

宇宙総合学研究ユニット NEWS 2024 年 3 月号



SEEPの受講生を紹介します！

受講生紹介の第7弾です！今回は、今年度からSEEPに参加してくださっている三浦よもぎさん（京都大学総合人間学部 4年生）に自己紹介文を寄稿して頂きました！

三浦 よもぎさん

（京都大学総合人間学部 4年生）

みなさんはじめまして。宇宙倫理学教育プログラム（SEEP）の学部コースに今年度より参加させていただきました京都大学総合人間学部 4 回生の三浦よもぎです。この肩書きを名乗れるのもあと 1 か月ほどだと思うと、寂しさが溢れてきてしまいます。私はもともと人の幸せについて考えたいと思い、社会学を学ぶことのできる文学部に入学しました。しかし、全学共通科目の講義を受けるうちに、人の幸せが多くの要素と関連していることを痛感し、それらを包括的に学ぶことのできる総合人間学部へ転学部しました。そして、さまざまな側面から人とその幸せについて考え、卒業研究では「子どもの暮らし向きの認知とメンタルヘルス」というテーマについて検討しました。

そんな私がどうして SEEP を受講したいと思ったのか、そしてそれを通してどんなことを考えたかを振り返りながら書かせていただきます。

まず私が SEEP を受講したいと思ったのは、「人である」という前提と、「人の幸せ」がどのように両立するのかを考えたいと思ったからです。倫理は人の尊厳を守る一方で、とすれば個人の幸せと対立する可能性もはらんでいると思っていました。そのため、倫理を学ぶことを通して、「人」の幸せに関する考えを深めたいと思い、このプログラムの倫理の部分に興味を持ちました。さらに、宇宙は一生物としての「ヒト」という存在を最も浮き彫りにする環境であると考えたため、その環境における倫理を考えることにより、人であるという前提とそこにおける幸せを最も究極的に考えられるだろうと思ったのが、参加を志したきっかけです。



このような思いをもとに参加させていただいた SEEP で私は、「宇宙における出産と育児に関する倫理」というテーマで研究しました。具体的には、宇宙における出産や育児を親が望んだ場合に、子どもが不利益を被ることになっても親は宇宙で出産・育児をすることが認められるのか、ということを考えていました。このテーマ設定自体は、自身の関心とかなり近く、また人の幸せ＝親の幸せ、人であるという前提＝子どもの権利と考えられる点で当初の意図とも通ずる部分が大きかったように思います。一方で内容自体に関しては、タイムマネジメントがうまくできず、卒業研究や就職活動との兼ね合いから不完全燃焼な形で終わってしまったと自覚しています。しかしながら、全く知識のないことについて考え続けなければならない、「そもそも」という視点に立ってどうすべきなのかを考えざるをえない、そんな私にとってある種の訓練とも呼べるような日々は、間違いなく大学生活最後の私の糧になりました。そして、そんな日々を振り返った今、このような経験こそが京大に入る際に望んでいたものだったと思い出しました。願わくばもう一度、何も足かせのないなかで同じ日々を繰り返したいと思ってしまいます。しかし、世界を異なる角度から見つめる「宇宙倫理」というレンズはこの 1 年で十分にいただきました。春からは就職しますが、ここで得た視点を大切に、それを次なるステップで活かしていきたいと思っております。清水先生はじめ、お世話になったたくさんの方々に、本当にありがとうございました。これからも私は、人の幸せについて考えていきます。

第 17 回 宇宙ユニットシンポジウムポスター紹介

今月号の研究紹介では、第 17 回宇宙ユニットシンポジウムで出展されたポスターの中から、以下の 5 つを紹介 します。お楽しみください。

- 「「水ロケット」打ち上げ条件（角度・気圧・水量）の研究」（最優秀賞受賞ポスター）
- 「宇宙開発における電波の必要性」（優秀賞（高校生以下の部）受賞ポスター 1）
- 「「ゆっくり正確に落ちるパラシュート」の研究」（優秀賞（高校生以下の部）受賞ポスター 2）
- 「潜熱蓄熱材を活用した電源温度安定化デバイス軌道上実証のための 1U キューブサット DEN-01 の開発」（ユニット長賞受賞ポスター）
- 「地球からの移住者たちによる火星文化の構築」（優秀賞（一般の部）受賞ポスター）

「水ロケット」打ち上げ条件（空気圧・水量・角度）の研究

鵜飼一先、鵜飼七帆、永田利正、伊藤智子（指導）

（子ども宇宙アカデミー）

1.はじめに

水ロケット打ち上げを楽しむだけでなく、今年度はデータ収集に基づき考察・分析を互いに取り組むクラブ活動とした。水ロケット大会規定でもある 60 m 先の目標地点着地を目指した小学生 2 家族の取り組みを紹介する。

2.水ロケットと打ち上げ前提条件

水ロケット（図 1）：炭酸飲料 500 ml ペットボトル 2 本・厚紙・

ビニールテープなどで製作。ペイロードにおもりを搭載

発射台（図 2）：角度・空気圧・水量が調整可能・タンク部に水を入れ

自転車用ポンプで空気を継いだ圧力で打ち上げる

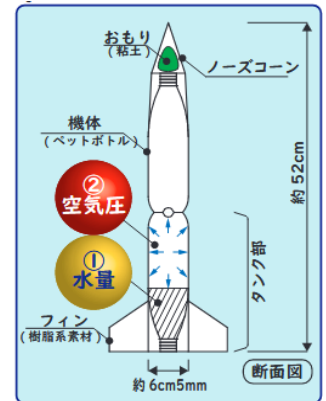


図 1. ペットボトルロケット断面図



図 2. 発射台

3. 打ち上げ角度③の実験 担当：永田利正（小 3）

目的：60m 先の目標地点着地を目指し、最適な打ち上げ角度を見つける

前提条件：状態をそろえる為、ペットボトルロケットを 5 基用意

水量:250 ml、空気圧:500kPa、打ち上げ角度 30°～70°（10°間隔で実験）

予想：40°～45°くらいが良く飛ぶだろう & 0°と 90°に近い場合は飛ばないだろう

実験 1：30°の時、飛距離 5m なので実験中止/ 50～70°は、目標飛距離をオーバー

実験 2：40～70°と角度が大きくなるほど飛距離が長くなり、70°の時、最も目標地点に近い

実験 3：全体の飛距離が短くなったが、やはり 70°の時、最も目標地点に近い

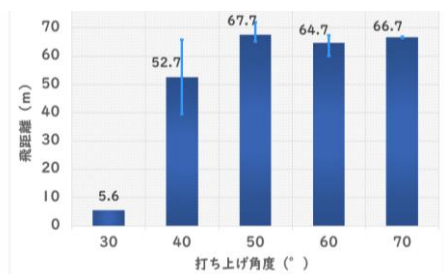


図 3. 実験 1 角度別飛距離

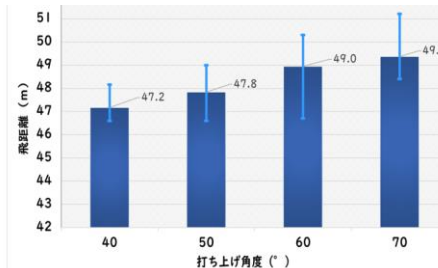


図 4. 実験 2 角度別飛距離

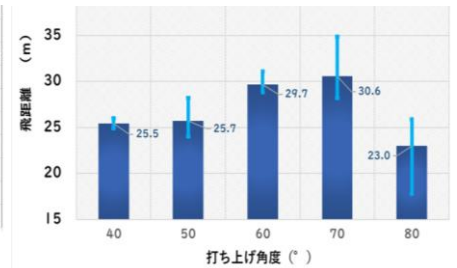


図 5. 実験 3 角度別飛距離

結果：予想と違って、**打ち上げ角度 70°が最もよく飛ぶ**。実験ごとに、飛距離が短くなった。

今後に向けて：気圧・気温・風向・風速を測定し、角度 40～70°でさらに実験を重ねたい。

4. 水量①と空気圧②の実験 担当：鵜飼一先（小4）・鵜飼七帆（小2）

目的：水ロケットに大切なものは、①燃料(水量)と②エンジン(空気圧)、③着地の正確さ
その規則性を解明する。

前提条件：打ち上げ角度 60°、空気圧 400～550kPa

実験1：兄9回、妹7回打ち上げ中に、気付く

「②空気圧－①水量」=200～300 がよさそう！

図6に、「②空気圧－①水量」と「飛距離」の関係性を示す。

なんと、16回中13回黄色のゾーンに当てはまる。

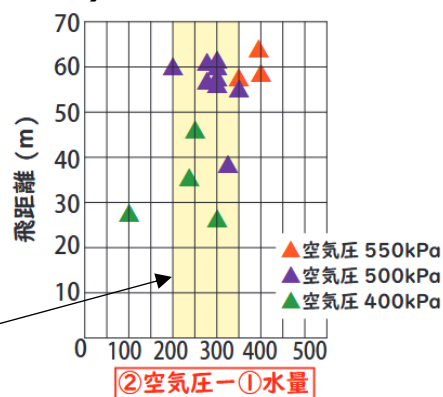


図6. 「②空気圧－①水量」と「飛距離」の関係

実験2：空気圧を400kPaに限定、ノーズコーンのおもりを従来の倍50gのケースも実験

おもり (g)	号機	②空気圧 (kPa)	①水量 (ml)	②-①	飛距離 (m)
25	1	400	100	300	29.9
	2	400	200	200	43.0
	3	400	300	100	28.2
	4	400	400	0	22.6
50	5	400	100	300	31.1
	6	400	200	200	37.3
	7	400	300	100	34.7
	8	400	400	0	9.5

※打ち上げ角度は全て60°

水が
約70ml残る

水が
約80ml残る

表1. おもりと水量別飛距離

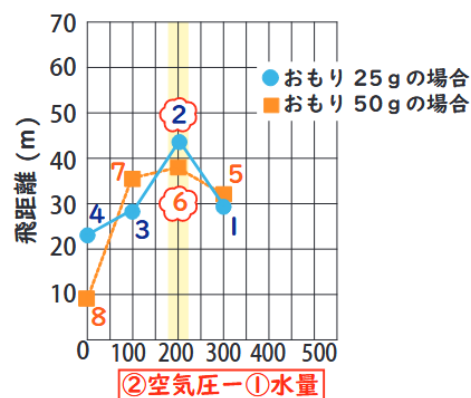


図7. おもり別「①空気圧－②水量」と飛距離の関係

結果：

水ロケットの打ち上げ角度60°
空気圧400kPa
【空気圧】－【水量】=200の時
最も60m先の目標近くに着地する

これを

ウガテミスの法則（仮）

と名付ける

単位：ウガイ

今後は、機体の重さや打上げスピード、飛行軌跡などを測り、
空気圧を変えた結果をさらに調べて、より小さなエンジン（空気圧）で

『目ざせ60m！最強省エネ水ロケット』

5. まとめ

2家族による実験の結果、
水ロケット打ち上げの60m先目標到達によりよい条件は…

① 空気圧400kPaの時 (空気圧－水量)=200 が最適 ➡

② 打ち上げ「角度」は70°

ウガテミスの法則（仮）

今後、互いの実験成果を参考にし合って実験を重ね、発見した法則の検証をしていきたい。

センサーなどを活用し、さらに細かいデータを採取・それらの関係性を探していきたい。

優秀賞（高校生以下の部）受賞ポスター 1

宇宙開発における電波の必要性

若松拓弥

（岡山理科大学附属中学校 1 年）

1. 研究の背景・動機

近年、宇宙開発がますます盛んになる一方で、スペースデブリ（宇宙ゴミ）が急速に増えています。今後、月・火星や、それ以上先への宇宙開発が進むと、ますますデブリが増えていくことが予想されます。デブリ増加の問題は、デブリが天文観測・宇宙開発などに支障をきたすだけでなく、地球上に住む私たちの生活をも脅かす可能性があることです。こうした背景からスペースデブリ除去システムの開発が重要な課題となりますが、その開発は、ビジネス上のメリットが見込まれないと考えられているためか、現状ではあまり盛んではありません。しかし、スペースデブリ除去システムの開発は必要なのです。

2. 提案・理想

そこで、私が提案したいことは、宇宙空間で指向性のない短波帯の電波を地球の周りにある電離層にレーダーのように（図 1 参照）短波を反射させることで、広範囲にあるスペースデブリを短時間で見つけ出す方法です。

0.3Hz～3THz と幅広い周波数の電波（図 2 参照）から指向性のない短波を選ぶ理由は、短波に電離層を突き抜けず反射する性質があるためです。電離層を突き抜けない短波には、直進性が強く情報伝達容量が大きい SHF(マイクロ波)や EHF(ミリ波)（これらは衛星通信・電波天文・宇宙開発などに使われる）などの邪魔をしないという利点もあります(1)。

しかし、短波を電離層に反射させることで広範囲にあるデブリの位置を大まかに把握できても、正確な位置を一度で見つける事はできません。デブリの正確な位置の特定のためには、電波を使った三角測量のもとで 1 つずつ観測する必要があります。ただし、デブリが金属の場合は反射する一方で、プラスチック素材の場合は反射せず通過してしまうため、金属を含まないプラスチック素材は観測から逃れてしまうのが現状です。そのため、まずは金属を含むデブリの除去システムを優先することをここでは提案します(2)。

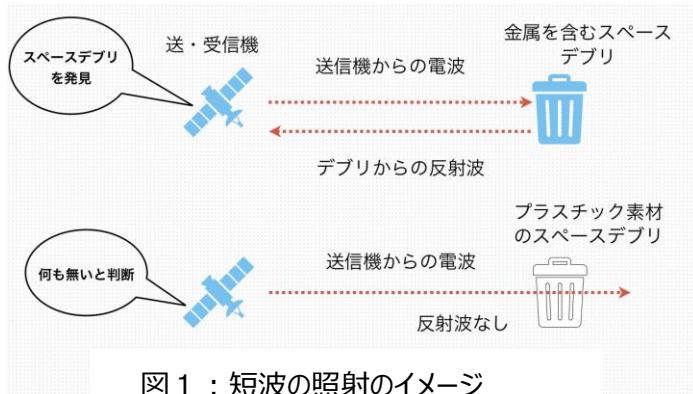


図 1：短波の照射のイメージ

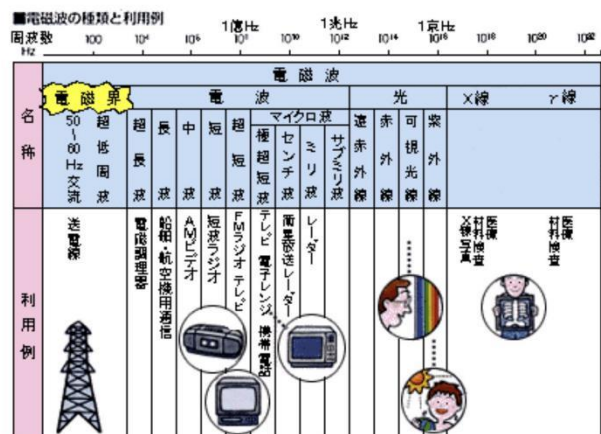


図 2：電磁波の種類と利用例（画像は[3]より引用）

金属を含むデブリであれば、短波をレーダーのように、デブリ外周に配置した送信機より電離層に向けて照射してから、電離層のデブリで反射して受信機に届くまでにかかる時間差からデブリの位置を特定することができます。これまでの宇宙開発でもスペースデブリのために予定変更が必要となる場面がありましたが、こうした方法によって地上からデブリ観測をするよりも障害物などの妨げが少なく正確に位置を知ることができます。これにより、どこにどのサイズのデブリがあるかデブリの位置情報も含めた予定の作成も可能となり、スペースデブリ除去のための有益な情報提供が期待されます。

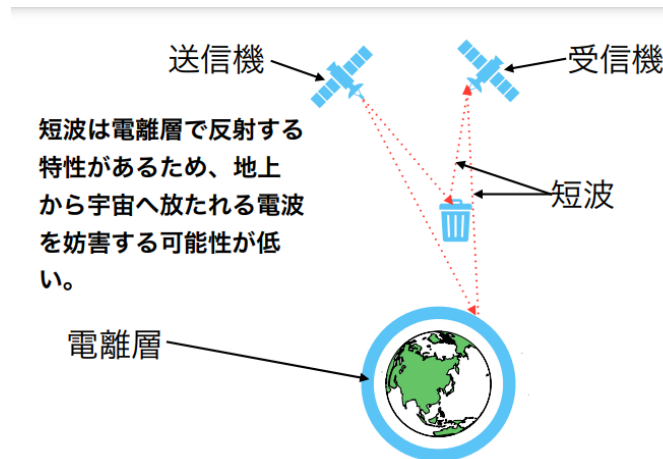


図 3：位置特定のイメージ

3. まとめ・今後の目標

今回は宇宙空間からデブリの位置情報を特定することに注目しました。今後は、宇宙空間で広範囲にあるデブリの位置を正確に特定し、一度に多くのスペースデブリを回収もしくは除去できる仕組みを考案することが課題です。

また、ただデブリを回収・除去するだけではなく、宇宙空間での、開発用資源としてデブリを再活用するプロセスを確立させていきたいと思います。こうしたアプローチにより、宇宙開発に取り組んでいる他国との協力により技術の向上や研究費の共同負担が見込まれ、月や火星、他の天体を対象とした研究・開発の加速も期待されます。これにより、スペースデブリ除去システム開発がビジネスにもつながることで、より多くの資金調達が実現され、研究開発の成果と経済的メリットの双方を享受する仕組みが可能となります。

4. 参考資料

- (1)<https://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/myuse/summary/index.htm>
- (2)https://www.keyence.co.jp/ss/products/sensor/sensorbasics/lsr_p_triangulation_system.jsp
- (3)<https://www.kansai-td.co.jp/corporate/energy/electromagnetic-wave/knowledge/wave-and-field/>（※図 2）
- (4)https://www.jaxa.jp/sitemap_j.html
- (5)<https://www.isas.jaxa.jp/index.html>
- (6)<https://www.jarl.org/>
- (7)<https://www.spaceguard.or.jp/html/ja/index.html>

「ゆっくり正確に落ちるパラシュート」の研究

阿部楓樹、伊藤智子（発表指導）

（子ども宇宙アカデミー）

1. はじめに

生卵を壊れないよう「的」に落とす「エッグドロップ」実験を体験したことから、「パラシュート」に注目。有人宇宙船の帰還や火星への着陸には重要なテーマになると考え、**その形**について検討・実験した。

2. 前提条件：「エッグドロップ実験」を参考に、次の条件を設定

- ① パラシュートの吊り下げ部（生卵搭載部）は、画用紙を使って同じ条件で作成しておく。
吊り下げ部には、生卵の代わりに「消しゴム（72g）」を搭載する。
- ② 傘部とひもの材料：四つ切画用紙 1 枚のみ。
- ③ 実験方法：高さ 370cm の位置から、自由落下させる。真下に直径約 10 cm の的を置く。
「落下時間」と着地点の「的からの距離」を各 10 回実施、手動で計測し、**平均値**を比較する。

3. 落下実験 1： 3 種類の形の傘部を作成し、実験。平均値は、次の通り。



型	PF1	PF2	PF3
落下時間（秒）	1.22	1.19	9.6
的からの距離（cm）	136.6	117.1	81.3

図・表 1. 落下実験 1 で作成した傘の形と測定結果

→ この中では、「**PF2**」が最も「ゆっくり正確に落ちる」形

4. 落下実験 2：傘の大きさを小さくし数を増やし、傘に穴をあける

宇宙機着陸時に、複数のパラシュートを使っていることが多いので、落下実験 1 の結果が良かった「PF2」の形を、4 つ切り画用紙 1 枚から 2 つ作った「PF2-2」と、3 つ作った「PF2-3」でそれぞれ実験。「PF2-3」がより「ゆっくり正確に落ちる」ことが分かった。

そこで、より正確性を高めるために、PF2-3 の傘の中心点に半径 1 cm の穴をあけて実験してみた。すると、着地点の正確性は高まったが、落下速度は速くなってしまった。

●PF2-2
PF2と同じ形を2つ作る



●PF2-3
PF2と同じ形を3つ作る



●PF2-3-H
PF2-3の傘の中心点に
半径1cmの穴をあける



型	PF2-2	PF2-3	PF2-3-H
落下時間（秒）	1.06	1.33	1.11
的からの距離（cm）	79.4	66.9	59.8

図・表 2. 落下実験 2 で作成した傘の形と測定結果

5. まとめ

これまでの実験結果は、図 3 の通り。

最もゆっくり落下したのは「PF2-3」、
最も正確に落下したのは「PF2-3-H」

最も「ゆっくり正確に落下」するパラシュートは、
今回の実験の中では、「PF2-3」であった。

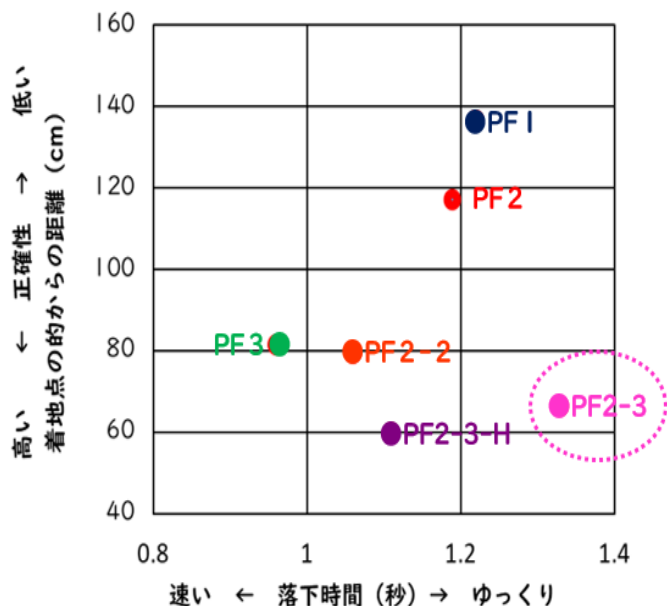


図 3. 傘の形状別、落下時間と的からの距離

6. 今後に向けて

サンプルリターンや有人宇宙船の帰還など、実際のパラシュートの形や数はどのように決まるのか、なぜ PF1 では正確性が低いのか、ピンポイントで落下させるにはどうすればいいのかなどを調べたい。

潜熱蓄熱材を活用した電源温度安定化デバイス軌道上実証のための 1U キューブサット DENDEN-01 の開発

脇田悠利名 (関西大学大学院理工学研究科), 宮田喜久子 (名城大学理工学部), 青柳賢英 (福井大学産学官連携本部), 山縣雅紀 (関西大学化学生命工学部)

人工衛星の中でも 100 kg 以下の衛星を超小型衛星と呼んでおり、今後の宇宙ビジネスを担う重要な衛星のジャンルとして注目を集めています。その中でも 1 辺 10 cm の立方体を基本構造として規格化されたキューブサットは、コスト効率が高く、容易に入手できるキット化されたコンポーネントの積極的な採用によって迅速に開発可能な超小型衛星で、その打ち上げ数は年々増加しています。その華々しい成長の裏で、打ち上げに至ったもののトラブルに見舞われ運用を断念するケースもあります。わたしたちは、キューブサットの様々なトラブルの中でも、電源システムのトラブルに着目してきました。実際にトラブルの 30% は電源系とも言われています。大きな理由はキューブサットの「小さいサイズ」に起因します。小さい衛星は電力や重量、サイズの制限が避けられず、熱容量も小さいので、宇宙空間の急激な温度変化には弱いという特徴があります。そのため、搭載機器や電源がその温度変化によって性能を発揮できない事が挙げられます。では、どのように、急激な温度変化に対抗していくのか。わたしたちはキューブサットの熱管理手法を検討してきました。

関西大学では「化学」の学びを宇宙で活かす研究を行っています。これまでの検討から、キューブサット搭載電源の温度管理に「潜熱蓄熱材 (PCM)」を活用することを見出しました。PCM は水と氷の異なる化学状態を共存させることで、温度を一定に保つことができる材料です。昨年の夏場には首を冷やすグッズとして人気でした。ただし一般的な PCM は固体と液体の共存状態であるため、宇宙空間では使用できません。わたしたちが見出した PCM は、「二酸化バナジウム (VO_2)」です。 VO_2 はある温度で結晶構造が変化(相変化)します。この時、結晶のエネルギーが変化するため、相変化に伴って発熱・吸熱が起こりながら、温度を一定に保つことができます。この VO_2 を使って電源を 0°C 以上に保温することができれば、キューブサットのトラブルを減らすことができると考えました。[1] キューブサットの電源にはリチウムイオン

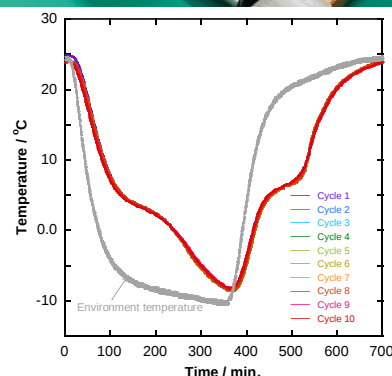
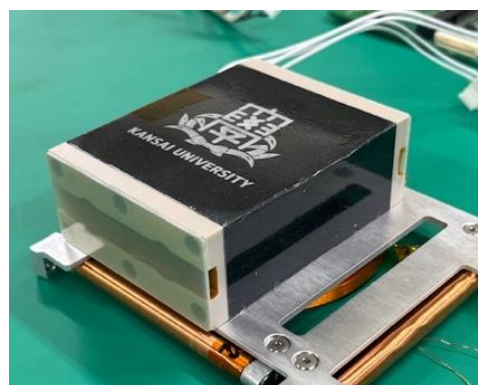


図 1 (左) タングステンをわずかに導入した VO_2 の潜熱を活用した温度安定化機能を有するキューブサット用電源, (右) 温度保持評価結果. 5°C 付近で温度が一定になることを確認.[2]

電池が使われていますが、この電池は一般的に 0℃を下回ると急激に性能が低下します。それを VO₂ の保温によって常に適温に維持することで、安定した電気エネルギーが供給され、衛星搭載機器のトラブルを回避、ミッション達成に繋がります。この考えに基づいて、VO₂ を活用した電源を開発しました。(図 1)

様々な検証を行った結果、急激な温度変化が緩和され、電源性能も低下しないことを確認しました。ただし、実際に温度安定化効果が発揮されるかを確かめたい。その願いがいつの間にか衛星開発にまで発展し、この度、1U サイズのキューブサット「DENDEN-01」(図 2) を製作、開発した電源を搭載し、打ち上げを目指すことになりました。[3] さらに、JAXA および特定非営利活動法人宇宙工学コンソーシアム(UNISEC)が公募する「国際宇宙ステーション『きぼう』日本実験棟からの超小型衛星の放出機会を提供する J-CUBE プログラム」の 2021 年度公募に選定され、2024 年度中の国際宇宙ステーションからの放出を目指しています。

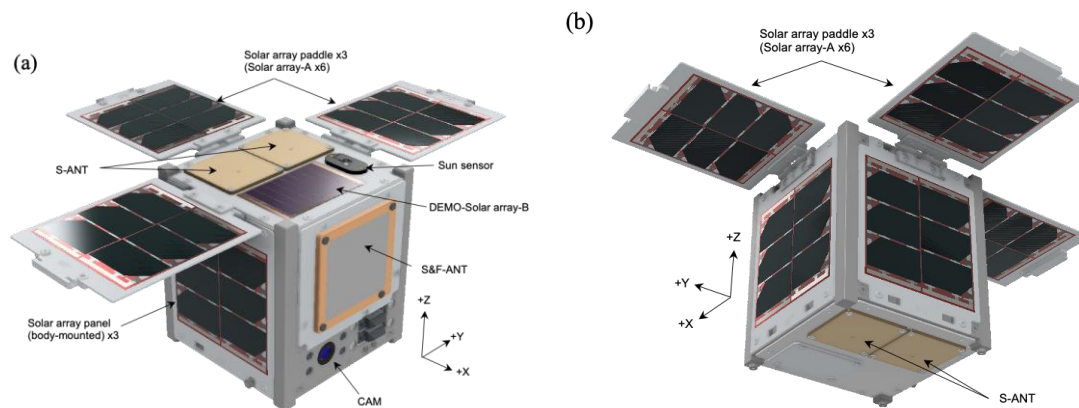


図 2 革新的エネルギー技術実証衛星「DENDEN-01」[3]

今後は地球周回軌道上での PCM 動作及び電源性能の確認の他、8 つのミッションを行います。応援をよろしくお願いします。

References

- [1] M.R. Yamagata, Y. Wakita et al, Therm. Sci. Eng. Prog. 37 (2023) 101601.
- [2] 脇田悠利名 他, 第 60 回日本航空宇宙学会関西・中部支部合同秋期大会, C02 (2023).
- [3] 山縣雅紀, 脇田悠利名 他, 第 60 回日本航空宇宙学会関西・中部支部合同秋期大会, C01 (2023).

地球からの移住者たちによる火星文化の構築

小椋淳平（京都大学大学院医学研究科婦人科学産科学専攻），
池田弥央（京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻），
山本真優（京都大学大学院文学研究科行動文化学専攻），
山本可成（京都大学大学院経営管理教育部経営管理専攻），
山敷庸亮（総合生存学館 総合生存学専攻 教授）

はじめに

人類の火星移住は、科学的探究の領域を超え、新たな文化的、社会的地平を切り開く可能性を秘めた壮大な試みである。本稿では、地球からの移住者たちによって構築される火星文化、そして火星へへの分化について考察する。火星の厳しい環境の中で、人類はどのように適応し、独自の社会を築いていくのか。テラフォーミングの限界を踏まえ、地球環境の一部を火星に再現する「テラウインドウ」の概念を中心に、その実現可能性と文化的意味を探る。

想定する火星での居住環境

火星の極冠には氷とドライアイスが存在するが、重力は地球の約 1/3 であり磁場がほとんどない環境のため、温暖化をもたらすための温室効果ガスは、生成されても蓄積する前に宇宙に散逸してしまうことが予想される。さらに、火星の土壌は強酸性であり、地球の植物が生育できる環境とは程遠い。これらの条件から、テラフォーミングによって火星全体を地球のような環境に変えることは現実的ではないと結論づけられる。代わりに、テラウインドウと呼ばれる限定的な生存圏を構築し、人類が居住できる環境を作り出すことが提案される（図 1）。高さ 150m 程度の回転をして人工重力を生み出す建築物を作成することで、火星でも 150 人程度が居住できる 1G 環境を作り出すことが可能である。太陽光をエネルギー源として利用し、砂嵐などの影響を避けることができる M-SSPS(マイクロ波無線エネルギー伝送)技術を用いて宇宙空間でも発電・送電を行う(図 2)。

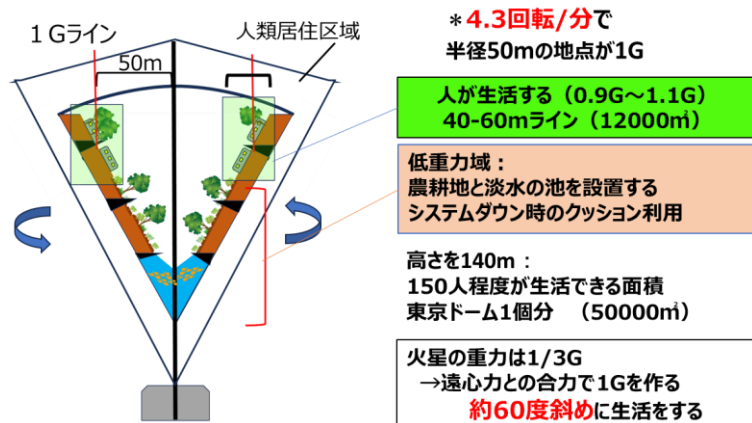


図1：回転で人工重力を生じさせるテラウインドウ

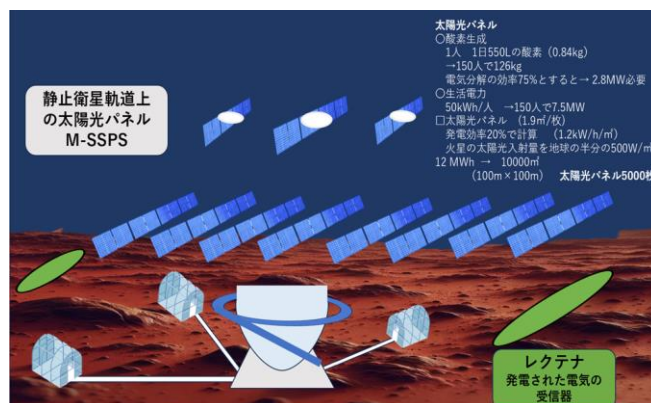


図2：M-SSPSも用いた太陽エネルギーの利用

起こりうる文化と分化

1 G 環境を構築しても、火星の厳しい環境は、移住者たちに独自の進化を促す可能性がある。常に危険と隣り合わせの環境で生活することになるため、現在の地球人とは違った価値観、生命倫理、宗教観が形成・定着すると考えられる。小規模なコミュニティ内での生活と、宇宙空間でのノンバーバルコミュニケーションの重要性が高まる中で、地球とは異なる新たな文化が形成される。さらに地球と異なる環境で生殖を続けると、世代を経る中で独自の進化を遂げて、地球人とは異なる「種」（放射線に強い黒い皮膚、容易に変化する重力環境に適応できる身体構造）に分化するであろう。この新たな文化・分化は、火星化として地球からの文化とは明確に区別されるものとなりうると考えられる。

結語

人類が火星に向かうことは、単に新たな生存圏を開拓するという物理的な側面を超え、人類自身の進化と文化の拡張を意味する。そこには多大な挑戦を伴うが、それと同時に無限の可能性を秘めている。火星文化の構築そして火星化は、地球上での生活に根ざした多様な文化とは異なる、新たな価値観や思考の枠組みを生み出す。この新しい文化は、地球と火星との間で生じる可能性のある独自の交流や相互作用によってさらに豊かになることだろう。そしてこの分化が起こることで、地球人は初めて地球人を客観的にみることができるようになるであろう。

宇宙ユニットの活動やイベントについては、下記サイトをご覧ください。また、宇宙ユニットや本 NEWS に関する皆様のご意見等も気軽に下記メールアドレスまでお送りください。

京都大学 宇宙総合学研究ユニット

<https://www.usss.kyoto-u.ac.jp/>

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 吉田キャンパス北部構内 北部総合教育研究棟 507 号室

編集人：今井慶悟 (宇宙ユニット RA)

Tel&Fax: 075-753-9665 Email: usss@kwasan.kyoto-u.ac.jp

参考資料 2

修了レポート

宇宙での出産・育児に関する倫理

——議論の流れと論点の提示——

京都大学総合人間学部 4 回生

三浦よもぎ

1.はじめに

幸せかどうかは、自分次第である。こう言い残したとされるのは、アリストテレスだ。しかし、その幸せは、親の学歴や世帯収入、幼少期の環境によって決定することが、様々な研究によって明らかにされてきた。幸せが客観的なものではなく主観的なものであるからこそ、自分が育った環境や、その後得ることのできた日常が、何を幸せとするかに影響を与えるのかもしれない。

筆者はこれまで社会学を主な専攻領域とし、子どもを取り巻く環境と、子ども自身の幸せとの関係性について分析してきた。具体的には、親の離婚歴や世帯収入などが子どもの幸福度やメンタルヘルスに与える影響の調査である。この分析をすればするほど、親が直接的にも間接的にも、そして、身体的にも精神的にも子どもに与える影響は大きいことが明らかになった。言い換えれば、親は子どもの幸せを少なからず決定づける力を持っているということになる。この結果は、想定に難くないものであるともいえるだろう。しかし、これに対する社会の注目は年々強まっていると考えられる。2021年には、「親ガチャ」という言葉が新語・流行語大賞にトップ10にランクインした。これは、どんな親のもとに生まれるかによって、人生が大きく左右されることをゲームのガチャに喩えたネットスラングである。人生の幸福度が自分でどうすることもできないことに依存するという状況は、近年さらに進んでいるのかもしれない。

もちろん親としても、我が子の幸せを望んでいないはずはないと考えられる。だが、自分自身の幸せを追い求めることにより、時として子の幸せを阻害してしまうことはある。親子であるならば、自分の幸せを追求することにより、他者である子どもの幸せを阻害してしまうことは、許されるのだろうか。また、それはどの程度の場合なのだろうか。これは、親が子に与える影響が注目されるようになった現代において、議論すべきテーマであると考えられる。

2.目的と意義

本論文の目的は、宇宙における出産と育児に関する倫理的課題の全容を明らかにし、今後の本分野における研究の道標を示すことである。出産と育児は、長い期間を要することをはじめとし、母体に対する身体的かつ精神的な負担が大きい。一方、どんな環境で生み、育てられるかは、先述の通り、子どもにも大きな影響を及ぼす。特に、今後宇宙というフィールドに人類が立ったとき、そこでの出産・育児に関して生じる課題は地球上と異なる様相を呈すだろう。また、その影響の程度も総じて地球上より大きくなると考えられる。そんな極限ともいえる状況における女性と子どもの権利に関する倫理的議論は、きたる未来のシミュレーションとなることはもちろん、現代の地球上での議論にまで敷衍できるという点で意義あることだと考えられる。

しかし現在、宇宙における出産・育児に関する倫理的課題について検討した研究は存在しない。そこで、今後どのようにこれらの課題について議論を展開していくべきかについて、想定されるシナリオごとに課題を提示しながら検討する必要があると考えている。シナリオごとの課題を洗い出し、今後の研究の道筋を明らかにすることが、本論文の大きな目的である。

3.前提

3.1 時代設定

宇宙における出産・育児について考えるにあたり時代設定を明確にしておくことは欠かせない。「宇宙」と一言で言っても、その時代によって、想定される環境が大きく異なるからである。そこで、今後の有人宇宙探査に関する予測を概観しておく。

まず、直近で提示されているのが、NASA 主導の月面探査プログラムであるアルテミス計画だ。この計画では、2026 年以降に月面に人類を送り、その後、ゲートウェイ計画などを通じて月に物資を運び、月面拠点を建設して月での人類の持続的な活動を行うことが予定されている。なお、ゲートウェイ計画とは、月面及び火星に向けた中継基地である月周回有人拠点ゲートウェイを建設する計画である。現在、アメリカの提案のもと、主に ISS に参加する宇宙機関から構成された作業チームで開発が進められている。将来的にはこの基地に、4 名の宇宙飛行士が年間 30 日程度滞在することが計画されている。

このゲートウェイの完成が 2028 年を目標とされていることから、月面や火星へと人類が足を延ばしていくのは、2028 年以降となることは予測できる。しかし、その具体的な数字については、目標という形でも提示されていない。また、その後の展望についても、人工重力装置であるルナ・グラスやマーズ・グラスといった建造物を用いたテラ・フォーミングの案などが民間企業などから提示されているが、具体的な計画は未定である。

以上のことや、年間 30 日程度の滞在しか想定されていないゲートウェイでの出産・育児

は厳しいことから考えると、宇宙での出産・育児に関する倫理的課題を考えるにあたっての時代は、ゲートウェイ計画が達成された 2028 年以降を前提とするのが妥当であると考えられる。なお、議論をしていくうえでは 2028 年以降の中でも段階分けが必要になってくるだろう。これらについては、時代ではなく、ある要素が存在する状況か、しない状況かといったように、環境から分類していくのがよいと考えている。

3.2 論点

これから倫理的課題を検討していくにあたって、段階は三つあると考えられる。

一つ目は、宇宙での出産・育児が医学的・技術的に可能なのかという点である。宇宙での出産・育児が要望として表出するものであることと、それが物理的に可能であるということの間には大きな隔たりがある。そこで、倫理的課題を検討する以前に、出産・育児そのものがその段階で可能かについては毎度確認する必要があると考えられる。

二つ目は、親の利益と損失である。地球で出産・育児をする場合と比較し、宇宙で出産・育児をする場合にはどのような利益と損失があるのかを明確にし、その比較を行うことで、親の権利と義務を議論していくことが必要であると考えられる。

三つ目は、生まれてくる子どもの利益と損失である。これも親の場合と同様に、地球で生まれて育つ場合と比較し、その利益と損失を権利と照らし合わせながら検討していくことが必要であると考えられる。

つまり、この議論は宇宙での出産・育児が可能である場合に、そこで生じる利益と損失を親子双方の視点から確認して比較することで成立する。

4. 議論の流れ

4.1 初期段階

まず、初期段階におけるシナリオを想定する。この段階としては、重力は微小重力（地球の 6 分の 1）であるとする。また、宇宙放射線も防御することはできず、その身体への影響は大きい。そして、最大でも 1 年程度しか宇宙空間にはいられないと想定する。また、同時期に同じ宇宙空間内で暮らす大人は 10 名前後とする。

この状況下において、地球上で妊娠した女性が宇宙で出産し、育児をしたいと考えたとする。ここで生じる倫理的課題は、親がそこで産み、育てたいからという理由で、子どもを宇宙で出産・育児してよいのかというものである。

先ほどの手順に則って考える。まず、この段階では重力が微小であるため、宇宙空間で妊娠することは物理的に不可能である。

では、地球上で妊娠した女性が宇宙で出産・育児をすることは、医学的に可能なのだろうか。これは現在の技術のままであれば難しい。宇宙空間で、地球上の 3 倍以上の重力を受けるということも踏まえると、母体と胎児の両方の安全性は守られないと考えられる。2019

年に、5年後に妊娠中の女性を宇宙へと送り、出産をさせるという計画を発表していたオランダのスタートアップ企業も存在したが、倫理的かつ医学的懸念から事業を一時停止している。これらを踏まえると、現在の技術では地球上で妊娠した女性が宇宙で出産することは困難であると考えられる。しかし、人類という種としてそれが全くもって不可能なわけではなく、技術が進歩し、たとえば、より負担のない形で宇宙空間に行けるようになった場合には可能になるだろう。

そこで次に、宇宙への移動が安全にできるようになった場合を考える。このとき、親は自分が産みたい場所で産めるという利益がある。その反面、宇宙放射線の影響を受けるほか、医療が地球よりも未発達な場所での出産に挑むことになる。一方、子どもは生後直後から宇宙放射線や微小重力の影響を受けることとなり、地球上と比較した際に明確な利益は存在しない。この状況において、宇宙で出産・育児ができるかを倫理的に検討するにあたっては、親の生殖の権利と、子どもの権利を解釈する必要があるだろう。そして、どちらかの権利を守ろうとしたときに、どちらかの権利が守られないという場合には、その守れない方の権利についてより慎重に議論すべきである。この場合には、子どもが地球上と比較して健康に育つことが難しいと考えられるため、その影響の大きさを可能な限り、正確かつ網羅的に測り、それを考慮に入れてもなお、親側の権利が優先されるべきなのかということが議論になると考えられる。

今回のシナリオでは、人類が宇宙に滞在できるのが長くとも1年という状況を想定しているため、宇宙で出産された場合にも、子どもが1歳になる頃には地球に帰ってくることになる。しかし、子どもは1歳になるまでがもっとも成長が著しい時期であるとされている。通常であればこの時期に身長は生まれた頃の1.5倍となる。だが、微小重力環境下においては、骨や筋肉への負荷が地球上に比べて小さいため、宇宙空間でうまれた子どもは身長が正常に伸びない可能性が高いだろう。また、宇宙空間においては昼夜のサイクルが地球上と異なる。地球上でうまれた子どもは朝に太陽の光を浴びることによって、1歳までに徐々に昼夜の区別がわかるようになり、昼に起きている時間が長くなっていく。しかし、宇宙空間ではそれが実現しないため、体内リズムを獲得することが難しく、ずっと不規則に寝たり起きたりを繰り返す可能性もある。このように、宇宙空間で1歳までを過ごした場合、基本的な心身の発達に悪影響があることが想定できる。一方で、1歳までのうち、離乳食を摂り始めるのは、後半6か月頃からである。そして、離乳食はパウチ状のものや瓶入りのものも販売されており、比較的宇宙に持ち運びやすい形であるため、摂取する栄養自体には、地球上と大きな違いはないとも考えられる。また、地球上で育っていた場合においても、1歳までの間には簡単な言葉しか話さず、関わる人の数も少ない。その点では、1歳以内に地球に帰ってくると想定すると、地球上で過ごすこととあまり大差はないとも考えられる。

次に、親の側についてである。この議論においては、親が宇宙で産み、育てたいとする理由がどこにあるのか、どれほどの強さであるのかも重要になってくると考えられる。

たとえば、親が宇宙でしかどうしても産みたくないと考えており、宇宙で産めないなら子

どもを産まないという選択をする場合においては、そもそも子どもが生まれてこないことになる。この場合、宇宙という過酷な環境下で生まれてくると、そもそも生まれてこないことは、どちらのほうが子どもにとって悪いことであるのだろうか。生まれてこなければ、苦痛を感じることもないかわりに喜びを感じることもない。しかし、それは逆の場合も同じである。これは、障がいを持った子どもは生まれてこないほうがよいのかという生命倫理の議論とも通ずる部分がある。そのような地球上での議論を踏まえた上で、宇宙での出産の是非について考える必要があるだろう。

