

誰かに教えたくなる 科学技術の話 29

日常生活に浸透してきた
「人工衛星」



東京大学名誉教授 月尾 嘉男

ソビエトが先行した衛星競争

一九五七年十月四日にソビエトは「スプートニク1号」という人工衛星の打上げに成功したと発表した。直径五十八センチメートルのアルミニウムで製造した球形の本体に二・四メートルの四本のアンテナが装備された重量八三・六キログラムの物体である(図1)。当時、ソビエトとアメリカという二大大国は冷戦の最中であり、この出遅れはアメリカにとって衝撃であった。

面目喪失のアメリカは重量一・三六キ

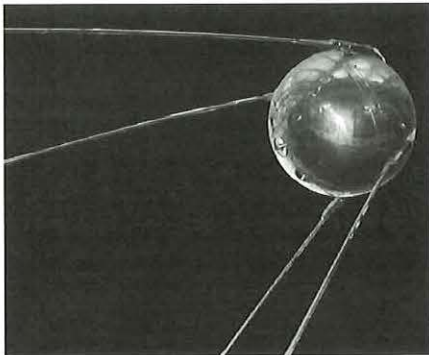


図1 スプートニク1号 (1957)

ログラムの試験衛星を海軍が開発していたヴァンガードロケットを使用し、二カ月遅れの十二月六日に打上げたが、発射から二秒で爆発してしまい、さらに威信を喪失する事態となった。アメリカが成功したのは翌年一月三十一日に陸軍主導で開発してきたジュノー1型ロケットが打上げた約一四キログラムの「エクスプローラー1号」であった。

このような時代を明確に見通したのはロシア帝国時代の一八五七年に誕生した物理学者K・ツイオルコフスキーで、一九〇三年に発表した論文により、人工衛星、多段ロケット、宇宙旅行などを予言し、現在のロケット工学の基礎を構築している。ソビエトが一九五七年に人工衛星を打上げたのは、ツイオルコフスキーの生誕一〇〇年を記念したもので、その意味でもソビエトの勝利であった。

一方、この敗北はアメリカに恐怖をもたらした。ソビエトが原子爆弾を搭載した爆撃機でアメリカを攻撃してくる場合の対策は準備していたが、約九十六分で地球を一周する人工衛星による攻撃には対処できなかったからである。その恐怖を映画にしたのがS・キューブリック監督の『博士の異常な愛情』(一九六四)

であり、人間が間違った判断をすれば地球が滅亡する恐怖を表現した名作である。

多数の国々が参加する競争

最初に人工衛星の原理を説明しておきたい。大砲から弾丸を発射すると、やがて地上に落下するが、高速なほど弾丸は遠方まで到着する。ところが秒速七・九キロメートル以上になると地上に落下せず、地球を周回するようになる。これが人工衛星で、この速度を**第一宇宙速度**という。しかし秒速一・二キロメートルという**第二宇宙速度**以上になると物体は

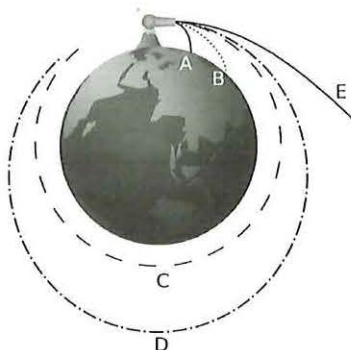


図2 第一宇宙速度 (C) と第二宇宙速度 (E)

地球から脱出してしまふ(図2)。

冷戦時代のアメリカとソビエトの競争から人工衛星は登場したが、以後、世界の大国は次々と人工衛星を打上げるようになる。現在、自国で打上げ能力のある国家は九カ国と欧州宇宙機関(ESA)だけであるが、それらの国家や最近登場したスペースXやベクター・スペース・システムズなどの民間企業に打上げを委託して自国の人工衛星を保有する国家は六十カ国に接近している。

これまで打上げられた人工衛星は累計約七千六百機であるが、次第に高度が低下して大気圏内で焼滅したものも多数存在し、現在も残存しているものが約四千四百機、利用されているものが約三千三百機になっている。それらはテレビジョン番組の放送や天気予報など平和目的だけではなく、敵国の上空からの偵察や攻撃など軍事目的にも利用されている。以下に主要な衛星を紹介していきたい。

