

Study on reducing side lobe only by phase controlling,³

Junki Yoshino,
Naoki Shinohara, Tomohiko Mitani (Kyoto University)
HW424, Uji sougo Lab, gokasyo, Uji city, Kyoto, Japan

In these days, wireless power transmission (WPT) attracts a great deal of public attention. Consequently, WPT technologies begin to be put in practical use. On the other hand, energy issues are taking place in the world. To solve these problems, a Solar Power Satellite/Station (SPS), which is one of the WPT technologies, is proposed. The SPS generates the electric power using a huge sunlight panel orbiting in the Geostationary Earth Orbit and transmits electric power using WPT technologies. This power generation method can generate electricity for 24 hours without carbon dioxide emissions. Therefore, it is a clean base power supply. In this WPT, making side lobe smaller is required because SPS transmit large amount of power. As the method of reducing the side lobe, to apply a power taper is used often. But, from the point of view of low-cost and mass production, it is better that each antenna transmits the same electrical power. Therefore, the purpose of this study is reducing side lobe only by phase controlling. To controlling the phase of the adjacent pair antenna, it is realized that the nearer center of the phased array antenna, the larger power the each antenna transmits virtually. So, it looks like the power taper. And, three kinds of tapers are used in this study. In simulation, reducing side lobe level is realized by changing the parameter of the taper. From the result of the simulation, however directivity is reduced, we can reduce the side lobe to 30dB. Furthermore we conduct an experiment same as the simulation. In the experiment, the similar phenomenon is confirmed.

フェーズドアレーアンテナの位相制御による サイドローブ低減の研究†

吉野純樹、篠原真毅、三谷友彦（京都大学生存圏研究所）

1 はじめに

エネルギー問題の解決策として宇宙太陽発電所（SPS）が注目を集めている。しかし SPS 実現において低コスト化やサイドローブ抑制といった解決すべき課題が残されている。SPS は 100 万 kW の発電量を想定しているため、サイドローブであっても非常に大きな電力を放出する。サイドローブ抑制の研究はこれまでも行われてきた。一般的な方法として、フェーズドアレーアンテナ各素子の出力に電力テーパをかける手法が用いられる。しかし SPS において出力電力を均一としない場合、太陽光パネルで発電した電力の配電などにより構造が複雑化する。そのため大量生産できず低コスト化できないため、出力電力にテーパをかける手法は SPS には不向きであるといえる。そこで位相制御のみでサイドローブの抑制を行うことが望まれる。位相制御のみでサイドローブを抑制する研究 [1] も過去にも行われてきたが、遺伝的アルゴリズムを用いるものであり、素子の数が膨大な SPS においては計算時間が非常に長く現実的ではない。そのため新たな手法を検討する必要がある。

2 研究目的

本研究は、フェーズドアレーアンテナの位相制御のみでサイドローブ抑制することを目的とする。またその計算手法において、解析的に計算することで短時間で位相を求めることができるようにする。

3 提案する手法

3.1 概要

新しい位相の計算手法を提案する。一般的にサイドローブを抑制するために電力テーパを用いるが、提案する手法では、位相制御することで各素子の出力電力は均一のまま仮想的に電力テーパを再現する。提案する手法のイメージを図 1 に示す。図 1 は物理

的に 1 次元に等間隔に並んだアレーアンテナに与える位相を示した。アンテナ素子 2 素子で 1 組と考え、アレーアンテナの中心ではその 2 つの位相差を 0 に、端では位相差を π に近づける。このようにすることで重ね合わせの原理により、正面方向に対して中心ほど大きな電力を端ほど小さな電力を送電していることになる。結果として、仮想的に電力テーパを与えることになりサイドローブが抑制されると考えた。

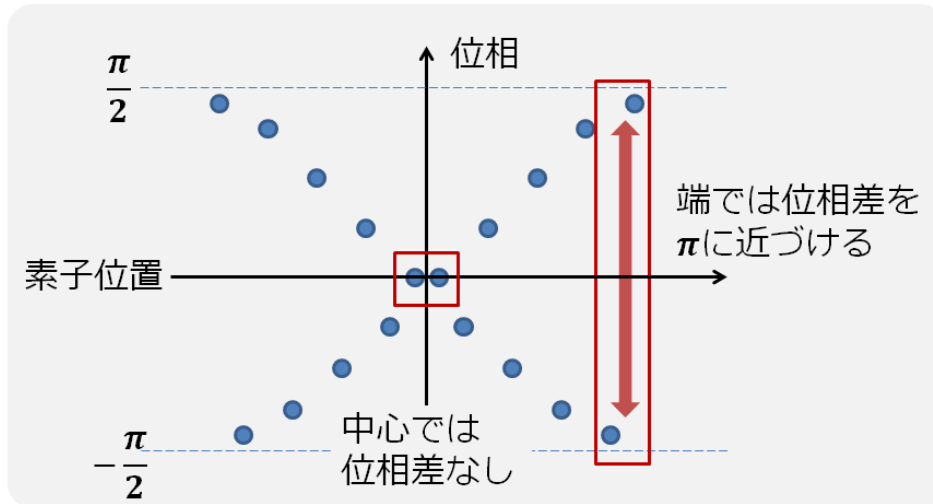


図 1 新手法のイメージ

3.2 計算式

位相の計算方法を示す。隣合った素子の合成電界を E 、位相差を ϕ 、設定サイドローブレベルを R 、半径を 1 で規格化した時の素子の位置を x 、角周波数を ω 、時間を t とする。このとき正面方向の合成電界 E は、

