

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価
電波天文衛星 (ASTRO-G)
プロジェクトの事後評価結果
(案)

平成 23 年 11 月 17 日
宇宙開発委員会 推進部会

1. 評価の経緯
2. 評価方法
3. ASTRO-G プロジェクトの概要
4. ASTRO-G プロジェクトの評価結果

参考 1 宇宙開発に関する重要な研究開発の評価 電波天文衛星
(ASTRO-G) プロジェクトの評価に係る調査審議について

参考 2 電波天文衛星 (ASTRO-G) プロジェクトの評価実施要領

参考 3 電波天文衛星 (ASTRO-G) プロジェクトの評価に係る推進部
会の開催状況

付録 1 電波天文衛星 (ASTRO-G) プロジェクトの評価票の集計及び
意見

付録 2 電波天文衛星 (ASTRO-G) の状況について

付録 3 電波天文衛星 (ASTRO-G) プロジェクトの評価 質問に対す
る回答

1. 評価の経緯

電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクト(以下、「ASTRO-G プロジェクト」という)については、平成 20 年度に宇宙開発委員会で事前評価を行い、「開発」への移行を妥当と評価した。その後、プロジェクトを進める中で、ミッション実現の中核である高精度大型展開アンテナに技術課題が発生したため、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)(以下「JAXA」という)では、これまでの技術的判断及びプロジェクト運営に関する総括を行った上で、プロジェクトを中止する方向で計画を見直した。

そのため、本プロジェクトについては、「開発」移行時から大きく状況が変化していると判断し、政策意志決定者に対して政策決定を行うための基礎となる情報を提供することを目的として、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」(平成 19 年 5 月 9 日宇宙開発委員会了承)(以下「評価指針」という)に基づいて、宇宙開発委員会として評価を行った。

2. 評価方法

- (1) 今回の評価は、「開発」移行時から大きく状況が変化していることから、まず以下の項目について、中間評価を行った。
 - ・ プロジェクトの目的、目標、開発方針等に即した状況変化への対応策
- (2) 中間評価の結果、プロジェクトを中止することが妥当との結論に至ったことを受けて、以下の項目について事後評価を行った。
 - ・ 成否の要因に対する分析と今後への反映事項
 - ・ プロジェクトの成果

評価は、JAXA からなされた ASTRO-G プロジェクトの説明について質疑と審議を行ったうえで、評価票(参考 2 の別紙 1)を用いて各

構成員に意見と判定を提出してもらい、それらを集約することで行った。

本書は、上記手順による評価結果を、報告書としてとりまとめたものである。各評価項目に対する判定は、3 段階で集計した。また、本報告書の末尾に、構成員から提出された全意見、および JAXA の説明資料を付録として添付した。

3. ASTRO-G プロジェクトの概要

ASTRO-G プロジェクトは、宇宙の電波望遠鏡(ASTRO-G 衛星)と地上の電波望遠鏡群が協力して口径約 35,000 km 相当の電波干渉計を構成することで、43 GHz 帯(波長約 7 mm)において約 40 マイクロ秒角という人類史上最高の空間分解能で電波天文観測を行うことを目指すプロジェクトであり、以下の成果が期待されている。

- ブラックホール周辺領域を直接撮像することにより、これまでに提案されてきた多様なブラックホール重力場のモデルを検証する。
- ジェットの「超根元」の磁場情報や電子のエネルギー分布を取得することにより、ジェットの生成・加速機構とプラズマ組成の解明を目指す。
- メーザ放射を観測することにより、星形成領域の 3 次元的ガス運動を捉え、星形成領域の構造解明を目指す。
- 世界的にユニークな観測データを世界中の天文学者に提供することにより、人類にとっての新しい知見を得る。
- 天文学をリードできる研究者の育成を目指す。

4. ASTRO-G プロジェクトの評価結果

(1) 状況変化への対応策

平成20年7月の宇宙開発委員会による事前評価後の最初の状況変化としては、JAXAによれば、平成21年1月のプロジェクト進捗報告会で、以下の2つのコスト超過予測が報告されたことが挙げられている。

- ・ 展開アンテナ技術課題の評価継続

実体モデル(EM)試験で確認予定であった技術項目について、追加的な試験・評価を行う必要が生じたことで、コスト超過の可能性が出てきた

- ・ NASA(米国航空宇宙局)協力の不成立

NASAにて分担することを提案・予定していた地上リンク局整備と精密軌道決定システム開発が不採択となり、これらをJAXAのプロジェクト資金で整備・開発する必要が生じたことで、追加経費が必要となった

これら2つの状況変化のなかで、平成21年の2~3月に基本設計確認会が実施され、展開アンテナの技術的成立性の評価が未了であることが確認された。このため、JAXAは、プロジェクト活動を原則休止とし、展開アンテナの再基本設計確認会に向けた開発作業を継続した。

次なる状況変化としては、平成21年7月に実施された展開アンテナの再基本設計確認会で、鏡面精度の低下の要因となりうる新たな技術課題が見つかる等、ミッション成立性に関わる技術課題が顕在化したことが挙げられている。また、並行して、独立的評価チームによるアンテナ以外の問題点の洗い出しが行われたことも挙げられている。

これらの状況変化を受けて、JAXAは、ミッション成立性に係わる技術課題の検討のために、1年程度の成立性検証作業が必要と判断した。成立性検証作業は、平成21年10月から平成22年7月にかけて実施された。この間、プロジェクト活動全体は休止され、

ミッション成立性に係わる技術課題(展開アンテナ、高速データ処理部の放射線耐性、高速姿勢変更制御、精密軌道決定)を確認するための試験・検証が集中的に実施された。

最後の状況変化としては、平成22年7月に成立性検証作業の結果が取りまとめられたことが挙げられている。成立性検証作業の結果、展開アンテナについては、ミッション期間の半分に当たる打上げ後1.5年までは鏡面精度1.0 mm rmsを実現できる見通しが得られたが、「開発」移行時のサイエンス目標を満足するために必要な鏡面精度0.4 mm rmsの達成は困難との結論が出された。

この状況変化を受けて、JAXAは、平成22年7月から平成23年1月にかけて、達成可能なアンテナ鏡面精度を新仕様とする場合のサイエンスの価値について再評価を行い、ASTRO-Gプロジェクトのとるべき処置について検討した。その結果、ミッション目的の重要な部分が達成困難であることと、縮退した目標に向けて当初計画を大幅に超過する資金と日程を費やしてプロジェクトを継続することは適切とは言えないことから、JAXAは、ASTRO-Gプロジェクトを中止する方向で計画を見直すに至った。

以上に示した状況変化に対するJAXAの対応策については、顕在化した技術課題に係る検証結果は妥当なものであり、大型展開アンテナの性能が所期の目標を達成しないと考えて良いと言える。このため、ASTRO-Gプロジェクトの重要なミッションが達成されないとの評価に至った状況下では、プロジェクトの継続は困難であると言える。一方、開発計画を見直し、縮退した目標に向けて当初計画を大幅に超過する資金と日程を費やすことも適切でないと言える。従って、プロジェクトを中止することが妥当であるというJAXAの判断は妥当であると判断する。

また、LUNAR-A プロジェクトの教訓を踏まえて JAXA 全体として整備されてきたプロジェクトマネジメントの仕組みを運用することによって、開発フェーズの初期の段階で技術的課題の深刻さを認識し、速やかにプロジェクト活動を休止して問題の検討に集中して適切な判断が行えたことは、LUNAR-A の教訓が適切に活かされたものと評価できる。更に、結論を先送りすることなく、関係者一同による自律的な検討の結果としてプロジェクト中止を打ち出した姿勢についても、評価できる。

