

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2024年3月号 No.27

YOXO FESTIVAL 2024

開催報告

2024年2月3日・4日と、横浜市で開催された YOXO FESTIVAL 2024 が開催されました。本イベントにおいて、京都大学総合生存学館・SIC 有人宇宙学研究センターは、さまざまな講演を行いました。

(1) YOXO フェスティバル YOKOHAMA 宇宙 DAYS トークセッション初日(2024.2.3 開催)

[A-02] 宇宙生命～宇宙における地球生態系と生命の維持～

2月3日、横浜ランドマークタワー1階のメインステージ(サカタのタネ ガーデンスクエア)では、YOXO フェスティバル YOKOHAMA 宇宙 DAYS トークセッション[A-02]が開催され、宇宙生命についてのイベントが行われました。このセッションは、京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター長である山敷庸亮氏と宇宙航空研究開発機構(JAXA) 研究開発部門 第二研究ユニットの研究領域主幹である桜井誠人氏によって主催され、宇宙における地球生態系と生命の維持に関するトークセッションが展開されました。セッションの開始にあたり、舞踏家の日置あつし氏、ベース奏者の近藤零氏とともに山敷氏がシンセサイザーで YOXO 宇宙テーマソング[宇宙へのみなと Harvour to the Space]を演奏し、会場に集まった観客たちを引き込むオープニングで始まりました。



<https://www.youtube.com/watch?v=s6dYTmWioHI>

講演において山敷氏は、宇宙移住のための三つのコアコンセプト「コアバイオーム」、「コアテクノロジー」、そして「コアソサエティ」、これらの要素が宇宙移住の基盤となる重要な要素であることを強調しました。特に、コアバイオームについて詳しく説明し、これは有人宇宙学で想定される地球の生態系を模した人工空間であり、気温、水、日照、酸素濃度、風などを人工的に管理できる状態を指します。このコアバイオームのコンセプトは、地球の生態系を再現した閉鎖空間を意味し、他の天体への宇宙移住におい

て不可欠な要素であることを強調しました。

さらに、山敷氏は、コアバイオームの選定に必要な核心技術である「コアテクノロジー」と、社会基盤である「コアソサエティ」の統合が、宇宙移住の基幹学問体系として確立する必要があることを説明しました。彼は映像やイメージ図を用いて講演し、子どもたちにも理解しやすいように工夫しました。その結果、会場にいた子どもたちが真剣に耳を傾け、将来の宇宙移住に対する興味を持つきっかけを作っていました。

続いて、JAXA 桜井氏が登壇し、宇宙船内で酸素を再生・循環させる装置についての興味深い講演を行いました。桜井氏は宇宙船内の二酸化炭素に水素を混ぜ、メタンと水を得るサバチエ反応を用いて水を生成し、その水を電気分解することで、宇宙船内に酸素を生成する仕組みを紹介しました。また、宇宙船内の酸素の循環の仕組みについても詳細に説明しました。この技術の開発は、長期間の宇宙滞在において酸素の供給を確保するために極めて重要であり、桜井氏の講演は会場にいた小学生たちを巻き込みながら行われ、非常に楽しい雰囲気で行われました。

このトークセッションは、宇宙における生命の維持や宇宙移住に関心を持つ人々にとって貴重な機会であり、山敷氏と桜井氏の情熱的な講演によって、宇宙への未来の冒険に対する新たな理解と興味が生まれました。未来の宇宙探検家や科学者たちが、これらのコアコンセプトと技術を発展させ、宇宙における生命を維持し、新たな世界を開拓することで、人類の進化に大きな影響を与える可能性があることを示唆しています。宇宙への探求心と科学への情熱を鼓舞し、新たな未来に向けて希望を抱かせるものでした。

(嘉澤剛 記)



[D-02]宇宙居住～月と火星に住むために必要なもの～

2月3日の13:00より、横浜ランドマークタワー7階NANA Lv.横浜市立大学みなとみらいキャンパスにて、宇宙居住～月と火星に住むために必要なもの～として、鹿島建設株式会社 イノベーション推進室 宇宙担当部長大野琢也氏と、一般社団法人「宇宙旅客輸送推進協議会」代表理事ムーンビレッジアソシエーション理事の稲谷芳文氏の講演が開催されました。まずは、大野氏による月面・火星での人工重力の必要性と仕組み、自ら構想しているルナグラス・マーズグラスの解説がありました。続いて稲谷氏により、JAXAそしてムーンビレッジアソシエーションにおいて検討されている月面での1,000人規模での社会の構築とそのために必要な技術や体制について



の話がありました。月面社会を構築するために必要な社会的な準備と、多くの人口を支えるためのインフラ構築、経済システム構築の必要性と、そのために社会全体が変容しようという現在において、どのように

して我が国や我が国の企業がリーダーシップを取りうるか、また国際的な枠組みを構築できるかについて白熱した議論がありました。

(山敷庸亮 記)

[D-03]【宇宙大学特別講演】Space Diving～水中疑似月面プログラム 1/6 重力を体感する～

2月3日の14:30より、横浜ランドマークタワー7階NANA Lv.横浜市立大学みなとみらいキャンパスにて、アクアノート代表の藤永高秋氏による「Space Diving ～水中疑似月面プログラム 1/6 重力を体感する～」が開催されました。主催は「気づくセミナー 宇宙大学」で、通常はオンラインのところ、今回初めてのリアル開催でした。

本セッションでは、NASA ではすでに採用されている宇宙飛行士の水中訓練から学んだ藤永氏が、水中で月面を模した体験ができるスペースダイビングを追求した「疑似月面コース」を開発され、今後普及に取り組む意気込みを語られました。

また、本セッションでは、プロダイバーである藤永氏がダイビングウェア姿に鬼のお面を付けて登場。節分の日ということで、参加者にあらかじめ配られた豆をぶつけられるというユニークな出だしから始まりました。冒頭で参加者に10の質問を投げかけ、実はそれは宇宙飛行士に向いているかいないかという資質に関するものだったと最後に種明かしされる、会場一体型のセッションで盛り上がりました。

(宇佐なつみ 記)



[D-04]観測衛星データを活用した持続可能な地上社会の実現と業界の課題

2月3日の15:00より、横浜ランドマークタワー7階NANA Lv.横浜市立大学みなとみらいキャンパスにて、宇宙ビジネスコンサルタントの森裕和氏による講演が行われました。宇宙ビジネスコンサルタントの森氏は、英エジンバラ大学理論宇宙物理学部飛び級入学・首席卒業し、ケンブリッジ大学で修士号を取得し、さらにプロダイバーとして地中海で活躍し宇宙飛行士訓練組織をイギリスに立ち上げ、さらに宇宙ビジネスにおいては8つの法人で社長、CXO、理事、顧問などしている。講演では衛星通信に光通信を用いることによる技術革新、衛星事業における業界のメインプレイヤーの遷移、我が国に求められている未来についての話がありました。

(山敷庸亮 記)

[A-04]【パネルディスカッション】月・火星に「地球」を持っていける？

2月3日、横浜ランドマークタワー1階のメインステージであるサカタのタネ ガーデンスクエアにて、YOXO フェスティバル YOKOHAMA 宇宙 DAYS トークセッション[A-04]「月・火星に『地球』を持ってい

ける？」が開催されました。このセッションでは、将来の月面と火星での人類の暮らしに関するディスカッションが行われ、多岐にわたる専門家が登壇しました。

宇宙タレントの黒田有彩氏が司会を務め、SIC 有人宇宙学研究センター長の山敷庸亮氏、一般社団法人炭素回収技術研究機構（CRRA）の代表理事・機構長である村木風海氏、鹿島建設株式会社イノベーション推進室宇宙担当部長である大野琢也氏、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の名誉教授、稲谷芳文氏がパネリストとして参加しました。

村木氏は、2030 年に月に、2045 年には火星に到達する計画について語りました。自身の体調管理を宇宙空間で行うため、現在は医療の勉強も行っていることを熱く話されました。また CO₂ 回収装置「ひやっしー」（写真）の開発についても話されました。この装置は、空気中から CO₂ を回収して地球を冷やすことを目的としています。村木氏は、アルカリ性の液体を利用して空気中の二酸化炭素を回収する原理を基に、中学 3 年の時に原型を作り、高校 2 年の時にはボタン一つで CO₂ を回収できる機械を完成させました。

