

水星探査プロジェクト評価報告書

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

- 目 次 -

| | | |
|-------|-----------------------|----|
| 1 . | はじめに | 1 |
| 2 . | 評価の目的 | 1 |
| 3 . | 評価実施要領 | 2 |
| 4 . | 評価結果 | 2 |
| 4 . 1 | 意義の確認 | 2 |
| 4 . 2 | 目標及び優先度の設定 | 3 |
| 4 . 3 | 要求条件への適合性 | 4 |
| 4 . 4 | 開発方針 | 5 |
| 4 . 5 | 基本設計要求の妥当性及びシステムの選定 | 5 |
| 4 . 6 | リスク管理 | 5 |
| 4 . 7 | 実施体制 | 5 |
| 4 . 8 | 資源配分 | 6 |
| 4 . 9 | 総合評価 | 6 |
| 付録 1 | 評価票の集計および意見 | 9 |
| 参考 1 | 水星探査プロジェクトの概要について | 25 |
| 参考 2 | 水星探査プロジェクトの事前評価について | 26 |
| 参考 3 | 水星探査プロジェクト評価小委員会 開催経緯 | 28 |
| 参考 4 | 水星探査プロジェクトの評価実施要領 | 29 |

1. はじめに

科学技術基本計画において、我が国が目指すべき国の姿として第一に「知の創造と活用により世界に貢献できる国」が挙げられている。宇宙科学の成果として得られる知見は、宇宙の起源と進化、宇宙の中の太陽系の起源と進化、あるいは太陽系における地球やそこに住む生命の起源等の解明など人類の知的資産の拡大に大きな役割を果たすとともに、宇宙開発にも多大な貢献をもたらす。

このような状況のもとで、宇宙開発委員会宇宙科学に関する懇談会は、「独立行政法人宇宙航空研究開発機構における宇宙科学研究の推進について（報告）」（平成15年6月）（以下、「宇宙科学研究の推進について」という。）において、長期的な展望に立った上での宇宙科学に関する学術研究の基本的な方向性及びあり方等についての方針をとりまとめた。この報告書の中で、宇宙科学研究における3つの目標のうちの一つとして、太陽系探査科学が挙げられており、その中で、今後10年程度の目標として、将来における火星、金星、水星などの地球型惑星の内部構造の探求を目指して、技術的課題の基礎的研究を進めるとともに、地球及び惑星の磁気圏、太陽圏空間プラズマの観測的・理論的研究を更に推進するとされている。

宇宙科学研究所は、以上の方針を踏まえ、太陽系探査科学の推進のため、「水星探査プロジェクト」を提案している。本プロジェクトは、宇宙科学研究所と欧州宇宙機関（以下、「ESA」という。）の国際共同プロジェクトとして実施が計画されていることから、宇宙科学研究所が分担する衛星・観測システムのみを評価の対象とするばかりでなく、宇宙科学研究所とESAとの国際協力体制も考慮して、評価を行った。

本プロジェクトの評価は、「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。）に基づき、技術的・専門的立場から事前評価を行った。

2. 評価の目的

宇宙科学研究所がESAとの国際共同プロジェクトとして提案する「水星探査プロジェクト」（平成22年度に打上げ予定）に関し、平成16年度に開発研究に着手することを要望していることから、計画・評価部会水星探査プロジェクト評価小委員会において、プロジェクトの開発研究着手前の事前評価を行う。

3. 評価実施要領

「評価指針」では、「個々のプロジェクトの評価にあたっては、本評価指針を踏まえて、事前に評価実施要領を定めることが必要である。」とされている。これに従い、本プロジェクトの基本的な考え方を科学的・技術的意義及び社会的・経済的意義から、その上位プログラム等に適切に位置付けられていることを確認するプロジェクトの実施のためのコストとそのリスク及び効果に関する評価を行うプロジェクトの中において、明確な目標や優先度を設定し、研究開発項目の重点化を図る必要がある宇宙プロジェクトであることから、その特性に配慮するとして、「水星探査プロジェクトの評価実施要領」を定めた。

4. 評価結果

本評価小委員会において、水星探査プロジェクト評価実施要領に基づき、調査審議を2回行い、次のとおり評価結果をまとめた（参考3）。

4.1 意義の確認

(1) 科学的・技術的意義の位置付け

「宇宙科学研究の推進について」の中で、宇宙科学研究における3つの大目標のうちの1つとして、太陽系探査科学が挙げられている。

水星探査プロジェクトは、

- ・これまで水星に辿り着いた探査機は、約30年前の米国マリナー10号のみであり、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、水星と地球だけであるため、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
- ・太陽に最も近い水星の内部・表層に残る過去の痕跡や大きな中心核を持つ水星の内部構造の探査は、太陽系形成における地球型惑星の起源と進化を知る手掛かりとなる

ことから、太陽系探査科学において重要な科学的意義をもつものと考えられる。

また、水星探査がこれまでほとんど行われてこなかったのは、水星が太陽に近い高温・高放射線環境であることと軌道投入のため多大な燃料を消費するためである。本プロジェクトの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、水星探査を可能とする技術的基盤であるとともに、将来の金星探査や木星探査の技術的基盤になるものであ

り、波及効果が期待されるため、技術的意義も認められる。

判定：妥当

(2) 社会的・経済的意義の位置付け

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であり、今後の国際共同プロジェクトにもつながるものである。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もできる。また、国民に夢と希望を与え、知的好奇心に応えとともに、実践的教育機会を通じて、研究者・技術者を育成し、社会的に意義があるものと認められる。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。

判定：妥当

(3) 意義の重点化

太陽系の惑星形成過程、惑星磁場の解明に貢献する水星探査プロジェクトでは、科学的意義が第一の意義を有している。本プロジェクトは、宇宙科学研究プロジェクトであること、水星探査から期待される科学的成果は大きいことから、このような意義の重点化は妥当であると考えられる。

判定：妥当

(4) 本プロジェクトを実施する意義・必要性

水星探査は、日本の太陽系探査科学を進めていく上で大きな成果が期待できる。実施されなかった場合、高い水準に達した日本の太陽系探査研究に大きな打撃を与える。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。今後の太陽系探査においては、国際協力が重要であり、大変よいモデルケースとなるものである。

判定：妥当

4.2 目標及び優先度の設定

(1) 目標の設定

科学的にも技術的にも、具体的な目標が掲げられている。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、国際協力の下で日本が得意とする磁場・磁気圏観測の分野を担当することは適切である。先行して行われるアメリカのメッセンジャー計画でも磁場・磁気圏観測が行われるが、本プロジェクトは、水星の磁場構造の全球的な観測や磁気圏の高精度・高分解能観測により、大きな成果を挙げることが期待される。また、水星探査という非常に厳しい条件下において観測を行うために設定された技術的目標も適切である。

