

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2025年1月号 No.37

木造人工衛星は宇宙へ放たれました

仲村匡司

明けましておめでとうございます。

SIC 有人宇宙学研究センターご関係のみなさまにおかれましては、穏やかに 2025 年を迎えられたこととお慶び申し上げます。

私は木材の研究者として、京都大学と住友林業株式会社の宇宙木材共同研究「LignoStella プロジェクト」およびその中核をなす「LignoSat 開発」に当初より関わって参りました。昨年 11 月 5 日の Space X のロケット Falcon 9 によるケネディ宇宙センターからの LignoSat の打ち上げ（国際宇宙ステーション(ISS)への移送）、そして、12 月 9 日の ISS きぼう日本実験棟からの LignoSat の宇宙放出は、5 年間に及んだプロジェクトのハイライトとなりました。木造人工衛星の実現に向けて最初期から関わっていただけに、地球の大気圏を背景に立方体が放出された瞬間は、大人げなく「すごいすごい！」と連発するほど、胸に迫るものがありました。



明けて 2025 年。本年最初のニューズレターの巻頭言として、あまり知られていない LignoSat の始まりについて書いておくのもよいかと思い至りました。駄文にお付き合いいただければ幸いです。

○**始まりのメール?** : 2017 年の 2 月中旬、京大農学部教務掛から「土井隆雄特定教授に仲村のメールアドレスを伝えてもよいか」という問い合わせが舞い込みます。当時研究室の同僚だった村田功二先生と「土井隆雄教授ってあの宇宙飛行士の土井隆雄さん？」と「？」マーク満載のまま教務掛に「どうぞどうぞ」と返しました。すると 2 月 21 日に以下のようなメールが届きます。

「仲村匡司先生 村田功二先生 はじめまして。宇宙ユニットの土井隆雄です。現在宇宙ユニットでは、宇宙での木材利用の可能性を探るために、木材の真空下の耐性実験を計画しています。（中略）仲村先生、村田先生は木材工学実験及び実験法を講義されておられることから、是非、真空中での木材の強度試験の可能性について、30 分ほどご意見を伺えればと思います。都合の良い時間があれば、こちらから伺いますので、知らせて頂けると幸いです。」

木材の強度測定を講義等で行っている教員が京大内にいないか、全学のシラバスを調べて私たちが発掘されたそうです。当初 30 分間の予定の面談は 2 時間を優に越え、週 1 回の勉強会である宇

宙木材ゼミが 2017 年 4 月から始まることになりました。宇宙側の人たちは木材のことを知らない。また、我々木材側は宇宙のことを知らない。双方のギャップを埋めるための勉強会が 1 年以上続くこととなります。

○**木箱？**：2018 年 11 月 2 日の宇宙木材ゼミで、「CubeSat の構体を木材で作れないか」という話が持ち上がります。我々“木材屋”は木材を宇宙機用材料として考えたことがなかったので、当初意味がわかりませんでした。しかし、よくよく考えると、木材は何より軽くて、しかもそれなりに強く、また、宇宙空間に放り出されれば「狂う（寸法変化）」「燃える（燃焼）」「腐る（耐久性）」という地表での三大欠点から解放されるなど、いいことづくめです。「これはいけるかもしれない」と思い始めたときに、「こんなイメージです」と土井先生から渡されたのが、6 枚の板を接着剤で貼り合わせた市販の桐箱でした。「木箱が宇宙に行くのか…？」LignoSat の木造構体を木箱にすることへのこだわりはここにルーツがあります。

○**下町ロケット木工編？**：「宇宙に行く木箱は、糊も金具も使わず、日本の伝統技法で組まれたものがいいな、何より京都っぽい」というコンセプトを私が勝手に固めたとき、その製作は黒田工房の臼井浩明さんをお願いすることが前提となっていました。臼井さんの木工作品の超絶技巧を目にしていたからです。2018 年 11 月 17 日、東京出張の帰りの新幹線の車中から「100mm 角の木箱の人工衛星に興味ありませんか？」のようなメールを臼井さんに差し上げました。すぐに以下のようなお返事をいただきました。

非常に興味深いお話ですね。あまりに振り切った話で驚いています。是非協力させて下さい。紫外線の影響や真空状態での含水率など以前から気になっていました。（中略）下町ロケット木工編目指して頑張ります。よろしくお願いします。

最初の試作（ゼロ号機）を実際をお願いするのは翌年 3 月になります。このとき臼井さんにお渡しした木箱の図面の板厚は 8mm あったのですが、容積が足りないことに悩む学生チームからのリクエスト（突き上げ？）でその後どんどん薄くなり、最終的には 4mm 厚という究極の薄さになってしまいました。

○**飲みニケーションは大切？**：2019 年 8 月 6 日夕刻、私は共同研究でかれこれ 10 年間ほどお付き合いのある住友林業筑波研究所の苅谷健司さんと、百万遍の居酒屋のカウンターに並んで座っていました。定例の打合せの後の「喉を潤しましょう」という流れです。乾杯から 1 時間。ほどよく酔いが回ってきたあたりで、土井先生との共同研究や宇宙木材の勉強会、木造人工衛星の開発を目指していることなどを初めて苅谷さんにお話しました。すると苅谷さんの目の色が変わり「持ち帰らせてください」と。ここから色々なことが動き始め、コロナ禍の影響でプレスリリースこそ 2020 年 12 月にずれ込みましたが、住友林業と京都大学の宇宙木材共同研究「LignoStella プロジェクト」が 2020 年 4 月から実質的に始動し、その一環として LignoSat の開発が本格化しました。あの日、あの時のサシ飲みがターニングポイントだったというエピソードです。

