

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月24日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22360042

研究課題名（和文） 有限節点法，境界節点法の完全メッシュレス化とその工学的応用

研究課題名（英文） Development of Complete Meshless Scheme for Finite Node Method and Boundary Node Method and Technological Application

研究代表者

生野壮一郎（IKUNO SOICHIRO）

東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・准教授

研究者番号：70318864

研究成果の概要（和文）：本研究では，有限要素法や境界要素法の問題点を克服する手法として注目されている，有限節点法（Finite Node Method, FNM）と境界節点法（Boundary Node Method, BNM）の領域形状表現と補間関数の構成を完全分離することにより，新しい解法スキームを考案し，電磁界解析等の分野への同法の適応可能性を調べることに成功した．その際，FNM, BNMの新しい定式化を完了し，様々な境界条件を付加することが可能となった．また，完全メッシュレス法の応用技術として，Meshless Time Domain Method (MTDM) の開発を行い，任意形状導波路内の電磁波伝播解析を行った．

研究成果の概要（英文）：In the present study, we successfully formulated the new scheme without mesh concept for solving a partial differential equation by dissociating the illustration of domain shape and construction of interpolant functions from the Finite Node Method (FNM) and the Boundary Node Method (BNM). We investigated the possibility of applicable for the electromagnetic analysis, and the methods were achieved to applied for the problems. In addition, the new formulated scheme could permitted the imposing various boundary conditions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2011年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2012年度	2,500,000	750,000	3,250,000
年度			
年度			
総計	8,900,000	2,670,000	11,570,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎

キーワード：シミュレーション工学，数理工学，メッシュレス法，陰関数曲面

1. 研究開始当初の背景

有限要素法 (FEM) と境界要素法 (BEM) は，これまで計算科学の分野で幅広く用いられてきたが，FEM と BEM 自体が内包している問題点が2つ挙げられる．第1に，両法を用いた解析では，対象領域やその境界を要素の集合に分割する必要がある．しかしながら，要素分割は代数方程式を構成し解を求めるより

も，一般に，マンパワーと CPU 時間を浪費する．第2の問題点は，両法の数値解は滑らかさ（連続微分可能性）に限界があることである．この2つの問題点のため，CPU 時間は多少かかってもデータの準備にコストを要しない方法と滑らかな形状関数を基底にもつ関数空間内で弱形式や逆形式を離散化する手法の開発が望まれてきたのである．近年，

上記問題点をある程度克服した方法として、メッシュレス法が注目を集めている。メッシュレス法は大きく有限節点法(FNM)と境界節点法(BNM)に分けることができ、それぞれ、有限要素法と境界要素法を改良したものである。

これまで、筆者等の研究グループでは、高温超伝導体中を流れる遮蔽電流密度の時間発展問題を有限要素法や有限節点法で解くことにより、両法を比較検討してきた。上記研究の成果として、次の2点が判明した。

(1) 有限節点法と境界節点法の両法とも、行列要素の計算には積分セルが用いられている。

(2) 境界節点の情報だけから対象領域の境界曲面を再現することが可能である。

即ち、メッシュレス法では、対象領域を要素分割する必要はないが、その代わりに対象領域または境界のセル分割が必要となるのである。しかしながら、境界曲面の陰関数表現から境界積分を計算できれば、セル分割を行わないでメッシュレス法を再定式化できるのである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、領域の形状表現と補間関数の構成を完全に分離することにより、要素の概念を完全に取り去った偏微分方程式の解法スキームを考案し、電磁界解析や構造解析等の分野への同法の適応可能性を調べることにある。特に、領域の形状表現には陰関数曲面法を利用する。具体的には、研究期間内に達成する目標として、3つの段階を設定している。第1段階の「方法論開発フェーズ」では、陰関数曲面による境界形状表現と有限節点法、境界節点法との融合化をはかる。即ち、境界曲面の陰関数表現を用いてメッシュレス法を再定式化することにより、メッシュレス法から完全に「要素」の概念を取り除く。今後、「要素」の概念を全く含まないメッシュレス法を完全メッシュレス法と呼ぶことにする。第2段階の「高性能化フェーズ」では、高精度化の点からアダプティブ法を開発し、特異積分の高精度評価法を検討する。また、高速化という観点から、完全メッシュレス法により得られる連立1次方程式の高速ソルバーの開発と並列分散処理を用いて高速な要素計算を目指す。最後に、第3段階の「工学的実証フェーズ」では、本研究で提案する完全メッシュレス法を電磁界解析や構造解析に適用し、その有効性を数値的に実証してゆく。

