

# 文部科学省独立行政法人評価委員会JAXA部 会(第37回)における指摘事項等への回答

平成24年7月19日

宇宙航空研究開発機構

## I. 7(1)宇宙航空技術基盤の強化

### <指摘事項>

研究テーマの選定、戦略的な絞り込み等の研究マネジメントの状況について提示する。

### <回答>

JAXAの研究は、研究推進委員会(委員長:研究担当理事)によってマネジメントが行われている。具体的には次のとおり。

- 組織的に合意された目的・目標として、総合技術ロードマップを設定。(トップダウン・プロセス)
  - \* :ロードマップは、国の宇宙基本計画、航空推進方策、中期目標・計画からのフローダウンをベースに、産業界の意見を取り入れ、かつ、自律性・自在性の確保、日本の得意分野等を考慮に入れつつ、10年程度以内に実用化すべき技術を戦略的に設定。
- 個別具体的な研究テーマは、ロードマップに設定された要素技術を実現するための研究としてボトムアップで研究者が提案。(ボトムアップ・プロセス)
  - \* :研究計画と進捗状況の評価を実施し、競争的に絞り込み。透明性・客観性・公平性をもった適正な競争環境下で、機構横断的な優先度に基づき重点化。
  - \* :ただし、自律性・自在性の確保が特に必要な技術、我が国にとって戦略的に重要な技術の研究開発については、理事長の経営判断により重点研究としてトップダウンで実施。

