

**宇宙開発に関する重要な研究開発の評価
第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクト
の事前評価結果**

~~(案)~~

平成24~~22~~年11~~1~~月24~~5~~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-H プロジェクトを取り巻く状況
4. ASTRO-H 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 第26号科学衛星
(ASTRO-H)プロジェクトに係る調査審議について

参考2 第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトの事前評価実施要
領

参考3 第26号科学衛星(ASTRO-H)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 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

付録2 第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトについて

付録3 第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトの事前評価 質問
に対する回答

付録4 第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトの事前評価 追加
質問に対する説明

1. 評価の経緯

日本のX線天文学は世界でもトップレベルを誇っており、「はくちょう」に始まり「てんま」「ぎんが」「あすか」そして「すざく」と続くX線天文衛星の実績がある。第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクト(以下、「ASTRO-H プロジェクト」という)は、それらの経験を生かし、地上では観測が不可能なX線を衛星軌道上から観測するプロジェクトである。

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8月に「開発研究」への移行は妥当であるとの評価を行った。

一方、平成21年6月に策定された宇宙基本計画において、宇宙科学プログラムとして、世界をリードする科学的成果の創出のために、社会的ニーズと今後10年程度の目標が示された上で、5年間の開発利用計画が定められた。本ASTRO-Hプロジェクトも、それまでの評価結果も踏まえ、同計画の中に政策的観点から目標とする打上げ年度等を含めその推進が改めて位置付けられた。

今般、ASTRO-Hプロジェクトについて、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)において「開発」への移行の準備が整ったので、政策意志決定者に対して政策選択に関する決定を行うための基礎となる情報を提供するため、JAXAにおいて具体化された内容が、宇宙基本計画等に照らして適切であるか、「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推進部会において評価を行った。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-H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・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20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-H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-Hプロジェクトを取り巻く状況

宇宙物理学の究極の目的は、宇宙の歴史と宇宙の構造を物理法則に基づいて理解することである。宇宙は約137億年前に始まり、ビッグバン直後の火の玉のようなほぼ一様な宇宙から、星、銀河、銀河団といった様々な構造をもつ現在の宇宙に、ダイナミックに膨張しながら成長を続けてきた。この膨張は一様な速度で進むのではなく、加速しながら進んでいることが、超新星の観測などから明らかになっている。この宇宙膨張を加速する未知のエネルギーが暗黒エネルギーである。一方で、銀河団のように大きな構造を持つものは、宇宙膨張に逆らって収縮力が働くことにより形成さ

れている。この収縮力は大量による重力であり、ダークマターという仮想的物質を考慮しないと説明できない。今日、宇宙は、現時点では観測できない暗黒エネルギー、ダークマター、そして、わずか約4%の観測可能な物質からなりたっていると考えられ、宇宙のほとんどが、正体不明の暗黒エネルギー、ダークマターによって占められているということは、天文学にとどまらず21世紀科学の根源的な謎となっている。また、過去10年程度の研究の結果、現在の宇宙のほぼ全ての銀河は、その中心に太陽質量の100万倍から1億倍もある巨大質量ブラックホールを持ち、かつその質量は銀河の中心部の星の全質量と極めて良い精度で比例しているという、驚くべき事実が発見された。もはや、ブラックホールは宇宙の重要な基本構成要素であり、その起源、および環境との相互作用を解明することは、宇宙史の理解において不可欠で本質的な天文学的課題となっている。さらに、宇宙から到来する高エネルギー粒子線である宇宙線に関する研究は、ヘスによる1912年の宇宙線の発見以来約100年の歴史を持ち、約12桁のエネルギー範囲にわたって宇宙線のエネルギー分布が観測され、その起源・組成・伝搬に関する研究が行われてきた。しかし、どのような宇宙線がどのような天体でどれだけの大さのエネルギーまで加速されているかは長年の未解決問題として残っている。宇宙の様々な構成要素の研究が進み、何十桁のスケールにも及ぶ宇宙の階層構造がお互い何らかの関係を持って存在している事がわかってきた今日では、宇宙線に代表される高エネルギー粒子の役割、あるいはこの高エネルギー粒子がもたらす宇宙の情報の重要性がより高まっている。

