

日本の宇宙開発の急速な進展 ～今後の宇宙ビジネスへの国産技術の展開可能性～

～宇宙戦略基金の始動により日本のモノづくり技術が宇宙でチャンスをつかむ～

コンサルティング事業本部 [東京] イノベーション&インキュベーション部
プリンシパル 山本雄一朗
コンサルタント 志保田真輝

(協力)宇宙航空研究開発機構(JAXA) 宇宙探査イノベーションハブ 副ハブ長 川崎治

1. 2024年7月に宇宙戦略基金がスタートし、日本の宇宙産業エコシステム構築が本格化

2024年7月、宇宙航空研究開発機構(以下、JAXA)を結節点として、産学官による宇宙活動を加速するための宇宙戦略基金が創設された。この動きは、同基金の設立目的にて言及されている通り、人類の活動領域を宇宙空間に拡大させ、地球規模の課題解決に取り組む「スペース・トランスフォーメーション」が本格化し、宇宙開発の覇権を巡る各国の競争が激しくなっていることや、宇宙関連産業の市場規模が急拡大し、官民連携による宇宙関連分野の技術開発スピードの加速や新たな産業創出を目指す動きが次々と現れていることを背景としている。同基金は、「輸送」「衛星等」「探査等」の分野における「市場の拡大」、「社会課題解決」、「フロンティア開拓」を出口目標として、民間企業等が複数年度にわたる長大な宇宙技術開発に取り組み、宇宙産業の育成を加速するために設置されたもので、10年間で1兆円規模に達する。

このような背景を受け、当社は JAXA 協力の下、一般的な技術分類と宇宙領域で求められる技術領域の対応関係を整理するとともに、その対応関係の強弱を定量化する分析を行った。本稿では、その分析および JAXA との議論の一部を踏まえて、宇宙の幅広い領域において日本の得意とするモノづくり技術がどのように展開する可能性があるかを述べる。

2. 特許技術を用いた方法論

(1) 宇宙技術の定義化

宇宙技術の定義を確認するに当たり、本稿では JAXA を中心とする各種公開情報より提供される 180 程度の技術情報を、大分類・中分類および個別詳細分類に再編した(表 1)。

表 1 宇宙技術の技術領域定義(小分類は一例を紹介)

大分類	中分類	小分類 (一部)
1輸送技術	1-1ロケット輸送技術	1液体推進燃料/2固体推進燃料/3液体酸素タンク 他
2宇宙航行技術	2-1軌道間輸送・補給技術	28デブリ防護壁/29宇宙船被ばく軽減素材 他
2宇宙航行技術	2-2大気圏突入技術	37断熱タイル/38アブレータ耐熱コーティング 他
2宇宙航行技術	2-3ランデブ・ドッキング技術	52与圧結合アダプタ (Pressurized Mating Adapter : PMA) 他
3探査技術	3-1着陸・離陸技術	56画像照合航法/57SLAM (自己位置推定・環境地図作成) 他
3探査技術	3-2惑星保護技術	60滅菌・除菌法/61惑星免疫システム
3探査技術	3-3サンプルリターン技術	62サンプルリターン
3探査技術	3-4表面移動・作業技術	63燃料電池車/64自動運転技術/65金属製タイヤ
3探査技術	3-5分散協調探査技術	68群知能・群行動、自己組織化技術/69可変構造型ロボット 他
3探査技術	3-6月面推進生成技術	72水抽出技術 (加熱方式、マイクロ波照射、水蒸気回収) 他
3探査技術	3-7拠点設立	76月面地盤調査装置 (LSM) /77自律遠隔施工 他
4滞在技術	4-1環境制御・生命維持技術	85クレスト (エアロック) /86船外実験プラットフォーム 他
4滞在技術	4-2健康管理技術	102ウエートトレーニング用抵抗運動器具/103トレッドミル 他
4滞在技術	4-3食糧生産技術	111宇宙食/112放射線照射食品/113中間水分食品 他
5実験技術	5-1薬学	116宇宙創薬/117骨粗しょう症研究/118クリーンベンチ 他
5実験技術	5-2生物学	119冷凍・冷蔵庫/120細胞培養装置/121タンパク質結晶生成 他
5実験技術	5-3物理学	122流体物理実験装置/123画像取得処理装置 他
5実験技術	5-4材料工学	124温度勾配炉/125溶液結晶化観察装置
5実験技術	5-5その他実験設備	126船内保管室/127船内実験室/128宇宙ステーション補給機 他
6共通技術	6-1エネルギー (発電・蓄電・蓄熱・送電) 技術	133循環型再生エネルギー/134循環型再生エネルギーシステム 他
6共通技術	6-2熱制御技術	145真空下での温度制御/146内部ループ熱制御 他
6共通技術	6-3通信・測位技術	149宇宙航行機器通信システム/150宇宙航行機器測位システム 他
6共通技術	6-4観測技術	156衛星観測技術
6共通技術	6-5軽量構造	157軽量構造技術/176軽量材料/178能動制御/179能動制御 他
6共通技術	6-6制御技術	178能動制御 (アクチュエータやピエゾ素子など) 他
6共通技術	6-7ロボット・マニピュレータ技術	159センサ付き検査用延長ブーム/160モバイルベースシステム 他
7訓練もしくは飛行士訓練	7-1訓練内容	163ファミリーアライゼーション/164ロボットアーム操作 他
7訓練もしくは飛行士訓練	7-2訓練設備・環境	167KC-135[訓練用旅客機]/168無重量環境訓練施設 他