$$E = \sin \omega t + \sin (\omega t + \phi) \quad (1)$$

$$= 2 \sin \frac{\omega t + \omega t + \phi}{2} \cdot \cos \frac{\omega t - \omega t - \phi}{2} \quad (2)$$

$$= \underline{2 \cdot \cos \frac{\phi}{2}} \cdot \sin \left(\omega t + \frac{\phi}{2} \right) \quad (3)$$

となる。ここで式 (3) の下線部が電界の振幅となるため、位置 x における素子 1 つあたりの出力電力 P_x はガウス分布の式を用いて

$$P_x = \left(\underline{\cos \frac{\phi}{2}} \right)^2 = e^{-(\log R) \cdot x^2} \quad (4)$$

と表すことができるため、与えるべき位相差 ϕ は以下のように与えられる。

$$\phi = 2 \cos^{-1} \left\{ e^{-(\log R) \cdot x^2} \right\} \quad (5)$$

4 シミュレーション

提案した手法で計算した位相をフェーズドアレーアンテナに入力した場合のアンテナパターンをシミュレーションした。その時のシミュレーションの設定を表 1 に示す。このとき、電力強度は全素子を同位相で出力させる $R = 0$ dB の時のピーク電力強度を 0 dB として示した。またその設定サイドローブレベルを変化させたときの結果を図 2 に示す。図 2 より、 $R = 0$ dB の時サイドローブレベルは 13 dB、 $R = 10$ dB の時サイドローブレベルは 22 dB、 $R = 20$ dB の時サイドローブレベルは 28 dB、 $R = 30$ dB の時サイドローブレベルは 32 dB とわかる。

このように、提案した位相によってサイドローブ抑制が可能であることと示した。また図 3 に示すように、設定サイドローブレベルを下げると、指向性が低下しメインビームの全電力に対する割合が大きく低下するものの、サイドローブレベルは 30 dB 程度まで抑制可能であることが分かる。

表 1 シミュレーション設定

アンテナ	1次元・80素子
周波数	5.8 GHz
素子間隔	0.5 波長
励振振幅	均一
素子アンテナ	パッチアンテナ
移相器	各アンテナ素子に 5bit
所望電力分布	ガウス分布

5 実験

提案した手法で求めた位相を用いて実験を行った。用いたフェーズドアレーアンテナは 2次元アレーであるが、同様に中心から端まで距離を規格化して位相を計算した。 $R = 0$ dB 時と $R = 20$ dB 時の実験結果と、そのシミュレーションを共に図 4 に示した。図 4 から、 $R = 0$ dB の場合の一様分布の時は実験とシミュレーションはほぼ一致した。 $R = 20$ dB のときもサイドローブレベルが約 3 dB ほど抑制できていないが、抑制は可能でありメインローブもほぼ一致している。このことから実験においてもサイドローブ抑制が可能であることを示した。

