

資料34-4

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第34回H29.5.9)

技術試験衛星9号機 プロジェクト移行審査の 結果について

平成29年 5月 9日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

理事 布野 泰広

技術参与 舘 和夫

技術試験衛星9号機プロジェクトマネージャ 深津 敦

プロジェクト事前評価と本資料の位置付け



- 当報告は、宇宙開発利用部会が実施フェーズ移行に際して実施する「事前評価」に資するものである。

JAXAは、プロジェクトの企画立案と実施に責任を有する立場から、JAXA自らが評価実施主体となって評価を行うことを基本とする。これを踏まえ、宇宙開発利用部会では、JAXAが実施した評価の結果について、調査審議を行う。

「宇宙開発利用部会における研究開発課題等の評価の進め方について(改訂版)」(平成27年6月3日改訂)

- JAXAは平成29年3月21日に実施したプロジェクト移行審査の結果、プロジェクト移行を判断した。審査における主たる審査項目は以下のとおり。

【審査項目#1】プロジェクト目標(ミッション要求、成功基準の設定を含む)が、
適切かつ明確に設定されているか。

【審査項目#2】実施体制、資金計画、スケジュールの妥当性

【審査項目#3】リスク識別とその対応策の妥当性

本資料ではこれらの審査項目の内容について1～3章に、JAXAのプロジェクト移行審査の判定について4章に記載する。また、外部委員(外部専門家)による評価を参考に示す。

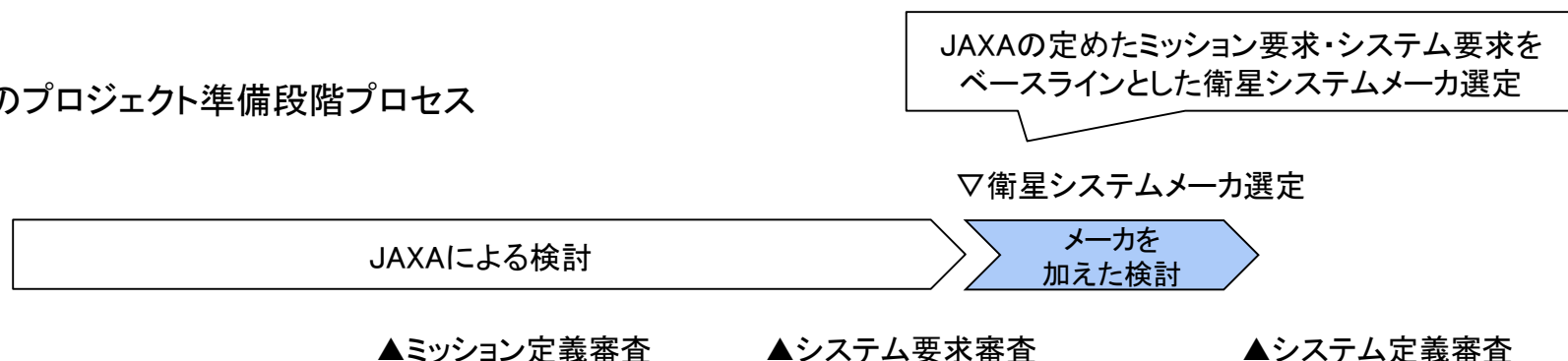
- なお、技術試験衛星9号機に搭載する通信ペイロードは、総務省及び情報通信研究機構(NICT)が開発を担当することから、JAXAは通信ペイロードとのインターフェースを含む衛星システムについて審査を実施した。

プロジェクト準備段階における審査の経緯

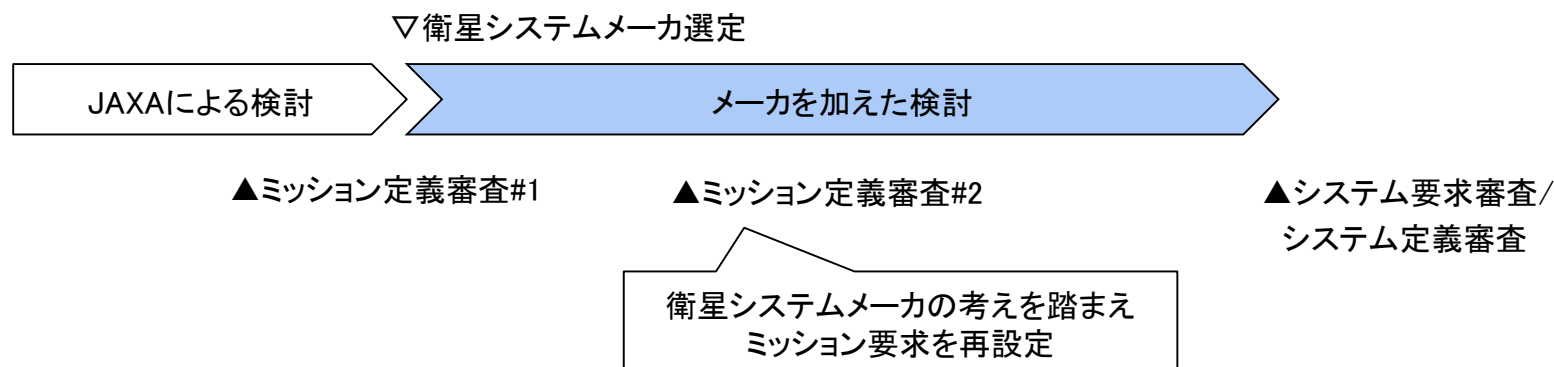


- 本プロジェクトでは、プロジェクトによる技術実証成果を用いて衛星システムメーカーが商用展開することを鑑み、プロジェクト準備段階において選定した衛星システムメーカーの考えを踏まえたミッション要求の再設定を行った。
このミッション要求に基づき、その後のシステム定義まで衛星システムメーカーの意見を取り入れて実施してきた。

○通常のプロジェクト準備段階プロセス



○本プロジェクトのプロジェクト準備段階プロセス



1. プロジェクト目標の設定【審査項目#1】
 - 1.1. 技術試験衛星9号機の位置付け
 - 1.2. 実証の方向性
 - 1.3. プロジェクト推進会議
 - 1.4. 商業市場の動向
 - 1.5. プロジェクト目標
 - 1.6. ミッション要求
 - 1.7. ミッションに係る成功基準
2. 技術試験衛星9号機の概要
 - 2.1. 衛星システム
 - 2.2. 実証項目
 - 2.3. 通信ペイロードインタフェース
3. 技術試験衛星9号機の開発計画
 - 3.1. (1)実施体制、(2)資金計画、(3)スケジュール【審査項目#2】
 - 3.2. リスクと対応策【審査項目#3】
4. プロジェクト移行審査のまとめ
 - 4.1. プロジェクト移行審査判定
 - 4.2. 主な審査結果
- 【補足・参考】
 - 補足 利用部会事前評価とJAXA内審査との関係
 - 補足 プロジェクト移行審査の審査委員構成
 - 参考-1. アウトカム目標
 - 参考-2. 外部の専門家からの評価結果
 - 参考-3. 市場動向と実証するバス技術の関係

1. プロジェクト目標の設定



1.1. 技術試験衛星9号機の位置付け

- 「宇宙基本計画」及び「宇宙基本計画 工程表」において、以下の通り新たな技術試験衛星の開発が位置づけられている。

政府文書における技術試験衛星の位置づけ

○「宇宙基本計画(平成28年4月1日閣議決定)」

4. (2)① 宇宙政策の目標達成に向けた宇宙プロジェクトの実施方針

iii) 衛星通信・衛星放送

通信・放送衛星に関する技術革新を進め、最先端の技術を獲得・保有していくことは、我が国の安全保障及び宇宙産業の国際競争力の双方の観点から重要である。

このため、今後の情報通信技術の動向やニーズを把握した上で我が国として開発すべきミッション技術や衛星バス技術等を明確化し、技術試験衛星の打ち上げから国際展開に至るロードマップ、国際競争力に関する目標設定や今後の技術開発の在り方について検討を行い、平成27年度中に結論を得る。

これを踏まえた新たな技術試験衛星を平成33年度をめどに打上げることを目指す。

○「宇宙基本計画 工程表」の成果目標「技術試験衛星」

【民生】国際競争力強化の観点から、世界市場においても競争力のある衛星技術を獲得するための技術試験衛星の開発を行う。

【基盤】10年先の通信・放送衛星の市場や技術の動向を予測しつつ、世界最先端のミッション技術や衛星バス技術等を獲得することにより、関連する宇宙産業や科学技術基盤の維持・強化を図る。

1. プロジェクト目標の設定

1.2. 実証の方向性

■宇宙基本計画を踏まえ、学識経験者、関係機関、関係府省庁等から構成される「次期技術試験衛星に関する検討会」(総務省 事務局)が開催され、衛星通信技術の進展の方向性を鑑みた市場要求に基づく将来衛星の構想、及びそれを実現するために必要な技術を明らかにすると共に、将来への展望が纏められた。

技術試験衛星 実証の方向性

市場要求に基づく将来衛星の構想

◆衛星の大規模化・大容量化

地上系通信サービスの価格に近付けられるよう、コスト低減が必要

→HTS(※)の出現とより大容量を確保できるKa帯の活用により、衛星通信が増大し、ビット当たりのコストが更に低減することを期待

→ただし、単純な大容量化のみを指向しても先行HTSに比して競争力を有するだけのコスト低減は困難であり、更なる付加価値を見出す必要あり

◆衛星ペイロードのフレキシビリティ

衛星寿命の長期化(静止衛星の場合、15年以上)にともない、通信容量、利用地域、サービス等の変化に柔軟かつ機動的に対応できる衛星が必要

→打上げ後でも、①柔軟に使用周波数帯域幅、ビーム照射地域、ビーム形状等を変更可能で、
②その変更の際に要する時間が短く、中継器への影響が最少となるようなシステムの実現を期待
→大災害発生時の急激なユーザ分布の変動(防災通信用)、打上げ後に生じた通信ニーズにも対応、衛星軌道変更時のサービス地域変更の容易性(衛星資産価値の向上)等が期待

