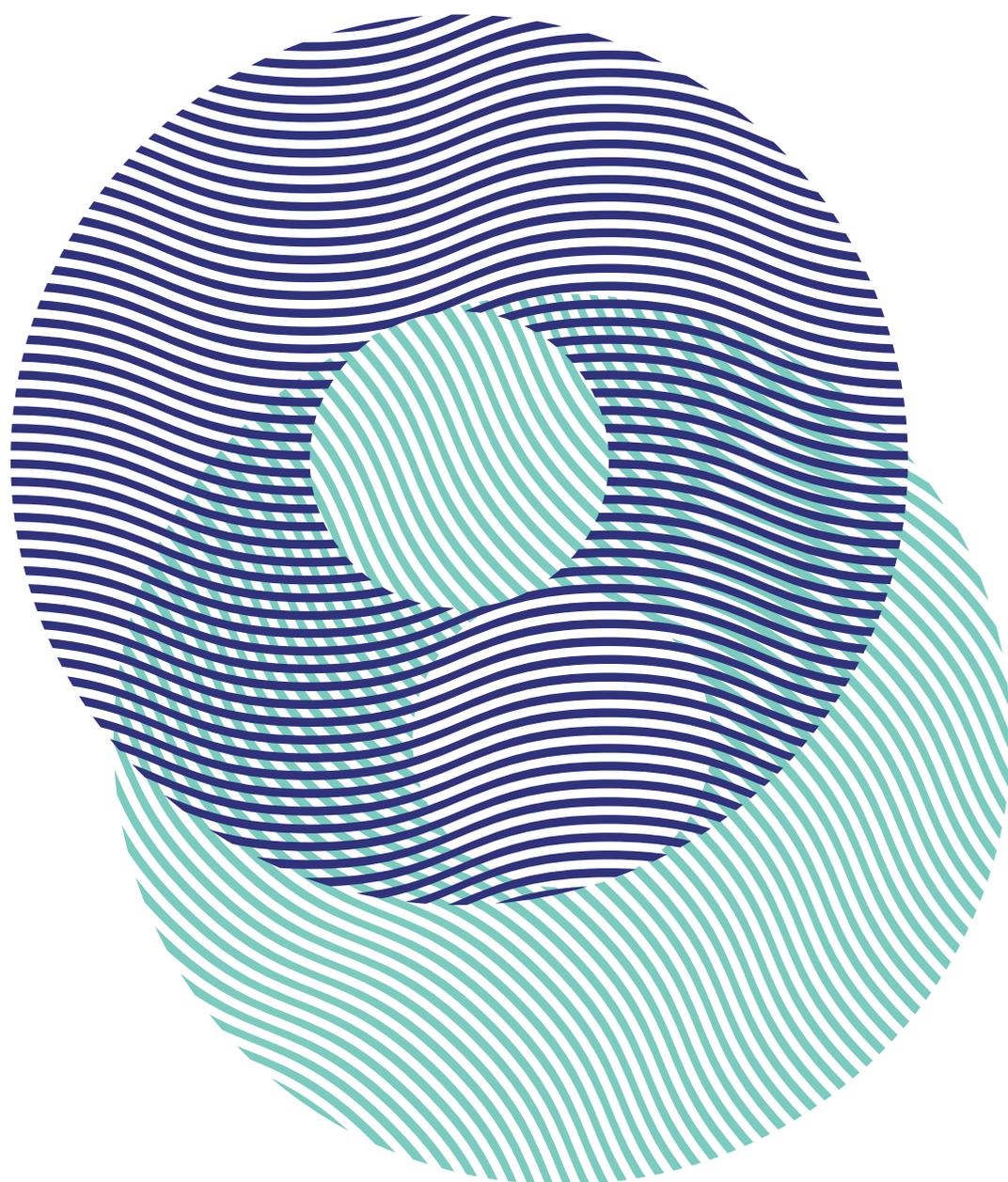


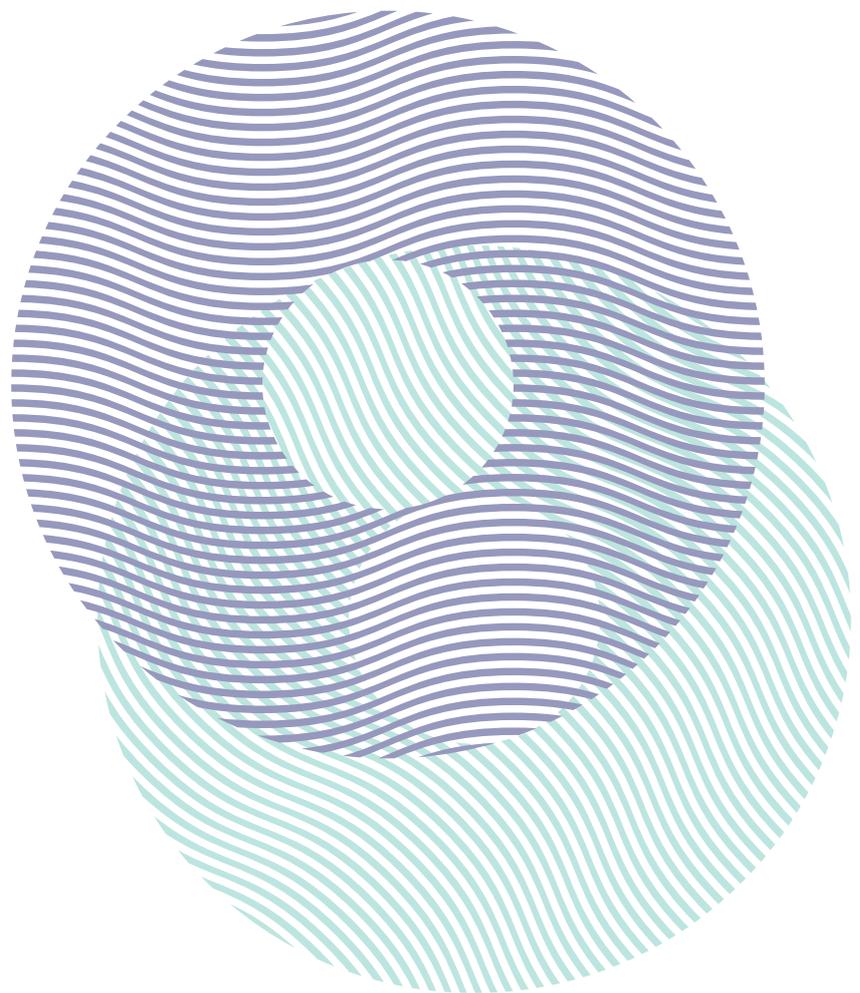
将来の宇宙探査・開発・利用がもつ 倫理的・法的・社会的含意に関する 研究調査報告書

京都大学 SPIRITS : 「知の越境」融合チーム研究プログラム・学際型プロジェクト
「将来の宇宙開発に関する道徳的・社会的諸問題の総合的研究」



はじめに

本報告書は、宇宙探査・開発・利用の進展に伴って生じうる倫理的・法的・およびその他の社会的影響や課題とそれに対する対応を調査・検討し、まとめたものである。その目的は、日本ならびに国際社会が公共の議論に基づいて今後の宇宙探査・開発・利用に関する意思決定を行う際に、議論の土台となりうるような学術的考察を提供することにある。宇宙探査・開発・利用が社会と共生関係を保ちながら発展していくために、こうした取り組みがその一助となることを願って、本報告書を作成した次第である。



目次

エグゼクティブサマリー	3
<hr/>	
1. 「宇宙探査・開発・利用(SEDU)」とは？	5
<hr/>	
2. 報告書の背景・目的・射程	
2.1 報告書の背景①—SEDU を取り巻く状況の変化—	7
2.2 報告書の背景②—SEDU に関する倫理的・法的・社会的含意の議論状況—	8
2.3 報告書の目的と射程	11
2.4 報告書の作成者と作成過程	12
<hr/>	
3. 宇宙探査・開発・利用の諸事業	14
<hr/>	
4. 宇宙探査・開発・利用に関わるアクターとステークホルダーのリストアップ	16
<hr/>	
5. 宇宙探査・開発・利用にまつわる倫理的・法的・社会的配慮事項のリストアップ	20
<hr/>	
6. 宇宙探査・開発・利用がもつ倫理的・法的・社会的含意の俯瞰図	26
<hr/>	
7. 個別トピックに関する考察	
7.1 宇宙探査への公的投資の問題	28
7.2 有人宇宙探査・開発・利用に伴う人的リスクの問題	31
7.3 宇宙資源の開発・利用から生じる問題	33
7.4 宇宙技術のデュアルユースの問題	37
7.5 民間宇宙ビジネスの参入に伴う問題	42
<hr/>	
参考文献	46
<hr/>	

エグゼクティブサマリー

宇宙というフロンティアに挑戦する宇宙探査・開発・利用（SEDU: space exploration, development, and utilization）は、人類の夢を体現するものとされる一方で、政治的・経済的・軍事的色彩の濃い営みでもある。こうした特徴をもったSEDUは、人工衛星スプートニク1号の打ち上げ以来60年の歳月を経て、いま大きな転換点を迎えている。その主たる要因は、SEDUを推進するアクターの多様化である。一方で、中国やインドがSEDUにおいて台頭することで、国際協調によるSEDUの推進という枠組みが揺らいでいる。他方で、民間セクターのSEDUへの参入と「ニュースペース」の登場により、新しいガバナンスの枠組みが求められている。

この情勢下にあって、将来のSEDUのあり方について公共の議論を行っていくことが必要になっている。しかし、その土台となるべき、SEDUに関する法・政策的、倫理的、社会的問題を専門的かつ網羅的に考察した学術的研究調査は、これまで存在しなかった。そこで本報告書では、今後数十年間のSEDUのあり方に関する議論の土台となりうるような学術的考察を提供することを目的として、SEDUの倫理的・法的・社会的含意（ELSI: ethical, legal, and social implications）を調査・検討した。

第1～2節で、報告書で使用する用語の定義や報告書執筆の背景の説明を行った後、第3～5節で、SEDUに関わる多様な種類の事業、多様なアクターとステークホルダー、多様な社会的影響を整理した。第6節では、第3～5節で整理した諸項目を俯瞰図にまとめた。

第3節では、SEDUの諸事業を整理した。ここでは技術の利用形態に従い、SEDUの諸事業を、地球周回軌道の人工衛星の利用、サブオービタル飛行、地球周回軌道以遠の無人宇宙機の活動、有人宇宙活動、その他の商業利用、技術開発に区別し、それぞれに簡潔な説明を加えた。

第4節では、SEDUに関わるアクターとステークホルダーをリストアップし、それぞれがどのような仕方でSEDUに関与しうるかを明らかにした。ここでは、国連などの国際機関や各国の政府・宇宙機関といった公的セクター、企業や投資家、非営利団体などの民間セクターに加えて、見過ごせないアクターないしステークホルダーとして、宇宙科学および他の諸分野の研究者、学協会および教育研究機関、宇宙飛行士、テロリスト・ハッカー、そして一般市民を特定した。

第5節では、SEDUにまつわるメリット・デメリットなどの倫理的・法的・社会的配慮事項をリストアップした。メリットとしては、科学的知識や文化的・教育的効果などの知的・精神的メリット、ハードパワーやソフトパワー、社会インフラ、産業の育成、雇用の創出といった政治的メリット、技術的スピノフやイノベーションなどの技術的メリット、経済活動の拡大、エンターテインメントなどを特定した。デメリットとしては、コストに加えて、宇宙飛行士のこうむる事故の可能性や生理的・心理的影響といった人的リスク、宇宙デブリや惑星環境汚染などの環境リスク、そして文化への侵犯や地域住民のこうむる公害を特定した。これに加えて、倫理的・法的・社会的に憂慮すべき帰結として、プライバシーの侵害や宇宙技術のデュアルユース、宇宙システムの脆弱性、国家間や政府-企業間、世代間における利益と責任の不公平な分配、商業化・民間化からの帰結として生じうる分野間のリソース分配の偏り、科学研究の阻害、研究成果の偏向や秘匿の可能性を指摘した。

第7節では、SEDUのELSIに関する個別の話題として「宇宙探査への公的投資の問題」、「有人宇宙探査・開発・利用に伴う人的リスクの問題」、「宇宙資源の開発・利用から生じる問題」、「宇宙技術のデュアルユースの問題」、「民間宇宙ビジネスの参入に伴う問題」の5つを取り上げ、それぞれについて、予想されるケースごとの正負の影響、関連するステークホルダー、検討すべき課題を特定した。

第7.1節では、宇宙探査への公的投資の問題を取り上げ、特にISS計画終了後の有人宇宙探査への日本の関わり方について考察した。その結果、将来の課題として、宇宙探査に関する公論を喚起し世論を調査すること、新しいアプローチによって宇宙探査の意義をより明確に分析すること、ニューススペースの登場を踏まえて政府／民間の役割を見直すこと、などの必要性を同定した。

第7.2節では、有人宇宙探査に伴う人的リスクの問題を取り上げた。考察の結果、今後のアジェンダとして、宇宙飛行士や民間宇宙飛行参加者のインフォームド・コンセントのあり方や民間のための許認可制の導入の是非とその条件に関する議論、必要な技術を欠く国や民間への情報公開・技術移転に関する取り組み、リスク低減のための技術開発や保険制度の整備、といった作業を特定した。

第7.3節では、宇宙資源の開発・利用をめぐる諸問題を取り上げて考察を行った。その結果、資源争奪のための紛争への対処、ステークホルダー間での利益の分配、将来世代への配慮、文化的小および学術的な理由による環境の保全などを、将来の課題として同定した。

第7.4節では、宇宙技術のデュアルユースを話題として取り上げ、宇宙技術の軍隊・自衛隊における利用の問題と、そのテロリストによる利用の問題の両面について考察するとともに、研究におけるデュアルユースの問題の論点を整理した。また将来の課題として、民間の参入に伴って生じる規制と自由のバランスやアカデミズムにおける「学問の自由」の解釈に関する議論の必要性を指摘した。

第7.5節では、民間宇宙ビジネスの参入に伴う諸問題を取り上げ、特に日本で宇宙ビジネスが拡大した場合に生じる帰結について重点的に考察した。この場合、法規制違反や商業詐欺の発生に加えて、サービス格差、環境リスク、労働環境の悪化などが生じうることを指摘し、対応策を提案した。

1. 「宇宙探査・開発・利用（SEDU）」とは？

【「宇宙」とは何か】

本報告書において、宇宙（space）とは、地表から上空方向に向けて、地球重力から一部脱出し、大気存在を前提とした手法では到達できない領域、およびそれより遠い領域全体を指す。ただし、本報告書で「宇宙」という語を使う場合には、既存の技術、あるいはその延長線上の技術の範囲内で人類や人類の作った宇宙機が今後数十年以内に到達することがありうる領域を主に念頭におく。この意味での宇宙は慣習的に使われる地上約100km以上という定義（小塚・佐藤編 2015）と領域としてほぼ一致するが、本報告書の目的にそった原理的な定義となっている。すなわち、本報告書でとりあげる宇宙は、そこに到達するのにロケットなどの専用の打上・輸送技術をはじめとする宇宙技術を本質的に必要とするという共通点を持ち、そのために共通の倫理的・法的・社会的問題群をもつ領域となる。

【宇宙の「探査（exploration）」とは何か】

本報告書では人類が地上から宇宙空間へ送り出し運用する、あるいは宇宙で建造して宇宙空間で運用する人工物（ロケット、衛星、ローバー等）を総称して「宇宙機」（spacecraft）と呼ぶ。そして、「宇宙探査」とは、宇宙機を使って宇宙（惑星、衛星、小惑星等を含む）をその場もしくは近傍で調査する活動全般を指す。探査の際に人間が宇宙機に搭乗しているものを「有人探査」、搭乗していないものを「無人探査」と呼ぶ。宇宙空間内の宇宙機や搭乗者の活動だけでなく、地上からそれを支援する活動も宇宙探査の一部と見なす。ただし、人工衛星による天文・地球観測などは、遠方からの観測であるため、宇宙探査と区別して後述の宇宙利用に含める¹。

【宇宙の「開発（development）」とは何か】

本報告書では、宇宙機や、他の惑星の地表での活動のための技術、さらにはそういった活動を支援する地上インフラ技術を宇宙技術（space technology）と総称する。宇宙探査や宇宙利用の活動を活発化するために、これらの宇宙技術を整備・制作すること、および微小重力、高真空、極端な温度、放射線などの地上にない特徴を含んだ宇宙空間内の環境を整備することを、「宇宙開発」とする。

¹ なお、地球以外の天体探査を「深宇宙探査」と呼ぶことがあるが、本報告書では必要のない限り区別せずまとめて「宇宙探査」とする。同様の理由で「月・惑星探査」という呼び方もあるが本報告書では使用しない。

【宇宙の「利用（utilization）」とは何か】

本報告書では、宇宙技術およびそれを含んだ宇宙空間の様々な特徴を何らかの目的のために役立てる活動で、探査以外のものを総称して「宇宙利用」と呼ぶ。様々なアクターによって様々な目的のための宇宙利用が行われている。代表的な例では、国家や国際機関は（防衛システムを含む）社会インフラの整備や国威の

