

SIC 有人宇宙学研究センター

NewsLetter 2025 年 5 月号 No.41

【EXPO 2025 報告】京都発・未来を奏でる

Youth Stage パフォーマンス

2025 年 4 月 23 日、EXPO 2025 大阪・関西万博の開会式会場の EXPO ホールシャインハットにて開催された「EXPO KYOTO MEETING ～和のこころと地球の未来～」(主催：大阪・関西万博きょうと推進委員会)において、**京都大学 山敷庸亮教授**と大学院生**河村晴実氏**、そして**京都両洋高校吹奏楽部(2024 年金賞受賞、指揮：藤重佳大氏)**による音楽映像パフォーマンスが Youth Stage で披露されました。

披露された楽曲《**NEOKYOTO**》は、千年の都・京都の伝統と、新たな時代の持続可能な未来を結びつける創作作品で、電子音楽と京都の映像を融合。地球的視座と宇宙的感性を若者の表現で結実させ、9 時間にわたる全体プログラムのフィナーレを飾りました。この日のイベントは、各種メディアでも紹介されました。

 映像・報道まとめ：[YouTube パフォーマンス映像](#)／[京都新聞](#)／[NHK](#) 他

2025 年 4 月 24 日、ポーランド大使館にて開催された COSMOS DAY

【イベント参加報告】EXPO2025 ポーランドパビリオン「宇宙と教育の未来」国際討論会に登壇しました

2025 年 4 月 24 日、国際博覧会・大阪・関西万博(EXPO 2025)のポーランドパビリオンにて開催された国際討論会「Cosmic Inspirations for Education(宇宙からの教育的インスピレーション)」に、京都大学 山敷庸亮 教授がパネリストとして登壇しました。

この討論会は、ポーランド科学・教育デー(Space Day)の一環として実施され、宇宙探査が現代教育に与える影響や、宇宙科学を通じた国際協力、科学リテラシー向上に向けた戦略的対話を目的としたものです。

討論会の主なテーマ

- 宇宙探査が次世代教育にもたらす可能性
- 若者に対する科学への関心喚起とアウトリーチの実践例
- 日本とポーランドの宇宙科学分野における連携可能性
- 宇宙飛行士による教育的啓発の波及効果(ポーランド初の宇宙飛行士スワヴォシュ・ウズナンスキ氏の ISS 搭乗計画とともに)

登壇者一覧（敬称略）

- 津田雄一（JAXA/宇宙科学研究所 副所長）
- 関根康人（東京工業大学 ELSI 所長）
- ケリー・ブルーメンタール（国際天文学連合 IAU 教育アウトリーチ部門長）
- 山敷庸亮（京都大学）

進行は、ワルシャワ大学・天文台副所長のミレナ・ラタイチャク博士と、ELSI 教育・アウトリーチ担当ディレクターのティリナ・ヒーナティガラ博士が務めました。また、ポーランド共和国の教育大臣バルバラ・ノヴァツカ氏が特別来賓として出席し、開会挨拶を行いました。

山敷教授は、SIC 有人宇宙学研究センターが行ってきた、土井宇宙飛行士らによる有人宇宙学の実践や村田功二教授らによる木造人工衛星の話、また、アリゾナ大学 Biosphere 2 での宇宙教育の実践について触れ、また人工重力環境下での生態系・人間適応の研究、そして宇宙における持続可能性と倫理をテーマに発言を行い、アカデミアレベルでできる国際教育やプロジェクトの協力について述べました。このイベントは、日本とポーランド、そして国際社会の教育・宇宙科学分野における連携を深める重要なステップとなりました。今後も京都大学では、学際的な宇宙教育の発展と、次世代人材の育成に向けた取り組みを進めてまいります。（ゼルダ・中田 記）

大阪・関西万博「大阪ヘルスケアパビリオン」内の ミライの食と文化ゾーン／デモキッチンエリアにおいて 「ミライの宇宙での暮らしと食」イベントを開催

2025 年大阪・関西万博「大阪ヘルスケアパビリオン」内の「ミライの食と文化ゾーン／デモキッチンエリア」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（共催）とともに、「未来の宇宙での暮らしと食（仮）」をテーマにイベントを開催します（期間：2025 年 8 月 10 日（日）～16 日（土））。

このイベントでは、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」未来のスペースポートや宇宙交通機関の仕組みを映像や体感を通じて分かりやすく紹介し、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。夕方には、スペースカフェ開催を予定しており、現在協賛していただける企業を募集しております。本イベントは、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／デモキッチンエリア」

