

目次

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価
第17号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトの評価結果
(案)

1. 評価の経緯
2. 評価方法
3. LUNAR-A プロジェクトの概要
4. LUNAR-A プロジェクトの評価結果

- 参考1 宇宙開発に関する重要な研究開発の評価について
参考2 第17号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトの評価実施要領
参考3 第17号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトの評価に係る推進部会の開催状況

- 付録1 第17号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトの評価票の集計及び意見
付録2 第17号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトについて(略)【**修正版**】
付録3 第17号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトについて【補足説明】(略)【**チーフエンジニア・オフィス**】

平成19年1月30日
宇宙開発委員会 推進部会

1. 評価の経緯

宇宙開発を効率的かつ効果的に推進するため、宇宙開発委員会においては、「宇宙開発に関する重要な研究開発の評価について」(参考1)に基づき、重要な研究開発の評価を行い、その結果を公開するとともに、宇宙開発委員会として独立行政法人宇宙航空研究開発機構(以下「JAXA」という。)が実施するプロジェクトの実施内容や実施体制等に係る助言を与えることとしている。

第17号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトについては、平成3年度に「開発」段階に移行したが、その後、ペネトレータに技術課題が発生したこと等により開発期間が長期化し、「開発」移行時から状況が大きく変化しているため、宇宙開発委員会推進部会にて評価を行った。

2. 評価方法

評価は、LUNAR-A 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)に即して実施した。

今回の評価は「開発」移行時から大きく状況が変化していることから、中間評価として実施したが、JAXA からプロジェクトを中止する方向で計画を見直す提案があったため、今後の対応策の評価とともに、事後評価としての評価もあわせて実施した。

評価は、以下の項目について実施した。

- (1) 今後の対応策
- (2) 成否の要因に対する分析
- (3) プロジェクトの成果

あわせて今回の評価を通じて得られたその他の有用な指摘についても今後のプロジェクト評価に活かす助言としてまとめた。

評価の進め方は、まず、JAXA から LUNAR-A プロジェクトの開

発状況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、評価結果としてとりまとめたものである。本評価に係る推進部会の開催状況は、参考3のとおりである。

なお、本報告の末尾に構成員から提出された全意見並びにJAXAの説明資料を付録として添付した。

3. LUNAR-A プロジェクトの概要

LUNAR-A プロジェクトは、2本のペネトレータ(槍型の貫入体)により月面に月震計、熱流量計を設置し、月内部の構造、組成、熱的状态に関する観測を実施する月探査計画である。月面にペネトレータを打ち込み、継続した観測データを取得することを目標とし、平成3年に開発に着手した。

しかし、本プロジェクトは、M- ロケット開発の遅れ、ペネトレータの開発試験におけるポッティング材のクラックの発生、米国製スラスト推進弁のリコール等の問題や、ペネトレータの通信系のロバスト化及びシーケンス異常への対応のため、平成7年度打上予定であった当初の計画から大幅に遅れている。また、衛星本体(母船)については、ペネトレータの開発に10年を超える期間を要した結果、長期保管に伴う劣化が進んでいる。

このような状況を受け、JAXA はこれまでの技術的判断及びプロジェクト運営に関する総括を行った結果、今回の評価において、プロジェクトを中止し、ペネトレータ技術の成熟に向けた研究を継続するとともに、衛星本体の有効利用を図るという今後の対応策を提案した。

4. LUNAR-A プロジェクトの評価結果

(1) 今後の対応策

今後の対応策について、JAXAからは、衛星本体を補修・再製作してプロジェクトを継続する方策と、プロジェクトを中止し今後の国内・海外の月・惑星探査計画への利用に向けてペネトレータ技術の研究に取り組む方策のそれぞれに関して検討結果が示された。その上で、プロジェクトを中止し、ペネトレータ技術の研究を継続するとともに、衛星本体の有効活用を図るという対応策が提案された。

前者の方策については、JAXAにおける一連の事故以降の信頼性向上の取組から導き出されたミッションの確実な達成を重視するという基本的考え方に、当初のシステム設計が十分に適合しておらず、ミッションを遂行するにはリスクが高いと判断される。さらに、衛星本体の寿命を当初5年として設計していたところ13年以上が経過したため、長期保管に伴う電子部品回路基盤の腐食や電子部品の製造中止等の問題が発生している。このため、衛星本体を補修するケースでは、信頼性確保の点で大きな問題があり、衛星本体を再製作するケースでは、多額の追加費用が必要となることが明らかとなっている。これらを踏まえると、補修・再製作の方策をとることは適切でない。

一方、後者の方策については、ペネトレータを用いた月・惑星内部探査の科学的価値は変わっていない。また、平成18年度のペネトレータ貫入試験において耐衝撃性をほぼ確認しており、平成19年度の最終形態による貫入試験を実施すれば、我が国独自のペネトレータ技術として完成する見込みであるとされている。従って、固体惑星探査にとって重要なペネトレータ技術を世

界に先駆けて完成させ、今後の国内外の月・惑星探査機にペネトレータを搭載して打ち上げることを目指し、更なる改良のために研究を継続するという対応策は、おおよそ適切である。

また、衛星本体の活用に関し、今後開発される小型固体ロケット又はGXロケット初号機の機能・性能確認に供し、ペイロードの環境を計測するという案については、実機に近い機械環境でのデータの取得が可能となり、有効な活用方策と判断できる。ただし、衛星本体の転用に関する適性の確認や信頼性確保等については、更に詳細な検討が必要である。

上記を踏まえると、今後の対応策として、LUNAR-Aプロジェクトとしては中止し、我が国が高い優位性を有しているペネトレータ技術を将来の月・惑星探査計画に利用することに向けて研究を継続するとともに、衛星本体を今後開発が予定されているロケットの環境計測用ペイロードとして有効利用するべく検討することは、概ね妥当である。

なお、今後に向けた助言は以下のとおり。

- ペネトレータ技術の研究に当たっては、信頼性向上に留意するとともに、新たにプロジェクト化される場合を見据え、将来想定されるミッションを念頭に置いた入念かつ的確な検討を行うことが必要である。
- ペネトレータを海外の衛星に搭載する場合、相手のプロジェクトの動向を十分に把握しプロジェクトとしての実現性を慎重に見極めることと、観測に関してリーダーシップを取ることが期待される。
- 衛星本体の有効利用については、ロケットの環境計測用ペイロードとしての適性を評価した上で、衛星本体の劣化状況を適切に判断し、信頼性の確保を行うことが必要である。

