内) に入った局面 (以下では入玉局面とする) から指された手のみを教師として、学習によって決定した評価関数 (以下では入玉後評価関数) を作成し、入玉局面の探索では、非入玉局面用の評価関数と切り替えて用いる方法を提案する。

### 3.3 具体的成果

プロの棋譜と将棋倶楽部 24 の棋譜集の棋譜計 525119 棋譜の中から入玉した 16185 棋譜中の 15000 局を用いて、入玉後評価関数の学習を行った。

提案する手法の有効性を確認するために、以下の条件で、提案手法のプログラム (AfterEking) と標準の Bonanza 対戦実験をおこなった。

- プロの棋譜と将棋倶楽部 24 の棋譜で学習に用いなかった棋譜で入玉した局面から開始する。
- 相手時間を使用した先読み (ponder) は用いない。
- 思考ノード数を 250000 (用いた計算機では一秒程度の思考時間に相当) に制限。
- 評価値が手番のプレイヤーにとって、-5000 を下回った時に投了
- 宣言法による勝ち条件が満たされたプレイヤーは宣言勝ちをおこなう。
- 総手数 が 2048 手になったら引き分けとする。

表 3: 対戦結果 (対戦相手は BonanzaStd)

プログラム	先手番			後手番			勝率
	勝ち (宣言勝ち)	負け (宣言勝ち)	引き分け	勝ち (宣言勝ち)	負け (宣言勝ち)	引き分け	
AfterEking	282(38)	217(22)	1	305(37)	194(19)	1	0.588

- 先手、後手それぞれ 500局の計 1000局対戦

対局に用いた棋譜は、学習に用いなかった 1185 棋譜の中から選んだ。棋譜を選ぶ基準として、入玉後の指し手の総数を考え、入玉後 15 手以上指している棋譜とした。これは入玉棋譜の中では入玉した後にすぐ詰まされるものも多いが、将棋の熟達者によると入玉後 15 手以上指していれば、差のついた局面である可能性は低いということで 15 手以上とした。

対戦実験の結果を表 3 に示す。

入玉局面で学習させた AfterEking は勝率 0.588 と 5 割を大きく上回り、カイ二乗検定によって有意に勝ち越していることが確認できた。また、宣言勝ちの回数についても標準の bonanza の倍近く増加した。

## 4 成果要覧

### 査読付論文

[査読付 1] 金子知適, 田中哲朗: 最善手の予測に基づくゲーム木探索の分散並列実行, 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 11, pp. 2517-2524, 2012 年 11 月.

[査読付 2] 滝瀬竜司, 田中哲朗: 入玉指向の将棋プログラムの作成, 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 11, pp. 2544-2551, 2012 年 11 月.

### その他の発表論文

[発表 1] 滝瀬竜司, 田中哲朗: 入玉後評価関数の作成, 第 17 回ゲーム・プログラミングワークショップ 2012, pp. 159-162, 箱根, 2012 年 11 月.

### 公開ソフトウェア

[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: gpsfish (rev. 24), <http://gps.tanaka.ecc.u-tokyo.ac.jp/gpsshogi>, 2012 年 11 月.

### 特記事項

[特記 1] GPS 将棋: 第 22 回世界コンピュータ将棋選手権優勝, コンピュータ将棋協会, 2012 年 5 月.

[特記 2] 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. 53, No. 11, page 2516, 2012 年 11 月.

[特記 3] 田中哲朗: ゲームの解決, 「数学」日本数学会編集 岩波書店発売, Vol. 65, No. 1, pp. 93-102, 2013 年 1 月.

### 報道関連

[報道 1] 朝日新聞 2012 年 5 月 8 日夕刊: 1 秒に 2 億手読んで V.

[報道 2] 読売新聞 2012 年 6 月 5 日夕刊: ボナンザ 2 次予選敗退.

[報道 3] 読売新聞 2012 年 6 月 12 日夕刊: GPS 将棋が 2 度目優勝.

[報道4] 週刊将棋 2012年5月16日号:GPS将棋V2.

[報道5] 週刊現代 2012年6月9日号:名勝負今昔物語.

[報道6] ニコニコ生放送 2012年12月15日:第2回電王戦記者会見.

# 準パススルー型仮想マシンモニタ「BitVisor」の研究

品川 高廣

## 1 概要

本研究は、仮想マシンモニタやハイパーバイザと呼ばれるシステムソフトウェアに関するものである。仮想マシンモニタとは、オペレーティングシステム（OS）の下で動作してハードウェアを仮想化するソフトウェアであり、既存の OS に依存することなく新たな機能の追加を安全かつ容易に実現できるといった利点がある。そのため、近年様々な応用に向けた研究が盛んにおこなわれている。

本研究で対象としているのは、我々が考案した「準パススルー型」という新しいアーキテクチャの仮想マシンモニタである。準パススルー型とは、物理的なハードウェアを敢えて仮想化せずに可能な限り OS に対して直接そのまま見せる、すなわち OS からハードウェアへのアクセスをなるべく通過（パススルー）させつつ、必要最小限のアクセスだけを捕捉・変換する方式である。準パススルー型アーキテクチャは、(1) OS よりも高いセキュリティを実現できる、(2) OS の機能に依存せずに新たな機能を追加できるといった仮想マシンモニタの利点を保ちつつも、VMWare や Xen のような従来型アーキテクチャの仮想マシンモニタと比べて、(1) 仮想化のオーバーヘッドを大幅に削減できる、(2) ゲスト OS がハードウェアの機能を最大限活用できる、といった利点がある。

平成 24 年度は、準パススルー型アーキテクチャを実装した仮想マシンモニタ「BitVisor」をベースとして、主に以下の 4 つのテーマに関して研究をおこなった。

- 仮想マシンモニタによるボランティアコンピューティング基盤の実現 [発表 4]

企業等の科学技術計算を一般ユーザの PC 上で行うボランティアコンピューティングにおいて、情報漏洩や情報破壊、計算結果の改ざんなど、一般ユーザ側と企業側の双方のセキュリティ問題を同時に解決しつつ、オーバーヘッドも低く抑えられる計算基盤を実現した。

- 仮想マシンモニタによる物理デバイスドライバ検証環境の実現 [発表 5]

物理デバイスのデバイスドライバのデバッグや検証を目的として、仮想マシンモニタにより物理デバイスの状態を微妙に変化させることによって通常は起こりにくい状況を作り出し、デバイスドライバが適切に対応できるかどうか検証できる環境を実現した。

- 仮想マシンモニタによる OS 起動時間短縮 [発表 2]

OS の起動時間短縮を目的として、OS 起動時のディスクへのランダムアクセスがシーケンシャルアクセスになるように OS からは透過的にディスクの配置変換をおこない、OS 起動の初期フェーズにおいてもディスクアクセスがボトルネックにならないようにすることを可能にした。

- 仮想マシンモニタによるスーパーコンピュータ向け仮想計算環境の実現 [発表 3]

多数のノードから構成されるスーパーコンピュータ環境において、OS のオーバーヘッドを最小化するために OS のカスタマイズを可能にしつつ、必要な安全性や管理を仮想マシンモニタを用いて極めて低いオーバーヘッドで実現する仕組みについて研究をおこなった。

これらの研究は、主に科学研究費補助金基盤研究(C)による支援によりおこなわれた。また、一部は平成24年度E-サイエンス若手・女性研究者助成事業の支援も受けた。研究成果は情報処理学会のシステムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会や第24回コンピュータシステム・シンポジウムなどで発表をおこなった[発表2, 発表3, 発表4, 発表5]。

また、昨年度まで科学技術振興機構の競争的研究資金であるA-STEPによる支援を受けておこなっていた研究の成果などを含むソフトウェアであるBitVisor 1.3をオープンソースで9月に公開した[公開1]。さらに、研究成果やBitVisor 1.3の公開を広報するプレスリリースを東京大学及び株式会社イーゲルの共同でおこなった[報道5, 報道6]。その結果、日刊工業新聞や複数のWebサイトで記事として取り上げられた[報道1, 報道2, 報道3, 報道4]。12月には、第24回コンピュータシステム・シンポジウムの併設イベントとして、BitVisor Summitを企画立案・開催した。本サミットは3件の招待講演と7件の一般発表で構成し、40名前後の参加者があった。

また、本年度は依頼により、アカデミッククラウドシンポジウム2012において、以前からおこなっているBitVisorに関する研究をまとめた内容で講演をおこなった[招待1]。また、日本ソフトウェア科学会第29回大会に併設されたチュートリアルにおいて、より一般的な仮想化技術全般に関するチュートリアルをおこなった[招待2]。

さらに、本年度はセキュアOSに関する研究もおこなった[発表1]。本研究では、セキュアOSにおけるポリシー記述の難しさに対応するために、ユーザが直感的に扱えるように適切な抽象度でのポリシー設定を可能にしつつ、OSカーネルにおいて動的に情報を追跡することにより、抽象度の高いポリシーを適切なアクセス制御に変換して実施する仕組みを研究した。

以下、2章では、仮想マシンモニタによるボランティアコンピューティング基盤の実現について、3章では、仮想マシンモニタによる物理デバイスドライバ検証環境の実現について、4章では、仮想マシンモニタによるOS起動時間短縮について、概要を述べる。

## 2 仮想マシンモニタによるボランティアコンピューティング基盤の実現

### 2.1 背景

多数のコンピュータをネットワークで繋いで分散処理する技術の一つとして、ボランティアコンピューティングがある。ボランティアコンピューティングでは、一般のPCユーザーがボランティアとして自身の所有している計算資源(CPUやメモリ等)の余剰分を提供し、企業や研究機関がその計算資源を用いて計算処理をおこなう。そのため、企業や研究機関は高価なコンピュータを持つことなく大規模計算を行うことができるという利点がある。以下では、企業や研究機関のことを組織と呼び、自身のPCを提供する一般のPCユーザーのことをボランティアと呼ぶ。

ボランティアコンピューティングには、組織側及びボランティア側のそれぞれにとって問題が存在する。まず組織側の問題点としては、悪意のあるボランティアが組織側の計算コードや計算結果を漏洩・改竄してしまう恐れがある点が挙げられる。計算処理はボランティア側のPC上でおこなわれており、通常は組織側からボランティアのPC上の動作を制御することは出来ない。従って、組織側のノウハウが詰まった計算コードが流出したり、重要な計算結果が外部に流出してしまう危険性がある。また、そもそも計算結果が正しいことを保障することが困難である。

既存研究では、計算結果の改竄を検出するために、複数のボランティアに同じ計算を送り、返ってきた計算結果を比較することにより結果の正しさを検証するRedundant Computingがある。しかしこの方法では、複数のPCで同じ計算を行うので非効率になってしまうほか、結果の採択は多数決によって決まるので必ずしも計算結果が正しいことは保証できない。計算コードや計算結果の漏洩を防止する手法としては、ボランティアからはアクセスできないclosed-box VMと呼ばれるVMを用いて機密性を高める方法がある。しかし、この手法では汎用の仮想マシンモニタ(VMM)を利用するため、仮想化のためのVMMのオーバーヘッドが大きくなるほか、VMMを導入するための手間がかかる。

ボランティア側の問題点としては、組織が送り込んだ計算コードがボランティアのマシン環境を壊してしまう恐れがある点が挙げられる。ボランティアコンピューティングでは基本的には組織は信頼できることを想定しており、悪意のあるコードが実行されることは必ずしも想定していないが、組織側の計算コードのバグによってマシン環境が壊されてしまう可能性は否定できない。Entropy Virtual Machine では、仮想マシン内のサンドボックスで処理をすることにより、ボランティアのマシン環境の破壊を防ぐ事が出来るが、仮想化のための VMM のオーバーヘッドが大きくなるほか、VMM 自身を導入するために手間がかかる。

## 2.2 内容

本研究では、信頼できる VMM を用いて、ボランティアコンピューティングにおける組織側及びボランティア側の双方のセキュリティを実現する手法を提案する。まず、(1) 組織が用意した計算コードや計算結果の漏洩・改竄を防止するために、計算処理をボランティアの PC 上で動作する VMM の内部でおこなう。VMM は OS よりも高い特権で動作しており、ボランティアの OS 側から VMM 内の計算コードやデータにアクセスすることを防止できる。組織側は、VMM と暗号通信を介して計算コードや計算結果のやりとりをおこなうほか、Intel TXT と TPM を活用して VMM 自身が改竄されていないことを確認する。これにより、Redundant Computing をおこなうことなく正しい計算を効率よく安全におこなうことが出来る。

また、(2) ボランティア側のマシン環境が壊されてしまうことを防止するために、組織側から送られてきた計算コードは、VMM 内部の保護ドメインを用いてアクセス権が制限された環境で実行する。保護ドメイン内では、あらかじめ割り当てられたメモリ領域へのアクセスや送信元の組織とのネットワーク通信のみが可能であり、計算コードが VMM の本体のメモリ領域にアクセスしたり、VMM の権限を用いてゲスト OS にアクセスすることを防止する。これにより、ボランティアのマシン環境を保護する事が出来る。

さらに、VMM のオーバーヘッドや導入コストを削減するために、準パススルー型の VMM である BitVisor を利用する。ゲスト OS からハードウェアへのアクセスの大部分をパススルーとしつつ、計算コードに最低限必要な CPU・メモリなどの計算資源の確保と、計算コードの実行環境に対する保護のみを VMM で実現することにより、VMM が介在することによるコストを削減するほか、既存のインストール済みの環境に対する導入を容易にする。

## 2.3 具体的成果

提案手法に基づいてボランティアコンピューティング基盤のプロトタイプ的设计と実装をおこなった。VMM の内部に UDP プロトコルを実装し、ELF 形式の実行ファイルをサーバから入手できるようにした。入手した実行ファイルは、VMM 内の保護ドメインで実行し、計算結果を UDP でサーバに送るための機能も実装した。無限ループに対応するために、別プロセッサで実行を監視してプロセッサ間割り込みにより強制終了させる仕組みも実装した。

実装したプロトタイプを用いて予備的な実験をおこなった。モンテカルロ法により円周率計算をおこなうプログラムを実装し、VMM に制御が戻って来るたびに一定回数の計算をおこなうようにした。実験の結果、VMM に制御が 10 回戻るときに 1 回計算し、1 回の計算当たり 10 万点を墮天する程度であれば、ボランティアのゲスト OS に著しい負荷をかけずに計算を実行できることがわかった。この場合、10 億点を打点するのに 43 秒ほどかかることが分かった。

今後の課題として、計算コードがゲスト OS に与える性能の影響を抑えるために、計算コードに専用のコアを割り当てて隔離した環境で実行する手法を検討している。

研究成果は、情報処理学会の第 122 回システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会 (SWoPP 2012 として開催) で発表した [発表 4]。

### 3 仮想マシンモニタによる物理デバイスドライバ検証環境の実現

#### 3.1 背景

現在一般的に利用されている Windows や Linux のなどのオペレーティングシステム (OS) において、システムクラッシュの原因の多くは、デバイスドライバにある。例えば、Linux カーネルではデバイスドライバのコードが約 70% を占め、その不具合の密度はデバイスドライバ以外のコードに比べて、3~7 倍であることが知られている。そのため、運用するシステムや OS の安定性を維持するために、デバイスドライバの検証を行うことが重要である。しかし、特定のまれな条件やタイミングでのみ起こるような不具合は、再現することが難しく、十分に検証を行えない場合がある。

従来のデバイスドライバの検証を行う手法として、ソースコードを元にした静的解析があるが、この手法では、デバイスドライバのソースコードが公開されている必要がある。また、検証用のコードを入れるためにデバイスドライバのコードに修正が必要であり、修正することで不具合が再現しなくなる可能性がある。仮想マシン上に作成した仮想デバイスを用いてデバイスドライバのテストを行う手法もあるが、この手法では、予め検証対象となるデバイスと同じ挙動を示す仮想デバイスを用意する必要がある。すなわち、これらの手法ではデバイスドライバに変更を加えずに、物理マシン上で直接動作するデバイス (実デバイス) のデバイスドライバ (実デバイスドライバ) の検証を行うことが困難である。

#### 3.2 内容

本研究では仮想マシンモニタ (VMM) を用いて、OS やハードウェア、デバイスドライバのソースコードに依存せずに、一般的なハードウェア上で実デバイスドライバの検証を行う手法を提案する。まず、デバイスドライバとデバイスの状態を VMM で把握するために、検証対象となるデバイスドライバが動作する OS を、準パススルー型 VMM 上で動作させることにより、ゲスト OS のデバイスドライバに物理デバイスを直接見せて制御させつつ、デバイスドライバから物理デバイスへの I/O を監視する。また、検証対象となるデバイスの状態遷移を監視するために、デバイスの仕様に基づいて状態遷移を監視するオートマトンを VMM 内で動作させる。特定のまれな条件やタイミングで不具合が発生しないことを検証するために、VMM で指定したタイミングで I/O やレジスタの値を強制的に変更する。これにより、仕様では規定されているものの通常はめったに発生しない状態遷移を意図的に引き起こし、デバイスドライバが正しく動作することを検証する。

#### 3.3 具体的成果

準パススルー型 VMM である BitVisor をベースとして、HDD や SSD などのディスクアクセスの際に使われる標準的なインターフェイスである AHCI (Advanced Host Controller Interface) 1.3 のデバイスドライバを検証するシステムを実装した。仕様書をもとに状態遷移を監視するオートマトンを実装し、Windows 7 及び Ubuntu 10.10 のデバイスドライバがデバイスにアクセスする際の状態遷移に正しく追従できることを確認した。このとき、AHCI デバイスは主に 7 通りの状態の間を遷移すること、通常時には初期状態を除いた 6 通りの状態を一定のパターンで遷移することを確認した。また、実際に VMM で強制的に状態遷移を発生させて、デバイスドライバが正しく動作することを確認した。

今後の課題としては、デバイスドライバの仕様から、シナリオコードを作成する方法を検討することが挙げられる。今回の実験では、ランダムなどの単純な I/O の書き換えしか行っておらず、また手動で BitVisor のソースコードを書き換える必要がある。より複雑な検証を行うために、デバイスの仕様から検証項目を見つけ、適切なシナリオコードを作成することが必要である。

研究成果は、情報処理学会の第 122 回システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会 (SWoPP 2012 として開催) で発表した [発表 5]。



## 4 仮想マシンモニタによる OS 起動時間短縮

### 4.1 背景

OS の起動は電源投入後に必要な処理であり、起動時間の長さはユーザビリティに直結する。シマンテック社の調査によると、OS の起動に要する時間が長くなるとユーザにかかるストレスは大きくなる。OS の起動処理には様々な要因が関係しているが、ディスク I/O がボトルネックになり OS の起動時間が延びてしまうことが多い。そのため、ディスク I/O を高速化することにより OS の起動時間を短縮することができると考えられる。Windows に搭載された OS 起動時間を短縮する機能としては、Windows ReadyBoot がある。これは OS 起動時のディスクアクセスがされているかを監視、解析し次回起動時にキャッシュ管理を工夫することで OS の起動に要する時間を短縮する。Linux 向けには systemd という OS 初期化のプロセスを制御する機構がある。これは OS 起動処理を可能な限り並列化し、かつ不必要なプロセスの起動を回避する事で OS の起動時間を短縮する。しかし、これらの既存技術は特定の OS にのみ適用可能であるか、OS に機能追加を行わなければならない OS に依存した手法である。

### 4.2 内容

本研究では、OS 起動時のディスクアクセスパターンに着目し、仮想マシンモニタ (VMM) を用いてディスクアクセスを高速化することにより OS の起動時間を短縮する。具体的には、OS 起動時に発生するランダムアクセスされるデータをシーケンシャルアクセスとして先読みする事によりディスク I/O を高速化し、それにより OS の起動時間を短縮する。OS の下のレイヤで動作する VMM を用いることで、OS の種類に依存せず、かつ OS への修正を要せずに起動時間を短縮することを可能とする。

本研究の提案する手法は、(1) ディスクアクセスを最適化するフェーズと、(2) 最適化されたディスクアクセスにより高速起動するフェーズの二段階で構成される。まず OS の起動時にどのようなディスクアクセスが発生しているかのログを記録する。そして起動処理後にこのログを用い、OS 起動時にアクセスされるデータを、ディスク上の連続的な領域に配置する。つぎに、連続した領域に並べられたデータを使用して、(2) 高速起動フェーズにおいて、OS の起動に先立ち連続的な領域に配置されたデータをシーケンシャルアクセスにより先読みし、本来発生するランダムアクセスを避け、代わりに先読み済データへのアクセスに変換する。これよりランダムアクセスを回避し、I/O の発生回数を集約することでディスクアクセスの高速化が可能となる。

### 4.3 具体的成果

提案手法により OS の起動時間が短縮されることを確認するため、OS を直接起動する場合と提案手法を適用した場合について、電源投入後ブートロードの選択画面が表示されるまでと、OS のログイン画面が表示されるまでの時間を測定した。また、提案手法を適用した場合は BitVisor の起動に要する時間も測定時間に加算した。測定対象の OS は Windows 7 と Ubuntu 10.04 である。

実験の結果、モバイル PC 向けに用いられる 2.5 インチのハードディスクを用いた場合、提案システムにより OS 起動時のディスクアクセス性能が向上し、Windows 7 において最大約 16 秒、Ubuntu において最大約 18 秒の起動時間短縮効果がみられた。また 3.5 インチハードディスクの場合では、Windows7 において ReadyBoot が効いていない場合は最大約 7 秒、Ubuntu においては最大約 1 秒程度起動時間が短縮された。

研究成果は、情報処理学会の第 24 回 コンピュータシステム・シンポジウム (ComSys 2012) ポスターセッションで発表し、学生ポスター賞を受賞した [発表 2]。

## 5 成果要覧

### 招待講演／招待論文

- [招待 1] 品川 高廣：クライアント向け仮想化ソフトウェア BitVisor のクラウドへの応用，アカデミッククラウドシンポジウム 2012 @北海道大学，札幌，2012 年 8 月。
- [招待 2] 品川 高廣：Single-VM Virtualization ～最新技術と研究動向～，日本ソフトウェア科学会第 29 回大会併設チュートリアル：仮想化技術最前線，東京，2012 年 8 月。

### 公開ソフトウェア

- [公開 1] BitVisor 1.3, <http://www.bitvisor.org/>, 2012 年 9 月

### その他の発表論文

- [発表 1] 忠鉢 洋輔, 品川 高廣, 加藤 和彦：直感的ポリシー設定を可能にする動的な資源隔離機構，第 124 回システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会，情報処理学会研究報告，第 2012-OS-124 巻，情報処理学会，2013 年 3 月。
- [発表 2] 大久保 諒, 表 祐志, 品川 高廣, 加藤 和彦：第 24 回 コンピュータシステム・シンポジウム (ComSys 2012) ポスターセッション，東京，2012 年 12 月。(学生ポスター賞受賞)
- [発表 3] 品川 高廣：次世代スパコン向けの軽量な仮想計算環境の実現に向けた研究開発，E-サイエンス若手・女性研究者シンポジウム 2012，柏，2012 年 10 月。
- [発表 4] 芹川 大地, 表 祐志, 品川 高廣, 加藤 和彦：2012 年並列／分散／協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012)，鳥取，2012 年 7 月。
- [発表 5] 島田 恭平, 表 祐志, 品川 高廣, 加藤 和彦：2012 年並列／分散／協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012)，鳥取，2012 年 7 月。

### 特記事項

- [特記 1] BitVisor Summit 開催 (第 24 回コンピュータシステム・シンポジウム 併設イベント)，2012 年 12 月，<http://www.bitvisor.org/summit/>

### 報道関連

- [報道 1] 日刊工業新聞：東大など、PC にセキュリティーソフトを瞬時導入する技術開発，2012 年 9 月 28 日。
- [報道 2] @IT: 国産セキュア VM、「BitVisor」がバージョンアップ，2012 年 9 月 27 日。
- [報道 3] Cloud Watch: セキュリティ用の仮想マシンモニター「BitVisor」新版～性能向上など，2012 年 9 月 27 日。
- [報道 4] ScanNetSecurity: 純国産セキュリティ対策仮想マシンモニタの最新版、より高速化を実現，2012 年 9 月 26 日。
- [報道 5] 東京大学情報基盤センター (プレスリリース)：国産仮想化ソフトウェア「BitVisor」の最新版を公開—セキュア VM の瞬時導入が可能に一，2012 年 9 月 26 日。
- [報道 6] 株式会社イーゲル (プレスリリース)：64 ビットゲスト OS、バックグラウンド暗号化に対応し、より高速化した純国産セキュリティ対策仮想マシンモニタ、BitVisor の最新版 Version1.3 をリリース，2012 年 9 月 26 日。

# 初学者によるプログラムトレーシングにおける誤答の分析 及び計算機科学関連カリキュラムの分析

関谷 貴之

## 1 概要

プログラムをトレースする能力とプログラミング能力との関係に関する研究や、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。

## 2 初学者によるプログラムトレーシングにおける誤答に関する分析

### 2.1 背景

プログラミングの初学者に対する教育に関して、プログラミングに関わる能力に注目した様々な研究があるが、そこではプログラムを読むスキルや、読んだコードを説明できるスキル、プログラム中の変数の値などの変化を追うスキル(トレーシング)、書くスキル(ライティング)などが提案されている。その中でもトレーシングは基本的かつ重要なスキルであるが、初学者にとっては困難であるといわれる。また、トレーシングはテストなどで用いて能力を身に付けたか否かを判定することが、他のスキルと比較すると比較的容易である。

しかし、単にトレーシング問題を解かせて変数の値を答えさせた場合、トレーシングスキルが身に付いていないことが原因の誤答なのか、単に解答時の不注意だったのかを判断する必要がある。そこで本研究では、トレーシングにおいて初学者が陥りやすい誤った解釈に注目して、その解釈と同様の出力を与えられたプログラムから得る仕組みを開発している。この仕組みを用いて、初学者の誤りのパターンを見つけた上で、更にその誤答パターンと成績との関係を分析している。

### 2.2 内容

#### 2.2.1 誤答の分析手法

本研究では `for` ループと `if-then` を組み合わせなど非常に簡単なコードを用いた複数の設問からなるトレーシングの試験を実施する。その学生の解答を比較すると、似た設問で同じような誤りが見られる。つまり、学生は適当に解答しているのではなく、構成要素を正確には理解していないものの、彼らなりの何らかの規則性に基づいて解答していると考えられる。例えば、図1で  $a=3$  及び  $a=4$  とした時の出力として、3 及び 4 とする学生が約 42%<sup>1</sup>おり、これは `for` ループによる反復を解せず、ループ内の式が1回のみ実行されるかのような誤った解釈をしていると推測される。このように、同様の構造を持つコードで共通して見られる誤った解釈を本研究では誤答パターンと呼ぶ。

このような誤答パターンを再現するには、初心者の思考過程と同様にコードを解釈する一種のインタプリタを構築する方法が考えられる。しかし、図1に示したような比較的短いコードであれば、想定する誤答パターンに基づいてコードを変換することでインタプリタの代りとなると考えた。

そこで本研究では、以下の手順でトレーシング能力を問う試験の解答結果を分析する。

<sup>1</sup>ある大学の初学者向けのプログラミング講義での例。受講者は数学を専攻する2年生。

```

def a3(a)
  ans = 0
  for i in 1..a
    ans = ans + a
  end
  p ans
end

```

図 1: a3.rb

1. Ruby のコードから `ruby_parser`<sup>2</sup> を用いて構文木を生成.
2. 想定する誤答パターンに基づいて, 1 で生成した構文木を変換し, 変換後の構文木から Ruby のコードを生成.
3. 2 で得たコードに適当な入力を与えて実行した際の出力を保持.
4. 3 と同じ入力を与えて, 1 のコードを実行した際の出力を問う試験を学生に対して実施.
5. 3 の出力と 4 の解答を比較して, 学生がどの誤答パターンに当てはまるかを分析.

### 2.2.2 実験

本研究で用いたトレーシング能力を問う試験は 10 個の Ruby のコードについて, それぞれ 2 種類の入力を与えた際の出力を問うもので, 全部で 20 問の設問で構成される. それぞれ異なる講義と異なる学生に対して合計 5 つの講義 (G2011S, G2012S, T2011W, T2012S, T2012W) で実施した. 3 つの講義では筆記試験として, Ruby のコードをコンピュータ上で実行せずに解答することを被験者に求めた. 2 つの講義では Web ベースのオンラインテストとして実施した. 講義内容は, Ruby を用いた初心者向けのプログラミング学習 (G2011S, G2012S) や, Ruby を用いた情報科学の諸概念の習得 (T2011W, T2012W)、グラフ, リスト, 集合, 木などの基本的なデータモデル (T2012S) で, 分析に用いた受講者の人数はそれぞれの講義で 47 名から 81 名である.

まず最初に, 表 1 に示す誤答パターンを設定した. これらのパターンは実験 G2011S のトレーシング試験の解答結果や著者らの過去のプログラミング教育における経験から推測し, かつ 2.2.1 節で述べたコード変換の仕組みで表現できたものを示している. 例えば, NFL と呼ぶパターンに基づく, 図 1 のコードは図 3 のコードとして解釈される. 出題された元のコードがループを含んでいない場合は, NFL パターンで解釈しても, 元のコードと違いが無く, 当然出力も同じになる. また, パターンの適用によって得られたコードが正しく動作しないこともあり得る. 参考のために, 誤答パターンに基づくコードの解釈を図 2 に示す. 表 1 には, 試験で用いた 20 問のうち, それぞれのパターンの適用によって, 元のコードと異なる出力が得られる設問数を示している.

表 2 は, それぞれの解答について, どのパターンに一致するかを示したものである. 解答数は全員の回答を人数で割ったものである. パターン名の列にある「無解答」とは答案の対応する解答欄が空白であった解答を, 「一致無し」とは答案の解答欄に記入された値が, いずれの誤答パターンとも一致しないことを意味する. 例えば, G2011S では, NFL や CVIL に一致する解答が多く, for ループを苦手とした学生が多かったことが推測される. なお, いずれかのパターンに一致する誤答が約 64.4% で, 誤答パターンによって 6 割以上の誤答を説明できている. 全体を通じて, NFL, CVIC2, CVIL の誤答パターンに当てはまる学生が多く, 誤答の 42.1% から 71.7% を説明できている.

次に, 特定の誤答パターンに当てはまる学生がどの程度存在するかを考える. 個々の被験者を見た場合, 多数の誤答の一部が偶然このパターンの誤答と一致することもあり得る. 表 3 は, NFL のパ

<sup>2</sup><http://rubyforge.org/projects/parsetree/>

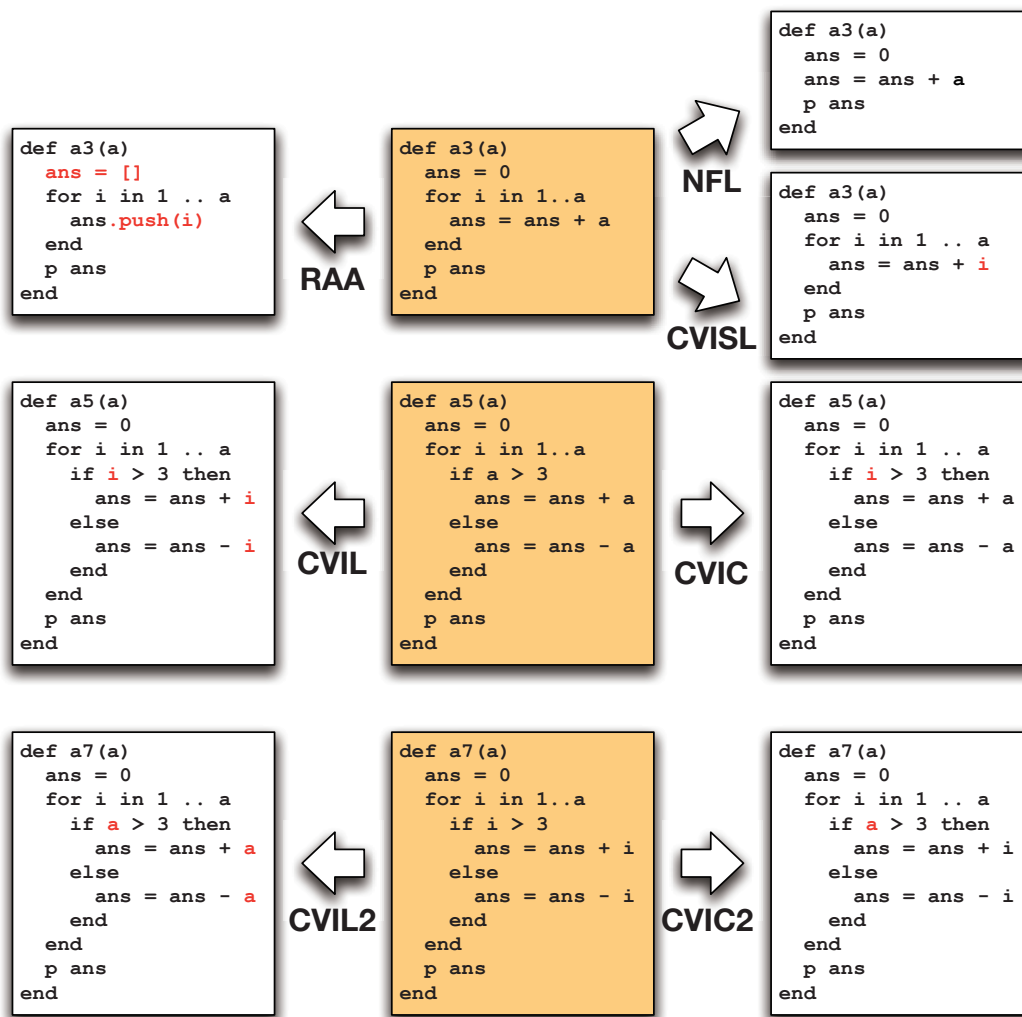


図2: 誤答パターンに基づくコードの解釈. 中央が元のプログラム. それぞれの誤答パターンによって変化した箇所を赤字で示している.

```
def a3(a)
  ans = 0
  ans = ans + a
  p ans
end
```

図3: 誤答パターン“NFL”に基づく図1のコードの解釈

ターンで考えられる8個の設問について、実際にそのパターンに一致する誤答の個数と被験者の人数との関係を示している。半分以上一致する学生を、NFLのパターンに基づいて解答したとみなすならば、実験 G2011S ではこのパターンで考えたと見られる学生が40.8%存在する。

他の誤答パターンについても、同一の学生が当該パターンでの解釈可能な設問のうち、半分以上の設問でそのパターンの解釈結果と一致する場合を算出したのが、表4である。学生全体で、20.6-66.2%がいずれかの誤答パターンに一致しており、NFL や CVIC2 に一致する学生が比較的多いことが分かる。

### 2.2.3 誤答パターンと成績との関係

誤答パターンと成績との関係について分析する。個々の学生について、特定のパターンに基づく誤答の数が当該パターンの誤答の候補と半分以上一致する場合、そのパターンと同じ誤答を行っていると考えられる。そこで、ある誤答パターンに基づく解答をした被験者について、期末試験の得点との関係

表 1: 推測した誤答パターンと誤答パターンによって正答と異なる解が得られる設問数

パターン名	説明	設問数
CVIC	for ループ内の if 文の条件式のなかに現れる for 文の終端の変数を, for 文の制御変数がそこにあると解釈する.	3
CVIC2	CVIC とは反対に, for ループ内の if 文の条件式のなかに現れる for 文の制御変数を, for 文の終端の変数がそこにあると解釈する.	3
CVIL	for ループ内に現れる for 文の終端の変数を, for 文の制御変数と解釈する.	8
CVIL2	CVIL とは反対に, for ループ内に現れる for 文の制御変数を, for 文の終端の変数と解釈する.	6
CVISL	CVIL と同様だが, for ループの中が代入式 1 個の場合のみ, for 文の終端の変数を for 文の制御変数と解釈する.	4
NFL	for ループを解釈しない.	8
RAA	答えとなる変数を配列と解釈.	13

表 2: 誤答パターンに一致する解答数が全設問に占める割合 (各実験毎の 2 列中の左, 単位は%) 及び誤答中に占める割合 (同右, 単位は%)

	G2011S		G2012S		T2011W		T2012W		T2012S	
CVIC	0.1	0.2	0.2	0.4	0.2	1.2	0.7	6.2	0.6	7.8
CVIC2	4.4	10.7	3.5	7.9	1.4	7.8	1.4	12.4	1.4	17.1
CVIL	6.9	17.0	6.8	15.5	3.9	22.3	0.6	5.5	2.2	27.1
CVIL2	0.8	2.1	0.1	0.3	0.1	0.6	0.7	6.2	0.0	0.0
CVISL	3.7	9.0	3.4	7.7	1.7	9.6	0.3	2.8	1.9	23.3
NFL	15.4	37.7	15.3	34.9	8.3	47.0	1.5	13.1	0.9	10.9
RAA	1.0	2.4	1.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	3.9
いずれかに一致	26.2	64.4	24.6	56.1	12.7	71.7	4.8	42.1	5.2	65.1
一致無し	14.5	35.6	19.3	43.9	5.0	28.3	6.7	57.9	2.8	34.9
Error	40.7	100.0	43.9	100.0	17.7	100.0	11.5	100.0	8.0	100.0
無回答	3.4	—	1.7	—	0.6	—	9.4	—	4.3	—
正答	55.9	—	54.4	—	81.7	—	79.0	—	87.7	—

表 3: G2011S において NFL と一致する個数と該当者数  
一致数 (個) 該当者 (名) 該当者 (割合%)

0	31	43.7
1	4	5.6
2	4	5.6
3	3	4.2
4	1	1.4
5	4	5.6
6	8	11.3
7	3	4.2
8	13	18.3

について分析する。

表5は、G2011SとG2012Sについてトレーシング問題での誤答パターンに一致した学習者ごとに、期末試験の成績に基づいて分けたグループA-Dに含まれる人数と被験者総数に対する割合を示している。A-Dは基本的には四分位だが、最初成績上位A、Bと下位C、Dのグループの人数がほぼ等しくなるように2分した上で、それぞれを2分した。各グループの人数はG2011Sでは19、17、18、16名、G2012Sでは16、19、18、18名である。CVIL及びCVISLに一致する学習者については、期末試験の成績にあまり顕著な傾向はないものの、CVIC2又はNFLに一致する学習者については、成績下位のC、Dのグループの人数が多い傾向があることがわかる。

なお、実験G2011Sの学習者を、NFLに該当する29名と該当しない41名との2つのグループに分けてt検定を行ったところ、平均値に有意な差があることがわかった(両側検定 $p = 0.001136 < 0.05$ )。同様の手順でt検定を行うとG2011SにおけるCVIC2は $p = 0.04792 < 0.05$ である。但し、G2012SにおけるNFLは $p = 0.05076 > 0.05$ 、CVIC2は $p = 0.209 > 0.05$ であり、G2011Sのような有意な差はなかった。基本的な統計量を表6に示す。

以上の実験の結果から、トレーシングの段階で誤答パターンNFLに一致する学生は、for文を正しく理解しておらず、トレーシング以外の能力も問われる試験であっても成績が低くなる傾向があると推測される。従って、その誤った理解を早い段階で正せば、成績の改善に結びつくことが期待される。

### 2.3 具体的成果

以上の誤答パターンに注目したトレーシング能力の分析について、その成果を[査読付1]として発表して論文賞を受賞した。なお、関連する研究として、プログラミングに関連するスキル階層について、[査読付3]で発表している。

表4: 誤答パターンに一致する学生の人数と割合

	G2011S		G2012S		T2011W		T2012W		T2012S	
CVIC	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	6.3	3	3.7
CVIC2	22	31.0	17	12.0	4	8.5	5	7.9	6	7.4
CVIL	7	9.9	9	11.1	2	4.3	0	0.0	0	0.0
CVIL2	1	1.4	0	0.0	0	0.0	1	1.6	0	0.0
CVISL	17	23.9	16	19.8	5	10.6	1	1.6	10	12.3
NFL	29	40.8	34	42.0	10	21.3	2	3.2	1	1.2
RAA	0	0.0	1	1.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0
いずれかに一致	47	66.2	52	64.2	16	34.0	13	20.6	19	23.5
合計	71	—	81	—	47	—	63	—	81	—

表 5: G2011S と G2012S における誤答パターンと成績との関係. 成績グループ A-D に含まれる人数 (各実験毎の 2 列中の左) 及び学習者全体に占める割合 (同右、単位は%)

	G2011S								G2012S							
	A		B		C		D		A		B		C		D	
CVIC	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
CVIC2	3	4.3	5	7.1	5	7.1	9	12.9	2	2.8	3	4.2	5	7.0	6	8.5
CVIL	2	2.9	2	2.9	1	1.4	2	2.9	2	2.8	3	4.2	1	1.4	2	2.8
CVIL2	0	0.0	1	1.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
CVISL	4	5.7	4	5.7	3	4.3	5	7.1	3	4.2	4	5.6	4	5.6	3	4.2
NFL	1	1.4	7	10.0	11	15.7	10	14.3	2	2.8	6	8.5	11	15.5	9	12.7
RAA	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	1.4

表 6: 誤答パターン NFL, CVIC2 にそれぞれ一致するグループと一致しないグループでの基本的な統計量

	G2011S					G2012S				
	人数	最低点	平均点	最高点	SD	人数	最低点	平均点	最高点	SD
NFL	29	70.0	132.8	190.0	29.3	28	40.0	127.2	200.0	42.9
Not NFL	41	50.0	160.5	200.0	38.9	43	10.0	149.1	200.0	48.6
CVIC2	22	70.0	135.9	190.0	35.2	16	40.0	127.7	200.0	44.4
Not CVIC2	48	50.0	155.0	200.0	37.5	55	10.0	144.2	200.0	48.0



### 3 計算機科学関連カリキュラムの分析

#### 3.1 背景

大学等のカリキュラムを把握しやすくするために、講義内容を説明するシラバスの相互関係に従って配置したマップを生成する方法を研究している。マップを可視化することにしたのは、カリキュラムに知識のある人が読み取る事で、その人の知識を活用し、機械的には抽出が困難な情報も読み取れることを期待して。

マップ生成のための手法としては、確率的な文書モデルである Latent Dirichlet Allocation (LDA) と次元圧縮手法である Isomap を用いている。LDA を用いることで、カリキュラム標準に定義された領域をトピックとして抽出し、抽出したトピックを用いて、学会等が作成したカリキュラム標準の領域に基づくトピック空間の中に、一般のカリキュラムのシラバスを配置することができる。また、Isomap を用いることで、空間中の局所的な関係をできるだけ保存したままで、全体を平面上に射影することができる。

#### 3.2 内容

2012年度は、これまでのカリキュラム分析の成果を文章としてまとめ、不足する実験データを加えることなどに終始しており、大きな変更点はない。

#### 3.3 具体的成果

情報処理学会が作成したコンピュータ科学に関するカリキュラム標準 J07-CS を用いた情報系学科のカリキュラムの比較の成果について、[査読付 2] で発表した。

## 4 成果要覧

#### 査読付論文

- [査読付 1] 関谷 貴之, 山口 和紀, 山本 三雄: 初学者によるプログラムトレーニングにおける誤答に関する分析, 情報教育シンポジウム SSS2012, pp. 113-120, 2012年8月.
- [査読付 2] 関谷 貴之, 松田 源立, 山口 和紀: LDA と Isomap を用いた 計算機科学関連カリキュラムの分析, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.423-434, 2013年1月.
- [査読付 3] M. Yamamoto, T. Sekiya, and K. Yamaguchi. Skill Hierarchy Revised by SEM and Additional Skills. ITHET 2012, 11th International Conference on Information Technology Based Higer Education and Training, Istanbul, TURKEY, 2012年6月.
- [査読付 4] 丸山 一貴, 関谷 貴之, 妹川 竜雄, 和田 佳久: 教育用計算機システムにおけるエージェント方式によるデュアルブート端末管理, 情報処理学会インターネットと運用技術シンポジウム 2012 論文集, pp.39-46, 2012年12月.

# Twitter におけるリツイート伝播分析と デュアルブート端末管理方式の研究

丸山 一貴

## 1 Twitter におけるリツイート伝播分析

### 1.1 背景

Twitter を利用して有益な情報を多く得ようとする、有益なツイートやリツイートを行うユーザを多数フォローすることが必要である。結果として、タイムラインには多量のツイートが流れ、有益な情報は雑多な情報の中に埋もれてしまう。

Twitter におけるリツイートはツイートを拡散するという意味を持つ。そこで我々は、リツイートを行うユーザに着目し、そのユーザは自分に届いたツイートを、リツイートという形でフィルタリングしていると捉えることとした。すなわち、自分にとって有益なリツイートを行っているユーザは、自分にとって有益な情報源たり得るということである。そのようなユーザを発見して直接フォローすることで、タイムラインにおいて有益な情報の割合を向上させることができる。

### 1.2 内容

Twitter 利用中に自分がリツイートしたツイートは、他のユーザも同じくリツイートしている場合がある。Twitter の API を用いてそうしたユーザを発見し、フォロー関係と組み合わせることにより図 1 のようなリツイートの伝播経路が得られる。

これを、自身がリツイートした複数のツイートについて行い、伝播したグラフを重ね合わせることで、図 2 を得る。これをオーバーラップグラフと呼ぶ。

この図の例では、多数のエッジが集中するユーザが自分自身であり、ノードの濃淡は同じリツイートを行った回数（グラフを重ね合わせる際に登場した回数）を表している。図中右上に A で示したユーザは、自分自身からはホップ数が大きい、遠方のユーザであるが、同じリツイートを行った回数

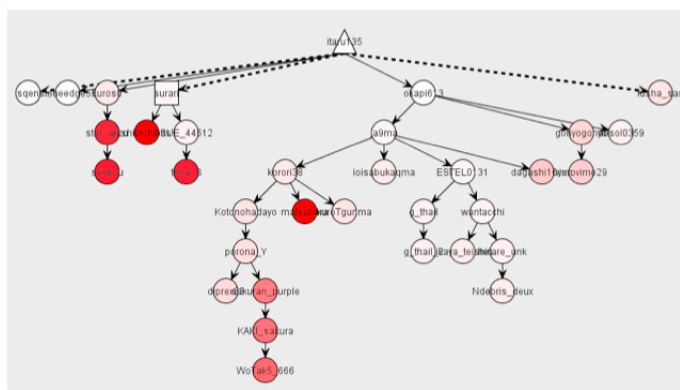


図 1: リツイートの伝播経路

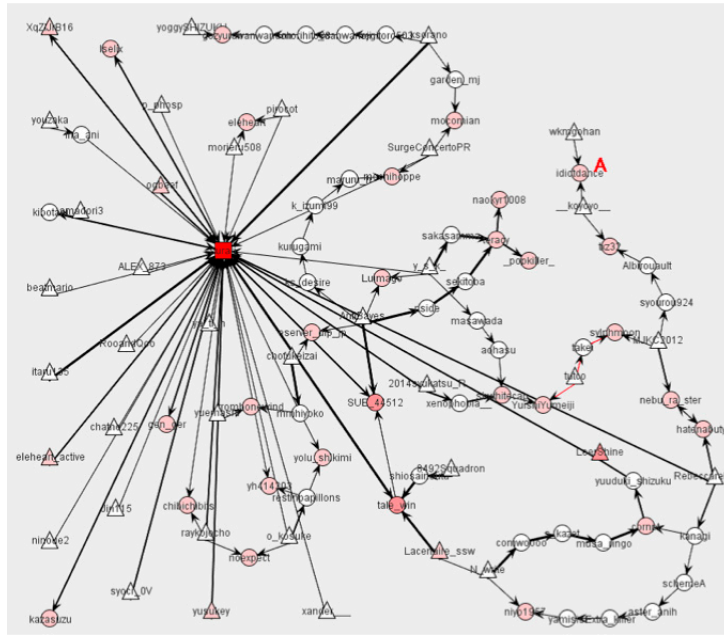


図 2: オーバーラップグラフ

が多いことが分かり、フォローすべき対象として発見できた。

このようにして発見したユーザが有益であるかを、実際に同じリツイートを行った回数 (Number of retweet) と有益と判断したリツイートの回数 (Number of good retweet), リツイートの内容をカテゴリーに分類して得られたコサイン距離 (Cosine similarity) を計測することで検証した。結果を表 1 に示す。ここで、ユーザ A から C はオーバーラップグラフを用いて選出した有益と見られるユーザであり、前述の尺度がいずれも高い数値を示している。ユーザ V から Z はグラフに登場する他のユーザからランダムに選択しており、一部の尺度では高い数値を示すものの、尺度全体では有益と見られない。これらのことより、オーバーラップグラフの有効性が確認された。

### 1.3 具体的成果

共著で論文を執筆し、国際会議で登壇発表を行った (成果要覧の [査読付 2])。

表 1: 検証結果

User	Number of retweet	Number of good retweet	Ratio of good retweet	Cosine similarity
A	11	8	0.7273	0.0154
B	11	10	0.9090	0.0123
C	26	20	0.7692	0.0175
V	18	6	0.3333	0.0092
W	5	1	0.2000	0.0003
X	2	1	0.5000	0.0542
Y	19	0	0	0
Z	1	1	1	0.0386

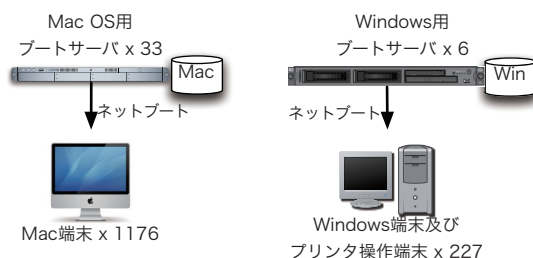


図 3: Mac OS 及び Windows のネットブートシステム

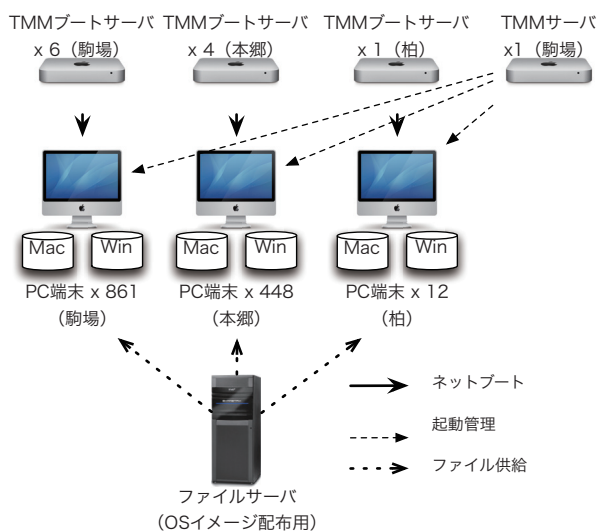


図 4: TMM サーバ群の構成

## 2 デュアルブート端末管理方式の研究

### 2.1 背景

情報基盤センターの教育用計算機システム（以下、ECCS という）は教養学部における前期課程教育（全科類で必修）、各学部 / 研究科における専門課程教育のための環境を提供している。ECCS には演習室や各部局に分散配置する、約 1,300 台の端末があるが、従来は Unix 端末としての Apple 社製 iMac と、Windows 端末としての NEC 社製 Express を別々の演習室に整備して、教員は講義内容に応じてこれらを使い分ける必要があった（図 3）。

ECCS2012 ではハードウェアを iMac に統一し、Mac OS と Windows のデュアルブート環境を構築することによりこの問題を解決した。これに伴って、従来の NetBoot 方式による集中管理から、ローカル起動方式と管理ツールによる集中管理に移行した。

### 2.2 内容

端末 OS の管理方法がこれまでと変更されたが、2つの管理ツールを併用することにより柔軟な運用管理を実現した。

第 1 の管理ツールはキヤノン IT ソリューションズ社製の Total Manager for Mac（以下、TMM という）であり、図 4 のように構成される。TMM では主に以下のような機能を利用する。

- 端末の電源管理（自動起動，定時シャットダウン）
- 起動 OS の管理

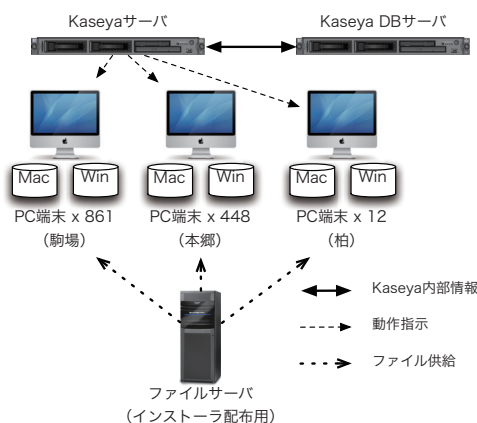


図 5: Kaseya サーバ群の構成

- 端末内に格納された OS イメージの再インストール

iMac は遠隔から起動する Wake On LAN に対応しないため、授業のない夜間に自動起動する設定を行うことで、無人での OS 更新作業を実現した。

第 2 の管理ツールは Kaseya 社製の Kaseya であり、図 5 のように構成される。TMM が持つ OS イメージの完全な再インストール機能だけでは、1,300 台を超える端末の更新作業をタイマーに行うことが難しい。パッチ適用や単一のアプリケーションインストールといった差分更新を実現することも必要であり、Kaseya によりこれを実装した。Kaseya による更新を行う際は、以下のような手順で実施する<sup>1</sup>。

1. TMM による夜間起動設定と、Kaseya による差分更新設定を行う。
2. 端末が夜間に自動起動すると、TMM の制御により、更新対象の OS が起動する。
3. 端末上の Kaseya エージェントが Kaseya サーバと通信し、指定された差分更新を適用する。

ECCS の端末は夜間の利用がほとんど 0 であるため、これら管理ツールにより更新作業は深夜 1 時から朝の 8 時まで完了していればよい。OS イメージの配信や、各 OS に対する差分更新はこの時間内に終了しており、授業への支障なく運用を行っている。

### 2.3 具体的成果

共著で論文を執筆し、国内会議で登壇発表を行った（成果要覧の [査読付 1], [発表 4]）。

## 3 成果要覧

### 査読付論文

[査読付 1] 丸山 一貴, 関谷 貴之, 妹川 竜雄, 和田 佳久: 教育用計算機システムにおけるエージェント方式によるデュアルブート端末管理, インターネットと運用技術シンポジウム 2012(IOTS2012), pp.39–46, 2012.

[査読付 2] Yusuke Ota, Kazutaka Maruyama, Minoru Terada: Discovery of Interesting Users in Twitter by Overlapping Propagation Paths of Retweets, Proceedings of the 2012 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI'12), pp.274–279, 2012.

<sup>1</sup>実際には、環境復元ツールである Deep Freeze も導入しているため、その解除と再設定というステップも必要となる。

## その他の発表論文

- [発表 1] 猪俣 順平, 丸山 一貴, 寺田 実: ドラッグ操作による Java プログラムリファクタリングシステム, 情報処理学会研究報告 ソフトウェア工学 (SE), Vol.2013-SE-179, No.30, pp.1-6, 2013.
- [発表 2] 大井 彩香, 丸山 一貴, 寺田 実: 履歴情報およびアプリケーション利用状況を考慮した Web 閲覧状況把握支援, 第 5 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, B6-1, 2013.
- [発表 3] 安部 達巳, 田中 哲朗, 関谷 貴之, 丸山 一貴, 前田 光教, 有賀 浩: 教育用計算機ユーザ管理システムの改善と運用評価, 大学 ICT 推進協議会 2012 年度年次大会論文集, pp.277-281, 2012.
- [発表 4] 丸山 一貴, 関谷 貴之: 教育用計算機システム ECCS2012 の構成, 大学 ICT 推進協議会 2012 年度年次大会論文集, pp.330-335, 2012.
- [発表 5] 石川 斉, 丸山 一貴, 寺田 実: SNS の機能を利用したプログラミング学習支援, 情報処理学会・電子情報通信学会 第 11 回情報科学技術フォーラム (FIT2012) 講演論文集, K-032, 2012.
- [発表 6] 佐々木 佳祐, 丸山 一貴, 寺田 実: スマートフォンでの利用に特化した Wiki システムの開発, 情報処理学会・電子情報通信学会 第 11 回情報科学技術フォーラム (FIT2012) 講演論文集, M-015, 2012.
- [発表 7] 平山 拓朗, 丸山 一貴, 寺田 実: Web ブラウザを用いた手書きメモ共有システムの提案, 情報処理学会・電子情報通信学会 第 11 回情報科学技術フォーラム (FIT2012) 講演論文集, J-001, 2012.

## 報道関連

- [報道 1] アルファシステムズ (プレスリリース) : 東京大学情報基盤センター「教育用計算機システム」に授業支援ソフトウェア『V-Class』を導入, 2012 年 4 月 26 日.
- [報道 2] 富士ゼロックス (プレスリリース) : いつでもどこでも簡単に出力できる機能など利便性の高いプリント環境を提供, 2012 年 5 月 1 日.

# 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

吉田 稔

テキストマイニングの基盤技術・応用技術に関する研究  
—テキストと数値の関連性分析—

佐藤 一誠

確率的潜在変数モデルの統計的機械学習に関する研究  
—周辺化変分ベイズ法の理論と応用—





# 学術情報研究部門

## 概要

部門長 中川裕志

### 1 概要

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24年度は、教授1名、助教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4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8件、受賞1件、その他発表10件、特記事項12件、著書1件の成果をあげた。

#### 内容

- 機械学習におけるブートストラップ法を応用して、英語学習者の語彙能力推定を行うアルゴリズム開発およびシステム構築を行った。これらは自然言語処理の難関国際会議など [査読付1, 2] にて公表した。
- 2012年度に行った非負行列分解を用いた知識抽出手法をさらに改善し、精度の高い近似計算を行うことに成功した。この成果は自然言語処理の難関国際会議で論文が採択された。[査読付6]
- 機械学習・データマイニングで重要なデータに潜む「類似性」をモデル化するために、「潜在変数」と呼ばれる確率変数を導入した確率的潜在変数モデルが近年重要視されている。特に学術情報処理の観点から確率的潜在変数モデルの効果的な統計的機械学習理論の構築を目的としている。本年度はLatent Dirichlet allocation (LDA) という近年最も盛んに研究されているモデルの拡張として周辺化変分ベイズ法を提案し評価した。この成果は機械学習の最難関国際会議で採録されている。[査読付4, 5]
- テキストに数値的情報が付随したデータが多い。本年度は、そのようなデータを研究対象とし、「テキストと数値の関連性マイニング」および「位置データ付きテキストからの、位置と言語の関連マイニング」というテーマで研究を行った。[査読付8][発表7,8,9,10]
- ビッグデータの処理に適した機械学習手法としてオンライン学習、およびバンディットの研究を行った。[査読付3] [発表1,2,3,4,5,6]
- プライバシー保護データマイニングのうち、ネットワークにおける利用者同士の通信履歴のようなネットワーク型のデータから、プライベート情報を保護した上でEMアルゴリズムでデータマイニングを行う技術を開発した。[著書1][査読付7]また、プライバシー保護データマイニングに関して情報法との関連を論じた。[著書2]

## 2 成果要覧

### 著書／編集

- [著書 1] Yang Bin, Hiroshi Nakagawa : Privacy-Preserving EM Algorithm for Clustering on Social Network, P.-N. Tan et al. (Eds.): PAKDD 2012, Part I, LNAI 7301, pp. 542-553, Springer-Verlag Berlin Heidelberg , 2012
- [著書 2] 中川裕志: 情報法, (宇賀克也, 長谷部恭男 編:第 8 章 データベースサービスとコンテンツ), pp.133-159, 有斐閣, 2012 年 9 月

### 査読付論文

- [査読付 1] Yo Ehara, Nobuyuki Shimizu, Takashi Ninomiya, Hiroshi Nakagawa: Personalized Reading Support for Second-Language Web Documents, ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 4(2), 2013. (to be published)
- [査読付 2] Yo Ehara, Issei Sato, Hidekazu Oiwa, Hiroshi Nakagawa: Mining words in the minds of second language learners: learner-specific word difficulty, 25th International Conference on Computational Linguistics(COLING 2012), pp.799-814. Mumbai, India. Dec., 2012 (long paper)
- [査読付 3] Hidekazu Oiwa, Shin Matsushima, Hiroshi Nakagawa: Healing Truncation Bias : Self-weighted Truncation framework for Dual Averaging, 12th IEEE International Conference on Data Mining(ICDM), pp.575-584, (long paper) Brussels. Dec. 10-13, 2012
- [査読付 4] Issei Sato, Ken-ich Kurihara, Hiroshi Nakagawa: Practical Collapsed Variational Bayes Inference for Hierarchical Dirichlet Process, 16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, (KDD 2012), pp.105-113, Beijing, China, (Research Track), August 12- August 16 , 2012
- [査読付 5] Issei Sato, Hiroshi Nakagawa: Rethinking Collapsed Variational Bayes Inference for LDA, 29th International Conference on Machine Learning (ICML 2012), pp. 999-1006, Edinburgh, Scotland, June 26-July 1 , 2012
- [査読付 6] Shingo Takamatsu, Issei Sato, Hiroshi Nakagawa: Reducing Wrong Labels in Distant Supervision for Relation Extraction, ACL 2012. pp.721-729, Jeju, Korea on July 8-14, 2012
- [査読付 7] Bing Yang, Issei Sato, Hiroshi Nakagawa: Privacy-Preserving EM Algorithm for Clustering on Social Network, The 16th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD2012), Kuala Lumpur, Malaysia, May29-June 1, 2012
- [査読付 8] 藏本貴久, 和泉潔, 吉村忍, 石田智也, 中嶋啓浩, 松井藤五郎, 吉田稔, 中川裕志: 新聞記事のテキストマイニングによる長期市場動向の分析 (速報論文) , 人工知能学会論文誌, Vol.28, No.3, pp.291-296, 2013 年 3 月

### その他の発表論文

- [発表 1] 大岩秀和, 松島慎, 中川裕志: オンライン学習におけるデータ適応的正則化手法, 第 26 回人工知能学会全国大会, 3B1-R-2-8, 山口県教育会館, 2012 年 6 月
- [発表 2] 成田 敦博, 佐藤 一誠, 中川裕志: オンライン転移学習における能動学習法, 第 26 回人工知能学会全国大会, 3B1-R-2-9, 山口県教育会館, 2012 年 6 月

- [発表 3] 飯田紘士, 勝木孝行, 恐神貴行, 中川裕志: ベイズ推定を用いた指数忘却型自己回帰モデルによるトレンド, 季節性を含むデータの予測, 第 92 回数理解モデル化と問題解決研究会, A5(17), 武雄市文化会館, 2013 年 2 月
- [発表 4] 小宮山純平, 佐藤一誠, 中川裕志: ロックアップ期間による制約を考慮した確率的バンディット問題, 第 92 回数理解モデル化と問題解決研究会, A3(10), 武雄市文化会館, 2013 年 2 月
- [発表 5] 江原遥, 佐藤一誠, 中川裕志: ブートストラップ法のための能動学習, 言語処理学会第 18 回年次大会, F1-1, 名古屋大学, 2013 年 3 月
- [発表 6] 小宮山純平, 佐藤一誠, 中川裕志: バンディット問題の非定常状態への拡張について, 第 15 回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2012), ポスターセッション 1 (ディスカッショントラック) D-2, 2012 年 11 月
- [発表 7] 加藤宏紀, 荒牧英治, 宮部真衣, 吉田稔, 佐藤一誠, 中川裕志: ソーシャルメディアからの地域固有表現の抽出, 第 4 回集合知シンポジウム, 東京, 2012 年 12 月
- [発表 8] 山本忠, 吉田稔, 中川裕志, 渋谷久恵, 前田俊二: 製品修理作業レポートと付随する数値データの関係性分析, 第 15 回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2012), I-5, 東京, 2012 年 11 月
- [発表 9] 吉田稔, 杉浦隆博, 廣川敬真, 山田剛一, 増田英孝, 中川裕志: テキスト中の数値情報マイニングと情報編纂: MuST 参加から見えてきたもの, 人工知能学会第 26 回全国大会 (JSAI 2012), 3B3-NFC-4-1, 山口, 2012 年 6 月
- [発表 10] 蔵本貴久, 和泉潔, 吉村忍, 石田智也, 中嶋啓浩, 松井藤五郎, 吉田稔, 中川裕志: 新聞記事のテキストマイニングによる長期市場動向の分析, 人工知能学会第 26 回全国大会 (JSAI 2012), 4E1-OS-15-4, 山口, 2012 年 6 月

## 特記事項

- [特記 1] 中川裕志, 吉田稔, 佐久間淳: 第 26 回人工知能学会全国大会オーガナイズドセッション OS-20「プライバシー保護データマイニング」の主催, 山口県教育会館, 2012 年 6 月
- [特記 2] 谷田和章, 荒牧英治, 佐藤一誠, 吉田稔, 中川裕志: ソーシャルメディアによる風邪流行の予測, 言語処理学会第 18 回年次大会, 広島, 2012 年 3 月, 若手奨励賞受賞 (2013 年 3 月表彰) .

# 統計的機械学習とその応用

中川裕志

## 1 概要

2012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。

- 機械学習におけるブートストラップ法を応用して、英語学習者の語彙能力推定を行うアルゴリズム開発およびシステム構築を行った。これらは ACM の査読ジャーナル論文[査読付 1]、自然言語処理の難関国際会議 [査読付 2] にて公表した。
- 2011年度に行った非負行列分解を用いた知識抽出手法をさらに改善した。抽出されるのは、たとえば（人物、生誕地）のような情報の組を特定するための言語表現である。この例だと、”XX be born in YY”あるいは、”XX’s birth place is YY”というような表現である。非負行列分解は統計的機械学習において最近使われ始めている技術であり、この研究では Wikipedia（英文）を対象データとして用いた。特に False-Positive な例を排除するために、その部分を表わす定義式を近似して計算することに成功し、性能の向上を図った。この成果は自然言語処理の難関国際会議で論文が採択された。[査読付 6]
- 統計的機械学習のオンライン教師有り学習で分類システムを学習するとき、正則化を使って安定した解を得る方法が一般的である。すなわち以下の定式化となる。

$$\mathbf{w}^* = \operatorname{argmin}_{\mathbf{w}} (\text{損失}(\mathbf{x}, \mathbf{w}, \text{正しい分類}) + \text{正則化項}(\mathbf{w}))$$

損失は 2 乗誤差あるいはヒンジ誤差などである。複雑さを低減させる各素性値の絶対値の和で表されるノルム(L1 ノルム)も用いられ始めたが、L1 ノルムを正則化項に用いると、素性の重みをゼロ化する力が強すぎて、 $\mathbf{w}$  の重要な成分までゼロにしてしまう傾向がある。我々は、この L1 ノルム正則化の問題点を緩和する数理モデルを考案し、高い分類性能と  $\mathbf{w}$  の簡素さを両立させることに成功した。すなわち、学習における分類のための重みベクトルのうち、更新毎の変動が少なく安定した要素を削減しない方法を採用した。この結果は機械学習分野の難関国際会議で論文が採択された。[査読付 3]

- オンライン学習では入力データに対して正解ラベルという強力な教師データがあるが、選択した分類に対して、その分類についての選択時点での報酬しか分からないという情報が少ない状態での情報源の状態推定を行うマルチアームド・バンディットに関して、非定常状態を対象にする理論的拡張を行った。[発表 4][発表 6]
- プライバシー保護データマイニングのうち、ネットワークにおける利用者同士の通信履歴のようなネットワーク型のデータから、プライベートなデータの流出を防いであらうと、データベースから EM アルゴリズムでデータマイニングを行う技術を開発した。[著書 1][査読付 7]
- プライバシー保護データマイニングに関して情報法との関連を論じた。[著書 2]

紙数の関係から以下では、プライバシー保護データマイニングとそれが引き起こす副作用と社会制度との関連について述べる。

## 2 プライバシー保護データマイニングの副作用の考察

### 2.1 背景

プライバシー保護データマイニングは暗号利用型、データベース摂動型、出力摂動型に分類される。後の2種の摂動型では、データベースの内容やデータベースへの質問の答えを改変あるいは雑音加算を行う。この摂動によって、個人情報などが一意に特定されることを防ぐ。データベース摂動としてはk-匿名化、l-多様化が良く知られている。出力摂動としては差分プライバシーが代表的である。差分プライバシーでは、例えば品質の悪い製品ロット数を質問したときの答えの数にLaplace分布によって生成された数を加算する。正確な答えが10であり、Laplace分布で生成した数が2なら12という答えが質問者に回答として返される。

回答を用いてデータマイニングするとき差分プライバシーが使われるので、回答の精度の最大化とデータベースの情報の特定できないという制約を同時に満たす最適化問題として捉えられてきた。たしかに、データマイニングの観点からはこれで十分に問題を定義しているといえよう。しかし、データベースへの質問者に雑音を加算されたデータが渡り、これが公開されてしまうことは、社会的に何らかの影響を及ぼすことが予見される。以下では、この問題について考察を進めた結果を記す。

### 2.2 内容

#### 2.2.1 差分プライバシー

差分プライバシーではデータベースへある条件に一致する項目の個数が質問され、その回答に確率密度関数  $Lap(x) = \frac{1}{2\lambda} \exp\left(-\frac{|x|}{\lambda}\right)$  であるラプラス分布の雑音を加算して結果として質問者に返す枠組みを考える。図1に2種のデータベース a, b への同じ質問への答えにラプラス分布による雑音を加えた場合の確率分布を示す。

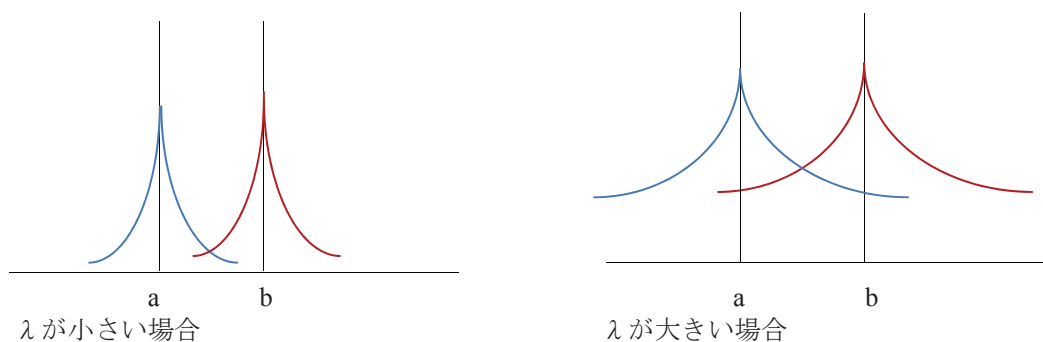


図1. λの大小によるデータベース a, b の特定のしやすさ

この図から分かるように、ラプラス分布の λ 大きいほど、データベース a, b の結果は重なり部分が大きくなり、同じ質問への答えを比較しても、その答えが a, b どちらのデータベースから出てきたものかを特定しにくくなる。

## 2.2.2 社会的影響のケーススタディ

質問者は差分プライバシーで得られた結果をどのように使おうと自由である。この状況で以下の2つのケースを考えてみよう。

### 1. 評価が連続する場合

例えば、ある企業で出荷された製品 A で発見された不良品数が質問されたとしよう。月刊 10 万個が出荷され、不良品が 100 個だったところを、雑音加算によって 102 個としようが 99 個としようが、これが毎月類似に値であれば社会的にさほど大きな影響はでない。つまり、差分プライバシーによってその企業の評価、あるいは製品 A の評価はほとんど変動しない。もちろん、長期的な観測で不良品が増加傾向であれば、評価が下がり、減少傾向であれば評価は上がるが、これは想定内の社会的評価であるといえよう。

### 2. 評価が不連続な場合

ある食品業者の製品 B には多量に摂取すると危険な物質 C が含まれているが、安全基準 D 以下なら危険ではないとされているとしよう。危険な物質 C の含有量 D 以上の出荷ロット数を質問したとしよう。これをさらに 2 つの場合に分けて考える。ただし、雑音加算によって負の値になった場合は回答を 0 とする。

① データベースに記載されていた物質 C の含有量 D 以上の出荷ロット数 = 0 であったにもかかわらず、雑音加算によって 1 以上という回答が出力されたとしよう。これは、この食品業者の社会的評価を著しく損なうことになる。いわゆる風評被害である。

同様のことは、レストランにおける食中毒の件数、パソコンやスマホのハードウェアやソフトウェアの不具合報告数などでも生じうることで、0 であったにもかかわらず、1 以上になると利用者が不必要に用心してしまい、レストランや病院にマイナス評価を与えかねない。

② データベースに記載されていた物質 C の含有量 D 以上の出荷ロット数 = 1 であったにもかかわらず、雑音加算によって 0 という回答が出力されたとしよう。これは、この食品業者の実態を隠蔽する。(以後瑕疵隠蔽と呼ぶ。)

社会的影響という観点で問題になるのは上記②の場合である。通常の差分プライバシーでは

$$\min (|\text{回答の誤差}| + \text{データベース内部の 1 個のデータの特定できる確率}) \quad (1-1)$$

あるいは

$$\min ((\text{回答の誤差})^2 + \text{データベース内部の 1 個のデータの特定できる確率}) \quad (1-2)$$

という最適化の問題を考え、加算される雑音の分布である上記のラプラス分布のパラメタ  $\lambda$  を調整する。データマイニングにおいて最小化する目標となる精度は、式(1-1)、(1-2)の回答の誤差はその絶対値や 2 乗が最適化の対象になるため誤差自体の正負は考慮されない。しかし、上記②の問題では、誤差の正負によって社会的影響の正負が非対称に異なってくる。以下で、この問題を扱う。

## 2.2.3 風評被害と瑕疵隠蔽のモデル化

上記②の状況を縦軸の正の方向に風評被害額、負の方向に瑕疵隠蔽の利得額:  $y$  をとり、横軸に物質 C の含有量 D 以上の出荷ロット数:  $x$  をとって図示してみたのが図 2 である。

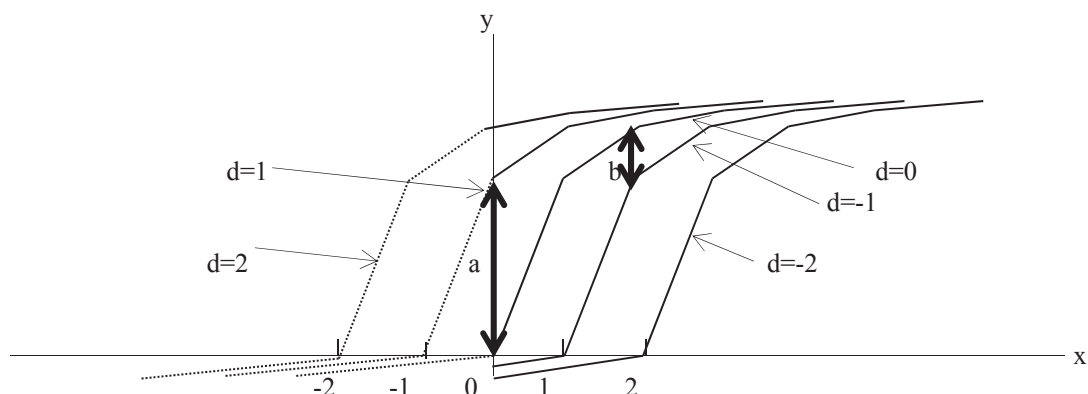


図2. 加算する雑音  $d$  を変化させたときの  
物質Cの含有量D以上の出荷ロット数: $x$  vs 風評被害額（瑕疵隠蔽利得額）: $y$

図中、 $d=0$  の場合が、雑音加算のない場合の不良ロット数に対する風評被害額（瑕疵隠蔽利得額）を表す折れ線である。 $d=1$  のように正の雑音を加算された場合は、 $x=0$  でも風評被害が発生し、その額は  $x=0$  における( $d=1$  の折れ線の値)-( $d=0$  の折れ線の値)= $a$ (図中の左側の両矢印の線分の長さ)となる。一方、 $d=-1$  のように負の雑音を加算されると、 $x=1$  であっても風評被害は発生しない。例えば、 $x=2$  においては、 $d=0$  の場合に比べて図中の右側の両矢印の線分の長さである  $b$  が食品業者側には不当に利益になるので、これを瑕疵隠蔽利得と呼んだ。

一方、 $x < 0$  の領域は不良ロットが出荷されないので、上記の議論が当てはまらない。ただし、不良ロットがない状態で多数の出荷があればあるほど食品業者側に信用という利得が生ずる。この信用は不良品出荷に比べて、ロット当たりには換算すれば非常に小さな値と考えるのが適当であろうから、図では  $x < 0$  の部分の傾きは緩やかになる。

図2による分析により、データベースへの質問への回答に雑音を加算された場合の風評被害（瑕疵隠蔽利得）の構造が明らかになった。

## 2.2.4 風評被害と瑕疵隠蔽における差分プライバシーの設計

ここで、プライバシー保護という観点からは上記のデータベースへの質問への回答から、個別の食品業者が特定されないことが目標となる。食費衛生の観点からはこのような保護はよくないが、レストランの評判分析、商店などサービス業のサービス度合いに適用し、レストラン業界全体あるいはサービス業界全体の動向のデータマイニングを行うにあたっては、個別店舗の特定は好ましくない。このことを考慮した、風評被害（瑕疵隠蔽利得）まで考慮した雑音加算の最適化は以下の式となる。ただし、瑕疵隠蔽利得は消費者側の損失であるので、両者を同列に扱うためには絶対値か2乗をとる必要があり、次式となる。ただし、 $y(x)$  は真のデータベース質問への回答の値である。 $\text{identify}(d(\lambda))$  は  $\lambda$  をパラメタとするラプラス分布による雑音  $d(\lambda)$  をパラメタとしたとき店舗などが特定できる確率である。

$$\text{最適な } \lambda = \text{argmin}_{\lambda} \sum_x \sum_{d(\lambda)} (|y(x + d(\lambda))| + \text{identify}(d(\lambda))) \quad (2-1)$$

あるいは

$$\text{最適な } \lambda = \text{argmin}_{\lambda} \sum_x \sum_{d(\lambda)} (y(x + d(\lambda))^2 + \text{identify}(d(\lambda))) \quad (2-2)$$

今後は、このようなモデルの汎用化、精密化、あるいは評価実験を行うとともにこの議論が適用できる社会現象を網羅していく作業を行う予定である。

## 2.2.5 損害と利得の心理的非対称性

人間心理としては、自分が被った損害は大きめに感じ、得た利得は小さめに感じるという傾向があり、行動経済学におけるプロスペクト理論として知られている。例えば、風評被害は食品業者にとっては非常に大きな損失に感じるが、消費者は大きな損失だとは想像しにくい。逆に、瑕疵隠蔽利得は業者にとっては小さな利得と感じても、消費者にとっては、大きな損害とを感じるであろう。直接は記述してこなかったが、上記の分析では、この非対称性を考慮せずに、風評被害は生産業者やサービス提供側の視点からのものを用い、瑕疵隠蔽利得は消費者あるいは利用者側の視点からのものを用いていた。

ただし、視点を移動したからといって、風評被害と瑕疵隠蔽利得が同じ価値尺度で比較できるとは限らない。風評被害の場合は、出荷停止期間に出荷できたはずの製品やサービスの期待額として計算できる。瑕疵隠蔽利得は、逆に出荷できなかったという想定との実際の出荷額との差額を利得とすればよい。

しかし、両者を同じ最適化の式(2-1)(2-2)などで使うのであれば、同じ価値尺度を持つように変換しなければならない。これは、純粋に金銭的価値が計算できるなら、例えば上記のような経済学的な議論によって行われるべきものである。一方、人間の心理を対象にする場合は、社会心理の問題になるであろうが、以下に述べるようにやや複雑である。

つまり、レストランや製品の評判に関して言えば、評判そのものではまだ財の価値にはなっておらず、評判からどのような商業的利益が得られるかをモデル化する必要がある。ここまで、述べてきた枠組みをより実用的なものとするためには、これらの問題を検討していく必要がある。

## 2.3 具体的成果

プライバシー保護データマイニングと社会制度の関係については[著書 2]、上記の問題についての活動としては[特記 1]のセッション主催を行ったほか、2013 年にも同じテーマでの人工知能学会大会でのオーガナイズドセッションの提案が採択されており、2013 年 6 月にセッションが開催される予定である。また、プライバシー保護データマイニングについての学術的成果としては、[著書 1][査読付 7]がある。

## 3 成果要覧

### 著書／編集

[著書 1] Yang Bin, Hiroshi Nakagawa : Privacy-Preserving EM Algorithm for Clustering on Social Network, P.-N. Tan et al. (Eds.): PAKDD 2012, Part I, LNAI 7301, pp. 542-553, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012

[著書 2] 中川裕志 : 情報法, (宇賀克也, 長谷部恭男 編 : 第 8 章 データベースサービスとコンテンツ), pp.133-159, 有斐閣, 2012 年 9 月

### 査読付論文

[査読付 1] Yo Ebara, Nobuyuki Shimizu, Takashi Ninomiya, Hiroshi Nakagawa : Personalized Reading Support for Second-Language Web Documents, ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 4(2), 2013. (to be published)

[査読付 2] Yo Ebara, Issei Sato, Hidekazu Oiwa, Hiroshi Nakagawa: Mining words in the minds of second language learners: learner-specific word difficulty, 25th International Conference on Computational Linguistics(COLING 2012), pp.799-814. Mumbai, India. Dec., 2012 (long paper)



- [査読付 3] Hidekazu Oiwa, Shin Matsushima, Hiroshi Nakagawa: Healing Truncation Bias : Self-weighted Truncation framework for Dual Averaging, 12th IEEE International Conference on Data Mining(ICDM), pp.575-584, (long paper) Brussels. Dec. 10-13, 2012
- [査読付 4] Issei Sato, Ken-ich Kurihara, Hiroshi Nakagawa : Practical Collapsed Variational Bayes Inference for Hierarchical Dirichlet Process, 16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, (KDD 2012), pp.105-113, Beijing, China, (Research Track), August 12- August 16 , 2012
- [査読付 5] Issei Sato, Hiroshi Nakagawa: Rethinking Collapsed Variational Bayes Inference for LDA, 29th International Conference on Machine Learning (ICML 2012), pp. 999-1006, Edinburgh, Scotland, June 26-July 1 , 2012
- [査読付 6] Shingo Takamatsu, Issei Sato, Hiroshi Nakagawa : Reducing Wrong Labels in Distant Supervision for Relation Extraction, ACL 2012. pp.721-729, Jeju, Korea on July 8-14, 2012
- [査読付 7] Bing Yang, Issei Sato, Hiroshi Nakagawa: Privacy-Preserving EM Algorithm for Clustering on Social Network, The 16th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD2012), Kuala Lumpur, Malaysia, May29-June 1, 2012

#### その他の発表論文

- [発表 1] 大岩秀和, 松島慎, 中川裕志 : オンライン学習におけるデータ適応的正則化手法, 第 26 回人工知能学会全国大会, 3B1-R-2-8, 山口県教育会館, 2012 年 6 月
- [発表 2] 成田 敦博, 佐藤 一誠, 中川裕志: オンライン転移学習における能動学習法, 第 26 回人工知能学会全国大会, 3B1-R-2-9, 山口県教育会館, 2012 年 6 月
- [発表 3] 飯田紘士, 勝木孝行, 恐神貴行, 中川裕志 : ベイズ推定を用いた指数忘却型自己回帰モデルによるトレンド, 季節性を含むデータの予測, 第 92 回数理解モデル化と問題解決研究会, A5(17), 武雄市文化会館, 2013 年 2 月
- [発表 4] 小宮山純平, 佐藤一誠, 中川裕志 : ロックアップ期間による制約を考慮した確率的バンディット問題, 第 92 回数理解モデル化と問題解決研究会, A3(10), 武雄市文化会館, 2013 年 2 月
- [発表 5] 江原遥, 佐藤一誠, 中川裕志 : ブートストラップ法のための能動学習, 言語処理学会第 18 回年次大会, F1-1, 名古屋大学, 2013 年 3 月
- [発表 6] 小宮山純平, 佐藤一誠, 中川裕志 : バンディット問題の非定常状態への拡張について, 第 15 回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2012), ポスターセッション 1 (ディスカッショントラック) D-2, 2012 年 11 月

#### 特記事項

- [特記 1] 中川裕志, 吉田稔, 佐久間淳 : 第 26 回人工知能学会全国大会オーガナイズドセッション OS-20 「プライバシー保護データマイニング」の主催, 山口県教育会館, 2012 年 6 月

# テキストマイニングの基盤技術・応用技術に関する研究 — テキストと数値の関連性分析 —

吉田 稔

## 1 概要

近年、様々なテキストデータが電子的に流通しているが、その中には、テキストに数値的情報が付随したデータも少なくない。今年度は、主にそのようなデータを研究対象とし、「テキストと数値の関連性マイニング」というテーマで研究を行った。本稿では、このうち「テキストと数値の組からなるデータへのマイニング」および「位置データ付きテキストからの、位置と言語の関連マイニング」に関して、詳細に解説を行う。

- テキストと数値の組からなるデータへのマイニング手法の研究 [発表 2]  
テキストと数値が関連付けされたデータを対象に、機械学習により、評価値付き辞書を生成するための研究を行った。
- 位置データ付きテキストからの、位置と言語の関連マイニングに関する研究 [発表 1]  
位置データ付きのテキスト、具体的には、緯度経度情報の付随したマイクロブログのテキストを対象に、地域固有の語彙を抽出するための研究を行った。
- 株価とテキストの関連分析に関する研究 [査読付 1][発表 4]  
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、ベイズ確率モデルに基づく単語と株価の関連のモデル化に関して研究を行った。
- テキスト中の数値表現検索システムに関する研究 [発表 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、主に、テキスト・数値の対話検索のためのインターフェースの開発を行った。
- 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、レイアウトに対する新たな確率モデルの解析精度の向上に関する研究を行った。

## 2 テキストと数値の組からなるデータへのマイニング手法の研究

### 2.1 背景

企業ではコールセンターにおける通話の内容記録や、特に製造業では製品サポートのための修理作業に伴うレポートなどがテキストデータとして蓄積される。製造元の企業規模が大きければ、このようなデータは人手で分析できないほど膨大となる。このような膨大なデータの中には十分に活用しきれていないものや、利用されず蓄積されているものがある。本研究では特に、修理作業レポートとその作

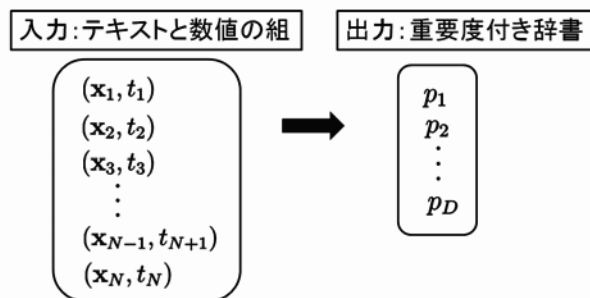


図 1: 本研究における入出力

業にかかった金銭コストのような、テキストとそのテキストと関係する付随値により構成されるデータを対象とする。このようなデータからデータマイニングにより情報を抽出し、データを有効に活用することを考える。修理作業レポートの例では重要な語彙を抽出しそれらの語彙をもとに検索し易くする等、データの管理に役立てることが考えられる。そして本研究ではこのようなテキストと数値の組からなるデータから**重要な語彙を抽出**することを目的とする。

テキストは 5 から 10 語彙程度で構成される比較的短い一文を想定し、全文書中語彙数  $D$  とすると、テキストは  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_D)$  と表記できる。ベクトルの各要素は対応する語彙が文書に含まれるか否かで  $\{1, 0\}$  の値をとる。そしてテキストに対応する数値を  $t$  とする。これらの組が  $N$  個観測されるとき、 $(\mathbf{x}_1, t_1), (\mathbf{x}_2, t_2), \dots, (\mathbf{x}_N, t_N)$  のように表現できる。

次に**重要度付き辞書**を  $\mathbf{p}$  として定義する。これは、語彙数を  $D$  とすると  $\mathbf{p} = (p_1, p_2, \dots, p_D)$  となり、各要素は対応する語彙の重要度を示している。この重要度は「語彙がテキストに含まれることによりテキスト付随値に与える影響」を数値化したものである。そして、本稿では  $(\mathbf{x}_1, t_1), (\mathbf{x}_2, t_2), \dots, (\mathbf{x}_N, t_N)$  を入力として、 $\mathbf{p}$  を求めることを問題とする (図 1)。

また辞書の評価や教師データとしての利用のため、専門家により頻度 9 以上の語彙にラベルが与えられている。これは以下の様に離散的に与えられたものである。

- 高い値段の文書に出現しやすい単語には “+1”
- 安い値段の文書に出現しやすい単語には “-1”
- どちらともいえない場合には “0”

## 2.2 内容

提案手法では、まず、与えられたラベルを利用せず、文書に付随する数値のみから、語彙の評価値を推定する。その後、算出された重要度を素性として用いることにより、各単語のラベルを予測する。

### 2.2.1 語彙の評価値推定

文書の数値から語彙の評価値を推定するための手法として、図 2 に示された 4 つの手法を用いた。これらは、回帰モデルに基づく手法 (図 2 左側) と、回帰モデルを仮定せず直接評価値を算出する手法 (図右側) に大別される。

回帰モデルを用いる手法では、テキスト  $\mathbf{x}$  を説明変数、付随値  $t$  を目的変数とし、 $\hat{t} = f(\mathbf{x})$  という回帰モデルを想定する。この最も単純な例は線形回帰モデル

$$f(\mathbf{x}) = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_D x_D \quad (1)$$

である。ここで線形モデルでは  $\mathbf{x}$  の各要素が語彙に対応し、テキスト中に含まれるか否かで  $\{1, 0\}$  をとることを考えると、 $\mathbf{x}$  にかかる係数  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_D$  がそれぞれの語彙の重要度であると考えること

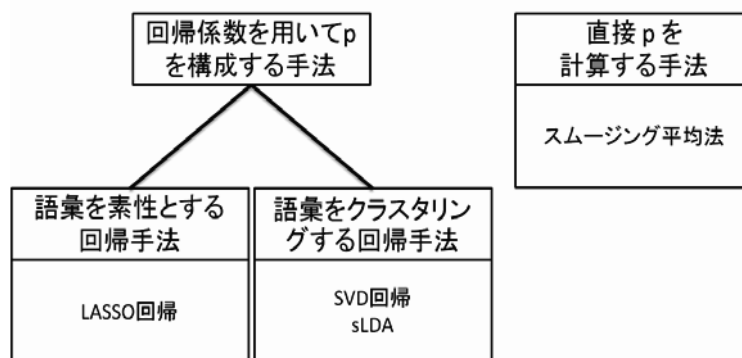


図 2: 評価値算出手法

ができる。つまり重要度付き辞書に対し

$$\mathbf{p} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_D) \quad (2)$$

とすることができる。

本稿では、このような手法として LASSO 回帰を取り扱う。この手法は最小化すべき目的関数の誤差項に  $L_1$  ノルムのペナルティ項を加える方法であり、自然に素性選択ができる点が特徴的である。回帰モデルを用いる手法として、最もシンプルなもの二乗誤差を最小化することを目的とする重回帰分析の手法である。しかしこの手法では文書を説明変数とする場合、次元が大きいことから多重共線性の問題などが発生する等の問題点があり直接実行していない。

また、回帰の際、説明変数として直接語彙を用いず、似た語彙をまとめた「語彙クラスタ」を用いる手法も考えられる。本研究では、このような手法として、次元圧縮手法である特異値分解 (SVD) を用いるほか、語彙クラスタリングとクラスタの評価値推定を同時に行う Supervised Latent Dirichlet Allocation (sLDA) を用いる手法についても実験を行った。

また、回帰を用いない手法としては、語彙と付随値の関係のみを考慮し、付随値のベイズ的生成モデルに基づいて語彙の評価値を推定するスムージング平均法を用いた。

### 2.2.2 語彙のラベル予測

各語彙について推定された評価値をもとに、教師あり学習によって語彙のラベル  $\{+1, -1\}$  を推定する。語彙が  $D$  個あり、それらに  $K$  通りの手法を用いて値段を実数値予測する。これらの予測値を  $\mathbf{w} = (w_1, \dots, w_K)$  と全ての手法についてまとめたベクトルを定義する。また語彙ラベルが教師データ  $s$  として与えられている。いま、回帰式

$$y(\mathbf{w}) = \lambda^T \mathbf{w} + b$$

によりラベル  $s$  を  $y(\mathbf{w})$  を用いて予測する問題を考える。具体的には、各語彙の素性は、“スムージング平均法”、“LASSO 回帰”、“SVD 回帰”、“sLDA”それぞれの手法による評価値であり、4次元の実数値ベクトル ( $K=4$ ) となる。この問題を SVM を用いて解くことにより、語彙のラベルを予測した。

### 2.3 具体的成果

人手で与えられた+1、-1のラベルを正解データとして、ラベル予測精度を測定した。表1では、SVMの実行結果をクロスバリデーションによる正答率の評価で示している。

SVMにおけるカーネルは線形カーネルとガウスクーネルの2種類を試している。ラベル比率は-1が59%であり、単純なベースライン(全て-1と予測)は59%となる。また、別のベースラインとして、各手法による語彙評価値(の偏差値)を単純平均した偏差値平均法を用いた。

表 1: ラベル予測精度

RBF-SVM	線形-SVM	偏差値平均法
70.03%	68.32%	67.42%

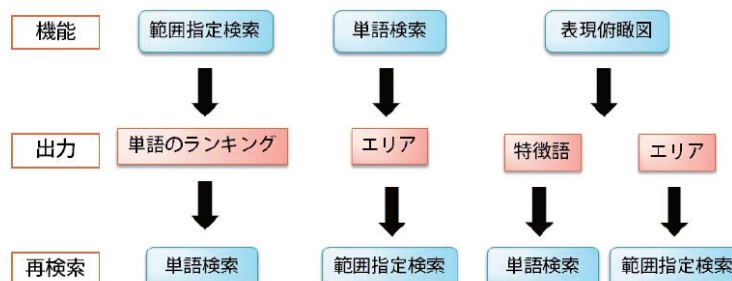


図 3: 機能の相互関係

表 1 の正答率の結果を比較するとガウスカーネルによる SVM が最も良い結果であり、70% を越える正答率となっている。そして学習に用いる語彙数に関わらずガウスカーネルを用いた SVM が偏差値平均法や線形カーネル SVM を上回る結果となっている。これは単純に各手法の評価値を平均することに比べ、高次元特徴空間上での分類が各手法の特性を取り入れることに成功していることを示している。このように LASSO 回帰や sLDA 等の特徴の異なる手法を統合することで重要語の検出がうまく行われることがわかった。

### 3 位置データ付きテキストからの、位置と言語の関連マイニングに関する研究

#### 3.1 背景

本研究ではソーシャルメディア上の位置情報が付与されたテキストを用いて、地理的な情報に対するさまざまな要求を満たすような検索システムを提案する。本研究では、ソーシャルメディアとして Twitter 上のデータを用いる。Twitter は数多くのユーザが利用しているマイクロブログのサービスであり、Twitter 上の投稿にはテキストデータだけでなく、位置情報が付与されているデータが存在するためである。

位置とテキストが与えられたデータへの検索として、「位置をクエリとして、テキストを返す検索」と、「テキストをクエリとして、位置を返す検索」の 2 種類が考えられる。また、これとは別に、いわゆるクエリサジェスト機能として、「エリア毎のキーワード表示」という機能も考えられる。本システムは、これら 3 種類の機能、すなわち、エリア指定検索、単語検索、表現俯瞰図の機能を実装している。これらはそれぞれ、検索要求として、「位置がはっきりしているが単語がわからない場合」「単語がわかっているが位置がわからない場合」「位置も単語もわからない場合」に相当している。これらの機能は図 3 のように、相互に利用されることを想定している。例えば、単語検索の結果から興味のあるエリアを更に調べることや、表現俯瞰図から更に特定のエリアについて詳細な情報を調べるなど、多様なユーザの要求に対して対応が可能であると考えられる。



図 4: エリア選択検索の画面例

## 3.2 内容

地図の表示には GoogleMaps API を用いた。本システムで使用したデータは、Twitter API から取得した 2011/07/14 から 2011/07/31 までの期間の位置情報付きのツイート 800,344 件である。

### 3.2.1 エリア指定検索

本節ではエリア指定検索の機能やその検索の流れについて述べる。エリア指定検索は緯度経度によりエリアを指定して、そのエリア内のツイートに含まれる単語を取得し、スコアリングを行い、単語のランキングを出力する。

具体的には、各単語  $w$  に対し、以下の計算式によりスコアを計算する。

$$score1(w) = \frac{\text{指定エリア内の単語 } w \text{ の頻度}}{\text{日本全体内の単語 } w \text{ の頻度}} \quad (3)$$

単純頻度でなく、他のエリアでの頻度も考慮に入れた相対頻度を用いることで、「エリア内で頻度が高く」「他のエリアに出現しづらい」単語に高いスコアを与えることができる。

2011/07/14 から 2011/07/31 の日付の期間で、名詞、動詞、形容詞を指定し、渋谷近辺を検索した。検索したエリアは 0.01 度 × 0.01 度のメッシュ内のエリアであり、図 4 の下部にある地図の赤い部分である。検索された単語は 355 件得られた。表 2 に上位 10 件の単語のランキングを示す。

### 3.2.2 単語検索

続いて、単語検索の概要について述べる。単語検索機能は、単語を入力して、それに関連する場所とその内容を得ることを目的とする。単語検索機能では、単語及び、日付の期間を入力し、その単語が出現するツイートが投稿された地点にマーカーをプロットする。そしてマーカーを選択するとツイートの内容を見ることができる。

単語検索の画面を図 5 に示す。単語検索では、図 5 の上部にある入力画面で単語及び、日付の期間を入力し、日付の期間内でその単語が含まれるツイートの地点を地図上にプロットする。図 5 は入力



図 5: 単語検索の画面例

“花火”を検索した際の結果である。東京近辺では、江戸川近辺にツイートが集中していた。これは、2011年7月26日に行われた葛飾納涼花火大会に関するツイートであると考えられる。

### 3.2.3 表現俯瞰図

表現俯瞰図は、入力なしで各地点を特徴付ける情報を俯瞰することを目的とする。この機能では、あらかじめメッシュに区切ったエリア内の重要な単語を地図上に表示する。なお、メッシュの大きさは、1度×1度であり、ここでいう特徴語とは式(3)により計算されたスコアが最も高い単語を指す。表現俯瞰図の画面を図6に示す。この図は九州に関する結果である。地域名に関する単語が多く出現していることがわかる。しかし、上部には“市”のような地域によらない単語が出現している。

### 3.3 具体的成果

比較のため、式(3)だけでなく、以下の2つのスコアの計算を含めた3つのスコアにより得られた単語のランキングに対して評価を行った。

$$score2(w) = \frac{\text{指定エリア内の単語 } w \text{ の頻度}}{\log(\text{日本全体内の単語 } w \text{ の頻度})} \quad (4)$$

$$score3(w) = \frac{\text{指定エリア内の単語 } w \text{ の頻度} + \alpha}{\text{日本全体内の単語 } w \text{ の頻度} + \alpha * C} \quad (5)$$

横浜駅、秋葉原駅、博多駅、仙台駅、名古屋駅、東京駅、大阪駅、札幌駅、京都駅、渋谷駅、那覇ターミナル、富士山頂の12点を対象に実験を行った。それぞれの点の周辺エリアから3種のスコア付け手法それぞれで上位10単語を抽出し、それらの混成リストに対し、5人の被験者が人手による順位付けを行った。順位に応じて各単語に点数(1位10点、2位9点、... 11位以下0点)を与え、その合計点の多寡により正解データ(各単語の順位)を算出する。この正解データに基づき、nDCGによる評価を行った。全エリアの評価値を平均したところ、score1が0.79、score2が0.50、score3が0.65となり、単純なスコア付け手法が最も高い評価となった。



図 6: 表現俯瞰図の画面例

表 2: 渋谷付近の検索結果

順位	score1 の結果	score2 の結果	score3 の結果
1	ラックス	渋谷	道玄坂
2	ハチ公	1	ハチ公
3	ミツバチ	4	渋谷
4	ラウ	駅	桜丘
5	新南	2	ミツバチ
6	道玄坂	区	ラウ
7	長持ち	道玄坂	バックアップ
8	バックアップ	0	スクランブル
9	スクランブル	3	東横線
10	桜丘	the	新南

score2 では、数字をはじめとするノイズが上位に抽出される傾向があり、全体の数値を押し下げていたことから、対数を用いることにより正規化の効果が薄れてしまったことが伺える。score1 と score3 の評価値をエリア別に見ると、渋谷駅と京都駅では score3 の評価値が上回ったが、その他のエリアでは score1 の評価値が高くなった。那覇のように、特徴的な単語に多様性が少ないエリアでは、score1 の単純なスコア付けが効果を発揮し、渋谷のように、特徴的な単語が多様なエリアでは、score3 のスムージングが効果を発揮したものと推測される。

各スコアに関する渋谷の検索結果の上位 10 件を表 2 に示す。score1 の結果を見ると、1 位の“ラックス”はリラクゼーションサロンの店名の一部であった。2、5、6、9、10 位は地名や建物に関する語であった。3 位は“ミツバチ”は渋谷ミツバチプロジェクトに関するツイートの一部である。4、8 位はツイートの内容を見ると、“クラウドバックアップセミナー”の“ラウ”と“バックアップ”が単語として表されている。7 位は“長持ち”はまつげエクステサロンの内容であった。

実用性に関して検討をすると、現時点でのスコア関数では、上位に特徴的な地名や建造物は抽出されているが、このような情報は、既存の地図検索サービスでも得られる情報である。そして、出現した単語に関して評価を行う必要もある。また、日付の期間に関する特徴が含まれていないことから、ある期間にのみ出現している単語を重み付けするといったように、日付の期間も考慮したスコア関数



を検討する必要がある。また、得られる単語が複合名詞の一部であるものが多く見られたため、正確に単語を分割する必要性もあると考えられる。

## 4 成果要覧

### 査読付論文

[査読付 1] 蔵本貴久, 和泉潔, 吉村忍, 石田智也, 中嶋啓浩, 松井藤五郎, 吉田稔, 中川裕志: 新聞記事のテキストマイニングによる長期市場動向の分析 (速報論文), 人工知能学会論文誌, Vol.28, No.3, pp.291–296, 2013 年 3 月

### その他の発表論文

[発表 1] 加藤宏紀, 荒牧英治, 宮部真衣, 吉田稔, 佐藤一誠, 中川裕志: ソーシャルメディアからの地域固有表現の抽出, 第 4 回集合知シンポジウム, 東京, 2012 年 12 月

[発表 2] 山本 忠, 吉田 稔, 中川裕志, 渋谷久恵, 前田俊二: 製品修理作業レポートと付随する数値データの関係性分析, 第 15 回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2012), I-5, 東京, 2012 年 11 月

[発表 3] 吉田稔, 杉浦隆博, 廣川敬真, 山田剛一, 増田英孝, 中川裕志: テキスト中の数値情報マイニングと情報編纂: MuST 参加から見えてきたもの, 人工知能学会第 26 回全国大会 (JSAI 2012), 3B3-NFC-4-1, 山口, 2012 年 6 月

[発表 4] 蔵本貴久, 和泉潔, 吉村忍, 石田智也, 中嶋啓浩, 松井藤五郎, 吉田稔, 中川裕志: 新聞記事のテキストマイニングによる長期市場動向の分析, 人工知能学会第 26 回全国大会 (JSAI 2012), 4E1-OS-15-4, 山口, 2012 年 6 月

### 特記事項

[特記 1] 谷田和章, 荒牧英治, 佐藤一誠, 吉田稔, 中川裕志: ソーシャルメディアによる風邪流行の予測, 言語処理学会 第 18 回年次大会, 広島, 2012 年 3 月, 若手奨励賞受賞 (2013 年 3 月表彰) .

