

特別講演「宇宙と地球とSDGs」

※本稿は、オンデマンド配信された講演内容を、再構成したものである。



すずき あきこ
鈴木 明子

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
広報部参与

■ 1. あの「はやぶさ2」は今

事務局の皆さまから前もって「ぜひ聞きたい」と宿題をいただいていたので、一昨年から今年にかけて日本中の皆さまから応援をいただいた「はやぶさ2」のその後について、最初にお話ししたいと思います。

「はやぶさ2」は、初代の「はやぶさ」

の弟分に当たる惑星探査機です(図1)。初代は2003年に打ち上げられ、さまざまな困難を乗り越え、映画が3本もできましたけれども、世界初の小惑星イトカワからのサンプルリターンに成功し、ミクロン単位の微粒子を回収しました。これが2010年のことでした。

弟分の「はやぶさ2」は少し重たくなりましたが、ほぼ同じ形で、搭載機器は初代

よりも多くなったかと思えますけれども、2014年に打ち上げられ、2020年12月に地球に帰ってきました。約6年間、60億kmの旅をして小惑星リュウグウに到達し、2回のタッチダウンを果たしました。その2回のタッチダウンでリュウグウから持ち帰ったサンプル(微粒子)は5.4gでした。実は目標が0.1gだったので、研究者から見ると、ざくざく採れたという感じですが、ほんの2~3cmのカプセルの中に黒い粒子が集められてきました(図2)。

現在はその粒子を一つずつ個別に測ったり観察したりして、記録を取るという作業を終えています。これはJAXAの研究室の中でやっています。サンプルはそれぞれ分割して容器に保存するのです

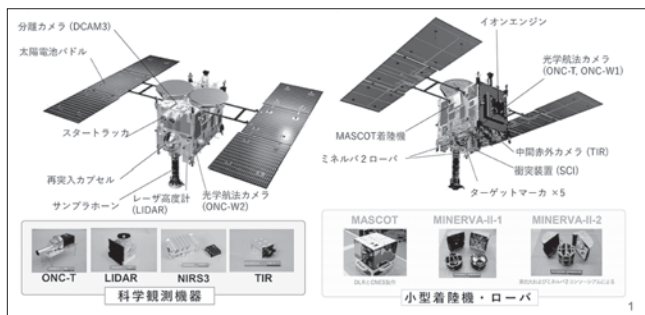


図1 小惑星探査機「はやぶさ2」

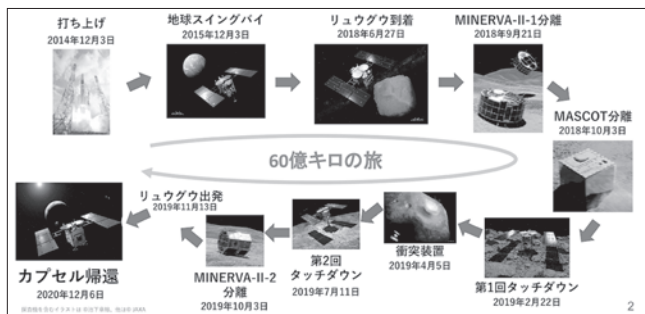


図2 「はやぶさ2」ミッションの流れ

が、実はこれがとても大変なことで、小惑星から持ってきたものなので、地球の埃や塵などが入ってしまったらとんでもないことで、何のために行ったのかということになってしまいますから、厳密にコントロールされた真空環境でサンプルの記録を取っています。

記録されたサンプルは5月末から6月にかけて日本全国の大学や研究所に分配され、これから詳しく調べてもらう予定になっています。さらにアメリカのNASAやヨーロッパの研究機関にも分配されて、世界中の科学者がこの5.4gを調べて、何がわかるのかというのが待たれるところです(図3)。

帰ってきたカプセルはオーストラリアのウーメラという砂漠に落ちましたが、今は市民の皆さまにも公開されています。今年3月に宇宙科学研究所のある地元の相模原市で小学生に公開され、その後、上野の国立科学博物館などでも公開されました。新型コロナウイルスの影響で予定が遅れていますが、徐々に全国行脚をしていく予定になっています。

