

輸送系の現状分析と課題について (第1回輸送系WG)

平成18年10月30日
宇宙航空研究開発機構
宇宙基幹システム本部
今野 彰

1

現状分析と課題

- ✓ 衛星需要の見通し
- ✓ 世界の輸送系の現状
 - ・ 各国の長期ビジョン
 - ・ 各国の現状
- ✓ 日本の輸送系の現状(我が国の輸送系における課題・問題点)

2

衛星需要の見通し

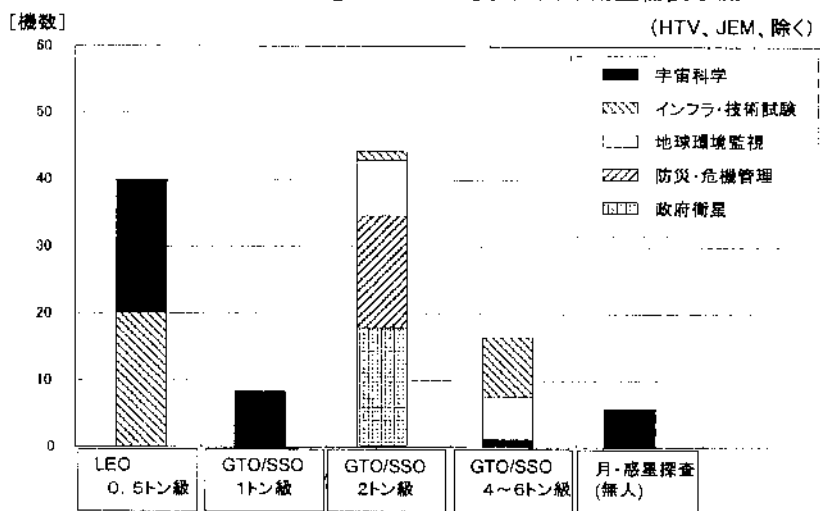
衛星需要の見通し(1/8)



- ミッションモデル設定の前提となる今後20年間の政府・科学系衛星の打上げ動向は、下記資料に基づくものとする。

【政府・科学系衛星】

今後20年に実現を目指している我が国の衛星需要予測



・政府・科学系衛星は今後20年では2トン 級未満が主体

衛星需要の見通し(2/8)



- 前掲のJAXAにおける政府・科学系衛星の需要動向及び後述する世界の商業衛星需要動向から以下のミッションモデルを設定。

打上げ能力	年間打上げ機数(想定)
小型衛星対応	1機
GTO/SSO 2トン級～	1～2機
GTO/SSO 4トン級～	1～2機
GTO/SSO 6トン級～	0～1機
月探査機 4トン級～	0.3機
(小)惑星探査機	0.3機

(GTO: 静止遷移軌道/SSO: 太陽同期軌道)

- ロケット構想の検討区分である基幹ロケット、中型ロケット及び小型ロケットを併せて年間4～5機打上げることとし、下記のケースがミッションモデルとして想定される。

- 基幹ロケット3機/中型ロケット1機/小型ロケット1機

5

衛星需要の見通し(3/8)

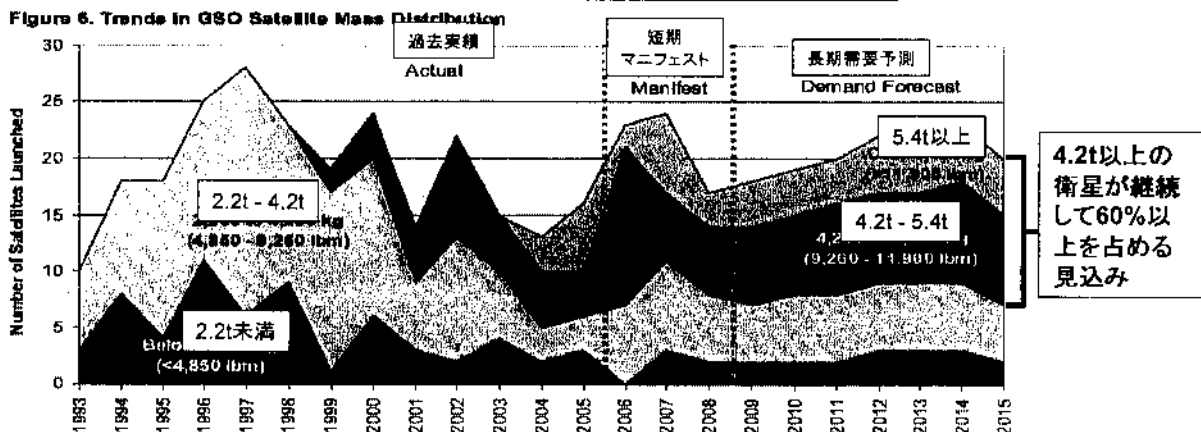


- 今後10年の商業衛星需要

(1) 静止衛星

- 商用通信衛星を中心に、1機当りトランスポンダ数の増加等を背景に、衛星1機当りの重量化が進む傾向
- 途上国は、自国の通信・放送等のニーズを満たすため、今後も比較的小型の通信衛星を開発する可能性

➡ 衛星需要予測(衛星重量別: 今後10年間の経年変化)



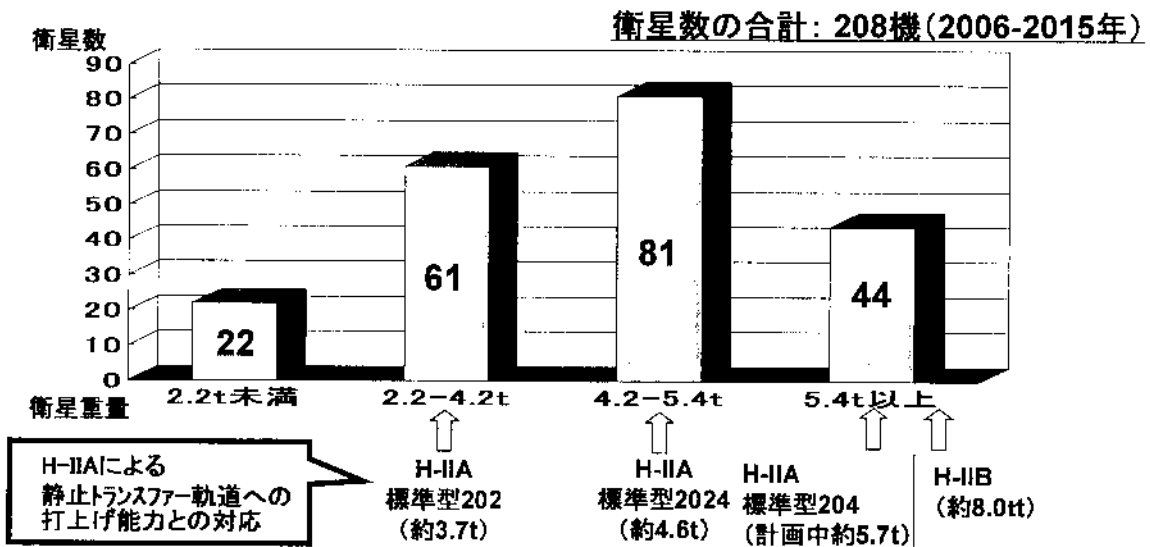
出典: 米国連邦航空局商業宇宙輸送部 (FAA/AST) 及び 商業宇宙輸送・諮問委員会 (COMSTAC) 2006年5月報告書

衛星需要の見通し(4/8)



▶ 今後10年の商業衛星需要 (1) 静止衛星(続き)

出典: 米国連邦航空局商業宇宙輸送部(FAA/AST) 及び
商業宇宙輸送・諮問委員会(COMSTAC)2006年5月報告書



※06-08年予定 (未決定除く、カッコ内は打上げ衛星数)

- | | | | |
|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| ・アリアン5 (2) | ・アリアン5 (10) | ・アリアン5 (8) | ・アリアン5 (1) |
| ・ゼニット(ランドロンチ)(1) | ・ゼニット(ランドロンチ)(4) | ・ゼニット(シーロンチ)(7) | ・ゼニット(シーロンチ)(4) |
| ・プロトン (1) | ・プロトン (2) | ・プロトン (7) | ・プロトン (1) |
| | | | ・アトラス5 (2) |

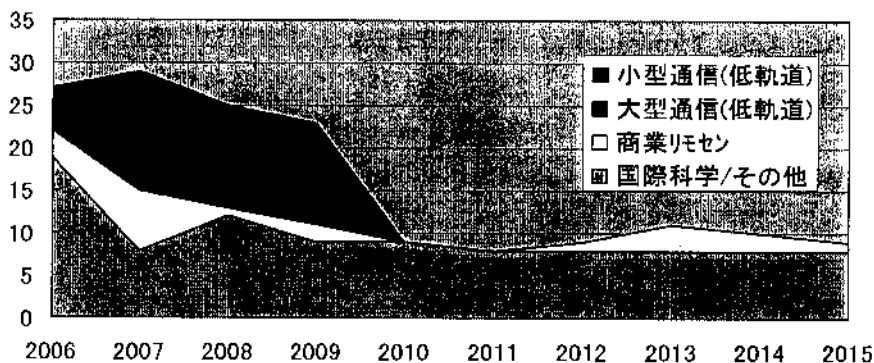
衛星需要の見通し(5/8)



