

4-6-3 ケース収納型パラボラアンテナ

4-6-3 *Parabolic Reflector Antenna mounted inside Folding Case*

張 宰赫 田中正人 浜本直和

JANG Jae-Hyeuk, TANAKA Masato, and HAMAMOTO Naokazu

要旨

技術試験衛星Ⅷ型(ETS-Ⅷ)を用いた高速データ通信実験用可搬型地球局のアンテナとして折り畳み式パラボラアンテナを開発した。このアンテナは容易に持ち運びができるように設計された薄い収納ケースに収められており、柔軟な反射鏡素材を利用することによって容易に展開したり収納したりできる。本アンテナの電気的性能を検証するために実験を行った。実験結果、折り畳み式の柔軟な反射鏡でもETS-Ⅷを用いた高速データ通信実験のために想定したアンテナ性能を満足することが分かった。

We developed a folding parabolic reflector antenna for a portable earth station to conduct high speed data communication experiments on the Engineering Test Satellite Ⅷ (ETS-Ⅷ). This antenna is mounted inside a thin folding case, designed to be the antenna carrier, and can easily be folded and unfolded because the reflector is made of a flexible reflector material. We performed experiments to verify the electrical performance of the antenna. Although the antenna has a flexible reflector, the experimental results show that the expected antenna performance can be achieved for the communication experiments for the ETS-Ⅷ satellite.

[キーワード]

技術試験衛星Ⅷ型, 高速データ通信実験, 可搬型地球局, 折り畳み式パラボラアンテナ
Engineering Test Satellite Ⅷ, High speed data communication experiments, Portable earth station, Folding parabolic reflector antenna

1 まえがき

通信総合研究所では、技術試験衛星Ⅷ型(ETS-Ⅷ)を用いた実験計画において、携帯及び可搬型地球局を対象とした移動体衛星マルチメディア通信のための高速データ通信実験を予定しており[1]、幾つかの可搬型地球局用のアンテナを提案し、研究を行っている。

通常、可搬型地球局は、その移動性及び柔軟性を考慮し、低電力で効率よく運用されることが望ましい。そのためには、高利得のアンテナが要求される。パラボラアンテナは高利得アンテナの一つとして、その構造がシンプルで所要利得を得るための開口面積を自由に選ぶことができるため、可搬型地球局のアンテナとしてよく用いられる。しかし、硬い金属で作られたそ

の形状やアンテナのサイズと利得との関係を考えてみると、可搬型地球局のアンテナとして使用できるアンテナのサイズには限界がある。特に、いかなる輸送手段にも対応する必要がある災害などの非常時通信にパラボラアンテナを使用するには、大きさや重さの制限が更に厳しくなる。そこで、所要利得を満足しながら、簡単に携帯あるいは持ち運びができるパラボラアンテナを実現することを目的として、ケース収納型パラボラアンテナを提案し試作した。本稿では、ケース収納型パラボラアンテナの構造や電気的性能について述べる。

2 電気的性能の目標及び仕様

ETS-Ⅷには、高速データ通信のために高速デ

ータ交換中継器が搭載される[2]。その交換器にて制御する伝送信号の伝送速度は1024kbps、誤り訂正は、畳み込み符号化/ビタビ符号を用いたFECに加えて、ARQによる再送処理としている。また、高速データ通信に用いる地球局は、車載型の移動地球局や可搬型の小型地球局を対象にしており、可搬型地球局の場合、送信電力として10W程度を想定している。地球局の送信電力が10Wで、誤り訂正前の伝送速度を1024kbpsにしたときの回線設計例によると、可搬型地球局のアンテナ利得を12dBi以上にすれば、アップリンク及びダウンリンク共に数dBのマージンが見込まれる。そこで、本稿で述べるケース収納型パラボラアンテナの利得目標値を12dBi以上とした。その他、ケース収納型パラボラアンテナを、ETS-Ⅷを用いた通信実験に使用するために割り当てられている周波数帯域と偏波を満たす必要がある。割り当てられている周波数は、送信が2655.5～2658.0MHz、受信が2500.5～2503.0MHzであり、偏波は電波進行方向に対して送受信共に左旋円偏波を用いる。

