

# 固有モード電流と人工ニューラルネットワークを用いたアレーアンテナの電流分布推定

Source Reconstruction of Array Antennas Using Eigenmode Currents and Artificial Neural Network

今野 佳祐  
Keisuke Konno

王 鑫  
Xing Wang

陳 強  
Qiang Chen

東北大学大学院 工学研究科 通信工学専攻  
Department of Communications Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University

## 1 まえがき

アレーアンテナの電流分布推定法は、アレーアンテナの電磁界から電流分布を推定する、いわゆる逆問題を解く方法であり、故障素子の発見や近傍界-遠方界変換など、様々な応用が期待されている。これまでの電流分布推定法は、Maxwell 方程式によって近傍界と電流を関係づける技術が多かった。その一方で、近年では人工ニューラルネットワークと呼ばれる技術が注目されており、様々な逆問題へ応用されている [1]。本報告では、人工ニューラルネットワークと固有モード電流を用いたアレーアンテナの電流分布推定法について述べ、その有効性を数値的に明らかにする [2], [3]。

## 2 電流分布推定法

人工ニューラルネットワークと固有モード電流を用いたアレーアンテナの電流分布推定法 (Artificial Neural Network-Eigenmode Currents, ANN-EC) では、近傍界の振幅と電流分布の関係を予め学習させておいたネットワークを用い、アレーアンテナの近傍界の振幅から電流分布を推定する。ANN-EC では、電流分布はアレーアンテナの固有モード電流の重み付き和として表示されており、ANN はそれらの重みを出力する。電流分布を展開する固有モード電流のうち、電流分布への寄与が小さいと見込まれるものを予め除外しておくことで、電流分布推定の悪条件性を緩和し、推定精度を向上させる。

## 3 数値シミュレーション

ANN-EC および従来の ANN を用いて、図 1 に示す  $5 \times 5 = 25$  素子の 2 次元ループアレーアンテナの電流分布推定を行った。アレーアンテナの各素子は一様給電されているが、ランダムで 2~3 素子だけ給電位相差付きの素子が含まれている。ループアレーアンテナのモデルに含まれる未知の電流係数の総数は 275 であり、従来の ANN ではこれらを全て推定する。一方で、ANN-EC では固有モード電流の総数を 143 まで減らし、悪条件性を緩和している。

図 2 に、その位相の推定結果を示す。図 2 の破線は給電位相差を与えた素子を表す。MoM による数値計算結果と、ANN-EC による推定結果は互いによく一致しており、給電位相にずれのある素子も正確に特定できている。一方で、従来の ANN では推定すべき未知数の総数が ANN-EC に比べて多く、悪条件であるため推定精度が ANN-EC よりも低くなっている。

## 4 まとめ

本報告では、アレーアンテナの電流分布推定法である ANN-EC を提案し、ループアレーアンテナの電流分布を推定した。その結果、ANN-EC は給電位相差のある素子の特定に成功し、ANN を超える推定精度を実現した。

## 謝辞

本研究成果に関し、東北大学サイバーサイエンスセンターから研究に関するアドバイスを頂いた。ここに感謝する。また、本研究成果の一部は JSPS 科研費 18K13736 の助成を受けて得られた。

## 参考文献

- [1] A. Patnaik, et al., IEEE Trans. Antennas Propag., vol.55, no.3, pp.775-777, March 2007.
- [2] K. Konno, et al., IEEE Trans. Antennas Propag., vol.66, no.11, pp.5982-5989, Nov. 2018.
- [3] X. Wang, et al., IEEE Trans. Antennas Propag., 2021, DOI: 10.1109/TAP.2020.3044593.

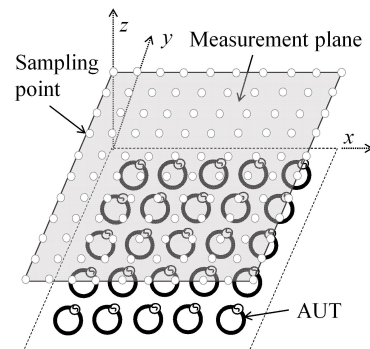


図 1 ループアレーアンテナ。

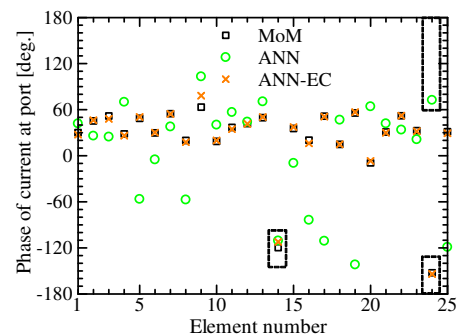


図 2 ループアレーアンテナの給電点電流の位相。