

**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)  
プロジェクトの事前評価結果  
(案)**

平成 20 年 7 月 25 日  
宇宙開発委員会 推進部会

目次

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 プロジェクトの事前評価結果
- 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)プロジェクトの事前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)プロジェクトの事前評価について  
付録 3 電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクトの事前評価質問に対する回答  
付録 4 電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクトの事前評価質問に対する回答(その 2)

1. 評価の経緯

宇宙開発を効率的かつ効果的に推進するため、宇宙開発委員会においては、「宇宙開発に関する重要な研究開発の評価について」(参考 1)に基づき、重要な研究開発の評価を行い、その結果を公開するとともに、宇宙開発委員会として独立行政法人宇宙航空研究開発機構(以下「JAXA」という。)が実施するプロジェクトの実施内容や実施体制等に係る助言を与えることとしている。

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、宇宙開発委員会の平成 18 年の事前評価を踏まえ、「開発研究」に移行しているが、JAXA において今般「開発」への移行の準備が整ったため、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」(平成 19 年 4 月 23 日 宇宙開発委員会推進部会)に基づき、宇宙開発委員会として事前評価を行った。推進部会の構成員は、参考 1 の別紙のとおりである。

2. 評価方法

評価は、ASTRO-G プロジェクトを対象とし、推進部会が定めた評価実施要領(参考 2)に即して実施された。

今回の評価は、「開発」への移行のための評価であり、以下の項目について評価を行った。

- (1) プロジェクトの目的(プロジェクトの意義の確認)・目標・開発方針
- (2) システム選定及び基本設計要求
- (3) 開発計画
- (4) リスク管理

平成 18 年度に実施した「開発研究」移行時の事前評価において評価・確認した項目は、その結果を踏まえて評価した。

評価の進め方は、まず、JAXA から ASTRO-G プロジェクトについて説明を受け、各構成員に評価票(参考2の別紙1)により、評価項目ごとに意見、判定を求めた。各評価項目に対する判定は3段階表示として集計した。

本報告は、各構成員の意見、判定を集約して、事前評価結果としてとりまとめたものである。

なお、本報告の末尾に構成員から提出された全意見及び JAXA の説明資料を付録として添付した。

### 3. ASTRO - G プロジェクトを取り巻く状況

遠い銀河や星々を観測することは、宇宙誕生の謎を探り、星がどのようにして生まれ、惑星がどのようにして誕生しているかを知ることにつながる。さらに、ブラックホールや超高エネルギー宇宙線など、宇宙における極限環境の謎を探ることも、宇宙でどのような現象が起きているか知る上で重要である。

こういった宇宙の謎を天文観測で知るためには、電波、赤外線、可視光線、X線、ガンマ線等様々な波長での観測が必要である。このうち、電波領域は、電磁波のうち最も波長が長く、低エネルギー現象の観測に有効であるが、高エネルギー現象の観測も可能であり、様々な天体現象を観測することができる。

この電波領域では、複数のアンテナを組み合わせることで1つの大きな仮想的アンテナを作る、電波干渉計という観測方法が実用されている。この仮想的アンテナを構成するアンテナの距離が長くなるほど、空間分解能が高くなる。従って、アンテナを衛星に搭載し、地球上の電波望遠鏡群と干渉計を構成することにより、より高い空間分解能を達成することが可能となる。この技術はスペース VLBI (Very Long Baseline Interferometry, 超長基線干渉計)と呼ばれ、日本は平成9年2月に第16号科学衛星「はるか」を打上げ、平成

17年11月に運用を終了するまでの間、このスペース VLBI 観測を約750観測行い、世界中の天文学者にデータを供給して数多くの成果を上げた。現時点でも世界で唯一日本だけが実現している技術であり、この技術の継承と、更なる発展としてのASTRO-Gプロジェクトが世界中の天文学者から強く求められている。

### 4. ASTRO-G プロジェクトの事前評価結果

#### (1) プロジェクトの目的(プロジェクトの意義の確認)・目標・開発方針

ASTRO-G プロジェクトは、ブラックホール重力場の検証、超高エネルギープラズマ現象の探求、星形成領域ガス運動の3次元的把握等を目的としており、天文学の最先端を切り開くと共に、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という科学的意義に資するものである。また、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と共に、天文学をリードできる研究者を育成することができ、国際的にも極めて有用且つ有効なプロジェクトである。さらに、「はるか」で得られた成果も使いながら国立天文台、各大学、研究機関を通じ広報、教育を実施することで、ブラックホール等への国民の関心にこたえる等、研究成果を社会へ還元することで社会的意義に資するものである。

以上により、ASTRO-G プロジェクトは「開発研究」開始時から変わらず、我が国にとって有意義なプロジェクトであり、その目的は、「我が国における宇宙開発利用の基本戦略」及び「宇宙開発に間する長期的な計画」における宇宙科学の目的を的確に具体化したものと評価できる。

