

## Ku バンド移動体衛星通信用アンテナ

三菱電機株式会社

近年、航空機や船舶などの移動体を対象としたブロードバンド通信サービスの要求が高まっています。ブロードバンド通信は旅客向けインターネットサービス、運行管理、乗務員の福利厚生等のため高速・大容量情報を提供できます。また、災害や事件発生時に現場からヘリコプターや車両などにより高画質映像を伝送する場合にも高速・大容量通信が必須です。このような移動体向けの高速・大容量通信には衛星通信が大いに威力を発揮します。

当社は 2003 年航空機搭載アンテナを市場投入して以来、船舶向けの船上地球局 (Earth Station onboard Vessels)、ヘリコプター衛星通信システム(ヘリサット)などを開発してきました。本稿では Ku バンドを用いた移動体衛星通信に関する当社の取り組みを紹介します。

### 1. Ku バンドを用いた移動体衛星通信の特徴

Ku バンドによる移動体衛星通信の特徴を以下に示します。

- (1) 通信事業者にとっては既存の固定衛星通信用衛星が利用できるため、専用衛星を打ち上げるなどの初期投資が抑制できる。
- (2) 従来移動体衛星通信に使われている L バンド (1.5/1.6GHz) や S バンド(2.5/2.6GHz)に比べて広帯域となり、通信の高速・大容量化が図れる。
- (3) Ku バンドは従来固定衛星通信に一次分配されている周波数であり、移動体に適用する場合には他システムに干渉を与えぬよう厳しい制約を受ける。

### 2. 移動体搭載アンテナの課題

Ku バンドを利用する移動体地球局のキーコンポーネントであるアンテナに要求される課題を以下に示します。

- (1) 小型・軽量であること。特に航空機や陸上移動向けには低プロファイル(薄型)が要求される。
- (2) 他システムへの干渉抑圧により周波数共用条件を満たしつつ高利得、高出力を実現できる。
- (3) 衛星は直線偏波で運用されているため、移動体の位置の変動、姿勢の変動に伴い衛星の偏波面を高精度に追尾する必要がある。
- (4) 普及のためには従来利用が普及しているインマルサットと同等の経済性が必要である。

特に Ku バンドは他の周波数帯に比べ他システムへの干渉を厳しく抑える必要があり、この周波数共用条件を満たしつつ、高速化を図るにはシステム全体としての工夫が必要です。干渉対策のポイントは以下の通りであり、これらを考慮したシステム設計が要求されます。

- アンテナの低サイドローブ化
- 高精度の衛星追尾 (近軸の軸外輻射電力規定の遵守)
- 低 C/N(Carrier to Noise)化のための誤り訂正強化
- 出力電力の高精度制御

### 3. 各種移動体衛星通信用アンテナ

ここでは当社が開発した移動体衛星通信用アンテナについて紹介します。

#### 3.1 航空機搭載アンテナ

図 1 に示す航空移動衛星サービス向けに当社が開発した航空機搭載アンテナの外観と実装状態を図 2 に示します。アンテナに関し以下の要求を満たす設計を行っています。

- 低プロファイル化のためアンテナ高さを 25cm(10 インチ)以下

- 高緯度航行、姿勢変動時でも静止衛星を捕らえられるよう仰角範囲は $-5\sim 90$ 度以上
- 衛星追尾精度はビーム幅の約  $1/20$

これらアンテナへの要求条件と当社が採用した対策を図3に示します。また航空移動衛星業務として運用するため他システムへの干渉抑圧に配慮し、特に隣接衛星に対してはサイドローブの低減、追尾精度向上、出力電力の高精度制御を考慮した設計とし、さらに電波天文バンド（14.47～14.5GHz）への干渉レベル低減のためのフィルターを設けています。



