

宇宙開発事業団評価委員会部会会合の開催結果について

平成10年8月28日

宇宙開発事業団

宇宙開発事業団は、本年4月に行われた第1回宇宙開発事業団評価委員会の審議結果に従い、5月から7月にかけて下記のとおり5つの事業分野毎の部会による研究開発課題の評価を受けた。各部会は会合終了時点における中間的な報告として別添に示す審議概要をまとめた。各部会は同概要を基に部会としての報告書（案）をとりまとめ、親委員会である宇宙開発事業団評価委員会に提出する予定である。また同評価委員会は第2回会合を11月に開催し、これらの報告書（案）等を審議し、最終報告書をまとめる予定である。

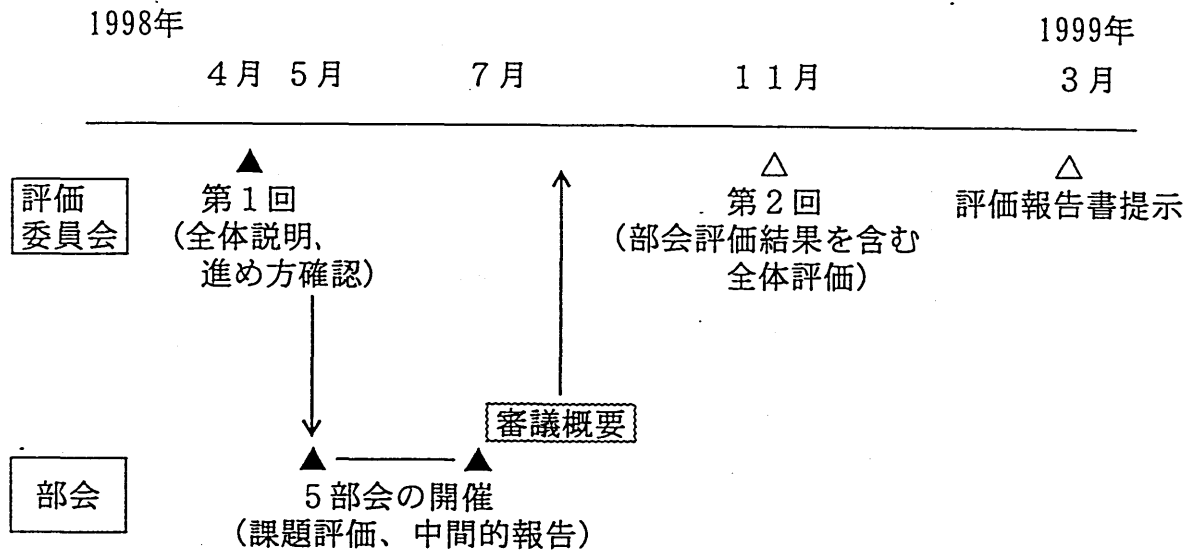
部会名（開催順）	開催日
宇宙環境利用部会	：平成10年5月19日（火）～ 21日（木）
軌道上技術部会	：平成10年6月 9日（火）～ 12日（金）
技術研究部会	：平成10年6月22日（月）～ 24日（水）
宇宙輸送部会	：平成10年6月29日（月）～ 7月3日（金）
地球観測部会	：平成10年7月 6日（月）～ 9日（木）

添付資料

- 1：宇宙開発事業団評価委員会スケジュール
- 2：宇宙開発事業団評価委員会部会委員名簿
- 3：宇宙開発事業団評価委員会部会審議概要

以上

宇宙開発事業団評価委員会スケジュール



宇宙開発事業団評価委員会部会委員名簿
(宇宙環境利用部会)

		氏 名	所 属 等
宇 宙 環 境 利 用 部 会	共 同 部 会 長	おおはし ひでお <u>大橋 秀雄</u> トラフトン <u>W. C. TRAFTON (米)</u>	工学院大学 学長、日本学術会議第5部長 米, インターナショナル ロンチ サービス社 副社長
	国 内	くろだ いさお <u>黒田 勲</u> まとがわ やすのり <u>的川 泰宣</u> すがの たくお <u>菅野 卓雄</u> たけだ しゅん <u>武田 峻</u> たむら てるこ <u>田村 照子</u> よしだ たみと <u>吉田 民人</u>	元早稲田大学 教授 宇宙科学研究所 教授 東洋大学 学長 航空宇宙技術振興財団 理事長 文化女子大学 教授 中央大学文学部 教授
	海 外	ベルゲ <u>K. BERGE (独)</u> ドイチェ <u>K. H. DOETSCH (加)</u> ラーソン <u>D. LARSON (米)</u> リトルス <u>J. W. LITTLES (米)</u> ポリャコフ <u>V. POLYAKOV (露)</u>	独, ドイツ航空宇宙研究所(DLR) 宇宙プロジェクト総括 加, 国際宇宙大学 学長 米, ニューヨーク州立大学 教授 米, 元NASA マーシャル宇宙センター 所長 露, ロシア保健省生物医学問題研究所(IBMP) 副所長 (宇宙飛行士)

宇宙開発事業団評価委員会部会委員名簿
(軌道上技術部会)

		氏 名	所 属 等
軌 道 上 技 術 部 会	共 同 部 会 長	ふこの のぶよし <u>畚野 信義</u> ペルトン <u>J. N. PELTON (米)</u>	(財)テレコム先端技術研究支援センター 専務理事 米, コロラド大学 通信プログラム 教授 ジョージワシントン大学 応用宇宙研究所 教授
	国 内	はらしま ふみお <u>原島 文雄</u> はしもと かずひこ <u>橋本 和彦</u> はやし りさお <u>林 理三雄</u> おおかみ よしあき <u>狼 嘉彰</u> やすだ やすひこ <u>安田 靖彦</u>	東京都立科学技術大学 学長 日本デジタル放送サービス(株) 技術本部 技師長 鹿児島大学 工学部 電気電子工学科 教授 東京工業大学 工学部 機械宇宙学科 教授 早稲田大学 理工学部 電子・情報通信学科 教授
	海 外	ガンター <u>S. Z. GUNTER (米)</u> ハミルトン <u>J. B. HAMILTON (加)</u> モディ <u>V. J. MODI (加)</u>	米, ジェット推進研究所(JPL) ミッション情報システムエンジニアリング テクニカルマネージャ 加, 通信研究センター(CRC) 衛星通信応用プログラム マネージャ 加, ブリティッシュ・コロンビア大学 機械工学部 名誉教授

宇宙開発事業団評価委員会部会委員名簿
(技術研究部会)

		氏 名	所 属 等
技 術 研 究 部 会	共 同 部 会 長	くぼた ひろとし <u>久保田 弘敏</u> ベンネリ <u>S. L. VENNERI (米)</u>	東京大学大学院工学系研究科 教授 米, NASA チーフテクノロジスト
	国 内	ふこの のぶよし <u>畚野 信義</u> おおかみ よしあき <u>狼 嘉彰</u> たかぎ みきお <u>高木 幹雄</u> たけだ しゅん <u>武田 峻</u> とだ すすむ <u>戸田 勸</u>	(財)テレコム先端技術研究支援センター 専務理事 東京工業大学 工学部 機械宇宙学科 教授 東京理科大学基礎工学部 教授 航空宇宙技術振興財団 理事長 航空宇宙技術研究所 研究総務官

(技術研究部会委員は、他の4部会の委員により構成される。)

宇宙開発事業団評価委員会部会委員名簿
(宇宙輸送部会)

		氏 名	所 属 等
宇 宙 輸 送 部 会	共 同 部 会 長	ながす ひでお <u>長洲 秀夫</u> ログストン <u>J. M. LOGSDON (米)</u>	元航空宇宙技術研究所長 米, ジョージワシントン大学 宇宙政策研究所長
	国 内	えんどう ひろし <u>遠藤 浩</u> いとう えいいち <u>伊藤 英一</u> みやざき くみこ <u>宮崎 久美子</u> たなつぐ のぶひろ <u>棚次 亘弘</u> とだ すすむ <u>戸田 勸</u>	(株)日本エアシステム 総合安全推進室 国際電信電話(株) ネットワーク計画部 インテルサット担当部長 東京工業大学 助教授 社会理工学研究科 経営工学専攻 宇宙科学研究所教授 (東京大学教授併任) 航空宇宙技術研究所 研究総務官
	海 外	クレイボウ <u>Wm. R. CLAYBAUGH II (米)</u> ケレ <u>D. E. KOELLE (独)</u> ホワイトヘア <u>C. L. WHITEHAIR (米)</u>	米, NASA 航空・宇宙輸送技術局 独, トランス コスト システムズ社長 米, 元エアロスペース社

宇宙開発事業団評価委員会部会委員名簿
(地球観測部会)

		氏 名	所 属 等
地 球 観 測 部 会	共 同 部 会 長	あさい とみお <u>浅井 富雄</u> マクビーニ <u>G. A. MCBEAN (加)</u>	科学技術振興事業団 研究統括 加, カナダ環境庁 次官補
	国 内	まなべ しゅくろう <u>真鍋 淑郎</u> たかぎ みきお <u>高木 幹雄</u> たけだ あつし <u>竹田 厚</u>	地球フロンティア研究システム 領域長、 プリンストン大学 客員教授 東京理科大学基礎工学部 教授 アジア航測(株) 総合研究所顧問
	海 外	ケネル <u>G. F. KENNEL (米)</u> モレル <u>P. MOREL (仏)</u> スービット <u>V. SUVIT (タイ)</u>	米, カリフォルニア大学サンディエゴ校 スクリプス海洋研究所長、同校副学長 米, NASA地球科学局 科学顧問 タイ, 科学技術環境省 次官補

宇宙開発事業団評価委員会
部会審議概要

参考

本添付資料中の検索を容易にするため、NASDAにて各紙面の右上にページ番号を記入した。以下に本ページ番号による目次を示すので検索時の参考とされたい。

I. 宇宙環境利用部会

- 1. 序論・・・・・・・・・・・・・・・・・・ I - 1
- 2. 評価の概要・・・・・・・・・・・・・・・・ I - 1
- 3. プロジェクト評価・・・・・・・・・・ I - 2
 - I. JEMの開発
 - II. HTVの開発
 - III. セントリフュージの開発
 - IV. JEMの運用
 - V. 宇宙環境利用研究及び推進
 - VI. JEM搭載実験装置開発
 - VII. 宇宙実験
 - VIII. 搭乗員の養成訓練
 - IX. 日本人搭乗員の健康管理と宇宙医学研究
 - X. 有人システムの安全・開発保証

