

SIC 有人宇宙学研究センター

NewsLetter 2024 年 12 月号 No.36

世界初の木造人工衛星 LignoSat 打ち上げ成功

11 月 5 日、木造人工衛星 LignoSat はフロリダ州ケネディ宇宙センターより、SpaceX 社の Falcon9 ロケットにて ISS へ打ち上げられました。打ち上げの様子はライブ配信され、京都大学では開発メンバーが集合して見守りました。ロケットは無事 ISS へ到達し、滞在中の宇宙飛行士により LignoSat を含む荷物が運び出されています。

ISS に到着した LignoSat は、約 1 か月後に放出され、運用が開始されます。開発チームでは、運用開始に備え準備を進めています。（山本陽大 記）



宇宙科学技術連合講演会 参加報告

第 68 回宇宙科学技術連合講演会がアクリエひめじ（兵庫県姫路市）にて行われ、京都大学総合生存学館から山敷庸亮教授（京都大学大学院総合生存学館）、大野 SIC 特任准教授（鹿島建設）、市村周一氏（京都大学大学院総合生存学館）、大森香蓮氏（京都大学大学院総合生存学館）が参加し、発表を行いました。また、木造人工衛星開発チームから河島航（工学部）、野間隆寛（医学部）、鳥谷陽樹（工学部）、木村拓人（理学部）、辻廣智子（農学研究科）が発表を行いました。

山敷氏は宇宙旅行・宇宙建築に関するセッションにて、「鉄道システムを用いた月・火星移動人工重力交通システム HEXATRACK と、地球ステーションへのアクセス」を題して、月・火星、地球における HEXATRACK の滑走路の必要長さの推定値の検討と、その実現性に関する発表を行いました。

大野氏は UZUME（月面溶岩孔利用）に関するセッションにて、「月で暮らす その2 作る編」と題して、月面施工の初期段階に求められる建設機械や、杭を打ちながら杭頭を走行することで、ロボットの故障原因となる恐れがあるレゴリスに触れる必要なく作業ができ、溶岩孔ヘインフラを構築することのできるロボット等の提案を行いました。

市村氏は宇宙居住と物質循環、ECLSS に関するセッションにて、「有人宇宙活動における循環型社会の実現に向けた課題」と題して発表を行いました。本発表では実際に ISS に輸送された物資のリサイクル率の実績と、今後必要なプロセスの改善方向について述べました。

大森氏は宇宙旅行・宇宙建築に関するセッションにて、「月面居住のための人工重力研究の基礎」と題した発表を行いました。本発表では人工重力を備えた居住施設の実現のために必要な施設への乗降手段、施設の支持方法、安全性とバリエーション、また人工重力施設の形状に関する提案を行いました。（大森香蓮 記）



12 月のイベント予定

日時	内容	開催方法
12 月 4 日 (水)～6 日 (金)	エコプロ 2024 ウッドデザイン賞のブースで木造人工衛星が展示されます。 主催： 一般社団法人サステナブル経営推進機構 日本経済新聞社 申込先： https://x.gd/9sbgd	参加費： 入場無料 会場： 東京ビックサイト [東ホール]

低圧下樹木育成プロジェクト紹介 宇宙でも SDG's

低圧下樹木育成学生チームでは、10月17日に全メンバー対象のゼミを開催しました。ゼミのタイトルは「宇宙でも SDG's」です。ここではゼミの内容を要約して述べます。

1. Sustainable について

1973 年のワシントン条約で「種の存続を脅かすことのない取引」を包含する概念として「持続可能な利用」が示されました。また 1987 年の国連の報告書「Our Common Future」（ブルントラント・レポート）においては「将来の世代のニーズを損なうことなく、現在の世代のニーズも満たす開発」と説明して、広く世界の支持を受け「持続可能な開発（発展）」の概念が広まりました。環境と開発は不可分の関係にあり、開発は環境や資源という土台の上に成り立つものであって、持続的な発展のためには環境の保全が必要不可欠であるという考えに立って提唱されました。

