

超ロバスト計算原理プロジェクト

杉原厚吉

情報理工学系研究科数理情報学専攻

概要

超ロバスト計算原理プロジェクトの本年度の活動と成果を、組織、研究の教育への還元、研究速報、国際シンポジウム、セミナー、受賞などを中心に報告する。

1 はじめに

本プロジェクトは、情報の処理と利用を支える諸計算を外乱に対してロバストなものにするための技術を、分野横断的な原理の形に体系化し、それを実世界情報処理に役立てることをめざしている。

本プロジェクトに参加している研究者は、既にそれぞれの分野でロバスト計算技術を開拓してきているが、本プロジェクトでは、それらを横断的に眺めて体系化し、汎用のロバスト計算原理を確立しようとしている。以下に本年度の主な活動をまとめる。

2 プロジェクト組織

本プロジェクトでカバーする計算は、通常の意味での数値計算や記号計算だけでなく、符号・暗号計算、幾何計算、プログラム計算、確率計算、統計計算、離散計算、制御計算、並列計算などの広い範囲を含み、さらに、新しい計算原理として期待されている量子計算や分子計算も視野に入れている。具体的には、次に示すように、四つの活動グループから成り、それぞれの活動グループはサブプロジェクトを構成して活動している。

- (A) 活動グループ A: アルゴリズム
 - (A1) 超ロバスト並列計算
 - (A2) ロバストソフトウェア構成法
 - (A3) 符号化におけるロバスト計算
 - (A4) 超ロバスト幾何計算
- (B) 活動グループ B: 不確実性のモデル化
 - (B1) 不確実性のモデル化と予測
 - (B2) 揺動散逸原理に基づく時系列データの非線形構造の解析と超ロバストなモデル化
- (C) 活動グループ C: 最適化/制御
 - (C1) ロバスト最適化/制御
- (D) 活動グループ D: 量子計算・分子計算
 - (D1) 超ロバスト量子計算
 - (D2) 超ロバスト分子計算

これらの活動に参加するメンバーのうち、今年度から新たに加わった講師以上の教員は次のとおりである。

鈴木秀幸 助教授 (生産技術研究所, 2005年8月より (B1) 不確実性のモデル化と予測サブプロジェクトに参加)

牧野和久 助教授 (数理情報学専攻, 2005年10月より (C1) ロバスト最適化/制御サブプロジェクトに参加)

3 研究者の雇用と教育環境

今年度はPD 2名, RA 10名を採用した。また, 学術研究支援員1名にも加わっていただいた。それぞれの研究成果は, 別項に示すとおりである。

本プロジェクトに対応した教育コースの一つとして「超ロバスト計算原理講究」という科目を昨

年度に引き続いて開講した。PD, RA には、そこで研究成果を素材とした講義を受け持ってもらい、研究を教育に還流させた (但し今年度は PD の担当はない)。その講義内容は次のとおりである。

- (1) 2005 年 4 月 20 日「ベイズ統計と情報幾何」(助教授 駒木文保)
- (2) 2005 年 5 月 11 日「神経動力学と情報コーディング」(教授 合原一幸)
- (3) 2005 年 5 月 25 日「プログラム演算」(助教授 胡振江)
- (4) 2005 年 6 月 8 日「量子情報理論における符号化定理」(特任助教授 林正人)
- (5) 2005 年 6 月 22 日「層別最小二乗法とその周辺」(特任教授 土谷隆)
- (6) 2005 年 7 月 6 日「ニューロンの数理モデルと電子回路実装」(RA 竹本享史)
- (7) 2005 年 10 月 5 日「細分割およびウェーブレット基底の滑らかさ」(RA 川原田寛)
- (8) 2005 年 10 月 19 日「有向マトロイドの実現不可能性を判定する手法」(RA 中山裕貴)
- (9) 2005 年 11 月 2 日「分子構造符号化法とグラフ同型性判定」(RA 小市俊悟)
- (10) 2005 年 11 月 16 日「トラス構造の組合せ的剛性解析」(RA 垣村尚徳)
- (11) 2005 年 12 月 7 日「単一細胞記録解析による細胞同定」(RA 藤原寛太郎)
- (12) 2005 年 12 月 21 日「メッシュ処理における out-of-core アルゴリズム」(RA 森口昌樹)
- (13) 2006 年 1 月 18 日「協力的行動の存続についてのロバスト性 —進化ゲーム理論による考察を通して—」(RA 大竹洋平)

4 研究速報の発行

本プロジェクトでは、研究成果を発表するための速報シリーズ Superrobust Computation Technical Report (SRCTR) を発行している。本シリーズは各年の 1 月 1 日から 12 月 31 日までの分に通し番号をつけているが、2005 年 4 月から 2006 年 3 月の間には、SRCTR 2005-9~2005-40, SRCTR 2006-1~2006-18 の 50 編を発行した。

その中で、他分野の融合、他組織との共同研究を抜粋すると、次のとおりである。

SRCTR 2005-10 Satoshi KURIKI and Akimichi TAKEMURA, Euler Characteristic Heuristic for Approximating the Distribution of the Largest Eigenvalue of an Orthogonally Invariant Random Matrix. May 2005, 35pp.

