

参考資料 6-1
CDH_2023 年 4 月活動報告書
2023/04/04

CDH_2023 年 4 月活動報告書・4 月予定

発行者：宇宙木材研究室 CDH 班

CDH_2023 年 4 月活動報告書_20230404
設計会議 #32

LS-Eng-CDH-019
Ver. 1.0

宇宙木材研究室
CDH 班

2022/4/4

菊川祐樹 椋本暖 岸広登 高橋駿太 野木朔太郎

1. はじめに

これは 2023 年 4 月 4 日の LignoSat チーム月定例報告会において、CDH 班が 3 月中に行ったこと、4 月中に行うこと、各班員の担当等をまとめたものである。

2. 元々予定していた通り 2 月に行ったもの

2-1 TVT 解析報告

2-2 新規アンテナ基板発注手伝い

3. 追加で 2 月に行ったもの

3-1 大谷さん COM 試験対応

4. 4 月の予定

4-1 EM 真空、熱真空試験報告継続

4-2 COM 班電波暗室試験手伝い

4-3 MSN 班熱真空試験に向け準備

4-4 アマチュアミッションコード試験

に沿って報告していく。

2. 元々予定していた 2 月に行ったこと

2-1 TVT、解析

【進捗】

継続中（4 月中旬を目標）

【理由】

TVT の解析をもとに衛星の挙動が正しいか判断するため

【詳細】

CDH が計画。2023/03/11~03/16 で試験。すべての班が試験実施に参加。九州工業大学の Pett Chamber をお借りし、低圧かつ-15°C-60°C までの温度変化に対し衛星が正常に動作することを確認するものであった。構体はホオノキを利用し、COM 系の通信は利用せず、太陽光パネルなしで、衛星には実際の運用時と同じプログラムを実行させ、MainPIC と PC の RS232 通信により、FAB やミッション系等からのデータが正常に処理されていることをチェックした。

● 温度

-15°C を低温条件、45°C または 60°C を高温条件とし、5 サイクルの実験を行った。

図?、図? は衛星や Pett チャンバー内部に取り付けた熱電対からのデータである。ref1 はチャンバー内部の温度を示しており、これを基準にチャンバー内の温度を変化させた。また ref1, ref2 以外の熱電対(各面の内部=X±Y±Z、BatteryBOX 外部、BPB、MISSION 基板)は衛星内部に張り付けたものである。