判定：妥当

(2) 目標の優先度の設定

科学的目標については、日本が担当する水星環境の解明について、水星の磁場の高精度計測、磁気圏観測、希薄大気観測及び高マッハ数の衝撃波の観測という4つの目標が掲げられているが、その優先度は十分検討されている。一方、技術的目標についても、水星という高温・高放射線環境において、水星観測可能となるよう目標が設定されている。

判定：妥当

(3) 進行管理

これまでの宇宙科学研究所での手法を踏まえており、現時点では合理的である。しかし、国際共同プロジェクトであるため、ESAの作業の進捗状況によりプロジェクト全体が左右されることから、日欧間での調整が重要である。また、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ため、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(以下、新機構という。)発足後、プロジェクトを着実に実施できる体制を構築する必要がある。

判定：概ね妥当

4.3 要求条件への適合性

本プロジェクトにおいて設定された目標は、「宇宙科学研究の推進について」の大目標のうちの1つである太陽系探査科学の中で、これまでの経験を踏まえつつ、大きな科学的知見が得られるよう設定されている。技術の進展により初めて水星の周回探査が可能となり、太陽系探査科学の中で水星探査が競争テーマとなっていること、アメリカの探査機と比べ、水星の詳細な全球観測や高時間分解能観測に優位性をもつこと、日本が得意とする磁気圏観測を行うことという観点から、妥当な目標が設定されている。

判定：妥当

4.4 開発方針

磁気圏観測等の科学的目標とその実現を可能とする技術的目標が、開発方針に適切に反映されている。特に、日本が担当するスピン衛星（MMO）による磁気圏観測の成功の鍵は耐熱技術、耐放射線技術及び軽量化技術である。これらの技術については、耐熱材料を使用した探査機構造要素・熱制御要素の開発、表面材料の耐放射線データの蓄積、高密度実装の採用による軽量化等に基づいた信頼性の高い設計で対応しており、技術的な見通しが得られている。

判定：妥当

4.5 基本設計要求の妥当性及びシステムの選定

日本が担当するスピン衛星（MMO）は、高熱・高放射線という厳しい条件のもとで観測できるよう設計されている。

一方、探査機の選定についても、2つの極軌道衛星と着陸機を導入することにより、米国の探査機1機と比べ、水星全球をより詳細に観測することが可能となっている。ただし、打上げロケットや探査機の推進系等はESAが担当することで、我が国担当分のリスクと経費は軽減されているものの、ESAと連携・協力していく必要がある。

判定：概ね妥当

4.6 リスク管理

現時点では概ね妥当であると言えるが、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いるため、我が国だけでは対処できないリスクを抱えている。従って、リスク管理については、ESAと連携・協力をする必要がある。また、大変厳しいスケジュールになっているため、技術開発の遅れやESAの実施計画の遅れの可能性を考慮しつつ、そのようなリスクをどのように管理していくかを検討する必要がある。新機構発足後は、新しい実施体制のもとで、組織としてリスク管理が十分行われる必要がある。

判定：概ね妥当

4.7 実施体制

実施体制が階層的に定められており、それぞれの階層の中での責任の所

在が具体的に示されている。また、これまでの国際協力プロジェクトの経験もあり、E S Aとの国際協力体制も適切に設計されている。しかし、新機構発足後は、新機構における体制、E S Aとの関係を踏まえ、実施体制を再検討することが必要である。

判定：妥当

4.8 資源配分

E S Aとの国際共同プロジェクトであるため、期待される成果に比べて、経費が比較的少なくなっている。しかし、10年以上を要するプロジェクトとしては、人員も十分ではないため、共同研究者の発掘や退職者との協力体制等の検討が必要である。

判定：概ね妥当

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、E S A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、E S A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E S A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E S A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、E S Aの作業の進捗状況により計画全体が左右されるため、E S A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E S A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、E S A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。

評価票の集計および意見

1. 意義の確認

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|------------------------|----|------|-------|------|
| (1) 科学的・技術的意義の位置付け | 8 | 0 | 0 | 0 |
| (2) 社会的・経済的意義の位置付け | 6 | 2 | 0 | 0 |
| (3) 意義の重点化 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| (4) 本プロジェクトを実施する意義・必要性 | 8 | 0 | 0 | 0 |

2. 目標及び優先度の設定

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|---------------|----|------|-------|------|
| (1) 目標の設定 | 6 | 2 | 0 | 0 |
| (2) 目標の優先度の設定 | 6 | 0 | 0 | 2 |
| (3) 進行管理 | 2 | 6 | 0 | 0 |

3. 要求条件への適合性

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|-----------|----|------|-------|------|
| 要求条件への適合性 | 7 | 1 | 0 | 0 |

4. 開発方針

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|------|----|------|-------|------|
| 開発方針 | 7 | 1 | 0 | 0 |

5. 基本設計の妥当性及びシステムの選定

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|---------------------|----|------|-------|------|
| 基本設計要求の妥当性及びシステムの選定 | 3 | 4 | 0 | 1 |

6. リスク管理

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|-------|----|------|-------|------|
| リスク管理 | 0 | 7 | 0 | 1 |

7. 実施体制

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|------|----|------|-------|------|
| 実施体制 | 6 | 2 | 0 | 0 |

8. 資源配分

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|------|----|------|-------|------|
| 資源配分 | 2 | 5 | 0 | 1 |

9. 総合評価

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|------|----|------|-------|------|
| 総合評価 | 8 | 0 | 0 | 0 |

1. 意義の確認

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|------------------------|----|------|-------|------|
| (1) 科学的・技術的意義の位置付け | 8 | 0 | 0 | 0 |
| (2) 社会的・経済的意義の位置付け | 6 | 2 | 0 | 0 |
| (3) 意義の重点化 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| (4) 本プロジェクトを実施する意義・必要性 | 8 | 0 | 0 | 0 |