(出所) 当社作成

(2) 技術領域の定義化

続いて、特許情報に基づき技術に関わる産業領域を定義した。ここでは、世界知的所有権機関(以下、WIPO)の定義する 35 の技術分類をベースに、日本国内に存在する産業を想定して、技術に立脚した産業領域を 53 領域に分けた(表 2)。

表 2 WIPO の定義する技術分類を活用し、日本国内の産業を想定し、技術目線の産業領域 53 領域定義

技術分野	WIPOの35技術分類	技術群			
		核物理	配電・電力機器	電気機器・エネルギー機器	
電気工学	電気機械器具、エネルギー	核物理	配電・電力機器	電気機器・エネルギー機器	
	AV機器	楽器	音響技術		
	半導体	パワー半導体	メモリ	半導体	
情報通信技術	電気通信	通信機器			
	デジタル通信	デジタル通信			
	基本的な通信処理	通信信号処理			
	コンピューター技術	情報記録	電子回路	コンピュータ	電子機器
一般機器	マネジメントのためのIT手法				
	光学	光学技術	写真・露光技術		
	計測技術	計測技術			
バイオ・医療機器	制御技術	制御技術			
	生体情報・計測	生体情報・計測			
化学	医療技術	医療機器			
	有機ファイン・ケミストリー	有機ファインケミストリー			
	食品化学	食品技術			
	基本的な材料化学	無機化学	セルロース・紙	火薬	
	材料、冶金	セメント	セラミック素材	鉄・金属素材	ガラス素材
	表面技術、コーティング	ペイント	コーティング剤		
	マイクロ構造・ナノテクノロジー	ナノテクノロジー			
バイオテクノロジー・医薬品	化学工学	化学プロセス			
	環境技術	水/下水処理	大気環境		
	バイオテクノロジー	バイオテクノロジー			
機械工学	医薬品	医薬品			
	高分子化学、ポリマー	高分子	接着剤		
	操作(エレベーター、クレーン、ロボット、包装技術など)	ロボット	包装技術	クレーン・エレベーター	
	工作機械	工作機械			
	織物および抄紙機	衣料品・衣服	繊維		
	他の特殊機械	食品加工機器	漁業機械	農業機械	
輸送用機器	熱プロセス・器具	熱プロセス			
	機械構成部品	一般機械部品			
	エンジン、ポンプ、タービン	動力機械			
その他	輸送	輸送機器			
	家具、ゲーム	家具	消防・防災	ゲーム	
	他の消費財				
	土木建築	建設機械	建設技術	建材	

(出所) 当社作成

(3) 特許引用関係を活用したひもづけ関係の可視化

上述した「宇宙技術定義母集団」および「産業技術母集団」を突合し、各産業における技術が、宇宙産業に展開できる可能性を検証した。具体的には、ある産業技術が宇宙領域にも応用可能である状態を「ひもづけ関係がある」と定義し、その「ひもづけ関係」の強弱、すなわち宇宙領域への応用可能性の高さを、特許データベースを分析することで検証した。各技術母集団については、技術要旨に含まれるキーワードの検索や特許分類など、通常用いられる方法論で、検索式を活用して母集団を形成した。また、ひもづけ関係においては抽出した特許母集団の、リスト自体の突合および、その類似技術として、引用技術および被引用技術を同様に母集団として定義化することで、検索式のみでの定義にとどまらないひもづき関係についても利用することで、より幅広い産業技術に対して、宇宙技術としての活用が可能かの分析・可視化を行った¹。また、本検討においては、当社検索式概念を宇宙技術領域および産業技術領域において検索式を構築し、日本特許庁・米国特許商標庁 (USPTO)、欧州特許庁 (EPO)、WIPO より公開・登録された 2011 年以降の出願特許を対象として解析した。

(4) 集計による分析

各産業領域における宇宙技術とのひもづき関係を特許情報の件数ごとに集計した。情報が膨大となるため、本稿では、輸送機器、建設、ゲーム・スポーツの領域について取り上げる。また件数集計の対象とする特許情報については、クラリベイト・アナリティクス社のデータを用いた。

