

[2006]九州大学情報基盤センター一年報 : 2006年度

<https://doi.org/10.15017/1466770>

出版情報 : 九州大学情報基盤センター一年報. 2006, 2007. 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, CRS 法, S(Stabilized)CRS 法, MSCRS 法, BiCGSafe 法, BiCRSafe 法, MRTR 法, cs_MRTR 法, 対角緩和 RIC 分解つき CG 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つの事例を紹介する。前処理付き共役勾配法は、偏微分方程式を FEM や FDM で離散化して得られる連立一次方程式が大型の疎な対称正定値行列を係数行列として持つ方程式に対する有力な数値解法としてよく使用される。また、Ajiz らによるロバスト IC 分解は、分解過程で発生するフィルインの影響を考慮し、要素の棄却 (dropping) ごとに対角項の要素に修正を加え対角項の値が負になることを防ぐ分解法であり有望な前処理法とされる。またこの前処理では分解の中断がないので、これはロバスト不完全コレスキー分解と呼ばれる。我々が提案した対角緩和 RIC 分解のアルゴリズムを以下に示す。ただし、行列 A は予め対角項の値が 1 に正規化されている。 v_j は作業用列ベクトルの j 番目の要素。tol_1 は要素 u_{ij} の棄却判定の閾値を表す。また事例の 1 つとして表-1 に構造解析で現れたある行列 (BEAM) に対する収束性を示す。

$$d_i = a_{ii} \quad (i = 1, \dots, n)$$

for $i = 1, \dots, n$

for $j = i + 1, \dots, n$

$$v_j = a_{ij}$$

end for

for $k = 1, \dots, i - 1$

for $j = i + 1, \dots, n$

$$v_j = v_j - u_{ki}u_{kj} \quad (\text{非対角項の計算})$$

end for

end for

for $j = i + 1, \dots, n$

$$\xi = |v_j| / \sqrt{d_i d_j}$$

if $\xi \leq \text{tol}_1$ **then** $v_j = 0$

$$d_i = (1 + \omega\xi)d_i \quad (\text{対角項 } d_i \text{ の修正})$$

$$d_j = (1 + \omega\xi)d_j \quad (\text{対角項 } d_j \text{ の修正})$$

```

    end if
  end for
   $u_{ii} = \sqrt{d_i}$  (対角項を求める)
  for  $j = i + 1, \dots, n$ 
     $u_{ij} = v_j / u_{ii}$  (非対角項を求める)
     $d_j = d_j - u_{ij}^2$  (対角項の計算)
  end for
end for.

```

表 4.1: シェル要素解析 (行列 BEAM) に対する前処理つき CG 法の収束性

前処理+CG	反復回数	Pre-時間	CG時間	合計時間	メモリ量
なし	18014	-	82.3	82.3	3.35
IC	max	-	-	-	-
重み IC	7269	0.05	72.9	73.0	3.36
RIC	1065	0.30	13.8	14.1	6.67
対角緩和 RIC	204	1.43	4.85	6.28	10.5

表-2 と表-3 に開発したプログラムの一覧を示す.

