

宇宙総合学研究ユニット NEWS 2021 年 3 月号



第 14 回宇宙ユニットシンポジウム開催報告

2021 年 2 月 13 日(土)、14 日(日)の 2 日間に渡り、第 14 回シンポジウム「人類は宇宙に居住できるか？－宇宙生物学を踏まえた教育と展望」を、多数の視聴者も交えてオンライン開催しました。

1 日目前半にはポスター展示交流会を開催しました。小学生、高校生、大学生や研究者、NPO 等から 41 件のポスター出展があり、240 名の一般来場者との間で宇宙についての未来を語り合う場となりました。ポスターの内容は、宇宙観測や宇宙開発に関係した調査や研究、教育活動の報告など、多岐に渡りました。ポスターはウェブ上にアップされ視聴者が自由にコメントを書き込む形式で行われたため、オンライン開催とはいえ、出展者と一般参加者との交流も十分に行うことができたように思います。ポスタービューイングの後、参加者の投票によって優秀賞（高校生以下の部・一般の部）、最優秀賞、宇宙飛行士賞、宇宙ユニット長賞を選定し、以下のポスターを表彰しました。

- 最優秀賞：平井颯 他（京都大学 宇宙木材研究会）
「火星造林への挑戦」
- 優秀賞（一般の部）：大野琢也 他（鹿島建設株式会社）
「これなら住めるぞ、火星建築」
- 優秀賞（高校生以下の部）：済美高等学校自然科学部宇宙班
「宇宙第一都市へのシナリオ-It's a piece of cake!-」
- 宇宙飛行士賞：山森ヨウスケ・三島亜紀子（第三錦林小学校）
「宇宙空間におけるウイルス感染予防について」
- 宇宙ユニット長賞：京都府立桂高等学校
「宇宙人グレイが生息しうる系外惑星とその住居デザインに関する考察」

1 日目の後半は元 JAXA 宇宙飛行士の山崎直子さんによるシンポジウムテーマに鑑みた基調講演でした。山崎さんの熱のこもった講演に対し、191 名の参加者の中から多くの質問が出て、テーマに関する理解を深めることができました。

2 日目には、国内外研究機関の宇宙研究者や NASA の技術者、ジャーナリスト、企業関係者など、様々な分野から 8 名の専門家による講演と、4 名のパネリストによる「人類は宇宙に居住できるか」と題したパネルディスカッションがあり、227 名の一般参加者と共に宇宙居住、宇宙ツーリズム、太陽フレアのリスク、宇宙社会や、果ては系外惑星への旅などのテーマを議論しました。いずれも一般参加者からの質問は Q&A フォームに書き込んでいただく形式で行いましたが、対面で行っていた例年に比べてもじつに多くの質問があり、参加者と講演者との意思疎通もますますうまくいったのではないかと思います。

新型コロナウイルス感染症のため、初のオンライン開催となったシンポジウムでしたが、登壇者およびポスター参加者それぞれが力のこもった、質の高い発表をしてくださったおかげで活気あふれる会にすることができました。来年のシンポジウムは対面で開催できることを心より願っております。

今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

日時	内容	開催方法
3月15日 (月) 15:00-	第7回宇宙学セミナー 講師：中嶋 洋 氏 (京都大学大学院農学研究科農業システム工学分野教授) タイトル：月惑星テラメカニクスについて	Zoom によるオンライン 開催 (事前申込制) 宇宙ユニット HP を参照

※宇宙学セミナーの詳細は随時 Web ページ (<http://www.uss.kyoto-u.ac.jp/seminar.html>) で公開いたします。

第 14 回宇宙ユニットシンポジウムポスター紹介

今回の宇宙ユニットシンポジウムでも大変興味深く、斬新な内容のポスターが多数出展されました。その中から 3 つをとりあげ、その概要を紹介いたします。

有人宇宙学実習 2020 の成果と意義

(ポスター番号 15)

宮園 隼人

(京都大学理学部)

京都大学では毎年夏に、微小重力植物実験、半閉鎖環境実習、電波無線実習の 3 つをはじめ、惑星科学や生命科学に関する講義での学習など様々な課題に取り組む有人宇宙学実習を行う。今年も新型コロナ感染拡大防止のための制限付きではあるが無事実習が行われ、私たち 9 人の実習生は宇宙に関する幅広い知見を得ると共に、擬似的な宇宙飛行士の生活を体験できた。

微小重力植物実験では、回転により容器への重力の影響をキャンセルできる「クリノスタット」という装置を用いて、植物の成長への重力の影響を調べた。無重力下では植物の成長が早まることと、根は重力と同じ方向に成長することが確認できた。



