

日本のロケットの近未来

山川 宏

京都大学 生存圏研究所 教授
内閣府 宇宙政策委員会 宇宙輸送システム部会長

宇宙ユニットシンポジウム
2014年2月2日

ロケット飛行計画・運用

- ・ 1993-1997年：M-V固体ロケットの地上燃焼試験に従事。
- ・ 1997-2006年：M-V固体ロケットの打ち上げ前の飛行計画、および、打ち上げ時の運用を担当。



JAXA宇宙科学研究所

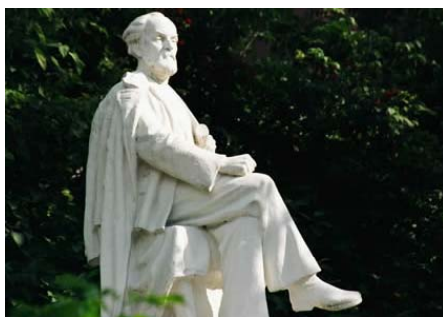
日本の固体燃料ロケットは鹿児島県内 之浦宇宙空間観測所から打上げ



1970年：日本初の人工衛星「おおすみ」打上げ
2013年：イプシロンロケット打上げ（500機目）

現代的な宇宙ロケットの概念

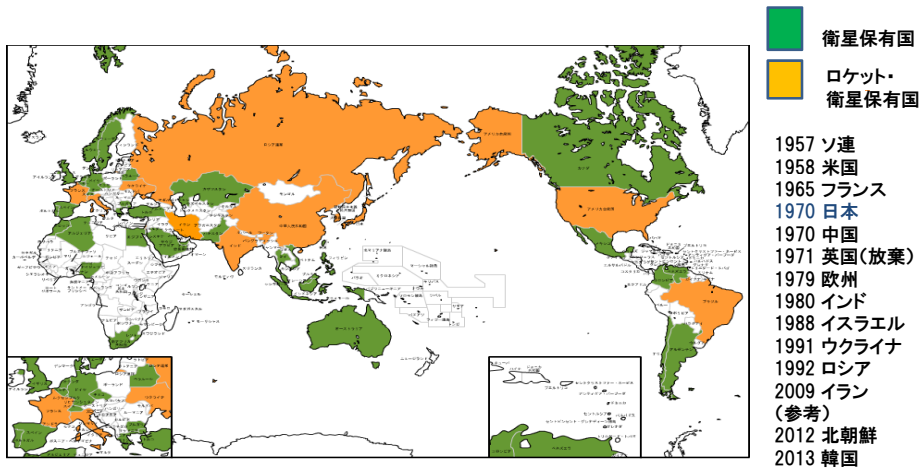
コンスタンチン・チオルコフスキー（1857～1935）の理論武装



<http://www.thisisthespacestation.com/adventure/tondemo/index.html>

山川 宏

ロケット・衛星及び衛星を保有する国



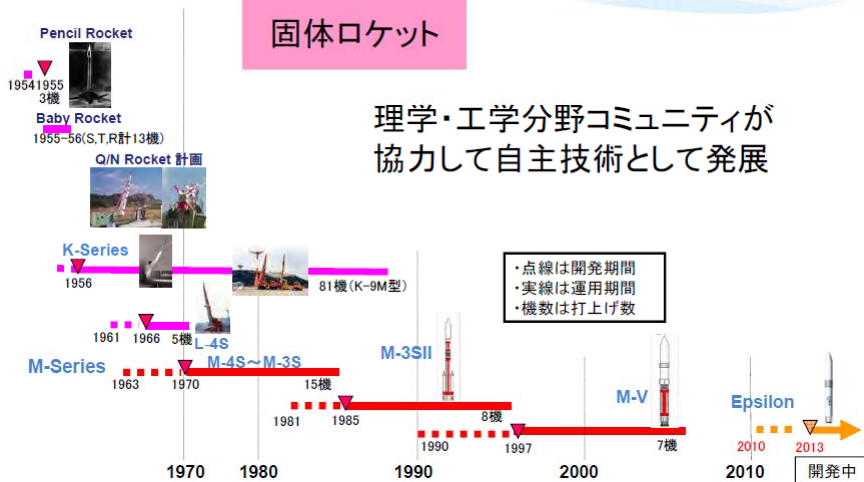
(出典:経済産業省資料)