表 4.2: IC(RIC) 分解型反復法のプログラム一覧

プログラム	前処理と反復法
CG.f90	対角スケーリングつき CG 法
IC0_CG.f90	IC(0) 分解つき CG 法
RIC1_CG.f90	RIC1 分解つき CG 法
RIC2S_CG.f90	RIC2S 分解つき CG 法
MRIC2S_sub.f90	改良版 RIC2S 分解 CG 法
DRRIC_CG.f90	対角緩和つき RICCG 法
Adapt_DRRIC_CG.f90	ω 自動決定 DRRIC-CG 法
Dblock_DRRIC_CG.f90	ブロック DRRIC-CG 法
DSep_DRRIC_CG.f90	対角分離 DRRIC-CG 法
RIC0_sub.f90	RIC(0)-CG 法
MRIC0_sub.f90	改良版 RIC(0)-CG 法
ShiftIC_sub.f90	シフト IC(tol) 分解つき CG 法
Shift_ib_IC_sub.f90	シフト ib_IC(tol) 分解つき CG 法
ShiftIC0_tol.f90	シフト IC(0, tol) 分解つき CG 法
Shift_ib_IC0_tol.f90	シフト ib_IC(0, tol) 分解つき CG 法
DRIC_CG.f90	Notay 型 Dynamic Relaxed IC 分解つき CG 法
MRTR.f90	対角スケーリングつき MRTR 法
WICMRTR_sub.f90	加速 IC(0) 分解つき MRTR 法
DRRIC_MRTR.f90	対角緩和 RIC 分解つき MRTR 法
COCG.f90	複素対角スケーリングつき COCG 法
COCR.f90	複素対角スケーリングつき COCR 法
cs_MRTR.f90	複素対角スケーリングつき cs_MRTR 法
CSIC_COCG.f90	複素シフト IC(tol) 分解つき COCG 法
CSICcs_MRTR.f90	複素シフト IC(tol) 分解つき cs_MRTR 法
CSIC0_tol_COCG.f90	複素シフト IC(0, tol) 分解つき COCG 法
CSIC0_tol_cs_MRTR.f90	複素シフト IC(0, tol) 分解つき cs_MRTR 法
DPIC_COCG.f90	M. Made 型摂動タイプ前処理つき COCG 法
shift_COCR.f90	シフト複素方程式のための同時型 COCR 法

表 4.3: 並列版前処理つき反復法

プログラム	前処理と反復法
ABRB_IC	(並列) 加速 IC(0)CG 法
ABRB_RIC_ ω	(並列)VRIC(ω) 分解 CG 法
ABRB_PBF_IC	(並列)PBF-加速 IC(0)CG 法
ABRB_PBF_RIC	(並列)PBF-VRIC(ω)CG 法
AMB_RIC_ ω	(並列)AMB-VRIC(ω) 分解 CG 法

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.

- 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.

所属学会名

日本応用数学会, 情報処理学会, 日本計算工学会, 日本シミュレーション学会

研究業績

- 主な研究テーマ

1. 数値計算, 大規模並列計算

キーワード: 反復解法, Krylov 部分空間法, CRS 法, S(Stabilized)CRS 法, M(Modified) SCRS 法, BiCGSafe 法, BiCRSafe 法, MRTR 法, cs_MRTR 法, 対角緩和 RIC 分解つき CG 法, 並列算法

- 論文誌 (Journal) 論文

1. 藤原牧, 藤野清次, 対角補償型 ILUC 分解前処理の性能評価, 日本応用数学会論文誌, Vol.16, No.4, pp.481-496, 2006.
2. 染原一仁, 藤野清次, 代数マルチブロック技法による ICCG 法の並列性能の向上, 情報処理学会論文誌 コンピュータシステム, Vol.47 No.SIG18 (ACS16), pp.21-30, 2006.
3. 藤原牧, 藤野清次, 対角要素を事前に補償する非対称行列用前処理の提案, 情報処理学会論文誌 コンピュータシステム, Vol.47 No.SIG18 (ACS16), pp.10-20, 2006.
4. 吉田正浩, 藤野清次, 塩出亮, ロバスト IC 分解をベースにした近似逆行列型前処理つき CG 法の並列性能評価, 情報処理学会論文誌 コンピュータシステム, Vol.47 No.SIG18 (ACS16), pp.1-10, 2006.

5. 吉田正浩, 岡田裕, 藤野清次, 畑崎隆雄, s-version 有限要素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, Trans. of INFORMATION, Vol.9, No.4, pp.613-619, July, 2006.
6. 藤原牧, 吉田正浩, 藤野清次, 対角要素を補償する修正 Crout 版 ILU 分解について, Trans. of INFORMATION, Vol.9, No.4, pp.593-599, July, 2006.
7. 藤原牧, 吉田正浩, 藤野清次, 収束の三重の安全鍵を与える Crout 版 ILU 分解つき BiCGSafe 法, 情報処理学会論文誌 コンピュータシステム, Vol.47 No.SIG7 (ACS14), pp.52-60, 2006.
8. 藤原牧, 藤野清次, 吉田正浩, フィルインに対する対角要素の補償による Crout 版 ILU 前処理の改良, 日本計算工学会 論文集, 2006. インターネット論文集
<http://save.k.u-tokyo.ac.jp/jscs/trans/trans2006/No20060022.pdf>
9. 吉田正浩, 藤野清次, 岡田裕, 重合メッシュ法による複合材料解析で現れる線形方程式に対するマスキング前処理つき CG 法の有効性, 日本計算工学会 論文集, 2006. インターネット論文集
<http://save.k.u-tokyo.ac.jp/jscs/trans/trans2006/No20060010.pdf>
10. 塩出亮, 藤野清次, 阿部邦美, MRTR 法の対称正定値行列用前処理について, 日本計算工学会 論文集, 2006. インターネット論文集
<http://save.k.u-tokyo.ac.jp/jscs/trans/trans2006/No20060007.pdf>

