

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03256

研究課題名（和文）並列連成解析手法による高精度な温熱療法シミュレーションの実現

研究課題名（英文）To realize high-accuracy hyper-thermia simulation by parallel coupled analysis

研究代表者

武居 周 (Takei, Amane)

宮崎大学・工学部・准教授

研究者番号：40598348

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 9,800,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、癌温熱療法の高精度予測に向けた並列連成解析手法を開発した。本研究において、23件の査読付きジャーナルペーパー、16件の査読付き国際会議論文を刊行した（代表者分のみ）。また、オープンソースとして並列高周波電磁界解析コード：ADVENTURE_FullWave、この技術移転により開発した並列音響解析コード：ADVENTURE_Soundを、東京大学ADVENTURE Projectホームページより公開した。また、世界最大となる160億要素の大規模数値人体モデルを用いた電磁界計算に成功し、第23回計算工学講演会「グラフィクスアワード、特別賞（MicroAVS賞）」を受賞した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において、開発した高周波電磁界解析コードは、有限要素法はもとよりFDTD法などの他の数値解析手法においても実施が非常に困難である160要素の数値人体モデルの計算に成功した。この解析コードは、オープンソース・ソフトウェアとして公開しており、基本的には誰でも使用することができる。現在、ポスト「京」コンピュータとして開発が進められている「富岳」上でも、今後、本解析コードを使用し、また、更なる計算性能の高性能化や機能強化を行うことで、臨床の現場においてストレスなく使用できる解析系となる。また、ものづくりへの展開として、電気自動車のMoT系から生じるラジオノイズの低減設計等への応用も期待できる。

研究成果の概要（英文）： In this research project, we had developed a parallel coupled analysis code for high-accurate prediction of cancer hyperthermia. In this study, we published 23 peer-reviewed journal papers and 16 peer-reviewed international conference papers. Also, as open source software, parallel high-frequency electromagnetic field analysis code: ADVENTURE_FullWave and parallel acoustic analysis code: ADVENTURE_Sound have been released from the University of Tokyo ADVENTURE Project website.

Moreover, we succeeded in electromagnetic field calculation using a large-scale numerical human body model with 16 billion elements, which is one of the largest in the world, and received the 23rd Computational Engineering Lecture "Graphics Award, Special Award (MicroAVS Award)".

研究分野：計算科学

キーワード：高周波電磁界解析 連成解析 数値人体モデル 大規模解析 並列有限要素法 領域分割法

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

癌の温熱療法は、マイクロ波あるいはRF帯域の電磁界による熱効果によって病巣部を42.5～43℃に加温する。この治療予測のために、発熱量から温度分布を計算する電磁界-熱伝導連成解析手法が臨床において利用されている。この連成解析において、温熱療法の再現性と質の精度を高めるためには、患者固有の解剖学的データを用いることが必須である。

しかしながら、ソフト・ハード双方の性能の限界によって、ほとんどの場合、円柱形状の筋肉等価ファントム等の簡略化された簡易モデルを用いるため、個々の患者に対応した高精度な熱拡散の計算ができない。さらに、血流による冷却効果も考慮されないため、シミュレーション・システムとしての再現性は不十分である。また、R. F. Reisらの研究(例えば、R. F. Reis et al. Comp. App. Math. 2015)では、構造格子を用いる差分法による人体モデルを用いた温熱治療時の熱伝導計算例が示されている。しかし、構造格子では臓器境界面に生じる階段形状により計算精度が著しく低下する(武居 他, IEEE Trans. Mag. 2016)。