- ・自国の衛星を保有する国数は50か国以上。
- ・早期かつ効果的に通信インフラを整備したい新興国が増加を牽引。
- ・他方、独自で衛星開発や上げができる国は少数であるため、新興国の衛星市場が有望。

5

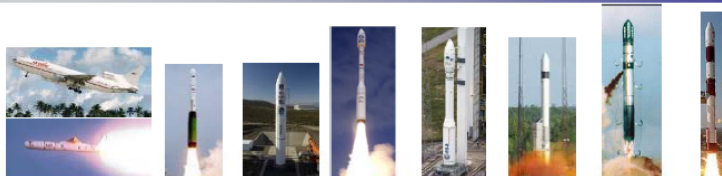
固体ロケット

理学・工学分野コミュニティが
協力して自主技術として発展



内閣府第4回宇宙輸送システム部会文部科学省資料

各国のロケットの打ち上げ実績等の比較(固体燃料ロケット)



ロケット名	ベガサス XL	ミノタウルス I (米国官費向け)	ミノタウルス IV (米国官費向け)	トールスXL	ベガ	ロコット	ドニエプル	PSLV	イプシロン
国名	米国				欧州	欧/露	露	インド	日本
500km, 軌道傾斜角約30deg	0.38	0.53	1.45	1.4	2.1	1.75*1	2.7*2	3.1	1.2 (250 × 500 km)
250km, 軌道傾斜角約30deg	0.43	0.59	1.58	1.55	-	1.9*1	-	3.6	
SSO 500km	0.26	0.38	1.07	1.0	1.55	1.15	1.8	1.5	0.45
成功/打上	37/42	10/10	3/3	6/9	2/2	16/18	16/17	23/25	1/1
打上げ成功率	88%	100%	100%	66%	100%	89%	94%	92%	100%

*1) プレセット射場の緯度より軌道傾斜角63degの能力
 *2) バイコヌール射場の緯度より軌道傾斜角50.6degの能力
 平成25年9月14日現在

International reference guide (AIAA)よりJAXA調べ

8

内閣府第10回宇宙輸送システム部会JAXA資料

イプシロンロケットの特徴

宇宙への敷居を下げる

・イプシロンロケットは高性能と低コストの両立を目指す新時代の固体燃料ロケット。

・1段目にはH-IIAロケット用補助ブースターを活用、一方2段目と3段目には世界最高性能と謳われたM-Vロケットの上段モータを改良。

・我が国が世界に誇る固体ロケット技術の集大成であり、ペンシルからM-Vに至るまでの半世紀に蓄積された知恵と技術を活用。

・組み立てや点検などの運用が効率的で、高頻度の打ち上げが可能。

・ロケットの打ち上げをもっと手軽なものにし、宇宙への敷居を下げるのが目的。



JAXA

8

イプシロンロケットの打上げ管制

(2013年9月14日)

- ・ 1997-2006年に使用した飛行計画立案・風対応プログラムが、イプシロンでも採用。
- ・ 技術継承のために、イプシロンロケット打上げ管制隊(“有識者”という立場)に復帰。
- ・ 7年ぶりに打上げのGO/NOGOを判断する一員として現場に戻ることに。



JAXA

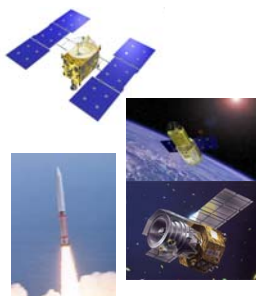


JAXA

9

今後の宇宙科学探査プロジェクトの推進

宇宙科学における宇宙理工学各分野の今後のプロジェクト実行の戦略に基づき、厳しいリソース制約の中、従来目指してきた大型化の実現よりも、中型以下の規模をメインストリームとし、中型(H2クラスで打ち上げを想定)、小型(高度化イプシロンで打ち上げを想定)および多様な小規模プロジェクトの3クラスのカテゴリーに分けて実施。



2000年代前半までの
科学衛星ミッション(中型)
M-Vロケットによる打ち上げ

戦略的に実施する中型計画(300億程度)

世界第一級の成果創出を目指し、各分野のフラッグシップ的なミッションを日本がリーダーとして実施する。多様な形態の国際協力を前提。

公募型イプシロン搭載小型計画(100-150億規模)