(1) 科学的・技術的意義の位置付け

科学的(独創性・革新性や新たな研究分野の開拓等)観点から、太陽系探査科学に係る国内、海外のプロジェクトや「独立行政法人宇宙航空研究開発機構における宇宙科学研究の推進について(報告)」(平成15年6月11日 宇宙開発委員会宇宙科学に関する懇談会)(以下、「宇宙科学研究の推進について」という。)等の中で、本プロジェクトの位置付けや果たす役割を確認し、その妥当性について評価してください。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ 太陽系の探査は「宇宙科学研究の推進について」における宇宙物理学の二本柱の一つであり、特に水星はその対象としての新規性から多大な知見が得られるものと期待される。
- ・ 固体惑星の磁気圏は、流体・ガス体の惑星磁気圏と関連して、惑星磁気理論の成立に不可欠。
- ・ 宇宙科学に関する懇談会報告書にも記載されているように、太陽系探査は3本の重要な課題であり、水星探査はその中の重要な課題として大きな意義がある。
- ・ 水星探査は、太陽系探査科学の今後10年間の目標の一つとして掲げられているテーマである。特に水星に関する科学データのきわめて乏しいことを考えれば、その意義はきわめて高いといえる。
- ・ ほとんど探査が行われていない惑星の科学的探査であり、学問的、技術的に大きな意義が認められる。
- ・ NASAの水星探査機の方が時期的に先に到達するのは残念だが、この種のプロジェクトではこういった競争はやむをえないと思う。
- ・ 水星という未知の領域で、日本の得意とするプラズマ観測を分担すると同時に、国際協力なしではなし遂げ得ないプロジェクトに参加する機会であり、大きな科学的成果と今後の惑星ミッションへの波及効果が期待できる。
- ・ 太陽系の起源と惑星系形成や進化過程の研究で水星は探査の困難さのため、ほとんど探査されて来なかった。今日、進歩した技術による水星探査が太陽系科学研究で競争となっているため、本プロジェクトの実現は太陽系科学の発展のため重要である。また、先端的宇宙科学と技術的研究開発要素があり新機構の宇宙科学本部で研究・教育として魅力的でチャレンジングなプロジェクトと位置付けることができる。

(2)社会的・経済的意義の位置付け

社会的・経済的(国民への影響や国際協力、技術開発による経済的波及効果等)の観点から、太陽系探査科学に係る国内外のプロジェクトや「宇宙科学研究の推進について」等の中で、本プロジェクトの位置付けや果たす役割を確認し、その妥当性について評価してください。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ 宇宙先進国としての国際的認知度の確認。太陽系の探査は、自らの分身として、探査機がその場に到達することから、遠い宇宙を国民に実感させる絶好の機会である。
- ・ 科学的意義は高い。国際協力によって、日本の存在感を十分にアピールしてほしい。
- ・ 経済的波及効果とは関係ない学術的研究であるが、国民の知的好奇心に応え、文化的にも大きく寄与する。
- ・ 科学的に大きな意義をもつ探査の遂行は、国の実力や科学の進歩という点で国民に与える影響は大きい。また、Bepi Colombo計画がヨーロッパ宇宙機関との国際共同計画であることも、日本が国際的に果たす役割を高めるとい点から、国民に大きな影響を与えるといえる。
- ・ 我が国が、米、露に先駆けた本格探査を行うことは宇宙開発史上初めてのこととして国民に元気を与える。今後の惑星探査・開拓は、国際協力の下で行われることが、社会的、経済的にも好ましい形態である。この面で今回のESAとの共同プロジェクトは、大変良いモデルケースを提供するといえる。
- ・ 水星という未知の領域を、日欧と米国が共同あるいは相補的に、最先端技術を駆使して探査することのインパクトは大きい。

【概ね妥当】

- ・ 基礎科学であり、技術開発ということはあるにしても、経済的な効果を要求すること自体に無理がある。未知への挑戦、科学面での国際貢献ということではよいのではないが。
- ・ 欧州と共同して米国の水星プロジェクトと競争するものでトップレベルのデータは国民に夢や希望を与えることにもなる。また、熱設計と耐放射線設計はこれまでの探査機よりも開発要素が多い。この結果は今後の探査機の技術レベルを上げることになる。「より遠く」に探査機を送る技術はESAが担当し日本は学ぶ立場で、ESAが中心のため日本の貢献が目立たなくなる恐れがある。

(3)意義の重点化

本プロジェクトが、科学的・技術的意義及び社会的・経済的意義という観点から、どこに第一の貢献をしているのか、また、その妥当性を評価してください。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ 科学的、技術的、社会的にほぼ同等の貢献か。
- ・ 国際協力における分担で重点化が示されているが、我が国が磁気観測を分担した科学的実績を含めた経緯(Geotailの成果)等を明らかにすべき。
- ・ 学術的プロジェクトであり、科学的意義において大きく寄与する。生命の起源は太陽系の起源と密接に連なるものであり、水星の起源についての知見がえられる意義は大きい。
- ・ 水星の内部構造・磁場の起源を解明することは、太陽系の惑星形成過程、惑星磁場の成因を考える上で極めて大切な役割をもつ。本プロジェクトの遂行は科学的な貢献の要素が高い。
- ・ 科学的意義が第一である。これに伴う技術的意義も大きい。今後の惑星探査のモデルである点を考えると、社会的、経済的意義も付随的に評価できる。
- ・ 惑星の環境の解明。太陽系科学の推進。国際共同研究の推進。
- ・ 水星の全貌解明という科学的成果、それを実現させるための技術開発、惑星探査という人類のフロンティア拡大に貢献するという社会的インパクト、という科学的・技術的及び社会的意義がある。
- ・ 科学的意義で大きな貢献が可能。日本の得意とするプラズマ・粒子計測等では先行する米国の探査機を凌駕し、太陽系科学にインパクトを与えられる。
 - ・ 技術的には耐熱・耐放射線の材料開発や設計でも貢献できる。
 - ・ 基礎科学研究の性格上一般社会への経済効果は少ないが、最先端の科学技術の研究のため大学院教育を通して若者を養成することができる。

(4)本プロジェクトを実施する意義・必要性

前項までの評価を踏まえ、本プロジェクトが実施されなかった場合の損失及び実施する必要性について評価してください。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ 太陽系の探査は「宇宙科学研究の推進について」における二本柱の一つであり、特に水星はその対象としての新規性から多大な知見が得られるものと期待される。宇宙先進国としての国際的認知度の確認。太陽系の探査は自らの分身としての探査機がその場に到達することから遠い宇宙を国民に実感させる絶好の機会。
- ・ 惑星磁気圏の比較研究と理論成立の機会を失する恐れがある。
- ・ ESAと極めて強い連携で進められている計画であり、日本側が中止することはこの計画全体が破綻することになり、国際的信頼性を失うことになる。
- ・ 水星磁場の探査は、日本がその解明にあたりリーダーシップをとることができるテーマである。国際共同計画の実施にあたりリーダーシップをとることはきわめて重要なことであり、もし本プロジェクトを推進できなければ、今後の惑星科学におけるリーダーシップの発揮は困難に至ると想像される。
- ・ 理学面でトップを走ることになる。実行することによる社会的なインパクトも大きい。実施しなかった場合には大きなマイナスにはならないかに見えるが、惑星探査に対するわが国の科学的、社会的先導性確保の機会を失うという損失を被る。
- ・ 日本の太陽系科学(特に宇宙空間物理学)を進めるために、大きな収穫が期待できる。国際共同研究プロジェクトであることも意義を大きくしている。
- ・ 実施されなかった場合、水星の全貌解明に機会が失われるだけでなく、欧州ESAとの信頼関係の失墜は、今後の日本の宇宙科学の進展に悪影響を及ぼすであろう。
- ・ NASAとESAの2大宇宙機関のなかで日本が特徴を発揮して参加する機会が与えられたものである。またNASAもESAも単独では大プロジェクトの推進は困難になっている。日本の参加がなくなれば水星探査の計画に大きな穴をあけることになり、太陽系科学の研究が一步遅れる。日本にとってもせっかくレベルが上がったこの研究分野に大きな打撃を与えることになる。

