

SIC 有人宇宙学研究センター News Letter 2022 年 2 月号

宇宙総合学研究ユニット長

嶺重慎先生からのご挨拶

このたびは、有人宇宙学研究センターの News Letter の発刊、心よりお祝い申し上げます。

民間の参入が本格化して宇宙開発がますます盛んになりつつあるこの時期に、有人宇宙活動に関わる新センターの発足を内外に発表されるということ、誠に時期を得たことと敬服する次第です。

とは申しますものの、じつは宇宙総合学研究ユニット（宇宙ユニット）と有人宇宙学研究センターとの連携は、すでに始まっています。有人宇宙学・有人宇宙医学に関わる大学院横断型講義の実施に加えて、2021 年 8 月には京都大学大学院理学研究科セミナーハウスにおける有人宇宙学実習、また 2022 年 2 月には米国アリゾナにおけるスペースキャンプを予定していますが、いずれも宇宙ユニットスタッフも全面的に協力するかたちで計画が進められています。また毎年行われています宇宙ユニットシンポジウムは、有人宇宙学センターとの共催という形で、2022 年 2 月 5 日・6 日第 15 回シンポジウムを「人類は宇宙に移住できるのか？ —文理融合型宇宙教育の開発と実践—」というテーマで開催いたします。

今後、宇宙開発に関わる諸分野の研究がますます発展していくことと思います。宇宙ユニットも貴センターの活動に微力ながら支援してまいる所存です。今後ますますのご発展をお祈り申し上げます。

共同研究企業紹介

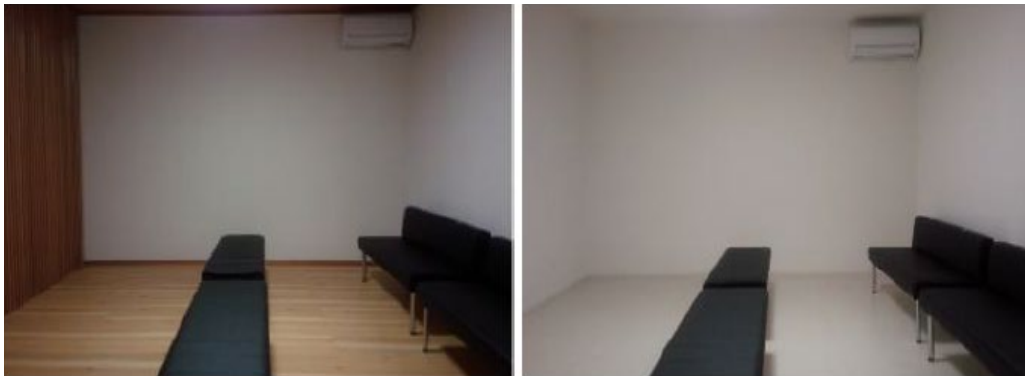
住友林業株式会社 筑波研究所 木のインベーショングループ

荻谷 健司

「住友林業＝住宅メーカー」と思われる方も多いかもしれませんが、創業の歴史は江戸時代に遡ります。1691 年（元禄 4 年）に住友家が別子銅山（愛媛県新居浜市）を開坑。銅の精錬に必要な木材、坑道の坑木、建築用木材等を調達するための「銅山備林」の経営が住友林業グループの原点です。以来、木を植え、育て、活用し、また植える持続可能な森林経営を行っています。現在では、建設資材の製造・流通、木造建築、再生可能エネルギーの活用など、木に関して川上から川下まで事業領域を拡大しており、グローバルに繋がるネットワークを活かしたバリューチェーンを構築していることが大きな特徴です。

気候変動が大きな社会課題となる中、2050 年までの脱炭素社会実現に向けて世界中が取り組み

を始めています。樹木は成長の過程で大気中の CO₂ を吸収し、体内に炭素を蓄えるため、木材を活用することは長期間の炭素固定に非常に有効です。さらに、自然資本である森林資源は、脱炭素だけでなく、生物多様性や水源涵養などを総合的にとらえた、サーキュラーバイオエコノミーの構築に不可欠です。人類も数百万年の間、食べ物、衣類、住まい、道具、燃料と様々なかたちで樹木を利用しながら、樹木とともに進化してきました。現在でも、樹木は我々にとって最も身近な存在であり、日々の生活にもたらす恩恵は計り知れません。今後、宇宙空間での活用を視野に入れる時、NASA や JAXA のロードマップに宇宙での樹木活用が盛り込まれていけば、そこでの社会基盤はより環境に優しく持続可能なものになると考えています。