将来への展望

◆宇宙基本計画を参照した目標

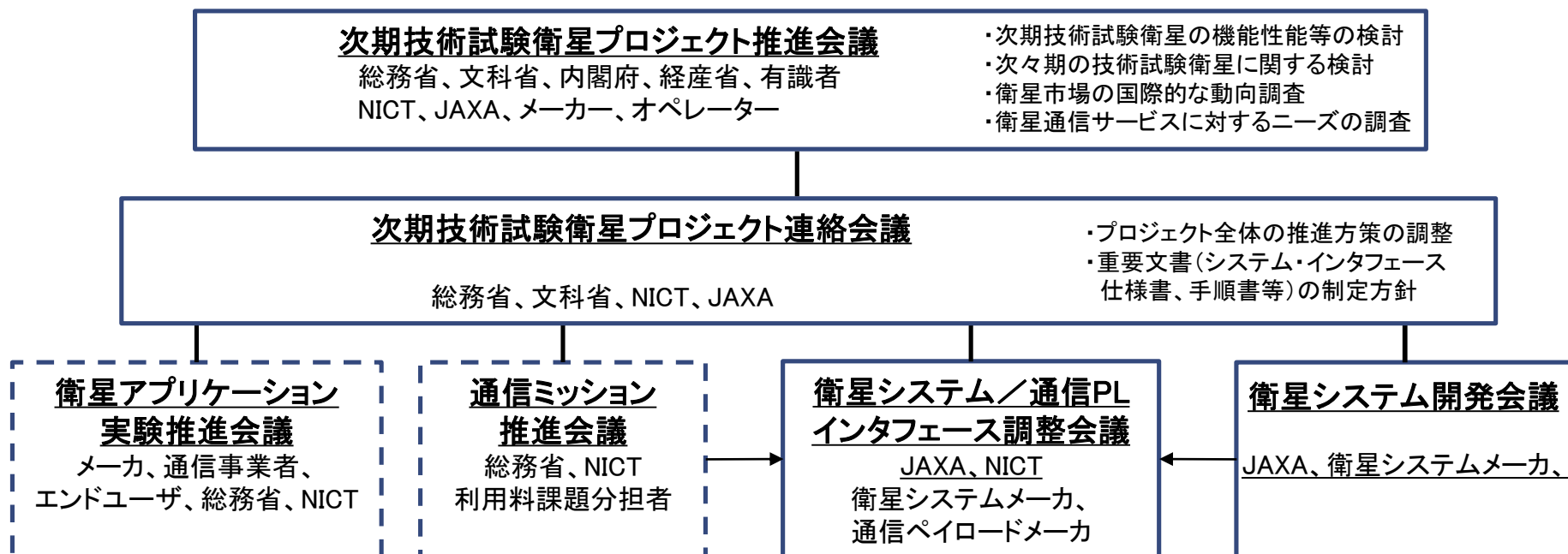
次期技術試験衛星打上げ後、年間20機程度と想定される通信・放送衛星市場において、衛星製造事業者が年2機以上のペースで国際受注を獲得し、国際市場シェアで1割を獲得することを目標とする。

(出典:宇宙産業・科学技術基盤部会 第20回会合 資料3、資料4)

1. プロジェクト目標の設定

1.3. プロジェクト推進会議

- 次期技術試験衛星の機能・性能や、次々期の技術試験衛星に関する検討を行うため、総務省、文部科学省を事務局とした「プロジェクト推進会議」が立ち上げられた。
(平成28年9月 第1回開催)
- プロジェクト推進会議の直下に、総務省／NICT、文部科学省／JAXAを構成員として、技術試験衛星の開発計画を実質的に推進するための「プロジェクト連絡会議」を設置。
- 技術的な詳細部分については、JAXA-NICT間の「インタフェース調整会議」にて調整。



1. プロジェクト目標の設定

1.4. 商業市場の動向

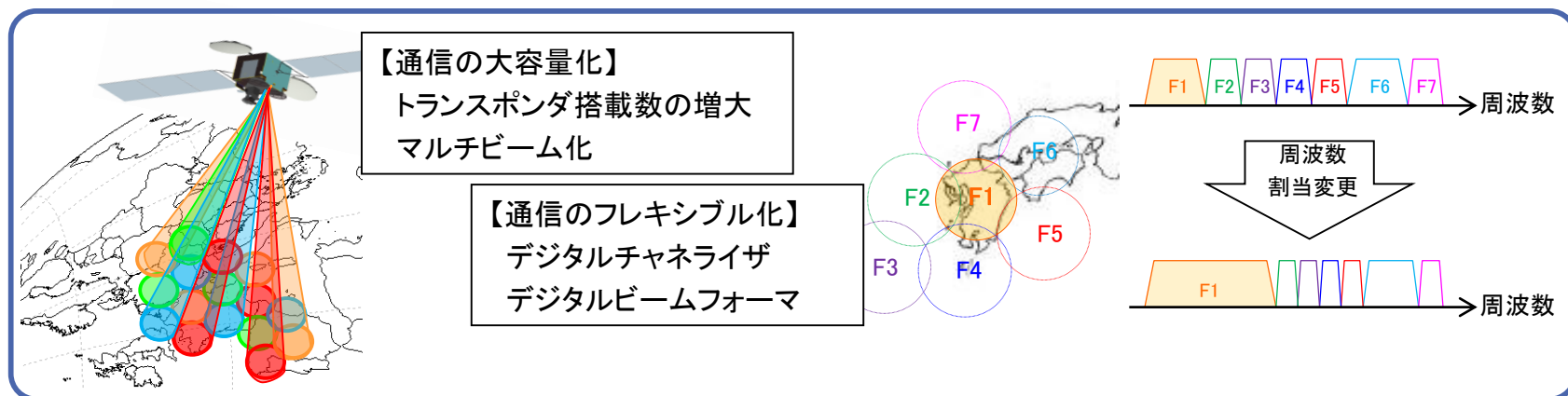
ブロードバンド環境の世界的な普及拡大を背景に、商業通信衛星市場では競争が激化しており、通信コストの低減が求められている。こうした状況の下に、通信容量の大容量化が進むと共に、顧客ニーズ変化に対応するための通信のフレキシブル化が進んでいる。

【通信容量の大容量化】：通信コスト低減のため多数のトランスポンダを搭載し、衛星1機あたりの通信容量を増大させる傾向

【通信のフレキシブル化】：通信ニーズの時間的または地理的な変化に応じて、周波数やビームエリアを変更することができるフレキシブルペイロードの導入の傾向

通信容量の大容量化と通信のフレキシブル化に伴い、供給電力は増大の傾向にあり、その結果、衛星バスが大型化・重量化することによりコストが増大することが想定されるため、衛星バスには打上げから運用に至るライフサイクルコストの低減に寄与する技術が求められている。

商業市場の動向を踏まえ、2020年代の商業通信衛星市場において、国際競争力を有する我が国の衛星システムを次世代静止通信衛星と呼ぶ。



1. プロジェクト目標の設定

1.5. プロジェクト目標(1/2)

■次世代静止通信衛星バスに求められる技術(1/2)

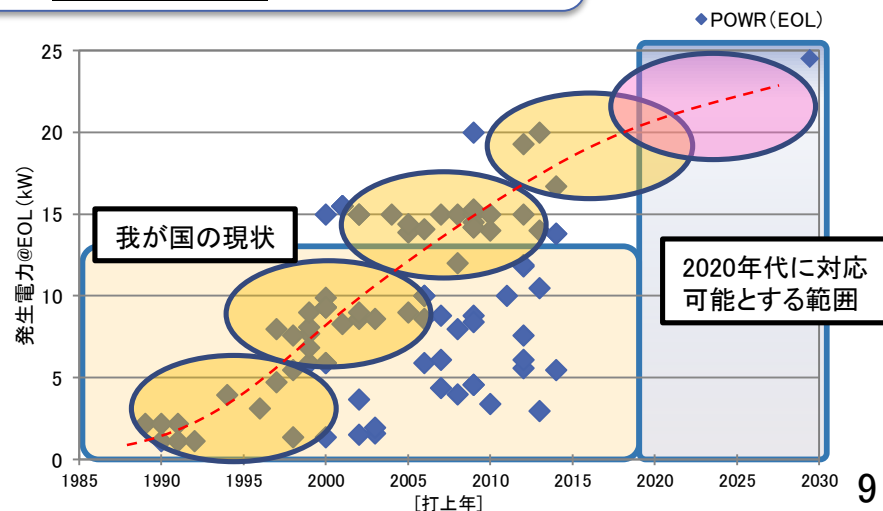
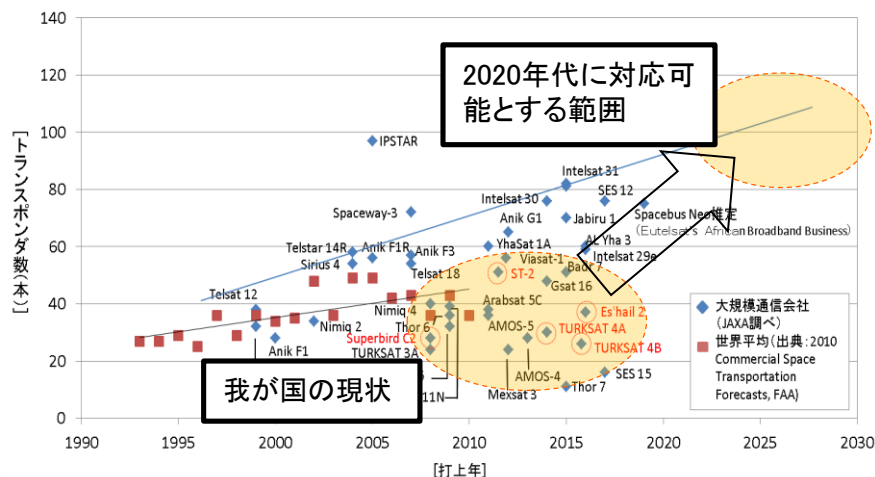
通信コストを低減するため通信容量の大容量化が進んでおり、通信衛星のトランスポンダ搭載数は増加傾向である。

