

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価  
月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクト  
の事後評価  
(案)

平成21年 6月26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. SELENEプロジェクトを取り巻く状況	2
4. SELENEプロジェクトの事後評価結果	2
参考1 宇宙開発に関する重要な研究開発の評価 月周回衛星「かぐや」 (SELENE)プロジェクトの事後評価に係る調査審議について	7
参考2 月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトに係る事後評価 実施要領	1 1
参考3 SELENEプロジェクトの事後評価を行う際の「成果」に関するイメージ .....	2 0
参考4 月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトの事後評価 に係る推進部会の開催状況	2 1
付録1 月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトの評価票の集計及び意見	
付録2 月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトに係る事後評価について	
付録3 月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトの事後評価 質問に対する回答	

## 1. 評価の経緯

独立行政法人宇宙航空研究開発機構（以下「JAXA」という。）による月周回衛星「かぐや」（SELENE）プロジェクト（以下「SELENEプロジェクト」という。）は、主衛星（月周回衛星）と2機の副衛星から構成され、月の起源と進化の探求及び月探査基盤技術の開発・蓄積等を目的としたプロジェクトである。

このたび、主衛星の運用が終了したことから、「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、宇宙開発委員会 推進部会として事後評価を行った。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、SELENE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）に則して実施した。

今回は、以下の項目について評価を行った。

- (1) 成果
- (2) 成否の原因に対する分析
- (3) 効率性

ただし、成果のうち一部のアウトカム（効果）、及びインパクト（波及効果）に係るものについては、その活用状況が把握できた時期を待って改めて評価することとした。評価の進め方は、まず、JAXAからSELENEプロジェクトについて説明を受け、各構成員から提出された評価票（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。

本報告は、各構成員の意見、判定を集約して、事後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. SELENEプロジェクトを取り巻く状況

SELENE プロジェクトは、月科学及び月利用調査、基盤技術の開発と蓄積、宇宙開発や月探査の普及・啓発を目的とし、14種類の観測ミッション機器（ハイビジョンカメラを含む）を主衛星（月周回衛星）と2機の副衛星に搭載して、1年以上にわたり、元素分布、鉱物分布、地形・表層構造、月周辺環境、重力分布、精細画像等に係るデータを取得し、米国のアポロ計画以来の本格的な月探査を実施したプロジェクトとなった。

このSELENEプロジェクトについては、平成7年に月周回衛星・着陸実験衛星として研究着手が了承され、平成10年に開発への移行が了承された。その後H-IIロケットをはじめとする一連の事故・不具合が発生し、JAXA全プロジェクトについて、より確実な実施が求められ、SELENEプロジェクトとしては月面軟着陸を断念し、月の周回観測に特化することとした。その後ハイビジョンカメラを搭載することとし、平成19年9月に打ち上げられた。

打上げ後、ミッション期間として予定していた約1年間にわたる定常運用、約7ヶ月にわたる後期運用が実施され、当初計画していたデータが取得されるとともに、ハイビジョンカメラによる満地球の出、入り、月面などの撮影、地球のダイヤモンドリングなどの撮影が行われた。平成21年6月11日に主衛星を月の表側に制御落下させ、ミッションが完了した。

### 4. SELENEプロジェクトの事後評価結果

#### (1) 成果

成果についてはアウトプット(結果)、アウトカム(効果)、インパクト(波及効果)の3つに分類して評価を実施した。アウトプット(結果)は具体的にどのような結果が得られたか、プロジェクトの目標がどの程度まで達成されたのかという直接的成果であり、平成17年6月の第6回推進部会における事前評価で設定された、サクセスクラテリアの各項目について具体的にどのような結果が得られ、目標がどの程度達成できたのかを評価した。また、アウトカム(効果)はアウトプットからもたらされた効果・効用であり、SELENEプロジェクトのアウトプットからもたらされた成果が、プロジェクトの目的に照らし、現時点でどのような効果をあげているかについて評価した。更に、インパクト(波及効果)は、意図していた範囲を越えた、経済的、科学技術的、社会的影響としての間接的成果であり、現時点で注目しておくべき事項について必要に応じて評価した。なお、科学的成果に関係する一部のアウトカム(効果)、及びインパクト(波及効果)に係るものについては、その活用状況が把握できた時期を待って改めて評価する。

#### <アウトプット(結果)>

平成19年9月14日に打ち上げられ、10月18日に観測軌道投入後、10月20日までにクリティカルフェーズが、12月20日までに機器の初期機能確認等が完了し

た。その後、翌年の10月30日までの間、三軸姿勢制御、熱制御、軌道制御等の観測のための衛星運用が行われ、定常運用が実施された。その間における最初の、月が1回自転する期間(約27日)、高度約100kmの月周回軌道において、元素・鉱物分布、地形・表層構造、重力場・磁場等の内部構造に関する観測データが取得され、ミニマムサクセスが達成された。さらにその後の観測により、月の科学に貢献するデータとして、元素分布、鉱物分布、地形データ、表層構造、磁場異常、重力分布のデータが、月での科学に貢献するデータとして、電磁、宇宙線等の月周辺環境観測データが、月からの科学に貢献するデータとして、地球電磁気及び惑星電波の観測データが取得され、元素分布に係るデータ取得を除きフルサクセスが達成された。さらに、残存する推進薬を用いて、約7ヶ月の後期運用が実施され、元素分布に係る補完観測が行われて、フルサクセスが全て達成された。また、より低い高度で月での科学や月の科学に貢献するデータが取得され、エクストラサクセスが達成された。最終的に平成21年6月11日に主衛星を月の表側に制御落下させ、ミッションが完了した。なお、一部の計測機器に不具合が発生したが、他の観測との組合せにより目的のデータを取得している。

以上のように、ミニマムサクセス、フルサクセス、エクストラサクセスまでの全ての評価基準を達成し、取得したデータの品質も十分優れていると認められ、目標達成度は極めて高いと評価できる。

判定：優れている

(優れている／妥当／概ね妥当／疑問がある の4段階で評価)

#### <アウトカム(効果)>

SELENEの観測データは現在世界で最も高精度なデータであり、月の起源と進化の解明に迫る最も有力な情報を有しているといえる。具体的な成果の発現には時間が必要なため、科学的成果についての評価は別途実施するが、初期科学成果として、月の内部構造や月の二分性、マグマオーシャンの分化・進化に関する先駆的な研究報告がなされ、大きな注目を集めている。また、月の地形図、日照率マップなど、今後の人類の月利用に資する優れた観測成果を挙げている。今後SELENEプロジェクトによって得られた多種・高精度の科学観測データをもとに、多大な科学研究成果が得られることが期待される。

また、月軌道投入技術や月周回衛星運用のために基本となる月心指向三軸姿勢制御、熱制御、軌道制御等に関する1年以上のデータが取得され、月探査のための衛星設計・運用技術のノウハウが蓄積された。

更に、ハイビジョンカメラによる「11万km離れた場所から撮影した遠ざかる地球」や、「地球の出」、「ダイヤモンドリング」等の画像が数多くのメディアに取り上げられ、国民の関心を十分に喚起する結果となり、宇宙開発や月探査の普及・啓発の面で大きな貢献をしたものと評価できる。

判定：優れている

(優れている／妥当／概ね妥当／疑問がある の 4 段階で評価)

#### <インパクト(波及効果)>

ハイビジョンカメラによる月面と対比した地球の画像、特に「満地球の出」は地球環境の大切さについての人々の意識に対する効果が大変大きく、G8 洞爺湖サミットでの首脳サインシートや、二酸化炭素削減を目指す国民的プロジェクトであるチームマイナス 6%のポスターに採用されるなど、当初予定していた以上に国際的なシンボルとして利用された。また、教育教材としての利用を通じて子供たちの理科への関心を引くという波及効果もみられ、動画共有サイトでも大きな反響を呼んでおり、目的として設定していた範囲を越えたものと評価できる。

なお、衛星本体や観測センサーなどの開発技術の中から、産業界への技術的波及効果が現れるようになることを期待したい。

判定：妥当

(優れている／妥当／概ね妥当／疑問がある の 4 段階で評価)

