

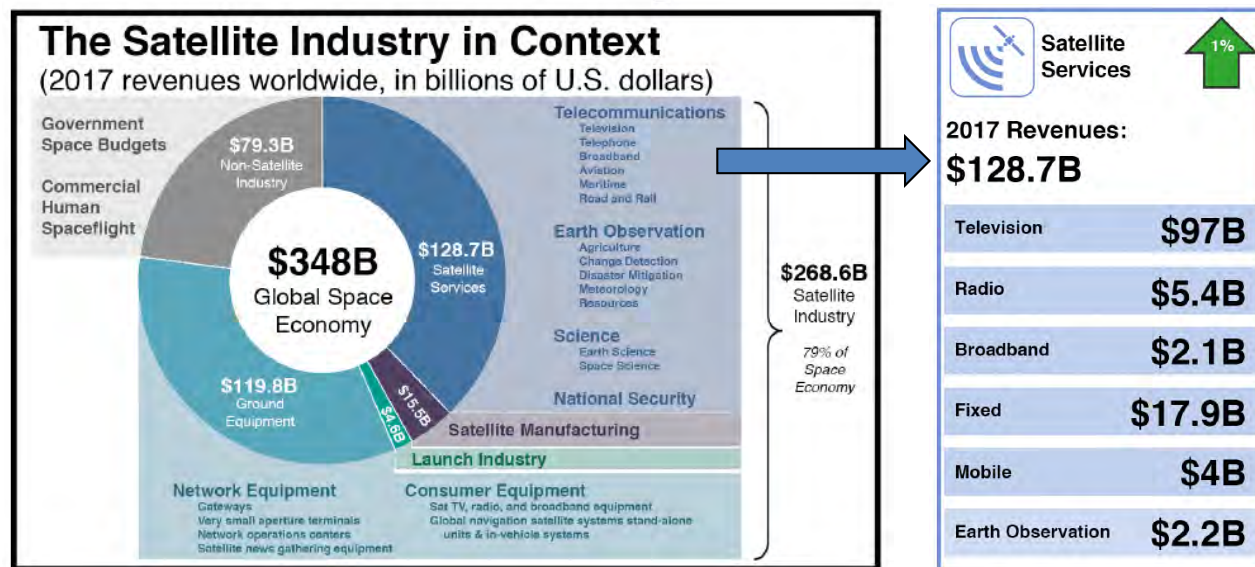
第46回 宇宙産業・科学技術基盤部会

先端衛星システム等の動向と今後について

2019年4月24日
三菱電機株式会社

概要

- 宇宙産業市場の約4割は衛星を利用したサービス産業であり、その大半は商用通信サービスとなる（下図参照）
- 宇宙産業における国際競争力強化に向けては、最大のマーケットである商業通信衛星市場における技術力・価格競争力向上が必須（衛星システム、衛星搭載機器が対象）



Ref. 2018 State of the Satellite Industry Report
Bryce Space and Technology

商用通信衛星市場の状況



通信価格下落により、オペレーターの厳しいビジネスケースを成立させるため、軌道上でペイロード機能を調整できる**フレキシビリティ**が必要

- ・ビーム可変：エリア毎の実需に応じて軌道上でカバレッジを変更可能とする
- ・帯域可変：時間毎の実需に応じた有効な回線活用を可能とする

JAXA殿 技術試験衛星IX型 (ETS-9)等において、
“大容量ペイロード搭載による1M\$/Gbps以下”、“高機能ペイロード開発”
の実現を目指す

欧米は更なる高機能化・高性能化 (Software Defined Payload, 軌道上でのソフトウェアによる機能変更) を推進

技術試験衛星IX型(ETS-IX)の取り組み状況

- 大型高機能プラットフォームの開発
 - スケーラビリティのある衛星プラットフォーム (最大発生電力25kW級)
- 小型軽量化に向けた衛星システム技術の開発
 - 電気推進プラットフォームの開発 (オール電化衛星)
- 高機能ペイロード開発
 - 大容量通信対応ペイロードの開発
 - デジタルプロセッサ開発(フレキシブル化)
 - * 本デジタルプロセッサにて、ペイロードの一部をデジタル化、一部機能をフレキシブル化