3 展開アンテナの概要

図1にケース収納型パラボラアンテナの外観(試作品)を示す。(a)はアンテナが収納状態のとき、(b)は展開状態のときの外観である。本アンテナはフロント給電方式のパラボラアンテナで、収納ケース、導電性布製反射鏡、マイクロストリップパッチアンテナの一次放射器、ダイプレクサで構成されている。ここでは、各部分の構造や特性などについて述べる。

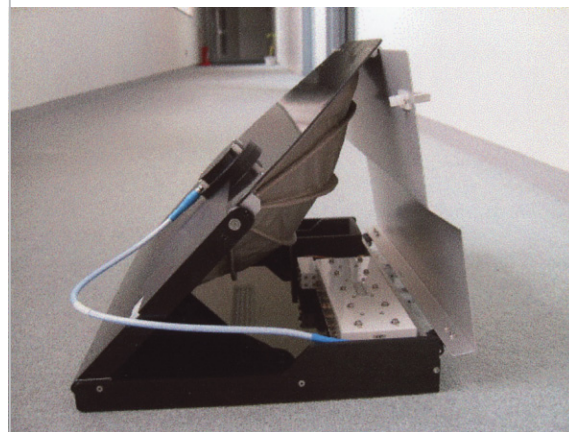
3.1 収納ケース

図2にケース収納型パラボラアンテナの外観及び内部の構造を示す。収納ケースのサイズは、400mm(横)×300mm(縦)×30mm(厚)であり、持ち運びやすくするため、把手を設けている。

なお、把手のそば(図2(a)において、左上)には、可搬型地球局からの送受信ケーブルを容易に接続できるよう、収納ケース内部のダイプレクサの送信端子と受信端子に接続されている二つのSMAコネクタを取り付けている。図2(b)はケースカバーを開いたときの内部構造であ



(a) 収納時



(b) 展開時

図1 ケース収納型パラボラアンテナ外観

る。内部の右上にはダイプレクサが固定されており、左上には一次放射器が収納されるようになっている。その他のスペースには、半分に折り畳まれた布製反射鏡が収納されるようになっている。

3.2 反射鏡の展開方法

図3に反射鏡の展開の様子を示す。本アンテナの反射鏡展開方法は、折り畳み式団扇の展開方法に類似である。まず、収納ケースのカバーを開いてから半分に折り畳まれた反射鏡を図3①の矢印方向に立てる。その後、図3②の矢印方向に、反射鏡の左右両サイドに埋め込まれている回転具を用いて、折り畳まれた団扇を開くようなイメージで、鏡面の内側から展開する。最後にケースのカバーを③の矢印方向に傾けながら、同時に反射鏡を④の矢印方向に傾け、図4(b)のように反射鏡の先端部分を収納ケースのカバー