- 2020年代には、通信容量として100Gbps級、トランスポンダ搭載数にすると予備を含めて120本級が求められる。
- 想定されるペイロードに対し電力を供給するには発生電力25kWが必要となる。ただし、スケールアップするだけでは電源系の質量が増大するため、軽量化が求められる。
- トランスポンダ搭載数の増大に伴い発熱量も増大するため、10kWの排熱能力が必要となる。



技術試験衛星9号機で実証する技術

- ① ペイロード供給電力の増大に伴う電源系の**大電力・軽量化技術**
- ② 電力増大に伴う発熱増大に対応する**高排熱技術**



1. プロジェクト目標の設定

1.5. プロジェクト目標(2/2)

■次世代静止通信衛星バスに求められる技術(2/2)

通信コストの低減には、打上げから運用が終了するまでの全体に要するライフサイクルコストを抑える必要がある。

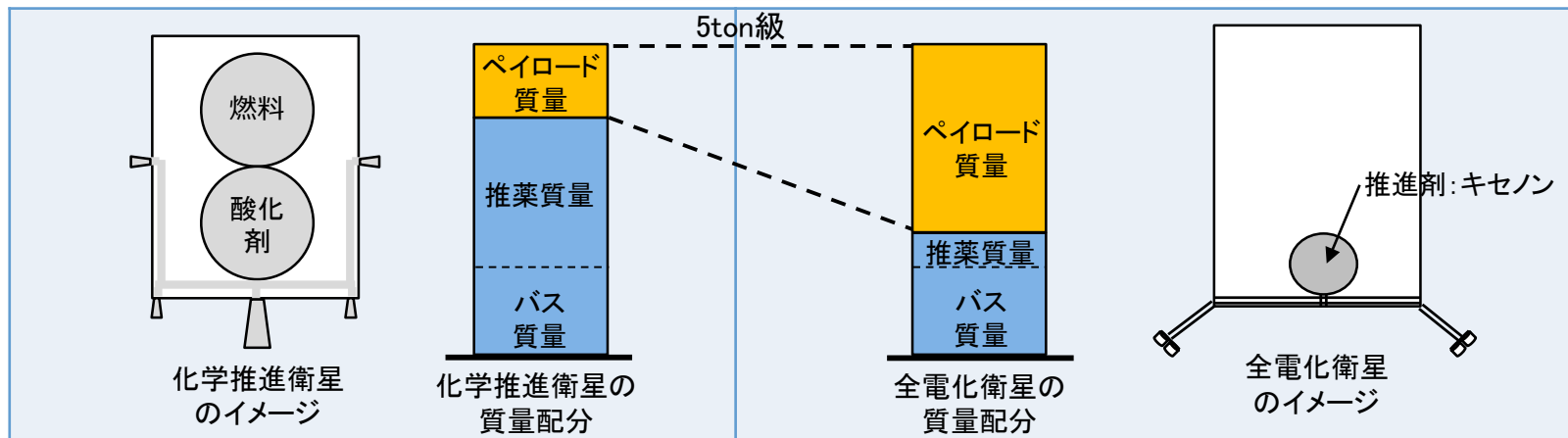
- 世界のロケットには、打上質量5ton級をターゲットにした低廉なロケットがある。
⇒ H3-22L/-32L、Falcon9、Ariane62 Single/64 Dual
こうしたロケットによる打上げに適合し、打上コストを低減するため、衛星打上質量を5ton級とする。
- 通信の大容量化を達成しつつ衛星質量を削減し、ペイロード比率を向上させる。
- また、衛星運用に係るコストを削減するため、自律的な軌道制御による運用の自動化を行う。



技術試験衛星9号機で実証する技術

③ 全電化衛星技術

- (1) ホールスラスタによる推進量削減
- (2) 静止GPS受信機を用いた運用の自動化



1. プロジェクト目標の設定

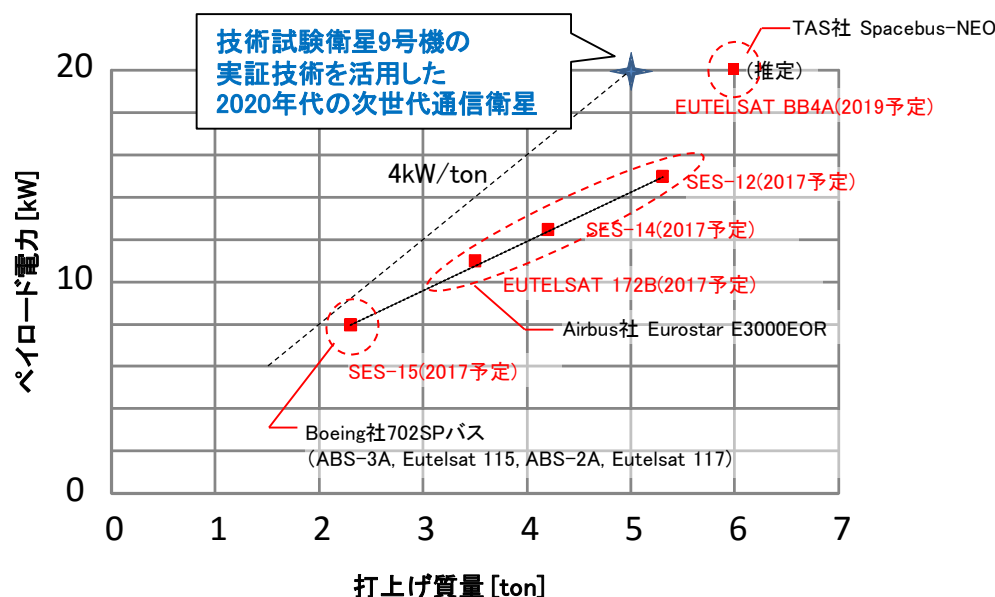
1.5. プロジェクト目標(まとめ)

■技術試験衛星9号機の目標

産業競争力強化の観点から、高速大容量通信や通信のフレキシブル化を実現する通信技術と、それらの通信ペイロードを搭載・運用できる衛星バスを実現するために必要な技術を実証し、2020年代において国際競争力を有する衛星システムとして次世代静止通信衛星(発生電力25kW、打上質量5ton級)を実現する。

そのため、次世代静止通信衛星として競争力を有する性能(打上質量当たりのペイロード供給電力 $\sim 4\text{kW/ton}$ 、ペイロード/衛星ドライ質量比40%)が達成できるように、技術試験衛星9号機では①大電力化、②高排熱技術、③全電化衛星技術の衛星バス技術を実証する。

(※通信ペイロード機器については、総務省・NICTが開発を担当する。)



注 ・全電気推進衛星では、打上質量当たりのペイロード供給電力が、競争力を測る指標となっており、現状のオール電化衛星は、 3kW/ton 程度である。
・欧州の次世代静止衛星バス (Spacebus-NEO) は、6ton級で20kW($\sim 3.3\text{kW/ton}$)と推定。

1. プロジェクト目標の設定

1.6. ミッション要求

■次世代静止通信衛星と技術試験衛星9号機のミッション要求

技術試験衛星9号機は、2020年代の次世代静止通信衛星において、我が国の産業競争力が強化されることを目的として開発するものであることから、商用展開を担う衛星システムメーカーと共同でミッション要求を確定するという新たな取り組みを実施した。

衛星システムメーカーには、ミッション要求の制定の段階から主体的に技術試験衛星9号機の開発に参画してもらうことで、より確実な目標達成につなげる。

次世代静止通信衛星のミッション要求	技術試験衛星9号機のミッション要求
増加する通信容量に対応できるよう、発生電力及び通信ペイロード機器への供給電力を増大化(発生電力:25kW以上、ペイロード供給電力:20kW以上)させる。 また、打上げ質量を5ton級に設定することで、ペイロード供給電力／質量比:4kW/ton、ペイロード/衛星ドライ質量比40%を達成し、高い競争力を目指す。 なお、技術試験衛星9号機で獲得した技術及び 従来技術を組み合わせて、ボリュウムゾーン(※)に対応したバス・ミッションのラインナップ化を図り、様々な顧客要求への対応能力を向上させる。	ペイロード供給電力が20kW以上の次世代静止通信衛星において、ペイロード供給電力／質量比:4kW/ton、ペイロード/衛星ドライ質量比40%を達成できることを実証する。 次世代静止通信衛星でのバス・ミッションのラインナップ化のために、ボリュウムゾーンへの拡張を可能とする技術を獲得する。
大推力ホールスラスタを使用することで、約4ヶ月の遷移期間を達成すること。	次世代静止通信衛星において、大推力ホールスラスタを使用することで、約4ヶ月の遷移期間を達成することを実証する。

(※)ボリュウムゾーン:2020年代の商業市場において、発生電力の規模として、大型クラス(25kW～18kW)と中型クラス(18kW～13kW)に大きな需要が見込まれると予測され、これをボリュウムゾーンとしている。

1. プロジェクト目標の設定

1.7. ミッションに係る成功基準 (1/2)

