

7. 開発計画

7.1 開発資金

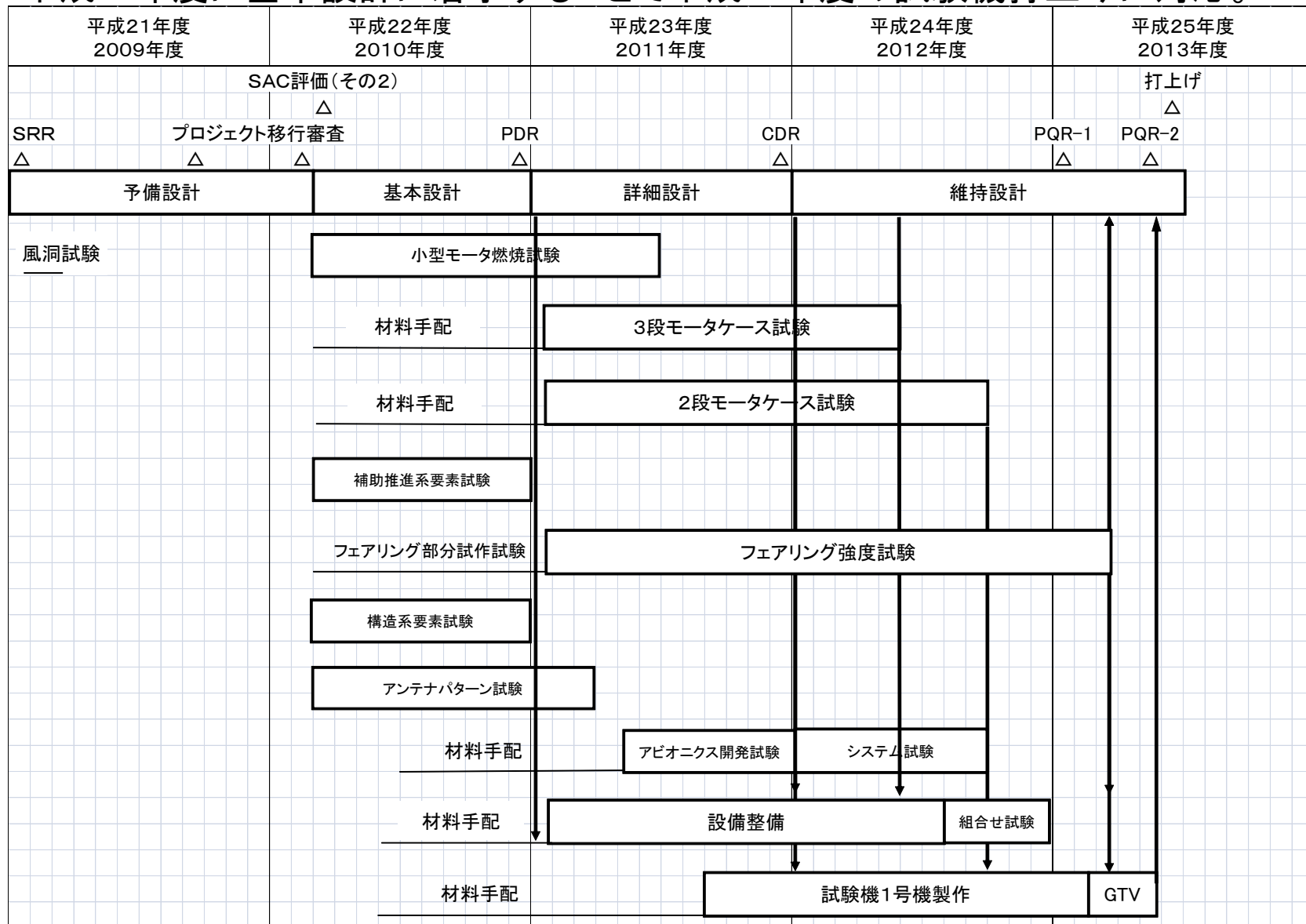
基本形態とオプション形態の開発を含め、開発移行後の資金は総額205億円を目標とする。

