

## 平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書

◆ 記入に当たっては、「平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書記入要領」を参照してください。

ローマ字		TABATA MASAHISA					
① 研究代表者氏名		田端 正久		② 所属研究機関・部局・職		国立大学法人 九州大学・大学院 数理学研究院・教授	
③ 研究課題名	和文	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					
	英文	Development and analysis of high-quality numerical methods and simulation for flow problems					
④ 研究経費		平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	総合計
18年度以降は内約額 金額単位：千円		18,000	15,800	9,400	8,700	8,900	60,800
⑤ 研究組織（研究代表者及び研究分担者） *平成18年3月31日現在							
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門		役割分担（研究実施計画に対する分担事項）			
田端 正久	九州大学・大学院数理学研究院・教授	数値解析		非圧縮流れ問題の高品質数値解法			
中尾 充宏	九州大学・大学院数理学研究院・教授	計算数学		流れ問題の精度保証数値計算			
中木 達幸	広島大学・総合科学部・教授	応用解析学		渦運動の高品質数値解法			
渡部 善隆	九州大学・情報基盤センター・助教授	計算数学		流れ問題の精度保証付並列数値計算			
木村 正人	九州大学・大学院数理学研究院・助教授	数値解析 数学解析		移動境界問題の高品質数値解法			
長藤 かおり	九州大学・大学院数理学研究院・助教授	数値解析 数値的検証法		固有値問題の精度保証計算			
鈴木 厚	九州大学・大学院数理学研究院・助手	数値解析 数値計算		領域分割法と熱対流問題の並列数値計算			
⑥ 当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）							
<p>本研究で明らかにする内容は次の3点である</p> <p>(a) 非圧縮粘性流れ問題の高品質数値解法の確立</p> <p>(b) 移動境界問題の高品質数値解法の確立</p> <p>(c) 流れ問題の精度保証付き高品質数値解法の確立</p> <p>各項の具体的目的は次のとおりである。</p> <p>(a)に関しては、非圧縮粘性流れ問題、密度と連立した密度依存流れ問題、熱と連立した熱対流問題に対して高精度計算が可能な数値解法の開発と解析を行い、数値シミュレーションを実践する。また、領域分割法と並列計算による大規模実践コードを作成し、熱対流問題の数値シミュレーションを行う。さらに、非粘性流れの渦運動の緩和振動についても研究する。</p> <p>(b)に関しては、時間変化する移動境界を捕らえることができる高品質数値計算手法の開発と解析を行い、二流体流れ、曲率流、反応拡散系に現れる問題に適用し数値シミュレーションを行う。</p> <p>(c)については区間演算を伴う数値計算手法の改良、新たな精度保証検証手順の開発を行い、それを用いて熱対流流れの大域分岐問題、ナビエ・ストークス方程式の解のキャビティ内や段差流れに関して非凸領域で精度保証付き数値計算を行う。</p>							

⑦これまでの研究経過（研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。）

本研究の目的である3項目、(a) 非圧縮粘性流れ問題の高品質数値解法の確立、(b) 移動境界問題の高品質数値解法の確立、(c) 流れ問題の精度保証付き高品質数値解法の確立、の研究経過を具体的問題について述べる。主な研究経過を下図に示す。