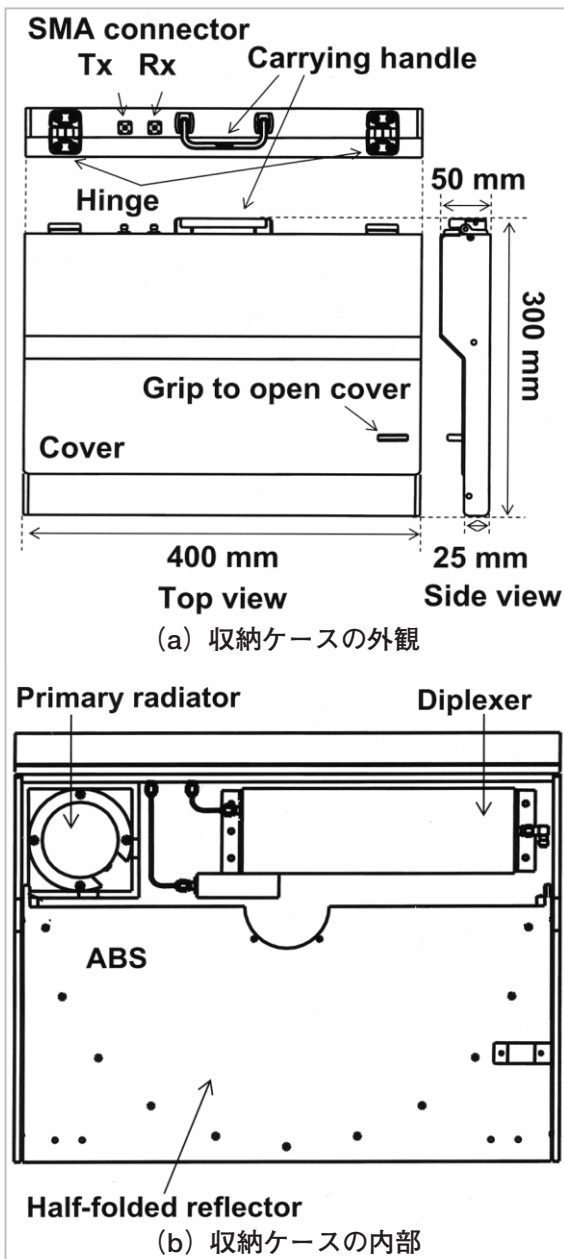


図2 ケース収納型パラボラアンテナの外観及び内部の構造

にかけ反射鏡面を衛星からの到来電波方向に固定する。

3.3 反射鏡の構造

図4に展開した反射鏡の構造を示す。図4(a)は、アンテナを地面と水平の視線で反射鏡の前から見たとき、(b)は同様な視線で横から見たときである。

反射鏡は、開口直径が350mmで、鏡面は導電性布で作られている。また、導電性布をパラボラ鏡面形にするため、放物曲線状の7本の金属フ

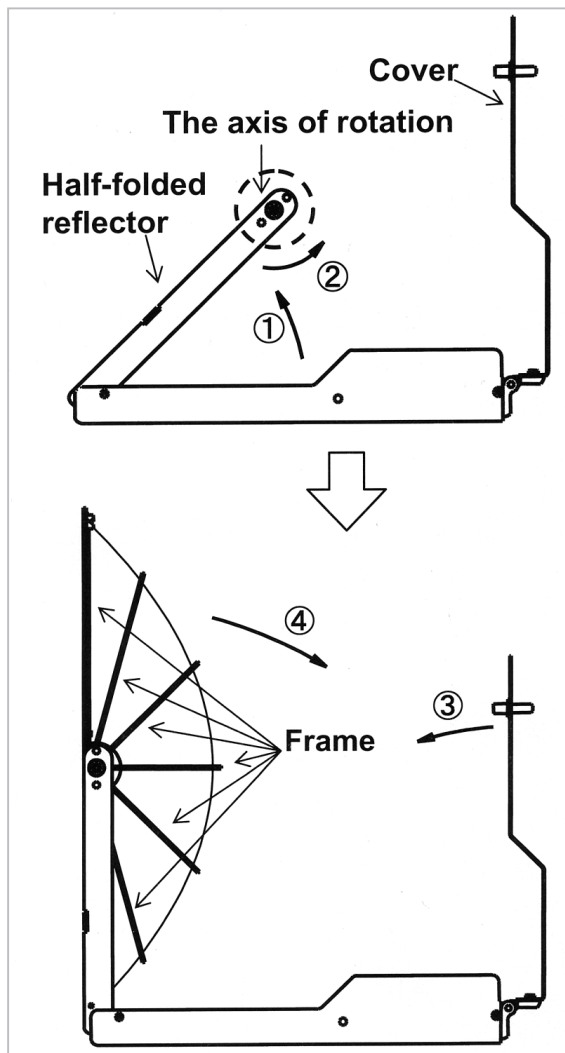


図3 ケース収納型パラボラアンテナの展開する様子(側面図)

レームを用い、鏡面の円周部分(2本)と背面部分(5本)に固定した。固定方法は、鏡面の背面に金属フレームが通るほどの袋状の穴をあらかじめ縫い付けておき、その穴に金属フレームを通して固定した。その後、反射鏡の円周部分と金属フレームの両先端部分を、半分に折り畳めるように工夫したABS樹脂製板(Acrylonitrile Butadiene Styrene、厚さ：2mm、電波的に透過である素材)に取り付け一体型にした。この構成により、反射鏡をケースに収納するとき、反射鏡を触れることなく、ABS樹脂製板を折り畳むだけで、反射鏡も同時に折り畳まれ、反射鏡の収納が容易となる。

