

数値解を利用したリニアアレーアンテナ校正手法の実験的検討

An Experimental Study on Linear Array Calibration Using Numerically Derived Calibration Parameters

山田 寛喜¹
Hiroyoshi Yamada

小川 恭孝²
Yasutaka Ogawa

山口 芳雄¹
Yoshio Yamaguchi

新潟大学 工学部¹

Faculty of Engineering, Niigata University

北海道大学 大学院情報科学研究科²

Graduate School of Information Science & Technology, Hokkaido University

まえがき 近年、アダプティブアレーや MUSIC 等の超解像法の実用化研究が進んでいる。この種のアレー信号処理手法の性能を最大限に発揮するには、アレー校正が不可欠である。筆者等は、外部参照波を用いる方法 [1] や S パラメータの測定結果を用いる校正手法 [1], [2] 等の様々な校正手法の評価を行ってきた。最近、Hui は数値的に求められた校正パラメータを利用した校正手法 (Numerical 法) を提案している [3]。しかしながら、その有効性は実験的には検証されていない。本稿では、これら 3 手法の性能を数値計算、実験により評価し数値解のみによる校正手法の問題点を明らかにする。

Hui によるアレー校正手法 Hui は、各素子の端子電流に着目し、アレー校正手法を、以下のように捉え、再構築している [3]。簡単のため Z_L で終端された N 素子アレーの i 素子に着目する。

$$Z_L i_i = \tilde{Z}_{i1} i_1 + \dots + \tilde{Z}_{i,i-1} i_{i-1} + \tilde{Z}_{i,i+1} i_{i+1} + \dots + v_{0i}$$

ここで i_i は端子電流、 v_{0i} は結合の無い端子電圧である。 \tilde{Z}_{ij} は j 番目の端子での平面波入射時の単位電流分布が i 番目の端子に寄与する相互インピーダンスである。 \tilde{Z}_{ij} を観測量から得ることは一般に困難である。Hui は素子上の電流分布を仮定し、数値計算により得られた \tilde{Z}_{ij} を用いて上式を用いた校正を提案している。この手法は、電流分布を適切に選択した場合、式の形式は異なるが、校正パラメータ自体は、外部参照波を用いた校正手法 (Ref.Sig 法) [1] を数値的に計算し得られたパラメータと一致する。校正パラメータをウェイトとして掛け合わせて校正するか、あるいは影響を減じる形で校正するかの違いのみである。計算モデルが厳密に実験モデルと一致すれば、理想的な校正が可能である。

数値計算・実験結果 ここでの校正効果の評価は MUSIC 法のスペクトルを用いる。実験は円板上の 4 素子等間隔リニアアレーを用いた。周波数は 2.4GHz、アレー素子はモノポールであり、ワイヤ半径は 0.5mm、ワイヤ長は 2.9cm、素子間隔は 6cm である。まず NEC2 による実験に対応した数値計算結果を図 1 に示す。ここでは、 0° および -45° の場合の 1 波入射の結果を示している。同図より S パラメータによる校正手法 (Imp.Mat 法) では、十分な校正はできないが、外部参照信号 (ここでは $0^\circ, \pm 20^\circ, \pm 40^\circ$ 使用) を用いた手法 (Ref.Sig 法)、Hui による数値解を用いた手法 (Numerical 法) では、と

もに理想的な校正が実現されている。図 2 が対応する実験結果である。Ref.Sig 法では、既知 DOA の実測校正データを用いているため、良好に校正されている。実測した S パラメータから校正パラメータを推定した校正である Imp.Mat 法では、20dB 程度のピークが得られる校正が実現されている。一方、数値計算では良好に動作した Numerical 法も、この実験では、Imp.Mat 法と同程度の校正結果であった。この手法による校正精度は数値モデルと実験モデルの精度に依存する。それらの誤差、および、数値モデルでは表現されていない給電部の寄生インピーダンスなどが影響しているものと考えられる。

まとめ 本稿では、数値的に得られた校正パラメータを用いる校正手法の有効性を実験的に検証した。

謝辞 本研究は、日本学振興会科学研究費補助金若手研究 (B) 15760257 により行われている。

参考文献 [1] 山田ほか, 信学技報, vol.AP2002-218, no.3, pp.179-186, 2003 年 3 月。 [2] H.T.Hui, IEEE Micro. and Wireless Comp. Lett., vol. 12, no.5, pp.178-180, May 2002. [3] H.T.Hui, IEEE Trans. AP., vol. 52, no.5, pp.1262-1269, May 2004.

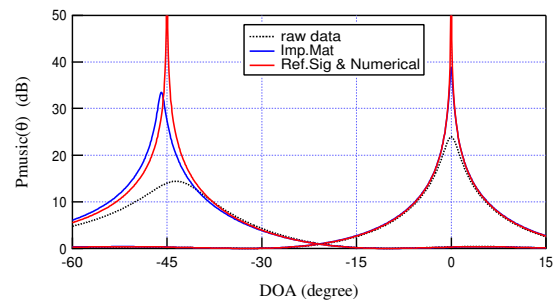


図 1 MUSIC 法による到来方向推定結果 (数値計算)

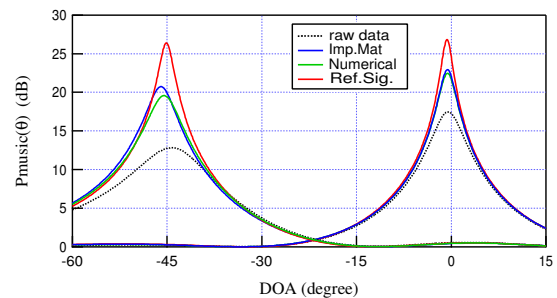


図 2 MUSIC 法による到来方向推定結果 (実験結果)