

4-6-2 平面片を用いた折り畳みパラボラアンテナ

4-6-2 A folding parabola antenna with flat facets

井出俊行 浜本直和 小川隆也 (株式会社東芝)

IDE Toshiyuki, HAMAMOTO Naokazu, and OGAWA Takaya

要旨

平面片の組合せによる折り畳み式パラボラアンテナを試作した。衛星アンテナの放射パターン測定や、小型可搬地球局を用いた高速通信などでは、簡単に持ち運べて利得の高いアンテナが必要である。本アンテナの鏡面部は、簡便に折り畳んで携行できる。S-band用の開口径約70cmの試作品では、2.5GHzにおいて約21dBiの利得が得られた。

A folding parabola antenna with flat facets designed for portable earth stations of satellite communications systems using the S-band is proposed. High-data-rate satellite communications systems using low power terminals and/or measurement of satellite antenna properties require the use of portable, high-gain antenna. The reflector of this proposed antenna is constructed of flat facets, enabling it to be easily folded and carried. An experimental model of the antenna with a diameter of 68cm has a gain of 21dBi at 2.5GHz.

[キーワード]

折り畳みアンテナ, 平面片, 可搬地球局

Folding antenna, Flat facets, Portable earth stations

1 はじめに

技術試験衛星Ⅷ型(ETS-Ⅷ)は、大型展開鏡面を一次反射鏡とするフェーズドアレイアンテナを搭載しており、ETS-Ⅷの移動体通信ミッションの遂行のためには、このアンテナの特性を測定・評価することが重要である。衛星アンテナの軌道上における評価データを取得するためには、広いダイナミックレンジを持つ測定系が必要であり、利得の高いアンテナを用いることが望ましい。一方、衛星のアンテナパターンを効率よく測定するためには、複数の測定局を用いて多地点におけるデータを取得する必要がある、測定局の機動性も必要となる。ETS-Ⅷを用いた移動体衛星通信に割り当てられているS-band等、周波数が比較的低い通信回線では、利得の高いアンテナを用いることは地球局設備の大型化となり、移動地球局や可搬地球局の運用に支障となる場合がある。このため、人が簡単に携行できる小型軽量な高利得アンテナについて検討を

重ねてきた。このようなアンテナは、実用の面においても、低電力地球局による高速通信等、高利得アンテナを必要とする通信や、地震や台風等による災害被災地における非常時通信などにおいて有効なものとなる。

高利得で小型という相反する目的を実現するためには、使用時には大きく、収納時は小型になる展開・折り畳み構造を用いることが必然の方法である。ここでは、小さな平面片の組合せによる近似パラボラ鏡面を用いた分解・折り畳み式のパラボラアンテナについて述べる。

2 折り畳み方式の検討

本稿で検討するアンテナは、自動車等の動力輸送手段を用いなくとも、容易に持ち運びができることを目的としている。また、災害等の非常時通信などの場合は、いかなる輸送手段にも対応できる必要があり、収納時の小型化を図るとともに、軽量化することも重要な課題である。

可搬地球局用途としての展開・折り畳み構造の代表的な形態としては、傘型、分割型、風船型、等が考えられ、それぞれの特質を比較すると概して次のような特徴がある。

傘 型：傘のような展開・収納機構による。展開・収納が容易ではあるが、鏡面の精度及び強度に難がある。これらが高めるためには骨の本数を増やす必要があり、重量の増加・構造の複雑化につながる。開口域の中心部に支柱(柄)があるため、給電素子の取付けに障害となる。

分割型：鏡面を複数の部位に分割して、収納する。パラボラ鏡面をそのまま分割・結合するため、鏡面精度が高い。携帯性を良くするためには、分割数を多くする必要があり、部品点数の増加により、展開・収納作業が複雑となる。また、曲面は収納時に厚さ方向の寸法があり、収納性が損なわれる。製作は比較的容易だが、分割鏡面の結合方法に工夫が必要。

風船型：風船のように空気等で膨張させて、その曲面を反射鏡として用いる。展開・収納機構としては最も単純。パラボラ面に立体形成したシートを用いることにより、鏡面精度は高まる可能性がある。全体的に柔軟構造のため、給電部の取付けや、アンテナの設置等に難がある。