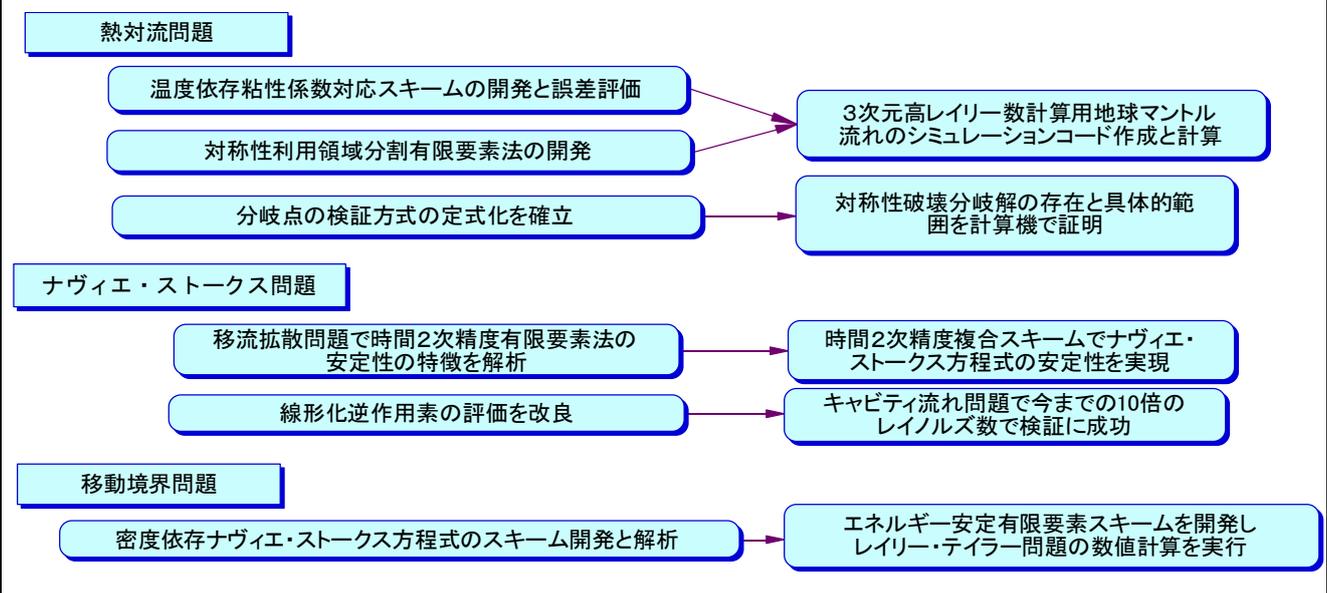
熱対流問題に関する経過。現実の熱対流問題では粘性係数が温度に強く依存していることが多い。高温部分では粘性が小さくなり低温部分では大きくなる。粘性係数が温度に依存する非線形性の高い熱対流問題に対して有限要素スキームの開発と誤差解析を行った。プラントル数が有限の熱対流問題、無限大の遅い流れの問題のいずれにも適用でき得られた誤差評価は最良である。一方、領域がある種の対称性を持つ場合に非常に有効な領域分割法に基づく有限要素法を開発した。これらの結果を結合して、すでに開発していた3次元地球殻領域で地球マントル流れをシミュレートする計算コードを改良し、高レイリー数計算も可能なコードに拡張した。このコードを使って高レイリー数問題を計算し、高温部低温部の流れの特徴を捉えた。精度保証計算の目的のために、分岐点の存在検証方式の定式化を確立した。その結果、2次元のレイリー・ベナール熱対流問題に対して精度保証付き計算により対称性破壊分岐解の存在を具体的な存在範囲とともに証明することに成功した。

ナビエ・ストークス問題に関する経過。時間2次精度特性曲線有限要素法スキームをこの問題に適用するに際し、移流拡散問題でその安定性の特徴を詳しく調べた。時間2次精度スキームは、数値積分から搬入する誤差に関して時間1次精度スキームより強靱な安定性を持っていることが分かると同時に、ナビエ・ストークス方程式では圧力項の近似方法が安定性に影響を及ぼすことが分かった。その結果、2次と1次の複合スキームが良好な計算結果を与えることを見つけその解析が進行中である。2次精度であること、解くべき連立1次方程式が対称であることの利点は維持している。定常ナビエ・ストークス問題の精度保証付き計算で必要となる線形化逆作用の評価を改良した。その結果キャビティ流れ問題で先行結果の10倍のレイノルズ数まで精度保証付き計算をすることができるようになった。段差流れ問題の検証方式を定式化しプロトタイプの数値検証を行った。

