

# 地球観測衛星（陸域観測技術衛星） 「だいち」の開発

渡辺 暁・平尾 昭博

## 要 旨

本稿では、2006年1月24日に宇宙航空研究開発機構（JAXA）種子島宇宙センターからH-IIAロケット8号機により打ち上げられた「陸域観測技術衛星（ALOS）」の概要、及び打ち上げ後5年間にわたり観測された3つの観測センサ（PRISM、AVNIR-2、PALSAR）の画像が、どのような分野で利用され、また社会公共インフラとして、国民生活及び世界の人々にどのように貢献しているのかを紹介します。

## キーワード

●陸域観測技術衛星 ●ALOS ●PRISM ●AVNIR-2 ●PALSAR ●災害監視

## 1. はじめに

「だいち」（ALOS：Advanced Land Observing Satellite）は、NECが主契約者として開発を行い、2006年1月24日に種子島宇宙センターよりH-IIAロケット8号機により打ち上げられ、現在も観測運用を継続している世界最大級の地球観測衛星です。

「だいち」は、1) 地図作製、2) 地域観測、3) 災害状況の把握、4) 資源探査を目的としており、地球陸域を広範囲かつ高精度に観測する3つの観測センサ（パナクロマチック立体視センサ（PRISM）、高性能可視近赤外放射計2型（AVNIR-2）、フェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ（PALSAR））を搭載しています。この広域・高精度センサによる観測を支える技術として、低熱歪構体、高精度姿勢制御システム、及び高速データ処理・伝送システムを採用しています。また、観測データの位置決定精度向上のための地上処理システムである高精度指向決定システム（PPDS）の開発を行い、高度700kmから観測した地球上の位置を、数mの誤差で決定しています。

一方、利用面では、「地図の作製・更新」「地球環境と開発との調和を図るための地域観測」「国内外の大規模災害の状況把握」「国内外の資源探査」など、社会公共インフラとして利用実証が行われています。

## 2. 「だいち」の概要

### (1) 衛星飛翔外観図、諸元表

「だいち」の外観を 図1 に、主要諸元を 表 に示します。

### (2) 観測センサ

「だいち」には、地表を観測するためのセンサが3種類搭載されています。

#### 1) PRISM

PRISMは、可視域の波長帯で地表を観測するセンサです。標高を含む地形データを取得するために3組搭載され、前方視、直下視、後方視の3方向を同時に観測できます。センサは、2.5mの分解能、観測幅35kmもしくは70kmで地表を観測し、地表の3次元データを取得します。

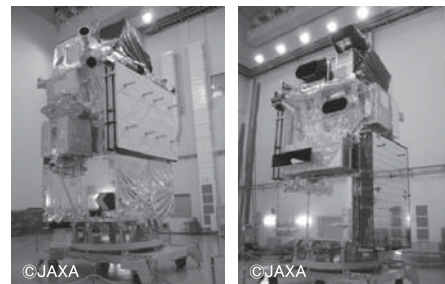
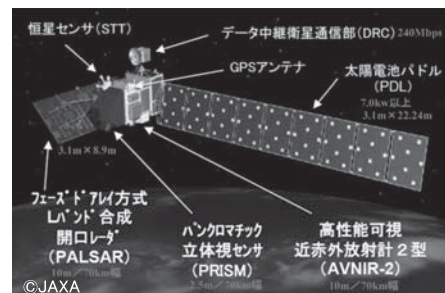


図1 「だいち」の外観図

表 主要諸元

打ち上げ日時	2006年1月24日10:33
打ち上げロケット	H-IIAロケット8号機
衛星本体寸法	約6.2m×3.5m×4.0m
太陽電池パドル	約3.1m×22.2m
PALSARアンテナ	約8.9m×3.1m
打ち上げ質量	約4t
発生電力	7,000W以上(寿命末期)
姿勢制御方式	三軸姿勢制御
軌道	太陽同期準回帰軌道
軌道高度	691.65km
回帰日数	46日
設計寿命	3年以上、5年目標

