

# 宇宙環境問題としてのスペースデブリ問題

——法的・政治的環境からの予備的考察——

坂口 滉季

はじめに

## I スペースデブリ問題とは何か

1. 宇宙空間の混雑化の問題
2. スペースデブリ問題
3. スペースデブリ問題の歴史と政治的・法的状況

## II 宇宙空間の物理的および法的・政治的特性

1. ハリソンによる宇宙空間の領域的特性の検討
2. 宇宙空間の物理的特性
3. 宇宙空間の法的・政治的特性

## III 宇宙環境問題としてのスペースデブリ問題の性質

1. 宇宙空間の特性とスペースデブリ問題
2. スペースデブリ問題の性質の整理

おわりに

はじめに

今やスペースデブリ（以下、デブリ）、いわゆる宇宙ごみの問題は「宇宙環境問題」として扱われつつある。既に1990年にアメリカ連邦議会の技術評価局（Office of Technology Assessment）が出した*Orbiting Debris: A Space Environmental Problem-Background Paper*では、人類が宇宙環境を利用する中で出現し、人類の宇宙利用を脅かす問題としてデブリ問題が描かれ

ていた<sup>1)</sup>。日本でも環境省がデブリ問題への対応に参加している<sup>2)</sup>。また環境倫理学の観点から、デブリ問題を環境問題として捉えようとする発想もある<sup>3)</sup>。

地球環境問題への関心が1992年の地球サミット以来高まりつつあり、環境問題のグローバリゼーションもあって、環境政治学は著しく発展してきた<sup>4)</sup>。環境問題への対応の知見を宇宙環境問題としてのデブリ問題へと生かすことで、問題の軽減や解決が期待できる。しかし既存の環境政治学は地球環境問題、つまり地球上で発生した環境問題を扱ってきた。宇宙空間には地球上とは異なった物理的な特性が存在し、歴史的経緯も含めて特殊な政治的・法的な性質がある。デブリのような宇宙開発によって生じた問題を宇宙の環境問題として捉え、地球上での環境問題とのアナロジーから検討し、対処の方策を探るためには、まずは宇宙空間と地上との性質の違いを明らかにする必要がある。

本研究はデブリ問題を環境問題と捉え、環境政治学の観点からの検討を行うための予備的な考察として、宇宙空間の法的・政治的性質(法的・政治的環境)をデブリ問題との関連から検討し、デブリ問題の特性とは何かを明らかにする。

宇宙空間は地上空間とは異なった物理的特性を持つ空間であり、宇宙開発を検討するためには、軌道上空間についての科学的知識が必要となる。宇宙開発に関する社会科学的な先行研究では、軌道上の物理的条件や宇宙

---

1) U.S. Congress, Office of Technology Assessment, *Orbiting Debris: A Space Environmental Problem-Background Paper*, OTA-BP-ISC-72, Washington, DC, U.S. Government Printing Office, 1990, pp.1-3.

2) 環境省, “今後の環境省におけるスペースデブリ問題に関する取組について(中間とりまとめ)”, <https://www.env.go.jp/press/108494.html>, Accessed on September 29, 2021.

3) 伊勢田哲治「宇宙に拡大する環境問題：環境倫理問題としてのスペースデブリ」『宇宙倫理学』昭和堂, 2018年, 127-142頁など。

4) 星野智『環境政治とガバナンス』中央大学出版部, 2009年, 3-5頁。

工学の基礎的知識が整理され、解説されていることが多い。例えば、ジェームズ・クレイ・モルツは*Crowded orbits: conflict and cooperation in space*の中で地球軌道について検討を行っている<sup>5)</sup>。また、エヴェレット・ドールマンは*Astropolitik: classical geopolitics in the Space Age*の中で宇宙空間の地理的な条件を詳細に検討した上で宇宙地政学の可能性を検討している<sup>6)</sup>。デブリ問題を扱った加藤明の『スペースデブリ：宇宙活動の持続的発展をめざして』も地球軌道について解説した上で、デブリ問題の状況を検討している<sup>7)</sup>。しかし、これらの文献での軌道上の物理的条件の整理は、それぞれの文献の必要にあわせて最小限であり、本研究でも目的に合わせた整理を行う必要がある。

本研究は、まず軌道上を中心とする宇宙空間の物理的特性を検討し、次に歴史的経緯を踏まえて宇宙空間の法的・政治的な特性を検討し、最後に環境問題としてデブリ問題を捉えるに当たり、デブリ問題がどのような性質を持つのか、を明らかにする<sup>8)</sup>。

本研究は、地球周回軌道（地球軌道）上の宇宙空間を対象として扱う。これは、人類の宇宙利用の大部分がこの領域で行われており、またデブリの大半がこの領域に存在するため、デブリ問題自体も地球軌道でのみ問題

---

5) Moltz, James. Clay, *Crowded orbits: conflict and cooperation in space*, New York, Columbia University Press, 2014, pp.20-24.

6) Dolman, Everett C, *Astropolitik: classical geopolitics in the Space Age*, London, Routledge, 2002, pp.52-74.

7) 加藤明『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、2015年、10-13頁。

8) 宇宙環境問題として扱われるものには、デブリ問題の他に、地球に衝突して被害を与える可能性がある地球近傍天体（Near-Earth Object: NEO）の問題、宇宙から地球あるいは地球から他の天体へと人類が移動する際に汚染を生じさせないようにする惑星保護などの問題も存在する。だが今現在の時点で重大な問題となっているのはデブリ問題に限られているため、本研究はデブリ問題のみを扱う。NEOの問題および惑星保護の問題については以下を参照。Moltz, op cit., pp.86-89.

視されているためである。よって、本研究で宇宙空間と記した場合に、それは地球軌道上の宇宙空間を指す。

本研究はⅠ～Ⅲの3つの部分で構成される。

まず、デブリ問題について、より広範な問題としての「宇宙の混雑化」の問題について概観した上で、具体的な状況と、歴史的な経緯及び政治的・法的な状態とを検討する(Ⅰ)。

次に、宇宙空間の物理的特性と宇宙開発の歴史的経緯から、宇宙環境問題を地球環境問題と比較する上で考慮すべき宇宙空間の法的・政治的な特性とを明らかにする(Ⅱ)。

最後に、Ⅰで検討したデブリ問題の状況、Ⅱで検討した宇宙空間の法的・政治的な特性を踏まえた上で、宇宙空間の法的・政治的な特性がデブリ問題にどのように影響しているのかを検討する。その上で、デブリ問題がどのような性質を持つのかを明らかにする(Ⅲ)。

## Ⅰ スペースデブリ問題とは何か

### 1. 宇宙空間の混雑化の問題

スペースデブリ、いわゆる宇宙ごみの問題は「宇宙空間の混雑化」という、より広汎な問題の一部と捉えることができる。人類による宇宙開発の進行に伴って地球軌道上の人工の宇宙物体が増加し、その結果としてそれら宇宙物体が衝突する、あるいは相互に干渉しあうリスクが高まることを、「宇宙空間の混雑化」問題とする。

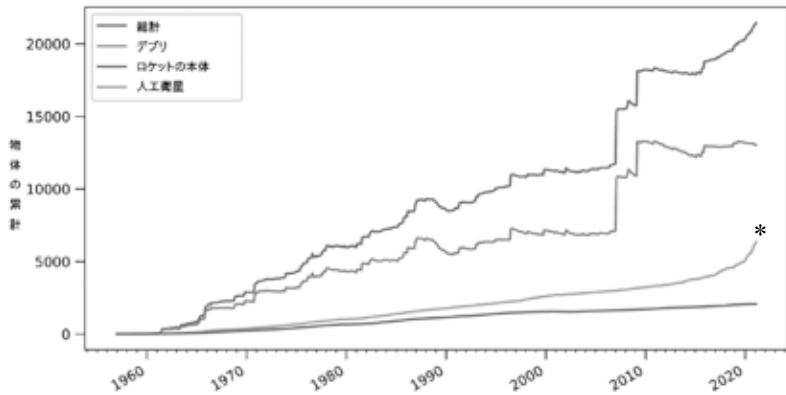
「宇宙空間の混雑化」問題の現状について、軌道上に存在する人工の宇宙物体の数という観点から、『衛星メガコンステレーションが地球低軌道、大気圏、地球にリスクを創り出している (Satellite mega-constellations create risks in Low Earth Orbit, the atmosphere and on Earth)』という論文に掲載された図を通して検討を行う。この論文は地球軌道上でのメガコンステレーション構築に伴って発生している新たなリスクを検討している<sup>9)</sup>。この論