2. 持続可能な森林管理

1992 年の「環境と開発に関する国際会議」（「地球サミット」）では、「森林原則声明」と「アジェンダ 21（森林減少への挑戦）」が採択され、世界の森林資源の保全と造成に向けて各国が「持続可能な森林管理（Sustainable Forest Management）」を目指すことになりました。森林生態系から人類が将来に渡って持続的に恵みを得ることを目指す森林管理とはどうあるべきか、を議論するために必要な道筋（プロセス）が地域ごとに取りまとめられました。

日本の加わる「モントリオール・プロセス」（温帯林等の保全と持続可能な管理の基準・指標）には 7 つの基準と 67 の指標が含まれています。特に、基準 3「森林生態系の健全性と活力の維持（Forest Ecosystem Health）」は他 6 つの基準の土台であり、重要な基準となっています。この基準 3 は影響面積、大気汚染、指標生物についての指標によって、健全な状態を評価するのではなく不健全な状態を定量化し、健全と不健全を線引きする数値を制定します。一本の樹木が健全であるかどうかは、樹木の健全性（ツリー・ヘルス Tree Health）として評価されます。森林生態系においては個々の樹木は衰弱・枯死によって他の生物に栄養や日光・生育空間を提供するため、不健全な樹木も健全な森林生態系には欠かすことのできない構成員となります。一方で、木材生産を目的とする人工林では樹木が衰弱・枯死しないための管理も森林の健全性維持には必須です。

3. 宇宙での森林種の選抜について

地球上の森林や草原などの自然は太古より持続的に変遷しながら存在してきました。その自然を人々が無秩序に利用してしまうと、地球上から消滅しかねない状況に陥りそうになってきたので、自然を資源として末長く利用できるように sustainable という用語を使用するようになりました。このような sustainable の流れが今の“SDGs”に繋がっています。

そもそも何も無い宇宙で宇宙森林を創成し、それを利用する宇宙林業においても「sustainable」は強く求められます。火星での重要な素材として木材を位置付けるのであれば、まずは対象とする樹種が 1 種である人工林の育成から始めるのも一案ではないでしょうか。

池田先生の講義の後に学生メンバーからは「地球における SDGs と月・火星における SDGs は同じなのか」、「単一の樹種による人工林育成における危険性について」の質問がありました。今回のゼミをきっかけに、宇宙森林についての理解と思考をさらに深めることが出来ました。（三本勇貴・池田武文 記）

LignoSat 学生チーム

アメリカ横断旅行記

9/12 Haneda, Japan→Los Angeles

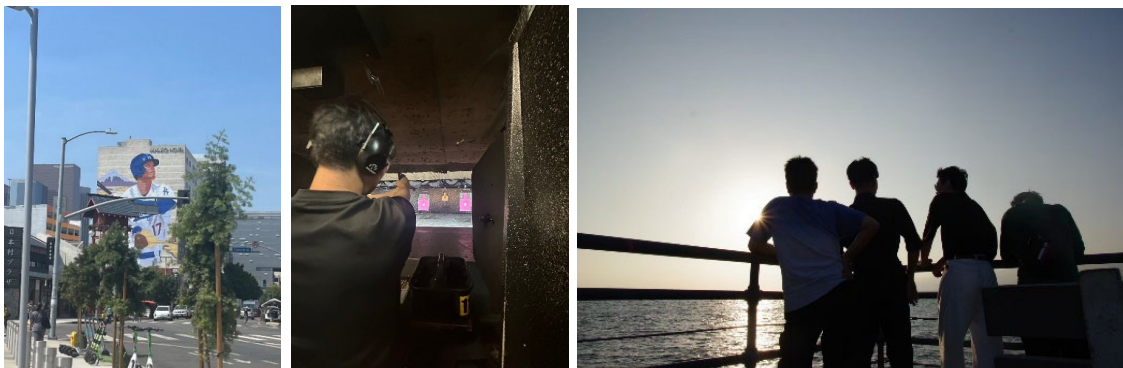
旅初日、第一陣の 16 名が東京・羽田空港に集合し、渡米に向けての最終チェックを行いました。行きの飛行機はアメリカン航空の羽田→ロサンゼルス直通便、約 10 時間のフライトも映画鑑賞と睡眠をしていたらあっという間に到着しました。無事入国。。。かと思いきや、入国検査で事件が起きました。13 名は問題なく入稿く審査を通過できたのですが、3 名が別室に連れていかれ 5 時間も拘束されてしまったのです。連れていかれてしまった理由は、19 名という他には居ないであろう大所帯での横断旅であること、そして最大の理由は予約した 1 名を除き他参加者が帰りの航空券を提示することができなかったことでしょう。別室では携帯電波を没収され外と連絡を閉ざされた密室で、入国できない可能性もある恐ろしい 5 時間でした。何とか無事解放されて入国できた時には日も沈んでおり、初日は近くのハンバーガーを食べて Airbnb で宿泊しました。



