



月面産業ビジョン2024

令和6年9月

月面産業ビジョン協議会



人類は地球に生まれ、未知の世界に遭遇しながらも、それらを乗り越えてこれまで社会を作ってまいりました。これから新たな未知の世界である月やその先での活動が考えられ、宇宙飛行士が月面で活動すること、更には2040年以降の人類の月への居住も見据え、日本として月面産業のビジョンが必要です。これまでの研究開発が月面産業にどのくらい応用できるのかを整理し、産学官政の英知を集め、月面産業を作ってまいります。

2008年に超党派による議員立法により宇宙基本法を成立させ、宇宙開発の時代から宇宙利用の時代へと舵を切ってからすでに16年が経過しました。その間、宇宙活動法や衛星リモセン法等の宇宙産業振興に必要な法律の整備を進めてきましたが、2021年6月には世界で4番目となる宇宙資源法が国会で成立しました。この法律は世界でも先進的な内容となっており、各国から注目を集めています。我々は、今後も引き続き国内での環境整備を進めるとともに、日本の国際社会での地位向上を図り、国際協調や民間産業振興のための国際ルールの醸成を先行して世界をリードしていきたいと考えております。

日米協力の象徴的なものとしてアルテミス合意による月探査が進められておりますが、それと一体となって月面産業を考えていくことは極めて重要です。国際競争も激しさを増していますが、月面産業の発展を目指して、考えを同じくする国々と協力して進めていかねばなりません。この月面産業ビジョンを国内外に広く発信し、未来の担い手である子どもたちを含め、広く国民の皆様にも月探査・月面産業に関心を持っていただければ、これ以上の喜びはありません。

座長 河村建夫（自由民主党副総裁特別補佐）



月面産業という今後の宇宙活動に非常に重要なテーマにご協力したいということで座長をお引き受けさせていただきました。参加いただいた皆様それぞれに強いリーダーシップを発揮いただき、世界にも類を見ない、日本らしい月面産業ビジョンをまとめ、この度は、さらにそれをアップデートし世界に日本の存在感を示すことができました。産業ビジョンは、政府による政策「industrial policy」ではなく、産業界自らの意思に基づき、自らの政策「industry's policy」を作っていくことが極めて重要です。民間活動が先導して、政府がそれを支えていくことは我が国独自の先駆的取り組みであると考えます。政府も「月面活動に

関する基本的な考え方」を取りまとめており、本ビジョンと併せて、官民連携して月探査を推進できると思います。リスクを踏まえて政府が動けるきっかけとなるビジョンであり、ムーブメントの先に月面産業のイノベーションを起こして欲しい。月から地球を見て何を考えるのか、産業のみならず、その先には人類にとって新たな視座があるでしょう。本ビジョンを広く世界に知ってもらい、月面産業の熱量とモーメンタムを発展させていけることを願っております。

座長 角南篤（公益財団法人笹川平和財団）



月面と聞くと母の怒った顔を思い出します。子供の頃から好奇心は旺盛で、小学生のとき、月面クレータの印影を何時間も望遠鏡で眺め、拳句の果てに母に買ってもらった地球儀に、粘土を塗りたいって月儀を造り、自慢げに夏休みの宿題として学校に提出したところ、せっかく買ったのに勿体ないと母に散々叱られた記憶です。それから十年後。就職で目指したのは宇宙の仕事でした。そして更に三十年後の今。政治家として月面の仕事に関われる喜びを噛み締めております。月面産業をビジネスとして発展させていくためには、民間主体の産業のビジョンが描けていることが必要です。公的なインフラやサイエンスを中心とした政府の月面活動と協調し、宇宙産業のエコシステムを月面に作って欲しいと思っています。産学官政が同じ方向を向けるビジョンだと思いますので、一つ一つ着実に進め、皆さんでこれからの困難に打ち勝っていきたいと思います。

座長代理 大野敬太郎（衆議院議員）



月面産業ビジョン協議会設立(2021年)以降、政府の月ミッション、民間の月ミッションで大きな進捗が出ています。日本は月領域において、政策・科学・産業それぞれの観点において他国に比べ先行しています。今こそこの流れを一層強くすることで世界に先駆け日本の国際的プレゼンスを確立できると考えております。今回、月面産業ビジョンを更新し、新たに産業界による7つの決意と政府への7つの提言を策定致しました。日本の産業界が月面産業を世界でリードしていくためには、政産学官が一体となって日本独自の月面産業ビジョンを描き、リスクを取りながら、確実に計画実行していく事が非常に重要です。今回、皆様の多大なご協力によってまとめさせていただいた月面産業ビジョン2024をもとに、国内外の様々な方と一緒に月面産業を創るべく、推進していきたいと思っています。最終的には月面の経済圏と地球の経済圏との結節点を創り、Planet 6.0の世界観を実現できればと考えております。

座長代理 中村貴裕（株式会社Midtown）



志の高い多くの方々と共に、夢のあるビジョンの策定に関わっていることに、心から感謝申し上げます。2021年の通常国会におきまして、河村建夫元議員、大野敬太郎議員と共に推進してまいりました「宇宙資源の探査及び開発に関する事業活動の促進に関する法律」の成立に至る中、月を含めた宇宙空間における民間による探査開発事業が加速されることを期待しています。多くの関係者が目指すべきビジョンと時間軸を共有した上で、そこからバックキャストして今何をなすべきかを整理していくことは重要です。また、政府が民間事業者等の意見も踏まえつつ、政省令等を定め、上記法律を具体化していくと共に、その結果として、わが国の宇宙産業が飛躍することを期待しています。

座長代理 小林鷹之（衆議院議員）



当社は、来るべき、そして夢のある人類の生存圏・経済圏の拡大を先駆けるシンクタンクでありたいという思いから、本協議会において座長代理を務めて参りました。

2021年6月に「月面産業ビジョン -Planet 6.0 時代に向けて-」を公表してから既に3年が経ちましたが、その間に月面開発は大きく進展しました。我が国でも、2023年に改訂された新しい宇宙基本計画において月面に関する記述が大幅に増え、「月面経済圏」という言葉が掲載されるなど、月面開発に力を入れていく方向性が示されました。この間、当協議会でも様々な検討を進めてきましたが、今回の「月面産業ビジョン 2024」は、このような内外の情勢を踏まえて改定を行ったものとなります。

月面の開発・利用は、人類の壮大なグランドチャレンジであり、様々な分野・領域の企業が協力して取り組むことが不可欠です。新しく作成した本ビジョンに基づく活動において、当社は今後も月面産業エコシステム形成の一翼を担っていきます。

座長代理 羽生哲也（株式会社三菱総合研究所）



子どもの頃に宇宙飛行士を目指した一人として、宇宙に関する法律改正に携わり、今日の日本の宇宙活動の拡がりを感じ動をもって応援して参りました。月面産業を推進していきたいと思っていたところ、本ビジョンの策定にかかわることができて、大変嬉しく思っております。日本の次世代を担う若者の育成は極めて重要と考えており、月面産業の発展は若手の研究者が宇宙分野で活躍するチャンスになると期待しています。地球・月輸送、建築・インフラ、情報・通信、資源・エネルギー、月面輸送、食料・バイオ、金融・保険、メディア・エンタメ、観光と、月面という新しいフィールドでの挑戦が、私たちの地球上での生活にどのようにイノベーションを起こしてくれるのか、わくわくしています。更に月面での経験が今後の火星や小惑星の深宇宙探査への進出に大きな力を与えてくれると信じています。未来に向けた日本の強みが月面にあることを、皆様と共に共有していきたいと思っています。力を合わせて進めてまいりましょう。

座長代理 牧島かれん（衆議院議員）



3年ぶりの月面産業ビジョン改定を取りまとめられたことを大変嬉しく思います。この間に月面産業は着実に進展しています。当社 ispace も 2023 年に月面着陸に挑戦し、今年 2024 年には 2 回目の打上を行います。また、JAXA の SLIM も月面着陸および越夜に成功しました。これらは日本にとっても重要な挑戦であり、月面産業の成長における大きなステップとなったと感じております。また月面着陸だけでなく、この間に日本の技術開発がさまざまな分野で進化し、探査機の開発や持続可能な資源利用に向けた取り組みなど、幅広い技術的な進展が見られています。これらの進展には、当協議会が取りまとめたビジョンが道筋を示せたことも少なからず寄与しているのではないかと思います。今回のビジョン改定により、月面産業がさらに社会的・経済的価値を高め、政産学官が一体となって計画を着実に進めていくことが、日本のさらなる前進の鍵となります。私たちもこのビジョンの一翼を担い、国内外のパートナーと共に、月面産業の未来を一緒に切り拓いていけることをとても楽しみにしています。

座長代理 袴田武史（株式会社 ispace）

月面産業ビジョン 2024 要旨

2021年6月に月面産業ビジョン協議会（以下、協議会と呼ぶ）では、産業界が主体となって月面空間での新産業を形成し、価値還元によって地球上のイノベーションを創出するという産業界の決意を示し、かつ政府に対して、この未来の実現のために共に歩むことを求めた「月面産業ビジョン -Planet 6.0 時代に向けて-」を公表した。

ビジョン公表から既に3年以上が経過したが、その間に米国 NASA のアルテミス 1 の成功、DARPA の LunA-10 開始、インドのチャンドラヤーン 3 の月面着陸成功、中国の嫦娥計画の進展、そして日本の SLIM の世界初となる月面ピンポイント着陸の成功などの各国政府関連の活動は進み、加えて ispace の月面着陸への挑戦や Intuitive Machines の民間企業としては初となる月面軟着陸の成功など、民間企業の活動についても大きな進展があった。また、米国の「Lunar Surface Innovation Consortium (LSIC)」や欧州の「Euro2Moon」など、海外においてもコンソーシアム形式で月面探査の推進や月面産業の創出を進める動きが確認され、「Euro2Moon」からは協議会に連携の打診がくるなど、相互の連携を模索する動きもでてきている。さらに、ビジネスの前提となるルール作りについても、各国での国内法の整備や米国主導の政治的合意である「アルテミス合意」などが進んだが、それらに加え、国連においても宇宙資源に関する国際的なルールの検討を行う WG が 2023 年に設置され、5 年間の作業計画に基づき、世界各国の代表により議論が開始された。

協議会でもビジョンの公表後に 2 回の月面ビジネスカンファレンスを開催し、協議会での検討成果や政府への提言の公表等を通じて月面ビジネス創出に向けたムーブメント醸成につめてきた。また、所属企業の関心分野に応じ、「地球-月輸送」、「建築・インフラ」、「情報・通信」、「資源・エネルギー」、「月面輸送」、「食料」、「金融・保険」、「メディア・エンタメ」、「観光」、の 9 つの WG を形成し、月面ビジネスの具体化と実現に向けた課題および解決策を議論・検討し、技術面、ビジネス面、法制度面に分けて整理した。また、科学界との連携についても連携や相互理解促進を目的とした共同イベントの開催などを行ってきた。

協議会以外の月関連の活動としては、関係省庁において月面関連のスターダストプログラムが推進され、2023 年 6 月に改訂された宇宙基本計画では「月面」というキーワードが大幅に増加するとともに「月面経済圏」というキーワードが記載されるなど、我が国での月への注目度は確実に高まっている。さらに、2024 年 3 月に公表された「宇宙技術戦略」でも「月面探査・開発等」に関わる重要技術として、「エネルギー技術」、「月通信・測位技術」、「月資源開発／利用技術」など月面産業にもつながる様々な技術が位置付けられ、「宇宙戦略基金」でも関連の技術開発に関する公募が開始されている。政府以外の活動に目を向けると、協議会の 2 回のカンファレンスにはそれぞれ 300 人以上が参加し、2023 年 12 月に倉敷で開催された月をテーマとしたムーンブリッジシンポジウムにも、首都圏以外での開催に関わらず 180 名が参加するなど、月面ビジネスへの関心の高まりが確認できている。加えて、関連コミュニティへの参加や政府プロジェクトあるいは民間独自の活動への参画・支援を行うなどの月面産業に興味関心を保有している企業は 270 社以上に達し、ビジョン公表時から大幅に増加している。

このように、「月面産業ビジョン -Planet6.0 時代に向けて-」の公表以降、同ビジョンで示した

6つの決意と7つの提言の内容以外も含め、月面産業に関連する多くの事項が実現あるいは具体化・詳細化されてきている。宇宙基本計画・宇宙技術戦略・宇宙戦略基金といった政策を中心とした外部環境の変化、協議会内でのWGの議論による月面ビジネスの解像度向上、そして科学界や海外コミュニティとの連携進展、といった大きな情勢の変化を受け、協議会では「月面産業ビジョン -Planet 6.0時代に向けて-」を改定し、「月面産業ビジョン 2024」を新たに公表することとした。この新たに公表する「月面産業ビジョン 2024」は、前回ビジョンで示した決意・提言の達成状況および協議会内で議論・検討結果等を踏まえ、継続・新規設定を合わせて、7つの決意と7つの提言としてとりまとめたものである。なお、本ビジョンは「月面産業ビジョン -Planet 6.0時代に向けて-」で示したスタンスと同じく、月面産業の実現に必要な資金の全てを政府に求めるためのものではなく、産業界が自律的に月面ビジネスを実施・展開するにあたり、宇宙基本法第16条「民間事業者による宇宙開発利用の促進」に基づく施策等の事業環境の整備を求めるものである。

産業界の7つの決意：

決意 1.【継続】

民間企業が主体となる時代に向けて、政府プログラムや民間独自の活動において産業界の力が求められる／活かせる場所を見出し、自らリスクをとって世界に先駆けて月周回軌道や月面での事業展開が可能となるよう技術・能力の向上を図ります。

決意 2.【下線部加筆し継続】

月面を技術実証、社会実証の場として活用し、新たな技術、社会システムを創出するとともに、月から地球及び地球周回軌道の既存産業へ還元することで、地球上にも価値のあるイノベーションをもたらします。

決意 3.【継続】

民間企業が主体となった時代において、「輸送分野（地球-月、月面）」、「情報・通信分野」、「メディア・コンテンツ分野」、「資源・エネルギー分野」、「建築・インフラ分野」、「食料分野」、「金融・保険分野」、「観光分野」など様々な分野において、民間企業あるいは国内外の政府に対し、月面ビジネスを行います。

決意 4.【新規】

今後10～20年の月面開発に必要な基盤インフラを、民間も主体的に関与して世界に先駆けて構築するため、「輸送（地球-月、月面）」、「資源・エネルギー」、「情報・通信」等のインフラや必要となるシステムの要素技術について、早期に地上実証、民間商業宇宙ステーション等の低軌道、そして月面での技術実証を行います。

決意 5.【新規】

あらゆる月面活動の企画検討のベースとなる、資源や地盤等の月データの取得、解析、利活用機会の提供を民間主体で先導し、官民それぞれが行う資源探査・開発、月面上での輸送、月面上での基盤インフラの設計等に活用します。

決意 6.【統合し継続】

世界に先駆けてビジネスを展開するために必要となるルール・法制度を具体的に挙げ、制定された場合の効果あるいは制定されなかったときのリスクを示します。加えて、月の開発・利用を行うにあたり産業界が守るべき規範／コード（例：月の環境保護と平和利用を順守すること、地球を越えた視点で持続的な月の開発・利用を行うこと、等）を作成し、

普及に努めます。

決意 7. 【新規】

共に月を目指す科学界と産業界の両コミュニティが連携し、相乗効果により好循環を起こすことを目指します。科学界の知見やデータあるいは観測機器の開発が月面産業の構築を助け、科学プロジェクトへの参画により技術・能力が向上した民間によるミッションやサービスが科学界の研究機会の拡充や研究の高度化・多様化を促進し、さらに新たな科学プロジェクトに民間が参画するなど、単発のプロジェクトではなくコミュニティ同士が連携して持続的な月面開発に取り組み、産業基盤を構築します。

政府への7つの提言：

提言 1. 【下線部を加筆・変更し継続】

政府は多様な業界の民間企業が行う月面に関わる技術開発、事業開発の動向を広く把握し、月面産業のエコシステムを構築に向け、民間サービスの調達を前提とすること。月面および月周回軌道への輸送や探査、インフラ建設等の諸活動をその対象とすること。そのために、地球及び地球周回軌道の既存産業とのつながりを見据えた月及び月面産業の政策的意義を明確にするとともに、アルテミス計画をはじめとする政府の月面活動の計画・方針を見える形に整理し、民間の予見性を高めること。

提言 2. 【継続】

政府は月へのアクセスコストを低減するため、官民それぞれが行う月ミッションを活用して、民間が月面商業活動を行うために必要となる物資の輸送機会の供給者となること。政府ミッションについては月輸送ロケットの余剰スペースを活用した民間への相乗り機会を提供すること。民間ミッションについては、民間の提供する月面及び月周回軌道への輸送機会をサービスとして活用すること。

提言 3. 【下線部加筆し継続】

政府は自らリスクをとって月面ビジネスを行う民間の事業開発を加速するための環境整備に努めること。月面産業の新たな事業創出や起業家輩出のためのプログラムや場の立ち上げ、人材や知見、技術の流動・移転を促進するプログラムの実施、今後現地での計測が進む最新の月面データを活用した疑似的試験環境（デジタルツイン等）の構築、深宇宙用地上通信インフラの整備に取り組むこと。

提言 4. 【新規】

民間が主体的に関与して構築を進める月面の基盤インフラ（輸送、資源・エネルギー、情報・通信等）の構築を早期に実現するために、政府は、通信や放射線等の基準を緩和した特区による地上実証の支援や、初期の地球低軌道および月面での実証機会の提供を行うこと。

提言 5. 【新規】

月面資源探査・開発、月面上での輸送、基盤インフラの設計等の月面活動のより一層の推進のために、政府が取得するデータに加え、民間による月データの取得、解析を支援し、積極的に活用すること。そのために、センサ等の技術開発の支援や民間サービスの購入を行うこと。

提言 6. 【継続】

政府は日本の民間企業が競争優位となれるよう、必要となる制度・指針・基準等を速やかに整備するとともに、国際社会と協調・連携して国際的な商業活動を担保するルールの整備（例：通信帯域、建設基準、セーフティーゾーン、産業界が守るべき規範／コード、

等)を働きかけること。これらの活動を通じて、月面ビジネス支援に積極的な国として認知度を高めることで海外企業の集積を行い、海外への情報流出に留意しつつ世界最先端の情報が集まる拠点となることを目指すこと。

提言 7.【新規+下線部継続】

科学界と産業界の協調や相互補完は、月の三科学をはじめとする科学探査と産業エコシステムの形成および強化の双方に様々な効果があることを政策的に明確化すること。加えて、月の科学と月面産業が連携し、相乗効果を高められるよう、両コミュニティ連携のためのプラットフォーム構築、協同プログラムの立案、科学プログラムでの民間施設やサービスの活用促進等の施策を講じること。さらに、これらの活動を通じ次世代人材の育成や高等教育に繋げていくこと。

上述のように、前回のビジョン公表後、月面開発に関する政策的な注目度は大幅に増加し、産業界としても政府とのベクトルが合致している点を心強く思っているところである。月面は、各国の競争が激しいレッドオーシャンとなっている地球周回軌道に比して未だブルーオーシャンな領域であり、次世代のフロンティア領域と位置付けられる。日本は、政策面では宇宙資源法の制定や宇宙技術戦略の策定および宇宙戦略基金の創設、科学面では SLIM のピンポイント着陸および越夜の成功、そして産業面では 270 社以上の民間企業が月面産業に関するアクティビティの開始など、政策・科学・産業のすべての側面で他国に比べ先行している状況である。一方で、スターダストプログラムでの研究開発の成果の一部が後段のプログラムに引き継がれていない状況も見えてきている。先行している優位性を活かして我が国がフロントランナーとして先導し、世界に先駆けて月面を舞台とした民間主導の新しい産業が創生される「月面産業革命」を起こすためにも、ここで手を緩めるのではなく月面に関する活動を一層強化することが不可欠である。

本ビジョンは、産業界が主体となってこの月面空間での新産業を形成し、価値還元によって地球上のイノベーションを創出するという産業界の決意を示すものであり、かつ政府に対して、この未来の実現のために共に歩むことを求めるものである。ビジョンは不変のものではなく情勢の変化に対応して見直しを行うべきものであることから、今後も情勢の変化に応じて適宜アップデートしていく予定である。

【参考】

7つの決意の分野別詳細

項目	分野	詳細/個別課題
決意 1. 民間主導の月面産業の基盤強化	全体	✓ リスクを取った自己投資による技術開発、事業開発の加速
	地球・月輸送	✓ 地球・月輸送に関する技術蓄積
	建築・インフラ	✓ 各社の得意分野の整理
	情報・通信	✓ 超長距離通信システムの構築及び運用 ✓ 地球近傍および月近傍における光通信・無線通信のハイブリッドによる通信の確立
	資源・エネルギー	✓ 資源採掘に関する技術の獲得 ✓ 発電・送電等の技術の獲得
	月面輸送	✓ 月面輸送用ビークルの開発 ✓ 生命維持システムの開発 ✓ 無人運転管理システムの開発
	食料	✓ 高度化開発 ✓ 月面基地模擬施設等の実証フィールドの構築促進・設計・運用プランの企画、開発した統合システムの地上実証 ✓ 宇宙空間での実証
	金融・保険	✓ 月面開発の損害保険標準約款の準備
	メディア・エンタメ 観光	✓ 月面を模擬体験できる施設・コンテンツの開発 ✓ 月ないし月面ビジネスに対する機運醸成
決意 2. 月面からのイノベーションの還元	全体	✓ 月面からのイノベーションの還元
決意 3. 民間企業あるいは国内外の政府に対する月面ビジネスの実施	全体	✓ 民間企業が主体となった時代における、民間企業あるいは国内外の政府に対する月面ビジネスの実施
決意 4. 月面・月周回軌道における技術実証の実施	全体	✓ 世界に先駆けた民間技術の実証的 R&D の推進 ✓ 民間主導でのインフラ構築の促進と顧客へのサービス提供
	地球・月輸送	✓ ランダー・ペイロード運用の基盤技術の月面実証
	建築・インフラ	✓ 無人施工技術による実証
	情報・通信	✓ 超長距離通信のための高効率 High データレート通信技術の実証 ✓ 地球周回軌道・月周回軌道におけるコンステレーション実証
	資源・エネルギー	✓ 月面水資源プラントシステムにおける基盤技術の月面実証
	月面輸送	✓ 月面輸送用ビークル、生命維持システム、無人運転管理システムの実証
	食料	✓ 食料供給システムや要素技術に関して、月面基地模擬施設や地球低軌道における実証 ✓ 食料供給システムや要素技術の月面実証

項目	分野	詳細/個別課題
決意 5. 月データの取得 と利活用の推進	全体	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 主体的かつ継続的な月データ取得・解析の展開 ✓ 月データを活用したシミュレーション開発
	地球・月輸送	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月データの利活用の促進によるニーズの掘り起こし
	建築・インフラ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月面建築基準の策定に向けた基礎データの取得と解析の推進
	資源・エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 水や金属類の資源データの取得、解析
	メディア・エンタメ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月データを利用したコンテンツの開発
決意 6. 月面における商業活動のルール・枠組みの整備	全体	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月面における商業活動の具体化と法的なリスクの洗い出し
	建築・インフラ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 国際的な月面建築基準の考え方の提唱を先導
	資源・エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月面水資源プラントシステムの概念設計とビジネスモデルの確立
決意 7. 月科学と月面産業の連携促進	全体	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 科学界と産業界のコミュニティ連携による相互理解促進 ✓ 科学界と民間による協調ミッションの企画・設計

7つの提言の分野別詳細

項目	分野	詳細/個別課題
提言 1. 民間サービスの調達、月及び月面産業の政策的意義の明確化による予見可能性の向上	全体	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月を取り巻く民間の技術開発、事業開発を支援することによる産業振興政策の打ち出し
	地球・月輸送	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 民間企業が保有する技術力を生かすための R&D プログラムの立ち上げ
	建築・インフラ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 政府による無人施工技術サービスの調達
	情報・通信	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 超長距離通信のための高効率 High データレート通信技術の開発を目的とした R&D プログラムの立ち上げ ✓ 地球周回軌道・月周回軌道におけるコンステレーション実証プログラムの立ち上げ
		資源・エネルギー
	観光	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月への有人輸送手段を確保する旨の方針の明確化
	提言 2. 月面に対するアクセス機会の確保	全体
提言 3. 民間の事業開発を加速するための環境整備	全体	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月面産業の新たな事業創出や起業家輩出のためのプログラムや場の立ち上げ ✓ 人材や知見、技術の流動・移転を促進するプログラムの実施 ✓ 最新の月面データを活用した疑似的試験環境（デジタルツイン等）の構築 ✓ 深宇宙用地上通信インフラの整備
提言 4. 月面・月周回軌道における技術実証機会の創出	全体	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月面・月周回軌道における技術実証機会の創出 ✓ 民間主導でのインフラ構築の促進・利用
	地球・月輸送	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ランダー・ペイロード運用の基盤技術の月面実証機会の創出