## 2) AVNIR-2

可視域から近赤外域の波長帯で、地表を10mの分解能、観測幅70kmで観測し、土地の利用状況や植生などを調べるためのセンサです。

## 3) PALSAR

地表に向けて放射したマイクロ波の反射波を観測することで、地形や地質を調べるためのセンサです。このセンサは昼夜や天候に関係なく観測できます。また、このセンサには、観測幅70km、分解能10mで観測を行う高分解能モード、250kmから350kmの広範囲を観測できる広域観測モード、及び多偏波モードの3種類の観測モードを有しています。

## 3. 広域・高精度観測のための採用技術

### 3.1 低熱歪構体

「だいち」に搭載している光学センサの性能や指向制御精度を確保するためには、熱変形を抑えた低熱歪みの構体を開発する必要があります。

熱歪みを抑えるために「だいち」では、主構体に低熱歪素材を採用したトラス構造とすることにより、打ち上げ時の荷重の伝達と軌道上における低熱歪み化を実現しています。

また、極めて高い指向軸精度が要求されるPRISMについては、軌道上での姿勢制御基準となる高精度恒星センサ(STT)とともに、低熱歪材料を使用した剛性の高い光学ベンチと呼ばれる構造体に取り付け、熱歪みを最小限に抑制し

ています。低熱歪構体の開発技術の特徴としては、次のとおりです。

- 1) 炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 積層設計による膨張係数の極小化
- 2) トラス部材間接合部熱変形の大幅低減化
- 3) 温度差による熱変形を抑えるための高熱伝導CFRPの採用
- 4) 宇宙空間での構体からの水分放出による変形を小さくするために、吸湿歪みの少ない樹脂の採用
- 5) 軌道一周回中のトラスの温度振幅を極力小さくして、熱歪を抑制するための熱制御技術の採用

### 3.2 高精度姿勢制御システム

「だいち」のミッションの1つである25,000分の1の地図作製などを行うためには、品質の高い画像の取得とともに、取得した観測画像の地表での位置(緯度、経度、標高)を正確に決定できるようにする必要があり、指向安定度、指向決定精度、及び衛星の位置決定精度を向上させる必要がありました。

「だいち」では、太陽電池パドルの揺れやデータ中継用アンテナ及びAVNIR-2の大型ミラーの駆動に伴う擾乱による姿勢変動を抑制するために、大トルクのリアクションホイールを搭載しています。

更に、データ中継用のアンテナ及びAVNIR-2の大型ミラーを駆動するときには、駆動に伴う角運動量を補償するためにフィードフォワード制御を行い、擾乱による衛星の揺れを抑制しています。この他、地球自転による画像データへの影響を低減して地上での画像処理を容易にするために、衛星のヨー姿勢を地球の自転に合わせて連続的に変更/補正するヨーステアリング運用を実施しています。

姿勢決定精度、指向決定精度を向上させるために、バイアス誤差が極めて少ないSTTを開発し、慣性基準装置(IRU)とともにPRISMと同じ光学ベンチ上に搭載しています。その結果、衛星の内部処理により $3.0 \times 10^{-4}$  degの精度(約700kmの上空から3.6mの精度)で、地上処理を併用することにより $1.4 \times 10^{-4}$  degの精度(約700kmの上空から1.7mの精度)で衛星の姿勢を決定できます。

衛星の位置決定については、2周波搬送波測位型GPS受信機を採用し、地上でGPSデータの処理を行うことにより、1m以内の精度で衛星位置を決定することができます。

### 3.3 高精度指向決定システム (PPDS)

撮像した物の形に歪みがなく、また、絶対位置精度（緯度、経度）の高い高品質な画像を生成するためには、撮像時の衛星位置情報、衛星姿勢情報、及び観測センサの取り付けアライメントの情報が必要です。そのため「だいち」では、これらの情報のうち、衛星姿勢情報による衛星姿勢決定値の算出、及び熱歪みなどにより変動するPRISMの取り付けアライメント値を推定するために、PPDS (Precision Pointing and Geolocation Determination System) を開発しました。このシステムでは、既知な撮像点 (GCP : Ground Control Point) を定期的に観測し、得られた情報からPRISMの取り付けアライメントの軌道周回変動値、1年周期変動値、及び固定バイアス値を継続的に推定し、精度の向上を図っています。