# 確率的潜在変数モデルの統計的機械学習に関する研究 -周辺化変分ベイズ法の理論と応用-

佐藤一誠

## 1 概要

統計的機械学習は、機械が過去のデータや人の経験から自動的に情報処理方法を学習し、有用な知識の発見や未知の問題解決を行うことを目的としている。機械学習・データマイニングでは、データに潜む「類似性」をモデル化することが重要である。この類似性を統計的に抽象化するために、「潜在変数」と呼ばれる確率変数を導入した確率的潜在変数モデルが近年重要視されている。データ間の類似性を、確率変数として記述し統計的に推定することで確率的変数モデルの学習が定式化される。本研究では、特に学術情報処理の観点から確率的潜在変数モデルの効果的な統計的機械学習理論の構築を目的としている。本研究で扱う統計モデルは、Latent Dirichlet allocation (LDA) という近年最も盛んに研究されているモデルある。特に、LDA の学習手法として周辺化変分ベイズ法を扱う。

具体的には以下の研究を行った。

- 周辺化変分ベイズ法の理論解析 [査読付 1]:

周辺化変分ベイズ法は、解析的に解くことが出来ない積分計算を伴うため近似計算を必要とする。これはテイラー展開により計算可能であるが、特定の次数での近似が LDA の学習では性能が良いことが経験的に知られている。本研究では、この現象に対して理論的な解析を行った。変分ベイズ法及び周辺化変分ベイズ法は Kullback-Leibler(KL) 情報量の下での最適化として導出される。しかし、KL 情報量のままでは、周辺化変分ベイズ法における特定の次数の性能が何故容易のかは明らかにすることはできない。そこで、KL 情報量を一般化した  $\alpha$  情報量を用いて学習アルゴリズムを一般化し、パラメータである  $\alpha$  の挙動を考察することで、周辺化変分ベイズ法の挙動を理論的に解析した。その結果、特定の次数による近似は、周辺化変分ベイズ法における「Zero-forcing effect」と呼ばれる効果を軽減することがわかった。「Zero-forcing effect」が強い場合、汎化性能の悪い局所解へ最適化されてしまうことがあるため、この効果を軽減することで LDA の学習として性能が良くなっているということがわかった。

- HDP-LDA における省メモリで実装が容易な周辺化変分ベイズ法の開発 [査読付 2]:

上記で行った周辺化変分ベイズ法の理論解析を元に LDA の拡張モデルである階層 Dirichlet 過程 LDA (HDP-LDA: Hierarchical Dirichlet Process enhanced Latent Dirichlet Allocation) における周辺化変分ベイズ法の研究を行った。LDA では、潜在変数の次元数を予め決めておく必要がある。HDP-LDA では、この次元数を推定することができる。HDP-LDA の周辺化変分ベイズ法はすでに提案されているが、LDA の場合と比べて近似計算に複雑な数値計算を伴うため、実装が複雑になる。また、データの十分統計量の分散値を保持しておく必要がある。例えば、文書解析においては、各単語毎にこの分散値を潜在変数の次元数だけ保持する必要があり、大規模データでは好ましくない。また、分散の計算は実装の複雑化を助長する。実は、LDA において「Zero-forcing effect」を軽減する次数での近似を行った場合、これらの分散の計算をする必要がないという利点があった。しかし、HDP-LDA では依然としてこの分散値を計算する必要がある。本研究では、

LDA と同程度に実装が容易で、分散値の計算を必要とせず、「Zero-forcing effect」を軽減する周辺化変分ベイズ法を開発した。応用として、学術情報のトピック解析やネットワークデータのリンク解析により従来手法に比べて性能が向上することを実験的に示した。

本稿では、特に「周辺化変分ベイズ法の理論解析」について更に詳しく説明する。

## 2 Latent Dirichlet allocation (LDA)

### 2.1 背景

LDA は、当初、文書の確率的生成モデルとして提案された。各文書にはトピックがあると仮定し、このトピック情報を潜在変数としてモデル化することで抽出できる。特に LDA では、文書には複数のトピックが存在すると仮定し、そのトピックの分布をモデル化する。これまで、LDA を改良した様々なモデルが提案され（総称してトピックモデルと呼ばれる）、近年の機械学習では、主要な研究分野の一つとなっている。その理由の1つとして、トピックモデルが、文書の持つ様々な情報（著者や参照リンクなど）を柔軟にモデル化することができ、また自然言語処理に留まらず、画像処理、音声処理、ソーシャルネットワーク解析、情報検索、情報推薦などさまざまな分野で応用可能であることに起因する。

### 2.2 定式化

確率的潜在変数モデルでは、潜在変数という確率変数を確率モデルに導入する。LDA の場合、文書中の各単語が、離散値を取る潜在変数をもっており、その潜在変数の値が同じ単語は、同じトピックに属するという仮定（モデル化）を行う。

文書数を  $N$  とする。単語の種類数を  $V$  とし、単語集合を  $\mathcal{V} = \{1, 2, \dots, V\}$  とする。文書  $d$  の  $i$  番目の単語を  $w_{j,i} \in \mathcal{V}$  とし、文書長を  $n_d$  とする。各単語  $w_{j,i}$  に対応して潜在変数  $z_{j,i}$  を仮定し、離散値  $1, 2, \dots, T$  をとる。各潜在変数の値は、潜在トピックと呼ばれ、それぞれ単語の出現分布  $\phi_t$  ( $t = 1, 2, \dots, T$ ) に対応する。単語の出現分布  $\phi_t = (\phi_{t,1}, \dots, \phi_{t,V})$  は、 $\mathcal{V}$  上の確率分布で、 $\phi_{t,v}$  は、潜在トピック  $t$  で単語  $v$  が出現する確率を表す。LDA では、文書は複数のトピックから構成され、その構成比を離散分布として持つ。 $\theta_{d,t}$  を、文書  $d$  でトピック  $t$  が出現する確率（文書  $d$  でのトピック  $t$  の構成比率）とし、トピック分布を  $\theta_d = (\theta_{d,1}, \dots, \theta_{d,T})$  とする。

以下、LDA における文書の生成過程について説明する。 $\phi_t$  や  $\theta_d$  は、確率ベクトルであるので、確率ベクトル上の確率分布として、Dirichlet 分布 ( $\text{Dir}(\cdot)$  と表記) を仮定する。また、単語  $w_{d,i}$  や潜在トピック  $z_{d,i}$  は離散値なので、多項分布 ( $\text{Multi}(\cdot)$  と表記) を生成分布として仮定する。すなわち、

$$\theta_d \sim \text{Dir}(\gamma) \quad (d = 1, \dots, N), \quad \phi_t \sim \text{Dir}(\beta) \quad (t = 1, \dots, T), \quad (1)$$

ここで、 $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_T)$  は  $T$  次元ベクトル、 $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_V)$  は  $V$  次元ベクトルで、いずれも Dirichlet 分布のパラメータである。

各文書  $d (= 1, \dots, N)$  において、各単語は以下の生成過程を仮定する。

$$z_{d,i} \sim \text{Multi}(\theta_d) \quad (i = 1, \dots, n_d), \quad w_{d,i} \sim \text{Multi}(\phi_{z_{d,i}}) \quad (i = 1, \dots, n_d). \quad (2)$$

### 2.3 学習方法

LDA では、統計的学習としてベイズ学習を行う。ベイズ学習では、データ集合  $D$  が与えられた下で、潜在変数や他の確率変数の事後確率分布を推定することで統計的な情報を抽出し、データ解析や予測を行う。ただし、この事後確率分布の推定は、我々が扱う大量のデータにおいては計算量的に困難であるため、近似計算を伴う。LDA では、近似手法として、変分ベイズ法やマルコフ連鎖モンテカルロ

法が用いられてきたが、近年高精度な近似手法として周辺化変分ベイズ法が提案された。以下、周辺化変分ベイズ法について概要を説明する。

LDA では、事後分布として、 $p(\mathbf{z}, \boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\phi} | \mathbf{w})$  を推定する必要がある。ここで、 $\mathbf{w} = \{\mathbf{w}_d\}_{d=1}^N$ 、 $\mathbf{z} = \{z_d\}_{d=1}^N$ 、 $\boldsymbol{\theta} = \{\boldsymbol{\theta}_d\}_{d=1}^N$ 、 $\boldsymbol{\phi} = \{\boldsymbol{\phi}_t\}_{t=1}^T$  とした。しかし、この事後分布は計算量的に困難であるため、変分ベイズ法では、以下の近似分布を推定する。

$$q^*(\mathbf{z})q^*(\boldsymbol{\theta})q^*(\boldsymbol{\phi}) = \operatorname{argmin} \operatorname{KL}[q(\mathbf{z})q(\boldsymbol{\theta})q(\boldsymbol{\phi})|p(\mathbf{z}, \boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\phi} | \mathbf{w})]. \quad (3)$$

ただし、 $q(\mathbf{z}) = \prod_{d=1}^N \prod_{i=1}^{n_d} q(z_{d,i})$ 、 $q(\boldsymbol{\theta}) = \prod_{d=1}^N q(\boldsymbol{\theta}_d)$ 、 $q(\boldsymbol{\phi}) = \prod_{t=1}^T q(\boldsymbol{\phi}_t)$  と独立性を仮定。上記の最適化問題は、近似分布  $q^*(\mathbf{z})q^*(\boldsymbol{\theta})q^*(\boldsymbol{\phi})$  が、互いに独立であるように近似 (平均場近似) することによって、解析的に解くことが可能である。

当然、この独立仮定が推定精度に悪影響を及ぼす。そこで、周辺化変分ベイズ法では、まず以下のような定式化を考える。

$$q^*(\mathbf{z})q^*(\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\phi} | \mathbf{z}) = \operatorname{argmin} \operatorname{KL}[q(\mathbf{z})q(\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\phi} | \mathbf{z})|p(\mathbf{z}, \boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\phi} | \mathbf{w})]. \quad (4)$$

しかし、この定式化は、計算量的に困難な  $q^*(\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\phi} | \mathbf{z})$  を含んでしまっているため、最適化は困難である。そこで、 $p(\mathbf{z}, \boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\phi} | \mathbf{w})$  における  $\boldsymbol{\theta}$  と  $\boldsymbol{\phi}$  を周辺化 (積分消去) し、すなわち  $p(\mathbf{z} | \mathbf{w}) = \int \int p(\mathbf{z}, \boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\phi} | \mathbf{w}) d\boldsymbol{\theta} d\boldsymbol{\phi}$  とし、以下の最適化問題を解くことを考える。

$$q^*(\mathbf{z}) = \operatorname{argmin} \operatorname{KL}[q(\mathbf{z})|p(\mathbf{z} | \mathbf{w})]. \quad (5)$$

ただし、 $q(\mathbf{z}) = \prod_{d=1}^N \prod_{i=1}^{n_d} q(z_{d,i})$  と独立性を仮定。この最適化問題を解析的に解くことができれば、独立性の仮定が変分ベイズ法に比べて緩和されているため、周辺化変分ベイズ法はより高精度な学習アルゴリズムと言える。実際には、この最適化は解析的に解く事ができないが、テイラー展開による近似によって解くことが可能であり、変分ベイズ法よりも Perplexity と呼ばれる汎化性能が高くなる事が実験的に知られている。

### 3 LDA における周辺化変分ベイズ法の理論解析

#### 3.1 背景

$n_{d,t}(\mathbf{z})$  を文書  $d$  におけるトピック  $t$  の出現頻度とする。 $n_{t,v}(\mathbf{w}, \mathbf{z})$  をトピック  $t$  から単語  $v$  が生成された頻度とする、また  $n_{t,\cdot}(\mathbf{z}) = \sum_v n_{t,v}(\mathbf{w}, \mathbf{z})$ 。簡単のため、 $n_{d,t}$ ,  $n_{t,v}$ ,  $n_{t,\cdot}$  と記述する。“ $\setminus d, i$ ” で対応する統計量から  $w_{d,i}$  もしくは  $z_{d,i}$  の情報を削除することを表す。例えば、 $\mathbf{w}^{\setminus d,i} = \mathbf{w} \setminus \{w_{d,i}\}$ 、 $\mathbf{z}^{\setminus d,i} = \mathbf{z} \setminus \{z_{d,i}\}$  で、 $n_{t,v}^{\setminus d,i}$  は  $z_{d,i}$  を覗いて単語  $v$  がトピック  $t$  から生成された頻度とする。 $\mathbb{E}[x]$  で  $x$  の期待値、 $\mathbb{V}[x] = \mathbb{E}[x^2] - \mathbb{E}[x]^2$  を分散とする。

最適化問題 (5) の解は以下のように求まる。

$$\begin{aligned} q(z_{d,i} = t) &\propto \exp \mathbb{E}[\log p(w_{d,i} = v, \mathbf{w}^{\setminus d,i}, \mathbf{z}^{\setminus d,i}, z_{d,i} = t | \boldsymbol{\gamma}, \beta)]_{q(\mathbf{z}^{\setminus d,i})}, \\ &\propto \exp \left\{ \mathbb{E} \left[ \log \frac{n_{t,v}^{\setminus d,i} + \beta}{n_{t,\cdot}^{\setminus d,i} + V\beta} (n_{d,t}^{\setminus d,i} + \gamma_t) \right] \right\}, \\ &\propto \frac{\exp \mathbb{E}[\log(n_{t,v}^{\setminus d,i} + \beta)]}{\exp \mathbb{E}[\log(n_{t,\cdot}^{\setminus d,i} + V\beta)]} \exp \mathbb{E}[\log(n_{d,t}^{\setminus d,i} + \gamma_t)]. \end{aligned} \quad (6)$$

この更新式における期待値計算は解析的に解くことができないため、 $\log(x)$  のテイラー展開による近

似を行う。ここで、2次の近似を用いると以下を得る。

$$q(z_{d,i} = t) \propto \frac{\beta + \mathbb{E}[n_{t,w_{d,i}}^{d,i}]}{V\beta + \mathbb{E}[n_{t,\cdot}^{d,i}]} (\gamma_t + \mathbb{E}[n_{d,t}^{d,i}]) \exp \left( -\frac{\mathbb{V}[n_{t,w_{d,i}}^{d,i}]}{2(\beta + \mathbb{E}[n_{t,w_{d,i}}^{d,i}])^2} + \frac{\mathbb{V}[n_{t,\cdot}^{d,i}]}{2(V\beta + \mathbb{E}[n_{t,\cdot}^{d,i}])^2} \right) \exp \left( -\frac{\mathbb{V}[n_{d,t}^{d,i}]}{2(\gamma_t + \mathbb{E}[n_{d,t}^{d,i}])^2} \right), \quad (7)$$

期待値や分散は以下のように求めることができる。

$$\mathbb{E}[n_{d,t}] = \sum_{i=1}^{n_d} q(z_{d,i} = t), \quad \mathbb{V}[n_{d,t}] = \sum_{i=1}^{n_d} q(z_{d,i} = t)(1 - q(z_{d,i} = t)). \quad (8)$$

$$\mathbb{E}[n_{t,v}] = \sum_{d,i} q(z_{d,i} = t)\mathbb{I}(w_{d,i} = v), \quad \mathbb{V}[n_{t,v}] = \sum_{d,i} q(z_{d,i} = t)(1 - q(z_{d,i} = t))\mathbb{I}(w_{d,i} = v). \quad (9)$$

テイラー展開の0次近似では、分散項を計算する必要がなく、より簡単な更新式となる。

$$q(z_{d,i} = t) \propto \frac{\beta + \mathbb{E}[n_{t,w_{d,i}}^{d,i}]}{V\beta + \mathbb{E}[n_{t,\cdot}^{d,i}]} (\gamma_t + \mathbb{E}[n_{d,t}^{d,i}]). \quad (10)$$

この近似は、変分ベイズ法や2次近似の周辺化変分ベイズ法に比べて汎化性能が良いことが経験的に知られている。

ここで疑問なのは、「テイラー展開の近似として精度の低い0次近似が何故2次近似よりもLDAの学習としては良いのか」ということである。本研究では、この疑問に対する理論的な解析を行った。

### 3.2 $\alpha$ 情報量による射影としての学習

ここでは、準備として $\alpha$ 情報量及び射影としての学習アルゴリズムについて概説する。

$\alpha$ 情報量は $\alpha \in (-\infty, \infty)$ をパラメータとして確率分布間の情報量を次のように一般化したものである。

$$D_\alpha[p||q] = \frac{\int \alpha p(\mathbf{x}) + (1 - \alpha)q(\mathbf{x}) - p(\mathbf{x})^\alpha q(\mathbf{x})^{1-\alpha} d\mathbf{x}}{\alpha(1 - \alpha)}, \quad (11)$$

ここで、重要な点として $p(\mathbf{x})$ 、 $q(\mathbf{x})$ は正規化されている必要はない。 $p = q$ のとき $\alpha$ 情報量は0となる。例えば、特殊な場合として以下がある。

$$D_{-1}[p||q] = \frac{1}{2} \int \frac{(q(x) - p(x))^2}{p(x)} dx \quad (12)$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} D_\alpha[p||q] = KL[q(\mathbf{x})||p(\mathbf{x})] \quad (13)$$

$$D_{0.5}[p||q] = 2 \int (\sqrt{q(x)} - \sqrt{p(x)})^2 dx \quad (14)$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow 1} D_\alpha[p||q] = KL[p(\mathbf{x})||q(\mathbf{x})] \quad (15)$$

$$D_2[p||q] = \frac{1}{2} \int \frac{(p(x) - q(x))^2}{q(x)} dx. \quad (16)$$

周辺化変分ベイズ法で用いるKL情報量は $\alpha = 0$ に対応している。

ここまで述べてきたように、学習アルゴリズムは、ある計算困難な確率分布 $p(\mathbf{x})$  ( $\mathbf{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ )を近似分布 $q(\mathbf{x}) = \prod_{i=1}^n q(x_i)$ で近似することが目的となっている。そこで、我々は

$\alpha$  情報量 (11) を目的関数とした最適化問題として学習アルゴリズムの一般化を考える。この時、更新式は以下のように与えられる

$$q(x_i) \propto \mathbb{E} \left[ \left( \frac{p(\mathbf{x})}{q(\mathbf{x}^i)} \right)^\alpha \right]_{q(\mathbf{x}^i)}^{\frac{1}{\alpha}} \quad (17)$$

多くの問題では、この期待値計算は計算困難となる場合が多いが、

$$q(x_i) \propto \mathbb{E} \left[ \left( p(x_i | \mathbf{x}^i) \frac{p(\mathbf{x}^i)}{q(\mathbf{x}^i)} \right)^\alpha \right]_{q(\mathbf{x}^i)}^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (18)$$

であることから、 $p(\mathbf{x}^i)$  を  $q(\mathbf{x}^i)$  と交換して、

$$q(x_i) \propto \mathbb{E} \left[ p(x_i | \mathbf{x}^i)^\alpha \right]_{q(\mathbf{x}^i)}^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (19)$$

とする。この更新式は  $\alpha = 1$  の場合、Belief Propagation (BP) または Expectation Propagation (EP) と呼ばれる手法である。また、この更新式は、次のように局所的に  $\alpha$  情報量を用いた射影と見ることができる。

$$q^*(x_i) = \underset{q(x_i)}{\operatorname{argmin}} D_\alpha [p(x_i | \mathbf{x}^i) q(\mathbf{x}^i) || q(\mathbf{x})]. \quad (20)$$

次の節では、この射影アルゴリズムと周辺化変分ベイズ法の関係について述べる。

### 3.3 解析結果

$\alpha$  情報量による射影に対して LDA を適用すると

$$q^*(z_{d,i}) = \underset{q(z_{d,i})}{\operatorname{argmin}} D_\alpha [p(z_{d,i} | \mathbf{w}, \mathbf{z}^{\setminus d,i}) q(\mathbf{z}^{\setminus d,i}) || q(\mathbf{z})]. \quad (21)$$

更新式は

$$\begin{aligned} q(z_{d,i} = t) &\propto \mathbb{E} \left[ p(z_{d,i} = t | w_{d,i} = v, \mathbf{w}^{\setminus d,i}, \mathbf{z}^{\setminus d,i})^\alpha \right]_{q(\mathbf{z}^{\setminus d,i})}^{\frac{1}{\alpha}}, \\ &\propto \mathbb{E} \left[ (n_{d,t}^{\setminus d,i} + \gamma_t)^\alpha \frac{(n_{t,v}^{\setminus d,i} + \beta)^\alpha}{(n_{t,\cdot}^{\setminus d,i} + V\beta)^\alpha} \right]_{q(\mathbf{z}^{\setminus d,i})}^{\frac{1}{\alpha}}. \end{aligned} \quad (22)$$

次の定理を用いると、 $\alpha \rightarrow 0$  の時、更新式 (21) は、周辺化変分ベイズ法の更新式 (6) となる。

**定理 1 (Liapunov's inequality)**  $x$  が非負確率変数で、実数値  $\alpha_1, \alpha_2$  が  $\alpha_2 > \alpha_1$  の時

$$\mathbb{E}[x^{\alpha_2}]^{\frac{1}{\alpha_2}} \geq \mathbb{E}[x^{\alpha_1}]^{\frac{1}{\alpha_1}}. \quad (23)$$

また

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} \mathbb{E}[x^\alpha]^{\frac{1}{\alpha}} = \exp \mathbb{E}[\log(x)]. \quad (24)$$

さらに、0 近似した周辺化変分ベイズ法は、 $\alpha \rightarrow 1$  とした場合の近似になっていることを示すことができる。 $\alpha \rightarrow 0$  の場合、「Zero-forcing effect」と呼ばれる効果が、推定に寄与することが知られており、周辺化変分ベイズ法はこの影響を受ける。しかし、 $\alpha \rightarrow 1$  の場合は、この影響がないことが知られており、0 次近似した周辺化変分ベイズ法は、元の周辺化変分ベイズ法とは異なる性質をもつ。「Zero-forcing effect」は、推定する分布がモードに対してシャープになる傾向にあり（モードフィッティング）、推定精度に悪影響を及ぼすことが知られている。つまり、2 次近似した周辺化変分ベイズ法は、近似の精度を正確にしたために、本来周辺化変分ベイズ法に備わっている「Zero-forcing effect」の影響を受け、0 次近似よりも性能が劣ることが考えられる。最後に、表 1 に結果をまとめる。

表 1: 学習アルゴリズム間の関係

学習アルゴリズム	$\theta, \phi$ の周辺化 (積分消去)	$\alpha$ 情報量	Zero-forcing 効果
変分ベイズ法	しない	$\alpha \rightarrow 0$	あり
周辺化変分ベイズ法	する	$\alpha \rightarrow 0$	あり
0次近似周辺化変分ベイズ法	する	近似的に $\alpha \rightarrow 1$	なし
Expectation Propagation	しない	$\alpha \rightarrow 1$	なし

## 4 成果要覧

### 査読付論文

- [査読付 1] Issei Sato, Hiroshi Nakagawa. “Rethinking Collapsed Variational Bayes Inference for LDA”. 29th International Conference on Machine Learning (ICML 2012) pp. 999-1006, Edinburgh, Scotland, June 26-July 1, 2012, (long paper acceptance ratio 27.3%)
- [査読付 2] Issei Sato, Ken-ich Kurihara, Hiroshi Nakagawa. “Practical Collapsed Variational Bayes Inference for Hierarchical Dirichlet Process”. 16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, (KDD 2012), pp.105-113, Beijing, China, August 12-August 16, 2012, (Research Track 133 / 734 = 18.1%).
- [査読付 3] Shingo Takamatsu, Issei Sato, Hiroshi Nakagawa. “Reducing Wrong Labels in Distant Supervision for Relation Extraction”. ACL 2012. pp.721-729, Jeju, Korea on July 8-14, 2012 (accepted as oral presentation: 19%)





# 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

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

クラウド構築運用のための仮想化ネットワークに関する研究

中村 文隆

情報教育環境としてのシングルボードコンピューター

妙中 雄三

災害時を想定した通信システムの研究

宮本 大輔

悪意あるウェブサイトの対策に関する研究



# 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、ネットワーク基盤技術、ネットワーク応用システム、及びネットワークセキュリティ技術等に関し、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。2012年度の研究の取り組みの概要は以下の通りであり、これらの研究に対し、指導学生の受賞を含め、関連学会等から計4件の表彰を受けた。

### [1] ネットワーク基盤技術

大規模な自然災害による被害を抑えることが可能で、強い回復力を持つレジリエンスの高い都市の実現を目指し、災害時にも情報通信を維持可能とするため、スマートフォンを用いたバケツリレー型蓄積運搬（すれ違い）通信による情報通信基盤の研究を進めた。具体的には、スマートフォンが持つBluetoothの認証無し接続機能を利用してユーザの操作なしにバックグラウンドでスマートフォン通信を実現する基盤ソフトウェアを開発し、現場試験を行ってその機能動作の有効性を確認した。

ノートパソコン、スマートフォン、タブレット端末等の発展に伴って無線ネットワークの利用は拡大する一方である。しかし、一般に無線ネットワークでは情報転送容量の制限が厳しく、特に、マルチホップの無線ネットワークでは情報転送スループットが極めて低い。この問題を解決するため、特に、電波到達範囲よりも電波干渉範囲が大きく伝送誤りがあるという実際的な環境においても高い情報転送スループットを維持可能な新しい情報転送制御法の考案と実験評価を進めた。

スマートフォンを含む携帯端末の急速な普及に伴い、無線LAN環境において多数のユーザが一つの基地局を同時に利用することが多くなってきた。このような場合、多数の通信フローが限られた無線帯域を共有することになるため、通信遅延が増大してしまうことがある。この対策を目的として、一定時間に応答が完了するフローの数を最大化するための様々な優先制御手法を考案し、シミュレーションによる比較評価を行った。

ネットワークの構築・運用から応用までコンピュータは大きな役割を果たしているが、コンピュータリテラシー教育に加え、初等中等教育から高等教育に至る各段階におけるコンピュータサイエンスの学習の促進を果たすためには、プログラミング環境を備えたLinuxを標準OSとして搭載し各種のI/O機能を持つ安価なシングルボードコンピュータの広範な普及が有用であると考えられる。そこで、このようなコンピュータとしてラズベリーパイを調査分析し、その導入と運用、各種インタフェースの接続原理と応用例、プログラミングの習得に有用なスクラッチの活用事例等を含む教科書を執筆した。

### [2] ネットワーク応用システム

ネットワークに様々なセンサーデバイスを接続し社会生活に広く活用するための研究を進めた。具体的には、様々な気象センサー等で構成したデジタル百葉箱を東京近郊の大学や高校に多数設置し、観測データを集約サーバに定期的に転送するシステムを構築した。そして、この観測情報と気象庁や東京都等から得られた気象データを用いて、短時間強雨やヒートアイランド現象などの都市部特有の気象現象の発生状況に関する実態把握のための解析を行った。また、環境情報の計測及び可視化を行う実用的プログラミングの実践的教育を実施した。

無線ネットワークの応用として、道路における車両トラヒックを効率良く制御する方法の検討を行った。その主目的は、車両混雑の回避によって所要走行時間の短縮やエネルギー消費量の削減等を図ることにある。具体的な検討として、シミュレーション実験によって、車両の走行時間の測定誤差が制御特性に与える影響の評価と分析を行った。

ネットワークの応用システムとして、クラウドの利用が最近急速に拡大しており、特に、業務フローを変更することなく業務システムを移行可能な IssS (Infrastructure as a Service) が急速に展開されている。このようなクラウドの機能の柔軟化の実現に加え、その柔軟な構築と管理を実現できる仮想化ネットワーク技術について検討を進めた。更に、そのような仮想化ネットワーク技術に基づいたクラウドの設計と構築を行い、有効性を評価した。ネットワークの応用システムは極めて豊富になっており、コンピュータが生成した仮想物体等の電子情報を現実世界に重畳して、現実世界に直観的に分かりやすく情報を提示する拡張現実 (AR: Augmented Reality) 技術を活用したシステムの検討を進めた。具体的には、まず、ユーザの体の上を仮想物体が動き回る際の触覚を提示可能とすることを目指し、視覚と触覚を融合した刺激の提示手法を検討した。特に、少数の振動モータで広範囲に触覚を提示するための手法を実現するため、振動モータ数の削減が触覚に与える影響を実験評価し、横方向よりも縦方向の認識率が低い等の知見を得た。次に、振動モータ等のデバイスを用いず、力触覚を提示可能な擬似触覚の可能性を探求した。そのポイントは、体性感覚の情報と視覚情報に不整合を生じさせることであり、ビデオ映像の再生速度を変更することによって、このような不整合を発生させる方法を考案し、被験者実験を含めて調査検討を進めた。

### [3] ネットワークセキュリティ技術

現在のインターネットでは必ずしも十分高い信頼度 (トラスト) が得られるとは限らない。信頼できる一つの組織を前提とし、その組織が信頼する別の組織も信頼するという信頼連鎖によって信頼範囲を拡大し日常的なトラストを維持する方法が広く採られている。しかし、信頼できる大元の組織が攻撃を受けて乗っ取られてしまうとトラストが完全に崩壊してしまう。そこで、このように集中的でなく分散的にトラストを管理する技術について検討を進めた。

近年フィッシングサイトによって重要な個人情報等を盗まれる被害が増大し社会問題となっている。一般に、フィッシングサイトであるか否かの判断には、ユーザの過去の判断経験が精度向上に有効であると考えられているが、ユーザによってはそうでない場合がある。そこで、過去の判断経験が有効であるか否かに基づいてユーザを区分するため、コンテンツのみで判断を行っているか、URL や SSL の確認を行っているか、当該サイトを過去に利用したことがあるか等の観点で分類する方法を考案し、実験を行って、その方法の有効性を分析した。

フィッシング対策等のネットワークセキュリティ技術の研究では、ネットワークと攻撃の再現が必要不可欠である。そのうち、正常な通信によるトラフィックの再現は一般に容易ではない。そこで、実際のネットワークに流れているトラフィックデータを収集し、これを AS (Autonomous System) 単位で分割し、インターネットをエミュレートした模倣インターネット上の各 AS が協調してトラフィックを発生するプログラムを開発し実装した。

## ネットワーク研究部門 成果要覧

### 受賞関連

- [受賞 1] 石川 圭也, 妙中 雄三, 中山 雅哉: 学生奨励賞, 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会, 2013 年 3 月.
- [受賞 2] 新島 有信, 小川 剛史: サイバースペース研究賞, 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会, 2012 年 4 月.
- [受賞 3] 廣井 慧, 妙中 雄三, 松井 加奈絵, 横山 仁, 砂原 秀樹: 学生奨励賞, 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会, 2013 年 3 月.
- [受賞 4] 廣井 慧, 妙中 雄三, 松井 加奈絵, 横山 仁, 砂原 秀樹: ポスタープレゼンテーション賞, インターネットコンファレンス 2012, 2012 年 11 月.

### 招待講演／招待論文

- [招待 1] 若原 恭: 国際標準デジタルファクシミリ G3 FAX の符号化技術, IEEE Mile-stone 認定記念講演, KDDI 研究所, 2012 年 5 月.
- [招待 2] 小川 剛史: デジタルコンテンツでつなぐ未来, 情報処理学会第 75 回全国大会, 2013 年 3 月.

### 著書／編集

- [著書 1] 角田 良明, 若原 恭他: ネットワークソフトウェア, 共立出版, 2013 年 1 月.
- [著書 2] 赤堀 侃司, 永野 和男, 東原 義訓, 一井 信吾, 榎本 竜二, 小泉 力一, 後藤 貴裕, 坂元 章, 佐藤 義弘, 中山 雅哉, 西澤 廣人, 松田 美佐, 宮寺 庸造, 山内 祐平: 情報の科学, 東京書籍, 2013.
- [著書 3] 赤堀 侃司, 永野 和男, 坂元 章, 飯田 秀延, 榎本 竜二, 川角 博, 小泉 力一, 後藤 貴裕, 中山 雅哉, 西澤 廣人, 松田 美佐, 宮寺 庸造, 山内 祐平: 社会と情報, 東京書籍, 2013.
- [著書 4] 関谷 勇司, 岩田 淳, 佐宗 大介, 下條 真司, 河合 栄治: 次世代網を実現する OpenFlow 技術最新動向 2013, インプレス R&D, ISBN-13:978-4844395522, 2012 年 10 月.
- [著書 5] 中村 文隆: スクリプト言語 Python で使い倒すラズベリーパイ入門, CQ 出版社, 2013 年 3 月.

### 査読付論文

- [査読付 1] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto, and Yasushi Wakahara: Reputation Scoring System Using an Economic Trust Model – A distributed approach to evaluate trusted third parties on the Internet, In Proceedings of the 7th International Symposium on Security and Multimodality in Pervasive Environment (SMPE2013), Barcelona, Spain, Mar. 2013.
- [査読付 2] 廣井 慧, 横山 仁, 中谷 剛, 瀬戸 芳一, 安藤 晴夫, 三隅良平, 妙中 雄三, 中山 雅哉, 砂原 秀樹: 短時間強雨等の局地的極端現象に対する高校生の防災意識向上に向けた気象センサネットワークの活用, 情報処理学会論文誌: コンシューマ・デバイス&システム, Vol. 3, No. 1, pp. 10–20, 2013 年 3 月.
- [査読付 3] 廣井 慧, 山内 正人, 瀬戸 芳一, 安藤 晴夫, 横山 仁, 中谷 剛, 三隅 良平, 中山 雅哉, 砂原 秀樹: 短時間強雨等の局地的極端現象に対する高校生の防災意識向上に向けた気象センサネットワークの活用, 情報処理学会, DICOMO2012, pp. 886–895, 2012 年 7 月.

- [査読付 4] Xueting Lin and Takefumi Ogawa: A Depth Cue Method Based on Blurring Effect in Augmented Reality, in Proceedings of the International Conference on Augmented Human, Stuttgart, Germany, pp. 81–88, Mar. 2013.
- [査読付 5] 大塚 隆史, 小川 剛史: 拡張現実感における擬似触覚を用いた力覚フィードバックの実現に関する検討, VR 学研報, Vol. 17, No. CS-4, CSVS2012-46, pp. 9–12, 2012 年 12 月.
- [査読付 6] 新島 有信, 小川 剛史: 拡張現実感における視覚刺激位置が触知覚位置に与える影響の分析, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 17, No. 2, pp. 73–78, 2012 年 6 月.
- [査読付 7] Kentaro Yoshida, Daisuke Miyamoto, and Yuji Sekiya: Design and Evaluation of Area Limited Multicast with OpenFlow, In Proceedings of the 3rd Annual International Conference on Network Technologies & Communications (NTC), ISSN: 2251–2233, Oct. 2012.
- [査読付 8] Ryo Nakamura, Yukito Ueno, Katsuhiro Horiba, Yuji Sekiya, and Hiroshi Esaki: Route Optimization for Geographically Distributed IaaS Platform Through the Integration of LISP and VXLAN, AsiaFI 2012 Summer School, Aug. 2012.
- [査読付 9] Kentaro Yoshida, Daisuke Miyamoto, and Yuji Sekiya: Area Limited Multicast with OpenFlow, In AsiaFI School, Workshop, and Meetings (poster session), Aug. 2012.
- [査読付 10] Keiichi Shima, Wataru Ishida, and Yuji Sekiya, Design, Implementation, and Operation of IPv6-only IaaS System with IPv4-I Pv6 Translator for Transition toward the Future Internet Datacenter, In Proceedings of 2nd International Conference on Cloud Computing and Services Science (CLOSER2012), pp. 306–314, Apr. 2012.
- [査読付 11] Daisuke Miyamoto, Yuzo Taenaka, Toshiyuki Miyachi, Hiroaki Hazeyama: PhishCage: Reproduction of Fraudulent Websites in the Emulated Internet, In Proceedings of the 1st Workshop on Emulation Tools, Methodology and Techniques, Mar. 2013.
- [査読付 12] Kazuya Tsukamoto, Shigeru Kashihara, Yuzo Taenaka, Yuji Oie: An Efficient Handover Decision Method Based on Frame Retransmission and Data Rate for Multi-rate WLANs, Elsevier Ad Hoc Networks, Vol. 11, Issue 1, pp. 324–338, Jan. 2013.
- [査読付 13] 島 慶一, 坂根 昌一, 妙中 雄三: WIDE 合宿研究会での WiFi メッシュ無線ネットワークサービス運用実験を通じた課題定義, 第 13 回インターネットテクノロジーワークショップ, 2012 年 5 月.
- [査読付 14] Daisuke Miyamoto, Takeshi Takahashi: Toward Automated Reduction of Human Errors based on Cognitive Analysis, In Proceedings of the 7th International Workshop on Advances in Information Security, July 2013 (Accepted).
- [査読付 15] Daisuke Miyamoto, Toshiyuki Miyachi: COSMO: Emulation of Internet Traffic, In Proceedings of the 1st Workshop on Emulation Tools, Methodology and Techniques (poster session), Mar. 2013.
- [査読付 16] Daisuke Miyamoto, Takuji Iimura: PACKTER: Implementation of Internet Traffic Visualizer and Extension for Network Forensics, Journal of Computing, Nov. 2012.

[査読付 17] Daisuke Miyamoto, Hiroaki Hazeyama, Youki Kadobayashi, Takeshi Takahashi: Behind HumanBoost: Analysis of Users' Trust Decision Patterns for Identifying Fraudulent Websites, Journal of Intelligent Learning Systems and Applications, Vol. 4, No. 4, pp. 319–329, Nov. 2012.

[査読付 18] Eimatsu Moriyama, Takeshi Takahashi, Daisuke Miyamoto: DNS-based Defense Against IP Spoofing Attacks, In Proceedings of the 5th International Workshop on Data Mining and Cybersecurity, Nov. 2012.

#### 公開ソフトウェア

[公開 1] Yuji Sekiya and WIDE Project Cloud WG : WIDE Cloud Controller (WCC), <https://wcc.wide.ad.jp/>, 2012年4月.

#### 特許申請／取得

[特許 1] 若原 恭, Zilu Liang, and Xinru Yao: マルチホップ無線ネットワークの情報転送制御, 出願番号 61/643589, アメリカ合衆国, 2012年5月.

#### その他の発表論文

[発表 1] Zilu Liang, John Polak, and Yasushi Wakahara: Simulation Studies on the Benefit of Route Guidance Generated from Imperfect Traffic Data, IEE Technical Report, ITS-13-007, Mar. 2013.

[発表 2] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto and Yasushi Wakahara: Comparative study of financial and voting-based reputation systems, IEICE Technical Report, IN2012-173, pp. 113–118, Mar. 2013.

[発表 3] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto and Yasushi Wakahara: Evaluation of the economy-based trust model in peer-to-peer networks, IEICE General Conference, BS-1-19, Mar. 2013.

[発表 4] Xinru Yao and Yasushi Wakahara: Modified Synchronized Multi-Hop Protocol for IEEE 802.11 based Multi-Hop Wireless Network, IEICE General Conference, BS-1-29, Mar. 2013.

[発表 5] Zilu Liang, John Polak, and Yasushi Wakahara: Investigation on the Performance of Route Guidance System with Imperfect Input, IEICE General Conference, BS-1-42, Mar. 2013.

[発表 6] Xinru Yao, Zilu Liang and Yasushi Wakahara: Synchronized Multi-Hop Protocol with Fast Transmission Failure Recovery for IEEE 802.11 Multi-Hop Wireless Network under Large Interference Range, IEICE Technical Report, NS2012-120/RCS2012-195, pp. 19–24(NS)/pp. 71–76(RCS), Dec. 2012.

[発表 7] Zilu Liang and Yasushi Wakahara: Reliable Local Recovery in Wireless Ad Hoc Networks, IEICE Technical Report, NS2012-139, pp. 133–138, Dec. 2012.

[発表 8] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto, and Yasushi Wakahara: Providing user account validation in anchor-less networks, anti Malware Engineering Workshop 2012 (MWS 2012), 3B2-2, Nov./Dec. 2012.

[発表 9] Xinru Yao, Zilu Liang, and Yasushi Wakahara: Extending the Synchronized Multi-Hop Protocol with Fast Transmission Failure Recovery for Multi-Hop Wireless Networks, IEICE Network Software Conference, Oct. 2012.

- [発表 10] Zilu Liang, Xinru Yao and Yasushi Wakahara: A New Intelligent Transport System for Traffic Congestion Management, IEICE Society Conference, BS-5-16, Sept. 2012.
- [発表 11] Xinru Yao, Zilu Liang, and Yasushi Wakahara: SMHP: an IEEE 802.11 based MAC Protocol for Solving the Throughput Problem of a Multi-Hop Wireless Network, IEICE Society Conference, BS-5-28, Sept. 2012.
- [発表 12] Zilu Liang and Yasushi Wakahara: Performance Improvement of Route Shortening in Wireless Ad Hoc Networks, IEICE Network Software Conference, June 2012.
- [発表 13] 結城 皖曠, 山田 豊通, 山崎 泰弘, 若原 恭: G 3 ファクシミリの 2 次元符号化技術と国際標準化, 電気学会電気技術史研究会, HEE-12-014, 2012 年 6 月.
- [発表 14] Xinru Yao, Zilu Liang, and Yasushi Wakahara: Proposal for Improving Throughput of Multi-Hop Wireless Network, IEICE Technical Report, IN2012-20, pp. 49-54, May 2012.
- [発表 15] 石川 圭也, 妙中 雄三, 中山 雅哉: レスポンスタイムを一定時間内とするための帯域使用率に基づくフロー間優先制御方式の提案と評価, 電子情報通信学会技術研究報告書, Vol. 112, No. 489, IA2012-97, pp. 127-132, 2013 年 3 月.
- [発表 16] 滑川 敬章, 落合 秀也, 山内 正人, 高岡 詠子, 中山 雅哉, 江崎 浩, 砂原 秀樹: 情報系高校における環境情報を計測・可視化する実用的なプログラミング教育の実践, 情報処理学会, Vol. 2012-CE-116, No. 16, pp. 1-8, 2012 年 10 月.
- [発表 17] Masaya Nakayama, Hiroshi Esaki, Masato Yamanouchi, Hideki Sunahara, Eiko Takaoka, and Nobutaka Fukudome: Effors of Cooperation Program Using 'Live E! sensors' Between High Schools and Universites, APNG Camp 2012, 2012 年 8 月.
- [発表 18] 瀬戸 芳一, 横山 仁, 安藤 晴夫, 廣井 慧, 青木 正敏, 楠 研一, 中山 雅哉, 高橋 日出男: 2011 年 8 月 26 日に東京都区部で発生した短時間強雨事例の解析—降水量分布と地上風系との関係について—, 気象学会 2012 年度春季大会, D157, 2012 年 5 月.
- [発表 19] 石川 圭也, 妙中 雄三, 中山 雅哉: 端末密度の高い無線 LAN 環境における通信品質低下の改善に向けた検討, 電子情報通信学会技術研究報告書, Vol. 112, No. 28, IN2012-21, pp. 55-60, 2012 年 5 月.
- [発表 20] 大塚 隆史, 小川 剛史: 拡張現実感における擬似触覚を用いた仮想物体の重量知覚に関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 472, MVE2012-123, 2013 年 3 月.
- [発表 21] 高村 将大, 小川 剛史: おてがみ: 個人の手書き文字フォントを用いたコミュニケーションシステム, 情報処理学会研究報告, Vol. 2013-GN-87, No. 18, 2013 年 3 月.
- [発表 22] 佐川 俊介, 小川 剛史: 映像とのインタラクションを可能にするバブルディスプレイの提案, 情報処理学会研究報告, Vol. 2013-DCC-3, No. 13, 2013 年 1 月.
- [発表 23] 大塚 隆史, 小川 剛史: 拡張現実感における擬似触覚を用いた引力提示に関する一検討, VR 学研報, Vol. 17, No. CS-3, CSVS2012-40, pp. 109-114, 2012 年 9 月.
- [発表 24] 新島 有信, 小川 剛史: 視触覚提示インタフェースにおけるアクチュエータ削減が触覚に与える影響の評価, VR 学研報, Vol. 17, No. CS-1, CSVS2012-1, pp. 1-6, 2012 年 4 月.



- [発表 25] 関谷 勇司: 広域分散 IaaS クラウドの設計と構築 ～ WIDE Cloud ～, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 236, IA2012-26, pp. 7-10, 2012 年 10 月.
- [発表 26] 浅見 徹, 江崎 浩, 関谷 勇司, 斎藤 賢爾, 山下 達也, 岩波 剛太: P2P のこれまでとこれから – ネットワーク高度利用推進協議会活動の歴史とともに –, 電子情報通信学会, Vol. 95, No. 9, pp. 809-814, 2012 年 9 月.
- [発表 27] 吉田賢太郎, 宮本大輔, 関谷勇司: OpenFlow を用いたエリア限定マルチキャスト, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 134, IN2012-34, pp. 7-12, 2012 年 7 月.
- [発表 28] 廣井 慧, 妙中 雄三, 松井 加奈絵, 横山 仁, 砂原 秀樹: 河川洪水の危険指標生成モデルの提案, 電子情報通信学会技術研究報告書, Vol. 112, No. 489, IA2012-96, pp. 123-126, 2013 年 3 月.
- [発表 29] 山口 真之介, 大西 淑雅, 西野 和典, 湯川 高志, 福村 好美, 妙中 雄三: 複数撮影による高精細板書型講義動画の配信方式, 電気学会技術研究報告 (通信), CMN-13-006, 2013 年 1 月.
- [発表 30] 大西 淑雅, 山口 真之介, 西野 和典, 坪倉 篤志, 伊藤 研, 妙中 雄三: メディアコンテンツを用いた分散型相互評価の試み, 大学 ICT 推進協議会年次大会講演論文集, 2012 年 12 月.
- [発表 31] 廣井 慧, 妙中 雄三, 松井 加奈絵, 横山 仁, 砂原 秀樹: 河川水位観測に基づく河川リスク情報の生成と提供, インターネットコンファレンス 2012, pp. 109-110, 2012 年 11 月.
- [発表 32] 山口 真之介, 大西 淑雅, 西野 和典, 湯川 高志, 福村 好美, 妙中 雄三: 高精細板書型講義動画に関する配信効率化方式, 電気学会技術研究報告 (通信), CMN12-38, No. 188, pp. 115-119, 2012 年 8 月.

#### 特記事項

- [特記 1] 若原 恭: 過去の研究成果の貢献によって、当時所属していた企業である KDD (現 KDDI) 及び NTT が IEEE から IEEE Milestone 「G3 ファクシミリの国際標準化」の認定を 2012 年 4 月に受けた。

# 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

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、転送情報量の拡大と品質の向上に加え、安全性を含む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における高度化のあり方を探求し、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研究を進めている。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。

- マルチホップ無線ネットワークの情報転送制御

ノートパソコン、スマートフォン、タブレット端末等の発展に伴って無線ネットワークの利用は拡大する一方である。しかし、一般に無線ネットワークでは情報転送容量の制限が厳しく、特に、マルチホップの無線ネットワークでは情報転送スループットが極めて低い。そこで、この問題を解決するため、特に、電波到達範囲よりも電波干渉範囲が大きく伝送誤りがあるという実際的な環境においても高い情報転送スループットを維持可能な新しい情報転送制御法の考案と実験評価を進めた。

- 高度道路交通トラヒックの運用制御

無線ネットワークの応用として、道路における車両トラヒックを効率良く制御する方法の検討を行った。その主目的は、車両混雑の回避によって所要走行時間の短縮やエネルギー消費量の削減等を実現することにある。具体的な検討として、シミュレーション実験によって、車両の走行時間の測定誤差が制御特性に与える影響の評価を行った。

- ネットワークにおけるトラスト管理

現在のインターネットでは必ずしも十分高い信頼度（トラスト）が得られるとは限らない。信頼できる一つの組織を前提とし、その組織が信頼する別の組織も信頼するという連鎖によって信頼範囲を順次拡大することで日常的なトラストを維持する方法が広く採られている。しかし、信頼できる大元の組織が攻撃を受けて乗っ取られてしまうとトラストが完全に崩壊してしまう。そこで、このような集中型でなく分散的にトラストを管理する技術について検討を進めた。

## 2 マルチホップ無線ネットワークの情報転送制御

### 2.1 背景

近年、ノートパソコン、スマートフォン、タブレット等の携帯端末の急速な発展と普及によって、情報通信ネットワークにおける無線の役割は飛躍的に拡大しつつある。しかし、光技術に基づく有線ネットワークに比較して、無線ネットワークには情報転送容量の制限が厳

しいという問題がある。特に、無線通信を連続的に繰り返すマルチホップ無線ネットワークの情報転送スループットは極めて低い。そこで、マルチホップ無線ネットワークにおける情報転送スループットの向上を図るための新技術の開拓を進めた。

## 2.2 内容

本研究で対象としたマルチホップ無線ネットワークでは、与えられた送信元ノードと宛先ノードとの間で、1個以上の無線中継ノードを介したルートで情報を送受するものとし、これら中継ノードは必要最小限とした。即ち、これらのノードは、そのルート上では隣のノードにのみ直接情報を転送できるものとした。また、簡単化のため、各ホップの無線リンクにおける情報伝送速度は同一と仮定し、各ノードの無線伝送は無指向性で、利用できる無線チャンネル数は1とし、転送すべき情報は十分多いものとした。

情報転送スループットが低下する主な原因は、各ノードがパケットを送出する際に衝突を回避するためにランダムな時間待つというバックオフにある。従って、スループットを向上させるためには、各ノードが出す電波が互いに衝突しないように、3ホップ毎に同期した情報転送を順次繰り返す方法が有力である。しかし、①伝送誤りが起きたり、②電波干渉範囲が電波到達範囲より大きくなると、同期情報転送を実現するには特別な工夫が必要で、以下の通り検討を進め、新しい制御法を考案した。

伝送誤りがある場合の新しい制御法の原理は次の通りである。あるノードが伝送誤りによってデータパケットの転送に失敗した場合、バックオフなしでデータパケットの再送を開始する。そのノードより1ホップだけ送信元ノード側の上流ノードは、この再送データパケットを漏れ受信することによって、転送の失敗とデータパケットの再送を知ることができる。一方、この上流ノードより更に1ホップだけ送信元に近い上流ノードは、次のデータパケットの転送を開始してしまうが、すでに2ホップだけ宛先ノードに近い下流のノードがデータパケットの再送を開始済みなので、受信側で衝突が発生し転送に失敗する。そこで、この失敗の後、再送に要する時間を計算し、それだけの時間だけ待ってから再度データパケットを転送開始する。これによって、データパケットの転送に失敗した場合でも、3ホップ離れたノードが同期してデータパケットを転送することが可能になる。

電波干渉範囲  $R_{ir}$  が電波到達範囲  $R_{tx}$  よりかなり大きい場合の新しい制御法の原理は次の通りである。ノード間の距離は、どのホップでも同一であると仮定し  $d$  とする。一般に、 $d \leq R_{tx} < 2d$ ,  $R_{tx} \leq R_{ir}$  となる。 $R_{ir} < 2d$  であれば特に問題は生じないが、 $2d \leq R_{ir} < 3d$  の場合、あるノードが送出したパケットは2ホップ先の上下流ノードにも干渉を及ぼす。このため、3ホップごとに同期したデータ転送は不可能で、4ホップごとの同期情報転送が可能となる。実際、3ホップ離れたノードと同期してデータパケットを転送開始すると、その下流ノードには2ノードから同時にデータパケットが届き、いずれのデータパケットも正しく受信できないので失敗する。この失敗の後、上述の再送時の待ち時間と同じ時間だけ待ってから再度データパケットの転送を開始することによって、4ホップ先の下流ノードと同期して情報転送することが可能となる。

以上で述べた新しい情報転送制御法の情報転送スループットを、国際標準規格、既存の改善方式及び理論的な上限値と比較評価するためシミュレーション実験を行った。その結果の一例を図1に示す。

この図から分かるように、考案した情報転送制御方法には以下の特長があることを実証できた。

- － 国際標準や既存の改善方式に比較して、スループットを確実に向上できる。
- － ホップ数や伝送誤りが大きくなるほど、スループットの改善効果は大きくなる。
- － 理論的な限界にかなり近いスループットを達成できる。

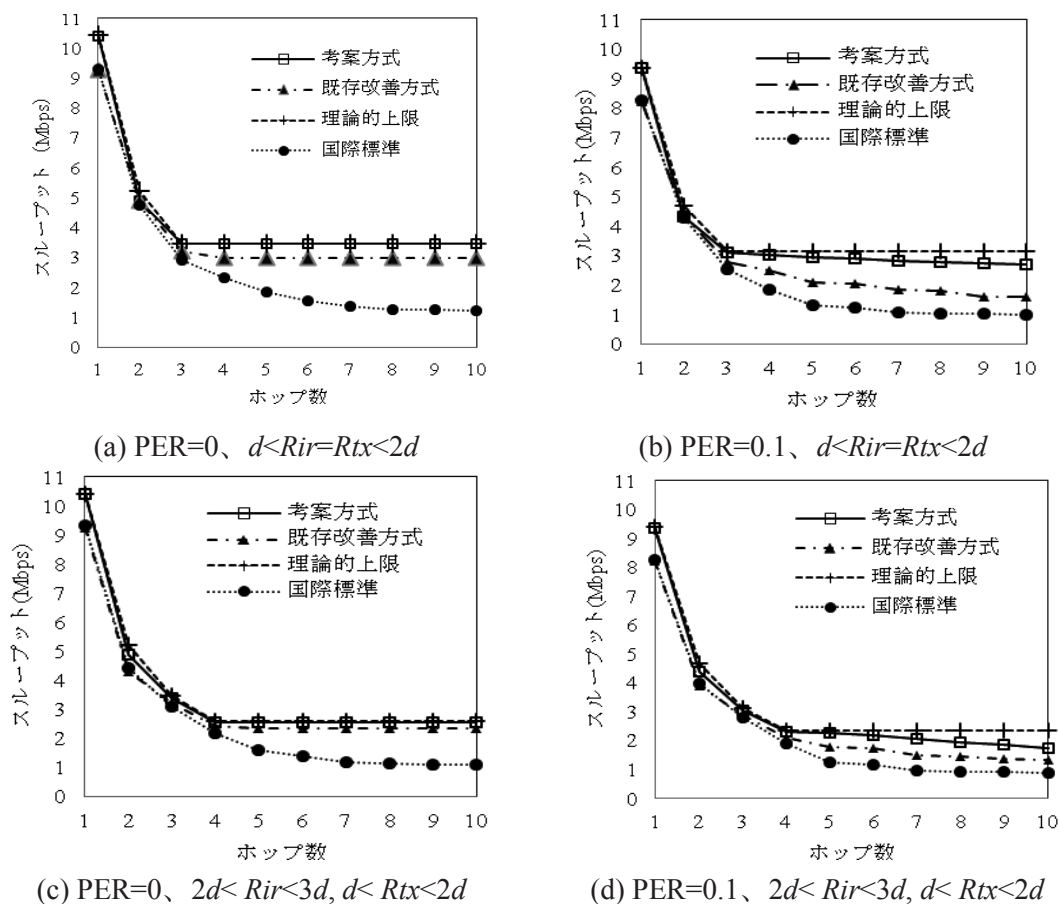


図1 情報転送スループットの比較評価 (PER: パケット誤り率)

## 2.3 具体的成果

考案した情報転送制御法は、パケット伝送に誤りがあり、電波干渉範囲が電波到達範囲よりもかなり広いという実際的な条件下において、理論的な上限に極めて近いスループットを達成できることを実証できた。過去の研究論文では、このような実用性の高い条件下での検討はまったく行われていなかったため、本研究成果は独創性が高く、かつ実用性の観点からの有効性が極めて高いと考えられる。なお、今回の検討では、電波干渉範囲がノード間距離の3倍未満としたが、電波干渉範囲がこれより大きな場合に考案した制御法を拡張することは比較的容易であると考えられる。

これらの研究成果は電子情報通信学会の研究会や大会等で論文発表した[発表 1, 5, 6, 8, 13]。更に2013年6月に開催される国際学会 SaCoNet2013 に論文を投稿し採録が決定した。

## 3 高度道路交通トラヒックの運用制御

### 3.1 背景

近年の道路交通は、渋滞や事故の増加等の様々な問題を引き起こしている。このような問題の解決に多くの努力が長期間にわたって積み重ねられているが、決定的な解決には至っていない。有望な一つの解決策は、道路交通網や車両の走行状態等に関する情報を基に、各車両に対し適切なルートをリアルタイムで案内することによって、各車両が迅速に目的地に到達でき、無駄な走行や渋滞を回避可能とするルート案内システムの実現である。実際、簡易なルート案内システムは既に実用化されている。しかし、車両の走行状態の把握やルートの

で、最適な制御の実現を目標として、車両の台数や速度を含む走行状態の把握に関する問題から取り組むこととした。

### 3.2 内容

車両の走行状態の把握には、車両の台数や速度等を測定する必要がある。そのような方法は様々であるが、常にある程度の誤差を伴う。この誤差の制御結果に対する影響については、これまでほとんど検討されてこなかった。そこで、ロンドン市内で約 3,000 本の道路リンク（交差点から交差点までの道路部分を道路リンクと呼ぶ）から構成されるある地区の実車両トラヒックデータを例にとり、そのデータに含まれる測定誤差が制御結果に与える影響をシミュレーションにより評価した。このシミュレーションでは、汎用の道路交通シミュレータ SUMO を、車両トラヒックデータを用いてリアルタイムで車両の走行制御が可能となるように機能拡張して利用した。具体的には、各道路リンクの走行時間として、次の 2 種類の値を用いて、各車両に対し目的地までの走行時間が最小となるルートを計算し、各車両はこの最適ルートに沿って走行するものとした。

- (1) 道路リンク毎の正確な車両走行時間に測定誤差を加える。(以下、この計算方式を ipRG-tru と略す)
- (2) Greenshield モデルによって、道路リンクの車両密度から車両走行時間を推定し、測定誤差を加える。(以下、この計算方式を ipRG-est と略す)

これらの方式とルート案内システムを用いない方式（以下、noRG と略す）をシミュレーションによって比較評価した結果の例を図 2 に示す。なお、測定誤差は、平均値が 0 で標準偏差をパラメータとした。

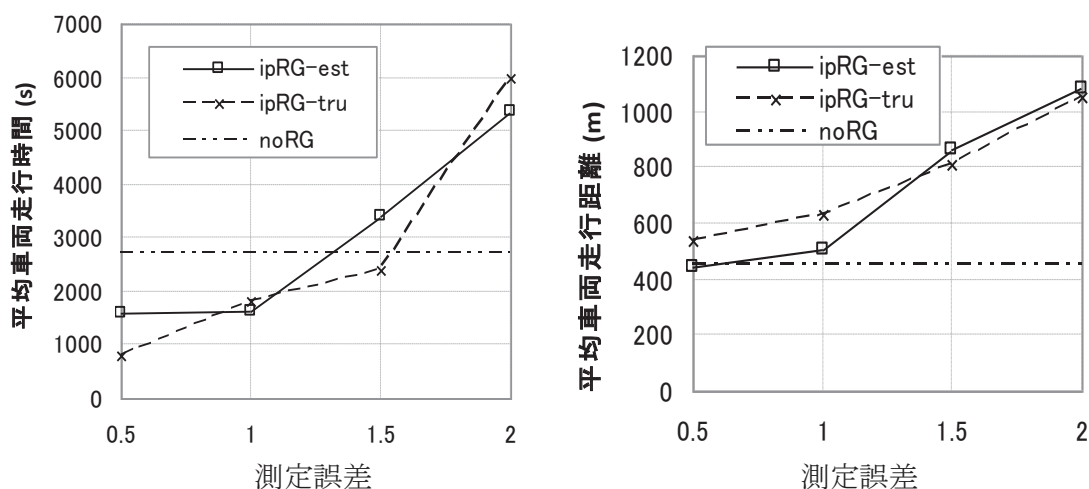


図2 測定誤差の制御結果(平均車両走行時間、平均車両走行距離)への影響

### 3.3 具体的成果

本研究で実施したシミュレーション実験評価はこれまで行われてこなかったものである。この評価によって以下の結論を得たが、測定誤差の影響がかなり大きいことが明らかになった。今後、実際の現場測定における誤差と突き合わせ、測定誤差を削減するための研究や技術開発の重要性等を明らかにしていく計画である。

- (1) 道路リンク毎の車両走行時間の測定誤差が大きいと、ルート案内システムによる最終的な平均走行時間短縮効果が小さくなるため、測定誤差をある程度以下にすることが望ましい。

- (2) 既存モデルに基づいて道路リンク毎の車両走行時間を車両密度から推定する方式は、正しい車両走行時間を用いる方式に比較して、最終的な平均走行時間の短縮効果がかなり小さくなる。
- (3) ルート案内システムの効果は、最終的な平均走行時間を短縮することにあるが、平均走行距離は長くなる点に注意する必要がある。

これらの研究成果については、電気学会の研究会と電子情報通信学会の大会において論文発表した[発表 4, 10, 14]。

## 4 ネットワークにおけるトラスト管理

### 4.1 背景

現在の情報通信ネットワークは安全性が必ずしも十分でないと言われている。その理由の一つは、利用者がネットワーク経由でアクセスする組織やサーバの信頼度（トラスト）が必ずしも明確でないためである。例えば、完全に信頼できる組織（以下では、トラストアンカーと呼ぶ）が存在すれば、それが信頼できる他の組織も信頼できるものとする信頼連鎖（チェーン）によって信頼できる組織の範囲を拡張し、日常的に広く利用可能とする方法がある。しかし、もし大元のトラストアンカーが攻撃者に乗っ取られると、すべての信頼が崩れてしまう。つまり、トラストアンカーに基づく集中的なトラストの構成管理法には深刻な問題がある。この問題を解決する方法としては、多くの組織による何らかの評価値によってトラストの度合い（スコア）を決める方法（Reputation system）がある。この方法にも欠点があり、例えば、悪意ある組織が他の組織と協力することでネットワークを事実上占拠したり乗っ取ったりする可能性がある。そこで、このような欠点がなく攻撃に強い Reputation system の検討を行った。

### 4.2 内容

本研究では、財務面での評価スコアを基に信頼度を決める新しい Reputation system を考案した。その基本原理は次の通りである。

- －トラストのスコアは、トランザクション（収入）の累積額とする。
- －トランザクションのための支払い方法としては、トランザクションの客観性・透明性を確保するため、ネットワーク上での分散処理とする。具体的には、既に考案されている Bitcoin を利用する。

この新しい Reputation system には、次の特徴がある。

- －トラストを集中管理する組織がないため、一か所が攻撃を受けてシステム全体が乗っ取られトラストが崩壊するようなことはない。
- －外部からの攻撃に強く、トラストスコアの値が不正に変更される可能性が小さい。
- －トラストスコアが定量的であり、理解し易い

考案した新しい Reputation system の有効性を評価するため、財務面でのトランザクションとして、ネットワーク売買の取り引き額を用いることとし、取り引き額と評価スコアの関係を調査した。具体的には、eBay と楽天におけるユーザ毎の取り引き累積額と評価スコアの相関を調べた。評価スコアは、売買後のフィードバックデータ（eBay では±1、0 の 3 段階評価、楽天では 5 段階評価）の総累積値である。その結果を図 3 に示す。この図から、eBay でも楽天でも、取り引き累積額と評価スコアの間に関係があり、取り引き累積額が大きいほど評価スコアが高いことが分かる。つまり、一般に取り引き累積額が大きなユーザの信頼度は高いことになり、考案した Reputation system の有効性を確認することができた。

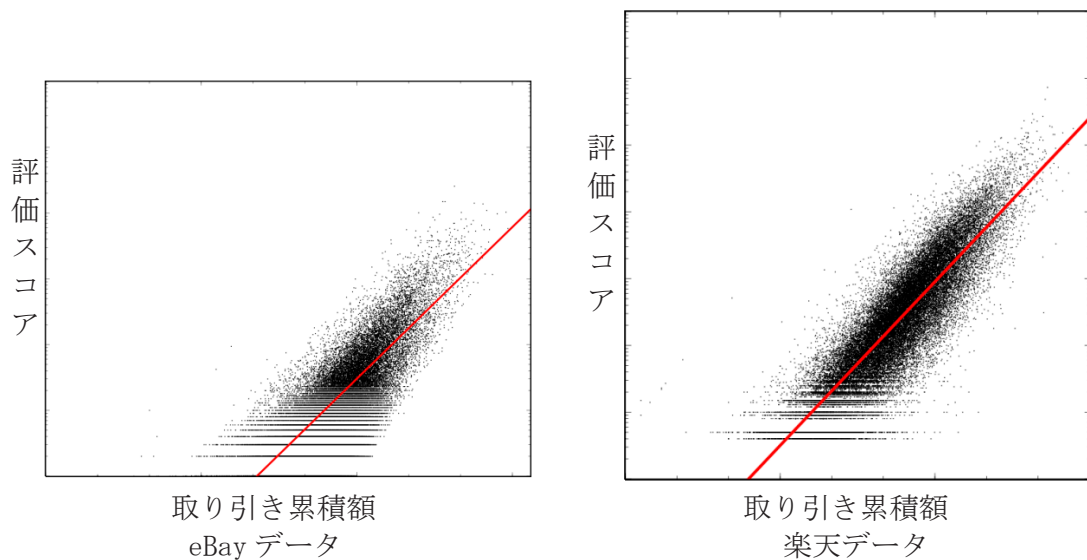


図3 評価スコアと取引し累積額の関係

### 4.3 具体的成果

本研究では、従来の Reputation system とまったく異なり、取引しにおける収入累積額をトラストスコアに用いるというオリジナリティの高いトラスト管理方式を考案した。そして、このトラストスコアが、実際の取引しデータを使って実験評価することによって、現実的な信頼度と強い相関を持ち、実社会で有力であることを示した。更に、この成果の応用例として、DNS (Domain Name System) のトラスト管理への適用方法を具体的に検討しシステム設計を行って実装可能であることを確認した。

以上の研究成果については、電子情報通信学会の研究会と大会、及び国際学会 SMPE2013 で論文発表を行った[査読付1]、[発表7, 11, 12]。

## 5 成果要覧

### 招待講演／招待論文

[招待1] 若原 恭：国際標準デジタルファクシミリ G3 FAX の符号化技術、IEEE Milestone 認定記念講演、KDDI 研究所、2012年5月。

### 著書／編集

[著書1] 角田 良明、若原 恭他：ネットワークソフトウェア、共立出版、2013年1月。

### 査読付論文

[査読付1] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto and Yasushi Wakahara: Reputation Scoring System Using an Economic Trust Model, The 7th International Symposium on Security and Multimodality in Pervasive Environment (SMPE2013), Barcelona, Spain, March 2013.

## 特許申請／取得

[特許 1] 若原 恭、Zilu Liang、Xinru Yao：マルチホップ無線ネットワークの情報転送制御、出願番号 61/643589、アメリカ合衆国、2012 年 5 月。

## その他の発表論文

- [発表 1] Xinru Yao, Zilu Liang and Yasushi Wakahara: Proposal for Improving Throughput of Multi-Hop Wireless Network, IEICE Technical Report, IN2012-20, pp.49-54, May 2012.
- [発表 2] 結城 皖曠、山田 豊通、山崎 泰弘、若原 恭：G 3 ファクシミリの 2 次元符号化技術と国際標準化、電気学会電気技術史研究会、HEE-12-014、2012 年 6 月。
- [発表 3] Zilu Liang and Yasushi Wakahara: Performance Improvement of Route Shortening in Wireless Ad Hoc Networks, IEICE Network Software Conference, June 2012.
- [発表 4] Zilu Liang, Xinru Yao and Yasushi Wakahara: A New Intelligent Transport System for Traffic Congestion Management, IEICE Society Conference, BS-5-16, September 2012.
- [発表 5] Xinru Yao, Zilu Liang and Yasushi Wakahara: SMHP: an IEEE 802.11 based MAC Protocol for Solving the Throughput Problem of a Multi-Hop Wireless Network, IEICE Society Conference, BS-5-28, September 2012.
- [発表 6] Xinru Yao, Zilu Liang and Yasushi Wakahara: Extending the Synchronized Multi-Hop Protocol with Fast Transmission Failure Recovery for Multi-Hop Wireless Networks, IEICE Network Software Conference, October 2012.
- [発表 7] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto and Yasushi Wakahara: Providing user account validation in anchor-less networks, anti Malware Engineering Workshop 2012 (MWS 2012), 3B2-2, November/December 2012.
- [発表 8] Xinru Yao, Zilu Liang and Yasushi Wakahara: Synchronized Multi-Hop Protocol with Fast Transmission Failure Recovery for IEEE 802.11 Multi-Hop Wireless Network under Large Interference Range, IEICE Technical Report, NS2012-120/RCS2012-195, pp.19-24(NS)/pp.71-76(RCS), December 2012.
- [発表 9] Zilu Liang and Yasushi Wakahara: Reliable Local Recovery in Wireless Ad Hoc Networks, IEICE Technical Report, NS2012-139, pp.133-138, December 2012.
- [発表 10] Zilu Liang, John Polak and Yasushi Wakahara: Simulation Studies on the Benefit of Route Guidance Generated from Imperfect Traffic Data, IEE Technical Report, ITS-13-007, March 2013.
- [発表 11] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto and Yasushi Wakahara: Comparative study of financial and voting-based reputation systems, IEICE Technical Report, IN2012-173, pp.113-118, March 2013.
- [発表 12] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto and Yasushi Wakahara: Evaluation of the economy-based trust model in peer-to-peer networks, IEICE General Conference, BS-1-19, March 2013.
- [発表 13] Xinru Yao and Yasushi Wakahara: Modified Synchronized Multi-Hop Protocol for IEEE 802.11 based Multi-Hop Wireless Network, IEICE General Conference, BS-1-29, March 2013.
- [発表 14] Zilu Liang, John Polak and Yasushi Wakahara: Investigation on the Performance of Route Guidance System with Imperfect Input, IEICE General Conference, BS-1-42, March 2013.



## 特記事項

[特記 1] 過去の研究成果の貢献によって、当時所属していた企業である KDD（現 KDDI）及び NTT が IEEE から IEEE Milestone 「G3 ファクシミリの国際標準化」の認定を 2012 年 4 月に受けた。

# 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や映像や音声を定期的に取得する定点観測装置など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。

これらの小型デバイスの一例として、東京近郊の高校や大学に設置された小型気象センサーで観測される環境情報を用いて都市部特有の短時間強雨(ゲリラ豪雨)の発生状況の状態把握や防災意識向上のための降雨情報提供システムの構築を行うことで、高校や小中学校などの教育機関で環境教育の授業で活用する研究を行っている。また、小型気象センサなどを用いた環境情報の計測や、各種センサから得られた情報を可視化する実用的プログラミングを高校の情報教育の一貫として実施する研究も行っている。

一方、最近では、タブレット型 PC や携帯端末などの小型 PC が急速に普及したことで、無線 LAN 環境をオフロードとして利用する形態が多くなってきた。このため、同一 AP に収容される無線端末数が増加し、複数フローが限られた通信帯域を共有するため、各端末の通信遅延が増大する問題が生じるようになってきた。この様に、多様な計算機資源がネットワークに接続され、どこでも高速なネットワークが利用できる状況になった反面、複数の計算機資源を有効に活用するためには、個々の通信特性に応じた柔軟な通信制御方式の導入が不可欠となっている。そこで、我々は、同時期に通信を行うフロー間で一定時間内に応答が終了するフロー数を多くするための動的優先制御方式を検討し、シミュレータによる有効性検証を進めている。

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 小型センサーの高等学校における活用に関する研究

### 2.1 背景

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

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。

その一例として、小型の気象センサを都市部の工業高校や大学を中心に集中展開することで、短時間強雨やヒートアイランド現象などの都市部特有の現象を観測し可視化する方法の検討を進めてきた。

これまでの研究で培われた技術を組み合わせることで本年の研究を行った。

## 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ている。

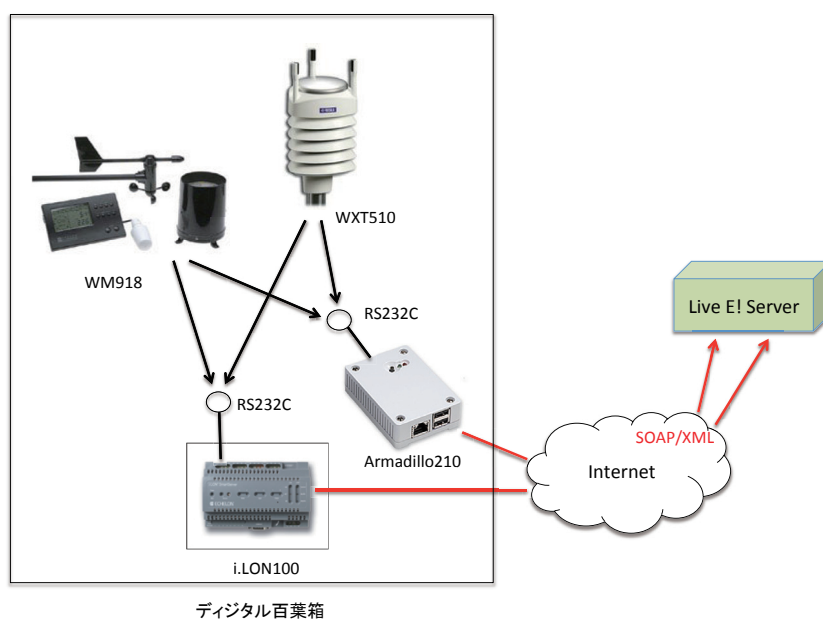


図 1: デジタル百葉箱の構成

この小型気象センサーを東京近郊の高校や大学 30 箇所以上に設置して、「気象センサーを活用した環境学習」に関する高大連携事業を実施し、教育／研究の両面で小型センサーから得られた情報の活用を行っている。

## 2.3 具体的成果

今年度は、先に述べた小型気象センサーを用いて観測された環境情報と気象庁のアメダスや東京都水防災雨量計、待機汚染常時監視測定局の気象データを用いて短時間強雨の発生状況について実態把握のための解析を行い、東京都環境研と共に日本気象学会春期大会にて発表を行った [発表 2]。

さらに、短時間強雨に関する防災意識向上のための降雨情報提供システムのプロトタイプを構築し、高校生を対象として評価実験を行った。この結果を情報処理学会 DICOMO2012 にて発表を行い [査読付 1]、その後、CDS 論文誌に推薦論文として掲載された [査読付 2]。

また、柏の葉高等学校の情報理数科において、小型気象センサなどを用いた環境情報の計測および可視化を行う実用的プログラミングの教育実践を 2011 年度から 2012 年度にかけて、科学技術振興機構のサイエンス・パートナーシップ・プログラム (SPP) として実施した。これらの結果について情報処理学会 CE 研究会において発表を行った [発表 4]。

柏の葉高等学校で行った教育実践の結果、高校生による環境情報の計測および可視化ソフトウェアの構築において目覚ましい成果が得られたため、韓国で開催された国際ワークショップ (APNG Camp)

において、高大連携事業の紹介 [発表 3] とともに生徒による発表機会を設けることができた。

このように、本研究は小型気象センサーによる観測データの利用に関する側面や、観測データの処理方法を含めた教育／研究の側面など幅広い分野で成果をあげることができた。

関連して、平成 25 年度から高等学校の情報教科で使用される教科書の編集に携わり、東京書籍から発行された [著書 1, 著書 2]。

### 3 フロー間優先制御に関する研究

#### 3.1 背景

携帯端末の急速な普及に伴い、特に無線 LAN 環境において、多数のユーザが同一 AP に収容されるケースが多くなってきた。このような環境では、複数の通信フローが限られた通信帯域を共有することになるため、通信遅延が増大する問題が生じている。

本研究は、複数の端末が同時期に通信を行う環境で、一定時間内に応答が終了するフローの数を多くするフロー間優先制御手法について検討したものである。

#### 3.2 内容

通信ネットワークでは、複数のフローが限られた帯域幅を共有することで通信遅延が増大する問題がある。特に多数のユーザが同一 AP に収容される無線 LAN 環境では、同時に通信されるフロー数の増加に伴って、全ての通信で遅延が増大する問題が生じることになる。

本研究では、同一 AP に収容されている各ユーザ端末から同時に通信が行われる状況で、各フローの送信に必要な残りデータ量と無線 LAN で利用可能な通信帯域の割合から、 $n$  本の各フロー  $i$  の送信に必要な帯域使用率  $R_i$  を計算し、その値に基づいて動的に各フローの優先制御を AP で行う新しい通信方式について検討を行った。

各フローの優先制御方式として、優先制御対象となる  $m (\leq n)$  本の各フローに対する通信機会を、全優先制御対象のフローの帯域使用率の和  $\sum_{j=1}^m R_j$  に対するフロー  $j$  の帯域使用率  $R_j$  の割合に応じて与える方式 (提案方式 A) と、常に最小の  $R_j$  の値を持つフロー  $j$  に優先的に通信機会を与える方式 (提案方式 B) を従来からの通信方式や IEEE802.11e による優先制御方式とシミュレーションによる比較を行った。

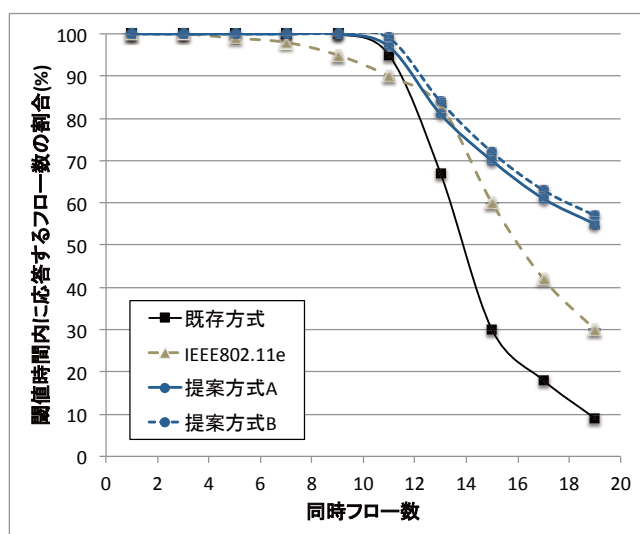


図 2: シミュレーション結果

### 3.3 具体的成果

本研究の背景となる無線端末の増加に伴って、通信遅延が増大する問題が MAC 層やトランスポート層で独立に行われている改善方式だけではうまく解決せず、両者を複合的に扱う手法が必要であることを電子情報通信学会 IN 研究会にて示し [発表 1]、各フローの帯域使用率を用いた具体的な提案方式と QualNet を用いたシミュレーション結果について、電子情報通信学会 IA 研究会で発表した [発表 5]。

シミュレーション結果は、上図 2 に示すように、同時通信フロー数が増加し、混雑した環境が発生する同時 13 フロー以上の環境においても IEEE802.11e 方式と比較しても高い割合で閾値時間内で応答するフロー数の割合を保つことができることが明らかとなった。

## 4 成果要覧

### 著書／編集

[著書 1] 赤堀侃司, 永野和男, 東原義訓, 一井信吾, 榎本竜二, 小泉力一, 後藤貴裕, 坂元章, 佐藤義弘, 中山雅哉, 西澤廣人, 松田美佐, 宮寺庸造, 山内祐平: 情報の科学, 東京書籍, 2013.

[著書 2] 赤堀侃司, 永野和男, 坂元章, 飯田秀延, 榎本竜二, 川角博, 小泉力一, 後藤貴裕, 中山雅哉, 西澤廣人, 松田美佐, 宮寺庸造, 山内祐平: 社会と情報, 東京書籍, 2013.

### 査読付論文

[査読付 1] 廣井慧, 山内正人, 瀬戸芳一, 安藤晴夫, 横山仁, 中谷剛, 三隅良平, 中山雅哉, 砂原秀樹: 短時間強雨等の局地的極端現象に対する高校生の防災意識向上に向けた気象センサネットワークの活用, 情報処理学会, DICOMO2012, pp.886-895, 2012 年 7 月.

[査読付 2] 廣井慧, 横山仁, 中谷剛, 瀬戸芳一, 安藤晴夫, 三隅良平, 妙中雄三, 中山雅哉, 砂原秀樹: 短時間強雨等の局地的極端現象に対する高校生の防災意識向上に向けた気象センサネットワークの活用, 情報処理学会, 論文誌 CDS, Vol.3, No.1, pp.10-20, 2013 年 3 月.

### その他の発表論文

[発表 1] 石川圭也, 妙中雄三, 中山雅哉: 端末密度の高い無線 LAN 環境における通信品質低下の改善に向けた検討, 信学技法 Vol.112, No.28, IN2012-21, pp.55-60, 2012 年 5 月.

[発表 2] 瀬戸芳一, 横山仁, 安藤晴夫, 廣井慧, 青木正敏, 楠研一, 中山雅哉, 高橋日出男: 2011 年 8 月 26 日に東京都区部で発生した短時間強雨事例の解析—降水量分布と地上風系との関係について—, 気象学会 2012 年度春季大会, D157, 2012 年 5 月.

[発表 3] Masaya Nakayama, Hiroshi Esaki, Masato Yamanouchi, Hideki Sunahara, Eiko Takaoka, Nobutaka Fukudome: Effors of cooperation program using 'Live E! sensors' between high schools and universities, APNG Camp 2012, 2012 年 8 月.

[発表 4] 滑川敬章, 落合秀也, 山内正人, 高岡詠子, 中山雅哉, 江崎浩, 砂原秀樹: 情報系高校における環境情報を計測・可視化する実用的なプログラミング教育の実践, 情報処理学会, Vol2012-CE-116, No.16, pp.1-8, 2012 年 10 月.

[発表 5] 石川圭也, 妙中雄三, 中山雅哉: レスポンスタイムを一定時間内とするための帯域使用率に基づくフロー間優先制御方式の提案と評価, 信学技法 Vol.112, No.489, IA2012-97, pp.127-132, 2013 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。本研究室では、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、クロスモダリティを応用したインタフェース技術、新しいインタラクションを実現するディスプレイシステム、感性情報を用いたコミュニケーション支援システムに関する研究に取り組んでいる。

## 2 拡張現実感における視触覚融合型インタフェース

### 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できる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

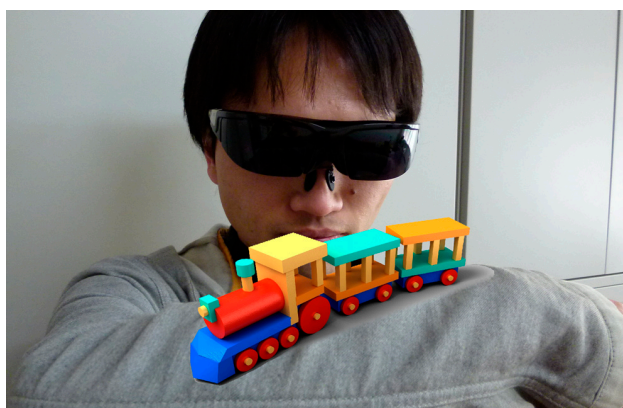


図 1: アプリケーション例 (イメージ図)

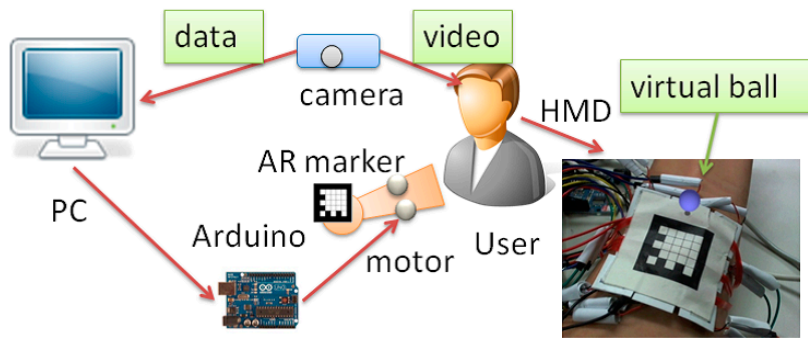


図 2: 実験環境

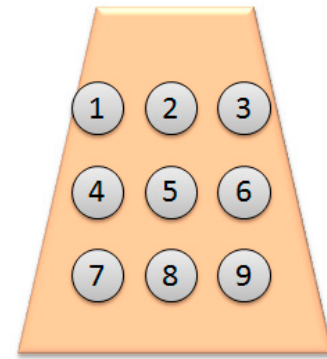


図 3: モータ配置

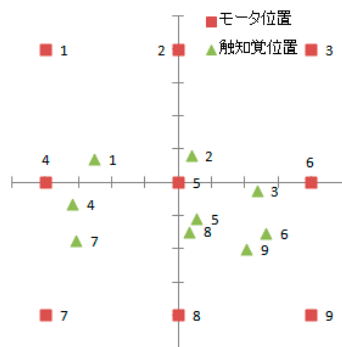


図 4: 触覚刺激のみ提示した場合の触知覚位置

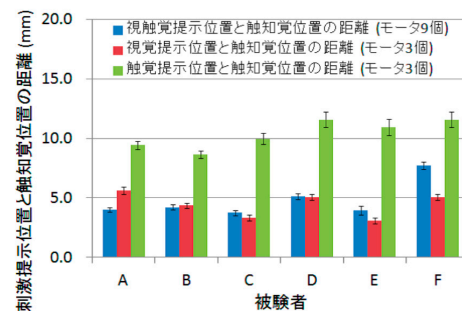


図 5: モータ数の違いによる触知覚精度

な、仮想物体に触れることができるシステムの実現を目指し、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。これまでに、少数の振動モータを用いて広範囲に触覚提示するために、視覚刺激を適切に用いることで振動モータの線分外に触覚を転移できることや、刺激部位による触覚の変化を調査してきた。

本年度は、振動モータの削減がユーザの触覚に与える影響の調査、振動モータのような物理デバイスを利用しない触覚提示方式について研究を行った。

## 2.2 内容

### 2.2.1 振動モータ削減がユーザの触覚に与える影響

体の二点に同時に触覚刺激を与えた場合に、その刺激位置の感覚がある閾値以内であれば、二点が刺激されたとは感じずに、その中間の一点が刺激されたと錯覚する現象がファントムセンセーションと呼ばれる触錯覚で、その触錯覚を用いて、2個の振動モータでどこまで広い範囲を刺激できるかをこれまで調査してきた。

システムの構成図を図2に示す。図3のように上腕に振動モータを配置し、振動刺激のみを与えたところ、被験者の触覚の知覚位置は、図4のようになった。図の四角がモータの位置を示し、三角は対応する番号のモータを振動させたときに、被験者が振動していると知覚した位置を示している。この図から分かる通り、振動刺激のみを与えた場合、横方向と比較して縦方向の認識率が悪いことが分かる。

振動モータを9個使用した場合と振動モータを3個使用した場合における、触覚位置から視覚提示位置および触覚提示位置までのそれぞれの距離を計測したところ、図5に示す通りの結果となり、振動モータ3個であっても9個の場合と同様の視覚提示が可能であることが明らかになった。



図 6: ユーザの様子

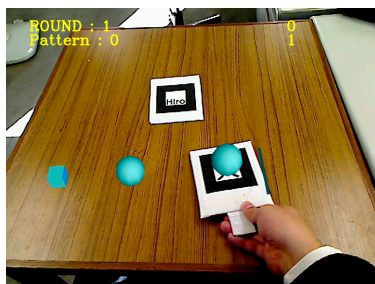


図 7: 提示画像

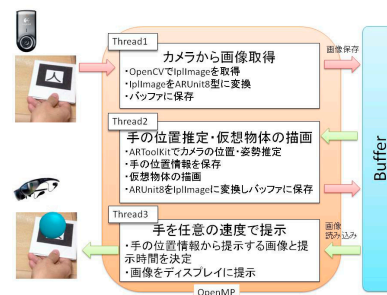


図 8: システムのモジュール構成

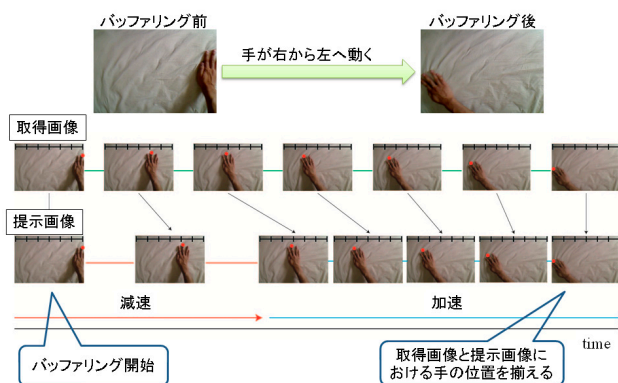


図 9: 擬似触覚提示のための再生速度制御

### 2.2.2 物理デバイスを利用しない触覚提示方式

これまでユーザの腕などに装着した振動モータによる触覚刺激と、HMD に提示する視覚刺激を用いて、視触覚融合型インタフェースを構築していたが、振動モータのような物理デバイスはユーザの活動を制限することが多く、日常生活を支援するためには支障をきたす場合が考えられる。そこで本研究では、物理デバイスを利用せずに、人に力触覚を提示することができる擬似触覚に注目した。

擬似触覚は、体の動きと視覚から得られる対象の動きに不整合が発生した際に、体性感覚よりも視覚による情報が脳内で優勢になるという特性から生じる触錯覚である。例えば、ユーザのマウス操作とは独立して、マウスポインタの移動速度を変化させることで、マウスを重く知覚させたり、ディスプレイに凹凸があるように知覚させることが可能であることが報告されている。擬似触覚を生起させるためのポイントは、体性感覚の情報と視覚情報に不整合を生じさせるために、対応する部位（マウスの例では手、もしくはマウス）を見せないことである。しかし、AR 環境において仮想物体を操作するのは、マウスやコントローラではなく、ユーザ自身の手や体であるため、通常、ユーザの視界から手を除くことができない。

擬似触覚を提示するための AR システムの概略を図 6 から図 8 に示す。本システムでは、カメラで取得したビデオ映像を HMD に提示することでユーザに仮想物体が合成された拡張空間を見せているが、HMD に提示するビデオ映像の再生速度を変更することで、体性感覚と視覚刺激の不整合を発生させている。

HMD に提示するビデオ映像の再生速度制御の例を図 9 に示す。通常は、カメラから取得したフレームをリアルタイムに HMD に提示するため、特に体性感覚と視覚刺激に不整合は生じないが、例えばフレームの更新速度を遅らせると、実際の手動きよりも眼に見える手の動きが遅くなり、手が重く



なったような感覚を受ける。フレームの更新速度を遅らせると、提示していないフレームが蓄積されるため、これらのフレームを短い更新間隔で提示すれば加速再生の状態となり、逆に手が軽くなったような感覚を受ける。

ユーザに与えるこれらの擬似触覚の強さを検証するために、被験者実験による調査を行った。具体的には、転がってくる仮想球を打ち返す動作をした場合に、遅延速度や遅延時間によって仮想球の重量に違いを感じることができるか、加速速度や加速時間を変更した場合に、磁石のような引力を感じることができるかを調査した。重量知覚に関しては、再生速度を遅くすればするほど、遅延時間を長くすればするほど、仮想球を重く感じる事が分かった。一方で、HMDに提示するフレームを遅らせれば、実際の手の位置とユーザが見ている手の位置の違いが大きくなるため、続けて他の作業を行う場合などに問題が生じることが考えられる。したがって、実際の手の位置との変位をできる限り小さくし、かつ重量を感じさせることができる最適な条件を見つけることが重要である。引力に関しては、加速している時間が長い方がユーザが、擬似的な引力を感じやすい傾向にあることが分かった。実際のフェライト磁石の引力をシミュレートした場合も実験を行ったが、物理現象そのもののパラメータを使ってもユーザはあまり強い力を感じないことが分かった。

## 2.3 具体的成果

振動モータ削減に関する調査については研究成果を、論文誌[査読付1]および国内研究会[発表1]で発表した。これに関連して、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会で昨年度に発表された研究の中で最も優れた研究として表彰された[受賞1]。AR環境における擬似触覚を用いた力覚フィードバックに関する研究については、国内シンポジウム[査読付3]、国内研究会[発表2,発表4]にて発表した。

本テーマに関連して、拡張現実感におけるぼけ効果に基づく奥行き表現に関する研究も進めた。ユーザが拡張された空間を正しく安全に理解するためには、現実物体と仮想物体の位置関係を即座に理解できる環境を構築する必要がある。本研究では、実世界と仮想世界を重畳するための方式であるビデオスルー方式において、現実環境を撮影するカメラの性能や焦点ずれによるぼけなどの画質劣化を考慮した画像の合成方式を提案し、カメラ画像とCGの画質による整合性問題を解決し、仮想物体と実物体、もしくは仮想物体同士の位置関係の把握を支援している。本研究の成果を国際会議[査読付2]にて発表した。

## 3 映像とのインタラクションを可能にするバブルディスプレイ

### 3.1 背景

SNSのような情報伝達手段やスマートフォンなどの小型デバイスの発達により我々が扱う情報の量は劇的に増加し、その形式も多様化してきている。しかし、ほとんどのデバイスで表示・出力に用いられる既存のディスプレイでは、ただ視覚的に情報を表示するだけの一方向のものでしかなく、また、途中でディスプレイの形状、サイズを変えることができないなど、多様化する情報に対して十分に対応できていない。そのため、今後はユーザの要求に対して、柔軟に形状を変化できることや直感的に操作が可能なディスプレイが求められる。そのようなディスプレイの例として有機ELディスプレイなどが挙げられるが、特殊な素材と技術を必要とするため生産コストが高い。そこで注目されているのが水を媒体としたディスプレイである。水ディスプレイのひとつであるフォグスクリーンは、既にアミューズメント施設などのエンターテインメント分野において実用化されており、水という自然な素材であるためパブリックスペースなどにも受け入れられやすい。また、水独特の波や濡れという現象を用いることで聴覚や触覚を刺激し、マルチモーダルな表現方法も可能となる。他にも水ディスプレイは下記のような特長をもつ。(1)水の透過性を利用した透過型ディスプレイである。(2)形状・サイズに制限がなく、大規模な演出が可能である。(3)人に対する安全性、周辺環境への親和性が高い。本研

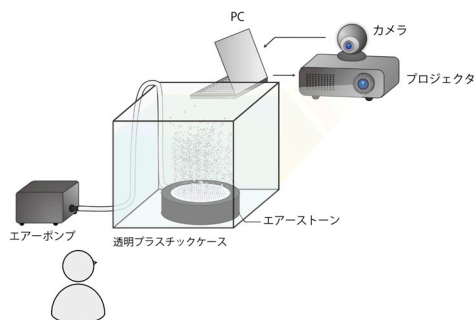


図 10: バブルディスプレイのシステム構成

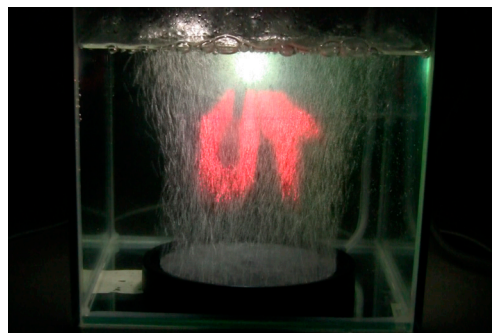


図 11: 気泡への画像の投影

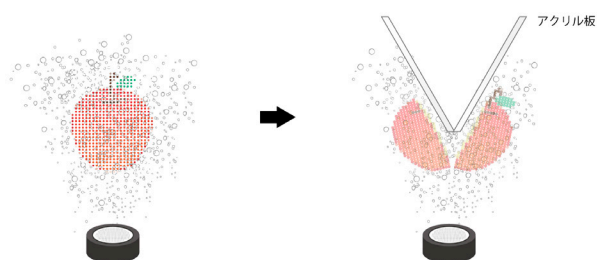


図 12: インタラクション例：切断

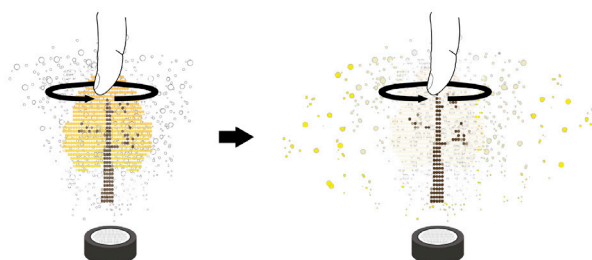


図 13: インタラクション例：攪拌

究では、今までの水ディスプレイとは異なり、水中に発生させた気泡に映像を投影するディスプレイを提案する。水をかき混ぜたり、波を起こすといったユーザの行動によって変化する気泡の動きや形状に着目し、気泡の形状変化に対応した画像を提示することでユーザと映像とのインタラクションを可能にする。

## 3.2 内容

### 3.2.1 バブルディスプレイ

バブルディスプレイのシステム構成と気泡に映像を投影している様子をそれぞれ図 10、図 11 に示す。90 × 90 × 75mm の透明なプラスチックケースに水を入れ、エアーポンプから送られる空気を、直径 60mm のエアストーンで気泡として発生させている。プラスチックケースの背面にあるカメラからの映像を用いて気泡の形状を取得し、プロジェクタで気泡に映像を投影している。

十分に小さい透明な気泡へ投影された光は、大部分が反射せずに透過し、通り抜ける過程で光を散乱させる。そのため、気泡はレンズのような役割を果たし、まるで自らが発光しているかのように見えるようになり、気泡一つ一つがドット一つに対応するように、気泡が集まることでディスプレイとしての機能を果たしている。基本的にプロジェクタから投影された光が透過するため、図 10 のユーザがいる前面からは映像が見えるが、側面からは映像が見えない特徴がある。

### 3.2.2 バブルディスプレイにおけるインタラクション

水中に気泡を生成し、上昇していく気泡にプロジェクタで映像を投影することで、気泡をスクリーンとした新しい水ディスプレイを提案する。また、上昇する気泡をユーザが直接触れる事で気泡の形状が変わり、その形状を検出し、リアルタイムで投影する映像を変化させるインタラクティブ水ディスプレイを目指す。水中で発生した気泡は独特の揺らぎをもちながら浮力によって上昇し、水面にて破裂する。この一連の動作過程において、水中の気泡に対しユーザがさまざまなインタラクションを起こすことで、リアルタイムに投影される映像が変化する。図 12、13 に想定しているインタラクションの例を示す。図 12 は透明の亚克力板などで敷居を作り、形成される気泡群の形状を変えたときの

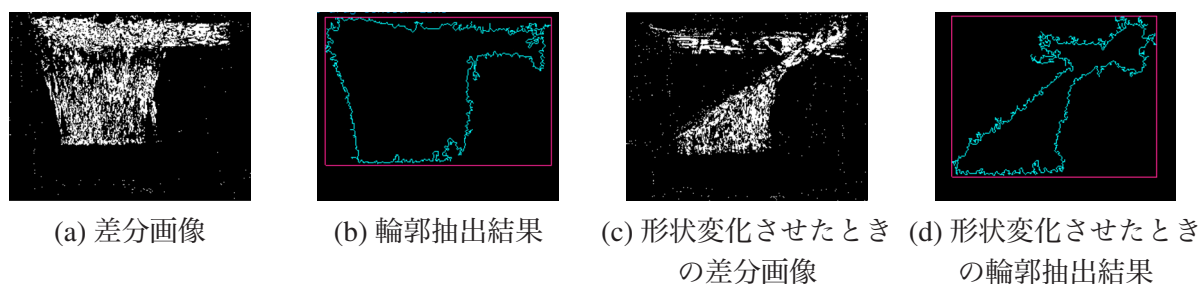


図 14: 気泡群の検出

例である。通常時はそのままのりんごが投影されているが、透明板によって気泡群を中心から半分に分けると、それに合わせてりんごも切られたように投影される。板の挿入の仕方によって、気泡群の輪郭はさまざまに変化し、それに対応するように映像が切り替わる。一方、図 13 は攪拌によって、気泡が拡散したときの例である。いちょうの木が投影されている気泡を指でかき混ぜることにより、拡散された気泡一つ一つがいちょうの葉になったかのように黄色に投影されている。通常気泡は、動きのない水の中では浮力によって上昇していくだけであるが、指などで水中をかき混ぜると、渦を巻くようにして拡散する。この拡散する気泡一つ一つをトラッキングし、対応した映像を投影する。他のインタラクションとしては注射器を使用して、水圧で気泡を吹き飛ばす、あるいは水中の何も無い所から気泡を発生させるといった、注入によるインタラクションなども想定している。

### 3.2.3 気泡群の検出

本システムでは、発生した気泡をトラッキングし、その形状に応じて画像を切り換える。そのため、画像処理によって気泡の形状を検出することとした。気泡の映像はプロジェクタ上に固定したカメラから毎秒 30 フレームで取得する。取得した映像から毎フレーム、1 フレーム前の画像と現在のフレームの画像との差分絶対値を取り、設定した閾値を境に二値化することで、リアルタイムで動いている気泡群の輪郭を抽出した。図 14 気泡群を検出している様子を示す。同図 (a) は 1 フレーム前との差分を二値化して得られた画像である。同図 (b) はその画像から輪郭線を描画した画像である。気泡群の形状を変化させる目的で、水の中に透明なプラスチック板を斜めに挿入し、発生した気泡の上昇する方向を制限することで気泡群の形状を三角形に変化させた様子を同図 (c) および (d) に示す。気泡群の形状が変化した場合でも、同様に輪郭線を検出している。

## 3.3 具体的成果

映像情報にユーザが直接インタラクションできるディスプレイの実現を目指してバブルディスプレイを提案し、そのプロトタイプを実装した。これらの研究成果は、国内研究会 [発表 3] にて発表した。

本テーマに関連して、個人の手書き文字フォントを用いたコミュニケーション支援システムに関する研究も行った。ソーシャルメディアの拡大により、活字による情報発信やコミュニケーションが急激に増加している。一方、自筆の手紙や年賀状などの一筆など、手書きによるメッセージが、人々にうれしさや満足感を与えていることに注目して、円滑で充実したコミュニケーションを実現するために手書き文字による twitter クライアントを実現した。実装したシステムを Apple の AppStore で公開し、研究成果については国内研究会 [発表 5] にて発表した。

また、[招待 1] では、本研究室で取り組んでいる人々の日常生活を豊かにするための AR システムに関連する講演を行った。

## 4 成果要覧

### 受賞関連

[受賞 1] 新島 有信, 小川 剛史: サイバースペース研究賞, 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会, 2012 年 4 月.