写真：時間感覚の検証を行った実験室。左の方が 1 割ほど時間を短く感じられた。「待合室を想定した木質空間における時間感覚について」2019 年度日本建築学会大会 堀田・荻谷・杉山・恒次

また、我々の実験では、木材や緑に囲まれた空間では疲労やストレスが軽減する、生産性が高まるといった、人間にとって様々な良い効果が現れることが明らかになっています。例えば、快適な環境では不快な環境に比べて時間を短く感じるというのが経験的に知られていますが、内装に木が使われている部屋では真っ白な部屋に比べて 1 割ほど時間を短く感じるという実験結果も得られています。極限環境である火星居住地や宇宙ステーション、宇宙輸送機の中で樹木・木材が普通に使われるようになっていけば、心身の健康を維持・向上できる快適な環境づくりに寄与できることでしょう。

このため我々は、2020 年より京都大学と共同で「宇宙における樹木育成・木材利用に関する基礎的研究：LignoStella Project（Ligno [木] + Stella [星] からなる造語）」をスタートしました。また、その第一歩として、宇宙空間における複合環境が木材へ及ぼす物理化学的影響を調査するため、2023 年の打上げを目指し、1U サイズの超小型木造人工衛星「LignoSat」の開発を行っています。今年の 2 月からは、国際宇宙ステーション（ISS）船外プラットフォームでの木材宇宙曝露実験を開始する予定です。宇宙空間での木材曝露実験は世界初の試みです。実際の宇宙空間が木材にどのような影響を及ぼすのか、木材の微細構造変化等を定量的に分析し、劣化メカニズムを解析します。さらに、低気圧や低重力、高 CO₂ 環境下での樹木の育成実験を行い、宇宙での樹木育成の可能性やその方法を探っています。これらの研究を通じて、高機能な木材や木造建築物、高効率な樹木の育種・育苗・育林技術、CO₂ の有効利用・貯蔵技術（CCUS = Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage）などの開発に繋げ、地球上での事業に貢献していく計画です。



写真左：住友林業筑波研究所外観、中央：内観、右：新たな育種・育苗・育林技術開発の様子

LignoSat 紹介

木造人工衛星学生開発チーム

1月号では超小型人工衛星 LignoSat の開発のために、衛星の全体システムを担当する CDH 班、電力系を担当する EPS 班、通信を担当する COMM 班、LignoSat 衛星独自のシステムを担当する MISSION 班、木造構体の作成、解析を担当する STRUC 班の 5 つに分かれていることを説明しました。2月号以降は各班の行っている活動の報告を 1 班ずつ行っていきます。

CDH 班活動報告

CDH 班は、衛星のシステム全体の管理開発を担当している班であり、それに伴う新規ソフトウェア開発、新規基板開発、プロジェクト全体の全体把握を担当している。LignoSat は九州工業大学作成の BIRDS 衛星を元にして作られているため、どの作業も ①BIRDS 衛星での仕様解読、把握 ②LignoSat の回路的、構造的仕様への適応 ③新規開発という 3 段階の工程を踏んで作業する。以降、衛星全体システム、ソフトウェア開発、新規基板開発の 3 つに分けて、現在の活動を紹介する。

衛星全体システムに関しては、現在九州工業大学の BIRDS 衛星のものを元にすでに作成完了し（図 1）、それらを踏まえてソフトウェアの開発と、新規基板の作成を行っている。

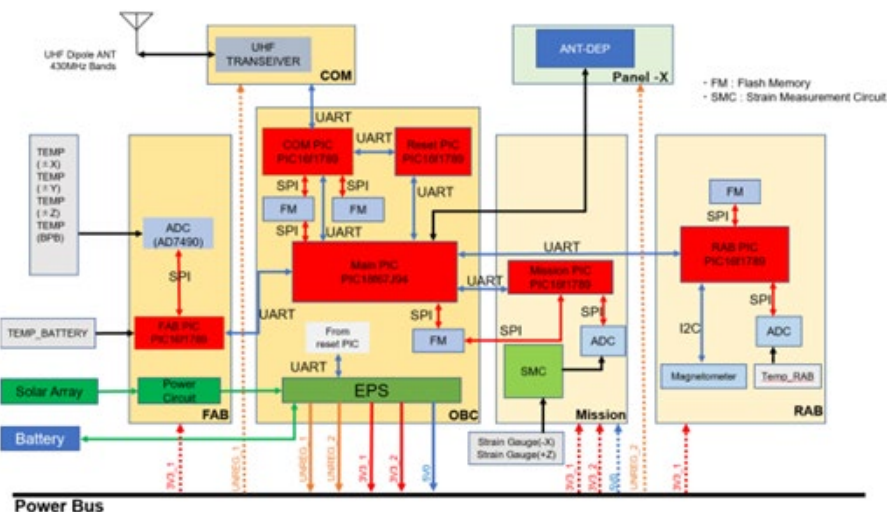


図 1 LignoSat 全体システムブロック図

ソフトウェア開発に関しては九州工業大学の BIRDS 衛星のソースコードを衛星システムと比較しながら解読し、CDH 班以外の第三者でもわかるように、説明マニュアルを作成した。現在は、実際に LignoSat で利用するために必要な加筆修正を行っている。また、新規作成する Rear Access Board (RAB) と Mission ボードに搭載されるマイクロコントローラに書き込むソースコードの作成にも近々着手する予定である。

