

Project to Relocate 150 People to the Moon

Sachika Tanaka, Aoi Satoh, Kazuhiro Takeda, Takao Doi, Yosuke Alexandre Yamashiki
Kyoto University

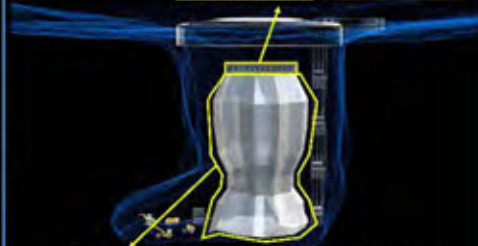
Base Location

We have chosen a vertical hole in Mare Tranquillitatis, Moon's Sea of Tranquility, as our base
The reasons for this choice are:
1. The temperature is maintained at a relatively comfortable 17°C
2. The bottom of the lunar vertical hole can help reduce exposure to space radiation



Living Spaces and Facilities

The residential facility has an octagonal shape, arranged in a honeycomb pattern

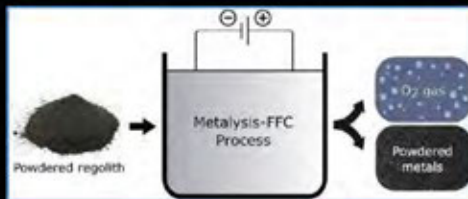


Constructing a structure using a triangular mesh aggregate made from 3D-printed regolith

The main facility includes a factory for solar panels, research labs, a plant nursery etc

The utilization of regolith

- Regolith is the sand on the moon surface
- Making O₂ and metals from regolith by molten salt electrolysis



How to secure electricity Two types of solar power

SSPS(Space solar power system)

Solar panels are installed in space and energy is sent to the Moon as microwaves or lasers



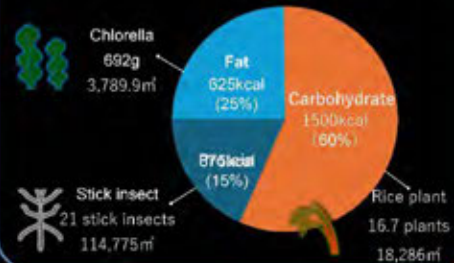
Equator panel

Circling solar panels at the equator



About space food

Floor area 6280 m²
For an adult male requiring 2,500 kcal

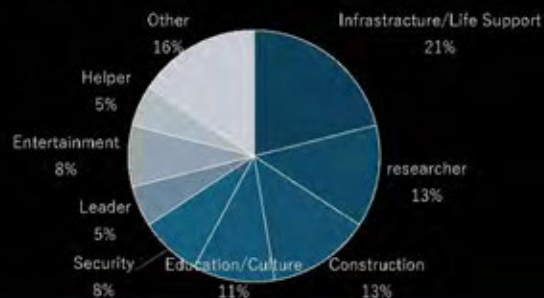


The existence of water

- The solar altitude is low in the polar craters, keeping temperatures low
→Water may remain without evaporating there
- A substance called "moganite" has been discovered in lunar meteorites. It is said that this substance cannot be formed without water
→There may be water underground on the moon

The rate of the job

- Based on the Antarctic research team
- To survive in extreme conditions, life support accounts for much
- This also places importance on education and culture to create a new culture
- To survive with a small number of people, some people have multiple jobs



Callisto

Frozen Oasis among Jupiters

A Case of Jupiter-reliant Underground Society

Takaya Tomoki, Deguchi Soma, Ishida Ryutaro, Li Yudi, Chen Meng

Topic 1

Callisto, the second largest moon of Jupiter, is **the most habitable world in the Jupiter sphere**.

- Radiation level is lower than the moon's.
- Stable geosphere.
- Full of frozen water.

Topic 2

Jupiter is a vast stock of various **gas resources**, including rare gas, **nitrogen & carbon** compound.

We chose **Callisto** as the setting for our thought experiment on a **sustainable society of 150 people**.



Panorama of Callisto base :

The base is **on the Callisto's equator** for saving fuels of Jupiter-gas-extraction shuttle.

The base is **under the ground** to cutoff radiation.



@Credit NASA

Food and Residential Spaces :

Residential Spaces on Callisto

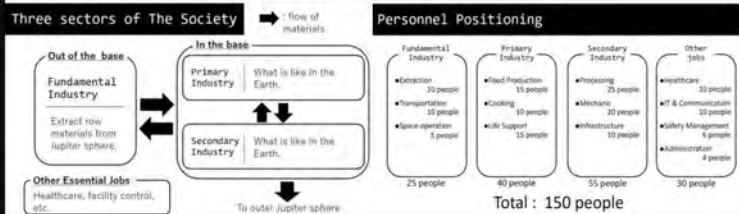
- **Residential Living Spaces (45%)**
 - Individual or shared modules tailored for private, sleep, and storage.
- **Common Areas (25%)**
 - Dining halls, gyms, lounges, and recreational spaces to foster social interaction.
- **Healthcare Facilities (10%)**
 - Medical clinics with telemedicine capabilities.
- **Utility and Support Spaces (10%)**
 - Storage areas for essentials.
 - Energy and water facilities for recycling and supply.
 - Maintenance workshops for equipment repairs.
- **Administrative Spaces (5%)**
 - Offices for managing logistics, records, and governance.
 - IT and communication rooms for seamless connectivity.
- **Green and Outdoor Areas (5%)**
 - Gardens and agricultural zones for food production and greenery.
 - Parks and open spaces for relaxation and recreation.
- **Emergency and Safety Facilities (5%)**
 - Shelters and systems for fire, radiation, and hazard management.

Food

- 1) Agriculture Domes
 - Hard condition in the Callisto
 - Coldness & Radiation & Air
- 2) Water & Nutrient Supply
 - melted ice on the Callisto as water resource
 - recycling system e.g. nutrient cycling through waste reuse
- 3) Artificial Lighting
 - Sunlight is minimal
- 4) Hydroponics and Aeroponics
 - this allows crops to be grown in a controlled environment
- 5) Utilization of Microorganisms
 - to stabilize the food chain in a closed environment
 - they can help recycle nutrients in place of soil
- 6) Introduction of Genetically Edited Plants
 - to withstand the harsh conditions, crops could be designed to tolerate low temperature and high radiation levels.

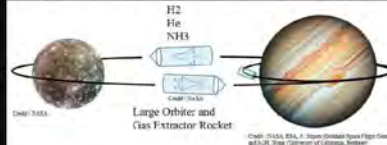


Division of the society and its personnel positioning :



Gas extraction :

Gas Extraction From Jupiter



Gas Extraction From Jupiter

Assume Gas Extractor Payload is The Same as Space Shuttle (24 t).

N1D Cloud at 0.5 bar Height

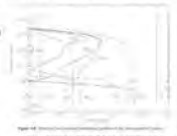
→Gas Extractor Fly at 0.5 bar Region

Flight Range Requirement

• H₂ : 100 km

• He : 1000 km

• NH₃ : 100000km



Financial estimation :

Purposes of Gas-Extraction From Jupiter

- **Resource Supply to Callisto**
 - H₂: Fuel cell, rocket fuel
 - He: Rocket fuel tank pressure adjustment
 - NH₃: Agricultural Fertilizers, Ammonia-fired power generation
- **A New Source of Helium for the Earth**
 - Helium is in high demand on the Earth for coolant for MRI, and Manufacture of semiconductors and optical fibers.

Financial Estimates and Technical Issue

Trade between the Earth and Callisto

- Helium is about 18,000 yen per kg*
- Rocket launch costs more than 10 billion yen

Technical Issue

- Huge cost of rocket launch → Development of reusable rockets will reduce cost to 1/100 (He: one hundred million yen / 5500kg)

If nuclear fusion technology is realized, the value of helium could drop



@Credit NASA, ESA, A. Simon (Goddard Space Flight Center), and M.H. Wong (University of California, Berkeley)

参考資料 6-1

第3回宇宙木材利用シンポジウムプログラム:2025年3月26日

第3回宇宙木材利用シンポジウム

2025年3月26日(水)

京都大学益川ホール

第3回宇宙木材利用シンポジウムは、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)

10:05-12:35 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. 超小型木造人工衛星の開発

今川颯大(京都大学):超小型木造人工衛星2号機の衛星全体システム概要

秋友悠希(京都大学):超小型木造人工衛星の通信システム

小山修平(京都大学):超小型木造人工衛星の電力システムと展望

殿西覚弥(京都大学):超小型木造人工衛星2号機のMISSION概要

大谷壮生(京都大学):超小型木造人工衛星2号機の構造

大谷将壽(九州工業大学):LignoSat開発におけるBIRDSオープンソースの活用:九州工業大学の視点から

B. 木材の宇宙曝露試験(ExBAS)実験速報

村田功二(京都大学):宇宙放射線が木材に与える影響ーガンマ線を使った実験ー

山敷庸亮(京都大学):宇宙放射線曝露と木材の優位性

中村栄三(岡山大学):宇宙環境曝露下における木材の紫外線誘起酸化生成物の形成と深度依存性

12:35-14:00 昼食休憩

14:00-15:05 最終講義:有人宇宙学の創出 土井隆雄 司会:山敷庸亮

15:05-16:05 第2部 宇宙における樹木の育成 司会:池田武文(京都大学)

A. 低圧下における樹木の育成

池田武文(京都大学):火星での樹木育成ーフェノロジーの視点からー

古川夏帆・出口颯馬・豊西悟大(京都大学):低圧下におけるポプラの成長について

B. 微小重力下における樹木の育成

井上純大(住友林業):疑似微小重力下における樹木の成長と形態形成(3年間の総括)

16:05-16:30 休憩

16:30-17:30 第3部 宇宙木材利用の展望: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(京都大学)・中村栄三(岡山大学)・中嶋一郎(住友林業)・河谷健司(住友林業)・

高部圭司(京都大学)

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

参考資料 6-2

第3回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋: 今川颯太



LignoStella project

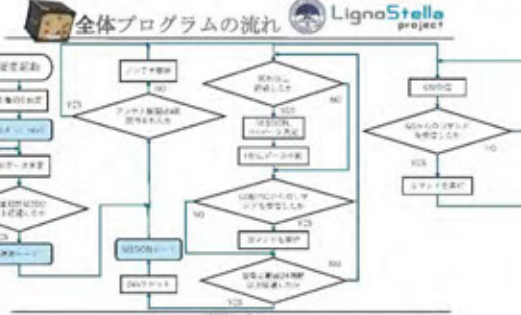
超小型木造人工衛星LignoSatの
衛星全体システム

CDHE
○ 今川 颯太
内田 悠太
高橋 颯太
鈴木 颯太
山田 悠太



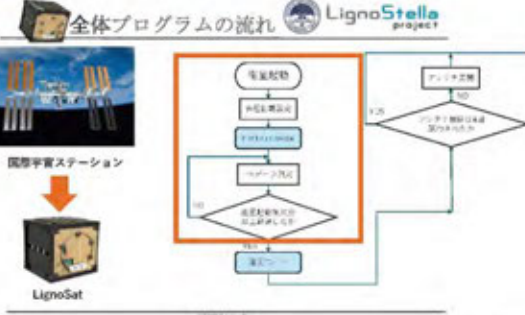
Contents

1. 全体プログラム
2. 1号機振り返り
3. 2号機について



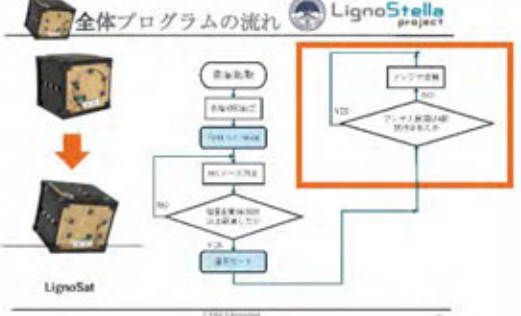
全体プログラムの流れ

The flowchart shows the sequence of operations from power-on to data transmission, including checks for antenna status and communication with the ground station.



全体プログラムの流れ

This flowchart highlights the initial power-on sequence, starting from the ground station and moving through various system checks to the LignoSat unit.



全体プログラムの流れ

This flowchart highlights the data transmission sequence, showing how data is collected and sent back to the ground station via the antenna.



全体プログラムの流れ

This flowchart highlights the communication sequence between the LignoSat and the ground station, including checks for signal reception and transmission status.



全体機能の確認

衛星基礎データ処理系

The diagram shows the internal components of the satellite, including the solar panel, antenna, mission board, and various electronic modules like the ADC converter and PICs.



1号機の現状

2024年12月9日にISSより放出
現在まで信号を受信できず
→2号機開発に向けFTAを実施

This slide provides an update on the status of the first satellite, noting that it was launched from the ISS on December 9, 2024, but no signals have been received yet. It also mentions the implementation of FTA (Fault Tolerant Analysis) for the development of the second satellite.

第3回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋: 秋友悠希

第3回宇宙木材利用シンポジウム

超小型木造人工衛星
LignoSatの通信システム

2025年3月26日

京都大学

木造人工衛星開発学生チーム COMM班

小泉壮平 星川龍希 阿戸泰 河野尚貴 桑原和輝 野間隆寛
西見優輝 清田朋和 谷口誠治 滝口朔矢 ○秋友悠希

LignoStella
project

COMM班:

超小型木造人工衛星LignoSatの通信システム

COMM班は主に衛星の通信システムに関する仕事に携わっている。
本日の発表は以下のような流れとなる。

1. 地上局・衛星の通信システム
 - 1.1 通信システム
 - 1.2 衛星局
 - 1.3 地上局
2. LignoSatの運用
 - 2.1 運用の
 - 2.2 アマチュアミッション
3. 二号機に向けて
 - 3.1 パッチアンテナ
 - 3.2 パッチアンテナ基礎実験
 - 3.3 今後の展望

LignoStella
project

地上局・衛星の通信システム

UHF帯の電波を用いてコマンドの送受信を行う

〔衛星→地上局〕 FMパケット通信、CW（モールス信号）

衛星のデータを下す（ダウンリンク）

〔地上局→衛星〕 FMパケット通信

衛星に命令を送る（アップリンク）

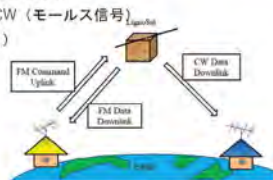


図1 通信システム

LignoStella
project

地上局・衛星の通信システム（衛星アンテナ面）



図2 アンテナ面

図3 アンテナボード

LignoStella
project

地上局・衛星の通信システム（地上局）



図4 コマンドルーム

図5 京都大学吉田キャンパス55号館屋上

LignoStella
project

LignoSat の運用

～運用段階～

運用段階	運用内容	運用目標
運用開始	初回運用まで	・衛星の軌道推定と位置の予測を完了
初回運用	初回運用～初回運用まで	・FMパケット通信によるコマンドの送信、FMパケット通信によるデータの受信、FMパケット通信によるデータの送信
初回運用	初回運用～初回運用まで	・FMパケット通信によるコマンドの送信、FMパケット通信によるデータの受信、FMパケット通信によるデータの送信
初回運用	初回運用～初回運用まで	・FMパケット通信によるコマンドの送信、FMパケット通信によるデータの受信、FMパケット通信によるデータの送信
初回運用	初回運用～初回運用まで	・FMパケット通信によるコマンドの送信、FMパケット通信によるデータの受信、FMパケット通信によるデータの送信
初回運用	初回運用～初回運用まで	・FMパケット通信によるコマンドの送信、FMパケット通信によるデータの受信、FMパケット通信によるデータの送信
初回運用	初回運用～初回運用まで	・FMパケット通信によるコマンドの送信、FMパケット通信によるデータの受信、FMパケット通信によるデータの送信
初回運用	初回運用～初回運用まで	・FMパケット通信によるコマンドの送信、FMパケット通信によるデータの受信、FMパケット通信によるデータの送信
初回運用	初回運用～初回運用まで	・FMパケット通信によるコマンドの送信、FMパケット通信によるデータの受信、FMパケット通信によるデータの送信

LignoStella
project

LignoSat の運用

～運用手順の流れ～

- ①ローデータ・受信機・地上局アプリの準備
- ②TLE (NORADより提供) の更新・衛星の追跡
- ③90秒ごとのCWデータ16進数16桁の録音・解析
- ④バッテリー電圧、電流、温度が適切であることを確認
- ⑤HKデータ、木造機内部のひずみ、多点温度測定、地磁気測定その他ミッションデータ受信

しかし、

LignoSat との通信は未だ確立されておらず、

ミッションは計画通りには行っていない

→通信不能の原因分析・TLEから得られる衛星の高度データの収集を行っている



図6 運用の様子

LignoStella
project

衛星の軌道解析

運用開始から四衛星
YOMOGI, SAKURA, KASHIWA) の高度
を継続的に記録

急激に落下速度が上がる高度300km以下で
の高度を他の三衛星（特にYOMOGI）と比較

→運用不可能となる時期の推定・木材の頑
健性の評価

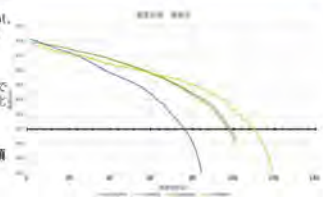


図9 四衛星の高度

LignoStella
project

参考資料 6-4

第3回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋: 小山修平

LignoStella project

第3回宇宙木材利用シンポジウム

超小型木造人工衛星 LignoSatの電力システム

2025年3月26日
京都大学
木造人工衛星開発学生チーム EPS班
小山修平 劉仲天 麻田景人 鳥谷陽樹 加藤千晶 小林武司

LignoStella project

目次

1. EPS (Electronic Power System)の担当部分
2. これまでの活動
 - ・安全審査
 - ・インヒビット機能テスト (Inhibit Function Test)
 - ・不具合要因検証試験
3. 今後の展望

LignoStella project

EPS (Electronic Power System)担当部分

衛星の電源システムの制御

- OBC/EPS board
 - ・衛星全体の信号処理管理
 - ・MainPIC, ResetPIC, COMMPICを搭載
- PIC (Peripheral Interface Controller)
 - プログラムを書き込める電子部品
 - プログラムにより周辺機器を制御する
- FAB
 - ・衛星の電力管理
 - ・電圧、電流過剰防止、過熱防止



LignoStella project

EPS (Electronic Power System)担当部分

EPS太陽パネル・バッテリー充電回路

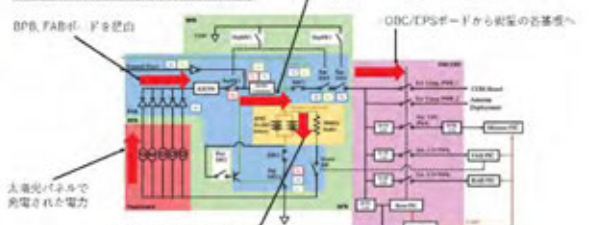
DCDCコンバータにより4.2Vに整流

OBC/EPSボードから衛星の各基盤へ

BPR, FAB, ドライバ

太陽光パネルで発電された電力

バッテリーに電力が蓄えられる



LignoStella project

インヒビット機能テスト (Inhibit Function Test)

主に以下の回路要素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テストを行った。

- ・DepSW
 - ・一つのスイッチが押された状態で衛星がオフの状態になる
 - ・DepSWがONとなるのに必要な高さ(ストローク)
- ・DC/DCコンバーター
- ・ダイオード
 - ・外部電源保護
 - ・太陽電池パネル保護
- ・基板の絶縁処理

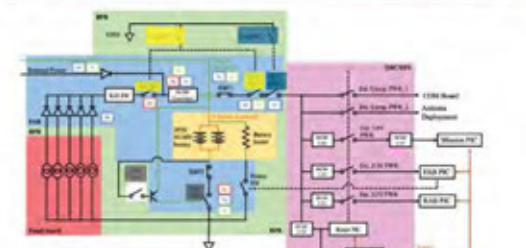
LignoStella project

インヒビット機能テスト (Inhibit Function Test)

Hazard	Hazard Control #1	Hazard Control #2	Hazard Control #3
Over-charge	SepSW1(1a)	SepSW2(2a)	DCDC converter(3a)
Over-discharge	Load side	SepSW1(2b)	SepSW1(3b)
	Solar cell side	DCDC converter(3a)	Diode(5b)
	External power supply side	Diode(6b)	Proper Insulation(7b)
External-short	Battery Heater	Heater SW	Proper Insulation
	Load side	SepSW2(1b)	SepSW3(3c)
	Solar cell side	Proper Insulation(1a)	DCDC converter(3a)
	External power supply side	Diode(5c)	Proper Insulation
	Battery Heater	SepSW2(1b)	Heater SW

LignoStella project

DepSW テスト (Deployment Switch Test)



LignoStella project

DepSWテスト (Deployment Switch Test)

- 全てのDepSWが押されていない状態
 - ・衛星全体ON
- 1つ上のDepSWが押されている状態
 - ・衛星全体OFF
- FMを使用し四つのパターンでテスト
- 各スイッチが独立して機能するかどうかを確認

Pattern	1	2	3	4
DepSW1	○	×	×	×
DepSW2	×	○	×	×
DepSW3	×	×	○	×
Satellite state	OFF	OFF	OFF	ON

○ : pressed
× : released

第3回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋: 殿西覚弥

第3回宇宙木材利用シンポジウム

超小型木造人工衛星2号機のMISSION概要

2025/03/26
京都大学
木造人工衛星開発学生チーム MISSION組
○殿西覚弥 豊西悟大 伊藤駿治 山本陽大 長谷真輝
水野愛理 尾崎祐太 大西大知 筒井涼輔

LignoStella project

2号機ミッションの全体像

超小型木造人工衛星2号機

- 超小型木造人工衛星1号機(LignoSat)の後継機
- 2Uより多くのMISSIONを実施できる

MISSIONの目的
宇宙での木材利用の可能性の追究
+
木材への宇宙環境因子の影響を調査
→宇宙木材産業の創出

超小型木造人工衛星1号機 (LignoSat)
超小型木造人工衛星2号機

ひずみ測定ミッション

木造構体内部のひずみの経時的測定
木造構体内部にひずみゲージ貼り付け
→90秒ごとに一回の測定を運用期間中に行う

2軸ひずみゲージ (東京測器研究所 製)

- 宇宙での木材の熱膨張率の推定
- 地上試験の結果と比較
→宇宙環境因子が木材構体に及ぼす影響を調査

ひずみ測定ミッション

ひずみゲージ接着試験(①真空)

72時間
14ヶ月

高真空条件を再現できるチャンバ内にLignoSatで使用する樹種であるホオノキ試料を静置

ひずみゲージの剥離は認められなかった

目次

LignoStella project

- 2号機ミッションの全体像
- 共通missionの意義と1号機での開発状況
 - ひずみ測定
 - 温度計測
 - 地磁気測定
- 1号機の現状
- 今後の展望

2号機ミッションの全体像

MISSIONの内容

1号機との共通MISSION

- 木造構体内部のひずみと温度の経時的測定
- 地磁気測定
- 独自の双方向アマチュア無線通信サービス
- 人工衛星内部のSingle-Event Upsetのカウンタ

新規MISSION

- 地磁気を利用した姿勢制御
- 内蔵型パッチアンテナによる通信

ひずみ測定ミッション

ひずみゲージ接着試験

宇宙環境や打ち上げの際の真空、振動、温度条件を再現し、接着強度を評価した一世界初の試みであるため接着剤の性能も慎重に評価

①真空
10⁻⁴[Pa]にひずみゲージ貼り付け試料を72時間曝露した
現在10⁻⁴[Pa]に試料を26ヶ月曝露中

②振動
Structure Thermal Model (STM)構体にひずみゲージを貼り付け振動を加えた。

③温度
試料を-40℃~60℃の温度環境に曝した

ひずみ測定ミッション

ひずみゲージ接着試験(②振動)

ひずみゲージ

九州工業大学超小型衛星試験センターにて、LignoSat打ち上げの際に想定される振動よりも大きい振動をかけ、ひずみゲージの接着を確認した。

振動試験装置
-X室の外観

ひずみゲージの剥離は認められなかった

参考資料 6-6

第3回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋:大谷壮生

LignoStella project

第3回宇宙木材利用シンポジウム 超小型木造人工衛星 2号機の構造

京都大学
木造人工衛星開発学生チーム STRUC組
○大谷壮生 岡辻一 中村拓海
木村拓人 三浦晴 河合純平

2025/03/26 STRUC/Full Open!

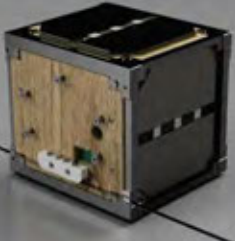
LignoStella project

目次

1. 木造人工衛星2号機の構造	2. 木造人工衛星2号機の強度評価
・概要	・振動試験
・内部構造	・1号機で行った構造解析
・木造構体	3. 今後の展望
・アルミフレーム	4. まとめ

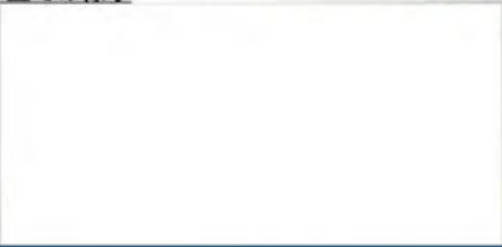
2025/03/26 STRUC/Full Open!

LignoSat
1号機



2025/03/26 STRUC/Full Open!

組み立ての様子



2025/03/26 STRUC/Full Open!

LignoStella project

2号機の構造紹介

- 概要
- 木造構体
- アルミフレーム
- 内部構造

2025/03/26 STRUC/Full Open!

木造人工衛星
2号機外観



2025/03/26 STRUC/Full Open!

LignoStella project

2号機概要

- 概要
 - 大きさ 2U
 - ISS 小型衛星放出機構より放出
- 内部構造
 - 基板類
 - シャフト類
- 木造構体
- アルミフレーム



2025/03/26 STRUC/Full Open!

LignoStella project

樹種にはホオノキを使用

木造構体

左図のような木箱状構造を2つ繋ぎ合わせた、10枚の木板から成る構体

伝統技法
「留め型隠し継ぎ接ぎ」



2025/03/26 STRUC/Full Open!

第3回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋:村田功二

宇宙放射線が木材に与える影響 ーガンマ線を使った実験ー

京都大学大学院農学研究科
森林科学専攻
村田功二, 今瀧雄登

木材の宇宙曝露試験

2022年2月21日: シグナス補給船17号機がISSに到着
3月4日: 船外曝露開始
12月23日: 船内に回収(曝露期間294日)
2023年1月11日: ドラゴン補給船26号機 (SpX-26) がフロリダ半島沖へ着水
3月27日: JAXAから引き渡し



試験体: 30mm x 8.8mm x 5mm
樹種: ホノノキ, ヤマザクラ, ダケカンパ
その他: AO野線用のリレー保護シート

試験体の回収作業(右側は一平産機付)

ISSから回収した宇宙ガンマ線照射装置(26号機: SpX-26)

解析手法について

ガンマ線照射した木材 ≡ 熱処理した木材

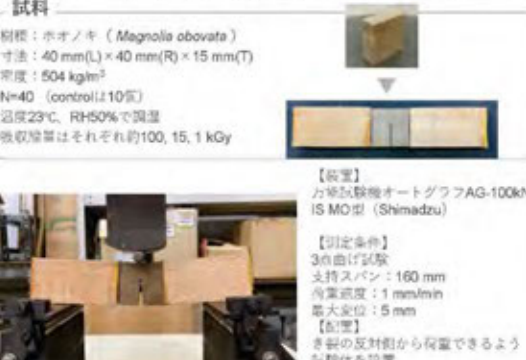
* ガンマ線は電磁波の一種

脆性評価
破壊力学試験(SENB試験)・・・破壊エネルギー・破壊靱性値

細胞壁超微細構造の評価
WAXD(広角X線回折解析)・・・結晶性・結晶化度
SAXS(小角X線散乱解析)・・・粒径・結晶間隔
水分吸着試験・・・平衡含水率・吸着サイト数

実験方法 | SENB試験(Single-Edge Notched Beam)

試料
樹種: ホノノキ (Magnolia obovata)
寸法: 40 mm(L) x 40 mm(R) x 15 mm(T)
密度: 504 kg/m³
N=40 (controlは10個)
温度23℃, RH50%で調湿
吸収線量はそれぞれ約100, 15, 1 kGy



【装置】
万能試験機オートグラフAG-100kN IS MO型 (Shimadzu)

【測定条件】
3点曲げ試験
支持スパン: 160 mm
荷重速度: 1 mm/min
最大変位: 5 mm

【配置】
き裂の反対側から荷重できるように試験体を設置

宇宙木材Space BD 「スペースデリバリー」プロジェクト

国内の研究機関・民間企業など10組が参加

実験装置: ショーン(Shoen)「まげろ」
日本郵船・和歌山電機・フットノーム
ExSAS (国際宇宙研究施設)



宇宙実験プラットフォーム (Space BD)
* ExSASは宇宙飛行士が利用可能なプラットフォーム (Exposed Experiment Bracket Attached on ExSAS)

宇宙木材のサンプル: ホノノキ, ヤマザクラ, ダケカンパ

研究の流れ

目的: ガンマ線が木材の物性に与える影響を評価し、細胞壁超微細構造の変化から考察する

木材へのガンマ線照射

脆性評価

細胞壁超微細構造の評価

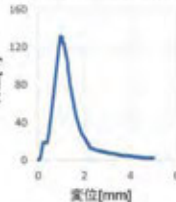
比較検討

発表の流れ

脆性評価
● 破壊力学試験(SENB試験)

細胞壁超微細構造評価
● WAXD(広角X線回折解析)
● 水分吸着試験
● SAXS(小角X線散乱解析)
● 考察

解析方法 | SENB試験



破壊エネルギー

$$G_I = \frac{\int_0^{u_{ls}} P du + mgu_{ls}}{A}$$

P : 荷重, u : 変位, u_{ls} : 最大変位, g : 重力加速度
 A : センチメント面積 (試験体の横断面積×リガメント幅)
 m : 試験体とリガメントの質量

$$m = \frac{5}{8}m_{ls} + 2m_{rig}$$

m_{ls} : 試験体とリガメントの質量, m_{rig} : リガメントの質量

破壊靱性値 (臨界応力拡大係数): 亀裂の進展のしにくさ

$$K_{IC} = \frac{6P\sqrt{a}}{BW} \left[1.090 - 1.735 \left(\frac{a}{W} \right) + 8.20 \left(\frac{a}{W} \right)^2 - 14.18 \left(\frac{a}{W} \right)^3 + 14.57 \left(\frac{a}{W} \right)^4 \right]$$

a : 最大変位 (3点曲げ試験時の変位), a : 3点曲げ変位, B : 試験体の厚さ, W : 試験体の高さ

第3回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋:山敷庸亮

宇宙放射線暴露と木材の優位性

山敷庸亮
京都大学大学院総合生存学館 教授 専攻長
SIC有人宇宙学研究センター長

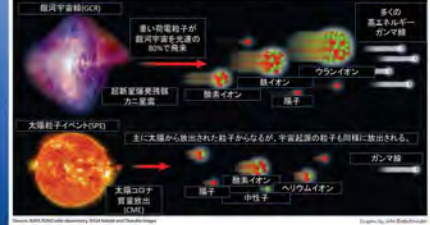
2025/03/26



宇宙における電離放射線の種類

Deep space dangers

Many explorers will need protection from galactic cosmic radiation, which researchers say would blow into cells like molecular artillery.



Sources: NASA, SORCE, Wind, Energy and Solarwind M. Space



木材の放射線優位性 (計算 三本 PHITS)

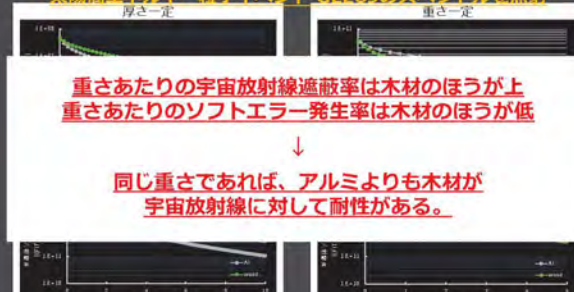
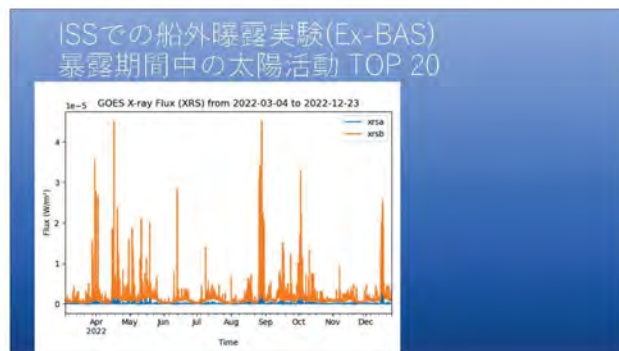
太陽高エネルギー粒子イベント GLE69のスペクトルを照射

厚さ一定 重さ一定

**重さあたりの宇宙放射線遮蔽率は木材のほうが上
重さあたりのソフトウェア発生率は木材のほうが低**

↓

**同じ重さであれば、アルミよりも木材が
宇宙放射線に対して耐性がある。**

Aluminum

主な生成物 (参照 三本 研究)

- GCR
- ^{14}C
- ^{14}N ^{10}Be ^{10}Li
- SEP
- ^{10}Be ^{10}Li ^{10}B
- 基本的に、現在のGCRと、弱いSEPではほとんど同位体は生成しない。
- 強いSEPが発生すると、生成物が増加することはわかっているものの、放射化を促進したり、物性を変えたりするレベルにはならない。
- 遮蔽が重要

木材の放射線遮蔽について

- 粒子線の遮蔽 (宇宙線)
 - 粒子を減らす。その後粒子の陽反が必要 (弾性運動により、放射線量が増す。二次放射線増強の状況回避)
- ガンマ線の遮蔽 (地上)
 - 原子力発電所の核分裂性物質 (FP) における遮蔽。木材はそれほど優位性がない。鉛、コンクリートなどがやや優位だが、含水率をあげるにより、この目的にも利用できる可能性。
- 中性子線の遮蔽 (地上)
 - 中性子線の吸収においては、木材は大いに優位性がある。
 - 放射化は重要な要素ではあるが、危険な二次放射線発生同位体はコンクリートに比較して少ない。
 - ソフトエラー遮蔽、中性子発生プロセス (含核融合) → ソフトエラー対策に優位

クラウドファンディング寄附者見学会開催報告

- 1 -



A person is standing at a podium, presenting. A large screen behind them displays a slide with two images: a red one on the left and a purple one on the right. The setting appears to be a lecture hall or conference room.

