

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2025年12月号 No.48

横浜×宇宙第三回

「宇宙の生命維持技術が開く地球の未来」

2025年10月14日（火）、横浜×宇宙第三回「宇宙の生命維持技術が開く地球の未来」がYOKOHAMA TECH HUBにて開催された。

今回の講師は、桜井誠人 JAXA 主幹で、テーマは生命維持装置であった。桜井氏の生い立ちと、なぜ生命維持装置の研究を始めたか、そして、ISS、きぼう棟などの状況についての報告があった。ロシア、アメリカでの生命維持装置について、その基礎的な原理とその歴史が述べられた。

同時に、JAXA 調布で行っている ECLSS 開発の歴史と現状の課題、そしてアルテミス計画でのゲートウェイへの搭載を前提とした装置の基本的構造と開発計画、現状の課題が述べられた。

山敷教授は、ECLSS 研究が有人宇宙の根本的技術であること、それを踏まえた開発と、現在行われている物理化学 ECLSS と、京都大学で行っているコアバイオーム・BIOECLSS の応用について述べた。

後藤幸恵氏の司会のもと、来年1月に開催される YOXO FESTIVAL におけるシンポジウムなども踏まえて、多くの参加者との交流が行われた。（山敷庸亮 記）

総合生存学国際シンポジウム

11月17日（月）に第2回思修館コンファレンス「宇宙・AI・人類生存の未来」を下記の内容で開催した。

特別講演：From Solar Storms to Cosmic Survival—太陽と星がもたらす宇宙リスク—

講演者：Dr. Vladimir Airapetian [NASA/GSFC]

【講演内容】

惑星の生命に影響を与える宇宙からのインパクトとして、スーパーフレアと、小惑星衝突はその惑星表面に住む生命の生存に大きな影響を与える。

Vladimir Airapetian 氏は、Kappa 1 Ceti や、EK Dra などの若い太陽型星の観測から、過去の太陽の活動とそれに伴う地球環境への影響について評価をしました。過去の地球大気や、若い太陽のパラドックスにおいては、特に過去の太陽のスーパーフレアに伴う温室効果ガス(N₂O 笑気ガス)の増加によるものであるという結論を導き出し、同じメカニズムが若い火星環境などにも応用可能であると述べている。スーパーフレアにおいても、生命活動へのプラス・マイナスの影響があり、地球外の惑星にも適

用できうる情報である。

また、同時に、小惑星衝突についても、過去の地球でのインパクトイベントの整理を通じて、最大のものは、現在太陽で発生しているスーパー・フレアのエネルギーに匹敵するエネルギーである 10²³ Joule であることが整理され、これらのインパクトの影響が非常に大きいことが共有された。小惑星衝突も小規模であれば、その表面生物の擾乱をもたらすことなく、長期間安定的な生態系を構築可能となる。

第一部：学館学生による研究発表コンテスト—THREE MINUTE THESIS—

【内容】

書類選抜した 20 名の学館学生による 3 分間研究発表コンテストが開催され、参加者による投票の下、Jani Krinah Dinesh Navalshankar, Kazuho Nomura, Muhammad Hafizh Asysyafa, Kaori Mustsuda の計 4 名が表彰された。

続いて 4 名の発表後に登壇者によるパネルディスカッションが行われた。

第二部

基調講演 1 : Planetary Defense and the Future of Earth—小惑星衝突リスクと人類の備え—

講演者 : Dr. Makoto Yoshikawa [Planetary Defense Team, JAXA]

【講演内容】

JAXA の吉川氏は、地球における NEO（地球近傍天体）の定義を述べ、その数が 30000 以上であること、これらの小惑星をしっかりと監視することにより、将来的な隕石衝突のリスクの定量化、小惑星衝突に対する具体的な対策である。特に、人工衛星をぶつけての軌道修正などの手法が実際に実現可能であることを示した。これは隕石破壊により、その破片が地球に降り注ぐことなく、隕石や小惑星が地球衝突を回避するために最も有力な方法とされており、実際にその技術を様々な機関が追求していることはあまり知られておらず、領域に馴染みのない聴講者にとっても非常興味深い内容であった。隕石や小惑星衝突がサイエンスフィクション内の話ではなく、現実に起こりうることを想定して、研究や技術開発が行われていることを初めて知ったと言った聴講者の意見も見られた。

