



技術試験衛星Ⅷ搭載用ビーム形成装置の軌道上評価

NTTアクセスサービスシステム研究所

すずき よしのり いまいずみ ゆたか おおはた こうへい
鈴木 義規 / 今泉 豊 / 大幡 浩平

今後の移動体衛星通信に必要とされる基盤技術の開発・宇宙実証を目的とする技術試験衛星Ⅷ型（ETS-Ⅷ：Engineering Test Satellite-Ⅷ、きく8号）が、2006年12月にH-ⅡAロケットにより打ち上げられました。NTTアクセスサービスシステム研究所は、衛星搭載用マルチビームアンテナ実現に不可欠なビーム形成装置（BFN：Beam Forming Network）を開発し、本衛星に搭載しています。ETS-Ⅷが定常運用に移行した2007年5月から詳細なアンテナパターン測定を実施し、BFNが問題なく動作していることを確認しました。

ETS-Ⅷの概要

ETS-Ⅷは、今後の移動体衛星通信に必要とされる基盤技術の開発および宇宙実証を目的として、2006年12月18日H-ⅡAロケットにより種子島宇宙センターより打ち上げられました。

ETS-Ⅷは小型携帯端末を用いた衛星通信の検証を目的の1つとしています。衛星と通信を行う場合、衛星のアンテナが大きいほど、端末を小型化することが可能となります。このためETS-Ⅷでは、軌道上で展開するテニスコート大の大型アンテナを、送信用および受信用に2基搭載しています。

アンテナが大型化すると、照射されるビーム径は小さくなります。そのため、広域のサービスエリアを覆うために5つのビームを用いて（同時に形成できるビームは3つ）、日本の主要エリアを照射するよう設計されています。ETS-Ⅷの外観とビーム配置を図1に示します。

ETS-Ⅷにて検証する主要な技術は、大型展開アンテナ技術とマルチビーム形成技術であり、宇宙航空研究開発機構（JAXA）、情報通信研究機構（NICT）およびNTTの3機関が共同して開発しました。NTTアクセスサービスシステム研究所では、大型展開アンテナの構造

および展開解析支援、マルチビーム形成のための主要搭載機器であるBFNの開発を担当しました。

BFNの概要

ETS-Ⅷにおけるマルチビーム形成の概念を図2に示します。BFNに複数の増幅器と電波の出入り口となる給電素子

を接続して、ビームを形成します。このような形式をフェーズドアレイと呼びます。所望の位置に所望の大きさのビームを形成するためには、すべての給電素子に入力する信号の振幅・位相を適切に制御する必要があります。この機能を担う搭載機器がBFNです。