図 1 クリノスタット



図 2 微小重力植物実験の様子

半閉鎖環境実習では、朝 9 時から夜の 20～22 時まで実習室で作業を行う中で蓄積する各々のストレス値を測った。計測には、質問に答えて自分の感情を分析する POMS、自分の心理状態を表す表情を選ぶフェイススケール、唾液中のアミラーゼ濃度を計測するアミラーゼモニターの 3 つを用いた。ハードな課題に対して緊張が高まる様子や、自分が感じる心理的ストレス値と体が示す生理的ストレス値は大きく異なる場合があることを確認した。



図 3 半閉鎖環境実習でアミラーゼモニターを使用する様子

電波無線実習では、八木アンテナを組み立て、ISS などの人工衛星を介したアマチュア無線通話を受信した。また、Two-Line Elements というフォーマットから入手した各衛星の物理量から、衛星の飛行高度と、同じ時刻に衛星から見える地球の範囲の大きさを計算した。各衛星は、一度に半径 2000～3000km の範囲をカバーできることが分かった。



図 4 方位・高度・時刻を確認しながら無線通信を受信する様子

宇宙ユニットシンポジウムではいくつかの質疑応答があった。以下にその例を紹介する。

Q. 半閉鎖環境実習の「半」とはどういう意味か？

A. 例年は携帯電話が没収された状態で花山天文台に寝泊まりし完全に「外の世界」とは隔離された環境で実習を行ったが、今年は新型コロナ感染対策のため毎晩帰宅し(遠方の人はホテルへ戻り)、連絡用に携帯電話も持った状態で実習がなされたため、短い時間ではあるが外との関わりが持てたという意味で「半」閉鎖環境実習とした。ただし、日中はずっと実習室で作業し、課題量は十分に多く、ストレスも順当に(？)得られたと考えられる。

Q. アミラーゼ濃度からストレス値が測れるというのはどういうことか？

A. ストレスを感じたり緊張したりすると、交感神経の働きが活発になる。交感神経の神経伝達物質をだ腺が受容すると、濃度の高い、粘り気のある唾液が分泌される。この唾液の濃度からストレス値が計

測できる。緊張したときは口内がべたつき、リラックスしたときはさらさらした唾液が出ることもつながる。

(文責：宮園隼人)

火星造林への挑戦

(ポスター番号 17)

平井颯¹，伊藤梓²，増田凱斗²，橋本亜美³，馬場啓一⁴，土井隆雄⁵

(1 京都大学理学部, 2 京都大学大学院 農学研究科, 3 京都大学農学部,
4 京都大学生存圏研究所, 5 京都大学大学院 総合生存学館)

背景

火星移住を実現するためには持続的な資源の生産が必要となる。再生可能な資源である木材が宇宙社会の構築において必要とされることは十分想定できる。

では、火星で樹木を育成することはできるだろうか。地球と同じ環境をつくることができれば樹木は育つだろうが、地球に近づけようとするほどコストがかかる。火星環境そのままですべて育てられるに越したことはなく、私たちは火星大気(約 0.01 気圧二酸化炭素大気)下における樹木育成の可能性を探るため、低圧下でのポプラ育成実験に取り組んでいる。

低圧環境下ポプラ育成実験

<方法>

2 つのアクリル製チャンバの中にポプラ (*Populus alba* L.) 苗木を入れ、ひとつは低圧環境下、もうひとつは大気開放環境下でポプラの育成を行った。育成環境は表 1 の通りである。

表 1 育成環境

樹種: <i>Populus alba</i> L.	低圧環境系	大気解放系(Control)
温度(°C)	23-24	
湿度(%)	40-60 (1気圧相当値)	30-80
CO ₂ 濃度(ppm)	500 (CO ₂ センサ表示値)	430-1000
気圧(気圧)	1.0 / 0.3 / 0.2 / 0.1 (±0.05)	1.0
光強度(μmolm ⁻² s ⁻¹)	83-87 (チャンバー底)	
光周期(明期(h)/暗期(h))	14/10	
養液	ハイポネックス原液2000倍希釈	

<結果>

実験開始時から終了時までの成長のようすと成長曲線を図 1 に示す。

0.3 気圧下ではポプラの成長速度がコントロールに比べ大きくなった。低圧下では CO₂ が取り込まれやすくなり、光合成効率が上がったためと考えられる。

0.2 気圧下では大きく 4 つのフェーズに分かれた。成長速度が 0.10→0.34→0.64→0.45mm/h と変化した。低圧環境への順応過程を経て大気圧下と同程度の成長速度になった。