### 招待講演/招待論文

[招待 1] 小川 剛史: デジタルコンテンツでつなぐ未来, 情報処理学会第 75 回全国大会, 2013 年 3 月.

### 査読付論文

[査読付 1] 新島 有信, 小川 剛史: 拡張現実感における視覚刺激位置が触知覚位置に与える影響の分析, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 17, No. 2, pp. 73–78, 2012 年 6 月.

[査読付 2] Xueting Lin and Takefumi Ogawa: A Depth Cue Method Based on Blurring Effect in Augmented Reality, in Proceedings of the International Conference on Augmented Human, Stuttgart, Germany, pp. 81–88, Mar. 2013.

[査読付 3] 大塚 隆史, 小川 剛史: 拡張現実感における擬似触覚を用いた力覚フィードバックの実現に関する検討, VR 学研報, Vol. 17, No. CS–4, CSVS2012–46, pp. 9–12, 2012 年 12 月.

### その他の発表論文

[発表 1] 新島 有信, 小川 剛史: 視触覚提示インタフェースにおけるアクチュエータ削減が触知覚に与える影響の評価, VR 学研報, Vol. 17, No. CS–1, CSVS2012–1, pp. 1–6, 2012 年 4 月.

[発表 2] 大塚 隆史, 小川 剛史: 拡張現実感における擬似触覚を用いた引力提示に関する一検討, VR 学研報, Vol. 17, No. CS–3, CSVS2012–40, pp. 109–114, 2012 年 9 月.

[発表 3] 佐川 俊介, 小川 剛史: 映像とのインタラクションを可能にするバブルディスプレイの提案, 情報処理学会研究報告, Vol. 2013–DCC–3, No. 13, 2013 年 1 月.

[発表 4] 大塚 隆史, 小川 剛史: 拡張現実感における擬似触覚を用いた仮想物体の重量知覚に関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 472, MVE2012–123, 2013 年 3 月.

[発表 5] 高村 将大, 小川 剛史: おてがみ: 個人の手書き文字フォントを用いたコミュニケーションシステム, 情報処理学会研究報告, Vol. 2013–GN–87, No. 18, 2013 年 3 月.

# クラウド構築運用のための仮想化ネットワークに関する研究

関谷 勇司

## 1 概要

2012 年度は、クラウドの機能をより柔軟にし、かつクラウドの構築と管理も柔軟に行うことのできる、クラウドのための仮想ネットワークの構成技術に関する研究を中心に行った。そのための要素技術の検討と評価を行い、その結果をうけての評価モデルとしてのクラウドの設計ならびに構築を行った。具体的には、以下の 2 点に関して研究を遂行し、いくつかの成果発表を行った。

- クラウドの形成に用いるネットワーク要素技術の評価と分析

現在クラウドの構築、特に IaaS クラウドの構築に用いられているネットワーク技術をとりあげ、その利点と欠点についての分析を行った。さらに、現行のネットワーク技術から来るクラウド構築形態の制約や限界について評価を行い、より低コストで柔軟なサービスを提供することのできるクラウドを構築するために必要とされるネットワーク技術に関する検討を行った。

- 本研究が提案するネットワーク仮想化技術を用いたクラウド構築実証実験

より低コストで柔軟なサービスを提供することのできるクラウドを構築するためのネットワーク技術に関して、本研究として提案するクラウド構築のための仮想化ネットワークモデルの定義を行い、適用形態に応じた利点と欠点に関して分析を行った。また、必要とされる要素技術を実装し、仮想化ネットワーク技術を用いたクラウド構築の実証実験を行い、評価を行った。

## 2 クラウドの形成に用いるネットワーク要素技術の評価と分析

### 2.1 背景

クラウドが世間一般に普及する技術となり、様々な用途にクラウドが用いられ始めている。クラウドが普及するにつれて、クラウドを提供するサービスプロバイダーは、性能と価格の競争に突入し始めている。一時期のインターネットサービスプロバイダー (ISP) が価格競争にて淘汰されていったように、クラウドサービスプロバイダーもある程度の飽和状態を迎えた後に、機能や価格による淘汰が発生すると考えられる。特に、Infrastructure as a Service (IaaS) サービスを提供するクラウドプロバイダーは、クラウド階層の下位に位置するため、サーバやネットワークへの機材投資が必要となる。そのため、IaaS サービスプロバイダーは、より機能面や価格面で利点を持たなければならないと考える。

そこで本研究では、IaaS サービスが利用者の求める機能を提供することができ、かつ構築・監視・運用コストをおさえることのできるネットワーク技術や運用形態に関しての調査・分析結果を行った。

## 2.2 内容

IaaS クラウドを構築・運用するために用いられているネットワーク技術について、調査と分析を行った結果を示す。データセンタ内部のネットワーク構築に用いられる技術と、データセンタ間のネットワーク構築に用いられる技術に分類してまとめる。

現在、データセンタ内ネットワークを VLAN で構築するにあたって、大きく分けて 3 つの問題が存在する。1 つ目の問題は、VLAN のセグメント数の限界である。クラウドを運用するデータセンターネットワークでは、ハイパーバイザ (HV) 上に存在する多くのバーチャルマシーン (VM) に合わせて、柔軟にセグメントを分割したり接続したりしなければならない。しかし、現在広く使われている VLAN では、セグメントを分割する識別子である VLAN ID が 12bit であるため、最大で 4096 ネットワークセグメントしか識別することができない。大量のユーザ VM をホスティングするクラウドデータセンタ環境では、ユーザごとに複数のネットワークセグメントを割り当てる場合もあるため、ネットワーク識別子が不足し、ユーザへのネットワーク割り当てができない、もしくは VLAN ID の管理が煩雑となる、等の問題が発生している。

2 つ目の問題として、冗長性の確保が難しい点がある。Ethernet では、ブロードキャストフレームは単純に入ってきたポート以外の全てのポートに対して転送される。そのため、Layer 2 網の中に物理的あるいは VLAN によって論理的にループ構成が存在した場合、パケットストームが発生する。しかしその一方で、Layer 2 の冗長性を確保するためには、冗長用のリンクを含めたループ構成をとらざるを得ない。そこで、Layer 2 網の中で、ある 1 ポートを起点としたツリートポロジを構成する Spanning Tree Protocol (STP) という技術がある。現在では多くの Layer 2 スイッチに実装されている技術ではあるが、トポロジを確定するまでに多くの時間がかかること、また 1 点からのツリー構造であり、ループ箇所をブロックするために多くの無駄なスイッチ間リンクが発生してしまうことなどの問題があり、なるべくコスト減を図りたいクラウドデータセンタの運用には適していない。

最後の問題として、設定と運用の難しさがある。VLAN では、ある VLAN を通したいスイッチまで中継点となっている全てのスイッチ及びポートに対して設定を投入する必要がある。VLAN がどのスイッチに通っているのかを把握し、ループを発生させないように常に気をつけて運用者が手で設定する必要がある。しかし、近年のデータセンタ内におけるスイッチの数は増加しており、既に運用者が手で全てのスイッチに VLAN を設定していくことは難しい。これらの運用は、拡大を続けるデータセンタ内ネットワークにおいて、運用ミスを誘発しやすさや障害の原因となるなど、構築、運用の複雑化をまねいている。そこで本研究では、管理者が柔軟にパスを設定することができ、かつ冗長性も確保することができる、Layer 2 over Layer 3 ネットワークの可能性について検討を行った。

## 2.3 具体的成果

表 1 に、Layer2 を利用した場合と Layer 3 を利用した場合のデータセンターネットワーク構築に関する利点と欠点をまとめる。

表 1 : Ethernet 既存技術と新規技術の比較

	VLAN 数問題	冗長性	運用の可用性	コスト
Q-in-Q	○	×	×	○
Layer 2 ルーティング	×	○	○	×
Layer 2 over Layer 3	○	○	○	○

Q-in-Q では、VLAN 数の上限を超えることができるが、基本的なパケット転送は既存の Layer 2 と同様なため、冗長性、運用の可用性には問題がある。しかし一方で、Q-in-Q は既に多くのスイッチに実装されており、導入コストは低い。Transparent Interconnection of Lots

of Links (TRILL)<sup>1</sup> や Shortest Path Bridging (SPB)<sup>2</sup> のような Layer2 にルーティングの機能を持ち込んだものは、Layer 2 ルーティングによって、リンクの有効な利用が可能になり、運用コストも下がる。しかし、導入するためには全ての Layer 2 スイッチを TRILL 対応のものに入れ替える必要があるため、導入コストは高い。また、これらのプロトコルは Layer 2 のパケット転送と経路表の構築を実現するものであり、これ単体で VLAN 数の上限を超えることはできない。一方で、Layer 2 を Layer 3 でカプセル化するオーバーレイ技術は、既存の IP ルーティングの機能や資産を流用することが可能である。冗長性に関して、OSPF などの IP ルーティングによって行われる冗長に任せることができ、無駄なリンクも発生しないなど、運用上の可用性は高い。一方で、Layer 2 ブロードキャストを IP マルチキャストにカプセル化するため、下回りの IP ネットワークに対して Any Source IP マルチキャスト環境を要求する。そのため、IGMP や PIM といったマルチキャスト関連の機能も同時に運用する必要がある。図 1 に、従来の VLAN + STP におけるネットワークパスの利用方法と、TRILL によるネットワークパス利用方法の差異を示す。

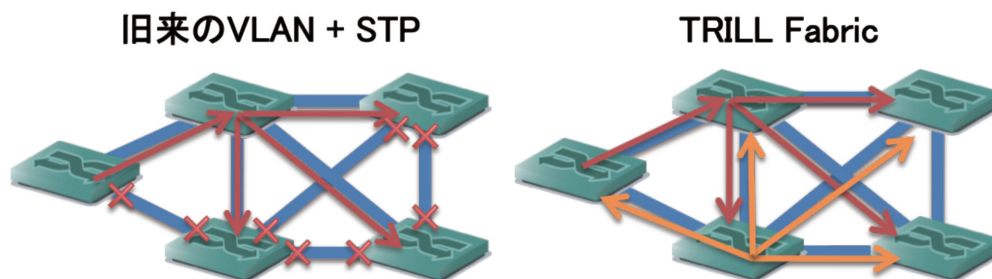


図 1 : VLAN + STP と TRILL のパス利用方法の差異

各技術の規模性についても差が生じる。Q-in-Q は、収容できる MAC 数については基本的にスイッチの保持できる MAC エントリ数に準ずる。これは Layer2 ルーティングを行う TRILL も同様である。一方で Layer 2 over Layer 3 である VXLAN の場合は、VTEP 配下は MAC エントリ数に準ずる一方で VTEP 間のバックボーンネットワークではエンドノードの MAC アドレスを学習する必要がない。しかし、前述のように、構成によっては IP マルチキャストによって規模性が制限されてしまう場合がある。

このように、新しい技術にはそれぞれに向き不向きがある。そこで、環境や要件に応じて個々の技術を必要な箇所に用いる必要がある。TRILL の Layer2 ルーティングと VXLAN によるカプセル化のそれぞれの利点を用いたネットワークの例を図 3 に示す。もしセグメントが 4000 個以上必要でないのならば、TRILL のみを用いてネットワークを構築できる。しかし、セグメントが 4000 個以上必要になる場合は、VM を直接収容する HV 内にソフトウェア VXLAN スイッチを設置し、その HV 間の Layer 2 網を TRILL で構築することでマルチパスと冗長性を実現する。また、これによって VTEP 間が単純な L2 となり IP マルチキャストルーティングの制限は受けない。ただし、どの VNI をどの IP マルチキャストアドレスにマップするかは問題となる。このように、現在のデータセンター内ネットワークの問題を解決するための技術は様々であり、それぞれ必要な箇所に特徴に応じて組み合わせて運用する必要がある。結果として、Layer 2 over Layer 3 を用いたデータセンターネットワークが望ましいことがわかった。

<sup>1</sup> RFC6235

<sup>2</sup> IEEE 802.1aq

### 3 クラウドのための仮想ネットワーク構成技術に関する研究

#### 3.1 背景

サーバ仮想化技術の発展によって、1 台の物理マシン上で複数の仮想マシン (VM) を稼働させることが可能となった。このサーバ仮想化技術を用いて、VM をユーザに対して提供する Infrastructure as a Service (IaaS) サービスが構築され、複数の事業者によって商用サービスが提供されるようになった。IaaS は、現在のコンピューティング環境において不可欠なサービス構成要素となっており、ユーザは IaaS 上の VM を利用することによって、サービス単位でハードウェアを用意することなく、素早くサービスの構築を行うことが可能となった。また、動的な資源の追加や削除等も可能となり、必要なときに必要なだけ仮想資源を利用するという利用形態が生まれた。それに伴い、現在物理サーバやネットワーク機器を用いて構築されているシステム環境を、そのまま IaaS クラウド上にそっくり移行したいといった要求も生まれ、オフプレミス環境を用いたプライベートクラウドの構築が盛んに行われている。現行の物理システムをそのままそっくり IaaS クラウドに移行するためには、サーバ仮想化技術のみならずネットワークの仮想化技術も必要となる。そのため、IaaS クラウド上にてネットワーク仮想化を行うための技術が複数開発され、提供され始めている。しかし、クラウド事業者間にまたがって普遍的に利用できる技術はまだ存在せず、ユーザは自身で技術を選定し、導入する必要に迫られている。そこで本研究では、クラウド事業者間にまたがって普遍的に利用できる IaaS クラウド仮想化ネットワーク構築技術の提案を行った。

#### 3.2 内容

本研究では、IaaS クラウドに適したネットワーク設計と構築技術に関する検討を行い、実証実験を行った。IaaS 環境におけるネットワーク構成の大きな問題のひとつは、マルチテナンシーである。IaaS 環境において、VM はその OS からアプリケーションまで、全てユーザの手によってコントロールされる。VM がどのようなパケットを送信するかは予想できないため、VM が接続されるネットワークは、ユーザ毎に分割された構成をとる必要がある。また、IaaS 環境上では、1 ユーザが要件に応じて複数のネットワークセグメントを用いる等、柔軟なネットワークを構築できる必要がある。しかし前述の通り、既存のネットワーク仮想化手法である VLAN は、4096 個のセグメントしか区別することができなかった。また、VLAN を HV 間にまたがって設定する場合、HV 間に存在する全ての機器において設定変更が必要となるのも前述した通りである。そこで本研究では、近年実装されつつある、Virtual eXtensible LAN (VXLAN) と Location Identifier Separation Protocol (LISP) の組み合わせによる、データセンターネットワーク適用モデルを提案した。

VXLAN は、イーサフレームを IP でカプセル化するオーバーレイの L2 延伸技術である。VXLAN では、L2 のマルチキャスト、ブロードキャスト、未知の宛先のユニキャストを L3 マルチキャストに、L2 ユニキャストを L3 ユニキャストにカプセル化する。カプセル化されたパケットを受信した VTEP (VXLAN Tunnel End Point) は、カプセル化されたイーサフレームの送信元 MAC アドレスが、外側の IP ヘッダの送信元 IP アドレスを有する VTEP の配下にいると学習し、この MAC アドレスと VTEP の IP アドレスのセットをエントリとして Forwarding Database (FDB) を構築する。また、VXLAN はカプセル化する際に VXLAN ヘッダ内に Virtual Network Identifier (VNI) という 24bit の識別子を付与する。VTEP はこの VNI 毎に FDB を構築することによって、約 1677 万以上の論理セグメントを識別することができる。

本報告の著者である関谷が参加している、産学連携研究プロジェクトである WIDE プロジェクト<sup>3</sup>内に存在する Cloud WG<sup>4</sup> では、VXLAN と LISP を用いたクラウドデータセンターネットワークモデルを提案し、実装することで実証実験を行なった。関谷は Cloud WG の議長であり、その提案と実証実験を主導した。

<sup>3</sup> <http://www.wide.ad.jp/>

<sup>4</sup> <https://wcc.wide.ad.jp/>



### 3.3 具体的成果

まず、Cloud WG において VXLAN を実装し、オープンソースソフトウェアとして公開した。この実装は、Linux のユーザランドで動作する VXLAN ソフトウェアである。デーモンプログラムである `vxland` が、パケットの転送や FDB の管理を行い、`vxlanctl` コマンドを用いて VNI 毎に tap インターフェースの作成、削除を行う。この VXLAN 実装を用いて、Cloud WG にて構築された WIDE クラウド[招待 1]内部のネットワークを構築した。VXLAN を導入し実証実験を行った結果、VXLAN によってネットワークを簡単に論理的に分割することが可能になった一方で、広域で運用する場合にはマルチキャスト問題が存在することがわかった。VXLAN はカプセル化に IP マルチキャストを用いるため、既存のインターネットバックボーンもしくはデータセンタ間ネットワークにてマルチキャストが動作する必要がある。しかし現在のインターネットでは、L3 ドメインを超えて IP マルチキャストを動作させることが難しい。そのため、VXLAN のオーバーレイドメインも、同様に L3 ドメインを超えて運用することが難しい。この問題を解決するために、LISP によるネットワークトンネリングとの併用モデルを提案した。LISP は 2007 年 7 月に Internet-Draft が提案されたプロトコルであり、その実験・検証を目的として LISP Beta Network<sup>5</sup>が運用されている。Cloud WG では、2011 年 7 月より LISP の実験・検証を目的として LISP Beta Network に参加しており、WIDE クラウドの一部である、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス内に LISP Beta Network との接続ルータを設置している。

次に、Cloud WG において LISP 実装を行った。LISP は既にいくつかの実装が作成されているが、IETF 76 にて相互運用性試験が行われた段階では、デュアルスタックで control-plane の機能を持ったオープンソース実装は存在していなかった。そのため、Cloud WG では、新たにオープンソースで control-plane の機能を持ち、デュアルスタックに対応した LISP XTR の実装である `lix` を作成した。`lix` の実装は、Linux kernel 2.6.32 及び C 言語 (gcc version 4.4.5) を使用して行った。`lix` では、data-plane に関連する機能はロードダブルカーネルモジュール (LKM) として動作する。また control-plane に関連する機能はユーザランドでデーモンとして動作する。`lix` の ITR 実装の概要を図 2 に、ETR 実装の概要を図 3 に示す。

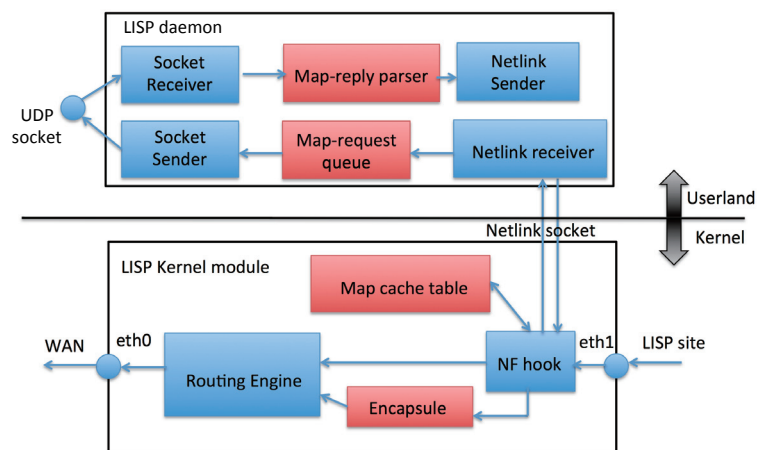


図 2 : ITR 実装概要

<sup>5</sup> <http://www.lisp4.net/beta-network/>

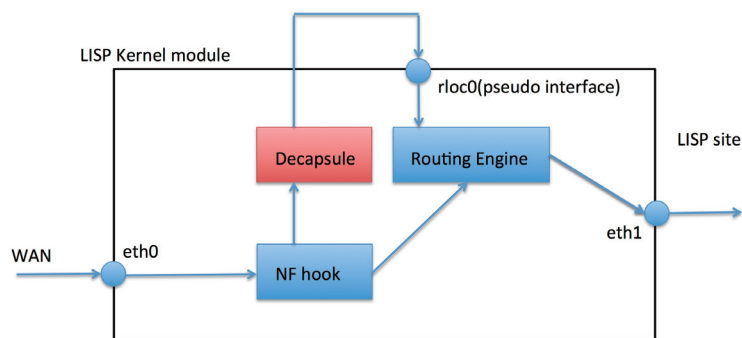


図 3 : ETR 実装概要

ITR としての動作をするためには、lix のカーネルモジュールが転送するパケットをフック する必要があります。lix のカーネルモジュールはカーネル API の一種である netfilter に対してハンドラを登録し、Linux のフォワーディングエンジン内で FORWARD チェインに入ったパケットをフックする。また、ホ ポジティブキャッシュとネガティブキャッシュの管理手法及びロングストマッチは Radix-Tree 方式で実 装した。フックしたパケットの宛先アドレスがキャッシュにマッチした場合は、ヘッダ付加後、カーネル API を利用して OS 内のルーティングテーブルに基づいてパケットを送信する。キャッシュにマッチし ない宛先アドレスを持つパケットをフックした場合は、その宛先アドレスを temporary cache として map-cache table に登録した後、ユーザランド空間の control-plane を通じて map-cache の解決を試み る。このとき、カーネル空間とユーザランドの通信には netlink インターフェースを用いる。control- plane は、map-server から結果が得られた場合、再び netlink インターフェースを通じて カーネル空 間の data-plane に結果を送信する。結果が得られなかった場合は、一定時間経過後に temporary cache を消去するよう data-plane に要求する。

一方、ETR としての動作を実現するためには、lix のカーネルモジュールが自ホストの UDP ポート 4341 番宛のパケットをフックする必要があります。これも ITR の時と同様に、netfilter に対してハンドラを 登録し、Linux のルーティングエンジン内で INPUT チェインに入ったパケットをフックし、UDP ポート 4341 番宛のものを選別することで実現した。カプセル解除後の元のパケットは、モジュールをロード した 際に作成される仮想インターフェースに着信させることによって Linux のフォワーディングエン ジンに再入力し、ARP または ND の解決を行ったのち EID 側のホストに到達する。

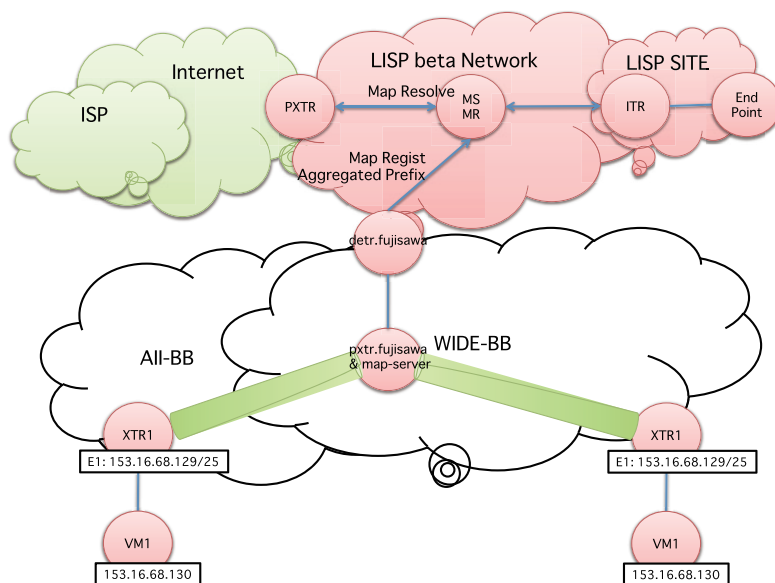


図 4 : WIDE Cloud への LISP Network の導入

最後に、図 4 に WIDE Cloud への LISP 機構の導入概要を示す。detr.fujisawa は、LISP Beta Network からの LISP パケットを終端するための ETR である。detr.fujisawa と pxtr.fujisawa は直接接続されており、detr.fujisawa に到達した LISP パケットはカプセル化を解除した上ですべて pxtr.fujisawa に転送される。pxtr.fujisawa では、detr.fujisawa より転送されてきたパケットを Cloud WG が独自に設置した map-server の持つ経路に従い、実験・検証用の ETR 等にカプセル化した上で転送する。このように、一旦 detr.fujisawa で LISP Beta Network から のすべてのパケットを終端し、pxtr.fujisawa から先は 独自の経路制御とすることで、LISP Beta Network より割り当てを受けたプレフィックスを細分化して利用している。

以上の通り、VXLAN と LISP を用いてクラウドデータセンターネットワークを構築するためのモデル定義と実導入を通じた検証を行った。この詳細に関しては、[査読付 2]にて述べられている。現在 WIDE Cloud 内部で VXLAN と LISP を用いていくつかの実サーバ運用を行なっている。今後、より多くの実サーバを展開し、性能や安定性などの評価、ならびに導入コストと障害時の対応方法に関する評価を続けていく所存である。

## 4 成果要覧

### 招待講演／招待論文

[招待 1] 関谷 勇司 : IaaS クラウドを構築するソフトウェア技術 : WIDE クラウドを事例として, 日本ソフトウェア学会, コンピュータソフトウェア 29(2), pp 2-15, 2012 年 5 月

### 著書／編集

[著書 1] 関谷勇司, 岩田 淳, 佐宗 大介, 下條 真司, 河合 栄治 : 「次世代網を実現する OpenFlow 技術最新動向 2013」, インプレス R&D, ISBN-13: 978-4844395522, 2012 年 10 月

### 査読付論文

[査読付 1] Kentaro Yoshida, Daisuke Miyamoto, and Yuji Sekiya : Design and Evaluation of Area Limited Multicast with OpenFlow, In Proceedings of the 3rd Annual International Conference on Network Technologies & Communications (NTC), ISSN: 2251-2233, October 2012.

[査読付 2] Ryo Nakamura, Yukito Ueno, Katsuhiko Horiba, Yuji Sekiya, and Hiroshi Esaki, "Route Optimization for Geographically Distributed IaaS Platform Through the Integration of LISP and VXLAN", AsiaFI 2012 Summer School, Aug. 2012.

[査読付 3] Kentaro YOSHIDA, Daisuke MIYAMOTO, and Yuji SEKIYA, "Area Limited Multicast with OpenFlow", AsiaFI 2012 Summer School, Aug. 2012.

[査読付 4] Keiichi Shima, Wataru Ishida, and Yuji Sekiya, "Design, Implementation, and Operation of IPv6-only IaaS System with IPv4-I Pv6 Translator for Transition toward the Future Internet Datacenter", In Proceedings of 2nd International Conference on Cloud Computing and Services Science (CLOSER2012), pp.306-314, April 20, 2012

### 公開ソフトウェア

[公開 1] Yuji Sekiya and WIDE Project Cloud WG : WIDE Cloud Controller (WCC), <https://wcc.wide.ad.jp/>, 2012 年 4 月

### その他の発表論文

[発表 1] 関谷 勇司 : 広域分散 IaaS クラウドの設計と構築 ~ WIDE Cloud ~, 電子情報通信学会, 信学技報, vol. 112, no. 236, IA2012-26, pp. 7-10, 2012 年 10 月

[発表 2] 吉田賢太郎, 宮本大輔, 関谷勇司: OpenFlow を用いたエリア限定マルチキャスト, 電子情報通信学会, 信学技報, vol. 112, no. 134, IN2012-34, pp. 7-12, 2012 年 7 月

[発表 3] 浅見 徹, 江崎 浩, 関谷 勇司, 斎藤 賢爾, 山下 達也, 岩波 剛太: P2P のこれまでとこれから -- ネットワーク高度利用推進協議会活動の歴史とともに --, 電子情報通信学会, Vol.95, No.9, pp. 809-814, 2012 年 9 月

# 情報教育環境としてのシングルボードコンピューター

中村 文隆

## 1 概要

イギリスのラズベリーパイ財団が2012年2月にリリースしたラズベリーパイ(Raspberry Pi)は、ARMプロセッサを搭載した\$35のシングルボードコンピューターであり、プログラミング環境を備えたLinuxを標準OSとして搭載すると同時に26ポートのGPIOをもち、I<sup>2</sup>CやSPIなどのI/O環境をも備え、コンピューターサイエンスの学習を促進するために設計製作されたプラットフォームである。アプリケーションの使いこなしを主としたリテラシ教育にとどまらず、初等中等教育から高等教育に至るまでの各段階でコンピューターサイエンスの学習を促進することを目的として、ラズベリーパイの導入から活用までの事例をまとめた書籍を上梓した。

## 2 研究内容題目その1

### 2.1 背景

現在、我が国のみならず先進各国における情報教育においては、アプリケーションの使いこなしに重きをおいたリテラシ偏重の傾向がみられる。この傾向が継続することは、将来にわたるICT技術者の育成という観点からは必ずしも望ましいこととは考えられず、初等中等教育から高等教育までの各段階で、学習段階に応じたコンピューターサイエンスの経験を培う環境を整備することが望まれる。

この観点から考えた場合、教育現場における情報教室の環境はWindows、あるいはMac OSを搭載したパーソナルコンピューターが導入されていることが多く、プログラミング環境を導入する費用の問題や、導入されるプログラミング環境の抽象度が高いことなどの問題があり、コンピューターサイエンスを原理から学ぶという目的には必ずしも最適な環境が整っているとはいえない側面がある。

### 2.2 内容

上記の背景から、標準的にプログラミング環境をもち、オープンソースのOSであるLinuxを搭載した安価なシングルボードコンピューターであるラズベリーパイを情報教育に導入することが有用であると考えた。

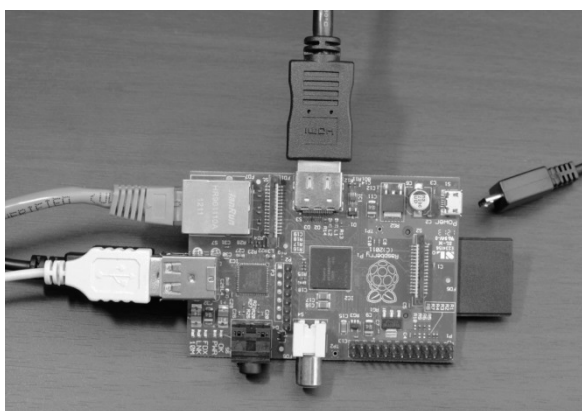


図1 ラズベリーパイと標準的な接続形態

ラズベリーパイは図 1 のようにシングルボードのコンピューターであり、2 ポートの USB、100Mbps のイーサネット、HDMI と NTSC の映像出力をもち、SD カードに Linux を搭載するように設計されている。

現在提供されている Model B のスペックは以下のとおりである。

- 700MHz 動作の CPU/GPU 一体型チップ(Broadcom BCM2835)
- 512MB の RAM
- HDMI、アナログコンポーネント、DSI、のモニタ接続端子
- USB2.0×2
- 10/100Mbps イーサネット
- SD カードソケット
- 3.5φ のステレオアナログ音声出力
- カメラ接続用のピンヘッダ

また、オンボードで以下のような外部入出力端子を備える。

		P1-					
	+ 3.3V	01	02			+ 5V (from USB)	
GPIO 0	SDA	03	04			+ 5V (from USB)	
GPIO 1	SCL	05	06			GND	
GPIO 4	GPCLK0	07	08	TXD	GPIO 14		
	GND	09	10	RXD	GPIO 15		
	GPIO 17	11	12	PCM_CLK	GPIO 18		
GPIO 21	PCM_DOUT	13	14			GND	
	GPIO 22	15	16			GPIO 23	
	+ 3.3V	17	18			GPIO 24	
GPIO 10	MOSI	19	20			GND	
GPIO 9	MISO	21	22			GPIO 25	
GPIO 11	SCLK	23	24	CE0	GPIO 8		
	GND	25	26	CE1	GPIO 7		

これらの入出力端子により、I<sup>2</sup>C 接続や SPI 接続を用いた周辺デバイスの実装が用意になり、Linux によるパーソナルコンピューティングと、センサを用いたフィジカルコンピューティングを同時に備えた環境が安価に利用可能となる。

### 2.3 具体的成果

上記の特徴を備えるラズベリーパイを情報教育において活用するためには、OS である Linux の運用管理から、周辺デバイスの接続、ネットワークノードとしての運用に至る広範囲の実践的な知識が不可欠となる。

このため、初学者から指導者まで広くラズベリーパイの活用に資する資料として、ラズベリーパイの導入と運用、I<sup>2</sup>C や SPI の接続原理と接続例、Web アプリケーション、サーバ・クライアントアプリケーションなどの事例を詳細に説明し、それとともに、初学者にプログラミングの原理を習得させるために有用なスクラッチの活用事例までを収めた書籍の執筆を行った。

## 3 成果要覧

### 著書／編集

[著書 1] 中村 文隆: スクリプト言語 Python で使い倒すラズベリーパイ入門, CQ 出版社, 2013 年 3 月.

# 災害時を想定した通信システムの研究

妙中雄三

## 1 概要

大規模自然災害が発生すると、生活・通信インフラが停止してしまい、更なる被害が発生するだけでなく、平常状態への回復が遅れてしまう。このような状況に対して、我々は災害による被害を和らげ、回復力を強める高いレジリエンスを兼ね備えた都市の実現を目指している。本研究では、災害発生時に途絶してしまう情報通信に着目し、災害時でも継続的に情報を伝達できるインフラの実現を目的とする。現在一般に使われている無線 LAN や 3G/LTE 等の通信手段が使えない災害時では、代替手段として各個人が持つスマートフォン間で相互通信し、バケツリレーの形で情報を伝搬する通信（すれ違い通信）が有効であると言われている。また、災害時には普段から使い慣れたアプリケーション・サービスが使われる事が知られている。すれ違い通信では伝達できる情報量や大きな遅延等の特徴があるため、本研究ではアプリケーション設計とその特性を考慮したネットワーク基盤に取り組む。今年度は、すれ違い通信の基盤（SABA）部分を Android OS 上で実現し、基礎実験を実施した。

## 2 すれ違い通信基盤 SABA の設計・実装

### 2.1 はじめに

2011 年に発生した東日本大震災以降、大規模自然災害に対する危機感が高まっている。東日本大震災のような大規模自然災害が発生すると都市部では社会/生活基盤となる各種インフラが崩壊し、人々の暮らしの維持が困難な非常時状態となってしまう。このような災害に伴う被害を和らげ、非常時状態から平常状態に出来る限り早く回復することができる、高いレジリエンスを兼ね備えた都市・システムを早急に構築することが強く望まれている。

都市のレジリエンスを高めるには災害への耐性が強く、回復力に優れたインフラの構築・維持が必須課題となる。昨今では、水道・ガス・電気・交通等に加えて、情報通信が重要インフラとなっている。情報通信は、災害発生時に被害情報や避難情報（双方向通信の場合に限り安否情報や救助依頼）等を共有する事が可能であるため、災害発生後の二次被害軽減や非常時から平常時への回復力を高める上で極めて重要なインフラとなっている。

災害時の情報通信は防災無線やテレビ、ラジオによる放送型の情報伝達、人々が情報ネットワーク（インターネット）を介して収集する能動型の情報伝達に使用される。但し、災害時には停電や有線ケーブル切断、無線基地局への利用者の集中により、情報ネットワークを介した情報収集が困難となる。一方で、放送型では遠距離からの電波送信で伝達されているため受信機さえあれば、災害時に情報収集できる事が多い。しかし、テレビ・ラジオでは地域に対する情報は地域毎で順番に放送されるため、情報収集までに時間がかかってしまう。加えて、被災地域それぞれについてきめ細かな情報提供は行われない。また、放送型では放送局から人々への一方方向通信のみとなってしまう、被災地の人々からの情報発信（詳細な被害情報や安否情報、救助依頼等）が困難である。被災地域内での連絡手段も無い場合被災者間での情報断絶が発生してしまう。よって、都市のレジリエンス向上のためには、

被災地内での情報共有と被災地から外部への情報発信を兼ね備えた情報通信基盤が必要となる。さらに、その情報通信基盤を用いた、被災時情報共有サービス・アプリケーション基盤が必要となる。

災害発生時に情報発信・共有用途で使用するアプリケーションは人々の身近なもので実現できる必要がある。実際に東日本大震災発生時には、インターネットへ接続性が維持された地域における情報共有手段として Twitter や Google Person Finder 等が使われた。特に Twitter は災害情報共有のためのサービスではなく、東北震災発生当時に流行しており多くの人が使い慣れていたという理由で利用されたにすぎない。つまり、災害が発生すると、普段から使い慣れているサービス・アプリケーションでない限り人々が災害時に有効活用できない。また、Google Person Finder のインタフェースは目的別に選択するシンプルな形に設計されており、普段からサービスを使用していない人が使用できる程度であったと考えられる。よって、情報通信の観点で都市のレジリエンスを高めるためには、情報通信基盤のみの実現では不十分で、その通信基盤を日常的に利用するアプリケーション・操作インタフェースを含めて設計し、平常時と災害時のいずれの状況においても使用できる形の災害時情報共有アプリケーションが必要となる。

そこで、本研究ではスマートフォンを用いた蓄積運搬型（すれ違い）通信を情報通信基盤として利用し、すれ違い通信基盤技術の提案と平常時・非常時のアプリケーション設計を行う。日本国内では、発売される携帯電話端末の殆どがスマートフォンとなっており、すでに多くの人が所持している。また、通信手段の失われた被災地では平常時と同じ手段での情報共有が困難なことは明らかで、人がすれ違う間に無線通信で情報共有を行うすれ違い通信を災害時に利活用できる可能性が高いと考えられる。以上より、本研究では災害時の電力供給・ネットワーク通信手段が失われた状態でも、スマートフォンを用いて人々の間ですれ違い通信を行うことで被災地内での情報通信基盤の実現を目指す。加えて、すれ違い通信を行った人々がインターネット接続性のある場所に移動することで情報が運搬され、被災地外への情報発信が可能となる。但し、人がすれ違う僅かな時間で情報を共有し、その情報を人の手で運搬するすれ違い通信の特性上、全ての情報が伝搬せず、情報の伝達速度も遅くなってしまう。これらの点は本研究を進めるにあたって検討すべき事項となる。

ここでは、上記の研究目標の実現を目指して、スマートフォンを用いてすれ違い通信を実現する通信基盤（SABA: Surechigai Application Based on Android）の設計・試作を行った。スマートフォンは Android OS を搭載したものを対象とした。また、SABA の通信基盤を用いたアプリケーションとしてメッセージ共有アプリケーションを実装した。実装したアプリケーションは、WIDE 研究会<sup>1</sup>にて参加者の内、20 名程度のスマートフォンにインストールしてもらい数時間動作検証を行った。その間のすれ違い情報をログ収集した。本稿では実験の手順と基本的な結果にとどめる。

## 2.2 SABA の設計

本節では、すれ違い通信基盤である SABA の設計と基礎実験用途で実装したアプリケーションについて説明する。2.2.1 節で SABA の詳細、2.2.4 節でアプリケーションについて説明する。

### 2.2.1 SABA の設計

SABA では、人がすれ違う僅かな時間内に無線接続を確立し、データの送受信を行うため、通信は無線接続が必須で、人の操作を必要としない技術である必要がある。一般的なスマートフォンでは、3G/LTE と無線 LAN (IEEE802.11)、Bluetooth での無線通信が可能となっている。これらの技術を用いて、端末間で直接通信するためには無線 LAN を用いたアドホック接続と無線 LAN の Wi-Fi Direct、Bluetooth 接続の 3 つが選択肢に挙がる。しかし、Android の仕様上、無線 LAN のアドホック接続は無効化されており、WiFi Direct は他の端末と接続する毎にユーザの同意（確認のダイアログが表示され同意ボタンを押下）が必要となる。Bluetooth も同様に端末間の接続処理（ペアリング）にユーザの操作が必要となるが、パスワードで接続の認証を行う場合に限られる。つまり、認証を用いずに接

<sup>1</sup>WIDE プロジェクト (<http://www.wide.ad.jp/>) 内で開催されるクローズドな研究会



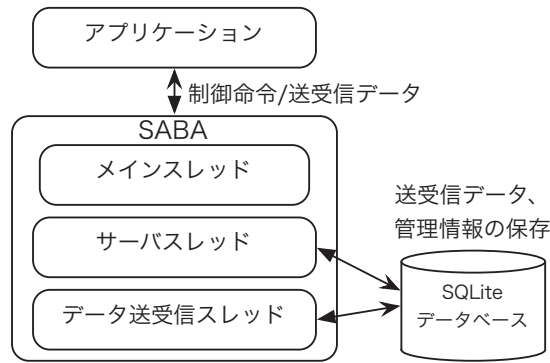


図 1: SABA のアーキテクチャ

データID	作成者 端末ID	作成者 名	作成 時刻	作成場所 (緯度)	作成場所 (経度)	ホップ 数	再拡散 フラグ	有効 期限	更新 時刻	データ 内容
-------	-------------	----------	----------	--------------	--------------	----------	------------	----------	----------	-----------

(a) 受信データテーブル、送信データテーブル共通の構造

拒否する 端末ID	名前
--------------	----

(b) 接続拒否情報を保存するテーブル

図 2: SABA で使用するデータベース構造

続する場合<sup>2</sup>は、ユーザの操作を必要とせず、バックグラウンドで端末間通信を実現できる。よって、SABA では以後、Bluetooth の認証無し接続を通信手段として使用することとする。

### 2.2.2 SABA のアーキテクチャ

SABA はアプリケーションと独立して開発できるように、ライブラリ形式で設計している。図 1 に SABA のアーキテクチャを示す。SABA はアプリケーションからの制御指示を受けて動作を決定する。動作中は、SABA のメインスレッドに加えて、Bluetooth のサーバ待ち受け処理とデータ送受信の処理がそれぞれスレッド（サーバスレッドとデータ送受信スレッド）として稼働する。メインスレッドはすれ違い通信の開始/停止制御、近接端末の検索を行う。サーバスレッドは常時 Bluetooth での接続を待ち受けている。一方、データ送受信スレッドは、新しく近接端末を発見した場合とサーバへ新しい端末からの接続を受けた場合に実行され、端末間のデータ送受信を行う。

SABA が送受信するデータは Android 内の記憶領域に SQLite 形式のデータベースとして保存される。データベースには受信データを保存するテーブル（受信データテーブル）と送信データを保存するテーブル（送信データテーブル）、接続を拒否する端末を登録するテーブル（拒否テーブル）の 3 つのテーブルがある。各テーブルの構造は図 2 に示す。但し、受信データテーブルと送信データテーブルは同一となるため、図 2(a) に示す。また、SABA 間で送受信されるデータの構造は SABA が保有する受信テーブル（図 2(a)）と同等の構造となる。

SABA が送信データをアプリケーションから受け取るか他の端末からデータを受け取った場合に、図 2(a) に示す受信データテーブルか送信データテーブルへ情報が保存される。他の端末での SABA 間通信でデータを受け取った場合は、ホップ数のフィールドのみ+1 し、受信したデータをそのまま受信テーブルへ挿入する形となる。アプリケーションから新規送信データを受け取った場合は、作成者端

<sup>2</sup>Android では、createRfcommSocketToServiceRecord と listenUsingInsecureRfcommWithServiceRecord メソッドを使用する。

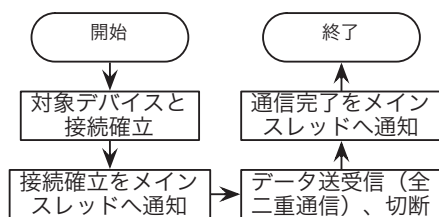


図 3: データ送受信スレッド処理

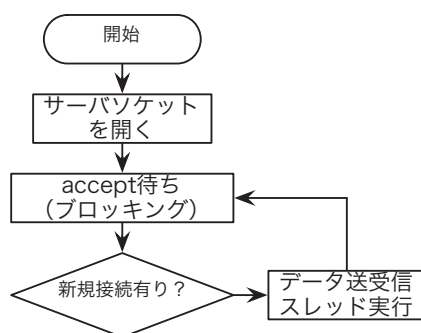


図 4: サーバスレッド処理

末 ID とデータ内容、作成時間の 3つのフィールドを合わせてハッシュ値を取り他のものと重複がない形のデータ ID とする。作成者端末 ID は Bluetooth の MAC アドレス、作成者名はアプリケーションから設定された任意の文字列、作成時刻はアプリケーションからデータを受け取った時点での時刻に設定する。また、作成場所はデータ作成時点での位置情報（経度・緯度）を取得利用し、ホップ数・拡散フラグは初期値 0 となる。有効期限は SABA 内で事前に設定しておく任意の時間  $t_{msqvalid}$  分、更新時刻は作成時刻と同じ値を使用する。

### 2.2.3 データ送受信の手順

2.2.2 節で述べた通り、SABA はメインスレッドに加えて、サーバスレッドとデータ送受信スレッドの 2つのスレッドで構成される。メインスレッドでは近隣端末の検索とクライアントスレッドの実行、サーバスレッドでは Bluetooth のサーバソケットを開き接続を待ち受け、データ送受信スレッドは接続端末とのデータ送受信を行う。

初めに、データ送受信スレッドから説明する。データ送受信スレッド（図 3）は、データ交換の必要がある都度実行され、Bluetooth 接続確立からデータ交換、接続切断までを行う。接続確立と接続切断の度にメインスレッドに「デバイス接続確立」と「通信完了」をそれぞれ通知する。データ通信は双方向通信で実施され、交換するデータ全てが送受信されるか電波強度低下による接続切断かのどちらかの状態になるまでデータ送受信が行われる。送信するデータは送信データテーブル（図 2(a)）内にあるデータのうち、「有効期限」を過ぎていないデータを送信する。送信順序は、最新のデータから順番に送信する。送信データテーブル内のデータを全て送信終わると、次は受信データテーブル内のデータを同様に送信する<sup>3</sup>。

サーバスレッド（図 4）は、SABA 実行直後に起動される。起動後に Bluetooth サーバのソケットを開き、accept が戻るまでブロッキング状態で待機する。他の端末からの接続試行があり、accept が戻ってくるとデータ送受信スレッドを実行して、データ交換を行う。

メインスレッドの処理を図 5 に示す。SABA が動作開始すると、メインスレッドが実行される。メインスレッドは、サーバスレッドを起動後、Bluetooth によるデバイス探索を Android OS へ指示する。

<sup>3</sup>受信データテーブルのデータを送信する事でデータが中継されて広く拡散する事になる。

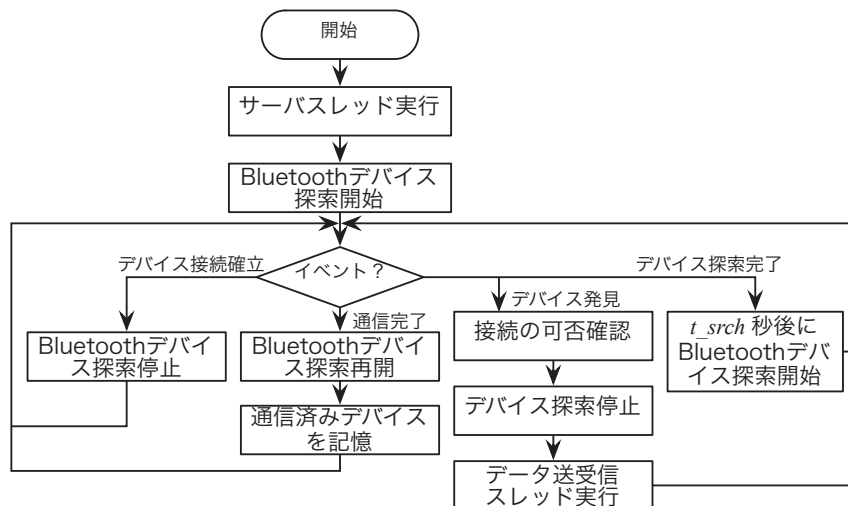


図 5: メインスレッド処理

その後は、Android OS からの Bluetooth に関わるイベント（端末発見やデバイス探索終了）とサーバスレッドからの通知に応じて処理を実行する。Android OS からデバイス発見のイベントが届いた場合は、まず接続の可否を確認する。ここでは、同一端末と繰り返し通信しないために、直前の  $t_{int}$  秒内に接続した端末は接続しない。また、直近の  $t_{fail}$  分内に Bluetooth 接続後に通信不可能であった端末も接続しない。その後、デバイス探索を停止し、データ送受信スレッドを実行して、データ交換を行う。データ送受信スレッドからデバイス接続確立が通知された場合は、Android OS へ Bluetooth デバイスの探索の停止を指示する。通信完了の通知を受け取った場合は、デバイス探索を再開指示し、接続済みデバイスとして記憶する。また、デバイス探索の終了イベントを Android OS から受け取った場合は、 $t_{srch}$  秒後に再度デバイス探索の開始を予約し、 $t_{srch}$  秒間隔で必ずデバイス探索が行われる様にする。

## 2.2.4 SABA を利用するアプリケーション

本節では、2.2.1 節で説明した SABA を使用したアプリケーションを設計する。アプリケーションはテキストメッセージを SABA で交換するデータとして扱う。アプリケーションには、受信メッセージ・送信メッセージそれぞれを持つ。受信データは SABA の受信データテーブルの情報が表示され、送信データは送信データテーブルの情報が表示される。図 6 に受信/送信メッセージ一覧の画面を示す。図 6(a) では、「SC-02D」と「Nexus 7」という名前の端末からメッセージ受信している事を示している。図 6(b) では、自分の端末「SC-02D」を送信者としてメッセージを送信している事を示している。

新規メッセージを作成する際は、送信メッセージ一覧画面（図 6(b)）の最下部のボタンを押下する事で、図 7 に示す新規メッセージ作成画面が表示される。送信するメッセージを入力後、「送信メッセージとして登録」を押下すると送信データテーブルに必要な位置情報収集と初期パラメータが設定された後、送信データテーブルへ保存される。保存されたデータは SABA 内のデータ送受信スレッドが実行された時に参照されて送信される。

## 2.3 基礎実験

本節では、2.2 節で説明した SABA 及びテキストメッセージ共有アプリケーションの動作実験について説明する。2.4 節で基礎実験の内容とその結果を説明する。



図 6: 受信・送信メッセージ一覧画面

## 2.4 実験内容と結果

実験は 2013 年 3 月に開催された WIDE プロジェクトのメンバーのみが参加できる研究会で行った。研究会会場はホテルの 1 フロアを貸し切りで利用し、参加者は部屋間を徒歩で移動したり、特定の部屋で座っていたりする環境となっている。この研究会中にポスターセッションの時間枠があり、SABA のポスター・デモを行いながら、聴講に来られた参加者へアプリをインストールして夜まで使ってもらう形とした。各参加者の持つスマートフォンで提供元不明のアプリケーションのインストールを許可する設定をしてもらい、事前にビルドしておいた apk ファイルをダウンロードする形でインストールした。実験で使用したパラメータとして、メッセージの有効期限 ( $t_{msgvalid}$ ) は 10 分、重複接続/接続失敗を回避するための時間 ( $t_{intlt\_fail}$ ) はどちらも 1 分、Bluetooth のデバイス探索の間隔は 15 秒と設定した。

基礎実験の結果、ポスターセッション以後に SABA を使用したユニーク端末数は 22 台あった。また、ポスターセッションの始まる直前から数えて、新規メッセージ作成数は 70 件、交換されたメッセージ数はのべ 1132 件あった。現時点で SABA にはメッセージのループ検出は備えていないため、同一のメッセージが何度も送受信されることとなった。図 6 の送信メッセージと受信メッセージの重複がある事からも確認できる。また、受信メッセージの詳細 (図 8) から、送信メッセージ作成時に収集する負荷情報が転送されてきている事がわかり、設計時の想定通りの動作となっている事が確認できる。

## 2.5 おわりに

本研究では、都市のレジリエンスを高めるための通信基盤となる、すれ違い通信基盤 (SABA) を実装した。SABA は、一般的な無線 LAN や 3G/LTE 等の通信インフラを必要とせず、スマートフォン間でのバケツリレー型情報通信を実現する基盤である。また、SABA を用いて、最大 200 文字のテキストメッセージを交換するアプリケーションを実装し、基礎実験を行った。プロトタイプアプリケーションで実験した結果、20 名程度ですれ違い通信が実現できていることがわかり、問題なく動作する事を示した。



図 7: 新規メッセージ作成画面



図 8: 受信メッセージ詳細画面

今後は、すれ違い通信での伝搬手法の検討や都市のレジリエンス向上に即したアプリケーションの設計を行う予定である。SABA は大規模災害時の通信インフラ断絶状態においても重要な情報の転送・運搬が可能となると考えられるが、大量の人が行き交う場所でデータ交換を行った場合に全てのデータが交換されない事が予測される。このような状況における、転送制御が必要となる。また、平常時・非常時に有効となるアプリケーションを設計しておく事で、非常時での有効性を高めると共に、そのアプリケーションの通信特性に合わせたすれ違い通信の制御が実現できるのではないかと考えている。今後は上記のアプリケーション設計・ネットワーク制御をあわせて検討していく予定である。

### 3 具体的な成果

前項で述べたすれ違い通信の実装について、研究会の原稿を投稿中である。災害に関わる研究として、水害に関する研究を共同で実施した [査読付 1, 発表 1, 発表 5]。また、災害時の避難所や会議で一時的に供給される無線 LAN に対して、利用者が集中することで全ての通信が滞る問題について共同で研究を行った [発表 2, 発表 7]。

### 4 成果要覧

#### 受賞関連

- [受賞 1] 廣井慧, 妙中雄三, 松井加奈絵, 横山仁, 砂原秀樹: 学生奨励賞, 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会, 2013 年 3 月.
- [受賞 2] 石川圭也, 妙中雄三, 中山雅哉: 学生奨励賞, 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会, 2013 年 3 月.
- [受賞 3] 廣井慧, 妙中雄三, 松井加奈絵, 横山仁, 砂原秀樹: ポスタープレゼンテーション賞, インターネットコンファレンス 2012, 2012 年 11 月.

## 査読付論文

- [査読付 1] 廣井慧, 横山仁, 中谷剛, 瀬戸芳一, 安藤晴夫, 三隅良平, 妙中雄三, 中山雅哉, 砂原秀樹: 短時間強雨等の局地的極端現象に対する高校生の防災意識向上に向けた気象センサネットワークの活用, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム, Vol. 3, No. 1, pp. 10–20, 2013年3月.
- [査読付 2] Daisuke Miyamoto, Yuzo Taenaka, Toshiyuki Miyachi, Hiroaki Hazeyama: PhishCage: Reproduction of Fraudulent Websites in the Emulated Internet, In proceedings of the 6th International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques (SIMUTools 2013), March 2013.
- [査読付 3] Kazuya Tsukamoto, Shigeru Kashihara, Yuzo Taenaka, Yuji Oie: An Efficient Handover Decision Method Based on Frame Retransmission and Data Rate for Multi-rate WLANs, Elsevier Ad Hoc Networks, Vol. 11, Issue 1, pp. 324–338, January 2013.
- [査読付 4] 島慶一, 坂根昌一, 妙中雄三: WIDE 合宿研究会での WiFi メッシュ無線ネットワークサービス運用実験を通じた課題定義, 第 13 回 インターネットテクノロジーワークショップ, 2012年5月.

## その他の発表論文

- [発表 1] 廣井慧, 妙中雄三, 松井加奈絵, 横山仁, 砂原秀樹: 河川洪水の危険指標生成モデルの提案, 電子情報通信学会技術研究報告書, vol.112, no.489, IA2012-96, pp.123–126, 2013年3月.
- [発表 2] 石川圭也, 妙中雄三, 中山雅哉: レスポンスタイムを一定時間内とするための帯域使用率に基づくフロー間優先制御方式の提案と評価, 電子情報通信学会技術研究報告書, vol.112, no.489, IA2012-97, pp.127–132, 2013年3月.
- [発表 3] 山口真之介, 大西淑雅, 西野和典, 湯川高志, 福村好美: 妙中雄三: 複数撮影による高精細板書型講義動画の配信方式, 電気学会技術研究報告(通信), CMN-13-006, 2013年1月.
- [発表 4] 大西淑雅, 山口真之介, 西野和典, 坪倉篤志, 伊藤研, 妙中雄三: メディアコンテンツを用いた分散型相互評価の試み, 大学 ICT 推進協議会年次大会講演論文集, 2012年12月.
- [発表 5] 廣井慧, 妙中雄三, 松井加奈絵, 横山仁, 砂原秀樹: 河川水位観測に基づく河川リスク情報の生成と提供, インターネットコンファレンス 2012, pp. 109–110, 2012年11月.
- [発表 6] 山口真之介, 大西淑雅, 西野和典, 湯川高志, 福村好美, 妙中雄三: 高精細板書型講義動画に関する配信効率化方式, 電気学会技術研究報告(通信), CMN12-38, No.188, pp. 115–119, 2012年8月.
- [発表 7] 石川圭也, 妙中雄三, 中山雅哉: 端末密度の高い無線 LAN 環境における通信品質低下の改善に向けた検討, 信学技報, vol. 112, no. 28, IN2012-21, pp. 55–60, 2012年5月.

# 悪意あるウェブサイトの対策に関する研究

宮本 大輔

## 1 概要

本研究は、近年様々な問題を引き起こす発端となっている悪意のあるウェブサイトへの対策を目的としている。とりわけ、マルウェア感染を引き起こすウェブサイト、個人情報盗むウェブサイトについて下記に示す対策手法の研究を行った。

- フィッシングサイト検知技術の個人に合わせた調整手法の研究

本研究課題では、ユーザの過去の判断 (Past Trust Decision, PTD) の記録を活用したフィッシングサイト検知についての考察を行う。我々の先行研究では、ユーザがウェブサイトを見て「正規サイトである」「フィッシングサイトである」という判断を行った結果を、既存のヒューリスティクスを用いたフィッシングサイト検知手法に取り入れることを提案している。しかし先行研究では平均的な精度こそ向上していたものの、ユーザによっては彼/彼女らの PTD を用いない場合に精度が向上する場合が確認された。そこで本論文では、PTD を活用すべきユーザ、そうでないユーザについて考察を行う。ユーザを分類する手法として、ユーザの判断能力の構成要素をコンテンツの文言のみで判断を行っていないこと、URL や SSL を確認し怪しさに気付いていること、当該サイトを過去に利用した経験を判断に活用できていることなどであると仮定し、これら要素に基づいたクラスタ分析を行う。また、クラスタ毎に先行研究の提案によるフィッシングサイト検知を行い、活用すべき PTD をもつユーザの傾向について考察を行う。

- フィッシングサイトの再現研究

フィッシング攻撃は、偽りのウェブサイトを設置してインターネットを利用するエンドユーザに機密情報を送信させることを目的とする攻撃である。近年、フィッシング攻撃に用いられる手法は多様化し、フィッシング攻撃の対策手法にも高度化が求められている。昨年度はフィッシングサイトをテスト環境上に再現する研究を行ったが、他のインシデントも同時に発生させ、インシデントの温床であるボットネットの対策研究を考える。

## 2 フィッシングサイト検知技術の個人に合わせた調整手法の研究

フィッシングサイトの対策技術の1つに、ユーザが閲覧しているウェブサイトがフィッシングサイトであるかどうかを検知する技術があり、代表的な検知手法としてヒューリスティクス方式が知られている。この方式は、ウェブサイトの URL やドメイン名を分析してフィッシングサイトらしさを計算し、そのスコアによってフィッシングサイトの検知を行う。ヒューリスティクス方式の課題は検知精度であり、新しいヒューリスティクスの開発や、複数のヒューリスティクスの組み合わせ手法などにより、精度の向上を目的とした研究がなされている。

HumanBoost 方式は、エンドユーザがウェブサイトを信頼できる、信頼できないといった判断を行った結果 (Past Trust Decision, PTD) を、フィッシングサイトの検知に活用するという提案である。エン

表 1: 判断基準と平均誤り率

ページの内容	URL	セキュリティ	誤り率
<i>v</i>			61.9 %
	<i>v</i>		25.5 %
		<i>v</i>	36.8 %
<i>v</i>	<i>v</i>		51.7 %
<i>v</i>		<i>v</i>	60.0 %
	<i>v</i>	<i>v</i>	17.9 %
<i>v</i>	<i>v</i>	<i>v</i>	49.8 %

ドユーザはウェブサイトに入力する時、つねに何らかの意思決定を行っていると考えられる。言い換えれば、エンドユーザはウェブサイトに対し正規サイトあるいはフィッシングサイトであるという出力を行う装置であるとも考えられる。ここで、各エンドユーザにPTDのデータベースが存在していると考え、データベースのスキーマはウェブサイトのURL及びそのサイトの実際の状況、さらにユーザの意思決定の結果と、 $N$ 個のヒューリスティクスの結果によって構成される。すなわち、PTDのデータベースを $N+1$ 個の説明変数と1個の目的変数を持つバイナリ行列とみなすと、フィッシングサイトの検知は機械学習における分類問題の一種であると捉えられる。

そこで、エンドユーザにウェブサイトを閲覧させPTDを作成し、PTDを用いた場合、用いない場合の比較検討を行った。機械学習手法にはAdaBoostを利用した。理由の1つは、我々の先行研究においてAdaBoostの性能が高かったためである。他の理由としてはAdaBoostは、あるヒューリスティクスが正確に解答できなかったウェブサイトについて、正しく解答できた他のヒューリスティクスに高い重みを割り当てるという理論的背景があるためである。これにより、エンドユーザが間違いやすいフィッシングサイトを正しく判別できるヒューリスティクスに高い重みが割り当てられ、各エンドユーザの能力に応じた検知が行えるのではないかと期待した。

先行研究では平均的な精度こそ向上していたものの、ユーザによっては彼/彼女らのPTDを用いない場合に精度が向上する場合が確認された。そこで本論文では、PTDを活用すべきユーザ、そうでないユーザについて考察を行う。ユーザを分類する手法として、ユーザの判断能力の構成要素をコンテンツの文言のみで判断を行っていないこと、URLやSSLを確認し怪しさに気付いていること、当該サイトを過去に利用した経験を判断に活用できていることなどであると仮定し、これら要素に基づいたクラスタ分析を行う。また、クラスタ毎に先行研究の提案によるフィッシングサイト検知を行い、活用すべきPTDをもつユーザの傾向について考察を行う。

## 2.1 内容

2010年7月にインターネット調査企業に依頼して309人分の解答を採取した。この309人のうち、男性は131人で、女性は178人であった。職業は技術職の会社員が48人、事務職の会社員が58人、主婦が61人、学生が18人であった。本節ではこの内容の解析を行う。

実験結果から、このような選択基準がウェブサイトの判断に好影響をもたらすのか、あるいは悪影響をもたらすのかを調査した。利用経験がないと答えられたウェブサイトの平均誤り率は48.6%であったのに対し、利用経験があるサイトでは42.7%であることが観測された。これから、利用経験の有無は意思決定の結果に何らかの好影響を及ぼしていると推測し得る。

次に、各項目と平均誤り率についての調査を行った。その結果を表1に示す。 $v$ は該当する選択肢が選択された事を示す。例えば、ページの内容によってのみ判断している被験者の平均誤り率は62.1%であった。表1からは、ページの内容のみによって判断している場合は誤り率が高く、ウェブサイトのURLとブラウザの表示するセキュリティ情報を見て判断している場合に誤り率が少ない。従って、ページの内容に頼って判断することは意思決定の結果に何らかの悪影響を及ぼしており、ウェブサイトのURLとセキュリティ情報を見て判断することは好影響を及ぼしていると考えられる。なお、選択肢として「その他」を定義したが、選択される頻度が少なかったため本論文では分析の対象外とする。



表 2: 被験者グループのクラスタリング

クラスタ ID	被験者数	要素 1	要素 2	要素 3	要素 4	要素 5
1	48	0.827	0.766	0.787	0.543	0.787
2	30	0.576	0.580	0.479	0.835	0.240
3	61	0.591	0.405	0.674	0.047	0.965
4	17	0.753	0.953	0.953	0.039	0.992
5	71	0.411	0.160	0.168	0.058	0.950
6	11	0.561	0.000	0.014	0.000	1.000
7	34	0.124	0.006	0.008	0.000	1.000
8	37	0.441	0.290	0.177	0.421	0.822

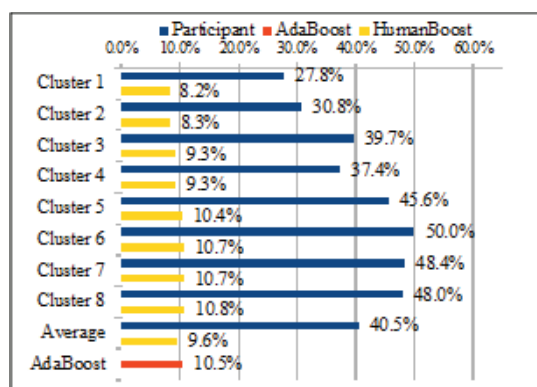


図 1: 各クラスタの誤り率

そこで、被験者らがフィッシングサイトを判断するための能力の構成要素は、以下の 5 項目であると仮定する。また、これらの各構成要素について、(0…1) に正規化された範囲内における数値化を試みた。

要素 1. 過去に利用経験のあるウェブサイトについては、この経験を活かした判断を行うこと。

要素 2. ページの内容に基づいた判断を行っていないこと。

要素 3. ウェブサイトの URL に基づいた検知を行っていること。

要素 4. SSL (EV SSL) を利用しているサイトでは、ブラウザの表示するセキュリティ情報に基づいた判断を行っていること。

要素 5. SSL (EV SSL) を利用していないサイトでは、ブラウザの表示するセキュリティ情報に基づいた判断を行っていないこと。

次にこれらの数値化された 5 個の構成要素に基づいたエンドユーザのクラスタリングを行う。本研究では、クラスタリング手法の選定として、代表的なクラスタリングのアルゴリズムである EM 法を用いた。なお、クラスタ数はベイズ情報量規準を用いて探索した結果から 8 クラスタとした。

クラスタリング結果を表 2 に示す。クラスタ ID は便宜上付与した名前であり、それぞれ 8 個のクラスタを意味している。被験者数は各クラスに分類された被験者数である。要素 1～5 の数字は、数値化された被験者の能力の構成要素について、クラスタ毎に平均を計算した値である。例えばクラスタ 1 のユーザは、利用経験のあるサイトを正しく判定でき、コンテンツの内容より URL やブラウザのセキュリティ情報に重きをおいて判断していることがわかる。

各クラスタごとの平均誤り率を図 1 に示す。青色のグラフが被験者クラスタ毎の判別の誤り率の平均、赤色のグラフがヒューリスティクスによる誤り率の平均、黄色のグラフが HumanBoost 方式を用いた場合の、各被験者クラスタにおける誤り率の平均である。既存のヒューリスティクスによる誤り

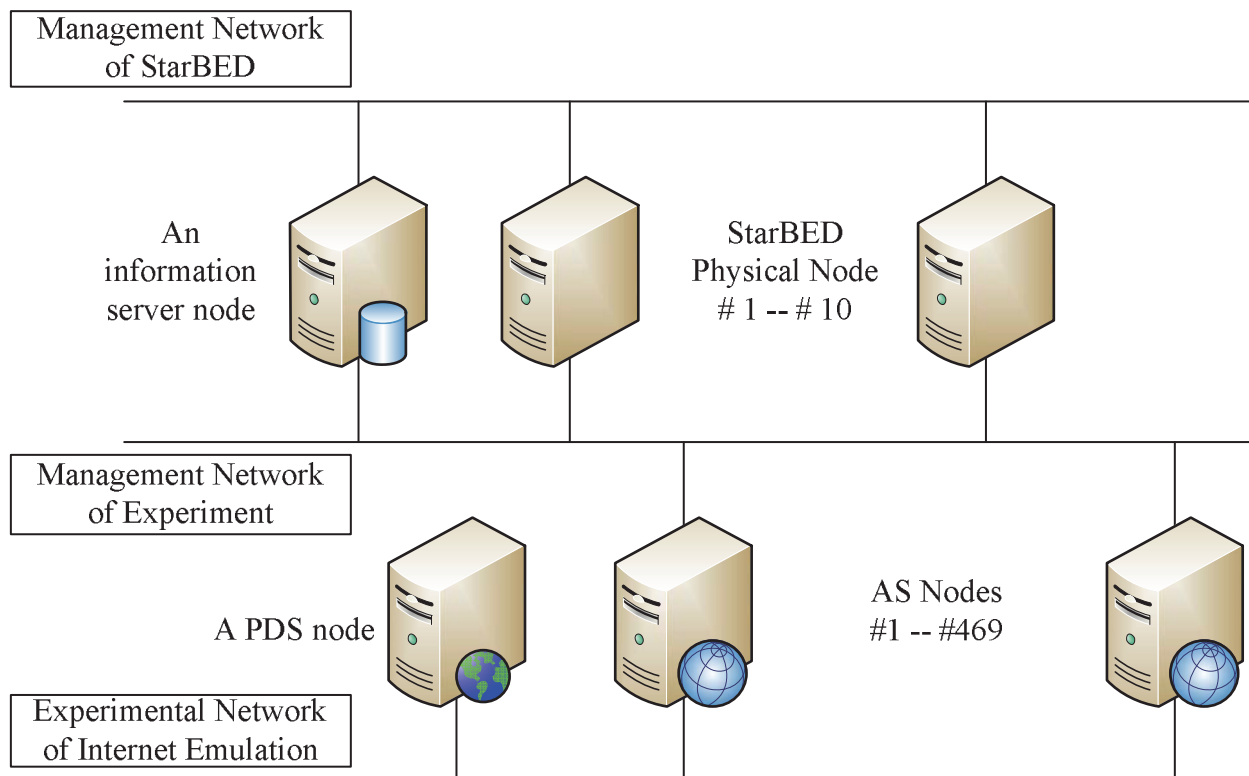


図 2: 実験トポロジ

率は 10.5%、各被験者の誤り率は 40.5%、HumanBoost による誤り率は 9.6% であった。クラスタ 1~5 に属するユーザの誤り率は、既存のヒューリスティクスによる誤り率より低いという観測結果から、これらのユーザは PTD を活用すべきユーザであると考えられる。反対に、クラスタ 6~8 に属するユーザの誤り率は、既存のヒューリスティクスより高くなってしまっている。これは、これらのユーザの PTD は活用せず、ヒューリスティクスに任せた検知を行うべきだと推測される。

最も平均誤り率が低かったクラスタは 1 であった。この結果から、HumanBoost 方式で活用すべき PTD を持つユーザは、「事前知識を検知に役立てることができる」かつ「ページの内容に頼った判断を行っていない」「ウェブサイトの URL に基づいた検知を行える」事ができ、また「ブラウザの表示するセキュリティ情報を注目できる」といった能力を持つ被験者であると考察できる。

## 2.2 具体的成果

本研究の成果をまとめ、論文 [査読付 3] として投稿し、採択された。また、本研究を発展させ、人間の視線観測のサイバーセキュリティへの展望について論文 [査読付 1] として投稿し、採択された。

## 3 フィッシングサイトの再現研究

本研究ではインターネットにおけるトポロジをテストベッド上に再現する技術である模倣インターネットに着目する。模倣インターネットは、インターネット規模のアプリケーションやプロトコルを検証する目的で開発されたものである。このような技術は、実際にインターネットにおいて有効性を試すことが理想ではあるが、インターネットは様々な組織によって独立して運用されており、検証のための操作や観測を行うことは極めて困難である。このため、テストベッド空間にインターネットを再現するというアプローチによって、アプリケーションやプロトコルの検証が進められている。この技術

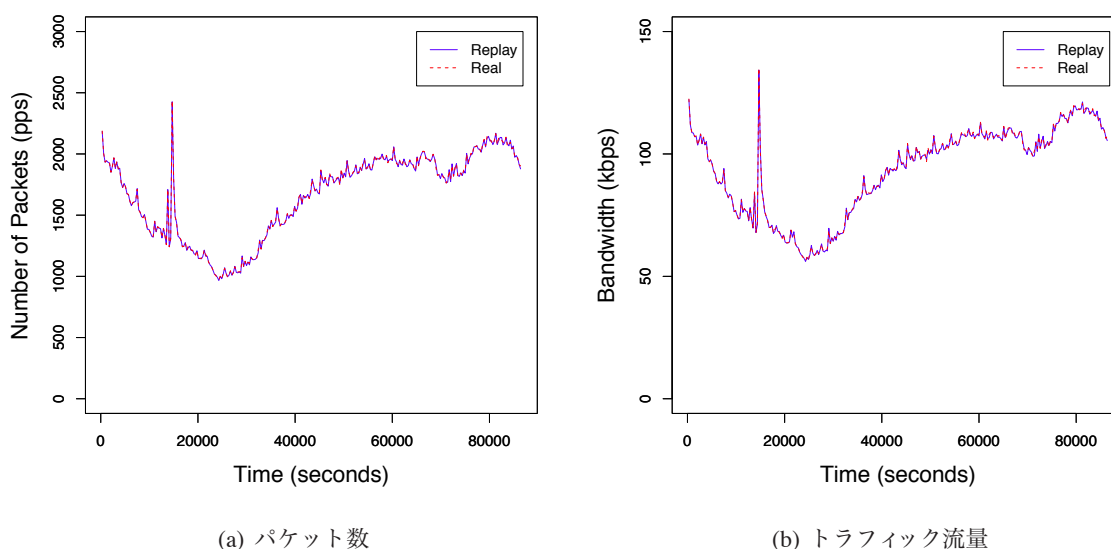


図 3: 単位時間あたりの再現されたデータの値と、データセットの値との比較

を活用し、本研究では、取得したフィッシングサイトを模倣インターネット上に再現するシステムを実現する。これにより、対策システムをより現実的な環境で試験ができ、システムの有効性の検証を目指している。

2011 度は模倣インターネットを用いたテストベッドの作成及びフィッシングサイトの再現を行った。2012 年度はフィッシング攻撃以外のサイバー攻撃を同じテストベッド上に発生させ、その二つを協調して検知するような対策技術の方式研究を行った。

### 3.1 内容

ヒューリスティクスに基づいたフィッシングサイトの検知システムは、フィッシングサイトらしさを算出し、この値としきい値を比較する。例えば、フィッシングサイトらしさを 0~1 の範囲で算出するアルゴリズムを考える。1 はフィッシングサイト、0 は正規サイトを示し、フィッシングサイトらしさの値が 0.5 以上か否かでフィッシングサイトであるかを判断する。

ここで、算出されたフィッシングサイトらしさの値が、しきい値に近い 0.4 のような値であった場合を考える。当然、しきい値を下回るため正規サイトと判定するのであるが、仮にこのサイトがボットネット上にホスティングされていた場合はどうであろう。正規のサイトであればボットネットではなく著名なクラウド・データセンターを利用していることが多いと考えられうる。このような情報を用いれば、フィッシングサイトらしさの判断をより高度化できる可能性があるのではなかろうか。0.4 というフィッシングサイトらしさの値を 0.5 以上に押し上げるだけの要因となりえるのではないか。

そこでボットネットを介して行われる代表的なサイバー攻撃であるサービス運用妨害 (Denial of Service, DoS) と、フィッシングサイトの検知技術の協調した解析を考える。DoS 攻撃では発信源の IP アドレスが偽装されることが多く、発信源の探索には IP トレースバック技術が必要となる。トレースバック技術は、本研究と同じく模倣インターネットの環境で実験されており、フィッシングサイトと DoS 攻撃を同時に再現することは可能であると考えられる。

そこで、フィッシングサイトと DoS を同時に再現し、評価をするテスト基盤を研究する。まず、図 2 に示す構成を用い、日本国内の 469 AS を再現する模倣インターネットを作成する。なお、模倣インターネットの利用、フィッシングサイトの再現に関しては 2011 年度の季報を参照していただきたい。

次に、模倣インターネットにおけるトラフィックの再現を考える。テストベッド上で DoS 攻撃を

再現し、検知する技術を評価する際には、DoS 攻撃だけでなく、正常状態の通信も再現できる必要がある。DoS 攻撃はパケットを大量に生成するだけで簡単に再現できるが、正常状態の通信の再現は難しい。

そこで、正常状態の通信と思われるトラフィックデータセットを入手し、これを AS 単位に分割した上で、模倣インターネットの各 AS から協調してトラフィックを送出するプログラムを実装した。なお、今回使用したデータセットは全て DNS トラフィックであり、UDP データグラムによって構成されているという特徴があった。また、再現されたトラフィックに起因するであろう ICMP Port Unreachable メッセージを抑制するよう、模倣インターネットの各ノードを設定した。

トラフィックの再現結果を図 3(a)、3(b) に示す。横軸はトラフィックが観測された時間 (秒)、縦軸はそれぞれパケットの数 (個数) と使用した帯域 (Kbps) である。赤線は実インターネット上で観測されたトラフィック、青線は模倣インターネットで再現したトラフィックを示す。線がほぼ重なっているため、紫色で表示されている。念のため時系列回帰を行ったところ、どちらの場合も時差が 0 の場合に最も高い相関係数が観測された。これらの結果から、本データセットに関しては正常状態のトラフィックを模倣インターネット上で再現できていると考えられる。

本研究で開発したソフトウェアは、トラフィックを各 AS 単位に分離するもの、分離されたトラフィックを送信するものの 2 種類から構成される予定であった。ところが、送信を担うプログラムについて、送信時間の制御がうまくいかない不具合があった。例えば、 $n$  秒と  $m$  秒 ( $m > n$ ) において観測されたトラフィックを再現するとき、 $n$  秒にトラフィックを送信、 $(m - n)$  秒間ウェイトしてから、 $m$  秒に観測されたトラフィックを送信、というような処理となる。このウェイトが想定通りに働かないという不具合であった。実験では著名なトラフィック再生ツールである `tcpreplay` を用いることによつて解決したが、このツールでは、「トラフィックを 2 倍速で再現する (待ち時間を半分にする)」など、テストベッドの特性を用いた実験を行うことが難しい。実験の要求項目を整理した上で、このウェイト時間問題の解決を試みることは今後の課題である。

### 3.2 具体的成果

本研究の成果をまとめ、論文 [査読付 6] としてポスター論文として投稿し、採択された。また、前年度の研究であるフィッシングサイトの再現についても論文 [査読付 5] として投稿し、採択された

## 4 成果要覧

### 査読付論文

- [査読付 1] Daisuke Miyamoto, Takeshi Takahashi: Toward Automated Reduction of Human Errors based on Cognitive Analysis, In Proceedings of the 7th International Workshop on Advances in Information Security, July 2013 (Accepted)
- [査読付 2] Daisuke Miyamoto, Takuji Iimura: PACKTER: Implementation of Internet Traffic Visualizer and Extension for Network Forensics, Journal of Computing, November 2012.
- [査読付 3] Daisuke Miyamoto, Hiroaki Hazeyama, Youki Kadobayashi, Takeshi Takahashi: Behind HumanBoost: Analysis of Users' Trust Decision Patterns for Identifying Fraudulent Websites, Journal of Intelligent Learning Systems and Applications, Vol. 4, No.4, pp.319-329, November 2012.
- [査読付 4] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto, Yasushi Wakahara Reputation Scoring System Using an Economic Trust Model - A distributed approach to evaluate trusted third parties on the Internet, In Proceedings of the 7th International Symposium on Security and Multimodality in Pervasive Environment, March 2013.

- [査読付 5] Daisuke Miyamoto, Yuzo Taenaka, Toshiyuki Miyachi, Hiroaki Hazeyama: PhishCage: Reproduction of Fraudulent Websites in the Emulated Internet, In Proceedings of the 1st Workshop on Emulation Tools, Methodology and Techniques, March 2013.
- [査読付 6] Daisuke Miyamoto, Toshiyuki Miyachi: COSMO: Emulation of Internet Traffic, In Proceedings of the 1st Workshop on Emulation Tools, Methodology and Techniques (poster session), March 2013.
- [査読付 7] Eimatsu Moriyama, Takeshi Takahashi, Daisuke Miyamoto: DNS-based Defense Against IP Spoofing Attacks, In Proceedings of the 5th International Workshop on Data Mining and Cybersecurity, November 2012.
- [査読付 8] Kentaro Yoshida, Daisuke Miyamoto, Yuji Sekiya: Design and Evaluation of Area Limited Multicast with OpenFlow, In Proceedings of the 3rd Annual International Conference on Network Technologies & Communications, October 2012.
- [査読付 9] Kentaro Yoshida, Daisuke Miyamoto, Yuji Sekiya: Area Limited Multicast with OpenFlow, In AsiaFI School, Workshop, and Meetings (poster session), August 2012.

#### その他の発表論文

- [発表 1] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto, Yasushi Wakahara: Comparative study of financial and voting-based reputation systems, 電子情報通信学会技術研究報告, 2013 年 3 月.
- [発表 2] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto, Yasushi Wakahara: Evaluation of the economy-based trust model in peer-to-peer networks, 電子情報通信学会 総合大会, 2013 年 3 月
- [発表 3] Marat Vyshegorodtsev, Daisuke Miyamoto, Yasushi Wakahara: Providing user account validation in anchor-less networks, コンピュータセキュリティシンポジウム, 2012 年 11 月
- [発表 4] 吉田 賢太郎, 宮本 大輔, 関谷 勇司: OpenFlow を用いたエリア限定マルチキャスト, 信学技報 112(134) (IN2012-34) pp.7-12, 2012 年 7 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

大島 聡史

GPUを用いた高性能計算に関する研究

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

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  
対故障機能

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,  
Privilege Design in Federation Service,  
and Trust Models in Security

鴨志田 良和

クロスコンパイル環境でインストール時チューニングを  
容易にするミドルウェア

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

伊東 聡

OpenFOAMの高速化に関する研究  
—行列格納形式の自動選択—

田浦 健次郎

高生産・高性能並列プログラミング言語・処理系の研究

林 雅江

ポストペタスケール環境に向けた大規模疎行列解法の研究





# 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

### 1 はじめに

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、2013年3月現在で9名のセンター専任教員(教授:2、准教授:2、助教:2、特任講師:1、同助教:2)、1名の兼任教員(准教授1)を擁しており、大学院兼担教員による大学院生としては、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の修士課程、博士課程学生が在籍している。

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(Hitachi HA8000 クラスタシステム(T2K 東大)、Hitachi SR16000/M1(Yayoi)、Fujitsu PRIMEHPC FX10(Oakleaf-FX))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。

### 2 主な研究プロジェクト

スーパーコンピューティング研究部門として取り組んでいるプロジェクトとして以下のようなものがある:

#### 2.1 「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」(JST-ANR)

平成 22 年度から、戦略的国際科学技術協力推進事業(共同研究型)日本(JST)ーフランス(ANR)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(FP3C)」の一環として、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、東京工業大学学術国際情報センター及びフランス側各機関との国際協力プロジェクトとして実施しており、統合数値計算ライブラリと実行時環境に関する研究から構成される。統合数値計算ライブラリに関する研究では、様々な科学技術手法の様々な処理に対応するライブラリの集合体に基づく科学技術アプリケーション開発基盤を開発し、ポストペタスケール環境における移植性、信頼性の高い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を提供する。実行時環境に関する研究では、マルチコア/メニーコア、GPU やそれらのクラスタ等の計算機システム向けに 1) 高性能通信ライブラリの研究開発、2) GPU、ネットワーク、ファイルシステム、ノードを含む計算資源の故障を検知し、故障をプログラムに通知するための機構の研究開発、を実施し XMP 処理系に統合する。

## 2.2 「自動チューニング機構を有するアプリケーション開発・実行環境(ppOpen-HPC)」 (JST CREST)

平成 23 年度から、科学技術振興機構戦略的想像研究推進事業(JST CREST)「ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の創出」研究領域において、東京大学各部局(大気海洋研究所、大学院情報学環、人工物工学研究センター)、京都大学 学術情報メディアセンター、海洋研究開発機構と協力して開発を進めている。複雑化、大規模化するスーパーコンピュータ(スパコン)上でのプログラム開発とその安定な実行は困難な課題である。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環境 ppOpen-HPC を開発する。異なるスパコンでも、自動チューニング機構 ppOpen-AT 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り、本研究の成果は、スパコンを利用して新しい科学を開拓する人材の育成にも大いに貢献する。平成 24 年 11 月にマルチコアクラスタ向け ppOpen-HPC の公開を実施した。

## 2.3 「レイテンシコアの高度化・高効率化による将来の HPCI システムに関する調査研究」

本調査研究は文部科学省「将来の HPCI システムのあり方の調査研究(フュージビリティスタディ、FS)」の一環として平成 24~25 年度に実施中のプロジェクトである。「将来の HPCI システムのあり方の調査研究」は「今後の HPCI 技術開発に関する報告書」に基づき 10 年後の我が国の社会的・科学的課題の解決という視点から複数(2~3)のシステムを選定し、ハードウェアの技術動向調査、システム設計研究・システムソフトウェアの検討等を行い、5~10 年後の我が国の HPCI システムに必要な技術的知見を獲得することを目的としている。

東京大学情報基盤センターが中心となり、東京大学(情報理工学系研究科)、九州大学、富士通、日立製作所、日本電気とともに取り組んでいる「レイテンシコアの高度化・高効率化による将来の HPCI システムに関する調査研究」では「今後の HPCI 技術開発に関する報告書」で述べられている汎用型プロセッサのアプローチに基づき、広範なニーズに適応する計算環境を提供することを目指す。2018 年に設置面積 2000m<sup>2</sup>、消費電力 20MW~30MW という制限下で実現できるシステムの概念設計および研究開発計画をまとめる。東京大学物性研究所、工学系研究科および大気海洋研究所で開発されているアプリケーション群をターゲットアプリケーションとする。すなわち、強相関量子格子モデル計算 ALPS、実空間第一原理分子動力学計算 RSDFT、全球雲解像大気大循環モデル計算 NICAM、超高解像度海洋大循環モデル COCO 等を利用する。平成 25 年度からはアプリケーション分野と連携し、幅広いアプリケーションのニーズに応える高性能並列実行環境の概念設計を行う。

## 3 研究活動項目

### 3.1 計算機システムソフトウェア

- 容易に耐故障性を実現するアプリケーションチェックポイントフレームワーク
- クロスコンパイル環境でインストール時チューニングを容易にするミドルウェア開発
- 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
- 分散ファイルシステム
- 効率的細粒度モニタリング

### 3.2 プログラム開発環境

- プログラムの性能改善のためのコンパイラ最適化の理論
- 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
- GPU プログラミング環境

- 並列実行性能の高い数値計算ライブラリ及びプログラム開発環境

### 3.3 数値計算ライブラリ・アルゴリズム

Fujitsu FX10、HA8000 クラスタシステム、SR16000/M1 を主たるターゲットとし、ペタスケール・エクサスケールシステムに向けて高性能数値計算手法・ライブラリの研究開発を実施した。PC からスーパーコンピュータに至る広範な計算機環境において、自動的に性能チューニングが達成できるソフトウェア(ソフトウェア自動チューニング)に関する、理論、方式、言語、およびライブラリに関する総合的研究を実施したほか、並列プログラミングモデルに関する研究も実施した。この他、基礎的な数値アルゴリズムに関する研究も実施した。

- 並列プログラミングモデル
- ソフトウェア自動チューニング
- GPU を用いたアプリケーション高速化
- 高効率・高可搬性ライブラリ開発
- 超並列高性能数値計算ライブラリ開発
- ヘテロジニアス環境のための統合数値計算ライブラリ開発
- 並列多重格子法アルゴリズム
- マルチコアクラスタ環境における悪条件問題のための前処理手法
- GPU を用いた疎行列ベクトル積

### 3.4 大規模並列シミュレーション

並列計算機を使用した大規模シミュレーションについて、アプリケーションの研究開発とそれを使用した科学的な研究の他、並列アプリケーション開発に必要な基盤技術の研究開発を実施した。

- 将棋における合議への集団学習の適用
- Lenard-Jones 粒子系の衝撃波管のシミュレーション
- Lenard-Jones 粒子系による沸騰のシミュレーション
- 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
- 並列前処理手法、領域分割手法
- 大規模並列形状処理

### 3.5 セキュリティ関連分野

- オンライントラスト
- 認証フェデレーションにおけるプライバシー
- Graded Trust の研究
- セキュリティの対費用効果の検討

### 3.6 省電力分野

- GPU プログラミング環境と省電力化

### 3.7 学際的分野

- ポストペタスケール環境における大規模疎行列解法のための数値計算・通信ライブラリに関する研究

## 4 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。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4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)
- コンピュータ科学特別講義 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コンピュータ科学専攻)

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。2012年度は同講習会を7回実施した。

その他、2012年8月6日～10日に開催された「2012 RIKEN AICS Summer School」(主催:理化学研究所計算科学研究機構、神戸大学大学院システム情報学研究科、東京大学情報基盤センター)ではプログラム策定、実行に貢献した。

## 5 公募型共同研究プロジェクトの推進

公募型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」、「大規模 HPC チャレンジ」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。

2010年12月に本年度公募型共同研究の課題募集を開始し、3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39課題のうち35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17課題であった。更にこのうち8件は新規採択課題であった。平成23年度報告会、平成24年度採択課題紹介を兼ねた第4回シンポジウムは2012年7月12日(木)・13日(金)にUDX GALLERY(秋葉原)で開催された。

「スーパーコンピュータ若手利用者推薦」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。2012年度は、前期2件、後期4件の合わせて6件の課題を採択した。

東京大学情報基盤センターでは、スーパーコンピュータの大規模計算機資源を占有可能なサービスを毎月実施してきた。平成24年度はFujitsu PRIMEHPC FX10(Oakleaf-FX)の全4,800ノード(76,800コア、ピーク性能1.13 PFLOPS)を占有できる「大規模 HPC チャレンジ」を実施した。これは国内の公開されているスーパーコンピュータシステムで占有可能な最大の計算資源である。2012年度は全部で13課題が採択された。

## 6 広報・研究会活動

本部情報基盤課スーパーコンピューティングチームと協力して、広報誌「スーパーコンピューティング」を6回発行した。

部門の研究活動として、2012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2回開催した。

## スーパーコンピューティング研究部門 成果要覧

### 招待講演／招待論文

- [招待 1] Nakajima, K., ppOpen-HPC: Open Source Infrastructure for Development and Execution of Large-Scale Scientific Applications on Post-Peta-Scale Supercomputers with Automatic Tuning (AT), Proceedings of the ATIP/A\*CRC Workshop on Accelerator Technologies for High-Performance Computing: Does Asia Lead the Way?, ACM Digital Library (ISBN: 978-1-4503-1644-6), 2012, Singapore, 2012.5.8
- [招待 2] Nakajima, K., Parallel Multigrid Methods on Post-Peta/Exascale Systems, The 6th Korea-Japan Workshop on Computational Mechanics, Kyoto, 2012.5.31
- [招待 3] Nakajima, K., ppOpen-HPC: Open Source Infrastructure for Development and Execution of Large-Scale Scientific Applications on Post-Peta-Scale Supercomputers with Automatic Tuning (AT), The First Spain-Japan Workshop on Computational Mechanics, Barcelona, Spain, 2012.9.17
- [招待 4] Nakajima, K., Automatic Tuning of Preconditioned Iterative Solvers with Hybrid Parallel Programming Models, International Workshop on Collaborative Development of Simulation Software of Next Generation (CO-DESIGN), Beijing, China, 2012.10.25
- [招待 5] Nakajima, K.: ppOpen-HPC: Open Source Infrastructure for Development and Execution of Large-Scale Scientific Applications with Automatic Tuning (AT), CUG Seminar (China University of Geosciences), Beijing, China, 2012.10.26
- [招待 6] Nakajima, K., Parallel Multigrid Method on Post-Peta/Exa Scale Supercomputer Systems, Advances in Computational Mechanics (ACM 2013) – A Conference Celebrating the 70th Birthday of Thomas J.R. Hughes: Parallelism in Matrix Computations, San Diego, CA, USA, 2013.2.25
- [招待 7] Nakajima, K., ppOpen-HPC: Open Source Infrastructure for Development and Execution of Large-Scale Scientific Applications with Automatic Tuning (AT), SDSC Seminar, San Diego Supercomputer Center, San Diego, CA, USA, 2013.2.26
- [招待 8] Nakajima, K., Y. Ishikawa and T. Katagiri, HPCI towards Exascale Era, 17th Workshop on Sustained Simulation Performance (WSSP 2013), Tokyo, Japan, 2013.3.12
- [招待 9] Nakajima, K., Automatic Tuning of Preconditioned Iterative Solvers with Hybrid Parallel Programming Models, Climate 2013 Workshop (The next-generation of climate models and knowledge discoveries through the extreme high-performance simulations and big data), Berkeley, CA, USA, 2013.3.21
- [招待 10] Nakajima, K., Automatic Tuning of Parallel Multigrid Solvers with Hybrid Parallel Programming Models, Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High Performance Scientific Computing (2013@2HPSC), National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 2013.3.28
- [招待 11] Takahiro Katagiri, Satoshi Itoh, and Satoshi Ohshima: Adaptation of ppOpen-AT To Numerical Kernels on Explicit Method, 2012 SIAM Annual Meeting (SIAM AN12), MS105: Programming Paradigms, Algorithms and Frameworks for High Performance Scalable Manycore Systems - Part III of III, (Organizer: Serge G. Petiton (CNRS/LIFL and INRIA, France), Michael A. Heroux (Sandia National Laboratories, USA), Kengo Nakajima (University of Tokyo, Japan)), July 2012.

