

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 7 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560321

研究課題名(和文)高温超伝導体の実規模電磁界解析に関する高性能数値解析技術の開発

研究課題名(英文) High-Performance Computational Techniques for Practical Electromagnetic-Field Analysis in High-Temperature Superconductor

研究代表者

神谷 淳 (KAMITANI, Atsushi)

山形大学・理工学研究科・教授

研究者番号：00224668

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：クラックを含む高温超伝導(HTS)薄膜中を流れる遮蔽電流密度の支配方程式を導いた。また、解の一意性を保証するために、付加的な境界条件も導出した。さらに、支配方程式の初期値・境界値問題を解く数値解法を提案した。

提案法を用いて、走査型永久磁石法(SPM)のHTS薄膜中クラック同定への適用可能性を調べた。この目的のため、欠陥パラメータを導入し、様々な走査線に沿って欠陥パラメータを計算した。その結果、2つの反対方向に薄膜をスキャンすることによって、クラック位置を大雑把に同定できることが判明した。この意味から、高速・高精度なクラック同定法を開発するためには、SPMを誘導法と組み合わせるべきである。

研究成果の概要(英文)：The governing equations of the shielding current density in a high-temperature superconducting (HTS) film are formulated for the case where the film contains cracks. In order to assure the uniqueness of the solution of the derived equations, additional boundary conditions are also derived. A numerical method is proposed for solving the initial-boundary-value problem of the equations.

By using the proposed method, the applicability of the scanning permanent-magnet method (SPM) to the crack identification in an HTS film is investigated. To this end, a defect parameter is defined and it is calculated along various scanning lines. The results of computations show that a crack position can be roughly identified by scanning an HTS film in two opposite directions. Hence, the SPM must be combined with the inductive method to develop a fast high-resolution method for identifying a crack.

研究分野：超伝導工学

キーワード：高温超伝導体 臨界電流密度 数値シミュレーション 非線形方程式 有限要素法

1. 研究開始当初の背景

高温超伝導体は小型冷凍機や液体窒素を用いて容易かつ安価に超伝導状態に保ち得るため、マグネット、電力貯蔵、低損失送電、磁気遮蔽、磁気浮上システム、医療機器、超伝導フィルター等の種々の工学分野での応用が期待されている。しかしながら、超伝導応用機器を設計・開発するには、超伝導体中を流れる遮蔽電流密度や超伝導体周辺の電磁界の解析が必要不可欠である。

一方、ここ10数年の間に、コンピュータは急速に高性能化、ダウンサイジング化されてきた。さらに、それに伴う電磁界解析技術の進歩は、現実的な条件のもとでの解析を可能とし、複雑現象の解明や機器の現実的な設計に画期的な進歩をもたらした。特に、3次元場に対する解析手法の進展は著しく、数年前には不可能であると考えられていた複雑な磁気回路構成や駆動条件を有する機器の動作特性が、実用的な精度で算定できるようになってきた。その反面、設計や解析の対象がますます複雑化、高次元化、大規模化する傾向にあるため、高性能解法の開発が望まれている。

本研究では、高温超伝導体中の遮蔽電流密度の時間発展を評価するための高精度・高速電磁界解析技術を開発し、さらに、同技術を用いて超伝導機器の設計支援ツールを製作する。本研究で開発される電磁界解析技術は数理モデルと数値解析法の2種類に大きく分けることができる。

【数理モデル】

超伝導は量子効果すなわち微視的現象が巨視的に発現したものである。しかしながら、遮蔽電流密度の時間発展を数値的に解析するためには、超伝導状態を記述するための巨視場に関するモデル($J-E$ 構成方程式)が必要不可欠となる。このモデルとして、Beanモデル、磁束フロー・クリープ・モデル、巾乗モデルなどが提唱されており、前者2つは超伝導体の磁気浮上力解析に応用され成功をおさめている。本研究の電磁界解析では、数100 Hz以下の低周波磁場を対象としているため、この周波数領域で有効な $J-E$ 構成方程式を模索する必要があり、場合によっては、新たなモデルを構築せねばならない。