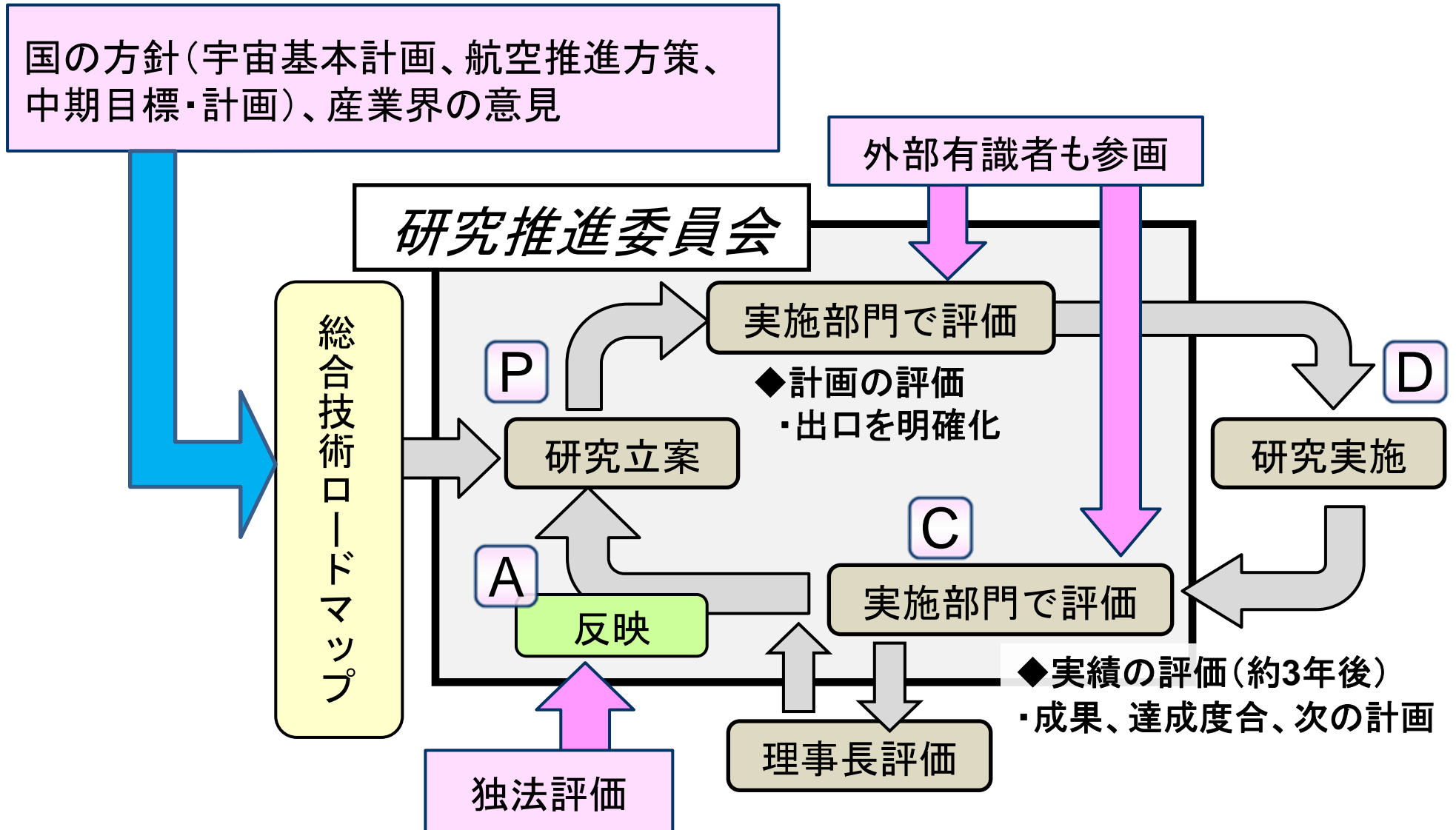
・Page.3:研究推進委員会によるマネジメント

「基盤技術の各専門分野における研究テーマの選考及び成果評価プロセス」

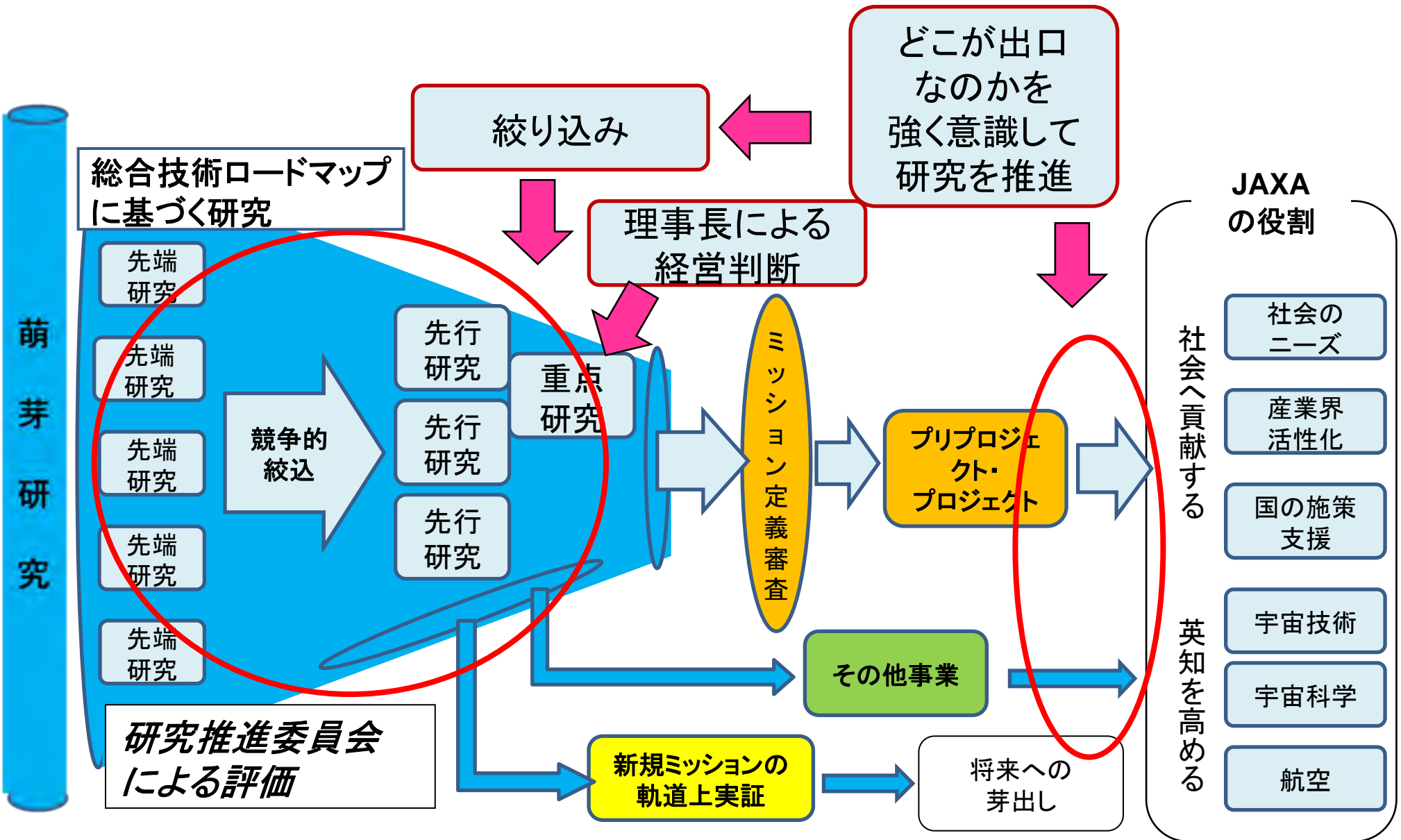
・Page.4:「研究テーマの絞り込みと成果の出口」

(参考添付:JAXA総合技術ロードマップ)

# 基盤技術の各専門分野における 研究テーマの選考及び成果評価プロセス



# 研究テーマの絞り込みと成果の出口



## 総合技術ロードマップ(一部抜粋) 航空分野1/2(上半分)



### Ⅶ. 航空分野 技術ロードマップ

#### 技術戦略シナリオ

- ・産業界、行政などの社会からの要請にこたえるため、キー技術の開発を戦略的に実施し、わが国の航空産業の基幹産業化に向けて貢献する。
- ・我が国の航空技術を世界トップレベルへと先導し、次世代の航空輸送システムの実現に主体的に貢献する。

#### ミッション目標

|            | 08                            | 09 | 10 | 11            | 12 | 13                                   | 14            | 15 | 16 | 17 | 18                | 19            | 20 | 21 | 22 | 23             | 24 | 25 | 26 | 27 |
|------------|-------------------------------|----|----|---------------|----|--------------------------------------|---------------|----|----|----|-------------------|---------------|----|----|----|----------------|----|----|----|----|
| 旅客機技術      | 国産機実用化保証技術の確立                 |    |    |               |    | 第2世代国産機要素技術の創出<br>第3世代国産機概念の創出       |               |    |    |    | 第2世代国産機実用化保証技術の確立 |               |    |    |    | 第3世代国産機要素技術の創出 |    |    |    |    |
| 民間機エンジン    | 高付加価値技術の創出(I)<br>(環境適応エンジン技術) |    |    |               |    | 高付加価値技術の創出(II)<br>(超高バイパス比ファンエンジン技術) |               |    |    |    | 国際競争力強化に寄与する技術向上  |               |    |    |    | 革新エンジン技術の創出    |    |    |    |    |