[招待 12] 伊東聰: OpenFOAM 高速化のための自動チューニング機構, 日本応用数理学会 2012 年若手の会 単独研究会, 2012 年 12 月.

### 著書／編集

[著書 1] 金田康正 (著者): 「スパコンとは何かー 1 位か 2 位か、何が問題か?」, ウエッジ選書 46, ウエッジ, 2012 年 6 月, 220p.

[著書 2] 片桐 孝洋 著: スパコンプログラミング入門ー並列処理と MPI の学習ー, 東大出版会, ISBN978-4-13-062453-4, 2013 年 3 月.

### 査読付論文

[査読付 1] Nakajima, K., OpenMP/MPI Hybrid Parallel Multigrid Method on Fujitsu FX10 Supercomputer System, IEEE Proceedings of 2012 International Conference on Cluster Computing Workshops, 199-206, IEEE Digital Library: 10.1109/ClusterW.2012.35, 2012.

[査読付 2] Nakajima, K., Automatic Tuning of Parallel Multigrid Solvers using OpenMP/MPI Hybrid Parallel Programming Models, Selected Papers of 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2012), Lecture Notes in Computer Science 7851, 435-450, 2013. (in press)

[査読付 3] Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Mitsuyoshi Igai, Satoshi Ohshima, Hisayasu Kuroda, Ken Naono and Kengo Nakajima: Control Formats for Unsymmetric and Symmetric Sparse Matrix-vector Multiplications, 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR'2012) Proceedings of VECPAR'2012, July 2012.

[査読付 4] Ken Naono, Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Mitsuyoshi Igai, Satoshi Ohshima, Hisayasu Kuroda, Shoji Itoh and Kengo Nakajima: A Fully Run-time Auto-tuned Sparse Iterative Solver with OpenATLib, The 4th International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS2012), Proceedings of ICIAS2012, June 2012.

[査読付 5] Satoshi OHSHIMA, Masae HAYASHI, Takahiro KATAGIRI, Kengo NAKAJIMA: Implementation and Evaluation of 3D Finite Element Method Application for CUDA, Lecture Notes in Computer Science, vol.7851, pp.140-148, 2013. (in press)

[査読付 6] Ken Naono, Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Mitsuyoshi Igai, Satoshi Ohshima, Hisayasu Kuroda, Shoji Itoh, Kengo Nakajima: A Fully Run-time Auto-tuned Sparse Iterative Solver with OpenATLib, The 4th International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS2012), Proceedings of ICIAS2012, June 2012.

[査読付 7] Masae Hayashi and Kengo Nakajima: OpenMP/MPI Hybrid Parallel ILU(k) Preconditioner for FEM Based on Extended Hierarchical Interface Decomposition for Multicore Clusters, Lecture Notes in Computer Science, vol.7851, 2013. (in press)

[査読付 8] Shigeaki Tanimoto, Masahiko Yokoi, Hiroyuki Sato, Astushi Kanai: Quantifying Cost Structure of Campus PKI Based on Estimation and Actual Measurement, Journal of Information Processing 20(3), 640-648, 2012.

[査読付 9] 島岡正基, 西村健, 古村隆明, 中村素典, 佐藤周行, 岡部寿男, 曾根原登: 学術機関のためのサーバ証明書発行フレームワーク, 電子情報通信学会論文誌, B, J95-B(7), 871-882, 2012.

- [査読付 10] Tran Quang, Hiroyuki Sato: A Solution for Privacy Protection in MapReduce, Proceedings of 36th IEEE International Computer Software and Applications Conference, 515–520, 2012.
- [査読付 11] Shigeaki TANIMOTO, Shinichi MIZUHARA, Msasahiko YOKOI, Hiroyuki SATO, Atsushi KANAI: Analysis of Security of PKI Operation with Multiple CP/CPS Based on Level of Assurance, Proceedings of IEEE Computer Software and Applications Conference Workshop (Middleware Architecture in the Internet), 100–105, 2012.
- [査読付 12] 横谷 百合, 宮上 達矢, 金井 敦, 谷本 茂明, 佐藤 周行: クラウドスケジューラサービスにおける日付偽装のための鍵共有方式の検討, Proceedings of DPS Workshop 2012 (30), 2012.
- [査読付 13] 宮上 達矢, 横谷 百合, 金井 敦, 齊藤 典明, 谷本 茂明, 佐藤 周行: クラウドスケジューラサービスにおけるプライバシー保護のための日付偽装方式の評価, Proc. DPS Workshop 2012 (31), 2012.
- [査読付 14] Sato, Hiroyuki: A Formal Model of LoA Elavation in Online Trust, Academy of Science and Engineering Science Journal 1(4), 166–178, 2012.
- [査読付 15] Takahiro Katagiri, Pierre-Yves Aquilanti, and Serge Petiton: A Smart Tuning Strategy for Restart Frequency of GMRES(m) with Hierarchical Cache Sizes, The Seventh International Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT2012), Proceedings of iWAPT2012, July 2012.
- [査読付 16] Satoshi Ito, Satoshi Ohshima, Takahiro Katagiri: SSG-AT: An Auto-tuning Method of Sparse Matrix-vector Multiplication for Semi-Structured Grids - An Adaptation to OpenFOAM -, Special Session of Special Session: Auto-Tuning for Multicore and GPU (ATMG), Proceedings of 2012 IEEE 6th International Symposium on Embedded Multicore SoCs (MCSoc2012), pp.191-197, September 2012.
- [査読付 17] Ting Chen and Kenjiro Taura. A comparative study of data processing approaches for text processing workflows. In *Proceedings of Many-Task Computing on Grids and Supercomputers*, pages 1260–1267, 2012.
- [査読付 18] Ting Chen and Kenjiro Taura. Paralite: Supporting collective queries in database system to parallelize user-defined executable. In *Proceedings of the 2012 12th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (ccgrid 2012)*, pages 474–481, 2012.
- [査読付 19] Miki Horiuchi and Kenjiro Taura. Acceleration of data-intensive workflow applications by using file access history. In *Proceedings of the 7th Workshop on Workflows in Support of Large-Scale Science*, pages 157–165, 2012.
- [査読付 20] Jun Nakashima, Sho Nakatani, and Kenjiro Taura. Design and implementation of a customizable work stealing scheduler. In *Proceedings of International Workshop on Runtime and Operating Systems for Supercomputers*, 2013. (to appear).
- [査読付 21] Jun Nakashima and Kenjiro Taura. Massivethreads: A thread library for high productivity languages. In *Proceedings of Concurrent Objects and Beyond — From Theory to High-Performance Computing*, 2012. (to appear).



- [査読付 22] Kenjiro Taura, Jun Nakashima, Rio Yokota, and Naoya Maruyama. A task parallelism meets fast multipole methods. In *Proceedings of Workshop on Latest Advances in Scalable Algorithms for Large-Scale Systems (ScalA)*, pages 617–625, 2012.
- [査読付 23] 堀内美希 and 田浦健次朗. 広域分散ファイルシステムのための適応的な先読み手法. In *先進的計算基盤システムシンポジウム*, 2012.
- [査読付 24] 堀内美希 and 田浦健次朗. 広域分散ファイルシステムのための適応的な先読み手法. *情報処理学会論文誌コンピューティングシステム (ACS)*, 5(5):128–137, 2012.
- [査読付 25] 大筒裕之, 中島潤, and 田浦健次朗. タスク並列処理系における cpu の利用効率に着目したスケジューリング手法. In *先進的計算基盤システムシンポジウム (萌芽論文)*, 2013. (to appear).
- [査読付 26] 林伸也 and 田浦健次朗. 文字列検索における圧縮インデックス構築の省メモリな並列化手法. In *先進的計算基盤システムシンポジウム (萌芽論文)*, 2013. (to appear).
- [査読付 27] Shinichiro Takizawa, SATOSHI MATSUOKA, Masanaru Munetomo, Taizo Kobayashi, HIDEYUKI JITSUMOTO. A Virtual Machine Hosting System on e-Science Cyberinfrastructure, The 1st International Workshop on Cloud Computing and Applications (IWCCA 2012), Dec. 2012.

#### 公開ソフトウェア

- [公開 1] GXP grid & cluster shell. <http://www.logos.ic.i.u-tokyo.ac.jp/gxp/>.
- [公開 2] MassiveThreads: a lightweight thread library for high productivity languages. <http://code.google.com/p/massivethreads/>.
- [公開 3] cpulock: a small utility to exclusively assign cpus to processes. <http://code.google.com/p/cpulock/>.
- [公開 4] textshot: a very simple csv-like format and its converter to slog2 format for event visualization using jumpshot-4. <http://code.google.com/p/textshot/>.

#### その他の発表論文

- [発表 1] Nakajima, K., OpenMP/MPI Hybrid Parallel Multigrid Method on Post-Peta/Exa Scale Supercomputer Systems, HPC in Asia Workshop, ISC ' 12, Hamburg, Germany, 2012 年 6 月 17 日
- [発表 2] Nakajima, K., ppOpen-HPC: Open Source Infrastructure for Development and Execution of Large-Scale Scientific Applications on Post-Peta-Scale Supercomputers with Automatic Tuning (AT), SIAM Annual Meeting 2012 (AN12), Programming Paradigms, Algorithms and Frameworks for High Performance Scalable Manycore Systems - Part III of III, Minneapolis, MN, USA, 2012 年 7 月 13 日
- [発表 3] 中島研吾, Oakleaf-FX における前処理付反復法の最適化, 日本応用数学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会 (MEPA), 2012 年並列/分散/協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012), 2012 年 8 月 1 日
- [発表 4] 中島研吾, メニコアクラスタ向け並列多重格子法アルゴリズム, 日本応用数学会 2012 年年会, 稚内, 2012 年 8 月 29 日

- [発表 5] Nakajima, K., Overview of ppOpen-HPC, International Workshop on Software for Peta-scale Numerical Simulation (SPNS2012), 京都, 2012 年 12 月 6 日
- [発表 6] Nakajima, K., Development of Applications on ppOpen-HPC, 2013 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE13): Parallel Programming Models, Algorithms and Applications for Scalable Manycore Systems Part-III of III, Boston, MA, USA, 2013 年 2 月 27 日
- [発表 7] 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 伊藤祥司, 猪貝光祥, 大島聡史, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾, 収束障害 (Fault Convergence): 数値計算ソフトウェアにおける新しい安全性の概念, 情報処理学会研究報告 HPC-134, 2012 年 6 月.
- [発表 8] 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥, 大島聡史, 伊藤祥司: Xabclib: ソルバ・前処理自動選択機能を備えた疎行列ライブラリ, 日本応用数理学会 2012 年度年会, 正会員主催 OS: ソフトウェア自動チューニング研究最前線 2012 - ポストペタスケールへの適用とエクサスケールへ向けて -, 2012 年 8 月.
- [発表 9] 片桐孝洋, 大島聡史, 中島研吾, 米村崇, 熊洞 宏樹, 樋口 清隆, 橋本昌, 高山恒一, 藤堂 眞治, 岩田 潤一, 内田 和之, 佐藤正樹, 羽角博康, 黒木聖夫: レイテンシコアの高度化・高効率化による将来の HPCI システムに関する調査研究のためのアプリケーションと性能評価, 情報処理学会研究報告 2012-HPC-137, 第 194 回 ARC・第 137 回 HPC 合同研究発表会 (HOKKE-20), 2012 年 12 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, 大島聡史, 伊藤祥司: 疎行列計算ライブラリ向け前処理・解法自動選択方式の提案, 2012 年並列/分散/協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012), 2012 年 8 月.
- [発表 11] 大島聡史, 伊東聡, 片桐孝洋, 中島研吾: 行列格納形式の変換を考慮した GPU 向け疎行列ソルバの開発, GTC JAPAN 2012, 東京ミッドタウンホール&カンファレンス, 7 月 26 日 (木), 2012 年. (ポスター発表)
- [発表 12] 大島聡史, 實本英之, 鴨志田良和, 片桐孝洋, 田浦健次朗, 中島研吾: 大規模超並列スーパーコンピューターシステム Oakleaf-FX(FUJITSU PRIMEHPC FX10) の性能評価, 情報処理学会研究報告 (HPC-135), 7 月 25 日発行 (Vol.2012-HPC-135 No.43), SWoPP2012 鳥取, とりぎん文化会館, 8 月 1 日 (水) -3 日 (金), 2012 年.
- [発表 13] Satoshi Ohshima, Takahiro Katagiri, Kengo Nakajima, Samuel Thibault, Raymond Namyst: Implementation of FEM Application on GPU with StarPU, SIAM CSE13, The Westin Boston Waterfront (Boston, Massachusetts), February 25-March 1, 2013.
- [発表 14] 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 伊藤祥司, 猪貝光祥, 大島聡史, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾, 収束障害 (Fault Convergence): 数値計算ソフトウェアにおける新しい安全性の概念, 情報処理学会研究報告 HPC-134, 2012 年 6 月.
- [発表 15] 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥, 大島聡史, 伊藤祥司: Xabclib: ソルバ・前処理自動選択機能を備えた疎行列ライブラリ, 日本応用数理学会 2012 年度年会, 正会員主催 OS: ソフトウェア自動チューニング研究最前線 2012 - ポストペタスケールへの適用とエクサスケールへ向けて -, 2012 年 8 月.
- [発表 16] 片桐孝洋, 大島聡史, 中島研吾, 米村崇, 熊洞 宏樹, 樋口 清隆, 橋本昌, 高山恒一, 藤堂 眞治, 岩田 潤一, 内田 和之, 佐藤正樹, 羽角博康, 黒木聖夫: レイテンシコアの高度化・

高効率化による将来の HPCI システムに関する調査研究のためのアプリケーションと性能評価, 情報処理学会研究報告 2012-HPC-137, 第 194 回 ARC・第 137 回 HPC 合同研究発表会 (HOKKE-20), 2012 年 12 月.

- [発表 17] 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥, 大島聡史, 伊藤祥司: 疎行列計算ライブラリ向け前処理・解法自動選択方式の提案, 2012 年並列/分散/協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012), 2012 年 8 月.
- [発表 18] 大島聡史, 實本英之, 鴨志田良和, 片桐孝洋, 田浦健次朗, 中島研吾, ”大規模超並列スーパーコンピューターシステム Oakleaf-FX(FUJITSU PRIMEHPC FX10) の性能評価”, 情報処理学会研究報告 2012-HPC-135, July 2012.
- [発表 19] 林雅江, 中島研吾: 物性値分布を考慮した Block-multicoloring による並列 ILU(k) 前処理手法, 計算工学講演会, 京都教育文化センター, 2012 年 5 月
- [発表 20] 林雅江, 中島研吾: マルチコアクラスタ環境における階層型領域間境界分割に基づく有限要素アプリケーションの OpenMP/MPI Hybrid 並列化, 第 23 回線形計算研究会, 東京大学本郷キャンパス工学部 6 号館, 2012 年 6 月
- [発表 21] 林雅江, 中島研吾, 石川裕: ポストペタスケール環境における大規模疎行列解法のための数値計算・通信ライブラリに関する研究, 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.15, pp.71-85, No.Special Issue1, 2013 年 2 月
- [発表 22] 鈴木 洋平, 金田 康正: 多様性に注目した将棋プレイヤーの集団学習に関する調査, 第 17 回ゲームプログラミングワークショップ, 情報処理学会, pp. 30-37, 2012.
- [発表 23] Kazu Yamaji, Hiroyuki Sato, Takeshi Nishimura, Motonori Nakamura: Progress of Japanese academic access federation GakuNin in FY2011 ?Introduction to LoA-, TERENA Networking Conference 2012.
- [発表 24] 榎本真也, 金井 敦, 谷本茂明, 佐藤周行: ダイナミックに制御する情報漏洩対策システムの検討, 第 11 回情報科学技術フォーラム (FIT2012) 論文集, 2012.
- [発表 25] 上村 宗嗣, 金井 敦, 谷本 茂明, 佐藤 周行: 偽装環境による PC 保護と不正操作者情報収集技術の提案, Proceedings of Computer Security Symposium 2012, 677-684.
- [発表 26] 末次 正人, 榎本 真也, 金井 敦, 谷本 茂明, 佐藤 周行: 侵入者の距離によりダイナミックにセキュリティレベルを制御するシステムの検討, 第 154 回 情報処理学会 DPS 研究会, 4A-25, 2013.
- [発表 27] 米田 翔一, 牧野 駿, 谷本 茂明, 佐藤 周行, 金井 敦: 動的リスク評価に基づくセキュリティ場の提案, プロジェクトマネジメント学会 2013 年度春季研究発表大会, 1501, 2013.
- [発表 28] 見目 悠平, 菊地 修, 谷本 茂明, 佐藤 周行, 金井 敦: 情報セキュリティマネジメントにおける保証レベルに関する検討, プロジェクトマネジメント学会 2013 年度春季研究発表大会, 1502, 2013.
- [発表 29] 谷本 茂明, 小幡 大輔, 佐藤 周行, 金井 敦: BCP クラウド化に対する費用対効果に関する研究, プロジェクトマネジメント学会 2013 年度春季研究発表大会, 1503, 2013.

- [発表 30] 片桐孝洋, 大島聡史, 伊東聡: ppOpen-HPC のための自動チューニング基盤 ppOpen-AT の開発, 第 17 回計算工学講演会、OS16 自動チューニング技術の最新研究動向, 計算工学講演会論文集, Vol.17, 2012 年 5 月.
- [発表 31] 伊東聡, 大島聡史, 片桐孝洋: ppOpen-AT における OpenFOAM 高速化の取り組み, 第 17 回計算工学講演会, OS16 自動チューニング技術の最新研究動向, 計算工学講演会論文集, Vol.17, 2012 年 5 月.
- [発表 32] 片桐孝洋, 片桐孝洋, 伊東聡, 大島聡史: ポストペタスケール環境のための自動チューニング基盤 ppOpen-AT の新機能について, 日本応用数理学会 2012 年度年会、正会員主催 OS: ソフトウェア自動チューニング研究最前線 2012 —ポストペタスケールへの適用とエクサスケールへ向けて—, 2012 年 8 月.
- [発表 33] 和田直樹, 高木翔, 岡大樹, 竹田宏, 片桐孝洋, 堀端康善: 粒子接触判定計算の OpenMP による最適化, 情報処理学会研究報告 2012-HPC-136, 2012 年 10 月.
- [発表 34] 高木翔, 和田直樹, 岡大樹, 竹田宏, 片桐孝洋, 堀端康善: 粒子分布を考慮した粒子接触判定計算の MPI および OpenMP による並列化, 情報処理学会研究報告 2012-HPC-137, 第 194 回 ARC・第 137 回 HPC 合同研究発表会 (HOKKE-20), 2012 年 12 月.
- [発表 35] Takahiro Katagiri, Satoshi Ohshima and Satoshi Ito: ppOpen-AT: An Auto-tuning Language for ppOpen-HPC —Its New function and Impact to Application Software, TIMS Workshop on State-of-the-Art Technologies for High Performance Computing Software Auto-Tuning (in conjunction with EASIAM 2012), June 2012.
- [発表 36] 片桐孝洋, 佐藤雅彦: 自動チューニング機能付き数値計算ライブラリ Xabclib の新機能と陰解法 MHD コードへの適用の試み, プラズマシミュレータシンポジウム 2012, 2012 年 9 月.
- [発表 37] 片桐孝洋: 実行時自動チューニング機能付き疎行列反復解法ライブラリのエクサスケール化, 第 4 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, 2012 年 12 月.
- [発表 38] Takahiro Katagiri, Satoshi Itoh, and Satoshi Ohshima: Early Experience of Adaptation of ppOpen-AT: An Auto-tuning Description Language, SIAM Conference on Computational Science & Engineering (CSE13), MS153, Auto-tuning Technologies for Tools and Development Environmental Extreme-Scale Scientific Computing - Part I of III (Organizer: Takahiro Katagiri (University of Tokyo, Japan), Osni A. Marques (Lawrence Berkeley National Laboratory, USA), Leroy A. Drummond (Lawrence Berkeley National Laboratory, USA), Hiroyuki Takizawa (Tohoku University, Japan)), February 2013.
- [発表 39] Takahiro Katagiri, Satoshi Itoh, and Satoshi Ohshima: Early Experiences of Adaptation of ppOpen-AT: Towards Performance Portability for Exa-flops Era, 2013 Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High Performance Scientific Computing, March 2013.
- [発表 40] 大島聡史, Luo Cheng, 平澤将一, 片桐孝洋, 須田礼仁, 本多弘樹: 超低消費電力高性能計算に向けた取り組み, 第 54 回プログラミング・シンポジウム, ラフォーレ強羅, 1 月 11 日 (金) -13 日 (日), 2013 年.
- [発表 41] 片桐孝洋, 大島聡史, 伊東聡: ppOpen-HPC のための自動チューニング基盤 ppOpen-AT の開発, 第 17 回計算工学講演会、OS16 自動チューニング技術の最新研究動向, 計算工学講演会論文集, Vol.17, 2012 年 5 月.

- [発表 42] 伊東聰, 大島聡史, 片桐孝洋: ppOpen-AT における OpenFOAM 高速化の取り組み, 第 17 回計算工学講演会, OS16 自動チューニング技術の最新研究動向, 計算工学講演会論文集, Vol.17, 2012 年 5 月.
- [発表 43] 片桐孝洋, 片桐孝洋, 伊東聰, 大島聡史: ポストペタスケール環境のための自動チューニング基盤 ppOpen-AT の新機能について, 日本応用数理学会 2012 年度年会, 正会員主催 OS: ソフトウェア自動チューニング研究最前線 2012 - ポストペタスケールへの適用とエクサスケールへ向けて -, 2012 年 8 月.
- [発表 44] Takahiro Katagiri, Satoshi Ohshima, Satoshi Ito: ppOpen-AT: An Auto-tuning Language for ppOpen-HPC — Its New function and Impact to Application Software, TIMS Workshop on State-of-the-Art Technologies for High Performance Computing Software Auto-Tuning (in conjunction with EASIAM 2012), June 2012.
- [発表 45] Takahiro Katagiri, Satoshi Itoh, Satoshi Ohshima: Early Experience of Adaptation of ppOpen-AT: An Auto-tuning Description Language, SIAM Conference on Computational Science & Engineering (CSE13), MS153, Auto-tuning Technologies for Tools and Development Environmental Extreme-Scale Scientific Computing - Part I of III (Organizer: Takahiro Katagiri (University of Tokyo, Japan), Osni A. Marques (Lawrence Berkeley National Laboratory, USA), Leroy A. Drummond (Lawrence Berkeley National Laboratory, USA), Hiroyuki Takizawa (Tohoku University, Japan)), February 2013.
- [発表 46] Takahiro Katagiri, Satoshi Itoh, Satoshi Ohshima: Early Experiences of Adaptation of ppOpen-AT: Towards Performance Portability for Exa-flops Era, 2013 Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High Performance Scientific Computing, March 2013.
- [発表 47] 伊東聰, 大島聡史, 片桐孝洋: ppOpen-AT における OpenFOAM 高速化の取り組み, 第 17 回計算工学講演会, 計算工学講演会論文集, Vol.17, 2012 年 5 月.
- [発表 48] Satoshi ITO, Satoshi OHSHIMA, Takahiro KATAGIRI: Implementation of ppOpen-AT into OpenFOAM, 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2012), poster session, July. 2012.
- [発表 49] Ting Chen and Kenjiro Taura. Data-intensive text processing workflows with a parallel database system. In 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), volume 2012-HPC-135, 2012.
- [発表 50] ワークフローアプリケーション基盤としての並列 DB の性能評価. 中谷翔 and ting chen and 田浦健次朗. In 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), volume 2012-HPC-135, 2012.
- [発表 51] 河野瑛 and 田浦健次朗. タスク並列モデルを用いた tree-based amr の評価. In 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), volume 2012-HPC-135, 2012.
- [発表 52] 秋山茂樹 and 田浦健次朗. 軽量マルチスレッディング向け大域アドレス空間ライブラリ. In 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), volume 2012-HPC-135, 2012.
- [発表 53] 池上克明 and 田浦健次朗. 分散メモリ環境上におけるタスク並列処理系 massivethreads/dm に対する共有メモリ環境上での模擬評価. In 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), volume 2012-HPC-135, 2012.

- [発表 54] 中島潤, 中谷翔, and 田浦健次朗. スケジューリング方針をカスタマイズ可能な軽量スレッド処理系の提案. In 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), volume 2012-HPC-135, 2012.
- [発表 55] 中澤隆久 and 田浦健次朗. Bitonic sort の高速な並列化. In 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), volume 2012-HPC-135, 2012.
- [発表 56] 田浦健次朗, 中島潤, 横田理央, and 丸山直也. Exafmm のタスク並列処理系 massivethreads による並列化とその評価. In 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), volume 2012-HPC-135, 2012.
- [発表 57] 堀内美希 and 田浦健次朗. ファイルアクセス履歴を用いたデータ集約的ワークフローアプリケーションの高速化. In 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), volume 2012-HPC-135, 2012.
- [発表 58] Nan Dun, Jun Nakashima, and Kenjiro Taura. Porting massivethreads thread library to fx10 supercomputer system. In 第 194 回 ARC・第 137 回 HPC 合同研究発表会 (HOKKE-20), 2012.
- [発表 59] Jun Nakashima An Huynh and Kenjiro Taura. A performance analyzer for task parallel applications based on execution time stretches. In 先進的計算基盤システムシンポジウム (ポスター), 2013. (to appear).
- [発表 60] 菊地悠平 and 田浦健次朗. Cellsql: 大規模データ処理のための表計算ソフトウェア. In 先進的計算基盤システムシンポジウム (ポスター), 2013. (to appear).
- [発表 61] Satoshi OHSHIMA: Acceleration of FEM Application for GPU, 1st Joint CREST WS Toudai and RIKEN, RIKEN AICS (Kobe), May 24-25, 2012.
- [発表 62] 大島聡史: GPU を用いた疎行列ベクトル積計算の最適化, 日本応用数学会 2012 年度年会, 稚内全日空ホテル, 8 月 28 日 (火) -9 月 2 日 (日), 2012 年.
- [発表 63] Satoshi OHSHIMA: Implementation of fast FEM library for GPU, International Workshop on Software for Peta-scale Numerical Simulation (SPNS2012), Academic Center for Computing and Media studies (North building), Kyoto University, December 6-7, 2012.
- [発表 64] 大島聡史: StarPU を用いた FEM アプリケーションの最適化, 自動チューニング研究会アカデミックセッション, 東京大学柏キャンパス情報基盤センター, 12 月 10 日 (月), 2012 年.
- [発表 65] 大島聡史: GPU プログラム最適化のための指示文を用いたチューニング機構の開発, 第 4 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 山上会館, 12 月 25 日 (火), 2012 年.
- [発表 66] Satoshi Ohshima: Effective SpMV Implementation on Modern Parallel Architectures, 2013 Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High Performance Scientific Computing, National Taiwan University (Taipei), March 27-29, 2013.
- [発表 67] 實本 英之, "通信オーバーラップを考慮したアプリケーションレベルチェックポイントフレームワーク", 電子情報通信学会技術研究報告 DC2012-17 Vol. 112. No 174, pp. 1-5, July 2012.
- [発表 68] 轟 侑樹, 實本 英之, 佐藤 三久, 石川 裕, "パーシャルメッセージロギングを改善する耐故障性実現フレームワーク", 情報処理学会 研究報告 2012-ARC-194/HPC-137, March 2013.

[発表 69] Yoshikazu Kamoshida: Reordering MPI Ranks for Efficient Barrier Collective Communications on a Multi-Dimensional Torus Network, 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2012), Poster presentation, Kobe, July 2012.

[発表 70] 鴨志田良和: クロスコンパイル環境でインストール時チューニングを容易にするミドルウェアの開発, 情報処理学会研究報告 2012-HPC-135, No. 20, 鳥取, 2012 年 8 月.

[発表 71] Yoshikazu Kamoshida: Simplifying Install-time Auto-Tuning for Cross-Compilation Environments by Program Execution Forwarding, 18th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems, Poster presentation, Singapore, December 2012.

[発表 72] 伊東聡: ppOpen-AT における OpenFOAM 自動最適化への取り組み, オープン CAE ワークショップ 2012, 2012 年 6 月, 東京.

### 特記事項

[特記 1] 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 2] 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/12e/>

[特記 3] 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/12s/>, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/12w/>

[特記 4] コンピュータ科学特別講義 I・II, 東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/12s/>, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/12w/>

[特記 5] General Council Member, IACM (International Association for Computational Mechanics)

[特記 6] Associate Editor, SIAM Journal for Scientific Computing

[特記 7] Member of Program Committee, The 19th International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS12), Shanghai, China, 2012.

[特記 8] Member of Program Committee, International Conference on Computational Science (ICCS 2012), Omaha, NE, USA, 2012.

[特記 9] Member of Program Committee, Second International Workshop on Advances in High-Performance Computational Earth Sciences: Applications and Frameworks (IHPCES), Omaha, NE, USA, 2012.

[特記 10] Member of Research Paper Committee, International Supercomputing Conference (ISC '12), Hamburg, Germany, 2012.

[特記 11] Co-organizer of Mini-Symposium, 2012 SIAM Annual Meeting (AN12): Programming Paradigms, Algorithms and Frameworks for High Performance Scalable Manycore Systems Part I-III, Minneapolis, MN, USA, 2012.

[特記 12] Member of International Scientific Committee, 10th World Congress of Computational Mechanics (WCCM 2012), Sao Paulo, Brazil, 2012.

[特記 13] Secretary General, Organizing Committee, 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2012), Kobe, Japan, 2012.

- [特記 14] Member of Scientific Committee, 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2012), Kobe, Japan, 2012.
- [特記 15] Vice-Chair, Euro-Par 2012, Topic 15: High Performance and Scientific Applications, Rhodes Island, Greece, 2012.
- [特記 16] Member of Technical Papers Committee, 2012 IEEE International conference on high performance computing, networking, storage, and analysis (SC12), Salt Lake City, UT, 2012.
- [特記 17] Member of Program Committee, The 19th International Conference on High Performance Computing (HiPC), Pune, India, 2012.
- [特記 18] Member of Organizing Committee, 2013 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE13), Boston, MA, USA, 2013.
- [特記 19] Co-organizer of Mini-Symposium, 2013 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE13): Parallel Programming Models, Algorithms and Applications for Scalable Many-core Systems Part I-III, Boston, MA, USA, 2013.
- [特記 20] Member of Program Committee, The 20th International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS13), Boston, MA, USA, 2013.
- [特記 21] Co-Chair of Technical Papers Committee, 2013 IEEE International conference on high performance computing, networking, storage, and analysis (SC13), Denver, CO, 2013.
- [特記 22] Chair of Scientific Committee, 11th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2014), Eugene, OR, USA, 2014.
- [特記 23] スーパーコンピュータ若手利用者推薦制度 2012 年度（前期） 2 件（継続 2 件：HA8000 継続のみ）、 2012 年度（前期） 4 件（新規 3 件、継続 1 件）。
- [特記 24] 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 12 回 ASE 研究会（2012 年 4 月 25 日（水））、第 13 回 ASE 研究会（2012 年 12 月 4 日（火））、の 2 回実施。
- [特記 25] お試しアカウント付き並列プログラミング講習会：2012 年 7 月 2 日～3 日、2012 年 9 月 3 日～4 日、2012 年 12 月 4 日～5 日、2012 年 12 月 19 日～20 日、2013 年 3 月 4 日～5 日、2013 年 3 月 6 日、2013 年 3 月 11 日～12 日の 7 回実施。
- [特記 26] ミニシンポジウム・オーガナイザー、SIAM Conference on Computational Science & Engineering (CSE13), MS153, Auto-tuning Technologies for Tools and Development Environmental Extreme-Scale Scientific Computing, Boston, Massachusetts, USA, February 2013.
- [特記 27] 国際ワークショップ・オーガナイザー、2013 Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High Performance Scientific Computing, Taiwan, March 2013.
- [特記 28] プログラム委員 SC2012
- [特記 29] プログラム委員 (トラックチェア), SACSIS2012 先進的計算基盤システムシンポジウム, 神戸国際会議場, 5 月 16-18 日, 2012 年.



- [特記 30] プログラム委員, SACSIS2012 先進的計算基盤システムシンポジウム, 神戸国際会議場, 5月16-18日, 2012年.
- [特記 31] WEB support Chair, International Workshop on Software for Peta-scale Numerical Simulation (SPNS2012), Academic Center for Computing and Media studies (North building), Kyoto University, December 6-7, 2012.
- [特記 32] プログラム委員, HPCS2013 2013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, 東京工業大学 蔵前会館 くらまえホール, 1月15-16日, 2013年.
- [特記 33] 理事, オープン CAE 学会, 2012年.
- [特記 34] Member of Program Committee, 2nd Workshop on Fault-Tolerance for HPC at Extreme Scale (FTXS2012), <http://institute.lanl.gov/resilience/workshops/ftxs2012/>
- [特記 35] 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, 2012年.
- [特記 36] トレオニン合成酵素における反応制御機構の理論的解明 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, 2012年.
- [特記 37] 実在地域における建築・都市環境の総合数値予測 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, 2012年.
- [特記 38] ログ解析機構を備えた並列スクリプト実行システムの 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, 2012年.

# 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：

- 大規模数値アルゴリズムに関する研究

多重格子法を中心として、ポストペタスケール、エクサスケールシステムを目指した大規模連立一次方程式解法、前処理手法及び自動チューニングに関する研究を継続して実施した。並列プログラミングモデルとして、ノード(ソケット)内に OepnMP 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を使用した。数万コアを対象とした大規模問題実施時の収束性を高める Coarse Grid Aggregation(CGA)を提案し、Fujitsu PRIMEHPC FX10(Oakleaf-FX)システム 4,096 ノードを使用した計算、評価を実施した[招待 2,4,6,9,10] [査読付 1,2][発表 1,3,4]。

- 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十分に引き出し、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。平成 23 年度に引き続いて開発を実施し、SC12(Salt Lake City, UT, USA)にて成果物の第一回公開を実施した[招待 1,3,5,7] [発表 2,5,6]。

- HPC 教育

Fujitsu PRIMEHPC FX10(Oakleaf-FX)システムを使用した HPC 教育プログラム策定、講義、演習を実施した [特記 1~4]。

## 2 大規模問題向け並列多重格子法の開発

### 2.1 概要

本研究では、図1に示すような不均質な多孔質媒体中の三次元地下水流れを並列有限体積法 (Finite Volume Method、FVM) によって解くアプリケーションを扱う。対象とする問題は以下に示すような、ポアソン方程式および境界条件である：

$$\nabla \cdot (\lambda(x, y, z) \nabla \phi) = q, \phi = 0 \text{ at } z = z_{\max}$$

ここで、 $\phi$ は水頭ポテンシャル、 $\lambda(x, y, z)$ は透水係数で位置座標の関数であり、セル (cell) ごとに異なっている。透水係数は、地質統計学分野で使用される Sequential Gaussian アルゴリズム [引用 1] により発生させた値を使用した (図 1 (a))。  $q$  は体積フラックスであり、本研究では一様 (=1.0) に設定されている。透水係数の最小値、最大値、平均値はそれぞれ  $10^{-5}$ 、 $10^{+5}$ 、 $10^0$  となるように設定されている。有限体積セルは一辺長さ 1.0 の立方体である。このような問題設定では、条件数が  $10^{10}$  のオーダーとなるような対称、正定な悪条件マトリクスを係数とする線形方程式を解く必要がある。本研究で対象とするモデルは、各々  $128^3$  セルから構成される同じ不均質場に基づく部分モデルの集合である。したがって、x、y、z 各方向に周期的に同じ不均質パターンが繰り返される。

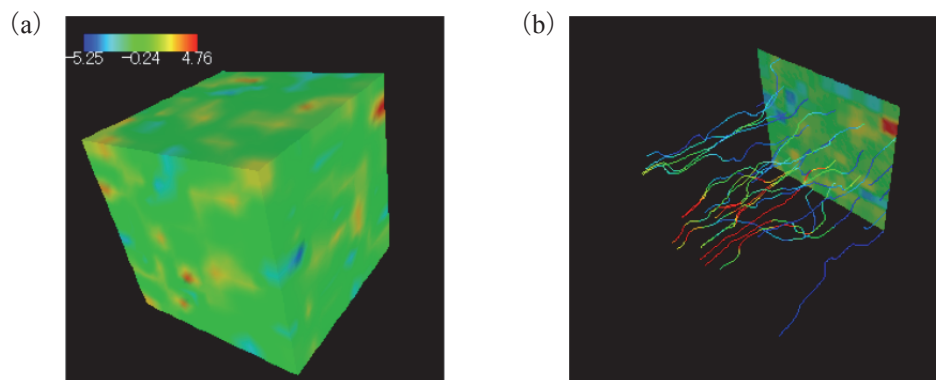


図1 不均質多孔質媒体中の地下水流れの例、(a) 透水係数分布、(b) 流線

本研究では、ポアソン方程式を有限体積法によって離散化して得られる対称、正定 (Symmetric Positive Definite, SPD) な行列を係数行列とする連立一次方程式を、多重格子法 (Multigrid) による前処理を施した共役勾配法 (Conjugate Gradient Method, CG) によって解く。このような前処理付き共役勾配法を MGCG 法 [引用 2,3] と呼ぶ。残差ノルム  $\|b - [A]\{x\}\|$  が  $10^{-12}$  未満となるまで反復が繰り返される。本研究では、8 個の「子 (children)」セルから 1 個の「親 (parent)」セルが生成されるような等方的な幾何学的多重格子法に基づき、格子間のオペレーションとしては、最密格子と最疎格子の間を直線的に動く V サイクル [引用 2,3] を採用した。本研究では、各レベルにおける多重格子法のオペレーションは並列に実施されるが、最も粗い格子レベルでは 1 コアに集めて計算を実施する。

多重格子法では、各レベルにおける線形方程式を緩和的に計算するための演算子を緩和演算子 (smoothing operator, smoother) と呼んでいる。緩和演算子として代表的なものは Gauss-Seidel 法であり多くの研究で使用されているが、悪条件問題向けには不完全 LU 分解、不完全コレスキー分解が有効である [引用 2,3]。本研究では、フィルインを生じない不完全コレスキー分解 (IC(0)) を緩和演算子として採用した。IC(0)のプロセス (分解、前進後退代入) は大域的な処理を含むため、並列化は本来困難である。各領域において独立に IC(0)処理を実施するような、ブロック Jacobi 型の局所処理によって並列化は可能であるが、特に悪条件問題の場合、領域数が増えると収束が悪化する。ここで、加法シュワルツ法 (Additive Schwarz Domain Decomposition, 以下 ASDD) [引用 2,3] を組み合わせることにより、並列計算においても安定した解を得ることが可能となる。

OpenMP/MPI ハイブリッド並列プログラミングモデルで、FVM によるアプリケーションを並列化する場合、領域分割された各領域に MPI のプロセスが割り当てられ、各領域内で OpenMP による並列化が行われる。各領域においては、不完全コレスキー分解のように大域的な依存性を含むプロセスについては、各要素の並べ替え (reordering) により依存性を排除し、並列性を抽出する手法が広く使用されている [引用 2,3]。本研究では、並列性が高く悪条件問題に対して安定な CM-RCM 法による並び替えを適用している [引用 2,3]。本手法は、Reverse Cuthill-McKee (RCM) 法とサイクリックに再番号付けする Cyclic マルチカラー法 (cyclic multicoloring, CM) を組み合わせたものである。CM-RCM 法では各「色」内の要素は独立で、並列に計算を実行することが可能である。CM-RCM 法の色数の最大値は RCM におけるレベル数の最大値である。本研究では多重格子法の各レベルにおいて CM-RCM 法を適用している。

## 2.2 Coarse Grid Aggregation

既存研究 [引用 3] では V サイクルによる多重格子法は図 2 に示すような手順で実施されている。図 3 は図 2 の 1)、2)、3) のプロセスをまとめたものである。

- 1) Starting from finest level (level=1), a smoothing operation by IC(0), and *restriction* to coarser levels are applied. Operations at each MPI process are done by a parallel manner with some communication.
- 2) At the coarsest level, information on each process is gathered into a single MPI process, and a “coarse grid problem” is formed. The size of this coarse grid problem corresponds to the number of MPI processes.
- 3) **(Coarse Grid Solver):** A serial multigrid solver by IC(0) is applied for solving the coarse grid problem on a single core.
- 4) After the coarse grid problem is solved, the results of the coarse grid solver are scattered to each MPI process.
- 5) Starting from the coarsest level, *prolongation* to a finer level with smoothing at each level, is applied, until the finest level (level=1).

図 2 V サイクルによる多重格子法

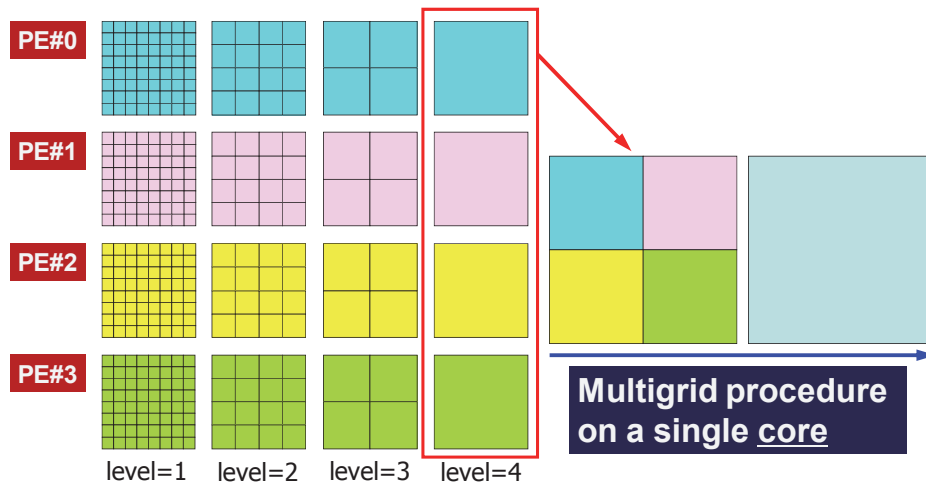


図3 Vサイクルによる並列多重格子法（4 MPI プロセス）における Coarsening/Restriction



図4 Coarse Grid Aggregation の例：level=2 の計算の後、各プロセスの結果は 1 MPI プロセスに集められる

中島によって提案された「Coarse Grid Aggregation」〔査読付1〕では図2の2)、4)における MPI プロセスの統合 (aggregation) / 分割 (disaggregation) がより細かい (finer) レベルで実施されている。「Coarse Grid Solver」〔引用2,3〕への移行をより細かいレベルで実施することによって、収束の安定性、通信オーバーヘッドの削減が期待されるが、Coarse Grid Solver の解く問題サイズはオリジナルの設定と比較してより大きくなる。既存研究〔引用3〕では Coarse Grid Solver は 1 コアのみを使用しているが、〔査読付1〕では各 MPI プロセス上の全コアを使用して OpenMP による並列化を実施している。ポストペタ/エクサスケールシステムでは、各ノードは  $O(10^2)$  規模のコアを含んでいるものと予測され、各ノードの多数のコアの計算能力を利用することを考慮する必要がある。図4は Coarse Grid Aggregation の例であり、ここでは level=2 の計算後に各 MPI プロセスにおける情報は 1 つの MPI プロセスに集められるため、Coarse Grid Solver は図3の場合よりも早い段階で開始している。

## 2.3 計算結果 (Weak Scaling)

各コアにおける問題サイズ (セル数) は 262,144 ( $=64^3$ ) を固定した Weak Scaling による性能評価を Oakleaf-FX の最大 4,096 ノード (65,536 コア) を使用して実施した。最大問題サイズは 17,179,869,184 である。以下に示す 3 種類の OpenMP/MPI ハイブリッド並列プログラミングモデルを適用し、全コアに独立に MPI プロセスを発生させる Flat MPI と比較した：

- **Hybrid 4×4 (HB 4×4)** : Oakleaf-FX 各ノードにスレッド数 4 の MPI プロセスを 4 つ起動
- **Hybrid 8×2 (HB 8×2)** : 各ノードにスレッド数 8 の MPI プロセスを 2 つ起動
- **Hybrid 16×1 (HB 16×1)** : 各ノードにスレッド数 16 の MPI プロセスを 1 つ起動

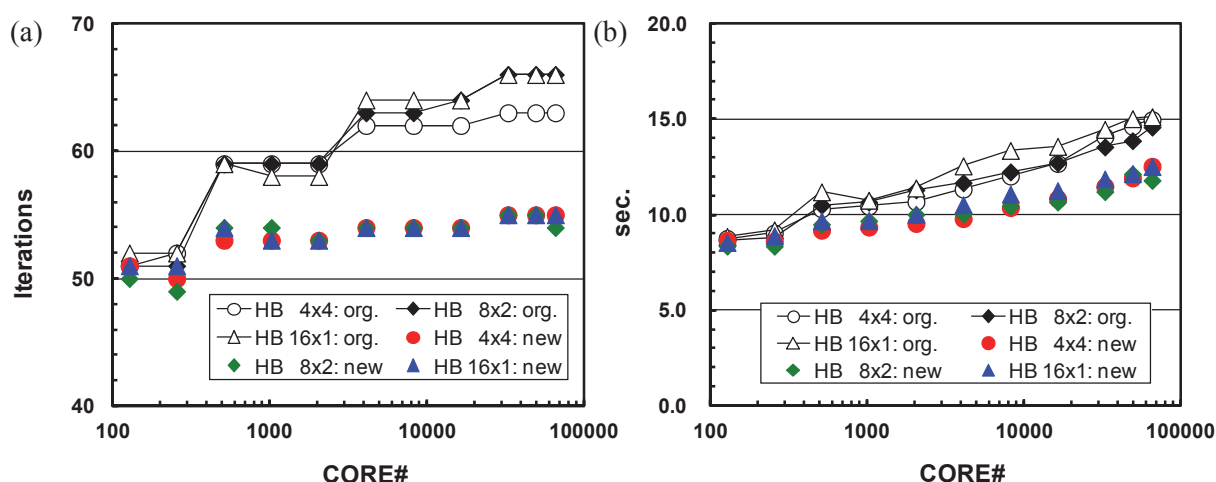


図 5 Oakleaf-FX における CM-RCM 法による MGCG 法の計算性能, Coarse Grid Aggregation の効果, 最大 4,096 ノード (65,536 コア), Weak Scaling : コア当たり問題サイズ=262,144 ( $=64^3$ ), 最大問題サイズ : 17,179,869,184 (a) MGCG 法の反復回数, (b) MGCG 法の計算時間 : HB 4×4 (CM-RCM (70)), HB 8×2 (CM-RCM (90)), HB 16×1 (CM-RCM (100))

HB 8×2 の level=8、HB 16×1 の level=9 では Coarse Grid Solver は、[引用 3] では 1 コア上で動いている。[引用 3] では ASDD による「局所型」IC(0)が各 MPI プロセスにおいて適用されている。本研究では Coarse Grid Aggregation により Coarse Grid Solver が 1 MPI プロセス上で適用されているため、IC(0)による緩和が局所型 IC(0)と比較してより効果的に行われている。図 5 に示すように、より細かいレベル (level が小さい場合) において Coarse Grid Solver へ移行することにより収束は安定し、反復回数は減少しているが、level=5、level=6 では Coarse Grid Solver の問題サイズが大きくなり、むしろ計算時間がかかっている。HB 8×2、HB 16×1 とともに level=7 の場合が最も計算時間が短い。また、HB 4×4 においても level=7 が最適である。図 5 (a)、(b) は Weak Scaling における Coarse Grid Aggregation の効果である。全ケースで level=7 としている。図 5 (a) に示すように、Coarse Grid Aggregation による収束の改善効果は顕著である。MGCG 法の Scalability は図 5 (b) に示すように改善されている。4,096 ノード (65,536 コア) における計算時間は 12.5 秒 (HB 4×4)、11.8 秒 (HB 8×

2)、12.5秒(HB 16×1)である。既存手法〔引用3〕と比較して計算時間は20%程度改善されている。

### 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」〔特記1〕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2〕。2012年度夏季集中講義として、2012年9月に13回の講義と演習を実施した。本講義・演習は、21世紀COEプログラム「多圏地球システムの進化と変動の予測可能性(観測地球科学と計算地球科学の融合拠点の形成)」(2003年度～2007年度)において2004年度より開講されたもので、2008年度からは「理学系研究科大学院教育高度化プログラム」に認定され、夏季集中講義として開講された。

本講義・演習は、科学技術計算プログラミングに必須の項目である「SMASH(Science-Modeling-Algorithm-Software-Hardware)」を、できるだけ幅広くカバーし、広い視野を持った人材を育成することを最終的な目標とし、特に、MPI(Message Passing Interface)を使って、差分法、有限要素法、境界要素法等によるアプリケーションを並列化する能力を身につける、ことを重視している。2012年度は内容を一新し、有限要素法をターゲットとした教材に改め、Fortran及びC言語向けの両方の教材を準備した。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Fujitsu PRIMEHPC FX10(Oakleaf-FX)を使用したプログラミング実習を実施した。2012年度は合計50名の受講者があった。2013年度も引き続き8月から9月にかけて集中講義を実施予定である。

#### 3.2 科学技術計算Ⅰ・Ⅱ／コンピュータ科学特別講義Ⅰ・Ⅱ(科学技術計算プログラミング(有限要素法))(大学院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において「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)(数理情報学専攻)」、「コンピュータ科学特別講義Ⅰ・Ⅱ(コンピュータ科学専攻)」を2012年夏・冬学期に実施した〔特記3,4〕。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(ECCS2012)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、Fujitsu PRIMEHPC FX10(Oakleaf-FX)実習を実施した。2012年度は夏学期(39名)と冬学期(9名)の受講者があった。2013年度も引き続き開講の予定である。

## 4 成果要覽

### 招待講演

- [招待 1] Nakajima, K., ppOpen-HPC: Open Source Infrastructure for Development and Execution of Large-Scale Scientific Applications on Post-Peta-Scale Supercomputers with Automatic Tuning (AT), Proceedings of the ATIP/A\*CRC Workshop on Accelerator Technologies for High-Performance Computing: Does Asia Lead the Way?, ACM Digital Library (ISBN: 978-1-4503-1644-6), 2012, Singapore, 2012.5.8
- [招待 2] Nakajima, K., Parallel Multigrid Methods on Post-Peta/Exascale Systems, The 6th Korea-Japan Workshop on Computational Mechanics, Kyoto, 2012.5.31
- [招待 3] Nakajima, K., ppOpen-HPC: Open Source Infrastructure for Development and Execution of Large-Scale Scientific Applications on Post-Peta-Scale Supercomputers with Automatic Tuning (AT), The First Spain-Japan Workshop on Computational Mechanics, Barcelona, Spain, 2012.9.17
- [招待 4] Nakajima, K., Automatic Tuning of Preconditioned Iterative Solvers with Hybrid Parallel Programming Models, International Workshop on Collaborative Development of Simulation Software of Next Generation (CO-DESIGN), Beijing, China, 2012.10.25
- [招待 5] Nakajima, K.: ppOpen-HPC: Open Source Infrastructure for Development and Execution of Large-Scale Scientific Applications with Automatic Tuning (AT), CUG Seminar (China University of Geosciences), Beijing, China, 2012.10.26
- [招待 6] Nakajima, K., Parallel Multigrid Method on Post-Peta/Exa Scale Supercomputer Systems, Advances in Computational Mechanics (ACM 2013) — A Conference Celebrating the 70th Birthday of Thomas J.R. Hughes: Parallelism in Matrix Computations, San Diego, CA, USA, 2013.2.25
- [招待 7] Nakajima, K., ppOpen-HPC: Open Source Infrastructure for Development and Execution of Large-Scale Scientific Applications with Automatic Tuning (AT), SDSC Seminar, San Diego Supercomputer Center, San Diego, CA, USA, 2013.2.26
- [招待 8] Nakajima, K., Y. Ishikawa and T. Katagiri, HPCI towards Exascale Era, 17th Workshop on Sustained Simulation Performance (WSSP 2013), Tokyo, Japan, 2013.3.12
- [招待 9] Nakajima, K., Automatic Tuning of Preconditioned Iterative Solvers with Hybrid Parallel Programming Models, Climate 2013 Workshop (The next-generation of climate models and knowledge discoveries through the extreme high-performance simulations and big data), Berkeley, CA, USA, 2013.3.21



[招待 10] Nakajima, K., Automatic Tuning of Parallel Multigrid Solvers with Hybrid Parallel Programming Models, Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High Performance Scientific Computing (2013@<sup>2</sup>HPSC), National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 2013.3.28

## 査読付論文リスト

[査読付 1] Nakajima, K., OpenMP/MPI Hybrid Parallel Multigrid Method on Fujitsu FX10 Supercomputer System, IEEE Proceedings of 2012 International Conference on Cluster Computing Workshops, 199-206, IEEE Digital Library: 10.1109/ClusterW.2012.35, 2012

[査読付 2] Nakajima, K., Automatic Tuning of Parallel Multigrid Solvers using OpenMP/MPI Hybrid Parallel Programming Models, Selected Papers of 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2012), Lecture Notes in Computer Science 7851, 435-450, 2013 (in press)

## その他発表論文リスト

[発表 1] Nakajima, K., OpenMP/MPI Hybrid Parallel Multigrid Method on Post-Peta/Exa Scale Supercomputer Systems, HPC in Asia Workshop, ISC'12, Hamburg, Germany, 2012年6月17日

[発表 2] Nakajima, K., ppOpen-HPC: Open Source Infrastructure for Development and Execution of Large-Scale Scientific Applications on Post-Peta-Scale Supercomputers with Automatic Tuning (AT), SIAM Annual Meeting 2012 (AN12), Programming Paradigms, Algorithms and Frameworks for High Performance Scalable Manycore Systems - Part III of III, Minneapolis, MN, USA, 2012年7月13日

[発表 3] 中島研吾, Oakleaf-FX における前処理付反復法の最適化, 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), 2012年並列／分散／協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012), 2012年8月1日

[発表 4] 中島研吾, メニコアクラスタ向け並列多重格子法アルゴリズム, 日本応用数理学会 2012年年会, 稚内, 2012年8月29日

[発表 5] Nakajima, K., Overview of ppOpen-HPC, International Workshop on Software for Peta-scale Numerical Simulation (SPNS2012), 京都, 2012年12月6日

[発表 6] Nakajima, K., Development of Applications on ppOpen-HPC, 2013 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE13): Parallel Programming Models, Algorithms and Applications for Scalable Manycore Systems Part-III of III, Boston, MA, USA, 2013年2月27日

## 特記事項

- [特記 1] 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 2] 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/12e/>
- [特記 3] 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/12s/>, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/12w/>
- [特記 4] コンピュータ科学特別講義 I・II, 東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/12s/>, <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/12w/>
- [特記 5] General Council Member, IACM (International Association for Computational Mechanics)
- [特記 6] Associate Editor, SIAM Journal for Scientific Computing
- [特記 7] Member of Program Committee, The 19th International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS12), Shanghai, China, 2012.
- [特記 8] Member of Program Committee, International Conference on Computational Science (ICCS 2012), Omaha, NE, USA, 2012.
- [特記 9] Member of Program Committee, Second International Workshop on Advances in High-Performance Computational Earth Sciences: Applications and Frameworks (IHPCES), Omaha, NE, USA, 2012.
- [特記 10] Member of Research Paper Committee, International Supercomputing Conference (ISC'12), Hamburg, Germany, 2012.
- [特記 11] Co-organizer of Mini-Symposium, 2012 SIAM Annual Meeting (AN12): Programming Paradigms, Algorithms and Frameworks for High Performance Scalable Manycore Systems Part I-III, Minneapolis, MN, USA, 2012.
- [特記 12] Member of International Scientific Committee, 10th World Congress of Computational Mechanics (WCCM 2012), Sao Paulo, Brazil, 2012.
- [特記 13] Secretary General, Organizing Committee, 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2012), Kobe, Japan, 2012.
- [特記 14] Member of Scientific Committee, 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2012), Kobe, Japan, 2012.
- [特記 15] Vice-Chair, Euro-Par 2012, Topic 15: High Performance and Scientific Applications, Rhodes Island, Greece, 2012.
- [特記 16] Member of Technical Papers Committee, 2012 IEEE International conference on high performance computing, networking, storage, and analysis (SC12), Salt Lake City, UT, 2012.

- [特記 17] Member of Program Committee, The 19th International Conference on High Performance Computing (HiPC), Pune, India, 2012.
- [特記 18] Member of Organizing Committee, 2013 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE13), Boston, MA, USA, 2013.
- [特記 19] Co-organizer of Mini-Symposium, 2013 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE13): Parallel Programming Models, Algorithms and Applications for Scalable Manycore Systems Part I-III, Boston, MA, USA, 2013.
- [特記 20] Member of Program Committee, The 20th International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS13), Boston, MA, USA, 2013.
- [特記 21] Co-Chair of Technical Papers Committee, 2013 IEEE International conference on high performance computing, networking, storage, and analysis (SC13), Denver, CO, 2013.
- [特記 22] Chair of Scientific Committee, 11th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2014), Eugene, OR, USA, 2014.

## 引用文献

- [引用 1] Deutsch, C.V., Journal, A.G., GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide, Second Edition. Oxford University Press (1998)
- [引用 2] 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 (2011)
- [引用 3] Nakajima, K., New strategy for coarse grid solvers in parallel multigrid methods using OpenMP/MPI hybrid programming models, ACM Proceedings of the 2012 International Workshop on Programming Models and Applications for Multicores and Manycores, ACM Digital Library (DOI: 10.1145/2141702.2141713) (2012)

# 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

2012 年度中に行った本研究報告では最大で 10 頁という制限と研究内容の理解難易度、これまでに在籍していた研究室学生の研究報告用媒体としての位置づけを考慮し、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説明を行うこととする。(なお 2012 年度の当研究室学生の研究成果に関する原稿提出がなかったため、今回は掲載を行わないこととする。)

- pi.super-computing.org 上での  $\pi$  並びに関連する情報公開
- 並列実行性能の高い数値計算ライブラリー及びプログラム開発環境に関する研究開発

## 2 背景

本学における教育における役割として、「工学系研究科電気系工学専攻学生に対する兼任教員としての、同専攻修士・博士学生の研究・教育指導」が主要な役割となっている。ちなみに 2012 年度は修士 2 年 1 名、修士 1 年 1 名、計 2 名の教育指導を行った。(その他の博士 4 年 1 名、修士 2 年各一名、合計 2 名は諸般の事情で休学をしていたが、修士 2 年 1 名は 2013 年度より他大学医学系学部への進学が決まった。) なお情報基盤センターに対する学生定員が情報基盤センターになって初めて措置されたという事。また 2008 年度からは学生定員が工学系研究科に移動となり、合わせて兼任先が、それまでの新領域創成科学研究科から工学系研究科へ移っている事を記録としてここに記しておく。

さて従来から私の研究室の指導方針として、研究テーマは各人の興味に基づき選択させている。また研究効率を考慮して、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。また大学院の講義において、その点に重心をおいた講義を行うようにしている。本研究報告では研究指導の一環で研究室学生が得た成果を記載することで記録に残しておく、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、2012 年度の研究・教育活動報告を以下に記す。

## 3 研究内容

### 3.1 pi.super-computing.org 上での $\pi$ 並びに関連する情報公開

80 年代に入ってからこれまで 4 半世紀以上に渡り実施してきている円周率計算に関する学問的意義他については、一般向けの啓蒙・報告書 [文献 1] やその報告書中で引用している文献、また一般聴取者向けの講演で述べており繰り返しとなるので、本報告では省略する。(また関連し、数学定数あるいは数学全般に関する一般教養書(多くは英文)で円周率への言及がある場合は、少なからずこれまでの活動が言及されることがあることを指摘しておく。)

さて毎年の年報で報告しているように、1995年6月末から <http://www.super-computing.org/> 上で円周率の値、並びに関連する (anonymous ftp による) 情報の公開を継続しているが、情報公開開始以降これまでにおよそ18年が経過した事になる。

公開当初に一般公開中のものは2億桁までの $\pi$ 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 $\pi$ 並びに $1/\pi$ がアクセス出来る様になっていた。(ちなみにこの40億桁であるが、一般家庭でも購入可能なパソコンに搭載可能な主記憶容量が32GBあるいは48GBになったこと、また共有メモリーを構成するCPUコア数も10近いものとなったことにより、自宅で計算可能な桁数となった。隔世の感がある。)

しかし当初公開していた [www.cc.u-tokyo.ac.jp](http://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 $\pi$ 並びに $1/\pi$ が自由にアクセス出来る様になっていると同時に、要求元情報、総データ転送量等の統計情報を保存している。

この統計情報によると、2012年度中に転送された総データ量は2011年度実績値と比べて約6割と大きく減少した。アクセス回数、アクセス元アドレス数も同程度の減少となっているが、この減少理由は、サーバーが不安定だった事、[www.super-computing.org](http://www.super-computing.org) のDNSサーバーの不調により、長期間当該URLへのアクセスが停止していた事により昨年度中何度か(少なからずの期間)サービスを停止した事によると考えている。

計算結果を一般公開しているサーバーは公開以後20年近く経過し、このように老朽化によるサーバー停止が頻発しており、2013年度中の公開用サーバーと関連するDNSサーバーの更新を最優先で実施したいが、最大の問題は原資の確保である。

さて2012年度中の利用統計は16,822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、2010年度は48,967サイト、2011年度は29,281サイト)(DNSに名前が載っているサイトとしては13,958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、2010年度は41,336サイト、2011年度は24,682サイト))から総計49,134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、2008年度は134,180回、2009年度は125,299回、2010年度は116,337回、2012年度は104,648回)ファイルがアクセスされ、転送された総データ量は58,414.5MB(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120,464.2MB、2005年度は167,199.9MB、2006年度は126,747.6MB、2007年度は124,604.4MB、2008年度は109,411.6MB、2009年度は122,689.0MB、2010年度は84,028.5MB、2011年度は102,341.4MB)となった。

これらのアクセス元のアドレス([u-tokyo.ac.jp](http://u-tokyo.ac.jp)のjpに対応する部分)種別は総計で108種類(ad ae aero am ao ar arpa at au az ba bd be bg bo br by ca ch cl cn co com cr cu cx cy cz de dk do ec edu ee es eu fi fj fr gh gov gr gt hk hr hu id ie il in info io ir is it jp kg kr kz la lk lt lu lv ma md me mg mil mx my net ni nl no np nu nz org pe ph pk pl pt py re ro rs ru se sg si sk sm su tc th tr tt tv tw ua ug uk us uy vn 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、2010 年度は 126 種類、2011 年度は 114 種類) と、2005 年度並の水準となった。

### 3.2 並列実行性能の高い数値計算ライブラリー及びプログラム開発環境に関する研究開発

分散メモリー型並列型計算機（に限らず単体計算機）の性能を高度に引き出すプログラムを書く事は、過去における失敗経験量に大きく依存する（そのため一人前になるには少なからずの時間を必要とする）とともに、職人芸的要素に基づく活動はなかなか評価を受けにくいという現状がある。学術研究において、そのようなソフトウェア開発が評価を受けにくいという問題点をは 80 年代から指摘してきているが、残念な事に今だ改善されていないことから、今後急激に改善するとは考えにくい。

その結果プログラミングを生業としている、あるいは計算科学を専門としない多くの研究者にとって、高性能プログラム作成を行う事に対する動機づけが弱く、プログラム作成効率を高める為の努力や、プログラムそのものの実行効率を極限まで高めようとする事に興味を持ち、長期間にわたりプログラム作成に没頭する事に喜びを感じる学生が生まれにくいという現状がある。

ところが研究の最前線の進展速度を高める為には、少なくとも多くの研究者にとってソフトウェアが使いやすく、高い実行性能が出せ、ノード数に関するスケーラビリティが高く、広範囲の機能を有する数値計算ライブラリーの提供は大事な項目と考えている。

その様な目的の数値計算ライブラリーが、一部ベンダーあるいは独立ベンダーから提供・販売、また個別に研究開発がなされてはいるが、その導入コストが高かったり、利用者が要求する機能を提供していなかったり、実現している機能間の性能に問題があったり、という問題が存在する。このような状況にあることから、計算機を利用した研究・開発における研究環境のインフラ整備の一環として、高い実行効率を容易に出す事ができるとともに、プログラムの保守管理が容易となる様なプログラム開発環境の開発や提供が今後必要となると考える。

この様な考え方に基づく研究として、分散メモリー型計算機および共有メモリー型計算機、PC クラスタからスカラー並列計算機あるいは（ハード及びソフト）ベクトル並列計算機までの広範囲のアーキテクチャーのどの様なマシンに対しても、高い並列実行性能を発揮でき、広範囲の機能をカバーし、使いやすく実行効率の高い数値計算ライブラリーの研究開発、また簡単なプログラミングで実行効率が高いプログラム開発環境の研究開発等があり 10 年程前から注目している。

なおこれらの研究テーマに関連し、「次世代スーパーコンピューティング応用言語研究会 (Next Generation Computing Application Language Consortium (略称 NSCAL))」を 2005 年 11 月に立ち上げ、研究室外のメンバーと活動を開始し、研究会を定期的に開催してきている。この研究会でアイデアを発表・検討し、実際の仕様を考えている。現在検討の最終段階にあり、具体的な処理系の作成を行っているところである。

その目的の言語およびその処理系については今後地道な改善努力が必要であるが、既存の Fortran プログラムで書かれた過去のソフトウェア財産を生かす機能が追加できている事により、実際に使う場合の障壁は低くなっている予想している。また以前問題になっていた最適化されたプログラムの生成時のバグもその後 Fix できており、今後は実際の大規模ソフト開発の現場で利用する予定としている。

最後に現在動作中のトランスレーターは、C 言語の祖父にあたる BCPL 言語に似た仕様に基づくプログラムから最適化された Fortran ソースプログラムを生成する能力を有している。具体的には、

```
let COPY(N1,N,IA,IC) be {copy
    IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
    IMPLICIT INTEGER*8 (I-N)
    DIMENSION IA (N1/2,N), IC (N1,N)
```

```

N2 := ISHFTRA(N1,1)

$POPTION PARALLEL
DO J=1,N {20
$SOPTION UNROLL(4)
DO I=1,N2 {21
IC(I,J) := 0
}21
$SOPTION UNROLL(4)
DO I=1,N2 {22
IC(I+N2,J) := IA(I,J)
}22
}20
}copy

and RUNDf2(IA,N,IW) be {rundf2
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
IMPLICIT INTEGER*8(I-N)
DIMENSION IA(N,N), IW(N,8)
// Outer Loop
N8 := (N+7)/8
$POPTION PARALLEL
DO L=1,8 {60
LSS := (L-1)*N8 + 1
LEE := MIN(L*N8,N-1)
DO K=LSS,LEE {40
K1 := K + 1
// Save IA
DO I=1,K {10
IW(I,L) := IA(I,K1)
}10
// IA=IA*OMG**((K-1)/2) , OMG is 2 Word Shift Left
DO I=1,N-K {20
IA(I,K1) := IA(I+K,K1)
}20
// IA=-IA*OMG**((K-1)/2) , OMG is 2 Word Shift Left
DO I=N-K+1,N {30
IA(I,K1) := -IW(I+K-N,L)
}30
}40
}60
}rundf2

and ILOG2(N,IP) be {ilog2
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
IMPLICIT INTEGER*8(I-N)
DATA /SLOG2/-1.0D0

IF (SLOG2 <= 0.0D0) SLOG2 := 1.0D0/DLOG(2.0D0)
DN := N
IP := DLOG(DN)*SLOG2 + 0.5D0
NL := 1
NL := ISHFTEL(NL,IP)
IF (NL ^= N) THEN {
WRITE(1,*) '** ERROR ** N is not 2**IP, N,IP=',N,IP
} // END IF
}ilog2

```

上記プログラムから以下に示す最適化プログラムを生成出来る。

```

subroutine copy(n1,n,ia,ic)
integer iw4930,iw4931,iw4932
integer*8 i,ia(n1/2,n),ic(n1,n),j,n,n1,n2
dimension ia(n1/2,n),ic(n1,n)
n2=ishftra(n1,1)
*pooption parallel
do 25010 j=1,n
C$-1 *soption unroll(4)
C$-1 *do-original i,1,n2,1
do 25020 i=1,n2,4
ic(i,j)=0
ic(1+i,j)=0
ic(2+i,j)=0
ic(3+i,j)=0
25020 continue
C$-1 *soption unroll processing ended ...
C$-1 *soption unroll(4)
C$-1 *do-original i,1,n2,1
do 25030 i=1,n2,4
ic(i+n2,j)=ia(i,j)
iw4931=i+1
ic(iw4931+n2,j)=ia(iw4931,j)
iw4930=i+2
ic(iw4930+n2,j)=ia(iw4930,j)
iw4932=i+3
ic(iw4932+n2,j)=ia(iw4932,j)
25030 continue
C$-1 *soption unroll processing ended ...
25010 continue
return
end

subroutine rundf2(ia,n,iw)
integer iw7209
integer*8 i,ia(n,n),iw(n,8),k,k1,l,lee,lss,n,n8
dimension ia(n,n),iw(n,8)
n8=ishftra(n+7,3)
*pooption parallel
do 25010 l=1,8
iw7209=l*n8
lss=iw7209-n8+1
lee=min(iw7209,n-1)
do 25020 k=lss,lee
k1=k+1
do 25030 i=1,k
iw(i,l)=ia(i,k1)
25030 continue
do 25040 i=1,-k+n
ia(i,k1)=ia(i+k,k1)
25040 continue
do 25050 i=-k+n+1,n
ia(i,k1)=-iw(i+k-n,l)
25050 continue
25020 continue
25010 continue

```



```

return
end

subroutine ilog2(n,ip)
integer*8 ip,n,nl
real*8 dn,slog2
data /slog2/-.10d1/
if (slog2.le.0.0d0) then
  slog2=1.4426950408889634073599246810018921d0
endif
dn=n
ip=0.5d0+slog2*dlog(dn)
nl=ishft1(1,ip)
if (nl.ne.n) then
  write(1,*) '** ERROR ** N is not 2**IP, N,IP=',n,ip
endif
return
end

```

## 4 具体的成果

- 2012年度は修士2年1名、修士1年1名の学生が研究室に存在し、指導を行った。その他に博士4年と修士2年の各学生は休学し、修士2年の学生は医学系学部へ進学することとなった。
- 2012年6月20日にウエッジ出版社から一般向けの本 [著書 1] を出版。
- これまでと同様鶴岡高等専門学校で特別講義を実施。
- 研究室学生の対外発表として第17回ゲーミングワークショップでの発表 [発表 1]。
- これまでと同様大阪大学サイバーメディアセンターの運営委員としての貢献。
- これまでと同様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会委員としての貢献。
- 2013年2月19日河野太郎衆議院議員開催の勉強会講師によるアウトリーチ活動。
- 獲得した外部資金として2012年度から開始の、科学研究費、基盤研究(C)、課題番号24500030、研究課題「科学技術計算に有用な超高速4倍長演算に関する研究、研究期間3年間。総額4,100,000円(+間接経費1,230,000円)。研究開始初年度である2012年度は1,800,000円(+間接経費540,000円)。

これらを具体的成果とする。

### 著書／編集

[著書 1] 金田康正 (著者) : スパコンとは何かー1位か2位か、何が問題か?, ウエッジ選書 46, ウエッジ, 2012年6月, 220p.

### その他の発表論文

[発表 1] 鈴木 洋平, 金田 康正: 多様性に注目した将棋プレイヤーの集団学習に関する調査, 第17回ゲームプログラミングワークショップ, 情報処理学会, pp. 30-37, 2012.

### 文献関連

[文献 1] 金田康正 : 計算機による円周率計算, 数学文化, pp. 72-83, 日本評論社, Vol. 1, No. 1, 2003.

# 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, Privilege 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。さらに、保証の実的な形として近年盛んに論じられている「オンライントラスト」の構築についても研究を行った。2012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、GPU等の自明でない性能モデルを持つものについての各要素に分解して解析したものを統合する手法について研究し、コストのブレークダウンが可能になる性能モデルを構築した。さらに、ネットワークプログラムの検証を可能にするための **Centralization** を改良する研究を行った。
2. **オンライントラストの研究。**内部統制をクラウドに及ぼすためのクラウドの解析を行った。さらに、PKI等内部統制のコストの解析を併せて行い、費用対効果について研究を重ねた。さらに、サービス提供側に対し、暗号、スクランブルを効果的に行い、内部統制をサービス側に展開することを試みた。  
加えてトラストを柔軟に運用するために、さまざまな（弱い）エビデンスを集積することで強いトラストを構築するための理論の研究を行った。
3. **認証フェデレーションにおけるプライバシーの研究。**認証フェデレーションの普及のために制度的な問題になる、プライバシー保護についてそれを技術的に担保するための研究開発を行った。具体的に、利用者が **IdP** に対してプライバシーを主張するための **Proxy** とその上で動作するプライバシー保護の可能なプロトコルの研究開発を行った。加えて、サービス提供側の要請であるプライバシーを守りながら、利用者の同一性を保証するためのシステムの研究を行った。

4. **オンライントラストの具体的な構築**。世界的に構築が進むオンラインのトラストフレームワークを日本で運用管理するために、基準の策定、ドキュメンテーション、対外的な交渉に関与した。結果は日本での学術認証フェデレーション「学認」のトラストフレームワーク構築（Open Identity Exchange との共同作業、FICAM LoA 1 Assessor Credential の獲得）に反映された。

## 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を行うことを、アセンブラ言語に対する型理論として展開する。最適化適用はデータフロー解析を本質的に用いることから、データフロー理論を包含した型理論の構築につなげることができる。この最大の意義はデータフロー型の最適化の正当性を形式的に証明する体系を提示することである。また研究の基礎として、動作同一性証明に適したプログラム実行の適切な抽象化ができることになる。

また、最適化検証付きコンパイラはプログラム実行の抽象化を通して、最適化適用の最大の目的である性能向上の理論的解析のベースになる。現実的に妥当な数理的な性能モデルを仮定すると、その中で適用最適化が「真に」最適なコードを出すかどうかの検証ができる。(従来の最適化は、もとのコードと比較して、性能が良くなるかもしれないということを定性的にしか示せなかった。自動チューニング (Atlas 他) は、没理論でノウハウを適用することを目指しているものである。また、アーキテクチャ研究ではエミュレータが実質的なモデルの役割を果たしてきた。しかし、アンローリングなどのパラメトリックな最適化を解析するには数理的なモデルが必須である。) 性能モデルと、各種整数計画法の適用により、複数の最適化の組み合わせのどれが真に最適かを決定することができる。これはまさに性能面からみた検証であり、検証というプロセスが従来のアドホックな最適化研究に与えるインパクトの大きさを証明するものである。理論的な検証付きコンパイラが具体的な性能モデルの概念と結合して具体的な性能保証をすることは、理論と実践の両面での貢献が大きいものである。

## 2.2 内容

目的としてあげたゴールに対して 2012 年度は具体的に以下のようにテーマを設定した。

- 情報流の解析結果のセキュリティへの適用
- ネットワークプログラムの解析方法の研究
- GPU 等、非公開部分のあるシステムの性能モデルの研究

これらの研究は一部科研費「基盤 (A):汎用自動チューニングを実現するためのソフトウェア基盤の研究」のもと行われた。

## 2.3 具体的成果

[査読付 3]において、情報流解析を MapReduce のセキュアな実行系に対して行い、セキュアと証明できる範囲の拡張に成功した。この成果は大学院生であった Tran Quang との共同研究である。

また、Java プログラムのプログラム解析、特にネットワークプログラムのモデルチェッキングの可能性を広げるための Centralization の改良を行った。具体的に、異なるバージョンのクライアント、サーバを同時に解析可能にするための名前コンフリクトの解決方法の研究である。成果は順次公開予定である。この研究は大学院生である馬雷との共同研究である。

さらに GPU の性能モデルの構築の研究を行った。結果として、計算部分とメモリ転送部分の正確なコスト分解ができるようになり、依然としてメモリ転送が高速化のキーになるという当たり前の事実があらためてうきぼりになった。この研究は大学院生である Mario Chapa との共同研究である。

## 3 オンライントラストの研究

### 3.1 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。

### 3.2 内容

科研費「基盤(C): 認証・権限情報を制御可能なワークフロー特定ドメイン言語システムの研究」および法政大、千葉工大と共同で科研費「基盤(B): ハイブリッドクラウドにおける動的セキュリティ検知・調停制御技術の研究開発及び構築」を得、以下の研究を行った。

われわれは、暗号化によって、データのプライバシーをクラウドにおいても担保することで、セキュリティの問題を解決することを試みた。具体的にクラウドのデータにスクランブルをかけ、鍵を自分のトラストの中で管理することで実現できることを示そうとした。

さらに、トラストを柔軟に運用するために、さまざまな(弱い)エビデンスを集積することで強いトラストを構築するための理論の研究を行った。

### 3.3 具体的成果

[査読付1], [査読付4]において、内部統制をクラウドに及ぼすための解析を行った。そのうえで[査読付5]と[査読付6]において、クラウド上のサービスに展開することを試みた。

さらに、[査読付7]において、トラストを柔軟に運用するために、さまざまな(弱い)エビデンスを集積することで強いトラストを構築するための理論の研究を行った。

## 4 認証フェデレーションにおけるプライバシーの研究

### 4.1 背景

認証フェデレーションの普及のためには、今後プライバシー保護が制度的に大きな問題になることがわかっている。従来のようにプライバシーマーク等、社会制度による担保のみでなく、技術的に担保することが重要になる。一般的には、自分の身元を隠すための Proxy の設置が有効とされている。従来でも Tor 等、一部強力なプロトコルが提案されてきたが、運用が軽量であること、隠ぺいが必要な情報が実際に隠ぺいできること、その情報が必要なエンティティのみに正しく伝達できること等の保証をするためには、詳細な設計が必要になる。

### 4.2 内容

国立情報学研究所、京都大学、野村総合研究所と共同で総務省委託研究「情報流通連携のためのオープンなID連携プラットフォームにおけるプライバシー保護機能の高度化の研究開発」のもと、認証フェデレーションで用いられるプロトコルにプライバシーを保護する機能を実装するための研究開発を行った。

### 4.3 具体的成果

以下のプロトコルの設計および実装を行った。プロジェクトの概要については、下で発表している。論文による発表、具体的な成果のオープンソースでの公開については順次行う予定である。

1. 認証連携 Proxy サーバに対するユーザのプライバシー非開示機構

2. 暗号化された属性アサーションの内容を SP のみが復号できる機構
3. Privacy Enhancing Proxy の設計と実装
4. 利用者が SAML で提供される仮名性を担保しつつ、サービス提供者がユーザ同一性を確認するための機構の実現
  - Hiroyuki Sato, Motonori Nakamura, Yasuo Okabe, Natsuhiko Sakimura, "Privacy Enhancement for Open Federated Identity/Access Management Platforms : Introduction and FY2012 Plan", 2012 REFDES meeting (TF-EMC2), (ベオグラード, セルビア共和国: 2012/11/19)
  - 中村素典、崎村夏彦、西村健、佐藤周行、岡部寿男、"SAML、OpenID 連携プロジェクト：概要", Japan Identity & Cloud Summit 学認シンポジウムセッション (東京：2013年3月5日)
  - 佐藤周行、岡部寿男、"SAML、OpenID 連携プロジェクト：課題説明 1-3/1-4", Japan Identity & Cloud Summit 学認シンポジウムセッション (東京：2013年3月5日)

## 5 オンライントラストの具体的な構築について

### 5.1 背景

FICAM によるアメリカ連邦政府のサービスへのアクセスに関する LoA の策定、ISO による認証の LoA (Level of Assurance) の ISO 化などが現実のものとなり、日本やヨーロッパでも、トラストフレームワークの構築が現実視野に入ってきている。日本の学術界におけるトラストフレームワークの構築を具体的に進めるために、基準の制定、ドキュメント化、監査を含めた評価体制の整備が必要になっている。

### 5.2 内容

日本の大学・研究機関が参加する認証フェデレーションとして「学認」が存在するが、そこでトラストフレームワークの構築、特に LoA1 の具体的な認定手続きを策定した。

### 5.3 具体的成果

学認における、LoA1 の具体的な認定手続きの策定手続きに関与した。具体的に、下の Open Identity Exchange によるニュースリリース内での「FICAM LoA1 Assessor Credential」の担当者として働いている。この過程で、日本に適合したリスク評価とリスク管理の研究の必要性が明らかになり、新たな研究テーマとなることが分かった。

また、評価のために、以下の資格を獲得して活用している。

- Certified Information Systems Auditor (CISA) , No. 12103601.

以上については以下のように積極的に発言を行っている。

- 日本のトラストフレームワーク構築のコラボレーションに関する Open Identity Exchange によるニュースリリース: The National Institute of Informatics/GakuNin Receives Open Identity Exchange FICAM LOA1 Assessor Credentials (<http://openidentityexchange.org/press-releases/national-institute-informaticsgakunin-receives-open-identity-exchange-ficam-loa1-asse>).
- 佐藤周行: 学認トラストフレームワーク, 学認 CAMP2012. (<https://www.gakunin.jp/docs/files/sato.pdf>)
- 佐藤周行他: エンタープライズ ID に襲いかかる コンシューマライゼーションについて (パネル), ID&IT Management Conference, 2012.
- 山地一禎, 佐藤周行: 学認アンケートからみる IdP の運用状況と今後の指針, 第 6 回統合認証シンポジウム, 佐賀大学, 2012.
- 佐藤周行, 山地一禎: トラストフレームワーク 利用者の利益を守る/サービス提供者を制御するために, 総務省パーソナルデータの利用・流通に関する研究会 (第 5 回), 2013.
- 佐藤周行: 学認トラストフレームワーク, Japan Identity and Cloud Summit, 2013.

## 6 成果要覧

### 査読付論文リスト

- [査読付 1] Shigeaki Tanimoto, Masahiko Yokoi, Hiroyuki Sato, Astushi Kanai: Quantifying Cost Structure of Campus PKI Based on Estimation and Actual Measurement, *Journal of Information Processing* 20(3), 640–648, 2012.
- [査読付 2] 島岡正基, 西村健, 古村隆明, 中村素典, 佐藤周行, 岡部寿男, 曾根原登: 学術機関のためのサーバ証明書発行フレームワーク, *電子情報通信学会論文誌, B, J95-B(7)*, 871–882, 2012.
- [査読付 3] Tran Quang, Hiroyuki Sato: A Solution for Privacy Protection in MapReduce, *Proceedings of 36th IEEE International Computer Software and Applications Conference*, 515–520, 2012.
- [査読付 4] Shigeaki TANIMOTO, Shinichi MIZUHARA, Masahiko YOKOI, Hiroyuki SATO, Atsushi KANAI: Analysis of Security of PKI Operation with Multiple CP/CPS Based on Level of Assurance, *Proceedings of IEEE Computer Software and Applications Conference Workshop (Middleware Architecture in the Internet)*, 100–105, 2012.
- [査読付 5] 横谷 百合, 宮上 達矢, 金井 敦, 谷本 茂明, 佐藤 周行: クラウドスケジューラサービスにおける日付偽装のための鍵共有方式の検討, *Proceedings of DPS Workshop 2012 (30)*, 2012.
- [査読付 6] 宮上 達矢, 横谷 百合, 金井 敦, 齊藤 典明, 谷本 茂明, 佐藤 周行: クラウドスケジューラサービスにおけるプライバシー保護のための日付偽装方式の評価, *Proc. DPS Workshop 2012 (31)*, 2012.
- [査読付 7] Sato, Hiroyuki: A Formal Model of LoA Elevation in Online Trust, *Academy of Science and Engineering Science Journal* 1(4), 166–178, 2012.

## その他の発表論文リスト

- [発表 1] Kazu Yamaji, Hiroyuki Sato, Takeshi Nishimura, Motonori Nakamura: Progress of Japanese academic access federation GakuNin in FY2011 ?Introduction to LoA-, TERENA Networking Conference 2012.
- [発表 2] 榎本真也、金井 敦、谷本茂明、佐藤周行: ダイナミックに制御する情報漏洩対策システムの検討, 第 11 回情報科学技術フォーラム (FIT2012) 論文集, 2012.
- [発表 3] 上村 宗嗣, 金井 敦, 谷本 茂明, 佐藤 周行: 偽装環境による P C 保護と不正操作者情報収集技術の提案, Proceedings of Computer Security Symposium 2012, 677-684.
- [発表 4] 末次 正人, 榎本 真也, 金井 敦, 谷本 茂明, 佐藤 周行: 侵入者の距離によりダイナミックにセキュリティレベルを制御するシステムの検討, 第 154 回 情報処理学会 DPS 研究会, 4A-25, 2013.
- [発表 5] 米田 翔一, 牧野 駿, 谷本 茂明, 佐藤 周行, 金井 敦: 動的リスク評価に基づくセキュリティ場の提案, プロジェクトマネジメント学会 2013 年度春季研究発表大会, 1501, 2013
- [発表 6] 見目 悠平, 菊地 修, 谷本 茂明, 佐藤 周行, 金井 敦: 情報セキュリティマネジメントにおける保証レベルに関する検討, プロジェクトマネジメント学会 2013 年度春季研究発表大会, 1502, 2013.
- [発表 7] 谷本 茂明, 小幡 大輔, 佐藤 周行, 金井 敦: BCP クラウド化に対する費用対効果に関する研究, プロジェクトマネジメント学会 2013 年度春季研究発表大会, 1503, 2013.



# 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(ソフトウェア自動チューニング、以降「AT」と記載する)ができるソフトウェアの理論、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
  - 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成果物に関する研究開発)。
  - ポストペタスケールに資する数値計算ミドルウェア、および ppOpen-HPC のための AT 機構の開発(ppOpen-HPC および ppOpen-AT プロジェクト)。
  - 超並列計算機に向く固有値ソルバのアルゴリズムおよび実装技術開発。
- 次世代スーパーコンピュータの設計に関するフィージビリティ・スタディ(FS)
  - 文部科学省「将来の HPCI システムのあり方の調査研究」に基づき採択された課題「レイテンシコアの高度化・高効率化による将来の HPCI システムに関する調査研究」(平成 24 年度～平成 25 年度)を、東京大学と株式会社富士通を中心としたチームで実施。
  - 2018 年頃設置可能並列システムを汎用型プロセッサからのアプローチで FS を行う。
  - 株式会社日立製作所と共同で、アプリケーション性能予測に関する研究を担当する。対象アプリケーションの最適化と性能予測手法の開発[発表 7]を行った。
- 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
    - ◇ 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
- スーパーコンピュータによる社会貢献業務
  - 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、ミドルウェア、システムソフトウェア、およびAT支援ツールの研究開発を行う。

### 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。主な研究成果は以下である。

1. **汎用的ATインターフェースおよびATライブラリの開発 (Xabclibプロジェクト)** [査読付1, 2][発表3, 5, 10]: 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。本研究は、日立製作所中央研究所との共同研究である。
2. **超省電力数値計算ライブラリの研究**: 低電力を実現するシステム上において、数値計算ライブラリレベルで行う省電力化方式の基礎研究である。なお本研究は、JST-CREST、「ULP-HPC: 次世代テクノロジーのモデル化・最適化による超低消費電力ハイパフォーマンスコンピューティング」(研究代表者: 東京工業大学 松岡聡 教授)の支援により、愛媛大学黒田久泰准教授、東京大学須田礼仁教授との共同研究である。
3. **ポストペタスケール時代における数値計算ミドルウェアおよびそのためのAT言語の開発 (ppOpen-HPC および ppOpen-ATプロジェクト)** [招待1][査読付4][発表1,2,4,9,13,14]: ポストペタスケール時代で利用される数値計算ミドルウェア開発プロジェクトである。なお本研究は、JST-CREST「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」(研究代表者: 東京大学 中島研吾 教授)における東大グループの一員として実施されている。また、実行環境として開発される数値計算ミドルウェアppOpen-HPCのためのAT言語ppOpen-ATの開発を主として行っている。
4. **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、AT機能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、今まで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発表も行っている[発表11]。また、本年度共同研究を行った

課題[発表6, 8]は、平成25年度の拠点の新規課題に採択されており、より一層、拠点での共同研究が活発化される。

米国応用数理学会 (SIAM) の会議で継続して日本および世界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]、および日本・台湾の共同国際ワークショップ[特記5]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 ポストペタスケール時代における数値計算ミドルウェア *ppOpen-HPC* のための自動チューニング機構 *ppOpen-AT* の研究開発

#### 3.1 背景

先進計算機のハードウェア構成が複雑化している。非均質アクセスのメモリ、多階層キャッシュ、チップ上に多数のコアを配置したマルチコア CPU、GPU に代表される演算アクセラータを搭載した計算機が普及し、いまや普通に使えるようになってきている。このように複雑化した計算機では、理工学で必要となる科学技術計算プログラムのチューニングが、高性能計算を専門としない科学者やエンジニアにとって困難になってきている。

そこで我々は、大規模並列計算機上での実用的なシミュレーションコード開発と、コード最適化を支援するソフトウェア基盤 *ppOpen-HPC* を開発している。ここで“pp”とは、post-peta(ポストペタ)の略語であり、ペタスケール計算機の後に来る計算機環境のことを指している。

このポストペタ環境では、非均質な計算ノードを持つことが予想されている。マルチコアで CPU と GPU の構成が計算機アーキテクチャのトレンドからすると、主流になる。これら複雑化された計算機ハードウェアにおいても、低コストで高性能を達成可能な数値計算のためのソフトウェア基盤が、強く要請されている。

#### 3.2 内容

##### (1) *ppOpen-HPC* の概要

*ppOpen-HPC* の対象は、現在主流の数値計算法によるプログラムである。主に FEM、FDM、BEM、DEM による数値計算法を対象としている。一方、自動チューニング (Auto-tuning (AT)) 技術が、先進的計算機環境での高性能計算には必須となるといわれている。そこで *ppOpen-HPC* は AT 技術を採用して開発をする前提を置く。

*ppOpen-HPC* のための AT 基盤ソフトウェアを *ppOpen-AT* と呼ぶ。図1に、*ppOpen-HPC* における *ppOpen-AT* の位置づけと、その機能をまとめる。

##### (2) *ppOpen-AT* 概要

*ppOpen-AT* は、*ppOpen-MATH* と *ppOpen-SYS* に AT 機能を提供する。*ppOpen-AT* の AT 機能を利用することで、計算機資源選択 (CPU と GPU もしくはメニーコアへの自動切り替えの機能の意味) を実現する。AT 機能により、コードのデータアクセスパターンの最適化を行う。

図1の AT 機能は、*ppOpen-AT* の AT 機能と、ユーザ環境ごとに異なるコンパイラ最適化機能を合わせて使うことにより *ppOpen-AT* 専用プリプロセッサを通し実現される。このことで、幅広い計算機環境での AT を可能にする。計算機環境に依存しないで高性能を達成する(「性能可搬性」)— AT 機能の本質的問題—を実現する。

*ppOpen-AT* の最適化対象は、*ppOpen-HPC* で実装されている数値計算法のカーネル、プログラム、実装方式に限定することで開発コストを削減する。*ppOpen-APPL* の原始コード (C、C++、Fortran90) が対象である。

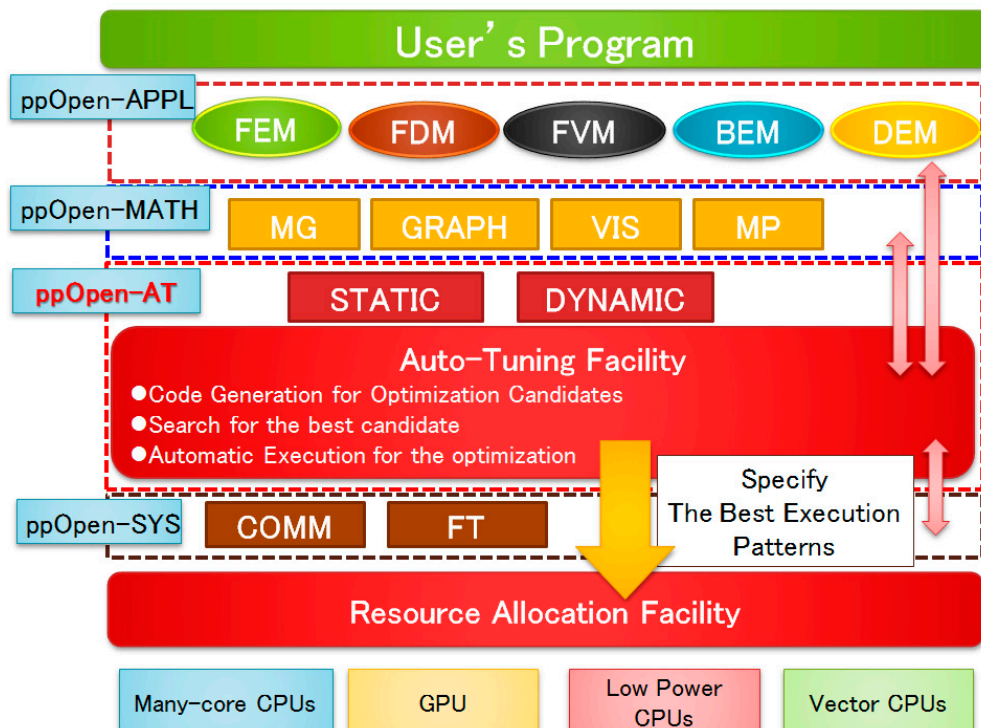


図1 ppOpen-HPC と ppOpen-AT の提供機能

### 3.3 具体的成果

(1) 拡張機能：ループ融合（ループ1重化，もしくは2重化）とループ分割

計算実行前に静的なコード最適化を行う ppOpen-AT/STATIC の開発に関し本年度は、本チームのメンバーにより開発された最新バージョンで適用評価を行った。対象は、ppOpen-APPL / FDM、ppOpen-APPL / BEM、および ppOpen-APPL / FVM ver.0.1 の実コードである。ほとんどのプログラムは Fortran90 で実現されているため、Fortran90 言語処理系の対応を行った。

ppOpen-APPL / FDM と ppOpen-APPL / FVM の主要カーネルを例題とし、以下のコード変換機能のプロトタイピングを行った：①陽解法向けループの分割機能、②陽解法向けループの融合機能、③①と②の混合機能、④陽解法向け演算の計算順序入れ替え機能。これらのコード変換機能は、キャッシュ最適化、レジスタスピルコードの抑制という基本機能に加え、高いスレッド並列化時に効果を奏する。高スレッド並列化時に極めて高い性能を発揮すると期待される。以下の図2に、②のループ融合機能の例を示す。

<pre>!\$omp parallel do private(...) DO K = 1, NZ DO J = 1, NY DO I = 1, NX ... ENDDO; ENDDO ENDDO !\$omp end parallel do</pre>	<pre>!\$omp parallel do private(...) DO KK = 1, NZ * NY K = (KK-1)/NY + 1 J = mod(KK-1,NY) + 1 DO I = 1, NX ... ENDDO ENDDO !\$omp end parallel do</pre>
---	--

(a) 変更前のループ構造

(b) 外側2ループを融合したループ構造

図2 3次元陽解法ループにおける ppOpen-AT によるループ融合の例

以上の ppOpen-AT の機能①～④を実装した。ppOpen-APPL / FDMの主要カーネルに対し、以下に示す複数の CPU 環境で性能評価を行った:(1) FX10 (Sparc64 IXfx, 16 コア)、(2) T2K (AMD Opteron 8356, 16 コア)、(3) Sandy Bridge (Xeon E5-2678W, 16 物理コア, 32 スレッド)、(4) SR16000 (Power7, 32 物理コア, 64 スレッド)。性能評価の結果、問題サイズが大きい場合、コンパイラ最適化のみの実行時間(ベースライン)に対し ppOpen-ATを適用することで、1.5～1.9 倍の速度向上が確認された。また問題サイズが小さいときでスレッド数が 32 スレッドを超える高並列実行時においては、2.9～7.4 倍もの高い速度向上が確認された。この理由は、問題サイズが小さく高スレッド並列化時は OpenMP で並列性を抽出できるだけのループ長が確保できず、ppOpen-ATによるループ融合機能の②機能が効果的に働くためである。このような状況は、ポストペタスケール環境で頻出すると予想されるため、ppOpen-ATによる最適化機能の効果が期待できる。

## 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 FX10 スーパーコンピュータシステム(FX10)、12 ノード(192 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。また、共同研究実施のため、基盤センターの教員との共同研究のための旅費、1週間分が支給される。
- **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(2012 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 55 名、単位取得者数 23 名を達成した。
  - 教養学部の全学ゼミにおいては、登録 9 名、合格 3 名であった。
- スーパーコンピュータ若手利用者推薦(2012 年度、前期、後期)[特記 1]
  - 本学、神戸大、鳥取大、早稲田大、名古屋大、から合計6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(2012 年度は 5 回実施(片桐担当分)[特記 3])
  - 講習会全体では、他大学、研究機関、企業を含む、合計 93 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)(2012 年度は 2 回実施[特記 2])
  - 招待講演として、以下の講師を招へいした。
    - ◇ Lawrence Berkeley National Laboratory の Osni Marques 博士
    - ◇ 東京大学の相島健助 助教
    - ◇ 米国ジョージア工科大学から Aparna Chandramowlishwaran 氏
    - ◇ 米国サンディア国立研究所から、Mark Hoemmen 博士
  - 参加者合計は 26 名だった。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、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

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

- 東京大学情報基盤センターにおける企業利用者支援に対する業務

## 6 成果要覧

### 招待講演／招待論文

[招待 1] Takahiro Katagiri, Satoshi Itoh, and Satoshi Ohshima: Adaptation of ppOpen-AT To Numerical Kernels on Explicit Method, 2012 SIAM Annual Meeting (SIAM AN12), MS105: Programming Paradigms, Algorithms and Frameworks for High Performance Scalable Manycore Sys-

tems – Part III of III, (Organizer: Serge G. Petiton (CNRS/LIFL and INRIA, France), Michael A. Heroux (Sandia National Laboratories, USA), Kengo Nakajima (University of Tokyo, Japan)), July 2012.

## 著書／編集

[著書 1] 片桐 孝洋 著:スパコンプログラミング入門ー並列処理と MPI の学習ー, 東大出版会, ISBN978-4-13-062453-4, 2013 年 3 月.

