

# ispace の月面資源開発と新たな産業創出

株式会社 ispace | 取締役 COO 中村貴裕

## 1. なぜ、世界は月に注目するのか

### 1-1 宇宙の「ハブ」としての月

近年、世界中が月を目指している。NASA が構想する月周回ステーション「Deep Space Gateway」や、欧州宇宙機関の事務局長が掲げる国際月面基地構想「Moon Village」などの国際協力を推進する働きかけがすでに動き出している。また、米 Moon Express、米 Astrobotic、米 Bigelow Aerospace など世界の民間企業も月を舞台としたビジネスを展開しようとしている。

なぜ、人類初の有人月面探査「アポロ計画」から約 50 年経った今、月が再び注目を浴びているのか。各参入者の動機はさまざまだが、特に重要視されているのが、月を人類の活動圏の中継地点とする見方だ。近年の研究によると、月には貴重な鉱物資源のほか、数十億トンの水が存在すると言われている。特に月の極域には、一年中太陽の光が当たらず温度が約マイナス 200 度をさらに下回ると推定される「永久影」と呼ばれる地域が存在する。北極の永久影地域に約 6 億トンの水氷があると推測され、南極にはそれを上回る量の水が固体として保管されていることが示唆されている。

### 1-2 宇宙の石油「水資源」

水資源は、生物の生命維持や植物の植生に必要な不可欠な要素であることに加えて、水素と酸素に分解すればロケットの燃料になることから、「宇宙の石油」と呼ばれるほど貴重な資源だ。月で水資源を確保することができれば、将来月面で人間が暮らすための重要な資源になるほか、月でロケットの燃料を補給してから火星や小惑星などのさらに遠い天体に向かうこともできる。月が燃料補給基地として機能することで、地球から打ち上げられるロケットの燃料量が削減され、莫大な打ち上げコスト削減や燃料重量分のペイロード（貨物）の搭載が可能になる。これからの時代、月を制するものは宇宙をも制すると言える。

月の水資源こそが宇宙へのヒト・モノの輸送の在り方を変え、人類が宇宙で生活する未来を速める重要な鍵となるだろう。その貴重な月の水資源に注目しているのが ispace だ。

### 1-3 次世代の民間宇宙企業「ispace」

ispace は、「人類の生活圏を宇宙に広げ、持続的な世界を実現すること」をビジョンに掲げ、月面資源開発の事業化に取り組んでいる次世代の民間宇宙企業。2010 年に設立されて以来、ispace は東京の小さなオフィスから、米国、ルクセンブルクと日本の 3 カ国に拠点を構えるグローバルな企業へと成長した。

社員数はすでに 60 人を超え、日本に限らず世界各国から有能な人材が集まっている。ispace は、超小型宇宙ロボット技術を軸に、従来の国家主導のミッションよりも低価格かつ高頻度な月面へのアクセスを提供し、月面探査、資源採掘や貯蔵、輸送などを行い、宇宙資源を起点とした新しい産業創出をリードしていくことを目標としている。人類が宇宙で生活をするためには、豊かになる仕組み＝経済が必要になるだろう。宇宙資源開発は、宇宙に経済を築く第一歩になるはずだ。

## 2. 宇宙資源開発の先導に向けた技術基盤の確立

### 2-1 きっかけは、世界初の月面探査レース

宇宙資源開発を先導していくためには、月面に高頻度で着陸し、水資源データを最速で集積する事が必須となる。ispace は、日本が誇る超小型ロボティクスを駆使した技術開発を武器に、宇宙資源市場の獲得を目指している。

ispace はビジョン達成に向けた第一歩として、日本発の民間月面探査チーム「HAKUTO」を運営した。HAKUTO は、世界初の月面探査レース「Google Lunar XPRIZE」に日本から唯一参加したチームだ。Google がスポンサーとなり、米国の XPRIZE 財団によって運営されたこの国際月面探査レースが参加チームに求めたことは以下の 3 つだ：

1. 月面に純民間開発ロボット探査機を着陸させること。
2. 着陸地点から 500m 以上走行すること。
3. 月面で撮影した高解像度の映像と画像を地球に送信すること

これらを最初に成し遂げたチームにはおよそ 2,000 万ドルの優勝賞金が付与される。多額な賞金だが、宇宙開発にかかるコストを考慮すると、利益を生み出すことは難しい額でもある。しかし、かつてチャールズ・リンドバーグは、賞金レースの参加者として世界初の大西洋横断を成し遂げ、これをきっかけに航空産業が飛躍的に発展した。Google Lunar XPRIZE の主催者である XPRIZE 財団は、賞金レースを通して、宇宙産業の発展を促進することを狙ったのだ。

