

# 9素子矩形エスパMUSIC法によるコヒーレント波の到来方向推定

DOA Estimation of Coherent Waves using MUSIC Method with a 9-Elements Rectangular ESPAR Antenna

池田 堅一<sup>1</sup> 永井 潤<sup>1</sup> 藤田 隆宏<sup>1</sup> 山田 寛喜<sup>1,2</sup> 平田 明史<sup>2</sup> 大平 孝<sup>2</sup>  
 Kenichi Ikeda Jun Nagai Takahiro Fujita Hiroyoshi Yamada Akifumi Hirata Takashi Ohira

B-1-272

山口 芳雄<sup>1</sup>  
 Yoshio Yamaguchi

新潟大学 工学部<sup>1</sup>  
 Faculty of Engineering, Niigata University

ATR 適応コミュニケーション研究所<sup>2</sup>  
 ATR Adaptive Communications Research Laboratories

## 1 まえがき

2次元空間に配置されたアレーアンテナでは2次元(仰角, 方位角)到来方向推定が可能である。本稿では, 方位角・仰角を有する複数のコヒーレント波に対し, 9素子矩形エスパアンテナにSSP法を施したMUSICを適用したDOA推定法を提案する。またSSP法を施した際の相関抑圧効果の考察を行なった。

## 2 リアクタンスドメインMUSIC法

図1に示されるような9素子矩形エスパアンテナにおいて  $d$  個の入射波が到来している環境を考える。仰角  $\psi$ , 方位角  $\phi$  の定義を図2に示す。各々が  $(\psi_k, \phi_k)$  方向 ( $k = 1, \dots, d$ ) から複素振幅  $s_k(t)$  で到来する場合,  $M$  個の独立なリアクタンスセットで得られる受信信号ベクトル  $\mathbf{y}(t)$  は,

$$\begin{aligned} \mathbf{y}(t) &= [y_1(t), y_2(t), \dots, y_M(t)]^T \\ &= \mathbf{W} \sum_{k=1}^d \mathbf{a}(\psi_k, \phi_k) s_k(t) + \mathbf{n}(t) \end{aligned} \quad (1)$$

となる。 $\mathbf{W}$  は等価ウェイト行列 [1],  $\mathbf{a}(\psi_k, \phi_k)$  は入射波の到来方向を示すモードベクトル,  $\mathbf{n}(t)$  は雑音,  $T$  は転置を表す。式(1)において, 等価ウェイト行列  $\mathbf{W}$  が既知であれば, 次式の変換より得られる信号相関行列  $\mathbf{R}_s$  を用いて MUSIC法が適用できる。

$$\mathbf{R}_s = \mathbf{W}^{-1}(\mathbf{R}_y - \sigma^2 \mathbf{I})(\mathbf{W}^{-1})^H = \mathbf{A} \mathbf{S} \mathbf{A}^H \quad (2)$$

ここで,  $\mathbf{S}$  は信号相関行列,  $\mathbf{R}_y$  は  $\mathbf{y}(t)$  から成る相関行列,  $H$  は複素共役転置,  $\sigma^2$  は雑音電力である。

## 3 SSP法の適用

式(2)で与えられる信号相関行列  $\mathbf{R}_s$  にSSP法 [2] を適用する。9素子矩形エスパアンテナの場合, 図3に示すように4個の4素子矩形サブアレーが形成できる。

## 4 シミュレーション結果

シミュレーションで使用するデータは信号電力 0[dB], SNR =  $\infty$ [dB] とする。(30°, 0°) と (15°, 90°) 方向からコヒーレント2波が入射する時のMUSICスペクトラムを図4, 5に示す。SSP法の適用により2つのピークが検出できている。相関係数の推定にあたり, ここでは入射波1波目の到来方向を(0°, 0°)に固定し, 2波目の到来方向を変化させ実効相関係数を推定した。実効相関係数の大きさ  $\rho_{21}$  の定義は次のとおりである。

$$\rho_{21} = \frac{|s_{21}|}{\sqrt{s_{11}} \sqrt{s_{22}}} \quad (3)$$

$s_{ij}$  はSSPを施した行列  $\mathbf{S}$  の  $(i, j)$  要素である。結果を図6に示す。x軸およびy軸は2波目の方位角および仰

角, z軸は相関係数である。仰角の大きさによらず2波目の方位角が180°の時に相関係数の大きさは最小となるが, 仰角が大きくなるにつれ相関抑圧効果が弱まることわかる。

## 5 むすび

本稿では, 9素子矩形エスパアンテナにSSP法を適用した際の相関抑圧効果を計算機シミュレーションより示した。今後はF/B空間平均法の適用やサブアレーの形状を変えた場合についても検討を行なっていく。

## 謝辞

本研究は通信・放送機構の研究委託により実施した。

## 参考文献

- [1] 平田 他, 信学技法, AP2003-24, pp.59-64, May 2003.
- [2] Y.Chen, IEEE Trans., vol.45, No.7, pp.1689-1696, July 1997.

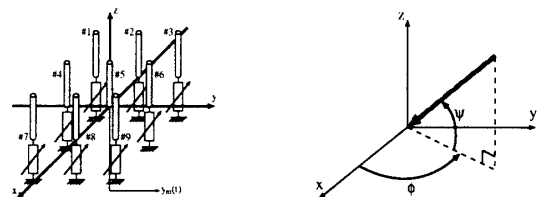


図1 9素子エスパアンテナ 図2 仰角と方位角の定義

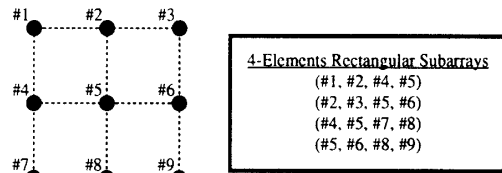


図3 空間平均におけるサブアレー

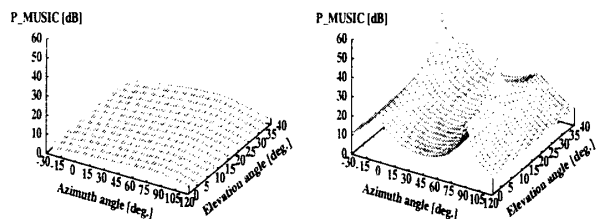


図4 MUSICスペクトラム (without SSP) 図5 MUSICスペクトラム (with SSP)

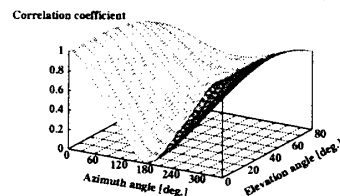


図6 相関抑圧効果