



宇宙科学・探査を通じた 宇宙産業の振興を目指して

宇宙開発利用は、安全保障、災害対策や地球規模課題への対応、経済成長とイノベーション創出など、多面的な広がりを見せている。また、世界的に宇宙ビジネスの市場規模が拡大し、スタートアップを含む民間企業の参入や活動が活発化している。さらに、国際宇宙ステーション（ISS：International Space Station）長期滞在など日本人宇宙飛行士の活躍も続き、今後も月面や火星などの有人宇宙探査に照準を当てた様々なミッションが予定されており、宇宙空間における人類の活動領域の拡大にも期待が集まる。

こうした中、経団連は「宇宙基本計画の実行に向けた提言」（2022年7月19日公表）において、我が国の宇宙安全保障の確保とイノベーション創出に向けて、政府の宇宙基本計画・工程表の着実な実行を訴えたところである。

本対談では、有人宇宙探査の実践を通じて得られた知見、また観測・通信・測位など衛星データの活用を進める企業の取り組みを踏まえ、宇宙産業振興に向けた企業の動きなど、宇宙関連の技術開発が生活やビジネスにもたらす新たな価値を展望する。



オンライン 対談

Profile



© JAXA

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙飛行士

ほしで あきひこ
星出 彰彦

1968年東京都生まれ。1992年、宇宙開発事業団（現JAXA）に入社。1999年、国際宇宙ステーション（ISS）に搭乗する日本人宇宙飛行士の候補者として選ばれる。2001年、宇宙飛行士として認定。2008年6月、スペースシャトル「ディスカバリー号」に搭乗してISSへ。「きぼう」日本実験棟船内実験室のISS取り付け作業などに参加。2012年7月、ソユーズ宇宙船に搭乗してISSへ向かい、約4カ月の長期滞在で小型衛星放出や3回の船外活動（EVA）などに従事。2021年、クルードラゴン宇宙船運用2号機（Crew-2）に搭乗し、第65次/第66次長期滞在クルーとしてISSに198日間滞在。ISS船長（コマンダー）を約5カ月間務め、「きぼう」日本実験棟を含めISSにおいて各種実験、保守、船外活動などを実施。



宇宙開発利用推進委員長
三菱電機社長

うるま けい
漆間 啓

司会：日本経済団体連合会 常務理事 岩村 有広（いわむら ありひろ）

人類にとっての 宇宙開発利用の意義

エキサイティングな 有人宇宙活動の時代へ

——宇宙開発利用の意義の1つとして、宇宙空間における人類の活動領域を拡大し、新たな知を創造することが挙げられます。星出宇宙飛行士はこれまでに1回の国際宇宙ステーション（ISS）建設の短期ミッション、および2回のISSでの長期滞在を経験されました。また2021年の滞在では、ISS船長を務められました。過去3回の宇宙飛行を通じて、有人宇宙探査の動向や変化をどのようにご覧になっていますか。

星出 私は光栄にもこれまで3回、ISSへの宇宙飛行を行うことができました。2008年に「きぼう」日本実験棟を組み立てるミッションに携わり、2012年と2021年には組み立てたISSに長期滞在し、様々な実験研究を行いました。ISS



© JAXA
離脱後のSpaceX Crew-2と「きぼう」日本実験棟（JEM）

自体は既に20年以上軌道上を周回しており、その間誰かが滞在しています。今、20歳以下の方は、常に誰かが宇宙にいる時代を生きています。

私がJAXA宇宙飛行士としての活動に携わるようになって以降、様々な進歩を感じます。2008年にはISSを作ること自体を経験しましたが、2012年にはISS内にお

ける利用を充実させました。2021年の滞在時には、より活用方法の幅が広がっていることを実感しました。基礎研究だけでなく、民間を含む様々な利用、さらに将来の月・火星探査に向けた技術開発にもつながっていることを感じています。

また、もう1つの大きな動向は、宇宙活動への民間企業の進出です。従来の有人宇宙活動は主に国家レベルで、国際間でも国と国とが協力して行ってきましたが、近年とりわけ米国を中心に、民間企業が次々に宇宙活動へ進出しています。最たる例は、私がISSへ行くために搭乗したSpaceX社の宇宙船「クルードラゴン」です。まさに民間で開発し、民間で運用し、宇宙飛行士をISSに送り届け、無事に帰す時代が到来しています。