## 査読付論文リスト

[査読付 1] Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Mitsuyoshi Igai, Satoshi Ohshima, Hisayasu Kuroda, Ken Naono and Kengo Nakajima: Control Formats for Unsymmetric and Symmetric Sparse Matrix-vector Multiplications, 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR'2012) Proceedings of VECPAR'2012, July 2012.

[査読付 2] Ken Naono, Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Mitsuyoshi Igai, Satoshi Ohshima, Hisayasu Kuroda, Shoji Itoh and Kengo Nakajima: A Fully Run-time Auto-tuned Sparse Iterative Solver with OpenATLib, The 4th International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS2012), Proceedings of ICIAS2012, June 2012.

[査読付 3] Takahiro Katagiri, Pierre-Yves Aquilanti, and Serge Petiton: A Smart Tuning Strategy for Restart Frequency of GMRES(m) with Hierarchical Cache Sizes, The Seventh International Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT2012), Proceedings of iWAPT2012, July 2012.

[査読付 4] Satoshi Ito, Satoshi Ohshima, Takahiro Katagiri: SSG-AT: An Auto-tuning Method of Sparse Matrix-vector Multiplication for Semi-Structured Grids – An Adaptation to OpenFOAM –, Special Session of Special Session: Auto-Tuning for Multicore and GPU (ATMG), Proceedings of 2012 IEEE 6th International Symposium on Embedded Multicore SoCs (MCSoc2012), pp.191-197, September 2012.

## その他の発表論文リスト

[発表 1] 片桐孝洋, 大島聡史, 伊東聡:ppOpen-HPC のための自動チューニング基盤 ppOpen-AT の開発, 第17回計算工学講演会, OS16 自動チューニング技術の最新研究動向, 計算工学講演会論文集, Vol.17, 2012 年 5 月.

[発表 2] 伊東聡, 大島聡史, 片桐孝洋:ppOpen-AT における OpenFOAM 高速化の取り組み, 第17回計算工学講演会, OS16 自動チューニング技術の最新研究動向, 計算工学講演会論文集, Vol.17, 2012 年 5 月.

[発表 3] 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 伊藤祥司, 猪貝光祥, 大島聡史, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾, 収東障害(Fault Convergence):数値計算ソフトウェアにおける新しい安全性の概念, 情報処理学会研究報告 HPC-134, 2012 年 6 月.

[発表 4] 片桐孝洋, 片桐孝洋, 伊東聡, 大島聡史:ポストペタスケール環境のための自動チューニング基盤 ppOpen-AT の新機能について, 日本応用数理学会 2012 年度年会、正会員主催 OS:ソフトウェア自動チューニング研究最前線 2012 –ポストペタスケールへの適用とエクサスケールへ向けてー, 2012 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, 大島聡史, 伊藤祥司: Xabclib:ソルバ・前処理自動選択機能を備えた疎行列ライブラリ, 日本応用数理学会 2012 年度

年会, 正会員主催 OS:ソフトウェア自動チューニング研究最前線 2012 —ポストペタスケールへの適用とエクサスケールへ向けて—, 2012 年 8 月.

[発表 6] 和田直樹, 高木翔, 岡大樹, 竹田宏, 片桐孝洋, 堀端康善: 粒子接触判定計算の OpenMP による最適化, 情報処理学会研究報告 2012-HPC-136, 2012 年 10 月.

[発表 7] 片桐孝洋, 大島聡史, 中島研吾, 米村崇, 熊洞 宏樹, 樋口 清隆, 橋本昌, 高山恒一, 藤堂眞治, 岩田 潤一, 内田 和之, 佐藤正樹, 羽角博康, 黒木聖夫: レイテンシコアの高度化・高効率化による将来の HPCI システムに関する調査研究のためのアプリケーションと性能評価, 情報処理学会研究報告 2012-HPC-137, 第 194 回 ARC・第 137 回 HPC 合同研究発表会 (HOKKE-20), 2012 年 12 月.

[発表 8] 高木翔, 和田直樹, 岡大樹, 竹田宏, 片桐孝洋, 堀端康善: 粒子分布を考慮した粒子接触判定計算の MPI および OpenMP による並列化, 情報処理学会研究報告 2012-HPC-137, 第 194 回 ARC・第 137 回 HPC 合同研究発表会 (HOKKE-20), 2012 年 12 月.

[発表 9] Takahiro Katagiri, Satoshi Ohshima and Satoshi Ito: ppOpen-AT: An Auto-tuning Language for ppOpen-HPC ---Its New function and Impact to Application Software, TIMS Workshop on State-of-the-Art Technologies for High Performance Computing Software Auto-Tuning (in conjunction with EASIAM 2012), June 2012.

[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, 大島聡史, 伊藤祥司: 疎行列計算ライブラリ向け前処理・解法自動選択方式の提案, 2012 年並列/分散/協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012), 2012 年 8 月.

[発表 11] 片桐孝洋, 佐藤雅彦: 自動チューニング機能付き数値計算ライブラリ Xabclib の新機能と陰解法 MHD コードへの適用の試み, プラズマシミュレータシンポジウム 2012, 2012 年 9 月.

[発表 12] 片桐孝洋: 実行時自動チューニング機能付き疎行列反復解法ライブラリのエクサスケール化, 第 4 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, 2012 年 12 月.

[発表 13] Takahiro Katagiri, Satoshi Itoh, and Satoshi Ohshima: Early Experience of Adaptation of ppOpen-AT: An Auto-tuning Description Language, SIAM Conference on Computational Science & Engineering (CSE13), MS153, Auto-tuning Technologies for Tools and Development Environmental Extreme-Scale Scientific Computing - Part I of III (Organizer: Takahiro Katagiri (University of Tokyo, Japan), Osni A. Marques (Lawrence Berkeley National Laboratory, USA), Leroy A. Drummond (Lawrence Berkeley National Laboratory, USA), Hiroyuki Takizawa (Tohoku University, Japan)), February 2013.

[発表 14] Takahiro Katagiri, Satoshi Itoh, and Satoshi Ohshima: Early Experiences of Adaptation of ppOpen-AT: Towards Performance Portability for Exa-flops Era, 2013 Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High Performance Scientific Computing, March 2013.

## 特記事項

[特記 1] スーパーコンピュータ若手利用者推薦制度 2012 年度 (前期) 2 件 (継続 2 件: HA8000 継続のみ), 2012 年度 (前期) 4 件 (新規 3 件, 継続 1 件).

[特記 2] 東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティング部門主催, Advanced Supercomputing Environment (ASE) 研究会: 第 12 回 ASE 研究会 (2012 年 4 月 25 日 (水)), 第 13 回 ASE 研究会 (2012 年 12 月 4 日 (火)), の 2 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(片桐担当分のみ):2012年7月2日~3日、2012年9月3日~4日、2012年12月19日~20日、2013年3月4日~5日、2013年3月11日~12日の5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 & Engineering (CSE13), MS153, Auto-tuning Technologies for Tools and Development Environmental Extreme-Scale Scientific Computing, Boston, Massachusetts, USA, February 2013.

[特記 5] 国際ワークショップ・オーガナイザー, 2013 Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High Performance Scientific Computing, Taiwan, March 2013.

# 高生産・高性能並列プログラミング言語・処理系の研究

田浦健次朗

## 1 はじめに

大規模並列計算機上で、高生産性と高性能を両立するためのプログラミング環境を目指して、図1のロードマップで研究を進めている。並列プログラミングにおいて高生産性と高性能を両立させることは困難な課題であるが、我々はそのための鍵は「階層的な並列アルゴリズム」を簡潔に記述し、効率よく実行できるプログラミングモデルを設計・実現することであると考えている。そもそも現在及び今後の計算機では、ノード間でもノード内でも、逐次アルゴリズムであっても並列アルゴリズムであっても、参照の局所性を活かすことが性能のために最重要で、そのために計算を階層的に分割して行くアルゴリズムがしばしば用いられる。現在支配的な、MPI, MPI+OpenMP, MPI+CUDA などのモデルでは、このような階層性を活かすためのプログラミングは煩雑になりがちである。

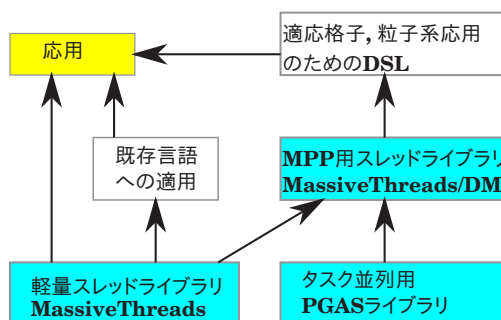


図1 高生産・高性能言語ロードマップ

一方、タスク並列性をサポートするプログラミングモデルではそのようなアルゴリズムは再帰的な関数で記述された分割統治法により簡潔に記述できる。ワークスティーリングに基づいたスケジューラがそれらを、計算の粒度を大きく保ったまま自動的に負荷分散する。我々はそれを大域アドレス空間 (PGAS) と組み合わせて、分散メモリ計算機でも共有メモリ環境と同様の記述で実行できることを目指している。

## 2 MassiveThreads と分散メモリ拡張 MassiveThreads/DM

MassiveThreads は我々のグループで開発した、軽量スレッドライブラリである。Pthreads と互換性のあるインタフェースを持ちながら、スレッドの生成・消滅を極めて高速に行うことができること、work stealing に基づくスケジューラによって、分割統治型の並列プログラムを効率よく実行できる点が特徴である。Xeon E7540 上の測定で一つのスレッドの生成・消滅に 70 ns 程度で、他のライブラリベースの実装に比べると一桁高速である [査読付 5]。

MassiveThreads/DM [発表 4] は MassiveThreads の分散メモリ拡張であり、実体としては、

- Work stealing に基づいた、ノードをまたぐスレッドの動的負荷分散 (マイグレーション)
- スレッドの位置によらずデータを参照できる、グローバルアドレス空間 (PGAS)

のふたつのコンポーネントからなる。ノードをまたがる動的負荷分散をサポートする処理系の研究はいくつか行われている。その場合、タスクからデータをどのように見せるかが設計上の焦点となる。例えばタスクと、それに付随するデータを常に一体と考え、タスクは、そのタスクに固有のデータしかアクセスできないとするもの [6, 5, 4]、ページベースの分散共有メモリ上に実装し高い位置透明性を提供しようとするもの [7]、既存の PGAS レイヤを単純にプログラマに露出するもの [3] などがある。我々は汎用的なグローバルアドレス空間を提供しつつ、タスク並列プログラムにあわせて設計され、負荷分散の存在下で高性能を発揮できる API の設計・実装を目指している。設計にあたって目標とした点は以下の通りである。

1. 全ノードを通してグローバルなアドレス空間を提供する
2. ローカルな (load/store 命令で直接 CPU がアクセスできる) データへのアクセスオーバーヘッドを最小化する
3. バルク転送やスライド転送など、プログラムの性能上重要な通信パターンをサポートする
4. 以上を、言語処理系ではなくライブラリとして提供し、通常の C/C++ コンパイラによるコンパイルを可能とする

MassiveThreads/DM のモデルでは、他の PGAS プログラミングモデル同様、共有 (大域) アドレス空間と、ローカルアドレス空間を区別し、共有空間へのポインタとローカル空間へのポインタも区別する。共有空間へのポインタは直接 dereference するのではなく、`localize` という API を呼び出して、その共有アドレスのデータをアクセスするための通常のポインタを得ることによって、データを読み書きする。説明のため MassiveThreads/DM の API を使って書かれた (逐次の) クイックソートプログラムを以下に示す。<sup>\*1</sup>

```

1 int quicksort(shared_ptr<T> A, int p, int q) {
2     if (q - p > 0) {
3         int c = partition(A, p, q);
4         quicksort(A, p, c-1);
5         quicksort(A, c, q);
6     }
7 }
8 int partition(shared_ptr<T> A, int begin, int end) {
9     T * a = localize(A, begin, end);
10    int j = begin + 1;
11    for (i = begin + 1; i < end; i++) {
12        if (a[i] <= a[begin]) { swap(a, j, i); j++; }
13    }
14    swap(a, begin, j - 1);
15    commit(a, A, begin, end);
16    return j;
17 }

```

通常のプログラムと異なるのは、9 行目と 15 行目に `localize/commit` という API 呼び出しが行われているところである。

9 行目の `localize(A, p, q)` によって、共有空間の領域 `[A+p, A+q)` をアクセスするためのローカルなポインタを得る。他の PGAS 処理系が提供するバルク GET に似ているが、ローカル空間におけるコピー先をプログラマが指定するのではなく、処理系が決定して返す。実際、共有空間の同じ部分が同じノード内のスレッドによって複数回 `localize` された場合は、同じアドレスが返される事がありうる。これは 2 つの意味で重要である。

- ・ メモリ共有されている 1 ノード内のスレッド間で、ハードウェアによるメモリの共有を可能にする
- ・ 同じノードで複数回同じ領域が `localize` に渡された場合、同じデータの再利用を可能にする

特に、分割統治型のプログラムを自然に記述するには再帰呼び出しを用いるのが通常であり、そのようなプログラムでは、一度 `localize` した領域の一部を、再帰的に呼び出された関数内でも再び `localize` することが通常である。提案するセマンティクスでは、そのようなプログラムで毎回データが転送されることを避けることができる。

<sup>\*1</sup> コードを簡潔にするため、C++ のテンプレートを用いているが実際には C の API である

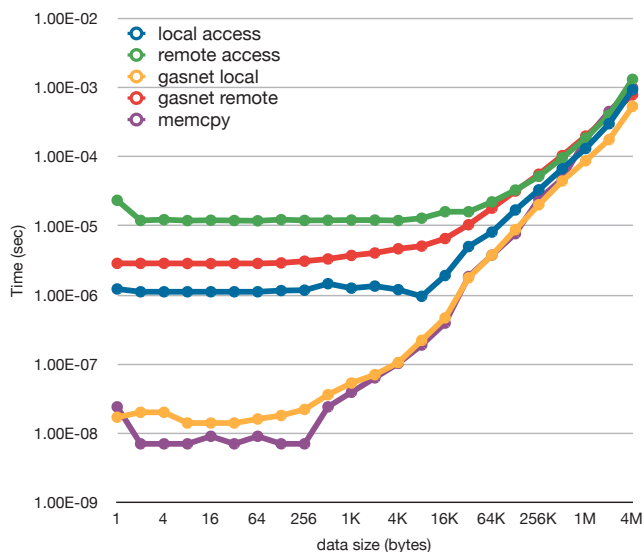


図2 MassiveThreads/DM のメッセージ転送遅延

15 行目の commit によって、ローカル空間の領域  $[a+p, a+q)$  が、共有空間の領域  $[A+p, A+q)$  に書き込まれる。

現在、この設計に基づいた PGAS ライブラリの実装を進めており、ページキャッシュの管理、スライドなど離散的な一括アクセスをサポートしている。処理系の実装は Infiniband ネットワークを持つ TSUBAME 2.0 および、当センターの FX10 上で進めている。TSUBAME 2.0 上でのデータ転送遅延を図 2 に示す。最小メッセージの遅延が、ベースとしている GASNet ライブラリの約 2-3 マイクロ秒に対して、本実装は 10 マイクロ秒程度である。また、充分大きなメッセージの転送速度は、TSUBAME 2.0 のノードの NIC は QDR 2 レールの、物理的な限界値 8GB/秒の環境で、4.5GB/秒程度を達成しており、ベースとしている GASNet 処理系と比較してもほぼ同じスループットになっている。

### 3 MassiveThreads による高速多重極法 (FMM) の実装

#### 3.1 概要

高速多重極法は粒子間に働く遠距離力を高速に計算する手法であり、その基本的なアイデアは、空間内のある部分に存在する多数の点が及ぼす力を、一つの場の力として一度に計算するところにある。FMM には以下のような特徴があり、タスク並列処理系を用いることの利益が大きい。

- ・単純な空間分割ではうまく負荷分散を達成することができない。これは、FMM では粒子間の相互作用によって負荷が発生し、粒子が密集している所で負荷が大きくなるためである。
- ・粒子の分布を表すデータ構造として木構造を用いており、相互作用の計算はこの木を走査することにより簡潔に定式化できる [2]。

しかし多くの FMM 実装は、依然として OpenMP, MPI, CUDA などの SPMD モデルに基づいて書かれている。理由の一つには、現状でタスク並列を用いて実際に高性能を達成した例がなく、FMM の研究者や開発者にタスク並列処理が受け入れられていないことがあげられる。

そこで本研究では、横田らによって開発されている ExaFMM[9]<sup>\*2</sup> 処理系を元に、MassiveThreads を用いたタスク並列による並列化を行った。知見及び結果として、

- ・木の生成、木構造の操作による多重極係数の計算 (upward)、相互作用の計算 (M2L)、木構造内の力の伝搬 (downward)、すべてのフェーズにおいてタスク並列処理が簡潔な記述で良好な台数効果を得ることがわかった。

<sup>\*2</sup> <https://bitbucket.org/exafmm/exafmm>

- ・ 比較的精度の低い (相対誤差  $10^{-3}$ ), したがって軽い計算においても 32 コアまで良好な台数効果を得た.SandyBirdge 16 コア,2.0GHz のマシンで 100 万粒子で 1 ステップ 65ms という性能を得た.

以下ではポイントとなる木構造の生成と, 相互作用の計算がどのようにタスク並列モデルを用いると簡潔に記述できるかを説明する.

### 3.2 木構造の生成

FMM や treecode でよく用いられる木構造生成アルゴリズムは, 粒子の挿入に基づく方法 [1] もしくはローカルな木構造を作ってそれらをマージする方法である [8]. 前者はルート付近のセルへのアクセス集中によってスケーラビリティが阻害される. 後者はローカルに木構造を生成するまでは完全に独立に実行できるが, その後マージを多段にわたって繰り返すため, やはりスケーラビリティに問題がある.

我々は, タスク並列モデルにおいては極めて自然で, かつスケーラビリティの高い, 分割統治に基づく木構造生成を提案・実装した [査読付 6]. アルゴリズムは非常に単純で, 空間を再帰的に 2 分割し, そのたびに各部分空間に含まれる粒子が配列の連続領域を占めるよう, 粒子を並び替える. 一度並び替えが完了したらそれぞれの部分空間に対する木を再帰呼び出しで生成し, 後はそれらの子供とした親ノードを作るだけである. 粒子の入れ替えは, bucket ソートの並列化の要領で, 8 つの部分空間に入る粒子数を (並列に) 数える. 一たび粒子数がわかれば prefix sum を用いて各部分空間が配列上で占める領域が計算できる. 擬似コードでは以下のようなになる.

```

1 cell * build_tree(particles P, box B) {
2   if (|P| == 0) {
3     return NULL;
4   } else if (|P| ≤ N_CRIT) {
5     return make_leaf(P);
6   } else {
7     cell * children[8];
8     counts[0..7] = count_particles(P, B)
9     offsets[0..7] = prefix_sum(counts);
10    partition(P, B, offsets);
11    for (i = 0; i < 8; i++) {
12      children[i] = build_tree(P[offsets[i]:offsets[i]+counts[i]],
13                             child_octant(B, i));
14    }
15    return make_internal(children);
16  }
17 }

```

### 3.3 相互作用の計算

FMM における相互作用の計算は, 空間のある一部分を表すセル間の力をまとめて近似計算することが基本となる. Dehnen はこの計算を, 2 つの木構造をたどる自然な再帰的関数として定式化しており ExaFMM もこの定式化 (Dual Tree Traversal) に基づいて実装されている [9]. タスク並列処理系を用いることでこのような再帰的な処理を自然に並列化できる. また, 相互作用は作用反作用の法則を満たすため, 本来粒子群  $A \rightarrow$  粒子群  $B$  の計算と, その逆向き  $B \rightarrow A$  の計算は一回行えばよいのだが, 安易に並列化を行うと, 力の書き込み (蓄積) の際に競合が起きてしまう ( $A \leftrightarrow B$  の相互作用を計算する際に  $A, B$  の両方を書き換えるとなると, 単純に各粒子群の計算を独立に行うことができない). そこで多くの場合,  $A \rightarrow B$  の計算と逆向きの計算は別々に行い,  $A \rightarrow B$  の計算では  $B$  だけを更新する. こうすることで異なる  $B$  に対する計算をすべて並列に行うことができるが, 一方で計算量が 2 倍弱に増えるという問題がある. [査読付 6] では, タスク並列処理系を用いることでこの問題を単純に解決できることを示した. 粒子群  $A$  と  $B$  の相互作用を計算する巻数は以下のようなになる. ポイントは  $A$  のすべての子と,  $B$  の全ての子の間の相互作用を, 再帰呼び出しで計算する, traverseList という補助関数の呼び出しである.

アーキテクチャ	機種	周波数	並列度	キャッシュ
Sandy Bridge	E5-2660	2.2GHz	4/16/32	32K/256K/20M
Nehalem	E7540	2.0GHz	4/24/48	32K/256K/18M

表1 実験に用いたマシン. 並列度欄の3つの数字はソケット数, コア数, ハードウェアスレッド数を表す

```

1 traverse(A, B) {
2   if (MAC(A, B)) {
3     approximate(A, B);
4   } else if (leaf(A) && leaf(B)) {
5     direct(A, B);
6   } else if (leaf(A)) {
7     for (b : B's children) traverse(A, b);
8   } else if (leaf(B)) {
9     for (a : A's children) traverse(a, B);
10  } else if (A == B || |A| + |B| ≥ S) {
11    traverseList(A's children, B's children);
12  } else if (radius(A) < radius(B)) {
13    for (b : B's children) traverse(A, b);
14  } else {
15    for (a : A's children) traverse(a, B);
16  }
17 }

```

traverseList(P, Q) は, セルのリスト P, Q の全セル間の相互作用を計算するが,

- ・  $A \rightarrow B$  と  $B \rightarrow A$  を別々に計算せず, 両方を一度に計算する
- ・ 並列性を抽出しつつ, 同じセルへの競合書き込みを避ける

の2点を, タスク並列処理によって実現している.

```

1 traverseList(P, Q) {
2   if (|P| == 1 || |Q| == 1) {
3     for (a : P) for (b : Q) traverse(a, b);
4   } else {
5     P0, P1 = first/second half of P;
6     Q0, Q1 = first/second half of Q;
7     spawn traverseLists(P0, Q0);
8     traverseLists(P1, Q1);
9     sync;
10    spawn traverseLists(P0, Q1);
11    if (P != Q) traverseLists(P1, Q0);
12    sync;
13  }
14 }

```

### 3.4 実験結果

表1に評価に用いたマシンの諸元を示す. 図3に各種アルゴリズムでの, 一ステップあたりの経過時間を示す. 各アルゴリズムに付けられるラベルの意味は以下の通り.

- ・ 木生成

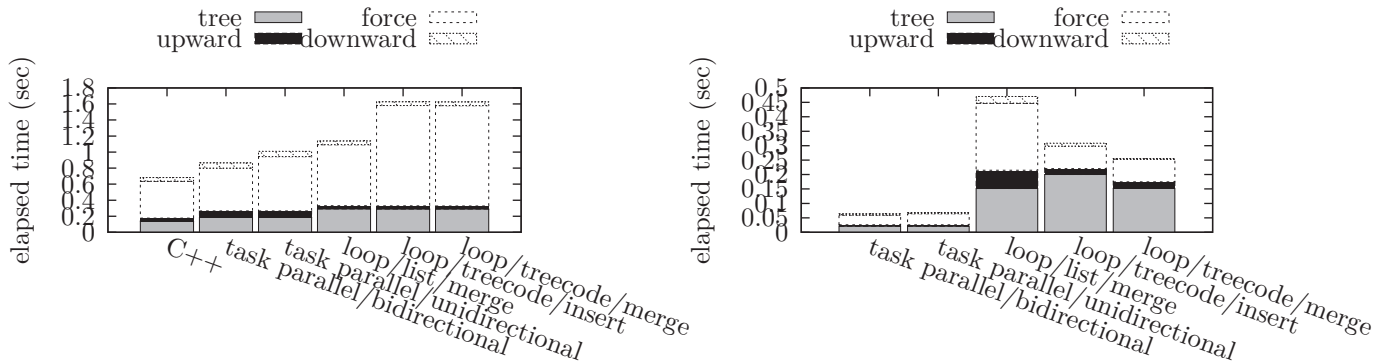


図3 Sandy Bridge 上での各フェーズの実行時間

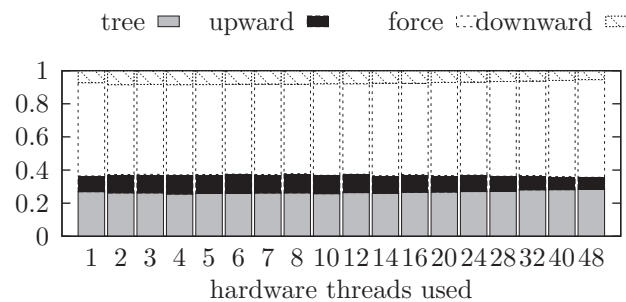


図4 各台数での、各フェーズの実行時間が占める割合

- **recursive:** 分割統治による木生成 (MassiveThreads)
- **insertion:** 粒子の挿入による木生成 (OpenMP)
- **merge:** 木のマージによる木生成 (OpenMP)
- ・ 相互作用計算
  - **bidirectional:** Dual tree traversal. 作用反作用を利用した相互作用 (MassiveThreads)
  - **unidirectional:** Dual tree traversal. MassiveThreads)
  - **treecode:** 各粒子ごとに木操作を並列に行う treecode (OpenMP)
  - **list:** 相互作用リストを逐次的に計算し実際の計算を並列化する手法 (OpenMP)

左は 1 コア, 右は 16 コアでの実行時間である. MassiveThreads による実装は, 1 コアでも高速だが, 並列化した時に他の手法との差が顕著になる. 他の手法は木の生成のスケーラビリティに問題があることがわかる.

図 4 は 1 ステップの経過時間中, 各フェーズの占める時間の割合が, コア数に応じてどう変化するかを示している. グラフから明らかなようにコア数が変わっても殆ど内訳が変化しておらず, 各フェーズの台数効果がほぼ同様であることがわかる. 図 5 がその台数効果をフェーズ毎に示したものである.

#### 4 基盤センター業務・教育関連活動

- ・ 例年通り, スーパーコンピューティング部門の一員として, PC クラスタシステム (HA8000) や, MPP (FX10) の運用に関わる業務活動へ, 講義などの重複がない限り参加した.
- ・ その一環として障害が多発している Lustre ファイルシステムの安定化に向けた, 業者との会合に参加して意見を述べた.
- ・ Post T2K システムの導入に関する議論に参加するとともに, その前に試験的に導入されるメニーコアプラットフォームの仕様策定委員会に参加した.

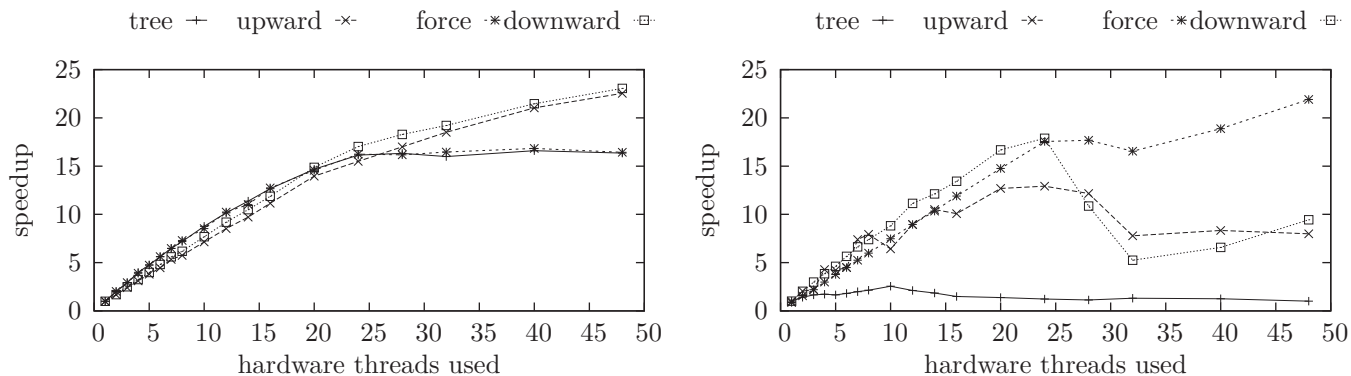


図5 Speedup on 24 core (48 hardware threads) Nehalem machine

- ・ 教育活動の一貫として、情報理工学系研究科電子情報学専攻で担当する講義「並列分散プログラミング」において、各種プログラミングモデル (OpenMP, TBB, MPI, UPC, Chapel, MapReduce) の講義を、実習を含めて行った。その中で FX10 での実習機会を設けた。

## 5 成果要覧

### 査読付論文

- [査読付 1] Ting Chen and Kenjiro Taura. A comparative study of data processing approaches for text processing workflows. In *Proceedings of Many-Task Computing on Grids and Supercomputers*, pages 1260–1267, 2012.
- [査読付 2] Ting Chen and Kenjiro Taura. Paralite: Supporting collective queries in database system to parallelize user-defined executable. In *Proceedings of the 2012 12th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (ccgrid 2012)*, pages 474–481, 2012.
- [査読付 3] Miki Horiuchi and Kenjiro Taura. Acceleration of data-intensive workflow applications by using file access history. In *Proceedings of the 7th Workshop on Workflows in Support of Large-Scale Science*, pages 157–165, 2012.
- [査読付 4] Jun Nakashima, Sho Nakatani, and Kenjiro Taura. Design and implementation of a customizable work stealing scheduler. In *Proceedings of International Workshop on Runtime and Operating Systems for Supercomputers*, 2013. (to appear).
- [査読付 5] Jun Nakashima and Kenjiro Taura. Massivethreads: A thread library for high productivity languages. In *Proceedings of Concurrent Objects and Beyond — From Theory to High-Performance Computing*, 2012. (to appear).
- [査読付 6] Kenjiro Taura, Jun Nakashima, Rio Yokota, and Naoya Maruyama. A task parallelism meets fast multipole methods. In *Proceedings of Workshop on Latest Advances in Scalable Algorithms for Large-Scale Systems (ScalA)*, pages 617–625, 2012.
- [査読付 7] 堀内美希 and 田浦健次郎. 広域分散ファイルシステムのための適応的な先読み手法. In 先進的計算基盤システムシンポジウム, 2012.
- [査読付 8] 堀内美希 and 田浦健次郎. 広域分散ファイルシステムのための適応的な先読み手法. 情報処理学会論文誌コンピュータシステム (ACS), 5(5):128–137, 2012.
- [査読付 9] 大筒裕之, 中島潤, and 田浦健次郎. タスク並列処理系における cpu の利用効率に着目したスケジューリング手法. In 先進的計算基盤システムシンポジウム (萌芽論文), 2013. (to appear).



[査読付 10] 林伸也 and 田浦健次郎. 文字列検索における圧縮インデックス構築の省メモリな並列化手法. In 先進的計算基盤システムシンポジウム (萌芽論文), 2013. (to appear).

## 公開ソフトウェア

[公開 1] GXP grid & cluster shell. <http://www.logos.ic.i.u-tokyo.ac.jp/gxp/>.

[公開 2] MassiveThreads: a lightweight thread library for high productivity languages. <http://code.google.com/p/massivethreads/>.

[公開 3] cpulock: a small utility to exclusively assign cpus to processes. <http://code.google.com/p/cpulock/>.

[公開 4] textshot: a very simple csv-like format and its converter to slog2 format for event visualization using jumpshot-4. <http://code.google.com/p/textshot/>.

## その他の発表論文

[発表 1] Ting Chen and Kenjiro Taura. Data-intensive text processing workflows with a parallel database system. In 研究報告ハイパフォーマンスコピーティング (*HPC*), volume 2012-HPC-135, 2012.

[発表 2] ワークフローアプリケーション基盤としての並列 DB の性能評価. 中谷翔 and ting chen and 田浦健次郎. In 研究報告ハイパフォーマンスコピーティング (*HPC*), volume 2012-HPC-135, 2012.

[発表 3] 河野瑛 and 田浦健次郎. タスク並列モデルを用いた tree-based amr の評価. In 研究報告ハイパフォーマンスコピーティング (*HPC*), volume 2012-HPC-135, 2012.

[発表 4] 秋山茂樹 and 田浦健次郎. 軽量マルチスレッディング向け大域アドレス空間ライブラリ. In 研究報告ハイパフォーマンスコピーティング (*HPC*), volume 2012-HPC-135, 2012.

[発表 5] 池上克明 and 田浦健次郎. 分散メモリ環境上におけるタスク並列処理系 massivethreads/dm に対する共有メモリ環境上での模擬評価. In 研究報告ハイパフォーマンスコピーティング (*HPC*), volume 2012-HPC-135, 2012.

[発表 6] 中島潤, 中谷翔, and 田浦健次郎. スケジューリング方針をカスタマイズ可能な軽量スレッド処理系の提案. In 研究報告ハイパフォーマンスコピーティング (*HPC*), volume 2012-HPC-135, 2012.

[発表 7] 中澤隆久 and 田浦健次郎. Bitonic sort の高速な並列化. In 研究報告ハイパフォーマンスコピーティング (*HPC*), volume 2012-HPC-135, 2012.

[発表 8] 田浦健次郎, 中島潤, 横田理央, and 丸山直也. Exafmm のタスク並列処理系 massivethreads による並列化とその評価. In 研究報告ハイパフォーマンスコピーティング (*HPC*), volume 2012-HPC-135, 2012.

[発表 9] 堀内美希 and 田浦健次郎. ファイルアクセス履歴を用いたデータ集約的ワークフローアプリケーションの高速化. In 研究報告ハイパフォーマンスコピーティング (*HPC*), volume 2012-HPC-135, 2012.

[発表 10] Nan Dun, Jun Nakashima, and Kenjiro Taura. Porting massivethreads thread library to fx10 supercomputer system. In 第 194 回 ARC・第 137 回 *HPC* 合同研究発表会 (*HOKKE-20*), 2012.

[発表 11] Jun Nakashima An Huynh and Kenjiro Taura. A performance analyzer for task parallel applications based on execution time stretches. In 先進的計算基盤システムシンポジウム (ポスター), 2013. (to appear).

[発表 12] 菊地悠平 and 田浦健次郎. Cellsql: 大規模データ処理のための表計算ソフトウェア. In 先進的計算基盤システムシンポジウム (ポスター), 2013. (to appear).

## 特記事項

[特記 1] プログラム委員 SC2012

[特記 2] プログラム委員 (トラックチェア), SACSIS2012 先進的計算基盤システムシンポジウム, 神戸国際会議場, 5 月 16-18 日, 2012 年.

## 参考文献

- [1] Josh Barnes and Piet Hut. A hierarchical  $O(N \log N)$  force-calculation algorithm. *Nature*, 324(6096): 446–449, December 1986.
- [2] Walter Dehnen. A Hiesrarchical  $O(N)$  Force Calculation Algorithm. *Journal of Computational Physics*, 179(1):27–42, June 2002.
- [3] James Dinan, Sriram Krishnamoorthy, D. Brian Larkins, Jarek Nieplocha, and P. Sadayappan. Scioto: A framework for global-view task parallelism. In *Proceedings of the 2008 37th International Conference on Parallel Processing, ICPP '08*, pages 586–593, Washington, DC, USA, 2008. IEEE Computer Society.
- [4] Kayvon Fatahalian, Daniel Reiter Horn, Timothy J. Knight, Larkhoon Leem, Mike Houston, Ji Young Park, Mattan Erez, Manman Ren, Alex Aiken, William J. Dally, and Pat Hanrahan. Sequoia: programming the memory hierarchy. In *Proceedings of the 2006 ACM/IEEE conference on Supercomputing, SC '06*, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [5] Tasuku Hiraishi, Masahiro Yasugi, and Seiji Umatani. Evaluation of the tascell dynamic load balancing framework in widely distributed and many-core environments. In *Symposium on Advanced Computing Systems and Infrastructures*, volume 2011, pages 55–63, may 2011.
- [6] Tasuku Hiraishi, Masahiro Yasugi, Seiji Umatani, and Taiichi Yuasa. Backtracking-based load balancing. In *Proceedings of the 14th ACM SIGPLAN symposium on Principles and practice of parallel programming, PPOPP '09*, pages 55–64, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [7] Rafael Mendes, Lauro Whately, Maria Clicia de Castro, Cristiana Bentes, and Claudio Luis Amorim. Runtime system support for running applications with dynamic and asynchronous task parallelism in software dsm systems. In *Proceedings of the 18th International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing*, pages 159–166, Washington, DC, USA, 2006. IEEE Computer Society.
- [8] Jaswinder Pal Singh, Chris Holt, Takashi Totsuka, Anoop Gupta, and John Hennessy. Load Balancing and Data Locality in Adaptive Hierarchical N-Body Methods: Barnes-Hut, Fast Multipole, and Radiosity. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 27(2):118–141, June 1995.
- [9] R. Yokota and L. A. Barba. A tuned and scalable fast multipole method as a preeminent algorithm for exascale systems. *International Journal of High Performance Computing Applications*, pages 1094342011429952–, January 2012.

# 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に大別される。

**GPU等の並列計算ハードウェアを用いたプログラム高速化に関する研究** 昨年に引き続き、主に有限要素法や疎行列ベクトル積を対象としてGPUを用いたプログラム高速化に取り組んだ [発表1, 発表2, 発表4, 発表5, 発表6, 発表9, 査読付1]。また最新の並列計算ハードウェアであるMICについてもあらたな実装の対象として取り組みを始めた [発表10]。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」(研究代表者:佐藤三久教授)、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」(研究代表者:中島研吾教授)[発表11, 発表12, 発表14, 発表17, 発表19, 発表20]、および日立製作所中央研究所との共同研究 [発表13, 発表15, 発表18]の一部として実施した。9月上旬から11月上旬にかけての二ヶ月間は共同研究プロジェクトの一環としてフランス側拠点の1つであるボルドー大学/INRIA Bordeaux に滞在し、実行時フレームワーク StarPU を用いた有限要素法の実装について研究を行った。

**GPUプログラミング環境と省電力化に関する研究** 昨年度に引き続き、GPU向けのOpenMP処理系OMPCUDAに関する研究を中心に、GPUプログラミング環境と省電力化に関する研究を行った [発表7, 発表8]。本活動の一部はJST CRESTプロジェクト「ULP-HPC:次世代テクノロジーのモデル化・最適化による超低消費電力ハイパフォーマンスコンピューティング」(研究代表者:松岡聡教授)の一部として実施した。

スーパーコンピュータ、高性能計算、GPGPU/CAE/HPCの啓蒙や教育などに関するその他の活動  
情報基盤センターにおける計算機システムの仕様策定と導入および運用支援に関わり、スーパーコンピュータシステムの導入に際しては国内研究会における報告 [発表3] を行った。ISC'12およびSC12における各種プロジェクトや情報基盤センターの紹介等の展示活動に参加した。スーパーコンピュータシステムの見学対応などの活動を行った。プログラム委員 [特記1, 特記2, 特記3] や理事 [特記4] としてCAE/HPCに関する学会活動を行った。文部科学省「将来のHPCIシステムのあり方の調査研究」において採択された課題「レイテンシコアの高度化・高効率化による将来のHPCIシステムに関する調査研究」(平成24-25年度)において、東京大学と富士通株式会社を中心としたチームに参加し、2018年頃の設置を目指した並列システムの実現を汎用型プロセッサからのアプローチで行うフィージビリティ・スタディに携わった。この中で、株式会社日立製作所と共同でアプリケーション性能予測に関する研究を実施した [発表16]。

本報告の残りの部分では「GPU等の並列計算ハードウェア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を用いた有限要素法

### 2.1 背景

GPU(Graphics Processing Unit)は高度な画像処理のために発展してきたハードウェアである。CPUに対する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や、消費電力あたりや占有体積あたりの演算性能がCPUよりも高いことがあげられる。また製品のグレードにも依存するが安価な価格(CPUと同程度の価格)で容易に入手できることがあげられる。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に対するGPUの搭載も進んでおり、2012年11月のスーパーコンピュータランキングTOP500では上位100システム中の20システムがGPUなどのアクセラレータを活用している。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分野において大きな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が運用しているスーパーコンピュータはいずれもGPUを搭載したシステムではない。しかし電力や設置面積の制限の中で高性能なシステムを構築する上でGPU等の既存のCPUと比べて並列演算性能の高いハードウェア(アクセラレータ)の活用は重要性を増してきている。ポストT2KやExaFLOPSスーパーコンピュータに向けてという意味でも、本情報基盤センターにおいてGPGPUに関する研究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。しかしGPUは既存のCPUとは異なる特徴を持つため、

- 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く、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の開発や実装の工夫をすること、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。

有限要素法(Finite Element Method, 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り、構造力学をはじめとする様々な分野で用いられている。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。これらの計算には一般的にGPUに適していると言われる行列やベクトルに関する処理が多く含まれており、GPUを用いたFEMの高速化に関する研究も数多く行われている。

### 2.2 内容

本テーマは昨年度以前より継続して研究を続けているテーマであり、アプリケーション実行時間の多くを占める線形方程式ソルバ(CG法)と係数行列生成を中心に、GPUを用いたFEMアプリケーションの高速化に取り組んでいる。本年度は特にStarPUを用いた実装を中心に研究を行った。

StarPUは共同研究プロジェクトに参加しているフランス ボルドー大学およびINRIA Bordeauxのグループが中心となって開発している実行時フレームワークである。StarPUは独自のクラスや関数から

なるインターフェイスを提供しており、インターフェイスに従ってプログラムを記述すれば対象の処理を計算環境に存在する CPU や GPU に適切に振り分けて実行させることができる。StarPU を用いて我々の持つ FEM アプリケーションの高速化が行えれば、StarPU を用いたアプリケーション高速化の事例として有意義である。また高速化するうえで StarPU の改良など、アプリケーション側からシステム側へのフィードバックが行われることも期待できる。

本研究においては 2 種類の FEM アプリケーションを作成した。

第一の FEM アプリケーションは OpenMP 向けに実装されたものをベースとしている。このベースプログラムは 1 プロセスが 1 問題入力ファイルを読み込み、プロセス内で OpenMP スレッドを用いた並列処理を行う。また昨年度までに GPU 対応版の実装がなされており、そこでは OpenMP により並列化が可能な処理の一部を GPU による並列計算に置き換えていた。StarPU 版の実装においても OpenMP と同様に、並列化が可能な処理の一部を StarPU における処理の単位であるタスクとして実装し、StarPU によって CPU もしくは GPU に割り当てられるようにした。次節ではこの実装を「1 入力ファイル版」と呼ぶことにする。

第二の FEM アプリケーションは MPI 向けに実装されたものをベースとしている。このベースプログラムは複数 (2 のべき乗) プロセスがそれぞれ 1 問題入力ファイルを読み込み、プロセス間で通信を行いながら並列処理を行う。ベースプログラムはプロセス内の計算を逐次処理しているが、各プロセスは 1 入力ファイル版と同じような処理を行うため、プロセス内の各計算を OpenMP 等で並列化することも難しくない。StarPU 版の実装に先立ち、MPI による並列処理を OpenMP に書き換えたプログラムを作成し、それをベースにして StarPU 版の実装を行った。これは StarPU によるメモリの管理等の処理が MPI プログラムよりも OpenMP プログラムをベースにした方がわかりやすく実装しやすかったためである。次節ではこの実装を「複数入力ファイル版」と呼ぶことにする。

## 2.3 具体的成果

StarPU を用いて FEM アプリケーションの実装を行い、性能評価を行った。対象問題の問題サイズについては節点数  $80 \times 80 \times 80$  とした。実験環境としては、Xeon X5650 (Westmere-EP アーキテクチャ) と Tesla C2050 (Fermi アーキテクチャ) をそれぞれ 2 基搭載した計算機を用いた。主なソフトウェアのバージョンは以下の通りである：gcc 4.4.6, cuda 4.2, StarPU 1.0.4。

性能評価結果を図 1 に示す。

第一の実装である「1 入力ファイル版」の性能については、図 1 の棒グラフの左から 3 本がそれぞれ StarPU を用いない実装、StarPU CPU1 ソケット (4 コア)+GPU2 基、StarPU CPU2 ソケット (10 コア)+GPU2 基、の性能を示している。これらのグラフから、全体的に StarPU を用いた際の性能があまり良くないことがわかる。特に CG 法の実行時間を見ると、全く同一のプログラムではないとはいえ、StarPU を用いない実装と比べて倍以上の時間がかかっており、これでは StarPU を使う意味が無い。また CPU2 ソケットを使ってもほとんど性能向上が得られていない。実行時間が長い原因の一部は StarPU 内部で行われている GPU の初期化やデータ転送などに起因するものと考えられるが、より具体的な原因の究明や解決には至っていない。

続いて、「複数入力ファイル版」の性能について示す。こちらの実装については StarPU を用いず GPU を用いた実装が存在しないため、ベースとなっている MPI 版、StarPU 実装の参考に作成した OpenMP 版、そして StarPU 版 (1CPU ソケットおよび 2CPU ソケット) について性能を比較した。図 1 の右側 4 本のグラフにそれぞれの性能を示す。これらのグラフから、StarPU を用いた実装は MPI 版や OpenMP 版と比べて良い性能が得られたことがわかる。しかし CPU を 2 ソケット用いた場合にはむしろ性能が低下してしまっている。この性能低下の理由については、CPU コアが別の CPU ソケットに接続されているメインメモリへアクセスしてしまうことがあるためではないか、と予想されている。また StarPU を用いず GPU を用いた実装が存在しないため、これを実装して性能比較を行うべきである。

以上のように、現時点では StarPU による性能向上は限定的である。そのため、性能可視化の結果を

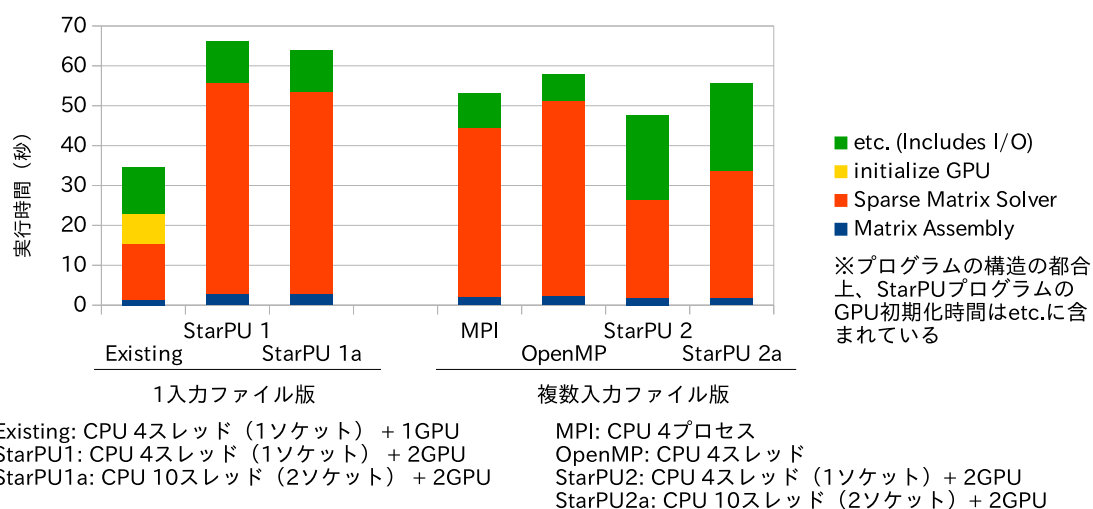


図 1: StarPU による FEM アプリケーションの性能

参考にするなどしてさらなる性能向上を目指している。次年度も継続して研究を進める予定である。

### 3 疎行列ベクトル積

#### 3.1 背景

疎行列ベクトル積 (SpMV) は零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。SpMV は前章の FEM アプリケーションにおいてアプリケーション中で最も時間のかかる処理として高速化の対象となっていたように、多くの科学技術アプリケーションにおいてその性能に大きく影響する計算であり、高速化への要求は大きい。

SpMV は実装方法と対象行列にもよるが、不連続なメモリアクセスを必要とする計算であり、CPU にとっても GPU にとっても高い性能を得にくい計算である。SpMV 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が、大規模な疎行列を密行列のような方法で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。そもそもメモリに乗り切らない場合も多い。そのため零要素を削除したデータ構造 (行列格納形式) を用いて計算を行うのが一般的である。しかし格納形式と対象問題の非零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。そのため SpMV に関する研究は、CPU・GPU を問わず、行列格納形式と実装方法それぞれの面から盛んに行われている。

#### 3.2 内容

昨年度に引き続き、行ごとの非零要素数に偏りがある行列に適した GPU 向け SpMV 実装について研究を行った。また本年度は新たに CPU や後述するメニーコアプロセッサを用いた実装についても取り組みを始めた。

行ごとの非零要素数に偏りがある行列に適した GPU 向け SpMV 実装については、独自の手法である BSS-PC 法の研究を行った。BSS-PC(branchless segmented scan with pre-calculated counter) 法は前年度に開発を行っていた IBSS 法とほぼ同一のものであるが、内部実装に細かい最適化を施し、論文投稿時に名前を変更した。

一方、本年度は新しい並列計算ハードウェアである MIC (Many Integrated Core) を用いた研究も行っ

た。MIC は多数の単純な計算コアを多数備えたハードウェアである。各コアは GPU 上の計算コアより複雑高機能であるが、既存の CPU より単純であり、GPU のような高い並列計算性能と既存の CPU のような汎用性の双方を活用できるものとして注目されている。今年度は幾つかのプログラムを作成して性能評価と最適化実装法の調査を行った。次年度も引き続き、MIC を用いた研究を継続する予定である。

### 3.3 具体的成果

IBSS 法/BSS-PC 法については、昨年度の年報にある程度の情報を掲載していることおよび論文投稿作業を行っているため、詳細な実装や性能に関する記述は割愛する。

MIC については、実施した性能評価結果の一部を報告する。

MIC は多数の計算コアを適切に活用することで高い演算能力やメモリ転送性能を得られるとされており、また既存の CPU と同様のプログラムを記述して利用可能であるため活用が容易であるとされている。しかし利用実績に乏しいため、具体的にどのようなプログラムを記述すればどれだけの性能が得られるか、といった情報は不足している。そこで、メモリ性能を測定する STREAM ベンチマーク、演算性能を測定する行列積、SpMV プログラムなどの性能を測定した。その際、メモリの確保方法などプログラム記述をいくつか変えて性能を比較した。また行列積と SpMV については既存のライブラリとも性能を比較した。

STREAM ベンチマークについては、メモリの確保法、利用するスレッド数、スレッドとコアの割り当て（アフィニティ）を様々に変更して性能を測定した。その結果、スレッド数を物理コアの3倍もしくは4倍使用し、HUGE\_TLB 設定を行ってページテーブルサイズを大きくし、balanced アフィニティを用いると良いことがわかった。これに加えて、AVX 命令やプリフェッチを用いることでさらに若干の性能向上が行えることが確認できている。

行列積の性能については、既存の CPU 向けの最適化手法も参考にしつつ様々な実装方法を試した。その結果、一辺の長さが 1024 の正方行列同士の乗算において AVX 命令を用いて 90GB/s 程度の性能が得られた。一方で MKL ライブラリを用いると同じ問題に対して 200GB/s を越える性能が得られることが確認できている。最適化実装についてさらなる調査が必要である。

SpMV の性能については図 2 に性能調査結果の一部を示す。いずれの性能が最も良いかは行列によって異なっており、状況に合わせた適切なプロセッサの選択が重要であると言える。

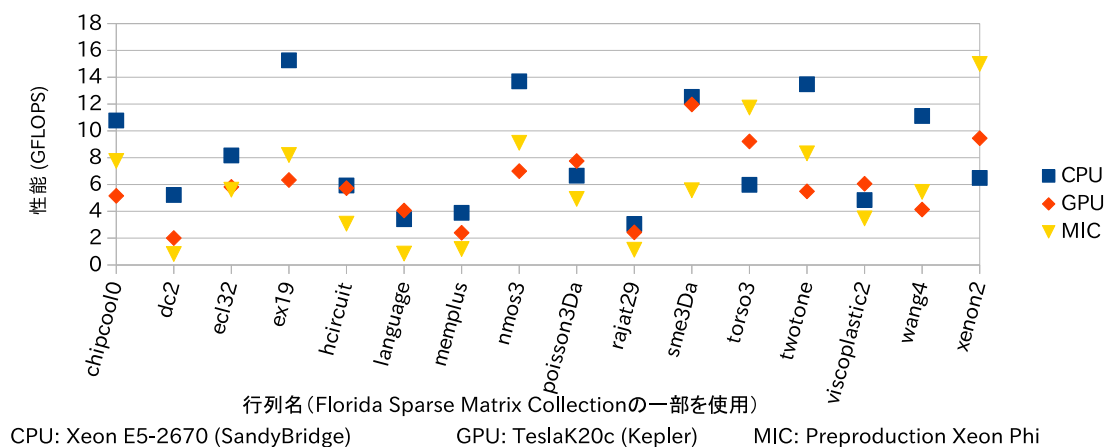


図 2: CPU, GPU, MIC を用いた SpMV の性能

## 4 成果要覧

### 査読付論文

- [査読付 1] Satoshi OHSHIMA, Masae HAYASHI, Takahiro KATAGIRI, Kengo NAKAJIMA: Implementation and Evaluation of 3D Finite Element Method Application for CUDA, Lecture Notes in Computer Science, vol.7851, pp.140-148, 2013. (in press)
- [査読付 2] Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Mitsuyoshi Igai, Satoshi Ohshima, Hisayasu Kuroda, Ken Naono, Kengo Nakajima: Control Formats for Unsymmetric and Symmetric Sparse Matrix-vector Multiplications, 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR'2012) Proceedings of VECPAR'2012, July 2012.
- [査読付 3] Ken Naono, Takahiro Katagiri, Takao Sakurai, Mitsuyoshi Igai, Satoshi Ohshima, Hisayasu Kuroda, Shoji Itoh, Kengo Nakajima: A Fully Run-time Auto-tuned Sparse Iterative Solver with OpenATLib, The 4th International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS2012), Proceedings of ICIAS2012, June 2012.
- [査読付 4] Satoshi Ito, Satoshi Ohshima, Takahiro Katagiri: SSG-AT: An Auto-tuning Method of Sparse Matrix-vector Multiplication for Semi-Structured Grids - An Adaptation to OpenFOAM -, Special Session of Special Session: Auto-Tuning for Multicore and GPU (ATMG), Proceedings of 2012 IEEE 6th International Symposium on Embedded Multicore SoCs (MCSoc2012), pp.191-197, September 2012.

### その他の発表論文

- [発表 1] Satoshi OHSHIMA: Acceleration of FEM Application for GPU, 1st Joint CREST WS Toudai and RIKEN, RIKEN AICS (Kobe), May 24-25, 2012.
- [発表 2] 大島聡史, 伊東聡, 片桐孝洋, 中島研吾: 行列格納形式の変換を考慮した GPU 向け疎行列ソルバの開発, GTC JAPAN 2012, 東京ミッドタウンホール&カンファレンス, 7月26日(木), 2012年. (ポスター発表)
- [発表 3] 大島聡史, 實本英之, 鴨志田良和, 片桐孝洋, 田浦健次朗, 中島研吾: 大規模超並列スーパーコンピューターシステム Oakleaf-FX(FUJITSU PRIMEHPC FX10)の性能評価, 情報処理学会 研究報告(HPC-135), 7月25日発行 (Vol.2012-HPC-135 No.43), SWoPP2012 鳥取, とりぎん文化会館, 8月1日(水)-3日(金), 2012年.
- [発表 4] 大島聡史: GPU を用いた疎行列ベクトル積計算の最適化, 日本応用数理学会 2012 年度年会, 稚内全日空ホテル, 8月28日(火)-9月2日(日), 2012年.
- [発表 5] Satoshi OHSHIMA: Implementation of fast FEM library for GPU, International Workshop on Software for Peta-scale Numerical Simulation (SPNS2012), Academic Center for Computing and Media studies (North building), Kyoto University, December 6-7, 2012.
- [発表 6] 大島聡史: StarPU を用いた FEM アプリケーションの最適化, 自動チューニング研究会アカデミックセッション, 東京大学柏キャンパス情報基盤センター, 12月10日(月), 2012年.
- [発表 7] 大島聡史: GPU プログラム最適化のための指示文を用いたチューニング機構の開発, 第4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 山上会館, 12月25日(火), 2012年.



- [発表 8] 大島聡史, Luo Cheng, 平澤将一, 片桐孝洋, 須田礼仁, 本多弘樹: 超低消費電力高性能計算に向けた取り組み, 第 54 回プログラミング・シンポジウム, ラフォーレ強羅, 1 月 11 日 (金) -13 日 (日), 2013 年.
- [発表 9] Satoshi Ohshima, Takahiro Katagiri, Kengo Nakajima, Samuel Thibault, Raymond Namyst: Implementation of FEM Application on GPU with StarPU, SIAM CSE13, The Westin Boston Waterfront (Boston, Massachusetts), February 25-March 1, 2013.
- [発表 10] Satoshi Ohshima: Effective SpMV Implementation on Modern Parallel Architectures, 2013 Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High Performance Scientific Computing, National Taiwan University (Taipei), March 27-29, 2013.
- [発表 11] 片桐孝洋, 大島聡史, 伊東聡: ppOpen-HPC のための自動チューニング基盤 ppOpen-AT の開発, 第 17 回計算工学講演会, OS16 自動チューニング技術の最新研究動向, 計算工学講演会論文集, Vol.17, 2012 年 5 月.
- [発表 12] 伊東聡, 大島聡史, 片桐孝洋: ppOpen-AT における OpenFOAM 高速化の取り組み, 第 17 回計算工学講演会, OS16 自動チューニング技術の最新研究動向, 計算工学講演会論文集, Vol.17, 2012 年 5 月.
- [発表 13] 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 伊藤祥司, 猪貝光祥, 大島聡史, 黒田久泰, 直野健, 中島研吾, 収束障害 (Fault Convergence): 数値計算ソフトウェアにおける新しい安全性の概念, 情報処理学会研究報告 HPC-134, 2012 年 6 月.
- [発表 14] 片桐孝洋, 片桐孝洋, 伊東聡, 大島聡史: ポストペタスケール環境のための自動チューニング基盤 ppOpen-AT の新機能について, 日本応用数理学会 2012 年度年会, 正会員主催 OS: ソフトウェア自動チューニング研究最前線 2012 - ポストペタスケールへの適用とエクサスケールへ向けて -, 2012 年 8 月.
- [発表 15] 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥, 大島聡史, 伊藤祥司: Xabclib: ソルバ・前処理自動選択機能を備えた疎行列ライブラリ, 日本応用数理学会 2012 年度年会, 正会員主催 OS: ソフトウェア自動チューニング研究最前線 2012 - ポストペタスケールへの適用とエクサスケールへ向けて -, 2012 年 8 月.
- [発表 16] 片桐孝洋, 大島聡史, 中島研吾, 米村崇, 熊洞 宏樹, 樋口 清隆, 橋本昌, 高山恒一, 藤堂 眞治, 岩田 潤一, 内田 和之, 佐藤正樹, 羽角博康, 黒木聖夫: レイテンシコアの高度化・高効率化による将来の HPCI システムに関する調査研究のためのアプリケーションと性能評価, 情報処理学会研究報告 2012-HPC-137, 第 194 回 ARC・第 137 回 HPC 合同研究発表会 (HOKKE-20), 2012 年 12 月.
- [発表 17] Takahiro Katagiri, Satoshi Ohshima, Satoshi Ito: ppOpen-AT: An Auto-tuning Language for ppOpen-HPC —Its New function and Impact to Application Software, TIMS Workshop on State-of-the-Art Technologies for High Performance Computing Software Auto-Tuning (in conjunction with EASIAM 2012), June 2012.
- [発表 18] 櫻井隆雄, 片桐孝洋, 直野健, 黒田久泰, 中島研吾, 猪貝光祥, 大島聡史, 伊藤祥司: 疎行列計算ライブラリ向け前処理・解法自動選択方式の提案, 2012 年並列/分散/協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012), 2012 年 8 月.

- [発表 19] Takahiro Katagiri, Satoshi Itoh, Satoshi Ohshima: Early Experience of Adaptation of ppOpen-AT: An Auto-tuning Description Language, SIAM Conference on Computational Science & Engineering (CSE13), MS153, Auto-tuning Technologies for Tools and Development En-vironmental Extreme-Scale Scientific Computing - Part I of III (Organizer: Takahiro Katagiri (University of Tokyo, Japan), Osni A. Marques (Lawrence Berkeley National Laboratory, USA), Leroy A. Drummond (Lawrence Berkeley National Laboratory, USA), Hiroyuki Takizawa (Tohoku University, Japan)), February 2013.
- [発表 20] Takahiro Katagiri, Satoshi Itoh, Satoshi Ohshima: Early Experiences of Adaptation of ppOpen-AT: Towards Performance Portability for Exa-flops Era, 2013 Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High Performance Scientific Computing, March 2013.

#### 特記事項

- [特記 1] プログラム委員, SACSIS2012 先進的計算基盤システムシンポジウム, 神戸国際会議場, 5月16-18日, 2012年.
- [特記 2] WEB support Chair, International Workshop on Software for Peta-scale Numerical Simulation (SPNS2012), Academic Center for Computing and Media studies (North building), Kyoto University, December 6-7, 2012.
- [特記 3] プログラム委員, HPCS2013 2013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, 東京工業大学 蔵前会館 くらまえホール, 1月15-16日, 2013年.
- [特記 4] 理事, オープン CAE 学会, 2012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。このためエクストリームスケール環境に対応するための手法について検討する。

- 容易に耐故障性を実現するアプリケーションチェックポイントフレームワーク

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、アプリケーション毎に適したアルゴリズムを適用することが重要である。故障対応アルゴリズムの一つであるチェックポイント／リスタートもアプリケーションからのアドバイスをを用いることにより、チェックポイントデータ量、並列プロセスの一貫性保証において最適化が可能になるが、アプリケーションの構造により決定する一貫性保証アルゴリズムによってチェックポイントの位置を決めてしまうと、本来実行環境といった外的要因から算出される最適なチェックポイント間隔を適用しづらくなってしまふ。このため、一貫性保証アルゴリズムとチェックポイント間隔最適化アルゴリズムを併用可能な仕組みを提案した。

## 2 容易に耐故障性を実現するアプリケーションチェックポイントフレームワーク

### 2.1 背景

大規模 HPC 環境では、要素数の増加や、高密度低電力実装の影響により、システムの故障率は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。故障対応をアプリケーションプログラマやアプリケーションユーザに実装させるのはコストが高く、システム側で自動的に故障に対応し、アプリケーション側に問題が波及するのを防ぐ仕組みとしてシステムレベルの耐故障機能が提案された。この手法の一例として、システムレベルチェックポイント／リスタートが多くの大規模 HPC 環境で利用されはじめている。これはアプリケーションのスナップショットを定期的に保存（チェックポイント）し、故障時はスナップショットからの再開（リスタート）を行うことにより対応する手法である。

しかしながらエクストリームスケールの HPC 環境を実現するに当たり、従来の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、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ふ。再度例としてチェックポイント／リスタートをあげると、

チェックポイントのコストもしくは、リスタートにかかる時間および、チェックポイントから故障時まで再実行する時間が平均故障間隔を上回ると、プログラムの実行が進まないという現象が起こる。これを防ぐために差分チェックポイントやチェックポイント先の適切な選択、チェックポイント周期の最適化によりシステムによる故障対応を維持したまま、チェックポイントコストを削減するという研究も行われた。

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、アプリケーション毎に適したアルゴリズムを適用することが重要である。チェックポイント／リスタートにおいては以下の様な最適化が考えられる。

**チェックポイントデータ量の削減** アプリケーションプログラマはプロセスを復旧するために最低限度必要なデータを判別することが可能である。このため、チェックポイントデータ量の削減、これによる書き込み／読み込み時間を短縮することが可能である。

**一貫性保証アルゴリズムの容易化** 並列プロセスのチェックポイントでは、それぞれのプロセスが作成するチェックポイントに一貫性が保証されている必要があるが、チェックポイントを行う位置を調整することにより最小限とすることが出来る。

しかし、このようなアプリケーション毎の最適化は、アプリケーションプログラマに故障対応に関する知識を要求しコストが大きい。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行う必要がある。特に、後者を実現するためのチェックポイントを一貫性を保持したまま行う事が可能な位置の指定については明確な指針を設ける必要がある。また指定した位置を選抜し、最適な量のチェックポイントを行う事について、チェックポイント頻度は故障率やデータ転送時間等の環境によって決まるパラメータであり、システム側からのサポートを受けながら決定する必要がある。

本研究では、反復計算を主とする科学技術計算を対象として、チェックポイント／リスタートを容易に実装するアドバイス・ライブラリを提案する。これは、一昨年度おこなった、アドバイスを容易に記述できるフレームワークを用いた提案をおこなった。この際に、一貫性保証アルゴリズムと、チェックポイント頻度算出アルゴリズムの両方を、適用可能であることを目標とする。

## 2.2 内容

チェックポイントアルゴリズムを検討するに当たり、対象とするアプリケーションを反復計算を主とする科学技術計算とした。これは、気象シミュレーション等に利用される科学技術計算では代表的なアプリケーションで、単位時間に対して複数のソルバーによる計算を行い、計算結果を並列ジョブ構成プロセス間で遣り取りしデータを更新、これを元に再び次の時間ステップの計算を行うという構造のものとする。このようなアプリケーションは単位時間を制御変数としたループで構成されている。この制御変数の数値のことを以降反復番号と呼ぶことにする。以上の構造を前提とすることで、一貫性保証、チェックポイント間隔の変更を軽量に行うことが可能となる。

### 2.2.1 設計／一貫性保証

前述のアプリケーションを対象としたとき、一貫性のあるチェックポイントを作成するためには、全ての並列プロセスが同じ反復番号をもち、送信者がメッセージを送る前かつ受信者がメッセージを受け取る前(図 1:1)、もしくは、送信者がメッセージを送った後かつ、受信者がメッセージを受け取った後(図 1:2)の位置でプロセスがそれぞれチェックポイントを行えばよい。このような通信の対応は、MPIに代表される SPMD 型のアプリケーションでは通信関数がほぼ同じ場所にまとめられておりわかりやすく、チェックポイント候補の選出は容易である。このため、アプリケーションプログラマがこ

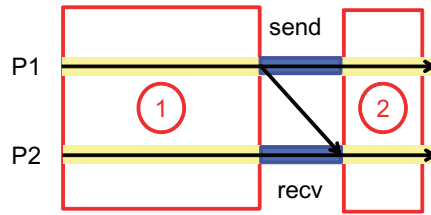


図 1: 一貫性が保証可能なチェックポイント位置

これらの候補位置を指示するアノテーションを記述することができれば、容易にチェックポイントデータの一貫性を取ることができる。

今回は最適化計算と実装の単純化のために、チェックポイント対象のループ毎に最大 1 回のチェックポイントを行うこととする。なお、本手法では、すべての並列ジョブ構成プロセスの反復番号が同じ状態で生み出されたチェックポイントのみが一貫性を持つため、この条件を満たすチェックポイントを出力するまでは前世代のチェックポイントセットを保持しておく必要がある。

### 2.2.2 設計／最適なチェックポイント間隔の適用

最適なチェックポイント間隔の調整は、チェックポイントをすべき反復番号をすべての並列ジョブ構成プロセスが共有している必要がある。しかしながら、この反復番号を一致させるためにすべてのプロセスを同期・停止させるのはコストが大きいため、図 2 の様なシステムを提案する。本システムは、チェックポイント最適化サーバ(図下部の赤線)と並列アプリケーションプログラム(図中 P0-2)および、Fault Resilience Backbone により構成される。Fault Resilience Backbone はアプリケーション、ミドルウェア、ハードウェアを横断的に接続し、情報を送りあうバックボーンである。チェックポイントの手順は具体的には以下の様になる。

1. 並列ジョブ構成プロセスの代表がループ内の計算、チェックポイントの時間を測定する。
2. 代表プロセスは Fault Resilience Backbone に対し、測定した時間を送信する。
3. チェックポイント最適化サーバは、代表プロセスからのチェックポイント時間とハードウェアの故障率から最適間隔を計算し、各プロセスに配布する。この際、基準となる反復回数を添える。具体的には反復  $n$  回目から  $m$  回目毎という様な内容となる。
4. 全ての並列プロセスは、最適化サーバから送られた情報に基づき、チェックポイント候補地点でチェックポイントを取得する。

この際、最適間隔の受信タイミングは各プロセス毎に異なってしまふ。このため、図のように一時的に一貫性を満たさないチェックポイント群がとられてしまい、複数の世代のチェックポイントを保持しておく必要がある。しかしながら、一度、反復回数とチェックポイント位置の一致するチェックポイント群が取得できれば(図右部赤丸)それ以前のチェックポイントは削除することができる。

最適化サーバにおいては、チェックポイント/リカバリによるオーバーヘッドを最小化するようにチェックポイント頻度を最適化することを目的とし、本研究では N.Vaidya のモデルに並列アプリケーション全体の故障率、および通信帯域によるチェックポイント読み書きの変動を加味し拡張したモデルを利用する。具体的には、並列プロセスを実行するハードウェアを大きな一つの要素と考え、要素を構成するハードウェアのいずれかが故障する確率を、要素が故障する確率としてモデルを適用するものである。チェックポイントが終了してから、新たなチェックポイントを作り始めるまでの時間を  $T$  とする。このとき、チェックポイントのインターバルは  $T+C$  で示される。また故障が発生すると、リスタートのためにチェックポイントの転送が起り、そのコストは  $C$  で示せる。このとき、同期処

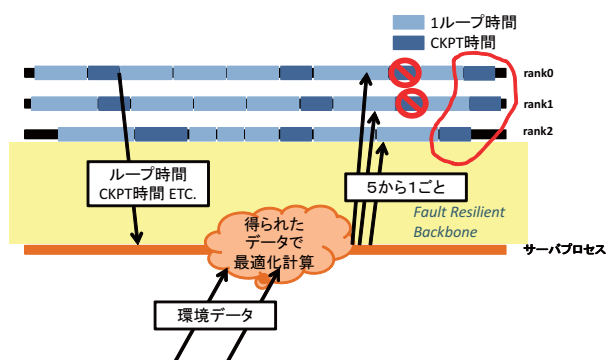


図 2: 提案システムの動作シナリオ

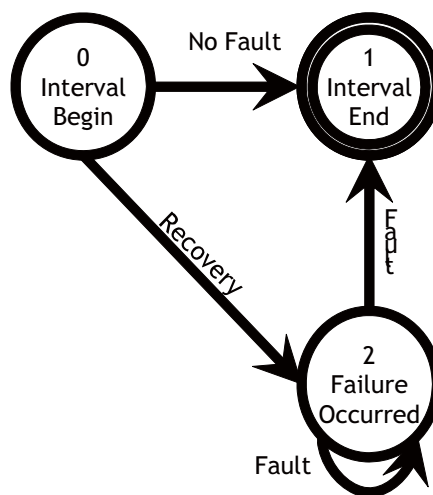


図 3: 故障復旧における 3 状態遷移マルコフモデル

表 1: アノテーションの種類

init/fini	初期化、終了処理
enable/disable	チェックポイントをする変数群とループの指定
ckpt	チェックポイントを行う位置の指定

理などのオーバーヘッドも存在するが、チェックポイントサイズが十分に大きいときは無視できる。N.Vaidya のモデルでは、チェックポイントインターバルを 3 状態のマルコフモデルで示している (図 3)。 $P_{ij}$  を  $i$  から  $j$  へ状態移動する確率、 $K_{ij}$  を  $i$  から  $j$  への状態移動に必要な時間とすると、それぞれの状態変化は以下のように示すことができる。なお、本モデルでは、計算時間、チェックポイント作成、リカバリがオーバーラップしないことを仮定している。

これを用いて、チェックポイント間隔の期待値  $\Gamma$  を示すと、

$$\begin{aligned} \Gamma &= P_{01}K_{01} + P_{02}(K_{02} + \frac{P_{22}}{1 - P_{22}}K_{22} + K_{21}) \\ &= \lambda^{-1}e^{\lambda C}(e^{\lambda(T+C)} - 1) \end{aligned} \tag{1}$$

となる。これより、チェックポイント／リカバリによるオーバーヘッドの割合を  $r(= \frac{\Gamma - T}{T})$  とし、故障発生が指数分布に従うとき、インターバルの最小値  $T_{opt}$  は

$$\begin{aligned} \frac{\partial r}{\partial T} &= 0 \\ e^{\lambda(T+C)}(1 - \lambda T) - 1 &= 0 \text{ for } T \neq 0 \end{aligned} \tag{2}$$

の解として求めることができる。

### 2.2.3 設計／利用方法

本チェックポイントはアプリケーションプログラムにアノテーションを記述するためのディレクティブを挿入することで、利用可能になる。アノテーションの種類は表 1 に示すとおりであり、実際のソースコードは図 4 のように変更する。この図における\*で示した行が元コードからの変更箇所となる。

### 2.2.4 実装／故障・復旧モデル

以上で設計したシステムを実装するに当たり、故障・復旧モデルを以下のように定めた。故障・復旧モデルは差し替えが可能となっているため、必要に応じて対応可能な故障種を強化していく

```

int main(){
  int i, data[30];
#pragma MICP init                * フレームワークの初期化
#pragma MICP enable i, data(0-29) * 以下のループで i, data[30] を
                                  * チェックポイントする

  for(iter i){
    calculate(i, data);
#pragma MICP ckpt                * チェックポイント実行候補
  }
#pragma MICP disable            * チェックポイントループの終了
#pragma MICP fini                * フレームワークの終了
}

```

図 4: アノテーションの利用方法

ことはできる。

**故障モデル** ジョブのいずれかに故障が起きたときに、ジョブ全体が確実に停止する

**復旧モデル** すべてのプロセスを終了し、あらかじめ確保しておいた冗長ノードを利用して、至近のチェックポイントからジョブ全体を再実行する。

### 2.2.5 実装／システムモジュール

実装は図 5 の様なモジュールで構成されている。白色のレイヤは一昨年度に作成したもので、耐故障システムを容易に作成するフレームワークである。そのほかのレイヤについては以下のようになっている。

**Iteration-based Checkpoint(ICP)** チェックポイント対象プロセスでアノテーションを利用して挿入する API を実装したレイヤ。大きく分けてチェックポイントを利用するためのクライアント API と、最適化サーバを構築するためのサーバ API がある。また、サーバ API を通して利用する周期最適化ルーチンは差し替え可能となっており、前述の通り、N. Vaidya の 3 状態遷移マルコフモデルを用いた最適化ルーチンが実装されている。

**Parallel Iteration-based Checkpoint for MPI(MICP)** 並列化ライブラリとして MPI を利用することが前提となった並列ジョブチェックポイントシステムレイヤ。ここでは、最適化サーバや下位レイヤで利用する管理サーバ群の起動など、複数プロセスの連携手法が記述されている。

### 2.2.6 実装／実行環境構築

スーパーコンピュータにおいて、最適化サーバ、そのほかの管理サーバと MPI ジョブを連成して実行するようスケジューラに指定するのは難しい。このため、本実装では前節 **Parallel Iteration-based Checkpoint** レイヤにて MPI ジョブが起動時に自身で管理サーバ群を起動するように実装されている。この実行環境は図 6 のように構成される。

1. 各ノードにアサインされる MPI ジョブプロセスのうち 1 プロセスが自動的に管理プロセスになる。
2. 管理プロセスは最適化サーバやアプリ・サーバ間通信手法 (FTB) の構成サーバ起動等を行う。(16 プロセスを 4CPU ノードに配布する場合、MPI アプリケーションの並列数は 22(3 クライアントプロセス+1 管理プロセスが 5 ノード、1 クライアントプロセス+1 管理プロセスが 1 ノード))

OS ジッタを考えない場合のための 4CPU ノードに 4 クライアント+1 管理をアサイン可能にするといった指定が簡易な手法を今後追加していく予定である。なお管理プロセスの作成においては当センターで開発した FX10 用 Spawn Tool を利用してノードごとに 1 プロセスの起動を保証している。

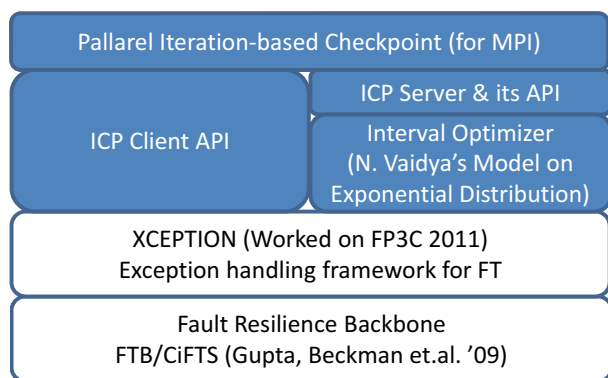


図 5: システムモジュール

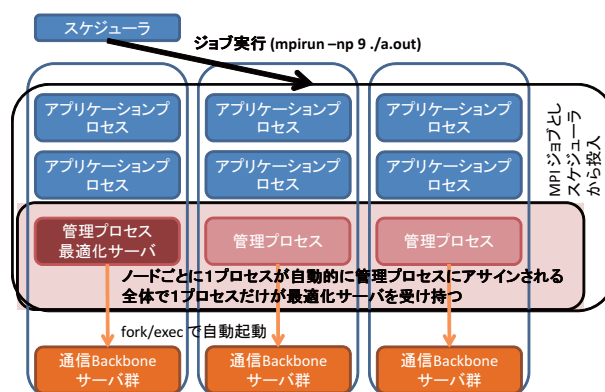


図 6: 実行環境

### 2.3 具体的成果

反復計算を主とする科学技術計算を対象として、チェックポイント/リスタートを容易に実装するフレームワークを提案、実装した。この際最適なチェックポイント頻度は、実行環境といった外的要因から決まるため、アプリケーションから与えられる一貫性保証アルゴリズムと、チェックポイント頻度算出アルゴリズムの両方を適用可能なアルゴリズムに関して提案を行った。なお、本提案に加え、通信オーバーラップ中のチェックポイントや、反復計算自体が長時間かかる場合での、より粒度の高いチェックポイントを行う手法についての素案を研究会にて発表 [発表 1] した。実装を含めた本内容については、2013年5月末に行われる HPC 研究会にて発表する予定である。加えて、本研究に共著研究である並列プロセスの部分チェックポイントアルゴリズム [発表 2] と、テネシー大学で MPI 標準化のために試験実装されている User Level Failure Mitigation を用いることで、効率の良い復旧を行うチェックポイントリスタートライブラリを実装可能となる。

## 3 成果要覧

### 査読付論文

[査読付 1] Shinichiro Takizawa, SATOSHI MATSUOKA, Masanaru Munetomo, Taizo Kobayashi, HIDEYUKI JITSUMOTO. A Virtual Machine Hosting System on e-Science Cyberinfrastructure, The 1st International Workshop on Cloud Computing and Applications (IWCCA 2012), Dec. 2012.

### その他の発表論文

[発表 1] 實本 英之, "通信オーバーラップを考慮したアプリケーションレベルチェックポイントフレームワーク", 電子情報通信学会技術研究報告 DC2012-17 Vol. 112. No 174, pp. 1-5, July 2012.

[発表 2] 轟 侑樹, 實本 英之, 佐藤 三久, 石川 裕, "パーシャルメッセージロギングを改善する耐故障性実現フレームワーク", 情報処理学会 研究報告 2012-ARC-194/HPC-137, March 2013.

[発表 3] 大島 聡史, 實本 英之, 鴨志田 良和, 片桐 孝洋, 田浦 健次朗, 中島 研吾, "大規模超並列スーパーコンピューターシステム Oakleaf-FX(FUJITSU PRIMEHPC FX10) の性能評価", 情報処理学会 研究報告 2012-HPC-135, July 2012.

### 特記事項

[特記 1] Member of Program Committee, 2nd Workshop on Fault-Tolerance for HPC at Extreme Scale (FTXS2012), <http://institute.lanl.gov/resilience/workshops/ftxs2012/>



# クロスコンパイル環境でインストール時チューニングを容易にするミドルウェア

鴨志田 良和

## 1 概要

ローカルホストから通常の実行ファイルとリモートホスト向けの実行ファイルを透過的に実行可能にするミドルウェアに関する研究を行っている。これにより、ATLASを始めとするインストール時自動チューニングを行うソフトウェアなど、クロスコンパイル環境でのビルドが困難なソフトウェアを容易にビルドできるようになり、Oakleaf-FXのようなログインノードと計算ノードで異なるアーキテクチャを有するスパコンの利便性を向上させることが可能となる。また、情報基盤センターにおけるスパコンの導入及び運用支援を行っている。具体的には、以下の項目について実施した。

- クロスコンパイル環境でインストール時チューニングを容易にするミドルウェアに関する研究  
クロスコンパイルされた実行ファイルとそうでない実行ファイルを判定する機構と、execve システムコールをフックし、クロスコンパイルされた実行ファイルを実行しようとする、自動的にリモートホストへ実行を転送する機構を有する TLDT というツールを提案した [発表 2]。また、このツールを高度化することで、より多くのケースで利用可能なものにした [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 Yayoi、HA8000 クラスタシステム、Oakleaf-FX 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 1] での講義の実施に貢献した。また、学際情報科学研究体の一員として、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 クロスコンパイル環境でインストール時チューニングを容易にするミドルウェアの開発

### 2.1 背景

近年のスーパーコンピュータのなかには、計算ノードとログインノードに異なるインストラクションセットアーキテクチャを採用し、計算ノードの性能向上とログインノードの利便性を両立しようとしているものがある。そのようなシステムには、プログラムをビルドするためにクロスコンパイラが提供されている。しかしながら、既存のソフトウェアが必ずしもクロスコンパイルをサポートしているわけではないため、クロスコンパイル環境でのビルドがうまくいかないことがある。典型的な例が、ビルド時に、まずソースコード生成するプログラムをコンパイルし、それを実行して、最終的に必要とされる実行ファイルのためのソースコードを生成するような処理を含む場合である。クロスコンパイル環境においてはソースコード生成プログラムは、実行環境(計算ノード)で実行されるバイナリとなるが、クロスコンパイル環境でのビルドをサポートしていないソフトウェアの場合、それをビルド環境(ログインノード)で実行しようとしてしまい、エラーとなってしまふ。Makefile 等を書き換えて

対応することも可能だが、大きなソフトウェアでは変更箇所が多岐にわたることもありうるため、透過的な解決策が必要である。インストール時自動チューニングを行うソフトウェアは、そのような、クロスコンパイルをサポートすることが困難なソフトウェアの一種である。

インストール時チューニングの典型的な処理の流れは、以下のとおりである。

1. 実行環境の情報を得るためのプログラムをコンパイルする
2. チューニング可能なパラメータの組み合わせをひとつ選ぶ
3. 選んだパラメータを使用して1のプログラムを実行する
4. 1から3を、すべてのパラメータの組み合わせについて繰り返す
5. 最良の性能となるパラメータの組み合わせを選択する

ここで、チューニング可能なパラメータの種類は数多くあり、種類ごとに様々な値を試行する必要があるため、探索すべき範囲は相当に広い可能性がある。

この処理の流れの中で、3のプログラム実行の部分は、計算ノードで行う必要があり、クロスコンパイル環境でこのステップを正しく実行するためには、適切にバッチジョブを投入し、計算ノードで処理を実行するようにしなければならない。バッチジョブの実行は非同期的であるため、計算ノードとログインノードのアーキテクチャが同一である場合には単純にコマンドを実行すればよかったところを、ジョブ投入、実行完了待ち、終了ステータスの処理を行うように変更する必要がある。Grid Engine の `qrsh` のように、`rsh` に似たインタフェースを持つバッチジョブ管理システムであれば、比較的簡単に計算ノードでの処理に切り替えることが可能な場合もあるが、ソフトウェアが大規模で複雑になると、必要なすべての箇所に上記の変更を加えることはより困難になる。

このような問題を透過的に解決するため、我々は TLDT というツールを提案する。TLDT は計算ノード向けの実行ファイルを自動的に判別し、ログインノードでそのような実行ファイルを実行しようとした場合に、自動的に計算ノードでの実行に切り替える。この処理は透過的に行われるため、利用者から見ると、計算ノード用のバイナリがあたかもログインノードで実行されるように見えることになる。このツールは、クロスコンパイル環境で様々なソフトウェアをインストールする際の生産性を大きく向上させることができると我々は考えている。

現在運用されているスーパーコンピュータの一部には、ログインノードとは別に、計算ノードと同じアーキテクチャを持ち、かつ対話的な処理が可能なインタラクティブ環境を提供しているものもある。多くの場合、ログインノードのほうが計算ノードよりコアあたりの性能が高いため、ビルド処理の速度を考慮したり、インタラクティブ環境の実行時間制限を考慮したりすると、このようなスーパーコンピュータにおいても、TLDT は威力を発揮できると考えられる。

## 2.2 内容

### 2.2.1 設計と実装

プログラムが実行される場所には、「ローカルホスト」と「リモートホスト」の2種類があると仮定する。ローカルホストは、クロスコンパイラがインストールされており、プログラムがコンパイルされるコンパイル環境、例えば、スーパーコンピュータのログインノードを指す。リモートホストは、実際の意味のある計算が行われる実行環境、例えば、スーパーコンピュータの計算ノードを指す。また、実行可能ファイルにも、それぞれに対応する、「ローカル実行ファイル」と「リモート実行ファイル」の2種類があると仮定する。すなわち、ローカル実行ファイルはローカルホストで実行可能な実行ファイル、リモート実行ファイルは、例えばクロスコンパイラでコンパイルされたプログラムのように、リモートホストで実行可能な実行ファイルを指す。

表 2: Oakleaf-FX 計算ノードの仕様

理論ピーク性能	236.5 GFLOPS / ノード
	14.8 GFLOPS / コア
CPU	SPARC64 IXfx 1.848 GHz
CPU 数 (コア数)	1 (16)
メモリ	32 GB
メモリバンド幅	85 GB / sec
ネットワーク	5 GB/s × 2 (双方向) × 4 (同時使用可能リンク数)

表 1: 実行の転送のために必要な機能一覧

実行の 場所	実行ファイルの形式	
	ローカル または 不明	リモート
ローカル	通常実行	代替実行 ファイル
リモート	FORCE_LIST の使用	自動転送

透過的に両方の実行ファイルをローカルホストから実行できるようにするためには、表 1 に示すような複数の場合を考慮する必要がある。ローカル実行ファイルをローカルホストで実行することは OS に実装されている通常の実行であるから、特に何も気にする必要はない。例えばローカルホストのアーキテクチャが x86\_64 で、リモートホストのアーキテクチャが SPARC V9 であれば、ELF 形式の実行ファイルならファイルのヘッダを調べることでリモート実行ファイルか否かを判定することができる。このような場合、実行ファイルの実際の実行は qsub、rsh など、計算環境によって提供されるリモート実行用のコマンドを使用して、リモートホストで行うことができる。この、実行ファイルの形式の自動判定と、リモート実行ファイルである場合に実行を自動的にリモートホストで行うことを、“自動転送”と呼ぶ。この自動転送が TLDT の基本的な機能である。

実行ファイルが本来実行されるべき場所と、実行を行う場所が異なる場合は、透過的な実行を行うための仕掛けが必要となる。例えば、シェルスクリプトの場合など、ローカル実行ファイルかリモート実行ファイルかを判定できないような場合、そのようなファイルをリモートホストで実行させたい場合、あるいは、ローカル実行ファイルが存在するのと同じパスでリモートホストにも存在する実行ファイルを実行したい場合などは、TLDT にそのことを伝える必要がある。このためには、**FORCE\_LIST** と呼ばれる実行ファイル一覧を作成する必要がある。このリストに記載された実行ファイルは、ファイルの形式にかかわらず、リモートホストでの実行を行うことにする。逆に、リモート実行ファイルをローカルホストで実行しようとする場合、当然そのまま実行することはできないが、同じ機能を持つローカル実行ファイルが別な場所に存在するとわかっている場合は、そのことを事前に TLDT に伝えてある場合は、リモート実行を行う代わりに、代替の実行ファイルをローカルホストで実行できるようにする。

TLDT の実装は、execve システムコールの呼び出しをフックすることで実現されている。TLDT の機能は、代替の execve システムコールの実装を動的リンク可能ライブラリの形式で提供されている。Linux システムで、このライブラリを LD\_PRELOAD 環境変数に設定することで利用可能である。TLDT を有効にした状態で execve が呼ばれると、実行ファイルの形式がリモートであるかがチェックされ、実行場所がリモートホストである場合、TLDT はジョブ投入を行いプロセスマネージャを起動し、プログラムの引数の転送・終了待ちを行う。

## 2.2.2 事例研究

TLDT を利用することによって、クロスコンパイル環境においてはビルド時にリモートノードで得られる情報を必要とするような様々な既存のソフトウェアを、無変更、あるいは僅かな変更でビルドすることができるようになる。ここでは、ソフトウェアを TLDT を使用してビルドする例いくつかを紹介し、TLDT の利便性について述べる。

表 3: ATLAS の Configure オプション

オウンコンパイラ	-A 34 -O 1 -t 16 -s 3 -v 3 -m 1848 --cc=gcc -C acg <i>fcc</i> -F acg '-Xg -std=gnu99 -Kfast' -C xc gcc -F xc '-O' -C if <i>firt</i> -F if '-Kfast'
TLDT + クロスコンパイラ	-A 34 -O 1 -t 16 -s 3 -v 3 -m 1848 --cc=gcc -C acg <i>fccpx</i> -F acg '-Xg -std=gnu99 -Kfast' -C xc gcc -F xc '-O' -C if <i>firtpx</i> -F if '-Kfast'

表 4: ATLAS のビルド性能

オウンコンパイラ	
ビルド時間	20,880 秒
TLDT + クロスコンパイラ	
ビルド時間	13,260 秒
ジョブ投入回数	1,846

実験は、Oakleaf-FX システムの上で実施した。Oakleaf-FX システムは、富士通 PRIMEHPC FX10 スーパーコンピュータを 4,800 ノード使用して構成されている。CPU には、SPARC64 IXfx プロセッサが使用されている。SPARC64 IXfx プロセッサは 16 コア、12 MB の共有 L2 キャッシュを搭載する。計算ノードの OS は Linux カーネル 2.6.25 を元に富士通がカスタマイズしたものである。計算ノード同士は、Tofu ネットワークと呼ばれる、6次元メッシュ/トラス型のネットワークで接続されている。表 2 に、Oakleaf-FX システムの計算ノードの仕様をまとめた。

Oakleaf-FX システムは、6 台のログインノードと、システムを対話的に利用するための 50 台のインタラクティブノードを提供している。各ログインノードは x86\_64 アーキテクチャのサーバで、6 コアの Intel Xeon L5640 CPU (2.27 GHz) を 2 台搭載し、Hyper-Threading テクノロジーを有効にして運用している。メモリ容量は 48 GB である。OS は RHEL6 (Linux カーネルのバージョンは 2.6.32) であり、富士通製クロスコンパイラが提供されている。インタラクティブノードは計算ノードと同一のアーキテクチャで、クロスコンパイラを利用したビルドができないようなソフトウェアをコンパイル・インストールしたり、並列プログラムをテスト・デバッグしたりする用途のために提供されている。1 ノード利用の場合は 2 時間、複数ノード利用の場合は 10 分の時間制限を設けて運用している。

実験環境でのバッチジョブ投入のオーバーヘッドを調査するため、実行時間がほとんどかからないプログラムを TLDT 経由で実行した。具体的には、main 関数の中で何もせずに終了するプログラムを作成し、10 回連続でこれを実行して平均値を取り、1 回あたりの実行時間を求めた。その結果、1 回の実行あたり、平均して 1.70 秒かかることがわかった。

ATLAS (Automatically Tuned Linear Algebra Software) は、効率的な BLAS 実装、そして LAPACK の幾つかのルーチンへの C と Fortran77 のインタフェースを有する、数値計算ライブラリである。ATLAS は実行環境で、様々な設定やカーネルルーチンを使用してベンチマーク計算を実施し、最適だったものを選択するという、典型的なインストール時自動チューニング機構を搭載する。

Oakleaf-FX システムは、計算ノード及びインタラクティブノードで実行可能な、「オウンコンパイラ」を提供している。我々は、計算ノードで、オウンコンパイラを使用し、バッチジョブとして ATLAS をビルドする場合と、ログインノードで TLDT を使用してビルドする場合の比較を行った。使用した ATLAS のバージョンは 3.8.4 である。configure 時の設定パラメータは、表 3 に示すとおりである。どちらの場合も、アーキテクチャ等の自動検出が機能しなかったため、プラットフォームには 34 (Unknown Ultra SPARC) を、オペレーティングシステムには 1 (Linux) を、アセンブラのタイプには 3 (SPARC) を、CPU 数には 16 を、そして CPU のクロック周波数には 1,848 MHz を手動で指定した。表の中で、fcc と firt は、オウンコンパイラ、fccpx と firtpx は、クロスコンパイラである。

ATLAS はビルド時に複数の種類のコンパイラを使用する。オウンコンパイラを使用する場合は、

fcc と frt、gcc のいずれかを対応させることでビルドが可能であるが、TLDT を使用する場合は、“GOODGCC” と呼ばれる種類のコンパイラをクロスコンパイラ (fccpx) に置き換える必要がある。しかし、“GOODGCC” の値は“gcc” にハードコードされているため、この部分については手作業で置換する必要があった。TLDT を使用した場合、この小さな変更のみで、Oakleaf-FX の様なクロスコンパイル環境で ATLAS のビルド・インストールを行うことができた。

ATLAS のビルド性能をまとめたものを表 4 に示す。OWNコンパイラでビルドした時と比べると、TLDT を使用してビルドした時の時間は 36% 以上短縮されている事が分かる。この主な理由は、クロスコンパイラが実行されるログインノードが計算ノードよりも高速でメモリ容量も大きいためである。Oakleaf-FX システムでは、クロスコンパイラ環境でビルドできないソフトウェアをビルドするために、インタラクティブノードが提供されている。しかし、ATLAS のビルドには、インタラクティブノードの使用時間制限である 7,200 秒を超える時間がかかるため、TLDT を使用しなければ対話的環境で ATLAS のビルドを行うことはできなかった。

自動転送が行われた回数は、1,846 回であった。ジョブ投入のオーバーヘッドに着目すると、この回数に 1.7 秒を掛けた 3,138 秒が、ジョブ投入のための待ち時間ということになる。このオーバーヘッドを取り除くことは今後の課題である。

ppOpen-AT は、JST-CREST の研究領域「ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の創出」の研究課題である「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」の中で開発されている、ppOpen-HPC の主要なコンポーネントの一つである。これは片桐准教授が開発した ABCLibScript を拡張したもので、現時点のバージョンでは、効率的なスレッド実行やレジスタあふれの削減に効果がある、ループ分割などの“Explicit methods” 向けの自動チューニング機能を提供している。ppOpen-AT はインストール時、実行時チューニングの双方の機能を有しているが、今回は、TLDT を使用して、そのインストール時チューニング機能を試した。実験の結果、以下の 3 つのサンプルプログラム (今回試したもののすべて) で、もともと ppOpen-AT のディレクティブが挿入されたソースコードに手を加えることなく、最適化を行うことができることを確認した。

- 行列-行列積
- 姫野ベンチマーク
- BEM (境界要素法) コード

## 2.3 具体的成果

上記のミドルウェアの設計、実装についての発表 [発表 2] を行った。また、ミドルウェアを高度化し、機能増強し、その実装についての発表 [発表 3] を行った。

## 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。また、2011 年 10 月より運用開始した Yayoi は、これまでの SR11000 システムの利用者からの継続性を考慮して運用を行う必要がある。さらに、2012 年 4 月より運用開始した Oakleaf-FX は、京コンピュータの後継機種で構成されたシステムであり、クロスコンパイル環境、Intel 系 CPU とは異なる性能特性をもつなど、システムの特徴を把握して運用を行う必要がある。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進め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  
Yayoi、HA8000 クラスタシステム、Oakleaf-FX の利用方法等に関する相談・質問への対応
- 広報・利用促進  
学会等でのスパコン及び部門の研究成果の周知、また、講習会、広報誌を通してスパコンの効率的な利用方法の案内
- JHPCN プロジェクトへの参加  
学際情報科学研究体の一員としての、JHPCN プロジェクトへの参加

## 3.3 具体的成果

相談・質問については他の教職員と協力し、迅速かつ正確な対応を行うことに務めた。また、スパコン利用促進のため、広報誌スパコンニュースでの情報発信及びスパコン講習会 [特記 1] での講義を行った。また、ISC'12、SC'12 での Exhibition においてスパコン及び部門での研究の紹介を行った。

また、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 2, 特記 3, 特記 4, 特記 5] に関わってきた。

## 4 成果要覧

### その他の発表論文

[発表 1] Yoshikazu Kamoshida: Reordering MPI Ranks for Efficient Barrier Collective Communications on a Multi-Dimensional Torus Network, 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2012), Poster presentation, Kobe, July 2012.

[発表 2] 鴨志田良和: クロスコンパイル環境でインストール時チューニングを容易にするミドルウェアの開発, 情報処理学会研究報告 2012-HPC-135, No. 20, 鳥取, 2012 年 8 月.

[発表 3] Yoshikazu Kamoshida: Simplifying Install-time Auto-Tuning for Cross-Compilation Environments by Program Execution Forwarding, 18th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems, Poster presentation, Singapore, December 2012.

### 特記事項

[特記 1] お試しアカウント付き並列プログラミング講習会: 2012 年 7 月, 2012 年 9 月, 2013 年 3 月.

[特記 2] 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, 2012 年.

[特記 3] トレオニン合成酵素における反応制御機構の理論的解明 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, 2012 年.

[特記 4] 実在地域における建築・都市環境の総合数値予測 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, 2012 年.

[特記 5] ログ解析機構を備えた並列スクリプト実行システムの 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, 2012 年.