ぎゃくに、宇宙で産みたいからという以上の理由や事情がある場合、議論は異なったものとなると考えられる。たとえば、親が宇宙飛行士の場合である。地球で産むとするとキャリアを中断せざるを得なくなるが、宇宙での任務遂行後となると、年齢的に妊娠・出産が難しいとなった場合に、宇宙で産むという選択を消極的に取らざるを得ないということがあるかもしれない。この場合にはどうだろうか。結果として、子どもにとっては過酷な環境で生れるか、そもそも生まれないかの二択になったとしても、それによる親の利益の程度は、ただ宇宙での出産・育児を望んでいる場合と異なると考えられる。具体的には、親にやむを得ない事情（ここでは、キャリアの中断）がある場合には、子どもが過酷な環境で生まれることも仕方ないという主張があるかもしれない。親子の利益と損害を相互に比較するとすると、この親が望む理由の違いについても目を向ける必要があるだろう。

ところで、ここでの「やむを得ない状況」とはどこまでをさすのだろうか。仮にそれが「親に大きな影響を与える状況」だとすると、先ほどの「キャリアの中断」は現代においてやむを得ない状況に当てはまると考えてよいかもしれない。また、もっとやむを得ない状況を想定してみるとすると、それは親の生命や健康にかかわるという状況だろう。これはたとえば、宇宙で出産しなければ、親の生命や健康に危険が及ぶというような状況である。しかし、実際にはこのような状況は考えづらい。そこで、次に現代において親の人生に大きな影響を与えるものを考えてみると、それは金銭面に関する問題かもしれない。しかしこちらにおいても、お金がないが宇宙でなら安く出産できるという場合には話が別だが、実際のところ現実にはあり得ないだろう。このように考えていくと、宇宙での出産・育児が多くの側面において地球よりも過酷である以上、親にとって宇宙で出産することもやむを得ない状況というのは、あまり存在しないように思える。つまりこうなると、宇宙で産みたいからという理由が、絶対的にではなく、「本人にとって」どれほどやむを得ないのかを考えるべきであるということになる。実際の議論では、それを個別具体的に検討し、それが子どもを過酷な環境におくに値する程度なのかということを議論することになっていくのがよいだろう。

4.2 中期段階

次に、中期段階において考える。この段階では、重力を人工的にコントロールできるようになり、施設内にいる場合には地球とほぼ同じ重力で活動ができると仮定する。また、宇宙空間内にも 5 年まで滞在できるようになっているとする。そして、同時期に同じ宇宙空間

内に滞在する大人は 100 人程度と想定する。一方、宇宙放射線を防御することはこの段階においてもできないとする。

まず、この段階において、宇宙空間での妊娠・出産は物理的に可能なのだろうか。先ほどの初期段階においては、微小重力だったため、宇宙空間での妊娠はできず、地球上で妊娠した女性を宇宙空間へ安全に移動させることができるかが問題になっていた。しかし、今回の段階においては人工重力装置によって地球上と同程度の重力が発生している。そのため、宇宙空間において妊娠することが可能であると考えられる。さらに、より技術が進んでいるとすると、地球上で妊娠した場合においても、宇宙への移動はより安全にできるようになっている可能性がある。

そこで、まずは宇宙空間で妊娠し、そのまま出産・育児をする場合について考える。この場合、親が子どもを身ごもったまま移動することはなくなるため、親子ともに移動によるリスクは低くなる。一方で、宇宙空間で妊娠した場合、宇宙放射線が胎児の成長に影響を与える可能性がある。この影響はまだ明らかになっていないことも多いが、宇宙放射線の影響により、形態異常の胎児が生まれることもありうるとされている。一方で、山梨大学は 2021 年、約 6 年間宇宙放射線に被ばくしたマウスの精子から健康なマウスの作出に成功したと発表した。この研究によると、宇宙放射線に長期間被ばくした精子で受精した胚は、地上で同期間保存した精子で受精した胚に比べ、わずかに質が低下する傾向が見られたものの、次世代（孫世代）には影響がなかったとされている。このような研究結果を鑑みると、実際の人体への宇宙放射線の影響は未知である。なお、明確になっていないこと多い以上、万が一のリスクを考えて議論は進めるべきである。そこで、形態異常が発生すると仮定して考えることとする。

この場合、親が宇宙で産みたいからという理由で、宇宙で妊娠し、出産・育児をすることは認められるのだろうか。これも、地球上における生命倫理の問題とパラレルな関係にあると考えられる。具体的には、親に何らかの疾患があり、それが子どもにも遺伝する可能性が高い場合において、それでも子どもを望んだ場合に子どもを産んでよいのかといった議論である。地球上での議論の場合には、子どもが疾患を抱えて生まれてきたり、親が育児をすることが難しい状況であったりしたとしても、周りの支えがあれば生まれてきても問題がないというような主張がある。しかし、この支えも宇宙の場合にはかなり限定される。そんな、子どもが苦しむ可能性がより高い状況において、子どもを産むことの是非についてが、この場合には論点になるだろう。さらに、前述の主張張の場合には、子ども自身が疾患を持って生まれることにより得る損害そのものについては言及がされていない。生まれてくることそのものによる損害についてはさまざまな議論がされており、不利益な状態で産んだことについて、子が親を相手取って訴訟を起こした事例も存在している。これらにおける議論も踏まえて、この論点については考えるべきであると考えられる。

一方で、形態異常が発生した場合には、親自身の育児における負担が大きくなることも想定できる。そのようなある種の「リスク」を踏まえたうえでも、宇宙で子どもを産みたいと

いう主張をする場合は、それなりの理由があると考えられる。先ほど初期段階で述べたのと同様に、その理由がどれほど本人にとってやむを得ないのかは、議論をするうえで考慮する必要があるだろう。しかし、段階が進むごとに、宇宙へ進出する/しなければならない人の数は増えると考えられ、その点において、親のやむを得ない事情も多様化していくと考えられる。

次に、地球上で妊娠した女性が宇宙空間へ移動し、そこで出産する場合を考える。この場合、先述した通り、母体と胎児の双方に対して、移動に伴う安全面でのリスクはかなり大きい。一方で、胎児に対する宇宙放射線の影響は、妊娠初期に浴びることにより大きいものとなる。ここから考えると、妊娠初期を宇宙放射線の影響がない地球上で過ごし、ある程度状態が安定してから宇宙へ移動すれば、胎児の発達に対する宇宙放射線の影響は軽減できる。これを踏まえると、地球上で妊娠した場合、妊娠何か月を超えてなら宇宙へ移動してよいのかという論点が想定できる。またこれは、子どもの安全が守られた時点で宇宙への移動は許されるということを前提としている。一方で、子どもの損害をベースに考えてよいのか、そもそもそうではなく別の基準で、宇宙で出産すること自体の是非を考えるべきなのかについても議論の余地があると言えるだろう。

さらに、今回の中期段階においては、5年まで宇宙に滞在できることを想定している。つまりこの場合、子どもは最長で5歳までの間、宇宙で過ごすことになる。一般的に5歳までには身体的基础ができあがり、バランスを取る脳神経なども発達してくるため、外での運動が欠かせない。またこの時期は、食生活の基礎ができる時期でもあるため、規則正しく栄養バランスのとれた食事をするのが求められる。さらに本来であれば、この時期は赤ちゃん言葉もなくなり、自由にコミュニケーションがとれるようになる時期でもある。地球上であれば、幼稚園や保育園に通い始め、このような成長に必要な要素を取り入れているとすると、この時期まで宇宙空間で過ごすことは子どもの健康な発達に対して大きな影響を及ぼすことになると考えられる。中期段階においてはこれを踏まえたうえで、親の権利との対比を議論することが必要だろう。

4.3 後期段階

最後に、後期段階について考える。ここでは、中期と同様、人工重力装置によって滞在施設内では地球と同程度の重力が保たれていると仮定する。また、滞在期間の制限もなく、10年単位で滞在することが可能になっているとする。さらに、同時期に同じ宇宙空間内に滞在する人数は1000人規模になり、滞在する施設には最低限のインフラや病院、教育機関が整備されているという状況を想定する。なお、宇宙放射線の影響は軽減したものの、完全になくなったわけではなく、地球上にいるときと比較するとその被ばく量は大きいものとする。

まず、この状況下において、妊娠・出産することは物理的に可能なのだろうか。ここでは、先述した中期段階と同様に重力があるため、妊娠は可能であると考えられる。さらに、この段階においては医療機関が整備されているため、出産に際しては地球上とほぼ同様の

医療技術を受けることができる。また、この段階になると移動技術もさらに発達していると考えられるため、地球上で妊娠した女性が宇宙へ移動する場合においても、母体と胎児の安全はより担保されると考えられる。

なお、ここでは先ほどと同様に、宇宙空間内で妊娠し、出産をすると仮定する。この際、やはり宇宙放射線の影響が残っているため、発達の過程で胎児に形態異常が発生する可能性は拭えない。一方で、宇宙放射線の影響は軽減できているため、その影響の程度も軽減し、発生確率も低下すると考えられる。このように形態異常が発生する確率がある程度低ければ、親は自分の要望により、子どもを宇宙で妊娠し、出産してもよいのだろうか。その場合、ある程度とは一体どれくらいの程度を指すのだろうか。これが、この段階に議論すべき論点となってくるだろう。これは現代の女性の高齢出産の問題とパラレルであると考えられる。

現在、女性が29歳以下で子どもを産んだ場合、生まれてくる子どもが障がいを持つ確率は、約400分の1以下である。一方、女性が39歳の場合には、障がいを持つ確率が83分の1にまで跳ね上がる。では、生まれてくる子どもが障がいを持つ確率が29歳以下の場合と比較して5倍高いにもかかわらず、39歳で子どもを産むのは倫理的に許されないことなのだろうか。これは、現在において倫理的に認められないことだとはされていない。しかしこれは、構造としては宇宙で妊娠して出産される子どもは地球上の場合よりも障がいをもつ確率が高いにもかかわらず宇宙で産むのは倫理的に許されないことか、という問いと同じである。では、29歳と39歳の場合と地球と宇宙の場合には何が違うのだろうか。もしも、これが39歳までどうしても妊娠することができず、やっと妊娠することができた場合であれば、それは「やむを得ない事情」に入り、有無を言わず是認されることが多いように思われる。一方で、地球と宇宙の場合には、年齢に該当するそういったやむを得ない事情はないといえるだろう。次に、親がキャリアの都合上、どうしても39歳で産むしかなかった場合にはどうだろうか。「キャリアの都合上」というのは、地球と宇宙の場合にもあり得る事情である。こうなると、キャリアの都合上39歳で産むしかなかった場合に、それによって子どもが損害を得ることを認めると、宇宙においてもそれを認めるべきだということになる。しかし、宇宙においてはそれを認めていいのか判断に迷う人が多いと考えられる。これはどうしてか。その理由の一つとしては、宇宙で産むことによる実際のリスクが想定しづらいということが考えられるだろう。たとえば宇宙での出産によるリスクが、高齢出産の場合のそれとほぼ同程度の確率ということが今後明らかになるなどすれば、これを認める人も増えるかもしれない。そういった情報を踏まえた上で、議論をすることが必要だろう。では、親がそうしたいからという理由のみで、子どもを39歳で産むのはどうだろうか。このときの理由とは、たとえば独身生活を謳歌したいからといった理由である。この行為は言ってしまうえば、独身生活を謳歌したいからという理由で、子どもが障がいを持って生まれる可能性を高めるという行為である。このような人は現代社会においても数多くいると考えられるが、これに対して倫理的に批判する主張はあまり見受けられない。一方で、アーティスト元「水曜日のカンパネラ」のコムアイ氏が自身の子どもをアマゾンで産むことにしたと

いう報道に関しては、親自身の利益追求により子どもを危険にさらすとして批判する意見が数多く寄せられていた。この状況を鑑みると、同じように親が自身の利益を追求して、子どもに影響が及ぶという結果であったとしても、アマゾンで出産するというような「イレギュラー」なことをすると批判されると考えられる。これは必ずしも倫理的に判断しての結果とはいえないが、これに則ると現代社会において、親の単純な好奇心などから子どもを宇宙で出産することに対しては、強い批判が来ると想定できるだろう。一方で、宇宙での出産が「当たり前」な時代になると、それに対する批判はなくなると考えられる。このように考えると、「倫理的に認められる」という基準は時代によって変化しうるものでありつつも、それが倫理的な判断に基づいた主張なのか、それ以外の面からの批判なのかについては慎重に見極めて、議論していく必要があるだろう。

次に、宇宙で妊娠するのではなく、地球上で妊娠し、妊娠した状態で宇宙へ行って出産する場合を考える。このとき、後期段階においては、移送技術が発達し、安全に母体と胎児を宇宙へ移動させることができるようになっていないと想定できる。また、移送後、宇宙においても最低限の医療機関は整っている。このように考えると、中期段階と同様に、妊娠初期は宇宙放射線の影響を受けずに育ち、ある程度安定してから宇宙へ移動すれば、宇宙での出産そのものによる子どもの損害はほぼなくなる。この場合においては、倫理的にも認められるという主張が大きくなるのではないだろうか。

次に、育児という側面について考える。後期段階においては、10年単位での滞在が可能になっており、滞在期間の制限もない。しかし、教育機関は義務教育レベルの最低限のものだけであると想定している。人口が1000人程度であり、幼稚園、小学校、中学校のみがある村町は現代の日本にも存在している。そう考えると、そこでの暮らしを親が子どもに対して強いることを、倫理的に認めないということはできないだろう。一方で、そういった地域で生まれた子どもたちに教育や社会体験上の格差が生じてしまうことに関しては、現代においても問題視がされている。倫理的に認められないとまでは言えずとも、宇宙に関しても同様に地球との格差が問題視される可能性は高いといえるだろう。また、義務教育レベルの教育機関しかないとなると、中学卒業後に地球への帰還を望む人が増えると考えられる。しかし、経済的な事情などからそれがかなわないとなると、それは子どもにとって大きな損害である。帰還したいときに自由に地球へ帰還することが可能なのかという点は、この議論を考えるうえで重要な点となり得るだろう。

また、後期の段階においては、地球へ帰還した後に、子どもが地球上で得る可能性のある損害についても考慮に入れる必要がある。この時期には10年単位での滞在が可能になっていることから、仮に高等教育を受けるため中学卒業後に地球へ帰還したとしても、15年ほどを宇宙で過ごしたこととなる。宇宙の規模が地球の小規模町村と同じであったとしても、室内をベースに過ごしてきたといった生活環境の違いなどは地球上の小規模町村から移住する場合とは大きく異なる。そういった環境で幼少期を過ごしてきた子どもが地球上の環境や生活スタイルに適応するにはそれなりの負担がかかるだろう。さらに、幼少期に宇宙で

暮らしたという体験は、子どものその後の人生や幸福に対しても大きな影響を与える可能性がある。以上のことから、地球への帰還を前提とした場合に、幼少期を地球以外で過ごすことの影響についてもしっかり検討したうえで、宇宙での出産、育児の是非については議論する必要があるといえるだろう。

5. 本論文の限界

ここまで、宇宙で出産、育児をすることの是非を議論するにあたって生じる論点を初期段階、中期段階、後期段階にわけてみてきた。各段階におけるシナリオごとに洗い出してきた課題を検討することによって、宇宙で出産、育児をすることは倫理的に認められるのかという議論が進むものと考えられる。

一方で、今回の枠組みの課題や限界も想定できる。以下の場合には、今回挙げた論点が意味をなさない可能性がある。

一つ目は、今回の想定したシナリオ通りに宇宙開発が進まない場合についてである。たとえば、近未来において、宇宙に1000人規模で滞在できるようにはなったが、人工重力装置がなかなか実現しないといった場合もあり得るかもしれない。しかし、どんなふうに宇宙開発が進むかは未知数な部分が多いため、すべての場合を検討することはできず、そこが本論文における限界点である。実際に議論をする段階になった際には、その都度開発の進捗に合わせて、この場合であれば認められるのか否かを検討していく必要があるだろう。

二つ目は、新たな課題が生じてきた場合についてである。先述した通り、宇宙開発についてはあまりにも明らかになっていないことが多い。また、地球上における環境や時代の潮流もめまぐるしく変化し続けている。そのため、今回挙げた論点以外に、予想しなかった課題が生じ、それが重要な論点となりうる可能性も否めない。特に、宇宙での出産を望む事情も多様化し、現在では想定し得ないものが出てくる可能性がある。また、医療技術や移送技術の状況によっては、その分野の周辺においてさらに新たな課題が生じる可能性は大いにありと考えている。そのため、今後は各分野の技術に精通した人を集めたうえでチームを結成し、そこに倫理の専門家もまじえたうえで密に連携をとって議論をしていくことが欠かせないと考えられる。

6. まとめ

本論文では、宇宙での出産・育児は倫理的に認められるのかという議題に対して、段階を追って論点を洗い出してきた。今回はわかりやすく場合分けをしたのみにとどまったが、それでも論点が数多く挙げられた。このことから、この問題はさまざまな側面から複合的に考えるべき問題であることが明らかである。

宇宙開発については未知なところが多いと再三述べてきたが、来たる将来に地球上に人類が住めなくなるということは確実である。その未来が来たとしても、人類が人類としての

体裁を保ったまま、種を保存するためには、宇宙空間における出産、育児に関する倫理的課題を検討することが欠かせない。本研究がわずかながらでもその助力となっていれば幸いである。

【参考文献】

市川亨「『障害者も子どもを持つ権利がある』日本にはない支援団体がアメリカでは 40 年前にできていた 当事者カップルや親子に会ってみて分かったこと」(Yahoo! ニュース)

<https://news.yahoo.co.jp/articles/ad603278c95014feb7436eb2278fadf5c020f8f9?page=1>

2024/01/26 閲覧

加藤秀一「『なぜ私を産んだ!』親や医師を訴えるロングフル・ライフ訴訟とは何か-反出生主義という思想-」(現代ビジネス)

<https://gendai.media/articles/-/63516?imp=0>

2024/01/29 閲覧

国立大学山梨大学「国際宇宙ステーションの『きぼう』日本実験棟で約 6 年間、宇宙放射線に曝露された精子からマウスの作出に成功-人類の宇宙生殖の可能性を示す-」(JAXA)

https://www.jaxa.jp/press/2021/06/20210614-1_j.html#:~:text=%E5%AE%87%E5%AE%99%E6%94%BE%E5%B0%84%E7%B7%9A%E3%81%AB%E9%95%B7%E6%9C%9F%E9%96%93,%E5%BD%B1%E9%9F%BF%E3%81%8C%E3%81%82%E3%82%8A%E3%81%BE%E3%81%9B%E3%82%93%E3%81%A7%E3%81%97%E3%81%9F%E3%80%82

[1_j.html#:~:text=%E5%AE%87%E5%AE%99%E6%94%BE%E5%B0%84%E7%B7%9A%E3%81%AB%E9%95%B7%E6%9C%9F%E9%96%93,%E5%BD%B1%E9%9F%BF%E3%81%8C%E3%81%82%E3%82%8A%E3%81%BE%E3%81%9B%E3%82%93%E3%81%A7%E3%81%97%E3%81%9F%E3%80%82](https://www.jaxa.jp/press/2021/06/20210614-1_j.html#:~:text=%E5%AE%87%E5%AE%99%E6%94%BE%E5%B0%84%E7%B7%9A%E3%81%AB%E9%95%B7%E6%9C%9F%E9%96%93,%E5%BD%B1%E9%9F%BF%E3%81%8C%E3%81%82%E3%82%8A%E3%81%BE%E3%81%9B%E3%82%93%E3%81%A7%E3%81%97%E3%81%9F%E3%80%82)

2024/01/29 閲覧

たまひよ「【医師監修】生後 0~1 歳まで赤ちゃんはどう育つ? 発育発達, 成長の様子を小児科医が解説」

<https://st.benesse.ne.jp/ikuji/content/?id=21650>

2024/01/26 閲覧

調査部米州課「NASA, アルテミス計画の有人月面着陸を 2026 年 9 月へ延期」(JETRO)

<https://www.jetro.go.jp/biznews/2024/01/8342f58e8588ca8f.html>

2024/01/31 閲覧

東京教育委員会「参考>0 歳児から 2 歳児の発達過程」

https://www.kyoiku.metro.tokyo.lg.jp/school/document/pre_school/files/curriculum2/15_2_2_sankou.pdf

2024/01/26 閲覧

波留久泉「低重力天体上でも 1G 環境を再現できる人工重力居住施設とは?」(TECH+)

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/lunaglass-1/>

2024/01/28 閲覧

古沢由紀子「ガチャガチャ言っても始まらない?…『親ガチャ』に疑問を呈した中学生の主

張」(読売新聞オンライン)

<https://www.yomiuri.co.jp/column/henshu/20231124-OYT8T50029/>

2024/01/31 閲覧

桃井眞理子「子どもの成長の特徴」(時事メディカル)

<https://medical.jiji.com/medical/033-0003-99>

2024/01/26 閲覧

幼児期応援プログラム「5歳児の体(身長・体重)の成長・発達・発育・特徴について」(スクスクのっぽくん)

<https://www.suku-noppo.jp/infant/5sai>

2024/01/26 閲覧

CREA WEB「コムアイはなぜ母になると決めたのか? 本人が語る, 賛否を呼んだ“出産場所”に対する『今の心境』」(文春オンライン)

<https://bunshun.jp/articles/-/63465>

2024/01/31 閲覧

JAXA「Future 国際宇宙探査の取り組み」

<https://humans-in-space.jaxa.jp/future/>

2024/01/28 閲覧

Robert Hart「人類は宇宙で「妊娠」できるか? 日本の科学者が研究中」(Forbes JAPAN)

<https://forbesjapan.com/articles/detail/67094>

2024/01/29 閲覧

宇宙探査における法的責任

2024 年 1 月 31 日

三宅 輝

目次

- I. 導入
- II. 宇宙条約及び宇宙損害責任条約の実体的規律の基本的内容
 - 1. 宇宙条約
 - 2. 宇宙損害責任条約
- III. 宇宙損害責任条約の解釈上の諸問題
 - 1. 宇宙法適用の範囲
 - 2. 打上げ国の解釈について
 - 3. 宇宙物体の解釈について
 - 4. 損害の範囲について
 - 5. 2 以上の打上げ国が 7 条責任を負う場合の処理に関する問題
 - (ア) 制度の概観
 - (イ) 解釈上の問題点
- IV. 日本国内における宇宙立法
 - 1. 宇宙活動法における許可の制度
 - 2. 宇宙活動法における損害賠償制度
- V. 総括

I. 導入

宇宙空間は人類が到達した新たな領域であり、先端的な科学技術を用いた多様な開拓の可能性を秘めている一方、新領域の開拓と宇宙活動の発展に伴い、従来の規範では解決が難しいような新たな問題に直面することがある。そのため、それらの問題を解決し、よりよい宇宙活動を実現するための規範を考える必要があり、その過程において倫理学に関する知見が用いられることは大変有意義である。ただ、新たな科学技術の発展に伴い生じる ELSI への対応には、自然科学以外にも人文・社会科学を用いた総合知の仕組みが求められており¹、よりよい宇宙開発の在り方を考える場合にも、取り組むべき問題に応じて多様なアプローチがありうるだろう。そこで、本稿では宇宙法に関する問題を取り上げて論じていく。

より具体的には、本稿では宇宙探査における賠償責任をはじめとした法的責任に関する規律を概観し、その解釈上の論点について論じていく。宇宙法における賠償責任について、国際的場面と国内的場面では異なった法規範が採用されている。まず、国際的な場面においては、宇宙条約²と宇宙損害責任条約³がとりわけ重要な規定を置いている。宇宙条約は国家に対して宇宙空間での自由な活動を認める一方で、宇宙活動に際して国家が負うべき責任に関する規律も置いている。また宇宙損害責任条約は宇宙条約 7 条に規定された責任を具体化して詳細な規律を定めている。次に国内的な場面については、宇宙活動法⁴が民間の宇宙活動の許可監督、および賠償責任について重要な規律を置いている。以下では、宇宙条約、宇宙損害責任条約、及び宇宙活動法を対象に、その基本的な内容と論点を明らかにする。

II. 宇宙条約及び宇宙損害責任条約の実体的規律の基本的内容

宇宙活動に於いて国家が負うべき責任については、宇宙条約と宇宙損害責任条約に重要な規律がある。二つの条約はともに COPUOS で起草され、国連総会で採択された条約である。2023 年 1 月 1 日時点で、宇宙条約は 112 ケ国が批准・23 ケ国が署名、宇宙損害責任条約は 98 ケ国が批准・19 ケ国が署名・4 つの国際機関が権利義務の受諾を宣言しており、多数の加盟国が存在する⁵。とりわけ宇宙条約については「宇宙のマグナ・カルタ」「宇宙の憲法」などと称されており、もっとも重要な条約の一つに数えられる。このように宇宙条約と宇宙損害責任条約は宇宙法上の重要な法源として認められる。

¹ 文科省 14 頁

² 「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」の略称。

³ 「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」の略称。

⁴ 「人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律」の略称

⁵ A/AC.105/C.2/2023/CRP.3。なお UNOOSA によれば 2023 年 3 月 10 日にクロアチア、同年 8 月 9 日にパナマが、新たに宇宙条約を批准している。

1. 宇宙条約

宇宙活動に際して国家が負うべき責任について、宇宙条約では 6 条から 8 条にかけて重要な規律を置いている。7 条は宇宙損害責任条約の箇所であつて、以下では宇宙条約の 6 条と 8 条の規律の内容について説明する。宇宙条約 6 条は自国の活動が政府機関と非政府団体のいずれによって行われるかを問わず国家が国際的責任を負う旨を定める。国家が負う 6 条責任⁶の具体的内容と効果を通常の意味で解釈するには、ILC が作成し国連総会で採択された「国家責任条文」の内容が参考になる。「国家責任条文」が国際法の内容を示すものかについては議論の余地があるが⁷、本稿ではこの点を認める前提で、6 条責任がいかなる内容をもつのかを確認する。まず国家責任は、国際的な義務に違反した行為が国家に帰属する場合に生じる(国家責任条文 1 条, 2 条)。国家は宇宙活動に際しても、国際法上の義務を負い(宇宙条約 1 条 2 文, 3 条)、それらの義務に反した行為が国家に帰属する場合には 6 条責任が問われることになる。さらに、責任を負う国家は被害国に対して、国際違法行為と相当因果関係を負う損害に対する事後救済を行わなければならない⁸(国家責任条文 31, 34 条, 金銭賠償については 36 条)。このように、国際的責任は国際法上の義務という一次規範に違反したものから生じるものという意味で、二次規範としての性質をもつものである⁹。

宇宙活動に特有な規律も存在しており、宇宙条約 6 条では国家は非政府組織の行為についても責任を問われる(同条 1 文)が、これは国家責任条文に於いて私人の活動は一定の場合を除いて責任を問われない点(国家責任条文 6 条から 8 条)と対照をなす。ここから、非政府団体の活動に対して 6 条責任を負う国はどのように決定されるのかという問題が生じる。6 条責任を負う国と関係当事国(宇宙条約 6 条 1 文, 2 文)については一致しているものと考えられており¹⁰、関係当事国は非政府団体による活動に管轄権を有している国であると解されているものの¹¹、その範囲については必ずしも見解の一致はない。例えば、9 条の文脈を加味して非政府団体の国籍国とする立場、8 条の文脈を加味して宇宙物体の登録国とする立場、登録国と国籍国とする立場、国籍国・登録国・打上げ国とする立場、一般国際法に則り非政府団体の活動に対して属地的・属人的管轄権があれば関係当事国になるとする立場¹²などがある。これについては管轄権を及ぼすことで非政府団体によって国際法上の義務を履行させられるか否かが決定的になると思われ、この観点から属地的・属人的管轄があればよ

⁶ 本稿では、宇宙条約 6 条 1 文により国家が負う責任を 6 条責任とよぶ。

⁷ 酒井他, 310-312 頁

⁸ 同上 325-327 頁

⁹ 同上 309-310 頁

¹⁰ Hobe et al., eds.(2017), pp 396-397

¹¹ Ibid. p398

¹² Ibid. pp 398-403

いと考えられる。

最後に、8条との関係について、宇宙物体の登録国が当該物体の管轄権と管理を保持する旨を定めている。この帰結として、例えば登録国が宇宙条約6条2項における許可及び継続的監督の義務や、9条に定められた宇宙空間の有害な汚染や地球環境の悪化に対して適当な措置をとる義務等を負うこと¹³となるから、それらの義務に違反したものは6条責任が生じるものと解される。

2. 宇宙損害責任条約

以下では、宇宙条約7条や宇宙損害責任条約における規律を概観する。7条責任¹⁴に関して、より詳細な規律は宇宙損害責任条約によってなされているため、以下ではその内容を概観する。7条責任は宇宙物体が損害を引き起こした場合に打上げ国が負う。宇宙損害責任条約では宇宙物体が地上や航空機に損害を与えたケースでは打上げ国の無過失責任としつつ、宇宙空間で損害を与えたケースでは過失責任としており両者で別の規律を置いている（宇宙損害責任条約2, 3条）。国家による無過失責任を正当化する論拠としては、宇宙活動は損害発生の高蓋然性が高いわけではないが、発生する損害が深刻化しうる点で高度な危険性を有していることから、そのような活動から生じた損害は過失がなくとも補填すべきという危険責任の考えに立脚していると考えられている¹⁵。高度な危険を内包する活動については、国際法上の義務違反がなくとも損害を補償させるような条約もあり、危険責任の考え方自体は宇宙活動に特有なものではない¹⁶。一方で3条によれば宇宙空間の損害においては過失責任が採用されていることがわかる。そのため両者を区別する趣旨が問題となるが、この点は両当事国が宇宙活動においては事故が生じるリスクを受け入れている点、宇宙活動から利益を得ている点、宇宙活動に関する知識を備えている点で衡平と考えられるからである¹⁷。後述するように、複数の打上げ国が存在する場合であっても、地上と宇宙空間にたいして類似した区別がある。

宇宙損害責任条約上、7条責任が免除されるケースとして、請求国又は請求国に代表される法人若しくは自然人が、重大な過失または作為若しくは不作為で損害を引き起こしたことを、打上げ国が証明した場合や（宇宙損害責任条約6条1項）、打上げ国の国民、宇宙物体の運用に参加している者に引き起こされた損害（同法7条）があげられる。また損害額は国際法並びに正義及び衡平の原則によって決定される（同法12条）。

¹³ Stephan Hobe et al., eds. ; Lyall et al., pp 77-78, 97

¹⁴ 本稿では宇宙条約7条と宇宙損害責任条約によって具体化された打上げ国の負う責任を7条責任と呼称する。

¹⁵ Hurwitz, p.28.

¹⁶ 酒井他 481-487 頁を参照

¹⁷ Hurwitz., p.34 ; Hobe et al., eds. (2020), p 376-377

最後に、6条責任と7条責任の相違について確認すると、7条責任の発生は打上げ国の行為が国際法上の義務違反である必要はない¹⁸。また責任の主体も、7条責任は打上げ国であるのに対し6条責任の主体は打上げ国とは限られない点で異なる。

III. 宇宙損害責任条約の解釈上の諸問題

IIでは宇宙条約と宇宙損害責任条約での国家の責任について概観した。しかし、その内容については必ずしも見解の一致があるわけではない。例えば、宇宙損害責任条約1条には、損害、打上げ、打上げ国などの用語についての定義規定が置かれている。しかしながら、これらの用語の意味は必ずしも明確ではない。以下では、これらの用語の意味に加えて、宇宙法の適用範囲、共同打上げ国など複数の責任主体が生じる場合の処理など、主に宇宙損害責任条約を解釈する上での諸問題を考察する。

1. 宇宙法適用の範囲

両条約が適用されるのは当然宇宙であるが、宇宙の境界については明確に定義されていないため、宇宙法と航空法のいずれを適用するか決定方法について学説上は空間説と機能説にわかれている。まず空間説は宇宙空間を高度によって決める考え方である。空間説の中にも様々な見解が存在し、海洋法における領海決定から類推して実効支配が可能な高度までを空域とする見解、ラグランジュ点など重力に関連して高度を決定する見解、大気層の境界の一つを境界とする見解などに分かれている¹⁹。次に機能説は、ある物体に対して宇宙法と航空法のいずれを適用するかについて、その物体が如何なる目的で存在し、利用されるのかが重要だと考える²⁰。たとえ、軌道上に到達せず失敗したとしても宇宙に行く意図で行った活動は宇宙活動であり、宇宙法適用が可能ということになる²¹。ただ、現在では高度100kmまでを空、それより上を宇宙とする見解が有力になっているようである²²。

2. 打上げ国の解釈について

1条は①宇宙物体の打上げを行いまたは行わせる国と②宇宙物体がその領域または施設から打ち上げられる国を「打上げ国」として定義しているが、打上げを行わせる国というのは不明瞭な定義である。例えば、企業や大学など私人が国籍国の意図に反して打上げを行った場合に当該私人の国籍国が打上げ国に該当し7条責任の主体とされるのかについては明

¹⁸ Hobe et al., eds. (2020), p 380

¹⁹ Lyall et al. pp 145-147.

²⁰ Ibid., pp 149-150.

²¹ Ibid.

²² Ibid. p148,151。

らかではない²³。国自身が打上げに出資ないし依頼している場合でなくとも、国民が出資、指示しているような場合を含める見解²⁴もあれば、国が打上げを指揮する能力がある状態であれば、打上げを行わせた国とはいえないとする見解もある²⁵。

3. 宇宙物体の解釈について

宇宙物体自体の定義規定は存在しないため、宇宙空間で製造・利用されるような物体、スペースデブリ等が宇宙物体に含まれるのかが問題となる。

まず宇宙空間で製造利用された物体の場合、打上げられた物体とはいえないため、宇宙物体該当性について疑問が生じる。このような物体から生じた損害について 7 条責任が問えなければ、宇宙損害責任条約の目的が毀損されるとして宇宙物体性を認める主張もある²⁶。しかしながら、そのような物体について打上げ国の同定をいかに行うのか疑問があり、責任主体たる打上げ国の定義も宇宙物体が打上げられることを前提にしているから、宇宙空間で製造・利用される宇宙物体は宇宙物体に該当しないのではないかと考えられる。

次に、スペースデブリの宇宙物体該当性を考える。デブリから生じる損害の例として、例えば軌道上に於いて衛星が破壊されてその破片がスペースデブリ化し、デブリが他国の衛星に衝突するようなケースが想定される。軌道上のデブリは高速で移動しているため、衝突すれば他国の宇宙空間の財産が被害を受ける危険性は十分高いといえる。このケースの場合、スペースデブリが宇宙物体と認められれば、宇宙損害責任条約上打上げ国の過失責任が認められる可能性がある。スペースデブリの宇宙物体性を全面的に認める見解として、「宇宙物体」には宇宙物体の構成部分も含むことを根拠にするものがある²⁷。基本的には妥当な見解だと思われる。

4. 損害の範囲について

損害は、人の死亡若しくは身体の傷害その他の健康の障害又は国、自然人、法人若しくは国際的な政府間機関の財産の滅失若しくは損傷をいう。かかる定義に当てはまる損害の範囲については問題が生じうる。例えば、健康の障害について精神的損害が含まれるのかという議論があるが、これについては、損害に当てはまると考えるのが妥当である。なぜなら「健康」に関する WHO 憲章の定義が、「完全な肉体的、精神的及び社会的福祉の状態であり、単に疾病又は病弱の存在しないことではない」としており、精神的損害は精神的状態を不完

²³ 小塚他編著 50-51 頁

²⁴ Hurwitz, p 22

²⁵ Hobe et al., eds.(2017), p 358

²⁶ Hurwitz, pp 23-24.

²⁷ Ibid p 24. ; Lyall p 80. ただし後者は宇宙物体登録条約における“space object“の解釈に関するものであるが宇宙損害責任条約でも同様の解釈が可能と考えられる。

全にするため、「その他の健康の障害」に精神障害が含まれるべきだからである²⁸。

さらに、7条責任が生じる条件として、損害が宇宙物体によって引き起こされたものである必要がある。これについて、補償の対象となる損害は宇宙物体それ自体に引き起こされる必要があり、宇宙物体の物理的衝突のケースなどに限定されていると考える見解が有力である²⁹。このような見地からは、放送衛星による有害な内容の放送によって精神的損害を受けたような場合でも、救済対象にはならない。また、宇宙物体の物理的衝突のケースであっても、間接的な損害は補償の対象となるのかについて見解の違いがある。

5. 2以上の打上げ国が7条責任を負う場合の処理に関する問題

(ア) 制度の概観

打上げ国の定義からもわかるように、条約は打上げ国が複数となる場合についても想定されている。以下では、複数の国が7条責任を負うようなケースを念頭に置いて、それぞれの打上げ国が負う責任について確認する。複数の打上げ国が7条責任を負う場面を想定した条文として、宇宙損害責任条約の4, 5, 22条がある。

まず5条は共同打上げ国が存在するケースで、それぞれの打上げ国は連帯して責任を負う旨を定める。5条3項は宇宙物体がその領域または施設から打ち上げられる国を共同打上げ国とみなす旨を定めている。これは1条の打上げ国の定義から当然であり、確認規程としての意味しかないとされている³⁰。また22条3, 4項では、権利義務の受諾を行っている国際的な政府間機関が、7条責任を負うケースでは政府間機関に加盟している条約締約国は連帯して7条責任を負う旨を定める。

次に、4条によると、例えばそれぞれの打上げ国をA,Bとする軌道上の二つの衛星が衝突した結果、その破片が第三国Cの軌道上の衛星と、第三国Dの地表で損害を引き起こしたというケースを想定すると（以下、ケースXと呼称）、A,BはCに対して過失責任、Dに対して無過失責任を連帯して負うことになる。しかしながら、ケースXについてAとBの衛星の破片が生じさせた損害について、単純に宇宙損害責任条約の2条、3条を適用して、それぞれ単独でA,Bが責任を負うとするのではなく、なぜA,Bの破片から生じた損害を二国に連帯して責任を負わせることとしたのかという疑問が生じる。この点は、後述の通り被害者救済を重視したためであると思われる。例えば、A,Bのどちらの宇宙物体から損害が生じたのか分からない場合も、両国に対して責任を追及できる。また、Aが無過失で、Bが過失ありの場合であっても、CはBだけでなくAに対しても責任を追及できる（4条1項b号）。

このように、それぞれの条文は想定している場面は異なる。しかし、4, 5条ではともに複数の国家が7条責任を負う場合には、国が連帯して責任を負うものとされるため、被害国

²⁸ Hurwitz, p 13 ; Hobe et al., eds. (2020) p 353 後者は結論が同旨

²⁹ Hobe et al., eds. (2020), p 352 ; Dunk et al., eds. p 85

³⁰ Hobe et al., eds. (2020), pp 436-437

は複数の打上げ国のなかの一つに対して全額の賠償を請求できる（4条2項3文、5条2項3文）。これによって責任の追及対象を拡大できるため、4条、5条の規定は被害者救済に資するものといえる。一方22条の場合には、政府間機関と加盟国は連帯責任を負うが、政府間機関に先に請求を行ったうえで、賠償額が決定後6カ月以上未払いであった場合にのみ加盟国への請求が認められる（22条3項a,b号）。政府間機関による支払い拒絶の場合、加盟国の責任は5条によって処理されようと考えられており、これは政府間機関が権利義務の受諾を宣言していない場合と同様である³¹。政府間機関の加盟国は共同打上げ国とすべきであり、この結論は妥当と考えるべきであろう。22条の趣旨について、確かに政府間機関への請求を認めることで責任主体を拡大しているが、そのような請求を認めることが被害の救済にどの程度資するのかは疑問がある。さらに、請求国は機関への請求を先立って行わなければならない点では、5条が適用されるケースよりも、加盟国への請求が制限されている。したがって、22条については、4,5条の被害者救済の趣旨とは若干異なった規律といえる。

打上げ国間の求償関係について、4条が適用される場合には、過失の程度に応じた分担を原則として、その割合が不明な場合には均等に分担する（2項1,2文）。5条が適用される場合にも求償権が認められるが、その分担については同意できる旨を定めるだけで、同意がない場合の明確な規定はない（2項1文,2文）。4条と5条は基本的に被害者救済の趣旨であり、複数打上げ国の責任に関する連帯責任の内容や求償権に関して両者が異なる規律を設けたと考える理由は無く、基本的には4条の場合と同様に処理すれば足りるのではないと思われる。

（イ）解釈上の問題点

たとえば、宇宙損害責任条約7条a項によって打上げ国の国民に対して生じた損害には、条約が適用されない旨を定める。ここで、（ア）で挙げたケースXについてDをAに読み替えた場合や、共同打上げ国のうちの一つの国民に損害が生じたようなケースを想定すると、AからBに対する請求、また被害国から他の共同打上げ国に対する請求が可能なのかが問題となる。このような請求の可否について、条約正文の7条a号で“a launching State”を指す“that launching State”が打上げ国を単数形で表現している点から、他の打上げ国に対する請求を認めているのだとする見解が存在する³²。7条a号が打上げ国の国民については国内的問題として打上げ国の立法による救済に任せる趣旨であることから、請求を認めることが妥当だと思われる。但し、この場合には請求国が一定程度負担すべき損害も含まれているはずであり、求償の關係に準じて過失等に応じて、補償を請求できる賠償額が決まるものと考えられる。

IV. 日本国内における宇宙立法

³¹ Hurwitz, p 74

³² Hurwitz, pp 44-45

宇宙損害責任条約は前述の通り打上げ国の国民については国内での立法による救済に委ねている。また宇宙条約 6 条は非政府団体の活動について関係当事国による許可及び継続的監督を義務づけている。したがって国内被害者の救済や宇宙条約 6 条の義務を果たすために、国内における立法が要請される。宇宙活動法も、そのような要請にこたえるための立法と位置付けることが可能であり、現に法律の目的として「宇宙の開発及び利用に関する諸条約を的確かつ円滑に実施する」（宇宙活動法 1 条、以下で 4 章において条文を掲げるときは特に断らない限り宇宙活動法の条文とする）ことが掲げられており、「宇宙の開発及び利用に関する諸条約」には宇宙条約や宇宙損害責任条約も含まれている（2 条 1 号）。そこで以下では、これらの諸問題に関する日本国内での宇宙関連立法として、宇宙活動法をとりあげて論じる。

1. 宇宙活動法における許可の制度

日本においては宇宙活動法によって、人工衛星等の打上げと人工衛星の管理の許可を規定している。国家による許可・監督制度は宇宙条約 6 条の義務を果たすうえで重要だと考えられる。そこで、以下ではそれぞれの規律について概観したうえで、日本法の特徴を論じる。

まず人工衛星等の打上げを行おうとする者は、国内または日本国籍を有する船舶・航空機の打上げ施設を用いる場合、打上げ毎に内閣総理大臣の許可を受ける必要があり³³（4 条 1 項）、許可には条件を付すこともできる（34 条）。打上げごとに安全性を審査すべきとの観点から、打上げごとの許可が義務付けられている³⁴。但し申請書に記載すべき事項のうち人工衛星の打上げ用ロケットの設計、打上げ施設の場所、構造及び設備について、13 条 1 項の型式認定若しくは外国認定と 16 条 1 項の適合認定を得ていれば、それぞれ型式認定番号若しくは外国認定を受けた旨、適合認定番号の記載によって審査の迅速化が可能である³⁵（4 条 2 項 2, 3 号, 6 条 1, 2 号）。許可には欠格事由（5 条）が定められるほか、4 条 2 項 2 号から 5 号の事項について、打上げの安全性や人工衛星の利用目的及び方法が本法の基本理念に即したものであることが審査され（6 条）、それらの事項を変更する際は変更許可が必要になる（7 条 1 項）。変更許可を行わず変更を行う場合、変更許可を得るよう指導（32 条）、打上げが行われるが可能性が高まれば許可取消し（12 条 5 項）となる³⁶。許可を受けたものについては設計合致義務・計画遵守義務（8 条）と損害賠償担保措置を講じる義務（9 条）が生じる。ロケット安全基準、型式別施設安全基準の変更により打上げが基準を満たさなくなった場合、変更許可（7 条 1 項）取消し（12 条 3, 4 号）の対象とされる。その他、不正な許可の取得、8 条の義務違反、34 条の条件違反などの場合は許可の取消し事由とされて

³³ 各種の用語の定義について宇宙活動法 2 条 2-5 号参照

³⁴ 宇賀 36 頁

³⁵ 同上 52-54 頁

³⁶ 同上 59-60 頁

いる（12条）。また型式認定（13条1項）、適合認定（16条1項）も取消し、変更許可に関する規律を有している（13-18条）。また、立入検査（31条）、罰則（第8章）等によっても実効的規制が図られる。