「はやぶさ2」探査機本体は、さらに次の小惑星を目指しています。2031年ごろにまた新しい小惑星に到達する予定で、ネクストジャーニーに旅立っています。

■2. 日本の宇宙開発、半世紀の歩み

「はやぶさ」の最近の様子はこれぐらいにして、本論に入りたいと思います。多くの方々は、日常的に「宇宙」という言葉を口にするのは少ないのではないのでしょうか。実は2020年は日本初の人工衛星「おおすみ」を打ち上げてから50周年という、JAXAにとっては記念すべき年でした。皆さまの

業界からすると歴史の浅い分野かもしれませんが、それでも半世紀の間に多くの失敗と成功を繰り返して、今があります。

日本初のロケットは、東京大学の糸川英夫博士が作った全長23cmのペンシルロケットです。後に日本の宇宙開発の父と呼ばれるようになった糸川博士は、戦後、航空機の研究が禁止された日本において、ロケットに夢を託し開発を始めました。その後、人工衛星を打ち上げようという計画が立ち上がり、ロケットはサイズもパワーも大きくなっていきました。

そしてペンシルロケットから15年、日本初の人工衛星「おおすみ」が打ち上げられました。ロケットの大型化に伴い、観測の対象も地球の外へ、外へと広がっていきます。例えば「はくちょう」は強いX線を出す星を幾つも発見。「すいせい」はハレー彗星の観測に成功し、「ひてん」は月にまで行きました。この頃の日本は既に欧米やソ連と共に宇宙科学の分野で世界をリードしていく、そういう存在となったのです。

並行して1969年には、私たちの生活に身近な実用衛星の打ち上げを目指す、宇宙開発事業団も誕生しました。初代リーダーになったのが、新幹線をつくった男といわれた島秀雄さんです。実用衛星となれば、観測機器や通信機器を載せるためにサイズが大きくなります。そこで、さらにパワーが出る大型の液体燃料ロケットの開発に取り組むこととなりました。しかし、その技術



図3 小惑星リュウグウから持ち帰ったサンプル

は日本にはなかったため、まずはアメリカから学ぶことになりました。そして、放送衛星、通信衛星、気象衛星などを次々に打ち上げていきます。胸の内には「今に純国産の大型ロケットを打ち上げる」という情熱を秘めながら。

そして、ついにその日はやって来ました。1994年に念願の純国産大型ロケット「H-II」を完成させたのです。しかも液体酸素、液体水素の組み合わせを第1段、第2段両方に使う大型実用ロケットは、世界初となりました。しかし、H-IIロケット8号機で、ロケット上昇中にエンジンが急停止するという予期せぬ事態が起きました。ロケットは、やむなく地上からの指令により破壊され、太平洋のど真ん中に落下しました。ショックは大きかったものの執念の海底捜索を行い、エンジンを引き上げ、原因を突き止めました。その後エンジンは改良され、新しいロケットに発展していきました。多くの学びと教訓を残した歴史的な出来事であったと思います。

そして2003年、宇宙科学研究所、宇宙開発事業団、航空宇宙技術研究所が統合し、JAXAが誕生しました。放送、通信、気象以外にも、災害監視や地球環境観測など人工衛星の役割は多岐にわたるようになりました。宇宙探査もさらに多くの成果を出しています。

さらに有人の宇宙活動。国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟では、地上にはない微小重力という環境で、新しい薬の開発につなげる実験を行っています。そして、補給機「こうのとり」は宇宙飛行士の食料や生活物資、さらには新しい実験装置などを宇宙ステーションに届けてきました。

私も50年の歴史の中で30年以上宇宙事業とともに生きてきたので、長いような短いような、いろいろなことがあったというのが正直な気持ちです。30年前には天気予報

の「ひまわり」、放送衛星の「ゆり」、通信衛星の「さくら」などという言葉が世の中でちらほら聞こえていて、「日本人宇宙飛行士として毛利さんが宇宙に行くらしいよ」という言葉が聞こえているぐらいでした。

現在は、失敗の目立っていたロケットの打ち上げも、世界のロケットと比べても着実な成功率を上げるころまでやって来ました。H-II Aロケットの打ち上げ成功率は97.6%、H-II Bロケットの打ち上げ成功率は100%と目に見えて成功率が上がっています。ただ、私自身はまだロケットの打ち上げのときには本当にドキドキして、毎回落ち着いてられません。これはロケットエンジニアたちの過去の苦労を思い出してしまうからかもしれません。

