

遠方領域を対象とした一様励振アレーを用いた任意開口分布の等価実現

The Equivalent Realization Method of Arbitrary Aperture Distribution Using Uniform Excitation Array for Far Field

○高橋尚之¹, 吉峯知明², 柴田国明³, 三枝健二³, 高野忠⁴

*Naoyuki Takahashi, Tomoaki Yoshimine, Kuniaki Shibata, Kenji Saegusa, Tadashi Takano

Abstract: In order to obtain a desired radiation pattern using the array antenna, the amplitude level and the phase of each element are controlled. In this case, different amplifiers, attenuators and phase shifters are required in the feeder circuit. In this paper, we design the method of removing the element at the part where the antenna diameter becomes large when the amplitude distribution design is rewritten to the interval control design, and design it without changing the ratio of the element spacing so as to be the same as the antenna diameter of the amplitude distribution design.

1. まえがき

現在, アレーアンテナを用いて所望の放射パターンを得るためには, 各素子の振幅レベルおよび位相を制御する[1]. この場合, 給電回路の中で異なる増幅器や減衰器, 移相器が必要となる.

本研究では, 例としてガウス分布によって設計される振幅分布設計の振幅レベルが高い部分を密に, 振幅レベルが低い部分を疎にして素子を配置し, 振幅レベルは一定として設計する方法を間隔制御設計とし, その確立を目的とする.

先行研究では, 振幅分布設計を間隔制御設計になおしたときにアンテナ径が大きくなる部分の素子を取り除く方法を検討していたが[2], 本稿では振幅分布設計のアンテナ径と同じになるように素子間隔の比率を変えずに径を縮小化して設計する方法を検討する. なお, アンテナ径を揃えるように端の素子を取り除くことを素子引きと称することとする.

2. 振幅・間隔制御の設計法

所望のアレーアンテナにおける振幅分布を図 1 に示す. 放射素子を間隔 d で配列し, 各素子の振幅 A_n は所望の開口分布に対応した位置の値となる. 本研究では開口分布を最端の素子におけるレベルによって決定するガウス分布とする. ガウス関数は任意の分散 σ を与えることで, その変化特性が決定される. 中央から最も離れた素子 x_{max} における励振レベルを $EL(Edge Level)[dB]$ として与え分散 σ を決定する. ガウス関数の表現式から, アレーアンテナの各素子位置 x_n における振幅 A_n および分散 σ は以下の式で表される[2].

$$A_n = \exp\left(-\frac{x_n^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{\pm x_{max}}{\sqrt{\log_{10} \frac{-(EL)}{10}}} \quad (2)$$

上記の開口分布を, 一様励振素子を用いて開口分布が等価となるように間隔設計を行う. 図 2 に間隔制御設計についての概略図を示す. 所望の開口分布をサンプリング間隔 S にて区切り, 振幅レベルの高低に応じて, 素子間隔 d_n が疎密となるように決定する. すなわち, 図 1 における振幅 A_n とサンプリング間隔 S の比と図 2 における振幅レベル a_0 と間隔制御した素子間隔 d_n との比を等しくする. 以上より, 中心素子 $x'_0 = 0$ とすると, 各素子位置は以下の式となる.

$$x'_n = \sum_{k=1}^n \frac{S \times a_0}{A_k} \quad (3)$$

$$x'_{-n} = -x'_n \quad (4)$$

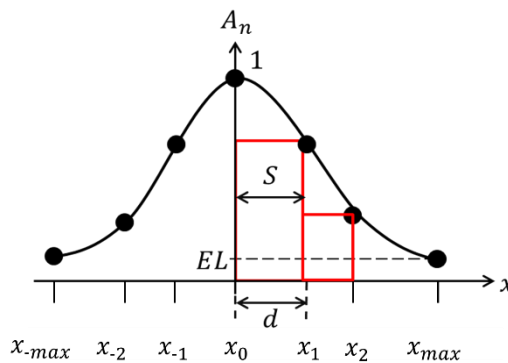


図 1 振幅分布設計

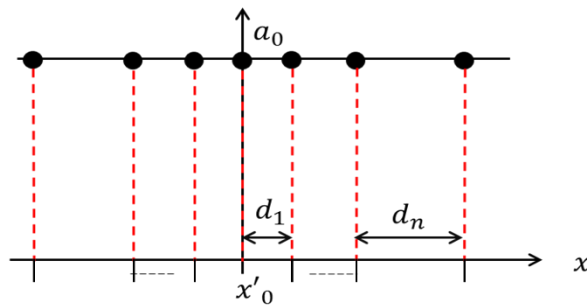


図 2 間隔制御設計

1 : 日大理工・学部・電子 2 : 日大理工・院(前)・電子 3 : 日大理工・教員・電子 4 : 日大理工・研究所研究員・電子

3. 解析

設計したアレーアンテナをアレーファクタによって指向性を見る. 対象とする開口分布は $EL = -10\text{dB}$ とし, $d = \lambda/2$, 17 素子配列したアレーアンテナ(開口径 8λ)とする. このとき, 設計周波数は 2.45GHz である.

