

# 衛星通信を支える通信技術

山田 慎二・深藏 英司  
田畑 稔・白玉 公一

## 要 旨

NECは、衛星通信技術を支える種々の技術として、衛星打ち上げを支えるロケット搭載用通信機器をH-II A/Bロケット向けに供給しています。また、次世代の衛星通信技術としては、技術試験衛星VⅢ型において軌道上大型展開アンテナを開発し、地球観測衛星・移動体通信衛星への応用が期待されています。更に、光衛星間通信実験衛星での光通信機器の開発・実証など、大容量通信の実現に向けての開発を行っています。

## キーワード

●ロケット ●H-II A/B ●計測通信系 ●低コスト化 ●観測ロケット ●大型展開アンテナ ●LDR  
●反射鏡 ●ETS-VⅢ ●メッシュ ●光通信 ●レーザ ●捕捉追尾

## 1. はじめに

NECは、衛星通信関連技術に関しては、地上局用やロケット搭載用、衛星用と、すべての領域をカバーするだけでなく、将来の衛星通信技術として活用されることが期待される最先端技術にも、積極的に取り組んでいます。本稿では、代表的な以下の3種類の製品群について紹介します。

### 1) 輸送系通信機器

輸送系通信機器は、ロケットに搭載される通信機器であり、本輸送系通信機器はロケットの打ち上げ時に、地上とロケット間の制御信号の送受信及びロケットの飛行経路の追跡などに使用されます。

### 2) 大型展開アンテナ

大型展開アンテナは、衛星に搭載されるアンテナを折りたたみ式にして大型化することにより、携帯電話やモバイル機器など受信機器の小型化を可能にする技術です。

### 3) 光通信機器

通常の衛星通信は2~30GHzの周波数の電波にて行われていますが、更に周波数が高い光（レーザ）を用いることにより、電波よりも大容量の通信を行うことを目指すのが光通信機器（技術）です。

## 2. 輸送系通信機器

輸送系通信機器（ロケット搭載機器）としては、日本の商業向け主力大型ロケットであるH-II A/Bロケットに搭載されている計測通信系アビオニクス機器があります。

NECが担当している計測通信系アビオニクス機器には、データ収集装置、テレメータ送信機、追尾レーダトランスポンダ及びアンテナ類があります。

データ収集装置は、ロケット内部の各種センサデータの収集を行い、テレメータ送信機は、編集したデータを変調してアンテナを介して地上局に送信します。データ収集装置とテレメータ送信機は伝送データが多いため、ロケットの各ステージに複数の機器を搭載しています。なお、データ収集は、誘導制御計算機と連携して行っています。

追尾レーダトランスポンダは、2次パルスレーダでロケットの位置を正確に測距するために搭載しています。このような背景から、ロケット搭載機器では高信頼性部品だけではなく、一般民生部品の有効活用や年間3機の繰り返し生産により、低コスト化を実現しています。

また、衛星搭載機器と異なり、ミッション時間は短いものの、ロケット飛行中の振動・衝撃環境下で正常に動作することが求められており、随所に耐振対策を施してあります。更に、液体燃料タンクの排気弁近傍に搭載するアンテナ類は、結露対策を施してあります。

また、探査ミッションの衛星を積載するときには、地上局とロケットが直接通信できない時間帯が発生するため、データリレー衛星を中継した通信を実現するための機器もオプションで搭載します。現在開発中である全段固体のイプシロンロケットについても、H-II A/Bロケットである計測通信系機器を有効活用した低コスト化を計画しています。

また、衛星を搭載する商業向けロケットとは別に、各種教育機関の研究を目的にした観測ロケットがあります。観測ロ

ケットは小型ロケットであり、実験スペースをできるだけ確保したいため、アビオニクス機器を統合して省スペース化を実現する装置を開発中です。

現在、NECを除くと輸送系通信機器を担当できるメーカは少なく、今後のロケット開発においても、NECは中心的な役割を期待されています。

### 3. 大型展開アンテナ（LDR）

衛星に搭載されるパラボラアンテナは、地上からの微弱な電波をパラボラ曲面形状の反射面で反射させることによって、給電部に電波を集中させるものです。このうち、大型展開アンテナ（LDR：Large Deployable Reflector）は、折りたたんだ状態でロケットに搭載され、衛星が周回する軌道の上に到達した後に、展開してアンテナ（正確には反射鏡）となるタイプのアンテナです。ロケットの搭載質量及び収納容積の観点からは、より軽量でコンパクトであることが求められます。

一方で、アンテナの大型化は、携帯電話やモバイル機器などさまざまな受信側の機器の小型化を可能とし、より快適なモバイル通信環境を与えます。小さくして打ち上げ、軌道上で大きく展開するLDRは、まさにこれを可能とする技術です。