○木箱プロテクタ? : 私は当初, 100mm 角の木箱がそのまま宇宙に行けるものと思い込んでいました。が, JAXA の超小型人工衛星放出装置 J-SSOD を介して, ISS のきぼうモジュールから CubeSat を宇宙に放つためには, レールと呼ばれるアルミニウム製部材を衛星の 4 辺に配さなければならないというルールに, 2020 年 5 月に気づきます。木材とアルミをどうやって合わせ込むか。アルミ部材を木材にネジ留めしたり接着したりすれば簡単なのですが, それはやりたくない。そこで, 木造構体の 4 辺に配された 4 本のアルミ部材を 8 本のターンバックルで相互に緊結するシェル (外殻) をまず作ってみました。が, このやり方は作業性と寸法精度に問題がありました。その後, ターンバックルの本数を 4 本に減らすために木造構体を上下 2 枚のアルミフレームでサンドイッチにする方法が採用され, 更にターンバックルではなく 4 本のアルミ柱で上下のアルミフレームをつなぐ現在の形に至ります。「木箱プロテクタ」はアルミパーツの製作を担当された共創テクノ集団の上野敬司さんの命名ですが, 結果的に木造構体には外力が作用しなくなり, アルミ製のシェルは名実ともに木箱プロテクタになりました。

2021 年 4 月以後, LignoSat の開発は学生チームが主体的に進めることとなり, 昨年 11 月の打ち上げ, 12 月の宇宙放出に至ります。本稿執筆時点で, 地上局との通信が残念ながらまだ確立していませんが, “復活”を期待して引き続き応援いただければ幸いです。

鹿島建設との共同記者会見報告

令和 6 年 12 月 18 日 (水曜日)、京都大学と鹿島建設との共同研究について、京都大学百周年記念館 国際交流ホール III にて記者会見をとり行いました。



記者会見 集合写真撮影の様子

発表会の司会は、山敷庸亮 京都大学大学院総合生存学館 教授 (専攻長・SIC 有人宇宙学センター長) が行いました。

まず、大浜大 鹿島建設株式会社 イノベーション室長によるプロジェクト紹介で、今回記者会見を行うに至った経緯と、これまでに鹿島建設と京都大学が行ってきた共同研究についての成果を示しました。

2022 年度にも、鹿島建設との共同研究について記者会見を行い、宇宙居住に必要な3つのコアコンセプト「人工重力居住施設」「コアバイオーム」「人工重力交通システム」に対する基本的な概念の構築を研究すると宣言しました。今回は、概念検証からさらに踏み込み、具体的に実現するために、人工重力居住施設の構造成立性・施工成立性・居住性・人体への影響評価・閉鎖生態系の確立を研究することを公表しました。



大浜大 鹿島建設株式会社 イノベーション室長

次に山敷庸亮 京都大学大学院総合生存学館教授によるプロジェクトおよび経緯紹介を行いました。

生存基盤がない宇宙環境で社会を築くためには、地球から小規模に資源を持ち込み、現地で循環型システムを構築する必要があります。長期的に宇宙で暮らすためには空気や水の循環システムと適切な重力そして宇宙放射線からの防護が必要となってきます。空気や水の循環システムを実現するため、植物やバクテリアを利用した閉鎖生態系の研究が進行中です。これにより、酸素供給や資源の循環を効率化し、宇宙での長期的な生活を支える基盤を整えます。



山敷庸亮 大学院総合生存学館 教授

地上では、自然資本（海、陸、森など）の上に生存基盤が成り立ち、その上に社会が成り立っています。私たちは、宇宙での暮らしを実現するためには、地上と同じように自然資本が必要不可欠であると考えました。しかし、月や火星にはバイオームが存在しません。そのため、地球から必要最低限のバイオーム「コアバイオーム」を持参する必要があると考えています。また、長期的な宇宙居住を実現するためには、QOLの維持や、資源循環促進システム、低重力と宇宙放射線への対策が必要です。

「コアバイオーム」については、これまですでに構想を発表している「宇宙森林」「宇宙海洋」に加え、コアバイオームから発展させた「ECLSSコアバイオーム」も構築していく考えです。ECLSSコアバイオームは、

シアノバクテリアからの酸素供給など、生命維持のために生物の力を借りようとする考えです。閉鎖生態系の維持については Biosphere 2 と共同研究を行っています。閉鎖的環境かつ限られた資源の中でやりくりするための技術を研究することで、地上での資源・環境を保全する技術も発展することが期待されます。

低重力への対策として、鹿島建設の大野琢也氏が、グラス状の建物を回転させることで、遠心力と重力との合力により、地球外で地球と同じ 1G 下で暮らすことを実現する「月面人工重力居住施設（ルナグラス）」を発案しました。概念検証を経て、人工重力居住施設は常に進化を遂げてきました。今回発表する新しいポイントは、アクティブ制御です。アクティブ制御は、回転軸が不安定になった時に作動し、安定に戻すシステムのことで、さらに、地上でも過重力施設「ジオグラス」を建設し、建設の実現性を確認します。「ジオグラス」は、将来的にスペースポート（宇宙への港）の近くに建設する予定です。月・火星に行く人が、行く前に人工重力居住施設を体験してから月・火星に行けるようにするためです。スペースポートからはヘキサトラックという、人工重力技術を用いた月・地球・火星間の交通機関が発射する構想です。

宇宙放射線への対策として、建築材料・建物の厚みをどれくらいにすれば宇宙放射線を防ぐことができるか、シミュレーターを用いて研究中です。現在は、ルナグラスやヘキサトラックの外壁を海で満たす予定です。

これから我々は、これらの構想について、鹿島建設と共同して人工重力居住施設の構造成立性・施工成立性・居住性・人体への影響評価を研究していきます。

検討課題と取組体制

回転実験模型

- ・回転課題抽出
- ・熱・CO2循環

山上路生 教授
防災研究所

生態系構築

- ・空気再生・資源循環

放射線遮蔽

- ・遮蔽材料と遮蔽厚の決定
- 遮蔽シミュレーション

山敷庸亮 教授
大学院総合生存学館

全体統括

山敷庸亮 教授
大学院総合生存学館

構造成立性

- ・回転構造体
- ・内外圧力差 1 気圧
- ・新材料の利用

施工検討

- ・月面材料
- ・自動施工
- ・折り畳み展開工法

金多隆 教授
大学院工学研究科

医学的検討

- 宇宙環境の人体への影響
- ・人工重力の効果
- ・適正半径の設定

寺田昌弘 特定准教授
大学院理学研究科

数値解析

- ・生理学的考察
- ・傾斜回転半径検討

頭部と足元の合力差異が及ぼす人体への影響評価

佐々木真教 助教
大学院理学研究科

京都大学側研究体制

月面人工重力居住施設（ルナグラス）について～背景、仕組、構想～

次に、大野琢也 鹿島建設株式会社 イノベーション室 宇宙担当部長による、ルナグラスの詳細な解説がありました。

宇宙で定住して体が適応してしまうと地球重力下で暮らせなくなり分断につながる恐れがあります、例えば定住を始めた第二世代以降の人は自分の意志に関わらず過酷な宇宙環境の中で暮らすことになり地球重力に耐えられないため地球にも帰れないということが起こります。こういった分断を未然に防ぐためにも宇宙でも地球と同じ重力を再現することが必要です。放物線の回転体が適正回転においてすべての面に対して垂直に立てることを利用して宇宙環境中に人工的に重力を発生させる設備を考えています。