項目	費用
機体開発(オプション開発含む)	約110億円
設備開発	約42億円
試験機(オプション形態)	約53億円

(補足)試験機で打ち上げる小型科学衛星1号機(SPRINT-A)はオプション形態による高精度の軌道投入を要求。

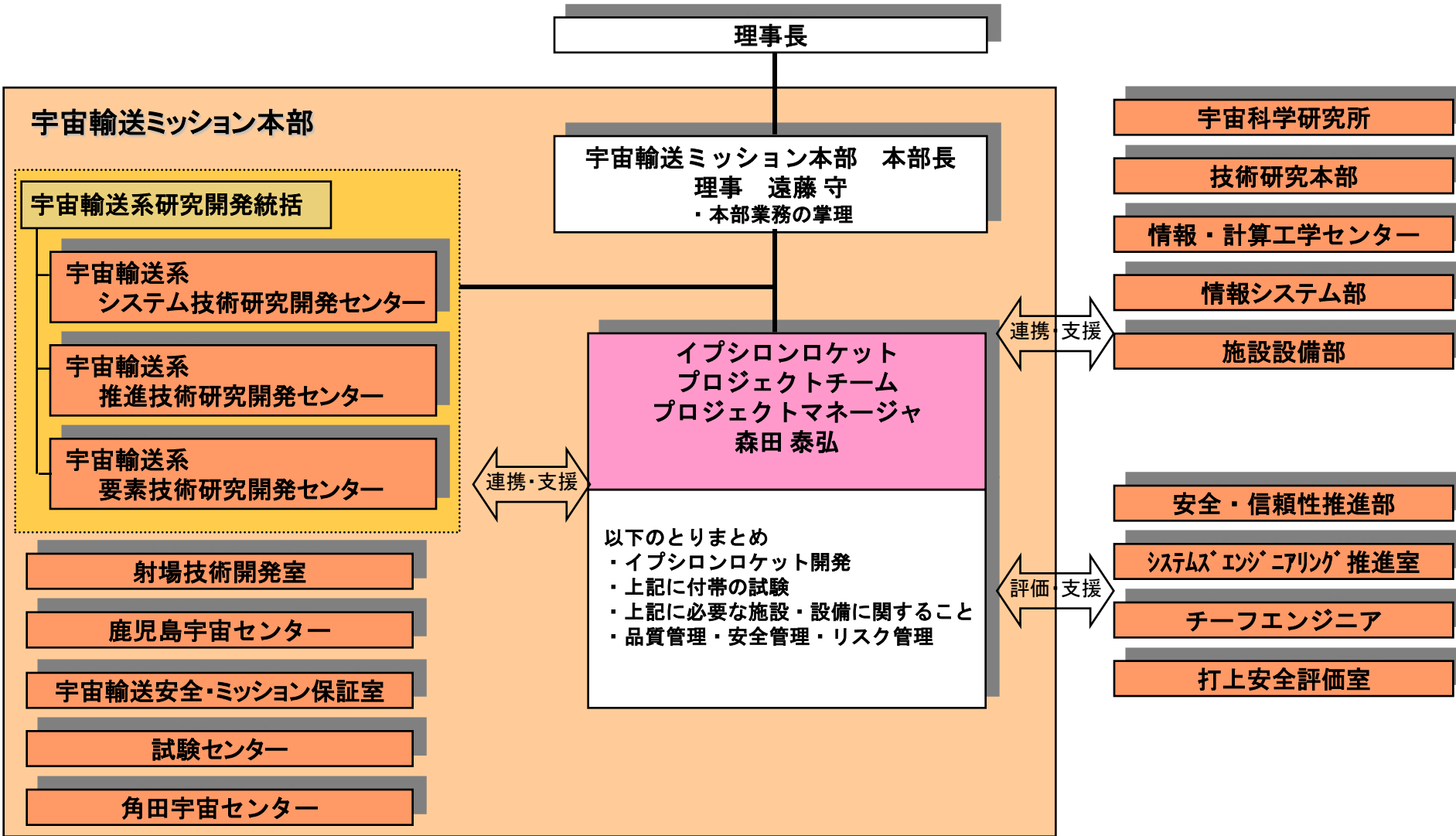
7.2 開発スケジュール

□ これまで進めてきた固体ロケットシステム技術の維持活動の成果を踏まえて、平成22年度に基本設計に着手することで平成25年度の試験機打上げに対応。



7.3 実施体制

JAXA内の体制を以下に示す。

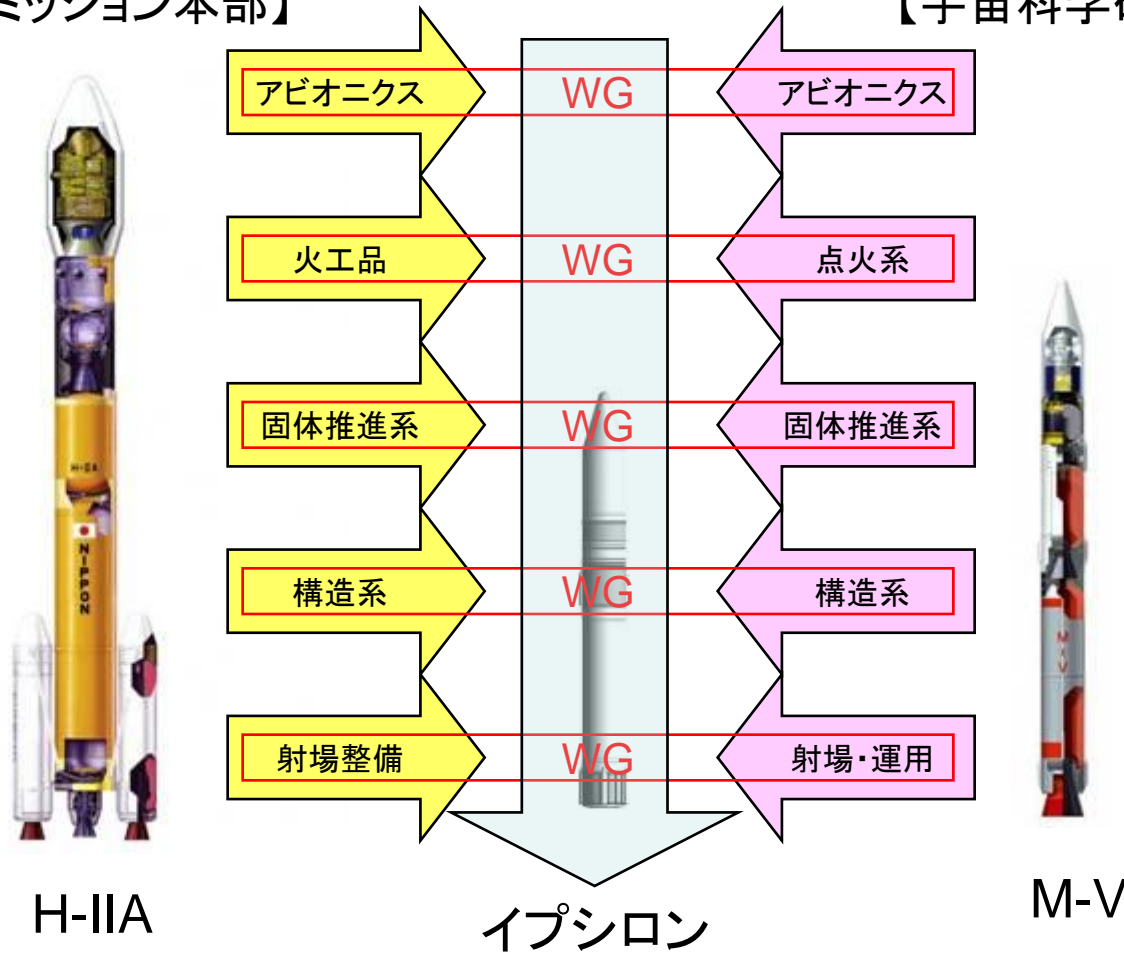


7.3 実施体制

固体ロケットシステム技術の継承

【宇宙輸送ミッション本部】

【宇宙科学研究所】

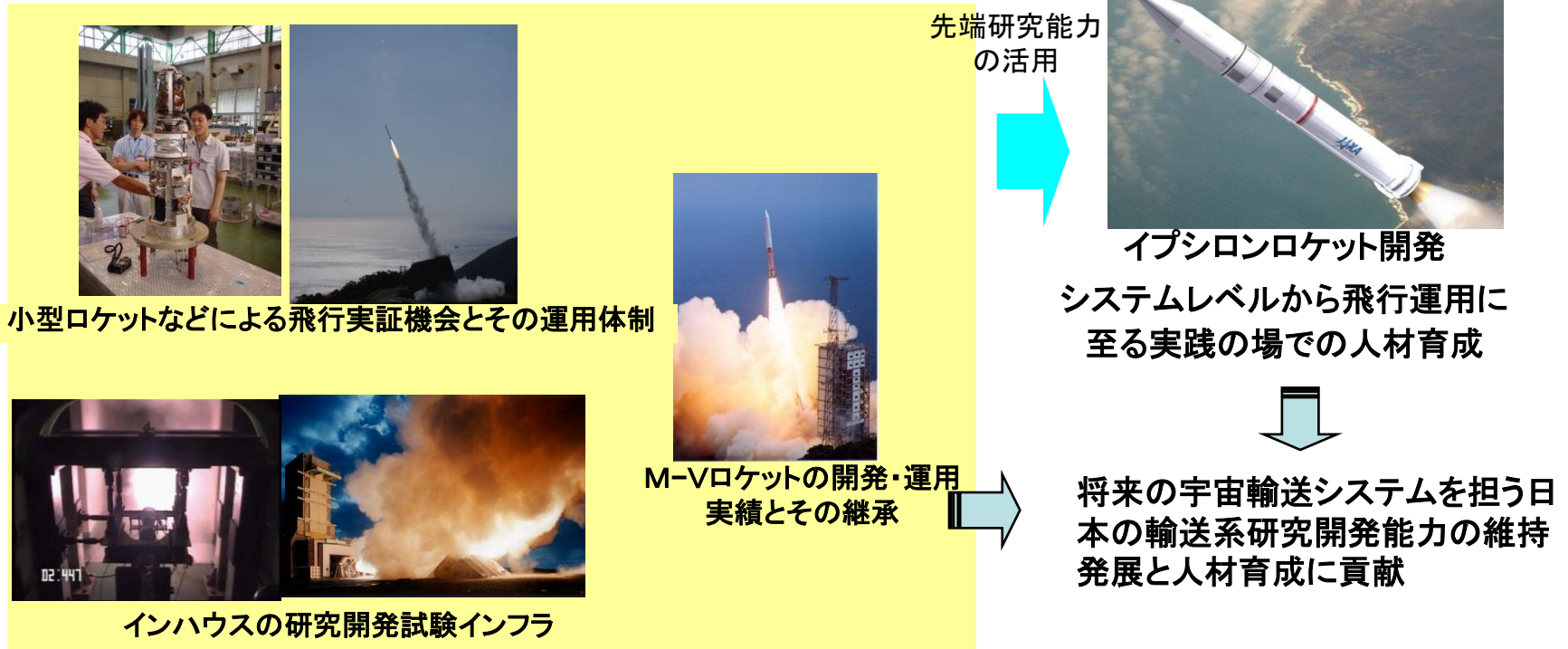


その他、情報化、飛行安全・飛行計画など

7.3 実施体制

将来の世界最先端の宇宙輸送系技術基盤を担う人材育成に貢献

- ✓ 世界最先端の技術基盤の維持と技術革新には継続的な研究体制の活性化と人材の育成が必須
- ✓ イプシロンロケット開発において、宇宙科学研究所の人的リソースとインハウスの解析、試験、評価などの先端研究能力を活用し、世界一級の性能や機能と運用性を持つ固体ロケットシステムを実現
- ✓ イプシロンロケットの開発を通じたシステムレベルから飛行実験運用に至る開発現場の実践を伴った人材育成により、宇宙工学の一分野としての固体ロケットシステム技術の日本のアドバンテージを確保
- ✓ イプシロンロケット開発と連携した輸送系共通基盤技術の研究開発による研究者の高い動機付けの維持とプロジェクトの実践的開発現場における研究者の貢献を通じて、将来の宇宙輸送システムを担う日本の輸送系研究開発能力の維持発展と人材育成に貢献



7.3 実施体制

メーカー開発体制を以下に示す。

JAXAインテグレート方式(JAXAがシステム全体をとりまとめる方式)により開発する。JAXAは、技術・資金・スケジュールに係るすべての判断を行い、開発全体の責任を持つ。メーカーが経験・ノウハウを有する製造、図面作成等についてはメーカー各社に委託する。