大野氏は、人類が宇宙空間や月、火星で生活する日が近づいていると述べ、NASA が低重力を重要な課題として位置付けていることを指摘しました。低重力の影響により、哺乳類の誕生や成長に問題が生じる可能性があり、地球と同等の重力を発生できる「人工重力居住施設」の提案をしました。この施設に住むことで、人類は子供を産み、地球に帰還できる身体を維持することが可能になると語りました。

稲谷氏は、宇宙ミッションの歴史を振り返り、国際宇宙ステーションのような大規模・有人・持続的運用・国際協力・長期計画のミッションへの進化について紹介しました。宇宙開発への投資額が世界情勢に大きく依存していた歴史や、月や火星への持続的有人探査のために新しいアーキテクチャが必要であること、宇宙社会を構築するための条件や、システムアーキテクチャの観点からの不具合発生の排除と柔軟な活用性の重要性についても言及しました。また、宇宙農業や宇宙資源の利用・再利用技術、月における発電・通信・測位の各種周回衛星の利便性、炭素の確保の困難さ、C 型小惑星の利用の可能性についても触れました。さらに、宇宙基地における地球からのロジスティクスネットワーク・サプライチェーンの重要性や、宇宙プロジェクトの計画立案から成果創出までの必要時間、将来の有人宇宙活動における技術革新や人類の生態的進化、惑星テラフォーミングの可能性などについても語りました。最後に、人類の地球脱出にかかる経費試算や、全世界協力での千年規模のプロジェクトの可能性について言及し、宇宙開発を進める世界の構築と人類の宇宙進出の将来について問いかけました。

山敷氏は、惑星間を移動する人工重力交通システム「ヘキサトラック」について語りました。このシステムの核となるのは「スペースエクスプレス」という、新幹線サイズの 6 両編成のリニアモーター鉄道系交通手



段で、さまざまな役割を果たします。このシステムは、人工重力居住施設の垂直方向の移動や、複数の施設間の都市間鉄道としての役割を担う Lunar Vehicle から接続され、月面や火星の複数の都市間交通網の役割を果たします。山敷氏は、宇宙空間の微小重力や宇宙放射線といった問題を解決し、人類が宇宙へ広がる可能性を高めると述べました。

このセッションを通じて、宇宙開発の現状と未来の可能性が浮き彫りにされ、月や火星での生活実現に向けた具体的な技術やアイデアが提供されました。また、宇宙開発における各専門家の見解が相互に交わされ、参加者にとって新たな洞察と知識の獲得の場となりました。このディスカッションは、宇宙開発における多様な視点の融合と、人類の未来への一歩を踏み出すための重要な議論を提供し、参加者に大きな影響を与えました。（嘉澤剛 記）



[D-06]横浜×宇宙大交流会～GMS（GreatMobilitySuit）開発について語ろう！～

2月3日の17:10より、横浜ランドマークタワー7階 NANA Lv.横浜市立大学みなとみらいキャンパスにて、「横浜×宇宙 大交流会 ～GMS（Great Mobility Suit）開発について語ろう！～」が開催されました。

本セッションでは、気づくセミナー 宇宙大学代表の宇佐なつみ氏・ファイナンシャルプランナーの田尻 智子氏の司会のもと、京都大学 SIC 有人宇宙学研究センターセンター長の山敷 庸亮氏・鹿島建設株式会社イノベーション推進室宇宙担当の大野 琢也氏・株式会社ダイモン CEOの中島 紳一郎氏・宇宙ビジネスコンサルタントの森 裕和氏・一般社団法人スペースポートジャパン共同創業者理事の片山 俊大氏・大阪芸術大学デザイン学部キャラクター造形学科客員教授の泉 博道氏・JUNIART DESIG 代表の岡村樹二也氏・INAMI Space Laboratory 株式会社代表取締役の稲波紀明氏・京都大学医学部医学科3回生の白樫 聖夢氏の9名で、GMS（Great Mobility Suit）をテーマに、「我々の技術で宇宙で活躍する大きなモビリティスーツが開発できるのか？」を議論しました。GMSとは「気づくセミナー 宇宙大学」が発案した、将来宇宙で活躍する人型ロボットのことです。私たち人間が宇宙で活動するためには、基本的に機械の力を借りざるを得ません。そこで GMS プロジェクトメンバーは、建設用・エンターテイメント用など、多様な目的を持った人型ロボット GMS が宇宙で活躍する未来の構想を打ち立て、非公開で議論を重ねてきました。

まず、登壇者の「自分が宇宙に興味を持ったきっかけ・自分が現在取り組んでいること・宇宙への夢」について発表があり、それを基にして、実際 GMS のようなロボットを開発するとなったときに予想される苦労や、どのように採算をとるか、素材は何にするか、人型ではなく虫型でもいいのではないかと、そもそも2本足は必要か、など議論を行いました。また同時に、モビリティスーツといっても、例えばダイバーが着用するウェット・ドライスーツ型の宇宙服、あるいは身体に密着し内部の気圧を0.6気圧まで耐えうることでできる宇宙服についても議論を行いました。

また、GMS プロジェクトに先立って、山敷氏と岡村氏によってイメージビデオが作成されました。

<https://www.youtube.com/watch?v=JsFNraM5gFU>

会場は満席で、交流会の席では、登壇者と参加者の皆さまを交えた交流の時間は非常に盛り上がりま
した。



(2)YOXO フェスティバル YOKOHAMA 宇宙 DAYS トークセッション 2 日目(2024.2.4 開催)

[D-10]災害と宇宙～宇宙技術で自然災害による被害を減らすことはできるか～

2月4日の15:00より、横浜ランドマークタワー7階 NANA Lv.横浜市立大学みなとみらいキャンパスにて、「災害と宇宙～宇宙技術で自然災害による被害を減らすことはできるか～」が開催されました。本セッションでは、株式会社スペースシフト代表取締役の金本成生氏、京都大学大学院総合生存学館博士課程の富田キアナ氏、京都大学大学院総合生存学館教授の山敷庸亮氏の3名で、宇宙技術を利用して災害の被害者数を減らすことはできるのかについて議論が交わされました。

金本氏の発表では洪水から人々を守るためのデータを得るために、合成開口レーダー(SAR)衛星を使用しており、かつ、ヴァーチャル・コンスタレーション(VC)というコンセプトのもと、複数の人工衛星群(コンスタレーション)を利用して、時間・空間双方の分解能をあげています。SAR衛星データの特徴として、太陽からの可視光成分の地表面での反射光を主に利用する光学衛星とは違い自らマイクロ波を発信しその反射成分を受信することにより、雨雲などに遮られず撮像が可能であること、地表面変位の検知誤差が数ミリ単位であることが挙げられ、光学衛星データとは比較にならない精度での水位計測が可能になることが大きな特徴で、VCを利用することにより高い解像度での浸水高の提供が可能です。スペースシフトではこの技術と、トヨタ(株)との共同解析による自動車通行可能な経路判定を合成することにより、今後は保険会社へ浸水判定の解析サービスを提供する予定です。また、能登半島地震においても、素早く多くのデータの提供を行ってきました。

SAR衛星の実証実験で鳥取のねぎ畑を利用されている点は大変ユニークだと感じました。気象条件にとらわれず高精度の画像を撮ることのできるSAR衛星を使えば、正確に氾濫した範囲や河川の幅の変化を知ることができ、防災に役立てることができそうです。

次に、富田氏より発表がありました。現在、地球上で様々な自然災害が発生している中、最も死亡者数と発生頻度が多い災害は洪水であることが紹介されました。また実際に被災したケースで、コミュニティの中での情報伝達と、その手段に関して報告がありました。災害発生時、携帯に避難指示が送信されるようになっていても、「今回の避難指示も空振りだろう」「慣れた家を離れたくない」「避難所での生活が不安」などの心理が働いてしまいます。結局、避難しない場合や避難しても「垂直避難」、すなわち家の上階へ逃げるだけになることもあります。そうすると、河川氾濫規模の洪水発生時に孤立し、最悪の場合死亡してしまうケースもあるとの報告がありました。また避難するかどうかの判断を「聴覚情報」に頼っている現状がある、との報告がありました。