以上のとおり、ASTRO-G プロジェクトを中止する方向で計画を見直した JAXA の対応は、計画の見直しのプロセスを含めて、妥当であると判断する。

判定:妥当

(2) 成否の要因に対する分析と今後への反映事項

今回の中止から教訓を得る試みとして、JAXA において外部の有識者を含めた教訓委員会が設置され、先端的宇宙科学プロジェクトが教訓とすべき事項の抽出作業がなされている。教訓委員会による客観的な事実の経緯の分析、教訓の抽出、および教訓の活用についての提言は、「ASTRO-G 教訓報告書」としてまとめられている。JAXA は、この教訓報告書を踏まえて、今後の宇宙科学ミッションにおける改善策を示したが、審議を踏まえて改訂され、一層具体的かつ詳細に記載されたものとなった。以下は、その改訂された資料の内容に基づいてまとめたものである。

まず、技術の観点では、技術難度の見極めと先行的開発のあり方について分析がなされ、今後への反映事項が検討されている。

ASTRO-G プロジェクトで観測目標とした 43 GHz 帯は、技術試験衛星 V 型「きく 8 号」(ETS-)で使用する周波数の約 20 倍

であり、ETS- のアンテナと同じメッシュ構造のアンテナで観測できるようにするために解決すべき技術課題の難度は高く、展開アンテナの開発は計画当初から挑戦的なテーマであると認識されていた。このため、JAXA は、挑戦的な技術について事前検証を行うとした LUNAR-A の教訓を踏まえて、5 年間にわたる試作試験等を実施し、「開発」移行に必要な技術的見通しを得たとして「開発」移行を判断した。このとき、アンテナの最終性能に係る展開再現性、熱歪み、経年劣化等については、アンテナ鏡面精度への影響は小さいと判断され、「開発」移行後速やかに実施する計画とされた。しかし、結果的にはこの技術判断が甘く、難易度の高い技術課題を「開発」段階に持ち込み、「開発」移行後に展開アンテナが目標とした性能を達成できないことが明らかになることとなった。

審議では、「開発」移行後にプロジェクトの中止に至るような技術的課題が生じることを可能な限り避けるべく、「開発研究」段階での事前検証を充実させ、技術的確信を得るに必要な「開発フェーズにて行う技術作業の一部(EM 試験など)」を先行して行うことを可能にする仕組みがあると望ましいとの意見や、リスクの度合いに応じて厳しい評価のもとに「開発研究」段階での費用を増やす等の効果的な予算の仕組みを模索すべきとの意見が述べられた。また、理学・工学の委員会等の「コミュニティ(限られたメンバー)」で閉じることなく、より多くの外部有識者やメカ技術者の意見を受け入れ、評価メンバーの幅を広げることが望まれるとの意見が述べられた。

JAXA としても、ミッション達成への影響度の高い技術課題については、本格的な「開発」に移行する前段階において十分な検証を行うことを基本とし、必要に応じて「開発研究」段階にリソース(人、資金、時間)を投入して試作試験等の先行的開発を充実す

ることとしている。また、その技術リスクについて、コミュニティによる評価に加えて、内外の有識者等による独立な評価体制を活用して顕在化させることや、当該の技術課題が解決できない場合の代替手段の有無とそのインパクトを明示すること等の方策によって、技術リスクの見極めを強化するとしている。

次に、プロジェクトマネジメントの観点では、JAXA は、開発を進めるなかで後任者の手当てを行ったものの「けん引役のリーダーが退職したのが理由の一つ」と分析している。これについては、プロジェクトマネジメントが実質的に機能していなかったことが疑われるとの意見や、全体を統括するプロジェクトマネジメント力が不足しているとの意見が述べられた。

JAXA としても、この反省を踏まえ、ミッション検討段階から開発完了までの長期間にわたるプロジェクトにおいて一貫した高い技術力による研究開発を継続できるように、中核職員の継続的参画の確保や若手職員の計画的配置等を図るとしている。また、様々なプロジェクト運営や飛翔実験運営の機会を積極的に活用することにより、計画的技術継承とプロジェクト全体を俯瞰的にマネージできる人材の育成を図るとしている。更に、既に着手している対策として、宇宙科学研究所の全てのプロジェクトを横断的に支援する組織を設置し、プロジェクトマネジメントのノウハウの蓄積やこれを踏まえたプロジェクト活動のサポート等に取り組んでいることと、リスク管理やコスト管理等の知識の共有・浸透等を含めてミッション実施者側のマネジメント改善を図っていくことを挙げている。

以上のとおり、JAXA が示した改善・強化策は、概ね妥当であると判断する。

判定:概ね妥当

(3) プロジェクトの成果

プロジェクトとしては、目的として掲げた科学観測を行うことなく基本設計段階で中止したことから、当初掲げた目標がどの程度達成されたかという観点からの評価は意味をなさないとの意見や、失敗と評価せざるを得ないとの意見が述べられた。その一方で、失敗の経験と反省点は、人材の育成に資するべき貴重な資産として残すべきものであるとの意見も述べられた。

しかし、プロジェクトを中止することは妥当であると中間評価したことを踏まえると、技術面では、試作・研究レベルではあるが、新規技術の開発には成果が得られている。それらは、スペースVLBI 衛星を実現するための基本技術であるものを主としてはいるが、他の衛星への応用が期待できるものも含まれていると言える。JAXA では、これらの成果を、技術データを含めて JAXA 内で活用可能な技術文書の形でまとめ、今後の研究開発への活用を図っていくとしている。また、既に今年度から、これらの成果を活用した継続的研究を開始しており、将来に向けた取り組みを進めているとしている。これらのことから、全体としては、プロジェクトの成果は概ね妥当と評価できる。

判定:概ね妥当

以上のとおり、ASTRO-G プロジェクトについては、中間評価としては妥当、事後評価としては概ね妥当と、それぞれ評価できる。

(4) その他

チャレンジが重要な要素である科学ミッションにおいて、十分に確実という技術だけで科学の最先端を切り拓くことは難しいと言

え、今後もチャレンジは追求されていくべきである。しかし、ASTRO-G プロジェクトでは、技術的困難の評価や、ミッションを成功させるための継続的な体制作りの点において、緻密な準備・検討が不足していたと認められる。技術リスクの高い挑戦は、きちんとしたリスク管理のもとで行われる体制が必要である。今般、JAXA が示した今後の改善策は、このような観点について、詳細かつ具体的に対応策を示したものと判断できる。

JAXA においては、今後、これらの改善策を確実に実行するよう一層努力するとともに、改善策のフォローを着実にを行い、具体的な評価が定期的になされることを強く期待する。

一方、宇宙開発委員会としても、今後、「開発」移行を評価する際には、ミッション達成への影響度が高い技術課題の見極めについては、その後の研究開発に委ねることなく、評価の段階で検討し尽くすことが重要と考える。そのうえで、「開発」移行を妥当と評価した後も、プロジェクトの状況の変化を適時的確に把握して対応するために、継続して JAXA から報告を受ける機会を設ける等の対応策について、検討すべきと考える。

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価 電波天文衛星 (ASTRO-G) プロジェクトの 評価に係る調査審議について

平成 23 年 8 月 24 日
宇宙開発委員会

1. 調査審議の趣旨

電波天文衛星 (ASTRO-G) プロジェクト (以下、「ASTRO-G プロジェクト」という) は、平成 17 年 11 月に運用を終了した第 16 号科学衛星「はるか」の後継として、より高い解像度で宇宙からの VLBI (超長基線干渉計) 観測を行うことを計画したプロジェクトである。

本プロジェクトは、平成 20 年度から「開発」に移行しているが、その後大型展開アンテナに技術課題が発生したため、独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) においては、これまでの技術的判断及びプロジェクト運営に関する総括を行った上で、プロジェクトを中止する方向で計画を見直した。

そのため、本プロジェクトについては、「開発」移行時から大きく状況が変化していると判断し、政策決定者に対して決定を行うための基礎となる情報を提供するため、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」(平成 19 年 5 月 9 日 宇宙開発委員会了承) (以下、「評価指針」という) に基づき、宇宙開発委員会として評価を行う。