これから先は、宇宙活動にとって非常にエキサイティングな時代になると思います。今の行き先は国際宇宙ステーションまでですが、その先の月探査に向け、月を回る宇宙ステーションを作る「ゲートウェイ計画」や、人類を月面へ送り届ける「アルテミス計画」といった計画が動き始めています。これら米国が中心となっている計画は国際協力のもとで進められており、日本も参加しています。

ISSで行っている地球低軌道活動やそこでの実験研究を継続することは極めて重要であり、日本はじめ参加各機関では2024年以降のISS計画の継続に関して検討が進められています。また、米国では将来、ISSの後継となる民間による宇宙ステーションの検討が始まっています。

このように今後は、民間の力がさらに必要になるとともに、より遠方を目指すという意味でもエキサイティングな有人宇宙活動の時代に入っていくと思います。

地球環境ソリューションとしての活用

——経団連が2022年7月にまとめた「宇宙基本計画の実行に向けた提言」（本誌16ページ参照）では、アルテミス計画への貢献やポストISSに対する方針の明確化、および商業利用の推進についても提言しました。今後の宇宙産業の市場展望と我が国の産業競争力やイノベーション創出の可能性について、漆間委員長からご見解をお聞かせいただけますか。

漆間

2020年6月に改訂された政府の

第4次宇宙基本計画では、宇宙政策の目標として①宇宙安全保障の確保、②災害対策・国土強靱化や地球規模課題の解決への貢献、③宇宙を推進力とする経済成長とイノベーションの実現、④宇宙科学・探査による新たな知の創造、⑤産業・科学技術基盤をはじめとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化などが掲げられています。

人工衛星の効用や便益については、既に我々の生活に浸透しており、通信衛星や測位衛星、地球観測衛星は私たちの日常生活やビジネスに欠かせない役割を果たしています。さらに安全保障における宇宙空間の重要性や科学技術の進歩によって、昨今の宇宙を巡る環境は急速に変化しています。これらに対応するには我が国の宇宙活動の自立性を支えなければなりません。また、宇宙利用をさらに拡大させるためにも、産業基盤強化の必要性は今後ますます高まるものと考えています。

人工衛星から送られてくる様々なデータは、既に日常生活で身近なものになっています。例えば、米国のGPS (Global Positioning System) や日本の準天頂衛星システムに代表される測位衛星のデータが、

カーナビゲーションやスマートフォンの地図アプリケーションなどで活用されていることは、今や、広く認知されつつあります。当社が開発を担当する内閣府の準天頂衛星では、世界に先駆けてセンチメートル級の位置精度を可能とする測位補強データを配信しており、自動車の安全運転の支援や自動運転などへの活用も着実に進んでいます。現在、準天頂衛星は4機体制で運用されていますが、今後7機体制となることで、例えば米国のGPSが停止しても、我が国として自立的な持続測位が可能になります。

国民に広く親しまれ、既に身近な存在である気象衛星「ひまわり」は、7号機から当社が受注し、国産化が実現しました。「ひ



準天頂衛星



まわり」が取得する画像が天気予報の予測精度向上に貢献しているのは、ご承知の通りです。環境観測衛星「いぶき」から送られてくる観測データは温室効果ガスの測定に利用され、また地球観測衛星「だいち」の観測データによって洪水の浸水予測や防災・減災、地殻変動といった自然災害に備える取り組みが進んでいます。このように、地球環境ソリューションとしての衛星データの活用がますます期待されているところです。

これらの衛星データは、今まさに進んでいるデジタル技術革新との相乗効果で、今まで以上に私たちの暮らしに大きな影響をもたらしつつあります。衛星データ利用がブレイクスルーやイノベーションを促進し、これまで想像しなかった革新的な社会・インフラを実現することで、私たちの暮らしの利便性を飛躍的に向上させる可能性を大いに秘めています。