先ほども申しましたように、半世紀の間にJAXAの役割は多様化しました。その中から二つの人工衛星をご紹介します。一つは地球環境やその気候変動を知るための人工衛星、もう一つは昨今頻繁に起こる自然災害を監視する人工衛星です。

宇宙から人工衛星を使って何ができるのでしょうか。先日、眞鍋淑郎先生がノーベル物理学賞を受賞され、本当にうれしく思いました。眞鍋先生は50年前に、物理法則に基づいて地球の気候をコンピュータでシミュレーションする気候モデルの研究を手掛けられました。私には気候モデルについて詳しく説明できるほどの知識はないのですが、二酸化炭素が増えると地球の温度が上昇するという、今では小学生でも知っている現象の証明に貢献されたのです。温暖化によって私たちの生活にさまざまな影響が出ていることは、皆さまもご承知のとおりです。その温暖化を引き起こす温室効果ガスにはCO₂やメタンなどがありますが、これらはどうやって測るのでしょうか。そのために、皆さまもよくご存じの温室効果ガス観測衛星「いぶき」があります。この

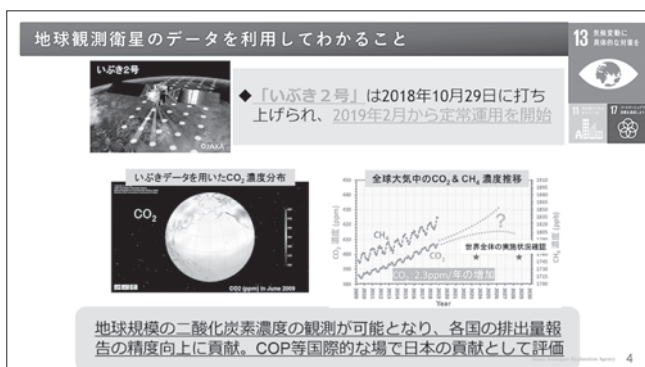


図4 「いぶき2号」は地球規模のCO₂濃度を観測

人工衛星は世界で日本が初めて打ち上げたCO₂を測る衛星です（図4）。

その後、2018年には「いぶき2号」が打ち上がっています。二酸化炭素の濃度がどれぐらいなのか、数年・数十年の間にどのように変化しているのかを知ろうと試みているのですが、二酸化炭素は大気の一部ですから、空中を漂います。1点だけの観測では不十分なところを、「いぶき」は地球を周回しながら高いところから面で観測しており、地球全体の二酸化炭素を把握しようとしています。「いぶき」と「いぶき2号」は2009年に打ち上げられてからずっと観測を続けているわけですが、その後、米国のNASAや欧州の宇宙機関、中国なども次々と同様の衛星を打ち上げることになり、日本が先鞭をつけたと言ってもよいと思います。今では世界中の研究者が世界中のデータを共有できるところまで、国際協力が進んできています。日本の「いぶき」から始まって、まさに一国の利益のためだけではなく地球全体のために役立てようという動きにつながってきました。

もう一つの人工衛星をご紹介します。

昨今多発している大規模な自然災害に対して、宇宙技術を使って

何ができるのでしょうか。陸域観測衛星「だいち」は地上700kmの高さから地球を周回しながら、私たちが暮らす陸上の様子を高精細な光学カメラやレーダー技術を使って観測しています。これによって洪水や土砂崩れ、地層のずれ、山火事や人為的な森林伐採の様子まで、一目で広い範囲を把握することができるようになりました。また、定期的に観測してデータが蓄積されているので、発災前

と発災後の様子を比べることも可能です（図5）。

これらのデータは国や地方自治体の防災機関に適時提供され、緊急対応や復興対策に役立てられています。その他にも道路や空港、港湾など、私たちの生活に欠かせないインフラ施設の老朽化点検を効率化する役目も、最近では果たせるようになってきました。実は衛星データを使って産業廃棄物の違法投棄を検出するという試みもしてみたことがあるのですが、残念ながら日本の規模では、衛星から見るよりもっと近くから見た方が効率は良いようでした。

