部分空間の直交性に基づいたブラインドアレーアンテナ校正手法

Blind Array Antenna Calibration Technique Based on Subspace Method

島田裕平 † Yuhei Shimada　山田寛喜 †† Hiroyoshi Yamada　山口芳雄 †† Yoshio Yamaguchi

† 新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science & Technology, Niigata University

†† 新潟大学工学部 情報工学科 Faculty of Engineering, Niigata University

1 まえがき

実際のアレー環境で高分解能到来方向推定を実現するためには，素子間相互結合 (Mutual Coupling, MC) による誤差，および素子の位置誤差や製作誤差などの素子特性による誤差の影響の校正が不可欠である．その中でも MC による誤差はアレーアンテナを用いる上で不可避の誤差であり，正確な校正が必要である．筆者等は，独立成分分析を利用したブラインドアレー校正手法を報告してきた [1]．本稿では，既提案手法 [1] と同精度で計算量が少ないブラインドアレー校正手法を提案する．

2 提案手法と既提案手法の比較

既提案手法 [1] は信号部分空間同定問題としてアレー校正問題を解いている．このとき推定すべきパラメータは参照波の DOA (Direction of Arrival)，MC，参照データの複素振幅であり，反復計算により解を求めている．一回の反復計算で必要な計算は参照波 DOA 推定，MC の推定，参照データ数分の複素振幅の推定である．

対して提案手法は

$$C\boldsymbol{a}(\theta_n) \perp \boldsymbol{E}^{(n)}, \tag{1}$$

$$\boldsymbol{E}^{(n)} = [\boldsymbol{e}_1^{(n)}\boldsymbol{e}_2^{(n)}\cdots\boldsymbol{e}_{L-1}^{(n)}] \tag{2}$$

という様な信号部分空間と雑音部分空間の直交性を利用する．ここで C は MC 行列，$\boldsymbol{a}(\theta_n)$，$\boldsymbol{e}_i^{(n)}$ はそれぞれ n 番目の参照データに対応するモードベクトル，i ($i = 1, 2, \cdots, L-1$) 番目の雑音部分空間ベクトル，L は素子数である．従って提案手法の一回の反復計算で必要な計算は参照波 DOA 推定と MC の推定のみであり，既提案手法と比べ推定するパラメータが少ない．そのため，提案手法は既提案手法より高速に MC 行列を計算できる．

3 計算機シミュレーション

4 素子半波長等間隔リニアレーを用いて 2 つの独立な観測データセットが取得できるとし，各観測データセットには DOA の異なる 3 波が含まれているとする．この 2 つの観測データに ICA [2] を適用すると，$6(= 3 \times 2)$ の参照データが得られる [1]．ここで各観測データのサンプル数は 1000，SNR は 20dB，周波数は 2.4GHz，アンテナ素子は半波長ダイポールとし付加する MC 行列はモーメント法により計算した．

文献 [1] の手法と提案手法を用いて，素子間相互結合行列および素子特性を推定し，MUSIC 法により到来波 1 波の観測データの DOA 推定を行った．1000 回の試行で推定された DOA の RMSE を $-60°$ から $60°$ までの $5°$ 間隔でプロットした図を図 1 に示す．この図より文献 [1] の手法と提案手法共に良好な校正が行えていることが確認できる．次に MC 行列計算時間の累積確率密度関数を図 2 に示す．なおこのシミュレーションで用いた言語は MATLAB®，CPU は Intel® Celeron® 2.66GHz，メモリは 1.24GB RAM である．提案手法は文献 [1] の手法と比較して計算時間が少ないことが確認できる．

4 まとめ

本稿では，部分空間の直交性を利用したブラインド校正手法を提案した．提案手法は既提案手法と同等の校正精度を有し，より計算時間の短い手法である．

謝辞

本研究の一部は，科研費 (基盤研究 (C) 20560349) および財団法人国際コミュニケーション基金研究奨励金の助成を受けたものである．

参考文献

[1] 島田裕平，山田寛喜，山口芳雄，“独立成分分析を利用した不等間隔リニアアレーのためのブラインドアレー校正手法,” 信学論 (B), vol.J91-B, no.9, Sept. 2008.

[2] E. Bingham, A. Hyvärinen, “A fast fixed-point algorithm for independent component analysis of complex valued signals,” International Journal of Neural Systems, vol.10. no.1, Feb. 2000.

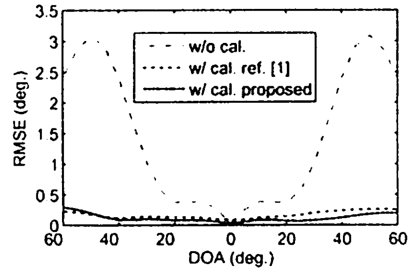

図 1 DOA 推定結果の RMSE

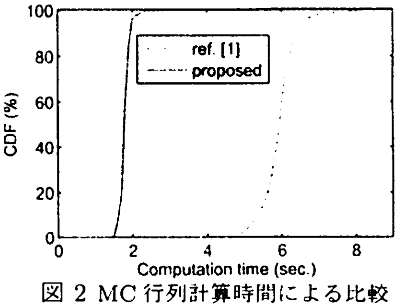

図 2 MC 行列計算時間による比較