ディスカッションでは、山敷氏の司会のもと、(1) VC を実際に行う際のハードル (2) 水平避難を促すためのコミュニティへの働きかけの方法、また、(3) 防災情報を民間企業が提供し、それをビジネスとして運用するために必要なこと、などに焦点があてられ、また、(4) 正常化バイアスなどにより避難したがる人々をどのように説得するかに関してさまざまな議論が行われ、(5) 最終的には、富田氏より、防災におけるタイムラインにおいて、SAR による浸水深情報の「基準」を策定したのち、それをタイムラインに組み込むことが解決への道となる可能性に関する提案がありました。

また、参加されていた稲波スペースラボの稲波 CEO からのビジネスに関する提案や、AB Lab 佐久間氏による地域防災の提案もあり、実りの大きい議論となりました。

(白樫聖夢 記 写真:村井香)



[A-04]「【パネルディスカッション】宇宙への港 ヨコハマへ

2024年2月3日、横浜ランドマークタワー1階のサカタのタネ ガーデンスクエアで YOXO フェスティバル



YOKOHAMA 宇宙 DAYS トークセッション[A-04]「【パネルディスカッション】宇宙への港 ヨコハマへ」が開催されました。このセッションでは、宇宙開発とヨコハマの未来に関する熱い議論が交わされました。登壇者は、京都大学 SIC 有人宇宙学 研究センター長の山敷庸亮氏、アークエッジ・スペースの代表取締役 CEO 福代孝良氏、清水建設株式会社宇宙開発部部長の金山秀樹氏、一般社団法人スペースポートジャパン共同創業者の片

山俊大氏、そして京都大学大学院総合生存学館博士課程の富田キアナ氏です。

福代氏は、超小型衛星のコンステレーションを中心とした宇宙利用の新たな形を提案しました。彼は、宇宙が最も役立つのは地上の基礎インフラが機能しない場所であると説明し、災害時や遠隔地での超小型衛星による情報網の重要性を強調しました。また、海上情報のデジタル化を目的とした衛星 VDES コンソーシアムの設立にも言及しました。

金山氏は、清水建設がスペースポートの研究から始め、宇宙ロボット、宇宙太陽光発電、宇宙旅行や宇宙ホテル、月や惑星上の建設など、多岐にわたる宇宙開発のテーマについて研究を進めていることを紹介しました。彼は、「シミズドリーム」と銘打ち、宇宙での暮らしを支えるための技術開発に取り組んでいることを説明しました。

片山氏は、ブランディングやエンタテインメント等さまざまな宇宙ビジネスに携わっており、スピード感を持って取り組むことが重要であると述べました。また、スペースポートは宇宙と地球をつなぐ地上の拠点であること、不動産開発や各エリア同士の関係性や、官民連携の必要性についても話しました。

山敷氏は、星間を移動する人工重力交通システム「ヘキサトラック」について語りました。このシステムの中心になるのは「スペースエクスプレス」という新幹線サイズのリニアモーター鉄道系交通手段で、人工重力居住施設間の移動や都市間鉄道の役割も担います。彼のプレゼンテーションは、宇宙空間の微小重力や宇宙放射線といった問題を解決し、人類が宇宙へ広がる可能性を高めるものでした。

富田氏は、豊富な海外経験からのグローバルな視点から、海外旅行における都市型宇宙ポートの利用や実現性についてパネリストへ質問を投げかけ、ディスカッションの活性化に貢献しました。彼女はまた、宇宙基地の実現可能性や将来の有人宇宙活動の視点を含めた宇宙開発のビジョンについても触れました。

このセッションは、宇宙開発の多様な側面に焦点を当て、ヨコハマが宇宙産業にどのように貢献できるかを探求する貴重な機会でした。専門家による深い洞察と革新的なアイデアが、参加者に宇宙開発への興味と理解を深めるきっかけを提供しました。（嘉澤剛 記）

2月3日・4日の2日間、横浜ランドマークタワー5階の展示ブースにて、SIC 有人宇宙学研究センターからは、鹿島建設と京都大学が共同で研究をしている人工重力居住施設「ルナグラス」の内部を探検できる VR と、系外惑星データベース ExoKyoto を展示させていただきました。VR は子供たちに非常に人気で、ほぼ常に 2, 3 人は待っている状況でした。子供たちは「なんで地面が横向きになっているの?」「草が生えてる!」「船があるよ!」「上に太陽が見える!」と大盛り上がりでした。ExoKyoto の展示には、少し物知りな子どもたちや大人が来場され、太陽系外惑星データベースを見ていただいただけでなく、ExoKyoto 独自のテクスチャなどにも興味を持っていただけました。（白樫聖夢 記）



第17回京都大学宇宙ユニットシンポジウム開催報告

2月10日(土)、11日(日)に第17回宇宙ユニットシンポジウム「人類、火星に向かう」が開催され、有人宇宙学研究センターも共催として参加しました。

10日午前には、稲波紀明氏の特別講演「民間による宇宙旅行と宇宙ビジネス～ついに開始した宇宙旅行の裏側をお伝えします～」が開催され、2005年にバージン・ギャラクティック社の宇宙旅行に申し込み、20年にわたって宇宙旅行に待ち続ける宇宙旅行者による宇宙旅行の裏側、また自身の取り組む宇宙ビジネスに関する講演をしていただきました。

午後からはポスター展示交流会が開催され、高校生、大学生、研究者、社会人から50件のポスターを出展していただき、それぞれの発表テーマについて100名以上の参加者が活発な意見交換を行いました。特に優れたポスターには最優秀賞・優秀賞（高校生以下の部・一般の部）・宇宙ユニット長賞が授与されました。また、有人宇宙学研究センターからはSIC特別賞、稲波特別賞の二つの賞が授与されました。

【ポスター賞受賞者】

●最優秀賞：

鵜飼一先, 永田利正, 鵜飼七帆, 伊藤智子 (子ども宇宙アカデミー)
「「水ロケット」打ち上げ条件 (角度・気圧・水量) の研究」

●優秀賞 (一般の部)：

小椋淳平, 山本可成, 山本真優, 池田弥央, 山敷庸亮 (京都大学)
「地球からの移住者たちによる火星文化の構築」

●優秀賞 (高校生以下の部)：

- ①若松拓弥 (岡山理科大学附属中学)
「宇宙開発における電波の必要性」
- ②阿部楓樹, 伊藤智子 (子ども宇宙アカデミー)
「「ゆっくり正確に落ちるパラシュート」の研究」

●ユニット長賞：

脇田悠利名 (関西大学), 宮田喜久子 (名城大学), 青 賢英 (福井大学),
山縣雅紀 (関西大学)
「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」

【SIC 有人宇宙学研究センターからのポスター賞受賞者】

●SIC 特別賞:

川瀬幹己 (名古屋工業大学), 高岸航平, 山本大凱 (名古屋大学),
久保尚子 (京都市立芸術大学), 松岡夏輝 (東京大学), 岡本真澄 (名古屋大学),
伏原麻尋, 糟野日向子 (京都市立芸術大学), 大島美森 (京都市立芸術大学),
大嶋シュテファン (名古屋大学), 磯部洋明 (京都市立芸術大学・教員)
「宙漆プロジェクト: なぜ宇宙と漆なのか」

●稲波特別賞：

渡邊由渚、横山恵美、長門友彩（滋賀県立守山高等学校）

「ExoKyoto で描く太陽系外惑星」

11日には、北海道大学教授倉本圭先生（惑星科学）、宇宙航空研究開発機構フライトサージャン速水聡先生（宇宙医学）、広島大学岡本慎平先生（倫理学）による講演が行われました。「生命居住可能惑星の成り立ちを探る火星衛星探査計画MMX」、「宇宙飛行士の健康を地上から見守るフライトサージャンと医学運用チームについて」、「守るべき自然環境」に火星の大地は含まれるのか？ 環境倫理学の（文字通りの）フロンティア」といった宇宙開発・火星探査をめぐる最新のテーマと倫理問題に関する講演とディスカッションが行われ、活発な意見交換が行われました。また、3人の先生方を交えたパネルディスカッションでは、異なる観点から火星ミッションをめぐる今後の展望について意見交換が行われました。会場からは学生や一般参加者からの質問が多く寄せられ、大変有意義なシンポジウムとなりました。

本年はコロナの規制もなく、例年より多くの方にご来場いただきました。参加いただいた皆様には、本イベントに貴重なお時間を割いていただき心より感謝申し上げます。来年度も、皆様のご参加をお待ちしております。（辻廣智子記）