大野琢也 鹿島建設株式会社 イノベーション室
宇宙担当部長

京都大学研究チームからの報告

[寺田昌弘 大学院理学研究科 特定准教授]

人工重力施設における重力変化による人への影響を医学的側面から評価を担当しています。地球重力下で進化した生物にとって重力刺激は非常に重要な刺激となっています。重力による影響を利用した生物の仕組みは宇宙環境下においておおきな影響を受けます。そのため、重力変化を医学的視点からの情報収集、安全性評価を整えること、過重力負荷時の安全性の評価と基準の設定を主な検討課題としています。また将来的な課題として宇宙放射線からの防御、閉鎖空間における精神的影響、長期重力変化による生理的影響の評価、低・過重力環境における行動様式の変化を考えております。



寺田昌弘 大学院理学研究科 特定准教授

今後の検討の流れとして、検討課題を進めながら試作遠心装置における安全性の評価過重力装置における効果的トレーニング方法を提案し人工重力装置を用いた宇宙居住時における医学面への影響を明らかにしていきたいと考えています。

[山上路生 防災研究所 教授]

京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーに回転実験模型を設置し、模型を用いた水理実験によって、水流の挙動、熱の移動など回転系独自の課題について検証する予定です。

卓上実験の結果としては回転を始めてからしばらくすると回転体の視点から見て静止しましたが噴流

実験を行ったところ静止時とは異なりでは対称にはならないことが確認できました。

今後はより大きな規模で熱やガスなど要素を加えながらより現実に近い形で実験していき気相と液相の交換についても評価していきたいと考えています。

[金多隆 大学院工学研究科 教授]

宇宙での建築は、地球上での施工とは大きく異なる課題を伴います。特に無重力または低重力環境での建設作業では、従来の技術だけでは対応が難しい部分が多く存在します。宇宙建築の施工可能性について考察しています。

地上と同様に地面を掘り基礎を作ることが必要になります。仮設工事について工事を請け負う人たちの滞在施設を確保する必要があります。そののちに地上の骨組みを作りますがルナグラスの特殊な3次元の曲面をどのように分割作っていくかが課題で現在のところでは鉄骨構造をメインに必要なところにはコンクリートで補強する方式を考えています。曲面は鉄のプレート溶接することになりますが人の手で行うには大きすぎるため機械で溶接していくことになります。折りたたんだ蛇腹になったものを引き上げていくような折り紙の方法で考えている。

次に設備工事をしていきます。ここでは人間の今の生活環境をどこまで宇宙に持ち込むかによって工事も変わってきます。改修工事なども考慮に入れる必要も出てきます。

工事の際、施工のための機材は酸素がない環境のためディーゼルではなく電力で動くものを使うことになるのですが必要となる電力をどのように確保するかが重要な課題です。

また電力、水、空気の浄化や温度管理について、また足場を作らないで引っ張り上げる方式をとり工事を省略しますがどれほどの機材が必要になってくるかも検討する必要があります。

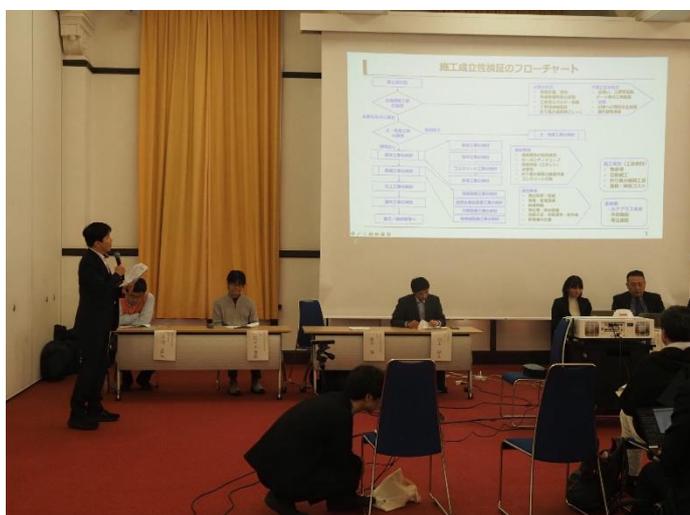
[佐々木貴教 大学院理学研究科 助教]

過重力施設で力がどのように働くか、また流体がどのような動き方をするかシミュレーションしています。特にコリオリ力が非常に複雑動きをするためシミュレーションが必要になってきます。

施設が身長に対して小さいと頭と足でかかる重力の差が大きくなってしまいうためある程度以上の大きさが必要となってきます。またコリオリ力と遠心力と重力が合わさりものの動き方に応じて異なった向きに力



山上路生 防災研究所 教授



金多隆 大学院工学研究科 教授

がかかります人間が動く際も同様のことが起こるためこの影響をどのように減らしていくかが重要な課題です。

工学的・建築上の点から建築可能な大きさあるという建築学的な制約と人の動きに対して働く影響という物理学的な制約を比較することで過重力施設ルナグラスの実現可能性を追い求めていきたいと考えています。



[山敷庸亮 大学院総合生存学館 教授]

魚をそだてるためには酸素が必要となってくるが、サンゴや海藻などによって酸素を作るためには適切な環境を維持し続ける必要がある

ヘキサトラック構想では、人工重力を用いた惑星間の移動を考えているが、特に月面においては、ロケットとレールランチャーを組み合わせる射出方法が効率的になると考えている。