9/13 Los Angeles

本日は丸 1 日ロサンゼルスを観光！複数のグループに分かれて各々が行きたいところへ観光した。私は日中にダウンタウンを巡った。はじめに日本人街へ。駅を出てすぐにロサンゼルスにおける日本人の顔である Shohei Ohtani の壁画が大きくそびえていた。さすがは世界の Shohei Ohtani だ（なお、彼は本旅行中に 50-50 を達成した。生で試合を見たかった）。

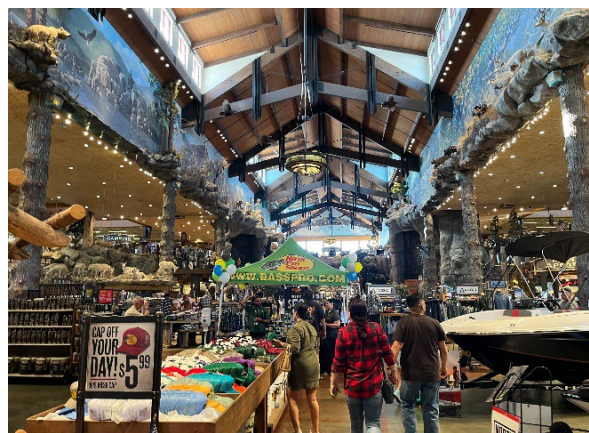
日本を出国してすぐの訪問だったので懐かしさは一切感じなかった。出国してもっと日数が経ってればもっと違った印象を抱いたのかもしれない。次に訪れたのはガンセンターである。日本ではお目にかかることのできない銃を実際に撃つという経験はとても貴重なものであった。初心者なので反動の少ないハンド



ガンを取ったが、それでも狙った場所に撃つのはとても難しかった。その後、ダウントウンを当てもなくぶらぶら歩き、夕方にサンタモニカへ向かった。とてもきれいな海岸沿いのリゾート街で、サンタモニカピアという長い栈橋が有名な街だ。GTA5 というゲームの中ではこの栈橋がモチーフになっているのだが、ゲームが細かく再現していることを知れて個人的に感動した。1 日遅れで合流した 2 名を含めた 18 名で明日から始まるキャンピングカーの旅に思いをはせながら太平洋へ沈んでいく夕日を眺めた。

9/14 Los Angeles→Barstow

この日は朝からモーターホームのレンタルのため、1,2 号車と 3 号車のメンバーがそれぞれのレンタル場所へ向かいました。1,2 号車のメンバーは LA メトロに乗って Cruise America の事業所へ。初めてのキャンピングカーにワクワクしながら無事手続きを終え、最初の目的地としていたアウトドアワールドへ出発。初めての右車線、左ハンドルに戸惑いながらもアウトドアワールドへ到着すると、テーマパークかとツツコミを入れてしまうほど作りこまれた世界観に“アメリカ”を感じました。買い物や町の散策を済ませ、バーストアのトラックストップへ向かいます。ここでハプニング。出発前に車内を掃除しようと布巾の入ったスーツケースを取りに行ったものの、どこにも自分のスーツケースが見当たりません。数えると、トランク内のスーツケースは 4。1 号車には 6 人。何かがおかしい。確認すると、トランクの鍵が閉まっていなかったことが判明しました。運転の衝撃でハイウェイに落ちたのか、開いた部分から盗まれたのか、真相は定かではありませんが、ここで二人がロストバゲージ状態に。幸先の悪い横断スタートとなりました。



