

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価  
はやぶさ2プロジェクト  
の事前評価結果

平成22年8月11日

宇宙開発委員会 推進部会

－ 目 次 －

1. 評価の経緯	1
2. 評価方法	1
3. はやぶさ2プロジェクトを取り巻く状況	3
4. はやぶさ2プロジェクトの事前評価結果	4
参考1 宇宙開発に関する重要な研究開発の評価	
はやぶさ2プロジェクトに係る調査審議について	10
参考2 はやぶさ2プロジェクトの評価実施要領	15
参考3 はやぶさ2プロジェクトの事前評価に係る推進部会の開催状況	23
付録1 はやぶさ2プロジェクトの評価票の集計及び意見	
付録2 はやぶさ2プロジェクトについて	
付録3 はやぶさ2プロジェクトの事前評価 質問に対する回答	
付録4 はやぶさ2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

小惑星イトカワ等の始原天体を探査することで、太陽系がどのように生まれ、どのように成長してきたのか、また地球・海・生命の原材料が宇宙空間でどのように作られ、進化してきたのかについて、重要な手がかりが得られる可能性がある。

はやぶさ2プロジェクトは、それら太陽系の謎の解明に迫るとともに、我が国独自の深宇宙探査技術の確立を目指し、「はやぶさ」の成果を踏まえ、イトカワと異なるタイプの小惑星（始原天体）の物質を地球に持ち帰るサンプルリターンを目指すプロジェクトである。

平成21年6月に制定された宇宙基本計画において、科学技術創造立国を目指す我が国としては、これまでの成果や培った技術力の上に立って、宇宙の真理の探究等に積極的に取り組むことが重要であり、太陽系探査としては、太陽系の理解等に繋がる科学的成果の創出を目指し、小惑星からのサンプル回収への取組みとして、「はやぶさ」後継機等の研究開発を行うとしている。また、平成22年5月に宇宙開発戦略本部により決定された「宇宙分野における重点施策について」（以下「重点施策」という）において、惑星探査などの宇宙科学・技術では、これまで我が国は世界トップレベルの成果を挙げてきており、引き続き、我が国の強みを活かした宇宙科学・技術を推進するとしている。

今般、はやぶさ2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、「開発研究」への移行の準備が整ったので、政策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、宇宙基本計画や重点施策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

今回の評価は「開発研究」への移行のための評価であるため、以下の項目のうち、企画立案フェーズの早い時期に評価することが望ましい（1）から（3）について、推進部会が定めた評価実施要領（参考2）に則して評価を行った。（4）については、「開発」への移行の要望があった時点で評価するものであるが、今回は、「開発研究」への移行に当たり検討の進捗状況を確認し、必要に応じ助言することとした。

- (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) その他
  - ・ システム選定及び基本設計要求
  - ・ 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）
  - ・ リスク管理

評価の進め方は、まず、JAXAからはやぶさ2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. はやぶさ2プロジェクトを取り巻く状況

太陽系は、約 46 億年前に誕生したと考えられている。誕生した初期の段階では、原始太陽の周囲にガスや固体微粒子が「原始太陽系星雲」と呼ばれる円盤を形成し、その円盤中で固体微粒子が集まって、原始太陽に近い領域ではおもに難揮発性の塵からなる微惑星が、比較的遠方では氷等を含む微惑星ができたと考えられる。微惑星は次第に合体衝突を繰り返しながら大きく成長し、最終的には水星、金星、地球、火星などの固体惑星、木星、土星等のガス惑星、それらの衛星群、彗星や小惑星として現在に至っている。

現在観察できる、地球などの大きな天体では、原材料は全て天体内部で一旦溶けてしまったので、それ以上昔の情報にたどりつけないが、小惑星や彗星核等の始原天体の多くは、それぞれが太陽系内で生まれた時代の情報を比較的良くとどめていると考えられている。こうした始原天体を探査することで、太陽系がどのように生まれ、どのように成長してきたのか、地球・海・生命の原材料が宇宙空間でどのように作られ、進化してきたのかについて、重要な手がかりを得られる可能性がある。

