

国際水星探査計画(BepiColombo)

プロジェクトの評価実施要領(案)

平成 20 年 1 月 15 日
推進部会

1. 趣旨

国際水星探査計画プロジェクト(以下、「BepiColombo プロジェクト」という。)は、水星の磁場・磁気圏・内部・表層を観測し、太陽系内縁部における初期惑星形成に係わる水星の起源と進化の解明を目指すと共に、惑星の磁場・磁気圏の普遍性や特異性の解明を目指す、欧州宇宙機構(以下、「ESA」という。)との国際共同プロジェクトである。

独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、水星の固有磁場、磁気圏等の観測をおこなう水星磁気圏探査機(MMO)の開発を担当し、ESA が開発を担当する水星の表面地形、鉱物・化学組成、重力場の精密計測をおこなう水星表面探査機(MPO)と共同観測を実施する計画である。

本BepiColombo プロジェクトについては、宇宙開発委員会の平成 15 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う。

2. 評価の目的

JAXA が実施する BepiColombo 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。

3. 評価の対象

BepiColombo プロジェクトの JAXA 担当分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)
- (2) プロジェクトの目標
- (3) プロジェクトの開発方針
- (4) システム選定及び設計要求
- (5) 開発計画
- (6) リスク管理

プロジェクトの目的及び目標については、宇宙科学研究のコミュニティの合意を経てプロジェクトを選定してきたことを念頭において評価を行う。

また、平成 15 年度に実施した「開発研究」移行時の事前評価、及び平成 16 年度に実施した進捗状況確認において評価・確認した項目は、その結果を踏まえて評価する。

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。

5. 評価の進め方

時期	部会	内容
1 月 15 日	第 1 回	BepiColombo プロジェクトについて
2 月 12 日	第 3 回	事前評価結果について

なお、第1回推進部会におけるJAXAからの説明に対し、当日議論が尽きない場合は後日質問票による質疑応答を行うものとし、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。

BepiColombo プロジェクト 評価票

6. 関連文書

BepiColombo 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。

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)

BepiColombo プロジェクトについては、平成 15 年の宇宙開発委員会 計画・評価部会において、太陽系探査科学において重要な科学的意義を有していると評価されました。また、平成 16 年の宇宙開発委員会 推進部会における進捗状況確認においても、プロジェクトの一部変更があるものの依然重要な科学的意義を有していると評価されています。

これら開発研究移行時の事前評価結果を踏まえた上で、JAXA 担当分のプロジェクトの目的が、「我が国における宇宙開発利用の基本戦略」(総合科学技術会議)及び「宇宙開発に関する長期的な計画」(以下、「長期計画」という。)において規定されている我が国における宇宙開発利用全体の意義、目標及び方針等に照らし、的確に詳細化、具体化されているかについて、これまでの経緯を考慮した評価をして下さい。

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. プロジェクトの目標

平成 15 年の宇宙開発委員会 計画・評価部会において、BepiColombo プロジェクトにおける目標として水星磁場の成因の解明や水星磁気圏の解明等が挙げられていますが、これらは、日本の得意とする分野であり適切であると評価されました。

今回、開発移行にあたり、より具体的に目標を見直しています。

上記を踏まえ、

- i) 設定された目標が具体的に(何を、何時までに、可能な限り数値目標を付してどの程度まで)明確となっているか、
- ii) 設定された目標が設定された目的に照らし、要求条件を満たしているかを含め的確であるか、
- iii) その目標に対する成功基準が的確であるか、
について評価して下さい。

目標が複数設定される場合にはそれらの優先順位及びウェイトの配分が的確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。)

3. 開発方針

BepiColombo プロジェクトの開発活動全体を律する基本的な考え方や方針が設定された目標の達成に対する的確であるかを評

価して下さい。

評価に当たっては、「衛星の信頼性を向上するための今後の対策について」で示された考え方を考慮して下さい。

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。)

4. システム選定及び基本設計

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が設定された目標の達成に対する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みます。

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。)

5. 開発計画

スケジュール、資金計画、実施体制及び設備の整備計画等の開発計画が、設定された目標の達成に対する確度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。)

6. 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及び評価の過程で抽出された課題への対処の方向性が明確であるかを評価して下さい。

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

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

(別紙 2)

BepiColombo プロジェクトの 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)

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

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

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 15 年 9 月 1 日 総務大臣、文部科学大臣、国土交通大臣)