基調講演 2 : AI, Nature, and Human Future—AI がもたらす未来とリスク—

講演者 : Mr. Norishige Morimoto [Vice President and CTO, Board of Directors, IBM Japan]

【講演内容】

IBM CTO 森本氏は、IBM の AI に対する歴史を紹介するとともに、AI における IBM の立ち位置と、現在の AI がもたらす問題点や、エネルギー安全保障の重要性、データセンター維持の重要さなどについて述べた。また、現在 IBM は量子コンピュータの開発も積極的に行っており、今後の IBM の活躍を広げていくことや、新しい分野への能動的な投資意欲を示した。しかしながら、それらの A I や量子コンピュータのエネルギー消費量は大量であり、そのエネルギーを補填し、供給する術が今後の大きな課題となる

ということも指摘した。また、森本氏は若い研究者や学生に向けて、現在の技術に縛られることなく、現在持ちうる技術や研究、基盤知識を批判的に見ながら自由な発想と強い信念を持って、進んでほしいと言ったメッセージも送り、若手研究者や学生にとって非常に刺激的な講演内容であった。

基調講演 3 : Human Survivability: Redefining Risk and Resilience—リスク低減に挑む総合生存学—

講演者 : Prof. Yosuke Yamashiki [GSAIS, Kyoto University]

【講演内容】

山敷氏は、特に絶滅事象における LPHC (発生規模最小、結果最大イベント) の重要性について述べ、また、宇宙も含めた自然災害のリスクと、人為的な危機発生との統合モデルについての提案を行った。これにより、これらを統合的に評価することは、今後のリスクを定量的に評価する上で非常に重要なことを提示し、聴講者にとって自然発生的リスクと人為リスクの統合の重要性を再認識する講演内容であった。

Panel Discussion | Dialogue on the Future of Human Survivability

人類生存の未来を語る —宇宙・AI・地球をつなぐ対話—

【内容】

ディスカッションでは、Anil 氏は、Comprehensive Security Model (統合的安全保障モデル)に関する紹介を行い、他のパネリストからさまざまな指摘がきた。参加者からは、このようなアプローチに関する様々な質問がなされ、特にパラメータの設定方法、コミュニティの評価、ヴァリデーションや、実際の応用に関する質問が届いた。また、講演登壇者によって、そのリスク評価やリスクモデルがどのように現在宇宙や AI 等の注目の集まっており、より競争率が高まる分野において今後応用されていくかについて、議論が行われ、聴講者にとっても多様な領域におけるセキュリティを考え直す重要なディスカッションであった。

(大森香蓮 記)

第 69 回宇宙科学連合講演会

第 69 回宇宙科学連合講演会は北海道札幌市の札幌コンベンションセンターで 11 月 24-28 日の日程で開催された。

SIC 有人宇宙学研究センターはブースを出し、人工重力施設の鹿島建設との共同研究内容の展示を行った。動画とともに、回転方式の試作品の展示や、人工重力交通手段ヘキサトラックのコンセプト展示も行った。同時に太陽系外惑星データベースの 3 次元版 EXOKYOTO3D の公開も行った。

京大ブースに立ち寄った参加者は模型製作チームが考案したルナグラス回転模型を楽しんでおり、改善案など、有意義なフィードバックを得られる機会にもなった。また、西陣織宇宙服 VESTRA のパネル展示と、木造人工衛星のパンフレット配布も行った。

大森氏は、鹿島建設株式会社の大野氏と共に「人工重力施設の特許内容と今後の課題」と題して発表を行った。主に鹿島建設株式会社の大野氏が取得した特許の内容の紹介と今後人工重力