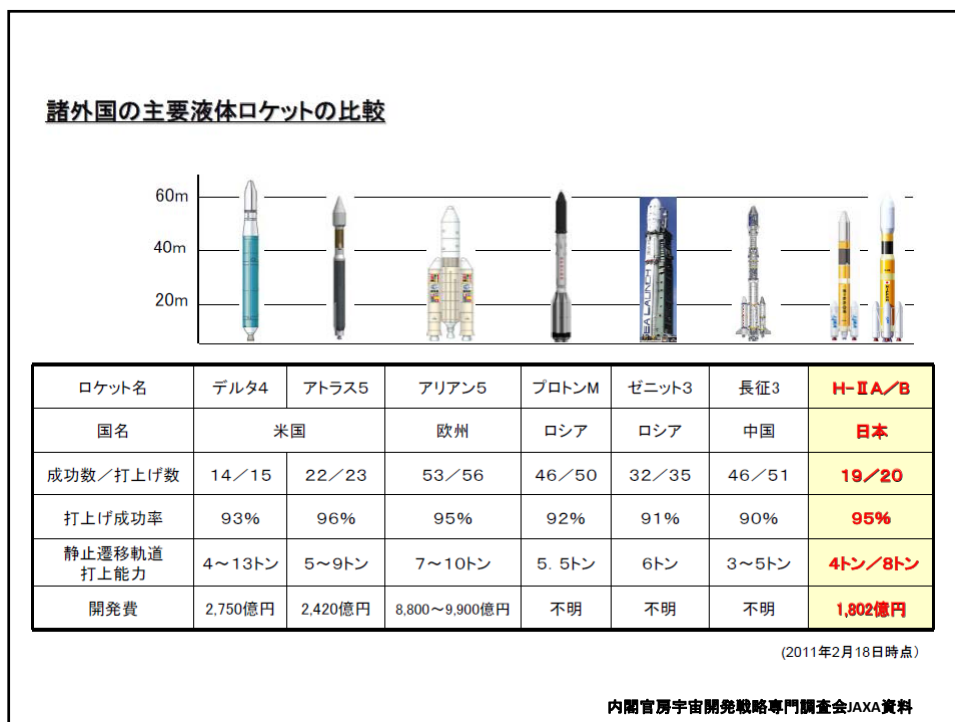
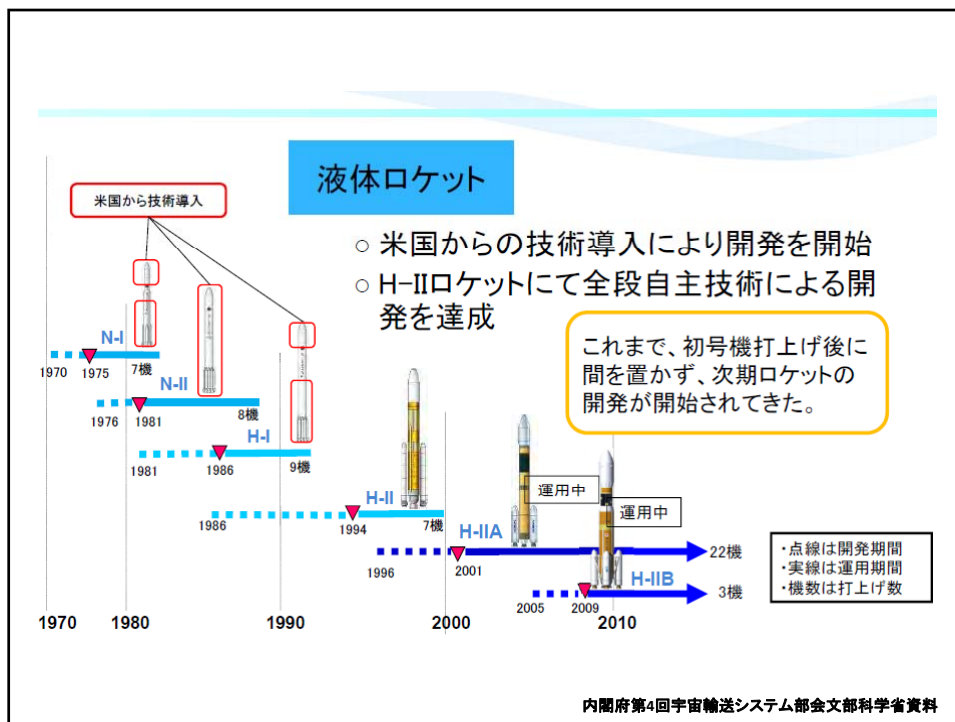
高頻度な成果創出を目指し、機動的かつ挑戦的に実施する小型ミッション。イプシロンロケット高度化により地球周回/深宇宙ミッションを機動的に実施。現行小型衛星計画のL/Lを活かし、衛星・探査機の高度化による軽量高機能化に取り組む。等価な規模の多様なプロジェクトも含む。

