

## 電波天文衛星 (ASTRO-G) 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. 状況変化への対応策	11	4	0
2. 成否の要因に対する分析と今後への反映事項	3	12	0
3. プロジェクトの成果	0	11	4
4. その他	—	—	—

## 1. 状況変化への対応策

大型展開アンテナに技術課題が発生する等、「開発」移行後に発生した状況変化を受けて、JAXAはプロジェクトの目的・目標・開発方針等に則して開発計画の見直し検討を行った結果、縮退した目標に向けて当初計画を大幅に超過する資金と日程を費やすことは適切でないと考え、ASTRO-Gプロジェクトの中止を提案するという対応策をとりまとめました。このJAXAの対応策について、検討のプロセスを含めて、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
状況変化への対応策	11	4	0

### 評価根拠のコメント

#### 【妥当】

- 1 中止するという判断は妥当であるが、中止までの議論が限られた中で行われた感じがある。もう少し、宇宙開発委員会などにも経過の報告があってもよかったのでは。
- 2 大型展開アンテナの性能が初期の目標を達成しないことから、ASTRO-G衛星の重要なミッションが達成されないとの評価に至った。このような状況下でのプロジェクト推進は困難であり、プロジェクト中止との判断は「妥当」であると思われる。
- 3 開発研究のフェーズにおいて開発が困難であることの見極めができていなかったのは残念ですが、開発フェーズの極めて初期の段階にて、技術的リスクの深刻さが認識されて、被害を小さくするという観点からプロジェクト中止が打ち出されたことは救いですし、その姿勢については評価できます。
- 4 「開発」開始後に至って大型展開アンテナが目標とした性能を充たし得ず、目標とした観測を実現し得ないことが明らかになったことは、プロジェクトの立案遂行管理の点できわめて望ましくないことではあるが、開発計画の見直し検討の結果、縮退した目標に向けて当初計画を大幅に超過する資金と日程を費やすことは適切でないとし、ASTRO-Gプロジェクトの中止を提案したことは、妥当である。
- 5 顕在化した技術課題に係る検証結果は妥当なものであり、その結果、ミッション提案時の科学的意義が本プロジェクトで得られない限り、プロジェクトを一旦中止し、ミッション定義に戻った見直しをすべきである。
- 6 今回、諸問題が発生し、中止という判断は正しいと評価だといえる。大型展開アンテナの技術開発の限界が、なぜ、「開発」移行で発覚することになったのか。顕在化した技術課題が検証されているが、関わる人たちの技術に対する思い込みや推進の甘さがあったといえる。
- 7 開発移行の評価時に、技術のあいまいさ、主要メンバーの定年問題、資金計画等々の諸問題点を明らかに提示すべきであった。チャレンジングな性質のプロジェクトとは言え、全体的なプロジェクトマネジメントの機能の発現が見られず、非常に残念である。このような状況では、プロジェクト途中段階における中止という判断は妥当である。もう少し早い時期で中止と判断すべきであった。
- 8 基本的な目的の達成が不可能であることが明らかとなった以上、中止判断が妥当である。
- 9 中止の判断をこの段階で出したことは妥当と思われる。

#### 【概ね妥当】

- 10 アンテナ鏡面精度の技術問題及び予算問題が顕在化した時点で速やかにプロジェクト活動を休止している。その後、再設計確認会や検証活動を行うと共に、宇宙理学委員会・宇宙科学運営協議会による評価を受けており、更に教訓委員会を設置しその審議を経て、最終的に理事会議の了承を得ている。従ってJAXAのプロセスは概ね妥当と考える。
- 11 開発移行前にフィジビリティ試験に使用出来る金額に制約が在るとはいえ、元々フィジビリティ試験結果の評価が甘く、多くのUnknownを残したまま開発に移行したのが基本的な問題であるが、開発開始の初期段階でアンテナ表面精度の実現性が問題となり、当面その問題に集中して確認試験を実施、他の作業は止めることによって無駄を最小減に抑えることが出来たことは一応評価出来る。またこの種の問題は従来ともするとずらずと結論を先送りする傾向もあったが、早い時期に関係者一同が学術的な評価によって開発中止を提案したことは妥当であった。
- 12 Lunar-Aプロジェクトの中止等の教訓を踏まえ、迅速に開発計画の見直し検討を行った。しかし、プロジェクト経費は名目的には20億円の支出にとどまっているが、実質的にはその倍を越える費用を支出している。今後リスクのあるプロジェクトの推進に当たっては、遅延の恐れはあっても解決すべき技術的課題のみに支出はとどめる等の方策をとるべきであった。

【プロジェクトの中止を提案するというJAXAの対応が妥当、もしくは概ね妥当の場合】

2. 成否の要因に対する分析と今後への反映事項

ASTRO-G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ください。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
成否の要因に対する分析と今後への反映事項	3	12	0

