

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
の評価結果

平成23年11月30日

宇宙開発委員会 推進部会

－ 目 次 －

1. 評価の経緯	1
2. 評価方法	1
3. ASTRO-Gプロジェクトの概要	2
4. ASTRO-Gプロジェクトの評価結果	2
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	7
参考2 電波天文衛星（ASTRO-G）プロジェクトの評価実施要領	11
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	20
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、中間評価を行った。
- (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、事後評価を行った。

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35,000km相当の電波干渉計を構成することで、43GHz帯（波長約7mm）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次元的气体運動を捉え、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) 中間評価

中間評価として、プロジェクトの状況変化に対するJAXAの対応について評価した。

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月にJAXAで実施された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検討項目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1.0mm 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0.4mm 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の対応は、LUNAR-Aプロジェクトの教訓を踏まえてJAXAが整備したプロジェクトマネジメントの仕組みに従って行われたと認められる。また、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る良いと言える。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。

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) 事後評価

ASTRO-Gプロジェクトの中止は妥当と評価したため、プロジェクトの本来の目標は達成できなかったこと踏まえて事後評価を行った。

プロジェクト活動を通して獲得した技術については、JAXAは資料化を進めている。それらは、他の衛星への応用が期待できるものや、今後の基盤技術として役に立ち得るものであると言える。また、プロジェクト活動を通して製作したハードウェアについては、JAXAは他の研究やプロジェクトにおいて有効活用を図るよう検討を進めているところであり、最大限に活用するよう取り組むことを期待する。

ASTRO-Gプロジェクトを中止するに至った要因の分析と今後への改善策については、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43GHz帯は、技術試験衛星Ⅷ型「きく8号」(ETS-Ⅷ)で使用する周波数の約20倍であり、ETS-Ⅷ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ー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っている。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っている。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、ASTRO-Gプロジェクトについては、本来の目標を達成できなかったが、その要因について分析がなされ、将来に活かす工夫・改善・強化策も検討されている。これらのことから、事後評価としては概ね妥当と評価する。

判定：概ね妥当

(3) その他

挑戦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、挑戦的な技術取り組みが必要であることは理解できる。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。これについては、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との意見が述べられた。また、ミッションに責任をもつ研究者がもっと勉強して実現に努力すべきとの意見や、理学と工学が対話し連携を強固にすることがポイントとの意見も述べられた。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、推進部会としても、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。また、そのような技術課題の開発状況を、「開発」移行後も適時的確に把握していくことの必要性等について助言することが重要と考える。

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

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 治郎 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 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

●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

電波天文衛星（ASTRO-G）プロジェクトの評価実施要領

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 評価に当たっての関連文書（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。

① 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。

② 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」を打ち上げ、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、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。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」等の微小重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ッション（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

③地球・人類の持続的発展と国の矜持への貢献

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るとともに、国際社会における我が国の品格と地位を高めることにも大きく貢献する。

（2）目標

③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。宇宙空間を探査し、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旨すとともに、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、独自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

③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。

- ① 国及び国民の安全と安心の確保
- ② 宇宙空間を活用した社会基盤の整備・拡充
- ③ 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るとともに、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目標

①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

i) 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。

ii) 目的に応じた衛星の開発

②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。

iii) 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、その他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、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）

II. 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し、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）搭載装置及び小型飛翔体等を研究開発・運用することにより、（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の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」に移行することは妥当であると考えている。

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、その期待される成果を国民にわかりやすく説明し、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