

# 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

木村 恒一・藤村 卓史・小野 清伸

## 要 旨

合成開口レーダは天候に左右されず、昼夜を問わずに地表を観測することが可能なため、近年ニーズが高まっている画像センサです。NECではこれまで蓄積してきたSAR技術、宇宙機設計技術、及び小型標準化技術を活用して、SARによる地球観測サービスを高性能・低価格・短納期で提供するため、500kg級の小型SAR衛星の開発に取り組んでいます。小型SAR衛星のシステム概要、開発手法、及び地球観測データサービスのグローバル展開構想について紹介します。

## キーワード

- レーダ
- SAR
- 合成開口レーダ
- 小型衛星
- 地球観測
- リモートセンシング
- ASNARO
- NEXTAR
- アンテナ

## 1. まえがき

合成開口レーダ（SAR：Synthetic Aperture Radar）は、電波を使用して地表の画像を得るレーダです。光学センサ画像と同等な分解能を得るために、SARでは航空機や人工衛星にアンテナを搭載し、これら機体の移動とともに電波の送受信を繰り返し、上空に大きな開口アンテナを仮想的に作り出しています。このことから“合成開口”レーダと呼ばれています。

SARは、アンテナからマイクロ波を照射して地表からの反射波を観測する能動センサのため、雲や噴煙を透過し、昼夜を問わずに観測することができます。この特長から、地球観測や監視の用途にSARのニーズが近年高まっており、海外の商用衛星による観測サービスが展開され始めています。

本稿では、このようなSARによる地球観測サービスを高性能・低価格・短納期で提供することを目指す、500kg級の小型SAR衛星の開発について示します。

## 2. 開発の背景

### 2.1 NECにおけるSAR開発実績

NECは、1970年代からSAR画像処理ソフトウェア開発の自主研究に着手し、1992年には、自社保有の研究開発用に、日本初の航空機搭載SAR「NEC-SAR」を開発しました<sup>2)</sup>。1996年には、その成果を生かして情報通信研究機構（NICT）

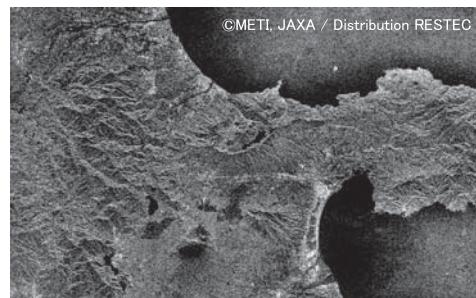


図1 「PALSAR」観測画像（伊豆半島～富士山）

殿・宇宙航空研究開発機構（JAXA）殿の航空機搭載SAR「Pi-SAR」を、更に2008年にはNICT殿向け後継機として高分解能SAR「Pi-SAR2」<sup>2)</sup>を設計・製作しています。

また、人工衛星搭載SARとしては、「Pi-SAR」の技術を応用して、JAXA殿と資源探査用観測システム・宇宙環境利用研究開発機構（JAROS）殿向けに、人工衛星「だいち」（ALOS）に搭載された「PALSAR」の開発を行いました。

「PALSAR」は、2006年の打ち上げ以来、現在にいたるまで、良好なSAR画像を提供し続けています（図1）。

この他にも多くのSARセンサ、SAR画像処理システムを開発・納入しています。

### 2.2 開発動機

SARは天候に左右されず、昼夜を問わない観測が可能なこ

とから、地球観測や監視の用途にSARのニーズが近年急速に高まっており、カナダの「RADARSAT」、ドイツの「TerraSAR-X」、イタリアの「COSMO-SkyMed」など、海外の商用衛星による観測サービスが展開され始めています。