発揚といった政治的目的のため、企業は商業的目的のため、研究者コミュニティは学術的目的のための宇宙利用を行っている。

宇宙探査、宇宙開発、宇宙利用の間には以上のような概念上の区別はあるものの、シームレスな連続性を持ち、実際にこれらのうちの複数の性格を併せもつ事業も多い²。そこで、「宇宙探査・開発・利用（space exploration, development, and utilization）」をまとめて「SEDU」と呼ぶことにする。これまで宇宙の探査・開発・利用を包括する用語としては主に「宇宙活動」が用いられてきた。しかし、この用語は漠然としすぎており、人によって様々なものを思い浮かべる、という難点がある。そこで本報告書では、宇宙活動の各フェーズを明確化するために、これに代えて「SEDU」という用語を使用する。

【人類にとっての宇宙とは何か】

宇宙は人類にとっての「フロンティア」と言われ、それに挑戦するSEDUは科学技術の夢を体現するものとされてきた。人類はその誕生からほぼ一貫して生存領域を拡げ続け、その結果現在では深海を除く地球表面のほとんどが人類によって利用されている。宇宙においても地球周回軌道は、衛星インフラの普及などによりフロンティアから人々の日常生活に関わる「環境」へと姿を変えてきているものの、地球周回以遠の宇宙空間および天体はその段階に達していない。宇宙とは、一部を除いて、潜在的には利用しうるもののいまだ人類に直接的に利用されていない領域である。こうした領域への挑戦を含むという点がSEDUの特徴の一つである。

また、宇宙はしばしば「人類の夢」という言葉とともに語られる。これはSEDUの広報や科学教育の場、その他の一般的な言説に留まらず、日本のSEDUの基本理念を定める宇宙基本法においても、SEDUは「人類の宇宙への夢の実現及び人類社会の発展に資するよう行われなければならない」（第5条）とされている。何を意味するかは極めて曖昧であるものの「夢」あるいは「希望」、「フロンティア」といったソフトな言葉が国の法律に書き込まれるほどにそこに関わる多くの人々の意識に深く根ざしていること、また個人単位や国家単位ではなく「人類」という単位でその意義が定式化されることも、他の科学技術事業には見られないSEDUの特徴の一つと言えるだろう。

しかし実のところ、SEDUは、その開始当初から安全保障や産業に関わる政治的・経済的色彩の濃い営みであったし、近年ますますそうした性格を強めている。こうした現実のSEDUのあり方と、「人類の夢」といった上述のソフトな語られ方との間にはギャップがある。こうしたギャップの存在もまた、特にELSIと関連した、SEDUの一側面であると言ってよいだろう。

² 例えば国際宇宙ステーション（ISS）計画は、なじみのない場所を訪れるという点で探査的性格をもち、地球外環境で生活する技術の獲得を目指すという点で開発的性格をもち、さらにそこで物質科学や生命科学の実験が行われているという点で利用的性格をもつ。

2. 報告書の背景・目的・射程

2.1 報告書の背景①—SEDUを取り巻く状況の変化—

宇宙旅行を夢見る人たちは昔から世界各地に存在していたが、宇宙の探査・開発・利用（SEDU）が本格的に始まったのは、1957年にソ連が人工衛星スプートニク1号の打ち上げに成功したときである。それ以来60年の歳月を経て、人工衛星は今や、放送・通信、地球観測、測位などの用途に利用され、社会インフラの欠かせない部分として定着している。また、ガガーリンによる人類初の宇宙飛行とアポロ計画に始まった有人宇宙探査は、米国のスペースシャトル計画やソ連のミール計画に引き継がれ、現在は国際宇宙ステーション（ISS）計画や、中国による独自の宇宙ステーション計画が実施されるなど、発展を遂げている。20世紀における宇宙開発は、基本的には米ソ冷戦の産物であり国際競争の側面が強かったが、ISS計画などを通して国際協力が進み、現在では各国の宇宙機関から成る国際宇宙探査協働グループ（ISECG）が、各国が分担協力して宇宙開発を進めることを約している。将来計画としては、月近傍の有人長期滞在や、小惑星および月面の有人探査を経て、2030年以降に有人火星探査を実施する、という内容のロードマップ（ISECG 2013a）が発表されている。

このように進展してきたSEDUは、いま大きな転換点を迎えている。その主たる要因は、SEDUを推進するアクターの多様化である。まず、中国の月探査計画と有人宇宙船および宇宙ステーションの建造を始めとして、インドや東南アジア諸国などを含めた新興国のSEDUへの参入は目覚ましい。こうして、冷戦の終結後にロシアがISS計画に参加することで確立された、国際協調の下でのSEDUの推進という枠組みは変化を迎えているのである。その中で、安全保障の観点からの国際競争が再燃³、また（2007年の中国による人工衛星破壊実験に示されるように）宇宙空間での兵器配備も進められてきている。

また、米ソ宇宙開発競争の頃から国家主導で推進されてきたSEDUに企業や民間団体が参入し始めていることも、アクターの多様化の一つの兆候である。超小型衛星の登場もあって宇宙ベンチャー企業による衛星やロケットの開発事業は発展が著しく、また衛星インターネット事業やリモートセンシング衛星ビジネスも今後の発展が見込まれている。地球外資源探査事業やスペースデブリ除去事業などの新興宇宙ビジネスも登場し、宇宙旅行などのエンターテインメント事業に乗り出している企業もある。特に近年、自ら次世代のビジョンを提示する野心的なリーダーの率いる民間企業がSEDUに参入することで、「ニュースペース」と呼ばれる新しい潮流が生まれてきている。こうして、SEDUを推進する主体は国家単位から個人単位へと拡大ないし移行しつつあり、このために新しいガバナンスの枠組みが求められている。

日本国内に焦点を絞っても、SEDUの転換点において多数の課題が生まれている。安全保障面では、日本は従来、宇宙利用を平和目的に制限してきたが、宇宙基本法（2008年）や宇宙基本計画（2015年）において安全保障重視へと転換した。こうした中で、宇宙の軍事化への懸念が提起されている（cf. 池内 2015）⁴。また産業面では、政府は宇宙技術の自律性確保を目指して宇宙ビジネスを後押ししようとしてきたが、小型の衛星やロケットの開発に取り組む宇宙ベンチャー企業が登場し、にわかに活気づいている。科学・探査の

面では、はやぶさが小惑星イトカワからのサンプルリターンに成功して「宇宙大航海時代」の到来とも言われる一方で、安全保障や産業振興が優先される中で独自の立場を保てるか否かについて懸念もある。また有人宇宙活動に関しては、日本はISS計画終了後⁵、国際的な有人月探査計画に参加する方針を表明しているが、具体的な参加の仕方や国民からの同意の面で多数の課題を残している⁶。

SEDUに伴って生じうる倫理的・法的・社会的諸課題を調査・検討することは、こうした情勢下において差し迫った課題であると同時に、地球規模問題の解決や人類の存在領域の拡大にもつながりうる遠大な問題でもある。しかし、これらの課題には、多様な種類の事業、多様なアクターとステークホルダー、多様な社会的影響が絡み合い、複雑な様相を呈している。そこで本プロジェクトチームは、SEDUに関する諸課題を整理し、幾つかのトピックについて様々な専門分野の視点から検討を加える。その目的は、日本ならびに国際社会が公共の議論を通して今後のSEDUに関する意思決定を行っていく上で、議論の土台となりうるような学術的考察を提供することにある。

³ 例えば米国が提供するGPSは米国の安全保障によってサービス提供が中断される恐れがある。この恐れから、中国は独自に測位衛星である「北斗」の運用を開始し、2020年には全球での運用体制が整備完了となる予定である。

⁴ 例えば、日本の防衛省は、米国との連携の下、宇宙状況把握（SSA: space situational awareness）を専任とする部隊創設を2019年度に予定している。

⁵ ISS計画は、当初は2016年に終了する予定だったが、米国は2024年まで運用を継続すると決定した。

⁶ JAXAは、2017年6月28日に文部科学省の委員会（宇宙開発利用部会・第20回国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会）にて、日本人宇宙飛行士による月面到達を目指し、2025年以降に国際的な有人月面探査計画に参加するという方針を表明した。また同年12月1日には、当該の方針を含む宇宙基本計画の工程表改定案が政府の宇宙政策委員会にて了承された（ただし日本人による月面到達は明記されていない）。今後、技術的課題を特定するとともに、2018年3月に東京で開催される第2回国際宇宙探査フォーラム（ISEF2）などで各国間の役割分担について議論する見通しである。

2.2 報告書の背景②—SEDUに関する倫理的・法的・社会的含意の議論状況—

【倫理的・法的・社会的含意（ELSI）とは何か】

「倫理的・法的・社会的含意（ELSI: ethical, legal, and social implications）」とは、科学技術が社会に及ぼしうる倫理的・法的・およびその他の影響を指す。また、「ELSI」という用語で、科学技術を社会に実装する際に取り組みなければならない「倫理的・法的・社会的課題（ethical, legal, and social issues）」を指す場合もある。科学技術の発展に伴って生じうる影響や課題をその社会実装に先立って特定し、それに対する対応を検討するELSI研究の取り組みが、1990年にヒトゲノム研究の際に導入されたのを嚆矢として、再生医療技術やゲノム編集技術などの生命科学の諸分野やナノテクノロジーを中心に行われて

きた。近年では人工知能やビッグデータといった情報技術に関するELSI研究も始まっている⁷。こうしたELSI研究の取り組みは、研究分野を横断し、またしばしばステークホルダーを巻き込む形で展開されている。ELSI研究は、単に科学技術の発展に歯止めをかけることを意図したものではなく、むしろ問題をあらかじめ明示化することを通して、科学技術が社会と共生関係を保ちつつ発展することを可能にする取り組みである。

しかし、SEDUに関するELSIは、これまでごく断片的な形でしか研究されてこなかった。確かにSEDUは、広範囲に影響が及ぶリスクなどの問題と関連が薄く、また他の科学技術事業と比べて高い人気を誇ると言われる。しかし、どれだけの人々が強いコミットメントをもっているかは疑問であり、またSEDUは利益が見えにくいという欠点もある。さらに、人々が漠然と抱いているSEDUのイメージとその現実のあり方の間にギャップが生じてきている。人々がSEDUのあり方に関する明確な将来像をもたないままに、国家や企業、科学者コミュニティが自らの利益を追求する形でそれを進めていくと、社会にとって不可逆的な負の影響が生じてしまう懸念がある。こうした事態を避け、SEDUが社会と実りある仕方で共生していくために、ELSIの考察に基づいて公共の議論を行っていくことが、今後重要になってくるだろう。以下では、法、政策、倫理、社会調査の各側面からのSEDUに関するELSIの議論状況を紹介する。

⁷ ELSIと関連の深い「テクノロジー・アセスメント (TA: technology assessment)」や「責任ある研究・イノベーション (RRI: responsible research and innovation)」の取り組みも行われている。

【宇宙法】

国際的には、1970年代後半までに締結された、「宇宙条約」「宇宙救助返還協定」「宇宙損害責任条約」「宇宙物体登録条約」などの諸条約による体系が、現在の宇宙法の基礎をなしている。それ以降、今日に至るまで、法的拘束力を有する新しい条約はほぼ締結されていない。しかし、この不足を補完するようにして、国連宇宙平和利用委員会 (COPUOS) において構想され、国連総会において決議された「ソフトロー」による実質的な規律が、様々な問題領域において試みられている。

ところで、宇宙空間での軍縮・兵器管理に特化すれば、国際的には三つの大きな動きがみられる。第一に、COPUOSの提案で行われている透明化・信頼醸成措置 (TCBM) の議論、第二に、国連軍縮会議へ中露が提案した宇宙兵器防止条約案、そして第三に、EUが提唱する行動規範である。中露の提案並びにEUの行動規範は米国等の反対で進んでいない。なお国連は2018年に、宇宙探査と平和利用に関する第1回国連会議から50周年の記念会合である「UNISPACE+50」を開催する予定である。

国内的には、21世紀に入り、民間企業による宇宙ビジネスの規模の拡大ならびに種類の多様化が生じる中で、各国家が安定的な規制枠組の構築を通じた産業育成に向けた動きを見せている。このような動きを牽引してきたのは米国であるが、日本においても、ようやく2016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」)が制定され、宇宙ビジネスの規制ならびに振興に向けた動きが加速している。

このような動きに呼応して、日本では、小塚荘一郎・佐藤雅彦編(2015)による宇宙ビジネスに従事す

る一般人に向けた非常に良質の入門書が刊行されるとともに、実用法律雑誌『ジュリスト』（2017）においても宇宙ビジネスに関連する法律問題を取り扱う特集号が組まれている。また、学術の世界に目を向けると、慶應義塾大学が「宇宙法研究所」を設置し、JAXAとの連携により、国内・国際を問わず、宇宙法をめぐる様々な種類の問題をめぐる研究について、先導的な役割を果たしている。

世界の宇宙法研究に視線を移すと、まず特筆すべきは、von der Dunk & Tronchetti eds. (2015) や Jakhu & Dempsey eds. (2017) など、最先端の宇宙法の動向を概観する包括的なハンドブックの出版がここ最近で相次いでいるという点である。加えて、Martinus Nijhoff社のStudies in Space Law SeriesやSpringer社のSpace Regulations Libraryなど、幾つかの著名な出版社から、宇宙法の個別分野についての最先端の研究が継続的に刊行されている。

とは言え、国内的にも、また国際的にも、将来においてSEDUがもたらしうる問題の重大さや切迫度合いに比して、法学研究の規模はそこまで大きくないのが現状であると言える。

【宇宙政策】

日本は、2008年に宇宙基本法を制定したのち、宇宙基本計画を数年おきに策定している（現時点で、2016年4月に閣議決定したものが最新）。また2017年5月に宇宙政策委員会の宇宙産業振興小委員会は「宇宙産業ビジョン2030」と題したペーパーを派出し、政府による宇宙産業振興の支援を打ち出している。

また日米の宇宙協力も進展し、定期的に「宇宙に関する包括的日米対話」や「安全保障分野における日米宇宙協議」を行うとともに、2013年には、「日米宇宙状況把握（SSA）協力取極」が締結され、米国防省（戦略軍統合宇宙運用センター）が中心となる宇宙状況把握の国際枠組みに日本が加入することとなった。防衛省は、宇宙状況把握を専任とする部隊創設を2019年度に予定している。

経団連は、例えば宇宙安全保障の強化、宇宙インフラの整備、宇宙産業の振興などを含む「宇宙基本法に基づく宇宙開発利用の推進に向けた提言」（2011年）や「宇宙基本計画に向けた提言」（2014年）、政府所有データの民間利用の促進や官民一体でのインフラ輸出を提唱した「宇宙産業ビジョンの策定に向けた提言」（2016年）など積極的に発信している。

この他に、宇宙政策に関するアカデミックな議論としては、青木節子『日本の宇宙政策』（2006）や鈴木一人『宇宙開発と国際政治』（2011）がある。

【宇宙倫理】

宇宙に関する倫理的な研究は、環境倫理学を中心として1980年代に始まり、近年では「宇宙倫理学」という名称も使用されるようになってきているが、未だ応用倫理学の一分野として確立されているとは言えない。しかし、2000年にはUNESCOの「科学的知識と技術の倫理に関する世界委員会（COMEST）」が、宇宙科学・技術の発展を背景に生じた政策上の問題に対して倫理的な考察を行った報告書『宇宙政策の倫理』（Pompidou 2000）を発行した。また2010年代に入ってから何冊もの研究書や論文集が出版され、やや活況を呈してきている。そこで扱われている話題にはSF的なものや思弁的なものも多いが、より現実的な問題を扱った研究も増えつつある。

日本では、京都大学宇宙総合学研究ユニットと同大学院文学研究科応用哲学倫理学教育研究センターが

2015年に「宇宙倫理学研究会」⁸を設立し、JAXAの『人文・社会科学研究活動報告集』に報告「宇宙倫理学の現状と展望」（呉羽ほか 2016）を寄稿するなどの活動を行っている。また、同研究会のメンバーである稲葉振一郎がこの分野における日本初の書籍である『宇宙倫理学入門』（稲葉 2016）を出版している。

⁸ 宇宙倫理学研究会のウェブサイト：<http://www.usss.kyoto-u.ac.jp/research/spaceethics.html>
〔最終閲覧：2017年12月22日〕

【その他、宇宙の人文社会科学】

この他にも、国際高等研究所とJAXAが発行した報告書『宇宙問題への人文・社会科学からのアプローチ』（木下代表 2009）を始め、人文学・社会科学からSEDUについて論じた資料が近年になって増えてきている。

【世論調査】

SEDUに関する専門的な世論調査は、海外ではしばしば実施されてきたが（e.g. NRC 2014）、日本国内では本格的なものは本プロジェクトメンバーが所属する京都大学宇宙総合学研究ユニットの要請を受けて京都大学文学部社会学研究室が2014年に実施した「宇宙開発に関する意識調査」以外に行われていない⁹。当該調査は、日本は有人宇宙開発と無人宇宙開発のどちらに注力すべきか、有人宇宙開発に伴う事故のリスクをどのように評価するか、といった点について一般市民にアンケートを実施したものであり、その結果は藤田・太郎丸（2015）において紹介されている。とは言え、国民がSEDUに何を求めているかを正確に把握するには、もっと詳細な調査が必要とされる。

結論：SEDUに関する法・政策的問題、倫理的問題、社会的問題を網羅的かつ専門的に考察した学術的研究調査はまだ存在しないと言ってよい。本報告書は、この空隙を埋め、SEDUに関する公共の議論の土台を作る作業の第一歩たらしめるものである。

⁹ 木下代表（2009）には日本の大学生とJAXA職員に対する意識調査結果が収録されているが、（著者も認めるように）サンプルが偏っており、またその問題意識も「人々は宇宙に対してどの程度の好奇心をもっているのか」という漠然としたものに留まる。

