

宇宙開発の現状と将来動向

井口 雅一

日本の宇宙開発は、数年前のロケット打ち上げ連続失敗から、立ち直りつつある。すでに宇宙からの情報は、気象情報など知らず知らずのうちに社会に溶け込んでいる。これからは安全保障のための情報収集から、災害対策、地球環境対策のための地球観測、測位など、社会の基盤となる情報や、国の政策決定に重要な情報を提供することになる。一般の人が宇宙旅行をするまでにはまだ時間が掛かる。その間に基礎技術を開発し、欧米に比べて少ない予算を効率的に活用し、世界に遅れることなく、自律的な宇宙活動を確保し発展させたい。

キーワード：宇宙開発、ロケット、人工衛星、衛星通信、衛星放送、地球観測、測位、国際宇宙ステーション

1. 社会に溶け込んだ宇宙情報

1957年ソ連が世界で初めて人工衛星を打ち上げてから約半世紀、宇宙からの情報はいろいろな面で社会生活に溶け込んでいる。テレビの天気予報では気象衛星「ひまわり」の画像が雲の動きを早送りで見せてくれ、気象予報の妥当性を実感させてくれる。

現在の「ひまわり」(GMS5号)は1995年に打ち上げられた。1999年に後継機の打ち上げに失敗したため、設計寿命の5年を過ぎたのに働かされている(図-1)。ひまわりの機能が低下した場合の対策は講じられているし、第二の後継機の打ち上げも2003年に予定されているから心配は少ないにしても、もし、気象衛星が使えなくなると天気予報はもとより台風の進路予測の精度が落ち、日本ばかりかアジア諸国に大損害をもたらす可能性がある。そのくらい気象衛星は社会の重要な役割を

担っている。日本の衛星TVを外国でも見るができるのは放送衛星のお陰である。宇宙に浮かぶ青い地球はインターネットで探せば衛星画像でいつでも見られるし、米国のハッブル宇宙望遠鏡は深宇宙の神秘的な画像を見せてくれる。

自動車に搭載されているカーナビゲーションは、昔は道路上を走っていても道無き道を走っていることを表示するような低い精度だったが、衛星を使ったDGPS(誤差修正型の全地球測位システム)を利用するようになって誤差は無視できるようになり、爆発的に普及した。

宇宙旅行は宇宙飛行士にならなければできなかったが、一般人でもお金さえ出せば不可能ではなくなった。もっとも、ある程度の体力があって約一週間の旅行で二十数億円の旅費が掛かるようでは、誰でもと言うわけにはいかないが。

2. 日本の宇宙開発の歴史

日本のロケット開発が1955年に東京大学生産技術研究所で、糸川教授を中心に実施されたペンシルロケットの実験から始まったことは良く知られている。このロケットの研究開発は現在宇宙科学研究所に引き継がれて、固体燃料ロケットM-V(ミュー5型)に発展し、宇宙科学の研究に活躍している。間もなく「MUSES-C」(ミューゼスC)計画と呼ばれる科学衛星がM-Vロケットで打ち上げられ、地球に接近する小惑星の表面から「かけら」を地球に持ち帰る技術を確認する。

日本の実用分野での宇宙開発は、主として宇宙開発事業団が実施している。宇宙開発事業団は1969年に設立され、ロケットと実用衛星の開発を推進してきた。当

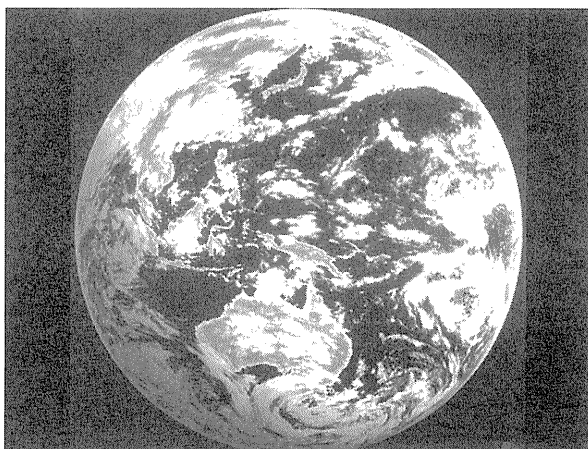


図-1 ひまわり画像(宇宙開発事業団提供)

初、自主開発をするという意見もあったが、最終的には米国から技術導入する事に決まった。その結果、少ない資源と短い年月で効率よく技術を習得することができた。

1990年代には自主技術により大型ロケット H-II を完成させた。しかし円高にも見舞われてコストが高いものになってしまった。そこでコストを半減させた H-II A を開発した。2002年9月末現在、3機の H-II A ロケットの打ち上げに成功している。