■ JAXA内の審査会を経て、技術試験衛星9号機の成功基準を以下の通り設定する。

ミッション要求	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
ペイロード供給電力が20kW以上の次世代静止通信衛星において、ペイロード供給電力/質量比: 4kW/ton、ペイロード/衛星ドライ質量比40%を達成できることを実証する。 次世代静止通信衛星でのバス・ミッションのラインナップ化のために、技術試験衛星9号機で開発する技術及び従来技術を組み合わせて、ボリュームゾーンに対応した拡張性を持った開発を実施する。	●太陽電池パドルの2次元展開を成功させ、少なくとも電力系片系によるペイロード供給電力8kWを達成できること。 【判定時期: 初期機能確認フェーズ終了時】	●ペイロード電力供給能力20kW(EOL※2)を達成できること。 【判定時期: 軌道上実証期間(※1)終了時】 ●電源・パドル系において、質量/発生電力比※40kg/kW(EOL)を達成できること。 ※(電源質量+パドル質量)/(電力制御器出力電力) 【判定時期: 軌道上実証期間終了時】 ●●次世代静止通信衛星で、ペイロード質量/衛星ドライ質量比40%が達成できることを確認するために、技術試験衛星9号機にて衛星バス質量2.4tonが達成できること。 【判定時期: 打上げ前】 ●軌道上実証期間終了時において、展開ラジエータを用いて、南北どちらか片面にて2kW(EOL)の排熱が可能であること。 【判定時期: 軌道上実証期間終了時】 ●静止GPS受信機を用いて、軌道遷移中および静止軌道において軌道決定を行えること。また、静止軌道において従来の地上局を利用したレンジングによる軌道決定よりも高精度で軌道決定を行えること。 【判定時期: 軌道上実証期間終了時】	●電源・パドル系において、質量/発生電力比 ※38kg/kW (40kg/kW-5%) (EOL)を達成できること。 ※(電源質量+パドル質量)/(電力制御器出力電力) 【判定時期: 軌道上実証期間終了時】 ●次世代静止通信衛星が30kWまで対応できることを示すため、電力制御装置が片系で15kWまで対応できること。 【判定時期: 打上げ前】 ●軌道上実証期間終了時において、展開ラジエータを用いて、南北どちらか片面にて2.1kW(2kW+5%) (EOL)の排熱が可能であること。 【判定時期: 軌道上実証期間終了時】

①大電力・軽量化技術

②高排熱技術

③全電化衛星技術

※1 EOL: End Of Life (設計寿命末期)

※2 軌道上実証期間: 静止化後3年間

1. プロジェクト目標の設定

1.7. ミッションに係る成功基準 (2/2)

ミッション要求	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
次世代静止通信衛星において、大推力ホールスラスタを使用することで、約4ヶ月の遷移期間を達成することを実証する。	● 静止化を行うこと。 【判定時期：初期機能確認フェーズ終了時】	● 国産ホールスラスタにて軌道制御(リアクションホイールのアンローディングを含む)が実施できること。 【判定時期：軌道上実証期間終了時】 ● 国産ホールスラスタの性能として、 - 軌道遷移(OR)モード：投入電力6kW、静止化時点で比推力1573s、推力330mN - 軌道保持(NSSK)モード：投入電力1.8kW、EOL時点で比推力1544s、推力75mN を達成できること。 【判定時期：初期機能確認フェーズ終了時】	● 国産ホールスラスタの性能として - 軌道遷移(OR)モード：投入電力6kW、静止化時点で比推力1573s、推力330mN - NSSKモード：投入電力1.8kW、EOL時点で比推力1544s、推力75mN より高い性能を達成できること。 【判定時期：初期機能確認フェーズ終了時】 ● ホールスラスタ位置をオフセットさせることにより、主系/従系ホールスラスタを組合せ、3台噴射を実施できること。 【判定時期：初期機能確認フェーズ終了時】

①大電力・軽量化技術

②高排熱技術

③全電化衛星技術

2. 技術試験衛星9号機の概要

2.1. 衛星システム(諸元)

■衛星システム諸元の概要

項目	諸元
打上げ	平成33年度 H3ロケット試験機2号機
打上質量	4.5ton (ただし、打上げ質量6.5tonまで対応できる衛星構体)
設計寿命	16年(通信ペイロード部を除く)
軌道遷移	主系スラスタ(国産ホールスラスタ)のみで、打上げから静止軌道まで到達可能とする。
軌道制御	全電化推進システムで、寿命末期まで軌道制御可能とする。
ペイロード電力供給能力	20kW以上@EOL
衛星バス質量	2.4ton以下 (ただし、展開・擾乱モニタ、および宇宙環境測定装置を除く)。
推進系システム	国産ホールスラスタシステムを搭載する。主系スラスタ及び軌道上実績のあるスラスタを合計4台以上搭載し、主系/従系スラスタは、南面・北面にそれぞれ1台以上搭載する。 また、キャントロスを低減する機能を有する。
展開ラジエータ	・展開ラジエータを用いて2kWの排熱を行う。 ・ラジエータ1枚あたりのサイズ、取付方法、排熱能力が次世代静止通信衛星への適用時と同等になるようにする。
静止GPS受信機	静止GPS受信機を用いて遷移軌道中及び静止軌道において軌道決定を行う。

2. 技術試験衛星9号機の概要

2.1. 衛星システム(外観図)

発生電力: 25kW@分点EOL以上

ペイロード電力供給能力: 20kW @分点EOL以上

打上質量: 4.5ton

設計寿命: 16年

電源系/太陽電池パドル系

- ・大型二次元展開技術
- ・軽量化太陽電池パドル
- ・高効率リチウムイオン電池
- ・高効率軽量PCU

Ku帯グローバルホーンアンテナ

S帯オムニアンテナ

Ku帯オムニアンテナ

GPSアンテナ(GTO)

スタートラッカー

光アンテナ(地球指向面)(※)

GPSアンテナ(GEO)

【NICT】

検証用光ファイダリンク

【総務省】

- ・大容量化技術実証
- ・フレキシブルペイロード技術実証

Ka帯アンテナ×4枚(構体東西面)(※)

S帯オムニアンテナ

Ku帯オムニアンテナ

熱制御

- ・1kW級展開ラジエータ(2枚)の搭載
- ・南北連結ヒートパイプ

展開ブーム式ジンバル

全電気推進

- ・ホールスラスタの搭載
(主系: 国産開発2式、従系: 実績品2式)

衛星制御系

- ・静止GPS受信機を用いた
自律軌道制御機能

2. 技術試験衛星9号機の概要

2.2. 実証項目(1/4)

■大電力・軽量化（衛星バスに求められる技術①）

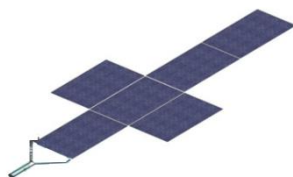
- 太陽電池パドルの枚数増加、シャント電流及びバッテリー充放電回路の出力電流増加等により大電力化を図る。(我が国の現状: 13kW@EOL ⇒ 25kW@EOL)
 - バッテリー充放電回路の低損失化(20%程度)による電力制御器の軽量化、及び大容量リチウムイオン電池のエネルギー効率向上(10%以上)によるバッテリーの小型・軽量化を実現する。
- ⇒上記技術により、電源系(太陽電池パドル系を含む)において、質量/供給電力比 40kg/kW@EOLを目指す。
- また、大電力化に伴い太陽電池パドルの全長が増加するためパネルを2軸方向に展開し衛星の慣性モーメントの影響を抑える。
 - 将来に向け、太陽電池パドルの軽量化が図れる薄膜太陽電池を太陽電池パドルの一部に搭載して軌道上実証を行う計画である。(発生電力25kW@EOLには支障がないように搭載)