ASTRO-G プロジェクトの目標として、ブラックホール周辺の直接撮像、ジェット「超根元」の磁場の両個波観測、電子のエネ

ルギー分布の観測、メーザ放射の観測等、世界最先端、最高の目標が明確に定められており、成功基準も具体的に示され、その成果が期待される。ただし、ミニマムサクセスについては「8 GHz、22 GHz、43 GHz のいずれかで「はるか」を上回る空間分解での観測を 100 観測以上」としているが、一部の委員からより高いクライテリアにするべきという指摘があった。このミニマムサクセスでは工学的な記述となっているが、理学的には「はるか」を上回る成果が期待されるものであり、JAXA においても指摘を鑑み、たとえミニマムサクセスをぎりぎりクリアする事態となっても、十分な理学的成果を得られるよう十全の計画を立てることを期待する。

ASTRO-G プロジェクトの開発方針として、その目標が従来にない高感度かつ高解像度の観測であることに照らし、それに必要な新規技術については、「開発研究」移行時の事前評価の助言を踏まえ、地上試験や解析等により信頼性を確保することを方針としている。また、「はるか」や他の衛星プロジェクトで得られた既存技術をできるだけ活用し、信頼性を確保するとともに開発費の低コスト化を図る方針であり、適切なバランスで設定されている。

これらを踏まえ、ASTRO-G プロジェクトの開発方針は、「衛星の信頼性を確保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）で示された考え方も考慮しており、目標の達成に向けて的確に設定されている。

#### 判定: 妥当

- (2) システム選定及び基本設計要求  
ASTRO-G プロジェクトでは、これまでの「はるか」での工学的

技術実証結果、「きく 8 号」アンテナ展開技術等、我が国の経験や、ハードウェア及びソフトウェアを極力活用することとし、既存品をそのまま採用する場合、或いは小改修を行う場合も、早い時期にフライト品やプロトフライト品を製作して開発試験に使用する計画となっており、潜在する問題点を事前に洗い出し、リスクを低減する方策として妥当である。一方で、新規技術は、高感度かつ高解像度の観測に必要な高精度アンテナ鏡面技術、広帯域データ伝送、各周波数帯での両個波観測、位相補償観測等に絞り込みがなされており、いずれも「はるか」の成果を基本としてさらに高性能化のための開発を行うこととし、既存技術の活用と新規開発技術が適切に設定されている。また、比較検討に基づいて海外品の調達が行われる一方で、FOG (Fiber Optic Gyroscope、光ファイバージャイロ) のように、将来に有用な国産技術開発も一部で行う計画となっており、新規技術自主開発の必要判断も十分に評価できるものである。新しい技術についてのフロントローディングも、適切に実施されており、技術的な成立性の見通しも得られ、妥当なものである。

ただし、観測系を含めた衛星システム全体に関して、可能な限り、実環境を模擬し、ミッション期間を考慮し、end-to-end の地上試験を行うことが、信頼性を高めるための最上の手段なので、プロジェクトの共通認識とし、今後の「開発」段階における地上試験に反映していくことが望まれる。

#### 判定: 妥当

- (3) 開発計画(資金計画、スケジュール、実施体制等)  
このプロジェクトは「はるか」終了後のスペース VLBI を継承・発展するものであり、科学コミュニティの縮小が危惧される中、一刻

も早い再開が望まれている。また、数多くの海外機関との協力の上に成り立つものであり、それら機関の信頼を失わないためにも、スケジュール遅延が起こらないよう、JAXAとして配慮していくことが肝要である。

開発体制に関しては、JAXAはミッション達成の責任を負い、ミッション機器、衛星バス等のまとまった単位で要求仕様を設定し、衛星開発企業は、仕様に基づき衛星バス及びミッション機器の設計と製造および試験などで検証する責任を負うこととなっており、科学研究ミッションを目的とした衛星として妥当な開発体制である。また、開発過程で外部の専門家も参加して審査会を実施する等、「開発研究」移行時の助言にも対応しており、妥当なものと評価できる。更に、スペースVLBIは国内外の広範囲の研究機関・研究者との密接な協力があってはじめて成り立つものであり、既に、国内外含めて広汎な協力関係が形成され、活動が開始されていることは評価できるので、それらが確実なものとなっていくことを期待したい。

#### 判定:概ね妥当

#### (4) リスク管理

衛星開発を確実に実行するためのリスク管理方針や、プロジェクト開始から終了まで、継続的にフィードバックを図るリスク管理の実行計画は的確であり、現時点で取り上げた、技術リスク、マネジメントリスクについてもよく検討されており、根本的なリスクは少なくなっていると評価できる。ただし、技術的に高度な面を多々含む高精度9m展開アンテナに関するリスクや、国内外機関のスペースVLBI観測支援体制に関するリスク等については、継続的なリスク管理の対象として、特に重点を置くべきものであ