これら始原天体の中でも、小惑星は望遠鏡を使った分光観測によるスペクトル曲線の形から、いくつかのグループに分類できている。小惑星帯の最も太陽に近い部分には、主な材料が岩石質と推定されるS型小惑星が多く見られる。これらからは火星や地球など太陽系の内側にある岩石質の惑星の原材料について、有益な情報が得られると期待されている。小惑星帯の中間の部分に多数存在するC型小惑星は、鉱物・水・有機物（地球・海・生命の原材料）が物理的・化学的に相互に関係し合っていて存在していると考えられている。また、最も太陽から遠い部分には、より始原的な天体と推定されるD型小惑星が多く見られる。

これら小惑星の一部は隕石となって地球に降ってきていると考えられているが、隕石と小惑星の関連は、望遠鏡による分光観測によってのみ推定されていたものであった。実際に、小惑星を訪れ、サンプルを持ち帰る探査ミッションをはじめて挑戦したのは、日本の探査機「はやぶさ」であった。

JAXAが2003年(平成15年)に打ち上げた工学試験探査機「はやぶさ」は、太陽系内の往復探査時代の幕開けを目指して、様々な探査技術を実証するためのプロジェクトであった。地球スイングバイとイオンエンジンを組み合わせた独創的な航行方法で、2005年(平成17年)に地球から約3億キロ離れたS型小惑星「イトカワ」に到達し、近距離からの観測により、約500mの大きさの小天体が“瓦礫の寄せ集め”(ラブルパイル構造)であることを初めて示した。このことで、微小小惑星の進化過程の一端が明らかになった。またS型小惑星は、地球上で最もたくさん発見されている隕石である「普通コンドライト」のふるさとではないか、と予想されていたが、「はやぶさ」により至近距離で確認したことにより、この予想に大きな裏付けを与えた。

この「はやぶさ」の成功により、始原天体探査の重要性に対する共通認識が世界的に形成され、海外でも小天体探査に対する機運が急速に高まってきている。アメリカ(NASA)のDawnやNExT、EPOXI、ヨーロッパ(ESA)のRosettaなどの探査機によ

る小天体探査が進行中であるが、いずれもフライバイやランデブーにとどまっており、サンプルリターンには至っていない。

我が国では、平成21年6月に制定された宇宙基本計画において、科学技術創造立国を目指す我が国としては、これまでの成果や培った技術力の上に立って、宇宙の真理の探究等に積極的に取り組むことが重要であり、太陽系探査としては、太陽系の理解等に繋がる科学的成果の創出を目指し、小惑星からのサンプル回収への取組みとして、「はやぶさ」後継機等の研究開発を行うとしている。

また、平成22年5月に宇宙開発戦略本部により決定された「宇宙分野における重点施策について」（以下「重点施策」という）において、惑星探査などの宇宙科学・技術では、これまで我が国は世界トップレベルの成果を挙げてきており、引き続き、我が国の強みを活かした宇宙科学・技術を推進するとしている。

#### 4. はやぶさ2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)

「太陽系と生命の原材料とその進化に迫る」ために、C型小惑星の物質科学的特性を調べ、特に鉱物・水・有機物の相互作用を明らかにすることと、小惑星の再集積過程・内部構造・地下物質の調査により、小惑星の形成過程を調べることが科学的目的としてあげられている。

本プロジェクトでは、C型と呼ばれる小惑星の探査を予定している。C型小惑星は小惑星帯の中ほどに多く分布しており、隕石のうち炭素質コンドライトの母天体と推定されている。この隕石を分析した結果、C型小惑星は、イトカワのようなS型小惑星よりも、有機物や含水鉱物の相互作用を現在でも保っていると考えられている。この始原天体である、C型小惑星を観測し、リターンサンプルを分析することで、太陽系の起源・進化や地球・海・生命の原材料を考える上で、重要な手がかりが得られるものと考えられており、その科学的意義は高い。なお、「鉱物・水・有機物の相互作用」の課題に関しては、「地球・海・生命」との関連を明確にするために、何についてどのように解析するのか、その科学的根拠をもっと一般の国民にもわかりやすい提示の工夫に努めることを期待する。

さらに「日本独自の深宇宙探査技術の確立」のために、「はやぶさ」で試みた新しい技術について、ロバスト性、確実性、運用性を向上させ、技術として成熟させることと、衝突体を天体に衝突させる実証を行うことが工学的目的としてあげられている。

