



# 衛星の標準バスのつくりかた

## —小型衛星「NEXTAR」の事例を中心に—

川口昭良 (NEC)  
牟田 梓 (NEC)

### 衛星開発の仕方

#### ◆ 従来の衛星のつくりかた

人工衛星は衛星ごとに別々の目的（たとえば、気象観測や深宇宙探査、衛星放送など）を持っている。そして、その目的に応じて1基ずつオーダーメイドで設計されていた。

衛星に要求される機能・性能が異なるため、必要とされる衛星搭載機器の機能・性能も衛星ごとにより変わり、機器の大きさも実装されるソフトウェアも衛星によって別物となっていた。

オーダーメイドでつくられる要因としては、人工衛星の機数が少なく開発に時間がかかるので、量産化の視点を持ちづらいため、打ち上げロケットの搭載可能質量には上限があり、その中で最高の性能を出す衛星をつくるためにはそれぞれの衛星ごとに最適化しなければならないこと、などが挙げられる。

このように開発していく人工衛星は、開発に時

間を要し、開発にかかる費用も高額になる。また、衛星全体には数10～100台以上の機器が搭載され1つのシステムとして構築されるため、衛星システム全体を把握するのは困難である。したがって、全体を理解し真のトラブル対応が可能なのはプロジェクトメンバーでも、ほんの一部の経験豊富な人間に限られていた。

#### ◆ 今後の衛星のつくりかた

近年では、上記で挙げたような衛星のつくりかたを見直す動きが活発化している。衛星を1基ごとにオーダーメイドで開発するのではなく、共通化できる部分は共通化して、コストの低減や納期を短縮化しようという試みである（図-1）。共通化により衛星ごとに固有な部分が少なくなるので、全体を把握しやすくなるというメリットも挙げられる。

衛星の共通化できる部分（さまざまな機器が搭載され車のバスのように相乗りする『箱』）のことを『標準バス』と呼ぶことにする。共通化する動きは、PCや車などの業界ではすでに導入されている概念であり、言い換えれば、宇宙産業業界に『標準バス』を導入することは、衛星が国を相手とする高級な一品物から、ある程度の企業ならば、カスタマイズしながら購入できるカタログ品にしていくために必要なプロセスであるといえる。

本稿では、衛星の標準バスのつくりかたについて、当社／

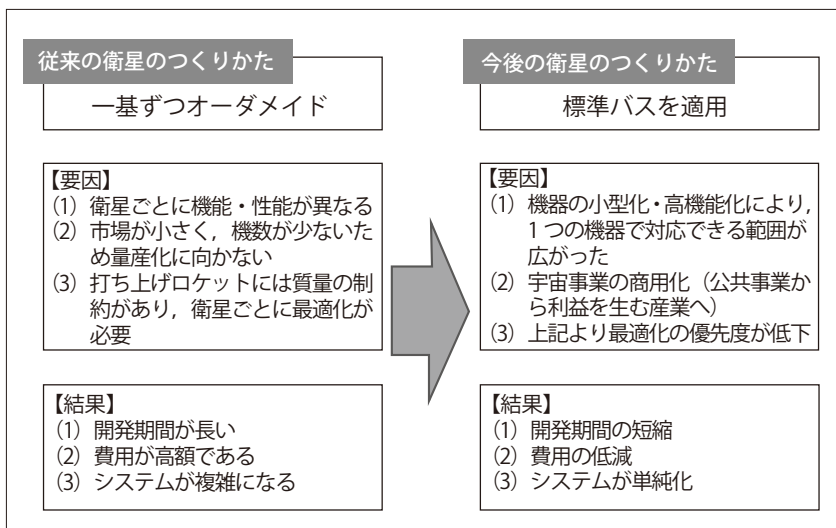


図-1 衛星のつくりかたの新旧比較

構成	概要
ミッション系	衛星の目的を遂行 (光学カメラ, レーダ, 望遠鏡など)
データ処理系	各種データ処理を行う
通信系	地上との通信を行う
姿勢制御系	衛星の姿勢と軌道を制御する
電源系	各機器へ電力を供給する
推進系	姿勢軌道制御に使用する推力を発生する
熱制御系	衛星の温度環境を制御する
構造系	機器を収納し, 打ち上げに耐える