佐々木貴教 大学院理学研究科 助教



会場の様子



人工重力施設 模型の様子

記者会見時の記事はこちら

月面人工重力居住施設の成立性を京都大学と鹿島が共同研究—人工重力居住施設の実現へ向けた第一歩—

京都大学鹿島建設共同研究記者会見

日時 令和6年12月18日(水曜日)

場所 京都大学百周年記念館 国際交流ホール3

式次第

司会 山敷庸亮 京都大学大学院総合生存学館 教授 専攻長

SIC 有人宇宙学センター長

(ソーシャルイノベーションセンター(SIC)有人宇宙学領域長)

<挨拶>

大浜 大 鹿島建設株式会社 イノベーション室長

<プロジェクト紹介>

山敷庸亮 京都大学大学院総合生存学館 教授 専攻長

三つのコアコンセプト・テラウインドウ・共同研究の中味

大野 琢也 鹿島建設株式会社 イノベーション室 宇宙担当部長

ルナグラス紹介

<研究内容報告>

寺田昌弘 大学院理学研究科 特定准教授

山上路生 防災研究所教授

金多隆 大学院工学研究科 教授

佐々木貴教 学院理学研究科 助教

山敷庸亮 大学院総合生存学館 教授

質疑応答+サンゴ飼育見学

記者発表内容

<https://space.innovationkyoto.org/2024/12/18/artificialgravity202412/>

(山敷庸亮 記)

京都大学複合原子力研究所 訪問記

2024年12月上旬に大阪府泉南郡熊取町にある京都大学複合原子力研究所（以下、複合研）にて、当研究室に関連した実験を行いました。同行していただいたのは、農学研究科村田功二教授、総合生存学館山敷庸亮教授、住友林業土屋守雄氏です。

複合研は1963年に設立された研究所で、2基の原子炉施設（研究用原子炉 KUR、臨界集合体実験装置 KUCA）、多彩な加速施設、大規模なホットラボラトリ等が設置されている、大学の附置研究所としては世界でも類を見ない稀有な研究施設であるそうです^[1]。

実験では複合研の高宮幸一教授、櫻井良憲准教授、飯沼勇人氏のご指導の下、KURを使用しました。KURは2026年で廃炉になるらしく、来年度までの利用になります。今後も継続的な実験によって、木材利用の推進に向けた研究を行いたいと考えています。（三本勇貴 記）

[1] 京都大学複合原子力研究所 HP <https://www.rri.kyoto-u.ac.jp/>

[2] 同 アクチノイド物性科学研究分野 HP <https://cca.rri.kyoto-u.ac.jp/about/>



図 1. 京都大学複合原子力研究所^[2]

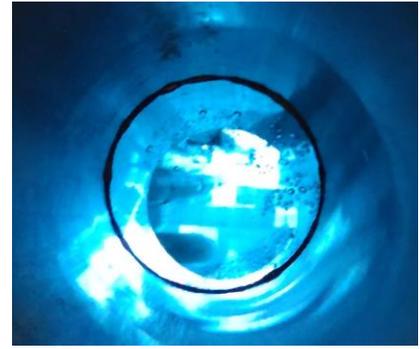


図 2. 炉心におけるチェレンコフ光の様子

1 月のイベント予定

日時	内容	開催方法
1月14日(火) 13:00~17:00	<p>宇宙への挑戦!! スタートアップと研究者が語る未来シンポジウム イベント URL</p> <p>14:40~15:20</p> <p>特別講演：宇宙木材プロジェクト～木造人工衛星の開発 宇宙飛行士、京都大学大学院総合生存学館 特定教授 土井 隆雄 氏</p> <p>講演内容の詳細はコチラ</p> <p>主催：関西イノベーションイニシアティブ(KSII) 公益財団法人京都高度技術研究所(ASTEM) 申込先：https://www.astem.or.jp/sympo-20250114-2</p>	<p>参加費：無料 LIVE 配信有</p> <p>会場：京都リサーチパーク 4号館 B1 バズホール</p> <p>住所：京都市下京区中堂寺粟田町 90~94</p> <p>定員 会場：先着 150 名 オンライン：無制限 (締切 1/8)</p>
3月中旬	<p>第3回 宇宙木材利用シンポジウム</p> <p>主催：京都大学大学院総合生存学館</p> <p>申込先：有人宇宙学研究センター 宇宙木材研究室 spacewood@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp</p>	<p>会場：京都大学益川ホール (吉田キャンパス北部構内)</p>

YOXO FESTIVAL2025 YOKOHAMA 宇宙 Days の開催

2025年1月25日(土)26日(日)に、横浜みなとみらいで開催される YOXO フェスティバル 2025、そして YOKOHAMA 宇宙 Days にて、SIC 有人宇宙学研究センターは出展および関係者による講演を行います。

詳しいプログラムは下記に示しておりますが、山敷センター長をはじめ、大野 SIC 特任准教授の他、JAXA 桜井教授、カエラムコンシリアム株式会社森氏、そして宇宙タレントの黒田ありさ氏の登壇もあります。また、VR や太陽系外惑星データベース EXOKYOTO の展示も予定しています。(山敷庸亮 記)

YOXO2025 セッション (1月25日版)

A-04 宇宙居住の未来を語ろう

開催日時 2025年1月25日 14:30-16:00

場所 横浜ランドマークプラザ サカタのタネガーデンスクエア
オーガナイザー 京都大学SIC有人宇宙学研究センター・
横浜 x 宇宙プロジェクト

昨年も大好評「宇宙に住めるの!？」専門家トーク
月や火星での宇宙居住の未来について、それぞれ大
学・JAXA・企業・国際組織の専門家に加えて、若手起
業家にもはいていただき、みんなが疑問に思っている「将
来我々は他の惑星に住めるの」について詳しくお話ししてもらおう。



登壇予定者

山敷庸亮 (京都大学・SIC 有人宇宙学研究センター)、桜井誠人 (JAXA)
大野琢也 (鹿島建設株式会社)、黒須 聡 (ムーンビレッジアソシエーション理事)
蓮見大聖 (アマテラス株式会社)

コーディネーター

黒田有彩 (宇宙タレント)

D-04 横浜 x 宇宙大交流会

開催日時 2025年1月25日 17:00-19:00

場所 横浜ランドマークタワー 7F NANA Lv.