RCS:ガスジェット装置
GCC:誘導制御計算機
IMU:慣性センサ装置
LAMU:横加速度計測装置
RG-PKG:レートジャイロパッケージ
DHS:ダブルヘリカルスプリング

8. リスク管理

リスクを以下のカテゴリに分類して識別し、対処方針とリスク低減のためのコストの考え方を整理した。

今後、JAXA標準「リスクマネジメントハンドブック」(JMR-011)に基づき、「イプシロンロケットプロジェクトリスク管理計画書」により維持管理を行う。

【カテゴリ①】

前提条件の変更、打上げ延期のリスク及びプロジェクト外の要因に起因するリスク。プロジェクト外のJAXA全体の経費で対応する。

【カテゴリ②】

プロジェクト内の要因に起因するリスク。プロジェクト経費で対応する。

次ページ以降に主要リスクの開発研究段階での処置及び開発段階での計画を示す。

リスク管理

【カテゴリ1】

No	リスク項目	リスク内容	開発研究段階での処置	開発段階での対処計画
1	目標・基本設計要求変更	目標・基本設計要求を変更する場合、性能・コスト・スケジュールに影響を及ぼす可能性がある。	当初計画案からH2A・M5技術最大活用案への変更に際し、性能・コスト・スケジュールを総合的に評価し、目標実現へ影響がない機体システムとした。	変更する際には、性能・コスト・スケジュールを総合的に評価して決定する。
2	共通技術の不具合	他ロケットとの共通技術(SRB-A等)について、そのロケット研究開発・打上げ等で不具合が発生した場合、性能・コスト・スケジュール等の影響を受ける可能性がある。	なし。	状況に応じて影響度合いと対応策を検討する。

【カテゴリ2】

No	リスク項目	リスク内容	開発研究段階での処置	開発段階での対処計画
1	高速シリアルバス化	新規開発の高速シリアルバスの実現性確認が遅れる可能性がある。	高速シリアルバスの要素試験を実施しリスクを低減したが、高速シリアルバス化は不採用とした。	リスク対象外。
2	点検の自律搭載化	従来地上装置で行ってきた点検機能の機体搭載化を可能とする装置の実現性が確認できない可能性がある。(質量・寸法過大等)	要素試験を実施し、機体搭載可能なサイズで機能を実現でき、安全に点検が実施できる目処を得た。	実機設計のコンポーネントを試作して試験を実施する。

リスク管理

【カテゴリ2】

No	リスク項目	リスク内容	開発研究段階での処置	開発段階での対処計画
3	モータケース	CFRPモータケース成立性確認が遅れる可能性がある。	要素試験を実施し、設計データを取得し、リスクが低減できた。	実機大のモータケースを試作して試験を実施する。
4	音響環境	音響環境緩和のために設備に対する要求が過大になる可能性がある。(コスト増)	H2AやM5の知見をもとにJAXA専門家による数値解析を実施し適切な設備要求を設定した。	設定した設備要求に基づき設備を整備する。
5	高周波衝撃環境	分離衝撃低減効果が得られず、衛星やロケット搭載機器の開発に影響を与える可能性がある。	衛星分離衝撃低減研究を実施し、衛星要求を満足することを確認した。フェアリング分離は継続検討中。	H2A機器を使用するものに対して艤装設計を実施し、環境試験の必要性を見極める。
6	フェアリング沈水性	フェアリング海上落下後、海に沈める仕様にする場合、コスト・質量増などによりシステムとして成立しない可能性がある。	要素試験を実施し、海に沈めるための構造を実現できる目処を得た。フェアリングに対する要求仕様を設定した。	設定した要求仕様に基づきフェアリングを開発する。
7	正弦波振動環境	SRB-Aの燃焼圧力振動により、衛星への正弦波振動環境に対し影響を与える可能性がある。	衛星分離部に振動環境を緩和する制振機構を装備する仕様を設定した。	要素試験で制振特性データを取得し、実機大の制振機構を試作して試験を実施する。

9. 推進部会での助言に対する検討結果

No	評価における助言	検討結果
1	ロケット技術は、国の安全保障に係る技術でもあり、国としての自在性が重要であり、部品及び方式の選定等にあたっては、その点を十分考慮すべきである。	重要技術については国産品を使用する計画であり、自在性を確保している。
2	小型衛星に柔軟に対応するため、高頻度打上げの実現を徹底的に追求することを望む。	M-Vロケットに比べて打上げコストを低減するとともに射場作業期間を短縮することにより高頻度打上げの実現を追求している。
3	開発研究を進めるに当たっては、M-Vロケットに関わる技術的・人的経験の蓄積が、JAXA内および関連メーカー内において、適切に継承されていくことが重要である。	M-Vロケットの開発と打上げを経験したJAXAとメーカーの技術者が中心となり、そこに新たなメンバーが加わって開発を進めることにより、技術や経験を継承していく。
4	開発研究の当初から、信頼性に関わるエンジニアや、射場で実際に打上げに関わるエンジニア等、現場経験の豊富な先人の知見を生かしていくべきである。	開発研究の当初から、信頼性に関わるエンジニアや打上げなどの現場経験豊富なエンジニア等、現場経験の豊富な先人の知見を生かしてきた。開発移行後も継続する。