→ この部分をバスシステム部と呼ぶ。  
標準化したバスシステム部を「標準バス」と呼ぶ。

表-1 衛星システム必要機能

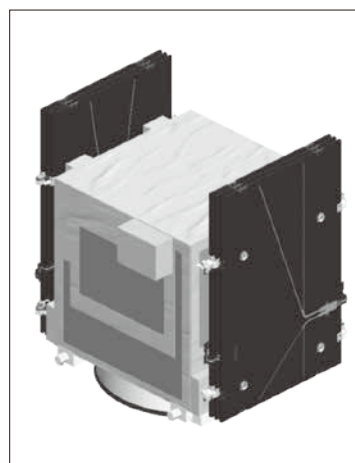


図-2 NEC 小型標準バス NEXTAR (本特集 (p.758) にてカラー画像掲載)

NEC の標準バス「NEXTAR: NEC Next Generation Star」を例にとって, 紹介する。

## 衛星の標準バスのつくりかた

### ◆ 衛星以外の分野での標準バス

すでに成功している自動車の例を見てみる。自動車の場合, どの車にも必要なエンジンやブレーキ機構などが共通化できる部分であり, 標準になっている。車のボディや内装などのデザインを変えることで, 根幹となる標準部分の設計を変更することなく, さまざまな車種をつくり出し, 顧客の幅広いニーズに応えることに成功している。

### ◆ 衛星の標準化

#### 衛星に必要な機能

衛星でも自動車と同じことが可能である。衛星に必要な機能を表-1 に示す。

#### 衛星システムの標準化

前項で挙げた機能を標準化する。

衛星1つ1つを最適設計すると, 機器やソフトウェアは別々のものとなるが, ターゲットとする衛星を絞りその使い方を想定すると, 最大公約数の機能を共通化することができる。これを『標準バス』とする。

衛星ごとに, 必要な電力量や, 衛星の姿勢制御 (たとえば地球を向いていれば良いのか, 宇宙空間を向

くのかなど) は異なるので, そういった部分はいくつかオプションを用意したり, ソフトウェアの変数を変更したりすることで対応する。

機器に実装されるソフトウェアは, 衛星ごとに異なる要求に対応しつつ共通化を図るため, よく使われる機能についてはモジュール化/パラメータ化し, その組合せによって, 衛星システムを構築する。

#### NEXTAR バス概要

NEC の小型標準バス「NEXTAR」は, 衛星のバスシステム部とミッション系が構造・熱・電氣的に独立するように設計されており, ミッション系とバスシステム部間のインタフェース条件を標準化することにより, バスシステム部側は設計変更せずに複数のミッション系への対応が可能である。NEXTAR の形状を図-2 に示す。

#### 電氣的インタフェースの共通化

NEXTAR の標準化技術の1つとして, 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ネットワーク規格である SpaceWire がある。

標準化された汎用計算機とデータネットワークおよびルータを基幹部とし, そこに周辺機器を Plug & Play で接続し, ハードウェア, バスの設計変更なしに機器の増減が容易に設計可能となる。衛星の各種制御機能はソフトウェア化して汎用計算機上で動作させる。これにより, 衛星を PC / 自動車と同様のモジュールアーキテクチャ製品にすることが可能となった。

