

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

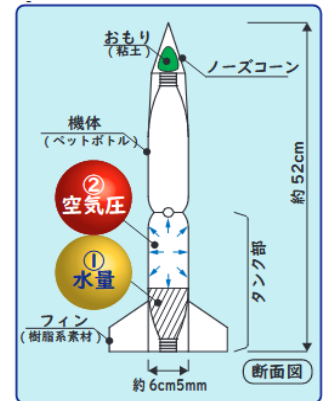


図 1. ペットボトルロケット断面図



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

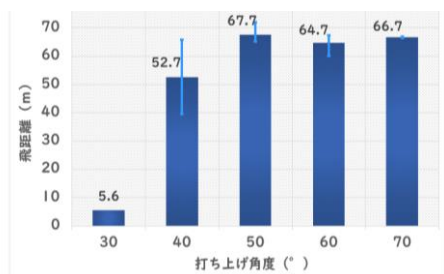


図 3. 実験 1 角度別飛距離

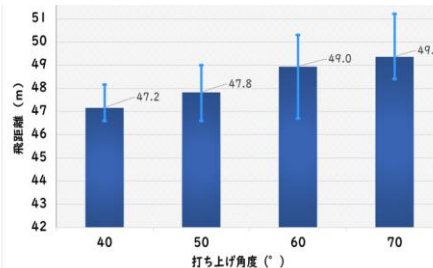


図 4. 実験 2 角度別飛距離

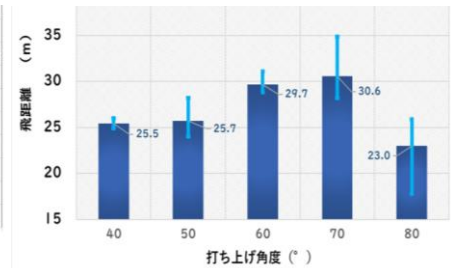


図 5. 実験 3 角度別飛距離

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。

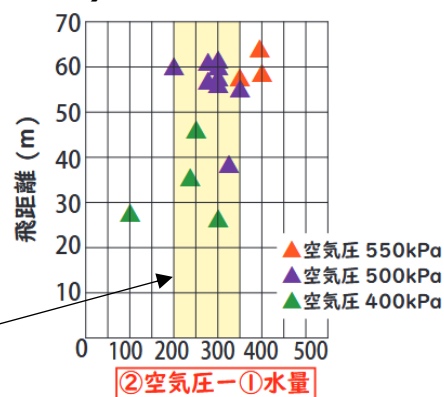


図6. 「②空気圧－①水量」と「飛距離」の関係

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

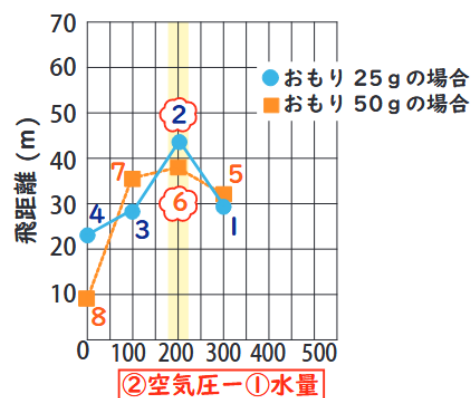


図7. おもり別「①空気圧－②水量」と飛距離の関係

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。