【数値解析法】

銅酸化物系の高温超伝導体は極めて強い結晶学的異方性を示す。即ち、結晶学的 c 軸方向には遮蔽電流密度が殆ど流れないのである。この実験結果を数値シミュレーションに反映させるためには、多薄層近似を仮定する必要がある。しかしながら、同近似の下では、遮蔽電流密度の初期値・境界値問題は各時間ステップで大規模非線形方程式を解く問題に帰着する。それ故、遮蔽電流密度を高速かつ高精度に解析するためには、大規模連立非線形方程式の高速数値解法、大規模不安

定連立1次方程式の安定解法、行列要素の高速計算法、高精度特異積分法の開発が不可欠である。

2. 研究の目的

本研究の目的は高温超伝導体中の遮蔽電流密度の時間発展を解析する手法を考案し、同手法を用いて超伝導応用機器を解析することである。具体的には、研究期間内に達成する目標として、「方法論開発フェーズ」、「高性能化フェーズ」、「工学的実証フェーズ」という3つ段階を設定している。

「方法論開発フェーズ」では、幾何学的モデル化と物理的モデル化を行うことにより、混合状態下の超伝導体を記述する数理モデルを構築する。

「高性能化フェーズ」では、有限要素法とメッシュレス法という2種類の離散化法を用いて、遮蔽電流密度の支配方程式の初期値・境界値問題を解くための数値シミュレーション・コードを開発する。いずれの離散化法を用いた場合でも、行列要素の計算と大規模連立非線形方程式の解法が数値シミュレーションのCPU時間の大部分を占めることになる。それ故、本研究では、PCクラスターやGPGPUによる並列分散処理を用いて要素計算と大規模連立非線形方程式の解法を高速に処理する。

「工学的実証フェーズ」では、まず、単体超伝導板の遮蔽電流密度解析を経て、最終段階では、磁気遮蔽装置(例えば、磁気遮蔽ルーム)の遮蔽性能を定量的に評価する。さらに、超伝導磁気浮上システムにおける動的電磁力や超伝導送電の交流損失も定量的に評価する。

3. 研究の方法

本研究を推進するためには、3つの段階を達成することになる。

まず、第1段階では、研究代表者が高温超伝導体の電磁特性データベースを構築し、データベースに基づいた数理モデルを提案する。さらに、2次元数値シミュレーション・コードを用いて同モデルの妥当性を検討する。その間、研究室スタッフは、並列分散処理環境を構築した後、並列分散処理技術を習得する。

第2段階では、研究代表者および研究室スタッフはメッシュレス法、辺要素型有限要素法を用いて、3次元遮蔽電流密度シミュレーション・コードを共同開発し、両コードの比較検討を行う。

最終段階では、シミュレーション結果の画像処理を行うことにより、遮蔽電流密度と生成磁界の時間発展を再現するアニメーション化プログラムを開発する。同時に、高速・高精度解析を目的として、数値シミュレーション・コードを並列分散処理環境に実装する。

4. 研究成果

(1) 任意形状断面薄膜への拡張

遮蔽電流密度方程式の導出過程を見直すことにより、電流ベクトル・ポテンシャル法を用いて、HTS 試料中の遮蔽電流密度の支配方程式を再定式化することに成功した。その結果、得られた遮蔽電流密度方程式は多重連結断面・多層構造に対して適用可能であり、穴やクラックの影響は支配方程式のみならず境界条件にも含まれる。さらに、同方程式の初期値・境界値問題を安定かつ高速に解くため、仮想電圧法を一般化した。

(2) クラック検出シミュレーション

仮想電圧法を用いて、誘導法と走査型永久磁石法によるクラック検出可能性も数値的に検討した。その結果、誘導法では、クラックの位置と形状がほぼ正確に同定できるのに対して、走査型永久磁石法では、スキャン方向がクラックに垂直である場合だけが高精度になることが判明した。

(3) クラック位置同定シミュレーション

HTS 薄膜中のクラック同定へ走査型永久磁石法が適用できるか否かを数値シミュレーションによって調べた。この目的のため、クラックの検出尺度として、欠陥パラメータを新たに定義した。その際、互いに逆向きの2種類の走査方向に対して、クラックに起因する電磁力変化を求めることによって、欠陥パラメータは決定される。これは、永久磁石の前方にある遮蔽電流密度分布がクラックによって乱される場合だけ、欠陥パラメータの値に強く反映されるように定義したからである。