II. 軌道上技術部会

- 1. まえがき・・・・・・・・・・・・・・・・ II - 1
 - 1. 1 プロジェクト計画と品質確保
 - 1. 2 諸外国との比較
 - 2. 計画の評価・・・・・・・・・・・・・・・・ II - 2
 - 2. 1 評価の対象となった現在及び将来計画の一覧
 - 2. 2 現在進行中及び最近終了した計画の評価
- ETS-VI

O I C E T S

M D S - 1

M D S - 2

E T S - VII

C O M E T S

D R T S

E T S - VIII

2. 3 将来計画の検討と評価

ギガビット衛星

2. 4 重要技術

追跡管制 (TT&C)

基礎技術開発計画

一般的技術開発

3. 特記事項 II - 5

a. 幅広い意見に基づくミッションの計画

b. 衛星の安全、データの保護と整理の改善

c. 偶発事故対策

d. 国際的或いは産業との共同実験

e. 通信・放送・航行ミッションの目的

f. A0ミッション提案の評価方法と報道、ユーザー、産業からの参加

g. 産業やユーザー社会への技術移転の効果

h. 商業市場から十分先行した研究・開発計画の選択

i. 信頼性保証部門の組織、構成、独立

j. 計画策定の際の重要なガイドラインの設定

k. 広報と教育

III. 技術研究部会

1. 序文 III - 1

2. 評価の概要 III - 1

3. 技術研究成果の評価 III - 1

3. 1 ミッションプロジェクト

3. 2 基盤技術

4. 技術研究活動の評価 III - 2

4. 1 全体評価

4. 2 技術研究本部における個別の研究開発活動

- (1)ピギーバック衛星
- (2)新世代小型衛星システム (ハイパーサット)
- (3)宇宙機設計解析支援システム
- 5. SELENEプロジェクトの評価 Ⅲ-3
- 6. 将来の方向性と課題 Ⅲ-3
- 7. 結論と提言 Ⅲ-4

IV. 宇宙輸送部会

- 1. はじめに IV-1
- 2. 総合評価 IV-1
- 3. 現在及び将来計画の評価 IV-2
 - 大型打上げロケット (H-II/H-IIAファミリー)
 - 小型-中型ロケット (J-1、J-1改良型)
 - 再突入型実験機 (HOPE-X、HOPE-Xの飛行実験機)
 - 再使用型輸送機 (ロケット型SSTOおよびスペースプレーン)
- 4. 提言 IV-7

V. 地球観測部会

- 1. はじめに V-1
- 2. 地球観測プログラムの概要と一般的課題 V-1
- 3. 特記すべき課題と知見 V-3
 - 3. 1 実利用とALOSミッション
 - 3. 2 科学プログラム
 - 3. 3 ADEOSシリーズ
 - 3. 4 地球観測データ解析研究センター (EORC)
 - 3. 5 地球観測データユーザとの協力
 - 3. 6 EOCとデータ配布システム
 - 3. 7 人材
- 4. 提言 V-6
 - (1)資源戦略
 - (2)他機関との協力及び国際協力
 - (3)EORCの強化
 - (4)科学者の参加
 - (5)アジア太平洋地域での主導権

(6) ALOS

(7) データ利用ユーザコミュニティとの交流

(8) EOCの強化

(9) 小型衛星

宇宙環境利用プログラムに関する評価報告書

Executive Summary

序論

NASDA 評価委員会宇宙環境利用部会（添付 1）は、NASDA により実施されている宇宙環境利用プログラムの評価を行うため、1998 年 5 月 18 日から 21 日までの間、NASDA 筑波宇宙センターにおいて開催された（添付 2）。部会では、トラフトン／大橋両委員長からの書簡（添付 3）で示された 10 の評価項目により、10 のプロジェクトに対して審議を行った。この評価を実施するための資料として、「宇宙環境利用部会提示資料」の提示を NASDA より受けた。加えて、日本の国際宇宙ステーション計画及び NASDA の宇宙環境利用活動の概要についての説明が行われ、部会の審議において考慮された。

評価の概要

NASDA は、これまで非常に広範な宇宙環境利用プログラムを策定してきており、それらは、重要な軌道上インフラストラクチャである JEM やセントリフュージ、JEM 運用、補給（HTV）、宇宙環境利用研究、実験支援設備、実験装置開発、搭乗員訓練／健康管理、そして宇宙医学研究といったプロジェクトで構成されている。

NASDA が現在までに達成した実績、特に JEM ならびに関連地上設備の開発状況、および、今後の広範なプロジェクトに対する計画立案は大いに評価できる。

指定された評価項目毎の各プロジェクトの評価結果の概要は次章に示し、ここでは全般的な評価について述べる。評価を行う過程において、NASDA 自身によるプログラム全体に係る自己評価が部会により要求された。それは「ISS 参加を含む NASDA 宇宙環境プログラム」（添付 4）として取りまとめられ、この自己評価を参考とし、その他の提示された報告書や資料の評価を行った結果、宇宙環境利用プログラムに関する全般的な所見を以下に示す。

1. 宇宙ステーションは人類の挑戦的営為における大いなる前進である。それは国際協力の象徴であり、最先端の知識のみならず人類の精神及び経験を発展させるものである。従って、宇宙ステーションにより得られる諸々の成果は、全ての国や全ての人々により分かち合う必要があり、日本はこのビジョンを実現するための先導的な役割を果たすことができるであろう。
2. これまで、宇宙ステーション計画の再構築及びスケジュールの遅れが NASDA の計画にも影響を及ぼしてきた。NASDA では計画遅延に対して適応できてきているものの、予算への影響もみられ、いくつかの分野ではわずかなマージンしか

残されていないのが現状である。特に、ソフトウェアの開発、統合、および検証においては、遅延に伴って発生する問題を解決する余裕があまりない。今後、更なる計画遅延があった場合には、NASDA 宇宙環境利用プログラム全体に重大な結果をもたらす可能性があるであろう。

3. 現在、NASDA は、JEM の開発を完了しつつあり、また、JEM の開発から運用に移行しつつある一方で、HTV 及びセントリフュージプロジェクトにも取り組んでいる。本評価部会の意見として、NASDA が現在規定されている責任の範囲に応じてこれらの任務を遂行するためには、要員の追加が必要と思われる。この要員不足を緩和するために、外部契約者を増加するだけでなく、NASDA 職員の増加を真剣に検討するべきであろう。また、NASDA は次世代の人材育成にも重点を置く必要がある。
4. 宇宙環境利用とは、単なる宇宙ステーションの運用や宇宙実験の実施にとどまるものではなく、人類の活動領域をプラネット地球の外へ拡大するという意味を伴うものである。本部会は、NASDA がその活動に対する認知・啓蒙活動を教育や広報（例えば、宇宙飛行士のプレゼンテーション、テレビやインターネットを通じた宇宙からの日々の映像発信など）を通じて拡大することを推奨する。また、精神との関わりや世界規模の連携を考慮すること、すなわち宇宙ステーション計画を科学的な成果を求める場とするだけでなく、全人類への有形無形の貢献の場とすることが望まれる。
5. 10 の分野に亘る NASDA 宇宙環境利用プログラムにおけるプロジェクト目標を評価する際、対応する評価規準がない要求事項がいくつか見受けられた。有意義な評価尺度の構築が可能となるように、各要求事項に対応した評価規準を作成すべきである。各プロジェクトの定量的な評価を行う際には、この評価尺度が必要となる。

プロジェクト評価

I. JEM の開発

- ・ JEM 開発は、良好に管理されており、又、国際パートナーによりもたらされた計画の変更に対しても適切に対処している。
- ・ しかしながら、ソフトウェアの開発、統合そして試験を通して明らかとなる課題点を調整するためには、わずかなマージンしか存在しない。
- ・ 開発フェーズから運用／維持設計フェーズへの適切な移行を、必要な人員や資金を含めて確実にを行うことを勧める。

II. HTV の開発

- ・ 良く構成されたプログラムであるが、HTV の開発により得られる利点をより確実とするためには、ステーションへの輸送モデルの国際的な取決めが必要となる。

III. セントリフュージの開発

- ・ セントリフュージは、ISS の利用者にとっては極めて重要な設備である。
- ・ クリティカルパスに対する国際的な関与が高いこと、及び海外からのハードウェアの調達を前提としていることを考慮すれば、極めて厳しいスケジュールでの開発となる。

IV. JEM の運用

- ・ 新たに開発することとなったセントリフュージや HTV のプロジェクトとの整合性を図りつつ、開発フェーズから運用フェーズへの人員の移行計画を策定すべきである。
- ・ 非常時及び不測の事態における対応策が必須である。

V. 宇宙環境利用研究及び推進

- ・ 良く検討された計画であるが、更に研究費を増額することにより、もっと進展するであろう。
- ・ 商業化研究開発を含むように目的を拡張することを考慮すべきである。
- ・ 長期計画を立案し、宇宙環境利用研究委員会への計画立案プロセスを統合すべきであり、多国間チームを構成し（例えば国際 A0 プロセス）研究テーマの重複を最小限にすることにより、軌道上研究と地上研究との整合性をより強化すべきである。
- ・ 確実性を高め、また連携共同プログラム／プロジェクトを創出するために、様々な外部機関との連携を強化することを示唆する。

VI. JEM 搭載実験装置（共通実験装置と曝露部ペイロード）開発

- ・ 十分検討された開発計画であり、日本の宇宙環境利用を活発にするであろう。
- ・ 共同研究あるいは利用権の交換によって、他国の研究者が JEM 実験装置を利用できるようにすることが適切である。

VII. 宇宙実験

- ・ よく考えられたプログラムであるが、JEM の利用開始までの間の追加的な宇宙実験機会の導入を検討することが必要である。
- ・ 宇宙科学研究所等他の研究機関との協力が強調されるべきである。
- ・ NASDA は、宇宙ステーションの運用寿命である 10 年間に亘る宇宙実験の段階的な計画を作り出す必要がある。