昨年からは新型コロナウイルスの世界的な感染爆発によって、人流の他、社会や自然環境がどのように変化しているのか、人工衛星のデータを用いて世界規模で把握し

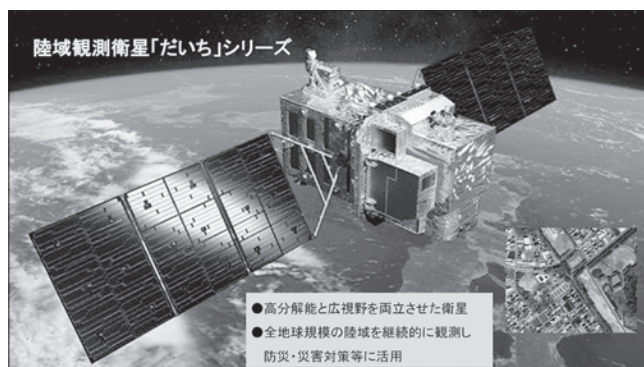


図5 「だいち」は自然災害の状況を把握

ようという試みも始まっています。これも世界各国の研究者がデータと知恵を寄せ集めて進めているところです。このように重大なリスクを見つけ、それらを低減させるために、人工衛星が観測したデータの活用が進んできています。もっと私たちの生活に役立てるためにはデータ解析技術のさらなる向上も必要で、知恵の出どころでもあります。皆さんの業界でも同じようにご苦労されているのではないかと考えています。

■3. 私たちの地球を観る目

宇宙開発に限らず、さまざまな分野で技術が着実に進歩してきていることは言うまでもありません。この先は私なりのヒューマンファクターを加えたお話をしたいと思います。

JAXAのロケット打ち上げ射場は種子島にあり、フェリーで島に渡ることも多いので、鹿児島県の錦江湾から見た桜島はよく見慣れた光景です。先ほどの「だいち」の目で宇宙から桜島を見てみると、皆さんもGoogle Earthなどで見ているのではないかと思います。桜島だけではなく周辺環境まで見えてきます。白く見えるのは雲と噴煙で、この日の噴煙がどちらの方向にどのように面で広がっているのかもわかります。それが高度700kmの鳥の眼です(図6)。さらには桜島と鹿児島市内の土地被覆、表面の状態の違いもよくわかります。島の南側の海上にある赤潮も見えます。こうして高いところから見下ろすと、「陸や海の豊かさを守ろう」「住み続けられるまちづくりのためには」「実は気候変動の影響がここにも」と

いった、SDGsの17の目標に掲げられているキーワードが頭に浮かんできます(図7)。

「俯瞰する」という言葉には、広い視野で物事を見ること、客観的に物事の全体像をとらえる視座という意味もあります。少し大袈裟に聞こえるかもしれませんが、個人やその集合体である社会の責任であるとか、安心安全かつ平和に暮らしていくにはどうすればいいのか、一人では何もできないなという気持ちにもなってきます。SDGsはそうした人類共通の責任を見事に言葉にしてくれているように思うのです。また、人工衛星の目の他には、飛行機から俯瞰できるものもあると思います。先ほどの「だいち」は高度700kmでしたが、例えば島根県の松江付近を高度1万mから見ると、この高さから見えるものは俯瞰と

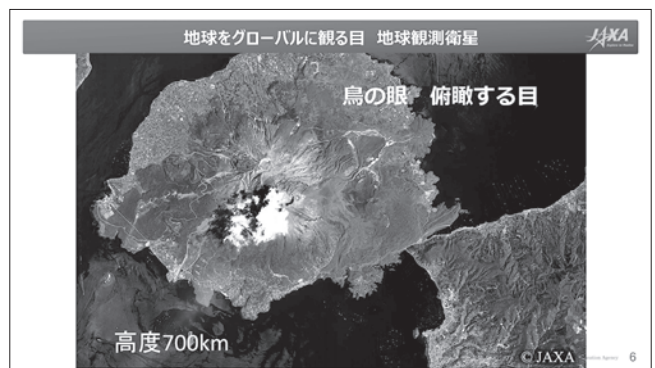


図6 高度700kmの鳥の眼で見た桜島



図7 地球規模の課題が見えてくる

いう観点ではだいぶ狭くなるものの、細かくよく見ることが出来ます。視点を変えると見えるものが変わり、当たり前ですが、そこから考えられることや感性も変わるということを実感します(図8)。