### 2-2 日本発の月面探査チーム「HAKUTO」

HAKUTO は ispace の社員、東北大学の研究室の学生達、そしてプロボノと呼ばれるボランティアメンバーといった様々なバックグラウンドをもつ 100 人のメンバーが集まり、それぞれの特技を生かし合って月面探査ロボット（ローバー）を開発する民間チームだ。

さらに、HAKUTO は多くのパートナー企業に支援された。オフィシャルパートナーの KDDI 株式会社には、ミッションの中核となる通信技術で協力していただいた。コーポレートパートナーである株式会社インターメスティック/Zoff は商品やプロジェクトのプロモーションなどで連携し、セメダイン株式会社はソーラーパネル等の接着に使用する宇宙用接着剤、スズキ株式会社はローバーの駆動部の構造解析、日本航空株式会社はローバーの空輸、株式会社リクルートテクノロジーズはデータ解析での協力、そして株式会社 IHI は HAKUTO の最初のパートナーとしてプロジェクトのムーブメントを先導していただいた。こ

の他にもサポーターカンパニーが 20 社以上存在し、それぞれの企業はパートナーとなるだけでなく、様々な技術協力も提供いただいた。

### 2-3 コストとパフォーマンスの最適解

HAKUTO が開発する月面探査ローバー『SORATO』の重さは 4 kg しかない。従来の探査ローバーは数十 kg から数百 kg あることを考えると、まさに桁違いの軽さだ。なぜ、軽量化にこだわっているのか。それは、コストの削減のためだ。宇宙開発では、ロケットの打ち上げに最もコストがかかる。そして、打ち上げのコストは重量に比例する。小型で軽量のローバーを開発することで打ち上げコストを下げることができ、将来の事業発展にもつながる。

もちろん SORATO はただ軽いだけではない。打ち上げ時の強い振動に耐える強度設計、月面の過酷な温度環境下でも機能できる熱設計、太陽光で充電出来る仕組み、月と地球の細かい通信帯域でも交信できる通信機能、そして月面を覆う非常に細かなパウダー状の砂「レゴリス」の上をスムーズに走行できる機能を兼ね備えている。コスト削減を狙った小型軽量化に加えて、探査ローバーとしてのパフォーマンスを最大限発揮できるバランスを維持している。まさに「コストとパフォーマンスの最適解」である SORATO は、ispace の今後の探査ミッションの鍵となる技術となるだろう。2015 年 1 月には SORATO の高い走行性がレースの主催者によって評価され、「モビリティサブシステム」部門で中間賞を受賞した。2017 年 1 月には、レースの最終フェーズに進む 5 チームのファイナリストの 1 チームとして選出もされている。

### 2-4 続く民間月面探査

しかし、残念ながら、開始から 10 年が経過するこの前代未聞の賞金レースは、2018 年 3 月末に、勝者なしで幕を閉じることとなった。レースの先に新しい宇宙産業を生み出すことを目的に、10 年の歳月に渡って世界初の民間月面探査を目指して切り拓いてきた道は、決して平坦なものではなかった。同じくレースに挑む世界中のチームとともに新しい宇宙開発の可能性を世界に示すことができたことは、何物にも代えがたい実績だ。

しかし、民間による月面探査への挑戦は、これで終わりではない。

HAKUTO は、7 年を越える Google Lunar XPRIZE の活動を通して、挑戦し続けることで、誰もが夢だと思っていた民間による月面探査があと一歩で現実に可能であるということを示すことができた。前述したような多くの企業や個人の皆様にご支援いただいたこと、そして月面探査ローバー”SORATO”の開発を通じて、HAKUTO は新しい宇宙開発におけるビジネスモデルと次世代の月面探査機開発に向けた足跡を残すことができた。これらは将来の日本、そして世界の宇宙開発につながっていく貴重なノウハウであり、技術であると信じている。

## 3. 月を新たなビジネスの舞台として

### 3-1 国内過去最高額となるシリーズ A の調達

ispace はシリーズ A 国内過去最高額となる 103.5 億円の資金調達を実施した。この資金調達により、ispace は民間では世界初となる、独自開発の月着陸船による「Mission 1: 月周回」と「Mission 2: 月面着陸」の 2 つの月探査ミッションを始動させた。