評価根拠のコメント

【妥当】

- 1 難度の高い挑戦的な技術へのリスク管理の観点からの対応、先行的開発の強化、資金計画の工夫、理学工学連携のさらなる強化、宇宙科学ミッションの今後への反映、等の内容は妥当と見なされる。ASTRO-G計画教訓委員会の提言は適切に反映されている。
- 2 このプロジェクトの失敗は、開発の実施以前に解決すべき諸問題点を抱えたまま、いわば楽観的な状況で開発に移行したこと、理学と工学の両分野のチーム力の問題、加えて、全体を統括するプロジェクトマネジメント力の不足にあったと思われる。これらの分析結果が今後のプロジェクトに活用されることを期待する。
- 3 今回のプロジェクトは、「研究段階における先行的開発の中では見通しは立っていたが、開発移行での実体モデルで検証すると予定通りに推進できなかった」というケースだ。限られた予算の問題もあるのだろうが、リスク軽減のためには、こうした実体モデルを使っての技術検証を「開発」段階に移行する前段階に必ず組み込むルール作りが必要である。また、技術そのもののチェックやプロジェクト実行中は、担当者が退官になっても継続し同等に関われるような強化体制作りなど、改めて検討する良い機会になったといえる。

【概ね妥当】

- 4 やはり、開発に移行する前に、中止すべきであった。その反省が足りない感じがする。研究段階の予算を増やすことも重要であるが、それ以前に、競争環境で無理してもプロジェクトを前に出しておかないとダメになってしまうという焦りの構造があったのではないか。
- 5 大型展開アンテナの技術課題の検証、それに伴うミッション提案時の科学的意義の損失、中止せず継続することによるスケジュール・資金への影響評価などによる一旦中止に至る判断、今回の中止から教訓を得る試みとしての教訓委員会の設置はいずれも概ね妥当なものである。
- 6 技術的難度への認識や資金計画の甘さ、人員・体制面の問題点やプロジェクト管理の不十分さ等を客観的に分析し、今後への反映の方向性が示されており概ね妥当である。またJAXA資料「推進3-1-3」ではJAXA/宇宙科学研究所の仕組みや体制改善に関する提案に具体性が欠けていたが、その後の質問票に対するJAXA回答で、より具体的な対応策が示されたと考える。
- 7 有効なものとなるよう期待したい。
- 8 ASTRO-Gが不成立に終わったのはフィジビリティスタディの段階で方法論に問題があったこと(他のプログラムの成果に乗かって0からの積みあげを行なわなかったこと)、希望的観測に基づいて必要費用をアンダーに見積もったこと等であり、更にアンテナの鏡面精度が実現出来るか否かがミッションの成否を決める全てでありまた代換え手段は無い等、極めてシビアな条件での開発に対して、どのような対応をすべきか等の分析が行われて今後の開発体制に反映されている。ただし計画は立ててもそれが本当に実行出来るかが問題であり、今後その点に関する具体的な評価を定期的実施することを期待したい。
- 9 ASTRO-G計画教訓委員会ももうけられ、将来の計画に反映する具体的提案もなされてはいはいる。さらにいっそう理学委員会、工学委員会レベルで議論を深めて、ミッション選定の問題としてだけでなく、ハイリターンが期待されるがハイリスクプロジェクトに、厳しい評価に基づいて開発研究費を出すことが可能な制度の構築も考えていただきたい。
- 10 計画当初より43GHz帯大型展開アンテナについてはその成否を疑問視する声もあり、挑戦的テーマであったと言える。  
鏡面精度要求値の0.4mmrmsが1.0mmに低下した理由についてはその原因を示しているが、43GHzはETS-VIIIで使用する周波数の約20倍であり、同じリブ・メッシュ構造で実現するには多くの困難な技術課題を解決しなければならなかった点は事前に充分予測できたと思われる。  
成否の要因分析は出来ているとして、では何故それらを予見できなかったのか、さらに原因究明し今後の活動に活かして欲しい。
- 11 ミッション中止の要因分析に関しては、技術的問題に関しては、チャレンジが重要な要素である科学ミッションにおいては、ある程度やむを得ないとみることはできる。100%確実ということだけをやることは科学ミッションにおいては科学における最先端を切り開くことにならないので、このことのみでプロジェクト中止せざるを得なかったことを問題とすることは避けるべきである。しかし、技術的困難の評価及びミッションを成功させるための継続的な体制作りの点においては、開発段階移行以前に、もっと緻密な検討がなされるべきであったろう。  
失敗から学んだことは将来に生かされることが重要である。提案された今後への改善案は真剣に検討されたことが推定されるもので、詳細かつ具体的である。これを確実に実現することを期待したい。
- 12 追加検討の結果が反映され、相当に充実した分析と対応案になっていると考えます。問題はこれらの教訓が実行されていくかどうかです。そのためにも、研究フェーズとは違い、開発フェーズに入ると技術的に挑戦的なプロジェクトでも失敗は許されないという意識・認識を強めること、および今回提示された対策のフォローをしっかりと着実にやっていくことをお願いしたい。