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)。

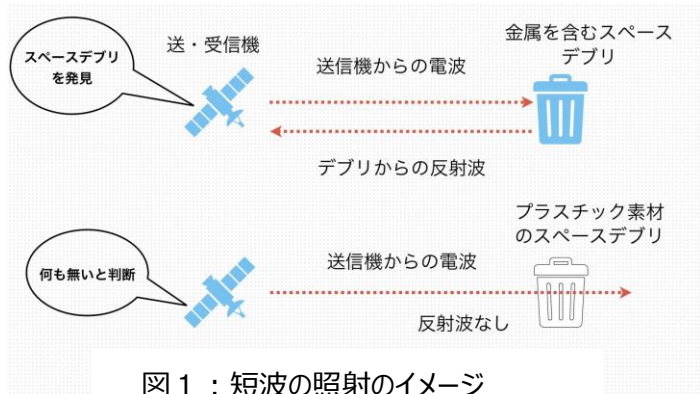


図 1：短波の照射のイメージ

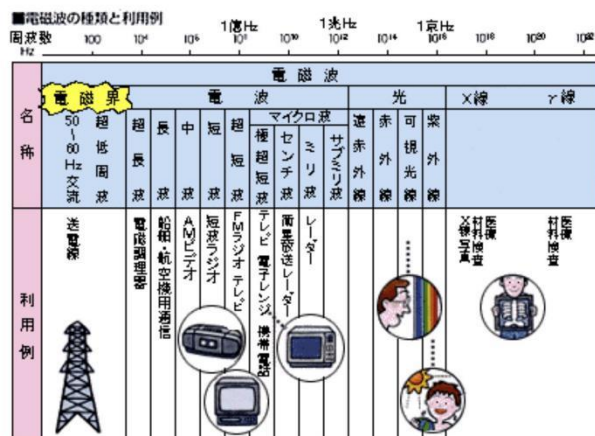


図 2：電磁波の種類と利用例（画像は[3]より引用）

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。

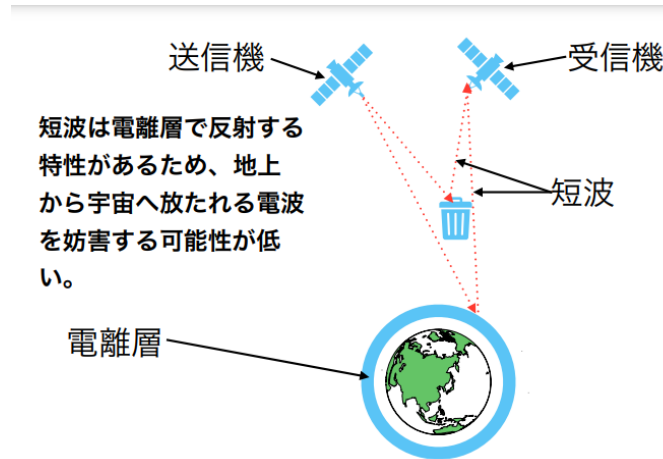


図 3：位置特定のイメージ

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。

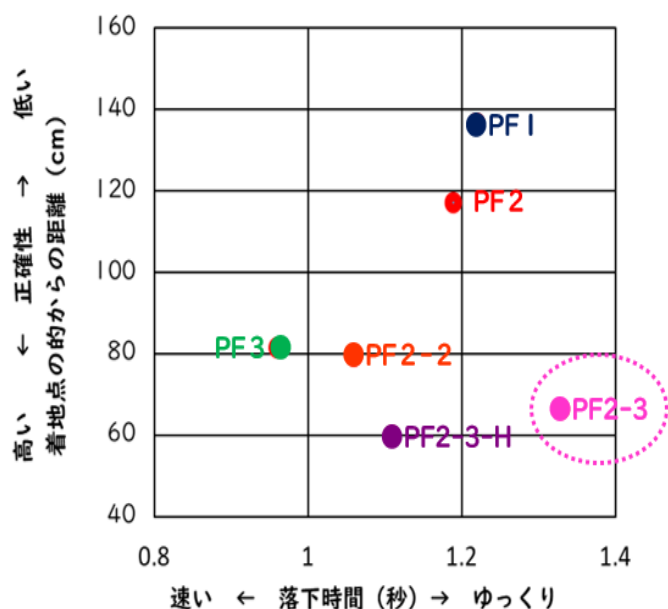


図 3 . 傘の形状別、落下時間と的からの距離

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、電源系統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

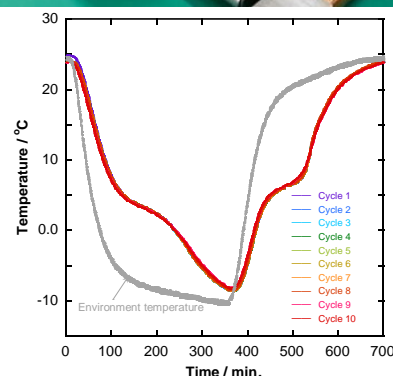
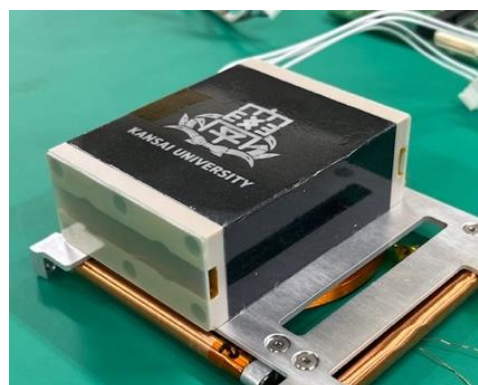