(續前)

図1 温度スケジュール

図2 熱電対 (赤丸)

— 28 —

学生・社会人を問わず受講いただける唯一のプログラムです。(大学コンソーシアム 佐藤 記)



- 13 -



- 14 -

第2回宇宙木材利用シンポジウム開催報告①

2024年3月21日に京都大学益川ホールにて、第2回宇宙木材利用シンポジウムを開催しました。今月号から複数回連載して、ご紹介していきます。



(1)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～

京都大学大学院農学研究科森林科学専攻 村田 功二

1. 木材の宇宙曝露試験

宇宙木材プロジェクトでは2024年度に木造人工衛星(LignoSat)の打ち上げを計画している。人工衛星を投入する軌道の環境に対する木材の耐性を検証するために、2022年に木材の宇宙曝露試験を実施した。試験に供した木材は、人工衛星に搭載して使用することを検討している樹種（本オノキ、ヤマザクラ、タケカンバ）とした（図1）。56×9×5mmの小さな試験体を各2本用いて、アルミニウムパネルで固定した試験体をJAXAに納品した（図2）。

2022年2月20日(日)午前2時40分(JST)に米国バージニア州 NASA ワロップス飛行施設から打ち上げられ、翌日には補給船は国際宇宙ステーション(ISS)に到着した。木材の宇宙曝露試験の経緯は以下である。

- 2021/9/21 : 曝露試験体 JAXA に納品
- 2022/2/20 : アンテナスケットで打ち上げ
- 2/21 : シグナス補給船 17 号機(NG-17)が ISS に到着



- 3/4 : ISS 船外曝露実験
- 12/23 : ISS 船内回収 (曝露期間 294 日)
- 2023/1/11 : Fタジマ補給船 26 号機 (SpX-26) がワロップス飛行施設へ着水
- 3/27 : JAXA から引き渡し



図1 曝露試験に供した木材
(上からヤマザクラ、タケカンバ、
本オノキ)の京都大学



図2 宇宙曝露試験体
の京都大学、Space ID

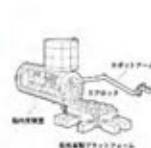


図3 「きぼう」船外実験プラットフォーム
のSpace ID

2. ExBAS 試験マクロ分析結果

外観観察: JAXA から引き渡された宇宙曝露後の試験体と、打ち上げ前の本曝露試験体の比較を図4に示す。目視では木材の表面に変化は確認できなかった。

質量分析: 本造人工衛星を投入する予定の地球低軌道(LEO)で有機材料の劣化について、最も心配されるのが真空紫外線(VUV)や電子線放射線(AO)である。特に AO による侵食(erosion)での表面の剥落が考えられる。しかし、各樹種ともに質量変化はごくわずかにしかなく、侵食の痕跡もほとんどなかった。さらに詳しい解析は、岡山大学惑星生物資源研究所で進められている。

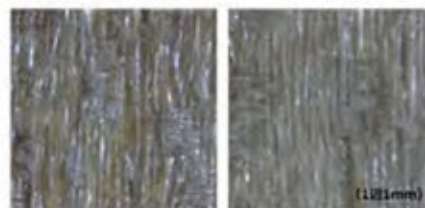


図4 宇宙曝露試験体の木材試験体表面(本オノキ)の拡大写真
左: 宇宙曝露試験体 右: 本曝露試験体

- 15 -

3. 木造人工衛星に使用する樹種の決定

宇宙放射線試験の結果から、木材の約 300 日間低軌道に曝露しても大きな劣化は生じないことが確認された。2017 年から継続している地上での昇空模擬試験では寸法安定性では 3 樹種に大きな違いは確認されていない。昇空試験に供した樹種の密度は、ホノノキ：415 kg/m³、ヤマザクラ：594 kg/m³、タカンバ：799 kg/m³であった。また、木材の割れに付いては割れに「影響を及ぼすエネルギー」といふのがあり、ホノノキ：11 J/cm²、ヤマザクラ：8 J/cm²、タカンバ：10 J/cm²(マカバ)とされる(出典：木の大自然)。密度や割れに基き、木造人工衛星の構体にはホノノキを使用することとなった。

4. 放射線が木材の特性に与える影響(地上試験)

ExBASでの宇宙放射線試験は地球上に比べると強い放射線を浴びることになる。地上では1年間に自然放射線から世界平均で2.4ミリシーベルトの放射線を受けているとされる。一方、ISS滞在の宇宙飛行士の被ばく量は、1日当たり0.4〜1ミリシーベルト程度とあり、1日で地上での約半分に相当する放射線を受けている。さらに月面では宇宙由来の放射線量は1年間に161〜416ミリシーベルトとされ、さらに高い条件である。そこで放射線が木材の特性に与える影響を確認するため、地上でガンマ線照射試験を実施した。

樹種はホノノキとし、照射試験は京都大学総合原子力科学研究所コバルト60ガンマ線照射試験装置で実施した。予備試験から照射線量が1kGy未満ではほとんど変化を観察できなかったため、1kGy、10kGy、100kGy(200kGy)の順で実施した。照射時間は24時間(48時間)とした。試験体は乾燥とし、含水率変化を防ぐためポリエチレンフィルムで封入した。照射試験後の試験体についてX線解析(WAXD、SAXS)、強度力学試験、クリープ試験、吸湿等温線解析を実施した。結果結果の一例を以下に示す。

広角X線回折(WAXD)：ガンマ線を照射した結果、100kGyも結晶性の変化は見られなかった。セルロースは放射線に強く、文献では1000kGyを超えると強度が低下するとされる。また結晶化度が若干上昇することから、非結晶構造は何らかの形質を受けていると考えられる。

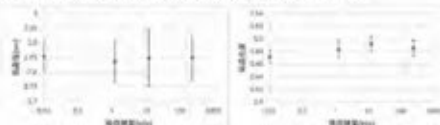


図5 ガンマ線照射木材のWAXD解析結果(左：結晶性、右：結晶化度)

0.01kGyは本報告の試験(コバルト60)を参照し、10kGyまでは1シーベルトに相当する。

強度力学試験：片側固定3点曲げ試験(3ENB)による強度試験を実施し、破壊靱性値(臨界応力拡大係数 K_{IC})と破壊エネルギーを評価した。破壊靱性値では1kGyでもわずかな低下がみられたが、破壊エネルギーは100kGyで低下を確認した。月面での放射線量が年間1シーベルトに満たない

い(宇宙由来)を考えると、宇宙空間では木材は放射線の影響をあまり受けないと考えられる。(村田功二 記)

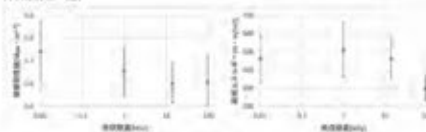


図6 ガンマ線照射木材の強度力学試験結果(左：破壊靱性値、右：破壊エネルギー)

0.01kGyは本報告の試験(コバルト60)を参照し、10kGyまでは1シーベルトに相当する。

(2)宇宙木材産業の展望：パネルディスカッション

京都大学の仲村匡司先生の司会で、

「宇宙木材産業の展望」というテーマでパネルディスカッションを実施しました。パネリストは京都大学の山崎康克先生、岡山大学の中村栄三先生、住友林業株式会社の中嶋一輝様、京都府立大学の宮崎久士先生、京都大学の栗原士朗先生でした。

ディスカッションの冒頭では、シンポジウムの講演内容についての補足を各先生方からありました。山崎先生は、木材の組成だけでなく、細胞構造を上手に利用した材料開発への期待や、木材は急速による増産の技法が可能で、その広がりを活かす、企業の特許取得の早さの早さを上手に活用することについての期待を述べていました。中村先生は、月や火星に居住すること、新しい文化を作る意義について述べていました。また2050年頃には月の表面域内での森林が実現可能ではないかと述べていました。中嶋様は、シンポジウムで大学教員の方々の講演を聞いて、好奇心を刺激されること、企業として経済を回すことにシレンマを感じて居ることを述べていました。栗原先生は、宇宙利用のための化学修飾を地上と宇宙のどちらで行うのが良いかという点について述べていました。宮崎先生は、これまで木材の細胞構造についての研究を行っており、初めて宇宙木材を聞いたときは無縁に感じたが、その他のシンポジウムの際に宇宙木材の可能性を感じ、今回のシンポジウムで宇宙木材の可能性を確信したと述べていました。

その後は、宇宙に送った樹種、宇宙放射線、ハウスメーカー役の宇宙基地に勤務していくか、宇宙でのリサイクルと循環型資源の可能性、などについてディスカッションが交わられました。会場からも多数質問が上がり、予定時間を超過するほど盛り上がりを見せました。(三本貴典 記)



京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター

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

〒606-8501 京都市上京区西京本町 西田キャンパス本館内 総合研究 16 号館 208 号室

連絡人：宇宙木材研究室 三本貴典、吉田敦夫、山本直夫

Tel: 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.28

2024 年 4 月 1 日発行

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2024 年 5 月号 No.29

Future of Human Space Exploration 実施報告

2024 年 4 月 20 日、山崎直子宇宙飛行士・特任准教授の大学院総合生命学館での熟達の講義「Future of Human Space Exploration」が、大学院総合生命学館 奥之陣研修棟のクチャー室で実施され、大学院 1 年生 11 人が参加しました。

講義は 13:30 から 3 時間にも及び、三つのテーマ（１）自身の有人宇宙活動（２）スペースポートと宇宙観光促進（３）自身の研究である閉鎖型生命維持システム構築の構築について行われ、全員でディベートを行いました。ディベートにおいては、（４）自身の有人宇宙活動に関する様々な質問（５）スペースポートと新しいサブオービタル飛行用スペースプレーンを用いた世界の新しい宇宙交通システムが実現した際の世界が変わる（６）持続可能な宇宙生命維持システムの構築と、地球環境への還元（６）では、山崎直子先生らの提案する新しい Exoergy を用いたシステムが紹介されました。ディスカッションはすべて英語で行われ、さまざまな分野の学生からのいろいろな質問に対して的確に答えられました。

SIC 有人宇宙研究センターでは閉鎖型システムのガウチャーを用いた生物・宇宙生命維持装置の実験が予定されているため、今後さまざまな協力が期待されます。（山崎直子 記）



- 1 -

KuSuKuアカデミックプログラム開催報告

4月13日(土)に京都大学キッズコミュニティ (KuSuKu) にて土井隆雄特任准教授の講演会が行われました。KuSuKuとは、京都大学教職員や学生の研究・業務・学業と子育てとの両立を支援するため、2023年12月に開設された学童保育所で、土日祝日と小学校の長期休暇期間に開所されています。KuSuKuでは、開所日には常に京都大学が企画するアカデミックプログラムと運営委託事業者が提供する体験プログラムのいずれかを実施し、こどもたちの好奇心を刺激する様々なイベントが行われています。アカデミックプログラムでは京都大学の研究者や元教員が講師として登壇し、こどもたちが研究や科学の面白さ、調べることの楽しさに気づくアカデミックな体験ができるようになっています。

この日は宇宙飛行士の訓練を身に纏った土井先生が登場し、参加したこどもたちから大歓声が上がりました。土井先生の2回の宇宙ミッションのお話、宇宙ステーションでの生活の様子、宇宙空間で行う科学実験や天文に関するお話、京大での研究教育活動に関する説明など、講演は1時間にも及りましたが全員興味津々といった表情で誰一人退席するに及ばず熱心に話を聞きました。講演のあとはこどもたちからの質問の時間、全員が大きな声で手を挙げてくれました。「何故宇宙飛行士になりたいと思ったの?」「宇宙食の中で何が一番美味しかった?」「どんな訓練をしたの?」「宇宙ではどんなふうに運動をするの?」「日本実験機きぼうはどうやって作ったの?」「宇宙ステーションにはお風呂はあるの?」「おやつは食べられるの?」などの素朴な質問から、「水や酸素はどうやって循環させているの?」「自分が出した二酸化炭素は宇宙ステーションの中どこに行くのか?」「そもそも空気はどうやって持つて行くのか?」など普段大人があまり意識しないような質問も多く出てきました。30分の質問タイムに全員が質問をしにくれましたが、まだまだ聞きたいような質問が尽きない様子でした。

最後はこどもたちから講演の感想を聞かせてくれました。「90分で地球を一周回るというのがすごいと思った」「宇宙に行くのは緊張する」「宇宙に行く時と作業している時、宇宙から帰る時の動画が良かった」「宇宙の方が暑いらしいと思った」「宇宙に行くと調査するのが楽しそうだと感じた」



「質問がなくなるということなので、お話を聴きながら行くといいと思った」「宇宙でプーメンが活躍するのはびっくりした」など順番に発表してくれました。「宇宙飛行士になりたい」と話してくれたお子さんもいました。将来はこの中から科学に興味を持ち、宇宙をめざすこどもたちがきっと出てくることでしょう。この講演がお子様達の思い出に残ることを願います。（辻原啓子 記）

- 2 -

前期授業開講報告

(1) ILAS セミナー：有人宇宙学実習

科目名	ILAS セミナー：有人宇宙学実習	ILAS70 15001 5290
授業科目名 (英語)	ILAS Seminar: Exercise on Human Space Activities	総合生命学館 特任准教授 土井 隆雄 総合生命学館 教授 山崎 直子
期	今学期 第2期 2単位	開講期 19年度 授業形態 ゼミ
履修年	2024+ (初年度)	5 (5) 人 配当学年 1として1年1 対象学生 全学年
曜時間	集中 教養	使用言語 日本語
キーワード	森林実習 / 大気観測実習 / 観測機小気力実験 / 宇宙無重力実習 / 宇宙環境実習	
授業の概要・目的	有人宇宙活動は高度な工学、物理学のみならず、医学、倫理学、社会学、幅広い分野の有機的連携を必要とする総合科学である。「有人宇宙学」は有人宇宙活動に関わる全ての分野を学問として体系的にまとめた新しい学問である。実習では、集中講義形式を用いて、森林生態系を学ぶ森林実習、最先端の技術を用いた大気観測実習、生命（植物）に対する重力が生態系を形成する環境機小気力実験、人工衛星を使った宇宙無重力観測実習、宇宙飛行士の特殊な環境について体験を通じて宇宙空間環境実習を行う。宇宙ミッションを模擬したスケジュールに沿って計画的に実習を進め、分科専門実習から有人宇宙活動に関する包括的な視点と基礎知識を身につける。	
到達目標	森林実習では京都大学研究林を活用し森林の生態系を学び、宇宙での樹木・木材の活用を考える。大気観測実習では大気に関する基礎的な知識を身につけるとともに、自分力で観測するための基礎的な技術を身につける。環境機小気力実験では、重力に対する植物の応答を観察することで微小重力状態が生命に与える影響について好奇心と探究心を育てる。宇宙無重力観測実習では、無線の環境を模擬して人工衛星を使った通信技術を実習する。実験・観測環境実習では宇宙での生活環境について体験を通して理解し、人間が宇宙に展開する意義・問題点を考える。	
授業計画と内容	オリエンテーション①：2024年5月11日 合同開講実習 オリエンテーション②：2024年6月8日 合同実習・ハンズオン実習（体験実習） オリエンテーション③：2024年7月6日 合同実習・ハンズオン実習（体験実習） オリエンテーション④：2024年8月17日 合同実習・ハンズオン実習（体験実習） オリエンテーション実習場所：京都府立総合研究開発院504号室	
有人宇宙実習：2024年8月18日-24日	実習場所：京都大学共同キャンパス、8月18日・20日・24日 京都大学共同研究棟 8月19日・20日 実習内容：8月18日：実習開始、ガイダンス 8月19日・20日：森林実習 環境機小気力実験 8月20日・24日：大気観測実習 環境機小気力実験 宇宙無重力実習 8月24日：実習発表、実習終了	
1. 森林実習	森林生態系の講義を受けた後、学生研究林を歩き周囲の森林について学ぶ。学生研究林で測定された樹木のデータを使い、森林の成長状態の能力を解析する。宇宙における樹木・木材の活用を考える。	

- 3 -

ILAS セミナー：有人宇宙学実習(2)

2. 大気観測実習	大気観測の原理、観測・観測・観測の仕組み、観測装置では、3人ずつのチームを作り、1チーム15分間の観測を行う。観測終了後、チームごとに観測結果を解析する。
3. 環境機小気力実験	重力が植物に与える影響の観測の後、タリノスケット（環境機小気力発生装置）を使い、植物の初期成長実験を行う。初期成長実験では、3人ずつのチームを作り、1チーム毎に1つのタリノスケットを使用する。初期成長実験終了後、チームごとに実験結果を解析する。
4. 宇宙無重力観測実習	観測の原理及び人工衛星の軌道についての講義の後、実際に小型アンテナとトランシーバーを使って衛星からの電波を受信することを目指す。小型アンテナの向きや無線機出力を変化させることによって、電波強度がどのように変化するかを調べる。
5. 宇宙環境実習	宇宙環境が人間に与える影響の講義の後、作られたスケジュールに沿って各実習・実験を行う。時間通りに進んでいくことでスケジュールに沿って、往復乗客の方向に注意する。また、チームワークを作る努力をするのと同時に、自分及びチームの行動を解析する。
【履修要件】	大学総合生命学館の履修を要する。
【履修評価の方法・観点】	オリエンテーション①・②・③・④及び森林実習、大気観測実習、環境機小気力実験、宇宙無重力観測実習、宇宙環境実習に積極的に参加したかどうか(10%)、各実習をまとめたレポート40%を評価する。履修の進捗、土木分野から学ぶものについては、演習の評価を上げる。オリエンテーション①・②・③・④及び全実習期間に参加できることが卒業取得の条件となる。
【履修】	受講料 他、なし
【参考書】	1. 川崎隆雄「人間が生きていく場所としての宇宙」(朝倉書店、2018) ISBN 978-4-254-15521-1 2. 山崎直子「有人宇宙学」(京都大学学術出版会) ISBN 978-4-624-0494-2
【授業担当】	土井隆雄(特任准教授) 山崎直子(教授)
【その他(オフィスアワー等)】	京都府キャンパス及び学生研究林で行われる「有人宇宙学」の実習である。 森林実習は学生研究林で行われる(1)の実習である。 大気観測・環境機小気力実験は、(2)の実習である。 宇宙無重力・宇宙環境実習は、(3)の実習である。 学生研究林実習は、(4)の実習である。実習期間中は、実習期間中に参加すること。 実習期間(8月18日)に実習に参加するため、実習期間中に参加すること。

- 4 -

[illegible][illegible][illegible][illegible]

[AOS11-06] Sensitivity experiments on how the topographic resolution affects internal wave generation
 *Qiang Li1 (1. Tsinghua University)
 2024年5月27日(月) 10:45 ~ 12:00 106 (高気圧会議会場)
 座長: Beners Swadhin (Climate Variation Predictability and Applicability Research Group, Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001); 井本 達夫 (東京大学大学院理学系研究科)
 [AOS11-07] 水中環境を活用した微重力宇宙空間の応用訓練と教育
 *森 裕和 1 (1. Blue Abyss Diving Ltd.)
 [AOS11-08] Role of tropical oceans in global terrestrial vegetation
 *Swadhin Behera1, Roma Verghese2, Venkata Ratnam Jayanthi1, Takeshi Doi1, Mukund Dev Behera2 (1. Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001, 2. Centre for Oceans, Rivers, Atmosphere and Land Sciences, Indian Institute of Technology Kharagpur, India)
 [AOS11-09] SAR 衛星データを用いたディープラーニングによる洪水域のセグメンテーションと感測科学への応用の可能性
 *金本 成生 1. 田中 謙太郎 1. 内田 周太 1. 安井 秀輔 1 (1. 株式会社スペースシフト)
 [AOS11-10] 月面で水氷等の自然環境を有する人工重力施設の提案
 *大野 尊由 1 (1. 森島建設株式会社)
 [AOS11-11] The simulated moon environment scuba diving program "Space Diving"
 *梅永 嵩秋 2, 1 (1. 特定非営利活動法人日本水科学協会, 2. AquaNaut)
 [A-O511] 陸域海洋相作用-生態システムの物質循環
 2024年5月27日(月) 17:15 ~ 18:45 ポスター会場 (学術メセコ展示室 6ホール)
 17:15 ~ 18:45
 [AOS11-P01] シアノバクテリアを用いた酸素生産バイオームと、亜硫酸塩と硫酸塩を用いたバイオームの同時-連続モデルの開発
 *小塚 昌弘 1. 水本 雄治 1. 山敷 康亮 1 (1. 京都大学大学院総合生命学専攻)
 17:15 ~ 18:45
 [AOS11-P02] Research of Species Identification for the Establishment of "Core Ocean" in Space
 *清水 海羽 1. 山敷 康亮 1 (1. 京都大学大学院総合生命学専攻)
 17:15 ~ 18:45
 [AOS11-P03] 初期の火星から考える海洋を有する惑星の気候に関する研究
 *可児 道博 1. 山敷 康亮 1 (1. 京都大学)
 17:15 ~ 18:45

- 11 -

[AOS11-P04] Impact of Climate Change on Water Quality in Global Lakes and Reservoirs:
 Assessment Using the PAMOLARE2L Two-Layer Model
 *生田 直樹 1 (1. 京都大学大学院総合生命学専攻)
 17:15 ~ 18:45
 [AOS11-P05] Three essential "Core" concept and establishment of "Terra Windows" for space migration
 *山敷 康亮 1 (1. 京都大学大学院総合生命学専攻)
 17:15 ~ 18:45
 [AOS11-P06] 低重力環境における淡水環境システムの構築：火星での人類生存を支える草創
 *小塚 昌弘 1. 池田 幸矢 2. 山本 真由 5. 山本 理成 3. 山敷 康亮 4 (1. 京都大学大学院医学研究科医科学学系, 2. 京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻, 3. 京都大学大学院経営管理教育院経営管理専攻, 4. 京都大学大学院総合生命学専攻, 5. 京都大学大学院文学研究科行動文化学専攻)
 17:15 ~ 18:45
 [AOS11-P07] 合成開口レーダーの水害避難への活用可能性
 *富田 キアナ 1. 金本 成生 2. 山敷 康亮 1 (1. 京都大学大学院総合生命学専攻, 2. 株式会社スペースシフト)
 (山敷 康亮 記)

宇宙科学に関連するイベント告知募集

宇宙科学に関する情報発信のプラットフォームとすべく、京都大学 SiC 有人宇宙研究センターでは、こちらの Newsletter に掲載する。宇宙科学に関するイベントの告知情報を募集いたします。毎月 25 日までに告知情報をお寄せください。いただいた情報の中から、翌月号に記載する告知情報を編集部で選定します。

- 掲載が決まった方には、掲載後より確認メール（毎月 26 日前後）をお送りします。
- 掲載の形式は決まませんが、お寄せいただいたイベント情報が必要と思われるだけで構いませんのでご了承ください。
- Word 等のテキストファイルの場合、編集の都合上フォント、レイアウトを変更する可能性がありますので、PDF での提出をお願いします。

イベント告知情報を提供いただける方は次のメールアドレスまでお送りください。
 mail: spaceworld@edlab.kyoto-u.ac.jp
 告知の掲載箇所、お待ちしております。（編集部 記）

- 11 -



図 1. 情報提供締切日のイメージ



図 2. イベント告知の例
 (Newsletter2024 年 4 月号)

第2回宇宙木材利用シンポジウム開催報告②

2024 年 3 月 21 日に京都大学益川ホールにて、第2回宇宙木材利用シンポジウムを開催しました。今月号は2回目の報告になります。



- 11 -

(1)宇宙における樹木の育成

京都府立大学生命環境科学研究科 池田 武文

近い将来に人類が火星（宇宙）に進出した際、樹木は様々な面で必要とされるでしょう。第2回では宇宙における樹木の育成について、A.「火星下における樹木の育成」B.「樹木が地下に育つ樹木の育成」について発表しました。

1では火星下と1気圧でそれぞれ育成したポプラの成長、つまりバイオマスを増加させることを比較しました。2では火星下と1気圧でそれぞれ育成したポプラの成長特性、つまり葉の LMA、T/R 比、同化部（葉）と非同化部（根）の特性について比較しました。なお、1と2については次号以後の News Letter で報告し、本報では3について報告します。

- 火星下におけるポプラの成長
- 火星下におけるポプラの成長特性
- 火星における樹木の環境—水分生理の観点から

3 火星における樹木の環境—水分生理の観点から

池田 武文（京都大学宇宙木材研究室、京都府立大学名誉教授）・遠藤 早希里（京都大学農学部）・山田 和弘（京都大学理学部）・三浦 勇（京都大学大学院農学研究科）
 今回の発表内容は、昨年の News Letter 9, 10, 11 月号に掲載された内容を要約したものです。詳細はそちらをご覧ください。

1969 年すでに人類は地球外の宇宙（月）に足跡を残しています。しかし、そこに人が長期にわたって滞在し、様々な活動を行うまでには至っていません。近い将来に人が火星、火星や月など宇宙に進出し、そこで活動の場を広げることが現実味を帯びてきています。人がそこで生き、生活するためには水が必要不可欠です。その水を求めて火星や月の極地に存在するであろう水（氷）の資源が確保されています。その結果、水を確保することができたとするとその地は潤われており、地球での水使用のように水のやり取りは必要ないでしょう。となると自ずと水使用に優先順位が設けられるでしょう。人が火星、月に進出した当初、優先順位の上位は食糧生産も必要とされた人が生きるための水使用となるでしょう。

宇宙木材研究室では未だ人工樹木の製作を度切りに、木材が宇宙で有効な素材となることを目指しています。宇宙で使う木材は地球から運ぶことはあまりにも経費がかかりすぎるためです。火星地帯、つまり宇宙で樹木を育て、その樹木から木材を生産することになります。先に述べたように水使用には優先順位があります。一般に樹木の成長には大量の水が必要としますので、当初、樹木の育成には少量の水でも成長可能な樹種を選択することが賢明だと考えます。

以上のことを踏まえ、本発表では火星における樹木と水の関係を述べ、そこから火星で想定される樹木と水の関係の中で、火星で樹木はどれくらい大きくなるかを想像してみました。地球上では根が長い木は、それは樹木ですが、その高さ（樹木の根）は 120 メートルほどに達します。この根は土壌中の水を上方に引き上げる力（水柱）が大きくなり、樹木の中の水柱が切れる現象（キャピラリー）に起因します。このことについて Kocher (2004) が北アメリカ太平洋沿岸に生育している樹

- 11 -

高 112.7m の *Sequoia sempervirens* (セコイアスギ) の樹高の限界を推定し、120~130m と報告しています。引き上げる力には重量に比べて水を上方で保持するための力が大きく関わっています。例えば火星の重力は地球の 1/3 なので、火星で樹木は地球より 3 倍の高さまで成長することがあるでしょう。これは火星の重力が重力以外にはほぼ全て地球と同じと仮定してのことです。実際には火星の環境は地球のそれとは全く異なるので、そのような環境で木が育つのかを検証しなければなりません。

※樹高 130m はほぼ京都タワーの高さ (131m) に相当します。火星でこれを 3 倍に成長すると東京タワーより高くなります。

※日本で一番高い木は、京都市左京区花田にある樹高 62.3m のスギです。

参考文献

↑ Koch, G.W. (2004) The limits of tree height. *Nature* 428: 851-854

参考文献

池田武文 (2014) 非生物的環境による植物の限界 pp.159-169 (日本医学会報 樹木医学の基礎講座 寄附刊)

京都大学森林管理研究所 (2017) 花田の二本杉 樹高測定結果

(2) 超小型木造人工衛星 LignoSat の衛星全体システム

京都大学工学部電気電子工学科 河島航

LignoSat 衛星全体システムについて今回は CDH 刊の発表に基づき、主に 4 つご紹介いたします。

1. 全体プログラム

衛星 LignoSat はまず、国際宇宙ステーションから放出された後、パラシュートで降下し、アンテナのチェックを行い、その後アンテナ展開を行います。そして、右の図 1 にあるようなサイクルを 110 秒間隔で実行します。その際、LignoSat から送信される (通称 CW) が発信され、地上局と連絡を取り、データ取得や伝送、命令の実行を行います。



図 1 全体プログラムの流れ

2. TVT (Thermal Vacuum Test)

宇宙環境を模した熱真空環境下において、木造人工衛星 LignoSat 1 号機の EM 及び FM 基盤・機体の電気的な動作項目が設計通りの性能を有することを検証する実験です。右の図 2 はその様子であり、チャンバーにて宇宙空間の再現を行います。



図 2 TVT の様子

試験の結果、EM、FMともに動作確認ができ、宇宙空間にでも動作通りの性能を有し、木造機体の信頼性が検証されました。

3. SEU (Single Event Upset) カウントレーション

SEU というのは宇宙線がメモリに衝突して発生する現象であり (例えば 0101、というデータを送ったにも関わらず、4 桁目にて SEU が発生し、0111 というデータになってしまった、など)、衛星においては対策すべき現象です。SEU 発生の際点において、LignoSat は従来の人工衛星と比べて違いがあるのかの試験を現在、1 年間の長期試験で行っております。尚、約 4 日間の期間では SEU の発生が見られませんでした。

4. E2E 試験

E2E 試験 (End to End 試験) とは、衛星の電気的なシステムが全体として正常に動作するを示す試験となります。衛星を組み立て、全体的性能の評価を行います。試験結果、FEC データの取得など、全ての機能において確認を行うことができました。

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター

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

〒606-8501 京都市左京区西田 4-1 西田キャンパス4階 4-104 号室 16 号室 208 号室

代表者：宇佐美 研二 三木 孝典 西田 孝典 山本 孝典

Tel: 075-753-5129 E-mail: spaceinnovation@nsl2.aist.go.jp (space@nsl2.aist.go.jp)

SIC 有人宇宙学研究センター Newsletter No.29

2024 年 5 月 1 日発行

日本地球惑星科学連合・アメリカ地理学連合 共同セッション開催報告

日本地球惑星科学連合 (JpGU) およびアメリカ地理学連合 (AGU) 共催の共同セッション「惑域海洋相互作用—惑星スケールの物質輸送」(山形直亮 (京都大学)、Behera Swadhin (JAMSTEC)、佐々木貴教 (京都大学)、井本孝夫 (東京大学)) が、2024 年 5 月 27 日に幕張メッセ国際会議場にて開催されました。本セッションは日本海洋学会と水圏資源学会の共催として、「有人宇宙宇宙移住のための三つのコアコンセプト」を掲げた三連珠の国際学術セッションです。

まず、アメリカから SIC 特任教授の Vladimir Airapetian 氏 (NASA ゴダード宇宙飛行センター) が、「Magnetic Lives of Young Solar-Like Stars and The Impact of Exoplanets」に題して、スーパーフレアが惑星環境で発生する若い太陽型星の状況と初期地球の大気化学との関連、そして他の太陽系惑星の初期状況について講演がありました。次に、ケルシュバイン形成に伴う G 型星ハビタブルゾーンへの水の供給と地球型惑星形成について、谷安泰氏 (京都大学大学院理学研究科物理学・宇宙物理学専攻) より発表があり、ハビタブル惑星形成に必要な適切な含水率がケルシュバイン形成に伴って可能であることが計算を通じて説明されました。

続いて、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の榎井誠人氏が、有人宇宙探査のための物理化学的生命維持装置について解説と宇宙空間での水の再利用について解説を行いました。次に、京都大学の藤井敏弘氏が「月面における宇宙放射線環境を考慮した人工構造物に関する総合的評価」と題して、月面での飲料水確保、太陽粒子線の発生確率とその影響、およびそれを回避するために必要なさまざまな材料の厚さやコストについて発表を行いました。次に、JAXA の西川貴氏が「火星探査小惑星の軌道解析と惑星、火星軌道と交差する小惑星が地球のそれと比べて 2.5 倍であること、同時に実際に近接している小惑星に関しては、観測が地球から行われていないため、ほとんど把握されていないことを示しました。午前中最後の講演は、精華大学の Qiang Li 氏による「Sensitivity experiments on how the topographic resolution affects internal wave generation」に題して、海洋の内部波の再現性と、有限差分法の差分グリッドとその断面形状についての関係性の解析についての発表がありました。

午後は、井本孝夫氏 (東京大学大学院理学系研究科) に座長を代わり、森祐和氏 (Blue Abyss Diving Ltd.) によって「水中環境を活用した微重力宇宙空間の適応訓練と教育」に題して、世界各国に展開する民間企業による水中での宇宙飛行士訓練についての報告がありました。次に Swadhin Behera 氏 (JAMSTEC) によって「Role of tropical oceans in global terrestrial vegetation」に題して、海面温度の変化が世界の植生、具体的には NDVI 値の地域的・時間的分布にどのように影響を与えているかについての解析結果の報告がありました。続いて、SPACESHIFT の金本成生氏によって「SAR 衛星データを用いたタイプーピングによる洪水域のセグメンテーションと惑星科学への応用の可能性」に題して、実際の洪水による洪水面積の解析結果が実際の洪水とよく一致していること、これを用いて洪水監視に技術開発が可能であることが示されました。次に、鹿児島大学の野村也氏によって「月面水資源の自然環境制御と人工重力場の提案」に題して、月面および火星での人工重力場 (Lunar & Mars Glass) の提案がありました。最後に、

- 5 -

AquaNaut の豊永貴秋氏によって「The simulated moon environment scuba diving program "Space Diving"」に題して、実際に PADi で設定されたスペースダイビングのプログラムと利用機器、そして実際の運用の水深についての報告がありました。

17:15 からのポスターセッションでは、小澤昌弘氏による「シアバクテリアを用いた酸素生産バイオーム」、室積数直と崎原直樹を用いたバイオームの維持・監視モデルの検討」、清水海羽氏による「Research of Species Identification for the Establishment of "Core Ocean" in Space」、司見達彦氏による「初期の火星から考える海洋を有する惑星の形成に関する研究」、生田直也氏による「惑星進化モデルを用いた淡水域の地球環境進化の影響評価」、山形直亮氏による「宇宙移住のための三つのコアコンセプトとテラウィンドウズ概念の解説。そして小松淳平氏・山本貴徳氏による「低重力環境における淡水生態系システムの構築：火星での人類生存を支える基礎についての報告がありました。また、富田キナ氏による、合成膜ローターの水素分離への適用可能性についての発表がありました。

午中後半と後半の口頭発表を通じて、異なる多くの参加者に見られ、非常に広い範囲の議論がありました。さらに、ポスターセッションにおいても異分野の多くの参加者で賑わい、宇宙・地球と海洋・淡水をつなぐ新たな議論は新たな多岐の方向を見ました。

ポスターセッションには樹木育成学生チームも参加し、発表者の京都大学理学研究科修士 2 年三本貴貴氏の参加報告を以下では紹介します。(山形直亮 記)



- 6 -



2024 年 5 月 27 日に千葉県の幕張メッセで開催された日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2024 年大会にてポスター発表を行いました。発表セッションは「[M-1507] アストロバイオロジーで、発表タイトルは「Tree Growth under Low Pressure - Assumption on Mars and the Moon -」(「火星と月を想定した低圧下での樹木育成」) です。

アストロバイオロジーのセッションでは、惑星系の形成と進化、太陽系外惑星の表面環境とバイオシグネチャー、太陽系内の化学進化と地球化学、生命に必要な生体分子の起源、宇宙探査のための生命探査戦略など、様々な研究テーマでの成果が発表されていました。

植物の形態に関する研究はあきまじく、「ルビスコの反応」、「宇宙に於ける栄養素」、「火星や月面を模倣する際の環境条件」、「宇宙での木材利用や樹木育成への展望」など、様々な分野の視点から発表がなされました。

また、「樹木が 0.2 kPa 程度の環境に適応できること」に驚いた、「持続可能な宇宙居住に自身も取り組んで、ぜひ今後も研究を深めてほしい」、「樹木と宇宙の掛け合わせのイメージがなかったので新鮮で面白い」などの声も聞かれました。

質疑応答が多かったものは、1 年ほど前に、低圧下で成長特性 (バイオマス配分、LMA (Leaf Mass / Leaf Area)) が変化すること、「低圧の違いが成長特性に与える影響の違い」(宇宙で樹木育成や木材利用を行う意義)、「実験条件 (CO₂ や気圧) の設定理由」、「実験の今後の展望」などでした。これまでに樹木育成チーム内でも検討していた重要な課題でもあり、検討点での仮説も今後実験を改訂することで、データとして示していきたいと考えています。

発表内容の詳細につきましては、後日 Newsletter にて紹介させていただきます。今回の学会参加で得られた知見や経験をもとに、引き続き活動に尽力してまいります。(三本貴貴 記)

- 5 -

有人宇宙実習 オリエンテーション#1

5 月 11 日、有人宇宙実習の第 1 回オリエンテーションが開催されました。有人宇宙実習は、京都大学の少人数教育科目群である ILAS セミナーにて行われる、有人宇宙ミッションを模倣した体験学習です。[環境環境実習]・[宇宙森林実習]・[天体観測実習]・[模擬微小重力実験]・[宇宙無重力環境実験]の 5 種類の課題を 1 週間にわたって体験し、有人宇宙活動に関する包括的な知識と基礎知識を習得することを目的としています。

今年度は 8 月 18 日から 8 月 24 日まで京都大学南キャンパスと京都大学フィールド科学教育研究センター (戸生研究科) にて実施されます。参加学生は学部 1 年生 4 人、学部 2 年生 3 人、学部 3 年生 2 人の計 9 名の学生が参加します。

第 1 回オリエンテーションでは参加者同士の自己紹介を行い、なぜこの実習に参加したか、思ったことを発表しました。また、有人宇宙実習について、土井隆雄先生が説明しました。次回オリエンテーション以降では、3 人 1 組となりグループで活動します。実習当日まで、残り 3 回のオリエンテーションがあります。当日までに、組内でのチームワークを深めておいて、実習に万全に備え、実験を成功させるかになります。参加学生には有人宇宙実習を通して、人類が宇宙に展開する意義を自身の体験をもとに発信してもらいたいと考えています。(長谷真輝 記)



宇宙木材研究室学生メンバー紹介 【樹木育成チーム】

名前：三本 貴貴

学部・研究科：理学研究科 森林科学専攻

自己紹介：

樹木育成チームのリーダーを務めています。大学院の研究室でも宇宙での木材利用に向けて、真空や放射線等の宇宙環境下で木材が与える影響について研究しています。この Newsletter の編集人もあります。



- 6 -

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

これまで通りの活動が継続できるようにサポートしていきたいのと、論文や学会発表という形でこれまでの成果を発信していきたいです。根本的な生体・生態についてはまだ十分に理解が出来ていないので、さらに勉強していきたいです。

名前：天田 大地

学部・研究科：工学部 物理工学科マイクロエンジニアリング専攻

自己紹介：

宇宙木材という新しい研究に惹かれ、2022 年から所属しています。去年はとある研修でワシントン DC やインドネシアを訪問し、今年の秋からは休学してシアトルの研究室で生体機械工学の研究をする予定です。大抵の状況をアメリカ人に合わせるのが目標です。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

今年の 4 月から紅毛は生体と生態への参画が深くなっていきますが、データ解析や論文執筆、トラブル対応など研究室外からでも出来ることを頑張りたいです。506 が欲しいです。



名前：塩本 麻利 専攻メンバー 専攻

学部・研究科：農学部 森林科学科

自己紹介：

好きなことは散歩、木の観察、カエルを飼育すること、面白そうなことは全部やってみようという気持ち、体育会の部活 1 つとサークル 4 つに加入。睡眠時間を犠牲にして勉強時間の確保に努める日々を送っています。

宇宙木材研究室への参加動機：

国内緑化や森林セラピーに関心を持っていたことで森林科学科に入学。また他大学の入とて宇宙をテーマにしたプロジェクトを行っていることで、宇宙での樹木育成や宇宙緑化、宇宙緑化というテーマに関わりたくなったから。



【人工衛星チーム】

名前：野木 翔太郎

学部・研究科：工学部電気電子工学科

所属：学生チームリーダー(CDH 班)

自己紹介：

こんにちは！昨年度までは CDH 班のメンバーとして活動していましたが、今年度からは学生チームのリーダーとしてリーダーのサポートや全体のフォローを任されています。テレビ取材の時、たまに用事が入っていることが多く、あまりテレビに出られていないことが残念の極みです。もっとテレビに出たいです。



宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

LignoSat 1 号機打ち上げの目標が立ち、2 号機の開発がスタートしているので、順調に開発が進むように全体を見て、タスクの管理や意思決定などを頑張りたいです。

名前：内田 ころも

学部・研究科：工学部情報科学科数理工学コース

所属：CDH 班 班長

自己紹介：

はじめまして！今年度より CDH 班の班長を務めている内田ころもです。昨年度にこのプロジェクトメンバーになり、衛星全体のことを把握できるように頑張っていますが、まだまだ分からないことが多く……ピアノを弾くことが大好きで、机の引き出しには楽譜を隠しています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

自分の担当タスクの把握や、班のメンバーの進捗管理など、班長としての役目を全うしたいと思っています。個人的には、衛星全体のコードやシステムをひとつよく理解して操作できるように頑張りたいです。



名前：高橋 駿太

学部・研究科：理学研究科

所属：CDH 班

自己紹介：

はじめまして、CDH 班の班員駿太と申します。DeNA ベ이스タースのバトロンです。DeNA とはバレーボール No.1 選手の今永昇太を輩出した世界一の球団です。院生のため参加頻度は多くありませんがよろしくお付き合いします。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

主に貢献できるのはプログラミングのコーディングなので、2 号機でも一助になればと思っています。工学系の知識不足が否めないで努力します。



名前：河原 航

学部・研究科：工学部情報科学科

所属：CDH 班

自己紹介：

初めまして！CDH 班メンバーの河原航と申します。昨年度より本プロジェクトに参画していき、精一杯頑張らせていただいております。ゲームが本当に好きで、よく大会に出ています。一緒に出る人を随分しています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

自分の得意分野はプログラミングの部分なので、人工衛星のバグの解決や機能の拡張、並びにメンバーが動きやすくなるような下地を整えることができれば、と考えております。



第 2 回宇宙木材利用シンポジウム開催報告③

2024 年 3 月 21 日に京都大学総合ホールにて、第 2 回宇宙木材利用シンポジウムを開催しました。今月号は 3 回目の報告になります。

(1) 低圧下におけるポプラの成長量

京都大学総合人間学部 柚木 香乃

京都大学理学部 前田 拓人

1. 育成実験の概要

私たち学生チームが行っている樹木育成実験の概要を説明いたします。



図 1 樹木育成実験装置

図 1 は実験に用いている低圧下樹木育成実験装置 (LPTGEA) です。自作の円筒形のアクリルチャンパー 4 台の中に材料であるポプラ Populus alba の挿し木部を入れ、蓋をして密封状態にします。高圧ポンプをチャンパー外からパイプを通して供給しています。

チャンパー内の環境は以下のように調整しています。1 台は気圧を 1 気圧 (105 Pa)、他の 3 台は低圧 (0.75、0.5、0.3、0.2、0.1 気圧) に保ちます。低圧チャンパーには真空度計が設置されており、チャンパー外のパンプを使って減圧を維持しています。このチャンパーは実験室に設置されており、実験室の中の気圧はエアコンで 23°C から 25°C の範囲に保たれています。湿度は 50%前後、CO₂濃度は 500ppm 前後に制御しています。湿度や CO₂濃度を計測するセンサは大気圧での使用が想定されており、低圧動作は保証されていないので、実験前に校正を実施して 0.2 気圧程度までは正しく動作することを確認しています。チャンパー内のポプラにはチャンパー上から LED ランプで一定の光を照射します。14 時間はランプを出て、10 時間は暗けることで、1 日を再現しています。これらの実験環境の制御・記録にはマイクロコンピュータの Arduino を使っています。

実験中、定期的に 1 時間に 1 回高圧自動制御することにより生長を記録しています。この写真は実験後の根高解析にも使用します。また、学生メンバーが 1 日 1 回高圧の様子を観察し、樹高や根高、節の健康状態や実験環境を記録・報告しています。

2. 根高成長、バイオマス変化の解析

樹高成長の解析によると、0.2 気圧の低圧下では高圧との差はあまり目立ちませんが、0.1 気圧以下で下がる成長量が減少する傾向が観察されました。

育成実験前後のポプラのバイオマスの変化から成長量の増加割合を解析しました。低圧化での育成を根高とバイオマス(葉・幹)と地下部に分けてそれぞれ乾重と湿重を測定しました。比較対象となる実験前の乾重は測定することができないため、実際に用いる高圧と低圧の乾重について、根高と葉の重、および乾重と湿重を測定し、根高×直径×直径とバイオマス(乾重)との関係性を測定しました。この関係式を実験に使った後の実験前の樹高と直径を代入し、実験前のバイオマスを推定しました。

実験後の乾重 DWpost に対する実験前の推定乾重 DWpri の比が低圧、高圧それぞれについて求めます。そしてこの高圧における実験前後比に対する低圧における実験前後比の比、つまりは (DWpost/DWpri) / (DWpost/DWpri) (高圧) (低圧) を算出しました。この値が 1 に近いほど高圧との差が小さくないことを示しています。その結果、低圧環境はバイオマス増加量をわずかに減少させる傾向がみられました。今後はより多くのサンプルを蓄積して統計処理を行うことが求められます。