「横浜 x 宇宙プロジェクト」が二年目に入り、宇宙関連
ビジネスの現状を最先端で活躍される方々にお話し頂くと
ともに、在横浜企業における宇宙ビジネス参入障壁を取り
払い、横浜の宇宙ビジネスを活性化させるために、必要な
ネットワークと仕組みについてトークします。



登壇予定者

森裕和(カエラムコンシリアム株式会社)、蓮見大聖 (アマテラス株式会社)
大野琢也 (鹿島建設)、深浦希峰 (日揮グローバル) 他

取りまとめ

山敷庸亮 (京都大学・SIC 有人宇宙学研究センタ
ー)



YOXO2025 セッション

A-08 横浜から宇宙ビジネスの未来を語ろう

開催日時 2025年1月26日 12:30-14:00

場所 横浜ランドマークプラザ サカタのタネガーデンスクエア

オーガナイザー 京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター・横浜 x 宇宙プロジェクト

今後ますます盛んになる宇宙ビジネス。

港町横浜として、「宇宙への港」として新たに飛翔するために、世界の宇宙ビジネスの現状、我が国の企業の位置、横浜からどのような貢献ができるのかについて、第一線の方々とともに語る。

登壇予定者

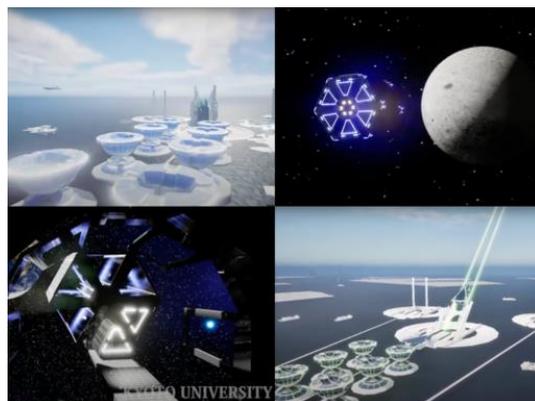
藤井涼 (UchuBiz 編集長)、森裕和(カエラムコンシリアム株式会社)、片山俊大 (スペースデータ)
金本成生 (スペースシフト)、深浦希峰 (日揮グローバル)、ゆうご博士 (元 JAXA 研究員)
山敷庸亮 (京都大学 とりまとめ) * その他・清水建設から登壇予定

D-10 宇宙技術の未来について語ろう (防災・交通・通信)

開催日時 2025 年 1 月 26 日 15:00-17:00

場所 横浜ランドマークタワー 7F NANA Lv.

宇宙産業や技術の発達が地球防災につながる！宇宙時代の新たな宇宙への交通手段や、人工衛星による通信や災害情報の把握、今後ますます緊急性が高まる災害時の対応について、これからの宇宙技術が果たす役割について、実例を交えて議論する。



講演予定者

金本成生 (スペースシフト)、片山俊大 (スペースデータ)、清水建設株式会社から 1 名
山敷庸亮 (講演およびとりまとめ)

大阪・関西万博にて「ミライの宇宙での暮らしと食 (仮)」

展示イベントへ出展

2025 年大阪・関西万博「ミライの食と文化ゾーン」において、京都大学大学院総合生存学館 SIC 有人宇宙学研究センターは、鹿島建設 (株) (共催)や、一般社団法人宙ツーリズム推進協議会、コスモ女子 (協力)、そして SIC 有人宇宙学研究センター協力企業の DMG 森精機の支援とともに、「未来の宇宙での暮らしと食 (仮)」をテーマに展示を行います (期間: 2025 年 8 月 10 日 (日) ~16 日 (土))。この展示では、未来の宇宙生活を支える「宇宙居住」における核心的技術「人工重力」の仕組みを映像や体感を通じて分かりやすく紹介し、また有人宇宙学に関する講演も行う他、来場者に宇宙での生活を身近に感じていただける内容となっています。また、未来の宇宙の住環境に関する構想の展示に加え、宇宙食の開発背景や工夫の説明、いくつかの宇宙食の展示・体験も予定しており、宇宙空間での生活に必要な技術や文化を多角的に体験できます。本展示は、一般社団法人宙ツーリズム推進協議会、コスモ女子、その他多くの団体の協力を得て実現しており、来場された方々に宇宙への新たな興味や視点を提供できる機会となれば幸いです。(山敷庸亮 記)

【概要】

会場：大阪ヘルスケアパビリオン内「ミライの食と文化ゾーン」

期間：2025年8月10日（日）～16日（土）

共催：京都大学大学院総合生存学館 SIC 有人宇宙学研究センター、鹿島建設（株）

協力：（一社）宙ツーリズム推進協議会 コスモ女子 他

開催支援：DMG 森精機（株）

展示イベントテーマ：「ミライの宇宙での暮らしと食（仮）」

参考：大阪ヘルスケアパビリオン <https://2025osaka-pavilion.jp/>

（一社）宙ツーリズム推進協議会 <https://soratourism.com/>

LignoSat 学生チーム アメリカ横断旅行記

9/18 Lake Powell

慣れないキャンピングカーでの移動が続いているため、本日は休養も兼ねて引き続きレイクパウエルに滞在しました。振り返るとレイクパウエルのRVパークは道中の滞在場所のなかでも指折りの絶景ポイントでした。漠々たる荒野の中に鮮やかな青色の水面が分け入り、その上を大小様々な舟が悠々と滑っている様子をながめっていると、いつのまにか心身ともに活力がみなぎってきます。日中はアンテロープキャニオンのツアーに参加しました。遠くから見渡していた大地の割れ目に足を踏み入ると繊細な表情をした地層が累々と積み上がっており、その壮大さにただただ圧倒されました。私が医学を専攻していることもあり、ガイドをしてくださったナバホ族の方に伝統薬について何うとたちどころに傍に生えている植物が腹痛にきくと教えてくださいました。煎じるとモーマティーというお茶になるらしく、すれ違った他のガイドさんや運転手の方からお話をきいてゆくとだんだんその用法が詳になっていきました。残念ながら植物にうといので同定はできませんでしたが、過酷な砂漠のなかで紡ぎ出された原住民の方の知に終始感動していました。