# OpenFOAMの高速化に関する研究 -行列格納形式の自動選択-

伊東 聰

## 1 概要

本研究は、科学技術研究機構戦略的創造研究推進事業 CREST 領域名「ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の創出」、H23 年度採択課題「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」(ppOpen-HPC)の一部として行われている。

OpenFOAM の演算カーネルは疎行列ベクトル積 (Sparse Matrix-Vector Multiply:SpMV) であり、その高速化には行列データの格納形式変更が効果的であることを昨年度に確認した。本年度は最適な格納形式の自動選択を行う自動チューニング機構について検討・開発を行った。OpenFOAM の SpMV を最も高速に実行できる格納形式は Diagonal 形式 (DIA) であるが、同形式は構造格子の場合にしか利用できない。OpenFOAM の計算格子は非構造格子を許容しているため、DIA のみではすべての計算格子に対応した SpMV 演算を実現できない。そこで、本年は DIA と CRS のハイブリッドによる SpMV(Semi-structured grid AT:SSG-AT) の高速化について研究を行った。

## 2 OpenFOAM 用 AT 機構の提案

### 2.1 行列格納形式

行列格納形式が SpMV 演算の性能に極めて大きな影響を持つことは既報の通りである。多くの場合において、いずれの格納形式が最適であるかは離散化手法や計算格子に依存している。OpenFOAM のデータ形式である polymesh は非構造格子を基本としている。これは STL 等の形状データからバウンディングボックス内の計算格子を生成し、その流れ場を解くという OpenFOAM の最も基本的な使い方を想定しているからであろう。一方、流体解析ということ念頭に置けば、領域内の格子形状は構造格的になることが自然である。snappyHexMesh の計算格子生成過程(図 1) からわかるように、計算格子の大部分は構造格子で構成され、物体近傍において境界面との整合を図るように非構造的な格子が挿入される。

このような特性を考慮し、AT では行列成分のうち  $n$  重対角部分とそれ以外に分解し、FDS 形式と CRS 形式(または COO 形式)のハイブリッド形式を提案する。具体的には、入力データに対して  $n$  重対角成分とそれ以外の部分の割合を求める。入力データには各セルに対して隣接関係の情報が含まれており、そこから  $n$  重対角成分とそれ以外の非ゼロ成分を分離することは容易である。分析情報から、FDS 単体、ハイブリッド、CRS のみにデータ構造をパターン分けし、オリジナルデータからの変換を行う。ここで問題となるのはデータ変換に要する時間である。表 1 および表 2 に T2K での CRS2 および FDS に対する COO 形式からの変換時間(単位:秒)を示す。表中の Convert が変換時間、SpMV は行列ベクトル積 1 回の時間、Total は変換と演算の合計、そして参考データとして SpMV 部分の Flops 値も表示している。データ変換に要する時間は CRS2 の場合で SpMV3~4 回分、FDS では 1~2 回分であり、全体の反復回数と変換後の演算性能を考慮すれば十分小さいといえる。

<sup>1</sup><http://foam.sourceforge.net/docs/Guides-a4/UserGuide.pdf>

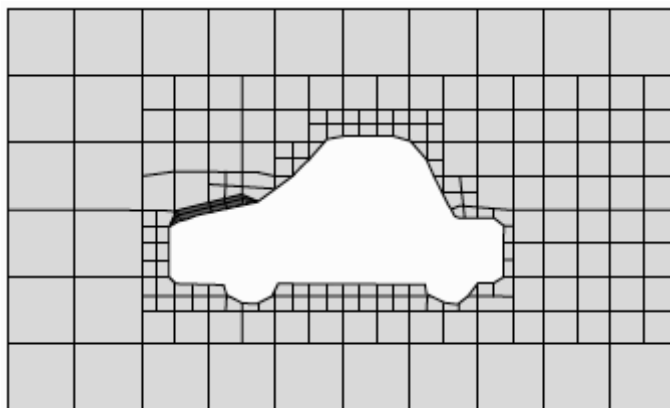


図 1: snappyHexMesh による計算格子生成イメージ<sup>1</sup>.

表 1: T2K における FDS へのフォーマット変換時間および計算時間.

d.o.f.	Convert (ms)	SpMV (ms)	GFlops
10 000	0.133	0.079	1.125
40 000	0.979	0.449	0.801
90 000	3.357	2.163	0.374
160 000	6.045	4.519	0.318
250 000	9.493	7.243	0.310

表 2: T2K における CRS2 へのフォーマット変換時間および計算時間.

d.o.f.	Convert (ms)	SpMV (ms)	GFlops
10 000	4.140	1.612	0.588
40 000	39.07	11.85	0.337
90 000	92.00	28.13	0.313
160 000	166.7	50.79	0.309
250 000	261.2	78.93	0.309

## 2.2 SSG-AT: semi-structured grid AT

前節で提案したハイブリッドフォーマットを利用した自動チューニング機構 (SSG-AT) について説明する。本 AT 機構は計算格子の大部分が構造格子であり、ごく一部分のみに非構造格子を含むような計算格子 (以下、このような計算格子を準構造格子 (semi-structured grid) と称する) に適した機構である。基本的には、構造格子部分を高速に計算可能な DIA フォーマットで処理し、それ以外の部分について CRS フォーマットを用いることで、高速化と汎用性を両立させる。本機構はインストールステージと実行ステージの二つのステージで構成される。

### 2.2.1 インストールステージ

インストールステージでは、DIA, CRS および COO の各格納形式における SpMV 計算時間を測定する。測定に際し、サンプルデータサイズはキャッシュやメモリのサイズを考慮して決定する。その後、ターゲットマシンにおいて表 1 および表 2 に示された諸元について測定を行う。

DIA、ハイブリッド、CRS 等のフォーマットの効果的な切り替えのため、ここで非構造格子点の割合を示すパラメータ  $UNR$  (Unstructured Number Ratio) を以下のように定義する：

$$UNR = 1 - N_{str}/N_{all} \quad (1)$$



ここで、 $N_{str}$  および  $N_{all}$  はそれぞれ DIA における非ゼロ要素数、対象の行列の全非ゼロ要素数を表す。ここで重要なのは、サンプル行列の構造をどのように決定するかである。本研究では図2に示す行列を仮定し、式(1)から  $UNR$  を計算する。ここでは、乱数を用いて OpenFOAM の非構造格子に対

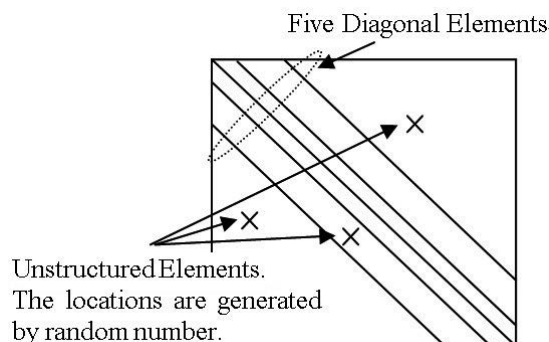


図2: サンプル行列の作成イメージ.

する行列の構造を推定する。図2のように、非構造格子点が追加された場合、同じ行の構造格子点をひとつ削除する。そのため、サンプル行列における総非ゼロ要素数は一定に保たれる。この段階で、DIA、ハイブリッド、CRS の中から最適なフォーマットを選択する  $UNR$  の閾値を決定することが可能である。

### 2.2.2 実行ステージ

実行ステージでは、以下の3ステップで行列格納形式を決定する。はじめに、DIA への変換時間 ( $T_{FDS}$ ) および CRS への変換時間 ( $T_{CRS}$ ) を対象とする行列のサイズとインストールステージで計測したテーブルを用いて内挿/外挿から予測する。次に、対象行列の  $UNR$  を計算する。 $UNR$  から、ハイブリッドフォーマットにおける計算時間 ( $T_{HB}$ ) および COO の計算時間 ( $T_{COO}$ ) を見積もる。最後に、以下の式で定義される値を計算する：

$$Accel = T_{COO} \cdot Iter / (T_{HB} \cdot Iter + T_{FDS} + T_{CRS}) \quad (2)$$

ここで  $Iter$  および  $Accel$  はそれぞれ SpMV の予測反復数および加速率を示す。 $T_{FDS} + T_{CRS}$  は総変換時間であり、ハイブリッドフォーマットを用いる際のロスに相当する。よって、 $Accel$  は COO とハイブリッドフォーマットの最終的な時間比を表しており、 $Accel$  が 1.0 より大きければ計算の高速化が見込まれることになる。

### 2.3 SSG-AT の処理の流れ

図3に OpenFOAM における SSG-AT のフローチャートを示す。なお、 $UNR$  およびその閾値は前節のインストールステージにて計算・決定されている事に留意する。OpenFOAM において最も計算負荷の高い処理は線形代数ソルバーの疎行列ベクトル積 (SpMV) である。よって、SSG-AT は SpMV 部分に対して処理を行う。まずはじめに、 $UNR$  の値を求める。 $UNR$  がゼロであった場合、計算格子は構造格子であるから DIA を使用する。また、SSE 命令が利用可能かどうかとも同時に判断され、可能であれば SSE 用演算ルーチンへ移行する。 $UNR$  が閾値より大きい場合、ハイブリッドフォーマットは常に COO より遅くなるため、SSG-AT はデフォルトフォーマット (COO) を採用する。それ以外の場合、SSG-AT は式(2)に従って  $Accel$  を計算する。この計算には SpMV の予想反復数が必要であることに留意する。反復数はアプリケーションの種類、行列のサイズなどに依存するため、システム側で設定することができない。よって、この値はユーザがあらかじめ指定しておく必要がある。 $Accel$  が 1.0 より大きい場合、ハイブリッドフォーマットが選択されることになる。

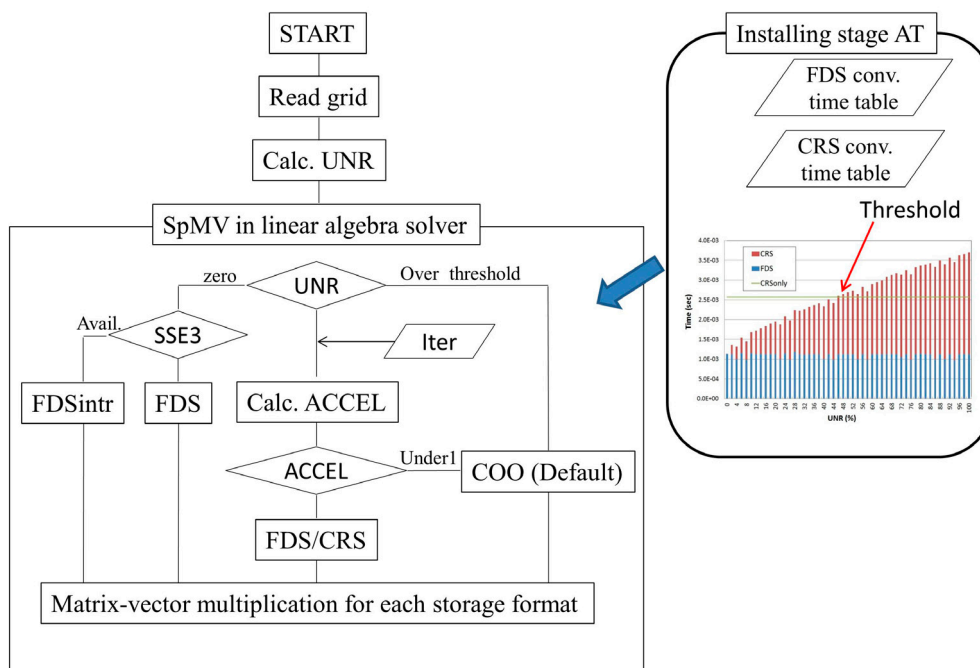


図 3: SSG-AT フローチャート.

### 3 予備実験

本章では SSG-AT の効果についてサンプルデータによる予備評価を行う。本試験では、OpenFOAM の SpMV に対するハイブリッドフォーマットの効果、および UNR を用いる SSG-AT の実用性について評価する。

#### 3.1 実験環境

計測に用いた計算機は東京大学情報基盤センターの T2K オープンスーパーコンピュータおよび Intel Xeon マシン (C1) である。各計算機の諸元を表.3 に示す。ここで、SSG-AT インストールステージで用いるサンプルデータの作成方法について説明する。ベースとなるのは、OpenFOAM 付属のメッシュジェネレータである blockMesh で作成される構造格子に対応する行列データである。このデータに対し、以下の操作を行う：

- 行列の非ゼロ成分のうち、非対角要素をランダムに一つ取り出す
- 取り出した非対角要素をランダムな格納位置へ配置しなおす

表 3: 使用計算機環境諸元.

	C1 (Intel Xeon cluster)	T2K (HITACHI HA8000 Cluster System)
Processor	Intel Xeon X5550 2.67 GHz	AMD Opteron 8356 2.3GHz
Number of processors(cores)	2 (8)/node	4(16)/node
Memory	24 GB/node, 32 GB/s/node	32GB/node, 42GB/s/node
Number of nodes	16	952
Network	4 GB/s (bisection)	5GB/s (bisection)

- 上記作業を、与えられた  $UNR$  に対応する非構造要素数 ( $N_{uns}$ ) 分繰り返す

DIA および CRS の計算用データは、このデータから作成される。なお、DIA データのうち成分の存在しない要素に関してはゼロパディングされており、DIA で計算する要素数は常に一定であることに注意する。

### 3.2 結果

図 4 に T2K および C1 での各  $UNR$  に対する SpMV の計算時間を示す。テストデータは  $300 \times 300$  格子のキャビティー流れである。(疑似)2次元解析のため、本データにおける DIA は 5 重対角 (Fivefold Diagonal Storage:FDS) となる。T2K では、FDS 部分は前述の通り計算量が  $UNR$  に依存しないため一定の計算時間となっている。総計算時間は  $UNR$  に比例して増える傾向である。しかし、ハイブリッドフォーマットはオリジナルフォーマットである COO より高速である。このケースではハイブリッドフォーマットが常に COO より速いので、 $UNR$  の閾値は 100 となる。表 4 および表 5 に C1 での FDS および CRS のパフォーマンスを示す。どちらの結果も T2K(表 1 および表 2) より良いパフォーマンスを示している。

$UNR$  の大きな部分では、ハイブリッドフォーマットの方がデフォルトの COO フォーマットより計算時間が長いことが確認できる。グラフから、フォーマット切り替えの閾値はおよそ  $UNR = 72$  である。図 5 に T2K および C1 におけるスピードアップの予測値を示す。見積りに用いた  $Iter$  の値は行列サイズの 0.1% にあたる 100 である。この割合は CFD の線形代数ソルバにおける反復回数の割合としては一般的である。図 5 から、 $UNR$  が 60 以下の場合にハイブリッドフォーマットが OpenFOAM を高速化することが確認できる [査読付 1]。

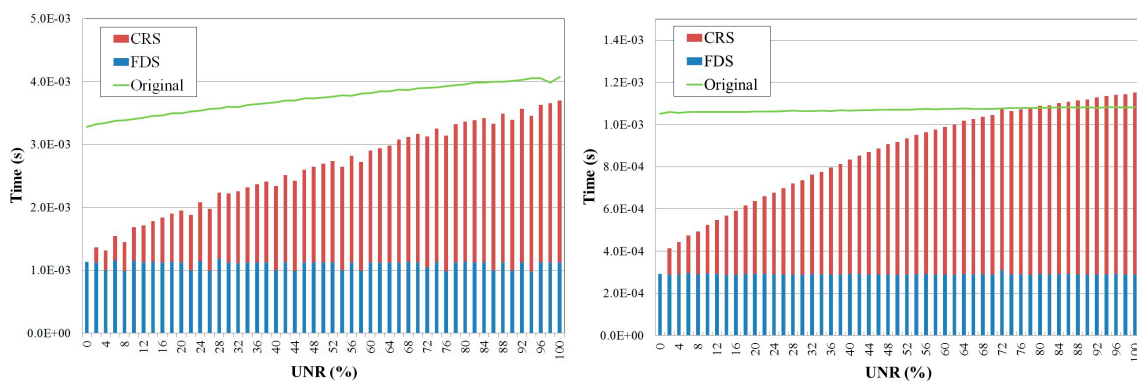


図 4: 各  $UNR$  に対する計算時間 (左: T2K, 右: C1).

表 4: C1 における FDS へのフォーマット変換時間および計算時間.

d.o.f.	Convert (ms)	SpMV (ms)	GFlops
10 000	0.190	0.053	1.686
40 000	0.482	0.233	1.547
90 000	1.028	0.512	1.582
160 000	2.022	0.984	1.464
250 000	3.379	1.710	1.316

表 5: C1 における CRS2 へのフォーマット変換時間および計算時間.

d.o.f.	Convert (ms)	SpMV (ms)	GFlops
10 000	0.434	0.132	0.753
40 000	1.557	0.530	0.752
90 000	4.079	1.244	0.722
160 000	8.021	2.396	0.667
250 000	13.06	3.769	0.662

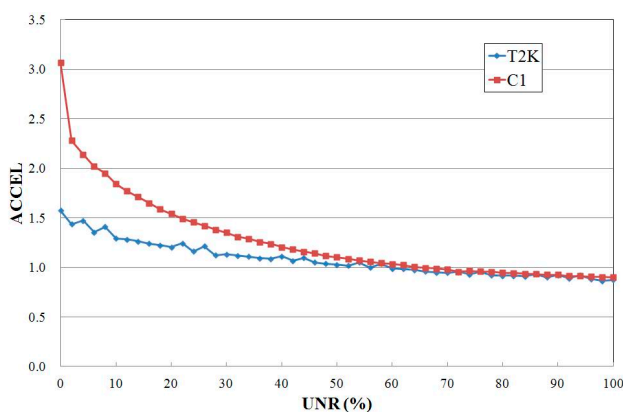


図 5:  $Iter = 100$  での予想加速率.

## 4 成果要覧

### 招待講演／招待論文

[招待 1] 伊東聰: OpenFOAM 高速化のための自動チューニング機構, 日本応用数理学会 2012 年若手の会 単独研究会, 2012 年 12 月.

### 査読付論文

[査読付 1] Satoshi ITO, Satoshi OHSHIMA, Takahiro KATAGIRI: SSG-AT: An Auto-tuning Method of Sparse Matrix-vector Multiplicataion for Semi-Structured Grids - An Adaptation to OpenFOAM -, Proceedings of 2012 IEEE 6th International Symposium on Embedded Multicore SoCs (MC-SoC2012), DOI 10.1109/MCSoC.2012.26, pp.191-197, Sep. 2012.

### その他の発表論文

[発表 1] 伊東聰, 大島聡史, 片桐孝洋: ppOpen-AT における OpenFOAM 高速化の取り組み, 第 17 回計算工学講演会, 計算工学講演会論文集, Vol.17, 2012 年 5 月.

[発表 2] 伊東聰: ppOpen-AT における OpenFOAM 自動最適化への取り組み, オープン CAE ワークショップ 2012, 2012 年 6 月, 東京.

[発表 3] Satoshi ITO, Satoshi OHSHIMA, Takahiro KATAGIRI: Implementation of ppOpen-AT into OpenFOAM, 10th International Meeting on High-Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2012), poster session, July. 2012.

# ポストペタスケール環境に向けた大規模疎行列解法の研究

林 雅江

## 1 概要

昨年度に引き続き、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))の本学担当分のプロジェクト専任メンバーとして研究に従事してきた。その中で、有限要素法(FEM)、有限体積法(FVM)、差分法(FDM)といった離散化手法に基づく科学技術計算手法を対象に、マルチコアクラスタ環境における悪条件問題のための前処理手法の開発を行った。悪条件問題に効果的な ILU(k)前処理の並列化手法として、本研究が注目する階層型領域間分割をベースに、マルチコアクラスタ環境に適した Hybrid 並列モデルの適用を行った。ノード内並列手法にはマルチカラー法をベースとした従来手法と、ノード内並列においても階層型領域間分割を適用する提案手法を、T2K 上で比較した。適用する並列化手法によるスケーラビリティや収束性の違いについて得られた知見を報告する。また、ポストペタスケール環境に向けた数値計算ライブラリ開発には、計算科学と計算機科学の両分野の緊密な協力が不可欠と考えられる。数値計算アルゴリズムおよび通信の両方の観点から、ポストペタスケール環境における疎行列解法の開発に関する研究を行った。本研究は本センター公募プロジェクト「FX10 スーパーコンピュータシステム「大規模 HPC チャレンジ」」において実施された。その成果について報告する。

## 2 マルチコアクラスタ環境における悪条件問題のための前処理手法の開発

### 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、悪条件行列に対しては前処理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。並列計算を行う場合には広く利用されるが、前処理本来の大域的な演算が局所化によって無視されることから、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、並列化手法の検討には領域分割法を含めて考えることが肝要であり、本研究では領域分割法として階層型領域間境界分割(Hierarchical Interface Decomposition、HID)を利用する。HID は、直接解法の並列化手法として用いられる Nested Dissection 法をより厳密に行うものである。図 1 左は、二次元 9 点差分格子を 4 領域に分割する場合の例である。HID は互いに共通部分を持たない節点の集合(コネクタ)とそれを隔てるセパレータに分解する。最初の分解で作られる節点の集合を「レベル 1 のコネクタ( $C_1$ )」と呼ぶ。各  $C_1$  は部分領域に当たるものである。HID では、 $C_1$  に含まれなかった残りの節点群(セパレータ)に対しても再帰的に分割処理を実施し、セパレータとそれによって隔てられるコネクタへと分割する。またこの際、各コネクタにはレベルという概念が割り振られる。あるコネクタのレベルは、そのコネクタがいくつの部分領域( $C_1$ )と共有節点を持つかで決められる。レベル  $k$  のコネクタ( $C_k, k > 1$ )は、 $k$  個の部分領

域と共有節点を持つ。そのコネクタのレベルが所属する節点のレベルとなり、レベルの低いコネクタに所属する各節点から順に再番号付けがされる。新たな番号付けによって並び替えられたコネクティビティから全体マトリクスを合成すると、図 1 右に示すようにブロック構造が現れる。同レベルに属するコネクタ同士は直接隣接しないため、ブロック間で並列化可能となる。レベル順に処理を進める事で **Block Jacobi** 型の局所的な並列前処理と比較してより完全な演算が実現できる。ただし、領域外の節点からの高次 fill-in を考慮する事ができないため、悪条件問題では必ずしも安定ではない。そこで、HID を基にした並列 ILU/IC 前処手法において、領域外の節点からの高次 fill-in の影響を考慮可能としたものが **Extended HID** である。Extended HID は、領域外からの節点の影響をセパレータの厚みを拡張することで高次の fill-in を考慮可能にする。図 2 上に示す二領域の分割例で説明する。もともとの番号付けにおいて節点 A から節点 D へ二次の fill-in が生じていた場合、並列化のために HID による分割・リオーダーリングを行った結果、A と D は同じレベル 1 だが異なるブロックに割り当てられる。A と D は並列に処理されるため、fill-in は考慮されない。そこで、図 2 下に示すように、セパレータの厚みを 1 から 3 に拡張する。D はレベル 2 に含まれることになり、その計算はレベル 1 の計算後に行われるため、A からの fill-in の効果がある場合には、演算に反映されることになる。HID/Extended HID を用いた領域分割をベースにすることで領域外からの影響も考慮できる並列 ILU(k)前処理が実装される。マルチコアクラスタ環境においては、各部分領域の中でさらにスレッド並列化を行う MPI/OpenMP 等の Hybrid 並列プログラミングモデルの適用が有効である。既存手法では、このノード内並列にはマルチカラー(MC)法等のオーダリング手法を用いたスレッド並列化が提案されていたが、本研究では各部分領域においても HID を適用することを提案・実装した。スケラビリティおよび収束性について既存手法と本研究の提案手法とで比較を行った。以下、既存手法を、MPI レベルで HID、スレッドレベルで MC を用いることから HID-MC と呼び、提案手法を MPI レベルで HID、スレッドレベルでも HID を用いることから HID-HID と呼ぶ。

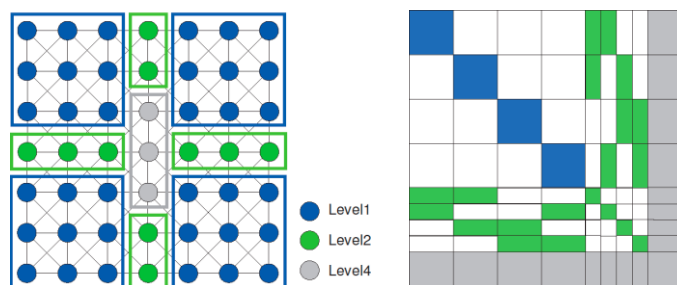


図 1 次元 9 点差分格子を HID により 4 領域に分割する場合の例 (左)。レベルに基づく新たな番号付けによって並び替えられたコネクティビティより生成された係数行列 (右)

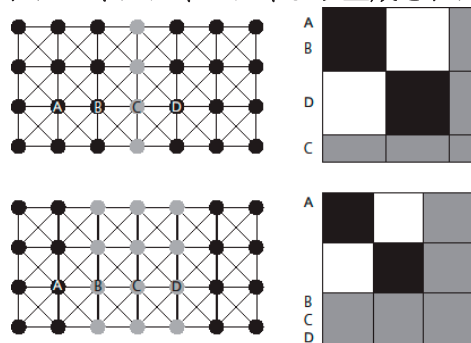


図 2 (上) HID による 2 領域の分割とその係数行列。(下) セパレータの厚みを拡張した Extended HID による 2 領域の分割とその係数行列。

## 2.2 内容

Hybrid 並列プログラミングモデルの実装においてはノード内では OpenMP、ノード/ソケット間では MPI を利用した。例題には有限要素法による立方体形状における三次元静的弾性問題を扱う。解析モデルにおいては、ヤング率が不均質に分布しており、その分布は地質統計学の分野で不均質地質をモデル化する際に用いられる Sequential Gauss アルゴリズムを用いる。それにより発生させた 1.0 から 1000.0 の値が各要素のヤング率として与えられる。HID-HID と HID-MC の二つの方針に従って Hybrid 並列化された ILU(1) 前処理付き反復解法を適用し、収束性、ロバスト性、並列性能を比較した。反復解法には、GPBiCG 法 (Generalized Product-type method based on BiCG) を使用した。ただし、MC 法の色数については今回最小のケース (27 色) で実験を行った。実験環境には T2K オープンスパコン (東大)(T2K(東大)) を使用した。T2K(東大) は、cc-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ことから、one process/socket、one thread/core となる 4x4 Hybrid プログラミングモデル(4 process/node、4thread/process) を適用しストロングスケールによる性能評価を実施した。問題サイズを  $100^3$  要素(約 300 万自由度) に固定し、8 ノード(128 コア) までノード数(コア数) を増やしていった場合の反復回数及び計算時間を図 3 に示す。図 4 にて、同じ問題に対して fill-in レベルを上げた際 (ILU(0)、ILU(1)、ILU(2)) の一プロセスあたりの fill-in 数を示す。HID-HID を用いた方が fill-in の発生も少なく、また反復回数が少なかったことから結果的に計算時間も短くすんでいることが分かる。一方、問題サイズおよびプロセス数を一定とした場合に 1 プロセスあたりのスレッド数 1 から 16 まで変化させた場合の収束性について HID-HID と HID-MC を比較した。MC 法においては、色数を最小の 27 色に加え、1000 色と大きくした場合についても比較した。4 スレッドまでは HID-HID の収束性の方がよいが、HID-HID はスレッド数によってグラフの分割が変わるため収束性に影響が生じ、本問題では悪化している。その一方で、HID-MC は、グラフの分割が変わるのは色数についてで、スレッド数では変わらないため、スレッド数に対する収束性はフラットである。また本問題では色数を増やした場合の方が収束性がよい。MC を用いる上では色数の最適化が別途課題となるため、コア数少ない場合には HID-HID による並列化がよいと考えられるが、コア数が多くなった場合には、スレッド数による影響の少ない HID-MC の適用が有効になると考えられる。

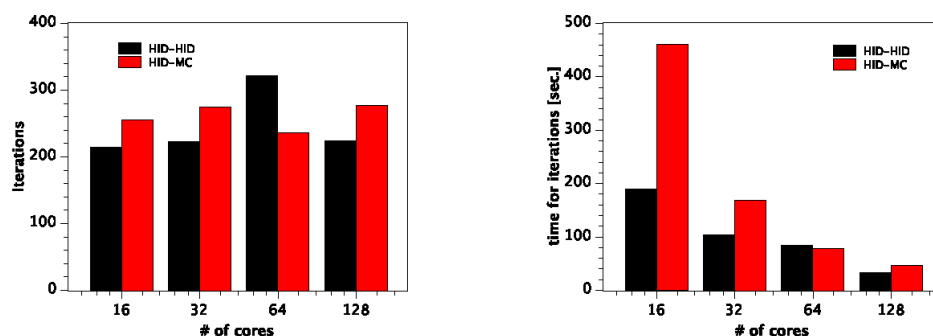


図 3 二つの並列化手法 HID-HID と HID-MC による反復回数の比較 (左) と計算時間の比較 (右)。例題は不均質物性分布をもつ  $100^3$  要素の弾性静解析。ILU(1)前処理付き GPBiCG で解いた際のもの进行比较

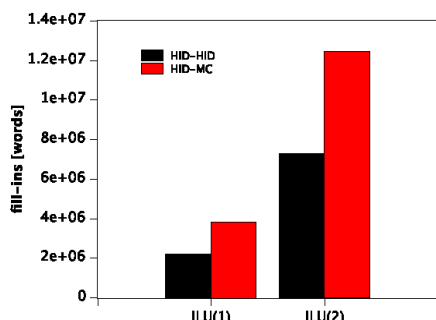


図4 ILU(1), ILU(2)における fill-in 数の比較

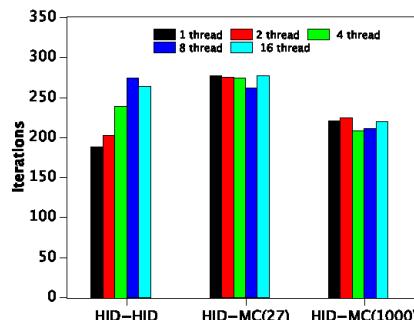


図5 プロセス当たりのスレッド数を増やした場合の収束性の比較

### 2.3 具体的成果

実問題における悪条件な係数行列を持つ線形方程式の反復解法に不可欠なILU(k) 前処理のマルチコアクラスター環境向けHybrid 並列化手法について、実装および評価を行った。ILU(k) 前処理をロバストに並列化させる手法としてHID/Extended HID 法をベースに、スレッドレベルではMC法を用いる既存手法と、スレッドレベルでもHIDを適用する提案手法の二者を比較した。共に、128 コアまで良好な並列化効果を得たが、コア数の小さいうちはHID-HID の方が収束性はよくfill-in の発生率が小さいことから計算時間の短縮が得られた。一方でコア数が大きくなるとHID-MC の方がよりロバストな並列化手法になりうることを示した。本研究成果はVecPar2012の発表論文として採択され、Lecture Note in Computer Science vol.7851に採録予定である。

## 3 ポストペタスケール環境における大規模疎行列解法ための数値計算・通信ライブラリに関する研究

### 3.1 背景

FEM、FVM 等の科学技術計算は最終的には大規模な疎行列を係数とする線形方程式を解くことに帰着される。大規模問題向けの解法として、クリロフ部分空間法に基づく前処理付反復法が広く使用されている。並列計算においては、隣接領域境界における一対一通信（行列ベクトル積）と Allreduce（内積）による通信が発生し、コア数（MPI プロセス数）の増加とともに、通信によるオーバーヘッドは無視できないものになる。従って、ポストペタスケール環境に向かうに当たり、計算科学と計算機科学の両分野の緊密な協力のもとに数値計算ライブラリの開発が不可欠である。本研究は、東京大学情報基盤センターで実施された公募プロジェクト「FX10 スーパーコンピュータシステム「大規模 HPC チャレンジ」」において採択され、平成 24 年 4 月に実施された。

### 3.2 内容

本研究では、並列有限要素法による三次元弾性静解析プログラム(GeoFEM)を具体例とし、数値計算アルゴリズムおよび通信の両方の観点から、ポストペタスケール環境における疎行列解法の確立を目標として実施した。具体的には反復解法中の 1 対 1 通信（行列ベクトル積）のオーバーヘッド削減を主眼とし、計算と通信のオーバーラップを実装した前処理付共役勾配法（Conjugate Gradient, CG 法）に対し、東京大学石川裕教授らによって開発された Fujitsu FX10 のインターコネクタが有する RDMA（Remote Direct Memory Access）機能に基づく Persistent Communication をサポートする MPI ライブラリを利用することで二段階の最適化を図った。その際、並列プログラミングモデルには FlatMPI と



OpenMP/MPI Hybrid 並列の両モデルを適用し比較を行った。また、実行環境である Oakleaf-FX の 4,800 ノードを用いた大規模並列計算に向け、計算規模は一ノード当たり一辺 100 要素の立方体 (100 万要素、約 300 万自由度) を割り当てるとし、使用するノード数に対して規模を増加させていく **Weak Scaling** を行った。4800 ノードでの全解析領域の規模は 48 億要素、約 140 億自由度となる。適用する並列プログラミングモデルによって一ノード当たり割り当てる MPI プロセス数が異なるが、ノード当たりの規模は  $100^3$  要素と固定していることから、並列プログラミングモデルによりプロセス当たりの要素数は異なる。各部分領域は立方体あるいは直方体となり、通信量は面で接する隣接ペアの間で最大となるが、本モデルでは最も大きいケースでも 240KB 程度と比較的小さな通信量となる。CG 法に組み合わせた前処理には、並列化が容易な対角スケーリングを用いた。本プログラムにおける計算コストの 90% 以上は連立一次方程式の解法部分 (対角スケーリング付き CG 法) で占められ、そのほとんどが疎行列ベクトル積部分となっている。疎行列ベクトル積では隣接プロセス間で袖領域のデータを送受信する一対一通信が必要になるため、計算と通信のオーバーラップを実施した。さらに、この一対一通信の実装に利用されていた `MPI_Isend`, `MPI_Irecv` を Persistent Communication である `MPI_Send_init`, `MPI_Recv_init`, `MPI_Start` に置き換え、RDMA 機能を有する通信ライブラリとリンクさせることで、大規模なノード数における通信の最適化を図る。

実験では 1200 ノード、2400 ノード、4800 ノードの三つの規模で性能評価を行った。適用した並列プログラミングモデルは、

- Flat MPI
- Hybrid 2x8 (HB 2x8) : Oakleaf-FX 各ノードにスレッド数 2 の MPI プロセスを 8 つ起動する
- Hybrid 4x4 (HB 4x4) : 各ノードにスレッド数 4 の MPI プロセスを 4 つ起動する
- Hybrid 8x2 (HB 8x2) : 各ノードにスレッド数 8 の MPI プロセスを 2 つ起動する
- Hybrid 16x1 (HB 16x1) : 各ノードにスレッド数 16 の MPI プロセスを 1 つ起動するの 5 パターンである。

図 6 に最適化を施す前のプログラムを用いて 1200 ノードから 4800 ノードまでの Weakscaling による実験結果を示す。前処理付き反復解法における 1 コア当たりの Flops 値を示す。4800 ノードで最も性能がよいケース HB2x8 でコア当たり 7.75GFlops に達し、全体では 61TFlops が得られた。

次に、通信と計算のオーバーラップさせた最適化プログラムに RDMA 機能に基づく MPI ライブラリの適用し、その効果を比べた実験結果を図 7 に示す。ノード数は 4800 ノードである。FlatMPI および全 Hybrid プログラミングモデルのケースで実施し、1 コア当たりの FLOPS 値を測定した。微小ではあるが RDMA 機能をもつ通信ライブラリの効果が得られた。その効果が大きく現れなかった一因としては、本テストモデルにおいては通信ペア間での通信量が最大でも 240KB 程度と比較的小さいことが挙げられ、RDMA 対応 MPI ライブラリがその効果を十分に発揮すると考えられる通信量に対しては小規模であったと考えられる。また、通信量が小さいことで、計算と通信のオーバーラップ効果も得られず、最善のケース (RDMA 通信ライブラリを有効にした HB2x8 のケース) でも 6.57GFlops と、最適化前に劣る結果となった。この性能後退の原因には、通信と計算のオーバーラップの実装において、リオーダーリングを実施しなかったことで間接参照を増やす実装になっていたことも挙げられる。結果として、Oakleaf-FX 上で RDMA 通信ライブラリの効果は確認できたものの、リオーダーリングの実施により間接参照をしない実装へ改善の後、再度検証実験が不可欠とされる。

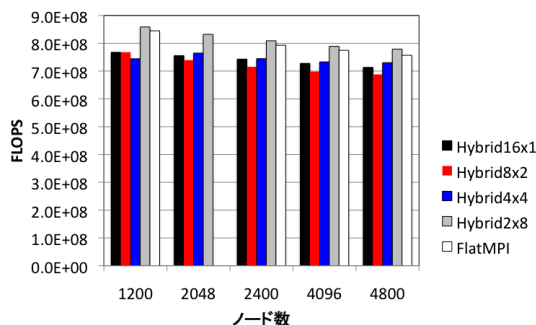


図 6 テストアプリケーションの性能評価

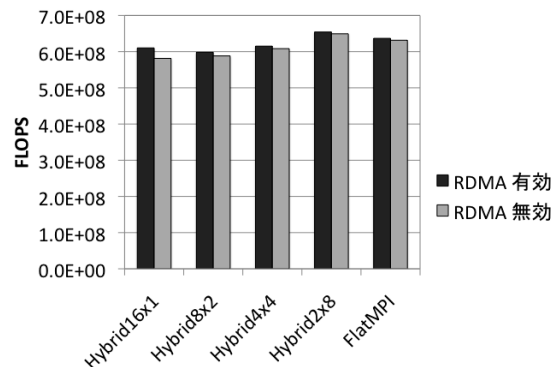


図 7 RDMA 通信ライブラリの効果

### 3.3 具体的成果

Oakleaf-FX 4,800 ノードを用い、並列有限要素法による約 140 億自由度の三次元弾性静解析を実施した。反復解法中の疎行列ベクトル積における通信と計算のオーバーラップと RDMA 機能に基づく Persistent 通信の利用により最適化を試みた。結果として、Oakleaf-FX 上で RDMA 通信ライブラリの効果は確認できたものの、RDMA 通信の効果が発揮されるには通信量が小規模すぎたことから、顕著な差は得られなかった。ただし、数値計算アルゴリズムおよび通信の両方の観点から、ポストペタスケール環境における疎行列解法の確立という一つの目標に向かうことで、アプリケーションで従来から使われていた通信パターンに Persistent Communication という新たな実装を取り入れたこと、またハードウェアに最適化された通信機能をもつ MPI ライブラリを活用しながらアプリケーションの最適化を図ることができた。平成 24 年 4 月に公募プロジェクト「FX10 スーパーコンピュータシステム「大規模 HPC チャレンジ」」として実施され、本研究の詳細はスーパーコンピューティングニュース Vol.15 にて報告している。

## 4 成果要覧

### 査読付論文

[査読付 1] Masae Hayashi and Kengo Nakajima: OpenMP/MPI Hybrid Parallel ILU(k) Preconditioner for FEM Based on Extended Hierarchical Interface Decomposition for Multicore Clusters, Lecture Notes in Computer Science, vol.7851, 2013(in press).

### その他の発表論文

[発表 1] 林 雅江 中島研吾: 物性値分布を考慮した Block-multicoloring による並列 ILU(k)前処理手法, 計算工学講演会, 京都教育文化センター, 2012 年 5 月

[発表 2] 林 雅江 中島研吾: マルチコアクラスタ環境における階層型領域間境界分割に基づく有限要素アプリケーションの OpenMP/MPI Hybrid 並列化, 第 23 回線形計算研究会, 東京大学本郷キャンパス工学部 6 号館, 2012 年 6 月

[発表 3] 林 雅江 中島研吾 石川裕: ポストペタスケール環境における大規模疎行列解法のための数値計算・通信ライブラリに関する研究, 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.15, pp.71-85, No.Special Issue1, 2013 年 2 月

# 学際情報科学研究体

伊藤 祥司

線形方程式求解アルゴリズムに対する求解品質の改善、  
および、センター業務への取り組み



# 線形方程式求解アルゴリズムに対する求解品質の改善、 および、センター業務への取り組み

伊藤 祥司

## 1 概要

2012 年度は、「線形方程式求解アルゴリズムに対する求解品質の改善」の研究として、下記を実施した。

- 1) 前処理付き CGS 法(残差ノルム最小演算を伴わない解法)に対する改善  
従来から用いられている前処理付き CGS(PCGS)法の問題点に対し、アルゴリズムの数理構造面の合理的な改善を行った。数値実験においても、従来版では求解できなかった問題でも、当改善版により求解可能となった事例を確認した。この成果を[査読付 2][発表 1][発表 4]として報告した。
- 2) 前処理付き BiCGStab 法(残差ノルム最小演算を伴う解法)に対する改善  
上述の PCGS 法の問題点から派生する研究である。CGS 法には MR (Minimum Residual norm、残差ベクトルのノルム最小化)演算が無く、BiCGStab 法には MR 演算があるため、MR 演算を伴う前処理付きアルゴリズムに対する拡張を行った。2011 年度の研究成果は[査読付 1]にて 2012 年度に正式な論文として掲載され、e-Science プロジェクトで開発している Xabclib にも実装された。

センター業務関係では、

- 1) 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)における外部評価実施と HPCI 連携準備
- 2) エンドユーザ教育関連

を実施した。

## 2 線形方程式求解アルゴリズムに対する求解品質の改善

### 2.1 背景

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

$$Ax = b \quad (1)$$

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、実現に向けて検討されているエクサスケールコンピューティングなどでは、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、あるいは、計算コードを高性能化したとしても安定して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、計算コードの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。

このような観点から、線形方程式求解アルゴリズムに対する“体系的性能評価と特性分析”が重要であり、それをとおして見つかった問題点や事象の解析がアルゴリズムの改善へと発展した。

## 2.2 内容

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””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。

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、係数行列  $A$  に対し、 $M \approx A$  となるような前処理行列  $M$  を何らかの方法で生成し、元の線形方程式を

$$(M_L^{-1} A M_R^{-1})(M_R x) = M_L^{-1} b \quad (2)$$

と変換することに基づく。ここで、

$$M = M_L M_R \quad (3)$$

である(3)ではガウス消去法に基づく LU 分解を用いている)。このとき、変換後の係数行列  $M_L^{-1} A M_R^{-1}$  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、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、 $M_L = M, M_R = I$  の場合は“左前処理”、 $M_L = I, M_R = M$  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  $u = M^{-1}v$  の演算(前処理演算)を行えば良い。

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る。

今年度は、双ランチョス系統の KSP 法の中から、CGS 法(Conjugate Gradient Squared method, 自乗共役勾配法)の前処理付きアルゴリズムを取り上げ、論理構造を分析の上、論文としてまとめた。

線形方程式(1)の非対称な係数行列  $A$  を転置した行列を係数行列とする双対系(シャドウ系とも呼ばれる)

$$A^T x^\# = b^\# \quad (4)$$

を導入し、(4)に基づくシャドウ残差ベクトル

$$r_k^\# = b^\# - A^T x_k^\# \quad (5)$$

と線形系(1)の残差ベクトル

$$r_k = b - Ax_k \quad (6)$$

との双直交系を構成する BiCG 法 (Bi-Conjugate Gradient method, 双共役勾配法) を基にして、様々な双ランチョス系統のアルゴリズムが提案されてきた。ここで、(5)(6)に表れる添え字  $k$  は反復回数である。双直交性とは、 $r_i^\#$  と  $r_j$  との内積  $\langle r_i^\#, r_j \rangle$  に対し

$$\langle r_i^\#, r_j \rangle \neq 0 \quad (i \neq j) \quad (7)$$

となることであり、 $k=0$  のとき、 $\langle r_0^\#, r_0 \rangle \neq 0$  を満たすよう初期シャドウ残差ベクトル  $r_0^\#$  を与える。

アルゴリズム 1: 前処理付き BiCG

$$\begin{aligned} r_0 &= b - Ax_0, \\ \langle M_R^{-T} r_0^\#, M_L^{-1} r_0 \rangle &\neq 0, \text{ e.g., } r_0^\# = M^{-1} r_0, \beta_{-1} = 0, \\ k &= 0, 1, 2, \dots; \text{ Do} \\ p_k &= M^{-1} r_k + \beta_{k-1} p_{k-1}, \\ p_k^\# &= M^{-T} r_k^\# + \beta_{k-1} p_{k-1}^\#, \\ \alpha_k &= \frac{\langle r_k^\#, M^{-1} r_k \rangle}{\langle p_k^\#, A p_k \rangle}, \\ x_{k+1} &= x_k + \alpha_k p_k, \\ r_{k+1} &= r_k - \alpha_k A p_k, \\ r_{k+1}^\# &= r_k^\# - \alpha_k A^T p_k^\#, \\ \beta_k &= \frac{\langle r_{k+1}^\#, M^{-1} r_{k+1} \rangle}{\langle r_k^\#, M^{-1} r_k \rangle}, \end{aligned}$$

End Do

双ランチョス系統の代表的な解法の一つが CGS 法である。CGS 法の解法導出の原理や数理解造を元にして、BiCGStab 法、BiCGStab(ell)法、GPBiCG 法の提案などへ発展し続けているため、CGS 法(あるいはその前処理系の PCGS 法)における数理解造レベルの改善は、これらの解法(あるいはその前処理系)に対しても適用できる場合が多々あるため、その波及効果は計り知れない。

## 2.3 具体的成果

### 2.3.1 前処理付き CGS 法に対する改善

BiCG 法から PCG 法の導出では、両アルゴリズムに現れるスカラーパラメータ  $\alpha$  と  $\beta$  が等価な関係である。しかし、これらの前処理付きアルゴリズムについて、従来から用いられてきている前処理付き CGS (PCGS, Preconditioned CGS) 中の  $\alpha$  と  $\beta$  は、前処理付き BiCG (PBiCG, Preconditioned BiCG) の各々との等価な関係が成り立っておらず非合理的である。本研究では、この点に着目して、前処理系でも  $\alpha$ 、 $\beta$  の等価な関係が成り立つよう改善アルゴリズムを提案した。これは前処理系における双直交性の改善に相当する。図1において、 $\tilde{r}_0^\# \Rightarrow M_R^{-T} r_0^\#$  等の記号は、前処理無しアルゴリズムにおける  $r_0^\#$  を前処理系では一旦  $\tilde{r}_0^\#$  と表記することにし、それに対し  $\tilde{r}_0^\# \Rightarrow M_R^{-T} r_0^\#$  と前処理変換す

ることを示す。改善版 PCGS ではこのように変換するが、従来版 PCGS では  $\tilde{r}_0^\# \Rightarrow M_L^T r_0^\#$  と変換している。

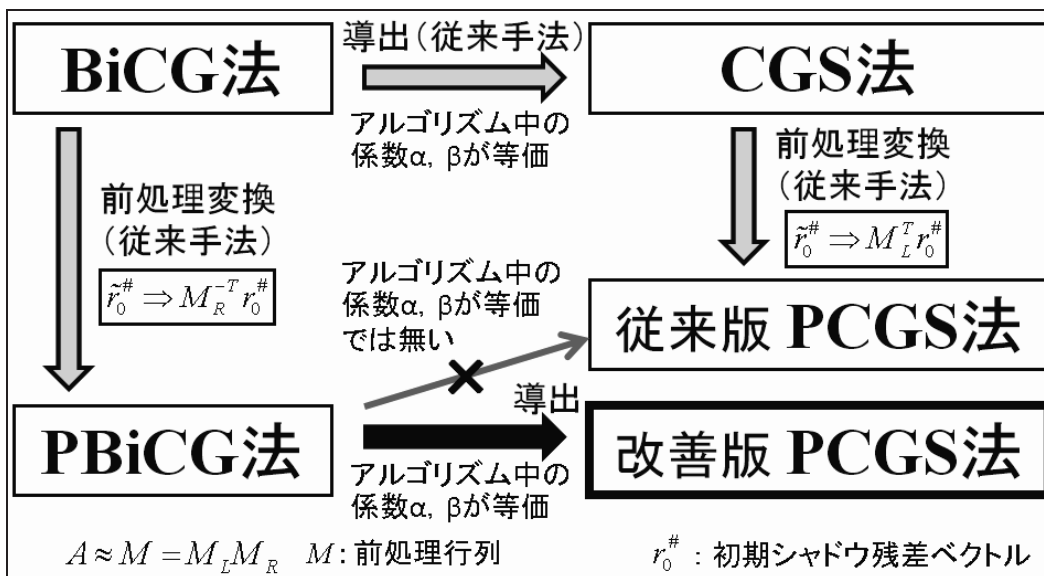


図 1 PBiCG、および、従来版 PCGS と改善版 PCGS との関係

アルゴリズム 2: 前処理付き CGS (改善版 PCGS)

$$\begin{aligned}
 &x_0, r_0 = b - Ax_0, \beta_{-1} = 0, \\
 &\langle M_R^{-T} r_0^\#, M_L^{-1} r_0 \rangle \neq 0, \text{ e.g., } r_0^\# = M^{-1} r_0, \\
 &k = 0, 1, 2, \dots; \text{ Do} \\
 &\quad u_k = M^{-1} r_k + \beta_{k-1} q_{k-1}, \\
 &\quad p_k = u_k + \beta_{k-1} (q_{k-1} + \beta_{k-1} p_{k-1}), \\
 &\quad \alpha_k = \frac{\langle r_0^\#, M^{-1} r_k \rangle}{\langle r_0^\#, M^{-1} A p_k \rangle}, \\
 &\quad q_k = u_k - \alpha_k M^{-1} A p_k, \\
 &\quad x_{k+1} = x_k + \alpha_k (u_k + q_k), \\
 &\quad r_{k+1} = r_k - \alpha_k A (u_k + q_k), \\
 &\quad \beta_k = \frac{\langle r_0^\#, M^{-1} r_{k+1} \rangle}{\langle r_0^\#, M^{-1} r_k \rangle},
 \end{aligned}$$

End Do

上述のように、PBiCG アルゴリズムの  $\alpha$  と  $\beta$  を介し PCGS アルゴリズム中との対応関係を分析することができる。ここで、従来版 PCGS と改善版 PCGS に対応する各々の PBiCG のクリロフ部分空間の構造に注目した。一般に、前処理無しの場合の線形系における BiCG のクリロフ部分空間は、反復回数  $k$  に対し、 $k+1$  次の空間  $\mathcal{K}_{k+1}(A; r_0) \equiv \text{span}\{r_0, Ar_0, A^2 r_0, \dots, A^k r_0\}$  が生成される。双対系では



$\mathcal{K}_{k+1}(A^T; r_0^\#)$ である。これらを用いて表現すると表 1 のとおり(初期(シャドウ)残差ベクトルはアルゴリズム中の記述に基づくものである)であり、従来版と改善版とでは、双対系の空間の構造が異なっていることが確認された。

表 1 従来版と改善版の前処理付きアルゴリズムのクリロフ部分空間の構造

	従来版	改善版
線形系	$\mathcal{K}_{k+1}(AM^{-1}; r_0)$	
双対系	$\mathcal{K}_{k+1}(M^{-T}A^T; r_0^\#)$	$\mathcal{K}_{k+1}(A^T M^{-T}; r_0^\#)$

数値実験では表 2 のとおり、従来版 PCGS 法では様々な前処理演算 A~D を併用しても求解不可能であった問題に対し、我々の改善版により求解可能となった。その他の実験結果からも、改善版 PCGS が有用であることが確認された。

表 2 従来版 PCGS 法と我々の改善版の実例

● 求解問題 1 に対する結果 (前処理無しでは「B. D.」)

	前処理 A	前処理 B	前処理 C	前処理 D
従来版	B. D.	B. D.	B. D.	B. D.
改善版	収束	収束	収束	収束

● 求解問題 2 に対する結果 (前処理無しでは「収束せず」)

	前処理 A	前処理 B	前処理 C	前処理 D
従来版	収束せず	収束せず	B. D.	収束せず
改善版	収束	収束せず	B. D.	収束

※ B. D. (ブレイクダウン) とは、主に、反復中の除算で分母が 0 となり演算が破綻することを指す。

これらの研究成果は、[査読付 2][発表 1][発表 4]として報告した。また、本研究をさらに発展させて、本稿では扱わなかった「左前処理系」も交えた議論も行った[発表 3]。後者の話題については、今後、論文としてまとめる予定である。

当改善は、双ランチョス系の前処理付きアルゴリズム全般に同様の効果をもたらすと期待できる。

### 2.3.2 前処理付き BiCGStab 法に対する改善

これは、2.3.1 節の成果を MR (Minimum Residual norm、残差ベクトルのノルム最小化) 演算を伴うアルゴリズムに拡張した事例である。上述した PCGS や、その基となる PBiCG の共通した特徴として、前処理変換方向が両側・左・右のいずれであっても、最終的に得られる前処理付きアルゴリズムは同じものである(我々の研究の中では“一致性”と呼んでいる)。一方で、BiCGStab 法をはじめとする多くの解法では、BiCG 法の双直交性の他に、線形系に対する MR 演算：

$$\omega_k = \frac{(As_k, s_k)}{(As_k, As_k)} \tag{8}$$

や MR 演算をさらに拡張した演算を伴い、この部分については一致性が無い。

PCGS での改善の議論は、双対系の前処理変換に対する改善であり PBiCG 法との一致性を前提としているため、PBiCGStab 法のような一致性を有していないアルゴリズムに対しては、あらためて議論する必要がある。このような観点で、右前処理変換であれば、PBiCG 法から PBiCGStab 法の導出も PCGS 法での改善方法も合理的に当てはめることができ、さらに、従来版からの PBiCGStab 法のアルゴリズム記述上の演算量も増やさずに改善できることを確認した。

この研究成果は、[査読付 1] [発表 2]にて報告し、e-Science プロジェクトで開発している Xabclib にも実装された。今後は、前処理系と一致性有無の数理構造に着目した解析へと研究展開する予定である。

### 3 センター業務への取り組み

#### 3.1 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。

#### 3.2 内容

##### (1) 情報基盤拠点における外部評価実施と HPCI 連携準備

2013 年度中に文科省の中間評価が行われるため、それに先駆け、外部評価を実施した。そのための準備作業を 2012 年 7 月から実施した。詳細については、PartII の「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」を参照。

2013 年度の共同研究課題から、計算機資源は HPCI システムを使用する。それに向けた運用について、文部科学省情報課や HPCI 側との検討を行った。また、実運用上の手順等についても HPCI 側と検討し、運用システム環境やエンドユーザの利用手引き等を始めとするアナウンス手段等を整備した。

##### (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た。

#### 3.3 具体的成果

##### (1) 情報基盤拠点における外部評価実施と HPCI 連携準備

外部評価の準備は半年間に亘り、8 構成拠点の情報や、これまでに実施されてきた 45 課題の研究成果情報を取りまとめ、さらにそれらの情報を分析し、要約する作業であった。非常に多くの時間と労力を費やす作業であったが、5 名の外部評価委員からは、多くの有意義な助言を得られた。特に、当拠点事業全体の運営推進に対しては、全委員から称賛された。その他の詳細については、PartII の「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」を参照。

HPCI連携では、大きなトラブルも発生せず、極めて円滑に課題申込み、採否手続きを行うことができた。

##### (2) エンドユーザ教育関係

上述の講習会を 2012 年 12 月 20 日と 2013 年 3 月 12 日の 2 回実施した。

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:全て筑波大学にて学部生対象の授業実績あり。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。ここでは、従来の講習会から取り上げている、インストールが容易な Lis と、2012 年度のスパコンリプレースで導入された FX10 にて、センターから提供している PETSc を取り上げて実施した。Lis は、2 節で述べた研究でも使用しており、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、PETSc では、

センターが提供していた版の不具合を改善し、スパコン運用にも貢献した。また、講習会の話題の中では、単純なライブラリ利用に留めず、数値計算の盲点となり易い注意事項に関する解説も行った。

## 4 成果要覧

### 査読付論文

[査読付 1] 伊藤祥司, 片桐孝洋, 櫻井隆雄, 猪貝光祥, 大島聡史, 黒田久泰, 直野 健: BiCGStab 法の前処理付きアルゴリズムに対する改善, 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム (ACS38), 5(3), pp.11-21, 2012.

[査読付 2] 伊藤祥司, 杉原正顕: 導出過程に着目した CGS 法の前処理付きアルゴリズム, 日本応用数理学会論文誌, 23(2), 2013. (印刷中)

### その他の発表論文リスト

[発表 1] 伊藤祥司, 杉原正顕: 前処理付き CGS 法の改善とクリロフ部分空間に注目した解析, 2012 年並列/分散/協調処理に関する「鹿児島」サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012), とりぎん文化会館(鳥取市), 2012 年 8 月.

[発表 2] 伊藤祥司: PCGS 法の改善と PBiCGStab 法への適用について, 平成24年度国立情報学研究所共同研究集会「大規模疎行列を係数行列に持つ悪条件線形方程式に対する高速な数値計算法に関する研究」, 福井大学(福井市), 2012 年 11 月.

[発表 3] 伊藤祥司, 杉原正顕: 様々な前処理付き CGS 法に対するクリロフ部分空間に注目した解析, 日本応用数理学会 2013 年 研究部会 連合発表会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会セッション, 東洋大学 白山キャンパス(文京区), 2013 年 3 月.

[発表 4] 伊藤祥司: 従来版 PCGS と改善版 PCGS のクリロフ部分空間の構造, 平成24年度国立情報学研究所共同研究集会「大規模疎行列を係数行列に持つ悪条件線形方程式に対する高速な数値計算法に関する研究」, 国立情報学研究所(千代田区), 2013 年 3 月.

### 特記事項

[特記 1] 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 2] 2013 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 プログラム委員

[特記 3] 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 4] 理化学研究所 情報基盤センター 客員研究員

[特記 5] 中央大学理工学部 兼任講師(担当科目:数値解析)

PART 4

# 教育・サービス活動報告

情報メディア教育

学術情報

ネットワーク

スーパーコンピューティング



## 情報メディア教育



教育用計算機システム iMac 端末（駒場情報教育棟大演習室1）



# 情報メディア教育支援サービス 概要

部門長 柴山悦哉

専門職員 有賀浩

情報基盤センターでは、情報メディア教育サービスとして、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している。そして、これらに付随する運用・管理、ユーザサポート、システム設計、研究開発などの業務も行っている。

現在提供中のシステムやサービスのうち、代表的なものを以下で紹介する。これらは、研究室、学科・専攻、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運用・管理を集約化の方が費用面等で有利であったりするものである。

**教育用計算機システム (ECCS)：**年度末時点で約 28,000 名の登録ユーザに対し、本郷、駒場、柏の 3 キャンパスに分散配置した 1,321 台の iMac により、Mac OS X 環境と Windows 環境の利用サービスを提供している。両環境には、Office スイート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用意されており、授業などの教育目的を中心にさまざまな用途に利用されている。この他に、学内外からネットワーク経由で同時に最大 30 名が Mac OS X 環境を利用できるリモートアクセスサービスも提供している。また、3 キャンパスで計 28 台の複合機を設置し、ECCS の iMac からだけでなく、自宅や研究室の PC からのリクエストにも対応可能なプリントサービスを提供している。このプリントサービスは、全国のセブン-イレブンに設置されたマルチコピー機への出力、学内設置複合機での交通系電子マネー (Suica, PASMO など) による決済などにも対応している。

一般ユーザが直接接触することはないが、分散配置された多数の機器を一元管理するために、認証サーバ、ファイルサーバ、管理サーバなどを用いた集中管理体制を取っている。他にも、メールサービスなどを各ユーザに対して提供している。また、新規利用者向け講習会の開催、ヘルプデスクの設置、相談員 (学生アルバイト) の雇用などによりソフトなサービスにも力を入れている。

**メールホスティング：**学内組織を対象にメールホスティングサービスを提供しており、年度末時点で 476 ドメイン、約 17,000 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 45,000 名に達する。

**Web ホスティング：**学内組織を対象に Web ホスティングサービスを提供しており、年度末時点で 783 組織が利用している。今年度から、データベースの試行サービスを開始した。

**DNS ホスティング：**学内組織を対象とした DNS ホスティングサービスを提供しており、年度末時点で 21 組織が利用している。

**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、TODAI OCW、TODAI TV、卒業式中継をはじめさまざまな用途に利用されている。また、映像作成のための機材の提供も行っている。



**CFIVE：** 講義支援のためのオープンソースシステムとしてCFIVEの開発と運用を行っており、学生証を用いた出欠管理、課題の出題とレポートの提出、教材のオンライン配信、クイズの出題と回答、掲示板などを支援する機能を提供している。今年度は218の講義で利用された。

**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(無線および有線LAN)と同様の機器を部局が自己負担で導入し、情報基盤センターが運用・管理することにより、ユーザ認証後に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：** 部局設置機器の管理代行、認証情報の提供、大判プリンターのサービスなどを提供している。このうち認証情報に関しては、utroam、SSL-VPNなどの全学を対象としたサービスの他に、部局所有機器への提供サービスも行っている。

# 教育用計算機システム運用報告

## 情報メディア教育支援チーム

### 1 運用報告

#### 1.1 ECCS2012 の運用

ECCS2012 の端末は Apple iMac で、駒場キャンパス、本郷キャンパス、柏キャンパスに合計 1,321 台設置している。OS は端末起動時に Mac OS(Mac 環境)と Windows(Windows 環境)から選択することができる。

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た。

2012 年度の主な更新は以下の通りである。

#### Mac 環境

2012 年 6 月 26 日

- MacOS X 10.7.4
- Application Loader 2.5.1
- Safari 5.1.7
- iTunes 10.6.3
- Java for OS X Lion 2012-004 1.6.0\_33
- AirportUtility 6.1
- Microsoft Office 2011 14.2.2
- Microsoft Error Reporting 2.2.8
- Adobe Reader 10.1.3
- Adobe Flash Player 11.3.300.257
- Xerox プリンタドライバ
- Refworks(Word プラグイン)
- JMP Pro
- Paraview
- MODELLER
- valgrind

2012 年 10 月 19 日

- iTunes 10.7
- Java for OS X 2012-005
- Application Loader 2.7.0
- RAWCameraUpdate 3.14
- RemoteDesktopClient 3.6.1
- Firefox 15.0.1
- Thunderbird 15.0.1
- Google Chrome 22.0.1229.79
- Adobe Flash Player 11.4.402.265
- Adobe Reader 10.1.4
- MicrosoftAutoUpdate
- Microsoft Office 2011 14.2.3 更新プログラム

- Microsoft Office 2011 14.2.4 更新プログラム
- VLC 2.0.3
- SophosAntiVirus 8.0.6

2013年3月18日

- Java Version 7 update17
- MacOSX 10.7.5
- Application Loader 2.8.0
- Remote Desktop クライアントアップデート 3.6.2
- Java for OS X 2013-002 1.0
- iTunes 11.0.2
- AirMac ユーティリティ 6.2
- Safari 6.2
- Adobe Reader 10.1.6
- Firefox 19.0.2
- Adobe Flash Player 11.6.602.171
- Google Chrome 25.0.1364.160
- Thunderbird 17.0.4
- Webdav ショートカット削除
- Microsoft Office2011 14.3.1
- Microsoft Autoupdate 2.3.6
- R 2.15.3
- Realplayer SP 12.0.1
- VLC 2.0.5
- MATLAB 2012b
- SophosAntiVirus 定義ファイル更新、フルスキャン

#### Windows 環境

2012年6月21日

- ログオフ等の動作変更

2012年6月26日

- Rinoceros 4.0
- Adobe Flash Player 11.3.300.257
- 幽玄の間 20110824N
- マカリ 2.0a
- ブリッジ入門
- Endnote Web(Word プラグイン)
- Refworks(Word プラグイン)
- Adobe Reader 10.1.3
- VLC Player 2.0.1
- JMP Pro 9.0.3
- Visual C# 2012 Express 10.0.402.19.1

2012年8月27日

- VLC 2.0.3
- x264vfw
- マカリ アンインストール

2012年10月19日

- Windows Update
- SophosAntiVirus 10
- ムービーメーカー
- IE セキュリティコンポーネント
- Bridge Base Online
- Catalyst Control Center
- Adobe Flash Player 11.5.502.110
- Java Version 7 Update9
- Teraterm 4.75
- Winscp 5.1.1
- Firefox 16.0.2
- Thunderbird 16.0.2
- Google Chrome 23.0.1271.64
- gimp 2.8.2
- inkscape 0.48.2 r9819
- VLC 2.0.4

2013年3月19日

- Rhinoceros 5
- grasshopper
- R 2.15.3
- MATLAB 2012b
- Windows Update
- Adobe Reader 10.1.6
- Adobe Flash Player 11.6.602.171
- Java SE7 update17
- Firefox 19.0
- Google Chrome 25.0.1346.152 m
- Thunderbird 17.0.3
- VLC 2.0.5
- Real Player 16.0.0.282
- Sophos Antivirs 定義ファイル更新、フルスキャン

## 1.2 継続利用手続きの変更

ECCS2012 へのシステム更新に伴い、平成 24 年度より教育用計算機システム利用者の継続利用手続きを次の通り変更した。

利用者身分	変更前	変更後
学生	センター窓口にて学生証を提示し、新年度用初期パスワードを記入した通知書を受け取る。	学生自身でパスワード変更を行うことにより、在学期間中は自動継続される。パスワードの有効期間は1年。
教職員等	継続利用申込書および新年度用初期パスワードを記入した通知書が学内便で送付されるので、必要事項を記入した継続利用申込書をセンターへ提出する。	継続利用申込書が学内便で送付されるので、必要事項を記入しセンターへ提出する。パスワードは利用者自身で変更を行う。パスワードの有効期間は1年。

### 1.3 無線 LAN 一部更新

教育用計算機システム利用者向けの無線 LAN システムの一部を 2013 年 3 月に更新した。これまでは IEEE802.11b/g だったが、更新後は IEEE802.11a/b/g/n が利用できるようになった。また、ECCS で提供している SSID や utroam に加え、utroam-1x(IEEE802.1X 認証)が新たに使えるようになった。

今回更新したアクセスポイントは以下の通りである。

#### ●本郷地区

- ・情報基盤センター1F
- ・法文 1 号館 1F PC ルーム、1F 21 番教室、1F 22 番教室、1F 111 教室、1F 112～115 室前廊下、4F 読書室
- ・法文 2 号館 1F 学生ホール
- ・農学生命科学図書館 2F 書庫、3F 廊下
- ・農学部 1 号館 2F 8 番教室
- ・農学部 2 号館 2F 227 室
- ・経済学研究科棟 1F 計算機演習室
- ・教育学部 1F ラウンジ
- ・薬学図書館 3F、4F
- ・総合図書館 1F メディアプラザ 1、2F メディアプラザ 2、2F メディアプラザ 2 前廊下、2F 閲覧室、2F 参考室
- ・福武ホール B1F 実習室
- ・工学部 4 号館 2F 217B 学生室
- ・工学部 1 号館 2F 製図室、3F 多目的演習室

#### ●駒場地区

- ・情報教育棟 1F、2F、3F、4F
- ・駒場図書館 B1F、1F、2F、3F 南側、4F 南側
- ・教養学部 1 号館 2F 163 号室
- ・教養学部 11 号館 1F ロビー
- ・教養学部 12 号館 1F ロビー
- ・教養学部 14 号館 3F 310B、4F 講義室 407
- ・教養学部 15 号館 1F 講義室 104、1F 控室 105A、4F 計算機室 410、5F 図書室 510
- ・教養学部 15、16 号館 1F ロビー
- ・教養学部 16 号館 1F 学生控室および講義室、2F 図書室

#### ●柏地区

- ・柏図書館 2F 閲覧室

なお、更新の経緯は次の通りである。

(経緯)

- ・2012 年 7 月 2 日 無線 LAN システム仕様策定委員会開催
- ・8 月 6 日 入札公告
- ・9 月 7 日 入札締切
- ・9 月 13 日、9 月 27 日 無線 LAN システム技術審査委員会開催
- ・10 月 12 日 開札 富士通株式会社が落札
- ・2013 年 3 月 29 日 設置期限

## 1.4 教材提示システム更新

教材提示システムは、ECCS 端末を利用した講義や演習の際に、教員が学生に対して教材を提示するためのシステムであり、駒場情報教育棟および本郷情報基盤センター内の演習室に設置している。教材として、教師用 ECCS 端末画面、DVD/BD(Blu-ray Disc)などの映像、持ち込み PC、書画カメラなどを教卓上の操作パネルにより選択し、プロジェクタやサブモニタ(駒場情報教育棟 大演習室 1～3 のみ)に表示させることができる。2013 年 3 月に教材提示システムを更新した。更新の経緯と主な変更点は次の通りである。

(経緯)

- ・2012 年 6 月 26 日、7 月 5 日 教材提示システム仕様策定委員会開催
- ・7 月 26 日 入札公告
- ・8 月 1 日 入札説明会
- ・9 月 18 日 入札締切
- ・10 月 5 日、教材提示システム技術審査委員会開催
- ・10 月 5 日～11 日 教材提示システム技術審査委員会メール審議
- ・10 月 19 日 開札 株式会社内田洋行が落札
- ・2013 年 3 月 22 日 納入期限
- ・2013 年 3 月 25 日 運用開始

(主な変更点)

- プロジェクタの画素数 1,280×768 → 1,920×1,200
- サブモニタの画素数 1,680×1,050 → 1,920×1,080
- プロジェクタとサブモニタの出力を独立して選択可能  
(駒場情報教育棟 大演習室 1～3 のみ)
- DVD プレイヤーから Blu-ray プレイヤーに変更
- 教卓操作パネルからマイク音量調節機能を追加  
(駒場情報教育棟 小演習室 1、2 を除く)

## 2 講習会開催報告

### 2.1 新規利用者向け講習会

学部学生、大学院生および研究生が教育用計算機システムのりよう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。本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実施している。

2012 年度の実施状況は以下のとおりである。

表 1. センター主催の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	
	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
4 月	40	625	14	214	2	176
5 月	42	158	5	17		
6 月	42	70	5	9		
7 月	42	59	2	5		
8 月	36	40	1	1		

9月	38	26	2	2		
10月	44	288	4	31	2	44
11月	42	67	4	2		
12月	36	32	2	5		
1月	36	23	2	1		
2月	36	16	2	0		
3月	42	18	2	2		
合計	476	1,422	45	289	5	220

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	229
4月3日	法科大学院	公共政策大学院新入生	84
4月5日	教養学部	学部新入生(文科)	1,257
4月6日	教養学部	学部新入生(理科)	1,798
10月3日	教養学部	PEAK,GPEAK,AIKOM 学生	62

### 3 サービス統計

#### 3.1 部局別利用者数

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を図 1 に示す。比較のため、2012 年度(各月右側)と 2011 年度(同左側)を載せてある。

注:システム更新があったため、2011 年 2 月、3 月のデータは不掲載とした。

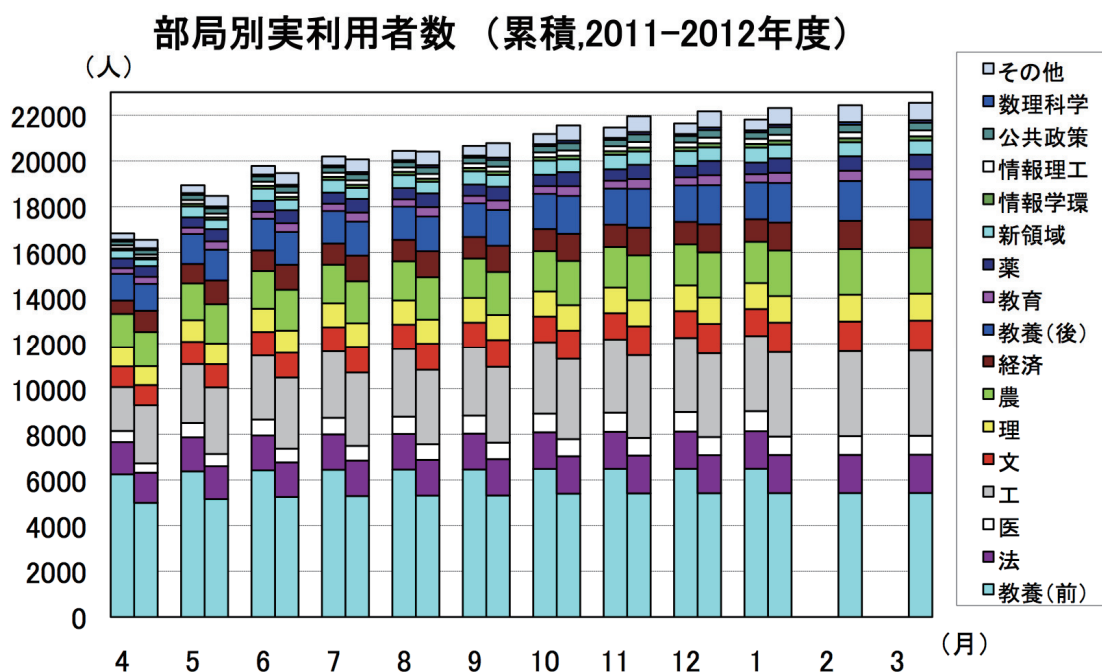


図 1. 部局別実利用者数

### 3.2 端末利用状況

教育用計算機システムの端末は、本郷地区では情報基盤センター(浅野地区)の演習室に端末を集中配置するとともに、総合図書館、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、情報教育棟に端末を集中配置し、駒場図書館にも端末を配置している。柏地区は柏図書館に端末を配置している。

これらの配置場所のうち、利用の多い本郷地区の総合図書館と駒場地区の情報教育棟、駒場図書館の利用状況を図 2 から図 7 に示す。図の中で濃い灰色が Mac 環境利用、薄い灰色が Windows 環境利用である。

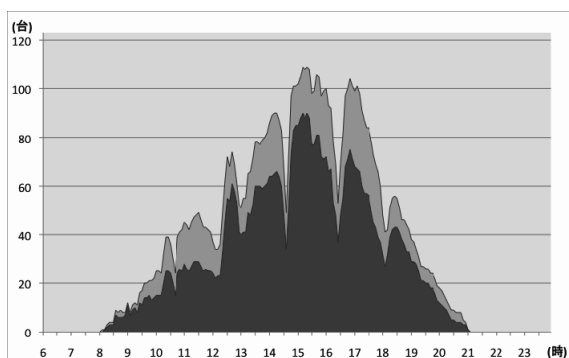


図 2. 駒場情報教育棟 1F 自習室 (124 台)

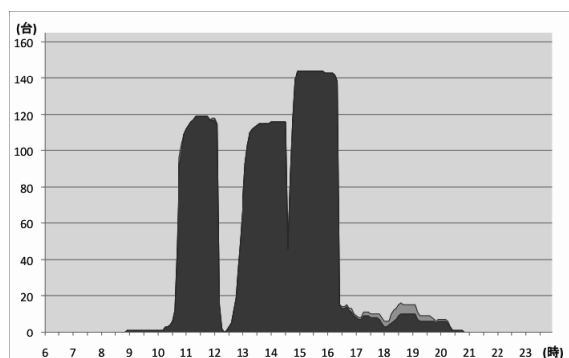


図 3. 駒場情報教育棟 2F 大演習室 1 (165 台)

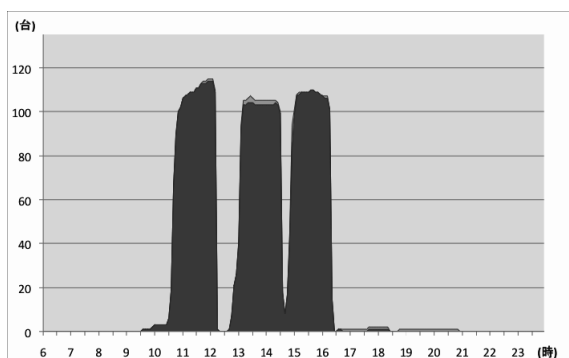


図 4. 駒場情報教育棟 3F 大演習室 2 (135 台)

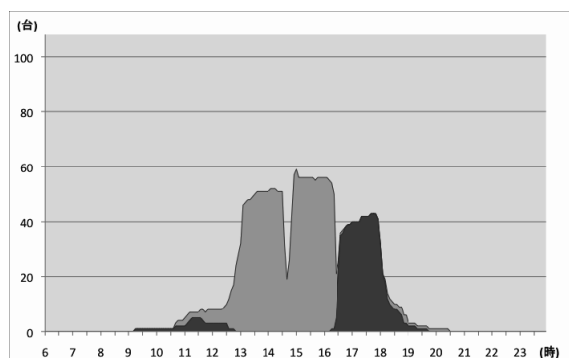


図 5. 駒場情報教育棟 2F 大演習室 3 (108 台)

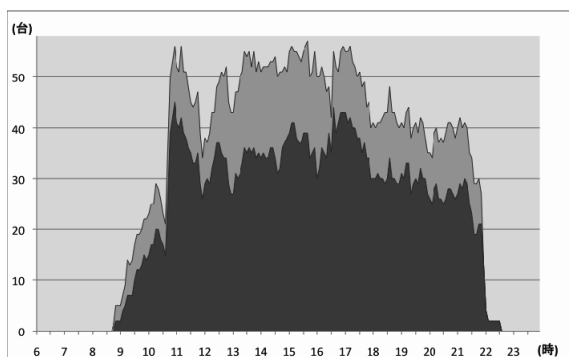


図 6. 駒場図書館 1F メディアパーク (58 台)

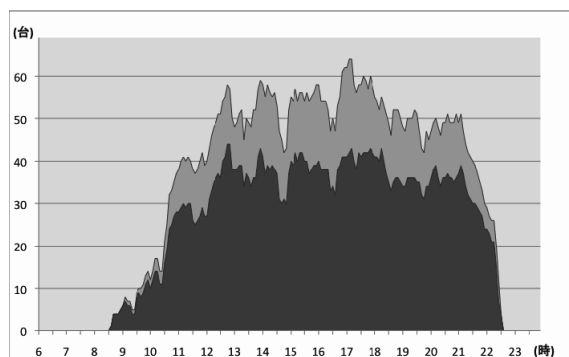


図 7. 総合図書館 2F,3F メディアプラザ 2,3 (69 台)



### 3.3 利用者対応

利用者への対応について、窓口、電話対応件数、メールによる対応件数を表3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	電話対応	窓口対応	電話対応	
4月	492	394	345	71	780	34	215
5月	353	212	165	46	250	36	188
6月	274	130	109	46	157	18	169
7月	267	94	127	52	102	12	108
8月	169	108	70	20	48	32	96
9月	230	122	116	27	87	10	128
10月	513	135	387	67	702	34	179
11月	298	104	206	24	217	17	153
12月	210	62	125	18	97	17	93
1月	209	75	97	21	98	16	117
2月	155	93	106	57	86	16	103
3月	196	137	75	51	95	23	127
合計	3,366	1,666	1,928	500	2,719	265	1,676

## 4 発表

### 4.1 大学 ICT 推進協議会 2012 年度年次大会での発表

2012年12月17日～19日に、大学ICT推進協議会主催により神戸市で行われた、大学ICT推進協議会2012年度年次大会において、安部主任が「教育用計算機ユーザ管理システムの改善と運用評価」について発表を行った。

### 4.2 平成24年度愛媛大学総合技術研究会での発表

2013年3月7日～8日に愛媛大学で行われた平成24年度愛媛大学総合技術研究会において、前田係長が「東京大学における教育用計算機システムの更新と運用」について発表を行った。

# 学内組織向けメールサーバ(MAILHOSTING)運用報告

情報メディア教育支援チーム

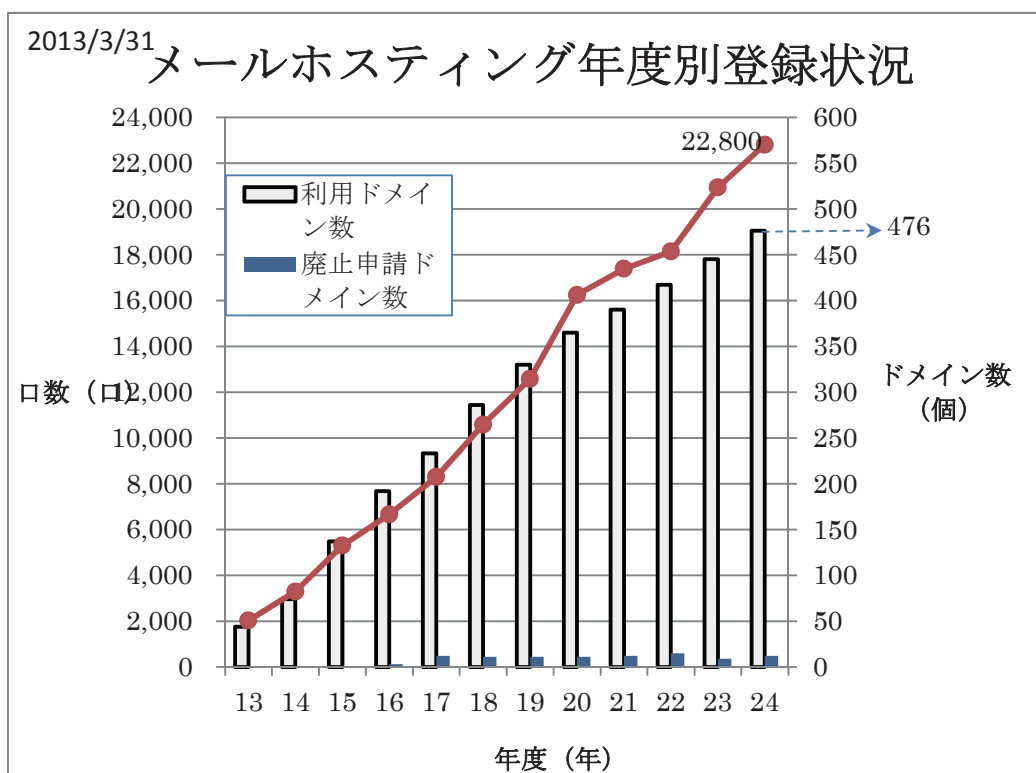
## 1 経過

学内組織向けメールサーバ(MAILHOSTING)の更新については、教育用計算機システム(ECCS2012)の調達に含めることとしている。ただし、MAILHOSTINGについては、2012年8月にシステムの移行を行い、MAILHOSTING-MとMAILHOSTING-DをDEEPSoft社のMailSuiteに統合した。

利用負担金免除制度の適用継続を希望していた3組織に対して、2012年9月25日第43回情報メディア教育専門委員会において、制度の適用継続が認められた。

## 2 参加組織

2012年度末時点において、本サービスを利用している組織は、476組織であり、それらの申し込み口数の合計は22,800口である。2011年度末に比べ、31組織、1,635口増加している。



### 3 システム更新等

2012年8月11日(土)～12日(日)にかけて Mailhosting-D の移行を、8月13日(月)～18日(土)にかけて Mailhosting-M の移行を行った。両者は DEEPSOFT 社の MailSuite に統合された。移行後、負担金の変更なく一口あたり 200Mbyte から 400Mbyte に変更した。(2012年6月1日の第42回情報メディア教育専門委員会承認)また、Mailhosting-M 利用者に対してメールリストサービスを提供していた Mailman は MailSuite で同等の機能が含まれている為、2013年2月末をもって終了した。

### 4 利用者管理システム

MAILHOSTING 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 2012年3月30日から受付を開始し、継続申請等については 4月9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。

### 5 広報

本年度に行った主な広報は、以下の通りである。

2012年

- 6月26日 利用負担金の改定について
- 7月5日 学内組織向けメールサーバの利用負担金について
- 8月6日 【メール】MailSuite 証明書のエラーについて【終了】
- 8月10日 【メール】一部メールアドレスへの送信エラーについて
- 8月12日 学内組織向けメールサーバ (MailHosting-M) のシステムの移行について
- 8月12日 メールボックス(フォルダ)のリスト表示の文字化け
- 8月14日 DNS に何を登録しなければならないのでしょうか？
- 8月14日 【MailHosting-M】システム(mh002)の移行【終了】
- 8月14日 Mailhosting-M から新システムへのドメイン移行後に新しいメールが届かない。
- 8月14日 IE6 でメニューの一部が表示されない
- 8月15日 学内組織向けメールサーバ (MailHosting-M) のシステムの移行について
- 8月15日 Mailhosting-M からの移行後に Thunderbird の IMAP 接続でサブフォルダが見えない
- 8月16日 【MailHosting-M】システム(mh001)の移行【終了】
- 8月17日 【MailHosting-M】システム(mh003)の移行【終了】
- 8月17日 ピリオド(.)を含むユーザでログインできなくなった
- 8月17日 メールの転送設定方法
- 8月18日 【MailHosting-M】システム(mh004)の移行【終了】
- 8月28日 ノートン製品を使っていて MailSuite にログインしようとするブラウザが強制終了する
- 8月31日 /etc/aliases 相当の機能はありますか？
- 9月3日 Web ファイル機能について
- 9月4日 【管理者向け】MailSuite での迷惑メール隔離の管理
- 9月4日 【利用者向け】迷惑メール隔離リストの対処方法

- 9月 6日 Apple Mail 10.8以降のメーラを使っていると異常終了する
  - 9月 7日 9/13 迷惑メール隔離対応変更について
  - 9月 13日 Thunderbird/AppleMail で認証できなくなった
  - 9月 13日 9/13 メールシステムメンテナンス【終了】
  - 9月 19日 10/1 POP3/IMAP 認証方式の変更について
  - 10月 16日 メーリングリスト作成時の注意点
  - 11月 5日 11/5 フィッシングメールに対する注意喚起
  - 11月 19日 【管理者向け】Alias/メーリングリストの迷惑メール隔離動作
  - 12月 22日 復旧 ネットワーク機器の障害について (2012-12-22)
  - 12月 27日 12/27 ファイアウォールの緊急メンテナンス【終了】
- 2013年
- 2月 14日 2/13 フィッシングメールに対する注意喚起
  - 2月 28日 Mailman から MailSuite の ML への切り替えについて
  - 3月 1日 ドメインのディスク使用量を確認したい
  - 3月 1日 メーリングリストの投稿方法の修正について
  - 3月 25日 3/25 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【終了】

# WEB PARK サービス運用報告

情報メディア教育支援チーム

## 1 運用報告

WEB PARK サービスは 2000 年から開始した学内組織向けの Web ホスティングサービスである。2009 年度末行ったシステム更新後3年目の運用となる 2012 年度は、引き続き安定したサービス提供に努め、さらにサービスの拡充として WEB PARK データベース試行サービスを開始した。

### 1.1 機能追加

2012 年度に WEB PARK に新たに追加された機能は、以下の通りである。

<追加機能>

- ・データベースを操作するためのツールとしてデータベース設定ツールとデータベース管理ツール (phpMyAdmin、phpPgAdmin) を用意

<対応データベースの種類と設置可能なデータベース数>

- ・MySQL(バージョン 5.0)
- ・PostgreSQL(バージョン 8.4)
- ・1 申請あたり 2 個まで

## 2 利用組織数

2012 年度に利用を開始した組織数は 83、利用を中止した組織数は 35 であった。2013 年 3 月末現在の総利用組織数は 783 である。利用組織数の変化を図1に示す。

なお、2012 年 6 月 1 日に行われた第 42 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 4 組織に対し、制度の適用継続が認められた。

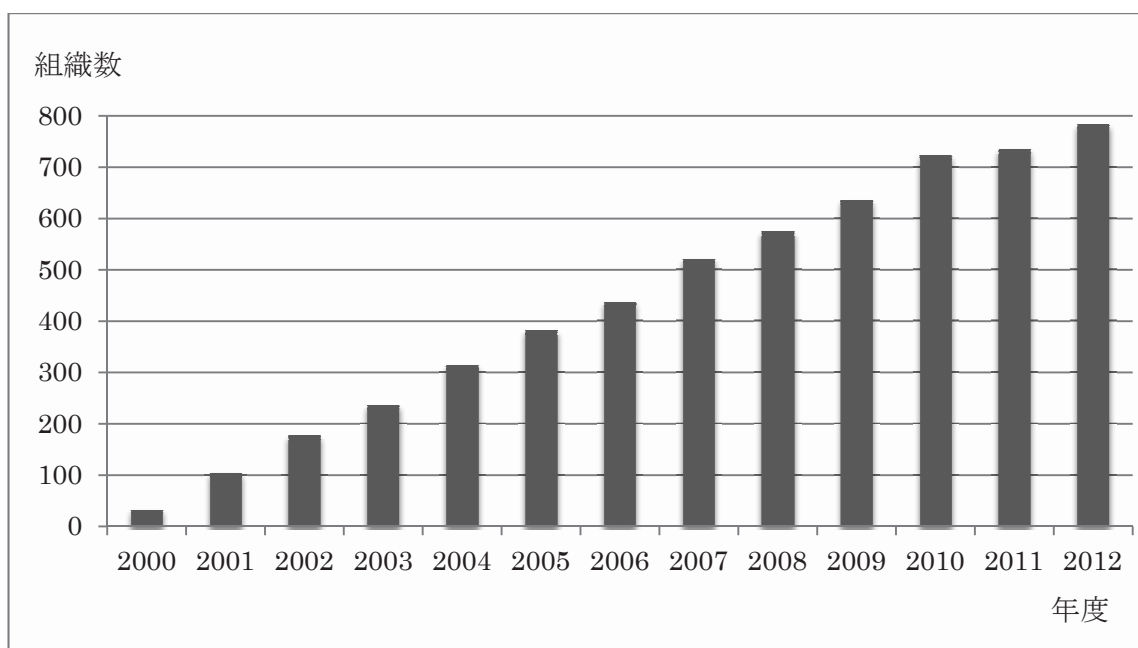


図1 利用組織数

部局別利用組織数を表1に示す。

表1 部局別利用組織数(2013年3月末現在)

部局名	利用組織数
法学系研究科／法学部	34
医学系研究科／医学部	41
工学系研究科／工学部	213
理学系研究科／理学部	13
農学生命科学研究科／農学部	111
経済学研究科／経済学部	40
総合文化研究科／教養学部	99
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	97
情報理工学系研究科	11
情報学環・学際情報学府	1
公共政策大学院	2
医科学研究所	2
東洋文化研究所	1
社会科学研究所	1
生産技術研究所	4
大気海洋研究所	18
先端科学技術研究センター	19
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	3
留学生センター	1
人工物工学研究センター	2
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	8
機構・委員会等	14
その他	24

# 学内組織向け DNS ホスティング運用報告

情報メディア教育支援チーム

## 1 経過

2012 年度は、システム更新等を行っていない。

## 2 参加組織

2012 年度末時点において、21 組織が利用中である。

## 3 システム作業等

2 台冗長構成のコンテンツ管理サーバのうち Passive 側(待機側)が故障した為、平成 25 年 3 月 27 日に交換、復旧作業を行った。

## 4 広報

本年度に行った主な広報は、以下の通りである。

2012 年

7 月 18 日 フルサービスリゾルバとは何ですか？

2013 年

1 月 21 日 総合図書館の名前解決ができない障害

2 月 5 日 コンテンツサーバのメンテナンス(2/12)【終了】

2 月 14 日 コンテンツサーバとは何ですか？

2 月 14 日 新たに xxx.yyy.u-tokyo.ac.jp で使いたいのですが

2 月 14 日 停電時にも DNS サーバは停止しませんか？

2 月 14 日 DNS ホスティングを利用する際に、上位ドメインで設定する NS レコード

2 月 14 日 コンテンツサーバ機器更新に伴うアクセス方法の変更について

2 月 15 日 逆引きの設定をしたいのですが、どうしたらよいでしょうか

2 月 15 日 管理用のパスワードを忘れたのですが、どうしたら良いでしょうか

2 月 15 日 利用をやめるにはどうすればよいのですか？

2 月 15 日 (クライアント OS の設定で) "DNS サーバ" には、何を指定すれば良いのですか？

# 遠隔講義支援サービス運用報告

## 情報メディア教育支援チーム

### 1 運用報告

遠隔地と講義・会議ができるような TV 会議システムを本郷・駒場の遠隔講義室に提供して利用のサポートを行なっている。また MCU(テレビ会議システム多地点接続制御装置)を提供して。2012 年度は本郷の遠隔講義室を 1F へ移設し、MCU のハードウェアリプレイスを行った。

#### 1.1 遠隔講義室

遠隔地と講義・会議ができるような TV 会議システムを本郷・駒場の遠隔講義室に提供して利用のサポートを行なっている。2012 年度行った本郷・駒場:遠隔講義室の施設改善は以下のとおりである。

- ・本郷遠隔講義室について、4F413 から 1F103 への移設と機器更新を行なった。
- 2013 年 4 月の授業からは 1F103 を遠隔講義室として利用予定。
- ・駒場遠隔講義室について天吊カメラの撤去、撮影カメラの HD 化を行なった。

#### 1.2 MCU(テレビ会議システム多地点接続制御装置)

多地点接続出来ないテレビ会議システムの多地点接続用に学内向けの MCU サービスをおこなっている。2012 年度は 2005 年度に導入した MCU のハードウェアリプレイスを行った。

#### 1.3 インターネットライブ中継

学内で行われる卒業式、イベント、最終講義等のライブ中継サポートを行なっている。2012 年度は4件の中継サポートを行った。

### 2 サービス統計

2012 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。また遠隔講義室の授業利用(本郷:11 講義、駒場9講義)に関しては学期毎にまとめて1回として集計している。

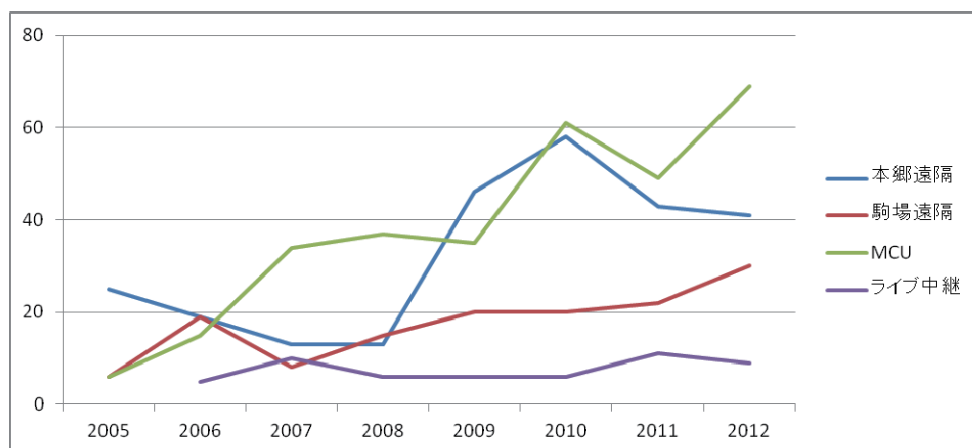


図 1.遠隔講義支援サービス利用数経年変化(2005-2012)



MCUの接続拠点数と利用頻度を集計した。MCUの接続数は最大16拠点の接続が可能であるハードウェアリプレイスを行い2013年4月より最大接続数15へサービス内容が変更になる。

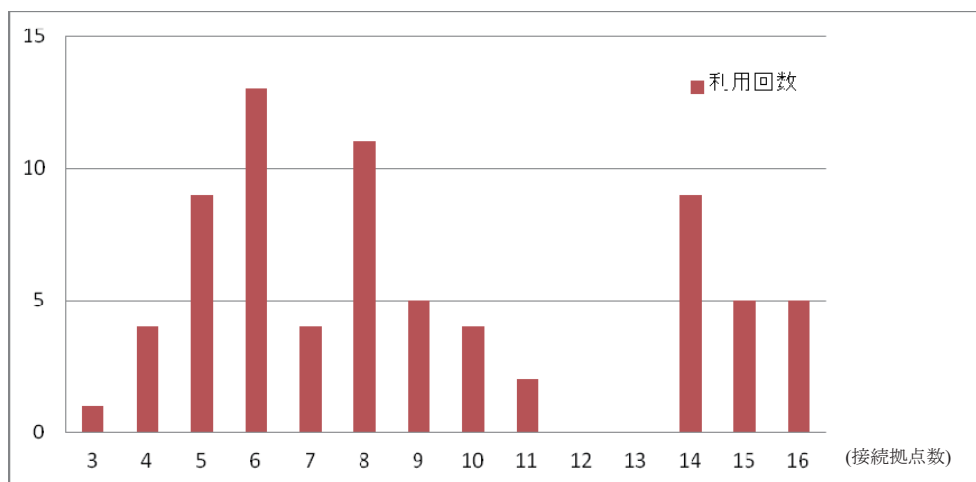


図 2.MCU 接続拠点数別利用頻度(2012)

### 3 その他

関連 URL <http://elearn.itc.u-tokyo.ac.jp/>

# CFIVE 運用報告

## 情報メディア教育支援チーム

### 1 運用報告

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、2011 年度 165 講義、2012 年度 218 講義で利用された。2012 年度に改良された機能、利用された講義名等を以下に示す。

#### 1.1 機能追加・改善

2012 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>

- ・学内ネットワークからの ECCS シングルサインオン対応

##### <機能改善>

- ・PEAK 生用英語メニュー改修
- ・CSRF 脆弱性対応
- ・画面一覧への「ユーザ名」「ユーザ ID」併記
- ・表示件数の最大値 200 件対応

#### 1.2 ハンディターミナルの代替機能改修

本部情報システム部と共同で Windows 環境での IC カード読取プログラムを開発した。

### 2 講習会・研究会開催報告

システム利用説明会

2012 年 9 月 27 日(木) 13:30-15:00 駒場:情報教育棟 2 階大演習室 1

2012 年 10 月 1 日(月) 13:30-15:00 本郷:情報基盤センター1 階大演習室 1

2013 年 3 月 22 日(金) 15:10-16:00 駒場:情報教育棟 3 階大演習室 2

### 3 サービス統計

#### 3.1 夏学期での利用

夏学期(2012 年 4 月 - 2012 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	熱力学(1)(月 1)	菊川芳夫
2	教養学部前期課程	生命科学(月 1)	白髭克彦
3	教養学部前期課程	情報(月 1)	増原英彦
4	教養学部前期課程	国際関係論 I(水 5)	古城佳子
5	教養学部前期課程	比較地域史(火 5)	鈴木直志
6	教養学部前期課程	ビルマ日本占領期をめぐる歴史観 - 占領軍、ナショナリスト、そして少数民族 - (月 2)	池田一人
7	教養学部前期課程	英語二列 C(月 3)	藤田祐
8	教養学部前期課程	図形科学 II(月 3)	横山ゆりか
9	教養学部前期課程	情報(月 3)	河内谷幸子
10	教養学部前期課程	情報(月 3)	山口和紀

11	教養学部前期課程	生命科学 I (月 3)	佐藤直樹
12	教養学部前期課程	政治 I (月 3)	鹿毛利枝子
13	教養学部前期課程	英語二列 C (月 4)	藤田祐
14	教養学部前期課程	情報 (月 4)	田村肇
15	教養学部前期課程	図形科学 II (月 4)	高柳英明
16	教養学部前期課程	情報 (月 4)	柴山悦哉
17	教養学部前期課程	情報 (月 5)	田中哲朗
18	教養学部前期課程	現代国際社会論 (月 5)	東大作
19	教養学部前期課程	情報 (火 2)	中谷多哉子
20	教養学部前期課程	情報 (火 2)	藤垣裕子
21	教養学部前期課程	情報 (火 3)	中谷多哉子
22	教養学部前期課程	情報 (火 3)	美馬秀樹
23	教養学部前期課程	英語二列 (C) (火 3)	奥聡一郎
24	教養学部前期課程	図形科学 II (火 3)	俵丈展 奈尾信英
25	教養学部前期課程	情報 (火 4)	山口泰
26	教養学部前期課程	図形科学 II (火 4)	奈尾信英 俵丈展
27	教養学部前期課程	英語二列 (C) (火 4)	奥聡一郎
28	教養学部前期課程	情報 (火 4)	藤垣裕子
29	教養学部前期課程	プログラム構成論 (火 5)	山口和紀
30	教養学部前期課程	法 I (水 1)	松下淳一
31	教養学部前期課程	情報 (水 2)	原田至郎
32	教養学部前期課程	基礎演習 (水 2)	荒巻健二
33	教養学部前期課程	情報 (水 2)	開一夫
34	教養学部前期課程	情報 (水 3)	中村政隆
35	教養学部前期課程	情報 (水 3)	日暮英治
36	教養学部前期課程	図形科学 II (水 3)	柏原賢二 川原田寛
37	教養学部前期課程	人間行動基礎論 (水 3)	大久保街亜
38	教養学部前期課程	情報 (水 4)	原田至郎
39	教養学部前期課程	図形科学 II (水 4)	川原田寛 柏原賢二
40	教養学部前期課程	情報 (水 4)	植田一博
41	教養学部前期課程	惑星地球科学 1 (水 4)	小河正基
42	教養学部前期課程	情報科学概論 I (水 5)	増原英彦
43	教養学部前期課程	情報 (木 1)	中野公彦
44	教養学部前期課程	生命科学 (木 1)	佐藤直樹
45	教養学部前期課程	熱力学 (I) (木 1)	菊川芳夫
46	教養学部前期課程	図形科学演習 II (木 1)	山口泰
47	教養学部前期課程	英語二列 R (木 2)	河合祥一郎
48	教養学部前期課程	英語二列 R (木 2)	小林薫
49	教養学部前期課程	英語二列 C (木 2)	アルヴィなほ子
50	教養学部前期課程	情報 (木 2)	福永アレックス
51	教養学部前期課程	図形科学 II (木 2)	館知宏 金子知適
52	教養学部前期課程	情報 (木 2)	中野公彦
53	教養学部前期課程	英語二列 C (C) (木 3)	広瀬友紀
54	教養学部前期課程	英語二列 R (木 3)	小林薫
55	教養学部前期課程	情報 (木 3)	開一夫