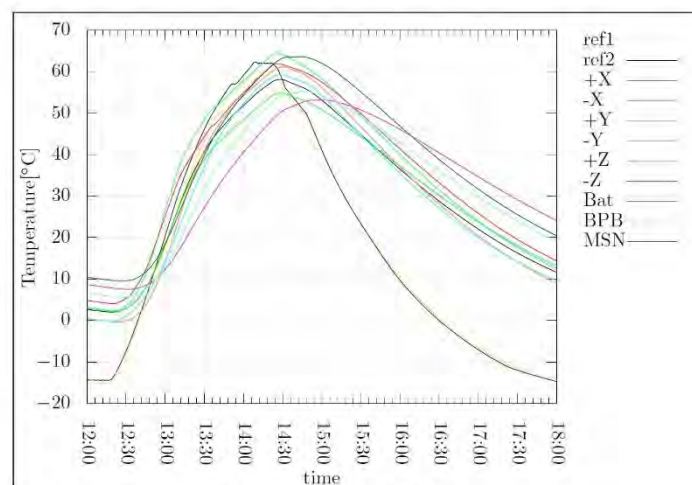


図 1 60°C 時の温度変化

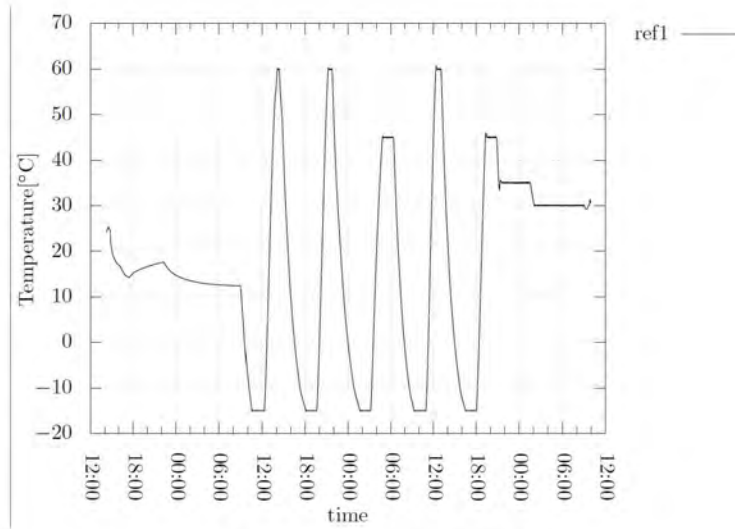


図 2 チャンバー内部の温度変化

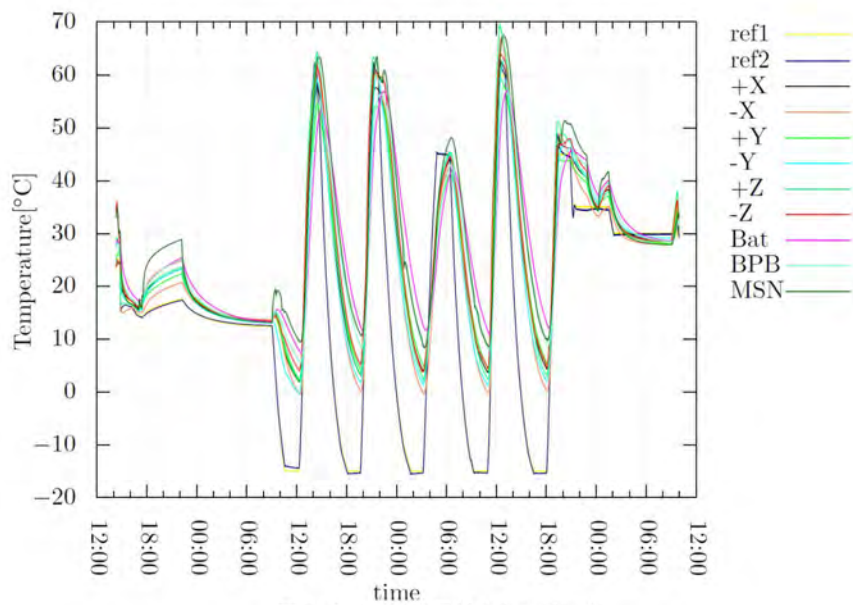


図 3 すべての熱電対からのデータ

- バッテリー
限界温度の 50°C 程度にさらしても、正常に稼働した。また 6 時間半程度バッテリーのみで衛星を稼働することに成功した。
- ミッション系
ひずみデータ、温度データ、地磁気データの取得を評価した。結果 RAB 基板からの温度データ取得は図?に示した熱電対で測定した値に追従するような結果が得られた。MISSION 基板からのひずみデータは外れ値が多く見られ、現在解析中である。地磁気データも同じく解析中。



図 4 試験終了後の LignoSat

2-2 新規アンテナ基板発注手伝い

【概要】

完了

【詳細】

菊川が担当。COM の桑原と共にアンテナ基板の不具合を確認後、EAGLE を用いて配線に関する手伝いをした。今回新しく TVT を通じて COM 基板から伸びる同軸ケーブルを衛

過電流防止回路に止められてしまうので、対策としては

- ① フル充電（残量不足じゃなければよい）したバッテリーを接続して、バッテリー単体で衛星稼働する。
 - ② バッテリー接続し、外部電源を接続する
 - ③ FAB を介さず OBC 基板へ直接 DC/DC コンバータを介した後の電圧を模擬した電力を入れる（相互評価基板限定）
- の 3 点である。九州工業大では外部電源単体で試験することは今までなかったらしく、発見までに時間を要した。

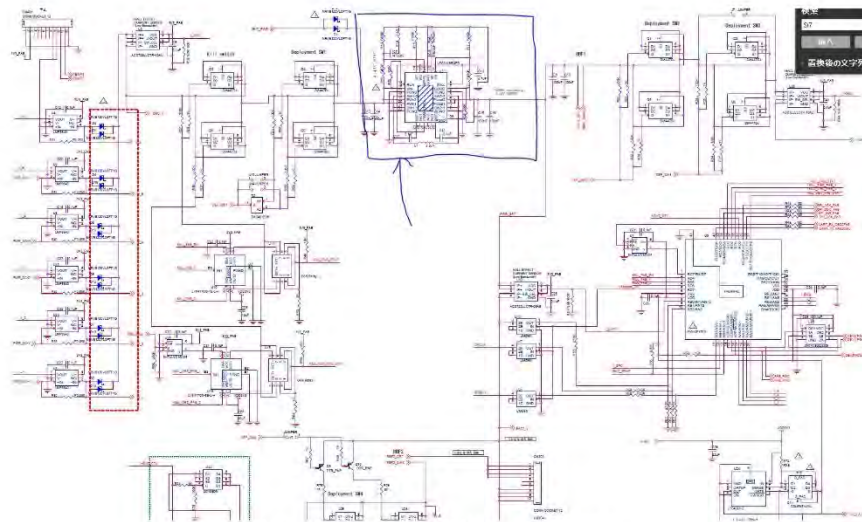


図 6 FAB 内蔵の DC/DC コンバータ

・地上局から衛星へのコマンド送信、衛星内でのコマンド処理

- ①地上局のコマンド形式と衛星側で採用しているコマンド処理形式が一致してなかった。
- ②衛星で設定しているセキュリティーキーと地上局が設定しているセキュリティーキーが一致していなかった。

[詳細]

①に関して

九州工業大から支給されたソフトは BIRDS5 の EM 時点のものであり、地上局が採用している BIRDS5 の FM 時点での地上局コードと形式が合わなかった。
現在は地上局の送信形式を衛星側に合わせることで解決している。

②に関して

LignoSat 独自の地上局コードにする際、衛星が地上局を認識するためのセキュリティキーが設定されているのだが、こちらが班内での共有ができておらず、一致していなかった（図参照）。現在は統一済み。

```
void buffer_corection()
{
    if(buffer[0]==0x4c)
    {
        for(int ih=0;ih<14;ih++)
        {
            CMD_pckt[ih] = buffer[ih];
        }
        next_in=0;
        buffer_ZERO();
    }

    if(buffer[1]==0x4c)
    {
        for(int ih=0;ih<14;ih++)
        {
            CMD_pckt[ih] = buffer[ih+1];
        }
        next_in=0;
        buffer_ZERO();
    }

    if(buffer[2]==0x4c)
    {
        for(int ih=0;ih<14;ih++)
        {
            CMD_pckt[ih] = buffer[ih+2];
        }
        next_in=0;
        buffer_ZERO();
    }
}
```