このような宇宙の構造や進化を解明するためには、多様なアプローチの研究を行うことが重要であり、その一つに天文観測が挙げられる。天文観測により遠い宇宙の姿を知ることが、過去の姿を見

ることであり、過去を学ぶということは、宇宙誕生の謎を探ることにつながり、星がどのようにして生まれ、惑星がどのように形作られてきたか、さらにこれから宇宙がどうなっていくのかを知ることにつながる。また、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可能となる。こういった宇宙の謎を天文観測で解明するためには、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。

この中で、超新星残骸、銀河中心核や銀河団など、宇宙の中でも高温かつ激しい活動領域、あるいは中性子星やブラックホールに極めて近い領域から放射される多量のエネルギー放射等、約4%の観測可能な物質のうちの80%の高エネルギー物質は、X線でしか観測できない。しかし宇宙からやって来るX線は、地球をとりまく大気により吸収・散乱されるので、地上で観測することができず、ロケットや人工衛星を使った大気圏外での観測が必要である。日本のX線天文学は、世界でもトップレベルを誇っており、「はくちょう」、「てんま」、「ぎんが」、「あすか」、「すざく」と続くX線天文衛星の実績がある。

ASTRO-Hプロジェクトは、その後継として、現在運用中の衛星を邁かに凌駕する分光能力、硬X線集光面積、広いエネルギー帯域での感度をもつ観測装置により、80億光年程度までの銀河団の運動の直接測定や、今までは感度が足りなくて観測できなかった巨大ブラックホールの観測等を行い、X線による観測の誤差を小さくする計画である。ASTRO-Hプロジェクトによって銀河団のダークマターを含む正確な質量を測定し、それを遠方(過去)から近傍(現在)の宇宙における銀河団に応用することで、銀河団の成長の進み方を正確に求めることができる。また、ASTRO-Hプロジェクトが2013年度(平成25年度)頃に運用を開始できれば、電波望遠鏡ALMA(サブミリ波)、ハッブル宇宙望遠鏡の後継のJWST、ガ

ンマ線観測衛星 Fermi などと共同で観測を行うことが可能となる。なお、2020年(平成32年)以降を目指して検討されている国際大型計画(IXO)は、ASTRO-Hの観測装置のコンセプトをベースとして開発される予定である。

4. ASTRO-Hプロジェクトの事前評価結果

(1) プロジェクトの目的・目標・開発方針

X線天文は銀河団の進化の解明、ダークマターや暗黒エネルギーの探求、ブラックホールの銀河形成に果たす役割、相対論的時空の構造の理解、宇宙線が加速される仕組み等の解明を目指している。