通信や観測に利用される静止衛星

人工衛星は様々な目的に利用されているが、初期の重要な利用目的は通信であった。赤道上空三万六〇〇〇キロメートルを秒速三・一キロメートルで周回する

と地球を一周するのに二十三時間五十六分が必要のため、地上から観測すると一点に静止しているような状態になる。この静止衛星に地上から信号を送信し、衛星で中継して返信すると、地上の二点で自由に通信が可能になる。

イギリスの空想科学小説作家として有名なA・クラークが一九四五年に「**地球外中継器**」と名付け、三機の衛星で地球全体に通信ができる原理を提案しているが、アメリカは一九六三年に打上げた「**シンコム2号**」(図3)で音声や映像の送信を実現し、翌年に日付変更線上に打

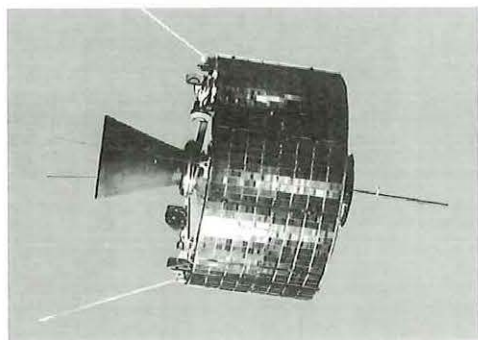


図3 シンコム2号 (1963)

上げられた「シンコム3号」では東京オリンピック大会の映像を日本からアメリカに伝送すること利用された。

この衛星技術は世界各国が利用しているが、日本では一九七八年の実験衛星「ゆり1号」を皮切りにBS放送とCS放送といわれるテレビジョン放送に利用されている。BSは放送衛星、CSは通信衛星の略称であるが、基本技術に差異はなく、現在、東経一一〇度付近の赤道上空に六機のBS衛星、東経一二四度と一二八度にそれぞれ一機のCS衛星が存在し日本全体に放送電波を送信している。

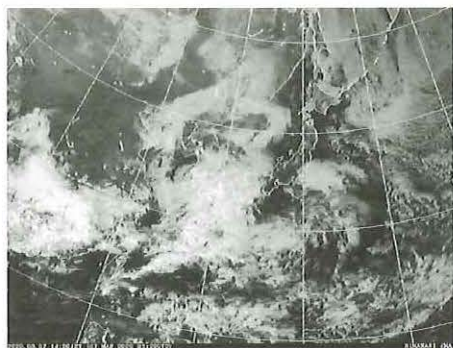


図4 ひまわり8号の画像

それ以外に恩恵をもたらしている静止衛星は毎日のように気象予報の時間に撮影した画像を提供している気象衛星「ひまわり」である。東京の経度とほぼ同等の東経一四〇度の赤道の上空の静止軌道にあり、日本列島だけではなくアジアの東側半分の上空の様子を二分三十秒毎に撮影して地上に送信している(図4)。一九七七年に1号が打上げられ、現在は8号が運用されている。

大國が競争する衛星測位システム

上空三万六〇〇〇キロメートルの静止軌道より低空で二〇〇〇キロメートル以上の高度は中軌道と命名され、そこを利用している代表がアメリカ空軍の運用による「衛星測位システム(GPS)」である。これは高度二万二〇〇キロメートルに三十一機の人工衛星が打上げられ、それぞれ十二時間で地球を一周している。衛星は原子時計による正確な時刻と、飛行している位置の情報を発信している。

自動車や飛行機などは情報を受信して自分の位置を計算し、正確に地図に表示できるようになり、さらに現在ではスマートフォンでも自分の位置を地図に表示できる。このような重要な情報をアメリカ

カのシステムに依存しないために欧州連合は「ガリレオ」、中国は「北斗」、ロシアは「グロナス」を運用しており、日本もGPSを補完する「みちびき」を運用している。

人間が活動する人工衛星

地表から二〇〇〇キロメートル以下は低軌道と命名され、そこを利用している一例は「イリジウム衛星」である。地上から約七八〇キロメートルの高度に十六個の通信衛星を打上げ、小型端末で地球のどこからどこへでも通信ができるサービスである。筆者も世界の僻地を旅行するときに利用したが、上空が見渡せる場所であれば、どこでも電話ができる便利な通信手段である。