一方、申請者らは、大規模有限要素解析に有効な並列計算手法の一つである領域分割法の電磁界問題への適用手法をこれまでに提案した(武居 他, CMES 2009)。これらの成果として、小型のワークステーション(以下WSと略記)・クラスタや京コンピュータ等によって、高周波電磁界問題の数十万～数億要素規模の解析が可能であることを示した(武居 他, IEEE Trans. Mag. 2010)。また、**高分解能CTによって得られた解剖学的人体データを直接解析に用いる、全身モデルの有限要素電磁界解析が数時間～数十時間程度の実用時間内に可能であることを、世界に先駆けて示した(武居 他, JSST 2012)**。さらに、申請者らが取り組んでいる領域分割型並列化アルゴリズムのライブラリ化の研究によって、京コンピュータ等の超並列計算機の性能を十分に引き出すソフトウェアの基盤構築を推進している(武居 他, JASSE 2014)。

現在、人体の解剖学的データを用いた有限要素電磁界解析において、メッシュ平滑化等ボクセル解析の高精度化手法を提案(武居 他, IEEE Trans. Mag. 2016)、電磁界を収束させるためのアンテナや誘電体の配置法等の要素技術を検討することで、温熱治療時の人体内部の電波伝搬と熱拡散の高精度な再現が可能となるシミュレータの基礎技術を積み上げている。

2. 研究の目的

患者固有の解剖学的データを直接用いる、a)人体内部を伝搬する高周波電磁界、b)電磁界により発生した熱の拡散を見る非定常熱伝導、c)血流による冷却効果を再現する非定常熱流体解析の、3現象の相互作用を再現する双方向連成解析手法について研究する。高周波電磁界解析、非定常熱伝導解析、非定常熱流体解析を実行するプログラム(コード)は、申請者らがこれまでに開発したものをWSクラスタ向けに高性能化して適用する。また、これをもとに**医療現場において運用・管理が可能なWSクラスタ上で動作する、温熱療法シミュレーション・システムを開発し、臨床へ展開するための基盤研究を行う。**

3. 研究の方法

本研究課題では、以下の項目1～5に示す手順により**患者固有の解剖学的データを直接用い、かつ電磁界、熱伝導、血流の相互作用を再現する大規模連成解析の研究実施によって、温熱療法シミュレーション・システムを開発する。**

1. 高周波電磁界解析が、WSクラスタ上において目標性能を達成するためのコード改良。
2. 解析データ生成の際に必要な臓器抽出機能、並列メッシュ平滑化機能の開発。
3. 連成機能の実装、各解析コードの領域分割法ライブラリ適用とWSクラスタ上での性能評価。
4. 癌患部に熱分布を収束させるアンテナや誘電体の配置、および励振周波数の最適化の研究。

4. 研究成果

本研究課題において、癌温熱療法の高精度予測に向けた並列連成解析手法を開発した。本研究において、23件の査読付きジャーナルペーパー、16件の査読付き国際会議論文を刊行した。また、オープンソース・ソフトウェアとして並列高周波電磁界解析コード: ADVENTURE_FullWave、この技術移転により開発した並列音響解析コード: ADVENTURE_Sound を、東京大学ADVENTURE Project ホームページより公開した。

また、世界最大となる160億要素の大規模数値人体モデルを用いた電磁界計算に成功し、第23回計算工学講演会「グラフィクスアワード、特別賞(MicroAVS賞)」を受賞した。

高周波電界解析コードの最適化は、代表者の研究室において構築したWSクラスタ上において、また、「京」コンピュータの商用版であるFX10ならびにFX100上において実施した。その結果、3現象の中で律速であった高周波電磁界解析コードの高速化を実現することができた。人体モデルの解析前のスムージング処理においてマーチングキューブ・アルゴリズムに基づく並列メッシュスムージングコードを開発し、人体の全身モデルのスムージングが可能であることが

示された。アンテナや誘電体配置の最適化については、現在継続して検討中であり、今後、国内外の学会や論文等にて発表する。

更に、本課題において開発した並列高周波電磁界解析コードの技術移転により、並列音響解析コードを開発し、ライブハウスやコンサートホールの数値例を示すことで、実用性を示すことができた。