移動境界問題に関する経過。二つの流体がそれぞれナビエ・ストークス方程式に支配され時間とともに変化する移動界面を持つ問題に対して、符号付距離関数でなく密度そのものを界面捕獲関数として使う定式化を用いて、エネルギー安定有限要素スキームを開発し解析した。密度、流速、圧力を未知関数にする定式化であり、これらに関して時間安定性を証明した。このスキームをレイリー・テイラー問題に適用し解の挙動を調べ、ある条件化で収束性も議論できることを示した。

その他、アレン・カーン型の数理モデルに対して界面エネルギーとして総変動量を用いた新たな手法で界面運動を解析すること、反応拡散系の移動境界問題に適応型有限要素コードを作成し定性的解析をすること、特異極限法による数値解法でステファン問題などの移動境界問題を解くこと、渦群の緩和振動の研究で新たな渦振動を見つけることにも成功している。

当初の3つの研究目的に対しすでに上述の結果を得ており、それらは国内外の研究集会で広く発表された。



⑧特記事項 (これまでの研究において得られた、独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。)

(1) 熱対流問題に対する有限要素法の誤差評価の確立とその応用[1],[6]

非定常熱対流問題は、ナビエ・ストークス方程式と熱エネルギー方程式が浮力項と移流項で連立した問題であり、非常に多くの数値計算がなされているが、数値解の収束性に関しては、半離散近似など非常に限定的な結果しか得られていなかった。実際の計算に用いられる全離散有限要素近似に対して初めて、包括的な誤差評価を与えることに成功した。得られた結果は、係数が温度に依存している場合も含んでいる。遅い流れの熱対流問題で温度依存係数を持つ場合にも、安定化有限要素法を用いて収束性を示した。係数の温度依存性は、地球マントル対流やガラス熔融炉内流れ問題などの現実的な問題で本質的に重要である。高レイリー数に対応したスキームを開発し地球マントル対流の数値計算に用いて、粘性係数の温度依存性が3次元対流パターンに如何に反映するかを明確に捕らえた。

論文[1]が掲載された学術雑誌 Numer. Math. は数値解析分野を代表する国際誌で世界に広く流布している。得られた結果は広範囲の有限要素法に適用できるものであり、熱対流問題に対する標準結果として今後引用されると考えられる。これらの結果は、昨年、チェコ共和国ピルセンで開催された「数学モデルと計算法」に関する国際会議(3)等の基調講演で発表した。

(2) 流れ問題に対する精度保証付き数値計算手法の確立とその応用[22],[26]

科学技術計算において誤差評価は事前誤差評価と事後誤差評価の二つがある。事前誤差評価は離散化の度合いを上げると数値解が厳密解に収束することを保証しその収束精度を与えるのに対し、事後誤差評価は計算された数値解と厳密解との絶対的な差を評価するものである。精度保証付き数値計算は後者に関係する。区間演算を用いるので計算量が増えるが、良好な数値計算結果が得られれば無限次元空間での縮小写像性を用いて厳密解の存在証明をも与えることになる。したがって、特に非線形偏微分方程式では理論的研究への波及効果も大きい。流れ問題へ精度保証計算を適用するには計算規模から実用上の問題があったが、数値的検証手法の改善により今回二つの明確な成果が得られた。一つはナビエ・ストークス方程式の例題としてしばしば用いられる2次元キャビティ流れで、精度保証が可能なレイノルズ数が従来の10倍まで可能になった。精度保証付き計算では厳密解の存在範囲が各点で正確に与えられているので、この結果はナビエ・ストークス問題の数値計算コードの良し悪しの判定に有用に用いられるであろう。もう一つは、2次元熱対流問題に対して滑り境界条件の下で非自明解の数値的検証に成功したことである。従来の解析的手法では自明解からの分岐以後の構造は解明できていなかったが、今回分岐点と対称性破壊分岐解の存在が具体的な存在範囲とともに示すことができたことは、この問題の理論解析にも大きなインパクトを与えるものである。これらの結果は、昨年、ベルギー共和国ブルージュで開催された「非線形理論とその応用」に関する国際会議(6)等の基調講演で発表されている。

