

B-1-10

改良型Root-MUSIC法を用いた
電磁波散乱特性の高分解能推定

Superresolution estimation of electromagnetic scattering characteristic
using a modified Root-MUSIC algorithm

板羽 直人
Naoto ITABA

山田 寛喜
Hiroyoshi YAMADA

山口 芳雄
Yoshio YAMAGUCHI

新潟大学工学部
Faculty of Engineering, Niigata University

1. まえがき 物体に電磁波を照射した場合、その散乱波は物体の形状に依存した周波数特性を有することが知られている。本稿では、ネットワークアナライザで測定された円形導波管の後方散乱に対して、改良型Root-MUSIC法[1]を用いた各散乱波の伝搬遅延時間と周波数分散性の推定が可能であることを実験により確認し、更に、時間領域ノッチフィルタ[2]を併用することにより推定精度の向上が図られることを示す。

2. ノッチフィルタを併用した改良型Root-MUSIC法

$e^{-j\beta_k(f)}$ の周波数分散性を有する散乱波データを考える。改良型Root-MUSIC法では、散乱波データを任意の周波数特性 $e^{-j\beta_l(f)}$ で除算する補正を行い、Root-MUSIC法を適用する。ここでは空間スムージング法を施した後で補正を行っている。 $l=k$ のとき散乱波の周波数特性が除去され、それに対応する根が z 平面の単位円周上に存在する。改良型Root-MUSIC法では、この性質を利用し、散乱波の周波数特性 $e^{-j\beta_k(f)}$ を推定する。しかしながら、コヒーレントな信号に対して本手法を適用する場合には、空間スムージング法(SSP)等の相関抑圧前処理が不可欠である。そのため、任意の周波数特性を有する散乱波の場合、SSP適用時に誤差が生ずる。この誤差は入射信号数を減少させることにより軽減可能である。ここでは時間領域ノッチフィルタにより、入射信号数の低減を図る。

3. 実験結果 周波数分散性を有する散乱波を發する物体として図1に示す終端を短絡した円形導波管を選び、後方散乱の測定を行った。表1に測定条件を示す。測定により得られるデータは次式で表される。

$$r(f) = s_1 e^{-j2\pi f l_1} + s_2 e^{-j2\pi f l_2} + s_3 e^{-j2\pi f (l_1 + \beta [l_0, a_0])} \quad (1)$$

ここでは、半径を既知として長さの推定を行った。図2に数値計算結果、図3に実験結果を示す。両図とも s_1, s_2 は周波数特性を持たない波($l = 0\text{cm}$ で根が単位円周上に最も接近)として、 s_3 は周波数特性を有する波として検出されている。 s_3 に対応する根の変化は $l = 30\text{cm}$ 付近で最小となっている。これらの変化はノッチフィルタを併用することで、より正確となっている。実験では、雑音などの影響によりペア根の距離の最小値は0となっていないが、最小値を与える長さ l は数値計算結果に一致している。

3. むすび 改良型Root-MUSIC法を用いて散乱波の周波数特性が推定可能であることを実験的に確認した。更に、ノッチフィルタの有効性を示した。

4. 参考文献 [1] A. Moghadder, et al., IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. 42, no. 10, pp. 1412 - 1418, Oct. 1994. [2] H. Yamada, et al., IEICE Trans. Commun., Vol. E78 - B, no. 4, pp. 595 - 601, Apr. 1996.

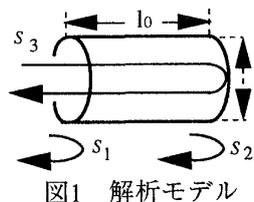


表1 測定条件

掃引周波数	13.4 - 17.4 GHz
サンプル間隔	10 MHz
導波管の長さ	30 cm
半径	6.3 mm

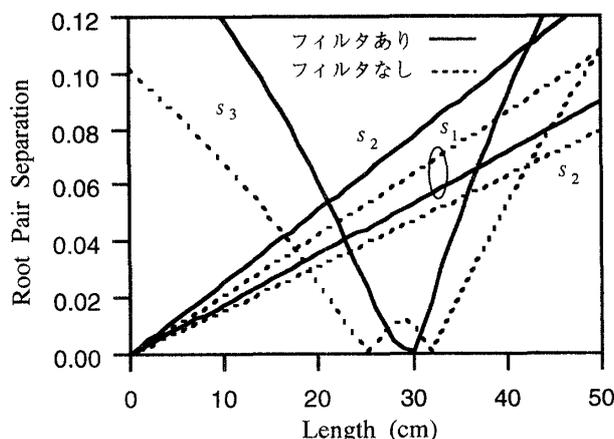


図2 改良型Root-MUSIC法での長さの推定結果 (数値計算)

$f_1 = 15.4\text{GHz}$, $df = 30\text{MHz}$, $N = 20$, $M = 6$, $d = 6$

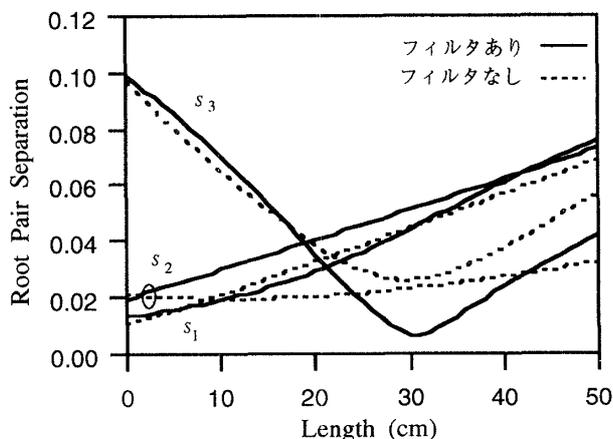


図3 改良型Root-MUSIC法での長さの推定結果 (実験)

$f_1 = 15.4\text{GHz}$, $df = 30\text{MHz}$, $N = 20$, $M = 8$, $d = 8$