今後、本解析コードを使用し、また、更なる計算性能の高性能化や機能強化を行うことで、臨床の現場においてストレスなく使用できる解析系とする。また、ものづくりへの展開として、電気自動車の MoT 系から生じるラジオノイズの低減設計や電磁調理器の最適設計への応用に関する検討も進める。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 11件）

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 S. Sugimoto, M. Ogino, H. Kanayama, A. Takei | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Hierarchical Domain Decomposition Method for Devices including Moving Bodies | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering | 6. 最初と最後の頁 99-116 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15748/jasse.4.99 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |
| 1. 著者名 太良尾 浩生, 武居 周, 林 則行, 伊坂 勝生 | 4. 巻 138 |
| 2. 論文標題 商用周波平等電界内で腕を挙げて接地面上に直立した 人体数値モデル内の誘導電界解析 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 電気学会論文誌A | 6. 最初と最後の頁 322-328 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 T. Murayama, A. Muto, A. Takei | 4. 巻 E101-C |
| 2. 論文標題 Convergence Properties of Iterative Full-Wave Electromagnetic FEM Analyses with Node Block Preconditioners | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics | 6. 最初と最後の頁 612-619 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 迫田 達也, 堀江 響, 武居 周, 久保 克隆, 水谷 学, 深野 孝人 | 4. 巻 138 |
| 2. 論文標題 配電用ギャップ付酸化亜鉛形避雷器における放電遅れの改善に関する研究 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 電気学会論文誌A | 6. 最初と最後の頁 457-462 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|----------------------|
| 1. 著者名 村上裕哉, 山本広太, 工藤彰洋, 武居周 | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 領域分割並列Helmholtzソルバの性能評価 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 日本シミュレーション学会論文誌 | 6. 最初と最後の頁 69- 75 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 野村政宗, 太良尾浩生, 武居周 | 4. 巻 J101-C |
| 2. 論文標題 解剖学的人体データを用いた体内電流密度解析における前処理手法の性能評価 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌C | 6. 最初と最後の頁 400-409 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 T. Mizuma and A. Takei | 4. 巻 116 |
| 2. 論文標題 Eddy Current Analyses by Domain Decomposition Method Using Double-Double Precision | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 CMES: Computer Modeling in Engineering & Sciences | 6. 最初と最後の頁 349-363 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|--------------------|
| 1. 著者名 H. Tarao, A. Takei, N. Hayashi, K. Isaka | 4. 巻 101 |
| 2. 論文標題 Electric fields induced inside numerical human model standing on ground plane with elevated arms in uniform electric field at power frequency | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Electronics and Communications in Japan | 6. 最初と最後の頁 3-10 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|----------------------|
| 1. 著者名 村上裕哉, 山本広太, 工藤彰洋, 武居周 | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 時間領域並列有限要素法に基づく大規模音響解析 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 日本シミュレーション学会論文誌 | 6. 最初と最後の頁 89- 98 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 M.Noumura, H.Tarao, N. Hayashi, A.Takei | 4. 巻 5 |
| 2. 論文標題 erformance evaluation of preconditioning method for in-body current density analysis using numerical human model | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering | 6. 最初と最後の頁 29-47 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 A. Takei, I. Higashi, M. Aikawa and T. Yamada | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 Microwave analysis based on parallel finite element method | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering | 6. 最初と最後の頁 215-233 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 武居周, 水間健仁, 杉本振一郎, 榎井晃基, 荻野正雄 | 4. 巻 Vol. J100-C |
| 2. 論文標題 部分領域反復解法に擬似4倍精度を用いたfull-wave電磁界解析 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌C | 6. 最初と最後の頁 182-191 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|--------------------|
| 1. 著者名 S. Sugimoto, A. Takei, M. Ogino | 4. 巻 3 |