この 2 つのミッションは、月の水資源を軸とした宇宙インフラの構築に必要となる物資の月輸送と、資源を含めた月面探査の技術を確立する出発点となる。月面への着陸は、人類の歴史でも未だアメリカ、ロシア、中国の 3 つの国による国主導のミッションでしか実現されていない高度な技術だ。ispace は、Mission1 と 2 を新しい技術に挑戦する研究開発と位置付けており、同じ設計の月着陸船で、2020 年に「月周回軌道への投入」と、2021 年に「月面への軟着陸」の 2 段階に分けて実行する。Mission1 では月の周回軌道に確実に投入することを確認し、そこで得られたデータや経験を Mission2 の月着陸船の設計にフィードバックすることで、月面軟着陸に必要な技術を着実に確立していく計画だ。

### 3-2 宇宙開発を活用した、新しい価値創造

ispace が開発する月着陸船には総重量 30kg のペイロードが搭載可能だ。この中には ispace が HAKUTO で培った技術をベースに今後新たに開発する小型軽量の月面探査ローバー 2 台も含まれる。この月面探査ローバーにもそれぞれ最大 5kg のペイロードを搭載可能とする予定だ。これらの月着陸船と月面探査ローバーのペイロードスペースを活用することで、ispace は大きく分けて 2 つの価値創造を目指していく。

一つ目が、科学発展への貢献だ。月着陸船と月面探査ローバーのペイロードスペースに、科学実験機器や技術開発のための試験機器などを搭載することが可能だ。例えば、月着陸船には高解像度カメラや実験装置など、移動を必要としない固定型ペイロードを搭載できる。将来の有人ミッションに向けた、詳細な月面環境のデータ取得や、月面の微小重力環境を利用した素材開発や細胞培養実験などが考えられるだろう。また、映像や走行データの取得、採掘技術の実証、月面をマッピングするためのセンサなどの移動を必要とするペイロードは、ispace の月面探査ローバーに搭載することができる。例えば、HAKUTO のローバーに搭載予定の JAXA の放射線計量装置、そして貴重な資源である水の在り処を探索することを目的に現在 ispace がルクセンブルク政府と共同開発を進めている質量分析器などが挙げられる。

二つ目が、非宇宙関連企業との参入促進による価値創造だ。Mission 1 と Mission 2 では、着陸船またはローバーに搭載されたカメラで月周回軌道上や月面上の画像や映像を取得できるほか、環境や地形の観測データなどの月面データも取得していく。これらの貴重な月面データを民間企業に提供することで、企業 PR 活動、番組制作や教育コンテンツに活用できる。例えば、月面で取得された画像を利用した「月面歩行」を体験できる VR コンテンツや、地形データを 3D プリントした教育素材の制作など、さまざまな活用方法が考えられるだろう。企業の新商品をペイロードとして月へ運ぶことで、枠を越えたキャンペーンの実現も可能になる。

### 3-3 民間主導の宇宙プロジェクト形態へ

また、HAKUTO のように、宇宙開発のプロセスの段階から非宇宙関連企業と連携することで、他産業の既存事業の拡大にも貢献している。ispace はすでに KDDI 株式会社との月面通信技術開発、株式会社東京放

送ホールディングスとの戦略的メディアパートナーシップ、株式会社電通との戦略的マーケティングパートナーシップなど、今後の探査計画において複数企業との業務提携を始動させている。

これらのサービスや提携スキームを提供することで、既存の宇宙機関や大学、宇宙関連企業はもちろん、これまで宇宙に直接関わりのない企業や組織が、月を舞台に新しい取り組みを始めるきっかけを創り出していく。宇宙産業を代表する宇宙機関や大手企業、宇宙スタートアップ企業、そして非宇宙関連企業による化学反応を引き起こすことで、従来の民間企業がベンダーとして協力する政府主導の宇宙プロジェクト形態から、民間主導プロジェクトに政府系研究機関が顧客として協力する民間主導の形態へと変化させていきたい。

#### 4. 積極的な官民連携

##### 4-1 国内の官民提携スキーム

また、宇宙資源を軸とする産業創出を目指す ispace は、政府とも積極的に協力関係を築いている。2016年12月16日、ispace は JAXA と覚書を締結し、両者が有する知見とネットワークを生かして、月の資源の採掘、輸送及び利用等に関する産業の創出・展開に向けた構想および計画を検討していくことを発表した。民間企業が政府機関と連携して、月の資源を軸とした宇宙資源開発の産業創出に向けて具体的な検討を行っていくことは、これが日本初の例となる。

また、宇宙資源開発については、2016年11月8日に参議院内閣委員会で宇宙資源開発産業の振興が決議されている。同年12月13日には、政府の宇宙開発戦略本部で決定された宇宙基本計画工程表改訂でも宇宙資源開発へ向けた取り組みの強化が盛り込まれた。「諸外国の動向等も踏まえ、我が国においても、新たなビジネスを見据えた環境整備に向けて、法整備の必要性も含めて、必要な措置について検討を行っていく。」（宇宙産業ビジョン 37 頁）と政府が表明したことは、民間事業者による宇宙資源開発ビジネスを強く後押しするものであり、日本として潜在的な優位性がある宇宙資源開発の産業化に向けた大きな一歩として高く評価されるべきだと考える。