る。また、今後も新たなリスクが認識される場合もあり得るので、プロジェクトマネージャとプロジェクトサイエンティストの十分な連携が不可欠である。引き続き連携を継続し、プロジェクト全体を俯瞰したリスク管理を望みたい。

#### 判定:概ね妥当

#### (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。

(参考1)

## 宇宙開発に関する重要な研究開発の評価について

平成20年4月2日  
宇宙開発委員会

1. 目的  
宇宙開発を効率的かつ効果的に推進するため、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」(以下「評価指針」という。)等に基づき、重要な研究開発の評価を行い、その結果を公開するとともに、宇宙開発委員会として独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)が実施するプロジェクトの実施内容や実施体制等に係る助言を与えることを目的とする。  
このため、重要な研究開発について、推進部会において平成20年度の評価を行う。
2. 評価方法  
評価指針の評価対象要件に合致する重要な研究開発について、その目標や効果、実施体制等について評価する。
3. 評価の対象  
評価は、次の段階のプロジェクトを対象に実施する。
  - (1) 事前評価(企画立案フェーズにおけるフェーズアップのための評価)
  - (2) 中間評価(実施フェーズにおける評価)
  - (3) 事後評価(実施フェーズ終了時での評価)また、各プロジェクトのうち、重要な状況変化等があるものについて、必要に応じ、進捗状況確認を行う。
4. 日程  
評価については、対象とするプロジェクトの状況に応じて、適宜実施する。
5. 推進部会の構成員  
別紙のとおり。
6. 会議の公開  
「宇宙開発委員会の運営等について」(平成13年1月10日 宇宙開発委員会決定)に従い、推進部会は、原則として公開とし、特段の事情がある場合には、非公開とすることができるものとする。

## 宇宙開発委員会推進部会構成員

(別紙)

(委員)			廣澤春任	宇宙科学研究所名誉教授
部会長	青江 茂	宇宙開発委員会委員	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
部会長代理	池上 徹彦	宇宙開発委員会委員	水野秀樹	東海大学開発工学部教授
	野本 陽代	宇宙開発委員会委員(非常勤)	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
	森尾 稔	宇宙開発委員会委員(非常勤)	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
(特別委員)				
栗原 昇	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			
黒川 清	国立大学法人政策研究大学院大学教授			
小林 修	東海大学工学部教授			
佐藤勝彦	国立大学法人東京大学大学院理学系研究科教授			
澤岡 昭	大同工業大学学長			
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			

## 電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクトの事前評価実施要領(案)

平成20年6月20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電波天文衛星である。

ASTRO-G プロジェクトについては、宇宙開発委員会の事前評価を踏まえ、平成19年度から「開発研究」に移行しているが、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)においては、今般「開発」への移行の準備が整ったため、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」(平成19年4月23日 宇宙開発委員会推進部会)に基づき、宇宙開発委員会として事前評価を行う。

### 2. 評価の目的

JAXA が実施する ASTRO-G プロジェクトを効果的かつ効率的に推進するため、「開発」への移行の妥当性を判断し、助言することを目的とする。

<sup>1</sup> 此の部分は「推進6-1-1 評価実施要領」(参考3の前まで)に対比させ、見え消しで示した。

### 3. 評価の対象

ASTRO-G プロジェクトを評価の対象とする。

### 4. 評価項目

- (1) プロジェクトの目的(プロジェクトの意義の確認)・目標・開発方針
- (2) システム選定及び基本設計要求
- (3) 開発計画
- (4) リスク管理

評価票は別紙1のとおりとし、構成員は、JAXA からの説明を踏まえ、評価票へ記入を行う。なお、平成18年度に実施した「開発研究」移行時の事前評価において評価・確認した項目は、その結果を踏まえて評価する。

### 5. 事前評価の進め方

時期	部会	内容
6月20日	第6回	ASTRO-G プロジェクトについて
7月4日	第7回	ASTRO-G プロジェクトについて
7月25日	第8回	事前評価結果について

なお、第6回推進部会におけるJAXA からの説明に対し、別途質問票による質疑を受けるものとし、第7回推進部会において、回答・審議を行う。評価票への記入はその質疑応答を踏まえて実施することとする。

### 6. 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は、別紙2のとおりである。

(別紙1)

## 電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクト 評価票

構成員名: \_\_\_\_\_

1. プロジェクトの目的(プロジェクトの意義の確認)・目標・開発方針  
平成 18 年度に実施した「開発研究」への移行時に、プロジェクトの目的・目標については「妥当」、開発方針については、「概ね妥当」と評価されました。

今回の評価に当たっては、「開発研究」移行時からの設計進捗を踏まえ、「開発研究」移行時に評価した「目的」「目標」「開発方針」が「開発」移行時としても適切であるかを評価して下さい。また、「開発研究」移行時に提示された助言に対する的確に対応しているかも考慮して下さい。

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。)

