

様 式 F - 7 - 1

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）実施状況報告書（研究実施状況報告書）（平成24年度）

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 若手研究(B) 4. 補助事業期間 平成24年度～平成26年度

5. 課題番号 

2	4	7	0	0	0	5	3
---	---	---	---	---	---	---	---

6. 研究課題 複雑領域に対する陰関数ベース高速メッシュレス解析システムの開発

## 7. 研究代表者

研究者番号	研究代表者名	所属部局名	職名
8 0 4 3 3 8 5 3	イトウ タク 伊東 拓	コンピュータサイエンス学部	助教

## 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

## 9. 研究実績の概要

平成24年度は、高速メッシュレス解析システムにおいて、領域を表す際に使用する陰関数の生成法について検討した。陰関数生成法としては、B-Splineを利用した方法を改良したものを利用した。従来の方法では、まず、入力点群からMPU法などを利用して一旦通常通りに陰関数を生成した後、その陰関数から格子状に関数値を獲得し、それらをB-Splineによって結合することで、高速に関数値計算可能な陰関数を生成可能とした。一方、我々は、一旦陰関数を生成するプロセスを不要とし、関数値の代わりに値を入力点群から直接獲得可能とする方法を提案した。

CPU環境における提案法の実装によって、従来法よりも高速に格子状のデータを獲得でき、陰関数の関数値計算も高速に実行可能であることを確認した。また、提案法から生成された陰関数の入力点群上における精度は、従来法と数値的に同程度であった。従って、CPU環境においては十分なパフォーマンスを持っており、次年度以降はGPU環境での実装にシフト可能であるといえる。

一方、メッシュレス法の研究として、同法において現れる連立1次方程式の解法についても研究し、高速に解くための指針の一例を示した。また、FDTD法にメッシュレス法で用いられる形状関数を組み込むことで、複雑な形状の導波管における電磁波伝搬シミュレーションを容易にする方法についても研究を行い、現時点では2次元問題のシミュレーションコードを開発している。

研究成果は、国内外の会議や研究会で積極的に発表した。また、幾つかは論文としても投稿している。

## 10. キーワード

(1) ハイパフォーマンス・コン ピューティング	(2) GPGPU	(3) メッシュレス法	(4) 陰関数曲面
(5) B-Spline	(6)	(7)	(8)

## 11. 現在までの達成度

(区分)(2) おおむね順調に進展している。

(理由)

平成24年度は、メッシュレス解析システムにおいて解析領域を表すために使用する陰関数について検討し、同システムにおいて求められる性能を持った陰関数をCPU環境で実装することを目的に、研究計画を立てた。実際には、計画段階での構想とは別の方法となったが、メッシュレス解析システムにおいて求められる陰関数を実装し、CPU環境において十分なパフォーマンスを持っていることを確認できた。また、この研究成果については研究会で発表し、今後のGPU環境における実装などについて参加者と議論することができた。現状の研究経過状況より、おおむね順調に進展していると判断した。

## 12. 今後の研究の推進方策 等

(今後の推進方策)

平成25年度は、最新のGPU環境を導入し、GPU上で陰関数の関数値計算が並列に高速計算できるように実装することを目標とする。その際には、平成24年度にCPU環境で構築したアルゴリズムをベースに実装する。GPU上で関数値計算を並列に高速計算するためには、生成されたローカル関数の全てが同じ関数表現で定義されている必要がある。なぜならば、GPU上で並列に関数値を計算する際、どの位置で関数値を計算しても同様の計算をすることになり、これはGPUが得意とする計算だからである。現状CPU環境で実装した陰関数生成法はローカル関数がB-Splineに基づいており、前述の要件を満たしている。

平成26年度は、これまでにGPU環境で実装した陰関数を用いて、メッシュレス法で現れる連立1次方程式の係数行列の要素計算(以下、行列要素計算)を高速化することを計画している。行列要素計算における数値積分をする際に、メッシュレス法で最もよく用いられるのは、バックグラウンドセル(以下、BGセル)を使う方法である。BGセルとは、領域積分の積分範囲を適度な大きさに分割するためのものであり、解析領域をBGセルで覆い尽くささえすれば、入力節点とは無関係に生成してよい。従って本研究では、BGセルが陰関数生成時に利用する小領域と全く同じになるように生成する。そうすることで、BGセルと小領域の管理を統一可能なため、GPU上のメモリに保存するデータ量を減らすことが出来る。また、数値積分の際に陰関数の関数値計算が必要になるが、BGセルと同じ番号のB-Splineを参照すればいいため、GPUを用いて並列計算する上で都合がよい。陰関数の関数値計算を並列に実行できる状況が整えば、行列要素計算は各BGセルごとに完全に独立な処理になるため、GPU上での並列化は実現可能であると考えている。

