

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、ミュージアム、国際シンポジウム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。ここ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。

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。以下に本年度の活動とその成果をまとめる。

2 プロジェクト組織

本プロジェクトは、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。

松尾宇泰 講師 (数理情報学専攻, 2004年4月より (C1) ロバスト最適化/制御サブプロジェクトに参加)

林正人 COE 特任助教授 (ERATO 今井量子計算プロジェクト参事, 2004年11月より (D1) 超ロバスト量子計算サブプロジェクトに参加)。

3 研究者の雇用と教育環境

本年度はPD 1名, RA 8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。その講義内容は次のとおりである。

- (1) 2004年4月14日「超口バラスト幾何計算」(教授 杉原厚吉)
- (2) 2004年4月28日「単位円グラフの頂点彩色」(助教授 松井知己)
- (3) 2004年5月19日「混合行列と組合せ論的正準形 (CCF)」(教授 室田一雄)
- (4) 2004年6月2日「実験数学と分離性の発見：地震波と脳波の時系列解析」(教授 岡部靖憲)
- (5) 2004年6月16日「NP 困難な組合せ最適化問題に対する近似解法 —巡回セールスマン問題を題材に—」(PD 今堀慎治)
- (6) 2004年6月30日「量子情報理論における計算幾何」(PD 大音真由美)
- (7) 2004年7月14日「3次元多角形メッシュへの拡張 SSA の適用と、その応用」(RA 室谷浩平)
- (8) 2004年10月6日「形状表現としての細分割」(RA 川原田寛)
- (9) 2004年10月20日「ガウス確率過程のフラクタル次元の推定」(RA 清智也)
- (10) 2004年11月10日「神経膜の数理モデルの MOSFET による実装」(RA 竹本享史)
- (11) 2004年11月24日「非線形写像ネットワークによる多値連想記憶モデル」(RA 田中剛平)
- (12) 2004年12月8日「科学技術計算における負荷分散」(RA 蓬来祐一郎)
- (13) 2004年12月22日「圧縮性流体方程式に対する無反射境界条件」(助手 谷口隆晴)
- (14) 2005年1月19日「パラメータ自己調節型1次元非線形写像の解析とその応用」(RA 安東弘泰)

これらの PD, RA および超口バラスト計算原理講究の聴講生から、助手への採用1名、日本学術振興会 DC 採用2名などの実績をあげることができた。

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 (SRC-TR) 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、2004年1月から12月の間には、SRCTR 2004-1~SRCTR 2004-48の48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 2004-02 Hisamoto HIYOSHI and Kokiichi SUGIHARA, Improving the Global Continuity of the Natural Neighbor Interpolation.
SRCTR 2004-06 Frederic LOULERGUE, Zhenjiang HU and Kazuhiko KAKEHI, A Tutorial Implementation of the Diffusion Algorithmic Skeleton with the BSMLlib Library.

SRCTR 2004-07 Isao SAIKI, Kiyohiro IKEDA and Kazuo MUROTA, Flower Patterns Appearing on a Honeycomb Structure and Their Bifurcation Mechanism.

SRCTR 2004-09 Takuya IIMURA, Kazuo MUROTA and Akihisa TAMURA, Discrete Fixed Point Theorem Reconsidered.

SRCTR 2004-18 Satoru IWATA and Ryo SHIMIZU, Combinatorial Analysis of Generic Matrix Pencils.

SRCTR 2004-19 Hidehiko KAMIYA, Peter ORLIK, Akimichi TAKEMURA and Hiroaki TERAOKA, Ranking Patterns of the Unfolding Model and Arrangements.

SRCTR 2004-22 Minoru TAKEO, Hiroko UEDA, Yasunori OKABE and Masaya MATSUURA, Waveform Characteristics of Deep Low-Frequency Earthquakes: Time Series Evolution based on the Theory of KM_2O -Langevin Equation.

SRCTR 2004-24 Tetsuya J. KOBAYASHI, Ryota TOMIOKA and Kazuyuki AIHARA, A Graph-Based Analysis of Stochasticity in Intracellular Networks.

SRCTR 2004-28 Taiji SUZUKI, Satoshi AOKI and Kazuo MUROTA, Use of Primal-Dual Technique in the Network Algorithm, for Two-Way Contingency Tables.

SRCTR 2004-29 Yuichiro MIYAMOTO and Tomomi MATSUI, Multicoloring Unit Disk Graphs on Triangular Lattice Points.

SRCTR 2004-30 Satoko MORIGUCHI and Kazuo MUROTA, Discrete Hessian Matrix for L-Convex Functions.

SRCTR 2004-32 Hiroo SAITO, Tetsuya FUJIE, Tomomi MATSUI and Shiro MATUURA, The Quadratic Semi-Assignment Polytope.

SRCTR 2004-34 Yasushi IWATANI and Shinji HARA, Stability Analysis and Stabilization for Bimodal Piecewise Linear Systems Based on Eigenvalue Loci.

5 国際シンポジウム

国際的研究拠点作りの一環として、本プロジェクトでは次の国際シンポジウムを開催した。

名称: **International Symposium on Voronoi Diagrams in Science and Engineering**

開催日時: 2004年9月13日~15日

場所: 東京大学工学部6号館セミナー室A, D

主な海外参加者: Rolf Klein (University of Bonn), Jean-Daniel Boissonnat (INRIA), Deok-Soo Kim (Hanyang University), Chandrajit Bajaj (University of Texas at Austin), Siu-Wing Cheng (HKUST), Kyung-Yong Chwa (KAIST), Marina Gavrilova (University of Calgary), D. T. Lee (Academia Sinica).

