

様 式 C - 7 - 1

## 平成 2 4 年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

1. 機関番号 

3	2	6	9	2
---	---	---	---	---

 2. 研究機関名 東京工科大学

3. 研究種目名 基盤研究(B) 4. 補助事業期間 平成 2 2 年度 ~ 平成 2 4 年度

5. 課題番号 

2	2	3	6	0	0	4	2
---	---	---	---	---	---	---	---

6. 研究課題 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

## 7. 研究代表者

研究者番号	研究代表者名	所属部局名	職名
7 0 3 1 8 8 6 4	イクノ ソウイチロウ 生野 壮一郎	コンピュータサイエンス学部	准教授

## 8. 研究分担者

研究者番号	研究分担者名	所属研究機関名・部局名	職名
0 0 2 2 4 6 6 8	カミタニ アツシ 神谷 淳	山形大学・理工学研究科	教授
2 0 4 0 0 5 3 3	サイトウ アコム 齋藤 歩	兵庫県立大学・工学研究科	助教
5 0 5 0 7 8 4 5	タダノ ヒロト 多田野 寛人	筑波大学・システム情報系	助教
8 0 4 3 3 8 5 3	イトウ タク 伊東 拓	東京工科大学・コンピュータサイエンス学部	助教

## 9. 研究実績の概要

有限要素法 / 境界要素法コードを実行する際には、予め対象領域を要素分割する必要がある。この要素分割という煩雑な手続きを完全に取り除く目的で、有限節点法、境界節点法等のメッシュレス法が提案されてきたが、メッシュレス法自体も様々な問題点をはらんでいる。先ず、有限節点法では、Lagrange の未定乗数法によって基本境界条件を弱形式に取り込んでいる。そのため、支配方程式の境界値問題を拘束条件付き変分原理に書き直す必要がある。一方、境界節点法では、離散化方程式の未知数が境界要素法の2倍に増加するため、同方程式の解法に8倍のCPU 時間を要することになる。そこで、本年度の研究目的は、変分原理を介することなく有限節点法を定式化すること、境界節点法の未知数の個数を半減させる方法を開発することとした。

先ず、第1目的を実現するために、EFG法では無く、有限要素法の出発点となる弱形式の離散形から、拘束条件付き連立1次方程式を導出した。その際、列フルランク行列  $C$  が、 $\text{Ker } CT = (\text{Im } C)$  という性質を満たすことに着目して導出を行った。その結果、拘束条件付き変分問題を全く介在させることなく、有限節点法の離散化方程式を純代数的に導くことに成功した。

次に、境界節点法における離散化方程式の次元が境界要素法における次元の2倍になるのは、形状関数がデルタ関数特性をもたないことに起因する。この問題を解決するため、本研究では、形状関数を構成するのにRadial Point Interpolation Method (RPIM)を採用した。その結果、連立1次方程式の解法に要するCPU 時間を従来法と比較して1/8 以下まで軽減することに成功した。

## 10. キーワード

(1) シミュレーション工学

(2) 数理工学

(3) メッシュレス法

(4) 陰関数曲面

(5)

(6)

(7)

(8)

## 11. 現在までの達成度

(区分)

(理由)

24年度が最終年度であるため、記入しない。

## 12. 今後の研究の推進方策

(今後の推進方策)

24年度が最終年度であるため、記入しない。

## 13.研究発表(平成24年度の研究成果)

〔雑誌論文〕計(11)件 うち査読付論文 計(11)件

著者名		論文標題【掲載確定】			
A. Saitoh, T. Itoh, N. Matsui, and A. Kamitani		Application of Extended Element-Free Galerkin Method to Nonlinear Problem			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	
IEEE Trans. Magn.	有	48	2   0   1   2	487-490	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)					
10.1109/TMAG.2011.2175904					

著者名		論文標題【掲載確定】			
A. Kamitani		Numerical Simulation of Shielding Current Density in High-Temperature Superconducting Film: Influence of Film Edge on Permanent Magnet Method			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	
IEEE Trans. Magn.	有	48	2   0   1   2	727-730	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)					
10.1109/TMAG.2011.2175373					

著者名		論文標題【掲載確定】			
S. Ikuno		Iterative Solver for Linear System Obtained by Edge Element: Variable Preconditioned Method with Mixed Precision on GPU			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	
IEEE Trans. Magn.	有	48	2   0   1   2	467-470	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)					
10.1109/TMAG.2011.2175375					

