

第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトの  
評価票の集計及び意見

評価結果

	妥当	概ね妥当	疑問がある
1. プロジェクトの目的・目標・開発方針	10	1	0
2. システム選定及び基本設計要求	10	1	0
3. 開発計画	7	4	0
4. リスク管理	5	6	0

## 1. プロジェクトの目的・目標・開発方針

本プロジェクトについては、宇宙開発委員会 推進部会において、平成20年度に実施した「開発研究」への移行時に、本プロジェクトの目的・目標・開発方針については、「妥当」と評価されました。

今回の評価に当たっては、宇宙基本計画等に照らして適切であるかを確認するとともに、「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。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
プロジェクトの目的・目標・開発方針	10	1	0

### 評価根拠のコメント

#### 【妥当】

- 1 本プロジェクトは、わが国が世界の最先端に位置するX線天文学に関して、その長年の実績と成果をもとに、新たな発展を目指すものとみなされる。プロジェクトの目的は、銀河団という宇宙最大の天体の全体像の明確化、巨大ブラックホールの進化とその銀河形成に果たす役割の解明、ブラックホール極近傍の相対論的時空構造の解明、他、の五つの項目に纏められている。それらはいずれも高い科学的意義をもつものと考えられる。これまでのわが国のX線天文衛星と同様、世界の国際宇宙X線天文台となることを目指していることの意義は大きい。  
「開発研究」段階で評価した目標と開発方針は「開発」においても的確に引き継がれている。プロジェクトが掲げる五項目の目的に対して、目標は、それぞれ、定量的な数値を交えて明確、具体的に設定されており、また、成功基準では、目標の具体的記述がそのままフルサクセスおよびエクストラサクセスに宛てられており、明確である。開発方針も妥当な内容のものであり、特に「すざく」での教訓を踏まえて、高信頼化に特段の配慮がなされている点が多々見て取れ、評価できるものである。
- 2 宇宙基本計画等に示されている宇宙科学への取り組みに関する方向性と合致しており、世界最先端の成果を得ることを強く認識した意欲的な開発目的となっている。X線天文学という我が国の得意な科学技術領域に注力した個性的かつ集中的なプロジェクトであり、我が国が貢献すべき宇宙科学における領域が明確に認識されている。
- 3 本プロジェクトは、宇宙の大規模構造とその進化の把握・ブラックホールなどの極限状態の理解・高エネルギー現象の解明など、宇宙科学がX線観測で期待できる謎の解明に大きく貢献し、さらにダークマター・暗黒エネルギーの探求という新たな挑戦を試みるものであり、国際的にも、この分野の世界をリードできる内容になっている。これらの目的に応じて設定された目標、これまで開発された日本の科学衛星で獲得された技術的蓄積や教訓を活かし、さらに国際協力を有効に取り入れた開発方針は、いずれも的確なものと評価できる。
- 4 新たな宇宙エネルギーの解明に取り組むASTRO-Hプロジェクトは、日本の得意技術を活かすとともに宇宙科学技術の創造性や発展性の観点からも有益であり意義がある。観測が実現すれば宇宙の歴史をひもとく大きなカギを握ることになり、環境が叫ばれる地上でもエネルギー革命のヒントが得られるかもしれない。国際的な位置づけも明快であり、期待すべき科学衛星といえる。
- 5 これまで世界のトップレベルにある我が国のX線天文学の成果を基に、宇宙の進化、ブラックホールの進化、ダークマター・暗黒エネルギー等の更に高度な宇宙の謎の解明を迫るプログラムであり、我が国の宇宙基本計画にも合致した、誇りを持って人類の知恵に貢献できる有意義なプログラムである。またこれまでの成果に基づいて、観測すべき波長、エネルギーレベル、分解能等も明確に定義されており、目標および開発方針は妥当である。更に高性能センサの開発を通じて得られた技術が、手荷物検査用放射線イメージャ、医療用の精密ガンマ線センサー、超小型ネットワークコンピュータ等に応用される動きにあり、波及効果の点から見ても極めて有意義なプログラムである。
- 6 特に開発方針について、過去の経験と実績を最大限に活用する部分と、最新の技術成果を積極的に活用する部分が明確、適切に処理されているので大いに期待できる。
- 7 本プロジェクトは、世界において広く認められている重要な科学の分野であり、我が国が既に世界第一級にある分野を伸ばす可能性を持っている。
- 8 宇宙の構造に関連する今後の課題を解明するための方策が開発計画と共に明確に示されている。
- 9 本プロジェクトは世界を代表する日本のX線天文学の粋を終結したものであり、目的・目標・開発方針ともによく練られており「開発」段階移行は適切である。