ASTRO-Hプロジェクトの目的は、より具体的に以下の5つの項目にまとめられている。

銀河団という宇宙最大の天体における熱エネルギー、銀河団物質の運動エネルギー、非熱的エネルギーの全体像を明らかにし、ダイナミックな銀河団の成長を直接観測する。

厚い周辺物質に隠された遠方(過去)の巨大ブラックホールを「すざく」の約100倍の感度で観測し、その進化と銀河形成に果たす役割を解明する。

ブラックホールの極近傍の物質の運動を測定することで重力のゆがみを把握し、相対論的時空の構造を明らかにする。

宇宙に存在する高エネルギー粒子(宇宙線)がエネルギーを獲得する現場の物理状態を測定し、重力や衝突・爆発のエネルギーが宇宙線を生み出す過程を解明する。

距離(年齢)の異なる銀河団内のダークマターの分布と総質量を測定し、銀河団の進化に果たすダークマターと暗黒エネルギーの役割を探求する。

これらはいずれも、宇宙そのものの理解に繋がる高い科学的

意義をもつものと考えられ、世界の国際宇宙X線天文台として、世界トップレベルの科学研究成果を継続的に創出することが期待でき、宇宙基本計画等に照らして適切である。

プロジェクトの目標は、様々な距離の銀河団の総エネルギー(総質量)の測定、硬X線領域での厚い周辺物質に隠された巨大ブラックホールの観測、ブラックホールの極近傍における物質の運動の直接観測、超新星残骸の電子エネルギー分布の決定や巨大ブラックホールの広域帯スペクトル取得等について、その観測水準や量が明確かつ具体的に設定されており、目的とするものに照らし適切である。成功基準も目標がミニマム・フル・エクストラそれぞれのレベルに応じて具体的な数値目標として配分されており、優先順位についても明確になっている。

プロジェクトの開発方針は、過去の経験と実績を最大限活用する計画となっており、特に「すざく」での教訓を踏まえて高信頼性に特段の配慮がなされ、国際協力も有効に取り入れられており、いずれも的確なものと評価できる。これまでの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。

以上のようにASTRO-Hプロジェクトの目的・目標・開発方針は、「開発研究」移行時からの設計進捗等を考慮しても的確に引き継がれており、「開発」移行時としても適切である。

判定:妥当

(2) システム選定及び基本設計要求

ASTRO-Hプロジェクトの5つの定量的な目標を具体的に達成するために、4つの世界最先端レベルの搭載観測機器システムが搭載され、それぞれの搭載観測機器システムに求められる役

割、精度が、基本要件として明確にされている。その基本要件を達成するために、観測感度や視野などが基本設計要件としての確に導出・設定されており、さらにそれぞれの観測機器の基本仕様として具体化され明確になっている。また、これらの他に衛星システム全体への基本設計要件として焦点距離、熱構造、高精度姿勢制御、寿命、投入高度等の要件が明確になっている。

それらの基本設計要件を具現化するため、衛星システムについて、性能、信頼性、コストを考慮した複数のオプションの比較検討が行われ、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いる。

衛星バス系については、「すざく」等過去において採用された衛星バスを基本的に踏襲し、新規開発品は最小限にすることとし、多くの機器についてプロトフライトモデルとして製作する予定となっている。

また、個々の望遠鏡や多様な検出器類などの観測機器システムは、世界最先端の性能が必要とされ、新規開発要素が多いので、国産の最新技術を採用しつつ海外で開発中の技術も含めて広く検討され、フロントローディングの成果を基本として、高い信頼性をもった開発が可能となるように選定されている。開発研究への移行時に示された指摘へもほぼ的確に対応していると認められるが、今後も日々進歩している周辺の関連技術を十分に俯瞰しつつ開発を進めることを期待する。

「開発研究」移行時までには、開発方針が立てられ試作試験用モデル等により一部の技術実証評価が終了していたが、「開発研究」段階において、より発展した試作試験モデルによるフロントローディングが完了し、鍵となる技術の実現の見通しが十分得られていると判定できる。

判定:妥当

(3) 開発計画

開発スケジュールに関する管理上の課題は、機器毎に洗い出され、技術評価チーム、設計会議、基本設計審査等による開発・製作計画のチェック、JSET(Joint Systems Engineering Team)の活動によるリスク低減、および解析や検証試験による確認等により適切に管理され、詳細設計審査までに解決される予定となっている。特に軟X線分光検出器は、衛星の開発全体に与える影響が大きいので、クリティカルパスと認識され、リスク管理項目として適切に開発されていくこととなっている。

開発コストは国内、国外の衛星と比較し、その衛星規模(重量)との関連において特に問題はないが、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すすめていくことを期待したい。

開発体制は、我が国の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、国際協力実行上の体制も的確に形成されている。特にNASAは約\$48Mを、軟X線分光検出器(SXS)の開発・運用と打上げ後の科学プログラム費用として供出することを決定、執行している。また、JAXAのプロジェクトチームに加えて全体の進行を常に管理し判断を行うステアリング委員会が設置され、その下に各コンポーネント、ソフトウェア、地上較正実験など責任範囲をはっきりさせたサブチームが定義されている。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JSET、並びに、クリティカルな技術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)は有効なものが見なされ、高く評価できる。

