

小石 洋一
Y. Koishi

織笠 光明
T. Orikasa

奥村 実
M. Okumura

衛星通信はその黎明期が終了し、衛星通信のサービスを享受するユーザ数も増加し、ユーザ獲得をめぐって各種通信事業体による本格的事業化と競争の時代となっている。当社は衛星通信の研究・開発のフェーズから、実用に供されることを念頭に各技術の開発を行ってきた。最近の主な開発成果としては下記の衛星通信機器および地上システムがある。

- (1) 移動体衛星通信・放送用 2.5 GHz 帯送信アンテナアクティブフェーズドアレー給電部
- (2) 高度衛星放送用 21 GHz 帯マルチビームアンテナシステム
- (3) スペクトル拡散通信方式を採用した地上衛星通信システム用データ中継・追跡実験システムと国際相互支援運用実験
- (4) ひつ迫する周波数事情に備える通信技術や光衛星間通信など将来の衛星通信システム技術

A new commercial era of satellite communications has begun with the entry of several competitive service providers. With this situation as a background, this paper describes the core activities and future outlook of Toshiba focusing on the following technologies: (1) an active phased array antenna feed system for 2.5 GHz satellite mobile communications, (2) a 21 GHz multibeam antenna system for advanced direct broadcasting, (3) a data relay tracking system and related interoperability experiments, and (4) future advanced communications systems.

1 まえがき

衛星通信は、その技術的黎明期を終了し、衛星通信による本格的通信・放送事業における各事業体間の相互の競争のフェーズとなっている。この状況を背景に、ここでは、下記の分野における、当社の主要衛星搭載機器と地上システムの開発状況、および将来展開について述べる。

- (1) 衛星移動体通信・放送システム
- (2) 高度衛星放送システム
- (3) データ中継追跡・管制システム
- (4) 将来通信システム

2 衛星移動体通信・放送システム技術

近年、米国を中心にさまざまな、衛星移動体通信システムの事業化が計画されている。これらのシステムでは、小型携帯端末を用いたパーソナル化が指向されている。わが国でも、郵政省通信総合研究所、次世代衛星通信・放送システム研究所を中心に 2.6/2.5 GHz 帯の移動体通信・放送の研究が行われている。また、宇宙開発事業団によりこのシステムの実験を目的として技術試験衛星 VIII 型 (ETS-VIII) の打上げが計画されている。

衛星移動体通信システム事業の成功の可否は、いかに多くのユーザを獲得できるかが大きく、そのためには、ユー

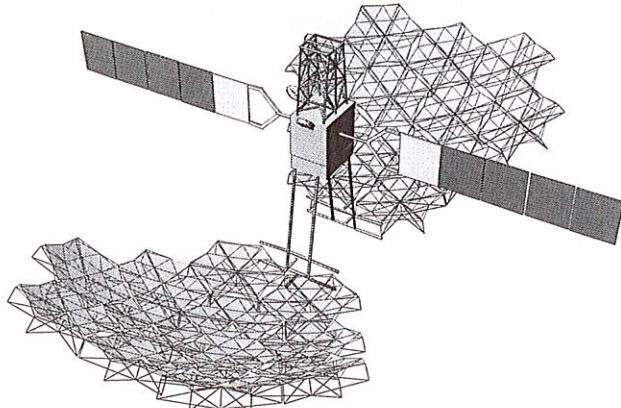


図 1. 移動体通信衛星の外観 アンテナ径が 13 m の金属メッシュで鏡面を形成する展開アンテナを 2 台搭載。
Mobile communications satellite

ザが容易に携帯できる小型端末で通信・放送サービスを享受できることが重要である。能力の小さい小型端末で通信を成立させるためには、図 1 に示すような、13 m 級以上の大型アンテナを衛星に搭載し、衛星の受信、送信性能を従来の通信衛星に比べて大幅に向上させる必要がある。