#### 【概ね妥当】

- 10 宇宙基本計画等に照らした科学衛星としてのプロジェクトの意義、目的は適切であると言える。「すざく」における経験を十分に生かすとともに、国内および国際協力を緊密に行う中で、最大限の科学的成果を得ることを目標に進めていただきたい。

## 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。

- )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
  - )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
  - )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
システム選定及び基本設計要求	10	1	0

### 評価根拠のコメント

[妥当]
<p>1 観測の目標を具体化し、そこから観測機器の基本要求进行する手順と根拠が詳細に示されており、その上で、基本設計要求が的確に導出・設定されている。それらの基本設計要求をもとに規定された観測機器の基本仕様ならびに衛星システムに対する基本設計要求は高度なものと見なされるが、フロントローディングとそれに基づく適切な機器選定により、実現の見通しは十分得られていると判定できる。観測機器は四種類の観測システムから構成されるが、これらが同時に機能することにより、3桁にもおよぶ広帯域において、「すざく」より10倍から100倍高感度の観測を実現して、最大限の科学的成果を引き出すことが可能になる、という著しい先端性は、高く評価できるものである。</p> <p>機器の選定に際しては、観測機器ならびに衛星システムの両者に関して、新規技術の採用あるいは既存技術の改良、国産あるいは輸入、の選択・検討が十分なされており、それらにおけるフロントローディングも的確になされてきている。</p> <p>2 目標からの基本要求的導出、および基本要求的に対するシステム選定の内容も明確に示されている。また“すざく”の経験を生かした開発に向けての取り組みが十分に実行されている。</p> <p>3 目標から導かれる搭載観測機器の技術レベルの高さと独自性を生み出すため、機器の基本要求的に対応した基本設計要求を導き、基本仕様は的確に設定されている。また衛星システムへの基本設計要求に基づく選定、観測機器の選定、衛星バスシステムの選定、衛星における観測機器の配置、個々の望遠鏡や多様な検出器類などについても、関係する技術の成熟度分析が行われ、その結果を踏まえたものと判断した。また、コストも含めたオプションの比較検討、新規技術の自主開発の必要性、成熟した既存技術の活用利点など、技術の選定に考慮すべき事項は、国内だけでなく海外で開発中の技術も含めて広く検討されていると思われる。</p> <p>4 「すざく」「あすか」の経験で得た既存技術を活かしたバス系と新規開発であり世界初となる最先端技術が盛り込まれたHXT、HXI、SGDなどのミッション系の基本仕様から開発方針等が明確化されており研究意図全体が非常に分かりやすい。</p> <p>5 ミッション機器には目的達成のために必要な先進的なセンサを採用する計画となっているが、将来のユーザである専門分野の研究者が中心となってフロントローディング作業を実施することによって、全て要求仕様を満足する機器が開発出来る目処が得られている。また衛星バスは「すざく」の実績に基づいた宇宙環境下で実証されているシステムを基に、システムロバストネス向上のためのSpace Wire、構造安定性向上のための複合材構造、国内開発のリアクションホイール等の、State of Artsの技術を取り入れたシステムである。これらの新しい要素に関しては、これまでに十分な確認作業が行われているか、或いは今後の開発作業で要求を満足することを確認する計画が明確にされている。またミッション機器およびバス機器はネットワーク化されて、冗長性も最大限確保出来るシステム構成となっており、システム選定および基本要求的は妥当である。</p> <p>6 トレード オフ スタディ、新技術に対するフロントローディング、既存技術に於けるモジュール化の活用などを評価したい。</p> <p>7 Space Wire標準I/Fを活用したことなど評価できる。また、国産と国際協力による観測機器の開発によって信頼性が向上するのは、評価できる。</p> <p>8 関係する個々の技術が詳細に検討されている。</p> <p>9 技術的な衛星のシステム選定、及び基本的な設計に関しては、関連する技術分析が行われ、それらの結果を基本的に踏まえたものになっている。また、開発研究への移行時に示された指摘への対応もほぼ的確に対応している。観測機器に関しては、本プロジェクトの科学的な目的を常に十分に踏まえ、現在も日進月歩している周辺の関連技術を十分に俯瞰しつつ進めていっていただきたい。</p>