#### (2) 成否の原因に対する分析

開発中のプロジェクトの過程で明らかになった課題と発生した問題について、適切な要因分析がなされ、その結果多くものは適切な対処がなされた。その中でも、開発要素の多い軟着陸ミッションを中止し、月周回機にリソースを集中投資したことは、本ミッションを確実な成功に導く上で適切な判断であったと評価できる。

また、難易度の高い新規技術については宇宙実証を行うことがリスク低減のために有効であり、副衛星の分離機構をマイクロラブサットにより軌道上実証したことは適切であった。

さらに、最先端の観測機器を 14 種搭載することは科学観測衛星としては異例の多さであり、プロジェクトを構成する研究者グループもそれだけ大きなものとなって、プロジェクトチームの形成・運営、プロジェクトの管理、プロジェクトの遂行において、関係者間の信頼関係の構築等、多くの工夫と努力が必要であったが、観測ミッションの成功はそれらが実った結果であると評価できる。

軌道上で発生した問題への対応、その対処、他プロジェクトへの展開等は妥当なものと評価できる。なお、従来から衛星バスに関する課題の一つにリアクションホイールの高信頼化があったが、今回も外国製リアクションホイールに不具合が発生したことから、今後同様な不具合を繰り返さないための取り組みが必要である。また、一部の計測器において放射線の影響によると推定される不具合が発生したが、デバイスレベルでの耐放射線特性の研究が必要と考えられる。

判定：妥当

(妥当／概ね妥当／疑問がある の 3 段階で評価)

### (3) 効率性

効率性の評価は、プロジェクトの効率性と実施体制の 2 つの観点から行った。

#### <プロジェクトの効率性>

平成 8 年度の研究要望の段階では平成 15 年度を打上げ目標としていたが、平成 11 年の H-II ロケットをはじめとする一連の事故・不具合の発生等を踏まえて、平成 19 年の打上げに変更となった。打上げ延期により生じた状況を活かして、試験の充実、更なる信頼性向上に取り組んだことは本プロジェクトの目標達成にとってそれほど効率を落とすものではなく、コスト増額後でも米国の衛星や地上システムと比較して効率的であった。

衛星システム及びロケットのコスト増については、スケジュールの遅れの中にあつて、厳しい管理がなされたと推測される。一方、地上システムに関しては、14 観測機器による複雑な観測運用に対する当初の見通しの甘さが指摘される。

判定：概ね妥当

(優れている／妥当／概ね妥当／疑問がある の 4 段階で評価)

#### <プロジェクトの実施体制>

SELENE プロジェクトは旧宇宙科学研究所 (ISAS) と旧宇宙開発事業団 (NASDA) の共同プロジェクトを引き継いだものであり、JAXA となった後も、衛星システム及びプロジェクトマネジメントにおける確実さと信頼性を重視する NASDA 方式と、観測機器の開発における研究者主体で最先端のミッションを目指す ISAS 方式の組合せがより強化され、一本化された指揮命令系統の下、一体的なプロジェクトの実施体制が全期間を通じて適切に機能したものと評価される。

判定：妥当

(妥当／概ね妥当／疑問がある の 3 段階で評価)

#### (4) 総合評価

SELENEプロジェクトは、主衛星（月周回衛星）と2機の副衛星から構成され、月科学及び月利用調査、基盤技術の開発と蓄積、宇宙開発や月探査の普及・啓発を目的とし、平成19年9月に打上げられ、一連のデータ収集を終了し、平成21年6月に月面に主衛星を制御落下させてミッションが完了したプロジェクトである。

月周回軌道（高度約100kmの極軌道）において、約1年間、「月の科学」、「月での科学」、「月からの科学」に大きく貢献するデータを取得し、その後残存する推進薬を用いて、観測ミッション期間の延長や低高度での観測を実施する等、設定された目標を十分に達成することができた。

また、現時点でSELENEの観測データは世界で最も高精度なデータであり、月の起源と進化の解明に迫る最も有力な情報を有しており、基盤技術の開発と蓄積、宇宙開発や月探査の普及・啓発という、目的に見合う成果を上げたと評価できる。特に普及・啓発においてはハイビジョンカメラの功績が大きかった。その成果は「満地球の出」等日本の科学技術、環境への取組みをアピールする際に多く利用され、社会的な波及効果も認められた。

科学的成果については、取得されたデータの活用状況が把握できた時期を待って、今後改めて評価する。

さらに、本プロジェクトは、開発時点から運用中に至る技術的問題点への対応について、適切に成否の要因分析がなされ、SELENEプロジェクトの遂行に活かされるとともに、他プロジェクトへ適切に展開され、将来の宇宙科学の研究等への教訓として有効なものとなっていると評価できる。また、H-IIロケットをはじめとする一連の事故・不具合等により、4年間の打上げ遅延や開発費用増加という影響があったが、JAXA全体に対する信頼性向上の要求を受けて、衛星特別点検、打上げ延期に伴う追加作業、ロケット打上業務移管、地上システム運用の確実化等、確実な開発、打上げ、運用のために必要な作業を実施し、効率よく対応することができた。

今後、各計測機器データの解析研究や複数の観測データを統合利用する研究など、予定されている計画を着実に実施し、最終テーマである月の起源、月の進化に迫る研究成果を多数生み出していくことを期待する。

判定：期待以上

（期待以上／期待通り／許容できる範囲／期待はずれ の4段階で評価）



# (参考1)

## 宇宙開発に関する重要な研究開発の評価 月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトの事後評価 に係る調査審議について

平成21年6月17日  
宇宙開発委員会

### 1. 調査審議の趣旨

独立行政法人宇宙航空研究開発機構(以下「JAXA」という。)による月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクト(以下「SELENEプロジェクト」という。)は、主衛星(月周回衛星)と2機の副衛星から構成され、月の起源と進化の探求及び月探査基盤技術の開発・蓄積等を目的としたプロジェクトである。

このたび、主衛星の運用が終了したことから、「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、推進部会において次のとおり調査審議を行う。

### 2. 調査審議の対象

SELENEプロジェクトに係る事後評価。

ただし、成果のうち一部のアウトカム(効果)、及びインパクト(波及効果)に係るものについては、その活用状況が把握できた時期を待って改めて評価する。

### 3. 調査審議の進め方

「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) 成果(アウトプット、アウトカム、インパクト)
- (2) 成否の原因に対する分析
- (3) 効率性

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。

### 4. 日程

調査審議の結果は、7月中を目途に宇宙開発委員会に報告するものとする。

### 5. 推進部会の構成員

本事後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	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	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

●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。

## (参考2)

### 月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトに係る事後評価実施要領

平成21年6月18日  
推 進 部 会

#### 1. 概要

月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクト(以下「SELENEプロジェクト」という。)は、主衛星(月周回衛星)と2機の副衛星から構成され、月の起源と進化の探求及び月探査基盤技術の開発・蓄積等を目的としたプロジェクトである。

このたび、主衛星の運用が終了し、平成21年6月17日付けで宇宙開発委員会から指示があったことから、「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、推進部会において次のとおり調査審議を行う。

#### 2. 事後評価の目的

これまでに得られたSELENEプロジェクトの成果をとりまとめ、今後の研究開発に資することを目的として、事後評価を実施する。

#### 3. 事後評価の対象

事後評価の対象は、SELENEプロジェクトとする。

ただし、成果のうち一部のアウトカム(効果)、及びインパクト(波及効果)に係るものについては、その活用状況が把握できた時期を待って改めて評価する。

#### 4. 評価項目

- (1) 成果
- (2) 成否の原因に対する分析
- (3) 効率性

#### 5. 評価の進め方

部会を以下のとおり開催する。

時期	部会	内 容
6月18日	第1回	SELENEプロジェクトについて
6月26日	第2回	事後評価結果について

第1回部会において、JAXA説明を聴取した後、質問票により質疑を提出する。当該質疑に対する回答はメールにて行う。その上で、評価票を事務局に提出し、第2回部会において評価結果をとりまとめる。

#### 6. 関連文書

SELENE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。

## 月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクト 評価票

構成員名: \_\_\_\_\_

## 1. 成果

## (1) アウトプット

平成17年6月の第6回推進部会において、SELENEプロジェクトのサクセスクライテリアが示されています(別紙2参照)。このサクセスクライテリアの各項目について、具体的にどのような結果が得られ、目標がどの程度達成できたのかについて評価してください。