次に、国内に所在する人工衛星管理設備を用いて人工衛星の管理³⁷を行おうとする者は、人工衛星毎に、内閣総理大臣の許可を受ける必要がある（20条1項）人工衛星等の打上げの許可と同様、欠格事由、審査基準、変更許可、取消し事由、計画遵守義務などの特徴を有する（20-24条、30条）。人工衛星の管理の許可には終了措置を申請書に記載する必要がある、審査対象になる（20条2項6号、22条4号）。そして管理計画に基づく終了措置（28条）のほかに、宇宙空間の有害な汚染を防ぐために、許可の効力が失われた場合の終了措置を一定の者に義務付けている。（26、27、29、30条）また22条2号の基準の変更の結果、新基準に適合しなくなった衛星についても、変更許可（23条）是正命令（33条）の対象とされない。ロケット安全基準と型式別施設安全基準との相違は、人工衛星の打上げ後であれば新基準に適合させることが不可能な点に求められる³⁸。打上げ前であれば基準を満たさない衛星であっても地上の安全に与える影響が乏しく、新基準への適合を求めて打上げを延期させるのは酷だという点に求められる³⁹。

以上で概観した許可制度は、属地的管轄権が及ぶ範囲での宇宙活動を許可の対象として、外国における日本国民の活動について何ら許可を求めている⁴⁰（4、20条）。これらの制度設計には関係当事国（宇宙条約6条2文）に国籍国は含まれないという立場をとっていると解されている⁴¹。この点について、刑罰による威嚇等によって、在外国民に国際法上の義務を順守させる効果が認められるとするならば、属人的管轄を否定する必要はないのではないかと考えられる。

2. 宇宙活動法における損害賠償制度

宇宙活動法は損害賠償制度についても、ロケット落下等損害と人工衛星落下等損害に分けて規律している（2条8,11号、35条、53条）。宇宙条約や宇宙損害責任条約が国際的場面を想定していたのに対し、これらの規律は国内的な被害救済に向けられたものである。そこで、賠償責任に関する規律を以下で論じるが、それらの内容を整理して表にしてみると、以下のようになる。

表1

³⁷ 宇宙活動法2条2,6,7号参照

³⁸ 同上119-120,154-155頁

³⁹ 同上

⁴⁰ 同上33,34,101,102頁

⁴¹ 同上、本稿II1の2段落参照

ロケット落下等損害賠償責任	人工衛星落下等損害賠償責任
無過失責任，天災その他の不可抗力を賠償額に斟酌（35，37 条）	無過失責任，天災その他の不可抗力を賠償額に斟酌（53，54 条）
責任集中（36 条）→求償権（38 条）	責任集中制度なし
賠償担保措置の義務付け（9 条）	不要
宇宙空間での損害、事業従事者の損害←無過失責任は妥当しない（2 条 8 号但し書き）	宇宙空間での損害、事業従事者の損害←無過失責任は妥当しない（2 条 11 号但し書き）

表 1 でまとめたように、二つの損害に関する賠償責任の規律は 35，37 条と 53 条、54 条、および 2 条 8 号、11 号の但し書きの部分は類似した規律になっているので、まとめてその趣旨を確認する。まず無過失責任の趣旨は危険責任の原理、過失の立証困難、宇宙損害責任条約における他国民救済との均衡などにもとめられており⁴²、3 点目を除けば無過失責任（宇宙損害責任条約 2 条）とも趣旨が共通しているものと考えられる⁴³。ただし、不可抗力を損害に斟酌する点は国内法特有の規定といえる。また事業従事者に対する損害や宇宙空間の損害について無過失責任を定めていないのは、危険な活動と認識してそれを宇宙活動に参加した者や従事した者は無過失責任による保護に値しないことに由来しており⁴⁴、これも宇宙損害責任条約 3 条や 7 条 b 項と類似性がある。

次に相違点についてまとめる。ロケット落下等損害賠償責任の規律には、賠償担保措置を講じる義務、打上げ実施者への責任集中などの特徴的制度があるにもかかわらず、人工衛星落下等損害賠償責任にはない。人工衛星落下等損害について賠償担保措置が義務付けられていないのは①賠償額算定の困難、②事故が生じる可能性が低く国際的に賠償担保措置の義務付けが一般化していない③事業者の負担減といった理由が挙げられる⁴⁵。また責任の集中がなされていないのは①想定される責任主体が少なく責任集中の必要性が乏しい②先進国でも責任集中を法定されていない③責任主体の限定は被害者にとって不利になるといった点が挙げられる。ロケット落下等損害について責任集中がなされており、①責任主体が明確化される②賠償担保措置により被害者救済と両立可能③部品メーカーの参入促進④他国の採用などが理由とされている⁴⁶。

V. 総括

⁴² 同上 160,190 頁

⁴³ 本稿Ⅱ 2 の 1 段落参照

⁴⁴ 宇賀 26,29,159,189 頁

⁴⁵ 同上 191 頁

⁴⁶ 同上 163-164 頁

本稿では、宇宙条約、宇宙損害責任条約、宇宙活動法の規律について確認し、それぞれが課している法的責任の内容や、解釈上の問題点を取り扱い、宇宙空間における活動や宇宙物体が、第三者に損害を与えた場合の救済方法を主として論じた。確かに、被害者に損害が生じている時点で、あまり好ましい事態とはいえないのであるが、かかる損害の補償を確実に行えるような制度を設計することは、よりよい宇宙活動を実現するうえで極めて肝要といえる。そこで、以下で本稿での議題とそれに関する課題を提示して総括としたい。

まず、国際的な場面に於いて、宇宙条約 6 条と 7 条は国家に二つの異なる責任を負わせている。また私人の活動についても国家の監督を求めており、宇宙活動において国家が果たすべき役割は大きいといえる。宇宙損害責任条約は地表第三者については制限のない無過失責任主義をとっている点や、共同打上げ国に対する責任追及の場面では被害者救済を重視していると考えられるが、損害の範囲の解釈に応じて被害者救済がどの程度実現できるかが大きく左右される点には課題がある。次に、日本の宇宙活動法について、属人的管轄があっても許可制の対象としていない点について、宇宙条約 6 条と整合しているのかを考える必要がある。

参考文献

1. 宇賀克也『逐条解説 宇宙二法』弘文堂、2019 年
2. 小塚莊一郎、佐藤雅彦編著『宇宙ビジネスのための宇宙法入門（第 2 版）』有斐閣、2018 年
3. 栗林忠男編、『解説宇宙法資料集』慶応通信、平成 7 年 1995 年
4. 酒井啓亘、寺谷広司、西村弓、濱本正太郎「国際法」有斐閣、2011 年
5. 中村仁威、『宇宙法の形成』信山社、2023 年
6. 文科省、「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」
7. Bruce A. Hurwitz. "State Liability for Outer Space Activities; in Accordance with the 1972 Convention on International Liability for Damage caused by Space Objects" 1992
8. Francis Lyall, Paul B. Larsen. "Space Law A Treatise 2nd edition" 2018.
9. Frans von der Dunk, Fabio Tronchetti, eds. "Handbook of Space Law" 2015.
10. Stephan Hobe, Bernhard Schmidt-Tedd, Kai-Uwe Schrogl, eds. "Cologne Commentary on Space Law - Outer Space Treaty" 2017.
11. Stephan Hobe, Bernhard Schmidt-Tedd, Kai-Uwe Schrogl, eds. "Cologne commentary on space law, Volume II: Rescue Agreement, Liability Convention, Registration Convention, Moon Agreement" 2020

主題：ミサイル／ロケット¹開発と研究者倫理

―二次大戦期から冷戦初期の一事例―

所属：京都大学文学部現代史学専修 3 回生

氏名：渡邊智也

学生番号：0100330081

1.はじめに

一次大戦の講和条約であるヴェルサイユ条約では、銃や大砲などの兵器、戦艦や軍用機に対して最大保有量が設定されていた一方で、ミサイルに関しては明示的な制限は行われていない²。このような背景から、戦間期から二次大戦期にかけてミサイル／ロケット開発が進められた。そして、二次大戦でドイツが敗れた後、それまでミサイル／ロケット開発に携わった技術者たちは、アメリカやソ連などの連合国に接収され、それぞれの国で研究を継続した。冷戦初期には主に米ソ間で宇宙開発競争が行われることになるが、その起点は先述したドイツでの開発であると言えるだろう。

本論ではまず、1930年代から1960年にフォン・ブラウンがNASAに移る時期にかけての、ドイツとアメリカで行われたミサイル／ロケット開発史の概要を整理する。その軸は、「ロケットの父」として知られるフォン・ブラウン（Wernher von Braun）と彼の周辺人物や情勢に置かれている。これを踏まえ、ミサイル／ロケット開発に携わる研究者に求められる倫理性について考える。それは、「宇宙開発に向けたロケット開発と、軍事的なミサイル開発が表裏一体である現状において、どのような規範を設けることが現実的に望ましいのだろうか」という問いにひとつの回答を準備することに繋がる。

¹ ロケットとミサイルの区別について。例えば防衛省によれば、（人工衛星打ち上げ）ロケットは「一定の高度にまで到達させた後、平坦な軌跡をとり、所要の速度以上を与え人工衛星を地球周回軌道に突入する」が、（弾道）ミサイルは「放物線を描いて飛翔し、目標地点に弾頭を誘導する」という点で、両者は区別される。だが、両者の構造や「推進部の大型化とその分離、姿勢制御、推進制御」などの必要技術は共通していると指摘されている。本論では、両者の実質的な区別は困難であることを踏まえて、明らかに区別できる箇所を除いて、ミサイル／ロケットと記述している。「」内は防衛省『平成21年版 防衛白書』『第I部コラム わが国を取り巻く安全保障環境』より引用。

² 外務省『同盟及連合国ト独逸国トノ平和条約並議定書 附 波蘭国ニ関スル条約』（外務省、1919年）を参照。

そこで第2節に入る前に、本論における議論の前提として、「デュアルユース」と「軍事研究」という言葉について整理しておきたい³。まず出口は、デュアルユースとは「同じ一つの事物・事柄が、二つの異なったカテゴリーに属する使用（使途・利用）に供される（供されうる、ないしは供されることが予想される）」ことだと定義し⁴、二つのカテゴリーはそれぞれが独立したものであることが重要だとしている⁵。無論、デュアルユースという言葉で多くの事象を括ることが出来るが、デュアルユースという言葉の定義は具体的というよりもむしろ一般的なものになりがちであり、個別具体的な事象を分析する際には、利用に注意する必要がある。

また、「軍事研究」も幅の広い概念である。研究予算の出处が軍（or）軍事組織に由来すれば軍事研究なのだろうか。研究の目的が軍事的用途に沿うものであれば即ち軍事研究なのだろうか。基礎研究であってもそれが軍事的用途に応用されるならそれは軍事研究なのだろうか。これらの問いに一貫した回答を与えることは、現状困難である。このように、「デュアルユース」も「軍事研究」も多義的な言葉である。本論はミサイル／ロケット研究に主題を絞っているが、技術者たちの研究が軍事研究なのか民生研究なのかは、その捉え方に応じてその都度変化していくことになる。このことについては、第2節以下で確認していく。

2.1930年代から1945年にかけてのドイツでの研究

第2節では、本論で取り扱うミサイル／ロケット開発史の前半に当たる、ドイツでの研究史を整理する。なお、共に陸軍兵器局（Heereswaffenamt）に所属していたフォン・ブラウンやドルンベルガー（Walter Robert Dornberger）を巡る出来事の時系列については、本論末の【補足①】を参照のこと。

まず、ミサイル／ロケットの開発過程は、第三帝国の諸権力機構との関りが認められる。厳密に言えば、ミサイル／ロケットの開発はナチ党台頭以前の、ヴァイマル共和国期から行われていたが、その本格化は1933年の第三帝国の成立以降である。例えば、ドルンベルガーの回顧録によれば、ミサイル／ロケットの開発資金を巡って、1930年代前半には実践的な打ち上げと言ったパフォーマンスが行われていたこと、更に1930年代中頃になると、当時ヒトラー（Adolf Hitler）と相互依存的な関係にあった

³ 本段落の記述は出口康夫、大庭弘継編『軍事研究を哲学する』「序論 デュアルユースと ELSI に取り組む総合知に向けて」（出口、1-16 頁）に多くを拠っている。

⁴ 出口、大庭編上掲書、出口 4 頁より引用。

⁵ 出口、大庭編上掲書、出口 5 頁を参照。この表現は、「ミックスドユース（：二つ以上のカテゴリーに属する使途が存在する状態で、それらを明確に区別することが難しいこと）」を想定している。

陸軍の上層部から資金調達を行ったことが分かる⁶。これらの活動に並行して、この時期にはペーネミュンデ陸軍研究所（Peenemünde）の設立計画が考案された。これは陸軍に、軍以外の資金援助を断つことによって、第三帝国における陸軍の自律性・有用性を強調する目論見があったと言えるだろう。

しかし、陸軍が独自にミサイル／ロケットの研究開発を行おうとしたのと同時期には、ナチ党幹部による視察が行われるようになった。具体的には、1937年12月にはA3（Aggregat 3）ロケットの初の試験打ち上げが行われるなど、ミサイル／ロケット開発は進展していたが、1939年にヒトラーが開発現場の視察に訪れた際、彼は無関心な様子であった⁷。1943年にいたってはヒトラーが「A4ロケットがイギリス本国に到達できない夢を見」たために、資金獲得が更に難航したという⁸。

このような時期に、電撃戦の予定に反して二次大戦が長期化するにつれて、第三帝国中枢部でもドイツ民衆の側でも、「奇蹟の兵器（Wunderwaffe）」という言葉が使われるようになったが、その筆頭はミサイルだった⁹。このような技術の用い方に反対した（と回顧している）ドルンベルガーはヒトラーに対し、「（ミサイル／ロケットの）開発を始めたとき、私たちは全滅的兵器を考えてはい」なかったと直接伝えるも、「君は、もちろん君はそうする積りではなかった。だが私はその積りだ！」と返答されたのだという¹⁰。更には、1944年1月になって、第三帝国の親衛隊全国指導者だったヒムラー（Heinrich Himmler）が開発現場にやってきてフォン・ブラウンが逮捕されるという事件が発生する。ヒムラーは、「かれらが宇宙旅行について秘かに考えていて、その結果、兵器としてのA4の完成に彼らの全精力を注がなかったという事実は明らかにサボタージュである」と主張した（その後、ドルンベルガーの強力な説得により、フォン・ブラウンは釈放される）¹¹。これらの証言から明らかになるのは、フォン・ブラウンやドルンベルガーが主張していたような宇宙ロケット開発は、純粋な知的好奇心のみで進められていたわけでは一切なく、むしろナチ党幹部や戦争の状況に大きく左右されながら行われていたこと

⁶ ドルンベルガー『宇宙空間をめざして』（岩波書店、1967年）、46-51頁を参照。

⁷ ドルンベルガー前掲書、78-86頁を参照。

⁸ ドルンベルガー前掲書、103-108頁を参照。

⁹ 例えば第三帝国国民啓蒙・宣伝大臣だったゲッベルス（Joseph Goebbels）は、広く知られた1943年2月18日の「総力戦演説」の中で「奇蹟の兵器」に言及し、戦況の回復が見込まれることを主張することによって民衆を扇動した。この文脈で見れば、ミサイルは敵国に物理的損害を与えるに留まらず、（結果的には）国内外へのプロパガンダ的な役割も果たしていたと言える。ベント『ナチス第三帝国を知るための101の質問』（現代書館、2007年）、160-161頁を参照。

¹⁰ ドルンベルガー前掲書、123-127頁より引用。

¹¹ ドルンベルガー前掲書、245-254頁を参照。

である。動機がどのようなものであれ、彼らの研究によって、イギリスやパリにミサイルが撃ち込まれることになり、相当数の死者が出たことは事実である。これまでに述べてきたことは、第3節以降、アメリカで継続されたミサイル／ロケット研究と比較される。

第3節へ進む前に、回顧録からは明らかにならない労働者の動員（負の側面）についても触れておきたい。なぜなら、戦後にアメリカでフォン・ブラウンらが活動を行う上で、ミサイル／ロケット開発において悪条件で大量の労働者を利用していたという事実が、足枷となってくるからである。言うまでもなく、ミサイル／ロケットの生産には、フォン・ブラウンやドルンベルガー以外の人々も携わっている。ドルンベルガーによれば、「当初のミサイル／ロケット開発の拠点であるペーネミュンデには、選抜された科学者、技術者が集合していた¹²。しかし、連合軍によってペーネミュンデが爆撃されたり、生産拠点を内陸部のノルトハウゼン（Nordhausen）へ移転させる必要が生じたりする中で、外国人捕虜を雇用することになった。1940年の段階でポーランド、イタリア、フランス人の労働者を利用しており、独ソ戦が始まると強制収容所のロシア人捕虜の使用が始まった¹³。1943年に独ソ戦に敗北すると、ヒトラーがロケット開発の優先度を上げ（同年6月）、ペーネミュンデがドイツ軍需計画の再優位に位置づけられることになった（同年7月）。その過程では労働環境が悪化し、ミサイルの暴発などにより1万人以上の死者が出たとの指摘もあるが、悲惨な労働環境に関して、例えばフランス人のレジスタンス指導者、ジャン・ミシュレは以下のように証言している¹⁴。

鬼たちめ！作業の騒音は脳天を貫き神経を切り裂いた。狂ったようなリズムが15時間も続いた。

（中略）生きる限界と渇きに苦しむ1千名以上の絶望した男たちは伏して眠りたかったのだが、監視兵の叫び声、機械の騒音、爆発音、汽車の警笛の音で十分眠ることもできなかった。

以上の証言は、フランス人の反独感情を刺激するものであった可能性が見込まれるため、その内容を鵜呑みにすることは出来ない。しかし、ノルトハウゼン付近のドーラ＝ミッテルbau強制収容所

（Konzentrationslager Mittelbau-Dora）では、実際に地下で囚人たちが作業を行っていた史料が残されている。そのため、上記の発言を強制労働の文脈に置くことは、無謀な試みではないように思われる。

¹² ドルンベルガー前掲書、52-55頁を参照。

¹³ コーンウェル『ヒトラーの科学者たち』（作品社、2015年）395-397頁を参照。

¹⁴ コーンウェル前掲書、400頁を参照。

3.第二次世界大戦後のロケット技術者の渡米

第3節では、ドイツが二次大戦に敗れてから、技術者たちが渡米した事情の概要を整理する。まず、二次大戦末期の1945年の前半には、ドイツのミサイル／ロケット開発の一大拠点だったペーネミュンデが連合軍によって占領される。この過程で、連合国諸国は、戦時中にドイツで開発されていた様々な技術を自国へ持ち帰り、国力の増加へ繋げようとする。その過程で1945年5月には、フォン・ブラウンやドルンベルガーらはアメリカ軍へ投降することとなるのである。

連合国の政治家や官僚たちは、戦後のドイツ人の技術者たちの扱いについて、どのように考えていたのだろうか。フォン・ブラウンらの渡米から凡そ1年間遡った1944年、S・R・ウィークス¹⁵は以下のように証言している。彼によれば「ドイツの軍需装備は我々のものと同様によい、またはそれ以上のものだ。」「(ドイツの研究が)我々の戦争後に即座に求められる目的の最も重大なものの一つ」であるという¹⁶。また、1945年には、H・A・ウォレス¹⁷がトルーマンに以下のような報告を行っている。「我々の科学と産業の前進のために傑出したドイツ人科学者をこの国へ移転させることは、賢明かつ理にかなっていると思える。(中略)彼らの貢献が我々自身に付加されるなら、それは国益にかなう先端科学知識の新領域を前進させることになるだろう。」これらの証言からは、連合国の内部ではドイツの技術を自国のために用いる考えが、戦時中に生まれていたことが分かる。コーンウェルは、戦後のアメリカ人らは、奴隷労働¹⁸を使ったり、その他の犯罪に加担したりしたドイツ人科学者の罪を脇に置き、彼らの技術を米国に移転させることを優先し、ドイツ人科学者たちと秘密裏に共同計画をすることに良心の呵責をほとんど示さなかった、と厳しく指摘している¹⁹。

¹⁵ 二次大戦中はイギリスの陸軍装備部を経て、参謀本部スタッフ（コーンウェル前掲書、484頁）。

¹⁶ コーンウェル前掲書、486-487頁を参照。

¹⁷ 第三十三代合衆国副大統領、農務・商務長官を歴任した民主党政政治家（コーンウェル前掲書、485頁）。

¹⁸ 「奴隷労働」という言葉は、その労働の在り方の印象を大きく左右する言葉である。そのため、例えば実際に奴隷として労働する契約を交わしたのか、「奴隷」のような条件で働くのか、といった要素を捨象してしまうと言う問題を孕んでいる。本論では、その点に留意しつつ、先行研究で「奴隷労働」という言葉が用いられている場合には、そのまま参照・引用することとする。

¹⁹ コーンウェル前掲書、485頁を参照。ただし、イギリス人のコーンウェルが、アメリカと比べると、イギリスについては積極的な批判を展開していないことには留意しておく必要がある。

こうして、連合国の意図を反映して、二次大戦後には、ドイツでのミサイル／ロケット研究の蓄積（人員、資源等）が各国に引き継がれることになった。更にアメリカへ移る科学者の選別に関しては、アメリカからの要請を受けて、フォン・ブラウン自身が行った。これらの要素から分かるように、戦間期から戦中にかけてドイツで行われていたミサイル／ロケット開発と、戦後にアメリカで行われたミサイル／ロケット開発との間には明確な連続性がある。

では、上記のような技術者の移動はどのようにして為されたのだろうか。もともと、ナチ犯罪者を自国には入れない、という法律がアメリカには存在したにも関わらず。上記の法律を潜り抜けるために、①旧敵国科学者とエンジニアを米国で長期活用する、②ナチ戦争犯罪者を善意の移住者として米国への入国を断固認めるべきではないという大統領令を緩和する、という2点を実現するための強力な法的根拠を提供する動きが、アメリカ内部で生じることになった²⁰。このような背景を持って、ドイツ人の科学者をアメリカへ移住させるために、通称「ペーパークリップ作戦（Operation Paperclip）」が行われたのである。ヤコブセンはこれを、「ドイツ人の科学者を秘密軍事契約の下でアメリカへ移住させる」（強調引用者）計画であると定義しており（先に引いたウィークスやウォレスの証言とも重なる通り）、その作戦の軍事的合目的性を指摘している²¹。ヤコブセンの分析対象である、21人の名の知れた科学者たちは、「8名がいずれかの時点でヒトラー、ヒムラー、ゲーリング（Hermann Göring）の側で働き」、「15名が熱心なナチ黨員」で、「10名がSA（Sturmabteilung;突撃隊）やSS（Schutzstaffel;親衛隊）の構成員」であった。このことは、ペーパークリップ作戦の主たる対象者が、好奇心に基づいて研究を行っていたのだとしても²²、戦後批判されるように、ナチ党や政権と関りを持っていた科学者たちの類型に当てはまることを示している²³。

²⁰ コーンウェル前掲書、487頁を参照。

²¹ Jacobsen “Operation Paperclip”（2014）6頁を参照。

²² 例えば池内了は、戦時中に自らの研究を継続した科学者の三類型として、①悪法も法である（どんな悪法下であっても、それが議会を経たのであれば従うことが正しい、という立場）、②愛国心からの研究である（自らの研究によって科学が進歩すれば、戦争に勝利することが出来る。自国が戦争に勝利すれば、戦時中の行いは正当化されうる、という立場）、③自分の好奇心から科学研究に従事する（科学の進歩のみを追求していて、自身は非政治的態度であった、という立場）、を挙げている。本論との関りで言えば、③の立場が重要である。池内了『科学者は、なぜ軍事研究に手を染めてはいけないか』（みすず書房、2019年）20-34頁、池内了『科学者と戦争』（岩波書店、2016年）第1章を参照。

²³ Jacobsen 上掲書、7頁を参照。なお、この分析対象には、ドルンベルガーとフォン・ブラウンが含まれている。

ドイツ人技術者たちの渡米が可能になったことの根拠の理論的枠組みを分析する上では、戦時中にドイツで「奴隷労働」が行われたことの責任を完全に親衛隊（SS）に帰せ、アメリカの雇い主が技術者たちの無罪弁明に同意したことも重要である²⁴。これは、第三帝国のメカニズムを巡って戦後に盛んに議論された、人々の「戦争責任」の問題とも関連することになる。戦後、ドイツに残った科学者たちは、学術界内外からの強い批判にあった（例えば、アウシュヴィッツ強制収容所で人体実験に寄与した医学者たちは、ニュルンベルク医者裁判（Ärzteprozess）にかけられた）。しかし、フォン・ブラウンたちは戦後まもなくアメリカへ移ったことで、裁判にかけられることはなく、司法上の激しい追及を免れることになったのではないだろうか²⁵。

4.アメリカでの活動

第3節で述べたように、二次大戦の末期から二次大戦直後にかけて、アメリカ側の要求を受けてドイツ人の技術者たちは渡米することになった。以下では、渡米から凡そ10年間の過程を時系列的に整理する（本論末尾の【補足②】も参照のこと）。フォン・ブラウンたちはまず、フォート・ブリス（Fort Bliss）（米陸軍の軍事、軍事教練センター）で誘導ミサイル研究に従事した。この地には、ホワイトサンズ・ミサイル実験場（White Sands Missile Range）が1945年7月に設立されていた。ドイツ人技術者たちはここで、戦時中ドイツで行っていた研究を継続した。その内容としては、米国軍が差し押さえたV-2ロケットの部品を組み立て直し、試験打ち上げを行った他、産軍問わずミサイル開発のコンサルタントとしての役割も担っていたという²⁶。

次に、技術者たちはレッドストーン兵器廠（Redstone Arsenal）で、機関の名前の通り、「レッドストーン」という弾道ミサイルの開発を行った。この期間を経て技術者たちは、1955年までに大半がアメリカの市民権を得ることになった。レッドストーン兵器廠で研究に従事していた時期に構想されていた

²⁴ コーンウェル前掲書、486-487頁を参照。

²⁵ 当初、トルーマン大統領（Harry S. Truman）は旧敵国の科学者等をアメリカに入国させて活躍させることには断固として反対していた。また、アメリカでは戦争犯罪人捜査官が、ドイツでのミサイル／ロケット開発の際の証拠を追求した。しかし、先述のペーパークリップ作戦によって技術者たちを受け入れる法的根拠が提供されたこと、雇い主が技術者たちを積極的に保護したこと、によって彼らはアメリカへ渡り、研究を継続することが可能になった（コーンウェル前掲書、483-488頁）。

²⁶ 佐藤靖『増補新装版 NASAを築いた人と技術 巨大システムの技術文化』（東京大学出版会、2019年）、16-18頁を参照。

のが、「オービター計画 (Project Orbiter)」であった。これは、陸軍が開発していたレッドストーンという弾道ミサイルを使用して人工衛星を打ち上げるという計画である²⁷。軍事的に利用される兵器としての弾道ミサイルと人工衛星の打ち上げに使われるロケットの技術的関連性は明らかであり、この時期に行われていたのが、軍事研究なのか、民生研究なのかという区別を行うことは困難だろう（第1節、第5節の議論を参照）。

その後レッドストーン兵器廠の内部で、1956年には陸軍弾道ミサイル局 (ABMA) が設立され、フォン・ブラウンらはこの組織に異動する。ここでは中距離弾道ミサイル (IRBM) 「ジュピター」の開発を行った他、さらに大型のサターン型の原型となるロケットを構想し始めるのである。この背景には、ソ連による奇襲攻撃の脅威とアメリカの安全保障の問題について検討したキリアン委員会が存在していた²⁸。また、同時期に定められた NSC5522 では「弾道ミサイルの能力をアメリカが第一に獲得する可能性を高めるため、中距離射程の弾道ミサイル計画に着手することが重要である」との指摘が行われている²⁹。ソ連の科学技術力を想定したキリアン委員会と NSC5522 の存在は、明らかに軍事技術としてのミサイルの製造を求めるものであった。

佐藤 (2017) は、ABMA 期の組織の特徴として、①自己完結的な技術開発体制、②フォン・ブラウンへの信頼感や忠誠心が醸成されやすい組織性、の2点を挙げている³⁰。①の開発体制も、②の組織性も、いずれもがドイツでのミサイル／ロケット開発との連続性から説明されている。第2節で記述したように、ドイツの東端であるペーネミュンデには技術者や工学者が集中し、共同体意識が形成されてい

²⁷ 永井雄一郎『冷戦とアイゼンハワー政権の宇宙政策』（日本評論社、2023年）93頁を参照。

²⁸ 例えば、冷戦初期のアメリカの外交政策を形作ったと言われている、1950年に作成された『国家安全保障会議文書 68（：NSC68 (National Security Council Report 68)）を読むと、ソ連によるミサイル攻撃の可能性が強く示唆されている。その結果、アメリカは大軍拡を行うのであるが、この時期にミサイルの開発が重要性を持っていたことは間違いない。ソ連の方が軍事的価値の高いミサイルを保持している状況は、アメリカにとって全く好ましいものではなかった。この論理は、スプートニク・ショックを経て、ミサイル・ギャップ論争へと繋がっていく。エルンスト・メイ編『アメリカの冷戦期の戦略：NSC68の解釈』（Bedford Books、1993年）を参照。

²⁹ 永井前掲書、105頁を参照。

³⁰ 佐藤前掲書、16-27頁を参照。

たのである。この意識は戦後にも引き継がれ、集団での渡米や市民権を得るまでの凡そ 10 年間に渡って拘束された生活の中では、「チーム」としての意識が醸成された³¹。

そのような時期を経て、アメリカ航空宇宙局（NASA; National Aeronautics and Space Administration）で有人衛星船打ち上げロケットの研究へ邁進することになる。この組織は、フォン・ブラウン率いる組織が陸軍から移管されて成立したもので、アポロ計画に用いられた巨大なサターン型のロケットを開発することになる。1958 年 10 月 1 日に、米国航空宇宙法に基づき設置された NASA は、航空技術の研究、軍事部門を除く宇宙開発の全分野を担う組織だった。1960 年に宇宙開発関連プログラムを含むいくつかの施設と人事が NASA へ移転することになったのである。

しかし、フォン・ブラウンらは、ドイツでのミサイル開発の「過去」から完全に解放されたわけではなかった。例えば、第 2 節で触れたドイツでのミサイル／ロケットの製造所での悪条件な労働環境について、批判されることがあった。彼らが渡米する際、（結果的に）司法上の強制労働の責任を SS の責任者であるヒムラーに押し付けたのだが³²、その姿勢は批判的になることとなった。紆余曲折を経つつも結果として、フォン・ブラウンらは研究を継続し、NASA でのロケット発射を成功させることになる。

5. 予見可能性と予防原則

第 2 節から第 4 節にかけては、ドイツでのミサイル／ロケット開発からアメリカでのミサイル／ロケット開発に至る約 30 年間の歴史を記述してきた。繰り返しになるが、ミサイル開発とロケット開発を区別する基準はどのようなものなのか（そして、そのような基準はそもそも存在するのか）という問いについては、現状明瞭な回答を持ち合わせていない。第 1 節で触れたように、デュアルユースやミック

³¹ これに関してリンディーは、「隠れたカリキュラム」という用語を用いて、冷戦時代のアメリカで活躍していた様々な「チーム」について記述している（第 9 章の表題にもなっている）。この用語自体は教育社会学などの分野で、明文化はされていないものの不文律的に・実質的に作用する規範、というような意味で用いられる。リンディーは広い意味でこの用語を使用し、そのカリキュラムの存在に自覚的でありながらも、徹底したプロフェッショナルとして、チームの一員として、科学研究に従事する研究者たちの姿勢を描写している。リンディー（ニュートンプレス、2022）443-490 頁。

³² 強制労働の主体は、強制労働収容所に収監されていた囚人であった。彼らをミサイル／ロケット開発に利用したことは疑いようがないが、その責任は全ドイツ警察長官であり、強制収容所を管理・統括していたヒムラーに押し付けられることになった。彼は 1945 年 5 月、イギリス軍の管理下で服毒自殺を行ったため、責任を押し付けられたことに関してヒムラーの立場から反論されることは無い。

スドユースという概念も提唱されており、科学研究の在り方に関する記述は多様性を帯びている。これらの概念を参考にしつつ本節では、軍事技術としてのミサイル開発と宇宙探査に用いられるロケット開発の区別の問題を取り扱うのではなく、「ロケットとミサイルの開発が区別されないのであれば、それらの開発にどのような規範を設けることが望ましいのか」という問いについて考察する。

第2節から第4節にかけて記述してきたように、ミサイル／ロケットの開発過程では様々な問題が生じていた。ドイツでの問題は、資金源としての官僚制機構とのしがらみが存在したこと、囚人の強制労働によって労働力不足が賄われたこと、海外の諸都市への爆撃に用いられたこと、が挙げられる。アメリカでの問題は、ドイツ人技術者たちの戦時中の過去を曖昧にしたことである。連合国高官たちの証言にも現れているように、ドイツの技術は戦後各国にとって重要性を帯びたことは間違いない。自らの国にその技術を引き受けなければ、他の国が軍事力・科学力を持つことになってしまうからである。その点において、アメリカの対応はスムーズだったと言える。実際に、共産主義国であるソ連だけでなく、イギリスよりも早くにフォン・ブラウンら主要な技術者を渡米させることに成功した。

また、このように国を主体として見るだけでは、技術者自身の責任が見過ごされてしまうだろう。技術者たちは、自身らが生産していた技術によって死傷者が出ている事実を間違いなく知っていたし、それを知ってもなおミサイルの生産を留まることは無かった。第4章で参照したように、渡米したドイツ人技術者たちは凡そ10年間に渡りミサイルの生産に従事していた。アメリカの管理下に置かれ、身の保証が危ぶまれていたにせよ、自らが生産しているそれがアメリカの軍事技術へ繋がることは自明だっただろう。このような点について、「予見可能性」の観点から「ミサイル／ロケット開発を制限することは望ましいのだろうか」という問いについて、以下では考察していきたい。つまり、その研究がどのような結果をもたらすのかが、事前にどの程度分かっているのか、という観点となる。

5.1 予見可能性

これに関しては、神崎（2020）³³の議論を参照することが有用である。神崎は、「デュアルユース・ジレンマ」³⁴に関する文脈の中で、科学者が従事する研究の成果を巡っては多様な要素（成果の利用が予測可能／不可能なユーザー、研究結果の確実性など）があることを踏まえ、研究者の研究をどれだけ制

³³ 出口、大庭編上掲書「第9章 デュアルユースは倫理的ジレンマの問題か—研究の自由と制限」（神崎、231頁-251頁）。

³⁴ 二つのカテゴリーに属する研究がある際に、正の影響力と負の影響力が二律背反である状況のことをいう。デュアルユース的な条件であり、それぞれの影響力を完全に切り離すことは不可能である。

限できるのか、が課題であると論じている³⁵。以下では、一般論から外れて、個別具体的な事例である、ドイツとアメリカでのミサイル／ロケット開発について考察する。

例えば、戦時中にドイツでミサイル／ロケットの開発を行うことが、完全に純粋な好奇心に基づくものであるとしても、その研究成果が軍事目的に利用されることは十分に考えられたはずである。ミサイルとして用いられることが確定していた（実際にリアルタイムにミサイルが発射されていた）のにも関わらず、ロケットと称することによって、更には自らの知的好奇心を隠れ蓑にすることによって、ミサイルの生産を継続していたといえる。これは、戦後に見られる、極限状況のもとでは自らはどうしようもなかった、という語りとは質を異にしている。フォン・ブラウンらの中では、大いに予見可能性が存在していたのにも関わらず、研究に従事し続けたと言えるからである。そのため、ドイツでのミサイル／ロケット開発について言えば、予見可能性によって研究を思い留まらせることは不可能だったと結論付けられる。

それでは、アメリカの例はどうだろうか。この時代は冷戦期ではあったが、第三帝国期のように熱い戦争が起きていたわけではない。ただし、第4節で参照したように、アメリカがソ連のミサイル技術を非常に警戒していたことは事実である。二次大戦期には十分には実践化されていた核兵器の発達に伴い、アメリカの正確な地点をめぐって核ミサイルが撃ち込まれうる、という可能性が真剣に考慮されていた³⁶。このことを踏まえると冷戦初期は、実際に危機は生じていないものの、危機が生じる可能性が高まっていた点において、科学者たちにとってはかつての戦争状態と同様の状況だったと言えるかもしれない。このような論理を踏まえれば、軍事目的に研究が利用されることが十分に予想される場合には、予見可能性があるか否かによって研究を制限することは現実的ではない。これは現代でも同様の状況であるように思われる。そのため、以下では予防原則について参照することとする。

5.2 予防原則

最後に、「軍事転用の予見可能性がありつつも、研究を行うこと」について「予防原則」の観点から考えたい。この想定は、現代の状況、つまり、ミサイル開発とロケット開発が表裏一体である状況、での研究者の在り方を問うものである。畠山（2019）は、サンディン、アップルゲート、マンソン、ガーディナーらの学説を踏まえつつ、予防原則を構成する要素として、①損害の要件（予防原則を適用することの必要性を証明する事実）、②不確実性の要件（ある研究が科学的に不確実性を孕むこと）、③予防

³⁵ 出口、大庭上掲書、神崎 234 頁を参照。

³⁶ メイ編上掲書、「第2章 NSC68 第5節 ソヴィエトの意図と能力」を参照。

的措置の要件（起こりうる脅威に対して取る行動）、④強制の程度の要件（定められた規制にどの程度の強制力を与えるか）、の4点を示している³⁷。以下では、上記4つの観点から、ミサイル／ロケット開発について考えてみる。

①の観点については、本論でも繰り返し述べているように（第2節を参照）、研究によってリスクが生じることは明らかである。ただし、研究によってリスクが生じる（ミサイルとして利用可能な技術が誕生する）ことは明らかであるが、この技術の運用にまで研究者が責任を負うのかどうか、という議論は結論が分かれるだろう。もし研究者が、自らが生み出した技術がもたらす結果についても責任を負わねばならないなら、その研究とリスクは不可分であり、そのような研究は行うべきではない、という論理が成立することもあるだろう。その一方で、ロケット技術を軍事目的に「転用」し、弾道ミサイルとして用いる決定を下すのが権力者である側面を強調すれば、研究とリスクの間の関係性にはやや距離が生まれるのではないだろうか。

②の観点については、ミサイル／ロケット技術の研究においては、不確実性が生じていると言えるだろうか。例えば2023年3月7日には、「H3」ロケットの打ち上げ後、「2段目のロケットが点火」しない事態が発生した³⁸。ただしこの事例では、予定とは異なり2段目のロケットが点火しなかったものの、「指令破壊の信号が送られ」ることによって、ロケット自体が爆破され、重大事案は免れた³⁹。この箇所を見れば、安全性が確保されなくなった時点で、開発者らに危険を及ぼす可能性を消去する（＝爆破）することが出来ている。このような状況まで想定しているとすれば、上記の打ち上げで起きたのは、「想定内の失敗」とも言えるだろう。

③の観点については、あらゆる対応が考えられる。ミサイル／ロケットに関する研究を全て禁止するという現実では考えられないほどに強い規範から、特定のルール（安全確認や規模など）を満たさない研究は禁止するという現実的なものまで存在する。この基準は各国で異なるだろうし、条約や国際法上

³⁷ 畠山武道『環境リスクと予防原則 II 予防原則論争〔アメリカ環境法入門2〕』（信山社、2019年）、125-135頁を参照。畠山が指摘しているように、「予防原則について、今のところ多くの人が賛同しうるような定義や内容や説明は存在しない」。これは、予防原則が対象とする科学の範囲が広く、ひとつの正当な基準を制定しにくいことが背景となっている。畠山上掲書、125頁を参照。

³⁸ NHK「H3 ロケット打ち上げ失敗 2段目が点火せず JAXA は原因究明へ」2023年3月7日。

³⁹ NHK 上掲記事を参照。

での規制・責任も存在する⁴⁰。この点については、ミサイル／ロケット開発の枠内でも、状況に応じて考慮していく必要があるように思われる。

④の観点についても、③と同様に問題に応じた対応が求められるだろう。ミサイル／ロケットの一国内に収まる範囲内での事象を考えるのか、二か国間での事象を考えるのか（A国が打ち上げたロケットが誤ってB国に着弾するような場合）、三か国以上に関係する事象を考えるのか（A国が打ち上げたロケットが誤ってB国に着弾し、C国人やD国人が亡くなったような場合）に応じて、その規範を強制する主体が変わりうる。

以上、予防原則について、簡単にではあるが考察を試みた。本論で取り上げた以外にも、「弱い予防原則」と「強い予防原則」があり、その在り方も多種多様である。これらについては今後の課題としたい。

6.おわりに

本論では、まずミサイル／ロケットの開発史を振り返り、次に現代に適用されうる規範について考察した。現状では、筆者自身は科学技術と研究者倫理について、明確な規範を打ち立てることが出来ない。だが、2年間のSEEP参加によって、歴史学の研究室にいる生活では経験されないような議論や講義に触れることが出来て、有意義な時間を過ごすことが出来た。

SEEP関係者の皆様に感謝を申し上げます。

7.参考文献

*インターネット上の資料は、全て2024年1月31日最終閲覧。

池内了『科学者と戦争』岩波書店、2016年。

池内了『科学者は、なぜ軍事研究に手を染めてはいけないか』みすず書房、2019年。

伊勢田哲治、神崎宣次、呉羽真編『宇宙倫理学』昭和堂、2018年。

NHK「H3 ロケット打ち上げ失敗 2段目が点火せず JAXA は原因究明へ」2023年3月7日。

[H3 ロケット打ち上げ失敗 2段目が点火せず JAXA は原因究明へ | NHK | 宇宙](#)

外務省『同盟及連合国ト独逸国トノ平和条約並議定書 附 波蘭国ニ関スル条約』外務省、1919年。

コーンウェル、ジョン（松宮克昌訳）『ヒトラーの科学者たち』作品社、2015年。

⁴⁰ 例えば、総合学術技術会議の宇宙開発利用専門調査会（2004年6月16日）「ロケットを打ち上げる際の国際法上の政府の責任及び対応措置について（文部科学省）」を参照。

佐藤靖『増補新装版 NASA を築いた人と技術 巨大システム開発の技術文化』東京大学出版会、2019 年。

杉山滋郎『「軍事研究」の戦後史—科学者はどう向き合ってきたか』ミネルヴァ書房、2017 年。

総合学術技術会議宇宙開発利用専門委員会「ロケットを打ち上げる際の国際法上の政府の責任及び対応措置について（文部科学省）」2006 年 6 月 16 日。

出口康夫、大庭弘継編『軍事研究を哲学する 科学技術とデュアルユース』昭和堂、2022 年。

ドルンベルガー、ヴァルター（松井卷之助訳）『宇宙空間をめざして』岩波書店、1967 年。

永井雄一郎『冷戦とアイゼンハワー政権の宇宙政策』日本評論社、2023 年。

畠山武道『環境リスクと予防原則 II 予防原則論争〔アメリカ環境法入門 2〕』信山社、2019 年。

原田三夫、新羅一郎編『宇宙ロケット』共立出版株式会社、1964 年。

ベッツ、ヴォルフガング（斉藤寿雄訳）『ナチス第三帝国を知るための 101 の質問』現代書館、2007 年。

防衛省『平成 21 年版 防衛白書』「第 I 部コラム わが国を取り巻く安全保障環境」防衛省、2009 年。

的川泰宣『月をめざした二人の科学者』中央公論新社、2000 年。

リンディー、M・スーザン（河村豊監訳、小川浩一訳）『軍事の科学』ニュートンプレス、2022 年。

Jacobsen, Annie “*Operation Paperclip: The Secret Intelligence Program that Brought Nazi Scientists to America.*” Little, Brown. 2014.

May, Ernest. ed., “*American Cold War Strategy: Interpreting NSC 68.*” Bedford Books, 1993.