期間：2025 年 8 月 10 日（日）～16 日（土）

主催：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

共催：鹿島建設（株）、DMG 森精機

協力：（一社）宙ツーリズム推進協議会 コスモ女子 他

展示イベントテーマ：「ミライの宇宙での暮らしと食」

＊本イベントに合わせて、書籍 続編有人宇宙学—宇宙居住編の刊行も予定しております。

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

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

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

書籍 初編 有人宇宙学—宇宙移住のための三つのコアコンセプト

<https://www.kyoto-up.or.jp/books/9784814004942.html>

第 3 回宇宙木材利用シンポジウム特集②

京都大学 小山修平

「超小型木造人工衛星 LignoSat の電力システム」

2025 年 3 月 26 日に開催された第 3 回宇宙木材利用シンポジウムにおいて EPS 班が発表した内容を基に、超小型木造人工衛星「LignoSat」の電力システムと EPS 班のこれまで活動について紹介する。

1. EPS の担当範囲

EPS は衛星の電力管理・制御を担う重要なシステムである。主な役割として、電力の変圧、過電流防止、逆流防止がある。電源は太陽光パネルとバッテリー（エネルギー 3 直 x2 列）で構成され、OBC/EPS ボードが全体の信号処理と制御を行う。プログラム可能な PIC（Peripheral Interface Controller）を用いて、各機能の制御を実現している。（図 1）

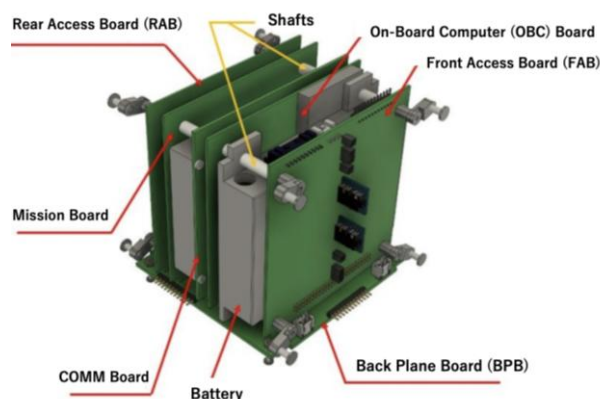


図 1 衛星の各基盤

2. インビット機能テスト

インビット機能テストでは DepSW、DC/DC コンバーター、ダイオード、そして基板の絶縁処理が正常に作動しているか、JAXA の基準を満たしているかを検証する各テストを行なった。

Deployment Switch (DepSW) を用いた衛星の電源制御に関するテストが実施された。(図 2)
DepSW が押されていない場合に衛星が ON、1 つでも押されていると OFF となる機能を確認。DepSW のストローク要件 (0.75mm 以内で OFF) も JAXA の基準を満たしていることを確認した。

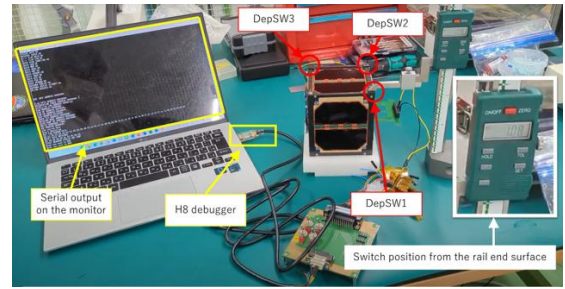


図 2 DepSW テスト

DC/DC コンバーターは入力電圧を 4.2V に変換し、安定した出力を供給する。熱真空試験

(TVT) および振動試験の前後に DC/DC コンバーターテストを実施し、正常動作を確認した。外部電源から直接入力した場合も常に約 4.2V を維持することを確認した。

ダイオードテストでは太陽光パネルおよび外部電源ラインからの逆電流を防ぐ機能の検証をした。EM および FM を用いたテストにより、振動試験の影響を受けずに正常に逆流を防止できることを確認した。

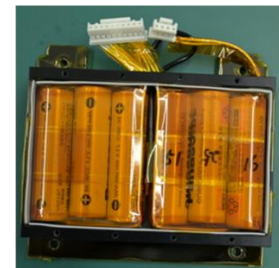
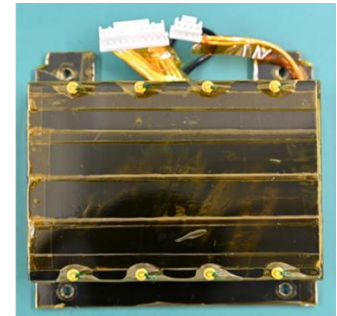


