

2015年7月26日 バンドー神戸青少年科学館における講演（パワーポイント参照）

## 世界の宇宙開発

### p 1 タイトル

こんにちは、ジャクサの辻野照久です。

世界の宇宙開発について、世界各国が発行した切手を通じて、これまでのあゆみを見てみたいと思います。切手というのは「紙の宝石」とも、「紙の外交官」ともいわれ、ありふれているようですが世界中でたくさんの種類が発行されていて、宇宙切手の場合は実際に見ることができない宇宙の出来事をそばで見ているような、自分が宇宙にいるような気分になさしてくれます。テンポよくお話していきますから、みなさん寝ないで聞いてくださいね。

### p 2 宇宙の姿を観測する

世界の宇宙開発の話をする前に、宇宙とはどんなところか、切手で見てみましょう。

銀河、星雲、星座、太陽系、地球と月とありますが、太陽系は銀河の中のほんの1つの点です。太陽系の中でも地球は左から3番目の星で、金星や火星より少し大きいですが、木星と土星に比べるととても小さいですね。

観測する方法としては天体望遠鏡が400年くらい前に制作されました。最近では人工衛星で赤外線とかX線とかいろいろな光を観測できるようになりました。

### p 3 ハレー彗星の観測

ハレー彗星は遠い昔から関心を持たれています。イギリスの天文学者ハレーは過去の記録からこの巨大な彗星が76年周期で地球に接近することを発見しました。昔は目で見ることができなかったわけですが、1910年の接近時には写真撮影ができ、1986年の接近時には5機の探査機が近づいて観測しています。これ（右下）は日本の探査機です。

### p 4 天文学者と宇宙技術者

ポーランドの科学者コペルニクスは地球は太陽の周りを回っているという地動説を唱えて、太陽が地球の周りを回っているという天動説の人たちと対立し、迫害されました。

土星に輪があることを発見したのはイタリアの科学者ガリレオです。400年前に自分で天体望遠鏡を作って、それで発見できたのです。

オーストリアの天文学者ケプラーは楕円軌道に関する法則を発見しました。

ロシアの科学者ツィオルコフスキーはロケットの速度に関する公式や回転する円盤型の宇宙ステーションなどを考えました。

アメリカのロケット技術者ゴダードは液体エンジンを開発し、失敗を重ねましたがのち

に打上げロケットに使われるようになりました。

フランスのマリ共和国に生まれたディアラは NASA の技術者になり、火星探査機の開発を行いました。その後故郷のマリに帰って、大統領代行になりましたが、内乱のために拘束され、職を辞して解放されました。

#### p 5 1957年 国際地球観測年と世界初の人工衛星

1957年は国際地球観測年で、南極の観測や地球の周囲の観測などを世界各国が行いました。その時競争していたのが人工衛星の軌道投入です。ソ連が世界初の人工衛星打上げに成功しました。スプートニク1号という名前です。スプートニクとは、ロシア語で「衛星」という意味です。

#### p 6 アメリカとソ連の宇宙競争

ソ連が真っ先に衛星を打ち上げて一番ショックを受けたのがアメリカです。少し遅れましたが、1958年にはアメリカも最初の衛星、エクスプローラ1号を打ち上げました。ソ連は1959年にルナ1号を月に向けて打ち上げました。アメリカの月探査機がはじめて成功したのは1964年ですが、ソ連はずいぶん早いうちに月に衛星を打ち込むことができました。

#### p 7 打上げロケットの開発

今から、衛星を打ち上げるためのロケットの話をしていきます。

まず、近代ロケットの元祖といわれるのは、第2次世界大戦のときにドイツでフォン・ブラウンらが開発したV-2号というロケットです。このドイツ帝国の切手にあるように、敵国を爆撃するための手段として使われた不幸なロケットですが、戦後、アメリカもソ連も、このV-2号を基にして衛星打上げができるロケットの開発を競ったのです。日本のエヌワン(N-I)ロケットはアメリカから技術導入したものですし、日本でペンシルロケットから始まってミューファイブ(M-V)ロケットまでつながる固体ロケットも、もとはといえばV-2を真似しているのです。ですから、世界中のロケットは、いろいろ種類がありますが、V-2から生まれた兄弟だといわれています。