【補足①】 ドイツにおけるミサイル／ロケット開発の略年表⁴¹

1929 年末：陸軍兵器局弾道・弾薬部が陸軍省よりロケット推進の研究・開発について指令を受ける。

1930 年初：ドルンベルガー、陸軍兵器弾道・弾薬部の検査官に任命され、個々の研究団体と契約。

1930 年末～1931 年初：ドルンベルガーとフォン・ブラウンの出会い。

1932 年 10 月 1 日：フォン・ブラウン、ドルンベルガーの推薦によって陸軍液体ロケット研究所へ。

1932 年 12 月 21 日：最初のロケットエンジンの静的試験がクメルスドルフで行われ、爆発失敗。

1933 年：ロケットエンジンの成功と集合体（ロケット）の開発。

1935 年：A3 の開発スタート。

1936 年 8 月：ペーネミュンデ研究所建設開始。

1937 年 12 月 4 日：最初の A3 試験打ち上げがオイエ島で行われた。

1940 年 3 月 21 日：ペーネミュンデで、25 トン・ロケットエンジンの最初の試験が行われる。

1940 年 7 月 26 日：最初の大規模ロケットの草案が作られる。

1941 年 8 月 20 日：ヒトラー、V2 の実戦準備を命令。

1942 年夏：海中の潜水艦よりロケットの水中発射成功。

1942 年 10 月 3 日：A4 打ち上げ成功。

1943 年：ドルンベルガー、フォン・ブラウンは国務大臣シュペーアとの会見。

1943 年 7 月 7 日：ヒトラー、A4 計画をドイツ兵器計画の最優先に指定する。

1943 年 8 月 17・18 日：連合軍空軍による、ペーネミュンデへの最初の空襲。

1943 年 8 月末：A4 の大量生産開始。

1944 年 2 月 5 日：「奇蹟の兵器」の打ち上げ成功。

1944 年 2 月：フォン・ブラウン、SS 長官ヒムラーとの対面後、逮捕。ドルンベルガーの説得で解放。

1944 年 9 月 5・6 日：A4、初めて戦線から打ち上げ。

1945 年 2 月 14 日：A4、ペーネミュンデからの最後の発射。

1945 年 2 月 17 日：ペーネミュンデから撤退。

1945 年 3 月：ソ連軍、ペーネミュンデ占領。

1945 年 5 月 2 日：ドルンベルガー、フォン・ブラウンら、米軍に投降。

⁴¹ ドルンベルガー上掲書、末尾の年表を参照。適宜著者が編集。

【補足②】 アメリカにおけるミサイル／ロケット開発の略年表⁴²

～1950 年：フォート・ブリスにて、V2 ロケットの試験実験。

1950 年～1956 年：レッドストーン兵器廠にて、弾道ミサイル「レッドストーン」の製造。

～1955 年：ドイツ人技術者たちの大半がアメリカ市民権を得る。

1956 年～1960 年：ABMA にて、IRBM「ジュピター」の製造。

1957 年 10 月 4 日：ソ連、人工衛星「スプートニク 1 号」を打ち上げ（＝スプートニク・ショック）。

1958 年 1 月 31 日：ABMA、人工衛星「エクスプローラー 1 号」を打ち上げ。

1958 年 10 月 1 日：米国航空宇宙法に基づき、NASA が設置される。

1960 年 7 月 1 日：フォン・ブラウンチーム、ABMA から NASA へ移管される。

（＝マーシャル宇宙飛行センターの設立）

1961 年 5 月 25 日：ケネディ大統領、アポロ計画により有人月面着陸を目指すことを公約。

1962 年 7 月 1 日：マーシャル宇宙飛行センターから、後にケネディ宇宙センターとなる

打ち上げ運用センターが独立。

1966 年 2 月 26 日：NASA、アポロ宇宙船初号機（無人）打ち上げ。

1966 年 4 月 3 日：ソ連、ルナ 10 号が月軌道周回を達成。

1968 年 10 月 11 日：初の有人宇宙ミッション（アポロ 7 号）に成功。

1969 年 7 月 20 日：アポロ 11 号、世界初の有人月面着陸に成功。

⁴² 佐藤前掲書と永井前掲書をもとに、フォン・ブラウンら技術者に焦点を当てつつ、筆者が情報の取捨選択を行った。

宇宙倫理学教育プログラム（学部コース）修了レポート

宇宙進出のための人間拡張における倫理問題

— 火星移住の準備段階を中心に

Wang Hanlin

京都大学工学部 2023卒

はじめに

人類の宇宙進出に伴い、宇宙飛行士の身体を宇宙環境に適応させるために人間拡張技術の利用に関する議論が盛んでいる。このエッセイでは、人間拡張の発展とその理念を紹介した上で、火星移住の準備段階を具体的なシナリオとして設定し、この近未来の文脈における人間拡張の可能性に伴う倫理問題について深く掘り下げた。人間の自律性と選択の自由、個人の主体性とアイデンティティの変化、および人類文化の多様性と継続性に焦点を当て、倫理的なガイドラインを提案する。

背景

宇宙ミッションと移住の課題

宇宙は人類文明にとって特別な地位を占めている。人間の宇宙への憧れは、その神秘についての好奇心から、実際に宇宙へ行く方法やそこでの生存可能性に関する探究へと進化してきた。技術の進歩とともに、人類は様々な宇宙ミッションを行い、宇宙に行くことは、もはや単なる可能性ではなく、現実的な選択肢として私たちの前に置かれている。しかし、宇宙の環境は人間にとって自然に適応しにくいものであり、地球から離れた環境にいる時点で、人間は常に生理的および心理的に厳しい課題に直面することになる。人類が宇宙進出を目指すにあたって、三つの主要な課題がある。低重力環境、放射線への暴露、そして孤立と閉鎖環境による影響である。

宇宙の無重力または低重力環境は、長期間にわたる筋肉と骨の減少を引き起こす。これは心循環系にも影響を及ぼし、全体的な健康と機能に重大な影響を与える可能性がある。また、そのような環境では、行動が困難になり、タスクの実行にも障害をもたらすことが多いと考えられる。

さらに、大気圏や磁場による防護がない宇宙環境では、放射線が宇宙飛行士にとって大きな健康リスクをもたらす。太陽放射線、銀河宇宙放射線（GCR）、およびこれらが宇宙船の材料や人体と衝突することで生じる2次放射線が起こすDNA損傷、細胞機能の障害、神経系や眼の健康問題など、多岐にわたる健康問題のリスクがある。

宇宙ミッションは、宇宙飛行士に孤立的かつ閉鎖的な環境で長時間生活し、作業を行うことを要求するため、心理的な負担が非常に大きくなる。そうした負担によって生じ得るメンタルヘルス上の問題としては、うつ病、不安、対人関係の問題などがあり、それらはさらに免疫機能や心循環機能の低下にも繋がる可能性がある。

これらの課題は、宇宙探査が進展するにつれてますます重要になっている。宇宙飛行士の健康と安全を確保し、人類の宇宙進出を進めるためには、これらの問題に対処するための継続的な研究とイノベーションが不可欠である。

宇宙のための人間拡張

今迄の有人宇宙ミッションでは、宇宙飛行機、宇宙服、宇宙ステーションなどの環境構築によって、人間の宇宙飛行士は短時間から最長一年半（Wikipedia）の期間宇宙で正常に生きることができた。これらのアプローチは、受動的に宇宙環境から人間を守る試みである。

一方で、1960年にClynesとKlineによって提唱された「Cyborg」（Clynes & Kline 1960）の概念は、人体を改造し積極的に宇宙環境に適応する発想を提案している。彼らは、宇宙において、単に自分の生存ために、絶えずシステムを調整しなければならない場合、人間はシステムの奴隷となると指摘した。代わりに、地球外環境の要件に合わせて人間の身体機能を変更することは、宇宙空間で地球環境を提供するアプローチより論理的であると主張した。環境全体を持ち運ぶではなく、人間の無意識的な自己制御機能を拡張し、宇宙環境に適応できる人工生命システムを作ることは、ひとつの可能性として開いていた。このようなシステムを改造で身体に加えられた人間を、サイボーグ（Cyborg）として定義した。彼らは、宇宙環境の諸挑戦に対してサイボーグ化を通じた解決策を示唆し、人工内耳、人工メタボリックシステム、心血管システムの改造などを例として挙げた。現在の宇宙飛行士たちはこのような身体の改造を受ける例はまだないだが、特別な栄養と薬補給によって宇宙環境で身体を健康に保つアプローチも、彼らの理念に近いものとする。

この考え方は、テクノロジーと融合し人間の能力を拡張する概念に根ざしている。「技術が人間を拡張する」という発想は、光学顕微鏡の発明まで遡る。光学顕微鏡の発明者のフックの著書「Micrographie」（Hooke 1665）には、「顕微鏡は視覚の拡張である。他の感覚器官、たとえば「聴覚・嗅覚・味覚・触覚なども、将来の発明で「拡張されるだろう」という記述がある。技術の急速な進歩に伴い、医学や技術によって人間の能力を向上させることを目的とした、人間拡張（Human Augmentation）という学際的な分野が発展している。様々な領域な研究者たちがテクノロジーで人間の身体と能力を変えることについて、技術的・倫理的な思考をしながら、未来図を描いている。東京大学の暦本純一教授は、人間拡張を人間の能力をテクノロジーによって自由に増強・拡張させる技術として説明しており、この分野の技術は身体の拡張、存在の拡張、感覚の拡張、認識の拡張の4つの方向性があるとしている（暦本 2021）。また、拡張と目的から、能力の補完、能力の向上、能力の獲得、三つの種類に分けられる。

人間がただ単に技術を作る・利用するではなく、技術を人間の能力と自然に融合させ、「人機一体」の状態が、人間拡張の理念である。サイボーグ=Cyborgの名前はCybernetic Organismから構成されたように、人間拡張のイデオロギーはサイバネティクスには近いである。サイバネティクスとの関係性を注意しつつ、東京大学の稲見昌彦教授は「自在化」というテーマで人間拡張を研究している。サイバネティクスの創始者であるウィーナーはサイバネティクスを、「制御できない変量の過去から現在に至るまでの値に基づいて、調整できる変量の値を適当に定め、我々に最も都合の良い状況をもたらしたいという望みが持たれます。」と説明している（Wiener 1948）。そこで、稲見さんは「自分で操作できるものと、操作できないものの境目」を「ウィーナー界面」として定義した。ウィーナー界面を自分の意思で自由に変えられる能力、は「自在化」と考えている（稲見 2021）。彼らの研究は、人間と情報環境との関係性を柔軟に設計する「身体性編集」に関する基礎的知見の解明と設計指針を確立することを目指している（ERATO 2017）。これらの進展に伴い、身体性を編集することでもたらす倫理問題、例えば人間拡張で獲得した身体部分の喪失とともに人間の脳機能にも変化、まだ成長してる若年層の身体認識にもたらす影響などについて、慎重に考えないといけない。今後とも、人間拡張技術の習得のメリット・デメリットについて、倫理的な議論を続けていく必要があるだろう（Inami 2022）。

想定シナリオと対応する拡張技術

現時点の技術から考えてみると、人類が宇宙に移住することを実現するのはまだ遠い未来にある。しかし、その目標に一步で達成することはできなく、一步一步の進歩を重ねつつ、数ジェネレーション後の人間が達成できることである。この過程の中で、各ステップに対応する人間拡張と倫理問題がある。例えば、人間拡張が宇宙進出のため導入する時、移住を考え始めた時の拡張、完全に移住できた段階の人間拡張、それぞれの段階が異なる程度の拡張が必要と考えられ、しかし今は、その時どんなことが起こられるのかは想像できない。そして、すべての段階の倫理方針と問題を分立して考える必要がある。

現代の技術水準を鑑みると、人類が宇宙に移住するという壮大な目標は、まだずっと先の話である。この目標は一朝一夕に達成されるものではなく、数世代にわたる進歩と努力が必要と考えられる。例えば、宇宙進出のための人間拡張技術の導入、移住を検討し始めた時点での拡張技術、そして完全に移住した後の人間拡張技術は、それぞれ異なるレベルの拡張が必要とされている。この長期的なプロジェクトでは、各ステップごとに異なる人間の拡張技術と、それに伴う倫理的な課題が生じる。したがって、このような長期プロジェクトにおいては、各段階における倫理的な方針と問題を個別に、かつ綿密に検討する必要がある。

現時点での技術と知識を基にすると、未来の状況を正確に予測することは困難である。また、倫理的な議論を行う際には、様々な背景となる段階を具体的に想定することが重要である。そのため、このエッセイでは、人類の宇宙進出という広範なテーマに対して、可能なシナリオの中から特定の段階を選び出し、その段階を詳細に検討することを目指す。このアプローチにより、より具体的で論理的な議論が可能になると考えられる。

このエッセイでは、火星移住の準備段階という具体的なシナリオに焦点を当てる。特に、ロングタームミッション（長期宇宙船乗船や火星での長期滞在、さらには地球に戻らない可能性を含むミッション）における人間拡張技術の可能性と、それに伴う倫理的な課題を中心に考察する。ロングタームミッションでは、ショートタームミッションに比べて、人間の身体や心理に対する変更の必要性が高まる。しかし、完全な火星移住の段階では、遺伝子操作など技術的にもっと高度な介入が必要になり、現時点でその技術的な実現可能性や影響を完全に理解することは困難である。したがって、近未来における火星移住の準備段階において、技術的に実現可能な人間拡張の範囲を議論することが合理的です。また、この段階では、地球と火星移住の中間に位置づけられる特有の倫理問題も生じる可能性があり、これらの問題についても検討する必要があると考える。

この段階に対して、宇宙で長時間生きていく挑戦に応じて以下の拡張が考えられる。これまで技術的側面や目的に基づいて分類されることが多かった人間拡張だが、今回は倫理的な議論を深めるため、身体に及ぼす変化や加えられる影響（身体がされること）のタイプによって分類してみた。このアプローチにより、人間拡張技術に関連する倫理的な問題をより明確に理解し、評価することが可能と考える。

Modification	Content	Purpose	Technology	Example
Structural/External	Exoskeleton	Mobility assistance for low/zero gravity	Biomechanics Mechanics Material science	NASA X1 (NASA 2013)
	Implants/prosthetics	designed for functioning in Martian conditions	Biomechanics 3D bioprinting, tissue engineering	vestibular implants
	Visual systems integrated with AR	enhance navigation and spatial orientation	Augmented Reality	
Medications treatments supplements or	drugs to strengthen bones and muscles	Mobility assistance for low/zero gravity	Biomechanics, Biochemics	osteoporosis drugs adapted for space use.
	radioprotective drugs	boost the body's natural defense against radiation	Biochemics	
	Immunotherapy	boost immune cell function to resist	Biochemics	

		against potential extraterrestrial pathogens		
	Neurostimulation	enhance cognitive functions and resilience for stress, anxiety, and other psychological challenges	Neurology, Biochemics, Psychology	transcranial magnetic stimulation
	Psychological drugs			
Cellular/Gene-editing	genetically engineered cells capable of more efficient DNA repair	reducing the impact of radiation exposure	Genetic Engineering, Synthetic Biology	
	modifications at the genetic level to change metabolism and immune systems	improve the efficiency of metabolism, adapt to alternative nutrient sources and environment		

宇宙倫理における諸問題

人間の自律性と選択の自由

人間が火星の生活するための準備段階の長期的宇宙ミッションの文脈で、自律性は、宇宙船と火星環境での生存や能力を発揮するために必要と思われる拡張を受けるかどうかを、宇宙飛行士が十分な情報を得た上で自発的に決定する能力、と考えられる。特に、この段階でのミッションは後代の移住のために行われ、参加者自身は利益を得られる方ではない。このシナリオで、ミッション成功のための拡張の必要性和宇宙飛行士の個人意志とのバランスという独特なジレンマが生じる。宇宙飛行士が、身体的にも心理的にも、拡張の意味を十分に理解し、強制されることなく同意することが極めて重要である。ミッションの実行中だけでなく、ミッションが終わった後の宇宙飛行士の生活に対する長期的な影響考慮する必要がある。さらに、宇宙飛行士の自主性が尊重されるようにする一方で、適応と生存のために例外的な手段を必要とするかもしれない異常な状況もミッションで発生するかもしれない。

規範倫理学において展開される自律の議論は、G.ドゥオーキンやH.フランクファートが代表している「個人的な自律」とO.オニールが代表しているカント倫理学に注目する議論の二つの大きい傾向がある。（圓増文 2014）

「個人的な自律」は、その個人が自己自身欲求や選好に基づいて決定することを指す。それは、単なる自分の欲求のままで行動できることではなく、自らの動機上の構造を反省し、

さらに、そうした構造を変える能力という階層説のことを言っている（圓増文 2014）。例えば、インプラントをすることが宇宙飛行士の健康にプラスになるという状況下で、宇宙飛行士が宗教的な理由でインプラントを拒否したとする。単にインプラントを拒否するのではなく、宇宙飛行士は宗教的な生活を生き方の一部として大切にしているため、このような決断を下すことができるのである。より低層の欲求や選好を批判的に吟味し、必要に応じて変えていこうとするより高層の能力を指している。この観点、宇宙飛行士の自己決定権と選択の自由を強調する。宇宙飛行士は、個人的な価値観や信念を尊重し、宇宙飛行士拡張を受けるかどうかの決定について、重要な決定権を持つべきである。集団的なミッションであっても、個人の権利と選択は優先されなければならないと考えられる。

カント倫理学では、人間は理性を持つ自律的な存在として尊重されるべきであり、道徳的な行動は利害や個人的な利益に左右されるべきではない、と考える。人間拡張の文脈において、宇宙飛行士は、単に火星ミッションの成功を確実にするための手段としてではなく、それ自体が目的として扱われるべきである。火星移住の準備段階で働いている宇宙飛行士たちは、自分や自分の世代の生活より未来の世代の火星移住のために働いている。この場合は、ミッション成功のため宇宙飛行士の身体を拡張することは、宇宙飛行士を道具として扱われ、身体モノ化をもたらす危険がある。

カントの原則に基づき、O.オニールは、生命倫理における信頼と原則的自律性に焦点を当てている。宇宙飛行士と当局との信頼関係が人間拡張を行うときに大きな作用を働く。透明なコミュニケーションを通して、宇宙飛行士が拡張を十分理解し、同意が得られるように行うべきである。このアプローチでは、自律性だけでなく、誠実なコミュニケーションによる信頼の確立と、大きなミッションの中での個人の役割の尊重を重視する。

これに対して、『The Ethics of Space Policy』に、原則としてこう書かれている：「宇宙飛行士を単なるロボットや宇宙技術のための道具として道具化することは避けなければならない。宇宙飛行士の分析力、判断力、意思決定力、そして勇気と決断力が、人間らしさの鍵である。」（European Space Agency 2000: 8）人間拡張は、宇宙飛行士の尊厳と自律性が尊重されるよう、宇宙飛行士によって自由かつ合理的に同意されるべきである。意思決定の段階だけではなく、人間拡張のデザインも、宇宙飛行士たちの体験を考えに入れ込み、人間中心のアプローチを取るべきである。MIT Space Exploration Initiativeは、宇宙飛行士の経験を理解し、それを将来の宇宙ミッションの設計原則に統合するための質的設計研究手法の重要性を強調していた（Sanjana Sharma et. al. 2021）。宇宙飛行士の意見を取り入れながら繰り返し改良された設計原則に従い、宇宙居住の様々な側面に対応し進化する宇宙環境デザインすることは、これからの宇宙進出においてますます重要になるだろう。

もう一つの代表的な立場は、できるだけ人々の幸福を最大化する選択肢を取る、という最大幸福原理を基本とする功利主義である（伊勢 2014）。功利主義の観点からミルの害悪原則は、文明社会の構成員に対して、その意思に反して権力を行使する唯一の理由は、他者への危害を防止するためである。火星ミッションにおいて、宇宙飛行士がその決定がミッションや他の宇宙飛行士に害を与えない限り、拡張を受けるかどうかを自由に選択できるべきであることを示唆している。しかし、この原則に従って、宇宙飛行士を拡張することが、ミッションの成功や人類の知識と宇宙探査の推進という長期的利益を著しく高めるのであれば、個人の自律性を多少損なうとしても正当化される可能性と考えられる。

主体性とアイデンティティーの変容

拡張を選択することの自律性と自由が守られた後、身体の拡張や編集する行為は、私たちが身体の境界について考えさせる。そして、私たちが身体に対するコントロールがどのように変化するのか、または変化してほしいのかが、次の重要な問題となる。

サイボーグの概念が登場する前に、人間の身体は自然によって与えられたものとして、皮膚という明確な界面によって外界から区切られているものと捉えられていた。しかし、サイボーグの基盤になるサイバネティックスの意味合いでは、身体の境界は曖昧で争えるものであることを示唆している（Katherine Hayles 1999）。サイバネティックスが制御、コミュニケーション、情報を全体的なシステムと概念化し、そのシステムは情報の流れを通じて常に変化で動的バランスが維持されている。ドナ・ハラウェイの『サイボーグ宣言』では、サイボーグが伝統的な種の分類を打ち破る可能性について語った。「サイバネティック・デバイスを生物学的組織と融合させることで、サイボーグは人間と機械の区別を覆し、認知を神経学的フィードバックに置き換えることで、人間と動物の違いに挑戦し、フィードバック、階層構造、制御理論などを用いてサーモスタットと人間の行動を説明することで、生物と無生物の区別を取り払う。」（Katherine Hayles 1999=2017: 112）

この理論の最も革命的な影響のひとつは、人間の身体やその他の境界は確立しているものではなく、むしろ構築されたものだという考え方である。この境界の解消により、身体がある種の構築物とみなされ再定義されれば、それに応じて知識の主体についての再考も自然に浮かぶ。ウィーナーによれば、サイバネティックスの危険性は、境界が消していく過程にコントロールの中心にいる自由な主体を完全に排除する可能性にある。

宇宙の開発のために宇宙飛行士たちの身体を拡張する時に飛行士たちの主体性とアイデンティティーにもたらす影響を考えてみよう。人間のアイデンティティーは実体である身体と深く関連している。宇宙探査のための機能拡張は、人間と機械の境界線をさらに曖昧にする。そ

のとき、実体となる身体がテクノロジーによって大幅に変更されたり増強されたりしたときに、人間のアイデンティティを構成するものは何かの疑問が提起される。また、身体が機械化され、そのパーツがミッションを主催する組織によって管理される場合には、個人の主体性とコントロール権がどの程度保持されるのかという問題も生じうる。（佐藤 2021: 101）

ハラウェイは、サイborgのメタファーは、固定化されたアイデンティティに挑戦し、人間・機械の二元的なカテゴリーを超越した、流動的でダイナミックな自己理解を提唱した（Haraway 1985）。この視点から、宇宙探査するとき人間拡張を受けることは、「人間」であることがテクノロジーとの統合によって減少するのではなく、拡大するという、進化の継続である。また、ハラウェイは、サイborgが主体性を再定義し、個人主義的な概念からより集団的な、あるいはネットワーク化されたエージェンシーへと移行する可能性を示唆している。このことは、拡張された宇宙飛行士がチームやシステムの一員としてどのように活動し、人間と機械の間で主体性が共有されるようになるかということを示唆している。コントロール権が自分から失ったではなく、組織の力を借りて自分のコントロールできる範囲を拡張しているとも考えられる。このネットワーク達成には、前章で述べた、O.オニールが提唱している、生命倫理における信頼性、宇宙飛行士と当局との信頼関係がまた重要になると考えられる。

また、技術の側面から見ると、拡張が宇宙飛行士の主体性にどのような影響を与えるのか、あるいは技術システムへの新たな依存をどのようにもたらすのかを考えないといけない。サイborgは、最初から人間が意識してコントロールできる範囲を増やすことを目指してではなく、人間が管理せず、無意識で自動的に調整できる拡張を目的としている。したがって、人間の主体性は、コントロールすることとコントロールしないことを決めることで表すと考えられる。稲見先生によるウィーナー界面の制御は、この文脈で主体性の新たな体現と解釈できる。人間拡張において、私たちは、身体の境界が拡張によって柔軟に変化し、拡張と自然な身体の界面を感じず、感覚的にも機能的にも一体化する状態を目指している。拡張と自然な身体が一つのサイバネティクスシステムになった時、私たちは、拡張に対する主体性を求めるのではなく、この透明性を求めているのである。

宇宙探査や人間能力の拡張は単なる技術的な挑戦ではなく、人間であることの意味を探索する挑戦にもなっている。倫理的の考察は、人間の主体性を減退させるかどうかだけではなく、強化することによって、人間のアイデンティティの流動性を尊重すること、人間とテクノロジーの相互関係を認識することなども含まれる。私たちは生物学的・技術的の面で自己に対する重大な変化を起こそうするとき、倫理的意味合いに注意を払いながら、人間拡張の可能性について探求を促すものである。

人類文化の多様性と連続性

人間拡張、特に宇宙進出の文脈においては、個人の主体性とアイデンティティーに影響を与えるだけでなく、人類の文明の多様性とアイデンティティーにも重要な影響を与えると考えられる。

拡張技術や宇宙探査技術における国家間の大きな格差は、一部の先進国だけが宇宙飛行士の身体を強化し、火星への移住計画に乗り出す能力を持っている現実を示唆している。この技術へのアクセシビリティの格差は、火星に文明を構築する過程で、人類文明のごく一部しか参加できないという事態を起こす。特に、移住の準備と初期段階においては、人間が火星に持っていける文化は極小さな一部にすぎない。しかし、この限られた範囲の文明は、無人の火星においては人類の新たな火星文明全体を代表することになる。

『The Ethics of Space Policy』（European Space Agency 2000: 15）で指摘しているように、宇宙資源の開発は地球全体の文化をグローバル化を促進し、その結果、表現手段を標準化することに貢献する可能性がある。このグローバル化の波は、将来的には人々の行動、言語、文化の均一化を進め、文化多様性という私たちの遺産の計り知れない部分を脅かすかもしれない。特に、脆弱な社会は、文化的疎外という形でこの変化の犠牲者となりうると考えられる。

この文脈では、火星移住計画や宇宙資源の利用における倫理的考慮が重要となる。技術的な進歩が一部の先進国によって主導される中で、人類全体の利益を考慮し、文化的多様性を保護する方法を模索する必要がある。宇宙探査は人類共通の遺産であり、その恩恵は全人類が平等に享受すべきものです。したがって、火星文明の構築に当たっては、技術のアクセシビリティ向上させ、地球上の文化的多様性を尊重し、保全する努力が求められている。

しかし、そもそも人類の文明を火星に持ち込めるかどうか、という根本的な疑問がある。火星で人類文明の連続性を維持できるのか。文化はその背景となる環境に深く根ざしているため、地球とは全く異なる火星の環境では、人類の世界観や相互作用の仕方に大きな変化が生じることが予想される。サイボーグ化などの身体的拡張は、人間と環境との相互作用の新たな形態を生み出し、さらにこの過程を加速する。ロージ・ブライドッティは、「ポストヒューマンへの生成変化は、共有された世界や領土的な空間—都市的、社会的、心的、生態的、あるいは惑星規模でもある空間—への接合と連結に対する感覚を再定義する過程である」と述べています(Rosi Braidotti 2013=2019: 294)。サイボーグの主体性が、身体を持ち状況に埋め込まれ、諸関係のネットワークに内在するようになると前章で論じていた。この視点からすると、違う環境が当然、違う主体性、そして違う文明を生まれる。火星への移住は、地球と異なる環境での新たな主体性を構築する出発点となるかもしれない。

地球とは全く異なる環境を持つ火星において人類が生活を始めた場合、人間の身体と環境の関わり方だけではなく、その厳しい条件と資源の限られた状況はまた、コミュニケーション、共同体の形成、資源の利用に関する方法も、地球での経験とは異なるものになると考えられる。火星での生活がもたらす独特の経験と課題は、人間の認識、価値観、社会的構造に影響を及ぼし、地球文明とは異なる文化的アイデンティティを形成するかもしれない。このように、人類の文明と火星文明の間には、ある種の断絶が生じる可能性をもたらす。この断絶は、単なる地理的な距離によるものではなく、環境、経験、そして身体性の変化による根本的な違いに基づくものとなる。

地球における人類社会のグローバル化の歴史を見てみよう。通信・交通技術の発展は、地理的な分断と異文化間の壁が取り払われ、世界中の人々が繋げられた。この進展は地球と火星の間の将来的な交流にも同様のアナロジーを提供することができるかもしれない。人類には、異文化と交流する好奇心があり、仮に火星と地球文化に一時的な断続が発生したとしても、テクノロジーの進歩は、この一時的な断続を乗り越え、新たな文明の接触と融合の可能性を開くことが期待される。

このプロセスは、異なる文化や文明間のコミュニケーションと協力の重要性を示している。テクノロジーは、異なる環境と文明間の橋渡し役として、未来における人類の進化と文化的豊かさの拡大に寄与することが期待される。火星への移住によって地球と火星間の文明や文化の断絶が生じる可能性があるが、この断絶を広げさせない努力が重要である。何よりも、両文明間を断ち切ることは利益がなく、むしろ継続的な関係を保持し、共に成長することが双方にとってのメリットとなる。このため、火星への移住の準備段階から公平性を確保し、その後も地球と火星間で人類文明の連続性を維持し続けることが極めて重要である。

火星移住の準備段階のための人間拡張における倫理的ガイドライン

火星移住のため人間を拡張する構想は技術的な側面だけでなく、人間性、社会性、そして人類文明に対する深い洞察を必要とする複雑な問題である。上の議論を踏まえ、以下の倫理的ガイドラインが考えられる。

まず、自律性と選択の自由の尊重が基礎となる。火星移住に関わる全ての参加者は、拡張技術に関する十分な情報を得た上で、自らの意志による決定を下す権利を持つ。個々人の価値観や信念を尊重し、拡張に対する同意は自由かつ明確に行われるべきである。

次に、透明性とコミュニケーションに基づく信頼関係の構築が重要である。ミッションを成功に導くためだけでなく、また参加者の人格と主体性を尊重するためにも、主催当局と宇宙飛行士との間に透明なコミュニケーションが必要だ。

また、人間中心の設計プロセスの採用が求められる。宇宙飛行士は、単なるミッション成功の手段ではなく、目的自体として扱われるべきである。彼らの体験を重視し、テクノロジーを利用してミッションや環境を設計することが重要となる。

アイデンティティと身体性の変容への尊重も重要である。ミッションによって身体編集され、生存環境が大きく変わるため、参加者のアイデンティティ、身体の完全性の変化が尊敬されるよう努める必要がある。

さらに、多様性とアクセシビリティの向上を図るべきである。技術のアクセシビリティを向上させることで、異なる背景を持つ人々が拡張技術を受け入れ、ミッションに参加できることで人類文明の多様性が保たれる。

最後に、倫理的な監視と評価の実施が必要である。技術的進歩とその社会的影響を定期的に評価し、倫理的観点からの監視を行うことで、人類の火星移住に伴う様々な問題に対処することができる。

おわりに

このエッセイでは、火星移住の準備段階を探り、人間拡張に関する倫理的な議論をおこなった。人間拡張は、人類の宇宙進出において広範にわたる課題を提起し、ここでは取り上げられなかった話題も多数にある。このエッセイは人間拡張が宇宙進出のために合理的であるという前提のもとに議論を展開し、その必要性が特定のミッションにおいて正当化されることを前提としている。しかしながら、どのようなミッションで人間拡張が求められるかについては詳細には触れなかった。特に、火星移住の文脈では、テラフォーミングとの比較検討が重要であると考えられる。また、人間拡張を分類し紹介する一方で、倫理的問題に関しては、拡張技術を全体として捉え、各技術に固有の倫理的課題への言及は控えた。これは、拡張が人間に及ぼす影響が量的な側面よりも質的な側面に重きを置いて考えられるべきだという観点からである。しかし、将来的には、ミッションが具体化するにつれて、特定の拡張技術に関する倫理的課題を詳細に検討する必要があるだろう。

筆者は、人間が拡張を選択することは、人間の主体性を体現するものであると考えている。技術開発とその応用の形成における人間の選択、価値観、倫理の役割は、宇宙探査の未来を形づくる上で決定的である。宇宙探査の未来を決めるのは人間拡張の技術そのものではなく、私たちがこの技術をどのように利用し、規制し、そして統合するかにかかっている。それは、人間であることを探求する旅にもなっている。私たちは、宇宙の探索し、生存を図るために技術技術を精進し、変化しつつ人間性を守り、積極的に未来を切り開いていく。

参考文献

- Wikipedia, “Timeline of longest spaceflights”,
https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_longest_spaceflights, Accessed on 2024.01.05.
- Manfred E. Clynes and Nathan S. Kline, 1960, “Cyborg and Space”.
- 暦本純一, 2021, 「人間拡張が築く未来」, 東京大学大学院情報学環紀要 100: 19-45.
- Robert Hooke. 1665, “Micrographia: or, Some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses.” J. Martyn and J. Allestry.
- Norbert Wiener, 1948, Cybernetics, (池原止戈夫, 彌永昌吉, 室賀三郎, 戸田巖訳, 2011 『サイバネティックス—動物と機械における制御と通信』 岩波書店.)
- 稲見昌彦 他, 2021, 「自在化身体論」, NTS.
- ERATO, “稲見自在化身体プロジェクト”,
https://www.jst.go.jp/erato/research_area/completed/17943235.html, 2024.01.05.
- Inami Masahiko, et al., 2022, “Cyborgs, Human Augmentation, Cybernetics, and JIZAI Body”,
AHs '22: 230–242.
- NASA, 2013, “X1: A Robotic Exoskeleton for In-Space Countermeasures and Dynamometry”.
- 圓増文, 2014, 「自律は『尊重の対象』なのか：生命倫理における自律概念の再検討」, エ
ティカ 7: 0-16.
- European Space Agency, the Ethics of space policy, 2000.
- Sanjana Sharma, et al., 2021, “Astronaut-in-the-Loop: An Iterative Design Research
Framework for Space Environments”, ICES502: Space Architecture.
- 伊勢田哲治, 2014, 技術者の自立と自律---専門職研究の観点から, 電気学会研究会資料. FIE,
教育フロンティア研究会: p.21-26.
- N. Katherine Hayles, 1999, How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics,
Literature, and Informatics (劉宇清訳, 2017, 『我们何以成为后人类』 北京大学出版社.)
- Donna Haraway, 1985, A Cyborg Manifesto, The Berkeley Socialist Review Collective.
- 佐藤 岳詩, 2021, 『心とからだの倫理学—エンハンスメントから考える』, 筑摩書房.
- Rosi Braidotti, 2013, The Posthuman (門林岳史 監訳, 2019 『ポストヒューマン：新しい人文
学に向けて』, フィルムアート社.)

宇宙倫理学教育プログラム（大学院コース）修了レポート

Parastronaut Feasibility Project をめぐる倫理的考察

氏名：植村優香

所属：京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻修士課程2回生

提出日：2023年1月31日

アブストラクト

欧州宇宙機関（European Space Agency, ESA）が実施している Parastronaut Feasibility Project に関する広報の一部分を取り上げ、このプロジェクトをアフーマティブ・アクションとして考えた場合の倫理的正当性と、今後の注目点について述べる。

Parastronaut Feasibility Project に関する HP において、パラストロノートを選抜し飛行させることを試みる理由として、「Inclusiveness」「Responsibility」「Leading by example」「Learning from our differences」の4つが挙げられている。まず、Parastronaut

Feasibility Project の概要について述べる。次に、受験資格について医学的見地から検討したうえで、これらの 4 つの理由についての検討を行う。最後に、今後 Parastronaut Feasibility Project が展開していく上で注目すべき点について述べる。

1. Parastronaut Feasibility Project の概要

2021 年、欧州宇宙機関（European Space Agency, 以下 ESA）は Parastronaut Feasibility Project を発表した。これは、ある種の身体障害を有する人に対し、宇宙飛行士選抜試験の受験資格を与え、選拔を行い、選拔された飛行士への訓練を行うと同時に、障害のある人が宇宙飛行士になるための技術開発を行うというプロジェクトである。2022 年 11 月、パラリンピック陸上競技への出場経験もある John Mcfall 氏が選拔され、2024 年 1 月現在、ESA の宇宙飛行士として訓練を実施している。ここでは、Parastronaut Feasibility Project の概要について述べる。

2021 年～2022 年にかけて ESA の宇宙飛行士選拔が行われた。応募者は 22500 人以上で、このうち障害者枠には 257 人の応募があった。

2022 年 11 月に、17 人の飛行士が選拔された。このうち 5 人がキャリア宇宙飛行士、11 人が予備飛行士、1 人が Parastronaut だった。予備飛行士と Parastronaut は ESA に正規職員として雇用されるのではなく、元の雇用主のもとに留まったまま ESA からサポートを受ける¹。

Parastronaut として選拔されたのは John Mcfall 氏であった。John Mcfall 氏の経歴は次のとおりである。19 歳の時にバイク事故で下肢を切断し、2005 年にスポーツ運動科学の修士号を所得した。2008 年のパラリンピックでは 100m 走で銅メダルを獲得した。その後、看護助手として働きながら医学と外科学を修めた。2014 年に医学部を卒業し、現在は医師としてイングランド南部で働きながら、ESA's feasibility study “Fly!” に参加している²。また、欧州では Parastronaut についてのワークショップなども開催されている。

募集要件は、まず医療的な基準として、宇宙船に搭乗する上での体格要件である身長 150cm～190cm を満たすこと、BMI が正常値であること、自家用パイロットの資格に従った視力があること、片耳 25dB 以上の聴力があることが要求された。さらに、学歴として、自然科学、医学、工学、数学、コンピューターサイエンスの修士号以上を所得しており、3 年間の実務経験があるか博士号を所有していること、もしくはテストパイロットの

¹ ESA. “ESA presents new generation of astronauts”. 2022 年 11 月 23 日.
https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/ESA_presents_new_generation_of_astronauts, (2024 年 1 月 30 日).

² ESA. “John McFall”. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Astronauts/John_McFall, (2024 年 1 月 30 日).

養成校を卒業していることが要件だった。50 歳未満であることと、英語の読み書きが十分にできることも要求された。

パラストロノートの受験資格は、宇宙飛行士の応募に必要なすべての資格を有したうえで、切断または先天性下肢欠損により、足首まで、もしくは膝下までが欠損している人、先天性か、外傷より脚長差がある人、低身長、のいずれかの障害を有することであった³。

選抜ではまず、オンラインでのアンケート回答による医療的なスクリーニングが実施された。Par astronaut の候補者には医療検査が実施された。次に、認知、技術、協調性、人格に対する検査が行われた。さらに、精神に関するテストや、運動、実技試験が行われた。その後、Parastronaut の候補者には追加での医療検査が実施された。次に、集団面接が行われた。このステップで学歴が満たされているか、犯罪歴の確認が行われた。最後に、面接による選抜が行われた⁴。

選抜された John Mcfall 氏については、他の飛行士と共にパラボリックフライト訓練への参加を行っている様子が記録されている⁵。なお、Parastronaut Feasibility Project について 2024 年現在では、Fly! Feasibility study project という表記がみられる。

2. Parastronaut Feasibility Project の正当性

次に、Parastronaut Feasibility Project の正当性について議論する。まず、2.1 で医学的見地から受験資格について考察する。2.2 で、HP に掲載されている、パラストロノートを選抜し飛行させることを試みる理由として 4 つの理由について、AA の観点から検討する。

2.1 医学の見地から見た受験資格

まず、Parastronaut Feasibility Project の受験資格について、医学の観点から、二つの論点について述べる。一つ目は、選抜基準の設定方法について、二つ目は、今回の Parastronaut Feasibility Project において対象となった障害者の割合についてである。

まず、一つ目の論点である。医学において障害を捉えるときには ICIDH (International Classification of Impairments, Disabilities, Handicaps. 国際障害分類) や ICF

(International Classification of Functioning, Disability, and Health. 国際生活機能分類) が用いられる。ICIDH とは、1980 年に世界保健機関が発表した、障害のとらえ方に関する分類である。ICIDH において障害は、機能障害(インペアメント)、能力低下(ディサビリティ)、社会的不利(ハンディキャップ)に分類される(上好・田島 2009)。ICIDH に基

³ ESA. “Parastronaut feasibility project”. https://www.esa.int/About_Us/Careers_at_ESA/ESA_Astronaut_Selection/Parastronaut_feasibility_project, (2024 年 1 月 30 日).

⁴ ESA. “Astronaut applicant handbook”. https://esamultimedia.esa.int/docs/careers/ESA_Astroset_Handbook.pdf, (2023 年 1 月 30 日).

⁵ ESA. “JOHN MCFALL TRAINING: ZERO-G WITH JOHN MCFALL”. https://www.esa.int/esatv/Videos/2023/05/John_McFall_training/Zero-G_with_John_McFall, (2024 年 1 月 30 日).

づく、Parastronaut Feasibility Project の受験資格はディサビリティやハンディキャップではなくインペアメントによって区切られたといえる。

次に二つ目の論点である、対象となった障害者の、障害者全体における割合について述べる。日本と欧州を単純に比較することはできないが、今回は入手しやすかった日本のデータを比較として用いる。障害は、令和 5 年度の障害者白書においては身体障害、知的障害、精神障害の 3 区分に分類されている。日本における身体障害者は 436.0 万人、知的障害者は 109.4 万人、精神障害者は 614.8 万人と推計されており、人口千人当たりの人数で見ると、身体障害者は 34 人、知的障害者は 9 人、精神障害者は 49 人となる。募集要項を考えると、選抜試験への参加対象となった障害者は身体障害者の一部である。したがって、障害者全体に占める割合は小さいといえる⁶。

2.2 アファーマティブアクションの観点から考えた Parastronaut Feasibility Project

次に、アファーマティブアクション（以下、AA）の観点から検討を行う。AA とは、歴史的に差別されてきた集団に対するさまざまな優遇策のことを指す。AA の正当性については、しばしば論争が生じるが、AA に関する議論において重要なのは、「どのような AA が、どのような場合に正当化されるか」という個別的な問いであるとされる（池田、2021）。

ここでは、Parastornaut Feasibility project は AA といえるのかどうか、AA であるならばどのような場合に正当化されるかについて議論を行う。Parastronaut Feasibility Project では、下肢切断もしくは低身長というインペアメントを持つ人について枠を設けて宇宙飛行士選抜試験が行われた。Parastornaut Feasibility project を AA として論じるためには、前提として、下肢切断もしくは低身長というインペアメントを持つ人が宇宙飛行士選抜において差別されてきたのかについて考えることが必要である。差別とは、歴史的・社会的文脈の影響を受けて、特徴に基づいて不利益を与える行動である（池田・堀田 2021）。確かに、これまで低身長や下肢切断というインペアメントやそれに伴うディサビリティを持つ人は宇宙飛行士選抜のプロセスから除外されてきた。低身長者については、身長制限により除外されてきた。下肢切断者については、過去 2 回の日本の宇宙飛行士選抜試験の応募要項に明文化されたものとして四肢がすべてあることという記載は見られない。しかし、日本の航空身体検査マニュアル⁷において「四肢の全部又は部分的欠損により航空業務に支障を来すおそれがあるもの」という記載がある。宇宙医学の基準は航空医学に準拠していることが多く、下肢切断者は宇宙航空分野から実質的に除外されていると考えられ

⁶ 内閣府, “令和 5 年度 障害者白書 全文 (PDF 版)” <https://www8.cao.go.jp/shougai/whitepaper/r05/hakusho/zenbun/index-pdf.html>, (2024 年 1 月 30 日)。

⁷ 航空医学研究センター, “航空身体検査マニュアル”. 2024 年 2 月 18 日.
https://aeromedical.or.jp/manual/pdf/r010617_323.pdf, (2024 年 1 月 30 日)。

る。さらに、歴史的に、下肢切断者や低身長者への差別は行われてきた。従って、下肢切断者や低身長者は宇宙飛行士選抜試験において差別されてきたと言えるかもしれない。しかし、次の三つの反論が考えられる。一つ目として、健常者であっても、宇宙飛行士になれるのは、高い倍率を勝ち抜いた心身ともに健康なごく一部の人である。地上では健常者として生活していても、身長や視力、軽度の色覚異常などを理由に選抜のプロセスから除外される人は多く存在するため、下肢切断者や低身長者に対して特に差別が行われているとは言えないという考え方である。二つ目として、現在の宇宙開発は、宇宙という危険な環境に、多額の公金を投じてチャレンジとして人類が滞在している段階である。そのため、ミッションの成功のためには優れた身体能力を有する人が行くべきであり、一般的に身体能力が劣っていると思われる下肢切断者や低身長者は能力の観点から不都合であるという考え方である。三つ目として、コストの観点から、宇宙で用いる機械を扱える体形がある程度標準化することは妥当であり、多くの人の身体的構造から外れるような身体的特徴を有する人を後回しにすることは合理的であるという考え方である。

一つ目の考え方は、何によって除外されたかによって二つの議論を行う必要がある。視力や色覚障害については、障害者というアイデンティティの形成における差異であると言える。つまり、インペアメントはあるが地上の生活においては大きなディサビリティやハンディキャップが生じていないため健常者であると捉えられているが、宇宙飛行士選抜においては下肢切断者や低身長者同様に不利益が生じていると言える。身長については、地上の生活ではインペアメントはないが、宇宙に行くにあたっては、人為的に決定された理由により不利益を被っており、不公正である可能性がある。二つ目の考え方については、前述の ICIDH の考え方をを用いて反論する。つまり、インペアメントがあるからといって、ディサビリティがあるとはいえない。また、身体能力には様々な切り口があり、下肢切断者や低身長者が、身体能力のすべてにおいて四肢の全てある人と比較して劣っているわけではない。三つ目の考え方については、宇宙開発をどのような理由によって正当化するかということと関連付けた場合に、一部反論することができる。例えば、宇宙開発を人類全体のために行っていると主張するのであれば、より多くの人が宇宙で活動できるようにコストを払うべきである。

以上のことから、下肢切断者や低身長者は、宇宙飛行士選抜試験において差別されてきたと言えるという前提を置く。

次に、Parastronaut Feasibility Project が AA として正当であるかどうかについて議論する。本論文では、ESA が Parastronaut Feasibility Project をどのように説明しているかに注目した。以下は ESA が発表した Parastronaut Feasibility Project に関するプレスリリースの一部である。原文を引用する。

Why is ESA intending to select and fly an astronaut with a physical disability?

Inclusiveness: if there is one thing we have learned by working on the International Space Station (ISS), it is that there is great value in diversity. Including people with special needs also means benefiting from their extraordinary experience, ability to adapt to difficult environments, and point of view.