計算結果によれば、走査位置がクラック近傍の場合、欠陥パラメータの値は比較的に大きな値を示すのに対して、走査位置がクラックから離れるにつれて、欠陥パラメータの値は急速に減衰する。換言すれば、欠陥パラメータの絶対値が微小な正定数を超える領域にのみクラックは存在する。この結果をもとにして、本研究では、クラックが存在する領域を近似的に同定する方法を提唱した。

(4) 高速化アルゴリズム

仮想電圧法は CPU 時間を極端に浪費するという欠点をもつ。この難点を克服するため、クラックを含む HTS 薄膜中の遮蔽電流密度を解析するための高速かつ安定な方法を開発した。クラックを含む場合、遮蔽電流密度の初期値・境界値問題は準陽的微分代数方程式 (DAE) に帰着する。この DAE は標準的な ODE ソルバーで解くこともできるが、その解法には多大な CPU 時間が必要となる。計算量を大幅に減少させる目的で、本研究では、ブロック LU 分解を ODE ソルバーのベクトル値関数評価部分に実装することを提唱した。

提案法と仮想電圧法のスピードを比較するために、両法に要する CPU 時間を測定した。その結果、節点数 n が 10^3 以上では、提案法は仮想電圧法よりも高速であった。特に、 $n >$

3000 では、提案法は仮想電圧法の 5.3 倍以上のスピードを示す。これらの結果から、提案法はクラックを含む HTS 薄膜中の大規模遮蔽電流密度解析に特に有効であると結論付けることができる。

(5) 複数クラックの影響

提案法を用いて遮蔽電流密度を解析する高速シミュレーション・コードを開発し、複数クラックを走査型永久磁石法で区別できるか否かを数値的に調べた。その結果、複数クラックは走査型永久磁石法の解像度を著しく劣化させることが判明した。

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 23 件)

以下の論文は全て査読有である。

(1) A. Kamitani, T. Takayama and A. Saitoh: "Numerical Simulation of Permanent Magnet Method: Applicability to Crack Detection in High-Temperature Superconducting Film," IEEE Trans. Magn., Vol. 51 (2015) (in press).
DOI:10.1109/TMAG.2014.2360934

(2) A. Kamitani, T. Takayama and S. Ikuno: "High-Performance Method for Analyzing Shielding Current Density in HTS Film: Application to Scanning Permanent Magnet Method," IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 25 (2015) 9000505.
DOI:10.1109/TASC.2014.2373658

(3) A. Kamitani, T. Takayama and A. Saitoh: "Numerical investigations on applicability of permanent magnet method to crack detection in HTS film," Physica C-Superconductivity and Its Applications, Vol. 504 (2014) pp. 57-61.
DOI:10.1016/j.physc.2014.04.016

(4) A. Kamitani, T. Takayama, S. Ikuno and H. Nakamura: "Numerical Investigations on Crack Identification in High-Temperature Superconducting Film," Plasma Fusion Res., Vol. 9 (2014) 3405085.
DOI:10.1585/pfr.9.3405085

(5) A. Saitoh, A. Kamitani and H. Nakamura: "Speed-Up Technique of Extended Boundary Node Method for Large-Scale Simulation," Plasma Fusion Res., Vol. 9 (2014) 3401061.
DOI:10.1585/pfr.9.3401061

(6) T. Takayama and A. Kamitani: "Numerical Investigation on Crack Detection in HTS Film: Accuracy of Scanning Permanent Magnet Method," IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 24 (2014) 9001505.
DOI:10.1109/TASC.2013.2290711

(7) A. Saitoh, T. Itoh, N. Matsui and A. Kamitani: "Acceleration Technique for Extended Boundary-Node Method," IEEE Trans. Magn., Vol. 50 (2014) 7011404.
DOI:10.1109/TMAG.2013.2285587

(8) T. Takayama, S. Ikuno, A. Kamitani, K. Hattori, A. Saito and S. Ohshima: "Numerical Investigation on j_c Measurement and Defect Detection by Inductive/Permanent-Magnet Methods," IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 23 (2013) 9001107.

DOI:10.1109/TASC.2013.2248872

(9) A. Kamitani, T. Takayama, S. Ikuno and H. Nakamura: "Numerical Method for Analyzing Shielding Current Density in HTS Film with Multiple-Layer/Multiply-Connected Structure," Plasma Fusion Res., Vol. 8 (2013) 2405078.