優れている    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ください。)

## (2) アウトカム

SELENEプロジェクトは、月科学及び月利用調査、基盤技術の開発と蓄積、宇宙開発や月探査の普及・啓発を目的としていますが、このプロジェクトの目的に照らして、SELENEプロジェクトで得られた成果が、現時点でどの程度効果があるかについて評価してください。

なお、科学的成果についてはその発現に時間を要するため、成果の活用状況や波及効果等が把握できた時期に改めて評価することとします。

優れている    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ください。)

## (3) インパクト

本プロジェクトで得られた成果の波及効果として、目的として設定していた範囲を超えた、経済的、科学技術的、社会的な影響等について、現時点で注目しておくべきものがあれば評価して下さい。

なお、科学的成果については、成果の波及効果や副次的効果の把握に一定の時間を要するため、波及効果等が把握できた時期に改めて評価することとします。

優れている    妥当    概ね妥当    疑問がある

(コメントを記入ください。)

## 2. 成否の原因に関する分析

プロジェクトの過程で明らかになった課題に関し、要因分析が適切に実施されているか評価してください。

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ください。)

## 3. 効率性

効率性の評価は、プロジェクトの効率性と実施体制の2つの観点から行います。

### (1) プロジェクトの効率性

SELENEプロジェクトは当初、平成15年度に打上げ年度が設定されていましたが、平成19年度の打上げに変更され、予算やスケジュールが見直されています。このような変遷がありました。この変遷が、予算やスケジュールに関し、効率的であったか評価してください。また、その他特段の問題点が認められるかについて評価してください。

優れている       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ください。)

### (2) プロジェクトの実施体制

SELENEプロジェクトは、旧NASDAと旧ISASの合同プロジェクトとして開始された後、統合されたJAXAで開発が進められ、さらに、月・惑星探査プログラムグループ(JSPEC)の下で運用されました。このような体制の変遷がありました。この変遷が、本プロジェクトの実施体制が適切に機能していたか評価してください。

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ください。)

## 4. 総合評価

上記3項目を鑑み、総合的なコメントを記入下さい。その他、助言等があれば記載願います。

期待以上       期待通り       許容できる範囲       期待外れ

(上記の評価根拠等コメントを記入ください。)

## 月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトに関する経緯

## 1. 宇宙開発委員会における審議の経緯

平成7年8月	月周回観測・着陸実験衛星の研究着手
平成8年8月	平成9年度からの開発研究移行
平成9年8月	平成10年度からの開発研究移行
平成10年8月	平成11年度からの開発移行
平成11年12月	打上げの延期(平成15年度から平成16年度へ)
平成12年8月	開発計画変更
平成15年7月	打上げの延期(平成16年度から平成17年度へ)
平成17年6月	サクセスクライテリアの設定

## 2. 月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトに関する宇宙開発委員会の審議結果(抜粋)

- (1) 平成7年8月 関係各機関における「宇宙開発計画」(平成7年3月29日決定)に基づいた新規施策の実施及び同計画の見直しに関する要望事項について

## 月周回観測・着陸実験衛星の研究

## 1. 審議事項(科学技術庁)

21世紀初頭に想定される月面での探査等の活動の展開に備え、月の地形、元素組成に関するデータを取得するとともに、月面着陸技術を修得することを目的とする月周回衛星・着陸実験衛星に関する研究に着手したい。

## 2. 審議結果

- (1) 月面を拠点とする宇宙活動は、宇宙科学の発展や人類の活動領域の拡大など人類共通の利益をもたらすものである。21世紀初頭には月探査や月面活動が国際協力により積極的、広範囲に展開されると想定され、我が国もこれに積極的な貢献を果たす必要がある。
- (2) 我が国の月面活動は、初めに無人探査を行い、月面での各種の宇宙活動実施の可能性を調べるとともに、月面活動を行う上で基盤となる技術を開発・実証することが適切である。その際には、月表面全体の観測を行う月周回観測、月面物質の直接探査等を行う月面着陸／移動探査、月面から物質を地球へ回収し詳細分析を行うサンプルリターンと段階的に進めることが適切である。
- (3) したがって、無人月探査の第1段階として、周回観測衛星により月面のグローバルな観測を行うとともに、着陸実験機を月面に着陸させ月面上定点観測を行う月周回観測・着陸実験衛星の研究に着手することは妥当である。
- (4) なお、本研究は月の科学探査と密接な関連を有するものであり、当面の科学探査の重要性に鑑み、宇宙科学研究所等関係機関との連携を密接に図っていくことが重要である。



(2) 平成8年8月 計画調整部会審議結果（関係各機関における新規施策の実施及び「宇宙開発計画」（平成8年4月24日決定）の見直しに関する要望事項について

月探査周回衛星の開発研究

1. 審議事項（科学技術庁、文部省）

月探査周回衛星は、月の起源と進化を探る月の科学の発展を図るとともに、月の利用可能性調査のためのデータを取得すること及びこの活動を行う上で基盤となる技術を開発することを目的とし、月の表層構造・組成の全球的調査、月の重力場等の計測を行う周回衛星及び月面着陸技術実証を行う着陸実験機等から構成される衛星であり、H-II Aロケットにより、平成15年度頃に打ち上げることを目標に開発研究に着手したい。

2. 審議結果

月に関する科学的知見を蓄積し、将来の月の利用を目指した月全体の詳細な探査を進めることは、重要な意義を有するものである。また、宇宙開発事業団と宇宙科学研究所が共同で行うミッションとしても意義のある月探査周回衛星を、H-II Aロケットにより、平成15年度頃に打ち上げることを目標に開発研究に着手することは妥当である。

3. 留意事項

- (1) 月探査に関する過去の成果、月探査を進める意義等を明確にして国民の理解を得ることが必要である。
- (2) 多くの研究者の意見を聞く体制や膨大なデータを効率的に処理する体制を作っていくことが必要である。

(3) 平成9年8月「計画調整部会審議結果（関係各機関における新規施策の実施及び「宇宙開発計画」（平成9年4月2日決定）の見直しに関する要望事項について

Ⅲ. 月探査の分野

月探査周回衛星（SELENE）の開発研究による科学研究と技術開発の効率的推進

1. 審議事項（科学技術庁、文部省）

月探査周回衛星（SELENE）は、将来の宇宙活動に不可欠な月の利用可能性調査のためのデータを取得するとともに、この活動を行う上で基盤となる技術を開発すること及び月の起源と進化を探る月の科学の発展を図ることを目的とし、月の表層構造・組成の全球的調査、月重力場等の計測及び月面着陸技術実証を行う周回衛星等から構成されるものであり、宇宙開発事業団と宇宙科学研究所がそれぞれの特徴を効率的に組合わせた開発体制の下、H-II Aロケットにより平成15年度頃に打ち上げることを目標に開発研究に着手することは妥当である。

2. 審議結果

将来の月の利用を目指した基盤技術を開発すること及び月に関する科学的知見

を蓄積することを目指した月全体の詳細な探査を進めることは、人類の知的フロンティアの拡大及び活動領域の拡大に不可欠な基盤技術の確立といった観点から、重要な意義を有するものである。また今後の新しい宇宙開発の進め方の観点からも宇宙開発事業団と宇宙科学研究所が共同で行うミッションは、意義がある。従って月探査周回衛星をH-II Aロケットにより平成15年度頃に打ち上げることを目標に開発研究に着手することは妥当である。

### 3. 留意事項

- (1) 月の科学者にとっては、目的も内容も明確に絞り込まれた重要なプロジェクトになっているが、一方国民には我が国の月探査計画の重要性は必ずしも十分に理解されていない。月探査に関する過去の成果、月探査を進める意義等を明確かつ平易に説明する努力を更に進めることで国民の理解を得ることが必要である。
- (2) 国内外の多くの研究者の意見を聞き、それらを開発へ反映させる体制や、膨大なデータを効率的に処理し適時に配布し利用してもらう体制を作っていくことが必要である。

