

[2004]九州大学情報基盤センター年報 : 2004年度

<https://doi.org/10.15017/4776948>

出版情報 : 九州大学情報基盤センター年報. 2004, 2005. 九州大学情報基盤センター
バージョン :
権利関係 :



第4章 スーパーコンピューティング研究部門

4.1 スタッフ一覧

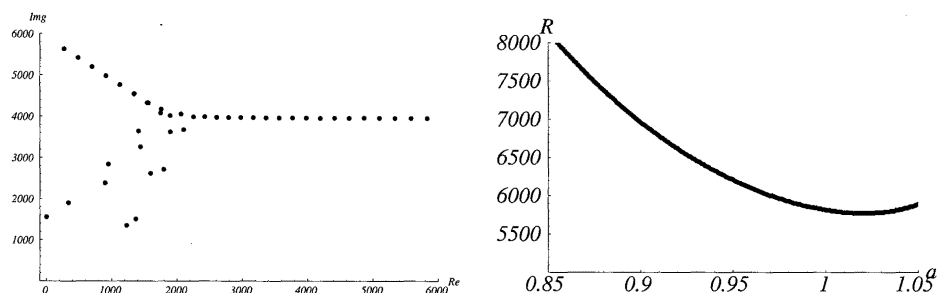
職名	氏名	研究キーワード
教授	藤野 清次	反復解法, Krylov 部分空間法, BiCGSafe 法, GPBiCG(M,L) 法, 対角緩和 RIC 分解つき CG 法, 高速数値計算法, 並列算法
助教授	渡部 善隆	精度保証付き数値計算, 偏微分方程式, 有限要素法, 区間解析, 誤差評価

4.2 研究事例紹介

1. 平行 Poiseuille 流れの安定特性解析

Orr-Sommerfeld 方程式は、平行流れの安定性を記述する流体力学の基礎方程式のひとつである。しかしながら、方程式は4階の微分項を含む非自己共役複素固有値問題であり、解析的な取り扱いが極めて困難である上に、“硬い”系であるため、数値的に取り扱う場合も離散化誤差および丸め誤差の蓄積に十分な注意を払う必要があることがよく知られている。

平成16年度に、Orr-Sommerfeld 方程式として具体的に記述可能な平行 Poiseuille 流れの安定性解析に取り組み、多倍長並列計算と不動点定理を援用することによって、与えられた波数および Reynolds 数に対する非自己共役複素固有値問題の固有値・固有ベクトルが存在する範囲を数学的に厳密な意味で求めることに世界で初めて成功した。



Orr-Sommerfeld 方程式の固有値分布と臨界曲線

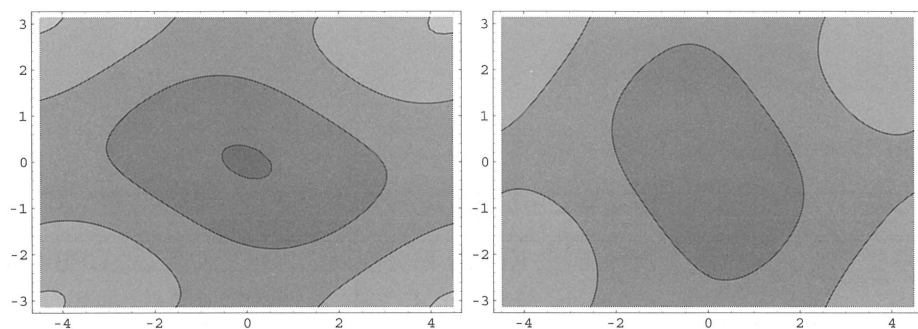
この知見を生かし、ドイツ・カールスルーエ大学の精度保証研究グループと共同で、流体が不安定化を起こす臨界値となる臨界 Reynolds 数を検証する研究を進めている。

2. Kolmogorov 問題に対する精度保証付き数値計算

Kolmogorov 問題は、Navier-Stokes 方程式の具体的な条件として Kolmogorov が与えた非線形微分方程式であり、領域のアスペクト比と流体の粘性を支配する Reynolds 数によって多様な分岐を起こすことが数値的に示されている。