##### 4-2 迅速に進む法整備と、求められるスピード感

一方で、米国、ルクセンブルクや UAE 等の宇宙資源開発を積極的に進めようとしている国は、宇宙資源開発を取り巻く法整備を迅速に進めている。米国では、宇宙資源の商業開発を認める Space Act of 2015 (H. R. 2262-114th Congress (2015-2016) ) が 2015 年 11 月にオバマ大統領により署名されている。

もちろん、産業生態系が未だ確立されていない宇宙資源開発は、具体的な活動が行なわれて初めて規律すべき内容の詳細が判明するという側面がある程度存在するだろう。しかし、上記のような法整備を進める諸外国の法律や法案を見る限り、そういった側面は措いた上で、国内事業者が活動を行うことができるようしつつ、自国及び国内事業者が国際的責任を果たすことを担保するための最低限のルール及び環境をまずは整備するという趣旨で法整備を進めているように見受けられる。このため、日本が「新たなビジネスを見据え」て環境整備を行うにあたって、他国が上記のような姿勢で法整備を進めていくということを前提としたスピード感で、法整備について検討していくことが望まれる。

#### 4-3 諸外国への積極的アプローチ

そのため、ispace は活動範囲を国内に留めず、上記のような諸外国へも積極的にアプローチを仕掛けている。2017年3月2日、ispace はルクセンブルク政府と、月資源の共同開発の覚書を締結し、世界進出の大きな一歩を踏み出した。ルクセンブルクは小国でありながら、宇宙資源開発に注力している数少ない国だ。同国は宇宙の資源開発のハブとなる旨の政策を公表し、元ヨーロッパ宇宙機関長官をアドバイザーに迎え、すでに米国・中国との連携を公表している。さらに、2016年2月には月や小惑星などの資源の探査と商業利用を目的とする「SpaceResources.lu」計画を発表しており、今回の ispace との共同開発も、このプログラムの一環として位置付けられる。この締結をきっかけに、ispace はルクセンブルクにヨーロッパ支社を設立し、今後もペイロードの開発や組み立て、技術支援などの重要な技術サービスを開発していく予定だ。

さらに、ヨーロッパに拠点を置くことで、国際的法整備に向けた議論に積極的に参加することができる。先述の通り、宇宙資源開発を取り巻く法規制はグレーゾーンと捉えられており、国際社会を巻き込んだ議論が進んでいる。中でも、オランダ王国外務省が議長を務める「ハーグ宇宙資源ガバナンスワーキンググループ」では、ルクセンブルク経済産業省を含めた欧州の主プレイヤーや、関係各国 17 カ国と民間企業を含む 29 組織が集まり議論を展開している。ispace は日本からの唯一の参加者として、本ワーキンググループで宇宙資源開発に対する法整備が今後民間の事業者の活動を妨げず、誰にとっても公平な権利となるように、積極的に議論に参加している。2017年9月に、本ワーキンググループは宇宙資源開発に関する国際ルールの草案を発表。各国の国内法制にとどまらず、宇宙条約との関係を整理し、さまざまなステークホルダーの利益の調整を試みている。

このような議論の成果は国連を始めとする国際会議でも発表されており、今後の宇宙資源開発のビジネス環境を左右する可能性が非常に高いと言える。一方で、ルール形成の観点からもまだ世界的に確立されたものが存在しないことも確かだ。ispace のような民間企業が技術開発を積極的に進めつつ、日本政府や ispace のような民間プレイヤーによる国際的レジーム構築への積極的な関与があれば、日本が世界をリードできる可能性は十分にある。そのためにも、日本は今後もビジネスや技術面だけでなく、法整備にも積極的に取り組み、国際的にプレゼンスを発揮していくことが求められるだろう。ispace にはそれを実行できる有能な人材が多方面から集結し、すでに実行している。

宇宙資源開発は遠くない将来に現実のビジネスとなる。2040年には、月に1,000人の人が住み、年間10,000人が訪れ、建設、エネルギー、鉄鋼、通信、運輸、農業、医療、そして月旅行など、月の「水資源」を軸とした宇宙インフラが構築されているだろう。ispace は、その宇宙インフラが地球で住む人々の生活を支え、地球も月も含めて宇宙全体がエコシステムとなる持続的な世界の実現を目指していく。