(3) 移動境界問題に対するエネルギー安定有限要素法の開発[10],[11]

二つの流体がそれぞれナビエ・ストークス方程式に支配され時間とともに移動する二流体問題の数値計算は数多くなされているが、数値解の収束性の結果は得られていない。今回、密度依存ナビエ・ストークス方程式を経由して、密度、流速、圧力をそれぞれ定数、非適合1次、定数要素と、1次、2次、1次要素で近似するスキームを開発し、双方のエネルギー安定性を証明した。前者に対しては物理的に自然な界面条件ではないが収束性が示せ、後者に関しては自然な界面条件であるが現時点では収束性の結果は得ていない。したがってまだ最終結果は得ていないが、この方向の研究が収束性を示すスキームの作成に有力な新しい方向性を与えた。

(4) 時間2次精度特性曲線有限要素法の開発[7],[8]

流れ問題が構造問題と異なる大きな特徴は通常、最終的に解くべき連立一次方程式の行列が非対称になることである。移流拡散方程式でもナビエ・ストークス方程式でもそうであり、大規模高性能数値計算を難しくしている。特性曲線法はこの点を克服し計算に必要な行列は対称である。我々は従来の1次精度を2次精度に上げる理論を作成し、移流拡散方程式で安定性と収束性の結果を得ていた。今回、ナビエ・ストークス方程式に拡張するに際して、1次精度と2次精度の複合スキームが良好な数値計算結果を与えることが分かったが、その理論的背景は現在研究中である。精度が全体として2次であることは示した。ナビエ・ストークス問題を対称行列の範囲で解くことができれば高性能計算に結びつくものであり、この実現に大きく前進した。