¹ JAPIO YEARBOOK 飯田康「引用情報の活用」(2007)

3. 分析による産業技術領域ごとの進出可能性

(1) 輸送機器領域

本章では、産業技術領域ごとに宇宙技術への展開可能性を数値化する。輸送機器領域における産業技術母集団と宇宙技術定義母集団とのつながり件数を集計し、各宇宙技術定義母集団の総数にて規格化することで数値を算出した。さらにこれらの数値について、産業技術母集団全体偏差値を計算し、上位群の結果を表3にリストアップした。(なお、後述する(2)(3)においても同様である)

輸送機器領域の最上位は健康管理技術、続いて月面における表面移動などの探査技術となった。輸送機器領域においては、ドライバーの安全・認知の低下などの危険度を検出するさまざまな技術開発が進んでいる。

例えば、自動車などの安全運転に関わる生体情報取得技術、メンタルの異常状況を検知してエンジンがかからないようにする技術、目の動きなどから集中力などを推定、休憩のリコメンデーションを与える技術などがある。これらは宇宙空間におけるクルーの健康管理技術として応用できる可能性がある。さらに個別特許情報を参照することで、より詳細に現在の輸送機器関連技術を用いた宇宙展開アイデアの抽出も可能である。(アイデアの抽出可能性についても、後述する(2)(3)も同様である)

表3 輸送機器領域における、宇宙技術への展開可能性を偏差値化した結果上位群

輸送機器			
大分類	中分類		偏差値
4滞在技術	4-2健康管理技術	0.226861	76.7
3探査技術	3-4表面移動・作業技術	0.196985	72.1
2宇宙航行技術	2-2大気圏突入技術	0.174542	68.6
6共通技術	6-1エネルギー技術	0.145512	64
1輸送技術	1-1ロケット輸送技術	0.137293	62.8

(出所)クラリベイト社「Derwent™」を基に当社が独自に分析して作成

(2) 建設領域

建設領域では、月面における拠点設立や表面移動・作業などの探査に関わる建設技術に集中している。極高真空状態にある月面で適度に与圧された居住区を確保することや、食料製造・食料栽培などで食料を現地調達するのは、建設領域で培われた多様な技術により解決できる可能性がある。月やさらには火星での人間社会形成が拡大される中、大きな期待ができる領域である。

表 4 建設領域における、宇宙技術への展開可能性を偏差値化した結果上位群

建設技術			
大分類	中分類		偏差値
1輸送技術	3-7拠点設立	0.348064	91.4
2宇宙航行技術	3-4表面移動・作業技術	0.229916	75.3
2宇宙航行技術	2-2大気圏突入技術	0.081	55
2宇宙航行技術	4-2健康管理技術	0.065928	53
3探査技術	1-1ロケット輸送技術	0.057995	51.9
3探査技術	6-1エネルギー技術	0.05648	51.7

(出所)クラリベイト社「Derwent™」を基に当社が独自に分析して作成

(3) ゲーム・スポーツ領域

ゲーム・スポーツ領域においては、健康管理技術が上位となった。例えば宇宙探査においては、数カ月の長期にわたり、数名のクルーが比較的小規模空間に共存するストレスフルな生活を余儀なくされる。訓練を受けた精神的、肉体的に強靱なクルーであっても、精神的な不調を感じる可能性がある。このような兆候をできるだけ早いタイミングで検知し、場合によってはこれらストレスの緩和やヒーリングに、ゲーム・スポーツの技術が活用できると想定される。また、2番目に入ったその他実験設備は、宇宙空間の実験設備におけるロボット操作や制御を、地上から人間が行う試みが具体例として考えられる。このような地上と宇宙の間での操作や制御では数秒の遅延が発生する。そこで、グラフィカルに人間の認知を補助するバーチャルリアリティ(VR)や、拡張現実(AR)の技術を駆使するなど、ゲームの世界で活用されている技術の展開可能性がある。ゲームやスポーツに関わる技術は、日本で突出して発展し世界に波及している技術も多く、日本の技術がプレゼンスを発揮できるような可能性も大きい。

表 5 ゲーム・スポーツにおける、宇宙技術への展開可能性を偏差値化した結果上位群

ゲーム/スポーツ			
大分類	中分類		偏差値
4滞在技術	4-2健康管理技術	0.206445	91.1
5実験技術	5-5その他実験設備	0.104056	66.7
1輸送技術	1-1ロケット輸送技術	0.075404	59.9
2宇宙航行技術	2-2大気圏突入技術	0.071981	59.1
2宇宙航行技術	2-1軌道間輸送・補給技術	0.048904	53.6
6共通技術	6-3通信・測位技術	0.04873	53.5
6共通技術	6-1エネルギー技術	0.047323	53.2