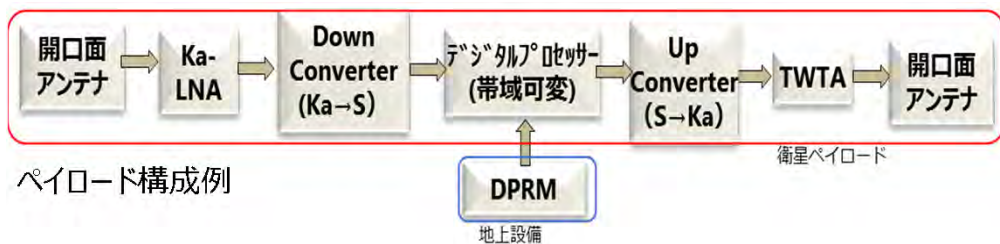


スケーラブルプラットフォーム (中・小型～大型)



©JAXA殿

技術試験衛星IX型の外観



ペイロード構成例

次世代衛星技術への対応

■市場動向に基づく、次世代通信衛星・測位衛星に関わるキー技術

■オールデジタル化による軌道上変更自由度拡大

- ・通信衛星で進められているデジタルペイロード・ソフトウェア無線の開発を適用
- ・DBF（デジタルビームフォーミング）等でアンテナのマルチングを行いジャミング耐性を向上 等

■計算機の演算能力の向上

- ・衛星プラットフォームの統合化計算機やミッション系計算機のCPU高速化
- ・今後は管制局に依存しない自律化（測位衛星で言えば、軌道推定の衛星間測距によるオンボード化等）も必要であり、計算機高速化による高度化・自律化・小型化が必要

■衛星の打上げ質量削減による効率的衛星配備

- ・静止高度への投入は中・低軌道への投入と異なり、衛星側に大量の推進剤が必要
- ・技術試験衛星IX型により開発・実証を行う電気推進（オール電化技術）を活用
例：静止化（または準天頂軌道への投入）を化学推進では無く、電気推進により行うことにより、
打上質量約4000kgを削減
低推力の電気推進を使用することから、分離から静止軌道投入迄、6ヶ月程度要することが課題

■ミッション機器小型・軽量化

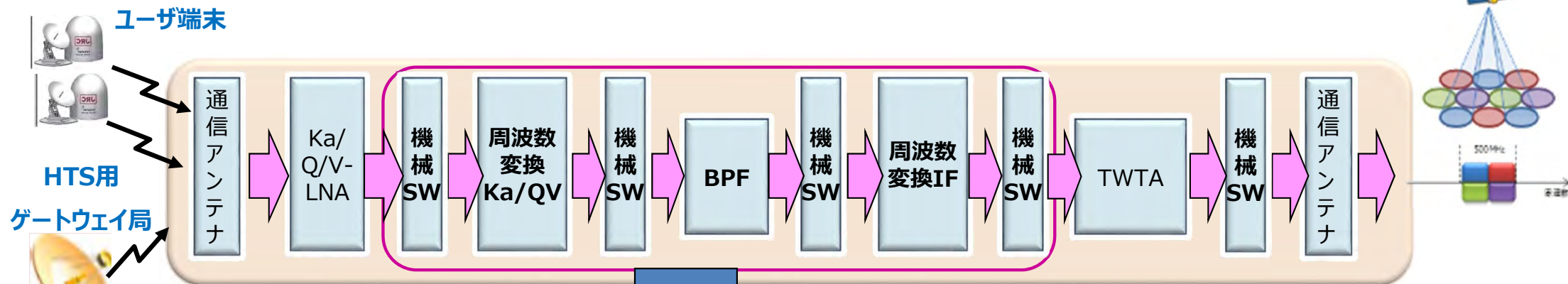
- ・例：SSPA（半導体固体増幅器）の活用
LバンドTWTA（進行波管増幅器）をSSPA（半導体固体増幅器）で置換することにより、機器重量を約半減

