

# TDNF法を用いたインコヒーレント波源の位置推定

## Location Estimation of Incoherent Electromagnetic Source Using TDNF Method

小野寺 亮 \*<sup>1</sup> 陳 強 \*<sup>1</sup> 澤谷 邦男 \*<sup>1</sup>  
 Ryo Onodera \*<sup>1</sup> Qiang Chen \*<sup>1</sup> Kunio Sawaya \*<sup>1</sup>  
 東北大学大学院工学研究科 通信工学専攻

Department of Communications Engineering, Tohoku University

### 1 まえがき

電子機器から漏洩する不要電磁波による干渉問題の対策として、電子機器内部にある不要電磁波の波源の位置推定が重要となる。波源の位置推定を行うためには、機器から放射される電界の測定が必要となるが、従来の測定法では不要電磁波のようなインコヒーレントな放射電界を測定する際に多くの手順を踏む必要があり、それに相応した時間がかかるという問題があった。そこで筆者らは、インコヒーレントな波源に有効な傍界測定法であるTDNF(Time Domain Near Field)法[1]と、従来の逆行行列法とを組み合わせた波源位置推定を数値シミュレーションにより検討したので報告する。

### 2 TDNF法と逆行行列法

初めに、TDNF法について説明する。波源を囲む半径 $r_1$ の球面上の $N$ 点の電界測定点において、電界の $\theta, \phi$ 成分 $E_i^\theta(t), E_i^\phi(t) (i = 1, 2, \dots, N)$ を時間領域で測定する。測定した電界を搬送波周波数でダウンコンバートし、ベースバンド信号にした後、各測定点における電界の各成分の相関を計算する。例として、 $\theta$ 成分同士の間は、

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

のように計算する。 $\theta\phi, \phi\theta, \phi\phi$ 成分の相関も同様にそれぞれ計算し、 $2N \times 2N$ の相関行列を生成する。生成された相関行列に固有値分解を施した後、値の大きな $p$ 個の固有値( $\lambda_1 \sim \lambda_p$ )とそれに対応する固有ベクトル( $\phi_1 \sim \phi_p$ )を選出する。 $l$ 番目の固有値 $\lambda_l (1 \leq l \leq p)$ と固有ベクトル $\phi_l$ の積 $\sqrt{\lambda_l} \phi_l$ が、 $l$ 番目の等価波源が放射する測定球上の等価電界となる。

次に逆行行列法について説明する。逆行行列法は、仮想波源の電流分布である $\mathbf{I}$ 行列を未知数としたとき、実波源の放射電界分布から成る $\mathbf{V}$ 行列と、仮想波源と測定プローブ間の相互インピーダンスから成る $\mathbf{Z}$ 行列を用いて、

$$[\mathbf{I}] = [\mathbf{Z}^H \mathbf{Z}]^{-1} [\mathbf{Z}^H \mathbf{V}] \quad (2)$$

のように行列方程式を解くことで、仮想波源上の電流分布を求める手法である。このとき、仮想波源上で電流が強く分布する位置に実波源があると推定することができる。本研究では、TDNF法で求めた固有値と固有ベクトルの積で表される等価電界を用いて $\mathbf{V}$ 行列を作る。

### 3 数値シミュレーション

実波源として図1のような2本の $0.3\lambda$ ダイポールアンテナをモデルとする。アンテナ#1とアンテナ#2に印加する電流の周波数には $\Delta f$ の周波数差があり、インコヒーレント波源となっている。周波数等の諸元を表1に示す。仮想波源は図2のように $0.1\lambda$ ダイポールアンテナを $4 \times 4 \times 4$ の格子状に配置したモデルを設定する。

本手法を用いて推定された仮想波源の電流分布を図3に示す。図3から、仮想波源上で電流が強く分布している位置と、実波源の#1, #2のアンテナの位置が一致しているということがわかる。この結果から、TDNF法と逆行行列法を用いることにより、インコヒーレントな実波源の位置推定が可能であることが示された。

### 4 まとめ

インコヒーレントな実波源に対してTDNF法を適用し、実波源からの放射電界を固有値と固有ベクトルの積で表される等価電界として求めた。TDNF法によって求めた等価電界と、仮想波源と測定点の間の相互インピーダンスに逆行行列法を適用することで、インコヒーレント波源の位置推定が可能であることを示した。

### 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 $f_c$	900 MHz
Frequency difference $\Delta f$	10 kHz
Radius of observation sphere $r_1$	$0.3\lambda$
Sampling period $\Delta t$	$10 \mu\text{sec}$
Acquisition time $T$	1 msec
Number of measurement points $N$	629

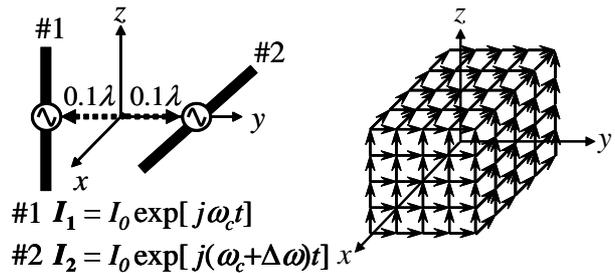


図1 実波源モデル 図2 仮想波源モデル

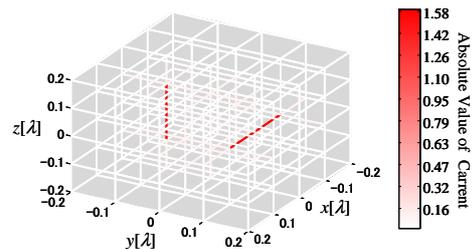


図3 仮想波源の電流分布