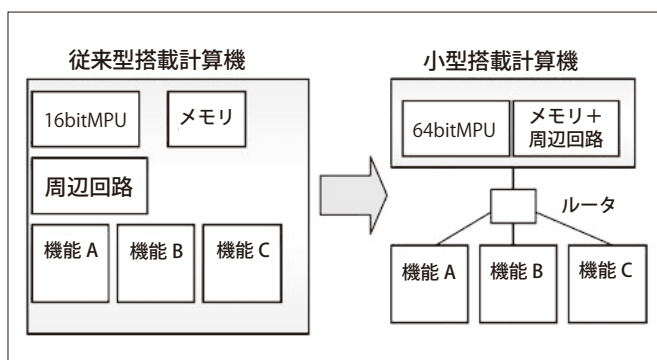


図-3 SpaceWire ネットワーク技術の採用

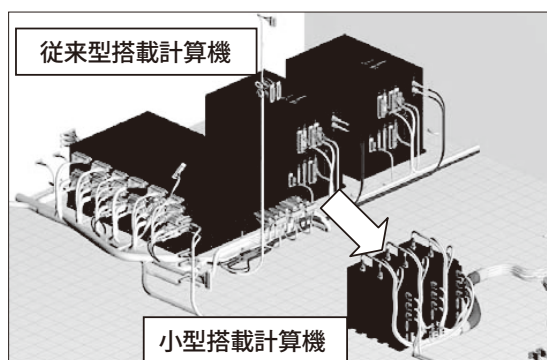


図-4 NEXTARにおける小型搭載計算機の採用の効果

この結果、機器配置の自由度が高まり、衛星全体の小型化も実現した(図-3, 図-4)。また、従来異なるハードウェア(計算機)で実現していたものが、同一のハードウェア(計算機)が複数台あれば実現することが可能となり、ハードウェア設計を減らすことで低価格化に貢献している。

さらに、SpaceWireで通信を行うためのSpaceWireインタフェースソースコード(SpaceWire OPEN IP)は日本SpaceWireユーザー会<sup>☆1</sup>のWebサイトで公開しているので、周辺装置に関する新たな企業の参入障壁を緩和することが可能になった。  
試験の効率化(短納期・低コストの実現)

インタフェースの共通化(SpaceWire導入)によって、試験の効率化も期待できる。衛星開発において、試験にかかる時間は開発全体の期間の多くを占めるため、試験を効率化することで、短納期・低コストが実現できる。

衛星の試験手順としては、まずは機器単位での機能性能試験を行い、それが終わると機器がいくつか集まったサブシステムでの試験、最後に衛星システム全体での試験を行い、衛星として必要な機能性能を有していることを確認していく。

しかし、従来では試験範囲の機器と接続するシステムの上位の機器がないと機能が確認できない部分があり、その部分に不具合があると開発の出戻りが大きくなってしまっていた。

SpaceWireを用いると、基本的にはメモリアクセス通信方式であるため、すべてのフェーズ/サブシステムで同じ試験装置(SpaceWireネットワーク内の通信タイミングを模擬した装置)を使用でき、各サブシステムで平行して検証することができるようになった。これにより、不具合を早期に発見し、開発期間の短縮が可能になった。

さらに、衛星ごとにミッション系や必要な機器が異なってもSpaceWireのネットワークに接続しさえすれば、試験プロセスを変更せずに機器の検証を行うことができるようになった。

## 標準バス導入事例

実際にこの標準バス「NEXTAR」を導入した事例を紹介する。図-5に「NEXTAR」の応用例を示す。(a)は高解像度の光学カメラを搭載した光学センサ衛星、(b)はレーダ技術を使った合成開口レーダ(SAR)、(c)は観測した光を非常に多くの波長に分解して観測できる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などが考えられている。

経済産業省の研究開発プロジェクトのもと、(a)の実証機として、ASNAROという衛星が昨年(2014年)打ち上げられ、軌道上での正常動作が確認され、定常運用に移行している(図-6)。また、同じく経済産業省の研究開発プロジェクトのもと、(b)の実証機ASNARO-2を現在開発・製造中である(図-7)。

<sup>☆1</sup> 日本SpaceWireユーザー会：SpaceWire関連の技術を開発したり、使用したりする個人/団体が参加するグループ  
(<https://galaxy.astro.isas.jaxa.jp/SpaceWire/>)