56	教養学部前期課程	英語二列(PA)(木3)	片山晶子
57	教養学部前期課程	図形科学 II(木3)	金子知適 館知宏
58	教養学部前期課程	情報(木3)	辰己丈夫
59	教養学部前期課程	英語二列C(木4)	アルヴィなほ子
60	教養学部前期課程	英語二列C(C)(木4)	広瀬友紀
61	教養学部前期課程	地域文化論 II(木4)	橋川健竜
62	教養学部前期課程	近現代史 I(木4)	伊熊幹雄
63	教養学部前期課程	法と社会(木4)	岩田太
64	教養学部前期課程	物質化学Ⅱ(文科学)(木4)	渡辺正
65	教養学部前期課程	情報(金1)	千葉滋
66	教養学部前期課程	英語二列(PA)(金1)	片山晶子
67	教養学部前期課程	基礎演習(金2)	岡田晃枝
68	教養学部前期課程	情報(金2)	中村政隆
69	教養学部前期課程	情報(金2)	広田光一
70	教養学部前期課程	情報(金3)	蔡東生
71	教養学部前期課程	情報(金3)	品川高廣
72	教養学部前期課程	図形科学 II(金3)	金井崇 田中一郎
73	教養学部前期課程	基礎統計(金3)	岡田謙介
74	教養学部前期課程	生命科学 I(1)(金3)	増田建
75	教養学部前期課程	図形科学 II(金4)	田中一郎 金井崇
76	教養学部前期課程	英語二列C(C)(金4)	広瀬友紀
77	教養学部前期課程	情報(金4)	蔡東生
78	教養学部前期課程	情報(金4)	谷川智洋
79	教養学部前期課程	政治 I(文1向け)(金4)	高橋直樹
80	教養学部前期課程	社会 I(金4)	和田毅
81	教養学部前期課程	哲学 I(金4)	石原孝二
82	教養学部前期課程	モンゴル語初級(木5)	木村理子
83	教養学部前期課程	学術俯瞰講義「リスクと社会」(水5)	城山英明 石原孝二
84	教養学部前期課程	学術俯瞰講義「学際情報学」(木5)	石田英敬 植田一博
85	教養学部前期課程	中央アジア散歩(月2)	岡田晃枝
86	教養学部前期課程	情報システム利用入門(月2)	金子知適 山口和紀
87	教養学部前期課程	数理計画法概論(月5)	垣村尚徳
88	教養学部前期課程	災害と情報：東日本大震災の教訓を首都直下地震に活かす(火3)	目黒公郎
89	教養学部前期課程	駒場で「食」を考える(火5)	岡田晃枝
90	教養学部前期課程	平和のために東大生ができること(火6)	岡田晃枝
91	教養学部前期課程	国際・地域一般(月5)	アルヴィなほ子
92	教養学部前期課程	国際・地域一般：東アジア共同体論(金5)	木宮正史
93	教養学部前期課程	歴史世界論(木5)	森まり子
94	教養学部前期課程	グローバル時代をどう生きるか(月5)	真船文隆
95	教養学部前期課程	図形科学 II(共通)	柏原賢二他
96	教養学部前期課程	情報(共通)	藤垣裕子ほか
97	教養学部前期課程	情報(共通)	情報担当講師
98	法学部	民法第2部(月4)(木2)	加毛明
99	法学部	行政法第1部(月2,水4)	太田匡彦

100	法学部	金融法演習：商事信託法の諸問題(水5)	小野傑
101	法学部	比較政治 II (発展途上国の政治)(月1)	大串和雄
102	法学部	現代朝鮮半島の政治(水1)	木宮正史
103	公共政策大学院	立法学(月1)	塩田智明
104	公共政策大学院	HumanSecurity:AsianPerspectives(金4)	SHANI, Giorgiandrea
105	公共政策大学院	中小企業政策(II)(水3)	長谷川榮一
106	公共政策大学院	GlobalizationandEconomicStructuralPolicy(火4)	林良造
107	公共政策大学院	CaseSutdy (AnalysisonNagotiationsinAreasofTrade, EconomyandEnergy(II))(金3)	長谷川榮一
108	工学部	先端技術と社会特別講義 II(木3)	美馬秀樹
109	工学部	計算機工学概論(火1)	矢入健久, 堀浩一
110	工学部	物質科学のための計算数理 I (金3)	岩田潤一
111	工学部	実現型プロジェクト1(金3,4)	西野成昭
112	工学部	実現型プロジェクト2(金3,4)	西野成昭
113	総合文化研究科	平和プロセスと国際協力 II : 人間の安全保障と平和構築(火4)	東大作
114	総合文化研究科	言語情報科学特別講義 II	広瀬友紀
115	総合文化研究科	計算機構論 I(月4)	山口和紀
116	文学部	多分野講義(火5)	ロバーツ・グレンダ
117	情報学環	総合分析情報学特論 II(水2)	植田一博
118	理学部	計算数学 I(金4)	一井信吾
119	理学部	計算数理解習(数情報学 I 演習)(金3)	齊藤宣一
120	農学部	農学国際特論 I(金4)	溝口勝
121	経済学部	金融システムの諸問題と行政(火3)	天谷知子
122	教養学部後期課程	計量社会科学(月2)	来島愛子
123	教養学部後期課程	言語解析論	広瀬友紀
124	教養学部後期課程	アメリカ宗教文化論(木5)	ロビンズ、ロジャー
125	教養学部後期課程	イギリス文学テキスト分析 II(月2)	アルヴィなほ子
126	教養学部後期課程	特殊講義 II(ロシア東欧のユダヤ人とナショナリズム)(月3)	鶴見太郎
127	教養学部後期課程	ラテンアメリカ政治(水4)	大串和雄
128	教養学部後期課程	国際経済政策演習(水3)	荒巻健二
129	教養学部後期課程	国際金融国際社会科学特別講義 IV(土2)	浅川雅嗣
130	教養学部後期課程	日本研究特殊講義 IV	アルヴィなほ子
131	教養学部後期課程	英語(作文)(4)(火1)	ロビンズ、ロジャー

### 3.2 冬学期での利用

冬学期(2012年10月ー2013年2月)に CFIVE を利用した講義は以下の通りである。

1	教養学部前期課程	初修外国語スペイン語(公開講座,全員登録)	スペイン語部会全教員
2	教養学部前期課程	共通英語(2)(月3)	橋川健竜
3	教養学部前期課程	学術俯瞰講義「光の科学」(木5)	五神 真、鳥井寿夫
4	教養学部前期課程	近現代史 II(木4)	伊熊幹雄
5	教養学部前期課程	情報科学(月1)	滝本 宗宏
6	教養学部前期課程	情報システム利用入門(月1)	垣村 尚徳
7	教養学部前期課程	適応行動論(月2)	長谷川 壽一
8	教養学部前期課程	システム論(月2)	福永アレックス
9	教養学部前期課程	学術俯瞰講義 「「世界史」の世界史」(月2)	羽田 正、後藤春美
10	教養学部前期課程	英語二列P(月4)	藤田 祐
11	教養学部前期課程	心理 II(火1)	工藤恵理子
12	教養学部前期課程	情報科学概論 II(火1)	藤垣裕子 植田一博

			福永 Alex
13	教養学部前期課程	英語二列 P(P)(火 2)	広瀬友紀
14	教養学部前期課程	英語二列 P(火 3)	藤尾美佐
15	教養学部前期課程	英語二列 P(P)(火 3)	広瀬友紀
16	教養学部前期課程	英語二列 P(火 4)	藤尾美佐
17	教養学部前期課程	比較地域史(火 5)	鈴木直志
18	教養学部前期課程	歴史のなかの民族—ビルマのカレンをめぐる知識形成史の ころみ— (火 5)	池田 一人
19	教養学部前期課程	法Ⅱ(水 1)	西村 弓
20	教養学部前期課程	哲学演習(水 1)	橋本毅彦
21	教養学部前期課程	進化学(水 1)	増田建
22	教養学部前期課程	人間行動基礎論(理科生)(水 2)	大久保 街亜
23	教養学部前期課程	情報科学(水 4)	田中哲朗
24	教養学部前期課程	図形科学Ⅰ(水 4)	椎名久美子
25	教養学部前期課程	日本国憲法(水 5)	山元 一
26	教養学部前期課程	全学自由ゼミナール(科学技術基礎論)(木 1)	橋本毅彦
27	教養学部前期課程	英語二列 P(P)(木 3)	広瀬友紀
28	教養学部前期課程	情報科学(木 3)	山口 泰
29	教養学部前期課程	国際関係論Ⅱ(木 5)	岡田 晃枝
30	教養学部前期課程	モンゴル語初級(木 5)	木村理子
31	教養学部前期課程	学術俯瞰講義「光の科学」(木 5)	五神 真、鳥井寿夫
32	教養学部前期課程	身体運動科学(金 1)	中澤公孝
33	教養学部前期課程	図形科学Ⅰ(金 2)	佐久田 博司
34	教養学部前期課程	情報科学(金 3)	大山恵弘
35	教養学部前期課程	情報科学(金 4)	増原英彦
36	教養学部前期課程	経済Ⅱ(金 4)	荒巻健二
37	教養学部前期課程	ことばと文学Ⅰ(金 4)	岩月純一
38	教養学部前期課程	データ分析(金 4)	来島 愛子
39	教養学部前期課程	法・政治(金 4)	岩澤 雄司
40	教養学部前期課程	テーマ講義(国際機関で働く)(金 5)	荒巻健二
41	教養学部前期課程	現代国際社会論:多文化共生の歴史と現在(月 5)	松田ヒロ子
42	教養学部前期課程	平和のために東大生ができること(火 6)	岡田 晃枝
43	教養学部前期課程	宇宙素粒子物理学のフロンティア(水 4)	岸本康宏
44	教養学部前期課程	現代朝鮮半島論(月 2)	木宮 正史
45	教養学部前期課程	国際・地域一般(木 4)	ジャスティン ダブナー
46	教養学部前期課程	テキスト分析(金 4)	アルヴィなほ子
47	教養学部前期課程	社会教育論Ⅰ(月 3)	李 正連
48	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
49	教養学部前期課程	専門英語(13)(金 3)	高橋直樹
50	教養学部前期課程	特殊講義「イギリスの政治」(金 4)	高橋直樹
51	教養学部前期課程	惑星地球科学1(月 2)	小河正基
52	法学部	商法第2部(火 1/金 3)	山下友信
53	法学部	行政法第2部(月 4/水 1)	太田 匡彦
54	法学部	労働法(月 1,水 3)	荒木尚志
55	法学部	日本近代法史(水 5)	和仁 陽
56	法学部	現代ラテンアメリカの政治(金 4)	大串和雄
57	法学部	現代日本政治(火 1)	谷口 将紀
58	法学部	アジアにおける比較政治制度論(木 2)	大森佐和

59	公共政策大学院	Comparative Analysis of Japanese Economic Policy-Making Process(Tue4)	林 良造
60	公共政策大学院	English):Governance and Development(Mon6)	桑島京子
61	公共政策大学院	中小企業政策(1)(水3)	長谷川 栄一
62	公共政策大学院	事例研究(法政策Ⅲ)(月1/2)	塩田智明
63	公共政策大学院	事例研究(資本市場と公共政策)(水5)	天谷知子 小野傑
64	公共政策大学院	Case Study (Analysis on Negotiations in Areas of Trade, Economy and Energy (I))(Fri3)	長谷川 栄一
65	工学部	ソフトウェア第一/機械ソフトウェア演習(水4-5)	正宗賢, 高野涉, 杉田直彦
66	工学部	プログラミング基礎(金4/5)	高木 健
67	工学部	物質科学のための計算数理Ⅱ(金3)	岩田潤一
68	工学部	プログラミング基礎演習(金5)	ダヌシカ ポレガラ
69	総合文化研究科	言語情報解析Ⅰ	広瀬友紀
70	総合文化研究科	エスニシティ文化変容論Ⅰ	貴堂 嘉之
71	総合文化研究科	アメリカ太平洋文化交流論Ⅱ	ジャスティン ダブナー
72	総合文化研究科	言語の認知科学Ⅲ	広瀬友紀
73	文学部	知と幸福(月5)	富澤かな
74	理学部	計算数学Ⅱ	一井信吾
75	農学部	情報工学(木3)	中村 典裕
76	農学部	生物統計学(月4)	岸野洋久
77	経済学部	マクロ経済学(木5-6)	渡辺 努
78	情報基盤センター	平成24年度コンピュータネットワーク研修	コンピュータネットワーク 研修担当教員
79	教養学部後期課程	広域英語圏地域論演習、専門英語(8)(水4)	ジャスティン ダブナー
80	教養学部後期課程	システム数理Ⅱ(水2)	山口 泰
81	教養学部後期課程	情報システム科学Ⅴ(火2)	山口 泰
82	教養学部後期課程	共通英語(12)(月1)	ロビンズ ロジャー
83	教養学部後期課程	イギリス言語芸術論Ⅱ(木4)	アルヴィなほ子
84	教養学部後期課程	アメリカエスニシティ論/エスニシティ文化変容論Ⅰ(月2)	貴堂 嘉之
85	教養学部後期課程	情報人文社会科学Ⅰ(水2)	石田英敬, 河口洋一郎 田中純, 植田一博
86	教養学部後期課程	統合自然科学セミナー(火2)	四本裕子
87	その他	教育と社会(火4)	杉村美紀

### 3.3 組織別の利用状況

開講組織	講義数
教養学部前期課程	148
教養学部後期課程	18
法学部	12
公共政策大学院	11
工学部	9
総合文化研究科	7
農学部	3
理学部	3
経済学部	2
文学部	2
情報学環	1

情報基盤センター	1
その他	1
合計	218

### 3.4 広報

1 新入生のみなさん	2012/4/3
2 ユーザ名表示	2012/4/9
3 受講者一覧帳票(教職員向け)	2012/4/11
4 初修外国語スペイン語について	2012/4/17
5 ファイル容量の増加	2012/7/5
6 冬学期の授業登録について(教職員向け)	2012/9/3
7 シングルサインオン対応	2012/10/2
8 CFIVE User's Manual(PEAK)	2012/10/18
9 CFIVE のメンテナンス(2013/2/12)のお知らせ	2013/2/7
10 CFIVE の問い合わせアドレス変更	2013/3/1
11 新二年生のみなさんへ	2013/3/13



# 部局負担による携帯端末接続環境運用報告

情報メディア教育支援チーム

## 1 参加組織

2013年3月現在、携帯端末接続環境を利用している組織は15である。有線接続サービスを提供している場所数は93、口数が1490であり、無線接続サービスを提供している場所数は77、アクセスポイント数が92である。2012年度に行った変更作業は以下のとおりである。

2012年度の新設、移設、廃止等

- 5月29日 増設 経済学研究科 赤門総合研究棟 有線 20口
- 5月31日 廃止 情報学環・学際情報学府 工学部2号館 無線 1AP
- 6月21日 新設 先端科学技術研究センター 4号館 有線 15口
- 6月30日 新設 法科大学院 法学部4号館 無線 8AP
- 8月31日 新設 附属図書館 総合図書館 無線 1AP

## 2 広報

2012年度に行った主な広報は以下のとおりである。

- 4月2日 ECCS 無線 LAN サービスの障害
- 5月26日 駒場図書館無線 LAN 接続障害について
- 5月30日 電源系テストに伴うサービス一時停止について
- 7月27日 ECCS 有線 LAN サービスの障害について
- 10月25日 駒場図書館 ECCS 端末等一時停止のお知らせ
- 12月17日 メンテナンス作業(12/20)のお知らせ
- 12月22日 ネットワーク機器の障害について
- 3月26日 無線 LAN アクセスポイント更新

# その他のサービス 運用報告

## 情報メディア教育支援チーム

### 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である。

1 組織、端末数 63 台

### 3 一時アカウント使用

一時アカウントの発行状況は、申込み数は 4、合計口数は 91 である。

利用月	部局	口数	内容
6月	新領域創成科学研究科	10	生命科学実験解析学
6月	経済学研究科	31	経済学実験
6月	経済学研究科	31	経済学実験
7月	情報理工学系研究科	50	東大情報教育研修
10月	経済学研究科	23	社会ゲームの理論と実験
10月	医学系研究科	60	医学統計学入門
11月	経済学研究科	15	コンピュータネットワーク研修
12月	総合文化研究科	15	国際生物学オリンピック派遣生徒特別訓練
1月	工学系研究科	10	経営数理学
1月	社会科学研究所	41	計量分析セミナー
2月	大気海洋研究所	12	全学体験ゼミナール

### 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 の他は、以下のとおりである。

組織数:5

対象:部局管理の Active Directory (2 組織)、部局管理サーバ、Utask-Web、  
SNOWBALLS システム

### 5 大判プリント

大判プリント提供サービスの利用は以下のとおりである。

本郷(福武ホール 教材編集室) 152 件

駒場(情報教育棟 教材作成室) 10 件



# 学術情報



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



# 学術情報チーム

## 概要

部門長 中川裕志

専門員 本多 玄

学術情報チームは

- 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十分に利活用できるよう、講習会等による情報リテラシー支援を行うこと

を目的としており、「図書館システム」「デジタル・ライブラリ」「学術情報リテラシー」の各担当が附属図書館と連携しながら事業を行なっている。学術情報チーム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
- 「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
- 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
- 電子ジャーナル・ブック等の利用環境整備
- 貴重書電子化

2012年度は上記に関連して以下の事業を行った。

- 図書館システムの改修
- リポジトリへのコンテンツ登録・著作権処理、「博士論文発信支援パッケージ」の開発
- 学位論文要旨データベースへのコンテンツ登録
- SSL-VPNでの電子ジャーナル等利用環境の検討・整備
- 貴重書電子化支援
- 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「文献探しのヒント」等印刷出版物の内容改訂
- Ustreamを使った動画教材「東大 GACoS ワンポイント講座」を新規に作成
- Twitter やメールマガジン(「Litetopi」)による情報発信

# デジタルコンテンツサービス

## デジタル・ライブラリ担当

### 1 運用報告

#### 1.1 東京大学学術機関リポジトリの構築

東京大学学術機関リポジトリ～UT Repository～とは、東京大学で生産されたさまざまな研究成果を電子的な形態で集中的に蓄積・保存し、学内外に公開することを目的としたインターネット上の発信拠点である。2004年度から附属図書館と連携して構築を行い、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/>)



2012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」(2010年度より3年間)を完了し、一定の成果を収めている。

##### 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28,500件のデータを公開しており、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

2006年よりゲートウェイとして、SSL-VPN Gateway サービスを実施している。現在、110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。



### 1.3 東京大学学位論文データベースの構築

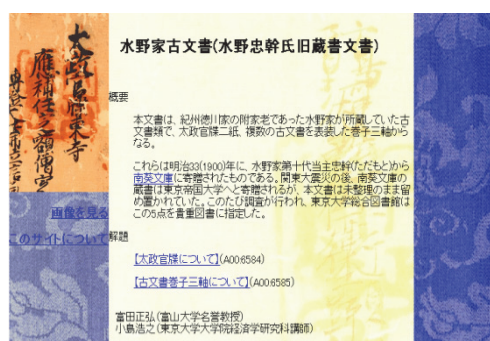
学位論文データベースは従来冊子体で刊行されていた「東京大学博士学位論文の内容の要旨と審査結果の要旨」を電子化して公開しているものである。

2012年度は2010年度論文要旨約1,200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 貴重資料の公開支援

例年総合図書館で作成した貴重書の電子ファイルを利用して、webサイトで公開している。2012年度は水野家古文書を公開した。本文書は、紀州徳川家の附家老であった水野家が所蔵していた古文書類で、太政官牒二紙、複数の古文書を表装した卷子三軸からなる。これらは明治33(1900)年に、水野家第十代当主忠幹(ただもと)から南葵文庫に寄贈されたものである。関東大震災の後、南葵文庫の蔵書は東京帝国大学へと寄贈されるが、本文書は未整理のまま留め置かれていた。このたび調査が行われ、東京大学総合図書館はこの5点を貴重図書に指定した。



(<http://gazo.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/mizuno/>)



# 学術情報リテラシー支援

## 学術情報リテラシー担当

### 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。また、ガイダンス等の教材を分野や用途に沿ってわかりやすく掲載した「講習会教材」コーナーを新設した。

(<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」(日本語・英語・中国語・韓国語版)については、今年度は大きな変更項目がなかったため、改訂は行わず増刷のみとした。

(<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24年度は東京大学 OPAC の画面変更等に伴って軽微な改訂を行い、PDF 版を GACoS 上で公開した。

(<http://www.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/literacy.html>)



##### 1.2.3 その他のリーフレット

データベース検索関連情報として、学外からデータベース・電子ジャーナルを使うためのリモートアクセスサービスや、学内無線 LAN の案内用リーフレット(日本語版・英語版)を作成した。

##### 1.2.4 「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 2013」(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。情報検索に係るページについては当チームが担当となり、軽微な改訂を行った。

### 1.2.5 「文献探しのクイックガイド」

ウェブ版アニメーション教材のクイックガイド  
(日本語・英語・中国語・韓国語版)を改訂した。  
(<http://www.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/literacy.html>)



### 1.2.6 「東大 GACoS ワンポイント講座」

Ustream(録画)による各 3 分間前後の動画教材「東大 GACoS ワンポイント講座」を新規に作成し、GAGoS 上で公開した。

ワンポイント講座 10 種類は以下のとおり。

- ・東京大学 GACoS データベースを探すには
- ・東京大学 MyOPAC パスワードの登録方法
- ・東京大学 MyOPAC 貸出期間を延長するには
- ・東京大学 MyOPAC 貸出中の本を予約するには
- ・東京大学 MyOPAC 学内の文献を取り寄せる
- ・東京大学 MyOPAC 他大学から取り寄せる
- ・東京大学 OPAC 電子ジャーナルを探すには
- ・東京大学 OPAC 検索結果の絞込み方法
- ・RefWorks を初めて使うとき
- ・東京大学 OPAC 検索結果を RefWorks に保存

(<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 24 回発行した。バックナンバーは GACoS 上で公開を行っている。

## 1.4 Twitter の発信

講習会の広報ツール、また完全予約制講習会の開催確定通知やデータベースの一時的なメンテナンス情報などをタイムリーに通知する手段として、Twitter の発信を行った。

## 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 24 年度は計 176 回開催し、1,623 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 13 コース開催した。平成 24 年度は、Web 版文献管理ツール RefWorks の上級編コース「もっと使いこなす! RefWorks」講習会を新たに開催した。

コース名	月日	回数	人数	内容
自宅から検索するには?	4/6(2回), 5/14, 12/10, 3/26	5	29	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、手続き不要で一般に公開されて

12/10 以降は「自宅から電子ジャーナルを読むには」として実施				いるデータベースや電子ジャーナルの紹介
はじめての論文の探し方	4/11, 4/19, 5/18, 5/22, 10/11	5	48	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
RefWorks を使うには？  11/14 以降は論文準備のための文献管理・・・として実施	5/17, 5/30, 7/13, 8/30, 9/20, 10/2(文献管理ツールクローズアップデー), 11/14, 1/21, 3/22	9	63	RefWorks を使った文献検索結果の保存・整理方法、参考文献リストの自動作成方法
Web of Science + RefWorks	6/14(人社系), 6/27(自然系)	2	21	Web of Science 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作成する方法
ネットで検索!日本語論文&英語論文 CiNii Articles と Web of Science を使って  11/8 以降は論文準備のための文献検索・・・として実施	7/11, 9/11, 11/8, 12/5, 1/16, 2/6, 3/14	7	28	日本語論文の代表的なデータベース CiNii Articles と英語論文の代表的なデータベース Web of Science の基本的な検索方法
論文投稿シミュレーション:JCR と RefWorks を使って	7/24, 10/24, 2/14	3	24	インパクトファクターを調べて投稿先を決める手がかりの1つとし、RefWorks で参考文献リストの作成。文献データの整理～投稿誌の選定～投稿誌の規定に沿った文献リスト自動作成の流れをシミュレーション
経済学・経営学系のためのはじめての論文・企業情報の探し方	8/8, 12/7, 3/4	3	22	経済学・経営学・ビジネス研究分野の英語文献データベース「Business Source Complete(EBSCOhost)」と、有価証券報告書を全文検索・閲覧できる国内企業情報データベース「eol」の基本的な検索方法を実習
文献検索早わかり	9/7	1	7	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
医学・生命科学系論文の探し方	9/13	1	2	医中誌 Web、PubMed の基本的な検索方法
もっと使いこなす！ RefWorks ※新規コース	9/26, 11/20	2	6	RefWorks を使うには？コースの上級編。「RefWorks」既利用者を対象に、新規データの手入力、コメント欄の活用、重複レコードの削除、参考文献リスト出力フォーマットのカスタマイズ、レコード・

				アカウントのバックアップ方法などを実習
日本語論文を読む 人のための CiNii Articles & Ref- Works	12/11	1	0	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作成する方法
知っておきたい検索 のコツ	12/13	1	3	論理演算、前方一致検索、フレーズ検 索、シソーラス利用等、知っておくと便 利な検索方法を紹介
医学系文献検索(医 中誌 Web と PubMed) & Ref- Works で文献リスト 作成	1/29, 2/28	2	10	医中誌 Web、PubMed 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 自動作成する方法
合計		42回	263 名	

### 2.1.2 夜間ガイダンス(試行開催)

以前から要望のあった夜間の講習会を、完全予約制(前日までに予約のない場合は中止)の形で試行的に開催した。社会人大学院生を中心とした受講者から開催希望の声が多く聞かれたため、来年度も継続の見込みである。

コース名	月日	回数	人数	内容
はじめての論文の 探し方	7/20	1	2	内容はテーマ別ガイダンスと同じ
RefWorks を使うに は?	7/25, 8/27, 10/22, 1/25	4	14	// * 1/25 は予約がなかったため中止
医学・生命科学系論 文の探し方	8/30	1	1	//
文献検索早わかり	9/25	1	0	// * 予約がなかったため中止
論文準備のため の文献検索: CiNii Articles と Web of Science を使って	11/13, 1/17, 3/12	3	14	//
日本語論文を読む 人のための CiNii Articles & Ref- Works	12/19	1	2	//
論文投稿シミュレ ーション: JCR と RefWorks を使って	2/20	1	6	//
合計		12回	39名	

### 2.1.3 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ネイティブの講師により開催した。

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	5/18	15:00-16:00	7
	中国語コース	10/26	13:10-14:10	15

		10/26	15:00-16:00	6
合計			3回	28名

### 2.1.4 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等から講師を招き、高度な専門性を必要とするデータベース等を対象として開催した。また、昨年に引き続いての「文献管理ツール・クローズアップデー」企画のなかで、学内利用者の多いフリーツール Mendeley のセミナーを新たに開催した。

コース名	月日	時間	人数	会場
ProQuest	6/8	15:00-16:00	12	総合図書館
SciFinder	6/14	14:50-16:20	7	柏図書館
	6/15	14:50-16:20	12	総合図書館
	7/5	10:30-12:00	7	駒場Ⅱ生産研
eol	6/19	15:00-16:00	7	総合図書館
	6/20	15:00-16:15	8	柏図書館
Business Source Complete	6/20	15:00-16:00	9	総合図書館
OECD iLibrary	6/21	15:00-16:00	12	総合図書館
SpringerMaterials (英語コース)	7/12	15:00-16:00	4	総合図書館
Mendeley 利用セミナー	10/2	13:30-14:30	15	総合図書館
EndNote (ソフトウェア版) 利用セミナー	10/2	15:00-16:30	9	総合図書館
国連資料講座	11/5	14:00-17:00	7	総合図書館
合計	12回		109名	

### 2.1.5 秘書さんのためのはじめての論文の探し方講習会

研究補助従事者を主対象として夏期に開催した。

月日	時間	人数	内容
7/19	15:30-16:30	15	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。
8/6	15:30-16:30	11	
8/21	11:00-12:00	19	
合計	3回	45名	

### 2.1.6 出張・オーダーメイド講習会

利用者(教員、学生等)や部局からの依頼に合わせた内容で行う、出張講習会を実施した。各図書館・室等との共催講習会、ゼミや研究室単位の出張講習、個人単位の講習等の幅広い形で、内容も文献検索の他に、文献管理ツール講習の需要も目立ってきている。

#### 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
情報学環学際情報学府	4/3(火)	11:30-12:00	90	JapanKnowledge+、東京大学 OPAC、CiNii Articles、Web of Science の紹介	福武ホール ラーニングシアター
教養学部「基礎演習」	4/17(火)	10:40-12:10	23	JapanKnowledge+、東京大学 OPAC、CiNii Articles の検索実習	駒場情報教育棟
	4/20(金)	11:10-12:10	23		

	4/23(月)	14:50-16:20	22		
	4/24(火)	14:50-16:20	24		
	4/26(木)	13:00-14:30	27		
	4/27(金)	10:40-12:10	23		
	5/2(水)	10:40-12:10	23		
理学部生物化学科	5/7(月)	13:15-15:20	15	PubMed、Web of Science、東京大学 OPAC、RefWorks の検索実習	情報基盤センター (浅野) 1階大演習室 2
文学部「Academic Writing Introductory」	5/8(火)	13:30-14:30	15	JapanKnowledge+、東京大学 OPAC、CiNii Articles、Web of Science、PIO の検索実習	総合図書館講習会コーナー
	11/13(火)	13:10-14:10	14		
文学部「現代文芸論」	5/10(木)	10:40-12:10	10	東京大学 OPAC、LRC、CiNii Articles の検索実習(60分)+文学部 3号館図書室ツアー(30分)	総合図書館講習会コーナー
総合文化研究科「西欧基層文化論 II」	5/23(水)	16:30-18:00	4	Oxford Dictionary of National Biography、Oxford English Dictionary、ECCO、LRC、Project MUSE、Web of Science の実習など	駒場図書館地下1階会議室
教養学部「イギリス文学テキスト分析 II」	5/28(月)	14:40-16:10	6	JapanKnowledge+、Oxford English Dictionary、Oxford Dictionary of National Biography、東京大学 OPAC、LRC、ECCO の実習など	駒場図書館地下1階会議室
[オーダーメイド講習]「OPAC 入門」	6/4(月)	16:00-16:30	4	東京大学 OPAC の検索実習	総合図書館講習会コーナー
文学部「Academic Writing」(RefWorks)	7/3(火)	13:10-14:20	10	RefWorks の実習	総合図書館講習会コーナー
	1/15(火)	13:10-14:10	11		
教育学部 比較教育社会学コース	7/10(火)	12:10-13:10	8	CiNii Articles、教育研究論文索引、Web of Science、ERIC、	総合図書館講習会コーナー

				SocINDEX、東京大学 OPAC の実習	
医学系研究科医療倫理学教室	7/20(金)	15:30-17:20	15	PubMed、Web of Science、Lexis.com、RefWorks の実習	医学部 3 号館 4 階 N404
[オーダーメイド講習] 教育学系文献検索入門	8/27(月)	17:15-18:15	1	東京大学 OPAC、CiNii Articles、教育研究論文索引などの検索実習	総合図書館講習会コーナー
[オーダーメイド講習] RefWorks のカスタマイズ	8/31(金)	11:00-11:45	1	RefWorks の出力フォーマットのカスタマイズを実習	総合図書館講習会コーナー
工学系研究科建築学専攻研究室	9/24(月)	10:30-11:30	10	東京大学 OPAC、CiNii Articles、Web of Science、GreenFile の検索実習	工学部 1 号館 108 号室
工学部精密工学科「精密工学輪講」	10/4(木)	13:00-14:30	47	東京大学 OPAC、CiNii Articles、Web of Science、Engineering Village の検索実習	工学部 14 号館 3 階計算機演習室(326 号室)
教養学部教養学科イギリス研究コース	10/23(火)	16:30-18:00	7	辞典ツール、東京大学 OPAC、CiNii Articles の検索実習	駒場情報教育棟
	10/30(火)	16:30-18:00	7	Historical Abstracts、Web of Science、Early European Books (EEB) Collection 2、Eighteenth Century Collections Online (ECCO)、Early English Books Online (EEBO) の検索実習	
	12/18(火)	16:30-18:00	7	RefWorks の実習	
医学系研究科分子病理学研究室	10/25(木)	11:00-12:00	4	PubMed の検索実習	医学系研究科分子病理学研究室
文学部社会心理学調査実習	10/31(水)	10:00-11:00(1)	13	JapanKnowledge + CiNii Articles、Web of Science、PsycINFO、東京大学 OPAC の検索実習(60 分) + 総合図書館/文学部図書室ツアー(各 30 分)	総合図書館講習会コーナー
		11:10-12:10(2)	14		
教育学部「教育資料調査演習」	11/12(月)	9:00-10:30	22	国立国会図書館サーチ、東京大学 OPAC、	駒場情報教育棟中演習室 2

				CiNii Articles、ERIC (EBSCOhost)の検索実習	
医学系研究科人類生態学教室	12/4(火)	15:00-16:00	5	RefWorksの実習	医学部3号館別棟E604
新領域創成科学研究科 先端生命科学専攻	12/12(水)	11:00-12:00	12	RefWorksの実習	新領域生命棟地下1階セミナー室2
[オーダーメイド講習] 教育学研究科	1/11(金)	13:10-14:10	1	東京大学 OPAC、CiNii Articles、ERIC(EBSCOhost)、RefWorksの実習	総合図書館1階講習会コーナー
[オーダーメイド講習] 情報学環	2/12(火)	9:30-9:50	1	CiNii Articles、ざっさくプラスの紹介	総合図書館1階講習会コーナー
工学部マテリアル工学科	2/14(木)	10:30-11:40	3	東京大学 OPAC、CiNii Articles、Web of Science、Engineering Village、PubMed、RefWorksの実習	総合図書館1階講習会コーナー
[オーダーメイド講習] 薬学部	3/11(月)	13:30-15:00	1	医中誌 Web、PubMed、RefWorksの実習	総合図書館1階講習会コーナー
	合計	36回	523名		

附属図書館・室等との共催講習会

研究科・研究室名など	月日	時間	人数	講習内容	場所
総合図書館留学生ガイダンス OPAC 入門 (日本語)	4/5(木)	14:30-15:00	10	東京大学 OPAC、電子ジャーナル、自宅からの利用方法	総合図書館講習会コーナー
		15:00-15:30	7		
	10/5(金)	14:00-14:30	3		
総合図書館留学生ガイダンス OPAC 入門 (英語)	4/12(木)	14:30-15:00	4	東京大学 OPAC、電子ジャーナル、自宅からの利用方法	総合図書館講習会コーナー
	4/16(月)	15:15-15:45	8		
		15:45-16:15	6		
	10/12(金)	14:30-15:00	11		
		15:45-16:15	11		



	10/15 (月)	15:00- 15:30	13		
		15:30- 16:00	16		
	10/18 (木)	15:00- 15:30	9		
総合図書館 OPAC 入門(日本語)	4/10(火)	11:00- 11:30	7	東京大学 OPAC、電 子ジャーナル、自宅 からの利用方法	総合図書館講 習会コーナー
	4/12(木)	17:00- 17:30	4		
	4/18(水)	15:00- 15:30	8		
	4/20(金)	15:00- 15:30	8		
	4/23(月)	13:00- 13:30	1		
	5/9(水)	11:00- 11:30	3		
総合図書館 OPAC 入門(英語)	4/17(火)	13:00- 13:30	8	東京大学 OPAC、電 子ジャーナル、自宅 からの利用方法	総合図書館講 習会コーナー
	4/25(水)	15:00- 15:30	7		
[生産研図書室・先端 研図書室共催] 「文献検索早わかり in 駒場Ⅱ」	4/24(火)	10:30- 11:30	20	東京大学 OPAC、 CiNii Articles、Web of Science、Engineering Village の検索説明 (講義形式)	生産技術研究 所 An 棟 4F 中 セミナー室 1 (An401.402)
[医学部附属病院看護 部共催] 「医学系文献検索早 わかり」	4/26(木)	9:30- 10:30	11	医中誌 Web、東京大 学 OPAC の検索実習	総合図書館 1 階講習会コー ナー
	5/14(月)	9:30- 10:30	14		
[理学部生物図書室共 催] 理学部生物学科 A 系 (人類)	5/8(火)	10:30- 11:30	4	JapanKnowledge+、 PubMed、Web of Sci- ence、東京大学 OPAC の検索実習	総合図書館講 習会コーナー
[理学部生物図書室共 催共催] 理学部生物学科 B 系 (動植物)	5/15(火)	15:00- 16:00	14	JapanKnowledge+、 PubMed、Web of Sci- ence、東京大学 OPAC の検索実習	総合図書館講 習会コーナー
[工学・情報理工学図 書館共催] 「文献検索早わかりコ ース」	5/15(火)	12:10- 12:50	14	東京大学 OPAC、 CiNii Articles、Web of Science、Engineering Village の検索実習 (講義形式+持込 PC での実習)	工 2 号館図書 室閲覧室
	5/16(水)	12:10- 12:50	9		
	5/17(木)	12:10- 12:50	11		

	10/16(火)	12:10- 13:00	10		
	10/19(金)	12:10- 13:00	9		
[工学・情報理工学図書館共催] 「RefWorks コース」	5/16(水)	13:10- 14:10	6	RefWorks の実習	総合図書館 1階講習会コーナー
	10/16(火)	13:20- 14:20	5		
[工学・情報理工学図書館共催] 「EndNote Web コース」	5/17(木)	13:10- 14:10	5	EndNote Web の実習	総合図書館 1階講習会コーナー
	10/19(金)	13:20- 14:20	4		
[地震研図書室共催] 「研究者と研究支援者のための文献の探し方」	5/29(火)	15:00- 16:30	11	図書室のサービス紹介+東京大学 OPAC、CiNii Articles、Web of Science、GeoRef の検索方法(講義形式)	地震研究所 1号館 3階セミナー室
[医学図書館, Global30 共催] ※英語コース 「Introduction to Medical Document Databases as Research Tools」(研究ツールとしての医学文献データベース入門)	5/31(木)	16:15- 17:45	9	東京大学 OPAC、PubMed、Web of Science、RefWorks の実習	医学図書館 1階マルチメディアコーナー
[生産研図書室・先端研図書室共催] 「RefWorks を使うには? in 駒場 II」	6/12(火)	10:30- 11:30	7	RefWorks の講習 (PC 持参加者のみ実習形式)	生産技術研究所 As 棟 3F 中セミナー室 4
[駒場図書館共催] 「人文社会科学系のための Web of Science + RefWorks」	6/12(火)	13:00- 14:30	12	Web of Science、RefWorks の実習	駒場図書館地下 1 階会議室
[駒場図書館共催] 「自然科学系のための Web of Science + RefWorks」	6/12(火)	14:50- 16:20	4	Web of Science、RefWorks の実習	駒場図書館地下 1 階会議室
[柏図書館共催] はじめての論文の探し方	6/13(水)	15:00- 16:15	10	東京大学 OPAC、CiNii Articles、Web of Science の実習	柏図書館 1階ラーニングサポートサービス
[生産研図書室・先端研図書室共催] 「EndNote Web を使う	6/20(水)	10:30- 11:30	8	EndNote Web の講習。(PC 持参加者のみ実習形式)	生産技術研究所 An 棟 4F 中セミナー室 1

には？ in 駒場 II」					
[柏図書館共催] 「はじめての Web of Science」	6/22(金)	15:00-16:15	7	Web of Science の実習。	柏図書館 1 階 ラーニングサ ポートサービ ス
[農学生命科学図書館 共催] 「はじめての論文の探 し方 in 農学部」	6/26(火)	15:00-16:10	9	東京大学 OPAC、 CiNii Articles、Web of Science の実習	農学生命科学 図書館本館 3FPC 端末室 2
[柏図書館共催] 「RefWorks を使うに は？」	6/28(木)	15:00-16:15	11	RefWorks の実習	柏図書館 1 階 ラーニングサ ポートサービ ス
[大学院数理科学研究 科図書室共催] 「MathSciNet 講習会」	7/4(水)	15:00-16:15	8	MathSciNet、東京大 学 OPAC の実習	大学院数理科 学研究科棟 2 階計算機室
[柏図書館共催] 「秘書さんのための はじめての論文の探 し方」	7/17(火)	13:30-14:45	9	東京大学 OPAC、 CiNii Articles、Web of Science の実習	柏図書館 1 階 ラーニングサ ポートサービ ス
		15:15-16:30	5		
[医学部附属病院看護 部・医学図書館共催] 「医学系文献検索早 わかり」	7/27(金)	17:30-18:30	13	医中誌 Web、東京大 学 OPAC の検索実習	医学図書館マ ルチメディア コーナー、 総合図書館 1 階講習会コー ナー
	8/3(金)		12		
	8/8(水)		8		
	8/20(月)		5		
	10/29(月)		5		
	11/2(金)		9		
	2/15(金)		4		
3/5(火)	8				
[医科学研究所図書室 共催] 「文献検索早わかり in 医科研」	8/1(水)	15:00-16:20	15	医中誌 Web、 PubMed、Web of Sci- ence、東京大学 OPAC の実習	医科学研究所 1 号館 2 階セ ミナー室
[工学・情報理工学図 書館共催] 「文献検索早わかりコ ース」(英語)	10/17(水)	12:10-13:00	13	東京大学 OPAC、 CiNii Articles、Web of Science、Engineering Village の検索実習 (講義形式+持込 PC での実習)	工 2 号館図書 室閲覧室
	10/18(木)	12:10-13:00	21		
[生研図書室・先端研 図書室共催] 「文献検索早わかり in 駒場 II」	10/17(水)	10:30-11:30	8	東京大学 OPAC、 CiNii Articles、Web of Science、Engineering Village の検索説明 (講義形式)	生産技術研究 所 As 棟 3F 中 セミナー室 4
	10/18(木)	15:00-16:00	14		

[生研図書室・先端研 図書室共催] 「OPAC 講習会」(英 語コース)	10/24(水)	10:30- 11:00	4	東京大学 OPAC の検 索説明(講義形式)	生産技術研究 所 As 棟 3F 中 セミナー室 4
[農学生命科学図書館 共催] 「論文準備のための文 献管理:RefWorks in 農学部」	11/6(火)	15:00- 16:10	13	RefWorks の実習	農学生命科学 図書館本館 3 階 PC 端末室 2
[農学生命科学図書館 共催] 「論文準備のための文 献管理:EndNote Web in 農学部」	11/9(金)	15:00- 16:10	10	EndNote Web の実習	農学生命科学 図書館本館 3 階 PC 端末室 2
[柏図書館共催] 「論文準備のための英 語文献検索:PubMed と Web of Science」	11/15(木)	15:00- 16:15	7	PubMed、Web of Sci- ence の検索実習	柏図書館 1 階 ラーニングサ ポートサービ ス
[柏図書館共催] 「論文投稿シミュレ ーション:JCR と RefWorks を使って」	11/21(水)	15:00- 16:15	11	Journal Citation Re- ports、RefWorks の実 習	柏図書館 1 階 ラーニングサ ポートサービ ス
[柏図書館共催] 「論文準備のための文 献管理:EndNote Web」	11/29 (木)	15:00- 16:15	15	EndNote Web の実習	柏図書館 1 階 ラーニングサ ポートサービ ス
[理学部化学図書室共 催] 「論文準備のための文 献収集:Web of Sci- ence と RefWorks」	11/22(木)	14:50- 16:20	10	Web of Science、 RefWorks の実習	理学部化学本 館 4 階講義室
[医学図書館共催] 「論文準備のための医 学系文献検索:医中 誌 Web と PubMed」	11/30(金)	15:30- 16:30	10	医中誌 Web、PubMed の検索実習	医学図書館 1 階マルチメデ ィアコーナー
		17:30- 18:30	11		
合計		68 回	616 名		

# 図書館関係システム運用・管理

## 図書館システム担当

### 1 運用報告

図書館システム担当では、「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。

#### 1.1 附属図書館学術情報システム(図書館システム)

本年度も附属図書館から要請のあったデータの一括修正・削除、柏図書館への製本雑誌移管に係るデータ修正等を行った。また財務会計システムのコード変更に対応するため図書館システム側も改修により対応を行った。

また附属図書館業務別部会と連携し、システムに対する要望の整理・取りまとめ、それらのシステム適用状況の管理・動作検証等を行なっている。

#### 1.2 その他の図書館関係サーバ等

- 附属図書館 Web サーバの管理
- 附属図書館職員用 Wiki サーバの管理
- 「図書系職員のためのアプリケーション開発講習会」の開発・成果公開用サーバの管理
- メールホスティングによる図書系部署・職員のアカウント管理、メーリングリスト管理
- なおこれらに加え、本年度は総合図書館の DNS サーバを DNS ホスティングに移行させ、lib ドメインのゾーン管理も担当することとなった。

### 2 講習会・研究会開催報告

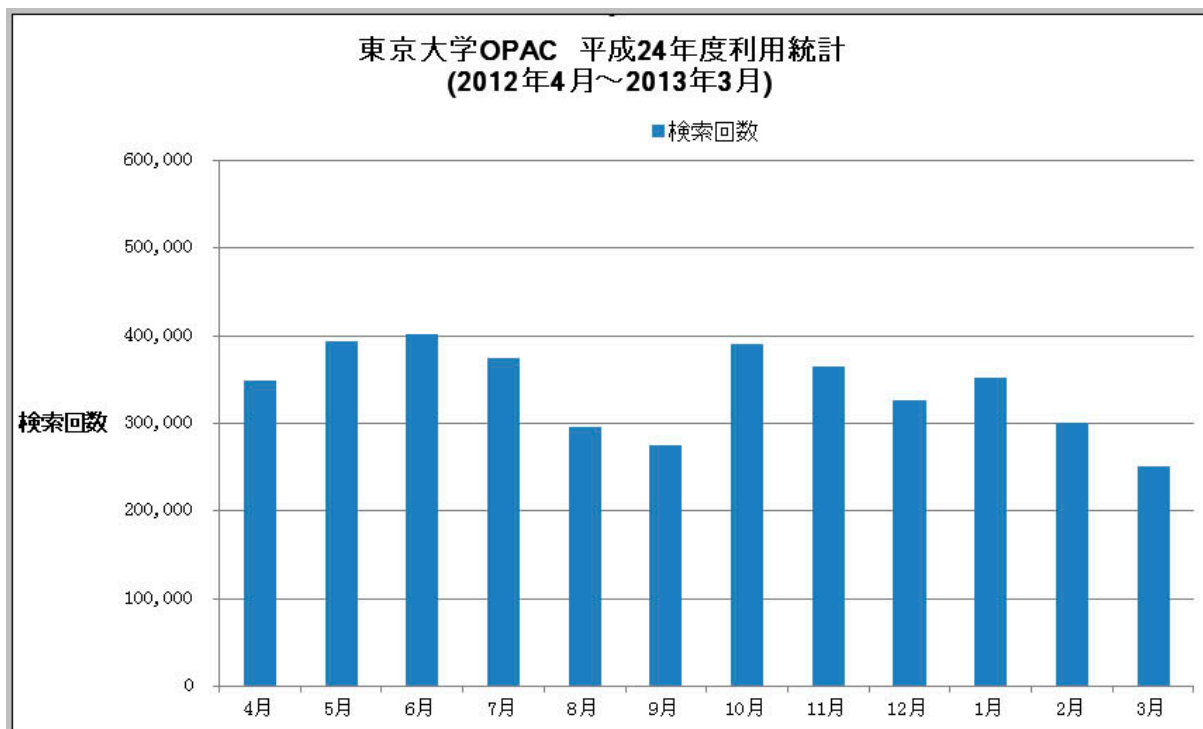
「図書系職員のためのアプリケーション開発講習会」(主催は学術情報研究部門)の事務を行っており、受講生の募集や各図書館室への案内等を行なっている。

2012年度は6名の受講者があり、全体会合は以下の2回行った。

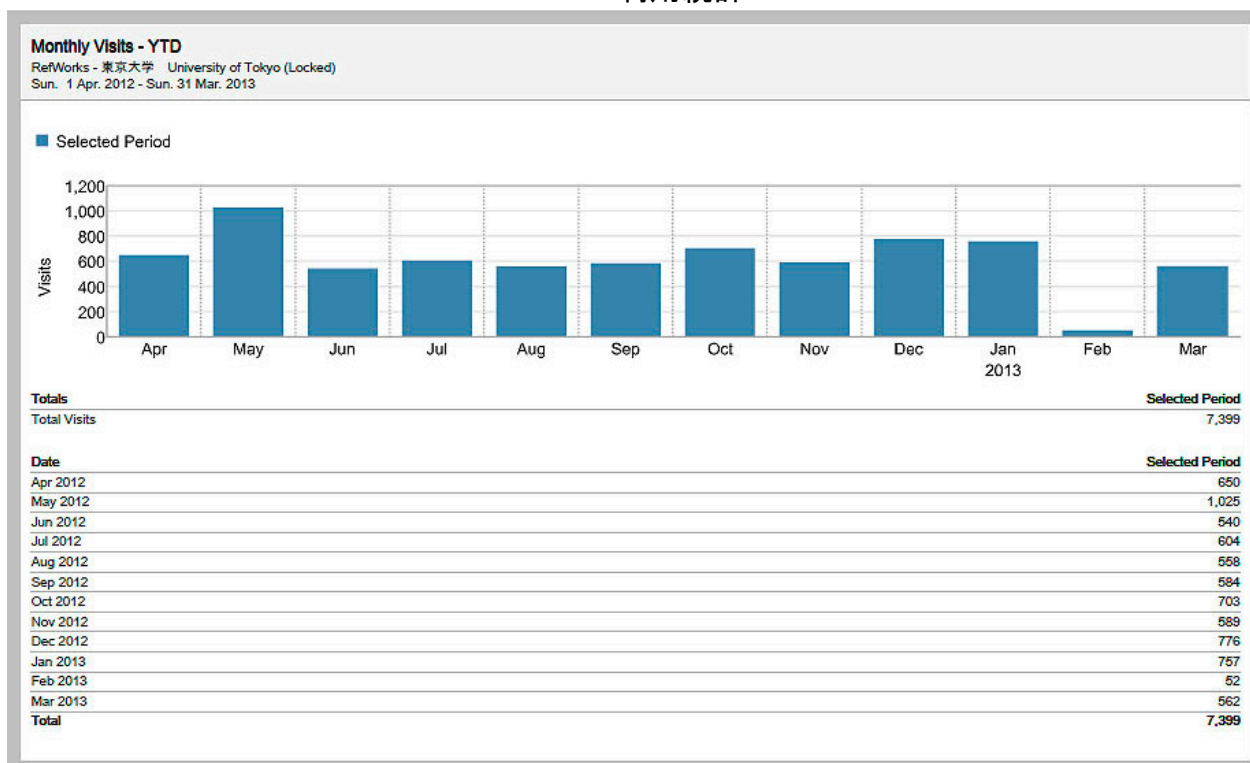
- 企画発表会 2012年9月20日
- 成果報告会 2013年3月6日

なお、本講習会の成果である「東京大学 OPAC への駒場図書館書架ナビ機能の追加」が2012年度業務改革総長賞の特別賞を受賞した。

### 3 サービス統計

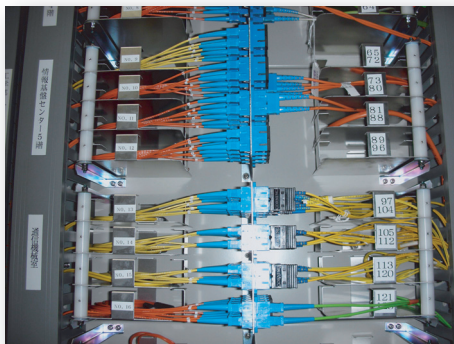


### RefWorks 利用統計

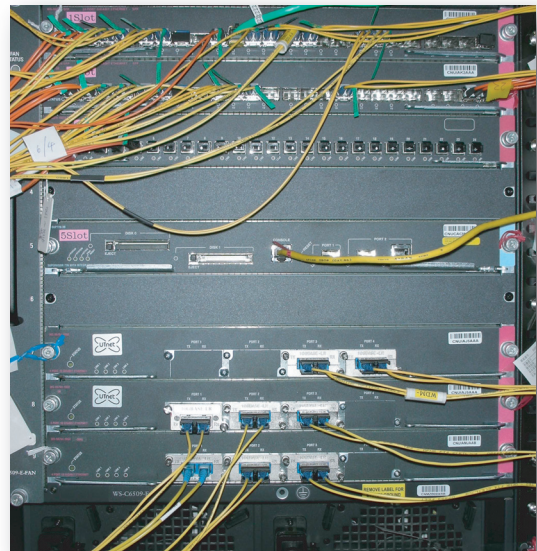




# ネットワーク



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

## 概要

部門長 若原 恭

係長 井爪 健雄

### ■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ネットワークチームは、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レイヤ 3 スイッチ(L3SW)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。基幹の L3SW 相互間の信頼性向上、対外回線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 2 スイッチ(L2SW)を設置し、基幹の L3SW 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、2012 年度も 2011 年度に引き続き、L2SW の順次更新を行った。また、薬学図書館、情報基盤センター5階、キャンパスプラザ A 棟、駒場ロッジに L2SW を新たに設置した。

#### 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. 対外ネットワーク接続

SINET 向けの対外接続について 20Gbps から 30Gbps に増速した。

#### 5. 無線 LAN サービス

山上会館、武田ホール、弥生講堂(一条ホール・セイホクギャラリー)、柏地区の柏図書館、鉄門記念講堂、総合図書館会議室、向ヶ岡ファカルティハウス、工学部共通講義室等において、無線 LAN サービスを提供した。

また、2012 年 10 月から、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)の本格運用を始めた。

更に、通信事業者の提供する公衆無線 LAN に接続する公衆無線 LAN 接続サービスを提供した。

## 6. その他関連業務

全学法定点検に伴う計画停電等に備えて仮設発電機及び発電車を用意して主要機器への給電を行った。

また、ドメイン名の割り当て、DNS(Domain Name System)のサービス、UTnet 光ファイバケーブル専用利用の各業務に取り組んだ。

### ■セキュリティ対応

最近のネットワークにおいてはセキュリティへの対応が必須となっており、本学においてもセキュリティインシデントは日常茶飯事と言っても過言ではないほどに頻繁に発生している。特にコンピュータへの不正侵入の試み、電子メールや Web ページを通してのウィルス感染、P2P(Peer to Peer)、SPAM メール等が問題となっている。そこで、本学のセキュリティの維持確保に向け、以下の通り、セキュリティ対応業務を実施した。

#### 1. 不正侵入の監視

学外と学内との間の通信に関し、基幹部分において不正侵入の試みを検知し事前に予防する仕組みとして、UTnet3 では不正侵入検知装置 (IDS: Intrusion Detection System)と異常トラフィック監視システムを導入して監視し、その結果に応じて必要な対処を実施した。

#### 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. 迷惑メール(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(L3SW)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。

今年度は、新たに Autodesk Education Master Suite の提供を開始した。

**■ ハウジングサービス**

空調設備やラックなどの設備を提供し電源を供給するハウジングサービスを2010年10月から開始しており、2012年度も引き続き実施した。

**■ 関係委員会**

情報ネットワークに関する事項について、全学的な視点から企画、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以下のとおり行われた。

2012年 6月 14日 第44回情報基盤センターネットワーク専門委員会

2012年 9月 14日 第45回情報基盤センターネットワーク専門委員会

2012年 12月 11日 第46回情報基盤センターネットワーク専門委員会

2013年 3月 6日 第47回情報基盤センターネットワーク専門委員会

主な報告事項、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
- ・プライベートIPアドレスとVLAN番号の空番号リザーブについて
- ・情報基盤センターと本部の統合について
- ・UTnet 負担金について

# 東京大学情報ネットワークシステム(UTnet3)の運用管理

## UTnet 担当

### 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。

－対外接続用ルータ(主)の 10Gbps 接続用 I/F 増強(CPU 増強、10Gbps の I/F 増強)

以上の通り、安定化運用の対策・監視の強化等を行い、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 L2SW を約 200 台設置して以来、撤去や新設で台数の増減はあるものの、現在では約 230 台の L2SW を設置している。これらの L2SW の 9 割以上は、支線との接続速度がギガビットに対応している。

L2SW について、今年度は 35 台を予防保全のための更新、4 台の新設、4 台の撤去、および機能強化による 17 台の構成変更を行った。

#### 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、部局や研究室のサブネットを他の建物等に 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、今年度に行っ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、対外ネットワークとの接続に関して、高機能化・高速化を行った。

－2012 年 10 月に、SINET 向けの対外接続について、20G(10Gx2 チャンネル)を 30G(10Gx3 チャンネル)に増速

## 1.5 その他関連業務

### (1)ドメイン名の割り当て等

ネットワーク専門委員会の承認を経て、3件を新規に割り当て、1件を廃止した。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、及び割り当てを行った。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、弥生講堂(一条ホール・セイホクギャラリー)、柏図書館、鉄門記念講堂、総合図書館会議室、向ヶ岡ファカルティハウス、工学部共通講義室等において、情報基盤センターがアクセスポイント(AP)の整備を行い、Web 認証方式の無線 LAN サービスを展開している。それらの部局別の申請利用状況を表4に示す。

### (4) 公衆無線 LAN 接続サービス

上記の AP に、通信事業者の提供する公衆無線 LAN 接続サービスの SSID を相乗りさせおり、各社指定の接続方法にて公衆無線 LAN サービスにローミングしている。2013年3月末には、ソフトバンクモバイルのローミングを追加した。

	SSID	通信事業者
1	mobilepoint	ソフトバンクテレコム
2	livedoor-web ※2013年4月以降 SSID を変更予定 (Wi2 / Wi2 club)	DATAHOTEL(旧ライブドア) KDDI
3	0001softbank / SWS1day	ソフトバンクモバイル

### (5) 全学無線 LAN サービス(utroam)

utroam は学内構成員が対象で、部局等が整備する無線 LAN システムを連携させ、キャンパスの様々な場所で無線 LAN が利用できるサービスである。2012年10月より本格運用を始めた。本サービスを利用するには、本人認証された utroam 専用アカウントが必要で、その発行には、事務システム共通アカウントあるいは教育用計算機システム(ECCS)アカウントで本人認証を行う必要がある。

### (6) ECCS 無線 LAN サービス用 AP の集約

UTnet 無線 LAN サービスを一括コントロールしているシステムに、ECCS の一部である AP を集約変更し、それらのコントロール業務を担当した。

## 2 講習会・研究会開催報告

### [第10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 55 名であった。

- ・期間 2012年10月22日(月)
- ・場所 理学部1号館 小柴ホール

プログラムは次のとおり

1. UTnet update
2. セキュリティ報告(ウイルス、迷惑メール)
3. UT-CERT 報告
4. 「標的型攻撃」の注意喚起(標的型メール攻撃/フィッシングメール)
5. Microsoft のライセンスについて
6. 802.1ad QinQ による支線の集約について
7. 部局ネットワークの方向性(工学部の例)
8. フリーディスカッション

下田哲郎係長  
小藺隆弘主任  
中山雅哉准教授  
宮本大輔助教  
早野裕士課長  
石原知洋特任助教  
三木修次特任准教授

[Adobe Campus Day ユーザー体験にこそ価値がある]

本学教職員及び学生のうち、ソフトウェア開発や IT テクノロジーがもたらすイノベーション検討プロセスに興味がある方を対象に、IT 分野に対するユーザーエクスペリエンス(UX)検討の事例やプロセスを紹介するセミナーを以下の通り実施した。参加者は 21 名であった。

- ・期間 2012 年 7 月 31 日(火) 14:50 ～ 16:20
- ・場所 情報基盤センター1階大演習室1

[平成 24 年度コンピュータネットワーク研修]

本学技術職員及び事務職員のうち、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を利用する初心者レベルの利用者で、特にセキュリティ対策に興味のある者を対象に、セキュリティ対応を含むコンピュータやコンピュータネットワークの利用に関する研修を以下の通り実施した。参加者は 11 名であった。

- ・期間 2012 年 11 月 27 日(火)～11 月 29 日(木)(3 日間)
- ・場所 情報基盤センター1階大演習室 2 および4階遠隔講義室

[VMware Day ～仮想化の初歩からクラウド最新ソリューションまで～]

本学教職員及び学生を対象に、仮想化技術の初歩からクラウドコンピューティングの最新技術動向までを初心者の方にもわかりやすく紹介し、実際の仮想化基盤構築に適した最新のサーバソリューションについても具体的に紹介するセミナーを以下の通り実施した。

参加者は本郷地区 21 名、駒場地区 3 名であった。

- ・期間 2013 年 2 月 19 日(火) 15:00 ～ 17:00
- ・場所 本郷地区 浅野キャンパス 情報基盤センター 4階遠隔講義室  
駒場地区 駒場 I キャンパス 情報教育棟 4階遠隔講義室

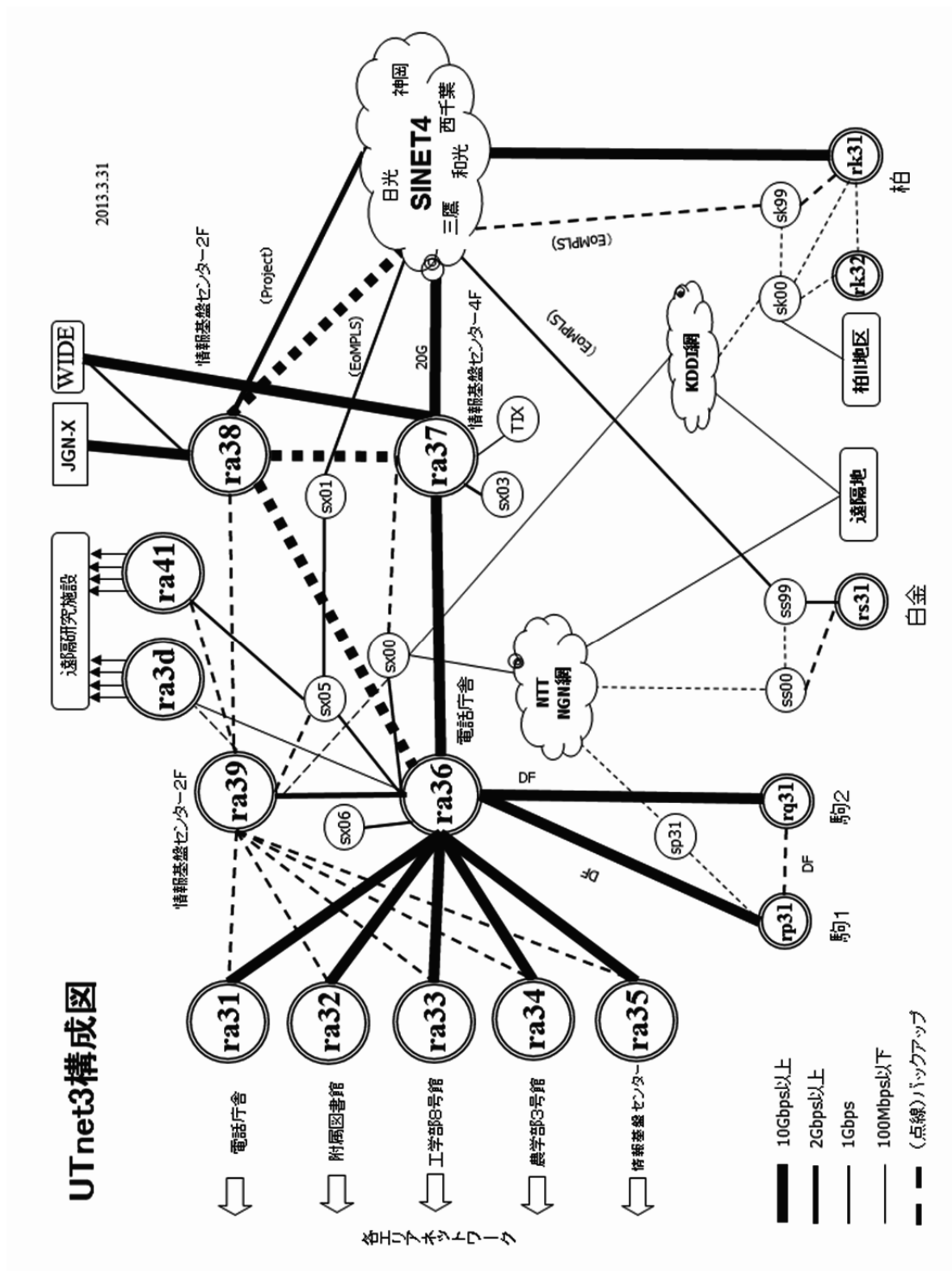
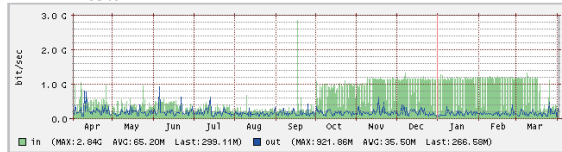


図1 UTnet 基幹構成図

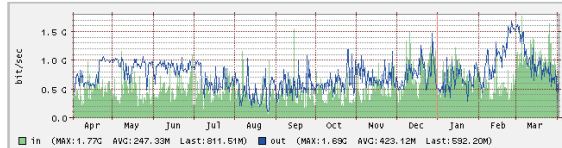


## キャンパス間回線トラフィック

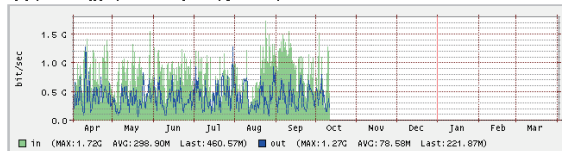
本郷←→駒場 1



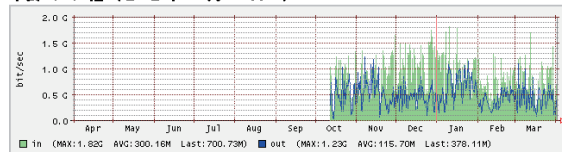
本郷←→駒場 2



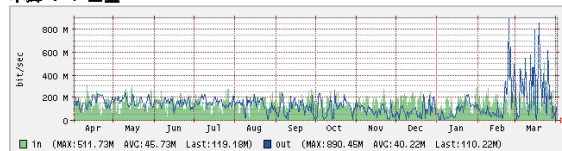
本郷←→柏 (～2012年10月11日)



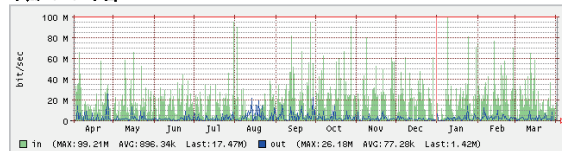
本郷←→柏 (2012年10月11日～)



本郷←→白金



本郷←→中野



凡例:

- 1日最大トラフィック(本郷 → 各キャンパス間)
- 1日最大トラフィック(本郷 ← 各キャンパス間)

図2 UTnet のキャンパス間トラフィック

表1 基幹ネットワークの構成変更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	本部事務組織	伊藤国際学術研究センター、医学部1号館	基幹ネットワークの構成変更
2	本部事務組織	第2本部棟	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
3	本部事務組織	伊藤国際学術研究センター	建物間 VLAN の申請
4	ICT インフラ整備専門部会	情報基盤センター	サブネットアドレスの申請
5	本部事務組織	総合図書館	建物間 VLAN の申請
6	ICT インフラ整備専門部会	物性研究所	建物間 VLAN の申請
7	大学院総合文化研究科	教養学部8号館	建物間 VLAN の申請
8	大学院総合文化研究科	教養学部アドバンスド・ラボラトリー	建物間 VLAN の申請
9	本部事務組織	伊藤国際学術研究センター	建物間 VLAN の申請
10	本部事務組織	本部棟	建物間 VLAN の申請
11	情報基盤センター	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
12	大学院総合文化研究科	教養学部 10 号館	建物間 VLAN の申請
13	大学院総合文化研究科	教養学部 8 号館、保健センター駒場支所	建物間 VLAN の申請
14	医科学研究所	医科学研究所 2 号館	建物間 VLAN の申請
15	大学院総合文化研究科	教養学部コミュニケーションプラザ北館	建物間 VLAN の申請
16	本部事務組織	教養学部コミュニケーションプラザ北館	建物間 VLAN の申請
17	情報基盤センター	先端科学技術センター4号館	建物間 VLAN の申請
18	情報基盤センター	薬学部総合研究棟	サブネットアドレスの申請
19	大学院教育学研究科	教育学部	基幹ネットワークの構成変更
20	新領域創成科学研究科	新領域基盤棟、柏プレハブ研究 A 棟	基幹ネットワークの構成変更
21	本部事務組織	本部棟	基幹ネットワークの構成変更 及び建物間 VLAN の申請
22	本部事務組織	医学部 1 号館	基幹ネットワークの構成変更
23	大学院情報学環	総合図書館	サブネットアドレスの申請
24	大学院総合文化研究科	教養学部 14 号館	建物間 VLAN の申請
25	大学院工学系研究科	工学部 2 号館新棟	建物間 VLAN の申請
26	本部事務組織	東洋文化研究所	建物間 VLAN の申請
27	本部事務組織	先端科学技術センター4号館	建物間 VLAN の申請
28	情報基盤センター	情報基盤センター	サブネットアドレスの申請
29	大学院法学政治学研究科	医学部 2 号館	建物間 VLAN の申請
30	大学院工学系研究科	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
31	大学院工学系研究科	工学部 2 号館新棟	建物間 VLAN の申請
32	大学院工学系研究科	工学部 11 号館	建物間 VLAN の申請
33	情報基盤センター	総合図書館	建物間 VLAN の申請
34	物性研究所	物性研究所	建物間 VLAN の申請
35	物性研究所	物性研究所	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
36	大学院総合文化研究科	教養学部 105 号館	基幹ネットワークの構成変更
37	新領域創成科学研究科		サブネットアドレスの申請
38	大学院工学系研究科	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
39	大学院工学系研究科	工学部 14 号館	建物間 VLAN の申請
40	大学院農学生命科学研究科	弥生講堂	建物間 VLAN の申請
41	大学院工学系研究科	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
42	本部事務組織	駒場ロッジ	建物間 VLAN の申請
43	大学院工学系研究科	工学部[4,5,7,8]号館	建物間 VLAN の申請
44	本部事務組織	駒場ロッジ A 棟	建物間 VLAN の申請
45	情報基盤センター	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
46	大学院情報学環	電話庁舎、本部棟、安田講堂	建物間 VLAN の申請
47	大学院総合文化研究科	教養学部 12 号館、教養学部 13 号館	建物間 VLAN の申請
48	生産技術研究所	生産技術研究所、情報基盤センター	基幹ネットワークの構成変更 及び建物間 VLAN の申請
49	大学院総合文化研究科	情報教育棟1階	基幹ネットワークの構成変更

50	大学院総合文化研究科	教養学部コミュニケーションプラザ北館	建物間 VLAN の申請
51	大学院総合文化研究科	教養学部 11 号館、教養学部 12 号館	建物間 VLAN の申請
52	本部事務組織	医学部 1 号館	建物間 VLAN の申請
53	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
54	大学院工学系研究科	工学部 2 号館新棟、情報基盤センター	基幹ネットワークの構成変更 及び建物間 VLAN の申請
55	大学院総合文化研究科	教養学部学生会館	建物間 VLAN の申請
56	本部事務組織	情報基盤センター、角川ビル	建物間 VLAN の申請
57	大学院法学政治学研究科	法文 1 号館、法学政治学系総合教育棟、 弥生総合研究棟	建物間 VLAN の申請
58	本部事務組織	安田講堂	建物間 VLAN の申請
59	大学院工学系研究科	柏地区第 2 総合研究棟	建物間 VLAN の申請
60	情報基盤センター	情報基盤センター、本部棟	建物間 VLAN の申請
61	大学院総合文化研究科	情報教育棟 1 階、教養学部 12 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
62	大学院医学系研究科	医学部 3 号館	建物間 VLAN の申請
63	本部事務組織	電話庁舎	建物間 VLAN の申請
64	本部事務組織	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
65	本部事務組織	医学部 1 号館	建物間 VLAN の申請
66	医科学研究所	医科学研究所 1 号館	建物間 VLAN の申請
67	柏地区共通事務センター	柏地区総合研究棟	建物間 VLAN の申請
68	本部事務組織	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
69	大学院総合文化研究科	教養学部[3,9,10,17]号館	建物間 VLAN の申請
70	地震研究所	地震研究所[1,2]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
71	医科学研究所	医科学研究所 1 号館	建物間 VLAN の申請
72	大学院法学政治学研究科	法文[1,2]号館、法学部[3,4]号館、医学部 1 号館、法学政治学系総合教育棟、第 2 本 部棟、弥生総合研究棟、史料編纂所	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
73	大学院総合文化研究科	駒場図書館	建物間 VLAN の申請
74	本部事務組織	医学部 1 号館	建物間 VLAN の申請
75	社会科学研究所	GCOE 事務所(赤門前)	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
76	分子細胞生物学研究所	IML 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
77	大学院人文社会系研究科	法文 2 号館	建物間 VLAN の申請
78	大学院理学系研究科	電話庁舎	建物間 VLAN の申請
79	大学院人文社会系研究科	法文[1,2]号館	建物間 VLAN の申請
80	社会科学研究所	社会科学研究所	建物間 VLAN の申請
81	本部事務組織	第 2 食堂	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
82	本部事務組織	電話庁舎	サブネットアドレスの申請
83	大学院理学系研究科	情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
84	大学院理学系研究科	情報基盤センター	サブネットアドレスの申請
85	本部事務組織	駒場ロτζ A 棟	建物間 VLAN の申請
86	本部事務組織	分子細胞生物学研究所	建物間 VLAN の申請
87	本部事務組織	本部棟、情報基盤センター	建物間 VLAN の申請
88	本部事務組織	本部棟	建物間 VLAN の申請
89	医科学研究所	ヒトゲノム解析センター	建物間 VLAN の申請
90	大学院総合文化研究科	サークル棟 A 棟	建物間 VLAN の申請
91	本部事務組織	本部棟	建物間 VLAN の申請
92	低温センター	低温センター	建物間 VLAN の申請
93	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
94	大学院情報学環	工学部 2 号館、情報学環、福武ホール	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	digitalgrid.u-tokyo.ac.jp	大学院工学系研究科	「電力ネットワークイノベーション (デジタルグリッド)」総括寄付講座	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	大学院医学系研究科	起点: 医学部教育研究棟 終点: 医学部[1,2,3,5]号館、医学部3号館別館、医学部総合中央館、医学部国際共同研究棟、生命科学実験棟	GI16 芯	新規
2	本部事務組織	起点 1: 受変電設備棟 起点 2: 電話庁舎 終点 1・2: 角川ビル	各 SM2 芯	新規
3	医科学研究所	ヒトゲノム解析センター - 白金地区総合研究棟	GI2 芯	新規
4	本部事務組織	電話庁舎 - 医学部 2 号館	SM4 芯 GI2 芯	新規
5	大学院情報理工学系研究科	工学部 8 号館 - 理学部 7 号館	SM2 芯	新規
6	大学院新領域創成科学研究科	物性研究所 - 柏地区総合研究棟	SM2 芯	廃止

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
1	知の構造化センター	1		1			1	38
2	海洋アライアンス			1				
3	高齢社会総合研究機構				1			
4	国際本部							1
5	環境安全本部	1						
6	卒業生室							2
7	保健・健康推進本部				4			1
8	研究推進部	1						
9	情報システム部	2						
10	総合企画部							1
11	総合図書館				1			
12	人工物工学研究センター		1					
13	アジア生物資源環境研究センター			1				
14	情報基盤センター	1						
15	カブリ数物連携宇宙研究機構	1						1
16	サステイナビリティ学連携研究機構	1		1				
17	法学政治学研究科	1		2				
18	医学系研究科	1				5		
19	工学系研究科	6	5		1		2	10
20	人文社会系研究科	1						
21	理学系研究科	2						1
22	農学生命科学研究科			5				
23	経済学研究科	1						1
24	総合文化研究科				1			
25	教育学研究科	1						
26	薬学系研究科			1				
27	新領域創成科学研究科	2	1		7			
28	情報理工学系研究科	3	1					
29	情報学環	1					1	1
30	公共政策大学院	1						
31	地震研究所	1				1		
32	社会科学研究所	1						
33	宇宙線研究所	2			2			
34	物性研究所	2			5			
35	大気海洋研究所	1						
36	東大 GCOE「都市空間の持続再生学の展開」		1					
37	東大 GCOE「未来を拓く物理科学結集教育研究拠点」		1					
38	日本航空宇宙学会	1						
39	国連フォーラム	1						
40	環境ホルモン学会	1						
41	理化学研究所	1	1					

42	東大精研会		1					
43	未病社会の診断技術研究会		9					
44	日本ロボット学会		1					
45	東大・日本電子産学連携室		1					
46	FIRST「ナノバイオテクノロジーが先導する診断・治療イノベーション」		1					
47	エコデザイン学会連合		1					
48	大学宇宙工学コンソーシアム		2					
49	宇宙開発フォーラム実行委員会		1					
50	認知神経科学会		1					
51	国立情報学研究所		1					
52	宇宙航空研究開発機構		1					1
53	光防災センシング振興協会		1					
54	塩ビ工業・環境協会		1					
55	第34回ドライプロセス国際シンポジウム		1					
56	第6回物性科学領域横断研究会		1					
57	原子力学会		1					
58	科研費新学術領域「DYCE」		1					
59	最先端研究開発支援プログラム		1					
60	日本保全学会		1					
61	新学術領域研究「プラズマとナノ界面の相互作用に関する学術基盤の創成」		1					
62	三菱総合研究所		1					
63	科学知総合研究所			1				
64	農業情報学会			1				
65	IEEE GPMT Japan Chapter 3D 研究会			1				
66	モロシヌス研究会			1				
67	放射線プロセスシンポジウム実行委員会			1				
68	アイデックスラボトリーズ			1				
69	ISUAAAT 日本組織委員会			1				
70	日本鳥学会 2012 年大会実行委員会			1				
71	日本造園建設業協会			1				
72	MPLS JAPAN 2012			1				
73	ADMETA 委員会			1				
74	ICMST-Tokyo2012 実行委員会			1				
75	農学会			2				
76	産業技術総合研究所			1				
77	情報計算化学生物学会			1				
78	一条工務店			2				
79	内閣府経済社会総合研究所			1				
80	森林 GIS フォーラム			1				
81	アグリコクーン FC6・ふくしま再生の会			1				
82	ITC2013 組織委員会			1				
83	農学会・日本農学アカデミー			1				
84	科学技術振興機構			1				
85	日本大学			1				

# セキュリティ対応

## セキュリティ担当

### 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、以下のとおり、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 M-8000 を2台併用し、学内と学外との通信をタップして監視を行った。また、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

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。更に、昨年度から配布を開始した Symantec Endpoint Protection の Windows 版および Mac 版の配付も引き続き行った。

### 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。2013年3月末時点での参加数は53ドメイン、約11,151メールアカウントである。

迷惑メール対策システムの迷惑メール検知装置3台の内1台が保守期限切れのため、今年度で運用を終了し、2台構成で運用するための構成変更を行った。

また、来年度には2台目の検知装置の保守期限が切れること及び、ソフトウェアのサポート期限が近づいていることから、後継のソフトウェアへの移行の検討を進めた。

2012年度の迷惑メール対策システムの運用状況は図1のとおりである。

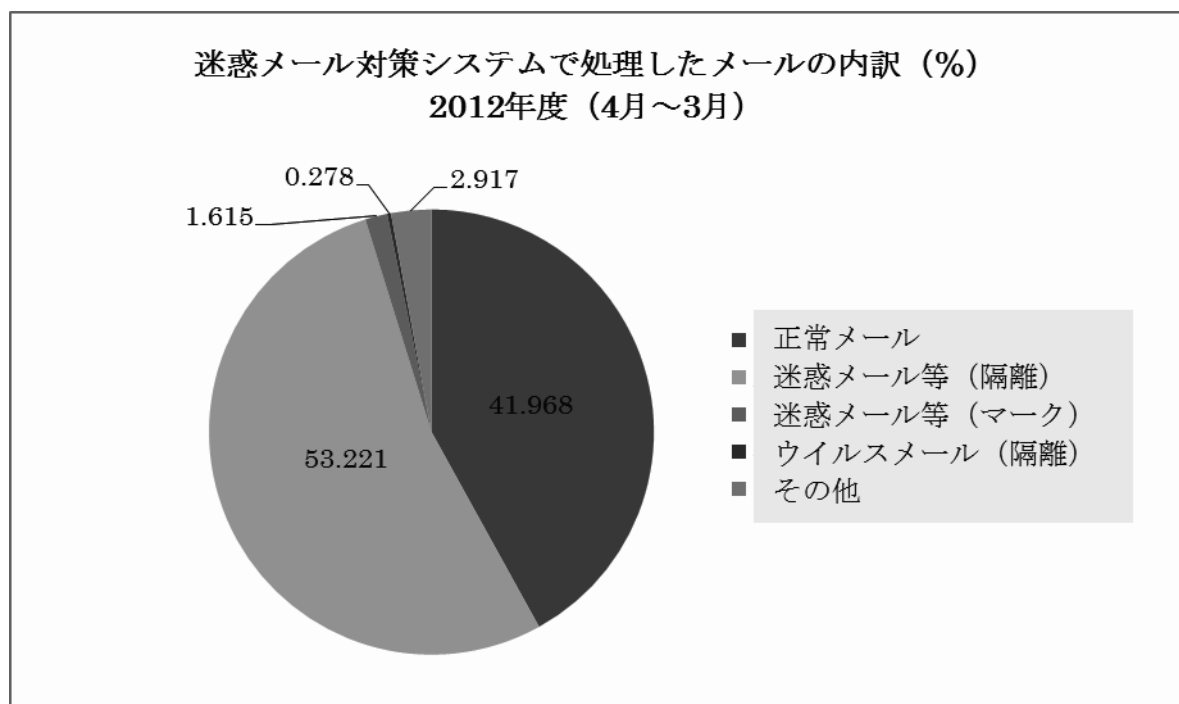


図1 迷惑メール対策システムの運用状況

## 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

2012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のとおりである。

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	件数	部局数	ライセンス数
ウイルスバスター(日本語版)	692	46	24,125
ウイルスバスター(英語版)	107	27	1,258
Sophos Anti-Virus for Windows	26	17	908
Sophos Anti-Virus for MacOS X	150	31	2,707
ESET Smart Security (Windows)	56	18	2,089
ESET Smart Security (Mac)	1	1	20
Symantec Endpoint Protection (Windows)	11	10	393
Symantec Endpoint Protection (Mac)	14	11	158
Server Protect	45	24	195
InterScan VirusWall	9	7	19
InterScan VirusWall エンタープライズエディション	3	3	5

# 東京大学情報システム緊急対応チーム(UT-CERT)との連携

## セキュリティ担当

### 1 運用報告

情報基盤センターでは、UTnet3 の基幹ネットワークでセキュリティ対策を実施していることから、ネットワークを介したセキュリティインシデントについて、東京大学情報システム緊急対応チーム UT-CERT(University of Tokyo-Computer Emergency Response Team)から以下の委託業務を受け、UT-CERT と連携協力しながら、全学的なセキュリティ対策を実施した。

- セキュリティ関連情報の収集と学内への注意喚起等  
メーカーやセキュリティ情報サイト等から、セキュリティの脆弱性やウイルスに係わる情報を収集し、情報基盤センターと UT-CERT の web ページへの掲載や東大ポータルでの一斉通知、部局 CERT への電子メールでの通知によって、セキュリティ対応に関する注意喚起を行った。
- 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 Web 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

2012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。

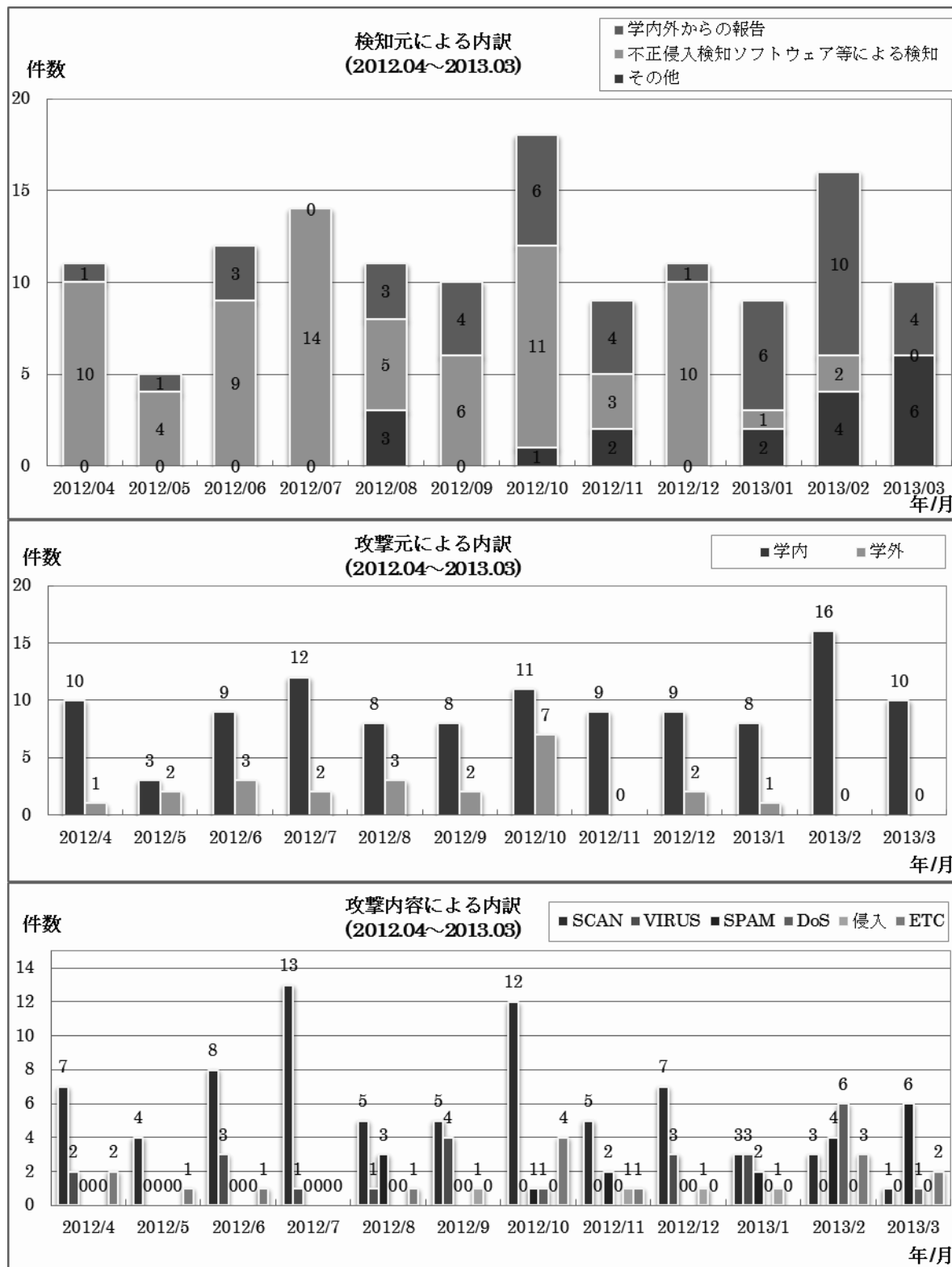


図 1 セキュリティインシデント件数

# 学内ソフトウェアライセンス

## ソフトウェアライセンス担当

### 1 運用報告

学内での教育研究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なっており、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。

2012年10月から、ECCS2012で導入したAutodesk Education Master Suiteの提供を開始した。

表1にソフトウェアライセンスの申請状況を示す。表1の各ソフトウェアの説明は以下のとおりである。

- (1) **Creo (旧 Pro/ENGINEER)**  
3次元のCADのソフトウェア。
- (2) **JMP**  
統計解析ソフトウェア。
- (3) **SAS9**  
統計解析ソフトウェア。
- (4) **MATHEMATICA**  
数値計算や数式処理用のソフトウェア。
- (5) **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。
- (6) **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。
- (7) **Autodesk Education Master Suite**  
2次元&3次元デザイン教育に必要な、デザイン、シミュレーション、ビジュアルイゼーションソフトウェアを、業界を限定せずに横断的に取りそろえた、ライセンスパッケージ。

表1 ソフトウェアライセンスの申請状況

ソフトウェア名	件数	部局数
Creo (旧 Pro/ENGINEER)	22	9
JMP	33	14
SAS9	36	10
MATHEMATICA	151	18
ChemOffice	32	11
LabVIEW	116	15
Autodesk Education Master Suite	5	4

以上の他、次のソフトウェアライセンスの配布や管理を行った。

(1) ウイルス対策ソフトウェア

パソコン(Windows および Mac)、ファイルサーバ、メールサーバ等のコンピュータウイルス対策ソフトウェア。(詳細はセキュリティ対応を参照)

(2) Adobe CLP

Adobe 社の Acrobat、Photoshop 等の製品を生協経由で安価に購入できるライセンス。

## 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)

# ハウジングサービス

## UTnet 担当

### 1 運用報告

サーバを運用するためには、安定した電源供給および部屋を一定の温度に保つための空調設備やサーバを設置するためのラックなどが必要不可欠である。これらの設備を提供するハウジングサービスを 2010 年 10 月から開始しているが、2012 年度も引き続き実施した。

また、学内の法定点検の計画停電時には、発電車を用意して機器への給電を行った。

提供するサービスと設備は以下のとおりである。

- (1) 19 インチ full ラック (42U)、19 インチ half ラック (20U) ※複数本の利用も可能です
- (2) 電源 (full ラック 1 本あたり AC100V 30A を 1 回路 (half ラックはこの半分になります))
- (3) 空調
- (4) アクセス回線 (UTnet へのネットワーク接続)
- (5) 入退室管理
- (6) ラックの施錠
- (7) 学内法定点検における計画停電時の電源確保

表 1 にハウジングサービスの利用状況を示す。

表 1 ハウジングサービス利用状況

利用部局数	19 インチ full ラック	19 インチ half ラック
4 部局	3 本	1 本



## スーパーコンピューティング



スーパーコンピュータ  
HITACHI SR16000 モデル M1  
(Yayoi)



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タ  
FUJITSU PRIMEHPC FX10  
(Oakleaf-FX)





# スーパーコンピューティング

## 概要

部門長 中島 研吾

副課長 平野 光敏

### 1 スーパーコンピュータシステムの運用

東京大学情報基盤センターでは、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。

スーパーコンピュータシステムとしては 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 140.1 TFLOPS)、Hitachi SR16000/M1(Yayoi)(56 ノード、1,792 コア、ピーク性能 54.9 TFLOPS)の他 2012 年 4 月から Fujitsu PRIMEHPC FX10(FX10 スーパーコンピュータシステム(Oakleaf-FX))(4,800 ノード、76,800 コア、ピーク性能 1.13 PFLOPS)を加えた 3 システムを運用し、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。2012 年 9 月の HPCI 運用開始にあたって T2K オープンスパコン(東大)のうちの 512 ノード(8,192 コア、ピーク性能 75.4 TFLOPS)を供出している。実施期間中は 1 グループにより 1 ヶ月単位で全 512 ノードを独占使用することによって、大規模計算、大規模システム利用が可能となっている。

各システムは順調な稼働を続けている。2012 年度はその他、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た：

- Hitachi SR16000/M1 (Yayoi)
  - 広報活動
- Hitachi HA8000 クラスタシステム(T2K オープンスパコン(東大))
  - 広報活動
- Fujitsu PRIMEHPC FX10(FX10 スーパーコンピュータシステム(Oakleaf-FX))
  - 公募型研究プロジェクトの推進
  - 企業ユーザー利用支援
  - 講習会
  - 広報活動

### 2 公募型研究プロジェクトの推進

公募型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」、「大規模 HPC チャレンジ」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。

2010 年 12 月に本年度公募型共同研究の課題募集を開始し、3 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 39 課題のうち 35 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 17 課題であった。更にこのうち 8 件は新規採択課題であった。平成 23 年度報告会、平成 24 年度採択課題紹介を兼ねた第 4 回シンポジウムは 2012 年 7 月 12 日(木)・13 日(金)に UDX GALLERY(秋葉原)で開催された。

「スーパーコンピュータ若手利用者推薦」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。2012 年度は、前期 2 件、後期 4 件の合わせて 6 件の課題を採択した。

東京大学情報基盤センターでは、スーパーコンピュータの大規模計算機資源を占有可能なサービスを毎月実施してきた。平成 24 年度は Fujitsu PRIMEHPC FX10(Oakleaf-FX)の全 4,800 ノード(76,800 コア、ピーク性能 1.13 PFLOPS)を占有できる「大規模 HPC チャレンジ」を実施した。これは国内の公開されているスーパーコンピュータシステムで占有可能な最大の計算資源である。2012 年度は全部で 13 課題が採択された。

### 3 企業ユーザー利用支援

2008 年度から、大規模高性能並列計算によるイノベーションと科学技術の発展に寄与することを目的として、HA8000 システムの資源のうち最大 10%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。

2012 年度からは企業利用サービスは 2012 年 4 月に試験運用を開始する FX10 スーパーコンピュータシステムへ全面移行した。それに合わせてトライアルユース制度の整備を実施した。2012 年度は 4 回の募集を実施し、8 件が採択された。

### 4 講習会・広報活動

基礎的な並列プログラミング教育を目的とした、国内に例を見ないユニークな取り組みとして「お試しアカウント付きスパコン利用講習会」がある。2012 年度は同講習会を 7 回実施した。その他、2012 年 8 月 6 日～10 日に開催された「2012 RIKEN AICS Summer School」(主催:理化学研究所計算科学研究機構、神戸大学大学院システム情報学研究科、東京大学情報基盤センター)ではプログラム策定、実施に貢献した。

2012 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。

### 5 利用規程改正、利用負担金

T2K オープンスパコン(東大)については、大規模システム利用に関する負担金改定を実施した。Oakleaf-FX については、トークンを使い尽くした利用者を対象とした低プライオリティジョブに関する規程の追加を実施した。

### 6 その他イベント

Oakleaf-FX の試験運転が開始された 2012 年 4 月 2 日に、情報基盤センタースーパーコンピュータシステム柏拠点開所式を実施した。また 2012 年 10 月 26 日、27 日に実施された柏キャンパス一般公開にも情報基盤センターとして初めて参加した。また 2012 年 7 月 9 日には埼玉県立総合教育センターとの共催で 2011 年度から実施している「先端科学技術にふれる理科研修会」を実施した。

その他、本郷地区、柏地区合わせて 13 件の施設来訪があり、情報交換、施設見学を実施した。

## 7 参考文献

### 報道関連

- [報道 1]クラウド Watch 2012年4月2日 東大情報基盤センターでスパコン「Oakleaf-FX」が稼働、富士通が構築
- [報道 2]ITmedia エンタープライズ 2012年4月2日 「京」ベースのスパコンシステム、東大情報基盤センターで運用開始
- [報道 3]マイナビニュース 2012年4月2日 東京大学情報基盤センター新スーパーコンピュータシステムが稼働開始
- [報道 4]インターネットコム 2012年4月2日 富士通スーパーコンピュータ、東大情報基盤センターも導入
- [報道 5]RBBToday 2012年4月2日 東京大学、情報基盤センターの新スパコンシステム「Oakleaf-FX」稼働開始「京」の技術をさらに向上
- [報道 6]日経産業新聞 2012年4月3日 東大スパコン稼働 富士通の「京」商用版
- [報道 7]日刊工業新聞 2012年4月3日 省電力の新スパコン本稼働
- [報道 8]朝日新聞デジタル 2012年4月3日 東大情報基盤センター、省電力の新スパコン本稼働

# スーパーコンピューティング業務

## スーパーコンピューティングチーム

### 1 2012 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、2012 年度中に行ったシステム整備状況を以下に述べる。

今年度は、柏キャンパスで Fujitsu FX10 スーパーコンピュータシステム (Oakleaf-FX) のサービスが開始され、本センターでは、本郷キャンパスで既にサービスを行っている Hitachi HA8000 クラスタシステム、Hitachi SR16000 システムとあわせて 3 式のスーパーコンピューターを運用している。

#### 1.1 Oakleaf-FX のサービス開始

柏キャンパス第2総合研究棟に導入・設置した大規模超並列スーパーコンピューターシステム Oakleaf-FX (Fujitsu PRIMEHPC FX10) は、2012 年 4 月 2 日からの試験運転を経て、同 7 月 2 日より、正式サービスを開始した。従来のシステムと利用方法が大きく変わることから、試験運転、正式サービス開始にあたっては、本学および学外における利用説明会を表 1 に示すように実施した。なお、これまで HA8000 クラスタシステムで実施してきた教育利用、講習会、若手利用、企業利用および共同利用・共同研究拠点課題の利用を本システムで引き継いでサービスを行っている。

表 1. 利用説明会

開催場所	開催日	参加人数
東京大学(柏)	2012 年 2 月 20 日	17 人
東京大学(本郷)	2 月 24 日	36 人
東京大学(柏)	5 月 14 日	5 人
東京大学(本郷)	5 月 23 日	5 人
工学院大学	5 月 28 日	15 人
早稲田大学	6 月 4 日	27 人
横浜国立大学	6 月 5 日	20 人
千葉大学	6 月 6 日	4 人
慶応義塾大学	6 月 6 日	12 人
埼玉大学	6 月 8 日	24 人
電気通信大学	6 月 13 日	16 人

### 1.1.1 ハードウェア

Oakleaf-FXは、現行の HA8000 クラスタシステムと比較して、計算ノード単体の性能は、理論演算性能で 1.6 倍程度、主記憶容量は同じ 32GB (HA8000 の 128GB ノードは除く) だが、計算ノード数が約 5 倍の 4,800 ノードという大規模な構成により、総理論演算性能は 1PFLOPS を超えて約 8 倍、総主記憶容量も約 5 倍と大幅に飛躍した。Oakleaf-FX のハードウェア諸元は、表 2 のとおりである。

表 2. Oakleaf-FX のハードウェア諸元

項目		機器諸元	
システム全体 (計算ノード)	総理論演算性能	1.135 PFLOPS	
	総主記憶容量	150 TByte	
	総ノード数	4,800	
	インターコネクト	6次元メッシュ/トーラス	
	ローカルファイルシステム	1.1 PByte	
	共有ファイルシステム	2.1 PByte	
仕様	ノード	理論演算性能	236.5 GFLOPS
		プロセッサ数(コア数)	16
		主記憶容量	32 GByte
	プロセッサ	プロセッサ名	SPARC64™ IXfx
		周波数	1.848 GHz
		理論演算性能(コア)	14.78 GFLOPS