2. システム選定及び基本設計要求

システム(衛星を実現する技術的な方式)の選定及び基本設計要求(基本設計を固めるに当たっての骨格的な諸条件)が設定された目標に照らし的確であるかを評価して下さい。評価に当たっては、特に次の点に着目して下さい。評価に当たっては、特に次の点に着目して下さい。

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。)

- i) 関係する技術の成熟度の分析が行われ、その結果が踏まえられているか  
ii) コストも含めて複数のオプションが比較検討されているか  
iii) システムレベル及びサブシステムレベルで、どの技術は新規に自主開発を行い、どの技術は既存の成熟したもの(外国から調達するものに関しては、信頼性確保の方法も含めて)に依存するか、という方針が的確であるか

なお、上記諸点の検討においては、国内で実現可能な技術のみでなく、海外で開発中の技術をも検討の対象に含めます。また、「開発研究」移行時に提示された助言に対する的確に対応しているかも考慮して下さい。

3. 開発計画

スケジュール、資金計画及び設備の整備計画等については、設定された目標に照らし的確であるかを評価して下さい。

また、実施体制については、「開発研究」移行時の評価で「概ね妥当」と評価されました。その後の進捗を踏まえ、今回の「開発」移行時の判断として、実施体制が適切であるかを評価して下さい。

特に、共同開発機関や関係企業との責任分担関係及び JAXA のプロジェクトチームに付与される権限と責任の範囲が明確になっているかについて評価して下さい。また、実施体制、開発計画について「開発研究」移行時に提示された助言に対し、的確に対応しているかも考慮して下さい。

## 電波天文衛星(ASTRO-G)の評価に当たっての関連文書(抜粋)

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)

### 4. リスク管理

プロジェクトの可能な限り定量的なリスク評価(リスクの抽出・同定とそれがどの程度のものかの評価、リスク低減のためのコストと成功基準との相対関係に基づく許容するリスクの範囲の評価)とその結果に基づくリスク管理について、採られた評価の手法、プロジェクトの初期段階で抽出された開発移行前に処置すべきリスクへの対処の状況、実施フェーズ移行後に処置するリスクに対する対処の方向性が明確であるかを評価して下さい。また、「開発研究」移行時に提示された助言に対する的確に対応しているかも考慮して下さい。

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。)

### 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

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旨とするとともに、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

###### 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。

## 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

##### 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

###### ) 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る、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。

- (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

---

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

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。

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す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。

(参考3)

## 電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクトの事前評価に係る 推進部会の開催状況

### 【第6回推進部会】

1. 日時: 平成20年6月20日(金) 16:00～18:00
2. 場所: 文部科学省 16階 特別会議室
3. 議題案:
  - (1) 電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクトの事前評価について
  - (2) GX ロケット評価小委員会審議経過報告
  - (3) その他

### 【第7回推進部会】

1. 日時: 平成20年7月4日(金) 14:00～16:00
2. 場所: 文部科学省 16階 特別会議室
3. 議題:
  - (1) 電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクトの事前評価について
  - (2) 災害監視衛星システム SAR 衛星プロジェクトの事前評価について
  - (3) その他

### 【第8回推進部会】

1. 日時: 平成20年7月25日(金) 14:00～16:00
2. 場所: 文部科学省 16階 特別会議室
3. 議題:
  - (1) 電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクトの事前評価について
  - (2) 災害監視衛星システム SAR 衛星プロジェクトの事前評価について
  - (3) 第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトの事前評価について
  - (4) 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

	妥当	概ね妥当	疑問がある
1. プロジェクトの目的(プロジェクトの意義確認)・目標・開発方針	9	6	0
2. システム選定及び設計要求	9	6	0
3. 開発計画	7	8	0
4. リスク管理	7	8	0

### 1. プロジェクトの目的(プロジェクトの意義の確認)・目標・開発方針

平成 18 年度に実施した「開発研究」への移行時に、プロジェクトの目的・目標については「妥当」、開発方針については、「概ね妥当」と評価されました。

今回の評価に当たっては、「開発研究」移行時からの設計進捗を踏まえ、「開発研究」移行時に評価した「目的」「目標」「開発方針」が「開発」移行時としても適切であるかを評価して下さい。また、「開発研究」移行時に提示された助言に対する確に対応しているかも考慮して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
5. プロジェクトの目的(プロジェクトの意義確認)・目標・開発方針	9	6	0

### 評価根拠のコメント

#### 【妥当】

- VLBI による深宇宙の精密観測はわが国固有の技術であり、また代替え手段も無い優れた技術である。そのわが国独自の技術によって宇宙の 1 大謎であるブラックホール、暗黒物質等の解明のための観測を行うことは国際的にも極めて有用且つ有効な活動であり、その意義は開発研究開始時から変わっていない。我が国にとって有意義なプログラムである。

またこれまでに実施されてきたフロントローディング作

業によって、ミッションの目的達成に不可欠なクリティカルな技術に関して、必要な性能を満足するシステムおよび機器開発の目処が得られており、開発に移行することは妥当である。