開発したBFNのブロック図と外観を

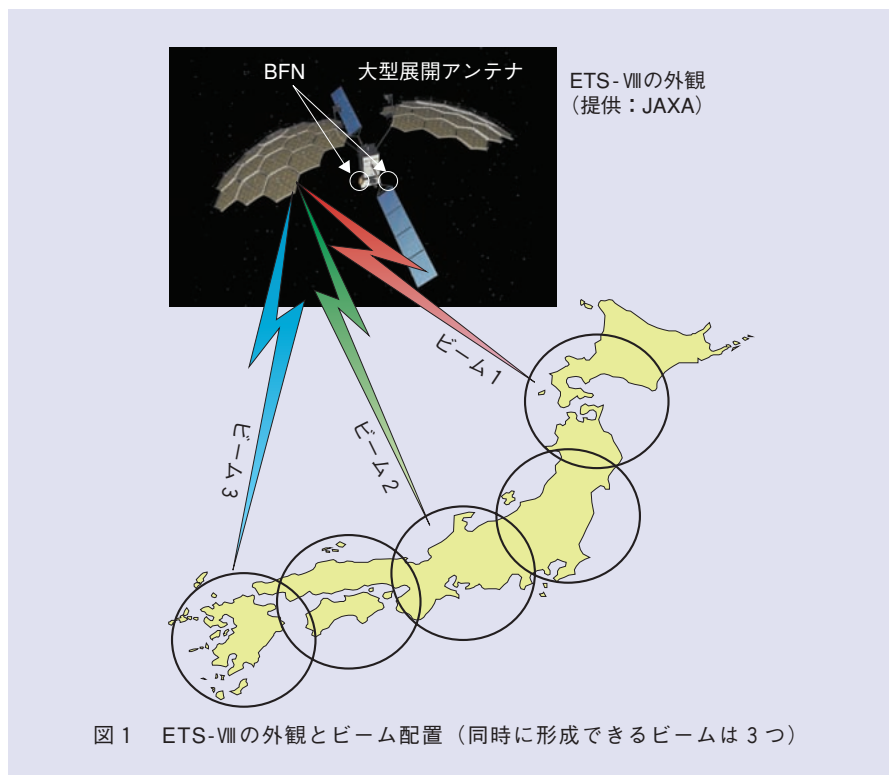


図1 ETS-Ⅷの外観とビーム配置（同時に形成できるビームは3つ）

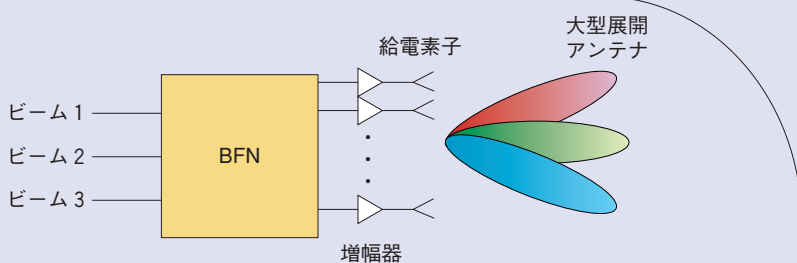


図2 フェーズドアレイ給電方式とマルチビーム形成の概念

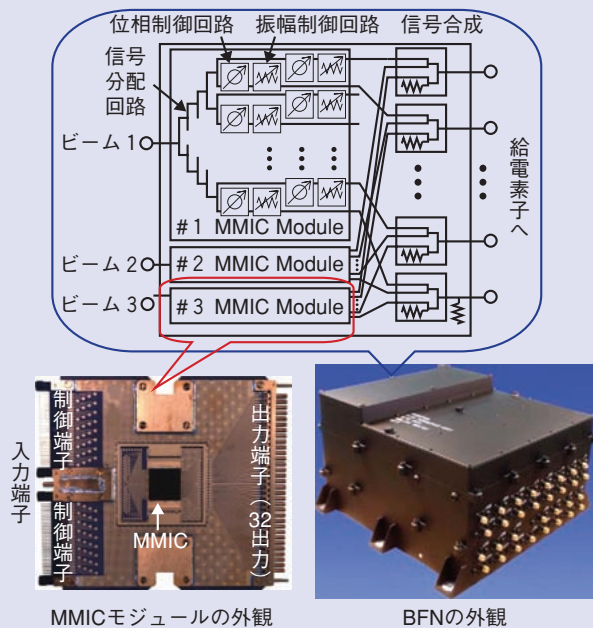


図3 開発したBFNのブロック図と外観

図3に示します。BFNでは入力信号を給電素子数(ETS-VIIでは31)分に電力を分配して、分配されたそれぞれの信号

の振幅・位相を適切に制御します。同時に複数のビームを形成するために、ビームごと独立に振幅・位相制御を行

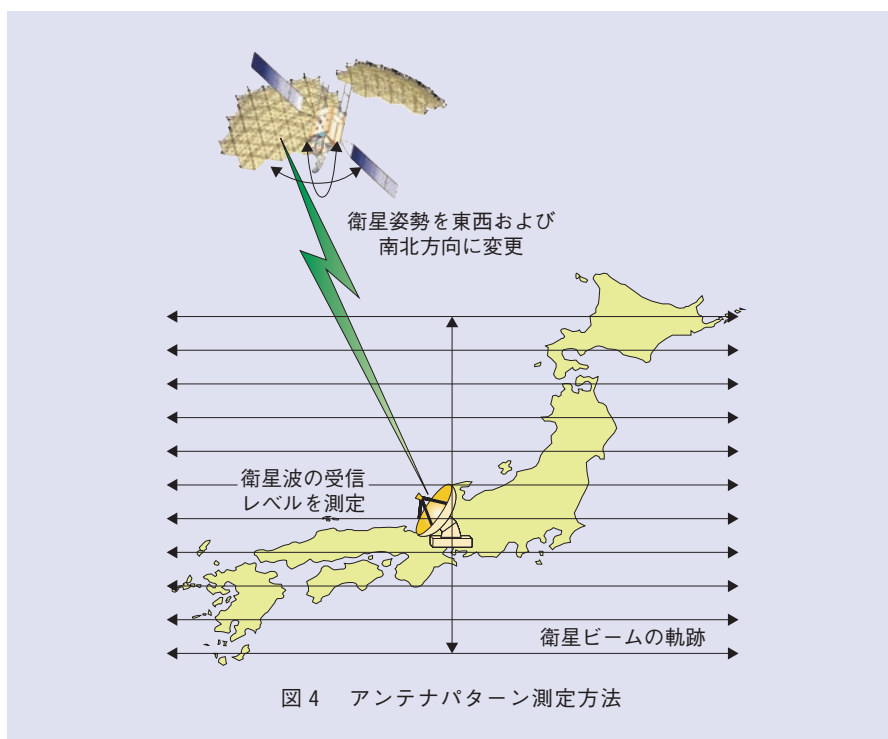
い、各給電素子に対応する信号を合成して出力します。

このようにBFNは非常に多くの回路が必要であり、従来の技術を用いて構成すると、寸法・重量の面で非常に大きなものとなります。一方、衛星搭載機器は、打ち上げロケットの能力の問題から小型・軽量化が強く求められます。そこで、BFNの各要素回路(信号分配回路・位相制御回路・振幅制御回路)の徹底的な小型化技術を確立、これらを高集積したマイクロ波IC(MMIC: Monolithic Microwave Integrated Circuit)を実現しました。さらに各ビームに対応する部品をモジュール化し、開発したMMICを適用した結果、BFNの寸法、重量はそれぞれ、250 mm×266 mm×155 mm、7.4 kgとなり、従来技術を用いて構成した場合の半分以下にすることができました⁽¹⁾。なお、本BFNは地上からコマンド制御することにより、形成するビームの位置・大きさを柔軟に制御することができます。

