

負荷インピーダンスを装荷したリフレクトアレーの設計法

Refleccarray design method loaded by lumped element

青木 稜吾[†] 今野 佳祐[†] 陳 強[†]
Ryogo Aoki Keisuke Konno Qiang Chen

[†] 東北大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. まえがき

従来のリフレクトアレー(RA)アンテナの素子設計は、無限周期構造と近似して行われる [1]。その一方で、実際のRAは準周期構造ではないため、一定の誤差が発生する。本研究では、準周期構造を考慮した設計法を提案する。一例として、集中定数を装荷した線状ダイポールアンテナを用いたRAの有効性を数値的に明らかにしたので報告する。

2. Z行列を用いたリフレクトアレー設計法

図1のような、1つの1次放射器とN-1本のRA素子から構成されるRAを考える。すべてRA素子には負荷インピーダンス Z_L を装荷する。Z行列を用いると、このアンテナの電圧・電流は以下のように表すことができる。

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & \cdots & Z_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{N1} & \cdots & Z_{NN} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{L1} & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & Z_{LN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_N \end{bmatrix} \quad (1)$$

(1)式に含まれるZ_L行列を求める。まず、モーメント法よりZ行列を求める。次に、1次放射器を1Vで印加しRA素子をすべて短絡した時の電流分布を数値解析から取得し、アレーファクタを用いて所望の方向にビームが出るような電流の位相を組み合わせて電流ベクトルIを得る。したがって、得られたZ行列と電流ベクトルIと電圧ベクトルV($V_1 = 1V, V_2 = V_3 \cdots = 0$)を用いて(1)式を解き、負荷インピーダンス行列Z_Lを求めることができる。

3. 数値解析

得られたZ_{Li} ($i = 2 \sim N$)をRA素子に装荷して実際にビーム走査が出来るかを明らかにするために、半波長ダイポール素子を等間隔 $d_x = 0.6\lambda$ で9素子並べた1次元RAの数値シミュレーションを行った。励振源の入射角は $\theta_{in} = 0 \text{ deg}$ とし、所望の散乱方向は $\theta_s = 30 \text{ deg}$ とした。数値解析には商用電磁界シミュレータFEKOを用い、モーメント法で解析を行った。

散乱波の電界強度の数値シミュレーション結果を図2に示す。メインビームが所望方向に向いていることがわかる。つまり、所望方向にビームを出すことができる負荷Z_Lを、素子間相互結合を考慮して導出することが出来た。

4. まとめ

本報告では、負荷インピーダンスを用いたRA設計法を提案した。提案法では、RAのZ行列を用いて素子間相互結合を考慮して、負荷インピーダンスを求めている。求めた負荷インピーダンスをRAに装荷し、所望の方向にビームが向くことを明らかにした。

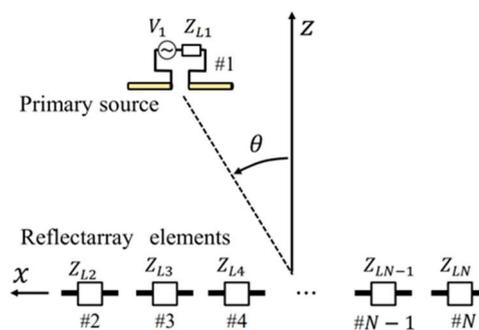


図1 モデル図

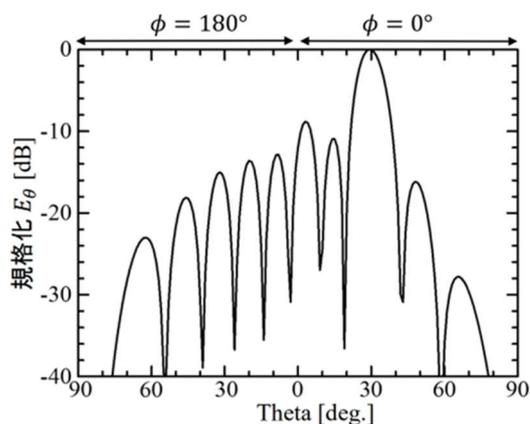


図2 : 散乱パターン

謝辞

本研究成果の一部はJSPS 科研費 22K04061 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] J. Huang and J.A. Encinar, Reflectarray Antennas, John Wiley and Sons, 2008.