(2) 超小型木造人工衛星「LignoSat」の電源系開発

京都大学工学研究科電気工学専攻 加藤 千晶

3 月 21 日、第 2 回宇宙木材利用シンポジウムが開催されました。私は、EPS 班を代表して、「超小型木造人工衛星 LignoSat」の電力システムというタイトルで、主にこれまでの EPS 班の活動について発表しました。ここでは、その発表内容の一部を簡単に紹介させていただきます。(1) FM バッテリー製作では、商業運用に必要な電池の高圧と、FM バッテリーボックスの製作を行いました。(2) FM バッテリーボックスの検討では、衛星全体での消費電力が太陽光の発電量を超えないように、内部基板等と消費される電力量を見積もりました。(3) デバイスモジュールの製作・測定では、ストロークの長さや反力の大きさが JAXA の安全基準を満たすようなスイッチを選びました。(4) FM 太陽電池基板設置では、本装置と PCB 基板の接着方法の検討、接着剤・圧着力に関する試験を行いました。(5) バッテリーヒーターの熱解析では、バッテリーヒーターに異常が発生した時の、バッテリーの温度上昇に関する熱解析を行いました。シンポジウムでは、私の普段の活動外の、木材の宇宙事業実践版、微小重力下における樹木の育成に関する講演を聴くことができ、良い学びの場となりました。

1. 衛星の電源システムの開発

EPS 班は、衛星の電源システムの開発を担当しています。図 1 は、衛星の内部基板に関する図です。内部基板の中で、衛星の電源に関する部分は、OBC/EPS ボード、フロントアックスボード (FAB)、バッテリーです。OBC/EPS ボードは、衛星全体の信号処理を管理します。FAB は、衛星の電力を管理する役割をもち、高圧、過電流防止、逆電流防止の機能を持ちます。

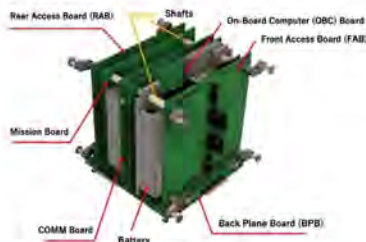


図 1. 衛星の内部基板

2. 衛星の電力の流れ

図 2 は、太陽光パネル及びバッテリー充電回路を示します。太陽光により発電された電力は、BPB、FAB ボードを経由し、その先の DCDC コンバータに 4.2 V の一定値に変換されます(太陽光パネルによって取り出される電圧は一定ではないため)。太陽光パネルで取られた電力はバッテリーに蓄積されます。また、OBC/EPS ボードの DCDC コンバータにより、衛星の各部分の電子や基板の稼働に必要な電圧に変換された後、衛星の各部分の電子や基板に送られます。

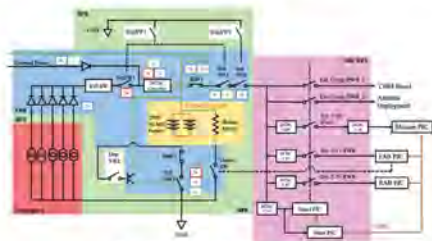


図 2. 太陽光パネル・バッテリー充電回路

3. これまでの活動

3.1 FM バッテリー製作

3.1.1. 衛星運用に必要な電池の選定

FM バッテリー製作では、まず、衛星運用に必要な電池を選ぶために、環境試験を実施しました。図 3 は、環境試験の試験手順です。



図 3. 環境試験の試験手順

環境試験では、図 3 に示す順番で充放電試験と振動試験及び高真空暴露試験(仮想的な宇宙環境要因)を行い、振動試験及び高真空暴露試験の前後で内部抵抗値と容量を測定しました。振動試験・高真空暴露試験の前後で電池の電気的特性に大きな差がない電池の中で、さらに特性がよく、内部抵抗が少なく、容量が大きい電池を選びました。

3.1.2. FM バッテリーボックス製作

FM バッテリーの電池選定後、FM バッテリーボックスを製作しました。バッテリーボックスは、温度センサ、バッテリーヒーターで構成されます。バッテリーボックスは、宙浮のためカブテンで覆いました。

3.1.3. バッテリーコネクタのリード線図製作

バッテリーコネクタのリード線図を製作しました。バッテリーのリード線は、FAB のバッテリーコネクタに接続されます。JAXA の安全基準に従うように、リード線の長さを決定しました。

3.2. パワーバジェット

パワーバジェットとは、衛星全体の消費電力量が、太陽光による発電量を超えないように、内部基板等で消費される電力を見積もることです。衛星の電力消費量の見積もりに、太陽光パネルが一枚故障した場合を仮定しました。その仮定のもと、内部基板やデータの送信で消費される最大電力を測定し、1 周あたりの各項目の最大消費電力などを計算しました。衛星で消費される電力の具体的な内訳は、OBC/EPS ボード及び FAB で消費される電力、CW 送信時に消費される電力、FM パッケージの地上ダウンリンク時に消費される電力、アンテナ展開時に消費される電力、MISSION ボードで消費される電力、Rear Access Board(RAB)で消費される電力、となります。

3.3. ディプロイメントスイッチの製作・選定

ディプロイメントスイッチは、衛星が ISS から放出されると同時に、衛星の電源を ON にするスイッチです。スイッチの選定では、可動スクロール測定と反力測定を行い、ストロークの長さ、スイッチを押した時に跳

ね返る力である、反力の大きさが JAXA の安全基準を満たすようなスイッチを選びました。

3.4. FM 太陽光基板接着

3.4.1. Printed Circuit Board (PCB) の本造構体への接着目標

本造構体は導電性を持たないため、太陽光パネルで発電された電力を構体の内部へ供給するには、Printed Circuit Board (PCB) を介して、太陽光パネルを構体に接着する必要があります。PCB 基板を構体に接着する時、従来の方法では、接着剤をはみ出さない量の面積を塗布して、PCB を上から貼り付けた時に、80~90 %の接着面積を目指していましたが、新しい接着方法では、PCB を接着する領域の 90 %に接着剤を塗布し、PCB を上から貼り付けた時に、100 %の接着面積を目指すことになりました。

3.4.2. せん断試験による PCB と本造構体の接着方法の検討

接着剤の検討

以下の 4 つの接着方法のうち、最も接着強度が高くなる接着方法を調べた結果、木材にプライマーを塗布し、RTV を木材に塗布したとき、最も接着強度が高いことがわかりました。

・宇宙用接着剤 RTV を塗布する面が PCB で、プライマーを塗布する/しない

・宇宙用接着剤 RTV を塗布する面が構体で、プライマーを塗布する/しない

※プライマー：接着面に凹凸を作り接着をしやすい役割

圧着力の検討

圧着時に異なる重さのおもりをのせた試験片でせん断試験を行い、圧着力とせん断力の関係性を導きました。この実験では、圧着力がそれぞれ、4.93 g/cm²、15.1 g/cm²、37.6 g/cm²、52.7 g/cm² の、4 つの異なる重さのおもりで圧着した試験体をそれぞれ 5 片、計 20 片用意しました。結果、圧着力は、接着強度にあまり影響を与えないことがわかりました。

3.5. バッテリーヒーターの熱解析

バッテリーヒーターのオン・オフを制御する MOSFET 素子が異常を起こした場合、バッテリーヒーターが稼働し続ける可能性があります。そのとき、バッテリーの温度はいつまで上昇するのか熱解析し、バッテリーヒーターの安全性を確認しました。熱解析には大気中における一次元熱伝導方式を使用しました。結果、バッテリー容量 4000 mAh をバッテリーヒーターに与える時、バッテリーヒーターの温度は約 37 °C に達することがわかりました。大気下においてバッテリーセルが異常を起こす 100 °C に近い温度になることはないと考えられます。

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター

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

〒606-8501 京都市左京区西本町 京大キャンパス本館内 新開研究 16 号館 208 号室

所属人：宇田木村研究室 三木義典、豊田悠大、山本剛大

Tel&Fax: 075-753-5129 Email: spaceworld@nu2.adm.kyoto-u.ac.jp

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter No.30

2024 年 6 月 1 日発行

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2024 年 7 月号 No.31

LignoSatフライトモデル JAXAへの納品が完了しました！

6月4日(火) LignoSatフライトモデルを無事にJAXAへ納品しました。当日は、佐賀林業の森、京都大学の教職員2名、学生チーム5名が引き渡しに立ち会いました。まずは、JAXA筑波宇宙センターのクルールームにてJAXAの主任検査官によって2時間ほどかけて最終検査が厳密に行われました。最終検査では特に慎重な検査もなく無事に合格し、責任者の方から引き渡し証をいただきました。現在、フライトモデルはJAXAからNASAへ送られるのを待っているところで、まもなく日本を出発し、9月下旬にアメリカフロリダ州のケネディ宇宙センターでスペースX社のロケットで打ち上げられる予定です。打ち上げの約1ヶ月後には国際宇宙ステーションから撮影が放出され、運用を開始する予定です。

宇宙木材研究室では秋からの本格的な運用開始に向けて、現在他の後輩からの電波を受信する練習に励んでいます。京都大学北部総合教育研究棟に設置されている管制室にて木造人工衛星からの電波の受信に備えて学生チーム全員が準備できるような日々を過ごしています。今後打ち上げ、運用開始まで木造人工衛星の新しい情報をお伝えしてまいりますので、どうぞご期待ください。これからも皆様のご支援をお願い致します。(佐藤哲子 記)



- 1 -

有人宇宙学実習 オリエンテーション#2

6月8日、京都大学の少人数教育科目「LACS」セミナーである有人宇宙学実習のオリエンテーション#2が実施されました。

今回のオリエンテーションでは9人の参加者を3人ずつ3組に分け、実習科目を共同で実習するメンバーを決定しました。有人宇宙学実習では【天体観測実習】・【宇宙森林実習】・【天体観測実習】・【天体観測実習】・【天体観測実習】の5種類の課題を1組あたり2組に分けて実施しますが、それぞれが同時に全実習に渡って進行するので、チームで役割分担しながら効率よく課題をこなすことが必要となります。そのため、参加者のチームワークや自己管理能力といった有人宇宙活動に必要な技能を養うこともこの実習の目的です。

オリエンテーションでは各組から1人調整役となるリーダーを選出し、さらに毎組の3人それぞれが宇宙森林実習と天体観測実習、天体観測実習、天体観測実習、天体観測実習のうちの課題の責任者となるかを決定しました。各メンバーは自身の役割に対して、締切期にすべての課題を終えらるよう責任を持つこととなります。

また、今回各組は国際宇宙実習、国際宇宙実習、国際宇宙実習のうちそれぞれが1つのハンズオンを受けました。これらの課題や実験結果、実習の資料や日記など、実習と学ぶすべての事は参加者各々に選定された「クルーノートブック」に記入していくことになります。これは実際の宇宙ミッションでも飛行士1人ごとに選定されるもので、オリエンテーション中にすべての準備を完成させ、実習を行いながら結果や学びなどを記入し、自らの手で完成させていくものとなっています。この実習の最終的な目標はクルーノートブックの完成であり、参加者が有人宇宙学で学んだ全ての事がその中に集約されていくということになります。(山本晴夫 記)



- 2 -

宇宙木材研究室学生メンバー紹介 【樹木育成チーム】

名前: 豊西 悠大

学部・研究科: 農学部森林科学科

自己紹介:

幼い頃から生物と宇宙が好きで、新入生の頃に学部の先生にこの研究室を紹介していただいた時に迷わず入ると決めた。現在は学部4年生で白色腐朽菌の菌糸体形成の研究をしています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと:

今までの研究室の活動で培ってきた技術などを生かし、少しでもメンバーをサポートできるような立場になればいいと思っています。また今まで行ってきた実験のデータをまとめ、一つの形にできればいいなと考えています。



名前: 原口 航紀

学部・研究科: 人間・環境学研究院 人間・環境学専攻

自己紹介:

最初は運動部という分野で、月の重力下でどのように運動が上手くなるかについて研究しています。他の分野の宇宙研究にも携わりたいと思い、樹木育成チームに参加しています。特技(趣味)ではないですが楽器を弾くことで、周りはクラウディングに出場しています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと:

- ① 新卒以降、(おもしろ)経験を自分で書けるようになる
- ② 宇宙へのお出掛け。(for ポプラの赤ちゃん)



名前: 出口 瑞海 幸メンバー 幸

学部・研究科: 理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻

自己紹介:

初めまして！出口瑞海と申します！最初は宇宙の謎を解き明かすべく日夜研究に励んでいました。興味はサッカーとサイクリングで、最近バグパイプの練習も始めました。とても難しいですが、ケルトの雰囲気なども良く出るので気に入っています。まだ何も知らない初心者ですが、よろしくお願ひします！

宇宙木材研究室への参加動機:

保護者、宇宙に対してサイエンスだけでなく、あらゆる観点から興味を持っていて、有人宇宙活動もその興味の一つなので参加させてください。特に、宇宙での樹木育成は長期的な宇宙開発の視点で必ず必要になると思われるため、強い興味を持っています。



- 3 -

【LignoSat チーム EPS 班】

名前: 岡本 晴樹

学部・研究科: 工学部物理工学科宇宙基礎工学コース

自己紹介:

こんにちは！昨年度よりEPS班班長を務めています。1号機の開発ではおかげさまで1号機に多くのお力添えをいただきました。ついにこの宇宙木材研究室学生チームの機というわけです。

なんとメディア関係でLignoSatの宣伝もしています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと:

昨年度の1号機開発の経験でEPSの機に多くのお力添えをいただきました。2号機開発からは機体のサポートに協力しつつ、新しくプログラミングにも手を伸ばしたいと思っています。



名前: 原田 恵人

学部・研究科: 工学部物理工学科機械システム工学コース

自己紹介:

こんにちは。EPSの原田です。昨年度の頃からこの研究室で活動しています。ガンダムやSTARWARSに夢中な宇宙ファンにも興味があります。普段はこの研究室での活動とテニス(サークル)と勉強で忙しんでいます。まあ、良いです。趣味は音楽鑑賞とアウトドアアクティビティ全般です。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと:

強い気持ちで、「宇宙を目指す」ことです。



名前: 小林 武司

学部・研究科: 工学部物理工学科宇宙基礎工学コース

自己紹介:

はじめまして！EPS班の小林武司と申します。昨年度の秋より本プロジェクトに参加し、1号機では太陽光発電で少しだけ関わらせていただきました。テニスのサークルに所属していて、夏の大会に向けて練習中。暑くても頑張っています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと:

2号機では担当の太陽光発電関連を中心に、EPS班の仕事を分担してLignoSatに貢献できればいいと思います。



- 4 -

名前：加藤 千晶
学部・研究科：工学部理工学専攻
自己紹介：

昨年度よりEPS 局のメンバーとなりました。加藤千晶です。宇宙開発のことが好きで、大学院の研究では観測ロケット実験に関わっています。また、サークルではゲーム音楽や映画音楽を制作しています。

宇宙人材研究室で頑張りたいこと：

昨年度はシンポジウムのポスター作成指導を助言の中で、各仕事の基礎的な部分を勉強していました。2 号機からは主体となって開発に取り組みたいです。電源システムの開発を通して回路基板のエキスパートになれるよう頑張ります。



名前：前 野天 希 新メンバー 希
学部・研究科：工学部理工学専攻

自己紹介：

はじめまして！EPS 局新メンバーの前野天と申します。飛行機が好きで、よく飛行機の写真を撮りに行きます。一度ロケットの打ち上げを観たいと思います。よろしくおねがいします！

宇宙人材研究室への参加動機：

ビラで宇宙人材研究室の存在を知り、本を使って人工衛星を作ることに関心を持ちました。近いところから宇宙に関われるので、将来宇宙開発に関わりたいと考えて、このプロジェクトに参加しました。



名前：小山 悠平 希 新メンバー 希
学部・研究科：工学部理工学専攻

自己紹介：

初めまして。今年度より参加した小山悠平です。高校ではフィールドホッケーというスポーツをしていました。そのぐらいは分かりますが、競技は競技に慣れていません。

宇宙人材研究室への参加動機：

受験生の時に英語の勉強として見ていたアメリカのニュース番組で、京都大学で宇宙の人工衛星を開発していることを知り、興味を持ちました。近いところから宇宙開発に関わりたいと考えて、このプロジェクトに参加しました。



第2回宇宙人材利用シンポジウム開催報告④

2024 年 3 月 21 日に京都大学豊田ホールにて、第2回宇宙人材利用シンポジウムを開催しました。今月号は4 回の報告になります。

④

(1) 低圧下におけるポプラの成長特性

京都大学農学研究科 遠藤早緒里・三本勇貴

1. 低圧下での植物の成長特性に関する研究のレビュー

植物は根・茎・葉の器官を有していますが、それらに対するバイオマス配分は種によって、あるいは環境の制約によって異なります^[1]。今回のポプラの育成実験では主に、LMA (Leaf Mass per Area, 葉質量/葉面積) と T/R 比 (Top/Root Ratio: 地上部/地下部質量比) に着目して、低圧下の成長特性について測定を行いました。LMA は葉における生産量と構造 (強靱性、持続) のバランスを示す指標であり、LMA が大きいほど葉は丈夫になり、LMA が小さいほど生産量の増加に重点を置いていることになります。木本植物だけでなく草本植物も含めた、メタアナリシスの結果^[2]では乾燥状態になるほど LMA が増加する傾向がみられています。T/R 比は地上部 (応水化物の生産) と地下部 (水、養分、養分の吸収) のバランスを示す指標であり、樹木においては水ストレスを受ける (乾死状態になる) と、低下 (R が増加) します^[3]。

低圧下における樹木育成を行った例はほとんどない^[4]ですが、CELLS (Controlled Ecological Life Support System, 閉鎖生態系維持システム) における食物栽培を目的とした実験例^[5]は1/10 未満であり、これらの低圧下での成長特性が調べられています。これらの実験結果をまとめたものを表1に示します。実験条件が同じではないことも考慮する必要がありますが、低圧下における植物の成長特性は、地上部と地下部と異なる傾向が考えられます。したがって、木本植物においても、低圧下における成長特性を調べる必要がありそうです。

表1 低圧下における草本植物の成長特性変化の例

植物	気圧	LMA	T/R 比
トウモロコシ	0.4	(+)	—
オウゴンソウ	0.5	—	—
ヒメスズメ	0.5	—	—

(+) : 増加, (—) : 減少

2. 低圧利用樹木育成実験における成長特性評価

2.1. 葉の成長特性

本実験における LMA 測定は低圧条件ごとに比較した結果が図1です。葉序 (各葉が供給される下から何番目かという値) が小さいほど形成から時間が経った (古い) 葉を指します。図1では、葉序の2番目に対しては低圧環境に、古い方の葉ほど LMA が小さく (葉が広がって薄く) なる傾向がみられるが、低圧条件では葉序条件よりも全体的に LMA が大きく葉が分厚い、広がっていない状態であることが分かります。これらの結果から、低圧条件が葉の成長速度に影響を及ぼす可能性があると推察されます。

特に 0.5 気圧、0.3 気圧実験ともに古い葉ほど低圧と常圧の LMA の差が小さいことから、葉の成熟に伴って LMA に及ぼす低圧の影響が小さくなると考えられます。表1の草本の低圧下育成実験における結果と比較すると、低圧状態で LMA が大きいという結果は草本、あるいはポプラに特有である可能性がありそうです。

図1 各葉序における低圧の2 条件に対する LMA

④

2.2. 同化産物の分配

実験の結果、T/R 比 (地上部と地下部の乾重質量比) については気圧による一定の傾向はあっても、同化産物 (同化に利用される部分、つまり葉) と非同化産物の比を気圧ごとに比較すると、ほとんどの低圧条件下で育成個体でコントロールよりも同化産物の割合が大きくなる傾向がみられることが分かった。つまり、低圧条件下で地下部以外の同化産物、つまり幹へのバイオマス配分比率が大きくなることに何らかの影響を及ぼしていると考えられます。幹のうち特に二次細胞が形成する部分は木本に特有であり、この影響についても草本植物ではみられないものである可能性がありそうです。

以上のように本実験から低圧条件が葉の成長特性および同化産物の分配にある影響を及ぼしていることが示唆されましたが、これらの影響が生じる機序についてはより詳細な調査を必要とします。

引用文献

- [1] Poorter, H. et al. (2012) Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytol.* 193(1), 30–50.
- [2] Poorter, H. P. et al. (2009) Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA) : a meta-analysis. *New Phytol.* 182: 565–588
- [3] Mokany, K. et al. (2006) Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Glob. Chang. Biol.* 12(1), 84–96.
- [4] Nagatomo, M. (2005) Experimental study on growth of young trees under the pressure of one tenth of earth atmosphere. *J. Space Tech. Sci.* 21(2), 2,11–2,26.
- [5] Daunrich, J. J. & Brinkjens, H. J. (1992) Gas exchange and growth of plants under reduced air pressure. *Adv. Space Res.* 12, 107–114.
- [6] Goto, E. et al. (1995) Effect of reduced total air pressure on spinach growth. *J. Agri. Meteorol.* 51, 139–143.
- [7] Tang, Y. et al. (2010) Effects of long-term low atmospheric pressure on gas exchange and growth of lettuce. *Adv. Space Res.* 46, 751–760.

(2) 超小型木造人工衛星 LignoSat の通信システム

京都大学工学部理工学専攻 小泉旺平

1. 地上局・衛星の通信システム

1.1 通信方法の種類

LignoSat は UHF 帯の電波を用いて地上とのコマンド送受信を行う。コマンドの送受信には、FM パケット通信と CW (モールス信号) の2種類が用いられる。衛星から地上局に対しては FM パケット通信と CW の両方を用いて通信を行い、地上局から衛星に対しては FM パケット通信のみを用いて通信を行う。

図1 衛星通信の仕組み

④

[衛星→地上局] FM パケット通信, CW (モールス信号)
[地上局→衛星] FM パケット通信

1.2 地上局

京都大学内にはアンテナを備えた地上局が設置されている。地上局がある建物の屋上には、図2に示すアンテナが設置されている。室内には、図3に示す地上局設備が備えられている。アンテナと無線機 IC-9100 は同軸ケーブルで繋がっており、受信した信号は TNC を介して PC 内の地上局アプリに反映されている。

また、衛星通信を行うにはアンテナを衛星の方向に向ける必要がある。アメリカの機関「ナサ」は地球測位のあらゆる衛星等の軌道情報を公開している。この衛星の軌道情報をもとに衛星を追尾する。地上局はアンテナを制御している。

衛星は地上局に対して相対速度を持つので、それによる電波のドップラー効果も考慮して通信を行う。



図2 地上局のアンテナ



図3 地上局の様子

1.3 衛星

LignoSat は衛星外部に1つのダイポールアンテナを備えており、このアンテナを通じて地上局と通信を行う。衛星の運用が開始するまではダイポールアンテナは折りたたまれており、発射後宇宙空間に放出された後に上記の電波を送信することによってアンテナを展開する。図4はダイポールアンテナが展開された衛星の一面であり、この裏の内部には図5に示すアンテナボードが取り付けられている。アンテナとアンテナボードは両端に接続されており、アンテナを送信するデータはアンテナボードを介して処理される。



図4 LignoSat のアンテナ板 (アンテナ展開状態)



図5 アンテナボード

2. アマチュアミッション

2.1 アマチュアミッションの目的

LignoSat はアマチュア無線家が使用する周波数帯域を使用して通信を行うため、アマチュア無線家に開かれたミッションを研究ミッションと併せて行う。

④

2.2 アマチュアミッション①

アマチュア無線機から FM パケットを受け取り、受信した信号として相手のコールサインを CW で返送する。上記の通信は送受信と共に同じ周波数の電波で行う。一般的に衛星通信は、送信と受信で周波数を変えることで送信を行っている。しかし、LignoSat は一つの周波数のみ割り当てられているので、送受信を同一周波数で行う。本ミッションは、送受信を同一周波数で行っても上手くやり取りができるかという技術的な挑戦の一面も持っている。



図6 アマチュアミッション①の概略図

2.3 アマチュアミッション②

アマチュアミッション①で衛星が受け取ったアマチュア無線機のコールサインを衛星に一時保存した後、地上局に送信して LignoSat のホームページに掲載する。

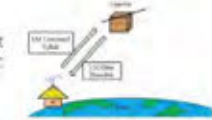


図7 アマチュアミッション②の概略図

3. 木材の特性

ノットが公算する衛星の軌道情報と解析することで、衛星の軌道を知ることができる。我々はフレイムン大学が開発した MAYA 衛星の軌道を解析し、その解析結果は同様のものになった。

衛星の運用開始と高度の変化から、各衛星の性能を評価することができる。LignoSat の場合、宇宙空間における木材の影響が衛星の高度の変化に影響を及ぼすことが示唆された。



図8 MAYA 衛星の軌道解析結果

4. パッチアンテナ

4.1 パッチアンテナの概要

LignoSat の大きな特徴は木造人工衛星ということである。木材は電磁波を透過しやすいという特徴から、衛星のアンテナを木造機体内部に設置しても通信が可能であると考えられる。LignoSat 2 号機では、木造機体内部に板状のアンテナ「パッチアンテナ」を設置し、パッチアンテナを用いた通信を試みる。

人口衛星でパッチアンテナを用いるメリットは 2 点ある。1 点目はアンテナを宇宙空間で展開する必要がない点である。実際、多くの人工衛星はアンテナの展開不良により運用が阻害されてしまう。そのためアンテナ展開作業が不要であることは、信頼性を高める上で非常に好ましい。2 点目はアンテナと内部基盤との電気的導通が容易である点である。アンテナが衛星外部に設置する場合、衛星内部の基盤とアンテナを導通するために工夫が必要である一方、アンテナを衛星内部に設置できる場合、他の基盤と直接導通することが可能である。

人口衛星でパッチアンテナを用いるデメリットは、衛星の姿勢制御が必要になる点である。パッチアンテナは、放出する電波に指向性が高く、地球側に放たれる電波を強くするにはアンテナを地球側に向ける必要がある。そのため衛星自体の姿勢制御ができるかどうかは通信精度に大きく影響してしまう。

必要がある。そのため衛星自体の姿勢制御ができるかどうかは通信精度に大きく影響してしまう。

4.2 パッチアンテナ基礎実験①

パッチアンテナの研究を進めるにあたり、最初に木材をのせた時のパッチアンテナのスペクトルを測定した。スペクトルの測定結果から、木材が通信に与える影響を評価した。測定結果は同様のようになった。

この結果から、アンテナ側に木材をのせても通信には大きく影響しないことが明らかになった。これは木造機体内部にパッチアンテナを設置できることを示している。



図9 スペクトル測定結果

4.3 パッチアンテナ基礎実験②

基礎実験①の結果から、通信に対する木材のより正確な影響を測定するために基礎実験②を行った。本実験では、「木材の厚さ」「木材とパッチアンテナの距離」の二つの変数を変えながら、通信精度に与える測定を行った。測定の結果、木材とパッチアンテナが密着する場合に、通信への悪影響が見られた。そのため、LignoSat 2 号機は木造機体内にパッチアンテナを設置しないように設計することになった。



図10 電波電圧における測定の様子

5. 最後に「木材と宇宙通信の展望」

LignoSat は世界初の木造人工衛星として木材が宇宙利用に果たす可能性を提示する。その中で我々 COM4 組のパッチアンテナの開発にもたらした可能性について考える。従来の月や火星に木材が運ばれた時のことを想像しよう。木材は内部にパッチアンテナを設置した場合、パッチアンテナは住居外部の砂による物理的損傷から守られる。またアンテナを交換する必要がある場合、人間は宇宙空間に暴露されることなく、住居内でアンテナの交換作業を行うことができる。これによりパッチアンテナと木材の組み合わせを通じて、今後の宇宙通信に新たな可能性を！

京都大学 SIC 有人宇宙学研究中心
<https://space.innovationkyoto.org/>

〒606-8501 京都市左京区西木戸 内閣府宇宙政策推進本部宇宙政策研究・IS 号館 208 号室

連絡人：宇田木村研究室 三木真央、豊西悠太、山本健太

Tel: 075-753-5129 Email: spacewood@ma2.adn.kyoto-u.ac.jp

SaC 有人宇宙学研究中心 NewsLetter No.31

2024 年 7 月 1 日発行

10

より簡単に楽しみを持つことができました。植物にあまり詳しくない方でも十分楽しめるので、興味のある方はぜひ、京都府立植物園に足を運んでみてほしい。
(鈴木西乃 記)



実施予告：現代の教養講座 -宇宙移住に向けた社会構築-

宇宙移住を想定した最先端の研究成果や企業活動について、様々な分野の専門家の方々に語っていただく「現代の教養講座」2024年度は「宇宙移住に向けた社会構築」をテーマに、科学、産業、ビジネス、法、あらゆる観点から宇宙移住に向けた最先端の研究・取組のみにあらずに学ぶことができるコンテンツとなっております。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の紹介・解説・議論をします。講師には、大学、ビジネス界、宇宙航空研究機構の第一線で活躍されている方々に登壇いただきます。文系・理系を問わず、どなたでも楽しく学べる講座となっております。(佐藤 記)

<講座概要>

講 題 名：現代の教養講座-宇宙移住に向けた社会構築- (全5コマ)
開講日時：2024/10/3 (木) ~11/14 (木) 18:30~20:00
受講方法：オンライン (Zoom)
※講義終了後、受講者に限定して、質疑応答セッションのご案内を差し上げます。
受 講 料：5,000 円 (税込)

<プログラム>

第1回 2024年10月3日 (木)
講 師：山崎 雅亮
(京都大学大学院総合生命科学研究科、京都大学 SIC 有人宇宙研究センター長)
テーマ：宇宙移住に向けたコアシステムの要件 (Ⅱ)
宇宙社会を構築するにあたって、宇宙において起こるさまざまな危機的事態を検討し、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します。

第2回 2024年10月17日 (木)
講 師：橋本 芳文 (宇宙航空研究開発機構 名誉教授)

- 3 -

テーマ：月に持続的な社会をつくる…

人類の宇宙進出について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」といふべき集団を作り運営することも考えます。有人宇宙活動を実施するための技術の話題にとどまらず、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々の影響および文化人類学的な観点などをあわせ、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。

第3回 2024年10月24日 (木)
講 師：森 裕和
(宇宙ビジネスコンサルタント、Blue Abyss Cofounder and VP of Business Development)
テーマ：民間が本格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時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ます。世界中で数社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共同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します。

第4回 2024年11月7日 (木)
講 師：青木 節子 (慶応義塾大学 大学院法政研究科 教授)
テーマ：宇宙移住に向けた国際宇宙法
人間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味などについて学びます。

第5回 2024年11月14日 (木)
講 師：足立 雅昭 (京都大学霊長類研究所 准教授)
テーマ：ここへの進化と宇宙
ヒトは地球上に存在する数億万種のうちの一種で、その身体や心の働きは35億年の生物進化の歴史の中で形ができてきたのです。そこには進化の歴史があるとともに、生物学的な制約も課せられていきます。本講義では、ヒトという種を生物学的にとらえ直し、その心の働きを進化を探ることで、宇宙環境に生きるヒトを考えます。

<お申し込みはこちらから>
<https://www.consortium.or.jp/project/sg/requirement>
申込締切：2024年9月12日 (木) まで

- 6 -

前期授業実施予定

(1) ILAS セミナー：有人宇宙学実習

短期宇宙ミッションを模した ILAS セミナー：有人宇宙学実習を8月18日 (日) から25日 (土) まで実施する予定です。昨年から始まった宇宙森林実習を今年も京都大学野生研究科で19日 (月) と20日 (火) に行います。宇宙森林実習は地上の森林の役割を学ぶことによって、人類の宇宙進出に樹木・森林を役立てようとする取り組みです。(土井雅雄 記)

有人宇宙学実習 2024年8月18日

日	時間	内容	講師
8/18 (日)	10:00-12:00	宇宙森林実習 (1)	土井雅雄
8/18 (日)	13:00-15:00	宇宙森林実習 (2)	土井雅雄
8/18 (日)	16:00-18:00	宇宙森林実習 (3)	土井雅雄
8/19 (月)	10:00-12:00	宇宙森林実習 (4)	土井雅雄
8/19 (月)	13:00-15:00	宇宙森林実習 (5)	土井雅雄
8/19 (月)	16:00-18:00	宇宙森林実習 (6)	土井雅雄
8/20 (火)	10:00-12:00	宇宙森林実習 (7)	土井雅雄
8/20 (火)	13:00-15:00	宇宙森林実習 (8)	土井雅雄
8/20 (火)	16:00-18:00	宇宙森林実習 (9)	土井雅雄

宇宙木材研究室学生メンバー紹介 [樹木育成チーム]

名前：中村 拓海
学部・研究科：農学部森林科学科
自己紹介：

現在は卒業研究に取り組んでいて、土地改良剤が実生の生育や土壌性質に与える影響をテーマにしています。1 年生前期で受けた学部の授業でこのプロジェクトの存在を知り、参加しました。趣味は語学学習で、英語だけでなく中国語・フランス語・タイ語も少しは勉強しています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

一昨年までは樹木進化の解析を主にこなしていましたが、以来長らく携わっていませんでした。今年度は新メンバーとの交流の機会を増やしつつ、解析をリポートしていきたいと思っています！



- 7 -

名前：吉川 真帆
学部・研究科：農学部農産物生産科学科植物生産科学コース
自己紹介：

植物コースといっても範囲は幅広く、穀物、野菜、果物、花など色々あります。夏休みの農業実習が楽しみです。四字を小 1 の頃から話していますが、普段書く字はなかなかです。最近はスペイン語、ベトナム語、ドイツ語も勉強しています。防犯や保護など、いろいろなボランティア活動に参加しています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：
既に忙しいので無理のない範囲でやることと覚悟ができています。ただ、観察記録に必要な装置の動き方には最低限の理解が留まっているので基本から理解できるようにしたいと思っています。専門内でも外でも、何から知識が得られれば良いです。

名前：佐藤 碧
学部・研究科：理学部 生物系
自己紹介：

学部では生物系ですが、物理と数学も大好きです。専門分野は数値生物学で、最近ではタケの生態について考えています。バレーボールと筋トレが趣味で休日は読書を楽しんでいます。自然と学問と体を動かすことが大好きな 2 年生です。

宇宙木材研究室への参加動機：
私の専門である生物学では実験の確実性を重視するのでも「もしも」はあまり考えません。しかしわたしはその「もしも」が気になってしまふ性格なので、宇宙での木の成長に興味を持ちました。私の大好きな「生き物誌」宇宙というビッグが関与した研究領域に惹かれて、予備のつかない結果を求め、この研究室に参加させていただきたいです。



[人工衛星チーム COMM 班]

名前：小泉 せ平
学部・研究科：工学部 物理工学科
自己紹介：

2024年6月から COMM 班班長になりました。小泉せ平です。去年5月から LignoSat 学生チームに所属しています。私は知れ渡りながら乗り物やロボットに関心がありました。数年前に米軍のスカイライン映像 TOP GUN を観てから、航空機への関心が高まっています。趣味はサイクリングにもなっています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：
新たな COMM 班班長として、LignoSat 班の全体像を固めながら、COMM 班のタスク管理を正確に行いたい。2. 号機ではパッチアンテナの開発を行うので、木材利用の明らかなメリットを示せるように頑張りたいです。



- 8 -

名前：野間 隆高 (のまたかひろ)
学部・研究科：医学部人間健康科学科

自己紹介：

JAXA への LignoSat 引き渡しを機に帰国を諦め、無断は利用で帰国を中止しています。少しずつ平日が登って春を現す利尻富士を背景ながらオキアミにまみれて奮闘を干した後の朝に朝に美味いです。今、ウメコがたくさん売ってあるので明日は雨です。なにかのような。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

2 号機で検討しているパチアンテナの木造構体内への組み込みは超小型衛星の通信をはじめ今後の宇宙通信において大変重要で、何よりも面白いと思っています。1 号機の反響をききつつ、みんなでワクワクする通信系をつくらせてほしいです。

名前：桑原 悠輝
学部・研究科：工学部物理工学科

自己紹介：

1 年生の 4 月からここに入りついで 4 年生となりました。これまで研究室の集合写真撮影のタイミングでここへいなかったのが悲しい。夜中に研究室に来て乗りかえの足音をきいてもらって。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

一号機の手探り状態からなんとか打ち上げまで乗りこえた経験も次世代にしっかり伝えていきたい。

名前：河野 尚典
学部・研究科：農学研究科 応用生命科学専攻

自己紹介：

昨年度から参加し、1 号機の開発では無断の免許手続等に携わらせていただきました。大学院では農学を専攻しており、微生物の培養を用いた、物質の発酵生産について研究しています。趣味で楽器（ユーフォニウム）やアマチュア無線をやっています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

私はまだ人工衛星開発についての知識・技術が浅いので、より深く活動に参加したいと思っています。同じ仲間が持っていることもより理解できていないので、今後学んでいきたいです。



名前：阿戸 崇
学部・研究科：工学研究科

自己紹介：

このプロジェクトに参加して 4 年になりました。アンテナ基盤設計、両波導中継、地上局セットアップと色々なことを経験させてもらいました。あまり京都にいないですが、どこにいても、僕は Lignosat のことを想っています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

今はアマチュア無線関係の研究に関わっています。Lignosat を世界中の人が観測してもらえるように引き続き頑張ります。

名前：西見 俊輝
学部・研究科：工学部電気電子工学科

自己紹介：

昨年度より COMM 研のメンバーとして活動しており、主に電波と通信を行う地上局のソフトウェア開発を担当しています。音楽とコンピュータ、ネットワークが好きです。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

学生メンバーのみんなと力を合わせて、信頼性の高い通信システムを実現できるよう頑張りたいと思います。個人的には、より使いやすいソフトウェア・保守性の高いコードを書く力を磨きたいです。

名前：滝口 航矢
学部・研究科：工学部 物理工学科

自己紹介：

今年から新しく入り込んだ工学部物理工学科 2 年生の滝口航矢です。好きなことは読書すること、自然に入りの場所は山と奈良です。よろしくお願ひします。

宇宙木材研究室への参加動機：

自身は将来、ロボットや人工衛星を作る仕事につきたい。大学生のうちから人工衛星に関われる場所を探していると宇宙木材研究室に出会うことができたので参加を希望しました。

名前：谷口 誠治
学部・研究科：工学部 地球工学科

自己紹介：

今年から新しく入り込んだ、工学部地球工学科の谷口誠治です。音楽を聴くのと読書をするのが好きです。

宇宙木材研究室への参加動機：

将来、宇宙関係の仕事をしたという気持ちで、最近になってまた出てきてお



り、機材ポスターを懸けて、いい場所を確保して入りました。

第 2 回宇宙木材利用シンポジウム開催報告⑤

2024 年 3 月 21 日に京都大学豊山ホールにて、第 2 回宇宙木材利用シンポジウムを開催しました。今年度は 5 回分の報告になります。

超小型木造人工衛星 LignoSat のミッション系開発 京都大学農学部森林科学科 豊西悟大

1. LignoSat ミッションの全体像

1.1 ミッションの種類

LignoSat はミッションとして木造構体内のひずみと温度の経時的測定と地磁気測定、独自の双方向アマチュア無線運用サービスの構築、人工衛星内部の Single Event Upset のカウントが期待される。今回は木造構体内のひずみと温度の経時的測定と地磁気測定について述べていく。

2. 各ミッションの意義と進捗状況

2.1 ひずみ測定ミッション

LignoSat では木造構体内にひずみゲージを貼り付け、90 秒に 1 回ひずみ測定を行い、測定と伝送を行うことによって宇宙空間における熱膨張率を測定する。その際に使用するセンサーであるひずみゲージは木造構体内に接合時に貼り付けられる。ひずみゲージが運用時にははがれてしまうため衛星システムに重大な影響を及ぼし、信頼な強度評価が必要である。そこで我々はひずみゲージの接着強度を高め、ひずみゲージと木造構体の接合を信頼的に評価した。評価の条件として宇宙環境における温度と真空条件、それに打ち上げの際に考えられる振動についてもリストアップした。それぞれの条件に図 1 のようなひずみゲージ貼り付けリソールを貼り、接着状況を評価した。高低温条件では試験を -40℃～60℃ の温度環境に曝し、真空条件では 10^{-5} Pa にひずみゲージ貼り付け材料を 72 時間曝露したが、それに加えては 10^{-1} Pa に試験を 18 ヶ月曝露中である。また振動条件については Structure Thermal Model (STM) 構体内にひずみゲージを貼り付け打ち上げ時にかかる振動よりも大きい振動を加えた。いずれの条件においてもひずみゲージの剥離などは認められず、貼り付け性能が証明されたといえる。またこれらの試験と並行して高低温条件ではひずみゲージの測定性能も評価した。温度を -40℃～60℃ で変化させ、それに伴って木材のひずみ変化を LignoSat のエンジニアリングモデル (LS-EM) とひずみ測定アンプである TDS-150 を用いて行った。その結果は図 2 のようになり、熱膨