1. 我が国の宇宙開発に関する基本的考え方

2. 我が国の宇宙開発の目的と基本方針

(1) 我が国の宇宙開発の目的

知的資産の拡大

未知なる宇宙及び太陽系の探査活動や宇宙環境を利用した基礎的な研究は、宇宙の起源、地球の諸現象などに関する普遍的な知識・知見を獲得するものであり、新しい価値観や新たな文化の創造にもつながるものである。

また、未知のフロンティアである宇宙に挑む姿は、次世代

を担う若い世代を含めて多くの人々に、夢と希望をもたらすものである。さらに、人類の新たな活動拠点を構築するとの観点から、次の世代の選択肢を増やしていくための活動を行う。

II. 重点的に取り組む業務に係る目標と方向

2. フロンティアの拡大

(1) 宇宙科学研究

太陽系探査科学

太陽系を理解する様々なアプローチのうち、科学衛星による直接探査が最も効果的な成果を挙げると期待される「太陽系形成の歴史を探る」こと及び「太陽、太陽系空間、惑星環境を探る」ことを重点的に推進する。...(略)...

また、太陽の超高温プラズマの生成等の解明に焦点を当てた太陽観測を行うとともに、地球及び惑星の大気や磁気圏、太陽圏空間プラズマの観測的・理論的研究を推進し、宇宙空間の環境の理解及び地球環境の普遍性と特殊性の解明を行う。

宇宙飛翔及び宇宙探査に係る工学研究

より遠く、より自在な、より多面的な探査活動を実現するための工学研究を推進する。

このため、より遠くへの探査活動を可能とする、新しい宇宙推進系、高効率の電源系等の研究を進めるとともに、長距離通信の高効率化を可能とする研究等の基礎的研究を実施する。また、自在な探査活動を可能とするため、自律探査ロボットや極限的な宇宙環境に耐える電子部品技術等の基礎

的研究を実施する。さらに、多面的な探査活動を行うため、技術観測機能の分散化・多様化・連携化を可能とする基礎的研究を推進する。

衛星の信頼性を向上するための今の対策について
(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質性を確保する。

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15年10月1日 総務大臣、文部科学大臣、国土交通大臣)

III. 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

4. 宇宙科学研究

(B) 衛星等の飛翔体を用いた宇宙科学プロジェクトの推進

- (2) 開発中・開発承認済の宇宙科学研究プロジェクトの推進
水星の起源と進化、磁場の成因、磁気圏にわたる全貌解明を目指して、国際水星探査計画ベッピコロombo (Bepi-Colombo)計画に参加し、水星磁気圏探査機及び観測装置の開発を行う。

(別紙 3)

BepiColombo 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)

水星探査機計画の事前評価結果について(報告)
(平成15年6月24日 宇宙開発委員会 計画・評価部会 水星探査プロジェクト評価小委員会)

4.9 総合評価

「水星探査プロジェクト」に対する評価を次にまとめる。

水星探査プロジェクトは、「宇宙科学研究の推進について」に挙げられている宇宙科学研究における 3 つの大目標のうち、太陽系探査科学に位置付けられる。水星探査は、高温・高放射線という厳しい環境下で行われることから、水星に辿り着いた探査機は 1 機のみであり、水星の固有磁場の成因、内部構造や表面地形の解明につながる科学的データが極めて乏しい。地球型惑星で固有磁場を有するのは水星と地球のみであるが、本プロジェクトでは、水星の磁場や磁気圏を高い精度で観測し、惑星の磁場・磁気圏の普遍性と特異性の解明に大きく貢献するとともに、内部・表層を観測することにより、太陽系形成における地球型惑星の起源と進化の解明を目指すものである。従って、太陽系探査科学において重要な科学的意義を持つと考える。本プロジェクトは科学的意義に重点がある。

本プロジェクトの水星探査は、技術的意義として挙げられている

耐熱技術、耐放射線技術、軽量化技術は厳しい環境で水星探査を可能とする技術的基盤であり、それぞれ技術的な見通しが得られている。また、将来の金星探査や木星探査の技術的基盤になる。

これらの意義を受けて、科学的・技術的に具体的な目標が定められている。科学的目標として水星磁場の成因や水星磁気圏の解明等が挙げられているが、日本の得意とする分野であり適切である。また、技術的目標についても、これまでの経験を踏まえつつ、水星という非常に厳しい環境下で、観測が可能となるように設定されている。

一方、社会的・経済的な意義という観点からも、トップレベルの宇宙科学研究を行うことにより、国民に夢と希望を与えるとともに、実践的教育機会を与えることにより、研究者・技術者の育成にも貢献すると考えられる。また、経済的意義の観点からみると、例えば、耐放射線半導体部品等の開発によって得られた技術の民間移転が期待されている。