回路関係に関しては、MISSION 班の協力の下、全基板の仕様を確定させ、EAGLE という基板作成ソフトで新規基板の開発を行っており衛星に使用する基板はすでにすべて作成完了している。例として、LignoSat の基板間通信経路確保を担当する Back Plane Board (BPB) の基板配線図と配置図を添付する。(図 2・3)

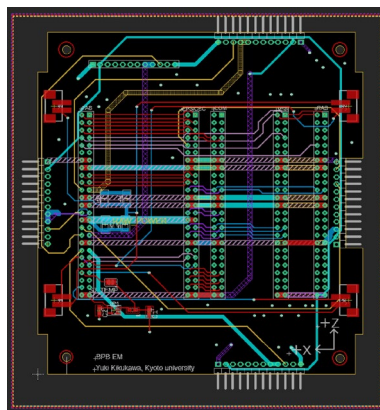


図 2 配線図

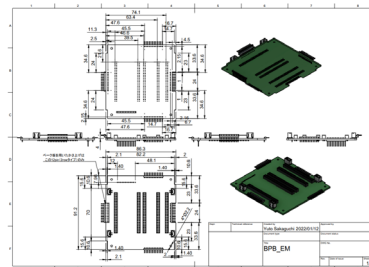


図 3 配置図

製作基板の納品後、本当にその基板が使えるかをきちんと評価する必要がある。そのための評価基板の作成（図 4・5）と、評価方法の検討を行っている。後者については 2022/02/07 から 4 日間九州工業大学の方に実際の評価方法を見聞きしていくため、2 月中旬を目標に纏める予定である。

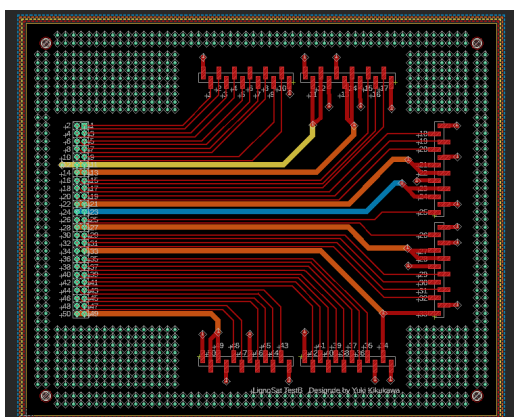


図 4 単評価基板配線図

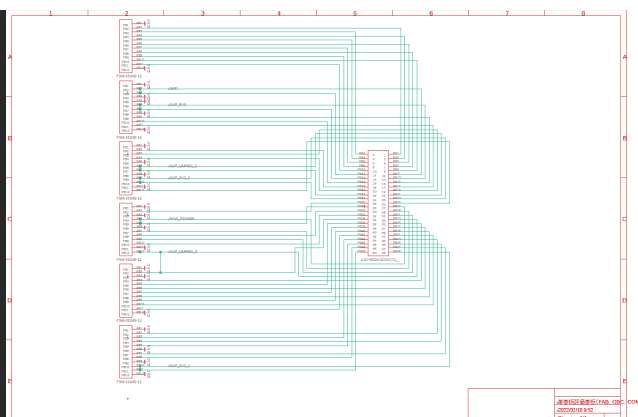


図 5 単評価基板回路図

2 月以降は納品された各基板を評価基板でチェックした後、新規開発したソフトウェアを書き込んで衛星基板としての働きを確認していく予定である。5 月の試験用衛星完成に向けて、システム、回路、ソフトウェアの 3 面から衛星をチェックしていくのが今後の大きな活動となりそうである。