- (4) 平成10年8月 計画調整部会審議結果（関係各機関における新規施策の実施及び「宇宙開発計画」（平成10年4月8日決定）の見直しに関する要望事項について

#### 3. 月探査の分野

- (1) 月周回衛星（SELENE）の開発（科学技術庁・文部省）

##### ア. 審議事項

月周回衛星（SELENE）は、月の起源と進化を探る月科学の発展を図るとともに、将来の宇宙活動に不可欠な月の利用可能性調査のためのデータを取得及びこの活動を行う上で基盤となる技術の開発を行うことを目的とした衛星であり、H-II Aロケットにより平成15年度に打ち上げることを目標に開発に着手したい。

##### イ. 審議結果

将来の月の利用可能性調査のためのデータ取得、月利用活動に資する基盤技術の開発及び月に関する科学的知見の蓄積を目指した月全体の詳細な探査の推進は、人類の知的フロンティアの拡大及び活動領域の拡大に不可欠な基盤技術の確立の観点から、重要な意義を有するものである。また、宇宙開発事業団と宇宙科学研究所が共同で行うミッションとして、両者の良好な協調関係の下に推進されていることは、今後の宇宙開発の進め方の観点からも有意義である。従って、SELENEをH-II Aロケットにより平成15年度に打ち上げることを目標に開発に着手することは妥当である。

- (5) 平成11年12月 計画調整部会審議結果（宇宙開発事業団の平成12年度予算に係る計画の見直しについて）

別紙 3. H-IIロケット及びH-II Aロケット打上げ計画の変更

- (6) 月周回衛星

打上げ計画全体の見直しから、平成15年度を目標にH-II Aロケットで打上げ

を予定していた月周回衛星（SELENE）の打上げ目標年度を、平成16年度に変更したい。

- (6) 平成12年8月 計画調整部会審議結果（関係各機関における新規施策の実施及び「宇宙開発計画」（平成12年5月31日決定）の見直しに関する要望事項について

II 関係各機関における新規に実施する予定の施策及び宇宙開発計画見直しに関する要望事項について

### 3. 月探査の分野

(1) 月周回衛星（SELENE）の計画変更（科学技術庁、文部省）

#### ア. 審議事項

月周回衛星（SELENE）計画では、月全域の周回観測を行うと共に月面軟着陸等の月探査のための基盤技術の開発を行うべく基本設計等を進めてきたが、より確実な開発を目指して、月軟着陸実験を分離し、当面は月の周回観測と障害物検知技術等の開発に資するデータ取得を優先して実施することとし、月軟着陸実験については研究を十分に行って技術開発の目途を得ることとしたい。

#### イ. 審議結果

H-II ロケットをはじめとする最近の一連の事故・不具合の発生状況を踏まえ、SELENEの開発をこれまで以上に慎重に行うことは適当である。従って、開発計画を変更し、計画のうちリスクの高い月軟着陸実験に関する部分を分離して実施することは妥当である。また、分離した月軟着陸実験について宇宙開発事業団、宇宙科学研究所及び航空宇宙技術研究所が連携して研究に着手することは妥当である。

- (7) 平成15年7月 計画・評価部会

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価結果

### 4-4 進捗状況等を確認する重要な研究開発

- (1-1) 月周回衛星（SELENE）

(概要・意義等)

月周回衛星（SELENE）は、ISAS とNASDA との共同プロジェクトとして、月の起源と進化の探求ならびに月探査基盤技術の開発・蓄積等を目的としたものであり、総開発費は約414億円（打上げ費含む、ISAS 及びNASDA 分のみ）を想定している。

(目標)

本プロジェクトにおいては、これらの目的の実現に向けて、月の起源と進化の探求については月全域の表面物質構成及び内部構造に関するデータ取得、また、月探査基盤技術の開発・蓄積については月周回極軌道への投入技術や月周回中の姿勢・軌道制御技術ならびに熱制御技術の取得というように、実施内容が具体的な科学・工学目標として明確に設定されており妥当である。

(期待される成果の利用等)

本プロジェクトに関しては、特に科学ミッションに関して、科学者と技術者が一

体となって形成されるワーキンググループにおいてその内容を定めており、ISAS 外の研究者を含む宇宙理学委員会での議論を経て設定されたもので、その後の研究・開発においても大学や研究機関の科学者・技術者が参加するなど、科学・利用コミュニティとの適切な連携が図られている。本衛星が取得するデータの利用に関しては、セレーネシステム連絡会、セレーネ地上データ処理ワーキンググループにおいてセレーネ衛星による全科学データの利用計画を検討しているところであり、また、国際月探査ワーキンググループ（ILEWG）等において国際的な科学者の意見を採り入れた形で諸外国の研究者とも利用計画の調整を行う予定としており、利用促進に向けた準備も着実に進められている。

さらに、ハイビジョンカメラを搭載し、本ミッションの動画像の撮影・放映等を行うことで、普及・啓発を目的とした成果の利用も計画されている。

#### （開発計画等）

本衛星は、平成17年度の打上げを予定している。これに向けて、衛星の噛み合わせ試験が行われており、引き続き、コンポーネント・サブシステムレベルでの環境試験を経て、衛星システムの組み上げ・プロトフライト試験が行われる予定である。打上げまでのスケジュールを考慮しても、開発計画は妥当と考えられる。

#### （実施体制）

本プロジェクトの実施体制については、ISAS と NASDA との共同プロジェクトとして両機関における担当が明確に定義されており、外部の研究者を含むミッション機器の担当も機器毎に明確であり、開発の適切な遂行が図られるものとなっており妥当である。また、宇宙航空研究開発機構（JAXA）に移行した後は、一元的な体制で本計画が実施されることから、より確実な開発・運用を行うことが可能である。

#### （審議結果）

これらの結果、本プロジェクトの実施状況及び今後の計画は適切であると判断される。

#### （8）平成17年6月 第5回 推進部会「月周回衛星（SELENE）の成功基準について」

##### ミッションの成功基準

##### ミニマム成功基準

- 月周回軌道に投入し、観測のための衛星運用（3軸姿勢制御、熱制御、軌道制御等）が行われること。
- 「月の科学」にインパクトを与える観測データを取得すること。このため、月周回軌道（高度約100kmの極軌道）において、元素・鉱物分布、地形・表層構造、内部構造（重力場、磁場）の新しい知見に繋がる観測データを、月が1回自転する期間取得すること。