項目	分野	詳細/個別課題
	建築・インフラ	✓ 政府による無人施工技術サービスの調達による実証機会の確保
	情報・通信	✓ 超長距離通信のための高効率 High データレート通信技術の開発を目的とした R&D プログラムの立ち上げ ✓ 地球周回軌道・月周回軌道におけるコンステレーション実証プログラムの立ち上げ
	資源・エネルギー	✓ 月面水資源プラントシステムにおける基盤技術の月面実証機会の創出
	月面輸送	✓ 月面輸送用ビークル、生命維持システム、無人運転管理システムの実証機会の創出
	食料	✓ 月面基地模擬施設の構築とシステム統合実証、地球低軌道や月面における技術実証
提言 5. 月データサービスの積極的購入	全体	✓ 政府が取得するデータに加え、民間による月データの取得、解析を支援し、積極的に活用 ✓ センサ等の技術開発の支援や民間サービスの購入
提言 6. 月面における商業活動のルール・枠組みの整備	全体	✓ 世界に先駆けたルールメイクのための商業活動の法的なリスク分析と法制定
	地球・月輸送	✓ 月面着陸地点の調整ルールの整備 ✓ 事業者、顧客、国の責任範囲の明確化
	建築・インフラ	✓ 国際ルールの整備 ✓ 月面建築物に関する技術的基準やガイドラインの整備
	情報・通信	✓ 月面の周波数調整の仕組み・ルールの整備
	資源・エネルギー	✓ 月面における土地・資源の利用に関する国内法・国際法の整備
	月面輸送	✓ 月面の土地を整地した際の所有権・占有権・使用权に関するルールの整備 ✓ 月面における物資・人の輸送ルールの整備
	食料	✓ 安全管理・衛生管理に関するルールの整備 ✓ 有人活動を想定した惑星保護に関する規制の整備
	金融・保険	✓ 政府補償制度の検討 ✓ 宇宙空間・月面における民間事業者同士の損害賠償に関するルール等の整備
	メディア・エンタメ	✓ 画像データの二次利用促進に向けたガイドライン等の整備
観光	✓ 月旅行・宇宙旅行に関するルールの整備	
提言 7. 月科学と月面産業の連携促進	全体	✓ 科学界と産業界の相互補完及び相乗効果の政策的意義の明確化 ✓ 民間ミッション機会や民間のインフラやサービスを活用した科学ミッション企画の政策的支援 ✓ 民間が使いやすい月科学の知見やデータの拡充のための環境整備

目次

1. はじめに	1
1.1 前回ビジョンのポイント	1
1.1.1 新たな社会ビジョンである Planet 6.0	1
1.1.2 民間主導の価値と官民の連携による市場創出	2
1.2 前回ビジョンの決意・提言の達成度	4
1.2.1 6つの決意の達成度	4
1.2.2 7つの提言の達成度	6
1.3 月面産業ビジョン 2024 の位置づけ	9
2. 月面探査に関する世界と日本の現状	10
2.1 月面探査・開発利用における国際的な動向	11
2.1.1 米国の宇宙探査計画	11
2.1.2 中国、ロシア、インド等の宇宙探査計画	13
2.2 我が国における月面探査・開発利用に関する動き	14
2.2.1 アルテミス計画に関連した我が国の動き	14
2.2.2 JAXA の月探査計画	15
2.3 多彩な民間企業による月面活動と民主導の産業創生の動き	16
2.3.1 民間による月面活動	16
2.3.2 民間が主体的に関わる月面産業を議論するコミュニティの存在	21
2.3.3 月面探査・開発における民間の活用拡大	21
3. 拡大する PLANET 6.0	22
3.1 Planet 6.0 とは	22
3.2 Planet 6.0 の重要性	23
3.3 Planet 6.0 の範囲は火星へと拡大	23
4 月面産業のビジネスモデル並びに課題及び政策提言	25
4.1 総論	25
4.2 前提条件	25
4.3 各 WG における検討結果	27
4.3.1 地球・月輸送 WG	27
4.3.2 建築・インフラ WG	30
4.3.3 情報・通信 WG	33

4.3.4	資源・エネルギーWG	36
4.3.5	月面輸送 WG	39
4.3.6	食料 WG	42
4.3.7	金融・保険 WG	45
4.3.8	メディア・エンタメ WG	48
4.3.9	観光 WG	50
4.4	まとめ	52
5	おわりに	53

図表一覧

図 1 : 新しい時代の社会ビジョン”Planet 6.0”	1
図 2 : Planet 6.0 の描く地球-月間の循環	2
図 3 : 産業バリューチェーンにおける市場とサービス顧客	3
図 4 : 民需市場拡大を想定した月面産業の市場規模	3
図 5 : 民間の主体的な取り組みと政府の産業支援策の協調	4
図 6 : 月面を巡る世界の潮流と競争・協調	10
図 7 : 「アルテミス 3」 ミッション詳細	11
図 8 : 月周回有人拠点「Gateway」構想	12
図 9 : ISECG 月面探査シナリオ	15
図 10 : 月面用水電解装置 外観	18
図 11 : インフレーター構造のイメージ図（左図）と展開構造の模型（中央図）、月模擬砂を用いた建材（右図）	19
図 12 : 新しい時代の社会ビジョン”Planet 6.0”（再掲）	22
図 13 : 各 WG の関係	25
図 14 : 月面開発の 3 つのフェーズ	26
図 15 : ビジネスモデルキャンバス（地球・月輸送 WG）	27
図 16 : ビジネスモデルキャンバス（建築・インフラ WG）	30
図 17 : ビジネスモデルキャンバス（情報・通信 WG）	33
図 18 : ビジネスモデルキャンバス（資源・エネルギーWG）	36
図 19 : ビジネスモデルキャンバス（月面輸送 WG）	39
図 20 : ビジネスモデルキャンバス（食料 WG）	42
図 21 : ビジネスモデルキャンバス（金融・保険 WG）	45
図 22 : ビジネスモデルキャンバス（メディア・エンタメ WG）	48
図 23 : ビジネスモデルキャンバス（観光 WG）	50

1. はじめに

本章のポイント

- 「月面産業ビジョン -Planet 6.0 時代に向けて-」(以降、前回ビジョンとも呼ぶ) のポイントである Planet 6.0、民間主導の価値と官民の連携による市場創出
- 前回ビジョンの決意と提言の達成度の認識・評価
- 月面産業ビジョン 2024 の位置づけ

1.1 前回ビジョンのポイント

2021年6月に公表した「月面産業ビジョン」では、新たな社会ビジョンである Planet 6.0 を中核に、日本の産業力を結集した新しい産業を世界に先駆けて築き上げるために官民が取るべきアクションについて、民間の決意を宣言すると共に、政府に対する提言を行った。

1.1.1 新たな社会ビジョンである Planet 6.0

月面産業ビジョン協議会は、「月面産業ビジョン -Planet 6.0 時代に向けて-」において、これから民間主導の月面探査・利用を一層推進していく上で共通の視座となる、Society5.0 に続く新しい社会像のコンセプトとして、Planet 6.0 を提唱した。



図1：新しい時代の社会ビジョン”Planet 6.0”
(出典：月面産業ビジョン協議会作成)

Planet 6.0 は、歴史上の人類と宇宙の関わりが変遷していく中で、既に人類の社会・経済の活動圏が地球周回軌道上に及んでいる事実に加え、近い未来に月や月以遠の天体まで展開されることを鑑み、地球と他天体を含む宇宙が一体となった循環型の社会経済を構築することを目指す概念である。

Planet6.0 においては、地球の外まで及ぶ人類の活動によって月面に新たな市場を創出するとともに、そこで培われる技術的、社会的なイノベーションが、地球の社会・産業に高い価値を還元する循環型社会を形成することを目指している。人類が宇宙や月面で技術を駆使し創造していく、ロボティクスやエネルギー技術、有人滞在技術等の世界観は、自動化、省エネルギー

化、ヘルスケアやライフサイエンスの研究の加速といった、SDGs の概念にも共通する地球上の社会課題解決手段をもたらすことが期待できる。

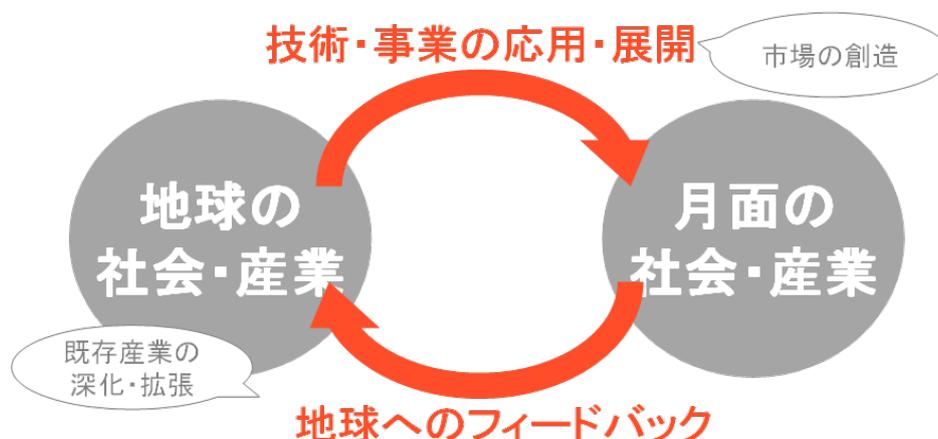


図 2 : Planet 6.0 の描く地球-月間の循環
(出典：月面産業ビジョン協議会作成)

1.1.2 民間主導の価値と官民の連携による市場創出

前回ビジョンでは、産業界が主体となってこの月面空間での新産業を形成し、価値還元によって地球上のイノベーションを創出するという産業界の決意を示すものであり、かつ政府に対して、この未来の実現のために共に歩むことを求めるものとしてとりまとめた。

民間主導の動きは、官民の相互連携により加速度的に成長していくことが期待できる。民間が自立的に投資を行い技術力と実績を積み上げていく中、政府が民間からサービスを調達することは、民間の力をさらに引き上げる起爆剤となる。民間は政府の期待に応えるサービスを提供し、さらなる需要を喚起していくことで、官民で好循環を形成することが可能となる。このような官民の相互貢献を繰り返していくことによって、民間の活動は爆発的に加速し、月面に新しい産業が創生される革命、「月面産業革命」をもたらす。

この産業革命のトリガーとなり得るのは、アルテミス計画ばかりではない。月面天文台の建設や、月面の詳細な探査、月面や月周回軌道を起点とした深宇宙探査といった、継続的な科学コミュニティの活動に対して産業界がコミットメントをしていくこともまた、新産業創生を後押しする領域となる。政府の取組みのみに過度に依存せず、民間と連携によって科学研究の幅が広がることは、学術的な意義のみならず、次世代の研究者育成や教育の観点においても大きな意義を持つ。

月面産業革命は、民間自身による積極的な月面ミッションや実証事業、技術開発の推進や機運の醸成を図っていくことが不可欠である。民間は、自らの投資とアクションによって、市場の形成を図り、官需市場（BtoG: Business to Government）や民需市場（BtoB: Business to Business）のみならず、一般市民を対象とした民生市場（BtoC: Business to Consumer）や科学コミュニティや社会課題解決に貢献した市場（BtoS: Business to Society/Science）をそれぞれ構築、拡大に努める。

これらの活動により形成される月面産業の市場規模は PwC の推計によると 2036-2040 年の累計で \$130.1B に成長するとされている。

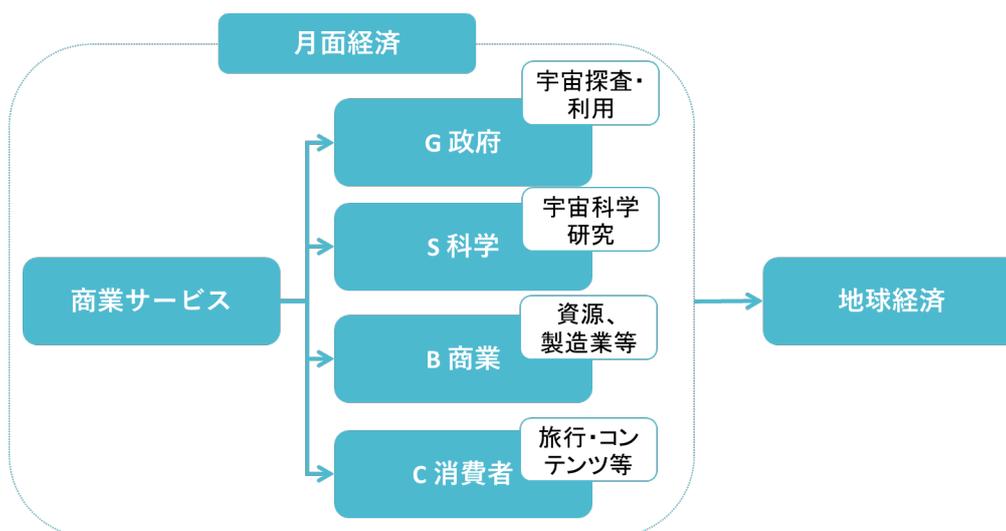
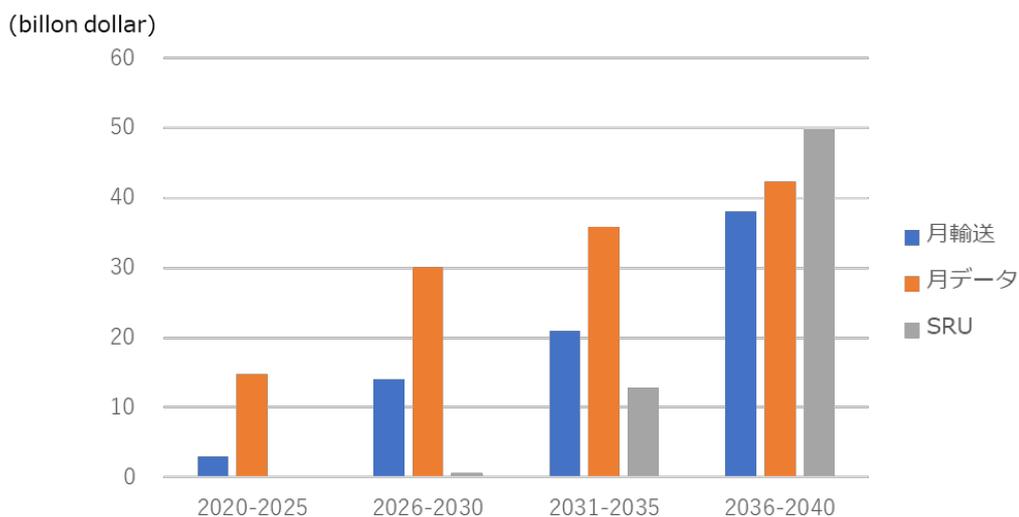


図3：産業バリューチェーンにおける市場とサービス顧客
(出典：月面産業ビジョン協議会作成)



- ✓ 2020-2025年、月面産業の市場規模は合計 \$ 17.7B。内訳は、月輸送市場 \$ 3.0B、月データ市場 \$ 14.7B、SRU市場 \$ 0B。
- ✓ 2036-2040年、月面産業の市場規模合計 \$ 130.1Bに成長。内訳は、月輸送市場 \$ 38.0B、月データ市場 \$ 42.3B、SRU市場 \$ 49.8B。

図4：民需市場拡大を想定した月面産業の市場規模
(出典：PwC)

このような日本産業界の挑戦に対して、政府も呼応する形で民間を支援し、世界でも競争力のある産業基盤を形成するための政策体系を構築することが望まれる。

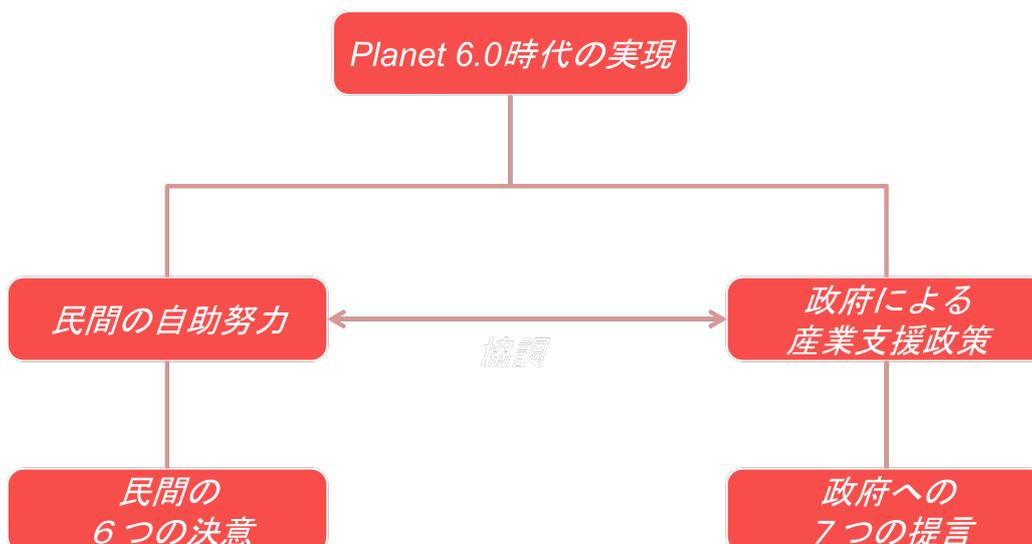


図5：民間の主體的な取り組みと政府の産業支援策の協調
(出典：月面産業ビジョン協議会作成)

1.2 前回ビジョンの決意・提言の達成度

「月面産業ビジョン」の公表以降、同ビジョンで示した6つの決意と7つの提言の内容以外も含め、月面産業に関連する多くの事項が実現あるいは具体化・詳細化されてきている。また、宇宙基本計画・宇宙技術戦略・宇宙戦略基金といった政策を中心とした外部環境の変化、協議会内でのWGの議論による月面ビジネスの解像度向上、そして科学界や海外コミュニティとの連携進展、といった大きな情勢の変化も起こっている。

そこで、同ビジョンで示した6つの決意と7つの提言について、その達成度についての認識・評価を整理する。

1.2.1 6つの決意の達成度

6つの決意についてそれぞれの達成度の認識・評価を以下に整理する。

決意1. 民間企業が主体となる時代に向けて、産業界の力が求められる／活かせる場所を見出し、自らリスクをとって世界に先駆けて事業展開が可能となるよう技術・能力の向上を図ります。

達成度評価：【進展】

スターダストプログラムや宇宙技術戦略により産業界の力が求められる／活かせる場所の明確化は進展したと評価できる。また、ispaceによる成功すれば民間企業としては世界初であった月面着陸へのチャレンジや高砂熱学工業の世界初の月面上での水電解への挑戦など、自らリスクをとって世界に先駆けて技術・能力の向上を図っている民間企業も出現している。これらを踏まえ、本決意については進展していると評価する。

一方、本決意の内容は現時点で終わるものではなく、今後も継続して取り組むべき事項であることから、月面産業ビジョン2024でも継続する方針とする。

決意2. 月面を技術実証、社会実証の場として活用し、新たな技術、社会システムを創出するとともに、月から地球の既存産業へ還元することで地球上にもイノベーションをもたらします。

達成度評価：【一部進展】

政府プログラムであるSLIMの成功により技術実証は進展した。また、今後、ispaceのM2や

JAXA の LUPEX によりさらに技術実証は進む予定となっている。一方で、新たな技術、社会システムの創出や地球の既存産業への還元、そして地球上へのイノベーションには至っていないことから一部進展と評価する。

本内容も決意 1 と同様に現時点で終わるものではなく、今後も継続して取り組むべき事項であることから、月面産業ビジョン 2024 でも継続する方針とする。

決意 3. 世界に先駆けてビジネスを展開するために必要となるルール・法制度を具体的に挙げ、制定された場合の効果あるいは制定されなかったときのリスクを示します。

達成度評価：【一部進展】

本協議会の WG 活動における検討の観点の 1 つに法制度を設定し、事業展開に必要なルール・法制度の整理を進めた。一方で、制定されなかったときのリスクの検討は十分でないことから一部進展と評価する。

本内容も決意 1、2 と同様に現時点で終わるものではなく、今後も継続して取り組むべき事項であることから、月面産業ビジョン 2024 でも継続する方針とする

決意 4. 月の開発・利用を行うにあたり産業界が守るべき規範／コード（例：月の環境保護と平和利用を順守すること、地球を越えた視点で持続的な月の開発・利用を行うこと、等）を作成し、普及に努めます。

達成度評価：【未達】

本観点の検討は未達である一方、産業界が考える事項として重要なことから、今後も継続して取り組むべき事項として、月面産業ビジョン 2024 でも継続する方針とする。

決意 5. 民間企業が主体となった時代において、「輸送分野（地球-月、月面）」、「情報・通信分野」、「メディア・コンテンツ分野」、「資源・エネルギー分野」、「建設・インフラ分野」、「食料・バイオ分野」、「金融・保険分野」、「観光分野」など様々な分野において、民間企業あるいは国内外の政府に対し、月面ビジネスを行います。

達成度評価：【一部進展】

WG 活動での検討を通じて月面ビジネスの解像度は向上した（詳細は 4 章を参照のこと）。一方で、現時点で月面ビジネスを行っていると言える企業はごく一部にとどまることから一部進展と評価する。

本内容も引き続き、今後も取り組むべき事項であることから、月面産業ビジョン 2024 でも継続する方針とする。

決意 6. 国民の月への関心の喚起のためのフラッグシップとして、大阪・関西万博の機会を活かした月ミッション（例：月の水氷のサンプルリターン、地球-月間リアルタイム双方向通信の活用による月面探査ロボット操縦体験・触覚伝送体験、等）を計画・実行します。

達成度評価：【一部進展】

月ミッションの計画には至らなかったものの、月面産業ビジョン協議会として万博共創チャレンジに応募し、具体的に取組みを行ったことから一部進展と評価する。

今後も大阪・関西万博での民間の取組みの展示等の機会は探索するものの、既に具体的な取組みのレベルに至っていることから、月面産業ビジョン 2024 には本決意は引き継がないこととする。

以上の内容を下表にまとめる。

内容	認識・評価
決意 1. 民間企業が主体となる時代に向けて、産業界の力が求められる／活かせる場所を見出し、自らリスクをとって世界に先駆けて事業展開が可能となるよう技術・能力の向上を図ります。	○ 【進展】
決意 2. 月面を技術実証、社会実証の場として活用し、新たな技術、社会システムを創出するとともに、月から地球の既存産業へ還元することで地球上にもイノベーションをもたらします。	△ 【一部進展】
決意 3. 世界に先駆けてビジネスを展開するために必要となるルール・法制度を具体的に挙げ、制定された場合の効果あるいは制定されなかったときのリスクを示します。	△ 【一部進展】
決意 4. 月の開発・利用を行うにあたり産業界が守るべき規範／コード（例：月の環境保護と平和利用を順守すること、地球を越えた視点で持続的な月の開発・利用を行うこと、等）を作成し、普及に努めます。	× 【未達】
決意 5. 民間企業が主体となった時代において、「輸送分野（地球-月、月面）」、「情報・通信分野」、「メディア・コンテンツ分野」、「資源・エネルギー分野」、「建設・インフラ分野」、「食料・バイオ分野」、「金融・保険分野」、「観光分野」など様々な分野において、民間企業あるいは国内外の政府に対し、月面ビジネスを行います。	△ 【一部進展】
決意 6. 国民の月への関心の喚起のためのフラッグシップとして、大阪・関西万博の機会を活かした月ミッション（例：月の水氷のサンプルリターン、地球-月間リアルタイム双方向通信の活用による月面探査ロボット操縦体験・触覚伝送体験、等）を計画・実行します。	△ 【一部進展】

1.2.2 7つの提言の達成度

決意と同様に提言についても達成度の認識・評価を以下に整理する。

提言 1. 政府は商業的な宇宙利用がもたらすイノベーションの価値を共有し、産業エコシステムの形成に向け、民間サービスの調達を前提とすること。月面および月周回軌道への輸送や探査、インフラ建設等の諸活動をその対象とすること。そのために、アルテミス計画をはじめとする政府の月面活動の計画を見える形に整理し、民間の予見性を高めること。

達成度評価：【一部進展】

宇宙基本計画や宇宙技術戦略により政府の月面関連活動の見える化は大いに進展し、民間企業の予見性は高まったと評価できる。一方で、民間サービスの調達については、輸送等で一部検討が進められているものの、まだ道半ばと認識する。以上より、全体としては一部進展と評価する。

本提言の内容は、今後も継続して検討すべき事項であることから、月面産業ビジョン 2024 でも継続する方針とする。

提言 2. 政府は月へのアクセスコストを低減するため、官民それぞれが行う月ミッションを活用して、民間が月面商業活動を行うために必要となる物資の輸送機会の供給者となること。政府ミッションについては月輸送ロケットの余剰スペースを活用した民間への相乗り機会を提供すること。民間ミッションについては、民間の提供する月面及び月周回軌道への輸送機会をサービスとして活用すること。