#### p 8 1961年 有人宇宙飛行もソ連が先

1961年はソ連もアメリカも有人宇宙飛行に初めて成功しました。ただ、ソ連のボストーク1号の方が早く打ち上げられ、しかも地球を1周以上飛行することに成功しました。アメリカはまたもショックを受けましたが、自分たちもマーキュリー計画でフリーダムセブンという宇宙船を打ち上げました。しかしこれは弾道飛行といって、1周しないうちに地上に戻ってしまいました。そのため人工衛星とは認められませんでした。1962年になって、初めて1周回以上の飛行に成功しました。

p 9 1965年 宇宙遊泳もソ連が先

ソ連は1965年にボスホート2号で初めて宇宙遊泳を行いました。アメリカもジェミニ4号で宇宙遊泳を行いましたが、これもソ連に先を越されました。

p 10 ソ連はソユーズ宇宙船を開発

1966年頃から、ソ連はソユーズロケットによるソユーズ宇宙船の打上げを行うようになりました。2機のソユーズ宇宙船を別々に打ち上げて、宇宙でドッキングして、宇宙飛行士が2つの宇宙船の間を行き来するというようなこともできるようになりました。

p 11 1966年 月着陸も月周回もソ連が先

1966年のことですが、ソ連はルナ9号で初めて月に軟着陸することに成功しました。その2か月後には、ルナ10号で月を周回することにも成功しました。アメリカはここでも後れを取り、ほんの数か月の差ですが、着陸も周回もソ連の次になってしまいました。

ここまで連戦連敗です。なお、47年も後の話になりますが、月に3番目に着陸できた国は、中国です。3番目に周回ができた国は1990年に日本、4番目はヨーロッパで、中国は2007年にようやく月周回ができましたが、着陸では日本やヨーロッパを一挙に追い抜きました。

p 12 1969年 有人月着陸はアメリカだけが達成

これまでなにかにつけて宇宙開発競争でソ連に負けてばかりのアメリカでしたが、1969年に大勝利を挙げます。それはアポロ11号で人類が月に着陸したという偉業です。

ソ連も必死で月に有人で着陸しようとしていましたが、失敗続きでした。アメリカが先に成功してしまったので、もう行く必要はなくなったと、月に行くことはあきらめました。

アメリカはアポロ17号まで、6回月に着陸し、12人の宇宙飛行士が月面を歩いています。特に最後のアポロ17号では、岩石の科学者が宇宙飛行士となり、興味深い石を探して地球に持ち帰りました。なお、この間にアポロ13号は重大な故障が発生して、月に降りられず、やっとの思いで地球に帰ってきました。

p 13 余ったアポロ司令船の活用

アポロ計画はまだまだ続くと思って司令船の製造を続けていましたが、17号で打ち切りになったため、4個余ってしまいました。この有効利用ということで、1973年に宇宙実験を行うためのスカイラブ計画を実行し、3個の司令船を使いました。

その後1975年にソ連と共同で、アポロソユーズ計画というプロジェクトを行い、この時のアポロ司令船はアポロ18号と呼ばれました。ソ連はソユーズ19号でした。

当時はアメリカとソ連が冷戦といって仲良くできなかった時代ですが、技術者同士で話し合っってこんな共同作業ができたことは、世界の平和のためにも大変意義のあることでし

た。

#### p 1 4 アメリカとソ連の惑星探査機

ソ連は火星探査機や金星探査機を 1960 年代初頭に打ち上げ、失敗続きではありましたが米国よりは先行していました。

米国も 1962 年に金星探査機マリナー2号を打ち上げ、1964年には火星探査機マリナー4号を打ち上げました。その後木星探査機パイオニア10号(72年)、水星探査機マリナー10(73年)、火星探査機バイキング(75年)、太陽系外探査機ボイジャー(77年)、太陽探査機ユリシーズ(90年)、土星探査機カッシーニ(97年)などを次々に打ち上げて、特に、太陽から遠い外惑星の探査では圧倒的な技術力を発揮しています。最近では冥王星に接近して初めて詳しい地形を撮影背板ニューホライズンが大きな成果を上げて注目されています。