VIII. 搭乗員の養成訓練

- ・ よくデザインされた計画である。
- ・ 将来の有人宇宙活動とその計画は適切と思われる。引き続き、一般の人々への講演やその他の広報活動スキルにも重点を置き、将来の宇宙飛行士選抜・訓練においては、科学的分野以外の人材をも考慮する必要があるだろう。芸術家や詩人等のような科学者で

はない候補者を飛行訓練する可能性も検討課題である。

IX. 日本人搭乗員の健康管理と宇宙医学研究

- ・ “身体的な”健康状態のみでなく、社会的・心理学的な面も含め、搭乗員の最大の能力を引き出すべく、技術構築を続けていくべきである。
- ・ 飛行後のリハビリテーション計画を確立すべきである。
- ・ 運用管制センターにおける医療サポートと研究のための組織を充分強化すべきである。
- ・ 医療サポートと実験的検証に関する長期宇宙滞在の経験を有している他国の宇宙医学に関する既存知識の蓄積を最大限に有効活用すべきである。

X. 有人システムの安全・開発保証

- ・ 有人システムの安全・開発保証プログラムは良好に設定されている。安全・開発保証として、FMEA（故障モード及び影響解析）を含めたリスク管理を行う必要がある。包括的なリスク管理プロセスを構築すべきである。
- ・ 地上および宇宙ステーションの両方のソフトウェアに対するソフトウェアの安全性に十分な注意を払うべきである。
- ・ 原子力及び航空工学等の知識を活用し、幅広く安全の専門知識を取り入れること。
- ・ 検討範囲を広げるために、様々な飛行経験を有する宇宙飛行士を安全審査の審査委員に加えるべきである。

NASDA軌道上技術開発システム本部プログラム評価レポート

エグゼクティブサマリー

1. まえがき

軌道上部会（名簿：参考資料1）は、NASDA 軌道上技術開発システム本部の活動の評価を行うため、1998年6月10日から12日の間、東京で会合した。本部会の評価では、既に終了したプロジェクト、現在進行中のプロジェクト及び計画中のプロジェクトについて検討を行った。本評価を行うため、NASDA 軌道上本部より、提示資料：1、総論（参考資料2）及び2、各論（参考資料3）の提出を受けた。

1969年の設立以来、NASDAの衛星計画は、通信・放送・気象など実用衛星システムを我が国へ導入するための開発と、将来への先行的技術開発が平行して行われて来たが、貿易不均衡を原因とする日米政府の合意の結果、1990年以降NASDAの衛星開発は、R&Dの分野のみに制限されることとなった。しかし、そのいずれの場面においても優れた成果を収めてきた。

最近米国などにおいて進められつつあるいわゆる“Cheaper, Faster, Better”の方向について、今後の新たなチャレンジが望まれる。

1.1 プロジェクト計画と品質確保

衛星計画の設定に関し、特定の組織の間のみ、あるいはNASDA内部のみで実効的に作業が進められてきている。今後は、大学の研究者・マスコミなど幅広い外の目を入れた組織を作り、その中での詳細な検討を経て計画を立てて行くことが望ましい。

わが国の技術開発は外国技術の導入、キャッチアップを主体として進められてきたが近年自主技術の開発が必要となってきた。宇宙開発においても例外でない。最近の一連のトラブルはこれと無関係でないと見られる。新しく開発する技術の衛星計画への導入に関し、その技術的信頼性を確保するための適切な方法について検討すると共に、コスト効率の点から、従来の信頼性確保の仕方についても見直し、総合的にバランスの取れた信頼性システムを確立するための検討を行うことが求められる。

1.2 諸外国との比較

添付資料の図1は、日本の宇宙予算を他の宇宙開発参加国と比較したものを示している。全体として、日本のこの分野の活動は、投資及び経済的視点で見ると、高い効果を上げていると評価される。

2.0 計画の評価

2.1 評価の対象となった現在及び将来計画の一覧

この報告書内で考慮された全てのプログラムの概要を図1に示す。

2.2. 現在進行中及び最近終了した計画の評価

ETS-VI

非常に意欲的なミッションで、多くの複雑な新技術、特にミリ波、光システム、を含んでいた。静止軌道への投入は失敗したが、楕円軌道において衛星機能を最大限に活用するための努力は評価される。特に、地上一宇宙間の双方向光通信実験は世界初めてのものであり、非常に高く評価される。

ETS-VI で実証できなかった研究、技術実験及び総合的ミッションは、出来るだけ早く、今後の NASDA の計画に含まれるべきである。

OICETS

本プロジェクトは、衛星間光通信回線が含まれる将来の衛星通信システムのカギとなる主要技術の実験を行おうとするものである。NASDA の従来の衛星の成果を利用したコストの低減が、本プロジェクトにおいて実現されることが期待される。更に、本プロジェクトにより、静止軌道—静止軌道、静止軌道—低軌道、静止軌道—惑星間軌道の衛星データ回線技術が確立されることが期待される。これら目的の一部は、ESA との国際協力を通じ、SPOT-4 に搭載された SILEX 機能や ARTEMIS 衛星プロジェクトと共同実験を行うことで達成できる。

MDS-1

MDS は迅速かつ、コストパフォーマンスの良い共通バス設計の衛星シリーズであり、H-II による相乗り打ち上げや J-I ロケットにより、打ち上げは低コストである。スピン安定方式の MDS-1 は民生電子部品の宇宙性能を確認する目的も持つ。この民生電子部品は（1）近い将来の NASDA 衛星計画に利用しようとする部品、コンポーネント、及び（2）民間企業からの提案された部品からミッション選定委員会により選定されたものである。この実験は、飛行テストされたそれら民生部品の宇宙性能の実証されることは勿論価値があるが、地上の試験手順の妥当性も同じく評価出来ることが、それ以上に重要である。ここで得た評価法は、他の民生部品やコンポーネントにも適用され、衛星のハードウェアコストの低減につながる。

MDS-2

MDS-2 は 3 軸姿勢制御型の衛星で、太陽同期軌道に投入され、3 次元雲分布観測

のため、LIDAR 機能の軌道上確認を行う。LIDAR 装置を将来の高機能地球観測衛星に搭載する前に、低コスト衛星で性能確認を行うことは、時期的にも技術的にも妥当である。

ETS-VII

ランデブードッキングと宇宙ロボティクスの非常に高度の実験が遠隔操作で行われる。世界初の衛星の遠隔運用の試みであり、その創造性は賞賛に値する。この価値のある実験による技術開発の成果は、故障した衛星の再生や大型プラットフォームの建設など将来のミッションに利用される筈である。

より効率的な運用のための冗長自由度の活用、障害回避機能、関節故障時の運用、ロバストな制御技術など、将来の革新的開発のため挑戦すべき分野が幾つかある。究極の課題は、自律的な運用、保守、修理などを達成する事であろう。

COMETS

COMETS は静止軌道に投入し、他の多くの衛星と様々な試験や実験を行うことが計画されていた。ロケットの故障で予定の軌道に達することに失敗した。衛星は正常である。NASDA は衛星を救い上げるよう努力しており、幾つかの新技术(約 30-40%) が検証可能とされ、いくらかの実験が完了できそうではある。危惧される主要なもののひとつが、DRTS の必須の相手側として計画されていた Ka バンドの衛星間通信回線である。元々 ETS-VI での検証を計画していたが、今や COMETS でも実証が不可能となった。

DRTS

DRTS には新しい高周波技術と新しい 1 トン級衛星バスの技術が含まれている。ETS-VI、ADEOS 及び COMETS の失敗は、新技术を導入する際の信頼性の評価とリスクの低減の方策について、再検討の必要があることを認識しなければならないことを示している。DRTS 計画では地上側のシステムも、宇宙側に劣らず難しく、リスクが高い要素を含んでいる。にもかかわらず、要求条件、設計、実行、現状等について、提示資料に何も記述が無かった。従って、本計画の成功を実現するために、NASDA は特別の努力を払う必要がある。

ETS-VIII

通信と構造力学及び制御技術におけるフロンティアの拡大を狙った特記すべき開発計画である。

大型アンテナ (1.8 × 1.9 メートル)、オンボードのプロセッサとパケット交換器を使用した S バンド移動体通信機器は、他のグローバルな移動体通信シ

システムよりも効率的なネットワークを実証するであろう。Sバンドの移動体衛星放送については、2001年に商業化されるので、ETS-VIIIの実験では、より進んだ移動体放送技術に重点を置く必要がある。

モジュラー型トラス構造をアンテナに使うことは論理的な方法であり、軌道上本部の方針は妥当である。アンテナの展開機構の実現度や展開型アンテナの動力学的特性を評価するために、H-IIAのピギーバックペイロードを使用した実験の計画は役立つと思われる。アンテナとそのフェイズドアレイ方式の給電系、全体の制御、指向、安定等に関して、衛星の設計に懸念がある。

2.3 将来計画の検討と評価

ギガビット衛星

広帯域マルチメディアサービス（インターネットや企業ネットワークの接続を含み）の国際市場の規模は2005年までに7兆ドルを超えると想定され、衛星システムはこのうちの10から20%を担当すると予測されている。新しいギガビットデータ伝送衛星技術の開発は極めて重要である。また、ここ10年以内に地球観測システムのデータ伝送は、10、000テラバイトまで増加すると見られるため、この技術は重要である。

主要な問題点は、1) 費用とスケジュール、2) 潜在的な問題点の抽出、3) 1～2 Gbpsで運用される低コスト超小型ユーザーアンテナの必要性、4) Kaバンドの機器にさらに広帯域のQ/V(48/38GHz)又はW(60GHz)バンドのアンテナを追加するかどうか等である。

2.4 重要技術

追跡管制 (TT&C)

TT&Cについては、可視範囲の拡大と、自動化と共にシステムの近代化が必要である。ネットワークへのDRTSの追加はスケジューリングと運用の複雑さを増す。日本周辺の地上局の強化や今後提供されるべきサービスのために、現在行われている再設計は、追跡管制センターのインフラ全体にとって必要である。軌道力学と衛星の姿勢力学の解析は軌道上本部内に新たな部として考えられるべきである。NASDAはリモートセンシング分野でデータ中継衛星への依存を高めることを計画しているが、NASAがEOS-AM1以降、TDRSからむしろ地上局ネットワークの利用を拡大しようとしていることに注意を促したい。