判定:概ね妥当

(2) 成否の要因に対する分析

開発が難航した最大の要因は、計画スタート時点におけるペネトレータの技術的難易度に関する見通しが不十分であったことである。宇宙科学においては、挑戦的な課題に取り組まなければ世界に先駆けた成果を出すことは困難であるが、本プロジェクトについては、科学的意義は極めて高く評価された一方で、ペネトレータ技術の難易度に関する知見が十分ではなかった。この点に関しては、試作・試験の実施等により早期に技術的妥当性を確認する措置を講ずることが必要であった。また、他分野の知見を得て技術課題の早期発見に努めるべきであったと考えられる。今回の評価を契機として、JAXA には、資源(人材、資金、時間)をプロジェクトの立ち上げ前および初期段階に手厚く配分するような環境整備を改めて徹底することが求められる。

第2の要因としては、挑戦的な技術開発項目であるペネトレータと開発実績のある衛星本体とを同時並行で開発したことが挙げられる。即ち、挑戦的な技術開発項目の進捗状況と開発要素の少ない項目の進捗状況との整合性の確認が不十分であった。このことは、プロジェクトマネジメントにおけるコスト・スケジュールの計画・管理の甘さとしても指摘されるものである。本プロジェクトは、プロジェクトマネージャーには最先端の課題に挑戦すべき科学者・技術者に要求される能力と異なる能力が要求される場面があることを示した。この点に関しては、近年 JAXA において、システムズエンジニアリング能力の涵養を含めて改善が進行中

であり、今後の進展に期待する。

第3に、プロジェクトの節目での意思決定の問題があったと考えられる。プロジェクトの推進に関わった者は、もう少しで目的を達成できるのではないかとの期待と楽観に基づき、往々にして極めて冷徹な判断ができない場合がある。このような事態は、上記のプロジェクトマネジメントの観点からすると好ましくないと言わざるを得ないが、現実にはプロジェクトを推進する立場にある者に、その完全な遂行を期待することも難しい。従って、今後は、プロジェクトを監督する JAXA 全体としての意思決定プロセスを明確にし、プロジェクトの節目でのレビューを的確に行うとともに、プロジェクトの中止を含めた対応を総合的に判断する仕組みを有効に機能させることが求められる。そして、そのような仕組みの中に、適切な段階で、それまでの経緯に一切関わりを持たない新鮮な「目」を入れたチェック体制を取り入れることの検討が必要であろう。今後、これらの取組は、宇宙科学研究の推進体制の改革や JAXA 全体としてのチーフエンジニア・オフィスの活動の中で反映していき、数年の年月をかけてその有効性を検証していくことが期待される。

以上を踏まえると、JAXA における成否の要因分析は、将来のプロジェクトへの教訓としておおよそ有効なものとなっており、概ね妥当と判断する。

ただし、今回のプロジェクトの中止の例が、挑戦的課題への取組を阻害するような効果があってはならない。科学研究に失敗はつきものであり、今後も適切な評価を行った上で、挑戦的なプロジェクトを実施し、世界に先駆けた成果を生み出すことが、我が国の宇宙開発の目指す方向性である。

なお、今後に向けた助言は以下のとおり。

- 資源(人材、資金、時間)をプロジェクトの立ち上げ前及び初期段階に手厚く配分するような環境整備を引き続き進めることが必要である。また、プロジェクトの企画立案時には、プロジェクト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。
- プロジェクト管理に当たっては、先進的な開発ではリスクがつきものであることを前提とし、JAXA全体として中間段階における計画の妥当性の評価を重視し、場合によっては中止の勧告まで踏み込んだ方向転換ができるような体制とすることが重要である。

判定:概ね妥当

(3) プロジェクトの成果

本プロジェクトについては、今後の対応策の項で述べたとおり、中止せざるを得ない状況であり、月面にペネトレータを打ち込み、継続した観測データを取得するとした LUNAR-A プロジェクトの当初の目標は達成できなかつたと評価せざるを得ない。仮に打上げが行われ、観測が行われた場合と比較すると、今回の中止により失ったものは大きく、関係者はこの点を重く受け止めなくてはならない。

しかし、ペネトレータ技術については平成 19 年度に予定される貫入試験により完成する見込みであり、海外において未だ成功していないペネトレータ技術の開発に我が国が独自に成功することには、高い意義が認められる。将来的にこのペネトレータを今後の国内又は海外の月・惑星探査計画に利用することがで

きた場合は、LUNAR-A プロジェクトで目標としていたものと同様の科学的成果が期待でき、技術的にも日本の優位性を示すことが可能であると見込まれる。

また、本プロジェクトがもたらした宇宙開発への効果について考えると、LUNAR-A プロジェクトにより開発された 500 N スラスタ、軽量化設計、通信方式、月撮像カメラ等の機器・技術は、他の衛星や惑星探査機に活用されており、大きな成果と認められる。さらに、本プロジェクトを通じて育成された人材は他プロジェクトでも活躍している。

宇宙分野以外への波及効果については、ペネトレータに搭載される観測機器は、その優れた性能や耐環境性を活かし、様々な用途で地上でも活用されている。例えば、超高感度月設計を活用した地震計による早期地震検知システムや人が近付けない火山等の調査を可能にする観測用ペネトレータ等は我々の身近な生活に貢献しており、LUNAR-A プロジェクトの波及効果として注目すべきものである。

以上により、LUNAR-A プロジェクトの成果については、本来の目標を達成できなかった点について深く反省すべきであるものの、独自に開発したペネトレータ技術の完成度及び宇宙その他の分野にもたらした有用な効果を勘案し、概ね妥当であると評価する。

