

～ 大型展開アンテナの開発～

NEC東芝スペースシステム㈱
ETS- プロジェクト

技術試験衛星 型 (ETS-) に搭載される、大型展開アンテナ (LDR) が本年 4 月 7 日にプレス向けに公開された。同日の夕方 7 時の NHK ニュースでも放送され、翌日の主要新聞朝刊にも掲載されたので、目にふれた方も大勢おられたのではと思っている。展開するとテニスコート大という、世界最大の大きさのアンテナ反射鏡面でありながら 2.4 mm RMS 以下の高い鏡面精度を実現しているという話題性に富んだアンテナ反射鏡面である。

ここでは LDR 開発の歴史をひもとき、先達の情熱に思いを馳せながら、ここに至るまでの経緯を徒然なるままに振り返ってみたいと思う。

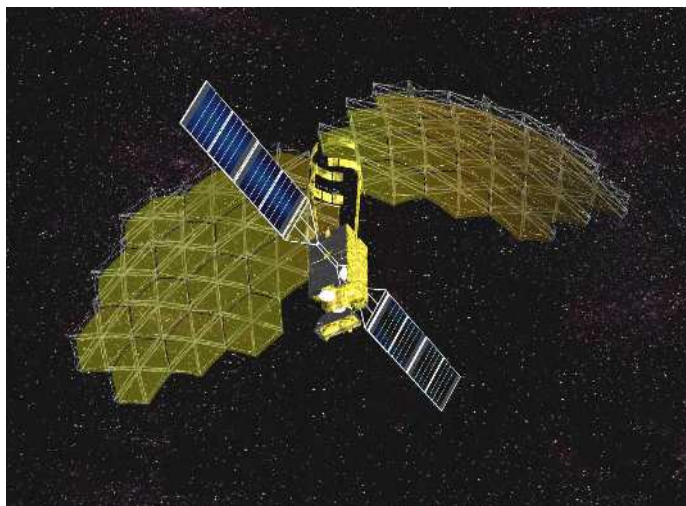


図 1 . ETS- 軌道上コンフィギュレーション
(提供 : JAXA 殿)

< 開発目的 >

- ・世界最大・最先端の大型展開アンテナ技術開発

将来の移動体衛星通信システム・
移動体デジタルマルチメディア放
送システムを構築するキー技術

1980年代は、有限な資源である貴重な静止軌道を最大限に有効活用しようという観点から、多様な機能を盛り込んだ大型静止プラットフォームの検討が華かりし頃であった。そうした時代背景の中で宇宙通信基礎技術研究所 (SCR)* が、1987年に設立され 21世紀初頭での衛星通信需要の増大・多様化、特に陸上移動体衛星通信向けの新しいサービスを見据えて、30m級の大型アンテナ反射鏡面の検討が開始された。当時は、遠い先の話と思っていた。

ここでの調査・検討・研究を通して、日本独自のモジュール化のコンセプトが芽生えた。(モジュールと言っても現在のLDRとはかなり趣きの違う、設計思想的にも異なるタイプのものではあるが。)

この考えは次世代衛星通信・放送システム研究所(ASC)にバトンが引継がれ継続して開発研究されたが、当時の宇宙開発事業団殿(現在の宇宙航空研究開発機構:JAXA)によるETS-プロジェクトの本格的な立上げに伴い、大型アンテナ反射鏡面については1997年から現在のJAXA殿の下で開発してゆく事となった。

*主要研究テーマ:大型アンテナ、高出力中継器(SSPA)、衛星交換機、Ka帯送受信機



写真1 . LDR 鏡面展開状態
(提供: JAXA 殿)

< 特長 >

- ・マルチモジュール構成(14モジュール)
 - 開口径ニーズに柔軟に対応
 - 高鏡面精度化、高剛性化適応可
 - 並行組立・試験による製作期間短縮

< 主要諸元 >

- ・アンテナ形式: オフセットパラボラ / 送受分離 / S帯
- ・外形寸法: 展開状態 19m x 17m
収納状態 1m x 3.8m
- ・鏡面精度: 2.4mmRMS 以下
- ・鏡面質量: 145kg (1面)
- ・剛性: 展開時 0.1Hz