関係企業との責任分担関係に関しては、衛星バスシステムについて、JAXA が仕様を決定し、衛星開発企業はその仕様に基づき設計と製造を行い、製造した製品が仕様を満足することを試験などで立証することとなっている。また、ミッション機器については、研究者がフロントローディングの成果に基づいた要求仕様を提示し、開発担当企業が、仕様に合致した機器を責任をもって製造し、その後研究者は機器が要求仕様を満足していることを、開発担当企業の協力を得て行うこととなっており、研究者と企業間の責任分担も明確である。

また、国際的なミッションとして多くの大学の参画を得るとともに、衛星の開発フェーズから NASA との協力のもとに、一般向け、初等教育、高等教育を対象とした国際的、組織的な広報・教育活動を行うこととしている。これは、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と評価できる。

判定:妥当

(4) リスク管理

リスクの識別とそれらへの対処、更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。観測システムについてはフロントローディングにより成立性について確認済みである。今後の開発・製作においてスケジュール管理上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が、今後もプロマネを中心として、JSET や TWG の効果的な活用により早期の段階で問題解決を図り、さらにより低リスクになるための管理を実施して成功につなげることを期待したい。

主な助言は以下である。

- ・ 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)についても十分検討すること。

- ・ 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検討しておくこと。

判定:概ね妥当

(5) 総合評価

ASTRO-H プロジェクトは、銀河団の進化の解明、ダークマターや暗黒エネルギーの探求、ブラックホールの銀河形成に果たす役割の解明、相対論的時空の構造の理解、宇宙線が加速される過程の解明を目指し、硬 X 線帯域における集光撮像観測や軟 X 線帯域でのスペクトル解析等により、銀河団の総エネルギー(全質量)の測定、隠されたブラックホールの観測、ブラックホール近傍の物資の挙動の確認等を実施し、宇宙の構造形成やエネルギー的な進化を知る上で鍵となる観測に挑戦する極めて意欲的なプロジェクトである。

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、宇宙そのものの理解等につながる科学的成果の創出を目指すものであり、世界の国際宇宙 X 線天文台として、世界トップレベルの科学研究成果を継続的に創出することが期待され、宇宙基本計画等にも整合しており、その意義は大きい。

今回の事前評価では、ASTRO-H 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おこなった。その結果、現段階までの計画は、具体的かつ的確であり、「開発」に移行する準備が整っていることを確認した。

(参考1)

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価 第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトに係る 調査審議について

平成21年10月21日
宇宙開発委員会

1. 調査審議の趣旨

日本のX線天文学は、世界でもトップレベルを誇っており、「はくちょう」に始まり、「てんま」、「ぎんが」、「あすか」、そして「すざく」と続くX線天文衛星の実績がある。

第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクト(以下、「ASTRO-Hプロジェクト」という)は、それらの経験を生かし、地上では観測が不可能なX線を衛星軌道上から観測するプロジェクトである。

一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8月に「開発研究」への移行は妥当であるとの評価を行った。

一方、平成21年6月に策定された宇宙基本計画において、宇宙科学プログラムとして、世界をリードする科学的成果の創出のために、社会的ニーズと今後10年程度の目標が示された上で、5年間の開発利用計画が定められた。本ASTRO-Hプロジェクトも、それまでの評価結果も踏まえ、同計画の中に政策的観点から目標とする打上げ年度等を含めその推進が改めて位置付けられた。

今般、ASTRO-Hプロジェクトについて、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)において、「開発」への移行の準備が整ったため、JAXAにおいて具体化された内容が、宇宙基本計画等に

照らして適切であるか、「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評価を行う。

2. 調査審議の進め方

ASTRO-Hプロジェクトについて、推進部会においてJAXAが策定した内容が宇宙基本計画等を適切に具体化したものとなっていることを確認するため、「評価指針」に基づき、以下の項目について調査審議を行う。