図 3 衛星の絶縁処理

また、LignoSat では電気の漏洩防止のため、MOSFET、DC/DC コンバーター、ダイオードなどの部品に RTV シリコンゴムを使用し絶縁処理を施している。(図 3)

3. 今後の展望

超小型木造人工衛星 2 号機 (図 4) では LignoSat FM バックアップの一部採用を検討している。また、電源起動時のライト点灯機構の設計を計画中である。EPS 班では 2U 側への電力ライン設計や新ミッションに対応したパワーバジェット設計、バッテリーの新規作成を進めていく。

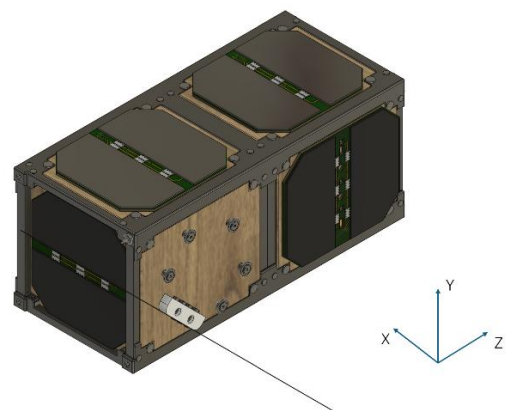


図 4 超小型木造人工衛星 2 号機

火星での樹木育成 ―フェノロジーの視点から―

池田武文（京都大学宇宙木材研究室、京都大学研究員、京都府立大学名誉教授）

フェノロジーとは

日本の様な温帯（一部、亜熱帯）地域や亜寒帯より高緯度に位置する地域では、明瞭な季節変化があります。それらの地域に分布する樹木は、季節の変化につれて、芽吹き、花を咲かせ、冬芽を形成し、紅葉後の落葉、冬期の休眠、と一連の変化を毎年繰り返しています。このような変化をフェノロジー（phenology、生物季節）と称し、フェノロジーを研究する学問分野を生物季節学（やはり、phenology）といいます。私たちにとって最も関心の高い春のサクラの開花と秋の紅葉は、1年間のフェノロジーの一場面を見ているに過ぎません。開花はフェノロジーの最終段階です。フェノロジーは芽の形成から始まります。なお、芽には花芽と葉芽の2種類があり、花芽は次世代を育むために種（タネ）を作るための、そして葉芽は次年度の葉と枝を作るための組織です。つまり、芽は樹木が引き続き成長し続け、世代を繋ぐための大事な組織であり、大事な組織を冬の寒さから守るための組織です。

サクラの花とポプラの葉のフェノロジー

図1にサクラの花のフェノロジー、図3にポプラの葉のフェノロジーを示しました。両樹種ともに温帯地域に分布する樹木です。花芽、葉芽それぞれのフェノロジーは基本的に同じです。まず8月下旬に芽の形成が始まります。この時期の夜の長さが一定以上（短日）になると、芽の形成が始まります。短日は秋の訪れとその後に来る冬を知らせるシグナルなのです。冬芽はその後休眠し、2月ごろから開花、開葉のための本格的な準備が始まり、3月から4月にかけて芽吹きます。

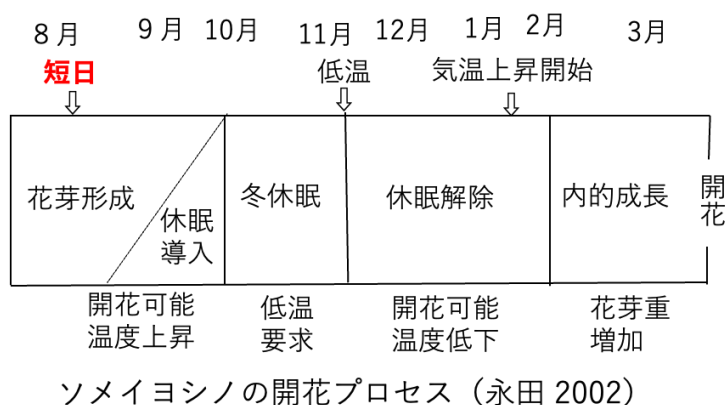


図1 サクラの花芽のフェノロジー



図2 サクラの花芽と葉芽



ポプラ (*Populus nigra* var. 'Italica') の成長サイクル (永田 2002)