2. 目標及び優先度の設定

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|---------------|----|------|-------|------|
| (1) 目標の設定 | 6 | 2 | 0 | 0 |
| (2) 目標の優先度の設定 | 6 | 0 | 0 | 2 |
| (3) 進行管理 | 2 | 6 | 0 | 0 |

(1) 目標の設定

本プロジェクトの成否を適切に判断できる具体的目標(内容や達成時期等)が、合理的に設定されているか、その妥当性について評価してください。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ 日本チームの最も得意とする磁場計測において十分練られた目標が設定されている。
- ・ Messenger計画が先行して行われていることを前提として、磁場の起源についてダイポール起源なのか、その他であるのかを解明し、水生の磁場の起源を明らかにすることが、本計画の主目的とされている。サイエンスと目標として適切な内容といえる。
- ・ 国際協力の下で我が国が得意とする分野を担当することは適当である。
- ・ 日本が得意とするプラズマ観測を分担した上での、より大きな枠組みへの積極的参加、という意識がはっきりしていることは、評価できる。
- ・ 科学的にも技術的にも具体的な目標が掲げられている。現時点では合理的である。ただ、国際協力のため、国際情勢の変化で延期の可能性はある。例え延期になっても研究プロジェクトの特徴として、より高度な開発やそれまでの開発の波及効果があり、研究・教育の分野では必ずしもマイナス効果だけではない。

【概ね妥当】

- ・ 目標の達成について満点か0点かで示していたように思うが、もう少し幅が必要か。
- ・ 科学的目標はいずれも妥当であると思われる。ただし、「水星の磁場の起源」については、おそらく先に飛ぶアメリカの探査機によってかなりの成果があげられるであろうことを考え、より緻密な研究計画が必要であろう。

(2)目標の優先度の設定

設定された目標が複数存在する場合は、その優先度の設定が合理的であるか、その妥当性について評価してください。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ 必ずしも複数の目標は提示されなかったと思うが、目標は妥当である。
- ・ 磁気探査技術の開発が何よりも重要。
- ・ 4つの目標が設定されているが、優先度は十分検討されている。
- ・ 理学的、工学的目標がそれぞれ設定されているが、理学的目標が優先し、他の目標はこれを支えるものであることが明白である。
- ・ いくつかの科学的目的があげられているが、これらはいずれも探査機が水星軌道に投入されさえすれば十分実現されると思われる。
- ・ 日本の担当する探査機だけでも4つの大きな目標がある。学問分野の性格上、多種のデータを取り、総合してより大きな成果が得られる。ESAの担当する探査機にも日本チームが共同研究者として入り込む計画があり、水星探査の総合研究でもESAと共同できる体制になっていることは評価できる。同時期のNASAの探査機に凌駕する目標も合理的に立てられている。

(3)進行管理

本プロジェクトの進行管理(例えば、主要マイルストーン等)が目標に照らし合わせて合理的なものであるか、その妥当性について評価してください。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ これまでの宇宙科学研究所での手法を踏まえており、問題は見当たらない。
- ・ 技術開発の可能性と国際共同計画ということから要請される時間配分はかなりタイトではあるが、そのように進行しなくては計画の実施が不可能であるということに鑑み、適切なものといえる。

【概ね妥当】

- ・ 現時点では、作業量等評価に困難があるのではないか。
- ・ パートナーの進捗状況に計画全体が左右される。日米欧間の調整会合が重要。その結果による見直しが適宜に必要。
- ・ 日欧共同プロジェクトであり、その成否は大きく進行管理による。また、会合でも指摘された輸出輸入法制度などについては、まだ検討がされていないようだが、問題はないと思われる。
- ・ 新しい組織体制の中で行うプロジェクトであり、文書管理などを含めた進行が予定通り行えるか不確定な面がないとはいえない。また、ロシアのロケットを使うことで別の不確定さが入り込む可能性がある。しかし、現在の状況下では妥当と認めざるを得ない。
- ・ 最終的な組み立て調整がヨーロッパで行われるために、日本側での開発が1年程度早く終わらなければならないのが幾分心配である。
- ・ これまで日本が行ってきた探査機の技術的延長線上の企画である。これまで既に基礎開発、部分試作も行っているため現時点までは合理性があった。今後のスケジュールをみると国際協力ということも考慮すると大変厳しい計画である。この厳しさは予算だけでなくメンバーの増員も含め検討の余地はある。新宇宙機関で検討すべき課題であろう。

3. 要求条件への適合性

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|-----------|----|------|-------|------|
| 要求条件への適合性 | 7 | 1 | 0 | 0 |

設定された具体的目標(内容や達成時期等)および優先度について、国内、海外での太陽系探査科学プロジェクトや「宇宙科学研究の推進について」等の中で、適正に位置付けられているか、その妥当性について評価してください。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ 太陽系の探査は「宇宙科学研究の推進について」における二本柱の一つであり、特に水星はその対象としての新規性から多大な知見が得られるものと期待される。宇宙先進国としての国際的認知度の確認。太陽系の探査は自らの分身としての探査機がその場に到達することから遠い宇宙を国民に実感させる絶好の機会。
- ・ 国内体制は十分に整えられつつあると思われる。
- ・ 米国Messengerは確かにBepiColomboに比べると限られた観測しかできないかもしれないが、それにもかかわらず本質をつかむデータを先駆けて得る可能性は高いとおもわれる。Messengerの成果を踏まえての観測の優先化が可能な弾力的で柔軟な体制が必要であろう。
- ・ 太陽系科学探査の目標として、水星探査はもっとも期待される計画のひとつといえる。位置づけは適切なものである。
- ・ この計画は、これまでの惑星探査などで経験を積んできた延長線上にあり、妥当である。
- ・ 日本が分担する水星におけるプラズマ観測の意義が、これまでの宇宙・太陽系プラズマ物理の文脈、ESAとの共同プロジェクトという文脈、米国の計画との対比という文脈、で適正に位置づけられている。
- ・ 水星探査は技術的な困難性から30年来の課題であった。これまでNASAが独走していた研究分野に技術的に成長したESAと日本が参入しNASAよりも優れた観測をするプロジェクトと位置付けることができる。また、今回のプロジェクトによって水星探査は質的にも量的にも30年来の飛躍があるものと考えられる。