- (1) プロジェクトの目的・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

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、11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

本調査審議に係る推進部会の構成員は、別紙のとおりとする。

宇宙開発委員会推進部会構成員

(委員)

部長 青江 茂 宇宙開発委員会委員
部長代理 池上徹彦 宇宙開発委員会委員
野本陽代 宇宙開発委員会委員(非常勤)
森尾 稔 宇宙開発委員会委員(非常勤)

(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 東海大学工学部特任教授
佐藤勝彦 国立大学法人東京大学数物連携宇宙研究機構特任教授・明星大学理工学部客員教授
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
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)

第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトの 評価実施要領

平成21年10月22日
推進部会

1. 趣旨

日本のX線天文学は、世界でもトップレベルを誇っており、「はくちょう」に始まり、「てんま」、「ぎんが」、「あすか」、そして「すざく」と続くX線天文衛星の実績がある。

第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクト(以下、「ASTRO-Hプロジェクト」という)は、それらの経験を生かし、地上では観測が不可能なX線を衛星軌道上から観測するプロジェクトである。

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8月に「開発研究」への移行は妥当であるとの評価を行った。

一方、平成21年6月に策定された宇宙基本計画において、宇宙科学プログラムとして、世界をリードする科学的成果の創出のために、社会的ニーズと今後10年程度の目標が示された上で、5年間の開発利用計画が定められた。本ASTRO-Hプロジェクトも、それまでの評価結果も踏まえ、同計画の中に政策的観点から目標とする打上げ年度等を含めその推進が改めて位置付けられた。

今般、ASTRO-Hプロジェクトについて、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)において、「開発」への移行の準備が整ったため、JAXAにおいて具体化された内容が、宇宙基本計画等に照らして適切であるか、「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評価を行う。

2. 評価項目

ASTRO-H プロジェクトについて、JAXA が策定した内容が宇宙基本計画等を適切に具体化したものとなっていることを確認するため、推進部会において「評価指針」に基づき、以下の項目について調査審議を行う。

- (1) プロジェクトの目的・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。

3. 評価の進め方

| 時期 | 部会 | 内容 |
|-----------|-------|--------------------|
| 10 月 22 日 | 第 3 回 | ASTRO-H プロジェクトについて |
| 11 月 2 日 | 第 4 回 | ASTRO-H プロジェクトについて |
| 11 月 12 日 | 第 5 回 | 評価結果について |

なお、第 3 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 4 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。

4. 関連文書

ASTRO-H 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。

第 26 号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクト 評価票

構成員名: _____

平成 21 年 6 月に制定された宇宙基本計画において、宇宙科学プログラムとして、世界をリードする科学的成果の創出のために、社会的ニーズと今後 10 年程度の目標が示された上で、5 年間の開発利用計画が定められています。本 ASTRO-H プロジェクトも、それまでの評価結果も踏まえ、同計画の中に政策的観点から目標とする打上げ年度等を含め、その推進が改めて位置付けられています。

今般、実施機関である JAXA において「開発」への移行の準備が整ったため、具体化された当該プロジェクトが、宇宙基本計画等に照らして適切であるか、以下について確認し、助言して下さい。

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依頼するとともに、「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

(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。

- 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。

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. 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

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

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・固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する的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。

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

第 26 号科学衛星 (ASTRO-H) 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 2 章 宇宙開発利用の推進に関する基本的な方針

2. 我が国の宇宙開発利用に関する基本的な 6 つの方向性

(4) 先端的な研究開発の推進による活力ある未来の創造

宇宙天文学、太陽系探査等の研究を行う宇宙科学については、太陽系や宇宙そのもの、及びそこに誕生した生命の成り立ちの謎を解き明かすことを目指した理学研究とそれを可能とする探査機などの先進的な工学研究とが一体となって、常に世界の最先端の成果を挙げてきている。

宇宙天文学では、近年 X 線天文衛星「すざく」によるブラックホールのまわりの時空のゆがみの高精度な観測や赤外線天文衛星「あかり」による赤外線で輝く全天のカタログ作成などの成果を挙げています。