夜になると湖は紺碧にそまり、見たこともない大きさの月を支えます。如意ヶ嶽にいでし月かもと、思いながら日本より持参した白玉粉で作った月見団子は格別でした。そんな中先輩がサボテンを踏んで棘が靴を貫通して刺さったとのことだったので、月などそっちのけでピンセットを使い一本ずつ抜いていったのは忘れられない思い出です。BBQ では残りの旅程を貫徹すべくウォルマートで購入したアメリカンサイズの肉を焼きエネルギーを蓄え、火が消えるまで各々の心にかぶことを語り合いました。



9/19 Lake Powell→Monument Valley

本日も快晴なり、たまには曇ってくれてもいいのよ。グランドキャニオンに差し掛かった頃の物珍しさは薄れ現地民の気持ちになりつつある旅行中盤、昨日は今旅行一番の恋バナ大会となり、多くの収穫があった。なぜ自分がいた頃にはなかったのに、東京に移った途端この手の話が増えるのかコレガワナイ。さて本日も最早日常になったドライブ Day になるが今回はほぼ丸一日のドライブ。2号車はドライバーが多いが3号車は大丈夫でしょうかねえ。朝ごはんは昨日の BBQ の余を食す。物価が高いためほとんど買えない牛肉をこれでもかと喰らい、この先の待鶏肉との付き合いに向け覚悟を決めいざ出発。道中もはやこの度一番の思い出と化しつつあるウォルマートに食料調達へ。今回の目的地はとある民族が自治しており、しばらくの食糧確保は難しいことが予想されるためである。2号車ではこの道中自炊オンリーで過ごしていたので、ほぼ一回もアメリカの食べ物を食べていない。逆にジャンキーなもんを食おうということで現地のマックに寄る。基本的な味は変わらないが、マックシェイクにソフトクリームがデフォルトで乗っているおデブ仕様。が、これがうまい。なぜか旅行中に健康になっているので、ジャンキーな食べ物が沁みた。その後他のドライバーに運転を任せ、寝て起きたら目的地到着。この旅行は睡眠と運転とウォルマートでできているといっても過言ではない。観光の意欲など、生きるための行為に比べたら儂いものだと知った。現地民の文化が色濃く出ているお土産屋さんにて誰かさんのお土産恋愛相談に乗りながら、宿泊所へ。まあ道が悪い。車もはずむ。なんか後輩に怒られる。下水パイプ破壊。修理中未知の植物に背中を殺される。友人のベルトを下水管に縛る。その日のドライバーは暫く運転自粛。となかなか旅行の危機であったなあ。こういったトラブルこそ旅行の醍醐味であるね。やや不安があってもその雲や地平線を見れば大体のことは忘れる。これから見る旅行先では常にアメリカが景色では張り合いになると思うと、今後の旅行先ハードルが上がる未来が見える見える。星は残念ながらめっちゃ曇り。どうやら景色がいいと人は悩みを思い出すようで、何人かの人生相談に気づいたら乗っていたが、後輩が人生の分岐点に立っているようで感動。こちらを負けじと人生楽しまなくては。翌朝も早いので、早めの就寝。もはや観光ではなく旅がメインとなっているが、皆で一つの目的のために動くのは京都大学時代を思い出して楽しかった。東京来るの待つとるぞい。

9/20 Monument Valley→Albuquerque

気付けば旅も後半戦突入。独特な地形で知られるモニュメント・バレーから出発。国立公園を離れるにつれ、長く続いた砂漠、溪谷は次第に姿を消し、風景には緑が増え、山の形は尖ってゆく。ユタ、コロラド、アリゾナ、ニューメキシコという4州が一点で接する米国内唯一の場所であるフォー・コーナーズは、まさにそうした変化を我々に伝える象徴であったかもしれない。米国内ではテキサス州に次ぐ産油地であるニューメキシコ州に入ると、ガソリン価格はとうとう3ドルを切った。ロサンゼルスにいた時の半分程度。風景の変遷、そして産業の変遷をも感じながら、我々は燃費リッター3.8kmの「動く城」を前に進める。450マイ



ルの大移動の末、ニューメキシコ州アルバカーキに到達したとき、時刻は夜 21 時を回っていた。

9/21 Albuquerque→Las cruces

今日はサンタフェとホワイトサンズを観光します。昨日の夜はニューメキシコ州最大の都市アルバカーキに泊り、そこから 1 時間くらいかけて州都サンタフェの方に移動します。サンタフェはアメリカの中でも歴史のある町として知られ、他の都市とはまったく異なった独自の歴史的な街並みや建築物があり非常に美しいところです。また、数多くの美術館・博物館・ギャラリーを有し、芸術の町としても知られています。



サンタフェについて初めに向かったのはロレットチャペルです。そもそもサンタフェ (Santa Fe) はスペイン語で「聖なる信仰 (Holy Faith)」を意味しキリスト教とは縁が深い場所です。この教会は奇跡の階段という螺旋階段があることでとても有名です。この階段は中心に支柱がなく、どうやって建てられたのか全く分かっておらずそれゆえに奇跡の階段と言われているようです。



この教会を訪れたあとは各自あたりをぶらぶら。サンタフェのダウントウンは 1 km 四方で、徒歩で簡単にめぐることができます。私はアート美術館や聖フランシス大聖堂、アメリカ最古の家に行ってみました。私はこの町の不思議な景観と芸術に触れることができとても満足です。

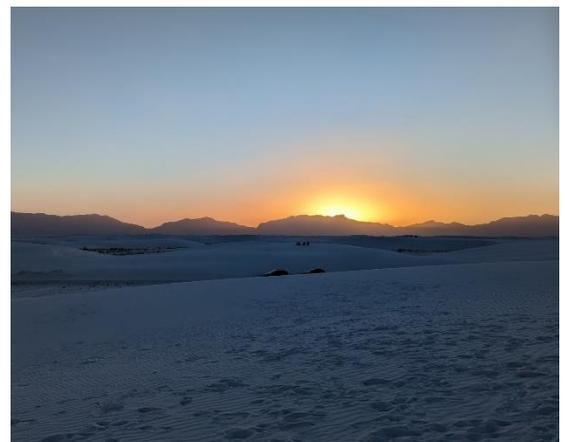


この日午後から向かったのはニューメキシコ南部にあるホワイトサンズ国立公園です。ホワイトサンズはその名の通り純白の砂丘。ただしその成分は石膏です。ここは世界最大の石膏砂丘なのです。私たちは公園内を 1 時間程度かけてめぐることができる dune drive に行きました。

本当にびっくりするくらい広大な白の世界。どこか別の星に降り立ったようです。どうみても砂漠のようですが、少し掘ってみるとすぐに湿った砂がでてきます。これは昔からこの地域に住む人々が水を得るために用いられた知恵だそうです。そんなことを知る由もない開拓者たちはかつてこの地を開拓することはできなかったとか...