軌道上におけるBFN評価法

開発したBFNが軌道上で正常に動作、機能していることを確認するために、アンテナパターンを測定しました。

一般的な衛星搭載アンテナのアンテナパターン測定は、図4に示すように衛星の姿勢を制御して、アンテナの正面方向を2次元的に走査したときの、衛星から送出した信号のレベルを地上で測定します。しかしながら、この手法では非常に多くの衛星の姿勢制御を要し、測定時



間が膨大なものとなります。

そこで、測定時間短縮を実現する新たなアンテナパターン測定方法を提案し、適用しました。具体的には、複数の地点で同時に衛星からの信号を受信します。このとき観測点の地理的位置を最適化することで、衛星の姿勢変更範囲を大幅に削減できます。また、各観測点の測定誤差が課題となりますが、測定系の校正方法を提案することで解決しました⁽²⁾。

BFN軌道上実験

BFNの軌道上実験は、2007年3月下旬と5月下旬～6月中旬にかけて行

いました。3月の実験は初期チェックアウトと呼ばれる試験で、BFNの基本的な動作が行えることの検証です。まず、電源のON/OFF等の制御コマンド系の試験と、BFNの各種のモニタ値を正常に地上で受けられるかの試験を行いました。次に、図1に示す5ビームのうち、関東東北エリアを照射するビームを形成して、アンテナパターン評価を行い、動作を確認しました。

初期チェックアウトを終えて、衛星が定常運用に移行した5月からの実験が、詳細なBFNの評価となります。具体的には、図1に示した5つのエリアを照射するビームを形成し、アンテナパターン