【概ね妥当】

- ・ 本計画の重要性は十分示されている。しかし、太陽系探査の中で当面の最優先課題であるかどうかについては、コミュニティでの検討結果を踏まえたものであるということ以外には明示されていない。他のオプションを含めたグランドデザインの中で論じる必要性もあろう。

4. 開発方針

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|------|----|------|-------|------|
| 開発方針 | 7 | 1 | 0 | 0 |

本プロジェクトの開発方針が、設定された目標や優先度を合理的に反映したものであるか、新技術の開発や信頼性設計等の観点から、その妥当性について評価してください。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ 説明における予備的見通し等を踏まえて妥当。
- ・ 欧米のスケジュール管理との調整が問題か。
- ・ 日本が担当するMMOの成功の鍵は耐熱技術であり、太陽シミュレータによって技術的検討が極められる態勢にあると考えられる。
- ・ 技術開発の主要なテーマが耐熱・耐放射線技術であり、放射線部分の民生移転も含め、適切な方針と考えられる。
- ・ 理学面の観測は得意とする分野を担当することで妥当。これを支える工学面は、受動的熱制御を始めてとして比較的コンサーバティブな設計で対応しており、妥当である。
- ・ 最大の問題となる熱対策、放射線対策に関して、十分に検討されていると考える。
- ・ 30年前のNASAの水星探査はソ連の崩壊後追従する国がなかった。今日、日本やESAはいくつかの科学衛星や探査機の経験を経てNASAと同レベルになった。一方大プロジェクトは国際協力が必要になってきた。この時期に水星探査と言う難しいプロジェクトを国際協力で実現させると言う目標をたて、これまでの経験を生かして信頼性を含め新技術の開発が出来るとの見通しがたったと言える。

【概ね妥当】

- ・ 結局熱設計が最もきつい条件を与えると思われる。評価者には経験がないため、この点についての確かな判断は難しい。

5. 基本設計の妥当性及びシステムの選定

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|---------------------|----|------|-------|------|
| 基本設計要求の妥当性及びシステムの選定 | 3 | 4 | 0 | 1 |

本プロジェクトの基本設計及びシステムの選定が、設定された目標や優先度を合理的に反映したものであるか、その妥当性について評価してください。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ 耐熱設計、技術開発が最重要課題であり、それに対して妥当な目標が設定されている。
- ・ 水星探査の極軌道とランダーの導入は水星をグローバルに計測するという目標をおき、NASAのプロジェクトに遅れても優位性が得られる。この目標を達成するため耐熱設計、技術開発など合理的に取り組んでいる。

【概ね妥当】

- ・ 詳細に検討する場ではないと思うが、全体としては概ね妥当である。
- ・ 高放射線環境下での探査技術について十分な考慮が払われているが、電装品関連における高エネルギー粒子によるシングルエフェクトの配慮は十分か。
- ・ 探査機設計に関しては問題ない。推進系などリスクな要素をESAに任せていること、打ち上げ機をロシア機に限定していることは、わが国の担当分のリスクと経費を軽減している。その反面、プロジェクト全体としては我が国でコントロールできないリスクを抱えることとなる。
- ・ 水星到達が難しいためペイロードがあまり大きくない中で、実績のある磁場やプラズマの測定器を中心にした設計は理解しやすい。ヨーロッパ側とのインターフェースはきわめて重要。

6. リスク管理

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|-------|----|------|-------|------|
| リスク管理 | 0 | 7 | 0 | 1 |

プロジェクトの開発、観測に関して、リスクの評価が実施され、リスクの同定、低減方法の検討が行われているかについて、その妥当性を評価して下さい。

評価根拠のコメント

【概ね妥当】

- ・国際協力プロジェクトでの開発位相の不揃いは常に頭痛の種子。
- ・探査技術開発の遅れ(技術上・予算上)をどう回避するか。
- ・これまでも宇宙研においても実質的にリスク管理は行われていたことであろうが、制度としての体制はなかったものであるが、NASDAでの検討が生かされた方法がとられていると思われる。
- ・基本的に適切に検討されているように思えるが、ESAの実施計画の滞りの可能性についての検討がやや不十分である。
- ・新体制の下でのリスク管理がどのように進行するかの不確定性はあるが、現時点では妥当。しかし、プロジェクト全体のリスク管理はESAの分担部分に比重がかかり、これをどのようにリードすることができるかが今後の課題として残る。
- ・この点については、評価者の経験が限られているため、適切な評価は難しい。
- ・リスク管理は今後の設計・製作に必須なものである。本プロジェクトは研究ミッションではあるが、安易な失敗は許されない。宇宙科学プロジェクトもESAのリスク管理と歩調をそろえるため、新宇宙機関でリスク管理が十分に行われることを期待する。本プロジェクトはその心構えが見られる。

7. 実施体制

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|------|----|------|-------|------|
| 実施体制 | 6 | 2 | 0 | 0 |

本プロジェクトの国際協力体制及びプログラム、プロジェクト、サブシステムの階層的な管理・実施体制を確認し、その妥当性を評価して下さい。また、各階層における実施責任の一義的・一元的所在が示されているかについて、その妥当性を評価して下さい。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ 実行上は色々と工夫が必要と思うが。
- ・ マネジメント体制は確立している。
- ・ 新JAXAでの安全信頼性管理部、宇宙科学本部でのプログラム室の新設、それらの下での水星プロジェクトオフィサーが責任を担うよう定められようとしており、妥当と思われる。
- ・ Geotail の成功の経験をもち、また科学面では世界でトップを争っているグループであり、国際協力は十分うまくやれると思う。
- ・ ESAとの共同プロジェクトで複雑な体制になりがちなか中で、実施体制はうまく設計されている。

【概ね妥当】

- ・ 現時点では妥当といわざるを得ないが、新機構における体制、ESAとの関係に関する実施状況を踏まえ、ある時点で再点検することを考える必要がある。
- ・ 本プロジェクトのメンバーは日本が主体となる国際協力の経験がある。しかし、先方が主体となるプロジェクトは十分な経験があるわけではない。このための体制は新宇宙機関のもとで確立されるものと見られる。一方、実際に日本が担当する探査機MMOを設計、製作、運用する体制は必要最小限度に整っていると見られる。