##### フル成功基準

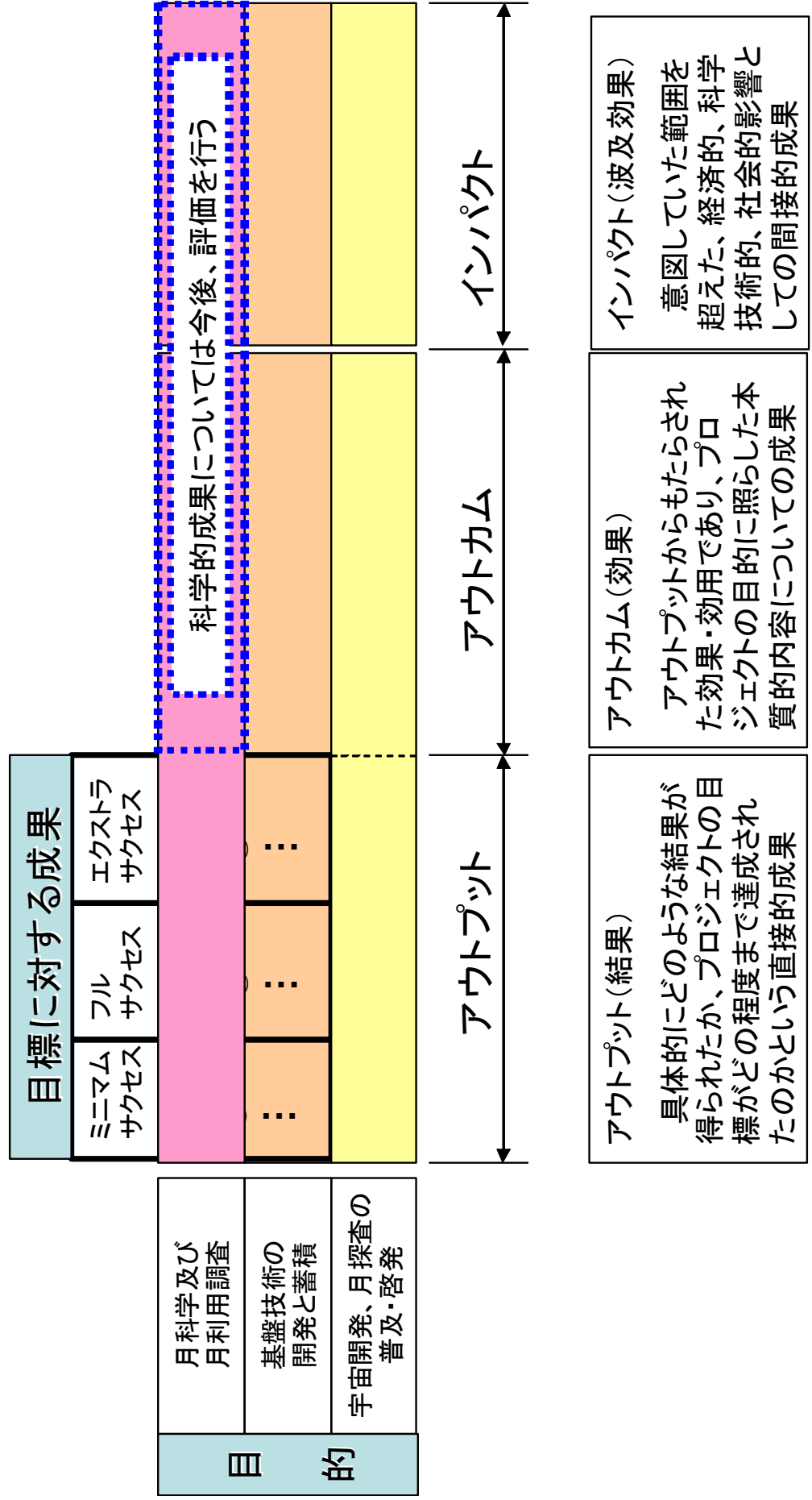
- 「月の科学」、「月での科学」、「月からの科学」に大きく貢献するデータを取得す

ること。このため、月周回軌道（高度100kmの極軌道）において、約1年間、元素分布、鉱物分布、地形・表層構造、月面環境、月の重力場、地球プラズマ環境について観測データを取得すること。

#### エクストラ成功基準

- 約1年間の観測ミッションを達成した後、残存する推進薬を用いて、観測ミッション期間の延長や、低高度での観測を実施すること。

# SELENEプロジェクトの事後評価を行う際の「成果」に関するイメージ



(参考3)

月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクト  
の事後評価に係る推進部会の開催状況

【第1回推進部会】

日時：平成21年6月18日(木) 14:00~16:00  
場所：文部科学省 3階 1特別会議室  
議題：(1)月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトの事後評価について  
(2)その他

【第2回推進部会】

日時：平成21年6月26日(火) 14:00~16:00  
場所：文部科学省 3階 1特別会議室  
議題：(1)月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトの事後評価について  
(2)その他

月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトの  
評価票の集計及び意見



評価結果

	優れている	妥当	概ね妥当	疑問がある
1. 成果 (1)アウトプット	12	0	0	0
1.成果 (2)アウトカム	10	2	0	0
1.成果 (3)インパクト	1	10	1	0
2. 成否の原因に対する分析	-	10	2	0
3. 効率性 (1)プロジェクトの効率性	0	5	7	0
3. 効率性 (2)プロジェクトの実施体制	-	11	1	0
	期待以上	期待通り	許容できる範囲	期待はずれ
4. 総合評価	8	4	0	0

## 1. 成果 (1) アウトプット

平成17年10月の第6回推進部会において、SELENEプロジェクトのサクセスクライテリアが示されています(別紙2参照)。このサクセスクライテリアの各項目について、具体的にどのような結果が得られ、目標がどの程度達成できたのかについて評価してください。

	優れている	妥当	概ね妥当	疑問がある
成果 (1)アウトプット	12	0	0	0

### 評価根拠のコメント

#### 【優れている】

- 1 本プロジェクトの原点である平成7年の「月周回観測・着陸実験衛星」の審議結果として「21世紀初頭には月探査や月面活動が国際協力により積極的、広範囲に展開される」と想定したことは正しかったし、その際「我が国もこれに積極的な貢献を果たす。」とした大きな目的は十二分に果たした。  
さらに本プロジェクトを通じて月周回軌道に投入し、観測のための衛星運用技術(3軸姿勢制御、熱制御、軌道制御等)を確実なものにしたことも大きな成果である。
- 2 月周回衛星「かぐや」(SELENE)プロジェクトのサクセスクライテリアは3段階に規定されているが、プロジェクトは、月一回自転期間の観測データ取得というミニマム成功基準をまず満たした後、高度約100kmの月周回軌道(極軌道)において、「月の科学」、「月での科学」、「月からの科学」に大きく貢献するデータを約一年間にわたって取得することというフル成功基準を、十分な内容を以て達成していると認められる。さらに、上の約一年間の観測ミッション終了の後、残存する推進薬を活用して低高度での観測を実施するというエクストラ成功基準に関しても、技術的に高度な軌道制御の遂行のもと、観測データをより豊富なものとするに成功しており、その基準も達成したものと認められる。  
このように、本プロジェクトの目標達成度はきわめて高く、「優れている」と判定するものである。
- 3 ミニマムサクセス・フルサクセス・エクストラサクセスにおいて成功基準の要求は全て十分に満たされており、本プロジェクトが「月の科学」、「月での科学」、「月からの科学」で目指した、それぞれの観測で取得完了されたデータは、いずれも大変優れたものと評価できる。
- 4 月周回軌道への投入および所期のデータ取得がエクストラ成功基準まで達成されており、申し分ない。観測機器およびシステムの開発技術の確実さを大いに評価したい。
- 5 CPS/PSの4つの検出器のうち2つが継続的に運用できず不具合が生じても他の観測の組み合わせにより目的のデータは取得できたことは評価に値し、観測対象の目的は達成されている。
- 6 予め設定された成功基準を完全にクリアしているとともに、その取得したデータの品質も、これまでのデータに比し十分に優れていると認められる。
- 7 月周回軌道投入・衛星運用について、ミニマム基準ではなく、エクストラ基準となる、観測ミッション後推進薬のなくなるまで低高度観測の実現まで、ほぼ完璧に近い観測を実施した。  
・サイエンス成果について、ほぼすべての観測機器が稼働し、表層・内部に係わる、リモートセンシングにより可能なあらゆるデータの採取に成功した。これにより、今後の本格的な月科学の基礎データを全世界に提供できることとなり、その意義はきわめて高い。
- 8 月の観測軌道に投入後、平成19年12月21日から定常観測を開始し、平成20年10月30日までに、不具合が発生した元素分布の観測を除いてフル成功基準を満足した観測を実施している。その後高度100km軌道における後期運用を実施して元素補完観測を行い、フルサクセス基準を一応クリアしている。更に平成21年2月1日以降、高度50km軌道で磁気分布・プラズマ環境を中心とした観測を行い、6月11日に月面上に制御落下させるまでハイビジョンカメラでの超低空での地形撮影をする等、エクストラサクセス基準も満足してミッションを終了している。
- 9 「月の科学」にインパクトを与える様々な観測データを取得することに成功したのは高く評価できる。
- 10 15ミッションとかなり欲張った計画であったにもかかわらず、その大半をなしとげ、さらに予定以上の観測も行ったということは高く評価してよいと思う。

## 1. 成果 (2) アウトカム

SELENEプロジェクトは、月科学及び月利用調査、基盤技術の開発と蓄積、宇宙開発や月探査の普及・啓発を目的としていますが、このプロジェクトの目的に照らして、SELENEプロジェクトで得られた成果が、現時点でどの程度効果があるかについて評価してください。なお、科学的成果についてはその発現に時間を要するため、成果の活用状況や波及効果等が把握できた時期に改めて評価することとします。