稲波紀明氏

特別講演報告

第17回宇宙ユニットシンポジウムの2日目午前中に、稲波紀明特別講演「民間による宇宙旅行と宇宙ビジネス〜ついに開始した宇宙旅行の裏側をお伝えします〜」が、2024年2月11日（日）11:00より、多数の参加者のもと開催されました。稲波氏は2005年にヴァージン・ギャラクティック(VG)社の宇宙旅行に申し込み、世界初の民間宇宙飛行士100人に選ばれました。昨年2023年には6月からVGにより毎月宇宙旅行が成功し、民間人が宇宙に行く時代が到来しています。セッションでは、政府公募の宇宙飛行士と、民間宇宙飛行士のコンセプトの違い、今後に展開する幅広い市場と解決すべき課題などについて広く議論されました。特に、障がい者として宇宙に行くことの意義では、宇宙という環境がもしかすると、健常者ではない障がい者のほうが、さまざまな適応能力が優れているかもしれず、地上でさまざまな問題を抱えた方々が宇宙で新たな人生の可能性に遭遇することがありうると、宇宙開発に新たな価値を見出す発言の示唆がありました。

講演者の稲波氏は、INAMI Space Laboratory 代表取締役で、2005年日本IBM在職中、ヴァージン・ギャラクティック社の宇宙旅行に申し込み、20万ドルを支払い、日本人で初めて、また障がい者として世界で初めて宇宙旅行者100人に選ばれる。その後船井総合研究所にて宇宙ビジネスサロンを運営。2022年にはINAMI Space Laboratoryを設立し代表取締役に就任。現在は、宇宙旅行の訓練を行いながら、宇宙進出を目指す人や企業をサポートしている。2024年に宇宙旅行を予定しています。

(山敷庸亮 記)

NASA/JPL・アリゾナ大学 LPL/Biosphere2 訪問記

2024年2月、センター長の山敷庸亮氏は、大野琢也（鹿島建設イノベーション推進室・SIC 特任准教授）氏および大浜大（鹿島建設イノベーション推進室長）氏とともに、NASA/JPL および、アリゾナ大学を訪問しました。

訪問初日には、日本勢としては唯一米DARPAの月面プロジェクトに選定されているGITAIの工場を見学しました。月面の建設現場で実際に構造物建築を行うことができる、あるいは月面探査において非常に複雑な挙動を行うことができるロボットの開発を行っています。創業者らは東京大学関係者らが中心となったロボティクス関係者ですが、自社で宇宙対応の部品やモーターを製作し、月面を想定したさまざまな実験を自社で行い、これからの月面開発をリードするさまざまな活動を行っています。



翌日は、NASA/JPL にて、人工重力施設とネットワークについての講演を、JPL 職員の小野雅裕氏のホストで行いました。講演にはオンラインで 40 名近くの職員が聴講し、いくつかの質問が交わされました。その後 JPL 訪問を行い、ボイジャーミッションから最新のパーシビアランスミッション、さらに今後予定されているエンケラドスなどへのミッションに関する最新の探査機やロボティクスについての見学を行いました。



翌日はアリゾナ大学において、月惑星研究所(LPL)の見学と、バイオスフィア 2 の見学、さらに最新の SAM (Space Analog for the Moon and Mars)での隔離実験やその準備状況、バイオスフィア 2 でのサンゴ育成実験、新型鉛直式宇宙農場（写真）についての解説がありました。

(山敷庸亮 記)



第2回宇宙木材利用シンポジウム

2024年3月21日(木)

京都大学益川ホール

第2回宇宙木材利用シンポジウムは、世界で初めて宇宙での木材利用と樹木の育成に焦点を当てたシンポジウムです。皆さんの参加をお待ちしています。

10:00-10:05 開会の辞 土井隆雄 (京都大学)

10:05-12:00 第1部 宇宙における木材の利用 司会：村田功二 (京都大学)

A. 木造人工衛星の開発

河島航 (京都大学)：超小型木造人工衛星 LignoSat の衛星全体システム

小泉壮平 (京都大学)：超小型木造人工衛星 LignoSat の通信システム

加藤千晶 (京都大学)：超小型木造人工衛星 LignoSat の電力システム

水野愛理 (京都大学)：超小型木造人工衛星 LignoSat のミッション系開発の現状と展望

三浦晴 (京都大学)：超小型木造人工衛星 LignoSat の構造

B. 木材の宇宙曝露試験 (ExBAS) 実験速報

村田功二 (京都大学)：宇宙空間での木材の物性変化－宇宙曝露試験(ExBAS)と地上試験

山敷庸亮 (京都大学)：宇宙放射線と木造人工衛星－木材の特性を考えて

中村栄三 (岡山大学)：ExBAS 試料の予察的地球化学分析結果

12:00-13:30 昼食休憩

13:30-15:00 第2部 宇宙における樹木の育成 司会：池田武文 (京都府立大学)

A. 低圧下における樹木の育成

池田武文・遠藤早織里・清田朋和・三本勇貴 (京都大学)：火星における樹高の限界－水分生理の視点から

柚木香乃・前田拓人 (京都大学)：低圧下におけるポプラの成長量

三本勇貴・遠藤早織里 (京都大学)：低圧下におけるポプラの成長特性

B. 微小重力下における樹木の育成

馬場啓一 (京都大学)：疑似微小重力下における樹木の成長と形態形成

15:00-15:30 休憩

15:30-17:30 第3部 宇宙木材利用の展望 司会：苅谷健司 (住友林業)

A. 極限環境における木材利用

中嶋一郎 (住友林業)：森と木の価値を最大限に活かす研究開発－社会の脱炭素化への貢献

宮藤久土 (京都府立大学)、山田竜彦 (森林総研)：バイオベース CFRP と真空対応型ケミカルリサイクル技術の開発

B. 宇宙木材産業の展望：パネルディスカッション 司会：仲村匡司 (京都大学)

山敷庸亮、中村栄三、中嶋一郎、宮藤久土、高部 圭司

17:30-17:35 閉会の辞：根本孝明 (住友林業)

参加希望者は、次のメールアドレスに「宇宙木材利用シンポジウム参加希望」と書いてお送りください：

spacewood@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp



2024年度京カレッジ
リカレント教育プログラム

前半プログラム 6.6[※]-7.25[※]

後半プログラム 10.3[※]-11.14[※]

18:30-20:00 全10回

現代の教養講座

宇宙移住に向けた社会構築

講座
概要

2022年「宇宙移住の現在・未来について」、2023年「宇宙移住に向けた最先端研究と企業技術」と、宇宙移住を想定した最先端の研究成果や企業技術について、様々な分野の専門家の方々に話をいただく「現代の教養講座」。2024年度は「宇宙移住に向けた社会構築」と題し、宇宙に行く、宇宙で生活する、宇宙でビジネスをする、宇宙で社会を作るといった、さらに現実化する新たな取組み・現点・課題を紹介し、文系・理系の知を総動員して未来を考えましょう。

開講
方法

オンライン
(Zoom)

受講
対象

オンライン (Zoom)
からの受講が可能な方

受講料

前半プログラム
後半プログラム
各5,000円

定員

前半プログラム
後半プログラム
各100名
申込多数の場合は抽選

※受講者にはアーカイブ配信の視聴期間（講座終了後2週間程度）を設けます。

講師紹介



山敷 隆亮

京大大学院総合生命科学研究科教授、
京大宇宙科学研究所長



片山 俊大

一般社団法人Space Port Japan
共同創業者&理事



大野 琢也

建設設計株式会社
インベーション推進室 担当部長



大貫 美鈴

宇宙ビジネスコンサルタント



稲谷 芳文

宇宙航空研究開発機構(JAXA)



寺田 昌弘

京大宇宙生命総合学術ユニット
専任准教授



森 裕和

株式会社ワークスペース
グループCSO & 米田安社CEO



青木 節子

慶應義塾大学
大学院法務研究科 教授



足立 幾磨

京大宇宙生命総合研究所 助教



コーディネーター

石川 武

第一工業株式会社 代表取締役

申込締切 前半プログラム:2024年●月●日●●●●●●●●●●、後半プログラム:2024年●月●日●●●●●●●●●● までに、下記よりお申し込みください。

申込から受講までの流れ

STEP 1

右記をスマートフォンで読み取り、お申し込みください。すべての項目をご入力の上、送信ボタンを押すと、お申し込み時のメールアドレス宛に「お申し込み手続き完了メール」が自動配信されます。