3. 研究の方法

5名のメンバー(生野, 神谷, 齋藤, 多田野, 伊東)は高性能化グループと基礎理論グループという2つのグループに分けられる。

この2グループは、2つの段階を経て完全メッシュレス法を確立してゆくことになる。第1段階では、高性能化グループ(生野, 多田野)は完全メッシュレス法の高速化と完全メッシュレスFNMの高精度化を担当し、基礎理論グループ(神谷, 齋藤, 伊東)は完全メッシュレス法の基礎理論を構築した後、完全メッシュレスBNMの高精度化を目指す。第2段階では、高性能化グループと基礎理論グループがそれぞれ構造解析および電磁界解析に完全メッシュレス法を適用することにより、その有効性を実証する。特に、完全メッシュレスFNMと完全メッシュレスBNMとを精度とスピードの両面から従来のFNM, BNMと比較してゆく。

以下では、簡単化のため、従来の有限節点法(FNM)と境界節点法(BNM)を総称して部分的メッシュレス法と呼び、本研究で開発を目指している完全メッシュレス法と明確に区別することにする。また、理論や数値計算技術の妥当性を検証する際には、齋藤等によって開発された2次元ポテンシャル問題解析用完全メッシュレス・コードを利用するが、今後、同コードを2次元コードと略記することにする。

【高性能化グループ】

齋藤, 伊東, 神谷等による先駆的研究によれば、ポテンシャル問題に完全メッシュレス法を適用した場合、現れる連立1次方程式がもつ係数行列の代数的構造は部分的メッシュレス法を適用した場合と酷似している。それ故、完全メッシュレス法を高速化するためには、部分的メッシュレス法を高速化する技術を確立すれば十分である。従って、部分的メッシュレス法を用いた際に現れる連立1次方程式の高速解法を提案し、同法を並列分散処理環境へ実装することを高性能化グループの目標とする。

先ず、高性能化グループは部分的メッシュレス法の高速化をソルバーによって実現する。具体的には、連立1次方程式の高速ソルバーの選定を行う。よく知られているように、採用する離散化手法(FNM, BNM)によって連立1次方程式の係数行列は対称疎行列、非対称密行列の何れにもなり得る。それ故、離散化法に応じた前処理と Krylov 部分空間法の様々な組み合わせによって、ソルバーの選択肢が生じるのである。一旦ソルバーが選定されれば、その妥当性を2次元コードによって検証する。もしソルバーの収束特性が十分満足できるものでない場合には、ソルバーを再検討することによって適切なソルバーを得ることを目指す。

次に、高性能化グループはPCクラスタによる並列分散処理環境を構築した後、並列分散処理技術の習得を行う。さらに、MPI環境を前提とした分散並列処理環境に係数行列

の計算を実装する。この一連の作業により、部分的メッシュレス法の高速度化が完成することになる。

【基礎理論グループ】

兵庫県立大学の齋藤研究室では、ポテンシャル問題を解析する2次元完全メッシュレス・コードが既に開発されており、現在、DRM化も含めた非同次問題への対応や軸対称MHD平衡配位解析への応用が精力的に研究されている。しかしながら、同じポテンシャル問題でも、2次元と3次元では完全メッシュレス法の実装方法は著しく異なる。それ故、3次元完全メッシュレス法の基礎理論を完成させることを基礎理論グループの目標とする。

先ず、基礎理論グループは、形状関数の選定と数値積分法の提案を行う。特に、完全メッシュレスBNMでは、ノルムとして測地線距離またはEuclidノルムの何れを使うかによって、形状関数の特性が大きく変化する。また、完全メッシュレスBNMで現れる影響係数の計算では、被積分関数が特異性を示すため、数値積分を行う際には細心の注意が必要である。この意味から、完全メッシュレスFNMと完全メッシュレスBNMに対して、別々に形状関数と数値積分法を選定せねばならない。上記手法を用いて、3次元完全メッシュレス法の基礎理論が確立されることになる。

