

仮想素子を用いたアレー校正手法の検討

Array Calibration Technique with Virtual Elements

内藤孝[†]
Takashi Naito

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

実際の環境で高分解能到来方向推定を実現するには、誤差要因の影響を取り除くための校正を施す必要がある。本稿では、本来存在しない素子を仮定して仮想的にアレー素子数を増加して校正を施す手法を提案し、実験データによって有効性を検証している。

2 受信信号モデルと提案する校正手法

素子数 L のリニアアレーに、波長 λ の平面波が方位角方向 θ_k から K 波到来する時、受信信号は以下のように表される。

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{C}\mathbf{A}\mathbf{s}(t) + \mathbf{n}(t) \quad (1)$$

ここで、 $L \times L$ 行列で表される行列 \mathbf{C} が種々の誤差を含む誤差行列であり、この行列 \mathbf{C} を校正行列と呼ぶこととする。 \mathbf{A} は $L \times K$ のモード行列、 $\mathbf{s}(t)$ は信号ベクトル、 $\mathbf{n}(t)$ は雑音ベクトルである。

従来手法 [1] では、1 方向の DOA が既知な M 個の参照データを用いて校正行列 \mathbf{C} を推定する。ここでは、実在のアレー素子の他に、本来存在しない仮想素子がアレーに付加されたものと仮定した場合の校正行列を考える。実在のアレー素子数を L 、実在素子と仮想素子を含めた仮想アレー素子数を $L' (> L)$ とする。従来の $L \times L$ の校正行列 \mathbf{C} を、仮想素子により $L \times L'$ の行列 \mathbf{C}_{ex} の様に拡張することで、校正精度の改善を図る。雑音部分空間と信号部分空間の直交性より次式が成立する。

$$\mathbf{e}_i^{(m)H} \tilde{\mathbf{a}}(\theta_m) = \mathbf{e}_i^{(m)H} \mathbf{C}_{ex} \mathbf{a}_{ex}(\theta_m) = 0 \quad (2)$$

ここで、 $\mathbf{e}_i^{(m)}$ ($i = 2, 3, \dots, L$) は m 番目の参照データに対応する i 番目の雑音固有ベクトル、 $\tilde{\mathbf{a}}(\theta_m)$ は m 番目の参照データの誤差を含むモードベクトル、 $\mathbf{a}_{ex}(\theta_m)$ は m 番目の参照データの到来波の拡張モードベクトル、 H は複素共役転置である。式 (2) において、 M 個の校正データセットがあれば、拡張校正行列 \mathbf{C}_{ex} が導出される。

3 実験データによる評価

1 波到来時の実験パラメータを表 1 に示す。図 1 のように半波長等間隔リニアアレーを形成し、校正の際に考える仮想素子は地板のエッジに配置し、ここでは 4 隅に配置した際の精度を検証する。また、仮想素子による校正精度を検証するために雑音はなしとした。図 2 は、MUSIC 法により到来方向推定を行い、 $-60^\circ \sim +60^\circ$ 間で 5° 間隔の、4 素子実在アレー及び 8 素子仮想アレーで校正を施した時の推定誤差の絶対値を表している。従

来手法の 4 素子実在アレーによる校正よりも、提案手法の 8 素子仮想アレーによる校正の方が推定誤差を小さくできており、提案手法の有効性が確認できる。

4 まとめ

本稿では、本来存在しない仮想素子を仮定して仮想的にアレー素子数を増加させる校正手法を提案した。実験データにより提案手法の有効性を示した。

謝辞

本研究は科研費 (基盤研究 (C) 20560349) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 新井隆宏, 原六蔵, 山田寛喜, 山口芳雄, “既知の波源を用いたスーパーレゾリューションアレー校正法について,” 信学論 (B), vol.J86-B, no.5, pp.527-535, Mar. 2003.

表 1 実験パラメータ

素子	1/4 波長モノポール
実在アレー素子数	4
仮想アレー素子数	8 (4+4)
周波数	2.4 [GHz]
外部参照波	$-70^\circ \sim +70^\circ$ 10° 間隔 15 波

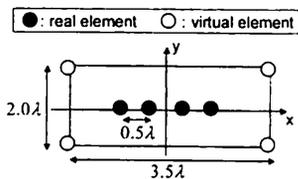


図 1 実在素子と仮想素子の配置

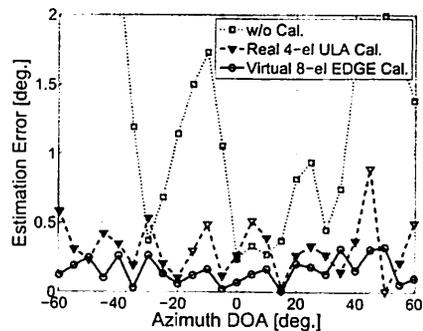


図 2 DOA 推定誤差