### 3. 開発計画

スケジュール、資金計画、実施体制、設備の整備計画等について、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。

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。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
開発計画	7	4	0

#### 評価根拠のコメント

##### 【妥当】

- 1 天文学におけるASTRO-Hの国際的な位置づけを見るとき、提案年度に打ち上げられることが重要であることが理解され、それを前提とする衛星開発スケジュールは、プロジェクトの目標に照らして妥当である。  
プロジェクトの実施体制はわが国のX線天文学コミュニティを背景にして幅広い研究者の参加のもとに形成されており、また国際協力実行上の体制も的確に形成されている。軟X線分光検出器(SXS)開発の国際協力において設置されるJoint Systems Engineering Team (JSET)、ならびに、クリティカルな技術のレビューのために既に設置されている技術評価チーム(TWG)は有効なものと思われ、高く評価される。
- 2 開発における各チームの任務と責任をより明確にする努力が示されていることに加え、開発スケジュールでの各フェーズにおける開発設計上の注意事項についての説明が追加されたことを受けて、妥当と判断した。
- 3 開発体制の日本のチーム構成は本プロジェクトの目標にふさわしく、日本のX線天文学関係者の総力が組み上げられる組織になっている。スケジュール、資金計画、実施体制など、いずれも設定された目標に照らして的確なものとして評価できる。
- 4 国際的なミッションとして協同作業で多くの大学が参加できることは日本の科学教育に大きな成果と貢献をもたらすことになる。日本の研究者が総力をあげて取り組むプロジェクトで、JAXAと関わるチーム構成、ミッション機器開発の国際協力体制もできており、さらにTWG及びJSETとの連携も明確となっている。このプロジェクトを予定より早めに展開させたいと思っているのは多分私だけではないだろう。
- 5 フロントローディングの成果を基に、実機開発の期間はほぼ4年と、比較的短期間となっており、開発コスト上も有効である。開発体制としては、ミッション機器毎に協力体制が構築されると同時に責任体制が明確にされている。またプロマネの責任の下で全体システムのインテグレーション体制が明確化されている。更に研究者はフロントローディングの成果に基づいた要求仕様を出し企業はその要求に合致した機器を責任もって製造する、その後研究者は自ら機器が要求仕様を満足していることを確認すると、研究者と企業間の責任分担も明確である。更に衛星の大型化に伴って既存の筑波宇宙センタの設備を活用する計画となっており、All JAXAの支援体制および開発コスト低減の観点からも有効な体制である。
- 6 衛星開発費については、コストの削減や低減の工夫がなされており、評価できる。
- 7 役割分担と同時に協力体制にも十分配慮されているが、今後も綿密な連携を期待している。

