

M-5

多重折り畳み型アレーアンテナ（9 枚パネル）の指向性に関する検討

A Study on Radiation Characteristics of Phased Array Antenna (Nine Panels) in a Multiple Folding Scheme

○西脇大貴¹ 石川智也² 三枝健二³ 細野裕行³ 高野忠³

Hiroki NISHIWAKI¹, Tomoya ISHAKAWA², Kenji SAEGUSA³, Hiroyuki HOSONO³, Tadashi TAKANO³

Abstract: In a micro satellite, a high gain antenna (HGA) is needed for some missions. In general, an HGA requires a large aperture so that the antenna should be folded small to be installed in a rocket in launch phase. The novel multiple folding scheme of phased array antenna was proposed. This paper discusses the radiation characteristics of the antenna in the case of nine panels.

1. まえがき

宇宙との通信には、大口径の高利得アンテナが必要とされている。そこで衛星の打ち上げ前にアレーアンテナを折りたたんで収納し、打ち上げた後に軌道上で展開することで大口径を得ようとする方法を考えた。しかし、アレーアンテナを折り畳むことによりアンテナの接合部分に段差が生じてしまい、この段差が位相のずれの原因となり利得が低くなる。本研究では、折り畳み型アレーアンテナ(図 1)を平面のアレーアンテナの特性に近付けることを目的として段差の位相補正を検討する[1][2]。本報告では 9 枚のパネル間の段差を位相補正した場合の結果について述べる。

2. 段差の位相補正

段差を横から見ると、図 2 のようになる。波束 1 は波束 2 に対し、同一平面上の位相差 ϕ_1 だけずれる。それに対し波束 3 は波束 2 に対し、さらに段差の位相差だけずれる。したがって θ_0 方向に最大放射する場合、波束 1 と 3 に補正すべき位相差は次式となる。

$$A_1 B_1 = d \sin \theta_0, \quad A_2 B_2 = s \cos \theta_0$$

$$\phi_1 = k d \sin \theta_0, \quad \phi_3 = -\phi_1 + k s \cos \theta_0$$

3. 解析モデル

図 3 に 9 パネルのアレーアンテナの解析モデルを示す。素子は等方性点波源であり、1 パネル当たり 4 素子とし、解析周波数を 18.8GHz、素子間隔を $d(\lambda/2=8\text{mm})$ と設定した。パネル間の段差は、E パネルを基準とすると H パネルは段差が $5s(=20\text{mm})$ 、B パネルは段差が $8s(=32\text{mm})$ あり、E パネルと D パネル、H パネルと I パネル、B パネルと C パネルにはそれぞれ段差が $s(=4\text{mm})$ がある。また、パネル 1 枚の長さを $2d \times 2d(=16\text{mm} \times 16\text{mm})$ 、パネルの厚みを $t(=4\text{mm})$ とした。裏側には金属が貼られているものとし、計算では影像波源も考慮している。なお、パネル自身の材料は考慮せず、真空とした。ここでは、最大放射が $\phi=0$ 度(XZ 面)および、 $\phi=90$ 度(YZ 面)において、 $\theta=0, 30, 60$