当社は、郵政省通信総合研究所、次世代衛星通信・放送システム研究所からこの大型アンテナの送信アンテナ給電部を受注し、開発を行っている。大型アンテナで、多くの

ユーザを獲得するためには、広範囲の領域に電波を照射でき、かつ、高利得であることに適したマルチビームアンテナとする必要がある。また、サービス領域の通信トラフィック変動に柔軟に対応できることがほしい。

これらの要求にこたえて給電方式としてアクティブフェーズドアレー(APA)方式が採用された。APAは、多数の一次放射器アレーから電波を放射し、空間で電力合成するものである。APAは、多数のビームの形成に適するとともに、送信機とアンテナ間の給電損失を最小化でき衛星の電力を有効に活用できる。さらに、給電部の移相器の位相、振幅を制御することにより、大型反射鏡の機械的・熱的ひずみによるビームのずれの修正、衛星運用期間中のビーム配置の変更、静止衛星の軌道上の移動にも対応が可能である。

図2にこのアンテナのビーム配置を示す。

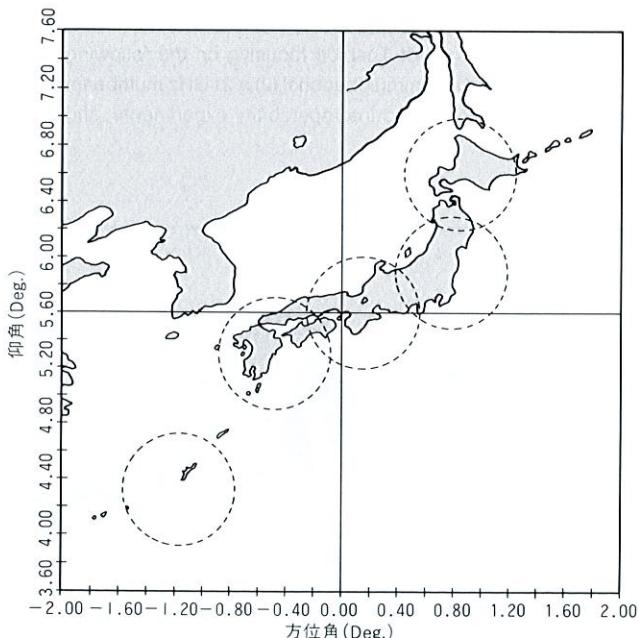


図2. ビーム配置　日本を4~5ビームでカバーするマルチビームの配置を示す。

Beam allocation

APAは数十ビームの構成が可能であるが、実験システムとしては、日本を覆う4~5ビームの構成とし、ビーム交差点での利得の低下を最小化する配置をしている。

ビーム形成のポイントとなる給電部の機能系統を図3に示す。給電部は、ビーム形成回路と固体電力増幅器から構成されている。各ビーム給電部に入力された信号は分配され、32経路の移相器により、位相・振幅を所望の値に制御され一次放射器から放射される。ビーム形成回路は、ビーム数が増すに従いその構成が複雑・大型化するため、小型・軽量化が実現できるMMIC(Monolithic Microwave IC)で

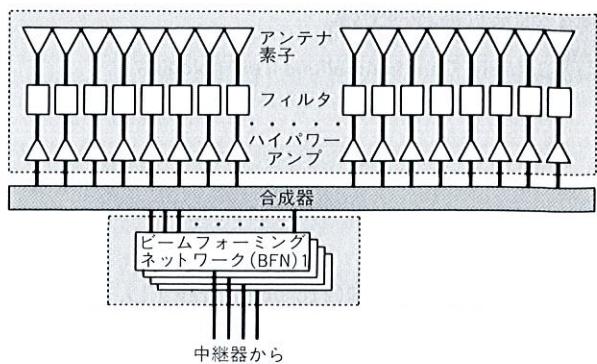


図3. フェーズドアレー給電部構成　BFNにより位相、振幅を調整してビームを形成し、ビームの指向方向を電子的に制御することができる。

Configuration of phased array feed system

構成する。ビーム形成回路の位相および振幅は、地上システムからのコマンドによりその制御が可能である。

この高くかつ柔軟性のある通信能力をもった APA 大型アンテナが実現することにより、ユーザは小型端末により、双方向音声はもちろんのこと、近年発展の目覚ましい MPEG4 (Moving Picture Experts Group-4) などを利用した圧縮画像などによる通信・放送サービスを享受することができる。