2. 調査審議の進め方

- (1) まず、以下の項目について中間評価を行う。

- ・ プロジェクトの目的、目標、開発方針等に則した状況変化への対応策

(2) (1)の結果、プロジェクトの中止が妥当との結論に至った場合には、以下の項目について事後評価を行う。

- ・ 成否の要因に対する分析と今後への反映事項
- ・ プロジェクトの成果

なお、評価に当たっては、「評価指針」に基づいた評価実施要領を事前に定め、それに従って行う。

3. 日程

調査審議の結果は、9月中を目途に宇宙開発委員会に報告するものとする。

4. 推進部会の構成員

本評価に係る推進部会の構成員は、別紙のとおり。

(別紙)

宇宙開発委員会推進部会構成員(本件調査審議のみの構成)

(委員)

部会長代理 河内山治朗 宇宙開発委員会委員
服部重彦 宇宙開発委員会委員(非常勤)

(特別委員)

黒川 清	国立大学法人政策研究大学院大学教授
小林 修	神奈川工科大学工学部機械工学科特任教授
佐藤勝彦	大学共同利用機関法人自然科学研究機構長
澤岡 昭	大同大学学長
鈴木章夫	東京海上日動火災保険株式会社顧問
住 明正	国立大学法人東京大学サステイナビリティ学連携研究機構 地球持続戦略研究イニシアティブ統括ディレクター・教授
高柳雄一	多摩六都科学館館長
建入ひとみ	アッシュインターナショナル代表取締役
多屋淑子	日本女子大学家政学部教授
中須賀真一	国立大学法人東京大学大学院工学系研究科教授
中西友子	国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科教授
永原裕子	国立大学法人東京大学大学院理学系研究科教授
林田佐智子	国立大学法人奈良女子大学理学部教授
廣澤春任	宇宙科学研究所名誉教授
古川克子	国立大学法人東京大学大学院工学系研究科准教授
水野秀樹	東海大学開発工学部教授
宮崎久美子	国立大学法人東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科教授
安井正彰	社団法人 日本経済団体連合会宇宙開発利用推進委員会 企画部会長
横山広美	国立大学法人東京大学大学院理学系研究科准教授

(参考)

- 宇宙開発委員会の運営等について (平成十三年一月十日宇宙開発委員会決定)

文部科学省設置法及び宇宙開発委員会令に定めるもののほか、宇宙開発委員会(以下「委員会」という。)の議事の手続きその他委員会の運営に関して、以下のとおり定める。

第一章 本委員会

(開催)

第一条 本委員会は、毎週1回開催することを例とするほか、必要に応じて臨時に開催できるものとする。

(主宰)

第二条 委員長は、本委員会を主宰する。

(会議回数等)

第三条 本委員会の会議回数は、暦年をもって整理するものとする。

(議案及び資料)

第四条 委員長は、あらかじめ議案を整理し必要な資料を添えて本委員会に附議しなければならない。

2 委員は、自ら必要と認める事案を議案として本委員会に附議することを求めることができる。

(関係行政機関の職員等の出席)

第五条 委員会の幹事及び議案に必要な関係行政機関の職員は、本委員会の求めに応じて、本委員会に出席し、その意見を述べることができる。

2 本委員会は、必要があると認めるときは、前項に規定する者以外の者の出席を求め、その意見を聞くことができる。

(議事要旨の作成及び配布)

第六条 本委員会の議事要旨は、本委員会の議事経過の要点を摘録して作成し、本委員会において配布し、その確認を求めるものとする。

第二章 部会

(開催)

第七条 部会は、必要に応じて随時開催できる。

2 部会は、部会長が招集する。

(主宰)

第八条 部会長は、部会を主宰する。

(調査審議事項)

第九条 部会において調査審議すべき事項は、委員会が定める。

(関係行政機関の職員等の出席)

第十条 委員会の幹事及び議案の審議に必要な関係行政機関の職員は、部会の求めに応じて、部会に出席し、その意見を述べることができる。

2 部会は、必要があると認めるときは、前項に規定する者以外の出席を求め、その意見を聞くことができる。

(報告又は意見の開陳)

第十一条 部会において調査審議が終了したときは、部会長は、その結果に基づき、委員会に報告し、又は意見を述べるものとする。

(雑則)

第十二条 本章に定めるもののほか、部会の運営に関し必要な事項は、部会長が定める。

第三章 会議の公開等

(会議の公開)

第十三条 本委員会及び部会の議事、会議資料及び議事録は、公開する。ただし、特段の事情がある場合においては、事前に理由を公表した上で非公開とすることができる。

(意見の公募)

第十四条 本委員会又は部会における調査審議のうち特に重要な事項に関するものについては、その報告書案等を公表し、国民から意見の公募を行うものとする。

2 前項の公募に対して応募された意見については、本委員会又は部会において公開し、審議に反映する。

(雑則)

第十五条 本章に定めるもののほか、公開等に関し詳細な事項は、委員長が委員会に諮って定める。

第四章 その他

(雑則)

第十六条 前条までに定めるもののほか、議事の手続きその他委員会の運営に関し必要な事項は、委員長が委員会に諮って定める。

(参考2)

推進 3-1-2

電波天文衛星 (ASTRO-G) プロジェクトの 評価実施要領 (案)

平成 23 年 9 月 6 日
推 進 部 会

1. 趣旨

電波天文衛星 (ASTRO-G) プロジェクト (以下、「ASTRO-G プロジェクト」という) は、平成 17 年 11 月に運用を終了した第 16 号科学衛星「はるか」の後継として、より高い解像度で宇宙からの VLBI (超長基線干渉計) 観測を行うことを計画したプロジェクトである。

本プロジェクトは、平成 20 年度から「開発」に移行しているが、その後大型展開アンテナに技術課題が発生したため、独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) においては、これまでの技術的判断及びプロジェクト運営に関する総括を行った上で、プロジェクトを中止する方向で計画を見直した。

そのため、本プロジェクトについては、「開発」移行時から大きく状況が変化していると判断し、政策決定者に対して決定を行うための基礎となる情報を提供するため、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」(平成 19 年 5 月 9 日 宇宙開発委員会了承) (以下、「評価指針」という) に基づき、宇宙開発委員会として評価を行う。

2. 評価の対象

ASTRO-G プロジェクトを評価の対象とする。

3. 評価項目

- (1) まず、以下の項目について中間評価を行う。
 - ・ プロジェクトの目的、目標、開発方針等に則した状況変化への対応策
- (2) (1)の結果、プロジェクトの中止が妥当との結論に至った場合には、以下の項目について事後評価を行う。
 - ・ 成否の要因に対する分析と今後への反映事項
 - ・ プロジェクトの成果

なお、評価票は別紙 1 のとおりとし、構成員は、JAXA からの説明や宇宙開発委員会における過去の評価結果を踏まえ、評価票へ記入を行う。

4. 評価の進め方

時期	部会	内容
9月6日	第3回	JAXA からの説明聴取、質疑応答
9月20日 (目途)	第4回	評価結果のとりまとめ(見込み)

なお第 3 回推進部会における質疑応答とは別に、質問票による質疑も受け付け応答を行う。評価票への記入はそれら質疑応答を踏まえ実施する。

5. 関連文書

ASTRO-G プロジェクトの評価に当たっての関連文書を別紙 2 に、ASTRO-G プロジェクトに関する宇宙開発委員会における過去の評価結果を別紙 3 に示す。

電波天文衛星 (ASTRO-G) プロジェクト 評価票

構成員名: _____

1. 状況変化への対応策

大型展開アンテナに技術課題が発生する等、「開発」移行後に発生した状況変化を受けて、JAXA はプロジェクトの目的・目標・開発方針等に則して開発計画の見直し検討を行った結果、縮退した目標に向けて当初計画を大幅に超過する資金と日程を費やすことは適切でないと考え、ASTRO-G プロジェクトの中止を提案するという対応策をとりまとめました。この JAXA の対応策について、検討のプロセスを含めて、妥当と認められるかを評価して下さい。