NECはこれらのニーズをとらえ、小型の光学センサ衛星「ASNARO」に続き、低価格で小型の高分解能SAR衛星の開発に取り組んでいます。

### 3. 小型SAR衛星システム

#### 3.1 衛星の構成

小型SAR衛星のイメージ図を図2に、その構成を図3に示

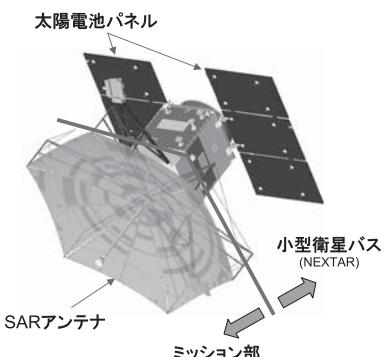


図2 小型SAR衛星のイメージ図

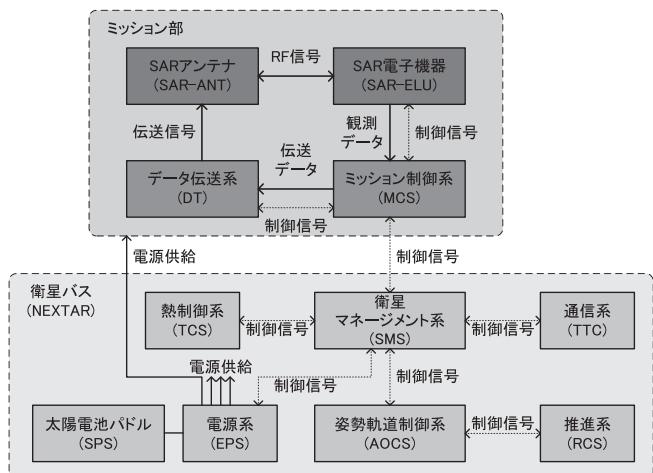


図3 小型SAR衛星の構成

します。小型SAR衛星は、衛星バスとミッション部に大別されます。衛星バスは、第4章に示すように小型標準衛星バス「NEXTAR」(NEC Next Generation Star)を使用します。ミッション部は、観測センサであるSARのSARアンテナとSAR電子機器、及びミッション制御系、データ伝送系により構成されます。

SARは、SAR電子機器で発生された送信RF信号をXバンド(9GHz帯)のマイクロ波でSARアンテナから送信し、地球表面で反射された電波を同じSARアンテナで受信した後、SAR電子機器で受信RF信号の増幅・周波数変換・復調・サンプリングを行い、サンプリングされた観測データをミッション制御系内のデータレコーダに記録します。観測データを地上へ伝送する際は、データレコーダに記録された観測データを再生し、データ伝送系において変調・増幅した後、SARアンテナから地上局へ伝送します。SARの観測に使用するアンテナと、地上へのデータ伝送に使用するアンテナを共用することで、衛星全体の小型化を図っています。

#### 3.2 主要諸元

小型SAR衛星の主要諸元を表に示します。

小型SAR衛星では、周波数帯域が9GHz帯のXバンドの電波を使用して、1m以下の高分解能を実現します。周波数帯としてXバンドを選定した理由は、高分解能が実現可能であること、アンテナの小型化が比較的容易であること、天候によらない観測が実現可能であることの3点です。

SARの高分解能化には広い周波数帯域を使用する必要があ

表 小型SAR衛星主要システム諸元

項目	値
搭載センサ	SAR
センサ周波数帯	Xバンド(9GHz帯)
観測モード	スポットライト ストリップマップ
最高分解能	1m以下
ポイントティング機能	左右視切り替え機能あり
データ伝送速度	800Mbps以上
データ伝送周波数帯	Xバンド(9GHz帯)
高度	約500km
衛星質量	500kg級