次世代衛星技術への対応

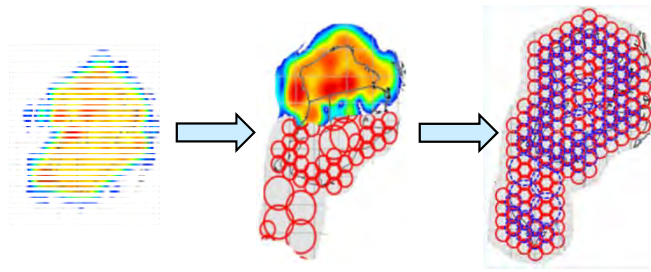
■ オールデジタル化の事例：通信衛星（HTS）のオールデジタル化

*HTS: High Throughput Satellite

従来のアナログHTS

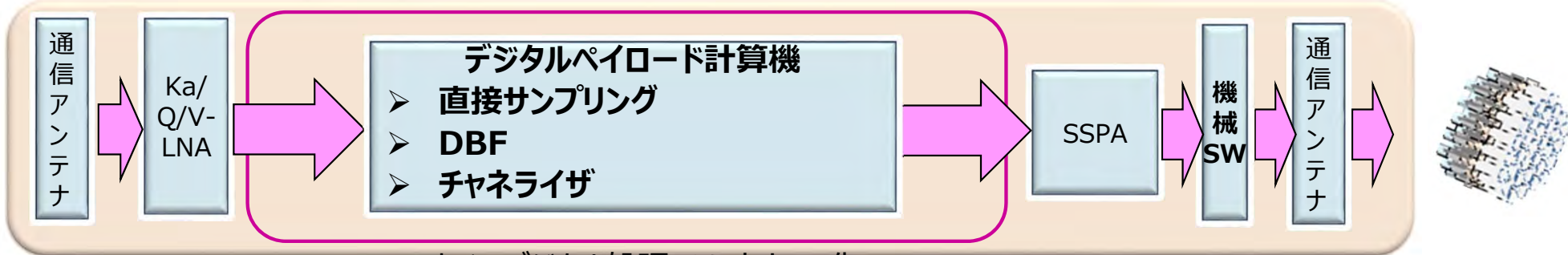


- ① RF直接サンプリング(周波数変換不要(100台規模))
- ② 機械SWの削除
- ③ 帯域・周波数・ルーティングのデジタル化とフレキシブル化
- ④ デジタルビームフォーミング(DBF)によるサービスのフレキシブルな変更
- ⑤ 上記によるフレキシビリティ、軽量化、衛星標準化の実現



DBFによるビームパターンの変更例

オールデジタルHTS



すべてデジタル処理、ソフトウェア化

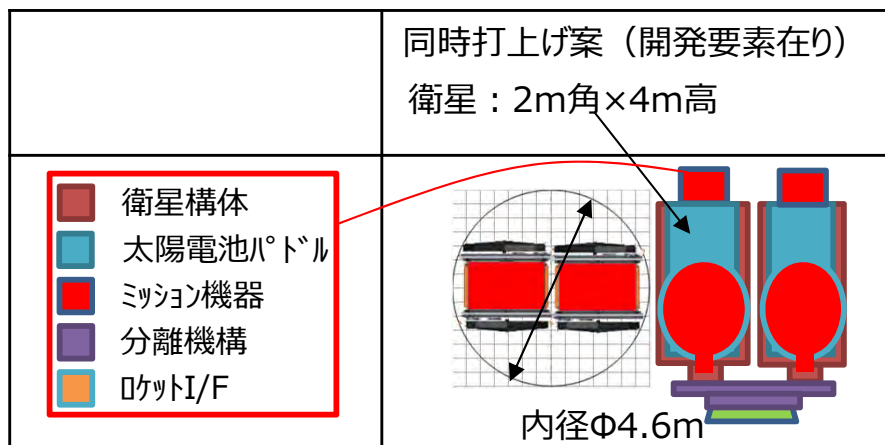
■ 計算機（CPU）の演算能力の向上

- 現在、衛星プラットフォーム系の統合化計算機、ミッション系計算機（測位、気象、商用高機能通信衛星用）は、多くの実績のあるHR5000S計算機ボードにより実現
- 衛星プラットフォーム系においては姿勢制御・バッテリー／ヒータ／電源管理・故障検知・データ処理を統合化し、本計算機ボードにより機能とリソース最小化を実現
- 一方、ミッション系の更なる機能SW化のためにはマシンサイクルや処理能力の高い計算機が必要
- 今後のデジタルパイロード*1)、測位用の計算機に関しては大容量通信、軽量化、自律配信（機上での軌道推定・予測等）のため、より高性能な次世代CPUの検討・開発が必要