この高度になると人間が進出することも可能になり、地上から約四〇〇キロメートル上空にはアメリカ、ロシア、日本、カナダ、欧州宇宙機関が協力して一九九八年から二〇一一年までかけて組立てた「国際宇宙ステーション(ISS)」が実現している(図5)。人間の往復は当初はアメリカの「スペースシャトル」、現在はロシアの「ソユーズ」、物資は日本の「こうのとり」が輸送している。

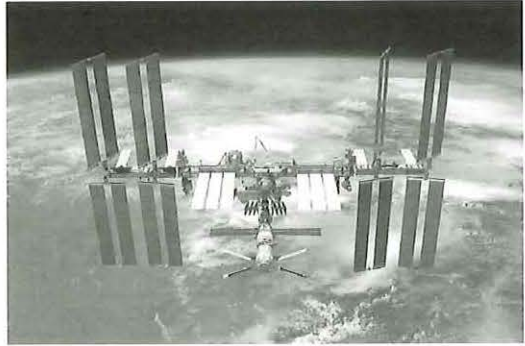


図5 国際宇宙ステーション (ISS)

中国は人工衛星をはじめとして宇宙開発には大幅に出遅れたが、現在では人工衛星の保有は世界三位の大国になっているし、宇宙ステーションも独自で二〇一一年に「天宮1号」を完成させ、翌年には地上の基地と天宮を人間が往復する「神舟9号」も三人の乗員が搭乗して成功させている。二〇一九年には世界で最初に月面の裏側に探査のための「嫦娥4号」を着陸させている。

軍事利用される人工衛星

ロケットや人工衛星が軍事技術を母体

として発展してきたように、世界各国が打上げている人工衛星の一割以上は軍事利用を目的としている。主要な分野の第一は地上の軍事施設などを撮影する**偵察衛星**である。各国とも精度は公表しないが、地表から数百キロメートル上空を飛翔する偵察衛星は地上の人間を識別できることは当然であるが、新聞の見出し程度は識別可能といわれている。

地表の撮影が目的ではなく、ミサイルの発射や飛行しているミサイルを探知するための**早期警戒衛星**、無線通信を上空から傍受する**情報偵察衛星**、飛翔している敵国の人工衛星を破壊する**衛星攻撃衛星**も存在している。実際に中国は二〇〇七年に高度八六〇キロメートルを飛翔していた耐用年数を超過した気象衛星を破壊することに成功している。

この実験は**宇宙ゴミ**(**スペースデブリ**)という厄介な問題を発生させている。耐用年数を超過した人工衛星や故障して修理不能な人工衛星は大気圏内に突入させて燃焼させ消滅させるが、そのまま周回している残骸や、宇宙作業のときに回収できなかった工具や部品などは秒速八キロメートル程度で周回している。ライフルの弾丸の速度が秒速一キロメートル

程度であるから大変な高速である。

その数量は運用終了の人工衛星が約二千六百機、十センチメートル以上のデブリが約二万個、一センチメートル以上が五十万個程度である(図6)。直径一センチメートルであっても、前述のように時速三万キロメートルで飛行しているから、きわめて危険であり、重大事故にはならなかったものの、これまで何度かの衝突事故が発生している。広大な宇宙でも交通事故は発生するのである。

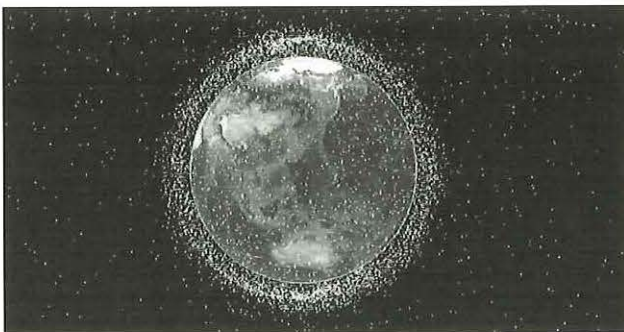


図6 スペースデブリの分布