多様な小規模プロジェクト群(10億/年程度)

海外ミッションへのジュニアパートナーとしての参加、海外も含めた衛星・小型ロケット・気球など飛翔機会への参加、小型飛翔機会の創出など、多様な機会を最大に活用し成果創出の最大化

内閣府宇宙政策委員会宇宙科学・探査部会資料

10



ロケットの国際動向と日本の位置付け

[宇宙輸送システムの動向]

<固体燃料ロケット>

- ・小型衛星の打上げ手段として効率的。
- ・新興国における小型リモートセンシング衛星の機会拡大。

<液体燃料ロケット>

- ・大型の政府の安全保障衛星、通信・放送衛星を中心とする商業衛星に利用。
- ・国際宇宙ステーションへの人や物資輸送に利用。

[我が国の宇宙輸送システム]

- ・我が国の大型主力ロケットH-IIA/Bは、26機中25機成功(成功率世界レベル)。
- ・我が国の得意技術を活かしたイプシロン・固体燃料ロケットを開発。

[ロケット打上げサービス]

- ・2007年にH-IIAロケット打上げを三菱重工に移管。
- ・これまでに韓国衛星1基、カナダ衛星1基を受注。
- ・世界の商業打上げ市場は欧州(アリアン)とロシア(プロトン)でシェアを二分。
- ・スペースX社が国際宇宙ステーション(ISS)への補給を行う商業補給サービスの契約をNASAから受注(同社が開発しているファルコンロケット、ドラゴン宇宙船を使用)。



H-IIAロケット
(日本)



イpsilonロケット
(日本)
13

宇宙輸送システム部会の中間とりまとめ

平成25年5月30日

宇宙輸送システム部会


(4) 新たな基幹ロケット開発の要件

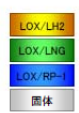

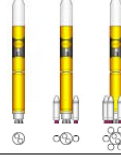
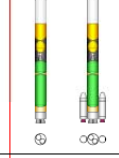
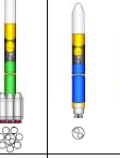
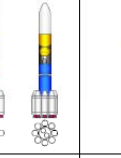
長期的な視点(10年程度を目途)から、他の主要国と同水準の打ち上げ能力を確保するため、我が国宇宙輸送システムに係る産業基盤や技術力を、市場で実用に供せられると評価されるシステム(以下、「実用システム」という。)として、国内に保持、向上させるかが課題である。

他国と同水準の打ち上げサービスを提供できるようになるためには、欧米の事例も参考にしつつ、迅速な意志決定や効果的な営業体制を構築できるよう民間がより主体性を持った実施体制とすることや、ロケットの運用体制を含めた抜本的な見直しが必要である。