次に、離散化法として完全メッシュレスFNMと完全メッシュレスBNMを用いることによって、基礎理論グループは3次元Poisson問題解析用コードを2種類開発し、両コードの比較検討を行う。このように2つの別々の離散化法を用いたシミュレーション・コードを開発すれば、両法の精度、高速性、前処理の煩雑さ等を比較できるばかりか、両コードの解析結果がほぼ一致すれば、シミュレーション・コードの正当性も間接的に実証されたことになる。

最終年度には、次の2つのステップを順次遂行することによって、完全メッシュレス法の【高性能化フェーズ】の後半部と【工学的実証フェーズ】を完成させる。

- (1) 完全メッシュレス法の高精度化
- (2) 完全メッシュレス法の工学的諸問題への応用

(1)では、高性能化グループと基礎理論グループがそれぞれ完全メッシュレスFNMと完全メッシュレスBNMの高精度化を担当する。特に、完全メッシュレスBNMの精度を改善する手法としては、Singular Integral Equationを支配方程式として解き、Hypersingular Integral Equationの残差によって精度を評価するアダプティブ法を採用する。一般に、BEMやBNM等の境界積分方程式法では、内点公式の精度が境界近傍で著しく劣化することが知られている。この問題点を解決するた

め、(1)では、高精度正則化法と仮想領域法を適用することを計画している。また、完全メッシュレスFNMを精度向上させる手法としては、アダプティブ法と境界積分の精度改善が行われる。

(2)では、これまで有限要素法、境界要素法が重要な役割を演じてきた工学的応用分野の解析に完全メッシュレス法を適用することによって、その有効性を数値的に示す。それ故、

- ① 3次元構造解析
- ② 3次元渦電流解析

の2つのテーマに対する完全メッシュレス・コードを開発し、商用有限要素コードのNASTRANやJ-MAGの解析結果と比較検討することによって、完全メッシュレス・コードの性能評価を行う。さらに、各現象のメカニズムを調べるための一助として、応力-歪み場、電磁場の3次元分布の可視化・アニメーション化プログラムも両グループが共同で開発する。

4. 研究成果

有限要素法(FEM)と境界要素法(BEM)は、これまで計算科学の分野で幅広く用いられてきたが、FEMとBEM自体が内包している問題点が上述のように2つ挙げられる。本研究では、これらの問題点のある程度克服した方法であるFNMとBNMの数値計算手法としての可能性と、工学分野への適用可能性を検討してきた。下記に理論的な研究成果と工学分野への応用に関して記す。

(1) 理論的な研究成果

まず、BNMに関しては、再定式化を行うことで、新たな拡張境界節点法の開発を実現した。同法は陰関数曲面法により得られる陰関数で境界形状を表現し、その陰関数を用いて積分面を定義、境界積分を行うことで完全メッシュレス化に成功した。

一方、FNMでは方程式を弱形式へ変形した後、境界条件を付加し、代数方程式を求める一切の手順を一般化することで、拡張有限節点法の開発を達成した。本手法を用いることで、様々な境界条件をLagrangeの未定乗数法だけではなく、その他の様々な手法で付加することが可能となった。また、FNMの試験関数と試行関数の関数空間の選択を柔軟に行うことが可能となり、補間関数の生成法への制限が皆無になったと言える。

(2) 応用分野への適用

拡張有限節点法は、核融合プラズマの平衡状態を記述するGrad-Shafranov方程式へ適用し数値的な検証を行った。Grad-Shafranov方程式は非線形固有値問題を解かなければならないが、このような具体的な問題に対しても通常の差分法や有限要素法と同様の解を得ることがわかった。

本研究を遂行する上で、メッシュレス法の時間依存型問題への適用可能性が副産物的に挙がり、様々な適用結果を得ることができた。メッシュレス法で用いる形状関数を直接 Maxwell 方程式へ適用することで直接離散化することが可能である。その際、メッシュレス法の一つである Radial Point Interpolation Method から得られる形状関数はクロネッカーのデルタ関数特性をもつため、離散化後の方程式が非常にシンプルに変形され、結果として、通常の Finite Differential Time Domain (FDTD) 法と同様の離散方程式が得られることがわかった。さらに、メッシュレス法の特徴を生かし、任意形状領域内の電磁波伝播解析へ適用し、伝播現象の再現を行った。