2. 本計画の目的は、間違いなく世界の最先端をきりひろくものであり、そのための開発方針も適切に設定されている。スペース VLBI は日本がすでに世界の先端を進めているところであるが、人類が VLBI 基線をこれ以上長くすることは不可能であり、ASTRO-G はほとんど究極のプロジェクトといって差し支えない。科学目標も、ブラックホール周辺の直接撮像、粒子加速機構の解明、星形成領域の 3 次元観察、とまさに最先端、最高の目標が掲げられており、その成果が期待される場所である。

開発方針に関しては、現状の到達点と新規開発部分に関し、適切なバランスで設定されているといえる。

3. 世界に先駆け日本独自に開発された「はるか」による電波天文衛星の観測技術をさらに前進させ、ブラックホール重力場の検証、超高エネルギープラズマ現象の探査、星形成領域ガス運動の 3 次元的把握など、ユニークな観測データを世界に提供することで天文学の発展に寄与し、人類にとっての知見を新たにする本プロジェクトは目的達成に必要な観測目標を明確に定めており、成功基準も具体的に示され、「目的」、「目標」ともに妥当なものになっている。また既存技術を十分に活用しつつ挑戦的な新規技術の開発を進め、信頼性の向上と確保に努めた取り組みと組織づくりなど、「開発方針」に関しても妥当なものと思われる。
4. 「開発研究」移行時に評価した「目的」「目標」「開発方

針」が「開発」移行時としても適切である。又、“成功基準”、“信頼性の確保”に関する「開発研究」移行時に提示された助言に対し検討され、的確に対応している。

5. スペース VLBI では、わが国は世界をリードしており、ASTRO-G プロジェクトが、人類史上最高の空間分解能をもって、天文学上の大きな課題であるブラックホールやそのジェットの解明に挑む観測に取り組むことの意義は大きい。

推進部会が、ASTRO-G プロジェクトの事前評価において、その目的および目標に関して下した判断は、引き続き適切であると考え。また、開発方針についても、信頼性の確保のための地上試験や解析、外部専門家による評価、リスク管理、等々、に関して、事前評価における諸意見にも応えたものとして提示されており、妥当と考える。

6. プロジェクトの目的とそのための目標は明解に示されている。ブラックホールへの国民の関心は現時点でも高いと感じられるところか、本プロジェクトの意義についての国民の支持は十分に得られるものと推測される。
7. 本プロジェクトは我が国が唯一実現しているスペース VLBI によって超高分解能で活動的銀河核中のブラックホール等の姿、物理的描像を描き出すものである。前の衛星「はるか」の成果を踏まえて目的・目標が設定されている。
8. 科学的に十分価値があり、国際的に見て高い水準の計画であると認められる。

【概ね妥当】

9. 本プロジェクトは、未知のフロンティアたる宇宙への挑戦として、知の創造に貢献する研究としては素晴らしいものである。しかしながら、JAXA がイニシアチブをとるプロジェクトでもあるため、研究成果を社会へ還元することも念頭に置きながら推進していただきたい。この件は、別紙2の助言にも記載されているようであるが、現時点の説明ではあいまいである。

10. ブラックホール周辺の領域の構造やジェットを超根元発生メカニズムの解明を目指す事はサイエンスの面で意義がある。

11. 「研究」という観点では大変興味深い内容である。目標や開発内容が定まっており、「すざく」「あかり」とは異なる内容も明確である。スペースVLB技術は世界に先がけて実績が上げられるチャンスとなるので大いに期待したいところだ。

12. プロジェクト意義、目標は日本の最も得意な技術である VLBI の活用により、この分野で十分に世界的に通用するものである。開発研究移行時での評価に於いて信頼性の確保の重要性が指摘され、「ミニマムサクセスでは信頼性を重視し、エクストラサクセスでは挑戦的な目標を掲げること」を期待されていた。

工学的に最も大きなチャレンジは、アンテナと衛星軌道決定精度だということなので、今回提示されたミニマムサクセスが「8 GHz、22 GHz、43 GHz のいずれかで…」となっているのは物足りない。せめて「最低2周期で観測を行い、天体構造の解明を目指す」としていただきたい。

13. データ取得を主目的とした目標としたプロジェクトとしては、成功基準は概ね妥当と言えるが、ミニマムサクセス

の基準が、“「はるか」を上回る空間分解能での観測を100 観測以上”とのみ表現されており、本プロジェクトとしての目標の主体性が明確に見えにくい点がやや気になる。

14. 「はるか」後継機として基本機能を継承するとともに新技術にも挑戦し更なる宇宙科学進展を目標としており、概ね妥当と判断できる。

## 2. システム選定及び設計要求

システム(衛星を実現する技術的な方式)の選定及び基本設計要求(基本設計を固めるに当たっての骨格的な諸条件)が設定された目標に照らし的確であるかを評価して下さい。評価に当たっては、特に次の点に着目して下さい。