▶ 今後10年の商業衛星需要 (2) 非静止衛星

- 途上国は、国内需要の満足・国威発揚等を目的に、導入レベルの性能の小型衛星(環境・災害監視等)を今後も多数開発見込み
- 欧米でも科学・地球観測・技術実証等の小型衛星を引き続き開発予定

↓ 衛星需要予測
(衛星種類別: 今後10年間の経年変化)



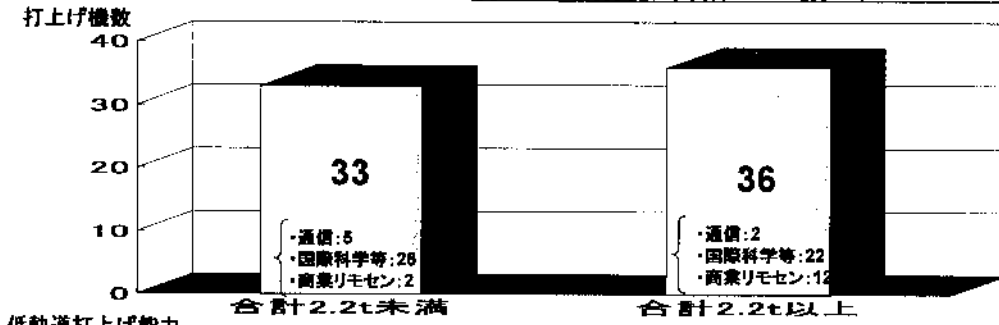
出典: FAA/AST及びCOMSTAC 2006年5月報告書

衛星需要の見通し(6/8)



今後10年の商業衛星需要 (2)非静止衛星(続き)

打上げ機数の合計: 69機 (2006-2015年)



低軌道打上げ能力

太陽同期軌道*への打上げ能力との対応
低軌道**への打上げ能力との対応

GX↑
(約2.0t)

H-IIA202
(約4.5t)

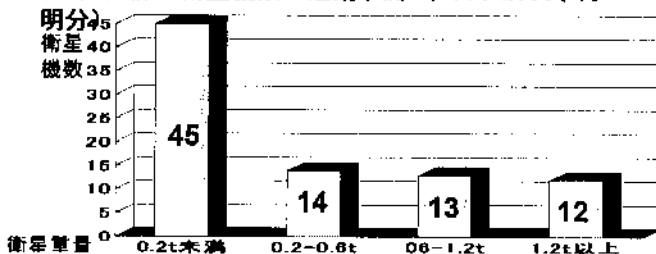
* h=700km, i=98.6deg
リモセン衛星等

GX↑
(約3.7t)

H-IIA202
(約7.5t)

**h=700km, i=30deg
科学、通信衛星等

参考:非静止衛星機数の短期予測 (2006-2009、判



注:FAA/COMSTAC報告では、商業非静止衛星の打上げ需要について、中・大型ロケット(2.2t以上)と小型ロケットの2つに分類するとともに、衛星需要の重量別予測を、4年間の短期予測として示している

<出典>

- ・FAA/COMSTAC報告
- ・GXロケット概要((株)ギャラクシーエクスプレス作成)
- ・International Reference Guide to Space Launch Systems (4th Edition)

衛星需要の見通し(7/8)



(1)大型衛星(今後10年のJAXAの衛星計画)

- H-IIAによる打上げ計画(気象、準天頂、静止地球観測、科学、技術試験)は平均して1.2機/年程度。これにH-II BによるHTVの打上げ需要として1機/年が見込まれる。

衛星名	需要予測	打上げ規模	備考
気象衛星	1機/5年	H-IIA打上げクラスと想定される。	センサ寿命は5年と想定
地球観測衛星(静止)	1機/10年	H-IIA/H-IIB打上げクラス	10年寿命
月・惑星探査	4~5機/13年 ≒1機/3年	H-IIA/H-IIB打上げクラス	プログラムの探査計画として、平成20年度~平成32(2020)年度までに4~5機が目標
科学衛星(大)	1機/10年	H-IIA打上げクラス	
準天頂衛星	3機/12年	H-IIA打上げクラス	3機体制で12年寿命を想定
データ中継衛星	2機/10年	H-IIA打上げクラス	2機体制で10年寿命を想定
こままでの小計 1.2機/年			
HTV	1機/年	H-IIB打上げ	国際約束に基づくISSへの物資補給輸送(今後、各種調整が想定される)
技術試験衛星	1機/10年程度 (TBD)	1トン~H-IIAクラス (TBD)	今後の技術実証は小型衛星を中心に10年に一度程度でシステム実証を行う(TBD)

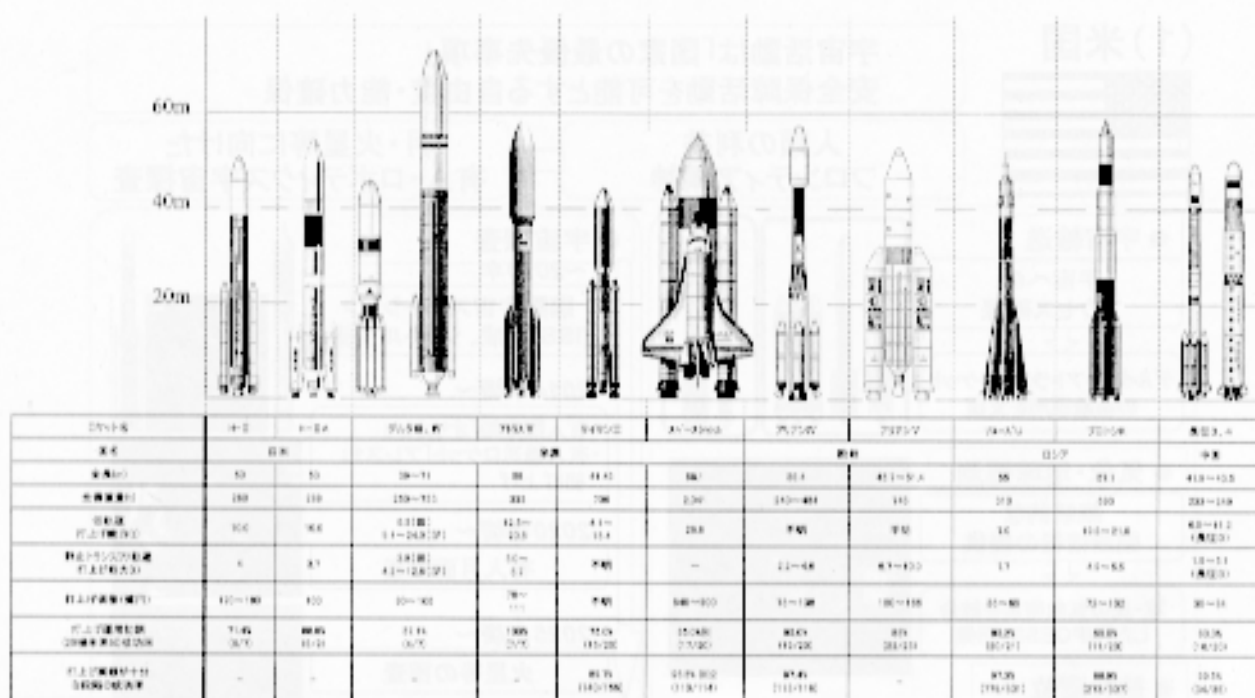
(2) 中小型衛星(今後10年のJAXAの衛星計画)

- H-IIAロケットでの中型クラスの打上げ計画(情報収集、地球観測、科学)は、平均して2~2.5機/年程度
- 小型クラスの打上げ計画(科学、技術実証)は2機/年程度を計画

衛星名	需要予測	打上げ規模	備考
情報収集衛星	7機/8年程度と想定される。(詳細不明)	2トン級と想定される。(詳細不明)	現在、実績と公表されている計画によれば、平成14年度~平成21年度にかけて7機打上げ。
地球観測衛星 (環境観測)	6機/15年	太陽同期2トン級	GCOMシリーズは15年で6機を想定。
地球観測衛星 (災害監視:周回)	4機/5年	太陽同期2トン級	5年寿命で光学2機・レーダ2機の4機体制の継続監視
科学衛星(中) (参考)	2機/5年	1~1.5トン級	現在、次期中期目標期間(平成20年度~平成24年度でPLANET-CとASTRO-G)の打上げを計画
科学衛星(小) などの小型衛星	2機/1年	0.5トン級	小型衛星により成果創出のサイクルを早める戦略として2機/年を目標。

世界の輸送系の現状

▶ 各国のロケットの主要ロケットの打上げ実績等の比較



出典：「International Reference Guide to Space Launch Systems -4th Edition」(米国航空宇宙学会)、「Commercial Space Transportation Quarterly Launch Report」(米国連邦政府)。
 打ち上げ能力は、「International Reference Guide to Space Launch System」による。
 ※ スペースシャトルの失敗回数は打ち上げ失敗をカウント(パイロード軌道投入失敗、チャレンジャー事故を含む。コロンビア事故は含んでいない)。
 ※H-IIAは平成18年2月現在。
 ※その後は平成17年現在。 13