2.3 報告書の目的と射程

本報告書の目的は、今後数十年間の中に日本および世界のSEDUにおいて生じうるELSIの調査と検討を行い、SEDUに関する議論の土台となりうるような考察を提供することにある。本報告書における考察の射程

に関して、以下三つの注意点を述べる。

第一に、日本国内の事業だけでなく、国際的な事業も話題として取り上げる。宇宙探査は、国際協調を通して、全人類的事业として推進されている。その中で日本が演じる役割を考えるにも、国際的な視点は不可欠である。また、宇宙利用を推進するに際しては、国際的なルールやコンセンサスに基づいて行う必要がある。それらが不在の問題圏については、新しいルールやコンセンサスを作成するための議論に積極的に参加していくことが求められる。このため、やはり国際的な視点を欠くことはできない。

第二に、SEDU事業のうち、公的事业と民間事業の両者を考察の範囲に含める。SEDUは、米ソの宇宙開発競争に見て取れるように、当初から主として政府主導の公的事业として推進されてきた。しかし、民間の宇宙開発・利用が活発化するにつれて、新しい問題が生じつつある。これに加えて、政府－企業間での利益や責任の分配の問題、そして宇宙技術のデュアルユースの問題など、政府と民間のインターセクションで生じる諸問題が重要性を増している。そこで、SEDUに関する諸問題を扱うにも、公的事业と民間事業の相互関係を視野に入れた考察が要求される。

第三に、タイムスケールの点では、考察の対象とする問題の範囲は今後数十年間に生じうるものとする。人類の宇宙進出をめぐる議論はしばしば数百年から数千年単位の視野の下で行われることがあるが、こうした長期的な視点では現実味の乏しい議論にならざるをえない。今後のSEDUのあり方について具体的な指針を提供するためには、技術の進展と社会の状況に合わせた現実的な議論を行っていく必要がある。その一方で、巨大科学技術の一種である宇宙技術が設計・開発・運用まで数十年単位のタイムスパンをもつために、5～10年単位の短期的な視点でSEDUについて論じることもまた不十分である。例えば、国際宇宙探査共同グループが作成したロードマップ（ISECG 2013a）では、2030年代までの宇宙探査計画が提案されている。こうした計画の実現性は不透明であるものの、ここで採用されている数十年単位のタイムスケールは議論の枠組みとして適切であると考えられる。

2.4 報告書の作成者と作成過程

本報告書は、京都大学「知の越境」融合チーム研究プログラム（SPIRITS）に採択された「将来の宇宙開発に関する道徳的・社会的諸問題の総合的研究」（研究代表者：呉羽真、研究実施期間：2016年4月～2018年3月）という学際型研究プロジェクトの一環として作成されたものである。

SEDUに伴うELSIの多くは、宇宙科学および宇宙技術の諸領域に加えて、法・政治・道徳・社会といった多様な問題領域に関わっているため、個別の専門分野で答えを出すことができないという性質をもつ。これらの問題に取り組むために必要なのは、様々な分野的背景をもちつつ互いに緊密に連絡し合う研究者から成るチームである。本プロジェクトメンバーが所属する京都大学宇宙総合学研究ユニットは、宇宙開発利用に関する文理横断的な新研究領域の開拓を推進しており、宇宙人類学、宇宙倫理学、環境災害研究などの諸分野を生み出してきた。当該プロジェクトには、天文学者や倫理学者、科学技術ジャーナリストを含む同ユニットのメンバーに加えて、法学や政治学、社会学の専門家が参加しており、SEDUのELSIについて総合的な研究を遂行するのに適した構成になっている。

さらに作成の過程では、数回にわたり関連分野の専門家を招聘してレクチャーを受けた。また2017年9月23日には、京都大学でワークショップ「宇宙探査・開発・利用の倫理的・法的・社会的含意について考える」¹⁰を開催し、10名以上のコメンテーターから本報告書の草稿に関する助言を得た。報告書の内容に対して実質的な貢献を行ったこれらの講師やコメンテーターらは、協力者として本報告書末尾に氏名を記載している。また、報告書の作成を含むプロジェクトの運営に関して、京都大学学術研究支援室（KURA）から支援を受けた。報告書作成のための打ち合わせに参加したKURAの白井哲哉氏および京都大学大学院人間・環境学研究科杉谷和哉氏を、執筆支援者として本報告書末尾に記載している。

プロジェクトメンバーらは、本報告書を第一歩として、今後はより大規模かつ包括的な研究チームを組織し、宇宙科学・宇宙技術と社会の望ましい関係性を構想する「宇宙科学技術社会論（SSTS: space science and technology studies）」という学際分野を創出することを目指している。

¹⁰ ワークショップの概要：http://www.uss.kyoto-u.ac.jp/etc/space_elsi/workshop.html（最終閲覧：2017年12月22日）

3. 宇宙探査・開発・利用の諸事業

SEDU として行われる諸事業は多岐にわたり、かつ目的、アクター、利用される技術などに重複も多い。第 6 節では SEDU の諸事業を探査・開発・利用の区別に従って整理するが、ここでは、宇宙へ行くことで何ができるのかという観点から、技術の利用形態の区別に従って、現在行われている（あるいは計画されている）SEDU の諸事業を整理する。（ただし、計画されている SEDU の諸事業すべてを列挙することは困難であり、ここではそれを目指さない。）

【地球周回軌道の人工衛星の利用】

地球周回軌道上にある無人の人工衛星の利用は SEDU、特に宇宙利用の最も一般的な形である。主な用途は通信・放送、地球観測、測位、そして宇宙望遠鏡等の科学観測である。

衛星通信・放送は SEDU の中で最も産業化が進んだ分野である。衛星を介在させて地球上の離れた 2 点間の双方向通信を行うのが衛星通信であり、衛星から多数の受信者に向けて信号を放送するのが衛星放送である。衛星通信・放送は地震や津波等の地上の災害の影響を受けにくいため防災上の利点がある他、地上のインフラが整っていない地域にも需要がある。

衛星による地球観測は地球の広範囲を観測できるという利点と、領空侵犯せずに他国の状況を偵察できるという利点がある。取得できる情報は観測波長によって異なり、民生の用途としては気象観測、洪水や山火事等の災害監視、国土管理、農林水産業、資源探査、温室効果ガス等の環境観測、地球科学観測などがある。米国の GPS やロシアの GLONASS、EU の Galileo、日本の準天頂衛星システム（QZSS、通称「みちびき」）などの衛星測位は、複数の衛星からの信号を受信することで地球上の受信者の位置を知るシステムである。元々は軍事用に開発されたシステムであるが、近年は航空機や船舶の運航、カーナビゲーションなど幅広い民生分野で利用される社会インフラとなっている。全地球をカバーする衛星測位システムの構築には約 30 機の人工衛星からなる巨大なシステムが必要である。

上記以外の主な衛星利用の形態としては、宇宙望遠鏡や宇宙プラズマ観測などの学術研究目的の利用や、将来に向けて検討されている宇宙太陽光発電（SSPS）の形での資源・エネルギー目的の利用がある。

【サブオービタル飛行】

ロケットで宇宙空間へ行くが地球周回軌道に乗らずに地表に戻ってくることをサブオービタル飛行と呼ぶ。弾道ミサイルの飛行がこれに相当する。民生分野では短時間の科学観測等で利用されている。将来的には地球上の 2 点間的高速輸送に利用することも検討されている。

【地球周回軌道以遠の無人宇宙機】

地球周回軌道以遠における無人宇宙機による宇宙活動は、これまでのところ学術目的の探査・観測と工学技術実証を目的として行われている。また、小惑星等の資源探査や天体衝突回避のためのミッションなどが

将来的な可能性として検討されている。

【有人宇宙活動】

生身の人間が宇宙空間に行くことを伴う有人宇宙活動として現在行われているのは、国際協力による国際宇宙ステーション（ISS）と中国の有人宇宙活動である。

ISS は、米国、ロシア、欧州、日本、カナダの 5 国による国際プロジェクトであり、常時 3～6 人の宇宙飛行士が滞在して、基礎科学と産業応用の両方を目的とした物質科学、生命科学等の実験や、地球および宇宙空間の観測等を行っている。また ISS からの超小型衛星の軌道への放出や、教育目的のプログラム、商用目的の映像の撮影など、科学実験・観測以外にも多様な目的で利用されている。ISS の運用は 2024 年に終了予定で、その後は有人宇宙活動に関しては、月探査や月面基地建設、火星探査など、各国から発表されている計画はあるものの、現状では見通しはやや不透明である。ISS 以外では、中国が独自の有人宇宙輸送機と宇宙ステーションを開発・運用している。

また、主に観光を目的とした民間宇宙旅行が実施・計画されている。これらは宇宙ステーション等の軌道上の施設に滞在するものと、サブオービタル飛行により短時間のあいだ微小重力体験・宇宙からの地球の眺めを味わうものに分けられる。前者は 2001 年に民間人初の ISS 滞在という形で実現され、現在までに 7 名が体験した。後者は現在計画中の企業があるものの実現には至っていない。

【その他の商業利用】

衛星利用や宇宙観光とは異なる形態の宇宙の商業利用も登場してきている。例えば、宇宙空間を利用した広告（「宇宙広告」）や、宇宙空間への遺骨の埋葬（「宇宙葬」）などの商業利用がある。

【技術開発】

自前でロケットや衛星を開発・運用する能力をもつことはその国の SEDU の自律性の確保のために必要である。特にロケットの開発は安全保障上の意義が大きいため、主要国は国家の戦略的技術開発として行ってきた。近年は民間による独自のロケット開発も盛んになりつつある。

また、ロケットの打ち上げ場や通信用アンテナなどの地上インフラの開発・整備や、宇宙活動にとって障害となる宇宙デブリや太陽活動の監視（宇宙状況把握）も SEDU の一部と位置付けられる。

4. 宇宙探査・開発・利用に関わるアクターとステークホルダーのリストアップ

本報告書では、「ステークホルダー」は当該事業に対して潜在的な利害関係をもつ人々を指し¹¹、これに対して「アクター」は当該事業に対して能動的に参加する人々や組織・機関を指すものとする。ほとんどの場合、それぞれのアクターは（司法機関などの若干の例外を除けば）その事業に対する利害関係ももつので、アクターはおおむねステークホルダーと見なしてもよいが、逆は成り立たない。従って、「ステークホルダー」は「アクター」より広範囲の対象を指示する概念であると言える。例えば、衛星画像の利用という事業を考えるなら、衛星画像で撮影される側の人々は、NPO などの形で圧力をかけない限りはその事業に関するアクターではないが、潜在的にプライバシーが脅かされうるという意味でステークホルダーではありうる。

SEDU に関わるアクターとステークホルダーと一口に言っても、事業ごとに関係するアクターもステークホルダーもまちまちである。とは言え、様々な事業にまたがって繰り返し登場するアクターやステークホルダーは存在する。そうしたものをリストアップして整理しておくことで、新たな事業について考える際にもアクターやステークホルダーの見落としが生じにくくなるだろう。

¹¹ 本報告書では、「ステークホルダー」として人間および人間集団のみを念頭に置くこととする。人間以外の動物もステークホルダーであり、多くの動物が SEDU の犠牲にされてきたことは事実だが、本報告書では考察対象から外す。また、環境倫理学では、「環境」をステークホルダーに数え入れる場合があるが、ここでは考察対象には含めない。

【公的セクター】

SEDU、とりわけ探査と開発は公的セクターが主要なアクターとなってきたという意味で、様々な科学技術の中でも特徴的である。SEDU に関わる公的組織は多様であり、ステークホルダーとしても決して利害が一致するわけではない。まず、国際機関として国連、特に宇宙平和利用委員会 (COPUOS) が存在する。また、COPUOS は、外務省のサイトにおける整理を借りるなら「宇宙空間の研究に対する援助、情報の交換、宇宙空間の平和利用のための実際的方法及び法律問題の検討を行い、これらの活動の報告を国連総会に提出することを任務とし」¹²、現在は日本を含む 84 箇国が参加している。これもアクターと見なしうる。もう少し限定的な国際機関としては国際宇宙探査協働グループ (ISECG) がある。ISECG は世界 13 箇国の宇宙機関および（後述の）欧州宇宙機関が構成する団体で、各機関同士の情報交換、連携・調整、将来の国際協働による宇宙探査のためのロードマップの作成などを行っている。

地域機関 (regional organisation) として欧州宇宙機関 (ESA) がある。ESA は SEDU に参加する欧州諸国の関連機関をメンバーとする。ESA は、欧州内の宇宙計画の調整機関という意味では国際機関としての側面をもつが、米国、日本等との関係では、国家宇宙機関と同じような立場に立ち、国家と国際機関の中

間的な存在と言えるだろう。

これらの国際機関は SEDU の基本的な枠組みを設定するという意味で非常に影響力の強いアクターである。ステークホルダーという点から言えば、国際機関が、それぞれの国際機関を構成する構成国の利害を超えた独自の利害をもつかどうかははっきりしない。一つ考えられることとしては、国際機関というものが調整期間である以上、利害が適切に調整されることが国際機関の利害とは言えるかもしれない。

次に、具体的に SEDU の事業をすすめるアクターとして**各国政府・宇宙機関**がある。各国はそれぞれの国際的な位置や国内事情に応じた宇宙政策を持ち、それに基づく利害をもつ。各国政府は、SEDU の利害のあり方という点から見て、いくつかのグループに分類することができる。まず、SEDU に何らかの形で取り組む諸国と、国家としてそうした取り組みを行わない（今後も行う予定のない諸国）があり、本報告書で考察の対象とするのはもっぱら前者である（こうした取り組みを行う諸国を「宇宙活動国」と呼ぶ）¹³。宇宙活動国の中では、宇宙技術を自ら保有して能動的に SEDU 事業を行う諸国と、宇宙技術を保有せずより受動的に宇宙利用を行う諸国を区別することができる。また、本報告書では、能動的宇宙活動諸国の中では、早い時期から宇宙活動を行ってきた「先進宇宙活動国」群（現在で言えば ISS 参加国および中国、インド）と、比較的近年になって宇宙活動が目立ってきている韓国、UAE などの「新興宇宙活動国」群を区別する。なお、宇宙技術を保有しない受動的宇宙活動国の中でも、ルクセンブルクのように企業への投資を通して SEDU に積極的に関与する国もあって、国家の関わり方も多様化しつつある。

先進宇宙活動国群が宇宙開発をどのような政治的理由で進めているかについては先行研究があり、ハードパワー・ソフトパワー・社会インフラの三つの面があると言われる（cf. 鈴木 2011）が、詳しくは次項に譲る。新興宇宙活動国にとっては、これに加えて、先進宇宙活動国群の諸国がすでに作り上げた SEDU の枠組みに切り込んで行き自国の地歩を確保することも重要である。例えば宇宙資源開発について「早いもの勝ち」のルールが作られるなら、先進宇宙活動国が有利になる可能性が高いので、新興宇宙活動国側としては資源開発に制限をかけることが利害にかなうことになる。当面自国で宇宙探査や開発を進めることができない諸国にとっては、「早いもの勝ち」が制限されることだけでなく、できるだけ探査や開発の成果が共有され、利用がオープンになることが利益となるだろう。

¹² 外務省のサイト：<http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/technology/universe/copuos.html>
〔最終閲覧：2017年12月22日〕

¹³ 小塚・佐藤編（2015）での区分を利用している。

【民間セクター】

SEDU のもう一つの主要なアクターであり、ステークホルダーであるのが様々な私的組織である。SEDU に関わる私的組織として、まず、**宇宙関連の企業**がある。従来、先進国において SEDU の資金を供出してきたのはもっぱら公的機関であったが、実際のロケット等の開発のかなりの部分は私企業によって担われてきた。私企業は利益を出し続けることが必要であり、自社に経済的・非経済的利益（パブリックイメージなど）が出る形で SEDU が進められることが私企業の利害となるだろう。また、SEDU の現状においては、従来

から SEDU に関わってきた大企業だけでなく、宇宙ベンチャー企業の存在も無視できない。ベンチャー企業は大企業とは異なる資金源や経営スタイルを持ち、SEDU についてそれぞれがユニークなアプローチを提示している。従って、ベンチャー企業はアクターとしてもステークホルダーとしても大企業とは区別して考える必要があるだろう。

ELSI の対象となる他の科学技術と比して SEDU のアクター兼ステークホルダーとして目立つのが**個人投資家**である。宇宙関連のベンチャー企業の計画には巨額の投資を必要としながら成功の見込みが必ずしも高くないものが多く、投資の対象としてリスクが大きい。そのため、個人投資家が自ら事業も行うケースが目立っている。

もう一つ、見落としがちなアクター兼ステークホルダーとして **NPO など非営利団体**が存在する。非営利団体は公的機関や私企業がすくいあげることができない市民の様々な利害をくみとってその利害を満たす活動を行い、代弁する。日本においては地球と小天体との衝突についての情報収集と対策を目的としたスペースガード協会などが NPO として活動を行っている¹⁴。この他に、SEDU に関連する非営利団体としては、新しい宇宙産業の振興を目的として、民間による初の無人月面探査を競うコンテスト「グーグル・ルナ X プライズ」などを開催している X プライズ財団などがある。

また、SEDU に関連する活動を行っている**一般財団法人**として、日本宇宙フォーラム、リモート・センシング技術センター (RESTEC)、衛星測位利用推進センター (SAPC)、宇宙システム開発利用推進機構、などがある。