13 分析は進んでいると見受けられ、教訓にもなっていくだろう。現時点では完全に妥当かどうかを判断するのは困難であることから上記評価とする。

### 3. プロジェクトの成果

現時点までにASTRO-G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電波天文学又は我が国の宇宙開発利用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
プロジェクトの成果	0	11	4

#### 評価根拠のコメント

##### 【概ね妥当】

- 1 何らかの成果があったことは認めるが、あまり、それを強調するのはみっともない。
- 2 今回の経験は、①「開発」に移行してから評価しようとした点に担当者の見積り甘さがあった、②1モジュール単体の性能を過大評価し、これが多モジュール化により増大した、③多モジュールにする際のモジュール間結合には予想以上に多くの技術的な課題があったにも関わらずこれを軽視した、等々様々な問題がありプロジェクトの中止に至ったものと考えられる。これらの反省点を含め貴重な経験を積むことができた。プロジェクトの中止は止むを得ないが、これらの経験は関係者の資産として残し、プロジェクト推進体制の強化、人材の育成し資するべきものであると考える。
- 3 ASTRO-Gプロジェクトの目標がどの程度達成されたか、という観点からの評価は、同プロジェクトがほとんど基本設計段階で中断したため、意味をなさないが、研究試作段階での新規技術の開発には、成果が認められる。スペースVLBI衛星実現のための基本技術となるものを主としてはいるが、衛星技術として有用とみなされるものが含まれる。大型展開アンテナに関しては、困難に遭遇したが、そこで得られた技術の資料は、不首尾であった点の分析も含めて、適切に継承されていくことが肝要である。
- 4 開発成果とその効果はいずれもある程度は評価できる。本プロジェクトは、日本がスペースVLBIで占める先端的な位置を、今後も継続して占める目標が一般社会からも評価されていたと思われる。今回の中止に伴い、今後、日本の科学研究が、今回の中止に伴い、どの様に、この分野での日本の位置を維持しようとする将来ミッションを考えられるのか、中止に伴って変更される長期的な展望も知りたい。
- 5 研究・試作レベルではあるが、大型展開アンテナ技術や高速・高精度姿勢制御技術、精密軌道決定技術等の成果が得られており、今後の電波天文衛星への活用はもとより、他衛星への応用にも期待される。
- 6 大型アンテナの展開、衛星の位置決定など、技術的な点でそれなりの成果を得ることができた。
- 7 開発フェーズに入ってからプロジェクト目標が達成できなかつたわけですから妥当あるいは概ね妥当と評価するのは難しいです。「止むを得ない」という意味で概ね妥当としました。
- 8 基本設計段階で中止とならざるを得ない状況ではあるが、新規要素を含む用途が得られている技術は、今後役に立つ基盤技術として継続の努力が見られる。
- 9 世界初となった電波天文衛星「はるか」では、宇宙の9割の136億光年を覗く事ができたといわれ、電波天文学にとっても大きな実績を残した。この「はるか」での経験を受け継ぐ技術と研究者の育成は、今回のプロジェクトが中止となっても教訓となり、今後の宇宙開発には繋がっていく。地上の電波望遠鏡は地球の自転を調整しながら推進されていることを考えると、電波天体衛星があることで研究の広がりが持てることは確かであり、推進していくべきである。

##### 【疑問がある】

- 10 プロジェクトの成果を失敗の経験、とすれば妥当であると思うが、やはり失敗であるので、通常の評価でプラス点にはならない。成果としては妥当、おおむね妥当は厳しいのではないと思われる。
- 11 新規機器の開発、関連研究の進捗等の副次的成果は上がっているが、プロジェクトとしては失敗は失敗であり、当初掲げた成果は得られなかったと評価せざるを得ない。電波天文学はBlack Holeの観測、星の生成過程の解明等、宇宙に関する大きな謎を解明する有力な手段であり、この分野でわが国がイニシアティブを維持することはわが国の科学技術発展のために極めて有効である。ASTRO-Gの開発失敗は関係者に大きなインパクトを与えたことは容易に想像出来るが、それに負けることなく継続したチャレンジが重要である。ASTRO-Gに代わる新たな計画は未だ具体化していないようであり、関係者一同の奮起を期待したい。
- 12 -大型展開アンテナ- 高速・高精度姿勢変更を実現する姿勢制御技術など技術的側面において、将来他のミッションにおいて有効利用できる成果はあるものの、中止により本来の理学的目的はまったく達成されなかった。