「はやぶさ」は世界初の小惑星サンプルリターンとして、数々の新しい技術に挑戦し、太陽系探査における世界的トップレベルの成果を挙げたミッションであった。本プロジェクトは、その経験を継承して、より確実に深宇宙探査を行える技術を確立することを目的としており、技術的意義も高い。

これら科学観測データ及びリターンサンプルの詳細分析を国際的に実施することで、国際社会に貢献できると考えられている。また世界をリードする科学・技術を我が国で実践することで、科学立国を担う次世代の人材を育成することにつながる。更に「はやぶさ」で得られた社会からの強い関心に引き続き応え、実践的教育や文化的活動の機会を提供できる。また、「はやぶさ」のイオンエンジンメーカーに引き合いが来ているように、本プロジェクトの成果も産業界への波及効果があるものと予想される。このように、次世代の科学技術を担う人材育成を図り、成果がもたらす教育効果や感動など、広く一般社会への影響も期待できるなど、社会的意義も十分に認められる。

以上のように、我が国がこれまで太陽系探査で培ってきた、世界をリードする宇宙科学・技術を更に発展させる本プロジェクトは、宇宙基本計画における「はやぶさ」後継機として位置付けられるものであり、その目的は妥当なものである。

判定：妥当

## (2) プロジェクトの目標

プロジェクトの目標は、目的に対応してミニマム・フル・エクストラとそれぞれのレベルに応じて具体的な数値目標として設定されている。

C型小惑星の物質科学的特性を調べる目的に対応して、ミニマムサクセスは小惑星表面の分光データを10セット取得することで、近傍からの観測による表面物質に関する新たな知見を得ることとし、フルサクセスとしてサンプルを100mg以上採取することで、鉱物・水・有機物の相互作用に関する新たな知見を得ることとしている。さらにエクストラサクセスとして「地球・海・生命」の材料物質に関する新たな科学的成果を挙げることにしている。

また、小惑星の形成過程を調べるという目的に対応して、ミニマムサクセスは小惑星のバルク密度を±7%の精度で決定することで、近傍からの観測による内部構造に関する知見を得ることとしており、フルサクセスでは生成されたクレータを中心として100m四方の画像データを空間分解能20cmで取得し、衝突体の衝突により発生する現象から内部構造・地下物質に関する新たな知見を得ることとしている。さらにエクストラサクセスとして探査ロボットにより小惑星の表層環境に関する新たな科学成果を挙げることにしている。

これらの理学的目標は、S型小惑星と異なるC型小惑星の知見を確保しようとするものであり、また、「はやぶさ」の成果をもとに更に一步進めて、宇宙風化の影響を受けていない地下のサンプル収集をも行うものであり、より大きな科学的成果が期待される

さらに、「はやぶさ」で試みた新しい技術について、ロバスト性、確実性、運用性を向上させるという工学目的に対応して、ミニマムサクセスは対象天体にランデブーすることとし、フルサクセスでは表面サンプルを100mg採取し、再突入カプセルを地球上で回収するとともに、探査ロボットを着陸させることとしている。

また、新技術である、衝突体を天体に衝突させる技術実証の目的に対応し、衝突させることをミニマムサクセスとし、目標地点から半径100mの範囲の特定した領域に衝突させることをフルサクセスとしている。さらにエクストラサクセスでは表面に露出した小惑星の地下物質のサンプルを採取することとしている。

これらの工学的目標は、「はやぶさ」の実績に基づいたものであり、更に新たなチャレンジの要素もあり、工学的目標として妥当である。

以上のように、成功基準に設定された目標は、理学目的、工学目的、いずれについても具体的で明確であり、目標に対する成功基準も的確なものである。ただし、目的を達成するためのサンプルの量・質の確保は重要な課題であり、継続して検討して欲しい。

なお、「開発研究」に向けての主な助言は以下である。

- ・ サンプルを確実に採取するために、リスク評価を十分に実施し、想定される不具合の推定、その回避のための設計上の配慮、さらには不成功の場合の今後の小惑星探査ミッションの展開などについて検討すること。

判定：概ね妥当

### (3) プロジェクトの開発方針

本プロジェクトの1番目の開発方針として、「はやぶさ」探査機の技術を最大限に継承し、変更箇所を最小限に限定することによりリスクを低減し、低コスト化・開発期間の短縮を図るとしている。