なお、防風及び防水対策もできるため、屋外でも利用可能となる。

一次放射器は、ABS樹脂製板の中心に直径

61.2mmの円形穴を設け、その穴にネジ留めで取り付け固定するようにした。この固定方法により、一次放射器の固定が容易となり、その固定位置を常に一定に保つことができる。

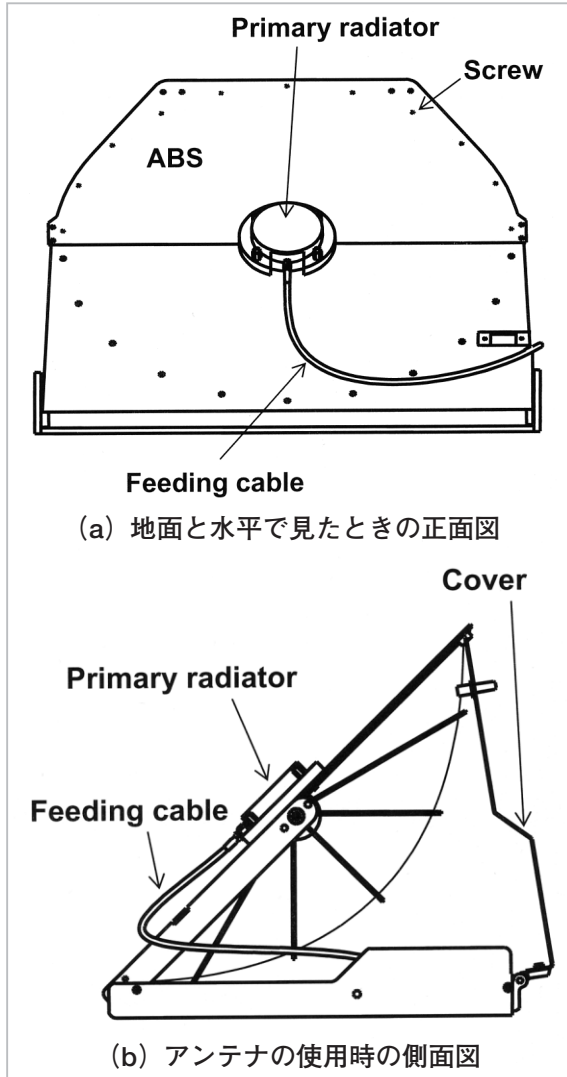


図4 展開時のアンテナの構造

3.4 導電性布

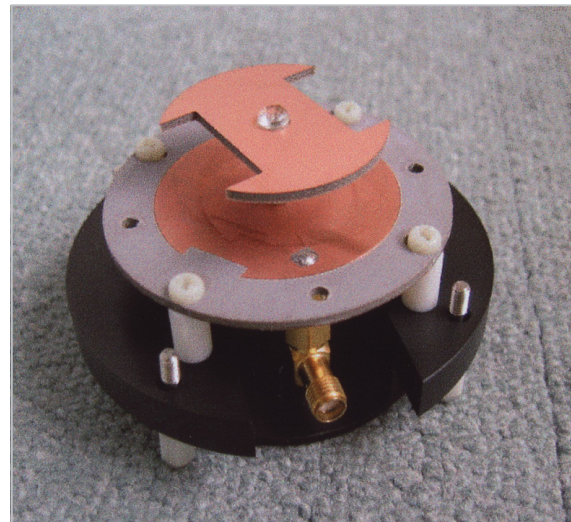
ケース収納型パラボラアンテナに用いた反射鏡素材の導電性布は、通常電磁波シールド材として用いられているものである。導電性布の素材はPET/Cu+Niで、厚みは125 μ m、重量は72 g/m²、表面抵抗は0.05 Ω /sqである。

なお、導電性布の反射特性を調べた結果、Sバンドにおいて、反射損失が0.03dB、透過損失が70dBとほぼ全反射することが分かった。この結果は、ネットワークアナライザの入出力ポートに同軸導波管変換器(Sバンド用)をつなげ、その