図 1 ひずみゲージ貼り付け材料

膨率(曲率)は二者で大きな差はなかった。

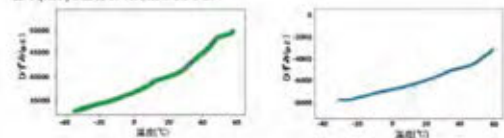


図 2 温度とひずみの関係

こうした試験を終え、我々はフライトモデルにひずみゲージを搭載し、9 月の打ち上げに向けてひずみ測定系を完成させた(図 3)。



図 3 FM でのひずみゲージ

2.2 温度測定ミッション

木材の熱膨張率を測定するために、ひずみ測定面において、木造構体表面温度を計測し、電圧内部の温度分布とその時間変化をモニタリングする。これらについてもフライトモデルへの貼り付けが完了した(図 4)。



図 4 FM の温度センサー

2.3 地磁気測定ミッション

アルミ機体と異なり、木造機体は地磁気の透過率を考えると内部での地磁気測定が行いやすいと予測できるため、内部基盤に地磁気センサを搭載している。その地磁気センサを運用に向けて試験を行った。一つの実験として地磁気センサに同一の磁場をかけ続け、値のブレの程度を調べた。時間変化によるブレは実際にかけた磁場の大きさの±1%未満であり、当地磁気差は小さいと記憶付けた(図5)。

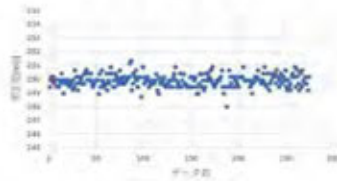


図5 地磁気センサの測定誤差

続いて磁場の強度と向きを変化させた際の測定値の変化を評価した。その結果実際にかけた磁場と同等しく測定値が変化した(図6)。

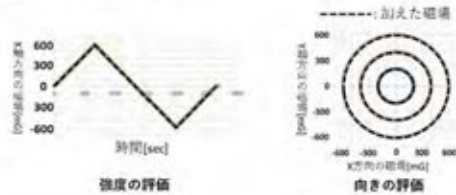


図6 地磁気センサの精度評価

最後に衛星全体のシステムを起動させ、地磁気測定に与えるノイズの影響を調べた。その結果図7のようにノイズも安定しており、問題ないと考えられる。

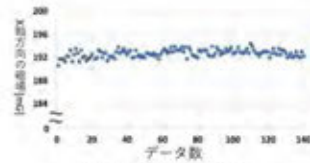


図7 LignoSatによるノイズ評価

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター
<https://space.innovationkyoto.org/>
 〒606-8501 京都市上京区大石4番 西宮キャンパス4号棟7F 総合研究 10号室 208号室
 連絡人：宇宮本研次郎 二本眞貴、若西志大、山本悠大
 Tel: 075-753-5129 Email: spacevooot@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp
 SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter No.32
 2024年8月1日発行

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2024 年 9 月号 No.33

有人宇宙サミット2024 開催報告

2024年8月3日、東京大学理学部INOLABにおいて、有人宇宙サミット2024と題して、ECLSS Lab主催の講演会が開催されました。最初に主催の浅見大聖氏（Amateras Space株式会社代表）と藤田氏（東京大学大学院・ナノシステム工学）がアメリカでの国際宇宙学会ICESおよびMIT、CalTech（JPL）、ヒューストン訪問などについて報告しました。浅見氏は、空気をテーマにした宇宙推進/ロケットのプレゼンで、第2回明治ビジネスチャレンジにおいて最優秀賞を獲得しています。次に、国際宇宙福祉大学の宮崎定行教授が、長年のICESでの講演や歴史について紹介しました。次に、JAXAの板井誠人氏、宇宙飛行士の山崎直子氏（京都大学特任准教授）が、有人宇宙において必要な生命維持技術について講演しました。

最後は山崎氏と板井氏が宇宙居住における三つのコアコンセプトと、ECLSS-CoreBiomコンセプトについて紹介し、宇宙空間と生態系においてどのように設置環境を維持するかについて議論を行いました。

非常に多くの、特に若手メンバーの参加もあって盛況に終わりました。（森下 聖子 記）



-1-

YOXOフェスティバル 開催報告

2024年7月29日、横浜未来機構 宇宙プロジェクト トークセッション「横浜から宇宙へ ～宇宙居住を現実的に～」が開催されました。

山崎氏と板井氏が、宇宙での生活について、特に宇宙における生命維持装置、さらにはコアバイオームとテラランドシステムについて話をしました。また、YOXOフェスティバルにもなっておりHarbour to the Spaceを披露しました。

次に、JAXAの板井誠人氏が宇宙での生命維持装置ECLSSについて話をし、アルテミスゲートウェイ構想とJAXAとの関係について話をしました。最後に、山崎直子氏（京都大学特任准教授）が、有人宇宙において必要な生命維持技術について講演しました。

終了後、横浜未来機構の板井氏の司会で、さまざまな議論が行われ、その際に宇宙における治水技術を用いた微小重力実験について、アメリカから帰国したばかりの山崎氏（Aquonaut代表）のNASA-JSC-NBLでの訪問も踏まえた議論を行いました。また、宇宙法の議論についても、山崎氏（弁護士）と山崎氏（GVA法律事務所 宇宙・航空チームリーダー・弁護士）を交えて盛り上がりました。（森下 聖子 記）



-2-

有人宇宙学実習 開催報告

8月18日から8月24日にかけて、京都大学山田キャンパスと京都大学西門生研究棟にて有人宇宙学実習が実施されました。参加学生は学部1年生4人、学部2年生3人、学部3年生2人の計9名でした。

この実習は有人宇宙ミッションを模した体験学習であり、【事前準備実習】・【宇宙森林実習】・【天体観測実習】・【模擬微小重力実習】・【宇宙船通信実習】の5種類の課題を1週間かけて体験し、有人宇宙活動に関する包括的な視点と基礎知識を習得することを目的としています。

実習では有人宇宙活動や宇宙探査、根本的な宇宙に関する様々な課題の解決を目的として、学生が宇宙へ進出する機会を学んだほか、少人数のチームで様々な実験、解析を同時並行で行い、有人宇宙活動の現場となるタスク管理やチームワークの能力育成を行いました。

これらの課題や実験結果、宇宙の資料や日記など、実習で学んだすべての事は参加者各々に渡された「クルーノートブック」に記入していくことになります。これは実際の宇宙ミッションでも飛行士1人ごとに渡されるもので、オリエンテーション中にすべての準備を完成させ、実習を行いながら結果や学んだことを記入し、クルーの手で完成させていくものとなっています。この実習の最終的な目標はクルーノートブックの完成であり、参加者が有人宇宙学実習で学んだ全ての事がその中に集約されていることとなります。（山本 雅人 記）



大学院横断型科目【有人宇宙学】の紹介

有人宇宙学は大学院横断型科目として10月2日より水曜は5期に講義される予定です。大学院生用講義ですが、学部生も聴講可能です。この講義を履修すると宇宙社会の設計ができるようになります。有人宇宙学のシラバスもご覧ください。（土井 雅雄 記）

-3-

実施予備：現代の教養講座			
-宇宙移住に向けた社会構築-			
期	日	時間	講師
第1期	8月18日	15:00-17:00	浅見大聖氏
第2期	8月25日	15:00-17:00	山崎直子氏
第3期	9月1日	15:00-17:00	板井誠人氏
第4期	9月8日	15:00-17:00	山崎直子氏
第5期	9月15日	15:00-17:00	板井誠人氏
第6期	9月22日	15:00-17:00	山崎直子氏
第7期	9月29日	15:00-17:00	板井誠人氏
第8期	10月6日	15:00-17:00	山崎直子氏
第9期	10月13日	15:00-17:00	板井誠人氏
第10期	10月20日	15:00-17:00	山崎直子氏
第11期	10月27日	15:00-17:00	板井誠人氏
第12期	11月3日	15:00-17:00	山崎直子氏
第13期	11月10日	15:00-17:00	板井誠人氏
第14期	11月17日	15:00-17:00	山崎直子氏
第15期	11月24日	15:00-17:00	板井誠人氏
第16期	12月1日	15:00-17:00	山崎直子氏
第17期	12月8日	15:00-17:00	板井誠人氏
第18期	12月15日	15:00-17:00	山崎直子氏
第19期	12月22日	15:00-17:00	板井誠人氏
第20期	12月29日	15:00-17:00	山崎直子氏
第21期	1月5日	15:00-17:00	板井誠人氏
第22期	1月12日	15:00-17:00	山崎直子氏
第23期	1月19日	15:00-17:00	板井誠人氏
第24期	1月26日	15:00-17:00	山崎直子氏
第25期	2月2日	15:00-17:00	板井誠人氏
第26期	2月9日	15:00-17:00	山崎直子氏
第27期	2月16日	15:00-17:00	板井誠人氏
第28期	2月23日	15:00-17:00	山崎直子氏
第29期	2月29日	15:00-17:00	板井誠人氏
第30期	3月6日	15:00-17:00	山崎直子氏
第31期	3月13日	15:00-17:00	板井誠人氏
第32期	3月20日	15:00-17:00	山崎直子氏
第33期	3月27日	15:00-17:00	板井誠人氏
第34期	4月3日	15:00-17:00	山崎直子氏
第35期	4月10日	15:00-17:00	板井誠人氏
第36期	4月17日	15:00-17:00	山崎直子氏
第37期	4月24日	15:00-17:00	板井誠人氏
第38期	5月1日	15:00-17:00	山崎直子氏
第39期	5月8日	15:00-17:00	板井誠人氏
第40期	5月15日	15:00-17:00	山崎直子氏
第41期	5月22日	15:00-17:00	板井誠人氏
第42期	5月29日	15:00-17:00	山崎直子氏
第43期	6月5日	15:00-17:00	板井誠人氏
第44期	6月12日	15:00-17:00	山崎直子氏
第45期	6月19日	15:00-17:00	板井誠人氏
第46期	6月26日	15:00-17:00	山崎直子氏
第47期	7月3日	15:00-17:00	板井誠人氏
第48期	7月10日	15:00-17:00	山崎直子氏
第49期	7月17日	15:00-17:00	板井誠人氏
第50期	7月24日	15:00-17:00	山崎直子氏
第51期	7月31日	15:00-17:00	板井誠人氏
第52期	8月7日	15:00-17:00	山崎直子氏
第53期	8月14日	15:00-17:00	板井誠人氏
第54期	8月21日	15:00-17:00	山崎直子氏
第55期	8月28日	15:00-17:00	板井誠人氏
第56期	9月4日	15:00-17:00	山崎直子氏
第57期	9月11日	15:00-17:00	板井誠人氏
第58期	9月18日	15:00-17:00	山崎直子氏
第59期	9月25日	15:00-17:00	板井誠人氏
第60期	10月2日	15:00-17:00	山崎直子氏

実施予備：現代の教養講座

-宇宙移住に向けた社会構築-

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講じていただく「現代の教養講座」、2024年度は「宇宙移住に向けた社会構築」をテーマに、科学、産業、ビジネス、法、あらゆる観点から宇宙移住に向けた最先端の研究・取り組みについて学ぶことができるコングレスとなつております。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、さらに高度化する新たな取り組み・視点・課題を紹介し、講義には、大学、ビジネス界、宇宙航全研究開発機構の第一線で活躍されている方々に登壇いただきます。文系・理系を問わず、どなたでも楽しく学べる講座となっております。（公益財団法人大学コンソーシアム京都 佐藤 雅彦 記）

-4-

<講座概要>

講 題：現代の教養講座-宇宙移住に向けた社会構築-(全5コマ)

開講期間：2024/10/3(木)～11/14(木) 18:30～20:00

受講方法：オンライン(Zoom)

※講義終了後、受講者に限定して、見出し配信候補の講義内を差し上げます。

受 講 料：5,000 円(税込)

<プログラム>

第1回 2024年10月3日(木)

講 師：山崎 隆克

(京都大学大学院生命科学研究科教授、京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター長)

テーマ：宇宙移住に向けたコアリエンティの条件(Ⅰ)

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各種的科学的要素を検討し、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します。

第2回 2024年10月17日(木)

講 師：相谷 芳文(宇宙航空研究開発機構 名誉教授)

テーマ：月に持続的な社会をつくる…人類の宇宙進出について考える

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」ともいえるような環境を作り出すことを考えます。有人宇宙活動を実現するための技術的課題にとどまらず、経済活動としての持続性やビジネスの視点、社会適応の方法、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について大きな視点で考えます。

第3回 2024年10月31日(木)

講 師：森 裕和

(宇宙ビジネスコンサルタント、

Blue Abyss Cofounder and VP of Business Development)

テーマ：民間企業が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興企業が生まれ、幅広い種類の企業が宇宙分野に参入しています。世界中で複数の企業や法人が、理事、アドバイザー等を招き入れる民間企業による民間宇宙による有人宇宙開発の動きと今後のトレンド予測を講義します。

※天体観望などの対応企画をご用意しております。

※オンライン開催に加え、対面開催も検討中です。(オンライン開催のみの場合もございます。)

※ハイブリッド形式(対面+オンライン開催)の場合も、オンライン開催のみの場合も、講義内

5

容に変更や違いはございます。

第4回 2024年11月7日(木)

講 師：青木 都子(慶応義塾大学 大学院法務研究科 教授)

テーマ：宇宙移住に向けた国際宇宙法

人間が月や火星などの天体に居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、宇宙の平和利用の原則などについて学びます。

第5回 2024年11月14日(木)

講 師：足立 雄祐(京都大学霊長類研究所 准教授)

テーマ：こころの進化と宇宙

ヒトは地球上に現存する数億万種のうちの一種で、その身体や心の進化は35億年の生物進化の歴史の中で結ばれてきたものです。そこにはヒト進化の歴史があるとともに、生物学的な制約も課せられています。本講義では、ヒトという種を生物学的にとらえ直し、その心の進化の進化を探ることで、宇宙環境に生きるヒトを考えます。

<お申し込みはこちらから>

<https://www.consortium.or.jp/project/ag/ recurrent>

申込締切：2024年9月12日(木)まで

宇宙木材研究室学生メンバー紹介

[樹木育成チーム]

名前：岸 広俊

学部・研究科：理学研究科 数学・数理科学系

自己紹介：

ランダムな言葉やエピソードで議論が盛り上がります。趣味はゲーム、将棋、英語学習などです。英語は英語、中国語、ドイツ語、ロシア語、エスペ란anto語を学んでいます。このチームは英語学習が目的で多くて盛り合っています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

今まではサンプルを採ることに限って(和紙)実験を繰り返していましたが、あと少しで数が増えます。そのあとは今まで蓄えていたアイデアを実験し、新しい実験を試してみたいです。例えば樹木の成長や、あるいは今まではチャンバーの場域的に1ヶ月ほど実験を繰り返していましたが、チャンパーを揃えてその先の成長を観測する予定です。



6

名前：橋本 杏乃

学部・研究科：総合人間学部 総合人間学科

自己紹介：

ニホンザルとらびる子ちゃんが好きです。動物が趣味で、よく動物園や水族館に行きます。北海道の自然が大好きで、将来は地元に戻って、自然に関わる仕事をしたいです。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

低圧条件下でボツボツの樹がどのように生理・形態を変化させるのか、実験をさらに進めて明らかにしたいです。また、今年度は論文作成や学会での発表発表にも参加したいです。実験を司るコンピューターに対しての苦手意識を克服し、自分一人でもトラブル対応ができるようになりたいです。



名前：小林 潤平

学部・研究科：農学研究科 応用生命科学研究

自己紹介：

大学では植物の表面にいる細菌の生態を研究しています。修士になってから色々なことに挑戦したいと思っています。このチームにも参加したい。しかし、想像以上に大学院生活は忙しそうです。

宇宙木材研究室への参加動機：

大学3年時代に ILAS セミナーでバイオリアルアースの講義に参加していたので、なんとなくこのプロジェクトの存在は知っていました。学部時代は部活に入っていたこともあり、参加できなかったのですが、修士からは研究室として参加したい。しかし、部外生と先生も忙しそうです。今後なんとか参加できたいと思っています。



[LignoSat チーム MISSION 班]

名前：山本 健大

学部・研究科：工学部 物理工学科

自己紹介：

LignoSat 学生チーム MISSION 班 班長の山本です。学生チーム第一の乗り物好きで、高校生の頃は競馬のみで46都府県制覇するまでしていました。競馬ファンとして他の学生メンバーと自慢、少し自信が膨らんでいます。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

衛星開発では多くの試験が必要ですが、最小衛星では宇宙の運用が重要になります。鉄道模型を作っていた経験を活かし、開発・試験の土台として活躍できるよう頑張ります。



7

名前：伊藤 駿治

学部・研究科：理学部 理学系 物理科学系

自己紹介：

MISSION 班の伊藤駿治です。宇宙に関心があることが好きで、学部でも天体観望や宇宙に特化した授業を受けています。ヒトと宇宙のつながり、ときどき宇宙を覗きに出かけたいです。また、チャップリンと出会うのが趣味で、関西に住んでいるのに天幕座の星を見たいと思っています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

MISSION 班では主に地盤気象観測に関わってきました。工学や物理学の知識不足は否めませんが、基礎計算や理論論で貢献できればと思っています。二学期では観測データの解析など、地盤気象に関わる大きなプロジェクトがあるので、理学部での知識を生かしながら取り組んでいけたらと思っています。



名前：長谷 真輝

学部・研究科：工学部 情報工学科

自己紹介：

MISSION 班の長谷真輝と申します。普段は、PCの中身や動作原理について勉強しています。サークルでは、熱気球のクルーをしています。11月頃に位置で大きな大会があるので、ぜひ参加したいです。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

2 月間の活動期間のシミュレーションに取り組んでいます。遠慮から分からないことを一つ一つ勉強していきたいです。また、幅広い分野の勉強を、今後の開発に役立てています。



名前：西田 寛弥

学部・研究科：工学部 物理工学科

自己紹介：

はじめまして！MISSION 班メンバーの西田寛弥です。最終は数少ですが、大学時代仲間がいて、色々な発見があって楽しいです。ただ、最近はずっとそれどころではないので、早く帰りたいと思っています。

宇宙木材研究室への参加動機：

高校生の頃から宇宙開発に興味があり、宇宙開発について調べ中での研究室を知りました。大学入学後に専攻分野を見て、「宇宙に関する研究ができる」ということと「研究内容」に魅力を感じ、参加することを決めました。



8

名前：水野 雪理
学部・研究科：工学部 理化学科

自己紹介：

早く運転免許を取得して、学生チームでドライブする時に運転要員になりたいです。写真は最近再訪したものです。皆さんおそろしく知っているはずですが、3月だから知らないという人も多いようです。いったいこれは何でしょう？

宇宙木材研究室で活動したいこと：

仕事が早い人になりたいです。歩先を頼りにして、基盤やセンサーたちを繋ぐことに挑戦したいです。まだまだ分からないことがたくさんあるので、たくさん勉強したいです。新メンバーさんとも仲良くしたいです！ よろしくおねがいします！

名前：富岡 遼行
学部・研究科：理化学部

自己紹介：

面白そうと思ったことには首を突っ込みたくなる人間です。その延長の趣味でVRChat、いわゆるメタバース空間で遊んでいます。そこではワールドの作成や小規模イベントの運営などをして遊んでいます。

宇宙木材研究室への参加動機：

大学構内に訪れてあったら見て興味を持ったので参加しようと思いました。人工衛星を作るといって面白そうなので、それを木材で作るなんて聞いたことも想像したことなかったので非常にワクワクしています。

低圧下樹木育成プロジェクト紹介 新入生向けゼミ（第1回・第2回）

新たに加わった学生メンバー4名に対して、木育の育成実験を行うに際しての基礎知識を習得するための勉強会（ゼミ）を2回実施しました。

第1回：樹木の生理生態

キーワード：樹木 生態学 物質生産 資源獲得 ストレス 酸化 コストパフォーマンス トレードオフ

第2回：光合成

キーワード：光合成 葉緑体 カルビンベンソン回路 ミトコンドリア C3 経路 C4 経路 クロロフィル 生物季節学

第1回では植物がなぜその環境で生きられるか、という環境適応能力の解明を目指すための生理生態学について学びました。適応能力を考えるために重要な、資源獲得法やストレス耐性、酸化、トレードオフといった観点を学びました。第2回は光合成では光合成の原理に加え、電子伝達・クロロフィル



蛍光・植物がストレス下にあるかどうかの判断、の関連性を考えることが出来ました。

私たち樹木育成学生チームでは宇宙（火星・月）での樹木育成に向け、気圧変化における木育の成長割合を計測しています。今回のゼミを通じて低圧環境下でのストレスについて理解を深めることができたので、今後、実験結果に対して主体的に考察していきたいと感じました。（橋本麻利 記）

第2回宇宙木材利用シンポジウム開催報告⑥

2024年3月21日に京都大学藤田ホールにて、第2回宇宙木材利用シンポジウムを開催しました。今月号が最終回になります。

超小型木造人工衛星「LignoSat」の構造系開発 京都大学工学部 三浦晴

1. LignoSat FM 全体図

はじめに、LignoSat FM の全体の電子は右に示すようになっている。

これはCGによる画像であるが木でできた構造体とそれを囲む金属製のフレーム。木造構体の表面に張り付けられた太陽光パネルや接続されている状態のアンテナなどが確認できる。



図1 LignoSat FM のCG画像

2. 構造紹介

2.1 木造構体

木造構体は6枚の木板からなる木箱状構造をしており、仕様は木オノキが使用されている。それぞれの木板は鋸形鋸歯継ぎ手という伝統技法を用いて木板同士をかみ合わせることで木箱に組み上げられる。

この伝統技法を用いることにより、ボルトなどを用いなくても十分な剛性を確保することができる。LignoSat の木造構体は東田工務という国産の鋸歯継ぎ手を行う工場の職人の方々に手作業で0.01mmの精度にて加工していただいた。FMにおいては、外部や太陽光パネルと内部基板の接続のための四角形の穴を置取りを行い、またアルミフレームと組み合わせるための木造構体の切りかけを削除することにより力を分散させ、木造構体にかかる負荷を軽減させる設計変更を行った。



図2 木造構体と鋸形鋸歯継ぎ手

- 10 -

2.2 アルミフレーム

アルミフレームはその名の通りアルミニウム製のフレームで、右に示すように木造構体を囲むような形をしている。

このアルミフレームには、衛星のグラウンドを取るための一部のネジ穴を抜きアルミマトリクスが施されているためこの部分に黒がかった色になっている。アルミフレームには衛星全体の構造強度を担保する目的で、射出成形品としての役割もある。これはLignoSat がISSから放出される際に用いるJ-SSODという小型衛星放出機構に納めるためのもので、JAXAによりその規格が厳格に定められている。



図3 LignoSat FM のアルミフレーム

2.3 内部構造

衛星内部には右に示すように基板及びバッテリーが入る。

基板はX、Yの2方向のシャフトを用いて固定され、木造構体およびアルミフレームに接続される。X方向(図中では水平方向)のシャフトには基板間にプラスティック製のスパーサーを渡すことでより強固に固定される。シャフトをXとYの2方向に用いることで、アルミフレームで正確な寸法を保ったまま木造構体に十分な締め付け力をかけることができる。



図4 LignoSat の内部構造

3. 真空木材暴露実験

真空木材暴露実験は、宇宙での木材の特性の変化を研究するための実験であり、木造人工衛星の経路研究となっている。現在は十種類の樹種とセルロースファイバーを真空に暴露しており、月に1回真空チャンバーから取り出して寸法や重量、応力などの物性値を測定している。データの例として、LignoSat に用いられている木オノキの相対重量と真の相対ヤング率の変化の様子を以下に示す。

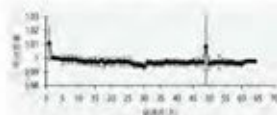


図5 真空条件下での木オノキの相対重量の変化

- 11 -

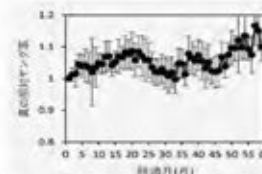


図6 真空条件下での木オノキの真の相対ヤング率の変化

この図から測定開始から5年以上が経過しているものの重量には変化がほとんど見られず、また、真のヤング率にはわずかな上昇傾向があるものの比較的に安定して推移していることが読み取れる。この傾向は他の樹種でも同じであり、その中で軽量かつ加工性の高い木オノキをLignoSat FM の候補として選定した。

4. 構造強度評価

4.1 振動試験

振動試験は九州工業大学の振動試験機を用いて実施する。打ち上げロケットを模擬した振動を衛星に加えてその固有振動数や振動を与える前後での波形の変化が判別し、ネジに付けたトルクマークにずれが生じたなどのLignoSat の振動に対する応答や耐久性を確認する。以下にその結果例を示す。

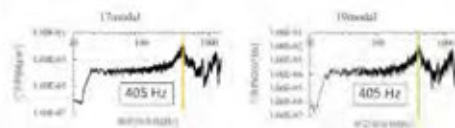


図7 振動試験の結果例

このグラフの横軸は周波数であり、縦軸は振幅である。縦軸の縦目盛りにある固有振動数も示しているが、打ち上げ時の振動に対して30 Hz以上の固有振動数がJAXAから要求されているが、この図に示されているようにLignoSatは400 Hz程度の固有振動数を持ち、JAXAの要求を十分に満たしている。また、振動を与える前後で波形が大きく変化していないことも読み取れ、このことから振動によりLignoSatの構造に変化が生じていないと判断することができる。

- 12 -

4.2 構造解析

構造解析では、有限要素法を用いて応力と固有振動数を計算する。

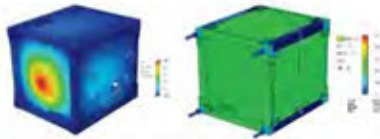


図8 構造解析結果(左が固有振動数解析、右が応力解析)

図の左に示している固有振動数解析の結果を見ると、水タンク体の1面が太鼓のように振れ、山ができていく様子が確認できる。この構造解析では有限要素法のメッシュ数は1,739,661であり、計算には約1時間を要した。応力解析では、外部荷重やボルトの締め付け力により船室の内部に発生する応力が材料の規定値以下であることを確認する。図の右の応力分布図を見ると、アルミフレームに応力が集中しており、アルミフレームが大きくその荷重を負担していることが確認できる。

5. まとめ

このように、STRUC 用では水タンク体を宇宙へ運ぶための構造を設計し、その強度の検証を振動試験やシミュレーションにより行っている。

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター

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

〒606-8501 京都市左京区南本町 京大イノベーション本部構内 総合研究 16 号館 208 号室

編集人：宇宙木材研究室 三本典真、豊田悠大、山本啓大

Tel&Fax: 075-753-5329 Email: spaceinfo@nrm-2.aoni.kyoto-u.ac.jp

SIC 有人宇宙学研究センター Newsletter No.33

2024年9月1日発行

名前：渡邊 新
学部・研究科：理学部 生物科学専攻

自己紹介：

地球以外の惑星におけるバイオフィティやバイオシグネチャー（生命が存在している証拠）の可能性について研究することに興味を持っています。

最近、もやしと豆腐の寒風菜園をはじめました。

宇宙本材研究室で頑張りたいこと：

実験系や観察方法についてはある程度蓄積してきたので、電子回路系やフリーストラップのトラブルシューティングに迅速に対応できるように頑張ります。また今までの観測データ解析や、論文執筆などを経験して、これからの自分自身の研究生活にも活かしていきたいと思います。



名前：前田 拓人
学部・研究科：理学部 理学科

自己紹介：

いつもは映画を観たりピアノを弾いたりしています。京都の夏の暑さは時節ではないので最近秋の訪れを感じて安心しています。

宇宙本材研究室への参加動機：

居住条件が植物の成長に及ぼすメカニズムについてもっと深く知りたいです。また気象系や制御系のバグの対処を一掃できるようになりたいです。



[LignoSat チーム STRUC 班]

名前：細辻一

学部・研究科：工学研究科材料工学専攻
役職：学生チームリーダー

自己紹介：

工学研究科 M1 の細辻です。LignoSat 開発学生チームのチームリーダーを務めています。学生チームには学部 2 年生時より加入しており、気づけば今年で 4 年目になります。加入当初から STRUC 班として構造の設計や解析に注力してきました。一時期には構造モデルから振動特性が変わるので、今秋の打ち上げは感慨深いです。普段は材料工学専攻にて脆性体の研究を行っています。

宇宙本材研究室で頑張りたいこと：

学生チームリーダーとして、メンバー全員がプロジェクトに効果的に、楽しく関わることをできるよう環境づくりに尽力したいと思います。



名前：木村拓人
学部・研究科：理学部
役職：学生チーム副リーダー

自己紹介：

こんにちは！1 学年まで STRUC 班の班長を務め、現在は学生メンバー副リーダーを務めています。開発チームとはレアな理学部所属で宇宙物理の勉強をしています。これまで作ってきた LignoSat が宇宙空間に行くとは本当に実感が湧きませんが、衛星の音が聞こえる日も待ちに待っています。

宇宙本材研究室で頑張りたいこと：

今は 11 月に控える宇宙科学連合講演会という学会への参加をとっても楽しみにしています。LignoSat の魅力を発信するとともに、他の衛星開発のノウハウも吸収して木造人工衛星の開発に活かしていきたいと思います。初めての学会発表なのでちょっと緊張しています。



名前：三浦 晴
学部・研究科：工学部物理工学科宇宙基礎工学科コース
役職：STRUC 班 班長

自己紹介：

はじめまして、今年の 8 月から STRUC 班の班長を務めている三浦晴と申します。昨年度より本プロジェクトに携わっており、現在は主に 2 号機の設計を中心となって進めています。高校まで陸上をやっていたので、今でもたまに陸上でランニングをしています。11 月に初マラソンを走る予定です。

宇宙本材研究室で頑張りたいこと：

まずは班長として、STRUC 班内でのスケジュール管理や開発体制の構築をしたいと考えています。個人としては、まだまだ分からないことが多いので、しっかりと勉強して構造や設計について完全に理解できるようにしたいと思います。



名前：中村 拓海
学部・研究科：工学部森林科学科

自己紹介：

こんにちは！理学部 4 回の中村です。衛星チームに所属して 2 年が経ちましたが、いまだに勉強中という感じがしています。趣味は語学学習で、英語だけでなく中国語・フランス語・タイ語も少しだけ勉強しています。

宇宙本材研究室で頑張りたいこと：

最近はおもて、衛星の設計とは別に行なわれている真空本材試験実験の解析を担当しています。宇宙本材研究室と現在取り組んでいる課題研究の両立を引き続き頑張ります。



名前：大谷 壮生
学部・研究科：工学部物理工学科宇宙基礎工学科コース

自己紹介：

こんにちは。今年度から STRUC 班に所属しております大谷です。幼い頃から宇宙に憧れていて、現在は新たな推進力を考えて人類の銀河系進出に貢献したいと夢見しています。大学で打ち込めるものを探していたところ友達の紹介を受け、本研究室に加入しました。仲間と機会に恵まれて、今や共にアメリカ大空を飛翔している最中です。

宇宙本材研究室で頑張りたいこと：

STRUC 班として、2 号機の設計を進めるのは勿論、学生チームの一員として、積極的にプロジェクトに貢献したいと思います。コミュニケーションを大事にして、チーム全体の士気を上げられるような存在になりたいです。



低圧下樹木育成プロジェクト紹介
育成実験 #27

樹木育成学生チームでは、低圧チャンパー内でボラの苗木を約 1 か月間栽培し、低圧による育成への影響を調べます。これまで 27 回の育成実験を行ってきました。

今回は最近行った育成実験 #27 について紹介します。#27 は 8/26 から 9/20 にかけての 26 日間、ボラの苗木を低圧環境下に置いて、日々成長の様子を観察してきました。以下に観察初日(8/26)と観察終了日(9/20)の苗木の様子を示します。観察は、最も成長が進んだ個体(本実験では大気圧(コントロール)の個体が、チャンパー上部に接触しない程度の日程で終了しています。本実験でも従来の同様、0.1 気圧で栽培した苗木の成長が、コントロールやそれ以上の低圧下で栽培した場合に比べて低く、苗木の成長が抑制されている様子が見られます。

根腐病や乾害測定など、#27 の苗木の成長に関する詳細な測定は、観測点がまだ行入っていませんが、近日中に実施予定です。(三木美貴 記)

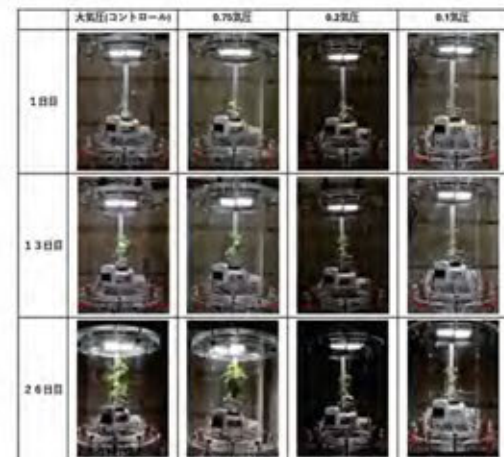


図 1 観測開始時のチャンパー内の苗木の様子

LignoSat を搭載するロケット SpX-31 について
京都大学農学部森林科学科 豊西 悟大

1. SpX-31 の基本情報

1.1. ミッション

LignoSat は SpaceX 社のミッションである SpX-31(別名 CRS-31)で使用される Falcon9 ロケットに搭載予定であり、10 月半ばの打ち上げが予定されている。このロケットは国際宇宙ステーションへの商業補給ミッションであり、打ち上げ費用は 5200 万ドルである。



図 1 Falcon9 ロケット (出典: Wikipedia)

1.2 ロケットと補給船

今回 Falcon9 において Block5 というモデルである。このモデルでは過去のモデルよりも生産速度と再利用効率の改善が行われている。以下に基本の寸法や重量を述べる。

全高: 70m

直径: 3.66m

質量: 549t

Falcon9 は 2 段式のロケットで 1 段目のブースターは再利用が可能であり、打ち上げ後に海上に着陸し、回収される。これにより宇宙船送のコストを劇的に削減することに成功している。このロケットには補給船である Cargo Dragon-2 を搭載しており、これを軌道に乗せることで ISS への物資を補給している。この補給船には ISS の乗組員の生活に必要な物資や食料、酸素などに代える様々な実験材料も運ばれ、これに LignoSat も含まれる。その後 ISS から LignoSat は放出され、運用が開始される。

1.3 打ち上げ場所

Space Launch Complex 40 という場所で行き上げられる。このエリアはアメリカのフロリダ州、ケープカナベラルに存在し、日本では「ジャパの命の宇宙基地」の舞台にもなった所で、知る人も多い場所ではなからうか。近くにはケネディスペースセンターやディズニーランドなどが位置している。この場所では 975 回のロケット打ち上げが行われた実績がある。

2. SpaceX について

今回 LignoSat を送る Falcon9 を運送する SpaceX はイーロン・マスクによって 2002 年に設立され、この

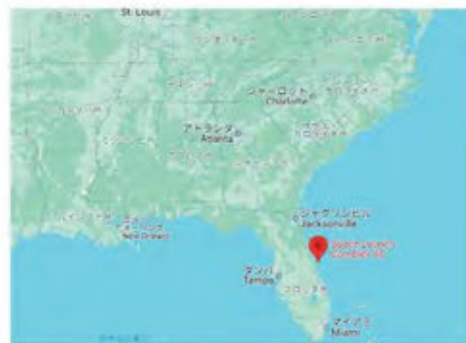


図 2 Space Launch Complex 40 の所在地 (出典: Google Map)

会社の目的としては宇宙船送技術の向上と、火星への人類の移住を実現することなどが挙げられる。

SpaceX は再利用可能なロケット開発に加えて Starship という巨大な宇宙船を開発しており、これを使用することによる火星探査や火星探査の計画を担っている。また Starlink という世界中どこでも高速インターネットにアクセスできる衛星ネットワークを展開するプロジェクトも行っている。

参考文献

1. Space Launch Schedule - Falcon 9 Block 5 Dragon CRS-2 (SpX-31)

2. Google Maps - Space Launch Complex 40

3. Wikipedia - フォルコン

4. JAXA - Falcon 9 ロケット打ち上げ情報

参考: ChatGPT (OpenAI)

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター

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

〒606-8501 京都市左京区田辺4-7 西田キャンパスA棟4階 有人宇宙学 16 号室 208 号室

編集人: 宇田木研一朗 市本直典 豊島啓人 山本健人

Tel: 075-753-5129 E-mail: spacewood@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp

SIC 有人宇宙学研究センター Newsletter No.34

2024 年 10 月 1 日発行

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2024 年 11 月号 No.35

LignoSat 学生チーム アメリカ横断旅行記

人工衛星開発学生チームでは、9月12日から9月30日にかけて、LignoSat の打ち上げ準備を見て、ロサンゼルスからフロリダのケネディ宇宙センターへ、19名でアメリカ横断旅行を行いました。旅費の節約やアメリカを最大限満喫するために、キャンピングカーを3台レンタルし、約6000kmを移動しました。

この旅行記では4回に分けて旅行の様子をご紹介します。第1回は旅行の概要や実際にあった費用等を、第2回から第4回では参加者が1人1日ずつ書いた日記をご紹介します。

今回の旅行では、キャンピングカー（アメリカではRV、モーターホーム等と呼ばれる）を使用して西海岸のロサンゼルスを出発し、東海岸のフロリダにあるケネディ空港まで向かいました。打ち上げを見に行くと決めた当初からこのような大人数での移動を企画していたわけではなく、計画を立てるうちにロサンゼルス周辺の観光や食事を考える必要が出てきた。移動にはRVを使用すると宿泊費や食費を大幅に抑えられるから、フロリダへ旅行するのにはアメリカを横断することにしました。

アメリカではRVは一般的な文化となっており、郊外の露店や場所で見かけるのはRVパークというRVで宿泊可能なキャンプ場が全米に1.5万軒以上あり、1台当たり300〜1000ドルという、ホテルに比べて非常に安い費用で利用できます。RVは最大7人まで乗車可能で、日本の普通自動車免許があれば運転でき、キッチンや冷蔵庫、シャワー、トイレまでついて快適に過ごすことができます。サイズは日本の軽便バスより少し大きいくらいですが、アメリカは道も駐車も広いので、実際に無制限で何の制限もなく運転できました。街中を走ると、RVが走っているのを見かけたり、休養施設も少なく、しかし道路を走るだけでも自然の雄大さを感じることがあるアメリカにおいて、「走る車というのとは違う旅行に感じているのか実感しました。



旅行については、9月12日（現地）にロサンゼルスから出発し、14日からRVで移動を開始。グランドサークルを観光しながらメキシコ国境に近い南下。その後メキシコ国境に近い地帯へ移動し、フロリダは27日に到着しました。数々の主目的であるLignoSat打ち上げは来月28日に予定されていますが、ISSでのトラブルや使用するロケットであるフルコンの不安などにより延期され、当日まで詳細が分らないままです。結果については28日の日記で確認していただければと思います。かかった費用については、1人当たりで、航空券往復で約14万円、RVレンタル費用が約1.9

~ 3 ~

万円、宿泊費、食費、ガソリン代等が約10万円、お土産や観光地への入場料等が約6万円、合計50万円ほどになりました。個人によるのとは違いはありますが、今回はかなり観光に費やしたと、1ドル150円ほどの円安だったこと、アメリカの物価が大幅にインフレしていることを考えれば、これを抑えることはあまりないと思います。

