

# 素子ベクトル回転法による校正を適用した RBF ニューラルネットワークによる高精度到来方向推定 High Accuracy DOA Estimation by RBF neural network with calibration capability using rotating the electric field of each radiating element

寺嶋 亮太郎  
Author's name

桑原 義彦  
Author's name

静岡大学大学院理工学研究科  
Graduate School of Science and Technologies, Shizuoka University

## 1. はじめに

筆者らは太陽光発電衛星のマイクロ波ビーム制御に必要な方向情報を得るため RBF ニューラルネットワークの利用を検討している[1]。本稿では衛星に搭載した到来方向推定用アレーアンテナに素子回転ベクトル法による校正[2]機能を加え、アンテナパネルが傾いている状態でレクテナへの方向を正しく推定する手法を紹介する。

## 2. 素子回転ベクトル法によるアンテナパネル傾斜の校正

素子回転ベクトル法では、地上からパイロット信号を送信し、衛星に搭載されたフェーズドアレーアンテナの各素子に接続された移相器を順次回転させて受信する。そしてアレー出力変化から給電回路の挿入損失・位相を算出し、ビーム走査に必要なデータを作成する。

太陽光発電衛星に搭載したアンテナパネルは衛星への設置誤差、太陽風などによる衛星のふらつきにより、地表面にいつも正対しているとは限らない。送電ビームはこの傾斜を考慮して走査する必要がある。

素子回転ベクトル法ではアレー出力が最大になるように各素子の位相が調整されるので、アンテナパネルが傾いている場合、傾いた状態でレクテナ方向で等位相面を形成するように位相が調整される。この位相を受信信号に加え、レクテナに正対した条件で予め学習させておいた RBF ニューラルネットワークにより到来方向を推定する。

素子回転ベクトル法に求められる位相検出精度を検討した。アレーアンテナは  $3 \times 3$  の 9 素子平面アレーで素子間隔は東西方向  $0.25\lambda$  南北方向  $0.3\lambda$  とする。各素子に位相誤差をランダムに与え位相誤差と到来方向推定誤差を求めた。結果を図 1 に示す。SPS2000 に求められるビーム指向精度は  $0.004^\circ$  なので、誤差  $0.015^\circ$  以内で位相を検出しなければならない。

位相を  $0.015^\circ$  以内の精度で検出するため素子回転ベクトル法に必要な条件を求めた。結果を表 1 に示す。

## 3. 線形補外による到来方向推定結果の補正

素子回転ベクトル法を併用して到来方向推定する場合、その収束時間が問題となる。すなわち地上からのパイロット信号を受信し、共相励振位相を求める間に衛星が移動してしまう。そこで、地上で衛星の方向を測定し、その結果を衛星に通知する。衛星は地上からの方向情報を補外レビーム送信時の方向を推定する。

表 1 素子回転ベクトル法に必要な条件

|        |              |
|--------|--------------|
| 角度ステップ | $0.03^\circ$ |
| 平均回数   | 6            |
| 所要 SNR | 1000         |

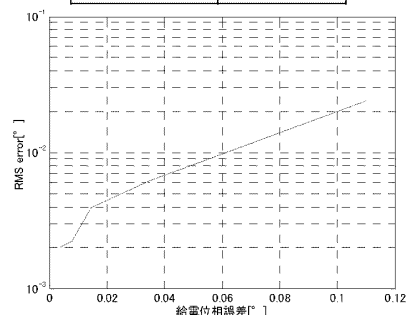


図 1 給電位相誤差と推定誤差

## 4. シミュレーション

RBF ニューラルネットワークによる到来方向推定に素子回転ベクトル法によるアンテナパネル傾斜の校正機能と地上からの到来角情報に基づく線形補外を適用したシステムのシミュレーションを行った。図 2 は真の到来角との誤差シミュレーション結果である。ここで、衛星の姿勢は  $(\varphi, \theta) = (5^\circ, 5^\circ)$  だけ傾いている。図 2 から提案システムは精度良く到来方向推定できることがわかる。

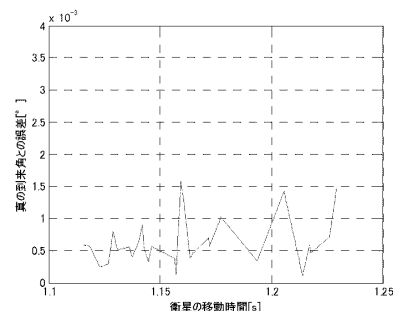


図 2 シミュレーション結果

### 文献

[1] 桑原他, “SPS フェーズドアレーアンテナのための RBF ニューラルネットワークによる到来方向推定,” 信学技報, SPS2003-11, 2004.

[2] 真野他, “フェーズドアレーアンテナの素子振幅位相測定法,” 信学論 B, pp.555-560, 1982.