Responsibility: we have the strong conviction that there is a way to enable this level of inclusiveness in the astronaut corps, and in space, and that calls to our responsibility to at the very least, try it.

Leading by example: it is our hope to push the envelope on the topic of disability at work, and inspire people with special needs to apply to other jobs at ESA and in the space sector.

Learning from our differences: our astronauts perform a large number of life science experiments in space, and having people who live with a disability carry out such experiments could bring some new, astonishing results in the field of life sciences for the benefit of even more people back on Earth.

AA の観点から以上の文章を解釈する。1 つめの「Inclusiveness」では、ISS の運用を通して多様性の価値を学んだため、障害者には特別な経験や、障害に適応する能力、視点があるために、障害者を包含することは宇宙開発に役立つという内容が述べられている。これは、パラストロノートの存在が ESA や宇宙開発に対する利益をもたらすものである、という主張である。この主張には3点の疑問が生じる。1 つ目は、多様性の実現は、パラストロノートという方法によって最も促進されるものだろうかという疑問である。このことについて考える上では、宇宙飛行士という職業の特徴について考える必要がある。宇宙飛行士は、有人宇宙開発に関わる他の職業に就いている人に比べて知名度が高い場合が多い。そのため、多様性を印象付ける効果は大きいと考えられる。2 つ目は、差別をなくすためではなく、障害者が単に役に立つから包含するという主張ともとれることである。これは、後述する「Responsibility」の項目と関連することで解釈することができる。例えば、「Responsibility」の対象が、差別を無くすことであった場合には単に役立つから包含するわけではないと解釈することができる。3 つめの疑問は、下肢切断者・低身長者よりも包含すべき障害者が存在している可能性についてである。工学や医学の観点ではなく、包含という観点で考えた場合に、対象を下肢切断者・低身長者とする理由について、合理的な説明が可能であるかどうかは不明である。

2 つめの「Responsibility」では、実現可能性への意気込みが述べられている。加えて、我々にはそれを試す responsibility があるという記述がある。Responsibility という語は、責任のほか義務という意味合いがある。何に対して、なぜそのような responsibility があるのかはこの文章内では明記されていない。

3 つめの「Leading by example」では、障害があることに関わらず、ESA の他の業務に応募することを後押ししたいという内容が記述されている。これに対しては、選抜された

パラストロノートが、本当に ESA で働く障害者のロールモデルになるかどうかという疑問がある。また、特別なニーズを持つ人々が働くためには、本人の努力や気持ちだけではなく、周囲の人の教育も含めた環境の整備が必要である。パラストロノートの選抜前後で、ESA 内の、宇宙飛行士以外の部署の環境整備がどのようになされているのか、それがどの程度実効性があるものであるのかについて、今後機会があれば検討を行いたい。

4 つ目の「Learning from our differences」では、宇宙生命科学実験を、障害者が行うことによって成果が得られる可能性を述べている。これには 2 つの疑問が生じる。1 つ目として、医学的観点から、医学的成果を求めるのであれば、もっと適切な応募条件があるのではないだろうかという疑問が生じる。従って、今後 ESA がどのような研究を行おうと考えているのかについて注目する必要がある。二つ目として、宇宙飛行士業務における、生命科学実験の被験者となるという役割について考える必要がある。ヒト対象実験においては研究を行う前に同意を取り、さらに同意を自由に撤回できることが必要である。宇宙飛行士の身体から得られるデータは貴重なものではあるが、パラストロノートになることによって、被験者となることが強制される状況に陥りやすくなることは避けるべきである。

3. Parastronaut Feasibility Project の今後について

最後に、Parastronaut Feasibility Project をより正当性のあるものにするための具体的な提案について述べる。一部の提案はここまでも述べたため繰り返しとなる。

まず、2.1 で言及した ICIDH の観点からみた受験資格と、2.2 で言及した、プレスリリースとの整合性について述べる。「Inclusiveness」において、障害のある人の特別な視点が宇宙開発に役立つと提示している。障害のある人の特別な経験は、インペアメントだけではなく、ディサビリティやハンディキャップを通して生じるものである。応募基準はインペアメントだけではなく、ディサビリティやハンディキャップのレベルも含めて定めるべきである。さらに、2.1 で述べたように、今回対象となったインペアメントは非常に限られている。今後 ESA は、より幅広いインペアメントを有する人が職業宇宙飛行士になれるよう、努力をすべきである。また、2.2 で述べたように、地上で健常者として生活していても、宇宙飛行士の選抜試験においては除外される人についても、包含する努力をすべきである。宇宙飛行士選抜の医学基準はしばしば航空医学をもとに考えられるが、飛行機と宇宙との違いを考慮し、妥当でない除外基準がないかを検討すべきである。また、宇宙服の身長制限や軽度の色覚障害など、機器の仕様を少し変えることによって適合となる疾患や、軽度の障害についてはきめ細やかに対応すべきである。さらに、ESA は宇宙開発全体における多様性を目指すべきである。パラストロノートが多様性を印象付けるだけではなく、宇宙開発に関する職場全体で、多様な障害を有する人が能力を発揮することができるような制度や設備をより一層整えるべきである。加えて、障害者を対象として宇宙生命科学実験を行うことによって特有の成果を求めると主張するのであれば、今後、対象とするインペアメントはより幅広くすべきである。例えば、微小重力によって循環器系は大き

な影響を受ける。リスクについては考慮する必要があるが、循環器に疾患を有する人なども、対象に含める方が望ましいのではないだろうか。さらに、パラストロートが実際にフライトを行う場合、ESA 以外の国との調整が不可欠となる。その際に各極がどのような主張や協力をするかについても注目する必要がある。

Parastronaut Feasibility Project は、宇宙開発における公正について再考させたり、健常者を中心とした能力主義に対して一石を投げたりするという点で意義のあるプロジェクトである。今後どのように展開していくのか注視していきたい。

研究の限界

本研究では、プロジェクトが提案され、実行に移された経緯については調査できていない。従って、動機を含めた考察は行うことができていない。また、障害者の問題は徳倫理やケアの倫理とも関連が深いが、それらの事項についても検討できていない。さらに、公正に関する倫理学についても、より詳細な議論を踏まえて検討する必要がある。さらに、パラストロートの存在が障害者コミュニティに対して内外から与える影響についても検討できていない。今後、学習を行った上でより多くの情報を集めて検討を行いたい。

参考文献

池田喬, 堀田義太郎, 2021, 「シリーズ・思考の道先案内 1 差別の哲学入門」 アルバカ.
石田柊, 2022, “Kasper Lippert-Rasmussen, Making Sense of Affirmative Action”. Tokyo
Academic Review of Books, vol.42.

田島文博, 2021, 「医学生・コメディカルのための手引書 リハビリテーション概論 改訂
第 4 版」 永井書店.

人工衛星開発における規制のあり方に関する考察

佐藤啓明

京都大学大学院総合生存学館三年

2024 年 1 月 31 日

1 序論

民間企業の参入によって、宇宙開発はかつてない盛り上がりを見せている。1960・70 年代のアポロ計画に代表される月面探査計画以降、人類は有人での月面探査を行っていなかった。しかし、現在アメリカが中心となって月面有人探査を目指すアルテミス計画や、中国・ロシアなどによる月面基地建設計画が進められている [1]。この背景には IT 長者による宇宙ベンチャーの成功など、民間企業の影響力増加がある。従来は国家が中心となって宇宙開発が進められてきたが、SpaceX 社による火星移住計画や Blue Origin 社による宇宙旅行など、独自で宇宙開発を行う企業も誕生している [2, 3]。日本においても例外ではなく、JAXA がアルテミス計画におけるトヨタ社などの大企業との連携を表明している他、ベンチャー企業による月着陸船の開発・打ち上げも行われている [4, 5]。

このような民間活力の利用は有人探査だけではなく、人工衛星の開発においても大きな役割を果たしている。地球軌道上の人工衛星数は 2010 年時点で 997 機、2015 年時点で 1364 機であったが、2022 年では 6905 機と指数関数的に増加している [6]。前述の SpaceX 社は複数の小型衛星を運用するコンステレーションによって全球をカバーする通信網の構築を進めているが、将来的に 42000 機体制での運用を模索しており、2024 年 1 月 12 日時点で 5273 機が稼働している [7, 8]。

人工衛星は通信・測位・地球観測などに使用することができ、温室効果ガス濃度の観測による気候変動対策への利用など SDGs 達成への貢献や、災害時における広域観測・通信による防災・減災の一助となることが、日本の宇宙基本計画においても期待されている [9]。実際、2024 年 1 月 1 日に起きた令和 6 年能登半島地震においても、JAXA の人工衛星であるだいち 2 号の観測データが公共・研究利用等の非商用利用のために無料で公開されているほか [10]、国土地理院がそれらのデータを元に地殻変動の大きさを解析している [11]。他にも、政府の内閣情報調査室が情報収集衛星による観測結果を公開しているほか [12]、アクセルスペース社や Synspective 社などの宇宙ベンチャー企業も該当地域の観測結果を公開している [13]。また、SpaceX 社の衛星ブロードバンド Starlink を用いた通信手段を KDDI が被災地に提供するなど、通信分野においても人工衛星の活用が進められている [14]。

様々な領域で応用されている人工衛星であるが、開発主体の増加や計画規模の拡大が進む中で、スペースデブリ問題など、地球周回軌道の持続可能性が問題ともなっている。現状、国際宇宙法やガイ

ドラインなどによる規制が行われているが [15]、民間企業による開発は早い者勝ちの側面も強い。際限のない開発が続く、ケスラーシンドロームのように地球周回軌道が再起不能な状況に陥ってしまうと、重要なデータが得られない環境になってしまう可能性もある [16]。今後更なる開発が行われる中で、競争と公的機関による介入の適切なバランスはどのようなものになるだろうか。本稿では、人工衛星開発の現状や課題を整理し、倫理的な観点を導入することで、今後の人工衛星開発のあり方について考察を行う。

2 人工衛星開発の現状や課題

現状が抱える課題に対して適切な介入を考える際には、なぜそのような状況が作り出されているのかや、現在の規制のあり方を理解し、実際に起きている対立点から議論を進めるのが相応しい [17]。したがって、この節においては人工衛星開発の実情やその見通し、問題となりうる点について整理する。

2.1 宇宙産業における人工衛星開発の立ち位置

前節でも述べたように、これまで国家が中心となってきた宇宙開発であるが、近年民間企業の参加が増加し、産業としても大きな盛り上がりを見せている。初めに、宇宙産業の現状について整理を行う。科学技術にまつわるコンサルティングや分析を行う BryceTech 社によると、2022 年の宇宙産業は 3840 億ドルであり、そのうち 70% 以上を人工衛星関連の産業が占める [18]。その半分以上は GNSS 関連の機器や通信機器など衛星関連の地上機器であるが、人工衛星を用いたサービス自体も 1133 億ドルの経済規模を持ち、そのうち 824 億がテレビ産業であり、最終消費者のための通信サービスや商業リモートセンシングは 30 億ドル程度に留まっている [18]。現時点でも人工衛星関連の事業は宇宙産業においてかなりの割合を占めるが、Morgan Stanley 社によって 2040 年には宇宙産業全体が 1 兆ドルをこえる規模になるとの予測もなされており、中でも自動運転や IoT、AI などの発展によりデータ通信に対する需要が増加していくことが見込まれているため、衛星ブロードバンド事業がその 50% 程度を占めるとしている [19]。同社は、今後の発展における注目事業として挙げた 5 つの項目に通信事業を挙げており [20]、通信サービスにも今後更なる発展が見込まれる。実際、2022 時点での宇宙機打ち上げの 96% を占める 600kg 以下の小型衛星において、その 80% 以上は通信関連衛星であった [21]。この通信関連衛星のうちのほとんどは大規模な衛星コンステレーションを構築している SpaceX 社と OneWeb 社の衛星であり、民間企業の影響力の大きさが見て取れる。このような企業がさらに開発を進めていくことによって、地球上どこにいても安定したインターネット環境を実現することができるようになるであろう。

現時点では宇宙産業において商業リモートセンシングが占める割合は少ないが [18]、Morgan Stanley 社による注目事項には、地球観測衛星による温室効果ガス排出のモニタリングなど、気候変動と関連した開発も含まれている [20]。地球観測衛星は温室効果ガスの観測のほかにも、植生分布や地表面温度、地形変化など様々な情報を得ることができる [22]。日本の宇宙開発においても人工衛星

の利用に関して、2020 年に閣議決定された第 4 期宇宙基本計画のなかで以下のような言及がある。

災害時においても、宇宙システムの重要性は高まると考えられる。(中略) 地上の状況に左右されずに機能が継続し、広域な観測や通信が可能な宇宙システムのポテンシャルは大きい。実際(中略) 活用は始まっているが、今後の防災・減災・国土強靱化における宇宙利用の一層の拡大が期待されるところである。また、宇宙システムの持つ広域的な機能は、地球規模課題の解決においても活用が期待される。例えば、我が国の温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) が取得した温室効果ガス発生量のデータが気候変動問題への対策に活用されているが、エネルギー、気候変動、環境、食糧、公衆衛生、大規模自然災害等の地球規模課題の解決や国連の持続可能な開発目標 (SDGs) の達成に我が国が貢献し、外交力の強化にもつなげていく手段として、我が国の優れた宇宙システムを積極的に活用していくことが重要となる [9]。

序論においても言及したように、日本は地震などの災害が多い国であり、災害対策といった側面からも人工衛星の適切な利用が求められている。しかし、2011 年の東日本大震災において、即座に撮影可能な人工衛星がなく最初の観測が翌朝になってしまったため、発災直後の対応としては不十分だったとの指摘もあり [23, 24]、効果的なシステムの実現には更なる開発が待たれる。人工衛星に搭載されるセンサの中でも、人工衛星自身が放射した電波の跳ね返りを観測する SAR は、雲の影響を受けにくい天候に左右されずにデータを取得することができ、豪雨後の状況把握などに強みを持つとされる [25]。光学衛星と比べて SAR 衛星を用いたビジネスは活発ではなかったが [26]、30 機体制のコンステレーションによって全球リアルタイム観測を目指すベンチャー企業も出現しており [27]、その動向に注目が集まる。このようなシステムが確立していくことによって、人工衛星はより地球社会に貢献していくことができるであろう。

2.2 スペースデブリの問題

ここまで通信衛星や地球観測衛星など役割や利点について述べてきたが、際限のない開発を行えば良いというわけではない。人工衛星の開発において問題となってくるのはスペースデブリの問題である。国連宇宙部 (United Nations Office for Outer Space Affairs) はスペースデブリ低減ガイドラインのなかで、スペースデブリを「地球周回軌道上にある、または大気圏に再突入している、その破片や構成要素を含む機能しないすべての人工物」と定義している [28]。スペースデブリは、ロケットの打ち上げなど通常の宇宙活動の中で発生するものもあるが、意図しない衝突や故意に宇宙機を破壊することで引き起こされるものが存在する [15]。特に後者によってスペースデブリの総数は急増しており、2007 年には中国による衛星破壊実験が、2009 年にはアメリカとロシアの衛星の衝突が、2021 年にはロシアによる衛星破壊実験が行われ、2021 年の実験単体でも最低でも 1500 個もの追跡可能な破片が発生した [29]。また、主にスペースデブリが問題となるのは高度 2000km 以下の低軌道 (LEO) と赤道上高度約 36000km の静止軌道 (GEO) であるが、デブリの数や規制、対処方法などが変わってくることに注意が必要である [30]。

このようなスペースデブリは宇宙ミッションに深刻な影響を及ぼす可能性がある。IADC による

と、非常に高速で移動しているデブリによって、そのサイズが 1mm ほどであっても露出した機器への構造的な被害が見込まれ、1cm ほどで衝突箇所の破壊、10cm ほどで衛星やサブシステムの完全な破壊が起きるとされている [31]。衛星が破壊されるほどの衝突はさらに多くのスペースデブリを生み出すことにつながる。これらが次々に衝突していくとスペースデブリが指数関数的に増大するケスラーシンドロームにも繋がりを [32]。このような高速のデブリが問題となるのは主に低軌道だが、静止軌道においても程度の差こそあれ衝突が問題となりうるし、機能していない衛星が軌道を占拠している状態をいかに解消するかということが課題になる [30]。スペースデブリによる影響を意識した打ち上げ抑制などによる経済的な損失は、デブリを全く除去しない場合には全世界における GDP の 1.95% に及ぶとの試算もあり [33]、スペースデブリの問題は人工衛星発を行うにあたって避けられない事案である。

このような壊滅的な現象を避けるため、スペースデブリの発生を抑制する取り組みがいくつか存在している。静止軌道に関しては国際電気通信連合 (ITU) による軌道の割り当てがある程度機能しているが、近年開発が進む低軌道に関しては十分な規制がない [15]。宇宙条約第 6 条において国家による国内での宇宙活動に対する管理責任が明記されてはいるが、国際的な打ち上げ調整などの必要はなく、宇宙物体登録条約において打ち上げ国が宇宙物体を登録、国連事務総長への通報を行うことが義務付けられているが、加盟国に限られており未登録の物体も存在する [15]。また、スペースデブリの法的位置付けについても曖昧な部分が残されており、小さいデブリに関しては打ち上げ国の特定が難しいという問題もある。IADC や COPUOS によってまとめられたスペースデブリ低減のためのガイドラインや、国際標準化機構によるスペースデブリ低減要求が存在するが、あくまで法的な拘束力はなく開発主体の自主性に任されているという限界がある [30]。スペースデブリの分布を把握しようという取り組みもあるが、その精度には限界があり、他国への情報共有や回避行動に関しても明確な手順が存在しないという課題がある [34]。このように、スペースデブリの影響を低減するため様々な対策が取られているが、有効な制度はまだ確立されておらず、更なる検討が求められる。スペースデブリ除去技術の確立や事業化を目指す取り組みも存在しており [35]、実現すればスペースデブリ問題の解決に大きく近づく可能性もあるが、本論考ではそのような未来がすぐに実現することはないとの前提を置き議論を進める。

2.3 地球観測ビジネスの抱える問題

スペースデブリの問題の他にも、人工衛星開発には問題が存在する。特に地球観測衛星に関してのものであるが、前述の防災への利用など、その活用方法は数多く存在するものの、ビジネスとしての予見性や実装面に課題がある。大型の人工衛星が主流であった時代に比べ、衛星の小型化や打ち上げにかかる費用が低下したことによって開発への参入障壁は低下しているが、依然として初期費用のかかる産業である [36]。これまで例示してきたように、地球観測衛星の開発・運用を行っているベンチャー企業は存在している。しかし、十分なリターンが出ているとは言えず、民間エンドユーザーのデータ利用による新規ビジネスの創出や省庁や公的機関による利用の拡大も進んでいない [37]。福井県において、県が主導して宇宙ベンチャー企業や県内の企業と人工衛星の開発・運用を行う福井県民

衛星プロジェクトが行われている [38]。この計画では費用の 2/3 を県が、残りを参画する企業によって作られた福井県民衛星技術研究組合が負担しているが、2021 年時点ですでに 4 機の衛星が打ち上げられていたにもかかわらず、データの使用料を払う福井県庁においてデータの使用法が確立しておらず、開発企業は開発費用を回収することができていなかったことが報告されている [39]。この取り組みは地域産業の興進や長期的な産業の創出を目指したものであろうし、必ずしも短期的な利益を回収しようとしているものでいだろうが、開発の初期段階から利益創出の道筋を計画立てておかねばならないということをよく表している。

3 人工衛星開発における自由競争と規制のバランス

前節までで見てきたように、人工衛星開発にはその持続可能性やビジネスとしてのフィージビリティに課題が残る。これらの問題に対処しながら地球社会に貢献する開発を行っていくためにはどのような開発の方向性が相応しいだろうか。現状の人工衛星開発は自発的な対処を求めるガイドラインなどは存在し、国家によるプロジェクトも行われているが、大規模なコンステレーション計画などは民間企業が中心となって行っている。それらの民間企業にとって、現状の人工衛星開発は市場でのある程度自由な競争が行われている状況であるとすることができるであろう。今後取るべき道としては大まかに、現状の自由市場を維持する方向性と規制を強めていく方向性がある。以下では、それぞれの姿勢について検討をしていく。

まず初めに、市場原理を継続することを想定しよう。ドイツの哲学・倫理学者であるクリストフ・リュトゲは、競争を「個人の達成と群知能との間で鍵となる媒介的役割を果たす」[40] すものとし、意図した結果をもたらす介入をすることの難しい複雑なグローバル社会の中で、イノベーション創出など競争には利点があると主張する [41]。さらに、社会主義国でも深刻な環境問題が起きたことや、環境に良い製品であることが消費者を惹きつけるものになった現代、競争が必ずしも悪いものではないと述べる。宇宙開発についても、起動環境を保護することが経済的価値を持つようになれば、競争によってスペースデブリ問題が解決に近づくことも考えられる。さらに、ハイエクは既知の問題に対処する際には協力していくことが好ましいが、新たな問題に取り組む際には競争が相応しいとの主張をしており [41]、スペースデブリ問題の解決など新たな使用法を生み出すことが求められる現状においては、競争をすることに意味があるとも言えよう。

しかし、人工衛星開発はその特性上、適切な規制を導入することが相応しいと考える。一つは、スペースデブリの問題と通じるが、人工衛星の運用可能な場所が限られており、問題が起きた際には市場そのものがなくなる可能性を秘めていることである。リュトゲやロールズの主張の中にも、競争が取り柄を発揮するためには、十分に開かれた競争的な市場を持つことが必要であるということがある [41]。ある開発主体が使用したい軌道に既に別の人工衛星が展開されていた場合、彼らは十分に開発を行えないであろうし、たとえ行えたとしてもケスラーシンドロームのような最悪な事態を恐れるということも考えられる。実際にケスラーシンドロームが起きた場合には、そもそも人工衛星を打ち上げること自体が不可能になってしまい、競争どころではなくなってしまう。また、ロックは労働の成果に対する所有権を主張するが、ロック的但し書きと呼ばれる制限を設ける。それは「他の人たちに

も十分なだけ同質なものが残されている限り」[42]との制約である。このロックの理論が今回のような議論に適用されるかどうかには批判も存在するが[42]、仮に適用した場合には人工衛星の開発には規制が必要だと言えるのではないだろうか。現状の宇宙ベンチャーによる大規模なコンステレーションは、使用できる領域に制限がある空間で構築されており、後続の企業が同規模の開発を行う際に十分な空間が残されていないと見ることができる。限られた空間を最大限利用するために、開発規制や開発の方向づけなどが必要ではないか。

二つ目に、自由競争が国家間の格差を拡大する可能性を持つことがある。人工衛星のデータは監視・偵察や照準・早期警戒などの役割に用いることができ、敵国の軍備状況を把握するために用いられるなど国家安全保障上重大な価値を持つ[43]。そのような価値のある情報は国境を超えて自由にやり取りされる類のものではない。日本の情報収集衛星の情報公開に関して、大規模災害などにおいてその画像の有効性が高いと判断され公開が行われる際に、衛星の能力を隠すための処理をすることが規定されており[44]、人工衛星のデータの持つ価値が窺い知れる。詳細な地球の情報をもつものと持たないものという格差が生じていると言えるだろう。また、地球観測衛星だけでなく、通信衛星においても同様のことが言えるだろう。昨年、米国のSpaceX社が提供するスターリンクに関して、特定の地域において通信を確立したいとのウクライナ政府からの要望をCEOのイーロン・マスク氏が拒否したとの報道があった[45]。その判断の是非については踏み込まないが、通信が行えなかったことはウクライナの軍事作戦に大きな影響を与えたことが考えられる。あくまでイーロン・マスク氏の判断であるため、例えばアメリカ政府からの同様の頼みに対してどのような判断が下されるかなど、国家の優位性との関連性は不確かではある。しかし、ウクライナ政府が自国で衛星通信網を持っていたならばこのような問題は起きなかったことを考えると、自由に用いることのできる通信網を保持していることの重要性がうかがえる。これらのような格差を生じさせる人工衛星開発には、適切な介入が必要だと言えるのではないだろうか。ロールズが正義の第二原理の中で格差原理として主張したように、不平等は「最も不遇な人々の暮らし向きを最大限改善する」[46]ものである必要がある。ある国が取得した人工衛星のデータや人工衛星による通信ネットワークが他の国にとって必ずしも利益をもたらすものではないという点において、人工衛星の開発はそのデータやサービスを利用できない者の生活を改善するものではない。それどころか、開発能力のある国が情報等を手に入れることによって、相対的に開発能力のない国の地位が低下することも考えられる。これらの点において、現状の人工衛星開発は格差原理を満たしていないと言えよう。複数国家による開発や地球全体でのデータ共有の仕組みを確立するなど、人工衛星の開発には適切な規制が必要である。

4 現状行われている開発に対する方向づけ

前節で、人工衛星開発は自由競争に任せるのではなく適切な規制が必要であるとの主張を行なった。現時点でも、官民連携や国際協力といった観点から人工衛星開発やデータ利用に方向づけがなされている。

4.1 人工衛星開発における官民連携の取り組み

官民連携の取り組みとしては、ヨーロッパにて行われているコペルニクスプログラムがある [47]。民間企業との連携のもと ESA は地球観測衛星を打ち上げており、そのデータを無償で公開するシステムを作り上げ、気候変動対策・地球環境観測・人道支援などの目的のためデータが使用されることを期待している [48, 49]。そのような利用の促進のため、ESA は都市計画やデジタル農業などのテーマを設定した challenge-driven なコンテストを開催しており、民間企業がアルゴリズムの開発などによってデータに付加価値を生み出し新たなビジネスを作り出すきっかけを与えている [49]。

同様の取り組みは日本でも行われている。2022 年の宇宙基本計画重点事項において、民間の地球観測事業や安全保障に留意しつつも、政府が持つ人工衛星のデータを活用が容易な形式で無償公開を進めることが提言されている [50]。そのような衛星データ公開プラットフォームとしては、GCOM-C など JAXA の衛星データが公開されている G-portal[51] や国内外の衛星データを公開するだけでなく、データ利用の教育プログラムも提供する Tellus[52] などが存在する。Tellus に関しては令和 2 年度までにユーザ登録件数 12,000 件との目標が掲げられていたが、令和 3 年度時点で登録件数が 20,724 件に達しており、経済産業省の令和 3 年度宇宙産業プログラムに関する事業評価検討会において、2030 年代初期の宇宙利用産業に 3400 億円 (約 20%) 程度の貢献が見込まれるとの評価が行われている [53]。日本における懸賞金型の衛星データ利用促進事業としては、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の行う NEDO Supply Chain Data Challenge がある [54]。アイデア部門とシステム開発部門からなる事業だが、アイデア部門のテーマが「人工衛星データなどの利活用により、サプライチェーンマネジメントにおける課題を解決することを可能とする技術・ソリューションに関するアイデア」[54] であり、1 位の賞金は 100 万円となっている。これは NEDO 初の懸賞金事業であり、まだこのような形式が日本で広まっている訳ではないが、今回のコンテストの成果いかんでは導入が進む可能性がある。このようにデータが無償で公開されていくことで、不必要な開発が抑制されることも考えられる。また、懸賞金型事業によって開発の目的が与えられることで、ビジネスとしての予見性がある程度担保される効果や、適切な目標の設定によってより地球社会に貢献する開発を優先して行わせる効果が期待できよう。

ただし、効果的な官民連携を行う際には公的機関による適切な目標設定も重要となる。イギリスにおける官民連携による病院建設では、国民保健サービスが適切な基準を設定しなかったために、民間企業のコスト削減方針によって病床数削減や勤務環境の軽視に繋がった事例もある [55]。人工衛星開発においても、公的機関がデブリ問題に配慮しない基準を設けてしまうことによって軌道上の環境が悪化してしまうということも考えられる。また、前述のビジネスとしての予見性の低さは、公的機関によるプロジェクトの設計をより困難なものとするだろう。公的機関は人工衛星開発を取り巻くさまざまな課題や、技術の進展を正確に理解しより良い開発へ向けた戦略を示さなければならない。

4.2 人工衛星による観測データの国際共有の仕組み

国際的なデータ共有の取り組みとしては、センチネルアジアや国際災害チャータなどが存在する [56, 57]。アジア太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）の取り組みとして 2006 年から運用が開始されているセンチネルアジアは、アジア太平洋地域における災害時の衛星観測データ共有のシステムであり、日本やタイの大学が解析業務の中心となり、途上国等にデータを提供している [58]。国際災害チャータは 2000 年にカナダやフランスの宇宙機関が中心となって立ち上げた衛星データ共有枠組みで、2019 年時点で 15 の国と地域が参画しており、大規模災害時に各宇宙機関が自発的に情報を提供する [58, 59]。これらの取り組みには日本も参加しており、洪水時や油流出事故発生時に JAXA の人工衛星であるだいち 2 号の観測データを提供し、東日本大震災の際には解析の協力を得るなどしている [59]。一国では十分にカバーできない範囲や頻度のデータを入手し、災害後の状況把握を行うという点では有効な取り組みといえよう。しかし、観測を行っている衛星数の制限や手続きの煩雑さによって有効なデータが手に入るまで時間がかかること、データが手に入ったとしてもその精度が不十分であること、特に途上国において入手したデータを適切に利用できる専門家がいいることなどが問題となっている [58]。人工衛星の数、エンジニアの数ともに足りていないというのが現状である。だが、気候変動が世界的に問題となる中、これらの仕組みの重要性は増している。2022 年に行われた COP27 においても、気象災害に対する早期警戒システム構築の重要性が指摘され、開発パートナーや国際的な金融機関に対してそのようなシステムへのサポートが呼び掛けられた [60]。実際に全球をカバーする地球観測衛星網と情報処理システムを整備するとなると多額の資金が必要となるだろう。その負担をどのように分担していくのか、また開発の中心となるのが民間・公的機関のどちらが良いのか、もしくは国際機関が主導するべきかなど、考慮しなければならないことは多い。これまで議論してきたような安全保障上の問題や、ビジネス化の困難さなども実装の障壁となるだろう。より良いシステムを構築していくためにはどのような情報が必要となるのか、各国がどの程度までなら資金拠出が可能なのかなど、多角的な観点から情報を整理する必要があるだろう。

5 まとめ

民間活力の参入によって宇宙産業は市場規模を拡大している。中でも、IT 化による通信需要の高まりや、気候変動・災害対策のための地球観測の重要性が増していることによって、人工衛星の開発が注目されている。大規模なコンステレーションを用いた全球での通信網の整備や、地球観測衛星による温室効果ガスや地殻変動のモニタリングなど、人工衛星の開発は地球社会に貢献するポテンシャルをもつ。これらの分野においても民間企業が影響力を増しており、人工衛星の総数は指数関数的に増加している。しかし、地球周回軌道は限られた空間であり、スペースデブリ問題に有効的な解決策がないことを考えると、現状の開発競争をどこまで維持することができるのか疑問である。また、地球観測衛星を用いたビジネスは予見性が低く、事業化に難しさを抱えている。地球観測衛星の用途は多岐に渡り、その活用が期待されるが、自由競争によって必ずしも理想的な状況が実現するとは言え

ないだろう。

本稿では人工衛星開発に関する議論に倫理的な観点を導入し、人工衛星開発には公的機関の適切な方向づけが必要であることを主張した。新興宇宙企業によって大規模な衛星コンステレーションの構築が進む中、後続の開発主体にとって十分な領域が残されていない状況に陥ることも考えられる。ロック的但し書きと呼ばれる理論を導入すると、必ずしも先行する企業の優位性は認められないのではないか。また、人工衛星による通信網や地球観測情報を所有しているか否かによって、格差が生じうると指摘した。今後も規制を行うことなく開発が行われていくと、開発能力のある国や企業の優位性が増すばかりである。ロールズの格差原理の観点から、このような状況は望ましいものとはいえない。より良い開発のあり方や複数国家による協働などの取り組みを考慮していく必要がある。現状も懸賞金型の事業による官民連携や、災害時にデータ共有を行う国際的な取り決めが存在する。しかし、公的機関による目標設定の評価や大規模連携における資金分担のあり方など、検討しなければならない課題は多く残されている。これらの取り組みが持続的なものとなり、社会にとって有益な人工衛星開発が行われていくためには更なる検討が必要である。本論考は現状の整理にとどまったが、これらの問題に取り組むことを今後の課題としたい。

References

- [1] 塚本直樹, 小口貴宏. 月面基地とはいつ実現する? -目的や得られる資源、日本など各国の取り組みを解説. <https://uchubiz.com/article/fea25217/>. (Visited on 09/18/2023).
- [2] 宇宙にはいくらで行ける? 「宇宙旅行ビジネス」の現状と目的地別の費用、代表企業まとめ. <https://sorabatake.jp/12241/>. (Visited on 07/26/2022).
- [3] 斉藤由佳, 金岡充晃, 秀樹金山. “世界の宇宙ベンチャーへの投資動向調査分析”. In: 宇宙科学技術連合講演会講演集 (CD-ROM) 65th (2021), p. 7. issn: 1884-1945. (Visited on 09/06/2022).
- [4] 有人と圧ローバが拓く. <https://humans-in-space.jaxa.jp/biz-lab/tech/rover/>. (Visited on 01/14/2024).
- [5] ispace、民間月面探査プログラム「HAKUTO-R」ミッション 1 成果報告を発表. <https://ispace-inc.com/jpn/news/?p=4683>. (Visited on 09/18/2023).
- [6] Number of Active Satellites by Year 1957-2022. <https://www.statista.com/statistics/897719/number-of-active-satellites-by-year/>. (Visited on 09/18/2023).
- [7] Tereza Pultarova, Elizabeth Howell Contributions from Daisy Dobrijevic, and Adam Mann last updated. *Starlink Satellites: Everything You Need to Know about the Controversial Internet Megaconstellation*. <https://www.space.com/spacex-starlink-satellites.html>. Apr. 2022. (Visited on 09/18/2023).
- [8] Jonathan's Space Report — Space Statistics. <https://planet4589.org/space/con/star/stats.html>. (Visited on 01/14/2024).
- [9] 宇宙基本計画. 2020. (Visited on 09/19/2023).
- [10] ALOS シリーズ Open and Free データ | ALOS@EORC ホームページ. https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/index_j.htm. (Visited on 01/14/2024).
- [11] 「だいち2号」観測データの解析による令和6年能登半島地震に伴う地殻変動(2024年1月12日更新) — 国土地理院. https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto_insar.html. (Visited on 01/14/2024).
- [12] 報道発表 — 内閣官房ホームページ. <https://www.cas.go.jp/jp/houdou/240111csice.html>. (Visited on 01/14/2024).
- [13] Kokoro. 日本の宇宙ベンチャーが能登半島地震の対応に衛星画像を公開. Jan. 2024. (Visited on 01/14/2024).
- [14] 令和6年能登半島地震に伴う支援について: データ通信などの支援について — KDDI 株式会社. <https://disaster.kddi.com/category/2024/355/>. (Visited on 01/14/2024).
- [15] Naoko Shimmi. “Toward the Sustainable Use of Outer Space A Study on Specific Issues and Countermeasures”. MA thesis. Graduate School of Public Policy The University of Tokyo, 2022.

- [16] Donald J. Kessler and Burton G. Cour-Palais. "Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt". In: *Journal of Geophysical Research: Space Physics* 83.A6 (1978), pp. 2637–2646. issn: 2156-2202. doi: 10.1029/JA083iA06p02637. (Visited on 01/14/2024).
- [17] ジョナサン ウルフ. 「正しい政策」がないならどうすべきか. 大澤津, 原田健二朗 (訳). 勁草書房, Oct. 2016.
- [18] BryceTech. *2022 Global Space Economy*. Sept. 2023.
- [19] *Space: Investing in the Final Frontier*. <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space>. (Visited on 05/18/2022).
- [20] *5 Key Themes in the New Space Economy*. <https://www.morganstanley.com/ideas/space-economy-investment-themes>. May 2022. (Visited on 01/27/2024).
- [21] BryceTech. *Smallsats by the Numbers 2023*. Mar. 16.
- [22] 地球観測衛星の種類. <https://earth.jaxa.jp/ja/eo-knowledge/eosatellite-type/index.html>. (Visited on 01/28/2024).
- [23] 中村太一. “衛星による災害観測能力の総合的評価について（第一報）”. In: 日本航空宇宙学会論文集 63.4 (2015), pp. 143–149. doi: 10.2322/jjsass.63.143.
- [24] 中村太一. “衛星による災害観測能力の総合的評価について（第二報）”. In: 日本航空宇宙学会論文集 65.3 (2017), pp. 103–110. doi: 10.2322/jjsass.65.103.
- [25] 吉川和男 ほか. “光学衛星・sar 衛星によるリモートセンシング”. In: 砂防学会誌 71.5 (2019), pp. 77–80. doi: 10.11475/sabo.71.5_77.
- [26] SAR（合成開口レーダ）のキホン～事例、分かること、センサ、衛星、波長～. <https://sorabatake.jp/3364/>. Mar. 2023. (Visited on 01/28/2024).
- [27] *Synspective TOP*. <https://synspective.com/jp/>. (Visited on 01/28/2024).
- [28] UNOOSA. *Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*. 2010.
- [29] Sebastian Valencia. “Analyses of the Russian Antisatellite ASAT Missile Test on Kosmos1408 and Its Impact on Space Sustainability”. In: (Nov. 2021).
- [30] 伊勢田哲治. “第 7 章 宇宙に拡大する環境問題”. 宇宙倫理学. 昭和堂, Dec. 2018, pp. 127–142. isbn: 978-4-8122-1738-2.
- [31] IADC 08 03. *Sensor System to Detect Impacts on Spacecraft, Version 2.1*. Apr. 2013.
- [32] Donald Kessler et al. “The Kessler Syndrome: Implications to Future Space Operations”. In: *Advances in the Astronautical Sciences* 137 (Jan. 2010).
- [33] Wataru Nozawa et al. “To What Extent Will Space Debris Impact the Economy?” In: *Space Policy* (Aug. 2023), p. 101580. issn: 02659646. doi: 10.1016/j.spacepol.2023.101580. (Visited on 08/18/2023).

- [34] SSA（宇宙状況把握）とは～日本の防衛省と国際状況、企業の貢献、技術課題、運用システムを総合的に解説～. <https://sorabatake.jp/33237/>. Sept. 2023. (Visited on 01/28/2024).
- [35] 宇宙活動の安全確保 | JAXA 研究開発部門. <https://www.kenkai.jaxa.jp/research/debris/debris.html>. (Visited on 01/28/2024).
- [36] Zaeem Shabbir, Ali Sarosh, and Sheikh Imran Nasir. “Policy Considerations for Nascent Space Powers”. In: *Space Policy* 56 (May 2021), p. 101414. issn: 0265-9646. doi: 10.1016/j.spacepol.2021.101414. (Visited on 06/12/2022).
- [37] 衛星地球観測コンソーシアム. 提言 衛星地球観測の全体戦略に関する考え方. Mar. 2023.
- [38] 福井県民衛星プロジェクト — 福井県ホームページ. <https://www.pref.fukui.lg.jp/doc/chisangi/fukusat/kenmineisei.html>. (Visited on 01/14/2024).
- [39] 松井雄史. コンステレーションビジネスで広がる中小企業の宇宙産業への参入機会. Aug. 2021.
- [40] クリストフリュトゲ. 「競争」は社会の役に立つのか: 競争の倫理入門, p.27. Trans. by 格嶋津. 慶應義塾大学出版会, Aug. 2020. isbn: 978-4-7664-2638-0.
- [41] クリストフリュトゲ. 「競争」は社会の役に立つのか: 競争の倫理入門. 格嶋津(訳). 慶應義塾大学出版会, Aug. 2020. isbn: 978-4-7664-2638-0.
- [42] 近藤圭介. “第 11 章 宇宙資源の採掘に関する道徳的懸念”. 宇宙倫理学. 昭和堂, Dec. 2018. isbn: 978-4-8122-1738-2.
- [43] “Chapter 5: Absolute Weapons, Lightning Wars, and Ultimate Positions”. In: *Dark Skies: Space Expansionism, Planetary Geopolitics, and the Ends of Humanity*. Oxford, New York: Oxford University Press, June 2020, pp. 145–178. isbn: 978-0-19-090334-3.
- [44] 大規模災害時等における情報収集衛星画像に基づく加工処理画像の公開について. <https://www.cas.go.jp/jp/houdou/150909shorigazou.html>. Sept. 2015. (Visited on 01/14/2024).
- [45] “マスク氏、ウクライナの衛星通信の利用要請に応じず「重大な戦争行為」への加担回避と”. In: *BBC ニュース* (Sept. 2023). (Visited on 01/31/2024).
- [46] 赤林朗 and 児玉聡, eds. 入門・倫理学, p.44. 勁草書房, Jan. 2018. isbn: 978-4-326-10265-5. (Visited on 01/28/2024).
- [47] *Homepage — Copernicus*. <https://www.copernicus.eu/en>. (Visited on 01/28/2024).
- [48] 日本貿易振興機構 (JETRO). 欧州宇宙産業調査. Mar. 2021.
- [49] Douglas K. R. Robinson and Mariana Mazzucato. “The Evolution of Mission-Oriented Policies: Exploring Changing Market Creating Policies in the US and European Space Sector”. In: *Research Policy*. New Frontiers in Science, Technology and Innovation Research from SPRU’s 50th Anniversary Conference 48.4 (May 2019), pp. 936–948. issn: 0048-7333. doi: 10.1016/j.respol.2018.10.005. (Visited on 06/24/2022).
- [50] 宇宙開発戦略本部. 宇宙基本計画工程表改訂に向けた重点事項. May 2022.

- [51] JAXA. *G-Portal* トップ. <http://gpraps01.gportal.jaxa.jp/gpr/index.php>. (Visited on 09/11/2022).
- [52] トップページ | *Tellus*. <https://www.tellusxdp.com/ja/>. (Visited on 09/11/2022).
- [53] 製造産業局宇宙産業室. 第 1 回宇宙産業プログラムに関する事業評価検討会中間評価/終了時評価補足説明資料 資料 8-1. Jan. 2022.
- [54] NEDO 初の懸賞金事業「*NEDO Supply Chain Data Challenge*」最終選考会を開催 — ニュース — NEDO. <https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\101591.html>. 2022. (Visited on 01/28/2024).
- [55] Wil Gesler et al. “Therapy by Design: Evaluating the UK Hospital Building Program”. In: *Health & Place* 10.2 (June 2004), pp. 117–128. issn: 1353-8292. doi: 10.1016/S13538292(03)00052-2. (Visited on 05/31/2023).
- [56] *Sentinel Asia*. <https://sentinel-asia.org/>. (Visited on 01/28/2024).
- [57] *Home - International Disasters Charter*. <https://disasterscharter.org/web/guest/home;jsessionid=FE79B48152F27114F7BD0E7016E513DF.APP1>. (Visited on 01/28/2024).
- [58] 越智士郎 ほか. “アジア太平洋地域における衛星データによる災害緊急対応と国際連携”. In: 生産研究 71.4 (2019), pp. 877–882. doi: 10.11188/seisankenkyu.71.877.
- [59] 川北史朗 ほか. “センチネルアジアおよび国際災害チャータによる宇宙技術の国際的な防災利用活動”. In: 日本リモートセンシング学会誌 41.1 (2021), pp. 25–28. doi: 10.11440/rssj. 41.25.
- [60] *COP27 outcomes emphasize early warnings, observations*. <https://wmo.int/media/news/cop27-outcomes-emphasize-early-warnings-observations>. Nov. 2022. (Visited on 01/28/2024).