¹⁴ スペースガード協会のウェブサイト：<http://www.spaceguard.or.jp/ja/index.html>（最終閲覧：2017年12月22日）

【研究者・学協会および研究教育機関】

次に、主に宇宙探査に関わる（しかし宇宙開発や宇宙利用にも部分的に関わる）アクター兼ステークホルダーとして**研究者**というカテゴリーを考える必要があるだろう。宇宙科学の各分野の研究者は、探査計画の内容を考え、また予算が認められたあとはそれを実施する立場に立つ。その点で研究者は主要なアクターである。それと同時に、個々の研究者は自分の関心のあるテーマや手法での探査が進められることに対して利害をもつであろう。また、研究助成の総額が決まっていて、自分と異なるアプローチの研究に予算がつくと自分が研究費をとることができない、というような関係が成り立つ場合には、自分と異なる研究テーマが注目を集めることに対して間接的な利害をもつこともありうる。宇宙科学に限定しない研究助成について、総額が決まっているような場合には、宇宙科学の研究者だけではなく、他の分野の研究者もこうした間接的利害をもつことがあるだろう。

アクター（および場合によってはステークホルダー）として、**学協会・教育研究機関**は、個々の研究者とは区別されるべき特徴をもつ。学協会は科学技術政策に関する声明などを発表することで、科学技術政策の進路に影響を与えうる¹⁵。大学・独立研究所等の教育研究機関は、研究者の養成や雇用を通じて間接的にどのような分野の研究が振興されるかに影響を与えるほか、デュアルユース研究に関わる教育研究機関独自の

ルールの設定によって所属する研究者の研究に制限をかけることもできる。

¹⁵ 学協会によるSEDU事業への働きかけの例としては、米国物理学会などがISSの建設に対する反対意見を提出した事例や、米国細胞生物学会がISSでのタンパク質結晶の実験の中止を要求した事例がある。

【宇宙飛行士】

特殊なアクター兼ステークホルダーとして、**宇宙飛行士のコミュニティ**が存在する。有人宇宙探査・宇宙開発において、実際にリスクの多い任務につくのは宇宙飛行士たちであり、彼らの安全を確保することはそうした探査の最重要課題である。一方、もし今後有人宇宙探査が行われなくなれば宇宙飛行士という職業の存在意義にも関わることになるという意味で、宇宙飛行士コミュニティは特定の政策オプションに強い選好をもつステークホルダー集団という側面ももつ。

【市民】

最後に、SEDUのあり方を考えるだけで無視してはならないステークホルダーとして、**一般市民**を挙げることができるだろう。医療分野や身近な製品を作る工学分野と比べると、一般市民がSEDUのステークホルダーだというのはピンとこないところがあるかもしれない。しかし、まず、一般市民は納税者として、自らの払った税金がどのように使われるのかについて関心をもつであろう。例えば、宇宙探査が無駄だと考える市民は、そんなものに使うくらいなら税金を返せと思うかもしれない。また近年、今のところ規模は小さいものの、クラウドファンディングなどの形で、市民からの寄付によって研究や事業が行われるルートも増えている。この場合、市民は出資者としてその研究や事業に直接の利害関係をもつことになるだろう。また、市民は、納税や寄付をするかどうかに関わらず、社会的意思決定の主体、すなわちシチズンとしての性格をもつ。理想的には、国際機関・国家機関のSEDUのポリシーは、シチズンによる議論や意見の表明を反映する形で行われるべきである。ただ、個々の市民がアクターとして大きな影響力をもつのは難しく、実際には非営利団体などがアクターとしてそれを代弁することになるだろう。市民のSEDUに関わる価値観は多様であり、SEDUのELSIを考える場合にも、その多様性を無視することはできない。

また、宇宙利用の進展は一般市民に便益とコストをもたらす。例えば宇宙観光が事業化されるなら、それによって宇宙旅行をしたいという願いがかなえられる人々にとってはその事業は利益となるだろうが、十分な安全性が確保されないところで宇宙観光事業が認可されるなら事故のリスクもまた市民にふりかかることになる。なお、このユーザーとしての市民の中で目立つのが**富裕層**である。先に触れた個人投資家の場合と同じく、他の科学技術とくらべたSEDUの特徴として、宇宙観光旅行などの富裕層むけの事業が目玉を引く点を挙げることができる。

また、少し特殊な関わり方としては、射場の周辺住民など、地域住民としての利害関係も存在する。

5. 宇宙探査・開発・利用にまつわる倫理的・法的・社会的 配慮事項のリストアップ

宇宙探査・開発・利用（SEDU）は、様々なステークホルダーにとって、様々な帰結をもつ。そうした帰結の中には、それぞれのステークホルダーにとってのメリットやデメリットと呼ぶことができるものもあれば、権利侵害や不平等の拡大など、倫理的・法的・社会的に憂慮すべき帰結などもある。本報告書ではこれらを総称して「倫理的・法的・社会的配慮事項」と呼ぶ。具体的にどのようなメリットやデメリット、あるいは憂慮すべき帰結が生じうるかについては事業ごとに大きく異なるが、SEDU の様々な事業に横断して同じメリット、デメリット、憂慮が繰り返し登場することが十分予想される。前項と同じく、ここでもそうしたものをリストアップすることで、見落としを避けることができるだろう。

【知的・精神的メリット】

SEDU（特に宇宙探査や、宇宙望遠鏡・宇宙ステーションなどの宇宙利用）がもたらすメリットの一つに**科学的知識**がある。これは当該分野の研究者にとってだけでなく、それに興味をもつ市民にとってもメリットになりうるものである。こうした科学的知識は、(1) 宇宙探査によって得られるもの、(2) 宇宙望遠鏡観測によって得られるもの、(3) 宇宙ステーションでの実験から得られるもの、に区別される。(1) 宇宙探査は人類の存在領域／活動領域の拡大を目指すものであり、科学と完全に重なるわけではない。しかしそれは、太陽系、地球、生命の起源と進化を解明することを一つの目的として行われており、望遠鏡からの観測では知りえない情報を得ることで月科学や惑星科学の発展に大きく貢献してきた。今後の探査では、火星や木星・土星の衛星に生命の痕跡を探ることが一つの主要目的とされており、また（純粋な科学的探究ではないが）地球外資源の分布と利用可能性を調査することも重要な目的になると考えられている。(2) 宇宙の成り立ちや様々な天体の姿を明らかにする天文学は、地球、生命、そして人間がなぜこの宇宙に存在するのかという人類にとって根源的な問いに答えるものであり、人類が最も古くから取り組んでいた学問の一つである。衛星に搭載された宇宙望遠鏡は、地球大気の影響を受けない高精度かつ多波長の観測を可能にし、人類の宇宙に対する理解を飛躍的に増大させた。(3) ISS 計画では、微小重力環境を活かした物質科学や生命科学の実験が行われており、新素材や新薬の開発につながりうるとも期待されている。また、将来の長期的な有人探査を見据えて宇宙飛行士や動物を対象にした宇宙医学・宇宙行動科学の実験も行われている。

宇宙探査（特に有人探査）には科学的意義の他にも、教育的・文化的意義があると言われる。その**教育的効果**として、宇宙探査は、青少年を含む市民に科学技術へのインスピレーションを与える、ということがしばしば主張される。例えば、アポロ 11 号での月面着陸は当時の人々の多くにとって科学技術の夢を体現する出来事だったと考えられる。より身近なところでは、2010 年に日本で、はやぶさの帰還が社会現象を引き起こした。一方、宇宙探査の**文化的効果**としては、意識の変容が挙げられることが多い。ここには、実際に宇宙に行った人の変容に加えて、それがもたらす波及効果も含まれる。地球を外部から見るという体験の共有を通して人々に「俯瞰効果（overview effect）」と呼ばれる影響が生じ、それは美しい地球を守ろうという環境意識や国境を越えた普遍的な人類愛を育む、と言われる。また、アポロ計画において撮影された「ブ

ルーマール」や「地球の出」といった写真は人々の意識に多大な影響を与えたと言われる。(ただし、アポロ計画から数十年の歳月を経て、SEDU の教育的・文化的影響力が以前のように維持されているかについては疑問の余地がある。)

【政治的メリット】

鈴木(2011)は国際政治学者ジョセフ・ナイに従って、宇宙システムを「ハードパワー」、「ソフトパワー」、「社会インフラ」の三つの側面から分析している。これらのうち、前二者は国家にとっての利益と見なせる。「**ハードパワー**」とは、国家が、軍事力や経済力などにより、強制的な仕方では他国に影響を与える力を指す。宇宙技術の中でも、ミサイル技術に転用可能なロケット技術、情報収集に役立つ人工衛星などは、このハードパワーを向上させるものと見なされる。これに対して「**ソフトパワー**」とは、国家が、上記のような強制力によらず、その価値観や文化、政策などの魅力によって他国に影響を与える力を指す。SEDU はソフトパワーを高める効果が大きく、その中でも特に有人事業は高い魅力をもつとされる。

SEDU がもたらすメリットとして、多種多様な**社会インフラ**を提供する、というものがある。BS 放送や国際電話などのサービスを提供する放送・通信衛星、米国の GPS や日本の準天頂衛星システム QZSS に代表される測位衛星、気象予測や軍事偵察を始めとする様々な目的のために地球のデータを提供する地球観測衛星などがこれに該当する。これらは各国内だけでなく、(GPS に示されるように)国境を越えて人々に利益をもたらすという特徴がある。

また、SEDU は大型の公共事業としての性格をもち、**産業の育成や雇用の創出**につながる。例えば、ISS 計画が米国で 30 年間にわたって存続した理由の一つは、それが生み出す大きな雇用に対して根強い支持があったからだと言われる (cf. 佐藤 2014)。宇宙関連産業は宇宙機器産業、宇宙利用サービス産業、宇宙関連民生機器産業、ユーザー産業から成る。全世界で年間 3,000 億ドル以上の市場規模を誇り、なおも増加傾向にある (cf. The Space Foundation 2017)。日本では宇宙機器産業の売上高は 3,000 億円前後で推移しており、米国の 1/15 程度、欧州の 4 割程度である。宇宙機器産業の従業員数は、1 万人前後だった 90 年代前半をピークに減少し、2000 年代以降は 6,000 ~ 8,000 人で推移したが、近年は増加傾向にある (cf. 日本航空宇宙工業会 2017)。

【技術的メリット】

宇宙技術の中には、**地球上の課題の解決**に貢献するものもある¹⁶。例えば宇宙探査は、地球に衝突しそうな小天体の軌道をそらす惑星防衛や地球外資源開発に役立つ技術の獲得につながるとされる¹⁷。地球外資源開発や宇宙太陽光発電が実現すれば、資源・エネルギー問題への対処において何らかの貢献が期待できる。また、宇宙技術は、直接的な宇宙利用に貢献する以外の仕方でも利益をもたらす場合がある。国際宇宙探査協働グループの報告書 (ISECG 2013b) では、宇宙探査のスピンオフ技術として、太陽電池パネル、埋め込み式心臓モニター、レーザー癌治療、浄水装置、全地球搜索救難システムなどが挙げられている。

¹⁶ 国際宇宙探査協働グループ (ISECG 2013b) は、宇宙探査のもたらす利益として、「科学・技術の革新」、

「文化とインスピレーション」と並べて、「地球規模課題への新たな解決策」を挙げている。

¹⁷ 例えば、NASA が計画していたアーム (ARM: asteroid redirect mission) 計画は、無人探査機によって小惑星から岩石を採取し、小惑星の軌道を変更する実験を行った後、月近傍に移動させ、宇宙飛行士によってサンプルを採取し、地球へと持ち帰るというもので、惑星防衛と地球外資源開発の両方の技術の向上を目指すものだった (ただし、予算がつかず中止に追い込まれた)。

【その他のメリット】

これまでに SEDU は、衛星放送・通信、カーナビゲーションなどを始めとする新しい産業・ビジネスを創出することに大きく貢献してきた。今後も宇宙利用が進展し、新しいビジネスが登場することで、**経済活動のさらなる拡大**が見込める。また、宇宙旅行などの新ビジネスが普及すれば、人々に**エンターテインメント**を提供することができるようになるが、これも SEDU の一つのメリットに数えられる。

【デメリット①: コスト】

SEDU のデメリットの中で最も代表的なものはその**コスト**である。SEDU は、多額の公的資金を投入して推進される巨大科学技術事業である。特に有人プログラムは、アポロ計画の総コストが現在の換算で 1,000 億ドル以上、また ISS 計画のそれが約 1,400 億ドルにも上り、科学技術事業全体の中でも群を抜いている¹⁸。日本は ISS 計画に参加するに当たって、補給機の運用を担当し、年に約 400 億円分のコストを負担している。今後予定されている有人火星探査プログラムのコストは、その具体的内容が未定であるために正確には算出できないものの、数千億ドルに上ると予想されている。また、無人の SEDU 事業でも、そのコストは一ミッションにつき数億~数十億ドルに上る¹⁹。その一方で、SEDU 事業が民間の資金によって推進される場合、ロケット・衛星開発などのコストを低く抑えられるといった利点もあるものの、幾つかの憂慮すべき事態が生じることが懸念される。後述 (本節末尾) の倫理的・法的・社会的に配慮されるべき事態における、「商業化・民間化からの帰結」の諸事項を参照せよ。

¹⁸ Scientific American 編集部 2016。「ビッグサイエンスの実規模」、『日経サイエンス』2016年1月号, 94~95頁。

¹⁹ 探査事業では、日本の小惑星探査衛星はやぶさなどで数百億円、米国のマーズ・サイエンス・ラボラトリーのような大型の計画では 20 億ドル以上のコストになる。利用事業では、日本の気象衛星ひまわりなどで数百億円、同じく日本の準天頂衛星システムみちびきのような大がかりな衛星システムの整備は (地上システムを含めて) 数千億円に達する。また、ハッブルやジェームズ・ウェッブのような大型宇宙望遠鏡計画も数十億ドルの費用がかかる。

【デメリット②: 環境リスク】

また、SEDU がもたらすデメリットの一つに様々な種類の**環境リスク**がある。その中でも最も懸念されるのが、スペースデブリの増加に伴うリスクである。デブリの衝突事故が起これば、防衛システムを含む社会インフラにダメージが生じ、また宇宙ステーションなど軌道上に滞在中の宇宙飛行士の身に危険が及ぶ。2007年に中国が行った ASAT 実験や、2009年に起きたロシアの軍事通信衛星と民間企業の通信衛星の衝突事故では、大量のデブリが発生し、宇宙空間の事故リスクが増大した。

地球および他の天体の汚染も懸念される環境リスクである。宇宙条約では、地球外環境の有害な汚染を防止することが定められている²⁰。特に、火星やエウロパ、エンケラドゥスといった生命のいる可能性がある天体に関しては、科学的小および倫理的な理由で、探査の際の汚染防止（「惑星保護」と呼ばれる）のためのガイドラインが定められている。だが、火星などへの有人探査の場合、一定程度の汚染は不可避と考えられる。

²⁰ 『月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約』第9条：「条約の当事国は、月その他の天体を含む宇宙空間の有害な汚染、及び地球外物質の導入から生ずる地球環境の悪化を避けるように月その他の天体を含む宇宙空間の研究及び探査を実施、かつ、必要な場合には、このための適当な措置を執るものとする」。

【デメリット③：人的リスク】

このほかに**人的リスク**も、SEDU のデメリットの一つに数えられる。有人宇宙事業において宇宙飛行士や民間宇宙旅行参加者が被るリスクには、事故、宇宙放射線被曝、長期宇宙滞在による健康被害（生理的影響に加えて、閉鎖環境下のストレスのような心理的影響を含む）などがある（詳細は第 7.2 項を参照せよ）。これまでのところ宇宙技術によって広範囲の人々に直接の危害が及んだ事例はほとんどなく、有人事業以外では人的リスクは重要な課題とは考えられていない。しかし、中国の長征 3 号 B ロケットが打ち上げに失敗し、近隣の村に墜落した事故（1996 年）では、詳細は不明ながら多数の犠牲者が出たと言われる。また、原子力電池を搭載した人工衛星の打ち上げ失敗事故や墜落事故により、（いずれも犠牲者はなかったとされるものの）放射能汚染が生じたことがある²¹。

²¹ 原子力電池を搭載した米国の軍事衛星トランジットの打ち上げ失敗事故（1964 年）では、プルトニウムの放出が認められた。また、ソ連の海洋偵察衛星コスモス 954 号およびコスモス 1402 号の墜落事故（それぞれ 1978 年、1983 年）では、放射能を帯びた部品が広範囲に飛散した。

【その他のデメリット】

この他に、射場周辺の住民や漁業関係者などの**地域住民**が宇宙機の打ち上げ等によって**受ける害**も、SEDU がもたらすデメリット（一種の公害）である。例えば、日本では過去にロケットの打ち上げを巡って漁業関係者が激しく反対したことがある。また、SEDU による地球外環境への介入は、文化的な観点からも懸念されうる。宇宙空間やそこにある天体には文化的に重要な意味づけが与えられている場合があるが、宇

宙開発・利用（特に宇宙観光や月面葬、人工流れ星などの宇宙ビジネス事業）が成長すれば、それらが何らかの形で損なわれかねないという懸念がある²²。

²² 例えば、日本の企業などが企画した「ロンギヌスの槍を月に刺すプロジェクト」は、クラウドファンディングで目標額に届かず実施されなかったが、月が文化的重要性をもち、信仰の対象にもなっていることを背景として、議論が起きた。