輸送系の全体像を明らかにし、我が国の総合力を結集して、新型基幹ロケットの開発に着手する。

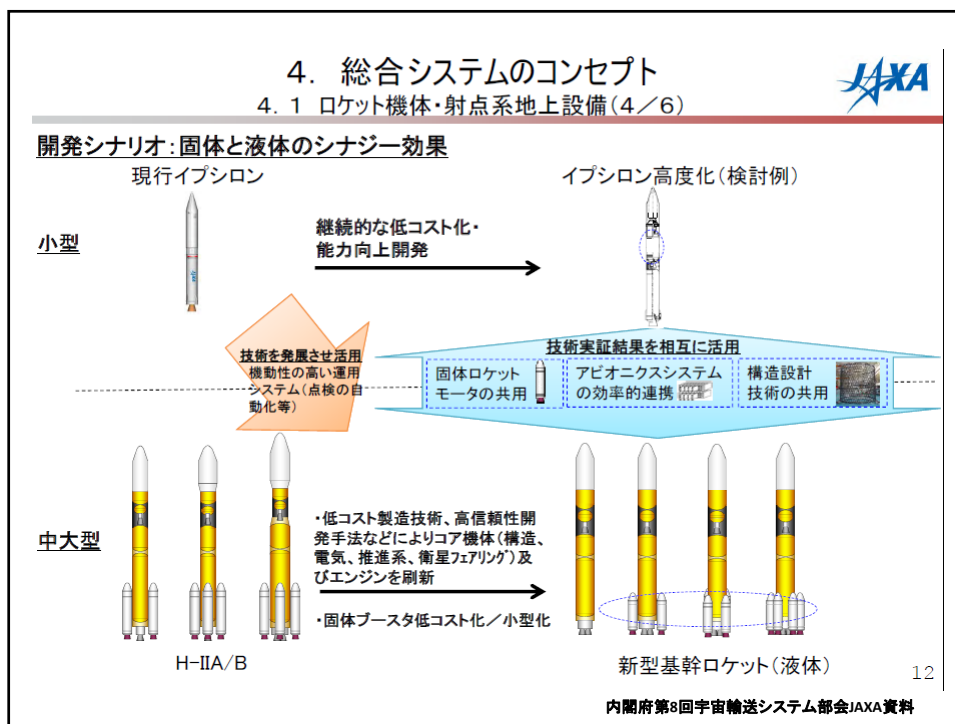
ロケット機体形態のトレードオフ検討の代表例

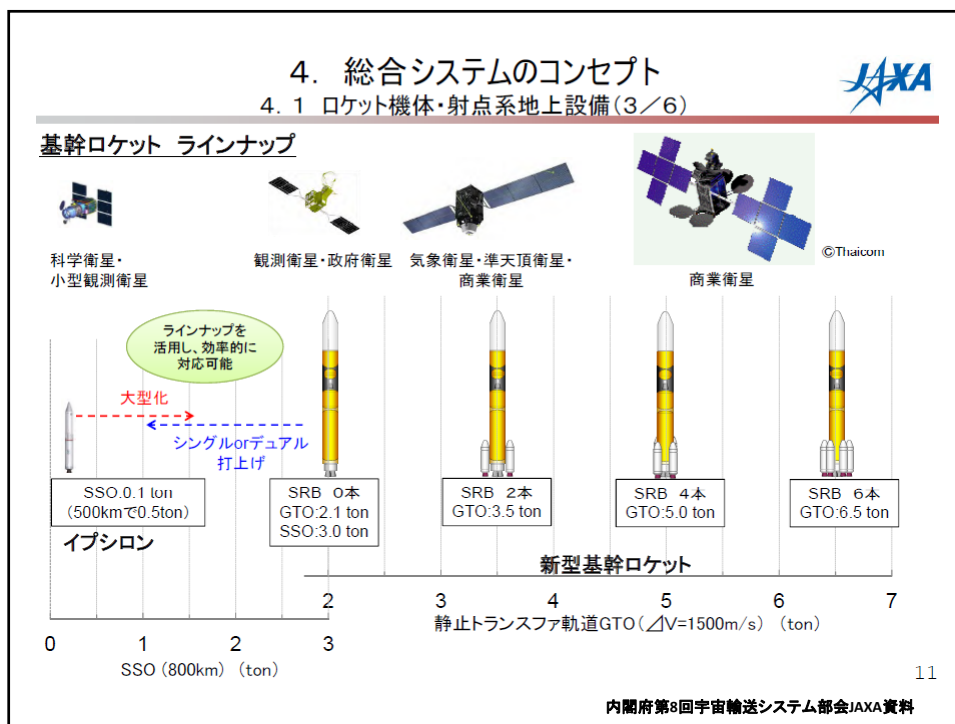
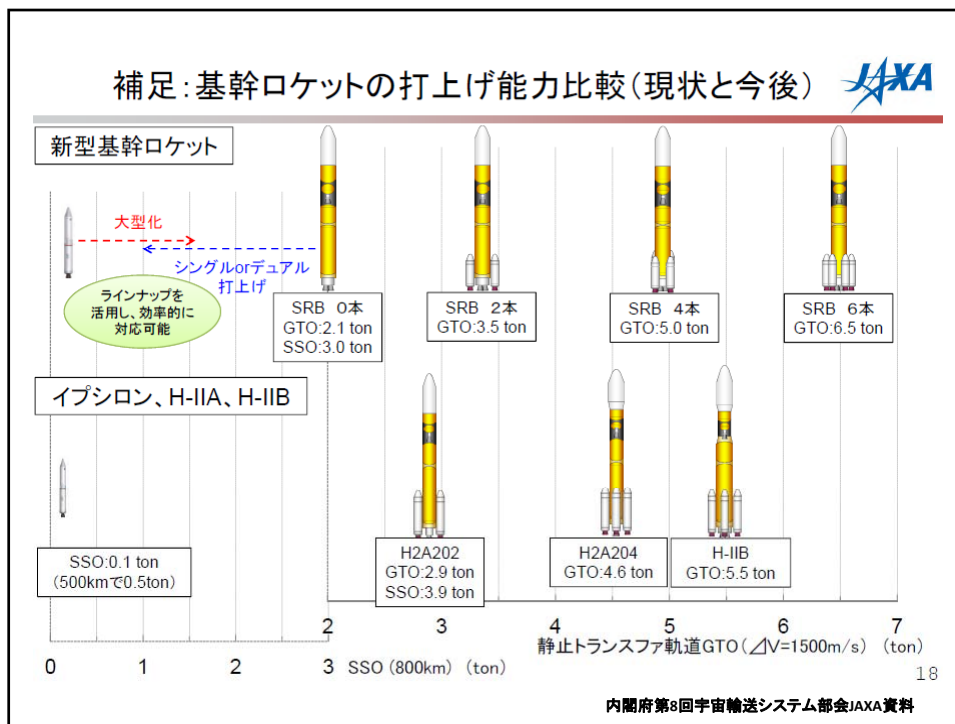