未入稿です
回収できません



未入稿です
回収できません

▲前半プログラム
お申し込みフォーム

▲後半プログラム
お申し込みフォーム

① @i@google.com)のドメインからメール送信できるよう設定変更をお願いします。
② メール不達などのトラブルを防ぐべく、登録時のメールアドレスには、異名キャリアメール(例: @docomo.ne.jp, @softbank.ne.jp, @au.com, @ezweb.ne.jp, など)はなるべく使用しないでください。
③ ご登録いただくメールアドレスは、GmailやYahoo!メールなどのフリーメールアドレス、もしくはインターネットサービスプロバイダが提供するもの、その他オリジナルドメインの使用を強く推奨します。

STEP 2

申込締切日に(●月頃)に受講可否通知をメールにてお知らせいたします。

STEP 3

受講を許可された方を対象に受講料払込票(コンビニ払い)を郵送いたします。ご入金締切日までに受講料をお近くのコンビニエンスストアにてお支払いください。

STEP 4

受講料の入金が確認できた方を対象に講座開始3日前(●月●日)に、事務局から参加方法等(Zoomご入室用URLを含む)を記載したご案内メールをお送りいたします。

■前日までに支払手続きが完了していない場合は、参加の意思がないものと判断し、申込を取消とします。
■開催中止の場合を除いて、受講料の返金はいたしませんのでご了承ください。

STEP 5

京カレッジ会員について

お申し込み時に希望された方は、受講料のご入金確認後に京カレッジ会員証(会員費:無料)を発行いたします。京カレッジ会員の特典として、京カレッジ募集ガイドに記載されている各大学・各短期大学の図書館が利用可能となります。(利用については、各館の規程や指示に従いご利用ください。) 学生会員発行にはお時間を要する場合がございます。予めご了承ください。

各回テーマ・講師名等

前半プログラム

第1回 2024 | 6/6 18:30-20:00

宇宙移住に向けたコアソサエティの条件(I)

宇宙社会を構築するにあたって、社会構築の前提条件となる、宇宙での生存基盤の確立を、コアバイオーム・コアテクノロジーの移転状況から評価し、必要とされる法整備と医療などを考慮し、どのような手順と規模で宇宙社会が構築可能であるか検討する。

講師 山敷 唐亮氏

第2回 2024 | 6/13 18:30-20:00

超速でわかる!宇宙ビジネス

現在、すべてのビジネスが宇宙へと急拡大しています。旅行・物流・通信・金融・不動産・商社・広告・アート・エンターテインメント・ビッグデータなど、これまで宇宙産業と無縁と想われていた産業が、次々と宇宙産業へと進出しています。「なぜ、今、宇宙ビジネスなのか?」「宇宙ビジネスは、どこから来て、どこへ向かうのか?」をテーマに、歴史・政治・経済・地政学・テクノロジーなど様々な切り口により、「超速で」宇宙ビジネスの全体像を語ります。

講師 片山 俊大氏

第3回 2024 | 6/27 18:30-20:00

宇宙居住のための人工重力研究

将来、月面や火星といった地球外で生まれる子供たちは、自ら望みだけでもないのに、その環境での生活を強いられます。さらに、自力では地球に立てない体になるかもしれません。これでは人類の分断を招く可能性があります。そこで、地球に慣れる体の完成と保持のための人工重力施設をご紹介します。

講師 大野 琢也氏

第4回 2024 | 7/18 18:30-20:00

サーキュラーエコノミーが拓く宇宙移住

宇宙3Dプリンティングとともに宇宙滞在にも3Rの概念が入ってきました。惑星社会はISRU(惑星のその場資源利用)が前提として成立しますが、資源の効率的・循環的な利用、付加価値を最大化する社会経済システムを回すこととなります。宇宙移住に向けたサーキュラーエコノミーについて一緒に考えましょう。

講師 大貫 美鈴氏

第5回 2024 | 7/25 18:30-20:00

宇宙環境での人体への影響 ~宇宙医学から宇宙居住を考える

宇宙飛行士だけでなく民間人が宇宙に滞在する機会も増えています。宇宙滞在は地上とは異なり、微小重力・宇宙放射線・閉鎖環境といった特殊な環境下で生活することになります。本講演では宇宙環境における人への影響についてご紹介いたします。

講師 寺田 昌弘氏

前半プログラム

第1回 2024 | 10/3 18:30-20:00

宇宙移住に向けたコアソサエティの条件(II)

宇宙社会を構築するにあたって、宇宙において起こりうるさまざまな危機的現象を検討し、これらに対する危機管理能力の構築と宇宙社会のレジリエンスについて議論する。

講師 山敷 唐亮氏

第2回 2024 | 10/17 18:30-20:00

ムーンビレッジ・月に人類社会を作ること考える

人類の宇宙進出の第一歩として、月に持続的な有人活動が行われ、地球外に「社会」ともいえるべき集団を作り運営することを考えます。有人宇宙活動を実現するための技術の成熟にとどまらず、経済活動としての持続性やビジネスの観点、社会運営の方法、宇宙滞在における人体への影響および文化人類学的な視点などを含め、宇宙を拠点とした有人活動や人類の宇宙進出の将来などという大きな視点で考えます。

講師 福谷 芳文氏

第3回 2024 | 10/24 18:30-20:00

民間が続々参入する有人宇宙分野の世界トレンド

近年、宇宙ビジネスという単語が一般的なメディアでも取り上げられ、米国や日本を含む多くの国でスタートアップなどの新規企業が生まれ、幅広い業種の企業も宇宙分野に参入している。世界中で複数の企業や社団法人の役員、理事、アドバイザー等を担う講師による商用宇宙による有人宇宙開発の概要と今後のトレンド予測を講義する。

講師 森 裕和氏

第4回 2024 | 11/7 18:30-20:00

宇宙移住に向けた国際宇宙法

人類が月や火星などの天体に移住した場合に構成される社会を規律する国際法の内容についての講義です。具体的には、天体の土地や資源の所有権問題、宇宙基地、ホテル、病院などに管轄権を行使する国の発見方法、天体での人権や環境保護の基準、宇宙の平和利用の意義などについて学びます。

講師 青木 節子氏

第5回 2024 | 11/14 18:30-20:00

こころの進化と宇宙

ヒトは地球上に現存する数百万種のうちの一種で、その身体や心の動きは35億年の生物進化の歴史の中で紡がれてきたものです。そこにはヒト進化の歴史があるとともに、生物学的な別類も隠されています。本講演では、ヒトという種を生物学的にとらえなおし、その心の動きの進化を探ることで、宇宙環境に生きるヒトを考えます。

講師 足立 雅哉氏

都合により講座の延期や中止、内容変更等が生じる場合がございます。変更の際には、大学コンソーシアム京都ホームページの「重要なお知らせ」及びお申し込み時のメールアドレス宛にご連絡いたします。

■お問合せ先



公益財団法人 大学コンソーシアム京都 京カレッジ担当

〒600-8216 京都市下京区西院通通小路下るキャンパスプラザ京都内
TEL:075-353-9140 FAX:075-353-9121
【お問合せ受付時間】火~土曜 9:00~17:00
<https://www.consortium.or.jp/> 京カレッジ 検索



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



主催: 京都市・公益財団法人 大学コンソーシアム京都

発行: 京都府総合企画推進局 政策室

京都市印刷物 第●●●●●●●●号 令和●年●月

※この印刷物が不要になれば「雑がみ」として古紙回収等へ

LignoSat 紹介

STRUC 班

今回は LignoSat の構造を担当する STRUC 班の活動を紹介します。つい先日（2 月下旬）、LignoSat のフライトモデル（FM）の完全組立が完了しました。FM の製作開始から約 1 年、様々な問題を乗り越えてここまでようやくたどり着きました。残るは打ち上げまで走りきるのみです。これから 2,3 月をかけて組み上げた衛星の試験を実施していきます。せっかくですので、今回は衛星の組立についてお話します。