施設建設を目指すために課題となる問題を運動制御学の観点に着目した議論を発表した。発表後の質疑応答では、多くのご質問とご意見をいただいた。これらのフィードバックは今後のプロジェクト課題に反映していく予定である。



また、大森氏は学生セッション「学生が考える宇宙の未来」にも登壇した。法政治学、建築学、理学、工学を学ぶ学部生と大学院生とともに、今後学生が期待する宇宙分野の発展や期待する未来についてパネルディスカッションを行った。月居住や有人宇宙分野の必要性が再確認される中、今後を担う若手の意欲や期待を企業や大学教員、機関職員に学生視点の意見を知りたいという貴重な機会となった。（山敷庸亮 記）



YOZO FESTIVAL 2026 開催予告

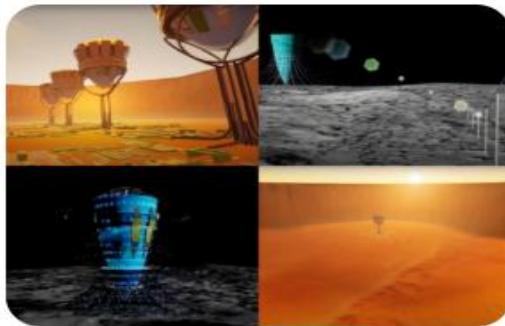
YOZO FESTIVAL 2026においては、京都大学大学院総合生存学館 SIC 有人宇宙学研究センターは以下のセッションを開催します。

- ① 1/31(土) 14:30～16:00 (サカタのタネ) : A-04 宇宙居住の未来を語ろう

司会：宇宙タレント 黒田有彩

【内容】月や火星での宇宙居住は本当に実現するのか——。大学・JAXA・企業・国際機関

の第一人者が集まり、「私たちはいつ、どうやって宇宙に“暮らす”のか？」という素朴な疑問に、最新の科学と実例を交えて答える。また今年は、宇宙での生活のリアル、宇宙で味わう“楽しみ”と“心の揺らぎ”という、人間に寄り添ったテーマにも踏み込んでいく。



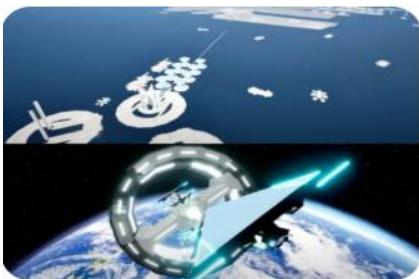
- ② 1/31(土)17:00～19:00 (TECH HUB YOKOHAMA) : C-03 横浜×宇宙大交流会

【内容】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話す。



- ③ 2/1(日)11:00～12:30 (サカタのタネ) : A-07 横浜から宇宙ビジネスの未来を語ろう

【内容】急速に拡大する宇宙ビジネスの最前線では、世界規模で産業構造が再編されつつある。“港町・横浜”は、これからの時代において「宇宙へのゲートウェイ」として飛躍する可能性を秘めている。また GREEN EXPO 2027に向けて、横浜が発信すべき“未来産業と持続可能性”的視点もますます重要となる。本セッションでは、国内外の宇宙ビジネスの最新動向、我が国企業の戦略的位置づけ、そして横浜からどのような価値創出が可能なのかを、多様な領域で活躍する先端プレイヤーとともに議論する。



- ④ 2/1(日)15:00～17:00 (TECH HUB YOKOHAMA) : C-06 宇宙技術の未来について語ろう (ヒューマンデザイン)

【内容】宇宙産業の進化は、テクノロジーだけでなく、人の身体・感性、そして“美”的在り方とも深く結びつき始めている。「ファッショントレンド」「アート」に加え、「宇宙美容」や「宇宙における美のデザイン」を軸に、宇宙とヒューマンデザインが交差する新たな可能性を探る。宇宙服・身体拡張・宇宙美容の実践例から、クリエイティブ表現や未来のライフスタイルまで、最前線の第一人者が集結し、“宇宙では美はどう進化するのか”、“人間の未来はどのようにデザインされるのか”について多角的に議論する。（大森香蓮 記）