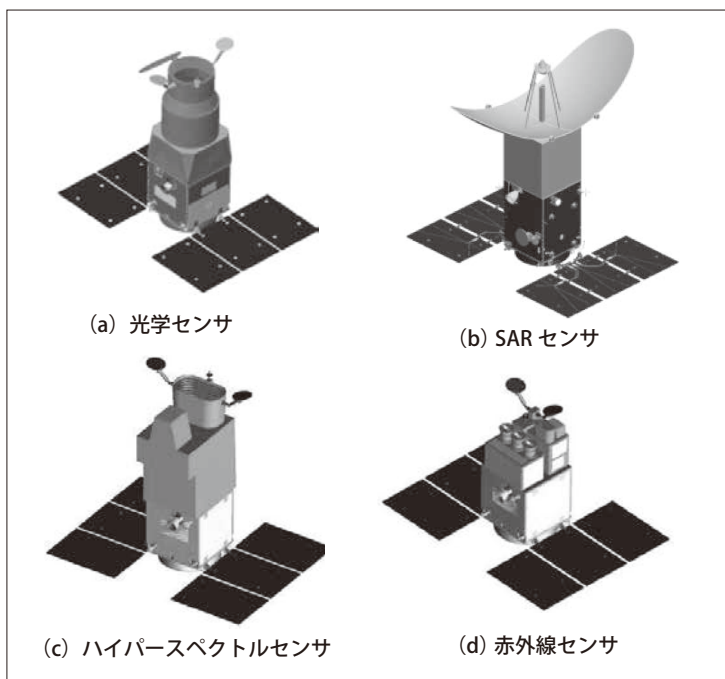


図-5 多様なミッションに対応可能な標準バス

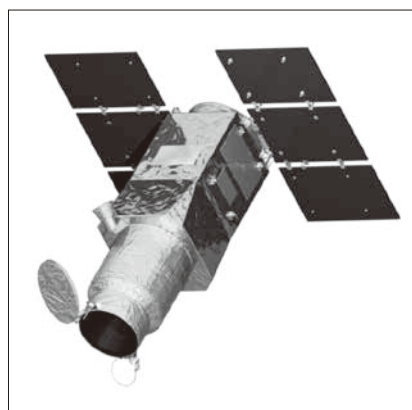


図-6 地球観測衛星 ASNARO

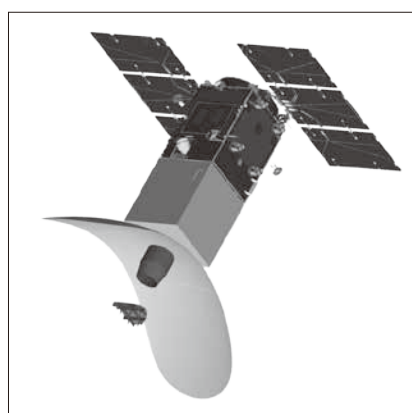


図-7 地球観測衛星 ASNARO-2

## 今後の衛星開発の展望

標準バス等の技術によって、衛星が早く安くつくれるようになったら、どのような世界になっていくのだろうか。世界ではすでに変化が起き始めている。

国内外の衛星メーカーは衛星の大きさごとに標準バスを用意し、顧客のニーズにあった衛星を提供し始めている。昨年 Google が買収した Skybox imaging<sup>☆2</sup> という米国のベンチャー企業は大きさ 100kg 級の衛星としては超小型と呼ばれるクラスの衛星を開発した。この衛星は、高解像度に地表面の静止画を撮像できる性能を有している。Google と Skybox imaging は今後衛星の基数を増やし、地球全体を衛星のネットワークで覆い、ほぼリアルタイムにどこでもいつでも地表面を撮影することができるシステムを構築しようとしている。同じく米国の Planet Labs<sup>☆3</sup> も昨年だけで 50 基以上の超小型衛星（こちらは質量 10kg 級）の軌道投入が完了している。

Skybox imaging や Planet Labs のように、共通の

設計で安く早く開発できる衛星を地球の周辺に複数配置し、地球上のほぼすべての地域を観測、または通信ができるようにしていく試みは世界各地で行われている。

かつて、自動車や PC は一部の限られた人しか手に入れられなかったものであったが、いつの間にか一家に 1 台、1 人 1 台が当たり前になったように、人工衛星を一般企業や個人で所有できるようになる日も夢ではないかもしれない。 (2015 年 4 月 28 日受付)

川口昭良 ■ a-kawaguchi@az.jp.nec.com

日本電気 (株) 宇宙システム事業部、「ASNARO」、「ASNARO-2」の設計開発に従事。

牟田 梓 ■ a-muta@bc.jp.nec.com

日本電気 (株) 宇宙システム事業部、「ASNARO」、「ASNARO-2」の設計開発に従事。

☆2 Skybox imaging : <http://www.skyboximaging.com/>

☆3 Planet Labs : <https://www.planet.com/>