

一様励振アレーを用いた任意開口分布の等価実現の問題点の検討

A study on Equivalent Realization of Arbitrary Aperture Distribution Using Uniform Excitation Array

○武藤亘¹, 吉峯知明², 三枝健二³, 高野忠⁴

*Wataru Muto, Tomoaki Yoshimine, 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 compare the radiation patterns of the amplitude control design and the spacing control design. Then, the number of elements in the amplitude control design is increased so that the antenna of the amplitude control design has the same diameters as the antenna of the interval control 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, 振幅分布設計によって得られる振幅分布を間隔制御設計で実現する際に, 元のアンテナ径より大きくなる部分の素子を取り除く方法を検討していた[2]. 本稿では振幅分布設計と間隔制御設計のアンテナ径が同じになるように振幅制御設計の素子数を増やすことによりアンテナ径を揃え, 放射パターンの比較検討をする.

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.

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

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

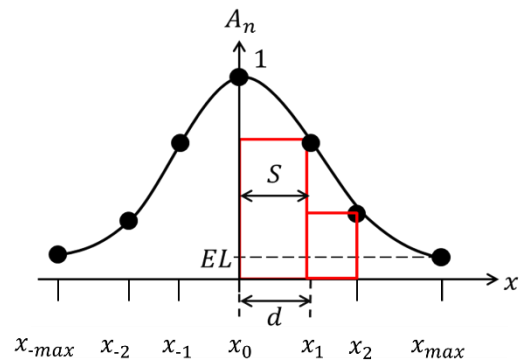


図1 振幅分布設計

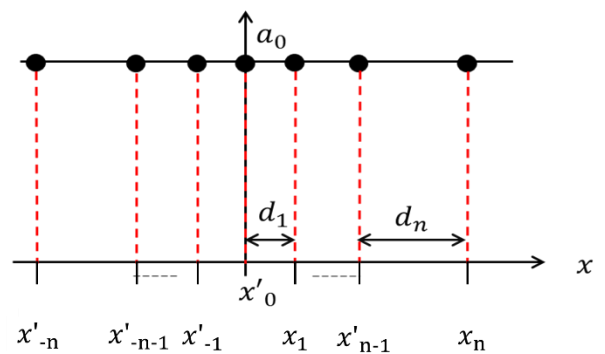


図2 間隔制御設計

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.

図 3 に振幅分布設計および振幅分布設計で素子数を増加した場合と, 間隔制御設計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, 間隔制御と振幅制御ではメインローブは一致しているが第一ヌル点付近では大きく違いがあると確認できた.

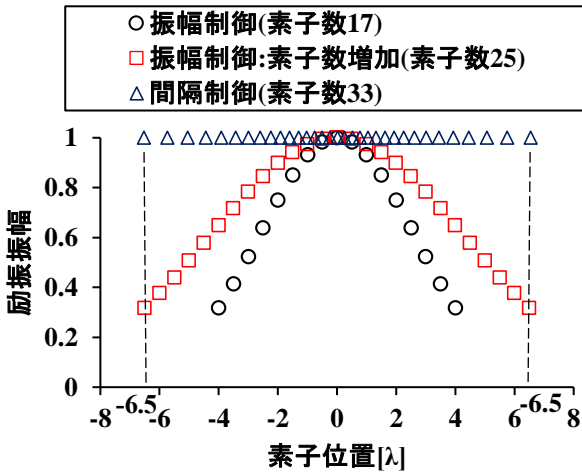


図 3 各素子位置

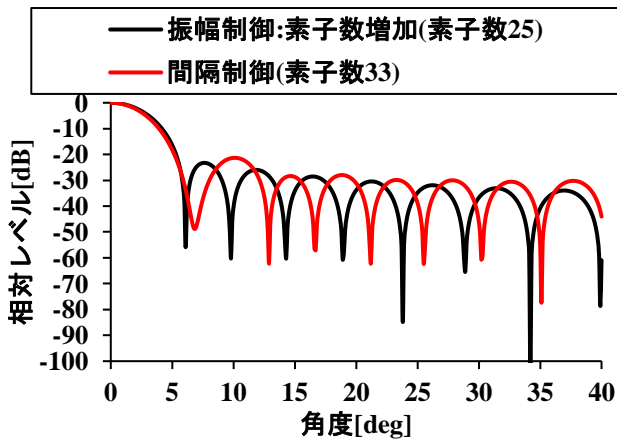


図 4 放射パターン

振幅制御と間隔制御にヌル点付近で大きく違いが見られる原因を調べるため, 図 5, 図 6 にヌル点付近の放射角度(7-10(deg))における各素子の放射電界を複素平面上で示したものを示す. なお, 放射電界の最大の大きさを 1 としている. 図 5, 6 よりヌル点では複素平面上では半径 1 の円になるとわかる. しかし, 振幅制御の方では円周上に存在しない素子があると分かる. ヌル点がずれる原因として, 振幅制御の端部から数えて 6-12 番目の素子が影響してくるのではないかと考察できる.

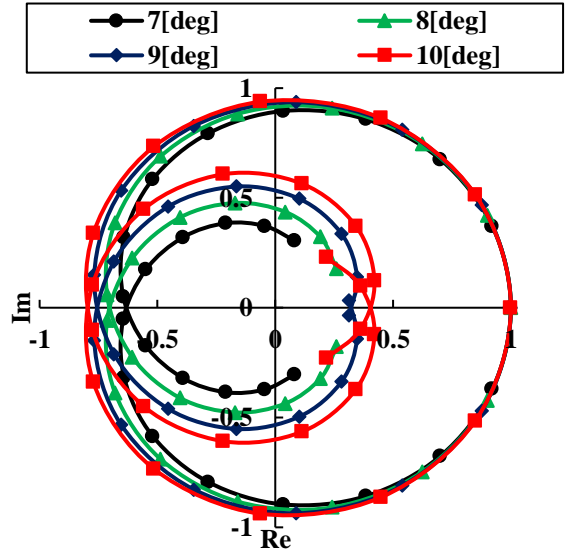


図 5 各素子の放射電界 (振幅制御:素子数 25)

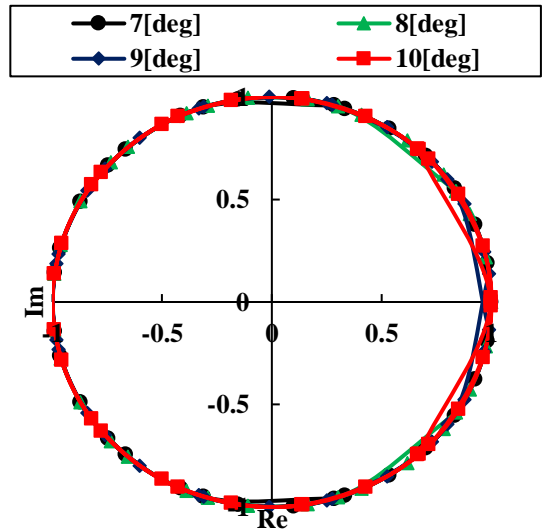


図 6 各素子の放射電界(間隔制御:素子数 33)

4. まとめ

振幅分布設計と間隔制御設計のアンテナ径が同じになるように振幅制御設計の素子数を増やすことによりアンテナ径を揃え, 放射パターンの比較検討をした. その結果, メインローブは一致していたが, ヌル点付近では大きくズレが生じた. そこで, 各素子の放射電界を調べ, 振幅制御の端部から数えて 6-12 番目の素子が影響してくるのではないかとわかった.

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] 高橋尚之, 他, 平成 30 年度日本大学理工学部学術講演会, M-21.