妥当 概ね妥当 疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

【プロジェクトの中止を提案するという JAXA の対応が妥当、もしくは概ね妥当の場合】

2. 成否の要因に対する分析と今後への反映事項

ASTRO-G プロジェクトの継続が困難となった要因の分析が行わ

れ、それらが JAXA の将来のプロジェクトへの教訓として有効なものとなっているかについて評価してください。

妥当 概ね妥当 疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

3. プロジェクトの成果

現時点までに ASTRO-G プロジェクトの目標がどの程度達成されたか、プロジェクトの成果が将来の電波天文学又は我が国の宇宙開発利用にどの程度効果を持つものと期待されるかについて評価して下さい。

さらに、プロジェクトで得られた成果の波及効果についても、現時点で注目しておくべきものがあれば、併せて評価して下さい。

妥当 概ね妥当 疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

4. その他

今回の評価を通じ、上記以外に助言やコメントがありましたら記入して下さい。

電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクトの 評価に当たったの関連文書(抜粋)

宇宙基本計画

(平成21年6月2日 宇宙開発戦略本部決定)

第3章 宇宙開発利用に関し政府が総合的かつ計画的に実施すべき施策

1 9つのシステム・プログラム毎の開発利用計画

(2) 研究開発プログラムの推進

F 宇宙科学プログラム

以下の主な社会的ニーズと今後10年程度の目標に対応するプログラムとして、宇宙科学プログラムを設定し、5年間の開発利用計画を推進する。

社会的ニーズと今後10年程度の目標

(a) 世界をリードする科学的成果の創出(知的資産の蓄積)

「世界トップレベルの科学研究成果の継続的な創出」というニーズに対して、これまで宇宙天文学や太陽系探査などの宇宙科学で世界を先導する成果を上げている。宇宙科学の成果は、宇宙開発利用全体の基礎となるものである。今後、宇宙科学の枠を超えた他分野・異分野との連携も含め、大学等の優れた研究者の参画の促進による体制の強化も踏まえて宇宙科学を推進し、世界最先端の成果を継続的に創出することを目標とする。

5年間の開発利用計画

上記目標の実現に向けて、以下の施策を推進する。

- ・ 宇宙そのものの理解等に繋がる科学的成果の創出を目指し、宇宙天文学研究として、運用中の「すざく」によるX線観測、「あかり」による赤外線観測を実施しつつ、電波天文衛星「ASTRO-G」を打上げ、科学観測を行うとともに次期 X 線天文衛星「ASTRO-H」等の研究開発を行う。

別紙 1「9 つの主なニーズと衛星開発利用等の現状・10 年程度の目標」

主なニーズ

世界トップレベルの科学研究成果の継続的な創出等
現状

宇宙天文学や太陽系探査などの宇宙科学で世界を先導する成果を上げているとともに、太陽系探査と国際宇宙ステーションの活動により、人類の活動領域拡大に向けた取組を進めている。

ニーズに対応した今後 10 年程度の目標

宇宙科学の枠を超えた他分野・異分野との連携も含め、人学等の優れた研究者の参画の促進による体制の強化も踏まえて宇宙科学を推進し、世界最先端の成果を継続的に創出する。また、有人やロボットを活用した宇宙活動の推進により、人類の活動領域を拡大することを目指すこととし、長期的にロボットと有人の連携を視野に入れた、平成32年(2020年)頃のロボット技術を活かした月探査の実現を目指した検討を進める。

今後 10 年程度の目標のためにセンサや衛星等が達成すべき主要な目標

世界をリードする科学的成果を目指して理工一体となって推進するとともに、人類の活動領域の拡大に向けた取組を進める。

宇宙天文学(X線観測、赤外線観測、電波観測)

太陽系探査(水星、金星、小惑星探査)

将来のロボット・有人連携月探査に向けた無人月探査

小型科学衛星による、先進的なミッション、新しいセンサや技術の実証など(テーマは科学コミュニティで選定)

「きぼう」等の微小迫力環境等を利用した生命科学や材料・流体科学等、宇宙環境利用科学

など

利用省庁・機関

文部科学省/JAXA、大学

10 年程度の想定衛星

ASTRO-G(電波)及びその他宇宙天文学ミシン(ASTRO-H(X線)SPICA(赤外)など)PLANET-C(金星)、BEPICOLOMBO(水星)及びその他太陽系探査ミッション(SCOPE(磁気圏)、小惑星探査衛星(はやぶさ後継機)など)、月面着陸・探査ミッション、IKAROS 他小型科学衛星(3機/5年)

別紙 2 「9 つの主なニーズに対応した 5 年間の人工衛星等の開発利用計画」

4 つの研究開発プログラムの推進

F 宇宙科学プログラム

平成 24 年度打上げ ASTRO-G(電波天文)

我が国における宇宙開発利用の基本戦略

(平成 16 年 9 月 9 日 総合科学技術会議)

2. 宇宙開発利用の意義、目標及び方針

(1) 意義

地球・人類の持続的発展と国の行持への貢献

宇宙開発利用は、長期的視点から地球システムの持続的発展を目指すため、地球環境の現状と人類活動の及ぼす影響を全地球的規模で把握するために、もっとも有効な手段である。また、フロンティアとしての宇宙への挑戦を続けることは、国民に夢と希望を与えとともに、国際社会における我が国の品格と地立を高めることにも大きく貢献する。

(2) 目標

知の創造と人類の持続的発展

多くの人々に夢や希望を与えるべく、未知のフロンティアとしての宇宙に挑む宇宙空間を探索し、利用することにより、宇宙の起源、地球の諸現象などに関する根源的な知識・知見を獲得する。さらに、地球の有限性が語られるようになった今日、宇宙からの視点を活用して、人類の活動と地球環境との共生を目ざすとともに、更なる飛躍を求めて、宇宙における人類活動の場を拡大する。

(3) 方針

我が国の国際的地位、存立基盤を確保するため、諸外国における宇宙開発利用の状況を踏まえつつ、我が国は人工衛星と宇宙輸送システムを必要な時に、独白に宇宙空間に打ち上げる能力を将来にわたって維持することを、我が国の宇宙開発利用の基本方針とする。

そのため、技術の維持・開発においては、信頼性の確保を最重視する。また、重要技術の自律性を高めるため、適切な選択と重点化を行った上で、ソフト面も含めた基盤的技術を強化するとともに、技術開発能力を維持する。

なお、研究開発目標の設定や研究開発計画の策定に関しては、

利用者の要求を十分に反映することが可能となる仕組みを構築する。

4. 分野別推進戦略

(3) 宇宙科学研究

宇宙科学研究は、真理の追究、知の創造に寄与し、多くの人に夢、誇り及び活力を与えるものであり、宇宙開発利用の柱の一つである。

我が国の独自性を重視した研究開発を推進し、国際的水準の活動を持続する。我が国として独自性を発揮できる、太陽系探査や天文観測などの分野を中心に、資源を集中する。また、国際協力の重要性に配慮した上で、我が国の独自性を発揮できる戦略をとる。欧米などの当該分野の取組みに対しては、その状況を十分踏まえた上で、競争、連携あるいは補完の形をとる。対象分野の選択に当たっては、関連コミュニティの合意と適切な外部評価（他分野の関係者も含める）の下に、透明性を持って実施する。

(6) 長期的視野に立つ研究開発の方向性

宇宙科学研究の目指すべき方向

我が国の独自性を打ち出せる、特色ある太陽系探査や天文観測などを推進する。その際には、宇宙物理学や惑星物理学などの基礎科学研究の目指すべき長期的方向性を十分に勘案しつつ、我が国における宇宙科学研究として、知の創造に貢献できる分野に焦点を合わせる必要がある。

宇宙開発に関する長期的な計画

平成 20 年 2 月 22 日 総務大臣、文部科学大臣)

1. 我が国の宇宙開発に関する基本的な考え方

(1) 我が国の宇宙開発の目的

宇宙開発利用を取り巻く国内外の情勢を踏まえ、中長期的な展望に基づく我が国の宇宙政策を策定するに当たり、これまでの我が国の宇宙政策との整合にも配慮しつつ、我が国が宇宙開発を進める目的と意義を以下のとおり位置付け、我が国の宇宙開発のよって立つべき柱とする。