文において軌道上の物体数は、以下の図1のように示されている。

図1は地球上の全軌道上の、各種の宇宙物体及びその総計の変化を年毎に並べたグラフである。地球軌道を離脱した物体、つまり大気圏に再突入した物体は減少幅として描かれる。

宇宙空間の人工物体の数は、ソ連がスプートニク1号を打上げて人類による宇宙開発が始まった1957年以来、多少の減少はありつつも、全体として増加を続けている。とりわけ1961年以降、デブリの数が総数の中で多数を占めているのが見て取れる。21世紀に入ってからの軌道上の物体の総計

図1<sup>10)</sup>



出典：Boley, A.C., Byers, M. "Satellite mega-constellations create risks in Low Earth Orbit, the atmosphere and on Earth", *Scientific Reports*, 11, 10642(2021), <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89909-7>, Accessed on 20 September 2021.

原注：累積軌道上分布関数（全軌道）。軌道を離脱した物体は含まれない。2007年と2009年の急激な上昇は、それぞれ中国のASAT実験とイリジウム33＝コスモス2251衝突事故を表す。\*の曲線（訳注：本論文では\*が付いた曲線。人工衛星を表す）の急激な上昇は、NewSpaceを表す。

- 9) 「コンステレーション（Constellation）」とは、全地球規模で人工衛星を多数基配置したシステムのことを指す。地球が球体であるため、地球全体を単一の衛星でカバーするのは不可能なためなどから構築される。
- 10) 本図において、左上に掲げた凡例の各線の並び順は、各線の図中右端（2021年時点）での並び順に一致する。

の増減を見ると、2007年と2009年に急激に増加し、また近年、2010年代後半以降にハイペースで増加しているのが分かる。2007年と2009年の急激な増加は、デブリの急激な増加と一致する。また、2010年代後半以降の増加は人工衛星の増加に対応する。

近年のデブリの数を見ると、2007年と2009年に急激な増加が2回ある。原注にもあるように、2007年には中国が自国の風雲1号C衛星を撃墜する衛星破壊 (ASAT) 実験を行い、地球低軌道 (Low Earth Orbit : LEO) に莫大な量のデブリが発生した。また2009年には稼動していたアメリカのイリジウム33衛星と、機能を停止していたソ連のコスモス2251軍事衛星とがLEOで衝突し、この際にもLEOに大量のデブリが発生した。これら2度の増加は、宇宙物体の総数の急速な増加をもたらした。その後、デブリの数は自然に減少する傾向があったが、最近はやばいの傾向にある。

人工衛星の数は、2010年代後半以降、現在に至るまで急激に増加しており、宇宙物体の総数の増加をもたらしている。この増加は、近年の民間企業を中心とした宇宙開発の高まりによるもので、特にメガコンステレーションの構築が原因である。2019年以降の増加の多くは、スペースX社によるスターリンク (Starlink) コンステレーションの構築によるものである。同コンステレーションは約12000基で構成される予定で、著しいハイペースで衛星を配置している<sup>11)</sup>。

将来的な推移として、デブリについては故意の出現は考えづらい。これは新たなデブリが出現するのを予防する重要性が宇宙開発を行う各国に共有されているためである。今現在軌道上に存在するデブリが急激に減少す

---

11) 12000基の第1世代 (Gen1) 衛星が配置した後、更に30000基の第2世代 (Gen2) 衛星を打ち上げる計画がある。また、2021年8月19日までに、1740基のスターリンク衛星が打ち上げられた。以下を参照。CNBC, "SpaceX adding capabilities to Starlink internet satellites, plans to launch them with Starship", <https://www.cnn.com/2021/08/19/spacex-starlink-satellite-internet-new-capabilities-starship-launch.html>, Accessed on September 30, 2021.

することもまた考えづらく、何事も無ければ横ばいあるいは微減の傾向が続くと考えられる。しかし軌道上に多くのデブリが残存していることから、軌道上での衝突事故などが発生すると急増する可能性がある。人工衛星については、前述したコンステレーションの構築を含めて、多くの国家や民間企業などが宇宙利用を拡大させていることから、今後も急速に増加していくだろう。

以上のように「宇宙空間の混雑化」の問題は人工衛星の増加と、デブリの増加との2つの要素から構成される。人工衛星は地上から管制を受けており、またスラスタなどで制御が可能な場合も多いが、デブリは全く軌道をコントロールできないため、より衝突のリスクが大きい。また、人工衛星が何らかの機能を有しており、人類の活動にとって有益な面を含んでいるのに対して、デブリはそれらの機能を喪失した存在であり、存在することによるメリットが存在しない。そのため、デブリの増加は人工衛星の増加よりも宇宙利用に対する脅威となる。

## 2. スペースデブリ問題

スペースデブリは、地球軌道上に存在する人工的な廃棄物である<sup>12)</sup>。打上げ後に軌道上に投棄されたロケット、機能を停止した人工衛星、ロケットや人工衛星から分離した破片など様々な大きさ、形状、由来のものが存在するが、いずれも宇宙開発にとっての脅威となる。現在、10000個以上のデブリが軌道上に残存していると推測される<sup>13)</sup>。

---

12) 加藤 前掲書、5頁によれば、スペースデブリについて「国連などで幾つかの定義がなされている」が、「正式に合意された定義は今のところ存在しない」。

13) この数字は、NASAがカタログ化しているデブリの数である。デブリの総数については、10cm以上のデブリが2万3000個、1cm以上10cm未満のデブリが90万個、1mm以上1cm未満のデブリが1億2800万個ほどあると考えられている。以下を参照。橋本靖明「宇宙ゴミ（スペースデブリ）への対応：状況認識から総合的な宇宙利用政策へ」『海外事情』68巻2号、2020年、58-59頁。

宇宙空間では全ての物体が高速で移動しており、LEOでは秒速約7～8 km、高度約36000kmの対地静止軌道 (Geostationary Earth Orbit : GEO) でも秒速約3 kmで動いている<sup>14)</sup>。そのため、数mmや数 $\mu$ mほどの甚だ微小なデブリでさえも、他の宇宙物体に衝突した場合のエネルギーが大きく、衛星の破壊も含めた被害が発生しうる<sup>15)</sup>。

デブリは除去されるか、地球の引力によって地上に再突入しない限り、軌道に留まり、継続的に他の宇宙物体に対して衝突の危険を与え続ける。軌道に飛散したデブリが他のデブリと衝突すると、更にデブリが発生し、それを繰り返すことでデブリは増殖し続ける。このような衝突連鎖反応によるデブリの自己増殖は、提唱した人物の名前を取って「ケスラー・シンδροーム (Kessler Syndrome)」と呼ばれる。既に1990年の段階で一部の軌道ではケスラー・シンδροームが発生する臨界を超える量のデブリが存在する、と計算されていた<sup>16)</sup>。

前述した2009年のイリジウム＝コスモス衝突事故を含めて既にデブリと、他の一デブリあるいは衛星との衝突事故は発生しつつあり、多くの衛星が脅威に晒されている。2021年の3月には中国の「雲海1号2星 (Yunhai 1-02)」衛星が突然軌道上で崩壊したが、これもデブリとの衝突が疑われている<sup>17)</sup>。過去には有人のスペースシャトルでも衝突の被害が確認されている<sup>18)</sup>。人間が滞在する国際宇宙ステーション (International Space Station : ISS) でもしばしばデブリの衝突による被害が確認されている<sup>19)</sup>。

---

14) 八坂哲雄『宇宙のゴミ問題：スペース・デブリ』裳華房、1997年、22-25頁。

15) 加藤 前掲書、93-94頁。

16) 八坂 前掲書、88-91頁。

17) Space.com, "Space collision: Chinese satellite got whacked by hunk of Russian rocket in March", <https://www.space.com/space-junk-collision-chinese-satellite-yunhai-1-02>, Accessed on 21 September 2021.

