

CBFM を用いたモーメント法の高速度に関する一検討

A Study on Fast MoM Based on CBFM

今野 佳祐 *1 陳 強 *1 澤谷 邦男 *1 瀬在 俊浩 *2

Keisuke Konno *1 Qiang Chen *1 Kumio Sawaya *1 Toshihiro Sezai *2

*1 東北大学大学院工学研究科 電気通信工学専攻

*2 宇宙航空研究開発機構

*1 Department of Electrical Communications Engineering, Tohoku University *2 Japan Aerospace Exploration Agency

1 はじめに

アンテナの電磁界数値解析手法の1つとして、モーメント法 (Method of Moments, MoM) が挙げられる [1]. 近年, MoM によって得られた行列方程式を高速に解く手法として, 共役勾配 (Conjugate Gradient, CG) 法などの反復法がしばしば用いられる [2]. しかしながら, 反復解法は Z 行列が良条件なら少ない反復回数で収束するが, 悪条件ならば収束までに多くの反復回数を要するため, 必ずしも高速化できない. そこで, 悪条件の行列方程式を高速に解く手段として CBFM (Characteristic Basis Function Method) が提案されている [3]. 本報告では, CBFM の精度と計算時間を示し, 悪条件問題に対して CBFM が有効であることを示す.

2 CBFM の原理

総セグメント数が N の問題を考える. CBFM では, これを K 個のセグメントから成る M 個のブロックに分割し, 各ブロックごとに M 個の基底関数 (Primary/Secondary Basis) で展開する. これは $N \times N$ ($N = KM$) の行列方程式を解く問題を, M^2 個の基底及び重みを求める問題, すなわち $M^2 \times M^2$ の行列方程式を解く問題に変形したことに等価である [3]. $M^2 \ll N$ となるようにブロックを定めれば, 変形後の行列は元の行列よりも格段に小さくなるため, N が大きい問題でも Gauss-Jordan 法などの厳密解法で解くことが可能になる. また, この変形過程においては, ブロック同士の接続部分に K_0 個のオーバーラップセグメントを設け, オーバーラップセグメント部分も含めたブロック行列方程式を解くことにより, 高精度な解を得られる.

3 数値解析結果

図 1 に, 解析モデルであるダイポールアンテナを示す. ダイポールアンテナは波長に比べて十分長いものとし, 今回は平面波の散乱問題を解くこととする. なお, この解析モデルから生まれる Z 行列は悪条件であり, 反復回数が N に比例して増加するため, CG 法のような反復法で解くには不向きであることが報告されている [4].

図 2 にダイポール上の電流分布を示す. オーバーラップセグメントの有無によって, 振幅・位相共に違いが生じていることが分かる. $K_0 = 10$ の場合は, 得られた電流分布は厳密解とほぼ一致した.

図 3 に解析に要した計算時間を示す. 悪条件問題であるため, CG 法 (相対残差 $\epsilon = 10^{-4}$) では反復回数が N に比例して増加し, 計算量のオーダーは Gauss-Jordan 法と同じ $O(N^3)$ であった. 一方の CBFM は, 厳密解法に基づいているため, 悪条件問題にも拘らず解析時間は $O(N^2)$ となった.

4 まとめ

CBFM が CG 法よりも少ない計算時間で悪条件問題を解析できることを示した.

参考文献

- [1] R.F. Harrington, Field Computation by Moment Methods, New York, Macmillan, 1968.
- [2] T.K. Sarker and S.M. Rao, "The application of the conjugate gradient method for the solution of electromagnetic scattering from arbitrarily oriented wire antennas," IEEE Trans. Antennas Propag., vol.32, no.4, pp.398-403, April 1984.

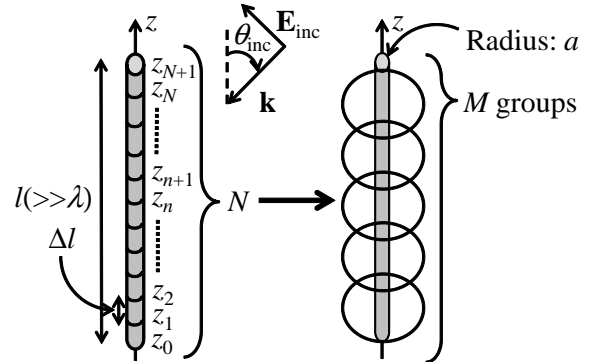


図 1 ダイポールによる散乱問題.

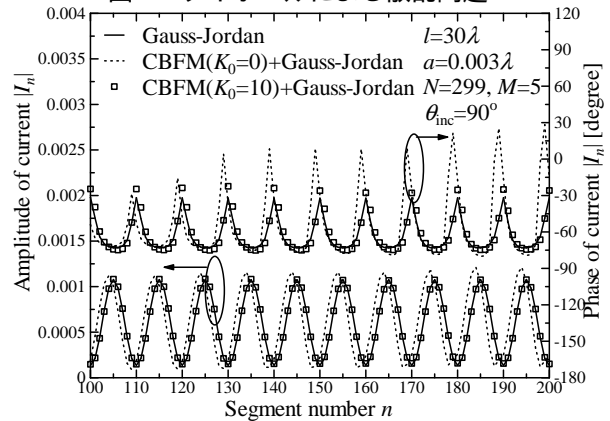


図 2 ダイポール上の電流分布.

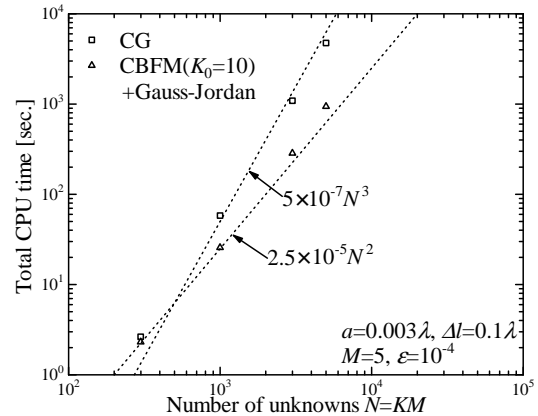


図 3 解析に要した時間.

- [3] V.V.S. Prakash and R. Mittra, "Characteristic basis function method: A new technique for efficient solution of method of moments matrix equations," Microw. Opt. Technol. Lett., vol.36, no.2, pp.95-100, Jan. 2003.
- [4] K. Konno, Q. Chen, and K. Sawaya, "Quantitative evaluation for computational cost of CG-FMM on typical wiregrid models," IEICE Trans. Commun., vol.E93-B, no.10, pp.2611-2618, Oct. 2010.