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

宇宙開発利用の施策の推進に当たっては、第 2 章の 6 つの方向性を踏まえて、宇宙の開発利用に大きな期待が寄せられている社会的ニーズを明確にし、それらのニーズを満たすために求められる対応を目標として設定した上で、この目標達成を目指し、資源配分や費用対効果を踏まえつつ、官民が連携しながら必要な

施策を推進することが適当である。

以上の考え方にに基づき、宇宙開発利用で実現を目指す社会的ニーズと各ニーズに対応した今後 10 年程度の具体的な目標を本章及び別紙 1 のとおり整理した。

これらに対応し、陸域・海域観測衛星、データ中継衛星、安全保障を目的とした衛星、地球環境観測衛星、気象衛星、通信・測位衛星、科学衛星等の各種衛星や国際宇宙ステーション等を効率的、効果的に組み合わせ、又は一つの人工衛星を多目的に活用するなどにより、以下の 9 つのシステム・プログラムに集約しつつ、平成 21 年度からの 10 年程度を見通した 5 年間の人工衛星等の開発利用計画を別紙 2 のとおり定めた。

なお、これらシステム・プログラムの実行に当たっては、研究開発や利用にかかわる産学官の関係者からなる宇宙開発利用推進連絡会議(仮称、以下「連絡会議」)における関係者の意見を踏まえ、システム・プログラムを具体化し推進する。推進に当たっては、適時・適切に評価を行い、その結果を反映する。また、これらのシステム・プログラムを支える宇宙輸送システムの構築を図るとともに、共通的にかかわる宇宙外交や宇宙産業の育成などを推進する。

(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

1. 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。

2. 各分野における具体的施策の推進

(4) 世界をリードする先端的な研究開発の推進

科学的発見に挑戦する宇宙科学研究の推進

宇宙科学プログラムの推進に当たっては、JAXA と大学等での研究者等の個人レベルでの連携はもとより、大学共同利用システムとしての機能の活用、大学研究拠点との連携の実現を図り、理学研究と工学研究が一体となって取組む。また、地球科学分野、プラズマ科学分野、地上の観測設備を用いた天文分野や国際リニアコライダー構想などの大型加速器分野など幅広い分野との連携や融合など体制の強化を図る。これらにより、引き続き世界をリードする科学的成果を継続的に創出することを目指し、宇宙科学分野におけるテーマ・内容等の評価・選定プロセスを活用するとともに、自主、民主、公開、国際協力の原則を尊重しつつ推進する。

なお、得られる最先端技術成果を宇宙科学以外の宇宙開発利用分野や産業などにも積極的に展開する。

(7) 次世代を担う人材への投資と国民参加の円滑化

次世代を担う人材への投資と国民参加の円滑化は、A～Iの全てのシステム・プログラムに対応する。

次世代を支える技術者・研究者の育成

宇宙開発利用の推進に当たっては、高度な知識及び実践的な開発経験も含む能力を備えた優秀な人材や宇宙からの幅広い視野で地球全体を見渡せるような人材を育成、確保していくことが必要不可欠である。特に、現状では、産業規模が縮小する中で開発経験を持つ優秀な技術者の維持・確保が困難になってきており、技術の継承は極めて重要な課題となっている。このため、大学等において有為な人材を継続的に育成、供給できる教育研究機能の維持・強化を図るとともに、産業界、宇宙機関等において宇宙開発利用を継続して実施するために必要な人的技術基盤を維持・継承していくことが重要であり、以下のような施策を推進する。

大学等における宇宙教育・研究の強化

JAXA と大学等での研究者等の個人レベルでの連携はもとより、大学等との連携を一層強めることにより、JAXA の研究設備等の利用機会の提供や、特定課題・プロジェクトにおける共同研究等を行う大学共同利用システムによる教育研究推進の枠組の維持・発展を回り、大学等における宇宙教育・研究を強化する。