図 7 問題となったセキュリティキー

4. 4 月の予定

4-1 EM 真空、熱真空試験報告継続

【概要】

各試験で得られた HK データや熱電対データのまとめ、報告

【詳細】

現在熱電対が取得しているデータと、気圧のデータを精査済み、特に異常は確認されていない。HK データから取得したひずみなどの MSN 系データは MSN 班に解析を依頼中。

4-2 COM 班電波暗室試験手伝い

【概要】

COM 班が 4 月 20 日から行う予定の電波暗室試験における衛星稼働のサポート

【詳細】

菊川が担当。衛星を電波照射の際に稼働するのだが、常時発射する必要があるのかなどを回収し、要望を反映。現地で作業できるノウハウを COM 班に共有。

4-3 MSN 班熱真空試験に向け準備

【概要】

MSN 班が行う熱真空試験の準備

【詳細】

ひずみデータの解析の中で、MSN 基板の動作が正常に行われているか再度試験が必要とのことで、京大での練習である EM 真空試験と共に必要知識の提供、場合によっては MSN 班独自に試験できるように COM 班同様衛星稼働のノウハウを共有する。

4-4 アマチュアミッションコード試験

【概要】

アマチュアミッションのコードの試験

【詳細】

担当者からアマチュアミッションコードが完成したとの報告を受けたので、衛星を用いて正しく機能しているのか、506 号室で試験する。地上局から衛星に信号を送り、搭載されたメッセージを地上局に返す内容となっている。

参考資料 6-2
COMM_2023 年 5 月活動報告書
2023/05/09

2023/05/09
宇宙木材研究室COMM班

COMM_2023年05月活動報告書_20230509
設計会議 #33

LS-Eng-COMM-020
Ver. 1.0

宇宙木材研究室
COMM班

設計会議#33 (2023/05/08)
活動報告書COMMチーム

石原正次・星川龍希・阿戸豪・清田朋和・桑原和暉・野間隆寛

0. 目次

4月の活動報告

1. 周波数申請/無線局申請
2. 地上局整備
3. アンテナ面関係
4. 電波暗室試験
5. その他

5月の予定

1. 地上局アプリの作成
2. パッチアンテナ
3. 運用計画の草案作成

4月の活動報告

1. 周波数申請/無線局申請

近畿総合通信局の拝郷様にドラフトチェック依頼中である。

2. 地上局整備

九工大太谷さんが実施した通信試験を再現することができた。
試験のため地上局を郵送する際に必要な備品をリストアップした。リスト及び備品の写真は九工大研修#18の報告書に示してある。

3. アンテナ面関係

・アンテナ基板について

Eagle上で修正したデータをまとめニクロム線の情報と共に相模通信に提出、5月中旬の製造開始を目指す

・アンテナ長について

電波暗室試験によりアンテナ長が185mmに決定FMでは多少の調整ができるように180,185,190の三種類を共創テクノに発注予定

・展開試験について

バッテリーを用いた室内展開試験を5月中に実施予定。EPS、CDHと現在実施方法を検討中。実際の試験に新生に手伝いを頼む

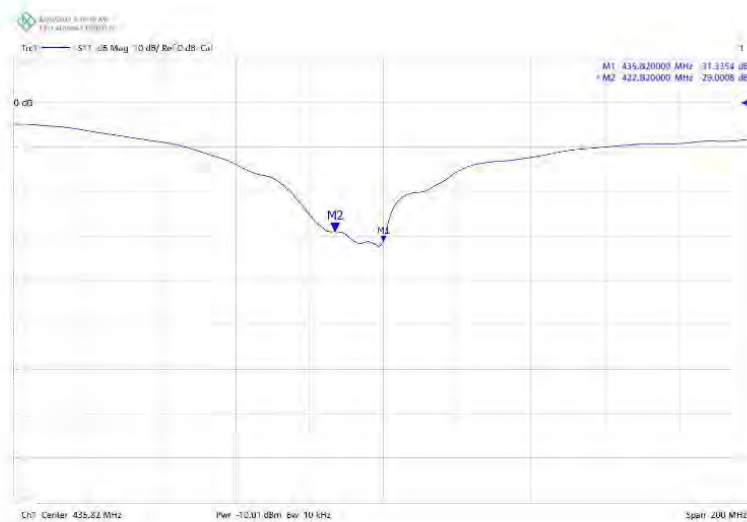
4. 電波暗室試験

2023/4/20から4/23の4日間、九州工業大学にてEM構体を用いて、アンテナ長決定試験、アンテナ放射指向性試験、通信感度試験の3つの電波暗室試験を行った。なお、用いたアンテナ面のきのこは木製であった。

4.1. アンテナ長決定試験

電波暗室内でアンテナボードのSMAケーブルとVNA(ベクトルネットワーク アナラ

イザ)を接続しエネルギーロスを示すS11値を測定した。LignoSatに割り当てられている周波数において、エレメント長が185mmのときS11値がほぼ極小をとり、且つ基準値である-10dBを下回っていることを確認できた。以下に測定結果を示す。