| 超音速機       | 飛行実証による静粛超音速機優位技術の創出          |    |    |               |    | 大型超音速機優位技術の創出                        |               |    |    |    | 技術の確立と移転          |               |    |    |    |                |    |    |    |    |
| 運航システム     | 実証モデルを用いた高密度・安全運航の技術実証        |    |    |               |    | JAXA技術による高密度・安全運航方式の国際規格提案           |               |    |    |    |                   |               |    |    |    |                |    |    |    |    |
| 災害監視・防災無人機 | 災害監視無人機成立性実証                  |    |    |               |    | 防災無人機成立性実証                           |               |    |    |    | 物資輸送無人機成立性実証      |               |    |    |    |                |    |    |    |    |
| 極超音速機      | エンジン技術実証(M=2)                 |    |    | エンジン技術実証(M=5) |    |                                      | 加速技術実証(M=0~5) |    |    |    |                   | 巡航技術実証(M=0~5) |    |    |    |                |    |    |    |    |
| 未来型航空機     | 電動航空機等の技術成立性を飛行実証             |    |    |               |    | 電動推進系技術の確立                           |               |    |    |    | 電動航空機の技術実証        |               |    |    |    | 実用電動航空機の技術創出   |    |    |    |    |

#### 行政ニーズ対応

- ・公的機関/産業界対応 (航空局、経産省、防衛省、事故調、産業界(メーカ、エアライン)等)
- ・航空安全技術開発 (航空機事故防止技術開発、騒音等環境適合および効率的運航管理システム技術開発)
- ・行政技術基準策定 (国内および国際)