8. 資源配分

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|------|----|------|-------|------|
| 資源配分 | 2 | 5 | 0 | 1 |

本プロジェクトの資源配分や人員、システムの技術的な条件の設定などが適切に行われているかについて確認し、その妥当性について評価して下さい。

評価根拠のコメント

【妥当】

- ・ 必要最低限の資源・人員で設計されていると考えられる。
- ・ ヨーロッパと共同のためか、この観測の困難さの割にはかかる費用が比較的少ないと思われる。ただし、十分な科学的成果を挙げることが最も重要なので、その観点から検討が尽くされているかどうかは重要。

【概ね妥当】

- ・ 客観的に評価することは難しいが、経験的には概ね妥当であると考えられる。
- ・ MMOについては、重量、電力などおよその配分が考えられている段階とおもわれるが、今後さらにつめて検討を進めるであろう。
- ・ 経費には、文書管理など、新しい管理体制下での強化を踏まえた上積み分が含まれていることは妥当である。しかし、実際の運用を行ったうえでこの上積みの額が妥当であるかを再度見直す必要がある。
- ・ 現在、本プロジェクトの体制は整いつつある。10年以上を要する本プロジェクトにとってシニアから若手の人的配分が必要であるが、最小限度の配慮はされている。しかし、人材は決して十分ではない。今後、大学等の共同研究者の発掘と、シニアメンバーが定年になった場合ある程度引き続く協力体制等の検討が必要であろう。

9. 総合評価

| | 妥当 | 概ね妥当 | 疑問がある | 評価不能 |
|------|----|------|-------|------|
| 総合評価 | 8 | 0 | 0 | 0 |

| |
|--|
| 全体的に魅力的なプロジェクトだと思います。 |
| 是非実現し、惑星磁気学の体系化を日本から主導して欲しい。 |
| <p>近年、系外惑星系が数多く発見されているが、水星軌道という近い距離に巨大な惑星が発見されている。我々の太陽系の起源のみならず、水星探査はより一般的惑星系形成についての理解を深めることにも寄与すると考えられ学術的意義は高い。</p> <p>従来これほど大きな日欧共同プロジェクトはなかったが、このプロジェクトが成功するならば新たな共同プロジェクトへの道も切り開くことになり、意義は高い。</p> |
| 仮にメッセンジャー計画も100%に目的を達し、BepiColombo計画も予定通りに目的を果たした時、どのような科学的成果があるかを、国民にわかりやすい言葉で説明することが必要と思われる。 |
| <p>(1) 後追いでない惑星探査を目標とした計画であり評価できる。</p> <p>(2) 国際協力の中でわが国の分担は無理のない妥当な範囲である。</p> <p>(3) 実施体制は、新しい機構の中で行うことを考慮している。</p> <p>(4) 新しい体制下のプロジェクト、大規模な国際プロジェクトであることを踏まえ、今後の進捗の中で経費、ならびに、管理体制の見直しを許容すべきである。</p> <p>(5) 国際分担の中でリスクな部分に関しては、いざという場合にわが国も新たな部分の分担をすることを、バックアップとして考慮しておく必要があるかもしれない。たとえば、電気推進、打ち上げロケットは経費さえ許せば技術的に対応可能な範囲である。</p> |
| 夢もあり、科学的な成果も十分期待できる。今後も国内の研究体制と国際協力体制をしっかり維持して計画推進に当たってほしい。 |
| 得意分野で国際貢献する一方、計画全体に参加する中で、日本単独のプロジェクトでは得られない科学研究、技術獲得・開発の機会をもたらす計画であり、ESAとの関係構築は、今後の惑星探査における国際協力の雛形ともなり得る。計画を高く評価したい。 |
| 本プロジェクトは日本の得意とする探査技術を国際的な場で発揮する機会が与えられたものである。また、宇宙科学の大プロジェクトは国際協力の時代に突入している。日本の宇宙科学のレベルはこれまでの科学衛星や探査機の経験を経て国際的にも最先端に達したと言える。この機会にESAと共同研究して本プロジェクトを推進することは今後の日本の宇宙科学を育てる上にも重要である。また費用に関しても妥当なものである。この点、日本のチームが経費負担を上回る実力が発揮できるかどうかは日本の研究教育を含め学問レベルを高めるチャンスであろう。 |

「水星探査プロジェクト」の概要について

水星は、太陽に近い灼熱環境と軌道投入に要する多大な燃料から周回探査は困難であり、過去の探査は米国マリナー10号の3回の通過(1974-5)のみである。この探査により、水星にはないと考えられていた磁場と磁気圏活動の予想外の発見をもたらしたが、その究明は30年以上続く夢に留まってきた。

宇宙科学研究所(以下、「ISAS」という。)が提案する国際水星探査計画「ベピ・コロombo(BepiColombo)」は、欧州宇宙機関(以下、「ESA」という。)と共同で実施するもので、この惑星の磁場、磁気圏、内部、表層を初めて多角的・総合的に観測する。固有磁場と磁気圏を持つ地球型惑星は地球と水星のみであり、初の水星の詳細探査は、「惑星の磁場・磁気圏の普遍性と特異性」の知見に大きな飛躍をもたらすと期待される。また、磁場の存在と関係すると見られる巨大な中心核など水星の特異な内部・表層の全球観測は、太陽系形成、特に「地球型惑星の起源と進化」の解明に貢献する。

本計画は、観測目標に最適化された「2つの周回探査機と1つの着陸機」から構成される。すなわち表面・内部の観測に最適化された「水星表面探査機(MPO)」、(3軸制御、低高度極軌道)、磁場・磁気圏の観測に最適化された「水星磁気圏探査機(MMO)」、(スピン制御、楕円極軌道)、表面・地下を直接観測する「水星着陸機(MSE)」、(夜側北極近傍に着陸)の3機からなる。ISASは日本の得意分野である磁場・磁気圏の観測を主目標とするMMO探査機の開発と水星周回軌道における運用を担当し、ESAが残りの全て、すなわち、打ち上げから惑星間空間の巡航、水星周回軌道への投入、MPOとMSEの開発と運用を担当する。MMOとMPOの複数の観測装置については、日欧の開発チーム間の競争を経て選抜し、日欧共同開発チームで開発を行う。観測計画は日欧共同科学チームで立案・実施する。

MMOについては、2004年度から開発研究を開始する予定となっている。2010年度に、2機のソユーズロケットでMMO、MPO及びMSEをそれぞれ打ち上げ、2014年度に水星周回軌道へ投入する。MMOとMPOは1年間の磁場や磁気圏、希薄な大気等の水星環境の観測を、MSEは数週間の表面の鉱物・元素組成等の水星表層の観測を予定している。また、ISAS担当部分の経費は135億円を想定している。