	優れている	妥当	概ね妥当	疑問がある
成果 (2)アウトカム	10	2	0	0

### 評価根拠のコメント

#### 【優れている】

- 現時点で評価をすることは難しいが、十分なアウトカムを期待できると思う。
- 「かぐや」(SELENE)によって得られた科学観測データは、現在、世界で最も高精度なデータであると見なされ、わが国が世界に伍して月の起源と進化の解明に迫る情報を有するに到った意義は大きい。すでに、月レーダサウンダー、レーザ高度計、4ウェイドプラー観測、地形カメラなどによる観測から、月の内部構造や月の二分性、マグマオーシャンの分化・進化に関して先駆的な研究報告がなされ、大きな注目を集めている。今後、「かぐや」によって得られた多種・高精度の科学観測データをもとに、多大な科学研究成果が得られることが期待される。  
基盤技術の開発と蓄積に関しては、大型探査機の月周回軌道投入、月周回軌道上での三軸姿勢制御、軌道制御、熱制御等において、技術目標が十分に達成され、ミッションの成功に大きく貢献した。「かぐや」において開発・蓄積された諸技術は今後わが国が月探査を進める上で有効に活用されていくであろう。「かぐや」は、人類にとってなじみの深い月を対象としていること、かつハイビジョンカメラによる画期的とも言える映像が「かぐや」から送られてきたことから、「かぐや」による月観測は、一般的に、幅広い関心をひき、宇宙開発の普及・啓発の面で大きな貢献をしたものと見なされる。特に科学啓蒙と科学教育には大きく役立っていると考えられ、「かぐや」の成果が、今後、啓蒙・教育の面でさらに広く活用されていくことを期待する。
- 現在、世界で最も高精度の月面観測データを取得して発表されたサイエンス掲載論文、月の地形図、日照率マップの作成など、本プロジェクトは月の科学の発展、今後の人類の月利用に資する優れた観測成果を上げている。また今後の月探査に必要な基盤技術の開発と蓄積を進め、ハイビジョンカメラによる「地球の出」の撮像などで注目された宇宙開発、月探査の一般社会への普及、啓発を促進した活動も本プロジェクトのアウトカムを社会的に目立ったものになっている。
- 打上げ後に取得された多くの観測データがすでに種々の国内外の学会発表を通じて紹介され、かつ、これらの観測データに対する国内外の研究者からの関心も高い様子がうかがえる。今後の科学的成果が大いに期待できそうに思える。また、宇宙開発および月探査の普及・啓発に関しても期待以上の成果が得られていると高く評価できる。
- 宇宙開発や月探査に対する人々の触発という点ではアポロに次ぐ大きな成果をあげたと言っても過言ではないのではないかと。基盤技術の点でも予定していたとおりのものを得ている。
- 月科学については、2. (1) 7 で記述したとおり、全球に関する基礎データをほぼ完璧に取得したため、今後の科学に対してきわめて高い効果がある
  - 月利用に関しても、全球の元素分布、鉱物分布データ、また氷の分布に関する情報を得たので、高い効果がある
  - 基盤技術の開発と蓄積に関しては、予定していた周回衛星、衛星運用、観測機器の利用がほぼ完璧に成功したので、大きな基礎を築いた。
  - 普及・啓蒙に関しては、NHKとの協力という方法を採用したことで、国民に大きな影響を与えた。将来の月惑星探査に対する理解、支援につながっていると考えられる
- 計画されたデータが全て取得されており、今後ここで得られたデータを解析することによって月科学の進歩が期待されると共に、現在各国の目標となっている月探査の計画の進展に役立つと期待される。またハイビジョンカメラのリアルタイムに近い画像によって青少年に科学技術への興味を持たせたことも、今後の我が国の科学技術の発展に有効であったと評価する。また開発を通して得られたLesson-Learnedも既に取り纏められており、今後の科学ミッション開発のための財産となる。
- SELENEの観測データは世界で最も高精度なデータであり、我が国が月の科学や進化の解明に繋がるデータを有していることになり、高く評価できる。(科学的な論文の実績もあり)
- 計画を予定通りなしとげることができたということは、月探査技術の多くを取得できたということだと思ふ。この技術は将来の計画の基礎となるもので、評価できる。また、ハイビジョン映像などを通して、多くの人に関心をもってもらうことに成功した点も評価できる。あとは一過性のもので忘れられないようなフォローのし方を考える必要があると思ふ。

#### 【妥当】

- 論文の数だけに頼るのも問題ではあるが中間テーマとしては成果がでたといえる。しかし、最終テーマである月の起源説や進化について、速やかに統合解析研究を進めるべきである。

### 1. 成果 (3) インパクト

本プロジェクトで得られた成果の波及効果として、目的として設定していた範囲を超えた、経済的、科学技術的、社会的な影響等について、現時点で注目しておくべきものがあれば評価して下さい。

なお、科学的成果については、成果の波及効果や副次的効果の把握に一定の時間を要するため、波及効果等が把握できた時期に改めて評価することとします。

	優れている	妥当	概ね妥当	疑問がある
成果 (3) インパクト	1	10	1	0

#### コメント

##### 【優れている】

1 ハイビジョンカメラによる月面の画像、特に「満地球の出」は地球環境を考える上でも示唆に富むものであり、広く社会で注目された。この意味で、日本の宇宙開発の成果が科学技術の世界だけでなく注目された点は評価したい。また話題を生んだ教育教材での利用など、日本の月探査活動、さらには宇宙開発の広報・普及活動で果たした本プロジェクトの社会的成果も評価したい。

##### 【妥当】

- 2 現時点で評価することは難しいが、少なくともハイビジョンカメラで「地球の出」、「地球の入り」等の画像を撮影できたことは大きな社会的影響があった。月探査等の宇宙活動に対する国民の理解を得る上では、大きなプラス要因であったと言える。
- 3 「かぐや」のハイビジョンカメラによる月の画像やHDTV映像が、わが国の外交面で活用されたこと、また教育教材に利用されていることが成果(インパクト)の例として挙げられている。これらは、目的として設定していた範囲を超えたものに数えられるであろう。
- 4 ハイビジョンカメラによる高精密映像が一般社会に与えた明るく新鮮な刺激は素晴らしく、宇宙開発への国民の理解を高めるのにとっても有効であったと高く評価される。衛星本体や観測センサーなどの開発技術の中から産業界への技術的波及効果が現れるようになることを期待したい。
- 5 今回の探査では、ハイビジョンカメラが入ったことにより、リアルな月の映像を見せることができたことは、宇宙開発の取り組みへの認識を高めることになり十分インパクトを与えることになった。これにより、「月」が身近なものとして子供たちへの好奇心も高められ科学教育へとつながっていくことに期待したい。最先端の月探査情報を日本が得た事は世界に対しても大きく貢献できるチャンスを得た。
- 6 経済的な影響、技術的な影響に関しては現時点ではまだ見るべきものはないが、社会的な影響という点では、月からの地球の映像の、地球環境の大切さについての人々の意識に対するインパクトは、大変大きかったものと考ええる。
- 7 国際的な経済状況の悪化、国内の雇用情勢の悪化など、国民的・社会的状況が芳しくない中であって、当初計画を200%ともいえる成果をあげ、また広報活動の改善などの効果もあり、国民に我が国の科学技術に対する信頼、期待の向上に大きな貢献をした
- 8 科学ミッションでも国民の理解と支援を得ることが重要であり、ハイビジョンカメラによる月面の画像および月から見た地球の像等によって、国民一般の宇宙および科学への関心を高めた。SELENEの打上と観測ミッション開始後、中国とインドが相次いで月探査ミッションの打上を行なったことは、科学と技術の国際競争の現状と国際社会におけるわが国の科学技術の置かれた位置を認識させることになったのでは無いかと思われる。その点からも、今後の我が国の科学技術の発展に有効な影響を生んだと考える。
- 9 映像をさまざまなメディアを通して公開している。観測データを11月に公開する予定であり、今後、データ利用による研究が進むことによってさらにサイエンスの発展が期待できる。産業界への技術のスピルオーバーも起きることが予想される。データを利用した新たなニュービジネスや雇用が創生されることを期待する。
- 10 ハイビジョン映像は美しく印象に残ったが、プロジェクトの目的については委員会で説明を受けるまで詳しく知ることはなかった。「かぐや」で実現した成果広報のこれからに期待する。
- 11 1. (2) 9 で述べたように、せっかく関心をもってもらっても、フォローがないと一過性で終わってしまうので、これで終わったではなく、これからどうするかを考える必要があると思う。