貴重な公共財である宇宙を豊かな社会作りに役立てる

漆間 宇宙探査の分野では、当社はISSへの物資補給機である「こうのとり（HTV：H-II Transfer Vehicle）」の電気モ

ジュール開発を担当し、高度約400kmを時速2万8000kmで飛行するISSに自動接近する技術を開発しました。貨物搭載量が45%増となった後継機「新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）」の開発も担当しています。さらに、「小型月着陸実証機（SLIM：Smart Lander for Investigating Moon）」や「火星衛星探査計画（MMX：Martian Moons Exploration）」の開発も進行中です。これらの分野は、将来のISSの商業化、月面基地の建設、宇宙旅行の実現、火星を含む惑星への人類進出といった無限の可能性を秘めています。官民共同で、これらの夢を実現していきたいと考えています。

いずれにしても、これらの分野では技術的な難易度が高くなっています。我々もメーカーとして挑戦を続けていますが、我が国固有の宇宙基盤の強化が必要だと感じています。技術開発や人材育成において、一層の支援を政府にお願いしたいと考えています。

地球に暮らしていると、宇宙は遠いところ、普段の生活に関係ないと思いがちですが、既に私たちの生活に密接に関わり、安心・安全な暮らしの確保に不可欠なものとなっています。昨今、宇宙業界に参入するべ

ンチャー企業も増加しています。総務省が発表したデータ^(注1)によると、世界の宇宙ビジネス市場規模は、2016年では36・9兆円でしたが、2050年には200兆円になると予測されています。また国内市場も2016年



衛星観測ソリューション

提供：三菱電機

の1.1兆円から、2050年には4・39兆円になることが予測されています。このように2050年にかけて4倍以上の市場拡大が見込まれる中、夢を抱いた宇宙ベンチャーが続々と参入しているものと思います。我々も業界として、新しいアイデアを持つベンチャー企業と緊密に連携しながら、同じ夢を持つて可能性を実現していけるよう努めていきたいです。様々な可能性を秘めた宇宙を貴重な公共財として有効活用し、豊かな社会作りに結び付けていけるよう、宇宙事業を推進していきたいと考えています。

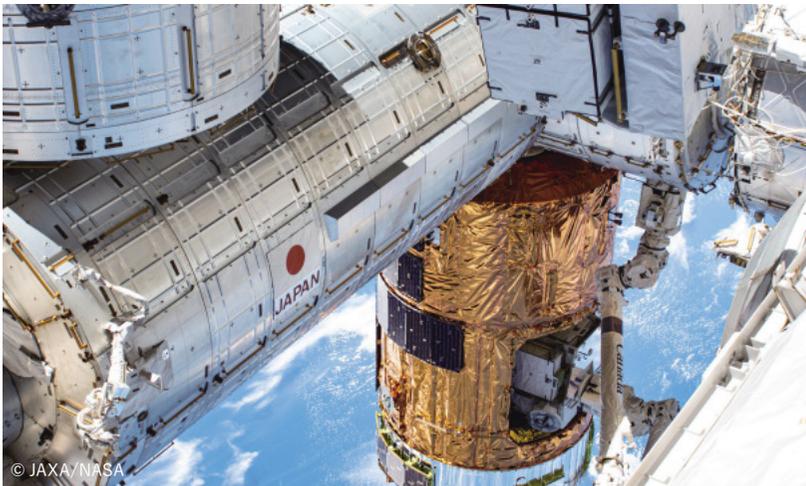
民間企業との コラボレーションへの期待

——ISSや地球低軌道での民間活動、JAXAの宇宙探査イノベーションハブ、宇宙探査をテーマとした共同プロジェクトの動向などを含め、民間企業とのコラボレーションへの期待について、星出宇宙飛行士からコメントをいただけますか。

星出 「ゲートウェイ計画」という新しいプログラムに関しては、日本としても協力する

ことで、ISSの「きぼう」日本実験棟や宇宙ステーション補給機「こうのとり」の開発・運用・利用で培った技術をもとに、様々な貢献ができるのではないかと考えています。詳細は、今まさに検討中です。