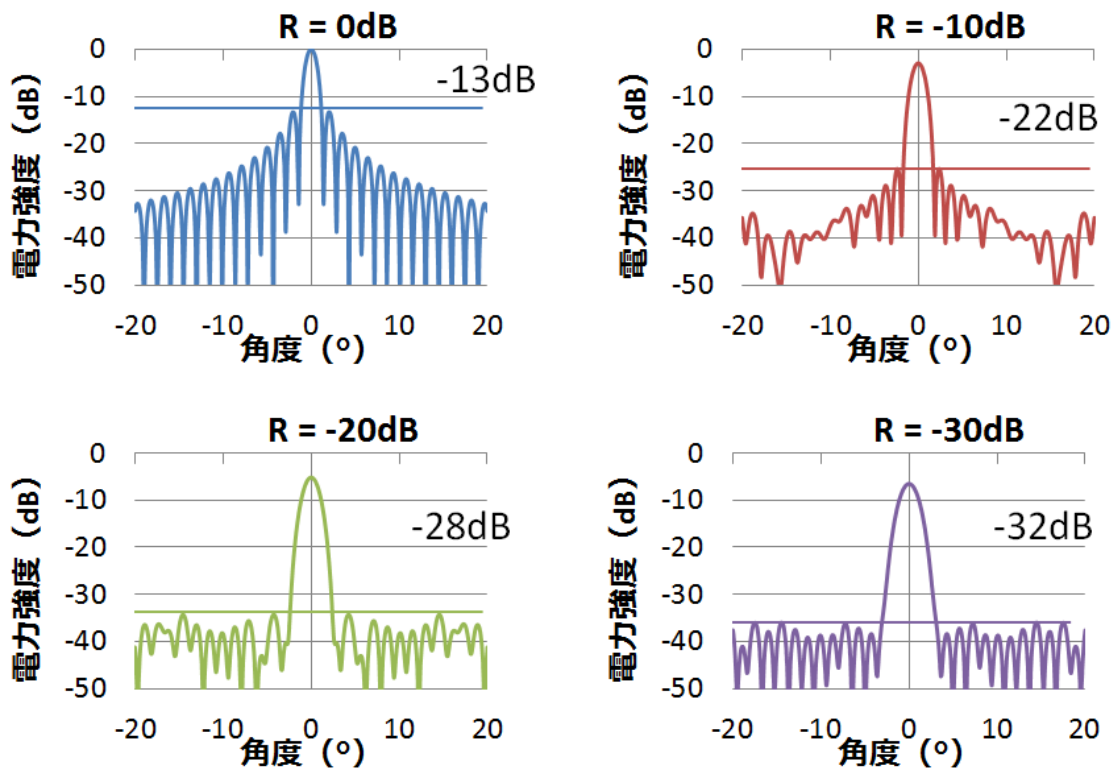


図2 シミュレーション結果

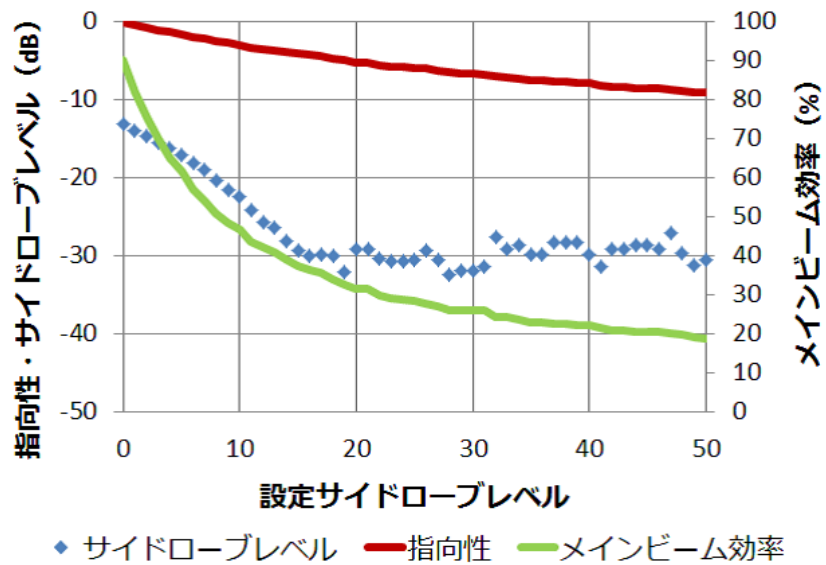


図3 設定サイドローブ変化時の各値

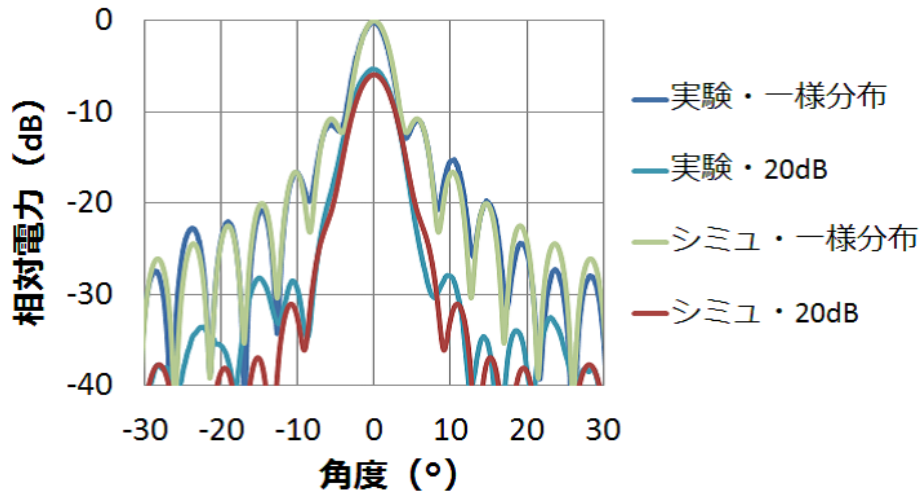


図4 シミュレーション結果と実験結果の比較

6 まとめと今後の課題

サイドローブ抑制の新手法を提案し、その手法を用いたところ、指向性は低下するもののサイドローブを約 30 dB 程度抑制できることが分かった。今後は受電効率も考慮に入れて検討を進めていく予定である。

参考文献

- [1] 橋本 弘蔵, 新島 壮平, 江口 将史, マイクロ波送電用均一フェーズドアレイのビーム最適化, 電子情報通信学会, TECHNICAL REPORT OF IEICE SPS2005-09.