- i) 関係する技術の成熟度の分析が行われ、その結果が踏まえられているか
- ii) コストも含めて複数のオプションが比較検討されているか
- iii) システムレベル及びサブシステムレベルで、どの技術は新規に自主開発を行い、どの技術は既存の成熟したもの(外国から調達するものに関しては、信頼性確保の方法も含めて)に依存するか、という方針が的確であるか

なお、上記諸点の検討においては、国内で実現可能な技術のみでなく、海外で開発中の技術をも検討の対象に含めます。また、「開発研究」移行時に提示された助言に對し的確に対応しているかも考慮して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
6. システム選定及び設計要求	9	6	0

評価根拠のコメント

【妥当】

1. 展開型アンテナ、データ電送系、左右両偏波観測機器およびその他のバス機器等に関しては、これまでのわが国の衛星開発で得られた経験およびハードウェア、ソフトウェアを極力活用し、またその延長線上の開発を行って完成の目処を得ている。ミッション要求によって必要となる新たな機器に関しては、技術の成熟度、トータルコスト等の比較検討に基づいて海外品の調達が行なわれる一方、海外の既存品に頼るのみでは無く、FOG ジャイロのように将来に有用な国産技術開発も一部で行う計画となっており、システム選定と基本仕様の設定は妥当である。
2. システム選定および基本設計要求については、既存技術の活用と新規開発部分が適切に設定され、新規開発が進められてきている。基本部分に関しては、JAXA 自身が持つ技術の開発であり、はるかからの進展という立場で検討されている。自主開発部分と調達するものの位置づけも概ね適切である。ただし、技術的検討はなされているが、コストも含めた検討が十分になされたかどうかは、不明である。
3. 目標とする科学的成果を可能にするキー技術取り入れのシステム選定は、技術の成熟度分析を踏まえ、コストも含めた複数のオプションが比較検討されており、また新規技術自主開発の必要判断、成熟度に応じた既存技術への依存判断なども十分に評価できるものと思われる。それに基づくシステム選定結果、フロントローディング状況に示された詳細は、基本設計要求に基づいたシステム選定が充分に行なわれており、妥当なものだと判断したい。

4. システムの選定及び基本設計要求が設定された目標に照らし的確である。又、“既存技術の活用部分と新規開発部分の明確化”に関する「開発研究」移行時に提示された助言に対し検討され、的確に対応している。

5. システムの選定及び基本設計要求は、設定された目標すなわち、(1)ブラックホールの重力場の検証のための高空間分解能撮像観測、(2)ジェットにおける超高エネルギープラズマ現象解明のための磁場情報等の取得、(3)星形成領域におけるメーザ観測、に照らし、的確であると見なされる。必要とされるキー技術に関して、選定の結果とその理由、新規性のレベル、フロントローディングの状況、海外依存性などが、具体的、明確に提示されており、採られている方針は妥当である。

43 GHz 帯までの観測を可能にする高精度展開アンテナ、高速データサンプリングと広帯域データ伝送、位相補償観測のための高速姿勢マヌーバ機能、高精度の軌道決定など、ASTRO-G プロジェクトが取り組む技術は、極めて高い水準のものとみなされる。それらに関して、すでに技術的見通しを得た、とのことであるが、「開発」の段階では、機能・性能の達成に加えて、当然のことではあるが、信頼性に対する配慮が十分なされることが肝要である。

観測系を含めた衛星システム全体に関して、出来る限り(レベルの深さ、長い時間、end-to-end)の地上試験を行うことが信頼性を高めるための最上の手段であることをプロジェクトの共通認識として持ってほしい。

6. 既存技術の活用できる部分と新しい技術を導入する部分のメリハリがはっきりしている上、新しい技術について

のフロントローディングと言われる事前の技術実証もかなり徹底している。但し、CMG については、今後も宇宙環境に於ける十分な信頼性及び寿命試験が重要と思われる。

7. システムの選定及び基本設計は、設定された目標に対しておおむね的確であり、開発研究移行時に提示された助言に対してもほぼ適切に対応している。

8. 重要技術課題に関するシステム選定内容が明快に示され、かつそれら選定されたシステムについてのフロントローディングも納得いく成果を出すレベルに達しておることから、開発への移行に適した設計要求とシステム選定がなされていると判断される。

9. 「はるか」での工学的技術実証を踏まえていることは当然として、きく 8 号のアンテナ展開の成果、また「あかり」衛星などで実証されている宇宙冷凍機を搭載するなど信頼性低コスト化の方策がとられている。

