

『宇宙探査のご紹介』

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 社友

若林 靖史

◆経歴◆

北海道生まれ。電気通信大学卒業、物理工学修士。
1976～2018年、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) にて技術開発に従事し、三軸姿勢制御技術、ランデブドッキング技術、宇宙ロボティクスの研究開発、宇宙ステーション日本モジュールの開発、有人宇宙船の研究等に携わる。

1. はじめに

我が国は、約50年間、種々の宇宙探査を展開してきました。知識の獲得を目的とした科学衛星、宇宙利用を目的とした通信・放送・地球観測衛星、航法衛星 (日本版GPS) などと、これを地上から輸送するためのロケット技術を開発してきました。

最近では、“はやぶさ”の小惑星への数億kmに及ぶ超遠距離飛行、“H2B/こうのとり”による宇宙ステーションへの計8回の高精度飛行など、安定した宇宙運用技術を実現しています。

我が国の無人系宇宙技術は、世界トップレベルであり、有人系でも優秀な宇宙飛行士を含めて、国際的に重要なパートナーとして信頼を得ています。ここでは、その概要を紹介していきたいと思います。

2. 宇宙探査の動機

宇宙空間は、従前の利用方法に加え、温暖化など地球全体や局所環境の監視、様々な災害時の情報伝達、農業・土木の産業機械や自動車の自動運転、安全保障の監視に使われています。

先端技術開発は、厳しい宇宙環境に耐えながらミッション達成を目指すため、結果として我が国の産業技術の高度化に繋がります。

また、『人間活動のエネルギーは、地球に閉じ込めておくと必ず争いを生むため、宇宙空間に向かって解放しなければならない』と言われてしています。

地上での争いとは違い、宇宙空間では敵対する先進国同士が競い合ったとしても犠牲者は発生せず、力を合わせ開発に取り組むことで相互の理解を深めてゆける貴重な場となっています。年月をかけて設計・開発した装置が実際の宇宙で思い通りに動いたとき、震える感動があります。

『宇宙にある無限の空間・エネルギーの利用』『小惑星衝突などからの地球防衛』『地球環境が破壊されたときの避難』など、大きな将来の目的に向かい、人類の活動範囲を一步步づつ広げる挑戦を続けてゆくことは、世代を超えて永続すべき活動であるといえます。

3. 宇宙開発の実施手法

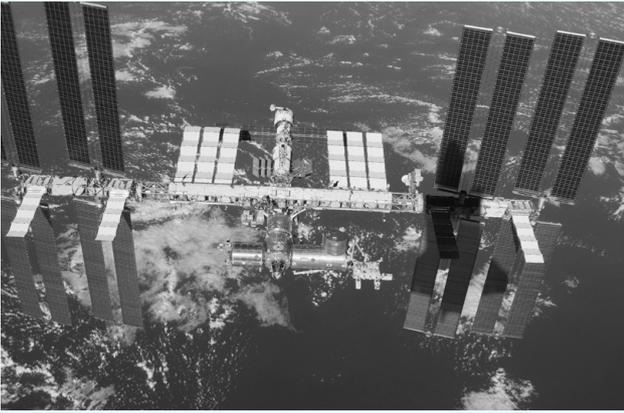
宇宙開発はシステム工学の手法を駆使して実施されます。その典型的な手順を以下に示しました。基本的には、“機能・性能・検証方法”を定めた暫定仕様をつくり、開発フェーズを進めながら改定して確定させ、順に検証してゆくという手順です。

- ▶ [Mission Definition Review]
実現したいミッションを決定
- ▶ [System Requirements Review]
候補となるシステム技術・要素技術の選定
- ▶ [Research & Development]
選定した候補技術の試作試験 & 模擬実験
- ▶ [Preliminary / Critical Design Review]
基本/詳細設計と安全性設計、仕様の確定
- ▶ [Post Qualification Review & Safety Review]
フライト品の製作・試験 & 認定、安全審査
- ▶ [Flight Readiness Review]
射場・運用準備作業を経て、打上前審査
- ▶ [Launch & Operation]
打上管制、運用管制