0.1 気圧下では実験開始から約 400 時間(約 17 日)後までは線形に樹高が増加していたが、その後樹高の成長が止まった。コントロールに比べ葉枚数は減り、面積も小さくなった。

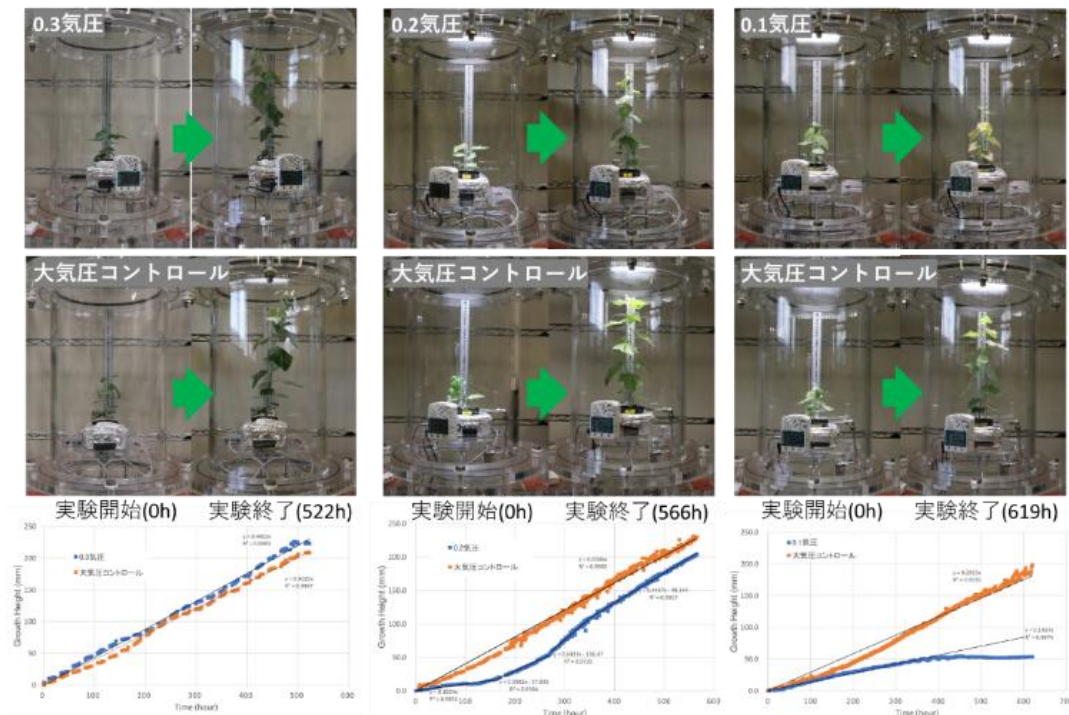


図 1 成長の様子と成長曲線

<考察>

0.2 気圧ではポプラは、150 時間(約 6 日)の馴化期間の後で順調に成長し、葉に黒い斑点がみられたものの目立った変色や傷みは見られなかった。それに対し、0.1 気圧ではポプラの成長が止まってしまった。このことから、次の 3 つの可能性が考えられる。

- 0.2 気圧と 0.1 気圧の間に成長臨界圧力が存在。
- 0.1 気圧での実験環境維持に不具合。
- 0.1 気圧は馴化期間を抜けるまでに至らず実験期間が短すぎた。

この 3 つの可能性を調べるために、より精度の高い低圧育成環境を保持できるように実験システムの改良を進める。また、個体数を増やして同じような応答がみられるかを確認する。

