

## 多重折り畳み型アレーアンテナの放射特性に関する解析的検討 —折り畳み構造の検討—

### An Analytical Study on Radiation Characteristics of Phased Array Antenna in a Multiple Folding Scheme - Study on folding scheme structure -

小林達哉<sup>1</sup>, 柴田国明<sup>2</sup> 三枝健二<sup>2</sup>, 高野忠<sup>2</sup>  
Tatsuya Kobayashi<sup>1</sup>, Kuniaki Shibata<sup>1</sup>, Kenji Saegusa<sup>2</sup>, Tadashi Takano<sup>2</sup>

Abstract: In this paper, we study the radiation characteristics in the case of changing steps of multiple folding array antenna. We examine sidelobe level changing steps of the array antenna having 9 panels by numerical analysis. As a result, the sidelobe can be suppressed by adjusting the level difference between the panels.

#### 1. まえがき

宇宙通信には高利得アンテナが必要である。高利得のアンテナは大開口アンテナで構成されることが多く、ロケットの搭載制限のため、輸送時には折り畳み、宇宙で展開して使用する。アンテナを同一平面上に展開する際には複雑な展開構造となり、信頼性が低下する恐れがある[1]。

そこで我々はパネル間に段差を許容し機械的構造を簡略化するアレーアンテナを提案した[2]。これまでに、パネル間の段差を電子制御により補正し、メインローブを段差なしの場合と同一方向に走査できることを報告した[3]。しかし、サイドローブが段差なしの結果と異なりメインローブの走査方向により増減する問題があった。

本稿では、基礎検討として、文献[2]にある9枚パネルの折り畳み型アレーアンテナを対象とし、実際に折りたためる形状でサイドローブを抑制するパネル配置の検討を行う。

#### 2. 解析モデル

本研究における折り畳み型アレーアンテナは9枚パネルで構成され、図1(a)の状態から図1(b)の状態へ展開する。パネルの展開の順番は3枚を1組としたA~Cが先にx方向に展開し、次に①~⑨が展開する。

パネル群A~Cの展開方法は図2に示すS展開とF展開の2通りが考えられる。パネル群A~Cから①~⑨の展開方法は、異なるパネル群との結合のためパネル②⑤⑧における蝶番の位置が束縛されるため、F展開が困難となる。したがって、今回は①~⑨の展開方法としてS展開のみを対象し解析を行う。この場合、各パネル群A~C内の②⑤⑧以外のパネル一枚に段差がそれぞれy方向に生じる形状となる。

以上の条件より折り畳みが可能な形状の数はパネル群A~Cの展開方法(2通り)×パネル群内の1パネルが段差を持つ組み合わせ(8通り)の16通りが考えられる。この16通りの組み合わせにおけるアレーアンテナの特性をシミュレーションにて求める。素子は等方性波源として、パネルの中心に配置し、9素子で解析を行う。パネルの中心点間隔を $0.5\lambda$ ( $\lambda$ :波長)とし、折り畳みによって生じる段差1段を $0.25\lambda$ とする。

各素子に与える位相と振幅はメインローブが $\theta=0$ 度方向となるように補正し[3]、振幅は一定とする。展開条件を満足する場合におけるサイドローブレベル(SLL)を解析する。解析方法はアレーファクタに基づき、相互インピーダンスによる影響は無視する。

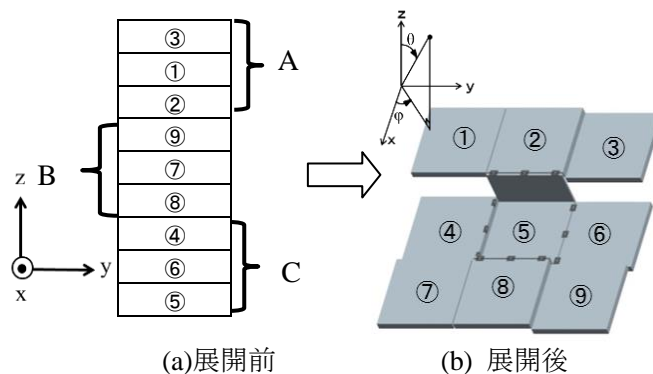


図1 解析モデル

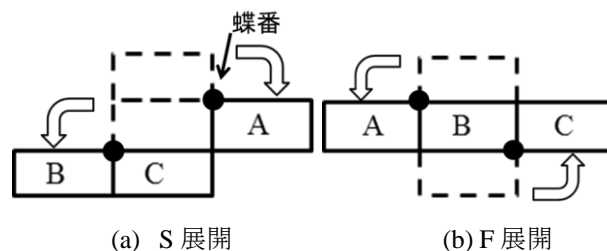


図2 展開構造

### 3. 解析結果

はじめに、基礎提案モデルである図 1 (b)の展開形状について解析を行い、図 3 に示す。提案モデルの段差パラメータを表 1 の青字で示す。観測面は  $\varphi=0$  度(z-x 面)および  $\varphi=90$  度(y-z 面)であり、それぞれ点線、波線で示す。 $\varphi=0$  度、 $90$  度共にメインローブは段差なしと一致していることがわかる。 $\varphi=90$  度の SLL は平面と同等であるが、 $\varphi=0$  度では SLL が平面時より増加しておりメインローブと同等なサイドローブが生じている。