# 総合技術ロードマップ(一部抜粋) 航空分野2/2(下半分)





# 総合技術ロードマップ(一部抜粋) 衛星分野1/2(上半分)



## IV. 衛星(共通)分野 技術ロードマップ

### 技術戦略シナリオ

- 衛星システムとして、十分な国際競争力(性能、信頼性、納期、価格)を獲得する。
- 世界をリードするX線天文学、電波天文学、赤外線天文学観測を支えるシステム・要素技術開発を行う。
- 人類のフロンティア拡大、知の創造を追求する宇宙探査に不可欠なシステム・要素技術開発を行う。

### ミッション目標

### システム技術

#### 【利用衛星】

- 信頼性向上、長寿命化
- ペイロード比率向上
- 高精度観測を支える機能

#### 【科学衛星】

#### 【探査機】

#### 重力天体探査 (月・火星探査)

重力天体探査機システム

#### 始原天体探査

小天体探査機システム

ソーラ電力セイル探査機システム

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

- 商業静止衛星として、国際競争力を獲得する。
- 先端的な天文学観測を支えるシステム・要素技術開発を行う。
- 世界を先導する宇宙探査に不可欠なシステム・要素技術開発を行う。

- 衛星システムの更なる高度化
- 高精度観測を可能とする基幹技術の獲得
- 自立で自在な探査のための基幹技術の獲得

- 更なる国際競争力の向上
- 探査機の更なる着陸精度向上、長期滞在、遠方探査の実現
- 有人探査を見据えた技術開発

|                                |                       |                        |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------|
| 一次世代静止衛星バス: 15年<br>一周回衛星バス: 7年 | 更なる信頼性向上、長寿命化         | 更なる信頼性向上、長寿命化          |
| -1~2トン級衛星: 40%<br>-2トン級衛星: 50% | 20kW級静止衛星(軌道上3トン級)を実現 | バスターン質量比/ペイロード電力の更なる向上 |

|               |          |           |            |
|---------------|----------|-----------|------------|
| —高精度姿勢・軌道決定制御 | —低熱歪、低擾乱 | —大容量データ通信 | —低振動冷却システム |
|---------------|----------|-----------|------------|

X線、γ線、電波、赤外線、重力波による天文観測(高空間分解能結像システム、大口径冷却望遠鏡、高面精度大型アンテナ等)

X線、可視光磁場、極端紫外線、プラズマ計測による太陽地球系プラズマ観測(高解像度観測システム等)

宇宙工学(宇宙航行システム、輸送システム工学、化学推進、非化学推進、宇宙構造・材料工学、高度化システム、衛星探査機技術、電源エネルギー)

※詳細は科学ロードマップに記載

|                      |                   |                   |
|----------------------|-------------------|-------------------|
| 月面着陸探査技術<br>基盤の構築    | 月面着陸探査技術の開発       | 月面拠点構築技術開発        |
|                      | エアロキャプチャ技術実証      | 長距離走行・広域サンプル採取    |
|                      |                   | 帰還機(月サンプルリターン)    |
|                      |                   | 有人探査              |
|                      |                   | 火星複合探査            |
| 小天体探査機<br>技術実証(はやぶさ) | 本格的な小天体<br>探査機開発  | 火星以遠遠方天体探査機開発     |
| ソーラセイル技術実証           | 中/大型ソーラ電力セイル探査機検討 | 中/大型ソーラ電力セイル探査機開発 |



# 総合技術ロードマップ(一部抜粋) 衛星分野2/2(下半分)

## 要素技術

### □誘導制御技術

画素地表位置決定精度5m、姿勢マヌア<sup>3</sup>deg/s、相対位置制御精度5cm@20m

小型・軽量化(質量1/2)  
高性能化(高精度化・高速化等)

高精度編隊飛行  
完全自動自律フライト管理

- ・高精度高速姿勢制御
- ・精密相対誘導制御
- ・高精度再突入誘導技術

- ・小型軽量化
- ・高精度化
- ・精密自律相対誘導制御
- ・高精度再突入誘導制御

- ・更なる高精度化高速化
- ・宇宙機フライト管理自律化(含、複数宇宙機の相対軌道保持)
- ・月惑星軌道上での編隊飛行・相対誘導制御

### □電源技術

電力供給系30%の軽量化  
エビウエハ供給安定化

電力供給系50%の軽量化  
宇宙用バッテリー長寿命化(周回7年)