今回の旅では、大人数の方にお世話になりました。土井先生を始め研究室の皆様、SCHとKSCの駐在員の皆様、そして旅行代理店の皆様、ありがとうございました。今回の経験を活かし、今後の研究活動に一層力を入れてまいります。そして、この旅行記を見て、アメリカを横断しようとする仲間が増えることを願います。（山本陽大 記）



高校が移動の経路、赤点が宿泊地

国際宇宙産業展への出展報告

2024年10月16-18日に、東京ビッグサイトで開催された国際宇宙産業展に鹿児島県が出展し、共同研究を行っている京都大学SIC有人宇宙学センターブース出展にて展示を行いました。今回は人工重力実験用ナガス・マーズグラスの展示展示ととも、VRの展示を行いました。VRにおいてはメスナガス・マーズグラスの体験とともに、HEXATRACK シーンをいれることによって月面での歩行を体験し、月面にメスナグラスが建設された様子も体験することができるようになっています。会場では、子供から大人まで様々な年齢層の方々にブースにお立ち寄りいただき、人混みで終了しました。今回は鹿児島ブース担当の大野氏（SIC 特任准教授）、そしてセンターからは山崎センター長の他、工学部の松井さん、大学院総合生命科学部の大森さんら説明を行いました。特に大学と関係したVRや、模型が好評で、大人数の方々に展示を見ていただく機会を得ました。（大森直廣 記）



~ 3 ~



公益財団法人大学コンソーシアム京都主催

2024年度京カレッジリカレント教育プログラム

『現代の教育課題と宇宙移民に向けた社会課題』の10年プログラム（全5コマ）が10月3日より開講されている。

第1回は、山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）より、「宇宙移民に向けたコアサティの条件（1）」をテーマに、火星移住を想定した場合の社会構造における危機管理について講義いただいた。多様な価値観、非営利生命維持装置、自立型生態系モデル-輸出装置、岩石資源をキーワードに、知恵から得られた成果において、〈火星移住の危機〉に対して生命維持装置を準備することの必要性について説明いただいた。その他、月面や火星での宇宙放射線の危険性等についても講義いただいた。

第2回は、稲井秀文氏（宇宙航空研究開発機構名誉教授）より、『月に持続的な社会をつ

~ 3 ~

る---人類の宇宙進出について考える』をテーマに講義いただいた。両氏のこれまでの経験から、人類が宇宙へ行くことは様々な価値がある。人類が当たり前のように月を足しめとする宇宙へ行く。宇宙で活動することができる未来に向かっていくような、夢と期待を抱ける話も聞いた。

第3回は、森田和氏（宇宙ビジネスコンサルタント、Blue Abyss Confounder VP of Business Development）より、「火星が最先端を走る有人宇宙分野の世界トレンド」をテーマに講義いただいた。火星がグローバルに宇宙産業に携わっている現状から、最先端の宇宙ビジネスに関する情報をご説明いただき、山崎陽典氏との対談企画では、その中での日本の立ち位置や今後の進出の展望について、研究×ビジネスの観点から詳しくお話をいただいた。（公益財団法人大学コンソーシアム京都 佐藤亮徳 記）

講義：有人宇宙学

担当教員	有人宇宙学	山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）
授業科目	有人宇宙学（The Study of Human Space Exploration）	山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）
単位数	2単位	山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）
履修条件	理工系学部2年生以上	山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）
授業時間	10月3日（水）18:00-20:00	山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）
授業内容	火星移住を想定した場合の社会構造における危機管理について講義いただいた。多様な価値観、非営利生命維持装置、自立型生態系モデル-輸出装置、岩石資源をキーワードに、知恵から得られた成果において、〈火星移住の危機〉に対して生命維持装置を準備することの必要性について説明いただいた。その他、月面や火星での宇宙放射線の危険性等についても講義いただいた。	山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）
授業科目	有人宇宙学	山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）
単位数	2単位	山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）
履修条件	理工系学部2年生以上	山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）
授業時間	10月3日（水）18:00-20:00	山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）
授業内容	火星移住を想定した場合の社会構造における危機管理について講義いただいた。多様な価値観、非営利生命維持装置、自立型生態系モデル-輸出装置、岩石資源をキーワードに、知恵から得られた成果において、〈火星移住の危機〉に対して生命維持装置を準備することの必要性について説明いただいた。その他、月面や火星での宇宙放射線の危険性等についても講義いただいた。	山崎陽典氏（京都大学大学院総合生命科学専攻、SIC 有人宇宙学研究センター長）

~ 3 ~

品についても輸出前の検査が行われています。これらのことを火星、月にあてはめてみましょう。地球でマダニ類が海のようなバグビックが広がっても、その後に残ってくる草木や植物が存在します。しかし、土星、月では持ち込んだ草木にバグビックが定着すると、それを種う植物は存在しません。0か1なのです。地球から持ち込む草木（農作物も同様）には火星、月で絶対に汚染虫を発生させない、が基本的なスタンスでしょう。持ち出し、持ち込みの両面において厳格な防疫対策の確立と実施が必須です。



写真-1 マダニとマツノダイセンチュウ

引用文献、参考文献

山中研博編 2008 古都の森を守りつづける。京都大学学術出版会

京都大学 SIC 有人宇宙学研究中心

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

〒606-8501 京都市左区南大馬場 市街キャンパス本館6F 研究研究16 号室 208 号室

編集人：宇宙材料研究 三木雅典、道野哲人、山本龍大

Tel: 075-753-5129 E-mail: sic@space.innovationkyoto.org

SIC 有人宇宙学研究中心 NewsLetter No.35

2024 年 11 月 1 日発行

- 9 -

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 はアフリカケイ宇宙センターより、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、京都大学では同乗メンバーが集まって見守りました。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を含む荷物がお届けされています。

ISSに到着したLignoSatは、約1か月後に返送され、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 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フリカケイ宇宙センター（兵庫県神戸市）にて行われ、京都大学総合生命学部から山本大教授（京都大学大学院総合生命学専攻）と大野SIC専任准教授（産学連携）が参加し、山本大教授（京都大学大学院総合生命学専攻）と大野SIC専任准教授（産学連携）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）、黒澤陽樹（工学部）、木村匠人（理学部）、辻真智子（農学研究科）が発表を行いました。

山本氏は宇宙飛行・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の建設の必要とされる定量的検討と、その実現性に関する発表を行いました。

- 1 -

大野氏はLIZUME（月面資源利用）に関するセッションにて、「月で暮らす その2 作る」と題して、月面施工の初期段階に求められる建設機械や、軌道打ちながら軌道を行くことで、ロボットの故障原因となる恐れがあるシフトに頼る必要なく作業ができ、宇宙エレベーターを構築することの可能な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、ECSSS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。

大野氏は宇宙飛行・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盤」と題して発表を行いました。本発表では人工重力を偏った居住施設の実現のために必要な施設への乗降手段、施設的支持方法、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。(大野 昌雄 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：一般社団法人リステックナレッジ推進機構 日本経済新聞社 申込先： https://w.ekp2024.jp/	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日に金メダル対象のゼミを開班しました。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。

- 2 -

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満たすことなく、現在の世代のニーズを満たす開発」と説明し、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地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てて提議されました。

2. 持続可能な森林管理

1992年の「環境と開発に関する国連会議」(「地球サミット」)では、「森林資源の健全性と活力の維持」(Forest Ecosystem Health)が採択され、世界の森林資源の保全と持続可能な森林管理(持続可能な森林管理)を目標とするようになりました。森林生態系から人間が得る持続的に恵みを得ることを目指す森林管理とはどのようなべきか、を議論するために必要な道筋(プロセス)が地域ごとに定められました。

日本の道筋は「モニタリング・プロセス」(森林生態系の健全性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)は他の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は影響範囲、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健全な状態を定量化し、健全と不健全を導き出す指標を制定します。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豊饒・枯死によって生物の栄養や日光・土壌を供給するため、健全な樹木も健全な森林生態系には欠かせ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豊饒・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. 宇宙での森林管理の現状について

地球上の森林や草原などの自然は太古より持続的に資源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ふと、地球上から消滅しなくなる状況に陥りかねないため、自然を資源としてうま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につながっています。

そもそも何もない宇宙で宇宙森林を創出し、それを利用する宇宙森林においても sustainable は強く求められます。大層での森林資源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」、「Terraの樹種による人工林育成における倫理性についての検討がありました。今回のゼミを通じて、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。(三木 真貴・池田 武文 記)

- 3 -

LignoSat 学生チーム アメリカ横断旅行記

9/12 Haneda, Japan→Los Angeles

旅行日、第一陣の16名が東京・羽田空港に集合し、出発に向けて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→ロサンゼルスへの直行便。約10時間のフライトも映画鑑賞と機内食をしながらあっという間に過ぎました。無事入国。...かと思いきや、入国検査で事件が起きた。13名は問題なく入国審査を通過できたのですが、3名が別室に連れていかれる時間もありました。また、連れていかれてしまった理由は、19名という人数に届いていないという大層な理由で、そして最大の理由は予約した1名を除き他の参加者が乗る航空券を提示することができなかったことでした。別室では携帯電源を没収され外と連絡が断られた状態で、入国できない可能性もある恐ろしい時間でした。何とか無事解放されて入国できた時には目も眩んでおり、初日は近づくパンパガーを食べて Airbnb で宿泊しました。



9/13 Los Angeles

本日は丸1日のサンゼルス観光！花巻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 Shohel Chitani の壁面が目に飛び込んできた。さすがに世界の Shohel Chitani だ(なお、彼は本旅行中に SO-SO を達成した。生で試食を見たかった)。

日本を出国してすぐの経験だったので懐かしさは一切感じなかった。出陣してもっと目撃がほしいけれど、思った印象を思い出したかもしれない。あの時見たのはロサンゼルスである。日本ではおなじみだからとで、今もなおロサンゼルスという経験は、とても貴重なものであった。初心者なので移動の少ないロンド



- 4 -

ガンを脱したが、それでも脱した場所が撃つのはとても難しかった。その後、ダウンタウンを当てもなく彷徨歩き、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パノラマで、サンタモニカという長い橋が有名な街だ。GTASというゲームの中ではこの橋がモチーフになっているのだが、ゲームが難かくなっていることも知られて個人的に感動した。1口道で合流した2名を合わせた18名で河口から始まるキャンピングカーの海に遊び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出した。1,2号車のメンバーはLAメトロに乗ってCruise Americaの営業所へ。初めてのキャンピングカーにワクワクしながら車検の手続きを終え、最初の目的地としていたアウトドアワールドへ出発。初めての右車道、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、テーマパークがとやがて目に入ってきた。どこにも自分のスウェーチスが見当たらない。数えると、トラクタ内のスウェーチスは4、1号車には6人。何かがおかしい。確認すると、トラクタの鍵が閉まっていたことが判明した。運転の素人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グ状態に。幸先の悪い朝のスタートとなりました。



アウトドアワールドの様子
窓に荷物が映っているのは、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り抜る途中を止めながら順路に沿ってラスベガスへ。最初に寄ったウォルマートでは早くもパノラマが映る大量の巨大なポテトを見、さらに今後大変な世帯になる\$5以下で30個以上入るものが入った袋に初めて出会った。そうそれは運命の出会ひでした。...

車を走らせ映画で有名なBAGDAD Caféに到着。全米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の良い出会い。そこで1サイズのルート66Tシャツの購入を試みるもなかなか手に入らず、SサイズのTシャツが、前日スウェーチス化した私はTシャツが無いのでこの決まりが生活で強えられることになる。

夕方にラスベガス近郊のRVパークに着き夕陽が落ちるとともにUberタクシーにてベラジオホテルへGO。街並みを眺めたい人、スウェーチスの報告を聞き返したい人、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。



彼は言った話にはみんな手を出さず
彼は言った話の中には絶対乗車と数者が存在する

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夜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。最初に立ち寄った場所は、フォーバムである。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、ダムの向かいに築か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莫大な技術的が必要であったが、日本企業「大林組」が建設したという。日本の技術の威力がアメリカでも認められて喜ばれた。次にキングマンで朝食を済ませ、アリゾナ州セリマンに向かった。この道中は強烈な横風がRVを襲った。その間の運転手は、運転席を横切る強風に耐えながらハンドルをしっかりと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が数多く見られた。セリマンを通過した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パブリックポイントというスポットで夕陽を見たという一瞬で目的地に向かっていた。1号車メンバーは、道中少しでも「ババイ」ことが起こるたびに「ババイ」と言いながら移動した。数時に夕日に会い、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帰った。



9/17 Grand Canyon→Lake Powell

この日はグランドキャニオンを朝口が見たいということで、1号車の面々は5時台に起床。朝口の夜に作っておいたサンドウィッチとリンゴを食べて、Mather Pointに到着。夜明けの朝陽には少し遅れてしまいましたが、昨晩と異なる表情の断崖絶壁を見ることができ、簡単な朝食になりました。この日は長距離移動を予定してなかったため、人懐っこい野生のリスにリンゴを上げられて停まることになり、不足分の断崖を補うように、断崖を断崖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を走り続けました。この道から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 開拓者の土産を買いました。続いての目的地は、Colorado River 沿いを走ると120マイル上流に遡ったMarble Canyonでした。Grand Canyonでは崖が圧倒的な高さで目立っていたのが、今度は崖の上から絶壁を見ました。そこから少し走って絶壁のHorseshoe Bendへ。滑らかに曲がった川が流れて、幻想的な風景がすべて目に入りました。夕陽を眺めずには帰るメンバーもと写真撮影した後はPageのWalmartで買い出しをして、今後の宿泊地、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回宇宙科学技術学会にて「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 CDM 班より発表された内容である。

1 全体プログラムと機能構成

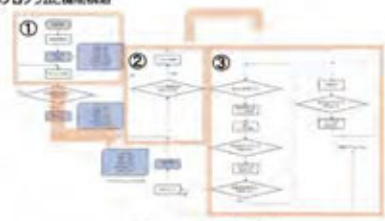


図1 LignoSatの全体プログラム

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データ送信の3つの段階から構成されている。

①衛星放出後

JSS（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、各基盤の初期設定（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、バスキーピングデータ（HK）の取得を行い、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になると、熱膨張センサ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秒間隔でデータ取得を開始する。MAIN PIC（メインプロセッサ）が各基盤（RAB, MISSION）にデータ取得コマンドを送信し、各基盤が計測を行う。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データ送信

収集したデータはモジュール（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、バ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基盤で受信・デコードされ、MAIN PIC がコマンドを実行する（例：HKデータのダウンロード）。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。

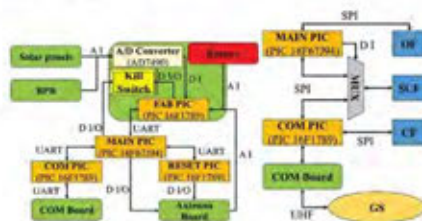


図2 LignoSat 全体機能

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。MAIN PIC（PIC 18F6734）とCOM PIC（PIC 16F1789）がデータ伝送の中核を担い、多量な通信システム

(MUK)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、②EZE試験、そして③SEU試験を実施している。これらの試験により、期待通りの性能を発揮することが確認されており、運用に十分な性能を有することが期待された。

①TVT試験 (Thermal Vacuum Test)

宇宙空間を模した熱真空環境下で、LignoSatの基盤と本造機体が期待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、衛星全体が正常に稼働することを確認した。また、本造機体の形状性が実証され、宇宙空間でも信頼性を保てることが明らかになった。

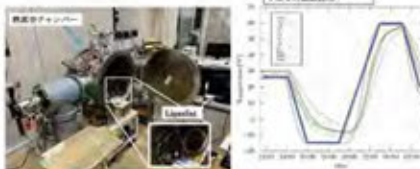


図3 TVTの様子と温度変化

②EZE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。ハイスピードデータ(HKデータ)の取得、アンテナ展開コマンドの送信、地上局へのデータ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稼働していることが実証された。

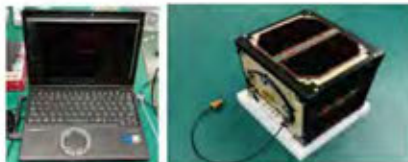


図4 EZE試験の様子

③SEU試験 (Single Event Upset試験)

本造機体が宇宙線によるメモリビット反転(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、新たな実験系の検討、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軌道選択・軌道角速度の解析を実施する計画である。TVTおよびEZE試験では期待通りの性能が確認され、信頼性が保証された。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、パッシブアンテナ搭載や熱対策を用いた姿勢制御など新たな機能が検討されている。

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター
<https://space.innovationkyoto.org/>
 〒606-8501 京都市左区北山 西陣キャンパス4階6号 総合研究16号室 208号室
 所属人：宇宮孝弘(研究) 三木秀典、豊田裕大、山本龍大
 Tel & Fax: 075-753-5129 Email: kosakawood@mei2.edu.kyoto-u.ac.jp
 SIC 有人宇宙学6号研究センター Newsletter No.36
 2024年12月1日発行

SIC 有人宇宙学研究センター
NewsLetter 2025 年 1 月号 No.37

木造人工衛星は宇宙へ放たれました

閉じましておめでとうございます。

SIC 有人宇宙学研究所にて関係のみなさまにおかれましては、
誠にありがとうございます。2025 年を起すこととお願い申し上げます。

足は木村の研究として、京都大学と住友林業株式会社との宇宙木材共同研究「LignoStella」プロジェクトではじめての中核をなす「LignoSat」発射に当り協力して参りました。昨年11月5日のSpace XのロケットFalcon 9によるナデナデ宇宙センターからのLignoSatの打ち上げ（国際宇宙ステーション（ISS）への移送）も、その時、12月9日のISSより日本実験棟からLignoSatの、李達出发了。5年間に及ぶプロジェクトのハイライトとなりました。木造人工衛星の実現に向けて最初期が実現していき、次に、地



球の大気圏を何層に立方体が放出された瞬間は、大人は「すごいすごい」と感嘆するほど、真に迫るものが伝わった。

明けて 2025 年、本年最初のニュースレターの発行元として、あまり知られていない LignoSat の紹
介について書いておくのもよいかなと思い寄りました。駄文にお付き合いいただければ幸いです。

○**追加のメール?**：2017年の2月中旬、京大農学部教務担当が「土井隆雄特任教授に仲村のメールアドレスを伝えてほしい」という問い合わせが舞い入ります。当時研究室の同僚だった村田功二先生と「土井隆雄教授ってあの宇山興行士の土井隆雄さん?」と「?」マーク記載のまま数回電話に「どうぞ?」と話し、すると2月21日に以下のようなメールが届きます。

「和村国典先生、和村勘二先生、はじめまして。学園エフエムの土井博雄です。現在学園エフエムでは、宇宙での木材利用の可能性を探るために、木材の宇宙下での耐火実験が計画しています。〈HDB〉和村先生、和村先生は木材工学実験及び耐火実験を義務づけられていることから、壁紙、床や天井の木材の強度と燃焼の可能性について、3分ほどご意見を伺えればと思います。都合の良い時間があれば、こちらから伺いますので、お知らせくださいと幸いです。」

本材の強度測定を講義等で行っている教員が京大内にいないが、全学のシラバスを調べて私たちが発掘されたようです。当初 30 分間の予定の相談は 2 時間を越え、第 1 回の勉強会である予

富木村役所が2017年4月から始まることになりました。宇宙関係の人たちは木村のことを知らない。また、僕々木村側は宇宙のことを知らない。双方のギャップを埋めるための勉強会が1年以上続くこととなります。

本編7：2018年11月2日の半導体材にて、「CubeSat」の構成を木材で作れないかという話の持ち上がりです。彼々「木材屋」は木材を手回し用材料として考えたことがなかったが、当初意図がわからずでした。しかし、よく考えたら、木材は何も問題なく、しかも手回しが速く、半導体空間に収納されれば「狂う」ことなどは「思える（確信）」「燃焼」（腐敗）したと勘定する三大欠点しか認識されず、いまだこのようにして、「これは何もしないでいい」と思っているだけに、「こんなイメージです」と土木先生から渡されたのが、6枚の表紙並行着刊で結ぶのを待たずに市販の雑誌で、「木材が半導体に行くのか……」LignoSatの木造橋樑を木箱にすることへのこの方向性によってわかるのだ。

▼「**下町ロケット本編**」：「宇宙に行かなくても、誰もが食糧を確保す。日本の伝統技術は大切なものがあるよ、何より宇宙っていい」というコンセプトを、目撃者に伝えたよ。その製作は黒田工房の白井博司さん。何回も打ち合わせがあったそうです。自分たちの木工手探しの技術は巧みに使われています。2018年11月17日、東京放送系朝日放送の朝日新聞の車中から「100mm 角の本場人工工場で調べるよなかな?」のようなメールを白井さんに送りました。すべし以下のようなお返事いただきました。

非常に興味深い話ですね。あまりに打ち切った話で驚いています。是非協力させて下さい。海外株の影響や資金状態との含水率など以前から気になっていました。(中略) 下町ロケット水工編目指して頑張ります。よろしくお願ひします。

最初の試作（ゼロ号機）を実際に体験するのは翌年3月になります。このとき三井さんにお渡しした木箱の両面の板厚は8mmあったのですが、箱組みが足りないことに悩む学生チームからのリクエスト（実上げ？）でその後どんどん薄くなり、最終的には4mm厚という究極の薄さになってしまいました。

「新日本コロニアル株式会社」：2019年8月6日付け、共同研究報告書に於いて10年連続で研究費の提供を支援した林業振興政策研究の共同研究機関として、前第5期研究費のコンテナーに感謝して頂いた。並行する行方不明の報告を兼ね、まじょうとして頂戴です。乾杯から1時間、ほどなく終了して頂いた。11月先生との共同研究やすなわち木組の勉強会、木造人工業業の発展を支援して頂いたことを改めてお礼を申し上げます。そして、お礼の旨の報告が「研経」で掲載されて頂いた。ここが色々なことが整理出来、30年ノゾミの報告をフルスライドで2020年12月にすれば良かった。現在、林業企業と都大の2つの木組の共同研究「LignoSat プロジェクト」2020年12月4日から実地研究に始動し、その一環として LignoSat の研究が本報化しました。あの日、あの時のウラシカが、今、ツラギプロジェクトにたいしてツラギです。

■本編「プロダクト」：私自身、100mm前後の身長がそのまま目付けの目安に思っていました。故、JAXAの小柄な女性工術者並み身長155SDOを介して、ISSの壁面や天井からCubeSatを宇宙に放つ際には、レーザと計測装置や宇宙に送る部品類の組み立てに必要に感じられるような目付けの目安にしたいという一筋。2020年5月以降に予定。本編「プロダクト」の目付けや台の組み立て、アルミ板を木材にネジ留めしたり接着したりすれば簡単なのですが、それはやらないで。そこで、本編「プロダクト」の4人に配った4本のアルミ棒を木材のサブウォークと垂直に交差するスロット（外周）を製作してあげた。これが、この作品の内部構造とほぼ等価に同等のものだ。その後、タンバリンの音の大きさを4本の木材の長さや木材の厚さ下2本のアルミフレームでポイントで調整する仕組みを採用した。奥のタンバリンとは全く4本のアルミ棒と下2本のアルミフレームとで現在の形に至ります。「本編「プロダクト」列」はアルミフレームの製作とそれに対する共同「プロダクト」の製作と上野野郎さんとの合意です。早急に本編「プロダクト」は外付けの製作、製作、アルミフレームの完成と本編「プロダクト」の完成。

2021年4月以後、LignoSetの開発は学生チームが主体的に進めることとなり、昨年11月の打ち上げ、12月の宇宙放出に参ります。本稿執筆時点で、地上局との通信が既定通りには成立していませんが、“復活”を期して引き続き進みたいと考えています。

鹿島建設との共同記者会見報告

令和6年12月18日(水曜日)、京都大学と農研機構との共同研究について、京都大学西岡年記念館 国際交流ホール111にて記者会見を行いました。



記者会見 集合写真撮影の様子
発表会の司会は、山崎康亮 京都大学大学院総合生命学専攻 教授（専攻長・SIC 専任手帳
センター長）が行いました。

まず、大浜 産協建設株式会社 イノベーション部長によるプロジェクト紹介で、今回記者会見を行うに至った経緯と、これまで産協建設と京都大学が行ってきた共同研究についての成果を示しました。



次に山崎博見 京都大学大学院総合生存学館教授によるプロジェクトおよび経典紹介を行いました。

生存生態がない宇宙環境で社会を築くためには、地球から小規模に資源を持ち込み、地球で環境システムを構築する必要がある。長期的に宇宙と暮らすためには空気の水の循環システムと適切な電力そして宇宙放射線からの防護が必要になってきます。空気や水の循環システムを実現するため、船舶やバクテリアを利用した閉鎖生態系の研究が進行中です。これにより、酸素供給や内海の循環を効率化し、宇宙での長期的な生活を支える基礎を築きます。

地上では、自然資本（海、陸、森など）の上に生存基盤が成り立ち、その上に社会が成り立っています。私たちは、平準での暮らしを実現するためには、地上と同じように自然資本が必要不可欠であると考えました。しかし、地や火災にはバイオームが存在しません。そのため、地球上に必要な最低限のバイオーム（バイオーム）を維持する必要があると考えています。また、長期的な地球生活を支えるためには、QOLの維持や、資源循環型経済システム、低炭素と宇宙技術開発の対価が重要です。

「コアバイオーム」については、これまですでに構想を発表している「宇宙森林」「宇宙海洋」に加え、コアバイオームから発展させた「ECLSSコアバイオーム」も構築していく考えです。ECLSSコアバイオームは、



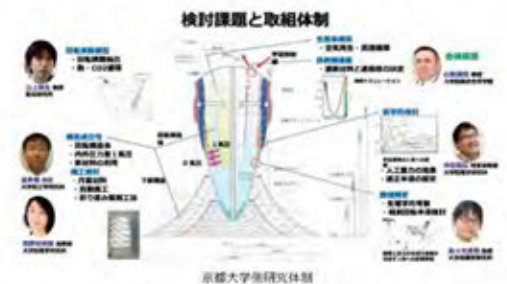
山數雄亮 大学院総合生命学院 教授

シア/バクテリアからの酸素供給など、生命維持のために生物の力を借りようとする考えです。生態系維持については Biosphere 2 と共同研究を行っています。建設的破壊かつ徹底的な資源の中でやりくりするための技術を開発することで、地上での資源・環境を保全する技術が開発されます。

低重力への対策として、鹿児島建設の大野理也氏が、ガラス状の建物を回転させることで、遠心力と重力との合力により、地球外で地球と同じ 1G 下で暮らすことを実現する「月面人工重力居住施設（ルナグラス）」を開発しました。概念検証を経て、人工重力居住施設は常に進化を遂げてきました。今回発表する新しいポイントは、アクティブ制御です。アクティブ制御は、回転軸が不安定になった時に自動的、安定に戻すシステムのことです。さらに、地上でも遠心力施設「ジオグラス」を建設し、建設の実現性を検証します。「ジオグラス」は、将来的にスペースポート（宇宙への港）の近くに建設する予定です。月・火星に行く人が、行く前に人工重力居住施設を体験してから月・火星に行くようにするためです。スペースポートからはヘキサトラックという、人工重力技術を用いた月・地球・火星間の交通機関が発射する構想です。

宇宙放射線への対策として、建築材料・建物の厚みをどれくらいすれば宇宙放射線を防ぐことができるか、シミュレーターを用いて研究中です。現在は、ルナグラスやヘキサトラックの外壁を築き出す予定です。

これから我々は、これらの構想について、鹿児島建設と共同して人工重力居住施設の構造成立性・施工成立性・居住性・人への影響評価を研究していきます。



月面人工重力居住施設（ルナグラス）について～背景、仕組み、構想～

次に、大野理也 鹿児島建設株式会社 イノベーション室 宇宙担当部長による、ルナグラスの詳細な解説がありました。

- 5 -

宇宙で定直して体が適応してしまうと地球重力下で暮らすことが分る分にはなるが、例えば定直を始めた第二世代以降の人は自分の意志に反する過酷な宇宙環境の中で暮らすことになる地球重力に耐えられない地球にも帰れないという状況が起きます。こういった問題を未然に防ぐためにも宇宙でも地球と同じ重力を再現することが必要です。故郷の回転体が遠正回転においてすべての面に対して垂直に立てることを利用して宇宙環境中に人工的に重力を発生させる設備を考えています。



大野理也 鹿児島建設株式会社 イノベーション室 宇宙担当部長

京大工学研究科からの解説

[寺田昌弘 大学院理学研究科 特定准教授]

人工重力施設における重力変化による人への影響を医学的観点から評価を担っています。地球重力下で進化してきた生物にとって重力刺激は非常に重要な刺激となっています。重力による刺激を利用した生物の仕組みは宇宙環境下においておきかな影響を受けます。そのため、重力変化を医学的観点からの情報収集、安全性評価を促すこと、遠重力施設時の安全性の評価と基準の設定を主な検討課題としています。また将来的な課題として宇宙放射線からの防御、微重力環境における精神的影響、長期重力変化による生理的調節の評価、低・遠重力環境における行動様式の変化を考えています。



寺田昌弘 大学院理学研究科 特定准教授

今後の検討の流れとして、検討課題を進めながら試作装置における安全性の評価遠重力装置における遠重力トレーニング方法を構築し人工重力装置を用いた宇宙居住時における医学への影響を明らかにしていきたいと考えています。

[山上啓生 防災研究所 教授]

京大大学の防災研究所では、オープンラボラトリーに回転実験装置を設置し、模型を用いた水理実験によって、水流の挙動、熱の移動など回転系独自の課題について検証する予定です。

※実験の構築としては回転を始めてからしばらくすると回転体の視点から見て静止したものが噴き

- 6 -

実験を行ったところ静止時とは異なりでは対応にはならないことが確認できました。今後より大きな規模で熱やガスなど要素を加えながらより現実に近い形で実験していく気候と流体力学についても詳細に検討していきたいと考えています。

[金多輝 大学院工学研究科 教授]

宇宙での課題は、地球上での施工とは大きく異なる課題を伴います。特に無重力または低重力環境での建設作業では、従来の技術だけでは対応が難しい部分が多々存在します。宇宙建設の施工可能性について考察しています。

地上と同様に地面を掘り基礎を築くことが必要になります。仮設工事について工事を請け負う人たちの高所作業を確保する必要があります。そのために地上の骨組みを作るのですがルナグラスの特殊な3次元の曲面をどのように分割していくかが課題で現在このころでは鉄骨構造をメインに必要なところにはコンクリートで補強する方式を考えています。曲面は鉄のプレートで補強することになります。人々の手で行うには大きすぎるため機械で溶接していくことになります。回りたんだ程度に溶接したものを引き上げていくような折り紙の方法を考えています。

次に設備工事をしていきます。ここでは人間の今の生活環境をどこまで宇宙に持ち込むかによって工事も変わってきます。改修工事なども考慮に入れる必要が出てきます。

工事の際、施工のための機材は搬送が困難なためディーゼルではなく電力で動くものを使うことになるのですが必要となる電力をどのように確保するかが重要な課題です。

また電力、水、空気の浄化や温度管理について、また足場を造らないで引っ張り上げる方式を取り工事を効率化しますがどれほどの機材が必要になるかを検討する必要があります。

[佐々木貴教 大学院理学研究科 助教]

遠重力施設で力がかかるように動く。また液体のような動きをするシミュレーションをしています。特に2つの力がかかると複雑な動きをするためシミュレーションが必要になってきます。

施設が成長に対して小さいと足で定かた重力の差が大きくなってしまふためある程度以上の大きさが必要になってきます。また2つの力と遠心力と重力が合わさるものの動き方に応じて異なる向きに力



山上啓生 防災研究所 教授



金多輝 大学院工学研究科 教授

がかかります人間が動く際も同様のことが起こるためこの影響をどのように減らしていくかが重要な課題です。

工学的・建築上の点から建築可能な大きさあるという建築学的な制約と人の動きに対して制約という物理学的な制約を比較することで遠重力施設ルナグラスの実現可能性を迫り始めていきたいと考えています。



佐々木貴教 大学院理学研究科 助教

[山崎康宏 大学院総合生命学専攻 教授]

船を動かすためには推進が必要になってくるが、エンジンや推進機によって推進を作るためには適切な環境を維持し続ける必要がある。ヘキサトラック構想では、人工重力を用いた推進機の移動を考えている。特に月面においては、ロケットとヘキサトラックを組み合わせる推進方法が効率的になると考えている。



会場の様子



人工重力施設 模型の様子

記者会見時の記事はこちら

月面人工重力居住施設の成立性を京大と鹿児島共同研究「人工重力居住施設の実現へ向けた第一歩」

京大宇宙建設共同研究記者会見

日時 令和6年12月18日（水曜日）

場所 京大大学百年記念館 国際交流ホール3

式次第

司会 山崎康宏 京大大学院総合生命学専攻 教授 専攻長

SIC 有人宇宙センター長

（ソーシャルイノベーションセンター（SIC）有人宇宙学領域長）

- 7 -

<挨拶>

大浜 大 豊福建設株式会社 イノベーション部長

<プロジェクト紹介>

山敷康亮 京都大学大学院総合生命学院 教授 専攻後

三つのコアコンセプト・テラサイエンス・共同研究の中心

大野 孝也 豊福建設株式会社 イノベーション室 宇宙担当部長

ルナグラス紹介

<研究内容報告>

寺田昌弘 大学院理学研究科 特任准教授

山上篤生 防災研究所教授

金多輝 大学院工学研究科 教授

佐々木貴教 大学院理学研究科 助教

山敷康亮 大学院総合生命学院 教授

飯塚広希+サンゴ創生科学

記者発表内容

<https://space.innovationkyoto.org/2024/12/18/artificialgravity202412/>

(山敷康亮 記)

京都大学複合原子力研究所 訪問記

2024年12月上旬に大阪府堺市東区にある京都大学複合原子力研究所（以下、複合研）にて、出張研究室に所属した実験を行いました。同行していたのは、原子研究科村田功二教授、南合生学館山敷康亮教授、佐友林実士座守部長です。

複合研は1963年に設立された研究所で、2基の原子炉施設（研究用原子炉 KUR、臨界集合体実験装置 KUCA）、多彩な加速施設、大規模な中性子放射線施設が設置されている。大学の附属研究所としては世界でも類を見ない特有な研究施設であるそうです^[1]。

実験では複合研の高橋孝一教授、桜井良雄准教授、飯沼美氏のご指導の下、KURを使用しました。KURは2026年度までが使用期限で、来年までの利用になります。今後も継続的な実験によって、未来利用の推進に向けた研究を行いたいと考えています。（三本貴典 記）

[1] 京都大学複合原子力研究所 HP <https://www.m.kyoto-u.ac.jp/>

[2] 同 アーカイブ(物性科学研究分野) HP <https://ccm.m.kyoto-u.ac.jp/about/>



図 1. 京都大学複合原子力研究所^[1]



図 2. 夢心に惹かれるシリコンブルーの種子

1月のイベント予定

日時	内容	開催方法
1月14日(木) 13:00~17:00	宇宙への挑戦II スタートアップと研究員が語る未来シンポジウム (イベント55) 14:40~15:20 特別講演：宇宙人材プロジェクト〜未来人工衛星の開発 宇宙飛行士、京都大学大学院総合生命学院 特任教授 土井 陽雄 氏 講演内容の登録はこちら 主催：関西イノベーションイニシアティブ(KSI) 公益財団法人京阪道徳技術研究所(ASTEM) 申込先： https://www.astem.or.jp/hyogo-20250114-2	参加費：無料 LIVE配信 会場：京都リーナーパーク4 号館 B1 B2A-B 住所：京都府下京区中京寺 東江町 90-94 定員 会場：先着 150 名 オンライン：無料版 (申込 1/8)
3月中旬	第3期 宇宙人材育成シンポジウム 主催：京都大学大学院総合生命学院 申込先：有人宇宙研究センター 宇宙人材育成 spaceinfo@mail2.kyoto-u.ac.jp	会場：京都大学第8ホール (西田キャンパス北部院内)

YOXO FESTIVAL2025 YOKOHAMA 宇宙 Days の開催

2025年1月25日(土)26日(日)に、横浜みなとみらいで開催される YOXO フェスティバル 2025、そして YOKOHAMA 宇宙 Days にて、SIC 有人宇宙研究センターは出展および関係者による講演を行います。

詳しくは下記に挙げておきますが、山敷センター長をはじめ、大野 SIC 特任准教授の他、JAXA 桜井教授、カエラムエンジニアリング株式会社森氏、そして宇宙タレントの黒田あき氏の登壇もあります。また、VRや太陽系外惑星データベース EXOKYOTO の展示も予定しています。（山敷康亮 記）

- 10 -

YOXO2025 セッション (1月25日版)

A-04 宇宙居住の未来を語る

開催日時 2025年1月25日 14:30-16:00

場所 横浜ランドマークタワー リカタのタナガーデンクエア

オーガナイザー 京都大学 SIC 有人宇宙研究センター

横浜 x 宇宙プロジェクト

昨年も大好評「宇宙に在るもの」? 専門家トーク

月や火星での宇宙居住の未来について、それぞれ大

学・JAXA・企業・民間組織の専門家に加え、若手若

菜軍にもお話をいただき、みなさんが疑問に思っている「未

来後々々物価の懸念に在るもの」について詳しくお話ししもう。

登壇予定者

山敷康亮 (京都大学・SIC 有人宇宙研究センター)、桜井純人 (JAXA)

大野孝也 (豊福建設株式会社)、黒田 明 (ムーンビレッジアソシエーション理事)

藤見大樹 (アマテラス株式会社)

コーディネーター

黒田明 (宇宙タレント)



D-04 横浜 x 宇宙大交流会

開催日時 2025年1月25日 17:00-19:00

場所 横浜ランドマークタワー 7F NANA Lv.

「横浜 x 宇宙プロジェクト」が2年目に入り、宇宙関連

ビジネスの現状を最先端で議論される方々にお話し頂い

と、在横浜企業における宇宙ビジネス参入動向を取り

扱い、横浜の宇宙ビジネスを活性化させるために、必要

ネットワーク仕組みについてトークします。

登壇予定者

森裕和(カエラムエンジニアリング株式会社)、黒見大樹(アマテラス株式会社)

大野孝也 (豊福建設)、深瀬希峰 (日揮グローバル) 他

取組とあ

山敷康亮 (京都大学・SIC 有人宇宙研究セン

ター)



YOXO2025 セッション

A-08 横浜から宇宙ビジネスの未来を語る

開催日時 2025年1月26日 12:30-14:00

場所 横浜ランドマークタワー リカタのタナガーデンクエア

オーガナイザー 京都大学 SIC 有人宇宙研究センター・横浜 x 宇宙プロジェクト

今後ますます盛んになる宇宙ビジネス。

活発な議論として「宇宙への道」として新たに発展するために、世界の宇宙ビジネスの現状、我が国の企業の位置、横浜からどのような貢献ができるのかについて、第一線の方々とともに語る。

登壇予定者

藤井 淳 (UchuBiz 編集長)、森裕和(カエラムエンジニアリング株式会社)、片山 大樹 (スペースデス)

金本 成生 (スペースシフト)、深瀬希峰 (日揮グローバル)、ゆづり 晴士 (元 JAXA 研究員)

山敷康亮 (京都大学 とりまとめ) *その他、清水建設から登壇予定

D-10 宇宙技術の未来について語る (防災・交通・通信)

開催日時 2025年1月26日 15:00-17:00

場所 横浜ランドマークタワー 7F NANA Lv.

