

先進的宇宙システム「ASNARO」 の開発

小川俊明

要旨

ASNAROは経済産業省殿、無人宇宙実験システム研究開発機構（USEF）殿と新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）殿との委託契約により開発中の、小型地球観測衛星です。この衛星は単なる技術衛星ではなく、将来2機目、3機目を世界各国に輸出することを目標に、さまざまな最新技術を導入して小型化・標準化を実現し、市場競争力の高い小型・高性能・低価格な衛星を開発することを目的としたものです。

キーワード

- 地球観測衛星
- 小型化
- 標準化
- 低価格化
- グローバル市場への展開

1. 背景

宇宙システム事業部では経済産業省殿、USEF殿、NEDO殿との委託契約により「小型化等による先進的宇宙システム」（ASNARO：Advanced Satellite with New system ARchitecture for Observation）を開発しています。

NECでは、これまで「はやぶさ」や「あかつき」など、科学技術分野で多くの小型衛星（500kg前後）の実績がありますが、世界の商用市場に展開可能な地球観測・通信分野では「だいち」「きずな」など、多機能・高性能の大型衛星（数tクラス）の開発が主流です。商用衛星市場では欧米諸国の衛星がほぼ100%に近いシェアを確保しており、たとえ高い技術・信頼性を持っていたとしても、新規参入には高いハードルがあります。しかしながら小型衛星の分野では、アジア・アフリカ・南米諸国などで低価格の衛星を保有したいという要求が増え、低価格で調達可能な小型衛星の需要が急速に高まっています。

ASNAROはこのような市場背景を念頭に、さまざまな最新技術、小型科学衛星の「小型化」の技術を導入・発展させ、「軽く」「安く」「短納期」という小型衛星の特徴を維持しつつ、更に大型衛星の「多機能」「高性能」を実現することにより、市場競争力の高い低価格・短納期の小型地球観測衛星を開発することを目的としています。

更に、今までは観測目的（ミッション）に応じて、衛星システム全体が最適となるように最初から衛星を設計する方式

でしたが、衛星全体の設計を見直すのではなく、共通で使用される共通部（バス部）の標準化を行い、ミッションが変わったとしてもバス部はそのまま使用する、という開発方式に変更しました。例えばASNAROでは高解像度の光学センサを有していますが、電波センサによる観測衛星に対しては、バス部とミッション部のインタフェースを標準化しているため、ミッション特有の要求に対してバス部の変更を最小限に抑えることにより、短納期・低価格が実現可能となります。

本稿では、ASNAROプロジェクトの概要と小型標準バス「NEXTAR」開発を通じた小型化・標準化への取り組みについて論じています。

2. ASNAROの概要

ASNAROは、500km程度の低軌道で地球を周回する総質量500kg未満の小型地球観測衛星です。ASNAROのミッションは高解像度の光学センサによる地表の光学観測で、海外の1～2tクラスの商用地球光学観測衛星に匹敵する地上分解能（GSD：Ground Sampled Distance）0.5m未満を目指して開発が進められています。

ASNAROは2012年に打ち上げられ、日本国内外の地上局を利用して3年間運用する計画です。ASNAROはバス部とミッション部に大別され、バス部はNEC小型標準バス「NEXTAR」として開発が進められており、ミッション部は地表を撮像するカメラを搭載した光学センサ系、カメラや通

信系・姿勢の制御及び撮像した画像の保存を行うミッション制御系、地上局を追尾して画像データを地上に伝送する直接伝送系の3つのサブシステムに分類されます。ASNAROの外観を 図1 に、システム諸元を表1 に示します。