我が国は以下の目的の下に宇宙開発を行うものとする。

国及び国民の安全と安心の確保

宇宙空間を活用した社会基盤の整備・拡充

未知のフロンティアたる宇宙への挑戦

(中略)

「未知のフロンティアたる宇宙への挑戦」の下では、先進的な宇宙科学ミッションや魅力的かつ先駆的な宇宙探査等のミッションに挑戦し、人類全体の知的欲求に応えとともに、我が国の宇宙開発活動を支える技術へ成長する可能性を秘めた革新的・萌芽的な技術の創出を目指す。

また、これらの目的に応じた便益や成果を目指すことは、以下のような国として希求する意義に大きく寄与する。

ア) 人類の知的資産の拡大・深化

宇宙科学は、人類の知的資産形成に極めて重要な分野である。このため、宇宙科学への積極的な取組は、我が国が人類の知的資産の蓄積に積極的に寄与するという意志を国民と国際社会に明示することとなる。また、宇宙科学研究の推進や宇宙開発の成果に端を発する技術革新の促進は、我が国における知的活動を活性化することにつながるものである。

2. 宇宙開発利用の戦略的推進

(2) 宇宙科学研究の推進

宇宙科学研究は、「宇宙がどのように成立し、どのような法則によって支配されているのか」を知るための高度な知的活動であるとともに、宇宙開発に新しい芽をもたらす可能性を秘めた革新的・萌芽的な技術の源泉であり、宇宙開発利用の基盤を支えるものとして、我が国の宇宙開発利用の持続的発展のために不可欠なものである。また、我が国は、これまでに X 線天文学や太陽・地球磁気圏観測などにおいて、高い創造性・先導性を有する世界第一線級の成果を上げてきている。

このため、以下の方針により、宇宙科学研究を推進することとする。

長期的な展望に基づき、我が国の特長を活かした独創的かつ先端的な宇宙科学研究を推進する。

国内外の関係する研究者グループとの密接な連携の下、研究者の自由な発想に基づく研究計画からピア・レビューを通じて精選し、我が国の特長を活かして、科学衛星の打上げ・運用や理学的・工学的研究など独創的かつ先端的な宇宙科学研究を継続的に実施し、世界最高水準の成果の創出を目指す。

今後重点を置く研究分野は、世界において広く認められる重要な科学目標を有していること、目標及び実現手段における高い独創性と技術及び予算の観点から高い実現可能性を有していること、我が国の独自性と特徴が明確であること、並びに我が国が既に世界第一級にある分野をのばすとともに、これからを担う新しい学問分野を開拓することにも留意することの観点から、以下のとおりとし、ミッションに即した多様な規模の計画を展開する。

ア) 宇宙空間からの宇宙物理学及び天文学

地上で実施できない観測を宇宙から行うことにより、宇宙の大規模構造から惑星系に至る宇宙の構造と成り立ちを解明するとともに、暗黒物質・暗黒エネルギーを探求し、宇宙の極限状態と非熱的エネルギー宇宙を探る。

宇宙科学研究の推進について(報告)

(平成 18 年 12 月 21 日 宇宙開発委員会計画部会 宇宙科学ワーキンググループ)

第 2 章 宇宙科学研究における長期的な展望

3. 今後のプロジェクト研究の重点分野について

(2) 各重点分野のプロジェクト研究の日標

宇宙空間からの宇宙物理学及び天文学

3) 宇宙の極限状態と非熱的エネルギー宇宙を探る。

ア. 長期的な目標

X 線・ガンマ線を用いた宇宙観測により、ブラックホール等における宇宙の極限状態及び非熱的エネルギー宇宙を探る。スペース VLBI(超長基線干渉)技術を用いた宇宙電波観測により、宇宙の極限領域における現象を解明する。宇宙空間から到達する宇宙線及び重力波等の新たな観測手段を開拓する。

イ. 今後 5 年程度の目標

X 線天文衛星「すざく」によるブラックホール等の観測研究を発展させる。次期 X 線国際天文衛星及び大型 X 線望遠鏡衛星の研究開発、スペース VLBI 衛星(ASTRO-G)の開発及び運用を行うとともに、大気球や小型衛星を用いた新世代宇宙観測技術の研究を推進する。国際ガンマ線ミッ

ション等の国際協力に積極的に貢献する。また、国際宇宙ステーション「きぼう」に搭載する全天 X 線監視装置(MAXI)によりブラックホールの長期連続観測を行うとともに宇宙線分野を含む第 2 期計画を推進する。

ウ. 20 年先を視野に入れた今後 10 年程度の目標

ASTRO-G によりブラックホール等の宇宙の極限状態を解明する。次期 X 線国際天文衛星等による硬 X 線・ガンマ線の高精度撮像観測・偏光観測を実現する。

衛星の信頼性を向上するための今後の対策について

(平成 17 年 3 月 18 日 宇宙開発委員会 推進部会)

3. 調査審議の結果

(1) JAXA の衛星開発に関する基本的な考え方

) 目的を明確に区別した衛星開発の徹底

- ・ 今後の衛星開発においては、実利用の技術実証を主目的とするものと、技術開発自体や科学を目的とするものを峻別して、その衛星の開発計画を企画立案する。

) 目的に応じた衛星の開発

技術開発や科学を目的とした衛星の開発

- ・ 科学衛星については、世界初を目指す挑戦的な取組みに合った衛星の開発を行う。
- ・ 技術開発や科学を目的とした衛星の開発においても信頼性の確保に十分配慮する必要があり、これらの衛星のバスの開発についても、その目的を達成するために必要な技術開発を行う部分以外は、既存技術をできる限り活用するとともに、新規技術を採用する際には地上試験や解析等によって信頼性を確保する。

開発期間の短縮

- ・ 先ず、予備設計の前(研究の段階)に十分な資源を投入するとともに、計画の企画立案時には、プロジェクトの目標を明確にした適切な開発計画を立て、プロジェクト全体の技術的な実現可能性についての検討及び審査を徹底的に行うことが必要である。予備設計を開始する時点では、既に重要な開発要素は概ね完了し、その也の要素についてもその後の開発研究及び開発の段階で解決すべき課題とその解決方法が見通せていることが必要である。
- ・ 今後の衛星の開発期間(予備設計が開始され、開発が終了するまでの期間)を、計画段階において5年程度以内を目途としてその実現を図っていく。ただし、信頼性を一層向上する等の観点から、真に止むを得ない場合にあっては、宇宙開発委員会における計画の事前評価の段階でその必要性を十分に吟味の上、この期間を超えることもあり得る。

独立行政法人宇宙航空研究開発機構が達成すべき業務運営に関する目標(中期目標)

(平成20年4月1日 総務大臣、文部科学大臣)

- ・ 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

2. 宇宙科学研究

人類の知的資産及び我が国の宇宙開発利用に新しい芽をもたらす可能性を秘めた革新的・萌芽的な技術の形成を目的とし、宇宙空間からの宇宙物理学及び天文学、太陽系探査、宇宙環境利用並びに工学の分野において、長期的な展望に基づき、我が国

の特長を活かした独創的かつ先端的な宇宙科学研究を推進し、世界的な研究成果をあげる。

(1) 大学共同利用システムを基本とした学術研究

宇宙科学研究における世界的な拠点として、研究者の自主性の尊重、新たな重要学問分野の開拓等の学術研究の特性にかんがみつつ、大学共同利用システムを基本として、

宇宙の大規模構造から惑星系に至る宇宙の構造と成り立ちを解明するとともに、暗黒物質・暗黒エネルギーを探索し宇宙の極限状態と非熱的エネルギー宇宙を探る宇宙空間からの宇宙物理学及び天文学、

太陽系諸天体の構造、起源と進化、惑星環境の変遷、これらを通じた宇宙の共通な物理プロセス等を探るとともに、太陽系惑星における生命発生、存続の可能性及びその条件を解明する太陽系探査、

生命科学分野における生命現象の普遍的な原理の解明、物質科学及び凝縮系科学分野における重力に起因する現象の解明等を目指す宇宙環境利用、

宇宙開発利用に新しい芽をもたらす、自在な科学観測・探査活動を可能とするための工学の各分野に重点を置いて研究を実施し、人類の英知を深めるに資する世界的な研究成果を学術論文や学会発表等の場を通じて提供する。