#### p 1 5 スペースシャトル

1970年代に太陽系探査で大きな成果を上げたアメリカは、次に有人宇宙飛行をもっと快適に、もっと安く、だれでも宇宙に行けるように、いつでも人工衛星を打ち上げられるように、という期待を膨らませてスペースシャトルを開発しました。スペースシャトルは1981年から運用が始まりました。宇宙で仕事をして地上に戻ってくる部分をオービタといいます。打ち上げの時には、オービタが抱きかかえている外部タンクの燃料を使って、オービタのメインエンジンを動かします。また打ち上げ能力を高めるため、固体ロケットブースター(SRB)が両側に2本付いています。打ち上げ後、まず燃焼が終わったSRBを分離します。この形はH-2Aロケットと同じです。この後外部タンクも切り離します。外部タンクは衛星になる速度に少し足りないくらいの速度で切り離されて、アフリカの西海岸の手前に落下します。

軌道上では衛星の放出、船外活動、宇宙実験などのミッションが行われます。

ミッションが全部済むと、元の基地に戻ってきます。エンジンは速度を落として大気圏に再突入するのに使い、グライダーのように無動力で降下してきて、車輪を出して滑走路に接地し、最後はパラシュートで減速します。

#### p 1 6 主なシャトルミッション

スペースシャトルの最後の数年はほとんど国際宇宙ステーションの建設に使われましたが、最初はスペースシャトルを使って衛星の打ち上げ費を安くしようとしてきました。また普通のロケットでは打ち上げられないような大型の天文衛星などを打ち上げることもできました。

主なミッションとしては、ハッブル望遠鏡、木星探査機ガリレオ、ガンマ線天文台CGRO、太陽探査機ユリシーズなどの大型衛星があり、また日本の毛利宇宙飛行士が搭乗して日本のための宇宙実験を行ったふわっと'92、ちょっと変わったところでは、打ち上げに失敗

した衛星を拾い上げて、新しいロケットを取り付けて再打上げするというミッションもありました。

#### p 1 7 打上げ失敗と空中分解事故

スペースシャトルは全部で 135 回打ち上げられましたが、その間に 2 回大きな事故がありました。

1986 年にはチャレンジャー号が打上げ 73 秒後に爆発して 7 人の宇宙飛行士が死亡。

2003 年には着陸を目前にしてコロンビア号がテキサス上空で空中分解し、7 人の宇宙飛行士が死亡しました。

#### p 1 8 ソ連の宇宙ステーション

アメリカがチャレンジャー事故で悲痛な空気に包まれていた時、ソ連では新型の宇宙ステーションの準備をしていました。それまではサリュートという大型の宇宙船を 7 回打ち上げていますが、どれも短命で、規模も大きくなりませんでした。

それに対し、1986 年に打ち上げられたミール宇宙ステーションには、10 年もかかって 5 つのモジュールが追加されました。これにより生活環境も実験設備もサリュートより格段に良くなりました。展示の方にミールの模型がありますが、まだ 2 つのモジュールが打ち上げられていないときの姿を示しています。5 番目に打ち上げられたスペクトルは、ミールとシャトルが初めてドッキングするときに軸方向に移動させて間隔を空ける役目をしました。2 回目のドッキングでは専用のモジュールをシャトルで打ち上げて、スペクトルを使わずに済むようにしました。

しかし、1990 年にソ連が崩壊し、ロシアになって国際宇宙ステーションに参加するようになる、ロシアは経済的にも 2 つの宇宙ステーションを同時に運用できないということで、2001 年にミールは廃棄されました。

#### p 1 9 外国の宇宙飛行士を宇宙ステーションに

ソ連はサリュートに安定して宇宙飛行士を送ることができるようになったので、1978 年からインテルコスモス計画を開始していて、ソ連の友好国に順番に宇宙飛行士を搭乗させました。チェコ、ポーランド、東ドイツ、といった順番で、アメリカとソ連以外の国の宇宙飛行士がどんどん増えました。

東欧だけでなく、ベトナム・キューバ・モンゴルなどの友好国の宇宙飛行士を訓練し、1 週間ほどの宇宙ステーション滞在ができるようにしました。フランスやインドも含まれました。