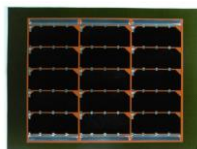
大容量電力制御器



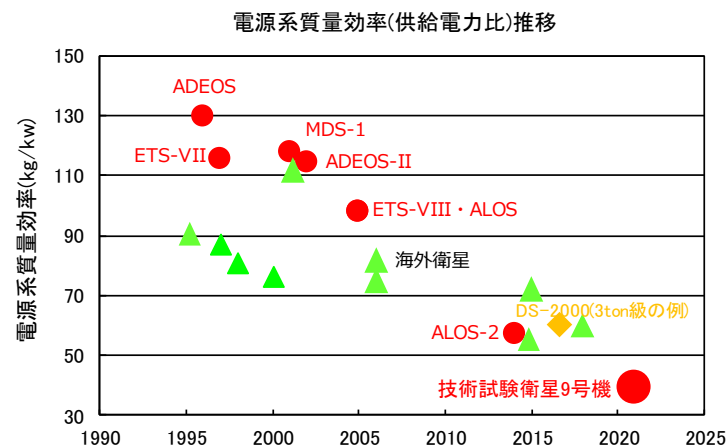
高効率バッテリー



2次元展開パドル



薄膜太陽電池

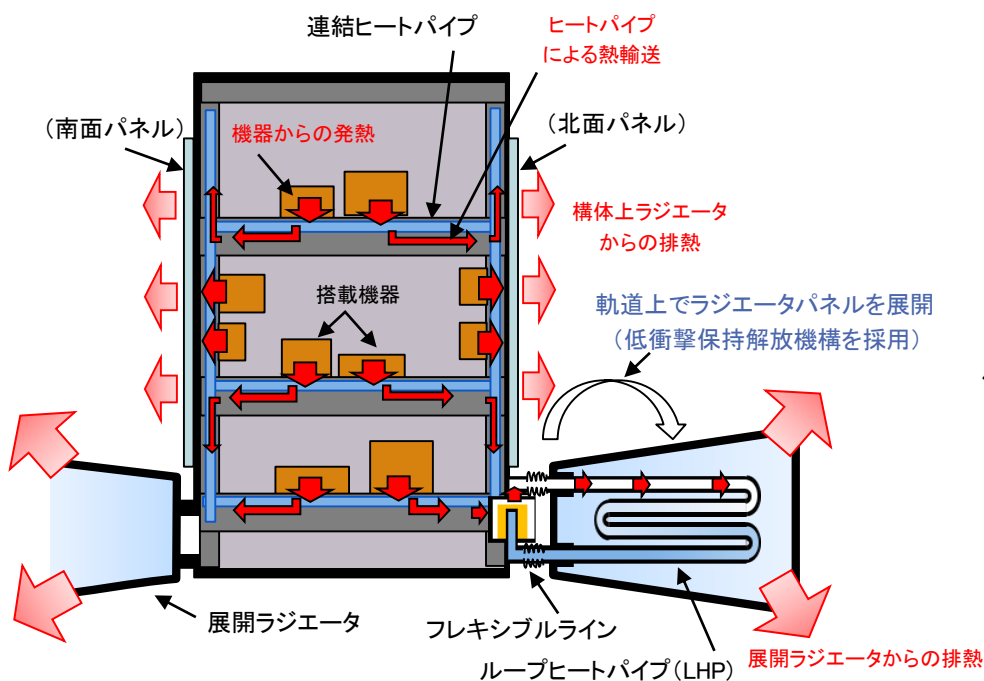


2. 技術試験衛星9号機の概要

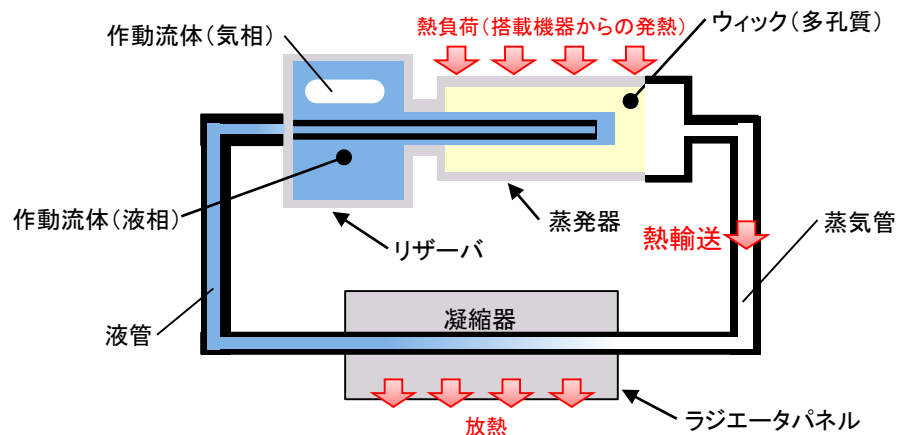
2.2. 実証項目(2/4)

■高排熱化(衛星バスに求められる技術②)

- 大型構体のパネル(南北面)間をヒートパイプで連結し、構体パネル(南北面)上のラジエータを高効率に利用可能な排熱システムを実証する。(我が国の現状: 約6kW排熱 ⇒ 10kW排熱)
- ループヒートパイプ(LHP)及び展開収納技術の確立により, 大容量(1kW級/枚)かつ軽量の展開ラジエータを実証する。



高排熱システム概要



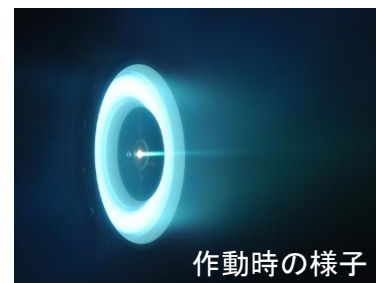
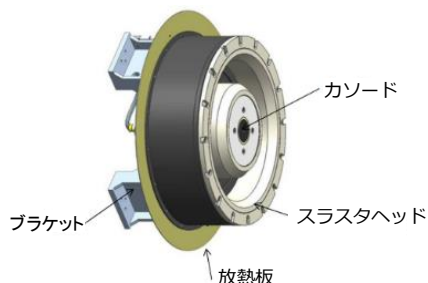
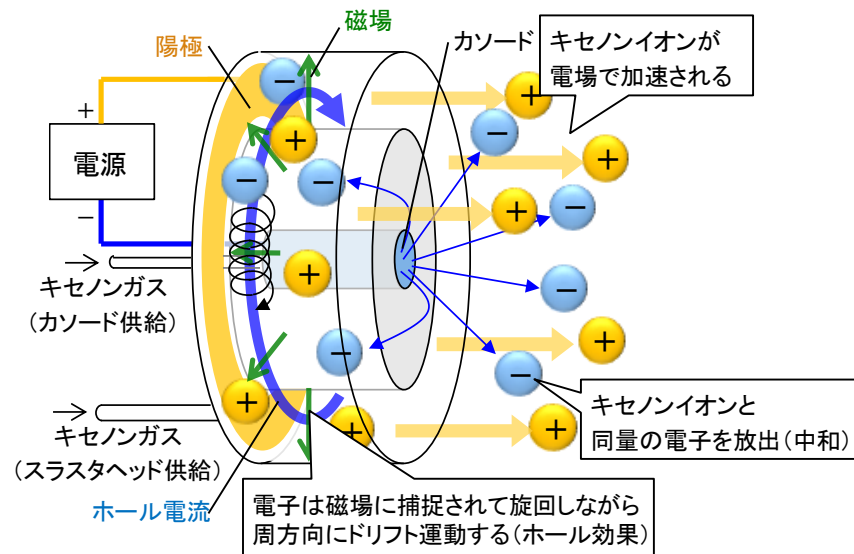
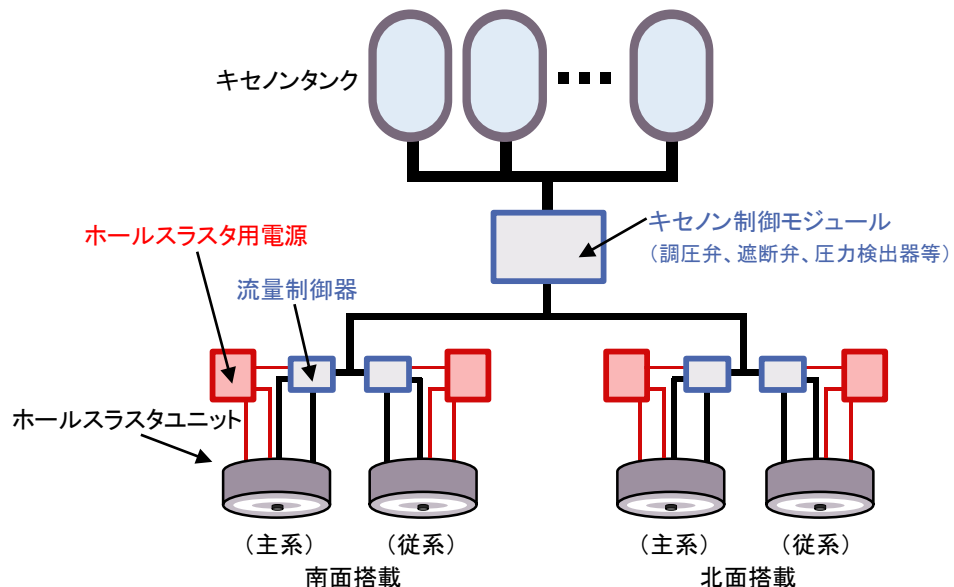
ループヒートパイプの概要

2. 技術試験衛星9号機の概要

2.2. 実証項目(3/4)

■ホールスラスタ（衛星バスに求められる技術③-①）

- 全電化衛星は従来の化学推進系を搭載した衛星と比べ、静止軌道投入までの軌道遷移期間が長期化し、サービスインが遅くなるという課題がある。軌道遷移期間の短縮のため、6kW級ホールスラスタを実証する。
- 6kW級ホールスラスタに対応した小型軽量のホールスラスタ用電源の実証をする（部品数削減、SiCデバイス/SJ MOS FETなどの適用による効率化）。
- 軌道遷移制御と静止軌道保持制御で効率的なスラスタ配置となる様に展開boom式ジンバルを実証する。



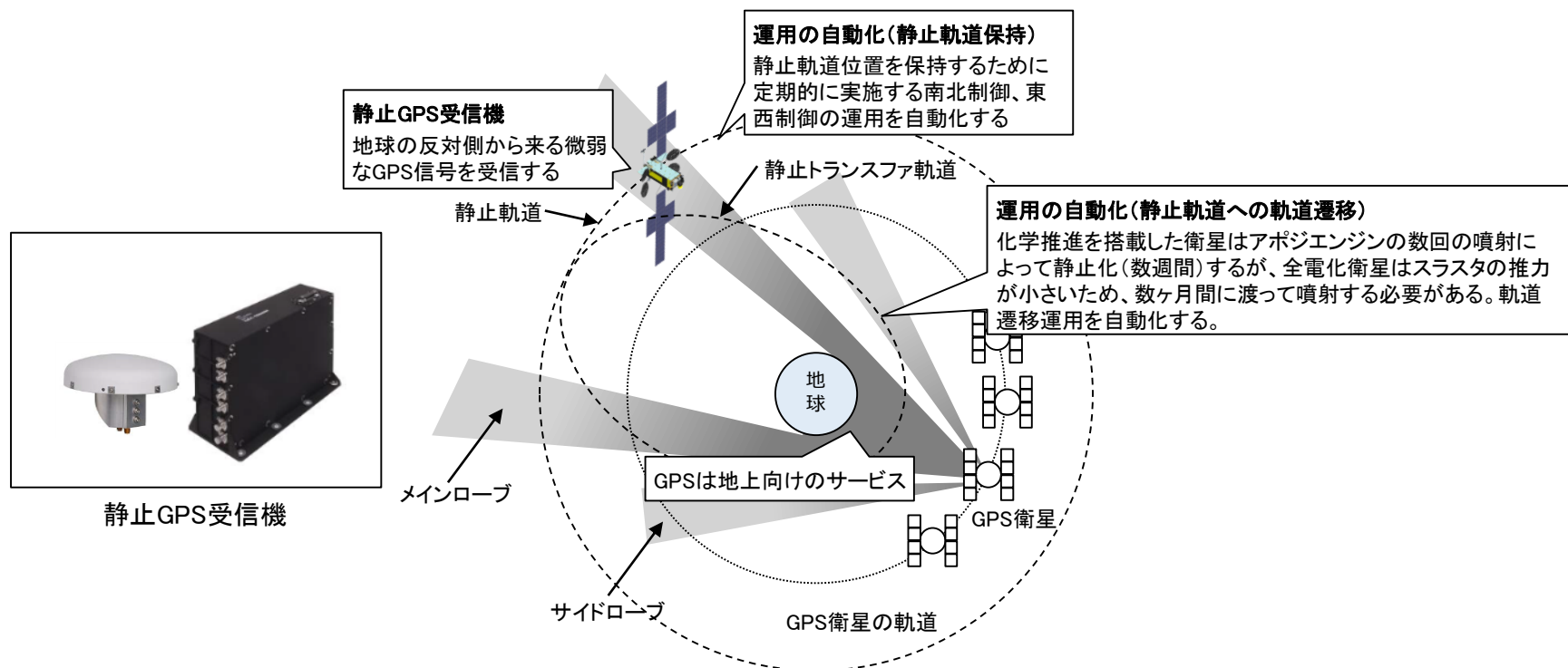
2. 技術試験衛星9号機の概要

2.2. 実証項目(4/4)