基礎技術開発計画

バスサブシステム技術の開発はNASDAが日本の宇宙開発を進めるために重要である。コスト削減に留意しながら、サブシステム性能及び機能の維持、再設計、

改良を行うことも同じく重要である。NASDA は MDS ミッションを軌道上での性能と宇宙環境への適合性実証のために利用すべきである。また、民間への技術移転についても特別な注意が払われるべきである。

一般的技術開発

提案されている計画は、通信・放送・測位、地上及び宇宙ネットワーク、軌道上サービス、デブリ観測等、幅広い分野での技術開発を目的としている。複数衛星の連携システムが地球環境研究のために有用であることは注目に値する。

3.0 特記事項

以下の節は、今後計画の進めるに当たって、より良い成果を収めるための提言である。

a. 幅広い意見に基づくミッションの計画

計画は、広く国民の意見に基づいて作成される宇宙開発委員会長期ビジョンに沿って行われるべきである。税金が有効に使われるために、計画作成のための助言者のグループは、幅広い異なった宇宙関連開発分野について、公平に発言出来なければならない。

代表グループとしては、大学、研究機関、関連の政府機関が含まれねばならない。また、国際協力ミッションは継続されるべきである。

b. 衛星の安全、データの保護と整理の改善

衛星システムの設計、製作、配備、これらのシステムからのデータ取得のために、NASDA が 10 年以上に渉って支出してきた資金は巨額なものである。これらの投下資本の保護のためには、十分な努力が払われなければならない。例えば、データベースの規模が増加するにつれて、データの保護、バックアップ、整理等に進んだ方法が用いられなければならない。

c. 偶発事故対策

偶発事態への対応を事前に計画しておくことは非常に難しい作業である。例えば、最適な軌道配置が達成されなかった場合を考慮して、遷移軌道や周回軌道で衛星運用する時のために ITU に登録しておくことで、悪影響を最小にする工夫などは最大限の配慮として想定される。その場合に、衛星の設計の観点からも、衛星アンテナの指向システムについては、これらの条件で実験可能なように設計しておくことなども考慮されなければならかもしれない。

d. 国際的或いは産業との共同実験

限られた資金の中で、宇宙利用実験や実証を行うために、将来の計画は外部の参加の拡大を図るべきである。打上げ、実験、計測、追跡等での他国との協力が含まれる。例えば、COMETS の実験での南半球の国々との協力の可能性があるかもしれない。

e. 通信・放送・航行ミッションの目的

NASDA の長期ミッション計画は、ミッションが常に成功することを前提に、逐次進歩発展して行く目標を持って立てられている。しかし、最近の予期しない連続した失敗の歴史で、重要な目的のかかなりの部分が達成されていないことから、再調整のため計画の修正が成されるべきである。NASDA は達成できなかった目的のインパクトを正確に評価し、取り返すための計画を提案するべきである。将来の計画策定に当たっては、ミッション目標の優先度を設定しなければならない。また、後続の計画に影響を与える重要な目標は明確に指摘しなければならない。これによって、失われた目標の本質的な部分を取り戻すために、適応性のある方策を進め易くなる。

f. A0 ミッション提案の評価方法と報道、ユーザー、産業からの参加

ピギーバックミッションの選定法の改善において、研究、教育、ユーザー、報道等の機関の代表の選定作業への参加が重要である。これにより、社会的、文化的目標を含めることが出来、NASDA への一般社会からの支援の基盤を拡げることが出来る。

g. 産業やユーザー社会への技術移転の効果

新しい宇宙技術の開発成果は出来るだけ効果的に産業やユーザー社会へ移転しなければならない。NASDA は、契約作業を実施中に開発された技術を、メーカーに対して何らかの対価のもとにライセンスを与えるという新しい枠組みを考慮する必要があるのではないだろうか。計画の選定に際して企業の貢献に考慮を払うべきである。

h. 商業市場から十分先行した研究・開発計画の選択

NASDA は、5 乃至 10 年先で産業界の役に立つようなものを、長期研究・開発プロジェクトに選定するべきである。NASDA のプロジェクトに選ばれるタイミングと技術のレベルは、産業界の状況に考慮して選ぶべきである。

i. 信頼性保証部門の組織、構成、独立

NASDA では、各プロジェクトマネジャーが品質管理も含めて、全ての局面で全権限を持っている。本部会は独立した品質保証組織を作することを勧める。この部門は、全部の NASDA のプロジェクトの品質管理を監督するべきである。

j. 計画策定の際の重要なガイドラインの設定

各プロジェクトの策定の際に、下記の要素が考慮されるべきである。

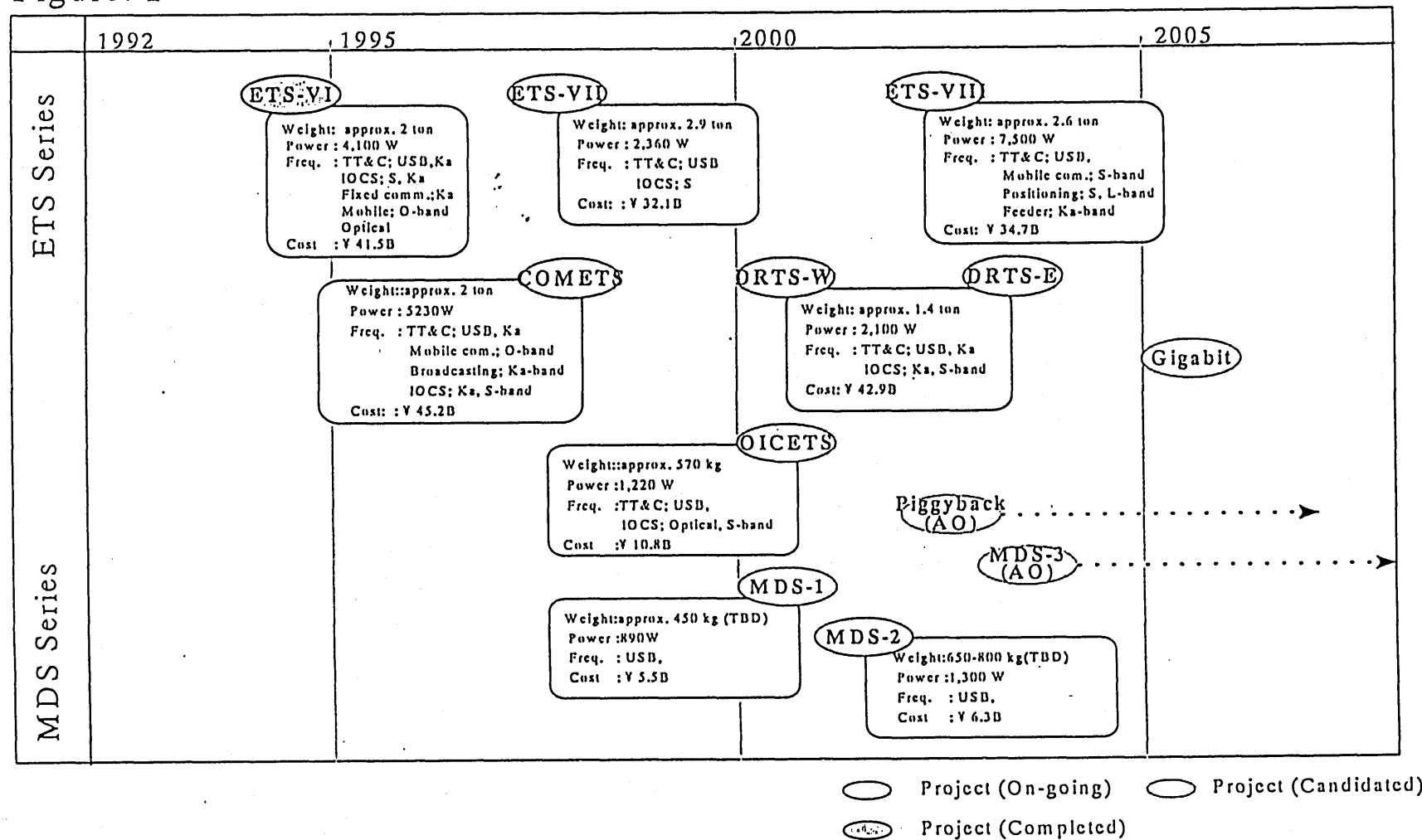
- ・ 間接部門、プログラム計画部門、衛星管理部門、プロジェクト実施部門の間で最適の資源配分の決定。
- ・ 契約を国内のみにするか、国際的に解放するか の決定。
- ・ ミッションの中で開発・検証された技術が、産業界に受け入れられるか、製品として転用される可能性があるか、何らかの形で利用に供される見込みがあるか等を含めた、社会的影響に基づく、各ミッションの成功に関する指標の採用。
- ・ 目的の設定に際し、政府機関、ユーザー社会、産業界、報道機関等からの幅広い参加。
- ・ 単一の複雑なプロジェクトにするか、多数のより簡単でより小さいプロジェクトにするかのトレードオフ。
- ・ 最高最適の技術に重点を置くか、応用の実証を選ぶか。
- ・ 国際協力を探るかどうか。

k. 広報と教育

国民への情報提供と教育プログラムは全てのミッションの提案に含まれていなければならない。また、ミッションの選定の要素の一部として厳しく評価されねばならない。あらゆる種類のマルチメディアの手段や講義で、更に重要なミッションのイベントではインターネットを通して実時間でミッションに参加することで、NASDA の活動に国民や生徒を取り込むことを目的としている。資料は特に学校で使うために準備されねばならない。また、生徒に小型衛星のプロジェクトでの実験の機会を与えたり、運用に参加させるべきである。

(参考：NASA の方針として同様のものが定められており、ミッションの選定時に重要な評価基準となる。NASA は米国民のために業務を行っており、ミッションの成果は国民、特に、将来を担う子どものためのものであるという考えに基づいている。外国からの評価委員の意見で入れることにした。巨額の税金を使う機関が、常に国民の理解を得る努力をする必要があるのは NASDA も同様であり、今後、より真剣に対応して行く必要があると考える。)