DOI: 10.1585/pfr.8.2405078

(10) T. Takayama, A. Kamitani and H. Nakamura: "Numerical Investigations on Detectability of Crack by Contactless j_c -Measurement Method," Plasma Fusion Res., Vol. 8 (2013) 2401025.

DOI: 10.1585/pfr.8.2401025

(11) A. Kamitani, T. Takayama and S. Ikuno: "Shielding current analysis by current-vector-potential method: application to HTS film with multiply connected structure," Physica C-Superconductivity and Its Applications, Vol. 494 (2013) pp. 168-172.

DOI: 10.1016/j.physc.2013.04.066

(12) A. Saitoh, K. Miyashita, T. Itoh, A. Kamitani, T. Isokawa, N. Kamiura and N. Matsui: "Accuracy Improvement of Extended Boundary-Node Method," IEEE Trans. Magn., Vol. 49 (2013) pp. 1601-1604.

DOI: 10.1109/TMAG.2013.2243121

(13) A. Kamitani, T. Takayama and S. Ikuno: "Virtual Voltage Method for Analyzing Shielding Current Density in High-Temperature Superconducting Film with Cracks/Holes," IEEE Trans. Magn., Vol. 49 (2013) pp. 1877-1880.

DOI: 10.1109/TMAG.2013.2239619

(14) S. Ikuno, Y. Fujita, Y. Hirokawa, T. Itoh, S. Nakata, and A. Kamitani: "Large-Scale Simulation of Electromagnetic Wave Propagation Using Meshless Time Domain Method With Parallel Processing," IEEE Trans. Magn., Vol. 49 (2013) pp. 1613-1616.

DOI: 10.1109/TMAG.2013.2245410

(15) A. Saitoh, T. Itoh, N. Matsui, and A. Kamitani: "Application of Extended Element-Free Galerkin Method to Nonlinear Problem," IEEE Trans. Magn., Vol. 48 (2012) pp. 487-490.

DOI: 10.1109/TMAG.2011.2175904

(16) A. Kamitani and 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 (2012) pp. 727-730.

DOI: 10.1109/TMAG.2011.2175373

(17) S. Ikuno, T. Takayama and A. Kamitani: "Numerical Simulation of Permanent Magnet Method for J_c -Measurement in HTS Thin Film: Enhancement of Spatial Resolution," IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 22 (2012) 4904804.

DOI: 10.1109/TASC.2012.2183334

(18) T. Takayama, A. Saitoh and A. Kamitani: "Numerical Simulation of Conventional/Enhanced Permanent Magnet Method: Influence of Crack on Accuracy," IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 22 (2012) 4903904.

DOI: 10.1109/TASC.2011.2176300

(19) T. Takayama, A. Kamitani, A. Saitoh and H. Nakamura: "Numerical Investigation on Accuracy and Resolution of Contactless Methods for Measuring j_c in High-Temperature Superconducting Film: Inductive Method and Permanent Magnet Method," Plasma Fu-

sion Res., Vol. 7 (2012) 2405017.

DOI: 10.1585/pfr.7.2405017

(20) A. Kamitani, T. Takayama, A. Saitoh and H. Nakamura: "Accurate and Stable Numerical Method for Analyzing Shielding Current Density in High-Temperature Superconducting Film Containing Cracks," Plasma Fusion Res., Vol. 7 (2012) 2405024.

DOI: 10.1585/pfr.7.2405024

(21) S. Ikuno, Y. Fujita, T. Itoh, S. Nakata, H. Nakamura and A. Kamitani: "Numerical Simulation of Electromagnetic Wave Propagation using Time Domain Meshless Method," Plasma Fusion Res., Vol. 7 (2012) 2406044.

DOI: 10.1585/pfr.7.2406044

(22) A. Saitoh, T. Itoh, N. Matsui, A. Kamitani and H. Nakamura: "Application of Collocation Meshless Method to Eigenvalue Problem," Plasma Fusion Res., Vol. 7 (2012) 2406096.

DOI: 10.1585/pfr.7.2406096

(23) T. Itoh, A. Saitoh, A. Kamitani and H. Nakamura: "Implicit Function with a Natural Behavior over the Entire Domain," Plasma Fusion Res., Vol. 7 (2012) 2406068.