このホワイトサンズの壮大さは地球の力とその偉大さを感じさせるものでした。この地で見た夕日は素晴らしいの一言では片づけられないくらい wonderful な思い出です。

日が落ちてからラスクルーセスへ。今日は人間が生み出した文化や芸術、そしてそれをはぐくんだ母なる地球の壮大さのどちらも体験することができた素晴らしい 1 日でした。それではみなさまごきげんよう。



9/22 Las Cruces→Kerrville

この日はラスクルーセスの RV パークからテキサス州中心部でサンアントニオの手前のカービルという町までの 500 マイル強の大移動日。移動の途中で訪れたのはエル・パソというメキシコ国境の町。高速道路からすぐ目の前にメキシコの街並み、そして国境に張り巡らされたフェンスを見ることができた。メキシコ料理を食べようといざ街に繰り出したものの、この日が日曜日だったことを忘れており、ほとんどの店は閉まっていた。仕方なく 2 号車はハンバーガー店を訪れることに。食事を済まして、ここからは最終目的地のカービルまで怒濤の移動である。ラスベガスあたりからずっと続いていた乾燥地帯をついに抜け、移動中アメリカに来て初めての雨に遭遇。



2 号車が一番乗りでカービルのウォルマートに到着。この日はウォルマートの駐車場の片隅を拝借して一晩を過ごすことに。各号車ウォルマートで買い出しを済ませて、モーターホームで自炊を。ここで 2 号車に問題発生、プロパンガスの Empty ライトが点滅し始めた。プロパンガスは冷蔵庫の温度調節や湯沸かしのために消費されており、プロパンガスを切らして冷蔵庫の中身を腐らすわけにはいかないが、この日はウォルマートの駐車場に泊まっているので外部のシャワールームがあるはずもない。仕方なく少しのお湯を全員で分け合ってシャワーをあびることに。明日からのテキサス観光にそなえて今日はこのぐらいに。

9/23 Kerrville→Houston

今日は、朝一でサンアントニオに向けて出発し、翌日のヒューストン観光に備えて、早めにガルベトンにある RV パークへ向かう予定。走行距離は 313 マイル。

朝から、都会のハイウェイを走らせ、巨大な街サンアントニオの中心部へ。9 時着。アラモドームのがらがらの駐車場にモーターホームを止め歩いてアラモ伝道所へ。18 世紀にスペイン人によって建てられたアラモ伝道所は、1836 年にメキシコからテキサスを独立させるため、悲惨な戦いが繰り広げられた場所として有名。月曜日にも関わらず大勢の観光客でにぎわっている。何人かは、目の前にある立派な建物の郵便局で手紙を出した。歴史的に重要な建物なのか、手荷物検査や身体検査は、これまでで一番厳しかった。



サンアントニオ川沿いに数キロにわたって続くリバーウォークは、カフェやショップが並ぶ歩行者専用の遊歩道。久しぶりの樹木や草花の色どり、リスや子連れのカモなど、今までの砂漠がうそのよう。1968 年に万博の開催地となったこともあり、象徴的なタワーが町を見下ろし、町中に不思議なオブジェが佇んでいる。昼食はリバーウォーク沿いの The Original Mexican Restaurant へ。お通しの大量のトルティーヤチップス、一皿食べきると追加でもう一皿出てきてしまった。店員の「shogun、samurai、



rounin!」がお昼時なのに閑散とした店内に響き渡る。メキシコ料理の知識がなく、英語の説明の違いがわからない。Burrito、Migas、Huevos Rancheros、Chorizo con Huevo、Crispy taco、思い思いに適当に頼んでみる。

13時発。18時RVパーク着。まだまだ日も出ていて明るい。RVパークには流れるプールや温水プールもある。少し歩くとメキシコ湾。皆で着替えて久しぶりの海やプールを楽しんだ。ミシシッピ川の影響でこめ細やかな砂が舞い、水は濁っている。どこまでも続く遠浅の海岸は、LAの海とは一味違う。美しいシャワールーム、感動をありがとう。夕食は豚バラのシチューにライスとパン。明日のヒューストンを楽しみにして今日は各々ゆったり過ごす。（LignoSat 学生チーム 記）



研究紹介

フェノロジー（生物季節）

京都大学樹木育成学生チーム

池田武文

はじめに

私たちが暮らす日本のほとんどの地域は温帯に位置しています。この地域では、植物は季節の移ろい、すなわち四季の変化に応じて、芽吹き、花を咲かせ、冬芽を形成し、紅葉（黄葉、褐色葉を含む）して落葉し、さらに冬芽が休眠するという一連の変化を毎年繰り返しています。このような植物の季節的な変化を「フェノロジー（phenology、生物季節）」と呼び、これを研究する学問分野は「生物季節学」といいます。私たちが毎年楽しみにしている桜の開花や紅葉のようすは、まさに樹木のフェノロジーを目の当たりにしている瞬間といえるでしょう。ところで、桜の開花や紅葉は、決して私たちを楽しませるために起こるわけではありません。これらは植物自身の生活や生存、さらには世代交代にとって欠かすことのできない重要なイベントなのです。以下に、温帯における樹木のフェノロジーの概要を解説します。なお、火星で樹木を育成する際には、導入する植物種のフェノロジーを十分に理解しておくことが必須となります。