ミールができてからは、国際共同飛行と名前を変えて、日本やイギリスなども搭乗する機会ができました。日本は東京放送 (TBS) 記者の秋山さんが搭乗しました。

1992 年のドイツが国際共同飛行の最後です。切手の国名がそれまでのエスエスエスエル

(CCCP を英語に直すと SSSR になる) からロシアに変わっています。

#### p 2 0 国際宇宙ステーション

3 日前にジャクサの油井亀美也宇宙飛行士が搭乗したソユーズ宇宙船が打ち上げられ、無事に国際宇宙ステーションに到着しました (希望的観測)。国際宇宙ステーションはアメリカ・ロシア・ヨーロッパのフランス・ドイツなど 11 か国・カナダと日本が国際協力で運用している唯一の恒久的な有人宇宙船です。大きさはサッカー場位もあります。1998 年に 2 つのモジュールがドッキングしたところから建設が始まりました。どちらもアメリカのモジュールですが、左側のザーリャという基本モジュールはロシアが製作し、ロシアのロケットで打ち上げました。

右側のユニティーという結合モジュールは、サイコロのように 6 面にドッキングポートを持っていて、ここから上下左右前後にモジュールがくっついて行きます。こちらは米国が製造し、スペースシャトルで輸送し、ザーリャとドッキングしました。

その後何十回も組立てミッションが続き、途中コロンビア事故で建設が進まない期間もありましたが、2009 年にはヨーロッパのコロンバスや日本の「きぼう」も取り付けられて、ようやく完成が近づきました。まだすぐに使えるわけではなくて、太陽電池を増やしたりして、設備を整えました。そして 2011 年に国際宇宙ステーションは一応完成し、スペースシャトルは建設工事の役目を終えて退役しました。

#### p 2 1 中国の有人宇宙活動

中国は国際宇宙ステーションには参加していませんが、独自に宇宙ステーションを作っ

て継続的に宇宙飛行を続けていくことを目指しています。

米国でコロンビア事故が起きた 2003 年に、初の有人宇宙飛行を行い、2008 年に初の船外活動、2009 年にランデブー・ドッキング実験などを行い、いまは 2020 年頃までに独自の宇宙ステーション「天宮 (てんきゅう)」を完成させようとしています。

#### p 2 2 ヨーロッパの国などが衛星を打上げ

有人宇宙活動の話は 2020 年まで行ってしまいましたが、少し時計を戻して、1962 年にさかのぼります。このころ、アメリカとソ連以外の国でも人工衛星を打ち上げたいという国が現われ、イギリス、カナダ、イタリアの順でアメリカにロケットを打ち上げてもらって、衛星も米国と一緒に制作したりして、衛星保有国が増えてきました。1965 年にフランスはアメリカにもソ連にも頼らず、自力でロケットを打ち上げ、衛星も自力で制作して軌道投入に成功しました。

#### p 2 3 日本と中国が自力で衛星を打上げ 1970 年

アポロ 11 号で世界中が沸きかえった翌年の 1970 年に、日本と中国が自力で衛星を打ち

上げました。これは 1965 年のフランスに次ぐもので、日本は世界で 4 番目、中国は世界で 5 番の自力打上げ国となりました。日本はラムダロケットで「おおすみ」を、中国は長征 1 型ロケットで「東方紅 1 号」を打ち上げました。

#### p 2 4 生活に役立つ静止衛星

ここで少し話がかわって、宇宙の利用という話をしばらくしていきます。最初に静止衛星の話です。まず、18 世紀のイギリスの科学者ニュートンは、リンゴが木から落ちるのを見て万有引力の法則を発見し、それを応用して、人工衛星の原理まで考えました。このイギリスの切手（左上）には、人工衛星の原理が図解されています。高い山の頂上から物を投げます。するとスピードが遅ければその物体は必ず地面に落ちてきます。しかし、速度を上げていくと、どんどん遠くまで飛ぶようになります。ニュートンは空気の抵抗はないものとして、ある速度で投げ出すと、高さが下がった分だけ丸い地球も地面が低くなって、結果的に高さが同じまま維持され、とうとう地球を 1 周してしまう、ということを経験したのです。そのスピードは 1 秒間に 8.9km、時速 2 万 7 千キロで、新幹線の 100 倍以上になります。この速度は地球から離れるほどゆっくりになり、高さが 3 万 5 千キロになると 3 分の 1 くらいの速度でよくなります。