宇宙で人が亡くなったら

——近未来での宇宙——

提出日：2024 年 2 月 19 日

所 属：浄慶寺

氏 名：中島浩彰

まえがき

本稿では、まず時間の尺度を決めて、多くの人々が宇宙で暮らすようになったときに避けては通れない人の死の問題を取り上げる。地球上で人が死を迎えたときに当たり前に行われることが、宇宙ではその通りにはできないことがある。ISS 内でも宗教の自由は守られているので、略式で簡単な儀式をすることは月面であろうと宇宙ステーションであろうと可能だろう。問題はその後、亡くなった方の遺体を地球外の限られた場所でどのように扱うかである。たとえ亡くなったとしても人間としての尊厳は守られるべきであり、どのような選択があるのか思考実験を交え問う。

まず 1 章で時間の尺度を近未来・中未来・遠未来の 3 段階に分ける。本稿では近未来に焦点を当て、人が死ぬ事実とその後に残る遺体の問題を考察する。2 章では地球上での死者（遺体）の扱いをみる上で宗教上の差異と変化を確認し、3 章で宇宙での遺体の扱いを提案する。そして、4 章で分解肥料土壌にすることを功利主義から倫理的に問う。

1. 宇宙で人が亡くなるということ

1.1. 宇宙で人が亡くなる未来

宇宙開発の進展を近未来・中未来・遠未来の 3 段階で時間的に区分する。

近未来は、日本企業の ispace が提唱している 2040 年に 1,000 人が月面に住み年間 10,000 人が月を訪れる未来¹で、今から 10 年～30 年の間の期間とする。中未来は近未来の後、30～100 年程度、月面開発は進み火星へ向けての探査も本格的になっていく期間とする。遠未来は火星以遠へも進出し資源の利用や火星の開発、人類のエンハンスメントが当然となっている未来、数世紀以降。カルダシェフ・スケールではタイプ II 文明「母星の恒星の全てのエネルギーを利用することができる文明」(Kardashev, Nikolai 1964: 217)を遠未来とする。

宇宙での滞在最長期間は単発記録では 1994 年から 1995 年にかけてロシアのワレリー・ポリャコフ宇宙飛行士によるミール宇宙ステーションでの 438 日間で、累計記録ではロシアのゲネディ・パダルカ宇宙飛行士が 5 回で 879 日間、日本人では若田光一宇宙飛行士が 5 回で 504 日間 18 時

¹ <https://ispace-inc.com/jpn/>

間 35 分となっている。しかし、これらは強力な宇宙線や太陽風から大気や磁場に守られた宇宙ステーション内での活動日数である。現在計画進行中のアルテミス計画では、月周回有人拠点ゲートウェイでの年間滞在予定を 4 名の宇宙飛行士で 30 日程度と想定されている。このような環境下から徐々に月面を開発し、人々が宇宙線から守られる月面内ドームなどに長期滞在し始める期間を近未来として想定している。

1.2. 問題となること

宇宙進出や開発で見落とされがちな問題が宇宙滞在中における人の死である。

2022 年度に国連が発表した 2022 年の男女 15-60 歳死亡率 (1,000 人当たり) は世界平均 153、先進国平均 109²である。2040 年の予測では世界平均 169、先進国平均 110 となっている。1,000 人が月面に住み年間 10,000 人が月を訪れることが想定される近未来、月面や宇宙ステーションといった地球外で人が亡くなることを想定しておく必要がある。

そこで問題となるのが死者の扱いである。儀式や精神面も問題ではあるが、一番の問題となるのが物理的な遺体の問題であろう。

1.3. コスト

宇宙滞在中に人が亡くなった場合、ご遺体をどう扱えば良いのか。地球上であれば遺族の元へ返して葬儀をし埋葬する。(ごく当たり前のことが宇宙ではかなわない。) 平成 25 年内閣府宇宙戦略室の試算では、1 kg のものを運ぶためにかかる経費は 100 万円であり³、つまり 60 kg の人の場合だと 6,000 万円かかることになる。

1.4. デブリ

似たような事例では、日本の船舶上で亡くなった場合、船員法(昭和 22 年法律第 100 号)第十五条に「船長は、船舶の航行中船内にある者が死亡したときは、国土交通省令の定めるところによ

² UN, World Population Prospects 2022(2023/12/24 ダウンロード)

https://population.un.org/wpp/Download/Standard/MostUsed/WPP2022_GEN_F01_DEMOGRAPHIC_INDICATORS_REV1

³ 我が国宇宙輸送システムを検討する視点(2023/12/24 ダウンロード)

<https://www8.cao.go.jp/space/committee/yusou-dai1/siryou4.pdf>

り、これを水葬に付することができる」とある。アニメや映画では宇宙で人が亡くなった場合、棺に入れて船外に送り出すような埋葬が描かれることがある。しかし実際にはこれもいくつかの問題がある。1 つ目は棺を予め宇宙船等に準備しておく必要があること。宇宙船という限られた空間内には必要性の低いもののために占有できる場所の余裕はない。2 つ目には、遺体を ISS やゲートウェイのようなところから排出したとしても、映画のように宇宙の彼方へは行かない。押し出しされた遺体は、押し出した力に相応した距離の分だけ機体から離れるだけで、窓の外には遺体が浮いた状態で一緒に回り続けることになる。ISS のある低軌道内でこのようなことがなされた場合、いずれ地球の重力で大気圏内に落ちるとしても、他の人工衛星等でも問題となっているデブリとして大変危険なものとなる。

1.5. 環境汚染

月面の基地ができて、月の土壤に埋葬するという選択肢はどうだろうか。月においては『月その他の天体における国家活動を律する協定(以後、月協定)』第 7 条 1 項で月の環境汚染や既存の均衡の破壊を防止することが規定されている。人体には無数の菌類が存在するので、月の土壤に埋葬することは地表の汚染となる可能性があり、科学探査の障害となるため不可能である。また、月面に埋葬するということは、特定の場所を占有することとなり、『月協定』第 11 条 2 項で月はいずれの国家の専有にもならない規定に反することとなる。

2. 地球上での死者の扱い（火葬をどう捉えているか）

2.1. 宗教による違い

世界 5 大宗教でどのように死者・遺体を扱うか。

キリスト教：カトリックではキリスト教の教義に反する理由と肉体の復活に対する信仰への挑戦として 1963 年 7 月 5 日の聖庁の法令以来、（火葬はもはや異教の儀式として資格はないとし）火葬は禁止されている。しかしプロテスタントでは 1898 年以来カルヴァン派とルター派において火葬の自由は認められている。

ユダヤ教では火葬は禁じられている。しかしリベラルなユダヤ教徒は火葬を採用している。イスラム教は火葬を禁止し不認可としている。

仏教では火葬は可能である。また、ヒンドゥー教では通過儀礼として火葬は欠かせないものとなっている。⁴

2.2. 地域による違い

アメリカの宗教人口の割合は約 50%がプロテスタント、約 25%がカトリック、その他宗教が約 5%、無宗教が約 20%とキリスト教に属する人達が国民の 4 分の 3 を占めている。また、プロテスタント内の半数近くを占める福音派では、人は死後に復活すると考えられており、遺体を火葬してしまうと肉体が消滅してしまい生き返ることができないとされ、多くが土葬されている⁵。

イギリスでは 2018 年時点で約 81%が火葬となっている。フランスでは 1000 年にわたってローマ・カトリックを信仰してきた歴史から土葬の文化が定着している。フランスの火葬の割合は約 37%であり、ヨーロッパの中ではもっとも低い⁶。

北欧のゲルマン民族はキリスト教以前までは火葬が主流であった。現在、北欧でもっとも多いのがキリスト教プロテスタントの一つ、ルーテル教会（ルター派）である。キリスト教の終末論を重んじるノルウェーは 43%、アイスランド 42%と並んで火葬率は低い。スウェーデンは、国民の 64%がルーテル教会に属しており火葬率は 82%、デンマーク 84%と並び高い⁷。

インドではヒンドゥー教を信仰している人が 8 割近くを占めているので葬儀・埋葬方法はヒンドゥー教にもとづいて行われ、火葬後の遺骨はガンジス川に流される。

中国では通夜や告別式を爆竹やドラを鳴らし紙幣に見立てた紙を燃やし泣き叫ぶなど派手に行うのが一般的とされる。葬儀を盛大に行い悲しい感情を素直に表現して見送るということで、祖先を大切にするという儒教の教えが根底にある⁸。埋葬方法は火葬も行われるが土葬も根強い⁹。

韓国では元々の儒教の教えにキリスト教が溶け込み、信仰を持つ国民の 6 割以上はクリスチャ

⁴ Crémation et croyances religieuses

⁵ 東洋経済オンライン (2022/11/26)

⁶ Association Française d'Information Funéraire (2023/5/6 閲覧)

<https://afif.asso.fr/francais/Default.htm>

⁷ 葬儀のデスク 多様化する世界の埋葬方法 (2023/5/6 閲覧)

<https://sogidesk.com/knowledge/burial-method-world>

⁸ 樹木葬辞典 「海外の葬儀と埋葬方法」 (2023/5/6 閲覧)

<https://xn--i6qp24cjfctz3bpyl.com/column/732>

⁹ 中国時報 土葬望む高齢者自殺 (2014/6/9)

<https://ryukyushimpo.jp/news/preentry-226713.html>

ンだとされている。儒教では人は死後、魂（こん：天に昇る）と魄（はく：地に還る魂）にわかれるという死生観があり¹⁰、魄とは肉体を司る魂とされることから身体に傷をつける行為は禁忌とされ、肉体の復活というキリスト教の死生観と合致し火葬が禁じられている。

日本では墓地、埋葬等に関する法律（昭和 23 年 5 月 31 日法律第 48 号）があるため突出して火葬が多く 99.97%を占める。

2.3. 時代による変化

近年世界的に火葬が徐々に増え、2015 年全米の火葬率は米国史上初めて土葬率を上回り 2019 年末からの COVID-19 の影響でさらに加速し、2020 年土葬率は 37.5%、火葬率は 56.0%、今後 2025 年の予測では土葬率 30.6%、火葬率 63.3%とされる¹¹。

イギリスの火葬率は 2018 年の時点で約 81%。フランスの火葬率はヨーロッパの中ではもっとも低く 37%であるが火葬を希望する人は 63%にものぼり、パートナーにも 56%の人が火葬を望んでいることが 2021 年の調査にある¹²。

中国における火葬率は 2019 年度 50%を超え、そして COVID-19 の影響で 2021 年に火葬率は 58%を超えた¹³。韓国は、儒教を厳格に守る国民性から近年まで土葬が主流であったが、2015 年度には火葬率は 80.8%¹⁴あり、さらに 2023 年には COVID-19 の影響も加わり 92.5%になった¹⁵。

このように宗教・地域を越えて土葬から火葬へと移り変わっている。そしてさらに COVID-19 を経て加速的に火葬への流れが主流となりつつある。

¹⁰ 曹起虎 2012 現代韓国における儒教の「死」の意識と葬送儀礼

¹¹ NFDA News Releases (July 7, 2020)

<https://nfda.org/news/media-center/nfda-news-releases/id/5230/the-future-of-funerals-covid-19-restrictions-force-funeral-directors-to-adapt-propelling-the-profession-forward>

¹² 葬儀のデスク (2021/12/16 投稿)

<https://sogidesk.com/knowledge/burial-method-world>

¹³ Number of bodies cremated in China from 2014 to 2021 (2023/5/6 閲覧)

<https://www.statista.com/statistics/1071362/china-cremation-number/>

¹⁴ HANKYOREH(韓国語原文入力:2016-10-27 14:49)

https://www.hani.co.kr/arti/society/society_general/767589.html

¹⁵ KOREA WAVE/AFPBB News(2023/12/24 配信)

<https://news.yahoo.co.jp/articles/c6ce7e78101a02c5e0924df197b2dc09293eca64>

3. 宇宙での埋葬方法

3.1. 埋葬方法

I. 火葬

このように火葬が急激に広がる中、火葬に対する宗教上の意味以外に環境上の問題も指摘されるようになった。イギリスでは棺桶ごと 900°C で燃やし遺体を焼却灰にしている。それにより年間 1.35 トンの水銀が大気中に放出され環境問題となっている。フランスでは 1994 年 12 月 29 日に工場からの水銀とダイオキシンの放出を規制する法令が成立したが、火葬場から放出されるものには基準値もなく適切なフィルターを使用する法的義務もない。そのため発がん性、変異原性、生殖毒性物質である水銀のガス放出総量の 3 分の 1 を火葬場が占めている。その一方で火葬による公害を減らすための工夫をしている国もある。デンマークでは接着剤とテレビン油の使用を避けたニスなしの棺桶が標準化された。イタリアでは棺桶のすべての装飾品（クルシフィクス）が外されている。スイスでは、棺を開け遺体を金属探知機で選別し必要であれば特殊なオーブンに送るなどされている。

日本でも 1968（昭和 43）年の大気汚染防止法 2 条 2 項「ばい煙発生施設」に火葬場は含まれていなかったが、2000（平成 12）年 3 月「火葬場から排出されるダイオキシン類削減対策指針」を受け、2010（平成 22）年 7 月厚生労働省通知による「火葬場から排出される有害化学物質」への対応を反映し改正された。このように火葬においては様々な大気に対する問題があることが示された。また、火葬をするということは大量の酸素を消費することも無視できない。

II. 土葬

月面や火星等惑星での埋葬は、土壤汚染という観点より科学的調査が完了するか、テラフォーミングが実施されるようになるまで地球外では難しいと考える。

III. 水葬

アルカリ加水分解（Aquamation¹⁶）水 95%・アルカリ化合物 5%を 160°C に加熱した溶液に 4～

¹⁶ AQUAMATION

<https://aquamationinfo.com/>

<https://www.aquamation.com.au/>

6 時間、遺体を入れて分解する水葬が次世代の火葬に変わると注目されている。アメリカは 1888 年に「死体や排泄物の処理方法」としてアルカリ加水分解の特許を取得し、火を使わず環境破壊にならない方法として、アメリカ・イギリス・カナダ・オーストラリアなどの先進国、またはその一部地域ではすでに合法化されている。水葬では従来の火葬に比べ電力の使用量は 10%未満で CO2 排出量の大幅削減、水銀やその他の有毒な大気排出も発生しないとされる。

IV. 冷凍粉碎法

スウェーデンのプロメッサ社が提供するプロメション(Promession)という新たな埋葬方法がある¹⁷。遺体を-196℃でフリーズドライにした後、超音波で粉碎した上で生分解性の棺（箱）に入れ墓地や土に埋める。人体を有機質の土壌に変える生態学的埋葬方法でグリーン・フューネラル（緑の埋葬法）とも呼ばれている。半年から一年で有機質の土壌へと替わり、有害な病原菌は除去されるので安全とされる。

これら遺体の扱いについて考察すると、地球外での火葬、土葬は現在のところ論外であり、水葬、冷凍粉碎法が有力である。また、日の当たらない月面溶岩ドーム下であれば外気温度は-170℃とされるので、160℃で 4～6 時間加熱する水葬より-196℃で冷凍粉碎するプロメションの方がエネルギーの使用量からみて有力な手段であると考ええる。

3.2. 分解肥料

I. 分解肥料土壌

冷凍粉碎法を提唱しているプロメションでは、超音波で粉碎した後、異物を取り除いた上で生分解性の器（棺）に入れ墓地や土に埋めるとされている。地球上では 1 年以内で有機質の土壌に変わるとされている。私案としては、粉碎された後はタブレット化し、月面や宇宙ステーション上の食物プラントの土壌に混入させることで、埋葬の問題も解決し宇宙で暮らす人の一途となるサステナブルで最適な手段だと提案する。

II. 生産物を食することができるか

¹⁷ PROMESSA[®]

<https://promessa.se/>

宇宙での人の死と土に還るまでを整理すると、人が亡くなった場合、故人の遺志や親族・近親者の願いの元で何らかの別れの儀礼をした後、遺品は親族等に返却し、プロメションを行った後の遺体をタブレット化し、食物プラントで肥料と共にプラント内の土壌に混入する。月面や宇宙ステーション上では墓石のようなものは作らず、一定の場所（壁面）に故人のネームプレートを設置することを提案する。

しかし、この一連の流れを言葉を選ばず表現を変えると「墓地を耕してできた植物を食する」ということになる。墓地にできるトマトやキャベツ、ジャガイモを想像すると食することに抵抗を感じる人もいるかもしれないが、それはなぜか。地球上で人が土葬された場所で育った作物を思うとカニバリズムを想像するからだろうか。例え土葬の土であったとしても、直接人体を食する訳ではないのでカニバリズムには当たらない。単純に墓地の土壌であることに気分的な抵抗があるのではないか。しかしそれは認識の問題である。一般の田畑であっても作物のなる土壌には有機物があり、そこには動物・昆虫、様々な生物の遺体が分解され栄養となっている。

似た例えとして、地球温暖化の問題から食肉、特に牛の牧畜が問題視され、牛肉（動物性タンパク質）に替わるタンパク質として昆虫食に焦点が当てられている。しかし、未だ普及には至っていない。このことは食品の栄養価やタンパク源としては問題ないものの、見た目や昆虫を食べるということ自体の印象が嫌厭されていると思われる。現に昆虫を調理しそのまま食べることに抵抗があっても、加工され見た目も味も良いようになれば印象は変わる。さらにネーミングの要素もある。蚕から多様な食品素材を開発するエリー株式会社¹⁸がオメガ3脂肪酸を豊富に含む蚕を原料に開発された「シルクミート¹⁹」というものがあり、見た目も昆虫の気配はなく、しぐれ煮かそばろの様な感じである。蚕肉と言われると食欲をなくしてしまうが、シルクミートと言われるとなぜか美味しそうにすら感じるのも表現と認識の問題だと考える。

¹⁸ エリー株式会社

<https://www.ellieinc.co.jp/>

¹⁹ Press Walker (2022/10/21 掲載)

<https://presswalker.jp/press/4549>

4. 分解肥料土壌にすることを倫理的に問う

4.1. 問い

近未来、宇宙で人が亡くなった場合、遺体は冷凍分解の一択にすることを規則化することは可能であろうか。統治功利主義によって制度設計や政策を決定するならば、功利主義に適えば可能と考える。ただし技術が発展・進歩した場合、より功利主義に合致する遺体の扱いができるようになればその限りではない。

次に、自分の死、死後の遺体の処置の決定権は何処にあるのか。死は誰のものか、死後の遺体は誰のものか、という問いである。日本においては「近代国家成立以降は医師の資格を国家が免許制によって認め、その医師のみが個体における死の判定を行うことが法的に定められることによって、「死の医療化」が成立したことになる。」(波平恵美子 2005 P.19)また、「明治初期に明治政府が軍事制度を整備しようとした際、死亡した兵士の祭司は軍部によって行われ、・・・(中略)第一義の祭祀権は国家にあったことになる。」(波平恵美子 2005 P.28)このように、歴史的には死や死者の扱いや法的扱いも時代と共に変化し、生命倫理や人間の尊厳による死者の保護としてなども論じられているが今回は割愛する。現状地球上では、死後自分の遺体は自身の信仰もしくは家族・親族の信仰によって処置される。(土葬であったり火葬であったり) 遺言として本人が指示を残すことはできても、実行するのは遺族であり権利執行者である。

では宇宙における遺体の処置の決定権は誰にあるのか。近未来においては地球上とは異なり、小規模な宇宙基地や宇宙ステーションでは、行動の自由、生活の自由等制限された共同体となるので、遺体の問題は死んだ本人よりもその場所にいる人達の問題となることの方が大きいと考えられる。

4.2. 功利主義

功利主義を通して分解肥料土壌の使用を義務化できるかを問う。まず、分解肥料土壌の使用義務化をすることが社会的効用、利害関係者(宇宙で暮らす人間)の効用を最大化するか否か。

1. 宇宙では、資源とエネルギーは枯渇している。
2. 人が宇宙で生活する上で食料とエネルギーの消費は大きな課題である。
3. 全ての食料を地球からの運搬に依存することは、コスト的にもエネルギー的にも功利主義に反する。

4. できる限りに於いて現地（宇宙）での自給自足の環境を構築することは功利主義的にも適っている。

以上のように分解肥料土壌とすることは、宇宙での作物プラントの土壌として植物育成の資源となり、また育成された植物が食物とされ宇宙で暮らす人間の栄養・エネルギーとなることは社会的効用、利害関係者の効用として最大の活用方法といえる。

次に、故人の意思として分解肥料土壌として遺体を扱わなかった場合、遺体を処置するためのエネルギー問題と処置した後の遺体・遺骨の維持管理の物理的問題が残る。宇宙で暮らす人に還元されることのないエネルギーの消費と空間の占有は費用対効果にそぐわない。よって功利主義的に反する。これらから、遺体の扱いを分解肥料土壌とすることを義務化することは良策であると考えられる。

4.3. 反論

地球上においては、自分の死は当人の問題として扱われる。宇宙においても同様に、自分の死は当人の問題として扱われるべきだ、という反論は考えられる。近未来の宇宙においては、家族で宇宙に暮らすことは一部に限られるだろう。宇宙ステーションや月基地、火星基地のような密閉された限定空間において、地球上と同様の信仰に合った遺体の処置は、土葬の場合、土壌汚染となり、火葬の場合は酸素の過剰使用、焼却エネルギーの費用対効果からみて不可能であるといわざるを得ない。しかし、これらも中未来となりテラフォーミングもなされるような状況変化が起これば一概には言えない。

4.4. 危害原理

ジョン・スチュアート・ミルは『自由論』（1859）の「危害原理」で国家・社会が個人の選択に介入できる範囲は何処までか、限界を定めようとした。

この原理の含意は、大きく次の二点である。第一に、制約が認められるのは他者に〈害〉が生じる〈現実の危険〉がある場合に限られる。その行為を見るのが不愉快だとか不安だという心理的な要素は、正当な根拠として認められない。・・・（中略）誰かにとって不愉快な振る舞いを社会が強制的にやめさせるべきではない。

第二に、行為者自身にのみ危害が及ぶような行為を強制的にやめさせることはできな

い。たとえある選択が本人の不利益につながることも明白だとしても本人がそれを望むのならば、社会が介入すべきではない。(瀧川 裕英, 宇佐美 誠, 大屋 雄裕 2014 P.62)

これらを踏まえ、遺体を分解肥料土壌にすることを危害原理から考察する。遺体を分解肥料土壌にすることは不快に感じる人はいるかもしれないが、他者の食料や栄養になり得こそすれ、病害を生じたり、現実の危険があるわけではないので危害原理からみても制約されるべきではない。

まとめ

近未来、1,000 人が月面に住み年間 10,000 人が月を訪れる未来を想定すると月面および、地球外で民間人が亡くなることが問題として想定される。少なくとも年間 1,000 人あたり数十人以上の人が月面で亡くなることは想像に難くない。

その上で死者の扱いが問題となるので、早急に何らかの規則を整えることが必要であると考え。日本においては『墓地、埋葬等に関する法律』(昭和 23 年 5 月 31 日法律第 48 号)があり、アメリカでもニューヨーク州の議会法案 A382 (2022 年)『墓地法人としての天然有機物還元施設の設置、運営及び業務に関すること。』等があるので宇宙埋葬法のような規則作りは可能だと考える。

年間数十人以上が亡くなる状況では死者の扱いは軽視できない。月面や宇宙ステーションという地球から隔離された環境で、限られた資源、限られたエネルギー、限られた環境の中で人が暮らすためには、全てのものの供給を常に地球から頼ることはできない。したがって月面や宇宙ステーションでの遺体の扱いはその場の環境汚染にもならないよう、限られた環境内で循環させる必要がある。

これらのことから遺体の扱いは、プロメッションを行いプラント内のプランターの有機土壌に混入することが最善と考える。そしてこのことは、月面で生活する人の食物の栽培に使用する土壌の一部になることを意味する。表現を変えると、「あなたは遺体が分解された土壌で栽培された食物を食べることができますか。」という問いを投げかけられるように思う人もいるかもしれない。また、直観的に抵抗を感じる人もいるであろう。しかしそれらは、功利主義的に、危害原理からも倫理的判断としては問題ないと位置づけた。

参考文献

- 赤林 朗, 児玉 聡, 2018, 『入門・倫理学』, 勁草書房.
- Bentham, J., Mill, J. S., 1967, (山下 重一(訳), 『世界の名著』〈第 38〉「道徳および立法の諸原理序説」, 中央公論社.)
- Hare, R. M., 1994, 『道徳的に考えること』, 勁草書房.
- 稲葉 振一郎, 2016, 『宇宙学入門』, ナカニシヤ出版.
- 伊勢田 哲治, 神崎 宣次, 呉羽 真, 2018, 『宇宙倫理学』, 昭和堂
- 伊勢田 哲治, 檜 則章 2006, 『生命倫理学と功利主義』, ナカニシヤ出版.
- 磯部 洋明, 土井 隆雄, 坂東 麻衣, 柴田 一成, 石原 昭彦, 寺田 昌弘, 伊勢田 哲治, 小山 勝二, 2019, 『人類が生きる場所としての宇宙』, 朝倉書店.
- Kardashev, N., 1964, "Transmission of Information by Extraterrestrial Civilizations".
Soviet Astronomy 8: 217.
- 川名雄一郎, 山本圭一郎, 2010, 『功利主義論集』, 京都大学学術出版会.
- 児玉 聡 2020, 『実践・倫理学』, 勁草書房.
- 小宮山 陽子, 2022, 『死の定義と〈有機的統合性〉』, 勁草書房.
- Mill, J. S., 1860, "On Liberty" (山岡洋一(訳), 2006, 『自由論』, 光文社古典新訳文庫.)
- 波平 恵美子 2005, 『法社会学』 2005 卷 62 号「死の「成立」、死体の処分、死者の祭祀をめぐる慣習と法的環境との齟齬」 pp. 19-30, 189.
- Singer, P., 1999, 『実践の倫理』 [新版], 昭和堂.
- 瀧川 裕英, 宇佐美 誠, 大屋 雄裕 2014, 『法哲学』, 有斐閣.
- 玉蟲 由樹 2004, 『仙台白百合女子大学紀要/8 巻』「死後の人格権保護について」 pp. 47-62.
- 宇佐美 誠, 児玉 聡, 井上 彰, 松元雅和, 2019, 『正義論』, 法律文化社.
- Zubrin, R., 1999, "Entering Space": Creating a Spacefaring Civilization.

宇宙ビジネスの倫理的概観

－ 未来のリスク管理と企業コミュニケーションのために －

Ethical overview on space business

－ For crisis management and corporate communications in the future －

原田 朋

Abstract

In the 21st century, companies are playing a major role in space exploration, but the law does not adequately regulate their activities, and as a preliminary step, the ethics of the space business must be discussed. From a utilitarian perspective, the overall good of the space industry is to maximize the happiness it brings to its stakeholders, but at a minimum, categorizing morality, stakeholder theory, and the point of attribution of expected benefits will add ethical considerations as well as understanding the structure of the space industry. Urgent themes related to potential harm will be examined, as well as possible risk management and corporate social responsibility activities.

はじめに

20 世紀は国による宇宙開発、21 世紀は企業による宇宙開発。そう言っても過言ではないほど、現在の宇宙開発における企業の存在感は大きい。毎日のように宇宙企業のニュースを目にする。しかし、ビジネス活動と倫理的議論と法整備の関係は、ちぐはぐに見える。たとえば、1967 年の宇宙条約は宇宙空間や天体の国による領有を認めていないが、各国とその企業が月の資源や火星を目指して活動している。アメリカ、ルクセンブルク、UAE、そして日本の各国が国内法として宇宙資源法を定めて、企業に宇宙資源の取得を認めている。そのちぐはぐな状況において、宇宙企業はどのようにリスク管理やステークホルダーとのコミュニケーションを考えていけば良いのか？宇宙ビジネスの発展のために、そして倫理的議論をふまえた適切な立法や規制のために、それらの論点を検討したい。

1.現代の企業倫理と企業コミュニケーション

1.1. 多様かつ多層な倫理の中で生きる

現代に生きる私たちは、多層的な倫理を内在させながら生きている。たとえば、企業の一員・職業人としての私は事業利益を追求することを基本的倫理として持つだろう。一方、一

人の生活者としての私は、企業の一員の自分とは別の倫理を持ち、ひそかに人類の経済活動が地球環境に与える負荷について胸を痛めているかもしれない。家族の一員として夫婦の家事負担の平等という倫理を持ちながら、親世代の保守的な男女観も理解して表面的に合わせる。LGBTQ の人たちを応援したいと思う自分が、自分の子どもがカミングアウトした時には受け入れられないかもしれない。

市民一人の中に多層的な倫理があることは、社会の中に多様なだけでなく多層な倫理が存在することの現れでもある。国民、地方自治体住民、地球人、企業の従業員、匿名参加の SNS、家族、婚外の恋愛関係、秘密の趣味のコミュニティ。個人の中で多層的に存在している倫理と倫理が矛盾していることがあり、社会の中で多様に存在している倫理と倫理が衝突することもしばしばある。

このような視点で私たちが生きる現代社会を眺めた時、コミュニケーションというものが発揮している、倫理観の、というより、倫理”間”の、合意形成機能は大きい。意見や態度の衝突が起きた時、自分と相手の共通点を見出したり、対立する部分についての妥協点を見出したり、より大きな目的や大義で双方が合意を形成できる倫理を創ることがしばしば要求される。時には、法律家や裁判官や警察など外部の強制力に訴えたりする。コミュニケーションの重要な機能の一つは、多様かつ多層な倫理を持つ人と人の間で、合意形成を行い、共有できる倫理を創ることである。

1.2. 企業と多様なステークホルダー

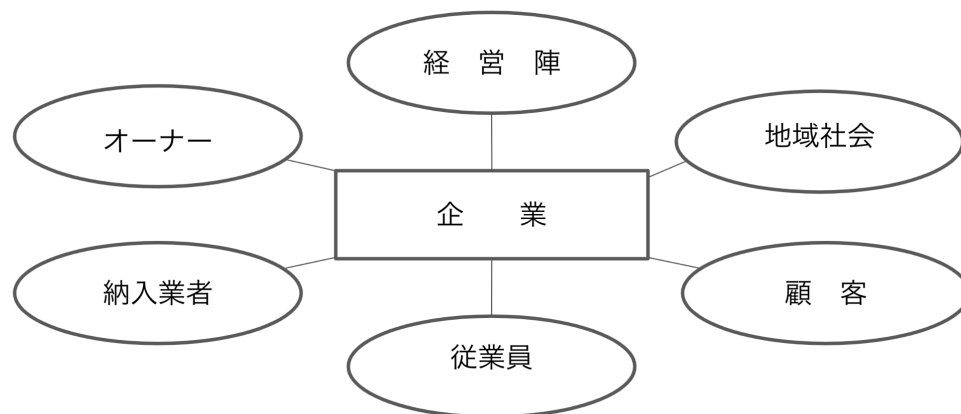
個人と同じように、企業を取り囲む倫理は一層多様かつ多層である。相手の倫理観を理解しながら合意を形成するコミュニケーションは、企業にとっても生命線となる活動であり、その相手とはステークホルダーと呼ばれる存在である。

ステイクホルダー理論は、企業の社会的責任とは何か？という問いに対してアメリカで生まれた、企業倫理を考える際の基本理論の一つである。1980 年代の代表的論者の一人であるフリーマンは「ステイクホルダーとは、企業に利害関係あるいは請求権を持つ人々の集団」

であり「『狭い定義』は、企業の存続や成功に不可欠な集団を含意している。『広い定義』は、企業に影響を与えることができたり影響を与えられたりする、あらゆる集団や個人を含意している」（ビーチャム & ボウイ 1993 邦訳 2005:103,107）と定義した。

図1が示すように(ビーチャム & ボウイ 1993 邦訳 2005:107)¹、企業のステークホルダーは、経営陣、オーナー(株主や投資家)、サプライヤー、顧客、地域社会、と広範に渡る存在であり「一般的に、経営陣はステークホルダーたちの関係の釣り合いを保たねばならない」（ビーチャム & ボウイ 1993 邦訳 2005:110）とフリーマンは述べた。彼は「経営者は株主に対して受託関係を持つという考え方を、経営者はステイクホルダーに対して受託関係を持つという考え方に置き換え」（ビーチャム & ボウイ 1993 邦訳 2005:103）たいと考えた。企業が慈善活動をする根拠と言われていた「企業の社会的責任」の意味を、ステイクホルダー各々に対して責任を果たすことと定義しなおしたのである。この背景には、ストックホルダー＝株主の利潤を最大化することこそ企業の目的であり社会的責任と考える、ノーベル経済学賞学者 M・フリードマンらのストックホルダー論を乗り越えるために生まれたことがある。

図1 企業のステークホルダーモデル



¹ 2020 年に出版されたこの本の 10th Edition (P224)では、第一層ステークホルダーとして Financier, Supplier, Employees, Customers, Communities が、第二層のステークホルダーとして Media, Government, Competitors, Consumer Advocate Groups, Special Interest Groups が示された、より広範な関係者がステイクホルダーとして加えられた概念図が掲載されている。

1.3. 最小限道德～害の回避を第一に

各ステイクホルダーとの間で具体的に倫理を考えるための、ビジネス倫理の基本線をどのように考えれば良いのだろうか？

私は、最小限道德(moral minimam)という視点を重視する。現状を吟味して、さらなる善をなそうとするよりは、害を与えていないかどうかを第一に考える。また「積極的義務(～した方が良い)」と「消極的禁止命令(～してはいけない)」を区別し、消極的禁止命令にあたる害の回避を優先するという考え方²。これはミルが述べた他者危害原則の伝統につながるものと言え(赤林・児玉 2018: 第四章-II.1.)、また立法や規制の前段階の検討の役割を果たすものと言える。

「法で規制されていなくても社会に害を与えていると考えられるもの」を明らかにすることが最小限道德の大きな要素であり³、それは将来の実定法の制定の基礎となっていくものであろう。その点から、企業活動の倫理は以下のように考えられる。

1. 企業活動の善とは、そのステイクホルダー間の契約プロジェクトとしての本性から、利益を出して投資家と従業員に経済的に報い、顧客には便益を提供して報いていることである。
2. 同時に、利益の追求において、違法でなくてもステイクホルダーに害を与えている可能性があるならば、それを規制・禁止することを検討しなければならない(最小限道德による消極的禁止命令)。害については、顕在的なものも潜在的なものもあると考える⁴。

² サイモンとパワーズとガネマンは次のように述べ、社会的な害の回避を第一に求めた。「公的な議論では、積極的でことによると高尚でもある理想と、社会の組織化のための最小限の要件を区別しないという間違いが多い」と注意を促した上で、「市民たちが他者への危害を回避するという要件をはるかに上回る社会は、確かにもっとよい共同体であろう。しかし私たちは、諸個人が公共の福祉を積極的に増進することへの関与をまちまちな程度で示すことを確かに認めている。他方私たちは、皆が等しく他者に害を加えるのを差し控えることを期待する」(ビーチャム&ボウイ 1993 =2005: 93-94)

³ 以下のサイトに最小限道德を理解しやすい図がある。(最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

<https://boisestate.pressbooks.pub/businessethics/chapter/what-is-the-idea-of-a-moral-minimum/>

⁴ ELSI (Ethical, Legal and Social Issues) の領域がここにあると考える。言うなれば、法のゆりかごとしての倫理的課題や社会的課題である。人類の歴史を重ねるにつれて、物理的にも知的にもフロンティアは拡大する。そこに、倫理のフロンティアが生じる。かつてのイギリスでの、同性愛をめぐるハート＝デブリン論争のように、この最小限道德のエリアにおける倫理的議論から、新たな法律が生まれていくのだと考える。

3.その上で、なすことができる、さらなる善があるならば、実行した方が良い（積極的義務）。

宇宙企業がステークホルダーに対して果たす責任を考える際も、基本の善、害、さらなる善の区別に留意したい。そうすることで、全ての宇宙開発を夢とロマンという絶対善で語るでもなく、全ての宇宙開発を害と断ずるでもなく、両者を分けてより明確で具体的な概観と指針を示せるはずであり、またこれからの法や規制の予備的検討ができるはずである。

1.4. 企業コミュニケーションとステークホルダー

ここで、いわゆる CSR(=Corporate Social Responsibility)という概念について、注意しておきたい。現在も慣習的には多くの日本企業では CSR というと、具体的な「慈善活動」や「寄付行為」という「答え」を意味して使われている点だ。前節で述べてきた企業倫理学の議論では、企業の社会的責任は元来、企業の「慈善活動」を指していたが、フリードマンやフリーマンらの議論を経て、現在は、企業の社会的責任とは何か？という「問い」になっている。フリーマン流に言えばそれぞれのステークホルダーからの受託に対して果たすべき責任は、それぞれ具体的には何なのか？という問いなのだ。

株主、顧客、従業員、取引先、地域社会、さらには、競合企業、地方や中央の政府、メディア、消費者団体、NPO など、企業は活動のためにさまざまなステークホルダーと関わっており、コミュニケーションは全てのステークホルダーとの間で行われる。そうしたコミュニケーションを総称して、企業の中に英語圏でいう Communications という業務領域があり、これは企業広報⁵と訳される。企業コミュニケーションの重要な機能の一つは、多様かつ多層な倫理を持つステークホルダーとの間で、果たすべき責任の合意形成を行うことである。

⁵ 企業広報は Corporate PR と呼ばれることもある。広報と同じ領域を指す言葉として Public Relation = PR があり、企業経営やビジネスにはふだん縁のない読者を混乱を招きそうだが、Communications はその行為に焦点を当てた呼び方であり、PR=Public Relations は行為の結果として生まれる社会との良い関係に焦点を当てた呼び方である。

実際に、実務の上で、多様なステークホルダーとのコミュニケーションをバランス良く行うことが⁶、現代企業の生命線になっている。サプライヤーや従業員との間で高圧的・強制的な合意形成によって苛烈な要求をしたり（人権問題）、地域社会や国際社会の倫理観を見失って環境に配慮しないやり方で株主の利益に答えたとしても、マスコミやネット社会による糾弾が待ちうけている。私たちが個人としても多様かつ多層な倫理を内在させて生きているように、企業も多様かつ多層な倫理のステークホルダーと関わり合意形成しなければ持続的には存在できない。合意形成活動の核となるのが企業のコミュニケーション活動である⁷。

⁶ また個別のステークホルダーとのコミュニケーション活動が、Relation という単語を用いて以下のように専門化したのが 21 世紀の企業である。投資家向けのコミュニケーションは IR = Investor Relation と呼ばれるだけでなく、既存顧客とのコミュニケーションは Customer Relation と言われ（新規顧客向けのコミュニケーションが広告と呼ばれる）、自治体や政府とのコミュニケーションは Government Relation と呼ばれる。その中でも企業から全てのステークホルダーに対しての公式コミュニケーションとなるのが、企業広報、企業 PR である。プレスリリースを出すことは全てのステークホルダーに向けた企業広報である。

⁷ 企業と多様なステークホルダーとのコミュニケーションに、倫理的思考を働かせることによって合意形成を行い、ステークホルダーとの良好な関係を築き、企業のビジネス活動を円滑に進められるようにする仕事が、企業広報である。結果として、企業は良いリピュテーションを獲得し、いわゆるブランド価値が高まる。倫理的思考によって企業価値を高める仕事であると言えることができる。

日本語の「広報」は、企業のコミュニケーションを総合的に表す言葉である。2023 年、日本広報学会では、広報の定義を以下のように新しく定めている。「組織や個人が、目標達成や課題解決のために、多様なステークホルダーとの双方向コミュニケーションによって、社会的に望ましい関係を構築・維持する経営機能である」（日本広報学会 2023）#。

企業は、倫理的思考をはたらかせてコミュニケーションすることで、ステークホルダーから支持を得られ、時には得られなかったりする。広報担当者は、自己(自社)にとっての倫理観が、他者（顧客や投資家などのステークホルダー）の倫理観がそろっているか。さらに、社会のメジャーな倫理観とそろっているか、を意識しながらコミュニケーションを行うことになる。企業コミュニケーション活動に内在する倫理の代表的な例が、サステナビリティやダイバーシティなどの（社会的文脈と呼べるレベルで）多くの人が支持する倫理を内在させた企業コミュニケーションである。

倫理という言葉は、利潤の追求とは逆のベクトルを持つイメージをもたれることが多いが、前々節（最小限道徳について）で述べた通り、ステークホルダーの一つである株主と企業が共有する倫理は「利潤を追求すること」であり、利益を損なう活動やコミュニケーションこそが非倫理的であろう。企業は多様なステークホルダーとコミュニケーションを取らなければ生きていけない。そのコミュニケーションにもリスクとリターンがあり、そのバランスを考えながら生きていくのが企業の宿命であり、そして、バランスを考えながら企業の倫理観を創っていくのが、企業広報の仕事なのである。フリーマンが「一般的に、経営陣はステークホルダーたちの関係の釣り合いを保たねばならない」（ピーチャム & ボウイ 1993 邦訳 2005:110）と述べる釣り合いは、倫理間の釣り合いでもある。

現代社会の中に多層かつ多様な倫理観が存在するということは、時に、一つの論点に関して対立するメジャーな倫理同士が並存することもあり、それはしばしば「社会の分断」と呼ばれる。たとえば、あるマイノリティの

また本文では立ち入らないが、企業のコミュニケーション活動つまり広報の実務もまた倫理的でなければならない、そこには現代の情報環境を踏まえた倫理的論点が存在する⁸。

人々を応援する企業コミュニケーションが、その倫理観を受け入れない保守的な人々から拒絶されることもありうる。2018年にナイキ社が米国で、黒人差別に抗議してNFLの試合中にひざまずき選手から外されたコリン・キャパニックを広告に起用した。その起用の事実に対して、強い支持者も生まれたが、反感を持つ人々がナイキの靴を燃やす抗議活動を行った⁹。誰かにとって倫理的だと判断したコミュニケーションが、違うグループの人々からは非倫理的だと感じられることがありうるのだ。ナイキのように巨大な企業は、アメリカ社会の中の価値観の違う人々をステークホルダーとして持っており、顧客や地域社会の倫理は一つではない。この例では、彼らは耳触りの良い玉虫色の広告を作るよりも、ある倫理を企業の意志として採用する決断をした。もちろん彼らはリスクとリターンを計算したであろうが、企業も政党や政治家と同じように、倫理によって誰を支持者とするか？を選ばなければならない時代になってきている。

⁸ 広報実務において、倫理的思考はどのように働くのであろうか。それを考えるために、広報になじみのない読者のためにも、実務の流れを概観しておきたい。実際には様々な個別実務が存在するが、一般化すれば、多くの場合企業広報は次のような流れで実施される。

1.事実：企業活動の中から、コミュニケーションの対象となる事実を選ぶ(新商品や新サービスのローンチ、企業目標の達成、経営者の異動や組織編成の変更、利益目的以外の企業活動(CSR)、事故や不祥事の場合はその事実内容、等)。

2.手段：その事実をどのようなやり方で伝えるか、広報部署と関係する部署(場合によっては経営者)が話し合いプランを作成する。プランは、発表対象のステークホルダーと発表内容と発表手段(プレスリリース、記者発表会、SNS、動画、消費者向けイベント、あるいはメディアを購入して広告を打つなど)からなる。2で述べたような事故や不祥事の場合には、与える被害の範囲が大きいならば、伝達力を高めるためにマスメディア記者を呼んで、迅速に広範囲に伝えるために、緊急の記者会見をすることもある。

3.タイミング：発表を行うために、最善と思われるタイミングを決める。例えば、商品発表の時は商品が店頭に並ぶタイミングを見計らって、発売を盛り上げられる最善のタイミングをとる。一方で、ネガティブな事実の場合は、上述した通り可能な限り速やかに伝えなければならないことが多い。例えば、商品に問題がありユーザーに危害を与える可能性があることが分かった場合には、被害が拡大しないよう、一刻も早くユーザーに伝えなければならない。タイミングは計画的であることもあり、突発的に設定しなければならないこともある。

それでは、広報実務の担当者にとって、倫理的判断の対象とは何だろうか？上記の流れに沿って、倫理的判断のポイントを挙げてみる。前述した消極的禁止義務(害を与えてはならない)と積極的義務(した方がよい)の区別が、判断をする時に有効である。

1.事実を伝える程度(強度)は倫理的か？

ある事実を伝達する程度設定を考えると、「非公開」→「公開」→「積極伝達」の順に伝達レベルは高くなっていく。伝達レベルの判断は、倫理的判断である。以下に実務的な留意点となるポイントを述べたい。

[ステークホルダーへの害の回避]：これに該当する事実は重大性が高い。商品やサービスの問題によりユーザー被害が拡大することが分かったなら、すぐに「積極伝達」するべきであり、誰かが企業WEBサイトを見にきてくれれば「公開」してある、というだけでは不十分である。SNSを使う、記者会見を開く、商品回収を訴える広告を打つなど、どの程度のコストをかけて伝達するべきかも想定被害の大きさを考慮して決定されなければならない。被害があることが分かっていたにもかかわらず「非公開」にするのは非倫理的であると考えられる。事故や不祥事の広報(いわゆる危機対応)では、関係者のプライバシー配慮は大切にしながらも、事実を伝えないことが非倫理的になる。公正性・透明性・誠実性が平時よりも格段に問われてくる。

[ステークホルダーへのさらなる善の貢献]：善をなすのであれば広く強く「積極伝達」したいというのが企業の気持ちであるが、注意しなければならないことがある。ここ最近では、ステークホルダーの倫理観の違いが問題になることが多い。例えば前述のナイキ社の例では、ナイキはキャバニック選手を単にスポンサーするだけでなく、大々的に広告に起用して強く「積極伝達」をした方が、社会から差別をなくすために良いと考えた。しかし、顧客という同じステークホルダー・カテゴリーの中でも、ある人々にとっては倫理的だから応援されたが、別の人々にとっては非倫理的だと思われて多くの批判を招いたわけである。企業は、社会に存在するさまざまな倫理観を考慮しつつ、自らの倫理観を訴える必要があり、考慮しなければステイクホルダーから支持されず、独善的と思われる場合もある。もう一つ重要なことがあり、その事実誇張の問題について次の項目で述べる。

2. 伝える手段や表現は倫理的か？

[ステークホルダーへの害の回避]：事故や不祥事の広報発表において、問題を小さく感じさせたり、被害の状況を少なく感じさせたりするような、事故や瑕疵に関する事実を誤解させる表現であろう。事故や瑕疵が小さくあってほしい、と言うのは企業側の人の気持ちではあるが、事実よりも小さく見せようとするのは、事実の隠蔽と捉えられても仕方がない。逆に、まず事実を正確に迅速に伝えて被害拡大を防ぎ、現時点で分かっている原因を明らかにし、被害者救済と被害拡大防止の方針を宣言した企業は、逆に倫理的だと賞賛される可能性がある。