18) 2015年以前の主たる事例については以下を参照。加藤 前掲書、89-92頁。

19) 例えば、2021年5月28日、カナダ宇宙庁はISSに搭載されたロボットアーム、Canadaarm2のメンテナンス中にデブリの衝突によって直径約5mmの穴が生



### 3. スペースデブリ問題の歴史と政治的・法的状況<sup>20)</sup>

スペースデブリは人類の宇宙開発が始まると同時に出現したが、宇宙開発に関する問題として議論されるようになったのは1980年代のことである。この時期、アメリカは後にISS計画となるフリーダム宇宙ステーションの計画を進めており、またソ連はサリュート宇宙ステーションの運営を行っていた。そのため、デブリの増加によって人命が危険に晒されることへの懸念が出てきた<sup>21)</sup>。

デブリ問題への対応として、各国の宇宙機関は独自のデブリ対策の自主規範を作成し、1993年には国際機関間スペースデブリ調整委員会（The Inter-agency Space Debris Coordination Committee : IADC）を創設して、デブリをいかに低減するかを国際的な議論を始めた。その結果として、2002年にIADCのスペースデブリ低減ガイドラインが作られ、更にIADCのガイドラインを基に2007年に国連宇宙空間平和利用委員会（United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space : COPUOS）で国連スペースデブリ低減ガイドラインが採択された<sup>22)</sup>。

前述した2007年の中国によるASAT実験、2009年の米露の衛星衝突事故は大量のデブリを生み出し、デブリ問題への関心を高めた。これらの大量のデブリ拡散事件・事故と前述した国連でのスペースデブリ低減ガイドラインの採択によって、デブリ問題は宇宙開発の障害となる技術的な問題だ

---

じていたことを確認したと発表した。以下を参照。Government of Canada, "International Space Station news", <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/iss/news.asp>, Accessed on September 30, 2021.

20) 坂口滉季「政治的問題としてのスペースデブリ問題：宇宙開発の新たな時代的区分の検討」『大学院研究年報』第50号，2021年，163-178頁でより詳しく検討を行った。

21) 橋本 前掲論文，61頁。

22) 青木節子「宇宙ガバナンスの現在：課題と可能性」『国際問題』No.684, 2019年，19-20頁。

けではなく、各国政府間で議論の対象となる政治的な問題にもなったといえる<sup>23)</sup>。

技術的發展の結果、宇宙利用から得られる経済的・軍事的利益は増加しており、宇宙開発によって宇宙開発国が得ることができる威信（政治的利益）も依然として大きい。そのため、より多くの国家、あるいは民間企業、国際機関、研究機関など非国家アクターが宇宙開発・利用に乗り出している。一方で宇宙開発・利用から得ることのできる利益の増加と、宇宙開発に関与するアクターの増加、その結果としての人工衛星の増加によって、宇宙開発・利用への脅威となるデブリ問題への懸念はますます高まっている<sup>24)</sup>。現在、デブリ問題は各国共同で対処すべき問題であるとの認識は国際社会に浸透しているといえよう。

法的には、デブリ問題に対応する正式な条約は存在しない。前述したIADCや国連など国際機関が制定した法的拘束力を持たないガイドラインと、各国・各宇宙機関が自主的に制定した法律や内部基準、技術文書などが存在する<sup>25)</sup>。

既存のデブリ対策は、予防措置、観測と回避措置、除去処置の3つから構成される。

- 
- 23) 「技術的問題としてのスペースデブリ問題」から「政治的問題としてのスペースデブリ問題」への移行は坂口 前掲論文における中心的な検討課題である。
- 24) また民間有人宇宙飛行や民間宇宙ステーションなどの構想が拡大しており、軌道上に滞在する人間が増える可能性が高まったことで、デブリは人命、特に民間人への脅威として認識されつつある。
- 25) 宇宙条約9条に基づくIADC及び国連のスペースデブリ低減ガイドラインがあり、それらに基づいて法律及び内部基準が存在する。日本を例にとると、人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律（宇宙活動法）がデブリ低減の基準を満たさない人工衛星の管理を拒否することを定める。またJAXAの内部基準としてのスペースデブリ発生防止基準が定められており、JAXAの衛星およびJAXAのロケットで打ち上げられる衛星にその基準を守ることが求められている。以下を参照。宇賀克也『逐条解説 宇宙二法』、弘文堂、2019年、114頁。

まず予防措置とは、新たなデブリが出現しないようにするための措置であり、前述のIADC及び国連のスペースデブリ低減ガイドラインが主眼を置いている。この措置には破裂しにくいような衛星の設計、使用が終了した人工衛星の処分などが含まれている<sup>26)</sup>。軌道上での人工衛星への修理・補給による寿命の延長も予防措置に含まれる。

次に、観測と回避措置は、軌道上のデブリの軌道を観測し、他の衛星と衝突する可能性がある場合には、その衛星の所有者に警告を発して回避を促す措置である。衛星やデブリなど軌道上の宇宙物体の監視は宇宙状況監視（Space Situational Awareness：SSA）と呼ばれており、各国の宇宙機関などが行っている。特にアメリカ軍の統合戦闘軍の1つであるアメリカ宇宙軍（United States Space Command：USSPACECOM）の管理下で行われているSSA活動である宇宙監視網（Space Surveillance Network：SSN）は世界最大の規模であり、観測された基礎データはインターネット（<https://www.space-track.org/>）で公開されている。また衝突の危険がある場合には、該当する衛星の保有・運用者へ緊急通知が行われている<sup>27)</sup>。

最後に除去措置、つまり軌道上からデブリを取り除く措置がある。これは能動的デブリ除去（Active Debris Removal：ADR）と言われるが、未だ実験段階であるという技術的問題に加えて、宇宙空間における物体の管轄権の問題、誰がコスト負担をするかの問題などから、実際にデブリを除去した事例は少ない<sup>28)</sup>。

---

26) 青木節子・小塚莊一郎編『宇宙六法』信山社、2019年、74-75頁。

27) 福島康仁『宇宙の安全保障：軍事利用の潮流とガバナンスの模索』千倉書房、2020年、129-132頁。

28) ただしADR技術自体は既にも実証されている。例えば、スペースシャトルなどの宇宙船が衛星の近距離まで接近し、手作業で衛星を確保することは可能である。ハッブル宇宙望遠鏡の修理ミッションもスペースシャトルで接近した宇宙飛行士によって行われた。しかし、そのような既存のADR技術は非常に高コストになり、費用対効果の面でデブリ除去に使うことは難しい。そのため、より廉価なADR技術の開発を目指して研究や実験が進められている。ハッブ

## Ⅱ 宇宙空間の物理的および法的・政治的特性

### 1. ハリソンによる宇宙空間の領域的特性の検討

宇宙空間に特有な領域としての特性について、ハリソンの『第二宇宙時代におけるエスカレーションと抑止 (Escalation & Deterrence in the Second Space Age)』の中で、「宇宙領域の遠隔性 (the remoteness of the space domain)」、 「無人であること (uninhabited)」、 「国境の欠如 (lack of borders)」の3つが挙げられている<sup>29)</sup>。この論文は宇宙空間における抑止の問題を扱った論文であり、ここで挙げられた特性も抑止に関するものだが、宇宙空間の領域としての性質を明らかにしており、宇宙空間の領域的特性を検討する上で役立つ。