これらの特徴を考察すると、分割型の製作が容易であり、その短所については、次の対策を施すことで、解決可能である。

- 分割部を折り畳み方式として連結することにより、部品の脱着数を低減する。
- 分割する鏡面部材は、折り畳み時の収納性及び製作の容易性を考慮して平面とし、これを結合して近似パラボラ鏡面を構成する。

3 試作機の製作

前章の検討から、平面片の組合せによる擬似パラボラ鏡面を用いた分割型の折り畳み式パラボラアンテナを試作した。

本アンテナの鏡面部分は、小さな平面片(ファセット)を蝶番(ヒンジ)で接続した部分鏡面(セグメント)を、中心パネル(ベースパネル)に結合することにより構成される。

ファセットの大きさの上限は、焦点距離及び必要とする鏡面精度から求められることが報告されている。

ファセットの最大寸法(一辺の長さ) L は、要求鏡面精度を δ (RMS)、焦点距離を F とすると、

$$L = C\sqrt{\delta F}$$

で求められる。

ここで、 C はファセットの形状によって決まる定数で、

六角形： $C=4.046$

四角形： $C=6.160$

三角形： $C=7.872$

の値とされている[1]。

今回の試作では、S-Bandにおける20dBi以上の利得を目標として、開口径680mm程度、鏡面精度2mm(RMS値)以下を設計値とした試作機を製作した。はじめに構造モデルを製作し、展開・折り畳み方式の妥当性を検証した。構造モデルでは、給電素子にパッチアンテナを利用することを想定し、その放射特性から、焦点距離を約350mmとした。それぞれ6枚のファセットで構成された4枚のセグメントは、ベースプレートへヒンジで取り付けられ、セグメント間はマグネットによる結合により、組立・展開の簡便性を確保した。構造モデルの展開時及び収納時