##### 【概ね妥当】

## 2. 成否の原因に対する分析

プロジェクトの過程で明らかになった課題に関し、要因分析が適切に実施されているか評価してください。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
成否の原因に対する分析	10	2	0

### 評価根拠のコメント

#### 【妥当】

- 平成7年当時は「月周回観測」、「月面着陸／移動探査」、「サンプルリターン」と段階的に進めることが適切であったが、平成12年8月にはさらに一歩進めてより確実な開発を目指して、月軟着陸実験を切り離したことが今回の成功を確実なものにした。  
旧NASDAと旧ISASの協力体制、及び科学ミッションに関して科学者と技術者が一体となって形成されるワーキンググループあるいは外部の科学者・技術者を積極的に参加させるなどの施策も成功要因として考えられる。
- 平成11年度の開発開始から平成19年度の打ち上げに及ぶ期間に関して、課題ないし問題が5項目挙げられている。それらに関してなされた諸対応は妥当であり、教訓として示されている事柄も妥当である。  
少し付言すると、第一の項目、開発開始後に軟着陸ミッションを切り離すという大幅変更を行ったことに関しては、変更の際一時的に大きな負担を生じたではあるが、本ミッションを確実な成功に導く上で適切な判断であったと評価できるものである。第四の項目、搭載観測機器と観測機器チームに関しては、観測機器を14種搭載することが科学観測衛星としては異例の多さであり、プロジェクトを構成する研究者グループもそれだけ大きなものとなって、プロジェクトチームの形成・運営、プロジェクトの管理、プロジェクトの遂行において、多くの工夫と努力が払われたと思われるが、観測ミッションの成功はそれらが実った結果であると評価したい。  
軌道上で発生した問題に関しても、対処等は妥当と認められる。  
なお、従来から衛星搭載機器に関する課題の一つにリアクションホイールの高信頼性化があるが、今回問題を発生したことは、海外メーカー品であったとはいえ、リアクションホイールが今後も引き続き注意を払っていくべき機器であることを示したといえよう。
- 開発時の課題と発生した問題への対応は概ね的確に処理され、そこで得られた教訓もその後に活かそうとする姿勢が見られた。軌道上で発生した問題への対応もその対処、水平展開に記載された方向は妥当なものと思われる。
- 問題点の対処に加え水平展開が記載されていることや他の月探査計画との比較により今回の成果と課題が明快となっている。
- 開発時および軌道上で発生した問題につき、適切な要因分析がなされ、その結果多くのものは適切な対処がなされた。いくつかの問題に関しては、地上実験により防止できていたと思われる。
- あるプロジェクトでどこまでのチャレンジを行うべきかは常に難しい課題であるが、このプログラムにおいては、当初計画されていた月軟着陸ミッションを止めて周回機に集中したことは、正解であったと評価する。科学技術データは突出した単一のデータでは無く網羅的なデータの積み上げが有効であり、またステップ・バイ・ステップが技術開発の基本であると言う点からも正解であったと考える。また新たな未知の要素のある機器は宇宙実証を行なうことが基本であり、副衛星の分離装置の軌道上実証は有効であった。
- 開発時の課題、発生した問題への取り組みは妥当である。

#### 【概ね妥当】

- 発生した課題に対して適切に対応がなされている。今後の教訓として一層活かされることを望む。なお、開発途中で月面軟着陸実験(着陸機)開発中止の判断がなされた時期が早く良かったといえようが、やはり残念である。得られた教訓として「適切なリスク管理と柔軟な判断が必要」とあるが、こうした挑戦的な開発を“実現する”ためにはどのようなことが必要であったかを深く掘り下げて教訓として生かしてほしい。
- 成功の要因についての分析は適切と考えられるが、それらの要因をもう少し普遍化させ、将来のプロジェクトマネジメントに使い得るものにしていくことについて検討してほしい。

3. 効率性 (1) プロジェクトの効率性

SELENEプロジェクトは当初、平成15年度に打上げ年度が設定されていましたが、平成19年度の打上げに変更され、予算やスケジュールが見直されています。このような変遷がありました。予算やスケジュールに関し、効率的であったか評価してください。また、その他特段の問題点が認められるかについて評価してください。

	優れている	妥当	概ね妥当	疑問がある
効率性 (1)プロジェクトの効果性	0	5	7	0

評価根拠のコメント

【妥当】

- 1 途中ロケットの失敗等、外部の要因での遅れもあったが、最終的に月周回観測のみに変更したことは当初の見通しに甘さがあったことも否めない。
- 2 打ち上げ計画の見直しの影響も、打ち上げ延期により生じた状況を活かして試験の充実、さらなる信頼性向上に取り組んだことは本プロジェクトの目標達成にとってそれほど効率を落とすものではなかったように思われる。こうした変遷の中での予算やスケジュール管理についても特に大きな疑問を感じる点はない。
- 3 コスト増額後でも、米国の衛星や地上システムと比較して、効率的であるという説明に基づき、妥当と判断。なお、度重なる延期にも拘らずプロジェクトが上首尾に成功したことも、効率性の判断材料の一つになっている。
- 4 探査計画の大きな目標が開発途中で変更となったこと、時間的に長くなったことは、経費の点からはその効率性にやや問題を与えたのではないかと考えられる。しかし、その結果、きわめて確実な目標の完全実施という適切な方針が立てられたことは評価できる。すなわち、短期的には問題があっても、長期的に見た場合に、我が国ならびに科学の進展には正しい判断であったといえる。

【概ね妥当】

- 5 地上システムの増額の分が他の部分と比べて突出した要因が明らかではない。あるいは当初の見積もりが大幅に間違っていたことになる。
- 6 平成8年度の研究要望の段階から数えるとミッション達成まで多大な年月を要したプログラムであり、その間幾つかの変遷を経ている。ロケットに起因する打ち上げ延期や、機関統合、全組織的な信頼性向上対策の実施、等があったことを考慮すると、コストおよびスケジュールは効率的であったと認めていいであろう。
- 7 打ち上げが予想に反して遅れたことにより資金が膨れ上がった、いい事例となるのではないか。正当に資金が使用されたとしても、遅れることで予算追加となることは間違いなく、今後の教訓とすべき課題ともいえる。また、その資金分の大きな社会的意義を生み出す使命があることを関わったメンバーは認識すべきだ。
- 8 衛星システム及びロケットのコスト増に関しては、スケジュールの遅れの中にあつて厳しい管理がなされたことを推測させる。一方、地上システムに関しては、当初の見積もりの甘さを指摘できる。十分なフロントローディングと綿密なコスト見積もりがプロジェクトフォーメーションにおけるキーファクターの一つと考える。
- 9 衛星ミッションにも冒険をしてでも早く成果を得たいミッションと、確実な成果が期待されるミッションとがあるが、SELENEは極めて大型のミッションであり後者に属するミッションである。したがって確実な成功を達成するために開発試験内容を充実させ、更に地上観測機能を充実させるためにスケジュールが多少遅延し、また開発費が増大したことは許容範囲内であると評価する。
- 10 打ち上げが延期されれば当然予算などがよけいにかかることになり、効率的とはいえなくなると思う(ここで効率的という言葉が何を意味するのか、よくわからない)。ただ、スケジュールが延びたことで、さまざまな点を丹念にチェックする時間ができ、計画そのものにとっては必ずしも悪いことばかりではなかったのかもしれない。
- 11 地上系など、ISAS方式とNASDA方式に大きな開きがあったと推察される。今回多少の非効率性があっても、今回の経験が今後の糧となれば、前向きにとらえるべきであろう

### 3. 効率性 (2) プロジェクトの実施体制

SELENEプロジェクトは、旧NASDAと旧ISASの合同プロジェクトとして開始された後、統合されたJAXAで開発が進められ、さらに、月・惑星探査プログラムグループ(JSPEC)の下で運用されました。このような体制の変遷がありましたが、本プロジェクトの実施体制が適切に機能していたか評価してください。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
効率性 (1)プロジェクトの効果性	11	1	0