まず「宇宙領域の遠隔性」とは、宇宙空間が最低でも地球から数百キロメートル以上離れており、また軌道上の物体が常に高速で移動し続けている、という性質である。このため、軌道上の衛星を物理的に検査し、追跡することは困難となる。また攻撃を受けたときに、攻撃を受けたという認識や攻撃者の帰属の確認、損害の評価などが難しくなる。

次に「無人であること」とは、宇宙空間はISSなどの宇宙ステーションや有人宇宙飛行ミッションを除いて、基本的に人が存在しておらず、存在する場所が限られている、という性質である。そのため、心理的な抑制要因としての「人命への直接的な脅威 (direct risk to human life)」がなく、紛争のエスカレーションなどが生じやすくなる。

最後に「国境の欠如」とは、「軌道空間を支配する国がなく (no nation

---

ル宇宙望遠鏡の修理ミッションについては以下を参照。NASA, "About - Hubble Servicing Missions", [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/hubble/servicing/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/servicing/index.html), Accessed on September 20, 2021.

29) Harrison, Todd, *Escalation and Deterrence in the Second Space Age*, CSIS, 2017, pp.16-18.

has control of the orbital space)], 「本質的にグローバルな領域 (inherently a global domain)」であるという性質である。これは静止軌道を除いた軌道上の衛星が、地球から見て常に相対的に移動し続けていることに起因する。また一国による行動が他国の衛星に容易に波及しうる効果をもたらす。

以上のハリソンによる宇宙領域の特性の検討は、宇宙空間における抑止の問題を取り扱うために行われている。本論文は抑止や安全保障の問題ではなく、デブリ問題を検討しようとしているため、特性について再検討を行う必要がある。次項では、宇宙空間の物理的な特性についてハリソンによる特性への補足と再検討を行う。

## 2. 宇宙空間の物理的特性

本項ではHarrison (2017) が挙げた3つの宇宙空間の特性について、デブリ問題の検討に適合させるために、特に宇宙空間の物理的な特性に焦点を当てて補足と再検討を行う。

「宇宙領域の遠隔性」は、宇宙空間が地上から数百kmも遠い場所にある、という性質であり、宇宙空間の物体を物理的に検査、追跡することを困難にする。この性質を検討するに当たって、宇宙空間へ到達するのに必要な距離が単純に遠いだけではなく、地球の引力を振り切って大気圏を突破しなくてはならない、ということも補足する必要がある<sup>30)</sup>。このために、宇宙空間への到達や、宇宙空間への物体の配置はコスト的にも技術的にも難しくなる。またこの性質は地球軌道を周回している物体が地上へ再突入する際にも影響を及ぼしている。軌道上を周回している物体は地球による重力と、地球から離れようとする遠心力とが均衡している状態にあり、軌道を変更する何らかの力（摂動力）が働かない限りはその軌道から逸脱しない<sup>31)</sup>。このような摂動力は地球からの高度が低いほどに大きく、高いほど

---

30) 地球の重力を振り切り、地球軌道上へと到達するためには、第一宇宙速度（約7.9km/s）以上の速度でロケットを打ち出す必要がある。以下を参照。加藤前掲書、10頁。

に小さくなり、高軌道の物体は長期間にわたって宇宙空間に残存する<sup>32)33)</sup>。このような宇宙空間が地球から遠いために、物理的な検査や追跡が困難であり、地球上の物体を宇宙空間へ送り込むことも難しく、またある程度の高さの軌道に存在する宇宙物体は長期間、残存するという性質を、本論文では宇宙の「遠隔性」とする。

次に、「無人であること」は、人間が存在する場所が限られており、そのために人命の損失の危険という抑制が働きにくい、という性質である。これに補足すると、宇宙空間は人間やほとんどの生命が、そのままでは生存することができない環境であり、生命を存在させるだけで多大なコストと技術力が必要となる<sup>34)</sup>。これは、大気が非常に希薄であること、強烈的な磁気の影響があること、そして太陽から直接に放射線を浴びることになる、などの物理的な性質から生じている<sup>35)</sup>。生命が存在しないために、宇宙空

- 
- 31) 摂動力としては、月や太陽など地球以外の天体による引力、太陽の光が及ぼす圧力(光の圧力)、地球の質量分布が球対称でなく歪んでいることに伴う力、僅かに存在する地球の大気の抵抗などがある。以下を参照。八坂 前掲書、20-21頁。川瀬成一郎「静止軌道の摂動の簡易理論」『日本航空宇宙学会論文集』Vol.55, No.644, 2007年, 446頁。
  - 32) 平均的な円軌道衛星の寿命は、高度200kmでは1～4日、高度600kmでは25～30年、高度1000kmでは2000年にもなる。以下を参照。八坂 前掲書、20-21頁。
  - 33) 低い軌道にある物体は、早くに地球上へと再突入し、地上へ被害を与える可能性がある。この問題については、坂口滉季「宇宙物体の大気圏再突入と地上被害に対処する法的・政治的枠組みについて」『法学新報』128巻5・6号, 2021年, 231-254頁で検討した。
  - 34) 「遠隔性」の特性も合わせて考えると、人間が宇宙空間に到達して滞在することは、到達するためにコストとリスクが掛かり、更に滞在するためにもコストとリスクが掛かる。宇宙から地上へ戻ることを考えると、更にリスクとコストは高まる。
  - 35) このような過酷な環境は人工衛星にも影響を与えており、衛星のコストを高め、同時に寿命を短くしている。以下を参照。JAXA, “宇宙科学の最前線：宇宙天気の科学”, <https://www.isas.jaxa.jp/j/forefront/2008/obara/>, Accessed

間には生態系が存在しない。このような宇宙空間に生命や生態系が存在せず、存在させるには多大なコストが掛かること、生命が存在しないために軌道上で発生した問題が緊迫のものとして受け取られないという性質を、本論文では宇宙の「無生命性」とする。

最後に、「国境の欠如」は、GEOやラグランジュ・ポイントを除いて、宇宙物体は各々の軌道で地球を周回しており、それら相互及び地球との位置関係は常に変動する、という性質である<sup>36)</sup>。そのため、一部の部分を除いて、宇宙空間の領域的な分割と支配は不可能となる。宇宙物体は地球上から見ると、国境線を超えて移動しているように見え、越境的存在である。このような性質を、本論文では宇宙の「越境性・無国境性」とする。

以上の宇宙の「遠隔性」、「無生命性」、「越境性・無国境性」の3つの性質を、Harrison (2017) で挙げられた遠隔性、無人であること、国境の欠如という3つの性質をデブリ問題の検討に適用するために再検討し、新たに導出した。更に本研究は、宇宙空間の領域としての物理的特性について、観測の容易さ、という性質が挙げられると考える。

「観測の容易さ」とは、宇宙空間に存在する、一定以上の大きさの物体は地球から常にその存在を観測されうる、という性質である<sup>37)</sup>。これはGEOを除く宇宙空間に存在する物体が常に地球を周回していること、地上との距離が遠いため宇宙空間の1点が地球上のかなり広い範囲から観測が可能であること、大気が非常に希薄なために視界が良好であること、などに起因する。「遠隔性」の性質から宇宙物体に物理的に接近して詳細

---

on September 25, 2021.

36) 「ラグランジュ・ポイント」とは、2つの天体の重力と遠心力とが釣り合う地点であり、ここに存在する物体は相対的に移動しないように見える。本研究では地球と月との重力が釣り合う地点を想定している。このラグランジュ・ポイントは宇宙空間における戦略的要地として捉えられることがある。以下を参照。Dolman, op cit, p.75.

