

「はやぶさ2」プロジェクトにおける  
電波天文衛星 (ASTRO-G) の教訓の反映について

2011年11月22日

宇宙航空研究開発機構

月・惑星探査プログラムグループ (JSPEC)

はやぶさ2プロジェクトチーム

吉川 真

## 1. はじめに

---

- 宇宙開発委員会推進部会において、2011年9～11月、電波天文衛星(ASTRO-G)プロジェクトに関する評価のなかで、今後のプロジェクトへ反映すべき教訓について報告した。
- 宇宙探査ミッションとして推進している「はやぶさ2」プロジェクトにおいても、ASTRO-Gの教訓を反映した開発を行う方針である。
- ASTRO-G教訓(次ページ以降の①～⑤)の「はやぶさ2」プロジェクトにおける反映状況を次ページ以降に示す。

## 2. 「はやぶさ2」プロジェクトにおけるASTRO-G教訓の反映



### ①難易度の高い技術については、実現性をより確保するためにリスクに応じた解消計画や対応策等を十分検討すること

- 「はやぶさ2」は、「はやぶさ」を先行機としており、「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、リスクを低減している。
- 「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Lessons & Learnedとしてまとめ、必要な対応策を施すことにより、より高い信頼性・運用性を確保している。
- 上記を踏まえて、ミッション達成への影響度が高く、かつ新規性が高い機器として新規開発品の衝突装置と近赤外分光計を識別し、下記のとおり、システムとしてミッション達成への影響を低減する対応策を講じるとともに、両機器については先行的開発によりキーとなる技術の機能性能の確認等をすでに行い、開発リスクの解消を図っている。(先行的開発については、②の反映内容参照)
  - 衝突装置は、Safety機能付加、母船退避マヌーバやミッション運用・観測手順の精査などにより、母船の安全と対象天体のリモートセンシング観測、サンプル採取に影響を及ぼさないことを第一義とした開発、運用を講じている。
  - 小惑星の水・含水鉱物の分布観測を行う近赤外分光計については、万が一開発に課題が出た場合には、バックアップとして、光学航法カメラによる代替観測が可能な衛星システム構成としている。

## 2. 「はやぶさ2」プロジェクトにおけるASTRO-G教訓の反映

② 難易度の高い技術の成立性を早期に見極めるため、ミッションの性格や技術の難易度等を総合的に勘案して先行的開発を強化することが重要であり、相応の資金が必要。このため、ミッションの性格や技術難易度、ミッション達成への影響度等を総合勘案して方策を実施すること

- 衝突装置は、既存の技術を応用できる部分は活用するとともに、JAXAで経験のない爆発成形メカニズム、爆薬部設計・製造性については、爆薬部小型モデルによる衝突試験(平成21年度)、爆薬部設計・製造性確認試験をフロントローディングとして実施し、衝突体成形プロセス、クレータ形成プロセスを数値計算及び小型モデル実験で確認し、また、本装置の設計・製造性を実スケールモデルの試作で確認した。これらの結果、開発移行に際して、技術リスクの低減はできたと判断する。
- 近赤外分光計(NIRS3)の開発においては、「はやぶさ」に搭載した近赤外分光計(NIRS)の設計・開発情報を踏襲し、3ミクロン帯の観測に必要な設計変更のみ実施することを前提とする。また、設計変更部分の技術課題である検出器やシャッター部については、試作品へのガンマ線、プロトン照射試験、シャッター低温耐久試験及び振動試験などのフロントローディングを実施し、実現性を確認した。これらの結果、開発移行に際して、技術リスクの低減はできたと判断する。

③ ミッション立上げに当たって見積もり精度向上、コスト低減努力、リスクの見極めを確実に取り込んでいくこと

- 「はやぶさ2」は、「はやぶさ」を先行機としており、リスクの見極め、コスト見積もりなどにおいても確度の高いミッションである。また、「はやぶさ」Lessons & Learnedの反映により、開発・運用におけるリスク低減を図っている。

## 2. 「はやぶさ2」プロジェクトにおけるASTRO-G教訓の反映

- リスク低減のために、開発段階でのEMまたは部分試作モデルの製作・試験、耐環境試験などを計画し、また、これに必要な経費、スケジュールの精査を行っている。
- 特に、コスト見積もりについては、先行機「はやぶさ」との比較、「はやぶさ」Lessons & Learned 取り込み適否と経費、リスク対策内容と経費などについて精査して、妥当性を確認している。また、プロジェクト外の評価チームにより、a.開発方針と開発方針に応じたコスト推定内訳及び推定に至る考え方・根拠、b.算定プロセス状況、c.リスクへの対応策などに関して評価している。