#### 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 JAXA全体としての衛星計画を少し見直したほうがよいのではないかと、特に、「なんでも安くあげればいい」という風潮には、警告を発したほうがよいのではないかと。限られた予算枠で、スケジュール的にミッションを入れてゆくと、どうしても、試験などを値切るか、業者を泣かせるかしかなくなるのではないかと。
- 2 「プロジェクト提案と採択のスキーム(資料3-1-3, pp56)」の下段にある「宇宙理学委員会」「宇宙工学委員会」などは、より多くの科学者、技術者が自由に意見交換できる場にする必要があるのではないかと。いわゆる「コミュニティ(限られたメンバー)」に閉じたものでない、開かれた議論の場とすることで、多くの問題が解決できたものと思われる。  
外部意見を受け入れることには抵抗があるかも知れないが、それらを受け入れることでより良いプロジェクトになるのであれば是非実行して頂きたい。
- 3 技術的に挑戦的なプロジェクトの場合には今回と同じように、開発研究フェーズで開発実現の技術的確信が十分に得られないまま、開発フェーズに移行してしまうケースが発生し得ると考えられます。かといって、挑戦的な技術取り組みを抑え込むようなことは絶対に避けねばなりません。そこで、こうした場合には開発研究を期間的/資金的に延長して、技術的確信を得るに必要な「開発フェーズにて行う技術作業の一部(EM試験など)」を先行して行うことを可能にする仕組みがあると望ましいと思います。
- 4 今回の中止に至る経緯は日本の今後の挑戦的な宇宙での科学探査計画を進める上で、今後もますます避けられない状況となることが予想できる。今後の科学探査計画に有効な教訓を残すべく、さらなる取り組みを期待したい。
- 5 LUNAR-Aの教訓が十分に活かされず、このような結果になったことは非常に遺憾である。開発移行前のリスク精査と対応策の検討が不十分だったことが一つの大きな要因であり、今回の教訓を十分に活かし再発防止に向けてプロジェクトマネジメントやリスクマネジメントの改善・強化を確実に遂行して欲しい。
- 6 このプロジェクトに費やした資金を考えると、今後の宇宙開発に禍根を残さないように、成果の活用には格段の配慮をすべきである。
- 7 技術的な要因より、組織・体制に関する要因で失敗したように思われる。二度と同じような失敗を繰り返すことがないことを願う。
- 8 もっと早い時期に中止が提案できたはずである。本提案に至るプロセスが複雑過ぎる。
- 9 はやぶさプロジェクトも、きわめて高い技術的困難が当初から想定される中で、結果としてあれだけの偉業をなしとげることができた。このことを考えるなら、科学ミッションおよび工学ミッションは、技術的困難な課題を設定することは当然であり、Astro Gにおいても、アンテナ精度に大きなチャレンジを想定したことを否定することはあってはならない。しかしながら、研究開発から開発への移行段階で、もう少し明確な予想を持ちうる状態にしておくべきであったと言える。それができなかった理由として、研究開発段階と開発段階における予算執行の規模の問題がありえるかもしれない。もしそうであるならば、今後においては、より効率的な予算の仕組みを模索すべきであろう。また、それはJAXA内部の自己努力によってもある程度解決できるものと期待したい。
- 10 開発プロジェクトへの移行過程をもう少し精査すべきだったと思われる。
- 11 プロジェクト立上げに際しては宇宙理学委員会、工学委員会等で密度の高い議論を行なっているようであるが、参加者は所謂先生方、学者である。もの作りは主にメーカーの仕事であり、メーカーの技術者はそれぞれもの作りに対する知見を持っている。クリティカルなハードウェアの開発を要するプロジェクトの場合は、フィジビリティ評価の段階でメーカーのエキスパートの参加も考える等、評価メンバーの幅を広げて良いのではないかと。
- 12 今回のAstro-G計画の中止を教訓として反映の方向も示されておりリスクの高いプロジェクトについて具体的なミッション選定の方法などが策定されるものと期待される。当然のことながら科学ミッションについては他の衛星プロジェクトとは異なり、ハイリスク・ハイリターン計画が除外されてはならない。限られた予算内で実施するならば打ち上げる衛星の数が減少する可能性はあるが、リスクの評価に基づき科学的評価の高いものについては開発研究に大きな予算をつけることが可能になる制度を導入することを要望したい。
- 13 JAXA/ISASの真摯な対応は立派である。評価は厳しくとも宇宙開発利用を応援する国民は多いはずである。これからのさらなる発展を期待している。