アウトドアワールドの様子

既に荷物が失われていることは、知る由もない。

9/15 Barstow→Las Vegas

この日は朝からモーターホームを走らせ道中車を止めながら眠らない街ラスベガスへ。

最初に寄ったウォルマートでは早くもハロウィン色が強く大量の巨大カボチャを発見。さらに今後大変お世話になる\$5 以下で 30 個以上じゃがいもが入った袋にもここで初めて出会いました。そうそれは運命の出会いでした、、、。

車を走らせ映画で有名な BAGDAD Café に到着。全く映画を知らない私でも来てよかったと思える雰囲気の良い café と気さくなおばあちゃんは良い思い出。そこで L サイズのルート 66T シャツの購入を試みるもなぜか手元には S サイズの T シャツが。前日スーツケースなくした私は T シャツ残機がないのでこの先びちびち生活を強いられることになる。

夕方ラスベガス近くの RV パークに到着し夕日が落ちるとともに Uber タクシーにてベラジオホテルへ GO。街並みを楽しみたい人、スーツケースの損害を取り返したい人、髪を切りたい人、夜の帝王になりたい人。それぞれの思いを胸に秘めながらラスベガスの夜を楽しむのであった。



彼は言った世界はみんな平等とは限らない
彼は言った世の中には絶対勝者と敗者が存在する

9/16 Las Vegas→Grand Canyon

この日は、ラスベガスからグランドキャニオンまで移動した。前夜にラスベガスで遅くまで楽しんだメンバーもいたが、朝早くから移動を開始した。初めに立ち寄った場所は、フーバーダムである。広大な砂漠の中に現れた巨大なダムには、大量の水が蓄えられており、ダムの向かいに架けられた巨大な橋からの眺めは圧巻だった。その巨大な橋の建設には高度な技術的が必要であつたらしく、日本企業「大林組」が建設したそうである。日本の技術の高さがアメリカでも感じられて喜ばしかった。次にキングマンで昼食を済ませ、アリゾナ州セリグマンに向かった。この道中は強烈な横風が RV を襲った。その際の運転手が、運転席を横切る強風に耐えながらハンドルをしっかり握る姿がとても印象的である。そんな困難の末、到着したセリグマンは、映画「カーズ」の街である。小さな街だったが、街中にはカーズのキャラクターを模した車が展示されており、ROUTE66 に関連した車グッズのショップが多く見られた。セリグマンを満喫した 1 号車は、目的地グランドキャニオンに向かって出発した。グランドキャニオンのヤバパイポイントというスポットで夕陽を見たいという一心で目的地に向かっていて 1 号車メンバーは、道中少しでも「ヤバイ」ことが起こるたびに「ヤバパイ」と言いながら移動した。無事に夕日に間に合い、壮大な景色に感動した。LignoSat 学生チームは、グランドキャニオンを背景に様々な写真を撮って楽しんだ。



9/17 Grand Canyon→Lake Powell

この日はグランドキャニオンで朝日が見たいということで、1 号車の面々は 5 時台に起床。前日の夜に作っておいたサンドウィッチとリングを携えて、Mather Point にダッシュ。夜明けの瞬間には少し遅れてしまいましたが、昨晚と異なる表情の断崖絶壁を見ることができ、優雅な朝食になりました。この日は長距離移動を予定していなかったのも、人懐っこい野生のリスにリングを上げたりして仲良くなったり、不足分の睡眠を補ったりして、時間を優雅に使うことができました。11 時前に出発して、風光明媚な Desert View Drive を気持ちよく走りました。この日から Navajo 族の土地に入ります。道中の Cameron と