今回、数学的に存在が保証されている自明解の他に、非自明解が存在することを計算機援用証明手法を用いることで明らかにした。具体的には、解空間を Fourier 係数展開を用いた基底で構成し、有

限項の打ち切り誤差を正確なオーダーで評価する手法を開発し，ある集合内で局所一意性付きで非自明解が存在することを計算機によって自動的に証明するアルゴリズムを導き，スーパーコンピュータおよび汎用 UNIX サーバに対する大規模数値計算として実装・計算することによって検証に成功した．



アスペクト比 $\alpha = 0.7$ における非自明解の等高図

現在はこの手法を熱対流問題を記述する Rayleigh-Bénard 方程式に適用することで，解の大域構造を大規模並列計算機により明らかにすることを目指している．

4.3 研究内容紹介

4.3.1 藤野 清次

研究内容

- 大規模科学計算・並列算法の研究

計算機のすさまじい発達, 特に高速化により, 科学と工学の研究開発で発生する問題は今後ますます大規模になり, 同時にそれらを解決する科学技術計算の重要性がますます高くなっている. そこで, 計算工学, 数値解析学の基礎理論に基づいて高速算法の研究開発を行なっている. 開発した高速算法を利用し, 計算物理学やエンジニアリングなどの科学技術計算分野に現れる諸問題を高速並列計算機を用いて数値的に解明する. 特に, 2005 年 4 月から情報基盤センターにおいて稼働し始めた IBM eServer p5 モデル 595 はスレッド数 416, 1 ノードの共有メモリ量は 512GB の共有メモリ型並列計算機で, この計算機に向けた高速並列算法の開発を目指す.

- 環境・エネルギー問題解決に向けての科学技術計算

地球規模での環境問題は人類共通の課題としてその解決に向けた様々な取り組みが行なわれている. たとえば, 環境に優しいエコカー, ハイブリッドカーの開発, 燃料電池の開発と実用化, 太陽電池発電そして人に優しいロボットの開発と民生化, あるいは地中資源探索などこれらが新聞やマスコミで取り上げられない日はないといっても過言ではない. これらに共通しているのは効率的な電気エネルギーの変換と最適設計そして開発期間の短縮である. そこで, 企業との共同研究も含めて, その研究開発に役に立つソフトウェア支援を行なっている. すでに, その一部, すなわち並列版高速前処理つき共役勾配法は, 大学の共同研究者あるいは共同研究中の企業等の研究所で実際に使われており, 多くの研究者の研究開発に役に立っている.

研究のキーワード

反復解法, Krylov 部分空間法, BiCGSafe 法, GPBiCG(M,L) 法, 対角緩和 RIC 分解つき CG 法, 高速数値計算法, 並列算法

所属学会名

日本応用数理学会, 情報処理学会

研究業績

- 主な研究テーマ

1. 数値計算, 大規模並列計算.

- 学会発表等

1. 池田優介, 藤野清次, 柿原正伸, 井上明彦: A-直交過程に基づく RIF 前処理の効率化について, 情報処理学会 HPCS2004, pp.1-6, 2004.1.
2. 藤野清次, 吉田正浩: 2 種類の SMP 型並列計算機による同時並列計算可能な安定化近似逆行列前処理 (SAINV) の開発, 九州大学情報基盤センターグリッドコンピューティングセミナー資料, 2004.1.