私自身、ISS計画を通じて、様々なこ



国際宇宙ステーションと「こうのとり」

とを学びました。ISSにおける活動だけでなく、ISSの実運用に携わるNASAの運用管制チームの一員として活動し、より広範囲かつ長期的な視野を持ってプログラムを検討・調整する場にも参加したことで、参加各機関が1つの目標に向け国を越えて相互に信頼し合えるパートナーとして連携していると、強く感じています。宇宙ステーション補給機「こうのとり」のほか、米国の補給船やロシアの補給船が1〜2カ月に1機のペースで打ち上がり、ISSに物資を補給する時代になっています。そこでもお互いの長所をもつて補完し合いながらプログラムに参画し、貢献しています。培った国際関係性を発展させていくことこそ、「ゲートウェイ計画」や「アルテミス計画」につながっていくと思います。

また民間企業の宇宙進出については、以前から宇宙開発に参加していた企業のみならず、新しい企業もかなりの力を持ちつつあります。私が搭乗した「クルードラゴン」を開発・運用したSpaceX社は有人宇宙飛行だけでなく、衛星打ち上げビジネスも手掛けています。ブルーオリジン社をはじめとする新しい企業も、それぞれの技術を開発しています。



一方で日本に関しても「きぼう」日本実験棟や宇宙ステーション補給機「こうのとり」など、非常に素晴らしい技術を持っているので、それらをさらにアップグレードし、次に向けた技術開発を続けていくことが重要だと思います。

宇宙がビジネスにつながっていくというマインドの醸成も重要です。米国のカンファレンスに参加すると、様々なベンチャー企業が、商談につながるネットワーク作りに尽力していることを肌で感じます。昔に比べると宇宙はだいぶ近くなり、様々なマーケットを開拓することにより宇宙ビジネスが成り立つ時代に来ています。我々としても、宇宙をより活用してもらええる仕組み作りや、マインドを変えていける活動をしていきたいと思っています。

宇宙を通じた 国際協力の重要性

人類への貢献を目指した協力関係

——宇宙開発を巡る各国の競争が激化する

一方で、国際プロジェクトの目的を達成するには、各国が協調して技術開発を進めていかなければなりません。ISSはまさに、国際的な宇宙協力のモデルと言えます。星出宇宙飛行士から、ISSの船長としてのご経験に基づき、多国籍のチームマネジメントの難しさなどのエピソードをお聞かせいただけますか。また昨今のウクライナ情勢のような国際情勢の変化が宇宙開発に与える影響についても、併せてお話を頂戴できればと思います。

星出

2021年、ISSに滞在した期間のうち約5カ月間、ISS船長を務めました。この指名は、ISSに参加している各国パートナーの中でも、日本の技術力に対する信頼や今までの貢献を踏まえたものだったと思います。私の前に日本人宇宙飛行士としてISS船長を務めた若田光一宇宙飛行士も、まさに同様のことを話していました。指名の段階で、私もそれをひしひしと感じました。

私がISS船長を務めていた時には、米国、ロシア、フランス、そして日本という4カ国からなる7人の宇宙飛行士が、ISSに滞在していました。それだけの人数や国籍のメンバーがいると調整も大変なのではないか



© JAXA

星出宇宙飛行士らISS第66次長期滞在クルー

と思う人もいるかもしれませんが、実際にはそんなことはありませんでした。人類への貢献という1つの大きな目標に向けて、皆でそれぞれのスキルやバックグラウンドをもって貢献するという意識が非常に高いメンバーでした。もちろん宇宙活動なので想定外のこと

も起りますし、計画通りにいかない作業も出てきます。そうした時に、必ずお互いに助け合っていました。誰から言うわけでもなく地上との交信に耳をそばだてて、誰かがこずつていると気付けば、自分の手が空いたときに自発的に手伝うようなメンバーでした。このように人間としてとても素晴らしい人たちと一緒に活動できたのを、非常にうれしく感じています。

この協力関係はISSの中だけに限らず、計画に参加している各国のエンジニアや管制官、インストラクターといった、ありとあらゆるスタッフが、やはり同じような意識を持って活動に取り組んでいると感じています。昨今のウクライナ情勢で非常に難しい状況の中でも、ロシアとの協力関係は続いていますし、国際宇宙ステーション計画の中でのパートナーシップを維持しています。

