

DOA 推定法におけるアレー校正効果に関する実験的検討

Experimental Study on Array Calibration Effect for DOA Estimation Techniques

B-1-114

池田 堅一
Kenichi Ikeda

千葉 建治朗
Kenjiro Chiba

山田 寛喜
Hiroyoshi Yamada

山口 芳雄
Yoshio Yamaguchi

新潟大学 工学部
Faculty of Engineering, Niigata University

はじめに 近年, DOA 推定法が様々な分野で実用化されつつある。MUSIC 法を代表とする超解像法は, その高分解能性のためアレー誤差に対しても大きく影響され, 本来の高分解能性を実現するには校正が不可欠である。本稿では電波暗室において4素子ダイポールリニアアレーの実験を行い, Beamformer, Capon 法, MUSIC 法, ESPRIT 法 [1] の校正前後の DOA 推定精度に関して報告する。

アレー校正 アレーアンテナの受信データには, 素子間相互結合やチャネルインバランスなどによる誤差が含まれる。その誤差すべてを行列 C でモデル化すると受信データベクトル r は次式のように表される。

$$r = CA s + n \quad (1)$$

ここで, A は誤差の無いモードベクトル行列, s は入射波の複素振幅ベクトル, n は雑音ベクトルである。本稿では, 校正手法として文献 [2] の手法を用い, 校正行列 C を推定する。Beamformer, Capon 法では, データ相関行列を R_{raw} として次式により校正が実現される。

$$R_{cal} = C^{-1} R_{raw} (C^H)^{-1} \quad (2)$$

ここで H は複素共役転置である。MUSIC 法での校正は文献 [2] に従った。ESPRIT 法では, R_{raw} から得られた信号部分空間行列 $E_{S,raw}$ を用い, 次式とした。

$$E_{S,cal} = C^{-1} E_{S,raw} \quad (3)$$

実験結果および考察 1 波入射時の校正前の DOA 推定結果を図 1 に示す。ESPRIT 法以外の 3 手法は全開口を 1 つのアレーとして用いるので, 誤差の様子が一致している。ESPRIT 法では 4 素子を相重なる 2 つの 3 素子アレーとして利用するため誤差の様子が異なり, この実験では 0° 方向付近でやや誤差が増加している。校正後の推定結果 (図 2) は 4 手法とも同様に良好である。図 3, 4 は無相関 2 波の校正前後の MUSIC 法, ESPRIT 法の DOA 推定結果である。無相関であるため相関抑圧は施していない。両図とも 1 波目を 0° に固定し, 2 波目の DOA を変化させた場合の 1 波目, 2 波目の DOA 推定誤差を示している。2 波分離不能, あるいは推定結果が誤差表示範囲を超えた場合は推定不可能とした。分解能特性としては校正前, 後とも ESPRIT 法が優れており, 5° しか離れていない波の分離が可能であった。MUSIC 法では, 校正前では 20° の角度差未満では分離できなかったものが校正により 10° の角度差まで分離可能となった。ただし, DOA 推定精度は 1 波目, 2 波目とも MUSIC 法が ESPRIT 法よりも優れた結果となった。

まとめ 本稿では, 4 素子ダイポールアレーの実験データを用いて, 各種 DOA 推定法の校正前後の推定精度の比較検討を行った。その結果より, ESPRIT 法は優れた分解能特性を有するが, ダブルレットを利用するため校正誤差にも敏感であることが分かった。

参考文献 [1] H. Krim, et al., IEEE SP Magazine, vol.13, no.4, pp.67-94, May 1996. [2] 新井ほか, 信学技報, vol.AP2002-28, no.5, pp.39-44, 2002 年 5 月。

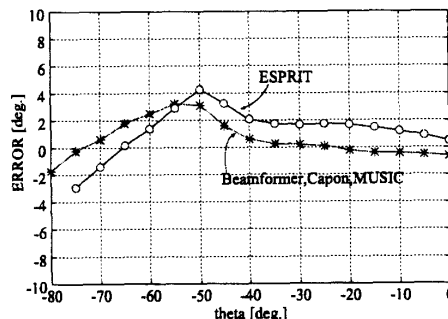


図 1 1 波入射時の DOA 推定誤差 (校正無し)

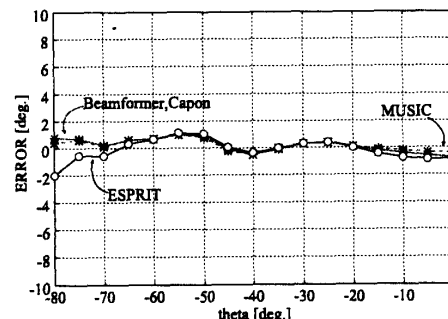


図 2 1 波入射時の DOA 推定誤差 (校正有り)

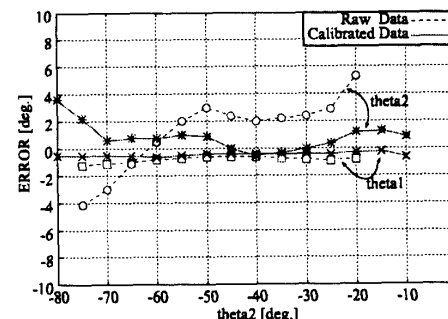


図 3 MUSIC 法による無相関 2 波 DOA 推定誤差

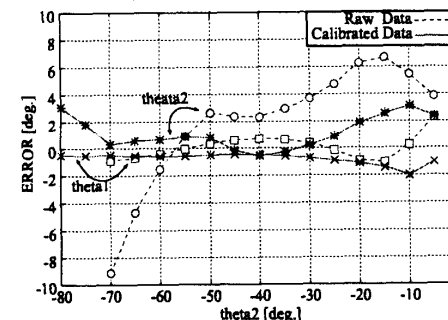


図 4 ESPRIT 法による無相関 2 波 DOA 推定誤差