実用衛星で一番良く知られているのが前述の気象衛星「ひまわり」で、5機まで打ち上げられ、5機目の設計寿命が過ぎているのに、老骨にむち打って働いている。

衛星放送と衛星通信は宇宙利用の中で一番早く実用化した分野である。衛星放送は多くの視聴者を獲得している。世界で起こる大事件の画像は即座に衛星通信を通して世界中を駆けめぐっている。

3. 日本の宇宙開発の現状

20世紀も終わろうとする1998年、1999年、2000年と足掛け3年間に3機続けてロケットの打ち上げに失敗した。最初の2機は宇宙開発事業団の H-II ロケットであり、3機目が宇宙科学研究所の M-V ロケットである。

それ以前の数年間、衛星系の故障がたびたび起こるようになっていたが、3機のロケット打ち上げ失敗で20世紀を締めくくることになってしまった。H-II ロケットの製造を止め、改良型ロケット H-II A を完成させて使うことに切り替えた。

宇宙開発事業団の理事長が交代し、開発責任体制を明確にすると共に、開発方針として高信頼性実現を第一に

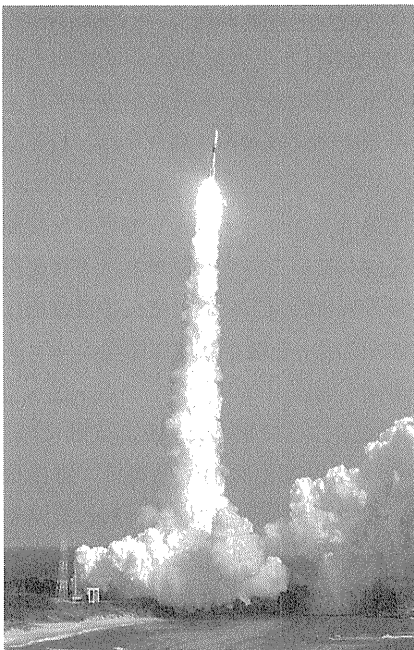


図-2 宇宙へ！
H-II A 3号機
の打ち上げ成功
(宇宙開発事業
団提供)

掲げた。約2年間、打ち上げ延期をしてロケットの信頼性改善に努めた後、2001年8月と2002年2月に H-II A の試験機の打ち上げに成功し、2002年の9月には本格的な実用ロケットとして3機目の打ち上げに成功した(図-2)。

ロケットにせよ衛星にせよ、宇宙製品は一発勝負で勝敗が決まる。地上のシステムであれば実用状態で試験をして、問題があれば手直しが利くが、ロケットも衛星も打ち上げてしまえば全く手直しが利かない。したがって高信頼性が要求される。そのために高価になる。だからあまり多くの地上テストができないという厳しい条件が課せられている。高信頼度製品を安く作り上げる生産技術を開発できれば、宇宙製品ばかりでなく日本の製造産業が再び世界を席卷できる。宇宙開発は宇宙という残されたフロンティアの開発だけでなく、そのような重要な役割を担っている。

失敗が続き、宇宙への輸送手段であるロケットの開発に手間取ったために、運ばれる衛星の開発にも遅れが生じ、国際競争力が十分とは言えない。日本の衛星運用事業者も海外から衛星を調達している。現在地球を回る運用中の衛星は世界で千個以上あると言われながら、国産衛星は残念ながら十指に満たない。

国際競争力はまず高信頼性が要求される。高信頼性は宇宙に打ち上げて実証する必要がある。ロケット技術が確実になれば衛星の宇宙実証の機会も増え、国産衛星の数も増えてくるであろう。

4. 日本の宇宙開発の特徴

日本の宇宙開発は平和利用に限られている。諸外国の宇宙開発は軍事と連携関係にあり、宇宙産業の多くを軍需が支えている。日本の宇宙機関の政府予算は3千億円に満たないが、米国は3兆円を超える。NASA 航空宇宙局と国防総省とがほぼ半々を占める。欧州の ESA 欧州宇宙機関関係の予算も日本の2倍以上となっている。宇宙関連の民需も入れた日本の宇宙産業規模は1兆円程度である。日本の現在の経済状態では、政府の宇宙開発関連予算が大幅に増えることは望めない。諸外国のように軍需が宇宙産業を下支えする事も望めないで、民需、官需などの分野での需要を増やしていかなければならない。