本プロジェクトは、ESA との極めて強い連携で進められている国際共同プロジェクトとして、トップレベルの宇宙科学研究を行う大変よいモデルケースになっており、今後の国際共同プロジェクトにもつながる。また、日本がこれまでの科学的成果と技術力を生かし、リーダーシップを発揮して探査できるテーマでもあり、国際社会において、日本の宇宙科学研究への貢献を認知させることができる。システム選定においても、ESA との役割分担により、得意分野を生かした観測が可能になっている。

打上げ機や推進系は ESA が担当しているが、我が国担当分のリスクや費用は軽減されている。特に、費用については、期待される成果に比べて少なく設定されている。

一方、本プロジェクトは、国際共同プロジェクトであるために、特

に留意すべき点がある。まず、総合試験が ESA で行われることから、日本側での開発が 1 年程度早く終了させる必要があるなど大変厳しいスケジュールになっている。また、ESA の作業の進捗状況により計画全体が左右されるため、ESA の実施計画の遅れの可能性も考慮しつつ、プロジェクトを進めていく必要がある。プロジェクト全体のリスクは ESA 担当分に比重が多くかかっており、我が国だけでは対処できないリスクを抱えている。

プロジェクトの実施体制については、これまでの宇宙科学研究所の実施体制を踏まえており、現時点では妥当である。また、各階層の中での責任の所在も具体的に示されている。しかし、国際共同プロジェクトであることから、上記のようなリスクを抱えており、国内の研究体制を整えるとともに、ESA との連携・調整を図ることが重要である。新機構発足後も、リスク管理等を考慮した実施体制を構築する必要がある。

以上の評価に基づき、本評価小委員会は「水星探査プロジェクト」が「開発研究」段階に進むことが妥当であると判断した。

推進部会 進捗状況確認

(平成 16 年 8 月 17 日 宇宙開発委員会 推進部会)

3. 進捗状況の確認結果

(3) 進捗状況確認結果

(概要・意義・目標等)

本プロジェクトは、全体として 2 つの周回探査衛星と 1 つの着陸機

から構成されており、JAXA は、1 つの周回探査機(MMO)を担当することとなっていた。

ESA が担当するとされていた水星への着陸機(MSE)が断念されたことにより、熱流量/地震による水星内部構造の探査及び表面組成の直接計測が実施できなくなるが、これらは、ESA が担当する周回探査機(MPO)と JAXA が担当する MMO の 2 つの周回探査機による観測によって適切に補完されることが可能であるとされている。

従って、本プロジェクトの計画全体の目的は、このようなプロジェクトの一部変更が行われても、太陽系探査科学において重要な科学的意義を有しているものと考えられている。

(期待される成果の利用等)

本プロジェクトにおいては、引き続き、本衛星の観測計画の策定と取得する科学データの利用計画の検討のため、国内外の科学・利用コミュニティとの適切な連携が図られている。

(開発計画等)

本プロジェクトにおいては、平成 22 年度の打上げを目標に、平成 16 年度から開発研究に移行することを計画していたが、上記のような ESA の計画変更に伴い、平成 16 年度は引き続き研究を継続し、打上げの目標年度を平成 24 年度に設定し直して本プロジェクトを進めることとしている。

今後のスケジュールに関しては、ESA と共同で実施する試験(母船熱構造試験、母船総合試験)の時期が明示されており、計画の変更以前に比して若干の余裕が生じるものであることから、JAXA としては、本プロジェクトの目的の達成に向けて特段の問題はなく、

適切なものであると考えられる。

一方、今回の本プロジェクトの計画変更が、ESA の計画変更の影響を受けたものであることを踏まえ、JAXA は、このようなリスクも含め本プロジェクトの進行管理についてさらに配慮するとともに、今後の JAXA-ESA 間の本プロジェクトの推進に係る調整に引き続き十分配慮すべきである。

(実施体制)

本プロジェクトについて、JAXA-ESA 間の役割分担等に変更はなく、実施体制は適切に維持されている。

(審議結果)

これらの結果をまとめると、上記のような ESA の計画変更に伴い、本プロジェクトの計画変更を行っても、本プロジェクトの意義は以前と変化することなく極めて重要であり、今後の計画が適切に設定されていることから、昨年度、宇宙開発委員会計画・評価部会において示された、本プロジェクトを開発研究段階に移行することが妥当との判断は引き続き有効であると判断される。