

新型基幹ロケット（液体燃料ロケット）の コンフィギュレーションについて

平成25年9月2日
(独)宇宙航空研究開発機構
(JAXA)

1. はじめに
 2. 要求事項
 3. 新型基幹ロケット開発における対応方針
 4. 総合システムのコンセプト
 - 4.1 ロケット機体／射点系地上設備
 - 4.2 飛行安全システム
 - 4.3 通信系システム
 5. まとめ
- 補足：基幹ロケットの打上げ能力比較（現状と今後）

1. はじめに



中間とりまとめで示された液体燃料ロケットの整理すべき事項「A) 実用システムとしての位置づけ」について、第7回部会では衛星の需要動向分析及び顧客要望・意識調査等に基づき、ミッション要求(案)と運用要求(案)を示した。

今回は、これに国が責任を負う安全要求(案)を加えたものを、新型基幹ロケットに対する要求事項として再度示す。

さらに、これらの要求を踏まえ、コンフィギュレーションを中心とした新型基幹ロケットのコンセプトを示す。

2. 要求事項 ～ミッション要求・運用要求(案)～



第7回部会で示した主なミッション要求(案)、運用要求(案)を以下に記す(一部見直し含む)。

	項目		要求事項
	大分類	中分類	
ミ ッ シ ヨ ン 要 求	打上げ能力 軌道投入精度	打上げ能力 SSO軌道	3ton／高度800km
		打上げ能力 GTO軌道	2ton～6.5ton ^(※) (衛星静止化増速量 ΔV 1500m/s)
		軌道投入精度	H2Aと同等
	打上げ価格 設備維持コスト	打上げ価格	現行基幹ロケットの半額程度を目標とする。
		設備維持コスト	現行基幹ロケットの設備維持コストの半額程度を目標とする。
	年間打上げ可能機数		6機対応可能なこと。

	項目	要求事項
運 用 要 求	契約～打上げ	・ ミッションモディフィケーション(個々の衛星の要求に適合させるために必要な作業)が不要な標準インタフェース衛星に対して競合ロケットより短期間で打上げ可能とする。
	ミッション解析	・ ミッション解析期間を競合ロケットと同等以下に短縮する。
	打上げ間隔	・ 打上げスケジュールの柔軟性を実現する為に打上げ間隔を1ヶ月以下(TBD)とする。 ・ 任意の1ヶ月(TBD)を打上げスロットとして設定可能とする。
	衛星系整備	・ ロケットとの結合作業期間を短縮する。 ・ 同一建屋での衛星点検/PAF結合/推進薬充填を可能とすること ・ ロケットとの作業干渉を発生させないこと ・ 打上げ時人員残留可能な建屋を確保すること

(※)第7回部会で「3トン級～6トン級」と記載していたものを今回のコンフィギュレーション検討等を踏まえてより正確に見直した。 4

2. 要求事項 ～安全要求(案)～

国が責任を負うべき主な安全要求(案)を以下に記す。

地上安全と飛行安全の要求は従来のもものと基本的に同じだが、デブリ対策については、新型基幹ロケットの運用開始時には世界的なトレンドとなっていることが想定されることから、新たに設定する。