37) 例えば、米のSSNはLEOで10cm, GEOで1mの物体を観測できると公称する。以下を参照。加藤 前掲書, 54-55頁。

を知ることは困難だが、存在を知るのは容易であり、物体が存在していないかのように偽装することも困難である。宇宙空間で発生する様々な物理的事象についても同様で、地上からの観測による一定の透明性が常に維持されている。このような性質を、本論文では宇宙の「透明性」とする。

以上の「遠隔性」、「無生命性」、「越境性・無国境性」、「透明性」の性質は宇宙空間に特有であり、宇宙空間を地球上の空間と区別する物理的特性である。この宇宙空間の物理的特性は宇宙開発を規定し、宇宙空間の法的・政治的な特性が形成される上で前提的な環境として機能してきた。以下の表1に本項で検討した諸特性を整理する。Harrison (2017) で挙げられた特性については、太字で強調した。

表1 宇宙空間の物理的特性

遠隔性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>物理的な追跡・検査が困難</b></li> <li>・ 地球上から軌道上へと物体を送り込むことも困難</li> <li>・ 宇宙物体はその軌道の高度が高いほど、長期間軌道に残存</li> </ul>
無生命性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>人命・生命の損失の危険という抑制が働きにくい</b></li> <li>・ ほとんどの生命は生存できず、生存には多大なコストが掛かる</li> <li>・ 生態系が存在しない</li> </ul>
越境性・無国境性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>宇宙空間の領域的な分割・支配は困難</b> → ただし、GEOやラグランジュ・ポイントは例外</li> <li>・ 地上から、宇宙物体は国境線を越えて移動していると見える</li> </ul>
透明性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 宇宙空間に存在する一定以上大きさの存在は、常に地球から観測される</li> <li>・ 存在を知ることが容易であり、隠蔽は困難である</li> </ul>

### 3. 宇宙空間の法的・政治的特性

前項で検討した宇宙空間の物理的特性と、これまでの宇宙開発の歴史的経緯から、現在の宇宙空間の法的・政治的特性を整理する。



まず宇宙の「遠隔性」の特性は、宇宙利用に必要な技術力とコストとを上昇させ、宇宙開発に関与できるアクターを限定させてきた。冷戦期の大部分で宇宙開発は国家、特に米ソ両国の国家機関と軍によって行われた<sup>38)</sup>。現在は宇宙開発を行う国家が数的に増加し、また国家機関のみならず民間企業や国際機関、大学などの研究機関などが宇宙開発に参加して、アクターの種類は多様化している。それでも宇宙開発には関与できるアクターは非常に少なく、またアメリカや中国、ロシア、日本、欧州宇宙機関を含む欧州諸国、インドなどの国家・地域に偏っている。アクターが少数かつ偏在している一方で、宇宙利用によって提供される測位や衛星放送など多様なサービスは広汎に利用されており、人々の生活上の利便性を高めている。

「遠隔性」の特性はまた、ある程度の高さの高度の軌道に存在する物体を長期的に軌道に残存させる。この特性は「宇宙の混雑化」の問題を長期化させる原因になっている<sup>39)</sup>。

宇宙空間の「無生命性」の特性から、宇宙開発によって生じた問題は経済活動や科学的調査、あるいは国家の安全保障に影響を与える可能性はあるが、人間の生命や生態系に対して直接にはほとんど影響を与えない<sup>40)</sup>。現在でも、軌道に滞在する人間の数は非常に少なく、宇宙開発による問題から人命の損失に切迫感は生まれがたい<sup>41)</sup>。また「無生命性」は人類以

---

38) 1957年から1990年までに打ち上げられた衛星の93%が米ソ両国に占められ、また全衛星の70%が軍事衛星であった。以下を参照。Harrison, op cit, pp. 2-6.

39) 一方でこの特性は、原子力電源を使用した人工衛星が地球に再突入するのを遅らせている。以下を参照。山中龍夫「宇宙用原子力動力源の安全技術」『日本航空宇宙学会誌』29巻327号、日本航空宇宙学会、1981年、175-178頁。

40) 宇宙ステーションや有人ロケットがデブリと衝突する可能性に加えて、宇宙物体の再突入に伴って人的被害が生ずる可能性はあるが、今現在、デブリが直接の原因となって人命が失われた事例は存在しない。

41) ただし、有人宇宙船の打上げや再突入時など、宇宙空間の「遠隔性」の特性に伴う人命へのリスクは存在している。

外の生命一般に対して、宇宙開発上の問題は何ら影響を与えないことを意味する<sup>42)</sup>。

GEOやラグランジュ・ポイントなど地球からの相対的位置が一定の場所を除き、宇宙空間の領有・分割を不可能にする、宇宙空間の「越境性・無国境性」は国際宇宙法にも反映されている<sup>43)</sup>。国際宇宙法の根幹にある枠組み条約としての「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」(以下、宇宙条約) 2条は、「月その他の天体を含む宇宙空間は、主権の主張、使用若しくは占拠又はその他のいかなる手段によっても国家による取得の対象とはならない」と定めている<sup>44)</sup>。このため、宇宙空間には国家の主権や管轄権は及ばず、他国の上空でも自由に飛行することができる<sup>45)46)</sup>。その代わり、宇宙条約 8条によって、軌道に打ち上げられたロケットや衛星などに対して、それを登

---

42) 環境倫理学の観点からは、環境価値論を宇宙開発の問題、特にスペースデブリ問題に当てはめると、「全く的是はずれな結論」が出てしまうことが指摘されている。以下を参照。伊勢田 前掲書、135-137頁。

43) 領有権の主張が可能なGEOについては、その位置の割り当てを巡るガバナンスが存在している。これは国際電気通信連合(International Telecommunication Union: ITU)が管轄しており、GEO上の衛星の配置を割り振っている。また、ITUは宇宙空間における無線周波数帯の割り当ても管轄している。以下を参照。Sheehan, Michael, *The International Politics of Space*, New York, Routledge, 2007, pp.132-139.

44) 青木・小塚 前掲書、45頁。

45) 宇宙空間の範囲について具体的な条約などはなく、慣例的に高度100km以上が宇宙空間とされ、それ以下は領空とされている。

46) ただし、GEO上の衛星は地球上の1点の上空に留まるために、赤道にある途上国8カ国によって、「自国の上空にある静止軌道は自国の領域(領空)の延長であり、そこに法的な管轄権が及ぶことを宣言した」ボゴダ宣言が1976年に発せられた。現在はボゴダ宣言に関する論争は止まっており、また実質的な意味合いも薄れてきている。詳しくは、鈴木一人『宇宙開発と国際政治』岩波書店、2011年、246-247頁を参照。

録している国家の管轄権が働く<sup>47)</sup>。条約によって領有が否定されているという法的性質は、南極条約によって各国の領有権主張が凍結されている南極大陸に近い<sup>48)</sup>。

一部の領域・軌道を除く宇宙空間の全ての物体が、地球上から見て相対的に移動しているという「越境性・無国境性」の特性は、宇宙空間で発生した1つの事象を宇宙空間全体、特に同じ軌道上に波及させる。宇宙空間での問題を予防し、解決するためには、必然的に宇宙開発に関与する全国家の協力、国際社会の連携が必要となる<sup>49)</sup>。

宇宙空間の「透明性」は、宇宙物体の軌道や宇宙空間で発生した事象の観測を容易にする。Iで述べたように宇宙開発を行う各国はSSAによって、宇宙物体の軌道や宇宙空間で起こった事象を観測している。また宇宙開発に関与する非国家アクターが増えたことで、民間SSA能力も注目を集めている<sup>50)</sup>。このため、軌道上で起こった活動を隠蔽することは困難である。2007年の中国のASAT実験でも、中国の衛星の消失を確認して、世間の注目を集めたのはアマチュアの天文家であった<sup>51)</sup>。

宇宙空間の物理的特性からは独立した宇宙空間の政治的・法的な性質と

---

47) 船舶及び航空機の法的地位と、宇宙物体に対する管轄権及び責任の原則について、国際的な観点から類似が指摘されている。以下を参照。van Bogeaert, E.R.C, *ASPECTS OF SPACE LAW*, Deventer, Netherlands, Kluwer Law and Taxation Publishers, 1986. (van ボガート, E.R.C著, 栗林忠男監訳『国際宇宙法』信山社, 1993年, 148頁)

48) ただし、宇宙条約における宇宙空間の領有禁止の原則は、南極条約を利用して作られたとする主張もある。以下を参照。Moltz, op cit., pp.40-41.

