

## 探査機・人工衛星・ロケットの飛ばし方の極意

京都大学が東京・品川の「京都大学東京オフィス」で開く連続講演会「東京で学ぶ 京大の知」のシリーズ 13「宇宙に新たな知を求めて」。2013 年 12 月 4 日の第 2 回講演では、生存圏研究所の山川宏教授が「探査機・人工衛星・ロケットの飛ばし方の極意」と題して、それら飛行物体の設計方法、最新の飛行計画について語った。

### ●宇宙開発における偉大なる人物たち



「気球を用いた科学観測や宇宙工学実験、飛行機による無重力実験など、さまざまな経験をしてきました」と、当時の写真とともに紹介する山川教授

「まずは、私の専門と関係する学問分野における先駆者たちを紹介しましょう」

人工衛星やロケットの開発、飛行計画などを専門とする生存圏研究所の山川宏教授は、歴史上の人物の紹介から始めた。

地動説を発表したニコラス・コペルニクス、惑星の動きを観測して膨大なデータを蓄積したティコ・ブラーエ。そのデータを整理し、規則性を発見したヨハネス・ケプラー、規則性をさらに整理して、シンプルな式で表現したアイザック・ニュートン。4 人とも誰もが知る偉大な天文学者だ。

20 世紀になると、天体力学を応用すれば宇宙に行ける、と考える科学者たちが登場する。コン

スタンチン・チオルコフスキーは、燃料の燃焼によってガスを後方に噴出し、その反動で前進するというロケットの原理を提案した人物である。ヘルマン・オーベルトは、宇宙への飛行の可能性を示唆し、セルゲイ・コロリョフはロシアのロケット開発を主導。ロバート・ゴダードは、米国の農場で液体ロケットを飛翔して見せた。最終的に、大型ロケットを開発したのがフォン・ブラウンで、アポロ計画を実現に導いた。

「続いて、宇宙開発を牽引した日本人を紹介します。世界の歴史上の人物と同じくらい、創造性に満ちあふれた日本人がいることを知っていただきたいと思います」

糸川英夫博士は、日本のロケットそして宇宙開発そのものを創始した人。第二次世界大戦中は戦闘機はやぶさの開発に携わり、戦後 7 年間は航空機の開発を禁じられた時代に、ロケットの開発を行い、飛翔実験を成功させている。秋葉鐮二郎博士は固体ロケットの基礎を、坂田俊文博士は地球観測システムの礎を構築した。五代富文博士は液体ロケットを牽引し、松尾弘毅博士は世界最大の固体ロケットシステムを完成させた。そして、上杉邦憲博士は、月や惑星探査のパイオニアである。

「糸川博士以外は現在も活躍中です。私の恩師は松尾先生ですが、上杉先生にもご指導をいただいています」

## ●携わってきた飛行計画

山川教授が宇宙を目指すきっかけとなったのは、中学生の時、米国の探査機・Voyager が撮影した木星や土星の写真を見たこと。その時、星ではなく、宇宙まで行って星の写真を撮った「乗り物」のほうに興味を持ったという。以来、ロケットや人工衛星を作るといふ夢を着実に形にしてきた山川教授。大学院生時代からすでに、いくつかの人工衛星計画に参加している。

まず、1990 年に打ち上げられた日本初の月探査機・工学実験衛星「ひてん」の飛行計画に参加。「松尾先生の研究室に配属された初日に呼び出され、“今度ひてんという衛星を打ち上げるから、軌道を考えてくれ”と。訳も分からず“はい”と答えましたが、それがその後の人生を決定づけることになりました」

さらに、少し大型の、地球周辺の宇宙環境を探査する GEOTAIL 探査機の飛行計画にも携わった。GEOTAIL 衛星は、月の重力を利用して衛星の速度を変更することで軌道を変更させ、地球を旋回する楕円軌道の軸が常に太陽と反対側になるようにしている。

「なぜこんなことをするというと、太陽と反対側に広がる地球磁気圏を観測したい、という科学者の要望に応えるためです。実現する方法を検討し、何とか形にしていくのが我々技術者です」

また、飛行計画で重要となる軌道については、博士論文のテーマにもなった、月や太陽の重力を利用した軌道の設計手法を発見。アポロ計画のように直接、地球からまっすぐ月に向かうよりも飛行時間は長くなるが、速度調整量を減らせるため燃料を節約することができる。この軌道は、現在、さまざまな飛行計画に利用されている。

山川教授は大学院卒業後もさまざまなプロジェクトに携わり、これまでに 10 機の人工衛星・惑星探査機の飛行計画立案と開発に従事してきた。

## ●多様な仕事を経験

「いろいろと充実した仕事をしてきましたが、もちろん苦しい経験もあります」

最初は1995年、人工衛星の打ち上げ失敗だ。ロシアとドイツが共同製造した人工衛星を、日本製のロケットで打ち上げる計画だったがロケット打ち上げが失敗。山川教授はドイツに派遣されており、失敗の経緯などを総勢100人の前で説明しなければならなかった。