なお、FMでもアンテナ長試験を行い再度長さ調整を行うことになる。

4.2.アンテナ放射指向性試験

以下に、H-Plane及びE-Planeの測定結果を示す。なお、角度は[度]、受信レベルは[dB]である。

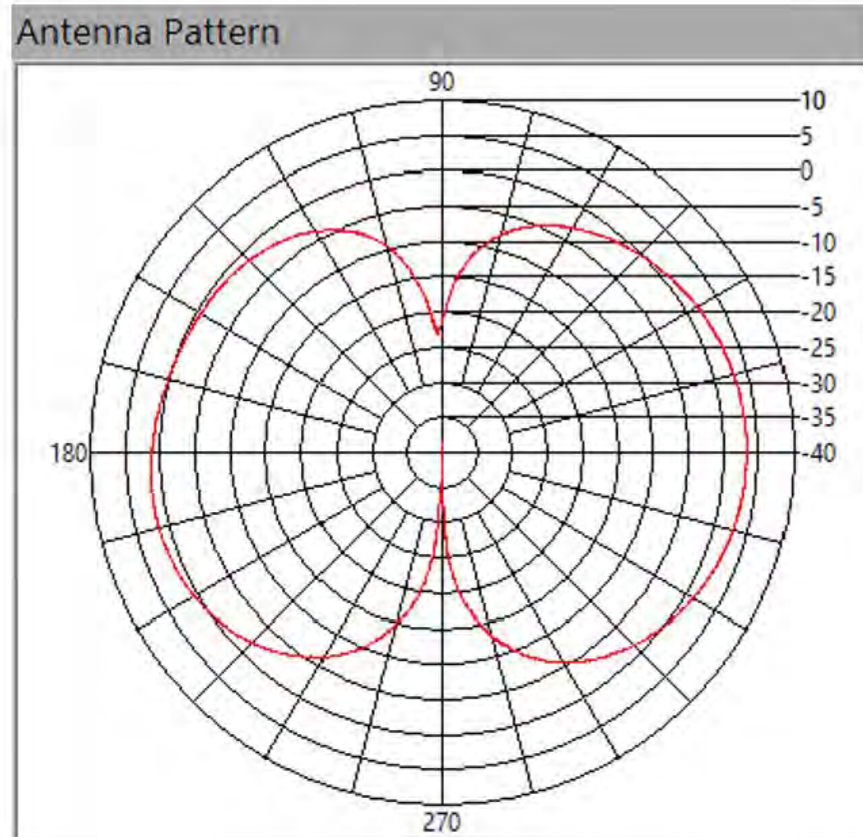


图: H-Plane

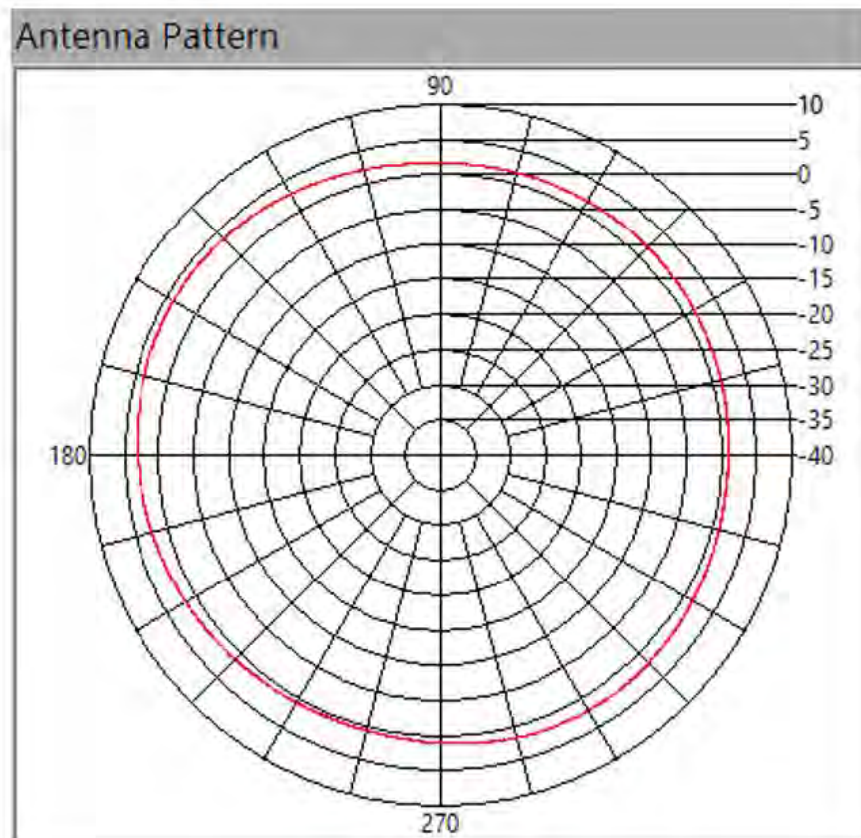


図:E-Plane

上記の結果は一般に知られるダイポールアンテナのパターンと同様の結果を示しておりアンテナが正常に機能しているといえる。特にH-Planeの測定結果ではダイポールアンテナの綺麗な8の字特性が認められる。