国を越えた衛星データ利用の広がり

——衛星開発やデータ利用における国際協力の例や成長が期待される分野、また技術開発を進める際の課題について、漆間委員長から伺えますか。

漆間

衛星開発における国際協力の事例としては、星出さんとも関係が深いISSへの物資補給機「こうのとりのとり」プロジェクトにおいて、当社はJAXAによる協力のもと、ステーションへの接近・離脱・再突入に必要な誘導制御機能を備えた電気モジュールなどの開発を担当しました。開発に当たって、当然ながら米国NASAの有人安全要求に合致する必要があったため、設計結果についてNASAのセーフティー・パネルによる審査を受けました。またフライト時のISS近傍では、NASAのフライトディレクターの指揮のもとで日米共同運用となるよう、米国の全面協力を得て進めました。おかげさまで、2009年打ち上げの初号機から2020年打ち上げの最終9号機に至るまで、全号機ミッション成功という形で国際協力を果たすことができました。

「こうのとりのとり」で開発した、ISSへの近接時に必要となる近傍接近システムが、米国の補給機「シグナス」にも採用されたことは非常に大きな成果です。これも国際協力の一例と考えています。今後成長が期待される分野として、米国を中心に推進中の「ゲートウェイ計画」において、我が国からの物資補

給分野での貢献がうたわれています。ここでも「こうのとりのとり」で培った技術が活用されるものと考えています。

一方、データ利用の実例としては、天気予報などで我々の生活に密接に関係している気象衛星が挙げられます。当社はこれまで氣象庁から、気象衛星「ひまわり」の7:8:9号機を受注し、現在8号機と9号機が運用されています。「ひまわり」には高性能センサーが搭載されており、日々の気象情報、台風や集中豪雨をもたらす雲の移動や発達を詳細に把握して地球にデータを配信し、火山の噴火時における火山灰の分布も高精度に把握することが可能となりました。「ひまわり」の観測データは日本国内での利用のみならず、氣象庁を介してアジア・太平洋地域の30カ国以上にデータが提供され、各国の防災情報として気象監視や災害の軽減に利用されています。

また、人類共通の喫緊の課題である温室効果ガスについても、地球温暖化や気候変動の把握に人工衛星が活用されています。温室効果ガスの排出量を正確かつ透明度高く評価するためには、地球規模での継続的な温室効果ガス濃度の観測が必要です。宇宙からの



観測によって、それが可能となりました。当社はJAXAの人工衛星「いぶき」シリーズの設計・製造をプライムメーカーとして担当し、世界で初めて宇宙からの温室効果ガス濃度の観測技術を確立しました。「いぶき」シリーズは過去10年以上にわたり、地球全域を継続的に観測しています。このような長期間の観測は世界初となります。このトレンドデータは各国で活用されるなど、地球環境保全活動における国際協調として貢献してきました。先ほど星出さんが話された宇宙飛行士間での協調を含め、宇宙を通じた国際協調の流れは、今後ますます加速していくのではないかと考えています。

さらに衛星通信の分野では、当社はオーストラリアやシンガポール、トルコ、カタールといった国々の通信衛星を受注・納品し、これらの国々の通信衛星インフラを支えています。昨今のロシアによるウクライナ侵略においても、安全保障上における衛星通信インフラの重要性が話題に上っています。国家安全保障上、衛星を介した通信インフラ拡充の必要性が今後ますます高まっていくものと想定しています。

開発リスクの低減と 開発成果の利用拡大

漆間 技術開発を進める際の課題については、昨今の経済安全保障の重要度に鑑み、我が国独自の宇宙産業基盤を強化する必要性をますます感じています。高い専門性が求められる宇宙関連のエンジニアをいかに確保していくかが課題です。同時に、宇宙の安全保障利用が今後ますます拡大し、その重要性が高まる中、国として機密情報管理や情報保全について、同盟国間での新たな仕組みが必要であると考えています。

また、政府の関係省庁向けの宇宙関連プロジェクトは開発要素が非常に多く、技術的な難易度が高いことが課題として挙げられます。そのため、一度問題が発生すると膨大なコストと時間が必要となるリスクを抱えており、この解決が喫緊の課題です。また衛星プロジェクトのほとんどが、単機の新規開発もしくは改良開発として開発を伴いますが、欧米のように同じタイミングで開発した同型機を複数まとめて製造する機会がありません。難易度の高い要求に取り組んで生まれた開発成果をうまく活用して利益を創出し、