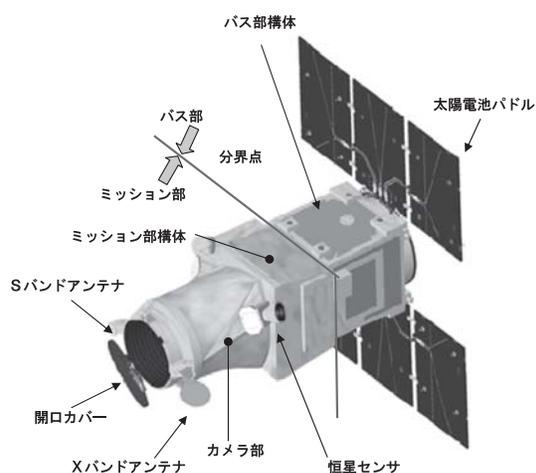


図1 ASNARO外観

表1 ASNAROシステム諸元

項目	内容
ミッション	
- 光学センサ	パンクロ/マルチー体型 分解能: 0.5m以下 (Pan、高度504km) 観測幅: 10km
- データ記憶量	120GB以上
- データ伝送	Xバンド 16相QAM、約800Mbps
撮像範囲	直下±45degのコーン内
アジリティ	45deg/45秒 (平均 1deg/秒)
打ち上げ	2012年度 (予定) 国産のイプシロンロケット、H-IIA、海外のDnepr、Rockotなどの主要ロケットに適合
軌道	太陽同期準回帰軌道 (高度504km) 軌道傾斜角: 97.4° 降交点通過太陽地方時刻: 11時
地上局	国内商用地上設備及び可搬局、海外局を想定
運用期間	3年以上 (目標5年)
質量	・バス 250kg (推薬除く) ・ミッション 200kg (最大搭載可能質量) ・推薬 45kg (最大搭載可能質量) <TOTAL> 495kg
電力	発生電力 : 1,300 W (3年後) ミッション供給電力: 400 W

3. 小型標準バスNEXTARの小型化・標準化への取り組み

ASNAROのバスは宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 殿と宇宙科学研究所 (ISAS) 殿の科学衛星の設計思想に基づいて開発中のNEC小型標準バス「NEXTAR」を使用します。このバスは、衛星のバス部とミッション部が構造・熱・電氣的に独立するように設計されており、ミッションとバス間のインタフェース条件を標準化することにより、バス側は設計変更せずに複数のミッションへの対応が容易に可能となるように考えられています。このNEXTARの形状を 図2 に示します。

図3 に標準バスNEXTARの応用例を示します。(a)はASNAROで採用された高解像度の光学カメラを搭載した光学センサ衛星です。(b)はレーダ技術を使った合成開口レーダ (SAR) センサを搭載した事例で、光学センサでは観測できない曇りや夜間の地表の観測が可能です。(c)は観測した光を非常に多くの波長に分解して観測可能なハイパースペクトルセンサ、(d)は熱源から発生する赤外線を観測する赤外線センサを搭載した事例です。

どの衛星でも共通となるバスを標準化することにより、搭載機器の共通化・量産化が可能になり、搭載機器の作り置きが実現します。加えて、製造試験手順の標準化などにより、大幅なコストダウンとリードタイム削減が可能となります。

