

仮想矩形アレーを用いたアレーアンテナの校正精度について

On Calibration Accuracy of Array Antenna by using Virtual Rectangular Array

酒井宏史[†] 山田寛喜[†] 山口芳雄[†]
 Hiroshi Sakai Hiroyoshi Yamada Yoshio Yamaguchi

[†] 新潟大学大学院自然科学研究科
 Graduate School of Science & Technology, Niigata University

1 まえがき

実際の環境においてアレーアンテナを用いて DOA 推定を行う場合、誤差要因の影響を取り除くための校正が必要である。本稿では、リニアアレーに仮想素子を配置し、仮想素子配置の違いによる仮想矩形アレーを用いたアレーアンテナの校正精度について実験データにより比較検討する。

2 受信信号モデルと校正手法

素子数 L のリニアアレーアンテナを考える。このアレーアンテナに K 個の平面波が到来するとき、波長、到来方向をそれぞれ λ , θ_k とすると、受信信号 $x(t)$ は以下のように表される。

$$x(t) = CA s(t) + n(t) \quad (1)$$

ここで、 C は $L \times L$ 誤差行列 (校正行列) であり、 A は $L \times K$ のモード行列、 $s(t)$ は信号ベクトル、 $n(t)$ は雑音ベクトルである。DOA が既知な M 方向 (1 波) の方位角参照データを用いて、 $L \times L$ 行列 C を推定する。それにより、方位角依存性による誤差を補正することができるが、仰角依存性による誤差は取り除くことができない。そこでリニアアレーに本来存在しない仮想素子を付加し、仮想矩形アレーを形成する。 x 軸、 y 軸、 z 軸方向にそれぞれ L_x , L_y , L_z 素子を配置すると、受信データは以下ようになる。

$$x(\theta, \phi) = C_{ex} a_{ex_i}(\theta, \phi) \quad (i = 1, 2) \quad (2)$$

$$a_{ex_1}(\theta_i, \phi_i) = a_x(\theta_i, \phi_i) \otimes a_z(\phi_i) \quad (3)$$

$$a_{ex_2}(\theta_i, \phi_i) = a_x(\theta_i, \phi_i) \otimes a_y(\theta_i, \phi_i) \quad (4)$$

$$a_x(\theta_i, \phi_i) = [e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} x_1 \sin \theta_i \cos \phi_i}, \dots, e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} x_{L_x} \sin \theta_i \cos \phi_i}] \quad (5)$$

$$a_y(\theta_i, \phi_i) = [e^{j\frac{2\pi}{\lambda} y_1 \cos \theta_i \cos \phi_i}, \dots, e^{j\frac{2\pi}{\lambda} y_{L_y} \cos \theta_i \cos \phi_i}] \quad (6)$$

$$a_z(\phi_i) = [e^{j\frac{2\pi}{\lambda} z_1 \sin \phi_i}, \dots, e^{j\frac{2\pi}{\lambda} z_{L_z} \sin \phi_i}] \quad (7)$$

ここで、 a_{ex_1} , a_{ex_2} はそれぞれ $L_z \times L_x$, $L_y \times L_x$ 仮想矩形アレーのモードベクトルであり、 \otimes はクロネッカ積である。 C_{ex} の導出については文献 [1] を参照して頂きたい。

3 実験データによる評価

2 波到来時の実験パラメータを表 1 に示す。仮想矩形アレーによる校正においては、 3×4 素子仮想矩形アレーを考える。到来波の 1 波目は $(\theta_1, \phi_1) = (10^\circ, 0^\circ)$ とし、2 波目は $(\theta_2, \phi_2) = (20^\circ, 15^\circ)$ とする。図 2 (a), (b) における推定角 $((\theta_1, \phi_1), (\theta_2, \phi_2))$ はそれぞれ $((10.7^\circ, 0.9^\circ), (19.6^\circ, 9.5^\circ))$, $((4.3^\circ, -36.9^\circ), (4.3^\circ, 36.9^\circ))$ となっており、 $x-z$ 平面に仮想素子を配置することで校正精度が向上する。

4 まとめ

本稿では、リニアアレーに仮想素子を配置し、仮想素子配置の違いによる仮想矩形アレーを用いたアレーアンテナの校正精度について実験データにより比較検討した。 $x-z$ 平面、すなわち電流上に素子を配置することで校正精度が向上する。

謝辞

本研究の一部は科研費 (2056349)、一部は財団法人テレコムエンジニアリングセンター研究助成金により実施されたものである。

参考文献

- [1] 内藤 孝, 山田寛喜, 山口芳雄, “仮想アレーを用いたリニアアレー DOA 推定の仰角依存性の校正について,” 信学技報, A-P2007-130, pp.45-50, Jan. 2008.

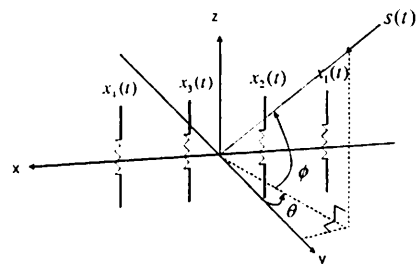
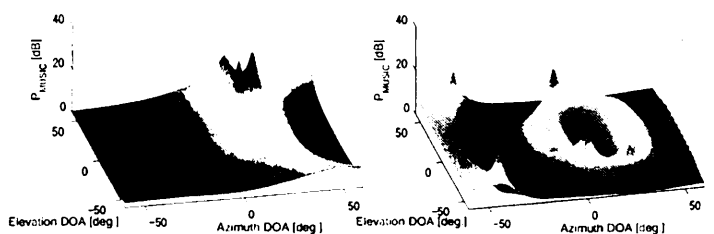


図 1 受信アレーモデル

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	12 (3 × 4)
周波数	2.45 [GHz]
外部参照波 (方位角)	-70° ~ +70° 10° 間隔 15 波
外部参照波 (仰角)	0° ~ +24° 6° 間隔 5 波



(a) $L_z \times L_x$ 仮想矩形アレー (a_{ex_1} 使用) (b) $L_y \times L_x$ 仮想矩形アレー (a_{ex_2} 使用)

図 2 MUSIC スペクトラム