ソメイヨシノのフェノロジー

植物のフェノロジーは、それが分布する気候帯によって大きく異なり、さらに同じ気候帯内でも種によって異なります。ここでは、日本人にとって馴染み深い植物の一つであるソメイヨシノ（サクラ属）のフェノロジーについて解説します。ソメイヨシノは温帯に生育する樹木です。一般的に、植物の季節の変化は「芽

吹き」から始まるように考えられがちですが、正確には「芽の形成」から始まります。なぜなら、芽が形成されなければ芽吹きに至ることはないからです。したがって、芽吹きはフェノロジーの最終段階に位置します。ソメイヨシノのフェノロジーは、芽の形成、休眠導入、冬休眠、休眠解除、芽の成長と開花という一連のプロセスで構成されています。これらの各ステージの切り替えには、日長（昼と夜の長さ）と気温が密接に関わっています。

1. 芽の形成と休眠導入

ソメイヨシノは、7月下旬頃から翌春に向けた芽の形成を始めます。芽は成長を続けますが、8月下旬になると、日長が短く（夜が長く）なるのを葉が感知し、葉で生成された休眠物質（アブシジン酸）が芽に送られ、芽は「休眠状態」に入ります。この時期の休眠はまだ浅く、10月上旬頃に本格的な「冬休眠」に移行します。ここで重要なポイントは、気温ではなく日長が休眠導入のシグナルとなっていることです。気温は年によって変動するため、植物にとって秋や冬の訪れを確実に予測する手がかりにはなりません。一方、日長は変わることがないので、植物は日長を基準にして季節の移ろいを察知します。

2. 狂い咲き

芽が休眠中であるにもかかわらず、時折、秋に花が咲いているソメイヨシノを見かけることがあります。これが「狂い咲き」と呼ばれる現象です。狂い咲きは、台風や虫害などで葉が減少あるいはなくなることが原因で発生します。葉がなくなると休眠物質（アブシジン酸）が芽に供給されなくなり、休眠が浅い状態にある芽が活動を再開して花が咲いてしまうのです。興味深いのは、この時、狂い咲きの枝には新しい葉も見られます。

3. 冬休眠と休眠解除

冬休眠は、10月上旬に本格的に始まり、11月中旬以降の寒さにさらされることで「休眠解除」が進みます。休眠解除には、2℃から7℃程度の低温に一定期間さらされることが必要です。この休眠解除の仕組みは、気温が植物の活動を制御することの一例です。休眠が解除されると、芽は活動可能な状態になりますが、真冬の気温は依然として低いため、すぐに成長するわけではありません。この時期、植物は低温による障害（凍結など）から身を守る体制を整えて、来たる春の成長に備えます。

4. 成長と開花

節分が過ぎ、2月上旬ごろになると、気温が上昇し始めます。それに伴い、休眠を解除した芽の中の細胞（原基）は成長を開始し、芽が大きく膨らんでいきます。この時期のサクラの芽を観察すると、尖った芽と丸い芽があることがわかります。尖った芽は「葉芽」で、新しい葉を展開する芽です。一方、丸い芽は「花芽」で、花を咲かせる芽です。このように、ソメイヨシノの芽には、葉芽と花芽の2種類が存在します。

5. ソメイヨシノの生育可能域

ソメイヨシノが花を咲かせるためには、低温による休眠解除が必要不可欠です。そのため、亜熱帯の冬でも暖かい気候の沖縄では、ソメイヨシノは花を咲かせることができません。なぜなら、沖縄では休眠解除に必要な低温（2～7℃）が得られないからです。このように、休眠解除に必要な低温条件が、植物の分布の南限を決定する大きな要因となっています。一方、沖縄で見られるカンヒザクラは、台湾やベトナム、中国南部などに自生する種類であり、冬休眠を必要としない植物です。これにより、沖縄のような温暖な地域でも花を咲かせることができます。

6. まとめ

ソメイヨシノは、芽の形成から始まり、休眠導入、冬休眠、休眠解除を経て、翌春に芽吹き、開花・開葉し、枝を伸ばすという一連のプロセスをたどります。このようなソメイヨシノのフェノロジーは、温帯の他の落葉広葉樹にも共通する現象です。これらの樹木は、芽の形成から休眠、休眠解除、芽吹き、成長までの一連のフェノロジーを共有し、四季の変化に適応して生きています。

火星でのフェノロジー

火星での樹木育成は、大型のドーム内で行うことを想定しています。ここでは、フェノロジーの観点から火星での樹木育成の可能性について考えます。ドーム内の光源として太陽光を利用する場合、火星は自転軸の傾き（ 25.2° ）と自転周期（24 時間 37 分）が地球に近いので、四季の変化が見られ、昼と夜の長さも地球と似た変動を示します。しかし、火星の公転周期は 687 日（地球の約 1.9 倍）であるため、春、夏、秋、冬の各季節の長さは地球の約 2 倍になります。このような状況下で、地球の植物、1 年を 1 サイクルとするフェノロジーに適応している植物が、火星の約 2 年を 1 サイクルとする季節変化にどのように反応するのかは未知の課題です。

芽のフェノロジーに限定して考えると、火星でも四季の変化は見られるため、地球と同様に日長の変化（長日から短日）は存在します。しかし、火星では季節が約 2 倍の長さで推移するため、日長の変化も約 2 倍緩やかになります。この緩やかな日長の変化に対して、地球の樹木の芽の形成が適応できるかどうかは不明です。その後の休眠解除と芽の成長、開花は温度変化への反応です。ドーム内の温度は調整可能ですが、日長の変化に対応させて地球より 2 倍緩やかな温度変化を設定した時、地球の植物は対応できるかどうか不明です。確かめなければならぬ課題です。これらフェノロジーについては植物に限ったことではなく、私たち人にも関わります。フェノロジーが見過ごすことのできない事象なのです。

参考文献

国立天文台編 2024 令和 6 年 理科年表 丸善出版

永田 洋・佐々木恵彦編 2002 樹木環境生理学 文永堂出版

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター

<https://space.innovationkyoto.org/>

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 吉田キャンパス本部構内 総合研究 16 号館 208 号室

編集人：宇宙木材研究室 三本勇貴、豊西悟大、山本陽大

Tel: 075-753-5129 Email: spacewood@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter No.37

2025 年 1 月 1 日発行