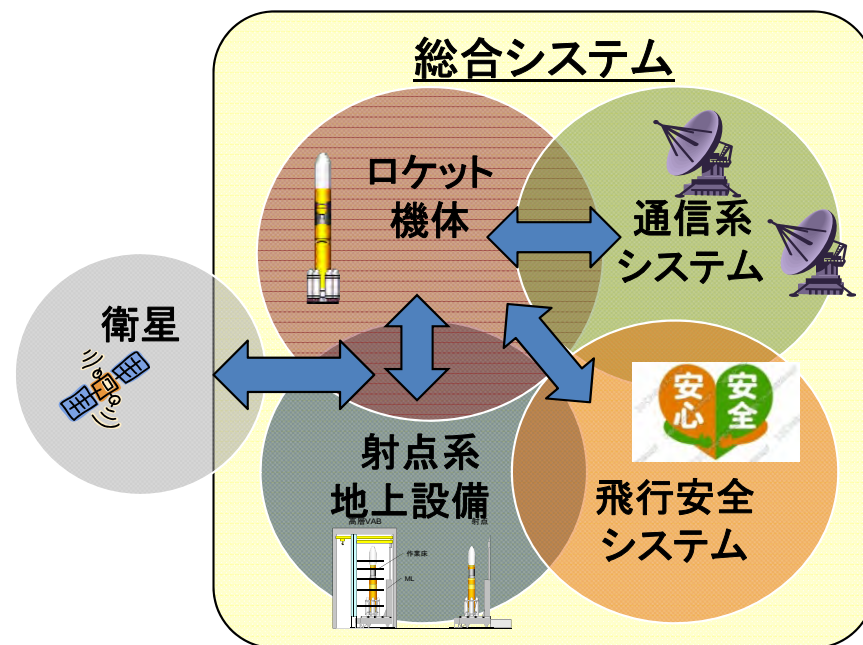
項目		要求事項
地上安全		ロケットの推進薬量に応じて設定する保安距離から警戒区域を設定し、人員の立ち入りを制限すること
飛行安全	打上げ時の落下物	飛行中に投棄する1段機体等が陸域に落下しないこと
	異常飛行時の被害防止	機体に異常が発生した場合には、飛行中断システムにより、意図しない地域への落下を防止すること
	航空機および船舶	飛行経路を航路から極力離し、事前に飛行経路を通報すること
デブリ対策(※)		ミッション終了後のロケット上段機体を有効な軌道上から退避させること ✓ LEO保護領域(高度 $\leq 2,000\text{km}$)から25年以内に退避 ✓ GEO保護領域($\text{GEO} \pm 200\text{km}$ 、緯度 ± 15 度)からの退避

(※)IADC(Inter-Agency Space Debris Coordination Committee) Space Debris Mitigation Guidelines による。

3. 新型基幹ロケット開発における対応方針

2項の要求事項を実現するために必要な、ロケット打上げシステム全体（以降、「総合システム」という）のコンセプトを検討するにあたっては、総合システムを構成するロケット機体、射点系地上設備、飛行安全、通信系システムへの要求をバランスよく行うことが重要である。

総合システムの概念図を右に示す。



さらに、総合システムのコンセプト検討においては、中間とりまとめで示された以下を考慮した。

- 実用システムとしての位置付け: 利用ニーズを踏まえた高い信頼性、低価格、柔軟な顧客対応等を可能とするサービス提供として位置づける。
- 固体燃料ロケットの産業基盤の維持は、固体推進薬を液体燃料ロケットの補助ブースタとして用いること等により行うこととする。また、輸送システムの要素技術の開発実証に当たっては、固体燃料ロケットと液体燃料ロケットの開発を連携させることで、効率的に実施する。

次頁に総合システムのコンセプト検討における対応方針を示す。

3. 新型基幹ロケット開発における対応方針



■ ロケット機体

- ✓ 打上げ能力、打上げ価格、設備維持コストなどのミッション要求を満足するロケット機体形態の選定を行う。
- ✓ また、分離方式の変更による環境条件の緩和、世界標準のフェアリングサイズなど、世界標準以上のユーザインターフェースにより柔軟な顧客対応を目指す。
- ✓ 解析技術を活用した高い設計信頼度と、試験機の打上げ機会を活用した商業衛星打ち上げ実績を積むことなどにより、市場での高い信頼性を獲得する。

■ ロケット機体／射点系地上設備

- ✓ ロケットと射点系地上設備間の機能配分を見直す等により、簡素な設備構成としてライフサイクル全体で効率的な維持を可能とする。
- ✓ ロケットと地上設備の運用性を向上させて打上げ間隔を短縮し、顧客の打上げ希望時期に柔軟に対応するとともに、産業基盤維持に必要な年間打上げ機数に対応可能とする。

