

# 複数の変調波源近傍界測定による放射電磁界の推定法

Estimation Method of Far Field Excited by Several Modulated Sources Using Near Field Measurement

佐山 稔貴  
Toshiki Sayama

陳 強  
Qiang Chen

澤谷 邦男  
Kunio Sawaya

東北大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Tohoku University

## 1 まえがき

EMC 分野における課題として、変調された波源からの放射電磁界の評価がある。筆者らは、TDNF(Time Domain Near Field) 法 [1] の変調波源への適用について、数値シミュレーションを用いて検討したので報告する。

## 2 TDNF 法

波源を囲む近傍界測定球面上の  $N$  点の測定点において、電界の  $\theta, \phi$  成分  $E_i(t) (i = 1, 2, \dots, 2N)$  を測定する。各測定点、電界成分間の相関は、

$$C_{ij} = \frac{1}{T} \int_{t=0}^T E_i(t) E_j^*(t) dt \quad (i, j = 1, 2, \dots, 2N) \quad (1)$$

と計算され、以下のような  $2N \times 2N$  の相関行列

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} \mathbf{C}_{\theta\theta} & \mathbf{C}_{\theta\phi} \\ \mathbf{C}_{\phi\theta} & \mathbf{C}_{\phi\phi} \end{bmatrix} \quad (2)$$

を生成する。例えば、 $\mathbf{C}_{\phi\theta}$  は、 $\theta$  成分に対する  $\phi$  成分の相関を表す  $N \times N$  の測定点間の相関行列となっている。相関行列  $\mathbf{C}$  に対し、

$$\mathbf{C} = \Phi_{\Sigma 1} \Lambda \Phi_{\Sigma 1}^H + \sigma^2 \mathbf{I} \quad (3)$$

$$\text{diag}(\Lambda) = [\lambda_1 \dots \lambda_p \lambda_{p+1} \dots \lambda_{2N}] \quad (4)$$

$$\Phi_{\Sigma 1} = [\phi_1 \dots \phi_p \phi_{p+1} \dots \phi_{2N}] \quad (5)$$

のように固有値分解を施す。得られた固有値を大きい順に、 $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_p > \sigma^2 > \lambda_{p+1} > \dots > \lambda_{2N}$  のように並べる。ここで  $\sigma^2$  は雑音スペクトル密度である。固有値  $\lambda_l (1 \leq l \leq p)$  に対応する近傍界は、固有ベクトル  $\phi_l$  を用いて、 $\sqrt{\lambda_l} \phi_l$  と表すことができる。また、球モードに基づく遠方界変換を適用すれば、 $p$  個の近傍界分布からそれらの遠方界  $\mathbf{E}^l(\theta, \phi)$  を推定することができる。さらに、全遠方界の強度は、

$$|\mathbf{E}^{\text{total}}(\theta, \phi)| = \sqrt{\sum_{l=1}^p |\mathbf{E}^l(\theta, \phi)|^2} \quad (6)$$

により求められる。

## 3 数値シミュレーション

波源として、図 1 のような 2 つの半波長ダイポールアンテナをモデルとした。シミュレーションのために、ダイポールアンテナ上の電流分布を正弦関数状の電流分布と仮定し、アンテナ #2 の電流は FM 変調されているものとする。周波数等の諸元を表 1 に示す。式 (1) での相関はベースバンドで計算をし、本手法を適用すると  $p = 2$  となった。それぞれの固有値に対応した遠方界を求めた結果を図 2, 3 に示す。また、式 (6) に従って全電界強度

を計算した結果を図 4 に示す。図 4 の結果は放射電界の厳密解の rms とよく一致した。

## 4 まとめ

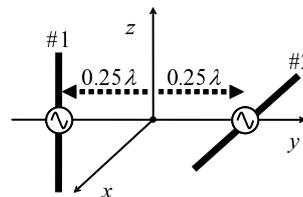
TDNF 法により、変調波源を互いに直交するコヒーレントな近傍界によって等価表現した。各々の近傍界から遠方界を推定し、それらを用いて放射する全電界強度を求め、厳密解の rms と一致することを示した。

## 参考文献

- [1] B. Fourestie et al., "Statistical modal analysis applied to near-field measurements of random emissions", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 50, no. 12, pp. 1803-1812, Dec. 2002.

表 1 解析諸元

Carrier frequency $f$	900 MHz
Modulation index $m_f$	2
Modulation frequency $f_m$	10 kHz
Radius of observation sphere	$0.4\lambda$
Distance used for far field	$5\lambda$
Sampling period	$1 \mu\text{sec}$
Acquisition time	1 msec
Number of sampling points	1001



- #1 :  $I_1 = \exp[j\omega t]$   
#2 :  $I_2 = \exp[j(\omega t + m_f \sin(\omega_m t))]$

図 1 解析モデル

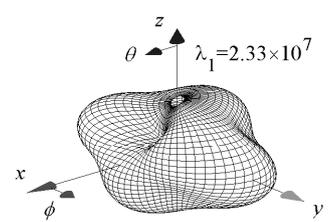


図 2 推定された  $l = 1$  の放射電界強度  $|\mathbf{E}^1(\theta, \phi)|$

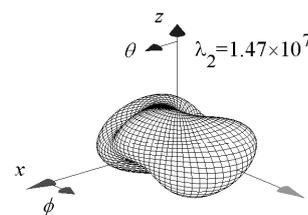


図 3 推定された  $l = 2$  の放射電界強度  $|\mathbf{E}^2(\theta, \phi)|$

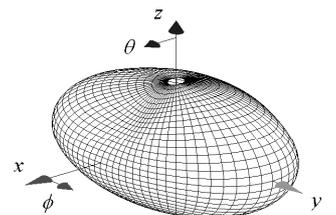


図 4 推定された全電界強度  $|\mathbf{E}^{\text{total}}(\theta, \phi)|$