「だいち」のPRISM画像は、このシステムで得られる衛星姿勢決定値、PRISM取り付けアライメント推定値、並びに別システムで算出される衛星位置決定値を利用して幾何補正することにより、GCPが画像内に存在しなくても、直下視：7.8m、前方視：7.8m、後方視：8.7mの絶対位置精度 (RMS) を達成しており、国土地理院殿が実施される25,000分の1の地形図の更新に利用できるレベルとなっています。

### 3.4 高速データ処理・伝送システム

「だいち」に搭載されている3つのセンサは、高分解能センサのため、大量の観測データを発生します。PRISMは3組のセンサで960Mbps、AVNIR-2は160Mbps、PALSARは高分解能モードで240Mbpsの観測データを出力し、合計で1.36Gbpsのデータ伝送量となります。この膨大なデータを地上に効率良く伝送するために、「だいち」ではPRISM及びAVNIR-2データは、オンボードにてリアルタイムでデータ圧縮処理を行い、960Mbpsを240Mbpsに、160Mbpsを120Mbpsに圧縮します。

これらの圧縮された画像データについては、データ中継技術衛星「こだま」を介してKaバンド (26.1GHz) で240Mbpsの伝送レートで送信します。また、Xバンド (8.1GHz) 120Mbpsで地上に直接伝送されます。一方、「こだま」や地上局と通信ができない場合は、データを一時的に記録保持する必要があります。「だいち」では96GBの容量を有した半導体データレコーダを搭載しています。

また、「だいち」では、PRISM、AVNIR-2、PALSARの各

高速画像データを運用要求に応じて多重化し、運用に適合した伝送ルートの切り替え及び設定を行い、効率的な運用が行えるように設計されています。

## 4. 「だいち」のデータ利用例

「だいち」が観測したデータは、さまざまな分野での利用実証が行われており、日本のみならず世界規模での自然、社会、生活、安全を守ることに貢献しています。

### 1) 地図作製

従来日本では、25,000分の1の地形図の更新は、航空機などの画像や測量などによって行われてきましたが、現在では「だいち」のPRISMデータが使用されるようになりました。また、世界全体では、いまだに精密な地図が存在しない地域も多数あり、これらの国の地図作製に貢献しています。同時に、地形データを整備し日々更新することは、万一大規模な災害が発生した際、災害状況の迅速な把握が行えるとともに、救援や復旧対策などを行うためにも不可欠なものとなっています。

### 2) 地域観測

「だいち」の観測データは、継続的に全世界規模で蓄積されているので、地球環境と開発との調和を図る目的でも使用されています。例えば図2に示すように、ブラジル政府へアマゾン域の画像データを提供して、違法伐採の摘発に寄与しています。またこの他にも、植生や動植物の分布調査、耕地の利用状況の把握、農産物の作柄調査、漁場調査やアンデス地域の熱帯水河観測、ナスカの地上絵といった世界遺産の監視など、国内外の機関と連携し、地球環境と開発との調和に貢献しています。