平成19年8月27日宇宙開発委員会推進部会資料
推進7-2-3「次期固体ロケットプロジェクトの事前評価結果」

9. 推進部会での助言に対する検討結果

No	評価における助言	検討結果
5	<p>効率の良いシステムの設計を行うためには、システム全体の立場からのすり合わせが重要なことから、まず全体システムの設計を行い、そこを出発点として各要素の仕様を固め、設計を進めてゆく基本を実現していくべきである。また、運用性、整備性の良いロケットを設計することが、コスト低減のキーの一つであることから、設計当初から運用担当、設備担当も加えてシステム設計を行うことが必要である。</p>	<p>左記のとおり、まずはシステム設計を行い、そこを出発点として各要素の仕様を固めるという基本を徹底している。また、設計当初から運用担当、設備担当も加えてシステム設計を行っている。</p>
6	<p>搭載系のネットワーク化及び自己診断機能等については基幹ロケットにも将来採用され得る技術なので標準化を念頭に置いた開発研究を望む。</p>	<p>基幹ロケットにも将来適用されうる技術として、高速シリアルバス化、点検の自動化・自律化、火工品回路点検機能の機体搭載化の研究開発を実施した。ただし、高速シリアルバス化は輸送系共通研究として継続実施する。</p>
7	<p>打上げ作業の効率向上を目指していくつかの新しい技術を取り込むとのことであるが、これらについては単に信頼性だけでなく、故障修理などの保守性や保全性についても設計要求を明確にするなど、稼働率の向上を目指すことを望む。</p>	<p>新しい技術であるモバイル管制システムでは汎用性のあるコンピュータを使用する要求を設定した。これにより保守・保全のしやすいシステムとしている。</p>

9. 推進部会での助言に対する検討結果

No	評価における助言	検討結果
8	<p>研究開発をおこなうにあたっては、Mシリーズロケットにおける作業方法の長所を生かしつつ、JAXAの航空宇宙のスタンダードに基づいた技術標準、技術管理プログラム管理に基づいて開発を行うべきである。</p>	<p>Mシリーズロケット開発と同じJAXAインテグレート方式での開発とし、かつ、モータ地上燃焼試験をJAXA主体で実施することにより技術継承と開発コスト低減を同時に実現する。また、技術標準、技術管理、プログラム管理についてはHシリーズロケット開発と同じJAXAスタンダードを適用する。</p>
9	<p>我が国独自の固体ロケットシステムの技術力、人材の維持、継承において支障のないスケジュールを設定するよう留意するべきである。</p>	<p>M-Vロケットの最終打上げから4年以上経過しており、固体ロケットシステム技術を維持・継承するためには本プロジェクトのすみやかな開発移行が必要である。</p>
10	<p>リスク管理は、どのようにしたら事前に出るだけのリスクを洗い出すことが可能か、突然問題が発生した場合それを如何に迅速に処置するか、の二点が重要である。前者に関しては、設計と開発計画がある程度固まった時点で、後者に関しては非常用対策を常に考え、またスケジュールに反映して行くことが必要である。</p>	<p>左記のとおり、基本に忠実にリスク管理を実施している。</p>

10. まとめ

- 小型衛星のニーズ分析及びベンチマーク結果を基にイプシロンロケットの目標及びその成功基準を明確にした。また、この目標に対応したイプシロンロケット実現に向けた開発方針を設定した。
- H2A用SRB-Aの採用やM5・H2A技術を最大限活用し、開発資金を低減しつつ信頼性向上を図った機体システムをイプシロンロケットのベースラインとして選定した。
- 選定した機体システムの既存技術・新規技術の識別を行い、技術成熟度分析の結果を踏まえ、必要な確認試験を設定し開発計画に反映した。
- 開発研究段階までに識別したリスクに対する対策を実施するとともに、開発フェーズで処置すべき課題とその対処方針を設定した。処置すべき課題については、その対処に要するコスト・スケジュールを開発計画に反映した。

付 録

付録. 全体スコープ

－開発研究移行評価前の経緯－

- 宇宙航空研究開発機構は平成10年2月に初号機を打上げて以降、平成18年9月に7号機で太陽観測衛星「ひので」を打上げるまで、合計7機のM-Vロケットを打ち上げた。
- 「ひので」に続く科学衛星として平成22年に金星探査衛星（PLANET-C）の打上げを計画しているが、これをM-Vロケットで打上げるには、4年間の設備等の維持費等、多額の経費を要する。
- 一方で、宇宙科学におけるプロジェクトの規模について宇宙開発委員会 計画部会の元に設置された宇宙科学ワーキンググループにおいて審議され、平成19年1月29日の計画部会にて、以下の方針がとりまとめられた。

『従来M-Vロケットによる打上げを前提とした中型科学衛星計画を中心としていたものを、中型計画に加えて、国際協力を前提とした大型計画と、機動的で迅速に成果を挙げられる小型計画の積極的な推進により、ニーズに即した多様な規模の計画を展開するよう指向すべき。』

- 中型計画に加えて小型計画を積極的に推進するという宇宙科学の計画方針には、M-Vロケットを継続して運用するよりも、機動的・迅速かつ低コストの小型ロケットとH-IIAロケットの組合せで対応する方が、効果的、効率的であり、中型計画のミッションもより充実したものになる。

これらの背景を踏まえて、宇宙開発委員会 計画部会の元に設置された輸送系ワーキンググループにて固体ロケットシステム技術の維持方策について審議され、平成19年2月27日の計画部会にて、以下の方針がとりまとめられた。

『M-Vロケットの開発・運用を通じて得た知見を継承し、基幹ロケットと基盤、機器を共通化するなどの設計思想の下「次期固体ロケット」を開発し、小型衛星への柔軟、効率的に対応することで固体ロケットシステム技術の維持・向上を図る。なお、次期固体ロケットの開発に伴いM-Vロケットの運用を終了する。』

付録. 全体スコープ

－開発研究移行評価前の経緯－ (政策的位置づけ:総合科学技術会議)