低圧下樹木育成プロジェクト紹介

樹木育成学生チーム

地球外環境に移住するには、火星に社会を作るには？ その答えのひとつが木材ではないでしょうか。人類は有史以前から木材を使い続けてきました。その軽さ、丈夫さ、大掛かりな機械を必要としない加工の容易さ等が、木材を唯一無二の材料として特徴づけています。また、苗や種子という軽く小さい状態で持ち運んだのち生育させることで、太陽光と水、大気、土壌さえあればその場で材料として増やすことが出来るという利点もあります。宇宙での利用を想定しても、木材は大変有望な材料であるといえます。既に火星における長期間多人数の滞在を実現するためのひとつの方策として、宇宙農業の構想が展開され始めています。しかしながら、地球外惑星環境において樹木を育成する際に用意される環境は、様々な点で地球上とは大きく異なるでしょう。大気組成、大気圧、重力、土壌……これらの違いにより、樹木の生産性や木材形成にはどのような影響が出るのでしょうか。

本学生チームでは、重要な課題となる環境要因の一つとして特に大気圧に着目し、一定低気圧に維持された密閉透明チャンバーという模擬的な実験系を用いて樹木の育成実験を行うことで、樹木の低大気圧下での成長特性について調査を行っています。試料には P.alba の挿し木苗を用い、各気圧実験についてそれぞれを 1.0 気圧と対にして育成し、それぞれ光合成活性が正常かどうかや、樹高、地際直径、部位ごとの乾燥重量、葉数、葉面積、またここから算出した地上部重さと地



下部重さの比や葉の面積あたりの重量等について、多面的に成長を比較しています。最近では幹、葉、根の断面の顕微鏡観察による組織形成の特徴の比較等も取り入れました。チャンバー及びチャンバーの湿度、二酸化炭素濃度を調節する制御系はオリジナルのもので、自分たちで適宜実験装置の不具合に対処しながら実験を進めています。現在までに 0.1 気圧の低圧まで育成を行いました。

実験及びそれに伴う環境整備は学部 1、2 回生が中心となって行っており、月 1 回の植物生理生態学ゼミや京都府立植物園での実習の実施により樹木全般ならびに物質生産に関する理解を深めながら、協力して活動しています。感染症の蔓延に伴いサークル等大学生らしい活動のままならない中、学びの場及び学生同士や先生がたとの交流の場としての役割も果たしています。

これまでの実験では、葉が厚く小さくなる、樹高伸長が早くなる等、低大気圧下での樹木の成長に関して大まかな傾向が示唆された一方で、原因や機序についてより詳細に明らかにしたい点も浮上しています。樹木の低圧下における成長特性の解明をさらに進めるため、今後も繰り返し実験を重ね、多角的な視点に基づいて調査に取り組み、最終的には“宇宙林業”実施においての生産性の予測に繋げることを目指していきます。

今後の宇宙関連イベントなど

日時	内容	開催方法
2月5-6日 9:00~17:30	第15回宇宙ユニットシンポジウム テーマ：人類は宇宙に移住できるのか？—文理融合型宇宙教育の開発と実践 詳細： https://www.uss.kyoto-u.ac.jp/symp/15th/	Zoomによる オンライン開催
2月12-22日	SCB2 アリゾナスペースキャンプ	アメリカ合衆国 アリゾナ州 Biosphere2 にて開催
2月17-21日	SCB2 屋久島・種子島スペースキャンプ	屋久島・種子 島にて開催

研究紹介

宇宙線被ばく低減を目指したシミュレーション研究

佐藤達彦

SIC 有人宇宙学研究センター特任教授/日本原子力研究開発機構

宇宙には、宇宙線と呼ばれる高エネルギーの放射線が常に飛び交っています。地球上に住む私たちは、地磁気や大気に護られているため、これら宇宙線に直接被ばくすることはほとんどありません。しかし、一旦、大気圏の外側、さらには磁気圏の外側に出ると、これら宇宙線が容赦なく私たちに降り注ぎます。特に、巨大な太陽フレアが発生したときは、一時的に高エネルギー宇宙線の数が増大し、宇宙飛行士は深刻な宇宙線被ばくの危険に晒されます。

このように、宇宙線被ばくの問題は、将来、有人宇宙活動をより普及させていくうえで避けては通れない問題です。とはいえ、地上の放射線施設で使うような巨大な遮へい体を宇宙に持って行くわけにはいかないため、限られた資材で出来るだけ効果的に宇宙線を遮へいするような宇宙機の設計が必要となります。また、太陽フレアによる宇宙線の増大を出来るだけ早く検知し、遮へいの厚い場所などに避難を促すシステム開発も重要となります。

このような背景から、私たちは、最新のシミュレーション技術を活用し、宇宙線被ばく線量の低減を目指した研究に取り組んでいます。具体的には、宇宙航空研究開発機構と協力し、最新の放射線挙動解析コード PHITS(<https://phits.jaea.go.jp>)を用いて国際宇宙ステーションの様々な場所に滞在する宇宙飛行士の被ばく線量を評価可能としました（図1参照）。また、巨大な太陽フレア時には、宇宙飛行士だけではなく航空機搭乗者も宇宙線被ばくの脅威に晒されるため、情報通信研究機構や