30kW~50kWの大容量  
大容量高負荷電力供給

- ・チャージアレイ多充電技術
- ・軽量スイッチング回路

- ・高効率薄膜セルアレイ
- ・高性能長寿命  
リチウムイオン電池

- ・大面積高効率薄膜セルアレイ
- ・インテリジェント電源制御技術

宇宙用太陽電池技術、蓄電技術、電源システム技術

### □推進技術

長寿命化(作動時間2倍)

軽量化、更なる高性能化

環境対応推進システムの実現

- ・高耐食材、耐酸化コーティング技術
- ・長寿命触媒
- ・ヘルスマonitoring技術

- ・複合材軽量タンク  
(再突入時溶融促進型)
- ・高性能2液エンジン  
(Isp>350s, パルスIsp+5s)
- ・長寿命イオンエンジン

- ・低毒性推進剤

### □データ処理技術

※衛星通信技術については、Ⅹ分野横断3.衛星通信・追跡ネットワーク技術ロードマップに記載

小型・高機能なシステムDH構築

インテリジェントデータ処理技術1

インテリジェントデータ処理技術2

- ・オンボードネットワーク技術
- ・符号・圧縮技術
- ・データストレージ技術

- ・高速・高機能標準システムDH
- ・高速データ圧縮技術
- ・次期メモリ/高密度実装技術

- ・インテリジェント オンボード処理
- ・次世代符号化・圧縮蓄積技術
- ・次世代システムデータハンドリング技術

### □熱制御/冷却技術

能動熱制御(温度制御、高密度実装)  
高信頼性冷却システム(寿命3年)

小型高機能熱制御システム  
低振動・無寒剤冷却システム(寿命5年)

自律熱制御システム  
超高感度長期観測システム

- ・ループ/平板型ヒートパイプ
- ・ヒートスイッチ
- ・小型高性能冷凍機

- ・次世代熱制御デバイス
- ・高断熱技術
- ・低振動/高信頼性冷凍機

- ・熱制御システム最適設計
- ・熱制御デバイスの機能/性能向上
- ・無振動・小型冷却システム(目標寿命10年)

### □構造技術

低歪構造(高精度化)

大型低歪構造  
擾乱低減化技術(現在の1/100の擾乱レベルに低減)

低歪・低擾乱スマート構造体

- ・低歪複合材
- ・形状安定性評価技術
- ・擾乱伝達評価技術

- ・低歪衛星構造体(主構体、光学ベンチ、アンテナ、鏡面)

- ・知的材料

他要素技術分野との連成を考慮した統合的構造設計・検証技術



# 補足説明資料

平成24年7月19日

宇宙航空研究開発機構

### <補足説明(その1)> 運航障害発生予測の的中率に関して (資料F-7ページ右下図の赤字説明部分)

分かり易さを主眼に「的中率」としていた記述について、正確を期すため「スレットスコア」とした。

運航障害発生予測のスレットスコア:0.54  
操縦困難発生予測のスレットスコア:0.53

(補足説明)

- 乱気流の発生のように稀な現象の予測精度を評価する場合、「的中率」ではなく、「スレットスコア」(重要成功指数とも呼ばれる)という指標によることが妥当。
- 今回事案の予測のスレットスコア0.54は、必要かつ十分な精度を有する高いスコアである。
  - » スレットスコアで評価を行う代表例である天気予報と比較し、倍近い精度を達成している。
    - » 現時点の技術水準では、3時間後降水予測のスレットスコアは0.3程度。
  - » 国交省航空局の目標(CARATSの求める冬期運航障害半減)に対して必要かつ十分な精度を有する。
  - » 今回試作した実証用システムの実証結果はエアライン(全日空)の評価を受け有効性が確認されている。
  - » 念のため、今回の予測について一般の「的中率」を求めると0.91となる。

## I.1.(3) 衛星測位プログラム

### <補足説明(その2)> 準天頂衛星システムの仕様設定の考え方について

- 仕様設定にあたっては、当時の世界最先端の値を設定。米国が計画している近代化GPS(次世代のGPSシステム)と同じ仕様値を設定した。
- 具体的には、近代化GPSの「測位信号の精度」と「ユーザ測位の精度」を仕様値として設定。