3. 藤野清次：反復法の新しい前処理技術の紹介, 九州大学情報基盤センター特別講演会「新しい計算技術と大規模数値シミュレーション」資料, 2004.1.
4. 柿原正伸, 池田優介, 藤野清次, Moethuthu: 対角緩和つき Ajiz-Jennings 型不完全分解前処理の提案, 情報処理学会 HPCS2004, pp.149-156, 2004.1.
5. 藤野清次：Krylov 部分空間法と AMG 法の収束性, 研究集会「数値解析」, 岡山理科大学, 2004.2.27-28.
6. 柿原正伸, 藤野清次: 収束の安定と高効率性を兼ね備えた対角緩和つき RICCG 法について, 情報処理学会九州支部「火の国情報シンポジウム 2004」予稿集 CD, 大分大学, 2004.3.
7. 井上明彦, 藤野清次: 有限要素法による 3 次元ポアソン方程式の離散化問題に対する共役勾配 (CG) 法の新しい前処理の性能評価, 情報処理学会九州支部「火の国情報シンポジウム 2004」予稿集 CD, 大分大学, 2004.3.
8. 池田優介, 白石昌久, 藤野清次：2 重ドロッピングによる近似逆行列前処理つき CG 法とその複素数問題への適用, 研究集会「科学技術計算に現れる超大規模線形方程式の数理的諸問題と高速解法の総合的開発」, 東京大学工学部, 2004.3.
9. 藤野清次：有限要素法解析で得られた線形方程式の高速解法について研究会「医療用患者シミュレーションコンテンツの開発」資料, 九州大学医学部, 2004.3.15.
10. 吉田正浩, 藤野清次：最小 2 乗問題に対する RIF 前処理つき CGLS 法の収束性について, 第 33 回数値解析シンポジウム講演予稿集, pp.69-72, 2004.5.
11. 藤野清次, 池田優介：シェル要素を使う有限要素法による構造解析問題に対する安定化近似逆行列前処理つき CG 法の収束性について, 計算工学講演会論文集, Vol.9, pp.279-282, 2004.5.
12. 藤野清次, 柿原正伸: シェル要素を使う有限要素法による構造解析問題に対する対角緩和つきロバスト ICCG 法の収束性について, 計算工学講演会論文集, Vol.9, pp.275-278, 2004.5.
13. 吉田正浩, 藤野清次：最小二乗問題に対する RIF 前処理つき CG 法の収束性, 九重合同セミナー「波の数値計算」資料, 2004.7.
14. 藤原 牧, 藤野清次：安定化積型 BiCG 法の収束性に関する考察, 九重合同セミナー「波の数値計算」資料, 2004.7.
15. 藤野清次：対角緩和つき準ロバスト ICCG 法の電磁界問題への適用と評価, 電気学会 静止器回転機合同研究会資料 SA-04-52 RM-04-76, pp.43-48, 2004.7.
16. S. Fujino, Y. Ikeda: An improvement of SAINV and RIF preconditioning of CG method by double dropping strategy, HPC Asia 2004 The 7th Int. Conference on high performance computing and grid in Asia Pacific region, pp.142-149, 2004.7.
17. 藤井雄士郎, 竹中博士, 吉田正浩, 藤野清次：地震の震源過程解析に現れる最小二乗問題の特性とその求解, 日本応用数理学会 2004 年度年会講演予稿集, pp.62-63, 2004.9.
18. 井上明彦, 柿原正伸, 藤野清次, 南里豪志: フィルインを考慮しない RIC(0) 分解つき CG 法の収束性評価, 日本応用数理学会 2004 年度年会講演予稿集, pp.68-69, 2004.9.
19. 柿原正伸, 小山大介, 藤野清次：Helmholtz 方程式の波数に応じた COCG 法の前処理について, 日本応用数理学会 2004 年度年会講演予稿集, pp.70-71, 2004.9.
20. 藤野清次：対角緩和つき準ロバスト ICCG 法の実際問題に対する性能評価, 日本応用数理学会 2004 年度年会講演予稿集, pp.76-77, 2004.9.
21. 吉田正浩, 藤野清次, 藤井雄士郎：最小 2 乗問題に対する前処理つき LSQR 法の収束性について, 日本応用数理学会 2004 年度年会講演予稿集, pp.144-145, 2004.9.