3 高度衛星放送技術

衛星放送に関し、現行の12 GHz帯のほかに、新しい周波数帯 21 GHz を用いた地域別高度衛星放送システムが提案されている。当社は、1997年に打ち上げられる通信放送技術衛星 (COMETS) に搭載する高度衛星放送用 21 GHz 帯のマルチビームアンテナシステムを開発した。図4にアンテナの外観を示す。このアンテナは、2ビーム構成であり、21

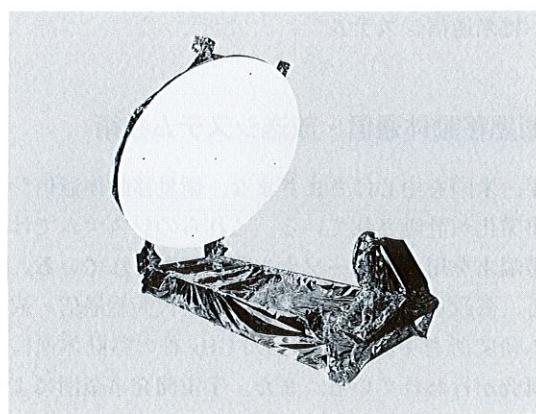


図4. 高度衛星放送アンテナ　日本全土を6ビームでカバーするシステムであるが、この搭載モデルは2ビーム、副反射鏡を駆動することでビーム指向制御を行う。

Advanced satellite broadcasting antenna

GHz 帯での大きい降雨減衰量を克服するために高利得化を図っている。さらに主放射器の近傍に副放射器を配置することにより、二つのビームで同一の周波数を使用できるよう低サイドローブ設計としている。

これにより同一の周波数を用いて異なる番組を放送でき限られた資源である周波数の有効活用が図れる。

さらに、高精度のビーム指向を実現するために、27 GHz 帯の RF (Radio Frequency) センサ、追尾受信機、指向制御回路、アンテナ駆動装置から成るアンテナ指向制御系を具備している。地上局からのビーコン波を受信し、検出した誤差信号を最小化するように副反射鏡を駆動することにより、所望のサービス領域に対して高精度で指向できる。これにより衛星の姿勢誤差によるアンテナ指向損失を最小化でき、安定な放送サービスを提供できる。図 5 に COMETS 搭載用追尾受信機の外観を示す。

12 GHz 帯での衛星放送は、すでにその周波数利用がプラン化され帯域が取り決められている。新規周波数帯である 21 GHz 帯では自由度があるため、このアンテナシステムを用いた高品位テレビの同時伝送や、高速デジタル放送などの新規サービスの実施が期待される。

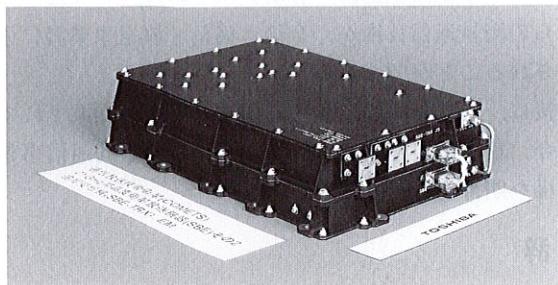


図 5. 追尾受信機 電波の到来方向を検出するセンサからの RF 誤差信号を直流の誤差信号に変換する装置。

Tracking receiver

4 地上衛星通信システム技術

衛星通信システムでは、上述した衛星搭載機器と地上システムが一体となって開発されなくてはならない。ここでは当社の地上衛星通信システム技術について、観測衛星などの周回衛星を運用するデータ中継衛星追跡・管制技術と、静止衛星を運用する制御・管制局について示す。