次に、いまのスロベニアという国の軍人が、赤道の上空を周回する衛星の速度がちょうど地球の自転の速度と同じであれば、地球から見て止まっているように見えると考え、その高度を計算しました。これは 1892 年のことで、アーサークラークという SF 作家はその話を聞いてそれなら静止衛星が 3 個あれば、地球をすべてカバーできて地球の裏側にでも信号を送ることができると考えました。それを表したのがこの切手です（左下）。

1957 年のスプートニク以来、アメリカは何とかして静止衛星を実現したいと考え、1963 年にシンコム 2 号を打ち上げて静止化に失敗したものの、1964 年にシンコム 3 号で初めて静止化に成功し、東京オリンピックの放送中継にも使われました。

#### p 2 5 通信放送衛星の利用

アメリカは 1964 年にインテルサットという国際電話を中継する組織を提案し、1965 年にインテルサット 1 号、1967 年に同 2 号が打ち上げられて、国際電話が衛星で中継される時代が始まりました。インテルサット衛星は 3 号、4 号、5 号、6 号と打ち上げられ、現在では世界最大の売り上げを誇る衛星通信事業者になっています。

通信衛星は、さらにテレビ放送にも使われます。日本では BS（ゆり）という放送衛星から、現在は BSat という放送衛星が NHK の衛星放送 BS で使われています。それから、船や飛行機と通信する移動体通信を主な仕事にしているのがインマルサットです。マルというのは元々はマリタイム（海事）で海に関する衛星通信を行う組織だったのですが、現在は民営化されて、モバイルつまり移動体通信を扱う会社になっています。

#### p 2 6 衛星通信企業の売上ランキング

先ほど紹介したインテルサットは世界一の売り上げですが、2 位以下は、ヨーロッパの SES とユーテルサット、カナダのテレサット、日本のスカパーJSAT、中国の衛星通信会社などがトップクラスになります。

インテルサットは本当はアメリカの会社というべきですが、いまはなぜか SES と同じルクセンブルクという神戸市の人口の半分以下しかないようなヨーロッパの小さな国に本社を置いています。

#### p 2 7

衛星通信を利用するには、地球局という施設が必要です。地球局というのは通信衛星とやりとりする宇宙に向かって開いた窓です。どんな小さな国でも地球局がありますが、まだ科学技術が発展していない国では、このような設備を導入することは大変なことで、費用の問題もありますが運営する人材を育てることも必要です。

宇宙切手の中で地上の風景が描かれる地球局の切手は意外に人気があります。今回の展示では全部で 60 カ国近くあると思います。名前を聞いたことのない国もたくさんあるでしょう。外国に旅行に行ってもこんなアンテナのある場所にはまず行かないと思いますので、珍しい風景ということで楽しんでいただきたいと思います。

#### p 2 8 さまざまな地球観測衛星

宇宙の利用といったとき、真っ先に思い浮かぶのは BS 放送、その次は気象衛星ではないでしょうか？ 気象衛星は地球観測衛星の仲間です。気象衛星は後回しにして、地球観測衛星から見ていきます。ヨーロッパには、ERS-1 というレーダや光学カメラなどたくさんの観測装置を搭載した大型の地球観測衛星が開発されました。アメリカはそれとは対照的に、観測装置が1つか2つしかないような小型衛星をたくさん打ち上げて、それが一列縦隊で列車のように連なって飛んでいるので、A トレインという名前を付けていろいろな地球観測装置を利用しています。日本ではヨーロッパと同様に観測装置がとても多い「みどり」という地球観測衛星を開発しました。タイは「THEOS」という高度な機能を持つ地球観測衛星を運用していますが、この衛星はタイが開発したものではなく、ヨーロッパの衛星製造企業に作ってもらったものです。今この後継機を打上げようか、どこに注文しようかということが話題になっていて、日本が受注するチャンスもあります。