LignoSat 学生チーム活動紹介 EPS 班

現在 EPS 班では、不具合の生じている LabVIEW システム（バッテリーへの充放電制御に用いていいるシステム）の修復に取り組んでいます。この修復が完了次第、LignoSat-1R に向けてバッテリーのセルスクリーニングや LignoSat の FTA を踏まえたアンテナ展開試験などを行う予定です。

同時に、LignoSat-1R での搭載を予定している衛星起動確認用の LED ライトに関する検討を CDH 班と進めています。

また、新メンバーに向けて、LignoSat についての基本的な資料の読み合わせや、FAB 基盤についての講習会を、資料を読む座学編と実際に EM を触りながら学ぶ実践編に分けて実施しています。

11月25日に札幌で開催された第69回宇宙科学技術連合講演会では EPS の小山が「LignoSat の運用報告と FTA」をテーマに発表を行いました。その際に得た知見などを活かして、EPS 班全体として後継機制作に向けて活動を一層加速させていきたいと考えています。（小山修平 記）



LabVIEW 作業の様子（龍谷大学にて）

低圧下樹木育成プロジェクト活動紹介

Arduino 講習会

樹木育成チームでは、11月中の計8日間にわたり新メンバー向けのArduino講習会を実施しました。講習会の目的は、実験装置に使われるArduinoの仕組みを理解し、必要に応じて自分で操作・修正ができるようになることです。本来は新メンバーを対象にした講座ですが、既存メンバーで学び直したい意欲的な学生もあり、合計で7名の受講者に参加していただきました。

講習会は大きく分けて、以下の4つの段階からなります。

第1回 Arduino のインストール・LED 点灯・点滅・プログラムの基礎構文の解説

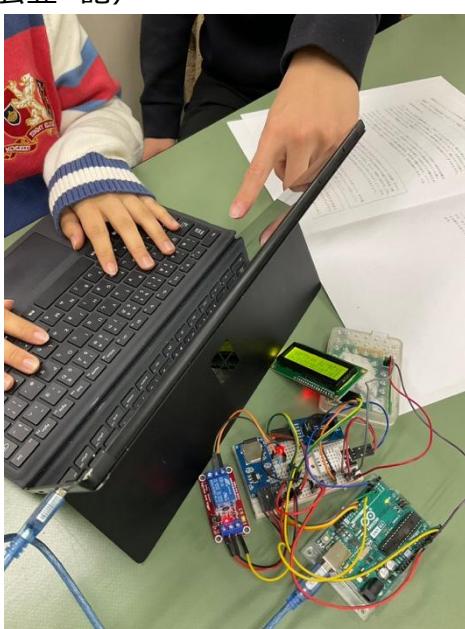
第2回 Arduino による温湿度・時間計測とモニタ表示

第3回 Arduino による CO₂ 計測と SD カード記録

第4回 Arduino による計測と制御

新メンバーはプログラミングを今まで触ったことがない人がほとんどでしたが、この講習会を通じて試行錯誤を繰り返しながら徐々に慣れていく様子が確認できました。最終的には、二酸化炭素の濃度に応じてライトの点灯をコントロールする発展的なプログラムも扱い、実験の全体像とともに実践的な技能の理解も深めてもらえたと思います。実際の実験装置は講習会で用いたキットよりも複雑なものになっていますが、この講座で学んだ基礎知識をしっかりと理解していれば問題なく扱えるものです。参加者の皆さんには習得した基本的なノウハウを忘れず、実際の実験を通じて応用力も身につけて、今後大いに活躍してほしいと思います。

受講者の感想：「プログラミングの知識は全くなかったですが、この講習会を通して、知識を少しつけることができました。）今後観察時にトラブルが起きた際はこの知識を活かして対処したいです。」「知識が身についただけでなく、先輩や他の新しいメンバーと共同して課題に取り組むことでチームワークを深めることができました。」（岸広登 記）