宇宙産業や技術の発展が防災・防災につながる！宇宙時代の新たな宇宙への交通手段や、人工衛星による通信や災害情報の把握、今後ますます緊急性が高まる災害時の対応について、これからの宇宙技術が果たす役割

について、実例を交えて議論する。

講演予定者

金本 成生 (スペースシフト)、片山 大樹 (スペースデス)、清水建設株式会社から1名、

山敷康亮 (講演およびとりまとめ)



大阪・関西万博にて「ミライの宇宙での暮らしと食(飯)」

展示イベントへ出展

2025年大阪・関西万博「ミライの食と文化ゾーン」において、京都大学大学院総合生命学院 SIC 有人宇宙研究センターは、豊福建設 (株) (共賛)や、一般社団法人宇宙ツーリズム推進協議会、コスモ女子 (協力)、そして SIC 有人宇宙研究センター 協力企業の DMG 森精機との連携により、「未来の宇宙での暮らしと食(飯)」をテーマに展示を行います(期間：2025年8月10日(日)~16日(土))。この展示では、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」の仕組みを体験や体感を通じて分かりやすく紹介し、また有人宇宙に関する議論を行う他、来

賓基に宇宙での生活を身近に感じてもらえ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、宇宙食の開発開発や工夫の発表、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。本展示は、一般社団法人宇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、来賓者の方々に宇宙への新たな興味や視点を獲得できる機会となれば幸いです。（山敷康亮 記）

- 12 -

[4116]

会場：大阪ヘルスケアナビビル内「ミライの食と文化ゾーン」

期間：2025年8月10日（日）～16日（土）

共催：京都大学大学院総合生命学部 SBC 有人宇宙学研究センター、鹿島建設（株）

協力：（一社）由緒・リズム推進協議会 エスモ女子 他

開版装置：DMG 森精機（株）

展示イベントテーマ：「ミライの宇宙での暮らしと食（食）」

参考：大阪ヘルスケアパビリオン <https://2022osaka-pavilion.jp/>

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

LignoSat 学生チーム
アメリカ横断旅行記

9/18 Lake Powell

[illegible]

頃になると油は軒並みに不足し、同じくともない大きな円を支えまい。知れぬ程にいては月かもと、思いながら日本より持参した白玉粉で焼いた見聞餅は枯乾していた。そんな中先蔵がサボンを盗んで料理が種を買ったと判れたとのことで、月ほどそつたのでデビッドを奪い一本ずつ張いていたのは堪へられなくなり出てしまふ。BBQでは焚火の薪を奪奪奪奪ベールムートで輸入したアメリカンサイズの肉を焼くはふりふり、火が両るで各々の舌に火に火を焼く合ひたい。



118

9/19 Lake Powell + Monument Valley

本日も朝晴なり、たまに曇りながら穏やかな日。グラナダ市内に立ち寄り散歩した場所の地図から見れば、現地の観光地はたまたま一つある旅行中、平日は今旅行の一審のイベント大会となり、多くの収穫があった。なほ旅行がくつはなすにやからぬに、東京に帰る途端のこの日の高が低なるの気が附けたり。さて本日も旅行の日本になったドライブ Day であるが今日は昼飯一日のドライブ。2号車はハイパー・ポルシェ 3号車は大大大よりよからぬ。朝は晴れは昨日の BBQ の余を食す。物価が高いためお肉と大買ない牛や鶏肉とでもおめかしなり。この先の旅行地とておかしなわけは皆無きためなり。遊歩中もこの日の度一審のイベントは付いてあるウォル・スト・に食料調達へ。今回の旅行地はたまたま反叛が起きている、しばらくの食糧確保は難しいにやと予想されるためである。2号車では道中自分お肉ノリで遊んでいるので、ほほ一箱も肉の食料を持ってない。近江・江ノ市へなにも食料がないとてこの地味のマクドナルド。基本的物産は食料は安いが、マクドナルドにファミリ・マートで暮らしているお泊り仕様。が、これがいい。なほ旅行中に健康に注意しているで、ジャンキーな旅行地が好みた。その後のドライブに、道を任せ、寝て起きたら目的地到着。この旅行は健康と運動とウォル・マートで暮らすという道義にあり。机の用意など、生きるとは旅行に北へ北へ歩いているものだと思ふ。現地の文化が色濃く出ているお土産屋などには買わないにやと人々のお土産を店頭に並ぶのが、定所なり。まあ道が悪い、車もはずむ、なんか健康に気をつける。下水パイプ破壊、修理中未だの建物に胸中を殺される。友人のベイト下水管に落ちる。その日のドライブは一番曇り寒山、とある旅行の危機である。このようにドライブにこの旅行の困難もある。やがて今頃の頃、その昔ややややを思いはれた大団円にはなる。これから見る旅行先では南にアメリカが景色では強ひ合いになると思うと、今後の旅行先ハドルが上るため未だ見えてくる。現に現に安全な旅がわかれ、どうやら景色はいいとははみきいてる。このように、何人かの人と人間性に基づいて旅がわかれ、旅が人生の分岐点に立っているという感動。こちらも旅びとと人生楽しくては、翌朝も早いので、早めの就寝、まあや眠りてはなほ旅がメインとなっているで、皆で一つの目的のために行動するのは偉大なる旅人だと思ふ

い出してしまった。東京からこの時までに



9/20 Monument Valley→Albuquerque

気付けば終る晩半ばに入、独特な地形で知られるニユーメートン・バーカが汽流、国立公園を離れるにつれ、長く続く砂漠、深谷は次第に姿を消し、風州には緑が茂い。山の頂は尖ってゆく。ユタ、コロラド、アリゾナ、ニューメキシコという4州がてど指す米国内地唯一の場所であるフーコーニイは、まさにそんな広さを我々が日々見る景観で果たされなければならぬ。米国内地ではテキサス州に次ぐ産油地であるニューメキシコ州に入ると、ガソリン価格とは言う3ドルを切った。ロサンゼルスに在り刻の半分以上、風流の景観、そして工業の発展も事ながら、我々は連日リッター3.8kmの1動機に驚きに達する。450マイ

84

ルの大移動の末、ニューメキシコ州アルバカーキに到達したとき、時刻は夜 21 時を回っていた。

9/21 Albuquerque→Las cruces

今日はサンタフェとホウ・サズを鑑見します。今日の宿はユメシタの街南大の都市計画の一軒に泊り、そこから、時刻表いにかけて南極サンタフェの方に移動します。サンタフェはアメリカで17世紀のある町として知られ、他の都市とはまったく異なった造りの歴史を有する街並みや建築物の集積に美しいところがある。また、数多くの美術館・博物館・ギャラリーを有し、芸術の町としても知られている。



サンタフェについて初めて向かったのはリットチャペルです。そもそもサンタフェ(Santa Fe)はスペイン語で「聖なる信仰(Holy Faith)」や聖地(キリスト教)とは縁が深い場所です。この教会は命の贈り物や健康増進がめざることでも有名です。この病院は中心に支店がなく、どうやって建てられたのか(分かっておらず)それゆえにこの病院と書かれているようです。



この教会を訪れたあとは各自あたりをぶらぶら。サンタフェのダウンタウンは 1 km 四方で、徒歩で簡単にめぐることができます。私はアート美術館や留フランシス大聖堂、アメリカ最古の駅に行ってみました。私はこの町の不思議な歴史と景観に触れることができとても満足です。

この日午飯から向かい、ここはニューメキシコ州にある
ホワイツサン国立公園です。ホワイツサンはその名の通り
純白の砂丘。ただしその成分は石膏です。ここは世界
最大の石膏砂丘帯です。私たちは公園内1ヶ所停
留させてもらったが、dune driveに行きました。



本道にびびりするくらい大きな白の世界。どこが湖の壁に降り立ったようです。どうみても砂漠のようですが、少し置くとみるたびに湿った緑がでてきます。これは昔からこの地域に住む人々が水を得るために用いられた足廻りです。そんなことを知る自れもない開拓者たちはかつてこの地を開拓することにはできなかったと云ふ。

このホワイトサンズの壮さは地球の力とその偉大さを感じさせるものでした。この地で見た夕日は素晴らしいの一言では片づけられないくらい wonderful な景観です。

日が落ちてからラスクル セスへ。今日は人間が生み出した文化や芸術、そしてそれをほぐり広げる地球の壮大さのどちらも体験することができた素晴らしい1日でした。それではみなさんごきげんよう。

9/22 Las Cruces → Kerrville



- 125 -

この日はラスクルーゼのRVパークからテキサス州中心部でサンアントニオの手前のケーブルビルという街までの500マイル遠征の大移動日。移動の途中で訪れたのはエル・パソというメキシコ国境の町。高速道路からすぐ目の前にメキシコの街並み。そして国境の街から送られたメキシコ料理を頂くことできた。メキシコ料理を食べようという計画は練り出したものの、この日は日曜日だったことを忘れており、ほとんどの店は閉まっていた。仕方なく2軒車はハイバーガー店を訪れることに。食事を済ませて、ここからは最終目的地のケーブルビルまで思慮の移動である。ラスベガスあたりからずっと続いていく乾燥地帯をついに抜け、移動中アメリカに来て初めて雨の降る道。



2 号車が一旦音楽でパドルのウォルマートに到着。この日はウォルマートの駐車場に車を停めて一晩を過ごす。各号車ウォルマートに買い物を済ませて、モーターホームで仮眠を。ここで 2 号車に同乗する、フリン・ガース Empty ライトが追加された。フリン・ガースは最前部の豪華装飾や過激なために消費者を不快に、フリン・ガースが 7 号車の中身を盗み去ったことはないが、この日はウォルマート駐車場外にあるいくつかの外部のシャワールームがあまり手に入らず、仕方ないしのお金を全部で分け合おうと決まっていた。翌日別のホテルで 2 号車に泊まらせてもらった。このように。

9/23 Kerrville→Houston

今日は、朝一でサンアントニオに向けて出発し、翌日のヒューストン観光に備えて、早めガルベストンにあるRVパークへ向かう予定。走行距離は 313 マイル。朝から、都会のハイウェイを走り、日本を出たサンアントニオの中心部へ、9 時

倉。アラモドームのがらがらと騒々かにモーターホンを押のり歩いてアラモ広道所へ。18 世紀にスペイン人によって建てられたアラモ広道所は、1836 年 5 月にオサカガキを撃ち立てられるまで、惣勢な地へ移りおけた場所として有名。月曜日はオサカガキを打ちつた銃の銃火器にまぎわっている。何人かは、目の前にある立派な建物の後援局で手紙を出した。歴史的に重要な建物なのか、手紙、手帳や身体検査は、これまでに一番厳しくした。



サンポート・ジョイ園に近い本園にわたって伸び続けるウォークは、カヌエやシロガキが並ぶ多様な春の遊歩道。久しぶりの緑木や草花の色彩、リスや子猫の姿など、今までなかった風景がうめよう。1968 年に小幡の設計事務所によって完成、季節のなつりへ町を垣見する。町中に不思議なボタンの開閉によって、遊覧船はウォーク園の The Original Japanese Restaurantへ、お花見の大会のルンディーズ・フェスティバル、一躍有名になる追加で追加して出てくる。民間のFukushima, samurai



144

rouniri」が新緑時などに特徴とした店内に備え置る。メキシコ料理の知識がなく、英語の読解の速いかわらない。Burrito, Migas, Huevos Rancheros, Chorizo con Huevo, Crispy taco, 思い通りに調理に堪能である。

13 時発、18 時 RV パーク。まだまだ日も出ていて明るい RV パークには流れるプールや温水プールもある。少し歩くとメキシコ町。皆で着替えて久しぶりの海やプールを楽しんだ。ミシシッピ川の風景でさめ細やかな移り変わり、水は濁っている。どこまでも続く遠浅の海岸は、LA の海とは一味違う。美しいビーチウォールム。感動をありがとう。夕食は薪バーのシチューにライスとパン。明日のビーチストーンを楽しみにして今日は各々ゆったり過ごす。(LignoSat 学生チーム 記)



研究紹介 フェノロジー（生物季節） 京都大学樹木育成学生チーム 池田武文

はじめに

私たちが暮らす日本のほとんどの地域は温帯に位置しています。この地域では、植物は季節の移り変わり、さらには四季の変化に応じて、身を取りかえ、冬を形成し、紅葉（黄葉、落葉）を遂行して落葉し、さらに冬芽を形成するという一連の変化を毎年繰り返しています。このような植物の季節的な変化を「フェノロジー（phenology, 生物季節）」と呼び、これを研究する学問分野は「生物季節学」といいます。私たちが毎年楽しみにしている桜の開花や紅葉のようには、本能的にフェノロジーを感知している植物といえるでしょう。ところで、桜の開花や紅葉は、決して私たちが楽しみ得るために起こるわけではあません。これは植物自身の生活や生存、さらには近代文化によって欠かすことのできない重要なイベントなのです。以下に、温帯における樹木のフェノロジーの概要を解説します。なお、火災で樹木を食滅する際には、適入する植物種のフェノロジーを十分に理解しておくことが必須となります。

ソメイヨシノのフェノロジー

植物のフェノロジーは、それが分布する気候帯によって大きく異なり、さらに同じ気候帯内でも種によって異なります。ここでは、日本人にとって馴染み深い植物の一つであるソメイヨシノ（サクラ属）のフェノロジーについて解説します。ソメイヨシノは温帯に生息する樹木です。一般的に、植物の季節的な変化は「芽

吹き」から始まるように考えられがちですが、正確には「芽の形成」から始まります。なぜなら、芽が形成されなければ芽吹きに繋がることはないからです。したがって、芽吹きはフェノロジーの最終段階に位置します。ソメイヨシノのフェノロジーは、芽の形成、休眠導入、冬休眠、休眠解除、芽吹き、成長と開花という一連のプロセスで構成されています。これらの各ステップの代表的な日、日長（昼と夜の長さ）と気温が密接に関わっています。

1. 芽の形成と休眠導入

ソメイヨシノは、7 月下旬頃から翌春に向けた芽の形成を始めます。芽は成長を続けませんが、8 月下旬になると、日長が短く（夜が長）くなるのを感知し、葉で生成された休眠物質（アブジジン酸）が芽に送られ、芽は「休眠状態」に入ります。この植物の休眠はまた、10 月上旬頃に本格的な「冬休眠」に移行します。ここで重要なポイントは、気温ではなく日長が休眠導入のシグナルとなっていることです。気温は年によって変動するため、植物にとって秋や冬の訪れを確実に予測する手がかりにはなりません。一方、日長は変わることはありませんので、植物は日長を基準にして季節の移りかえを感知します。

2. 若い吹き

芽が休眠中であるにもかかわらず、晩春、秋に花が咲いているソメイヨシノを見かけることがありますが、これが「若い吹き」と呼ばれる現象です。若い吹きは、台風や大雪などで葉が減少あるいはなくなることが原因で発生します。葉がなくなると休眠物質（アブジジン酸）が芽に供給されなくなり、休眠が解除された状態にある芽が活動を再開して花が咲いてしまうのです。興味深いのは、この時、若い吹きの花には新しい葉も咲かれます。

3. 冬休眠と休眠解除

冬休眠は、10 月上旬に本格的に始まり、11 月中旬以降の寒さにさらされることで「休眠解除」が進みます。休眠解除には、2℃から 7℃程度の低温に一定期間さられることが必要です。この休眠解除の仕組みは、気温が植物の活動を制御することの一例です。休眠が解除されると、芽は活動可能な状態になりますが、真冬の気象は依然として厳しいため、すぐに成長するわけではなりません。この時期、植物は低温による障害（凍結など）から身を守る休眠を要して、来る春の成長に備えます。

4. 成長と開花

暖かくなると、2 月上旬ごろになると、気温が上昇し始めます。それに伴い、休眠を解除した芽の中の細胞（芽鱗）は成長を開始し、芽が大きく膨らんでいきます。この時期のサクラの芽を観察すると、ふたつとふたつと開くことがわかります。ふたつは「葉芽」で、新しい葉を展開する芽です。一方、ふたつは「花芽」で、花を咲かせる芽です。このように、ソメイヨシノの芽には、葉芽と花芽の 2 種類が存在します。

5. ソメイヨシノの生育可能性

ソメイヨシノが花を咲かせるためには、低温による休眠解除が必要不可欠です。そのため、亜熱帯の冬でも暖かい気候の外縁では、ソメイヨシノは花を咲かせることができません。なぜなら、外縁では休眠解除に必要な低温（2℃以下）が得られないからです。このように、休眠解除に必要な低温条件が、植物の分布の制限を決定する大きな要因となっています。一方、外縁で見られるカンザクラは、河川やヘトナム、中川流域などに生息する種であり、冬休眠を必要としない植物です。これにより、外縁のような温暖な地域でも花を咲かせることができます。

6. まとめ

ソメイヨシノは、芽の形成から始まり、休眠導入、冬休眠、休眠解除を経て、翌春に芽吹き、開花・開葉し、秋を待たずという一連のプロセスをたどります。このようなソメイヨシノのフェノロジーは、温帯の他の落葉広葉樹にも共通する現象です。これらの樹木は、芽の形成から休眠、休眠解除、芽吹き、成長までの一連のフェノロジーを共有し、四季の変化に適応して生きています。

火災でのフェノロジー

火災での樹木資源は、人間のドーム内で行うことを想定しています。ここでは、フェノロジーの観点から火災での樹木資源の可能性について考えます。ドーム内の光源として太陽光を利用する場合、火災は自然の緑（25.2℃）と自然光（24 時間 37 分）が地球に届くため、四季の変化が受られ、昼と夜の長さも地球と似た変動を示します。しかし、火災の公開期間は 687 日（地球の約 1.9 倍）であるため、春、夏、秋、冬の各季節の長さは地球の約 2 倍になります。このような状況下で、地球の植物、1 年を 1 サイクルとするフェノロジーに適応している植物が、火災の約 2 年を 1 サイクルとする季節変化に応じて反応するのは未知の課題です。

芽のフェノロジーに限定して考えると、火災でも四季の変化は与えられるため、地球と同様に日長の変化（昼から夜）は存在します。しかし、火災では季節が約 2 倍の長さで推移するため、日長の変化も約 2 倍長くなります。この種やかな日長の変化に対して、地球の樹木の芽の形成が適切であるかどうかは不明です。その後の休眠解除と芽の成長、開花は温度変化への反応です。ドーム内の温度は調整可能ですが、日長の変化に対応させて地球より 2 倍強やかな温度変化を設定した時、地球の植物は対応できるかどうかは不明です。確かめなければならぬ課題です。これらフェノロジーについては、植物に慣れたことではなく、私たち人間に関わります。フェノロジーが見過ごすことのできない季節なのです。

参考文献

国立天文台編 2024 令和 6 年 理科年表 丸蔵出版

永田 洋・佐々木康弘編 2002 樹木環境生理学 文芸堂出版

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター
<https://space.innovationkyoto.org/>
〒606-8501 京都市左京区八田町 4-1 京大コンパス棟 6 階 16 号室 208 号室
編集人：宇野木村研究室 宇野木村、吉澤大、山本健太
Tel: 075-753-5129 Email: spaceinfo@space.sci.kyoto-u.ac.jp
SIC 有人宇宙学研究センター Newsletter No. 37
2025 年 1 月 1 日発行

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2025 年 2 月号 No.38

YOKO FESTIVAL2025 YOKOHAMA 宇宙 Days の開催

2025 年 1 月 25 日(土) 26 日(日)に、横浜みなとみらいで開催された YOKO フェスティバル 2025。そして YOKOHAMA 宇宙 Days にて、SIC 有人宇宙学研究センターは、横浜未来機構横浜 × 宇宙プロジェクトと共同で、出展および関係者による講演を行いました。
<https://yoko-c.jp/yokofestival/>

YOKO2025 セッション (1 月 25 日版)

2025 年 1 月 25 日・26 日、みなとみらい4号 ありあけホールにて、1-01「まだ見ぬ未来宇宙空間」への誘いとして、京都大学 SIC 有人宇宙学研究センターが出展しました。



ブースの様子

2025 年 1 月 25 日、横浜ランドマークプラザ リカタのタネ ガーデンスクエアにて、A-04「宇宙居住の未来を語る」セッションが開催されました。このセッションでは、昨年度に引き続き宇宙サテライトの開発者 柳井誠氏をコーディネーターとし、柳井誠氏 (JAXA)、大野孝也氏 (豊城建設株式会社)、黒瀬剛氏 (ムーンレジェンダアソシエーション理事) 黒瀬大貴氏 (アマテラス株式会社) および、山崎康晃教授 (京都大学・SIC 有人宇宙学研究センター長) が出席し、宇宙居住に関わるさまざまな話題について関与を行いました。



司会者と登壇者の様子

コーディネーターの黒瀬大貴氏 (宇宙サテライト)

撮影: 佐久間昭彦 (SAKUMA AKIHIKO) 一般社団法人 ABLab

質疑と回答の概要を以下に記述しております。

Q1: あなたは宇宙業界でどんな人ですか?

柳井誠氏 (以下: 柳井)「リサイクルの人」

国際宇宙ステーション (ISS) 内の水や空気のリサイクルする技術開発を担当している。

大野孝也氏 (以下: 大野)「心配症の人」

宇宙で安心安全な暮らしを実現するため、月や火星上での居住施設を考案している。

黒瀬剛氏 (以下: 黒瀬)「国際組織の役員」

ムーンレジェンダアソシエーション理事を担当。

黒瀬大貴氏 (以下: 黒瀬)「一番若くてイケてる助産師」

昨年病気で学生でなくなりながらも家庭医として活動。宇宙旅行を行っている。

山崎康晃教授 (以下: 山崎)「宇宙に地球を持っていく人」

入学教壇での農業家。東日本大震災から、地球が住みやすくなった時に宇宙居住に必要なものは何かを質問と考えている。

Q2: これからできる地球近隣宇宙ステーション ISS の働きを教えてください。

柳井誠氏 (以下: 柳井)「リサイクルの人」

ISS では宇宙飛行士のみが滞在しているが、今後の宇宙ステーションでは黒瀬氏のように一般人も滞在できるような環境が必要となることから、お風呂に入るなどの快適性が重視されるだろう。



柳井誠氏 (JAXA)

撮影: 佐久間昭彦 (一般社団法人 ABLab)

- 2 -

大野「人工重力が大事」

これからは宇宙に一般人も行く時代。もみ水の入ったコップを割ってしまったら、重力で空気に飛散し水漏れが原因で、事故や被害の恐れも。人工重力を利用して物を落とし、安全な空間が提供されてほしい。

黒瀬「宇宙旅行が楽しい」

宇宙で地球を見るための観望台の設置が検討されている。宇宙旅行に特化した設備の構築が必要。

黒瀬「お酒が飲める」

ISS ではアルコール使用が禁止されており、消毒などできない。アルコールも使用可能になれば、宇宙で地球を味わう楽しみが増えるだろう。

山崎「HAVEN-Ⅱ」

人工重力を用いて重力の 1/6 に抑える実験ができる宇宙ステーションが構築されている。



黒瀬剛氏 (ムーンレジェンダアソシエーション理事)

撮影: 佐久間昭彦 (一般社団法人 ABLab)

Q3: 人類が月面で居住する上で気をつけなければならないことを教えてください。

柳井「国際組織」

人類が月面での居住を始めるにあたり、土地勘が重要となる。平らかつ様々なものから身を守る必要がある。

大野「不眠打ち」

月面では寝切りが起きこきと生体リズムに合う。人間が月面になって宇宙旅行を行う必要がある。

黒瀬「自然に慣れない」

自然のシステムは地球上での物質循環に多大な役割をしている。宇宙では自然が存在せず自然の能力に頼ることができないため、化学の力を使ってリサイクルする。地球から持参するものが必要となるだろう。

黒瀬「に慣れ」

月の極端な環境で生活を営むのをどうにかを考えると、日本など、興味深い面をどうにかして作れるかを考える必要がある。

山崎「宇宙放射線・陽射」

月面では 3 日間で地球での 1 年分の放射線を浴びる。また、隕石の隕痕も明確でない。居住時にはそれらを防ぐための対策が必要となるだろう。



大野孝也氏 (豊城建設株式会社)

撮影: 佐久間昭彦 (一般社団法人 ABLab)

- 3 -

Q4: 月面居住に関する注目している技術をお教えてください。

柳井「ECLSS」

ECLSS (Environmental Control and Life Support System 環境制御生命維持システム) の開発。日本の技術が活用できる。

大野「月面材料利用 (水・酸素・金属・ガラス・樹脂)」

地球から少量の物資を持っていくだけで必要な物資が必要となる状況では、月面での地産地消が求められる。地産地消は数多く入るが、月では月の金属の割合が多いため、仮設した物でも地球と全く同じ材料を用いる必要はなく、月で取れる物を使うべき。

黒瀬「リサイクル技術」

いろいろな物を循環させる。リサイクル・エコノミー (循環経済) を完成させる必要がある。

黒瀬「月面高度世代宇宙船」

宇宙船は、50 年前のアポロ計画から技術が大きく発展していない。日本の新鋭技術も活かして、各国と協力し、様々な視点から宇宙船をより信頼性と快適性の高いものにしてほしい。

山崎「月にも海を」

日本人が多く住む命を宇宙に持っていく。資源の観点でも、生態系構築の観点でも、宇宙に海を持っていくことが快適な宇宙生活の第一歩として必要となる。



黒瀬大貴氏 (アマテラス株式会社)

撮影: 佐久間昭彦 (一般社団法人 ABLab)

Q5: 広い宇宙の中で 1 つ所に行きたくらいに行きたいですか?

柳井「イスカンダル」

宇宙船でマートに出てくる。水も空気、住み心地良さそう天体。

大野「1 万年後の地球」

タイムワープは理論的に可能なので、1 万年後の地球を見たい。100 年後では大抵宇宙まで送ってしまうので、人類がまだ生きていないが予測不可能な 1 万年後に行きたい。

黒瀬「月」

宇宙旅行では地球が見たい。月で太陽、月に入りながら地球の全貌を見たい。

黒瀬「マルチパス (多元宇宙)」

STAR WARS が好きなので、宇宙空間で宇宙人や色々な星を見たい。宇宙の奥



山崎康晃教授 (京都大学・SIC 有人宇宙学研究センター長)

撮影: 佐久間昭彦 (一般社団法人 ABLab)

- 4 -

てを見てみたい。

山崎 Kepler-452 bJ

地球の 1.6~1.7 倍のサイズで、公転距離も近い。真二の地球と置かれる太陽系外惑星。青い海が広がっている可能性もある。

最後に、山崎教授作のテーマ曲の演奏と、山崎建設株式会社と京都大学が共同で研究を行っている月面居住施設「ネオリアルグラス」のコンセプト動画の紹介があった。

また同日、D-04 17:00-19:00 に横浜ランドマークタワー 7F NANA Lv. で開催された横浜×宇宙大交流会においては、森和(カエラムコンシリアム株式会社)、大野博也氏(山崎建設株式会社)、渡辺大輔氏(アマテラス株式会社) 渡邊雅雄氏(日経グローバル)による事業紹介があった。森氏は、自らの事業経歴と、現在の宇宙業界での紹介とともに、グローバルスケールの宇宙ビジネスの現状について紹介した。大野氏は、自ら宇宙事業に関わった経緯と、自身が非公募自主研究会としての「人工重力研究会」が、京都大学を通じて、そして最終的には産学連携に認められてゆくプロセスを紹介した。渡邊氏は、自らの生い立ち、そして日経グローバルで月面プラントの計画を立てるまでのプロセスを述べた。さらに、参加された藤永氏(Aqualung)は、京大の協力の元進めている水中での 1/6 重力実験について述べた。また、神奈川大学福野氏は、ハイブリッドロボット開発におけるさまざまな取り組みを紹介した。会では、横浜未来機構の福野氏やピクニックルーム後藤氏らが、現在までの横浜未来機構の試みについてや、横浜における宇宙コミュニティの形成を、山崎氏を中心に今後参加された方々を軸に行うことが決まりました。(清水海羽 記)



山崎建設教授が講演の様子
撮影：佐久間昭彦(一般社団法人 ABILab)



横浜×宇宙大交流会の様子

- 6 -

LignoSat の運用風景

現在、LignoSat との通信はまだ確立されていない状況ですが、学生チームは信号が来ることを信じて毎日地上局での運用を行なっています。今回は、日々の運用風景について紹介します。

現在、地上局は二人体制で運用されており、シフトがある人が 20 分前から準備をするようになっています。PC やアンテナを回すためのローデータを開始し、受信機の準備ができたら地上局アプリを開きます。このアプリは NORAD (北アメリカ航空宇宙防衛司令部) から提供される TLE (2 行軌道要素形式) をもとに衛星を追跡します。TLE の更新が完了すると信号を録音するソフトを立ち上げます。衛星が上空に現れ始めたら、受信機と PC 内にあるソフトウェアの受信機 (SDR) を使い、信号を録音します。



LignoSat との通信がまだ確立されていないため、シミュレーション環境に似ておりません。現在は FTA (放熱の解析) をすることで通信不能の原因を探るとともに、木造躯体と衛星寿命の関係性を分析するために TLE から得られる衛星の高度データを収集を行っています。

衛星との通信確立を祈りながら学生チームは日々運用を続けています。(海羽 記)

イベント予定

第 3 回宇宙材料利用シンポジウム

第 3 回宇宙材料利用シンポジウムが 2025 年 3 月 26 日(水)に京都大学 稲川ホールで開催されます。宇宙での材料利用と材料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

10:05-12:35 第 1 部 宇宙における材料の利用

木造人工衛星-ExBAS 実験実証

14:00-15:05 第 2 部 宇宙における材料の育成

低圧・微小重力下における材料の育成

16:30-17:30 第 3 部 パネルディスカッション

宇宙材料産業の未来

17:30-17:35 閉会の辞

参加希望者は、次のメールアドレスに「宇宙材料利用シンポジウム参加希望」と書いてお送りください: spacepod@mail2.edm.kyoto-u.ac.jp (土井健誠 記)

- 6 -

LignoSat 学生チーム アメリカ横断旅行記

9/24 Houston

本日 9/24 は序在光であった Galveston の KOA から車を 1 時間ほど走らせ、ジョージア州のサンタフェへ向かった。セキリティチェックを受け館内に入ると、宇宙空間を思わせる展示を基調としたデザイン、そしてスケールの大きい展示の数々に圧倒された。思わずアスターションが上がった。6 時間ほどの滞在であったが、Saturn V が展示されているロケットパーク、ISS の模型施設、そしてアポロ計画当時の機材の展示を見られるミッションコントロールセンターへの 3 つのツアーが行われ、他の展示を見ながら、英語の



リスニングが得意ではないので解説内容を完全に理解することができなかったのが残念だった。展示内容は先述のアポロ計画のように宇宙開発の歴史から、現在行われているアルテミス計画まで幅広くあり、スペースシャトルや Falcon9 の展示もあった。その後は近辺にある JAXA のヒューストン支部を訪ね、JAXA 職員の方々や宇宙飛行士の吉田聡さんと対面の機会をいただいた。吉田さんには衛星を運用する際の心構えなど貴重な話をいただいた。宇宙に現在そして今後とも関わりたいと思う者にとってとても刺激的な 1 日となった。(三浦 記)

9/25 Houston→New Orleans

朝 7 時にヒューストンを発ち、この日はおよそ 350 マイル(およそ 560 キロメートル)の大移動だ。船泊をはきながら車を運転。一行は次なる街、ジャズ発祥の地ともいわれるニューオーリンズへと向かう。1 号車と 2 号車は午後 5 時に、3 号車は午後 6 時半頃に RV パークへ到着し、その後タワーで 30 分前後の夜のニューオーリンズの市街地へ、ちなみにニューオーリンズはアメリカで一番音楽が出る街といわれており、……、観光の拠点となるジャズ・スクエア前には、賑わいある音楽の中で不気味な佇まいを見せるセント・ルイス大聖堂が暗闇に浮かび立ち、その手前の道路脇には「GHOST TOUR」を書かれたツアーバスが停まっている。ここから 15 分ほど歩くと賑やかな街に出る。あちこちで音楽が流れ、ストリートは歩行者天国になっていた。我々一同、「本場のジャズ」が聴けるとワクワクしながら歩いていたのだが……。聞こえてきたのは



- 2 -

何重何重にアップリカがロックミュージックで多量に演奏されているのが正真正正な「真」だ。それでも確かにジャズを演奏しているバーム、ジャズバーに入り居る人々には、希望を失くす人々もいて、各台有電報の時刻表になったことと思う。



私を含めメンバー 6 人はジャズ・スクエア周辺に降り、1862 年創業の地元の名店「Café du Monde」(カフェ・デュ・モン)で一泊することになった。この名前は「beignet」(ベニエ、仏語で揚げ生地)という揚げパン。白くて甘いバターがまみれであり、出来たてはふわふわした食感で砂糖、チョコシロップとも個性抜群。全員が入ったため、おかわりも兼ねて 3 号車のメンバーにもテイクアウトで買って帰ることにした。



さて、バリエーションが豊富で、食べる前に突然の大雨に見舞われた。みんなまで逃げ帰るようになりタクシーに乗り込み、RV パークへ戻る。この日は明日以降の行程を巡って号車の代表たちの会議が深夜 3 時まで行われた。夜更けまで会議が続き、そして明日はバリエーションを巡るため、早朝に出発するそうだ。(中村 記)

9/26 New Orleans→Ponce De Leon

バリエーションが豊富で、食べる前に突然の大雨に見舞われた。みんなまで逃げ帰るようになりタクシーに乗り込み、RV パークへ戻る。この日は明日以降の行程を巡って号車の代表たちの会議が深夜 3 時まで行われた。夜更けまで会議が続き、そして明日はバリエーションを巡るため、早朝に出発するそうだ。(中村 記)



だんだんと寒くなる中、知らず知らずのうちにパンドルを解る事に入。メキシコ料理チェーンのタコスを食べつつ、なんと 13 時ごろに Ponce De Leon という町に到着した。これまで夜更けに目的地に着くことが少なかったけれど、歴史から市内でゆっくり過ごすのは異例なことだ。3 号車は、RV に搭載されたテレビを使ってビデオゲームをプレイ。小さな画面を囲んで白熱したバトルが繰り広げられる光景を見ると、自分たちがプレイしているのを見ていて、平日夜更けの日々で、久しぶりの緊張感が感じられた。



明日の RV 返却に備え、夕食ではできるだけ残った食材を使い切る。他の号車へつなぐ美味しいやむやむ交換をしようとする。



- 8 -

ふと窓に目をやると、西風は思ったほど強くない。どうやらまじりくんの被害に遭わずに済んだようだ。いよいよ最後となったRVでの居心地を確かめながら、明日に向けて早めに眠りにつく。(西月留 記)



9/27 Ponce De Leon → Orlando

いよいよRVでの移動は最終日となりました。パルカーンの影響から退却予定日前日にRVを退却することに、代官店へ営業時間内に訪ねたため、6:00にはRVパークを脱出、オーランドへと向かいます。パルカーンの退却は成功し、想像していたような騒動に見舞われることはありませんでしたが、その影響は直中いたるところにありました。なかでも道路の通行止めはルート変更を余儀なくされ、頭を悩ませます。オーランドへの最終目的地は決まっています。ナビが示す近道のうち、渋いほうでは間に合わない。かといって渋いほうは人混みで、行き止まり、詰り止まり、結局は渋滞に巻き込まれる。3号車でも渋滞が交わられ、なんと渋滞が止まった。先の二つの渋滞の間に通過するルートを取ることに決まりました。到着後たまたまドライブの途中、退却時間が営業時間外になる可能性があり、追加料金を確認するため代官店へと電話します。返ってきた答えは、「No problem!」、相手の態度に安心しつつ、ほっと胸をなでおろしました。なんと車内の空気が、昼下りの穏やかな光。窓を立って眺める後部座席、無事に代官店へと到着します。車内チェックではフロアで壊れた部品に気がつくものの、なんと身元が壊れた。店員さんには「お詫言います。自分も壊れた。手をつけてFixed!」と一言、一応大目に見ます。これから二泊三泊するAirbnbにチェックと、そこにはブルーバンプンモック、とにかく豪華な設備、夕飯は外食グループとRVで使えなかった食材で料理するグループに分かれます。自分は後者ほう、特大のサブリア(?)をついて食べました。いよいよ明日はカナディアンセンターです。(内田こう 記)



9/28 Kennedy Space Center

本旅行の目的地ともいえる、ケネディ宇宙センターへ向かい見学した。人々の好奇心を掻き立てる魅力的な施設に、今までの旅の疲れはすっかり吹き飛ばしてしまっ。ロケットガーデンに林立する巨大なロケットに圧倒され、天井にFalcon 9の吊るされた宇宙船ブースでは宇宙飛行士を体験できるアトラクションを楽しんだ。昼前に少し離れたところにあるアポロサターンVセンターに移動し、ランチしてハイパーカーを食べた。アメリカのシン



バーガーの野菜は毎朝新鮮で素晴らしい！そして今日のメインイベント、Falcon 9によるCrew 9、つまりISSへ向かう宇宙飛行士の打ち上げを特設会場で見学した。プレゼンターの話しを聞く間も、Falcon 9の打ち上げに設置された射撃台のアメリカ人選手がうかうかと待っている。突然、射撃の光がピカッと光った。打ち上げの開始である！ロケットはぐんぐんと速度を増し、遠くへ向かって飛んでいく。打ち上げはこの瞬間がたまらない。ロケットは30秒ほどで地上に目に見えない宇宙に行ってしまう。なんとあっけないものだが、本気で見ていたところ、なんと第一階段が射撃に当たってしまっ。打ち上げ後戻ってきたこの瞬間に限りながら、元のメインセンターにバスで戻り、スペースシャトルのブース・火星探査機のブース・再度宇宙船ブースを見た。特に、スペースシャトルブースでは、スペースシャトル船体を組み立てる映像が流れた後、目の前にスペースシャトルが見えるという壮大な演出で心を奪った。お土産も一通り買ったところで、17時というまだ早めの打ち上げの時刻で帰る。この日の夕食はフレンチ名物(7)のE.D.料理である。6種類のE.D.料理の中から3つ選ぶことができ、さらにサイドメニューもついて\$25。やはり外食は高いなと思ったが、アメリカンシェフエドを食べればそんなことは忘れてしまった。フレンチにはデザート、ユニバーサルスタジオにキーウェストに、まだまだ観光したいスポットが多くある。次アメリカにきたら、私が訪れる前の西海岸とアメリカを心から堪能したい。(池田 記)

9/29 Orlando → Haneda, Japan

という異国の地がやってきました。オーランド国際空港からタクシーを雇って羽田(一部は成田)へ向かいます。早い人は例え5時の飛行機のため、5時前に空港までのUberを予約。朝3:30に目を覚めると、5時出発から準備した荷物をパッキングして、残った時間をする人、乾燥機に干らなければならない。今になって指を添えて乾燥機をどうする人たちがいました。乾燥機に手を添えている人を見て、私は乾かすのを待たせました。乾燥機を先がかりで使ってしまったこと(それ)も。そしてNARUTO好きのお兄さんのUberでオーランド国際空港へ到着。東京在住の先輩とはここで別れます。先輩と同じ3号車で通って印象的だったのは、東野圭吾を数々と読んでいたこと、動歩で通っていたこと。タクシーへ乗ります。ラス・フォートワース国際空港は世界でも3番目に広い空港のようです。狭い印象がなかったですが、乗り換え時間が短い(新築)。無事乗り換え、日本へ。小学校時代をアメリカで過ごしたメンバーは、最後のアメリカの景色を熱心に飛行機の窓から撮影していました。名残惜しいですね。たまたま2週間半通っただけの私でさえそう思う。各々、新たな夢や目標を持って帰国しているのかなと思いました。これで、足が3週間分の私たちのアメリカ大陸探検の旅は終了です。帰国するに物足りないですが、一つ言いたいことは、これから先、メディアでアメリカの風景が映される度にこの旅行のことを思い出さずにはいられない。LignoSolを通じて知り



オーランド国際空港の乗客モジュール

合った乗客の人たちを大切にしたい(と書いていて二つありましたが)、こんなに貴重な体験をどうもありがとう。(水野留 記)

研究紹介 フェノロジー(生物季節) 京都大学樹木育成学生チーム 池田 武文

はじめに

前回のNewsletter(202501)では樹木の冬芽形成と開花に関するフェノロジーについて記しました。今回は永田(2002)の報告をもとにフェノロジーの観点から樹木の成長を解説します。樹木は葉と葉からなるシュート(葉巻)を1単位(モジュール)とする多数のモジュールからなる集合体として樹体が出来上がります。樹木の成長とはシュートの成長の総和です。樹木では伸長成長(木が伸びる伸長成長)と肥大成長(幹が太る直径成長)の二通りの成長をします。前者は葉の先端にある頂端分生組織である葉頂によって行われ、後者は側生分生組織である形成層によって行われます。ここでは主に伸長成長について記します。

樹木の成長

樹木は葉と葉からなるシュート(葉巻)を1単位(モジュール)とする多数のモジュールからなる集合体として樹体が出来上がります。樹木の成長とはシュートの成長の総和です。樹木では伸長成長(木が伸びる伸長成長)と肥大成長(幹が太る直径成長)の二通りの成長をします。前者は葉の先端にある頂端分生組織である葉頂によって行われ、後者は側生分生組織である形成層によって行われます。ここでは主に伸長成長について記します。

樹木の伸長成長は頂端成長と節間成長の二つに分けられます。

1. 頂端成長(図-1)：木たちが樹木育成実験で使っているポプラはこのタイプの成長をする代表的な樹種です。葉頂でシュート頂基(葉巻の元になる細胞群)が形成され、それに続いて葉巻の頂基(葉巻)とその下部の成長帯で節間成長(葉巻の間の部分が伸びる)とが連続的に起こります。節間成長が停止した状態から葉巻は木化し、硬くなります。葉の大きさは小さな葉頂から順次大きくなっていきます。
2. 節間成長(図-2)：節間に形成された冬芽には多数の葉原基が隠れており、各葉原基にある葉原基の芽の伸長と同時に葉巻の節間成長するタイプで、春の日照が早いと速く成長します。マツはそれを代表する樹種です。

さらに、樹木の成長パターンは三つに大別できます。

1. 連続成長型：ポプラのように春に芽の中の葉原基が展開し成長しながら葉を展開し、引き続き新しい葉原基を形成し葉を展開する。このようにいつまでも成長を繰り返す。
2. 固定成長型：日本に自生するマツ類(アカマツやクロマツなど)のように、春に芽の中のその年の一成長季節に展開するすべての葉原基が完成しており、その葉原基を展開し、節間成長が完了すると伸長成長は停止します。夏前には伸長成長を完了し、冬芽の形成が完了します。マツ類

の伸長成長は一年に一回だけです。一般に、樹木の年輪(輪紋)は木を切り開いて年輪の数を数え、マツ類は一つの節間(葉と葉の間)が一単位に成長した単位である、節間の数が年輪数を示します。

3. 断続成長型：春に芽の中の葉原基を展開し、節間の成長が終わって冬になると新しい葉原基を形成し、この葉原基が再び展開し、節間成長を繰り返す。つまり冬の間は断続的に成長を繰り返す。クスノキ、ナラ類などがこの成長パターンをとります。



図-1 ポプラ(ポプラ)の頂端成長



図-2 アカマツの節間成長

ポプラの年輪成長サイクル

図-3に連続成長するセイヨウポプラ(ポプラ)の成長サイクルを示します。この種は樹木育成実験で使っているポプラ(ポプラ)と同様のポプラです。同種種ともヨーロッパからアジアにかけて分布しています(Phillips 1978)。三葉松の葉は、4月上旬に芽(頂芽)は開閉し、長日条件が継続して成長を繰り返す。長日条件の下で、新しい葉原基を形成、展開しながら連続的に成長します(成長期)。9月上旬には成長を停止し、冬芽を形成します。連続成長を維持する長日条件は14~16時間(15分(10分)以上)の長日条件であり、その期間中は4月20日頃から8月20日頃までの5ヶ月間です。8月20日頃からの短日条件下において葉でつづれた休眠状態(アブシジン酸)が蓄積され、成長停止、冬芽形成へと進んでいます。冬芽形成から開芽までの7ヶ月間は休眠期、節間の成長が低下または停止している状態です。休眠期前後、冬芽の中の葉原基が内部の成長をとり、開芽します。



おわりに
 火星の公転周期は地球のほぼ2倍です。つまり四季それぞれが地球の半年間におよびます。このような状況に樹木は対応できるのでしょうか。できるとしてどのように対応するのでしょうか。興味は尽きません。

引用文献
 永田 洋・佐々木康彦編 2002 樹木環境生理学。文永堂出版
 Philips, R. 1978 Trees in Britain Europe and North America. Pan Books

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター
<https://space.innovationkyoto.org/>
 〒606-8501 京都市左京区西木向 西山キャンパス本部棟内 総合研究 16 号館 208 号室
 総編集人：ササ木利所 所長 平本真典 副所長 山本理大
 Tel: 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.38
 2025 年 2 月 1 日発行

クラウドファンディング第二弾

木で星座を創ろう

木造人工衛星2号機製作にご支援を

目標金額 1000万円 2025年2月1日(土)19時 ~ 4月30日(木)22時

京都大学 土井隆雄・神村匡司が寄付金控除型クラウドファンディングへ挑戦！

【第二弾】木造人工衛星は2号機へ木造人工衛星の実用化をめざして.....