*1)100Gbps以上の通信データ処理をリアルタイムで行うため、ASICやFPGA（再プログラミング可能）がメインであるが、デジタルパイロード装置制御のための高速CPUのニーズも高い

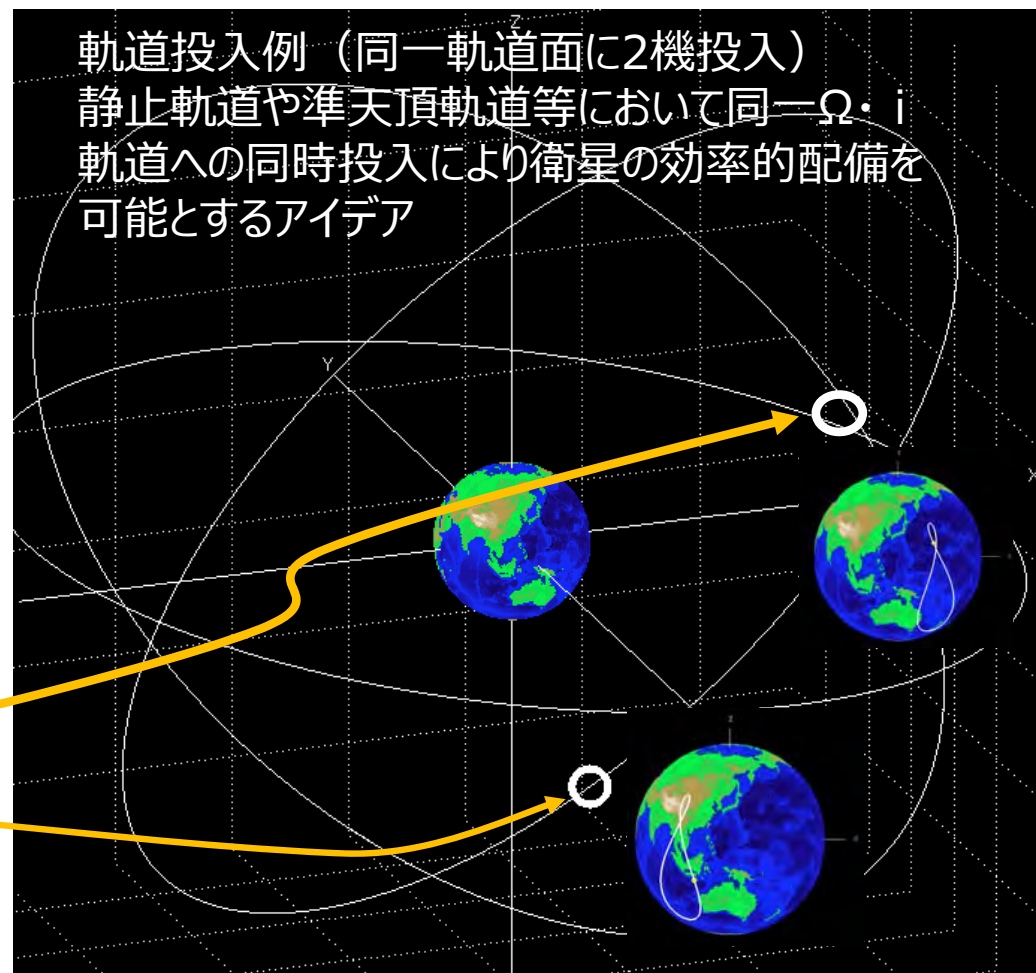
次世代衛星技術への対応

- 衛星の打上げ質量削減による効率的衛星配備
オール電化衛星による同一軌道への2機同時投入例（素案）



電気推進による
静止化を行う場合

2.5ton×2機 等



■ ミッション機器小型・軽量化

例：SSPAによる測位中継器の軽量化

- 現在、L帯のSSPAはGaAsのMMICで定格48dBm（63W）を実現、輸出
- 現在、主に採用されているTWTAに比べ、効率の面でSSPAは劣るものの、質量比で三分の一、面積比で半減を狙いうる可能性有り
- 更に、GaN（開発要）により大出力化、高効率化が可能となり、TWTAとほぼ同等となる
- HTSにおいてもKa帯のGaN – SSPAのニーズが急速に拡大しているが、効率面でTWTAが有利であり本格実用には至っていない（開発要）