■ 静止GPS受信機を用いた運用の自動化（衛星バスに求められる技術③-②）

- ・ 静止GPS受信機によるオンボードの高精度軌道決定値を用いた自律軌道制御技術を確立し、運用の自動化を進める。
- ・ スラスタ搭載配置、制御方式、制御精度・効率等を考慮した姿勢・軌道制御ロジックを確立する。

⇒これにより、軌道決定・軌道制御計画に関わる運用負荷を低減し運用コストを抑制できると共に、人為的ミスの発生する機会が減ることから運用品質が確保できる。



2. 技術試験衛星9号機の概要

2.3. 通信ペイロードインタフェース

■役割分担

- JAXAは、技術試験衛星9号機の衛星システム・バス部を開発・実証する。
我が国の宇宙産業の国際競争力向上という技術試験衛星9号機の目的を見据えて、通信ペイロード部側とのインタフェース調整に関しては、衛星システム全体の成立性を考慮した対応を行う。
- 総務省及びNICTは、技術試験衛星9号機の通信ペイロード部を開発・実証する。

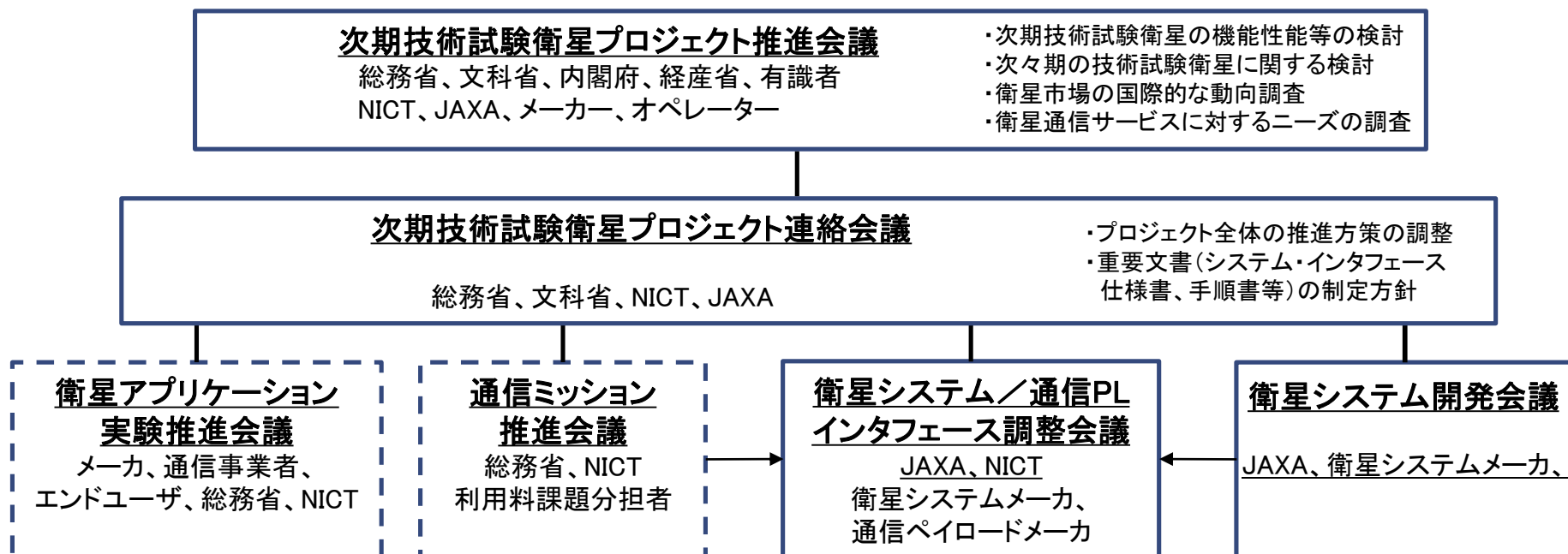
■インタフェース調整の進め方

- 衛星システムと通信ペイロード部とのインタフェースに関して、関連機関との役割分担を明確化するために、開発協定を締結し、スケジュール遅延やインタフェース不整合発生時等における責任関係などについて定める。
- 衛星バス部と通信ペイロード機器間のインタフェースについては、効率的な開発と実証を行うため、可能な限りクリアインタフェースとすることとし、インタフェース管理仕様書を制定する。

3. 技術試験衛星9号機の開発計画

3.1. (1)実施体制（1.3. プロジェクト推進会議【再掲】）

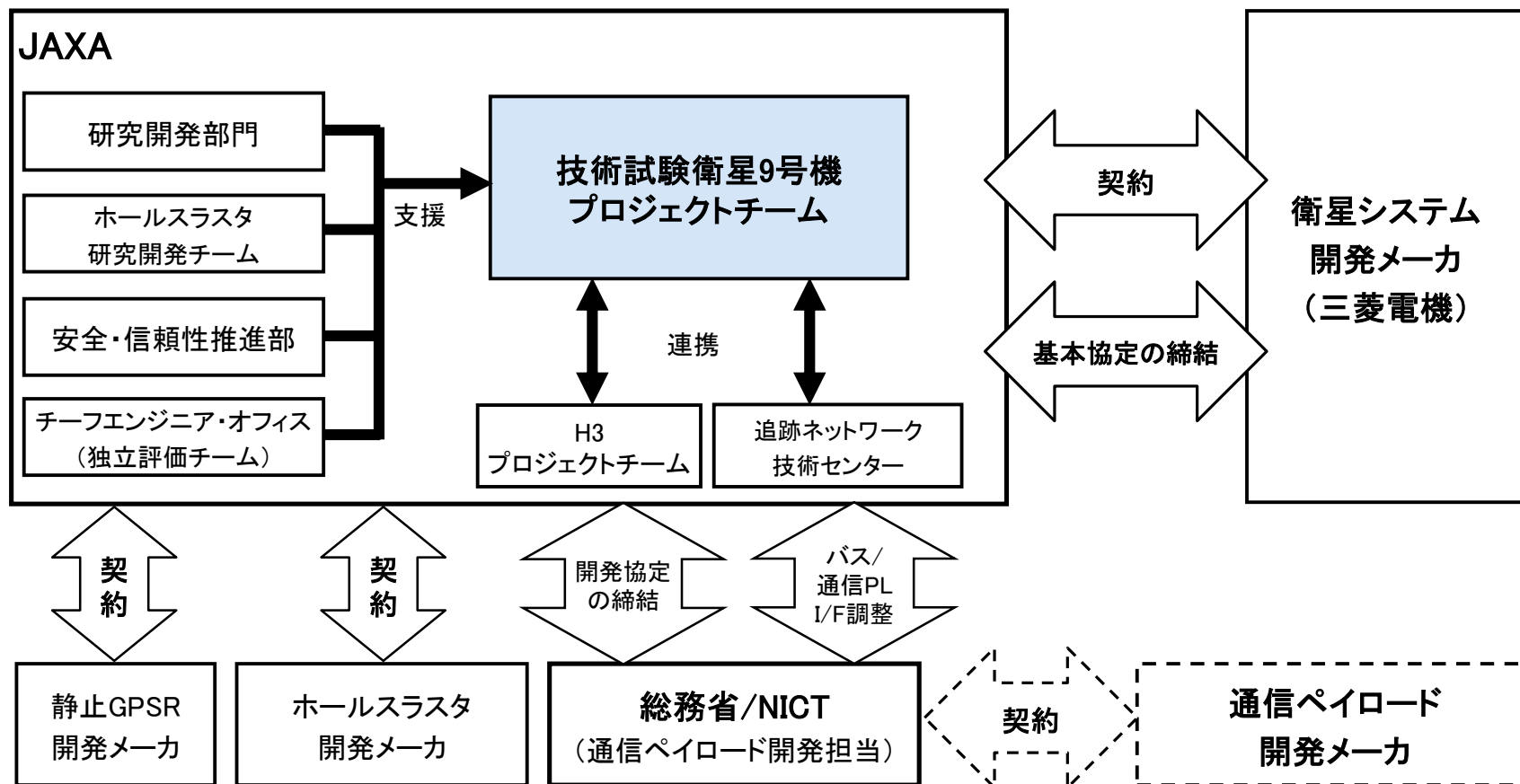
- 次期技術試験衛星の機能・性能や、次々期の技術試験衛星に関する検討を行うため、総務省、文部科学省を事務局とした「プロジェクト推進会議」が立ち上げられた。
（平成28年9月 第1回開催）
- プロジェクト推進会議の直下に、総務省／NICT、文部科学省／JAXAを構成員として、技術試験衛星の開発計画を実質的に推進するための「プロジェクト連絡会議」を設置。
- 技術的な詳細部分については、JAXA-NICT間の「インタフェース調整会議」にて調整。