もう一つ語らずにはいられないのは、実際の人間の目です。最近、スペースXという民間の宇宙機が国際宇宙ステーション(ISS)へと飛びました。これに乗った野口宇宙飛行士は半年間ISSに滞在していましたが、ISSの窓の外、彼の目の前には裾を広げるような形で青い地球が広がっています(図9)。ISSは地上から高度400kmの位置にあり、地球を90分で1周しているのですが、その速度で地球を俯瞰すると、見えてくるものは違うだろうと思います。それを実体感したら私は何を思うだろうかとよく考えます。

また、星出宇宙飛行士は、宇宙ステーションの外に出てメンテナンス作業をしています。彼は今もISSに滞在して工作中ですが、宇宙空間で地球を見ると、環境を見るというよりは惑星地球を見ているという感じになるようです(図10)。

今から50年以上前の1969年、アメリカのアポロ11号で人類が初めて月に降り立ちました。そのときに月面から見た地球の写真を見ると、「地球は青く、丸く、かけがえのない存在」という言葉が実感を持って伝わってくるように思います。国境や国籍、人種といった境界線があまり意味のないことのようにも感じてきます。これまでに宇宙に行ったことがある人は、地球上で約600人です。JAXAでもこれまでに11人の宇宙飛



図8 高度1万m、航空機の手で見てくるものは……

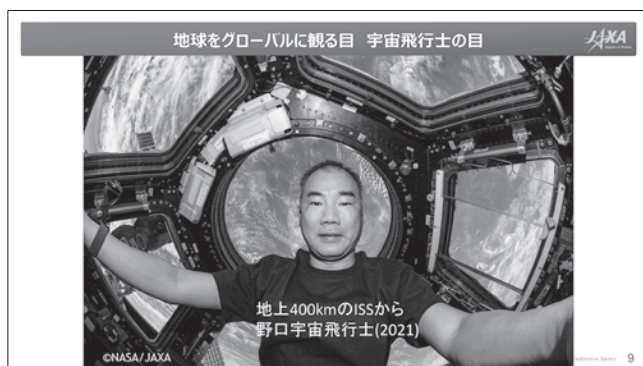


図9 高度400km、人間の目で地球を見る



図10 宇宙空間で作業しながら見る地球は……

行士が宇宙飛行を行いました。多くが職業宇宙飛行士でしたが、皆さんもご承知のように、今年あたりからは民間の方々が旅行として、楽しみのために宇宙へ行くことができるようになってきました。飛行機に乗って世界を旅するように、宇宙にも多くの人が出掛けられるようになることは、宇

宙開発に従事する開発者たちの夢でもあるのですが、それに少しずつ近付いてきているのではないかと思います。宇宙開発に関わっているとSDGsの目標が自分たちのすべての活動とつながっているようにも思えてくるのですが、これはもしかしたら皆さんの業界も同じなのではないかと思います。

■4. 宇宙開発のこれから

—サステナブルな地球と人類のために

JAXAの宣伝のようで恐縮ですが、ここからは現在開発中で今後打ち上げが予定されているJAXAのプロジェクトをご紹介しますと思います。

まず、今年度中に新型ロケット「H3」が打ち上がる予定です。今まさに開発の佳境にあるのですが、環境にやさしく、産業の振興にも大いに役立ち、国際的にもさまざまな人工衛星を上げることができるようにパートナーシップを目指して、実現を図るものです。また、先ほどご紹介した「だいち」もまだまだ続きます。シリーズで「だいち3号」と「だいち4号」が今年度と来年度に新たに打ち上がる予定です。

ロケット、人工衛星、惑星探査機が目指す世界は月や火星へと広がっていきます。2022年度中には、日本の小型月面着陸実証機が打ち上がって、月面を探査する予定です。火星の衛星フォボスに向かう探査計画もあります。さらに航空機の分野では、環境にやさしい航空技術の開発が進んでいます。安全性や経済性を高める航空技術は、これからの環境のためにも欠かすことのできない研究と考えてのことです。これも世界中が協力して目指しているところであると思います。