DOI: 10.1585/pfr.7.2406068

〔学会発表〕(計 45 件)

(1) 齋藤歩, 伊東拓, 松井伸之, 神谷淳: 拡張境界節点法による Grad-Shafranov 方程式の境界値問題の数値解法, 2014 年度【プラズマ壁相互作用に関する新規シミュレーション手法開発に関する研究会】第 1 回非線形・可視化部門研究会, 2015 年 01 月 27 日, 核融合科学研究所(岐阜県土岐市)

(2) 高山彰優, 神谷淳: HTS 薄膜内遮蔽電流密度解析の高速化, 2014 年度【プラズマ壁相互作用に関する新規シミュレーション手法開発に関する研究会】第 1 回非線形・可視化部門研究会, 2015 年 01 月 27 日, 核融合科学研究所(岐阜県土岐市)

(3) 齋藤歩, 伊東拓, 松井伸之, 神谷淳: 拡張境界節点法による Grad-Shafranov 方程式の数値解法, 第 2 3 回 MAGDA コンファレンス in 高松, 2014 年 12 月 05 日, サポート高松(香川県高松市)

(4) 高山彰優, 神谷淳: HTS 薄膜内遮蔽電流密度の高速解析, 第 2 3 回 MAGDA コンファレンス in 高松, 2014 年 12 月 04 日, サポート高松(香川県高松市)

(5) T. Takayama, A. Kamitani: Numerical Investigation on Defect Identification in HTS Film by Contactless Methods, The 27th International Symposium on Superconductivity, 2014 年 11 月 27 日, タワーホール船堀(東京都江戸川区)

(6) A. Kamitani, T. Takayama, A. Saitoh: Numerical Simulation of Contactless Crack-Detection Method in HTS Film: Acceleration with Block LU Decomposition, The 27th International Symposium on Superconductivity, 2014 年 11 月 26 日, タワーホール船堀(東京都江戸川区)

(7) T. Takayama and A. Kamitani: High-Performance Method for Analyzing Shielding Current Density in High-Temperature Superconducting Film with Cracks, The 33rd JSST International Conference on Simulation

Technology (JSST 2014), 2014年10月30日, 北九州国際会議場(福岡県北九州市)

(8) 高山彰優, 神谷淳: クラックを含む高温超伝導薄膜内を流れる遮蔽電流密度の高性能解析, 日本応用数理学会 2014年度年会 2014年9月4日, 政策研究大学院大学(東京都港区)

(9) 齋藤歩, 伊東拓, 松井伸之, 神谷淳: RBF型関数の違いが拡張境界節点法の性能に与える影響, 日本応用数理学会 2014年度年会, 2014年9月3日, 政策研究大学院大学(東京都港区)

(10) 高山彰優, 神谷淳: HTS 薄膜内遮蔽電流密度シミュレーション: 非接触 j_c 測定法によるクラック検出可能性, 電気学会 静止器・回転機合同研究会, 2014年01月24日, 東京工科大学(東京都八王子市)

(11) 齋藤歩, 神谷淳: 境界型メッシュレス法の高速度手法, 電気学会 静止器・回転機合同研究会, 2014年01月23日, 東京工科大学(東京都八王子市)

(12) 齋藤歩, 神谷淳: 高速化された拡張境界節点法, 2013年度【プラズマ - 壁相互作用シミュレーション解析に関する研究会】非線形・可視化部門研究会, 2013年12月10日, 核融合科学研究所(岐阜県土岐市)

(13) 高山彰優, 神谷淳, 中村浩章: 臨界電流密度の非接触測定法によるHTS 薄膜のクラック検出シミュレーション, 2013年度【プラズマ - 壁相互作用シミュレーション解析に関する研究会】非線形・可視化部門研究会, 2013年12月09日, 核融合科学研究所(岐阜県土岐市)

(14) A. Kamitani, T. Takayama, S. Ikuno, and H. Nakamura: Numerical Investigations on Crack Identification in High-Temperature Superconducting Film, 23rd International Toki Conference, 2013年11月20日, セラトピア土岐(岐阜県土岐市)

(15) T. Takayama, A. Kamitani, S. Ikuno, and H. Nakamura: Numerical Simulation of Contactless Methods for Measuring j_c in High-Temperature Superconducting Film: Influence of Defect on Resolution and Accuracy, 23rd International Toki Conference, 2013年11月20日, セラトピア土岐(岐阜県土岐市)