また、NEXTARの標準化技術の導入例として、欧州・米国・日本・ロシアを主として国際標準化が進められた組込み

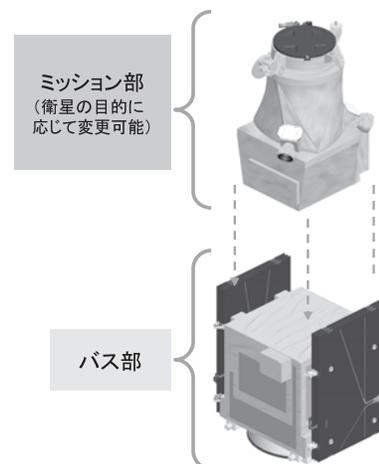


図2 標準バスNEXTARの形状

ロードマップ実現に向けた取り組み
先進的宇宙システム「ASNARO」の開発

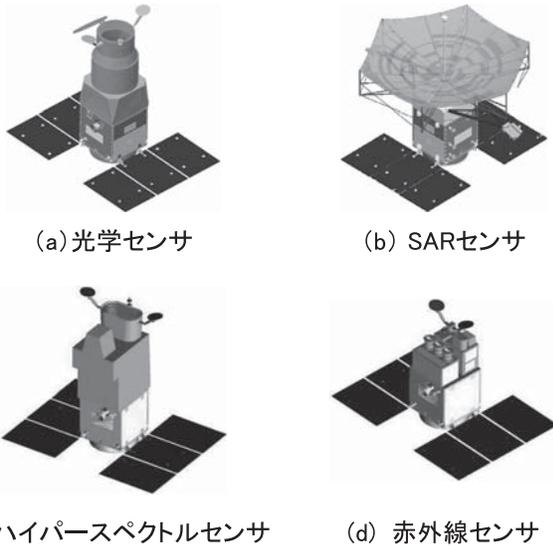


図3 標準バスを用いた観測衛星の事例

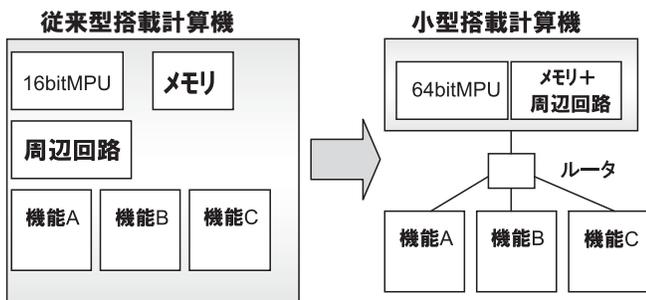


図4 SpaceWireネットワーク技術の採用

ネットワーク規格であるSpaceWire RMAP (Remote Memory Access Protocol)を採用し、衛星内部のデータ制御の標準化を行っています。従来の衛星では、搭載計算機はCPUボードに加え、データ制御・姿勢制御・ミッション制御と目的に見合った機能を追加して衛星ごとに異なる計算機を開発していました。NEXTARでは計算機を標準化し、バスとして必要な機能はネットワーク全体で実現するという方式に変更しました(図4)。

この結果、従来データ制御・姿勢制御・ミッション制御と3台の異なる計算機で実現していたものが、共通の小型計算機「Space Cube2」1種類で実現することが可能となり、衛星の小型化・低価格化に貢献しています(図5)。

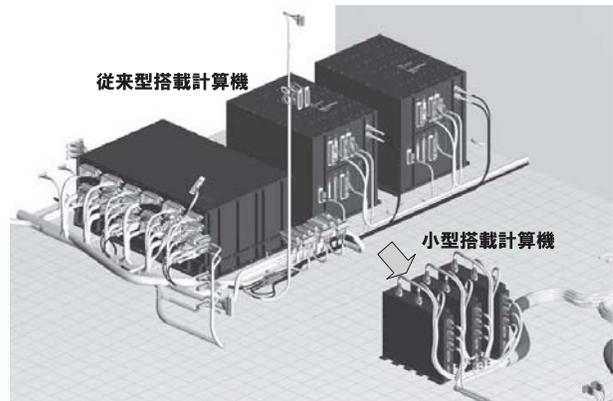


図5 NEXTARにおける小型搭載計算機の採用

4. ASNAROミッション部の小型化への取り組み

ASNAROのミッション部は、高解像度の光学センサとデータレコーダ、Xバンド伝送系などをミッション機器として備えています。高度504kmから撮像された光学画像はデジタル信号に変換され、120GB(寿命末期)のフラッシュメモリデータレコーダに非圧縮で蓄積されます。蓄積された画像データは、16QAMという最新の変調方式により変調され、Xバンド(8GHz帯)に周波数変換されます。最終的には2軸ジンバルを備えた指向性Xバンドアンテナによって、800Mbpsという高速のデータレートで地上局へ伝送されます。

表2に示すとおり、ASNAROは500kg程度ながら数t級の衛星に匹敵する性能を実現するために、さまざまな新規技術を導入しています。

(1) NTSICミラーの採用

従来の光学衛星では、カメラ(望遠鏡)の主鏡の素材としてガラスを採用するのが一般的でしたが、ASNAROではガラス素材に比べ、軽量・高強度・低熱ひずみの炭化ケイ素(SiC: Silicon Carbide)を改良した高強度反応焼結SiC(NTSIC: New-Technology Silicon Carbide、NEC東芝スペースシステム社と東芝で共同開発)を採用しています(写真)。NTSICは通常のSiC素材より更に強度が高く、表面は緻密で気孔が無いという特徴を持っています。

