

B-1-13

DOA 推定のためのアレー校正手法 —信号処理的アプローチ—

Array antenna calibration technique for DOA estimation –Signal processing approach–

山田寛喜

Hiroyoshi Yamada

新潟大学 工学部

Faculty of Engineering, Niigata University

1. まえがき 著者はアレーアンテナによる高分解能到来方向 (Direction-Of-Arrival, DOA) 推定を実現するにあたり、アレー校正の必要性を痛感し、いくつかのアプローチから、実用に資するアレー校正手法の確立を目指し研究を進めている。アレー校正問題は、 $r = CA s + n$ で定義される受信信号ベクトル r から素子間相互結合等の誤差の影響を表す C 行列を推定する問題といえる。ここで A はモード行列、 s は到来波信号ベクトル、 n は雑音ベクトルである。問題自体はシンプルであるが、実際には筐体等の素子以外の部分や素子位置誤差の影響があり、さらには実環境における校正では、DOA が既知な参照信号を得ることが難しいという問題が存在する。以下では、これらの問題点解決への研究の取り組みを概説する。

2. 仮想アレーを用いたアレー校正法 各種 DOA 推定手法の適用を考えた場合、 C 行列は定数行列であることが望ましい。しかしながら、素子の位置誤差や筐体等の影響がある場合、single-mode 素子を用いた N 素子リニアアレーであっても、 C 行列は $N \times N$ 行列は定数行列とはならず、角度依存性が残存する。それらの解決法として著者らのグループでは仮想アレーを用いたアレー校正法の検討を進めている [1]。これは誤差のある N 素子アレーを誤差のない $L (> N)$ 素子アレーとして校正する手法である。この場合、校正行列 C は $N \times L$ 行列となる。仮想素子を付加することにより誤差ウェイトの自由度が高まり、校正行列 C は定数行列化される。図 1(a) が $\lambda/100$ 程度の位置誤差を有する 4 素子ダイポールアレーにおいて実在素子のみによる従来の校正法を適用したシミュレーション結果の MUSIC 波形であり、図 1(b) が 8 素子仮想アレー (両端に 2 素子ずつ仮想素子を付加) による校正結果である。仮想アレー化により位置誤差の影響が軽減され、鋭い MUSIC 波形が実現されている。

3. ICA を用いたブラインドアレー校正法 前節の校正法では参照信号の DOA は既知としており、電波暗室等での事前校正のような環境を想定している。運用時には校正時とのアンテナ周囲環境の相違により、必ずしも事前校正結果が良好な特性をもたらさない場合が少なくない。実環境での校正では、DOA は未知である。DOA が既知な場合であっても、通常、良好な構成を実現するには素子数以上の参照信号数が必要である。この問題点を解決するため著者らは独立成分分析 (ICA) を併用したブラインド校正法の検討を進めている [2]。ICA は無関係な信号成分を分離する手法であり、それにより複数の

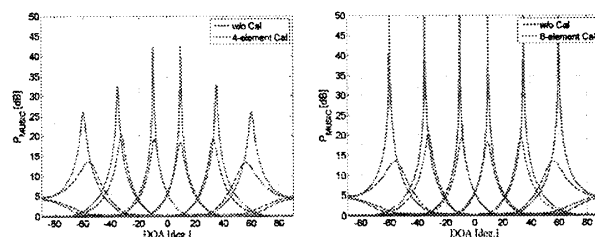
観測信号から校正に必要な信号を取り出し、素子数以上の (DOA が未知な) 参照信号を生成している。到来方向および校正行列を未知数とした EM 法的な反復推定により、ブラインド校正を実現している。図 2(a), (b) が有限地板付 4 素子モノポールアレーによる本手法のシミュレーション結果 (参照信号 8 波) の MUSIC 波形および DOA 推定誤差特性である。このように ICA により十分な参照信号を得ることができれば、ブラインド校正手法の実現も不可能ではない。なお、現時点では、このアプローチにおいては前節の仮想アレー化は適用していない。

4. まとめ 本稿では、著者の研究グループによる信号処理的なアプローチによるアレー校正手法に関する 2 つの検討結果を示した。それらを統合した DOA 推定手法と親和性の高いフルブラインド校正法の実現が今後の課題である。

謝辞 研究を進めるにあたり、貴重なご意見を頂いている山口芳雄先生、および、共に研究を進めている研究室の学生諸子に深謝いたします。

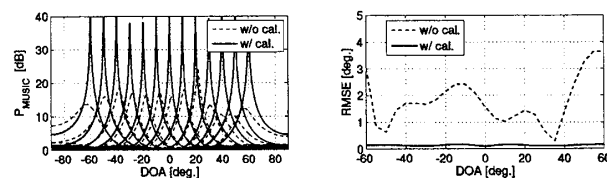
参考文献

- [1] 内藤, 山田, 山口, 信学技報, vol.A-P2007-72, pp.169–174, 2007年7月.
[2] 島田, 山田, 山口, vol.A-P2007-73, pp.175–180, 2007年7月.



(a) 4 素子実アレー (b) 8 素子仮想アレー

図 1 仮想アレーを用いたアレー校正による MUSIC 波形



(a) MUSIC 波形 (b) DOA 推定誤差

図 2 ICA を用いたブラインドアレー校正結果