図 3 ポプラの葉芽のフェノロジー

このように、季節変化のある地域に分布している樹木にとって、短日による芽の形成は永年植物である樹木が生き続けるために、欠かせない環境条件なのです。

* 図 2 には開花を間近に控えたサクラの複数の芽が写っています。さて、花芽はどれかわかりますか？

火星における樹木の芽の形成

火星での植物育成、特に食料生産のための作物の育成は植物工場で行われます。つまり、短日条件も人工的にコントロールするので、問題は生じません。では、樹木はどうでしょうか。巨大な植物工場に類する施設が設置できれば、短日条件も人工的に作り出せるので、芽の形成に問題は生じません。一方、火星上に建設される外界と隔離された透明なドーム内で樹木を育て場合、光源として太陽光を利用すると、芽の形成はどうなるのでしょうか。地球での季節変化は赤道傾斜角が 23.44° 、つまり地軸の傾きが傾いていることで生じます。火星の赤道傾斜角は 25.29° で、地球のそれに近いので、火星でも地球と同様に季節変化は生じます。ところが、地球が太陽を周回する公転周期は 1 年ですが、火星のそれは 1.88 年と 2 倍近くを要します。このことは、春、夏、秋、冬が地球のそれらの 2 倍近い長さになる、季節の歩みが 2 倍遅くなります。確かに短日条件は満たされますが、そこに至るまでに 2 倍近くの時間を要します。このような変化に地球の樹木は適応できるのでしょうか。現状では明瞭な答えは用意されていません。

引用文献、参考文献

永田洋・佐々木恵彦編 (2002) 樹木環境生理学 文永堂出版

国立天文台 (2024) 令和 6 年理科年表 丸善出版

研究紹介

超小型木造人工衛星「LignoSat」の電力システム

京都大学工学部 鳥谷陽樹

1. 目的および背景

昨今の宇宙開発の発展は目覚ましいものがある。人類の宇宙進出の目標のひとつは宇宙において持続的に資源を自給自足し、定住できる環境になることであるが、この観点において非常に重要な役割を果たすのが木材である。

京都大学大学院総合生存学館有人宇宙学研究センターでは、宇宙における木材利用の研究のひとつとして、世界で初めて木材を使用した超小型木造人工衛星「LignoSat」（図 1）の開発を行ってきた^{1) 2) 3) 4) 5)}。



図 1 LignoSat 外観イメージ図

木材を人工衛星に利用することは様々なメリットがあると考えられている。ひとつは環境負荷の小ささである。現在の宇宙産業では多くがアルミニウムなどの金属を利用しているが、これらの金属の精錬、加工には化石燃料が多く使用されている。これに対して、木材は軽量で加工がしやすく、化石燃料をあまり利用しない。また、有機材料であるため、衛星運用終了後に大気圏で燃え尽き、大気汚染を防ぐことができる。電波を通すというのも木材の大きな特徴である。金属衛星では衛星内部に電波を通さないため、アンテナを衛星外部に取り付ける必要がある。一方、木造衛星ではアンテナを衛星内部に取り付けることが可能になるため、アンテナ展開機構を必要としなくなるという可能性を秘めている。

我々研究開発チームは LignoSat の運用を通して、宇宙空間における木材の温度とひずみの変化を経時的に測定し、極端な温度変化と真空環境、宇宙放射線にさらされる中で木材の物性がどのよう

に変化するかを明らかにしようと考えている。そこで得られたデータは今後の宇宙開発の中で木材を使用する際に重要な知見となることだろう。

本稿では、LignoSat 電力システムについて、木造ならではの特徴も含めて議論する。

2. 太陽光基板と木材の接着

LignoSat では、木造構体表面に太陽電池パネルを搭載する際、プリント基板を介して内部の電子基板 との電氣的接続を確保した（図 2）。この接着には絶縁性のシリコンゴム系宇宙用接着剤（WACKER RTV-S 691）を用いた。木材とプリント基板の間の固定にねじ止めなどの手法を利用できない理由は、プリント基板に面積的余裕がないことや太陽電池パネルとの電氣的干渉を考慮し、絶縁性の高い固定方法を採用したいことなどがあげられる。本接着剤は九州工業大学の BIRDS 衛星やさまざまな超小型人工衛星において、プリント基板と太陽電池パネルの接着に使用されているが、木材とプリント基板の接着力については十分に保証されていない。そこで我々はせん断接着力試験による接着強度試験を行った。