Figure. 1



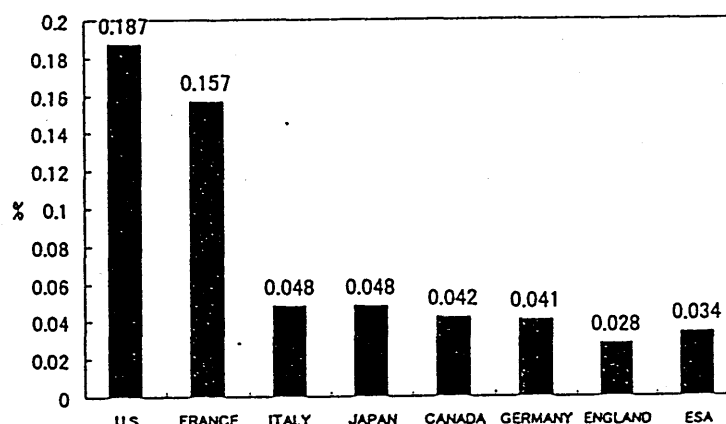
参考資料1：日本の宇宙活動と諸外国の比較

図A-1は日本と諸外国の宇宙予算の比較を示す。

図A-2は各国の全宇宙予算に対する、通信、放送、航行及び宇宙システム技術の予算の割合を示す。大まかに言って、米国を除き大きな差はない。米国の場合も防衛予算からのこの分野への支出等を加えるとほぼ同様の比率となる。

Figure A-1

COMPARISON OF NATIONAL CIVILIAN SPACE DEVELOPMENT BUDGETS ON BASIS OF SPENDING / GDP

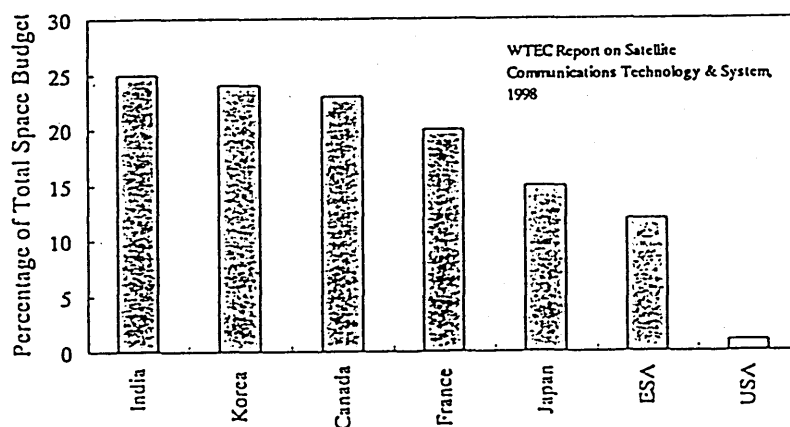


NOTE1: Budget of Each European Countries and CANADA Including Investment toward ESA.
ESA Population is Total Number of 14 Member Nations

NOTE2: Calculations do not include Defense Related Space Activities

Figure A-1

Comparison of National Space Activities in Communications, Broadcasting & Engineering Support Services



WTEC Report on Satellite
Communications Technology & System,
1998

Note: Calculations for Japan and ESA include activities related to data relay satellite systems. U.S. calculations do not include data relay satellite systems nor defense related space expenditures which are substantial (i.e. about \$800 million in research and \$7 billion for development in areas of space communications, broadcasting & engineering support services).

宇宙開発事業団技術研究部会評価報告書 要 約

1. 序 文

宇宙開発事業団評価委員会技術研究部会は、宇宙開発事業団 (NASDA) の技術研究活動の評価する目的で、1998年6月22日から24日まで筑波にて開催された。部会は宇宙開発事業団評価委員会により制定された「部会における評価実施ガイドライン」に提示されている10項目の評価規準を尊重し、宇宙開発事業団全体の技術研究・開発との関連を考慮しながら、技術研究本部 (the Office of Research and Development) の事業活動に重点をおき、以下の点について議論と評価を行った。

- a) 技術研究の成果
- b) 技術研究活動
- c) SELENE プロジェクト
- d) 将来の方向付けと課題

評価を実施するに当たり、部会は「技術研究部会発表資料」と「技術研究部会提示資料」（要約版ならびに詳細版各一部）の提供を受けた。

2. 評価の概要

宇宙開発事業団は実用化研究を行うことを目的としている。宇宙開発事業団、特に技術研究本部は、過去から現在に至るまで、“海外技術の導入”から“自主技術の確立”への展開を試みてきた。その点において成功を収めてはいるが、なおいくつかの重要な課題があることが評価の過程で提言・提示された。

3. 技術研究成果の評価

3.1 ミッションプロジェクト

- 過去に実施された幾つかのプロジェクト (ETS, JERS, etc) において、技術研究本部はミッションの成功に大いに貢献した。このことによって、設計コンセプト、技術支援、ならびに新規技術開発の向上が実現した。

- 過去のミッションの失敗を含む経験や教訓を忘れてはいけない。それを生かして将来のプログラムの遂行のために改めて研究を重ねることを勧める。

3.2 基盤技術

- 技術研究本部は宇宙産業界において広く用いられている太陽電池、バッテリー、センサ等の宇宙機用コンポーネントを開発した。
- 宇宙開発事業団は宇宙用認定機器リスト（QPL）に記載されている部品の受領試験のための規準や試験手順を設定した。これは技術研究本部が主体となって行ったものである。
- 実負荷環境下での機構システムの複合宇宙環境試験シミュレーション及び評価のために、他に類を見ない独特な設備を整備していることは評価できる。

4. 技術研究活動の評価

4.1 全体評価

- 技術研究本部で実施する研究開発活動によって、実用技術が開発され、かつ大学や国立研究機関で行われている基礎研究を発展させていることは評価できる。また、技術研究本部の研究者が、自主的に自らの提案による研究を行えることは喜ばしい。
- 技術研究本部内部での研究と外部との共同研究のバランスを改善することを提言する。それらのバランスをとる方法を考えれば、無理をして全ての研究を内部で行うということや全てを外部に委託してしまうことが回避でき、外部機関との協力を得て種々の知見を集めることができ、研究の質を高めることができる。
- リスク管理と研究開発から運用・利用までを含む全ライフサイクルコスト評定の概念を研究計画の決定プロセスの中に組み込むべきである。
- 新規の多様なコンセプトやアイデアを計画する初期の過程から、外部と密接な関連がとれるように、また、外部からも自由に提言できるような開かれたシステムとすることが望ましい。

4.2 技術研究本部における個別の研究開発活動

(1) ビギーバック衛星

- ビギーバック衛星を実現することによって、各種の宇宙活動を行おうとしている広い分野からの参加が可能となることが予想されるので、この研究開発計画を進めることは妥当である。
- ビギーバック衛星を用いることによって、今後、低価格の宇宙実験の機会を増やすことができる。
- この衛星計画に若い年代の学生や個人・企業を含む幅広いユーザーの参加ができるように。

することを提言する。

(2) 新世代小型衛星システム（ハイパーサット）

- 新世代小型衛星システムのコンセプトは有意義で魅力があり、かつチャレンジングであるので、その研究開発計画を進めることは妥当である。
- しかしながら、本衛星システムは上で述べたピギーバック衛星とはコンセプトや目的が違うので、技術研究本部では、今後それを明確にして誰にでも理解できるようにすることが必要である。
- 衛星システム全体を構成する衛星バス系とペイロード両方の小型化に重点をおくべきである。

(3) 宇宙機設計解析支援システム

- 宇宙機設計解析システムの確立の必要性は認識している。
- しかしながら、このシステムの必要性和段階的に研究開発を行うための目標が未だ不明確であるので、技術研究本部では、それを規定する詳細な実行計画を立てるべきである。
- 企業を含む外部組織による共同利用を考慮していることは評価できる。

5. SELENE プロジェクトの評価

- SELENE プロジェクトは、月の科学に独自性のある新しい局面をもたらすチャレンジングで魅力のあるプロジェクトである。
- このプロジェクトでは、月周回軌道における科学観測ミッションを1年間実施した後、月着陸実験という工学ミッションを行うことを目的としている。本来なら独立に行われるべき2つのミッションを直列で行わざるを得ないということに対しては、ミッション調整上の問題や予期せぬ事態が起こる懸念がある。適切なリスク管理を行い、迅速で柔軟な対応により、そのような懸念を解消することを期待する。
- 本プロジェクトは、宇宙開発事業団と宇宙科学研究所（ISAS）の協力によって実行されるもので、その過程において両者の関係に新しい展開をもたらす意義は大きい。従って、今後予想される問題、例えば多種の実験項目の調整、複数の選択肢のトレードオフ、複雑なシステムのプロセスの選択などについて、適切な規模の文書化による手順設定等の方法を含めた実行計画によって両者の意思疎通と意思決定を図りつつ、このプロジェクトを成功させ、さらにその経験と成果を将来に伝えて行くことを希望する。
- 月ミッション運用／解析センターは、SELENE プロジェクトの運用とデータの解析を遂行する役割を持つものとして重要である。
- 一般大衆や外部の科学者が効果的にデータを活用できるよう、インターネット等を利用することが望ましい。

6. 将来の方向性と課題

- 技術研究本部における将来の研究開発活動の展望と優先付けが明きらかでない。このことは、研究開発を遂行する上で重大な問題であるので、明確な目標を立て、達成段階を明瞭化することを要求したい。
- 技術研究本部における将来の新しい宇宙計画と技術的成果を向上させるために、人員と予算を増やすべきである。
- 研究計画の質の評価を外部からの評価によっても行うべきである。
- 研究者、技術者の能力と技術力を維持し向上させていく行動計画を作り、実行すべきである。
- 大学、他の国立研究所や企業との協力体制を増進してゆくべきである。

7. 結論と提言

- 技術研究本部は、日本における世界的レベルの宇宙計画を確立するという目標の達成に貢献してきた。
- 宇宙に関する研究開発への一層の投資は、低コストと高信頼性を達成するとともに、先端的な技術を将来の宇宙ミッションに応用してゆくためにも今後とも必要である。
- 技術研究本部は、新しいアイデアや概念を広く受け入れられるような展望を持ち、外部機関との協力関係を確立してゆくべきである。また一般社会に対して、新技術や活動の貢献度を効果的に伝えてゆくべきである。
- 宇宙開発事業団は、その将来が技術研究本部に委ねられていることを認識し、体制の強化などを図るべきである。