また目標達成に必要な高分解能を実現しかつ達成可能な技術の限界として観測周波数の選定などシステムの選定が行われている。

【概ね妥当】

10. 新規の技術は今後のさらなる検討を期待する。

11. 中型科学衛星においても衛星バスの標準化を検討し、将来ニーズに対応できる拡張・発展可能なロバスト設計を行う事を提案する。

12. システム選定など比較検討が充分されている。今回、国内開発の取り組みになる CMG を用いた高速姿勢変更技術など海外に依存していた技術が価格をおさえて、さ

らに将来のミッションにおいて応用されていくことは望ましい。

13. 大型展開アンテナの鏡面精度については疑問を持っている。即ち、9 m の反射鏡を展開することは可能。ETS- で実績がある、しかし、鏡面精度を 0.4 mmRMS に維持することは極めて困難な目標で、地上でもこの程度と理解する、アンテナの開口効率は悪くても 50% であるが、40 GHz 帯にて全寿命期間これを維持することが本当に可能であるのか、50% を切ると言うことは例えば 9 m を 4 m にし開口効率を上げることと等価である、などの問題である。

しかし、担当技術者はいずれも技術的に解決可能、と表明しており、その点を信ずることとして、「概ね妥当」とした。

14. 従来からの技術の蓄積がある。ISAS 独自の技術開発を行っている。

### 3. 開発計画

スケジュール、資金計画及び設備の整備計画等については、設定された目標に照らし的確であるかを評価して下さい。

また、実施体制については、「開発研究」移行時の評価で「概ね妥当」と評価されました。その後の進捗を踏まえ、今回の「開発」移行時の判断として、実施体制が適切であるかを評価して下さい。

特に、共同開発機関や関係企業との責任分担関係及び JAXA のプロジェクトチームに付与される権限と責任の範囲が明確になっているかについて評価して下さい。また、実施体制、開発計画について「開発研究」移行時に提示された助言に対し、的確に対応しているかも考慮して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
7. 開発計画	7	8	0

#### 【妥当】

1. フロントローディング作業で技術上のリスクは殆ど解決し、その実績に基づいて開発移行から 4 年で衛星を開発して打上げる計画は、コスト低減および予算キープ上においても有効な方策である。また既存品をそのまま採用する場合、或いは小改修を行う場合も、早い時期に FM 品および PFM 品を製作して開発試験に使用する計画となっており、その方法論は潜在する問題点を事前に洗い出し、プログラムリスクを低減する方策として妥当である。

更にミッション機器、衛星バス等の纏まった単位で要求仕様を設定してメーカーの責任を明確にした上で、衛星全体としてのインテグレーションを JAXA が行う方式になっており、科学研究ミッションを目的とした衛星としては妥当な開発方式である。

ただし軌道上に展開された衛星を有効に生かすためには地上局の充実と海外の研究機関との協力が重要であり、今後その加速が望まれる。

2. スケジュールに関しては、適切に設定されている。また実施体制は適切に設定されている。資金計画については、開発時の計画は立てられているが、運用時のことまで検討することが望まれる。
3. 「はるか」の実績を発展させ、日本独自の電波天文衛星観測の流れを保つためにも、本スケジュールは妥当である。また高精度 GPS 軌道決定システムの維持、国際的観測網と絡む地上設備の開発などを考慮した資金計画及び設備の整備計画は妥当なものになっている。さらに、JAXA 実施体制の制定、衛星開発企業との責任分担の明確化、外部評価実施を加味した評価体制は「開発移行」時の助言にも対応しており、現時点での他機関との連携、国際協力体制なども十分に踏まえた実施体制も妥当なものとして評価できる。
4. スケジュール、資金計画及び設備の整備計画等については、設定された目標に照らし的確であり、実施体制についても適切である。又、“フロントローディング”、“評価体制”、“衛星開発企業との責任分担の明確化”に関する「開発研究」移行時に提示された助言に対し検討され、的確に対応している。

5. スケジュール計画および資金計画は妥当である。

この衛星は H-A ロケットによる相乗り打ち上げになることであるが、観測の意義の世界的先進性を考えるとき、相乗りであるがための遅延が起らないよう、JAXA として配慮していくことが肝要である。このプロジェクトは数多くの海外機関との協力の上に成り立つものであり、その点でも、遅延は好ましくない。

スペース VLBI は国内外の広範囲の研究機関・研究者との密接な協力があってはじめて成り立つものである。これらに関して、国内外含めて、既に広汎な協力関係が形成され、活動が開始されていることは評価される。それらが確実なものとなっていくことを期待したい。

6. 関係各部門の権限と責任分担が明確になっているのは良い。また、開発過程で外部の専門家も参加して審査会を実施するのもとても良い事です。
7. 本計画は特に地上局として参加する世界の電波望遠鏡との連携が不可欠である。すでに連携は進んでいるがより国際連携を図り、海外リンク局、地上 VLBI 観測局が確保できないなどの事態が決して生じることが無いよう一層の努力をしていただきたい。

【概ね妥当】

8. 権限と責任の範囲は明確に述べられ、個々の計画は概ね妥当である。
9. 国際的な研究者コミュニティにデータを広く公開する事は意義があるので、生データに加えて画像データも公開する事を望む。
10. 毎回のことではあるが資金計画がいつも大雑把である。