これまでの宇宙開発は技術開発中心で、成果の利用を拡大する努力は少なかった。ロケットは衛星の輸送手段だし、衛星は通信・放送・測位や、気象をはじめとする地球観測の手段である。最終成果は衛星が提供するサービスと宇宙から得られる情報である。これらを利用するいわゆる利用産業を開拓することがこれからの重要な課

題である。宇宙利用産業が衛星やロケットの需要を牽引する状況を早く実現したい。

5. 将来の輸送系（ロケット）

現在のロケットは使い切りである。輸送できる荷物はわずかで、打ち上げ時の重量の9割以上が燃料である。そのため極めて高価である。将来は再利用型になるといわれている。スペースシャトルは再利用しているが、今の形式では米国でも音を上げるほど高価である。

宇宙空間は真空で何もないので、燃料を燃焼させるには酸素あるいは酸化剤をロケットに搭載しておかなければならない。この重量が大きい。打ち上げの最初は大気中なので、そこに20%ほど含まれる酸素を酸化剤として使えば搭載しなくても済むので軽量化できる。航空機は翼によって空気揚力を利用するうえに、大気中の酸素を使うので軽い。

宇宙輸送系も大気中は航空機型で、宇宙ではロケット型にする研究が進んでいる。しかし、一つのエンジンで両方を兼ねさせるのは容易でない。開発には時間が掛かる。そこで途中段階として、航空機とロケット機との抱き合わせ型が考えられている。それでも実現するまでには十年は掛かる。それまでは現在の使い切り型のロケットが使われるので、H-IIAの次世代型が必要になってくる。現在検討中である。

6. 通信・放送・測位

通信衛星と放送衛星は研究開発目的と実用目的のために一番早く開発され、数多くの衛星が実用された。ところが1990年に「実用衛星については内外無差別の公開調達をする」という日米合意が取り決められ、その後は研究開発目的の開発しか行われていない。そのうえ、技術試験衛星3機に故障が起き、十分な技術開発が行われたとは言い難い。しかし、商業用通信衛星は民間企業により国際調達されて打ち上げられ、衛星通信サービスや家庭向けのCS放送、BS放送などが盛んに行われている。

2001年に政府のIT戦略本部が策定した「e-Japan重点計画」で、「世界最高水準の高度情報通信ネットワークを形成するために行う研究開発」の一環として、2005年までに超高速インターネット衛星（WINDSと呼ばれる）を打ち上げ、無線超高速大容量の通信技術を開発し宇宙実証を行う。実用化すれば地上系の光ファイバなどの通信網が届きにくい離島や山間部などの過疎地、島嶼地域などのデジタルデバイドを解消することができる。間もなく自動車などの移動体を対象とした衛星ディジタ

ル音声放送の民間サービスも始まる。自動車で長距離を走ると地域ごとに選局をやり直すという不便が解消する。

GPS（全地球測位システム）を使った測位も自動車のカーナビゲーションや携帯電話に組み込まれて普及してきている。これから研究開発が始まる準天頂衛星システムでは、GPSを補完することによって測位誤差をメートル単位まで少なくする計画である。また、衛星のひとつがいつも頭上近くにあるように運用されるので、ビル陰、山陰の影響が無くなり、自動車はいつでも画像を含む大容量の情報を衛星から受けることができる。

国土地理院の電子基準点近くでは、そこで受けたGPS信号を元に計算された補正情報を利用しながらGPSを使うと、測位誤差をセンチメートルまで少なくできるというサービスが今年度（2002年度）開始予定である。測量にも使えることになる。

110番などの緊急通報が固定電話から携帯電話に移行しつつある。現在110番の約半分が携帯電話経由と言われる。緊急対応には即座に場所の特定が必要である。携帯電話に測位機能を組み込んで、緊急通報に位置情報を含ませたい。米国では政府が携帯電話事業者に、携帯電話利用者の居場所を特定する機能を搭載するよう義務付けている。

7. 地球監視・観測

1998年、北朝鮮がテポドンミサイルを発射したのを契機に、国家安全保障のための情報収集を目的として、情報収集衛星を開発することになった。最初の衛星は今年打ち上げられる。この情報は大規模災害、事件、事故対応などの危機管理にも使われる。

気象観測衛星「ひまわり」の後継機である運輸多目的衛星MTSAT-1Rは今年打ち上げられる。ひまわり画像は日本ばかりでなくアジア諸国、オーストラリアでも利用されており、打ち上げ失敗が許されないほど重要な役割を担っている。