評価委員会宇宙輸送部会の報告概要

第1章 はじめに

評価委員会宇宙輸送部会（以下「部会」）（付録参照）は、1998年6月29日から7月3日にかけて開かれた。会議のほとんどは東京で開催されたが、6月30日から7月1日にかけてH-II及びH-IIA開発計画を視察するため名古屋の三菱重工業を訪問した。公式の部会終了後、評価委員のほぼ全員が種子島の射場を訪問したが、本報告にはその結果は含まれていない。評価を行うにあたっては、宇宙開発事業団（以下「事業団」）が準備した「宇宙開発事業団評価委員会 宇宙輸送部会提示資料」を参照にした。

また、当部会は、宇宙開発委員会計画調整部会による宇宙輸送システムの評価結果の概要について事業団から説明を受けた。この評価は、現在の開発計画の評価に焦点を当てているようである。従って、当部会における評価は、事業団の将来事業活動に焦点を当てて実施するべきであるという結論に達した。

なお、当部会開催中に、事業団担当者からプレゼンテーションや委員からの質問への回答を頂いている。当部会の開催にあたって、事業団のご支援に感謝する。

第2章 総合評価

当部会は、自主技術による世界的レベルの宇宙輸送能力を達成するという宇宙開発政策大綱に記述されている目標を達成するに至った事業団の成果を評価する。H-IIロケットは世界の他の使い切りロケットと技術的に同等であり、また、ある面ではより優れている。H-IIロケット5号機の失敗は、決して今までの成果を損なうものではない。世界中のロケットは、必ず失敗を経験してきている。すなわち、ペイロードを宇宙に打ち上げることは、最も高度な技術の試みのひとつであり、失敗は多かれ少なかれ不可避なものである。H-IIロケットの失敗に対する適切な対応とは、将来の計画のリスクを如何に低減するかを学ぶことである。

当部会は、事業団の宇宙輸送システム本部の活動や計画は広範に渡り、意欲的であるという印象を持った。また、同時に計画されている将来計画は、現在の輸送系の予算レベルでは実行が困難ではないかとの認識を持った。もし、将来の予算の増額が現実的に不可能であるならば、事業団は現在の計画の規模を縮小するか、その実施期間を長くする、或いは宇宙輸送系分野における国際協力（企業間の協力を含む）を強化する必要がある。

事業団は、その役割が研究開発であることを明確に認識しているが、国の事業としての宇宙開発の遂行と、世界の輸送系マーケットにおける日本の競争力のサポートのどちらを優先するかという点について、日本政府から明確な指示を受けていないように思われる。将来輸送系（H-IIAを含む）においてコスト低減に重点を置いていることは適切であるが、その主たる理由が、日本の予算範囲内で国の宇宙ミッションを遂行していく為のものなのか、宇宙輸送市場でのマーケットを獲得する為のものなのか不明確である。当部会としては、前者が事業団の第一の目的であると信じている。商業分野での競争は民間の役割であり、事業団自身は商業化を目指す機関となるよりは、株式会社ロケットシステムやその他の民間への技術移転を促進すべきである。

現在の宇宙政策においては、日本の宇宙開発計画における自主性の確保とともに、国際協力の重要性を考慮することとなっている。事業団は、この点を認識してH-IIAやJ-1改良型ロケット（計画中）において、輸入部品を使用することを計画している。将来の宇宙輸送システムの計画においても、必要となればいつでも自主技術で開発できるという能力を保持しつつ、自主技術だけではなく世界から入手可能な技術を利用していくべきである。

第3章 現在及び将来計画の評価

(3-A)大型打上げロケット（H-II/H-IIAファミリー）

NシリーズからH-IIにかけての開発の成功により、日本は世界の宇宙先進国となった。事業団は、必要な技術、製作、メンテナンス/運用及び管理能力を取得するために、研究開発を進めてきており、これらは宇宙開発に関する日本の目標を達成するために大きな貢献をしたと考えられる。

H-IIロケットの開発や運用に成功したことにより、日本は自主技術による世界レベルのロケットを製作する技術や産業基盤の整備を成し遂げた。H-IIロケットは、ペイロード比が大きく、打上げ能力の効率の点から見て世界的に最も優れたロケットである。

H-IIロケット5号機の不具合は、LE-5Aエンジンの検出の困難な欠陥によるものであったが、それは基本的な製造上の欠陥ではないと思われる。事業団はこの不具合から学んだすべての教訓を生かすために、内部の計画実行の管理を見直し、今後の不具合防止を目的として、内部組織ではあっても独立したレビューができる組織を考慮すべきである。

エンジンと機体の製作工場である名古屋の三菱重工業株式会社の訪問により、優れた製作能力、高品質な製造設備、及び技術能力が視察でき、H-IIAにおいては設定されたコストおよび製作目標を確実に達成できる確信を得た。

また、当部会での説明によれば、種子島の打ち上げ設備に対する必要な改修がH-IIAロケットファミリーのために適切に計画されていると思われる。

機体製造と運用のコストの削減によるH-IIAロケット開発の成功により、また、期待される多数の製造と打ち上げにより、日本は完全な競争力を有する打ち上げサービス提供者となるかもしれない。最初の段階として、株式会社ロケットシステムが設立され、H-IIAロケットファミリーの製作、組立、打ち上げ準備のための事業団との初期の関係が確立されている。

政府による出資ではなく、商業／産業界によるロケットの開発と運用という、世界的な傾向をもとに、事業団と産業界の関係を再評価する必要がある。産業界は、商業分野における有望な計画や生産技術の改良に対し、自ら出資することを促進すべきである。このことにより、事業団は先進的な技術や将来計画にもっと重点を置くことができるであろう。

(3-B) 小型-中型ロケット (J-1、J-1改良型)

J-1計画の詳細な評価は日本の他の機関により行われており、当部会はこれらの評価に対してあまり付け加えることはない。いずれにしろ、J-1の打ち上げはあと一機しか計画されていない。最近のJ-1に対する批判以前から、事業団は、新技術を開発しつつ、その能力を向上し、かつコストを大きく削減するというJ-1改良型ロケットの検討を実

施してきている。J-1改良型ロケットの現在の研究は興味深いものであり、当部会は、これを継続すべきものであると考えている。しかし、開発フェーズに移行する前に、この計画の再レビューを当部会で行う機会を持ちたいと考える。

しかしながら、当部会は、この計画について多少危惧している。この計画を実施する根拠として次ぎの二つが挙げられている。そのひとつは、中・小型衛星の打ち上げ用としてH-IIAより安いロケットを開発し、新技術のテストベッドとして使用することである。もうひとつは中小型衛星の打ち上げ市場に参画することである。当部会は、第一の目的に重点を置くべきであると考え。実際に達成される打ち上げコストによっては、J-1改良型が商業目的の顧客に魅力的なものになるかもしれないが、J-1改良型よりかなり安くなる可能性のある再使用型や他のロケットが近々出現することを考えると、顕著な商業的な成功の可能性は低いと思われる。更に、J-1改良型の第1の目的を打ち上げコストの低減とするのであれば、実証済みの技術のみを使用する方が合理的と考える。事業団はJ-1改良型に関し興味深い新技術の開発を含めているが、新技術の開発は、しばしばコスト低減とは相反することがある。

以上より、J-1改良型ロケットの研究の前提条件は日本が中小型衛星を開発し、打ち上げることであると考え。J-1改良型ロケットの潜在的なペイロードとして10機の衛星が提案されているが、たった1機(MDS-2)の衛星しか了承されていない。J-1ロケットでは実際に了承されたのは数年でたった2機の打ち上げであったが、このような経験を繰り返すことは望ましいことではない。

● (3-C)再突入型実験機(HOPE-Xの飛行実験機、HOPE-X)

HOPE-X計画はたいへん興味深い技術計画であり、事業団の技術基盤を顕著に向上させるものと思われる。しかしながら、同様な計画であるESAのヘルメスでは10倍の予算が見積もられていた。事業団は米国または欧州の2~3分の1のコストでロケットを開発できることを過去に示してきたが、HOPE-X計画では、このような限られた予算では遂行できないと思われる。HOPE-X計画を遂行するためには恐らく追加の予算が必要であろう。

HOPE-X計画とRLV研究の関係が十分には明確ではないので、この関係を明確に

するための広範囲な検討が必要であろう。HOPE-Xの初回飛行を3年間遅らせることが提案されているが、それにより飛行試験の結果をRLVの設計・開発に役立てることは難しくなるだろう。HOPE-X計画は、技術的なテストベッドであることと、かつ国際宇宙ステーションへの貨物輸送機のプロトタイプとすることの2つの目的があるように思われる。後者の目的に沿ってHOPE-XAを開発すると、現在提案されているスケジュールに沿って再使用型輸送機の開発に着手するためには予算が著しく不足する可能性があると思われる。

当部会は、再突入機体の技術と再使用型輸送機の技術はともに、国際協力の機会がある分野であると考えている。事業団は、再突入機と再使用型輸送機の技術に関し、購入、ライセンスによる技術導入、または共同開発等の国際協力の方向も検討してよいであろう。このような方法により、技術開発のコストを低減できる可能性がある。

(3-D)再使用型輸送機（ロケット型SSTOおよびスペースプレーン）

宇宙輸送コストの大幅な（約10分の1）低減は、再使用型輸送機（RLV）によってのみ達成されうると広く認識されている。したがって、米国においては、RLVの設計、また、必要となる先進的技術の開発、さらに実証用飛行実験機（NASA、X-33、X-34）の製作と試験を行うための本格的な活動が始まっている。その目標は2005年までにRLVを実現することである。

欧州においては、有翼型のRLVコンセプトとしてゼンガーが設計検討や技術開発のための基準モデルとして検討された（1987-1994）。この作業は、ESAのFESTIP (Future European Space Transportation Investigation Program) 計画に引き継がれている。このFESTIP計画においては、現在、様々な機体コンセプトについて、技術的な課題、利点およびコストに関する検討が実施されている。

一方、1998/99年及びその後4年間に事業団がRLV研究に関して見積もっている予算は極めて少ないと思われる。日本が次世代の輸送系分野において他国に大きな遅れをとらないためには、予算の増加が不可欠である。また、産業界（自社投資）、大学、宇宙研及び航技研との協力をさらに拡大することを提言したい。