いう Trading Post で昼食を済ませた後、Native Americans 関連のお土産を買いました。続いての目的地は、Colorado River 沿いを凡そ 120 マイル上流に遡った Marble Canyon でした。Grand Canyon では崖が圧倒的なせいで目立たなかったコロラド川が、今度は橋の上から綺麗に見えました。そこから少し走って絶景の Horseshoe Bend へ。滑らかに曲がる川沿いに緑が見えて、幻想的な風景がとても気に入りました。危険を顧みず尖端を果敢に攻めるメンバーも?! 写真を沢山撮った後は Page の Walmart で買い出しをして、今晚の宿泊地、Lake Powell 湖畔の Wahweap Campground に着きました。明日は待ちに待った Antelope Canyon X Tour です。ここで旅行記は 2 号車にバトンタッチします。

(LignoSat 学生チーム 記)



研究紹介

超小型木造人工衛星 LignoSat のプログラムについて 京都大学工学部 河島航

0 はじめに

以下の文章は、第 68 回宇宙科学技術連合にて「超小型木造人工衛星 LignoSat のプログラムについて」という題目で、LignoSat CDH 班より発表した内容である。

1 全体プログラムと機能構造

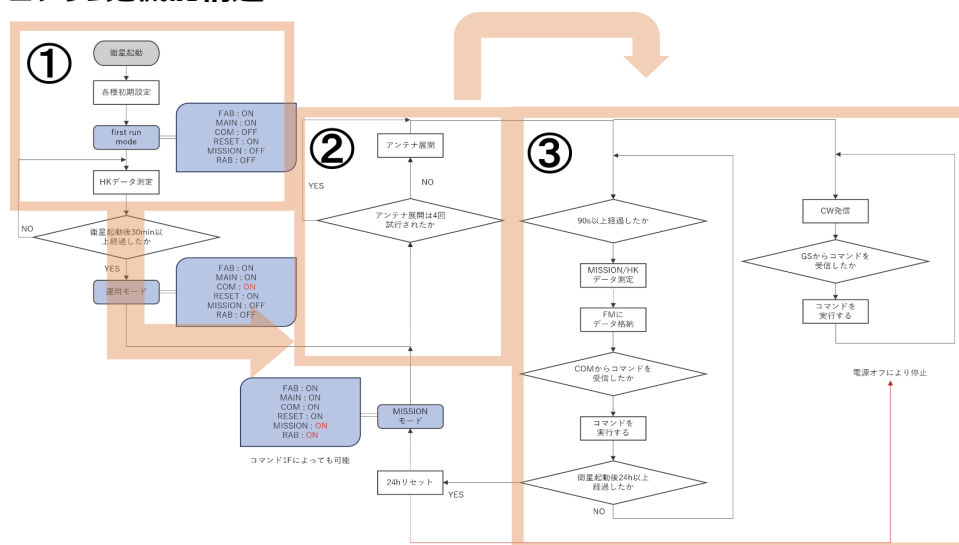


図 1 LignoSat の全体プログラム

LignoSat の全体プログラムの大まかな流れは、①衛星放出後、②アンテナ展開とデータ取得、③データ通信の 3 つの段階から構成されている。

①衛星放出後

ISS（国際宇宙ステーション）から放出された後、衛星は起動する。まず、各基板の初期設定（first run mode）を行い、システムが適切に動作しているかを確認する。この段階では、ハウスキーピングデータ（HK）の測定を行い、システムを安定させる。衛星が安定した状態になると、通信モジュール（COM）が起動される。

②アンテナ展開とデータ取得

衛星が安定した状態となると、熱線カッターを使用してアンテナが展開される。アンテナの展開が完了すると、衛星は約 90 秒周期でデータ取得を開始する。MAIN PIC（メインプロセッサ）が各基板（RAB、MISSION）にデータ取得コマンドを送信し、各基板が計測を行う。計測されたデータは順次 MAIN PIC に収集され、次の通信段階へ移行する。

③データ通信

取得したデータはモールス信号（CW）に変換され、地上局へ送信される。地上局では、この信号をデコードし、ハウスキーピングデータやミッションデータを取得する。また、地上局から送信されたコマンドは COM 基板で受信・デコードされ、MAIN PIC がコマンドを実行する（例：HK データのダウンリンク）。