図1 航空移動衛星サービス

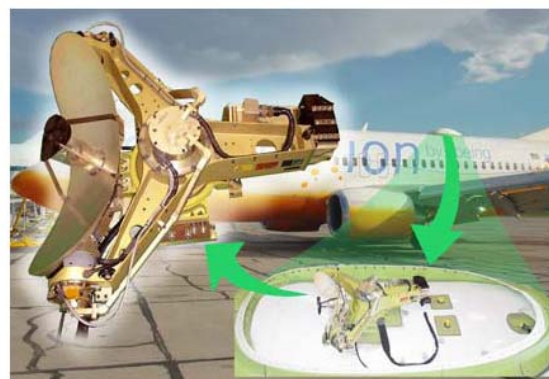


図2 航空機搭載アンテナ

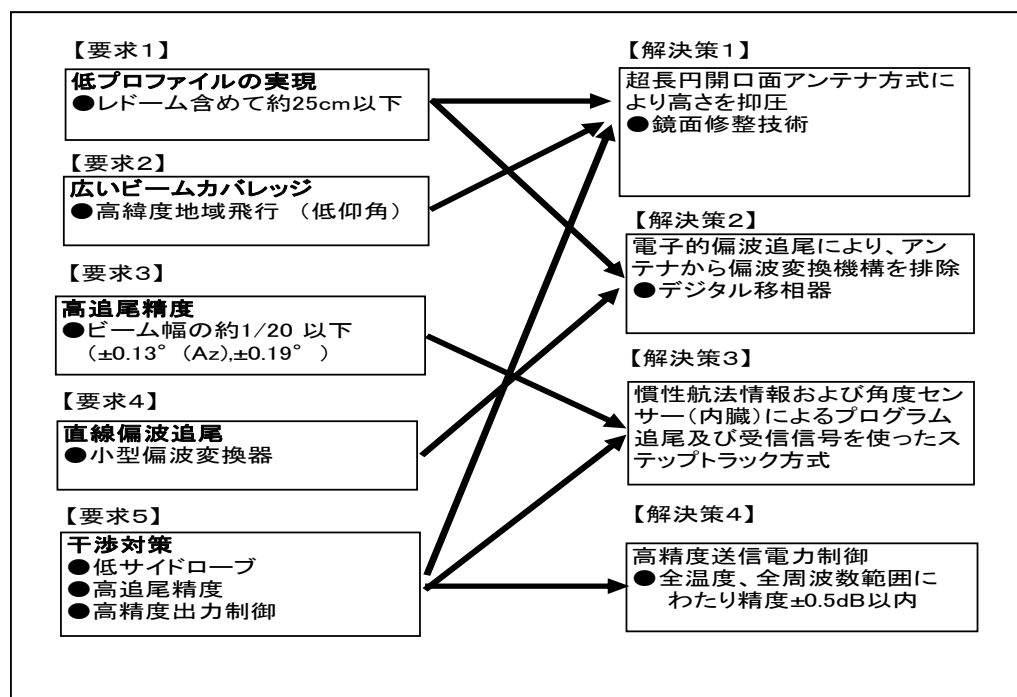


図3 航空機搭載アンテナの課題と解決策

### 3.2 船上地球局（ESV）アンテナ

当社は ESV アンテナとして図4に示す開口径1mのバックファイア給電パラボラアンテナを開発しました。

船上環境では船の動揺の他にエンジンやプロペラの回転による強い振動を受けるため耐久性の向上及び動揺、振動下でも高精度の衛星追尾が維持できることが必須です。アンテナの特長を以下に示します。

- 3軸および偏波回転軸の計4軸として強い動揺や衛星の角度に左右されず、衛星追尾が可能
- 重量の増加を抑えるため防振アイソレータを採用
- ESVの規格である追尾精度 $\pm 0.2$ 度を満足

実際に加振状態での衛星追尾精度測定、耐久性加速試験などを実施し設計性能を確認しました。図5、6には追尾性能を確認するための動揺試験および振動下での追尾試験の様子を示します。図7に示す通り、ロール  $\pm 30^\circ / 7$ 秒、ピッチ  $10^\circ / 5$ 秒、ヨー $\pm 4^\circ / 20$ 秒の動揺下で0.2度の追尾精度を実現しています。