FM は打ち上げ後の再組み立てはもちろん、再組み立てもできないため、組立は確実かつ様々な規則に則り行われます。

まず、組立は必ず温度、湿度、清浄度が管理されたクリーンブース内で行われます。これはフライト品への粉塵の混入や静電気による故障などを防ぐためです。次に組立は手順書に則り、トルクやコネクタの接続などを 1 つずつチェックして確実に行います。特に打ち上げ前の最終組み立てではボルトに緩み止めの接着剤を施すため、それ以降の再組み立ては原則認められません。安全審査などでも組立記録の提出が求められます。

そして、FM では各面に太陽光セルが貼り付けられています。計 5 面ですので、1 面でも破損すれば電力供給量が大きく減少してしまうことになるため、傷つけないよう細心の注意を払って組立を行う必要があります。少しでも破損リスクを下げるため、組立には京大で作成した組立補助治具を使用します。この治具を使用することで太陽光セルが接触することなく組立を行うことが可能になるのです。

（木村拓人 記）

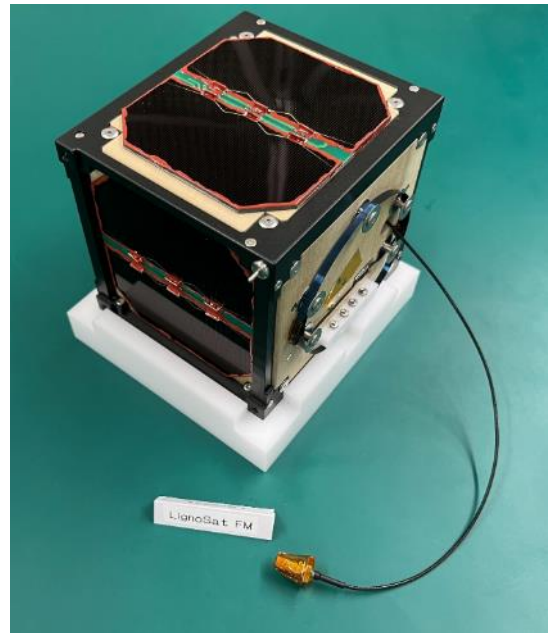


図 1 FM 完成図



図 2 組立補助治具

低圧下樹木育成プロジェクト紹介

宇宙ユニットシンポジウムポスター発表

2024 年 2 月 10 日に行われた宇宙ユニットシンポジウムにて、「低大気圧下での樹木の育成実験」というタイトルでポスター発表を行いました。ポスター発表の会場では、小学生から一般人までの幅広い世代で、文理の垣根を越えた宇宙に関連する研究が多数発表されており、非常に活発な議論が行われていました。樹木育成学生チームからは、3 名が発表に参加しました。

火星や月面など地球外拠点で人類が居住する際に樹木を育成することで、持続的に木材や酸素などの資源が得られる可能性があります。しかし、植物生産域は人間居住域よりもコストの観点から低気圧にする必要があり、地上での模擬的な低圧下樹木育成装置を構築し、低圧下での樹木の成長特性を解明することを目的として、私たち学生チームは日々実験を重ねています。今回のシンポジウムでは、以上のような低圧下で樹木を育成する意義や、装置・試料の概要、これまで 18 回の育成実験から得られた低圧下での樹木の成長量や成長特性の結果について発表しました。たくさんの方が私たちの発表に興味を示してくださり、成長特性についての詳細や、植物の中でも樹木に焦点を当てた理由、検討課題に対して質問やコメントをしていただきました。「地上で育ちにくい樹木を低圧下で育てることで促成栽培が出来ないか」というような、これまで意識していなかった視点でのコメントや、他の植物で低圧下での栽培実験を行っている方との意見交換もでき、大変有意義な時間となりました。

3月に実施される第二回宇宙木材利用シンポジウムや、5月に開催される日本地球惑星科学連合大会 2024 での発表も予定しており、今後も育成実験ならびに結果の解析を進めていきます。

(三本勇貴、岸広登、柚木香乃 記)

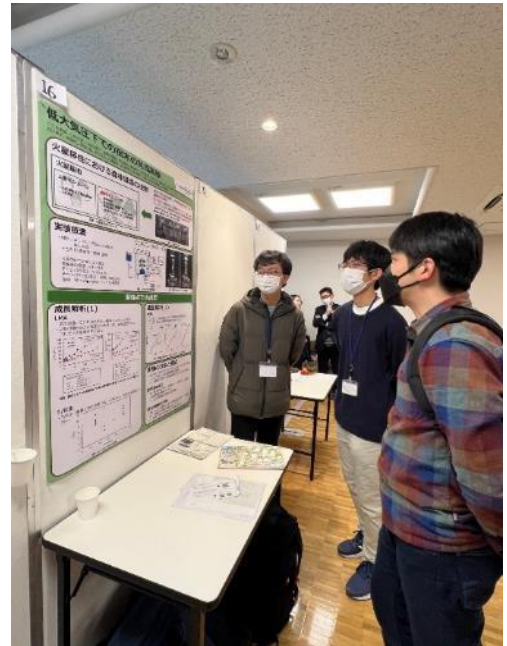


図. ポスター説明中の様子
(辻廣智子氏 提供)

研究紹介

超小型木造人工衛星「LignoSat」のひずみ測定と地磁気測定 ミッションの現状と展望 豊西悟大 京都大学農学部森林科学科 3年

1. 目的および背景

宇宙航空科学技術の発展により各国が積極的に宇宙開発を行っている。さらに現在の人類による宇宙進出は、宇宙において人類が持続的に資源の自給自足を実現し、定住できる環境構築の実現が一つの目標として掲げられている。資源の自給自足や環境への負担を考慮した際に非常に重要な役割を果たすのが植物、ひいては樹木、木材である。また日本においても 2010 年に木材利用促進法が制定され、化石資源と比較して温室効果ガスの排出を緩和しやすい木材の利用が推進され、カーボンニュートラル社会の実現に向けて活動が行われてきた。

京都大学大学院総合生存学館有人宇宙学研究センターは宇宙における樹木や木材の利用に着目して研究を行ってきた^{1) 2) 3)}。その活動の一つとして世界初の超小型木造人工衛星「LignoSat」の開発を行っている^{4) 5)}。現在宇宙産業の多くの領域でアルミニウムなどの金属が用いられているが、こうし

た材料と比較して木材は加工などの際に化石燃料をあまり使わないため二酸化炭素排出を抑えることができ、植林なども組み合わせると実際に使用するまでに与える環境への負荷が小さいといえる。また有機材料であるため衛星運用後大気圏突入時に燃え尽き、大気汚染の発生を抑えられるという点や⁶⁾、日本国内における林業活性化につながるということが大きいメリットとなる。

我々の研究チームはこの LignoSat 運用を通して宇宙空間において木材の温度とひずみの変化を継続的に測定し、宇宙環境が木材に与える影響を明らかにしようと考えている⁷⁾。木材は異方性材料であるため温度変化に伴って特徴的な寸法変化の挙動を示す。また宇宙空間では極端な温度変化に加え、真空条件や放射線、原子状酸素などの影響が考えられるため、地球上での温度変化とは異なるひずみ変化を起こす可能性がある。そうした宇宙空間での木材の変化を明らかにすることによって得られたデータは今後宇宙で木材を使用する際に非常に意義のあるものとなるだろう。

また LignoSat は 1U 規格の CubeSat であり、構体のほぼすべてが木材でおおわれている。その特徴を利用した試みとして地磁気の測定を行う。木材は金属とは異なり、地磁気への干渉が小さいため、非常に正確に測定を実施できる。我々は地磁気センサを LignoSat に搭載し、継続的な測定を通してデータを入手する。そのデータから問題点を洗い出し、LignoSat 2 号機以降での本格的な地磁気測定を基盤とした姿勢制御につなげることを計画している。

本プロジェクトは LignoSat を運用することで得られるデータにより宇宙での木材利用方法を探ることができると同時に、宇宙開発における環境へ影響を世界に向けて発信することで今後の宇宙開発に対する問題提起が可能になり、非常に大きな意義を持つと考えている。

本稿では LignoSat のミッション系に関連して、ひずみ測定と地磁気測定のこれまでの開発状況と今後の展望について報告する。

2. ミッション定義

前述の通り LignoSat は宇宙環境が木材の物性に与える影響を継続的に測定することを目的とした衛星であり、それにより得られるデータを用いて宇宙における木材の利用可能性を探求することを目指している。そのため我々の研究チームは LignoSat に木材物性に関するミッションに加え、通信などに関するミッションなども設定しており、大きく分けて LignoSat のミッションは 4 つに分けられる。