##### 【概ね妥当】

- 8 資金計画の内容の詳細がわからない。参加する各組織の責任分担は、一応決めるべきものであるが、実際には各組織間のコミュニケーションの質が問題となる。
- 9 178億円を目標としているが、他ミッションとの共通経費は含まれていないため、それを含めるとどのくらいになるのか不明である。サイエンスデータを全世界に公表する事は評価できる。
- 10 開発スケジュール、体制は妥当であり、特に大きな問題点はないが、海外との協同を含め広範な連携を要求されるプロジェクトであり、的確な運営が求められる。資金計画に関しては、本プロジェクトが大きな資金を活用することを踏まえ、細部に至るまでコスト意識を浸透させて進めていく必要がある。

#### 4. リスク管理

可能な限り定量的なプロジェクトのリスク評価(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課題への対処の状況、実施フェーズ移行後に処置する課題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しいち確に対応しているかも考慮して下さい。

なお、リスクを低減するための方法として、全てのリスクをそのプロジェクトで負うのではなく、プログラムレベルで、他のプロジェクトに分散し、吸収することも考慮して評価して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
リスク管理	5	6	0

#### 評価根拠のコメント

##### 【妥当】

- 1 リスク管理の方針と方法は的確である。観測システムについて、成立性については既にフロントローディングにより確認済みであるが、今後の開発・製作においてスケジュール管理上の課題となる機器についても、対処方針は十分検討されていると認められる。  
プロジェクトチームは多数の国内大学研究者、海外研究者を含む多様な構成メンバーからなっている。また、衛星の組み立て・試験は相模原を離れて筑波で行われるとのことで、プロジェクト遂行上、従来にない新たな配慮が必要となろう。プロジェクトが十分認識されていることではあるが、チーム内で十分な横の連携を計り、チーム全体で高い信頼性の実現を計っていくことをあらためて期待したい。
- 2 リスクの識別とそれらへの対処、さらには早い段階でのレビューなどリスク管理の方針は明確である。また、国内外の大学・研究機関の研究者で構成される開発サブチームの責任の明確化が強く意識されていることも一層のリスク低減につながるであろうと考える。
- 3 リスク管理の方針、実施計画、フィードバックが機能する実行、リスク識別と対処方針はいずれも現時点で的確なものであると思われる。
- 4 この衛星は「すざく」との類似性が強いが、「すざく」の成果と、冷却系、ホイールの微小擾乱等の反省を反映して設計改善を行うと共に、事前検証を行う計画となっている。またクリティカルな機器に関しては国内外のエキスパートの評価を受けると共に、フロントローディング作業を通じて開発の目処を得ている。従って大きなリスクは残されていないと思われるが、今後開発作業を通じて発生するかも知れないリスクに関しては、プロマネを中心とした共同体制・責任体制で早期に問題解決を図ることを期待したい。
- 5 開発の各段階で詳細なレビューを行い、早い段階で内在するリスクを明らかにして対策を行う体制は、リスクを最低限にする方法として評価できる。

##### 【概ね妥当】

- 6 プロジェクトレベルからマネジメントレベル、技術的レベルにおいてもそれぞれのリスク識別と対処方針が出されているが「リスク評価」の色分けを見ると評価が甘い。例えば、P68の項目6:打ち上げ衛星の機能停止がリスク中(黄色)となっているが、どう考えてもリスク大(赤)ではないのか。(表記の仕方についてだが、カテゴリ1~4とリスクの3色は紛らわしく思える。)
- 7 一部の技術リスクについては、対応が未だ進行中である。
- 8 技術リスクやプロジェクトレベルのマネジメントリスク以外のリスク(政治面や海外機関と協力して開発することに伴うもの)を十分検討していないように見受けられる。
- 9 現状で考えられるリスクの識別とその対処方針はほぼ適切であると言える。但し、リスク発生に伴うコスト的な見積もりやその対応方法に関しても、該当する項目に関しては具体的に考察しておく必要があると思われる。
- 10 これまでの経験を生かし十分に対応されているが、さらにより低リスクになるための管理を強化し成功につなげていただきたい。