

多重折り畳み型アレーアンテナにおける位相補正法の解析的検討

An Analytical Study of Phase Correction Method of Phased Array Antenna Based on Multiple Folding Scheme

○福島弘貴¹ 金田悠平² 柴田国明³ 三枝健二³ 細野裕行⁴ 高野忠³

*Hiroki Fukushima¹, Yuhei Kaneda², Kuniaki Shibata³, Kenji Saegusa³, Hiroyuki Hosono⁴, Tadashi Takano³

Abstract: In a micro satellite, a high gain antenna (HGA) is needed for some missions. In general, a 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. In this paper, we measure the radiation pattern of the phased array antenna consisted of the two panels.

1. まえがき

宇宙通信には、大口徑の高利得アンテナが必要とされている。しかし、ロケットの搭載制限の関係であまり大きなアンテナを搭載することができない。そこで、ロケット搭載時に折り畳んで収納し、打ち上げた後に軌道上で展開する多重折り畳み型アレーアンテナを提案している[1]。しかし、折り畳むことによりアンテナの接合部分に段差が生じ、利得が低くなる原因となる。

先の報告では、エレメントアンテナに微小ダイポールアンテナを使用して解析を行った。本報告では、実験用のアンテナと同様にプリントダイポールアンテナを使用して解析を行う。先の報告の解析モデルとの比較と位相補正法の有効性の検討を行い、その結果について述べる。

2. 実験アンテナ

本研究において製作した実験アンテナを図1に示す。このアンテナは1パネル4素子のプリントダイポールアレーアンテナであり、2パネル8素子で構成されている。1パネルはy方向が180mmでx方向は120mmである。使用する周波数は2.45GHzであり、各素子間隔はx方向が $\lambda/2(61\text{mm})$ であり、y方向が $3\lambda/4(90\text{mm})$ である。また、パネル間の段差は、ここでは $\lambda/4(30\text{mm})$ としている。



図1 実験アンテナ

3. 段差位相補正方法

段差を図1のxz面から見ると、図2のようになる。図2では θ_0 方向に最大放射が発生するようにしている。 A_1P の長さは $d\sin\theta_0$ であることから A_1 は A_3 に対して ϕ_1 だけ位相が遅れている。 A_3Q の長さは $s\cos\theta_0$ 、 A_3R の長さは $d\sin\theta_0$ であることから B_1 は A_3 に対して ϕ_2 だけ位相が遅れている。よって、 A_1 と B_1 に補正すべき位相差は次式のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \phi_1 &= kd \sin \theta_0 \\ \phi_2 &= ks \cos \theta_0 - kd \sin \theta_0 \\ (\because k &= \frac{2\pi}{\lambda}) \end{aligned}$$

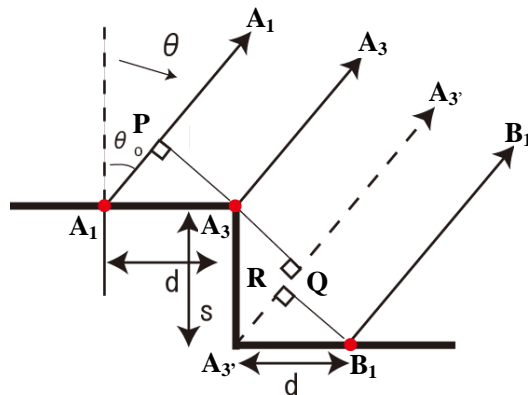


図2 段差の位相補正

4. 解析モデル

前回までに用いていた解析モデルを図3（以下前モデル）に、今回新たに用いた解析モデルを図4（以下新モデル）に示す。また、図の赤い点は給電点を示し、金属は全て完全導体と仮定し解析を行っている。前モデルは $\epsilon_r=2.6$ の誘電体基板の上に微小ダイポールアンテナを設置しており、そのほかの部分全ては金属とした実験アンテナを簡略したものである。それに対し、新モデルは実験アンテナと同様にピン給電のプリントダイポールアンテナを、誘電体基板上に設置している。また、段差の部分も実際に使っている厚さ $6 \times 10 \times 120 \text{ mm}$ の金属棒を5本重ねたものとなっている。

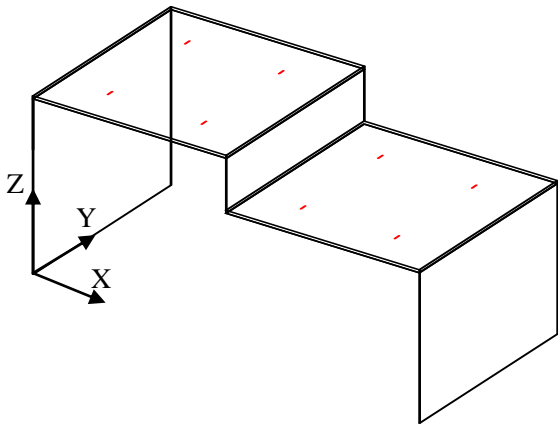


図3 解析モデル (前モデル)