極地研究所らと共同で太陽フレア時の航空機被ばく警報システム WASAVIES (<https://wasavies.nict.go.jp/>) を開発しました(図2参照)。WASAVIES は、現在、国際民間航空機関(ICA0)を介して航空機の安全な運用に活用されています。将来は、これらの技術を更に発展させ、月や火星など長期有人探査の際に役立つ被ばく線量低減技術を開発したいと思います。

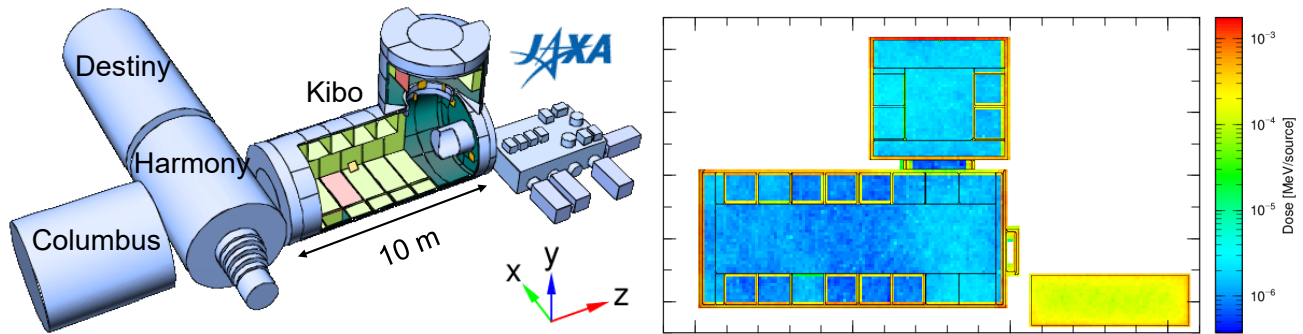


図1 PHITS で再現した国際宇宙ステーション(左図)とその中における被ばく線量率(右図)

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ロゴ募集 募集要項

2022年1月より、SIC 有人宇宙学研究センターでニュースレターを発行しています。それに伴い、SIC 有人宇宙学研究センターのロゴの募集をいたします。SIC 有人宇宙学研究センターは、以下のよう
に、五つの研究領域があり、各々が研究活動をしています。

有人宇宙学研究センター

1 宇宙木材研究 共同研究企業 住友林業株式会社	宇宙での木材利用を推進し、木造人工衛星の開発を視野にのける。	木造人工衛星(住友林業)	マーズ・シグナス内部(前掲)
2 宇宙居住研究 協力企業 鹿島建設株式会社(関西支店)	将来世代の人類の太陽系内外の惑星での居住を想定し、宇宙建築物をデザインする。また、居住可能な太陽系内外の惑星に関する情報収集を行う。	LANDSAT 8 & GCOM-C	CNNを用いた高速映像解析
3 宇宙放射線影響研究 協力企業 アクセンチュア(予定)	航空機や宇宙ステーション、そして将来の宇宙探査機への銀河宇宙線や太陽粒子線の影響を評価する。	ダイバーおよび水中ドローンによる水中撮影映像収集	ダイバーおよび水中ドローンによる水中撮影映像収集
4 宇宙教育研究 協力企業 三共精機株式会社・西部商工株式会社	宇宙における教育活動を実践し、有人宇宙キャンプやSCB2 (Space Camp at Biosphere 2)と宇宙ユニットと連携して行う。	アリソン SCB2	アリソン SCB2
5 宇宙・地球探査技術研究 協力企業 DMG森精機株式会社	人工衛星リモートセンシングや、画像認識を用いた地球観測技術を精査し、将来の宇宙観測に資する。	火星地表 Biosphere 3	火星地表 Biosphere 3

Mars City Concept - Takuya Ono / Okamoto

これらを踏まえたロゴを募集いたします。その後、募集したロゴをニューズレター編集会議にて決定いたします。

応募期日：2022/3/14(月)

応募方法：tsutsui.ryosuke.26e@st.kyoto-u.ac.jp まで、氏名、所属とともにお送りください。

結果発表：SIC 有人宇宙学研究センターの公式 Twitter にて発表いたします。

問い合わせ：tsutsui.ryosuke.26e@st.kyoto-u.ac.jp

木造人工衛星学生開発チーム 菊川祐樹 筒井涼輔

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：菊川祐樹 筒井涼輔

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