現在は酸素濃度を制御しておらず、大気を減圧してから手を加えていないため、今後は酸素を外部から加えることで成長特性が変化するかを調べ、樹木育成の限界圧を探る。

Q&A 以下、シンポジウム当日にいただいたご質問と回答を掲載いたします。

Q1. 0.2 気圧下でポプラに黒い斑点ができたのは、どういう現象なのでしょう？

A1. 黒い斑点は葉に付着した糸状菌によるものと考えています。低圧によるストレスで、菌に対する免疫力が低下したと推測しています。

Q2. 0.3 気圧で成長が速くなる点について、低圧だと植物に二酸化炭素が取り込まれやすいというイメージがよく分からないので詳しく教えていただきたいです。

A2. 純光合成効率 P_n は、

$$P_n = \frac{[CO_2]_{air} - [CO_2]_{chl}}{r_a + r_s + r_m}$$

で与えられます。

$[CO_2]_{air}$: チャンバー内の二酸化炭素濃度

$[CO_2]_{chl}$: クロロプラスト中の二酸化炭素濃度

r_a : 葉面境界層抵抗

r_s : 気孔抵抗

r_m : 葉肉抵抗

チャンバー内の全圧 P に対し、 r_a は $P^{0.5}$ に、 r_s は P にそれぞれ比例するため、減圧すると純光合成効率が上昇します。

参考 : Goto, E., Iwabuchi, K. and Takakura, T. 1995. Effect of reduced total air pressure on spinach growth. J. Agric. Meteorol., 51(2), 139-143. https://www.jstage.jst.go.jp/article/agrmet1943/51/2/51_2_139/_pdf/-char/ja

(文責 : 平井颯)

有人宇宙開発の井戸端会議 ～日本の未来に想いを馳せる～

(ポスター番号 21)

大上 耕平, 宮下 裕策

(宙援隊 & 有人宇宙ゼミ)



図 1 本ポスター発表の趣旨

2020年5月30日、Crew Dragon Demo-2 がケネディ宇宙センターから打ち上げられた。この Demo-2 は、9年ぶりのアメリカからの有人宇宙飛行であると同時に、民間企業による初の有人宇宙飛行でもあった。Youtube の live 配信を血眼になって観ていた方も多いのではないだろうか。

この歴史的快挙を目の当たりにした僕たちは、このイベントをきっかけにふと我に返ることになる—日本の

有人ロケットはどうなってるの。日本の有人宇宙開発の現状を当たり前のように入れ、気にも留めてこなかったわけだが、ここで初めて日本の有人宇宙開発はこのままでいいのかと真剣に考えるようになる。そこで同期数人で立ち上げたのが「宙援隊」だった。一学生として影響力は無いに等しいものの、日本の有人宇宙開発を拱手傍観するわけにはいかない。まずは「知ること」を第一に掲げ、国際政治や政策をはじめ、様々な視座から日本の有人宇宙開発を見つめ直す。これが宙援隊のミッションである。(図 1)

1-1. 隊員の問題意識をのぞいてみよう

日本の有人宇宙開発このままで大丈夫なの？

日本の独立性の危機(国際政治)

- ✓ 航空機や戦闘機の国産化はなぜ実現できていないのか、実現は可能なのか
- ✓ ポスト バクス アメリカーナに求められる日本の外交政策は如何ようか
- ✓ 日本の極度な対米依存による自主自立の危機を避ける術はあるのか。
- ✓ 日本は今後世界における覇権争いにどのような地政学的ポジションを獲得していくのか。

日本の科学技術政策における課題

- ✓ 日本における基礎研究への予算削減への危機感
- ✓ 科学者に研究に対する政治観・国家観は必要なのか
- ✓ 科学者、政治家の科学に対する実利的な目的意識が増加している現状への危機感
- ✓ 宇宙開発での軍事利用と平和利用(Dual-Use)のバランスは現状、無理があるのではないか

* バクス アメリカーナ：アメリカによる平和

2021/3/8 3

図 2 宙援隊メンバーの問題意識

宙援隊のメンバーそれぞれの問題意識は三者三様だが、図 2 からわかるように、日本の独立性であったり、日本の科学技術政策に関わるものがほとんどである。本記事では、その中の 1 つである「航空機の国産化は実現できるのか」という問いについて、MRJ と Honda Jet を比較しつつその答えを探り、最終的には航空機開発のアナロジーとしての有人宇宙機開発について言及する。

MRJとHonda Jetって何が違うの？

MRJ (Mitsubishi Regional Jet) 2002～2020(開発)

国産初の、90席クラスの中型ジェット機。
「型式証明」が取得できず、**開発中止**に。

Honda Jet 1997年～開発、2015年～販売

日本企業初の7人乗りのプライベートジェット。
「型式証明」の取得以降、**世界一の販売台数**。

「型式証明」とは？ 一機ずつ必要な「耐空証明」(車検)を簡略化し、量産するために必要なのが「型式証明」で、**航空機の種類により、難易度が異なる**。審査が非常に厳しい。

①型式種別：飛行機・輸送T 大型機と同じで**厳しい**。

②公共事業の開発 ⇒ 国産にこだわる必要性。
開発遅れで需要減。
開発遅れで**差別化の喪失**。

③ヒトの不在：重工大企業の**組織的の弱さ**が妨げに???