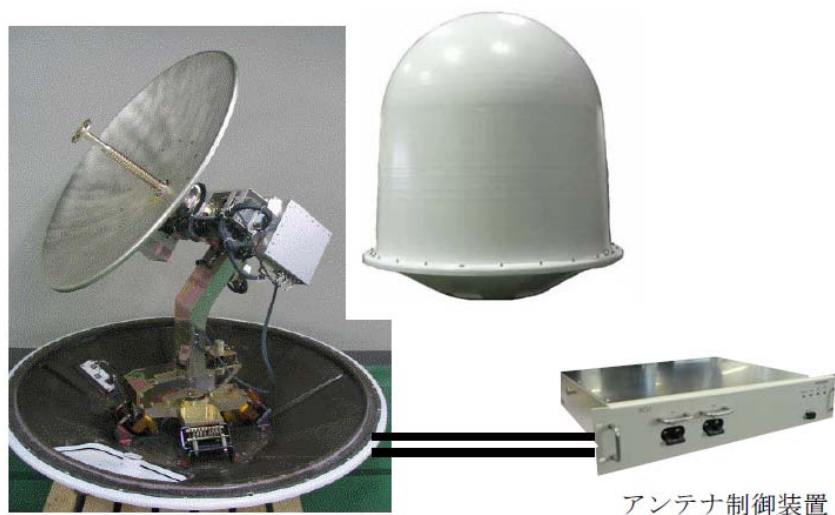


図4 ESV アンテナ



図5 動揺シミュレータによる試験

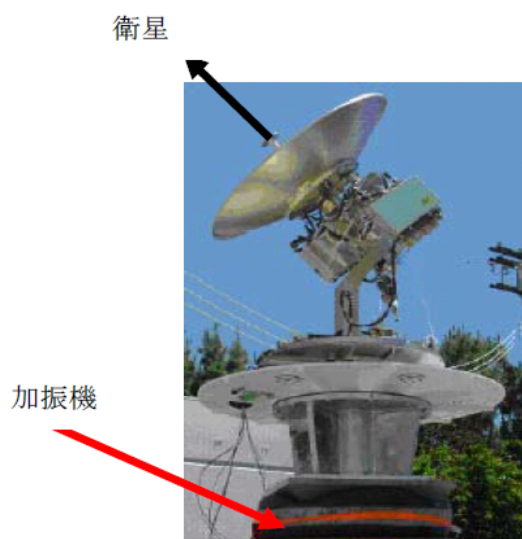


図6 振動下での衛星追尾試験

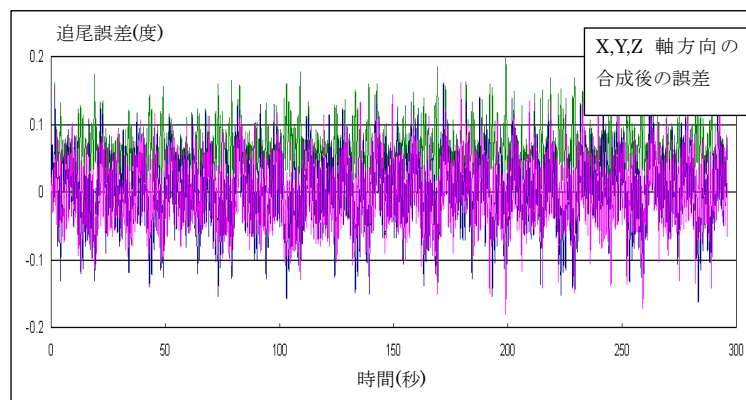


図7 追尾精度 (実測値)

### 3.3 ヘリコプター衛星通信 (ヘリサット)

災害発生時にヘリコプターからの現場映像、地図情報などを直接衛星通信で伝送するシステムが注目されており、2006年までに1.5Mbpsの映像伝送に関する実証実験が完了し、現在はさらに6Mbps～10Mbps程度の高画質映像伝送が可能なシステムを開発しています。図8に災害時の運用イメージを示します。実証実験は情報通信研究機構と共同で開発したヘリサットシステムを用いて行われました。アンテナは図9に示すように機体の両側に設置したフェーズドアレーアンテナです。図10に示すようにアンテナが衛星に向かって送信する場合にブレードに電波が当たり隣接衛星や地上のシステムに有害な干渉を与えぬようブレードを避けた間欠送信を行っています。また受信についてはブレードでバーストが欠落することを考慮して基地局から同じバーストを複数回送信する対策を行っています。