(3) 高速化について

3次元問題を解く場合、BNM, FNM より得られる連立1次方程式は大規模疎行列となる。一般に、大規模疎行列に対しては Krylov 部分空間解法が適用でき、その実用性は周知である。しかしながら、問題が大規模になればその計算時間は莫大なものになり、その高速化は必要不可欠なものとなる。本研究では、Graphic Processing Unit (GPU) の高性能性に着目し、GPU 向きの解法である可変の前処理付き Krylov 部分空間解法を混合精度型へ拡張し、実装と評価を行った。その結果、最大で約 20 倍程度の高速化を実現した。

以上の成果より分かるように、FNM, BNM の完全メッシュレス化は成功し、その工学的な応用も様々な問題に対して実装した。また、計算の高速化という観点から GPU への実装を実現し、現実的な結果を得ることができた。このことから、本研究で行われた理論的なアプローチ、実問題への適用・実装、高速化は今後の数値シミュレーション技術や数値計算分野で必要不可欠なものとなると期待できる。

(4) Meshless Time Domain Method について

本研究を進めるにあたり、Meshless Time Domain Method (MTDM) の開発及び、電磁波伝播解析への応用にも成功した。MTDM の基本概念は FDTD 法と同様であり、Maxwell の方程式を直接解く手法である。時間に関して、蛙跳び法を用いて離散化を行うが、空間に関しては Meshless 法より得られる形状関数を用いて離散化を行う。そのため、空間に電界と磁界の計算を行うための節点を散布し、その接点上で物理量を計算する。結果として、任意形状領域を容易に扱うことが可能となり、S 字・U 字導波路内の電磁波伝播解析を行った。しかしながら、発展途上の手法であるため、多々問題を内包しており、今後継続的に研究、応用を続けていく必要があると考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 43 件)

- ① S. Ikuno, T. Takayama, A. Kamitani: “Numerical Simulation of Permanent Magnet Method for J_c Measurement in HTS Thin Film: Influence of Hole to Proportional Relation”, IEEE Tans. Appl. Superconductivity, Vol. 22, No. 3, (2012) 4904804, 査読有
DOI: 10.1109/TASC.2012.2183334
- ② A. Kamitani, T. Takayama: “Numerical Simulation of Shielding Current Density in High-Temperature Superconducting Film: Influence of Film Edge on Permanent Magnet Method”, IEEE Trans. Magn., Vol. 48, No. 2, (2012) 727-730, 査読有
DOI: 10.1109/TMAG.2011.2175373
- ③ S. Ikuno, Norihisa Fujita, Yuki Kawaguchi, T. Itoh, S. Nakata, K. Watanabe: “Iterative Solver for Linear System Obtained by Edge Element: Variable Preconditioned Method with Mixed Precision on GPU”, IEEE Trans. Magn., Vol. 48, No. 2, (2012) 467-470, 査読有
DOI: 10.1109/TMAG.2011.2175375
- ④ A. Kamitani, T. Takayama, T. Itoh, S. Ikuno: “Numerical investigations on contactless methods for measuring critical current density in HTS: application of modified constitutive-relation method”, Physica C, Vol. 471 (2011) 1163-1166, 査読有
DOI: 10.1016/j.physc.2011.05.149
- ⑤ S. Ikuno, T. Takayama, A. Kamitani: “Numerical Investigations on Edge Effects of Shielding Current Density in HTS thick film”, IEEE Tans. Appl. Superconductivity, Vol. 21, No. 3, (2011) 3222-3225, 査読有
DOI: 10.1109/TASC.2010.2091242
- ⑥ A. Kamitani, T. Takayama, S. Ikuno: “High-performance simulation of shielding current density in HTS by constitutive-relation relaxation method”, IEEE Tans. Appl. Superconductivity, Vol. 21, No. 3, (2011) 3364-3368, 査読有
DOI: 10.1109/TASC.2010.2077270
- ⑦ T. Itoh: “A Method of Boundary Estimation from 3D Scattered Point Data without Normals by Implicit Function and Delaunay Tetrahedralization”, Journal of Visualization, Vol. 14 (2011) 381-391, 査読有
DOI: 10.1007/s12650-011-0088-8
- ⑧ A. Saitoh, N. Matsui, T. Itoh, A. Kamitani: “Development of Two-Dimensional