水星探査プロジェクトの事前評価について

平成15年6月6日

計画・評価部会

1．評価の目的

水星探査プロジェクト（Bepi-Colombo）について、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」（平成13年7月宇宙開発委員会決定。以下「評価指針」という。）に基づき、技術的・専門的立場から事前評価を実施し、計画・評価部会の調査審議に資する。

2．評価項目

評価指針に基づき、開発研究着手前の事前評価として、以下の項目について評価する。

- ・ 意義の確認
- ・ 目標および優先度の設定
- ・ 要求条件への適合性
- ・ 開発方針
- ・ 基本設計要求の妥当性及びシステムの選定
- ・ リスク管理
- ・ 実施体制
- ・ 資源配分

3．評価の実施体制

計画・評価部会の下に、水星探査プロジェクト評価小委員会（以下、小委員会）を設ける。

構成員は別紙のとおり。

4．評価スケジュール

小委員会において平成15年6月末を目途にとりまとめを行い、計画・評価部会に報告することとする。

別紙

水星探査プロジェクト評価小委員会の構成員

| | | |
|----|-------|------------------------------|
| 主査 | 川崎 雅弘 | 宇宙開発委員会委員長代理 |
| | 松尾 弘毅 | 宇宙開発委員会委員 |
| | 佐藤 勝彦 | 東京大学大学院理学系研究科教授 |
| | 永原 裕子 | 東京大学大学院理学系研究科教授 |
| | 八坂 哲雄 | 九州大学大学院工学研究部教授 |
| | 河野 長 | 岡山大学固体地球研究センター教授 |
| | 藤本 正樹 | 東京工業大学大学院理工学研究科助教授 |
| | 松岡 勝 | 宇宙開発事業団宇宙環境利用研究システム 招聘研究員 |

水星探査プロジェクト評価小委員会 開催経緯

第1回

日時：平成15年6月13日（金） 14：00～17：00

場所：文部科学省別館（11階） 宇宙開発委員会会議室

議題： 水星探査プロジェクトの評価について

宇宙科学研究の推進について

水星探査プロジェクトについて

第2回

日時：平成15年6月24日（火） 10：00～12：00

場所：文部科学省別館（11階） 宇宙開発委員会会議室

議題： 水星探査プロジェクトに関する質問と回答について

水星探査プロジェクトの評価結果について

水星探査プロジェクトの評価実施要領

平成 15 年 6 月 13 日
水星探査プロジェクト
評価小委員会

1. 評価の目的

宇宙科学研究所が提案する「水星探査プロジェクト」(平成 22 年度に打上げ予定)に関し、平成 16 年度に開発研究を要望していることから、プロジェクトの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(事前評価)を「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針(報告)」(平成 13 年 7 月 18 日 宇宙開発委員会評価指針特別部会)に沿って実施し、計画・評価部会 水星探査プロジェクト評価小委員会における評価を行う。(図 1 参照)

この段階では、宇宙開発プロジェクトの評価の主たる目的は、

プロジェクトの意義や目標が、その上位のプログラムの推進に即して妥当であり、研究開発コストに見合うものであるかどうかの妥当性を判断し、助言すること

プロジェクトの実現のための基盤技術の成熟度、基本設計要求の妥当性、システムの選定、リスク管理及び実施体制が適切に行われているかどうかを判断し、助言すること

の 2 つである。

2. 評価の対象

本評価は、宇宙科学研究所が、欧州宇宙機関(以下、ESA という。)と協力して、水星の観測を行う「国際共同水星探査計画」(BepiColombo)のうち、宇宙科学研究所が責任分担する部分を評価の対象とするとともに、宇宙科学研究所と ESA との国際協力体制も考慮して、評価を行う。

3. 評価の基本的考え方

水星探査プロジェクトの評価においては、科学的・技術的意義(独創性・革新性や新たな研究分野の開拓等)社会的・経済的意義(国民への影響や国際協力、技術開発による経済的波及効果等)から、その上位のプログラム(ここでは、独立行政法人宇宙航空研究開発機構法 19 条における「宇宙開発に関する長期的な計画」)の検討に資する「独立行政法人宇宙航空研究開発機構における宇宙科学研究の推進について(報告)」(平成 15 年 6 月 11 日 宇宙開発委員会宇宙科学に関する懇談会)(以下、「宇宙科学研究の推進について」という。)等に正しく位置付けられることを確認し、その実施のためのコストとそのリスク及び効果に関する評価を行う。また、プロジェクトの中において、明確な目標や優先度を設

定することにより、研究開発項目の重点化を図ることが必要である。なお、「水星探査プロジェクト」は宇宙科学プロジェクトであることから、その特性に配慮することとする。

4. 評価項目

事前評価の評価項目に関しては、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針（報告）」に則り、設定する。

4. 1 意義の確認

「科学技術基本計画」（平成13年3月30日 閣議決定）において、「世界水準の質の高い研究成果を創出し、世界に広く発信することを目指す」とあり、水星探査プロジェクトがその目的に貢献するものであるかを確認する。また、「宇宙科学研究の推進について」において、宇宙科学研究の大目標の1つとして、太陽系探査科学が挙げられている。水星探査プロジェクトは太陽系探査科学プロジェクトの一環であることから、国内外の太陽系探査科学プログラムの状況や計画を踏まえ、「宇宙科学研究の推進について」の中で、水星探査プロジェクトの位置付けや果たす役割を確認し、その妥当性・必要性を評価する。

水星探査プロジェクトの意義を確認する際の観点としては

- (1) 科学的・技術的意義（独創性・革新性や新たな研究分野の開拓等）
- (2) 社会的・経済的意義（国民への影響や国際協力、技術開発による経済的波及効果等）

など、大局的な流れの中で水星探査プロジェクトの果たす役割を示す必要がある。また、水星探査プロジェクトの意義が複数存在する場合には、その優先度がどこにあるのか、その設定が合理的であるのかを評価する。更に、水星探査プロジェクトが実施されなかった場合の損失や、実施すべき必要性も評価する必要がある。

4. 2 目標及び優先度の設定

プロジェクトの進行管理が具体的に（何を、何時までに、どの程度まで）示され、また、目標の設定が合理的であることを評価する。水星探査プロジェクトにおいては、「4. 1 意義の確認」に掲げた意義を達成するために適切な目標が設定されるべきである。これらの目標は、プロジェクトの成果が適正に判断できるように、具体的に設定されていなければならないさらに、プロジェクトの目標が複数存在する場合は、それらの目標の優先度が合理的な設定になっていることの評価が必要である。特に、最低限達成すべき第一優先度の目標が明確にされていないなければならない。