**写真1**のLDRの単体モジュール写真に示すように、LDRはアンテナの反射鏡を形成する鏡面構造と、鏡面を展開・支持するトラス構造から構成されています。鏡面は、反射鏡として電波を反射するための金属メッシュと、その金属メッシュをパラボラ曲面形状に形成するためのケーブルのネットワークで構成されています。この鏡面は、周波数帯によっても異なりますが、例えばSバンド（2.0～2.5GHz）では、10mを越えるアンテナサイズで形状誤差3mmRMS以下という高い鏡面精度が要求され、製造公差のみならず、軌道上での熱環境や劣化による変形を含めて成り立つ必要があります。

NECは宇宙航空研究開発機構（JAXA）殿との契約の下、技術試験衛星VⅢ型「きく8号」（ETS-VⅢ）に搭載したLDRを開発しました。ETS-VⅢは **図1**の外観図に示すように、外形で約19m×17mのLDRを2翼（受信用と送信用）搭載しています。各LDRは、外形約4.8mのモジュールを14個連結したマルチモジュール構成となっています。ETS-VⅢは2006年に打ち上げられ、搭載されたLDRは宇宙での展開に見事成功し、当初計画されていたすべてのミッション（定常段階）を無事終了しました。軌道上でLDRの展開実績を有するメーカは、世

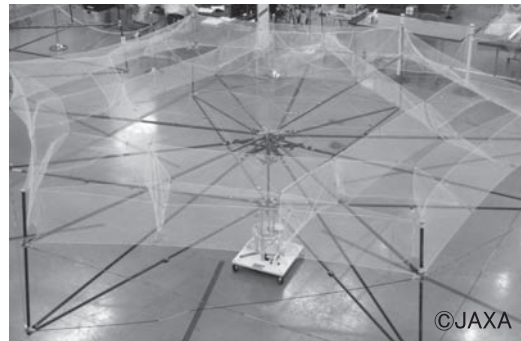


写真1 LDRの単体モジュール

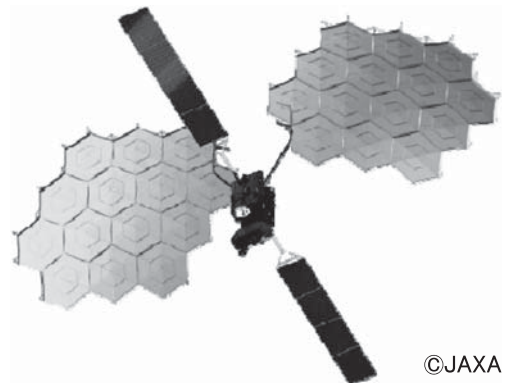


図1 ETS-VIII外観図

界でもNECを含めて数社しかありません。

NECはETS-VⅢでの実績を基に、更に大型で軽量タイプの新たな大型展開アンテナ「VLDR」（Very Large Deployable Reflector）の開発を進めています。このVLDRは、トラスの構造様式を改良し、より広い面積に展開することができる構造となっており、面積密度（LDR質量/LDR面積）において世界最軽量の設計となっています。現在、このVLDRを欧州の地球観測衛星や移動体通信衛星に搭載することを目的として、欧州のメーカと協力して技術検討を進めています。

今後ますます、地球観測や移動体通信などの分野におけるさまざまな衛星利用において、国内外ともにこのようなLDRの需要が増えると期待されています。これまでNECのLDRは国内プロジェクトでの実績しかありませんが、現在開発中のVLDR技術を活用することによって、軽量化・短納期化・低コスト化を更に推し進め、海外市場への参入を目指しています。

## 4. 光通信機器

### 1) 宇宙光通信の特徴

地球観測においては、観測カメラの高分解能化に伴い、観測衛星や観測航空機で撮像した画像データ量は著しく増大します。その大量データを地上へ送る電波通信では、伝送容量（速度）が限界になりつつあり、頻繁な撮影が困難になっています。その限界を解決する大容量・高速の通信を小型・軽量・小電力の装置で実現するのが、レーザー光を用いる光通信機器で、電波（ミリ波やマイクロ波）通信と比べて次の特長を持っています。

- ・ 周波数が高いため（ミリ波は数十GHz級、レーザー光は数万GHz級）、データ容量（速度）を原理的に増やせる。
  - ・ ビームが極細なため送信電力が散開せず無駄なく伝わり、装置を小電力かつ小口径・小型にできる。
  - ・ ビーム視線近傍以外では傍受不能なため秘匿性が高い。
- また、干渉が起りにくく、周波数の煩雑な国際調整が不要で、多数の衛星の迅速開発に有利。
- ・ 極細のビームを合わせる高度な精密捕捉追尾技術が、必須キー技術。