① 2 軸 3 線式ひずみゲージを用いて木造構体のひずみを継続的に測定するとともに温度を測定することで宇宙におけるひずみと温度の関係を明らかにする。

② 地磁気センサを用いて木造構体内部における地磁気を測定する。地磁気への干渉が小さい木材を主要構成材料とする LignoSat において正確に地磁気が測定されることを証明することで今後の LignoSat2 号機以降での磁気トルカや姿勢制御機構の実装の基礎研究とする。

③ アマチュア無線の周波数帯である UHF 帯で地上局から LignoSat にパケットを送信し、LignoSat から地上局のコールサインを同一周波数帯でモールス信号(CW 通信)により送信する。つまり単一周波数帯での地上局と LignoSat、アマチュア無線家の双方向通信を実現する。

④ Single Event Upset : SEU は衛星内基板に重イオン粒子や陽子などの高エネルギー粒子が当たり、ビット反転が起こるとい現象であるが、このビット反転を 1 秒ごとに監視してそのデータを地上局に送信するミッションを行う。この結果より木材の宇宙放射線耐性に関する知見が得られると期待される。

各ミッションのサクセスクライテリアは以下ようになる。

- ・ミニマムサクセス

国際宇宙ステーションから放出された LignoSat のハウスキーピングデータを受信する。

- ・フルサクセス

LignoSat から発信される CW 信号及び FM パケット通信信号の受信を 6 か月継続して行うことができ、木造構体のひずみ及び温度、地磁気データを得ることができる。またアマチュア無線家との単一周波数帯での相互通信に成功する。

- ・エクストラサクセス

6 か月以上 LignoSat からの CW 信号及び FM パケット通信信号を継続的に受信できるとともにアマチュア無線家との単一周波数帯での相互通信を継続する。

ひずみ測定ミッション

LignoSat において 2 軸 3 線式ひずみゲージを使用してひずみ測定を行うが、宇宙で安全に使用するために各種試験が必要である。そうした試験などに関して開発状況を説明する。

ひずみを測定するためには木造構体に接着剤で固定する必要があるとともにその接着剤の接着強度や安全性が必要になる。衛星運用中にひずみゲージが木造構体から外れた場合ひずみ測定が不可能になるどころか基板などに物理的衝撃を与え、衛星全体のシステム障害につながる可能性がある。そうした問題を事前に防止するために接着試験を行った。LignoSatFM (Flight Model) 完成から運用終了までに経験すると考えられる真空、極端な温度変化、強い振動を模した環境にひずみゲージ貼り付け試料を曝し、その接着力を検証した。使用する試料は図 1 のような木材片にひずみゲージを貼り付けたものであり、常温常圧ではひずみゲージは簡単に外れない。また使用している木材はホオノキとヤマザクラである。



図 1 試験体の様子

これらの試料を真空に近い条件である高真空条件を形成することのできる真空チャンバに入れ（図 2）、72 時間曝露した。高真空曝露後の試料でもひずみゲージの剥離は見られず、その低圧耐性は高いと判断した。またこの実験の追加検証として 2023 年 1 月より長期的に木材へのひずみゲージ貼り付け試料を真空を模した条件に曝し、定期的に貼り付け状況とひずみゲージの機能の確認をおこなっているが、今のところ問題なくひずみゲージが使用できる状況になっている。



図 2 高真空曝露の様子

また次に極端な温度変化をチャンバ内で再現し、その環境内に試料を曝した。この実験ではひずみゲージの剥離を調べるだけでなく、ロガーを用いて継時的にひずみ値の測定を行った。温度変化範囲は-40℃～60℃であり、測定されたひずみ値から熱膨張率は図3のようにひずみ値が変化した。これから求められる熱膨張係数の平均値はおよそ 19.5 ppm/K であった。熱膨張係率に関してホオノキの既往の文献値はないが、組織構造で類似していると考えられるホオノキと同じモクレン科に属する Yellow poplar の熱膨張率は 27.8 ppm/K であるため、近い値がとれていると判断した。そのため極端な温度変化に曝されてもひずみゲージは一定の精度は保証されていると考えることができる。

さらにひずみゲージを貼り付けた木造構体を用いて九州工業大学の振動試験装置で振動を与え、ひずみゲージの剥離の有無を確認した。実際の LignoSat では木造パネル 2 面の内側にひずみゲージを貼り付ける。図 4 はそのうち - X 面（アンテナ取付け面）に貼られたひずみゲージを示す。ひずみゲージは宇宙用接着剤を使って貼り付けられている。

振動試験では実際のロケット打ち上げの際に想定される振動より大きい振動を与え、ひずみゲージの剥離の有無を確認した（図 5）。この試験でもひずみゲージが剥離することはなく、これにより実際の衛星運用でもひずみゲージを安全に使用できると判断した。

こうしたひずみゲージの試験を通じて LignoSat 木材パネルへのひずみゲージの接着性を評価し、十分な接着特性が認められた。ミッションシステムを担う基板を図 6 に示す。この基板にはブリッジ回路及びひずみ信号を増幅させる回路が設けられている。我々が独自に開発した基板であるため、引き続き入念に試験を行っていく。今後はひずみ測定精度を上げるためソフトウェア的側面にも力を入れて開発を行ってゆく予定である。

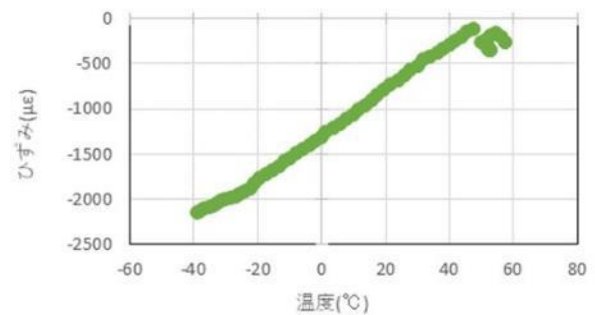


図 3 温度変化とホオノキのひずみの関係

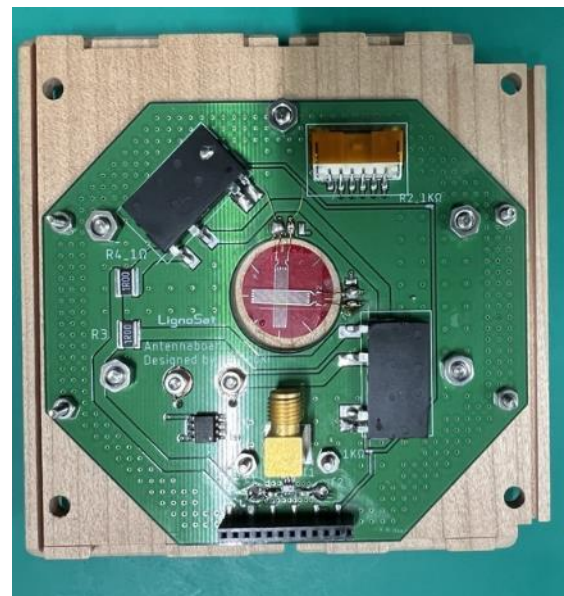


図 4 LignoSat のひずみゲージ貼り付け面
アンテナ基板が取付けられている。



図 6 ミッションボードの外観

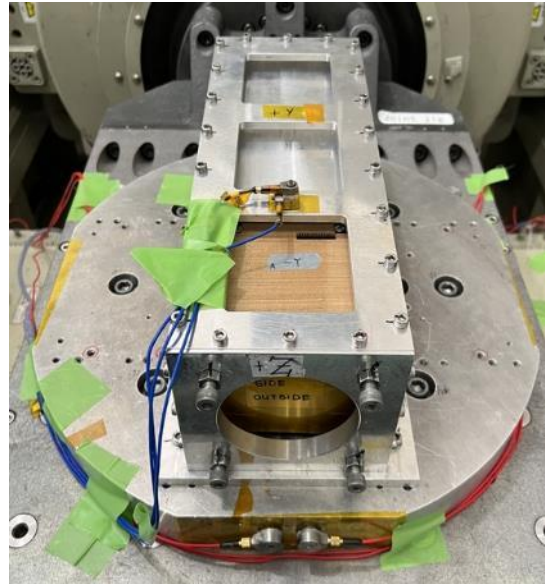


図 5 ひずみゲージ振動試験の様子
九州工業大学超小型衛星試験センターに

地磁気測定ミッション

地磁気測定ミッションを実施するにあたってその精度を検証する必要がある。これまでに行った地磁気ミッションに関連する試験について報告する。

1つ目の実験項目として地磁気センサ搭載の基板単体での測定結果の線形性と連続性の確認を行った。LignoSat に搭載する地磁気センサにヘルムホルツコイルを用いて外部磁場をかけた場合正常な測定ができ、その測定値に線形性と連続性があるかを確認した。磁場の範囲は-600 mG~600 mGであり、1秒あたり1 mG 変化させた。これにより得られた結果は、X 軸（図 7）を例に挙げると図 8 のようになる。