この開発方針は、今回の目的が「はやぶさ」で試みた新しい技術についてロバスト性等を向上させ、技術として成熟させることに置かれていることからの確である。ただし、実際の開発段階では、旧来の問題の解決・改善だけでなく、「はやぶさ」では問題がなかった部分に関しても、それらから発展して予想され得る課題が本当にはないか、精査が必要である。

2番目の開発方針として、「はやぶさ」で発生した不具合及び開発・運用段階で改善すべき事項を反映し、より高い信頼性を確保するとしている。「はやぶさ」の主要な故障として3点上げられるが、リアクションホイールの故障については、振動環境を考慮して特注品を用いたことが原因であったため、振動環境を見直し標準品を使うとともに、偶発故障に備えてホイールの数を3個から4個に増やす等の対策



を取ることにしている。また、化学エンジンの故障については、着陸の際の衝撃によりバルブ等から燃料が漏れたことが推定されており、不測の着陸を防止するためにソフトウェア修正等の対策や、冗長性を強化するための配管ルートの変更を取ることにしている。さらにイオンエンジンのトラブルについては、マイクロ波の供給系の問題と、中和器の劣化が原因として推定されているが、それぞれの耐久性を向上させる対策を取ることにしている。

これら、「はやぶさ」ミッションからの教訓の取り込みに関しては、研究会・設計会議等での十分な検討の上に、機器の信頼性の向上や航法やオペレーションの精度向上・改善など、入念な方策が取られていることと認められる。

新規に追加する機器及び機能向上が必要な機器については、技術熟成度の向上が必要なことから、エンジニアリングモデル又は部分試作モデルを製作し、キーとなる技術の機能性能を確認し、その後、プロトフライトモデルの製作を実施したのちに、フライトモデルの製作に進み、確実な開発を実施することとしている。

上記のように「はやぶさ」の成果を最大限活用し、変更箇所、新規開発を必要最小限に抑え込み、「はやぶさ」をはじめ各種科学衛星プロジェクトから得た教訓をシステム要求に反映し、地上系システムも同様の方針を打ち出すなど、その開発方針は概ね妥当である。

なお、「開発研究」に向けての主な助言は以下である。

- ・ 限られた費用の下で開発されるシステムであるだけに、ミッション達成の可能性・確率、サバイバビリティを、システム全体としてどのように高め確保するか検討すること。

判定：概ね妥当

#### (4) その他

以下の項目については、「開発」移行段階で評価するものであるが、「開発研究」への移行時点における検討の進捗状況を踏まえ、「開発研究」に向け配慮すべき事項として以下のような意見があった。

##### ①システム選定及び基本設計要求

- ・ 宇宙ミッションでは宇宙放射線の影響、通信障害等の不測の事態で、どうしてもある程度の故障発生は避けられない。小型探査機ゆえの難しさはあるが、冗長性の追加及びロバスト性に関して十分検討すること。
- ・ 衝突体発出装置は今回のミッションの成否を握る重要な技術要素と考えるが、小惑星の地表面情報が限られているなかで、どの程度地上試験が有効か

見極める必要がある。また、衝突体の発出方法についても更なる工夫を検討すること。

## ②開発計画

- ・ 今回のミッションは月・惑星探査プログラムグループの下でのものではあるが、宇宙科学研究所の進め方とは異なるとはいえ、今回のような理学、工学の両方で目標を掲げるならば、小惑星探査に強い情熱を持つ小惑星・太陽系科学者、深宇宙探査の工学的専門家がそれぞれリーダーとして見えるような体制を早急に構築すること。
- ・ JAXA内外で多数の分散化されたチームや研究者が関わっており、はやぶさ2の2014年の確実な打上げを目指し、プロジェクトを効率的に管理すること。
- ・ 地上系については「はやぶさ」からの変更箇所を最小限にするとある。設備の一部再利用などもあると思われるが、実利用が5年後以降なので、老朽化・電子部品の性能向上などを十分考慮して準備を進めること。
- ・ 探査機が採取した試料の分析に関し、「初期分析を1年間行った後、全世界の研究者に公開して詳細分析を行う」とされているが、真空保管や高純度窒素ガス雰囲気での作業を計画しているものの、大気中の酸素や水により試料の状態が時間とともに大きく変化する可能性があり、短寿命放射性元素に関しても時間の影響が大きいので、最大の「科学的成果」を挙げるためには、初期分析の優先順位の検討や、1年後ではなく初期段階から世界の専門家の英知を結集して分析する等、事前に十分検討すること。
- ・ 今後の分析技術の進捗を反映して、超一流の分析の実施を目指し、更なる分析体制の充実と強化を図ること。