4.1 データ中継衛星追跡・管制技術

1994 年夏期に、わが国初のデータ中継ミッションを搭載した衛星である ETS-VI が打ち上げられた。当社は、この衛星を利用した ETS-VI 実験地上システムを開発した。さらに次期データ中継衛星追跡・管制システムである COMETS 地上システムでも、現在その整備が行われており、

当社もその一翼を担っている。

データ中継衛星追跡・管制システムは、観測衛星などの周回衛星からの観測データの効率的収集を目的としており、可視性の優れた静止衛星をデータ中継衛星として利用するものである。このデータ中継衛星追跡・管制システムには、通常の衛星地上局とは異なるさまざまな機能が必要である。このシステムでは周回衛星の測距と交信にスペクトル拡散通信方式を採用している。したがって、周回衛星からのドップラー周波数偏移をもつスペクトル拡散信号を安定して受信できるシステムが必要である。図 6 に、スペクトル拡散型変復調装置の外観を示す。

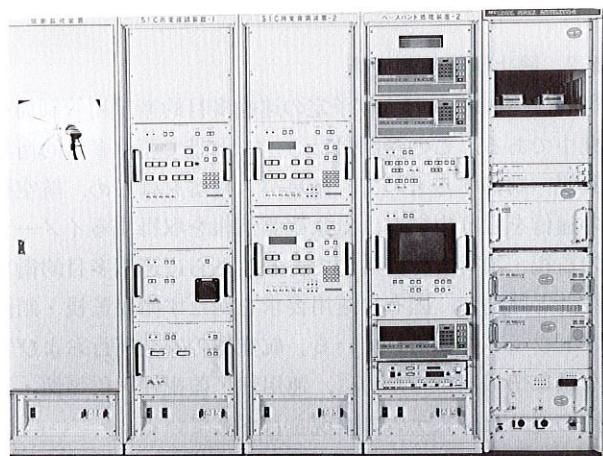


図 6. スペクトル拡散型変復調装置 PRN (Pseudo Random Number) コードによるコード拡散変調信号に対応した変復調装置で耐干渉性、秘話性、低電力伝送を提供する。

Spread-spectrum modulator and demodulator

この装置では、周回衛星の軌道から算出したドップラー周波数予測値に基づく周波数捕捉(そく)と、相関演算に基づくスペクトル拡散用 PN (Pseudo Noise) コードの捕捉を行い、テレメトリ信号を検出する。周回衛星までの測距は、PN コード内のエポックを検出することにより行う。このシステムの送信部は、降雨減衰の大きい 30 GHz で十分な回線品質を確保するために、30 GHz 帯 350 W 級大電力送信管を用いている。大電力送信管の外観を図 7 に示す。

データ中継衛星追跡・管制システムは、国内の周回衛星の運用にとどまらず、海外の周回衛星の運用が行える点が特長である。当社が製作した ETS-VI 実験地上システムと、米国航空宇宙局 (NASA) の周回観測衛星である UARS (Upper Atmosphere Research Satellite) との間で S バンド (2 GHz 帯) を用いて国際相互支援実験が行われ、コマンドとテレメトリの交信に成功した。この実験により日本のデータ中継追跡・管制システムが海外の周回衛星でも利用できることが実証され国際貢献できることが示された。

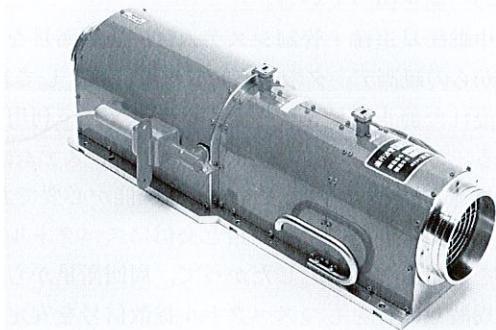


図7. 大電力送信管 出力350W以上、小信号利得38dB以上の性能が得られる。

High-power TWTA (traveling wave tube amplifier)