京都大学が主催する「木造人工衛星」プロジェクトは、木造人工衛星「Sagres」を開発しました。Sagresは京都大学ステーションより2024年10月1日に宇宙空間へ放出され、世界初の木造人工衛星が誕生しました。

そして、私たちは木造人工衛星の実用化（地球観測衛星や通信衛星など）を実現するためのステップとして木造人工衛星の発展を促すために、木造人工衛星2号機「Sagres2」の開発の大ききがあり、本誌掲載のクラウドファンディングを開始しました。

しかしながら、Sagres2の開発には資金面で多くの課題があり、大学で開発できる資金のみでは実現することが難しいのが現状です。そこでこの度、第二弾という形でクラウドファンディングへの再挑戦を決意しました。本誌と宇宙の未来をみることに向け、応援をいただければ幸いです。

木造人工衛星2号機は日本が新しい人工衛星の姿を世界に提案するものです。持続可能な宇宙開発と宇宙の可能性を未来につなぐ私たちの活動に、あなたもぜひご寄付をどうぞよろしくお願いいたします。

京都大学宇宙材料プロジェクトリーダー・土井隆雄（研究教授・宇宙飛行士）・神村匡司（助教）

READYFOR

木造人工衛星 第二弾 ショーケース

ご寄付の方法

「木造人工衛星 第二弾 クラウドファンディング」で検索。または商品のQRコードを読み込んでください。

1. クラウドファンディングサイトにアクセス
2. 検索するキーワードを入力
3. クラウドファンディングサイトにアクセス
4. 検索結果から「木造人工衛星 第二弾」を選択
5. 決済方法を選択
6. 必要情報を入力
7. お支払い方法を選択
8. 入力されたメールアドレスにREADYFORからメールが届きます。受信したメールの本文内にあるURLをクリックしてください。

お手続き完了です！

※お支払い方法としてクレジットカードを選択した場合、お支払いの金額は、お支払いの金額に消費税が加算されます。

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2025 年 3 月号 No.39

YOXO FESTIVAL2025 YOKOHAMA 宇宙 Days

開催報告

2025 年 1 月 25 日（土）26 日（日）に横浜みなとみらいで開催された YOXO フェスティバル 2025、そして YOKOHAMA 宇宙 Days にて、SIC 有人宇宙学研究センターは、横浜未来機構横浜×宇宙プロジェクトと共同で、出展および関係者による講演を行いました。
<https://yoxo-a.jp/yoxofestival/>

YOXO2025 セッション（1 月 25 日版）

2025 年 1 月 25 日、横浜ランドマークプラザ サカサタネ ガーデンスクエアにて、A-04「宇宙居住の未来を語る」セッションが開催されました。このセッションでは、昨年度に引き続き宇宙タレントの黒田 有彩氏をコーディネーターとし、榎井 誠人氏（JAXA）、大野 琢也氏（豊島建設株式会社）、黒田 聡氏（ムーンビレッジアソシエーション理事）遠見 大聖氏（アマテラス株式会社）および、山敷 義典教授（京都大学・SIC 有人宇宙学研究センター）が出席し、宇宙居住に関わるさまざまな課題について講演を行いました。



1

セッションの様子を 宇宙タレント 黒田有彩 - ウェブチューブ - チャンネルから紹介されています。
【専門家トーク】宇宙居住の未来を語る[YOXO フェスティバル 2025]
https://www.youtube.com/watch?v=SSvu1_1h48c

YOXO2025 セッション（1 月 26 日版）

A-08 横浜から宇宙ビジネスの未来を語る

開催日時 2025 年 1 月 26 日 12:30-14:00

場所 横浜ランドマークプラザ サカサタネ ガーデンスクエア

オーガナイザー 京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター・横浜×宇宙プロジェクト

今後ますます盛んになる宇宙ビジネス、潜り機として、宇宙への活として新たに発展するため、世界の宇宙ビジネスの現状、我が国の企業の位置、横浜からどのような貢献ができるのかについて、第一着の方々とともに語る。

セッションの司会者は、昨年度に引き続き、元横浜未来機構、現宇宙産業機構の黒井義樹氏が行った。



まず「グローバルに展開する宇宙ビジネス」と題して、黒井 義典（UchuBiz 編集長）、森和範（カエラムコンサルティング株式会社）、片山 健大（スペースデータ）、黒澤 謙（清水建設）氏が登壇し、それぞれの宇宙ビジネスのグローバル展開について課題を語り上げた。黒井氏は、IT 業界の巨人、すなわち、イー・ロン・マスク、ジェフ・ベゾス、によるさまざまな競争が行われている。さらに、アメリカと中国の宇宙分野における競争が激化されている点、そして、Post-ISS が起こっている件について触れた。森氏は、自身の経験の紹介と、特に大分県でのスペースアドバイザー、NASA との包括契約

2

を結んだ水中での宇宙飛行訓練企業 Blue Abyss についての紹介を行った。片山氏は自身が電通を通じて、中東への宇宙開発技術協力の実績を通じて自身の宇宙ビジネスに関わるきっかけや、特にスペースポートジャパンの立ち上げや、現在関わっているスペースデータ、ISS シミュレーターや、「宇宙を民間に広げよう」というビジョンについて紹介した。黒井氏は、清水建設のロケット宇宙開発部の設立の経緯、そして宇宙への創造を実現したスペースワンへの出資、ゼロコンが宇宙にどのように関わっているかについて紹介した。



次に、「宇宙ビジネスを横浜に」と題して、山敷義典（京都大学）の司会で、金本成生（スペースソフト）黒澤謙（日経グローバル）、中川博士（元 JAXA 研究員）らによって、それぞれの活動と、横浜が宇宙にどのように貢献できるかについて話した。金本氏は、衛星データ・クラウド・コンストラクションと、横浜が宇宙にどのように貢献できるかについて話した。黒澤氏は、衛星データ・クラウド・コンストラクションと、横浜が宇宙にどのように貢献できるかについて話した。中川氏は、衛星データ・クラウド・コンストラクションと、横浜が宇宙にどのように貢献できるかについて話した。黒澤氏は、衛星データ・クラウド・コンストラクションと、横浜が宇宙にどのように貢献できるかについて話した。中川氏は、衛星データ・クラウド・コンストラクションと、横浜が宇宙にどのように貢献できるかについて話した。

総合ディスカッションでは、黒井氏の司会のもと、特に現在の宇宙ビジネスの傾向などについて議論を交わした。

「2040 年の『宇宙での人々の暮らしとビジネス』の現状、また、その未来に向けてそれぞれがどのようなアプローチをしていきたいか、」を 1 つ目の問いとした。

3

黒澤氏は、ブランドエンタテインメント企業として日本を代表して宇宙に向かうポートの建設を望んだ。黒井氏は、長年携わってきた宇宙観測と宇宙開発を、様々な企業と共同研究を行い、月面基地建設に近づいてきていることを述べた上で、2040 年には、日本国内の複数の企業が協力し、「オールジャパン」で宇宙開発に取り組む必要があると提起した。森氏は、機械通信などの技術の進歩が 2040 年よりも前から見られていることを加え、さらに上位互換となるシステム構築をいかに必要と述べた。また、自ら北米代表を務める BlueAbyss 社などによる潜水と宇宙での超重力環境の両方について、「海洋」が有人宇宙活動に貢献できる点について述べた。片山氏は、スペースポートの開発を、官民連携で戦略的に建設していくことを提議し、日本のスペースポート建設の立地の選定を述べた上で、国としての今後の必要と意図したことを期待を寄せた。金本氏は、合成開口レーダー衛星を基にした VTC データリアルタイムに活用することにより、より優れた社会が実現される未来を述べた。中川博士は、特に近未来の宇宙社会を構築するために、10 代の子供達に対する体系的な宇宙教育の大切さを述べた。教育の観点から片山氏は、データを意識的に取り込むことができる環境や教育基盤の構築を重要視した。また、宇宙空間における快適性については、宇宙での二大課題・低重力と宇宙放射線について山敷氏が述べたが、同時に宇宙空間の快適性について宇宙飛行士の発言を元に解説し、「宇宙での無重力環境があまりにも快適であるため、長時間宇宙環境に慣れると地球上の重力が耐えられなくなる」事例について述べた。



2 つ目の問いは、「宇宙開発における横浜のポテンシャルは？」と題して、議論が深んだ。中川博士は横浜の多岐の多岐と教育への強みを活かした宇宙教育に期待した。黒澤氏は、横浜市や神奈川県の宇宙産業に対するイノベーション支援について事例を述べた。金本氏は横浜市を最先端の衛星技術利用を促進する場としての技術連携について述べた。森氏は、横浜の世界を繋げる宇宙の情報収集の可能性や、欧州などと進んでいる海洋を用いた宇宙活用を横浜で実現できる可能性について述べた。

4

片山氏は、横浜市のエンタメの振興性を認識しつつ、2040 年までに、シンギュラリティが訪れ、仮想空間上でとどめていない人工知能が豊く未来を予測し、それまでに宇宙と地球の仮想空間「デジタルデザイン」を構築することの重要性について述べた。



最後に横浜にスペースポートを実現させるべきかどうかについて、菅原氏と片山氏の熱い議論が行われた。菅原氏は各都府県に近い横浜で宇宙へのアクセスが果たされる価値について言及し、片山氏は、現実的な困難さについて述べた。

最後に山敷氏は横浜市の未来について、「宇宙への港」の合言葉をもとに、文化、宇宙技術、宇宙海洋の実現を通して、「横浜市民が住みたいと思う宇宙を実現してほしい」と述べた。

セッションの最後に、横浜×宇宙テーマング Harbour to the Space 山敷氏が演説を行った。

本セッションについては、以下の京都大学宇宙・地球環境災害研究会チャンネル@envhazardsで紹介されている。

A-08 宇宙ビジネスの未来を語る@横浜みなとみらい YODO FESTIVAL 2025
<https://www.youtube.com/watch?v=t17A3v3p2k8>

(清水海羽 記)

第3回宇宙木材利用シンポジウム 2025年3月26日(水)

5

京都大学益川ホール

第3回宇宙木材利用シンポジウムは、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)

10:05-12:35 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

今川憲人 (京都大学)：木造人工衛星2号機の衛星全体システム概要

秋友悠希 (京都大学)：木造人工衛星の通信システム

小山和幸 (京都大学)：木造人工衛星の電力システムと装置

廣西寛寿 (京都大学)：木造人工衛星2号機のMISSION概要

大谷壮幸 (京都大学)：木造人工衛星2号機の構造

大谷博寿 (九州工業大学)：LignoSat開発におけるBIRDSオープンソースの活用：九州工業大学の視点から

B. 木材の宇宙環境試験 (ExBAS) 実験進捗

村田功二 (京都大学)：宇宙放射線が木材に与える影響—ガンマ線を使った実験—

山敷雅亮 (京都大学)：宇宙放射線曝露と木材の機械的性質

中村栄三 (岡山大学)：宇宙環境曝露下における木材の紫外線誘起酸化生成物の形成と反応依存性

12:35-14:00 昼食休憩

14:00-15:05 総括演説：有人宇宙の創出 土井隆雄 司会：山敷雅亮

15:05-16:05 第2部 宇宙における樹木の育成 司会：池田武文 (京都大学)

A. 低圧下における樹木の育成

池田武文 (京都大学)：火星での樹木育成—フェロゾーの観点から—

吉川慶典・出口雅馬・豊田裕太 (京都大学)：低圧下におけるポプラの成長について

B. 微小重力下における樹木の育成

井上純大 (住友林業)：疑似微小重力下における樹木の成長と形態形成 (3年間の経歴)

16:05-16:30 休憩

16:30-17:30 第3部 宇宙木材利用の展望：パネルディスカッション

司会：仲村匡司 (京都大学)

山敷雅亮 (京都大学)・中村栄三 (岡山大学)・中嶋一郎 (住友林業)・苅谷健司 (住友林業)・豊田幸向 (京都大学)

17:30-17:35 閉会の辞：根本孝明 (住友林業)

6

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

LignoSat 紹介 STRUC 艇

STRUC 艇では現在2号機(2Uサイズ)の構造の設計を進めています。

2号機は1Uサイズの木箱を2つ合わせた構造となっており、そのためアルミフレームの再設計を1号機の構造を引き継ぎつつ行いました。新たに本箱の中央部の足を設計し、DepSW 固定用パーツをより簡単に取付けられるようにY フレームに新たな取付け加工を付けた予定です。

内部構造については、既存の1U機は1号機のものを引き継ぎ、新たな1U機にはパッチアンテナや姿勢制御系を搭載する予定となっています。さらに、シャフト軸の追加設計に際し、Y シャフトの軸への負荷を減らすためにシャフトの軸を太くするといった設計変更を行いました。

3月中旬に2Uサイズの振動試験を実施する予定にしています。(三浦 記)



図1 木造人工衛星2号機概観



図2 Yシャフトの設計変更
(左が1号機、右が2号機)

低圧下樹木育成プロジェクト紹介 宇宙学シンポジウム参加報告

宇宙学シンポジウムにて、樹木育成チームからは2名が発表者として参加し、「火星と月を想定した低圧下樹木育成実験」というタイトルでポスター発表を行いました。

このチームでは4年前より樹木28品種に樹木の育成実験を行っていましたが、今年度をもって一つの区切りを迎え、次年度からは新たな方式の実験を開始します。本シンポジウムでは、今年の実

7

験の集大成という形で発表であり、昨年よりさらに充実したデータに基づく研究成果を発表しました。

たくさんの方に興味を持って頂き、大人だけでなく、中学生や高校生の参加者も多く訪れ、多様な観点からの議論を行うことができました。例えばより長い期間で実験を行う、そこから得られる木材で新たな実験が可能になるといった興味深いコメントもあり、新たな学びを得ることができました。

最後になりますが、今年度の樹木育成チームの活動は、様々な方の協力とご支援に支えられて進められました。多くの出会いと別れがありました。その全員の貢献のもとに成り立っていると感じています。今年でお世話になったすべての方々に感謝申し上げます。来年度より出る新報に、どうぞ期待ください。(例都 啓、仲 記)

研究紹介 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 京都大学医学部 野間隆寛

野間市で開発された第68回宇宙科学技術国際会議に参加し、COMM 組からは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に興味を持って発表を行いました。会場には40人以上の方が集まり、世界初となる木造人工衛星への大きな期待と関心を感しました。質疑応答は、いかにアンテナ振動不良による通信の不確実性を防ぐかという議論へと発展し、アンテナ振動の必要のない木造筐体へのアンテナ内蔵化のアイデアに対してさまざまな意見を頂戴しました。また開発を通して多くの課題を把握してきた。他大学が開発した CubeSat の発表などにも大いに刺激されました。今回いただいたご意見を開発チームで改めて吟味し、LignoSat2号機への開発に活かすべく精進していきます。

○野間隆寛、木村匠人、純一、野間孝太郎、中村拓海、三浦晴、内田こう、島崎龍太、河島航、小泉壮平、星川龍介、阿戸聖、桑原知輝、西見聖輝、河野尚貴、島谷雅樹、加藤千晶、麻田聖人、小林武司、山本剛大、大西和知、豊西佑人、伊藤駿治、水野愛理、長谷川暉、仲村匡司、村田功二、清水幸夫、石原正次、北川潤、辻廣智子、土井隆雄 (京都大学)、苅谷健司、土井隆雄 (住友林業)

Communication System of Wooden CubeSat "LignoSat" and Attempts to Embed Patch Antenna into Its Wooden Structure

8

Key Words: CubeSat, Communication System, Wooden Structure, Patch Antenna

Abstract

Kyoto University is developing the world's first wooden CubeSat, LignoSat, to explore the potential applications of wood in space. This paper presents an evaluation of its communication system, including anechoic chamber tests as well as a mission to communicate with amateur radio operators around the world. Furthermore, it discusses attempts to embed a patch antenna within the wooden structure for the wooden satellite #2. This attempt will contribute to creating an innovative system by eliminating vulnerabilities in antenna deployment mechanism enhancing the robustness of satellite operations.

1. 経緯および目的

近年、人工衛星の打ち上げ数は急激に増加しており、2022 年には 2,402 機もの小衛星 (<600 kg) が打ち上げられた¹⁾。今後の持続可能な宇宙開発の実現には、衛星の大気圏再突入に伴う大気汚染の軽減および会期に欠け持続可能な材料の探索が必要である。

京都大学は木材の宇宙利用に着目し、そのプロジェクトの一端として世界初となる超小型木造人工衛星 LignoSat (1U) の開発を進めている^{2) 3) 4) 5)}。図 1 に示すとおり LignoSat は筐体が木製である。大気圏再突入時にアルミ粒子を発生する金属とは異なり木材部分が完全に燃え尽きることによって大気汚染を軽減することができる。さらに、木材の電波透過性を利用し木造人工衛星 2 号機ではパッチアンテナを木造筐体内部に組み込むことを検討している。この技術により、ダイポールアンテナの展開不良や内部基板との電波の干渉といった CubeSat の課題を克服することができる。本稿では木造人工衛星における通信システムを評価するとともにアンテナの木造筐体内部への組み込みについても基礎実験の結果を踏まえて述べる。



図 1 LignoSat 1 号機 FM (1U)

0

2. LignoSat の通信システム

通信システムは衛星局である LignoSat と京都大学に設置された地上局の 2 つからなり 430 MHz 帯の周波数帯が採用されている。地上局から衛星局へのアップリンクは FM パケット通信のみで、衛星局から地上局へのダウンリンクは CW と FM パケット通信の 2 種類から構成される。CW ダウンリンクは 110 秒ごとに定量的に送信されるパルスキーピングデータなどの情報を送る。一方で FM パケットダウンリンクでは地上局からのコマンドに応じて木造筐体のひずみや温度情報などが送信される。以下に通信システムの諸元を示す。

表 1 通信システムの諸元表

	衛星局	地上局
周波数帯	430 MHz 帯	430 MHz 帯
占有周波数帯域幅	CW: 500 Hz FM: 7.2 kHz	7.2 kHz
電波の形式	CW: A1A FM: F1D	F1D
空中線電力	CW: 0.1 W FM: 0.8 W	50 W
通信速度	CW: 20 wpm FM: 4800 bps	4800bps
変調方式	GMSK	GMSK
型式	ADD1397BDK	ICQM9100

2.1. 衛星局

電波は通信基板である CONM Board から SMA ケーブルを通じて X 面に固定されたアンテナボードへと伝わる。アンテナボードは木造筐体を挟んで外部のダイポールアンテナと電気的に導通して RF 電波が放射されるようになっている。



図 2 LignoSat の内部構造

- 10 -

ISS から放出後、ニコロム線が加熱されることによりダイポールアンテナを覆っているテグスが焼き切れてアンテナが展開する。ニコロム線は PCB 基板上に貼り付けられており木造筐体と接触しておらず、加熱により木造筐体が焦げないことを確認している。また、宇宙空間の夜の観望でもアンテナが展開することを確認するため、-30℃の環境でもアンテナが問題なく展開することを確認している。



図 3 展開前のアンテナ面(FM)

九州工業大学の電波研究室で LignoSat EM のアンテナパターンを測定した。その結果を図 4-5 に示す。ダイポールアンテナとして正確なアンテナパターンが得られている。ダイポールアンテナに特徴的な 8 の字の形状がみられ、木造筐体はアンテナパターンに大きな影響を与えないことも確認された。これを見てわかるようにダイポールアンテナは単独指向性がなく、回転している人工衛星でも地上との通信が可能である。



図 4 H-Plane パターン



図 5 E-Plane パターン

さらに LignoSat FM の使用周波数における S_{11} パラメータも測定した。アンテナ長が 185 mm のときに最小を示した。ダイポールアンテナ長の理論値は使用周波数の 1/2 かつ約 170 mm であり、実際の経路長は理論値よりも長いとなった。LignoSat の構造上ダイポールアンテナが木造筐体内部にめづけているアルミフレームと平行に配置してしまうためゲインの低下が懸念されたが、測定値は -23.7 dB を示し通信に支障がないことが示された。以下に LignoSat FM における S_{11} パラメータの測定結果を示す。

- 11 -

2.2. 地上局

地上局では UHF アンテナで受信された電波が ICQM9100, Kantronics 9612XE を経由し最終的に地上局アプリで解析される。地上局アプリでは TLE の軌道要素をもとにローテーション角度を自動追従するように制御しているとともに、ドップラシフトを考慮して随時受信周波数が更新される仕様となっている。

LignoSat のミッションでは世界中のアマチュア無線家との双方向通信を行うことが目的である。双方向通信ではアマチュア無線家がパケット通信でコールサインとメッセージを送信すると LignoSat が CW で応答する。この双方向通信は、より多くのアマチュア無線家が LignoSat との交信を行うことを目指している。LignoSat は CW としてパルスキーピングデータからなるフォーマット 1 とパルスデータからなるフォーマット 2 を交互に送信する。パルスデータを受信したアマチュア無線家は、そのデータを京都大学に送ることを推奨される。このようにして世界中のアマチュア無線家が木造人工衛星を通して無線技術の発展に積極的に関与することが可能になる。京都大学はアマチュア無線家による双方向通信が可能になった時点で、衛星通信アプリケーションを世界に配布する予定である。

2.3. 全体評価

最後に九州工業大学の電波研究室にて通信性能試験を行った。電波研究室の LignoSat と室外に設置された地上局側の合計アンテナが -114 dBm になるまでダウンリンク受信に成功し、十分な受信感度を有していることが確認された。

3.2 可能にむけたパッチアンテナの木造筐体への内蔵

前述のとおり、木材は電波を透過させるためアンテナを木造筐体の内部に組み込むことが可能である。小型のパッチアンテナを筐体内部に直接組み込むことで、内部基板とより密着しかつ確実に通信させることができる。さらにパッチアンテナは以下に示すように板状でありアンテナ展開失敗という CubeSat が持つ通信失敗の主な原因リスクを回避できる。つまり、木造筐体内部へのパッチアンテナの内蔵は CubeSat 一般における通信システムの信頼性を高めるのに極めて有効な方法であるが、未だかつて

- 12 -

衛星通信における木材の影響は評価されていなかった。今回、木材の厚さ及び木材とパッチアンテナとの距離の2つのパラメータを変化させて木材がアンテナ性能にどのような影響を及ぼすために図7に示すような2.4GHz帯になるパッチアンテナを試作した。

今後このアンテナを使い木造パネルとの干渉など新しい地上試験を行う予定である。



図7 パッチアンテナの外観

3.1. 今後の課題と展望

パッチアンテナは指向性が強く精密な姿勢制御を必要とすること、姿勢制御に用いる磁気トルカや永久磁石との干渉を考慮していないことなど実用までには検討すべき課題が残されている。今後は姿勢制御方法を確定させて、姿勢制御機構が及ぼすパッチアンテナへの影響の評価を行う予定である。木造人工衛星2号機木造筐体内部に搭載されたパッチアンテナで通信に成功すれば衛星に限らず宇宙でのさまざまな通信に活用することができると見込まれ、木材を木造にするという居住空間内部から簡単にアンテナを交換することが可能になるだけではなく宇宙環境などによるアンテナの物理的損傷を防ぐことも予想される。

4. 今後の展望

LignoSatは2024年4月の放出・運用開始が予定されている。運用中に実施される2軸3種類のジャイロ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、木造筐体内での地磁気測定をもとに宇宙空間における木材特性を評価し宇宙環境における新しい持続可能な材料としての可能性が期待されている。さらにその特性を踏まえ設計された木造人工衛星2号機でパッチアンテナの木造筐体内蔵化を成功させることにより木材の特性を活かした新たな通信技術を開発することを目指す。

謝辞

木造人工衛星の設計および製造試験において指導・支援いただいた九州工業大学に感謝いたします。

参考文献

- 1) [Smallsats by the Numbers 2023 (BRYCE)]
- 2) 鶴岡元真, 三木健司, 仲村匡司, 村田功二, 日井浩明, 稲谷秀文, 清水幸夫, 土井隆雄: 木造キューパットの概念設計, 第63回宇宙科学技術連合講演会, JSASS-2019-4161, 2019.
- 3) 坂田智恵, 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, IC15, 2022.
- 4) 関井宗雄, 他: 超小型木造人工衛星「LignoSat」のビジ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, IC16, 2022.
- 5) 野木翔太郎, 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, 3301, 2023.
- 6) 齋西信人, 他: 超小型木造人工衛星「LignoSat」の歪み測定と地磁気測定システムの実状と展望, 第67回宇宙科学技術連合講演会, 2C18, 2023.

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター

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

〒606-8501 京都市左京区南本町 南本町キャンパス本館6階 観望館16号室208号室

TEL/FAX: 075-753-5129 E-mail: spaceinnovation@nsl2.adm.kyoto-u.ac.jp

SIC 有人宇宙学研究センター Newsletter No.39

2025年3月1日発行

クラウドファンディング第二弾

木で星座を創ろう 木造人工衛星2号機製作にご支援を



京都大学 土井隆雄・仲村匡司が寄附金控型クラウドファンディングへ挑戦！

【第二弾】木造人工衛星は2号機へ

.....木造人工衛星の実用化をめざして.....

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星1号機は、2024年4月に宇宙空間に打ち上げられ、世界初の木造人工衛星となりました。

そして、第2弾は木造人工衛星の次のステップ「地球環境観測」に向けたクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。木造人工衛星2号機は、木造人工衛星1号機に続く第2弾のクラウドファンディングです。

ご寄付の方法

「木造人工衛星 第二弾 クラウドファンディング」で検索、または右側のQRコードをスマホで読み取ってください。



入力したメールアドレスに、READYFORからメールが届きます。会員登録したメールアドレスの本文内に必ずURLをタップしてください。

宇宙での木材利用 ー宇宙空間が木材に与える影響ー

京都大学大学院農学研究科
森林科学専攻 林産加工学分野
教授 村田功二

なぜ、木造人工衛星なのか

- ① 衛星コンステレーション
- ② スペースデブリ
- ③ 成層圏のエアロゾル
- ④ 宇宙での資源利用



東京大学

衛星コンステレーション

多数の人工衛星をある軌道に打ち上げ、一体的に機能させる技術形態

人工衛星に使用される機器の小型軽量化や衛星打ち上げ費用の低減化により、小型の人工衛星の実用化が比較的容易になっていることを受け、中・低軌道に打ち上げた多数の小型非静止衛星を連携させて一体的に運用する「衛星コンステレーション」の構築が可能となってきている。

図1 衛星コンステレーションの概念 (資料: 衛星コンステレーションの活用)

衛星コンステレーションサービスの種類 (衛星軌道)

- 1) 静止軌道衛星(Geostationary Earth Orbit, GEO):**
地球の赤道上空約 35,786 km の高度を周回する衛星で、地球の自転と一致しているため、地球表面の同じ点に留まることができる。このため、通信、放送、気象監視に利用されている。
- 2) 中軌道衛星(Medium Earth Orbit, MEO):**
高度 2,000 ～ 35,786 km の範囲を周回する衛星で、GPS、Galileo、GLONASS などのナビゲーションシステムに使用される。
- 3) 低軌道衛星(Low Earth Orbit, LEO):**
高度 160 ～ 2,000 km の軌道を周回する衛星で、インターネットアクセス、リモートセンシング、イリジウムやグローバルスターなどの衛星電話サービスなど、さまざまなアプリケーションに使用されている。

衛星コンステレーションサービスの例

- 1) Iridium:**
高度約36000kmの静止衛星によるサービス。世界中のどこからでも信頼性の高い音声とデータサービスを確保する衛星通信会社である。
- 2) GPS:**
米国が運営する全球位置情報システム (GNSS) で、位置情報、ナビゲーション、タイミング (PNT) サービスを提供している。全球位置情報システム (GPS) コンステレーションでは、24 機の衛星を 6 つの軌道面に均等に配置する必要がある。他の国々もこのシステムを開発しており、GPSとは独立した PNT 能力を提供している。
- 3) Starlink:**
スペースXが開発した、世界中で高速インターネットを提供するサービスである。家庭や移動中にも利用可能で、ビデオ会議、オンラインゲーミング、リモートワークなどが可能になる。スターリンクは2,000 を超えるアクティブな衛星を備えており、数千の衛星を備えた他の衛星群もある。

スペースデブリ(space debris)

地球の衛星軌道にある人工物体で、運用終了した人工衛星、故障した人工衛星、打ち上げロケットのト段、ミッション運行中に放出した部品、爆発や衝突による破片などがある。

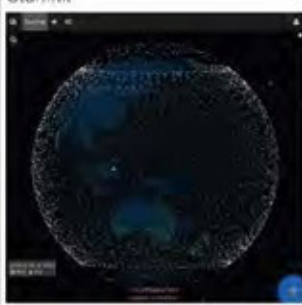
宇宙機もデブリも低軌道では秒速7～8kmで地球を周回しているため、デブリが衝突する場合には相対速度は秒速10～15kmもの超高速度となる。これはライフルの発射速度(1km/s)の10倍以上速い速度であり、小さなデブリでも巨大な運動エネルギーを持つ。

現在地上から追跡されているデブリは10cm以上の物体で約2万個、1cm以上は50～70万個、1mm以上は1億個を超えるとされています。軌道上物体には約23,000個のデブリがあると報告されている。

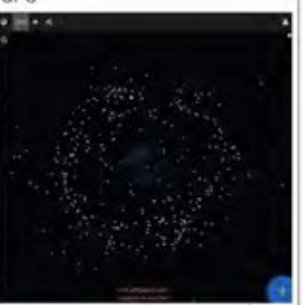
NASAスペースデブリに関する資料 (2023)
https://www.nasa.gov/debris/faq/faq.html

ESAスペースデブリに関する資料 (2023)
https://www.esa.int/Space_Debris/Space_Debris_Factsheet

Starlink



GPS



Starlink Watch (satellite map) https://satmap.space/ 2024/6/13 印刷

ISSの高度を上昇させるシグナス補給船

ISSのような低軌道(～400km)を回る衛星は大気との摩擦で高度が落ち、地球大気圏に半年から1年程度で再突入します。

低軌道を周回するスペースデブリも大気との摩擦で地球に落下するため、低軌道上のスペースデブリは多くありません。ISSが20年以上生き延びてきたのは、この大気による清浄効果のためです。

1000km以上の中軌道にある衛星は大気による摩擦効果は小さく、軌道に1000年以上留まります。静止衛星は永遠に地球には落ちません。中軌道上のスペースデブリは常に増え続けます。

NASA

参考資料 8-2

学会資料抜粋:2024/11/7:河島航他

Title	Contents
3N06 宇宙科学技術連合講演会2024 超小型木造人工衛星 LignoSat のプログラムについて 2024/11/07 河島航(京都大学理学部・3N06) 内田こころ, 神田一, 高橋敬太郎, 木根太郎, 小島比呂, 葛川航希, 阿戸寛, 岡田陽亮, 島谷謙俊, 加藤千基, 南川貴人, 小林武司, 山本謙大, 大野大和, 豊田修大, 伊藤駿治, 木村新入, 中 村拓海, 三浦理, 仲村匡司, 村田功二, 清水希光, 石原正衣, 北川航希, 比賀尊子, 羽谷健明, 土藤守 雄(京都大学), 土井瑞穂(在学休職)	1. 目的背景 2. 全体プログラム - フローチャート - 通信について - 各基板接続 3. TVT(Thermal Vacuum Test) - 試験概要 - 試験結果 4. SEU(Single Event Upset)カウントミッション - 試験概要 - 試験結果 5. E2E試験 - 試験概要 - 試験結果 6. 総括

全体プログラム-フローチャート	全体プログラム-フローチャート①

全体プログラム-フローチャート③	全体プログラム-通信について
	● 110sごとにCWFORMAT#1とCWFORMAT#2の2パターンを交互に送信 ● CWFORMAT#1には電力関係の基礎的なデータを格納 ● CWFORMAT#2は、-Z面の温度とひずみのデータが格納されている ※CWとは「Continuous Wave」の略。無変調の持続的な正弦波信号のことで、主に通信や測距などの用途で利用される。

全体プログラム-各基板接続	全体プログラム-各基板接続
衛星基礎データ処理系 ※UART通信とは...データを1ビットずつ順番に送受信する非同相通信方式。	試験完了 ● 地上局で正しいデータ(HKデータ)が得られる事を確認 ● 数日間にわたる運用実験 →全体機能の確認完了

第68回宇宙科学技術連合講演会

3N07
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への試み

LignoStella
project

○野間隆寛、木村拓人、樋口一、野木隆太郎、中村拓海、三浦輝、内田こころ、高橋
雄太、河島結、小森杜平、星川龍希、阿部崇、森田和隆、西見慶雄、河野浩貴、長谷
藤樹、加藤千晶、森田良人、小林武司、山本謙大、大西大知、菅西佳大、伊藤駿志、
水野愛理、長谷真輝、神村匠司、村田功二、清水孝夫、石原正次、北川和晃、
辻廣智子、土井隆雄（京都大学）、岡谷健司、土屋守雄（住友林業）

目次



1. LignoSat概要
2. 1号機における通信機能評価
3. 木造筐体へのアンテナ内蔵の試み
4. 今後の展望

2024/11/7 Takahiro Nomura / Kyoto Univ.

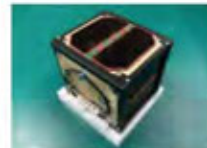
2

LignoStella
project

1.LignoSat概要

2024/11/7 Takahiro Nomura / Kyoto Univ.

持続可能な衛星へ



- ・ 大気圏再突入時に燃え尽きる木材を使用
→ アルミナ粒子の発生を減らす
- ・ 真空暴露実験によりホオノキを選定
- ・ 筐体は6枚の木板で構成

図：LignoSat FM

2024/11/7 Takahiro Nomura / Kyoto Univ.

3

5つのミッション



- ① 木造筐体におけるひずみの経時的な測定
- ② 筐体内部の多点温度測定
- ③ 地磁気測定
- ④ ビット反転の測定
- ⑤ 単一周波数FMアップリンク/ダウンリンク交信

2024/11/7

Takahiro Nomura / Kyoto Univ.

4

通信システム



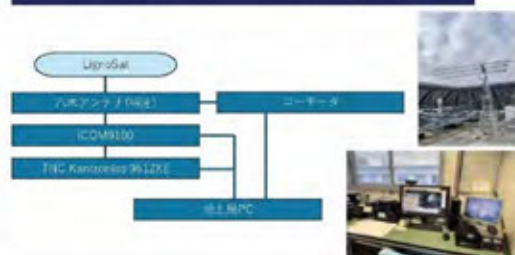
	衛星側	地上局
周波数帯	430 MHz帯	430 MHz帯
占有周波数帯域	CW: 500 Hz FM: 7.2 kHz	FM: 7.2 kHz
電波の形式	CW: A1A FM: F1D	FM: F1D
平均電力	CW: 0.1 W FM: 0.8 W	≤0 W
送信速度	CW: 20 wpm FM: 4800 bps	FM: 4800 bps
変調方式	GMSK	GMSK
型式	ADD139/BDK	ICOM9100

2024/11/7

Takahiro Nomura / Kyoto Univ.

5

通信システム

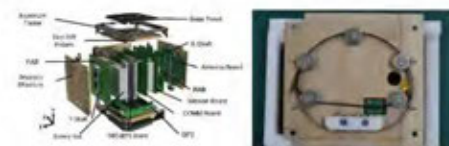


2024/11/7

Takahiro Nomura / Kyoto Univ.