[ステークホルダーへのさらなる善の貢献]：社会課題の解決に貢献したり、人々に社会課題や倫理的課題の存在を気づかせるような企業コミュニケーションであろう。日本において代表的なものといえば、民間企業と環境省の合同広報ではあるが、2006年から環境問題への対策として実施されている『クール・ビズ(Cool Biz)』がある#。広告を含む広報活動によってそれまでビジネスマナーとなっていた長袖スーツの着用を強制しないムードを社会につくりあげ、一方、衣服製造販売の企業が夏場の暑さをしのぐための軽装を販売促進したことで、冷房使用削減に一定の効果があつたとされる。一方、非倫理的な表現の代表は、グリーンウォッシュとよばれる、自然保護活動や資源リサイクル活動、商品やサービスの環境保護機能になどに関して、事実を誇張して、実際よりも大きな効果があるように誤認させるような表現である(環境に良いことを表す Green と、ごまかすという意味の Whitewash からの造語である)。

言葉の作り方によっては、事実を超えた世間に誤解を与えること、世間に混乱を巻き起こすことがある。言葉だけではない。映像は論理ではなくストーリーで感情を動かすが、映像編集の手法によって事実と大きく異なる印象操作がされていないだろうか。短い時間(文章でも映像でも音声でも)に与える印象を左右するメッセージングに対して、立ち止まって倫理的反省をしてみることは重要である#。

3. 伝えるタイミングは倫理的か？

[ステークホルダーへの害の回避]：タイミングは特に重要である。商品やサービスによる被害拡大を抑えるためには一刻も早く商品に問題があることを伝えなければならない。ただし、ある程度の実事調査を踏まえた発表でなければ、ステイクホルダーをより混乱させることもあり、被害が未確定の場合は、そのタイミングで不明なことは不明と伝えるべきである。発表の前には迅速かつ網羅的な社内調査が必要となる。

[ステークホルダーへのさらなる善の貢献]：企業が自ら倫理的だと考えるテーマについてコミュニケーションするときは、その時点でのそのテーマの議論の状況をふまえてコミュニケーションをすることが大事になってくる。批判や炎上を避けることが倫理的というわけではなく、ナイキの例のように、リスクをとりつつ、あえて議論が巻き起こっている中で倫理を宣言するコミュニケーションを行う意思決定もありうる。

広報担当者は、発表する事実自体、つまり企業活動の事実自体には責任はない。しかし逆に、広報担当が多様なステークホルダーの倫理観をアドバイスすることによって、倫理的批判を招くような企業活動を避けることはでき得るのではないだろうか。日本の広報業界には「広報と広聴」という言葉があり、幅広いステークホルダーの意見や感情を聴くことが広報活動にとって大事であると言われる。

1章では一般的な企業コミュニケーションを概観した。2章で宇宙ビジネス自体を概観した後、3章で宇宙ビジネスを最小限道德の視点で選んで吟味し、危機管理とコミュニケーションについて考えていきたい。

2.宇宙ビジネスの分類学 - 帰結タイミングという視点

2章ではまず、宇宙ビジネス全般を考察するためのフレームワークを提案したい。

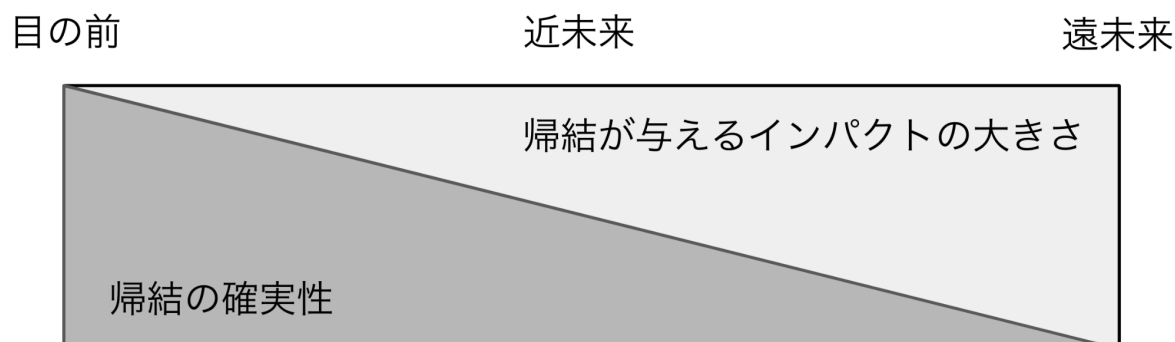
2.1. 帰結の時間差に関する功利主義的思考 – 目の前・近未来・遠未来 –

功利主義的に考えれば、宇宙産業全体としての善は、追求する全利益とそれが全ステークホルダーにもたらす幸福の最大化、と考えられる。しかし、目の前で帰結＝利益を出している既存の宇宙ビジネスと、数年後から十数年後の帰結＝大きな利益を期待して資金が投入される宇宙ベンチャービジネスと、そして、未だ構想中・研究中で帰結が見えない宇宙ビジネスを、同じ基準で語るのはフェアではない（ベンチャー企業は、現時点では善くない行為をしていることになる）。だからと言って、既存の宇宙ビジネス群だけを見ていては、未来志向で進んでいる（月や火星への移住、地球脱出という言葉がよくビジョンとして語られる）宇宙産業の大きな部分を見落とすことになる。

また宇宙について話すことは、多くの場合、未来に向かって話すことである。一方で宇宙倫理学の議論をしていると「それは、いったい未来のどの時点の話？」と感ずることがある。倫理的正当化の議論をしている時に遠い未来の話と目の前の話が混在すると、科学的妥当性や緊急性が大きく異なり、同じ基準では判断できないことがある。

上記の理由から、ビジネス分野ごとに期待される利益の帰結時点を、直近、近い将来、遠い将来に分類し、その上で全てを概観すれば、お金の面から宇宙産業の構造を概観することができると考え、ビジネスが追求すべき善のフレームワーク化を試みた。

図2 帰結時点ごとに、ビジネスがめざすべき善



1) 時点の分類：企業活動がどれくらい善なのか？という問いに対して、まずその行為の帰結が「目の前」「近未来」「遠未来」のいつの時点に期待されるかを分類する。企業が第一に追求する帰結は、利益（売上から費用を引いたもの、黒字化）である。

2) 確実性とインパクトの大きさの検討：次に図に示されるように、確実性の高さと、もたらされるインパクトの大きさという2つの善の基準がある。一般的に、企業は当然、利益が確実かつインパクトの大きいビジネスを求めるが、未来になればなるほど世の中の予測できない変化の影響が大きくなり利益は不確実になる。

企業の現在時点での行為としては、目の前で帰結するもの（今のビジネス）へのリソース投入は、利益が確実性の高いものを優先して多くのリソースを投入すべきである。逆に、遠い未来に帰結するもの（未来のビジネス＝研究開発）へのリソース投入は、大きなインパクトがもたらされ得ると期待できるものでないと、現時点に投入する意味が小さい。

ビジネスの倫理においては、“行為量”＝企業が使えるリソース（いわゆるヒト・モノ・カネ）は限られていることが重要な側面である。ステークホルダーに対して責任を果たすためにも、リソース投入先の選択や優先順位づけが必要になる⁹。

3) 帰結しうる害を避け、可能なら、さらなる善への貢献を考える：1.3.で考えたように、利益追求のための行為選択時には、様々なステークホルダーに対し、非合法な害は当然のこと、法律で規制されていない害をもたらさないかどうかを検討する。ここで、害の検討においても、図2における確実性とインパクトの大きさの基準は成り立つ。目の前に帰結する行為においては、確実に起こりうる害を必ず避けるところから考えはじめる。未来に帰結する行為においては、インパクトの大きい害を避けるところから考えはじめる。その後、可能なら（つまり十分な利益が確保できそうなら）、様々なステークホルダーに対して上乗せできる善を検討する。

この論文では、実現済みの宇宙産業は2020年代に利益が持続的に帰結すると考え（目の前）、実現途上＝投資中のベンチャービジネスは2030～2040年代に利益が帰結すると考え（近未来）、構想中・研究開発中のビジネスは2050年以降の遠未来に利益が帰結する（遠未来）と考えて分類した¹⁰。

2.2. 帰結は目の前 実現済み宇宙ビジネスの概観

Bryce社による図3を参照し、2022年の宇宙産業全体を見てみよう。図は売上なので、正確には利益ではないが、既に実現済みのビジネスの規模と見ることはできるだろう。その約3/4を民間需要（BtoC＝一般消費者向けサービスとBtoB＝企業向けサービス）が占めている。

⁹ ちなみにこの視点は、公金を投入する国家事業としての宇宙開発にも当てはまるだろう。日本の場合、目の前には、高齢社会に対する社会保障という課題がある。近未来を考えれば、子どもたちに対する教育の帰結は近未来であろう。例えば橋を作る公共事業は目の前の雇用を生み出し、近未来の交通と経済を活性化させる。国による宇宙開発予算の中には、期待する帰結時点が目の前から遠未来まで異なる、様々な事業が含まれている。

¹⁰ 企業の場合は、目の前で利益が達成されている事業を拡大したり、より効率的にしたりすることに最優先でリソースを投入する一方で、経営学で「深化と探索の両立」と言われるように、近未来や遠未来の事業についても、探索＝研究開発を行う。なぜなら企業は、短期の利益だけでなく、未来にも長期的に存続して利益をあげ続けようとするからである。

The 2022 Global Space Economy at a Glance

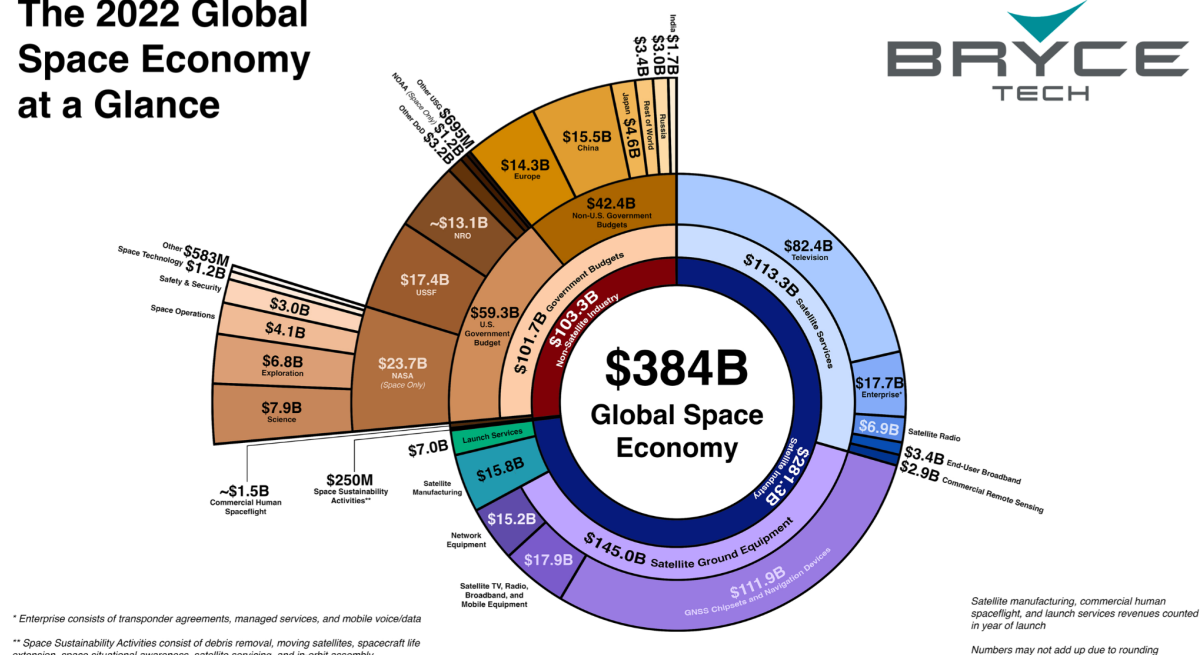


図3 2022年の宇宙産業チャート（出典：Bryce Tech 社 Report）¹¹

1. 衛星関連 全宇宙産業の 3/4 を占める。

1-1 衛星関連サービス、1-2 受信機器：衛星地上設備、衛星テレビ、衛星通信サービス、衛星製造、衛星ラジオ、打ち上げサービス、衛星ブロードバンド、商用リモートセンシング、モバイルサービス。ブロードバンドやリモートセンシングは成長中のベンチャー事業でもあり次の近未来ビジネスにも入っている¹²。

¹¹ Bryce Tech “2022 Global Space Economy at a Glance” <https://brycetech.com/reports> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

¹² この図に関して小松・後藤は「GPS のチップや衛星テレビ放送の受信料等も含まれていると想定され、民間の市場規模は過大な計算になっている可能性がある」と指摘している#が、宇宙産業の裾野の広がりを示している図と言える。(小松・後藤 2023 P47)

衛星ビジネスに関しては特に静止軌道衛星と低軌道衛星の違いを捉える必要がある

131415161718192021。

¹³ 静止軌道衛星は、赤道上空の高度 36,000km 以上を地球の自転と同期して飛び、地上から静止しているように見える。1 機数百億円以上と高価だが大きく高出力で広範囲をカバーできる。車・船舶・飛行機など用の移動体通信、CS や BS の衛星放送、気象衛星などの用途で、20 世紀から今に至るまで活用されている。静止軌道は赤道上空にしかない言わば希少な空間資源であり、利用の需要が高く、配置できる衛星数も限られていることから、国際機関 ITU が各国に軌道位置を割当てており、データベース化して管理している。

低軌道衛星は、高度 2,000km 以下の軌道を利用する衛星である。静止軌道衛星に比べて、地表との距離の近さを活かした高解像度の画像撮影や低遅延の通信が可能という利点があり、近年の技術進歩により衛星が小型化・打ち上げが高頻度化して衛星数が急増している。過去 10 年間で 11 倍になった衛星打ち上げ数の増加分の約 9 割は、衛星コンステレーションである[#]。ITU のような調整機関は存在せず、新見奈緒子が「近年大型コンステレーション計画によって問題となっている低軌道の割り当てについてはこうした（静止軌道のような）ルールは存在しないため、先述の通り国際的調整を欠いた先着順となってしまう」[#]と述べている状況にある。米国企業を筆頭に、中国・英国・カナダ・欧州の通信ビジネス企業により、さらなる打ち上げが次々と予定されている。

¹⁴ 衛星ビジネスの動向については以下もわかりやすい。松田治『衛星ビジネスの発展と新たな通信利用の可能性』情報通信総合研究所 2020 <https://www.icr.co.jp/newsletter/wtr381-20201228-matsuda.html> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

¹⁵ 誰もが利用しているアメリカの GPS(全地球測位衛星システム)は、中高度軌道を採用している。

¹⁶ 新見奈緒子『宇宙空間の持続可能な利用の実現に向けて – 具体的課題と対応策についての検討 –』2016 P13、および 2-5 を参照。静止軌道スロットだけではなく、通信や放送のための電波周波数スペクトルも限られた資源であることに注意。

¹⁷ 菅田洋一『衛星登録の国際標準と軌道権益 – 公的データセットの可視化を通じて –』には新たな衛星利用の際の国内的・国際的手続きや、ITU 加盟国の倫理的心がけについても記述がある：「ITU 加盟国は、無線通信のための周波数帯の使用に当たっては、周波数及び関連する軌道が有限な天然資源であることに留意し、また、これらを各国等が公平に使用できるよう、開発途上国の特別な必要性及び特定の国の地理的事情を考慮し、RR(Radio Regulation)に従って合理的、効果的かつ経済的な使用に留意するとされている。従って、衛星の軌道は国際法上、各国が占有できるものではないが、有限な天然資源であることに留意し、国際標準に従って公平に使用でき、その合理的、効果的かつ経済的な使用权として(中略)優先利用権等が設定されている」

¹⁸ 人工衛星の倫理については、伊勢田哲治・神崎宣次・呉羽真 編『宇宙倫理学』2018 P129

¹⁹ 新見奈緒子『宇宙空間の持続可能な利用の実現に向けて – 具体的課題と対応策についての検討 –』2016 P13、および 2-5。静止軌道スロットだけではなく、通信や放送のための電波周波数スペクトルも限られた資源である。

²⁰ 菅田洋一『衛星登録の国際標準と軌道権益 – 公的データセットの可視化を通じて –』には新たな衛星利用の際の国内的・国際的手続きや、ITU 加盟国の倫理的心がけについても記述がある：「ITU 加盟国は、無線通信のための周波数帯の使用に当たっては、周波数及び関連する軌道が有限な天然資源であることに留意し、また、これらを各国等が公平に使用できるよう、開発途上国の特別な必要性及び特定の国の地理的事情を考慮し、RR(Radio Regulation)に従って合理的、効果的かつ経済的な使用に留意するとされている。従って、衛星の軌道は国際法上、各国が占有できるものではないが、有限な天然資源であることに留意し、国際標準に従って公平に使用でき、その合理的、効果的かつ経済的な使用权として(中略)優先利用権等が設定されている」

²¹ 伊勢田哲治・神崎宣次・呉羽真 編『宇宙倫理学』2018 P129

低軌道衛星は、高度 2,000km 以下の軌道を利用する衛星である。高度 36,000km 以上静止軌道衛星に比べて、地表との距離の近さを活かした高解像度の画像撮影や低遅延の通信が可能という利点があり、近年の技術進歩により衛星が小型化・打ち上げが高頻度化して衛星数が急増している。過去 10 年間で 11 倍になった衛星打ち上げ数の増加分の約 9 割は、衛星コンステレーションである²²。ITU のような調整機関は存在せず、新見奈緒子が「近年大型コンステレーション計画によって問題となっている低軌道の割り当てについてはこうした（静止軌道のような）ルールは存在しないため、先述の通り国際的調整を欠いた先着順となってしまう」²³と述べている状況にある。米国企業を筆頭に、中国・英国・カナダ・欧州の通信ビジネス企業により、さらなる打ち上げが次々と予定されている²⁴。

1-3 衛星製造：低軌道用の小型化技術が進化しており割合を増している。

1-4 衛星打ち上げサービス：低軌道用のロケットの小型化・高頻度化が進んでいる。

2. 宇宙サステナビリティ活動：デブリ除去、衛星移動、衛星寿命延長、宇宙状況把握、軌道上組立サービスなど、衛星にまつわる持続可能性課題を解決するサービス。割合としては小さいながらも、2019 年のチャートになかったエリアが、10 億ドルの市場へ成長した²⁵。

3. 民間有人宇宙飛行：筆者は次項の近未来ビジネスの中にも入れている。ビリオネアが顧客となり注目されることの多い分野であるが、2019 年の Bryce 社のチャートと比較しても²⁶ 横ばいで、現在のところは成長分野とは言い難い。

4. 各国政府の科学・安全保障：今や各国政府需要は、宇宙産業の 1/4 にまで縮小した²⁷。米国 NASA によるロケット打ち上げや宇宙探査の科学用途、米国宇宙軍やミサイル防衛局や国家偵察局の安全保障用途、そして米国以外の政府需要も含む。NASA の予算は、純粋な科

²² 内閣府『宇宙輸送を取り巻く環境認識と将来像』2023 P3 <https://www8.cao.go.jp/space/committee/05-yuso/yuso-dai2/siryou2.pdf> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

²³ 新見奈緒子『宇宙空間の持続可能な利用の実現に向けて – 具体的課題と対応策についての検討 –』2016 P28

²⁴ 内閣府『宇宙輸送を取り巻く環境認識と将来像』2023 P4 <https://www8.cao.go.jp/space/committee/05-yuso/yuso-dai2/siryou2.pdf> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

²⁵ HUGHES 2023 SIA Report <https://www.hughes.com/resources/insights/industry/2023-sia-report-satellite-industry-contributes-73-space-business> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

²⁶ Bryce Tech “2019 Global Space Economy at a Glance”

²⁷ ビジネスカテゴリー名の和訳については、小松・後藤 2023 P47 になった。

学目的のものもありつつ、アルテミス計画などは将来の民間月面ビジネスの礎となるだろう。

2.3. 帰結は近未来 実現途上ビジネス = 宇宙ベンチャーの概観

宇宙ベンチャーの事業は、現在は赤字だが、利益の創出に向け、投資家からの資金で実現トライアルを繰り返す。投資家から巨額のリスクマネーが流れ込んでおり、宇宙ビジネスにおいて重要なパートを占める。リスクマネーの資金調達も現代の宇宙エコノミーの中で重要である。投資家がリスクをとりつつ、将来利益を期待し投資するエコシステムの形成が、民間宇宙開発の拡大に大きく貢献している²⁸。

Space Capital 社のダッシュボードによると、宇宙ベンチャーへの投資額グローバル総計（図4）は、2.2.の宇宙産業総規模のおおよそ 20 分の 1 から 10 分の 1 程度を推移している。また Space Capital 社は事業領域ごとの資金調達（投資）回数を、大領域の中の小領域がある長方形とその大きさで表している（図5）²⁹。金額ではなく回数なので単純比較はできないが、既存宇宙市場の売上規模の割合と同じく、衛星関連の割合がかなり大きい。以下の3～6の領域も、利益を期待できるという投資家判断を表しており、アメリカを中心とする科学的宇宙開発の需要拡大と将来の民間需要への期待の現れだろう³⁰。

左上から右下へ向かって：

1. 衛星関連：GPS、地理空間インテリジェンス、製造 & 部品、衛星通信
2. 打ち上げサービス：小規模、大規模
3. ロジスティクス：宇宙状況把握、デブリ緩和、軌道上サービス
4. 月関連：深宇宙衛星、建設、移動

²⁸ 小松・後藤 2023 第七章・第九章を参照。ただし、第九章で言及されているリスクに社会的な害は含まれない

²⁹ <https://www.spacecapital.com/quarterly> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

³⁰ このテーマに関しては、野村資本市場研究所の竹下智による 2009 年から 2019 年までの累計投資額の図表やベンチャーカテゴリ分類も参考になる。竹下は「スタートアップへの投資は本質的に、将来利益を生むと期待されている技術、業種、企業に向かうものであることを考えると、衛星関連が最も有望視されていることが分かる」と述べている。野村資本市場研究所 竹下智『スタートアップ投資のフロンティアとなりつつある宇宙関連ビジネス』2020 P2-P3 <http://www.nicmr.com/nicmr/report/repo/2020/2020sum07.pdf>

5. 宇宙ステーション：居住、サービス
6. 産業技術関連：エネルギー生成と保存、製造/組立、掘削/鉱物

Equity Investment by Investor Type

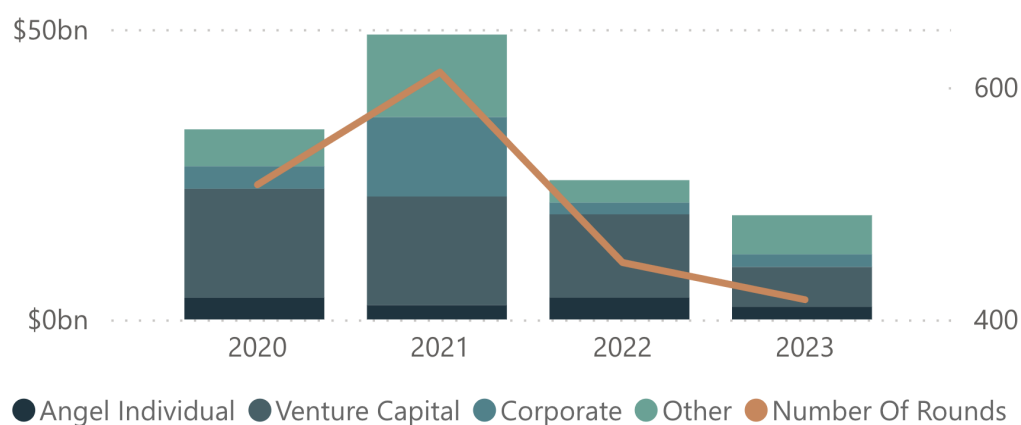


図4 宇宙ベンチャーへの投資額グローバル総計推移。2020年 327 億ドル、2021年 491 億ドル、2022年 240 億ドル、2023年 179 億ドル。色分けは投資会社のタイプ。(出典：Space Capital 社 Dashboard)

Number Of Rounds by Industry & Sector



図5 2022年の宇宙ベンチャー分野別の投資回数。この図は投資回数(Number of Rounds)であって、投資額ではないことに注意。(出典：Space Capital 社 Dashboard)

また、小松伸多佳・後藤大亮による書籍『宇宙ベンチャーの時代』は、ロケット打ち上げ、民間宇宙飛行、民間宇宙ステーション、通信衛星コンステレーション、リモートセンシング、軌道上サービス、宇宙資源開発、安全保障ビジネスと言う8つの成長注目分野を提言しており³¹、宇宙開発の近未来に関する示唆がある。

顧客は誰か？に注目して、宇宙ベンチャー業界の構造を見ることも可能だろう。大きく見れば、各国政府が顧客となって（公的資金）、科学的探査と安全保障技術の探索が行われ、新しい打ち上げ技術や月探査技術など、宇宙開発のフロンティアを広げている。民間企業や一般生活者が顧客となって（民間資金）、特に低軌道衛星とその用途を広げている。衛星産業の拡大は、打ち上げ技術の小型化・高頻度化・コストダウンによって実現し、かつては政府が主な顧客だった打ち上げサービスを、民間企業も利用するようになった³²。

³¹ 小松・後藤 2023 第四章を参照。

³² 小松・後藤 2023 3-2 を参照。1. **ロケット打ち上げ**：小型化・低価格化・高頻度化が近年の技術開発によって進み、打ち上げという宇宙開発の最も基礎的なインフラは利用しやすくなってきた。2. **民間宇宙飛行**：サブオービタル（地球を周回せず降りてくる）、オービタル（軌道上を周回）、成層圏気球、構想段階の宇宙エレベーターという異なるアプローチがある。顧客については、先行したオービタル飛行でISS滞在を行った日本の前澤友作氏など民間ビリオネアが顧客となって売上が上がっている。3. **民間宇宙ステーション**：NASAはISSの退役を睨んで、民間宇宙ステーションへの機能引き継ぎを計画しており、2021年に3つの民間計画を発表し、建造に向けた研究が進む。宇宙での科学実験の代理店や、宇宙撮影所、宇宙修理工場など、宇宙ステーション利用の新しいビジネス構想が広がっている。NASAが主導する月探査、アルテミス計画の月周回ステーション“ゲートウェイ”もここに入る。顧客は各国政府から民間へと広がる見込み。4. **通信衛星コンステレーション**：低軌道上で協働しあう多数の通信衛星を展開することで、地上のインターネット環境を実現する。地球上でまだインターネットが使えない地域が存在＝デジタルディバイドを、全地球的な衛星通信網によって解消する。最終42,000機を掲げるスターリンク、最終48,000機を掲げるワンウェブ等により熾烈な覇権争い「メガ・コンステレーション・ラッシュ」が行われている。顧客は民需が中心だが、ただし、戦争中のウクライナがイーロン・マスクにスターリンク開放を要請するなど、安全保障との関わりも無視できない。5. **リモートセンシング(衛星コンステレーション)**：衛星から地球を観測する。Google Earthでおなじみの光学衛星に加えて、マイクロ波を地上に向けて放射してその反射で地上画像を得る、雨でも曇りでも撮影できるSAR衛星のサービスが開発中(日本のシンスペクティブ社など)。そもそも軍事用だったものが民需へ拡大。6. **軌道上サービス(Space Capitalの図における宇宙サステナビリティ活動)**：多数の衛星が軌道上に存在するようになると、衛星の修理、軌道修正、燃料補給、そしてスペースデブリ排除のサービスが拡大する。だれが費用を負担するかで進まなかったデブリ除去だが、打ち上げ前の衛星に除去を可能にするマグネットプレートを装備しておき、万一デブリ化したときは磁気で吸いつけ回収するモデルの開発(日本のアストロスケール社)などで進みつつある。顧客は民間と各国政府両方。7. **宇宙資源開発**：2010年代には小惑星の鉱物を取得する構想が注目を浴びたが、現在の焦点は月の水である。まだ存在は確定していないが、月の南極にある「永久影」に氷の形で存在すると言われている。火星探査に向けた中継基地としての月、という視点で言えば、ロケット燃料を月の水を分解して生成する意義は大きい。アルテミス計画は①新型ロケット及び宇宙船オリオンの開発②民間業者による商業月面輸送サービス③月周回ステーションゲートウェイ④有人月着陸と探査からなり、③の商業月面輸送サービスに応札している14社の中に、ドレイパー

2.4. 帰結は遠未来 構想段階のビジネス

最後に、遠未来に帰結する構想段階のビジネスについて見ておこう。日本航空宇宙学会の宇宙ビジョン 2050³³を増補する形で、白坂成功らが「2050 年の地球を離れた場での人類の経済活動としての宇宙ビジネスはどうなっているのか」を概観した報告書では、不確定要素があることは前置きしつつ、ポジティブシナリオにおける 2050 年の宇宙ビジネスを以下のよう分類している（以下は筆者が内容を短縮）³⁴：

1 宇宙輸送に関わるビジネス

- サブオービタル飛行、オービタル飛行、P2P(地上の二拠点間高速移動)、月輸送、火星輸送、地球側拠点のスペースポート。これらは以下 2 と 3 のビジネスの前提。

2 地球近傍拠点及び月拠点でのビジネス

- 地球近傍：官から民へ、研究拠点から事業拠点へと進化していき、地球からのリソース供給に依存しない自立した軌道上システムとして、多数の多様な拠点が地球近郊の宇宙空間に展開され、人類の社会・経済活動が行われる。宇宙機やコロニーといった拠点間で、主要元素の物質循環とエネルギー送電が行われている。
- 月拠点：真空、熱、放射線など特有の環境課題が解決され、地産地消の資源利用が確立すれば、数百～数千人の月面社会が形成され、月社会を維持するための資源・エネルギービジネス、地球からの月旅行・観光ビジネスが創出される。

3 上記拠点での宇宙活動や生活に関わる具体的なビジネス

- 食ビジネス：資源循環型食糧供給システムと人々の QOL の両立が継続の条件。

研究所と組んだ日本のアイスペース社がある。③も顧客は民需ではなく政府である。8.安全保障ビジネス：民需の宇宙ビジネスは、安全保障目的で政府需要にもなりうる。衛星関連では、軍事的な情勢把握や情報収集に衛星画像はもはや欠かせず、日本でも防衛省が国内ベンチャーの衛星画像を購入し始めた。また、数機しかなく攻撃されると機能停止しやすい静止軌道衛星と比べ、数千の衛星からなる低軌道コンステレーションは機能停止させにくい。打ち上げサービスに関しても、2019 年に宇宙軍を組成した米国は、軍の衛星打ち上げを、20 世紀からのレガシー宇宙企業に加え、Space X などベンチャー企業に委託するようになってきた。

³³ 日本航空宇宙学会 JSASS 宇宙ビジョン 2050 <https://www.jsass.or.jp/wp-content/uploads/2020/09/e2c8955d9607b55e5e22ad43bfde3cf1.pdf> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

³⁴ 白坂成功、桜井誠、後藤大亮、河野功、田中宏明、上野誠也『宇宙ビジネス』2021 (JSASS 宇宙ビジョン 2050 2121 年度増補版)

- ヘルスケアビジネス：特に低軌道において民間往来が増えるため、宇宙旅行にパッケージとして組み込まれ需要は高まる。宇宙船・月の環境対応、長期孤立への対応として遠隔システムを活用した医療サービスが展開されている。
- エンターテインメントビジネス：有人環境のインフラ作りが安定すると、その環境を快適に楽しく過ごすための産業が発達する。地球近傍での宇宙遊泳体験、月拠点で快適に過ごすためのスポーツや芸術産業が起こる。宇宙拠点での撮影をもとに、地上で宇宙体験ができる AR や VR も盛んになる。

より長い時間軸で見れば、2050 年は近い未来であると言えなくもない。上記の報告書に含まれないが、さらなる遠未来、21 世紀中の実現に向け構想や研究が進められているものとして、上記のリストにプラスすれば、例えば以下があげられる。

- 4.小惑星鉱物採取（資源・エネルギー）
- 5.宇宙太陽光発電（資源・エネルギー）
- 6.宇宙エレベーター（輸送）
- 7.火星開発（無人探査、有人探査、居住インフラ）（宇宙インフラ）

いずれも、膨大な額の投資を必要とし、構想段階であるが、実現のための技術的突破口が明確化しているものもある。小惑星鉱物採取³⁵に関しては、日本の JAXA がはやぶさ、はやぶさ 2 で小惑星の直接探査技術の道を切り開いてきた。ビジネス化に関してはコスト低減が課題であるが、科学調査機器を多数搭載せずに資源の利用や移動に特化すれば、コストは大幅に下がることが既に示唆されている³⁶。宇宙太陽光発電所建設については、技術的課題は「機器の小型化と軽量化」「高効率のマイクロ波変換技術」「高精度のビーム方向制御」などにある³⁷。宇宙エレベーターについては「超軽量・超高強度な構造材（カーボンナノチュ

³⁵ 宇宙資源開発と言われる時、月の開発のための「月の水」が意味されているときと、このような鉱物資源が意味されている時があるように思われる。資源や環境の限界を打ち破ってくれるという期待をかけられている宇宙ビジネスだが、後者の意味で実現するのは、少なくとも遠未来になりそうであり、地球上の資源を大切に使う必要があるのではないだろうか。

³⁶ 宮本英昭『太陽系探査の現状と宇宙資源の考え方』2021 P6

³⁷ 楊波『電子レンジから宇宙太陽光発電まで』2021

ープ)の実現」「システム全体の安全性制御」「材料の耐久性」「多数の乗客乗員の排泄」などの技術的課題が特定されている³⁸。

最後に火星開発である。イーロン・マスクは自身が率いる SpaceX のミッションを”Making humanity multiplanetary”としているが、火星有人探査と居住に関しては「輸送手段」「水・食料」「大気」「放射線保護」「移住方法」³⁹など難題は多い。その中でも複数課題をまたがる重大要素が「医学的安全性」であり、高レベルの宇宙放射線をどう避けるかをはじめ、宇宙医学や宇宙滞在技術の研究が進められている⁴⁰。実験はともかく、居住の実現は遠い遠い未来、2050 年より先のことになりそうだが、月での経験が活かされるはずであり、米国のアルテミス計画がウェブサイトのトップに”we will use what we learn on and around the Moon to take the next giant leap: sending the first astronauts to Mars.”⁴¹と掲げる通り、文字通り火星のための最初の足がかりとなるだろう。

以上、一口に宇宙ビジネスと言っても、各国政府需要の科学目的の研究開発から、安全保障目的のもの、そして民間企業や一般市民を顧客として既に大きな市場を形成している分野までさまざまであるが、次章では倫理的視点でこれらのビジネス群を眺めてみたい。

³⁸ 土田 哲『宇宙エレベータの実現に向けて』2012

³⁹ 宙畑『火星移住を考えるにあたっての火星の基本~計画、環境、課題、Q&A~』2023/2/14
<https://sorabatake.jp/30811/> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

⁴⁰ 例えば、角地 雅信・宮嶋 宏行・安濃 由紀・村川 恭介『火星模擬実験の概観と有人火星探査の検討』2016

⁴¹ アルテミス計画の web サイト <https://www.nasa.gov/specials/artemis/> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

3. 宇宙ビジネスの倫理的検討～危機管理と企業コミュニケーションの可能性

3.1. 宇宙ビジネス倫理の論点

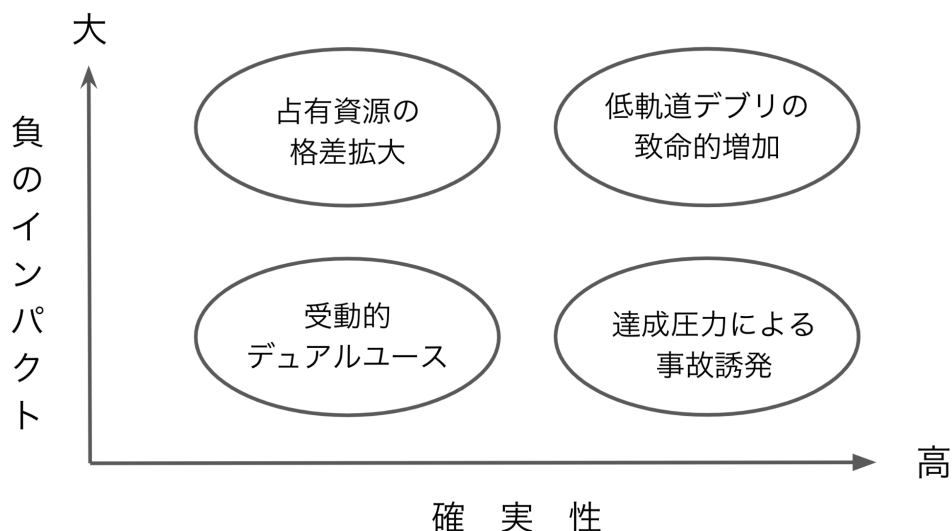
宇宙はビジネスのフロンティアでもあり、倫理のフロンティアでもある。リスク管理のために、あえて悲観的に未来を考え備えておくことも、経営者や企業コミュニケーション担当者の仕事の一つである。第一章で述べた最小限道德の考え方に従って、ステークホルダー⁴²との関係において、どのようなビジネスが、どのような害を与える可能性があるのか、またどのように「さらなる善」への貢献ができる可能性もあるのか。その点を考えてみたい。

ここでは確実性の高さと、負のインパクトの大きさを筆者が見積もり⁴³、4つのテーマを扱いたい。ここでも2章で使った帰結の時間差／確実性とインパクトのフレームワークを使うが、帰結は善の大きさではなく、害の大きさ＝負のインパクトを考えることになる。

⁴² ここで特筆しておきたいのは、宇宙企業においては、フリーマンの示したステークホルダー(図1 ビーチャム & ボウイ 1993 邦訳 2005:107)のうち「地域社会」が、独自の特性を持つことである。20世紀にこの理論が生まれた時、地域社会とは、地域の雇用と地域の環境問題に対応するステークホルダーであった。一方、21世紀の宇宙企業にとって(存立地域の雇用問題は変わらず存在するが)、環境問題とは地域の水質や大気の問題を超えて、宇宙空間や天体の利用や保全に関わる宇宙の環境問題である。一般的に、21世紀の環境問題はCO2と気候変動の関係などグローバルに影響しあう問題になっているが、宇宙企業に関わる環境問題も同様にグローバルな問題であり、宇宙企業にとっての地域社会ステークホルダーとは人類社会全体であると考えられる。このステークホルダーは、人類共通の問題に対応するという共通性を持つ一方、所属する国や集団や組織とその文化や利害によって、倫理観のあり方が多様かつ多層的なものであるという多元性の側面を持つ、簡単ではない存在である。

⁴³ **低軌道デブリの致命的増加の問題**：2章で見たように衛星関連ビジネスは既存ビジネスの規模も、低軌道の通信・リモートセンシングへの将来期待投資も大きく、それを支えるロケット打ち上げも小型化と高頻度化している。その分、目の前で増大しているリスクがあり、このまま行けば悲観的シナリオにおいて、近未来に、高い確実性かつ大きな負のインパクトをもたらすと考えた。/**達成圧力による事故誘発の問題**：1986年のスペースシャトル・チャレンジャー号の爆発事故の検証においては、科学においても実施への有言無言の圧力が、経営者や技術者の倫理を損なわせたことが検証されている。有人宇宙飛行の高頻度化、またロケット打ち上げの高頻度化、そこに想定外リスクを加えると、高い確実性で事故が誘発されると考えた。一度でも、人命が失われればインパクトは小さくない。/**占有資源の格差問題**：宇宙での所有権が注目され、各国の国内宇宙資源法と未制定の国際宇宙法が注目されている。ここでは、国や企業が宇宙開発を行えるケイパビリティを持つ時点で、他の多くの国々との間に大きな経済格差があり、さらに宇宙資源所有によってその格差が広まっていくシナリオを描く。格差の負のインパクトは大きい、宇宙鉱物資源獲得が実現するかなど不確実性もある。/**受動的デュアルユースの問題**：多くの市民は宇宙ビジネスと安全保障の間に強いつながりを感じていないかもしれない。しかし

図6 負のインパクトと確実性



3.2. 低軌道コンステレーションが環境に与える影響

スペースデブリ、大気圏への影響、天文観測への影響

2章で述べたように、低軌道の衛星コンステレーションビジネスが活発になっているが、その一方で、米国会計検査院(Government Accountability Office: GAO)は、2022年に、排出物による環境問題、破片が地上に落ちた際の死傷リスク、地球・宇宙観測への影響、衛星とデブリの衝突リスクを報告⁴⁴するなど(清水 2022: 62)、負の影響に懸念が高まっている。

民間宇宙サービスを政府が安全保障目的で利用するケースが増えている。ここでは、民間サービスが敵対勢力の軍事攻撃目標となる場合を考える。安全保障情勢は流動的なため確実性を低く、サービス停止による経済的被害は大きいが人命などの被害の可能性は小さいと考えた。

顕在化しているリスクには他にも、リモートセンシング衛星がもたらすプライバシー問題はあるが、既存ルールの拡張で対応できる可能性が高く(伊勢田・神崎・呉羽 2018: 217)、大きな問題が起こる確実性は低いと考えた。

⁴⁴ 米国会計検査院(Government Accountability Office: GAO)は、2022年9月、大規模な衛星コンステレーションに関するテクノロジー・アセスメントの報告書を公表した。この中で、GAOは、衛星コンステレーションが環境等に及ぼす影響を3つのカテゴリー、すなわち、1) ロケット打ち上げや大気圏での人工衛星再突入による排出物の影響があること、また衛星等の残存破片による(地上での)死傷リスクがあること、2) 衛星の太陽光反射や電波干渉が地球・宇宙観測に影響を及ぼすこと、3) 宇宙空間の衛星が軌道上デブリと衝突するリスクがあることに分類し、分析した。

低軌道のスペースデブリは宇宙開発における「目の前」の喫緊の課題になっている。

IADC(国際機関間スペースデブリ調整委員会)によれば、10cm 以上のデブリのうち 75%が低軌道に集中しており、他の軌道とは問題状況に差がある（伊勢田、神崎、呉羽 2018: 130）。中村真也が「稼働している人工衛星よりも はるかに多くのデブリが地球を周回していると考えられている」と述べる通り（中村 2022: 127）宇宙空間の持続的利用の脅威となっている⁴⁵。デブリの発生原因は、ミッション終了後の宇宙機の放置、人工衛星のミッション過程における物体の放置、宇宙機体の破裂である(中村 2022: 130,131)である。ロケットの打ち上げコストは下がる傾向にあり、その結果、衛星打ち上げの増加、衛星による低軌道の混雑（小松・後藤 2023: 97-104）、機能停止衛星を始めとするデブリのさらなる増加が、低軌道で予想される。

このような危険性に対して、IADC がスペースデブリ低減ガイドラインを策定したり、国連の COPUOS(国連宇宙空間平和利用委員会)が低減措置を推奨しているが、法的拘束力はない。「国際法レベルでの新たな法的規制が困難な現在において、民間事業者を含む全ての宇宙空間利用者によるデブリ低減策を徹底するには、デブリ低減策を事業許可の条件とするなど、国内法レベルでの規制を行うことが重要とされ」（中村 2022: 142）、日本では国内法令でデブリ発生抑制策実行を衛星事業開始の条件として規定した（中村 2022: 142）。

さらに、前述の GAO の報告書では、ロケットの打ち上げや人工衛星の再突入によって、成層圏にブラックカーボンやアルミナという粒子が排出され、成層圏の温度を変化させるだけでなく、オゾン層を破壊して地球に到達する有害紫外線を増加させることも懸念されている（清水 2022: 23）。また、天文学者らの団体は、コンステレーション衛星の光の反射によって観測画像に光の線が映り込むことで、地球への衝突が懸念される「潜在的に危険な小惑

⁴⁵ 中村真也は次のように述べている：「低軌道のデブリの移動速度は秒速 7~8km に達し、宇宙機に衝突すると、デブリのサイズが 10cm 以上なら完全に破壊され、1~10cm は致命的な損傷を与え、1mm~1cm でもミッション能力の部分的喪失とされ（中村 2022: 132）」。「低軌道以外も含めると「軌道上に存在するデブリの数は、直径 10cm 以上のものが 3 万 6500 個程度、1~10cm のものが 100 万個程度、1mm~1cm のものが 1 億 3000 万個程度と見積もられており(2021 年時点の推計)」（中村 2022: 127）。中村真也『スペースデブリに対処するための技術とルール』2022（国立国会図書館 調査及び立法考査局『宇宙空間の利用をめぐる動向と課題 科学技術に関する調査プロジェクト報告書』第 7 章）

星(Potentially Hazardous Asteroid: PHA)」と混同されたり、小惑星を覆い隠したりする可能性があることを指摘している（清水 2022: 65）。これらの状況に対しても、国際的規制を設けることが議論されているが実現には至っていない。