【倫理的・法的・社会的に憂慮すべき帰結】

SEDU は各ステークホルダーにとってのメリットやコスト・デメリットとは別に倫理的に望ましくない問題をもたらす場合がある。また、直接にはあるステークホルダーにとってのデメリットではあるけれども、同時に社会的にも守られるべきと考えられる権利の侵害でもあるような事項は、単なるデメリットとして扱うべきではない。

まず、宇宙利用の進展にともなって、新しい形の**プライバシーの侵害**が生じる可能性がある。GPS をはじめとする測位システムからは対象となる機器の持ち主の居場所についての非常にセンシティブな情報を収集することが可能であり、利用の仕組みのあり方次第では大きなプライバシーの侵害につながりうる。画像衛星から得られる情報も、画像の解像度次第では十分センシティブな情報となりうる。今後新しい宇宙利用の形態が登場して来る際にも、それが何らかの形で個人に関わる情報を扱うならば、同様の懸念が発生する可能性を考慮に入れておく必要がある。

次に、いわゆる**デュアルユース**もまた倫理的・社会的憂慮の対象となる事項である。「デュアルユース」は伝統的には軍事目的にも民生用の目的にも利用できる技術を指すが、近年はテロリズムに直接応用可能な技術もデュアルユースに含めることが多い²³。科学者が軍事研究に携わることは許されるかという問題は科学者倫理の大問題の一つであり、その一環としてデュアルユースの可能性のある研究も倫理的に疑問視されてきた。SEDU は、軍事利用に関わる伝統的な意味においても、テロリズムを含む新しい意味においても、デュアルユース可能な技術を開発・利用している。例えば、衛星画像技術や測位衛星はそもそも軍事技術であるが、商業リモートセンシングを通じて、かつて米ソが機密情報としていた衛星画像をテロリストが入手するといった、新しい脅威も生じている。また衛星利用の拡大と衛星制御技術の進展は、テロリストが各種の衛星に対して物理的攻撃を行う蓋然性を高め、その結果衛星サービスに依存する人々の生活を混乱させる懸念を増大させている。また民間ロケット技術の進展は、ミサイル技術管理レジームのような国際秩序の一角を侵食する恐れがある。

これと関連するのが、**宇宙利用に関わる脆弱性**の問題である（鈴木 2011: 13-15）。衛星システムなどの宇宙技術は、広範囲にサービスを提供することができ、グローバルな利用可能性をもつが、同時に特定のアクターの利害関心に由来する脆弱性もちうる。例えば、米国の GPS は他国や民間企業にも利用を開放されているが²⁴、仮に米国が戦時体制に入って GPS の利用を制限した場合、広範囲に被害が生じる。これは、宇宙技術を提供する側にとっての倫理的問題と、そうした技術を利用する側にとっての社会的問題とを提起する。

もう一つ、倫理的・社会的な憂慮の対象となりうる事項として、各種の**分配の公正さ**に関する問題がある。特定の人々だけが得をしたり、あるいは特定の人々だけに負担が集中したりする政策は不正なものと思なされうる。こうした公正な分配の問題は、様々なアクター・ステークホルダー間で発生しうる。まず、一般論として、世代間での利益と負担の公平な分配の問題がある。これは環境倫理でしばしば取り上げられる問題であり、現在世代が資源を使い切ってしまうことや、現在世代が残した汚染が将来世代にとっての負担となることについて、先に生まれたというだけで現在世代が得をするのは不公平ではないかという議論がなされる。同じ議論は地球外資源やデブリにも適用されうる。同種の不公平さの問題は、世代間だけでなく国家間でも問題となりうる。宇宙活動国と非宇宙活動国の間での地球外資源開発の利益分配のあり方、先進宇宙活動国と新興宇宙活動国に間でのデブリ発生抑制・除去の責任の分配のあり方などが問題となりうる。第三に、政府と企業の間でも公平さが問題となりうる。同じ宇宙開発という事業に政府と私企業が取り組むとき、単純に競争するなら政府の方が有利である。そうした状況において、私企業の側から、単純に競争させられるのは不公平だとして、政府活動の制限や私企業の活動への公的な援助や便宜を求める陳情が行われることがある。この種の不公平さを倫理的・社会的問題と見なすなら、それもまた配慮すべき項目になる。

これに加えて、**商業化・民間化からの帰結**がある。SEDU 事業が公的資金以外の手段で推進されるようになると、以下のような問題が生じることが予想される。まず、寄付やクラウドファンディングによって SEDU のコストが賄われる場合、市民に人気のある一部の事業に資金が集中し、他の重要な事業が推進できなくなる恐れがある。また、民間の企業や団体によって何らかの SEDU 事業が推進されることで、科学目的の事業にとって障害となるような影響が生じる恐れがある。例えば、民間の火星旅行によって火星環境の汚染が生じ、火星での生命探査が阻害される、といった事態が考えられる。さらに、SEDU の中でも科学的性格の濃い事業の場合、将来的に民間企業によってそれが推進されるようになると、(医療研究の分野でそうだったように) 研究成果に特定の企業にとって有利なバイアスがかかることや、(軍事研究や既存の民間科学研究の分野でそうであるように) 研究成果が公開されなくなることが起こりうる。これらの事態は科学研究が有すべき利害中立的・公共的な性格を損なうため、配慮を要する。

²³ 米国国立衛生研究所 (NIH) の「Dual Use Research」の定義などを参照。

NIHのウェブサイト：

<https://oir.nih.gov/sourcebook/ethical-conduct/special-research-considerations/dual-use-research> (最終閲覧：2017年12月22日)

²⁴ 日本のように独自の測位衛星システムを保有する国も、現在のところ、当該システムと GPS を組み合わせて利用することが常である。

6. 宇宙探査・開発・利用がもつ倫理的・法的・社会的含意の俯瞰図

A 事業のタイプ

宇宙探査

有人探査
無人探査

宇宙開発

輸送技術開発
衛星技術開発
地上インフラ開発・整備（射場など）
宇宙ステーション・宇宙基地開発
・宇宙ステーション
・月面基地

宇宙利用

科学利用

- ・宇宙望遠鏡
- ・宇宙ステーション・宇宙基地での科学実験

インフラ利用

- ・測位
- ・放送・通信
- ・リモートセンシング（地球観測・宇宙観測）

資源・エネルギー利用

- ・宇宙太陽光発電システム（SSPS）
- ・小惑星資源開発

その他の商業利用

- ・民間宇宙旅行（サブオービタル飛行・軌道飛行）
- ・宇宙広告
- ・宇宙葬

B アクターとステークホルダー

公的セクター

国際機関

- ・国連（特に COPUOS、国連宇宙部）
- ・国際宇宙探査協働グループ（ISECG）
- ・欧州宇宙機関（ESA）

各国政府・宇宙機関

- ・宇宙活動国
 - 能動的宇宙活動国（先進・新興）
 - 受動的宇宙活動国
- ・非宇宙活動国

民間セクター

企業

- ・大企業
- ・ベンチャー企業

投資家

非営利団体
一般財団法人

宇宙飛行士

一般市民

納税者として
シチズン（社会的意思決定の主体）として
地域住民として
富裕層

研究者・学協会 および教育研究機関

宇宙科学の各分野

- ・天文学・惑星科学
- ・宇宙工学
- ・宇宙環境利用科学

宇宙科学以外の諸分野

その他

テロリスト、ハッカー

C 倫理的・法的・社会的配慮事項

メリット

知的・精神的メリット

- ・科学的知識
 - 宇宙探査で得られる知識
 - 宇宙望遠鏡で得られる知識
 - 宇宙ステーションで得られる知識
- ・文化的効果（意識の変容）
- ・教育的効果（科学技術へのインスピレーション）

政治的メリット

- ・対外的
 - ハードパワー・ソフトパワー
- ・対内的
 - 社会インフラ・産業の育成・雇用の創出

技術的メリット

- ・技術的スピノフ、イノベーション
- ・地球上の課題の解決につながる技術の発展
 - 資源・エネルギー（地球外資源、宇宙太陽光発電）
 - 惑星防衛

その他のメリット

- ・経済活動の拡大
- ・エンターテインメント

デメリット

コスト

- ・公的資金
- ・民間資金
（→下記の「商業化・民間化からの帰結」を参照）

人的リスク

- ・宇宙飛行士のこうむるリスク
 - 事故
 - 生理的影響（放射線被曝など）
 - 心理的影響（遠隔的・閉鎖的環境のストレスなど）
- ・広範囲の人々がこうむるリスク

環境リスク

- ・宇宙デブリ
- ・コンタミネーション

その他のデメリット

- ・文化への侵犯
- ・地域住民のこうむる公害

その他の倫理的・法的・社会的に憂慮すべき帰結

プライバシーの侵害

デュアルユース

特定のアクターが提供するサービスに依存することに由来する脆弱性
利益と責任の不公平な分配

- ・国家間の分配
- ・政府 - 企業間の分配
- ・世代間の分配

商業化・民間化からの帰結

- ・分野間の偏ったリソース分配
- ・民間事業による科学研究の阻害
- ・研究成果へのバイアス、研究成果の秘匿

7. 個別トピックに関する考察

本節では、SEDUに関する個別の倫理的・法的・社会的課題について論じる。こうしたトピックは数多くあるが、本報告書ですべてを扱うことはできない。例えば、SEDUに伴って生じる主要な倫理的・法的・社会的課題の一つにスペースデブリの問題があるが、ここでは取り上げない²⁵。

²⁵ スペースデブリの問題の技術的側面に関しては、加藤（2015）の詳細な研究がある。

7.1 宇宙探査への公的投資の問題

【現在までの状況と知見】

宇宙探査は莫大なリソースを必要とする巨大科学プログラムの一つであり、無人ミッションでも数億～数十億ドル、有人ミッションではさらに高額のコストがかかる。アポロ計画やISS計画などの大型有人プログラムのコストは全体で1,000億ドル以上にも達する。このため宇宙探査への公的投資は、そのプライオリティ、他の様々な事業と比較したリソース配分のバランス、そして有人プログラムの場合には無人プログラムと比較した費用対効果の観点から、その正当性を疑問視されうる。

その一方で、宇宙探査には様々な意義があると言われている²⁶。まずそれは、天文学や惑星科学などの宇宙科学に貢献してきた。だが、宇宙科学は知的好奇心によって駆動される「純粋科学」であり、社会にどんな利益をもたらすかは見てとりにくい。特に有人探査の場合、無人機に見られない機動力や臨機応変な対応力といった利点があると言われるが、無人探査とのコストの違いを考慮すると、科学的な費用対効果の観点からも疑問がある。米国やソ連などの国家が有人探査に巨額の資金を投じてきたのは主として国威発揚や国際協調といった政治目的のためであり、直接的な技術的・軍事的・経済的見返りもまたほとんど見込めないとししばしば言われる（cf. 鈴木 2011）²⁷。さらに宇宙探査には、科学的・政治的意義以外にも、人々に科学技術への関心を抱かせるという教育的意義や、人々の意識の変容をもたらすという文化的意義があると言われるが、これらの計測・評価は容易ではなく、また時代の変化に伴って妥当性を失ってはいないか検討する余地もある。

宇宙探査への公的投資に反対する意見の代表的なものとしては、宇宙探査よりも貧困問題や環境問題のような地上の課題の解決を優先すべきという意見や、SEDU事業の中でも衛星システムのような社会インフラの整備を優先すべきという意見がある。特に国民の生活水準が低い国々では宇宙探査に多額の資金を費やすことは正当性を欠くものと見なされうるが、日本などの先進国でも社会的課題が山積している状況では同様である。有人探査に関しては、上記のものに加えて、研究者から、より費用対効果の高い無人探査に集中すべきだという意見や、有人宇宙探査よりも他の分野にリソースを回すべきだという意見が提起されうる。

宇宙探査は概ね先進宇宙活動国間の国際協調の下で進められてきたが、2024年に予定されているISS計画の終了後に状況が大きく変わっていくことが予想される。ISS計画不参加の中国は現在も独自の有人宇宙ステーション（「天宮」）計画を推進し、また有人月探査を計画している。これに対して米国も月や火星を目標とした有人探査計画を推し進める姿勢を示している。こうして、かつての米ソのように米中間で宇宙開発競争がヒートアップしていく可能性があるが、そうなったときに日本を含む他の国々はどこまで付き合うかが問われる。

なお、当面のところ国家の支援なしに民間の有人宇宙活動が発展しうるかは疑いの余地があるが、野心的な有人宇宙活動計画を提案する民間企業・団体も登場してきており（第7.5項を参照）、いずれは世界的に有人宇宙活動が民間主導のものへと移行していく可能性もある。

²⁶ 例えば米国研究評議会の報告書（NRC 2014）は、有人宇宙探査の意義として、①「経済的利益」、②「国家安全保障」、③「国家威信および国際関係」、④「学生や市民へのインスピレーション」、⑤「科学的発見」、⑥「人類の存続」、および⑦「人類共通の探査への運命と野心」の7つを挙げている。

²⁷ 無論、有人宇宙探査を通して有人宇宙技術は進歩するが、そうした技術が費用に見合うだけの地上での応用可能性をもつかは疑問視されている。

【今後予想されるケースと帰結】

ここでは、日本が有人宇宙探査にどう関わるかに話題を絞り、今後予想されるケースを三つに整理し、それぞれの帰結を考察する。

第一のケースは、ISS計画に参加したときのように、米国を始めとする他国と協調して国際的な有人プログラムに参加し、得意分野を活かしてその一端を担っていく、という国際協調路線である²⁸。この路線を採ることは、限られた分野内での有人宇宙技術の継承と発展、国際的なプレゼンスの維持といったメリットがある。ただし、国際的な有人プログラムの拡大と進展に伴って、これまで以上のコストがかかるというデメリットもある。

第二のケースは、有人プログラムに参加せず、無人プログラムに集中する、という撤退路線である。この路線を採ることのメリットとして、無人に集中することでより多くの科学的成果や経済的・技術的・軍事的利益が得られる見込みがある。その一方で、デメリットとして、これまでに培われた有人宇宙技術が継承されず、参加国に技術面で後れを取ることが予想される。また、宇宙開発に関する国際的な発言力が低下する恐れもある。さらに、有人探査を望む一定の割合の国民が不満を抱くことも予想される。

第三のケースは、大型ロケットや有人宇宙船を建造し、日本独自の有人プログラムを推進する、という独自推進路線である。この路線のメリットには、技術面でのリードに加えて、国際的なプレゼンスや国民のプライドの高揚が挙げられる。しかし、巨額のコストをどのように捻出するかが大きな問題となる。科学目的の無人探査や社会インフラに関わる宇宙開発を大きく圧迫する、国民の負担が増大する、といった甚大なデメリットが生じる見込みがある。

【関係するステークホルダー】

関係するステークホルダーとしては、まず宇宙探査のパトロンであり、かつその成果の享受者でもある**市民**が挙げられる。宇宙探査への公的投資の是非を問う上で、彼らの意思を無視することはできない。ただし日本では、（第2.2項で述べたように）ほとんど世論調査が行われておらず、その意思は明らかでない。次いで重要なのは、**宇宙科学の研究者**である。純粋科学に属す宇宙科学にとって資金調達的手段は限られており、宇宙探査への公的支援が得られることは関連する分野の研究者にとって大きなメリットとなる。しかし、宇宙科学は多様な分野から成り、宇宙探査から利益を得られるのはその一部に過ぎないこと、そして有人探査の場合その科学的な費用対効果に疑問があること、には注意が必要である。有人探査に多額の投資が行われる場合、それと予算の面で競合する他の宇宙科学分野の研究者が最も大きな不利益をこうむりうる。同様に**宇宙科学以外の研究者**も、宇宙探査に多額の投資がなされた場合、自らの分野の予算が削減されることで不利益をこうむりうる。SEDUが産業の育成や雇用の創出につながる公共事業という側面をもち、特に有人宇宙探査は巨大大事業であることから、関連する技術開発に携わる**民間企業の関係者**もまた、ステークホルダーとなる。以上に加えて、宇宙探査への公的支援を強く望むステークホルダーとして、**宇宙飛行士**が挙げられる。

²⁸ 2017年6月にJAXAが表明した方針では、大型ロケットや有人宇宙船は開発せず、深宇宙補給技術、有人宇宙滞在技術、重力天体着陸技術、重力天体探査技術などで国際探査計画に貢献していくことが提案された。注6も参照せよ。

文部科学省のウェブサイト：

www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/071/shiryo/1387901.htm（最終閲覧：2017年12月22日）

【重要になるだろう課題】

今後の宇宙探査への日本の関わり方を考える上では、まず市民が宇宙探査にどんな関心と期待をもっているかを調査することが必要である。ただし、日本国民の間ではこの問題に関する明確な意思がない見込みが大きいため、まず公共の議論を喚起していく努力が要求される。その上で、宇宙探査の巨額のコストが社会の様々なニーズを考慮した上で許容できるものかどうかを検討することになる。

この際には、宇宙進出は人類の運命ないし進化の必然であるとか、人間に本来的に備わった未知の世界への好奇心を発揮することが宇宙探査の本質的価値だなどといった、一部の人々の私的価値観に依拠した非科学的ないし疑似科学的な主張に対して、批判的な目を向けることが必要である。鍵になるのはむしろ、様々な価値観をもった社会の成員の誰もが享受しうる公共的価値が宇宙探査にどれだけ認められるか、それが一部の宇宙ファンだけでなくより広範囲の市民層から継続的な関心を得られるか、そして他の重要な事業を圧迫することなくそれを推進することが可能か、といった点である。