推進薬	H-IIA/B ¹	コアLOX/LH2+固体	コアLOX/メタン+固体	コアLOX/ケロシン+固体	コア固体+上段LOX/LH2
					
打上げ価格	SSO : 1.0 GTO中型 : 1.2 GTO大型 : NA	SSO : 0.5 GTO中型 : 0.6 GTO大型 : 0.8	SSO : 0.5 GTO中型 : 0.6 GTO大型 : 0.85	SSO : 0.6 GTO中型 : 0.7 GTO大型 : 1.0	SSO : 0.5 GTO中型 : 0.7 GTO大型 : 1.1
開発費	-	1.0	1.2以上	1.2以上	1.2以上
設備維持コスト	-	約0.5	約0.6	約0.6	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・推業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

内閣府第8回宇宙輸送システム部会JAXA資料 9





日本の大学・民間企業における ロケット研究開発・ロケットビジネス

大学

・北海道大学	CAMUIハイブリッドロケット
・室蘭工業大学	再使用型エンジン・ロケット
・秋田大学 秋田宇宙開発研究所	観測ロケット試験機
・東北大学	ロケット(学生サークル)
・筑波大学	パルスデトネーションロケット
・東京工業大学	ハイブリッドロケット
・東京都市大学	水・液体窒素ロケット
・早稲田大学	エアブリージングエンジン
・東海大学	ハイブリッドロケット(学生サークル)
・大阪府立大学	非燃焼型窒素ロケット
・和歌山大学 宇宙教育研究所	伊豆大島・加太におけるロケット実験
・九州工業大学	有翼ロケット (全てではありません)

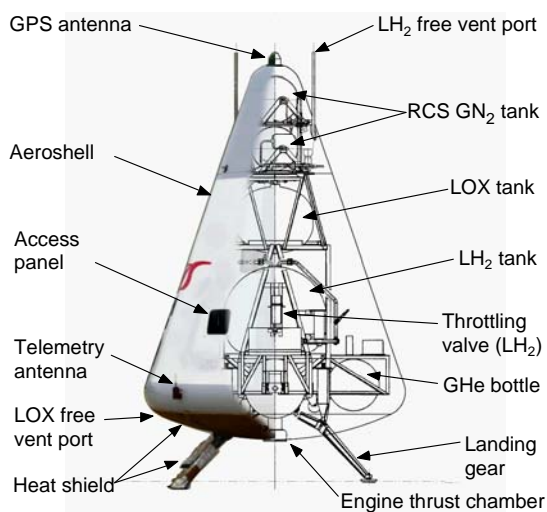
企業・団体

・北海道宇宙科学技術創成センター	CAMUIロケット(NPO法人)
・株式会社植松電機	CAMUIロケット
・SNS株式会社(なつのロケット団)	液体燃料ロケット、民間ビジネス
・PDエアロスペース株式会社	パルスデトネーションエンジン、民間ビジネス
・クラブツーリズムスペースツアーズ	ヴァージンギャラクティック社と宇宙旅行事業