## 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） 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

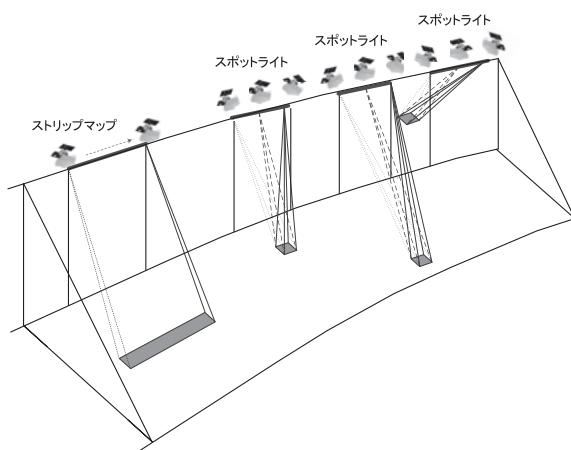


図4 小型SAR衛星の観測運用

りますが、電波の使用割当規則や比帶域の観点から、1m以下の分解能を実現するためには、Xバンドのように高い周波数を選定する必要があります。また、周波数が高いと、アンテナビームを絞って高いアンテナ利得を実現できるため、アンテナを小型化することが可能です。一方、周波数がXバンドよりも高いKuバンド（13GHz帯）やKaバンド（35GHz帯）では、雨や雲の影響を受けやすく、光学センサと比べてSARのメリットである全天候性が損なわれます。以上からXバンドを採用しました。

観測モードは、局所的に狭い範囲で1m以下の最高分解能で観測を行うスポットライトモードと、帯状に観測を行うストリップマップモードを有します（図4）。更に、衛星の進行方向に対し、観測方向を右側と左側に切り替えて観測する機能を有しています。

観測データは、Xバンド帯を用いて800Mbps以上の高速で地上へ伝送されます。衛星の高度は約500kmを標準として設定しています。衛星質量は、300kg級の小型衛星バス「NEXTAR」に、第4章に示す小型化技術を適用して開発する200kg級のミッション部を搭載することで、500kg級を目標として開発します。

### 4. 開発手法

本章では、小型SAR衛星の小型・軽量・高性能化を実現する開発手法について示します。図5に示す手法により、小型

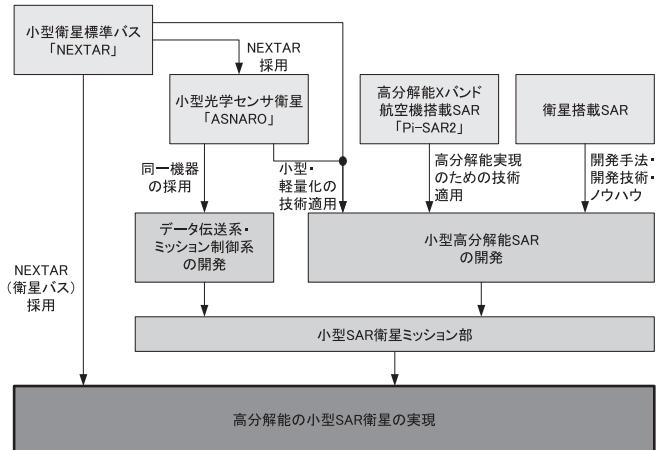


図5 小型SAR衛星の開発の流れ

SAR衛星の開発を行います。

#### 4.1 SARアンテナ・SAR電子機器以外の部分の開発

SAR衛星は、SARの観測及び地上へのデータ伝送を担当するミッション部と、衛星全体を司る衛星バスの2つに分けられます。

NECは、2007年度より500kg級小型衛星の標準衛星バスとして、バス質量300kg級の「NEXTAR」の開発を開始しています。「NEXTAR」は小型光学センサ衛星「ASNARO」でも採用されており、小型SAR衛星にも「NEXTAR」を採用し、衛星バスの短期開発・低価格を実現し、200kg級ミッション部と組み合わせることで500kg級の小型SAR衛星を実現します。

「ASNARO」のミッション部は、光学センサ、データ伝送系、ミッション制御系より構成されています。小型SAR衛星のミッション部は同じく、SARとデータ伝送系、ミッション制御系より構成されますが、データ伝送系とミッション制御系に、「ASNARO」と同じコンポーネントを採用することで新規開発要素を最少化し、短期開発・低価格・小型化を実現します。