著者名	論文標題【掲載確定】			
S. Ikuno	Numerical Simulation of Permanent Magnet Method for Jc-Measurement in HTS Thin Film: Enhancement of Spatial Resolution			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
IEEE Trans. Appl. Supercond.	有	22	2   0   1   2	4904804
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
10.1109/TASC.2012.2183334				

著者名	論文標題【掲載確定】			
T. Takayama, A. Saitoh and A. Kamitani	Numerical Simulation of Conventional/Enhanced Permanent Magnet Method: Influence of Crack on Accuracy			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
IEEE Trans. Appl. Supercond.	有	22	2   0   1   2	4903904
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
10.1109/TASC.2011.2176300				

著者名	論文標題【掲載確定】			
T. Takayama, A. Kamitani, A. Saitoh and H. Nakamura	Numerical Investigation on Accuracy and Resolution of Contactless Methods for Measuring jC in High-Temperature Superconducting Film: Inductive Method and Permanent Magnet Method			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
Plasma Fusion Res.	有	7	2   0   1   2	2405017
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
10.1585/pfr.7.2405017				

著者名	論文標題【掲載確定】			
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			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
Plasma Fusion Res.	有	7	2   0   1   2	2405024
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
10.1585/pfr.7.2405024				

著者名	論文標題【掲載確定】			
S. Ikuno, A. Kamitani	Numerical Simulation of Electromagnetic Wave Propagation using Time Domain Meshless Method			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
Plasma Fusion Res.	有	7	2   0   1   2	2406044
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
10.1585/pfr.7.2406044				

著者名	論文標題【掲載確定】			
A. Saitoh, T. Itoh,	Application of Collocation Meshless Method to Eigenvalue Problem			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
Plasma Fusion Res.	有	7	2   0   1   2	2406096
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
10.1585/pfr.7.2406096				

著者名	論文標題【掲載確定】			
T. Itoh, A. Saitoh, A. Kamitani	Implicit Function with a Natural Behavior over the Entire Domain			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
Plasma Fusion Res.	有	7	2   0   1   2	2406068
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
10.1585/pfr.7.2406068				

著者名	論文標題【掲載確定】			
M. Naito, H. Tadano	A modified Block IDR(s) method for computing high accuracy solutions			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
JSIAM Letters	有	4	2   0   1   2	25-28
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
なし				

(学会発表) 計(40)件 うち招待講演 計(1)件

発表者名	発表標題【発表確定】	
神谷淳	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	
学会等名	発表年月日	発表場所
第21回MAGDAコンファレンス in 仙台	2012年11月21日	震災復興記念会館, 仙台市, 宮城県

発表者名	発表標題【発表確定】	
A. Kamitani	Numerical Method for Analyzing Shielding Current Density in HTS Film with Multiple-Layer/Multiply-Connected Structure	
学会等名	発表年月日	発表場所
22nd International Toki Conference (ITC-22)	2012年11月19日	Ceratopia, 土岐市, 岐阜県

発表者名	発表標題【発表確定】	
T. Takayama, A. Kamitani	Numerical investigations on detectability of crack by contactless jC-measurement method	
学会等名	発表年月日	発表場所
22nd International Toki Conference (ITC-22)	2012年11月19日	Ceratopia, 土岐市, 岐阜県

発表者名	発表標題【発表確定】	
T. Itoh, S. Ikuno	Investigation of Numerical Stability of Electromagnetic Wave Propagation Simulation using Meshless Time Domain Method	
学会等名	発表年月日	発表場所
22nd International Toki Conference (ITC-22)	2012年11月21日	Ceratopia, 土岐市, 岐阜県

発表者名	発表標題【発表確定】	
S. Ikuno, T. Itoh	Three-dimensional analysis of electromagnetic wave propagation using meshless time domain method	
学会等名	発表年月日	発表場所
22nd International Toki Conference (ITC-22)	2012年11月20日	Ceratopia, 土岐市, 岐阜県

発表者名	発表標題【発表確定】	
A. Kamitani	Virtual Voltage Method for Analyzing Shielding Current Density in High-Temperature Superconducting Film with Cracks/Holes	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 15th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2012)	2012年11月12日	Oita Oasis Tower Hotel, 大分市, 大分県

発表者名	発表標題【発表確定】	
Y. Ohi, S. Ikuno, A. Kamitani	Influence of Weight Function on Numerical Stability of Meshless Time Domain Method Based on RPIM	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 15th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2012)	2012年11月12日	Oita Oasis Tower Hotel, 大分市, 大分県