■宇宙開発の実施手法

4. 宇宙技術の特徴

宇宙開発で使われる技術は、現代の飛行機や先進自動車などの高度工学製品と共通しており、「シンプル性」「高信頼性」「ロバスト性」「検証性」「レジリエンス性」などがその特徴といえます。



■写真1 宇宙ステーション ((c)JAXA)

「シンプル性」については、期待される要求性能を実現するために、許された重量とサイズでシンプルな方式のシステムを設計することがベストです。どんなに大規模なシステムであっても複雑さが増大してしまわないように構成することが肝要です。具体的には、要求機能を丁寧に分析した上で、全体システムを総合的に設計してゆくこと、高集積LSIや開発環境が整ったOSを採用し、見通しの良い開発を実現することです。

「高信頼性」としては、修理なしに長期間機能させるため、故障耐性を高めることが重要です。そのためには、高信頼性部品の採用と冗長系の採用が必要です。高信頼性部品は、設計余裕・安定した製造工程・丁寧な出荷前検査により実現されます。その分、高価ですが、経験上、高信頼性部品は本当に故障しにくいものです。また、冗長とは故障発生時に対応できる予備装置をもたせるもので、同じ装置を複数用意する『多重冗長』と同じ機能を異なった装置で実現する『方式冗長』があります。

「ロバスト性」は、外乱耐性を持たせることです。制御システムの外乱耐性だけでなく、ブロック実装による電磁干渉性の低減化や計算機に十分な余裕能力を持たせることで、実際の使用時に起こりうる不具合や想定を超える負荷に備えます。

「検証性」は、打上前の事前検証をどの程度実際に近い状況で実施できるかを眼目としたもので、地上にある間に十分検証できる設計を採用することが重要です。現在、レジリアンス性向上のための明確な設計指針はありませんが、上記の事項を組み合わせて高めてゆこうとしています。

有人システムでのNASA安全要求は『2故障許容』つまり『Hardware故障・Software故障およびOperationミスのいずれかが2つ連続して起きても、破局的事態にならないこと』とされています。

イベント直前に健全性を確認できない予備系は、予備系として扱いません。一時的な強い放射線によって複数のソフトウェア処理が停止しても、共通要因故障とし「1故障」として扱います。安全管理を計算機システムで行う場合には、OSの単一性や処理の安定性が議論の焦点になることがあります。

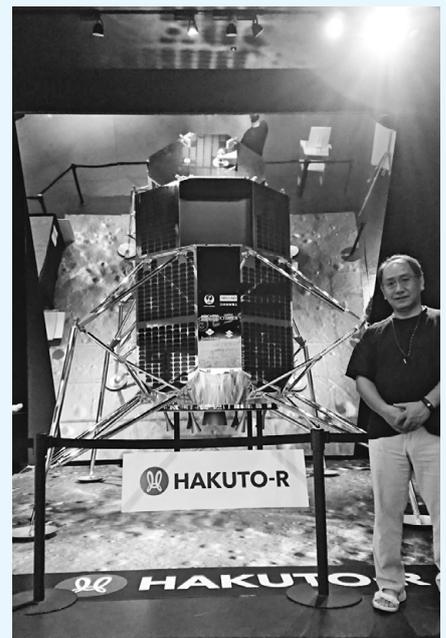
5. 宇宙開発のこれから

次期宇宙探査は、50年前の米ソ月面探査競争のように、中国・インド・イスラエルなどが参入し、国威発揚というスキームで展開されています。

その一方、“ロケットの回収・再使用技術”を確立しつつある米国SpaceX社のように、民間事業者が新しい技術開発を行って政府からの大規模な事業を受注し、更に大きな宇宙開発に結び付けようとする企ても現実に進んでいます。

我が国でも東北大学発のベンチャー企業iSpace社が月面探査への事業を展開しています。更に、『貴重な資源である静止軌道の高度な利用』や『多数の小型衛星群による衛星通信ネットワークや地球観測』なども、民間事業者が先導してゆこうとしています。

我が国は、これまで培ってきた宇宙技術と多くの潜在的な固有技術を生かし、宇宙探査の新しい時代に益々貢献してゆくことが期待されています。



■写真2 iSpace社 (日) 月着陸船 (2021, 22年飛行予定) (展示会にて筆者撮影)