判定:概ね妥当

(4) その他

今回の評価を通じ、上記のような JAXA に対する助言以外に

宇宙開発委員会に対しても有用な助言が得られた。今回のプロジェクトについて、宇宙開発委員会は JAXA から報告を受け、その都度遅延を承認してきたが、それらは JAXA の報告に基づいた審議であった。その反省に立ち、今後は、今回のような事案が生じた場合において JAXA の内部評価に加え、宇宙開発委員会としての独自の調査を必要に応じて取り入れることについて、検討すべきである。また、今後各プロジェクトに関し、宇宙開発委員会において、その進捗推進上生じている問題等につき、適時的確に把握し、対応する仕組み作りについても検討するべきである。

(5) 総合評価

LUNAR-A プロジェクトはペネトレータという世界に先駆けた技術により月面に月震計、熱流量計を設置し、月内部の構造、組成、熱的状态に関する観測を実施する極めて挑戦的な月探査計画であった。本プロジェクトにおいては、世界的にも成功例のないペネトレータの開発に難航しながらも完成に向けて目処を立てたが、その過程で発生した技術課題は、当初見込みから以上に困難であり、開発期間が大幅に増加するにつな~~が~~つた。この間に、衛星本体の劣化が進んでしまった~~む~~とともに、JAXA においては、ミッションの確実な達成に対する考え方が一層重視されるようになったため、LUNAR-A プロジェクトとしてはミッションの遂行が困難な状況となった。

推進部会は今回の LUNAR-A プロジェクトの評価において、今後の対応策、成否の要因に対する分析、プロジェクトの成果について審議を行った。その結果、今後の対応策として、

LUNAR-A プロジェクトは中止し、ペネトレータ技術の成熟に向けた研究を継続するとともに、衛星本体を有効利用するべく検討することは、概ね妥当と評価した。

本プロジェクトの成果については、本来の目標を達成できなかった点を深く反省すべきであるものの、独自に開発したペネトレータ技術の完成の目処が立つとともに、宇宙分野に限らずその他の分野にも有用な効果をもたらしている。

また、成否の要因分析を通じて得られた教訓として、資源をプロジェクトの立ち上げ前及び初期段階に手厚く配分することや、プロジェクト管理において中間評価の重要性を認識した上で中止の勧告まで踏み込んだ方向転換ができる体制作りの必要性が挙げられた。さらに、宇宙開発委員会としても JAXA が実施しているプロジェクトについて、適時的確に進捗を把握し、対応する仕組み作りについて検討していくべきことが教訓として得られた。これらは、いずれも非常に貴重な教訓であり、JAXA 及び宇宙開発委員会として、今後のプロジェクトに最大限活用していくべきである。

(参考1)

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価について

平成18年4月19日
宇宙開発委員会

1. 目的

宇宙開発を効率的かつ効果的に推進するため、「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。)等に基づき、重要な研究開発の評価を行い、その結果を公開するとともに、宇宙開発委員会として独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)が実施するプロジェクトの実施内容や実施体制等に係る助言を与えることを目的とする。

このため、重要な研究開発について、推進部会において平成18年度の評価を行う。

2. 評価方法

評価指針の評価対象要件に合致する重要な研究開発について、その目標や効果、実施体制等について評価する。

3. 評価の対象

評価は、次の段階のプロジェクトを対象に実施する。

- (1) 事前評価(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)
- (2) 中間評価(実施フェーズにおける評価)
- (3) 事後評価(実施フェーズ終了時での評価)

また、各プロジェクトのうち、重要な状況変化等があるものについて、必要に応じ、進捗状況確認を行う。

4. 日程

評価については、対象とするプロジェクトの状況に応じて、適宜実施する。

5. 推進部会の構成員

別紙のとおり。

6. 会議の公開

「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)に従い、推進部会は、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。

別紙

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長代理
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)

大島まり	国立大学法人東京大学大学院情報学環教授
黒川 清	国立大学法人東京大学先端科学技術研究センター客員教授
小林 修	東海大学工学部教授
佐藤勝彦	国立大学法人東京大学大学院理学系研究科教授
澤岡 昭	大同工業大学学長
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
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
長谷川真理子	国立大学法人総合研究大学院大学葉山高等研究センター教授
廣澤春任	宇宙科学研究所名誉教授
廣田陽吉	社団法人日本経済団体連合会宇宙開発利用推進会議企画部会長
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
山根一眞	ノンフィクション作家

(平成 19 年 1 月 30 日現在)

(参考 2)

第 17 号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトの評価実施要領

平成 19 年 1 月 15 日

推進部会

1. 趣旨

第 17 号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトは、月面にペネトレータ(槍型の貫入体)を打ち込み、月震計測や熱流量計測によって月の内部構造を解明することを目的とした計画である。

本プロジェクトは、「開発」移行後にペネトレータに技術課題が発生したこと等により開発期間が長期化しているため、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)においては、これまでの技術的判断及びプロジェクト運営に関する総括を行った上で、プロジェクトを中止する方向で計画を見直し、今後の対応策を立案した。

そのため、本プロジェクトについては、「開発」移行時から大きく状況が変化していると判断し、本プロジェクトの今後の対応策について助言することを目的として、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」(平成 17 年 10 月 3 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. 評価の対象

LUNAR-A プロジェクトを評価の対象とする。

3. 評価項目

- (1) 今後の対応策
- (2) 成否の要因に対する分析

(3) プロジェクトの成果

本プロジェクトについての評価は、過去に宇宙開発委員会が実施した評価・確認の結果を踏まえて行うものとする。

なお、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。

4. 評価の進め方

時期	部会	内 容
1月15日	第1回	LUNAR-A プロジェクトの説明
1月30日	第2回	評価結果について

5. 関連文書

LUNAR-A プロジェクトの評価に当たっての関連文書を別紙2に、LUNAR-A 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を別紙3に示す。

第17号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクト 評価票

構成員名: _____

1. 今後の対応策

LUNAR-A プロジェクトを中止し、ペネトレータ技術の成熟に向けた検討に専念するとともに、母船の有効活用を図るという JAXA の今後の対応策について、諸外国の動向も踏まえて妥当と認められ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. 成否の要因に対する分析

LUNAR-A プロジェクトの継続が困難となった要因の分析が行われ、それらが JAXA の将来のプロジェクトへの教訓として有効なものと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。)

3. プロジェクトの成果

現時点までに LUNAR-A プロジェクトの目標がどの程度達成されたか、プロジェクトの成果が将来の固体惑星探査計画又は我が国の宇宙開発にどの程度効果を持つものと期待されるかについて評価して下さい。