国際協力で宇宙探査をする動きも活発になってきています。アルテミス計画という国際探査計画があります。月やさらにその

先を目指すものですが、NASAはこのプロジェクトで、世界で初めて女性を月に降ろすとも言っています。欧州宇宙機関は障害を持つ人でも宇宙に行ける世界をつくるということで、そのシステムを真剣に考えはじめています。もちろん日本もこの計画に参加するので、日本人が月に降り立つ日も確実に来るでしょう。そうすると、ますます世界はグローバルになり、多様な人々が共に生きているということを実感することになると思います。もしくは、そんなことすら気にならない時代になるのかもしれませんが。SDGsはそういう世界をみんなで目指そうと語ってくれているようにも私には思えます。

最初の「はやぶさ2」の話に戻りますが、このプロジェクトのミッションは何かというと、科学者たちは太陽系の起源や進化を知り、地球の生い立ちを明らかにし地球の未来を考えるという目標を立てました。技術者たちは、科学者の使命を技術で実現し、技術革新を果たし、チャレンジするという目標を立てました。多くの人々が「はやぶさ2」の旅を一緒に見てくれて、共感し、感動し、応援もしていただきました。希望の星とも言ってもらえました。さらには自分も頑張ろうという気持ちを持ってくださったということで、たくさんのお便りがJAXAに届きました。結果、「はやぶさ2」は国内外の本当にたくさんの人とつながりを感じさせてくれたミッションとなりました。「はやぶさ2」の旅を追いながら、SDGsを常に感じていた数年間でもあったかだと思います。

宇宙飛行士や人工衛星の目など、さまざまな目で地球を見て感じることは多いと思うのですが、ここで私が好きな言葉をご紹介します（図11）。

まず、サウジアラビア共和国のスルタン・サルマン・アル・サウド宇宙飛行士の言葉です。

「最初の1、2日は、みんなが自分の国を指していた。3、4日目は、それぞれ自分の大陸を指さした。そして5日目にはみんな黙ってしまった。そこにはたった1つの地球しかなかった」

もう一つはアメリカのアポロ13号の、これは大変なミッションでしたけれども、ジム・ラヴェル船長の言葉です。

「月で親指を立てると、親指の裏に地球が隠れる。我々はなんと小さな存在だろう。だが何と幸せだろう」。宇宙から地球を見ることができると、地球環境に対する気持ちも考え方も豊かになってくるのではないかと思います。

最後の言葉は宇宙飛行士ではないのですが、国連副事務総長のナイジェリアのアミーナ・モハメッドさんの言葉です。彼女はSDGsを提唱した方ともいわれているかと思えます。

「地球は人間無しでも存続できても、私たちは地球がなければ存続できない。先に消えるのは、私たちなのです」

私たちの目に見えるもの、それから宇宙飛行士やさまざまな方々が残してくれた言葉を考えると、SDGsの目標は本当にわかりやすく、私たちがどんな分野でも目指

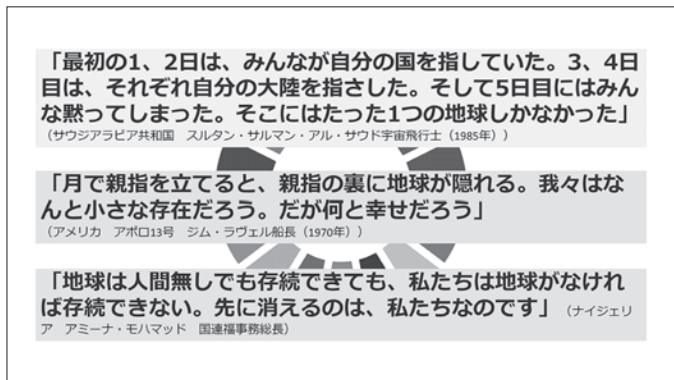


図11 心に残る宇宙飛行士らの言葉



図12 宇宙と地球をつなぐSDGs

せるものであり、どんな人たちでも関わる事ができるものではないかと思えます。

“Think Globally Act Locally”という言葉は、私が大学で環境管理計画学という学問を学んでいたときに教授から教わった言葉です(図12)。グローバルに考え、足元のことにしっかり取り組むということで、これは世界中の方、皆さんの世界にも通じるのではないかと思っています。