## ③リスク管理

- ・ 以下の3つの点が今回の大きなchallengeであると思われるが、この点についての対応策、改善策が未だ具体的でないように思われるので、具体的な改善策を「開発」移行までにしっかりと検討すること。
  - (i) 探査機本体を小惑星の表面に確実に着陸させること（転倒させない）
  - (ii) 探査ロボットによる小惑星の表面環境の探査
  - (iii) 目標としている量のサンプルを採取する手法
- ・ 深宇宙探査では、対象となる天体との距離が大きく、制御系の動作と地上との時間差が問題となる。どこまでが地上からの制御で、どこからが衛星の自律的制御になるか、「はやぶさ」の成功、教訓を踏まえた上で、十分なリスク管理をすること。

## ④その他

- ・ 将来の深宇宙探査に向けての各種搭載機器・センサー類等についても、長期

的視点で開発に取り組むこと。

- ・ 本プロジェクトに限らず、開発資金の妥当性に関して、より明確にするための方途につき検討すること。

#### (5) 総合評価

はやぶさ2プロジェクトは、S型小惑星「イトカワ」と異なる、より鉱物・水・有機物の相互作用が見られると期待されるC型小惑星を探索し、表面観測、サンプル採取、衝突体による内部表面の観測、内部のサンプル採取を実施し、さらに小型ローバーによる表面の詳細な観測を実施して、理学的知見を得るのに十分な量のサンプルを地球に持って帰るプロジェクトである。

その結果得られるC型小惑星の表面データ、内部表面データ、それぞれのサンプルデータなどにより、太陽系と生命の原材料とその進化についての新たな知見が期待され、科学的意義は大きい。また、本プロジェクトは単なる「はやぶさ」の再履行ではなく、その経験を継承して、より確実に深宇宙探査を行える技術確立するものであり、衝突体等新しい技術の挑戦も検討しており、技術的意義は大きい。さらに、世界をリードする人材を育成し、社会の「はやぶさ」で見られた強い関心に引き続き応え、日本のすばらしさを具現化し得るものであり、社会的意義も高い。

今回の事前評価では、はやぶさ2プロジェクトの目的、目標、開発方針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、「開発研究」に移行する準備が整っていることを確認した。

なお、開発研究に向け配慮すべきこととして、サンプル採取の確実な実施、衝突体の開発、サバイバビリティを重視した総合的システム技術向上、理学・工学の専門家をリーダとする開発体制の構築、プロジェクト管理、地上系設備への老朽化等への配慮の必要性、持ち帰ったサンプルの分析に関する時期の再検討、分析体制の充実と強化の検討、探査ロボットの確実な開発、衛星の自律制御に関するリスク管理等の意見が提出された。また、本プロジェクトに限らず、JAXA全体への意見として、将来の深宇宙探査を視野に入れた、各種搭載機器・センサー等への長期的視点での開発と、開発資金についての説明の方途の検討等の意見が出された。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。

# (参考1)

## 宇宙開発に関する重要な研究開発の評価 はやぶさ2プロジェクトの事前評価に係る調査審議について

平成22年7月14日  
宇宙開発委員会

### 1. 調査審議の趣旨

小惑星イトカワ等の始原天体を探査することで、太陽系がどのように生まれ、どのように成長してきたのか、また地球生命の原材料が宇宙空間でどのように作られ、進化してきたのかについて、重要な手がかりが得られる可能性がある。

はやぶさ2プロジェクトは、それら太陽系の謎の解明のため、「はやぶさ」の成果を踏まえ、イトカワと異なるタイプの小惑星（始原天体）の物質を地球に持ち帰るサンプルリターンを目指すプロジェクトである。