大学共同利用機関法人における運営の在り方を参考にし、大学・研究所等の研究者の参画を広く求め、関係研究者の総意の下にプロジェクト等を進めるシステム

(2) 宇宙科学研究プロジェクト

大学共同利用システム等を通じて国内外の研究者と連携し、学問的な展望に基づいて科学衛星、国際宇宙ステーション (ISS) 搭載装置及び小や飛翔体等を研究開発・連用することにより、(1)に掲げた宇宙空間からの宇宙物理学及び天文学、太陽系探査、宇宙環境利用並びに工学の各分野に重点を置きつつ、大学共同利用システムによって選定されたプロジェクトを通じて、我が国の独自性と特徴を活かした世界一級の研究成果の創出及びこれからを担う新しい学問分野の開拓に貢献するデータを創出・提供する。その際、宇宙探査プロジェクトの機会も有効に活用する。

電波天文衛星 (ASTRO-G) プロジェクトに関する 宇宙開発委員会における過去の評価結果(抜粋)

第25号科学衛星 (ASTRO-G) プロジェクトの事前評価結果 (平成18年7月11日 宇宙開発委員会 推進部会)

(6) 総合評価

ASTRO-G プロジェクトは、知的資産の拡大に向けて、スペース VLBI により超巨大ブラックホールの周辺や活動銀河核のジェット構造等の人類が未だ見たことのない宇宙の極限領域を描き出そうという極めて挑戦的な計画である。我が国のスペース VLBI は、「はるか」の数々の優れた成果により、海外からも高く評価されており、我が国が得意とする電波天文学の分野において世界最高水準の成果を目指すことは、我が国の宇宙科学の推進のみならず、我が国としての国際貢献、国際的地位の向上の観点からも有意義である。

推進部会は、今回の事前評価において、ASTRO-G プロジェクトの目的、目標、開発方針及び実施体制等について審議を行い、現段階までの計画は、具体的かつ的確であると判断した。

以上を踏まえ、推進部会としては、ASTRO-G プロジェクトについては、平成19年度から「開発研究」に移行する事は妥当であると考え。

なお、今回の評価においては、信頼性の確保のための地上試験や解析等の具体的方策の検討、外部専門家による評価体制の検討、衛星開発企業との責任関係の明確化、リスク管理におけるミッションの実現側と要求側の連携等について 意見が提出された。ま

た、研究者の自主性を尊重した学術研究を主目的とするプロジェクトであっても、其の期待される成果を国民に分かり易く説明し、社会の理解を得ながらプロジェクトを推進することが重要であるとの指摘もあった。JAXA においては、これらの助言について今後適切な対応がなされることを望む。

本プロジェクトが「開発」に移行する段階には、宇宙開発委員会において、今回の評価結果を活かして評価を行うこととする。

電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクトの事前評価結果 (平成20年7月25日 宇宙開発委員会 推進部会)

(5) 総合評価

ASTRO-G プロジェクトは、極限物理状態にある物理法則の解明や星形成メカニズムの解明に向けて、スペース VLBI により、超巨大ブラックホールに肉迫した領域や、活動銀河核のジェットを超根元等、人類が未だ見たことのない宇宙の極限領域を描き出そうという、極めて挑戦的な計画である。我が国のスペース VLBI は、「はるか」の数々の優れた成果により、海外からも高く評価されており、我が国が得意とする電波天文学の分野において世界最高水準の成果を目指すことは、我が国の宇宙科学の推進のみならず、国際貢献、国際的地位の向上の観点からも有意義である。

推進部会は、今回の事前評価において、ASTRO-G プロジェクトの目的、目標、開発方針、システム選定及び設計要求、開発計画、リスク管理について審議を行い、現段階までの計画は、具体的かつ的確であると判断した。

以上を踏まえ、推進部会としては、ASTRO-G プロジェクトについては、「開発」に移行することは妥当であると評価する。

電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクトの評価に係る 推進部会の開催状況

【第3回推進部会】

1. 日時: 平成23年9月6日(火曜日)13:00~15:00
2. 場所: 文部科学省 3階 1 特別会議室
3. 議題: (1)ASTRO-G プロジェクトの評価について
(2)その他

【第4回推進部会】

1. 日時: 平成23年11月17日(木曜日)10:00~12:00
2. 場所: 文部科学省 16階 特別会議室
3. 議題: (1)ASTRO-G プロジェクトの評価について
(2)その他

電波天文衛星 (ASTRO-G) プロジェクトの 評価票の集計及び意見

1. 状況変化への対応策

大型展開アンテナに技術課題が発生する等、「開発」移行後に発生した状況変化を受けて、JAXA はプロジェクトの目的・目標・開発方針等に則して開発計画の見直し検討を行った結果、縮退した目標に向けて当初計画を大幅に超過する資金と日程を費やすことは適切でないと考え、ASTRO-G プロジェクトの中止を提案するという対応策をとりまとめました。この JAXA の対応策について、検討のプロセスを含めて、妥当と認められるかを評価して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
1. 状況変化への対応策	11	4	0

評価根拠のコメント

【妥当】

- 中止するという判断は妥当であるが、中止までの議論が限られた中で行われた感じがある。もう少し、宇宙開発委員会などにも経過の報告があってもよかったのでは。
- 大型展開アンテナの性能が初期の目標を達成しないことから、ASTRO-G 衛星の重要なミッションが達成されないとの評価に至った。このような状況下でのプロジェクト推進は困難であり、プロジェクト中止との判断は「妥当」であると思われる。
- 開発研究のフェーズにおいて開発が困難であることの見極めができていなかったのは残念ですが、開発フェーズの極めて初期の段階にて、技術的リスクの深刻さが認識されて、被害を小さくするという観点からプロジェクト中止が打ち出されたことは救いですし、その姿勢については評価できます。
- 「開発」開始後に至って大型展開アンテナが目標とした性能を

評価結果

	妥当	概ね妥当	疑問がある
1. 状況変化への対応策	11	4	0
2. 成否の原因に対する 分析と今後への反映 事項	3	12	0
3. プロジェクトの成果	0	11	4
4. その他	-	-	-

充たし得ず、目標とした観測を実現し得ないことが明らかになったことは、プロジェクトの立案遂行管理の点できわめて望ましくないことではあるが、開発計画の見直し検討の結果、縮退した目標に向けて当初計画を大幅に超過する資金と日程を費やすことは適切でないとし、ASTRO-G プロジェクトの中止を提案したことは、妥当である。

- 5 顕在化した技術課題に係る検証結果は妥当なものであり、その結果、ミッション提案時の科学的意義が本プロジェクトで得られない限り、プロジェクトを一旦中止し、ミッション定義に戻った見直しをすべきである。
- 6 今回、諸問題が発生し、中止という判断は正しいと評価だといえる。大型展開アンテナの技術開発の限界が、なぜ、「開発」移行で発覚することになったのか。顕在化した技術課題が検証されているが、関わる人たちの技術に対する思い込みや推進の甘さがあったといえる。
- 7 開発移行の評価時に、技術のあいまいさ、主要メンバーの定年問題、資金計画等々の諸問題点を明らかに提示すべきであった。チャレンジングな性質のプロジェクトとは言え、全体的なプロジェクトマネジメントの機能の発現が見られず、非常に残念である。このような状況では、プロジェクト途中段階における中止という判断は妥当である。もう少し早い時期で中止と判断すべきであった。
- 8 基本的な目途の達成が不可能であることが明らかとなった以上、中止判断が妥当である。
- 9 中止の判断をこの段階で出したことは妥当と思われる。

【概ね妥当】

- 10 アンテナ鏡面精度の技術問題及び予算問題が顕在化した時

点で速やかにプロジェクト活動を休止している。その後、再設計確認会や検証活動を行うと共に、宇宙理学委員会・宇宙科学運営協議会による評価を受けており、更に教訓委員会を設置しその審議を経て、最終的に理事会議の了承を得ている。従って JAXA のプロセスは概ね妥当と考える。