6

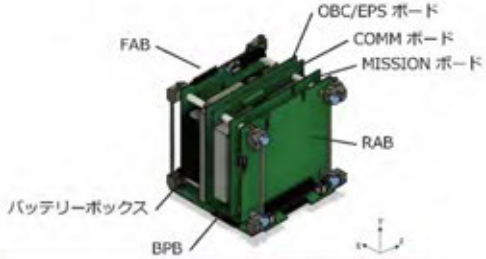
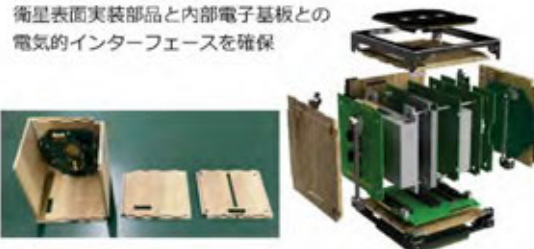
アンテナ展開



2024/11/7

Takahiro Nomura / Kyoto Univ.

7

LignoSat 第68回宇宙科学連合講演会  超小型木造人工衛星 「LignoSat」の電力システム 鳥谷陽樹, 細辻一, 野木雅太郎, 加藤千晶, 森田朋人, 小林誠司, 内田こころ, 高橋駿太, 河島航, 小泉せ平, 星川隆希, 岡戸夢, 野部隆寛, 桑原和輝, 吉見龍輝, 河野俊貴, 山本陽大, 大西大知, 吉谷徳大, 伊藤龍治, 水野愛理, 長谷川晴, 木村拓人, 中村拓海, 三浦晴, 仲村匡司, 村田功二, 清水幸夫, 石原正次, 北川和男, 辻廣智子 (京都大学), 苅谷健司, 土屋守雄 (住友林業), 土井隆雄 (京都大学) Haruki TOBITANI / Kyoto Univ. 1	LignoSat 目次 1. 目的・背景 2. 電力システム設計 3. セン断接着力試験 4. パワーバジェット 5. 今後の展望 Haruki TOBITANI / Kyoto Univ. 2
LignoSat 1. 目的・背景 Haruki TOBITANI / Kyoto Univ. 3	LignoSat 目的・背景 超小型木造人工衛星「LignoSat」EPS班  Haruki TOBITANI / Kyoto Univ. 4
LignoSat 2. 電力システム設計 Haruki TOBITANI / Kyoto Univ. 5	LignoSat 電力システム設計 バスシステムには実績のあるBIRDS/バスプラットフォーム (九州工業大学提供) を採用し、信頼性を向上  Haruki TOBITANI / Kyoto Univ. 6
LignoSat 太陽光パネルの接着 【従来の超小型衛星】 表面にPCBを採用し、太陽光パネルをそのまま接着  GuaraniSat-1 (パラグアイ) Maya-2 (フィリピン) Tsuru (日本) BIRDS-4シリーズ JAXA「J-SSO2から飛出された超小型衛星リスト」より引用 Haruki TOBITANI / Kyoto Univ. 7	LignoSat 太陽光パネルの接着 【LignoSat】 構体各所に貫通孔を設け 衛星表面実装部品と内部電子基板との 電気的インターフェースを確保  Haruki TOBITANI / Kyoto Univ. 8

4N05 宇宙科学技術連合講演会2024

超小型木造人工衛星の構造

2023/11/07

木村拓人 (京都大学理学部・3期生)



LignoStella project

目次

1. 目的・背景
2. LignoSatの構造
 - 概要
 - 内部構造
 - 木造構体
 - アルミフレーム
3. 構造強度検証
 - 真空木材暴露実験
 - 構造解析
 - 振動試験
4. 今後の展望
5. まとめ



目的・背景

世界初の木造人工衛星開発

→ 宇宙空間における木材利用の可能性を検証

LignoSat (1号機) 開発

- 京大・住友林業の共同開発
- 2024.04 FM製作・試験完了
- 2024.11 打ち上げ (Spv-31, Falcon9)
- 2024.12 ISSより放出予定 (J-SSOD)
- 約半年間の運用

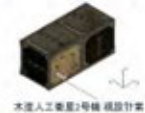
5つのミッション

1. 木造構体内部のひずみ測定
2. 木造構体内部の温度測定
3. 第一宇宙速度による無重力環境
4. 地球観測
5. 地球観測

木造人工衛星2号機 の開発



LignoSat フライモデル写真



木造人工衛星2号機 概略図

LignoSatの構造

LignoSat

- 概要
 - 大きさ 3U (100 mm × 100 mm × 115 mm)
 - 重量 1.092kg
 - ISS 小型衛星放出機構より放出
- 内部構造
 - 基板類
 - シャフト類
- 木造構体
- アルミフレーム



アルミフレーム

内部基板

木造構体

シャフト類

LignoSatの構造 - 内部構造

内部基板

- 5枚の基板: FR4素材 (FAB, OBC/EPS, COMM, Mission, RAB) → BPBIに接続
- Battery: Eneloop (Ni-H2) + アルミ製ケース

シャフト類

- X方向シャフト: SUS304製
内部基板4面に各1本ずつ通る
樹脂スペーサーが基板の位置を固定
- Y方向シャフト: SUS303製
計4本でX方向シャフトと接続
木造パネル4に内側から圧力をかけ、位置固定する役割



OBC/EPS FAB

COMM

Mission

RAB

Battery

Y方向シャフト

X方向シャフト

LignoSatの構造 - 木造構体

- 木板計6枚を組み合わせた木箱構造
- 樹種: ホノノキ
 - 樹種選定理由
 - 加工性が高い (割れにくい)
 - 軽量 (0.50 g/cm³)
 - 真空暴露時の寸法変化が小さい
- 各木造パネルの接合
 - 京都伝統技法 “留め型隠し蟻組接ぎ”
 - 温度・湿度環境に依存した寸法変化に対応
 - 隙り通し蟻み立てが可能
- X面にUHF通信用ダイポールアンテナ
他5面に太陽光パネルを接着



留め型隠し蟻組接ぎ

LignoSatの構造 - アルミフレーム

- 計9部品からなるアルミ製フレーム
 - ±Yフレーム
 - Y方向足 × 4本
 - Deployment Switch 固定パーツ × 3



+Y方向足

+Yフレーム

-Yフレーム

DepSW固定パーツ

役割

1. J-SSODのインターフェース要求を満たす
2. 打ち上げ時のレール荷重を吸収
→ 木材への応力負担を回避
3. Deployment Switchの作動の確実性向上

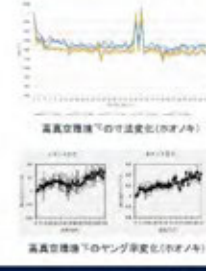
構造強度検証(1)

真空木材暴露実験

2018年以降 -10⁻⁶Paの高真空環境下に 100mm × 100mm × 5mmの本材片を暴露
→ 寸法・剛性変化を計測

実験結果

- いずれの樹種でも相対寸法は0.99程度で安定
- ヤング率は縦横直交・平行ともに緩やかな増加傾向にある
- いずれも断面残存部材の利用において問題を発生させる変化は見られなかった。
- 引き続き真空暴露を継続
- CNFを含む新サンプルの計測



高真空環境下の寸法変化 (赤・青)

高真空環境下のヤング率変化 (赤・青)

参考資料 9-1

共同通信 2024 年 5 月 28 日：世界初の木造人工衛星（LinoSat）完成、 JAXA へ引き渡し宇宙での運用へ

世界初の木造人工衛星（LignoSat）完成、JAXAへ引...

https://www.kyodo.co.jp/pr/2024-05-28_3860994

KK KYODO NEWS SITE

株式会社
共同通信社

ニュースサイト

キーワードを入力

トップ経済/ビジネスくらし教育/文化エンタメスポーツ地域MENU

トップ > プレスリリース > 世界初の木造人工衛星（LignoSat）完成、JAXAへ引き渡し宇宙での運用へ

プレスリリース

世界初の木造人工衛星（LignoSat）完成、JAXAへ引き渡し宇宙での運用へ

2024年5月28日14:14

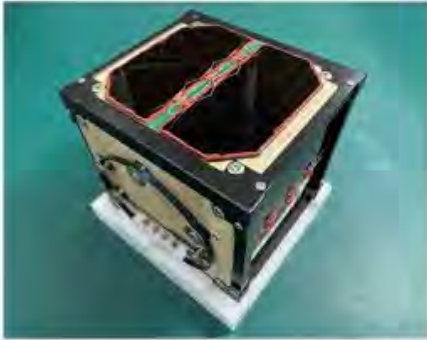


木の可能性を追究し木材利用の拡大を目指す

2024年5月28日
住友林業

国立大学法人京都大学（総長：薄 長博／以下、京都大学）と住友林業株式会社（社長：岩吉 敏郎／以下、住友林業）が2020年4月より取り組んできた「宇宙木材プロジェクト（LignoStella Project）」※1で、約4年かけて開発した木造人工衛星（LignoSat）※2が完成しました。6月4日、JAXA※3へ引き渡します。完成した木造人工衛星は1辺が100mm角のキューブサットと呼ばれる超小型の衛星で、NASA※4/JAXAの数々の厳しい安全審査を無事通過。世界で初めて宇宙での木材活用が公式に認められました。

宇宙空間での運用に向け今年9月に、米国フロリダ州のケネディ宇宙センター（Kennedy Space Center）から打ち上げ予定のスペースX社（Space Exploration Technologies Corp.）のロケットに搭載し国際宇宙ステーション（ISS）に移送します。ISS到着から約1か月後に「きぼう」日本実験棟より宇宙空間に放出される予定です。今後は木造人工衛星から送信されるデータ解析を通じ、木の可能性を追求し木材利用の拡大を目指します。



完成した木造人工衛星（LignoSat）フライトモデル（打ち上げ実験機）／京都大学

■審査合格までの経緯と意義

今回の木造人工衛星の開発は2022年3月～12月までISSの船外プラットフォームで実施した木材宇宙曝露実験※5※6をはじめ、地上での振動試験、熱真空試験、アウトガス試験など様々な物性試験※7の結果得られたデータに基づいて行っています。木材宇宙曝露実験では温度変化が大きく強力な宇宙線が降り交う過酷な宇宙の環境下でも、割れ、反り、割がれ等はなく木材の優れた強度や耐久性を確認しています。その他の地上試験でも木材は宇宙飛行士の健康や安全、精密機器や光学部品などに悪影響を及ぼさないことが明らかになりました。数々の実験、試験を経てNASA/JAXAの審査に合格したことで、宇宙空間での木材活用可能性が証明されました。

木造人工衛星がNASA/JAXAの安全審査に合格し、宇宙空間での木材利用が認められたことは宇宙業界にとっても木材業界にとっても非常に重要な1歩です。持続可能な資源である木の可能性を広げ、更なる木材利用を推進する上で大きな意義があります。

宇宙空間ではスペースデブリ（宇宙ゴミ）とならないよう、役目を終えた小型の人工衛星は大気圏に再突入させ、燃焼させることが国際ルールとなっています。従来の金属製の衛星では、燃焼の際にアルミナ粒子と呼ばれる微粒子を発生し、地球の気候や通信に影響を及ぼす可能性があります。木材は大気圏再突入で燃え尽きるため、将来的に木造の人工衛星が増えることで、この影響の低減が期待できます。

各種物性試験の結果から、宇宙でも安定して使用できる樹種として今回打ち上げる木造人工衛星の実機（フライトモデル）の機体にはホノキ材を選定しています。住友林業株式会社所有林で伐採したホノキを使用し、機体の構造はネジや接着剤を一切使わず継ぎ接ぎで組み上げる「留め隠し継ぎ（とめがたかくしありくみづび）」と呼ばれる日本古来の伝統的技法を採用しています。

■今後の展望

ISSから放出後は木造機体のひずみ、内部温度分布、地震計、ソフトラエラーを測定し、京都大学構内に設置された通信機にデータを送信する計画です。今後はこの木造人工衛星から得られる各種データの分析を進めます。

京都大学は今回のLignoSat1号機の開発ノウハウと運用データを、これから計画を進める2号機の設計や2号機で計測を検討するデータの基礎資料としていきます。

住友林業は今回の開発を通して得られた知見をさらに分析し、ナノレベルでの物質変化の根本的なメカニズムの解明を目指します。このメカニズムを解明することで木材の劣化抑制技術の開発、高耐久木質外装材などの高機能木質建材や木材の新用途開発を推進します。従来は木材が使われていなかった箇所での活用、例えばデータセンター施設等への木材利用の拡大に繋げ、林業界、木材業界の発展に貢献します。

※1 参考：「住友林業、京都大学と宇宙木材プロジェクトをスタート」リリース（2020年12月）
<https://sfic.jp/information/news/2020/2020-12-23.html>。LignoStella（リグノステラ）は、Ligno（木）とStella（星）からなる造語で本プロジェクトにて命名。

※2 LignoSat（リグノサット）は、Ligno（木）とSatellite（人工衛星）からなる造語で本プロジェクトにて命名。

※3 JAXA：宇宙航空研究開発機構／Japan Aerospace Exploration Agency

※4 NASA：アメリカ航空宇宙局／National Aeronautics and Space Administration

※5 参考：「京都大学と住友林業 世界初の木材の宇宙曝露実験」リリース（2021年8月）
<https://sfic.jp/information/news/2021/2021-08-25.html>

※6 参考：「世界初、10か月間の木材宇宙曝露実験を完了」リリース（2023年5月）
<https://sfic.jp/information/news/2023/2023-05-12.html>

※7 様々な物性試験詳細

・振動試験：衛星にロケット打ち上げ時などで想定される振動を再現、固有周波数が共振しない

いものであること、および破壊など不具合が生じないことを検証する試験

・熱真空試験：真空の状態で衛星を熱（低温～高温）に晒し、不具合が生じず、想定通り動作することを検証する試験

・アウトガス試験：木材を高温にさらした際に有害なガスを発生しないかどうかの試験

■経緯・今後のスケジュール

2020年4月 京都大学と住友林業は2020年4月「宇宙における樹木育成・木材利用に関する基礎的研究」に共同である研究契約を締結し「宇宙木材プロジェクト（LignoStella Project）」をスタート。木造人工衛星打ち上げをめざし開発を進める。

2020年11月 住友林業株式会社所有林で木造機体用ホノキ材を伐採。

2022年3月 国際宇宙ステーション（ISS）「きぼう」日本実験棟の船外曝露プラットフォームで宇宙曝露試験を開始。

2022年10月 文科省「令和4年度宇宙航空科学技術推進委託費」に採択。

2022年12月 294日間の宇宙曝露実験を完了。

2024年3月 木造人工衛星LignoSatフライトモデル完成。

2024年4月 内閣府理大府より人工衛星管理許可証交付。

2024年5月 NASA/JAXAの安全審査合格。

2024年6月 JAXAへLignoSat518渡し。

2024年9月 LignoSatをロケットに搭載し打ち上げ。

2024年11月 LignoSat宇宙空間で運用開始予定。



提供元：住友林業株式会社
共同提供：PROVIDE

京都新聞 2024 年 5 月 29 日：世界初 木造人工衛星が完成

京

2024年(令和6年)5月29日 水曜日

1

世界初 木造人工衛星が完成

京大などが開発した木造人工衛星。規定によりアルミフレームを使用しているが、可能な限り木材を用いたという(28日午後、京都市左京区・京大)

京大と住友林業

京大と住友林業は28日、世界で初めて宇宙に打ち上げられる木造人工衛星を完成させた。10センチ四方の立方体の超小型サイズで、本体は日本の伝統工芸技術を駆使して組み上げたという。打ち上げを経て、10月頃に宇宙

空間へ放出される予定で、耐久性などを検証し、人類の宇宙活動における木材利用の可能性を探る。

木造人工衛星の製作は、京大などが2020年から取り組んできた。今回は国際宇宙ステーション(ISS)での事前実験で、ほとんど劣化しなかったホノノキを部材に用いた。重さは約1.1キログラムで、

10センチ四方超小型、今秋宇宙へ

木造の人工衛星を組み上げた黒田工務の白井さん(左)と崔さん(右)28日午後、京都市左京区・京大

百分の1ミリの精度 伝統工芸の技で

京大などが開発した木造人工衛星は、伝統工芸で培われた技術が生かされた。百分の1ミリ以下の高い精度が要求されたが、木工芸の職人がくぎやねじを一切使わず、熟練の技で組み上げた。

開発チームに加わったのは「黒田工務」(京都市)の白井浩明代表(52)。大津市に工房を構え、国宝の障壁画の修復などを手がける。昨年、文化庁から表装建具製作分野で選定保存技術保持者に認定された。

本体は可能な限り木材を使った。内部に地上と通信する電子回路を積んでいる。計画では、6月4日に宇宙航空研究開発機構(JAXA)へ引き渡す。9月に米スペース

スX社のロケットでISSへ運び、10月頃に宇宙空間に放出される。地上約400キロの高さを周回し、木材の伸縮や内部の温度変化などのデータを地上に送信する。

約半年間で運用を終える見込み。その後は大気圏で燃え尽きるため、金属製の衛星と異なり、ごみがほとんど出ない利点がある。

この日、プロジェクトを担当する京大特定教授で宇宙飛行士の土井隆雄さんらが京大吉田キャンパス(京都市左京区)で会見し、土井さんは「将来的に人類が宇宙活動を展開していく際には住む場所などに身近な木の活用が必須になる。木材が宇宙で利用可能なことを実証したい」と語った。

(川辺晋矢)

宇宙空間では温度変化が激しく、熱で膨張する金属や接着剤の使用を避ける必要があるため、木材を直接つなぎ合わせる技術を持つ白井さんが協力を依頼された。

白井さんは、スタッフの崔錬秀さん(33)とともに手作業で板材を丁寧に加工。きりだんすなどに使われる「留形隠し蟻組接ぎ」と呼ばれる技法を用いて、木材同士を強くはめ合わせることに成功した。白井さんは「普段の作業以上のレベルで精密性が求められたが、それを実現できたことは感慨深い」と話していた。

(川辺晋矢)

参考資料 9-3

NHK 2024 年 10 月 30 日:みみより解説 世界初 木造人工衛星打ち上げへ



みみより解説 世界初 木造人工衛星打ち上げへ

初回放送日：2024年10月30日

日本のグループが開発した世界初の木造人工衛星の打ち上げが迫っています。なぜ木造なのか、どのような工夫がされているのか、宇宙開発に与える影響について解説します。

放送内容



世界初の木造人工衛星 打ち上げへ

目次

世界初の木造人工衛星 打ち上げへ

木が宇宙で役立つ日が来るのか。

日本のグループが開発した世界初の木造の小型人工衛星の打ち上げが迫ってきた。

なぜ木造なのか、グループの思いを宇宙担当の水野倫之解説委員が取材した。

宇宙って厳しい環境で、木で大丈夫なのかとも思うが、意外と宇宙でも木は使えるそうだ、ということがグループの研究でわかってきた。

[続きを読む](#)

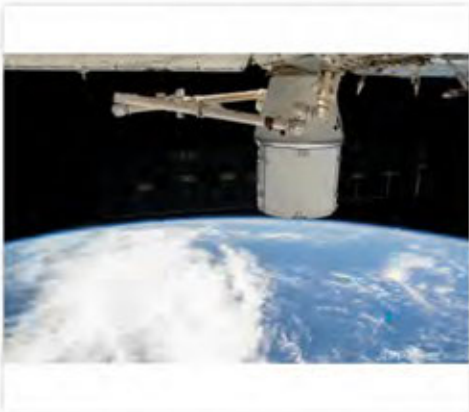
AFP BB News

Latest Popular News **SDGs** Sports Video Focus Photo Area Q

ニュース 環境・科学 **SDGs** 産業と技術革新の基盤をつくろう つくる責任 つかう責任

京大、世界初の木造人工衛星「LignoSat」打ち上げ

2024年11月5日 18:56 発信地: 東京/東京 [日本, アジア・オセアニア]



【11月5日 AFP】京都大学([Kyoto University](#))有人宇宙学研究センター([Human Spaceology Center](#))は5日、世界初の木造人工衛星を打ち上げたと発表した。

「[LignoSat](#)(リグノサット)」と命名された木造の実験衛星は、1辺わずか10センチの立方体。

国際宇宙ステーション([ISS](#))への補給ミッションの一環として、宇宙航空研究開発機構([JAXA](#))が用意した特殊コンテナに搭載され、米宇宙企業スペースX([SpaceX](#))のロケットによって、米ケネディ宇宙センター([Kennedy Space Center](#))から打ち上げられた。JAXAもX(旧ツイッター)で報告した。

共同開発した住友林業([Sumitomo Forestry](#))の広報担当者はAFPに対し、打ち上げが「成功した」とし、「リグノサットは間もなくISSに到着する」と述べた。約1か月後に宇宙空間に放出され、強度と耐久性のテストが行われるという。

京大の科学者らは木造人工衛星について、役目を終えて大気圏に再突入する際、環境や通信に悪影響を及ぼす可能性のある金属粒子を発生させない利点があるとしている。

宇宙飛行士で現在、京大特定教授を務める土井隆雄([Takao Doi](#))氏は今年、「金属製ではない衛星が主流になるべきだ」と会見で述べている。(c)AFP

参考資料 9-5

サイエンス 2024 年 11 月 8 日: 京都大学が世界初の木造人工衛星の打ち上げに成功

テクノロジーと科学の最新的话题を毎日配信中!!



▶ サイエンス

京都大学が世界初の木造人工衛星の打ち上げに成功

Y Kobayashi

2024年11月8日



宇宙デブリ（1957年以来打ち上げられたロケット段、衛星、その他の軌道上の物体の破片で構成される）は、増大する懸念となっている。[ESA Space Debris Office](#) によると、低軌道上には直径10cm（3.9インチ）以上の物体が約40,500個、直径1~10cm（0.39~3.9インチ）の物体が110万個、直径1mm~1cm（0.039~0.39インチ）の物体が1億3,000万個存在する。この状況は、商業宇宙企業が研究、通信、ブロードバンドインターネットサービス用の「メガコンステレーション」衛星の展開を続けるにつれて、悪化すると予測されている。

この状況に対処するため、University of Kyotoの研究者たちが世界初の木製衛星を開発した。この小型衛星（[LingoSat](#)）は、電子部品を除いてモクレンの木材で製造されている。京都大学の有人宇宙学研究センターが[11月5日火曜日に発表した声明](#)によると、この木製衛星は[NASAのKennedy Space Center](#) からSpaceX Falcon 9ロケットで打ち上げられ、軌道投入に成功した。計画されているシリーズの第一号となるこの衛星は、宇宙デブリを軽減し、「[ケスラーシンドローム](#)」として知られる現象を防ぐことを目的としている。

住友林業 2024 年 12 月 6 日:「ウッドデザイン賞 2024」奨励賞(審査委員長賞)を受賞

～木造人工衛星 LignoSat/10 階建木造実大振動台実験プロジェクト～

 **住友林業**
2024 年 12 月 6 日

報道各位

住友林業株式会社

「ウッドデザイン賞 2024」奨励賞(審査委員長賞)を受賞
～木造人工衛星 LignoSat/10 階建木造実大振動台実験プロジェクト～

住友林業株式会社(社長:光吉 敏郎 本社:東京都千代田区)は「木造人工衛星 LignoSat」と 10 階建木造実大振動台実験「NHERI TallWood Project (住友林業検証フェーズ)」の 2 件で「ウッドデザイン賞 2024」上位賞の奨励賞(審査委員長賞)を受賞しました。奨励賞の受賞は 3 年連続です。東京ビッグサイトで 12 月 4 日、表彰式が行われました。



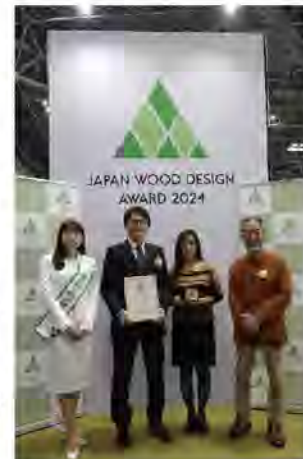
(ご参考) ウッドデザイン賞受賞(10 月) [2024-10-15.pdf \(sfc.jp\)](#)

【奨励賞受賞】

＜技術・建築分野/ソーシャルデザイン部門＞

■木造人工衛星 LignoSat/住友林業株式会社・国立大学法人京都大学

・LignoSat は京都大学と住友林業が約 4 年かけて開発した木造人工衛星。
・1 辺が 100mm 角のキューブサットと呼ばれる超小型の衛星で、NASA/JAXA の数々の厳しい安全審査を無事通過し、世界で初めて宇宙での木材活用が公式に認められた。
・筐体部分の 6 面パネルに住友林業の北海道紋別社有林から切り出したホノキ材を使用。木材パネルの厚みは最小 4.0 mm～最大 5.5 mm。
・宇宙空間ではスペースデブリ(宇宙ごみ)とならないよう、役目を終えた地球低軌道を周回する人工衛星は大気圏に突入させ燃焼させることが国際ルール。従来の金属製衛星では、燃焼の際にアルミナ粒子と呼ばれる微粒子を発生し、地球の気候や通信などに悪影響を及ぼす可能性があった。木材は大気圏再突入で燃え尽きるため、将来的に木造の人工衛星が増えることで、この影響の低減が期待できる。
・宇宙空間での木材利用が公式に認められたことは、宇宙業界にとっても木材業界、森林業界にとっても非常に貴重な第 1 歩。
・今後、人類が文明を宇宙に展開するに当たっては、持続可能な資源である木の活用が不可欠。この第 1 歩は宇宙など過酷な環境下のみならず、地球上でも従来使われてこなかった境域での木の可能性を広げ、更なる木材利用を推進する上で大きな意義がある。



(画像提供: 京都大学)

◎講評コメント

燃える素材である木材の特性を活かして、新領域での木材利用の可能性を追及した意欲的な試みである。従来の金属製人工衛星から発生する微粒子問題を木材利用によって解決を目指すという、サイエンス分野でのアプローチは非常に新規性が高い

読売新聞 2024 年 12 月 10 日:「世界初の木造人工衛星」宇宙へ放出…地上と通信できず

読売新聞

オンライン

関西発のニュース

2025大阪・関西万博

関西発の速報

地域コーナートップ

「世界初の木造人工衛星」宇宙へ放出…地上と通信できず

京都大と住友林業が開発した世界初の木造小型人工衛星が9日夜、国際宇宙ステーション（ISS）の日本の実験棟「きぼう」から宇宙へ放出された。衛星には国産木材が使われ、宇宙空間で将来、木材が利用できるかを調べる予定だったが、京大関係者によると、地上との通信ができず、地球を周回する衛星からの電波の受信を引き続き試みているという。



衛星は10センチ角（重さ約1キロ・グラム）で、ラテン語の「リグノ」（木材）と、人工衛星を意味する「サテライト」を組み合わせて「リグノサット」と命名。宇宙飛行士の土井隆雄・京大特定教授を中心に開発され、今年11月に米フロリダ州のケネディ宇宙センターから米スペースX社のロケットでISSに打ち上げられた。

北海道にある住友林業の社有林で伐採されたホノキ材で木箱状に仕上げられており、衛星内部の温度をセンサーで測って木材の断熱性能を調べるほか、過酷な宇宙環境にさらされる木材のひずみを測定して耐久性なども確かめる計画だ。

当初は約1年の運用期間を見込んでいたが、土井特定教授によると、太陽の活動が活発化している影響で、2、3か月で衛星は大気圏に再突入するとみられるという。今回の衛星には、ネジや接着剤を使わずに木材を組み上げる日本の伝統技法が使われていた。

関西発の最新ニュースと話題

関連ワード

住友林業

北海道

日本

読売新聞オンラインに掲載した記事の複製などは、日本の著作権法や国際条約などで禁じられております。無断転載などの著作権侵害行為は、法廷、オンライン上で取り次ぎなどの対応をさせていただきます。

© The Yomiuri Shimbun

MBS NEWS 2024 年 12 月 21 日:『木造』の人工衛星が宇宙へ！京都大学などのチームが世界初の挑戦

『木造』の人工衛星が宇宙へ！京都大学などのチームが世界初の挑戦 背景には“宇宙ゴミ”への懸念「今まで考えられなかった異常気象が起こる」

2024/12/21(土) 14:00 配信 18

MBSNEWS



京都大学などのチームが開発した世界初の『木造人工衛星』が打ち上げられました。人工衛星になぜ「木」を使用したのか？開発現場に密着しました。

【写真で見る】木造人工衛星が宇宙空間に放たれる様子

木造人工衛星「Ligno-Sat」(リグノサット)

人工衛星の“その後”に危機感…目をつけたのが「木」

去年11月。京都大学の研究室で、その人工衛星の開発が進められていました。

「世界で初めて木材を使用した人工衛星になります」

約10cm四方、重さは1kgほどと超小型で木を指すラテン語「リグノ」と人工衛星の「サテライト」を組み合わせ「Ligno-Sat」(リグノサット)と名付けました。

「前面に出ているのがソーラーパネルになります」

「地上と通信するアンテナがついていて、中には基盤が並んでいます」

開発を主導するのは、京都大学大学院・特定教授で宇宙飛行士の土井隆雄さんです。土井さんは約30年前、日本人で初めて、宇宙での船外活動に成功しました。宇宙開発が活発になるなかで、人工衛星の“その後”に危機感を抱いたといいます。

(京都大学大学院 土井隆雄特定教授)「人工衛星の数が増えてくると、地球大気圏に再突入した時の酸化アルミニウムがどんどん増えてしまう。私たちが今まで考えられなかったような異常気象が起こるだろうと」

従来の人工衛星はアルミニウムなどの金属でできていて、役目を終え大気圏に突入するときに酸化したアルミの粒子が残ります。土井さんによると、この粒子が大気中に蓄積すると、太陽光を反射して気温が下がったり異常気象を引き起こしたりする可能性があるというのです。

そこで目をつけたのが「木」でした。

(土井隆雄特定教授)「木材の場合には、二酸化炭素と水にかわるだけで水蒸気になって、きれいに燃えて灰みたいなのが残らない。木造人工衛星にすれば、地球大気圏を汚さないで、いくら打ち上げても大丈夫だと」

木は真空の環境にも耐えられるほか、宇宙には湿気がなく劣化しにくいことなどから人工衛星の素材として適していると考えたのです。

しかし、課題も…。温度変化で伸び縮みするため、ボルトやネジを打ち込むと割れてしまうのです。

次ページは：日本古来の技術「指物」が弱点を解決



参考資料 9-9

UchuBiz 2025 年 1 月 14 日：日本生まれの世界初「木造衛星」を NASA が評価
-「従来の衛星に代わる、より持続可能な選択肢」

**UchuBiz** 宇宙ビジネス参入を
後押しするメディア

TOPICS [#NASA](#) [#Starlink](#) [#中国](#) 

[新着](#) [特集](#) [解説](#) [インタビュー](#) [フォトレボ](#) [カテゴリ](#)



ニュース

日本生まれの世界初「木造衛星」をNASAが 評価-「従来の衛星に代わる、より持続可能な 選択肢」

2025/01/14 15:40
厚本直樹・田中好博（編集者）[#LignoSat](#) [住友林業](#) [京都大学](#)

2024年12月に国際宇宙ステーション（ISS）から地球低軌道（LEO）に放出された世界初の木造衛星「LignoSat」1号機について米航空宇宙局（NASA）は「従来の人工衛星に代わる、より持続可能な選択肢を提供する可能性がある」と説明している。LignoSatは京都大学と住友林業が開発した。

キューブサットであるLignoSatは、「宇宙木材プロジェクト（LignoStella Project）」として開発された衛星で、住友林業の紋別社有林で伐採したホオノキ材を使用（大きさは1U=10cm×10cm×10cm）。構体はネジや接着剤を一切使わず精緻かつ強固に組み上げる「留形隠し蟻組接ぎ（とめがたかくしありくみつぎ）」と呼ばれる、日本古来の伝統的技法を採用している。



LignoSatの内部。木製のパネルにアルミニウムのフレーム、ステンレス鋼のシャフトで構成されている（出典：京都大学）



箱形開し機構接ぎで組み上げられる構体（出典：京都大学）

LignoStella Projectでは2022年3月から10カ月間、木材を宇宙空間に曝露し、適正な木材としてホオノキを選定した。宇宙空間に放出されたLignoSatは搭載されたセンサーで木材の歪みを評価し、宇宙空間での温度や放射線に対する反応を測定する。地磁気レベルを観測することで、衛星の機能にどのように影響するかどうか調べる。

NASAは「宇宙で木材の利用法を調査することは、将来的に革新的なソリューションにつながる可能性がある」と解説している。従来のアルミニウム合金などでつくられる衛星は、大気圏再突入で燃焼する時に「アルミナ粒子」と呼ばれる微粒子が発生し、地球の気候や通信に悪影響をおよぼす可能性があると考えられている。

京都大学は、今回の1号機の開発ノウハウと運用データを今後計画している2号機の設計や2号機で計測するデータの基礎資料として活用する。住友林業は、得られたデータを分析し、ナノレベルでの物質劣化の根本的なメカニズムを研究するとしている。

参考資料 9-10

京都新聞 2025 年 2 月 25 日：世界初の木造人工衛星を再び宇宙へ

参考資料 10

学会等発表実績

2025年5月28日(水)
天候 晴 気温 15℃

京都新聞

DIGITAL

ホーム 京都 滋賀 マイニュース 観光 社会 文化 スポーツ 読者

市内

世界初の木造人工衛星を再び宇宙へ クラファンに力を入れる京都大学の「でっかい計画」

8月10日 0

保存 印刷

X f

京都の国公立大で、研究プロジェクトや教育実習のための費用をクラウドファンディング（CF）で募るケースが増えている。

京都大は、世界初となる木造の人工衛星「リグノザット」の2号機製作のためにクラウドファンディングを実施している。昨年12月に宇宙へ放った1号機は地上との通信が確立できておらず、課題を洗い出し2号機に生かすという。

宇宙での木材利用の可能性を探るプロジェクト。一般的な金属製の人工衛星は運用を終えて大気圏に突入する際、微小なちりを残す問題を抱えているが、木造の場合は燃え尽きるため、運用後のごみが出ないのが大きな特徴だ。

京大と住友林業が共同開発した1号機は一辺が10センチの立方体。昨年12月に国際宇宙ステーション（ISS）から宇宙空間へと放出された。ロケットで打ち上げた際の振動に耐えた点など成果を見せた一方、目標の一つだった地上との通信は2月中旬時点で確認できていないという。

2号機は、通信のための電波装置にトラブルはなかったかなど原因を精査した上で作製する。また、今回は二つの立方体をつなげた形を想定。容積を1号機から倍増させて内部にアンテナを収容し、27年の打ち上げを目指している。

CFの目標金額は1千万円で「READYFOR」で4月30日まで協力を呼びかける。集まった費用は各種の地上実験を各地で行う際のメンバーの移動費などにあてる。

プロジェクトリーダーを務める京大農学研究所の仲村正司教授（木材工学）は「古い材料である木材は、宇宙と縁遠いと考えていたが、1号機はそんな私の考えを飛び越えて宇宙へ飛び出していた。宇宙ファンや森のファンに応援してもらえる計画にしたい」と話している。

クラウドファンディングのサイトは<https://readyfor.jp/projects/ignosat>

学会等発表実績

委託業務題目「宇宙木材産業の創出をめざした宇宙材料としての木材利用の探究」
 機関名 国立大学法人京都大学
 1. 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果(発表題目、口頭・ポスター発表の別)		発表者氏名	発表した場所 (学会名等)	発表した時期	国内・外の別
宇宙での木材利用-宇宙空間が木材に与える影響-	口頭発表	村田功二	第91回紙パルプ研究発表会	2024年6月25日	国内
超小型木造人工衛星LignoSatのプログラムについて	口頭発表	河島敏、内田こころ、堀辻一、斎藤駿太、野木朝太郎、小泉壮平、星川龍希、阿戸豪、野間隆寛、島谷陽樹、加藤千晶、森田孝人、小林武司、山本隆大、大西恒太、豊西恒太、伊藤駿次、木村拓人、中村拓海、三浦謙、仲村匡司、村田功二、清水幸夫、石原正次、北川利男、辻廣智子、河谷健司、土屋守雄	第58回宇宙科学技術術連合講演会	2024年11月7日	国内
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	口頭発表	野間隆寛、木村拓人、堀辻一、野木朝太郎、中村拓海、三浦謙、内田こころ、斎藤駿太、河島敏、小泉壮平、星川龍希、阿戸豪、森田孝人、加藤千晶、河野尚貴、島谷陽樹、加藤千晶、森田孝人、小林武司、山本隆大、大西恒太、豊西恒太、伊藤駿次、水野家理、長谷真輝、仲村匡司、村田功二、清水幸夫、石原正次、北川利男、辻廣智子、土井隆雄、河谷健司、土屋守雄	第58回宇宙科学技術術連合講演会	2024年11月7日	国内
超小型木造人工衛星「LignoSat」の電カシステム	口頭発表	島谷陽樹、堀辻一、野木朝太郎、中村拓海、三浦謙、内田こころ、斎藤駿太、河島敏、小泉壮平、星川龍希、阿戸豪、野間隆寛、森田孝人、加藤千晶、河野尚貴、島谷陽樹、加藤千晶、森田孝人、小林武司、山本隆大、大西恒太、豊西恒太、伊藤駿次、水野家理、長谷真輝、仲村匡司、村田功二、清水幸夫、石原正次、北川利男、辻廣智子、土井隆雄、河谷健司、土屋守雄	第58回宇宙科学技術術連合講演会	2024年11月7日	国内

超小型木造人工衛星の構造	口頭発表	木村拓人、細辻一、野本朝太郎、中村拓海、三浦晴、内田こころ、高橋駿太、河島祐、小泉壮平、星川龍希、阿戸豪、野間隆寛、桑原和輝、西尾優輝、河野尚貴、島谷陽樹、加藤千晶、麻田景人、小林武司、山本陽大、大西大和、豊西信大、伊藤諒治、水野愛理、長谷真輝、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、苅谷健司、土屋守雄	第68回宇宙科学技術連合講演会	2024年11月7日	国内
世界初の木造人工衛星LignoSatの開発における教育活動	口頭発表	辻廣智子、仲村匡司、村田功二、清水幸夫、石原正次、北川和男、土井隆雄、苅谷健司、土屋守雄	第68回宇宙科学技術連合講演会	2024年11月7日	国内

2. 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文(発表題目)		発表者氏名	発表した場所 (学会誌・雑誌等名)	発表した時期	国内・外の別
Space exposure test of hard wood specimens in the International Space Station	口頭発表	Koji Murata, Masashi Nakamura, Kenji Kariya, Morio Tsuchiya, Yousuke Alexandre Yamashiki, Takao Doi	Journal of Wood Science	2024年10月1日	国内
Development of a Wpdden CubeSat-LignoSat	口頭発表	HiroHiroto KISHI, Sakutaro NOGI, Yuki KIKUKAWA, Shunta TAKAHASHI, Haru MUKUMOTO, Go ADO, Tomokazu KIYOTA, Kazuki KUWABARA, Ryuki HOSHIKAWA, Takahiro NONA, Yusei FUKUO, Koki IKEDA, Haruki TORTANI, Taichi ONISHI, Tsutsui RYOSUKE, Godai TOYONISHI, Shunya ITO, Haruto YAMAMOTO, Ichi HOSOTSUJI, Saori ENDO, Takumi NAKAMURA, Hiroto KIMURA, Masaji ISHIHARA, Masashi NAKAMURA, Koji MURATA, Kenji KARIYA, Morio TSUCHIYA, Kenji MIKI, and Takao DOI	Journal of Evolving Space Activities	2024年Vol.2	国内

(注1) 発表者氏名は、連名による発表の場合には、筆頭者を先頭にして全員を記載すること。
(注2) 本様式はexcel形式にて作成し、甲が求める場合は別途電子データを納入すること。