

受付 ID	17a47
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。今年度は、特に、Many Integrated Core アーキテクチャ (MIC)環境で高速計算できるコードの開発を目指す。
- (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。今年度は昨年度より大規模な問題への適用を目指す。

2. 研究成果の内容

目的(1)に関連して、1ノードのみの限定的なものであるものの、Oakforest-PACSにおいてMTDMの2次元コードを実装し、S字導波管における電磁波伝播解析を行った。なお、今後3次元に拡張する際に参考になるデータを獲得するために、節点数は約1158万点とし、最大1024スレッドで実験を行った。結果として、256スレッドのとき最も高速に実行でき、1スレッドのときと比較して、約20倍高速化できる例を確認した。

目的(2)では、特にHA-PACSにおいて様々な数値実験を行い、最大で約1736万円の連立1次方程式をVPGMRES法によって解いた。その結果、内部反復の通信時間が非常に大きくなるため、ノード数を32まで増やしたときよりも、8ノードの場合の方が高速であった。そのため、内部反復の通信時間削減のために、内部反復のみにCAAを使った。具体的には、 k -skip CG法や k -skip BiCG法を適用した。結果として、通信時間削減だけでなく、 $k=2$ の場合に収束までの反復回数が大幅に減る例を確認し、内部反復の性能を上げる場合があることが分かった。

3. 学際共同利用として実施した意義

HA-PACS/COMA/Oakforest-PACS 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ことに意義があると考えている。また，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が実行可能なことにも意義があると考えている。

4. 今後の展望

MTDM は Oakforest-PACS において1ノードでの計算に留まっているため，複数ノードでの計算をすることや，3次元シミュレーション用コードの開発をすることを視野に入れている。また，これまで k -skip 法は HA-PACS で稼働していたため，COMA に移植し，さらに大規模な問題に適用することを考えている。

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, (2017), Art no. 7202204.

(2) 学会発表

[1] S. Ikuno, and T. Itoh, “Parallelization of Variable Preconditioned Krylov Subspace Method for Linear System Obtained from Meshless Approaches”, SIAM PP18, Tokyo, Mar. 2018.

[2] H. Tadano, “Stabilization of the Block BiCGGR method for linear systems with many right-hand sides,” JSST2017, Tokyo, Oct. 2017.

[3] Y. Fujita, S. Ikuno and H. Nakamura, “Electromagnetic Wave Propagation Simulation using Meshless Approaches,” JSST2017, Tokyo, Oct. 2017.

[4] 伊東拓，生野壮一郎，藤田宜久，多田野寛人，“メッシュレス法による電磁波伝搬解析の Oakforest-PACS における高速化,” 第9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，Oct. 2017.

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
HA-PACS/TCA	○	3360	0
COMA	○	4800	0
Oakforest-PACS	○	46080	0
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			