④ノウハウが無い：型式証明取得の「コツ」を持たずに設計。
大きなミスと、大幅な遅れ。

違い

①型式種別：飛行機 **普通N**：輸送Tより**簡単**。

②私企業独自開発⇒ **アメリカ**に拠点を置いた開発・生産。
画期的なエンジン位置を活かした「静粛性」を売る**差別化が成功**。

③ヒトの存在：「**藤野さん**」一人が、30年近く、研究開発することで、組織として強い。

④ノウハウの取得：ノウハウのある**米国**で型式証明取得。

**有人宇宙機開発に向けて
3つの示唆**

(A)強いヒト組織 圧倒的リーダー、その人についていくフォロワーが必要

(B)明確なビジネスモデル 開発を含めた販売戦略 ※特に、他社との差別化

(C)ノウハウ 有人宇宙機のノウハウを、現場で学ぶ必要性。

図 3 MRJとHonda Jetって何が違うの？

日本における民間有人宇宙機の開発は、民間ジェット機開発と共通点が多い。例えば、米国などと比較して遅れをとる点、高度な安全性が要求される点である。そこで、MRJ、Honda Jet という、日本の民間ジェット機の比較から「日本での民間有人宇宙機の開発には何が必要か」という課題を考え、図3にまとめる。

MRJとHonda Jet には2つの大きな違いが存在する。まず、大きさの「大/小」の違いによる、「型式証明が難/易」の違い。次に、「公共事業/私企業的開発」の違いである。これらに加えて、「強い組織の不在/存在」の違い。「ノウハウの無い/有り」の違いなどの可能性も考えられた。

これらの比較から、冒頭の課題「日本での民間有人宇宙機の開発には何が必要であるか」を考えると図中の3つの示唆「(A)強い組織 (B)明確なビジネスモデル (C)ノウハウの必要性」が得られた。従来の日本での宇宙開発は、公共事業的開発が主であった。しかし現在、無人宇宙開発において、私企業独自の開発も盛り上がりを見せている。今後、日本で有人宇宙開発を行う時には、今回のような先例からの学びを活かして、忖度無しに開発し、成功してほしいと願う。

他にも、「軍事戦略から考える宇宙開発」や「南極と深海から考える宇宙開発」、「IEバエを利用した宇宙循環型農業の可能性」など、多角的に宇宙開発を捉えてきた。今後も宙援隊では、日本の有人宇宙開発について熱い議論を交わしていきたい。

最後に、宇宙ユニットシンポジウムにて投稿していただいた質疑の一端を紹介する。

Q. 日本では SpaceX のような企業がどうして生まれないのか？

A. 大きく下記の4つの要因が考えられる。

1. 資金不足
2. 人材不足
3. イノベーションのスピード
4. 圧倒的リーダーシップ(とフォロワーシップ)

1の資金不足については、日本ではベンチャー企業にとって大きな壁でもある。アメリカの企業は政府からの予算がある程度事前に担保されている場合が多い。一方、日本では政府から予算が付くハードルが高く、資金調達が難航することがしばしばある。SpaceX では、一連の成功により、企業や個人投資家等からの投資額が急増している背景もあるが、やはり NASA や米政府との契約によっても多くの資金を獲得している。

2の人材不足については、日本の人材の流動性の低さに起因する。SpaceX は、優秀な技術者をNASA からヘッドハンティングする等、常に世界最高レベルのエンジニア集団を有している。一方、日本では、機関間の人の往来が少なく、かつ航空宇宙工学関連の数少ない技術者が他の職種に流出しているというのが現実であり、優秀なエンジニアを揃えることが難しい。

3については、イノベーション精神に起因する。SpaceX はイノベーションのスピードを最重要視しており、失敗を恐れず、優秀なエンジニアたちには矢継ぎ早にトライさせている。さらには、SpaceX では、このイノベーションと経営の両輪のスピードがともに速く、他社を圧倒しているのではないだろうか。日本では、この点

まだ不足しているところが多いと思う。

4 については、言語化するのが少々難しい。イーロン・マスクの圧倒的リーダーシップと実績には目を見張るものがある。本人の高いビジョンとノウハウの蓄積、緻密な戦略とそのオペレーション、またこれらに加え、イーロンマスクの素晴らしい人間性が優れたリーダーシップに寄与しているのであろう。

(文責：大上耕平、宮下裕策)

今回掲載した 3 つのポスター概要は、発表者である学生本人にまとめてもらいました。非常にバラエティーに富んだテーマについて発表してもらいました。ポスターセッションでは、小学生や高校生からの発表も多くあり、若い世代の活躍が目立ちました。ぜひ来年度も多くの方にポスター発表をしていただきたいと思います。

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 に関する皆さん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

<http://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 403 号室

編集人：平井颯

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