

# DOA 推定における USV の実験的生成

## A Measurement Approach of USV Generation for DOA Estimation

原 芳明\*<sup>1</sup> 陳 強\*<sup>1</sup> 澤谷 邦男\*<sup>1</sup>

Yoshiaki Hara\*<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 はじめに

アレーアンテナを用いて平面波の到来方向 (Direction of Arrival, DOA) を推定する際に、アンテナ素子間の相互結合を補償する手法として、Universal steering vector (USV) が挙げられる [1]。しかしながら、複雑な実環境では厳密なアンテナ解析が難しく正確な USV を生成することが困難という問題がある。本報告では、実験的手法により正確な USV を生成する手法を提案し、それを数値シミュレーションにより検証する。

### 2 USV を用いた MUSIC-DOA 推定

まず、USV 手法による DOA 推定について述べる。到来波数を  $L$ 、アレー素子数を  $M$  とする。到来平面波の DOA を推定するためには、図 1 のようなアレーアンテナについて角度  $(\theta, \phi)$  を走査しながら、MUSIC のスペクトラム

$$P_{MU}(\theta, \phi) = \frac{[A_u(\theta, \phi)]^H [A_u(\theta, \phi)]}{[A_u(\theta, \phi)]^H [E_N] [E_N]^H [A_u(\theta, \phi)]} \quad (1)$$

を計算し、そのピーク値に対応する角度を探せばよい。(1) 式で、 $[E_N]$  は受信電圧ベクトル  $[V^r]$  の相関行列に対応する固有値ベクトル中のノイズベクトルから構成される  $M \times (M-L)$  の行列である。また、 $A_u(\theta, \phi)$  は走査方向  $(\theta, \phi)$  からの平面波に対する USV であり、

$$[A_u(\theta, \phi)]_{M \times 1} = Z_l [Y^{ter}]_{M \times N} [V(\theta, \phi)]_{N \times 1} \quad (2)$$

で表される。(2) 式での  $[Y^{ter}]$  は  $N$  個のセグメントに分割したアレーアンテナのアドミタンス行列  $[Y]$  の中から、受信ポートに対応するもののみを取り出した行列である。USV を用いた手法は、複雑で電氣的に大きいアンテナにも適用可能な手法であるが、 $[Y]$  の数値計算が困難な場合には適用が困難となってくる。そこで、アンテナ各素子での受信電圧から  $[Y^{ter}]$  を求め適用した新しい USV (E-USV) を用いることでこの問題を解決する。

### 3 USV の実験的な生成方法

$J$  回異なる既知の方向から電波が入射した際のポート電流  $[I^{ter}]$  は、

$$[I^{ter}]_{M \times J} = [Y^{ter}]_{M \times N} [V(\theta, \phi)]_{N \times J} \quad (3)$$

と表すことができる。ここで各セグメントにおける受信電圧  $[V(\theta, \phi)]$  は入射角が既知なので計算によって求めることができ、 $[I^{ter}]$  はポートにかかる電圧を抵抗  $Z_l$  で割ったものを表す。(3) 式から E-USV で用いる  $[Y^{ter}]$  は、

$$[Y^{ter}]_{M \times N} = [I^{ter}]_{M \times J} [V]_{J \times N}^T [[V]_{N \times J} [V]_{J \times N}^T]^{-1} \quad (4)$$

と求めることができる。この新しく生成された  $[Y^{ter}]$  を (2) 式に適用することで、 $[Y]$  の数値計算が困難なモデルに対しても USV 手法の適用が可能になると考えられる。

### 4 数値解析結果

図 1 のような、 $N$  セグメントに分割した  $M$  素子アレーアンテナに平面波を入射し、DOA 推定を行った。図 2、3 に、それぞれ半波長ダイポールアンテナと 1 波長ループアンテナでの DOA 推定結果を示す。USV による補償を加えることで精度の向上が確認できる。また、E-USV は従来の USV とほぼ一致する結果が得られている。

### 5 まとめ

E-USV の生成法を新たに提案し、数値シミュレーションによりその有効性を示した。

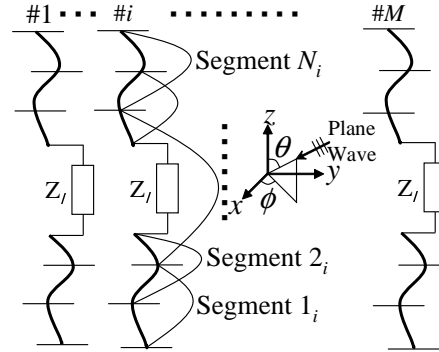


図 1  $N$  セグメントに分割した  $M$  素子アレーアンテナ。

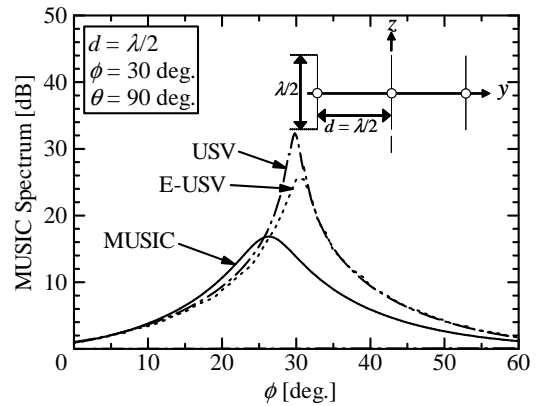


図 2 3 素子半波長ダイポールアレーアンテナによる DOA 推定の結果。

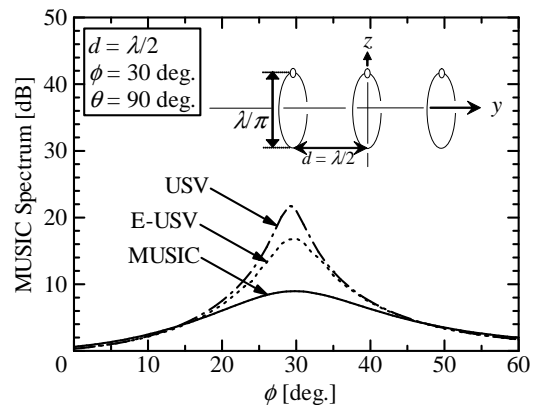


図 3 3 素子 1 波長ループアレーアンテナによる DOA 推定の結果。

### 参考文献

- [1] Q. Yuan, Q. Chen and K. Sawaya, "Accurate DOA Estimation Using Array Antenna with Arbitrary Geometry," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol.53, no.4, pp.1352-1357, April. 2005.