### 3) 災害状況の把握

国内外を問わず大規模災害が発生した場合には、災害発生

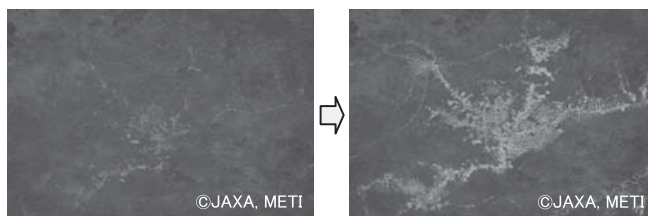


図2 アマゾン熱帯雨林の減少



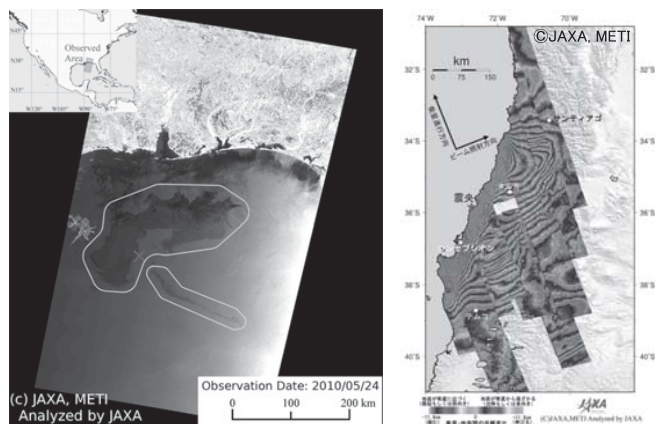


図3 災害観測：米国ニューオリンズ沖合原油流出事故(左)とチリ地震(右)

地域の状況を把握するために、緊急観測が行われます(図3)。「だいち」は定期的に全世界の観測を行っているので、災害前後の画像を比較することで、災害の規模、被災状況の把握に役立つとともに、救援や復旧対策にも貢献します。また、地殻変動の状況把握などを行うことにより、今後の災害対策にも役立てられます。

また、「だいち」は定期的に同一地域を観測するので、火山の状況や海底火山海域を常時監視することにより、噴火の予知にも利用されます。また、冬期のオホーツク海流水の定時観測を行い、海水情報として船舶などに提供され、船舶の安全航行にも貢献しています。

#### 4) 資源探査

PALSARデータやAVNIR-2データを使用して、地形の特徴や植生などを解析することにより、地下に埋蔵されている石油などの未開発の地下資源探査に利用されています。

### 5. NECの事業展開

NECでは、長年の技術蓄積をベースとして、図4に示すPRISM画像データを用いた水平方向10m程度、垂直方向5m程度の精度で3次元標高モデル(DEM: Digital Elevation Model)の作成が可能な画像処理ソフトウェアパッケージの開発を行い、外販を行っています。このソフトウェアパッケージは、政府機関などに採用され国内外の地図作製に役立てられています。

また、PALSARデータのインターフェロメトリ(干渉)処

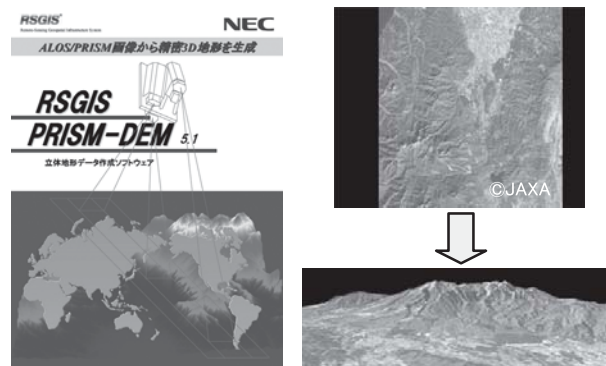


図4 妙義山の3次元画像処理例(鳥瞰図)

理によりガス田地域の地盤変動を検出し、ガス採取が環境や施設に与える影響を監視する研究を、財団法人資源・環境観測解析センター(ERSDAC)殿の指導の下に行っています。

このように、新たな分野、新たな国、機関への利用拡大と事業開拓を進めています。

### 6. おわりに

「だいち」の軌道上運用は目標寿命である5年に達していますが、現状、衛星の健康状態は良好であり、残りの燃料も十分な量があることから、今後も長期にわたり観測を継続できる見込みです。

「だいち」については、日本のみならず全世界規模での自然、社会、生活、安全を守る社会公共インフラとして引き続き貢献するとともに、NECが今後展開する“統合宇宙利用システム”の一端を担えるように、今後とも継続的かつ安定的な運用を支援していきます。

#### 執筆者プロフィール

渡辺 暁  
航空宇宙・防衛事業本部  
宇宙システム事業部  
シニアマネージャー

平尾 昭博  
NEC航空宇宙システム  
宇宙・情報システム事業部  
第一技術部  
マネージャー

# 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