達成度評価：【一部進展】

月面への輸送は月面産業の発展の大きなボトルネックであり、そのアクセスコストを低減させることができるのは産業発展の死活問題と言える。提言 1 の達成度評価でも記載したように民間の輸送サービスの活用の検討は進んでいるが、政府ミッションの相乗り機会の提供等の検

討の具体化が進んでいないことから全体としては一部進展と評価する。

本提言の内容は、今後も継続して検討すべき事項であることから、月面産業ビジョン 2024 でも継続する方針とする。

提言 3. 政府は月面ビジネスへの民間の投資を加速するため、既存の産業政策を適宜活用しつつ、適切な制度の設計を推進すること。サンドボックスによる研究開発やプレイヤー集積の促進、リスクを取って月面ビジネスに挑む企業に対する投資を促進する環境（例：月面ビジネス企業への投資のキャピタルゲイン減税、持続可能な月面開発の規範/コードを遵守する企業の非財務情報の活用促進、等）の他、各種施策（例：研究開発減税、基金、特区、関心保有自治体との協力、等）に取り組むこと。

達成度評価：【一部進展】

月面ビジネスへの民間の投資を加速するという観点での既存の産業政策の活用や新たな制度設計はなされなかったと認識している。一方で、月面開発技術も対象とする宇宙戦略基金が創設されたことは大きな変化であり、この点を踏まえ、一部進展と評価する。

月面ビジネスへの取組みが進むためには本提言の内容の実現は重要であることから、最新状況を踏まえた修正を行うとともに他の提言と統合させ、月面産業ビジョン 2024 でも継続する方針とする。

提言 4. 政府は月面ビジネスに関する民間の事業開発を加速するための環境整備に努めること。月面産業の新たな事業創出や起業家輩出のためのプログラムや場の立ち上げ、人材や知見、技術の流動・移転を促進するプログラム実施、月面データを活用した疑似的環境（デジタルツイン等）のプラットフォーム構築、科学コミュニティとの産学連携による月面探査事業の設計等に取り組むと共に、これらを次世代人材の育成や高等教育に繋げていくこと。

達成度評価：【未達】

宇宙全体を対象としたプログラムや人材育成等の施策は行われているが、月面に特化したものは存在しないと認識している。ただし、SLIMの技術の民間移転の検討が開始されたことは注目される。

月面ビジネスの実現に向けて、政府や従来宇宙企業が保有する人材・知見・技術の移転促進、疑似的試験環境の整備、科学と産業の連携による相互補完・発展、などはますます重要となることから、最新状況を踏まえた修正を行いつつ他の提言と統合させ、月面産業ビジョン 2024 でも継続する方針とする。

提言 5. 政府は日本の民間企業が競争優位となれるよう、宇宙資源法に関する府省令やその他必要となる制度・指針・基準等を速やかに整備するとともに、国際社会と協調・連携して国際的な商業活動を担保するルールの整備（例：通信帯域、建設基準、生物持ち込み、セーフティーゾーン、等）を働きかけること。これらの活動を通じて、月面ビジネス支援に積極的な国として認知度を高めることで海外企業の集積を行い、海外への情報流出に留意しつつ世界最先端の情報が集まる拠点となることを目指すこと

達成度評価：【一部進展】

国連において宇宙資源 WG が設置され、本分野に関する議論が進展しており、我が国もそれに参加している。一方で、月面ビジネス支援に積極的な国としての認知度は高まっておらず、ルクセンブルク等の後塵を拝している。

国際ルールの形成は月面ビジネスへの取組みが進むためには極めて重要であることから、月面産業ビジョン 2024 でも継続する方針とする。

提言 6. 政府は国民の月への関心の喚起のためのフラッグシップとして、大阪・関西万博の機会を活かした月ミッション（例：月の水氷のサンプルリターン、地球-月間のリアルタイム双方向通信の活用による月面探査ロボット操縦体験・触覚伝送体験、等）を民間と協力して実現す

ること。

達成度評価：【未達】

宇宙をテーマとしたパビリオンは準備される予定であるが民間と協力した月ミッションの実現には至っておらず、残念ながら未達と評価する。

決意6と同様に、既に具体的な取組みのレベルに至っていることから、月面産業ビジョン2024には本提言は引き継がないこととする。

提言7. これらの月面産業の育成を加速する施策が国際社会をリードするための政策上のメリットになり、地球上の課題解決にもつながるという事実を官民で共有すること（例：SDGsへの貢献、循環型社会の構築、等）。また、経済安全保障の観点から、月面ビジネスを行う各企業の保有する技術の戦略的不可欠性に留意すること。

達成度評価：【一部進展】

宇宙技術戦略でも自律性の観点が述べられており、月面ビジネスを計画している各企業の保有する技術の重要性は認識されていることから一部進展と評価する。

本内容も重要であるが、地球上の課題解決などは他の提言でもカバーされている部分もあることから、月面産業ビジョン2024には本提言は引き継がないこととする。

以上の内容を下表にまとめる。

内容	認識・評価
提言1. 政府は商業的な宇宙利用がもたらすイノベーションの価値を共有し、産業エコシステムの形成に向け、民間サービスの調達を前提とすること。月面および月周回軌道への輸送や探査、インフラ建設等の諸活動をその対象とすること。そのために、アルテミス計画をはじめとする政府の月面活動の計画を見える形に整理し、民間の予見性を高めること。	△ 【一部進展】
提言2. 政府は月へのアクセスコストを低減するため、官民それぞれが行う月ミッションを活用して、民間が月面商業活動を行うために必要となる物資の輸送機会の供給者となること。政府ミッションについては月輸送ロケットの余剰スペースを活用した民間への相乗り機会を提供すること。民間ミッションについては、民間の提供する月面及び月周回軌道への輸送機会をサービスとして活用すること。	△ 【一部進展】
提言3. 政府は月面ビジネスへの民間の投資を加速するため、既存の産業政策を適宜活用しつつ、適切な制度の設計を推進すること。サンドボックスによる研究開発やプレイヤー集積の促進、リスクを取って月面ビジネスに挑む企業に対する投資を促進する環境（例：月面ビジネス企業への投資のキャピタルゲイン減税、持続可能な月面開発の規範/コードを遵守する企業の非財務情報の活用促進、等）の他、各種施策（例：研究開発減税、基金、特区、関心保有自治体との協力、等）に取り組むこと。	△ 【一部進展】
提言4. 政府は月面ビジネスに関する民間の事業開発を加速するための環境整備に努めること。月面産業の新たな事業創出や起業家輩出のためのプログラムや場の立ち上げ、人材や知見、技術の流動・移転を促進するプログラム実施、月面データを活用した疑似的環境（デジタルツイン等）のプラットフォーム構築、科学コミュニティとの産学連携による月面探査事業の設計等に取り組むと共に、これらを次世代人材の育成や高等教育に繋げていくこと。	× 【未達】

内容	認識・評価
提言 5. 政府は日本の民間企業が競争優位となれるよう、宇宙資源法に関する府省令やその他必要となる制度・指針・基準等を速やかに整備するとともに、国際社会と協調・連携して国際的な商業活動を担保するルールの整備（例：通信帯域、建設基準、生物持ち込み、セーフティーゾーン、等）を働きかけること。これらの活動を通じて、月面ビジネス支援に積極的な国として認知度を高めることで海外企業の集積を行い、海外への情報流出に留意しつつ世界最先端の情報が集まる拠点となることを目指すこと。	△【一部進展】
提言 6. 政府は国民の月への関心の喚起のためのフラッグシップとして、大阪・関西万博の機会を活かした月ミッション（例：月の水氷のサンプルリターン、地球-月間のリアルタイム双方向通信の活用による月面探査ロボット操縦体験・触覚伝送体験、等）を民間と協力して実現すること。	×【未達】
提言 7. これらの月面産業の育成を加速する施策が国際社会をリードするための政策上のメリットになり、地球上の課題解決にもつながるという事実を官民で共有すること（例：SDGs への貢献、循環型社会の構築、等）。また、経済安全保障の観点から、月面ビジネスを行う各企業の保有する技術の戦略的不可欠性に留意すること。	△【一部進展】

1.3 月面産業ビジョン 2024 の位置づけ

日本を取り巻く状況として世界的にも特異な点は、270以上の民間企業が月面探査・利用に強い関心を持ち、何らかの取り組みを始めている点である。産業界から参入する可能性のあるプレイヤー数の多さと、そのプレイヤーの出身業界の裾野の広さを十分に活かした、日本独自の月面探査・利用プランを、国内および世界に発信していくべきであろう。

本ビジョンは、この Planet6.0 を核として、民間の立場から構想する月面の将来像を描くと共に、日本社会及び産業界が、国際潮流の中で確たるプレゼンスを示しつつ、その実現に向けて取り組むべき施策について提言をするものである。

2章で述べる国内外の情勢の変化、3章で述べる Planet 6.0 の概念の拡張、4章で述べる各領域でのビジネス検討の結果、そして前節での整理・評価を踏まえ、前回の決意・提言から継続・発展させるもの、そして検討の結果、必要性が明らかになったことから新たに設定するもの、の2軸で整理し、改めて7つの決意と7つの提言として5章においてとりまとめている。

2. 月面探査に関する世界と日本の現状

本章のポイント

- 米国を中心に有人探査を目指した宇宙探査計画「アルテミス計画」が着実に実施されており、我が国を含め国際協力で構築される Gateway の開発が推進されている
- 中国の世界初の月の裏側からのサンプルリターン成功、インドの世界4か国目の無人月着陸成功、日本の世界5番目の無人月着陸成功など、月探査競争が活発になっている
- 我が国の ispace が月着陸に挑み、米国の Intuitive Machines が世界初の民間による月面着陸に成功するなど、官のみならず民間の月面への挑戦はますます活発化している
- 世界でも月面産業を推進する団体が活発な活動を行っており、国際的連携により、月面産業の創出やシスルナ経済の構築が加速するものと期待される

2021年7月に「月面産業ビジョン-Planet 6.0時代に向けて-」を発表して以降、月面探査・開発は大きく進展した。米国 NASA の有人宇宙ミッションの無人月周回試験飛行「アルテミス1」は成功裏に終わり、有人月周回ミッション「アルテミス2」、そして有人月着陸ミッション「アルテミス3」に向けた準備が進んでいる。NASA 以外にも DARPA が LunA-10 という月面及び月周辺での経済活動を促進するプログラムを開始するなど月面探査に向けた技術開発は拡がりを見せている。また、米国と共に我が国も参加する国際協力による月周回有人拠点の役割を担う Gateway 構築に向けた開発も進められている。

中国は「嫦娥計画」を着実に進展させ、世界初の月の裏側からのサンプルリターンを成功させた他、中ロが提唱する月面基地計画「ILRS」も推進している。その他の国では、ロシアの探査機は失敗に終わったが中国主導の ILRS に参加する意向を示している他、インドは「チャンドラヤーン3」を成功させ、世界で4か国目の月面への無人探査機の着陸を成功させた国となった。また、我が国の小型月着陸実証機「SLIM」も世界初の月面へのピンポイント軟着陸に成功し、世界で5か国目の月面への無人探査機の着陸を成功させた国となった。



図6：月面を巡る世界の潮流と競争・協調
(出典：月面産業ビジョン協議会作成)

民間企業では、軟着陸には失敗したものの、我が国の ispace 月着陸機「HAKUTO-R M1」が世界初の民間企業として月面着陸に挑んだ。その後、NASA の「Commercial Lunar Payload Services」(CLPS) に参加した米国企業である Intuitive Machines が世界初の民間による月面着陸に成功するなど、ますます民間企業による月面活動が活発になってきている。また、最近の動きとして、我が国の月面産業ビジョン協議会やその他の月面産業推進団体のみならず、世界でも月面産業を推進する団体が活発な活動を行っており、それらの国際的連携により、更に民間による月面産業の創出やシスルナ経済の構築が加速するものと期待される。

2.1 月面探査・開発利用における国際的な動向

2.1.1 米国の宇宙探査計画

アルテミス計画は2019年5月に米国が発表したプログラムで、2025年以降に月面に人類を送り、その後、国際協力で構築される Gateway（月周回有人拠点）計画などを通じて、月に物資を運び、月面拠点を建設、月での人類の持続的な活動を目指すものである。また、月を足掛かりにして、2030年代に有人火星着陸をも目指している。当初の計画よりも遅れは見られるものの、2022年11月には最初のアルテミスミッションである「アルテミス1」が実施され、同ミッションでの宇宙船である Orion が月面まで約100kmまで近づき、無人で月周回軌道を試験飛行した後、地球に帰還した。今後、2025年には「アルテミス2」ミッションにより4人の米国宇宙飛行士が宇宙船 Orion に乗り込み、月周回軌道を飛行して地球に帰還する計画の他、2026年に計画されている「アルテミス3」ミッションにより、アポロ計画以来、半世紀ぶりとなる有人月面着陸が行われる見通しである。2024年4月には日米政府は、将来的にアルテミス計画の中で、日本の2人の宇宙飛行士がそれぞれ月面に着陸することで合意している。

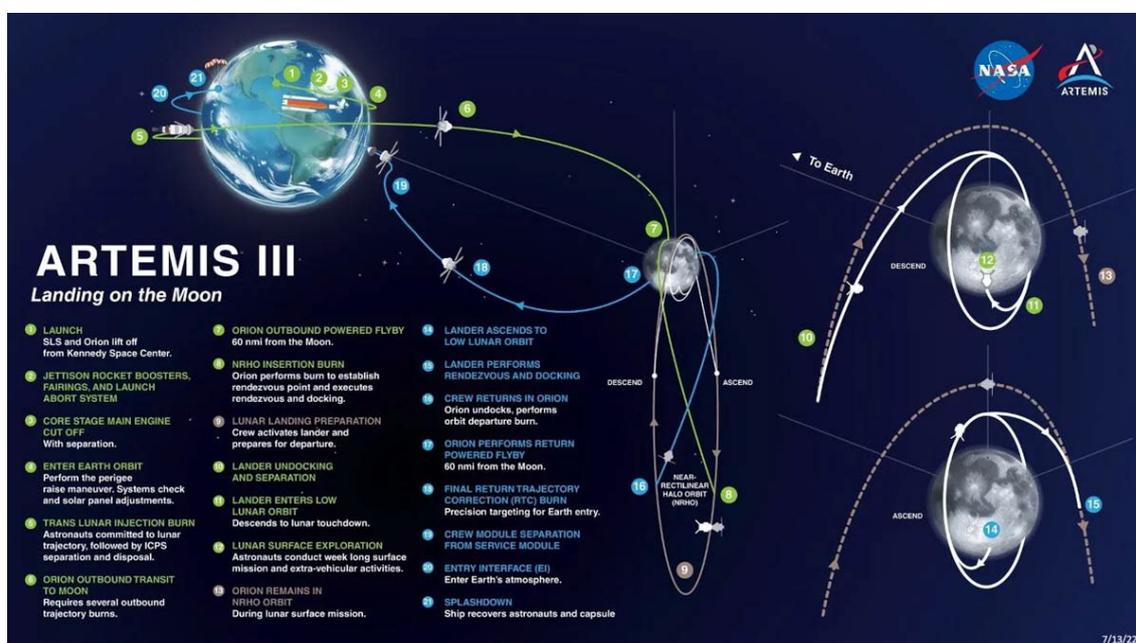


図7:「アルテミス3」ミッション詳細
(出典: NASA)

また、アルテミス計画は、月面における持続的な活動を推進し、官のみならず、民間企業が月面活動を拡大するための基盤を築き、人類を火星に送る長期的目標に向けたステップとして重要な役割を果たすことが期待されている。

国際協力で構築され、アルテミス計画の中でも重要な月周回有人拠点の役割を担う Gateway については、2025年以降に建設が開始される予定となっている。主にISS計画に参加する宇宙機関が参画しており、各モジュールや構成要素の開発を分担している。ISSの1/6程度の大きさとなる予定で、将来的には4名の宇宙飛行士による年間30日程度の滞在、火星有人探査に向けた拠点としての活用も期待されている。日本もこれまでにISS等で培った技術を生かし、Gateway計画に参画し、様々な装置や物資輸送機などを提供することになっており、将来的にGatewayに日本人宇宙飛行士が搭乗することも決まっている。

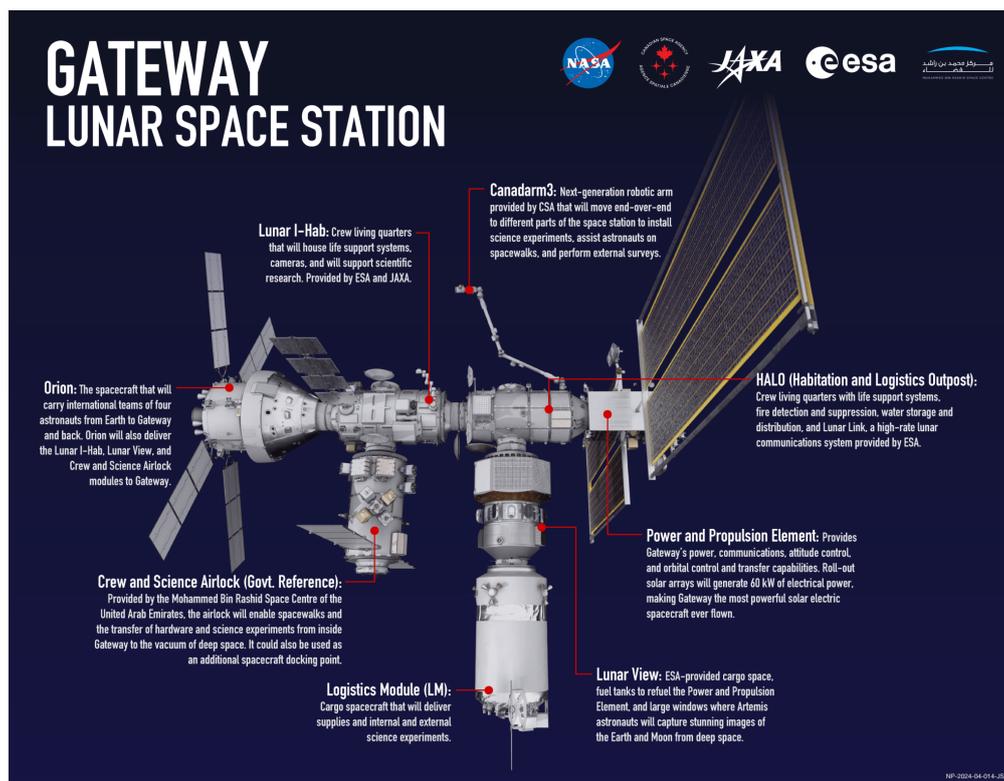


図 8：月周回有人拠点「Gateway」構想
(出典：NASA)

米国はアルテミス計画に参画する国を呼びかけ、2020年10月に国際宇宙会議 (IAC) において、日本・米国・カナダ・英国・イタリア・オーストラリア・ルクセンブルク・アラブ首長国連邦 (UAE) の 8 か国の代表がアルテミス合意に署名し、共通の基本ルールの下で推進する国際宇宙探査計画となった。その後も参加国は拡大し続け、ウクライナ、韓国、ブラジル、フランス等が加わり、現在約 40 か国が同合意に署名している。アルテミス合意は、既存の国際条約である宇宙条約 (1967 年発効) を基礎として、宇宙探査に必要な、平和目的での利用、透明性の確保、国際協力による相互運用性確保 (新しいスタンダード作り)、緊急時の支援、宇宙物体登録、科学データのオープン化、歴史的サイトの保護、宇宙条約の下での宇宙資源の採掘・利用、活動干渉の防止 (セーフティーゾーン)、宇宙デブリ低減・宇宙機廃棄、についてのルール作りの方針を示したものである。

米国の NASA 以外の月面関連の動きとして、米国防高等研究計画局 (DARPA) による将来の月面での経済活動創出に向けた活動がある。DARPA は 2023 年 8 月、月面における統合インフラフレームワークにより月経済圏を実現させることを目的として、月面及び月周辺での経済活動を促進する「10-Year Lunar Architecture (LunA-10)」を発表した。LunA-10 では、独立した技術から、それらを相互運用可能な一連のシステムへと移行するための基礎技術コンセプトを開発するため、アーキテクチャ検討に取り組む企業の募集・選定を実施している。DARPA はこれらの検討を通じて、月面・月周辺での商業的活動の機会を定義し、関連する技術的課題を特定するための分析フレームワークを構築するとしており、最終的な分析フレームワークは公開することを予定している。LunA-10 では、①建設、②マイニング、③モビリティ、④エネルギー、⑤農業、⑥医療、⑦ロボティクス、⑧生命維持、⑨実験 (月/惑星科学)、⑩通信、⑪現代の月面コンピューティングのためのデジタルインフラ、⑫PNT を月面での長期的な開発を維持するために開発がなされる必要がある領域として設定しており、2023 年 12 月に 14 社の企業を選定、これらの領域の研究開発を開始している。また、DARPA は 2023 年 10 月、商業的な月面

インフラの相互運用基準を検討・提案することを目的としたコンソーシアムである「Lunar Operating Guidelines for Infrastructure Consortium (LOGIC)」を設置し、産業界、学界、政府機関の関係者による議論・検討を開始した。LOGICでは、LunA-10の研究成果を活用し、月面技術・活動における基礎技術コンセプト及び標準の策定を行う計画である。

2.1.2 中国、ロシア、インド等の宇宙探査計画

前項の通り、日米欧を中心としたアルテミス計画により国際宇宙探査が進められてきているが、同計画に参画していない中国、ロシア、インド等も様々な月・火星探査の実績や計画を有している。

これまで中国は「嫦娥」計画で月探査を推進しており、2007年の「嫦娥1号」の打ち上げ以後、月軌道周回機、月面着陸機の打ち上げ、運用に成功し、2019年に月の裏側に世界で初めて着陸、2020年には月のサンプルリターンにも成功している。最近では、2024年5月に打ち上げた「嫦娥6号」により世界初の月の裏側からのサンプルリターンに成功している。今後も月の南極への着陸を目指す「嫦娥7号」や有人による月面着陸や月面基地への人の滞在も目指している。計画されている月面基地は「International Lunar Research Station (ILRS)」と呼ばれており、ロシアとの協働で建設が行われることになっている。中国はILRS計画で有人による月面滞在を目指しており、ロシアのみならず、他の国への同計画への参加を呼び掛けている。また、中国の火星探査では、2011年にロシアの火星探査機「フォボス・グレント」に相乗りで打ち上げられたが失敗し、2020年7月に打ち上げた「天問一号」により、無人機による火星着陸に初めて中国として成功している。

米国と同様、ロシアも古くから月及び火星探査を実施してきた国である。1950年代から多くの無人月探査機を打ち上げ、米国に先んじて月軌道周回機や着陸機を成功させている。ロシアは、2023年8月には1970年代以来、約半世紀ぶりとなる月着陸機「Luna-25」を打ち上げたが、同着陸機は月周回軌道に到達するも、着陸前に月面に墜落し失敗に終わった。前述の通り、ロシアは中国と共に月面基地「ILRS」の建設を進めることで合意しており、今後、「ILRS」建設に向けた調査を含む月ミッションを継続して行う計画である。

インドも2000年代中頃から月探査機の開発を行い、2008年に月周回機「チャンドラヤーン1」を、2019年には月面着陸機「チャンドラヤーン2」(月着陸には失敗)を打ち上げている。2023年7月には後継の「チャンドラヤーン3」を打ち上げ、同年8月に世界初の月の南極への着陸に成功した。これによりインドは、ロシア(旧ソ連)、米国、中国に次いで世界で4か国目の月面への無人探査機の着陸を成功させた国となった。また、インドは2014年には火星周回機の火星軌道の投入にも成功している。インドの今後の計画として、日本との合同月ミッションがある。JAXAとISROの協定に基づく共同月面探査計画では、H3ロケットにより、日印合同の月極域探査ミッション「LUPEX」を2026年以降打ち上げる予定で、着陸機(月の南極域に着陸予定)をインドが、打ち上げロケットと月面探査ローバを日本側が開発中である。

他方、日本以外のアジアにおいては韓国が精力的に月探査を進めている。2022年8月には、韓国初の月探査機「Korea Pathfinder Lunar Orbiter(公募名称:Danuri)」を打ち上げ、2022年12月に月周回軌道への投入に成功した。韓国は2021年5月にNASAとのアルテミス合意に署名し、NASAとの深宇宙通信施設や科学データの共有などを進めている他、今後も月探査ミッションを計画している。