49) このような「越境性・無国境性」が、宇宙システムがグローバルな公共財として社会的なインフラを提供することができる「広域性」と「同報性」を持つという主張もある。以下を参照。鈴木 前掲書, 13-15頁。

50) 例えば、宇宙データ協会 (Space Data Association) など。以下を参照。福島 前掲書, 171-172頁。

51) Moltz, op cit., pp.147-148を参照。ただし各国政府は、この事実により早く気が付いていた可能性がある。

して、宇宙利用や宇宙開発に関する技術のデュアルユース性と、国際宇宙法の未整備とが挙げられる。

宇宙開発・宇宙利用に関する技術の多くは平和的目的にも軍事的目的にも利用が可能なデュアルユース性を持つ。例えば、宇宙ロケットの技術は長距離弾道ミサイルの技術と共通性があり、弾道ミサイル開発を行う国家が宇宙開発にも参入してきた歴史がある<sup>52)</sup>。また宇宙空間から地上を観測するリモート・センシング技術や、衛星を通してデータを送受信する衛星通信技術は、観測の対象や送受信するデータの内容によって平和的にも軍事的にも利用が可能である<sup>53)</sup>。そのため、宇宙利用への規制に関する議論は、常に安全保障能力の規制の議論と関係する。この性質は、宇宙開発を行う国家が増え、かつ大国間の安全保障上の対立関係が存在している現状では、拘束力がある宇宙開発への新たな規制が合意されることを非常に困難にしている<sup>54)</sup>。

- 
- 52) 大陸間弾道ミサイル (ICBM) の保有国 (アメリカ, ロシア, 中国, 北朝鮮, インド, イスラエル) はいずれも独自のロケット打上げ技術を有し, 宇宙開発を行っている。
- 53) 実際に民間企業が軌道上から観測した観測した地上データや画像を安全保障のために提供することや, 軍が民間の通信衛星の通信帯を借り上げて使用することがある。また軍用衛星が民間企業のロケットによって打ち上げられる場合がある。民間の宇宙アセットが軍事的目的で利用された歴史と具体的な事例については, 福島 前掲書を参照。
- 54) 安全保障目的での宇宙利用の規制については, 更に困難である。例えば, 2008年に中露によって共同提案された「宇宙空間における兵器の配備, 武力による威嚇または武力の行使の防止に関する条約 (Treaty on the Prevention of the Placement of Weapons in Outer Space, the Threat or Use of Force against Outer Space Objects : PPWT)」案は, 宇宙空間への兵器配置と, 宇宙物体への武力行使を禁止しようとしていた。この条約案は地上配備のASAT兵器について規制を行わず, また自国の宇宙物体への武力行使は禁止されていなかった。そのため, 弾道ミサイル防衛のために宇宙に兵器を配置する計画を持つため, PPWT案が自国にとって不利益になると考えたアメリカは強硬に反対した。

宇宙空間の利用と宇宙開発についての国際法（国際宇宙法）は整備が進んでいない。正式な多国間条約として、いわゆる宇宙5条約があり、国際宇宙法の根幹を形成している<sup>55)56)</sup>。これら条約は米ソが宇宙開発をほぼ独占していた冷戦期、特に米ソのデタントが進んだ1960年代後半～1970年代前半に形成された。この時代は国家、特に米ソ両超大国が宇宙開発の大部分を占め、両国が妥協できた場合には正式な条約の締結を行うことが可能であった。この時期に形成された国際宇宙法は宇宙開発の責任主体を国家に限定した<sup>57)</sup>。米ソのデタントの崩壊以後は国際宇宙法の形成が難しくなり、米ソ以外の諸国による宇宙開発の進行が進んでアクターが多様化したことで交渉が複雑化し、現在まで国際宇宙法の形成は停滞している<sup>58)</sup>。現在、宇宙の軍事利用に関する国際条約はジュネーブ軍縮会議、それ以外の宇宙開発に関する国際条約はCOPUOSが管轄しているが、両機関ともにコンセンサス方式を採用しており、前述した宇宙利用のデュアルユース

---

55) 宇宙5条約は、宇宙条約（1966年採択）、宇宙飛行士の救助及び送還並びに宇宙空間に打ち上げられた物体の返還に関する協定（宇宙救助返還協定、1967年採択）、宇宙物体により引き起こされる損害についての国際的責任に関する条約（宇宙損害責任条約、1971年採択）、宇宙空間に打ち上げられた物体の登録に関する条約（宇宙物体登録条約、1974年採択）、月その他の天体における国家活動を律する協定（月協定、1979年採択）のことを指す。

ただし月協定のみは批准国が少数に留まり、主要な宇宙開発国も参加しておらず、実効性は低い。月協定については以下を参照。小塚莊一郎・佐藤雅彦編『宇宙ビジネスのための宇宙法入門〔第2版〕』有斐閣、2018年、39-39頁。

56) これ以外にも部分的核実験禁止条約など、宇宙空間までも対象に取った多国間条約は存在する。また米ソ間で結ばれた弾道弾迎撃ミサイル制限条約なども宇宙空間での活動を対象に含んでいる。

57) 宇宙条約は6条によって、「私人の活動も国家の活動と同一視し」、私人が「国際宇宙法に違反する行動をとったときには、私人の国籍国が外国に対して直接国際的責任を」負う「責任の一元集中方式」を取っている。以下を参照。小塚・佐藤 前掲書、44-45頁。

58) Moltz, op cit., pp.151-153.

性もあって、新たな条約を締結できない状況が続いている<sup>59)</sup>。

### Ⅲ 宇宙環境問題としてのスペースデブリ問題の性質

#### 1. 宇宙空間の特性とスペースデブリ問題

前節では、スペースデブリ問題が発生している主な領域としての宇宙空間の物理的及び政治的・法的特性を検討した。本項ではそれらの特性がデブリ問題にどのように関わるのかを、あらためて整理したい。

まず宇宙空間の「遠隔性」は、宇宙開発に必要な技術力とコストを上昇させる。そのため、宇宙開発に関与するアクターは未だ少数に留まる。デブリ問題は、宇宙開発に関与している少数のアクターの活動から生まれたものであり、彼らの宇宙利用がデブリ問題によって脅威を受けている。だが同時にこれらのアクターの宇宙利用によって提供された様々なサービスは、グローバル社会の基本的インフラとして機能しており、それが脅かされているという点で、デブリ問題は間接的には社会全体への脅威である。

宇宙空間の「遠隔性」はまた、宇宙空間、特に比較的に高い軌道にある宇宙物体が長期的に残存する、という性質でもある。今現在、既に多くのデブリが軌道に残存しており、新たに発生するデブリを減らしたとしても、短期的には問題は解消しない。積極的なデブリの除去によってのみ問題を解決できる。しかし技術的な問題に加えて、ADR技術のデュアルユース性や、そのコストを誰が負担するのか、といった問題や、宇宙物体の管轄権の問題などがあり、ADRは実験段階に留まっている。

宇宙空間の「越境性・無国境性」から、宇宙空間を領有・分割することは困難である。また宇宙空間で発生した問題は宇宙空間全体の問題となり

---

59) ジュネーブ軍縮会議については、1999年以降は作業計画そのものが合意できていない。そのため、非公式な協議を通じて議論が行われてきた。以下を参照。外務省、“ジュネーブ軍縮会議 (CD) の概要”, [https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/un\\_cd/cd/gaiyo.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/un_cd/cd/gaiyo.html), Accessed on September, 28.