以上の 3 つの段階により、LignoSat は安定した運用を実現し、効率的なデータ取得と通信を行うことが可能となっている。

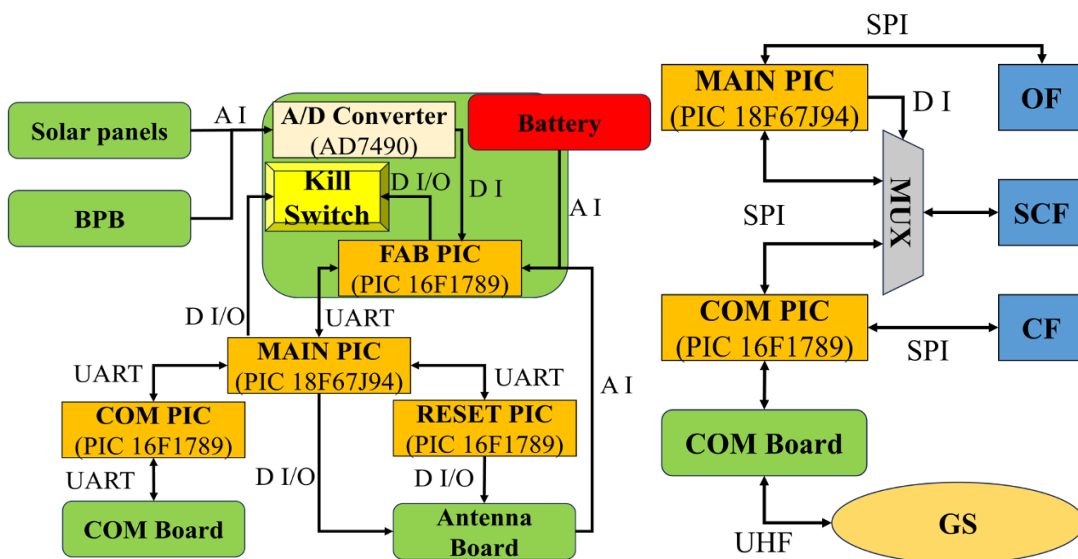


図 2 LignoSat 全体機能

図 2 は、LignoSat の通信方式や処理系統、地上局との連携を示している。メイン PIC（PIC 18F67J94）と COM PIC（PIC 16F1789）がデータ伝送の中核を担い、多重化通信システム

(MUX) を通じて他の基板や機器と連携し、衛星全体の安定稼働を実現している。地上局での運用実験を通じて、全システムが正常に動作していることが確認されている。

2 LignoSat の検証試験結果

LignoSat は、宇宙環境における動作性能とシステムの信頼性を確認するため、①TVT 試験、②E2E 試験、そして③SEU 試験を実施している。これらの試験により、設計通りの性能を発揮することが確認されており、運用に十分な機能を有することが担保された。

①TVT 試験 (Thermal Vacuum Test)

宇宙空間を模した熱真空環境下で、LignoSat の基板と木造構体が設計通りの性能を発揮することを検証した。高温および低温環境での動作確認を行い、衛星全体が正常に機能することを確認した。また、木造構体の断熱性が実証され、宇宙空間でも信頼性を保てることが明らかになった。