測定を実施しました。

ビーム形成のためのBFN制御パラメータは、ビーム照射エリアに応じてNTT横須賀研究開発センタで算出し、コマンド送信を行いました。また、アンテナパターン測定には、衛星の姿勢制御および各種搭載機器の制御を行う必要があります。衛星の姿勢制御については、衛星本体の開発元であるJAXAが筑波宇宙センターにて行い、搭載機器の制御に関しては、開発元であるNICT鹿島宇宙技術センターにて実施しました。

アンテナパターン測定に用いる観測点は、衛星から見た緯度方向間隔が均等となるように5カ所に配置しました。図5は各地の測定環境です。開口径1.2mパラボラアンテナを用いて、受信レベルを測定しました。

アンテナパターン測定結果を図6に示します。5つのビームを順次測定したものを重ねてプロットしたものです。赤色はピーク利得から3dB低下した等高線を示しており、各ビームのサービスエリアとなる範囲です。九州中四国エリアを照射するビームについては-10dBと-20dBの等高線も描画してあり、所望のエリア外に不要な電波が照射されていないことも確認できます。

この結果、所定の位置にビームが形成できていることを確認し、開発したBFNが軌道上で正常に動作していることを確認しました。

今後の予定

設計・開発したETS-Ⅷ搭載用ビーム



図5 各観測点における測定環境

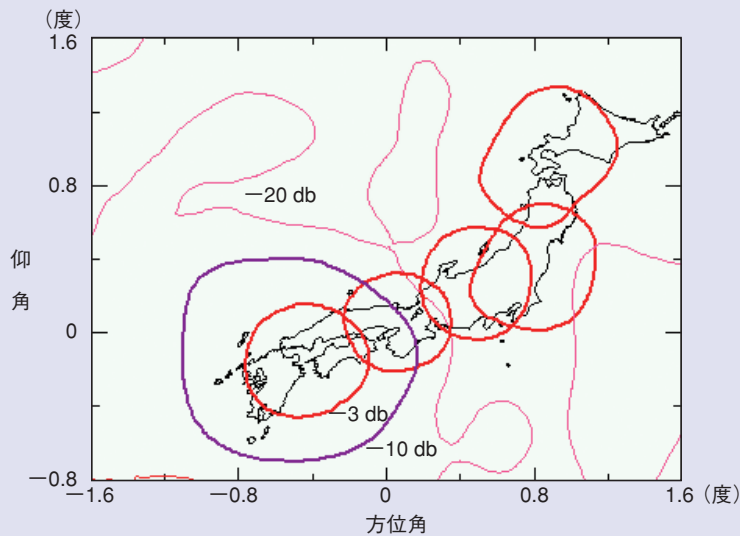


図6 アンテナパターン測定結果

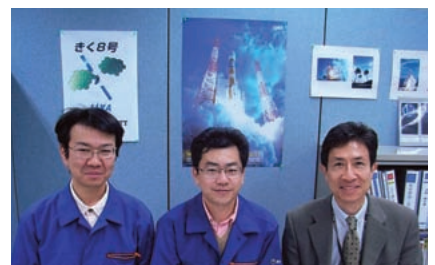
形成装置がアンテナパターン測定により、軌道上で正常に動作していることを確認しました。

今後は、各機関が行う利用実験にて、使用する予定です。
測定に快く協力いただきましたNTT

東日本（北海道支店，岩手支店），NTT西日本（技術部，岡山支店，熊本支店）の関係各位に感謝します。

■参考文献

- (1) 鈴木・今泉・加保・川上・荒木：“衛星搭載用フェーズドアレイ給電系技術,” NTT R&D, Vol.51, No.4, pp.341-346, 2002.
- (2) 鈴木・今泉・大幡：“技術試験衛星Ⅲ型BFN2の軌道上特性,” 信学技報, SAT2007-48, pp.177-182, 2007.10.



(左から) 今泉 豊 / 鈴木 義規 / 大幡 浩平

衛星通信技術の研究開発により、「安心・安全の確保」「ユニバーサルな情報通信環境の提供」に貢献していきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
TEL 046-859-3253
FAX 046-855-1752
E-mail suzuki.yoshinori@lab.ntt.co.jp