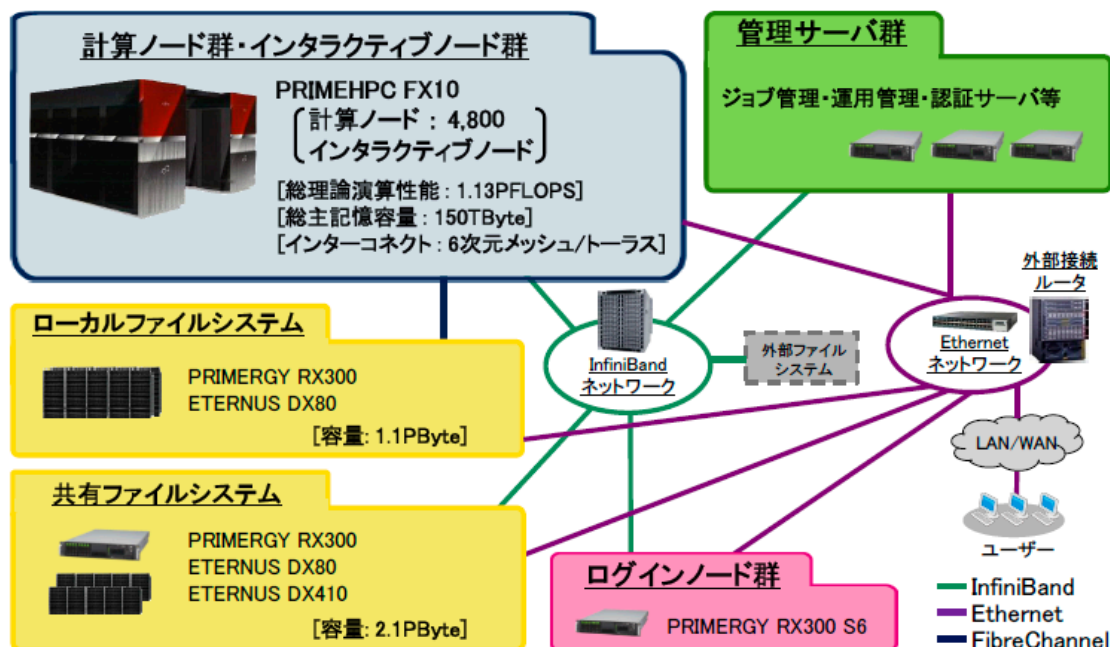


図 1. Oakleaf-FX の構成図

### 1.1.2 ソフトウェア

Oakleaf-FXは、Fortran, C, C++ 実行環境として富士通社製コンパイラのほか、GNUコンパイラが使用できる。計算ノード、インタラクティブノードが専用 OS のため、ログインノードには、クロスコンパイル環境を用意している。並列化通信ライブラリには MPI 2.1 に準拠した MPI ライブラリ、数値計算ライブラリには富士通社製 SSL II や BLAS/LAPACK/ScaLAPACK、その他、多彩なオープンソースライブラリやアプリケーションを導入した。Oakleaf-FX のソフトウェア諸元は、表 3 のとおりである。

表 3. Oakleaf-FX のソフトウェア諸元

項目	ソフトウェア	
	計算・インタラクティブノード	ログインノード
OS	専用 OS (XTCOS)	RedHat Enterprise Linux
コンパイラ	富士通社製コンパイラ Fortran 77/90 コンパイラ C コンパイラ C++ コンパイラ GCC, g95	富士通社製コンパイラ (クロス環境) Fortran 77/90 コンパイラ C コンパイラ C++ コンパイラ GCC, g95 (クロス環境)
ライブラリ	富士通社製ライブラリ SSL II (Scientific Subroutine Library II) C-SSL II SSL II/MPI  その他ライブラリ BLAS、LAPACK、ScaLAPACK、FFTW、SuperLU、PETSc、METIS、 SuperLU_DIST、HDF5、NetCDF、Parallel NetCDF、ParMETIS	
アプリケーション	OpenFOAM ABINIT-MP PHASE FrontFlow/blue FrontISTR REVOCAP	
ファイルシステム	FEFS (Fujitsu Exabyte File System)	

### 1.1.3 利用負担金

Oakleaf-FX では、ジョブ実行に従ってノード時間積(ノード数×実行時間)だけ「トークン」が減少する仕組みを課金制度として採用した。申込ノード数を超える超過ノード数に対しては消費係数を乗じた分を消費するように設定しており、付与されたトークン量の範囲で申込ノード数を超えたジョブを実行することを可能とした。

従来の課金制度では、負担金額を増額して再申込を行わない限り、申込ノード数の上限を超えて利用することはできなかったが、年間を通じて大規模な計算を流し続けるのではなく、必要などときに多くのノードを確保したいというニーズに応えることが可能となった。

利用負担金額は、付与するトークン量で決まっており、表 4 のとおりである。

表 4. Oakleaf-FX 利用負担金表

コース	負担金額(税込)		ディスク容量	備考
	大学・公共機関等	企業		
パーソナル コース	コース1 120,000 円 (25,920 ノード時間)		/home 200GB	最大ノード数 24 ノード 消費係数 12 ノードまで 1.00 12 ノード超 2.00
	コース2 250,000 円 (51,840 ノード時間)			最大ノード数 96 ノード 消費係 24 ノードまで 1.00 24 ノード超 2.00
グループ コース	12 ノード申し込み当り 500,000 円 (103,680 ノード時間)	12 ノード申し込み当り 1,400,000 円 (103,680 ノード時間)	グループにつき /group 4TB (12 ノード当り) ユーザにつき /home 50GB	最大ノード数 1,440 ノード 消費係数 申込ノード数まで 1.00 申込ノード数超 2.00
トークン 追加	10,000 円 (2,160 ノード時間)			パーソナルコース1のみ
	20,800 円 (4,320 ノード時間)			パーソナルコース2のみ
	41,600 円 (8,640 ノード時間)			グループコースのみ
ディスク 追加	5,400 円 / (500GB*年)			500GB 単位で申込可

※括弧内のノード時間は付与するトークン量。実行したジョブのノード時間積と消費係数に応じてトークンが消費される。

付与したトークンは、利用期間内に全量が使用できることを保証するものではない。

トークンは利用期間内に限り有効とし、利用終了後に残量がある場合でも繰越や利用負担金の返還は行わない。



### 1.1.4 ジョブクラス制限値

Oakleaf-FX のジョブクラス制限値は、表 5 のとおりである。本システムは、バッチジョブサービスとして通常時でも最大 1,440 ノード (約 340TFLOPS) のジョブを実行できる。また、月に一度の大規模 HPC チャレンジ期間には、全 4,800 ノード (約 1.13PFLOPS) を占有できる環境を用意した。一方で debug や short といった短時間実行のキューやインタラクティブジョブのキューも作成し、デバッグ環境にも配慮している。

表 5. Oakleaf-FX ジョブクラス制限値

キュー名 ※1	ノード数 ※2 (最大コア数)			制限時間 (経過時間)	メモリー 容量 (GB) ※3	パーソナル		グループ コース
						コース 1	コース 2	
debug	1 ~	240	(3840)	30 分	28	○	○	○
short	1 ~	72	(1152)	6 時間	28	○	○	○
(regular)								
small	12 ~	216	(3456)	48 時間	28	△	△	○
medium	217 ~	372	(5952)	〃	〃	×	×	○
large	373 ~	480	(7680)	〃	〃	×	×	○
x-large	481 ~	1440	(23040)	24 時間	〃	×	×	○
challenge	1 ~	4800	(76800)	24 時間	28	★	★	★
interactive_n1 ※4		1	(16)	2 時間	28	○	○	○
interactive_n8	2 ~	8	(128)	10 分	〃	○	○	○
(regular-low) ※5								
small-low	12 ~	216	(3456)	12 時間	28	▲	▲	▲
medium-low	217 ~	372	(5952)	〃	〃	×	×	▲
large-low	373 ~	480	(7680)	〃	〃	×	×	▲
x-large-low	481 ~	1440	(23040)	6 時間	〃	×	×	▲

△ パーソナルコース1は最大 24 ノード、コース2は 96 ノードまで実行可

▲ パーソナルコース1は最大 12 ノード、コース2は 24 ノード、グループコースは申込ノード数まで実行可

★ 審査による課題選定の上、月1回の一定期間のみ利用可能(原則として月末処理日前日の朝～翌日朝)

※1 キューの指定( "#PJM -L "rscgrp=キュー名" ") は、short, regular, debug を小文字で指定する regular キューはノード数の指定( "#PJM -L "node=ノード数" ") でノード数別のキューに投入される

※2 トークンの消費係数は優先ノード数まで 1.00、優先ノード数超で 2.00 (優先ノード数は、パーソナルコース1が 12 ノード、コース2が 24 ノード、グループコースは申込ノード数)

※3 1ノード当りの利用者が利用可能なメモリー容量

※4 インタラクティブジョブの起動は、 pjsub --interact -L "node=ノード数" (トークン消費なし)

※5 非優先ジョブクラス(低プライオリティキュー)は、トークンの追加申込が締め切られ、ジョブ実行に必要なトークン残量が不足した場合のみ実行可(2013年1月8日より公開)

## 1.2 2012年度のサービス変更

### 1.2.1 非優先ジョブクラス(低プライオリティキュー)

Oakleaf-FX は、2012年10月に提供可能な計算リソースが上限に達したため、トークンの追加などの利用申込を締め切ったが、トークン残量が不足していても、計算リソースに余裕がある時にはジョブ実行ができるよう、2013年1月8日より非優先ジョブクラス(低プライオリティキュー)のサービスを開始した。提供可能な計算リソース上限による申込の締め切り後、トークン残量が不足しているグループやユーザに対して、表6のキューが利用可能である。制限(経過)時間は、通常利用の1/4としている。

表 6. 非優先ジョブクラス制限値

キュー名	ノード数 ※2 (最大コア数)			制限時間 (経過時間)	メモリー 容量 (GB)
(regular-low)	12	216	(3456)	12 時間	28
small-low	217	372	(5952)	〃	〃
medium-low	373	480	(7680)	〃	〃
large-low	481	1440	(23040)	6 時間	〃

### 1.2.2 HPCI 資源提供

2012年9月末から HPCI(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)向けに Hitachi HA8000 クラスタシステムの 512 ノードについて資源提供を開始した。これに伴い以下の運用変更を行った。

- ・パーソナルコースの利用ノード群の変更
  - パーソナルコースで使用できるノード群を TYPE-A 群(ノード間ネットワーク性能 5GB/秒 × 双方向)から TYPE-B 群(同 2.5 GB/秒 × 双方向)に変更
- ・ジョブクラス、ジョブクラス制限値の変更
  - パーソナルコースにおける最大利用ノード数を 128 ノードから 64 ノードに変更
  - 短時間キュー(short: S004, S008, S016 キュー)のサービスを終了

## 1.3 教育利用

前年度に引き続き、教育利用のためのシステム提供(FX10 スーパーコンピュータシステム)を無料で行い、並列プログラミング教育として 11 件の利用があった。

- ・東京大学生産技術研究所「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)」
- ・東京大学情報理工学系研究科「並列数値計算」
- ・千葉大学理学研究院「宇宙磁気体・プラズマシミュレーションサマースクール」
- ・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)」

- ・東京大学教養学部「全学ゼミナール:スパコンプログラミング研究ゼミ」
- ・東京大学情報理工学系研究科「科学技術計算Ⅱ, コンピュータ科学特別講義Ⅱ」
- ・東京大学情報理工学系研究科「並列分散プログラミング」
- ・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」
- ・東京大学情報基盤センター「計算科学特別講義」

## 2 2013年度のシステム整備計画

2013年度は、本センター地階スクリー冷却機および2階計算機室1の空調機を更新する予定である。工事期間は7月～11月を予定しているため、この期間のサービス継続のため、SR16000システムは一時的な移設を計画している。

HA8000 クラスタシステムは、HPCIへの資源提供を含め、サービスを継続する。ただし、3月15日に借用期間の終了日を迎えるため、3月上旬にはサービスを終了する予定である。

Oakleaf-FX (FX10 スーパーコンピュータシステム) は、外部ファイルシステムの機能によって性能に影響が出る不具合があるため、外部ファイルシステムを Lustre から FEFS (Fujitsu Exabyte File System) に変更する作業を行う予定である。

## 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。2012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16回スーパーコンピューティング専門委員会

日時: 2012年6月13日(水)～2012年6月18日(月)  
(電子メールによる開催)

議題: ・情報基盤センター事務部組織改編に伴う事務所掌規定の改正について

### 第17回スーパーコンピューティング専門委員会

日時: 2012年12月27日(木)13:00～

議題: ・東京大学情報基盤センタースーパーコンピュータシステム利用規程の改定について

- Oakleaf-FX トークン消費対応について
- HA8000 クラスタシステム大規模ノード利用について
- トライアルユース実施要領の改正について
- 若手利用者推薦実施要領の改正について
- 共同利用・共同研究拠点採択者の利用資格について
- ・最先端HPC基盤施設(仮称)について
- ・Oakleaf-FX 関連報告
- ・スーパーコンピュータシステム教育利用報告
- ・お試しアカウント付き並列プログラミング講習会報告
- ・スーパーコンピュータ若手利用者推薦報告

- ・E-サイエンス若手・女性研究者助成事業報告
- ・大規模 HPC チャレンジ実施報告
- ・学際大規模情報基盤共同利用・共同拠点報告
- ・HPCI(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)実施報告
- ・企業利用報告
- ・非居住者利用の状況
- ・平成23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
  - 柏キャンパス一般公開報告
  - 情報基盤センタースーパーコンピュータ見学状況

## 4 スーパーコンピューターシステム利用規程の改正

### 4.1 利用資格者の追加(規程第3条)

利用資格者に「高度情報科学技術研究機構又は学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点が審査し、選定された課題を実施する者」を追加した。

### 4.2 HA8000 クラスタシステムの別表改正(別表 3,4)

1. HPCI 提供資源を使用する採択課題がなく、一般利用可能な資源が確保できる場合に限り、大規模ノードジョブを実行可能とするオプションを設定した。

大規模ノード追加 (提供可能な資源が確保できる期間に限る)	8ノードにつき 【大学・公共機関等 27,500 円/月】 並列実行ノード数 申込数(16CPU×申込数 Node)まで ディスク容量 4 TB (申込当り) 但し、基本セットの並列実行ノードとは異なる資源とする
----------------------------------	---

2. ディスク容量追加の負担金額を「100GB につき年額 12,000 円」(月額 1,000 円)を「100GB につき年額 2,160 円」(月額 180 円)に改定した。

### 4.3 FX10 スーパーコンピューターシステムの別表改正(別表 5,6)

1. 計算リソースの申込上限である「提供可能なノード時間積の 1.25 倍」を「提供可能なノード時間積の 1.5 倍」に拡大した。
2. 実行優先度を下げた非優先ジョブクラス(低プライオリティキュー)を設定し、トークンの追加申込が締め切られた後にトークンを消費し尽くした場合でも、利用期間内であればジョブの実行を可能とした。

## 5 システム利用状況

2012 年度におけるジョブ統計は表 7～表 9 のとおりである。FX10 スーパーコンピュータシステムについては 2012 年 7 月の正式サービス開始後、登録者数が増え、稼働率は概ね 60% で推移したが、年度終盤には 70% を超える高い稼働率で利用された。また SR16000 システムは前年度に引き続き高稼働率を維持。HA8000 クラスタシステムは前年度に比べて稼働率が低めに推移しているが、これは FX10 の導入による影響と見ている。

### 5.1 FX10 スーパーコンピュータシステムのジョブ処理状況

表 7. ジョブ処理状況

年月	登録者数	実利用者数	件数		CPU 時間 (時間)		ノード稼働率 (%)	ファイル 使用量 (MB) (上段)/home (下段)/group
			(上段)ログイン (下段)インタ ゲイブジョブ	バッチ ジョブ	(上段)ログイン (下段)インタ ゲイブジョブ	バッチジョブ		
201204	680	656	11,064 2,190	23,661	1,471.52 1,370.43	19,628,309.71	48.7	4,023,185 57,278,525
201205	746	307	8,901 6,764	100,138	1,472.44 2,432.17	22,491,223.56	57.3	5,218,969 111,733,809
201206	843	337	12,410 3,732	23,571	1,779.50 3,368.55	30,602,820.71	66.1	9,114,822 127,125,628
201207	955	347	12,352 3,549	24,468	1,694.83 5,607.14	25,521,829.41	53.1	13,906,105 145,665,649
201208	1,006	350	8,644 2,083	15,893	1,354.28 2,325.81	21,251,602.58	58.7	15,626,907 207,851,353
201209	1,006	333	12,084 2,788	26,150	1,547.36 1,475.26	29,757,803.92	60.6	17,346,857 265,164,560
201210	956	377	11,336 3,452	20,903	2,266.04 3,393.29	27,210,681.31	59.3	19,931,466 321,612,232
201211	964	361	10,438 6,339	26,458	1,643.88 7,078.25	27,149,000.41	58.3	19,133,954 370,340,543
201212	924	343	9,456 5,461	24,955	2,005.19 5,305.60	25,474,678.58	55.4	19,575,902 402,460,031
201301	925	302	10,992 4,793	59,240	1,985.50 5,270.37	30,623,812.77	60.4	22,003,393 553,914,679
201302	927	312	11,710 3,022	65,879	2,255.04 4,225.76	30,846,459.19	64.6	23,352,694 562,920,341
201303	1,026	301	10,382 2,636	20,862	2,558.05 2,998.07	37,617,495.27	76.6	23,168,001 612,489,205
合計			129,769 46,809	432,178	22,033.63 44,850.70	328,175,717.42		

(注) ノード稼働率とは 1 ノードが 100% 稼働したと仮定した場合のサービスノードに対する稼働率である。

## 5.2 HA8000 クラスシステムのジョブ処理状況

表 8. ジョブ処理状況

年月	登録者数	実利用者数	件数		CPU 時間 (時間)		ノード稼働率 (%)	/home ファイル 使用量 (MB)
			ログイン	NQS	ログイン	NQS		
201204	1,041	217	2,603	3,777	582.19	2,952,598.00	42.6	99,623,846
201205	403	112	2,844	4,742	220.84	3,592,029.57	55.8	25,923,523
201206	410	120	3,419	9,690	333.78	5,357,537.79	61.1	26,961,324
201207	386	110	3,490	9,630	814.74	4,966,500.20	57.8	31,486,084
201208	390	98	2,071	5,724	375.97	2,644,057.07	41.0	30,468,695
201209	456	119	2,364	3,809	327.88	3,167,719.95	40.9	31,281,445
201210	510	124	2,923	4,005	252.02	1,942,103.93	42.8	36,171,561
201211	529	125	3,128	4,186	596.53	2,556,682.75	48.0	39,322,444
201212	534	116	2,823	3,145	373.07	3,076,328.86	39.2	41,362,354
201301	535	108	3,031	2,427	754.24	3,123,564.56	38.7	43,345,580
201302	537	108	2,145	1,749	183.82	3,540,742.62	44.0	43,245,009
201303	552	97	1,925	3,159	469.70	3,357,311.14	40.6	43,057,886
合計			32,766	56,043	5,284.78	40,277,176.44		

(注) ノード稼働率とは1ノードが100%稼働したと仮定した場合のサービスノードに対する稼働率である。

## 5.3 SR16000 システムのジョブ処理状況

表 9. ジョブ処理状況

年月	登録者数	実利用者数	件数		CPU 時間 (時間)		ノード稼働率 (%)	/home ファイル 使用量 (MB)
			ログイン	NQS	ログイン	NQS		
201204	364	110	4,528	5,303	696.41	724,539.21	75.9	31,885,629
201205	339	98	3,631	4,735	307.90	667,502.68	77.5	34,199,121
201206	348	114	3,884	5,932	423.33	815,034.22	78.7	41,074,609
201207	354	101	4,292	5,606	591.29	782,015.45	78.8	44,132,296
201208	354	97	2,697	4,235	210.07	401,568.15	70.0	45,121,783
201209	360	108	3,583	3,796	212.13	628,336.70	74.4	49,054,375
201210	360	105	3,382	3,456	219.35	662,141.91	76.8	58,174,917
201211	369	110	5,046	4,027	403.27	825,336.35	81.3	72,199,357
201212	375	111	4,585	3,545	308.56	858,237.08	81.2	82,258,735
201301	378	107	4,124	3,791	547.06	767,994.84	74.8	87,562,760
201302	381	106	3,163	4,342	824.32	622,450.18	68.2	74,096,543
201303	384	97	3,713	2,981	1,129.04	561,668.53	65.9	76,231,331
合計			46,628	51,749	5,872.73	8,316,825.30		

(注) ノード稼働率とは1ノードが100%稼働したと仮定した場合のサービスノードに対する稼働率である。

## 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。

	対面相談	E-Mail 相談	合計
2012年4月	0	51 (47)	51
2012年5月	0	37 (27)	37
2012年6月	0	62 (51)	62
2012年7月	0	48 (33)	48
2012年8月	0	22 (21)	22
2012年9月	0	34 (18)	34
2012年10月	0	31 (22)	31
2012年11月	0	26 (18)	26
2012年12月	0	23 (22)	23
2013年1月	1	17 (14)	18
2013年2月	0	22 (18)	22
2013年3月	0	21 (19)	21
小計	1	394 (310)	395

括弧内は FX10 相談件数の内数

### 6.2 刊行物

2012 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.14 No.3 ～ Vol.15 No.2 (2012 年度)
- ・ スーパーコンピューティングニュース Vol.15 No. Special Issue 1 2013.2  
Oakleaf-FX「大規模 HPC チャレンジ」

「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っている。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。

2012 年度は、昨年度から引き続き「HITACHI SR16000/M1 および富士通 PRIMEHPC FX10 チューニング連載講座」を掲載している。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)

## 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34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

京都大学学術情報メディアセンターの当番で、第34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2012年11月21日(水)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>

(東京大学情報システム部情報基盤課スーパーコンピューティングチーム)

・「Oakleaf-FXスーパーコンピュータシステムの運用について」－宮寄 洋 (発表者)－

2012年4月から運用を開始したFX10スーパーコンピュータシステム(愛称:Oakleaf-FX)の運用方法(ユーザ管理やジョブ管理、課金方法等)について報告したものである。

詳しくは、「研究開発論文集 No.34 平成24年11月全国共同利用情報基盤センター」(P31～P35)をご覧願いたい。



## 講習会

研究支援チーム

スーパーコンピューティングチーム

## 1 概要

2012年度は表1に示すような並列計算プログラミングに関連した講習会を開催した。スパコン(FX10スーパーコンピュータシステム)の臨時アカウントを無料で発行しての講習会は国内でも他に例が無い先駆的な取り組みであり、学習効果の促進とともに利用者の拡大にも貢献している。受講者はノートPCを持参してもらい、無線LAN経由でスパコンにログインする。受講者が復習できるように、アカウントの有効期限は、講習会の日から1週間程度としている。受講者はこれまでは、スパコンの利用資格者(学生、教育機関・研究機関教職員)に限定してきたが、2008年10月より、社会貢献の一環として企業ユーザーもスパコン利用が可能となっており、企業ユーザーも講習会を受講できるようになった。

表1:2012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22回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「MPI基礎:並列プログラミング初級入門」	2012年7月2日～3日 ※ 柏キャンパスにて開催	FX10 スーパー コンピュー タシステム	29人	情報基盤センター主催
第23回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「MPI基礎:並列プログラミング初級入門」	2012年9月3日～4日		15人	
第24回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門:Hybrid並列プログラミングモデルへの道」	2012年12月4日～5日		14人	
第25回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」	2012年12月19日～20日		7人	
第26回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門:Hybrid並列プログラミングモデルへの道」	2013年2月20日～21日 《 実施中止 》		0人	

第 27 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「MPI 基礎:並列プログラミング初級入門」	2013 年 3 月 4 日～5 日	FX10 スーパー コンピュー タシステム	12 人	情報基盤センター主催
第 28 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会「MPI 応用編:並列有限要素法入門」	2013 年 3 月 6 日		11 人	
第 29 回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」	2013 年 3 月 11 日～12 日		5 人	

## 2 お試しアカウント付き並列プログラミング講習会

2012 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 7 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<sup>1</sup>。

### 2.1 第 22 回講習会

FX10 スーパーコンピュー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 2：第 22 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 スケジュール

開催日	時 間	内 容	講 師
2012 年 7 月 2 日 (月)	10:30-12:30	ノートパソコンの設定、テストプログラムの実行	片桐孝洋
	14:00-15:45	並列プログラミングの基本 (座学)	片桐孝洋
	16:00-17:00	MPI プログラム実習 I (演習)	片桐孝洋
	17:00-17:30	FX10 スーパーコンピュータシステム見学会	-
7 月 3 日 (火)	10:00-12:30	プログラミングの基礎 (分割コンパイル) (演習)	鴨志田良和
	14:00-15:30	MPI プログラム実習 II (演習)	片桐孝洋
	15:45-17:00	MPI プログラム実習 III (演習)	片桐孝洋

### 2.2 第 23 回講習会

FX10 スーパーコンピュー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 23 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 スケジュール

開催日	時 間	内 容	講 師
2012 年 9 月 3 日 (月)	10:30-12:30	ノートパソコンの設定、テストプログラムの実行	片桐孝洋
	14:00-15:45	並列プログラミングの基本 (座学)	片桐孝洋

<sup>1</sup> <http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/support/kosyu/>

	16:00-17:00	MPI プログラム実習 I (演習)	片桐孝洋
9月4日(火)	10:00-12:30	プログラミングの基礎 (分割コンパイル) (演習)	鴨志田良和
	14:00-15:30	MPI プログラミング実習 II (演習)	片桐孝洋
	15:45-17:00	MPI プログラミング実習 III (演習)	片桐孝洋

### 2.3 第24回講習会

近年マイクロプロセッサのマルチコア化が進み、様々なプログラミングモデルが提案されている。中でも OpenMP は指示行(ディレクティブ)を挿入するだけで手軽に「並列化」ができるため、広く使用されており、様々な解説書も出版されている。メモリへの書き込みと参照が同時に起こるような「データ依存性(data dependency)」が生じる場合に並列化を実施するには、適切なデータの並べ替えを施す必要があるが、このような対策は OpenMP 向けの解説書でも詳しく取り上げられることは余り無い。本講習会では、「有限体積法から導かれる疎行列を対象とした ICCG 法」を題材として、科学技術計算のためのマルチコアプログラミングにおいて重要なデータ配置, reordering などのアルゴリズムについての講習, スパコンを使用した実習を実施している。本講習会は 2008 年 12 月に開始し、今回で 5 回目である。これまでは実習に HA8000 クラスタシステム(T2K 東大)を使用していたが、今回初めて FX10 スーパーコンピュータシステム(Oakleaf-FX)を使用した。

表 4 : 第 24 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 スケジュール

開催日	時間	内容	講師
2012年 12月4日(火)	10:30-12:00	イントロダクション・FX10 スーパーコンピュータシステム (Oakleaf-FX)	中島研吾
	13:00-16:30	ICCG 法によるポアソン方程式ソルバー	中島研吾
	16:30-17:30	OpenMP 「超」入門	中島研吾
12月5日(水)	10:00-12:00	オーダリングについて	中島研吾
	13:00-14:30	オーダリングについて (続き)	中島研吾
	14:30-16:00	並列化実装について	中島研吾
	16:00-17:30	質疑, 実習	中島研吾

### 2.4 第25回講習会

FX10 スーパーコンピュー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 25 回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 スケジュール

開催日	時間	内容	講師
2012年 12月19日(水)	10:30-12:30	ノートパソコンの設定、テストプログラムの実行	片桐孝洋
	14:00-15:00	並列プログラミングの基本 (座学)	片桐孝洋
	15:15-17:00	プログラム実習 I (BLAS) (演習)	片桐孝洋
12月20日(木)	10:30-12:30	プログラム実習 II (LAPACK、ScaLAPACK) (演習)	片桐孝洋
	14:00-15:30	プログラム実習 III (Lis) (演習)	伊藤祥司
	15:45-17:00	プログラム実習 IV (PETSc) (演習)	伊藤祥司

## 2.5 第27回講習会

FX10 スーパーコンピュー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6：第27回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 スケジュール

開催日	時間	内容	講師
2013年 3月4日(月)	10:30-12:30	ノートパソコンの設定、テストプログラムの実行	片桐孝洋
	14:00-15:45	並列プログラミングの基本(座学)	片桐孝洋
	16:00-17:00	MPIプログラム実習I(演習)	片桐孝洋
3月5日(火)	10:00-12:30	プログラミングの基礎(分割コンパイル)(演習)	鴨志田良和
	14:00-15:30	MPIプログラミング実習II(演習)	片桐孝洋
	15:45-17:00	MPIプログラミング実習III(演習)	片桐孝洋

## 2.6 第28回講習会

本講習会では、有限要素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7：第28回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 スケジュール

開催日	時間	内容	講師
2013年 3月6日(水)	09:30-09:45	イントロダクション	中島研吾
	09:45-11:15	有限要素法プログラムの概要	中島研吾
	11:15-12:00	MPI「超」入門	中島研吾
	13:00-15:00	並列データ構造の概要	中島研吾
	15:15-16:30	並列有限要素法プログラムの概要	中島研吾
	16:30-17:00	FX10 スーパーコンピュータへのログイン	中島研吾
	17:00-18:00	FX10による実習	中島研吾

## 2.7 第29回講習会

FX10 スーパーコンピュー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8：第29回お試しアカウント付き並列プログラミング講習会 スケジュール

開催日	時間	内容	講師
2013年 3月11日(月)	10:30-12:30	ノートパソコンの設定、テストプログラムの実行	片桐孝洋
	14:00-15:00	並列プログラミングの基本(座学)	片桐孝洋
	15:15-17:00	プログラム実習I(BLAS)(演習)	片桐孝洋
3月12日(火)	10:30-12:30	プログラム実習II(LAPACK、ScaLAPACK)(演習)	片桐孝洋
	14:00-15:30	プログラム実習III(Lis)(演習)	伊藤祥司
	15:45-17:00	プログラム実習IV(PETSc)(演習)	伊藤祥司

### 3 2012 RIKEN AICS HPC Summer School

平成 24 年 8 月 6 日(月)～10 日(金)、理化学研究所(理研)計算科学研究機構(Advanced Institute for Computational Science, AICS)において、「2012 RIKEN AICS Summer School」(主催:理化学研究所計算科学研究機構、神戸大学大学院システム情報学研究科、東京大学情報基盤センター)が開催された<sup>2</sup>。

本サマースクールは、「京」に代表されるスパコンを駆使して何か新しいことに挑戦したいと考えている若手研究者を対象に、並列計算機を使いこなすためのプログラミング手法(並列計算プログラミング)の基礎を学習することを目的として平成 23 年度より開催されている。

今回は東大情報基盤センターは 8 月 9 日(木)に実施された「数値計算アルゴリズム」を担当し、「科学技術計算のためのマルチコアプログラミング入門: Hybrid 並列プログラミングモデルへの道」と同様の内容を 1 日に圧縮して実施した。実習には Fujitsu PRIMEHPC FX10 (神戸大)を使用した。

---

<sup>2</sup> <http://www.aics.riken.jp/jp/library/event/2012-summer-school.html>

# シンポジウム・研究会

研究支援チーム

スーパーコンピューティングチーム

## 1 E-サイエンス 若手・女性研究者シンポジウム

2012年10月17日、東京大学情報基盤センター柏キャンパス、第2総合研究棟3階315会議室にて、E-サイエンス若手・女性研究者シンポジウム2012を開催した。本シンポジウムは、平成24年度E-サイエンス若手・女性研究者助成事業の採択者による成果発表、および本センターが実施する若手利用者推薦制度における平成24年度後期採択者の課題内容を紹介するものである。

本センターの石川裕センター長のHPCIに関する講演をはじめ、若手・女性研究者助成事業から9件、若手利用者推薦制度後期採択から3件、加えて当日参加できなかった採択者による3件のポスター掲示を行った。

参加者は、大学機関係15名、国立研究所系5名、企業系3名の総計23名で、分野を越えた活発な意見交換が行われた。プログラムは表2の通りである。

表1: E-サイエンス 若手・女性研究者シンポジウム2012@東大プログラム

開会		
10:00~10:10	はじめに	石川裕 (東京大学)
10:10~10:40	HPCIの現状と今後の展望	石川裕 (東京大学)
若手・女性研究者助成事業 成果発表		
10:40~11:10	マルチスレッドプログラム向けユーザレベル遠隔メモリページングシステム	緑川博子 (成蹊大学)
11:10~11:40	医療用リニアックからの高エネルギーX線の水吸収線量標準の補正係数導出	清水森人 (産業技術総合研究所)
13:00~13:30	超大規模系における高分子緩和モードの時間相関解析のHPC効率化に関する検討	萩田克美 (防衛大学工)
13:30~14:00	高スケーラブルなMPI通信基盤の実現に関する研究	吉永一美 (近畿大学)
14:00~14:30	大気海洋境界のエネルギー流出入過程を詳細に解くモデルの構築	宮本佳明 (理化学研究所)
14:40~15:10	SACLAと大型計算機施設の融合利用による生体超分子構造解析に向けた実証実験	城地保昌、杉本崇 (高輝度光化学研究センター)
15:10~15:40	降水によるエアロゾル除去過程のモニタリング	清木達也 (理化学研究所)
15:50~16:20	最適な力学コア開発を目指した正20面体格子気候モデルのモデル間比較	吉田龍二 (理化学研究所)
16:20~16:50	次世代スパコン向けの軽量な仮想計算環境の実現に向けた研究開発	品川高廣 (東京大学)
H24年度後期 若手利用者支援 新規採択者発表		
17:00~17:20	超並列環境向け固有値計算プログラムの性能予測モデルの開発	深谷猛 (神戸大学)
17:25~17:45	HPC向け高水準プログラミング言語X10の評価	佐藤芳樹 (東京大学)
17:50~18:10	大規模連立一次方程式における精度保証付き数値計算の実装と評価	森倉悠介 (早稲田大学)

若手・女性研究者助成事業 ポスター発表		
	大気物質輸送モデルによる東アジア地域大気汚染のマルチシミュレーション	山地一代 (海洋研究開発機構)
	高解像度科学輸送モデルを用いた春期東アジアにおける越境大気汚染の定量化	池田恒平 (海洋研究開発機構)
	気象数値シミュレーションモデルにおける grid refinement 手法の開発 2	伊賀晋一 (理化学研究所)



図1: E-サイエンス 若手・女性研究者シンポジウムの様子

## 2 研究会

### 2.1 概要

2012年度は表2に示すように2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2:2012年度に開催した研究会

名称	開催日	参加者数
第12回 ASE研究会	2012年4月25日(水)	17人
第13回 ASE研究会	2012年12月4日(火)	9人

## 2.2 第12回 ASE 研究会

2012年4月25日(水)13時30分～18時10分、東京大学情報基盤センター4階遠隔講義室にて、第12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。

招待講演として、Lawrence Berkeley National Laboratory から Osni Marques 博士を招聘し、アプリケーション開発環境における現在とこれからのに関する講演を行った。

また、国内招待講演として、東京大学の相島健助 助教による特異値計算における dqds 法の講演、山梨大学の鈴木智博 准教授による近年の計算機における QR 分解の進展に関する講演、および筑波大学の山本和磨氏による非線形固有値問題の並列アルゴリズムに関する講演を行い、活発な議論が行われた。プログラムを表3に示す。

表3：第12回 ASE 研究会 プログラム

講演者	講演タイトル
Dr. Kensuke Aishima (The University of Tokyo, Japan)	dqds with aggressive deflation for singular values
Associate Professor Tomohiro Suzuki (Yamanashi University, Japan)	On implementations of tile QR factorization algorithm for recent hardware
Dr. Osni Marques (Lawrence Berkeley National Laboratory, USA)	Dealing with Application Development -- Now and Henceforth
Mr. Kazuma Yamamoto (Department of Computer Science, University of Tsukuba, Japan)	Adaptive parallel algorithm for stochastic estimation of nonlinear eigenvalue density
Satoshi Ito (Information Technology Center, The University of Tokyo, Japan)	Study of plugging-in AT mechanism in OpenFOAM

Osni Marques 博士の講演は、エクサスケールを目指すアプリケーション開発に関するものであった。現在米国では、1PFLOPS で実践されているが、今後の環境として 10PFLOPS への段階、さらにその先には 100PFLOPS への段階で、大きな壁が、プログラミングの観点から予想されている。アプリケーションソフトウェアがエクサスケールへ到達するには、まだまだ難問が山積している。そこで、数値計算ライブラリを含む適切なツール群を利用することで、その壁を1つにすることが重要である。特に Marques 博士は、米国エネルギー省(DOE)により開発された数値計算ライブラリやシミュレーションのためのツール群をまとめ、保守・管理・運営していくプロジェクトである ACTS Collection プロジェクトの代表である。日本でも、エクサスケールに資するソフトウェアの開発を、国際協調して開発していくことが重要性と認識されている。既存開発物の活用と、不足機能については、国際的に協調して共同開発していくことが求められている。スパコンセンターとしては、実際のスパコンにそれらをインストールした上で、保守・管理・普及していく必要がある。



## 2.3 第 13 回 ASE 研究会

2012 年 12 月 4 日(火)14 時 20 分～17 時 40 分、東京大学情報基盤センター3 階大会議室にて、第 13 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。

招待講演として、米国ジョージア工科大学から Aparna Chandramowlishwaran 氏を招聘し、エクサスケールに向けた高速アルゴリズムの話題で、Fast Multipole Method (FMM)を取り扱ったケースについての講演を行った。また、招待講演として、米国サンディア国立研究所から、Mark Hoemmen 博士を招聘し、アルゴリズムベースのフォールト・トレラント(FT)と、システムのコードデザインに関する講演を行った。プログラムを表 4 に示す。

表 4：第 13 回 ASE 研究会 プログラム

講演者	講演タイトル
Ms. Aparna Chandramowlishwaran (Georgia Institute of Technology, USA)	Fast Algorithms at Exascale and Beyond: A Case Study of the FMM
Dr. Mark Hoemmen (Sandia National Laboratories, USA)	Fault-tolerant solvers via algorithm / system codesign
Takahiro Katagiri (ITC, The University of Tokyo, Japan)	Development of ppOpen-AT: An Auto-tuning Description Language for ppOpen-HPC

Chandramowlishwaran 氏の発表は、FMM のアルゴリズムについて、アルゴリズム上の特性から将来のエクサスケールの計算機アーキテクチャの設計に必要な要素(性能パラメタ)を抽出し、性能のモデル化することに関する講演であった。たとえば FMM においては、担当領域に入る粒子数が性能を決めるパラメタになるが、このような数値計算アルゴリズム特有のパラメタを洗い出し、性能のモデル化をすることは実用上も役立つ。また、FMM で特有の計算を、近年のマルチコア計算機で高性能実行する際のコード最適化、および実行環境の最適化も考慮して、最適化方法論として研究を進めている。

将来のエクサスケール計算機においては、計算機の耐故障率が極端に低下するといわれている。Hoemmen 博士の講演は、このような耐故障率の低下に対応するための研究であった。具体的にこの状況では、知らずして数値計算の解がおかしくなる状況が生じる。この誤動作を防ぐ研究は、一般的に、フォールト・トレラント(FT)の研究と呼ばれる。その中でも、演算結果が知らずして壊れる状況(ソフトエラー)に対応する FT であった。ソフトエラーに対応する FT は一般に難しく、アルゴリズムの特徴を利用することで、FT を実現するのが一般的である。このような FT を、アルゴリズムベースの FT と呼ぶ。Hoemmen 博士の取り扱っている数値計算アルゴリズムは、疎行列反復解法による連立一次方程式の求解である。数ある解法のうち、GMRES 法とよばれる、収束特性が安定でよく実用で使われる数値アルゴリズムへの FT を適用する研究である。GMRES 法の計算において、高信頼性が必要な部分と、そうでない部分を切り分ける方式を提案し、ハードウェアレベルで高信頼性部分を実装することで、全体として FT を実現するものである。

Chandramowlishwaran 氏と Hoemmen 博士の双方とも、計算科学や応用数理学の観点から実用問題の特徴を抽出し、コンピュータサイエンス分野の計算機ハードウェア設計に生かす研究である。このような研究は協調設計(Co-design)とよばれ、現在、エクサスケールを実現するスーパーコンピュータの設計において、世界的に行われている。この観点から、双方の招待講演の内容はたいへん興味深く、かつ大変参考になるものであった。

# 公募型研究プロジェクト

研究支援チーム

スーパーコンピューティングチーム

## 1 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型研究平成 24 年度採択課題

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 24 年度採択課題  
(東大分)

A	B	研究課題名	研究課題代表者 (所属)	研究分野 (※)	他大学
○	①	計算集約的統計手法による大規模経済データの実証分析	大西立顕 (東京大学)	デ	
	①	高精度行列 - 行列積アルゴリズムにおける並列化手法の開発	片桐孝洋 (東京大学)	数	
	①	巨大地震発生サイクルシミュレーションの高度化	平原和朗 (京都大学)	数	京大
*		分散クラウドシステムにおける遠隔連携技術	棟朝雅晴 (北海道大学)	情	北大、東工大、九大
	①	次世代ジオスペースシミュレーション拠点の構築	荻野瀧樹 (名古屋大学)	数ネ情	名大、九大
	①	高分子系粗視化シミュレーション基盤の計算機科学的高度化検討	萩田克美 (防衛大学校)	数デ情	北大、名大、阪大
	①	海溝型巨大地震を対象とした大規模並列地震波伝播シミュレーション	竹中博士 (九州大学)	数	東工大
○		分散型 e ポートフォリオの構築に向けた、コンテンツ変換機能・移動機能に関する研究	大西淑雅 (九州工業大学)	ネ	
○	②	クラウド基盤ミドルウェアのスケラビリティ向上に関する研究	杉木章義 (筑波大学)	情	
	①	天体活動現象の放射磁気流体シミュレーション	松元亮治 (千葉大学)	数	
○		感性情報による自然環境の観察・記録支援システムの構築	斎藤 馨 (東京大学)	ネ	
○	①	量子アニーリングを用いた機械学習およびデータマイニングの並列アルゴリズム開発	宮下精二 (東京大学)	デ	
○	①	トレオニン合成酵素における反応制御機構の理論的解明	庄司光男 (筑波大学)	数	
○	①	ログ解析機構を備えた並列スクリプト実行システムの研究	倉光君郎 (横浜国立大学)	情	
○		大規模テキストを利用した経済指標分析手法に関する研究	和泉 潔 (東京大学)	デ	
*	①	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	奥田洋司 (東京大学)	数デ情	北大、東北大、東工大、名大、京大、阪大、九大
	①	実在地域における建築・都市環境の総合数値予測	大嶋拓也 (新潟大学)	数	

A ○：H24 年度新規採択課題、\*：負担金免除課題

B ①：Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX) 利用課題、②：Fujitsu PRIMERGY RX200 利用課題

※ 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

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。

平成24年度は東京大学情報基盤センターと共同研究を実施する研究課題は以下の計算資源を利用可能である(利用は必須ではない)。

① Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)

採択各課題に12ノードまたは24ノード×1年相当のトークンが与えられる。優先ノード数は課題採択数によって変動する(最大で24ノード×課題採択数です)。

② Fujitsu PRIMERGY RX200 (26ノード, 312コア)

OS、仮想マシンモニタ等の研究開発を含む利用を想定している。OS、仮想マシンモニタを含むすべてのソフトウェアを利用者が準備し、利用者の責任でインストール、管理、運用する必要がある。

2011年12月に平成24年度の公募型共同研究の課題募集を開始し(2月10日締切)、3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39課題のうち35課題が採択された。表1は、東京大学情報基盤センターと共同研究を行う17課題である。半数近い8課題が新規採択課題であり、超大規模数値計算系応用分野以外の課題を8課題含んでいるのが特徴である。

また、7月12日(木)・13日(金)に第4回シンポジウムがUDX GALLERY(秋葉原)で開催され、平成23年度に実施された公募型共同研究39課題の口頭発表による最終報告および平成24年度公募型共同研究に採択された35課題のポスター発表による研究内容紹介が行われた。

## 2 大規模 HPC チャレンジ

### 2.1 背景

東京大学情報基盤センターでは、スーパーコンピュータの大規模計算機資源を占有可能なサービスを毎月実施してきており、平成 22 年度からは HA8000 クラスタシステム(T2K オープンスパコン(東大))の 512 ノード(8,192 コア、ピーク性能 75.4 TFLOPS)を 24 時間占有できる「HA8000 クラスタシステム 512 ノードサービス」を公募型プロジェクトとして毎月実施し、大きな成果をあげた。更に平成 23 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」として実施した。

平成 24 年度は Fujitsu PRIMEHPC FX10(Oakleaf-FX)の全 4,800 ノード(76,800 コア、ピーク性能 1.13 PFLOPS)を占有できる「大規模 HPC チャレンジ」を実施した。これは国内の公開されているスーパーコンピュータシステムで占有可能な最大の計算資源である。平成 24 年秋から京コンピュータの運用も開始されたが、「大規模 HPC チャレンジ」を通して、ポストペタスケール、エクサスケールシステムへ向けたアプリケーション、アルゴリズム、システムソフトウェアの開発が促進されることを期待している。

### 2.2 概要

実施要項は以下の通りである：

- 1 ヶ月に 1 回、原則として月末処理前の木曜日 9:00 ～ 金曜日の 9:00 までの 24 時間、4,800 ノードを占有利用することが可能である(平成 24 年 4 月～6 月の試験運転期間中は 1 グループあたり最大 48 時間、全 7 グループを採択した)
- 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。
- 現ユーザーに限定せず、広く課題を募集する。個人、およびグループによる応募が可能であるが、各月に 1 グループの採用を原則とする。
- 本制度により得られた成果については公開を義務とする。成果発表にあたっては「FX10 スーパーコンピュータシステム」の利用、「大規模 HPC チャレンジ」制度によって実施した旨を明記する。また、「スーパーコンピューティングニュース」への成果報告記事の執筆、査読付国際会議への投稿(速報)などをお願いする。
- センターの主催、共催するセミナー、ワークショップ等でご発表いただく場合がある。
- 自作プログラム、オープンソースプログラムを利用した課題に限定する。
- 利用料金は無料。

## 2.3 2012 年度採択課題

### 第1期採択課題(平成24年4月～6月(試験運転期間中))

課題名	代表者名	所属
急減圧液体における気泡分布関数の数値的解析	渡辺 宙志	東京大学 物性研究所
電磁流体コードによる惑星磁気圏シミュレーション性能測定	深沢 圭一郎	九州大学 情報基盤研究開発センター
2次元フラストレート系の計算科学的研究	中野 博生	兵庫県立大学 大学院物質理学研究科
超並列重力多体問題シミュレーションコードの性能測定	石山 智明	筑波大学計算科学研究センター神戸分室
大規模グラフ処理ベンチマーク Graph500 のスケーラブルな探索手法による性能評価	鈴木 豊太郎	東京工業大学大学院情報理工学研究科
100億超格子を用いた自動車の大規模流体解析への挑戦	小野 謙二	東京大学生産技術研究所
ポストペタスケール環境における大規模疎行列解法のための数値計算・通信ライブラリに関する研究	林 雅江	東京大学 情報基盤センター

### 第2期採択課題(平成24年7月～12月実施)

課題名	代表者名	所属
5次元ブラソフコードによる無衝突プラズマシミュレーションの性能評価	梅田 隆行	名古屋大学 太陽地球環境研究所
ポストペタスケールシステムにおける並列多重格子法に関する研究	中島研吾	東京大学情報基盤センター

### 第3期採択課題(平成25年1月～3月)

課題名	代表者名	所属
小規模行列に対する超並列固有値ソルバーおよび通信回避方式を実現した超並列直交化方式の性能評価	片桐孝洋	東京大学情報基盤センター
新カーネルを取り入れた大規模グラフ処理ベンチマーク Graph500 のスケーラブルな探索手法による性能評価	鈴木 豊太郎	東京工業大学大学院情報理工学研究科
分散メモリ型並列 MPS 陽解法による数十億粒子規模の津波シミュレーション	塩谷 隆二	東洋大学 総合情報学部総合情報学科
自動チューニング機能を備えた固有値計算ライブラリと疎行列反復解法ライブラリの性能評価	黒田 久泰	愛媛大学 大学院理工学研究科

### 3 スーパーコンピュータ若手利用者推薦

当センターでは、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若手利用者推薦(以降、若手推薦)による課題の公募を行っている。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。

また、H24 年度から各採択課題について、スーパーコンピューティング研究部門の教員が技術的・学術的補佐を行う共同研究者として参加し、各採択課題の支援を行う。共同研究実施のため、東京大学情報基盤センター柏キャンパスにおける共同研究場所の確保、および、必要に応じて柏キャンパスまでの旅費(最大で1週間程度)を支給する。

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 2012 年(前期)採択課題

2012 年(前期)は、FX10 スーパーコンピュータシステムが試験運用中であったため、HA8000 クラスシステムを用いた継続課題のみを受け付け、採否を決定した。

課題名	代表者名	所属
ブロックヤコビ法による超並列固有値計算プログラムの開発	高橋 佑輔	神戸大学大学院システム情報学研究科
広域 - 高精細数値モデルを用いた冬季モンスーン擾乱のマルチスケール解析	前島 康光	名古屋大学地球水循環研究センター

#### 3.2 2012 年(後期)採択課題

2012 年(後期)は、FX10 スーパーコンピュータシステムを用いた課題を受け付け、採否を決定した。

課題名	代表者名	所属
超並列環境向け固有値計算プログラムの性能予測モデルの開発	深谷 猛	神戸大学大学院システム情報学研究科
新しいクリロフ部分空間理論を中核とした超大規模超並列電子状態計算	星 健夫	鳥取大学大学院工学研究科
HPC 向け高水準プログラミング言語 X10 の評価	佐藤 芳樹	東京大学大学院情報理工学系研究科
大規模連立一次方程式における精度保証付き数値計算の実装と評価	森倉 悠介	早稲田大学大学院基幹理工学研究科

# スーパーコンピュータの企業利用支援

## 研究支援チーム

### 1 スーパーコンピュータの企業利用支援

#### 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、企業におけるスーパーコンピュータ(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、FX10 スーパーコンピュータシステム(平成 24 年 4 月から提供)の全資源の 10%以内である。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、FX10 スーパーコンピュータの 12 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作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。

大学が企業へ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 24 年度企業利用

平成 24 年 4 月利用開始の公募では、利用資格者審査の結果、7 社が採択された。4 月～6 月は審査の上、無償で利用ができる試験運転期間とし、7 月から正式な運用開始とした。

平成 24 年度は 7 月、10 月、1 月および平成 25 年度 4 月利用開始の 4 回の課題公募を実施した。7 月利用開始の公募では、新規に 1 社応募があり、利用資格者審査の結果、採択された。10 月、1 月利用開始の公募では、新規の応募はなかった。平成 25 年 4 月利用開始の公募では、平成 24 年度に利用していた 3 社が継続して応募し、新規の応募はなかった。

#### (FX10 スーパーコンピュータシステム)

- 平成 24 年度第一回公募(平成 24 年 4 月以降利用開始)
  - 申請 8 件(うち継続課題 2 社)
  - 採択 7 件(うち継続課題 2 社)
    - ◇ 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”」
    - ◇ 富士通アドバンステクノロジー株式会社 HPC 適用推進統括部
      - 「情報機器における大規模熱流体・構造解析」
    - ◇ 株式会社アスムス
      - 「大規模第一原理計算のコード検証と並列化チューニング」
    - ◇ 株式会社ヴァイナス
      - 「超大規模反復解法の機能向上」
    - ◇ 株式会社クロスアビリティ
      - 「フラグメント分子軌道法およびエネルギー表示法を活用した並列自由エネルギー計算」
    - ◇ 株式会社アライドエンジニアリング
      - 「FX10 における大規模構造解析システムのハイブリッド並列化の検証」
    - ◇ 株式会社数値フローデザイン
      - 「NuFD/FrontFlowRed 燃焼解析コードの超並列化技術に関する基礎検証」
- 平成 24 年度第二回公募(7 月以降利用開始)
  - ◇ 株式会社 富士通研究所
    - 「大規模計算による次世代デバイス材料開発」
- 平成 24 年度第三回公募(10 月以降利用開始)
  - 申請なし



●平成 24 年度第四回公募(平成 25 年 1 月以降利用開始)

- 申請なし

●平成 25 年度第一回公募(4 月以降利用開始)

- 申請 3 件 (内継続課題 2 社)
- 採択 3 件 (内継続課題 2 社)
  - ◇ 富士通アドバンステクノロジー株式会社 HPC 適用推進統括部
    - 「情報機器における大規模熱流体・構造解析」
  - ◇ 株式会社富士通研究所
    - 「大規模計算による次世代デバイス材料開発」
  - ◇ 株式会社 数値フローデザイン
    - 「NuFD/FrontFlowRed 複雑地形および実在市街地を対象とする大規模非定常計算」

# スーパーコンピュータ利用による研究成果報告(2012年)

## スーパーコンピューティングチーム

### 1 大規模超並列スーパーコンピューターシステム FX10

2012年(2012年1月～2012年12月)における、大規模超並列スーパーコンピューターシステムFX10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. N. Shimizu, T. Abe, Y. Tsunoda, Y. Utsuno, T. Yoshida, T. Mizusaki, M. Honma, and T. Otsuka: New generation of the Monte Carlo shell model for the K computer era: Prog. Theor. Exp. Phys., Oxford press, 2012(1), 01A205.
2. 中迫雅由, 荳口友隆, 高山裕貴, 小林周, 児玉渉, 坂本啓太, 吉留崇, 池口満徳: コヒーレント X線回折イメージング構造解析理論の開発と展望: 放射光学会誌, 日本放射光学会, Vol. 26, No. 1, pp. 11-25.
3. 中迫雅由, 荳口友隆, 高山裕貴, 中島真, 松井夕花: 蛋白質水和構造の実験研究: アンサンブル, 分子シミュレーション研究会, Vol. 15, No., pp. 7-18.

##### 【応用物理学・工学基礎】

4. Takaaki Ohnishi, Takayuki Mizuno, Chihiro Shimizu, Tsutomu Watanabe: Power Laws in Real Estate Prices during Bubble Periods: International Journal of Modern Physics: Conference Series, Vol.16, No.1, pp.61-81.

##### 【機械工学】

5. 室谷浩平, 大地雅俊, 藤澤智光, 越塚誠一, 吉村忍: ParMETIS を用いた MPS 陽解法の分散メモリ型並列アルゴリズムの開発: Transactions of Japan Society for Computational Engineering and Science, 20120012.
6. 武居周, 室谷浩平, 吉村忍, 金山寛: 数値人体モデルを用いたマイクロ波帯域の有限要素電磁界解析: 日本シミュレーション学会.

#### 1.2 口頭・ポスター発表

##### 【情報学】

7. 三輪忍, 會田翔, 安島雄一郎, 安里彰, 清水俊幸, 中村宏: FX10におけるインタコネクト・コントローラの省電力化手法の初期検討: HOKKE20, 情報処理学会研究報告 2012-ARC-202/2012-HPC-137, pp.1-10.

##### 【物理学】

8. Tomotaka Oroguchi: Protein dynamics investigated by small angle X-ray solution scattering and molecular dynamics simulations: SAS2012 International Small-Angle Scattering Conference, SAS2012 Programme Book, pp. 29-30.

##### 【地球惑星科学】

9. Kosuke Ito, Takuya Kawabata, Yuki Honda, Teruyuki Kato, Yoichi Ishikawa and Toshiyuki Awaji: Simultaneous optimization of air-sea exchange coefficients and initial condition around a tropical cyclone by use of a 4D-VAR system: International workshop on nonhydrostatic model.

##### 【応用物理学・工学基礎】

10. Takaaki Ohnishi: Spatial Heterogeneity and Real Estate Bubble: Econophysics-Kolkata VII.
11. 大西立顕: 企業間取引の複雑ネットワーク分析: 第4回横幹連合総合シンポジウム.
12. 大西立顕: 住宅バブルを特徴づける価格の空間相関: 日本行動計量学会 第40回大会.

13. Takaaki Ohnishi, Takayuki Mizuno, Chihiro Shimizu, Tsutomu Watanabe: Using Property Price Distribution to Detect Real Estate Bubbles: 6th CSDA International Conference on Computational and Financial Econometrics (CFE 2012).
14. 大西立顕, 水野貴之, 清水千弘, 渡辺努: Characteristics of real estate bubble: 日本経済学会 2012 年度秋季大会.
15. 大西立顕, 水野貴之, 清水千弘, 渡辺努: 住宅市場における投機行動とバブル生成: 日本物理学会 2012 年秋季大会.
16. Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Misako Takayasu: Structure and function of inter-firm relationships revealed by network motif analysis: XXXII Dynamics Days Europe.
17. 大西立顕, 高安秀樹, 高安美佐子: ネットワークモチーフが明らかにする企業間の取引関係: 平成 24 年度統数研共同研究集会「経済物理学とその周辺」第 1 回研究会.
18. Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Misako Takayasu: Using Network Motif Analysis to Characterize Inter-firm Transactions: NetSci2012.

【機械工学】

19. Hiroshi Yokoyama, Akiyoshi Iida: ACOUSTIC RADIATION IN A UNIFORM FLOW AROUND A TWO-DIMENSIONAL CYLINDER AT LOW REYNOLDS NUMBER: ICSV19, ICSV19 予稿集.
20. 小田原宙, 横山博史, 飯田明由: キャビティ音の直接数値解析における端板の影響: 第 26 回数値流体力学シンポジウム, 第 26 回数値流体力学シンポジウム 論文集, D04-1.
21. 武居周, 室谷浩平, 吉村忍, 金山寛: 数値人体モデルを用いた大規模 full-wave 電磁界解析: 第 24 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム (SEAD24) .
22. 室谷浩平, 大地雅俊, 藤澤智光, 越塚誠一: ParMETIS を用いた大規模分散並列 MPS 陽解法の開発: 第 17 回計算工学講演会.
23. 三目直登, 吉村忍, 室谷浩平: 有限要素法と粒子法を用いた流体構造連成解析: 第 17 回計算工学講演会.
24. Amane Takei, Kohei Murotani, Shinobu Yoshimura, Hiroshi Kanayama: Large-scale full-wave analysis of electromagnetic field by the finite element method using numerical human body models: The 10th WORLD CONGRESS ON COMPUTATIONAL MECHANICS (WCCM 2012).
25. 武居周, 室谷浩平, 吉村忍, 金山寛: 数値人体モデルによる大規模電磁界解析手法の性能評価: 電気学会 静止器・回転機合同研究会.
26. 金山寛, 杉本振一郎, 室谷浩平, 寺田成吾, 蔵本星矢: 非正常渦電流解析の回転機への応用: 電気学会 静止器・回転機合同研究会.
27. Kohei MUROTANI, Masatoshi OOCHI, Toshimitsu FUJISAWA, Seiichi KOSHIZUKA: Hierarchical domain decomposition explicit MPS method for a billions-of-particle analysis: KSME-JSME Joint Symposium on CM & CAE.
28. 杉本振一郎, 室谷浩平, 河合浩志, 吉村忍: 細分割ツールを用いた大規模並列磁場解析: 日本機械学会第 25 回計算力学講演会(CMD2012).
29. 室谷浩平, 越塚誠一, 藤澤智光, 三目直登, 吉村忍: 10 億粒子解析のためのマルチスケールグリッドを用いた階層型領域分割 MPS 陽解法と津波解析への応用: 日本機械学会第 25 回計算力学講演会 (CMD2012).
30. 武居周, 室谷浩平, 吉村忍, 金山寛: 数値人体モデルによる大規模 full-wave 電磁界解析手法の性能評価: 日本機械学会第 25 回計算力学講演会(CMD2012).
31. 三目直登, 吉村忍, 室谷浩平: 有限要素法と MPS 法を用いた流体構造連成解析: 日本機械学会第 25 回計算力学講演会(CMD2012).
32. Kohei MUROTANI, Seiichi KOSHIZUKA, Toshimitsu FUJISAWA, Naoto MITSUME, and Shinobu YOSHIMURA: Hierarchical domain decomposition explicit MPS method for a large-scale tsunami analysis: JSME-CMD ICMS2012.
33. Seiichi KOSHIZUKA, Kohei MUROTANI, Kazuya SHIBATA and Toshimitsu FUJISAWA: Moving Particle Simulation for Complex Free Surface Flows: JSME-CMD ICMS2012.
34. 福澤洋平, 富山秀樹, 柴田和也, 室谷浩平, 越塚誠一: MPS 法による高粘性非ニュートンモデルの開発: 日本流体力学学会 第 26 回数値流体力学シンポジウム.
35. 金山寛, 杉本振一郎, 室谷浩平, 寺田成吾, 蔵本星矢: 非正常渦電流解析の回転機への応用 (第 2 報): 電気学会 静止器・回転機合同研究会.
36. 室谷浩平: 10 億粒子解析のための階層型領域分割 MPS 陽解法と津波計算への応用: 非線形解析プログラム研究会.

37. 室谷浩平: 10 億粒子解析のためのマルチスケールグリッドを用いた階層型領域分割 MPS 陽解法と津波解析への応用: 第 24 回粒子法コードユーザグループ会合.

## 2 超並列型スーパーコンピューターHA8000 クラスタシステム

2012 年(2012 年 1 月~2012 年 12 月)における、超並列型スーパーコンピューター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】

38. 片桐孝洋: ppOpen-AT : ポストペタスケール時代の数値シミュレーション基盤ソフトウェア ppOpen-HPC のための自動チューニング基盤: 京都大学数理解析研究所講究録.  
39. 片桐孝洋, 尾崎克久, 荻田武史, 大石進一: 高精度行列 - 行列積アルゴリズムのスレッド並列化と ABCLibScript への機能実装: 情報処理学会研究報告 HPC-133.

#### 【物理学】

40. T. Abe, P. Maris, T. Otsuka, N. Shimizu, Y. Utsuno, and J. P. Vary: Benchmarks of the ab initio FCI, MCSM and NCFC methods: Phys. Rev. C, American Physical Society, 86, 054301.  
41. N. Shimizu, Y. Utsuno, T. Mizusaki, M. Honma, Y. Tsunoda, and T. Otsuka: Variational procedure for nuclear shell-model calculations and energy-variance extrapolation: Phys. Rev. C, American Physical Society, 85, 054301.  
42. Shoichi Sasaki: Hyperon vector form factor from 2+1 flavor lattice QCD: Physical Review D, American Physical Society, 86, 114502.  
43. Taichi KOSUGI, Takashi MIYAKE, and Shoji ISHIBASHI: First-Principles Electronic Structure of Superconductor Ca4Al2O6Fe2P2: Comparison with LaFePO and Ca4Al2O6Fe2As2: J. Phys. Soc. Jpn., 81, 014701(1-7).

#### 【地球惑星科学】

44. Mitsui, Y., N. Kato, Y. Fukahata and K. Hirahara: Megaquake cycle at the Tohoku subduction zone with thermal fluid pressurization near the surface: Earth and Planetary Science Letters, Elsevier, 325-326, 21-26.  
45. L. Shogo Urakawa, Hiroyasu Hasumi: Eddy-Resolving Model Estimate of the Cabbeling Effect on the Water Mass Transformation in the Southern Ocean: Journal of Physical Oceanography, Vol.42, No.8, pp.1288-1302.

#### 【応用物理学・工学基礎】

46. K. Shimada, M. Takouda, Y. Hashiguchi, S.F. Chichibu, M. Hata, H. Sazawa, T. Takada, and T. Sota: First-principles study of spontaneous polarization and band gap bowing in  $\text{Sc}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  alloys lattice-matched to GaN: Semicond. Sci. Technol., Institute of Physics, 27, 10, Art. No. 105014.  
47. 大西立顕: 非定常性に挑む外国為替市場の科学: システム/制御/情報, システム制御情報学会誌, Vol.56, No.10, pp.550-555.  
48. Takaaki Ohnishi, Takayuki Mizuno, Chihiro Shimizu, Tsutomu Watanabe: Power Laws in Real Estate Prices during Bubble Periods: International Journal of Modern Physics: Conference Series, Vol.16, No.1, pp.61-81.  
49. Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Takatoshi Ito, Yuko Hashimoto, Tsutomu Watanabe, Misako Takayasu: On the Nonstationarity of the Exchange Rate Process: International Review of Financial Analysis, Vol.23, pp.30-34.  
50. 大西立顕, 高安秀樹, 伊藤隆敏, 橋本優子, 渡辺努, 高安美佐子: 円ドル為替レートの非定常性: 統計数理研究所共同研究リポート 271, 8, pp.64-69.

#### 【土木工学】

51. Sasaki, J., Ito, K., Suzuki, T., Wiyono, R.U.A., Oda, Y., Takayama, Y., Yokota, K., Furuta, A. and Takagi, H.: Behavior of the 2011 Tohoku earthquake tsunami and resultant damage in Tokyo Bay: Coastal Engineering Journal, World Scientific, 54, 1, in press.

## 2.2 口頭・ポスター発表

### 【情報学】

52. Takao Sakurai, Hitachi, Takahiro Katagiri, Ken Naono, Kengo Nakajima, Satoshi Ohshima, Shoji Itoh, Hisayasu Kuroda, Mitsuyoshi Igai: Evaluation of Numerical Policy Function on Generalized Auto-Tuning Interface OpenATLib: SIAM Conference on Parallel Processing (PP12).
53. Takahiro Katagiri, Satoshi Ito, Satoshi Ohshima, Kengo Nakajima, Yoshikazu Kamoshida and Hideyuki Jitsumoto: Development of ppOpen-AT --An Auto-tuning Description Language for ppOpen-HPC--: 2nd AICS International Symposium-Computer and Computational Sciences for Exascale Computing.
54. 山崎健生, 宮元大輔, 中山雅哉: C++用タスクマッピングライブラリの実装と異種混合環境での評価: HPCS2012, HPCS2012 シンポジウム論文集, p.15-22.

### 【地球惑星科学】

55. Yamamoto, M: Microscale Simulations of Convective Mixing in the Venus Cloud Layer: Comparison with Observations: AOGS-AGU(WPGM) Joint Assembly, Singapore.
56. Yamamoto, M: Wind structures after convective adjustment and in convective mixing near Venus' surface: EPSC2012.

### 【応用物理学・工学基礎】

57. 島田和宏, 秩父重英, 秦雅彦, 高田朋幸, 佐沢洋幸, 宗田孝之: GaN と格子整合する ScxAlyGa1-x-yN の自発分極と電子構造の第一原理計算: 2012 年秋季第 7 3 回応用物理学学会学術講演会, 2012 年秋季第 7 3 回応用物理学学会学術講演会講演予稿集, 15-118.
58. K. Shimada, S. F. Chichibu, M. Hata, H. Sazawa, T. Takada, and T. Sota: Electronic structure and spontaneous polarization in ScxAlyGa1-x-yN alloys lattice-matched to GaN: A first-principles study: International Workshop on Nitride Semiconductors 2012, International Workshop on Nitride Semiconductors 2012 Abstract Book, p.281.
59. 大西立顕, 水野貴之, 清水千弘, 渡辺努: 価格分布からみた住宅市場の特徴: 平成 23 年度統数研研究会「経済物理学とその周辺」第 2 回研究会.
60. Takaaki Ohnishi: Spatial Heterogeneity and Real Estate Bubble: Econophysics-Kolkata VII.
61. 大西立顕: 企業間取引の複雑ネットワーク分析: 第 4 回横幹連合総合シンポジウム.
62. 大西立顕: 住宅バブルを特徴づける価格の空間相関: 日本行動計量学会 第 40 回大会.
63. Takaaki Ohnishi, Takayuki Mizuno, Chihiro Shimizu, Tsutomu Watanabe: Using Property Price Distribution to Detect Real Estate Bubbles: 6th CSDA International Conference on Computational and Financial Econometrics (CFE 2012).
64. 大西立顕, 水野貴之, 清水千弘, 渡辺努: Characteristics of real estate bubble: 日本経済学会 2012 年度秋季大会.
65. 大西立顕, 水野貴之, 清水千弘, 渡辺努: 住宅市場における投機行動とバブル生成: 日本物理学学会 2012 年秋季大会.
66. Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Misako Takayasu: Structure and function of inter-firm relationships revealed by network motif analysis: XXXII Dynamics Days Europe.
67. 大西立顕, 高安秀樹, 高安美佐子: ネットワークモチーフが明らかにする企業間の取引関係: 平成 24 年度統数研共同研究集会「経済物理学とその周辺」第 1 回研究会.
68. Takaaki Ohnishi, Hideki Takayasu, Misako Takayasu: Using Network Motif Analysis to Characterize Inter-firm Transactions: NetSci2012.
69. 大西立顕, 水野貴之, 清水千弘, 渡辺努: 日米の住宅価格の分布とバブル: 日本物理学学会第 67 回年次大会.
70. Takaaki Ohnishi, Takayuki Mizuno, Chihiro Shimizu, Tsutomu Watanabe: House price distribution and bubbles in Japan and the U.S.: 10th German Probability and Statistics Days 2012.

### 【機械工学】

71. 室谷浩平: 10 億粒子解析のためのマルチスケールグリッドを用いた階層型領域分割 MPS 陽解法と津波解析への応用: 第 24 回粒子法コードユーザグループ会合.

### 3 大規模 SMP 並列スーパーコンピューターシステム SR16000

2012年(2012年1月～2012年12月)における、大規模 SMP 並列スーパーコンピューターシステム SR16000 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。

#### 3.1 論文

##### 【物理学】

72. H. Nakada: Effects of Realistic Tensor Force on Nuclear Structure: AIP Conference Proceedings, American Institute of Physics, 1491, pp. 246-249.

##### 【地球惑星科学】

73. Yousuke Sato, Takashi Y. Nakajima, and Teruyuki Nakajima: Investigation of the vertical structure of warm cloud microphysical properties using the cloud evolution diagram, CFODD, simulated by three-dimensional spectral bin microphysical model: Journal of Atmospheric Sciences, American Meteorological Society, 69, 6, pp. 2012-2030.
74. Y. Sato, K. Suzuki, T. Iguchi, I.-J. Choi, H. Kadowaki, and T. Nakajima: Characteristics of Correlation Statistics between Droplet Radius and Optical Thickness of Warm Clouds Simulated by a Three-Dimensional Regional-Scale Spectral Bin Microphysics Cloud Model: Journal of Atmospheric Sciences, American Meteorological Society, 69, 2, pp. 484-502.
75. Yamamoto, M and Takahashi, M.: Venusian middle-atmospheric dynamics in the presence of a strong planetary-scale 5.5-day wave: Icarus, 217, 702-713.

#### 3.2 口頭・ポスター発表

##### 【地球惑星科学】

76. Yamamoto, M and Takahashi, M.: Development of a middle atmosphere GCM for analyzing the Venus meteorological data: 39th COSPAR Scientific Assembly.

##### 【基礎化学】

77. 海老名成亮, 岩倉いずみ, 織作恵子, 小出芳弘: トリスヒドロキノリンアルミニウムの異性化反応(若手講演賞): 第64回有機合成協会関東支部シンポジウム, 第64回有機合成協会関東支部シンポジウム講演要旨集, 40-41.

##### 【総合工学】

78. 大道勇哉, 鈴木宏二郎: 極超音速圧縮ランプ流れに生じるゲルトラー渦の3次元数値解析: 第44回流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2012, 第44回流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2012 講演集.

## その他イベント

研究支援チーム

スーパーコンピューティングチーム

### 1 東京大学情報基盤センタースーパーコンピュータシステム 柏拠点開所式

情報基盤センタースーパーコンピューティング部門は2011年4月に竣工した柏キャンパス第2総合研究棟に2011年度より一部移転し、大規模ストレージなどの機器の導入、運用を開始した。2012年4月2日に、Oakleaf-FX（富士通 PRIMEHPC FX10）の試験運転を開始し、当センターとしての本格的なスーパーコンピュータシステムが初めて柏地区に稼働開始したことに合わせて、柏拠点開所式を行った。

以下のとおり、スーパーコンピュータシステム及び可視化システム見学に引き続いて、式典、祝賀会を開催し、学内外よりおよそ80名の参加があった。

#### (第1部) 受付・見学会

15:30～16:00 Oakleaf-FX（富士通 PRIMEHPC FX10）  
可視化システム（サイバネットシステム2面没入型VR装置）

#### (第2部) 開所式典（3階会議室）

16:00～17:00 ご挨拶  
・石川 裕（東京大学情報基盤センター長）  
・松本 洋一郎（東京大学理事／副学長（研究・産学連携・情報システム担当））  
ご来賓挨拶  
・岩本 健吾（文部科学省研究振興局情報課長）  
・平尾 公彦（理化学研究所計算科学研究機構長）  
・山本 正巳（富士通株式会社代表取締役社長）  
FX10スーパーコンピュータシステムと新サービスのご紹介  
・中島 研吾（東京大学情報基盤センター・教授）  
将来構想について  
・石川 裕（東京大学情報基盤センター長）

#### (第3部) 祝賀会（3階ミーティングスペース）

17:00～18:30 祝賀会



写真：可視化システム見学の様子（左），開所式典の様子（右）

## 2 平成 24 年度先端科学技術にふれる理科研修会(埼玉県立総合教育センター)

2010年より情報基盤センターは埼玉県立総合教育センター、埼玉県のスーパーサイエンスハイスクール(SSH)指定校(埼玉県立春日部高等学校, 同大宮高等学校等)と協力して, 高校生向けセミナー・スパコンプログラミング講習会, 高校の理数系教員向け研修などを実施してきた[1,2,3]。

2011年7月に引き続いて, 埼玉県立総合教育センターの依頼により, 2012年7月9日に情報基盤センター(柏)で「平成24年度先端科学技術にふれる理科研修会」を埼玉県のスーパーサイエンスハイスクール(SSH)指定校を中心とした高等学校の理数系教員を対象として実施した。以下のような3部構成で実施した。出席者は15名(高校教員11名, 中学校教員1名, 小学校教員1名, 総合教育センター2名)であった。

### (第1部) 講演・見学

- 13:00～13:30 計算科学とスーパーコンピュータ, 情報基盤センター紹介  
中島研吾(情報基盤センター・教授)
- 13:35～14:05 Oakleaf-FX(富士通 PRIMEHPC FX10) 見学  
大島聡史(情報基盤センター・助教)

### (第2部) 講演

- 14:15～15:00 先端科学技術と教育  
中島研吾(情報基盤センター・教授)
- 15:00～16:00 心臓シミュレータ UT-Heart  
久田俊明(大学院新領域科学創成研究科・教授)

### (第3部) ディスカッション他

- 16:00～16:55 今後の教育活動への応用  
久保健丸, 山田正則(埼玉県立総合教育センター・指導主事)

第1部では, 計算科学入門, センター紹介に引き続き, 本年4月2日より稼働を開始したOakleaf-FX(富士通 PRIMEHPC FX10)を見学してもらった。

第2部の講演では, 今回は, 「スパコンを教育, 人材育成に取り入れている事例を紹介してほしい」というリクエストがあったため, 実際に本学で実施しているHPC教育プログラムについて紹介した。講演のもう一件は久田教授による「心臓シミュレーション」で, これまでの講演での地震・津波, 大気海洋, 物性物理などの講演[1,2,3]とは少し異なった題材で, 興味を持った参加者も多かったようである。

第3部はディスカッションの他, 埼玉県における理科教育の様々な試み, 成果が紹介された。スーパーサイエンスハイスクール(SSH)指定校9校, サイエンス・パートナーシップ・プラットフォーム(SPP)指定校15校, 高校生の科学部活動振興プログラム4校の他, 様々な国際科学技術コンテスト(科学のオリンピック), 日本学生科学賞, 高校生科学技術チャレンジ等でも好成績を収めていることが報告された。また, 2012年3月に実施された「第1回 科学の甲子園全国大会」(科学技術振興機構主催)では, 埼玉県立浦和高等学校が優勝したとのことである。



参加者のアンケートによると、スパコンが様々な分野で有効に活用されていることを知って有意義であったという意見が多かった。是非生徒たちに実際にスパコンを使った様々な科学技術シミュレーションを体験させたいようなコメントもあった。



写真：講演（左），Oakleaf-FX 見学会（右）の一コマ

### 3 東京大学柏キャンパス一般公開 2012

2012年10月26, 27日の両日、柏キャンパスにおいて「東京大学柏キャンパス一般公開2012」が開催され、情報基盤センターは「柏から未来へ」をテーマに初めてこのイベントに参加した。本センターには1日目161名、2日目346名（合計507名）と多くの方が訪問し、一般公開に来場される方々の関心の高さがうかがえた。

利用者だけでなく、一般の方々にもスパコンを身近に感じていただくため、第2総合研究棟では、ガイドツアー「スーパーコンピュータ『Oakleaf-FX』見学」、三次元可視化システム体験、ポスター展示を行った。

ガイドツアー参加者は、スパコンを間近に見ながら、高速に計算できる仕組みや計算速度のランキングで世界一を2回獲得した理化学研究所計算科学研究機構の京コンピュータとの違いなど、本センター教員の解説に興味深く聞き入っていた。

また、2日目の特別講演会（新領域環境棟1階FSホール）では、本センターの石川センター長が「スパコンって何？」というテーマで講演を行い、こちらも多くの方が来場した。



写真：スーパーコンピュータ『Oakleaf-FX』見学の様子



写真：三次元可視化システム体験の様子



写真：特別講演会「スパコンって何？」の様子

## 4 来訪者の状況

平成24年度のスーパーコンピュータ関連施設来訪者の概要を表1にまとめた。

表1 平成24年度スーパーコンピュータ関連施設来訪者の概要

	来訪日	団体名	人数	来訪目的	見学内容
1	2012年 4月24日	IDC (US)	3	情報交換、施設見学	Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)
2	5月18日	King Abdulaziz University	5	情報交換、施設見学	Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)
3	5月22日	台湾中央気象局 Central Weather Bureau (CWB)	7	情報交換、施設見学	Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)
4	7月9日	埼玉県立総合教育セン ター	15	平成24年度先端科学 技術にふれる理科研 修会	Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)
5	8月6日	広島県立基町高等学校	24	スーパーコンピュー ティング部門、図書 館電子化部門見学	Hitachi HA8000 クラスタ システム (T2K東大)、 Hitachi SR16000
6	8月16日	文部科学省研究振興局 情報課	3	インターンシップ生 のスパコン見学	Hitachi HA8000 クラスタ システム (T2K東大)、 Hitachi SR16000
7	9月28日	東大航空・先端エネ/ JAXA数値解析グループ	3	施設見学	Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)
8	10月11日	スイス連邦工科大学チ ューリッヒ校	4	施設見学	Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)
9	11月1日	埼玉県立深谷市立藤沢 中学校2年生	4	情報交換、施設見学	Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)
10	11月1日	名古屋大学情報連携統 括本部情報推進部	4	情報交換、施設見学	Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)、設置環 境、VR装置
11	11月26日	モスクワ物理工科大学	13	情報交換、施設見学	Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)
12	12月26日	埼玉県立春日部高等学 校	25	スーパーコンピュー タの最前線を体験し よう (講演会、施設 見学)	Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)
13	2013年 3月6日	The Institute of Mathemat- ical Sciences(India)	19	情報交換、施設見学	Fujitsu PRIMEHPC FX10 (Oakleaf-FX)

PART 5

そ の 他

委員会委員等

講習会・セミナー

報道関係一覧



## 委員会委員等

教員名	委員会委員等名	任 期
柴山 悦哉	公益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
	日本ソフトウェア科学会 理事	23. 4. 1～25. 3. 31
	東京大学 キャンパス計画室員	23. 4. 1～25. 3. 31
	東京大学教養学部 非常勤講師	24. 4. 1～24. 9. 30
	独立行政法人産業技術総合研究所 招へい研究員	24. 4. 1～25. 3. 31
	学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 共同研究課題運営委員会委員	24. 4. 1～26. 3. 31
	東京大学 情報倫理委員会委員	24. 4. 1～26. 3. 31
	東京大学 情報倫理審査専門委員会委員	24. 4. 1～26. 3. 31
	独立行政法人日本学術振興会 「セキュリティの確保を前提とした地球規模情報システム」に関する研究開発専門委員会委員	24. 4. 1～27. 3. 31
	日本学術会議 連携会員	24. 4. 15～25. 3. 31
	公益財団法人情報科学国際交流財団 プログラミングコンテスト運営委員	24. 8. 30～25. 3. 31
	公益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	24. 9. 1～25. 8. 31
	情報セキュリティ大学院大学 客員教授	24. 10. 1～25. 3. 31
田中 哲朗	東京大学教養学部 非常勤講師	24. 4. 1～24. 9. 30
	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 部会員	24. 7. 1～25. 3. 31
	東京大学教養学部 非常勤講師	24. 10. 1～25. 3. 31
	東京大学情報システム戦略会議 utroam-TF (タスクフォース) 委員	24. 10. 16～25. 3. 31
品川 高廣	東京大学キャンパス計画室 交通計画部会地区ワーキング・グループ委員	23. 4. 1～25. 3. 31
	東京大学教養学部 非常勤講師	24. 4. 1～24. 9. 30
	一般社団法人情報処理学会 会誌編集委員会委員	24. 4. 1～26. 3. 31
	東京大学理学部 非常勤講師	24. 5. 1～24. 9. 30
関谷 貴之	専修大学 非常勤講師	24. 4. 1～25. 3. 31
	東京学芸大学 非常勤講師	24. 4. 6～25. 3. 22
丸山 一貴	早稲田大学 非常勤講師	24. 4. 1～25. 3. 31
	桜美林大学 非常勤講師	24. 4. 1～25. 3. 31
	電気通信大学 非常勤講師	24. 10. 1～25. 3. 31
中川 裕志	一般社団法人人工知能学会 評議員	22. 8. 1～24. 6. 30
	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	23. 4. 1～25. 3. 31
	独立行政法人科学技術振興機構 統括実施型研究における研究領域の選定及び研究統括の指定に係る調査	23. 12. 1～24. 11. 30
	東京大学大学院工学系研究科 非常勤講師	24. 4. 1～24. 9. 30
	東京大学 評価実施委員会委員	24. 4. 1～26. 3. 31
	東京大学駒場図書館 運営委員会委員	24. 4. 1～26. 3. 31
	東京大学柏図書館 運営委員会委員	24. 4. 1～27. 3. 31
杉本 雅則	国土交通省国土政策局 電子計算機システム総合評価審査委員会委員	24. 4. 9～25. 3. 31
	東京大学大学院工学系研究科 非常勤講師	24. 10. 1～25. 3. 31

委員会委員等

若原 恭	東京大学 バリアフリー支援室員	23. 4. 1～25. 3. 31
	一般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	23. 4. 1～25. 3. 31
	一般社団法人電子情報通信学会 人・社会を支えるネットワーク・ソフトウェア技術とその応用特集編集委員	23. 6. 20～24. 4. 1
	一般社団法人電子情報通信学会 通信ソサイエティフェロー推薦委員会委員	23. 12. 14～24. 5. 14
	東京大学教養学部 非常勤講師	24. 4. 1～24. 9. 30
	東京大学 評価支援室員	24. 4. 1～25. 3. 31
	東京大学 情報セキュリティ委員会委員	24. 4. 1～26. 3. 31
	東京大学 バリアフリー支援室本郷支所長	24. 4. 1～26. 3. 31
	独立行政法人情報処理推進機構 情報処理技術者試験委員	24. 4. 1～26. 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	24. 7. 1～25. 3. 31
	一般社団法人電子情報通信学会 人や社会と共生するシステムを実現するネットワークソフトウェア論文特集編集委員	24. 8. 30～25. 8. 1
	一般社団法人電子情報通信学会 通信ソサイエティフェロー推薦委員会委員	25. 3. 5～25. 9. 18
中山 雅哉	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所 学術ネットワーク運営・連携本部ネットワーク作業部会委員	24. 4. 1～25. 3. 31
	一般社団法人電子情報通信学会 インターネット技術とその応用 特集編集委員会委員	24. 6. 5～25. 6. 1
	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 部会員	24. 7. 1～25. 3. 31
	東京大学情報システム戦略会議 情報システム人材育成 WG 委員	24. 9. 19～25. 3. 31
小川 剛史	日本バーチャルリアリティ学会 論文委員会委員	23. 4. 1～25. 3. 31
	東京大学文学部 非常勤講師	24. 4. 1～25. 3. 31
	日本バーチャルリアリティ学会 サイバースペースと仮想都市研究委員会委員	24. 4. 1～26. 12. 31
	一般社団法人電子情報通信学会 通信ソサイエティ和文論文誌編集委員	24. 6. 1～28. 5. 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 部会員	24. 7. 1～25. 3. 31
	東京大学情報システム戦略会議 utroam-TF (タスクフォース) 主査	24. 10. 16～25. 3. 31
関谷 勇司	一般社団法人電子情報通信学会 Communications Express 編集委員	23. 12. 1～27. 11. 30
	慶應義塾大学 SFC 研究所 上席所員	24. 4. 1～25. 3. 31
	一般社団法人電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究専門委員会専門委員	24. 5. 26～25. 5. 25
	一般社団法人電子情報通信学会 IEICE Communications Express 編集委員	24. 5. 26～27. 5. 31
	東京大学理学部 非常勤講師	24. 10. 1～25. 3. 31
	株式会社三菱総合研究所 (総務省事業受託) 講師	24. 10. 30～25. 1. 30
妙中 雄三	一般社団法人電子情報通信学会 情報ネットワーク研究専門委員会委員	23. 5. 28～25. 5. 31
	東京大学情報システム戦略会議 utroam-TF (タスクフォース) 委員	24. 10. 16～25. 3. 31
宮本 大輔	一般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	23. 4. 1～25. 3. 31

中島 研吾	一般社団法人日本計算工学会 評議員	22. 6. 23～24. 5. 31
	東京大学フューチャー推進機構 運営委員会委員	23. 4. 1～25. 3. 31
	東京大学大学院理学系研究科 非常勤講師	23. 4. 1～24. 9. 30
	独立行政法人理化学研究所 客員主管研究員	24. 4. 1～25. 3. 31
	東京大学物性研究所 スパコン連携小委員会委員	24. 4. 1～25. 3. 31
	一般社団法人日本応用数学会 評議員	24. 4. 1～25. 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	24. 4. 1～26. 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	24. 4. 1～26. 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	24. 4. 1～26. 3. 31
	京都大学学術情報メディアセンター スーパーコンピュータシステム共同研究企画委員会委員	24. 4. 1～26. 3. 31
	筑波大学計算科学研究センター 共同研究委員会委員	24. 4. 1～26. 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	24. 4. 1～26. 3. 31
	一般社団法人日本計算工学会 評議員	24. 6. 1～25. 5. 31
	東京大学 柏キャンパス共同学術経営委員会委員	24. 8. 20～25. 3. 31
	独立行政法人宇宙航空研究開発機構 JAXA 次期スーパーコンピュータに関する調査検討会委員	24. 9. 27～24. 12. 28
筑波大学大学院システム情報工学研究科 非常勤講師	25. 1. 1～25. 3. 31	
金田 康正	大阪大学サイバーメディアセンター 運営委員会委員	24. 4. 1～26. 3. 31
	鶴岡工業高等専門学校 非常勤講師	24. 4. 11～24. 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 平成 24 年度スーパーコンピュータ研究利用専門委員会委員	24. 9. 11～25. 3. 31
佐藤 周行	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所 学術ネットワーク運営・連携本部認証作業部会委員	24. 4. 1～25. 3. 31
	東京大学大学院情報理工学系研究科 非常勤講師	24. 4. 1～24. 9. 30
	一般社団法人情報処理学会 SC 22/Fortran WG 小委員会委員	24. 4. 1～28. 3. 31
	一般社団法人電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究専門委員会専門委員	24. 5. 26～26. 5. 25
	株式会社日立コンサルティング(総務省事業受託) 「パーソナルデータの利用・流通に関する研究会」講師	25. 2. 7～25. 3. 22
片桐 孝洋	一般社団法人日本応用数学会 評議員	24. 4. 1～25. 3. 31
	独立行政法人理化学研究所 客員研究員	24. 4. 1～25. 3. 31
	東京大学大学院工学系研究科 非常勤講師	24. 4. 1～25. 3. 31
	東京大学柏キャンパス共同学術経営委員会 リエゾン室室員	24. 8. 20～25. 3. 31
	東京大学教養学部 非常勤講師	24. 10. 1～25. 3. 31
大島 聡史	一般社団法人オープン CAE 学会 理事 (非常勤)	23. 6. 26～24. 6. 25
	東京大学柏キャンパス共同学術経営委員会 アメニティ室室員	24. 8. 20～25. 3. 31
金子 勇	東京大学理学部 非常勤講師	24. 12. 1～25. 3. 31
	株式会社 Skeed 技術アドバイザー	24. 12. 1～25. 11. 30
伊藤 祥司	独立行政法人理化学研究所 客員研究員	24. 4. 1～25. 3. 31
	中央大学 非常勤講師	24. 10. 1～25. 3. 31
	一般社団法人情報処理学会 HPCS2013 プログラム委員	24. 10. 12～25. 1. 31



## 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.39
第4回	7/12-13	
・コンピュータ・ネットワーク利用セミナー		
(第78回) Adobe Campus Day ユーザー体験にこそ価値がある ースマートデバイスアプリ開発で本当に必要な「こと」ー	7/31	p.330
(第79回) 「平成23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	11/27-29	p.330
(第80回) VMware Day ～仮想化の初歩からクラウド最新ソリューションまで～	2/19	p.330

### 2. 情報メディア教育研究部門・情報メディア教育支援チームによるもの

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.281
本郷キャンパス 情報学環・福武ホール	4/2-8/10 (平日) , 8/20-12/27 (平日) , 1/7-3/30 (平日) 合計476回	
駒場キャンパス 情報教育棟	4/2, 4/3, 4/4, 4/5, 4/6, 4/9, 4/10, 4/11, 4/12, 4/13, 4/17, 4/19, 4/23, 4/25, 4/27, 5/8, 5/14, 5/18, 5/24, 5/30, 6/5, 6/11, 6/15, 6/21, 6/27, 7/6, 7/19, 8/22, 9/4, 9/21, 10/4, 10/12, 10/22, 10/30, 11/7, 11/26, 12/7, 12/19, 1/10, 1/22, 2/8, 2/20, 3/4, 3/21	
柏キャンパス 柏図書館	4/16, 4/20, 10/10, 10/15	
出張講習会	4/2, 4/3, 4/5, 4/6, 10/3	
・システム利用説明会		p.293
本郷キャンパス 情報基盤センター	10/1, 3/15 (中止)	
駒場キャンパス 情報教育棟	9/27, 3/22	
・相談員説明会		
本郷キャンパス 情報基盤センター	4/10, 10/5	
駒場キャンパス 情報教育棟	4/11, 10/9	

## 3. 学術情報研究部門・学術情報チームによるもの

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.309
自宅から検索するには？	4/6 (同日2回開催) , 5/14, 12/10, 3/26	
はじめての論文の探し方	4/11, 4/19, 5/18, 5/22, 10/11	
RefWorksを使うには？	5/17, 5/30, 7/13, 8/30, 9/20, 10/2, 11/14, 1/21, 3/22	
Web of Science+RefWorks	6/14, 6/27	
CiNii ArticlesとWeb of Science	7/11, 9/11, 11/8, 12/5, 1/16, 2/6, 3/14	
論文投稿シミュレーション：JCRとRefWorksを使って	7/24, 10/24, 2/14	
経済学・経営学系のためのはじめての企業情報・論文の探し方	8/8, 12/7, 3/4	
文献検索早わかり	9/7	
医学・生命科学系論文の探し方	9/13	
もっと使いこなす！RefWorks	9/26, 11/20	
日本語論文を読む人のためのCiNii Articles & RefWorks	12/11	
知っておきたい検索のコツ	12/13	
医学系文献検索 (医中誌WebとPubMed) & RefWorksで文献リスト作成	1/29, 2/28	
・夜間ガイダンス		p.311
はじめての論文の探し方	7/20	
RefWorksを使うには？	7/25, 8/27, 10/22, 1/25 (中止)	
医学・生命科学系論文の探し方	8/30	
文献検索早わかり	9/25 (中止)	
CiNii ArticlesとWeb of Science	11/13, 1/17, 3/12	
日本語論文を読む人のためのCiNii Articles & RefWorks	12/19	
論文投稿シミュレーション：JCRとRefWorksを使って	2/20	
・留学生向け情報探索ガイダンス		p.311
韓国語コース	5/18	
中国語コース	10/26 (同日2回開催)	
・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.312
ProQuest	6/8	
SciFinder	6/14 (柏図書館) , 6/15, 7/5 (駒場IIキャンパス)	
eol	6/19, 6/20 (柏図書館)	
Business Source Complete	6/20	
OECD iLibrary	6/21	
Springer Materials (Landolt)	7/12	
Mendeley	10/2	
EndNote	10/2	
国連資料講座	11/5	
・秘書さんのためのはじめての論文の探し方講習会	7/19, 8/6, 8/21	p.312

・出張・オーダーメイド講習会		p.312
オーダーメイド講習会 学際情報学府、教養学部／総合文化研究科、理学部、 文学部／人文社会系、教育学部／教育学研究科、 医学系、工学部／工学系、新領域創成科学研究科	4/3, 4/17, 4/20, 4/23, 4/24, 4/26, 4/27, 5/2, 5/7, 5/8, 5/10, 5/23, 5/28, 6/4, 7/3, 7/10, 7/20, 8/27, 8/31, 9/24, 10/4, 10/23, 10/25, 10/30, 10/31, 11/12, 11/13, 12/4, 12/12, 12/18, 1/11, 1/15, 2/12, 2/14, 3/11	
附属図書館・室等との共催講習会 文学部図書室、総合図書館、農学生命科学図書館、 工学・情報理工学図書館、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、附属病院看護部、 理学部生物学図書室、地震研究所図書室、 医学図書館、駒場図書館、柏図書館、 大学院数理科学研究科図書室、 医科学研究所図書室、理学部化学図書室	4/5, 4/10, 4/12, 4/16, 4/17, 4/18, 4/20, 4/23, 4/24, 4/25, 4/26, 5/8, 5/9, 5/14, 5/15, 5/16, 5/17, 5/29, 5/31, 6/12, 6/13, 6/20, 6/22, 6/26, 6/28, 7/4, 7/17, 7/27, 8/1, 8/3, 8/8, 8/20, 10/5, 10/12, 10/15, 10/16, 10/17, 10/18, 10/19, 10/24, 10/29, 11/2, 11/6, 11/9, 11/15, 11/21, 11/22, 11/29, 11/30, 2/15, 3/5	

#### 4. ネットワーク研究部門・ネットワークチームによるもの

講習会・セミナー名	開催日	参照頁
・ UTnet Meeting		p.329
第10回	10/22	

#### 5. 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チームによるもの

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		p.364
第22回	7/2-3	
第23回	9/3-4	
第24回	12/4-5	
第25回	12/19-20	
第26回	2/20-21 (中止)	
第27回	3/4-5	
第28回	3/6	
第29回	3/11-12	
・ 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.371
第12回	4/25	
第13回	12/4	
・ その他		
FX10 スーパーコンピュータシステム利用説明会	5/14-6/13	p.352
平成24年度先端科学技術にふれる理科研修会	7/9	p.387
2012 RIKEN AICS HPC Summer School	8/6-10	p.368
E-サイエンス若手・女性研究者シンポジウム2012	10/17	p.369

## 報道関係一覧

### 情報メディア教育研究部門

- [報道 1] 朝日新聞 2012 年 5 月 8 日夕刊: 1 秒に 2 億手読んで V.
- [報道 2] 読売新聞 2012 年 6 月 5 日夕刊: ボナンザ 2 次予選敗退.
- [報道 3] 読売新聞 2012 年 6 月 12 日夕刊: GPS 将棋が 2 度目優勝.
- [報道 4] 週刊将棋 2012 年 5 月 16 日号: GPS 将棋 V2.
- [報道 5] 週刊現代 2012 年 6 月 9 日号: 名勝負今昔物語.
- [報道 6] ニコニコ生放送 2012 年 12 月 15 日: 第 2 回電王戦記者会見.
- [報道 7] 日刊工業新聞: 東大など、PC にセキュリティーソフトを瞬時導入する技術開発, 2012 年 9 月 28 日.
- [報道 8] @IT: 国産セキュア VM、「BitVisor」がバージョンアップ, 2012 年 9 月 27 日.
- [報道 9] Cloud Watch: セキュリティ用の仮想マシンモニター「BitVisor」新版 性能向上など, 2012 年 9 月 27 日.
- [報道 10] ScanNetSecurity: 純国産セキュリティ対策仮想マシンモニタの最新版、より高速化を実現, 2012 年 9 月 26 日.
- [報道 11] 東京大学情報基盤センター (プレスリリース): 国産仮想化ソフトウェア「BitVisor」の最新版を公開—セキュア VM の瞬時導入が可能に—, 2012 年 9 月 26 日.
- [報道 12] 株式会社イーゲル (プレスリリース): 64 ビットゲスト OS、バックグラウンド暗号化に対応し、より高速化した純国産セキュリティ対策仮想マシンモニタ、BitVisor の最新版 Version1.3 をリリース, 2012 年 9 月 26 日.
- [報道 13] アルファシステムズ (プレスリリース): 東京大学情報基盤センター「教育用計算機システム」に授業支援ソフトウェア『V-Class』を導入, 2012 年 4 月 26 日.
- [報道 14] 富士ゼロックス (プレスリリース): いつでもどこでも簡単に出力できる機能など利便性の高いプリント環境を提供, 2012 年 5 月 1 日.

### スーパーコンピューティング部門

- [報道 1] クラウド Watch 2012 年 4 月 2 日 東大情報基盤センターでスパコン「Oakleaf-FX」が稼働、富士通が構築
- [報道 2] ITmedia エンタープライズ 2012 年 4 月 2 日 「京」ベースのスパコンシステム、東大情報基盤センターで運用開始
- [報道 3] マイナビニュース 2012 年 4 月 2 日 東京大学情報基盤センター新スーパーコンピュータシステムが稼働開始

報道関係一覧

[報道 4] インターネットコム 2012 年 4 月 2 日 富士通スーパーコンピュータ、東大情報基盤センターも導入

[報道 5] RBBToday 2012 年 4 月 2 日 東京大学、情報基盤センターの新スパコンシステム「Oakleaf-FX」稼働開始 「京」の技術をさらに向上

[報道 6] 日経産業新聞 2012 年 4 月 3 日 東大スパコン稼働 富士通の「京」商用版

[報道 7] 日刊工業新聞 2012 年 4 月 3 日 省電力の新スパコン本稼働

[報道 8] 朝日新聞デジタル 2012 年 4 月 3 日 東大情報基盤センター、省電力の新スパコン本稼働

# 東京大学情報基盤センター一年報

2012 年度（第 14 号）

## 編 集

東京大学情報基盤センター一年報編集委員会

編集委員長 大島 聡史

編集委員 品川 高廣、小川 剛史、伊藤 祥司、新井 忠、平野 光敏、  
本多 玄、藤田 英子、有賀 浩、井爪 健雄、丸山 忍、  
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

2013 年 7 月発行





東京大学  
THE UNIVERSITY OF TOKYO