3.1 素子引きする方法

図 3 に振幅分布設計の素子位置と間隔制御設計の素子引きあり, 素子引きなしの各素子位置を示す. 図 4 に各放射パターンを示す.

各放射パターンの比較をすると, 素子引きをしないときよりも素子引きをしたほうが振幅分布設計の放射パターンと近似していることがわかる. これらを比較すると素子引きをすることは有効であると考えられる.

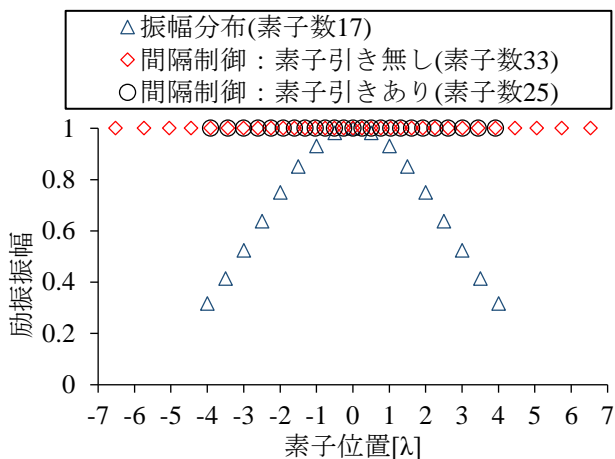


図 3 各素子位置

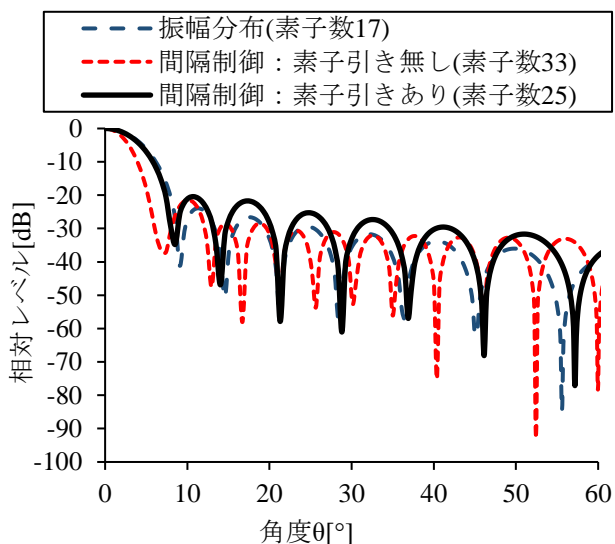


図 4 放射パターン

3.2 径を縮小化する方法

図 5 に振幅分布設計と径を縮小化する方法による放射パターンを示す. アンテナ径を揃えるために励振振幅を下げる必要がある. 励振振幅は(3)式において a_0

を 0.6 としたときに, アンテナ径は 7.84λ となった.

アンテナ径を揃える方法は振幅分布設計と比較して θ が 20° 以降の放射パターンとほぼ一致したが, θ が 20° 以下を比較すると大きくずれることがわかる. 表 1 に振幅設計と比較した各方法の良い点, 悪い点をまとめる.

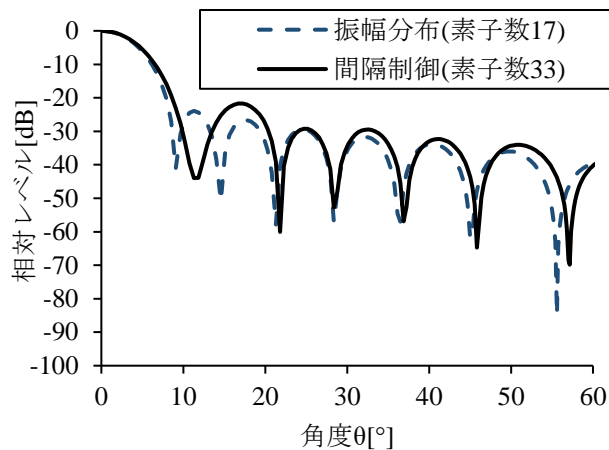


図 5 放射パターン

表 1 各方法の良い点, 悪い点

方法	良い点	悪い点
素子引き	・放射パターンが一致している	・素子数が多いときよりはサイドローブレベルが大きくなる
径の縮小化	・ θ が 20° 以降は一致する	・ θ が 20° 以下でずれが生じる ・素子数が多くなる

4. まとめ

振幅分布設計を間隔制御設計になおしたときに素子引きをしてアンテナ径を揃える方法と, 径を縮小化する方法を検討し比較した.

素子引きする方法は振幅分布設計と比較して, 放射パターンが一致していた. 径を縮小化する方法は θ が 20° 以降は一致するが θ が 20° 以下を比較すると大きなずれが生じた. これらから径を縮小化する方法よりも素子引きする方法のほうが有効であることが確認できた.

参考文献

- [1] 電子情報通信学会(編), アンテナ工学ハンドブック(第二版), オーム社, 2008
- [2] 長縄俊博, "無線電力伝送のための不等間隔アレーアンテナによる放射制御", 宇宙太陽発電 Vol.2, pp.28-30, 2017