①測位信号の精度:測位信号自身が有している誤差。具体的には、衛星の軌道と、搭載クロックの誤差(補足1)。

|         | GPS全体*1<br>(2001年時点) | GPS全体*1<br>(2008年時点) | 近代化GPS*2 | 「みちびき」 | GLONASS |
|---------|----------------------|----------------------|----------|--------|---------|
| 仕様値 [m] | 12                   | 7.8                  | 2.6      | 2.6    | —       |
| 実績値 [m] | 1.8                  |                      | 0.8      | 0.786  | 4~6     |

②ユーザ測位の精度(1周波コード測位):4衛星以上の信号を受信して、測位演算した結果得られるユーザの位置の正確さ。

|         | GPS全体  | 近代化GPS*2 | 「みちびき」 |
|---------|--------|----------|--------|
| 仕様値 [m] | (設定無し) | 21.9     | 21.9   |
| 実績値 [m] | 5.09   |          | 4.98   |

\*1 GPS全体の仕様値は、ユーザに開示されている公式文書である「GPS Standard Positioning Performance Standard 2001」、「同 2008」による。

\*2 近代化GPSの仕様値は、準天頂衛星の研究開発を開始した当時(2003年)に公開されていた近代化GPSに関する米国の論文による。



## I.1.(3) 衛星測位プログラム

### <補足説明(その3)> 準天頂衛星システムの技術実証実験について

準天頂衛星システムの技術実証としては「GPS補完」、「GPS補強」、「次世代衛星測位基盤技術」があり、JAXAは「準天頂衛星システム計画の推進に係る基本方針」(平成18年3月31日、測位・地理情報システム等推進会議)に従い、「GPS補完」及び「次世代衛星測位基盤技術」を担当している。

- ①GPS補完:GPS互換信号を送信し、GPSとの組み合わせによって、利用可能エリアの拡大や利用可能時間を増加。
- ②GPS補強:基準点で受信したGPS信号の誤差情報やGPS信号の使用可否情報等を送信して、測位の精度の高精度化や高信頼性を測る。
- ③次世代衛星測位基盤技術:実験用信号(LEX)による衛星測位実験や擬似時計技術の研究開発及び軌道上実験を行う。

#### <JAXAの担当>

##### ●「GPS補完」の技術実証実験

JAXAは、マルチパス誤差や衛星の可視性に配慮した環境にモニタ実験局を設置し、そこで収集したデータを用いて継続的に評価を行っている。

一般的には、都市部や森林内など、周囲が建物や樹木などで遮られる環境においては、受信できる衛星数の減少による幾何学的な配置の悪化やマルチパスと呼ばれる反射波の影響により、ユーザ測位精度は劣化し、「みちびき」を使ったとしても10m以上の測位精度となる場合もある。

##### ●「次世代衛星測位基盤技術」の技術実証実験

新たな測位信号(LEX信号)を用いるものであり、LEX信号に対応した専用の受信機が必要であることから、一般に市販されている受信機では対応していない。

#### <他機関の担当>

「GPS補強」の技術実証実験及び利用実証については、SPAC(衛星測位利用推進センター)等の実施機関と協力しながら精度向上に努めていきたい。

### <補足説明(その4)> 評定理由(総括)を補足する。(G-30ページ)

1. 東日本大震災により、平成23年度の年度計画を達成することは到底困難と考えられるほどの甚大な被害を被った。(環境試験設備に約270件の不具合が発生。環境試験の実施が半年以上不可能となった。)
2. この状況下で、平成23年度に計画した試験設備の維持・更新等の業務について、効率化を図りつつ全て完了させた。  
特に平成23年度予定の打上げ等の重要ミッション遂行に傾注した環境試験計画の再設定と様々な創意工夫・努力により、試験設備の被災からの早期復旧と並行して、必須となる全ての環境試験を完了させ、衛星打上げ計画等への影響を回避した。  
このように大震災への対応を、組織に蓄積した技術ノウハウ等を発揮して、確実に実施した。
3. 更に、震災対応として実施した緊急処置(フライト衛星の保護、環境試験設備の復旧、試験再開等)や関連作業実施を通じて得た経験・知見・教訓をもとに、今後起き得る大震災を想定した恒久的な耐震対策計画、並びに被災時の対応対策手順(避難手順、試験計画策手順等)を策定し、JAXA業務に迅速に取り込んだ。  
なお、得られた教訓は、学会・シンポジウム場を通じて、環境試験を実施する上でのアラートとして発信し、国内外の宇宙関係機関・企業に対して情報共有を図っている。