以上の点の検討と並行して必要になるのは、「夢」という曖昧な表現で言い表されてきた宇宙探査の価値を、宇宙の人文社会科学の新しいアプローチを用いて分析し、より明確な仕方で定式化する作業である。こ

の作業は、宇宙探査に関する議論のフレームを設定するのに役立つだろう。また、宇宙探査への投資の正当化根拠として実現性の不明確な「夢」が引き合いに出されることが頻繁にあるため、そうした説明の仕方に対する政策立案者・研究者コミュニティの責任について考察を加えることも、健全な議論が行われるために重要である。

さらに今後は、ニューススペースの登場に伴って生じた新しい課題として、公的投資のあり方について再考することも要求される。と言うのも、民間企業にできること／できないことが大きく変われば、政府と民間の役割も変化するからである。ただし、前述（第5節）のように、将来的に有人宇宙活動の民間への移行が実現した場合、科学探査が阻害されたり、科学研究の利害中立性・公共性が損なわれたりする危険性があるため、それらの事態を予防する措置についての議論も必要になる。

7.2 有人宇宙探査・開発・利用に伴う人的リスクの問題

【現在までの状況と知見】

有人宇宙探査・開発・利用（以下「有人SEDU」）は、基本的に実験的な性格の強い活動であり、危険はつきものである。そうした生命や身体へのリスクを適切に管理することは有人SEDUに関わる多くのステークホルダーにとって非常に重要である。

まず、有人SEDUにまつわる生命・身体のリスクを列挙する。これまでに有人宇宙探査で生じた人的被害は飛行中の事故6件、死者19名、重傷1名、とされている²⁹。その他地上訓練中の事故なども存在する。健康リスクのうち大きなものとして放射線被曝がある。宇宙放射線は地球の大気と磁場にはばまれて地上には届かないが宇宙空間では十分な遮蔽が得られない³⁰。宇宙ステーションでの被曝は1日当たり0.5～1ミリシーベルトと言われており、これは地上生活で数ヶ月～半年程度に相当する。このため、宇宙飛行士については生涯での被曝量に関して放射線被曝管理が行われている。また、宇宙での活動においては、微小重力で生活することに由来する健康問題もよく知られている。これについては宇宙医学において従来より研究が行われている³¹。その他作業中の怪我、病気等もある。これはもちろん宇宙活動に特有というわけではないが、宇宙空間であるために対応が難しくなることはありうる。さらに、宇宙に長期滞在することによる精神への影響も、一種の健康リスクと捉えることができる。

こうしたリスクが存在する以上、宇宙活動に従事する宇宙飛行士（および今後増えてくると予想される民間宇宙飛行参加者）の保護のあり方、同意の取り方など気をつけるべき点は多い。

²⁹ 内訳はソユーズ1号（1）、11号（3）、X-15 3号機（1）、チャレンジャー号（7）、コロンビア号（7）、スペースシップツー（死亡1、重傷1）である（括弧内の数字は人数）。

³⁰ JAXAのウェブサイト：<http://iss.jaxa.jp/med/research/radiation/>（最終閲覧：2017年12月22日）

³¹ 宇宙医学の現在の成果については、藤高ほか編（2004）および立花監修（2016）を参考とした。

【今後予想されるケースと帰結】

SEDUの今後の展開のうち、人的リスクと関わりが深いと思われるのが、有人宇宙探査・開発の進展である。宇宙探査の側では、国際宇宙探査協働グループ（ISECG）のロードマップでは月近傍の有人長期滞在、小惑星および月面の有人探査、有人火星探査といった項目が盛り込まれている。宇宙開発の側では、ISSは2024年で利用終了が予定されているもののその後継計画が始動することも十分考えられる。中国も有人宇宙ステーション計画（「天宮」計画）を推進している。

過去の宇宙探査・開発関係の人身事故例がそれぞれの技術の開発初期に集中していることから明らかなように、新規の領域へ探査を広げるとき当然事故リスクは高くなる。また、地球・月圏を超えて小惑星、火星等へ向かう場合、まったく事故がなくても放射線被曝量は増える。2年半の火星への有人ミッションでの総被曝線量は1 Sv（1000mSv）にのぼると見積もられている³²。

SEDUの今後の展開の中で、もう一つ注目すべき人的リスクファクターは、民間の参入である。民間SEDUが一概にリスクが大きいとはもちろん言えないが、一般論として民間では限られた開発環境や予算規模の中で宇宙開発を行わねばならなくなることは十分考えられる。また、現在すでに始まっている民間宇宙旅行がこれからの数十年で大きな産業となっていくことは十分考えられるが、宇宙活動国の正規のトレーニングを受けた宇宙飛行士以外の人々（民間宇宙飛行士、民間宇宙飛行参加者）などが宇宙活動に参入することで、これまでとは別種の人的リスクも発生する可能性がある。具体的には、民間宇宙飛行士が増えていくことでトレーニングの質にばらつきが生じる可能性、宇宙旅行をする一般人には宇宙飛行士ほど厳しい選抜が行われないために事故やトラブルが生じるリスクなどが予想される。さらに、宇宙旅行参加者の多様化にともなって、宇宙での妊娠・出産など、これまでの宇宙飛行士の活動では考える必要がなかったタイプの事象も今後生じてくるだろう。

³² 保田浩志の見積もりによる。

講演資料：https://www.usss.kyoto-u.ac.jp/etc/symp4/usss_yasuda.pdf（最終閲覧：2017年12月22日）

【関係するステークホルダー】

人的リスクの問題に関わるステークホルダーとして、まず、**宇宙飛行士**が挙げられる。宇宙飛行士という仕事を自ら選択する時点で、ある程度のリスクは受け入れる心の準備はあるものと思われるが、少なくともどんなリスクがあるかについて理解した上で宇宙活動に参加することは宇宙飛行士にとっても重要な利害となるだろう。

次のカテゴリーとして、**有人SEDUに参加する一般人**がいる。本報告書が射程とする数十年のスパンにおいて宇宙旅行が安全な移動手段として確立することは考えにくいので、そうした参加者はリスクの大きい活動であることを理解して参加することになるだろうが、許容されるリスクの大きさは当然ながら業務として宇宙活動に参加する宇宙飛行士とは異なるものとなるだろう。そうした一般人の立場からは、例えば民間SEDUの許認可制などでリスクの削減が行われることが重要な利害となりうる。

宇宙活動国と民間企業は有人SEDUを行う主要なアクターとして、その活動がうまくいくことに対する強い利害関係をもつ。国家にとって、有人宇宙活動を成功させることは大きなソフトパワーを生むと考えられるが、他方、チャレンジャー号やコロンビア号の事故などのように大きな事故はそのソフトパワーをかなり損なう結果となりうる。宇宙事業を営利で行う民間企業にとっても、事故をはじめとする人的リスクはその事業の存続を脅かす重大な脅威である。ただし、民間の場合、営利として宇宙事業を成り立たせるためには過度の安全対策もまた事業の営利性を脅かす可能性がある。

直接有人SEDUに参加しない一般市民も、納税者として、また主権者として、有人SEDUのステークホルダーとなりうる。市民は、自分たちの納税したお金で行われる活動において人的リスクが生じることを好まないかもしれない（前項と同様、これについてもきちんとした世論調査が必要であるが、現状ではそもそも多くの人々がこれについて考えていない可能性が高い）。また、税金によって行われる事業でなくとも、危険な事業が民間で行われることもまた市民の望まないところであるかもしれない。その場合、上で述べた民間宇宙事業の許認可制は直接の利用者以外にとっても利害となりうる。

【重要になるだろう課題】

以上のような考察から、今後重要になっていくだろう課題がいくつか浮かび上がる。まず、リスクのある有人SEDU活動へ従事する宇宙飛行士・民間宇宙飛行参加者のインフォームド・コンセントのあり方が問題になるだろう。その前提として、前項と同様、公論の喚起と、それに基づく世論の調査も必要となる。さらに、リスクのある有人SEDUについての公的意思決定の仕組みの整備や意思決定の内容（例えば民間宇宙事業に許認可制をとるかどうか、どのくらい厳しい条件を課すかなど）も重要となる。さらに、リスクを公的問題ととらえるなら、新技術開発初期の大きな人的リスクをできるだけ軽減するために、先進宇宙活動国群から民間や新興宇宙活動国群への情報公開・技術移転に伴う課題への取り組みも今後のアジェンダとなりうる。

それと並行して、有人SEDUのリスク低減のための技術開発や、保険制度の整備を含めたリスクへの対処方法の研究も進められる必要があるだろう。これについては、関係する研究者や、学協会・教育研究機関などが主体的に研究を進めていくことが求められるだろう。

7.3 宇宙資源の開発・利用から生じる問題

宇宙資源の開発・利用（以下、資源SEDU）とは、宇宙に所在する天然資源を人類の利益になる仕方に取り扱うことであり、人類がSEDUに着手した当初から存在していたほど長い歴史をもつ構想である。この宇宙資源として、例えば静止軌道や太陽光なども挙げられうるが、ここでは近時に話題となっている月ならびに地球近傍の小惑星に埋蔵されている水や鉱物などに対象を限定し、その開発・利用から生じる問題について検討してみたい。

【現在における知見・状況】

資源SEDUの中でも、周知のように、科学研究のための小規模なサンプル採取は、既に実現されている。

他方、宇宙空間における宇宙機の動力源としての利用や人間の生命維持等のための利用など、ある程度の規模の開発は近い将来に可能であるが、地球上での資源枯渇へ対応するための開発は、費用対効果に見合うような輸送技術が整備される必要があるという点を鑑みるに、当分先の出来事であろうというのが現時点での見通しである。

資源SEDUは、今日まで継続的な発展を遂げてきた（Jakhu et al. 2017: chs.5-9）。これまで、この計画を主導してきたのは、能動的宇宙活動諸国であった。例えば、米国や旧ソ連による月の岩石の採取に始まり、近時では、日本のはやぶさによる小惑星イトカワのサンプル採取が記憶に新しい。さらに、中国やインドなどもまた、この活動に着手し始めている。しかし、最近では、宇宙ベンチャーと呼ばれる民間企業もまた、営利を目的に独自の取り組みを進めている。そして、この動きに合わせて、その国内に多くの宇宙ベンチャーを抱える米国や、さらにはルクセンブルクのような受動的宇宙活動国が、特別の立法を通じてその実現を背後から監督・支援を試みている。なお、日本でも、この事業への参入を検討している企業が存在しており、近いうちに対応が求められることになるだろう。

ところが、このような資源SEDUの発展に比べて、その実施をめぐる国際的な法的規律は、現時点では不十分な状態に止まっている（Tronchetti 2009）。例えば、「宇宙条約」では、第1条の「科学調査の自由」や第2条の「領有禁止」、そして第9条の「環境保全義務」等の関連する規定は存在するものの、宇宙資源それ自体に関する規定は存在せず、その取り扱いは基本的に曖昧な状態である³³。他方で、「月協定」は、上記と同様の内容を持つ規定に加えて、第11条で宇宙資源を「人類の共通遺産」とし、特別のガバナンスの枠組の下でのみ、非宇宙活動諸国の利益にも配慮するなどの条件で開発を可能とする旨を定めるが、そもそもこの条約自体が米国など先進宇宙活動諸国の支持を得ておらず、それゆえ実効性を欠いた状態にある。

なお、資源SEDUをめぐる望ましい法的規律のあり方をめぐっては、とりわけ上述の米国およびルクセンブルクによる立法の導入を契機として、各国のあいだで見解の相違が表面化した。そこで、COPUOSは、2017年に新たに「宇宙資源の探査・開発・利用における潜在的な法的モデルに関する意見交換」を議題として設定し、この問題に継続的に取り組んで行くこととなった。資源SEDUは、このようにして、人類の宇宙との関わりをめぐる、国際的に活発な議論が交わされるべき主題の一つとして認識されるに至ったのである。

³³ なお、「宇宙条約」が、その第2条により、宇宙空間（天体の全部および一部も含む）に対する所有権の可能性を排除している点について、大方の見解の一致がある事実、ここで言及しておくのが適切であろう（もちろん、この条文それ自体を問い直すことも可能である点に留意する必要がある）。目下の問題は、この条文が宇宙資源に対する所有権の可能性までも排除されているか否かであり、この点が現時点では曖昧なのである（International Institute of Space Law 2015）。そして、この点が、各国の資源SEDUをめぐる見解の相違の一部を構成している。

【今後予想されるケースと帰結】

資源SEDUについては、幾つかの分析の観点を用意することができる。そして、今後発生することが予想

されるケースとその帰結は、これらの複数の要素の組み合わせにより多様に描き出されうる。

初めに、その「アクター」の観点からの分析が可能である。まず、公的セクターとして、国家が考えられる。ここでは、先進宇宙活動諸国や新興宇宙活動諸国などの能動的宇宙活動諸国が単独または共同で、さらには非宇宙活動諸国なども巻き込んで、という場合が想定される。加えて、国際機関や地域機関も一応は挙げられよう。また、民間セクターとして、民間企業やNGOも考えられる。もちろん、公的セクターと民間セクターの協働という形もありうる。

続いて、その「目的」という観点からの分析も可能である。一方で、営利目的が考えられる。宇宙資源を採掘・精製し、売却することで経済的利益を獲得することを目的とする場合がこれに当たる。他方で、非営利目的も想定される。宇宙探査や学術調査など、公共的な利益に資するために消費することを目的とする場合がこれに当たる。

加えて、その「利用場所」の観点からの分析が可能である。基本的には、宇宙空間において利用するという事態と、地球上において利用するという事態の二通りが想定できるだろう。

最後に、その「ガバナンスの枠組」の観点から分析も可能である³⁴。第一に、そもそも、この主題についてガバナンスの枠組が存在しないという事態が想定されうる。第二に、一部の開発技術を備えるアクターが集まり、その内部でガバナンスの枠組が構築される事態が考えられる。第三に、開発に関与しない主体も関与した、普遍的なガバナンスの枠組が成立する事態もまた可能である。

資源SEDUをめぐる今後予想されるケースとその帰結につき、その全ての可能性を列挙することはできない。ここでは、最後の観点を軸にして、ひとまず三種類のケースを考えてみよう。

- (1) ISS諸協定のような特別に設立されたガバナンスの枠組の中、その枠組が定める規則や手続に沿って、複数の先進宇宙活動諸国が共同で、月面での探査・学術調査を実施するために基地を運用する目的で、月に埋蔵されている水資源を開発・利用する。

このケースでは、月面での探査が容易となることで科学研究の進展が期待できる反面、一部の先進的な諸国家が開発環境を独占し、あるいは、月面の環境が大規模に改変されるなどの事態が生じうる。

- (2) なんらの特別のガバナンスの枠組も存在しない中、個別の宇宙ベンチャーが、地球上に持ち帰って国家や企業など自らの顧客に売却する目的で、小惑星に埋蔵されている希少鉱物資源を開発・利用する。

このケースでは、地球上で人類にとって利用可能な資源の量が増加する反面、開発の過程で学術活動が阻害される可能性がある、あるいは、一部の人々がその利益を独占する恐れがある。加えて、企業間の紛争が多発し、さらに、その企業の所在国が保護と称して介入し紛争を悪化させる危険もある。

- (3) 「月協定」の想定するような普遍的なガバナンスの枠組の中、その許可を得た限りにおいて、課された条件を遵守する形で、あらゆる種類のアクターが、その任意の目的の下で、月および小惑星に埋蔵されている鉱物資源および水資源を開発・利用する。

このケースでは、非宇宙活動国も宇宙資源から何らかの利益を享受する状態が作られやすい反面、開発を実施する主体、とりわけ企業に対して、開発をめぐる負のインセンティブを与える可能性がある。

³⁴ より詳細な「ガバナンスの枠組」の観点からのケースの策定および分析については、月資源開発に主題を特化したものであるが、木下代表（2009: 336-46）が参考になる。

【関係するステークホルダー】

資源SEDUに関わるステークホルダーは、その各々が独自の利害を有している。ここでは、代表的なステークホルダーとその利害を列挙しよう。

まず、**国家**が挙げられる。能動的宇宙活動諸国は、アクターとして、他のアクターに邪魔されず、自らの設定した目的を達成することに利害を有する。とりわけ新興宇宙活動諸国は、後発組として、自らの開発の余地が十分に残されていることに強い利害関心をもつであろう。他方で、非宇宙活動諸国は、これらの諸国の活動を通じて、自らもまた宇宙資源の開発・利用から何らかの利益を享受することに利害を有するであろう。

続いて、**国際機関**が挙げられる。国連、とりわけCOPUOSや、さらには設立されるガバナンスの枠組みは、アクター同士が衝突して紛争が生じることを防止することに、とりわけ利害を有する。加えて、自らが開発主体となる場合、能動的宇宙活動諸国と同様の利害関心をもつであろう。

また、**民間企業**も挙げられる。アクターとして、紛争に巻き込まれず、その活動を通じて利潤を獲得することに利害を有する。なお、このような民間企業との関連では、それを擁する国家、とりわけ受動的宇宙活動諸国は、その活動によって自国経済が活性化し、税収が増えることにも利害関心をもつであろう。また、この種の民間企業の顧客となる主体、例えば国家や民間企業、あるいは国際機関などは、その安定的で安全な供給に利害を有すると言えよう。

さらに、**将来世代の人々**もまた挙げられよう。先行世代と同等の開発環境や資源を享受することに利害を有する主体として将来世代の人々をひとまず想定するのは、それほど突飛なことではない。他にも、**特定の天体に文化的、あるいは宗教的な価値を見出す人々**は、その環境の保全に利害を有しているであろうし、**宇宙空間において、あるいは天体を対象に科学研究を遂行する研究者や、それに関わる学協会・教育研究機関**は、その自由な研究環境の確保に利害関心をもつと言えるであろう。