発表者名	発表標題【発表確定】	
S. Ikuno, T. Itho, A. Kamitani	Large-Scale Simulation of Electromagnetic Wave Propagation using Meshless Time Domain Method with Parallel Processing	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 15th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2012)	2012年11月13日	Oita Oasis Tower Hotel, 大分市, 大分県

発表者名	発表標題【発表確定】	
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	
学会等名	発表年月日	発表場所
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, 仙台市, 宮城県

発表者名	発表標題【発表確定】	
上田信行, 生野壮一郎	GPUを用いたMeshless Time Domain Method の高速化 -任意形状導波路内電磁界解析への適用-	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本応用数理学会2012年度年会	2012年08月30日	稚内全日空ホテル, 稚内, 北海道



発表者名	発表標題【発表確定】	
大石庸介, 生野壮一郎	EFG法から得られる連立1次方程式に対する反復解法の検討	
学会等名	発表年月日	発表場所
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, 稚内, 北海道

発表者名	発表標題【発表確定】	
K. Miyashita, A. Saitoh	Accuracy Improvement of Extended Boundary-Node Method	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 15th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2012)	2012年11月13日	Oita Oasis Tower Hotel, 大分市, 大分県

発表者名	発表標題【発表確定】	
T. Itoh	Application of Extended Element-Free Galerkin Method to Electrostatic Problem in Dielectric Composite Material	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 15th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2012)	2012年11月13日	Oita Oasis Tower Hotel, 大分市, 大分県

発表者名	発表標題【発表確定】	
T. Takayama, A. Kamitani	Numerical investigation on Jc measurement and defect detection by inductive / permanent-magnet methods	
学会等名	発表年月日	発表場所
Applied Superconductivity Conference 2012 (ASC 2012)	2012年10月10日 ~ 2012年10月10日	Oregon, USA

発表者名	発表標題【発表確定】	
S. Ikuno	Axisymmetric Simulation of Contactless Method for Measuring Critical Current Density: Influence of Hole on Accuracy	
学会等名	発表年月日	発表場所
Applied Superconductivity Conference 2012 (ASC 2012)	2012年10月10日	Oregon Convention Center, Oregon, USA

発表者名	発表標題【発表確定】	
A. Kamitani	Shielding current analysis in HTS film with multiply connected cross section	
学会等名	発表年月日	発表場所
Applied Superconductivity Conference 2012 (ASC 2012)	2012年10月10日	Oregon Convention Center, Oregon, USA

発表者名	発表標題【発表確定】	
K. Miyashita, A. Saitoh	Development of Modified Extended Boundary-Node Method: New Approach for Determining Data Points	
学会等名	発表年月日	発表場所
International Conference on Simulation Technology 2012	2012年09月28日	Integrated Research Center, Kobe Univ., 神戸市, 兵庫県

発表者名	発表標題【発表確定】	
S. Ikuno	Investigations of Linear System Obtained by Element-Free Galerkin Method: Influence of Imposing Method for Boundary Condition	
学会等名	発表年月日	発表場所
International Conference on Simulation Technology 2012	2012年09月28日	Integrated Research Center, Kobe Univ., 神戸市, 兵庫県

発表者名	発表標題【発表確定】	
T. Takayama, A. Kamitani	Numerical Investigation on Applicability of Scanning Permanent Magnet Method to Crack Detection in High-Temperature Superconducting Film	
学会等名	発表年月日	発表場所
International Conference on Simulation Technology 2012	2012年09月28日	Integrated Research Center, Kobe Univ., 神戸市, 兵庫県

発表者名	発表標題【発表確定】	
T. Itoh	Estimation of Point Normals from Positional Relationship of Three-Dimensional Scattered Point Data	
学会等名	発表年月日	発表場所
International Conference on Simulation Technology 2012	2012年09月28日	Integrated Research Center, Kobe Univ., 神戸市, 兵庫県

発表者名	発表標題【発表確定】	
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	
学会等名	発表年月日	発表場所
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

発表者名	発表標題【発表確定】	
宮下健太, 齋藤歩	複雑形状に対する拡張境界節点法の精度向上	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本応用数理学会2012年度年会	2012年08月30日 ~ 2012年08月30日	稚内全日空ホテル, 稚内, 北海道

発表者名	発表標題【発表確定】	
伊東拓	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	
学会等名	発表年月日	発表場所
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, 稚内, 北海道

発表者名	発表標題【発表確定】	
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	
学会等名	発表年月日	発表場所
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, 土岐市, 岐阜県

発表者名	発表標題【発表確定】	
中野陽市, 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	
学会等名	発表年月日	発表場所
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, 土岐市, 岐阜県