22. 藤原牧, 藤野清次, 曾我部知広, 張紹良: 1 反復当たりの計算量の削減による安定化 CGS 法の改良, 日本応用数理学学会 2004 年度年会講演予稿集, pp.252-253, 2004.9.
23. M. Kakahara, S. Fujino: Estimation of convergence property of diagonally relaxed RICCG method for a variety of realistic problems, Proc. of 11th GAMM-IMACS Int. Sym. on Scientific Computing, Computer arithmetic, and Validated numerics, pp.58-59, 2004.10.
24. 柿原正伸, 藤野清次, 嶋村寿文, 鈴木克幸: 重合メッシュ法で現れる線形方程式に対する対角緩和つき準ロバスト ICCG 法の収束性, 第 17 回計算力学講演会講演論文集, pp.473-474, 2004.11.
25. 吉田正浩, 藤野清次, 嶋村寿文, 鈴木克幸: 重合メッシュ法で現れる線形方程式に対する近似逆行列 RIF 前処理つき CG 法の収束性, 第 17 回計算力学講演会講演論文集, pp.471-472, 2004.11.
26. S. Fujino, M. Kakahara: Preconditioned Conjugate Gradient method by diagonal relaxed modification, Abstract of Int. workshop on advances in computational mechanics, 2004.11.
27. 井上明彦, 柿原正伸, 藤野清次, 吉田正浩: 改良版 RICS2 分解前処理つき CG 法の収束性評価, 情報処理学会研究会 2004-HPC-100, pp.1-6, 2004.12.
28. 藤野清次, 井上明彦, 柿原正伸: 高収束性と低メモリ量化を目指した DR-RICCG 法の提案とその収束性評価, 電気学会 静止器回転機合同研究会資料 SA-05-8 RM-05-7, pp.41-46, 2005.1.
29. 柿原正伸, 阿部邦美, 藤野清次: 前処理つき MRTR 法の実問題への応用と評価, 第 8 回環瀬戸内応用数理研究部会 シンポジウム予稿集, pp.101-106, 2005.1.
30. 中嶋徳正, 藤野清次, 立居場光生: 電磁波散乱問題の積分方程式解法における改良された BiCG 法系統の反復解法の性能評価, 第 8 回環瀬戸内応用数理研究部会 シンポジウム予稿集, pp.72-77, 2005.1.
31. 藤原牧, 藤野清次, 吉田正浩, 藤原耕二, 村松和弘: 二重の安全収束性を有する前処理つき BiCGSafe 法について, 第 8 回環瀬戸内応用数理研究部会 シンポジウム講演予稿集, pp.72-77, 2005.1.
32. 吉田正浩, 岡田 裕, 藤野清次, 畑崎隆雄: 重合メッシュ法による複合材料解析における RIF 前処理つき CG 法の収束性, 第 8 回環瀬戸内応用数理研究部会 シンポジウム予稿集, pp.37-42, 2005.1.
33. 井上明彦, 畑崎隆雄, 柿原正伸, 南里豪志, 藤野清次: ダブルオーダリングによる VRIC(ω)-CG 法の並列化, 第 8 回環瀬戸内応用数理研究部会 シンポジウム講演予稿集, pp.113-118, 2005.1.
34. 藤井雄士郎, 柿原正伸, 青柳睦, 藤野清次: Projection 法による一般化固有値問題解析に対する前処理つき COCG 法の適用, 第 8 回環瀬戸内応用数理研究部会 シンポジウム予稿集, pp.113-118, 2005.1.
35. 藤野清次: RIC 分解つき CG 法の並列化とその性能評価, 2004 年度宇宙地球系情報科学研究会 合同開催発表資料集, pp.11-15, 2005.2.
36. 藤原耕二, 藤野清次: 前処理の改良による CG 法的高速化, 平成 17 年度電気学会全国大会講演論文集, pp.5-S11(25)-5-S11(26), 2005.3.
37. 藤野清次: 対角緩和つき RICCG 法の並列化とその性能評価, 基盤研究 (S) ワークショップ「流れ問題のための高品質数値解法の開発と解析とシミュレーション」, 鹿児島大学, 2005.3.14-16.