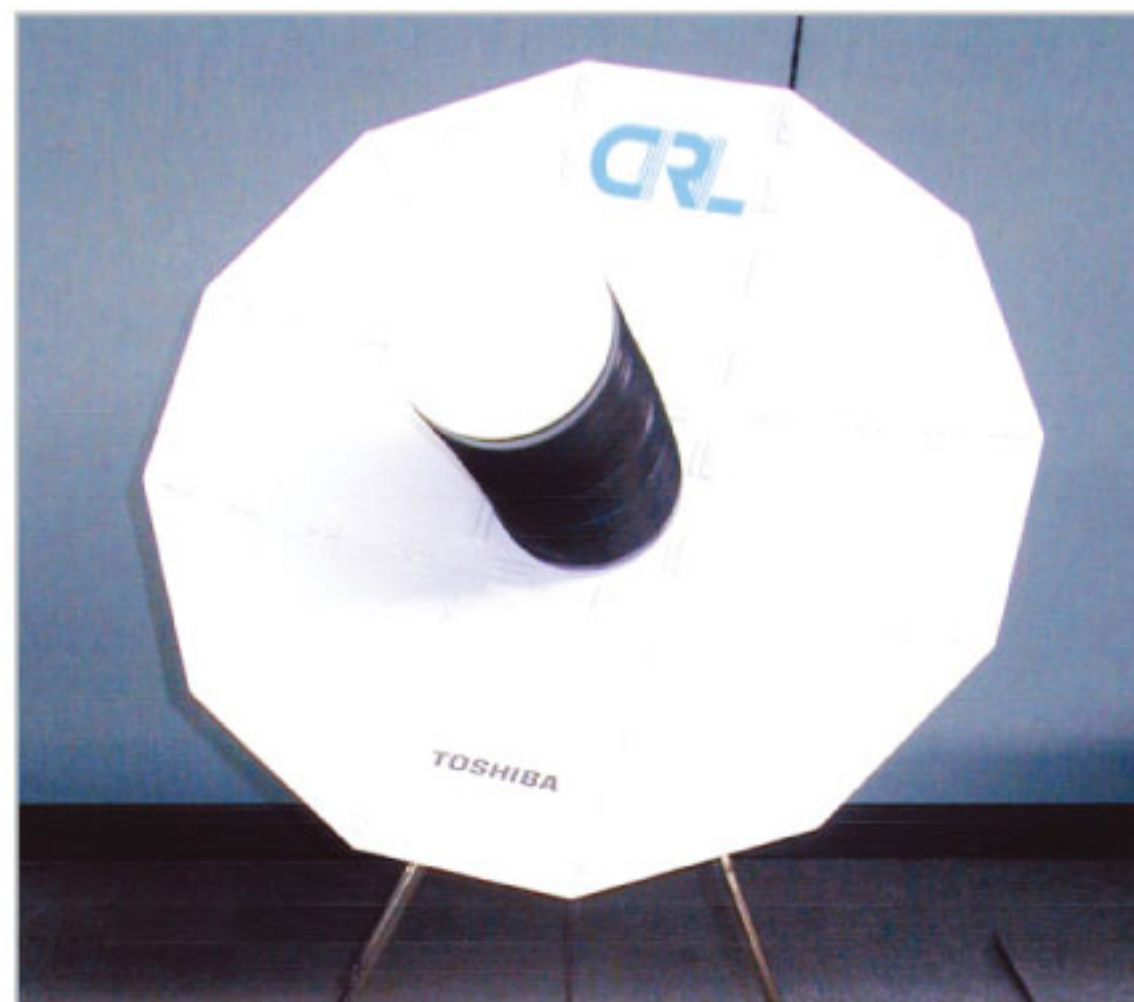


図1 構造モデル(展開時)

の状態をそれぞれ図1、図2に示す。



図2 構造モデル(収納時)

図に見られるとおり、収納時に箱状となり、この構造のままでは収納性に難がある。また、実際の操作においても、固定機構の無いヒンジでは、展開・収納操作時に不安定に動いてしまい、操作性が悪い。さらには、給電素子の固定方法についても工夫が必要であり、パッチアンテナを給電素子に使用するには、取付け支柱が開口効率を低下させる要因と成り得ることが懸念される。

これらの問題点を解決するため、次の処置を施し、試作機の開発を行った。

- 1 各セグメントを分離式として、かつ、ファセットを小さくして収納性を高める。
- 2 給電素子の取付けは、ベースプレートに直接取り付ける。
- 3 ヒンジには展開・収納時の操作性を高めるため、クリックを付ける。

給電素子には、ベースプレートに直接取り付ける構造とするため、4線巻きヘリカルアンテナを利用した。用意した4線巻きヘリカルアンテナを図3に、放射パターンを図4に示す。