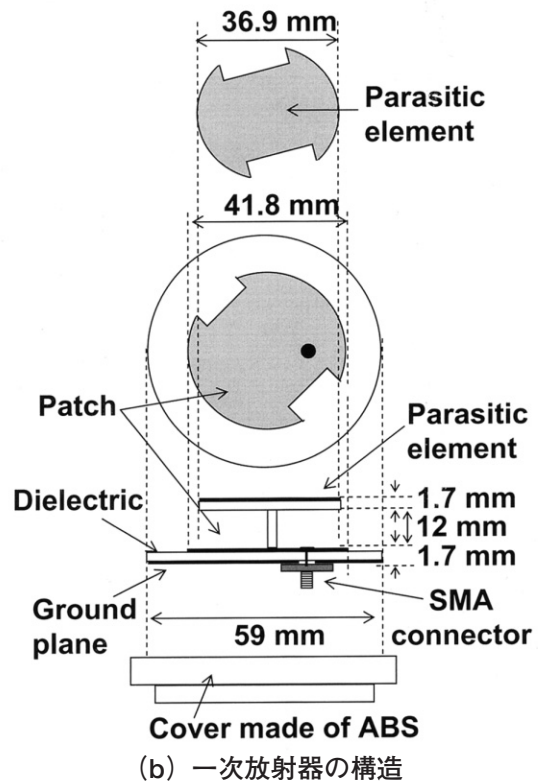
変換器の間に導電性布を挟み、その挟んだところから表面電流が漏れないよう銅テープで巻いて測定したものである。

3.5 一次放射器

一次放射器はケースへの収納性を考慮し、薄くて小型及び軽量のマイクロストリップパッチアンテナを用いた。図5に一次放射器の外観とそ



(a) 一次放射器の外観



(b) 一次放射器の構造

図5 一次放射器の構造

の構造を示す。

一次放射器は摂動素子を装荷した一点給電の円形パッチアンテナを用いており、無給電素子を給電パッチから高さ12mmになるよう、プラスチックのスペーサを用いて取り付け、広帯域化を図った。給電パッチと無給電素子の半径はそれぞれ20.9mm、18.45mmである。給電パッチアンテナの基板半径は29.5mmで、比誘電率は2.6、厚さは1.7mmのテフロン基板を用いた。無給電素子の基板も同様なものを用いた。無給電素子の切りかけは反射鏡に取り付けた際に軸比とV.S.W.R特性が最適な特性になるよう調整して決めたものである。また、パッチアンテナのグラウンド面側を防風及び防水対策としてABS樹脂で囲んでおり、一次放射器の位置は90deg.開口となるように鏡面の中心から87.5mm離れたところに取り付けるようにした。

3.6 ダイプレクサ

本アンテナ装置にはダイプレクサも収納(図2(b)の右上)している。ダイプレクサの大きさは200mm(横)×63mm(縦)×40mm(厚)、通過帯域は中心周波数(送信:2.5675MHz、受信:2520MHz)に対して、送信が±15MHz、受信が±25MHz、挿入損失は送受信周波数に対して1dB以下、V.S.W.Rは1.3dB以下、アイソレーションは75dB以上である。許容入力電力は最大で20Wである。

4 アンテナの電気的特性

図6に放射パターンを示す。図6における実線は周波数2.5025GHz、点線は2.6575GHzにおける放射パターンである。

ケース収納型パラボラアンテナの反射鏡は柔軟な導電性布で構成されているため、7本のフレームで支えたとしても鏡面の不均一な表面誤差が生じることが見込まれる。不均一な表面誤差は開口面上の位相の乱れを引き起こし、利得減少及びサイドローブの増加といったアンテナの電気的性能を低下させてしまう。そのため、図6のサイドローブの非対称の原因も不均一な表面誤差に起因するものと考えられる。