衛星A



衛星B

SSPAを使用した測位中継器

■ オールデジタル化、ソフトウェア化、衛星システム・衛星搭載機器の高性能化・小型軽量化が商用通信衛星分野を含め、今後の衛星システム技術のトレンド

■ オールデジタル化に向けた要素技術を含め、通信、観測、測位等の各分野横断的に技術トレンド、差別化要素を見極め、開発・実証に取り組む必要が有る

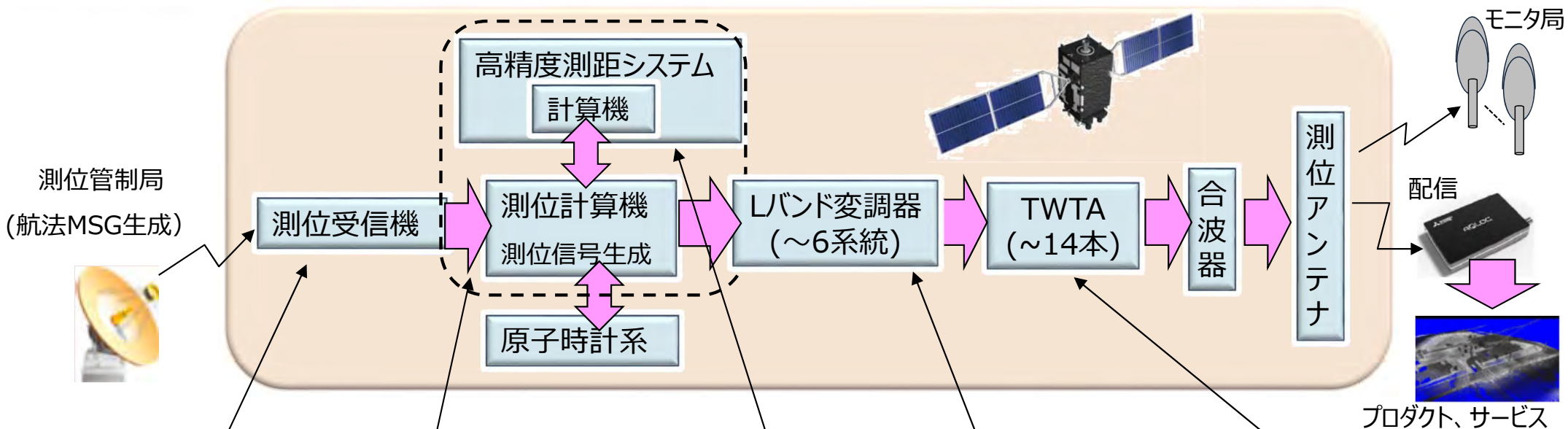
例：オールデジタル化に向けた主要な要素技術

➤ 高速FPGA（またはASIC）	通信
➤ 基板の高廃熱処理	通信
➤ 直接サンプリングデバイス	通信
➤ 高速CPU	通信・測位
➤ Ka-GaN-SSPA	通信・測位
➤ ソフトウェア無線技術 等	通信・測位

②中心経度 東経105°付近
3機の軌道面(初期 Ω)は①と同じ

■ 上記技術は通信分野のみならず、測位衛星等、他分野の衛星にも適用可能（測位衛星への適用事例を【参考】に示す）

【参考】先端衛星システム技術の測位衛星への適用例（案）



SDR (Software Defined Radio : ソフトウェア無線)による航法MSG復調方式のSW化
 測位信号発展性への対処

軌道推定・予測や航法MSG生成のオンボード化による自律化、安全保障機能
 測位管制局に依存しないシステムへの発展

TWTAの高効率大出力SSPA (GaAS→GaN)への置換
 軽量化、小型化

ミッション計算 (CPU) の演算能力向上
 機能のSW化・向上・小型軽量化

SDR (Software Defined Radio : ソフトウェア無線)による変調方式の軌道上変更 (BPSK、BOC、OFDM等)
 干渉回避
 測位信号発展性への対処