2.2 我が国における月面探査・開発利用に関する動き

我が国においては2020年に、月面探査が5GやSociety5.0、量子コンピューティングと並んで、我が国の成長戦略におけるイノベーション領域と定義された。これを受けて、産業界も成長事業の一環として月面の開発・利用に取り組む潮流を加速していくべき時に来ている。これまで宇宙基本計画等において月探査の推進が示されてきたが、2023年6月に閣議決定された新しい宇宙基本計画では、「月面における持続的な有人活動」を推進するアプローチが示され、アルテミス計画での今後の日本人の月面着陸、有人と圧ローバ等の持続的な月面活動に必要な技術の開発、月面開発工程の具体化に向けた構想策定と官民プラットフォームの構築、将来市場形成に向けた規範・ルールの形成の促進など、更に月面活動を推進していくこととしている。また、2024年3月にまとめられた宇宙技術戦略において、月面での有人活動を持続的に行っていくため、民間の参画も得ながら、無人建設等の新技術を開発・活用して電力・通信・測位システムや食料供給システムなどの技術実証と整備を段階的に行っていくとされている。同戦略では更に、将来的には、月面が段階的に人類の生活圏となり、新たな経済・社会活動が生み出されることにより、月面宇宙旅行の実現なども期待されるとしている。また、アルテミス計画を始めとした各国が実施する月面プログラムを通じて、民間事業者が地上技術を発展させて宇宙転用することを含め、新たな産業の創出も見込まれ、月面経済圏として発展していく可能性があるとしている。

国主導の月面開発には資金面の厳しい制約がある中、他の宇宙分野同様に、月面においても民間の資金とプレイヤーを投入した経済圏を構築し、持続的な開発を行うことが望ましい。既に国内外で月開発・利用に関連する複数の活動がなされ、民間事業者の新規参入が増加しており、新たな産業創出の期待が醸成されつつある。

2.2.1 アルテミス計画に関連した我が国の動き

米国が推進するアルテミス計画に協力をする形で、文部科学省は2020年7月、米国NASAとの「月探査協力に関する共同宣言（JEDI）」に署名、同10月には内閣府及び文部科学省が米国を中心とした8か国による月面探査に関わる国際合意「アルテミス合意」（現在約40か国）に調印した。更に、米国が国際協力による整備を構想している月周回軌道上の有人拠点

「Gateway」に関する協力を実施するための国際約束として、2020年12月、「民生用月周回有人拠点のための協力に関する日本国政府とアメリカ合衆国航空宇宙局との間の了解覚書」が我が国と米国の間で発効した。この了解覚書に基づき、我が国の強みを活かしつつ、「Gateway」の整備に貢献するとともに、宇宙分野における国際協力を更に促進していくこととなった。また、2024年4月に日米政府は、アルテミス計画への日本の貢献として、日本が月面探査のための有人と圧ローバの提供を担う他、前述の通り、将来的にアルテミス計画の中で、日本の2人の宇宙飛行士がそれぞれ月面に着陸することで合意している。

日米欧を中心にアルテミス計画を推進する際、民間活力の活用が極めて重要となる。民間企業が月面活動を拡大するためには活動の障壁となるものを取り除く必要があり、そのための環境整備・法整備も進められてきた。民間企業による宇宙活動の活発化を受け、2018年11月に「人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律（通称：宇宙活動法）」が施行され、民間によるロケットや人工衛星の打上げについて許可制度とすることで国が管理し、さらに打上げ事故に伴う賠償の指針などが定められた。これにより、民間が宇宙開発利用に参入しやすい環境が整えられたが、更に宇宙活動法にある許可の特例という形で、事業の単位で我が国として宇宙資源の所有権を認め、宇宙資源の民間活動を推進するための宇宙資源法案が議員立法で立案され、2021年6月に「宇宙資源法」が成立した。このように、アルテミス計画に官民挙げて推進していく中、我が国も先行してルールを作っていくことで、国際的な議論をリードし、民間に競争力を持たせることで月面産業ビジネスへの参入を加速させる動きが出てきている。

世界各国が2030年代以降へと続く長期的な月面資源利用や有人拠点開発を計画する中、我が国としても、米国への協力や単発の国際プロジェクト参画に止まることなく、積極的に国際プレゼンスを示し続けていくことが肝要である。そのためには国家主導の従来型の宇宙開発では

なく、官民の適切な役割分担により開発を進め、持続的に民間企業が月面に投資していく流れを築き、経済合理性が担保された産業を振興していくことが重要となる。

2.2.2 JAXA の月探査計画

政府を中心とした我が国の月探査の最近の動きとしては、小型月着陸実証機「Smart Lander for Investigating Moon (SLIM)」がある。JAXA は 2023 年 9 月に同月着陸機を打ち上げ、2024 年 1 月 20 日に日本初となる月面への軟着陸を成功させた。これにより日本は、世界で 5 か国目の月面への無人探査機の着陸を成功させた国となった。また同時に、同着陸機の重要なミッション目的であった世界初の着陸目標地点から 100m 以内へのピンポイント着陸を成功させた。

我が国の今後の月探査計画として、月極域探査ミッション「Lunar Polar Exploration (LUPEX)」の 2026 年以降の打ち上げがある。同ミッションでは、インドとの協働ミッションにより、水の存在可能性が示唆されている月極域に着陸し、月面での水資源の調査等を行うことを目的としている。月面での水資源利用は、月面での有人活動や経済活動において極めて重要であり、持続的な月面での活動のために世界の各国が競争により月面での水資源探査ミッションを実施または計画している。

JAXA では有人火星探査の実現を視野に入れつつ、中間目標としての有人月面探査の実現に向け、JAXA としての目標やシナリオ、ロードマップ等の検討を 2015 年から継続的に実施しており、2017 年に最初の「日本の国際宇宙探査シナリオ(案)」を取りまとめた。その後、国際情勢変化や国内政策議論の進展等を踏まえて、現在の最新版として「日本の国際宇宙探査シナリオ(案) 2021」がまとめられ、現状での月探査も含めた宇宙探査の全体シナリオ、全体アーキテクチャ、技術ロードマップ等が示されている。これまで、同シナリオには、HTV-X による Gateway 補給ミッション、月の水資源利用の最初のステップである月極域探査、与圧ローバについてのシナリオが段階的に盛り込まれてきており、日本としての国際宇宙探査シナリオとしての位置づけを明確にするという役割を果たしてきている。

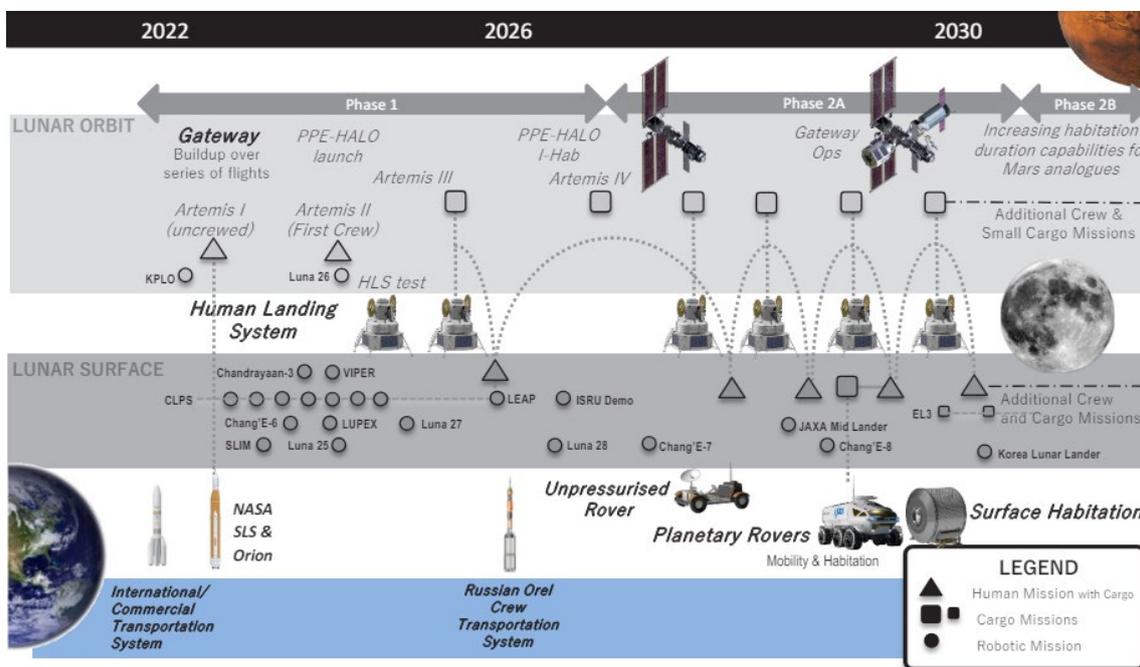


図 9 : ISECG 月面探査シナリオ
(出典 : ISECG)

2.3 多彩な民間企業による月面活動と民主導の産業創生の動き

1990年代までは主に各国の宇宙機関や国際協力により月探査は行われてきたが、2000年代に入ると月面探査にも民間が進出し始めた。大きなきっかけとなったのは、2007年にスタートした、Xプライズ財団によって運営され、Googleがスポンサーとなり開催された民間による最初の月面無人探査を競うコンテスト「Google Lunar XPRIZE (GLXP)」であり、日本からも ispace が主体となる HAKUTO が参加。期限内に月面まで到達したチームは出なかったものの、大きな成果を残した。

最近の民間の月探査の動きも活発化している。2019年2月にイスラエルの SpaceIL が月面着陸機「Beresheet」の打ち上げを実施し、結果として不具合により同着陸機は月面に衝突した。また、我が国の ispace が 2022年に月着陸機「HAKUTO-R M1」を打ち上げ、2023年4月に世界初の民間企業としての月面着陸に挑んだが、ソフトウェアの不具合により着陸には失敗している。その後、NASAの「商業月面輸送サービス (Commercial Lunar Payload Services : CLPS)」プログラムに参加していた米国の民間企業である Intuitive Machines が月着陸機「Nova-C」により月面着陸に挑み、2024年2月22日に世界初の民間による月面着陸に成功した。我が国を代表する月関連の民間企業である ispace を始め、多くの民間企業が今後も継続的に月探査や月面産業に関する活動を進める計画であり、国の後押しや政府との協業もあり、ますます民間企業による月面活動が活発になってきている。

2.3.1 民間による月面活動

近年、月面開発は、政府や ispace などの宇宙関連企業に留まらず、高砂熱学工業（日本）、トヨタ自動車（日本）、ユーグレナ（日本）、タカラトミー（日本）、KDDI（日本）、キャタピラー（米）、ノキア（フィンランド）等の異業種企業をも巻き込み、かつ世代を跨ぐ長期間を要する壮大なスケールの事業となっている。これは、月面開発から得ることができる成果への大きな期待を表象しており、Planet 6.0 の象徴となり得る特徴を有している。

① 輸送分野：

【地球-月輸送】

● ispace（日本）

ispace は、ペイロード（着陸船またはローバに搭載可能な貨物）の月への輸送サービスの販売を行っている。ランダー搭載用は、移動を必要としない、固定型ペイロードの輸送サービスで、カメラ、通信装置、培養装置などの貨物を対象とする。また、ローバ搭載用は、月面での移動を必要とするペイロードの輸送サービスで、映像取得、走行データ取得、採掘システムなどの輸送が対象となる。2022年に月着陸機「HAKUTO-R M1」を打ち上げ、2023年4月に世界初の民間企業としての月面着陸に挑んだが、ソフトウェアの不具合により、着陸には失敗しているが、今後も継続的に着陸機を月面に送り込む計画で、計画される着陸機には多くの民間企業等のペイロードが搭載される予定である。

● 富士通（日本）

富士通は、JAXA と培った軌道計算技術および、データ伝送や画像航法を支援することにより、小型月着陸実証機「SLIM」のピンポイント着陸の成功に貢献している。また、近年はこの軌道計算技術を元に、民間企業による月探査や安全な月面活動に向けたシスルナ領域の宇宙状況把握 (SSA) への貢献も目指している。さらに、富士通は、東海国立大学機構と、人類の活動圏が宇宙に広がる近未来を見据え、太陽フレアによる放射線影響予測の共同研究を開始。研究成果の社会実装を積極的に進め、月・火星・惑星間空間などの宇宙空間での安全な活動への貢献を目指している。

● 三菱電機（日本）

三菱電機は JAXA の小型月着陸実証機「SLIM」の開発を担い、SLIM は 2024年1月20日に月面への着陸を果たしている。SLIM のミッション目的の1つは「月の科学的価値の高い場

所へ、目標精度 100m 以内で軟着陸すること」であったが、実際には、月面高度 50m 地点で誤差 10m の精度での着陸を達成した。今後、三菱電機は SLIM で得られた技術的成果を活用していくことで、高付加価値かつサステナブルな月輸送事業に貢献する。

【月面輸送】

- トヨタ自動車（日本）

JAXA とトヨタ自動車は、2020 年代後半の打ち上げを目指し、有人と無人ローバの研究・開発を進めている。コンセプト案では 2 名滞在可能（緊急時は 4 名滞在可能）な有人と無人ローバで、月面で 1 万 km 以上の走行を可能にする計画である。JAXA とトヨタは、今後も、様々な業界の企業の技術力や知見を結集し、“チームジャパン”として持続的な月面活動の実現に向けて挑戦している。なお、2024 年 4 月に開催された日米首脳会談で、アルテミス計画において、日本が無人ローバを提供・運用することで合意している。

- ゼネラル・モーターズ（米）

米国の自動車大手ゼネラル・モーターズ（GM）社は、2021 年、米ロッキード・マーチン社と協力し、次世代型の月面ローバの開発を行っていく計画を発表した。NASA のアルテミス計画での探査ローバとして採択されることを目指しており、従来のローバよりも機動性があり、より遠距離を探査できる自動走行車両の開発を行う計画。Lunar Outpost をプライムとして NASA から有人月面探査車開発契約を締結しており、将来の月面での採用を目指している。

② 情報・通信分野

- 日本電気（日本）

日本電気（NEC）は、JAXA の月周回衛星「かぐや」や小惑星探査機「はやぶさ」の開発/運用で培った深宇宙通信技術や高精度測位技術に基づき、月面や月近傍領域でのビジネス展開に不可欠な高速通信サービスや高精度測位サービスの分野での貢献を目指している。先行的な取り組みとしては、Cis-lunar での軌道制御や誘導航法技術、次世代通信技術などが挙げられる。

- KDDI（日本）

通信大手の KDDI は、2024 年 5 月、2030 年に月面での通信サービスの提供を始める計画を発表した。2028 年に月と地球のあいだを光や電波で結ぶ大容量の通信技術の実用化を目指し、2030 年には月面での通信サービスの提供を行う計画である。月面に基地局を整備し、宇宙飛行士や探査の車両などを高速のデータ通信で結ぶインフラの整備を進める。

- ワープスペース（日本）

ワープスペースは、2016 年から衛星間光通信技術の研究開発をしており、様々な事業者が光通信を導入する支援を行うためのソリューション開発・提供をしている。近年、地球観測などを行う人工衛星の数が爆発的に増えており、より多くの地球観測データ等をリアルタイムに近い形で取得できるように光通信技術の実用化が進んでいる。災害対応の高速化や資源管理の効率化など、持続可能な地球経済の実現に貢献する。

- ノキア（フィンランド）

フィンランドの通信機器大手ノキア社は、月や火星で使われる可能性のある 4G/LTE ネットワークの試験的な展開を計画している。この月面移動通信ネットワークにより、月面車の制御、月面でのリアルタイムナビゲーション、高解像度の動画ストリーミングなどを行う計画で、NASA との共同で、米国の民間スタートアップの月面着陸機に実証システムが搭載され、月面実証が行われる計画である。

③ メディア・コンテンツ

● 電通（日本）

電通は、月面探査をコンテンツとしたマーケティングライツ・ビジネスを推進している。民間主導の月面探査に従事する企業を募り、技術開発や事業開発を行うことを促進し、それを含む各種関連活動のプロモーションをする権利を販売するビジネスを展開している。

● TOPPAN 株式会社（日本）

TOPPAN は、人間拡張技術や AI アバター、ロボット等を活用した「遠隔コミュニケーション」、高精度 3D 計測技術や高精細 XR 技術等を活用した「デジタルツイン」を含めリアルな遠隔空間・環境共有システムの研究開発を行っている。その他地上技術の宇宙活用（デュアルユース）にもチャレンジし、月面を含む宇宙領域での先進コンテンツ開発、地上-宇宙間の新たな遠隔プラットフォーム構築、及び DX（Digital Transformation）・SX（Sustainable Transformation）の視点で宇宙ビジネスを検討している。

④ 資源・エネルギー分野

● 高砂熱学工業（日本）

空調設備工事の高砂熱学工業は、HAKUTO-R プログラムにおいて、ispace が月面に輸送するランダー(月着陸船)の中に、同社が開発する水の電気分解装置を搭載し、月面着陸後に水の電気分解の実証に加え、世界初となる月面環境での水素と酸素の生成を目指している。2024 年 3 月には月面用水電解装置フライトモデル (FM) の開発を完了し、ispace へ引き渡したことを発表した。今後、ispace の 2024 年打ち上げ予定の「HAKUTO-R M2」により月面に運搬され、実証が行われる計画。同社が培ってきた空調技術を応用し、月面に存在するとされている水資源を採取する技術「サーマルマイニング」の開発、さらには月面において、水資源をエネルギー利用するための「月面エコシステム」の構築に挑戦し、得た成果を、地上における水素利活用システムの社会実装に活用し、月面と地上、双方向での貢献を目指している。



図 10：月面用水電解装置 外観
(出典：高砂熱学工業)

● 日揮グローバル（日本）

総合エンジニアリング企業の日揮グローバルは、JAXA と「月面推薬生成プラントの構想検討に係る連携協力協定」を締結し、月の水資源を利用した月面推薬生成プラント構想に関する概念検討などを実施した（2021 年度～2022 年度）。また 2023 年度には JAXA 事業「月面推薬生成プラントの実現に向けたパイロットプラントの概念検討」に採択され、月面推薬生成プラントの全体システム検討、実証計画の立案およびこの実現に向けた実証プラントの概念検討を実施した。加えて、2021 年度より内閣府「宇宙開発利用加速化戦略プロジェクト（スターダストプログラム）」のうち農水省および経産省案件にも携わっている。同社はエネルギー分野をはじめとする幅広い社会・産業インフラ設備・施設的设计・調達・建設 (EPC) で培った知見・技術力・プロジェクト遂行力の活用と、長期情報戦略「IT Grand Plan 2030」で掲げた EPC DX を推進し、月面での社会・産業インフラの実現に向けて貢献している。

- 日本特殊陶業（Niterra）（日本）

月面の夜間や、極域の影では、-150度以下と極低温になり、液体のリチウムイオン電池の電解液では、凍結してしまうため、これまでの熱設計では適応することができないことに加え、凍結後に融解したとしても、凍結・融解時の体積変化が電池の内部構造にダメージを与えるため、電池として機能しないと考えられる。日本特殊陶業（Niterra）は、電解液を使用しているリチウムイオン電池や有毒ガス（硫化水素）が発生する硫化物タイプの全固体電池に比べ、環境安定性の高い酸化物タイプの全固体電池に使用される「酸化物セラミックス」の研究・開発を進めている。

- 本田技術研究所（日本）

JAXAと本田技術研究所（Honda）は、3年間（2020年度～2022年度）の共同研究として、Hondaが有する高圧水電解技術及び燃料電池技術を活用した月周回有人拠点「Gateway」及び月面での循環型再生エネルギーシステムに関する研究を進めてきた。2023年にはJAXAと月面探査車両の居住スペースとシステム維持に電力を供給するための「循環型再生エネルギーシステム」について研究開発契約を締結し、同システムの概念検討や初期段階の試作機製作を行っている。

- 横河電機（日本）

計測・制御・情報を事業ドメインとする横河電機は、月面で必要となる多様なセンサ及び制御ソリューションを開発している。計測分野では、地上で実績のある産業用レーザー分光計TDL（Tunable Diode Laser Spectrometer）の技術を応用し、水をはじめとする資源探査用の分析計を開発しており、生命維持のための計測への応用も模索している。制御及び情報の分野では、月面推薬生成プラント向け遠隔制御ソリューションの開発にも取り組んでいる。

⑤ 建設・インフラ分野：

- 大林組（日本）

建設会社の大林組は、月面での建設工法として地下埋設型のインフレータブル構造物の計画・基礎実験や、宇宙建築のベンチャー企業であるOUTSENSE社と共同で折り紙をコンセプトとした展開構造物やサカ・セアドテック社、室蘭工業大学、JAXAと発電などを目的とした多目的タワーの展開構造物の実用化を目指している。これらの技術は、運搬時に小さく折り畳むことで可搬性を高めることができる技術であり、宇宙でのモノづくりの中でも大きな課題である輸送コストを大きく削減できる可能性がある。一方で名古屋工業大学、レーザー技術総合研究所と月の砂を原料とした地産地消の建材作製の研究も行っており、2017年、2021年にはJAXA宇宙探査イノベーションハブの枠組みで研究開発に取り組んでいる。また、地上で積極的に開発している無人施工について月面への展開を目指している。他にも、月面での太陽光をはじめとする電力発電や月の砂を土壌とする農業の取組みも行っている。



図 11：インフレータブル構造のイメージ図（左図）と展開構造の模型（中央図）、月模擬砂を用いた建材（右図）
（出典：OUTSENSE、大林組）

- 清水建設（日本）

清水建設は、月面建設実現に向け、無人化施工や現地資源利用に関する研究開発に1987年より取り組んできた。月表面の砂を模擬した「月土壌シミュラント」を開発し、水や建設資材の製造や土木工事に係る掘削の技術開発などを行っている。宇宙探査イノベーションハブの枠組みでは、2016年に無人化施工システム、2018年に自動展開収納型越夜シェルターのコンセプトについて検討した。2021年からは国土交通省「宇宙建設革新プロジェクト」に採択され、膜構造を用いた居住モジュールの技術開発も、他社と協力しながら進めている。

- タカラトミー（日本）

玩具メーカー大手のタカラトミーは、JAXA宇宙探査イノベーションハブの枠組みで、2016年より変形型月面ロボットの研究開発を開始し、その後、ソニーと同志社大学が加わる形で共同研究を進め、過酷な月面環境で稼働可能な超小型・超軽量の自走型ロボットを開発した。月面到着後に走行用の形状に変形することにより、月着陸船搭載時の容積を小さくできる特徴がある。2024年1月にJAXAの月着陸機「SLIM」により月面に運搬され、同着陸機から分離、その後SORA-QからSLIMの撮影画像が地上に伝送された。これにより、SORA-Qは月面に着陸、撮影した日本最初のロボットとなった。

- キャタピラー（米）

米建機大手のキャタピラー社は、NASAとの長年のパートナーシップに基づき、自動運転及び遠隔操作技術を用いた月面掘削機等の月面建設関連重機・車両の開発を行っている。月や火星での有人長期滞在を想定し、水資源や酸素を含んだ岩石等の資源の掘削、農業、施設建設等の幅広い分野で同社の自動運転重機が使われることが見込まれる。

⑥ 食料・バイオ分野：

- ユーグレナ（日本）

生物のユーグレナ（和名：ミドリムシ）を活用し、宇宙における地産地消を目指している。宇宙における人が存在する閉鎖空間において、ユーグレナの光合成等の機能により呼気に含まれる二酸化炭素や生活排水に含まれる窒素成分などを処理しつつ、酸素と栄養素に変換する機能を活用した閉鎖空間における循環システムを提唱し、ゲノム編集等を活用した高度な品種改良を用いたユーグレナ等の微細藻類を活用した月面での物質循環の実現を目指している。

⑦ 金融・保険

- 東京海上日動火災保険（日本）

月面開発の持続的な発展に向けて、2022年4月に月面探査ミッションを支える「月保険」を英国Beazley社と共同で開発。第1号案件として株式会社ダイモンの月面探査ミッション「Project YAOKI」へ本保険を提供している。

- 三井住友海上火災保険（日本）

2019年に「HAKUTO-R」計画にコーポレートパートナーとして参加し、月への航路や着陸の際に起こり得るリスクなどを分析し、ロケット打ち上げから月遷移軌道上でランダー（月着陸船）が切り離され、月までの長期間におよぶ航行期間や月面着陸時に発生するリスクについて事業者と協議を重ねてきた。その後、2022年9月に新たな宇宙保険のラインナップの1つとして、打ち上げから月面着陸までをシームレスに補償する世界初の「月保険」を開発し、事業者へ提供した。

2.3.2 民間が主体的に関わる月面産業を議論するコミュニティの存在

月は従来の宇宙開発の主な舞台であった地球軌道と異なり、重力と地面のある天体である。そこに有人滞在拠点を築き、資源探査等の活動を展開するためには、宇宙系企業のみならず、自動車、建設、資源・エネルギー等の地球上の様々な異業種産業の技術やアセットを活用することが効果的である。そのような背景から、現在我が国では民間が主体的に関わっている月面産業を議論する組織も立ち上がり、何らかの月面関連活動を行っている企業が250社を超えている。他国とは異なり、多様な業種の民間企業が月面産業の構築を目指して活動しているのは我が国のユニークな特徴と言える。主なコミュニティには、フロンティアビジネス研究会、月惑星に社会を作るための勉強会（ムーンブレッジ勉強会）、SPACE FOODSPHERE、などがあり、月面社会の実現に向けて精力的な議論や検討を行っている。