さらに、プロジェクトで得られた成果の波及効果についても、現時点で注目しておくべきものがあれば、併せて評価して下さい。

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. その他

今回の評価を通じ、上記以外に助言やコメントがありましたら記入して下さい。

(JAXA や宇宙開発委員会に対する助言やコメント等を記入下さい。)

第 17 号科学衛星(LUNAR-A)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。宇宙空間を探査し、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。

(4) (略)

(5) (略)

(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。

このため、月は地球の形成に深く係わり、地球型惑星の標準的・進化的過程を保存しているため、月の起源と進化の解明を目指した月の科学探査を進める。・ (略)・

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る。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 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

月の起源の解明を目指して、ペネトレータと呼ばれる新しい手段を使って月面に地震計、熱流量計などの科学観測機器を設置し、月の内部構造を探る宇宙探査機 LUNAR-A の飛翔モデルの開発と観測を行う。

第 17 号科学衛星(LUNAR-A)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)

宇宙開発委員会第一部会報告書
(平成 2 年 8 月 宇宙開発委員会)

(1) 第 17 号科学衛星(LUNAR-A)

月内部の地殻構造及び熱的構造を解明することを目的とする第 17 号科学衛星(LUNAR-A)を、M- ロケットにより、平成 7 年度に打ち上げることを目標に、平成 3 年度から開発に着手することは妥当である。

「宇宙開発計画」(平成 4 年 3 月 25 日決定)に基づき関係各機関において新規に実施する予定の施策及びその見直しに関する要望事項について(平成 4 年 7 月 宇宙開発委員会 計画調整部会)

2. 審議結果

- (1) 第 17 号科学衛星(LUNAR-A)については、現在開発を進めている M- ロケットにより、平成 7 年度に打ち上げることを目標に開発を進めているところである。
- (2) しかしながら、M- ロケットの開発過程に生じた技術的問題点の検討の結果、同ロケットの信頼性・安全性の向上を図るため、開発スケジュールを 1 年遅らせる必要が生じた。

(3) また、平成 8 年度に打上げ予定の火星を対象とする第 18 号科学衛星(PLANET-B)はランチウィンドウが定まっており、打上げ時期の変更が困難である。

(4) したがって、LUNAR-A の打上げ年度を平成 7 年度から平成 9 年度に変更することはやむを得ない。

計画調整部会審議結果

(平成 9 年 8 月 宇宙開発委員会 計画調整部会)

2. 審議結果

LUNAR-A のミッションを確実に実施するためには、十分な時間をかけて対策を実施する必要があり、M- ロケットによる当該衛星の打上げ年度を平成 10 年度に変更することは妥当である。

計画調整部会審議結果

(平成 10 年 8 月 4 日 宇宙開発委員会 計画調整部会)

イ. 審議結果

LUNAR-A のミッションを確実に実施するためには、十分な時間をかけて確認作業を行う必要があり、M- ロケットによる当該衛星の打上げ年度を平成 10 年度から平成 11 年度に変更することは妥当である。

計画調整部会審議結果

(平成 11 年 8 月 4 日 宇宙開発委員会 計画調整部会)

イ. 審議結果

LUNAR-A に匹敵するプロジェクトは世界的に見ても他にはなく、重要なミッションである。また、LUNAR-A のミッションを確実に実施するため、十分な時間をかけて確認作業を行うことは重要である。従って、M- ロケットによる本衛星の打上げ年度を平成 11 年度から平成 14 年度に変更することは妥当である。

計画調整部会審議結果

(平成 12 年 8 月 8 日 宇宙開発委員会 計画調整部会)

イ. 審議結果

M- ロケット 4 号機の打上げ失敗を踏まえた計画変更(ノズルスポート部の設計の見直し等)のため、LUNAR-A の打上げ年度を平成 14 年度から平成 15 年度に変更することは妥当である。

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価結果
(平成 15 年 7 月 31 日 宇宙開発委員会 計画・評価部会)

4-4 進捗状況等を確認する重要な研究開発

(9) 月探査衛星(LUNAR-A)

(概要・意義等)

第 17 号科学衛星である月探査衛星(LUNAR-A)は、月面にペネトレータを打ち込み、月震計測・熱流量計測によって月の内部構造を解明することを目的としたものであり、総開発費は約 232 億円(打上げ費含む、ISAS 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、月震計測については月震活動度や月中心核の大きさの決定、また、熱流量計測については月レゴリスの熱伝導率や月の熱流量の決定というように、探査の内容が具体的な科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、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、LUNAR-A サイエンスチーム、LUNAR-A プロジェクトチームにおいて、ペネトレータ

による科学データ、母船撮像カメラによる月面撮像データの利用計画を検討しているところであり、また、米国 NASA 等の他機関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。

(開発計画等)

本衛星は、平成 16 年度の打上げを予定している。これに向けて、改良型月震計の貫入衝撃試験が実施され、その機能等が確認されており、引き続き、ペネトレータの認定試験や通信系の総合試験を実施した後、母船とペネトレータの総合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 において担当が明確に定義されており、開発の適切な遂行が図られるものとなり妥当である。

(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。

第17号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトの評価に係る 推進部会の開催状況

【第1回推進部会】

日時:平成19年1月15日(月)10:00~12:00

場所:三田共用会議所 第3特別会議室

議題:(1)第17号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトの評価について
(2)その他

【第2回推進部会】

日時:平成19年1月30日(火)14:00~16:00

場所:三田共用会議所 第3特別会議室

議題:(1)第17号科学衛星(LUNAR-A)プロジェクトの評価について
(2)その他

第17号科学衛星(LUNAR-A)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 今後の対応策	5	7	0
2 成否の要因に対する分析	3	10	0
3 プロジェクトの成果	2	8	3
4 その他	-	-	-

1. 今後の対応策

LUNAR-A プロジェクトを中止し、ペネトレータ技術の成熟に向けた検討に専念するとともに、母船の有効活用を図るという JAXA の今後の対応策について、諸外国の動向も踏まえて妥当と認められるかを評価して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
1 今後の対応策	5	7	0