(参考:耐震対策計画、被災時の対応対策手順)

## I.7.(2) 基盤的な施設・設備の整備

### (参考)

#### ★ 耐震対策計画

東日本大震災と同規模の地震発生時に環境試験設備の被災防止、被害の最小化のための対応策  
(主な対策計画)

- ・大型振動試験設備の合成された振動を考慮した浮き基礎(重量約2000トン)の破損防止対策
- ・音響試験設備の大扉(重量約25トン×2枚)に対し保持機構の設置による破損防止対策
- ・クリーン環境維持対策(間仕切りシャッター新設、クリーンテントの常設化等)

#### ★ 被災時の対応・対策手順の整備

- ・フライト衛星の緊急避難手順(新規) ⇒ 震災直後の緊急避難先の確保・清掃、移動用コンテナ準備、治工具類準備、移動等の手順
- ・フライト衛星の試験棟間移動手順(新規) ⇒ 建屋間の移動や非クリーンエリアでの衛星移動の方法、移動経路の確保等の手順
- ・クリーンテントによる仮清浄度環境の構築手順(新規)
- ・環境試験設備等の転倒防止対策手順(強化)
- ・環境試験設備早期復旧手順(新規)
  - ⇒ 事業計画達成に対するボトルネックの分析・抽出と、これに基づく健全性確認作業への最適リソースの配分、機材・部品確保等手順
- ・試験再計画手順(新規)
  - ⇒ 試験設備の復旧状況を踏まえながら、同時試験、試験入れ替え、代替設備による試験等の工夫による最短試験計画の策定手順
- ・電力供給制限下における試験設備の運転計画(電力使用計画)策定手順(新規)
  - ⇒ 設備の同時起動禁止、夜間運転化等により電力ピークを低減した試験運用計画の策定手順



#### <補足説明(その5)> 評定理由(総括)を補足する。(H-63ページ)

1. 東日本大震災により、平成23年度の年度計画を達成することは到底困難と考えられるほどの甚大な被害を被った。  
(例えば、筑波宇宙センターでは43棟の内、34棟が被災。本格復旧には同規模公共工事实績から12.5か月を要すると見込まれた。)
2. この状況下で、平成23年度に計画した施設・設備の整備計画をすべて達成。  
特に初動対応の適切性と復旧作業における様々な創意工夫により、震災でうけた施設・設備に対する甚大な被害について、施設及びインフラ設備を安全かつ迅速に復旧し、衛星打上げ等の平成23年度のJAXAの重要な事業計画への影響の回避に貢献。事業継続にむけた組織の能力・仕組みをフルに発揮し、大規模震災への対応を着実に実施した。
3. 更に、震災への復旧を通じて、建物の耐震性の向上やリスク管理に係る貴重な知見を獲得。これらについては、本格復旧工事での採用や技術資料化・マニュアル等への反映によりJAXAの業務に取り込み、将来の災害に備える方策を講じた。

#### ○建物の耐震性の向上に係る知見

建屋内の大規模空間を構成する天井・壁などの非構造部材の設計については現行の建築基準では規定されていないが、震災対応で、地震力を推定した強度の決定や天井・壁の変位を拘束する設計の採用等に係る知見を得ることができた。これらの知見を本格復旧工事に採用し、単なる原状回復ではなく、同規模の大震災に耐え得る恒久的な耐震性能を向上させた復旧を実現した。

また、将来整備する建物の設計に確実に反映するため、資料「大規模空間における非構造部材の仕様」としてまとめた。

#### ○リスク管理に係る知見

震災被害の早期復旧を実現した方策・工夫(H-61ページ参照)を事業継続計画の実施マニュアルを改訂し、今後の災害発生に備え、組織の事業継続能力を強化した。

(反映事例)

- ・「地震対策本部会議」の運営方法の改善
- ・初動段階での状況把握や作業安全の取組
- ・施工業者等も含め関係者全員で広く情報共有を行うための打合せを高頻度で開催