

和田 敦成, 森山敏文

(長崎大学大学院総合生産科学研究科)

1. はじめに

近年、安全安心のためにレーダでターゲットの距離と方位を検知することが行われている。このためにアンテナ素子を線形に等間隔で並べたリニアアレイが利用されている。しかし、航空機や自動車の表面は平面でない。そこで、これらのレーダにはリニアアレイではなく面に沿ってアンテナ素子を自由に配置できる方が望ましい。一般に、アンテナ素子を、任意形状の表面に配列して利用するアレイをコンフォーマル（任意形状）アレイと呼ぶ。この研究では、将来、航空機や自動車などにコンフォーマルアレイが利用されることを想定し、コンフォーマルアレイの方位検知特性を評価した。

2. コンフォーマルアレイ

図1のようにK個の受信アンテナ素子が任意の場所に設置されている状況を考える。k番目の受信アンテナの位置を $\mathbf{r}_k$ とする。k番目の受信アンテナ素子からターゲット $\mathbf{r}_t$ までの距離を求めると以下のように求まる。

$$\sqrt{|\mathbf{r}_t - \mathbf{r}_k|^2} \approx |\mathbf{r}_t| + \mathbf{d}_t \cdot \mathbf{r}_k \quad (1)$$

ベクトル $\mathbf{d}_t$ は原点からターゲットの向きを表す。

$$\mathbf{d}_t = \sin \theta_t \cos \phi_t \mathbf{i}_x + \sin \theta_t \sin \phi_t \mathbf{i}_y + \cos \theta_t \mathbf{i}_z \quad (2)$$

k番目の受信アンテナ素子の受信データは、以下の様に表せる。

$$X_k = \exp(j2\pi f_0 \tau_k) \approx \exp\left[j \frac{2\pi}{\lambda} |\mathbf{r}_k|\right] \exp\left[j \frac{2\pi}{\lambda} \mathbf{d}_t \cdot \mathbf{r}_k\right] \quad (3)$$

これらから受信素子で次のような係数を用意し、受信データに乘算する。但し、 $\mathbf{d}$ は仮定したターゲットの方位である。

$$\omega_k = \exp\left(-j \frac{2\pi}{\lambda} \mathbf{d} \cdot \mathbf{r}_k\right) \quad (4)$$

$$\mathbf{d} = \sin \theta \cos \phi \mathbf{i}_x + \sin \theta \sin \phi \mathbf{i}_y + \cos \theta \mathbf{i}_z \quad (5)$$

各素子での乘算値の合成（ビームフォーミング）を、次の様に求める。

$$E(\theta, \phi) = \sum_{k=1}^K X_k \omega_k$$

このピーク位置からターゲットの方位を推定する。

3. シミュレーション

ターゲットが1つの際に各パラメータを変化させた場合にシミュレーションを行い、リニアアレイとコンフォーマルアレイのパターンの比較を行った。変化させるパラメータは、素子数、コンフォーマルの形状、ターゲットの方向である。この3つのパラメータのうち1つを変化させ、残り2つは固定した。素子数を24素子と設定した場合のリニアアレイとコンフォーマルアレイの結果の例を示す。この計

算では、ターゲットの方位を正面から50度とした。コンフォーマルアレイの分布は、図2のようにサイン関数のような分布に設定した。図3に両方のアレイのパターンを示す。両方のアレイとも50度にピークが有り、ターゲットの方位を確認できる。しかし、コンフォーマルアレイではサイドローブが大きくなり、方位探知能力が劣化する傾向を示した。

4. まとめ

本研究では、コンフォーマルアレイアンテナのビームフォーミングのシミュレーションを行い、リニアアレイとの比較を行った。今後は、FM-CWレーダにコンフォーマルアレイを利用した場合の検討を行う予定である。

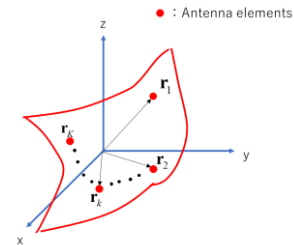


図1 コンフォーマルアレイ

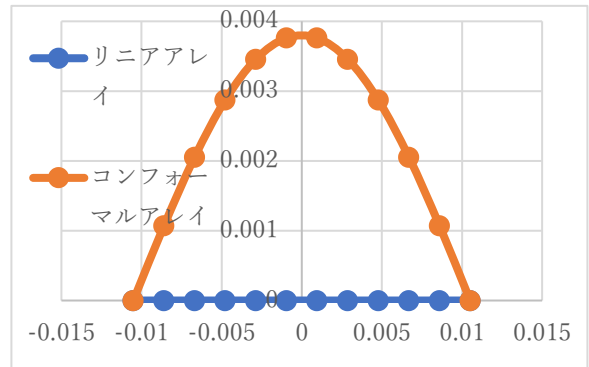


図2 コンフォーマルのアンテナ分布

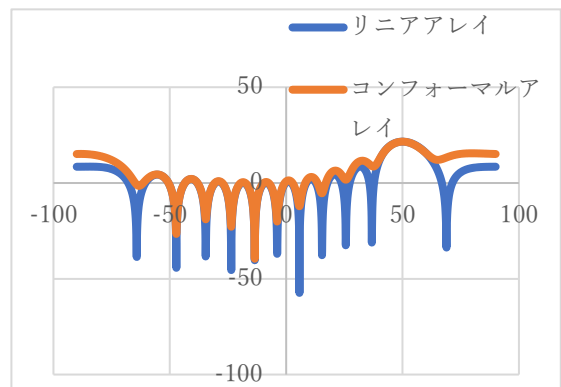


図3 ターゲットの方向：50°

参考文献

[1] 藤本 京平, ” 入門 電波応用[第2版] ”, 共立出版, 2007.