

B-1-180

インピーダンス行列に基づくアレーアンテナの簡易校正法の実験的検証

An experimental study on simple calibration technique based on impedance matrix of the array

森下 雅透
Masayuki Morishita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

まえがき アレーアンテナを用いた高分解能到来方向推定には、MUSIC法[1]などのスーパーレゾリューション法が用いられる。これらスーパーレゾリューション法の本来の性能を実現するには、アレーアンテナにおける様々な誤差要因の校正が必要となる。主な誤差要因として各素子のアナログ系誤差、素子の位置誤差、素子間相互結合などが上げられ、最も基本的な校正手法としてインピーダンス行列を用いた校正手法[2]がある。筆者らは、このインピーダンス行列の要素の一部に修正を加えることによる簡易な校正手法を提案している[3]。本稿では、この簡易校正手法の有効性を実験により検証している。

簡易校正法 簡易校正手法はインピーダンス行列から導出される校正行列 C の対角成分に積、あるいは和の形で補正を加えることで到来方向 (DOA) 推定誤差を改善する校正手法である[3]。本稿では積の形で補正する方法を用いる。したがって、近似校正行列 C_{est} は次式の様に定義される。

$$C_{est}(\rho) = \rho I \odot C \quad (1)$$

ここで \odot は行列の要素毎の積を表す演算子であり、 ρ は補正值に対応する複素数である。なお、ダイポール、モノポール素子では、 $\rho = |\rho|e^{j\phi_\rho}$ においては、ほぼ $|\rho| \cong 1$ となり ϕ_ρ のみを推定することで、より簡易で良好な校正が実現出来る。本手法は、ほぼシングルモード動作する素子に対して有効な手法である。

実験結果 実験は4素子で構成された有限地板モノポールアンテナを用いた。使用周波数は2.4GHz、アレー素子長は $\lambda/4$ 、素子間隔は $\lambda/2$ である。地板サイズは縦長 2λ 、横長 3.5λ の長方形とした。インピーダンス行列はネットワークアナライザのSパラメータ測定により測定した。インピーダンス行列から導出される C を用いた校正手法 (Imp.Mat法) と第2節で述べた C_{est} による校正手法を比較する。補正係数 ϕ_ρ の推定方法は文献[3]ではDOAが未知の到来波のピークを用いたが、このアンテナでは地板の影響のため推定困難であった。したがって、到来方向が既知な波 (参照信号) を1波用いて、DOA推定誤差が最小となる補正係数 ϕ_ρ を推定した。推定された ϕ_ρ を用いてMUSIC法によるDOA推定を行った。NEC2による実験に対応した数値計算結果と実験結果のMUSIC波形をそれぞれ図1、図2に示す。ここでは、参照信号に $\theta = 50^\circ$ からの到来波を用いて、DOA誤差が最小となる ϕ_ρ を決定した。推定された $\rho = e^{j\phi_\rho}$ を用いた C_{est} による $\theta = 0^\circ, 10^\circ, \dots, 70^\circ$ のそれぞれ1波到来時のMUSIC波形 (C_{est}) を示す。計算結果において推定された ϕ_ρ は $\phi_\rho = -28^\circ$ であり、実験結果で推定された $\phi_\rho = -27^\circ$ とほぼ一致した。図3、図4がMUSIC波形に示した各々の推定におけるDOA推定誤差である。

C_{est} は Imp.Mat法に比べ、推定誤差が改善されていることがわかる。また、 $-30^\circ \leq \phi_\rho \leq -18^\circ$ の範囲において、推定誤差が改善されていることを確認している。地板の影響のためピーク特性は良好とは言えないが、サイズの最適化により改善可能と考えられる。

まとめ 本稿では、インピーダンス行列に基づく簡易校正法の有効性を実験的に検証した。

参考文献

- [1] R.O.Schmidt. IEEE Trans. Antenna and Propagate, vol.AP-34, no.3, pp.276-280, Mar. 1986.
- [2] I. J. Gupta and A. A. ksienski, IEEE Trans Antenna and Propagate, vol.AP-31, no.5, pp.785-791, September 1983.
- [3] 山田, 小川, 山口. 信学技報, vol. A-P2006-7, no. 13. pp.33-38, April. 2006.

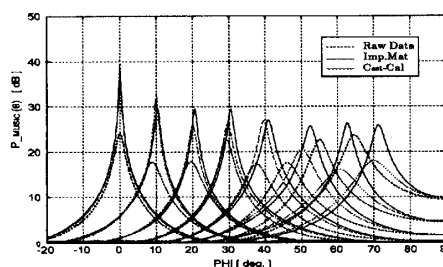


図1 MUSIC波形 (数値計算)

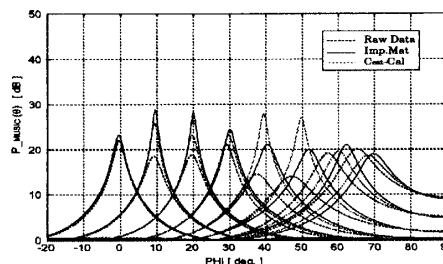


図2 MUSIC波形 (実験)

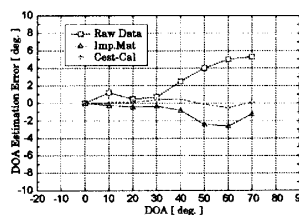


図3 推定誤差 (数値計算)

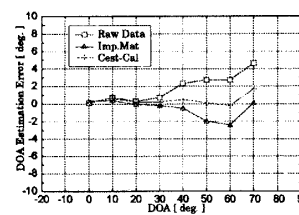


図4 推定誤差 (実験)