4. 3 要求条件への適合性

プロジェクトの目標や優先度が、「宇宙科学の推進について」等の要求条件を

満たしているかどうかを評価する必要がある。国内、海外での太陽系探査科学プロジェクトや「宇宙科学の推進について」の中で、「4.2 目標及び優先度の設定」で示された水星探査プロジェクトの目標及び優先度が適正に位置付けられているのか、あるいは、他のプロジェクトとの整合性について評価する。

4.4 開発方針

プロジェクトの目標や優先度が、開発の基本的な方針に合理的に反映されているかどうかを評価する必要がある。ここでいう開発方針とは、衛星の仕様を決める前提となる条件であり、「4.2 目標及び優先度の設定」で設定した目標および優先度を達成し得るかについて、新規技術の開発や信頼性設計等の観点から評価する。

4.5 基本設計要求の妥当性及びシステムの選定

目標とその優先度、開発方針を踏まえたシステム設計、システムオプションの検討がなされているかを評価する。開発方針を実現するためのシステムの選定（衛星を実現する技術的な方式）にあたっては、

基盤技術の成熟度を踏まえること

コストも含めて複数のオプションを比較検討すること

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、という開発・設計方針が合理的であること

を評価する必要がある。この場合、国内で実現可能な技術のみでなく、海外で開発中の技術も検討の対象に含めるとともに、システムの選定の根拠となる情報をできる限り公表し、客観性・透明性を高めることが望ましい。

なお、選定されたオプションの基本的な設計方針は、基本設計要求として抽出される。これらは、開発段階において、基本設計の詳細が検討される際の重要な基礎情報となるものである。

4.6 リスク管理

宇宙開発プロジェクトは、一般的に高いリスクを伴うことから、これらのリスク解析の結果を公表し、そのリスクを十分に説明した上で、プロジェクトの開発への着手について判断しなければならない。従って、システムとしてのリスク評価が実施され、開発に付随するリスクの同定、リスク低減方法の検討が十分に行われているかどうかを評価する。

4.7 実施体制

宇宙開発プロジェクトの目的、規模、難易度等を考慮し、プロジェクトチームの役割、関係機関や企業の役割分担等が明文化され、実施体制が明確になっている

ることを評価する必要がある。特に、水星探査プロジェクトは、宇宙科学研究所とESAの国際共同プロジェクトであることから、国際協力体制を確認するとともに、プログラム、プロジェクト、サブシステムレベルの階層構成を明らかにして、一元的指示システムを確認する。構成機関間においては、プログラムの責任・権限、経費分担等が合意されていなければならない。その中で

(1) プログラムレベル(経費分担、マスタースケジュール、開発利用担当についての合意者)、プロジェクトレベル(プログラムレベル合意に基づく開発、運用、成果利用に関わる実施責任者)、サブシステムレベル(サブシステム開発責任者、運用・解析責任者)の階層構成

(2) 各階層の実施責任の一義的・一元的所在などを確認する。

4.8 資源配分

「4.2 目標及び優先度の設定」の水星探査プロジェクトの目標の優先度を踏まえて、経費や人員、システムの技術的な条件の設定などが適切に行われているかを評価する。

5. その他

「(会議の公開)第13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。」(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)に準じ、本評価小委員会は、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。

PPP (フェーズド・プロジェクト・プランニング)

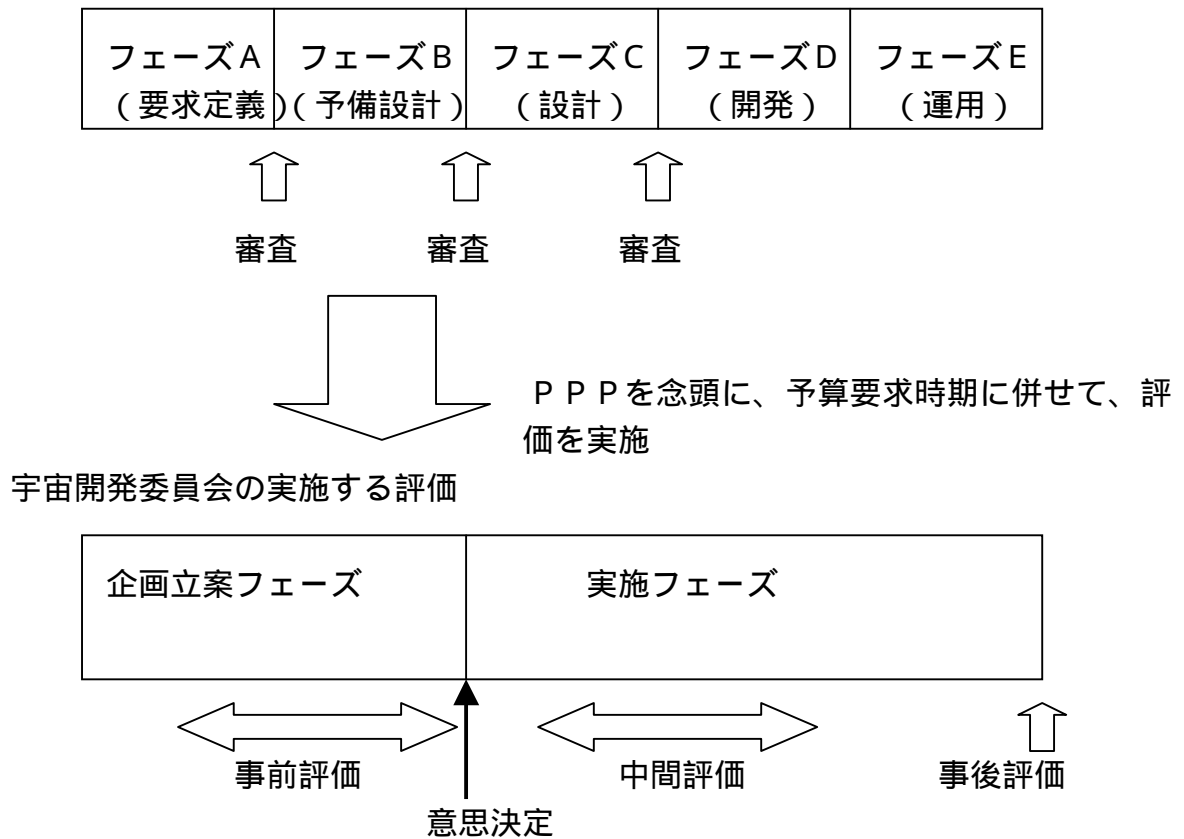


図1 宇宙開発委員会における宇宙開発プロジェクトの評価システム
(「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」から編集)