また、海外においても欧州を中心とした非営利団体「Euro2Moon」や米国のコンソーシアム「Lunar Surface Innovation Consortium (LSIC)」なども設立されてきている。「Euro2Moon」は2021年に日本のispaceが欧州のAir LiquideやAirbus Defense and Spaceと共同でシスルナ経済を加速させるために設立した団体で、共通の産業ビジョンを構築し、欧州の産業や機関のエコシステムの間でそれを推進するための交流プラットフォームの構築と活用を目指している。また、「LSIC」は米国NASAの月面探査活動を支援する目的で設立されたコンソーシアムであり、産学官連携による月面開発技術の促進を目指している。月面産業の創出にあたり、これらの団体と協業し、国際的プレゼンスを高めていくことは重要であり、それにより民間による月面産業の創出やシスルナ経済の構築が加速するものと期待される。

2.3.3 月面探査・開発における民間の活用拡大

多彩な民間企業が月探査に参入しつつある中、一つの大きな流れが、民間が保有する技術、データ、サービスの官への提供である。特に米国では、ISSへの輸送で民間の輸送サービスを購入して実施することに成功した事例から、月探査等のプログラムを遂行するために、民間からサービスを調達する動きが加速された。NASAが民間から、月面への輸送サービスを購入するプログラム「商業月面輸送サービス (Commercial Lunar Payload Services: CLPS)」が2018年に開始され、NASAは10年間で総額26億米ドル（約4,000億円）の資金を提供する。同プログラムで、既に民間企業に10回以上の月面への輸送を発注（中止した企業あり）しており、CLPSの2回目のミッションで米Intuitive Machines社が開発した月着陸機「Nova-C」が2024年2月22日に民間企業の宇宙船として世界初の月面着陸に成功した。米国ではまた、「月面への有人着陸システム (HLS)」でもSpaceXに総額29億米ドル（約4,500億円）の有人着陸船「Starship HLS」を、Blue Originに総額34億ドル（約5,200億円）の有人着陸船「Blue Moon」の開発をそれぞれ発注し、2020年代後半の打ち上げ、有人月面着陸を目指すなど、民間サービス活用の流れは加速している。

カナダも月探査活動に広く産学の技術を活用するための「Lunar Exploration Accelerator Program (LEAP)」を推進しており、民間による技術開発支援、宇宙空間での実証、科学ミッション実施に対し、5年間で1億5000万カナダドル（約170億円）の予算を拠出している。オーストラリアにおいても、「Moon to Mars」イニシアチブを推進し、2021年から5年間で1億5000万オーストラリアドル（約150億円）を提供することで、有人月面探査やその後の火星探査の技術開発に民間や研究機関の活力を活用している。

また、アルテミス計画の中で、我が国の産学の連携の中で実際の月面でのデータ取得に貢献する事例も出てきている。2024年3月、NASAは同計画の中で宇宙飛行士が月面に降り立つ際に持っていく観測機器の1つとして東京大学などの国際研究チームが開発する装置「月面誘電率計測器 (LDA)」を選んだと発表した。同装置は、東京大学などの学术界がいくつかの企業と共に開発したもので、月面に氷が存在しうるのか、という問いに関連した基礎科学的なデータを獲得することが期待されている。

3. 拡大する Planet 6.0

本章のポイント

- 地球と宇宙が一体となった社会経済圏を目指す社会ビジョン、Planet 6.0
- 月面での新たな市場創出だけでなく、月を地球と一体として捉え、循環型社会を形成していく事が重要となる。
- Planet6.0の範囲は火星まで広がり、月面開発・利用の経験が今後の火星探査へのステップとなる。

3.1 Planet 6.0 とは

初めて月面に足跡を残して以来 50 年間、人類の活動領域は国際宇宙ステーション等を含む宇宙空間にまで拡大している。近年、地球周回の低軌道では数万基に及ぶ人工衛星の運用が行われ、米国や中国を中心として、月面での長期滞在と資源開発が現実の計画として進行中である。一方、月面での活動を持続的に行っていくためには、アポロ時代のように国家のみが関与する形態ではなく、民間の関与が不可欠であり、2 章で述べたように国内外で民間企業の活動も活発化している。このように、国家のみならず産業も含む人類の活動が月面にまで広がりつつある状況を踏まえると、月面、あるいは宇宙の持続可能な開発を行っていくためには宇宙空間を含む環境全体に責任を持つ意識が不可欠である。月やそれ以遠への活動が広がることで、地球を新たな視点から見直す機会（Overview Effect：概観効果）が生まれ、宇宙への関心が高まるだろう。この新たな視点からの持続可能な開発が、地球に暮らす人々の社会・産業・生活に様々な利益をもたらすことを認識することは重要である。

月面産業ビジョン協議会では、2021 年に公表した「月面産業ビジョン -Planet 6.0 時代に向けて-」において、人類の社会・経済の活動圏が既に地球周回軌道上に及んでいる事実に加え、近い未来に月や月以遠の天体まで展開されることを鑑み、地球と他天体を含む宇宙が一体となった循環型の社会経済を構築することを目指すコンセプトとして「Planet 6.0」を提唱した。

「Planet 6.0」は、歴史上の人類と宇宙の関わりが変遷していく中で、既に人類の社会・経済の活動圏が地球周回軌道上に及んでいる事実に加え、近い未来に月や月以遠の天体まで展開されることを鑑み、地球と他天体を含む宇宙が一体となった循環型の社会経済を構築することを目指す概念である。



図 12：新しい時代の社会ビジョン”Planet 6.0”（再掲）

（出典：月面産業ビジョン協議会作成）

3.2 Planet 6.0 の重要性

上述のように月面開発は国家と民間が協力して進められていくことが見込まれており、その後には、民間主導で月面開発・利用を一層推進していく時代がくるだろう。宇宙活動が活発化する中で、この Planet 6.0 の考え方の重要性は高まっている。Planet6.0 の考え方においては、月面での新たな市場の創出だけにとどまらず、そこで培われる技術的・社会的なイノベーションを通じて、地球の社会・産業に高い価値を還元する循環型社会を形成することを目指している。ロボティクスやエネルギー技術、有人滞在技術などの開発は、地球上の社会課題解決にも貢献する事が重要となり、そうした活動が自動化、省エネルギー化、ヘルスケアやライフサイエンスなどの発展に加速をもたらすことになるだろう。

月面活動の産業としては宇宙探査、資源開発及び製造業が主であると考えられるが、その延長には人類の知見だけでなく、月面産業からの経済価値としての付加価値創出も期待され、以下が例として挙げられる。

- 月面環境で開発した製品技術の横展開
- 地上で消費する月面資源の採掘
- 月面の特殊な土地利用
- 深宇宙探査の拠点
- 観光・探検・娯楽の提供
- 新しい価値観・国際連携方法の創出

3.3 Planet 6.0 の範囲は火星へと拡大

火星探査は、将来の人類にとっての資源や有人活動といった観点だけでなく、生命やその痕跡の発見、火星の環境変化の過程の理解を通じた惑星科学の進展等、科学的観点からも大きな意義を持つ。火星への有人探査は、将来的なアルテミス計画の目標としても掲げられている。NASA が発表した「Moon to Mars Architecture」では、月面への着陸、基礎的な探査活動、持続的な活動、火星探査に向けた取組の順に、段階的に検討を進化させるとしている。同文書は毎年更新が行われており、将来的には 2033 年の火星からのサンプルリターンを目指す Mars Sample Return 計画を進めるなど、月面開発の次のステップとして火星を位置付けている。

我が国においては、火星での宇宙科学を中心に調査研究を実施し、将来の有人探査に役立つキー技術の開発や火星環境の調査を進めることが期待されており、火星圏の観測と 2031 年の火星衛星フォボスからのサンプルリターンを目指す火星衛星探査計画（MMX）を進めている。また、宇宙戦略基金においても火星を対象とした、大気突入・空力減速に係る低コスト要素技術（100 億円程度）が技術開発テーマとして掲げられている。

このように、国内外において月面開発・利用の次のステップとして火星探査・開発が具体化されつつある状況である。また、月探査は火星探査に向けた重要なステップであり、月での経験と技術は、火星へのミッションをより効率的かつコスト効果の高いものにし、宇宙探査全体の持続可能な発展に寄与すると考えられる。Planet 6.0 では、地球と月を一体的に捉え、循環型社会を形成していくこと、地球上への社会課題解決にも貢献すること、などを提唱したコンセプトであるが、このような状況を踏まえ、Planet 6.0 の対象を火星まで拡張し、地球・月・火星を一体としてとらえていくコンセプトへと発展・進化させるべきであろう。

月探査を通じて得られる技術開発は、火星探査にも直接応用できると考えられ、新しい技術の開発や既存技術の改良は、宇宙産業全体を活性化させ、関連企業に新たなビジネスチャンスを創出できる可能性がある。例えば、月面での資源利用技術（In-Situ Resource Utilization, ISRU）の開発は、火星でも応用可能と考えられ、現地で資源を利用することで、地球からの物資輸送コストを大幅に削減したり、月面での基地建設やインフラ整備の経験は、火星での基地建設にも役立ち、効率的なロジスティクスや基地運営のノウハウは、将来的な火星ミッション

のコスト削減に直結したりする。これにより、より多くのミッションを実行できるようになり、長期的な経済的利益が見込まれる。また、月探査・火星探査のプロジェクトを通じて、高度な技術を持つ人材が育成される事が期待される。これにより、宇宙産業だけでなく他のハイテク産業にも貢献できる人材が増加し、経済全体の技術力が向上し、教育機関や企業による研究開発投資も活発化し、長期的な経済成長にも影響を与える可能性がある。

4 月面産業のビジネスモデル並びに課題及び政策提言

本章のポイント

- ビジネスモデルキャンパス（BMC）による月面ビジネスの具体化
- 各ビジネスモデル固有の課題・政策提言、各ビジネスモデル共通の課題・政策提言
- 月面ビジネスの自立的発展のためには、政府による産業支援政策が必要となるが、民間事業者による自助努力も必要であり、政府と民間事業者とが協調できる仕組みの構築が重要

4.1 総論

月面産業ビジョン協議会（LIVC）では、所属企業の関心分野に応じて、以下の9つのワーキンググループ（WG）を形成し、月面ビジネスの具体化並びにその実現に向けた課題及び政策提言を検討した。

- ①地球・月輸送 WG
- ②建築・インフラ WG
- ③情報・通信 WG
- ④資源・エネルギーWG
- ⑤月面輸送 WG
- ⑥食料 WG
- ⑦金融・保険 WG
- ⑧メディア・エンタメ WG
- ⑨観光 WG

各WGの関係を下図に示す。なお、月面ビジネスの具体的な内容は、各WGでとりまとめたビジネスモデルキャンパス（BMC）もご参照頂きたい。

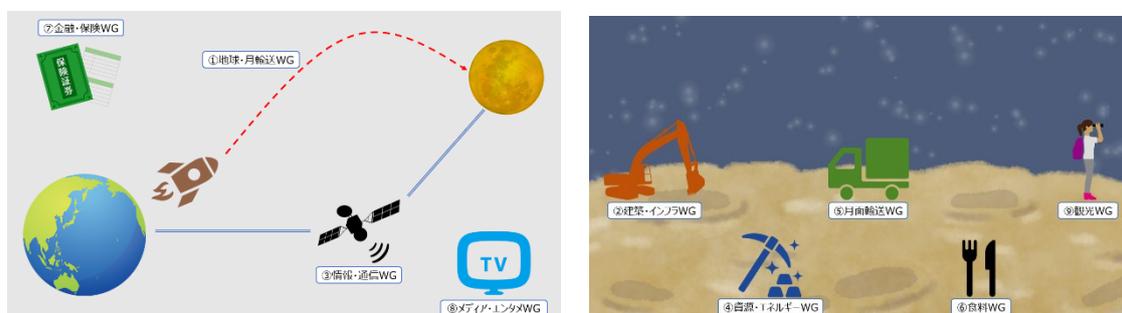


図 13：各WGの関係

（出典：月面産業ビジョン協議会作成）

4.2 前提条件

2040年代には、宇宙飛行士を中心とする有人滞在が月面で成立することを想定する。その際、極域の水資源存在エリア5～10か所に、それぞれ100～200人の滞在拠点が点在し、全体で1,000人程度の滞在が可能となっている。滞在拠点は、月面での活動をサポートするインフラを提供する側面もあり、国や地域などのプロジェクト推進母体ごとに構成されている。そのような特殊な環境での活動のため、滞在者はほとんどがプロの官民宇宙飛行士だが、滞在可能な人数の規模拡大に伴い、少数の富裕層向けを中心とした観光ビジネスが始まっている状況である。ただ、月面での活動規模が拡大しているとはいえ、構築されているインフラの機能は未熟な部分も残るため、生命維持のための資源や食料等の供給は月面での確保も進むものの、まだ大部分を地球からの輸送に依っている。

1,000人規模の人員が月面活動に従事しつつも、無人ロボットを活用した活動がメインであり、人は、複雑業務や意思決定が求められる部分に専念している。基地外での活動は、無人口

ロボットを中心とした無人技術の活用により、多分野の業務を同時進行で遂行している。例えば、インフラ設営、現場管理、基地運営などの業務は有人で各分野・拠点ごとに数名ごとのチームで実施する。外部での採掘や荷捌きなどの作業は、無人ロボットを徹底的に活用することで、有人拠点維持のコストを抑えつつ、複数分野の活動を同時並行で実施することが可能となっている。

技術的な制約も含めて、活動の範囲が滞在拠点を中心に構成される。そのため、拠点間の連携よりも各拠点で独立したプロジェクトが実施されている状況である。月産月消は進むものの多くの活動資本は地球からの輸送が基本となるが、その活動の源泉となる月面までの物資輸送は現状の輸送費を考えると1兆円～10兆円規模となることが見込まれ、民間需要による輸送物資の割合が半分以上まで増加していることが期待される。

なお、上述の2040年代までに、月面開発は大きく、R&Dやデータ収集を行う準備フェーズ(2020年代)、有人滞在が開始され実証から実用に移行開始するフェーズ(2030年代)を経て、有人滞在が本格化しサービス提供するフェーズ(2040年代)に至ると予想される。フェーズの進捗に伴い、先駆的な活動を行っている、いわばファーストペンギンとも呼ぶべき民間企業の活動を除き、政府ミッション中心であった状態から、それまでの活動期間を通じて養成した技術・能力を活用し、民間企業が主体となった活動が大きく増えることが見込まれる。

～2024 準備フェーズ	～2030 有人滞在開始フェーズ	2030～ 有人滞在本格化フェーズ
<p>小型実証装置によるR&D/データ収集時代</p>	<p>水資源等において実証から実用へ移行開始する時代</p>	<p>人の居住等のためにサービス提供する時代</p>
<p>活動例</p> <ul style="list-style-type: none"> 地球での検討、装置開発 小型無人機での探査/月環境データの収集 有人滞在に向けた小型装置の輸送・実証 	<p>活動例</p> <ul style="list-style-type: none"> 有人滞在開始(数名程度) 滞在用インフラの実証・建設 現地生産拠点(資材、食料、等) 	<p>活動例</p> <ul style="list-style-type: none"> 有人滞在本格化(段階的に増加し、2040年頃には1,000人が滞在) 滞在用インフラ整備拡大 民需増加
<p>政府ミッション 民間</p>	<p>政府ミッション 民間</p>	<p>政府ミッション 民間</p>

政府中心から徐々に民間活動が拡大

図14：月面開発の3つのフェーズ

(出典：月面産業ビジョン協議会作成)

4.3 各WGにおける検討結果

4.3.1 地球・月輸送WG

(1) ビジネスモデル概要

本WGにおいて検討したビジネスモデルは、地球上からの打上げ後における、月面（又は月周回軌道）までの輸送サービスである。月面開発を行うにあたっては、地球から月まで物資を輸送する必要がある。その際、(i)地球上からロケットにより打ち上げるフェーズ、(ii)ロケットから分離され月面着陸するまでのフェーズ、(iii)月面着陸してから月面基地に至るまでのフェーズに分けて考えることができる。本ビジネスモデルは(ii)にフォーカスしたものである。ただ、後述するように、(i)(ii)(iii)の各フェーズは、一体的に捉えるべき場合もある点には留意を要する。

なお、当面は、地球から月面（又は月周回軌道）への物資輸送が中心になると想定されることから、本ビジネスモデルにおいては、月面（又は月周回軌道）から地球に対する輸送は検討対象外としている。

(2) ビジネスモデル内容

地球・月輸送WGで作成したビジネスモデルキャンバスは以下のとおりである。

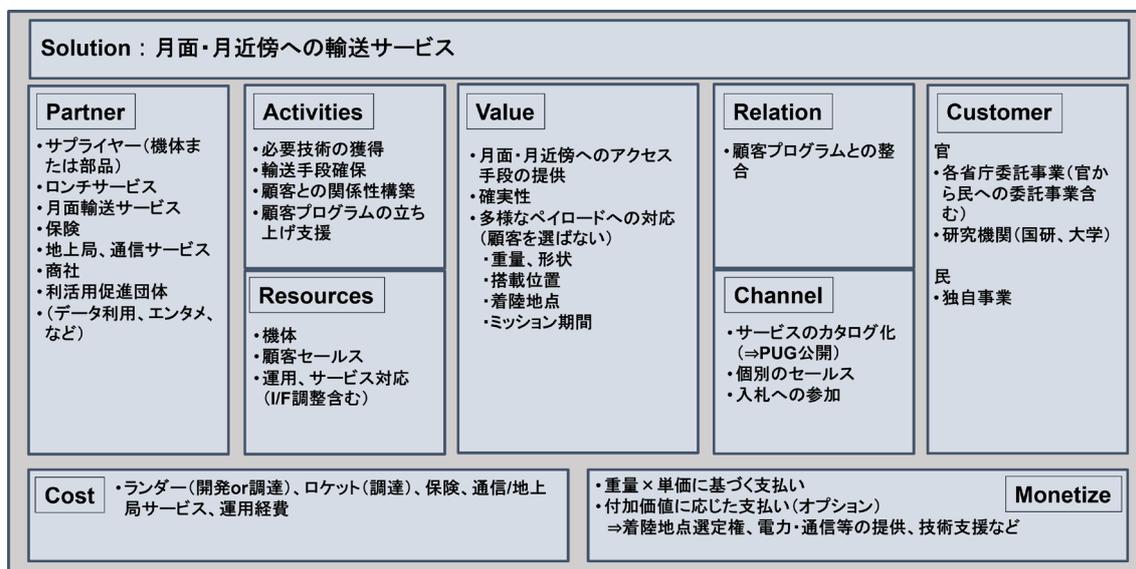


図 15 : ビジネスモデルキャンバス (地球・月輸送WG)

(出典：月面産業ビジョン協議会作成)

①目的

本ビジネスモデルの目的は、月面（又は月周回軌道）に対して、確実なアクセス手段を提供することにある。なお、将来的には、多様な顧客（及びペイロード）を前提として、ペイロードのサイズ・重量・形状について融通が利くようにする必要があり、また、着陸地点やミッション期間に関するニーズにも応えていく必要がある。

②顧客

想定される顧客としては、大きく分けて、公的機関（政府、宇宙機関、研究機関など）と民間事業者とに分かれる。まずは、探査目的・技術実証目的での月面開発が進むと考えられるため、初期段階においては、前者（公的機関から民間事業者への委託事業を含む。）が中心になるものと思われる。もっとも、月面開発がある程度進んだ段階においては、民間企業の進出が進むものと思われ、月面開発を行う民間事業者や基地拠点の運営事業者などの割合が増加するものと想定される。

③必要となる活動

本ビジネスモデルを実現するためには、まずは、月面着陸のための難易度が高いことから、そのための必要技術を獲得する必要がある。

また、潜在的な顧客の掘り起こしを行い、ニーズを顕在化させ、ひいては顧客層を広げていく必要がある。

④必要となるパートナー

地球から月面基地までの輸送サービスを一体として考えた場合には、(i)地球上からロケットで打ち上げるフェーズ、(ii)ロケットから分離され月面着陸するまでのフェーズ、(iii)月面着陸してから月面基地までのフェーズをあわせてワンストップでサービス提供できることが望ましいことから、打上げ事業者及び月面輸送事業者がパートナーとして必要となる。

また、地球・月輸送に使用される機体又はその部品を製造できるサプライヤーが必要となるほか、当該機体との通信のやりとりのために通信サービス事業者なども必要となる。

さらに、エンドユーザーを拡大し、ひいては月面ビジネスの裾野を広げるために、月面（又は月周回軌道）において取得したデータの利活用を促進できる団体との協業も必要となると思われる。

(3) 課題・政策提言

	課題	政策提言
① 技術面	✓ 地球・月輸送に関する技術蓄積	✓ 民間企業が保有する技術力を生かすための R&D プログラムの立ち上げ
② ビジネス面	✓ 当面の顧客が限定されていること	✓ 潜在的な顧客に対するビジネス化支援 ✓ データ利活用の促進によるニーズ掘り起こし
③ 法政策面	✓ 月面着陸地点の調整ルールの未整備 ✓ 事業者、顧客、国の責任範囲が不明確	✓ 国際ルール・国内ルールの整備 ✓ 各当事者の責任範囲の明確化

①技術面

技術面での課題としては、何よりも、地球・月輸送に関する技術を蓄積する必要がある点が挙げられる。

そのためには、地球・月輸送をより正確にかつ持続的に行うための先進的な技術開発に関して、民間企業が保有する技術力を生かすための R&D プログラムを立ち上げる必要がある。

②ビジネス面

ビジネス面での課題としては、現状では、政府、宇宙機関、研究機関といった限られた顧客しか想定できていない点が挙げられる。そのため、顧客層の拡大に向け、月面ビジネスへの参入を検討している潜在的な顧客に対し、ビジネス化を支援するための制度を整備すべきである。また、そもそも月面（又は月周回軌道）において取得したデータの利活用方法が明らかとはなっておらず、それゆえにニーズが掘り起こせていないことから、上記データの利活用を促進できる団体を設立し、ニーズの掘り起こしをすべきである。

また、地球・月輸送サービスが高頻度かつ合理的な価格にて行われるためには、量産化に適したサプライチェーンとなるように見直しを行うとともに、関連技術を有するサプライヤーへの補助を促進すべきである。

さらに、本ビジネスモデルにおいては、基幹ロケット等による安価かつ確実な打上げサービスの確保が必要不可欠となる。自国において安価かつ確実な打上げ手段を保有していることは、安全保障上も重要な事項であることから、基幹ロケット等の能力や競争力を強化するため

の施策を実施すべきである。

③法政策面

法政策面での課題としては、他国又は他国の民間事業者との間で、月面での着陸地点が近づく可能性があるが、その際の調整ルールが存在しないことが挙げられる。そのため、他国又は他国の民間事業者との間で衝突が生じないようにするための国際ルール・国内ルールを整備する必要がある。

また、地球・月輸送サービスにおいては、事業者、顧客、国の責任範囲が不明確であるという課題もあることから、その点に関するルールも明確にしていく必要がある。

上記いずれについても、月面開発において優位性を有する日本が、議論をリードしていくべきである。

4.3.2 建築・インフラ WG

(1) ビジネスモデル概要

本WGにおいて検討したビジネスモデルは、月面において基地等を建設するものである。月面において、何らかのビジネスを始めるにあたっては、基地等のインフラの整備が必要となる。これらは、月面探査を行う事業者が自ら建設するのではなく、建設業者に依頼する又は建設業者と協力して行うことが想定されるためである。

本ビジネスモデルは、基地等を建設する段階（以下「建設段階」という。）と、それを運用していく段階（以下「運用段階」という。）とで、大きく2つに分けて考えることができる。

なお、本ビジネスモデルそのものは、月面における基地建設等を念頭に置いたものであるが、その技術は、地球上でも、極限環境や災害時において応用することができ、地球上での環境改善にも貢献することができると思われる。