【重要になるだろう課題】

最後に、以上で描き出されたケースや列挙されたステークホルダーを考慮に入れて、資源SEDUにおいて重要になるだろう課題を幾つか挙げてみたい。

● 紛争への対処をめぐる課題

歴史的にみれば、天然資源は常に人類にとって紛争の火種であった。もちろん、宇宙資源についても同様のことが想定される。いかなる種類のガバナンスの枠組を設定すれば過去に繰り返してきたような紛争が防止可能となるのか、あるいは、そのような紛争が生じた場合に適切な解決を実効的に図ることができるかが検討の課題となる。

● 利益の分配をめぐる課題

宇宙資源が開発は、人類にとって利益をもたらさうる活動である。しかし、一方で、開発能力を持つアクターに利益の独占を認めると人々の間で不平等が生じ、他方で、あまねく人々への利益の共有を求めると開発へのインセンティブを損ねる恐れがある。そのため、宇宙資源から得られる利益につき、どのような分配をなすべきかが検討の課題となる。

● 将来の配慮をめぐる課題

宇宙資源は非再生資源であるため、その資源量は開発とともに減少することになる。加えて、乱雑な方法での開発は、後の開発を困難にする恐れがある。そのため、将来世代の人々に対する配慮のあり方が問題となりうる。将来のために資源や開発環境を保存すべきなのか、保存すべきであるとするならばどの程度か、といったことが検討の課題となる。

● 環境の保全をめぐる課題

宇宙資源の開発は、いかなる方法で実施されるとしても、その対象となる天体に対して何らかの人為的な環境改変をもたらすことになる。この点、ある特定の天体について、その手付かずの状態に文化的・宗教的その他の意義を見出すような価値観を持つ人々がいるような場合には、この人びととの関係で、どの範囲まで開発を許容すべきなのかが検討の課題となる。

● 学術の保護をめぐる課題

宇宙資源の開発が営利目的で行われる場合には、採掘等の開発活動や売買等の利用活動を通じて、科学研究の発展が大きく阻害される恐れがある。しかし、そもそも、科学研究は「宇宙条約」でも明示的にその価値が承認されているような重要性の高い活動である。そのため、営利的な活動は、この学術的な活動といかなる形で両立されるべきかが検討の課題になる。

● 他のELSIと関連する課題

その他、資源SEDUについては、本報告書で考察されている他のELSIの事項と関連する課題も見出される。そもそも国家が資源開発を行うべきかについて「公的投資」の検討課題があり、開発された資源が軍事的な用途で利用されうることから「デュアルユース」の検討課題が考えられ、さらに、開発が有人で行われる場合には「人的リスク」や「労働環境」の検討課題が発生するであろう。

7.4 宇宙技術のデュアルユースの問題

デュアルユース問題は、安全保障の問題を背景に、軍隊・自衛隊における利用の問題とテロリズムにおける利用の問題の二つに分類される。前者は、非軍事セクターでの研究が軍事利用されうるという問題であり、日本で近年盛んに議論されている。後者は、有益とされる研究や技術などがテロリズムに利用され、多大な危害を生み出す可能性があるという問題である。

【現在までの状況と知見】

SEDUとデュアルユース問題で、現在の日本で象徴的な出来事は、2008年の宇宙基本法制定と2012年のJAXA法改正である。その結果、従来は安全保障利用を禁じていた日本のSEDUは、安全保障目的での研究開発が可能となった。また、防衛装備庁が「デュアルユース技術を積極的に活用する」として「安全保障研究推進制度」を設けた。対して、日本学術会議が特に防衛装備庁の制度を念頭に、「声明 軍事的安全保障研究について」を出して懸念を表明している。これはSEDUに限ったことではないが、日本においては、デュアルユース問題は、賛否双方の側から、主として軍事協力の意味で使用されている。

一方で、近年国際的に議論されるのは、テロリズムにおける利用の意味でのデュアルユース問題であることが多い。特にバイオテクノロジーの発展は、たとえ軍隊が関与しない研究であっても、多大なる危害を生み出しうるという認識をもたらした。例えば、研究室で毒性を強化したインフルエンザ、ポリオ、天然痘のウィルスは、当初の研究意図に関係なく、多大な危害をもたらす悪用が可能である。

さらにSEDUの文脈でデュアルユース問題を考える際に重要となるのが、民間宇宙ビジネスの急激な進展である。それに伴い、各国の宇宙ビジネスへの支援は、技術移転というハード面と、法整備や規制緩和、企業への投資といったソフト面の両面で広がりを見せつつある。実際、宇宙ビジネスにおいて、いくつかの企業が独自にロケット開発を進め、また人工衛星は大学の研究室や大小さまざまな企業などでも製造されつつある。

● 研究におけるデュアルユース問題の論点整理

上述の、政府の方針と学術会議の声明に代表される研究者側の懸念の衝突が、現時点の日本におけるデュアルユース問題の「核心」となっている。この「核心」部分は、現状の自衛力／自衛隊をめぐる立場や考え方の違いによって、いくつかの問題群に分節できる。第一に、あらゆる軍備が許容できないか、自衛のための軍備は許容できるか、という立場の違いである。前者であれば、軍事に関わると考えられるあらゆる研究、デュアルユース研究と疑われるものは許容されない。第二に、自衛の軍備を許容する立場でも、「攻撃兵器」を持たない専守防衛かどうか、で立場が分かれてくる。例えば、日本政府は、一般的に専守防衛を超えると考えられる敵基地攻撃能力も、状況によっては容認できるとの見解をとっている。この見解に対しては、賛否が分かれると思われる。さらに第三に、研究者特有の問題として、研究者自身の研究が兵器開発に直接寄与するものか否かという問題があろう。

● 宇宙技術のデュアルユースの様態

具体的に考えられる宇宙技術のデュアルユースの様態として、以下のようなものがある。まず、研究がそのまま直接的にデュアルユースされる状況と、研究成果としての技術が間接的にデュアルユースされる状況とを区別できる。便宜的に「直接」と「間接」のデュアルユースと呼ぶことにしよう。

直接のデュアルユース問題とは、研究がそのまま、意図した結果もしくは予期しうる帰結として、兵器もしくはテロの手段として利用される状況を指す。空想の事例になるが、宇宙太陽光発電システム（SSPS）の開発が、そのまま地上を攻撃するレーザー兵器に転用されるといった事例である。こういった危険性はかねてより指摘されており、研究者側の倫理綱領や政府や軍隊の側での倫理規定でもって、何らかの対処策が講じられると思われる。

だが、このような目につきやすいデュアルユース問題とは別個に、潜在的かつ間接的で、明瞭に意識されないがゆえにより根深いデュアルユース問題が存在する。それらは、下記のようなパターンで考えられる。

第一に、民生用の人工衛星等と軍用の人工衛星等の曖昧化がある。実際に、民間の通信衛星や観測衛星などは、軍隊・自衛隊によって利用されている。現代の軍隊・自衛隊の活動において衛星利用は不可欠な一部であるとともに、衛星利用全体に占める軍隊・自衛隊の存在感は大きい。

第二に、ロケット技術はそのまま弾道ミサイルの技術に転用でき、民間によるロケット技術獲得が安全保障上の脅威につながりかねない点である。例えば、民間企業は、規制が少なく税負担が軽い国々へと逃避することが知られており、規制の緩い国々での民間ロケット開発は、事実上、国際輸出管理レジームを空洞化させる恐れがある。かりにすべての国々を包摂する制度を設けたとしても、国によって実効性は異なり、監視が行き届かない国家が抜け穴として利用される恐れがある。また、製造した製品、宇宙機に対する有効な規制も今のところ存在しない。現状では、国ごとに規制が異なるうえ、各国は規制緩和に進んでいる。

第三に、民間アクターの参入の結果、人工衛星がさらに増加することによる、宇宙での脆弱性の拡大がある。人工衛星の増加は、セキュリティホールのある衛星の増加を伴い、衛星同士の衝突の可能性を増加させ、デブリの増大によって軌道全体の人工衛星を危険にさらす可能性がある。これにテロリストが乗じる可能性もある³⁵。

つまり、民間への技術移転は宇宙ビジネスの隆盛を招来する一方で、それに乗じた軍事利用や悪意のあるアクターによる不法行為も招来する恐れが存在する。民間の宇宙進出を法的・技術的にどこまで規制するべきか、規制できるのか、難しい問題である。

³⁵ テロリストを含めた悪意あるアクターは、意図や素性を隠ぺいして、宇宙技術の利用を計画することが予想される。脆弱国家や、国家が関与しない民間宇宙開発においては、日本の防衛産業の機密従事者に対して行われているような身元調査と比較して、実効性も低いと考えられる。

【今後予想されるケースと帰結】

民間宇宙ビジネスの発展がもたらす危険性を考慮するならば、一見、かつてのような国家主導の時代に戻ることが有効にも見えるが、宇宙技術の拡散が進み民間がすでにロケットや人工衛星を数多く自主的に開発している以上、それは困難であろう。よって、以下の二つのケースが考えられる³⁶。

³⁶ 大規模な事故などイレギュラーな事態によって、国家による管理が前面に出てくる可能性もあるが、ここでは考察から外す。

(a) 各国ごとの緩やかな規制の時代

SEDUにおける民間の自由競争の時代は、アクターに対する規制が緩くなることが予想される。前述のように、民間主導によるSEDUを後押しする動きが生じており、民間が主体となってロケットの打ち

上げから衛星の制御までを担う時代の到来が期待されている。だが、様々な主体の自由な参入は、好ましからざる主体の参入も招く恐れがある。民間の自由競争を促すには規制の緩和が必要になり、結果としてチェックが行き届かなくなる。さらに統治機構が脆弱な国家もあり、民間を介した宇宙の軍事利用や、好ましからざる集団が宇宙技術を利用しようとする可能性は高い。

そのため、宇宙空間における軍事的緊張が、民間による宇宙進出によって高まる危険性も生じてくる。さらに、最悪の場合、宇宙テロが頻発するケースが考えられる。その結果、宇宙開発が少なくとも一時的に停滞することが予想される。つまり、バイオテクノロジーなどを巡って生じたデュアルユース問題がそのまま、宇宙空間に持ち込まれる可能性がある。

(b) 国際的な規制の時代

SEDUの事業者や製品に対する国際的な規制が導入されるケースを考える。考えられる規制には、資金の出所や個人個人の身元を含めた民間事業者の資格審査、打ち上げロケットの詳細ならびに搭載される民間人工衛星の仕様のチェックと査察などが含まれる。また、この規制の具現化は、有志に基づく紳士協定の場合と、国際機関を設置する場合とが考えられるが、大きな相違点は強制的な査察権限の有無になるだろう。後者の場合、当該機関が、軌道投入後の人工衛星を統制する宇宙監視と宇宙交通管理の業務を担当する可能性もある。さらに、将来的に成立しうる「宇宙の軍備管理条約」³⁷が、民間衛星などへの事実上の規制としても機能する可能性がある。

国際規制の結果、一定程度、好ましからざる集団の参入を抑制できるだろう。ただし、宇宙企業や国家にとっては、規制に対応するためのトランザクション・コストが上昇する。規制が世界共通であっても、このトランザクション・コストの影響は国家によって異なってくる。

また、細かい規制になった場合、民間への過度の統制との批判が生じる恐れがある。規制は大きな負担になるため、宇宙企業は、規制をクリアするため合併や企業連合の形で大規模化するとともに、新規参入する企業が不利となることも予想される。

³⁷ 宇宙の軍備管理の現状については、青木節子「国際宇宙秩序形成の現状」、宇宙政策委員会 第48回 会合（2016年4月26日）資料4を参考にした。

<http://www8.cao.go.jp/space/committee/dai48/siryoku4.pdf>（最終閲覧：2017年12月22日）

【関係するステークホルダー】

武力衝突やテロが起きた場合、国家、企業、研究者や個人といったすべてのステークホルダーが損害をこうむる。ただし、これらのステークホルダーを個々に見ていった場合、緩やかな規制のケースに多くのメリットを受けられることが多い。

国家（政府）は、国ごとの規制のケースでは、経済振興というメリットを受ける。先進宇宙活動国は今までの蓄積とスケールメリットを利用し、他の国々は先進国以上に規制の緩和と課税の著しい軽減によって企

業の誘致に取り組むことになる。国際規制のケースでは、トランザクション・コストが生じ、規制クリアのための支援が手厚い国家に企業が集中することが予想される。この場合、宇宙活動への新規参入を目指す国家が不利となり、規制に不満を抱くだろう。

企業は概ね、緩やかな規制にメリットを感じると思われる。緩やかな規制による宇宙開発の進展は市場拡大と同義であり、従来から宇宙開発に従事してきた大企業にとっては、歓迎すべき状況であろう。また、宇宙を利用した新たな事業を行うベンチャー企業にとっても、それはビジネスチャンスの拡大となるだろう。ただし、国際的な規制の強化は、従来から様々な規制に対応してきた大企業にとっては新たなライバル企業の出現を抑制する側面もあるため、歓迎する場合もありうる。ベンチャー企業にとっては新規参入の際のハードルとなる。

研究者や大学その他の研究機関・学協会など（アカデミズム）は、研究への規制の問題について相反するいくつかの利害をもつだろう。一方で、学問の自由という観点からは、アカデミズムは各国ごとの緩やかな規制を選好するものと考えられる。他方、ラッセル＝アインシュタイン宣言以来、アカデミズムの世界には学問の自由を制約する条件として研究のいかなる軍事利用にも反対するエートスが脈々と存在しており、この側面からはアカデミズムはむしろデュアルユースへの強い規制を歓迎するだろう。「学問の自由」を巡るこうした対立については後で詳述する。

ただし、緩やかな規制がもたらす上記のメリットは、宇宙での武力衝突が生じず、またテロリズム等の標的にならない限りにおいてという条件付きのものである。武力衝突やテロが生じれば、上記の各ステークホルダーに加えて、宇宙システムに依存している市民の生活も脅かされることになる。

【重要になるだろう課題】

まず、理性的に議論を進めるためには、SEDUに限定されない形でデュアルユースをめぐる錯綜した論点をまず整理し、それぞれの論点についてどういう立場がどういう根拠から主張されているのかを確認する必要がある。SEDUにおけるデュアルユースの問題は、そうしたデュアルユース全体の問題の応用例として、改めて定式化しなおす必要があるだろう。そのようにして整理された論点について公的な議論を起こして行く必要があるのはここまでに検討した他の論点と同様である。

具体的に検討すべき課題の一つは、規制と自由のバランスである。規制の強化は、集団の利益が個人の利益と衝突する一種の「社会的ジレンマ」である。目下の事例では、緩やかな規制では各ステークホルダーがより自由に利益を追求することができるが、全体として武力衝突やテロに対して脆弱となり、大きな損害をこうむる危険性を高める。このバランスは、国際的な取り決めにも関わってくる。各国は、国益や規制に対するスタンス、規制の実効性も異なる。そのため、国際的な取り決めへの合意形成は困難となるだろう。その困難さを乗り越えて、国際規制の導入を検討する際には、新規参入を目指す国々の利益も考慮した国家間の調整や、規制の有効性とコストのバランスへの配慮などが要求される。

次に、アカデミズムが抱えている課題として、「学問の自由」の解釈の問題がある。一方で、日本学術会議は、「軍事的安全保障研究」を拒絶する理由として学問の自由を挙げている。その要諦は、公権力による研究への介入への懸念である。実際、国策への協力と称して、研究者が軍事協力させられた事例は数多い。だが他方で、学問の自由は無制限に認めるべきではなく、むしろ制限することで、あるべき学問が保持でき

るという観点もある。現に米国などは、バイオテクノロジーの分野において、学問の自由がもたらす危害を問題視して、公刊の差し止めや研究の一時停止（モラトリアム）などで自由を制限している。このように、学問の自由を守るために軍事と距離を置くべきという議論と、軍事と距離を置くために学問の自由を制限するべきという議論は、依拠する価値が同じであるにもかかわらず、結論が真逆になるという構造をもっている。この矛盾を解決することが、アカデミズム全般に課せられたデュアルユース問題の宿題ということができる。

7.5 民間宇宙ビジネスの参入に伴う問題

【現状の説明】

宇宙ビジネスは、宇宙機器産業と宇宙利用産業に大別される。宇宙機器産業とは、人工衛星やロケットの本体や部品を製造する産業である。国の安全保障とも関わり、政治的リスクを負うため、従来は防衛産業と同様に製造業が担ってきたが、最近ではベンチャー企業も立ち上げられている。代表的な企業として、米国ではイーロン・マスクが設立したスペースX（SpaceX）社やジェフ・ベゾスが設立したブルーオリジン（Blue Origin）社、欧州では12箇国53社で共同成立したアリアンスペース（Arianespace）社が挙げられる。宇宙利用産業とは、宇宙インフラを利用する産業である。衛星通信・放送等の宇宙インフラを利用したサービスを提供したり、GPS関連や衛星携帯電話などのハードウェアを開発・製造する産業である。衛星サービスだと米国のグーグル（Google）社やプラネットラボ（Planet Labs）社が代表的である。

こうした宇宙ビジネスは世界的に見れば急速に拡大している。宇宙機器産業の中では地上設備が売り上げを増やしているし、宇宙利用産業では衛星サービスの売り上げが2002年から2012年で3倍に増加している（小塚・佐藤編 2015: 280）。

