

# 不均質な誘電体近傍にあるアンテナのモーメント法解析

Analysis of Antenna Close to Nonuniform Dielectric Object

今野 佳祐 \*1 陳 強 \*1 澤谷 邦男 \*1

Keisuke Konno \*1 Qiang Chen \*1 Kunio Sawaya \*1

東北大学大学院工学研究科 電気通信工学専攻

Department of Electrical Communications Engineering, Tohoku University

## 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]. モーメント法はアンテナだけでなく誘電体を含む構造にも適用できることが知られている [2]. しかしながら、自己・相互インピーダンス行列に含まれる5重積分の扱い、誘電体と自由空間の境界における端電荷の取り扱いなどが困難であることから、特に不均質な誘電体近傍のアンテナ解析はあまり行われていない. 本報告では、自己・相互インピーダンスの計算に要する積分を座標変換により3重積分に低減した上で、端電荷を厳密に考慮した定式化に基づくモーメント法を利用して、不均質な誘電体近傍におけるアンテナ解析を行ったので報告する.

## 2 不均質な誘電体に対するガラーキンモーメント法

誘電体内における電界積分方程式は以下のように表される.

$$\mathbf{E}^{inc}(\mathbf{r}) = \frac{\mathbf{J}_p(\mathbf{r})}{\sigma + j\omega\epsilon_0(\epsilon_r - 1)} + j\omega\mu_0 \iiint_V \overline{\mathbf{G}}_0(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \cdot \mathbf{J}_p(\mathbf{r}') dV' \quad (1)$$

ただし、 $\mathbf{E}^{inc}$  は入射電界、 $\mathbf{J}_p$  は分極電流、 $\overline{\mathbf{G}}_0$  は自由空間のダイアティックグリーン関数、 $\mathbf{r}$  及び  $\mathbf{r}'$  はそれぞれ観測点及び波源の位置ベクトルである. (1) 式の両辺に重み関数を乗じて積分することで自己・相互インピーダンスを求めるが、不均質な誘電体を解析する際は、(1) 式の右辺第1項の成分を、誘電体ブロック内の比誘電率に応じて自己インピーダンスに加算すればよい. なお、本報告では、参考文献 [3] に記されている座標変換及び端電荷を含んだ定式化を利用しており、自己・相互インピーダンス計算の積分次数は3重積分にまで低減している.

## 3 数値解析結果

図1に、解析モデルを示す. 誘電体形状は直方体で、比誘電率の異なる誘電体が2層に重なっているものとする. 計算時間を短縮するため、自己・相互インピーダンスを計算するときブロックセグメント間の対称性を利用している. 周波数が3GHz、 $w_x = w_y = 10$ ,  $w_z = 120$  のモデルにおける、積分点数  $L$  に対する入力インピーダンスの収束性を図2に示す.  $L$  の増加に対して緩やかに入力インピーダンスが変化しているものの、 $L = 7$  付近からほぼ一定を保っている様子が分かる. 次に、周波数特性を図3に示す. 積分点数は  $L = 7$  とした. 端電荷を考慮した結果には、端電荷を考慮しなかった場合と比較して短縮効果がよく表れている.

## 4 まとめ

端電荷を考慮したブロックモーメント法を用いて、不均質な誘電体近傍にあるアンテナを解析した.

### 参考文献

- [1] R.F. Harrington, Field Computation by Moment Methods, New York, Macmillan, 1968.
- [2] D.P. Nyquist, K.M. Chen, and B.S. Guru, "Coupling between small thin-wire antennas and a biological body," IEEE Trans. Antennas and Propag., vol.AP-25, no.6, pp.863-866, Nov. 1977.

- [3] 陳 強, ザイ フィン, 袁 巧微, 澤谷 邦男, "誘電体に対するガラーキンモーメント法 -端部電荷を考慮した直方体モノポール間の自己・相互インピーダンスの単積分化-, " 信学論 (B), vol.J91-B, no.9, pp.926-939, Sept. 2008.

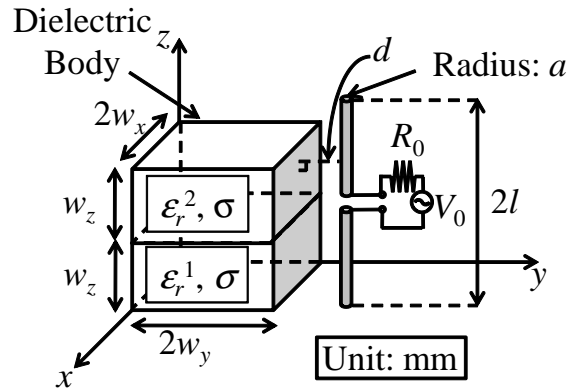


図1 不均質な誘電体近傍にあるアンテナ.

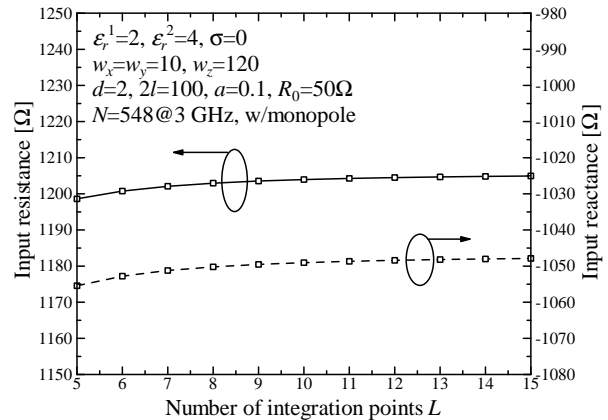


図2 積分点数に対する収束性.

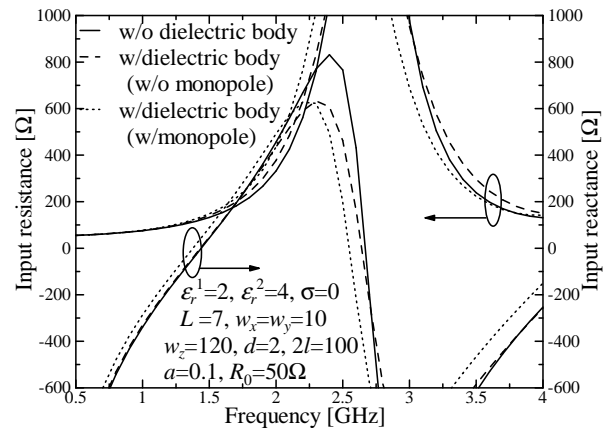


図3 入力インピーダンス.