発表者名	発表標題【発表確定】	
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	
学会等名	発表年月日	発表場所
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, 土岐市, 岐阜県

発表者名	発表標題【発表確定】	
伊東拓	中間陰関数を必要としない高速レンダリング可能な陰関数生成法	
学会等名	発表年月日	発表場所
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, 土岐市, 岐阜県

発表者名	発表標題【発表確定】	
藤田宜久, 伊東拓, 生野壮一郎	MTDMを用いた導波路内電子波伝播解析	
学会等名	発表年月日	発表場所
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, 土岐市, 岐阜県

発表者名	発表標題【発表確定】	
大井祥栄, 生野壮一郎	FDTD法を用いた導波路内電磁波伝播現象の3Dシミュレーション	
学会等名	発表年月日	発表場所
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, 土岐市, 岐阜県

発表者名	発表標題【発表確定】	
S. Nakata, S. Ikuno	Meshfree Large-Deformation Simulation of Solids using Graphics Processing Units	
学会等名	発表年月日	発表場所
The Third International conference on Parallel, Distributed, Grid and Cloud Computing For Engineering	2013年03月26日	The University of Pecs, Pecs, Hungary

発表者名	発表標題【発表確定】	
T. Itoh, S. Ikuno	Electromagnetic Wave Propagation Simulation in Complex Shaped Domain using Meshless Time Domain Method	
学会等名	発表年月日	発表場所
ICCES Special Symposium on Meshless & Other Novel Computational Methods (ICCES MM'12)	2012年09月05日	Maestral Hotel, Budva, Montenegro

発表者名	発表標題【発表確定】	
S. Ikuno, T. Itoh	Influence of Node Alignment on Numerical Stability of Meshless Time Domain Method	
学会等名	発表年月日	発表場所
ICCES Special Symposium on Meshless & Other Novel Computational Methods (ICCES MM'12)	2012年09月05日	Maestral Hotel, Budva, Montenegro

発表者名	発表標題【発表確定】	
T. Itoh, S. Ikuno, A. Kamitani	Numerical Investigation of Linear Systems Obtained by Extended Element-Free Galerkin Method	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 15th International IGTE Symposium (IGTE 2012)	2012年09月17日 ~ 2012年09月17日	Hotel Novapark, Graz, Austria

発表者名	発表標題【発表確定】	
S. Ikuno, T. Itoh, A. Kamitani	Electromagnetic Wave Propagation Simulation in Corrugated Waveguide using Meshless Time Domain Method	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 15th International IGTE Symposium (IGTE 2012)	2012年09月17日 ~ 2012年09月17日	Hotel Novapark, Graz, Austria

発表者名	発表標題【発表確定】	
L. Du, H. Tadano	IDR(s) for Linear Systems with Multiple Shifts and Multiple Right-Hand Sides	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 8th East Asia SIAM Conference (EASIAM 2012)	2012年06月25日	National Taiwan University, Taiwan

発表者名	発表標題【発表確定】	
内藤理大, 多田野寛人	Block IDR(s)法における残差停滞の回避法について	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本応用数学会2012年度年会	2012年09月02日	稚内全日空ホテル, 稚内, 北海道

発表者名	発表標題【発表確定】	
多田野寛人	偽収束を回避するBlock Krylov部分空間反復法の安定化と計算量削減について	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本応用数学会2012年度年会	2012年08月28日	稚内全日空ホテル, 稚内, 北海道

発表者名	発表標題【発表確定】	
今倉暁, 多田野寛人	複数右辺ベクトルを持つ線形方程式に対するWeighted Block GMRES法	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本応用数学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会 第14回研究会	2012年11月20日	筑波大学, つくば市, 茨城県

発表者名	発表標題【発表確定】	
多田野寛人	複数右辺ベクトルをもつ連立一次方程式の数値解法と並列固有値計算への応用	
学会等名	発表年月日	発表場所
第5回日本数式処理学会理論分科会&システム分科会合同研究会(招待講演)	2012年12月27日	京都大学, 京都府

発表者名	発表標題【発表確定】	
S. Ikuno	Parallelization of Variable Preconditioned Krylov Subspace Method using Multi-GPU	
学会等名	発表年月日	発表場所
2013年度JSPS二国間交流事業	2012年04月10日	Delft University of Technology, Delft, Netherland

(図書) 計( 0 )件

著者名	出版社		
書名	発行年	総ページ数	

## 14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

(出願) 計( 0 )件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	出願年月日	国内・外国の別



(取得) 計( 0 )件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	取得年月日	国内・外国の別
				出願年月日	

15.備考

--