宇宙機関と大学等の連携による実践的技術者・研究者育成

JAXA の大学共同利用システムを活用し、プロジェクト実施

の最前線へ全国の大学等の研究者・学生の参加を促し、ものづくりを含めたシステム開発の実践的方法論について素養を身に付けた人材を育成する。

- ・ 長期的視野のもとでの人材育成と確保
長期的視点に立った人工衛星等の開発利用計画の提示等、宇宙産業の持続的発展や国際競争力強化を目指した施策を推進することにより、宇宙機関等や産業における人的技術基盤の維持を回りつつ、研究者、技術者の資質向上に努める。
 - ・ アジア地域における人材育成の充実
アジアでの人材育成拠点となる大学や研究機関等との連携の促進や APRSAF の下で進めている小型衛星の共同開発の推進、アジアからの留学生等の人材の受け入れ等により、我が国の宇宙技術を利用して、アジア地域における宇宙の開発や利用を支える人材の輩出を目指す。
子供達への教育と宇宙の魅力を伝える広報活動等の推進
次世代を担う青少年が宇宙に関する正しい知識と理解を深めることは、将来の宇宙開発利用に携わる人材の裾野を拡げ、国民の宇宙開発利用の推進に対する支持を引き続き確保する上で重要である。国民、特に次世代を担う子供達に夢を与えるプロジェクトを推進するとともに、JAXA の宇宙教育センターの活動等を活用しつつ地域の教育関係機関等と連携のもと、以下のような施策を推進する。
- (a) 実体験・疑似体験機会の拡大
- ・ 観光・修学旅行等における射場施設設備等の見学等
旅行会社等との連携等により、観光旅行や修学旅行等の見学地・見学施設として、種子島宇宙センターのロケット打ち上げ射場の施設設備等を組み入れ、宇宙開発利用の現場を自分の目で見て、肌で触れることにより、宇宙の魅力を感じても

らう。

- ・ 宇宙飛行士や科学者等との触れ合い充実

宇宙飛行士や科学者・技術者が教育現場等を訪れ、子供たちに夢や希望、好奇心や探究心を育む講演活動等を行う。国際宇宙ステーションとの交信イベントにおける宇宙授業等の充実を図る。

- ・ 科学館等及びインターネットの活用

宇宙を素材とする体験型授業や、国際宇宙ステーションでの宇宙授業等、学校や地域の科学館等と連携したイベントを充実するとともに、科学館等での教員研修の支援やボランティア指導者の育成を行う。また、ロケット打ち上げ等のインターネット中継や、デジタルアーカイブ等のコンテンツの充実を図る。

(b) 宇宙教育の充実等

- ・ 教育素材の充実の支援

科学館等の社会教育施設等における学習活動の支援等の充実を図る。また、教育素材として、宇宙食や宇宙飛行士のメッセージ等の活用、家庭で親子が楽しく学ぶことのできる内容の提供、海外の宇宙機関や国際機関等との連携など、その充実に向けた取組を進める。

- ・ 民間企業・各種団体の活力の活用

宇宙開発利用の推進に当たり、「かぐや」におけるハイビジョンカメラの搭載のように、民間企業・各種団体と連携し、その成果が広く国民の目に触れるような工夫を行うとともに、宇宙機関から映画やテレビドラマ等への資料や撮影の協力等を充実することで、国民に宇宙の魅力を伝えていく。

国民参加型の施策の推進

国民の宇宙に対する関心を高めることは、多額の国費の投入

を要する宇宙開発利用に対する理解を得る上で重要である。これからの宇宙開発利用は、一部の専門家のみが行うものではなく、国民自らが参加して利用するものになりつつあることを踏まえ、宇宙利用の裾野の拡大の意味も含め、以下のような国民参加型の施策を推進する。

- ・ 国民参加型のコンテスト

宇宙開発利用への国民参加の機会を広げるなどのため、例えば、新しい発想の利用アイデア等を掘り起こす人工衛星コンテストや、ロボコン主他団体と連携した宇宙用ロボットコンテストなど、個人での参加も可能な国民参加型のコンテストの取組を推進・支援する。