(2) ビジネスモデル内容

建築・インフラWGで作成したビジネスモデルキャンバスは以下のとおりである。

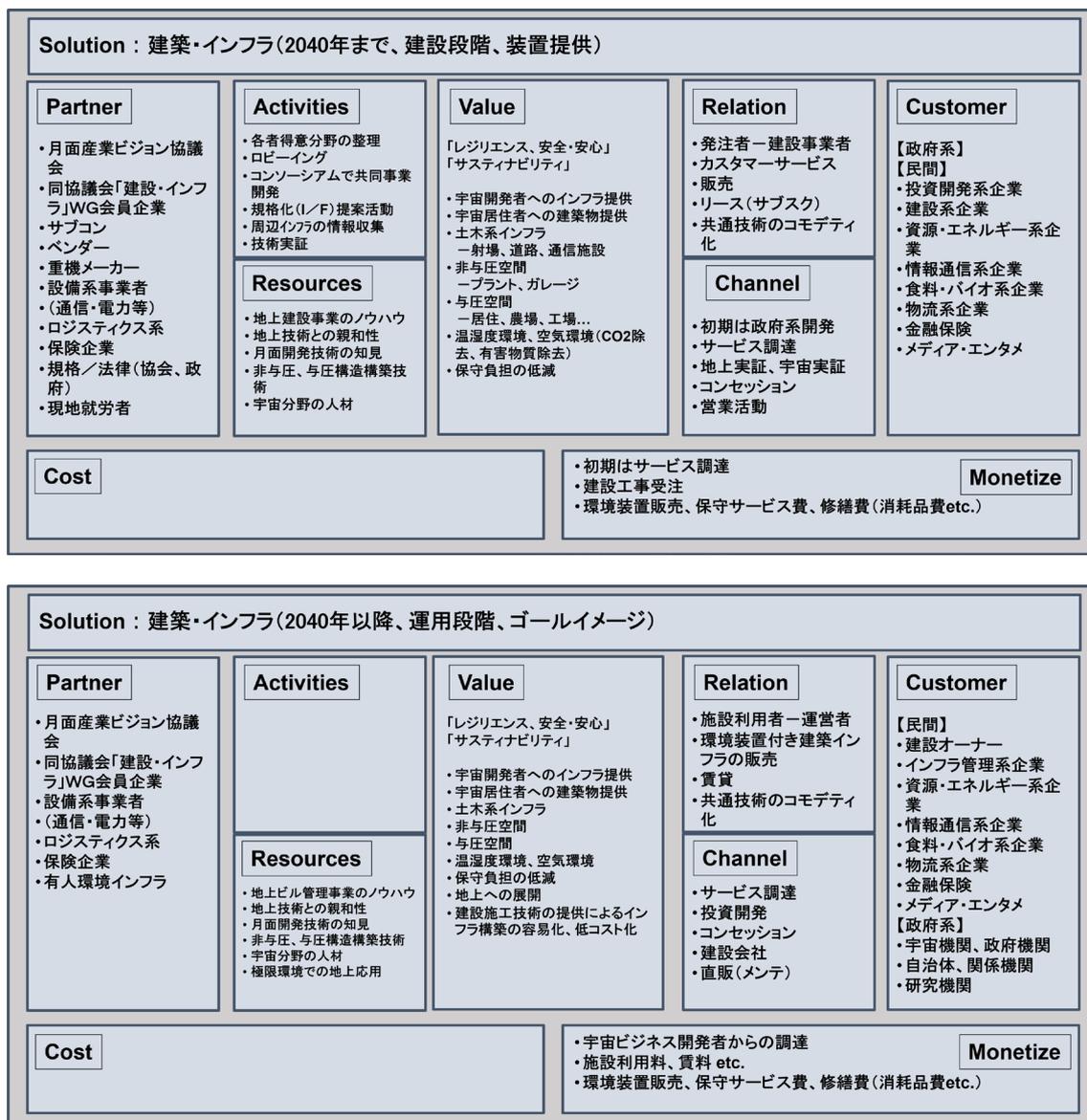


図 16 : ビジネスモデルキャンバス (建築・インフラ WG)
(出典 : 月面産業ビジョン協議会作成)

①目的

本ビジネスモデルが目的とする建築対象物としては、(i)射場、道路、通信施設といった土木系インフラ、(ii)プラント、ガレージといった非与圧空間、(iii)居住スペース、農場、工場といった与圧空間が想定される。まずは、ロケットが離着陸できるようにする必要があり、その後、無人での施設が作られ、さらに、有人での施設が作られると想定されることから、本ビジネスモデルの建築対象物としては、大まかには、(i)(ii)(iii)の順番になると思われる。

②顧客

想定される顧客としては、建設段階では、主に政府、宇宙機関、研究機関といった公的機関が想定される。これは地上においても妥当なことであるが、インフラの建設は他の事業と比べて多額の費用が必要となるため、当初から民間企業が主な顧客になることは想定し難いためである。

もっとも、建設段階の後期ないし運用段階では、民間企業が顧客となることが想定される。特に、運用段階においては、建設段階ほどは多額の費用がかからないため、月面において資源開発等を行う事業者が運用するケースもあれば、建設した事業者がそのまま運用するケースや、管理運用を専門とする事業者が譲り受けて運用するといったケースなども想定される。

③必要となる活動

一概に建設事業者といっても、各社それぞれ得手不得手があることから、各社の得意分野を整理したうえで、各社が得意分野を持ち寄って取り組めるような体制づくりが必要となる。これと関連して、1社のみで取り組むのではなく、コンソーシアムを形成するなどして共同で研究開発することも必要となる。

また、後述のとおり、月面の使用に関するルールや月面における建築物についてのルールが確立していないため、そのルール形成について働きかけていく必要がある。

④必要となるパートナー

建設段階においては、当然ながら、建設事業者1社で完結することはあり得ず、協力会社(サブコン)、建材等の提供事業者(ベンダー)、重機メーカー等が必要となってくる。また、宇宙空間ゆえの特殊性も大きいことから、その特殊性に詳しい専門家も必要となる。

運用段階においては、通信・電力といった設備系の事業者がより必要となってくるほか、有人環境のインフラを整備・運用できる事業者も必要となる。

なお、建設段階・運用段階いずれにおいても、モノ・ヒトに対する保険が必要となると思われるため保険会社との協業も必要となるほか、ルールづくりのために法律家の協力も必要となる。

(3) 課題・政策提言

	課題	政策提言
①技術面	✓ 月面環境の実証機会の不存在	✓ 政府による無人施工技術サービスの調達による実証機会の確保
②ビジネス面	✓ 高額な輸送コスト	✓ 日本独自の輸送手段の保有、他国との施設の共同運用
③法政策面	✓ 月面の土地の使用に関するルールの整備未了 ✓ 月面建築物に関する技術的基準の不存在	✓ 国際ルールの整備 ✓ 月面建築物に関する技術的基準やガイドラインの整備

①技術面

技術面での課題としては、月面環境の実証機会がないことには、技術開発が進まないといった点が挙げられる。そこで、無人施工技術サービスを政府が調達すること等により、民間事業

者による実証機会を確保していくことが考えられる。また、これと関連して、月への輸送手段を、他国事業者に依存するのではなく、日本独自で保有することにより、実証機会の遅延・減少を防止することが考えられる。

②ビジネス面

ビジネス面での課題としては、それなりの輸送コストが生じるという点が避けて通れない。そこで、月への輸送手段を日本独自で保有することにより、輸送コストの低減を図ることが考えられる。また、他国と協力し、通信施設を共同運用する等によりコスト低減を図ることも考えられる。

また、政産学官において、オープンなディスカッションが十分にできているとはいえないため、政産学官でのコンソーシアムを形成するなど、コミュニケーションの場を設けるべきである。

③法政策面

法政策面での課題としては、月面の土地の使用に関する国際的なルールが未だ確立されていないという点が挙げられる。そのため、他国や他国の事業者との紛争を避けるために、基地等の建設が認められる範囲・期間や、運用終了後の基地の収去についてルールを形成する必要がある。この点については、月面開発において一定の優位性を持つ日本が積極的に議論をリードしていくべきである。

また、上記ルール形成と関連して、月面における建築物について、どの程度の基準を満たせば良いかのルールも確立しておらず、事業者にとって予見可能性を欠いている。特に、有人施設を想定した場合には、その安全性の確保が重要となるため、一定の技術的基準やガイドラインを設ける必要がある。

4.3.3 情報・通信 WG

(1) ビジネスモデル概要

本 WG グループにおいて検討したビジネスモデルは、地球・月間基幹通信サービスを構築するものである。現在でも電波を用いた低速の通信であれば月地球間でも通信は可能であるが、本ビジネスモデルは、月面開発を推し進めるために必要不可欠な、ギガビットレベルの高速な、かつ、安定した月地球間の大容量通信サービスを構築するものである。

当該地球・月間基幹通信サービスは、(i)地球インフラサービス、(ii)地球周回衛星サービス、(iii)地球・月間通信サービス、(iv)月周回通信サービス、(v)月インフラサービスの5つのパートから構成される。高速通信を実現するためには、光通信技術（特に超長距離光通信）が必須であるが、地球近傍及び月近傍（特に、雲によって光通信が阻害される地球近傍）は電波による通信とのハイブリッドになることが想定される。

(2) ビジネスモデル内容

情報・通信 WG で作成したビジネスモデルキャンパスは以下のとおりである。

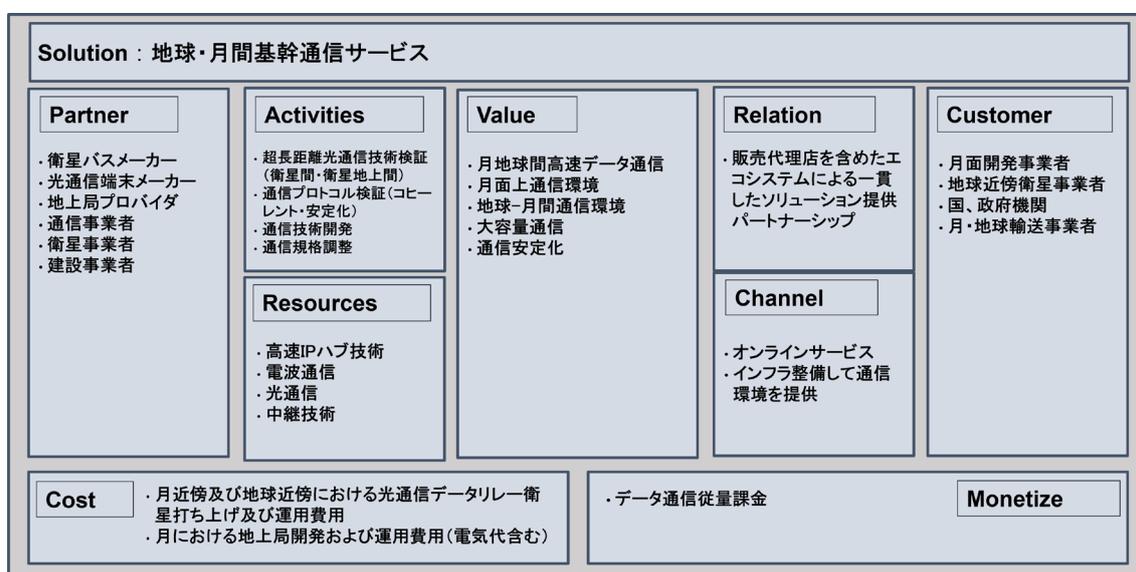


図 17：ビジネスモデルキャンパス（情報・通信 WG）
 （出典：月面産業ビジョン協議会作成）

①目的

本ビジネスモデルは、日本が独自の通信網・技術を確立し国際的な規格作りにおいて提言できるようになること、そしてそのための組織作り、を目標とする。最終的には、通信における日本の自立性確保、及び、国際的カントリーリスク排除のため月周回有人拠点 Gateway に依存しない独自の月地球基幹通信サービスを築けることが理想である。一方で、膨大なその構築コストを鑑みると、国際協調による冗長的ネットワークを形成することが望ましく、経済的観点を踏まえると月地球間の通信ネットワークを含めた通信のオープン化を目指すべきである。日本は、最小限のコストによる独自の通信網を持ち、このオープンネットワークに貢献することで、月地球間構想をリードするステークホルダーとしてポジショニングし、国際的規格への発言力を維持することが重要である。

②顧客・資金確保

本ビジネスモデルにおいて想定される顧客として、国や政府機関に加え、月面開発事業者、地球近傍衛星事業者、月地球輸送事業者が考えられる。

通信費収入を得るまでの資金確保は、民間事業者によるエクイティ投資も多少はあり得るが、原則としては政府からの支援が必須となる。

③必要となる活動

まず何よりも超長距離高速光通信技術の確立が必要となる。

そのうえで、効率的な通信網を築くため、現在乱立しようとしている通信の規格を統一する、もしくは異なる規格間でも通信ができる技術の確立が必要である。

また、月周回での安定的な衛星運用、有限希少な電波の確保のため月面での周波数調整、も国際的に必要になる。

④必要となるパートナー

上記の5つのパートに沿って、地上局プロバイダー、地球近傍の衛星コンステレーションサービスプロバイダー、月近傍及び地球近傍における光通信データ中継衛星を運用する事業者、それらを製造する衛星バスメーカー・光通信端末メーカー、地球の地上局に相当する月インフラを月面にて建設する建設事業者、通信事業者等が必要になる。なお、地球インフラ（地上局）については既存のものを利用できると考えられる。

(3) 課題・政策提言

	課題	政策提言
①技術面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 超長距離通信システムの構築及び運用 ✓ 地球近傍および月近傍における光通信・無線通信のハイブリッドによる通信の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 超長距離通信のための高効率 High データレート通信技術の開発を目的とした R&D プログラムの立ち上げ ✓ 地球周回軌道・月周回軌道におけるコンステレーション実証プログラムの立ち上げ
② ビジネス面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 既存衛星コンステレーションサービスプロバイダーによる地球周回衛星サービスの独占 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 地球周回及び月周回軌道ビジネスを検討するグループ／団体の立ち上げ
③ 法政策面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月面の周波数調整の仕組み・ルールの不存在 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 国際的に交渉できる組織（公的機関）の立ち上げ

①技術面

まず、宇宙技術戦略（令和6年3月28日 宇宙政策委員会決定）に、本ビジネスモデルにも共通する技術的な課題や提言等が多く含まれていることに留意されたい。

それらが引き続き重要であることは言うまでもないが、それら以外の技術的な課題として、超長距離通信システムの構築及び運用（衛星間／衛星地上間通信、データ中継及び軌道上データストレージ、軌道上衛星同士での捕捉、長距離伝送での回線設計、符号化などの通信方式）が挙げられる。そのためには、まず、超長距離通信のための高効率 High データレート通信技術の開発を目的とした R&D プログラムを立ち上げるべきである。

また、上述の通り地球近傍および月近傍の通信は光通信と無線通信のハイブリッドになることが想定されるため、光通信および無線通信を用いたハイブリッドシステムを利用した、地球周回軌道および月周回軌道におけるコンステレーション実証プログラムの立ち上げも必要である。

②ビジネス面

安定的に常時つながる月地球基幹通信サービスを実現するためには周回軌道における衛星コンステレーションが必要となるが、米国をはじめとする衛星コンステレーションサービスプロバイダーに、特に地球周回衛星サービスを独占されてしまっている点がビジネス面での問題として存在している。そのため、通信インフラの基幹システムを占める周回軌道サービスに関し、米国をはじめとする衛星コンステレーションサービスプロバイダーに伍する、地球周回及び月周回軌道ビジネスを検討するグループ／団体を立ち上げるべきである。

③法政策面

法政策面での課題としては、月面の周波数調整の仕組みやルールがないということが挙げられる。地球近傍の周波数調整は国際電気通信連合（International Telecommunication Union：ITU）が行っており、そこでの国際交渉は総務省が担っているが、まだ月面での周波数調整の国際的枠組みは存在せず、また、作られたとしても日本においてどの機関・組織が国際交渉を担うのかが明確ではない。そのため、月地球間通信インフラ及び月面活動における周波数権利についての策定及び確保のために、国際的な枠で交渉を行うことができる日本国内の組織（公的機関）を立ち上げるべきである。

また、その前提として、月面開発に関する様々な事業者から、どのような周波数帯を使いたいか等のニーズを吸い上げる機能が必要となるが、その部分は別の団体が担っても良いと考える。そして、当該団体は、ビジネス面に関する政策提言（上記②）において触れたグループ／団体と連動しても良いと考える。

4.3.4 資源・エネルギーWG

(1) ビジネスモデル概要

本WGにおいて検討したビジネスモデルは、水素・酸素、水、電力といった資源・エネルギーを月面において収集や生成し、供給するサービスである。資源という観点では、水や金属鉱物が考えられ、これらは、月面生活、月面産業（食料生産・建設など）に用いることを想定する。エネルギーという観点では、水素・酸素、電力が考えられ、これらは月面生活、月面産業（食料生産・建設など）に用いることが想定されるほか、月面輸送、月・地球輸送の動力源として用いることも想定される。

(2) ビジネスモデル内容

資源・エネルギーWGで作成したビジネスモデルキャンバスは以下のとおりである。

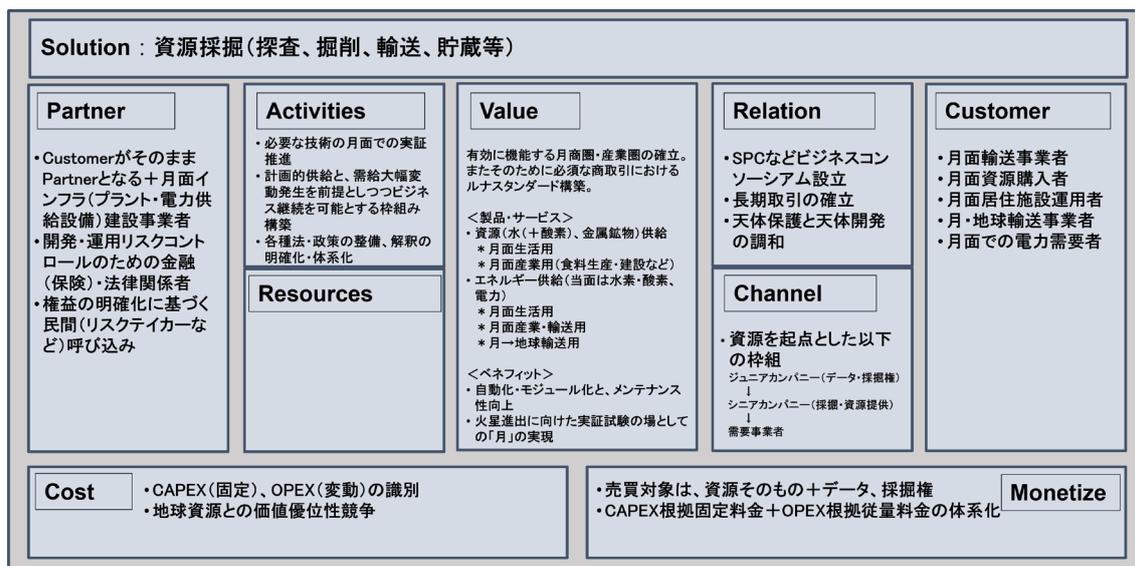


図 18 : ビジネスモデルキャンバス (資源・エネルギーWG)
(出典 : 月面産業ビジョン協議会作成)

①目的

本ビジネスモデルの目的は、月面において資源・エネルギーを、安定的に供給することにある。まず、月面上でのあらゆる活動において電力は必要である。また、有人活動が行われ、月面への旅行者も登場するようになれば、電力に加え、酸素や水などの資源・エネルギーを、持続的・安定的に供給することが不可欠となる。さらに、月面上で調達できる可能性がある水を電気分解して生成する水素・酸素を推奨として利用できれば、月面上での輸送や月から地球への輸送において、地球からそれら推奨を運搬するよりも経済合理性に優れている。

②顧客

想定される顧客としては、月面居住施設運営者、月面輸送業者、月・地球輸送業者となる。初期は探査目的での月面開発が進むと考えられ、公的機関(政府、宇宙機関、研究機関など)が中心顧客になると思われる。月面開発がある程度進んだ段階においては、民間企業の進出が進み、また、旅行者の数も増加するものと思われ、それに伴い、月面開発を行う民間事業者(資源開発者、電力供給者、輸送事業者等)や旅行者が滞在する月面居住施設の運営者などの割合が増加するものと想定される。

③必要となる活動

本ビジネスモデルを実現するためには、まずは、必要となる技術を獲得する必要がある。また、後述のとおり、月面において資源・エネルギーを供給するためのルールが確定してい

ないため、そのルール形成について働きかけていく必要がある。

④必要となるパートナー

本ビジネスモデルにおいては、顧客との協力が不可欠である。また、資源開発者と資源供給者が一体となって事業を行うような、顧客がパートナーとなる形態もありうる。

その他、事業を行うにはプラント・電力供給設備が必要となることから月面建設事業者の協力が、開発・運用リスクをコントロールするために保険会社との協業が、それぞれ必要となる。加えて、ルールづくりのために法律家との協力も必要となる。

(3) 課題・政策提言

	課題	政策提言
①技術面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 資源採掘に関する技術の獲得 ✓ 発電・送電等の技術の獲得 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月面での実証機会の確保、当該技術に関する育成・推進方針の明確化
②ビジネス面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 需給バランスの予測困難性 ✓ 資源の有限性 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 公的機関による一定の需要の引き受け ✓ 持続可能性のあるグローバルな枠組みの構築
③法政策面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月面における土地・資源の利用に関する国内法・国際法の整備未了 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 日本主導によるルールづくり

①技術面

技術面での課題としては、資源に関しては、水資源探査・サイトサーベイ技術、採掘・生成・精製技術、輸送・供給技術を獲得する必要がある。電力に関しては、発電技術、送電技術、貯蔵・蓄電技術を獲得する必要がある。

いずれも技術成熟度が十分でないことから、これらの技術を月面で実証する機会を確保することが必要である。

これらの技術を獲得することで、月面での資源採掘や資源に関する利用権の確保に向けてわが国の優位性を高めることが可能となることから、これらの技術に関する育成・推進方針を、政府が明確にすることが必要である。

②ビジネス面

ビジネス面での課題としては、需給バランスを予測することが難しい点が挙げられる。初期の顧客の中心となる公的機関が一定の需要を引き受けてビジネス化を促進することが必要である。また、月面上の可採資源は有限であるため、枯渇リスクや採算性悪化リスクがあることも課題として挙げられる。そのため、持続可能性のある生産・利用計画となるようなグローバルな枠組み（ルナスタンダード）を政府と協力して構築する必要がある。

また、月面上での生産施設等の整備・運用が定常状態に至るまでは、地球から資源を輸送した方が低コストとなることも挙げられる。この点については、技術開発・育成を進めるとともに、月は火星進出に向けた実証の場であるとの位置付けを明確にすることで、追加的な価値を付与することが必要である。

③法政策面

法政策面での課題としては、月面における土地・資源の利用に関する国内法・国際法の整備が未了である点が挙げられる。我が国が優位な立場を獲得できるよう日本が主導的にルールづくりを行うことを期待する。ルールを明確にすることにより、民間事業者にとって、権利利益の保全性が明確になるとともにリスクの予見可能性が高まり、ひいては民間事業者の参入が促されるという効果も期待できる。なお、本ビジネスモデルを実行するにあたっては、民間事業者が各自で行うのではなく、国際機関又は国が、一定の許認可を与える仕組みとすることが望

ましい。

また、開発を推進するだけでなく、環境保護についても念頭に置く必要があり、そのためには、月面の環境保護にも配慮した月面開発のルールを定める必要がある。

4.3.5 月面輸送 WG

(1) ビジネスモデル概要

本 WG において検討したビジネスモデルは、月面における輸送サービスである。月面において基地等を建設し、また、運用するにあたっては、地球から月に対して、物資・人を輸送する必要がある。その際、地球上での打上げから月面着陸までのフェーズと、月面着陸してから月面基地までのフェーズとは、別個に考え得ることから、後者のフェーズにフォーカスしたものである。ただ、後述するように、前者のフェーズと後者のフェーズとは、一体的に捉えるべき場合もある点には留意を要する。

なお、本ビジネスモデルは、月面において、人の滞在が開始するフェーズ（以下「有人滞在開始フェーズ」という。）と、人の滞在が本格化するフェーズ（以下「有人滞在本格化フェーズ」という。）とで、大きく2つに分けて考えることができる。

(2) ビジネスモデル内容

月面輸送 WG で作成したビジネスモデルキャンバスは以下のとおりである。

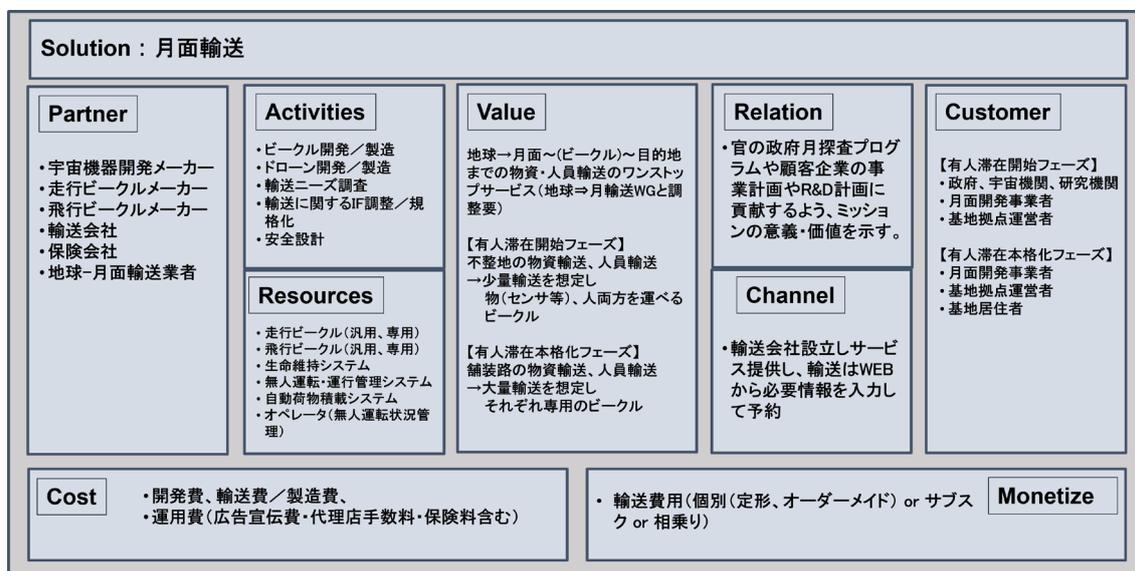


図 19 : ビジネスモデルキャンバス (月面輸送 WG)
(出典 : 月面産業ビジョン協議会作成)