#### 評価根拠のコメント

##### 【妥当】

- 1 旧NASDAと旧ISASの合同プロジェクトとしてスタートしたのがJAXAとなり、一層プロジェクトの一体感が高まったのではないかと。その意味でJAXAへの統合は良い結果につながったと考えられる。  
科学ミッションに関して科学者と技術者が一体となって形成されるワーキンググループの運用とか、外部の科学者・技術者の積極的な参加を促す等プロジェクトの運用面でも工夫されたことは評価できる。
- 2 SELENEプロジェクトは、旧NASDAと旧ISASの合同プロジェクトとして開始したものであったが、両機関統合後も、プロジェクトチームの基本的性格、すなわち、確実さと信頼性を重視するNASDA方式と研究者が主体となって観測の最先端を目指すISAS方式の組み合わせ、が維持、かつ、より強化され、その体制が、全期間を通して適切に機能したものと評価される。
- 3 旧NASDAと旧ISASとの合同チームがどの程度に一体になっていたかどうかわからないが、開発や管理において両者の長所・特色を活かす努力と大切な品質管理の統一に力が注がれるなど、実施体制における取り組みの方向性が明確に打ち出されて開発が進められていると評価する。
- 4 組織形態が複雑になるとプロジェクトは研究開発に専念できない余計な問題が生じてくるが、二つの組織統合がなされたことは情報の一元化ができ結果的には功を成したのではないかと。プロジェクト推進が決定したのなら、組織体制などの変更により、現場の研究開発が遅れることのないよう今後は充分考慮すべきである。
- 5 プロジェクトのマネジメントにおいて、いわゆるNASDA方式とISAS方式がうまく組み合わせられ、好結果がもたらされた事例と考える。
- 6 当初よりNASADAとISASの共同計画として進められていたが、組織改革があり、それがさらに効果的に機能することにつながったと考えられる。  
また、とりわけ観測機器開発では経験の乏しい研究チームが多い中で進めたにもかかわらず、ほとんどすべての観測機器が十二分に機能したことは、極めて高く評価できる
- 7 複数の機関が協力して衛星の開発を行なう場合、相互のインタフェースをとっても接地方法等の細かい点で見落としがあつてトラブルを生じることも多く、従って単一の機関で設計開発をすることが最も望ましい。またミッション機器は研究者の意図が直接反映できるように研究者が直接開発に関与する旧ISAS方式が妥当である一方、衛星バスは実績を基にした確実な開発が必要であり、その意味からも旧NASDA方式が妥当である。従って今回の開発方式は妥当であった。更に個々のミッション機器は各研究チームが並行して14のミッション機器を開発しているが、この全体を統べる取り纏め者を置いて横通しを行なったことは、同じ宇宙環境、衛星バスと同種のインタフェースを持ったミッション機器を開発する上で極めて有効に働いた、今後の開発でも取るべき体制であると考えられる。
- 8 機関統合によるシナジー効果として、観測機器チームの科学者とプロジェクトチームの技術者の連携が効率よく行われ、評価できる。
- 9 旧ISASと旧NASADAはプロジェクトの進め方など、体質が大きく異なる組織だったので、両者が一緒になってうまくやれるのか、疑問に思っていた。また、プロジェクトが始まった当初はいろいろ軋轢があつたようだが、最終的にはうまく融合し、両者のよいところが出る形で実施されたのではないかとと思う。
- 10 いろいろ困難なことがあつたと思われるが、ミッションを成功させるまでに至ったことは評価されるべきであろう。

##### 【概ね妥当】

- 11 計画変更という変遷と組織体制の変遷が、どのように本プロジェクトの進行に影響したのか細部はよくわからない。ただ、報告を聞き、また本プロジェクトの目標達成の度合いをみるかぎり、優れた達成度を示しており、そのことは実施体制が概ね妥当なものであったことを示している。

#### 4. 総合評価

上記3項目を鑑み、総合的なコメントを記入下さい。その他、助言等があれば記載願います。

	期待以上	期待通り	許容できる範囲	期待はずれ
総合評価	8	4	0	0

#### 評価根拠のコメント

##### 【期待以上】

- 1 月周回衛星「かぐや」(SELENE)は目標とした成功基準をエクストラサクセスまで達成し、世界最先端と言える月の観測データをわが国が所有することとなった。それらの観測データから、すでに、月の内部構造や月の二分性、マグマオーシャンの分化・進化等に関して先駆的な研究成果が報告され、「かぐや」の観測データは今後の月科学の研究の進展に大きな期待を持たせるものとなっている。本年11月から観測データは全世界に公開されるが、データを広く世界の研究者の研究に供することは大きな国際貢献である。「かぐや」の国内外における知名度は極めて高く、「かぐや」は宇宙開発や宇宙科学に関する啓蒙・普及に大きく貢献した。NHKが開発したハイビジョンカメラの功績が大きかったことも、ここに、改めて特記しておく必要がある。プロジェクトにおいては、各観測機器データの解析研究や複数の観測機器データを統合利用する研究などの今後の計画を幅広く推し進め、最終テーマである月の起源、月の進化に迫る研究成果を多数生み出していくことを期待したい。
- 2 アウトプット・アウトカム・インパクト、いずれも優れており、今後、国際的に発表される取得データに関しても、成果が期待できる。宇宙開発の科学探査面で日本の特徴ある先端研究分野として月科学、月面利用での役割を大いに高め、期待感をもたらしたプロジェクトとして評価したい。
- 3 成果をだすまでに時間がかかったプロジェクトであり期待も大きかった。探査機の大きな故障もなく世界最先端の月探査データが取得でき、世界にむけて日本から情報発信できることは大いに評価すべきことである。今回取得した衛星設計や運用技術のノウハウを産業界へ多様性をもたせ反映させる努力が必要とされる。また、このプロジェクトでは、長期に多くの大学生が加わり見送っている。そうした若い科学者にとっても月探査への関心は尽きないものとなっていたのではないだろうか。一日も早い国内でのデータの情報開示をお願いしたい。
- 4 固体惑星にとって初めての大型計画、しかも多くの観測機器を搭載しての計画が、予定を200%のような達成度で終了したことは、今後の月科学のみならず、我が国の宇宙惑星探査にとって、きわめて重要な地歩を切り開いたと評価できる
- 5 様々な課題や問題点を克服しながら、本月探査機のミッションは、科学者と技術者の連携と強いリーダーシップにより、開発、運用が実現され、月の科学に関する価値のあるデータを取得することに成功し、サイエンスの面で世界的に高く評価された。
- 6 話を聞かざりでは非常によい成果がでているように思う。しかし、それが期待以上になるかどうかは、きちんとしたフォローがあつてのことで、これからも関係者が適切な努力を続けられることを望みたい。

##### 【期待通り】

- 7 一部の計測器に少々の不具合があったが、予定したデータはほぼ完全に取得され、当初考えられていたエクストラサクセスの基準をクリアした。  
ただし、あいかわらず電源の不良とかりアクションホイールの不良があったことは残念である。  
同じような不良を繰り返さない組織としての仕組みが必要である。  
また、一部の計測器が放射線の影響によると思われる不具合があったが、デバイスレベルでの対放射線特性の研究がまだまだ必要だと思われる。
- 8 とても順調に開発が推移し、所定の観測データを漏れなく取得できたプロジェクトであるばかりでなく、宇宙開発への啓発における貢献も素晴らしいプロジェクトである。このプロジェクト成果を月探査プログラムのより活発化につなげて頂くことを期待したい。
- 9 本プログラムは当初の目標から一步下がって確実な成果を上げることに集中して計画通りの成果を上げたこと、更にハイビジョンカメラを搭載することによって通常は極めて地味で国民一般の興味を引き難い科学ミッションを一躍注目の的としたことで、我が国の科学技術の振興に有効なインパクトを与えて成功したミッションと言える。  
ただし科学ミッションでは、研究者がプログラムを主導するために科学的な成果が強調される傾向にあるが、この衛星開発を通じて工学的な成果も相当にあった筈である。また科学ミッションの場合でも工学或いは産業界への波及効果は重要であり、この波及効果も意識した上で開発を進めることも重要である。今後はその点も考慮に入れた上で開発を行ない、更にその成果の評価も行って、産業界で成果を上げた団体或いは個人の成果も評価出来るようになることを期待したい。