地球環境観測は国際協力プログラムとして日本は積極的に参加あるいは先導している。昨年開かれた「持続可能な開発に関する世界首脳会議」において、小泉首相は「地球観測・地球地図の活用を通じた地球環境のモニタリングの推進」を表明した。

1997年に日本が議長となって纏めた京都議定書では、第一約束期間（2008～2012年）に温室効果ガス排出量を1990年レベルの6%削減が義務付けられた。義務を果たしたかを的確に評価するには国別の温室効果ガス排出・吸収量を測定する必要がある。その計測技術を開発しなければならない。

2001年ヨハネスブルグ地球環境サミットなどで、自然資源としての真水の問題が浮上してきた。真水の恩恵を受けられない地域が現在でも少なくないし、気候変動が水循環を変えると新たな紛争の種にもなりかねない。

日本は国際協力、分担を考えながら、緊急性、必要性の高い地球温暖化問題に焦点を当て、温室効果ガスと水循環、それに気候変動の高頻度で継続的な観測システムを構築する。昨年は高性能マイクロ波放射計（AMSR-E）、環境観測技術衛星（ADEOS-II）を打ち上げたし、今後、陸域観測技術衛星（ALOS）、地球環境変動観測ミッション（GCOM）、全地球降水観測ミッション（GPM）などの開発打ち上げが計画されている。

地球環境の観測情報から直接我々個人が恩恵を受けるまでには時間が掛かるが、国の外交・内政上の政策決定に重要な情報を提供しつつある。

8. 有人宇宙開発

日本の有人宇宙開発は国際宇宙ステーション計画に参加する事によって行われている。1998年から構成モジュールを宇宙に打ち上げて組立が始まった。15カ国が参加している国際プロジェクトで、日本は米国に次ぐ2番目の大口参加者である。8人の宇宙飛行士（図-3）がいて、すでに4人は宇宙飛行の業務を行っている。



図-3 日本が誇る8名の宇宙飛行士（宇宙開発事業団提供）

莫大な旅費さえ出せば宇宙旅行も夢ではなくなったとはいっても、一般の日本人に手が届く値段に下がるまでには何十年かは掛かるうえ、予算上の厳しさもあって日本は独自の有人宇宙開発にはまだ手を着けていない。中国が有人宇宙船を近々打ち上げるといった情報もあり、打ち上げに成功すると日本の世論も変わるかも知れない。

ロケットも人を乗せて打ち上げるとなると、超高信頼性が要求される。現在の最も信頼性の高い無人ロケットである欧州のアリアン4でも成功率は97%台で、それ

でも乗りたいという人はいるだろうか。宇宙飛行士を乗せる米国のスペースシャトルの信頼度が99.8%程度と言われているが、それでも旅客機の信頼度（99.999%レベル）よりずっと低い。日本も将来有人宇宙開発に乗り出すのであれば、今から有人を考慮した超高信頼度設計のロケット開発を考えるべきであるとの意見がある。無人ロケットの信頼性も、有人宇宙技術があればもっと高められるという考えもある。

9. 宇宙環境利用

長期間の無重力、真空という宇宙環境の利用はこれまで主としてスペースシャトルを使ったスペースラブで行われた。毛利宇宙飛行士と向井宇宙飛行士が搭乗科学技術者として宇宙で行った実験は広く報道された。今後は国際宇宙ステーション（グラビヤ）を使って行われる。

国際宇宙ステーションには日本の実験棟「きぼう」がドッキングする予定である。「きぼう」は直径4.2メートル、長さ11.2メートルの与圧された船内実験室と、船外に暴露実験プラットフォームが付くという大きな構造物となっている。すでに出来あがり、機能確認試験が行われている。数年後に3回に分けて打ち上げられる。

船内実験室では微小重力・基礎物理学実験、ライフサイエンス・宇宙医学実験、科学・地球観測、通信実験などが行われる。そのほか、教育活動、エンターテインメント、文化活動なども計画されている。

10. おわりに

紙数の制限のためにここでは科学衛星や資源探査衛星、技術試験・工業実験をする衛星などには触れなかった。日本は宇宙科学の分野、とくにX線天文学などの分野で世界的な成果を上げてきている。

デフレ、構造改革、北朝鮮問題など大きな経済社会国際問題の影で、世間の宇宙への関心は一時ほど高くはない。しかし、宇宙開発の成果は次第に社会に還元され、そこから得られる情報の重要性は着実に増している。20世紀が航空の世紀であったと言えるならば、21世紀は宇宙の世紀になると思われる。

J C M A

【筆者紹介】

井口 雅一（いぐち まさかず）
文部科学省宇宙科学委員会
委員長
東京大学名誉教授