⑨研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

学術誌等に発表した論文

- (1) Tabata, M. and Tagami, D., Error estimates of finite element methods for nonstationary thermal convection problems with temperature-dependent coefficients, *Numerische Mathematik*, 100(2005), 351-372.
- [2] 田端正久, 有限要素法—理論から実践まで(1) 最小型変分原理に基づく有限要素法, 応用数理, 15(2005), 41-48.
- [3] 田端正久, 有限要素法—理論から実践まで(2) 要素分割とプログラミング, 応用数理, 15(2005), 159-164.
- [4] 田端正久, 有限要素法—理論から実践まで(3) 鞍点型変分原理に基づく有限要素法, 応用数理, 15(2005), 259-268.
- [5] 田端正久, 有限要素法—理論から実践まで(4) 誤差解析, 応用数理, 15(2005), 347-355.
- (6) Tabata, M., Finite element approximation to infinite Prandtl number Boussinesq equations with temperature dependent coefficient – Thermal convection problems in a spherical shell, *Future Generation Computer Systems*, 22(2006), 521-531.
- [7] Tabata, M., Discrepancy between theory and real computation on the stability of some finite element schemes, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, doi:10.1016/j.cam.2005.08.042, in press.
- [8] Tabata, M. and Fujima, S., Robustness of a characteristic finite element scheme of second order in time increment, *Computational Fluid Dynamics 2004*, Proceedings of the Third International Conference on Computational Fluid Dynamics, Toronto, Canada, July 2004, Springer, in press.
- [9] Tagami, D. and Tabata, M., Numerical computations of a melting glass convection in the furnace, *Proceedings of 7th China-Japan Joint Seminar for Computational Mathematics and Scientific Computing*, Zhang Jia Jie, China, August, 2004, Science Press, to appear.
- [10] Tabata, M. and Kaizu, S., Finite element schemes for two-fluids flow problems, *Proceedings of 7th China-Japan Joint Seminar for Computational Mathematics and Scientific Computing*, Zhang Jia Jie, China, August, 2004, Science Press, to appear.
- [11] Tabata, M., Numerical simulation of Rayleigh-Taylor problems by an energy-stable finite element scheme, *Proceedings of The Fourth International Workshop on Scientific Computing and Its Applications*, June, 2005, Shanghai, China, Science Press, to appear.
- [12] Nakao, M.T. and Watanabe, Y., An efficient approach to the numerical verification for solutions of elliptic differential equations, *Numerical Algorithms*, Special issue for Proceedings of Scientific Computing, Computer Arithmetic, and Validated Numerics 2002, 37(2004), 311-323.
- [13] 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, 京都大学数理解析研究所講究録, 1381(2004), 148-158.
- [14] Nakao, M.T., Hashimoto, K. and Watanabe, Y., A numerical method to verify the invertibility of linear elliptic operators with applications to nonlinear problems, *Computing*, 75(2005), 1-14.
- [15] Hashimoto, K., Abe, R., Nakao, M.T. and Watanabe, Y., A Numerical verification method for solutions of singularly perturbed problems with nonlinearity, *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics*, 22(2005), 111-131.
- [16] Hashimoto, K., Kobayashi, K. and Nakao, M.T., Numerical verification methods for solutions for the free boundary problems, *Numerical Functional Analysis and Optimization*, 26(2005), 523-542.
- [17] Nakao, M.T., Hashimoto, K., and Nagatou, K., A computational approach to constructive a priori and a posteriori error estimates for finite element approximations of bi-harmonic problems, *Proceedings of the 4th JSIAM-SIMAI Seminar on Industrial and Applied Mathematics*, May, 2005, Hayama, Japan, GAKUTO International Series, Mathematical Sciences and Applications, to appear.
- [18] Nakaki, T., Computations on relaxation oscillation of five point vortices, *Advances in Scientific Computing and Applications* (eds. Y. Lu, W. Sun and T. Tang), Science Press, 2004, 314-320.
- [19] Murakawa, H. and Nakaki, T., A singular limit method for the Stefan problem, *Numerical Mathematics and Advanced Applications*, Proceedings of the 5th European Conference on Numerical Mathematics and Applications, Springer, 2004, 651-657.
- [20] Nakaki, T. and Murakawa, H., A numerical method to Stefan problems and its application to the flow through porous media, *Proceedings of 4th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering*, vol.2, 2004, ISBN 951-39-1869-6, 10 pages in CD-ROM.
- [21] Nakaki, T., Relaxation oscillations of point vortices in a plane, *Theoretical and Applied Mechanics Japan*, 53(2004), 95-102.
- (22) Watanabe, Y., Yamamoto, N., Nakao, M.T., and Nishida, T., A Numerical verification of nontrivial solutions for the heat convection problem, *Journal of Mathematical Fluid Mechanics*, 6(2004), 1-20.

⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）

- [23]渡部 善隆, 山本 野人, 中尾 充宏, 楢田型方程式の解に対する局所一意性付き数値的検証法の効率化, 日本応用数理学会論文誌, 15(2005), 509-520.
- [24]Shirakawa, K. and Kimura, M., Stability analysis for Allen-Cahn type equation associated with the total variation energy, *Nonlinear Analysis*, 60(2005), 257-282.
- [25]木村正人, 永田真一, 速い移流を持つStrum-Liouville問題の第1固有値の精密な漸近挙動, 日本応用数理学会論文誌, 15(2005), 209-220.
- [26]Nagatou, K., Hashimoto, K. and Nakao, M.T., Numerical verification of stationary solutions for Navier-Stokes problems, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, to appear.
- [27]Suzuki, A. and Tabata, M., Finite element matrices in congruent subdomains and their effective use for large-scale computations, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 62(2005), 1807-1831.