●我が国における宇宙開発利用の基本戦略

(平成16年9月9日 総合科学技術会議)

- 固体ロケットシステム技術は、我が国独自の技術の多くの蓄積があり、即時打上げ要求に対応可能な特徴を持つ技術として、我が国がその自律性を確保する必要がある。M-Vロケットについては、技術開発は終了した、打上げ実績のあるロケットであることを踏まえ、固体ロケットシステム技術の維持を図るとともに、我が国の小型衛星(科学衛星を含む)打上げ手段を確保するため、当面運用を継続する。なお、固体ロケットシステム技術の維持方策としては、M-Vロケットのみによる対応だけではなく、H-IIAロケット固体ロケットブースタの技術維持による対応や、M-Vロケットのコスト削減方策の検討を含め将来における民間移管の可能性を視野に入れた対応の検討が必要である。

●第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略(フロンティア分野)

(平成18年3月28日 総合科学技術会議)

- 重要な研究開発課題の概要:M-Vロケット
- 研究開発目標(計画期間中の研究開発目標)
 - 2010年度までに、固体ロケットシステム技術の維持方策を明確にするとともに、我が国の自律性の確保のため、即時打上げ要求に対応可能な特徴を持つ技術として、固体ロケットシステム技術を維持する。【文部科学省】
- 成果目標
 - 2010年度までに世界トップレベルの打上げ成功率90%(20機以上打上げ実績において)を達成し、我が国が必要な衛星を必要に応じて独自に打ち上げる能力を確立する。また、中小型から大型の衛星の打上げに対応できる能力を維持・確立する。【文部科学省、経済産業省】

付録. 全体スコープ

－開発研究移行評価前の経緯－ (政策的位置づけ:宇宙開発委員会)

●宇宙開発に関する長期的な計画

(平成15年9月1日 総務大臣・文部科学大臣・国土交通大臣)

- M-Vロケットについては、政府としての技術開発を終了し、大型固体ロケット技術を確立した。これまでの技術成果を有効に利用し、打上げウィンドウなどの打上げに当たって厳しい条件を有する科学衛星について、引き続き、全段固体ロケットとしての優位性を活かした打上げを行うなどにより、固体ロケット技術の維持を図る。その際例えば、H-II Aロケットの固体推進系との共通化等により、打上げコストの低減に努めることが望まれる。なお、科学衛星の打上げ手段については、将来において国内での他の代替手段が信頼性等の観点から確立した時点で、改めて検討を行う。

●宇宙開発委員会計画部会輸送系ワーキンググループ (平成19年1月まで)

- 固体ロケット固有の技術の向上を図りつつ「次期固体ロケット」を開発し、小型衛星へ柔軟、効率的に対応することが適切
- 本ロケットの開発は、宇宙科学にとって有用な輸送手段を提供するという意味で極めて重要であるのみならず、ロケット工学の発展を図るもの
- 短期間・低コストの打上げオペレーションや、簡素性を徹底的に追求した射場設備などの新しい設計思想を採用し、単なる既存コンポーネントの組合せでは及ばない高品質のシステムを構築するとともに、革新的な運用性の向上を目指す
- 基幹ロケットと基盤（技術、技術者、技能者、設備）、機器を共通化するなどにより、短期、低コストでの開発や、基幹ロケットと一体となった信頼性向上、コストダウンを図る

付録. 全体スコープ

－開発研究移行評価の結論－

「宇宙開発に関する重要な研究開発の
次期固体ロケットプロジェクトの事前評価結果」(抜粋)
平成19年8月27日宇宙開発委員会 推進部会

4. 次期固体ロケットプロジェクトの事前評価結果

(1) プロジェクトの目的(プロジェクトの意義の確認)