では、なぜマスクやベゾスは宇宙ビジネスに参入したのだろうか。マスクはしばしばメディアに登場し、人類が惑星間を行き来できる種になることを夢見て宇宙ビジネスに参入していることがうかがい知れる。ベゾスもインタビューで「数百万人の人が宇宙で暮らし、働けるようにしたい。宇宙まで見据えた文明にしたい」と語っている。しかし、両者とも宇宙ビジネスに参入することで、自身が経営するテスラ（Tesla）社やAmazon.com社などの企業評価（そして個人の名声）を高めているというのが実情だろう。

日本ではどうか（ただし、日本の宇宙ビジネスも国内市場に限定されるわけではなくグローバルに展開されているので注意したい）。これまで、宇宙機器産業の極端な官需依存が主な原因で、宇宙ビジネスの売り上げが伸び悩んできた。そのため、どの企業の宇宙事業も概ね赤字不採算事業として位置付けられている。

そこで、政府主導で、民間ビジネスの参入が後押しされている。宇宙機器産業の縮小の中、注目されているのが宇宙利用産業である。2016年閣議決定された宇宙基本計画において、政府は、宇宙関係予算（毎年約3000億円）を大幅に増やすことが困難であるため、宇宙の利用方法の方を拡げ（宇宙利用の拡大）、産業基盤を維持し強化することで、日本の宇宙活動を自律的に展開する（自律性の確保）方針を出している。特に、測位衛星、リモートセンシング衛星、通信・放送衛星、宇宙輸送システムの4分野への民間参入が注目されている。

それに合わせて同年、民間参入を後押しする宇宙活動法が（衛星リモートセンシング法とともに）成立し

た。同法は民間企業による打ち上げを許可制のもとで認めるとともに、打ち上げ失敗時に備えた企業の損害保険の加入義務や国による保障を定めている。

2017年5月に政府の宇宙政策委員会が表した「宇宙産業ビジョン2030」によれば、2030年代初めまでに市場規模を現在の約1.2兆円の2倍に増やす目標が掲げられている。そのため、宇宙利用産業では、衛星データの継続性の確保、民間コンステレーションビジネスの促進、政府衛星データのオープン&フリー化が、宇宙機器産業では、衛星のシリーズ化、民生部品を用いた安価な小型ロケットの開発支援、部品・コンポーネントの国産化が図られている。さらに、新興国を中心に拡大する海外市場を取り込むため、相手国のニーズに合わせた機器、サービス、人材のパッケージ化や、ベンチャー企業は新規参入しやすくなるようリスクマネーの供給や法規制の整備が計画されている。

【今後の予測】

ここでは、日本における宇宙ビジネスに話題を絞り、民間参入によって、宇宙ビジネスの売り上げが伸びる場合と、依然として伸び悩む場合の二つのケースが考えられる。

第一に、「宇宙産業ビジョン2030」の目標どおり、2030年代初めまでに市場規模が現在の2倍になるケースである。この状況は欧米に類似した状況になるだろう（ただし、欧米のビジネスサイクルがそのまま適用されるとは考えにくい）。リスクマネーが供給されるようになり、多数のベンチャー企業が生まれる。M&Aも増えるだろう。これまでスポンサーだった大手企業も自ら宇宙ビジネスに参入するだろう。オープン&フリーの政府衛星データを活用して、様々なビジネスが展開されるだろう。小型衛星コンステレーションによる高頻度観測サービスや宇宙資源開発ビジネスや、宇宙旅行ビジネスなどの軌道上サービスといったいわゆる「ニュースペース」が登場するだろう。

第二に、上記のような計画を立てたにもかかわらず、宇宙ビジネスの売り上げが依然として伸びないケースである。宇宙機器産業は官需依存のままであり、宇宙利用産業も期待されるほど拡大しなかった。

【関係するステークホルダー】

関係するステークホルダーとしてはまず、**宇宙関連の企業**が挙げられる。宇宙ビジネスが拡大することで、宇宙関連の企業は社会インフラ・産業の育成・雇用の創出といった政治的メリットを享受するだろう。宇宙関連の企業の多くは宇宙ビジネスの拡大から直接的には経済的利益を享受するが、そうでなくパブリックイメージなど非経済的利益を享受する企業もある。実際マスクやベゾスにしても自身が経営する他の企業の評価を高めるかたちで利益を出しているのかもしれない。また、宇宙関連の企業には技術的スピノフやイノベーションの創出といった技術的メリットもある。他方で、宇宙ビジネスの拡大に伴って、倒産する企業や失業する労働者も増加するだろう。これらは宇宙関連の企業にとってリスクとして認識される。

次いで重要なのは、**一般市民**である。宇宙関連の企業が享受する政治的・技術的メリットは一般市民にとってもメリットになるだろう。また、宇宙旅行が普及すれば、一般市民にはエンターテインメントの提供といったその他のメリットもあるだろう。他方で、企業が提供できるサービスの価格や質に大きな差が生じ、サービスを享受できない一般市民も登場し、サービス格差はデメリットとして認識されるだろう。また、宇宙デブリなど環境リスクも一般市民が引き受けることになる。

さらに、**各国政府**もステークホルダーになるだろう。宇宙ビジネスの進展に伴った経済活動の拡大は国家のハードパワーやソフトパワーを向上させ、各国政府にとって政治的メリットになる。他方、民間参入を後押しするためのコストが発生するだろう。

最後に、宇宙ベンチャーに巨額の投資を行う**個人投資家**や**富裕層**といったステークホルダーも無視できない。投資した事業が成功すれば良いが、その見込みは必ずしも高くないため、大きなリスクを引き受けることになる。

【ELSIの提示】

第一のケースでは、衛星データを活用する際のプライバシーの問題や、宇宙資源の開発に伴う利益分配や他の価値との関係、宇宙旅行ビジネスの人的リスクが問題になるだろう。そして、民間技術の軍事転用に対する懸念も大きい（投資家が軍需産業に投資してしまいかねない³⁸）。これらの問題は他の章で取り上げられている。

このケースでは、多数のベンチャー企業が登場することで、目先の利益追求のため法規制を無視する企業が増えるかもしれない。商業詐欺が多発する可能性もある。「ニュースペース」では、それが詐欺かどうか一見してわからないことが問題になる。市場を萎縮させずに、あらかじめ規制を設ける必要があるだろう。また、企業の情報公開を促してゆくべきだろう。

ベンチャー企業を後押しする投資家が増えれば、宇宙資源が「債券」になり、実質的な宇宙開発が進められず、単なる投機になりさがってしまう可能性もある。

自由市場の中で、企業が提供できるサービスの価格や質に大きな差が生じるだろう。宇宙利用サービスの中には災害情報の提供など万人にアクセス可能であるべきものもあるが、アクセス不可能な人たちが生じる懸念がある³⁹。また、企業活動が活発になれば、その分デブリの発生など環境リスクも高まるだろう。

さらに、部品やコンポーネントの国産化によって下請け企業が増加するだろう。ステークホルダーとしての下請け企業が使い捨てになったりそこで働く従業員の労働環境が悪化したりするかもしれない。これは国内に限る問題ではない。海外市場を取り込むことに成功すれば、海外の下請け企業には安い賃金で劣悪な環境で労働を強制されるスウェットショップの問題が生じるかもしれない。下請け企業の公開などで対策をとる必要があるだろう。

しかし、サービス格差、環境リスク、労働環境の悪化は地球上のビジネスも直面している。地球上とは異なり、宇宙での企業活動は際限のない利益追求を可能にしてしまうため、この問題の大きさが計り知れないということに宇宙ビジネス固有の問題がある。また、事故が起きたとき国の責任が求められる点（地球上の公害にもあてはまるが）も特徴だと言えるかもしれない。

第二のケースでは、宇宙ビジネスでの雇用創出が見込めないことが問題になるだろう。多くの企業が宇宙事業から撤退することになる。その場合、民間参入の計画を見直す必要があるだろう。

³⁸ 米国CIAが設立したITベンチャー企業In-Q-Tel社は民間技術投資が転用できるイノベーションを生むという発想のもと運営されている。同様の発想から民間投資への規制が不可能になってしまうだろう。

³⁹ ただし、米国ワンウェブ（OneWeb）社のCEOグレッグ・ワイラーは2027年までにグローバル情報格差をゼロにする目標を掲げている。

参考文献

1. 報告書（ウェブページの最終閲覧はいずれも2017年12月22日）

宇宙開発と国益を考える研究会 2007. 『アジア太平洋戦略』

<<https://www.jsforum.or.jp/technic/pdf/summary.pdf>>

—— 2008. 『宇宙探査の意義』

<https://www.jsforum.or.jp/technic/pdf/report_fy19.pdf>

宇宙政策委員会宇宙産業振興小委員会 2017. 『宇宙産業ビジョン2030——第4次産業革命下の宇宙利用創造』

<http://www8.cao.go.jp/space/public_comment/vision2030.pdf>

国立国会図書館 2017. 『宇宙政策の動向』

<<http://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/document/index.html>>

日本経団連 2011. 『宇宙基本法に基づく宇宙開発利用の推進に向けた提言』

<<https://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2011/049.html>>

—— 2014. 『宇宙基本計画に向けた提言』

<<http://www.keidanren.or.jp/policy/2014/098.html>>

—— 2016. 『宇宙産業ビジョンの策定に向けた提言』

<<http://www.keidanren.or.jp/policy/2016/105.html>>

日本航空宇宙工業会 2017. 『航空宇宙産業データベース 平成29年7月』

<http://www.sjac.or.jp/common/pdf/toukei/7_database_H29.7.pdf>

国際宇宙探査協働グループ (ISECG) 2013a. 『国際宇宙探査ロードマップ』 第2版

<http://www.jaxa.jp/projects/sas/planetary/files/roadmap_2_j.pdf>

—— 2013b. 『宇宙探査のもたらすベネフィット』

<http://www.jaxa.jp/projects/sas/planetary/files/isecg_benefits_j.pdf>

International Institute of Space Law. 2015. Position Paper on Space Resource Mining.

<<http://iislwebo.wwwnls1.a2hosted.com/wp-content/uploads/2015/12/SpaceResourceMining.pdf>>

National Research Council (NRC). 2014. Pathways to Exploration: Rationales and Approaches for a U.S. Program of Human Space Exploration. Washington: National Academies Press.

Pompidou, A. 2000. The Ethics of Space Policy, UNESCO.

<<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001206/120681e.pdf>>

The Space Foundation 2017. The Space Report 2017: The Authoritative Guide to Global Space Activity. Colorado Springs: Space Foundation.

2. 書籍

【宇宙政策】

青木節子 2006. 『日本の宇宙戦略』, 慶應義塾大学出版会

佐藤靖 2014. 『NASA——宇宙開発の60年』, 中央公論新社

鈴木一人 2011. 『宇宙開発と国際政治』, 岩波書店

中野不二男 1999. 『日本の宇宙開発』, 文藝春秋

星山隆 2016. 『日本外交から見た宇宙——地球の平和をいざなう宇宙開発』, 作品社

【宇宙法】

慶應義塾大学宇宙法センター (編) 2013. 『宇宙法ハンドブック』, 株式会社一柳みどり編集室

小塚荘一郎・佐藤雅彦 (編) 2015. 『宇宙ビジネスのための宇宙法入門』, 有斐閣

von der Dunk, F. & Tronchetti, F. (eds.) 2015. Handbook of Space Law, Cheltenham: Elgar

Jakhu, R. S. & Dempsey, P. L. (eds.) 2017. Routledge Handbook of Space Law, London: Routledge

【宇宙倫理】

稲葉振一郎 2016. 『宇宙倫理学入門——人工知能はスペース・コロニーの夢を見るか?』, ナカニシヤ出版

Arnould, J. 2011. Icarus' Second Chance: The Basis and Perspectives of Space Ethics. New York: Springer.

Hargrove, E. (ed.) 1986. Beyond Spaceship Earth: Environmental Ethics and the Solar System. San Francisco: Sierra Club Books.

Milligan, T. 2015. Nobody Owns the Moon: The Ethics of Space Exploitation. Jefferson: McFarland.

Schwartz, J. S. J. & Milligan, T. (eds.) 2016. The Ethics of Space Exploration. New York: Springer.

【その他、宇宙の人文社会科学】

「宇宙の人間学」研究会 (編) 2015. 『なぜ、人は宇宙をめざすのか——「宇宙の人間学」から考える宇宙進出の意味と価値』, 誠文堂新光社

岡田浩樹・木村大治・大村敬一（編）2014.『宇宙人類学の挑戦——人類の未来を問う』, 昭和堂
木下富雄（代表）2009.『宇宙問題への人文・社会科学からのアプローチ』, 国際高等研究所

【宇宙医学】

立花正一（監修）2016.『宇宙飛行士はどんな夢を見るか』, 恒星社厚生閣
藤高和信・保田浩志・福田俊（編）2004.『宇宙からヒトを眺めて——宇宙放射線の人体への影響』, 研成社
Institute of Medicine (IOM) 2014. Health Standards for Long Duration and Exploration Spaceflight:
Ethics Principles, Responsibilities, and Decision Framework, Washington, DC: National Academies
Press.

【宇宙資源開発】

Jakhu, R., Pelton, P., & Nyampong, Y. O. (eds.) 2017. Space Mining and Its Regulation. New York:
Springer.
Tronchetti, F. 2009. The Exploitation of Natural Resources of the Moon and Other Celestial Bodies:
A Proposal for a Legal Regime. Leiden, Boston: Martinus Nijhoff Publishers.

【その他の書籍】

池内了 2015.『宇宙開発は平和のために——宇宙の軍事化に乗り出した日本』, かもがわ出版
加藤明 2015.『スペースデブリ——宇宙活動の持続的発展をめざして』, 地人書館
立花隆 2014.『四次元時計は狂わない 21世紀——文明の逆説』, 文藝春秋
寺藺淳也 2014.『惑星探査入門——はやぶさ 2 にいたる道、そしてその先へ』, 朝日新聞出版

3. 雑誌の特集

「特集：宇宙ビジネスの活性化に向けたルール形成——民間の宇宙活動のこれから」, 『ジュリスト』第1506号,
2017
「特集：宇宙のフロンティア——系外惑星・地球外生命・宇宙倫理…」, 『現代思想』2017年7月号, 2017

4. 論文・報告

呉羽真 2017. 「宇宙倫理学プロジェクト——惑星科学との対話に開かれた探求として」, 『遊星人（日本惑
星科学会誌）』26(4):174-181
呉羽真・伊勢田哲治・磯部洋明・稲葉振一郎・岡本慎平・神崎宣次・清水雄也・水谷雅彦・吉沢文武 2016.
「宇宙倫理学の現状と展望」, 『宇宙航空研究開発機構特別資料：人文・社会科学研究活動報告集：2015

年までの歩みとこれから』, 37～61頁, 宇宙航空研究開発機構

藤田智博・太郎丸博 2015. 「宇宙開発世論の分析——イメージ、死亡事故後の対応、有人か無人か」,
『京都社会学年報』 23:1-17

執筆者・執筆支援者・協力者

執筆者（代表者以外は50音順に記載）

呉羽 真	京都大学宇宙総合学研究ユニット 特定研究員（代表者）
伊勢田 哲治	京都大学大学院文学研究科 准教授 / 宇宙総合学研究ユニット
磯部 洋明	京都大学大学院総合生存学館 准教授 / 宇宙総合学研究ユニット
大庭 弘継	京都大学大学院文学研究科 研究員
近藤 圭介	京都大学大学院法学研究科 准教授
杉本 俊介	大阪経済大学経営学部 講師
玉澤 春史	京都大学大学院理学研究科 博士後期課程

執筆支援者（50音順に記載）

白井 哲哉	京都大学学術研究支援室
杉谷 和哉	京都大学大学院人間・環境学研究科 博士後期課程

協力者（50音順に記載・敬称略）

稲葉 振一郎	明治学院大学社会学部 教授
岩城 陽大	宇宙航空研究開発機構総務部
榎 孝浩	国立国会図書館調査及び立法考査局文教科学技術課 / 科学技術室
江間 有沙	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 特任講師
神崎 宣次	南山大学国際教養学部 教授
菊地 耕一	宇宙航空研究開発機構セキュリティ・情報化推進部
齋藤 潤	鹿島技術研究所先端・メカトロニクスグループ 上席研究員
標葉 隆馬	成城大学文芸学部 専任講師
高屋 友里	東京大学政策ビジョン研究センター 客員研究員
寺藺 淳也	会津大学企画運営室・先端情報科学研究センター 准教授
中川 尚志	科学技術振興機構研究開発戦略センター
中野 不二男	京都大学宇宙総合学研究ユニット 特任教授
八代 嘉美	京都大学iPS細胞研究所 特定准教授
吉澤 剛	大阪大学大学院医学系研究科 准教授
渡邊 浩崇	大阪大学COデザインセンター 特任准教授

**将来の宇宙探査・開発・利用がもつ
倫理的・法的・社会的含意に関する
研究調査報告書**

発行日 2018年2月23日

制作・発行 京都大学 SPIRITS：「知の越境」融合チーム研究プログラム・
学際型プロジェクト「将来の宇宙開発に関する道徳的・社会的諸問題の総合的研究」
京都大学宇宙総合学研究ユニット

執筆者 呉羽 真・伊勢田 哲治・磯部 洋明・大庭 弘継・近藤 圭介・杉本 俊介・玉澤 春史

執筆支援者 白井 哲哉・杉谷 和哉

デザイン 株式会社 おいかぜ