新メンバー紹介

LignoSat 学生チーム

COMM 班

名前：奥川 加奈

学部・研究科：龍谷大学 先端理工学研究科

自己紹介：

はじめまして、COMM 班配属になりました奥川です。

趣味はベースを弾いたり音楽フェスに行くことです。

最近は琵琶湖によく釣りに出かけます 🎣

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

衛星の運用で必要な無線技術を学びつつ、実際の活動に活かせるよう頑張ります！



名前：細川 了

学部・研究科：龍谷大学 国際学部 グローバルスタディーズ学科

自己紹介：

COMM 班に新しく入りました、細川さとるですよろしくお願ひします！出身は長野県です。小中学校では野球、高校ではボート部に所属していました。趣味は、筋トレやトレイルランニング、スノーボードなど体を動かすことに加えて、映画鑑賞や鉛筆画を描くことも好きです。よろしくお願ひます！



宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

まだ入ったばかりで、わからないことだらけですが、皆さんの力を借りつつ、COMM 班の一員としてアンテナ開発や軌道解析の面からプロジェクトを支えていけるよう、一生懸命がんばります。よろしくお願ひします！

EPS 班

名前：小西 一輝

学部・研究科：京都大学 工学部 物理工学科

自己紹介：

初めまして！今年度より、EPS 班の新メンバーとなりました小西一輝です。奈良の田舎で満天の星空に囲まれながら育ったためか、幼いころから宇宙に興味があります。



宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

衛星開発に携わり、貢献するためにも、まずはできるだけ早く多くの知識を吸収したいと思っています。EPS 班でのこれからの活動が楽しみです。よろしくお願ひします。

名前：彦田 悠宇

学部・研究科：龍谷大学 先端理工学部 機械工学ロボティクス課程

自己紹介：

こんにちは。今年から EPS 班に所属することになりました彦田です！

宇宙の話を聞くこと、SF 映画を見るのが好きです。

音楽も聴いたり、演奏したりもしています！

たまに風景写真を撮ったり、サイクリングに行ったりもします。多趣味です。



宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

昔からずっと憧れていた宇宙開発関係の研究なのでまずはしっかり専門知識を身に着け、確実に開発に貢献できるよう勉強していきたいです。

研究紹介

超小型木造人工衛星の運用報告と FTA

○小山修平、麻田景人、伊藤駿治、今川颯大、内田こころ、河合純平、河島航、木村拓人、桑原和暉、小泉壮平、河野尚貴、小林武司、大谷壮生、高橋駿太、滝口朔矢、谷口誠治、殿西覚弥、鳥谷陽樹、長谷真暉、野木朔太郎、細辻一、三浦晴、山本陽大、劉仲天、仲村匡司、村田功二、清水幸夫、石原正次、北川和男、辻廣智子、土井隆雄（京都大学）、苅谷健司、土屋守雄（住友林業）

Operational Report and FTA of Wooden CubeSat “LignoSat”

Shuhei Koyama, Keito Asada, Shunya Ito, Sota Imagawa, Kokoro Uchida, Jumpei Kawai, Wataru Kawashima, Hiroto Kimura, Kazuki Kuwabara, Sohei Koizumi, Naoki Kouno, Takeshi Kobayashi, Soi Otani, Shunta Takahashi, Sakuya Takiguchi, Seiji Taniguchi, Satoya Tononishi, Haruki Toritani, Masaki Nagaya, Sakutaro Nogi, Ichi Hosotsuji, Haru Miura, Haruto Yamamoto, Zhongtian Liu, Masashi Nakamura, Koji Murata, Yukio Shimizu, Masaji Ishihara, Kazuo Kitagawa, Satoko Tsujihiro, Takao Doi (Kyoto University), Kenji Kariya, and Morio Tsuchiya, (Sumitomo Forestry)

Key Words: CubeSat, LignoSat, Wooden Structure

Abstract

Kyoto University has developed LignoSat, the world's first cube-satellite made of wood, to explore the potential use of timber in outer space. Although the satellite was successfully deployed into orbit, no signal was received from it. This paper

presents an operational report on LignoSat and investigates the issue of signal reception failure. The method employed is Fault Tree Analysis (FTA), through which the possible causes of the malfunction and the necessary tests to identify them are extracted. Based on these findings, potential countermeasures are also discussed. BAT: Battery, COM: Communication, EM: Engineering Model, OBC: On Board Computer, SAP: Solar Array Panel