(出所)クラリベイト社「Derwent™」を基に当社が独自に分析して作成

今回、JAXA との共同議論のもと、宇宙探査領域の新たな展開や市場の変動に際し、既存技術の宇宙探査領域への応用・適用可能性のアイデーションを行うことが知財分析の観点から可能であると結論づけた。さらにはこの分析結果を活用することで、特に日本で培われたモノづくりの技術が、今後火星まで伸長する想定宇宙開発において重要な領域に適用され、宇宙ビジネスの世界で大きな市場を獲得する可能性があることを見いだした。

4. 民間の宇宙産業への展開動向と本分析の活用可能性

アメリカを中心に日本を含む世界 8 カ国が合意する月探査計画「アルテミス計画」は、2026 年を目標に月面に人類を送り、月面拠点を建設して人類の持続的な人類活動を目指している。さらにゲートウェイを経由して月に物資を運び、人類の最終目標地点である火星への中継基地とする。このアルテミス計画では、既に民間企業の技術を用いて月面での拠点活動を行うためのさまざまなインフラを構築する研究・開発が進められている。

(1) 月面建設技術

日本の建設技術は世界でも最高レベルの工法と建物の安全性を実現している。このような日本の誇るべき技術を活用して、月面でのアーキテクチャの構築に向けた宇宙建設技術の開発が進められている。将来、月面に建物を建設し人が住むことを想定すると、低温環境および高温環境下といった過酷な条件でも機能し、宇宙線からの宇宙飛行士の保護も可能な軽量の建造物の建設技術が求められている。住宅メーカーのミサワホームは JAXA、国立極地研究所と連携して、平均気温がマイナス 50 度以下の南極の内陸部に軽量の「木造の基地」を設置し、月面の過酷な環境を想定した気密性や耐久性の試験を行っている。

(2) 月面移動・探査技術

トヨタ自動車は、日本の世界に誇る自動車技術と、水素を活用したエネルギー技術とを組み合わせ、月面探査車の技術開発を進めている。自動車における安全性、信頼性においてゆるぎない地位を確立していても、月面での技術は全く新たな挑戦になる。JAXA とトヨタは、月面での有人探査活動に必要な有人圧ローバの研究を開始し、早ければ 2032 年に打ち上げ予定としている。月面上での低重力の下、マイナス 170～120 度の温度範囲かつ、真空、強い放射線環境下で、さらには月の地表の砂(レゴリス)に覆われた踏破性の非常に悪い悪路環境での使用に耐える技術開発を進めている。探査の任務にあたる宇宙飛行士の安全のみならず、数カ月にとわたる長期の探査任務に耐えるために、太陽光からの発電と、水素生成技術の活用によるエネルギー貯蔵を含む、独立的エネルギー生成・利用システムの開発が進められている。

(3) 月面探査における飛行士のストレス緩和

同じ人間同士が長期間において閉鎖空間で共同生活を行う中でのストレス緩和などの技術も注目される。例えば、地上交信によるカウンセリング機能や、スクリーンに投影される風景動画による癒やしの効果、香りを活用した癒やしの効果、体内時計を正常に稼働するための照明に対する制御などが想定されている。世界をリードする日本の家庭用のソフト・ゲーム・エンターテインメントの技術を活用し、これら宇宙飛行士のストレスを取り除くことも、日本の誇る技術活用余地がある領域である。

5. おわりに

今後、宇宙産業は国際協調を進める一方で、危機管理や地政学的リスクの観点からも、他国に依存しない自国技術の確立が重要視され、宇宙分野への展開が加速していくと考えられる。今回設置された大規模な宇宙戦略基金は、より多くの民間企業の英知を結集し、日本の宇宙産業の創出と発展を加速させる契機になることが期待されている。

日本の宇宙産業のさらなる発展には、ファイナンシャル・実行両面を含めた支援が重要である。当社では、日本の強みであるモノづくり技術が、宇宙活動のどの領域に展開できるか、技術の宇宙分野への展開可能性を見いだす支援を想定し、JAXAとの議論を踏まえた技術の可能性を分析・抽出する支援を開始している。

－ ご利用に際して －

- 本資料は、執筆時点で信頼できるとされる各種データに基づいて作成されていますが、当社はその正確性、完全性を保証するものではありません。
- また、本資料は、執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社の統一的な見解を示すものではありません。
- 本資料に基づくお客さまの決定、行為、およびその結果について、当社は一切の責任を負いません。ご利用にあたっては、お客さまご自身でご判断くださいますようお願い申し上げます。
- 本資料は、著作物であり、著作権法に基づき保護されています。著作権法の定めに従い、引用する際は、必ず出所：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティングと明記してください。
- 本資料の全文または一部を転載・複製する際は著作権者の許諾が必要ですので、当社までご連絡ください。