■ ロケット機体／飛行安全システム

- ✓ ロケットと飛行安全システムの機能配分を見直す等により、安全性を確保しつつ簡素な地上設備構成としてライフサイクル全体で効率的な維持を可能とする。

■ ロケット機体／通信系システム

- ✓ ロケットと通信系システム間の性能配分を見直す等により、簡素な設備構成としてライフサイクル全体で効率的な維持を可能とする。

4. 総合システムのコンセプト

4.1 ロケット機体／射点系地上設備(1／6)

3項の対応方針を基に、打上げ価格、開発費、開発課題(リスク)、イプシロンとの共通化の可能性などを評価基準として、下記のように推進薬の種類選定、機体サイジング及びトレードオフを実施した。

1. 推進薬(燃料)は実用的なものを候補とする。

➤ 液体水素(LH2)、ケロシン、メタン、固体

他国の主要ロケットに用いられている推進薬、または我が国において開発経験のある推進薬を候補とする。
環境への負担軽減のため、毒性のある推進薬は除外。

2. コスト・信頼性の観点からロケットの段数は最小限*1とし、打上げ能力などミッション要求・安全要求を満足する機体構成とする。

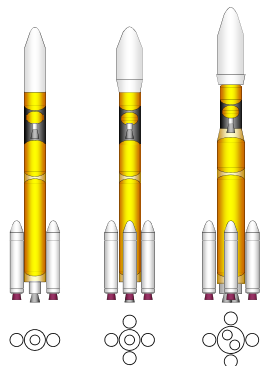
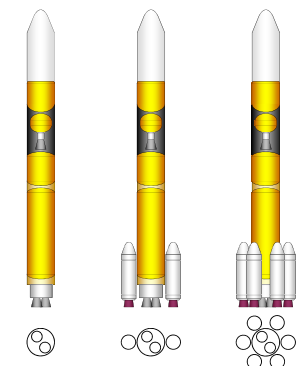
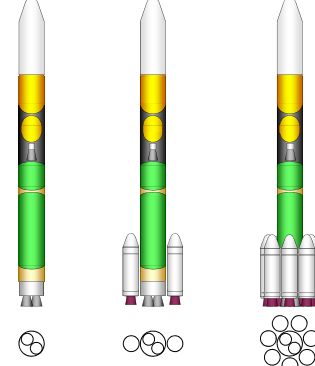
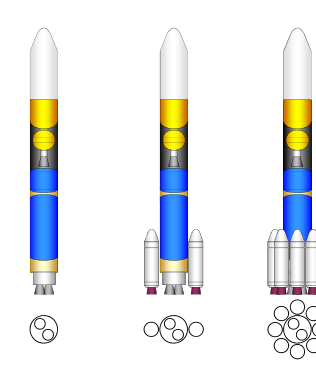
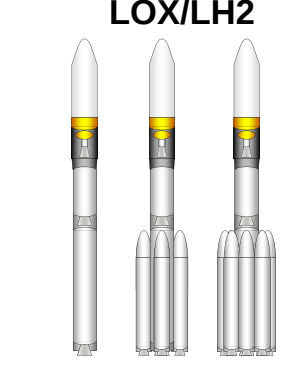
また、地上設備・共通インフラを効率的に活用する観点から、種子島からの打上げを前提とする。

*1)実用ロケットは2段～4段式が一般的。段数を多くするほど、ロケットは小型化が可能であるが、システムは複雑化・コスト高となる

上記の結果、これまでの技術を最大限に活用でき、エンジン開発におけるリスクとコストを抑制することが可能なことから、コアロケットにLH2/LOXの液体推進系を採用し、これに固体ブースタを組み合わせること
で幅広い衛星質量に効率的に対応できる形態を選定した。

