

B-1-248

仮想アレーを用いた拡張アレー校正法について

On Extended Array Calibration Technique by using Virtual Array

山田寛喜
Hiroyoshi Yamada山口芳雄
Yoshio Yamaguchi新潟大学 工学部
Faculty of Engineering, Niigata University

1 まえがき

到来方向 (DOA) 推定や DBF における指向性合成において、アレー校正は不可欠である。L 素子アレーの場合、誤差の影響を $L \times L$ 行列 C でモデル化し校正を行うことが一般的であるが、素子の位置誤差や地板/筐体などの周囲の物体との結合が存在する場合、十分な校正精度が得られない場合が多い。アレー校正は、誤差のある実際のアレーを誤差の無い仮想的なアレーへの変換とみなすことが出来る [1]。仮想アレー信号処理の場合、実際の素子数以下のアレーに変換することが一般的であるが、より多くの素子への変換である仮想素子を内挿、外挿したアレーへの変換は、校正パラメータ (C の要素数) の自由度の増加をもたらす、校正精度の改善に効果的と考えられる。本稿では、このような拡張した仮想アレー校正法が有効であることを実験により示している。

2 仮想アレーによる拡張アレー校正法

アレー校正は次式を満たす校正行列 C の推定問題といえる。

$$\min_C \|\tilde{A} - CA\|_F \quad (1)$$

ここで $\|\cdot\|_F$ はフロベニウスノルムを表し、 \tilde{A} は M 個の参照信号のモードベクトルを列とする $L \times M$ 行列 (L は素子数) である。 A は誤差の無いモード行列、 C は対応する誤差行列であり、従来のアレー校正法 (例えば [2]) では、それぞれ $L \times M$ 行列、 $L \times L$ 行列である。

提案する拡張校正法では、実在するアレー素子の間 (内挿)、および、両端 (外挿) に仮想素子を加えた N 素子 ($N > L$) アレーとみなした校正を施す。すなわち、 C 、 A をそれぞれ $L \times N$ 行列、 $N \times M$ 行列として式 (1) の校正行列の推定を行う。校正行列 C のサイズが増加することにより、パラメータ調整の自由度が高まり、位置誤差や地板等の影響をより正確にモデル化することが可能となる。

3 実験結果

実験は $2\lambda \times 3.5\lambda$ (λ は波長) の地板上の 4 素子モノポールアレー ($L = 4$, 素子長: 0.249λ , 素子間隔: 0.498λ) を用いて電波暗室内で行った。校正用の参照信号は $-60^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ の 10° 間隔の 13 波 ($M = 13$) とした。なお、アレーのブロードサイド方向が 0° である。図 1 が MUSIC 法による $0^\circ \sim 70^\circ$ までの 1 波入射時の到来方向推定結果である。同図の "Raw data" は校正を施さない場合の推定結果、"Conv. Cal." は従来の $L \times L$ 行列 C による校正結果である。"Ext. Cal." が提案する拡張校正法

の結果である。ここでは素子間隔を 0.249λ の 9 素子アレー ($N = 9$, 内挿素子 3, 外挿素子 2) とした。内挿素子は主に位置誤差、外挿素子は地板のエッジなどの影響の軽減に寄与しているものと考えられる。この校正手法は、特に 60° 付近の誤差の大きい角度方向に対して効果的に機能していることが分る。これは、図 2 の角度推定誤差からも明らかである。この実験結果においては、校正範囲とした $-60^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ の RMSE は、Raw data で 1.51° であり、従来の校正法 (Conv. Cal.) で 0.40° まで軽減し、拡張校正法 (Ext. Cal.) によりさらに 0.18° まで改善された。この概念は、素子自体を分割して、校正行列に仰角変化時の素子上の電流分布の変化を取り込むよう拡張することも可能である。

4 まとめ

本稿では、仮想アレーの概念を用い、仮想素子を内挿、外挿した拡張アレー校正法が、DOA 推定誤差の推定誤差の軽減に有効であることを実験により実証した。

参考文献

- [1] 山田寛喜, 第 33 回アンテナ・伝搬における設計・解析手法ワークショップ セミナーテキスト, 2006 年 10 月.
- [2] C. M. S. See, *Electronics Letters*, 3rd, vol.30, no.5, pp.373-374, Mar. 1994.

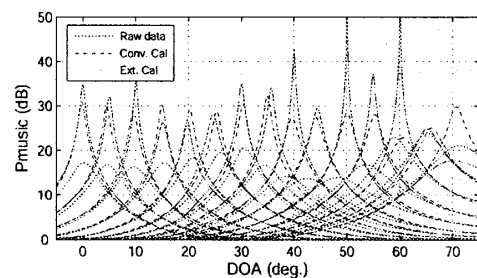


図 1 MUSIC 法による到来方向推定結果

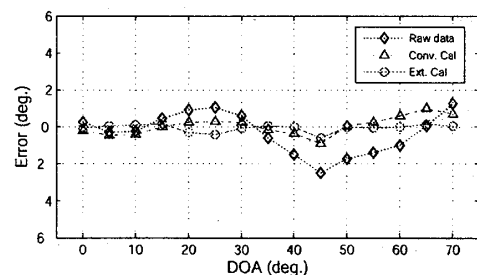


図 2 到来方向推定誤差