

受付 ID	16a51
分野	数値解析

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) 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。
- (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。特に、通信削減のために、Communication Avoiding Algorithm (CAA)を可変的前処理付き Krylov 部分空間反復法(Variable Preconditioned Krylov Subspace method, VPKS)に適用し、性能評価を行う。

2. 研究成果の内容

目的(1)で MTDM を採用しているのは、複雑領域に比較的適用しやすいからである。一方、MTDM は、Finite-Difference Time-Domain method (FDTD) と比較して、節点数が同程度の場合に、計算コストが大きくなる傾向がある。そのため、今年度は、全領域を MTDM で計算するのではなく、矩形領域は FDTD で計算を行い、MTDM と FDTD の両方を用いる Hybrid 法を提案した。同方法により、全領域を MTDM で計算する場合と比較して、同じ節点数で、最大約 1.9 倍高速化できた。

目的(2)では、CAA の 1 つである k -skip 法を VPKS の内部反復に採用し、特に HA-PACS で、幾つかの数値実験を行った。その結果、内部反復の k -skip 法が効果的に働く場合があり、外部反復回数を減少させられる例を確認できた。また、CAA として、Chebyshev 基底共役勾配法についても性能評価を行い、比較的小規模な問題であるが、通信を削減できるパラメータの例を確認した。

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。また、学部4年生とスパコンを使った卒研に実際に取り組めたことは、意義があったと思っている。

4. 今後の展望

k -skip 法や Chebyshev 基底共役勾配法において、反復回数や通信を削減できる例を確認できたものの、比較的小規模な問題であり、現時点で全体のパフォーマンスが十分に改善されたわけではない。したがって、今後は数値実験をさらに行い、全体のパフォーマンス向上を目指す。また、大規模な問題での評価を行うことも計画している。

5. 成果発表

(1) 学術論文

[1] S. Ikuno, G. Chen, T. Itoh, S. Nakata, and K. Abe, "Variable Preconditioned Krylov Subspace Method with Communication Avoiding Technique for Electromagnetic Analysis," IEEE Trans. on Magnetics, Vol. 53, No. 6, in press.

[2] T. Itoh and S. Ikuno, "Efficient Simulation of Electromagnetic Wave Propagation in Complex Shaped Domain by Hybrid Method of FDTD and MTDM Based on Interpolating Moving Least-Squares Method," IEEE Trans. on Magnetics, Vol. 53, No. 6, in press.

(2) 学会発表

[1] 生野壮一郎, 伊東拓, 藤田宜久, 多田野寛人, "メッシュレス法より得られる連立1次方程式への可変的前処理付き反復解法の適用," 第8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, 2016.

[2] 石坂旭克, 伊東拓, "Chebyshev 基底共役勾配法の性能評価," 日本大学生産工学部第49回学術講演会, 習志野, 2016.

[3] S. Ikuno and T. Itoh, "GPU Acceleration of Variable Preconditioned Krylov Subspace Method for Linear System Obtained by Extended Element-Free Galerkin Method," ICCEM2017, Kumamoto, 2017.

[4] Y. Fujita, S. Ikuno, and H. Nakamura, "Investigation of Higher-Order Mode Proportions in Propagation Mode in Miter Bend," ICCEM2017, Kumamoto, 2017.

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース※
HA-PACS	○	150 時間
HA-PACS/TCA	○	50 時間
COMA	○	150 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。		