【米／欧の動向(サマリ)】

- 政策面では、宇宙への自在なアクセスを担保するための輸送手段の確保を国(欧州共同体)の政策として強く掲げている。
 既存のロケットを維持するための政策とR&Dの政策の両輪で技術力と産業基盤を維持。
- 産業界では従来競争関係にあった巨大システムメーカーが合併もしくは、合併会社を設立し、一体化することで、「信頼性の向上」と「コスト削減」を実現。
 - ・共通する設備、人員の統合によるコスト削減
 - ・設計情報、不具合情報等の各種データベース共有し、ミッション保障活動の質が向上することによる信頼性向上
- 幅広いペイロードに柔軟に対応可能なロケットのラインナップを保有
- 米国は、シャトルによる有人輸送系で十分な実績を積んだ固体モータをベースにとして新たな有人システムについて2014年までに開発を目指している。

(1) 米国



宇宙活動は「国家の最優先事項」
安全保障活動を可能とする自由度・能力確保

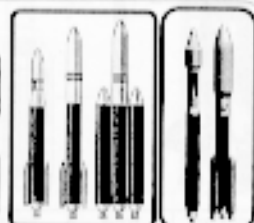
人類の利益
フロンティア精神

月・火星等に向けた
有人・ロボティクス宇宙探査

◆ 宇宙輸送

宇宙への
アクセス確保

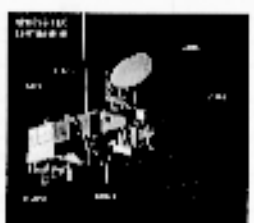
デルタIV・アトラスVロケット
の継続運用を支援



◆ 気象・地球観測

継続的な
観測情報の提供

軍・民の気象衛星を統合
した「NPOESS」開発



◆ 航行測位

継続的な
航行測位情報の提供

GPSサービスを
継続して維持・拡充

◆ 宇宙探査

～2010年

国際宇宙ステーション
(ISS)完成、シャトル引退

2014年頃～

・有人探査船「オリオン」
・有人輸送ロケット「アレス1」
初打上げ

2020年頃～

有人月面探査

2025年頃～

火星等の探査



◆ 商業セクター育成

政府活動における商業サービスの積極的な利用

世界の輸送系の現状【米国の現状】

○産業界では従来競争関係にあった巨大メーカーが合併会社を設立し一体化する動きが顕著。

✓2006年10月 ボーイング社とロッキード・マーチン社の合併会社「ULA(United Launch Alliance)」社設立。
政府打上げ事業に対応。

✓2008年10月 ロックウェル社(その後ボーイング社と統合)とロッキード・マーチン社(LM)の合併会社「USA
(United Space Alliance)」社設立。シャトルの運用業務に対応。(6年間にわたる70億ドル)

○政策面では既存ロケットを維持するための政策と、R&Dの政策の両輪で技術力と産業基盤を維持。

【既存ロケットの維持】

✓アンカーテナント、まとめ発注(08年調達契約において、発展型使い切りロケット(EELV)を18-24機調達)

✓政府ミッションでは、商業ミッションよりも高いプライスで発注。

✓事業者(ボーイング社とロッキード・マーチン社)補助金の拠出(04-09年に最大10億ドル)

【R&D】

✓NASAのISS商業輸送サービス(COTS: Commercial Orbital Transportation Services)

フェーズ1(～2010)予算: \$500M

✓米国新宇宙政策に対応した輸送系開発

①搭乗員打上げ用ロケット:アレス1、カーゴ打上げ用ロケット:アレス5の開発(現在、RFP準備中)

②搭乗員探査機オリオンの開発(プライム・コントラクターにロッキード・マーチン社を選定、39億ドル)

○幅広いペイロードに柔軟に対応可能なロケットのラインナップを保有している。

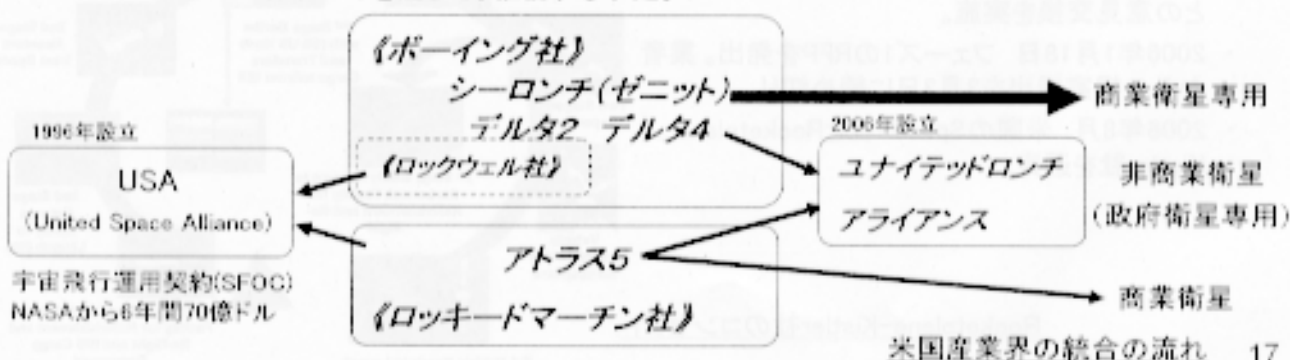
✓ 大型衛星打上げには、EELV(政府)、ゼニット(商業)で対応

✓ 中型衛星(測位衛星、科学衛星等)打上げはデルタ2ロケットにて対応

✓ 小型衛星打上げは大型ロケットでの相乗りの他、小型固体ロケット(アテナ、トーラス、ベガサス)にて対応

【産業界の動向】

- ボーイングを筆頭株主とした多国籍企業(シーロンチ)により、ロシア・ウクライナ製ロケット(ゼニット)の海上打上げサービス事業を実施
- 2006年10月3日、ボーイング社(Boeing)とロッキード・マーチン社(LM)による政府打上げ事業のための合併企業「ULA(United Launch Alliance)」社が設立、米政府に承認された。
 - ✓従業員約3800人、両社の折半出資。
 - ✓デルタロケット(Boeing)とアトラスロケット(LM)による米政府用打上げに関連した製造、エンジニアリング、試験、打上げ等の業務を実施。
 - ✓NASAによる使い切り型ロケットのコスト削減効果(年間1億~1億5000万ドルと見積もり)
- 2006年10月11日、LM社は、プロトンロケット(露)とアトラスロケット(米)の打上げサービスを提供する米露合併会社「International Launch System(ILS)」への出資を引き揚げ。アトラスによる商業打上げサービスは、LM社の100%子会社ロッキード・マーチン・コマーシャル・ロンチ・サービス社(CLS)を通して、継続する予定。



【政策動向】 (1/3)

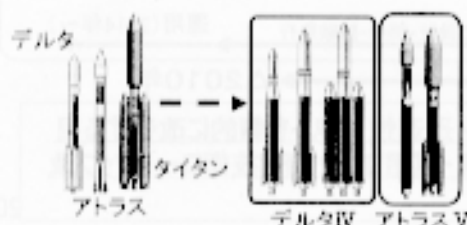
○発展型使い切りロケット(EELV)の維持

米空軍(USAF)及びNASAは、コスト削減と高信頼性、打上能力向上を目指し、国家安全保障、科学、ISS貨物輸送、その他政府ミッションでの5~20tクラスの中・大型ペイロードの打上げに、EELVの使用を継続する方針

- ✓ 民間も開発費(各社10億ドル程度と推算)を負担
- ✓ デルタ4: 2002年初号機打上げ。これまで5機打上げ成功
- ✓ アトラス5: 2002年初号機打上げ。これまで8機打上げ成功
- ✓ 商業打上市場低迷により、デルタ4は商業打上げから撤退
- ✓ USAFは、第3回調達契約において、EELVを18-24機発注見込み(06年契約予定)
- ✓ USAFは、EELV製造業者(Boeing・LM)の事業維持のため、04-09年に最大10億ドルの拠出を計画

○中型衛星(測位衛星、科学衛星等)打上げはデルタ2ロケットにて対応

○小型衛星打上げは大型ロケットでの相乗りの他、小型固体ロケット(アテナ、トーラス、ベガサス)にて対応



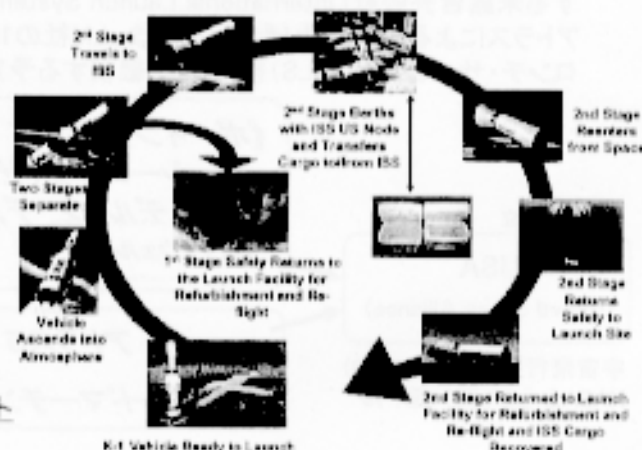
- ★政府によるアンカーテナントとして初期契約(ボーイング社、ロッキードマーチン社の2社に対して28機分)で約20億ドル(約2200億円)('98年)
- ★開発費の一部拠出: 約12.4億ドル(約1300億円) ['97年~'01年]
- ★米政府として、デルタロケット、アトラスロケットに変わる保証された手段が得られるまで、2つのロケットに毎年定期的に予算を拠出による支援継続を明記。

