

最小データセット数による スーパーレゾリューションアレー校正

CALIBRATION OF SUPERRESOLUTION ARRAY WITH MINIMUM REQUIRED DATA SETS

山田寛喜
Hiroyoshi Yamada

原 六蔵
Rokuzou Hara

山口芳雄
Yoshio Yamaguchi

新潟大学 工学部
Faculty of Engineering, Niigata University

まえがき スーパーレゾリューション法は小規模なアレーで高い入射波分離推定を実現可能とするが、そのためには、素子間相互結合などを補償する校正が不可欠である。スーパーレゾリューションアレー (SRA) の特性を利用した校正法としては [1] 等がある。しかし数多くの校正用データセットが必要、あるいは校正パラメータ推定値の収束特性が良くないなど、簡易な校正法は実現されていない。筆者らは、既知の波源を利用し、安定した校正パラメータ推定を実現する校正手法を提案 [2] し、さらに校正用データセットの削減を可能とする反復校正法 [3] を提案している。本稿では、シミュレーション、実験により、この反復校正手法 [3] の諸特性を明らかにしている。

アレー校正手法 簡単のため、本稿では校正に用いるデータに含まれる到来方向が既知な入射波は 1 波とする。一般に SRA では、 C, Γ を素子間相互結合行列、利得・位相誤差行列、 $a(\theta_i)$ を θ_i 方向の入射波のモードベクトルとすると、雑音部分空間 (雑音固有ベクトル e_j) とモードベクトルとの直交性より、

$$e_j^H(C\Gamma a(\theta_i)) = 0 \quad (1)$$

の関係式が成立する。ここで、 H は複素共役転置である。到来方向の異なる複数の校正用データセットを用いて C, Γ を決定すれば校正が可能となる。これは未知パラメータが積の形で含まれる非線形最小化問題である。独立な未知パラメータである C, Γ を反復手法を用いて最適化することで、最小な校正用データセットでの校正が実現できる [3]。

シミュレーションおよび実験結果 この校正手法では校正データに含まれる入射波の到来方向等に対する収束特性が特に問題となる。ここでは、素子間隔半波長の 8 素子ダイポール円アレーのシミュレーション結果 (NEC2 利用) および物理的に等価な円盤上の 8 素子モノポールの実験結果により、本手法の有効性を実証する。8 素子等間隔円アレーなので C, Γ に合計 11 個の校正パラメータが存在する。各校正用データを 1 波入射とすると式 (2) のより 2 つのデータセット (14 本の方程式) で校正可能といえる。図 1 は、2 つのデータセットの参照信号として、一方の θ_1 を 0° に固定し、他方を変化させた場合の収束時の $C\Gamma$ のフロベニウス誤差である。このモデルでは、シミュレーション、実験ともに 20 回程度

の反復計算で収束した。図 1 では、シミュレーション、実験ともに 2 波が近接している 0° 付近および素子配置と入射角度に対称性が認められる角度で正しく校正されていないものの、その他の角度の組み合わせでは、わずか 2 つのデータセットのみで良好に機能した。図 2 は $\theta_1 = 0^\circ, \theta_2 = 120^\circ$ の 2 つのデータセットによる校正前後の MUSIC スペクトルである。本校正により MUSIC 法の急峻なピーク特性が実現されていることが分かる。

まとめ 本稿では、少ない校正データセットによる SRA 校正手法の特性をシミュレーション、実験により示し、その有効性を明らかにした。

謝辞 本研究は、日本学振興会科学研究費補助金奨励研究 (A)13750355 により行われている。

参考文献 [1] B.Friedlander, IEEE Trans. AP, vol.39, no.3, pp.273-284, Mar. 1991. [2] 新井, 千葉, 山田, 山口, 信学技報, vol.AP2002-28, pp.39-44, 2002 年 5 月. [3] 原, 山田, 山口, 信学技報, vol.AP2001-153, pp.61-68, 2001 年 11 月. [4] 原, 山田, 山口, 信学技報, vol.AP2002, 2002 年 7 月発表予定.

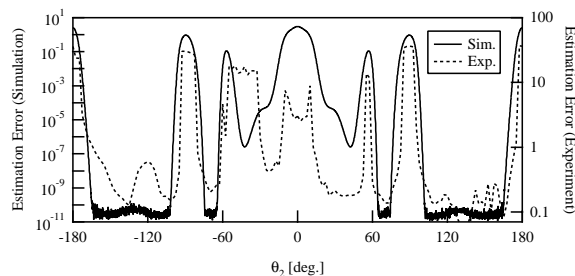


図 1 1 波入射 2 校正データセット時の校正行列の推定誤差

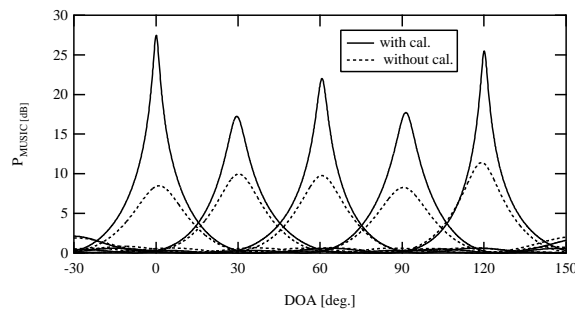


図 2 校正前後の MUSIC スペクトルの変化 (実験結果)