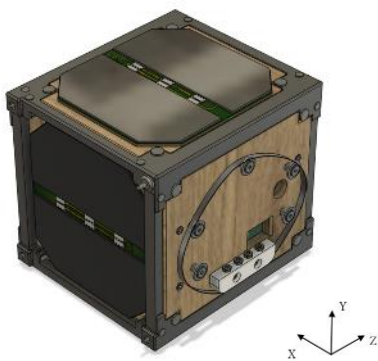


図 7 LignoSat の軸設定

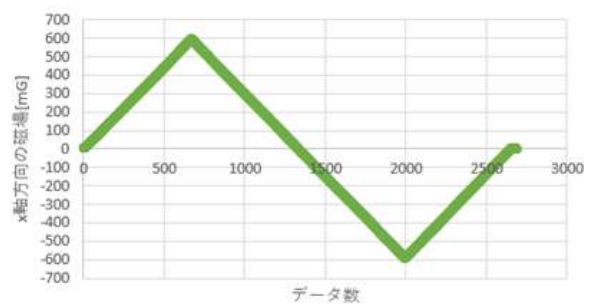


図 8 X 軸方向に磁場を変化させた時の測定値

Y軸、Z軸方向でも同様の線形性と連続性がみられており、地磁気が正確に測れていると結論付けた。また追加試験として外部磁場を+200,+400,+600 mG にそれぞれ固定し、LignoSat 各面で回転させた場合の測定値はXY平面を例にとると図9のようになる。

同心円状の結果がえられ、各軸の直交性が正確に保たれていることがわかる。

LignoSat と同じ地磁気センサが使われていた九州工業大学が打ち上げた BIRDS-3 衛星では地磁気の測定値にノイズが発生する事象が報告されていたため⁸⁾、地磁気センサ搭載基板 (Rear Access Board : RAB) 単体に加えて LignoSat で使用する全基板を合わせて外部磁場を遮断することのできる磁気シールド内で磁気測定を行い、ノイズ評価を行った。それにより得られた結果は図10・11のようになる。

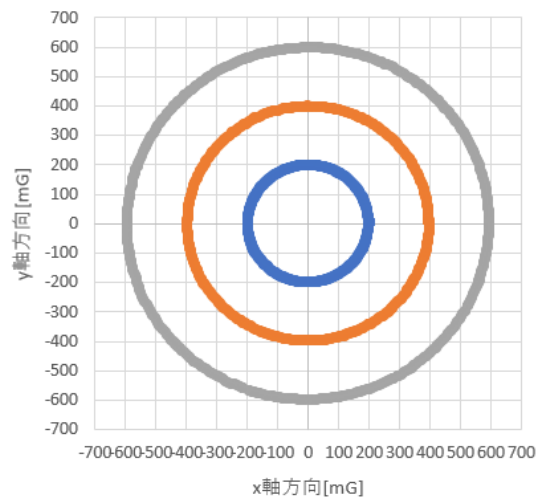


図9 XY平面上で回転させた時の磁気測

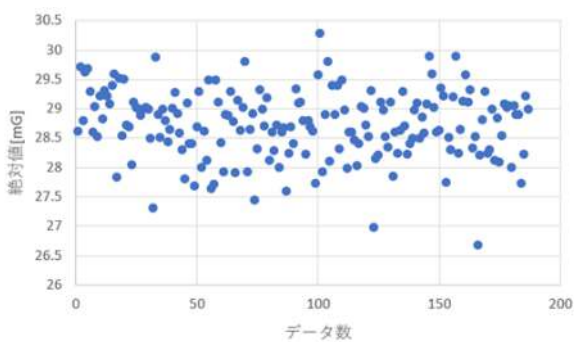


図10 RAB単体での磁場絶対値

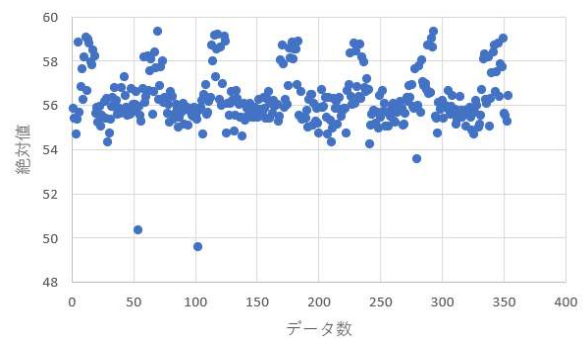


図11 全基板を動かした時の磁場絶対値

この結果より磁場の絶対値におけるノイズは全基板を動かした時の方が RAB 単体と比較して大きい値となっている。しかしながらデータ結果に周期性が見られるため、このノイズ分をオフセットに組み込んで補正することが可能であると考えている。

今後 LignoSat 開発プロジェクトでは磁気トルカや姿勢制御機構など地磁気測定を用いたさらなるシステム開発を行っていくので今後も地磁気測定の精度を高めていく工夫を行ってゆく。

おわりに

LignoSat プロジェクトでは木材の宇宙利用可能性を探究すべく世界初の木造人工衛星の開発を続けてきた。今後は人工衛星としての性能を向上させ、より宇宙での木材の挙動を明らかにできるように研究を深めてゆく所存である。カーボンニュートラルであり持続可能な宇宙進出に向けて木材の利用が必要不可欠になると我々は考えている。少しでも宇宙開発における木材の利用可能性を明らかにし、宇宙開発の発展に貢献していきたい。

謝辞

BIRDS バスプラットフォームについて指導して頂いた九州工業大学に感謝いたします。

参考文献

- 1) 三木健司, 村田功二, 清水幸夫, 稲谷芳文, 土井隆雄: 宇宙における木材資源の実用性に関する基礎的研究, 第 34 回宇宙構造・材料シンポジウム; 講演集録, SA6000137022
- 2) 三木健司, 土井隆雄, 村田功二, 仲村匡司, 平田和也, 増田凱斗, 伊藤梓, 曾束元喜, 清水幸夫, 稲谷芳文, 臼井浩明: 宇宙における木材資源の実用性に関する基礎的研究, 第 37 回日本木材加工技術協会年次大会, 2018 年 9 月
- 3) 平田和也, 村田功二, 仲村匡司, 三木健司, 土井隆雄: 宇宙空間での木材利用を想定した細胞壁微細構造と含水率の関係, 第 70 回日本木材学会大会, C17-P1-02, 2021
- 4) 曾束元喜, 三木健司, 仲村匡司, 村田功二, 臼井浩明, 稲谷芳文, 清水幸夫, 土井隆雄: 木造キューブサットの概念設計, 第 63 回宇宙科学技術連合講演会, JSASS-2019-4161, 2019.
- 5) 福王悠星, 他: 超小型木造人工衛星「LignoSat」の基礎設計, 第 66 回宇宙科学技術連合講演会, 1C15, 2022.
- 6) 曾束元喜, 三木健司, 土井隆雄: 金属製宇宙機の再突入が中層大気環境に与える影響の考察, 第 64 回宇宙科学技術連合講演会, 2J08, 2020.
- 7) 筒井涼輔, 他: 超小型木造人工衛星「LignoSat」のミッション系開発の現状と展望, 第 66 回宇宙科学技術連合講演会, 1C16, 2022.
- 8) Withanage D. Chamika, Mariko Teramoto, Sangkyun Kin, & Mengu Chao, Calibration of Magnetic Field Sensor Data Using Flight Results, GLEX-21,7,1,14,x62750, 2021.

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&Fax: 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.27

2024 年 3 月 1 日発行