### 2) 宇宙光通信の世界動向とNECの取り組み

キー技術である、高速移動体（例：低軌道衛星は秒速約7km）間で極細レーザービームを互いに合わせる精密捕捉追尾技術については、近年、日本と欧州で宇宙光通信のほぼすべての組合せパターンについて軌道上実証され、基礎実験段階は終了しました（図2）<sup>1)</sup>。実現性が実証されたので、今後の世界的動向は、より大容量化・高速化、より小型化へと進んでいます。

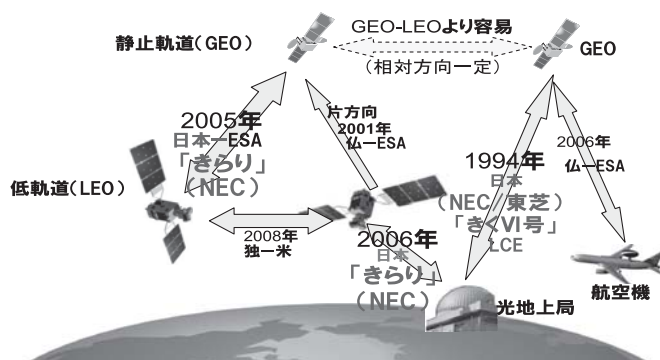


図2 宇宙光通信実験の世界初の成功実績（公表分）

NECは、図2の1994年に高高度衛星と地上間の光通信に世界で初めて成功した実験装置LCE（きくVI号搭載）以来、宇宙光通信機器を開発してきました。その後開発した「きらり」衛星搭載のLUCE（写真2）により、2005・2006年に低軌道衛星と静止衛星、及び地上との双方向通信に世界で初めて成功しました。現在は、より大容量化・高速化（後述のNeFOC）、及び超小型化（後述のSOTA）の研究開発中です。

### 3) 高速(40Gbps)光空間通信システムNeFOCプロジェクト

NeFOC<sup>2)</sup>は、2010年度に開始した総務省殿の情報通信技術の研究開発に係る提案公募案件の「光空間通信技術の研究開発」です。実現を目指すシステムの概要と課題を図3に示します。光空間通信において問題となる大気揺らぎの存在下において、航空機などの移動体から地上へ、40Gbps以上の通信速度を可能とする光空間通信技術を開発する計画です。また、その通信が雲などの遮蔽物により瞬断された場合でも時間ロスなく通信を再開、及び異なる地点にデー

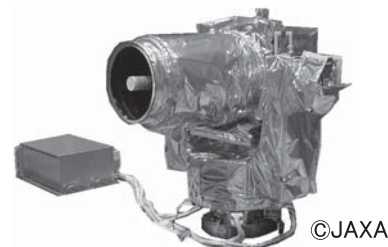


写真2 光衛星間通信実験衛星「きらり」搭載の光通信機器「LUCE」

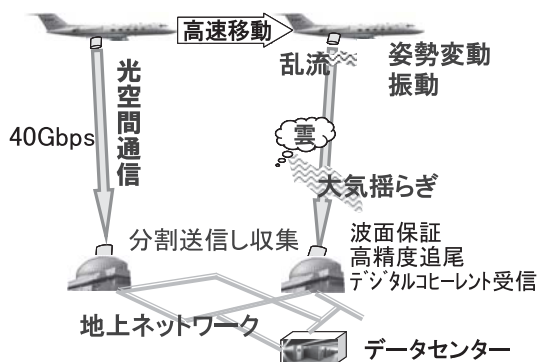


図3 高速(40Gbps)光空間通信システム：NeFOC概要

衛星通信を支える通信技術

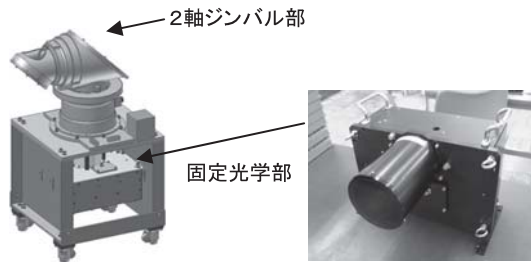


図4 光空間通信用端末光学部



図5 SOTA光学部と捕捉追尾機構の設計結果

タを途中から再送信し、分割されたデータを地上光通信ネットワークを通じてデータセンターへ集約します。回線瞬断や、異種伝送メディアの経路による通信効率の低下に対しては、光空間通信と地上ネットワークを連携・協調させる高効率の伝送プロトコルを開発しています。大気揺らぎによる受光レベルの変動に対しては、デジタルコヒーレント技術と高効率誤り訂正方式を用いた高感度通信方式を開発します。また波面変動や指向角度の変動に対しては、波面補償技術や小型精捕捉追尾技術を用いた安定捕捉追尾システムを開発します。図4に開発中の光空間通信用端末光学部の外観と固定光学部の写真を示します。