平成21年6月に制定された宇宙基本計画において、科学技術創造立国を目指す我が国としては、これまでの成果や培った技術力の上に立って、宇宙の真理の探究等に積極的に取り組むことが重要であり、太陽系探査としては、太陽系の理解等に繋がる科学的成果の創出を目指し、小惑星からのサンプル回収への取組みとして、「はやぶさ」後継機等の研究開発を行うとしている。また、平成22年5月に宇宙開発戦略本部により決定された「宇宙分野における重点施策について」（以下「重点施策」という）において、惑星探査などの宇宙科学・技術では、これまで我が国は世界トップレベルの成果を挙げてきており、引き続き、我が国の強みを活かした宇宙科学・技術を推進するとしている。

今般、はやぶさ2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、「開発研究」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、宇宙基本計画や重点施策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事前評価を行う。

### 2. 調査審議の進め方

はやぶさ2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、「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（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) その他
  - ・システム選定及び基本設計要求
  - ・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）
  - ・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、8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

本事前評価に係る推進部会の構成員は、別紙のとおり。

## 宇宙開発委員会推進部会構成員

### (委員)

部会長	青江 茂	宇宙開発委員会委員
部会長代理	井上 一	宇宙開発委員会委員
	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	神奈川工科大学工学部機械工学科特任教授
佐藤 勝彦	大学共同利用機関法人自然科学研究機構長
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

●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、その意見を述べることができる。

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。



## はやぶさ2プロジェクトの評価実施要領

平成22年7月16日

推 進 部 会

### 1. 趣旨

小惑星イトカワ等の始原天体を探査することで、太陽系がどのように生まれ、どのように成長してきたのか、また地球生命の原材料が宇宙空間でどのように作られ、進化してきたのかについて、重要な手がかりが得られる可能性がある。

はやぶさ2プロジェクトは、それら太陽系の謎の解明のため、「はやぶさ」の成果を踏まえ、イトカワと異なるタイプの小惑星（始原天体）の物質を地球に持ち帰るサンプルリターンを目指すプロジェクトである。

平成21年6月に制定された宇宙基本計画において、科学技術創造立国を目指す我が国としては、これまでの成果や培った技術力の上に立って、宇宙の真理の探究等に積極的に取り組むことが重要であり、太陽系探査としては、太陽系の理解等に繋がる科学的成果の創出を目指し、小惑星からのサンプル回収への取組みとして、「はやぶさ」後継機等の研究開発を行うとしている。また、平成22年5月に宇宙開発戦略本部により決定された「宇宙分野における重点施策について」（以下「重点施策」という）において、惑星探査などの宇宙科学・技術では、これまで我が国は世界トップレベルの成果を挙げてきており、引き続き、我が国の強みを活かした宇宙科学・技術を推進するとしている。

今般、はやぶさ2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、「開発研究」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、宇宙基本計画や重点施策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事前評価を行う。

### 2. 評価項目

今回の評価は「開発研究」への移行のための評価であるため、以下の項目のうち、企画立案フェーズの早い時期に評価することが望ましい（1）から（3）について評価を行う。

（4）については、「開発」への移行の要望があった時点で評価するものであるが、今回は、「開発研究」への移行に当たり検討の進捗状況を確認し、必要に応じ助言することとする。

- （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）その他
  - ・ システム選定及び基本設計要求
  - ・ 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）
  - ・ 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
7月16日	第1回	はやぶさ2プロジェクトについて
7月26日	第2回	はやぶさ2プロジェクトについて
8月5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、別途質問票による質疑を受けるものとし、第2回推進部会にて回答・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

はやぶさ2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。

## はやぶさ2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、科学技術創造立国を目指す我が国としては、これまでの成果や培った技術力の上に立って、宇宙の真理の探究等に積極的に取り組むことが重要であり、太陽系探査としては、太陽系の理解等に繋がる科学的成果の創出を目指し、小惑星からのサンプル回収への取り組みとして、「はやぶさ」後継機等の研究開発を行うとしています。また、平成22年5月に宇宙開発戦略本部により決定された「宇宙分野における重点施策について」（以下「重点施策」という）において、惑星探査などの宇宙科学・技術では、これまで我が国は世界トップレベルの成果を挙げてきており、引き続き、我が国の強みを活かした宇宙科学・技術を推進するとしています。

今般、実施機関であるJAXAにおいて「開発研究」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、宇宙基本計画や重点施策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（プロジェクトの意義の確認）