トレードオフの代表例を次ページに示す。

ロケット機体形態のトレードオフ検討の代表例

推進薬	H-IIA/B ^{*1}	コアLOX/LH2+固体	コアLOX/メタン+固体	コアLOX/ケロシン+固体	コア固体+上段LOX/LH2
LOX/LH2 LOX/LNG LOX/JP-1 固体					
打上げ価格	SSO: 1.0 GTO中型: 1.2 GTO大型: NA	SSO: 0.5 GTO中型: 0.6 GTO大型: 0.8	SSO: 0.5 GTO中型: 0.6 GTO大型: 0.85	SSO: 0.6 GTO中型: 0.7 GTO大型: 1.0	SSO: 0.5 GTO中型: 0.7 GTO大型: 1.1
開発費	-	1.0	1.2以上	1.2以上	1.2以上
設備維持コスト	1	約0.5	約0.6	約0.6	約0.6
主な開発課題(期間)	-	・1段エンジン開発(6年) ・2段エンジン開発(6年)	・1段エンジン開発(10年以上) ・2段エンジン開発(6年)	・1段エンジン開発(10年以上) ・2段エンジン開発(6年)	・大型固体モータにおける燃焼振動・推進薬充填等の成立性への課題あり。 ・現有の生産設備の大幅な増強が必要
イプシロンとの共通化可能性	-	固体ブースタをイプシロンの2段と共用	同左	同左	固体(2段)をイプシロン1の段と共用
参考	-		1段にメタンを利用(2段はLOX/LH2)したケース	1段にケロシンを利用(2段はLOX/LH2)したケース	

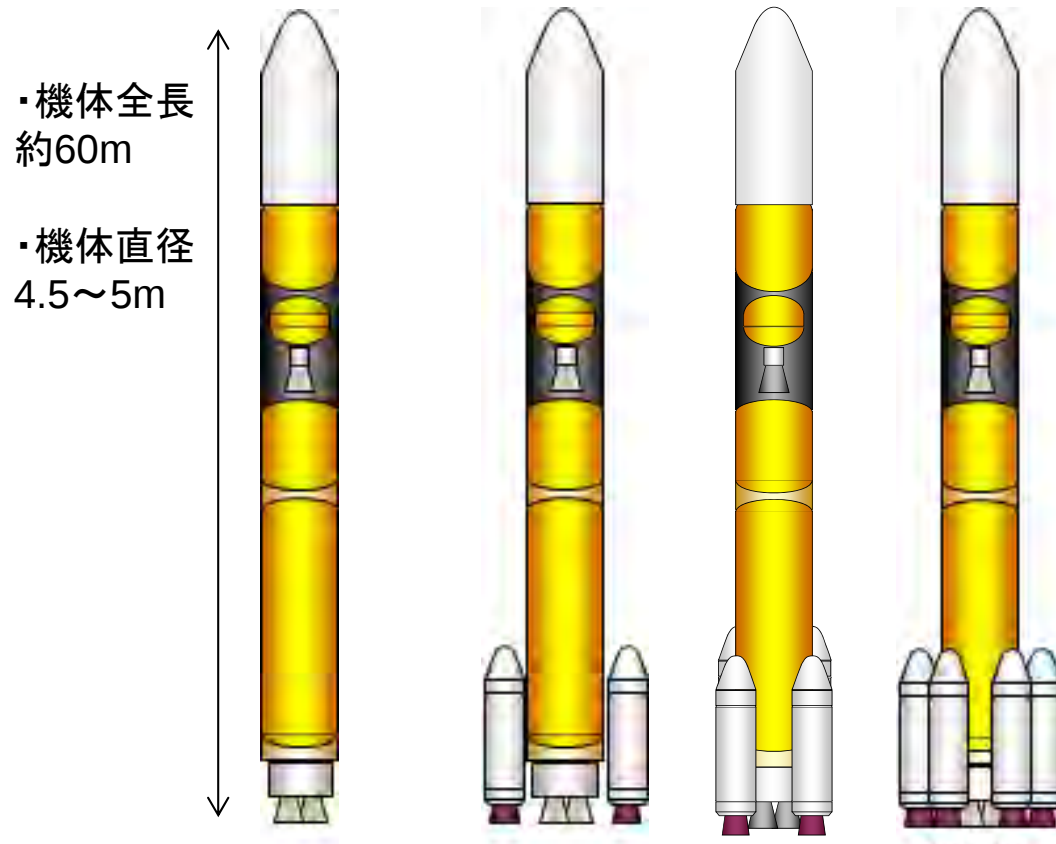
- メタンやケロシンは大型エンジンの開発に不確定要素が多く、液体水素より開発コスト・期間が増大する。
- 1,2段に固体ロケットを採用した場合、経験のない大型モータで成立性に課題。現有の生産設備の大幅な増強が必要
- コアに液体水素以外を使用する場合はGTO価格が割高(全備質量が重くなりブースターが増大するため)
- 液体水素は既存技術・インフラが最大限活用できる点で有利。固体を組み合わせることで、多様な市場ニーズに対応可能。イプシロンロケットとの共用も可能