うる。デブリ問題も、地球軌道上のある地点でデブリが発生した場合、そのデブリが取る軌道の周辺全てで他の宇宙物体との衝突の危険性がもたらされる。このため、デブリ問題はグローバル問題であって、その対処も領域によって分割することが不可能であり、グローバルな対応を必要とする。宇宙開発に携わるアクター全てにとってデブリ問題は共通の脅威であり、地域的な偏りは存在しない。またデブリ問題は、全てのアクターが対処に協力しなければ解決は難しく、問題の低減でさえも困難である<sup>60)</sup>。

宇宙空間の「無生命性」は、宇宙で起こった人為的な事象が、直接的な人命の損失を招くことはない、という点でデブリ問題に対する切迫感を生み出すのを遅らせてきた。デブリ問題が注目された契機も、宇宙ステーション計画によって宇宙への人間の滞在が意図されたことにある。現在は有人宇宙飛行は商業化が進み、一般化の傾向にある。宇宙空間に人間、特に民間人が多く滞在するようになった場合には、人命損失への懸念がますます高まることが予期される。デブリ問題によって、人類以外の生命が何らかの被害を受けることは考えがたく、生態系への影響も存在しない。

宇宙空間の「透明性」は、宇宙空間で起こった事象の把握を容易にし、また多様な主体が宇宙空間を監視することを可能にしてきた。デブリ問題でもSSAを通して、ASAT兵器の実験による衛星の破壊や、宇宙物体間の衝突など、デブリが出現する可能性がある行動・事象をいち早く観測し、また出現したデブリの軌道も把握することができる。近年の非国家アクターによるSSA能力の向上によって、民間企業や市民団体、研究機関などがデブリの状況把握と原因追究に一定の役割を果たしうる可能性がある。

宇宙開発技術のデュアルユース性は、平和的な宇宙利用・宇宙開発技術と軍事的な宇宙利用・宇宙開発技術との区別を困難にしている。これは宇

---

60) 例えば2007年の中国のASAT実験は純粋に一国によって実施されたが、その結果としてのデブリの飛散の影響はLEOの利用全体への脅威となった。一国による活動が、宇宙開発全体に影響を与えうるため、全国家が協力する必要がある。

宙開発に関するガバナンスや国際宇宙法の構築を阻んでおり、デブリ問題でも同様である。ADR技術はASATに应用可能であり、軌道上のデブリの状況を把握するSSAもASAT攻撃に必要な、標的となる衛星の軌道を把握する能力でもあり、デュアルユース能力である。

デブリ問題を含めて、宇宙開発に対応するための国際的な法的議論は、法的拘束力を持つ合意が困難だという点で限界を抱えている。その原因は大きく3つあり、第1に、前述した宇宙開発技術のデュアルユース性から、宇宙開発を規制することが自国の安全保障能力の制限に繋がる可能性があり、宇宙の安全保障への利用を進めている、あるいは進めようとする国々が議論に慎重になっている。第2に、宇宙開発に新規に関与するようになった諸国は、宇宙開発のコストを上昇させるような規制に対して反発している。第3に、そのような合意を行うための舞台であるCOPUOS、ジュネーブ軍縮会議の双方がコンセンサス方式を取っており、正式な合意を難しくしている。前述した通り、デブリ問題が宇宙開発上の問題として認識されるようになったのは1980年代であり、この頃には米ソデタントの崩壊と宇宙開発に関与するアクターが多様化し始めたことで、宇宙開発に関する正式な条約の締結が困難になっていた。そのため、デブリ問題への対応は法的拘束力を持たないガイドラインという形で対応が行われてきた。デブリ問題への対策を各国は強制されておらず、各国・各宇宙機関の自主的な基準によって規制が行われている。

## 2. スペースデブリ問題の性質の整理

本項では、これまでの検討を踏まえて、スペースデブリ問題の性質の整理を行う。

まず、デブリ問題は宇宙開発の過程で発生した問題であり、宇宙開発・宇宙利用を行ったアクターに責任がある<sup>61)</sup>。しかし、デブリが出現するこ

61) 宇宙開発・宇宙利用を行っていないアクターも、デブリを発生させるような行為（ASATなど）を行うことは可能であり、その場合には責任が発生する。



とを予期していながら対策を怠った、あるいは対策を取ろうとせずに発生した場合、あるいはデブリに対する問題意識が希薄だった場合もある<sup>62)</sup>。そのような行為をとったアクターの責任はより重くなるだろう。また一般的に以前から宇宙開発・宇宙利用を行ってきた国家は、新しく宇宙開発・宇宙利用を行ってきた国家よりも責任は重い。

デブリとの衝突で直接に被害を受けるのは他の人工衛星であり、その被害によって直接的に損害を受けるのは、宇宙開発・宇宙利用を行うアクターである。しかし、現在の宇宙システムはグローバル社会にとって欠かすことのできないインフラとして機能している。デブリ問題によって宇宙利用が脅かされることは、間接的には社会一般へのリスクである。また先進国の軍隊にとっても、宇宙システムは重要なインフラである。デブリによる被害を受けることになるのは、宇宙利用を行っている人類だけであり、それ以外の生物には何ら影響が無い。

デブリ問題による脅威は、そのデブリが取る軌道の周辺であり、領域的な偏りはないが、高度的な偏りは存在する。宇宙開発が盛んな軌道、特にLEOでデブリは多く出現しており、人工衛星自体もLEOやGEOなど特定の高度の軌道に偏って存在しているため、被害の可能性は宇宙開発に関与するアクター全体に分散される。ただし、より多くの衛星を、(特にLEOの)より多様な軌道に配置しているアクターほど被害は受けやすくなる。

デブリによる直接的な損害は、人工衛星やロケットなどの宇宙物体の破損に限定される。宇宙空間にはほとんど人が存在せず、人的被害の可能性

---

62) 2007年の中国によるキネティックなASAT実験はデブリの出現が予期されていたと考えられるが、何ら対策が取られずに強行された。また1961年及び1963年のアメリカによるウェスト・フォード計画（軌道上での4億8000万本の針の散布による人工的に電離帯の形成実験）など、宇宙開発初期における諸実験では多くのデブリが出現したが、デブリに対する問題意識がそもそも存在していなかった。ウェスト・フォード計画については以下を参照。加藤 前掲書、194頁。

は低い。実際に、今までデブリを直接の原因とする人命の損失は起こっていない。ただし、将来的に商業有人宇宙飛行などが発達し、宇宙空間を通過、あるいは宇宙空間に滞在する人口が増加すると、人命被害の可能性が上昇する。また宇宙空間には生態系が存在しないため、生態系への影響は無い。

デブリ問題の状況の観測は比較的容易であり、ある程度の大きさのデブリの軌道は追跡でき、またデブリによって生じた被害（衛星の破損）も観測が可能である。民間企業やアマチュア天文家も、デブリ問題の状況把握に参加することが可能となる。またデブリの数的な増加が問題を引き起こしているのであり、デブリが減少すれば問題は緩和／解決する。その点で、デブリ問題は定量的な把握が可能である。

デブリは軌道や高度にもよるが、宇宙空間に長期的に滞留し続けて継続的な脅威となり、自然の回復力（この場合は地球の引力）によるデブリ問題の解決も短期的には望めない。またデブリ同士の衝突を管理・回避することはできず、時間が経つにつれて衝突が発生し、デブリが自己増殖する可能性がある。自然の回復力に頼らない積極的な問題解決、つまりデブリの軌道上からの除去が、できる限り早くに必要となる。