また、同じ基本要求和技術を前提として、様々の異なったRLVコンセプトの比較研究をするべきである。このような研究によって、許容される開発費の範囲内で最適な輸送系を選定することができるであろう。

第4章 提言

(a)

事業団予算の速やかな増加は期待できそうにないので、将来輸送系計画（およびその他の計画）に関連する研究および設計段階のかなり早い時点から、コストに関する検討を実施すべきと考える。このため、事業団は、コストエンジニアリング担当部署を設置するか、または事業団のシステム設計の主担当部署にコストエンジニアリングの機能を持たせるべきである。これは、将来の再使用型輸送系を決めていくうえで、特に重要である。

(b)

さらに事業団は、プログラム及びプロジェクトの計画段階においてライフサイクルコストの見積を行う必要がある。当部会開催期間中には事業団 宇宙輸送システム本部からこのような見積について説明はなされなかったし、現時点では、ライフサイクルコストの見積は実施されていないと考えられる。ライフサイクルコスト見積は新規計画の開始を決定する際の重要な要素であり、来年の当評価部会ではHOPE-Xや再使用型輸送系研究について、何らかの形でライフサイクルコストの見積や長期資金計画を示してほしい。

(c)

開発における技術的な問題やコストの超過、更には失敗のリスクを最小限にとどめる為に、進行中の計画を事業団が独自に審査評価するための内部機構が確立されているかどうか、当部会としては明らかにできなかった。失敗で学んだ教訓はこれらの審査評価機構にうまく活かされるべきであると考え。当部会としては事業団に対して内部審査評価機構を調査し、それらが事業団の組織内にあっても、計画を達成する為に独立して審査評価を行うことができるようになっているかどうかを見直すことを提案したい。

(d)

事業団は民間への技術移転をより一層推進するべきであり、これが民間による有望な商業計画への投資をさらに活性化させると考えられる。また、これによって事業団はさらに先進的な新しい技術開発に重点を置くことができるであろう。

付録

宇宙輸送本部会 委員会名簿

宇宙開発事業団地球観測プログラム 評価報告書

エグゼクティブサマリ

1. はじめに

平成10年7月6日から9日まで、東京にて地球観測部会を開催した。当部会は、7月7日、地球観測センターと地球観測データ解析研究センターを視察した。当部会は、NASDA担当者から一連のプレゼンテーションを聞き、部会が提出した質問に対して詳細にわたる回答を得た。当部会は NASDA に対し、会議を通じてのスタッフの迅速で卓越した対応ぶりで行き届いた事務局のサポートに感謝している。会議を通じて議論はオープンかつ、率直であり、当部会のメンバーは、NASDA の地球観測プログラムについて、4日という短い期間で可能な限り十分な見解を得たと信じている。

2. 地球観測プログラムの概要と一般的課題

地球観測システム本部は、地球科学への貢献、地球観測データの実利用の促進、技術開発の推進の3つの戦略的目標を掲げている。これらの活動を実施するため、地球観測システム本部は約370億円の年間予算（2億8000万US\$）を使っている。これは、NASAの地球科学局予算の21%に相当し、NASDA全体の予算ではその20%を占める。NASDA職員全体の8.9%に相当する94人が地球観測システム本部の事業に従事している。

NASDA全体がそうであるように、その地球観測プログラムもまた、1969年の事業団設立時より目覚ましい発展を遂げてきた。1978年10月、NASDAは、地球観測センター（EOC）でのLANDSAT2データの受信により、地球観測衛星に関連した技術の開発と確立への第一歩を記した。以来、LANDSAT後継機のシリーズ、フランスのSPOTシリーズ、合成開口レーダ技術を搭載したESAのERS-1及びERS-2といった数々の衛星のデータの受信と配布を継続した。並行して、NASDAは独自の自主技術の確立への道に乗り出した。日本の気象庁（JMA）と協力して一連の静止気象衛星（GMS）を開発したほか、海洋観測衛星（MOS-1、1b）を開発した。また、1992年には、独自の合成開口レーダミッションである地球資源探査衛星（JERS-1）を打ち上げた。これまでは、NASDAは、打ち上げシステム、フライトハードウェア、及び関連した地上システムの開発にその事業の焦点を置いてきた。しかしながら、地球観測データの利用推進の重要性が明らかになるのに伴い、1993年度に地球観測システム本部を設立し、開発、運用、データ利用の統合を目指した。1995年度には、NASDAは、EOCで受信したデータから有用な成果品を作成、検証するとともに、ユーザとのより密接な双方向の結びつきを強化するために、地球観測データ解析研究センター（EORC）を設立した。

NASDA は、継続して多様な陸域観測センサの開発を推進している。合成開口レーダ、中分解能光学センサ (GLI 等)、LANDSAT 搭載のものに相当したセンサ、立体視センサ (PRISM)、高分解能光学センサが、これにあたる。陸域観測技術衛星 (ALOS) の開発が成功すれば、陸域リモートセンシングの分野で NASDA は世界的なレベルで通用する十分な競争力をさらに強化することになるだろう。当部会は、陸域観測センサの分野をはじめとした様々の分野で NASDA が達成した成果の広がり と多様性に感銘を受けた。同時に、当部会は、所定の成果を収め成熟期に入ったとする NASDA 自身の評価を確認し保証する。当部会は、リモートセンシングの諸分野のうち、日本の国家政策が要請するどのような分野でも NASDA が技術的な競争力を持ちうることを確信した。ここで、日本および NASDA は既にその能力を実証したリモートセンシングの応用に関する全ての分野で将来にわたり継続的に活動が続けることを選択するのか、という問いが発せられる。リモートセンシングの技術は成熟した技術になりつつあり、将来の有効性を維持するための投資の割り合いを減らすことが必要かもしれない。一方、各国の技術レベルが向上する中で多様なセンサ技術全てを維持する事は、NASDA と日本が最近参入した新たな分野における柔軟性を阻害する可能性がある。

NASDA は今、より高度な地球環境科学の世界へと足を踏み入れつつある。ADEOS 衛星は、10ヶ月という限られた運用期間ではあったが、NASDA が有効かつ包括的な地球環境科学観測を行い、国際コミュニティと協力しうることが世に示した。ADEOS データを今後とも継続的に利用することにより、有用な科学的、技術的情報が生み出されるであろう。さらに、ADEOS-II の打上げにより、日本は本格的に国際地球観測システムの一員となることであろう。一方、NASA との協力による熱帯降雨観測衛星 (TRMM) は、全く異なる類の大きな科学的試みである。TRMM は宇宙からの観測としては、これまでに全く例のない物理量の観測を行っている。それは降雨量であり、日本はその主ミッションである降雨レーダを開発した。全く新規のデータ成果品を作成、検証し、気候の科学的解明への貢献度合いに応じてその成果品の価値を判断することにより、NASDA そして日本の地球環境科学コミュニティは、新たな成熟の段階に達することができよう。

近年、科学技術庁 (STA) は、現代の地球気候と環境の科学に於ける最も野心的な道を取り、日本において取り組むこととした。STA は高度な計算能力を創出し、これを気候モデルに当てはめ、プロセス研究を通じて、モデルの内容と構造を改良し、包括的、地球規模、学際的な観測を通じてモデルを動かす統合研究を開始した。これが日本の地球フロンティア研究と地球シミュレータプログラムである。求められている観測は、宇宙からの観測と地上観測の組合せとなるだろう。又、この観測は非常に包括的であるため、国際協力なくしては実現されない。従って、NASDA は国際的な統合地球観測戦略 (IGOS) の策定に参加していかなければならない。地球環境の科学は未知の分野であるので、その戦略はいかなる領

域においても明確なものにはならない。また、新知識が解明されるにつれ、地球環境科学は進化しなければならず、技術と概念面双方の革新が必要となるであろう。同時に、研究対象の気候の過程は、そのタイムスケールが何十年単位であり、よって観測の継続と不断の技術革新が同時に、数十年間に亘って国際コミュニティにより進行されなければならないであろう。研究と業務の従来の識別は明らかに不明瞭となり、同様に、従来の様々な機関の役割の定義も不明瞭となるであろう。

新しい組織理念なくして NASDA の地球環境研究プログラムの成功はない。この立証のため、従来のリモートセンシングと地球環境科学とを比較対照する。データ利用領域では、NASDA は、実用分野を中心とする多様なエンドユーザにタイムリーに高品質のデータを提供することを中心に考えている。ユーザーは NASDA にニーズを伝えるが、多くの場合、観測機器の設計開発に加わることはない。また NASDA は確かに応用的なデータ成果品の作成についてはユーザーに依存しており、革新的な新規利用はユーザに任せている。ユーザは NASDA のデータ成果品を利用するために NASDA と直接接する必要があるため、NASDA は恐らくそのデータのあらゆる利用法について認識しているわけではないであろう。一方科学の領域では、技術革新と知識の開発は相互に循環的であり反復的である。（通常）学際的である科学コミュニティがプログラム研究戦略、検出器の設計、アルゴリズム開発と検証、データ生産、データ分析、知識の創出のすべてに完璧に関与することが地球環境研究の成功には必要である。これにより日本が受ける利益は極めて多大である。地球環境科学において成功してこそ、日本は来世紀の国際的政策課題の中心である気候その他の環境問題の交渉における優位なステータスを確立できるのである。

NASDA が地球環境科学コミュニティとのより包括的な関係を構築できれば、NASDA は次に示す重要な戦略的課題を解決する上で優位な位置に立つことになる。それは、NASDA は地球環境研究のために統合地球観測戦略にどのように貢献すべきなのか？ また、重要で比較的標準的な観測の継続性の確保を支援することによって、地球環境科学のどの領域を日本は推進するのか？ NASDA が新しい発見や理解に焦点をあてることにより、日本はどの領域において指導的な立場をとるべきなのか？

総括すると、NASDA が現在直面する最も緊急の課題は、国内の需要に合ったリモートセンシングの応用プログラムを維持しつつ、国際的な気候及び環境に関する研究に資するため、いかにして概念的、社会的、財政的な資源を見い出すかにある。これまでの NASDA の達成の軌跡を見る限り、私たちは、一旦十分な財源が得られれば、NASDA が成し遂げることができるということに楽観的である。