図3 4線巻きヘリカルアンテナ

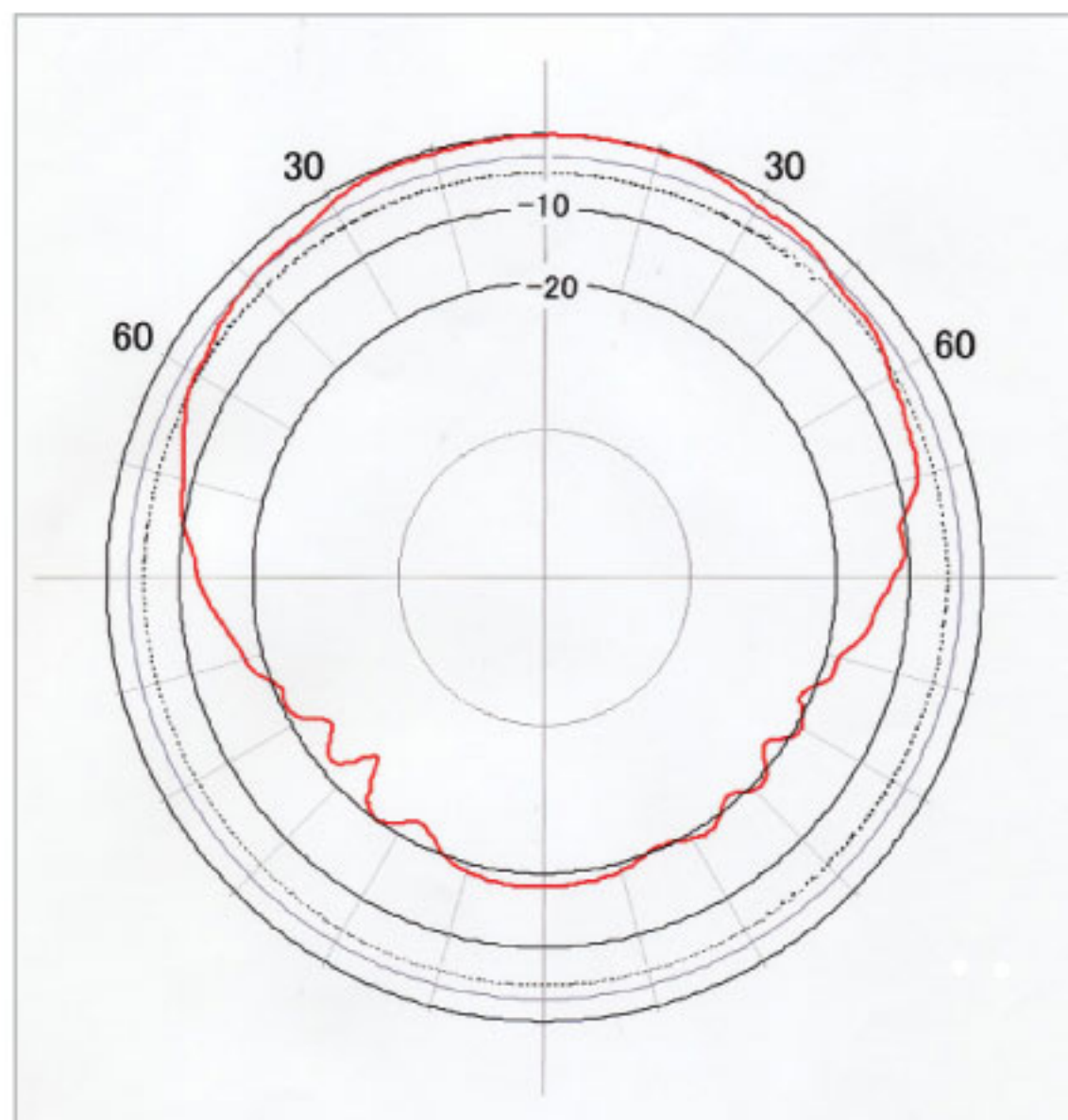


図4 4線巻きヘリカルアンテナの放射パターン

焦点距離は、ファセットのサイズ及び給電素子の放射特性から、220mmとした。折り畳み構造の各セグメントは9枚のファセットで構成し、6組のセグメントとベースプレートにより鏡面を構成する。セグメントのベースプレートへの取付けは、ヒンジ部を差込み式で取り付け、ベースプレートとセグメントを分離可能とした。さらに、最外周のファセットは、その内側のファセットに設けた小爪に挟み込むことで、展開時の剛性を高めた。各セグメント間はマグネットによる結合により、組立・展開の簡便性を確保している。給電素子は、ベースパネルの中心貫通口に差し込み、プランジャー式のピンにより



図5 試作機の展開時

固定される取付け方式とした。以上の構成により、組立・展開の簡便性を向上することができた。展開時の状態を図5に示す。また、部分展開時及び収納時の状態をそれぞれ図6、図7に示す。