1. 目的および背景

近年、地球周回軌道における人工衛星の数は急増しており、特に衛星コンステレーションの構築によって地球低軌道において多数の通信衛星が運用される時代を迎えて。こうした人工衛星は運用終了後、大気圏に再突入し燃焼するが、その際に生成されるアルミニウム酸化物粒子が大気中に長期間滞留し、オゾン層破壊に寄与する可能性が指摘されている¹⁾。このような環境負荷の観点から、従来の金属衛星に代わる新たな材料を用いた持続可能な人工衛星開発の必要性が高まっている。こうした背景のもと、京都大学は木材の宇宙環境適応性を実証するために、世界初となる超小型木造人工衛星 LignoSat を開発・打ち上げた²⁾³⁾。本稿では、LignoSat の運用で生じた不具合の要因を分析し、今後の木造人工衛星開発に向けて対策案を検討する。図 1 に LignoSat の外観を示す。

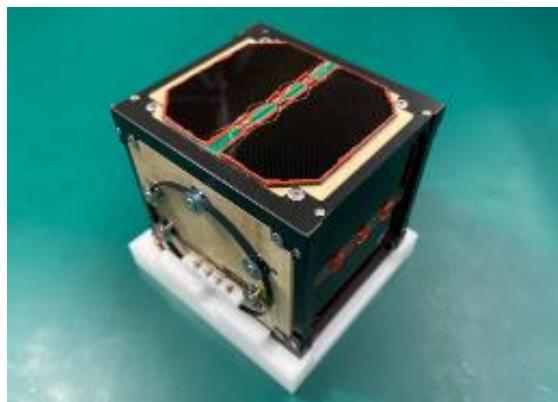


図 1 LignoSat FM (1U)

2. 運用結果

LignoSat は 2024 年 12 月 9 日に ISS から放出された。放出後、京都大学上空通過時刻に衛星からの電波受信を試みたがその日の通信はできなかった。その後、合計 184 回のパスで LignoSat からのダウンリンク信号の受信を試みたが、2025 年 4 月 25 日に大気圏突入するまで衛星電波を受信することはできなかった。NORAD(North American Aerospace Defense Command)が公開している LignoSat の高度変化を図 2 に示す。3 本の線はそれぞれ遠地点高度、近地点高度、離心率の推移を表す。

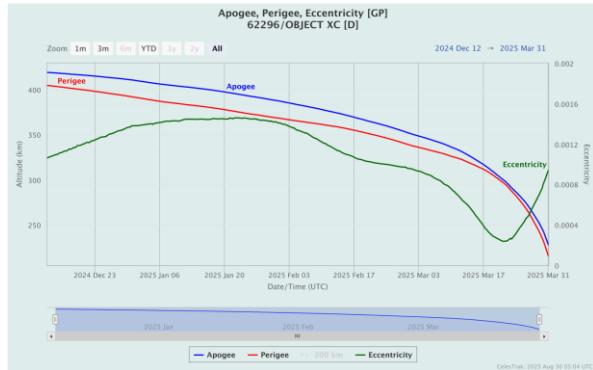


図 2 LignoSat の高度変化

3. FTAに基づく電波不受信の要因分析

LignoSat からの電波受信の失敗は運用上の重大な不具合と認識され、その要因を明らかにするため、不具合の木解析（以下 FTA、FTA : Failure Tree Analysis）を用いた。FTA により不具合原因の見極め、そのために必要な試験などを抽出する。またそれから導かれる対策案について検討する。