【政策動向】 (2/3)

ONASAのISS商業輸送サービス(COTS: Commercial Orbital Transportation Services)

- ✓ NASAはシャトル退役後のISS補給輸送サービスを民間から調達することを計画。
- ✓ NASAはISS補給輸送サービス調達(フェーズ2)を2011年から実施することとし、そのデモンストレーション(フェーズ1)を2010年までに行う予定。(フェーズ1予算: \$500M)
- ✓ フェーズ1においてNASAが実証を要求する事項
 - ①曝露貨物のISSへの補給及び廃棄、②与圧貨物のISSへの補給及び廃棄、
 - ③与圧補給及び回収、④人員の輸送。(優先度の高い順)
- ✓ フェーズ1のデモンストレーション成功はフェーズ2の採択にあたり有利な条件となる。
- ✓ フェーズ1に係るNASAのRFP

- ・ 2005年12月5日 ドラフトRFPを発出、米国企業との意見交換を実施。
- ・ 2006年1月18日 フェーズ1のRFPを発出。業者からの提案提出を3月3日に締め切り。
- ・ 2006年8月 米国のSpaceX社とRocketplane-Kistler社を選定。



Rocketplane-Kistler社のコンセプト

【政策動向】(3/3)

○米国新宇宙政策に対応した輸送系開発

- ✓ NASAは、月・火星探査用に、搭乗員打上げ用ロケットとしてアレス1(旧GLV)、カーゴ打上げ用ロケットとしてアレス5(旧GalV)を開発する計画(現在、RFP準備中)
- ✓ 搭乗員探査機オリオン(旧CEV, Crew Exploration Vehicle)の設計・開発・試験・評価のプライム・コントラクトにロックード・マーチン(LM)社を選定(39億ドル)
 - ・ 概念的には、1960年代のアポロを参考とした有人宇宙輸送システム。
 - ・ 安全・信頼性等のため、新規大型ロケットを開発する計画。
 - ・ 国際協力については、現状実施しない方針
 - ・ 実機製造(35億ドル)、維持設計(7.5億ドル)はオプション契約



アレス5、アレス1

スペースシャトル
(部分再使用型)



2006/1/14
米国新宇宙政策

米国新宇宙政策に沿った宇宙探査の実行
既存の使い切りロケットの能力を超える大重量打上げ。

低軌道以遠の有人輸送能力の開発

搭乗員探査機・CEV, Crew Exploration Vehicleの設計・開発・試験飛行 → 運用(2014年～)

→ Δ2010年

宇宙への打上げ・宇宙での移動・宇宙からの帰還に関する信頼性・迅速性・コストを劇的に改善する目的で、2005年1月6日から2年以内に次世代宇宙輸送能力の要求・運用コンセプト・技術ロードマップ及び投資戦略を整備

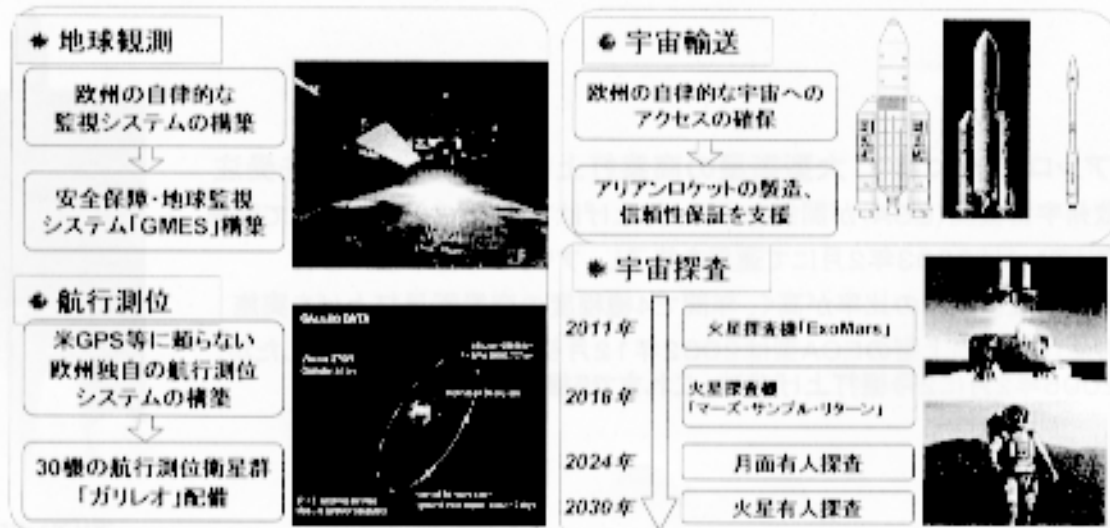
(3) 欧州



欧州における
統合的な社会政策
(安全保障、環境、域内ネットワーク等)

宇宙活動は、欧州に共通の
便益を提供する「ツール」

独自性を有する欧州の宇宙探査プログラム(火星)



21

世界の輸送系の現状【欧州の現状】

○産業界では欧州各国に分散していた宇宙・航空・防衛関連メーカーがEADSとして統合。政府(独、仏)も出資している。

✓2000年7月 ダイムラー・クライスラー・エアロスペース(独)、エアロスパシアル・マトラ(仏)、CA SA(スペイン)が統合して設立。エアバスを含む世界第2位の航空宇宙企業。政府(独、仏)も出資している。

○2005年よりアリアン5の利用拡大、競争力保持を目的にした目的にした支援プログラムEGAS(欧州打上げ機保証プログラム)が開始。

✓5年間に合計9億6000万ユーロがESAより拠出される予定。

○幅広いペイロードに柔軟に対応可能なロケットのラインナップを保有している。

- ✓大型衛星打上げにはアリアン5で対応
- ✓中型衛星(測位衛星、科学衛星等)打上げへの対応として、ギアナ射場にロシア製ソユーズロケットの打上げ設備を整備中。
- ✓小型衛星打上げへの対応として、固体ロケット「ベガ」を開発中

【産業界の動向】

○産業界では欧州各国に分散していた宇宙・航空・防衛関連メーカーがEADSとして統合。政府(独、仏)も出資している。

- ✓2000年7月 ダイムラー・クライスラー・エアロスペース(独)、エアロスパシアル・マトラ(仏)、CASA(スペイン)が統合して設立。エアバスを含む世界第2位の航空宇宙企業。政府(独、仏)も出資している。

○アリアンロケットにより、大型衛星の商業打上げ市場の半数近くを受注

- ✓ 欧州宇宙機関(ESA)が開発を行い、打上げはアリアンスペース社にて実施
- ✓ アリアン4は2003年2月にて運用を終了し、アリアン5基本型に移行
- ✓ 商業衛星打上げの比率が高く、年間で4機程度の商業衛星打上げを実施
- ✓ 打上げ能力向上型のECA型は2002年12月初号機打上げに失敗したが、2005年2月に2号機打上げ成功。これまで5機打上げ成功



アリアン5ロケット

【政策動向】

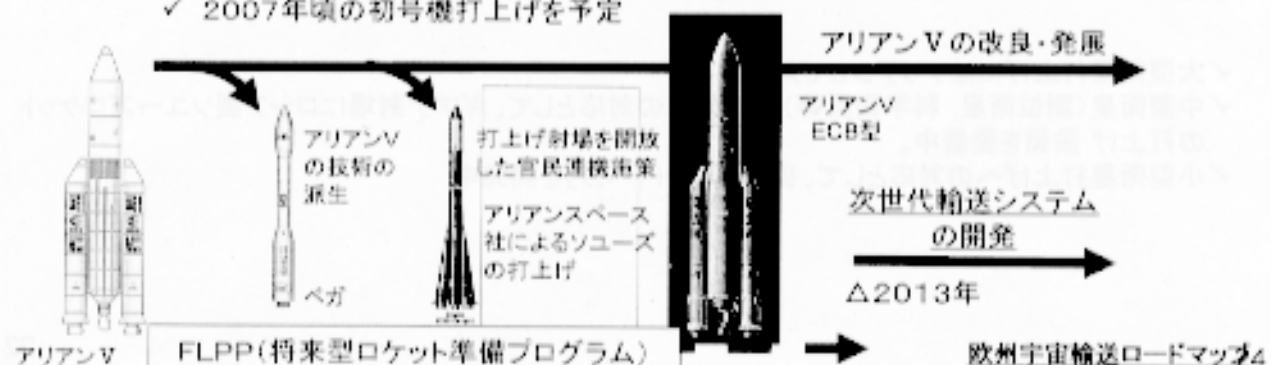
○アリアンロケットの維持

- ✓ 2005年より、アリアン5の利用拡大、競争力保持を目的にした支援プログラムEGAS(欧州打上げ機保証プログラム)が開始
- ✓ アリアン5製造に関する固定費の一部として、5年間に合計9億6000万ユーロ(約1229億円)をESAが拠出。 ※1ユーロ=128円換算
- ✓ 欧州の各機関に対し、優先的打上げ機会や市場競争力のある価格で打上げサービスを提供することにより、市場(アリアン5の利用)を拡大。