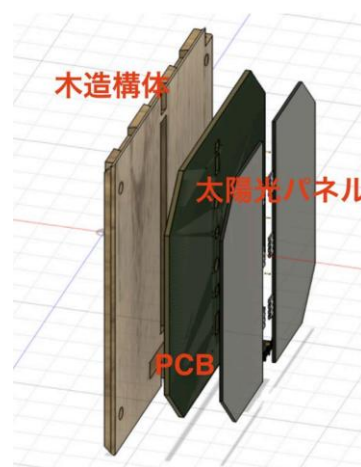


図 2 LignoSat 太陽電池パネル搭載方法概要図

3. せん断接着力試験

せん断接着力試験には図 3 のような試験装置を用いて上下に引っ張ることで接着強度を測定した。

1 度目の試験では、RTV-S 691 の接着の密着性を向上させるための下地処理剤であるプライマー（WACKER PRIMER G790）の有無、RTV-S 691 は片面塗布指定の接着剤であるため、これを木材側とプリント基板側のいずれに塗布するか の 2 つの観点に基づき、ホオノキおよびヤマザクラの 2 種の樹種に対して接着強度を解析した。実験の結果、いずれの樹種においてもプライマーを塗布した方が接着強度が向上する一方、塗布面の差異は接着強度に大きな影響を与えないことが示唆された（図 4）。



図 3 せん断接着力試験用セットアップ

2 度目の試験では、LignoSat 木造構体にホオノキを使用することが決定していたため、ホオノキの接着において、圧締圧によって接着力の変化はあるのかという観点に基づき、接着強度を解析した。実験の結果、圧締圧の差異は統計的に大きな影響を与えないことが示唆された（図 5）。

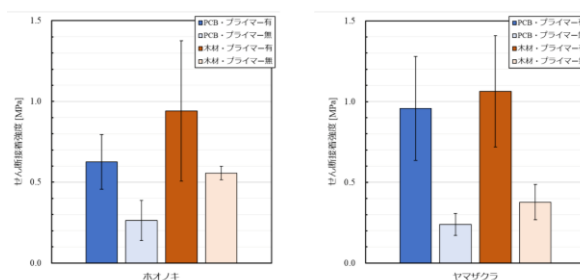


図 4 1 度目のせん断接着力試験の結果（エラーバーは標準偏差）

4. パワーバジェット

LignoSat の公転 1 回あたりの太陽電池パネルでの発電量と各基板での消費電力量を調べ、電力収支計算（パワーバジェット）を行った。

太陽電池パネルでの発電量は、LignoSat と同様の 1U 衛星である BIRDS-4 の Tsuru のフライトデータを参考にして、最低で 2507mWh と見積もった⁶⁾。その後、Engineering Mogel: EM を用いて逆流防止ダイオードや変圧器での電力損失を測定し、これを加味して基板での使用可能電力量を算出した。また、太陽電池パネルが破損した場合について、破損した枚数ごとの基板使用可能電力量を算出した（表 1）。

一方、各基板での消費電力量を状態ごとに測定を行った。以上から、運用モードとして nominal/ emergency/ command uplink and Beacon の 3 つのパターンを想定し、それぞれの余剰電力量を太陽電池パネル破損枚数に応じて算出した（表 2）。

表 3 より、太陽電池パネル 2 枚までの破損なら消費電力量が発電量より上回ることはないことが示され、LignoSat の太陽電池パネルは単一故障点とはならないことが示された。

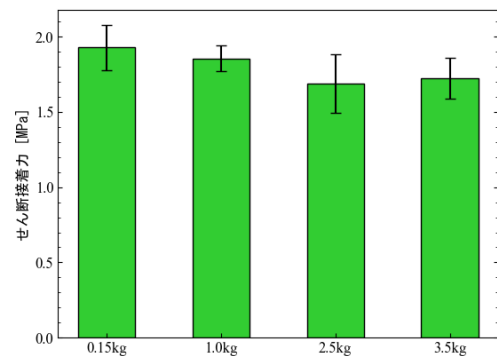


図 5 2 度目のせん断接着力試験の結果
(エラーバーは標準偏差)

表 1 基板使用可能電力量の計算

パラメータ	単位	Beta angle = 0 deg. Eclipse time = 36 min.		
		0	1	2
太陽電池パネル故障枚数	面	0	1	2
太陽電池パネルでの発電量	mWh	2507	2136	1602
逆流防止ダイオードでの消費電力	mWh	300	240	180
変圧器(DC/DCコンバータ)の電力効率	%	80		
バッテリーでの電力ロス	mWh	210		
基板の使用可能電力量	mWh	1556	1307	928

