

[2019]九州大学情報統括本部年報 : 2019年度

<https://hdl.handle.net/2324/4123611>

出版情報 : 九州大学情報統括本部年報. 2019, pp.1-, 2020-12-01. Information Infrastructure Initiative, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :



第6章 先端計算基盤研究部門

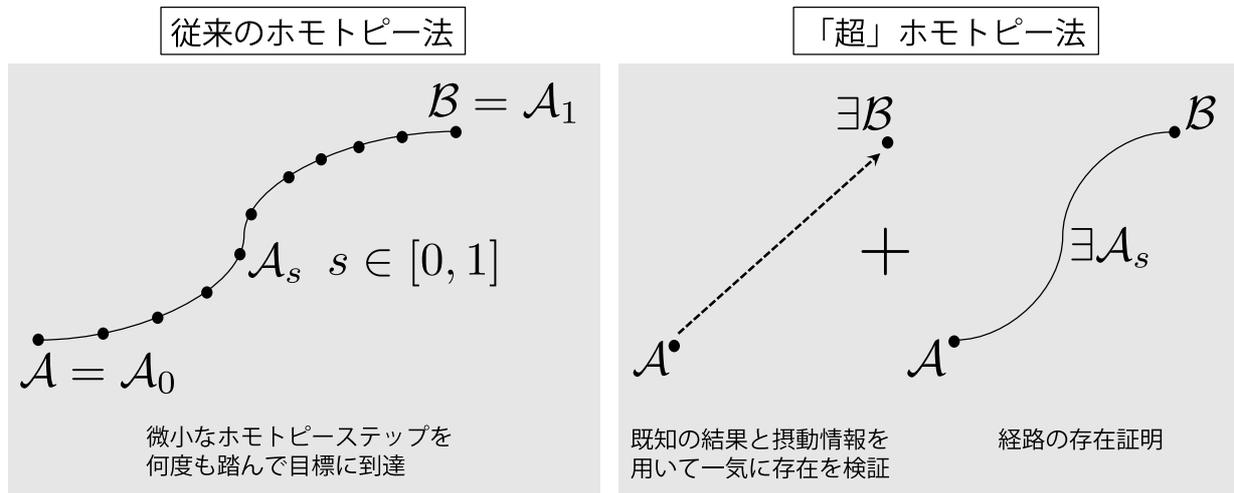
6.1 スタッフ一覧

職名	氏名	研究キーワード
准教授	渡部 善隆	精度保証付き数値計算、偏微分方程式、有限要素法、区間解析、誤差評価
准教授	南里 豪志	並列処理、通信効率化、動的最適化

6.2 研究事例紹介

1. 「摂動理論に基づく2階線形楕円型作用素の可逆性理論の改良」

1次元～3次元多角形(多面体)領域における2階楕円型線形作用素の可逆性の理論的な保証と数学的に厳密な意味での逆作用素ノルムの上界を精度保証付き数値計算によって求める研究に取り組んだ。2階楕円型作用素を理論的・数値的な知見が得られている2階微分作用素項と1階微分以下の摂動項に分離し、摂動項に対応する作用素と有限次元部分空間の基底との内積で構成される新しい行列を導入した。この行列を用いることにより、可逆性の検証および逆作用素の上界の評価が既存の手法に比較して大きく改良されることを理論面および実際の問題から導かれる作用素に対し検証することで明らかにした。また、この摂動項を有限次元化する手法を応用することで、Michael Plum 氏の提唱するホモトピー法を改善する「超」ホモトピー法理論への展開が期待されることも確認することができた。今後は計算コスト面での比較・改良、および非線形問題への応用展開を予定している。



2. 「一般のHilbert空間における線形作用素の可逆性評価の検討」

一般のHilbert空間における非線形関数方程式の解の存在をコンピュータで数学的に厳密な誤差評価付きで証明する研究の一環として、非線形関数方程式の近似解の周りで問題を線形化した際に得られる線形化作用素の可逆性と逆作用素ノルム評価の計算機援用証明に昨年度から継続して取り組ん

だ。昨年度の2階楕円型作用素に対する成果: Kinoshita-Watanabe-Nakao (LNCS 2016)を一般の Hilbert 空間に拡張する下限の制約のない理論構築を踏まえ、下限の制約がない評価の数学的な妥当性をレゾルベント理論により明らかにした。今後は研究事例1の成果と合わせ無限次元Newton法に基づく種々の非線形関数方程式の解の精度保証付き数値計算に研究成果を適用する予定である。

研究事例 1、2 の検証例の計算においては、九州大学情報基盤研究開発センターのスーパーコンピュータシステムITOを活用した。

3. 「NVDIMM上の通信バッファによるスケーラブルな非同期通信レイヤの開発」

大規模並列計算機において長メッセージの通信隠蔽を可能とするスケーラブルな非同期通信レイヤを実装する研究の一環として、DIMMスロット装着型不揮発性メモリ (NVDIMM) の基本性能を計測するとともに、NVDIMMにバッファ領域を配置した非同期通信インタフェースのプロトタイプ実装に取り組んだ。今回実装したプロトタイプは、任意のプロセス対の間で送信側からenqueueしたメッセージを受信側がdequeueする、片方向のメッセージパッシングシステムである。

バッファを送信側のNVDIMMに設置し、受信側からRDMA Get命令でメッセージを取得するPull型と、バッファを受信側のNVDIMMに設置し、送信側からRDMA Put命令でメッセージを書き込むPush型を実装し、性能を比較した。その結果、Push型は、Pull型に比べてメッセージサイズの増加に伴うメモリコピーのオーバーヘッドの影響を受けやすいものの、送信側のプロセスにおいて、enqueue発行直後に別の処理を開始できることから、通信隠蔽効果が高いことが分かった。また、同様の実験を、DRAM上にバッファを配置した場合と比較して、所要時間に大きな違いが見られないことを確認した。今回の実験結果より、NVDIMMが非同期通信の通信バッファとして十分実用的であること、および、メッセージサイズや通信隠蔽の可否によって適切な実装手段が異なることが判明した。さらに、Push型、Pull型、それぞれについて、DRAMを使用する実装とNVDIMMを使用する実装を用意し、プログラム上で選択して利用することが可能となった。

4. 「共同研究」

2019年度に行なった共同研究は以下の通りである(敬称略)。

1. 無限次元線形化作用素の可逆性判定とノルム評価の効率化
共同研究者: 中尾 充宏 (早稲田大学) 木下 武彦 (九州大学)
2. 非線形波動方程式に対する計算機援用証明
共同研究者: Michael Plum, 長藤 かおり (ドイツ・Karlsruhe工科大学)
3. Navier-Stokes方程式に対する計算機援用安定性解析
共同研究者: Shuting Cai (中国・Fujian Jiangxia大学)
4. Proudman-Johnson方程式の解の検証および解の形状に関する精度保証付き数値計算
共同研究者: 宮路 智行(京都大学)
5. 不揮発性メモリへ高効率にRDMAする技術の研究・開発
共同研究者: 大江 和一 (富士通研究所)

6.3 研究内容紹介

6.3.1 渡部 善隆

研究内容

「精度保証付き数値計算」とは、数理科学上に現れる関数方程式の解を、その存在証明および誤差評価込みで数値的に厳密に捉えようという方法です。

自然界のモデルから導かれる関数方程式の解を数値計算によって近似的に求める場合、離散化による誤差に加えて、計算機による丸め誤差が発生します。「精度保証付き数値計算」はこれら二つの誤差を厳密に評価することによって数値計算の信頼性を保証します。また、この方法は理論的に解の存在証明が困難な解析学の問題に対するアプローチとしても重要であると考えます。

現在は、有限要素法とその誤差評価をもとに、非線形偏微分方程式、特に Navier-Stokes 方程式に対する解の存在の数値的検証法の研究を進めています。

また、センターの全国共同利用計算機システムとして公開されている最新のハイパフォーマンスコンピュータ上で動作する数値計算プログラムライブラリの研究開発、性能評価などを行なっています。

教育・広報活動としては、プログラム言語、アプリケーションライブラリの利用方法に関する解説記事の執筆、利用の手引の作成、講習会の講師、プログラム相談、プログラムライブラリ開発の支援等を担当しています。

所属学会名

日本数学会, 日本応用数理学会

主な研究テーマ

- ・ 非線形偏微分方程式の解に対する事後誤差評価
キーワード：偏微分方程式 精度保証付き数値計算 有限要素法, 2002.04～.

研究業績

● 著書

1. Mitsuhiro T. Nakao, Michael Plum, and Yoshitaka Watanabe, Numerical Verification Methods and Computer-Assisted Proofs for Partial Differential Equations, Springer Singapore, ISBN 978-981-13-7669-6, 2019.11.

● 原著論文

1. Takehiko Kinoshita, Yoshitaka Watanabe, Mitsuhiro T. Nakao, An alternative approach to norm bound computation for inverses of linear operators in Hilbert spaces, *Journal of Differential Equations*, 10.1016/j.jde.2018.10.027, 266, 9, 5431–5447, 2019.04.
2. Shuting Cai, Yoshitaka Watanabe, A computer-assisted method for the diblock copolymer model, *ZAMM Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*, 10.1002/zamm.201800125, 99, 7, 2019.07.

● 学会発表

1. Yoshitaka Watanabe, Computer-assisted proofs for the Orr–Sommerfeld equation, *Rigorous Computational Dynamics in Infinite Dimensions*, 2019.04.
2. Yoshitaka Watanabe, Numerical verification methods for nonlinear equations, *JST Sakura Exchange Program in Science*, 2019.08.
3. 木下 武彦, 渡部 善隆, 山本 野人, 中尾 充宏, H10 射影誤差に対する2次の誤差評価の最良定数の包含方法について, 日本応用数理学会 2019 年度年会, 2019.09.
4. 木下 武彦, 渡部 善隆, 山本 野人, 中尾 充宏, H10 関数の直交多項式近似に対する2次の誤差評価の最良定数について, 日本数学会 2019 年度秋季総合分科会 応用数学分科会, 2019.11.
5. 木下 武彦, 渡部 善隆, 中尾 充宏, Nakao et al. (2005) 最後の謎, 第3回精度保証付き数値計算の実問題への応用研究集会(NVR 2019), 2019.11.
6. 木下 武彦, 渡部 善隆, 中尾 充宏, ある楕円型境界値問題から導かれる近似作用素のノルムの収束性, 応用数学合同研究集会, 2019.12.
7. 木下 武彦, 渡部 善隆, 中尾 充宏, Banach 空間における有界線形作用素の近似に対する収束性, 日本応用数理学会 2020 年研究部会連合発表会, 2020.03.
8. 木下 武彦, 渡部 善隆, 中尾 充宏, 有界作用素のレゾルベントに対するある近似作用素の強収束性について, 日本数学会 2020 年年会, 日本大学, 応用数学分科会講演アブストラクト, pp. 117–118, 2020.03.

研究資金

● 科学研究費補助金

1. 2015 年度～2019 年度, 基盤研究(B), 代表, 関数方程式に対する精度保証付き数値計算法の展開

- 競争的資金

1. 2014年度～2019年度，戦略的創造研究推進事業（文部科学省），分担，モデリングのための精度保証付き数値計算論の展開(研究領域：現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築)

教育活動

- 教育活動概要

1. 情報数値解析（システム情報科学府）平成 21 年度～（継続）
2. 情報処理概論（工学部）平成 14 年度～（継続）
3. 平成 10 年度～ 研究用計算機システム講習会講師担当（継続）
4. 平成 10 年度～ 研究用計算機システム利用の手引き・広報記事執筆（継続）

大学運営

- 学内運営に関わる各種委員・役職等

1. 2007.04～，新キャンパス計画専門委員会
2. 2005.04～，スペースコラボレーションシステム委員会

6.3.2 南里 豪志

研究内容

電器店で購入出来るパーソナルコンピュータから世界最速のスーパーコンピュータまで、現在我々が使用する計算機のほとんどは CPU コアを複数搭載した並列計算機である。並列計算機の性能を発揮させるためには並列プログラムの作成が必要だが、プログラミングや性能チューニングが困難である。

そこで、並列プログラムのより簡単な記述を可能にするための技術として、分散共有メモリシステムの研究を行っている。これは、PC クラスタや大規模な並列計算機システム等、物理的に分散した複数の計算ノードで構成される計算機において、計算ノードの各メモリを仮想的に共有させることにより、非並列のプログラムに近いイメージで並列プログラムを記述できるようにするものである。

一方、並列プログラムの性能チューニング技術として、通信の動的最適化技術に関する研究を行っている。並列計算においてプロセス間の通信コストは性能に大きく影響するため、様々な高速化技術が提案されているが、そのほとんどは並列計算機の基本性能が一定であることを前提としている。しかし実際には、プロセスに割り当てられる計算ノードの配置や、同時に動作しているジョブの影響により、通信の基本性能は大きく変化する。そこで、実行時の状況に応じて通信の方式を調整する動的最適化技術の開発を進めている。

所属学会名

IEEE, 情報処理学会

主な研究テーマ

- ・ 大規模並列計算機向け通信ライブラリの動的高速化手法に関する研究
キーワード：並列計算，動的最適化，2005.04～.
- ・ 階層型クラスタシステム上のプログラム開発環境に関する研究
キーワード：クラスタシステム，並列計算，分散共有メモリ，コンパイラ，2003.04～.

研究業績

● 原著論文

1. 南里 豪志, 「京」の後の時代を支えるスパコン:5. 多数の Xeon プロセッサを用いるスパコン, 情報処理, 60, 12, 1198-1203, 2019.11.

- 学会発表

1. Praphan Pavarangkoon, Ken T. Murata, Kazunori Yamamoto, Kazuya Muranaga, Takamichi Mizuhara, Keiichiro Fukazawa, Ryusuke Egawa, Takahiro Katagiri, Masao Ogino, Takeshi Nanri, Performance improvement of high-speed file transfer over JHPCN, 17th IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing, IEEE 17th International Conference on Pervasive Intelligence and Computing, IEEE 5th International Conference on Cloud and Big Data Computing, 4th Cyber Science and Technology Congress, DASC-PiCom-CBDCom-CyberSciTech 2019, 2019.08.
2. Kazuichi Oe, Takeshi Nanri, Hybrid Storage System to Achieve Efficient Use of Fast Memory Area, 7th International Symposium on Computing and Networking, CANDAR 2019, 2019.11.
3. Keiichiro Fukazawa, Yuto Katoh, Takeshi Nanri, Yohei Miyake, Application of cross-reference framework CoToCoA to Macro- and micro-scale simulations of planetary magnetospheres, 7th International Symposium on Computing and Networking Workshops, CANDARW 2019, 2019.11.
4. Kenji Ono, Toshihiro Kato, Satoshi Ohshima, Takeshi Nanri, Scalable Direct-Iterative Hybrid Solver for Sparse Matrices on Multi-Core and Vector Architectures, International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region, 2019.12.

研究資金

- 科学研究費補助金

1. 2019年度～2021年度, 基盤研究(C), 代表, NVDIMM上の通信バッファによるスケーラブルな非同期通信レイヤの開発
2. 2018年度～2020年度, 基盤研究(B), 分担, エクサスケールスパコンの省エネ化に向けたシステム電力管理戦略の研究
3. 2018年度～2020年度, 基盤研究(C), 分担, 超並列において高スケーラビリティを実現するステンシル計算・通信モデルの開発
4. 2017年度～2019年度, 挑戦的研究(萌芽), 分担, スケーラブル通信ライブラリを用いた次世代惑星電磁圏連成計算技術の創出

- 共同研究、受託研究

1. 2019.09～2020.03, 代表, 不揮発性メモリへ高効率にRDMAする技術の研究・開発

教育活動

- 教育活動概要

1. 工学部の留学生向けに、プログラミングに関する講義を英語で行っている。また、システム情

報科学研究府の大学院生向けにネットワークに関する講義を行っている。

● 担当授業科目

1. 2019年度・春学期, (IUPE) Introduction to Information Processing
2. 2019年度・春学期, Introduction to Information Processing
3. 2019年度・後期, 情報ネットワーク特論
4. 2019年度・秋学期, (IUPE)Int. to Information Processing I
5. 2019年度・冬学期, (IUPE)Int. to Information Processing II

社会貢献・国際連携等

● 諸外国を対象とした高度専門職業人教育活動

1. 2020.02～2020.03, 国立研究開発法人科学技術振興機構「さくらサイエンスプラン」科学技術研修コース「ミャンマーの数学科の大学院生が数学のスーパーコンピューティングへの応用を学ぶ」, Myanmar.

大学運営

● 学内運営に関わる各種委員・役職等

1. 2017.04～, 男女共同参画推進室