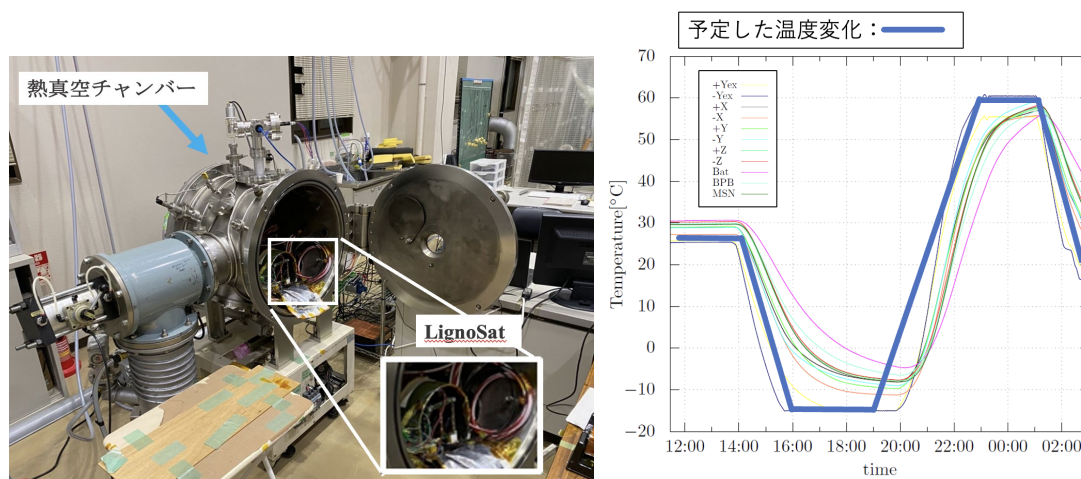


図 3 TVT の様子と温度変化

②E2E 試験 (End-to-End 試験)

LignoSat の電気的システム全体が正常に動作することを確認した。ハウスキーピングデータ (HK データ) の取得、アンテナ展開コマンドの通信、地上局へのデータダウンリンクがいずれも成功し、運用に必要な機能が全て正常に機能していることが実証された。

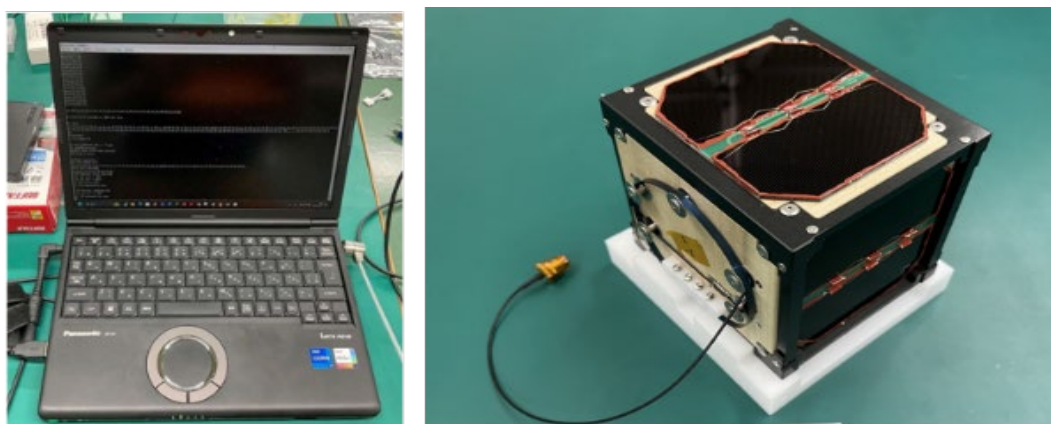


図 4 E2E 試験の様子

③SEU 試験 (Single Event Upset 試験)

木造構体が宇宙線によるメモリのビット反転 (SEU) 発生に与える影響を調査した。2023 年 11 月より長期試験にて SEU 発生の有無を確認したが、SEU の発生は確認できなかった。今後、新たな実験系の設計、検討を進め、さらなるデータ収集と評価を行う予定である。

3 まとめ

LignoSat は、安全審査を終え、2024 年 12 月からの運用開始を予定している。運用中は、宇宙環境に対応した全体プログラムを通じて、データ取得や衛星の回転速度・軌道角度の解析を実施する計画である。TVT および E2E 試験では設計通りの性能が確認され、信頼性が担保された。また、SEU 試験については引き続きデータ収集が行われる予定である。

一方で、有人宇宙学研究センターでは、2U サイズの LignoSat 2 号機の開発が進行中であり、パッチアンテナ搭載や地磁気を用いた姿勢制御など新たな挑戦が検討されている。

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.36

2024 年 12 月 1 日発行