5.3. 通信感度試験

通信感度試験は、どのくらい微弱な電波までLignoSatが受信できるかをみる試験である。すこしずつ地上局側のアッテネータ(減衰器)をふやしアップリンクの出力を弱め、10回のアップリンクのうち6回LignoSatが受信に成功する出力を測定した。以下に測定結果を示す。○は受信成功、×は受信失敗を意味する。

表2:通信感度試験結果

dB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計
-111	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
-112	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10

-113	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
-114	○	×	○	×	○	○	○	×	○	○	7
-115	×	○	○	○	○	○	○	×	×	×	6
-117	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	2

これは、BIRDSの値である、-103dB~-114dBと比較しても妥当な値である。

5.その他

・コマンドリストのテンプレートを現在大谷さんの指導の元作成中、以下はイメージ

Header	Satellite Name	Command Format	Command ID	Mission Name	Reservation Time	Command Data					
1byte	1byte	1byte	1byte	1byte	1byte	6byte					
0x4C	0xAA										

5月の予定

1. 地上局アプリ作成(野間)
2. パッチアンテナ(清田、野間、星川)
3. 運用計画の草案作成

<COMMチームの作業分担表>

阿戸:アマチュア無線家用地上局ソフトウェア開発
清田:アマチュア無線家用地上局ソフトウェア開発
桑原:衛星組み立て・ANT/COMMボード・COMM PIC
星川:アマチュアミッション・COMM PIC
野間:地上局・周波数申請・電波暗室

参考資料 6-3
EPS_2023 年 6 月活動報告書
2023/06/06

2023/06/06
発行者：宇宙木材研究室 EPS班

EPS_2023年6月活動報告書_20230606
設計会議 #34

LS-Eng-EPS-020
Ver. 1. 0

宇宙木材研究室
EPS班

鳥谷陽樹・池田紘輝・福王悠星・福井開・加藤千晶・麻田景人

0. チームメンバーの変更

2023年5月より、

工学研究科材料工学専攻 修士1回生 福井開

工学研究科電気電子工学科 修士1回生 加藤千晶

工学部物理工学科 1回生 麻田景人

の3名が新たにEPS班のメンバーとして活動している。

1. 太陽光パネルの設計

【5月の活動】

- ・土井先生より相模通信に再設計を依頼している。（+Y面）
→続きは+X面の確認が終わってから。
- ・+X面は再度発注済み。

相模通信での作業において、

- ・太陽光セルの外枠のシルクが欠落
 - ・基板の緑のレジスタで埋めるといっていた穴が1つ埋められていなかった
- 修正依頼

問題が発生した原因

- ・FMで発注先を変更・設計から依頼したため、全てを確認できない発注となった。



図1-1, 2 相模通信からの提案

- ・再発注にかかっている費用と納期は不明。

【今後の予定】

○相模通信から届き次第確認する。

2. PCB+木造構体接着

【タスク進捗】

特になし

【今後の予定】

次回実施の場合のスケジュール調整

3. セル関連

【5月の活動】

①バッテリー電圧値測定

<5月>[FM, FM BackUpバッテリー電圧値 - Google スプレッドシート](#)

→全てのFMセル電圧値が1.1Vを上回っていた

またEMバッテリーで導線が1つ壊れていたものを修繕した。

②バッテリー特性評価試験

セルスクリーニングにて用いたセル1本の特性を評価する試験装置をバッテリーの特性試験ができるように改良したものを、更に充電のパーセンテージを調整できるように再改良した。

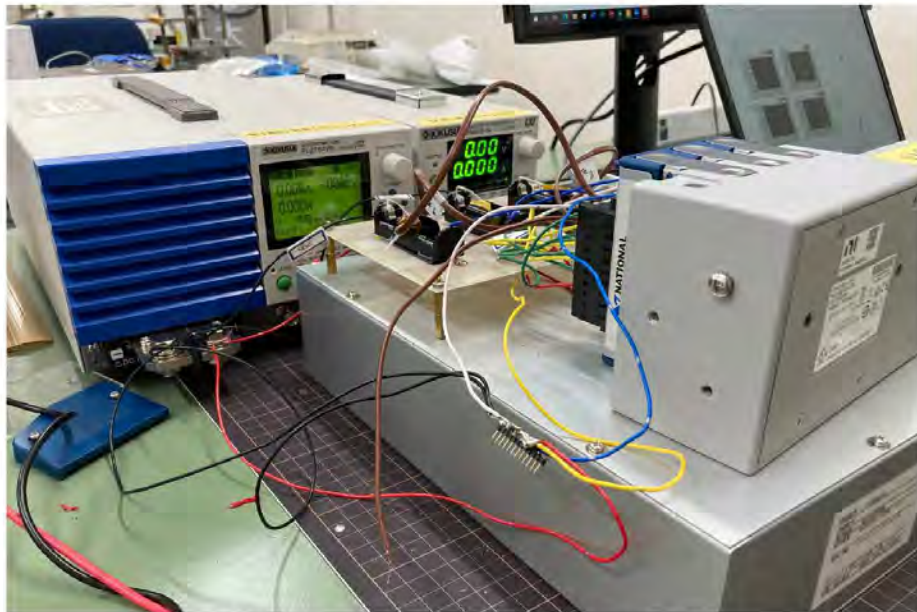


図3-2 バッテリースクリーニングの特性試験装置

試験機、およびプログラミングを再構築し、3直2列のバッテリーの特性試験を行なった。
以下に結果を示す。

表3-1 バッテリー電気容量 (mAh)