- 11 開発移行前にフィジビリティ試験に使用出来る金額に制約が在るとはいえ、元々フィジビリティ試験結果の評価が甘く、多くの Unknown を残したまま開発に移行したのが基本的な問題であるが、開発開始の初期段階でアンテナ表面精度の実現性が問題となり、当面その問題に集中して確認試験を実施、他の作業は止めることによって無駄を最小減に抑えることが出来たことは一応評価出来る。またこの種の問題は従来ともするとずるずると結論を先送りする傾向もあったが、早い時期に関係者一同が学術的な評価によって開発中止を提案したことは妥当であった。
- 12 Lunar-A プロジェクトの中止等の教訓を踏まえ、迅速に開発計画の見直し検討を行った。しかし、プロジェクト経費は名目的には 20 億円の支出にとどまっているが、実質的にはその倍を超える費用を支出している。今後リスクのあるプロジェクトの推進に当たっては、遅延の恐れはあっても解決すべき技術的課題のみに支出はとどめる等の方策をとるべきであった。

【プロジェクトの中止を提案するというJAXAの対応が妥当、もしくは概ね妥当の場合】

2. 成否の要因に対する分析と今後への反映事項

ASTRO-G プロジェクトの継続が困難となった要因の分析が行われ、それらが JAXA の将来のプロジェクトへの教訓として有効なものとなっているかについて評価してください。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
2. 成否の要因に対する分析 と今後への反映事項	5	0	0

評価根拠のコメント

【妥当】

- 1 難度の高い挑戦的な技術へのリスク管理の観点からの対応、先行的開発の強化、資金計画の工夫、理学工学連携のさらなる強化、宇宙科学ミッションの今後への反映、等の内容は妥当と見なされる。ASTRO-G 計画教訓委員会の提言は適切に反映されている。
- 2 このプロジェクトの失敗は、開発の実施以前に解決すべき諸問題点を抱えたまま、いわば楽観的な状況で開発に移行したこと、理学と工学の両分野のチーム力の問題、加えて、全体を統括するプロジェクトマネジメント力の不足にあったと思われる。これらの分析結果が今後のプロジェクトに活用されることを期待する。
- 3 今回のプロジェクトは、「研究段階における先行的開発の中では見通しは立っていたが、開発移行での実体モデルで検証すると予定通りに推進できなかった」というケースだ。限られた予算の

問題もあるのだろうが、リスク軽減のためには、こうした実体モデルを使っての技術検証を「開発」段階に移行する前段階に必ず組み込むルール作りが必要である。また、技術そのもののチェックやプロジェクト実行中は、担当者が退官になっても継続し同等に関われるような強化体制作りなど、改めて検討する良い機会になったといえる。

【概ね妥当】

- 4 やはり、開発に移行する前に、中止すべきであった。その反省が足りない感じがする。研究段階の予算を増やすことも重要であるが、それ以前に、競争環境で無理してもプロジェクトを前に出しておかないとダメになってしまうという焦りの構造があったのではないか。
- 5 大型展開アンテナの技術課題の検証、それに伴うミッション提案時の科学的意義の損失、中止せず継続することによるスケジュール・資金への影響評価などによる一旦中止に至る判断、今回の中止から教訓を得る試みとしての教訓委員会の設置はいずれも概ね妥当なものである。
- 6 技術的難度への認識や資金計画の甘さ、人員・体制面の問題点やプロジェクト管理の不十分さ等を客観的に分析し、今後への反映の方向性が示されており概ね妥当である。また JAXA 資料「推進 3-1-3」では JAXA/宇宙科学研究所の仕組みや体制改善に関する提案に具体性が欠けていたが、その後の質問票に対する JAXA 回答で、より具体的な対応策が示されたと考える。
- 7 有効なものとなるよう期待したい。
- 8 ASTRO-G が不成立に終わったのはフィジビリティスタディの段階で方法論に問題があったこと(他のプログラムの成果に乗っかって O からの積みあげを行なわなかったこと)、希望的観測に基

づいて必要費用をアンダーに見積もったこと等であり、更にアンテナの鏡面精度が実現出来るか否かがミッションの成否を決める全てでありまた代換え手段は無い等、極めてシビアな条件での開発に対して、どのような対応をすべきか等の分析が行われて今後の開発体制に反映されている。ただし計画は立ててもそれが本当に実行出来るかが問題であり、今後その点に関する具体的な評価を定期的実施することを期待したい。

9 ASTRO-G 計画教訓委員会ももうけられ、将来の計画に反映する具体的提案もなされていてはいる。さらにいっそう理学委員会、工学委員会レベルで議論を深めて、ミッション選定の問題としてだけではなく、ハイリターンが期待されるがハイリスクプロジェクトに、厳しい評価に基づいて開発研究費を出すことが可能な制度の構築も考えていただきたい。

10 計画当初より 43 GHz 帯大型展開アンテナについてはその成否を疑問視する声もあり、挑戦的テーマであったと言える。

鏡面精度要求値の 0.4 mm rms が 1.0 mm に低下した理由についてはその原因を示しているが、43 GHz は ETS- で使用する周波数の約 20 倍であり、同じリブ・メッシュ構造で実現するには多くの困難な技術課題を解決しなければならなかった点は事前に充分予測できたと思われる。

成否の要因分析は出来ているとして、では何故それらを予見できなかったのか、さらに原因究明し今後の活動に活かして欲しい。

11 ミッション中止の要因分析に関しては、技術的問題に関しては、チャレンジが重要な要素である科学ミッションにおいては、ある程度やむを得ないとみることはできる。100% 確実ということだけをやることは科学ミッションにおいては科学における最先端を切り開くことにならないので、このことのみでプロジェクト中止せざる

を得なかったことを問題とすることは避けるべきである。しかし、技術的困難の評価及びミッションを成功させるための継続的な体制作りの点においては、開発段階移行以前に、もっと緻密な検討がなされるべきであったろう。

失敗から学んだことは将来に生かされることが重要である。提案された今後への改善案は真剣に検討されたことが推定されるもので、詳細かつ具体的である。これを確実に実現することを期待したい。

12 追加検討の結果が反映され、相当に充実した分析と対応案になっていると考えます。問題はこれらの教訓が実行されていくかどうかです。そのためにも、研究フェーズとは違い、開発フェーズに入ると技術的に挑戦的なプロジェクトでも失敗は許されないという意識・認識を強めること、および今回提示された対策のフォローをしっかりと着実にやっていくことをお願いしたい。

13 分析は進んでいると見受けられ、教訓にもなっていくだろう。現時点では完全に妥当かどうかを判断するのは困難であることから上記評価とする。

3. プロジェクトの成果

現時点までに ASTRO-G プロジェクトの目標がどの程度達成されたか、プロジェクトの成果が将来の電波天文学又は我が国の宇宙開発利用にどの程度効果を持つものと期待されるかについて評価して下さい。

さらに、プロジェクトで得られた成果の波及効果についても、現時点で注目しておくべきものがあれば、併せて評価して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
3. プロジェクトの成果	0	11	4

評価根拠のコメント

【概ね妥当】

- 1 何らかの成果があったことは認めるが、あまり、それを強調するのはみっともない。
- 2 今回の経験は、「開発」に移行してから評価しようとした点に担当者が見積りの甘さがあった、モジュール単体の性能を過大評価し、これが多モジュール化により増大した、多モジュールにする際のモジュール間結合には予想以上に多くの技術的な課題があったにも係らずこれを軽視した、等々様々な問題がありプロジェクトの中止に至ったものと考えられる。これらの反省点を含め貴重な経験を積むことができた。
プロジェクトの中止は止むを得ないが、これらの経験は関係者の資産として残し、プロジェクト推進体制の強化、人材の育成し資するべきものであると考える。
- 3 ASTRO-G プロジェクトの目標がどの程度達成されたか、という観点からの評価は、同プロジェクトがほとんど基本設計段階で中