国際会議, 学会等における発表（基調講演）

- (1) Tabata, M., A finite element scheme for two-layers flow problems, The 7th China-Japan Joint Seminar for Computational Mathematics and Scientific Computing, Zhang Jiajie, China, 2004.8.
- (2) Tabata, M., Mass-conservative and energy-conservative finite element schemes for flow problems, The Fourth International Workshop on Scientific Computing and Its Applications, Shanghai, China, June, 2005.
- (3) Tabata, M., Finite element approximation to infinite Prandtl number Boussinesq equations and numerical simulation of melting glass convection, The Third IMACS Conference on Mathematical Modelling and Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, Pilsen, Czech Republic, 2005.7.
- (4) Nakao, M.T., Numerical verification of solutions for the stationary driven-cavity problems, Taiwan-Japan Joint Conference on Nonlinear Analysis, Taipei, Taiwan, 2004.11.
- (5) Nakao, M.T., Watanabe, Y., Yamamoto, N. and Nishida, T., Numerical verification of bifurcation points for solutions of some heat convection problems, The 4th JSIAM-SIMAI Seminar on Industrial and Applied Mathematics, Kanagawa, Japan, 2005.5.
- (6) Nakao, M.T., Watanabe, Y., Yamamoto, N., Nishida, T. and Kim, M.-N., Some computer assisted proofs on the bifurcation structure of solutions for heat convection problems, International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications 2005, Bruges, Belgium, 2005.10.
- (7) 中木 達幸, 平面上の渦点群の挙動, 日本数学会特別講演, 日本大学, 2005.3.
- (8) Nagatou, K., Numerical verification for stationary solutions of driven cavity problem, The 7th China-Japan Joint Seminar on Numerical Mathematics, Zhang Jia Jie, China, 2004.8.
- (9) Nagatou, K., The Fifth Gregynog Workshop on Computation and Analytic Problems in Spectral Theory, Newtown, United Kingdom, 2005.7.
- (10) 鈴木 厚, ストークス方程式の有限要素法による大規模並列計算手法とその数理, 日本数学会 秋季総合分科会 特別講演, 岡山大学, 2005.9.

国際会議, 学会等における発表（一般講演, 国内学会の発表は除く.）

- (1) Tabata, M., Robustness of a characteristic finite element scheme of second order in time increment, Third International Conference on Computational Fluid Dynamics, Toronto, Canada, 2004.7.
- (2) Tabata, M., The mass-conservative upwind finite element approximation and its application to the density-dependent Navier-Stokes equations, Czech-Japanese Seminar in Applied Mathematics, Prague, Czech Republic, 2004.8.
- (3) Tabata, M., Finite element and difference schemes based on the method of characteristics, 2005 International Conference on Scientific Computation and Differential Equations, Nagoya Congress Center, Nagoya, 2005.5.
- (4) Tabata, M., Finite element schemes for density-dependent Navier-Stokes equations and their applications to two-fluid flow problems, Trends in Numerical and Physical Modeling for Industrial Multiphase Flows, Cargese, France, 2005.9.
- (5) Notsu, H. and Tabata, M., A second order characteristic finite element scheme for the Navier-Stokes equations, Workshop on Numerical Analysis of Flow Problems and Validated Computations, Nagasaki Washington Hotel, Nagasaki, Japan, 2005.10.
- (6) Tabata, M. and Fukushima, Y., A finite element approximation to density-dependent Navier-Stokes equations and its application to Rayleigh-Taylor instability problem, International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences, Chennai, India, 2005.12
- (7) Nakao, M.T., Nagatou, K. and Hoshimoto, K., Numerical enclosure of solutions for two dimensional driven cavity problems, European congress on Computational methods in Applied Sciences and Engineering, Jyvaskyla, Finland, 2004.7.

- ⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）
- (8) Nakao, M.T., Several topics on numerical verification of solutions for problems related to Navier-Stokes equations, 2004 Kyushu-Kyungpook International Mini-Conference on Numerical Methods for Partial Differential Equations, Daegu, Korea, 2004.11
  - (9) Nakao, M.T., On numerical verification of solutions for three dimensional heat convection problems, Dagstuhl Seminar on Algebraic and Numerical Algorithms and Computer-assisted Proofs, Dagstuhl, Germany, 2005.9.
  - (10) Kim, M.-N. and Nakao, M.T., On verified 3D bifurcating solutions of heat convection problem, Workshop on Numerical Analysis of Flow Problems and Validated Computations, Nagasaki Washington Hotel, Nagasaki, Japan, 2005.11.
  - (11) Nakaki, T. and Murakawa, H., A numerical method to Stefan problems and its application to the flow through porous media, European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering 2004, Jyväskylä, Finland, 2004.7.
  - (12) Nakaki, T. and Murakawa, H., Numerical computations to moving boundaries in multi-dimensional porous medium equations, Czech-Japanese Seminar in Applied Mathematics, Prague, Czech Republic, 2004.8.
  - (13) Nakaki, T., Three, four and five point vortices which exhibit the relaxation oscillation (Euromech 448) Paris, France, 2004.9.
  - (14) Nakaki, T., A singular limit method for the porous medium equation and its numerical simulations, Analysis and Numerical Approximation of Singular Problems, Lisbon, Portugal, November, 2004.
  - (15) Nakaki, T. and Murakawa, H., Approximations for some diffusion and interface problems using singular limit technique, International Conference on Differential Equations, Bratislava, Slovakia, 2005.7.
  - (16) Nakaki, T., Relaxation oscillation in assemblies of point vortices, Workshop on Applied Mathematics, Prague, Czech Republic, 2005.8.
  - (17) Nakaki, T., A numerical scheme to some point vortex problems by using projections, The second Czech-Japanese seminar in applied mathematics, Kujū, Oita, Japan, 2005.9.
  - (18) Watanabe, Y., Plum, M. and Nakao, M.T., A Computer assisted proof for the Orr-Sommerfeld Problem, 11th GAMM - IMACS International Symposium on Scientific Computing, Fukuoka, Japan, 2004.10.
  - (19) Watanabe, Y., A computer assisted proof of a symmetry-breaking bifurcation point for the Rayleigh-Benard problem, Workshop on Numerical Analysis of Flow Problems and Validated Computations, Nagasaki Washington Hotel, Nagasaki, Japan, 2005.11.
  - (20) Watanabe, Y., A computer assisted proof of a bifurcation point for the heat convection problems, Algebraic and Numerical Algorithms and Computer-assisted Proofs, Dagstuhl, German, 2005.9.
  - (21) Kimura, M., Variational mathematical model to quasi-stationary phase transition with the Gibbs-Thoms on effect, Czech-Japanese Seminar in Applied Mathematics, Prague, Czech Republic, 2004.8.
  - (22) Kimura, M., On a geometric variational problem related to the quasi-stationary Stefan-Gibbs-Thomson problem, Workshop on Mathematical and Numerical Analysis of Nonlinear Phenomena, Tokyo, Japan, 2005.2
  - (23) Kimura, M., Adaptive mesh FEM for pattern formation in reaction diffusion systems, 2005 International Conference on Scientific Computation and Differential Equations, Nagoya, Japan, 2005.5.
  - (24) Kimura, M., Adaptive mesh finite element method for several pattern formations, 2005 Taiwan-Japan Joint Workshop on Numerical Analysis and Scientific Computation, Taipei, Taiwan, 2005.11.
  - (25) Kimura, M., A quantitative study on adaptive FEM for several pattern formations, Workshop on Numerical Analysis of Flow Problems and Validated Computations, Nagasaki Washington Hotel, Nagasaki, Japan, 2005.11.
  - (26) Nagatou, K., Hashimoto, K. and Nakao, M.T., Numerical verification of stationary solutions for Navier-Stokes problems, 11th GAMM-IMACS International Symposium on Scientific Computing, Fukuoka, Japan, 2004.10.
  - (27) Nagatou, K., Eigenvalue enclosing and excluding method in gaps of essential spectrum, Dagstuhl seminar 05391: Algebraic and Numerical Algorithms and Computer-assisted Proofs, Dagstuhl, Germany, 2005.9.
  - (28) Suzuki, A., Finite element computation of Earth's mantle convection problem on a vector-parallel Computer, Sixth World Congress on Computational Mechanics in conjunction with the Second Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics, Beijing, China, 2004.9.