次に 2 章にて述べた展開条件を満足する 16 通りに対して解析を行う。各パネル配置における  $\varphi=0$  度および  $\varphi=90$  度の SLL を求め、代表値として S 展開、F 展開の SLL が低い値を 2 つ、高いを 2 つ表 1 に示す。段差パラメータは、最も低い段差となるパネル⑤を基準として表す。

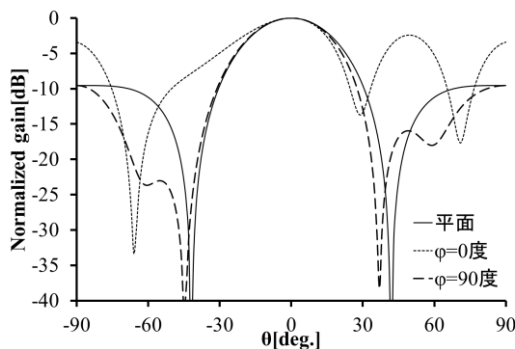


図 3 基礎提案モデルの放射パターン

表 1 各パネルの段差と SLL

SLL [dB]		段差パラメータ(波長: $\lambda$ で規格化)									
$\varphi=0$	$\varphi=90$	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
S 展開	-2.4	-16.0	1.5	1.5	1.25	0.25	0	0	0.5	0.5	0.25
	-2.4	-16.6	1.5	1.5	1.25	0.25	0	0	0.25	0.5	0.5
	-2.4	-17.5	1.25	1.5	1.5	0.25	0	0	0.25	0.5	0.5
	-2.4	-17.5	1.5	1.5	1.25	0	0	0.25	0.5	0.5	0.25
	-2.4	-16.6	1.25	1.5	1.5	0	0	0.25	0.5	0.5	0.25
F 展開	-9.6	-10.7	0	0	0.25	0.25	0	0	0.5	0.5	0.25
	-9.6	-13.2	0.25	0	0	0.25	0	0	0.25	0.5	0.5
	-9.6	-13.3	0	0	0.25	0	0	0.25	0.5	0.5	0.25
	-9.6	-10.7	0.25	0	0	0	0	0.25	0.25	0.5	0.5

$\varphi=0$  度のとき、SLL の値は S 展開で -2.4 dB、F 展開で -9.6dB と一定となり、パネル群の段差がない F 展開の方が SLL が低い。 $\varphi=90$  度では段差の組み合わせにより SLL が増減する。最も低い SLL は S 展開における -17.5dB である。また、 $\varphi=0$  度および  $\varphi=90$  で最も SLL が低くなる組み合わせを表 1 の赤字で示す。

$\varphi=0$  度で SLL が一定となった理由を考察する。 $\varphi=0$  度は z-x 面のパターンであり、y 方向に配列した素子からの放射は平均化して考えることができ、y 方向配列したパネルを 1 枚のパネルとみなすことができる。言

い換えると  $\varphi=0$  度では、パネル群 A, B, C を仮想的に 3 枚のパネルとみなすことができる。したがって、仮想パネル内の段差の組み合わせを変更しても仮想パネル間の段差距離はほぼ変わらないため SLL が一定となる。

同様に  $\varphi=90$  度では①④⑦、②⑤⑧、③⑥⑨の 3 組を仮想パネルとしてみなすことができる。しかし、各パネル段差の変化により、仮想パネル間の段差距離に変化が生じる。よって  $\varphi=90$  度では段差の組み合わせにより SLL が増減する。以上に基づき、SLL の低いパネル組み合わせの傾向を考察すると、 $\varphi=0$  度、 $90$  度共に仮想パネル間の段差が短い場合に SLL が抑制できる結果となった。

### 4. 改善結果

表 1 に赤字にて示した最も SLL を抑制する組み合わせを計算し、平面時のパターンと並べて図 4 に示す。 $\varphi=0$  度の SLL は -9.6dB と平面時と同等の SLL を得る。 $\varphi=90$  度では、SLL は -13.3dB となり、平面時より抑制していることがわかる。図 3 の基礎提案モデルでは  $\varphi=0$  度で -2.4dB とメインローブと同等なサイドローブが生じたが、これを抑制できたといえる。

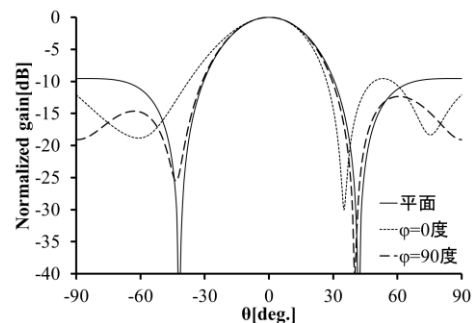


図 4 SLL を抑制した放射パターン

### 5. まとめ

本報告では展開可能な 9 枚パネルのアレーアンテナの SLL を解析し、最適なパネル組み合わせを検討した。

今後はビームを振った場合の検討や、不等段差を用いた場合について検討を行う予定である。

### 6. 参考文献

[1] JAXA(2001)「ETS-VIII大型展開アンテナ小型部分モデル(LDREX)展開実験の結果について」、  
[http://www.jaxa.jp/press/nasda/2001/etsviii\\_010307\\_j.html](http://www.jaxa.jp/press/nasda/2001/etsviii_010307_j.html)  
 [2] Tadashi Takano et al,IEEE AP-S&URSI 2011,pp1447-1559  
 [3]金田悠平, 他, 2014 信学ソ大(通信), B-1 155