- 国際会議 (査読付き)

1. A. Shiode, K. Abe, S. Fujino: Application of MRTR method for solving Complex Symmetric linear systems, Proc. of JSST2006, Tokyo, pp.108-112, 2006.
2. Moethuthu, N. Okamoto, A. Shiode, S. Fujino and T. Otsuru, Absolute diagonal scaling preconditioner of COCG method, Proc. of JSST2006, Tokyo, pp.108-112, 2006.
3. S. Fujino, Removal of instability of the standard IC decomposition due to Inverse-based dropping, Proc. of iWNMSC'06, Tokyo, Oct. 25, pp.181-198, 2006.
4. N. Takahashi, S. Fujino: 3-D Magnetic field analysis of permanent magnet type of MRI using preconditioned MRTR method, Proc. of the 12th International IGTE Symposium on numerical field calculation in Electrical Engineering (IGTE2006), Sept. 18.09.2006.
5. A. Shiode, S. Fujino: Inverse-based dropping for IC decomposition of Conjugate Gradient method, ICNAAM2007, Greece, pp.442-445, Sept. 17-19, 2006.

- 国内会議 (査読付き)

1. 阿部邦美, 曾我部知広, 藤野清次, 張紹良, 非対称行列用共役残差法に基づく積型反復解法, 情報処理学会 ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム HPCS2007, pp.17-24, 2007.1.17.

- 国内会議, 研究会等 (査読無し)

1. 尾上勇介, 藤野清次, 阿部邦美: 加速型 ILU(0) 分解前処理つき CRS 法の収束性評価, 日本応用数理学会 研究部会連合発表会, 名古屋大学, 2007.3.4.
2. Moethuthu, 藤野清次, 塩出亮: $ib_IC_0(tol)$ 分解前処理の閾値依存性について, 日本応用数理学会 研究部会連合発表会, 名古屋大学, 2007.3.4.