### ④ 挑戦的技術に関する一貫した高い技術力が継続できる配置や技術継承の検討。関連コミュニティとの連携によるミッション要求の設定・維持・見直し体制の構築

- 構築したプロジェクトの体制については推進部会にて説明してきた通り。高い技術力を継続、継承するため、各サブシステム、サブチームの主担当には、可能な限り「はやぶさ」の経験者を配置するとともに、世代交代も意識して若手メンバの配置にも留意した。
- サイエンスについて、検討段階からJAXA外の研究者も多く加わった「はやぶさ2」サイエンスチームを継続的に構築し、関連コミュニティ、関連学会とも連携して「はやぶさ2」ミッション要求の設定やサイエンス機器の選定、機器仕様などに関して議論を行ってきた。また、サイエンスチームは、プロジェクトサイエンティストの下に各テーマ・機器ごとのサイエンスPIを置き、さらにサブPIを設置して開発体制の強化を図るとともに、広くコミュニティからの参加を募り、機器開発及び科学面でのサポート体制の強化、連携強化を行っている。

## 2. 「はやぶさ2」プロジェクトにおけるASTRO-G教訓の反映



### ⑤プロジェクト移行審査時のクリティカル項目に対するリスク、代替案、コストマージン等の精査

- リスク管理方針・実施計画を定め、また、リスクの抽出とその対処方法・代替案を明らかにした。それらはプロジェクト移行審査(平成23年3月)において審議され、妥当と判断された。
- 開発コスト、コストマージンについても、プロジェクト移行審査において、「はやぶさ」との比較・検討等により精査し、概ね妥当と判断された。
- 引き続き、技術課題の検証を進め、設計会議・審査会等において内外の専門家や評価チームの評価を受けつつ着実な技術リスクの低減に努めていく。また、定期的(4半期に一度)な経営層による技術課題・スケジュール・コスト等の進捗状況確認を行うとともに、計画の大幅な変更等に繋がる恐れのある課題が見出された場合には、経営審査を実施し計画を見直すなどの対応策を講じる。

### 3. まとめ

- 「はやぶさ2」プロジェクトは、「はやぶさ」探査機の実績を最大限継承するとともに、「はやぶさ」の Lessons & Learnedを取り込むことにより、リスクの低減と信頼性の向上を図った開発・運用を目指して、プロジェクトを推進している。
- ミッション達成への影響度が高く、かつ新規性が高い機器として新規開発品の衝突装置と近赤外分光計を識別し、システムとしてミッション達成への影響を低減する対応策を講じるとともに、両機器については先行的開発を実施し、開発リスク及び不確定要素を解消し、技術の実現性、ミッションの実現性を確認した。開発移行に際して、技術リスクの低減はできたと判断する。
- 先行的開発、ミッション要求設定、コスト精査、リスク評価、体制等については、研究及び開発研究フェーズにおける探査機概念設計検討における評価や本年3月に実施したシステム定義審査(SDR)、プロジェクト移行審査等において、プロジェクト外有識者・評価者も含めた審査・評価を受け、妥当であることを確認した。今回、ASTRO-Gプロジェクトから今後のプロジェクトへ反映すべき教訓が示されたことを踏まえ、「はやぶさ2」プロジェクトにおいても、システム設計における評価を行い、これまで実施してきた内容がASTRO-Gの教訓を反映していることを確認した。
- 今後の開発では、設計会議、設計審査会などにおいて設計開発状況、技術課題等について専門家チーム、評価チームの審査を受ける。また、定期的(4半期に一度)に行われる経営層による技術課題・スケジュール・コスト等の進捗状況確認において、計画の大幅な変更等に繋がる恐れのある課題が見出された場合には、経営審査を実施し計画を見直すなどの対応策を講じる。

## ASTRO-Gの教訓取りまとめの経緯

---

- ASTRO-Gプロジェクトは、世界最高の空間分解能による電波天文観測を目指した挑戦的ミッションであった。
- ASTRO-G衛星の開発に当たっては、過去の教訓を踏まえ、難易度の高い高精度展開アンテナ等の技術課題について、研究段階における試作試験等の先行的開発を行い、「開発」移行段階に必要と考えた技術的見通しを得たとして、「開発」に移行した。
- しかし、結果的にはこの技術判断が甘く、高精度展開アンテナに関して、難易度の高い技術課題を「開発」段階に持ち込み、「開発」移行後に、高精度展開アンテナが目標とした性能を達成できないことが明らかとなった。
- ミッション目的の重要な部分が達成困難であることと、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してプロジェクトを継続することは適切とは言えないことから、ASTRO-Gプロジェクトは中止することが妥当との判断に至った。
- JAXAとしては、ASTRO-Gの中止から教訓を得るため、「ASTRO-G計画教訓委員会」を設置して得られた提言を踏まえて、要因の評価とJAXAの今後のプロジェクトの改善事項の抽出を行った。