図 3 に FTA 図を示す。ケース 1 は ISS 放出後、何らかの原因で LignoSat の立ち上げができず地上での電波受信ができない場合の FTA である。ケース 2 は ISS の放出後 LignoSat に電源が入ったがアンテナ展開ができず、送信出力が微弱であるため電波が受信できない場合の FTA である。まず、ケース 2 については、和歌山大学の大型パラボラアンテナを用いても電波が受信できなかつたという事実からアンテナ不展開が原因である可能性は低いと考えられる。ケース 1 では大分類として「地上局不具合」「構造系の不具合」「電気系の不具合」「ソフトウェアの不具合」を設定した。さらに詳細要因を階層化し、検討の結果、可能性のある不具合要因として 16 項目（R1～R16）が抽出された。

構造系では、アルミフレーム変形（R1）・木材パネル変形（R2）に起因して DepSW ピン（放出時に衛星の軌道を許可するスイッチ）が引っかかる、または押される（R3～R5）ことで「放出後も安全機能が解除されず、システムが起動しない」シナリオが成立する。

電気系では、BAT 自己放電評価から JAXA 引渡し後も最低必要電圧 3.8 V を十分に長期間維持できる見積もりが得られている一方、BAT が仮に枯渇しても SAP 発電で起動、アンテナ展開できるかを EM で未確認であったため、「BAT 枯渇と SAP 電力不足の同時発生（R6）」は否定できない。さらに、UHF トランシーバー間 R7）やニクロム線（R8）、COM 基板と COM PIC 間（R9）の断線や、COM/FAB/OBC の EPS 系故障（R11～R13-2）もケース 1 に整合する。ただし、JAXA 引き渡し前の確認や E2E 試験履歴の精査によって、否定可能なものは除外する。

ソフトウェアでは、Main PIC（R14）、COM PIC（R15）、Reset PIC（R16）のいずれかの不具合の可能性がある。以上を踏まえ、C4（PIC ソフトの異常）と C2→C3-1（構造変形を介した DepSW の未解除）、および C3-2（BAT 枯渇かつ SAP 電力不足）を検証対象とする。