○中型衛星への対応として、ギアナ射場にロシア製ソユーズロケット打上げ設備を整備中。

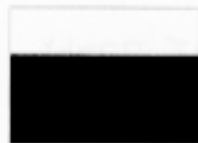
○小型衛星打上げ用固体ロケット「ベガ」を開発中

- ✓ 米国ロケットに比べ15%程度低い打上げ価格を予定
- ✓ 2007年頃の初号機打上げを予定



1. 諸外国における宇宙ビジョン

(2) ロシア



政府・各セクター・国民の
宇宙ニーズを重視

安全保障・科学・社会に資する
宇宙開発利用を今後も推進

次世代の有人・輸送系を開発（国際協力を活用）

◆ 気象、通信

2015年迄に気象衛星5機、
通信衛星38機を配備



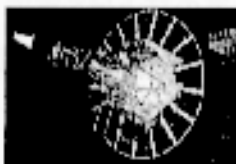
◆ 宇宙科学

火星の衛星「フォボス」の
無人探査機開発
(2009年打上げ予定)



◆ 航行測位

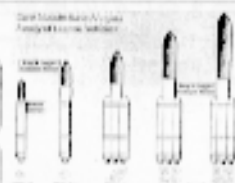
国際捜索救難システム
「コスパス・サーサット」の
ロシア要素の機能確保



◆ 宇宙輸送

次世代ロケット「アンガラ」
「ソユーズ2」の開発

欧州と次世代宇宙輸送協力



◆ 有人活動

再使用型有人宇宙船
「ACTS」の開発
＜欧州等との協力を検討＞



国際宇宙ステーション(ISS)
の更なる活用
＜商業実験・搭乗機会も提供＞



1. 諸外国における宇宙ビジョン

(4) 中国



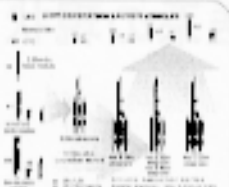
自主・独立の「創新」(イノベーション)による宇宙開発利用

宇宙活動は、国内の社会経済等のニーズ満足为目标

自主性と主導権を確保した国際協力（特にアジア太平洋諸国）

◆ 宇宙輸送

無毒・無害・高性能で
多様な打上げが可能な
ロケット「長征5号」開発



◆ 有人宇宙活動

2006年 「神舟7号」
船外活動を実施

2010年 「神舟9, 9, 10号」
ランデブー・ドッキング

2020年 独自の宇宙ステーション建設



◆ 宇宙探査

2007年

「嫦娥1号」
月周回ミッション

2009-
2015年頃

月着陸ミッション

2017年頃

月面サンプリングリターン

2024年頃

月面有人活動



◆ 衛星利用

・高解像度の地球観測衛星
・航行測位衛星、通信放送衛星の商業化を促進
・各種衛星で農業利用



◆ 国際協力

アジア太平洋宇宙協力機関(APSCO、本部北京)を通じた
中国主導によるアジア太平洋諸国との協力

【ロシア、ウクライナ】

- 欧米と比較して安価な打上げサービス事業を提供
 - ✓ プロトン等により小型から大型までの衛星をカバー
 - ✓ 欧米との多国籍／合併企業による打上げ事業を実施(シーロンチ、ソユーズ、ロコット)
- 非商業衛星打上げでは宇宙ステーションへの物資、人員輸送、自国衛星の打上げを実施
- ロシアが自国の技術者流出を防ぎ、自国で世界レベルの特性を持つ宇宙ロケット技術の開発を保障するための施策として連邦宇宙計画2006-2015において、プロトン後継のアンガラロケット、ソユーズ後継のソユーズ2ロケットの開発を計画(05年10月22日付でロシア連邦政府令第635号により承認)

【中国】

- 大型ロケット「長征」は1996年までは9回の打上げに失敗。その後連続して49回打上げ成功
 - ✓ 2003年10月に長征ロケットにより初の有人飛行に成功。2005年10月、2回目の有人飛行に成功。
 - ✓ 1999年6月以降、商業衛星打上げを実施していない
 - ✓ 自国の地球観測衛星、気象衛星、通信衛星等の打上げを実施
- 次世代の無毒・無公害の輸送ロケット「長征5号」を開発中(2012年頃打上げ)。多彩な打上げ需要に対応予定。
- 小型衛星打上げ用固体ロケット「開拓者」を開発中

我が国の輸送系の現状

JAXAにおける長期ビジョン



- ・世界最高の技術により、自在な宇宙活動能力を確立
- ・自立性と国際競争力をもつ宇宙産業への成長に貢献

新たな宇宙利用の創出と誰もが容易に宇宙を利用できる技術基盤



国家基幹技術としての宇宙輸送システム(1/2)

開発スケジュール

年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	
開発プロジェクト	評価等 国家基幹技術認定			送達適切に、宇宙開発委員会等で評価				
宇宙輸送システム	顕在化している課題の克服、データベースの構築、信頼性設計手法研究を推進							
H-IIAロケットの開発・製作・打上げ	△ 打上げ	・プライム制の定着(打上げサービス調達) ・信頼性向上への継続した取組み ・技術の高度化					共通技術の繰り返し使用による成熟	
H-IIBロケット	H-IIA技術の発展・継承			△ 試験機	H-IIA技術の繰り返し使用			補給ミッションによる打上げ機会の確保
宇宙ステーション補給機(HIV)				△ 実証機	△ 運用機	ISSを支える重要な輸送インフラとして定着		

H-IIA ロケット標準型

- ◆我が国の自立的な宇宙開発利用活動の展開を可能とする、我が国の基幹ロケット。
- ◆JAXAを挙げた信頼性向上の取組みやミッションサクセスに向けた改革により、確実な打上げを実現。
- ◆平成15年2月にJAXA-三菱重工間で基本協定が締結され、H-IIAロケットの民間移管が進められている。
- ◆現在、三菱重工がプライム会社として、製造責任を一元化。19年度には、民間による衛星打上げ輸送サービスを行う予定。

H-IIB ロケット(H-IIA能力向上型)

- ◆国際宇宙ステーション計画において我が国の義務である宇宙ステーション補給機(HTV)打上げに対応するとともに、我が国の宇宙輸送系について、打上げ能力の拡大、ロケット開発能力の維持や国際競争力を確保することを目的として、H-IIA標準型を基本として開発。
- ◆官民が共同で開発を行うこととし、民間の主体性・責任を重視した開発プロセスを採用。

宇宙ステーション補給機(HTV)

- ◆日本の実験種「きぼう」が打上げた後の国際宇宙ステーション(ISS)への物資補給に関する我が国の義務を果たし、ISSへの我が国独自の補給手段を確立する。
- ◆将来必要となる、軌道間輸送技術を得得する。

【18年度の実施内容】

- 技術実証機のプロトタイプモデル(PTM)等の開発
- 運用機1号機製作に着手等



日本の主要ロケットの諸元



		H-IIA	H-IIB	M-V	GX [®]
寸法	高さ	53 m	56 m	30.8 m	48 m
	直径	4.0 m	約5 m (1段) 4.0 m (2段)	2.5 m	3.1m(1段) 3.3 m(2段)
質量(全段)		285 t	510 t	140 t	210 t
打上げ能力		GTO:約4 t	GTO:約8 t	LEO:約1.9 t	LEO:約4.4 t SSO:約2.0 t
備考		2段式	2段式	3段式	2段式

GTO: 静止トランスファー軌道、LEO: 低軌道、SSO: 太陽同期軌道

※提供 (株)ギャラクシーエクスプレス

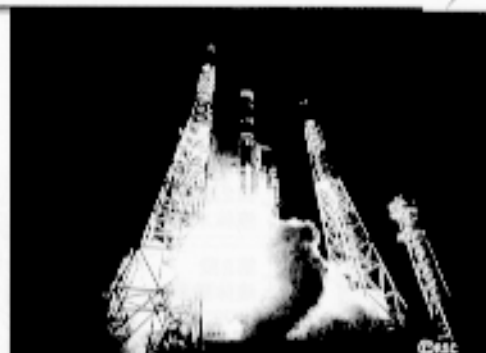
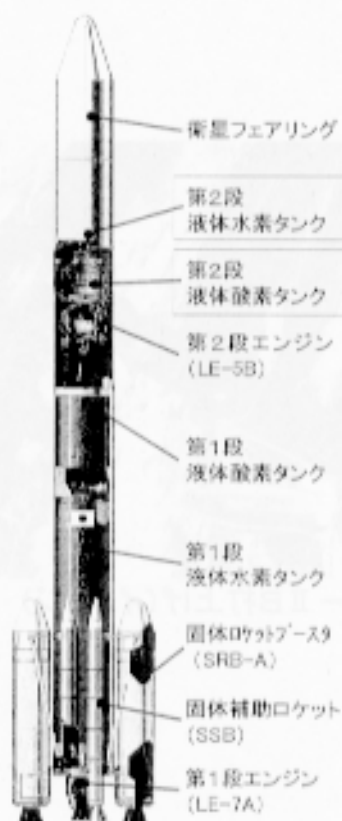