| 2. 論文標題 Tens of billions complex DOF finite element analysis in high frequency electromagnetics | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 JSME Mechanical Engineering Letters | 6. 最初と最後の頁 1-10 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/me1.16-00667 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 水間健仁, 上田茂太, 武居周 | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 擬似4倍精度を用いた反復型領域分割法による時間調和渦電流解析 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 日本シミュレーション学会論文誌 | 6. 最初と最後の頁 19-26 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 山本広太, 工藤彰洋, 武居周 | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 並列有限要素法に基づく大規模音響解析 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 日本シミュレーション学会論文誌 | 6. 最初と最後の頁 27-37 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Takei Amane, Ogino Masao, Sugimoto Shin-Ichiro | 4. 巻 54 |
| 2. 論文標題 High-Frequency Electromagnetic Field Analysis by COCR Method Using Anatomical Human Body Models | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics | 6. 最初と最後の頁 1~4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2017.2756098 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 東勇, 山田知典, 武居周 | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 反復型領域分割法に基づくマイクロ波シミュレーション | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 日本シミュレーション学会論文誌 | 6. 最初と最後の頁 25-33 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|----------------------|
| 1. 著者名 S. Sugimoto, M.Ogino, H. Kanayama, A. Takei | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Hierarchical Domain Decomposition Method for Devices including Moving Bodies | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering | 6. 最初と最後の頁 99-116 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15748/jasse.4.99 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 杉本 振一郎, 荻野 正雄, 金山 寛 | 4. 巻 137 |
| 2. 論文標題 階層型領域分割法による回転機の解析 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 電気学会論文誌. B | 6. 最初と最後の頁 195 ~ 201 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.137.195 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------------------|
| 1. 著者名 Ogino Masao, Iwama Takuya, Asai Mitsuteru | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Development of a Partitioned Coupling Analysis System for Fluid?Structure Interactions Using an In-House ISPH Code and the Adventure System | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Computational Methods | 6. 最初と最後の頁 1843009 ~ 1843009 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0219876218430090 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Masao Ogino, Kaoru Yodo, Ryuji Shioya, Hiroshi Kawai | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Two-level extension of the hierarchical domain decomposition method | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Mech. Engrg. Lett. | 6. 最初と最後の頁 00-00 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/mel.18-00088 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 河合 浩志、荻野 正雄、塩谷 隆二、山田 知典、吉村 忍 | 4. 巻 2017 |
| 2. 論文標題 領域分割法における反復法ベース部分領域ローカルソルバーの導入と収束トレランス制御 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 日本計算工学会論文集 | 6. 最初と最後の頁 0016-0016 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11421/jscs.2017.20170016 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 5件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 Amane Takei |
| 2. 発表標題 Microwave analysis based on parallel finite element analysis |
| 3. 学会等名 The 37th JSST Annual International Conference on Simulation Technology (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takehito Mizuma, Amane Takei |
| 2. 発表標題 Eddy-Current Analysis based on Domain Decomposition Method Using SVD - Direct Method as Subdomain Solver, |
| 3. 学会等名 IEEE CEFC2018 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 東 勇, 武居 周 |