次期固体ロケットプロジェクトは、小型衛星計画への対応及び固体ロケットシステム技術の維持・向上を目的としている。

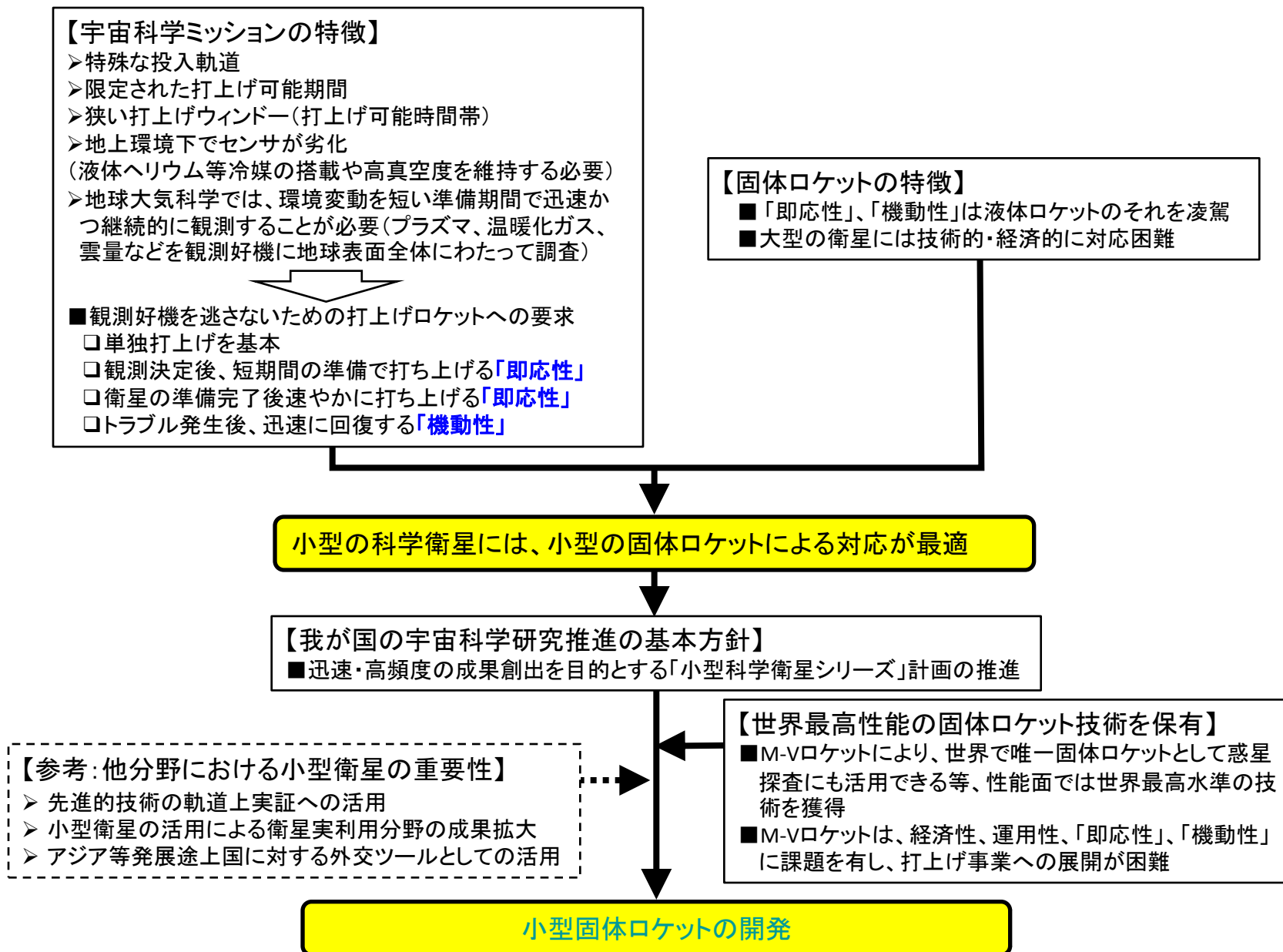
本プロジェクトは、基本戦略や長期計画等に規定されているわが国における宇宙開発利用全体の意義、目標及び方針等を踏まえるとともに、その目的は、次期長期計画の検討の一環として実施された輸送系ワーキンググループの結論に的確に対応するものと認められる。

さらに、固体ロケットの長所を生かし、システム構成と運用を簡素化することで、小型衛星の打上げに適した、信頼性が高く、運用性、経済性に優れた小型ロケットを開発することを目的としており、具体的に示された多岐にわたる小型衛星のニーズに対応するものと認められる。

固体ロケット技術の継承という面からも、開発経験の継続による人材育成が期待できることから意義が大きく、本プロジェクトの目的は適切である。

付録. 背景及び位置付け

小型科学衛星計画を推進する上での小型固体ロケットの必要性



付録. 背景及び位置付け

海外小型ロケットの動向

- 海外の小型固体ロケットはICBM転用により廉価な打上げ価格を設定。近年は価格上昇の傾向。
- 商業受注実績は、打上げ能力1トン以上クラスのロケットで1機／年以下、トールスXLで0.5機／年程度。打上げ能力0.5トンクラスのペガサスで1～1.5機／年程度。
- 欧州のベガは初期5機をESAが調達。欧州以外の打上げロケット(多国籍企業によるロケット)との価格差を考慮してVERTAプログラムによる価格低減措置を実施。
- 米国はUSAFのプログラムでミノタウルスを開発。政府需要専用であり、商業打上げは行っていない。商業打上げを行っている企業(2社)はいずれもNASAと莫大なアンカーテナント契約を締結。
- ファルコン1は打上げ能力約0.5トンでありイプシロンと衛星のターゲットが異なる。(競合しない)

付録. 背景及び位置付け

政府プログラムによる小型ロケットの動向

【欧州】(2008年 ESA bulletin 135、2005年 JAXA調べ)

- ESA Verta (Vega Research & Technology Accompaniment) プログラムとして
 - ・ 固体ロケットVEGA (LEO300kmに2.3ton)を開発中。2010年初号機打上げ予定。
 - ・ 欧州以外の打上げロケット(多国籍企業によるロケット)との価格差を考慮して補助金の支出を決定。
 - ー 初期5機に対して247M€ → 14M€ /機の価格設定
 - ー 次の5機については17M€ /機、11号機以降は21M€の価格設定に対応した補助金の支出を予定。
- ESAは、“Buy European”政策により、欧州のロケットの価格が欧州以外の打上げロケットよりも25%以内の高値であれば、欧州のロケットを使用すること、としている。



【米国】

- 米軍のプログラム (USAF's Orbital/Suborbital Program) の中で
 - ・ 固体ロケットミノタウルス1 (LEOに0.6ton) を開発 (OSC社に委託)、即応性を狙った小型技術実証衛星 (TacSatシリーズ) を打上げ。
 - ・ 打上げ能力を向上したミノタウルス4 (LEOに1.7ton) を2010年4月に打上げ (サブオービタル飛行)。
 - ・ ミノタウルスロケットは政府需要専用であり、商業打上げは行っていない。
- 米空軍 (DARPA) は同じくOSC社による商業用の固体ロケットトールラス (LEOに1.6ton) の開発資金を負担。