図 1 (左) タングステンをわずかに導入した VO_2 の潜熱を活用した温度安定化機能を有するキューブサット用電源, (右) 温度保持評価結果. 5°C 付近で温度が一定になることを確認.[2]

電池が使われていますが、この電池は一般的に 0°C を下回ると急激に性能が低下します。それを VO_2 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、 VO_2 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。

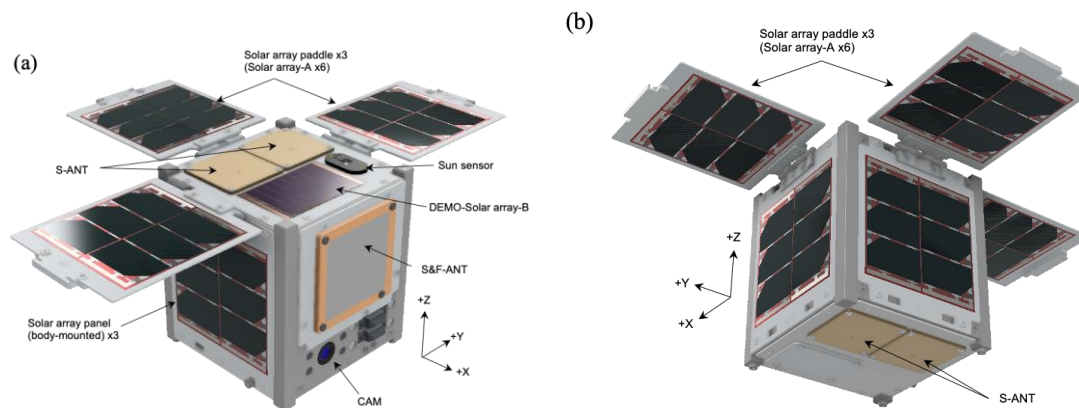


図 2 革新的エネルギー技術実証衛星「DENDEN-01」[3]

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)。

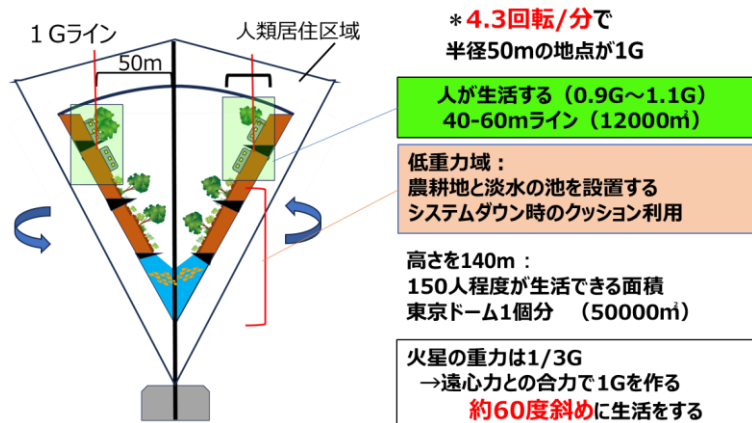


図1：回転で人工重力を生じさせるテラウインドウ

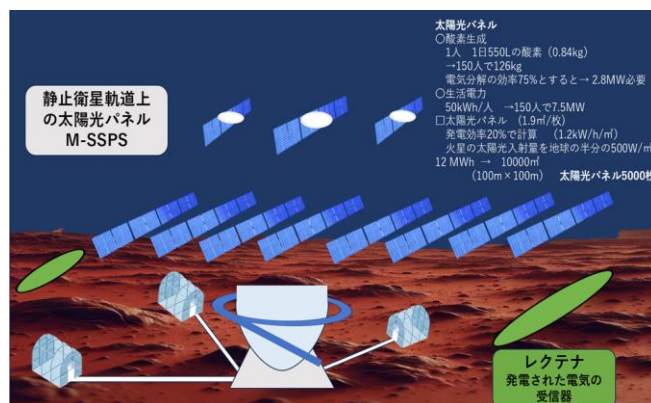


図2：M-SSPSも用いた太陽エネルギーの利用

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