

軌道上サービスで スペースサステナビリティを実現



伊藤 美樹

株式会社アストロスケール 上級副社長

人工衛星は通信、天気予報、GPS、農業などさまざまな場面で活躍しており、日常生活に必要不可欠だ。また、SDGsと呼ばれる、2030年を達成期限とした持続可能な開発目標に向けた取り組みにも人工衛星は活用されている。しかし現在、その人工衛星が運用される軌道が、コンステレーション衛星を含む人工衛星やスペースデブリ（宇宙ゴミ）の増加により混雑し、このままでは宇宙の持続的活用は不可能だといわれている。これは、軌道が混雑し人工衛星やデブリの衝突が起きると、その人工衛星のサービスに支障が出るからだ。実際に衝突は発生しているし、ニアミスも増加してきている。デブリの数は、欧州宇宙機関（ESA）によると10cm以上のものだけで3万6500個を超え、数cm級のものを含めると、100万個近くにもものぼると推定されている。ニアミス自体も、ミッションの中断など衛星運用者にとってリスクやコストとなるため、軽視できない問題だ。今後長期的に将来の世代も宇宙を活用できるようにするには、宇宙の持続可能性「スペースサステナビリティ」に取り組む必要がある。

アストロスケールは、スペースサステナビリティを実現するために「軌道上サービス」に取り組んでいる。軌道上サービスとは、宇宙空間で人工衛星やデブリ等の物体に対して提供するサービスで、当社では①衛星運用終了時のデブリ化防止のための除去、②既存デブリの除去、③故障機や物体の観測・点検、④衛星の寿命延長の4つに取り組んでいる。自動車・船舶・航空業界はアフターサービスを充実することで持続的な利用環境を整えているが、宇宙業界にはこれまでアフターサービスが存在しなかった。すなわち、これまでの宇宙業界は、reduce（削減）、reuse（再利用）、refuel（燃料補給）、repair（修理）、relocation（移動）、remove（除去）、recycle（再利用）などができない状態にあり、当社はこれを実現しようとしている。たとえば、宇宙版ロードサービスだ。宇宙産業が成長するにつれて、その需要は増加していくと考えている。地上での日常生活や経済活動を支える基盤インフラとして、その役割は非常に重要だ。

衛星運用終了時のデブリ化防止のための除去サービスは、EOL (End of Life) と呼んでいる。具体的には、衛星を打ち上げるにあたり、アストロスケールの捕獲機による磁石捕獲が可能なインターフェース（ドッキングプレート）を事前に搭載しておき、当該衛星が軌道上で故障したり寿命を迎えたりした際に、アストロスケールの捕獲機を打ち上げ、当該衛星を捕獲し、のちに軌道を降下させ、大気圏で燃焼させて除去するというもの。本サービスが想定する主な対象顧客は衛星コンステレーションの運用事業者だ。衛星コンステレーションは、多数の衛星をひとつの軌道面に配備し、その上で複数の機動面を用いることで地球全体をカバーする運用を行う。故障機等がデブリとして軌道上にそのまま放置され続けると、デブリと故障機の衝突により生じた微小デブリによる軌道面汚染や衝突回避のための燃料消費による衛星の短命化等の危険性が高まり、かかるリスクによって収益が減少する恐れがあり、速やかに故障機等を除去するニーズがある。

既存デブリの除去を行うADR (Active Debris Removal) のサービスは、捕獲機を打ち上げ、既存のデブリを捕獲し、軌道を降下させ、大気圏で燃焼させて除去するもの。既存デブリのうち、とくに質量数トン級の巨大なデブリは破砕すると宇宙環境に大きな影響を与えるため、早期の除去が必要だ。過去に排出されたデブリの大半が政府ミッションに由来するものであることもあり、本サービスの対象顧客としては政府や宇宙機関を想定している。

故障機や物体の観測・点検サービスはISSA (In-situ Space Situational Awareness) と呼ぶ。故障機やデブリといった非協力物体の直近に安全に接近することは難易度が高い。その理由は、非協力物体から位置情報が発信されず、接近して観測・点検を行うことが困難であることにある。この点、アストロスケールのISSAにおいては、観測用衛星が非協力物体に安全に近距離まで接近し、可視光カメラおよびその他のセンサ類を用いて対象物体のデータを取得することで、故障の原因解析への活用や、相手物体の把握を可能にす