4.2 静止衛星管制技術

当社は、1999年打上げ予定の運輸多目的衛星用管制局を開発中である。この管制局はSバンド帯で運輸多目的衛星を監視・制御するもので、衛星バス機器をはじめ、航空機との通信を行う中継器、気象観測情報を取得するイメージヤの監視・制御を行うものである。さらに運輸多目的衛星の設計と連動し、固有な運用要求を満たす衛星監視・制御ソフトウェアを具備している。航空機の安全運行および安定な気象情報取得のために、運用性・監視性・信頼性・安全性の優れたシステムの実現を目指している。

5 将来の通信技術

前章までの各種衛星通信技術に加え、当社では将来の衛星通信システムのニーズにこたえて、各種衛星搭載通信機器と地上システム機器を開発中である。

ひつ迫する周波数事情に備えて、周波数の有効活用を行える垂直・水平偏波を使用できるデュアルグリッドアンテナ反射鏡、近年利用技術の発展が目覚ましいスペクトル拡

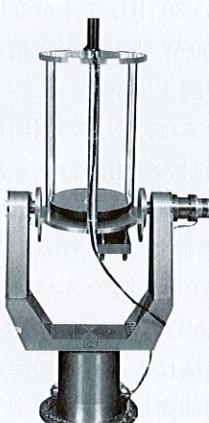


図8. 光アンテナ アンテナ径30cm、波長 $\lambda=0.8\mu m$ 、波面精度 $\lambda/20$ 、重量3kgの光衛星間通信機器試作機。

Optical antenna

散方式による衛星搭載用GPS(Global Positioning System)受信機、限られた中継器周波数帯幅で多くの情報の伝送が可能なトレリス符号化変復調器、軌道上ロボット機器の遠隔操縦用の圧縮画像伸展装置などを開発中である。さらにギガビット級の大容量通信を目指した光衛星間通信機器の研究・開発に着手している。光衛星間通信を用いて静止衛星間を結ぶことにより、世界規模のネットワークの構築が可能となる。図8に光衛星間通信機器試作機の外観を示す。これらは将来型衛星通信・放送や宇宙インフラ構築のために、必須(す)な技術となろう。

6 あとがき

本格的衛星通信・放送の事業化の時代を迎えて、これへの供給を最終目的とした当社の主要衛星搭載機器と地上通信システム技術について述べた。衛星移動体通信・放送技術は、ユーザ小型携帯端末で通信・放送を可能にするアクティブフェーズドアレー送信給電部を、衛星放送の分野では新規周波数帯である21GHz帯を利用し、周波数再利用が行える高度衛星放送用マルチビームアンテナを紹介した。地上システム技術としては、国際相互支援運用実験に成功したデータ中継衛星追跡・管制システムについて述べた。これらの衛星通信技術が、今後、通信・放送事業者により活用されることが望まれる。

最後に、米国を中心に各種通信システムが提案されている昨今、日本からも欧米を凌駕(か)する野心的通信事業者の登場を期待する。

謝 辞

この論文の作成にあたり、郵政省通信総合研究所、次世代衛星通信・放送システム研究所、宇宙開発事業団ほか関係各位の文献・資料を参照させていただいた。さらに搭載機器、地上機器の開発にかかる諸機関各位のご協力とご支援に感謝の意を表する。

小石 洋一 Youichi Koishi



小向工場宇宙情報システム技術部グループ長。
衛星通信システムの設計に従事。

Komukai Works

織笠 光明 Teruaki Orikasa, D.Eng.



小向工場宇宙情報システム技術部主務、工博。
衛星通信機器の設計に従事。

Komukai Works

奥村 実 Minoru Okumura



小向工場宇宙情報システム技術部主務。
衛星通信機器の設計に従事。

Komukai Works