3. 技術試験衛星9号機の開発計画

3.1. (1)実施体制

- JAXAは、技術試験衛星9号機を打上げ、軌道上での実証を行うことにより、次世代静止通信衛星バス技術の軌道上実績を確保する。
- 衛星システムメーカーは、技術試験衛星9号機の実証成果を活用した次世代静止通信衛星の商用展開を担う。2020年代の国際市場で将来「売れる衛星」に繋げる上で重要な要素となる企業の責任を明確化するため、JAXAと衛星システムメーカー間で基本協定を締結する。
- 通信ペイロードの開発機関とは開発協定を締結し、役割分担を明確化する。



3. 技術試験衛星9号機の開発計画

3.1. (2)資金計画、(3)スケジュール

(2)資金計画

技術試験衛星9号機プロジェクトの総開発費は282億円とする。

※打上げサービス経費は、H3ロケット 試験機2号機による打上げを前提としているため未計上。

(3)スケジュール

年度	28 (2016)	29 (2017)	30 (2018)	31 (2019)	32 (2020)	33 (2021)	34 (2022)
マイルストーン		▲開発着手				▲打上げ	
衛星バス開発・ インテグレーション	概念設計	基本設計	詳細設計	維持設計			
	BBMの製作・試験					初期運用	定常運用
		EMの製作・試験					
			PFMの製作・試験				
通信ミッションとの インタフェース	バス／ミッション インタフェース仕様(案)調整			通信ミッション機器 PFM引渡し			
地上システム			システム検討	設計・製作	試験		

(注) BBM:ブレッドボードモデル、EM:エンジニアリングモデル、PFM:プロトフライトモデル

3. 技術試験衛星9号機の開発計画

3.2. リスクと対応策

■ リスク識別レベルの定義

			発生の可能性 大	発生の可能性 中	発生の可能性 小
発生の影響度	大	大	大	中	小
	中	大	中	小	小
	小	中	小	小	小

■ 発生の影響度(技術、スケジュール、コストはor)

レベル	技術	スケジュール	コスト
小	軽微	軽微	軽微
中	許容可能、次善の策あり	1ヶ月以下の遅延	数千万円
大	許容不可能	6ヶ月以上の遅延	1億円以上

■ 発生の可能性

レベル	定義
小	発生の可能性は低く、このリスクは避けられる。
中	発生の可能性があり、リスクを避けるための処置が必要である。
大	発生の可能性は高く、代替手段が無い可能性がある。

■ 主要なリスクと対応方針(抜粋)

JAXA内の審査会を経て、リスクを識別し、その対応策を以下の通り設定する。

ID	リスク項目	リスクの内容	発生の可能性	発生の影響度	リスクレベル	対応方針・処置状況
1	国産ホールスラスタの開発遅延	スラスタモジュール、ホールスラスタ用電源、展開boom式ジンバル等の開発が遅延することにより、衛星開発スケジュールが遅れる。	中	大	大	開発移行より先行して要素試作試験、解析を進めており、開発課題の早期洗出しを行っている。 研究開発部門を始めとする全社的な支援のもと開発をプロジェクトで管理すると共に、開発メーカとは技術調整会等の中で逐次進捗を確認する。予めバックアッププランの検討・デッドエンドの設定を行い、不測の事態に対処できるよう開発メーカと対策検討を進める。
2	大電力化・軽量化技術の開発の遅延	目標とする大電力化や軽量化技術(小型高性能化、排熱効率の向上等)の開発が遅延することにより、衛星開発スケジュールが遅れる。	中	大	大	要素試作試験、解析を進め、早期に部品や回路設計の妥当性を確認し、不具合による手戻りを最小化する。 また、マイルストーン審査会のみならず、予め技術評価ポイントを定め、開発の達成状況を押さえる。
3	ペイロード機器とのインタフェース不整合	複数のペイロードとのインタフェースが必要となることから、インタフェースの不整合の発生により、衛星インテグレーションスケジュールが遅れる。	中	中	中	クリアなインタフェースとなるようなインタフェース管理仕様書を制定すると共に、開発機関と緊密なコミュニケーションを図る。また、開発機関と連携を取り、EM開発段階においてインタフェースの噛み合わせ試験を計画する。
4	H3ロケットの開発遅延	H3ロケットの開発が遅延することにより、衛星打上げスケジュールが遅れる。	中	中	中	EM開発段階から、H3プロジェクトと連携を取り、ロケットインタフェース調整会等の中で、逐次 開発進捗を把握する。もしも、何らかの要因によりH3の開発が遅れる場合には、関係機関と対応について調整を行う。

4. プロジェクト移行審査のまとめ

4.1. プロジェクト移行審査判定

技術試験衛星9号機では、大電力オール電化衛星バスによる通信ペイロード機器への供給電力の増大化とペイロード搭載能力の向上、大推力ホールスラスタによるサービスインまでの期間の短縮に係る技術の軌道上実証を行うことにより、衛星システムメーカーが将来の商業通信衛星市場で一定シェアを獲得することを目指している。

本プロジェクトの目標・成功基準・リスク対応策について審査し、衛星システムメーカーが商用展開を行う際に衛星システムの国際競争力につながる適切な目標・成功基準・リスク対応策となっていることを確認した。また、開発スケジュール、資金計画、人員計画などを審査し、技術試験衛星9号機の開発を担う三菱電機(株)をプライム企業とするプロジェクト計画全体が妥当であることを確認した。

よって、本審査に先立ち実施した外部評価での意見、及び本審査で設定した要処置事項を確実に処置することを条件に、プロジェクトへ移行してよいと判断する。

以上

平成29年3月21日
審査委員長 山浦 雄一

4. プロジェクト移行審査のまとめ

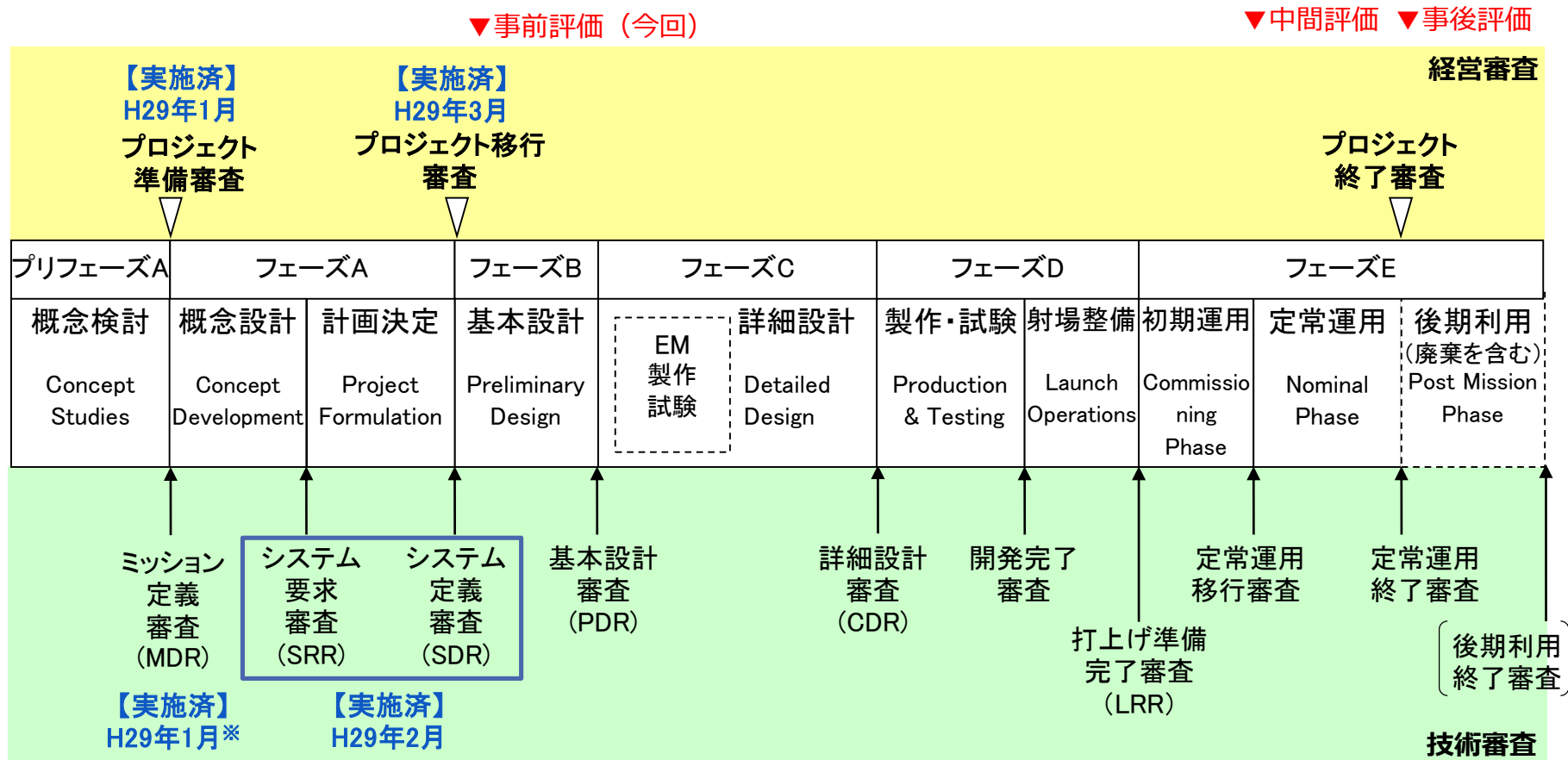
4.2. 主な審査結果

審査項目	主な審査結果
(1) プロジェクト目標(ミッション要求、成功基準の再確認を含む)、プロジェクト範囲が適切かつ明確に設定されているか	■ 次世代静止通信衛星に必要な、大電力オール電化衛星バスによる通信ペイロード機器への供給電力の増大化とペイロード搭載能力の向上を目指すこと、ホールスラスタによるサービスインまでの期間の短縮を図ることなどが示され、その軌道上実証を行うことをミッション要求としており、適切である。
(2) 実施体制は妥当か	■ 次期技術試験衛星ではJAXAが総合システムのとりまとめ、静止GPS受信機及びホールスラスタの開発、軌道上実証を行い、衛星システムメーカーがシステム開発、インテグレーション、試験を行うことなどの役割分担が明確化されており妥当である。
(3) 人員計画は妥当か	■ プロジェクトの人員計画については、役割及びフェーズ毎の人員プロファイルが明確化されており、適切である。
(4) 開発計画は妥当か	■ 開発計画として概ね妥当である。ただし、JAXAによる開発機器について、クリティカルパスを再確認し、想定される課題を明確化したうえで、あらかじめ対策を講じること。また、各試験の目的と、試験結果の反映先、目標を達成できなかった場合の対応方針を明確にすること。
(5) プロジェクトのリスク・課題が識別され、その対応策が妥当か	■ 各開発要素について、技術成熟度及び判断時期が明確化されており、適切である。開発遅延に対しても対策案が示されており妥当である。
(6) 資金計画は妥当か	■ リスク度合いに応じた計画が立てられており、概ね妥当である。
(7) 調達マネジメント計画は妥当か	■ 衛星打上げまでの間、各担当メーカーの責任が担保されるよう、具体策を検討・調整すること。