SRCTR 2005-18 Shinji HARA, Tetsuya IWASAKI and Daisuke SHIOKATA, Robust PID Control via Generalized KYP Synthesis. July 2005, 25pp.

SRCTR 2005-20 Masayuki KUMON and Akimichi TAKEMURA, On a Simple Strategy Weakly Forcing the Strong Law of Large Numbers in the Bounded Forecasting Game. August 2005, 15pp.

SRCTR 2005-24 Hiroshi HIRAI, Kazuo MUROTA and Masaki RIKITOKU, Electric Network Classifiers for Semi-Supervised Learning on Graphs. August 2005, 11pp.

SRCTR 2005-27 Ayami SUZUKA, Ryuhei MIYASHIRO, Akiko YOSHISE and Tomomi MATSUI, Dependent Randomized Rounding to the Home-away Assignment Problem in Sports Scheduling. September 2005, 9pp.

SRCTR 2006-02 Kiyohiro IKEDA, Kazuo MUROTA, Akito YANAGIMOTO and Hirohisa NOGUCHI, Improvement of the Scaled Corrector Method for Bifurcation Analysis Using Symmetry-Exploiting Block-Diagonalization. January 2006, 35pp.

SRCTR 2006-06 Tetsuya IWASAKI and Shinji HARA, Dynamic Output Feedback Synthesis with General Frequency Domain Specifications. January 2006, 17pp.

SRCTR 2006-09 Tomomi MATSUI, Mitsuo MOTOKI, Naoyuki KAMATANI and Shuji KIJIMA, Polynomial Time Approximate/Perfect Samplers for Discretized Dirichlet Distribution. January 2006, 30pp.

SRCTR 2006-11 Toni BAKHTIAR and Shinji

HARA, H2 Regulation Performance Limitations for SIMO Linear Time-invariant Feedback Control System. February 2006, 28pp.

5 国際シンポジウム

国際的研究拠点作りの一環として、国際シンポジウムを開催した。その中の主なものは次のとおりである。

名称：Workshop on Quantum Information and Robustness

開催日時：2005年4月25日

場所：東京大学工学部6号館セミナー室B

講演者：Mary Beth Ruskai (Tufts Univ.), Keiji Matsumoto (NII), Masahito Hayashi (Univ. of Tokyo).

名称：COE Workshop on “Quantum Information Theory and Quantum Statistical Inference”

開催日時：2005年11月17日～18日

場所：東京大学理学部1号館小柴ホール

招待講演者：Igor Devetak (Univ. of Southern California), Madalin Guta (Univ. of Nijmegen), Akihisa Hayashi (Fukui Univ.), Masato Koashi (Osaka Univ.), Damian Markham (Univ. of Tokyo), Hiroshi Nagaoka (Univ. of Electro-Comm.), Masanao Ozawa (Tohoku Univ.), Paolo Perinotti (Univ. of Pavia), Seiichiro Tani (ERATO-SORST QCI project/NTT), Akihisa Tomita (ERATO-SORST QCI project/NEC), Jon Yard (McGill Univ.).

名称：International Symposium on Complexity Modelling and its Applications 2005

開催日時：2005年11月21日～23日

場所：東京大学生産技術研究所コンベンションホール

講演者：Shun-ichi Amari (RIKEN Brain Science Institute), Kazu Aihara (Univ. of Tokyo), Dorjsuren Battogtokh (ERATO, JST), Paul Brazhnik (Virginia Polytechnic Institute and

State Univ.), Oscar De Feo (Swiss Federal Institute of Technology Lausanne), Martin Hasler (Swiss Federal Institute of Technology Lausanne), Takashi Kohno (ERATO, JST), Chunguang Li (ERATO, JST), Danilo Mandic (Imperial College London), Hugh Robinson (Univ. of Cambridge), Miguel A. F. Sanjuan (Univ. Rey Juan Carlos), Takashi Shimada (ERATO, JST), Michael Small (Hong Kong Polytechnic Univ.), Gouhei Tanaka (Univ. of Tokyo), Hirokazu Tozaki (ERATO, JST), Shigeki Tsuji (ERATO, JST).

名称：2nd International Symposium on Information Geometry and its Applications

開催日時：2005年12月12日～16日

場所：東京大学山上会館

招待講演者：Dorje Brody (Imperial College), Frank Critchley (Open Univ.), Philip Dawid (Univ. College London), Paolo Gibilisco (Univ. of Rome “Tor Vergata”), Peter Jupp (Univ. St. Andrews), Guy Lebanon (Purdue Univ.), Paul Marriott (Univ. of Waterloo), Denes Petz (Alfred Renyi Institute of Mathematics, HAS), Giovanni Pistone (Politecnico of Turin), Paul Vos (East Carolina Univ.), Jun Zhang (Univ. of Michigan).

