

M-10

多重折り畳み型アレーアンテナの指向性に対する段差と素子数の影響の検討
 A Study on Radiation Characteristics of Phased Array Antenna in a Multiple Folding Scheme
 to Influence by Any Steps and Element Antennas

○湯浅英樹¹ 石川智也² 三枝健二³ 細野裕行³ 高野忠³

Hideki YUASA¹, Tomoya ISHIKAWA², 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 with any steps and element antennas.

1. まえがき

宇宙通信には、大口径の高利得アンテナが必要とされている。そこで衛星用のアンテナとして、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ことで大口径を得ようとするアレーアンテナを考えた。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、多重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、段差の位相補正法を検討している。先の報告では、誘電体基板に補強板を付けたパネル構造で検討を行った[1]。今回は、2パネルのモデルを対象に段差と素子数を変化させた場合の結果を述べる。

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。

$$A_1B_1 = ds\sin\theta_0, \quad A_2B_2 = scos\theta_0$$

$$\phi_1 = kds\sin\theta_0, \quad \phi_3 = -\phi_1 + kscos\theta_0$$

3. 解析モデル

図3に解析モデルを示す。周波数は18.8GHz、素子アンテナは1パネル当たり4素子と9素子とし、素子間隔は $d(=\lambda/2=8\text{mm})$ 、パネルの大きさは4素子の場合 $2d \times 2d$ 、9素子の場合 $3d \times 3d$ 、パネルの厚みは $t(=4\text{mm})$ とし、パネル間の段差は s とした。素子アンテナは微小ダイポールアンテナ(Y軸方向)、パネルの材質は考慮せず真空とし、反射板は完全導体とした。パネル同士を支えるためにパネル間に支持導体板を用いている。

4. 段差を変化させた場合の指向性の検討

図3の段差を2mmから8mmまで変化させ、最大

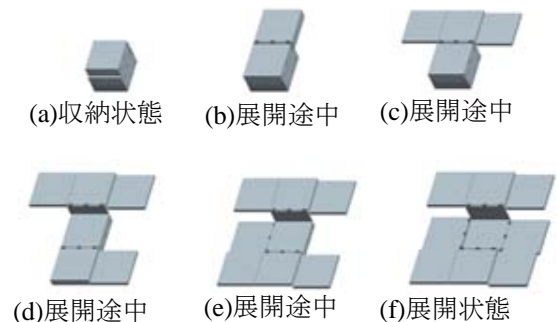


図1 展開図

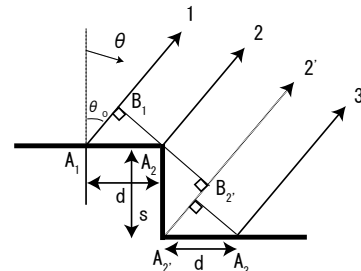


図2 段差の位相補正

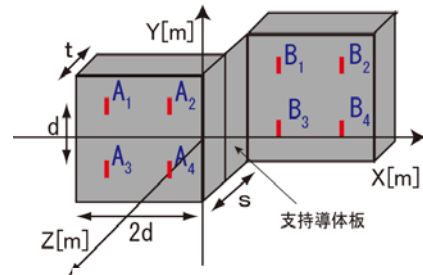


図3 解析モデル

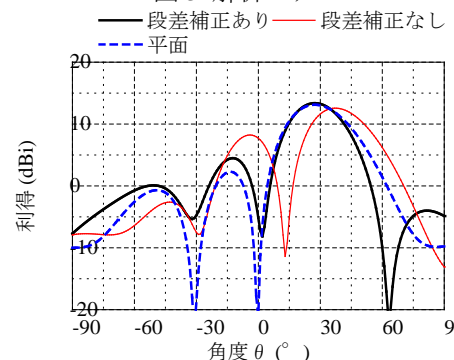


図4 放射パターン(例)($s=4\text{mm}$, $\theta_0=30^\circ$)

放射方向を $\phi_0=0^\circ$ と $\phi_0=180^\circ$ における $\theta_0=30^\circ$ の指向性を求めた。図 4 には放射パターンの一例を示す。図 5 には $\theta_0=30^\circ$ における平面の計算後の最大放射方向である 27° を基準に、 $\theta_0=0^\circ$ と $\phi_0=180^\circ$ の最大放射方向のずれを示す。段差の補正なしの場合は段差による最大放射角度のずれが大きくなることがわかった。段差の補正ありの場合は段差の影響が減少し、最大放射角度のずれが少なくなった。 $\phi_0=0^\circ$ と $\phi_0=180^\circ$ では大きな差はなく、どちらも同程度の角度の誤差を受けることがわかった。ここで、 $\phi_0=180^\circ$ 方向では段差が大きくなると、段差の下側にあるパネルが支持導体板に隠れるため誤差が生じた。

図 6 には最大放射方向を $\theta_0=30^\circ$ と設定したときの 30° 方向の利得を示す。補正なしの場合は段差が大きくなると利得が低下した。補正ありの場合は利得の低下を少なくすることができた。また、先ほどと同様の影響で $\phi_0=180^\circ$ の場合の利得は、 $\phi_0=0^\circ$ の場合に比べ利得の低下が大きくなった。