以上のようなリスクと状況を踏まえて、衛星コンステレーション運営企業は、ステークホルダーにどのような企業コミュニケーションをとるべきだろうか。

衛星コンステレーション企業のステークホルダー・コミュニケーション

まず、緊急度が高いと言われるスペースデブリ問題から、悲観的な危機管理シナリオを考えてみる。投資段階にあり、近未来の利益拡大をめざす衛星コンステレーション運用企業は、未来の利益で投資家に報いようと、続々と衛星を打ち上げて市場支配力・規模の競争力を拡大しようとする。だが、デブリ増加が一定レベルを超え、低軌道が使用困難になれば、利益獲得が不可能になり、投資家もリターンを得られない。既にサービスを提供している企業も、既存顧客へのサービス提供が不十分あるいは不可能になり、当然従業員のレイオフも行われるだろう。もしも低軌道空域を使用・通過できないほどの事態になれば、現在進んでいる宇宙開発に大きな影響を与え、人類の宇宙進出の可能性自体に影響を与えることになる。

この流れが止めにくい理由を、前述の時間差視点で考えると、近未来のリターンを目指して競合企業との競争に勝つために衛星数を増やすことは善であるように見えるからである（遠未来にはビジネス自体が継続不能になるという大きな害が待っているにも関わらず）。現在は投資段階であり、利益実現をめざしてさらに拡大させる方向に進むことから、また企業同士が競争してより大きな規模の衛星ネットワークを作ろうとするだろう。

やはり、国や国際機関というステークホルダーの規制に期待するところとなる。悲劇的な未来を避けるための国々の取り組みは動き出しており、日本などでは、現在も工学的なデブリ低減策が国主導で取られているとはいえ、低軌道衛星の数自体が早いペースで増加すれば、

デブリ発生可能性は高まり続けるので、早期の国際的デブリ管理、衛星数の規制が期待される⁴⁶。

その上で、衛星コンステレーション企業自身にできることはないだろうか？遠未来の大きなビジネスリスクを避けるために、低軌道衛星の総数や打ち上げ頻度をコントロールしながらも、自社のビジネスに一定の利益をもたらせるよう、国や国際機関に働きかけ国際ルールや国際規格作りのコミュニケーションを始めることができるのではないかと。国と国際機関に求められるのは「許認可機関の調整メカニズム」だが、衛星コンステレーション企業が「運用者間のコミュニケーション手段」の開発や「衛星間の一定の回避行動規則」の提案することもできるのではないかと。たとえば独自の STM⁴⁷（宇宙交通管理 Space Traffic Management）規格を開発して、標準化に持ち込むために率先して提案することは考えられるのではないだろうか。STM とは、たとえば、衛星と衛星が衝突しないように、航空機の管理のように宇宙活動を一連の交通として管理するという構想である（新見 2021: 31）。さらに、企業自ら「科学的データに基づいた議論と問題意識の醸成」を、企業コミュニケーションとして内外のステークホルダーに向けて行うこともできるはずである⁴⁸。

デブリ以外にも問題として示唆されている、大気への影響と天文学への影響の2つについては、まだ研究中の段階と見られる。だがこれらも科学的妥当性が高まってくるとすれば、地球環境と人類へのリスクであるとともに、持続的ビジネスへのリスクとなり投資家に報いる

⁴⁶ 2019 年 6 月の COPUOS 本委員会において日本、米国、フランス、カナダの主導により採択された「宇宙活動に関する長期持続可能性(LTS)ガイドライン」に含まれる、従来ガイドラインになかった宇宙状況監視に関する取組、中でも「デブリの数を長期的に管理するための新たな手法の調査及び検討を行うこと(D.2)」(中村 2022: 142) をスタートさせることは重要だと思われる。

⁴⁷ 宇宙交通管理(Space Traffic Management:STM とは「宇宙を持続可能的に利用するために長年にわたって議論されている概念である。STM に共通定義は存在しないが、他の交通分野のように宇宙活動を一連の交通として管理するという構想」(新見 2021: 31) と述べている。技術的・安全保障的・国際関係的課題が多く、実現にはまだ時間がかかると言う見込みも示されている

⁴⁸ 「宇宙の持続可能性への課題はエンジニアの間であまり共有されていないという声もある。また、衛星を新しく設計し、製造し、テストを行なって打上げるには数年かかる一方で、宇宙政策の議論の展開スピードは目覚ましく、政策との間に時間的ギャップを感じるというエンジニアの意見もある」(新見 2021: 42)。

「他の交通分野と異なり、現状では宇宙ステーションを除いて直接人命に関係ないことや、直接環境の悪化を感じることができないという点で、議論の進展や規則の遵守に対する意欲を強く持つことが難しい。したがって、社会全体の問題意識を醸成することで、株主や顧客、NGO、社会に対するアカウンタビリティを求めることが有効なのではないだろうか」(新見 2021: 42)

こともできなくなる。ビジネスリスクを早い段階で小さくするためにも、国や国際機関と早期にコミュニケーション回路を開き、継続的議論のテーブルを設けることが求められるだろう。

地上ビジネスの企業が環境問題対応によって、顧客に選ばれたり選ばれなかったりするようになり、競合する企業が存在する市場では、環境対策は選ばれるための一つの競争力になる。上述の「科学的データに基づいた議論と問題意識の醸成」を企業内外のステークホルダーに広げていくことはここでも有効である。科学者や天文学者と誠実なコミュニケーションで向き合い、企業自らが関連データと研究資金の拠出などを行って、率先して解明に参加することが良いのではないだろうか。科学的データに基づいた議論と問題意識の情勢は、広く一般市民に対して知識を共有し宇宙への関心を増やすことであり、善を増やす積極的義務の取り組みと考えることもできる。

また、アプローチは違うが、災害発生時に、無償で衛星ブロードバンド受信装置を提供すると決めたり、衛星リモートセンシング技術で詳細な被害状況を素早く公開することも、衛星コンステレーション企業ならではの善行であり、行動を通して幅広い人々から尊敬されるコミュニケーション行為となるであろう。

低軌道ではなく静止軌道に目を向けると、20世紀にはじまった静止軌道の衛星利用は、赤道上空にしかない希少価値が認識されたこと、宇宙条約によってどの国も宇宙空間を占有しないことから、2章で前述したように国際機関による管理体制が続けられている。低軌道衛星も、地球上空全域を利用するので一見希少性が低いように感じられるが、衛星の数が増えてくれば混雑するわけであり、低軌道が有限な資源⁴⁹であることに変わりはない。人類が一度成し遂げていることが、国際機関や国からであろうと、企業側からであろうと、低軌道でも実現されることを願ってやまない。

⁴⁹ 資源の有限性というテーマで考えると、宇宙企業によって利用されるエネルギーなど地球上の埋蔵天然資源も有限である。確実性もインパクトも低い事業に対して大量の天然資源を投入することは倫理的ではないと言える。

3.3. 達成圧力による事故誘発

あるバイオベンチャーの危機と終焉

話題は宇宙から離れるが、セラノスというバイオベンチャーがかつて存在した。その創業者エリザベス・ホームズは「わずか数滴の血液で何百もの病気をスキャンできる」というビジョンを掲げて投資と名声を集めたが、虚偽であるという内部告発で一大スキャンダルとなり、2022年に投資家への詐欺罪で禁錮11年を超える有罪判決を受けた⁵⁰。投資家への詐欺に加えて、セラノスのキットは訴求していたような診断能力がないまま実際に大手ドラッグストアチェーンの店舗40箇所に血液採取センターをオープンさせていたので、多くのユーザーに自分の健康状態についての理解を誤らせた可能性がある。

科学技術社会論の研究者であるメラニー・ジェスケ(Melanie Jeske)は、セラノス・スキャンダルから得られる教訓について、ベンチャー企業の経営者が彼らに対して権力を持つユーザー候補集団の圧力に左右されやすいこと、所属する研究者が実際に危害を加えることになる人々を意識できない閉じた環境におかれることを、エッセイで警告している⁵¹。セラノス

⁵⁰ 「ホームズはスタンフォード大学を19歳で中退して2003年に立ち上げたセラノスが、わずか数滴の血液で何百もの病気をスキャンできる技術をもっていると主張し、「医療界に革命を起こす」として注目された。一時は総額90億ドル(約1兆円)の価値があるユニコーン企業とまでみなされたが、内部告発を経てすべてが虚偽であったことが明らかになり、18年6月に11件の詐欺罪で起訴されていた」WIRED 日本版のニュース記事 <https://wired.jp/article/theranos-elizabeth-holmes-is-going-to-prison/>

⁵¹ 研究室のインフラの一部となるようなツール(たとえば体外診断用医薬品)の開発は、様々な困難に直面する。市場ニーズや潜在ユーザーは特定されるかもしれないが、それはしばしば契約研究機関、医療機関、製薬会社、研究室スタッフ、臨床医など、開発者に対して権力を持つ主体なのである。それら開発途上技術の使用のために呼ばれ、携わる人々—細胞やDNAや血液の「サプライヤー」—は開発者から遠くに認識されているため、開発者に「この製品は倫理的・社会的調査をする準備ができていない」であるとか、もっと悪い場合は「その必要はない」などと簡単に言わせてしまうのだ。(Jeske 2020: 5 翻訳筆者) / 原文: while a “market need” and “potential user” may be identified, these are often entities with power: contract research organizations, healthcare systems, pharmaceutical companies, laboratory staff, and clinicians. The people invoked and implicated in the use of these technologies—that is, the “suppliers” of the cells, DNA, blood—are perceived as so far removed from the development of a technology that it becomes easy to say that the product isn’t ready for an ethical or social investigation, or worse, that it doesn’t need one—both common sentiments in my fieldwork and interviews with bioengineers.

のケースは、科学技術ベンチャーが陥りやすい倫理の罠を示した。それは、研究者個人の倫理を超え、プロジェクトごと、技術ごと、産業セクターごとに考えられるべき倫理の問題だともジェスケは言う (Jeske 2020: 5)。さらに、そもそものビジョンが科学的に妥当なものだったのか、投資熱が話題になりながら、専門家は誰も疑義を呈しなかったのか、という疑問も残る。

人命に関わる宇宙ビジネスのステークホルダー・コミュニケーション

宇宙開発もまた、多くのベンチャー企業の参加によって前進している。そのリスク管理を考えるために、上に引用したようなケースのアナロジーを考えることはできるのではないか。宇宙ビジネス企業には、顧客や投資家や社会からのビジョン達成への期待、利益への期待やプロジェクト達成への期待に応えるために、大きなプレッシャーがかかるだろう。そして宇宙ビジネスの顧客には、多くの予算を投じてくれる国家も含まれる。宇宙開発は国威発揚の側面もある。例えるならオリンピックに出場して国民の目を一身に集めるアスリートのように、ベンチャー企業の経営者と従業員には、顧客である国や企業、投資家からの期待に応えなければならないというプレッシャーがかかっているかもしれない。

宇宙ビジネスの場合は、打ち上げを始めとする設備の巨大さや、これから増えていく予定の有人宇宙飛行、そして月の開発・居住に向けた実証実験と、宇宙空間において精神的・肉体的にかかるプレッシャーも大きい。ステークホルダー論で考えてみよう。セラノスの事件では経営者によって、従業員である研究者は実験結果を偽ることを要求され、投資家は詐欺、一般顧客が偽の検査という危険にさらされた訳だ。宇宙ビジネスでは、宇宙旅客機に搭乗する乗客と乗員はもちろん、設備開発や打ち上げに関わる従業員、実験に関わる宇宙飛行士もフィジカルな危険に晒される。これらの目の前にあるリスクの軽視が原因となって、飛行中や打ち上げ時に万一の事故が起きてしまうと、ビジネス開発に停滞が起き、近未来や遠未来の長期的なビジネス持続と利益獲得が困難になってしまう。既に私たちは1986年に起きた、米国のスペースシャトル・チャレンジャー号の爆発事故からは既に多数の研究者によっ

て原因と教訓を引き出すことができる。NASA とそこに関わる人々の逸脱の常態化をめぐる一連の研究⁵²は、宇宙開発に携わる誰もが学んでおく価値がある。

このテーマの中心的なステークホルダーとして、危険を知りつつ宇宙開発の現場を支える、勇敢な従業員や宇宙飛行士がいる。「勇敢さ」が彼らの倫理的な徳だとすれば、開発や実験現場の技術者は、社会的（政治的・財政的・組織的）プレッシャーにとらわれずに「（科学的）認識の誠実さ⁵³」という倫理的な徳を堂々と保ち続け、目の前のリスクを軽視しないよう、開発現場に向かってコミュニケーションし続けることが、ビジョンを達成して長期的なリターンを獲得することへの近道ではないだろうか。また投資家や顧客など他のステークホルダーは、搭乗員の勇敢さと技術者の科学的認識の誠実さに全てを頼るだけではなく、失敗を過度に責め立てたり、成功を急がせたりしないコミュニケーションによって、彼らのプレッシャーをやわらげることが求められるだろう。杉原桂太はチャレンジャーの教訓として「（科学的な）認識的誠実さを損なうようなコストおよびスケジュール上の利害は排除しなければならない」と述べている（伊勢田・神崎・呉羽 2018: 102-103）。最小道徳論の視点で事故という害を生まないように意識することが第一だが、安全性への最大限の配慮は結果的に、人類は早く宇宙に到達させることになり（チャレンジャー号の事故の後、スペースシャトルによる宇宙開発は停滞した）、ビジネスの果実だけではなく、科学的発見という共通善をも早く手に入れることになるはずだ。

危険と隣合わせの搭乗員や開発者に対する我々の視点を振り返るとき「人を手段としてのみ扱ってはならない」というカントの格率がここで思い出されるのである。

⁵² たとえば、伊勢田・神崎・呉羽 2018: 第五章。

⁵³ 伊勢田・神崎・呉羽 2018: 95 で示されている「認識の誠実さ(epistemic integrity)」を表現した。

3.4. 占有資源の格差拡大

資源という言葉の定義

宇宙空間は、誰のものでもなく、誰もが利用できる人類の共有地である。

宇宙空間は、地上から遠く・地上と異なる環境を持ち、利用には巨額の資金が必要である。

それぞれの文は多くの人が直観的に納得できるものだと思うが、二つを重ね合わせた時に生まれるビジネス倫理の問いがある。ここでは、宇宙資源の占有格差の拡大を倫理的課題としたい。近藤圭介は、宇宙資源の独占⁵⁴を、宇宙資源採掘にまつわる倫理的課題の一つに挙げている⁵⁵が、独占という程度に至るまでは時間がかかるように思われる（伊勢田・神崎・呉羽 2018: 212）こと、また、宇宙におけるビジネス資源とは、鉱物や天体の土地に加えて、低軌道を始めとする軌道上空間や宇宙空間をも含めて考えられることが理由である。

アメリカ、ルクセンブルク、UAE、日本では、国内法として宇宙資源法を制定し、企業による採掘に一定のコントロールを設けている⁵⁶。各国の宇宙資源法は国内企業に所有権を認め

⁵⁴ 宇宙資源の採掘には非常に高度な技術が必要とされ、そのような技術を構築・運用する能力を十分に備えることのできる主体の数は限られるであろう。このような状況において、もし宇宙資源の採掘が自由に行われるとすれば、ごく少数の主体が、この資源から独占的に利益を享受するという事態を誘発することになる。人々のあいだの富の偏在を問題とする道徳的立場からすれば、この事態は当然に問題視されることになる。（伊勢田・神崎・呉羽 2018: 212）

⁵⁵ 近藤圭介は、水や貴金属など宇宙資源の採掘においては、天体環境の破壊、科学研究の阻害、宇宙資源の枯渇、宇宙資源の独占という四つの道徳的問題が懸念されると述べている（伊勢田・神崎・呉羽 2018: 212）。天体環境の破壊については、破壊とは何か・破壊はゼロでなければならないか等、ビジネス倫理よりも哲学的な検討を要する。宇宙資源の枯渇については、埋蔵量が調査中であり採掘技術の実現途上であることから、緊急性は低いと考える。科学研究の阻害についてはこの論文の3.2.や結論でも扱った。

また、近藤は、宇宙資源取得の自由を論ずる際に依拠されるものとして、ジョン・ロックの所有権論と付されているいわゆるロック的但し書きを挙げている。「（ロックの）議論とは、非常に大雑把に要約すれば、この世界、すなわち大地やその他のあらゆる自然の恵みは全て人々が自らの生存や繁栄のために有効に利用しうるものであり、その原初の段階においては共有の状態にあるところ、人々はみな、他の人々による同意を求める必要なく、自らの「労働」のみを通してその部分に対して自由に「所有権」を設定することが認められている、というものである」（伊勢田・神崎・呉羽 2018: 206）「ロックの所有権論では、所有権の設定には幾つかの制約が付されている。そして、その中には「他の人たちにも十分だけ同質なものが残されている限り」と定式化されるいわゆる「ロック的但し書き」が含まれる」（伊勢田・神崎・呉羽 2018: 208）

⁵⁶ 各国の宇宙資源法の条文については以下が参考になる。『宇宙資源を巡る国内法及び「国際的なルールメイキング」の現状とこれから』大島日向 中村・角田・松本法務事務所 2022

ているが、他の多くの国々から承認されたわけではない。1967 年の宇宙条約で、各国による宇宙空間の領有禁止が決められているが、企業についての記述ではないため（当時は主体として企業が想定されていなかった）、現在は国際法とのねじれ・あるいはグレーゾーンが生じていることは周知の通りである。また各国の狙いとしては今後の国際的ルールメイキングに対して影響力を発揮したいということもあるだろう⁵⁷。

宇宙占有の格差拡大と分配的正義

企業による 21 世紀の宇宙開発は、先進国が築いた今までの富の上に、先進国の宇宙企業がリードしている。世界各国の企業の宇宙開発スタート地点は公平ではない。先進国で出来たばかりの宇宙ベンチャーにも、そこに供給される豊富な資金は先進国の投資会社からのものであり、その富は先進国がこれまで他分野の産業によって築いてきた富である。先進国の宇宙企業が宇宙からの莫大な利益を得て、それを設備投資に回して規模の競争力の差がますます広がれば、発展途上国とその企業は、先進国の宇宙サービスを購入することはできても、自ら宇宙ビジネスを開発するケイパビリティを持つことはいつまでもできないだろう。もし、このように格差が広がるならば、宇宙ビジネスのステークホルダーである国際社会に、相対的貧困という「害」を拡大すると考えることが可能である。それを避けようとするならば、グローバルな分配的正義⁵⁸の議論が必要になるだろう。

採掘した資源だけでなく、空間占有を含めて考えるならば、人工衛星の打ち上げが次々行われて現在も事実上の占有が進行中であり、「目の前」や「近未来」に帰結する格差の問題として現れてくる。しかし、格差を害として禁止すれば、ビジネスの基本原理の一つである競争が成り立たない。またビジネスの倫理と行政による配分の倫理は異なる。その上で、国や国際社会の責務を考えた社会正義の思想を、ビジネス倫理の手がかりにすることはできるだろう。

⁵⁷ 議員立法によって宇宙資源法を制定した意図について、議員自らが書いた以下の書籍が参考になる。小林鷹之・大野敬太郎『宇宙ビジネス新時代！解説「宇宙資源法」宇宙ビジネス推進の構想と宇宙関連法制度』2022 第一法規

⁵⁸ 「グローバルな分配的正義とは、人々がその生活において共有する利益や負担の分配のあり方に関わる「分配的正義」という概念を、地球大に適用する試みである」（伊勢田・神崎・呉羽 2018: 212）。

現代リベラリズムを開き社会正義を探究し続けたジョン・ロールズは、国内社会をイメージして、自由、公正な機会の平等が、格差是正より優先される「正義の二原理」⁵⁹を考案し、社会制度による基本財（自由と権利、機会、所得と富、自尊の社会的基盤）の分配⁶⁰を考案した後、後期にはグローバルな視点で、リベラルおよびまともな社会は、不利な条件を負っている社会に対して、社会制度を再構築していくために教育・訓練や技術の移転を援助すべきだとした（齋藤・田中 2021: 157）。一方、ロールズに学んだトマス・ポグゲは、より強いトーンで、先進国は害を与えており、その原因となっている国際制度を改善する責任がある、と批判している⁶¹。

また、功利主義やロールズを批判するアマルティア・センは、分配的正義の問題としてケイパビリティを重視する⁶²。ケイパビリティは、よく潜在能力と訳されるが「能力とそれを発揮する主体性が備わっている自由な状態」だと言える。このアイデアをもとにセンは功利主義の幸福観を批判する。格差のある状況で、貧困や差別的な境遇に長く置かれた人が、実際にはケイパビリティを剥奪された状態であるのに、慣れてしまって不満を感じず「幸福な人」と判断されてしまうからである⁶³。

⁵⁹ 第一原理 各人は、平等な基本的諸自由からなる一つの完全な枠組みへの、同一の決して棄却されることのない請求権を持つ。なおかつその枠組みは、諸自由からなる同一の枠組みを全員が持つことと両立する（平等な自由原理）。第二原理 社会的・経済的不平等は、二つの条件を満たさなければならない。第一に、それらの不平等は、公正な機会の平等という条件のもとで全員に開かれた職務と地位に付随するものであること（公正な機会の平等原理）。第二に、それらの不平等は、社会の最も不利な構成員にとって最大限の便益をもたらすものであること（格差原理）/ 最初に自由が、次に公正な機会の平等原理が、最後に格差原理が考慮される。社会的・経済的な不平等の緩和のためであっても、基本的自由が制限されることはありえない。（齋藤純一・谷澤正嗣『公共哲学入門 – 自由と複数性のある社会のために』2023）

⁶⁰ 齋藤・田中 2021, 64

⁶¹ ポグゲは、消極的義務違反の観点から、つまり、国際社会において共有されている制度から受益している人々は、その制度を介して他の社会に生きる人々に危害を加えている – 極度の貧困の放置など – という観点から、富裕な社会に生きる人々の責任を問うアプローチをとっている。極度の貧困が消極的義務違反によって引き起こされているとすれば、その義務違反に対して制度を改善するという政治的責任を引き受けなければならない。（齋藤・田中 2021: 161）

⁶² センによる発展途上国でのケイパビリティ研究は、国連の「人間開発指数」や「多次元貧困指数」にも影響を与えている（齋藤・谷澤 2023: 150）。

⁶³ 「第一に、センは功利主義を批判する。快楽や選好充足だけを人間の暮らしの評価基準とすると、評価が一面的になり、貧困や不平等の問題を十分に扱えない。例えば、ケイパビリティが剥奪されているのに、その状態に慣れていて不満を感じない人（極度の貧困状態や、差別的な境遇に置かれた人）が「幸福な人」と判断されてしまう場合がある。第二に、センはロールズやロナルド・ドゥワオーキンの資源主義（resourcism）も批判す

センの思想に基づいて考えれば、宇宙開発のケイパビリティが剥奪されている国や人がいても、その状態に慣れて不満を感じないようになってしまい、格差は覆い隠されてしまうということだ。繰り返すが、ロールズ、ポッグ、センが、格差とその拡大に対して働きかけるべき義務のある主体として考えたのは、まず各国政府や国際機関であろう。その上でだが、もし、企業が自ら格差を緩和したいと考える時（可能ならば行う積極的義務としての善）、どのような分配が実践的・実効的だと考えられるだろうか。

知の分配としてのステークホルダー・コミュニケーション

宇宙開発への参加は遠すぎる存在であり、自分には到底関われぬものとしてあきらめてしまっている国があり人々がいる。そこで企業が、グローバル向けの企業コミュニケーションとして、ソーシャルメディア等アクセスしやすい身近なメディアを使い、宇宙開発に関する情報や知識を提供するのはどうだろうか。美しく面白く、かつ教育的なものが望ましい。それをきっかけにして、子供たちや若者たちが自分の人生の自由な目標設定の一つとして宇宙開発を考え、宇宙人材を目指すようになれば、ケイパビリティと行為主体性が養われたと言えるのではないだろうか^{64,65}。

宇宙ビジネスが他の産業とは違って恵まれているところは、そのビジネスフィールドの壮大さと美しさである。宇宙から見る地球に目と心を奪われた人も多いだろう。ビジネスを通じて手に入れた、いわば美的資産を活用しながらグローバルな学習コンテンツを広げていくことは、富や資源自体の移転よりも、企業ブランディングにつながる側面もあり投資家や従業

る。すでに見たようにセンによれば基本財は自由のための手段あるいは資源にすぎない。資源がどれだけ分配されるかだけが資源主義の関心である。だがセンの考えでは、人間にとって重要なのは、自由そのもの、つまりケイパビリティである。」（齋藤・谷澤 2023: 143）

⁶⁴ センが論ずる自由とケイパビリティと行為主体性については、齋藤・谷澤 2023: 140-141

⁶⁵ 有人宇宙飛行の顧客であるビリオネアがサービス精神を発揮して上記のようなコンテンツを作った例が、日本の前澤友作氏の ISS からの発信だ。彼が毎日のように ISS から配信したことによって、宇宙が身近になったという日本人は多かったのではないか。

員らのステークホルダーからも理解を得やすいのではないだろうか。格差の問題に対して、国々や国際社会がやるべきことは多いが、企業にできることはない、と考えるのは早計のよ
うに思う。個人的な道徳的直観に基づいて、より哲学的な問題を残すとすれば、あらゆる人
は、人類全体から、宇宙空間の利用をただ許されているだけであり、占有を許されているわ
けではないのではないだろうか。

3.5. 受動的デュアルユースに関して

意図しないデュアルユースの問題

デュアルユースという言葉は、同じ技術が軍事用にも民生用にも使われる軍民両用の意味で
使われる。ビジネス倫理について考えるこの論文においても、デュアルユースの問題に触れ
ないわけにはいかない。ここでは宇宙ビジネスの危機管理につながる部分を扱い、技術のデ
ュアルユース自体を倫理的問題としては取り上げないが、まずビジネスで利用される技術と
宇宙軍事が密接に結びついていることは背景として理解しておく必要がある。

民生用として活用されている米国生まれの GPS や EU の GALLILEO を含む衛星測位システ
ムや、通信衛星や、リモートセンシング技術などは、軍民両用のデュアルユースである（伊
勢田・神崎・呉羽 2018: 219）。軍事用が民生用に転化した技術の代表例は、DAPRA(米国
の国防高等研究計画局 Defense Advanced Research Projects Agency)が開発したインター
ネットであり、ほとんどの国で基本的通信インフラとなっている（出口・大庭 2022:
130）。軍事技術の使用を許可することによって利用者数が莫大な規模にまでなり、全世界
に広がる巨大な市場が生まれた例が GPS などの測位衛星システムである(出口・大庭編
2022-117)。

現在は、インターネットや GPS など軍事生まれの技術を、企業が利用して民生用サービ
スを提供することが一般化した。また逆に、企業が民生用に提供するサービスを、政府が軍事
用に購入し利用している状況になっている（出口・大庭 2022: 129）。具体的に安全保障に
有用になりそうな日本のサービスには、リモートセンシングのデータ提供、宇宙ゴミの除去

（自国の衛星を妨害しようとする物体の除去）、人工衛星の打ち上げなどがある（出口・大庭 2022: 128）。

対象に危害を加える能力（抑止力を含む）を前提として納品される軍需ビジネスそのものの倫理的考察は、戦争倫理学や正戦論の領域になり、また攻撃に巻き込まれることを前提としてビジネスを行っているのでこの論文では扱わない。それでも、意図せずステークホルダーに害を与えてしまうことがある。それは、民生用の宇宙インフラが、戦争・テロ行為の目標になりダメージを被る場合である。これを、能動的にデュアルユースを選んだわけではなく、他者からの攻撃を受けて軍事的存在となる「受動的デュアルユース」と呼びたい。

受動的デュアルユース発生時の危機管理

このケースが起こる可能性は、安全保障環境の変化によるところが大きく⁶⁶、自社の行動から害を与えることではないので、必ずしも目の前にある危機とは言えないが、宇宙ビジネスに携わるビジネスパーソンは、危機管理項目の一つに入れなければならないだろう。特に低軌道衛星は、地上との距離が近く、攻撃を受けやすいと言える。通信インフラとしての社会の依存度が高まるほど、攻撃目標にされるリスクも高まる。

宇宙インフラを運用または利用する企業は、広範囲の人々の日常生活やビジネスに影響が出る＝被害を与えてしまうことも予想して、世の中の混乱を最小限にとどめるために、各ステークホルダーへのコミュニケーションを準備＝つまり危機管理を準備しておくことが望ましいだろう。サイバー攻撃の発生時、大規模なネットワーク障害の発生時や、災害発生時の危機管理コミュニケーションがケーススタディになるはずである。原因がわかるまでは、起きている事実のみを迅速に冷静に伝えることが求められ、また不用意な原因特定・攻撃者特定を思わせる発表・発言は、市民の感情を加熱させたり、最悪の場合は映像や文章で偽情報が

⁶⁶ 内閣府 第33回宇宙安全保障部会レポート『2. 宇宙を巡る情勢変化 ②宇宙安全保障の重要性の高まり』
<https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-anpo/anpo-dai33/siryou3-2-2.pdf> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

流通してしまうことも考えられる。どのような場合も、国の当該省庁と連絡をとって、歩調を合わせた発表が求められる。

危機管理におけるコミュニケーションは、害を増やさないように努力できても、善のために行う余地はあまりない。万一の時に備えてステークホルダーと迅速にコミュニケーションが取れ、意思決定ができるような体制作りが全ての基本になる。もし、善があるとすれば。それは事前のコミュニケーションであるが、それは、宇宙開発そのものがデュアルユースや受動的デュアルユースという前提に置かれているという知識を伝え、市民の間に宇宙に対する現実的関心と知識量を高め、議論を深めていくことであるように思う。

3.6. 未来の宇宙企業コミュニケーションの3つのコンセプト

倫理的検討の章の最後に、未来の宇宙企業コミュニケーションの可能性について「3つの圏」という提言を試みたい。

「地球圏」として見つめ直す：

現代の宇宙活動も宇宙ビジネスも、調べるほどに「宇宙」開発の多くが、低軌道や静止軌道や月という「地球近傍」の活動であることを知る。そこで、地球近傍宇宙を「地球圏」⁶⁷と言い直すことを提案し、それによって、多くの人々が持つ「無限の夢」としての宇宙のイメージを、より近く有限な存在に描き直したい。無限のイメージは、より近くに存在する重要なテーマを見えなくさせてしまう可能性もある。「人類の未来を左右する身近なエリア」として、地球圏の今と行く末に関心と知識を携え、議論に参加することを願う。宇宙企業、いや地球圏企業は、企業コミュニケーションによって、地球圏への眼差しを創造してほしい。宇宙倫理学は、まず地球圏倫理学であるべきだ。

「公共圏」として開かれた宇宙開発：

齋藤純一と谷澤正嗣は『公共哲学入門』で次のように現代の公共性と公共圏について述べている。「公共的」という言葉の意味は、デューイ的な定義によれば、人々の相互作用が直接

⁶⁷ フラーの「宇宙船地球号」という言葉に近いニュアンス。

の関与者を超えて制御を要するような、重大な影響を第三者に及ぼすような事態を指す。グローバル化とデジタル化によって現代では世界規模で公共的な事象が増えているが、デジタル化により、目に入るニュースの量が莫大に増えすぎて、人々が身近なものにしか心を寄せなくなっている。ハーバーマスのいうように「公共圏」とは、異質な価値観の共同体が併存する、情報交換、意見交換のネットワークと捉えるならば、現代においては、人々を既存の関心を越えて、知の交換地帯つまり公共圏へとアクセスできるよう積極的に行動することが求められる。なぜなら、共通の関心事や意見交換から人々を排除する働き – 負担を発言力のない将来世代へ転嫁したり、負の財を交渉力の弱い地域にシフトしたりするような排除 – が行われるからである(齋藤・谷澤 2018: 第1章、筆者要約)。

宇宙開発と宇宙ビジネスについては、まだ多くの人の公共圏になっていないように思われる。企業のコミュニケーションは、宇宙が多くの人々の「公共圏」になるように、知識と関心を高めるような仕方で行うことができるのではないだろうか。もちろん、困難は多い。宇宙情報の専門性の高さ、科学的コミュニケーションの難しさ。宇宙開発の現場が遠すぎて多くの人に地上から見えないこと。現代の情報環境（情報爆発、配信アルゴリズムの偏り、ソーシャルネットワーク時代における関心の奪い合い、偽情報）。一方で、機会もある。それは前述したように、いわゆるオーバービュー・エフェクトをもたらす地球の美しさ、宇宙や天体の美しさだ⁶⁸。

宇宙企業のコミュニケーションは、人類の共有地である宇宙を利用するにあたっての、人類社会に対するアカウンタビリティであり、宇宙開発という「公共圏」への誘いだと考える。

「生命圏」には Discovery が先立つ

人類が生存できる領域のことを「生命圏」と呼びたい。人類が他の惑星に居住するのは遠未来のまた先になりそうだが、「生命圏」を広げるためには科学的発見と倫理的発見が欠かせ

⁶⁸ また、宇宙は人類にとってオリンピックにも似た「人類の可能性」をシンボライズする意味を持っている。実際、オリンピックとパラリンピックに対をなすように、アストロノーツとパラastroノーツの試みが進んでいる。宇宙は、人類の前進のシンボルだ。

ない。それらをまとめて Discovery と呼ぶと、人類の生存には、Discovery が先立つ。それはまず第一に、害を避けるための Discovery である。上で述べた地球圏にさえ、人類が生存する上でどんな危険があるかは完全に分かっていない。また、生命圏を広げる宇宙開発がどんな害をもたらすかも分かっていない。未来の世代に与える害も分かっていない。もしも宇宙活動によって危害をつくってしまったらば、その企業は人類にコミュニケーションをする義務がある。

人類の活動が地球全体に影響し合うようになった今、環境問題のエリアでは、科学的なシミュレーションと予想にもとづいて、未来世代に与える害を避ける試みが行われている。20世紀の人類は「地球の有限性」を Discovery した。宇宙ビジネスが持続可能であるためにも、宇宙という公共圏において、企業は科学者や倫理学者や法律家と共に科学的事実と倫理的課題を一緒に発見し、法のあり方を一緒に発見していくことが欠かせない。宇宙企業には、主体的に人類社会のコンセンサスメイキングで専門家の一翼をにない、宇宙という共通の関心の公共圏を積極的に開かれたものにし、議論を喚起していく存在になっていくことを期待したい。

結論

宇宙企業が貢献する善とは、結局のところ、人類の Discovery への貢献なのではないだろうか。宇宙開発の多くを企業が担っている今、宇宙企業は、人類全体から Discovery を託されているのだという誇りをもとに行動すべきであろう。

参照・引用文献

赤林朗・児玉聡編『入門・倫理学』2018 勁草書房

Beauchamp, T.Tom & Bowie, E.Norman, 1993 "Ethical theory and business" 5th edition

(翻訳トム・L,ビーチャム、ノーマン・E,ボウイ『企業倫理学1 倫理的原理と企業の社会

的責任』加藤尚武監訳 晃洋書房 2005、『企業倫理学4 国際ビジネスの倫理的課題／社会的正義と経済的正義』小林俊治監訳 晃洋書房 2017

Boise State University, Jeff Lingwall “Business Ethics : 100 Questions”

<https://boisestate.pressbooks.pub/businessethics/> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

Bryce Tech “2022 Global Space Economy at a Glance” Report

<https://brycetech.com/reports> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

Bryce Tech “2022 Global Satellite Industry Revenues”

<https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://sia.org/wp-content/uploads/2023/06/FOR-WEBSITE-SSIR23-Exec-Summary-Slide-FINAL.pdf&hl=en> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

Business Insider Japan 2018 9 月 7 日「ナイキの新しい広告を見てスニーカーを燃やす人々、その理由は？」 <https://www.businessinsider.jp/post-174600>

第一東京弁護士会 編『これだけは知っておきたい 弁護士によるビジネスガイド New Space の源流と変わりゆく法』2018 同文館出版

出口康夫・大庭弘嗣 編『軍事研究を哲学する – 科学技術とデュアルユース』2022 昭和堂
Deudeny, D. 2020, “Dark Skies: Space Expansionism, Planetary Geopolitics, and the Ends of Humanity” Oxford University Press

フリッカー、ミランダ『認識的不正義 権力は知ることの倫理にどのように関わるのか』2021 勁草書房

フライ、ハンナ『アルゴリズムの時代 機械が決定する世界をどう生きるか』森嶋マリ訳 2021 文藝春秋

現代思想 2023 6 月号『無知学／アグノトロジーとは何か』

廣野喜幸・藤垣裕子・定末淳・内田麻理香 編『科学コミュニケーション論の展開』2023 東京大学出版会

稲増一憲『マスメディアとは何か 「影響力」の正体』2022 中公新書

伊勢田哲治・神崎宣次・呉羽真 編『宇宙倫理学』2018 昭和堂

伊勢田哲治『哲学思考トレーニング』2005 筑摩書房

Jeske, Melanie. “Lessons from Theranos: Changing Narratives of Individual Ethics in Science and Engineering”, 2020, University of California, San Francisco

金子務・酒井邦嘉 監修 日本科学協会 編『科学と倫理—AI 時代に問われる探求と責任』

2021 中央公論新社

環境省 Cool Biz ウェブサイト <https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/coolbiz/> (最終閲覧

2024 年 2 月 29 日)

片岡龍峰『宇宙災害 太陽と共に生きるということ』2016 a 化学同人

加藤尚武『戦争倫理学』2003 筑摩書房

小林鷹之・大野敬太郎『宇宙ビジネス新時代！解説「宇宙資源法」宇宙ビジネス推進の構想と宇宙関連法制度』2022 第一法規

児玉聡『COVID-19 の倫理学 パンデミック以後の公衆衛生』2022 ナカニシヤ出版

児玉聡『実践・倫理学 現代の問題を考えるために』2020 勁草書房

児玉聡『功利主義入門 はじめての倫理学』2012 筑摩書房

児玉聡『功利と直観 英米倫理思想史入門』2010 勁草書房

児玉聡『予防の倫理学 事故・病気・犯罪・災害の対策を哲学する』2023 ミネルヴァ書房

小松伸多佳、後藤大亮『宇宙ベンチャーの時代 経営の視点で読む宇宙開発』光文社 2023

京都大学宇宙総合学研究ユニット『シリーズ宇宙総合学Ⅰ 人類が生きる場所としての宇宙』2019 朝倉書店

京都大学宇宙総合学研究ユニット『シリーズ宇宙総合学Ⅲ 人類はなぜ宇宙へ行くのか』2019 朝倉書店

McGinn, Robert E. “Startup Ethics: Ethically Responsible Conduct of Scientists and Engineers at Theranos” 2022, Science and Engineering Ethics, Springer

三木那由他『会話を哲学する コミュニケーションとマニピュレーション』光文社 2022

宮本英昭『太陽系探査の現状と宇宙資源の考え方』2021

Murdoch, Iris. 1971 “The Sovereignty of Good” (翻訳 1992 『善の至高性』菅豊彦・小林信行 訳 九州大学出版会)

内閣府 第33回宇宙安全保障部会レポート『2. 宇宙を巡る情勢変化 ②宇宙安全保障の重要性の高まり』2019 <https://www8.cao.go.jp/space/comittee/27-anpo/anpo-dai33/siryoku3-2-2.pdf> (最終閲覧 2024 年 2 月 29 日)

中村真也『スペースデブリに対処するための技術とルール』2022（国立国会図書館 調査及び立法考査局『宇宙空間の利用をめぐる動向と課題 科学技術に関する調査プロジェクト報告書』第7章）

NASA Artemis website <https://www.nasa.gov/specials/artemis/>（最終閲覧 2024 年 2 月 29 日）

日本広報学会『広報の定義と解説』2023 <https://www.jsccs.jp/info/news/post-4.html>（最終閲覧 2024 年 2 月 29 日）

日本航空宇宙学会 JSASS 宇宙ビジョン 2050 <https://www.jsass.or.jp/wp-content/uploads/2020/09/e2c8955d9607b55e5e22ad43bfde3cf1.pdf>（最終閲覧 2024 年 2 月 29 日）

大久保涼 編『宇宙ビジネスの法務』2021 弘文堂

大島日向『宇宙資源を巡る国内法及び国際的なルールメイキングの現状とこれから』中村・角田・松本法律事務所 2022

ポッゲ、トマス『なぜ遠くの貧しい人への義務があるのか』2010 生活書院

ロールズ、ジョン『公正としての正義 再説』エリン・ケリー編 田中成明 他訳 岩波書店 2020

齋藤純一・田中将人『ジョン・ロールズ 社会正義の探究者』中公新書 2021

齋藤純一・谷澤正嗣『公共哲学入門 – 自由と複数性のある社会のために』2023

佐藤岳詩『「倫理の問題」とは何か メタ倫理学から考える』2021 光文社

セン、アマルティア『不平等の再検討』池本幸生 他訳 2018 岩波書店

セン、アマルティア『経済学と倫理学』徳永澄憲 他訳 2016 筑摩書房

シェフラー、サミュエル『死と後世』森村進 訳 2023 筑摩書房

清水直樹『衛星コンステレーションの可能性と課題』2022（国立国会図書館 調査及び立法考査局『宇宙空間の利用をめぐる動向と課題 科学技術に関する調査プロジェクト報告書』第3章）

標葉隆馬『責任ある科学技術ガバナンス概論』2020 ナカニシヤ出版

新見奈緒子『宇宙空間の持続可能な利用の実現に向けて』2021(未確認) 東京大学公共政策大学院研究論文

白坂成功、桜井誠、後藤大亮、河野功、田中宏明、上野誠也『宇宙ビジネス』2021, JSASS
宇宙ビジョン 2050 2121 年度増補版

宙畑『火星移住を考えるにあたっての火星の基本～計画、環境、課題、Q&A～』2023/2/14
<https://sorabatake.jp/30811/>（最終閲覧 2024 年 2 月 29 日）

Space Capital “Quarterly report dashboard” <https://www.spacecapital.com/quarterly>
（最終閲覧 2024 年 2 月 29 日）

須藤靖・伊勢田哲治『科学を語るとはどういうことか』2013 河出書房新社

角地 雅信・宮嶋 宏行・安濃 由紀・村川 恭介『火星模擬実験の概観と有人火星探査の検討』2016

高木徹『戦争広告代理店』2002, 講談社

竹下智『スタートアップ投資のフロンティアとなりつつある宇宙関連ビジネス』野村資本
市場研究所 2020 <http://www.nicmr.com/nicmr/report/repo/2020/2020sum07.pdf>（最終
閲覧 2024 年 2 月 29 日）

土田哲『宇宙エレベータの実現に向けて』2012

梅津光弘『ビジネスの倫理学』2002 丸善出版

WIRED 日本版 2022 年 11 月 19 日『速報：セラノス創業者のエリザベス・ホームズに、禁
固 11 年超の有罪判決』<https://wired.jp/article/theranos-elizabeth-holmes-is-going-to-prison/>
（最終閲覧 2024 年 2 月 29 日）

山口達也『天体の利用を巡る専有禁止の原則の制度化』2022

山根博康『広報・PR の基本』第二版 2020 日本実業出版社

楊波『電子レンジから宇宙太陽光発電まで』2021

あとがき

国家それぞれによる安全保障を終わらせ、人類としての全地球安全保障に移行するべきだと
唱える論者として、宇宙倫理学の世界でも知られている⁶⁹アーサー・C・クラークの作品に
『幼年期の終わり』という SF 小説がある。内容を明かすが、来訪者との出会いによって、

⁶⁹ Deudeny, D. 2020, “Dark Skies: Space Expansionism, Planetary Geopolitics, and the Ends of Humanity”, Chapter 7, Oxford University Press

人類がその”幼年期”を終え、次の段階に進化していくというストーリーである。もし、人類による宇宙開発が『幼年期の終わり』の始まりだとすれば？人類が地球を出ようとしていることと同時に、人類が今までよりも地球をよりよく見ることができるようになること。そこに、幼年期の終わりという意味があると私は思う。

新しい物事に触れることもそうだが、物事の意味を悩みながらも深く考え、同じ物事の新しい側面や意味を発見することは、ひとりの人に成長をもたらす。宇宙は人類に、科学的発見、倫理的発見、法的発見をもたらしてくれる。害を与えないことが最小道徳論だとすれば、宇宙についての発見を阻害するような行いが、人類にとっての一番の害と言えるのではないか。自分の行いが他人に害を与えると発見してしまったならば、後戻りしてやり直すことが大事だ。そして、やり直しができるようにしておくことが、さらに大事であろう。

宇宙を眺めて新しい天体や月の真実を発見することとともに、宇宙と私たち人類の関係、私たち人類が失敗したり成功したりして自らを発見し、学び続けることの総体、それが人類にとっての前進であり成長であり、倫理的行為なのではないだろうか。それは、詩人としても知られる哲学者マードックが言っている通りだと思う。”We grow by looking” – 「我々は見ることによって成長する」⁷⁰。

⁷⁰ Iris Murdoch “The Sovereignty of Good” 1971: 30 / 翻訳筆者

参考資料 3

修了プレゼンテーション