以下、補足及び参考

利用部会事前評価とJAXA内審査との関係

- JAXAが実施する宇宙に関する開発プロジェクトのフェーズとJAXAプロジェクトマネジメント規程に基づいて実施した審査会の受審実績との関係を以下に示す。



※産業競争力の観点から、衛星システムメーカと共にミッション要求を確定

【補足】プロジェクト移行審査の審査委員構成



【審査委員長】

経営推進担当理事

山浦 雄一

【審査委員】

理事

川端 和明

理事

山本 静夫

理事

浜崎 敬

理事

常田 佐久

理事

伊藤 文和

理事

今井 良一

執行役

伊東 康之

執行役

上野 精一

執行役

雨宮 明

執行役

深井 宏

技術参与(第一宇宙技術部門担当)

布野 泰広

技術参与(安全・信頼性推進部担当)

武内 信雄

技術参与(チーフエンジニア室担当)

本間 正修

【監事(オブザーバ)】

監事

高橋 光政

- 衛星システムメーカーと共有し、達成を目指す技術試験衛星9号機のアウトカム目標について、「次期技術試験衛星に関する検討会報告書」を基に、JAXA内の審査会を経て、以下の通り設定する。

アウトカム目標

○産業競争力の強化

次世代静止通信衛星では、我が国の静止通信衛星システムを世界市場において産業競争力のあるものとし、民間企業が2020年代に世界の商業衛星市場で一定シェア(10%:年間2機以上の受注)を獲得する。

そのため、技術試験衛星9号機では、世界最先端の衛星バス技術及び通信ペイロード技術を獲得し、それらを維持することで、我が国の宇宙開発の自在性・自立性の確保と、関連する宇宙産業や科学技術基盤の維持・強化を図る。

※「次世代静止通信衛星」: 2020年代において産業競争力を有する我が国の静止通信衛星

- プロジェクト移行審査に先立ち、プロジェクトの目的・目標や成功基準などに対し、外部の専門家の視点から評価を実施した。評価結果を以下に示す。

1. 日時:平成29年3月21日(火) 13:30-15:20

2. 評価委員およびオブザーバの構成

【外部評価委員】(50 音順:敬称略)

大阪工業大学 工学部 機械工学科教授 田原 弘一

東京工業大学 工学院 機械系教授 松永 三郎

【外部評価オブザーバ】

内閣府 宇宙戦略推進事務局

総務省 情報通信国際戦略局 宇宙通信政策課

文部科学省 研究開発局 宇宙開発利用課

経済産業省 製造産業局 宇宙産業室

3. 評価結果

以下に評価委員から頂いた評価結果について示す。

技術試験衛星9号機プロジェクトについて、提示された評価対象文書に基づき以下のA)、B)の観点で評価を行った。

評価を総括して、JAXA から提示されたプロジェクトの目標・成功基準について、国際競争力を有する衛星バスを開発する技術獲得のための軌道上実証を行うという観点から妥当であると評価する。特に、民間企業による商用展開を目指すという新たな取り組みについては高く評価できる。

なお、以降に示す意見については、技術試験衛星9号機による技術実証を確実に成功させ、日本の技術力の向上、国際競争力の向上につなげるため、関係機関、メーカーと協力し、さらなる検討と調整の実施を期待したい。

<評価の観点>

衛星システムメーカーが本プロジェクトの技術実証成果を活用して次世代静止通信衛星バスを開発し、商用展開を行うという本プロジェクトの特徴を踏まえ、以下に示すA)、B)が適切であるか。

A) 技術試験衛星9号機のミッション要求、成功基準(評価時期、評価方法を含む)、システム仕様

B) リスク・課題の識別、対応策の設定

【参考-2】外部の専門家からの評価結果(3/5)



4. 評価委員からの意見とJAXAの対応(1/3)

No.		評価委員からの意見 と JAXAの対応
1	意見	民間企業による商用展開を目指し、民間企業と協力して衛星の技術開発・実証を行うという本プロジェクトの取り組みは進めることが望ましい。一方で、多様な衛星システムを視野に入れ、今後もJAXA が技術試験衛星を継続的に開発することにより、技術を継承していくことも重要である。
	対応	技術試験衛星について、宇宙基本計画では次々期(10号機)の検討までが記載されている。技術の継承という面でも継続的な技術試験衛星の開発が行えるよう、世界的に競争力を有する衛星技術開発実証の提案をしていくとともに、技術試験衛星以外の技術実証機会も整備・活用していくことで技術力の強化と技術継承を行っていく。
2	意見	ホールスラスト開発にあたり、以下の検討を行うことを望む。 ① ホールスラストを用いた軌道投入シーケンスの実施について、軌道上での推力の変動、発生電力の変化など様々な事象を考慮したソフトウェアロジックの構築と検証が重要である。 ② ホールスラストを、国際競争力を持つ機器として商用展開していくためには、スラストヘッドと電源系を組み合わせたホールスラストシステムとして開発することが重要である。熱や電源の専門家を入れ、ホールスラストシステムとしての国際競争力獲得という観点で目標達成に向け取り組むことを望む。 ③ 民間企業がホールスラストの商用展開を実施していくにあたり、JAXA の試験設備を使い続けることは適切とはいえない。民間企業が自ら設備整備をするかを含め、企業の商用展開に対する考え方を確認することが重要である。
	対応	① ホールスラストの特性把握に努めると共に、ロバスト性の高い運用設計となるよう様々な状況を想定した制御ソフトウェアロジックの開発と検証を行う。 ② プロジェクトチームでは、スラストヘッドとホールスラスト用電源を一体的に開発を進める。また、社内のホールスラスト研究開発チームと連携するとともに、ホールスラスト技術委員会(仮称)を設置して社外の専門家にも支援をいただきながら開発を進める。 ③ ホールスラスト製造企業が商用展開するにあたっての試験設備については、企業による新規整備から海外の大学や企業が貸し出す既存設備の活用まで様々な選択肢をふまえて、企業側の商業活動に対する計画を確認していく。

4. 評価委員からの意見とJAXAの対応(2/3)

No.	評価委員からの意見 と JAXAの対応	
3	意見	衛星システム開発にあたり、以下の観点でシステム要求の検討を行うことを望む。 ①光通信機器を搭載することについて、機器側でもジンバル搭載等の対策が取られるとみられるものの、衛星の姿勢制御に対する要求が高いことが考えられる。太陽電池パドルのような柔軟構造物が含まれるため、光通信機器からのポインティング精度の要求について早い段階で調整しておくこと。また、対応にあたっては、将来光通信が普及することを見越し、姿勢制御の精度・安定性において競争力を有したバスとなるよう検討することを望む。 ②ホールスラストによる軌道投入フェーズにおいて、衛星がバンアレン帯を長期間通過するために、高い放射線耐性が求められる。これをリスクととらえ十分な対策をとること。
	対応	①衛星バスに求められる姿勢安定度は、光通信機器等を含めた衛星システム全体のコンフィギュレーションなどに依存するため、光通信機器の開発担当機関と情報共有及び調整を継続しつつ開発を進める。また、光通信機器の搭載に対するバスの競争力確保については、開発機関との対話の中で確認しつつ、検討を行う。 ②放射線耐性についてはリスクの一つと認識して早期に確認を行い、必要な対策を実施しつつ開発を進める。また、運用計画の詳細化と並行して、各機器が十分な放射線耐性を持つよう、適宜確認しつつ開発を進める。

【参考-2】外部の専門家からの評価結果(5/5)



4. 評価委員からの意見とJAXAの対応(3/3)

No.		評価委員からの意見 と JAXAの対応
4	意見	H3 ロケット試験機による衛星打上げに伴うリスクとして以下の2 点がある。これらのリスクに十分配慮して取り組むことを望む。 ① 打上げ時の環境条件が不確定な状態で衛星開発を進めるリスク ② ロケットの開発スケジュール遅延により、軌道上実証が遅れるリスク
	対応	① H3プロジェクトチームとは環境条件について、情報を共有しつつ開発を進めているところ、今後もロケット開発の進捗をふまえて継続的に状況を確認してリスクの低減に努める。 ② 今後もH3プロジェクトと連携を取り、逐次開発進捗を把握することで調整を行う。もしも、何らかの要因によりH3ロケットの開発が遅れる場合には、関係機関と対応について調整を行う。
5	意見	設計寿命を16 年としていることから、軌道上実証完了(静止化後3 年間)以降も、技術試験衛星9号機バスの運用は十分可能である。軌道上実証完了後の技術試験衛星9号機の有効活用方策について検討することを望む。
	対応	衛星バスの軌道上実証完了後の有効活用については、通信ペイロード部を所掌している総務省・NICTを含めた関係機関と、有効活用の方策について検討を進める。

【参考-3】市場動向と実証するバス技術の関係

通信コストの低減という市場ニーズに応えるため、産業競争力の強化の観点から、衛星バスに求められる技術を設定した。