3. 藤野清次, 尾上勇介, 阿部邦美: BiCRSafe 法の提案と安全収束性の評価, 日本応用数理学会 研究部会連合発表会, 名古屋大学, 2007.3.4.
4. 藤野清次, 反復解法的高速化や安定化に関する話題, 日本シミュレーション学会 第1回電磁界解析研究会資料, 明治大学サテライトキャンパス, 2006.12.15.
5. 阿部邦美, 藤野清次, 対称な線形方程式に対する残差 2 乗型共役残差法, 日本応用数理学会 「行列・固有値問題の解法とその応用」第2回研究会, 国立情報学研究所, 11/16, 2006.
6. 塩出亮, 藤野清次, 元の行列の非零要素に基づく $ib-IC(0, tol)$ 分解つき CG 法の収束性, 日本応用数理学会 「行列・固有値問題の解法とその応用」第2回研究会,
7. 塩出亮, 藤野清次, 三角行列の逆行列に対するノルム評価に基づく ICCG 法の収束安定性について, 京都大学数理解析研究所研究集会 講演予稿集, 2006.12.1.
8. 染原一仁, 藤野清次, 岡田裕, 重合メッシュ問題に対する新しい並列化技法 AMB 法による ICCG 法について, 第19回計算力学講演会 講演論文集, 名古屋大学, pp.177-178, Nov. 3-5, 2006.
9. 藤野清次, 塩出亮, Inverse-based 棄却処理つき C 分解の性能評価, 第19回計算力学講演会 講演論文集, 名古屋大学, pp.49-50, Nov. 3-5, 2006.
10. 阿部邦美, 藤野清次, 対称正定値行列を係数にもつ線形方程式のための自乗共役残差法, 第19回計算力学講演会 講演論文集, 名古屋大学, pp.77-78, Nov. 3-5, 2006.
11. 高橋康人, 松本千春, 若尾真治, 藤野清次, 積層鉄心の磁界解析における大規模高速化, 電気学会 静止器回転機合同研究会資料, 2006.8.24.
12. 塩出亮, 藤野清次, Inverse-based ドロップング手法による IC 分解つき CG 法の性能評価, 電気学会 静止器回転機合同研究会資料 SA-06-64 RM-06-66, pp.31-36, 2006.8.24.
13. 染原一仁, 南里豪志, 藤野清次, ICCG 法のデュアルコア PC 上での並列性能評価, 情報処理学会 研究報告 IPSJ SIG Technical Report 2006-HPC-107, pp.275-280, 高知, 2006.8.
14. 藤野清次, 藤原 牧, 土持秀之, 非対称行列用の対角要素を補償する ILUC 前処理の特性について, 第10回シンポジウム講演予稿集, 沖縄県青年会館, pp.33-38, 2006.7.6.
15. 塩出亮, 藤野清次, Inverse-based ドロップング手法つき IC 分解について, 第10回シンポジウム講演予稿集, 沖縄県青年会館, pp.94-99, 2006.7.6.
16. Moethuthu, 塩出亮, 藤野清次, 複素対称行列に対するある前処理について, 第10回シンポジウム講演予稿集, 沖縄県青年会館, pp.100-104, 2006.7.6.
17. 玉城幸一, 伊良波繁雄, 富山潤, 藤野清次 他, 回転自由度を有する立体要素と前処理付き CG 法を用いた薄板解析, 第10回シンポジウム講演予稿集, 沖縄県青年会館, pp.105-108, 2006.7.6.
18. 伊藝巨, 伊良波繁雄, 富山潤, 藤野清次 他, 高精度四面体要素と前処理付き CG 法を用いた構造解析, 第10回シンポジウム講演予稿集, 沖縄県青年会館, pp.109-112, 2006.7.6.
19. 藤野清次, 染原一仁, AMB 法による ICCG 法の並列化について, 第35回数値解析シンポジウム講演予稿集, pp.53-56, 大阪パナヒルズ, 2006.6.
20. 染原一仁, 藤野清次, 代数マルチブロック法による ICCG 法の並列化, 計算工学講演会論文集, pp.689-699, 2006.6.
21. 塩出亮, 藤野清次, 阿部邦美, 対称正定値行列用前処理による MRTR 法的高速化, 計算工学講演会論文集, pp.693-696, 2006.6.

22. 土持秀之, 藤野清次, 対角要素の修正に工夫を加えた前処理つき CG 法の収束性評価, 計算工学講演会論文集, pp.69-70, 2006.6.
23. 藤野清次, 藤原牧, BiCGSafe 法の各種前処理の性能について, 計算工学講演会論文集, pp.685-688, 2006.6.

研究プロジェクト

- 大分大学学長プロジェクト「建築音響解析」に研究分担者として参加, 研究代表者 (大分大学 大鶴徹教授), 2006 年 4 月–2007 年 3 月.

研究資金

- 科学研究費
 1. 「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–2007 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.
- 受託研究
 1. 「前処理つき反復法の高速化の研究」(株)鹿島建設 技術研究所
- 奨学寄付金
 1. 2006 年, 「前処理つき反復法の高速化の研究」(有)T-SOFT
 2. 2006 年, 「前処理つき反復法の高速化の研究」(株)ソニー
 3. 2006 年, 「前処理つき反復法の高速化の研究」(株)ミューテック

教育活動

1. 大学院講義, 計算法工学特論 (H18 年度)
2. 創成教育 (コアセミナー) 演習 (電気情報工学科 1 年生向け, H18 年度)
3. コンピュータシステム通論 (電気情報工学科 3 年生向け, H18 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、九州大学大学院数理学研究院・中尾研究室と共同で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、情報基盤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, 日本応用数学会

研究業績

- 主な研究テーマ

1. 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～.