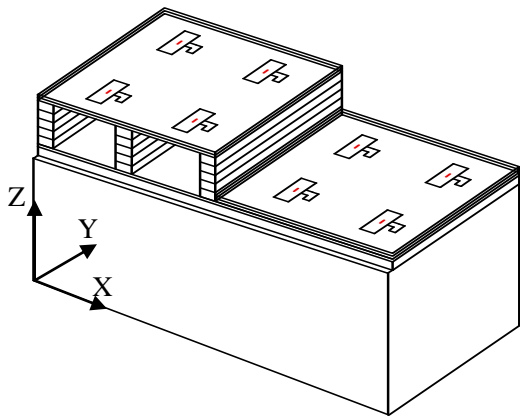


図4 解析モデル (新モデル)

5. 解析結果

以下の文において「段差なし」は2枚パネルを同一平面上に設定した場合を示したものであり、これを理想とする。「補正なし」は2パネル間に段差を設け、各素子に対し位相補正を行わないで解析を行った場合を示す。「補正あり」は2パネル間に段差を設け、第3章を基に位相補正を施して解析を行った場合を示す。

新モデルと前モデルにおいて、最大放射方向 -30° 時の補正ありの解析結果を図5に示す。角度特性には大きな変化は見られないが、新モデルの方がメインローブの最大値が 1.26dB 高い値が得られた。これは、プリントダイポールアンテナが微小ダイポールアンテナよりも利得が高いためであると考えられる。

次に新モデルにおいて、最大放射角度 0° 時の解析結果を図6に示す。段差なしと補正なしを比較すると、最大放射角度が $+11^\circ$ ずれている。これに対し段差なしと補正ありを比較すると、段差なしの時とほぼ同様の最大放射角度と利得を得ることができた。

次に最大放射角度 -30° 時の解析結果を図7に示す。 0° の時と同様に段差なしと補正なしを比較すると、最大放射角度が $+14^\circ$ ずれている。これに対し段差なしと補正ありを比較すると、段差なしの時とほぼ同様の放

射角度と利得を得ることができた。

これらの結果より、最大放射角度を 0° に振った時も、 -30° に振った時も位相補正を行うことで段差なしの放射パターンに近づけることができた。

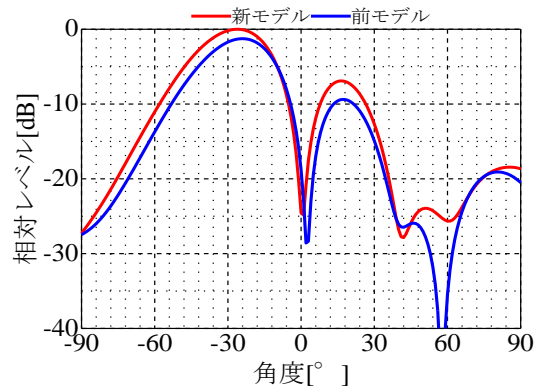


図5 最大放射角度 -30° 時の放射指向性の比較

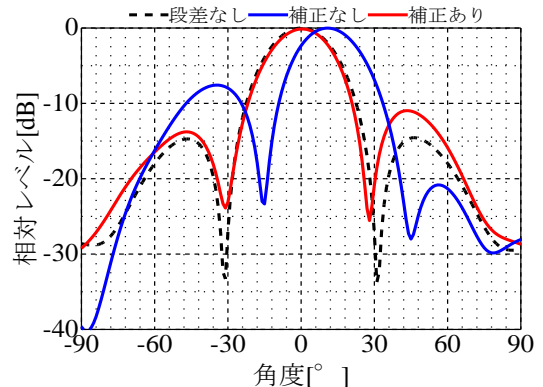


図6 最大放射角度 0° 時の放射指向性

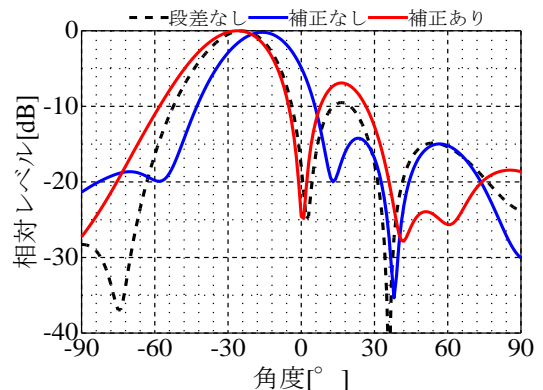


図7 最大放射角度 -30° 時の放射指向性

6. まとめ

新モデルは前モデルに比べ、より高い利得が得られた。また、段差を設けても、位相補正を行うことで段差なしとほぼ同様の結果が得られた。今後は段差の長さを変化させて検討を行っていく。

参考文献

[1] 金田悠平, “多重折り畳み型アレーアンテナの指向性の実験的検討”, 平成 25 年度日本大学理工学部学術講演会, M-6