評価根拠のコメント

【妥当】

1. 地球環境が抱える課題を解決するためにも、太陽系の中での固体惑星の成り立ちや生い立ちを知る事はこれからの宇宙科学に課せられた大きなテーマである。その意味で、世界に先駆け固体惑星探査にとって重要な観測機器となるペネトレータ技術の成熟に向けた検討に専念することは、現時点で 2 つの残存課題の解決に向けた見通しも出来ており、日本の宇宙開発を進める上でも妥当な対応策である。

LUNAR-A プロジェクトを中止し、既存の母船の有効活用を図る点に関しては、ペネトレータ技術の完成のためにもやむを得ない対応策であり、妥当だと判断できる。

2. 母船とペネトレータを分け、母船の計画を中止して他への有効活用を図り、ペネトレータについては海外との技術交流も視野に入れ計画を変更したことは、様々な条件を考慮したなかで最善の策であると考えます。

3. 現在の状況ではこれ以外によい方策はないと思われるので妥当と言わざるを得ないが、この様な決断がもっと早い時期に可能であったのではないかと悔やまれる。

尚、母船の保管方法に関しても反省点を整理しておく必要がある。

4. 諸外国も月ペネトレータの実現を目指していることから、学術上重要であることが認められている。我が国のペネトレータ技術は完成の目処も得られている由であるので、引続き研究を継続して、是非完成を目指すべきである。また、母船に関しては劣化が認められる由であり、これから再生或は再製作することは時間的にも費用的にも問題が多いこと、更に打上げロケットも新製を要する等からも、諸外国からの要請があるのなら是非それに乗るべきである。更にこのような現実を踏まえると、母船は実証ミッション等に転用することは妥当と考える。

5. プロジェクト継続とした場合の母船にかかる費用及び製造より時間が経っている母船の使用のリスクを鑑みると、まずはペネトレータ技術の成熟に向けた検討に専念し別途他の探査衛星への搭載の可能性を探ることは妥当と考える。

ただし母船の有効活用案については、これまでの月探査用の母船開発の意義が失われないよう留意願いたい。

【概ね妥当】

6. 長年にわたってその推進が危ぶまれていた LUNAR-A プロジェクトを中止する決断をしたことについては、評価したい。しかし中止の決断が大き<遅れたことについては、科学者コミュニティ、JAXA 宇宙科学研究本部、JAXA、宇宙開発委員会それぞれの側から、反省すべきことが多い。

今後の対応策については、考えられうる適切な対応がなされていると判断する。しかし、ペネトレータ技術は一応完成したとされるが、はたして信頼性ある段階に達しているか疑問がある。ロシアとの共

同プロジェクトが実現するならば、それに向けて信頼性向上にむけ必死の努力が必要であろう。母船等の有効利用の方策もおおむね妥当ではあるが、初期計画の甘さから中止に追い込まれ、経費については極めて大きな損失を被ったことはことに変わりはない。

7. 少し遅すぎた感は拭えないが、開発担当者側からプロジェクトを中止するという決断の提案がなされたこと自体は、我が国の宇宙開発の進め方にとって意味有ることと考える。

ペネトレータ技術の完成および母船の有効活用については妥当な案と考えるものの、当プロジェクトが目的としていたミッション「月内部構造に関する観測」の今後の対応案が明確でないのが気にかかる。是非とも観測して取得したい月データであるならば、実現の可否は別として、積極的な代替案を提示する気迫が欲しい。宇宙科学の分野は緊急性の程度が高くないだけに、科学者の関心と意欲に加え執着心も高いことを示すことが求められると考える。

8. LUNAR-A プロジェクトの中止については妥当と判断する。またその内容として、ペネトレータ技術の今後の活用へ向けた成熟化と母船の有効活用についての今後の方向性に関する対応策も妥当と認められる。ただし、母船の転用活用の方向性については、本技術が転用目的に真に適しているかどうかの適切な評価が必要である。

9. JAXA の対応策は概ね妥当と考える。ただし、母船の有効活用については無理を感じる。数多くの部品からなりたっている母船の有効期限を定めることは至難の技であり、活用のために必要な多額の経費と乏しい信頼性を考えると、きっぱりと諦めたほうが良い選択肢ではないか。

10. LUNAR-A プロジェクトの長期にわたった開発の経緯、ならびに現時点における達成度と問題点を総合的に見るとき、提案された

対応策は、概ね妥当なものと思なされる。主に母船の状況から LUNAR-A としてのプロジェクトを継続することは困難であると判断している点は、やむを得ないものと言える。一方、LUNAR-A ペネトレータは、最終確認試験を終えてはいないが、完成間際にあると思なされる。月内部探査におけるペネトレータ技術の重要性から、その技術の確立を今後図っていく、との方針は適切なものである。

ペネトレータ技術に関して、今後の月・惑星探査計画への利用を、海外衛星への搭載も含めて、検討していくとあり、それへ向けて、かなり幅広く改良を行う研究の計画が検討されている。そこに挙げられている改良点はいずれも妥当なものと思なされるが、極限的な貫入衝撃に耐えるという点で、完成した LUNAR-A ペネトレータからの出直しとなって再び長期の時間を要するものが生じないように、研究プログラムの管理を入念・的確に行っていくことが肝要であろう。

11. プロジェクトを中止する主な要因が、ペネトレータであった場合は、この技術の成熟に向けた検討に専念することはあまり妥当ではないと思なされます。

2. 成否の要因に対する分析

LUNAR-A プロジェクトの継続が困難となった要因の分析が行われ、それらが JAXA の将来のプロジェクトへの教訓として有効なものと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
2 成否の要因に対する分析	3	10	0

評価根拠のコメント

【妥当】

1. 本プロジェクトは、結果的にペネトレータの完成が如何に挑戦的技術開発であったかを浮き彫りにしたが、挑戦を可能にしたのはある意味では LUNAR-A プロジェクトとして同時並行的に開発が行われた点も否めない。しかし、プロジェクトの節目での意思決定の問題、コスト管理の甘さ、スケジュール管理の甘さがあったことは要因分析で指摘された通りである。これらの得られた教訓は、今後の宇宙開発において挑戦的技術開発項目と関わるプロジェクトの推進に関して、非常に貴重なものだといえる。
2. 歴史的な教訓が得られたと考える。
3. ペネトレータという挑戦的な技術開発項目を含んだ今回のプロジェクトのから得られた教訓としては妥当である。
今後ペネトレータの開発をスケジュール通りに進捗させるとともに、他プロジェクトに今回の教訓が確実に生かされるような取り組みを期待する。