①目的

まず、有人滞在開始フェーズにおいては、月面は開発途上であり、整地等はなされておらず、また、輸送する物資量・人数としては、少量・少数になるものと想定される。そのため、輸送に使用されるビークルとしては、いわゆるオフロードカーのようなものになると考えられる。

他方で、有人滞在本格化フェーズにおいては、月面の整地等もある程度進んでおり、また、地球・月間の輸送頻度も高まり、輸送する物資量・人数も増加するものと想定される。そのため、輸送に使用されるビークルとしては、移動場所や輸送対象物に応じて、大量輸送を想定した専用ビークルが登場するものと思われる。

②顧客

有人滞在開始フェーズにおいては、まずは探査目的での月面開発が進むと考えられることから、主に政府、宇宙機関、研究機関といった公的機関が想定される。

ただ、有人滞在本格化フェーズに至ると、ある程度、民間企業の進出・民間企業への移行も生じるものと思われ、月面開発を行う事業者や基地拠点の運営事業者などが顧客として想定される。

③必要となる活動

本ビジネスモデルを実現するためには、まずは、月面輸送に使用されるビークルを開発・製造しなければならない。まずは物資の輸送だけということであれば、無人ビークルの開発・製造が必要となる。また、人の輸送も必要となってくると、宇宙服の着用を前提とした非与圧型ビークルや、宇宙服の着用を前提としない与圧型ビークルの開発・製造も必要となる。

④必要となるパートナー

地球から月面基地までの輸送サービスを一体として考えた場合には、地球上での打上げから月面着陸までのフェーズとあわせてワンストップでサービス提供できることが望ましいため、地球・月間の輸送事業者がパートナーとして必要となる。

また、月面輸送に使用されるビークルを開発・製造にあたっては、車体（機体）部分を作るメーカーのほか、通信機器やナビゲーション機器といった宇宙機器開発メーカーも必要となる。

さらに、輸送する物資・人に対する保険も必要となるため、保険会社との協業も必要となる。

(3) 課題・政策提言

	課題	政策提言
①技術面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月面輸送用ビークルの開発 ✓ 生命維持システムの開発 ✓ 無人運転管理システムの開発 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 民間事業者による実証機会の確保
②ビジネス面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 当面の顧客が限定されていること 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 政府による継続的調達によるビジネス立ち上げ支援
③法政策面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 月面の土地を整地した際の所有権・占有権・使用権に関するルールの整備未了 ✓ 月面における物資・人の輸送ルールの不存在 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 日本主導によるルールづくり

①技術面

技術面での課題としては、(i)月面環境に耐え得るビークルの開発、(ii)月面における生命維持システムの開発、(iii)月面環境に適した無人運転管理システムの開発が、いずれも未了である点が挙げられる。特に、(iii)については、月面においては、地球上におけるのと異なり、目印となるランドマークがほぼないことから、地球上における無人運転管理システムをそのまま転用するだけでは不十分である。そのため、政府において、民間事業者による実証機会を確保していくことが考えられる。

②ビジネス面

ビジネス面での課題としては、現状では、顧客として、政府や研究機関しか想定できていない点が挙げられる。もっとも、将来的には月面での活動が活発化し、政府や研究機関の需要が増えるだけでなく、民間からの需要の拡大も見込まれるところである。そこで、そのような段階に備え、政府が継続的に調達を購入することでアンカーテナンシーとなり、ビジネスの立ち上げを支援することが必要である。

③法政策面

法政策面での課題としては、まず、月面を整地等した場合に、その所有権・占有権・使用権についてのルールが明確ではないという点がある。

また、物資・人を輸送する際のルールがないという点が挙げられる。特に、物資の輸送に関しては、月面において原子力の活用が見込まれている状況もあり、適切な輸送のルールが必要となる。また、人の輸送に関しては、ビークルの安全性基準について検討する必要があるほ

か、有事の際に備えて2台同時に走行しなければならないといった運用ルールも考える必要がある。

上記いずれについても、国家間での調整が必要となるものと思われるが、月面開発において一定の優位性を持つ日本が積極的に議論をリードしていくべきである。

4.3.6 食料 WG

(1) ビジネスモデル概要

本 WG において検討したビジネスモデルは、月面での持続的活動に必要な安定的な食料供給や物資輸送量削減、極限環境での生活の質（Quality of Life:QOL）の確保等を目的として、高度資源循環型食料供給システムを提供するものである。本システムは、(i)食料生産システム、(ii)資源再生システム、(iii)QOL マネージメントシステムから構成される。

(i)は、高等植物（作物）や微細藻類、培養肉等といった食料を高効率に生産し、居住区に対して供給するシステムである。

(ii)は、居住区にて出された食品残渣や糞尿について、生物処理等により液肥・培養液として高効率に再生することで食料生産システムにおける資源として再利用するシステムである。

(iii)は、居住区等において QOL を観察するほか、調理や食事などに関する食のソリューションを提供するものである。

本ビジネスモデルは、単なる食料の供給にとどまらず、極限環境下におけるリスクマネジメントの観点から QOL 確保に主眼を置いている点に特徴がある。

(2) ビジネスモデル内容

食料 WG で作成したビジネスモデルキャンバスは以下のとおりである。

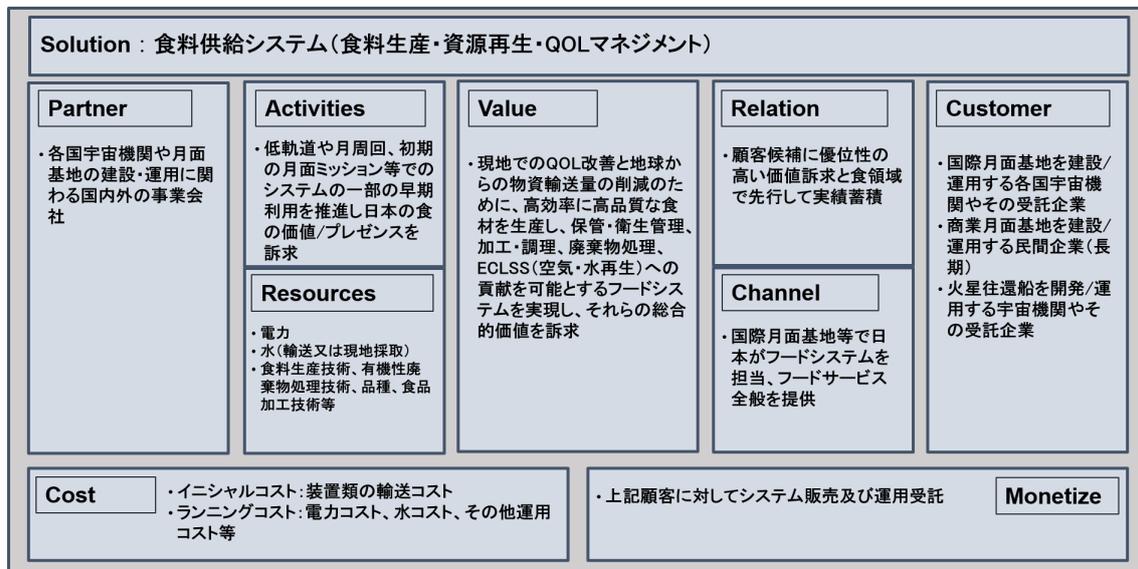


図 20 : ビジネスモデルキャンバス (食料 WG)
(出典 : 月面産業ビジョン協議会作成)

①目的

月面においては、多額の輸送コストが必要となることに加えて、輸送頻度が限られること、過酷な閉鎖隔離環境下での滞在が想定されるため、物資補給料削減や食材の鮮度維持、QOL 確保が課題となる。そこで、本ビジネスモデルでは、高品質の食材を高効率に生産するとともに、食のソリューション等により極限環境下における QOL を確保する他、高効率な廃棄物処理・資源再生によって物資補給量の削減に寄与することを目的としている。

②顧客

想定される顧客としては、まずは、国家主導の国際的な月面基地が想定されることから、各国の政府、宇宙機関などが想定される。もっとも、いずれかの段階においては、民間主導の商業的な月面基地も想定され、その際には、当該基地を建設・運用する民間企業が顧客として想定される。

③必要となる活動

本ビジネスモデルを月面拠点において実現し相応のシェアを獲得するためには、宇宙での食をコアとした生活分野において、日本のプレゼンスを高めていくことが必要である。そのためには、短期・中期的には地球低軌道やアルテミス計画の初期ミッションにおける食に関する実装（採用）事例の創出が鍵となる。

④必要となるパートナー

本ビジネスモデルを実現するうえでは、国際的な宇宙機関をはじめとして、月面基地の建設・運用に関わる国内外の事業会社がパートナーとなる。

(3) 課題・政策提言

	課題	政策提言
①技術面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高度化開発 ✓ 月面基地模擬施設等の実証フィールドの構築促進・設計・運用プランの企画、開発した統合システムの地上実証 ✓ 宇宙空間での実証 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高度化開発の推進が可能な公的資金の確保 ✓ 月面基地模擬施設の構築 ✓ 宇宙空間での実証機会の確保
②ビジネス面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 食料供給分野における日本のプレゼンスの低さ 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 食料供給分野において日本の貢献についての合意形成
③法政策面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 安全管理・衛生管理に関するルールの未整備 ✓ 惑星保護に関する規制において有人活動が未想定 ✓ QOL 確保やハビタビリティに関する優先度の低さ 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 日本主導によるルール作り

①技術面

宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）において優位性の高いシステムの開発が推進されている一方で、国際優位性の維持・向上や技術成熟度の向上の観点で、(i) 高度化開発を行うこと、(ii)開発した統合システムを地上で実証すること、(iii)宇宙空間において実証すること、が必要となる。

そのためには、(i) 高度化開発の推進が可能な公的資金を確保すること、(ii)食料供給システムの継続的な統合実証を目的として、月面基地の模擬施設となる閉鎖居住実験施設を構築すること、(iii)地球低軌道や月面など宇宙空間における実証する機会を確保することが必要である。

②ビジネス面

ビジネス面の課題としては、宇宙における食料供給分野において、日本のプレゼンスが低いという点が挙げられ、現状のままでは国際的な月面基地において、日本が食料供給分野を担当することの難易度は高いと考えられる。今後は、アルテミス合意の文脈において、食料供給分野において日本が貢献することについて、米国等と合意形成することが望ましく、初期的には、日本が担当している有人と圧ローバにおいて、日本発のフードシステムを実装することなどが考えられる。

③法政策面

法政策面の課題としては、まず、宇宙空間において食料を生産し喫食することや、生物処理による資源再生が想定されていないことから、それらに関する安全管理・衛生管理に関するルールが整備されていないという点がある。そのため、これらに関する安全管理等のルールを明確にする必要があり、日本としてルール作りを主導していくべきである。

また、将来的な火星等での実装を想定した場合には、惑星保護（planetary protection）に関する規制について、そもそも有人活動が想定されていないとの課題もある。そのため、火星における有人活動の計画進捗に伴う惑星保護規制の改定状況を注視しつつ、現地での食料生産に伴うルール形成については日本が主導していくことも検討すべきである。

さらに、これまでは地球低軌道滞在における選抜された職業飛行士を前提としてクルー周りの要求がNASA基準によって規定されていることから、生命維持以外のQOL確保やハビタビリティに関する優先度が他に比べると低い。より過酷な環境下において段階的に多様なクルーの滞在看込まれるうえで、リスクマネジメントの観点からも、当該分野のルールのアップデートを日本が主導することも合わせて検討すべきである。

4.3.7 金融・保険 WG

(1) ビジネスモデル概要

本 WG グループにおいて検討したビジネスモデルは、持続可能な月面開発実現に資する保険を提供するものである。持続可能とは、事業者・保険会社双方が協力し、事業者の活動に伴うリスクを保険会社が適切に評価・運用することで、事業者・保険会社双方が長期に渡って活動することができる、とのコンセプトを意味する。

宇宙産業は、他産業に比べ事故の発生確率及び発生した際の影響度が大きいため、事業活動を継続することや、そもそもの参入障壁が高い。この様な宇宙産業に対し、保険会社が事業者のリスクテイク・リスク移転などの運用を適切に行い、かつ保険への転嫁などでヘッジすることが、事業者の事業活動継続への支援や参入障壁軽減による事業者の増加などに繋がり、結果として、持続可能な月面開発の発展に資することが期待される。

また、月面開発は未知のリスクが多く潜むので、保険会社が事業者の月面開発に向けた事業活動の初期段階から関与することで、リスクに関する知見を蓄積することが重要となる。

(2) ビジネスモデル内容

金融・保険 WG で作成したビジネスモデルキャンバスは以下のとおりである。

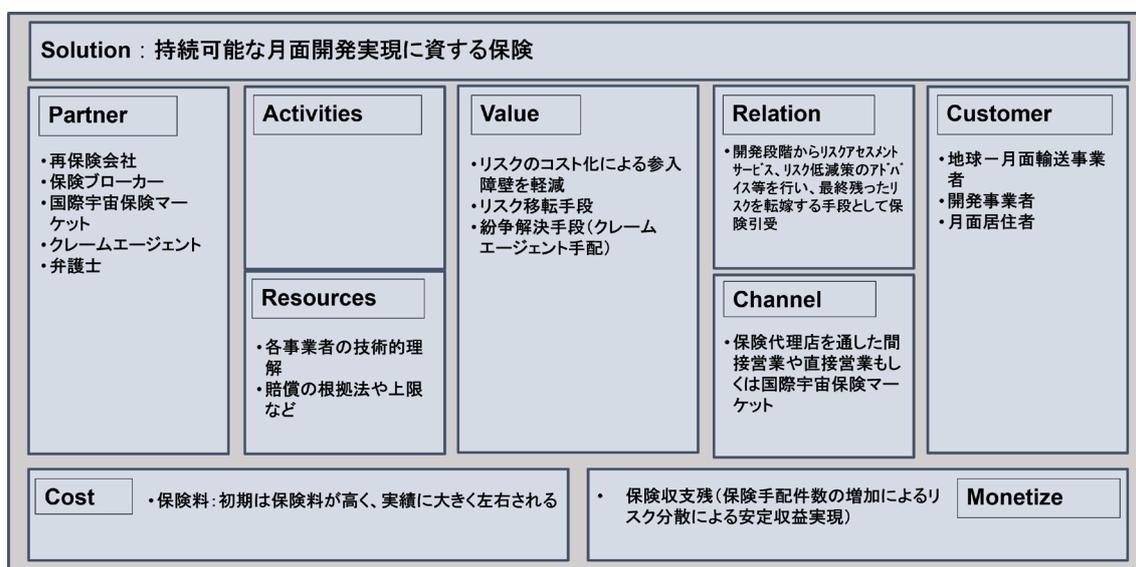


図 21 : ビジネスモデルキャンバス (金融・保険 WG)
(出典 : 月面産業ビジョン協議会作成)

①目的

保険商品としては、大きく分けて、(i)地上からの打上げから月面着陸までの輸送中や着陸後の月面活動中の事故に起因する、被保険者が被る損失(打上げ費用、月輸送費用、月面活動機器の製造開発費用など)を補償する物保険、(ii)月面開発における事業活動に起因して、第三者(他の月面開発事業者など)への身体の障害、財物の損壊を与えてしまったことによる賠償責任に係る賠償金や争訟費用を補償する賠償責任保険がある。

保険の対象としては、全ての WG の多くのビジネスが該当しうる。もっとも、活動内容により必要性の濃淡は生じうる。また、内容によってはそもそも保険引受けができないことも想定され、付保の可否についても注意が必要となる。

②顧客

上述の通り、全ての WG の多くの事業者が対象となるため、本ビジネスモデルにおいて想定される顧客としては、月面開発に携わる全ての事業者とする。

③必要となる活動

月面開発に関する保険のアンダーライティング力（リスク評価力）を向上させるために、各事業者の技術・ビジネス双方の詳細、及びそれらに関わる法規制などの環境について、理解を深める必要がある。

そのうえで、環境面において不足があれば、制度・ルールの新規策定や既存の制度・ルールの追加・修正、またはそれらに繋がる活動（法律であれば、政府への意見具申など）や、国際協調に向けた統一ルールの整備をする必要があると考える。

④必要となるパートナー

パートナーとしては、宇宙保険の様な高額保険の一部を保険会社に代わり引き受ける再保険会社、再保険先となる国際宇宙保険マーケット、国際宇宙保険マーケットで事業者と保険会社を繋ぐ保険ブローカー、国外で事故が起きた場合に現地で対応を行うクレームエージェントなどが挙げられる。さらには、ルール作りのために法律家の協力も必要となる。

(3) 課題・政策提言

	課題	政策提言
①技術面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 事業者の技術の成熟 ✓ 月面開発の損害保険標準約款の準備 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (特段なし)
②ビジネス面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 保険引受けキャパシティが不十分 ✓ 保険引受け実績・知見蓄積が不十分 ✓ 事故発生確率やボラティリティ（変動性）が大きい 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 宇宙賠償責任保険と同様の政府補償制度の構築
③法政策面	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 政府補償制度の不存在 ✓ 宇宙空間・月面における民間事業者同士の損害賠償に関するルール等の未整備 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 日本主導によるルールづくり

①技術面

技術課題としては、まず事業者は保険会社が保険引受け可能な水準まで技術を成熟させ信頼度を向上させる必要があるとあり、一方、保険会社は適切なアンダーライティングを行うため事業者の技術の理解を深める必要がある。また、月面開発の損害保険標準約款の準備などの環境整備も必要となる。

もっとも、これらの課題は、保険を提供する保険会社自身にて解決すべき問題であるため、政策提言として特段挙げるものではない。

②ビジネス面

ビジネス課題としては、保険会社は保険引受けのキャパシティが十分でない点、また保険引受け実績や知見蓄積が十分でない点、事故の発生確率や発生した際の影響度に起因するボラティリティ（変動性）が大きい点、などが挙げられる。

政府補償制度はこれら課題の解決策となる可能性がある。政府補償で保険キャパシティの不足を補うことで保険引受け数を増やし、事業者の活動継続性を担保して技術成熟度を向上させることで事故の発生確率を低減し、かつ参入障壁の軽減で事業者数を増加させることでボラティリティを小さくする。

従って、月面開発を補償する保険については、打上げ事業者が加入する宇宙賠償責任保険と同様な政府補償制度を構築すべきと考える。また、制度設計においては事業者の経済力によって政府補償に差異が生じる不公平性を低減するため、政府補償は保険金額の「一定割合」とするなどの月面開発の特殊性に適した工夫がされることが望ましい。

③法政策面

法政策などの環境課題としては、民間保険マーケットのキャパシティを超える部分を補償する政府補償制度及び関連法案、宇宙空間や月面における民間事業者間の損害賠償に関する国際法、宇宙空間や月面開発で得られた資源に関する条約や国際法、月輸送した機器や月面建築物の所有権を定義づける条約や国際法などの欠如や未整備が課題として挙げられる。技術面・ビジネス面で挙げた課題も含め、これらの策定や整備をお願いしたい。

また、国際社会に目を向けると、ソフトローも含めた国際統一ルール欠如が挙げられる。実際に事故があった場合の所有権や責任関係をめぐる争いが発生することが明らかである。根拠法の整理が不十分であると保険対応が難しいという問題がある。

国際統一ルール策定に向けて、日本政府にルールメイキングを主導して頂きたい。

4.3.8 メディア・エンタメ WG

(1) ビジネスモデル概要

本WGにおいて検討したビジネスモデルは、月面ビジネスに関連した施設・媒体や、コンテンツを提供することである。

なお、月面におけるコンテンツ等も検討したが、それ以前に実現すべきビジネスモデルとして上記があると思われたことから、現段階では、地上におけるコンテンツ等を検討対象とした。

(2) ビジネスモデル内容

メディア・エンタメ WG で作成したビジネスモデルキャンバスは以下のとおりである。

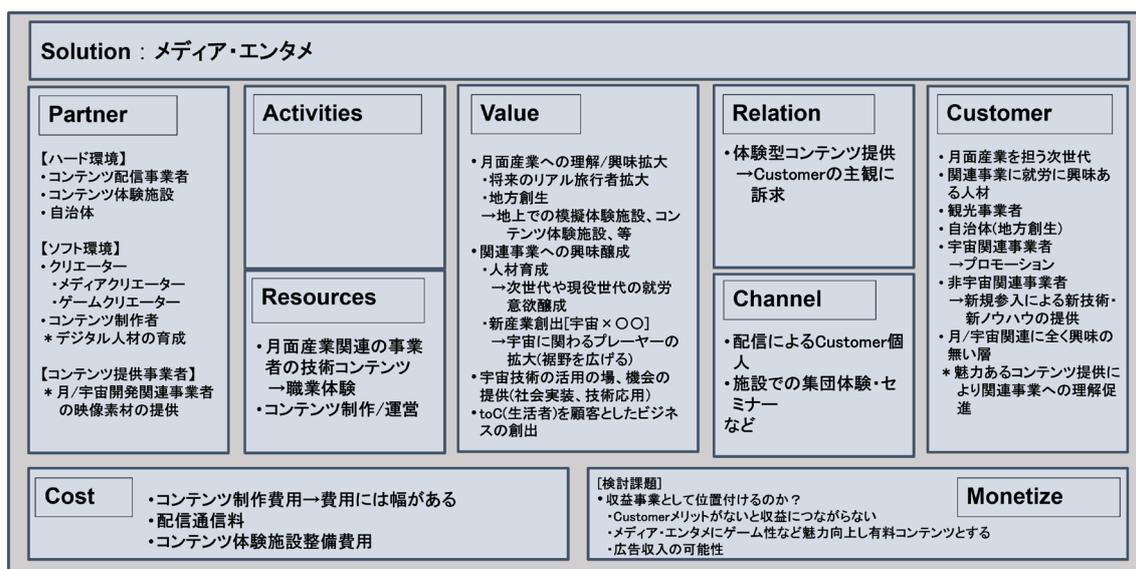


図 22 : ビジネスモデルキャンバス (メディア・エンタメ WG)
(出典 : 月面産業ビジョン協議会作成)

①目的

本ビジネスモデルの目的としては、まず、月ないし月面ビジネスへの興味・関心を深めてもらうことにある。今後、月面ビジネスは急速に拡大していくことが見込まれるが、そのためには、これに関与する人材が増えていくことが必要である。これを実現するためには、まず、世代横断的な観点から、様々な世代、特に次世代の人材が、月面ビジネスに興味・関心を持てるような環境を作り上げていく必要がある。また、業界横断的な観点から、非宇宙ビジネス事業者の参入を促すような機運を醸成し、月面ビジネスに関わるプレイヤーの裾野を広げ、新たな切り口での月面ビジネスを創出していく必要がある。

また、上記を実現するためには、各々がそれぞれ取り組むよりも、一定の施設・場所を中心として環境を整備していくことが望ましい。この点に関して、地方には、射場・スペースポートといった月面ビジネスの起点となる施設や、広大な土地や砂丘といった月面ビジネスの実証実験に適した場所がある。そのため、これらの施設・場所を中心として、地方創生をも目的とするべきである。

②顧客

本ビジネスモデルにおいて想定される顧客としては、直接的には、月面ビジネスに対する潜在的な興味・関心を有する次世代の人材や非宇宙ビジネス事業者となる。

また、前述のとおり、一定の施設・場所を中心とした環境整備が望ましいため、そのような施設・場所を有する地方自治体も、顧客となりうる。

③必要となる活動

本ビジネスモデルを実現するためには、月面ビジネスをいわば体感・体験できる施設やコンテンツが必要であり、これらを開拓・開発する必要がある。具体的には、月面における生活を地上において模擬体験できる施設・コンテンツなどが考えられる。

④必要となるパートナー

必要となるパートナーとしては、まず、月面ビジネスと関連する施設・場所を有する地方自治体が考えられる。その点で、地方自治体は、顧客であるとともに、パートナーでもあるという関係性になる。

また、コンテンツについては、まず、コンテンツを制作するクリエイターなどの事業者が必要であり、また、それを配信していく事業者も必要となる。

(3) 課題・政策提言

	課題	政策提言
①技術面	✓ メタバース・VR・AR の技術レベルの未成熟	✓ 技術向上に向けた支援
②ビジネス面	✓ 継続性あるコンテンツの制作・開発の困難性	✓ アイディアコンテストの実施 ✓ 実装化段階までのサポート
③法政策面	✓ 必要となる画像データに関する著作権等の制約	✓ 画像データの二次利用促進に向けたガイドライン等の整備