| 2. 発表標題 BerengerのPMLを適用したマイクロ波帯域の大規模有限要素電磁界解析 |
| 3. 学会等名 電気学会全国大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 山本広太, 村上裕也, 武居 周 |
| 2. 発表標題 時間領域並列有限要素法に基づく大規模音響解析手法 |
| 3. 学会等名 電気学会全国大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 健仁, 武居周 |
| 2. 発表標題 渦電流解析の部分領域問題に向けた直接解法の基礎検討 |
| 3. 学会等名 電気学会全国大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 武居周, 東勇, 山本広太 |
| 2. 発表標題 反復型領域分割法に基づく数値波動解析手法の開発と応用 |
| 3. 学会等名 【非線形問題の解法に関する研究会】第 2 回非線形・可視化部門研究会(招待講演) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 M. Nomura, H. Tarao, A. Takei |
| 2 . 発表標題 Performance Evaluation of Numerical Current Analysis with Anatomical Human Model |
| 3 . 学会等名 The 36th JSST Annual International Conference on Simulation Technology (国際学会) |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 A.Takei, M.Ogino, S.Sugimoto |
| 2 . 発表標題 High - frequency electromagnetic field analysis byCOCR method using anatomical human body models |
| 3 . 学会等名 Compumag2017 (国際学会) |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 S. Sugimoto, M. Ogino, H. Kanayama, A. Takei |
| 2 . 発表標題 Efficient Parallel Numerical Analysis of Rotating Bodies based onHierarchical Domain Decomposition Method |
| 3 . 学会等名 Compumag2017 (国際学会) |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 相川勝, 武居周 |
| 2 . 発表標題 大規模有限要素解析のための並列計算機環境構築と性能評価, |
| 3 . 学会等名 第70回電気・情報関係学会九州支部連合大会 |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 水間健仁, 武居周 |
| 2. 発表標題 時間調和渦電流解析の部分領域問題の直接解法に関する検討 |
| 3. 学会等名 第70回電気・情報関係学会九州支部連合大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山本広太, 工藤彰洋, 武居 |
| 2. 発表標題 時間領域並列有限要素法に基づく大規模音響解析の研究・開発 |
| 3. 学会等名 第70回電気・情報関係学会九州支部連合大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 東勇, 武居周 |
| 2. 発表標題 領域分割法に基づく高周波電磁界解析手法の一検討 |
| 3. 学会等名 第70回電気・情報関係学会九州支部連合大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 野村政宗, 太良尾浩生, 武居周 |
| 2. 発表標題 数値人体モデルを用いた感電時の電流解析の並列化 |
| 3. 学会等名 第70回電気・情報関係学会九州支部連合大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 村上裕哉, 武居周 |
| 2. 発表標題 大空間の音場設計に向けた並列音響解析手法の検討 |
| 3. 学会等名 第70回電気・情報関係学会九州支部連合大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 野村政宗, 太良尾浩生, 武居周 |
| 2. 発表標題 解剖学的人体データを用いた感電時の電流解析手法の高速化検討 |
| 3. 学会等名 第29回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム(SEAD29) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 水間健仁, 武居周 |
| 2. 発表標題 領域分割法に基づく電磁界解析のインターフェース問題の収束性改善 |
| 3. 学会等名 第29回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム(SEAD29) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 村上裕哉, 武居周 |
| 2. 発表標題 電気機器解析に向けた電磁界解析手法の基礎検討 |
| 3. 学会等名 第29回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム(SEAD29) |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Ryuji Shioya, Masao Ogino, Yoshitaka Wada, Kohei Murotani, Seiichi Koshizuka, Hiroshi Kawai, Shin-ichiro Sugimoto, Amane Takei | 4. 発行年 2019年 |
| 2. 出版社 Springer | 5. 総ページ数 317 |
| 3. 書名 Advanced Software Technologies for Post-Peta Scale Computing: The Japanese Post-Peta CREST Research Project | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| <p>Goethe Center for Scientific Computing https://gcsc.uni-frankfurt.de/ M. Shadi Mohamed https://researchportal.hw.ac.uk/en/persons/m-shadi-mohamed 電磁情報学研究室 http://hamayu.emi.miyazaki-u.ac.jp/</p> |
|--|

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|-----------------------------------|----|
| 研究分担者 | 荻野 正雄 (Ogino Masao) (00380593) | 大同大学・情報学部・准教授 (33907) | |
| 研究分担者 | 河合 浩志 (Kawai Hiroshi) (00616443) | 東洋大学・総合情報学部・教授 (32663) | |
| 研究分担者 | 杉本 振一郎 (Sugimoto Shin-ichiro) (40451794) | 八戸工業大学・工学部・講師 (31103) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|-------------------------------------|----|
| 研究協力者 | 五十嵐 一 (Igarashi Hajime) (90212737) | 北海道大学・大学院情報科学研究科・教授 (10101) | |
| 研究協力者 | 伊藤 圭一 (Ito Keiichi) (20290702) | 秋田工業高等専門学校・その他部局等・教授 (51401) | |