JAXA宇宙科学研究所における 再使用型ロケットへの挑戦



垂直離着陸型再使用ロケット



RVT#3 Flight Configuration

JAXA

サブオービタルフライト(弾道飛行)



©Dassault



©Virgin Galactic



©XCOR



©Project Enterprise



©Blue Origin



©Rocketplane



©Copenhagen



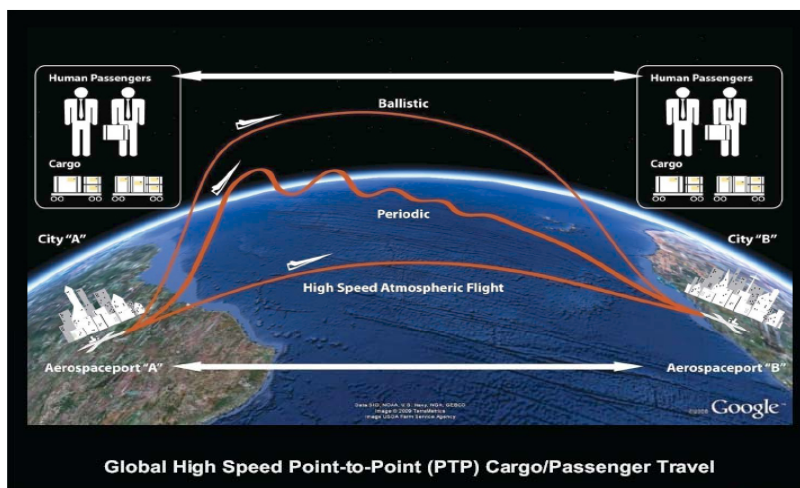
©Armadillo

スペースシップ2テスト飛行



<http://www.virgingalactic.com/>

2地点間飛行の事業化の可能性 無人:宇宙宅急便

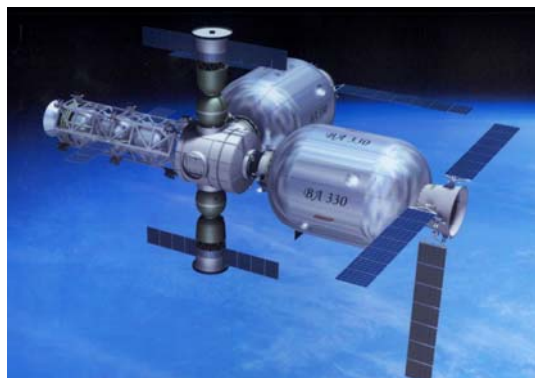


1 FastForward Study: High Speed Global Point-To-Point Transportation Investigative Group

http://www.fastforwardproject.com/pdf/FastForward_WPAnnouncement_21October2009-p.pdf