写真:H-IIAロケット7号機打上げ



型式	202	2022	2024	204
----	-----	------	------	-----

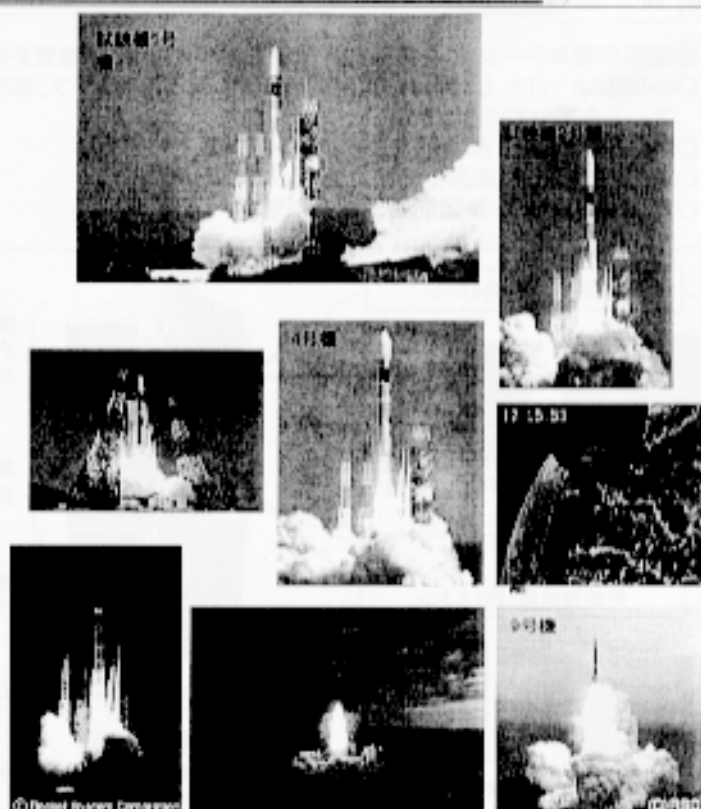
H-IIA標準型ファミリー

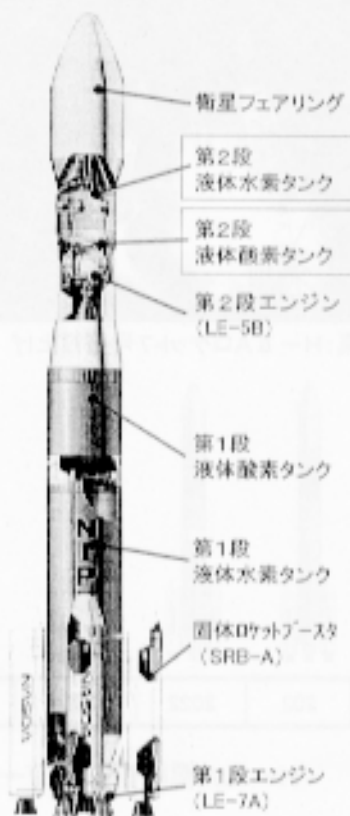
H-IIAロケット標準型打上げ結果

- ・平成13年8月29日 試験機1号機 打上げ成功
 - ▶ H-IIAロケット性能確認用ペイロードRIVER2
- ・平成14年2月4日 試験機2号機 打上げ成功
 - ▶ 民生用品・コンポーネント実験衛星OMDS-1「つばさ」
 - ▶ 高速再突入実験機(DASH)
- ・平成14年9月10日 3号機 打上げ成功
 - ▶ データ中継技術衛星(DRTS)「こだま」
 - ▶ 次世代型有人宇宙実験システム宇宙機(USERS) ※
- ・平成14年12月14日 4号機 打上げ成功
 - ▶ 環境観測技術衛星(AEOS-III)「みどり」
 - ▶ マイクロラプサット1号機「μ-LabSat」
 - ▶ Federation Satellite (FedSat) ※
 - ▶ 観音菩薩観測衛星(WEOS)「観太くん」 ※
- ・平成13年2月26日 5号機 打上げ成功
 - ▶ 情報収集衛星2機 ※
- ・平成15年11月29日 6号機 打上げ失敗
 - ▶ 情報収集衛星2機 ※
- ・平成17年2月26日 7号機 打上げ成功
 - ▶ 運搬多目的衛星1号(MTSAT-1R)「ひまわり19号」 ※
- ・平成18年1月24日 8号機 打上げ成功
 - ▶ 地球観測技術衛星(ALOSII)「だいち」
- ・平成18年2月19日 9号機 打上げ成功
 - ▶ 運搬多目的衛星2号(MTSAT-2)「ひまわり7号」 ※
- ・平成18年9月11日 10号機 打上げ成功
 - ▶ 情報収集衛星元年2号機 ※

※他機関の衛星

なお、平成18年度は、残り情報収集衛星1回と技術試験衛星VII型(ETS-VII)の計2回の打上げを予定。





図：H-II B打上げ(イメージ)

特徴

- 国際宇宙ステーション (ISS) の共通運用経費代替として物資を補給
- H-II Bにより打ち上げられ、軌道間を飛行し、ISSにランデブ、ISSのロボットアームを用いてISSに結合
- 我が国初の地上から軌道上へのランデブ機
- 有人安全要求を適用した高い信頼性の輸送手段
- 将来必要となる、軌道間輸送技術の習得

諸元	
全長	約9.2m
直径	約4.4m
全体質量	約16.5トン(打上時)
搭載補給質量	約6トン (内部+外部補給品)
輸送目標軌道 (ISS軌道)	高度：350～460km 軌道傾斜角：51.6度

内部補給品：約4.5トン



搭乗員用 食料・衣服



液体酸素



実証ラック



補給キャリア 与圧部

補給キャリア 非与圧部

補給機本体 (電気・推進)

宇宙ステーション補給機 (HTV)

外部補給品：約1.5トン



実験装置



宇宙ステーション用 バッテリー

19年度実施内容

- ・技術実証機のプロトフライトモデル (PF M) 等の開発
- ・運用1号機の製作に着手等



種子島からH-II B (H-IIA 能力向上型) で打上げ



自動ランデブ飛行



ISSへの接近・物資交換

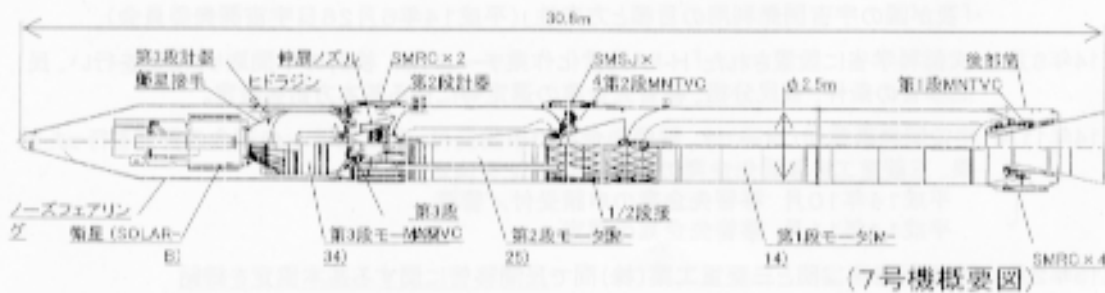


大気圏への帰還 (燃焼)

- ✓全段固体燃料を用いた3段式ロケットであり、オプションとしてモータ(第4段)を搭載
- ✓地球低軌道約1.8トンの衛星打上げ能力。第4段搭載により、様な惑星探査軌道投入にも対応
- ✓平成9年2月の初号機打上げ以降、これまでに6機の打上げを実施。
- ✓平成12年2月の4号機(3機目)の打上げでは、1段のノズルの破損によって衛星を所定の軌道に投入することに失敗。
- ✓原因究明、対策を施した後、5、6、8号機(4、5、6機目)の3機の打上げに成功。
- ✓平成15年度の宇宙3機関統合を機に政府としての研究開発を終了。
- ✓今年度9月に7号機の打上げに成功。(これ以降の打上げ計画は無い)



M-Vロケット



民間主導のGXロケットプロジェクト

○GXロケットは、我が国初の民間主導による中小型衛星打上げ用ロケット。平成23年度の初号機打上げを目指し、官民共同で開発中。

○宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、GXロケットの第2段として、LNG(液化天然ガス)*推進系を開発。

*LNG(液化天然ガス)は、液体水素燃料より推進性能は劣るものの、コストや運用面で高い優位性があり、将来輸送系開発において、有望な選択肢。

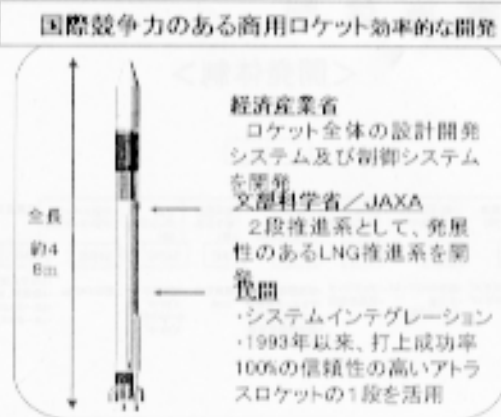


厚肉タンクステージ
燃焼試験(BFT)

サブスケール
LNGエンジン
燃焼試験

GXロケットに搭
載されたLNG推
進系

【官民の役割分担】



【開発実施体制】





> 経緯

1. 民間移管の目的

- H-IIAロケットについては、更なるコスト低減や信頼性向上を図ることにより、ロケットの信頼性や国際競争力の確保を図っていくことが必要。
- そのためには、民間的な経営手法による効率的な体制が妥当であり、可能な限り早期に技術の民間移管を進めることとした。



2. 民間移管の経緯

- 平成14年6月 総合科学技術会議及び宇宙開発委員会において、H-IIAロケットを我が国基幹ロケットと位置付け、優先矢用するとともに、民間に移管することを決定。
 ・「今後の宇宙開発利用に関する取組みの基本について」(平成14年6月19日、総合科学技術会議)
 ・「我が国の宇宙開発利用の目標と方向性」(平成14年6月26日宇宙開発委員会)
- 平成14年8月 文部科学省に設置された「H-IIA民営化作業チーム」は、検討の中間取りまとめを行い、民間移管の条件、官民分担、移管先企業の選定等に係る基本方針を設定。
- 平成14年11月 宇宙開発事業団(当時)は、移管先企業の申請受付、選定基準への適合の評価を行った結果、三菱重工を移管先企業の候補とすることを決定。
 平成14年10月 移管先企業の申請受付/審査
 平成14年11月 移管先企業の選定
- 平成15年2月 宇宙開発事業団と三菱重工(株)間で民間移管に関する基本協定を締結
- 平成15年4月 H-IIA民営化作業チームにおいて、最終報告書取りまとめ

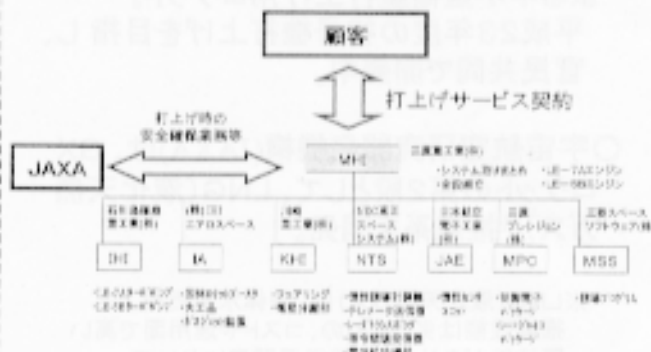


> 実施体制

<開発体制>



<運用体制(民間移管後)>



官民の役割・責任分担

【民間(MHI)】

- ・品質向上活動を継続的に実施し、安全・確実な打上げを遂行。
- ・更なる営業・販売力の強化と、コストダウン活動の継続により、幅広く国内外のユーザからの打上げサービス受注の獲得に努める。
- ・H-IIA標準型の自律性確保のため、我が国で自主開発した基幹技術を継続使用。

【官(JAXA)】

- ・民間が製造したH-IIA標準型の打上げの安全を確保するため、JAXAは安全確保に係る業務を実施。
- ・基幹技術(エンジン等)を世界最高水準に維持するための活動、基盤技術の維持・向上を実施。
- ・文部科学省(宇宙開発委員会)は、打上げ実施にあたり安全評価を実施。

H-IIAロケット6号機打上げ失敗およびH-IIAロケット再点検の結果を踏まえ、H-IIAロケットを我が国の基幹ロケットとして発展させていくため、ロケット技術力の強化とさらなる成熟化を図り、ロケットのより一層の信頼性向上と確実な打上げの継続を実現する。

(1) 緊急的課題

- 新たなSRB-A
認定試験フェーズの作業を実施。
(設計解析、地上燃焼試験)
- 液体エンジンの信頼性向上
・改良型LE-5Bの認定試験
・液体酸素ポンプの信頼性向上
- バルブ高信頼性化
- 当面の打上げに対するリスク低減作業
継続実施。
- 部品枯渇対応
①部品枯渇に対する対応の継続
②次期誘導制御システムの開発

誘導計算機(GCC)のメインプロセッサ(CPU)の部品枯渇に伴う代替部品の選定(誘導計算機の基板設計、周辺回路の変更)を実施する。



固体ロケット地上燃焼試験



LE-5Bエンジン



電子制御搭載位置

(2) 継続的課題

体系的な試験実施等によるデータベースの蓄積と充実

- フライトデータ、実機データの拡充【継続】
・技術テレメータの追加搭載によるフライト環境データの拡充。
・極低温点検の継続実施によるカウントダウン時(極低温環境下)の機器のトレンドデータの充実。【FY19計画】SELENE、WINDS
- エンジン材料データベースの構築【継続】

(3) 中・長期的課題

- 信頼性向上定量的評価に向けた検討【継続】
信頼性を定量的に評価する手法について検討を行う。
・機体システム機能展開の拡充
・エンジン信頼性設計技術の研究
・小型固体ロケットの研究等

ロケット信頼性向上(2/4)

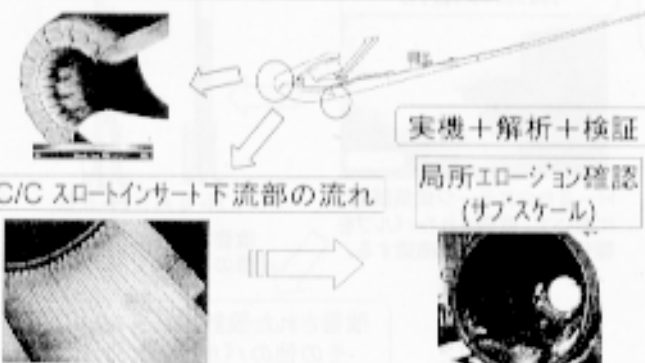
固体ロケットモータ 局所エロージョンメカニズム究明

【目標】局所エロージョンのメカニズムの解明とそれに基づく定量的評価技術の確立による新たなSRB-A開発におけるノズル設計方針の設定。

課題: 固体ロケットモータのノズル部に局所的なエロージョンが発生し、ノズルの破孔に至ることにより打上げの失敗につながった。

活動状況: エロージョン解析の高度化と流体解析、構造解析、各種試験結果等から局所エロージョン発生メカニズムについて、その概略の推定を実施。

インレット部形状に起因する渦の発生



C/C スロートインサート下流部の流れ

実機+解析+検証

局所エロージョン確認(サブスケール)

成果の活用

FY17より局所エロージョンを排除して更なる信頼性向上と打上げ能力の回復を目指す新たなSRB-Aの開発に着手

【これまでの実績】

FY17より新たなSRB-Aの開発作業として、システム設計作業、ノズル設計・解析作業等を実施してきた。

H18. 7に実施した実機大モータ地上燃焼試験により所期の局所エロージョンの排除の実証に成功。

【FY18の今後の計画】

認定試験フェーズへの移行



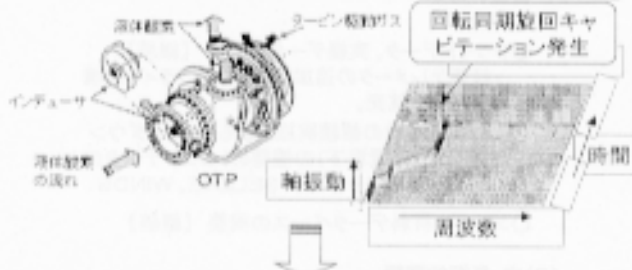
実機大モータ
データ取得試験状況



今回の結果

【目標】キャビテーションサージ(CS)のメカニズム解明及び抑制に対する抜本的な対策の立案と効果の確認。

課題: H-IIA第1段エンジン(LE-7A)の液体酸素ターボポンプは回転同期旋回キャビテーションが発生しており、軸振動が大きく、振動規格を満足しない場合がある。



活動状況: これまでの開発及び平成16年度から進めているタスクフォース活動から得られた知見をもとに、液体酸素ターボポンプのインデューサに次の改善を施し、キャビテーション発生を抑制する。

- ①揚程(翼負荷)を低減
- ②過去の試験データをもとに、より良い羽根形状に修正
- ③3次元翼設計を採用し、翼端部の形状を最適化

今後のタスクフォース作業

- ・インデューサの設計変更と解析による効果の確認
- ・極低温試験、ポンプ単体試験による改善効果の確認



成果の活用



H-IIBのステージ燃焼試験にて、改善されたOTPを搭載したLE-7Aエンジンを使用し、機体システムとして確認。



【目標】ロケットの推進系バルブに関する信頼性を軸とした開発手法の確立及びその手法を適用した信頼性の高いバルブ開発と実機への適用。

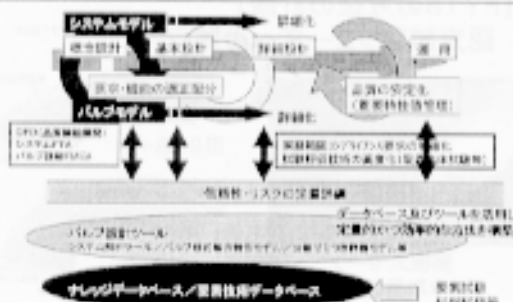
課題: バルブの不具合によって、ロケットの整備作業の一部にやり直しが発生したり、打上スケジュールの遅延が発生したりする。

活動状況: バルブの信頼性を高めるため、従来からの設計方法の改善方策について平成16年度より継続して検討を実施。

例)・QFDや詳細FMEAによる網羅的な設計検討と適切な機能配分。

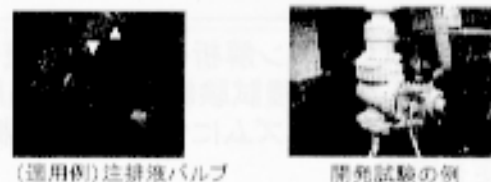
- ・解析や試験による重要特性値の把握と管理。
- ・ナレッジデータベースや材料データベースの充実と活用。

上記方策を適用したバルブを試作・試験し、その効果を確認。



今後のタスクフォース活動

- ・信頼性向上を図ったバルブの認定試験を実施。
- ・試験結果等から、設計方法を改善。



成果の活用



改善された設計方法をもとにその他のバルブも改良。

我が国の輸送系の現状 (我が国の輸送系における課題)

45

我が国の輸送系における課題(1/4)



➤ 全般状況

- ✓ 衛星ミッション側が輸送系を選ぶ時代の趨勢となっている。我が国の輸送系が、自在性をもって我が国のミッションを担い、さらに諸外国ミッションをも獲得するためには、国際的競争力及びミッション側のニーズを考慮した輸送系の維持・発展が必要。

➤ 基幹ロケットの技術開発

- ✓ 他国に比べて打上げ実績が少なく、目標とする信頼性を確実に達成するためには、さらに知見を得て技術として体系立て、実機的设计、製作及び運用への反映が必要。
- ✓ さらに国際競争力のある世界最高水準の信頼性及び打上コストを実現するためには、既存ロケット技術の抜本的な見直しが必要。

➤ 新しい需要への対応

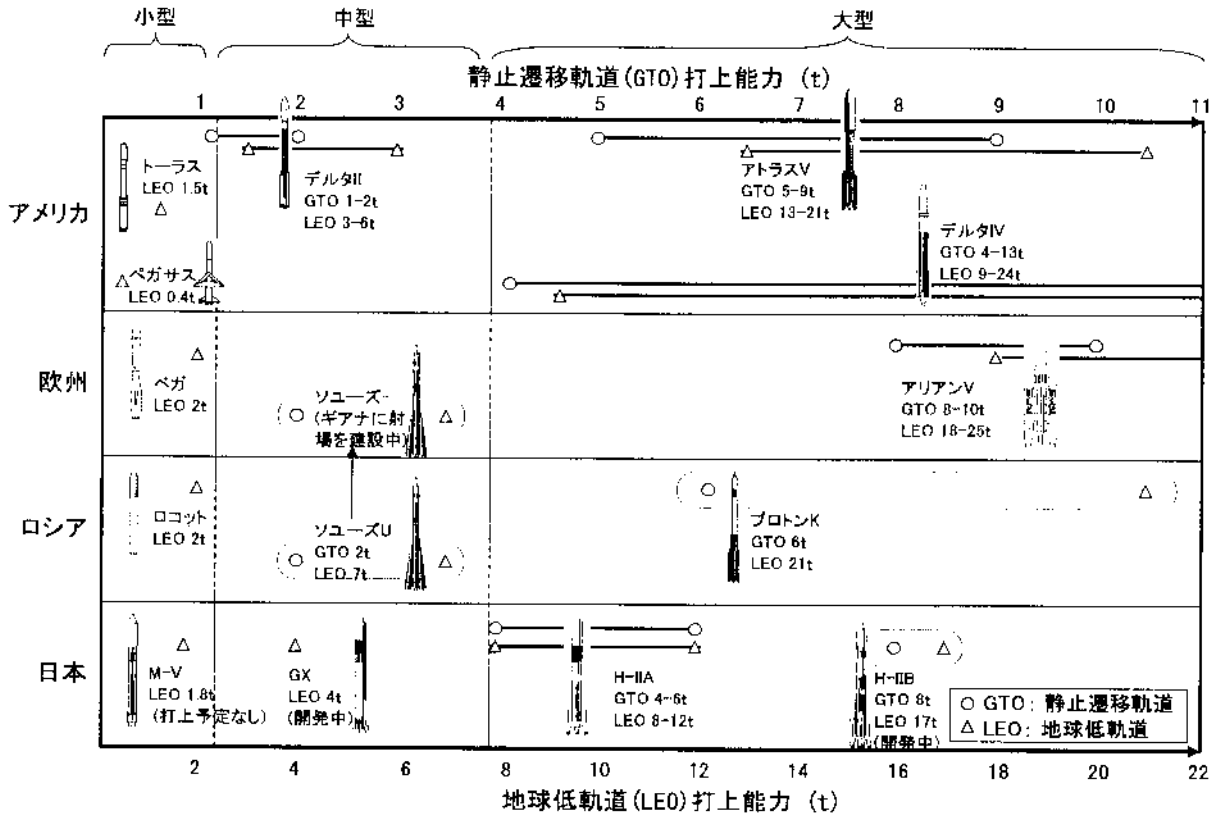
- ✓ 早期・低コストでの実現を目指した中・小型衛星需要拡大が想定され、そのニーズに対しては、輸送系においても大幅な効率化が必要。

46

我が国の輸送系における課題・問題点(2/4)



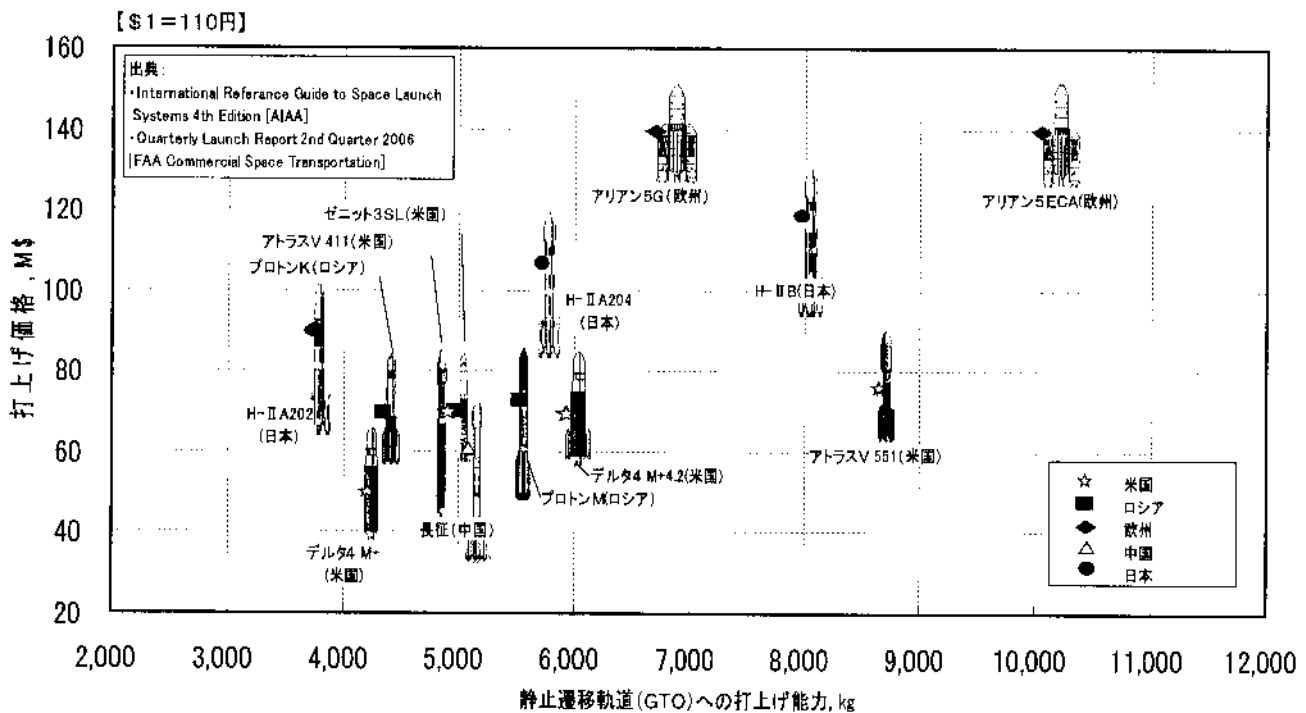
各国の主な宇宙輸送系ラインナップ



我が国の輸送系における課題・問題点(4/4)



世界の大型ロケットの価格/能力比較



世界の小型ロケットの価格／能力比較