衛星開発費は仕方ないとしても、地上の設備投資はJAXAが20億円で他機関が80億円という数字も少し詳しい内訳を出すべきである。実施体制や責任分担は明確となっている。

11. プロジェクト実行の責任体制は、明確化されており、評価体制も外部専門家を参加させるなど助言に対応している。また、本プロジェクトでは、国内外の各機関との協力も重要なポイントの一つであり、具体的な体制をしっかりと組んで進めていただきたい。
12. 実施体制の形は出来ている。その力が十分に発揮されるかどうかは開発フェーズに入ってからの実施体制の生かし方にあるであろう。国内外の多くの関係機関の力を結集して有意な成果を得られることを期待したい。資金計画については、当事者自身がその金額を妥当と判断している根拠や背景について説明することを通して、コスト意識の高いことを示されることを望みたい。
13. 展開アンテナの課題が早期に解決されると期待し、上記評価とした。
14. 「共同開発機関や関係企業との責任分担関係及びJAXAのプロジェクトチームに付与される権限と責任の範囲が明確になっているか」については資料だけでは明確にわからなかったが、説明を聞く限り、問題があると思えなかった。

#### 4. リスク管理

プロジェクトの可能な限り定量的なリスク評価(リスクの抽出・同定とそれがどの程度のものかの評価、リスク低減のためのコストと成功基準との相対関係に基づく許容するリスクの範囲の評価)とその結果に基づくリスク管理について、採られた評価の手法、プロジェクトの初期段階で抽出された開発移行前に処置すべきリスクへの対処の状況、実施フェーズ移行後に処置するリスクに対する対処の方向性が明確であるかを評価して下さい。また、「開発研究」移行時に提示された助言に対する的確に対応しているかも考慮して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
8. リスク管理	7	8	0

#### 評価根拠のコメント

##### 【妥当】

1. リスク管理に関しては、技術的リスク、マネジメントリスクの両面から、よく検討されている。
2. 衛星開発を確実に実行するためのリスク管理方針、プロジェクト開始から終了まで継続されるフィードバックを図るリスク管理の実行計画は的確であり、現時点で取り上げた技術リスク、マネジメントリスクの詳細についても評価できる。
3. 提示されたリスク管理計画は、方針、ならびに現段階で取り上げられたリスク項目の分析を含めて、妥当である。

高精度 9 m 展開アンテナは技術的に高度な面を多々含み、継続的なリスク管理の対象として、特に重点を置くべきものであろう。

4. 現在想定されるリスクに対する備えは十分であると思うが、今後も新たなリスクが認識される場合もありうるので、プロジェクトマネージャーとプロジェクトサイエンティストの十分な連携が不可欠であると思う。
5. リスクのこれまでの処置および今後の計画は、開発段階移行に向けて十分に検討されていると考えられる。
6. 考えられるリスク項目について対策が講じられ、リスク管理計画も更新されている。
7. 過去の経験が生かされていると思う。

#### 【概ね妥当】

8. この衛星の設計・開発は、同様な宇宙環境下におかれている「はるか」「あけぼの」等の経験に基いており、また新規技術はこれまでの先行研究で目処が得られているので、根本的な技術上のリスクは小さいプログラムであると理解する。ただしリスクを最小限に抑えるためには、開発途上で発生する技術上およびスケジュール上のリスクに関する理解を関係者間で共有しつつ、各分野の専門家の多くの目、広い目で見えて行くことが有効であるので効果的な実行を期待する。
9. 各リスク項目は詳細に検討がなされている。開発研究段階でリスクが低減した項目もあるが、外的要因が関係する項目には不確定要素が大きい内容も見受けられるようである。
10. プロジェクトの定量的なリスク評価とその結果に基づ<リ

スク管理について、評価の手法、プロジェクトの初期段階で抽出された開発移行前に処置するべきリスクへの対処の状況、実施フェーズ移行後に処置するリスクに対する対処の方向性が明確である。又、“ミッションの実現側と要求側の連携等”に関する「開発研究」移行時に提示された助言に対し検討されているが、引き続き連携を継続し、プロジェクト全体を俯瞰したリスク管理を望みたい。

11. 各種異なるリスクに対して検討を行っているものの、輸出規制、契約メーカーの方針、財務状況の変化などで搭載機器の調達に支障が出るリスクに対して、十分な対策を実施する事が重要課題である。
12. 技術リスク・マネジメントリスクは明確となっているが、このプロジェクトは海外における地上の電波望遠鏡との連携が重要ともなり、外的要因のマネジメント能力が重要になる。
13. 想定されるリスクの抽出とその評価、対処の状況と方向性などはほぼ妥当と考えられるが、海外との連携に関するリスクに関しては、さらに徹底した問題の評価と対処の方向性を考えておく必要があると思われる。
14. 2. システム選定及び設計要求の 13 項に記載の点に注意を払って頂きたい。他、特になし。