【概ね妥当】

4. 科学的研究においては失敗はつきものであり、また宇宙科学においては、挑戦的課題に取り組まなければ、世界に先駆けた成果を出すことが困難であることは十分承知しているが、本プロジェクトについてはそれにもかかわらず、ペネトレータ技術の難しさの検討があまりにも甘かったと言わざるを得ない。優れた惑星科学者であったとしても、ペネトレータ技術に関して素人であるプロジェクト提案者グループの技術検討が不十分であったことは、この技術に知見のある特別委員のコメントによってもあきらかである。ずるずると計画が遅れた技術開発の遅れの説明や、一般的反省、教訓は示

されているものの、科学者コミュニティ、JAXA 宇宙科学研究本部の体制改革について踏み込んだ検討が見られないのは残念である。

もっとも宇宙開発委員会計画部会宇宙科学ワーキンググループにおいて、宇宙科学研究の推進体制の改革の方向が JAXA 宇宙科学研究本部から示されおり、今回のプロジェクト中止の教訓もふまえた体制となることが期待される。

5. ペネトレータというアイデアにすべてを依存したプロジェクトだけに、ペネトレータ開発の成否について否定的な判断を下し難かったであろうことは想像できる。
しかしながら、単に見通しや管理が甘かったといった一般論ではなく、少なくとも計画立ち上げ時の技術的フェジビリティ判断および FM 開始時の意思決定の際に、危惧や不安を感じる旨の発言をする人はいなかったのであろうか？ 設計開発の実務担当者レベルの意見が無視されるようなことはなかったか？ など、もう少し要因分析を掘り下げて、より具体的な今後に生かせる教訓を引き出して頂くことを望む。
6. 継続が困難に至った要因の分析はほぼ妥当なものと認められる。しかし重要なことは、「何故もっと早い時点で問題点の先取りと修正が出来なかったのか。」という問題について、マネジメントプロセスのチェック機構が有効に機能したのかという点と併せて詳細に解析し、今後の教訓としてほしい。
7. 要因分析ならびに得られた教訓として整理された個々の箇条の内容は妥当なものと思なされる。但し、最大の問題は挑戦的な技術開発(ペネトレータの開発)と実績のある衛星本体開発とを同時並行で進行させたこと、とあるが、本質は、計画スタート時において、科学的意義は極めて高く評価された一方で、ペネトレータ開発の技術的難度に関して、見通しが不十分であったこと、にあるである

う。

8. 要因分析については問題ない。他の JAXA プロジェクトの教訓となっているかについては、基本的取組みは問題ないと思われるが今後さらに数年の年月を掛け、検証する必要があると思われる。

このため、評価を「概ね妥当」とした。

9. 中止に至る主たる要因は次の 2 つであると考えられる

“計画立ち上げ時の技術的見通しの甘さ”

4 年で達成と見積もったものが 16 年以上かかるという事は見通しが甘かったそしりは免れないが、逆にそれだけの困難な開発を最後はやりとげたという点では評価したい。

“節目での意思決定の問題”(ペネトレータと衛星開発計画の整合性のレビュー)

この点は「得られた教訓」を着実に実施して頂くことで教訓を今後有効に生かされる事を期待したい。

本プロジェクトはプロジェクトのマネージャーに要求される資質と最先端の課題に挑戦すべき科学者に要求される資質が全く異なるものである事を印象づけた。

今後のプロジェクト運用についてはこの点を考えて、プロジェクトの構成、意思決定の仕組み等に生かして欲しい。

10. 概念的には理解出来るが、開発移行時に何を以て開発可能と考えたか、開発開始後何時の時点で何が新たに認識され、どのような方向転換を図ったか等、もう少し具体的な説明が無いと、何が問題であったか、また問題発生時の対応が妥当であったか、更にそこからどのような教訓を得たか等の理解は難しい。

また貯蔵期間が長くなったからと言っても、当初の打上げ予定時期からは 11 年程度であり、通常の商業衛星のミッション寿命である 15 年に比較した場合、それ程長い期間では無い。我が国の衛星

プログラムでは、衛星寿命の長期開化が課題と言われていることもあり、何故衛星が劣化したか、材料選定を含む製造上の問題なのか、或は地上試験、保管環境上の問題なのか等、原因を個々に明確にして、今後のプログラムへの反映を図るべきである。

以上、宇宙開発委員会との関係も含んだ、もう少し具体的な Lesson-Learned を纏めることを要望したい。

11. 衛星が完成してから時間が経過したことによって問題が生じた点と、衛星の設計に問題があった点は、大分状況が異なります。設計に問題があった場合は、数年前に気がついていたはずですから、その時点でアクションを取ることも可能だったと思います。

12. 本プロジェクトが成就に至らなかった要因としては、第一には、計画スタート時点におけるペネトレータの技術的難易度に関する見通しの不十分さが挙げられる。この点に関しては、計画時においてもっと異なる分野の専門家の知見を入れるべきであったとも考えられるが、一方ペネトレータ技術の特殊性からして、より適切な人材を求めることは、現実には難しかったと考えられる。

第二には、開発要素の大きいものと開発実績のあるものを、同時並行してスタートさせ、進めたことである。この点に関しては、そもそも、左程に困難なものと考えていなかったのだから、このような開発手順を採ったことについては、ある程度仕方なかったと考えられる。但し、開発要素をより多く含むとの認識はあったはずで、今 JAXA の中で浸透しつつある「フロントローディング」の考え方からすれば、開発手順としては異なったものとなった可能性は高く、従ってフロントローディングの考え方をより徹底すべきと考える。

第三には、プロジェクト・マネジメントにおけるチェック機能、スケジュール管理、コスト管理の甘さが挙げられるが、これらの点に関しては、近年、JAXA 全体の問題として、SE の能力の涵養を含め