- Meshless Approaches without Using Integration Cells”, IEEE Trans. Magn., Vol. 47, No. 5 (2011) 1222-1225, 査読有
DOI: 10.1109/CEFC.2010.5481509
- ⑨ A. Kamitani, T. Takayama, T. Itoh, S. Ikuno: “Numerical investigations on contactless methods for measuring critical current density in HTS: application of modified constitutive-relation method”, Physica C, Vol. 471 (2011) 1163-1166, 査読有
- ⑩ A. Kamitani, T. Takayama, S. Ikuno: “High-Speed Method for Analyzing Shielding Current Density in High-Temperature Superconductor”, IEEE Trans. Magn., Vol. 47, No. 5, (2011) 1138-1141, 査読有
DOI: 10.1109/CEFC.2010.5481835
- ⑪ S. Ikuno, N. Fujita, Y. Kawaguchi, T. Itoh, S. Nakata, K. Watanabe: “High Performance Iterative Solver for Linear System using Multi GPU”, Plasma and Fusion Research, Vol. 6 (2011) 2401069, 査読有
DOI: 10.1585/pfr.6.2401069
- ⑫ I. Yamazaki, M. Okada, H. Tadano, T. Sakurai, K. Teranishi: “A Block Sparse Approximate Inverse with Cutoff Preconditioner for Semi-Sparse Linear Systems Derived from Molecular Orbital Calculations”, JSIAM Letters, Vol. 2 (2010) 41-44, 査読有
- ⑬ S. Ikuno, S. Deki, N. Fujita: “Numerical Investigations of Variable Preconditioned GCR with Mixed Precision on GPU”, Plasma and Fusion Research, Vol. 5 (2010) S2115, 査読有
DOI: 10.1585/pfr.5.S2115
- ⑭ A. Kamitani, T. Takayama, H. Nakamura: “High Performance Analysis of Shielding Current Density in High Temperature Superconducting Thin Film”, Plasma and Fusion Research, Vol. 5 (2010) S2112, 査読有
DOI: 10.1585/pfr.5.S2112
- ⑮ T. Itoh, A. Saitoh, A. Kamitani, H. Nakamura: “Three Dimensional Extended Boundary Node Method to Potential Problem”, Plasma and Fusion Research, Vol. 5 (2010) S2111, 査読有
DOI: 10.1585/pfr.5.S2111
- ⑯ A. Kamitani, T. Takayama, S. Ikuno: “Novel Applications of Inductive Method for Measuring Critical Current Density”, IEEE Trans. Magn., Vol. 46, (2010) 3073-3076, 査読有
- ⑰ S. Ikuno, T. Takayama, A. Kamitani: “Weight Function Control of Moving Least-Squares Interpolants: Application to Axisymmetric Shielding Current Analysis in HTS”, IEEE Trans. Magn., Vol. 46, (2010) 3097-3100, 査読有
- ⑱ T. Takayama, A. Kamitani: “Numerical Simulation of Permanent Magnet Method: Applicability to j_c -Measurement in HTS Thick Film”, IEEE Trans. Appl. Superconductivity, Vol. 20 (2010) 1021-1024, 査読有
- ⑲ A. Kamitani, T. Takayama, A. Tanaka, S. Ikuno: “Numerical simulation of inductive method for determining spatial distribution of critical current density”, Physica C, Vol. 470 (2010) 1189-1192, 査読有
- [学会発表] (計 95 件)
- ① 生野 壮一郎: 「Meshless Time Domain Method を用いた複雑形状導波路内電磁界解析」, 第 21 回 MAGDA コンファレンス in 仙台, 2012 年 11 月 12 日, 戦災復興記念会館, 宮城県
- ② T. Itoh, A. Saitoh, A. Kamitani: “Application of Extended Element-Free Galerkin Method to Electrostatic Problem in Dielectric Composite Material”, The 15th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2012), Nov. 12, 2012, Oita Oasis Tower Hotel, Oita
- ③ Y. Ohi, S. Ikuno, A. Kamitani: “Influence of Weight Function on Numerical Stability of Meshless Time Domain Method Based on RPIM”, The 15th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2012), Nov. 12, 2012, Oita Oasis Tower Hotel, Oita
- ④ S. Ikuno, T. Takayama, A. Kamitani: “Axisymmetric Simulation of Contactless Method for Measuring Critical Current Density: Influence of Hole on Accuracy”, Applied Superconductivity Conference 2012 (ASC 2012), Oct. 10, 2012, Oregon, USA
- ⑤ S. Ikuno, T. Itoh, A. Kamitani: “Electromagnetic Wave Propagation Simulation in Corrugated Waveguide using Meshless Time Domain Method”, The 15th International IGTE Symposium (IGTE 2012), Sep. 17, 2012, Hotel Novapark, Graz, Austria
- ⑥ T. Itoh, S. Ikuno: “Electromagnetic Wave Propagation Simulation in Complex Shaped Domain using Meshless Time Domain Method”, ICCES Special Symposium on Meshless & Other Novel