4. 総合システムのコンセプト



4. 1 ロケット機体・射点系地上設備(2/6)

ロケット機体形態(検討例)



SSOミッション
3トン(高度800km)

GTOミッション 2~6.5トン

← 固体ブースタを装着することで
GTOミッションに柔軟に対応 →

- 全シリーズに亘って液体ブースタは共通仕様とし、製造/運用面での効率化を図る。
- GTOミッションに対しては、固体ブースタを装着(装着本数を6本までの間で調整)することで、多様なニーズに柔軟に対応する。

【参考】H2A: 機体直径4m, 全長53m, 固体ブースタ本数2本or4本
H2B: 機体直径1段5.2m, 2段4m, 全長56m, 固体ブースタ本数4本

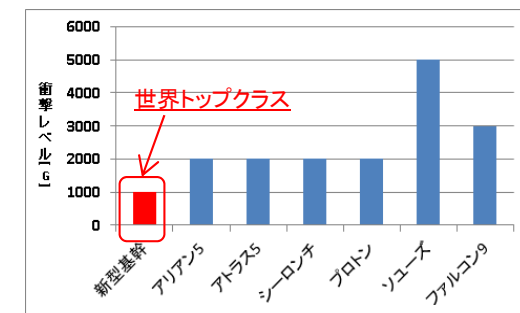
◆開発内容・打上げコストの目標

・開発内容

- 機体開発(構造、電気、推進系、衛星フェアリング)
- エンジン開発(1段エンジン、2段エンジン)
- 固体ブースタ開発
- 射点/射場設備開発

・打上げコスト : H2A/Bの約半分

・世界標準以上のユーザインタフェース

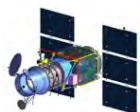


衛星分離時衝撃環境の例

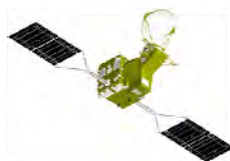
4. 総合システムのコンセプト

4.1 ロケット機体・射点系地上設備(3/6)

基幹ロケット ラインナップ



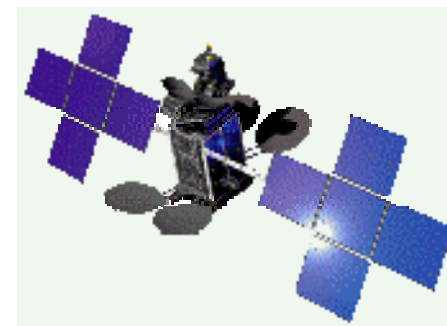
科学衛星・
小型観測衛星



観測衛星・政府衛星



気象衛星・準天頂衛星・
商業衛星



©Thaicom

商業衛星