3. 特記すべき課題と知見

3.1 実利用と ALOS ミッション

日本の宇宙開発事業の中心的機関として、NASDA には日本政府の戦略的期待に応える使命がある。宇宙からの地球観測による利益を享受することができることから、多くの省庁がこうした期待を表明している。期待は主に、先進的でより高度な技術的性能を有した一連の高分解能観測システムによる地表の画像化に向けられている。

当部会は、NASDA の現在の活動と計画が継続的なリモートセンシングプログラムを実現する上で十分適切であると結論するに至った。さらに、EOC と EORC を通して完成度の高いリモートセンシング成果品を広範なユーザに提供する点でも適切であると考えている。

● 実利用の領域における NASDA の役割は、データ生産者として広範で多様なユーザコミュニティにサービスを提供することにある。この実施方針により、NASDA は、先進的技術をベースにした衛星システムと効率的なデータ取得、処理、配布システムからなる総合システムの開発と運用に専念することができる。この考え方は、ユーザがそれぞれの応用分野で高次処理手法や情報検索を開発する能力に依存している。

課題として残るのは、NASDA 自身がこのような応用指向の成果品をどの程度まで開発するのか、あるいは、ユーザ側での開発にどの程度まで協力するのかという点である。

ALOS は、国際連合により IDNDR の災害監視ミッションのデモンストレーションプロジェクトとして承認されている。

3.2 科学プログラム

● NASDA の事業のもうひとつの主要な要素は、科学への国際的な取り組みに対する貢献である。この取り組みは、基本的な物理量のシステムティックな観測と、重要なプロセスの実験により地球環境変動の実態と原因を解明するためになされている。

第一は、光学センサ（海色、温度、エアロゾル、大気組成）、受動及び能動のマイクロ波センサ（水蒸気と降水、雪と海氷、海上風）による大気と海洋の観測である。

第二は、革新的な技術により成功裡に実施されている熱帯降雨観測衛星（TRMM）に搭載されている、アクティブ・パッシブの数々のセンサによる嵐・降水の観測である。

この二つの科学研究とも、衛星センサから生データを取得し利用するための事業であり、

また、観測の科学的成果を最大限に引き出し、地球システムと地球環境科学の進歩に資するために、科学者との緊密な協力が要求されている。

3.3 ADEOS シリーズ

ADEOS の 10 ヶ月の運用は、ADEOS に搭載された複数のセンサの機能と多様性の評価を十分な信頼性を確保して行うのに十分な期間である。ADEOS シリーズの成功を確保するため、NASDA はデータ解析のためのアルゴリズム開発と解析成果品の十分な評価を継続すべきである。来年度には ADEOS データ解析のための予算の確保が困難であるとしても、ADEOS データの解析と評価を行うことを勧める。ADEOS 事故を大きな成功に転化することは可能である。

ADEOS の後継ミッションである ADEOS-II は、日本の国際地球観測システムに対する貢献を継続するための適切なミッションである。将来 NASDA は、パートナー機関が行う観測により、ADEOS シリーズにおける観測の相補性の最適化を図るとともに、より小型の衛星及びペイロードに向かって展開する機会を探るべきである。

NASDA の AMSR は、NASA の EOS-PM1 及び ADEOS-II に搭載される。ADEOS-II は、午前中のデータ取得を行うよう設計されており、EOS-PM1 は午後のデータ取得を行う。このコンビネーションにより、日変化データの取得が可能となる。言い換えれば、一日の内で雲水量の変化が取得できるということである。これが達成されれば、国際協力による成果が明らかとなる。

3.4 地球観測データ解析研究センター (EORC)

1995 年の EORC の設立は、リモートセンシングデータの有効利用に向けた極めて重要な一歩である。EORC は、海洋・大気・陸域の相互作用の研究と解析のための多様な成果品作成に着手した。しかし、EORC の現在の能力および職員数では、現在および将来の衛星から得られる膨大な衛星データの解析に必要なアルゴリズム開発には不十分であるように思われる。

3.5 地球観測データユーザとの協力

NASDA は、様々なレベルの地球観測成果品の科学及び実利用目的でのユーザとの協力により、地球観測技術を開発してきた。NASDA の地球観測領域における初期の目標は、静止気象衛星 GMS の開発にあった。GMS シリーズ衛星については、今は完全に気象庁が責任をもっている。

また NASDA は、農業、林業、海上保安、漁業、土地利用、災害監視及び国際問題といった様々な公共利用での地球観測データの実利用のための応用技術を開発するために、主管の政府機関との協力を得て努力をしてきた。

日本国内における外部のユーザコミュニティとの調整は、衛星リモートセンシング推進委員会（約 130 名）と地球科学技術フォーラム（約 540 名）を通じて行われる。委員会のメンバーは、科学者または専門家であり個人的な立場で活動する。日本の状況下では、これが NASDA の衛星プロジェクトに関するユーザ要求を反映するのに最も適した方法であろう。

3.6 EOC とデータ配布システム

EOC の再構築及びそのシステムの更新計画を支持する。より自動化し、単純化された運用が望ましい。データ受信と復調システムは各衛星により異なるが、デジタル形式のデータは同様である。従って、統合された共通のデータ処理、保存、管理、配布システムが求められる。しかしながら、SAR は特別のシステムを要する。EOC はデータへのアクセスと効率的な提供に関して、ユーザへの配慮をもっと行うべきである。

ADEOS 搭載センサは、NASDA が観測値から物理量を抽出したデータセットを作成する最初の経験を提供した。ADEOS データからの最初の成果品は十分に満足 of いくレベルには達しなかった。この点で、世界中の科学者にレベル 2 とレベル 3 のデータセットを提供する NASDA の責務を果たすためには EORC と EOC の強化が求められる。

3.7 人材

一般的に、NASDA のプロジェクトチームの人数は海外の宇宙機関における類似した監督業務を実施しているスタッフの数に比べて大幅に少ないように見受けられる。

当部会は、NASDA において十分な人材が衛星プロジェクトの実施、品質管理及び不具合解析の技術監督に携わっているかどうかを検討するよう提言する。

同時に、慣例となっている人事異動、また専門技術の育成ではなく、ジェネラリストの育成に重点が置かれている点が、そのような先端技術開発を行うために適しているかどうか疑問である。

4. 提言

(1) 資源戦略

NASDA では、様々なフライトプロジェクトを実施しているため、その資源が薄く広がってし

まい、地球科学研究及びリモートセンシングの実利用についての一貫したプログラムを支援するための資源が乏しくなっている。このことから当部会は、資源配分バランスの見直しを提言する。

(2) 他機関との協力及び国際協力

NASDA は、日本で開発されたセンサーを他国機関フライトミッションへ搭載する、あるいは、その逆のケースにより、IGOS への貢献の一部とするよう提言する。

(3) EORC の強化

EO RC 強化のため、多様な分野からの優秀なグループリーダーの追加採用を重視するよう提言する。

(4) 科学者の参加

地球観測プログラムの設計、開発、利用における科学者の一貫した参加は、NASDA 及び日本政府が取り組むべき重要な課題である。

衛星プロジェクトの構想及び実施に科学者が参加するには、資源配分（フライトシステム及びデータ処理開発と、関連するアルゴリズム開発及び広範な科学研究との間で）の見直しが必要だと思われる。また、機関間の協議及びミッションセレクションのプロセスも（競合する科学的目標及びプロジェクトの審査を行い、科学的にすぐれた個別分野を選ぶために）見直す必要があると思われる。

一般的に、リモートセンシングデータを現在利用している日本の科学者は少なく、現在及び将来打ち上げられる NASDA の人工衛星による素晴らしい機会は生かされていない。したがって、NASDA が公的機関および民間の機関に対して人工衛星に関連した地球変動や気候の変化に関する研究への経済的支援を増やすことが極めて望ましい。

(5) アジア太平洋地域での主導権

NASDA はアジアでは宇宙開発の分野において、特に地球観測では明らかにリーダー的存在である。したがって、この地域をリードする役割と特別な責任を負うことになる。近年、NASDA は人材育成や日本の地球観測衛星からのリモートセンシングデータの提供において、ESCAP/RESAP の活動支援をすることで重要な役割を果たすようになってきた。東南アジアを始めとするアジア諸国は NASDA との協力において大いに利益を得ている。NASDA は、今後のさらに進んだ地球観測ミッションによって、地球変動、森林破壊、海洋学等の共通の関心への応用研究を含め、協力活動に積極的に取り組むべきである。

特に ALOS は、アジア太平洋地域に重要な利用をもたらすであろう。こうした恩恵を最適化するために、NASDA は、この地域に情報サービスを提供するのに必要なインフラストラクチャ（訓練等を含む）の開発を加速する必要があるだろう。

(6) ALOS

ALOS はユニークな組み合わせの先進的陸域観測センサを搭載する予定であり、これらにより特にアジア太平洋地域にとって重要な実利用をもたらすに違いない。また、ALOS は、地球の生態系や環境科学の他の分野の研究に対しても貴重かつ意味深い新たな貢献をするであろう。ALOS による恩恵を最適化するためには、特に全天候観測による地図作成、災害監視やその他の応用分野への適用に向けて、NASDA が高分解能画像の実利用の開拓を活気づけることが望ましいと思われる。

さらに、当部会は、ALOS が生態系やその他の科学的課題に貢献しうる点について検討することを提言する。

(7) データ利用ユーザコミュニティとの交流

データ利用において、NASDA の第一の重点は公共の利益にあるが、これに加えて、NASDA は民間企業のユーザの意見や要求に対応すべきである。

(8) EOC の強化

EOC は世界規模のセンターとなるべきである。EOC への国内及び海外からのアクセスのためには現在のインフラストラクチャは不十分であり改善がなされるべきである。NASDA データの利用を促進するためには EOC のデータベースへのより広帯域アクセスができる限り速やかに可能にされるべきである。

(9) 小型衛星

科学的目標を限定し、ミッションの焦点を絞ることにより、より小型の衛星や観測機器を使用することができる。これにより、宇宙からの地球観測をより効率的に実施しようとする世界的傾向がある。これは、打ち上げロケットの能力と衛星本体の設計の関係を最適化する問題につながる。NASDA は、大型と小型衛星の間のトレードオフについて、様々な科学的、技術的、プログラム上の側面から検討すべきであり、この問題について1年以内の報告を求める。