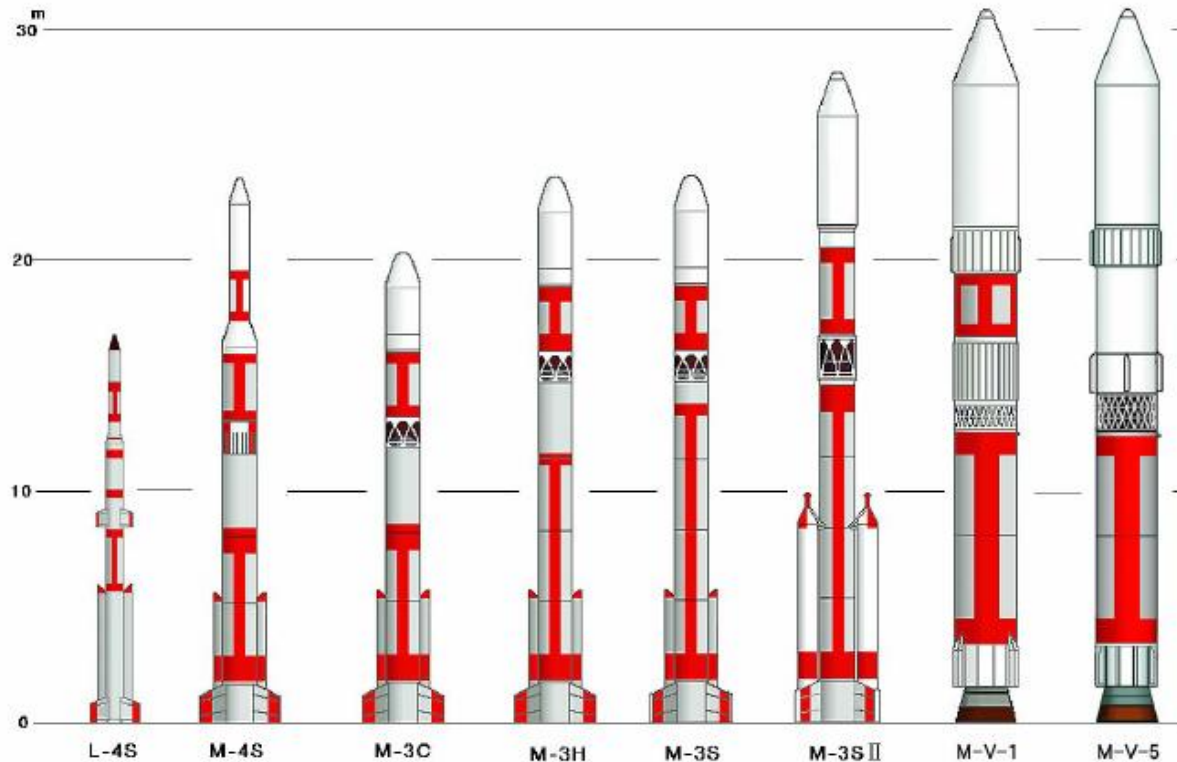
付録. 背景及び位置付け

海外小型ロケットの比較

ロケット名	ファルコン1	ペガサスXL	ミノタウルス	トーラスXL	ロコット	ベガ	
国名	米国	米国	米国	米国	露	欧州	
LEO打上能力	0.42t	0.44t	0.58t	1.46t	1.95t	2.2t	
初号機打上年	2006年	1990年	2000年	1994年	1990年	開発中	
打上実績	2/5 (民需は1/1)	35/40 (民需は14/15)	8/8 (全て官需)	6/8 (民需は3/5)	13/14 (民需は9/10)	— 初期5機はESA調達	
機体形態	1段	液体(ケロシン) Merlin	固体 Orion 50SXL	固体 M-55A 1 (Minuteman転用)	固体 Castor120 (Peace Keeperベースに開発)	液体(ヒドラジン系) RD-0233 (SS-19転用)	固体 P80 FW
	2段	液体(ケロシン) Kestrel	固体 Orion 50XL	固体 SR-19 (Minuteman転用)	固体 Orion 50SG or SXLG (ペガサスモータ伸張)	液体(ヒドラジン系) RD-0235 (SS-19転用)	固体 Zefiro 23
	3段	—	固体 Orion 38	固体 Orion 50XL (ペガサス転用)	固体 Orion 50 or 50XL (ペガサス転用)	液体(ヒドラジン系) Breeze KM (既存品活用)	固体 Zefiro 9
	4段	—	液体(ヒドラジン系) HAPS(option)	固体 Orion 38 (ペガサス転用)	固体 Orion 38 (ペガサス転用)	—	液体(ヒドラジン系) RD-869
	フェアリング			ペガサス転用	既存品活用	既存品活用	
	アピオニクス			既存品活用			
打上げ費用(M\$)	~FY2008 *1	7	16	14.5	25	13.5	—
	FY2009~ *2	8	36~40 (※)	15	48	15	—
備考		空中発射	米空軍のOSP契約で開発。 ICBM、ペガサス、既存品の組合せ。	米空軍(DARPA)のSSLV programで開発。 ICBM、ペガサス、既存品の組合せ。			

*1: FAA Quarterly Launch Report 1stQuarter 2009 以前 *2: FAA Quarterly Launch Report 2ndQuarter 2009 以降、NASA予算書
ただし、(※)はペガサスXLの実勢価格。NASA打上げサービス調達(2011及び2012打上げ予定)のプレスリリースによる。

付録. 固体ロケット技術発展の推移



	L-4S	M-4S	M-3C	M-3H	M-3S	M-3S II	M-V-1	M-V-5
全長 (m)	16.5	23.6	20.2	23.8	23.8	27.8	30.7	30.8
直径 (m)	0.735	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	2.5	2.5
全質量 (ton)	9.4	43.6	41.6	48.7	48.7	61	139	140.4
打上げ能力 (kg)	26	180	195	300	300	770	1,800	1,850