図6 試作機の部分展開時

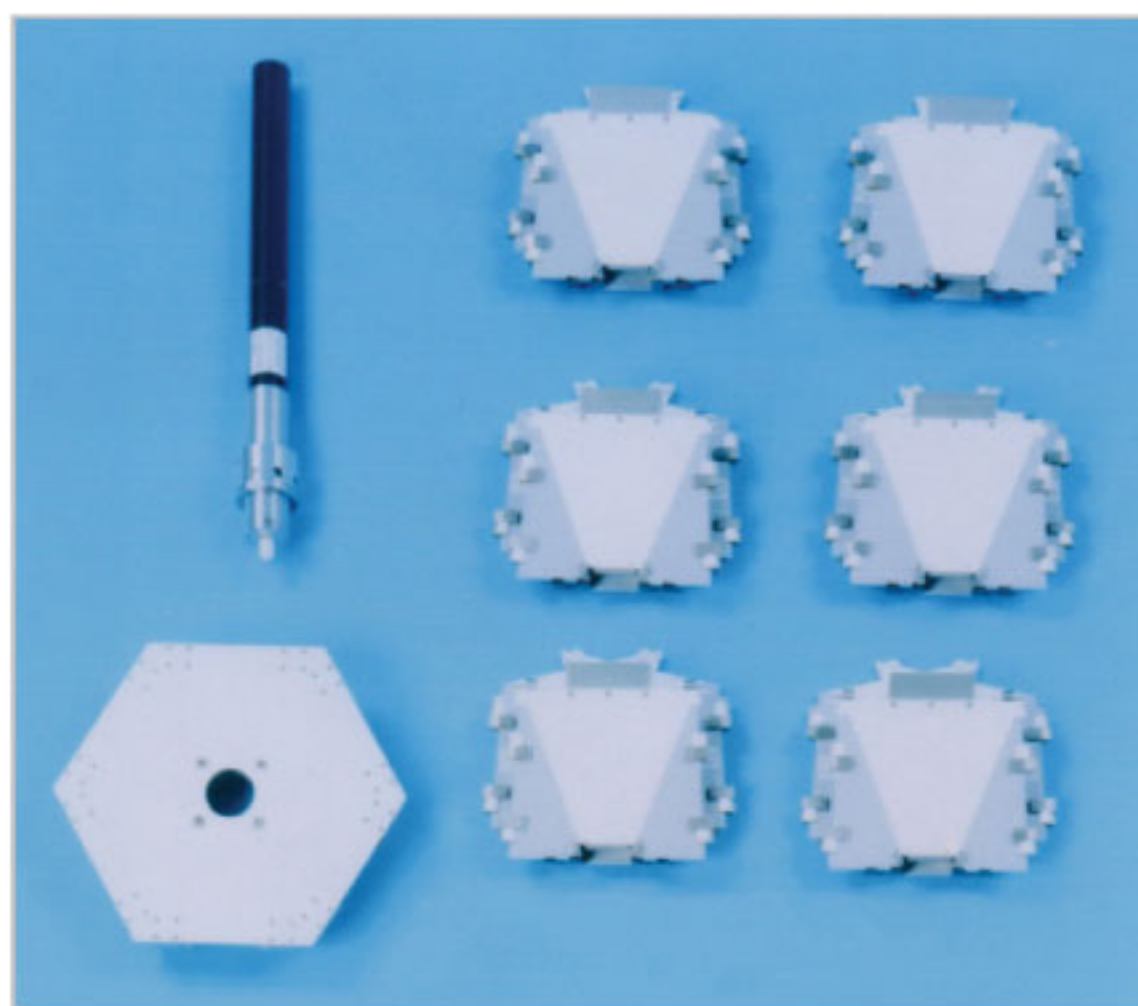


図7 試作機の収納時

鏡面部の寸法は $667 \times 732\text{mm}$ 、重量は 2.2kg である。セグメント1枚の折り畳み寸法は、 $130 \times 144 \times 28\text{mm}$ （突起部を含む）で、厚み（ 28mm ）以外は、コンパクトディスク（CD）ケースと同程度であり、収納性に優れている。