#### 4.2 小型衛星用SARの開発

新規開発となるSARについては、次の技術実績に基づくノウハウ・技術力を結集して開発を行います。すなわち、大型

衛星用SAR（「PALSAR」など）、高分解能航空機搭載SAR「Pi-SAR2」、更に数々の衛星及び各種合成開口レーダと、その画像処理まで含む総合システムの技術実績です。

小型衛星用SARの高分解能及び短期開発の実現には、「PALSAR」及び「Pi-SAR2」の技術を活用します。「PALSAR」は、同じ周波数の航空機SAR「Pi-SAR-L」（「Pi-SAR」のLバンド（1.3GHz帯）部分）の技術を活用して、衛星搭載化を図ることで開発しました。今回開発するSARでも「Pi-SAR2」の技術を活用し、衛星搭載化を行うことで高分解能と短期開発を実現します。特に、1m以下の高分解能を実現するために必要となるXバンド（9GHz帯）の高周波技術・広帯域回路設計技術、更に、スポットライトSAR観測技術を適用して開発を行います。

小型衛星用SARの小型・軽量化のためには、「NEXTAR」や「ASNARO」、及び大型展開アンテナ（LDR）の技術を活用します。「NEXTAR」及び「ASNARO」では、小型・軽量化のために、高密度実装や高速信号インターフェースなどの技術を採用しています。

特に、小型SAR衛星の実現のためには、アンテナの小型・軽量化が重要です。今回開発する小型SAR衛星では、高機能観測を追求するよりも、むしろニーズの高い高頻度・高分解能の観測を低価格・短納期で提供するため、高機能であるが複雑・高価・重質量のフェーズドアレイに代えて、シンプルで軽量・安価なパラボラアンテナを採用します。このパラボラアンテナの確実な開発には、大型展開アンテナ（LDR）の技術を活用します。

以上の高分解能と小型・軽量化を実現するためのキー技術の評価・確認のために、広帯域化と小型化が必要な信号発生処理装置と、パラボラアンテナ採用のために必要となる高出力增幅部の部分試作を行っています。信号発生処理装置の開発には、前記の航空機SARの広帯域回路設計技術と小型衛星用高密度実装技術を適用しています。

## 5. むすび

NECはこれまで蓄積してきたSAR技術、宇宙機設計技術、及び小型化技術を活用して、高性能・低価格・短納期の小型SAR衛星を開発します。小型SAR衛星は、小型光学センサ衛星とともに小型標準衛星バス「NEXTAR」を採用し、衛星運用から地上観測画像利用まで含めた共通基盤に基づく小型地

球観測衛星シリーズのラインアップを構成します。

小型地球観測衛星シリーズのラインアップ整備により、SAR画像と光学センサ画像、他のセンサ画像を組み合わせ、地球観測データサービス（データ販売・利用応用）を事業化するとともに、これら小型地球観測衛星を用いた統合宇宙利用システムを新興国の社会インフラシステムとして提案し、グローバル市場への展開を目指します。

### 参考文献

- 1) H. Nagata, H. Shinohara, M. Murata, M. Miyawaki, H. Shinme, M. Sugawara, H. Totuka, Y. Ohura and H. Nohmi, "The NEC Inter-ferometric SAR system "NEC-SAR" , IGARSS, 1996
- 2) NICTプレスリリース、"世界最高の分解能の航空機搭載映像レーダを開発"  
<http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h22/100721/100721.html>

### 執筆者プロフィール

**木村 恒一**  
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  
兼 誘導光電事業部  
グループマネージャー  
IEEE会員

**藤村 卓史**  
航空宇宙・防衛事業本部  
宇宙システム事業部  
エキスパートエンジニア  
兼 誘導光電事業部  
エキスパートエンジニア  
電子情報通信学会員

**小野 清伸**  
航空宇宙・防衛事業本部  
宇宙システム事業部  
兼 誘導光電事業部

# NEC 技報のご案内

NEC技報の論文をご覧いただき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一読ください。

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