表 2 各モードにおける余剰電力量

パラメータ	単位	0	1	2
太陽電池パネル故障枚数	面	0	1	2
Nominal mode	mWh	385.0	136.0	-243.0
Emergency mode	mWh	539.6	290.6	-88.4
Command uplink and Beaco	mWh	251.2	2.2	-376.8

5. 今後の展望

現在 LignoSat は安全審査を終え、2024 年 6 月に JAXA に引き渡された。今秋に運用開始を予定している。運用期間中にはバッテリーの残量や太陽電池パネルでの発電量の経時的なデータを取得できると期待される。本データを利用して、衛星の回転速度や軌道のベータ角の解析を試みる予定である。また、現在有人宇宙学研究センターでは、木造人工衛星 2 号機の開発が進んでいる。本衛星は大きさが 2U で、パッチアンテナの搭載や地磁気を用いた姿勢制御を行う予定である。発電量が LignoSat より多くなるため、CW の発信時間の増加が期待できる。

6. おわりに

有人宇宙学研究センターでは、木材の宇宙利用の可能性を研究する 1 つとして世界初の木造人工衛星 LignoSat の開発を行ってきた。今後も本人工衛星の開発・運用を通じて、宇宙科学と木材分野をつなぎ発展に貢献していきたい。

謝辞

BIRDS プラットフォームについてのご指導と LignoSat の開発支援をしていただいた九州工業大学様に感謝いたします。

参考文献

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.

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.

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.

野木朔太郎, 他: 超小型木造人工衛星の熱応答, 第 67 回宇宙科学技術連合講演会, 3J01, 2023.

豊西悟大, 他: 超小型木造人工衛星「LignoSat」の 歪み測定と地磁気測定ミッションの現状と展望, 第 67 回宇宙科学技術連合講演会, 2C18, 2023.

Hari Ram Shrestha: Power Budget Analysis for 1U satellite, 2022.

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター

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

〒606-8306 京都市左京区吉田中阿達町 1 京都大学東一条館 2 階 208 号

編集人: 宇宙木材研究室 三本勇貴、豊西悟大、山本陽大

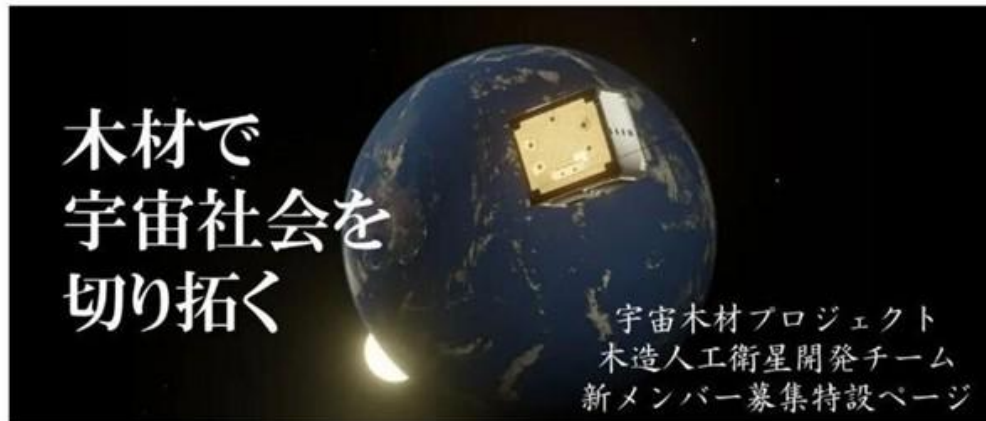
Email: spacewood@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp

SIC 有人宇宙学研究センター Newsletter No.41

2025 年 5 月 1 日発行

新メンバー募集

LignoSat



鉄器が切り拓いた農耕社会

プラスチックが切り拓いた大量消費社会

半導体が切り拓いた情報化社会

いつの時代も、新たな社会を切り拓いてきたのは

「材料」でした。

今、人類は宇宙へと活動域を広げつつあります。

私たちはこの「宇宙社会」を切り拓く材料として、

「木材」に注目しています。

「木材で宇宙社会を切り拓く」

そんな壮大なミッションに、ともに挑む仲間を募集します。

宇宙木材プロジェクトの新メンバーを募集しています。詳しくは以下のホームページをご覧ください。

<https://ligno-sat-hp.vercel.app/recruit>