

宇宙開発からの教訓

日本の宇宙開発が、ペンシルロケットの発射実験からスタートし、半世紀以上経過した現在、日本は、世界の五大宇宙先進国の一つにまで成長した。

最近の宇宙開発は、2面性を持っている。一つは、宇宙空間を活用して豊かな人間社会の実現に貢献すること（宇宙利用）であり、もう一つは、宇宙の謎を解明することにより、人類の英知を深めようとする（宇宙科学）である。

宇宙利用では、第1段階として通信・放送衛星、気象衛星、測位衛星などが実用化され、社会のインフラとして役立っている。第2段階として、災害対策や環境問題に対応すべく地球観測衛星が打ち上げられて、現在実証実験中である。さらに今後は、農業、森林業、漁業、遠隔医療等に役立つ衛星の開発を目指している。一方、1998年から建設が始まり2011年に完成した国際宇宙ステーション（ISS）では、微小重力場であることを利用して、生命科学や物質科学などの基礎研究とともに高性能な蛋白質結晶生成による新薬の研究や、高齢化対策の研究などが行われている。

宇宙科学では、可視光線、赤外線、X線、電波などによる観測が進展し、100億光年先までの観測ができるようになってきた。また、探査機により、月、火星、金星、水星、小惑星などの探査が進んでいる。近い将来には有人による月、火星探査も視野に入っている。しかし、深遠な宇宙の謎を解明できるところまでは至っていない。

もともと人類のフロンティア精神により、未知への挑戦で始まった宇宙開発は、未知であるがゆえに大変な苦勞を伴うものであった。

第1に、宇宙は地上とは大いに異なる環境である。真空、微小重力で、温度差は100度Cから-150度C、宇宙線が強いなど。第2に、宇宙では高い信頼性が求められる。無人のロケットや人工衛星は修理が不可能であり、部品個々の信頼性を高めるとともに、冗長性を担保されなければならない。第3に、宇宙に物資を運ぶためには、重力に対抗する推力を必要とする。現在、荷物搭載率（ペイロード率）はわずか数%である。第4に、遠距離からの観測になるため、高い分解能が求められる。第5に、一度衛星になったものは、なかなか落下しないので寿命後は宇宙ゴミ（デブリ）になる。秒速8 Km程度で飛行しているので、衝突すると破壊力は大変大きい。

これらの結果、ロケットや人工衛星は、部品総数30万点以上からなる、巨大、複雑なシステムになる。そのため空気力学、熱・構造力学、部品・材料工学、電子・電気工学、情報工学、誘導制御工学など幅広い工学が必要である。ま

た、有人探査を想定すると、生命科学、生物医学、心理学等も必要になる。

個々の技術開発もさることながら、最も重要なことは、システム総合力であろう。宇宙で使用可能で信頼性の高い部品を開発することが基本であるが、それらを組み合わせた総合システムの信頼性を確保しなければならない。二重冗長では不十分かもしれない。その場合には三重、四重の冗長を検討する。しかも違う方法も考える。これらを制御するのはソフトウェアである。自動制御できるように作りこむのは当然であるが、後刻、地上からの制御で修正できるようにする。「はやぶさ」の地球帰還に当たっては、これらが功を奏したことは記憶に新しい。

あらゆる可能性を想定し、総合システム試験を行うのも重要である。エンジニアリングモデルで実態に合わせた振動試験、音響試験、温度試験等を行い、機能を確認したうえで製造に入り、フライトモデルで再度同じ試験を行う。それでも宇宙に行ってから時々故障になる。この故障原因究明がまた大変である。少ない情報をもとに何が起こったかを推定しなければならない。そして、その知見を次のプロジェクトに反映しなければならない。

現在、宇宙開発では、個々の技術の専門家の養成に加えて、総合システムエンジニア、プロジェクトマネージャー、安全・信頼性評価エンジニアの育成が肝要と考えられている。個々の技術に造詣が深いだけでは、宇宙システムは成り立たない。幅広い知識と経験に基づき、洞察力のあるエンジニアが求められる。

情報通信の分野は、ここ半世紀の間に急速に発展してきた。デジタル化、光化、半導体技術の進歩、コンピュータの進歩などにより、伝送容量、処理能力、記憶容量が飛躍的に進歩した。そして今では、社会のインフラとしてなくてはならないものになっている。したがって災害時、緊急時、異常時であってもダウンは許されない。機器や個別システムの信頼性向上、冗長設計は当然のことであるが、トータルシステムとしての高い信頼性が求められる。ネットワークの多重構成、電源系統の多重化、コンピュータシステムのバックアップ体制、外部からの攻撃に対するセキュリティ対策などである。情報通信も、巨大な複雑系システムである。これからのトータルシステムを考えるエンジニアの養成が肝要と思われる。



宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
理事長 立川 敬二氏