Discharge	3844.75
-----------	---------

表3-2 内部抵抗 (mΩ)

discharged	136.5
------------	-------

表3-2 セルスクリーニングの際の実験データ

Group	resist_group (mΩ)		cap_Ave (mAh)	
EM_data	148.5	149.4	1813.36	1822.81
EM_理論値	74.5		3636.17	

4. パワーバジェット

【5月の活動】

・ 九工大のデータを基に、LignoSatの表を作成した。これをもとにEMの試験後、各項目の消費電力を測定を行った。現在も測定中である。全ての項目の消費電力を測定後、モードを検討する。

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1xblKans98aZc19thj3MQw6MRArwuiMz-pJiwAaZVfC4/edit#gid=0>

【今後の予定】

・ 全ての項目の消費電力を測定後にモードの検討を行う。

5. ディプロイメントスイッチの作成・スクリーニング

【5月の活動】

・ 特になし。

[デブスイスクリーニング結果 - Google スプレッドシート](#)

6. FM太陽光パネル接着

FM+X面の木造構体とPCB基板、太陽パネルの接着の計画書を作成。+X面のPCB基板の発注を行っており、届いて検査をしたのちにすぐに接着作業を実施する予定。

[EPS_FMホオノキ+X面接着作業計画書v1.1](#)

《試験計画》

【6月】±Y±Z面の発注

FM太陽光パネル接着

7. その他、他班との確認点

- ・ 帯電対策—他の超小型人工衛星で発生していないか調査
- ・ 安全審査資料準備
- ・ せん断接着力評価試験の継続の有無—仲村先生と相談

《試験計画》

【6月】FM用太陽光パネル接着後熱真空での気泡確認

(未定) 接着後の発電試験

接着後の振動試験

参考資料 6-4
MISSION_2023 年 7 月活動報告書
2023/07/04

2023/07/04
発行者: 宇宙木材研究室 MISSION 班

MISSION_2023 年 7 月活動報告書_20230704
設計会議 #35

LS-ENG-MISSION-022
Ver.1.0

宇宙木材研究室
MISSION 班

0.目次

- 1. はじめに
- 2. 活動内容
- 3. 活動報告
- 4. 7月の活動予定

1. はじめに

これは2023年5月9日の設計会議において、Mission 班の4月中に行ったこと、5月中に行うことをまとめたものである。

2. 活動内容

- ・ RAB
- ・ Mission ボード
- ・ 地磁気センサ
- ・ 熱膨張係数測定
- ・ ひずみゲージ長期高真空曝露
- ・ プログラム/コマンド

3. 活動報告

前チャプターのタスクの進捗を報告する。

3.1 RAB

【達成】

進行中

【目的】

FM 設計書作成

【段階】

単、相互評価試験(完了)

FM 設計書作成(5月中旬)(完了)

FM 発注(進行中)

【詳細】

QA シートなどを作成し、相模通信様に送る体裁を整えた。

また、ハーネスの長さ(ハーネスが露出している部分)の長さを 25(mm)とした。ハーネスにはデプロイメントスイッチと同じ、30AWGH 7/38 PTFE100f Alpha wire yellow をお供することとした。

3.2 Mission ボード地上試験、Ver2 仕様書作成

5/23 に、土井先生、仲村先生、村田先生、辻廣様、大知大西、豊西悟大、筒井涼輔が参加し、Missoin ボードの FM での設計変更点の確認を行なった。そこでは設計変更の優先順位が確認された。今週の甲斐エレクトロニクス（株）とのミーティングで、納期などとの兼ね合いを考慮し FM の使用を確定する予定である。

3.3 地磁気センサ

磁気シールドを用いたノイズ評価試験

5/31 に、松岡先生の磁気シールドをお借りして、外部磁場を遮断した状態でノイズ評価を行った。今回は RAB 単評価に加え、全基板を相互評価基板につないで、RAB のみを動かし他基板には電流のみ流した状態でデータを取得し比較することとした。ノイズの値はおよそ一定値であるとみられ、電流によるノイズはまとめてオフセットに組み込めるだろうと見込んでいる。今後は、衛星全体を磁気シールド内で動作させてノイズの評価を行う予定であり、計画書を作成中である。

3.4 熱膨張係数測定

計画書を作成し、実施許可をいただいたので FM を用いて 15 日までに実施し、解析を行う。

3.5 スペア EM 導通試験

図1のように直流電源を流し、プログラムを書き込むとLEDランプが点灯し、電気の導通が確認できた。

また電流、電圧ともに異常はないことも確認できた。

今回は他の実験でひずみゲージとコネクタを使用するためひずみゲージを使用しなかったが、図2のようにひずみ値が表示されていたため、ひずみ値の電気的問題はなさそうである。今後詳細なひずみ測定精度の確認を行っていく。