宇宙滞在ビジネス Inflatable Bigelow Module To Fly to Space Station in 2015

Space News This Week: Jan. 18, 2013

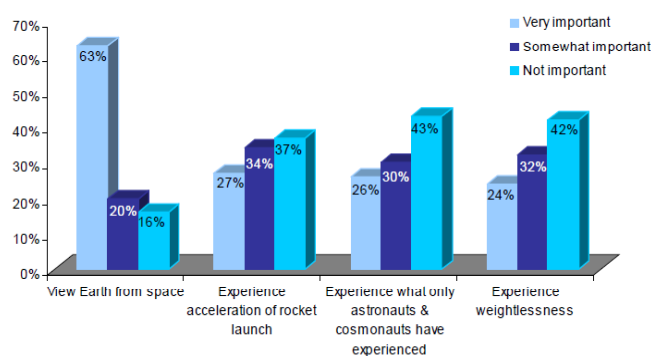


Bigelow Aerospace

サブオービタル飛行の興味



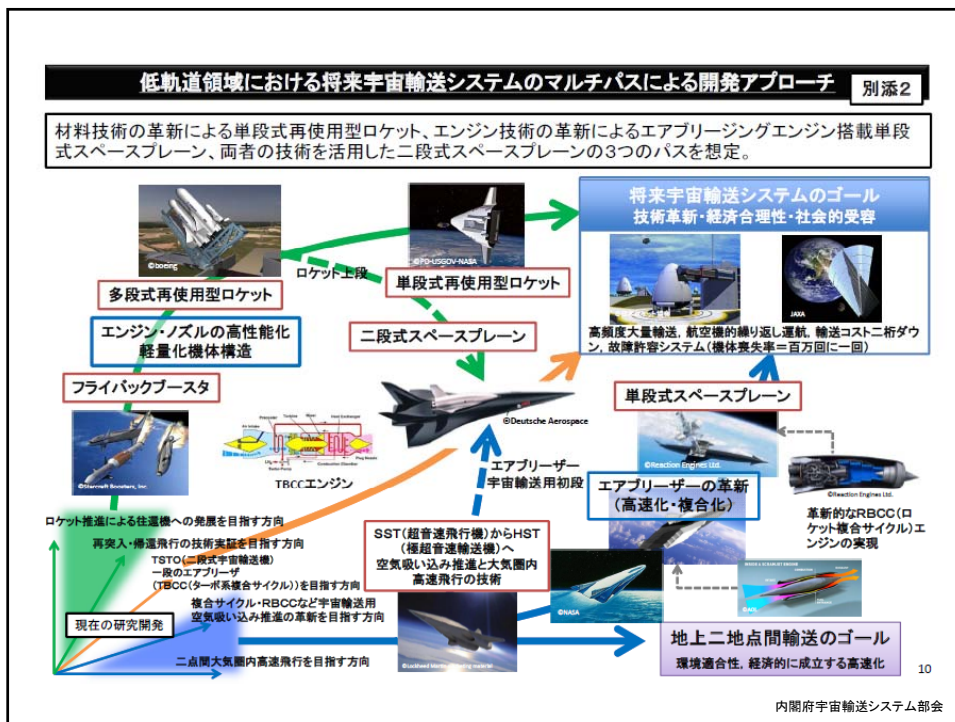
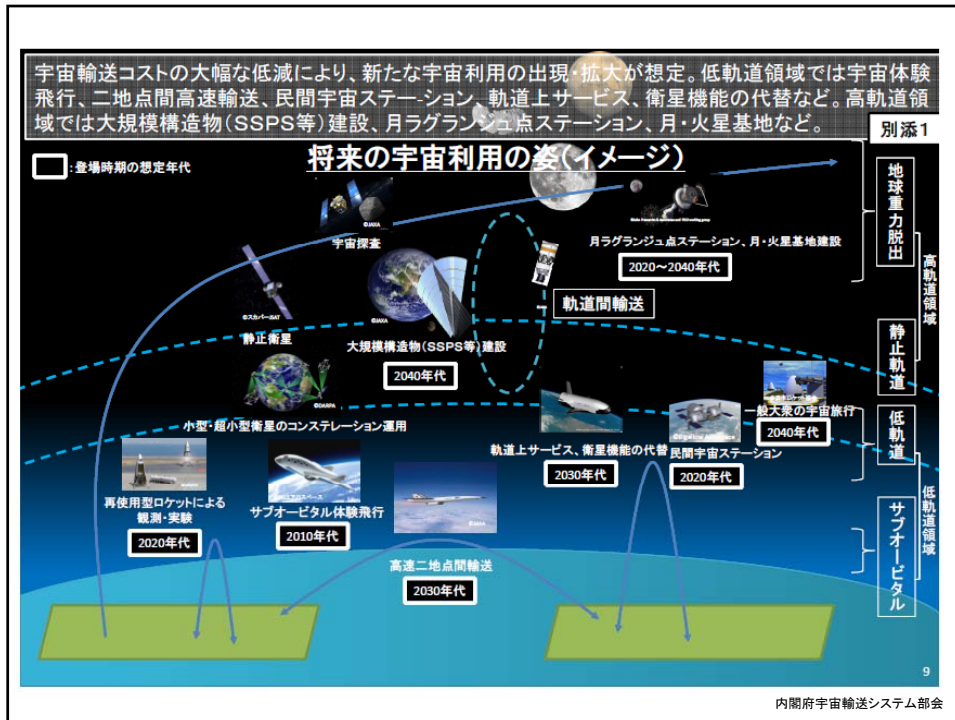
Survey Results: Most Interesting Aspects of Flight



宇宙から地球の眺望 ロケットの加速を経験 宇宙飛行士の追体験 無重力の体験

Results You Can Trust

A Fresh Look at Space Tourism Demand, Janice Starzyk
Royal Aeronautical Society, June 7, 2006



参考

2013年6月30日出版

「宇宙探査機
はるかなる旅路へ」

出版社:化学同人