宇宙基本計画等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

- 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. プロジェクトの開発方針

本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. その他

以下の項目については、「開発」移行段階で評価するものですが、「開発研究」移行段階の状況を確認し、「開発研究」に向け配慮すべき事項、助言等があれば記載願います。

##### (1) 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）の評価の際には、以下の点に着目することとしています。

i) 関係する技術の成熟度の分析

ii) コストも含めた複数のオプションの比較検討

iii) システムレベル及びサブシステムレベルにおける、新規自主開発、既存技術の活用（外国調達に関しては、信頼性確保の方法含む）の適用方針

上記においては、国内技術のみでなく、海外技術も検討の対象に含みます。

##### (2) 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）

##### (3) リスク管理

主要な技術課題、プロジェクト、プログラムの観点におけるリスク管理の考え方

(上記に関する助言等を記入下さい。)

(1) システム選定及び基本設計要求

(2) 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）

(3) リスク管理

## はやぶさ2プロジェクト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

## (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。

## ① 社会的ニーズと今後10年程度の目標

## (a) 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。

## ② 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。

- ・ 太陽系探査としては、太陽系の理解、地球（大気、磁気圏含む）の理解等に繋がる科学的成果の創出を目指し、太陽、月、地球型惑星（水星、金星、火星）、さらには木星やその衛星、小惑星などを対象として、運用中の磁気圏観測衛星「あけぼの」、磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」による磁気圏観測、「はやぶさ」による小惑星からのサンプル回収への取組や「ひので」による太陽観測、「かぐや」による月探査等を実施しつつ、金星探査機「PLANET-C」を打ち上げ、科学観測を行うとともに、将来の水星探査計画「BepiColombo」、「はやぶさ」後継機等の研究開発を行う。

## 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

F 宇宙科学プログラム

平成24年度から運用予定（適時、適切に判断）：

太陽系探査ミッション「はやぶさ」後継機（小惑星）、SCOPE（磁気圏）など

### ●宇宙分野における重点施策について

（平成22年5月25日 宇宙開発戦略本部決定）

3. イノベーションエンジンとしての最先端科学・技術力の強化

（3）宇宙科学・技術（月・惑星探査や宇宙天文など）

月・惑星探査や宇宙天文などの宇宙科学・技術は、新たなフロンティア分野として最先端科学・技術の基盤の強化につながるものである。また、次世代を担う子供達に活力ある未来への夢や希望を与え、未来の科学・技術を支える人材の養成とともに、我が国としての国際的なプレゼンスの確立に寄与する将来に向けた投資たり得るものである。

このような特長を有する宇宙科学・技術分野において、これまで我が国は世界トップレベルの成果を挙げてきており、引き続き、我が国の強みを活かした宇宙科学・技術を推進する。特に、中国やインドなども精力的に取り組みを進めてきている月探査については、別途検討中であるが、地球に最も近い重力天体である月において将来の自在な太陽系探査のキーステップとなる技術を確立するとともに、「かぐや」の成果によって我が国が世界をリードしている科学の一層の発展を図り、更に月の平和的な利用に係る国際的な議論において先導的な役割を果たすため、2020年頃に長期間のロボット探査、サンプルリターンの実現を目標として進める方針で検討を深める。

## ●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)

### 2. 宇宙開発利用の戦略的推進

#### (3) 宇宙探査への挑戦

我が国としては、当面は、工学実験探査機「はやぶさ」等で築いてきた我が国の強みを活かし、無人活動を中心に宇宙探査を進めることとする。将来の国際協働における有人活動については、国際的な動向に即し、費用対効果を含めた総合的な観点から、適時適切にその要否を慎重に検討することとし、また、独自の有人活動については、これへの着手を可能とすることを視野に入れ、基盤的な研究開発を進める。また、宇宙探査は、一つのプロジェクトとしての規模が大きく、長期間に渡るものになりがちであることに注意し、プロジェクト期間として数年程度にまとまったものを組み合わせて計画的に進めるよう努める。

月は、地球に最も近く、従って、アクセスが最も容易であることから、様々な宇宙探査の足掛かりとなることが期待され、また、地球と同様の進化過程を含む形成期の痕跡が保存されており、宇宙科学における大きな意味を持っている。また、月探査への国際的な関心が高まっており、月探査活動は国際的な影響力を確保する上でも重要なものとなっている。このため、諸外国においても意欲的な月探査計画が進められようとしている。