6 セミナーの開催

本プロジェクトは、その研究内容の性質から、研究者間の交流のために、セミナーの開催を重視している。本年度は、33回のセミナーを開催した。そのうちのいくつかを次に抜粋する。

室田一雄教授井上学術賞受賞記念講演会

日時：2005年4月8日(金) 16:00～17:00

場所：東京大学工学部6号館セミナー室A, D

講演者：室田一雄(東京大学教授)

題目：離散最適化を見る数理の眼

超ロバスト幾何計算セミナー

日時：2005年5月12日(木) 16:00～17:00

場所：東京大学工学部 6 号館セミナー室 A, D

講演者：Prof. Sung Yong Shin (KAIST)

題目：On-line Character Animation

21 世紀 COE 超ロバスト計算原理プロジェクト ワークショップ「超ロバストをさぐる」

日時：2005 年 10 月 24 日 (月) 15:00~18:00

場所：東京大学工学部 6 号館セミナー室 A, D

講演者および題目：今井浩「Bell 不等式による量子性判定での超ロバスト性」, 松井知己「CFTP を用いた Perfect Sampling」, 原辰次「制御における (超) ロバスト性」, 岡部靖憲「超ロバストと KM20-ランジュヴァン方程式論に基づく時系列解析」.

21 世紀 COE「超ロバスト計算原理プロジェクト」 ロバスト符号化セミナー

日時：2005 年 11 月 8 日 (火) 15:00~

場所：東京大学 柏キャンパス基盤棟 2D5 室,

講演者：Prof. Marat Burnashev (Russian Academy of Sciences)

題目：On Gaussian Approximation, Asymptotically Optimal Linear and Nonlinear Detectors in CDMA and Multiuser Detection

21 世紀 COE「超ロバスト計算原理プロジェクト」 アルゴリズムセミナー

日時：2005 年 11 月 21 日 (月) 11:00~12:00

場所：東京大学工学部 6 号館 103 号室

講演者：Prof. Stig Skelboe (Univ. of Copenhagen)

題目：Stiff systems of ODEs and sparse matrix techniques

ワークショップ 超ロバストとは何か

日時：2006 年 1 月 17 日 (火) 15:00~18:30

場所：東京大学工学部 6 号館セミナー室 A, D

講演者および題目：大石泰章「ロバスト性と不確かさ」, 谷口隆晴「幾何学としてのロバスト計算」, 今堀慎治「超ロバストとメタヒューリスティクス」, 森山園子「離散構造とロバスト性」, 杉原厚吉「超ロバスト計算のための横断的手法」

超ロバスト幾何計算セミナー

日時：2006 年 2 月 10 日 (金) 15:00~16:00

場所：東京大学工学部 6 号館セミナー室 A

講演者：Prof. Leonidas J. Guibas (Stanford Univ.)

題目：Point-Based Methods in Shape Modeling and Physical Simulation

超ロバスト最適化・制御セミナー

日時：2006 年 2 月 22 日 (水) 16:00~18:00

場所：工学部 6 号館 3 階セミナー室 C

講演者：Prof. Marek Karpinski (Univ. of Bonn)

題目：Approximation Schemes for Some Partitioning Problems

超ロバスト最適化・制御セミナー

日時：2006 年 3 月 7 日 (火) 13:00~15:00

場所：東京大学工学部 6 号館 63 号講義室

講演者：Dr. Girish Nair (Univ. of Melbourne)

題目：An Introduction to Data Rate Constraints in Feedback Control

7 受賞

本プロジェクト参加者の本年度の受賞には次のものがあつた。

小林佑輔 (指導教員：岩田覚)：日本オペレーションズ・リサーチ学会, 学生論文賞「グラフの向き付けに関する最適化問題の解法」, 2005 年 9 月.

垣村尚徳 (指導教員：岩田覚)：日本オペレーションズ・リサーチ学会, 学生論文賞「Combinatorial Matrix Analysis by Sign Patterns」, 2005 年 9 月.

永野清仁 (指導教員：松井知己)：日本オペレーションズ・リサーチ学会, 学生論文賞「劣モジュラ多面体上の最適化アルゴリズムの研究」, 2005 年 9 月.

山本直樹, 津村幸治, 原辰次：2005 年計測自動制御学会論文賞「量子制御ダイナミクスの平衡点解析」, 2005 年 8 月.

原辰次：計測自動制御学会論文賞「量子制御ダイナミクスの平衡点解析」, 2005 年 8 月.

原辰次：計測自動制御学会教育賞「制御理論とその応用に関する教育と啓蒙活動」, 2005 年 8 月.

原辰次：IEEE Fellow, 2006 年 1 月.