#### p 2 9 気象衛星の利用

次は気象衛星です。日本では 1977 年以来、ひまわり 1 号から最新のひまわり 8 号まで、ずっと静止気象衛星が活躍しています。一時全部故障してしまった時があって、アメリカから衛星を借りてきたこともあります。静止衛星というのは固定されているわけではなくて、ちょっとスピードを上げたり下げたりすると場所がどんどん変わっていくので、一時

的によそに応援に行く「出張」とか、よその場所に行ってしまう「転勤」とか、そのような運用もされています。

この切手（下）のペンギンさん、かわいいですが、よく見ると背中に発信器を付けていて、ちょっとかわいそうな感じもします。上にいるのは極軌道、つまり北極と南極を通る軌道の気象衛星で、これはアメリカのノアという衛星です。この衛星には気象観測だけではなく、生物に取り付けた発信器の信号を集めて、生態系がどのように変化しているのかといった科学的なデータを集めているのです。ですから、このペンギンさんには、データを提供してくれてありがとう、と感謝するのが一番良いと思います。

### p 3 0 航行測位衛星の利用

宇宙の利用の 3 つ目は、ちょっと難しい言葉ですが、航行測位といいます。カーナビで使う衛星からの信号というのは、実はこのアメリカの GPS 衛星が 30 機近く全世界の上空を飛んでいて、そのうち 4 機の信号が受信できれば、受信機がある場所が計算できるのです。そして、カーナビ装置が持っている地図のデータと突き合わせて、今どの場所にいるかがわかるのです。中国も独自の航行測位衛星を多数打ち上げていて、北京と香港を結ぶラインを中心に、アメリカの GPS 衛星やロシアのグロナス衛星、日本の「みちびき」という航行測位衛星も使って、ナビゲーションや位置に伴う情報を応用するシステムを中国の国内や東南アジアなどで販売しています。

### p 3 1 中国の宇宙開発・利用

中国については最初の東方紅 1 号、航行測位衛星、月着陸機を紹介しましたが、その他にもたくさんの種類のロケットや衛星を開発しています。回収式衛星、静止衛星打上げ用のロケット、気象衛星、静止軌道に向けた技術試験衛星、一世代前の通信衛星、月周回衛星などがその間の主な活動状況です。回収式衛星はカメラを積んでフィルムを地上に戻すことが主なミッションです。もちろん無人ですが、こんな風にカプセルが着陸するところは、有人宇宙船の場合とよく似ていて、偵察だけではなく有人宇宙船を目指して一生懸命に開発したのだと思います。

### p 3 2 インドの宇宙開発・利用

ここまでインドの話は全く出てきませんでした。7 番目に独自のロケットで自力打上げを行っており、技術試験衛星・通信衛星・気象衛星・地球観測衛星などを打ち上げています。自力で静止衛星を打ち上げることができる国は、世界で 6 カ国だけです。アメリカ・ロシア・フランス・日本・中国・インドです。

### p 3 3 その他の国の宇宙活動

最後に、その他の国の宇宙活動を少しだけ紹介します。他にも韓国・イラン・スウェー

デン・ブラジルなどたくさんありますが、マレーシアの通信衛星と宇宙飛行士、インドネシアの通信衛星、アルゼンチンの地球観測衛星、イスラエルの地球観測衛星などをピックアップしてみました。

p 34 問い合わせ先、

駆け足で世界の宇宙開発の話をしてきました。皆さん、宇宙って面白いなあと感じられましたでしょうか？ 私の持っている宇宙切手は、普段はウェブサイトで画像を展示していますが、今回は立派な科学館に実物の宇宙切手を展示させていただき、大変光栄に思っております。

この写真は私の自宅にある切手室です。もう 12 年も前になりますが、ブルータスという雑誌に 1 ページ使ってこの写真が掲載されました。

切手を集め始めて 50 年以上になり、大分年を取ってしまいましたが、まだこれから、という気持ちで宇宙の情報を整理していきたいと思います。何かご質問があればこの自宅メールという宛先にメールをください。本日は長い時間ご清聴くださり、大変ありがとうございました。

。。