(16) A. Saitoh, A. Kamitani, and H. Nakamura: Speed-up Technique of Extended Boundary Node Method for Large-Scale Simulation, 23rd International Toki Conference, 2013年11月20日, セラトピア土岐(岐阜県土岐市)

(17) A. Kamitani, T. Takayama, and A. Saitoh: SHIELDING CURRENT ANALYSIS BY CURRENT-VECTOR-POTENTIAL METHOD: APPLICATION TO CRACK DETECTION IN HTS FILM, 26th International Superconductivity Symposium (ISS2013), 2013年11月19日, タワーホール船堀(東京都江戸川区)

(18) T. Takayama, S. Ikuno, and A. Kamitani: NUMERICAL INVESTIGATION ON ACCURACY OF DEFECT DETECTION IN HTS FILM BY INDUCTIVE MAGNET METHOD, 26th International Superconductivity Symposium (ISS2013), 2013年11月19日, タワーホール船堀(東京都江戸川区)

(19) T. Takayama and A. Kamitani: Numerical Simulation of Crack Detection in

High-Temperature Superconducting Film by Scanning Permanent Magnet Method, International Conference on Simulation Technology 2013 (JSST 2013), 2013年09月12日, 明治大学駿河台キャンパス(東京都千代田区)

(20) A. Saitoh, T. Itoh, N. Matsui, and A. Kamitani: Speed Improvement of Extended Boundary-Node Method by Applying of Radial Point Interpolation Method, International Conference on Simulation Technology 2013 (JSST 2013), 2013年09月12日, 明治大学駿河台キャンパス(東京都千代田区)

(21) 高山彰優, 神谷淳: 高温超伝導薄膜中の遮蔽電流密度解析, 日本応用数理学会 2013年度年会, 2013年09月11日, アクロス福岡(福岡県福岡市)

(22) 大西章介, 齋藤歩, 伊東拓, 神谷淳, 上浦尚武, 松井伸之: 拡張境界節点法の高速度化, 日本応用数理学会 2013年度年会 2013年09月10日, アクロス福岡(福岡県福岡市)

(23) T. Takayama and A. Kamitani: Numerical Investigation on Crack Detection in HTS Film: Accuracy of Scanning Permanent Magnet Method, 23rd Magnet Technology (MT-23), 2013年07月17日, The Westin Copley Place (USA)

(24) A. Saitoh, T. Itoh, N. Matsui, and A. Kamitani: Acceleration Technique for Extended Boundary Node Method, 19th International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (COMPUMAG 2013), 2013年6月3日, Hotel Budapest Hilton (Hungary)

(25) A. Kamitani, T. Takayama, and S. Ikuno: Numerical Simulation of Crack Detection in High-Temperature Superconducting Film by Using Contactless Methods, 19th International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (COMPUMAG 2013), 2013年6月1日, Hotel Budapest Hilton (Hungary)

(26) 高山彰優, 神谷淳: 高温超伝導薄膜内の遮蔽電流密度解析: 永久磁石法によるクラック検出可能性, 2012年度【プラズマ - 壁相互作用シミュレーション解析に関する研究会】非線形・可視化部門研究会, 2013年03月15日, 核融合科学研究所(岐阜県土岐市)

(27) 神谷淳: 拡張 EFG 法: 汎関数と Lagrange 未定乗数法を介在させない代数的定式化, 2012年度【プラズマ - 壁相互作用シミュレーション解析に関する研究会】非線形・可視化部門研究会, 2013年03月14日, 核融合科学研究所(岐阜県土岐市)

(28) 中野陽市, 高山彰優, 神谷淳: 有限節点法による楕円型境界値問題の数値解法: ICCG 法の収束特性の劣化, 2012年度【プラズマ - 壁相互作用シミュレーション解析に関する研究会】非線形・可視化部門研究会, 2013年03月14日, 核融合科学研究所(岐阜県土岐市)

(29) T. Takayama, A. Kamitani and H. Nakamura: Numerical investigations on detectability of crack by contactless j_c -measurement method, 22nd International Toki Conference (ITC-22), 2012年11月22日, セラトピア土岐(岐阜県土岐市)

(30) 神谷淳, 高山彰優, 生野壮一郎: クラックや穴を含む高温超伝導薄膜内の遮蔽電流密度解析, 第21回 MAGDA コンファレンス in 仙台, 2012年