て、改善が進行中と理解している。

第四には、前記のマネジメントの甘さの上での、プロジェクトの節目での意思決定の問題がある。幾つかの節目の段階で、常に「もう少しやれば、」「もう少しやれば、」という判断が重ねられてきた。ここには、スタート時のミスを糊塗するといった意図は全くなかったものと判断される。ただ、「もう少しやれば目的達成にまでもっていきけるのではないか」との、期待と楽観に基づく判断は、プロジェクトの推進者が往々にして犯すミスであるが、本プロジェクトにおいても、この要素が働いた部分があったと考えられる。他方このようなビヘイビアはプロジェクト推進者の本性とも言うべきことであると同時に、プロジェクトの目的・目標が魅力的であればあるほど、それはより強くなるものであって、それを一概に批判することはできない。従って、本件のような事例においては、適切な段階で、それまでの経緯に一切関わりを持たない新鮮な「目」を入れたチェックを行う仕組みを検討すべきではなからうか。

3. プロジェクトの成果

現時点までに LUNAR-A プロジェクトの目標がどの程度達成されたか、プロジェクトの成果が将来の固体惑星探査計画又は我が国の宇宙開発にどの程度効果を持つものと期待されるかについて評価して下さい。

さらに、プロジェクトで得られた成果の波及効果についても、現時点で注目しておくべきものがあれば、併せて評価して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
3 プロジェクトの成果	2	8	3

評価根拠のコメント

【妥当】

1. LUNAR-A プロジェクトの本来の目標として掲げられた点は残念ながら達成していない。しかし、結果として固体惑星科学研究において世界に先駆けた挑戦的技術となるペネトレータ技術の完成見込みが得られた点は評価できる。

また本プロジェクトによる機器・技術の波及効果、特にペネトレータ及び搭載観測機器の独自性は十分に評価できる。今後、世界の宇宙開発機関が進めようとしている月探査計画において、日本の技術的貢献を視野に入れると、本来の目標には至らぬものの、それなりに妥当な成果を上げたとみたい。

2. 年数は随分とかがかったがペネトレータそのものはほぼ期待通りのものが出来たのではないか。

今後は早くこのペネトレータを実際に活用する場を作って頂きたい。

【概ね妥当】

3. プロジェクトは中止となるものの、ペネトレータというある意味で画期的な面白いアイデアは何とか完成し得る見通しが得られるとのこと。このペネトレータが今後、大いに活用されていくように努力されることを期待したい。

4. 宇宙開発の研究はリスクの高いものではあるが、今回、当初の目標が達成されなかったということは重大なことであり、参画した全ての人々がまずはこの点を胆に銘じる必要がある。ただ、本プロジェクトにおいては多くの個別の技術的成果が得られており、今後の我が国の宇宙開発への効果はあると考えられる。

5. LUNAR-A プロジェクトの中止によって月の内部探査という同ブ

プロジェクトの本来の目標は達成されないこととなるが、現時点までの成果という観点では、ペネトレータが、幾多の技術的困難の解決の上に、ほぼ完成の域に到達したことが評価される。ペネトレータによる惑星・月の内部探査は長年にわたって世界的に関心を持たれていることであるが、これまで成功例はなく、わが国において、ペネトレータの技術開発に成功したことは、高い意義を持つものといえる。

ペネトレータ搭載用に開発した地震計が、超高感度の地震計として、早期地震検知システム(JR 新幹線他)や海底地震計(気象庁)に活用されていること、さらに、ペネトレータ自体が火山観測に実用されていることは、LUNAR-A プロジェクトの波及効果として注目しておくべきことであろう。

6. LUNAR-A プロジェクトは中断されたわけであるから、当初の目標は達成されていない。しかし、母船とペネトレータを切り分け、前者については、他への転用を考え、後者は単独での利用を考えるなど、その対応は評価できる。

特にペネトレータについては、開発過程において技術情報を数多く得たことと思われ、今後の固体惑星探査に実際に供されることにより、更に大きな前進を得ることが出来るようになる。

7. 500 N スラスタ、超高感度地震計、火山地域の地震活動観測用ペネトレータ等、本プロジェクトに関連して開発された派生技術には注目すべきものがあり、大きな成果があったと評価される。最終目的が達成されなかったため、残念ながら開発は妥当であったと評価することは出来ないが、将来の固体惑星探査計画にとっては有効な技術開発が出来たと評価する。この反省を踏まえて、現状進んでいるプログラムおよび将来プログラムの技術評価方法に反映出来れば、更に成果が得られると言える。

8. LUNAR-A 本来の目標が達成されていないとはいえ、ペネトレータの開発は今後も継続してゆくこと、また母船・ペネトレータの技術が他に活用されている点は評価に値すると考える。

特に月震計の技術を基に開発された超高感度地震計が広く実用化されていることの価値は非常に大きいと考える。

【疑問がある】

9. 基本的には失敗したプロジェクトであるが、長年にわたって開発を続けたペネトレータ技術がほぼ完成したと言うならばひとつの成果であろう。今後の固体惑星探査計画に寄与が期待される。ただ真に完成したかはどうか、一般的説明しか受けていない、また分野外の委員には判定できるものではない。

失敗したプロジェクトであっても、超高感度地震計など個々の開発研究で波及効果がある成果があがっているようである。これを導いた個々の研究者の努力は高く評価したいが、プロジェクト全体の失敗で失った損失は大きい。

10. 大変な努力によって、探査機器の水準は高まったと思われるが、仮に打ち上げが行われて、観測が行われた場合と比較すると、プロジェクトの目標はほとんど達成されていないと考えざるを得ない。
11. 本プロジェクトが狙った目的・目標は、達成できなかったものと評価せざるを得ない。

ただ、その開発過程において、ペネトレータ技術を完成見込みがたつところまでもってきたことのほか、500 N スラスタ、超高感度地震計など見るべき成果も生み出している。