- 国際会議 (査読無し)

1. Yoshitaka Watanabe, A computer-assisted proof of the existence of Bénard cells for the heat convection problems, International Workshop on Numerical Verification and its Applications (INVA2007), Waseda University, Japan, 2007.02.
2. Myoungnyoun Kim, Mitsuhiro T. Nakao, Yoshitaka Watanabe, Takaaki Nishida, A numerical verification method of bifurcating solutions for 3-dimensional Rayleigh-Bénard problems, 12th GAMM-IMACS International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic and Validated Numerics, Duisburg, Germany, 2006.09.
3. Yoshitaka Watanabe, A numerical verification for the Kolmogorov flows of incompressible viscous fluid, International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics 2006 (ICNAAM 2006), Hersonissos, Crete, Greece, 2006.09.
4. Myoungnyoun Kim, Mitsuhiro T. Nakao, Yoshitaka Watanabe, Takaaki Nishida, Some computer assisted proofs on three dimensional heat convection problems, 2006 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2006), Bologna, Italy, 2006.09.

5. Yoshitaka Watanabe, A computer-assisted proof for the Kolmogorov flows of incompressible viscous fluid, 2006 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2006), Bologna, Italy, 2006.09.
 6. Mitsuhiro T. Nakao, Yoshitaka Watanabe, Nobito Yamamoto and Takaaki Nishida, A numerical verification of bifurcation points for nonlinear heat convection problems, 2nd International conference "From Scientific Computing to Computational Engineering" (2nd IC-SCCE), Athens, Greece, 2006.07.
- 国内会議, 研究会等 (査読無し)
 1. 渡部善隆, 疎行列に対する線形方程式の直接解法を用いた固有値・特異値計算, 第2回計算科学研究ステーション研究集会, 2007.03.
 2. 渡部善隆, 疎行列に対する連立1次方程式の直接解法を援用した固有値・特異値計算, 第11回情報・統計科学シンポジウム, 2006.12.
 3. 渡部善隆, Myoungnyoun Kim, 西田孝明, 中尾充宏, 3次元熱対流問題に対する解の数値的検証について, 研究集会・流れ問題の数値解析と精度保証付き数値計算, 2006.11.
 4. 渡部善隆, 非対称疎行列に対する連立1次方程式の直接解法を用いた特異値計算, 第10回環瀬戸内応用数理研究部会シンポジウム, 2006.07.
 5. 渡部善隆, Some computer assisted proofs on the bifurcation structure of solutions for the Rayleigh-Bénard problem, 研究集会・流体と気体の数学解析, 2006.07.
 6. 渡部善隆, 中尾充宏, 山本野人, 西田孝明, 計算機援用証明による熱対流問題の分岐点の存在検証, 九州大学数値解析学セミナー, 2006.04.
 - 紀要, 総説, 論評, 解説, 書評, 報告書等
 1. 渡部善隆, Some computer assisted proofs on the bifurcation structure of solutions for the Rayleigh-Bénard problem, 京都大学数理解析研究所講究録, Vol.1536, pp.87-96, 2007.02.
 2. 渡部善隆, Rayleigh-Bénard 問題の大域分岐構造に対する精度保証付き数値計算, 京都大学数理解析研究所講究録, pp.101-105, 2006.07.

研究資金

- 科学研究費
 1. 基盤研究(C) 『熱対流問題の解の大域構造に対する計算機援用証明』研究代表者, 平成18年度-20年度.
 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シミュレーション』(研究代表者: 九州大学 田端正久 教授), 研究分担者平成16年度-20年度.
 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』(研究代表者: 九州大学 中尾充宏 教授), 研究分担者平成15年度-18年度.
 4. 特別推進研究 『精度保証付き数値計算学の確立』(研究代表者: 早稲田大学 大石進一 教授), 研究分担者(平成18年度より)平成17年度-21年度.
- 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.

教育活動

- 教育活動概要

1. 情報処理概論(工学部2年)平成14~18年度
2. 平成10~18年度 情報基盤センター・プログラミング言語講習会講師
3. その他, 数値計算における速度向上(チューニング)のポイント, 丸め誤差の累積についての注意点, ベクトル並列計算機の性能評価などを広報記事として発表しました

- その他の特筆すべき教育実績

1. 2007.03, 九州大学 21世紀COEプログラム・数値解析チュートリアル2007 講師担当偏微分方程式に対する精度保証付き数値計算.

大学運営

- 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.