● 原著論文

1. 柿原正伸, 藤野清次: 緩和係数 ω を自動決定する対角緩和準ロバスト ICCG 法の収束性, 情報処理学会論文誌 コンピュータシステム, Vol.46 No.SIG4(ACS9), pp.45-55, 2005.
2. 池田優介, 藤野清次, 柿原正伸, 井上明彦: A-直交過程に基づく RIF 前処理の効率化について, 情報処理学会論文誌 コンピュータシステム, Vol.45 No.SIG6(ACS6), pp.95-104, 2004.
3. 柿原正伸, 藤野清次: 構造解析で現れる線形方程式に対する対角緩和つき準ロバスト ICCG 法の収束性評価, 日本計算工学会 論文集, 2004. インターネット論文集 <http://save.k.u-tokyo.ac.jp/jscs/trans/trans2004/No20040020.pdf>
4. S. Yasuhiro, N. Imaishi, Y. Akiyama, S. Fujino and S. Yoda: Oscillatory Marangoni flow in half-zone liquid bridge of motion tin supported between two iron, J. of Crystal Growth, Vol.262, pp.631-644, 2004.
5. 池田優介 藤野清次: 二重ドロッピングによる安定化近似逆行列前処理の改良, 情報処理学会, Vol.45, No.SIG(ACS4), pp.10-17, 2004.
6. Y. Ikeda, S. Fujino: An effective use of improved Stabilized Approximate INVerse preconditioning according to characteristics of computers, Trans. of INFORMATION, Vol.7, No.3, pp.331-342, 2004.
7. 中嶋徳正, 藤野清次, 立居場光生: 多数の誘電体円柱の電磁波散乱問題の高速化について (2) – Half Reduction と Block Jacobi を組み合わせた 2 段階前処理 –, 情報処理学会論文誌 コンピュータシステム, Vol.45 No.SIG1(ACS4), pp.1-9, 2004.
8. M. Kakihara, S. Fujino: An improvement of Ajiz-Jennings type of incomplete factorization preconditioning by means of post filtering, Trans. of INFORMATION, Vol.7, No.5, pp.605-618, 2004.

● 著書

1. 共著:「構造工学ハンドブック」, 丸善出版, 2004.3.
2. 共著:「情報システムのための情報技術辞典」, 培風館, 2004.7.

● 広報誌などの出版物

1. 藤野清次:「対称正定値行列を係数行列として持つ連立 1 次方程式に対する対角緩和つき RICCG 法の収束性評価」, 九州大学情報基盤センター広報誌, Vol.4, No.3, 2004.

● 講習会

1. 藤野清次:「反復法」, 琉球大学工学部 伊良波研究室主催, 2004.10.28.
2. 藤野清次:「反復法」, 鹿児島大学理工学部 岡田裕研究室主催, 2004.11.11.

研究資金

● 科学研究費

1. 「領域分割法による大規模 3 次元有限要素解析」, 研究分担者として参加, 研究代表者(九州大学 金山寛教授), 2003 年 4 月-2006 年 3 月.

2. 「数値的検証法から計算機援用解析学の構築へ向けての総合的研究」, 研究協力者として参加, 研究代表者 (九州大学 中尾充宏教授), 2004 年 4 月–2006 年 3 月
- 九州大学教育研究プログラム・研究拠点形成プロジェクト (H,16, H17 年度), 研究分担者として参加, 研究代表者 (九州大学 牛島恵輔教授), 2004 年 4 月–2006 年 3 月.
 - 共同研究
 1. 研究テーマ「ポアソン方程式に対する高速反復解法の研究」, 理化学研究所情報環境室との共同研究, 1998 年 6 月より継続.
 2. 研究テーマ「並列数値計算ライブラリー PARCEL の評価および向上に関する研究 (B)」, 日本原子力研究所 計算科学技術推進センターとの協力研究, 2000.4-2004.3.
 3. 研究テーマ「最小 2 乗問題の高速解法」, 国立情報学研究所 速水謙教授, H.16 年度.
 - 受託研究
 1. 「前処理つき反復法の高速化の研究」 (株) 日本総合研究所
 2. 「前処理つき反復法の高速化の研究」 (株) ミューテック
 - 奨学寄付金
 1. 「前処理つき反復法の高速化の研究」 (株) フォトン
 2. 「前処理つき反復法の高速化の研究」 (株) 鹿島建設 情報システム