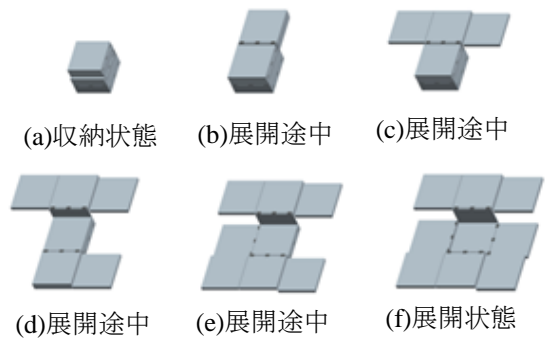


図 1 展開図

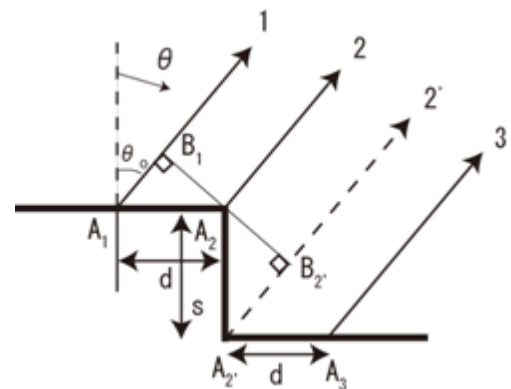


図 2 段差の位相補正

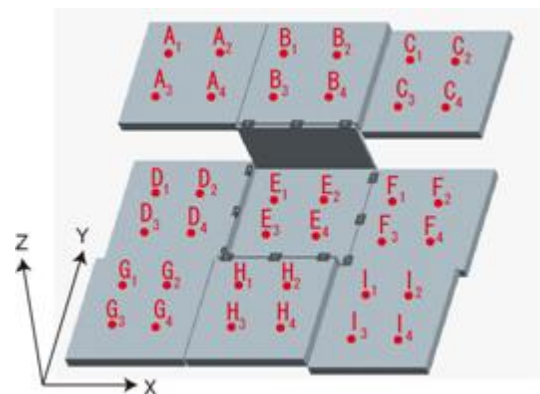


図 3 解析モデル

1 : 日大理工・学部・子情 2 : 日大理工・院・電子 3 : 日大理工・教員・子情

としたときに段差の位相補正をした場合の放射パターンを計算する。ここでは、段差の位相補正をしていない場合と段差のない場合の放射パターンも計算し、それぞれ比較検討する。なおアンテナ各素子の励振振幅は1とした。

4. 放射パターンの検討

図4に最大放射が $\phi=0$ 度、 $\theta=0$ 度方向、図5に最大放射が $\phi=0$ 度、 $\theta=30$ 度方向、図6に最大放射が $\phi=0$ 度、 $\theta=60$ 度方向に発生するとした場合において、位相補正をしたときのXZ面内放射パターンを示す。

図4では、段差の位相補正なしと段差なしのメインローブレベルが等しくなってしまうため、段差の位相補正ありの効果は確認できない。

図5より、段差の位相補正なしと段差なしを比較するとメインローブレベルに差が生じているが、段差の位相補正をすることにより段差のない場合と等しくすることができた。

図6より、段差なしではメインローブの最大放射角度が60度からずれている。これは、影像波源を考慮せずに最大放射角度の設定を行っているためである。また、段差の位相補正ありと段差なしのメインローブレベルが、段差なしと比較して低下している。このメインローブの最大放射角度のずれとレベルの低下を修正していくことは、今後の課題である。

サイドローブレベルについては、図4、5、6とも段差の位相補正ありと段差なしの最大レベルがほぼ等しくなった。しかし、サイドローブの発生状況の一致までは確認できない。

以上の結果を図7にまとめる。図7より、段差の位相補正なしと段差なしを比較するとメインローブレベルに差が生じる場合がある。しかし、段差の位相補正を行うことにより段差なしとほぼ等しい値を得ることができる。また、サイドローブレベルもほぼ等しい値が得られ、段差の位相補正の有効性が確認できる。

5. まとめ

今回は、9枚のパネル間の段差の位相補正について検討を行った。提案方法を用いると、パネル間に段差がある場合でも、段差のない場合の放射パターンとほぼ等しい特性が得られた。なお、本研究の一部は日大理工シンボリックプロジェクトの資金で行われている。