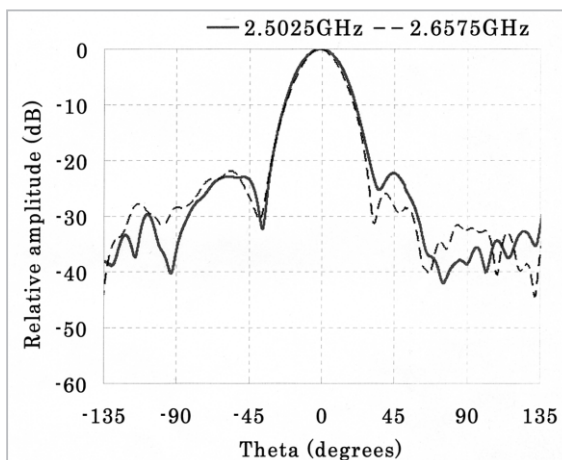


図6 放射パターン

表1 アンテナの性能仕様

| 項目 | 性能 |
|-------|--|
| 周波数帯域 | Tx: 2657.5 ± 2.5MHz Rx: 2502.5 ± 20 MHz |
| 定在波比 | 1.5 以下 |
| 軸比 | 2dB 以下 |
| 利得 | Tx: 13.78 dBi, Rx: 13.69dBi (ダイプレクサ端において) |

表1にパラボラアンテナの電気的性能を示す。前記の電気的性能の目標及び仕様と比べると、ETS-VIIIを用いた高速データ通信実験用アンテナとしての目標利得値12dBi以上を満たしており、その他の周波数帯域及び偏波などの仕様も満たしていることが確認できた。また、表1の利得値から開口効率を求めた結果、約30%であることが分かった。

パラボラアンテナの開口効率は、一次放射器に対する開口面テーパ効率とスピルオーバー効率との関係により、一次放射器を-11dBエッジ照射になるよう設置したときに最大の開口効率を得ることができる[3]。そのときの回転対称の給電パターンを用いる単一反射鏡で得られる最大開口効率は約75%で、開口が開いた導波管を一次放射器として用いた場合は、約60%の最大開口効率が得られる[3]。開口が開いた導波管を用いた場合に比べ、表2の利得値から求めた開口効率は

低効率である。その原因としては、柔軟な鏡面による不均一な表面誤差、一次放射器によるブロッキング損失など様々な要因が考えられる。しかし、今回試作したアンテナは、一次放射器の固定を90°開口にするなどアンテナシステムの機械的性能及び構造を考慮すると、電気的性能とのトレードオフは不可避であると考えられる。この問題については今後より検討していく予定である。

5 まとめ

ETS-Ⅷを用いた高速データ通信用可搬型地球局の送受アンテナとして試作したケース収納型

パラボラアンテナの構造及び性能を示した。

アンテナの鏡面素材として柔軟な導電性布を用いることによって、薄いケースへの収納ができること、軽量及び持ち運びやすいアンテナが実現できることを示した。電気的性能の測定結果、開口効率がやや低効率であったが、ETS-Ⅷを用いた高速データ通信実験用としての電気的性能の目標及び仕様を満たすことが分かった。

本アンテナは、ETS-Ⅷの打ち上げ後、基本実験フェーズにおける通信実験に利用される予定である。今後は、アンテナ性能をより向上するための検討や可搬型地球局と組み合わせたときの実証実験などを行い、打ち上げ後の実験が円滑に行えるよう、準備していく予定である。

参考文献

- 1 N. Hamamoto, Y. Hashimoto, M. Sakasai, Y. Tsuchihashi, and M. Yoneda, "An experimental multi-media mobile satellite communication system using the ETS-Ⅷ satellite", AIAA-98-1301, A collection of technical papers of the 17th ICSSC, pp. 408-416, Feb. 1998.
- 2 橋本幸雄, 井出俊行, 坂齊誠, 手島輝夫, 松本泰, 浜本直和, "技術試験衛星Ⅷ型を用いた移動体通信・放送実験計画(その2) -移動体衛星マルチメディア通信実験-", 1996 信学総大, B-234, Mar.1996.
- 3 Warren L. Stutzman and Gary A. Thiele, "Antenna Theory and Design", John Wiley & Sons, pp.342-347, 1998.



張 宰赫 (JANG Jae-Hyeuk)
無線通信部門鹿島宇宙通信研究センター
モバイル衛星通信グループ専攻研究員
博士(工学)
アンテナ、電波伝搬、衛星通信



田中正人
総務部CRL・TAO 総合準備室主任研究員
博士(工学)
衛星通信、アンテナ



浜本直和
無線通信部門研究主管
衛星通信工学