- Computational Methods (ICCES MM'12), Sep. 5, 2012, Maestral Hotel, Budva, Montenegro
- ⑦ 伊東拓, 生野壮一郎, 神谷淳: 「X-EFG法によって得られる非対称連立1次方程式に対するソルバーの検討」, 日本応用数理学会 2012 年度年会, 2012 年 08 月 29 日, 稚内全日空ホテル, 稚内, 北海道
- ⑧ S. Ikuno: “Parallelization of Variable Preconditioned Krylov Subspace Method using Multi-GPU”, 2012 年度 JSPS 二国間交流事業, 2012 年 4 月 10 日 Delft University of Technology, Delft, Netherland
- ⑨ 多田野寛人, 櫻井鉄矢: 「高精度近似解を生成する Block Krylov 部分空間反復法とその安定化」, 第 1 回計算力学シンポジウム, 2011 年, 11 月 11 日, 日本学術会議, 東京都
- ⑩ S. Ikuno, T. Takayama, A. Kamitani: “Numerical Investigations on Influence of Hole on Permanent Magnet Method”, 24th International Symposium on Superconductivity (ISS2011), Oct. 26, 2011, Tower Hole Funabori, Tokyo
- ⑪ S. Ikuno, Y. Kawaguchi, T. Itoh: “Iterative Solver for Linear System using Peer-to-Peer Communication on Multi-GPU”, 30th JSST Annual Conference (JSST2011), Oct. 22, 2011, Tokai University, Tokyo
- ⑫ 神谷淳, 高山彰優: 「クラックを含む超伝導薄膜内の遮蔽電流密度解析」, 日本応用数理学会 2011 年度年会, 2011 年 9 月 16 日, 同志社大学出川キャンパス, 京都府
- ⑬ S. Ikuno, Y. Kawaguchi: “Parallelization of Variable Preconditioned Krylov Subspace Method with Mixed Precision using GPU”, 10th IMACS International Symposium on Iterative Methods in Scientific Computing, May, 18, 2011, Marrakech, Morocco
- ⑭ 生野壮一郎, 神谷淳: 「EFG法を用いた超伝導内遮蔽電流密度シミュレーション」, 第 19 回 MAGDA コンファレンス in 札幌, 2010 年 11 月 23 日, 北海道大学学術交流会館, 北海道
- ⑮ S. Ikuno, T. Takayama, A. Kamitani: “Novel Numerical Method for Analyzing Shielding Current Density in Various Shaped HTS”, 23rd International Symposium on Superconductivity, Nov. 3, 2010, エポカル筑波, 茨城県
- ⑯ S. Ikuno, T. Hashino, Y. Kawaguchi, T. Itoh: “Web Application for Evaluating Performance of Linear System Solver

Using GPU”, 8th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (ICNAAM2010), Sep. 19-25, 2010, Rhodes, Greece

- ⑰ 生野壮一郎, 齋藤歩, 多田野寛人, 櫻井鉄矢, 神谷淳: 「Meshless 法より得られる連立1次方程式の反復解法 -GPUを用いた精度混合型反復法の提案-」, 日本シミュレーション学会 2010 年 6 月 19 日, 山形大学米沢キャンパス, 山形県
- ⑱ T. Itoh, A. Saitoh, A. Kamitani: “Development of Three-Dimensional Extended Boundary-Node Method for Potential Problem”, The 14th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2010) May, 11, 2010, Chicago, USA

6. 研究組織

(1) 研究代表者

生野 壮一郎 (IKUNO SOICHIRO)
東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・准教授
研究者番号: 70318864

(2) 研究分担者

神谷 淳 (KAMITANI ATSUSHI)
山形大学・理工学研究科・教授
研究者番号: 00224668

齋藤 歩 (SAITOH AYUMU)
兵庫県立大学・工学研究科・助教
研究者番号: 20400533

多田野 寛人 (TADANO HIROTO)
筑波大学・システム情報系・助教
研究者番号: 50507845

伊東 拓 (ITOH TAKU)
東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・助教
研究者番号: 80433853

(3) 連携研究者

()

研究者番号: