

# Conceptual Study of Evolved Epsilon Launch Vehicle

(進化型イプシロンの検討)

Shinichiro Tokudome<sup>1</sup>, Yasuhiro Saitoh<sup>2</sup>, Takayuki Yamamoto<sup>3</sup>,  
Koji Nakaya<sup>4</sup>, Naoko Iwata<sup>5</sup>, Shyuhei Okada<sup>4</sup>, Hiroto Habu<sup>1</sup>,  
Yasuhiro Morita<sup>4</sup>, Koichi Okita<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Space Flight Systems Engineering

<sup>3</sup>Guidance, Navigation and Control Group

<sup>5</sup>Thermal Systems and Fluid Dynamics Group

Institute of Space and Astronautical Science (ISAS)

3-1-1 Yoshinodai, Sagami-hara-shi, chuo-ku, Kanagawa-ken, 252-5210 Japan

<sup>2</sup>Research Center for Space Transportation Systems Engineering

<sup>4</sup>Epsilon Rocket Project Team

Space Transportation Mission Directorate (STMD)

2-1-1 Sengen, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-8505 Japan

## ABSTRACT

For developing the final configuration of Epsilon launch vehicle, which will be brought to the international market, its conceptual study has been started in JAXA since the beginning of this fiscal year. A study team has begun their first activity in order to interpret the future customer's needs based on international marketing researches and interviews with domestic users, providers, and operators of small satellites. After setting the mission requirements and system specification within the current fiscal year, the team aims to begin the development from the year after next.

# 進化型イプシロンの検討

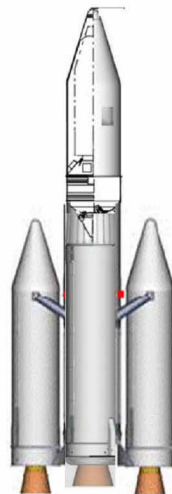
徳留 真一郎<sup>1</sup>, 齊藤 靖博<sup>2</sup>, 山本 高行<sup>3</sup>,  
中谷 幸司<sup>4</sup>, 岩田 直子<sup>3</sup>, 岡田 修平<sup>4</sup>,  
沖田 耕一<sup>2</sup>, 森田 泰弘<sup>1</sup>, 羽生 宏人<sup>1</sup>



検討例1



検討例2



検討例3

- 1 宇宙飛行工学研究系
- 2 宇宙輸送系システム技術研究開発センター
- 3 専門技術者組織
- 4 イプシロンロケットプロジェクトチーム

2014年8月6日(水)

第47回月・惑星シンポジウム@相模原

# 内 容

1. イプシロンとは？
2. イプシロン開発の現状とこれから
3. 将来計画＝進化型イプシロンの検討
4. 低コスト化の方策
5. まとめ

# イプシロンロケットとは？

**姿：** 自律的に持続可能な固体ロケットシステム

- 商業市場での競争優位性を保ちながら進化・発展するシステム

**役：** 宇宙への敷居を下げる

- 小型衛星（・探査機）の普及を促進させる
- 輸送系先進技術の先行実証機（プリカーサ）の役割を果たす
- 固体ロケットシステム技術基盤・産業基盤の維持体制を確立する

**志：** イプシロンが目指す方向性

- Evolution & Excellence （ロケットシステムの革新, さらに進化・卓越）
- Exploration （宇宙の開拓と探求）
- Education （ロケット技術者の育成）



# イプシロンロケット開発の現状

1. 昨年9月に初号機(試験機／ひさき)打上げ成功
  - 自動点検&自動発射管制／レートアクセス3時間の実現性
  - 世界一の静粛性／搭載環境条件の緩和
  - 小型液体ステージPBSによる精確な軌道投入
2. 2号機開発(ERG向け)を実施中(2012年夏～)
3. 3号機以降のコスト低減・能力向上要求に対応する高度化開発(強化型イプシロン:仮称)についてプロジェクト移行審査中
4. 将来計画(進化型イプシロン:仮称)の検討を開始(4月～)

# イプシロンをとりまく状況の変化

イプシロンロケットの開発計画は、試験機開発移行後の周辺状況の変化により、当初の2段階開発から変更されている。

- FY2015以降の打上げを目指す2号機は、ERG衛星の投入軌道の変更により、打上げ能力を増やす必要がある。
- FY2016以降にASNARO2衛星の打上げ実現を目指す3号機は、その後の衛星の質量と寸法の増大により、衛星搭載スペースと打上能力の両方を増やす必要がある。

以上の状況の変化に対応すべく「2号機開発」が追加され、さらに3号機適用を目指す「高度化開発」が追加される※。

さらに利用ニーズの動向を踏まえ、将来に向けた発展の方向性（顧客、規模、価格、サービス）を探っているところである。

※「高度化開発」プロジェクト移行審査では、2号機開発を高度化開発に統合する方向で審議が進められている。

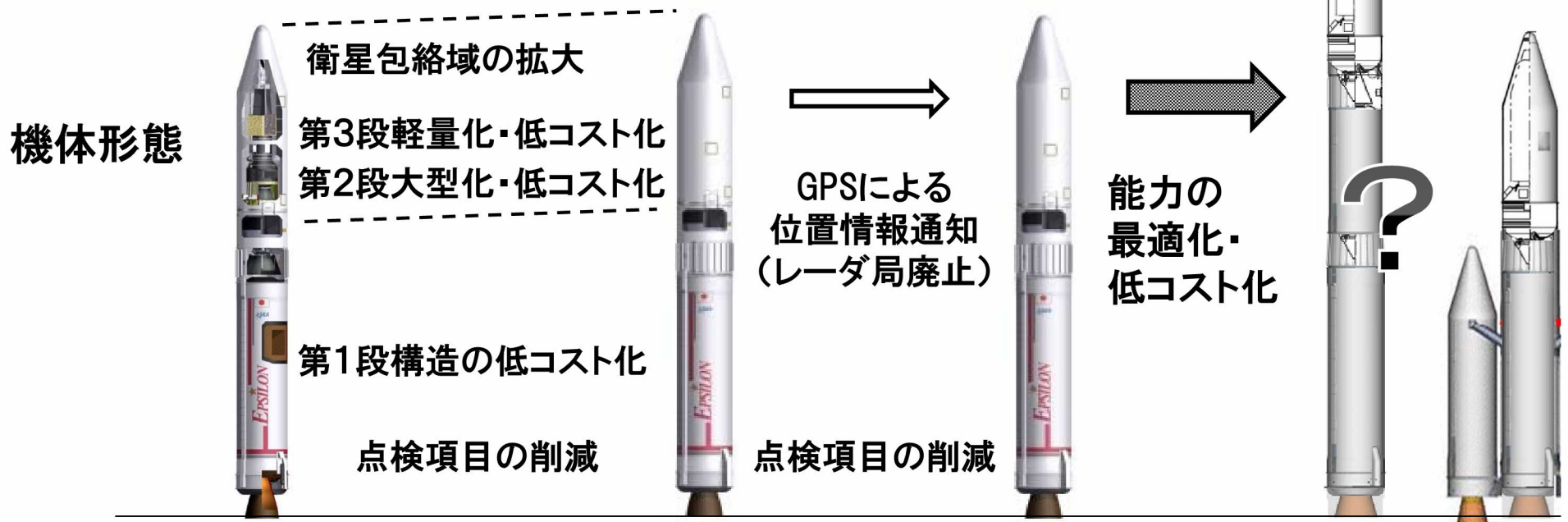
# 状況の変化に対応する開発計画(構想)

———— FY2013 ——— FY2015 — FY2016 — FY2017 ——— FY2019~ ———>

LEO: 1.2ton —————> ?

SSO: 1 —————> 1.3倍~ ———> 1.3倍 (オプション)

長楕円: 1 —————> 1.2倍(基本)



試験機  
E-1  
“ひさき”

試験機開発

2号機  
E-2  
ERG

3号機  
E-3  
(A-2)

中間段階開発

4号機 ~  
E-4 ~  
(L-1など)

進化型イプシロン  
(将来ニーズ)

最終段階開発 <sup>6</sup>

# イプシロン将来計画(ニーズ動向調査)

\* FY2013年末時点

## 利用ニーズの動向\*

- 初期の動向調査のみでは目標とする年1機が見込めるとは言えない状況
  - 独自打上手段を持たない新興国で、イプシロンのねらい目0.5~1.5tonのレンジに年5~6機の計画はある (SSO 0.7~0.9ton級が中心)
  - 惑星探査500kg級(SSO 1ton級)(科学探査RM)
  - 海外衛星事業者から候補として検討したい等、複数の照会あり

## 価格競争力の視点\*

- 新型基幹ロケットのデュアルローンチ(SSO:1~2トン)で目標25億程度
- VEGA(SSO:1.55トン)の商業市場での価格目標は45億



# イプシロン将来計画(システム検討例)

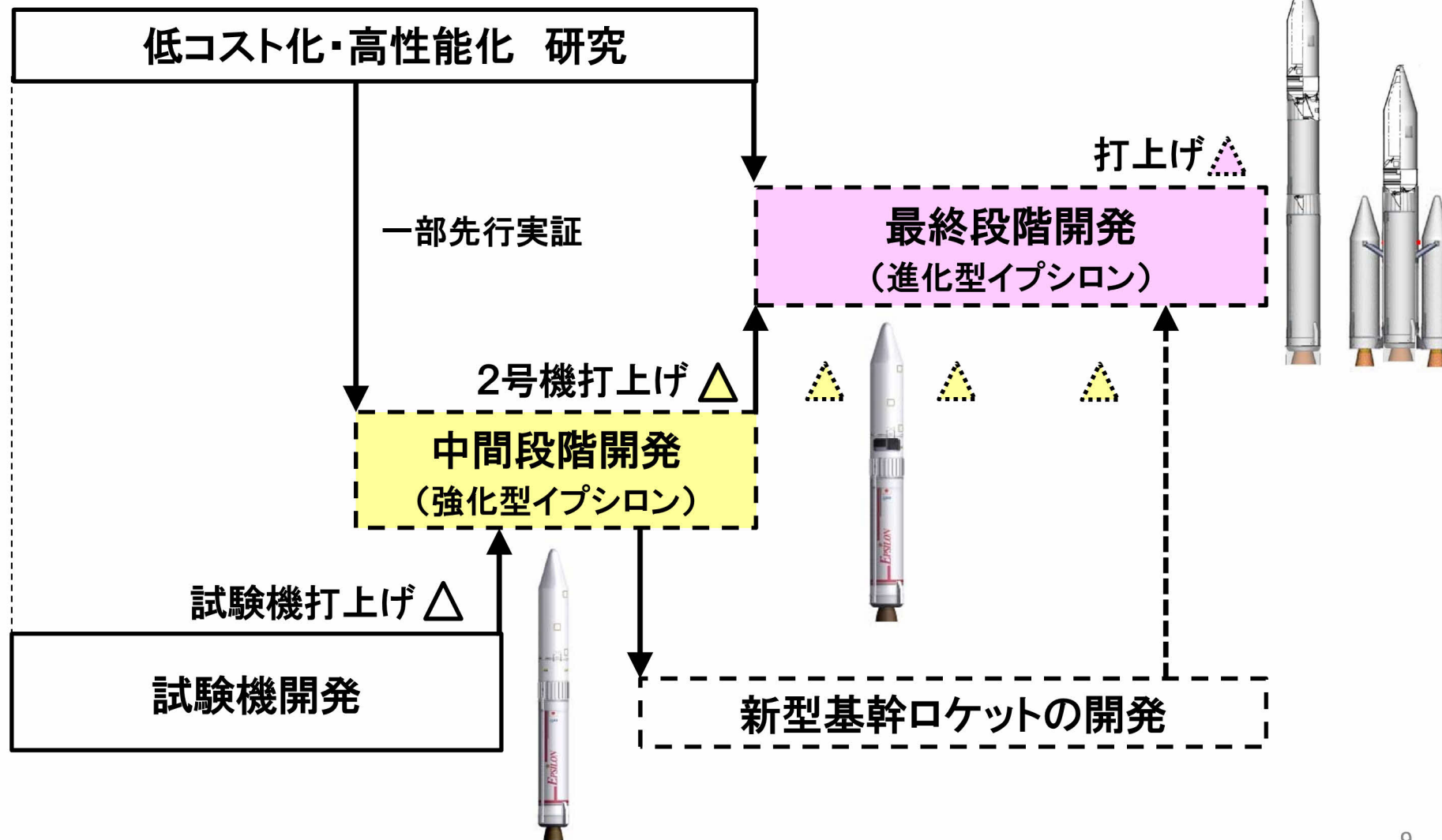
2010年SACで説明した現能力で30億円ケース(検討例1)を軸として、新たな能力向上要求に対応したケース(検討例2)、さらに新型基幹との相乗効果を最大限持つケース(能力向上の例2)など、幅広く検討中。

形態		M-V	試験機E-X	検討例1	検討例2	検討例3
質量は、各段に使用する 固体モータ単体の推進薬量		3段: 11ton 2段: 33ton 1段: 72ton	3段: 2.5ton 2段: 11ton 1段: 66ton	高度化機体を低コスト化 3段: 2.5ton 2段: 14 ton 1段: 66ton	1段大型化 新型基幹シナジー 3段: 14ton 2段: 50ton 1段: 80ton	新型基幹シナジー 3段: 14ton 1-2段: 50ton
						
打上げ 能力	SSO 500km	-	450kg	600kg	800kg	1,000kg~
	LEO 250 × 500km	1,850kg	1,200kg	1350kg	2,200kg	2,500kg~
	はやぶさ軌道(C3=11) *1	510kg	200kg	200kg	410kg	800kg~
目標コスト*2		75億円	38億円	30億円以下	TBD *3	TBD *3
新型基幹とのシナジー効果		-	-	・要素技術 ・固体モータ低コスト化	・要素技術 ・固体モータ低コスト化	・要素技術 ・固体モータ低コスト化
特徴/留意事項		-	-	・当面は現SRB-Aを継続使用 ・この規模に商機があれば、SRB-Aを小規模に改修して低コスト化することも検討	・1段を製造設備限界まで大型化 ・2段を新型基幹と共用の可能性 ・射点設備の改修必要	・1段・2段を新型基幹と共用の可能性 ・射点設備の大型改修必要

\* 1) PBSを外し、代わりに4段キックステージ(推進薬量1ton程度)を搭載する、\* 2) 前提: 基本形態とし、安全管理業務や飛行後評価/広報渉外に係る費用は含めない  
\* 3) マーケット調査などによって適切な価格設定を行う。

# イプシロン開発計画(構想)

— FY2010 ——— FY2013 ——— FY2016 ——— FY2018~ ———→



# 将来計画＝進化型イプシロンの検討チーム

本年度4月からチームを編成して概念検討をスタート

## ミッション

「ゼロベース、新しい取り組み方で、新しい世界を創る」

## ビジョン

「JAXAが変われば世界が変わる」

## 成 果

イプシロンロケットの将来計画について以下を設定し  
プリプロジェクトチームを発足させる

①ミッション, ②ビジョン, ③顧客, ④仕様, ⑤成果, ⑥計画

# マーケティングからスタートする

ミッション(事業)は、顧客を誰にするかの「意思決定」で決まる。

「マーケティング」とは、見せればそのまま売れるようにすること

- 顧客の要望からスタートする
- 顧客(候補)を理解してニーズを読み解く



顧客は賢い、しかしニーズを知らない (Steve Jobs)



のための市場は存在しない

我々がこれから創造するのだ (Dietrich Mateschitz)



# 新しいやり方で、しかし基本に忠実に

## 「意思決定」の9ステップの最初の3ステップ

1. 意思決定する必要があるかどうかを判断する
2. **問題を分類する**
3. 問題の本質を見極める

この問題をどういうふうに捉えるか？本質はなにか？どこにあるか？

我々にとっての「**問題を分類する**」、そして、対応方針を決定する

- 一般的な問題
- **自社では特殊だが、社会では一般的な問題 ⇒ 他者の経験に学ぶ**
- 今は特殊だが、将来一般的になる問題
- 特殊な問題

# 他者の経験に学ぶ(顧客ニーズ～打ち手)

- 「顧客に対して抱いているイメージの7割は間違っている」
- 「非顧客に聞け」
- 「小さく始めて大きく育てよ」

(Peter F. Drucker)

典型的な作業ステップ	リアルな事業例(十勝バス)	イプシロンにおける想定例
①背景と課題設定	<p><u>田舎バス路線が42年ぶりにお客を増やした</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 路線バス利用者は、42年間減り続けるが、補助金により事業は維持されている。</li> <li>・ 2008年の原油価格高騰で存亡の危機に、何とか、お客を増やさなければ！</li> </ul>	<p><u>イプシロンが顧客の獲得に乗り出した</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 初の人工衛星打上げから44年、科学者の観測手段として発展を続けてきた。</li> <li>・ 性能優先で価格が高く、ミッション頻度の制約になっていたことから、商業市場での自立化を視野に見直しを迫られる。</li> </ul>
①隠れた顧客に聞く 隠れたニーズを探る	<p>バスを利用しない周辺住民に理由を聞いた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 会社の思い込み:「バスは不便」</li> <li>➢ 本当の理由:「バスは不安」</li> </ul> <p>・ どちらのドアから乗るのか?、料金はいつ払うのか?、整理券はどのように使うのか?、どこに連れて行かれるのか?</p>	<p>イプシロンを利用しない顧客に聞いてみる</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;">?</p>
②小さく始め大きく育てる 打ち手を小さくすばやく試行して、成果が上がった方法を大きく展開する	<p>最初是一个の停留所で、乗り方を写真付きで案内して、目的別時刻表(利用の「目的」毎に整理した)を配布した。</p> <p>⇒顕著な成果をあげて利用客が増えた ⇒路線全体に拡大さらに他の路線に展開</p>	<p>「イプシロン利用ガイド」を作成して、まずは衛星需要の確実な新興国や隠れた顧客が集まる場所を探りあて、その場で配布する・・・など。</p> <p>⇒成果が上がれば次第に拡大する</p>
③持続的に成長させる (卓越性を向上させる) ②の育成過程で得られた気づきや教訓を持続的な成長に活かす	<p>お客の目的は一つではない。</p> <p>&lt;温泉施設+路線バス&gt;施設利用割引の「日帰り路線バスパック」などの提案</p> <p>⇒<u>旅客業から目的提案企業への変貌</u></p>	<p>顧客の目的はいくつかある。</p> <p>新たな利用方法を創って提案することにより、新たな顧客を創りだす。</p> <p>⇒<u>目的提案機能を強化する</u></p>

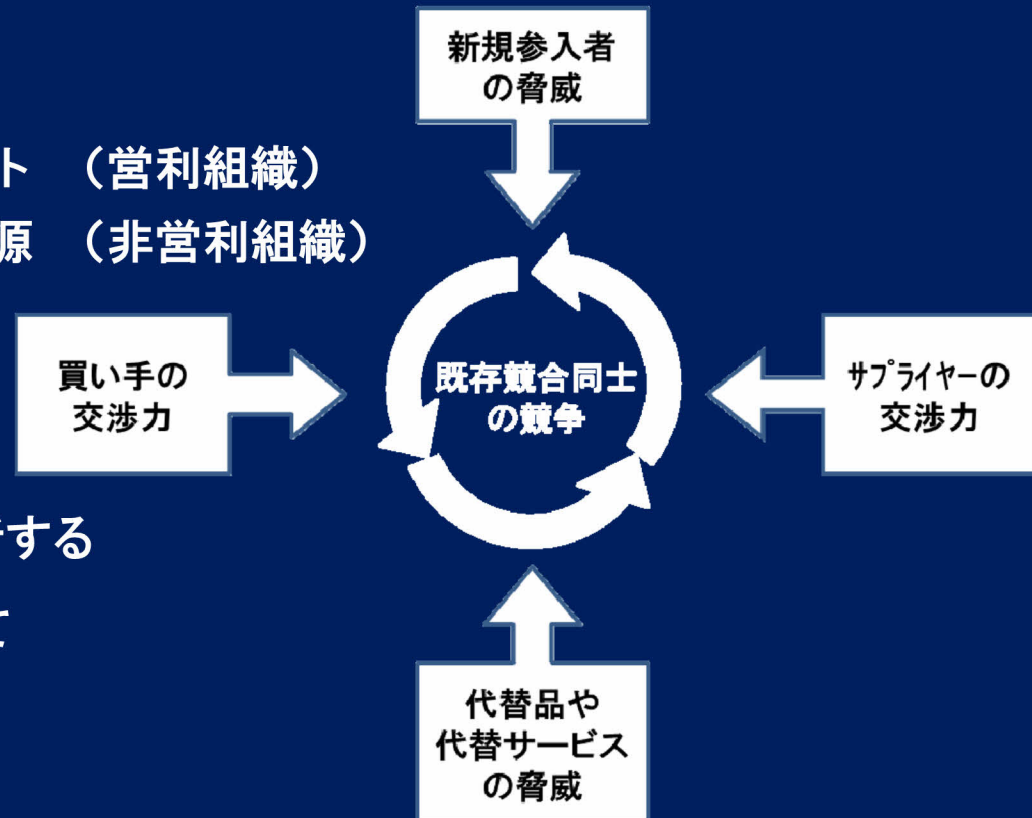
# 他者の経験に学ぶ(競争優位の戦略)

- 5つの競争要因のフレームワークを出発点とする戦略の評価と構築
- 価値を生み出すのは活動, 競争優位は活動の違いによって達成される
- 「戦略の本質は, 何をやらないかを選択することだ」 (Michael E. Porter)

競争優位の評価指標は「収益性」

利益 = 価格 - コスト (営利組織)

外部貢献 = 成果価値 - 投入資源 (非営利組織)



「収益性」の決定要因に焦点をあて  
⇒ 業界の基本構造を分析する

競合他者との活動の違いに焦点をあて  
⇒ 一連の活動を分析する

戦略の方向性

- 競争要因に対して防衛策をとる
- 競争要因の影響が最も弱いポジションを探す



## 顧客・非顧客からの声※(例)

- そもそも、何ができるかがわからないう
- (ロケットとの間に)心理的な隔たりを感じる
- 提示する環境条件を適切に緩和してほしい
- 即応性(契約～打上げ)はプレミアム
- ...

まだまだ市場の入り口にも立てない状況では？

# コスト低減目標を実現する技術的な方策

機体システム全般およびその運用について見直しを図り、コスト削減を図る

打上げ価格目標:30億以下

## 【③アビオニクス系】

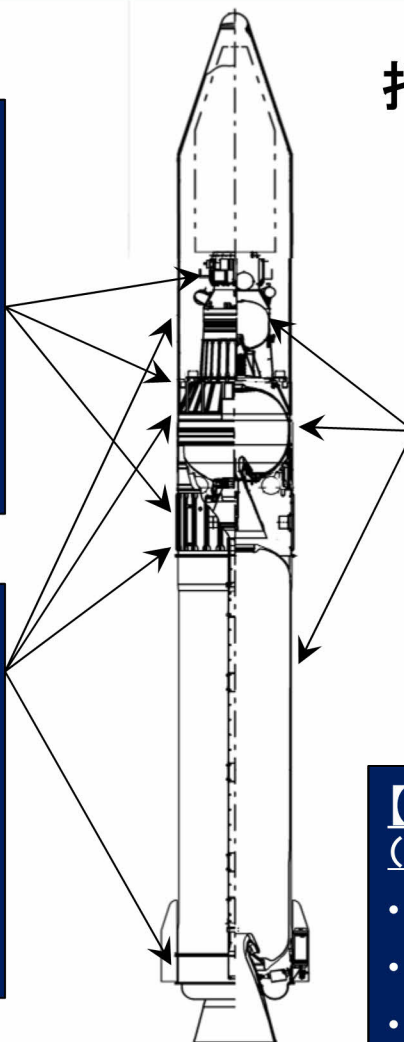
(統合化・ネットワーク化・省電力化・民生品活用)

- 機能毎に分かれた機器を統合し機器構成を簡素化する
- 誘導制御計算機OBCを汎用ネットワークに対応させてシステムを小型・軽量化する
- 航法センサや火工品点火系をコンパクト化して省電力化を図りバッテリーを削減する

## 【②構造系】

(CFRP一体成形・艙装見直し、環境条件緩和)

- アルミニウム組立構造を低コスト複合材(CFRP)で置き換える
- 機器の艙装形態を設計段階から反映してCFRP製の機器搭載構造を一体化する
- フェアリングの製造工程を簡素化し、さらに組立・艙装を簡素化する



## 【①推進系】

(コンポーネント軽量化・簡素化・共通化)

- 各段モータのコンポーネントに、以下の方策を適用する
  - 新技術の導入
  - 設計仕様・工程の簡素化
  - 量産品との部品共通化

## 【④運用系】

(地道な改善・整備・効率化)

- 点検機能の強化による効率化
- 設備・輸送機材の整備による効率化
- 作業の効率化

# 最終目標に向けた段階的技術実証

系統	基本方針	個別の打ち手	高度化開発 (強化型イプシロン)	新型基幹ロケット	将来計画 (進化型イプシロン)
構造系	CFRP一体成形・ 艀装見直し, 環 境条件緩和 ● コスト30%削減	搭載構造・接手のCFRP化	△(部分適用)	—	○
		機器艀装構造も一体化	△(開発準備)	—	○
		フェアリングCFRP化 (VaRTM)	—	—	○
		アビオ民生部品を適合させる機械環境緩和構造の導入	—	—	○
アビオ系	統合化・ネットワー ク化・省電力化・民 生部品活用 ● コスト50%削減	機器の統合・モジュール化	—	△ (共通化可能な範囲 を検討中)	○
		汎用ネットワーク化	—		○
		IMU・火工品のコンパクト化	—		○
		推進薬原材料の低コスト化	○(2段モータ)		○(固体ブースタ)
推進系	軽量化・簡素化・ 共通化・低コスト化 (1段モータ除く) ● コスト30%削減	モータ・ケース設計余裕の低減	○(2段モータ)	○(固体ブースタ)	○
		ケース・インシュレーション材の気密化	○(2段モータ)	○(固体ブースタ)	○
		点火器簡素化・部品共通化	○(2段モータ)	○(固体ブースタ)	○
		ノズル・スロットインサート製造工程の効率化	○(2段モータ)	○(固体ブースタ)	○
		ノズル開口部ライナの軽量・低コスト化	—	—	○

# まとめ・スケジュール

- 「**進化型イプシロン(仮称)**」の概念検討を開始した。
- 顧客, 非顧客に対する聞き取り調査によって顕在ニーズを知り, 潜在ニーズを読み取り, コスト低減の達成だけでなく**収益性あるシステム構築**を目指す。
- 年度後半にシステム仕様を固め年度内のミッション定義を目指す。
- 2016年度内開発着手, 2020年代初頭市場投入を目指す。