- ・ 宇宙利用の拡大方策等、宇宙政策や宇宙開発利用に幅広く国民の叡智を求める工夫

宇宙開発利用をさらに国民生活に密着した役立つものとするため、広く国民の叡智を求める機会を増やす工夫を行う。

- ・ 寄付その他幅広くサポートを得る工夫

宇宙開発利用について、政府予算のみならず、国民からの寄付等のサポートを得やすくするような工夫を検討する。また、宇宙を身近に感じてもらうために、人工衛星等の愛称募集等を行う。

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 25 年度から運用予定だが、適時、適切に判断:

「宇宙天文学ミッション ASTRO-H(X 線天文)、SPICA(赤外線天文)など」

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. 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衿持への貢献

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らるとともに、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

宇宙空間からの宇宙物理学及び天文学

- 1) 宇宙の大規模構造とその成り立ちを解明し、暗黒物質・暗黒エネルギーを探る。

ア. 長期的な目標

我が国が優位性を持つ赤外線、X 線、ガンマ線及び電波を用いた宇宙観測により、宇宙の大規模構造の姿を捉え、基本的物質であるバリオンや様々なエネルギーの宇宙における存在形態を探ることにより、宇宙の基本構造を解明する。宇宙の初期揺らぎから現在の宇宙の大規模構造に至るまでの過程を解明し、暗黒物質の果たす役割、暗黒エネルギーと宇宙の状態及び進化との関係を探る。

イ. 今後5年程度の目標

赤外線天文衛星「あかり」による全天サーペイにより宇宙地図を作成し、銀河進化の解明に資する。X 線天文衛星「すざく」による銀河団等の観測研究を発展させるとともに、大気球や小型衛星等による萌芽的なミッションの開拓を行う。

ウ. 20年先を視野に入れた今後10年程度の目標

軟 X 線精密撮像分光観測による熱的な宇宙の詳細観測を実現する。銀河の誕生過程及び銀河団の進化を解明するた

めに、高解像度赤外線観測衛星及び大型 X 線望遠鏡衛星等の大型国際ミッションを推進する。銀河構造を解明することを目的とした高精度位置天文観測衛星の実現に必要な技術開発を行う。

- 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を積極的に貢献する。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・ガンマ線の高精度毀傷観測・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索し、

宇宙の極限状態と非熱的エネルギー宇宙を探索す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、惑星環境の交遊、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死体等を研究開発・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。

第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトの事前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21年10月22日(金)14:00~17:00
2. 場所:文部科学省 16階 特別会議室
3. 議題:
 - (1) 第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトの事前評価について
 - (2) その他

【第4回推進部会】

1. 日時:平成21年11月2日(月)14:00~16:00
2. 場所:文部科学省 16階 特別会議室
3. 議題:
 - (1) 第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトの事前評価について
 - (2) 陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)プロジェクトの事前評価について
 - (3) その他

【第6回推進部会】

1. 日時:平成21年11月24日(火)14:00~17:00
2. 場所:文部科学省 16階 特別会議室
3. 議題:
 - (1) 第1期気候変動予測衛星(GCOM-C1)プロジェクトの事前評価

- について
- (2) 第26号科学衛星(ASTRO-H)プロジェクトの事前評価について
 - (3) 陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)プロジェクトの事前評価について
 - (4) その他

**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 | 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 |
|--------------------|----|------|-------|
| 1. プロジェクトの目的・目標・開発 | 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追及す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应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.

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。

- 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。

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある |
|-------------------|----|------|-------|
| 2. 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】

- 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。

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現存技術の改良、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。

- 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。
- 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。
- 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。

- 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。
- 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。
- 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。
- 8 関係する個々の技術が詳細に検討されている。
- 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。

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 |
|---------|----|------|-------|
| 3. 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、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)は有効なものと見なされ、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する的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 |
|----------|----|------|-------|
| 4. 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の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。