断したため、意味をなさないが、研究試作段階での新規技術の開発には、成果が認められる。スペース VLBI 衛星実現のための基本技術となるものを主としてはいるが、衛星技術として有用とみなされるものが含まれる。大型展開アンテナに関しては、困難に遭遇したが、そこで得られた技術の資料は、不首尾であった点の分析も含めて、適切に継承されていくことが肝要である。

- 4 開発成果とその効果はいずれもある程度は評価できる。本プロジェクトは、日本がスペース VLBI で占める先端的な位置を、今後も継続して占める目標が一般社会からも評価されていたと思われる。今回の中止に伴い、今後、日本の科学研究が、今回の中止に伴い、どの様に、この分野での日本の位置を維持しようとする将来ミッションを考えられるのか、中止に伴って変更される長期的な展望も知りたい。
- 5 研究・試作レベルではあるが、大型展開アンテナ技術や高速・高精度姿勢制御技術、精密軌道決定技術等の成果が得られており、今後の電波天文衛星への活用はもとより、他衛星への応用にも期待される。
- 6 大型アンテナの展開、衛星の位置決定など、技術的な点でそれなりの成果を得ることができた。
- 7 開発フェーズに入ってからプロジェクト目標が達成できなかったわけですから妥当あるいは概ね妥当と評価するのは難しいです。「止むを得ない」という意味で概ね妥当としました。
- 8 基本設計段階で中止とならざるを得ない状況ではあるが、新規要素を含む目途が得られている技術は、今後役に立つ基盤技術として継続の努力が見られる。
- 9 世界初となった電波天文衛星「はるか」では、宇宙の9割の136億光年を覗く事ができたといわれ、電波天文学にとっても大きな実績を残した。この「はるか」での経験を受け継ぐ技術と研究者

の育成は、今回のプロジェクトが中止となっても教訓となり、今後の宇宙開発には繋がっていく。地上の電波望遠鏡は地球の自転を調整しながら推進されていることを考えると、電波天体衛星があることで研究の広がりが持てることは確かであり、推進していくべきである。

【疑問がある】

- 10 プロジェクトの成果を失敗の経験、とすれば妥当であると思うが、やはり失敗であるので、通常の評価でプラス点にはならない。成果としては妥当、おおむね妥当は厳しいのではないかと思われる。
- 11 新規機器の開発、関連研究の進捗等の副次的成果は上がっているが、プロジェクトとしては失敗は失敗であり、当初掲げた成果は得られなかったと評価せざるを得ない。電波天文学は Black Hole の観測、星の生成過程の解明等、宇宙に関する大きな謎を解明する有力な手段であり、この分野でわが国がイニシアティブを維持することはわが国の科学技術発展のために極めて有効である。ASTRO-G の開発失敗は関係者に大きなインパクトを与えたことは容易に想像出来るが、それに負けることなく継続したチャレンジが重要である。ASTRO-G に代わる新たな計画は未だ具体化していないようであり、関係者一同の奮起を期待したい。
- 12 大型展開アンテナ、高速・高精度姿勢変更を実現する姿勢制御技術など技術的側面において、将来他のミッションにおいて有効利用できる成果はあるものの、中止により本来の理学的目的はまったく達成されなかった。

成否の原因に対する分析

プロジェクトの過程で明らかになった成功要因や課題に関し、要因分析が適切に実施されているか評価してください。

	優れている	妥当	概ね妥当	疑問がある
2. 成否の原因に対する分析	-	7	5	0

評価根拠のコメント

【妥当】

4. その他

今回の評価を通じ、上記以外に助言やコメントがありましたら記入して下さい。

JAXA や宇宙開発委員会に対する助言やコメント

- 1 JAXA 全体としての衛星計画を少し見直したほうがよいのでは

ないか？ 特に、「なんでも安くあげればいい」という風潮には、警告を発したほうがいいのではないか。限られた予算枠で、スケジュール的にミッションを入れてゆくと、どうしても、試験などを値切るか、業者を泣かせるかしかなくなるのではないか？

2 「プロジェクト提案と採択のスキーム(資料 3-1-3、pp56)」の下端にある「宇宙理学委員会」「宇宙工学委員会」などは、より多くの科学者、技術者が自由に意見交換できる場にする必要があるのではないか。いわゆる「コミュニティ(限られたメンバー)」に閉じたものでない、開かれた議論の場とすることで、多くの問題が解決できたものと思われる。

外部意見を受け入れることには抵抗があるかも知れないが、それらを受け入れることでより良いプロジェクトになるのであれば是非実行して頂きたい。

3 技術的に挑戦的なプロジェクトの場合には今回と同じように、開発研究フェーズで開発実現の技術的確信が十分に得られないまま、開発フェーズに移行してしまうケースが発生し得ると考えられます。かといって、挑戦的な技術取り組みを抑え込むようなことは絶対に避けねばなりません。そこで、こうした場合には開発研究を期間的/資金的に延長して、技術的確信を得るに必要な「開発」フェーズにて行う技術作業の一部(EM 試験など)を先行して行うことを可能にする仕組みがあると望ましいと思います。

4 今回の中止に至る経緯は日本の今後の挑戦的な宇宙での科学探査計画を進める上で、今後もますます避けられない状況となることが予想できる。今後の科学探査計画に有効な教訓を残すべく、さらなる取り組みを期待したい。

5 LUNAR-A の教訓が十分に活かされず、このような結果になったことは非常に遺憾である。開発移行前のリスク精査と対応策の検討が不十分だったことが一つの大きな要因であり、今回の教

訓を十分に活かし再発防止に向けてプロジェクトマネジメントやリスクマネジメントの改善・強化を確実に遂行して欲しい。

6 このプロジェクトに費やした資金を考えると、今後の宇宙開発に禍根を残さないように、成果の活用には格段の配慮をすべきである。

7 技術的な要因より、組織・体制に関する要因で失敗したように思われる。二度と同じような失敗を繰り返すことがないことを願う。

8 もっと早い時期に中止が提案できたはずである。本提案に至るプロセスが複雑過ぎる。

9 はやぶさプロジェクトも、きわめて高い技術的困難が当初から想定される中で、結果としてあれだけの偉業をなしとげることができた。このことを考えるなら、科学ミッションおよび工学ミッションは、技術的困難な課題を設定することは当然であり、ASTRO-G においても、アンテナ精度に大きなチャレンジを想定したことを否定することはあってはならない。しかしながら、研究開発から開発への移行段階で、もう少し明確な予想を持ちうる状態にしておくべきであったと言える。それができなかった理由として、研究開発段階と開発段階における予算執行の規模の問題がありえるかもしれない。もしそうであるならば、今後においては、より効率的な予算の仕組みを模索すべきであろう。また、それは JAXA 内部の自己努力によってもある程度解決できるものと期待したい。

10 開発プロジェクトへの移行過程をもう少し精査すべきだったと思われる。

11 プロジェクト立上げに際しては宇宙理学委員会、工学委員会等で密度の高い議論を行なっているようであるが、参加者は所謂先生方、学者である。もの作りは主にメーカーの仕事であり、メーカーの技術者はそれぞれもの作りに対する知見を持っている。クリテ

イカルなハードウェアの開発を要するプロジェクトの場合は、フィジビリティ評価の段階でメーカーのエキスパートの参加も考える等、評価メンバーの幅を広げて良いのではないか？

- 12 今回の ASTRO-G 計画の中止を教訓として反映の方向も示されておりリスクの高いプロジェクトについて具体的なミッション選定の方法などが策定されるものと期待される。当然のことながら科学ミッションについては他の衛星プロジェクトとは異なり、ハイリスク・ハイリターンの計画が除外されてはならない。限られた予算内で実施するならば打ち上げる衛星の数が減少する可能性はあるが、リスクの評価に基づき科学的評価の高いものについては開発研究に大きな予算をつけることが可能になる制度を導入することを要望したい。
- 13 JAXA/ISAS の真摯な対応は立派である。評価は厳しくとも宇宙開発利用を応援する国民は多いはずである。これからのさらなる発展を期待している。