5. 素子数を変化させた場合の指向性の検討

図 3 の段差を 4mm とし、素子数を 1 パネル当たり 4 素子の場合と 9 素子の場合において、最大放射方向を $\theta_0=10^\circ$ から 90° まで変化させて指向性を求めた。図 7 には最大放射設定角度 θ_0 に対する、指向性における最大放射方向の角度を縦軸に示す。素子数によらず最大放射設定角度 θ_0 が小さな範囲では θ_0 と計算後の最大放射角度がほぼ等しくなる。しかし、ある角度から少しずつ飽和し角度がずれていった。素子数で比較した場合は計算後の最大放射角度の上限が変わった。また、 $\phi_0=0^\circ$ と $\phi_0=180^\circ$ では支持導体板の影響により $\phi_0=180^\circ$ の方が最大放射角度の飽和が早くなった。

図 8 は図 7 と同様の検討で、最大放射方向の利得を示す。素子数の分だけ利得が高くなった。また $\phi_0=0^\circ$ と $\phi_0=180^\circ$ では先ほどと同様の影響から $\phi_0=180^\circ$ の方が最大利得の低下が早いことがわかった。

6. まとめ

2 パネルのモデルについて段差と素子数を変化させた。段差を変化させた検討では、段差が大きい場合でも段差の位相補正を行うことで、最大放射角度のずれと利得の低下を少なくすることができた。また、素子数を変化させた場合では、素子数における最大放射角度と最大利得の変化を確認することができた。

本研究の一部は、理工学部シンボリック・プロジェクト(宇宙利用システム)の援助により行われた。

参考文献

[1] 石川智也, 他, 2012 信学ソ大, B-1-108

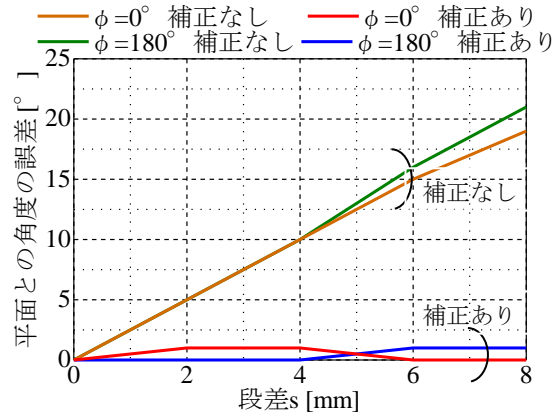


図 5 段差の変化による最大放射角度のずれ

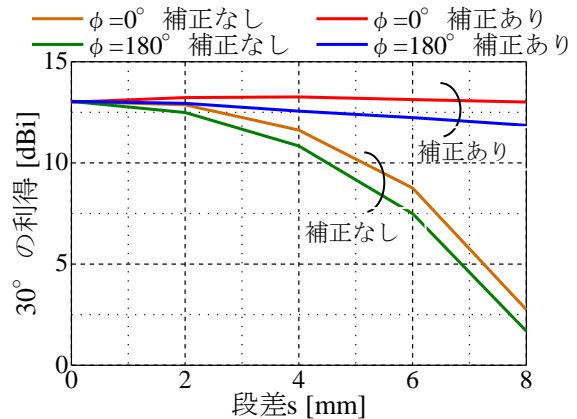


図 6 段差の変化による利得の誤差

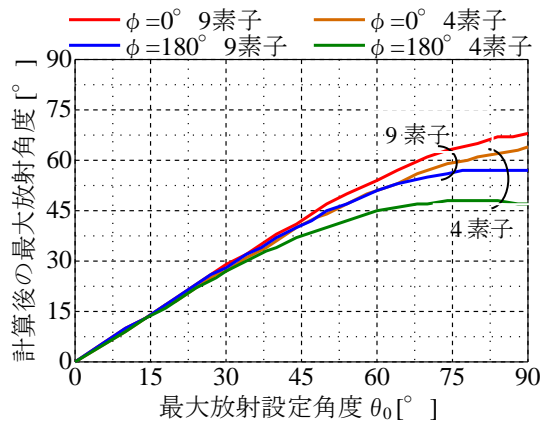


図 7 所望の最大放射角度に対する実際の最大放射角度

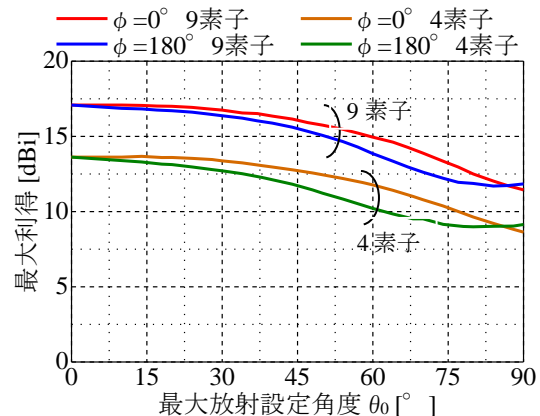


図 8 実際の最大放射角度の最大利得