今後の実用化に向けて①6Mbps～10Mbps伝送のための高出力化、②アンテナの送受一体化および機内装置の小型軽量化、③低C/N化のための誤り訂正の強化、④高画質化のためH.264方式のコーデックを採用するなどの開発を行っています。

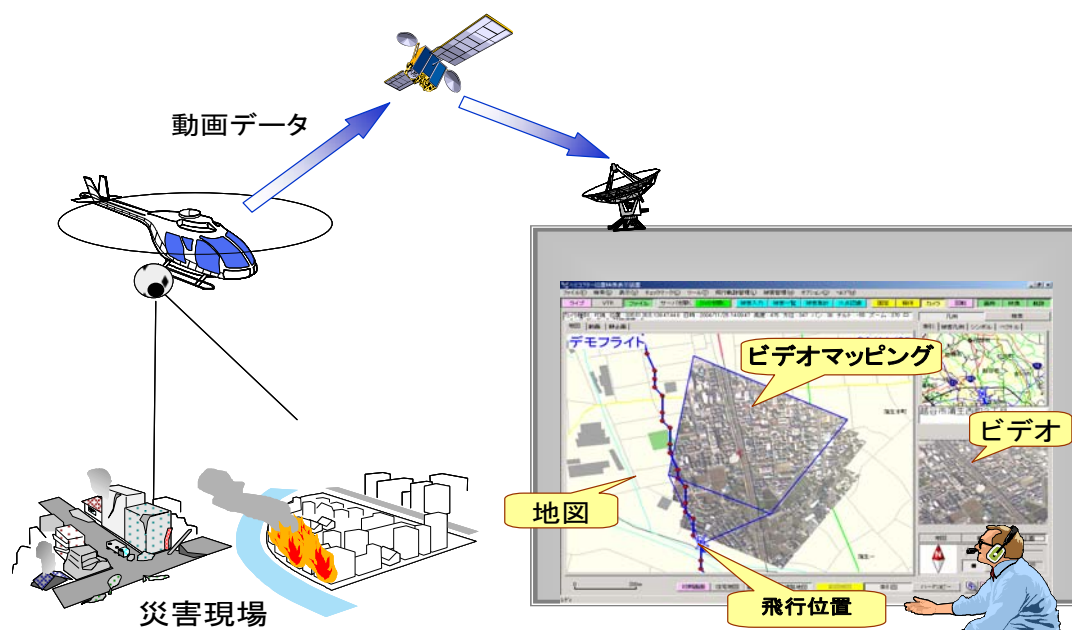


図8 ヘリサットによる運用イメージ





図9 フェーズドアレーアンテナ

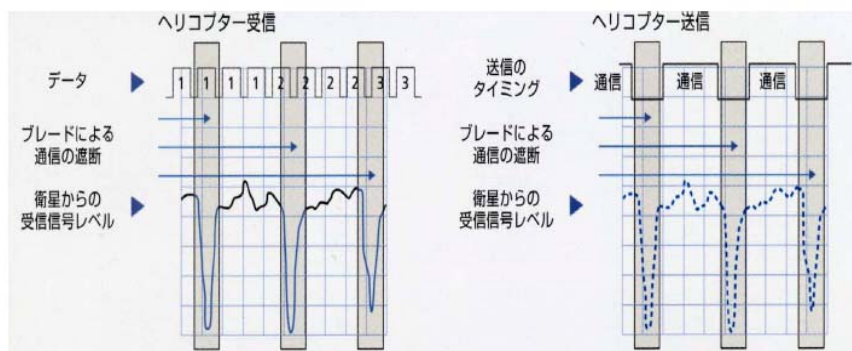


図10 ブレード対策 (情報通信研究機構提供)

#### 4. むすび

2003年世界無線通信会議(WRC-03)以降、国内外においてKuバンドを利用した移動体へのブロードバンドサービスに関する制度面の整備が進み利用拡大が期待されています。本稿では移動体衛星通信における当社の取り組みを紹介しました。