収益性を確保しながら、その利益を人材育成や設備投資、開発費の投入といった、事業継続に必要な投資の循環に反映させていくことが課題となっています。そのためには、開発段階でのリスク低減も非常に重要です。

対策の1つとして、現在、政府の関係省庁や機関に対し、本格的な開発の前段階における試作品の開発といった「フロントローディング開発の拡充」によって、あらかじめリスク抑制を図る施策を提案しているところです。また、開発のリスクに対応した契約条件の改善についても協力をお願いしています。

宇宙科学・探査の未来と 人材育成

失敗を許容できる土壌作り

——ここまで宇宙開発を通じた国際協力の実情を伺いましたが、次に今後の宇宙開発を支える人材像について伺いたいと思います。我が国が長期的に宇宙開発利用を推進

していくためには、若い人が宇宙に興味と関心を持ち、将来の夢として宇宙に関係する仕事に携わりたいと思ってもらえるような機運の醸成も重要です。宇宙産業に携わる人材に期待される資質について、漆間委員長のお考えをお聞かせください。

漆間

宇宙分野の開発は技術的な難易度が非常に高まっているため、エンジニアあるいは人材として、チャレンジ精神の旺盛な人が求められます。宇宙空間特有の軌道誘導制御、熱制御、機械・構造系、電波・通信・画像処理系といった多岐にわたる技術分野で秀でた能力を持つ方に加え、昨今ますます加速するデジタル化の流れを受け、AI（人工知能）やDX（デジタルトランスフォーメーション）といった分野の人材も必要となっています。また今後は従来のものづくりに加え、衛星データを利用し、解析して、その結果を活用していくソリューション事業の拡大も非常に重要となります。そのため、利用面の視点を持った人材の必要性も高まるものと考えます。国際協力や海外展開といった観点からは、国際感覚のある方が望まれます。また宇宙関連の案件は長期にわたるプロジェクト

が多いため、常に夢を抱き、必ずそれを達成していくという強い思いを持ち続けて粘り強く取り組む人材も求められます。

先ほど申し上げましたとおり、宇宙開発もしなかつた革新的な社会・インフラを実現することで、生活の利便性を飛躍的に向上させる可能性を秘めています。一方で、技術的な難易度の高まりに対して、エンジニア自身とその難易度に果敢に挑戦できるよう、失敗を許容するような土壌を契約時にも整備いただくよう、政府としての支援をお願いしたいと考えています。それと併せて、リスクを共有しながら、民間と政府がどうすればそのリスクを低減していけるか、一緒に取り組みながら検討していきたいと思っております。

いずれにしても若い世代の皆さんには、宇宙にチャレンジしていくという大きな夢を持ち、その夢を実現できるような人材を期待しています。

失敗から学ぶチャレンジ精神

——星出宇宙飛行士は、経団連が協力する

UWC（ユナイテッド・ワールド・カレッジ）^{（注）}の卒業生です。次の世代の人々に宇宙に興味を持ってもらうためのメッセージをお願ひできますか。

星出

失敗によって学べることは非常に多いと思っており、先ほど漆間委員長が言われたチャレンジ精神と失敗を許容するというメッセージには、非常に共感いたしました。私自身、JAXA宇宙飛行士として、地上での訓練で多くの失敗をし、そこから学んできました。ある意味、失敗することで強くなってきたと感じています。失敗しないで過不足なくやっていくよりも、失敗して幹を太くすることが重要ではないかと思えます。

宇宙ステーション補給機「こうのとり」の1号機のミッションで、私は管制チームの一員を務め、ISSのフライトディレクターの横にいました。それまでの開発の経緯や訓練中の試行錯誤、手順開発の中の様々な苦労を思い返しながら「こうのとり」を迎えた瞬間、管制室の中で大きな拍手喝采が起こりました。NASAからも称賛の言葉をたくさんいただきました。日本人として世界に誇れるこのような技術を、今後「ゲートウェイ