参考文献

- [1]高野忠, 他, 2011 信学総大(通信), B-1-170
- [2]石川智也, 他, 2011 信学ソ大(通信), B-1-167

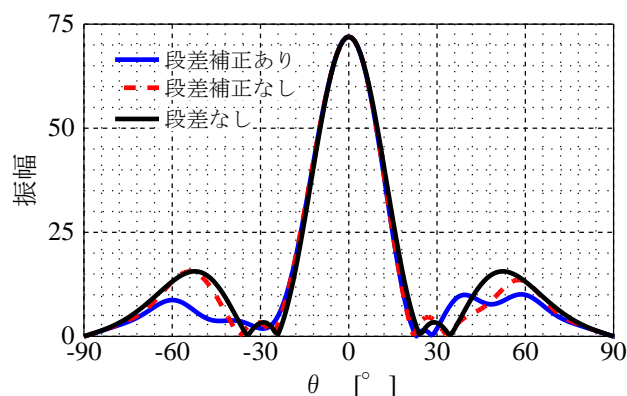


図4 XZ面内放射パターン(最大放射 $\phi=0^\circ$, $\theta_0=0^\circ$)

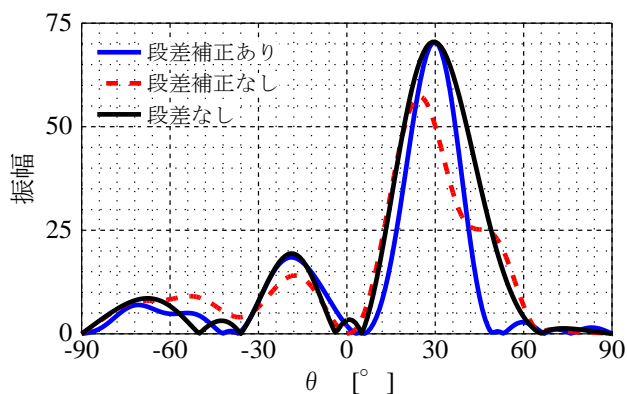


図5 XZ面内放射パターン(最大放射 $\phi=0^\circ$, $\theta_0=30^\circ$)

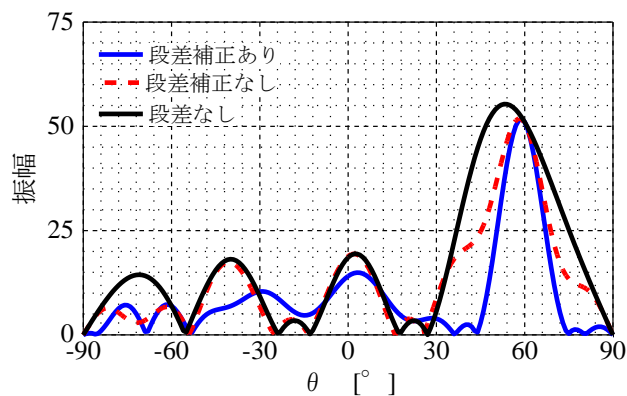


図6 XZ面内放射パターン(最大放射 $\phi=0^\circ$, $\theta_0=60^\circ$)

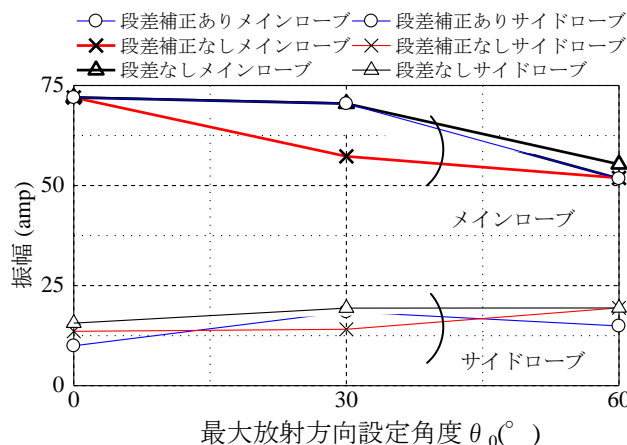


図7 XZ面内放射特性($\phi=0^\circ$)