る。後者については、ADRに必要なデータを事前取得する役割も果たす。本サービスはADRと同様に、主な対象顧客として政府や宇宙機関を想定している。

衛星の寿命延長を行うLEX (Life Extension) サービスは、燃料が枯渇した衛星や、想定外の燃料消費により予定より早く寿命を迎える衛星、あるいは軌道がずれてしまった衛星に対して、ドッキングを行い、サービス衛星の燃料を用いる、もしくは燃料補給を通じて衛星の運用期間の延長や別の軌道への遷移などのサービスを提供するもの。たとえば静止軌道では、静止衛星は軌道上の特定の場所において、地上に対して相対的に静止し続ける必要があるが、衛星には月や太陽による引力などの外力が働くため、軌道を維持するための制御を随時行う必要があり、この軌道制御のために定常的に燃料を消費する。このため、静止衛星は燃料が枯渇すると運用ができなくなる。静止衛星は軌道制御のほかにも、軌道投入に失敗した場合の位置補正や、墓場軌道への移動などのために燃料を消費する。静止衛星運用者は、静止衛星の燃料枯渇の数年前から後継衛星の開発を開始するが、打ち上げ費用を含めた数百億円の投資が必要となる。LEXのサービスは、そうした衛星運用者の、既存の衛星を極力使用し続けたいというニーズに応えるものだ。低軌道や静止軌道で衛星を運用する政府や民間企業を対象顧客として想定している。

これら軌道上サービスを実現するために欠かせない技術がある。それは、RPO (Rendezvous and Proximity Operations Technologiesの略称、ランデブ・近傍運用) という技術で、簡潔にいうと、対象物体に安全に接近・捕獲し、何らかのサービスを提供するための技術だ。デブリ問題という、やはり一般的にはその捕獲・除去方法が注目されやすい。しかし、除去を行うには、その前に物体に対して近づき、捕獲するという行為が必要であり、この技術があってこそ、軌道上で除去だけでなく燃料補給などのさまざまなサービスが可能となる。「接近する／移動する」というと地味に聞こえるかもしれない。しかし、非協力物体に対してRPOを行うというのは全く新しい技術だ。

世界で初めて、本物のデブリを対象とするRPO技術の実証に取り組んでいるミッションがある。それは、アストロスケールの商業デブリ除去実証衛星「ADRAS-J」(アドラスジェイ、Active Debris Removal by Astroscale-Japanの略)。ADRAS-Jが実際のデブリへの安全な接近を行い、デブリの状況を明確に調査する世界初の試みで、具体的には、大型デブリ(日本のロケット上段:全長約11m、直径約4

m、重量約3トン)への接近・近傍運用を実証し、長期間軌道上に存在するデブリの運動や損傷・劣化状況の撮像を行う。アストロスケールは、大型デブリ除去等の技術実証を目指す宇宙航空研究開発機構(JAXA)の商業デブリ除去実証フェーズIの契約相手方として選定され、JAXAとの契約に基づき、ADRAS-Jを開発した。商業デブリ除去実証は、深刻化するデブリ問題を改善するデブリ除去技術の獲得と、日本企業の商業的活躍の後押しをふたつを目的とするJAXAの新しい取り組みで、この枠組みに基づき、本事業はJAXAから技術アドバイス・試験設備供用・研究成果知財提供を受けて実施されている。

ADRAS-JはRocket Labのロケット「Electron (エレクトロン)」に搭載され、2024年2月18日夜(日本時間)にニュージーランドのマヒア半島にあるRocket Labの第1発射施設(Launch Complex 1)より打ち上げられ、軌道投入に成功した。2月22日にはデブリへの接近を開始。ADRAS-Jはまず、自身に搭載するGPSと地上からの観測値をもとに、スラスタ等を駆使してデブリに接近していった(絶対航法)。4月9日には、ADRAS-J搭載のVisCam(可視光カメラ)にてデブリを捕捉したことで、衛星搭載センサを駆使してデブリの方角情報を用いる相対航法を開始。方角情報も使いながら相対軌道を制御して距離を詰め、デブリの後方数kmの距離において衛星搭載のIRCam(赤外カメラ)にてデブリを捕捉した。そして4月16日、IRCamによって取得するデブリの形や姿勢などの情報を用いる相対航法を開始し、ついにデブリの後方数百mへの接近に成功した。(4月22日時点)

デブリ問題は、地球の日常生活や経済活動にも関係している、喫緊の課題だ。アストロスケールはスペースサステナビリティを実現すべく、これからも取り組みを進めていく。

商業デブリ除去実証衛星「ADRAS-J」のイメージ画像 



提供: アストロスケール