

B-1-67

アンビグイティを有する等間隔リニアアレーによる コヒーレント波の到来方向推定

DOA estimation of coherent waves with uniform linear arrays having ambiguity

山田 寛喜
Hiroyoshi YAMADA

中澤 達也
Tatsuya NAKAZAWA

山口 芳雄
Yoshio YAMAGUCHI

新潟大学 工学部
Faculty of Engineering, Niigata University

1. まえがき MUSIC, ESPRIT 法をはじめとして、電波の到来方向の高分解能推定のための様々な手法が研究されている^[1]。特に近年では、半波長間隔での配置が物理的に困難となるミリ波帯での利用を想定して、不等間隔アレーを含めたアンビグイティを有するアレーへの適用が検討されている^[2]。アンビグイティが存在する場合であっても等間隔リニアアレーならば、既存の手法でコヒーレントな入射波の推定が可能である。ここでは、サブアレーを用いることなくコヒーレント波の分離検出が可能なる MODE 法^[3,4]を例に挙げ、アンビグイティにより生じる問題とその解決方法を示す。

2. MODE 法におけるアンビグイティ アレー間隔を d とし、 $d > \lambda/2$ 以上の等間隔リニアアレーにおける波源の到来方向推定問題では、グレーティングローブに伴うアンビグイティが生じる。MODE 法における波源の到来方向は、アレーから得られた共分散行列の固有ベクトルから作られた多項式の根の位相から推定される。今、 K 個の入射波に対する根 $z_i = e^{j\phi_i}$, $i = 1, \dots, K$ が得られたとすると、 ϕ_i と到来方向 θ_i の関係は次式で与えられる。

$$\frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta_i = \phi_i + 2n\pi \quad (1)$$

ここで、 n は $|\phi_i + 2n\pi| \leq \pi d/d_0$ を満たす整数であるものとする。但し、 $d_0 = \lambda/2$ である。 $2n\pi$ がアンビグイティに起因する項である。この項において、真の到来方向時の n 値が未知であるため、解は一つに定まらず、各 θ_i に関して実像、虚像を含めた複数個の解の候補が導かれる。この種の問題は、Root-MUSIC, ESPRIT 法など多項式の根、固有値などから到来方向推定を行う問題^[1]においても同様である。

真の到来方向を推定する簡易な手法として、異なる d の結果の併用^[2]などが提案されている。以下では、 d あるいは λ を変化させた場合の推定結果について示す。

3. 数値計算結果 ここでは等間隔 7 素子リニアアレーにおいて、コヒーレントな 2 波が 15° , 45° から到来するモデルの数値計算結果を示す。図 1 は動作周波数を f_1 として $d = 1.5\lambda_1$ における MODE 法の推定結果である。アンビグイティのため真の到来方向を含め計 6 つの解が現れ、いずれが真かの判断は不可能である。参考のため、同図にはビームフォーミングによる推定結果を点線で示している。図 2 はアレー間隔を $2\lambda_1$ とした場合である。図 1, 2 から分かるように異なる間隔のアレーが有効な場合には、共通する解から真の到来方向の推定が可能となる（但し、一方のアレーのすべての素子が他方に含まれる場合を除く）。比較的広帯域な計測が実現可能な場合には、式 (1) において d ではなく λ を変化させることも可能である。図 3 は比帯域 10% のシステムを想定して図 2 の周波数を変化させた場合の推定結果である（中心周波数を $f_c = (f_1 + f_2)/2$ として $(f_2 - f_1)/f_c = 0.1$ ）。これより比較的広帯域ならば、異なる波長（周波数）の結果を用いたアンビグイティの除去も可能であることが分かる。

4. むすび 本稿では、半波長以上の等間隔リニアアレーにおけるコヒーレント波の到来方向について考察した。特に、波長、あるいは間隔の異なる推定結果を利用することによりアンビグイティの除去が可能となることを明らかにした。

文献 [1] H.Krim et al., IEEE SP Magazine, vol.13, no.4, July 1996. [2] 中澤ほか, 信学技報, A-P98-44, (1998-08). [3] P.Stoica, et al., IEE Proc., vol.137, Pt.f, No.1, Feb. 1990. [4] 山田ほか, 信学技報, A-P98-20 (1998-06).

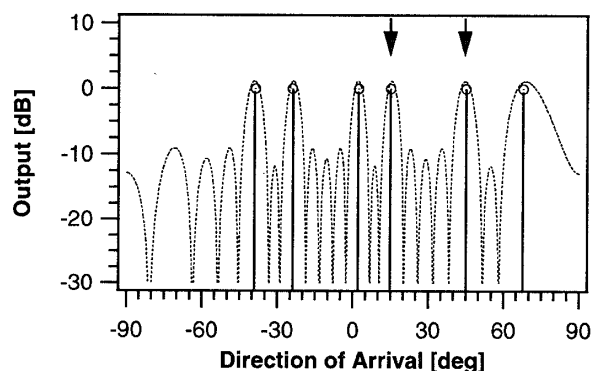


図 1. MODE 法における到来方向推定 1 ($d = 1.5\lambda_1, f_1$).

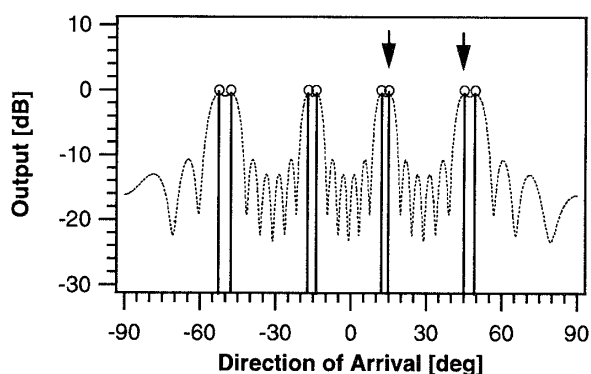


図 2. MODE 法における到来方向推定 2 ($d = 2.0\lambda_1, f_1$).

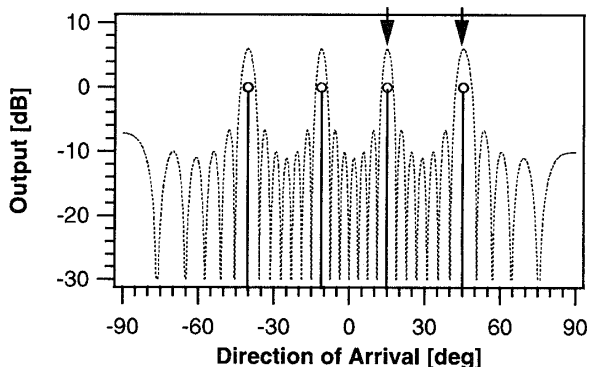


図 3. MODE 法における到来方向推定 3 ($d \approx 2.21\lambda_2, f_2$).