図1 プログラムを書き込んだスベア EM の様子

3.6 スベア EM 基本的性能評価

甲斐エレクトロニクス（株）で行った試験の確認に加えて、ソフトの問題上甲斐エレクトロニクスでは行えなかった試験を実施した。電圧値に異常がないことを確認した。

120Ω抵抗を用いた測定試験、アクリル板を用いた精度確認試験は今後行っていく。

3.7 プログラム/コマンド

衛星全体でのFMコード試験が完了し、mission系のプログラムは完成を見た。

また、地上に送信する計測データ数の検討をCDH班と行った。

温度データ、ひずみデータは90秒おきに測定し、その4/5を送信することとした。つまり、90秒ごとのデータを4回分送信し、180秒待機し、また90秒ごとのデータを4回分送信する、という流れになる。

地磁気データは450秒おきに測定し、送信することとした。

4. 7月の活動予定

- 2-1 RAB
- 2-2 Mission ボード
- 2-3 地磁気センサ
- 2-4 FM 試験の準備

参考資料 6-5
STRUC_2023 年 8 月活動報告書
2023/08/08

2023/08/08

発行者: 宇宙木材研究室 STRUC 班

STRUC_2023 年 8 月活動報告書_20230808

設計会議 #36

LS-Eng-STRUC-023

Ver. 1.0

宇宙木材研究室

STRUC 班

STRUC 班 2023 年 8 月活動報告

細辻一 木村拓人 中村拓海 才田隼輔 三浦晴 鈴木葉南

1. はじめに

これは 2023/08/08 の LignoSat チーム設計会議#35 に際して STRUC 班の 2023 年 7 月における作業内容、進捗及び成果をまとめたものである。

2. 7 月の活動内容

2-1 FM 各種部品発注（木村、細辻）

FM にて必要となる各種部品について発注を行った。発注を行った部品は次の通り。

(1) 木造構体 ver.8

【状態】納品済

アルミフレームとのフィットチェック後の修正も完了

(2) アルミフレーム ver.8

【状態】納品済（アルマイト処理未了）→

フィットチェックにより変更点あり

(3) X シャフトスパーサー

【状態】納品済

(4) X シャフト

【状態】納品済

(5) Y シャフト

【状態】一体化したものを納品済

(6) OBC/EPS シールド

【状態】納品済

(7) PCB 接着用治具

【状態】追加分含め納品済

(8) スプリングブランジャー

【状態】納品済

(9) フィットチェックケース

【状態】発注済、振動試験延期に伴い借用期間延長（8月末に要要請）

2-2 アルミフレームフィットチェック、木造構体修正（木村）

アルミフレーム納品後、木造構体とのフィットチェックを行った。3 構体ともアルミフレームの 8 隅角と接触し、アルミフレームにフィットしなかった。

そのため、黒田工房白井さんと確認し、接触部のコーナーの R を取ってもらう他、寸法がギリギリのデプロイメントスイッチ用の切りかけを若干拡張していただく修正を行った。修正後は全く引っ掛かりなくアルミフレームを取り付けられることを確認できた。



図1 修正後の構体



図2 アルミフレーム接触部

2-3 安全審査関連

(1) Phase0/1/2 (木村、中村)

全資料提出済み。

(2) LS-VT-EM-01_Vibration_Test_Report_1.0 (木村)

5/23,24 に実施した振動試験の結果について、JAXA から木造構体の強度確認のため報告書の製作を依頼されたため、振動試験の報告資料の作成を行った。

(3) LS-VT-EM-02_Vibration_Test_Report_1.0 (木村、三浦、鈴木)

6/27 に実施した振動試験の結果について、JAXA から木造構体の粉塵確認のため報告書の製作を依頼されたため、振動試験の報告資料の作成を行った。これから新たに $10\mu\text{m}$ 以下の粉塵の有無についての検査も実施する。

(4) PhaseIII (木村、中村、三浦、鈴木)

安全審査IIIの提出に向け、必要資料の確認および作成を行った。8月中旬に試験結果以外の資料作成完了を目指す。

2-4 真空木材解析プログラム自動化 (中村)

4-6月の真空木材実験解析を行った。3月以降の寸法データでは、水平・直交試料いずれも以前の平均に比べて各方向で収縮がみられた(特にW・T方向の収縮が顕著)。それにより、3月以降の修正係数で5-10%ほど上昇した。

原因としては、気温の変化による収縮、あるいは担当者の測定方法の‘くせ’による影響が考えられるが、ひとまず1-2月の解析をプログラムを用いて再度行い、以前の解析結果と比較する。

表1 寸法変化 (3月/以前の平均)

	L (長さ)	W (幅)	T (厚さ)
h (繊維平行)	-0.13%	-0.71%	-1.49%
v (繊維直交)	-0.11%	-0.69%	-1.29%

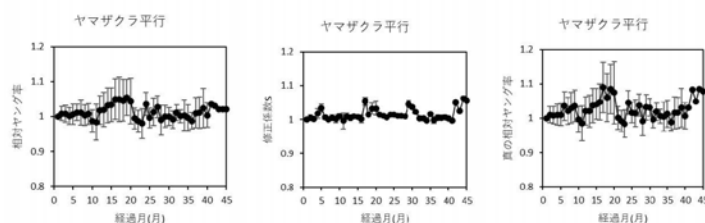
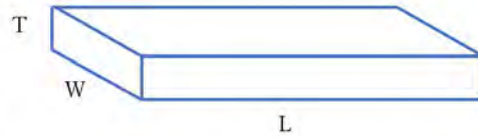