我が国は、「かぐや」による探査活動を開始したところであるが、その成果をさらに発展させるべく、無人機による月表面着陸により、リモートセンシングでは得られない、詳細な化学組成や月深部の情報など月の起源と進化の謎に迫る科学的に価値の高い情報の取得や、高精度着陸技術、表面移動技術等の今後の探査活動等に必須となる基幹的な技術の獲得を目指すこととする。

その際には、月探査が国際的な側面を有する活動であることを踏まえ、我が国固有の理由によるほか、国際的な動向に即し、総合的な観点から、適時適切に計画を見直すことが必要である。

また、小惑星や惑星への新たな探査に挑戦すべく研究開発を進める。

## ●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

###### ②太陽系探査科学（宇宙探査のうち、科学に係るものを含む）

太陽、地球、惑星、始原天体及び太陽系空間環境を多様な手段で調査し、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に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。

人類の活動領域は地球近傍からその範囲を拡大し、月及び太陽系内と拡がりつつある。宇宙探査の目的は、知の創造とともに、人類の活動領域を拡大することであるが、その推進には、先進的工学研究を含め、宇宙科学の知見が極めて重要であり、宇宙科学と宇宙探

査活動が共同歩調をとり、両者の協調的発展を目指すことが必要である。

1) 太陽系諸天体の構造と起源を探る。

ア. 長期的な目標

始原的天体の探査や、月・惑星の内部及び表層の調査を行い、太陽系の初期状態を実証的に探る。サンプルリターン、地震波・熱流量による内部計測、地表物質分析、固有磁場等のリモートセンシングにより太陽系諸天体を調査し、その起源と進化を解明する。

イ. 今後5年程度の目標

工学実験探査機「はやぶさ」により、S型小惑星サンプルリターン及び試料分析を行う。月探査衛星「SELENE」により、月の内部・表層探査を行い、精密全球表面物質・重力場観測データベースを構築する。「はやぶさ」後継機により、C型小惑星の探査及びサンプルリターンを行うことを検討する。「SELENE」後継機に向けた月表面着陸技術を研究するとともに、「ベピ・コロombo計画」による水星の内部・表層・磁場研究の準備、ソーラー電力セイル等による木星及び以遠到達へ向けた技術基盤の確立を行う。

ウ. 20年先を視野に入れた今後10年程度の目標

「はやぶさ」及び「はやぶさ」後継機により取得した小惑星物質を分析し、太陽系の初期状態を推定する。「SELENE」後継機により惑星表面着陸技術を確立し、月の起源・進化過程を解明する。多様な始原天体、月・惑星の探査とその実現に必要な研究を行う。

**●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 総務省、文部科学省）

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

3. 宇宙探査

我が国の国際的な影響力の維持・強化、人類の知的資産の形成、人類の活動域の拡大及び我が国の総合的な技術力の向上を目的とし、国際協力枠組みを活用して、我が国が主体性・独自性を持つ形での宇宙探査プログラムを検討した上で、月・惑星等における世界初の活動を行うことを目指した研究開発を行う。



はやぶさ2プロジェクトの事前評価に係る

推進部会の開催状況

**【第1回推進部会】**

1. 日 時： 平成22年7月16日（金） 10：00～12：00
2. 場 所： 中央合同庁舎4号館 1階 全省庁共用108会議室
3. 議 題： (1) はやぶさ2プロジェクトの事前評価について  
(2) 小型固体ロケット（イプシロンロケット）プロジェクトの事前評価について  
(3) その他

**【第2回推進部会】**

1. 日 時： 平成22年7月26日（月） 13：00～16：00
2. 場 所： 科学技術政策研究所会議室（霞が関ビル 30階 3026号室）
3. 議 題： (1) 小型固体ロケット（イプシロンロケット）プロジェクトの事前評価について  
(2) はやぶさ2プロジェクトの事前評価について  
(3) その他

**【第3回推進部会】**

1. 日 時： 平成22年8月5日（火） 10：00～12：00
2. 場 所： 科学技術政策研究所会議室（霞が関ビル 30階 3026号室）
3. 議 題： (1) 小型固体ロケット（イプシロンロケット）プロジェクトの事前評価について  
(2) はやぶさ2プロジェクトの事前評価について  
(3) その他