(次年度の研究費の使用計画)

まず、平成24年度に3Dレーザースキャナから獲得したデータを加工するためのソフトウェア(Roland DG社・Pixform Pro II)を購入予定であったが、同様の処理が可能なフリーウェア(3Dシステムズ社・Rapidform XOM)が提供されていることが年度途中で分かった。したがって、Pixform Pro IIの購入を見送り、Rapidform XOMで代用した。Pixform Pro IIに使用する予定であった研究費は、国際会議発表を予定より増やした際の旅費に充当するなどしたが、最終的に415,308円を次年度に繰り越した。翌年度以降の研究費と合わせた使用計画としては、まず、最新のGPUを搭載したPCを組み立てるために、各種PCパーツを購入することを計画している。特に、GPUはNvidia社・Tesla K20 (399,000円)の購入を考えており、同GPUが安定的に動作するようなPCパーツ(合計で300,000円程度)を揃える。また、国際会議および国内での学会大会・研究会等への参加も、それぞれ2回以上を計画しており、その際の旅費(600,000円程度)・登録費(260,000円程度)に使用することを考えている。加えて、研究代表者が使い慣れているMac OS Xを搭載したPC (350,000円程度)も、論文執筆やデータ処理だけでなく、Mathematicaを用いた数値計算などの処理を円滑に進めるために購入することを計画している。

## 13. 研究発表(平成24年度の研究成果)

〔雑誌論文〕計(3)件 うち査読付論文 計(3)件

著者名		論文標題			
T. Itoh, A. Saitoh, A. Kamitani, and H. Nakamura		Implicit Function with Natural Behavior over Entire Domain			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	
Plasma and Fusion Research	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			
A. Saitoh, T. Itoh, N. Matsui, A. Kamitani and H. Nakamura		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 and Fusion Research	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			
S. Ikuno, Y. Fujita, T. Itoh, S. Nakata, H. Nakamura and 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 and Fusion Research	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					

〔学会発表〕計(15)件 うち招待講演 計(0)件

発表者名	発表標題	
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14日 ~ 2012年11月14日	Oita Oasis Tower Hotel, Oita

発表者名	発表標題	
S. Ikuno, T. Itoh	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14日 ~ 2012年11月14日	Oita Oasis Tower Hotel, Oita

発表者名	発表標題	
Y. Ohi, T. Itoh	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13日 ~ 2012年11月13日	Oita Oasis Tower Hotel, Oita

発表者名	発表標題	
K. Miyashita, T. Itoh	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 ~ 2012年11月13日	Oita Oasis Tower Hotel, Oita

発表者名		発表標題	
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 ~ 2012年09月28日	Integrated Research Center, Kobe Univ., Kobe, Hyogo

発表者名		発表標題	
S. Ikuno, T. Itoh		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 ~ 2012年09月28日	Integrated Research Center, Kobe Univ., Kobe, Hyogo

発表者名		発表標題	
K. Miyashita, T. Itoh		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 ~ 2012年09月28日	Integrated Research Center, Kobe Univ., Kobe, Hyogo

発表者名		発表標題	
T. Itoh		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	
S. Ikuno, T. Itoh	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	
T. Itoh	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 ~ 2012年09月05日	Maestral Hotel, Budva, Montenegro

発表者名	発表標題	
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 ~ 2012年09月05日	Maestral Hotel, Budva, Montenegro

発表者名	発表標題	
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 ~ 2013年03月15日	岐阜県土岐市, 核融合科学研究所

発表者名		発表標題	
藤田宜久, 伊東拓		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 ~ 2013年03月15日	岐阜県土岐市, 核融合科学研究所

発表者名		発表標題	
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
日本応用数理学会2012年度年会		2012年08月31日 ~ 2012年08月31日	北海道稚内市, 稚内全日空ホテル

発表者名		発表標題	
宮下健太, 伊東拓		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	北海道稚内市, 稚内全日空ホテル

〔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

--