

受付 ID	15a-38
分野	計算機工学

電磁界解析問題における MTDM と Krylov 部分空間解法の高速化 High-Performance Computing of MTDM and Krylov Subspace Methods in Electromagnetic Problems

伊東 拓

日本大学 生産工学部 数理情報工学科

1. 研究目的

- 1-1. Meshless Time-Domain Method (MTDM)を用いてコルゲート導波路内の電磁界解析用コードを開発し、同コードでコルゲート導波路内の電磁波伝播解析を行い、導波路壁に誘起される渦電流が伝播損失に及ぼす影響を数値的に調査する。
- 1-2. 大規模電磁界解析および超電動内遮蔽電流密度解析で現れる連立1次方程式に対して有効な、高速 Krylov 部分空間解法の開発をする。

2. 研究成果の内容

目的 1-1 を達成するためには、MTDM の安定化が必要不可欠であると判断し、平成 27 年度は、MTDM で必要になる形状関数を生成する際、Interpolating Moving Least-Squares method (IMLS) を用いるように改良した。結果として、これまでよりも比較的容易にパラメータ設定が可能となり、時間刻み幅を従来より大きめに取っても安定的にシミュレーションすることが可能となった。

目的 1-2 については、平成 25~27 年度は、HA-PACS の GPU を利用し、多倍長演算可変の前処理付き Krylov 部分空間解法の高速化を図った。研究成果の一例を挙げると、有限要素法の辺要素を用いた静磁場電磁界解析において現れる約 170 万円の連立 1 次方程式に対して、128 台の GPU を用いて約 15 倍の高速化を実現した。

3. 学際共同利用として実施した意義

HA-PACS/COMA を使って様々な所属機関の研究者や学生が連携して研究に取り組めるだけでなく、強力な計算機資源を使用させていただくことで、1つの研究室では難しいレベルの大規模計算も実行可能なことに意義があると考えている。

4. 今後の展望

現時点での COMA による計算の高速化率は、理論性能には全く及んでいない。理論性能に近づけるためには、ノード間通信の削減が可能なアルゴリズムの実装が必要に

なると考えている。通信削減のために、Communication Avoiding Algorithm を可変的前処理付き Krylov 部分空間反復法に適用していくことを計画している。

5. 成果発表

(1) 学術論文

- [1] T. Itoh and S. Ikuno, “Interpolating Moving Least-Squares-Based Meshless Time-Domain Method for Stable Simulation of Electromagnetic Wave Propagation in Complex-Shaped Domain,” *Trans. on Magn.*, Vol. 52, No. 3, Art. ID 7207404, 2016.
- [2] S. Ikuno, G. Chen, S. Yamamoto, T. Itoh, K. Abe, and H. Nakamura, “Krylov Subspace Method with Communication Avoiding Technique for Linear System Obtained from Electromagnetic Analysis,” *Plasma Fusion Res.*, Vol. 11, Art. ID 2406021, 2016.
- [3] Y. Fujita, S. Ikuno, S. Kubo, and H. Nakamura, “Finite-difference time-domain analysis of electromagnetic wave propagation in corrugated waveguide: Effect of miter bend/polarizer miter bend,” *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 55, Art. ID 01AH06, 2016

(2) 学会発表

- [1] 生野壮一郎, 廣川祐太, 伊東拓, 藤田宜久, 多田野寛人, “HA-PACS/COMA で実装された可変的前処理付き反復法による電磁界解析の高速化,” 第7回「学際計算科学による新たな知の発見・統合・創出」シンポジウム, 筑波大学計算科学センター, 2015.
- [2] S. Ikuno, G. Chen, and T. Itoh, “Parallelization of VP Krylov Subspace Method for Linear System Obtained by XEFG on Multi-GPU Cluster,” *JSST 2015, Toyama Int'l Conf. Center, Toyama, Japan*, 2015.
- [3] S. Ikuno, and G. Chen, “Implementation of Variable Preconditioned Krylov Subspace Method on GPU and Estimation of Optimal Parameters,” *ICCES 2015, Reno, NV, USA*, 2015.
- [4] S. Ikuno, Y. Hirokawa, and T. Itoh, “Acceleration of Iterative Solver for Electromagnetic Analysis using GPU/MIC,” *Compumag 2015, McGill University, Montréal, Québec, Canada*, 2015.

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース*
HA-PACS	○	120 時間
HA-PACS/TCA	○	40 時間
COMA	○	180 時間
※配分リソースについては 32node 換算時間をご記入ください。		