4 特性測定結果

試作機の電気特性を評価するため、利得、放射パターン及び鏡面精度データを取得した。図8に放射パターンの実測値を示す。

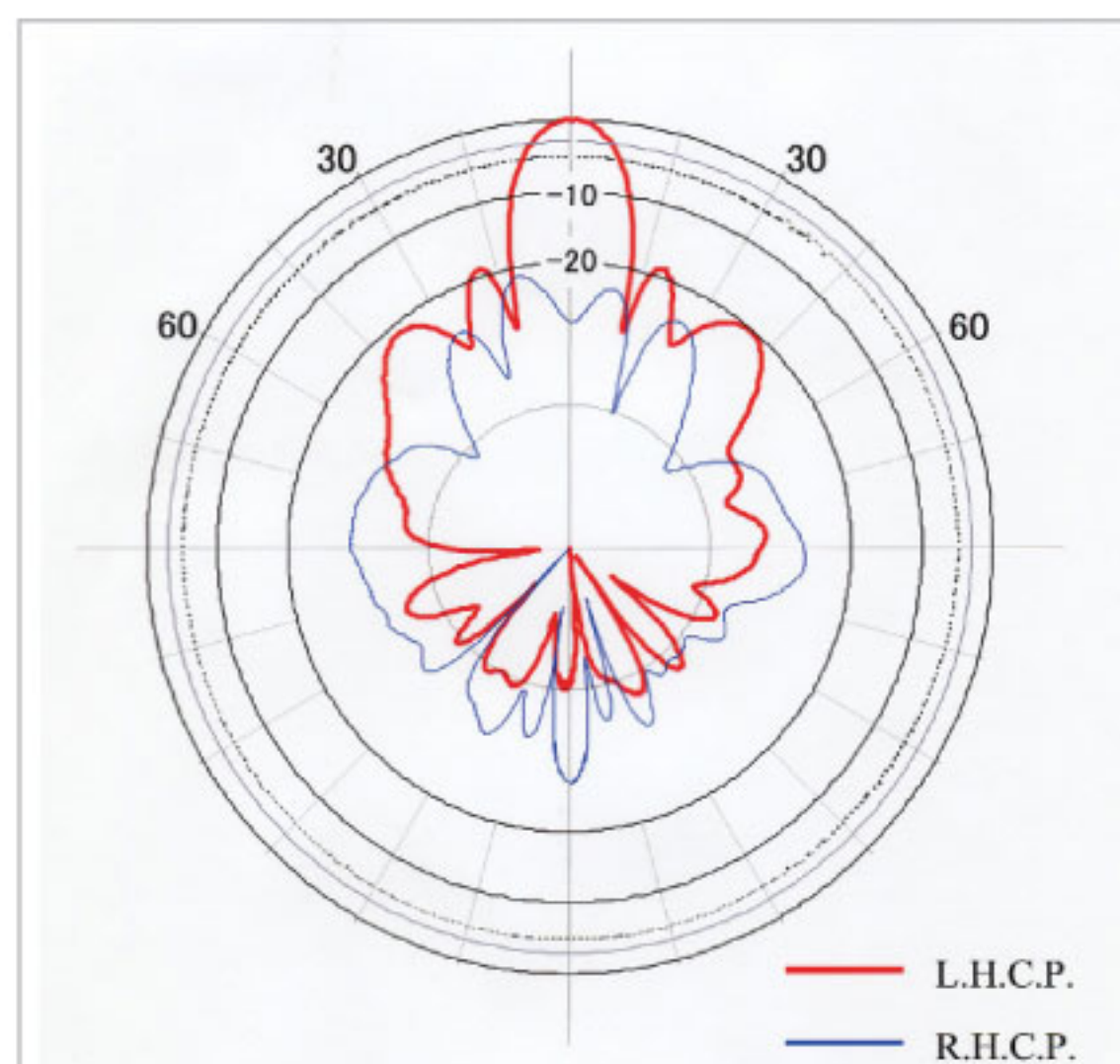


図8 試作機の放射パターン

鏡面精度においては、ヒンジ部の突起を含め、鏡面全体で約 3mm （RMS）となり、設計値に比して若干の劣化があった。特に、鏡面周辺部の各頂点付近や、ベースパネルの一部に、鏡面誤差の増大部が見られたが、放射パターンにおいては特に異常な放射は現れていない。ピーク利得は 2.50GHz 及び 2.65GHz において、それぞれ 21.6dBi 、 22.4dBi が得られている。ビーム角（ -3dB 幅）は約 11 度、開口効率は約 50% である。結果として、ほぼ設計どおりの特性が得られており、実用上、十分な電気特性である。

5 まとめ

携帯性に優れた折り畳み式パラボラアンテナを提案した。S-Bandにおいては、平面片を組み合わせた近似パラボラ鏡面を用いても、実用上十分な性能が得られることを確認した。今後は、耐久性及び耐風性についても、実験を通じて検証する必要がある。

平面ファセットによるパラボラ反射面では、鏡面精度の要求値が厳しく（小さく）なると、ファセットサイズを小さくする必要があり、他の周波数帯における適応性についても検討する必要がある。

なお、本アンテナは、ETS-Ⅷのアンテナパターン測定をはじめとする各種通信実験に活用する予定である。

参考文献

- 1 P.K.Agrawal, M.S.Anderson,and M.F.Card, "Preliminary Design of Large Reflectors with Flat Facets", Antenna Design Notes, IEEE Trans. On Ant. and Prop., Vol.29, No.4, pp.688-694, Jul. 1981.



井出俊行

無線通信部門モバイル衛星通信グループ主任研究員
衛星通信工学
toshi@crl.go.jp



浜本直和

無線通信部門研究主管
衛星通信工学
nao@crl.go.jp



小川隆也

株式会社東芝 小向工場レーダ・センサ技術部技術第4担当
機械設計
takaya.ogawa@toshiba.co.jp