教育活動

1. 大学院講義、計算法工学特論 (H16, H17 年度)
2. 創生教育演習 (電気情報工学科 1 年生向け, H16, H17 年度)
3. 高度プログラミング演習 (1 年生後期演習, H16 年度)
4. コンピュータシステム通論 (電気情報工学科 3 年生向け, H16, H17 年度)

4.3.2 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。

九州大学情報基盤センターでは、ベクトル並列型スーパーコンピュータ VPP5000/64, 汎用 UNIX サーバ GP7000F をはじめとする大規模数値計算環境を全国の研究者に提供しています。研究活動として、これらの計算機上で動作する数値計算ライブラリの研究開発、性能評価などを行なっています。また、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。

研究のキーワード

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

所属学会名

日本応用数理学会, 日本数学会

研究業績

- 主な研究テーマ

1. 精度保証付き数値計算, 計算機援用証明
2. 数値解析
3. ハイパフォーマンスコンピューティング

- 原著論文

1. Mitsuhiro T. Nakao, Yoshitaka Watanabe: An Efficient Approach to the Numerical Verification for Solutions of Elliptic Differential Equations, Numerical Algorithms, Vol.37, Issue1-4 (2004) pp.311-323.
2. Yoshitaka Watanabe, Nobito Yamamoto, Mitsuhiro T. Nakao and Takaaki Nishida: A Numerical Verification of Nontrivial Solutions for the Heat Convection Problem, Journal of Mathematical Fluid Mechanics, Vol.6, No.1 (2004) pp.1-20.

- 学会発表等

1. 中尾 充宏, Michael Plum, 渡部 善隆: Orr-Sommerfeld 問題の解に対する計算機援用証明について, 研究集会・数学解析の理論的展開の計算機による支援・遂行可能性, 京都大学数理解析研究所講究録 Vol.1381 (2004) pp.148-158. (2004 年 6 月)
2. 渡部 善隆: Navier-Stokes 方程式の解に対する数値的検証の現状と動向, 研究集会・数値解析と新しい情報技術 (nanit2003), 京都大学数理解析研究所講究録 Vol.1362 (2004) pp.56-61. (2004 年 4 月) (特別講演).
3. 渡部 善隆: 計算機支援証明による熱対流問題における分岐解の挙動解析, 基盤研究 (S) ワークショップ「流れ問題のための高品質数値解法の開発と解析とシミュレーション」, 鹿児島大学理学部, 2005 年 3 月.
4. Yoshitaka Watanabe, Michael Plum and Mitsuhiro T. Nakao: A Computer Assisted Proof for the Orr-Sommerfeld Problem, 11th GAMM-IMACS International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic, and Validated Numerics (SCAN 2004), October 4-8, 2004, Fukuoka, Japan.
5. Hideo Sakaguchi, Yoshitaka Watanabe and Hitoshi Imai: About Numerical Verification with Multiple Precision Computation, 11th GAMM-IMACS International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic, and Validated Numerics (SCAN 2004), October 4-8, 2004, Fukuoka, Japan.
6. 渡部 善隆, 長藤かおり: Kolmogorov 問題に対する計算機援用証明, 日本応用数学会 2004 年度年会講演予稿集, pp330-331, 中央大学, 2004 年 9 月.
7. 渡部 善隆: 精度保証付き数値計算のエッセンス, 京都大学理学部数学教室談話会, 2004 年 6 月.

研究資金

- 科学研究費 (平成 16 年度)

1. 若手研究 (B) 「流体力学的非線形安定性問題に対する計算機援用証明」 研究代表者
2. 基盤研究 (S) 「流れ問題のための高品質数値解法の開発と解析とシミュレーション」 研究分担者
3. 基盤研究 (A) 「数値的検証法から計算機援用解析学の構築へ向けての総合的研究」

教育活動

1. 情報処理概論 (機械航空工学科航空宇宙コース)
2. 京都大学理学研究科非常勤講師 (非線型数学)

社会貢献・国際連携等

- 学内運営に関わる各種委員・役職等

1. 2005.04～, スペースコラボレーションシステム委員会.

その他

1. 情報基盤センタープログラミング言語講習会講師
2. 九州大学 21 世紀 COE プログラム「数値解析チュートリアル 2005」講師