本格的なモジュールコンセプトの大型展開アンテナの開発は、BBMフェーズから始まった。本来の14モジュールの内、7モジュールをフルスケールで試作しモジュールコンセプトにもとづくLDRの基本機能の確認を行なった。この頃、7モジュール展開の写真がAviation Weekの表紙を飾った事も記念となる思い出である。 並行して構造材料、潤滑材料、鏡面材料の特性を見極める為の要素試験、展開試験装置の開発も行なわれた。

また、EM相当の1モジュール(展開状態 約 5m)を使用しての、真空チャンバ中での展開試験及び熱真空環境下での鏡面精度測定、別モデルでの μ G環境下での展開及び面精度検証等、盛りだくさんの試験をさせて頂いた。すべての試験は初めての経験のものがほとんどであり、手さぐりで試験方法を編み出し、試験装置を開発する中で、必要な測定装置については購入の便宜を計って頂けたのは幸いであった。

EMに向けて電波の反射面を構成するSバンド用の金属メッシュ鏡面（金メッキモリブデン線、30ミクロン、トリコット編み）を北陸の織物業者と1年がかりで開発したり、鏡面ネットワークに使用するクォーツケーブルの皮覆は滋賀の織物業者のお世話になったりと、かつての日本の産業を支えてきた高度な織物技術があればこそその開発であった。尚、この開発の当初から、NTT研究所からJAXA殿に出向された方々による技術指導を継続して受ける事ができたのは幸いな事であった。NTT殿は独自のモジュールコンセプトの研究開発を本プロジェクト立上げ以前から行なうと共に、大型展開構造物向けの解析ツール（SPADE）開発も手掛けていた。このツールのお陰で展開予測解析・展開試験評価等が精度良く行なえる様になり、ツール自体も開発モデルの進捗と共にバージョンアップされ使い勝手の良いものとなっていった。



約1年半のBBMフェーズの成果を踏まえ、EMの設計・製作が1999年からスタートした。フライトモデルと同等の材料を使用して同等の機能・性能を有する14モジュールのフル鏡面の設計・製作・試験を2年半かけて実施した。この中で鏡面展開用のモータ数を14ヶから4ヶに削減し重量軽減、展開信頼性向上、駆動回路の負担軽減を計った。EM開発の中では、特に頭を悩ませたのは打上げ時の剛性要求がなかなか満足できない事であった。加振の為何度か筑波と京浜との間を往復する羽目になった。いかに重量の増加を最小限に止どめ、鏡面用トラスチューブの束を効率良く荷崩れしない様に束ねて保持し、支持構造へ荷重がスムーズに伝達されるかにエンジニアは知恵を絞った。

EMフェーズの中で並行してLDRのハーフスケール7モジュール（LDREX）が開発され、軌道上実証実験が2000年12月にアリアン5ロケットを使用して行なわれた。LDREXでは、正に実験と言う名にふさわしい大変貴重な成果が得られた。と同時に宇宙と言う人間の想像力を超えた未知の世界を垣間見た思いがした。この成果は直ちにEMに反映・改修して事前に検証試験を行ない、確認した上でフライトモデルの設計・製作に反映した。事前検証試験としては、7モジュール/14モジュールのμG試験やカップアップ試験（鏡面を上にした形での展開）等、想定される様々な状況に対し地上で可能な試験は網羅的に実施されたと考えている。

現在、LDRフライトモデルはプロトフライト試験、システム試験後の展開確認試験も全て無事終了し、今後PQR/PSRの審査を経て8月に出荷され、今年度の冬期の打上げを待つことになる。

為せば成る（成功する）という言葉がありますが、為すべき事は為してきたと思っております、きっと成功すると信じている次第です。

今後、大型展開アンテナに対して更なる大型化、高周波数化のニーズがあり、LDRを一つのステップとして更に大型アンテナの研究開発が促進され、日本発の技術が大型アンテナ開発の歴史に新たな1ページを書き加えられる事を祈念しております。

LDR開発の機会を与えて下さり、御指導頂いたJAXA殿、開発を通して要所々で貴重な御意見を頂いたアンテナ技術委員会の先生方、開発を担当した若手エンジニアの面々、その他まわりから様々な場面で支えて下さった皆様の御努力のお陰で今日のLDRがあると思っております。

改めてこの場をお借りして感謝申し上げます。



写真2 .LDR 収納状態
(提供：JAXA 殿)



写真3 .LDR 鏡面保持部解放状態
(提供：JAXA 殿)