11月21日, 仙台市戦災復興記念館(宮城県仙台市)

(31) A. Kamitani, T. Takayama, S. Ikuno and H. Nakamura: Numerical Method for Analyzing Shielding Current Density in HTS Film with Multiple-Layer/Multiply-Connected Structure, 22nd International Toki Conference (ITC-22), 2012年11月19日, セラトピア土岐(岐阜県土岐市)

(32) S. Ikuno, Y. Fujita, Y. Hirokawa, T. Itoh, S. Nakata, and A. Kamitani: Large-Scale Simulation of Electromagnetic Wave Propagation using Meshless Time Domain Method with Parallel Processing Technique, The 15th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2012), 2012年11月14日, 大分オアシスタワーホテル(大分県大分市)

(33) T. Itoh, A. Saitoh, S. Ikuno and 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), 2012年11月14日, 大分オアシスタワーホテル(大分県大分市)

(34) Y. Ohi, Y. Fujita, T. Itoh, S. Nakata, A. Kamitani and S. Ikuno: 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), 2012年11月13日, 大分オアシスタワーホテル(大分県大分市)

(35) A. Saitoh, K. Miyashita, T. Itoh, A. Kamitani, T. Isokawa, N. Kamiura and N. Matsui: Accuracy Improvement of Extended Boundary-Node Method, The 15th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2012), 2012年11月13日, 大分オアシスタワーホテル(大分県大分市)

(36) A. Kamitani, T. Takayama and S. Ikuno: Virtual Voltage Method for Analyzing Shielding Current Density in High-Temperature Superconducting Film with Cracks/Holes, The 15th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2012), 2012年11月12日, 大分オアシスタワーホテル(大分県大分市)

(37) T. Takayama, S. Ikuno, A. Kamitani, K. Hattori, A. Saito and S. Ohshima: Numerical investigation on J_c measurement and defect detection by inductive / permanent-magnet methods, Applied Superconductivity Conference 2012 (ASC 2012), 2012年10月10日, Oregon Convention Center (USA)

(38) S. Ikuno, T. Takayama and A. Kamitani: Axisymmetric Simulation of Contactless Method for Measuring Critical Current Density: Influence of Hole on Accuracy, Applied Superconductivity Conference 2012 (ASC 2012), 2012年10月10日, Oregon Convention Center (USA)

(39) A. Kamitani, T. Takayama and S. Ikuno: Shielding current analysis in HTS film with multiply connected cross section, Applied Superconductivity Conference 2012 (ASC 2012),

2012年10月10日, Oregon Convention Center (USA)

(40) K. Miyashita, A. Saitoh, T. Itoh, A. Kamitani, N. Kamiura and N. Matsui: Development of Modified Extended Boundary-Node Method: New Approach for Determining Data Points, International Conference on Simulation Technology 2012, 2012年09月28日, 神戸大学(兵庫県神戸市)

(41) S. Ikuno, Y. Oishi, T. Itoh and A. Kamitani: Investigations of Linear System Obtained by Element-Free Galerkin Method: Influence of Imposing Method for Boundary Condition, International Conference on Simulation Technology 2012, 2012年09月28日, 神戸大学(兵庫県神戸市)

(42) T. Takayama and A. Kamitani: Numerical Investigation on Applicability of Scanning Permanent Magnet Method to Crack Detection in High-Temperature Superconducting Film, International Conference on Simulation Technology 2012, 2012年09月28日, 神戸大学(兵庫県神戸市)

(43) 伊東拓, 齋藤歩, 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, 日本応用数学会 2012年度年会, 2012年08月31日, 稚内全日空ホテル(北海道稚内市)

(44) 宮下健太, 齋藤歩, 伊東拓, 神谷淳, 上浦尚武, 松井伸之: 複雑形状に対する拡張境界節点法の精度向上, 日本応用数学会 2012年度年会, 2012年08月30日, 稚内全日空ホテル(北海道稚内市)

(45) 高山彰優, 神谷淳: 高温超伝導薄膜内のクラック検出シミュレーション, 日本応用数学会 2012年度年会, 2012年08月29日, 稚内全日空ホテル(北海道稚内市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)
取得状況(計0件)

〔その他〕
ホームページ等 無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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