

[2017]九州大学情報統括本部年報 : 2017年度

<https://hdl.handle.net/2324/2203028>

出版情報 : 九州大学情報統括本部年報. 2017, pp.1-, 2018-10-01. 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

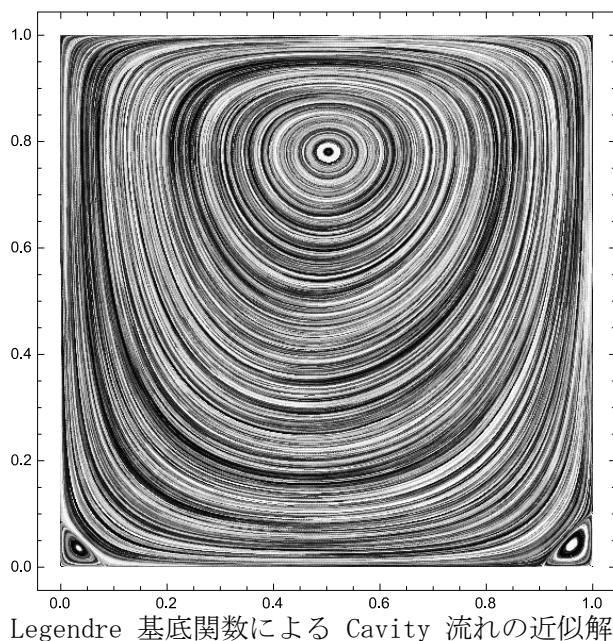
6.2 研究事例紹介

1. Navier-Stokes から導出される非線形作用素のコンパクト性証明

2次元Navier-Stokes方程式を流れ関数によって同値変形して得られる4階非線形作用素は、非線形Jacobian部分の取り扱いが複雑なことから、これまでコンパクト性証明が与えられていなかった。今回、共同研究の成果として、Girault and Raviart および Ladyzhenskaia の手法を援用することにより、非線形作用素のコンパクト性が初等的な部分積分の記述によって証明可能であることを明らかにした。作用素のコンパクト性は基本的な不動点定理の適用を可能とすることから、Navier-Stokes方程式の解に対する精度保証付き数値計算への展開が期待される。

2. 重調和作用素の近似解に対する構成的誤差評価

非線形重調和方程式に対する計算機援用証明のためには、射影近似に対応する線形重調和方程式の近似解に対する構成的誤差評価が必須となる。しかしながら、重調和作用素の L^2 ノルムと H^4 -セミノルムの評価が未解決問題であるため、これまでは限定的な有限次元近似空間においてのみ誤差評価が得られていた。今回、共同研究の成果として、より一般的な枠組みの下で未解決問題を回避しながら構成的誤差評価を得る定理および計算アルゴリズムの開発に成功し、Legendre基底関数展開を用いた具体的検証例によりその有効性を明らかとした。あわせて非線形Navier-Stokes方程式に対するLegendre基底関数による高精度計算を行った。今後は研究事例1の成果と合わせて無限次元Newton法に基づく線形化作用素の可逆性の確認と有限次元作用素による一様近似を行う予定である。

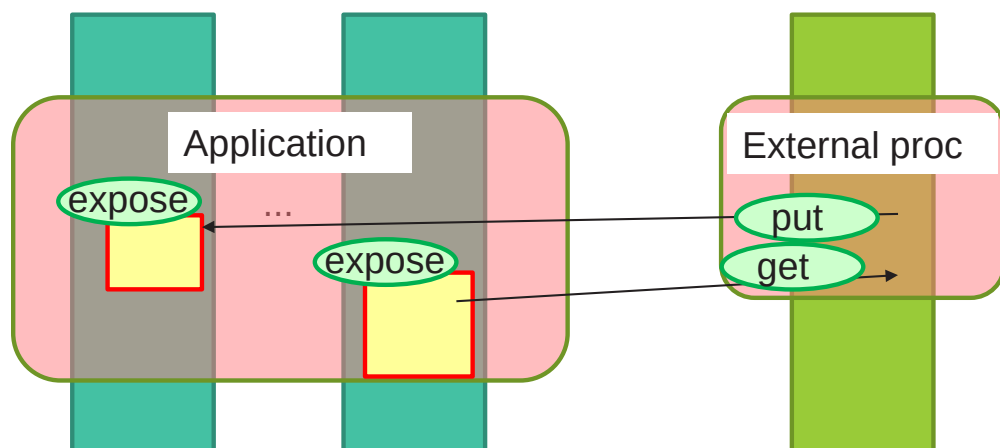


研究事例2の検証例の計算においては、九州大学情報基盤研究開発センターの高性能アプリケーションサーバ、高性能演算サーバ、スーパーコンピュータを活用した。

3. 実行中のアプリケーションのメモリ操作インタフェース OpAS (Open Address Space) の提案

通常、実行中のアプリケーションが使用しているメモリ上のデータの変化を観察するには、そのアプリケーションプログラム中で、明示的にデータをファイルに書き出すよう、命令を追加する必要がある。逆に、アプリケーションが参照するメモリのデータを、そのアプリケーションの外部から操作したい場合、そのような対話的なインタフェースをアプリケーションに実装する必要がある。

これに対して我々は、アプリケーションが公開したメモリ領域に対して、任意のタイミングで自由に読み書き出来るようにするためのインタフェース OpAS を提案した。OpAS の構造を下図に示す。アプリケーションは、自分が使用しているメモリ領域の一部を、expose 関数により公開できる。これに対して外部のプロセスは、put 関数や get 関数を用いて、公開された領域に対して読み書きを行える。このインタフェースにより、アプリケーションの実行と並行した In-situ 可視化や、実行の経過に応じてパラメータを調整したり再実行したりする対話的な計算を、アプリケーションプログラムに大きな変更を加えることなく、実現できる。

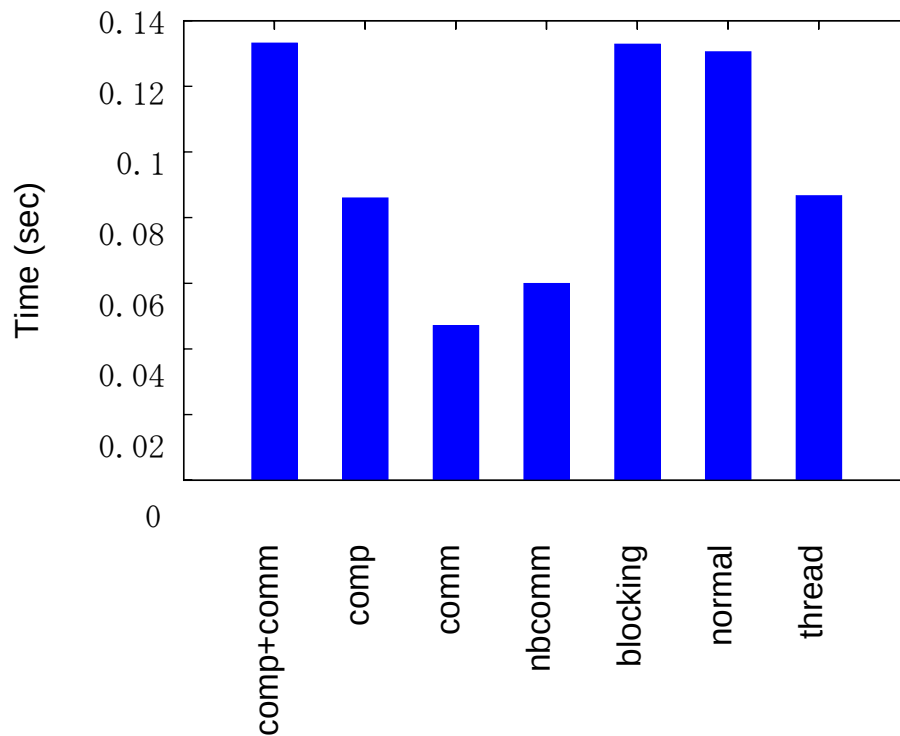


4. 非ブロッキング集団通信の通信隠蔽効果に関する調査

非ブロッキング集団通信は、科学技術計算で多用される集団通信を、計算と並行して実行することにより、見かけ上、通信に要する時間の一部を計算時間で隠蔽することを可能とする。そのため、特に大規模並列計算における並列プログラムのスケーラビリティを向上させる手段として注目されている。

非ブロッキング集団通信の効果は、その実装手段に大きく依存する。また、特に集団通信を推進するためにプログレススレッドと呼ばれるスレッドを用意する実装では、そのスレッドと計算スレッドの競合による性能への影響が無視できない。

そこで本研究では、非ブロッキング集団とハイブリッド並列計算を並行して実行するベンチマークプログラムを作成し、通信時間の隠蔽効果を評価した。実験の結果、Alltoall 通信については、プログレススレッドのための CPU コアを留保して、残りのコアを計算に割り当てる spare core と呼ばれるコア割当法により、通信隠蔽の効果が得られることがわかった。



MVAPICH2 の MPI Illtoall による通信隠蔽効果

5. 共同研究査

2017年度に行なった共同研究は以下の通りである。

1. 無限次元線形化作用素の可逆性の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）

研 究 成 果：研究事例紹介 1 を参照。

2. 流体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（Karlsruhe Institut für Technologie, Germany）

研 究 成 果：研究事例紹介 2 を参照。

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～.

研究プロジェクト

- ・ 粒子法の高精度化と大規模流体シミュレータへの応用
2017.04～2018.03, 代表者：井元 佑介，東北大学，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）.

研究業績

• 原著論文

1. Yoshitaka Watanabe, Mitsuhiro T. Nakao, and Kaori Nagatou, On the compactness of a nonlinear operator related to stream function–vorticity formulation for the Navier–Stokes equations, JSIAM Letters, doi.org/10.14495/jsiaml.9.77, 9, 77–80, 2017.12.
2. Takehiko Kinoshita, Yoshitaka Watanabe, and Mitsuhiro T. Nakao, Validated constructive error estimations for biharmonic problems, Reliable Computing, 25, 168–177, 2017.08.

• 学会発表

1. Yoshitaka Watanabe, A higher order error estimation of the Poisson equation and its applications , International Workshop on Numerical Methods for Partial Differential Equations 2018.03.
2. 木下 武彦, 渡部 善隆, 中尾 充宏, 値域が共役空間となる楕円型作用素に対する精度保証付き可逆性検証, 日本数学会 2018 年年会, 応用数学科会講演アブストラクト, pp. 103–106., 2018.03.
3. 渡部 善隆, 木下 武彦, 中尾 充宏, Laplacian ノルム評価を援用した楕円型線形作用素の可逆性検証, 日本応用数理学会 2018 年研究部会連合発表会, 2018.03.
4. 渡部 善隆, Kolmogorov 問題に対する計算機援用証明における最大値ノルムの改良, 不連続 Galerkin 有限要素法の数学理論とその周辺, 2018.02.
5. 渡部 善隆, 木下 武彦, 中尾 充宏, Legendre 多項式を用いた重調和問題の構成的誤差評価 (いくつかの課題), 応用数学合同研究集会, 2017.12.
6. 渡部 善隆, 木下 武彦, 中尾 充宏, 重調和問題の解に対する構成的誤差評価, 第 1 回精度保証付き数値計算の実問題への応用研究集会 (NVR 2017), 2017.12.
7. 木下 武彦, 渡部 善隆, 中尾 充宏, Hilbert 空間における線形作用素に対する逆作用素ノルム評価の改良, 日本数学会 2017 年度秋季総合分科会, 2017.09.
8. 木下 武彦, 渡部 善隆, 中尾 充宏, 値域が共役空間となる 2 階楕円型作用素に対する可逆性検証法の改良, 日本応用数理学会 2017 年度年会講演予稿集, 2017.09.
9. Yoshitaka Watanabe, Some computer-assisted proofs for the Navier–Stokes equations, Rigorous Numerics for Infinite Dimensional Nonlinear Dynamics (17w5141), 2017.05.

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

- **共同研究**

1. 研究テーマ「Orr-Sommerfeld 方程式に対する計算機援用証明」カールスルーエ大学 M. Plum 教授との共同研究, 2004年3月より継続.
2. 研究テーマ「Maxwell 方程式から導かれる固有値問題の除外法」Cardiff 大学 M. Brown 教授との共同研究, 2009年1月より継続.

- **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)

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はほとんどは 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～.

研究プロジェクト

- ・ Development of Time-Reversal Method for Detecting Multiple Moving Targets Behind the Wall
2017.04～2018.03, 代表者: Takeshi Nanri, Kyushu University, JHPCN (Japan)

研究業績

• 原著論文

1. 南里 豪志, HPC における通信ライブラリの動向, シミュレーション, 36, 2, 79-84, 2017.06.
2. Tetsuya Nakatoh, Kenta Nagatani, Toshiro Minami, Sachio Hirokawa, Takeshi Nanri, Miho Funamori, Analysis of the Quality of Academic Papers by the Words in Abstracts, HIMI 2017, Part II, LNCS 10274, Proc. of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2017), 2017.07.

• 学会発表

1. Takeshi Nanri, Proposal of Interface for Runtime Memory Manipulation of Applications via PGAS-based Communication Library, Workshop on PGAS programming models: Experiences and Implementations (PGAS-EI), 2018.01.
2. Tetsuya Nakatoh, Sachio Hirokawa, Toshiro Minami, Takeshi Nanri, Miho Funamori, Attribute-based quality classification of academic papers, 2017.11.
3. Satoshi Ohshima, Takeshi Nanri, Yoshitaka Watanabe, Hirofumi Amano, Kenji Ono, スーパーコンピュータシステム ITO の性能評価, 2017. 12.
4. Takeshi Nanri, Satoshi Ohshima, Kenji Ono, 非ブロッキング集団通信の通信隠蔽効果に関する調査, 2017.12.

研究資金

• 科学研究費補助金

1. 2015年度～2017年度, 基盤研究(C), 代表, MPI 向け準備型集団通信インタフェースの研究開発

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。

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