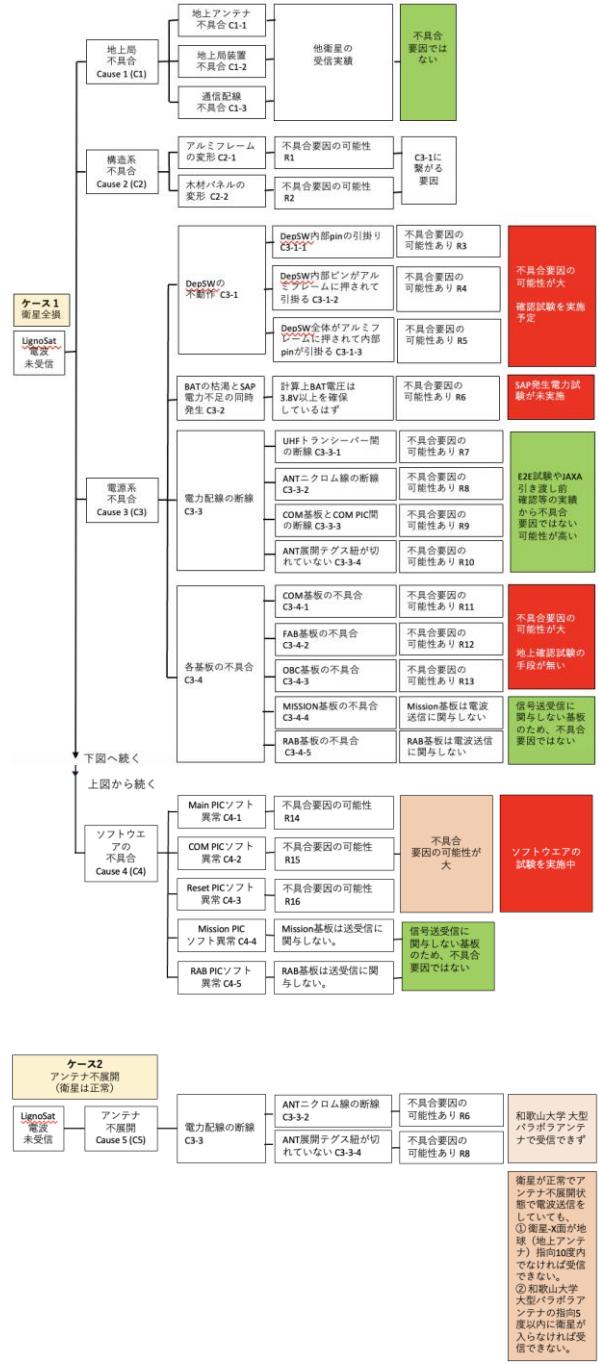


図 3 LignoSat FTA

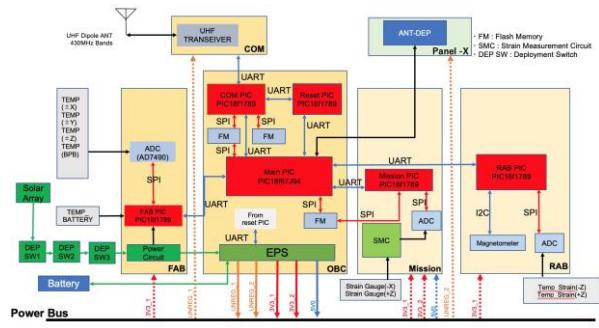


図 4 LignoSat の構成

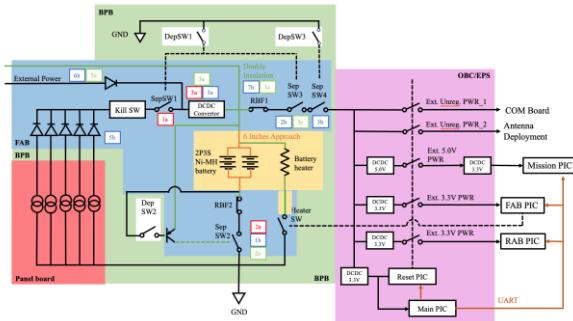


図 5 LignoSat の安全機能

4. 追加試験計画

今後は FTA で抽出された不具合要因について、地上試験を通じて検証し、要因の絞り込みを進める予定である。具体的には、FM 相当品と熱真空チャンバーを用いた DepSW 試験、EM を用いた BAT 枯渇状態でのアンテナ展開試験、EM を用いたソフトウェアの検証試験を進めていく予定である。

5. 後継機への対策案

今後の対策案の一つとしてアンテナ面への LED 搭載を検討している。LED は衛星が放出され起動した時点で自動的に点灯するように設計する。これにより衛星が起動したかどうかを ISS のカメラを通じて可視的に確認でき、仮に通信が成立しない場合でも起動の成否と通信系統の不具合とを切り分けて特定することが可能となる。

6. 今後の展望

現在は FTA 分析の結果とその対策を講じた 1U の LignoSat-1R の開発と 2U の木造人工衛星 2 号機の開発を同時に進めている。LignoSat でデータ取得に失敗した、2 軸 3 線式ひずみゲージによる木造パネルの歪み測定や温度センサーによる内部温度測定、木造構体内部での地磁気測定とともに宇宙空間における木材の可能性を実証できると期待している。木造人工衛星 2 号機では、地磁気を用いた姿勢制御を行う予定である。

7. 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に感謝いたします。

参考文献

- 1) José P. Ferreira, Ziyu Huang, Ken-ichi Nomura, Joseph Wang: Potential Ozone Depletion from Satellite Demise during Atmospheric Reentry in the Era of Mega-Constellations, Geophysical Research Letters, Volume51, Issue11, 2024.
- 2) 鳥谷陽樹、他：超小型木造人工衛星「LignoSat」の電力システム, 第 68 回宇宙科学技術連合講演会, 3N08, 2024.

3) 野間隆寛、他：超小型木造人工衛星 LignoSat の通信システムと木造筐体へのアンテナ内蔵の試み、第 68 回宇宙科学技術連合講演会、3N07, 2024.

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.48

2025 年 12 月 1 日発行