デブリ問題を軽減・解決するための手段は、Iでも検討したように、新たなデブリの出現を防ぐ予防措置、デブリによる被害を減らす監視と回避措置、そしてデブリ自体を減らす除去措置がある。現在、実行されているのは予防措置と、監視と回避措置である。デブリ問題の積極的な解決に繋がる除去措置は技術的にも発展途上であり、またデュアルユース性によるものも含めて多くの問題が存在している。現段階では、実験以外で軌道上からのデブリの除去は行われていない。

宇宙利用への脅威として、デブリへの問題意識は国際的に共有されているが、デブリ問題に関するレジームやガバナンスは今現在、存在していない。デブリ問題に関する法的拘束力を持った国際的な合意や条約も存在しておらず、法的拘束力を持たないガイドラインに従って、各国・各機関が

自主的に規制を行っている。宇宙開発技術全体のデュアルユース性、宇宙開発先進国と途上国との対立、国際機関の機能不全から、デブリ問題に関する新たな合意・条約の締結は難しい。

デブリ問題を含む宇宙開発・宇宙利用全般に共通しているのは、その技術のデュアルユース性である。これによって、安全保障上の対立関係が宇宙開発・宇宙利用の法的・政治的な議論に常に影響する。デブリ問題においても、その解決のための諸措置に安全保障上の意図が疑われ、国際的な規制の議論が進みにくくなっている。

本項の検討結果を以下の表2に整理した。

表2 スペースデブリ問題の性質の整理

問題を発生させた主体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・宇宙開発・宇宙利用を行ってきたアクター（ただし、ASATなどの形で、宇宙開発・宇宙利用を行わないアクターもデブリを発生させうる）</li> </ul>
問題による被害者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・直接的には宇宙利用を行うアクター</li> <li>・間接的には宇宙システムから利益を得ている社会一般</li> <li>・人類以外には何ら影響を与えない</li> </ul>
被害の偏り	<ul style="list-style-type: none"> <li>・領域的な偏りは存在しない</li> <li>・高度による偏りはあり、特にLEOで深刻</li> <li>・より多くの衛星を、より多様な軌道に配置しているアクターほど被害を受けやすい</li> </ul>
被害の形態	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人工衛星など宇宙物体の破損、新たなデブリの発生</li> <li>・有人宇宙物体（ロケットや宇宙ステーション）が被害を受けた場合は、人的被害の可能性</li> <li>・生態系への被害は発生しない</li> </ul>
問題の監視	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全容を把握しやすい</li> <li>・定量的な把握が可能</li> </ul>
問題の自然解決	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長期間を要し、短期的な解決は不可能 → 積極的な解決の必要</li> <li>・デブリ同士の衝突による問題悪化(自己増殖)の可能性</li> </ul>

問題を軽減するための手段	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 予防措置 (新たなデブリの出現を防ぐ)</li> <li>・ 監視と回避措置 (デブリによる被害を防ぐ)</li> <li>・ 除去措置 (デブリ自体を減らす) → 積極的解決</li> </ul>
積極的解決のための能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術的に発展途上, また政治的・法的に多くの問題</li> </ul>
レジーム・ガバナンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 存在しない (ただし, 問題意識は共有されている)</li> </ul>
安全保障問題との関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 強い → 宇宙開発技術のデュアルユース性による</li> </ul>

デブリ問題を環境問題として捉えるに当たって考慮すべき特殊性として、問題を発生させた主体と直接的に被害を受ける主体との一致、被害の偏り、物的な損害、定量的な把握の可能性、問題の自己増殖性、人命・生態系への影響がない／微弱、レジーム・ガバナンスの不在、安全保障問題の強い影響などを挙げることができる。また被害の偏りでは、保有している衛星の高度に由来する、という点に特殊性がある。

### おわりに

本研究では、まずスペースデブリ問題について、その背景にある「宇宙の混雑化」の問題について最新の状況を含めて検討を行った後、問題の概要と、その歴史的経緯、政治的・法的な状況について検討し (Ⅰ)、宇宙空間の領域的特性について、ハリソンによる整理 (「宇宙領域の遠隔性」, 「無人であること」, 「国境の欠如」) を検討した後に、それを再検討する形で物理的な特性を整理 (「遠隔性」 「無生命性」 「越境性・無国境性」 「透明性」) し、更にその物理的特性と歴史的経緯から導き出された政治的・法的特性を検討し (Ⅱ)、Ⅰで検討したデブリ問題の状況と、Ⅱで検討した宇宙空間の政治的・法的特性との関連性を検討して、デブリ問題がどのような性質を持っているのかを明らかにした (Ⅲ)。

結論として、デブリ問題を環境問題として捉えるために考慮すべき特有の性質として、問題を発生させた主体と直接的に被害を受ける主体との一致、被害の偏り、物的な損害、問題の自己増殖性、人命・生態系への影響の不在、レジーム・ガバナンスの不在、安全保障問題の強い影響などがあることが明らかになった。

本研究はデブリ問題を環境問題として捉えるための予備的考察という位置づけであり、デブリ問題が持つ特殊な性質を明らかにすることを目的とした。そのため、幾つかの問題点と限界とがある。

まず、本研究は環境問題とは具体的にはどのように定義されるか、という問題に踏み込んでおらず、デブリ問題が環境問題として捉えることができる、ということ自体を自明のものとして扱っている。環境問題とされる問題は多岐にわたり、例えば加藤尚武編『環境と倫理 [新版]』の中で、加藤は環境問題を直接的な現象として「①生物種の減少、②資源の枯渇、③生態系の劣悪化（環境汚染）、④廃棄物の累積」に分類している<sup>63)</sup>。しかし、宇宙空間はグローバル・コモンズ（地球公財）として認識されており、これをコントロールする主体が存在しないという点では、宇宙空間での問題は地球上の環境問題とのアナロジーから捉えることができるだろう<sup>64)</sup>。

またデブリ除去措置に関連した様々な問題の検討を行うことができなかった。近年、ADR技術の開発が進んでおり、実際にデブリ除去を実行できる可能性が出てきている。しかし、実際にADRを実行するためには法的・政治的なハードルが多く存在している。例えば、法的には、デブリとデブリでないものの区別が明確でない、宇宙物体への管轄権の移転についての規定が明確でない、デブリがどのような点で「障害」となっているのか明確でない、などの問題がある<sup>65)</sup>。ADR技術自体が発展途上である

---

63) 加藤尚武編『環境と倫理 [新版]』有斐閣、2005年、2-3頁。

64) 星野 前掲書、4頁。

65) 以下を参照。Pelton, Joseph N, *New Solutions for the space debris problem*, New York, Springer, 2015, pp.69-79.

こともあり、本研究では詳細な検討は行わなかった。

本研究はデブリ問題に関する軍の役割について検討を行わなかった。平和的な目的だけでなく、軍事・安全保障上の目的でも宇宙利用は行われており、各国の軍隊は宇宙利用を積極的に推進している。デブリは軍事・安全保障目的での宇宙利用の障害にもなっており、各国軍もデブリ問題に危機感を持ち、対応、特にSSAによる軌道上のデブリの監視に当たっては1つの主体として参加してきた<sup>66)</sup>。これは他の環境問題とは異なる特性であると考えられる。アクターの違いが環境問題の解決にどのような影響を与えるのかは今後の検討課題としていきたい。

本研究で行った、物理的及び法的・政治的な宇宙空間の領域的な特性の検討は、宇宙開発に関する問題一般を検討する上での基礎ともなりうる。今後の研究においても、本研究の知見を役立てていきたい。

(本学大学院法学研究科博士課程後期課程在籍)

---

66) SSNを運用しているのはUSSPACECOMであり、また航空自衛隊でも宇宙作戦隊がSSAを行っている。以下を参照。防衛省『日本の防衛：防衛白書』令和3年版、240頁。