名称: **International Symposium on Complexity Modelling and Its Applications**

開催日時: 2004年12月5日~8日

場所: 東京大学工学部6号館セミナー室A, D

主な招待講演者: Oscar De Feo (Swiss Federal Institute of Technology Lausanne), Gérard Gouesbet (INSA de Rouen), Martin Hasler

(Swiss Federal Institute of Technology Lausanne), Kevin Judd (University of Western Australia), Hugh Robinson (University of Cambridge), Michael Small (The Hong Kong Polytechnic University), Yoshihiko Horio (Tokyo Denki University), Hideyuki Suzuki (The University of Tokyo), Naoki Masuda (RIKEN Brain Science Institute Aihara Complexity Modelling Project, ERATO, JST), Aiko Ideta (Aihara Complexity Modelling Project, ERATO, JST).

名称: **Workshop on Robust Optimization and Control — Probabilistic and Deterministic Approaches to Robustness**

開催日時: 2004年11月24日

場所: 東京大学工学部6号館セミナー室A

招待講演者: Roberto Tempo (トリノ工科大学), 松井知己 (東京大学), 土谷隆 (統計数理研究所 / 東京大学).

名称: **Workshop on Nonlinear and Hybrid Control**

開催日時: 2005年1月5日

場所: 東京大学工学部6号館セミナー室A

招待講演者: D. Liberzon (University of Illinois)

名称: **The Third Workshop on Programmable Structured Documents**

開催日時: 2005年1月26日~28日

場所: 横浜市開港記念会館

招待講演者: Robert Glueck (University of Copenhagen), Haruo Hosoya (University of Tokyo), Lambert Meertens (Kestrel Institute/Utrecht University), Hong Mei (Beijing University), Susumu Nishimura (Kyoto University), Martijn M. Schrage (Utrecht University)

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、23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。

日時：平成 16 年 5 月 26 日 (水) 15:00 ~ 17:00
場所：東京大学工学部 6 号館セミナー室 A
講演者：Prof. Glenn Shafer (Rutgers Business School-Newark and New Brunswick)
題目：The Empirical Aspect of Probability, from Jakob Bernoulli to the Efficient Market Hypothesis

日時：平成 16 年 8 月 27 日 (金) 15:00 ~ 16:30
場所：東京大学工学部 6 号館 2 階 62 号講義室
講演者：Prof. Brian Anderson (National ICT Australia)

題目：Agent Formations and Reformations
日時：平成 16 年 8 月 31 日 (火) 16:00 ~ 17:00
場所：東京大学工学部 6 号館 3 階 363 号室
講演者：Prof. David Wagner (Department of Computer Science, Dartmouth College, USA)
題目：The Minimum Bends Path Problem in Three Dimensions

日時：平成 16 年 9 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, D
講演者：Prof. Marina Gavrilova (University of Calgary)
題目：Adaptive Mesh Generation for Real-Time Terrain Modeling

7 受賞

本プロジェクト参加者の本年度の受賞は多数あるが、その中で特筆すべきものの一つは次のものである。

室田一雄教授：井上學術賞

平成 16 年度井上學術賞の受賞者に、数理情報学専攻の室田一雄教授が選ばれた。受賞の対象となった業績は「離散凸解析の理論」である。

現在、一般に「凸解析」といえば、凸集合や凸関数といった概念に関する壮大な理論体系をいい、解析学は言うに及ばず、物理学、情報幾何学、最適制御理論、数理計画法、数理経済学などの諸分野においても、重要な役割を担っている。

これに対して、室田教授は、各座標が整数である点からなる離散集合、あるいは離散関数を対象として、壮大な理論「離散凸解析」を作り上げた。この理論では「凸解析」における凸性より精緻な凸性の概念が必要で、M 凸関数、L 凸関数といった概念が現れ、美しい離散双対定理が成り立つ。最近では、離散凸解析の重要性が、最適化理論、アルゴリズム論、ゲーム理論などの分野に認知され、それらの分野における発展が期待されている。

このほかには、次の受賞があった。

山本直樹，津村幸治：2004 年度計測自動制御学会論文賞

来嶋秀治 (指導教員：松井知己)：CMSA (Combinatorial Mathematics Society of Australasia) Student Prize

来嶋秀治 (指導教員：松井知己)：2004 年度統計関連学会連合大会 優秀報告賞

針谷尚幸 (指導教員：岩田覚)：日本 OR 学会学生論文賞受賞

平井広志 (指導教員：室田一雄)：日本 OR 学会学生論文賞受賞

松岡祐治 (指導教員：岩田覚)：日本 OR 学会学生論文賞受賞

8 超口バスト計算原理ミュージアム

本プロジェクトの対象である計算は目に見えないために、外部の人に理解してもらうのが難しい。これを克服するために、計算の原理をわかりやすく解説するためのミュージアムを開設している。ここには、研究成果や、本プロジェクトの概要などを表すビデオ、デモテープ、デモソフト、パネルなどを常設している。さらに、研究速報 (SRC-TR) シリーズ、国際シンポジウム論文集、主要著書なども展示している。

また、このミュージアムスペースの一層の有効利用を図るために、広告代理店の助言を得て、展示のためのインフラストラクチャーを一新した。この新しい環境を生かして、来年度にはミュージアムの常設化と一般公開化なども計画している。