しかし、そんな中でも2つだけ良いことがあったのだという。

まず1つは、11カ月後にアフリカの砂漠の真ん中でカプセルが発見され、衛星の重要な部分が機能していることが確認できたこと。もう1つは、ミッション失敗後、ヨーロッパ中を巡って水星探査計画を提案して回った活動が、実を結んだこと。日欧共同プロジェクトが始動、20年かけて計画を進め、2016年には探査機の打ち上げが決定している。

「宇宙関係の仕事は、計画立案から予算獲得、開発、打ち上げ、運用して、成果が出るまで20年ほどかかります。そのため人生で2回も経験できればいいと言われますが、私は同時並行でいくつもの仕事に携わってきて、さまざまな経験することができました」

一方で、ここ数年はマネジメントや予算管理などの仕事も増え、その関係で政府の委員会などにも出席するようになったという。特に多忙だったのは、2010～2012年、内閣官房宇宙開発戦略本部事務局長に任じられた時。各省庁間の調整役として、内閣府宇宙戦略室の設置と日本版GPS衛星・準天頂衛星事業の推進を手がけた。

## ●ロケットはどこから打ち上げる？

1957年、ソ連が世界初の人工衛星を打ち上げた。その後米国、フランス、日本、中国、イギリスと続く。ロケットを保有するのは日本を含め10カ国程度だが、人工衛星を保有するのは50カ国以上にも及ぶ。購入する国も多く、今や人工衛星を保有することは珍しくない時代である。

「イギリスは当初オーストラリアから打ち上げていましたが、日本では鹿児島から打ち上げています。それはなぜでしょうか」

効率的に飛翔させてロケットの燃料を節約するには、地球の自転スピードを活用して、赤道付近から東向きに打ち上げる方法がベスト。なおかつ、東向きに海が開けているのが理想的ということで、日本では鹿児島となった。ちなみに、1970年、沖縄はまだ返還され

ていなかったという事情もあったと考えられる。

「実は、1950年代、日本は秋田県で日本海に向けて打ち上げ実験をしていました。でも、次第にロケットの飛行距離が伸びたため、鹿児島県で打ち上げることになったのです」

## ●ロケットは風が命

ロケット飛行計画において、最も頭を悩ませるのが風だという。飛翔の際に横風を受け、ひっくり返る原因ともなる。しかし、風があるから飛ばせないのではなく、風速、風向に沿って飛ばせれば、無駄な力がかかることなくロケットは安定する。重要なのは予想と、実際の風の影響とのずれを最小にすること。そのために技術者は知恵を絞る。最新の情報を収集し、地上だけでなく高さ 40 km 程度付近の風を予測、現場でも風を測定しながら、飛行計画を直前に最適化するのである。

「イプシロンの打ち上げの際も現場にいました」と山川教授。打ち上げの GO/NO GO を判断する技術アドバイザーとして、7年ぶりに現場に戻っていたという。

「どんなロケットの打ち上げでも、ぎりぎりまで判断に苦しむところ。この時も風は強かったのですが、間際まで風を読み、ようやく GO の判断をすることができました」

## ●ロケットのさまざまな挑戦

山川教授は、ユニークなロケットへの挑戦も行っている。一例が、再使用型ロケットだ。通常、ロケットは燃料タンクを切り離すため 1 度使えばそれきりだが、燃料を入れて再使用できるものを目指している。形状はおむすび型、足まで付いていて垂直に離着陸する。

世界では、未来のロケットを開発しようという動きもある。サブオービタルフライト（弾道飛行）は、地球を周回するのではなく、弧の弾道を描いて地表に到達する飛行形態で、宇宙旅行への応用が計画されている。このほか、飛行機にロケットを吊り下げて行う空中発射、宇宙船発着基地・宇宙港などの開発が進んでいる。

## ●小惑星の地球接近をいかに回避するか？

小惑星が地球に衝突したことが恐竜絶滅の原因とされるが、歴史上、隕石落下は数知れない。天文学者によると数十 m 規模の隕石落下は、100 年に 1 度程度の頻度と言われるが、実際にロシアでは 1908 年に直径 100m、2013 年には直径 20m の隕石が落下している。

「こうした小惑星の接近が事前に分かった時、我々はどうすればいいのか？ 国連を主

体に、さまざまな対策が練られています」

よく知られるのは、探査機をぶつけて小惑星の軌道を変えるという方法だが、重力や電気を利用する方法などを研究する人もいる。

「最後に、宇宙開発に伴う問題を紹介します」

それは宇宙ごみである。これまでに打ち上げた人工衛星などの人工物体が軌道上に存在しており、運用中の人工衛星や宇宙ステーションに衝突する危険性がある。「宇宙ごみ低減に向けても、各国の研究者が研究を行っています」

“飛ばし方”だけでなく宇宙開発における使命や課題にまで触れ、山川教授は講演を終了した。



講演終了後「水星探査が難しい理由」、「マグネットセイルの開発状況」、「Voyager 打ち上げ時の秘話」など、参加者から幅広い質問が相次いだ