4. その他

今回の評価を通じ、上記以外に助言やコメントがありましたら記入して下さい。

JAXA や宇宙開発委員会に対する助言やコメント

1. ペネトレータ技術のような挑戦的技術開発は今後の宇宙開発にとって不可欠である。それだけにプロジェクトの立ち上げに先行した挑戦的技術開発を、現在以上に進めやすい環境整備も必要だと思われる。また、今回のようなプロジェクトでは、母船開発と探査技術の開発を、節目の判断で早めに切り離せる環境も必要であろう。その意味で今回得られた教訓は貴重なものである。
2. LUNAR-A プロジェクトをその時点で推進を決定したこと、およびその中止の決断が大きく遅れたことについては、科学者コミュニティ、JAXA 宇宙科学研究本部、JAXA、宇宙開発委員会それぞれの立場から、反省、教訓を得なければならない。

JAXA 宇宙科学研究本部から得られた教訓としてまとめられているが、これが具体的に保証される体制となることを強く望みたい。科学者コミュニティとしては、宇宙理学・工学委員会で LUNAR-A プロジェクトの遅れ、プロジェクトとしての危うさはしばしば議論されてきたようであるが、結果的には母船の劣化に至るまで実効的勧告等をだせなかった。ボトムアップの体制から研究を進める宇宙科学の推進においては、専門分野のことになるプロジェクトについて互いにコミュニティが意見発信を続けることが重要であり、中止の勧告まで踏み込んだ議論ができる体制が必要ではなからうか？

宇宙開発委員会はこのプロジェクトについてその都度遅延を承認してきたが JAXA の報告にのみ基づいた審議であったと思われる。このプロジェクトのように問題があるものについては、独自の調

査をするのはできないのだろうか？ JAXA の内部評価に加え、宇宙開発委員会としての独自の調査なしにはこのような事例はなくならないと思われる。

一方、今回の中止の例が、挑戦的課題に取り組みを押しとどめるような効果があってはならない。よく言われるとおり、科学研究においては失敗はつきものでありであり、挑戦的プロジェクトなしには、世界に先駆けた成果を出すことはできない。それを可能にする準備研究の段階から、さらにいっそう研究経費が手当てされる体制を望みたい。

3. 今回のプロジェクト中止が月探査・研究に与える影響についての議論が表に出てこないことが不思議に感じられる。プロジェクト単位の議論で済んでいる原因は長中期の探査・研究構想を示すプログラムがないことによるのではないか。何か少しでも手掛かりを得たいとする遠い星の探査はともかくも、月に関しては、例えば将来の月利用を想定して、世界と協調しながら我が国が目指す長中期の探査・研究プログラムの腹案がそろそろあっても良いのでは...と思う。
4. 宇宙開発のような長期にわたる、しかも大きな予算を伴う研究においては、特に始めの計画設定とその妥当性の評価が極めて重要である。また、実行段階においても、常に全休計画の中での個々の計画の進行状況の綿密なチェック、整合性、リスクの判断が不可欠である。今回の経験を JAXA 全体が危機感を持って十分に対応していくことを期待したい。
5. 宇宙科学研究本部の理学委員会と工学委員会のあり方について、この問題をケーススタディとして、しかるべきところで検討を行うべきと考える。
6. 科学観測ミッションでは世界の最先端を目指すという本質から、

斬新なアイデアのもと、技術的難度の高い観測機器の開発に挑戦することが多く、それに成功してはじめて、目標が達成される。衛星プロジェクトのスタートに先立って、観測機器の研究・技術開発が十分行われうる仕組みを、より充実させていくことが肝要である。

7. 今回は、担当組織においては苦渋の選択であったと思われるが、このような結果を受け入れた決断に対しては敬意を表する。

一方、今回のこのプロジェクトの教訓をJAXA内で活かして頂きたいのは勿論であるが、数多<の宇宙プロジェクトがあるなかで、10年近く判断を下さなかった点に問題がなかったか疑問が残る。

今後、全てのプログラム(研究段階、開発研究段階にあるもの全て)に対し、最低2年、あるいは3年に一回、宇宙開発委員会にてその進行を報告し、プロジェクトの推進に問題がないか、レビューを受けることを提案したい。

8. 長年に渡り、一つのシステム設計や技術に着目し、途中で技術開発の軌道を修正しなかったことによって、今回このような結果になったのだと思います。

技術的ロックインが起こらないようにする取り組みが必要だと思います。(不可能なことが分かったら、それを諦め、別のオプションを検討する等)。

9. 会議の席上でも発言したことであるが、失敗の可能性が全くない無い確実な計画のみを通すような事前評価を行うと、2番煎じの案件しか通らなくなる恐れがあり、宇宙開発の先導性が失われる恐れがある。先導的な案件は計画通りに行かないリスクはある程度避けられないので、失敗した場合、その結果のみを評価して批判したのでは意味がない。またその場合、実施担当は失敗をおそれて無理をする、無理をすることによって更なる失敗に至る等の悪循環に

陥る危険性がある。

我が国が宇宙開発を始めた時のような、いわば後追い開発の場合は、結果の評価だけで問題無かったかも知れないが、先進的な開発では、常に技術的、スケジュール的およびコスト的にも計画通りに行くとは限らない。ある程度のリスクを犯してでも未知の分野に向かって開発を進めるのが先進的な開発である。従って先進的な開発ではリスクは付きものであり、従って中間段階で計画の妥当性を再評価して、場合によっては方向転換を図ることも必要である。開発作業では、乗り越えるべきリスクと、いつ頃までそのリスクを解決すべきか、また何時までに何処までの成果を上げるべきかのマイルストーンが設定出来るはずであり、プロジェクトをスケジュール上の大きな齟齬無く成功させるためには、その重要なマイルストーンにおいて中間評価を行うことが必要不可欠である。また開発成果が計画通りに得られず、更に作業が長期に及ぶような場合には、プロジェクトの意義付けそのものも変わってくるので、時にはプログラムそのものをキャンセルする勇気も必要である。作業管理の要点は初期計画と中間フォローであり、結果の評価は、その後のプログラムのための Lesson Learned のためには有効であるが、そのプロジェクトの正否には影響しない。従って確実な成果を期待するためには中間評価の方が重要である。

別件であるが、担当機関からの説明は、もう少し具体的な技術内容に亘る説明が必要では無いかと考える。成果が上がっていると言う言葉の説明だけでは、判断は説明者の言を信用するかしないかだけになってしまい客観性が乏しくなる。公開の場なので多少難しい点はあるかとは思いますが、説明内容を裏付けるデータを示すべきと考える。