4) 超小型光通信端末：SOTAプロジェクト

SOTA<sup>3)</sup>は、2009年度開始の情報通信研究機構（NICT）殿のプロジェクトで、超小型衛星（50kg級）にも搭載できる質量が数kg以下の超小型光通信端末を開発します。超小型化・小電力化を優先のため、データ伝送速度要求を下げたことで必要口径が縮小し、全体の小型化が可能となります。また、ビーム絞り込み要求も緩和される（ビーム幅拡大）

ので指向精度要求が緩和され、捕捉追尾機構は簡略で民生品使用も可能になり、小型化・低コスト化ができます。光学部と捕捉追尾機構の設計結果を図5に示します。数種の送信系と数種の波長（1.55μm、1.06μmなど）を同時搭載します。

5. おわりに

以上、NECの衛星通信に関連する技術の概要を紹介しました。NECは衛星通信分野におけるフロントランナーとして、さまざまな先進的な製品を開発してきました。今後も衛星通信分野での技術/製品開発を推進し、豊かで安心安全な社会の実現に貢献します。

参考文献

- 1) 間瀬一郎ほか、「光宇宙通信の将来」、第53回宇宙科学技術連合講演会、2D14、2009年
- 2) 住友貴広ほか、「宇宙光通信技術への期待」、電子情報通信学会2010年総大会、BI-1-1、2010年
- 3) 豊嶋守生ほか、「超小型光トランスポンダの開発I -開発コンセプトと超小型衛星への適用」、電子情報通信学会2010年総大会BI-1-5、2010年

執筆者プロフィール

山田 慎二  
NEC東芝スペースシステム  
技術本部  
搭載機器1グループ  
グループマネージャー

深藏 英司  
NECエンジニアリング  
モバイルブロードバンド事業部  
第一宇宙開発部  
マネージャー  
電子情報通信学会会員

田畑 稔  
NEC東芝スペースシステム  
技術本部  
熱・機械グループ  
エキスパートエンジニア  
日本機械学会会員

白玉 公一  
NEC東芝スペースシステム  
技術本部  
光学センサグループ  
マネージャー  
電子情報通信学会会員

# NEC 技報のご案内

NEC 技報の論文をご覧くださいありがとうございます。  
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご覧ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

## Vol.64 No.1 宇宙特集

特別寄稿：宇宙ソリューションで社会に貢献する時代へ  
宇宙特集によせて  
宇宙事業ビジョンとロードマップ  
NECのグローバルな宇宙ソリューション事業への取り組み

### ◆ 特集論文

#### ロードマップ実現に向けた取り組み

宇宙技術とIT・ネットワーク技術の融合  
宇宙分野におけるグローバル市場への参入戦略  
「宇宙利用」のためのサービス事業の推進  
先進的宇宙システム「ASNARO」の開発

#### ロードマップの実現を支える技術と製品（人工衛星/宇宙ステーション）

国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう（JEM）」の開発  
金星探査機「あかつき」の開発  
小型ソーラー電力セイル「IKAROS」の開発  
月周回衛星「かぐや」の開発  
地球観測衛星（陸域観測技術衛星）「だいち」の開発  
超高速インターネット衛星「きずな」の開発  
総合宇宙利用システムの普及を促進する小型SAR衛星技術

#### ロードマップの実現を支える技術と製品（衛星地上システム）

衛星運用を支える地上システム  
衛星データの利用を促進する画像処理システム

#### ロードマップの実現を支える技術と製品（衛星バス）

リモートセンシング事業を迅速に立ち上げる標準プラットフォーム「NEXTAR」  
衛星機器を構成する標準コンポーネント

#### ロードマップの実現を支える技術と製品（通信）

衛星通信を支える通信技術  
世界で活躍する衛星搭載用中継機器

#### ロードマップの実現を支える技術と製品（観測センサと応用技術）

観測衛星「いぶき」を支えた光学センサ技術と展望  
全地球上の雨と雲を観測する電波センサ技術  
リモートセンシングデータの向上を実現するSAR画像処理技術  
衛星画像を活用した産業廃棄物監視システム

#### ロードマップの実現を支える技術と製品（基盤技術）

宇宙技術を支える基盤技術や開発プロセス  
月惑星探査を支える軌道計画と要素技術  
宇宙用耐放射線性POL DC/DCコンバータの開発  
宇宙開発向けプリント配線板の認定状況と今後の展開

#### ロードマップの実現を支える技術と製品（誘導制御計算機）

ロケット用誘導制御計算機の変遷と展望

#### 小惑星探査機「はやぶさ」

小惑星探査機「はやぶさ」の開発と成果

### ◆ NEC Information

#### NEWS

NEC C&C財団25周年記念賞表彰式開催



Vol.64 No.1  
(2011年3月)

特集TOP