①技術面

技術面の課題としては、コンテンツの内容は、メタバース・VR・AR の技術レベルに依存せざるを得ない。メタバース・VR・AR は、当然ながら、月面ビジネスに関するコンテンツ以外にも用いられるものであるため、その技術向上に向けて、政府が後押しすることが考えられる。

②ビジネス面

ビジネス面の課題としては、継続的に続けられるコンテンツの制作・開発が難しいといった点が挙げられる。そこで、例えば、月面をテーマにしたコンテンツについて、アイディアコンテストを行い、実装化段階までのサポートを政府が行うことが考えられる。

③法政策面

法政策面の課題としては、コンテンツを制作・開発するにあたって必要となる画像データについて、著作権等の制約が伴うといった点がある。そこで、画像データの二次利用の促進に向けて、ガイドライン等をさらに整備する必要がある。

4.3.9 観光 WG

(1) ビジネスモデル概要

本 WG において検討したビジネスモデルは、まずは、月旅行の実現に向けて、興味・関心を惹起し、新たな商品・サービスを拡大することである。

また、将来的には、月旅行そのものがビジネスモデルとなる。

(2) ビジネスモデル内容

観光 WG で作成したビジネスモデルキャンバスは以下のとおりである。

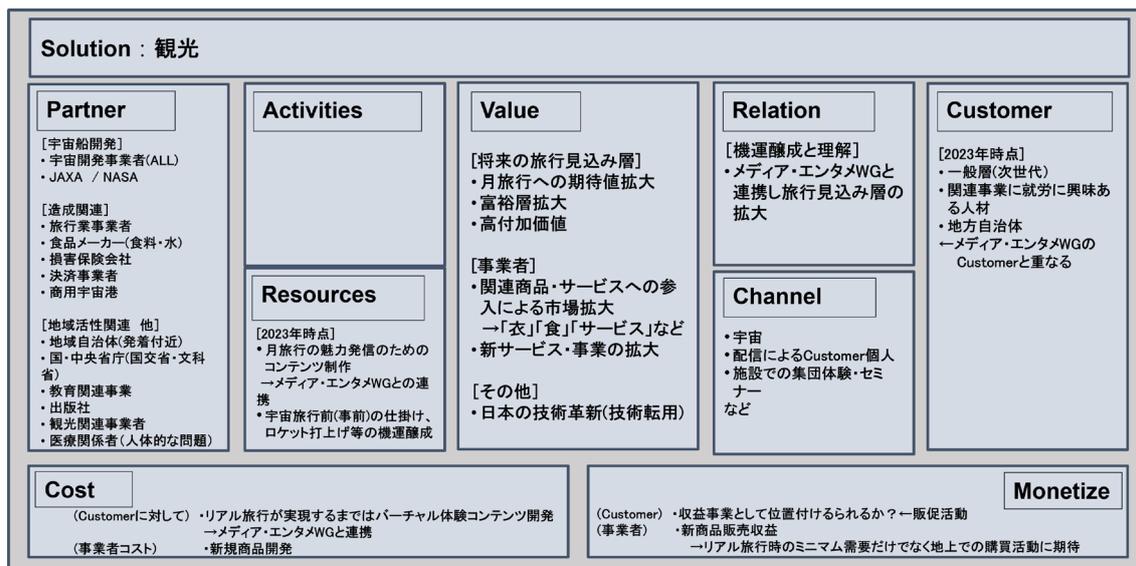


図 23 : ビジネスモデルキャンバス (観光 WG)

(出典 : 月面産業ビジョン協議会作成)

①目的

本ビジネスモデルの目的としては、まず、月ないし月面ビジネスへの興味・関心を深めてもらうことにある。月旅行においては、通常の旅行と同様に、目的地に行くことだけが目的となるのではなく、目的地に至るまでのプロセスも重視されることになるだろう。具体的には、どのような宇宙服を着るか、どのような食べ物を食べるか、どのようなサービスを受けられるかなども考慮されることになるとと思われる。これらは、狭義の宇宙ビジネス事業者のみでは対応が難しいため、非宇宙ビジネス事業者の参入を促し、月面ビジネスに関わるプレイヤーの裾野を広げ、新たな商品・サービスを拡大する必要がある。

また、月旅行が実現するためには、これに関与する人材が増えていくことが必要である。そのため、次世代の人材を中心に、様々な世代・業種が、月面ビジネスに興味・関心を持てるような環境を整えることも必要となる。

さらに、地方においては、射場・スペースポートといった月面ビジネスの起点となる施設や、広大な土地や砂丘といった月面ビジネスの実証実験に適した場所があるため、月ないし月面ビジネスへの興味・関心を深めてもらうために、月面ビジネスと関連する施設・場所を有する地方自治体と協力し、地方創生を図ることも目的となる。

②顧客

本ビジネスモデルにおいて想定される顧客としては、まずは、月面ビジネス、特に月旅行に対して潜在的な興味・関心を有する様々な世代・業種の人材となる。

また、地方創生の観点からは、月面ビジネスと関連する施設・場所を有する地方自治体も顧客となりうる。

③必要となる活動

本ビジネスモデルを実現するためには、上記のとおり、月ないし月面ビジネスへの興味・関心を深めてもらうための機運醸成が必要となる。

なお、月旅行が実現する段階においては、旅行業法や旅券法の改正が必要となるほか、旅行業約款や旅行保険の見直しも必要となる。この点に関連して、宇宙旅行そのものではないが、近年、成層圏まで気球で行くことを企画する企業も現れており、いずれかのタイミングで法改正等が必要になるものと思われる。

④必要となるパートナー

必要となるパートナーとしては、月ないし月面ビジネスへの興味・関心の惹起という観点からは、メディア・エンタメ事業者や、教育関連事業者、出版関連事業者、観光関連事業者などが考えられる。また、宇宙服の開発のためには衣服関連事業者、宇宙食の開発のためには食品関連事業者、といったように、新たな商品・サービスの拡大のためには、それを一緒に実現するための非宇宙ビジネス事業者の開拓も必要となる。

地方創生という観点からは、月面ビジネスと関連する施設・場所を有する地方自治体が考えられ、地方自治体は、顧客であるとともにパートナーにもなりうる。

なお、月旅行が実現する段階においては、旅行業事業者に加え、保険会社や法律家との協力も必要となる。

(3) 課題・政策提言

	課題	政策提言
①技術面	✓ 月旅行に関する技術向上	✓ 月への有人輸送手段を確保する旨の方針の明確化 ✓ 実証機会の確保
②ビジネス面	✓ 月旅行に関するロードマップの不透明性	✓ 月への有人輸送手段を確保する旨の方針の明確化
③法政策面	✓ 月旅行・宇宙旅行に関するルールの未整備	✓ 日本主導によるルール整備

①技術面

技術面の課題としては、月旅行に関する全般的な技術向上が必要となる。特に、有人となることから、宇宙機に対する安全性・信頼性の確立や、宇宙空間での身体に対する影響の把握などが必要となる。これについては、日本として、月への有人輸送手段を確保するとの方針を打ち出したうえで、そのための実証機会を確保していくことなどが考えられる。

②ビジネス面

ビジネス面の課題としては、月旅行に関するロードマップが見えにくい、ひいては予見可能性が低いという点が挙げられる。そのため、上記のとおり、日本として、月への有人輸送手段を確保するとの方針を打ち出すことで、民間事業者が月旅行ビジネスに参入しやすい状況を作り出すことが必要である。

③法政策面

法政策面の課題としては、月旅行ないし宇宙旅行について、世界各国での統一的な共通ルールが確立されていないという点がある。特に、既存のルールは、職業宇宙飛行士を前提としたものが若干あるにとどまり、民間人を対象としたものは存在していない。また、国内法については、旅行業法や旅券法の改正が必要となる。この点については、月面開発において一定の優位性を持つ日本が積極的に議論をリードしていくべきである。

4.4 まとめ

各WGにおいて検討したビジネスモデルは以上のとおりであるが、全体を俯瞰して見ると、各ビジネスモデルにおいては、以下のとおり、共通の課題等があることが挙げられる。なお、各ビジネスモデルは他のビジネスモデルから独立したものではなく、相互に補完関係にある点は改めて認識しておく必要がある。

技術面では、課題として、必要とされる技術の蓄積・獲得があり、これに対する政策提言としては、民間事業者に対する月面実証機会の提供、月面実証機会の提供を前提とした産業化支援プログラムの立ち上げ、月面環境模擬施設・月面基地模擬施設の構築などがある。

ビジネス面では、課題として、当面の顧客が限定されている点があり、これに対する政策提言としては、政府による継続的調達によるビジネス立ち上げ支援、データ利活用の促進によるニーズの掘り起こしなどがある。また、別の課題として、他国と競争しつつ協調しなければならない点があり、これらに対する政策提言としては、他国との施設の共同運用や、他国と対等に交渉するためのグループ・団体の立ち上げなどがある。

法政策面では、課題として、ルールが未整備である点や、各プレイヤー（事業者、顧客、国）の責任範囲が不明確である点があり、これらに対する政策提言としては、日本主導によるルール作りや、政府補償制度の検討などがある。

月面産業が自立的発展するためには、政府による産業支援政策が必要となるが、他方で、民間事業者による自助努力も必要であり、政府と民間事業者とが協調できる仕組みを構築することが重要である。

5 おわりに

政学産で構成された月面産業ビジョン協議会（別紙）により纏められた本ビジョンは、2021年6月に公表した「月面産業ビジョン -Planet 6.0時代に向けて-」と同様に、産業界が主体となってこの月面空間での新産業を形成し、価値還元によって地球上のイノベーションを創出するという産業界の決意を示すものであり、かつ政府に対して、この未来の実現のために共に歩むことを求めるものである。

ビジョン公表から既に3年以上が経過したが、その間に米国 NASA のアルテミス 1 の成功、DARPA の LunA-10 開始、インドのチャンドラヤーン 3 の月面着陸成功、中国の嫦娥計画の進展、そして日本の SLIM の世界初となる月面ピンポイント着陸の成功などの各国政府関連の活動は進み、加えて ispace の月面着陸への挑戦や Intuitive Machines の民間企業としては初となる月面軟着陸の成功など、民間企業の活動についても大きな進展があった。また、米国の「Lunar Surface Innovation Consortium (LSIC)」や欧州の「Euro2Moon」など、海外においてもコンソーシアム形式で月面探査の推進や月面産業の創出を進める動きが確認され、「Euro2Moon」からは協議会に連携の打診がくるなど、相互の連携を模索する動きもでてきている。さらに、ビジネスの前提となるルール作りについても、各国での国内法の整備や米国主導の政治的合意である「アルテミス合意」などが進んだが、それらに加え、国連においても宇宙資源に関する国際的なルールの検討を行う WG が 2023 年に設置され、5 年間の作業計画に基づき、世界各国の代表により議論が開始された。

協議会でもビジョンの公表後に 2 回の月面ビジネスカンファレンスを開催し、協議会での検討成果や政府への提言の公表等を通じて月面ビジネス創出に向けたムーブメント醸成につめてきた。また、所属企業の関心分野に応じ、「地球・月輸送」、「建築・インフラ」、「情報・通信」、「資源・エネルギー」、「月面輸送」、「食料」、「金融・保険」、「メディア・エンタメ」、「観光」、の 9 つの WG を形成し、月面ビジネスの具体化と実現に向けた課題および解決策を議論・検討し、技術面、ビジネス面、法制度面に分けて整理した。また、科学界との連携についても連携や相互理解促進を目的とした共同イベントの開催などを行ってきた。

協議会以外の月関連の活動としては、関係省庁において月面関連のスターダストプログラムが推進され、2023 年 6 月に改訂された宇宙基本計画では「月面」というキーワードが大幅に増加するとともに「月面経済圏」というキーワードが記載されるなど、我が国での月への注目度は確実に高まっている。さらに、2024 年 3 月に公表された「宇宙技術戦略」でも「月面探査・開発等」に関わる重要技術として、「エネルギー技術」、「月通信・測位技術」、「月資源開発／利用技術」など月面産業にもつながる様々な技術が位置付けられ、「宇宙戦略基金」でも関連の技術開発に関する公募が開始されている。政府以外の活動に目を向けると、協議会の 2 回のカンファレンスにはそれぞれ 300 人以上が参加し、2023 年 12 月に倉敷で開催された月をテーマとしたムーンブリッジシンポジウムにも、首都圏以外での開催に関わらず 180 名が参加するなど、月面ビジネスへの関心の高まりが確認できている。加えて、関連コミュニティへの参加や政府プロジェクトあるいは民間独自の活動への参画・支援を行うなどの月面産業に興味関心を保有している企業は 270 社以上に達し、ビジョン公表時から大幅に増加している。

このように、「月面産業ビジョン -Planet6.0 時代に向けて-」の公表以降、同ビジョンで示した6つの決意と7つの提言の内容以外も含め、月面産業に関連する多くの事項が実現あるいは具体化・詳細化されてきている。宇宙基本計画・宇宙技術戦略・宇宙戦略基金といった政策を中心とした外部環境の変化、協議会内でのWGの議論による月面ビジネスの解像度向上、そして科学界や海外コミュニティとの連携進展、といった大きな情勢の変化を受け、協議会では「月面産業ビジョン -Planet 6.0 時代に向けて-」を改定し、「月面産業ビジョン 2024」を新たに公表することとした。この新たに公表する「月面産業ビジョン 2024」は、前回ビジョンで示した決意・提言の達成状況および協議会内で議論・検討結果等を踏まえ、継続・新規設定を合わせて、7つの決意と7つの提言としてとりまとめたものである。なお、本ビジョンは「月面産業ビジョン -Planet 6.0 時代に向けて-」で示したスタンスと同じく、月面産業の実現に必要な資金の全てを政府に求めるものではなく、産業界が自律的に月面ビジネスを実施・展開するにあたり、宇宙基本法第16条「民間事業者による宇宙開発利用の促進」に基づく施策等の事業環境の整備を求めるものである。

産業界の7つの決意：**決意 1. 【継続】**

民間企業が主体となる時代に向けて、政府プログラムや民間独自の活動において産業界の力が求められる／活かせる場所を見出し、自らリスクをとって世界に先駆けて月周回軌道や月面での事業展開が可能となるよう技術・能力の向上を図ります。

決意 2. 【下線部加筆し継続】

月面を技術実証、社会実証の場として活用し、新たな技術、社会システムを創出するとともに、月から地球及び地球周回軌道の既存産業へ還元することで、地球上にも価値のあるイノベーションをもたらします。

決意 3. 【継続】

民間企業が主体となった時代において、「輸送分野（地球-月、月面）」、「情報・通信分野」、「メディア・コンテンツ分野」、「資源・エネルギー分野」、「建築・インフラ分野」、「食料分野」、「金融・保険分野」、「観光分野」など様々な分野において、民間企業あるいは国内外の政府に対し、月面ビジネスを行います。

決意 4. 【新規】

今後10～20年の月面開発に必要な基盤インフラを、民間も主体的に関与して世界に先駆けて構築するため、「輸送（地球-月、月面）」、「資源・エネルギー」、「情報・通信」等のインフラや必要となるシステムの要素技術について、早期に地上実証、民間商業宇宙ステーション等の低軌道、そして月面での技術実証を行います。

決意 5. 【新規】

あらゆる月面活動の企画検討のベースとなる、資源や地盤等の月データの取得、解析、利活用機会の提供を民間主体で先導し、官民それぞれが行う資源探査・開発、月面上での輸送、月面上での基盤インフラの設計等に活用します。

決意 6. 【統合し継続】

世界に先駆けてビジネスを展開するために必要となるルール・法制度を具体的に挙げ、制定された場合の効果あるいは制定されなかったときのリスクを示します。加えて、月の開

発・利用を行うにあたり産業界が守るべき規範／コード（例：月の環境保護と平和利用を順守すること、地球を越えた視点で持続的な月の開発・利用を行うこと、等）を作成し、普及に努めます。

決意 7. 【新規】

共に月を目指す科学界と産業界の両コミュニティが連携し、相乗効果により好循環を起こすことを目指します。科学界の知見やデータあるいは観測機器の開発が月面産業の構築を助け、科学プロジェクトへの参画により技術・能力が向上した民間によるミッションやサービスが科学界の研究機会の拡充や研究の高度化・多様化を促進し、さらに新たな科学プロジェクトに民間が参画するなど、単発のプロジェクトではなくコミュニティ同士が連携して持続的な月面開発に取り組み、産業基盤を構築します。

政府への7つの提言：

提言 1. 【下線部を加筆・変更し継続】

政府は多様な業界の民間企業が行う月面に関わる技術開発、事業開発の動向を広く把握し、月面産業のエコシステムを構築に向け、民間サービスの調達を前提とすること。月面および月周回軌道への輸送や探査、インフラ建設等の諸活動をその対象とすること。そのために、地球及び地球周回軌道の既存産業とのつながりを見据えた月及び月面産業の政策的意義を明確にするとともに、アルテミス計画をはじめとする政府の月面活動の計画・方針を見える形に整理し、民間の予見性を高めること。

提言 2. 【継続】

政府は月へのアクセスコストを低減するため、官民それぞれが行う月ミッションを活用して、民間が月面商業活動を行うために必要となる物資の輸送機会の供給者となること。政府ミッションについては月輸送ロケットの余剰スペースを活用した民間への相乗り機会を提供すること。民間ミッションについては、民間の提供する月面及び月周回軌道への輸送機会をサービスとして活用すること。

提言 3. 【下線部加筆し継続】

政府は自らリスクをとって月面ビジネスを行う民間の事業開発を加速するための環境整備に努めること。月面産業の新たな事業創出や起業家輩出のためのプログラムや場の立ち上げ、人材や知見、技術の流動・移転を促進するプログラムの実施、今後現地で計測が進む最新の月面データを活用した疑似的試験環境（デジタルツイン等）の構築、深宇宙用地上通信インフラの整備に取り組むこと。

提言 4. 【新規】

民間が主体的に関与して構築を進める月面の基盤インフラ（輸送、資源・エネルギー、情報・通信等）の構築を早期に実現するために、政府は、通信や放射線等の基準を緩和した特区による地上実証の支援や、初期の地球低軌道および月面での実証機会の提供を行うこと。

提言 5. 【新規】

月面資源探査・開発、月面上での輸送、基盤インフラの設計等の月面活動のより一層の推進のために、政府が取得するデータに加え、民間による月データの取得、解析を支援し、積極的に活用すること。そのために、センサ等の技術開発の支援や民間サービスの購入を行うこと。

提言 6. 【継続】

政府は日本の民間企業が競争優位となれるよう、必要となる制度・指針・基準等を速やかに整備するとともに、国際社会と協調・連携して国際的な商業活動を担保するルールの整備（例：通信帯域、建設基準、セーフティーゾーン、産業界が守るべき規範／コード、等）を働きかけること。これらの活動を通じて、月面ビジネス支援に積極的な国として認知度を高めることで海外企業の集積を行い、海外への情報流出に留意しつつ世界最先端の情報が集まる拠点となることを目指すこと。

提言 7. 【新規＋下線部継続】

科学界と産業界の協調や相互補完は、月の三科学をはじめとする科学探査と産業エコシステムの形成および強化の双方に様々な効果があることを政策的に明確化すること。加えて、月の科学と月面産業が連携し、相乗効果を高められるよう、両コミュニティ連携のためのプラットフォーム構築、協同プログラムの立案、科学プログラムでの民間施設やサービスの活用促進等の施策を講じること。さらに、これらの活動を通じ次世代人材の育成や高等教育に繋げていくこと。

上述のように、前回のビジョン公表後、月面開発に関する政策的な注目度は大幅に増加し、産業界としても政府とのベクトルが合致している点を心強く思っているところである。月面は、各国の競争が激しいレッドオーシャンとなっている地球周回軌道に比して未だブルーオーシャンな領域であり、次世代のフロンティア領域と位置付けられる。日本は、政策面では宇宙資源法の制定や宇宙技術戦略の策定および宇宙戦略基金の創設、科学面では SLIM のピンポイント着陸および越夜の成功、そして産業面では 270 社以上の民間企業が月面産業に関するアクティビティの開始など、政策・科学・産業のすべての側面で他国に比べ先行している状況である。一方で、スターダストプログラムでの研究開発の成果の一部が後段のプログラムに引き継がれていない状況も見えてきている。先行している優位性を活かして我が国がフロントランナーとして先導し、世界に先駆けて月面を舞台とした民間主導の新しい産業が創生される「月面産業革命」を起こすためにも、ここで手を緩めるのではなく月面に関する活動を一層強化することが不可欠である。

本ビジョンは、産業界が主体となってこの月面空間での新産業を形成し、価値還元によって地球上のイノベーションを創出するという産業界の決意を示すものであり、かつ政府に対して、この未来の実現のために共に歩むことを求めるものである。ビジョンは不変のものではなく情勢の変化に対応して見直しを行うべきものであることから、今後も情勢の変化に応じて適宜アップデートしていく予定である。

以上

月面産業ビジョン協議会メンバー（組織名順）（2024年9月末時点）

座長	河村建夫 角南 篤	自由民主党副総裁特別補佐 公益財団法人笹川平和財団 理事長
座長代理	大野敬太郎 小林鷹之 牧島かれん 中村貴裕 羽生哲也 袴田武史	衆議院議員 衆議院議員 衆議院議員 株式会社 Midtown 代表取締役 CEO 株式会社三菱総合研究所 執行役員 株式会社 ispace 代表取締役 CEO
幹事	内田 敦 北村尚弘	株式会社三菱総合研究所 先進技術・セキュリティ事業本部 副本部長 一般社団法人 Japan Space Law Association 代表理事 弁護士法人 IGT 法律事務所 弁護士
メンバー	白坂成功 鈴木一人 関根康人 宮本英昭 石川 拓規 田中克明 杵本日出夫 淵田安浩 筒井 賢 渡邊裕介 鶴山尚大 小正瑞季 山田誠一 村岡博之 堀田任晃 後藤光彦	慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科 教授 東京大学公共政策大学院 教授 東京工業大学 地球生命研究所 教授 東京大学大学院 教授 株式会社 IHI エアロスペース 宇宙開発利用技術部 次長 株式会社 amulapo 代表取締役 宇宙開発協同組合 SOHLA 理事長 株式会社大林組 技術本部 未来技術創造部 担当部長 川崎重工業株式会社 航空宇宙システムカンパニー 宇宙システム設計部 部長 GT 東京法律事務所 弁護士 清水建設株式会社 フロンティア開発室 宇宙開発部 主査 一般社団法人 SPACE FOODSPHERE 代表理事 大成建設株式会社 宇宙技術戦略チーム課長 高砂熱学工業株式会社 執行役員 研究開発本部カーボンニュートラル事業開発部長 千代田化工建設株式会社 宇宙事業部長 株式会社電通 第6マーケティング局 コンテンツソリューション1部 部長

松岡慎二	東京海上日動火災保険株式会社	航空宇宙・旅行産業部長
坂本光史	東武トップツアーズ株式会社	ソーシャルイノベーション推進部 官公庁事業部 事業部長
井田広之	鳥取県	商工労働部 産業未来創造課 課長補佐
三嶋章浩	TOPPAN 株式会社	情報コミュニケーション事業本部 ソーシャルイノベーションセンター 課長
宮下俊一	日揮グローバル株式会社	EN 本部 Engineering DX 推進室 室長
上野真史	日本電気株式会社	スペースプロダクト統括部 第一宇宙システムグループ プロフェッショナル
平野芳樹	日本特殊陶業株式会社 (Niterrra)	上席執行役員
喜多恭子	パーソルキャリア株式会社	取締役執行役員 doda 事業本部
光田千紘	富士通株式会社	ソリューショントランスフォーメーション本部 クロスインダストリービジネス推進室 シニアマネージャー
有元威彦	三井住友海上火災保険株式会社	企業マーケット戦略部 執行役員 企業マーケット戦略部長
落合俊昌	三菱重工業株式会社	防衛・宇宙セグメント 宇宙事業部 営業部 部長
丸山篤郎	三菱電機株式会社	宇宙システム事業部 宇宙営業第二部 次長
竹下 博	有人宇宙システム株式会社	取締役
鈴木健吾	株式会社ユウグレナ	共同創業者 兼 エグゼクティブフェロー
白津英仁	横河電機株式会社	宇宙事業開発室 室長
東 宏充	株式会社ワープスペース	代表取締役 CEO

アドバイザー

(法務) 大島 日向
(政策) 畑田康二郎

弁護士
元内閣府・宇宙開発戦略推進事務局

事務局

河村建一	山口大学 工学部	客員准教授
野村遥祐	一般社団法人 Japan Space Law Association	理事 ノートン・ローズ・フルブライト法律事務所 弁護士
稲垣 航	一般社団法人 Japan Space Law Association	西村あさひ法律事務所・外国共同事業 弁護士
横山拓哉	日揮グローバル株式会社	月面プラントユニット プリンシパルエンジニア
小林功典	一般財団法人日本宇宙フォーラム	事業創造部 部長
田中周作	元自由民主党 総合政策研究所	特別研究員
古性雅英	元自由民主党 総合政策研究所	特別研究員