(2) フラッシュメモリの採用

従来の光学観測衛星では、観測データを記録するデータレコーダのメモリには、高速処理が可能で高い信頼性を持つ

表2 各国の商用衛星とASNAROの性能比較

	ASNARO	WorldView-2	GeoEye-1
	2012(予定)	2009	2008
打ち上げ年、外観			
開発国	日本	アメリカ	アメリカ
軌道	504km 太陽同期	770km 太陽同期	684km 太陽同期
寿命	3年	7.25年	7年
衛星質量	500kg未満	2,800 kg	2,000 kg
センサ分解能 (GSD)	0.5m未満(Pa) 2m未満(Mu)	0.46m(Pa) 1.84m(Mu)	0.41m(Pa) 1.65m(Mu)
センサ観測幅	10km	15.8km	14.4km
データレート	832Mbps	800Mbps	740Mbps

*Pa:パナクロマチック(白黒画像)/Mu:マルチバンド(カラー画像)

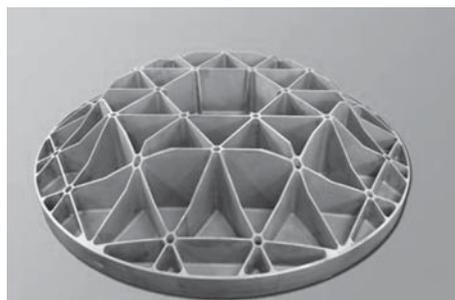


写真 NTSIC素材を採用したASNARO主鏡

SD-RAMを使うのが主流でした。ASNAROでは、SD-RAMと比較して低発熱・低消費電力・低価格、同サイズで大容量のフラッシュメモリを採用し、データレコーダの小型化・軽量化・低価格化を実現しています。

(3) 16QAM方式の採用

従来の光学観測衛星では観測データを伝送する場合、QPSKという変調方式を使うのが主流でした。これは1シンボルで2ビットの情報を伝送できる方式で、利用する8GHz帯の周波数帯域の制約により、400Mbps程度が限界でした。大型衛星では、400Mbpsの通信機器をアンテナを含め2系統搭載して800Mbpsのデータ伝送を実現しています。

ASNAROでは、1シンボルでQPSKの2倍となる4ビットを伝送可能な16QAMという方式を採用し、通信機器1系統で大型衛星と同じ800Mbpsの伝送を実現し、小型化・軽量化・低価格化を図っています(図6)。

QPSK変調方式で800Mbps以上の伝送を行った場合の機器構成

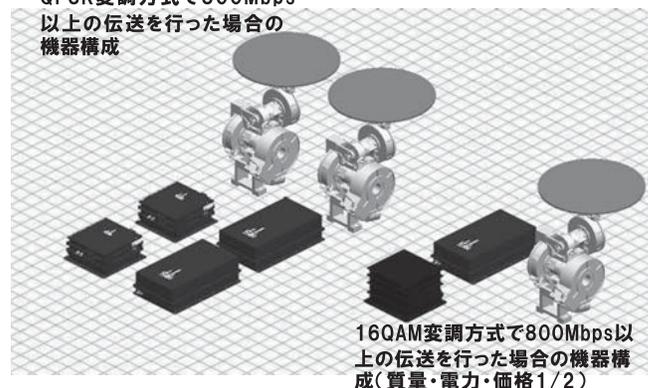


図6 ASNAROデータ伝送系の機器構成

5. おわりに

本稿では、ASNAROの概要並びにASNAROの目的である市場競争力の高い、高性能・低価格を実現するための小型化・標準化の技術の一部を紹介しました。現在、ASNAROの2012年度打ち上げを目指して、衛星システムの製造・試験が進んでいます。世界中から注目されるASNAROという製品を確実に開発し、2機目、3機目の受注並びに海外への輸出に向けた活動を引き続き推進します。

更にNECでは、ASNAROや標準バスNEXTARをコアとした宇宙ソリューションパッケージの開発を進めています。このパッケージには、地上局(衛星管制局やデータ受信局)やTT(Technical Transfer:教育や技術支援など、ユーザに対する技術支援全般)などが含まれますが、これらについても標準化・メニュー化を進め、お客様の要望に沿ったソリューションを、より早く、より安価に提供できるよう努めてまいります。

*Space Cubeは、独立行政法人宇宙航空研究開発機構とシマフジ電機株式会社の共同登録商標です。

*NTSICは、NEC東芝スペースシステム株式会社と株式会社東芝の共同登録商標です。

執筆者プロフィール

小川 俊明
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

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