図1 ヤマザクラ平行の解析結果



2-5 シャフト類を含む構造全体の機能確認（三浦、才田、木村）

デプロイメントスイッチの機能確認および納入された FM 用の X シャフトと Y シャフトのフィットチェックを行った。

デプロイメントスイッチについては、スクリーニング後のすべてのものがアルミフレーム中に固定しても問題なく機能することを確認し、そのアルミフレームからの突起長さも 0.75 mm より長いことを確認した。

表 1 デプロイメントスイッチの機能確認の結果

デブスイ番号	アルミフレームからの突起長さ(mm)	機能確認
7	1.32	問題なし
9	1.24	問題なし（若干アルミフレームとのはまりが悪い）
11	1.2	問題なし
18	1.25	問題なし
20	1.3	問題なし
21	1.28	問題なし
22	1.12	問題なし

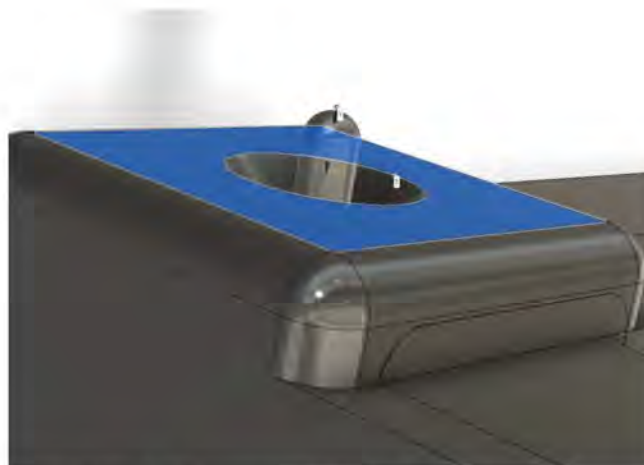


図 3 アルミフレームのデプロイメントスイッチ部分

X シャフトと Y シャフトについても、衛星全体が問題なく組みあがることを確認した。Y シャフトを一体化したことにより寸法精度が上がり、Y シャフトの X シャフト及び +Y 面との取り付けが容易になった。また、+Y 面の取り付けの際に取り付け方によっては木造パネルと基板が一部干渉することがあった。

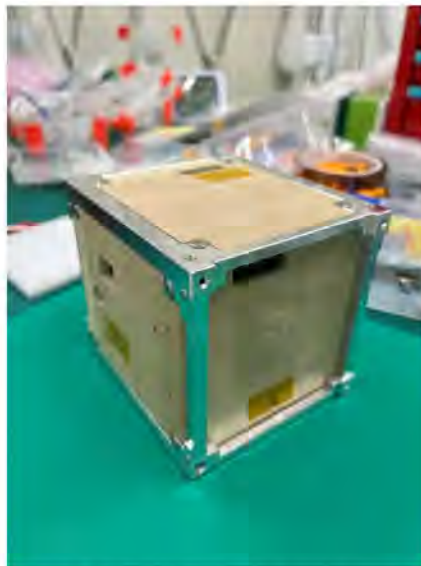


図4 FM用のXシャフト及びYシャフトを用いた木造構体

2-6 構体のフィットチェック（才田、木村、三浦）

EM、FM 構体、どちらもフィットチェックを行った。図5、図6にあるように、どちらの構体も小型衛星放出機構に対してスムーズに収納することができることが確認された。

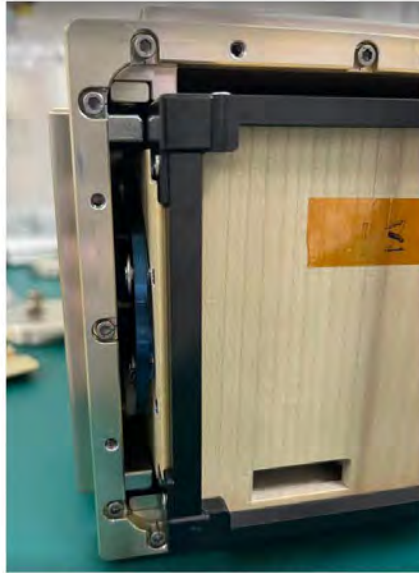


図5 小型衛星放出機構と木造構体 1

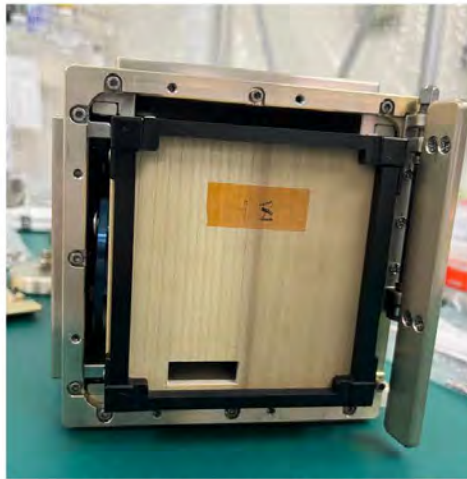


図5 小型衛星放出機構と木造構体 2

2-6 CDR 資料作成

CDR に向けて資料を作成している。

https://docs.google.com/presentation/d/1GyQ3DazRO_wWVEfrmPswMLzXsDx_mQZq/edit#slide=id.pl

3 今後の活動内容

- 治具作成
衛星組み立て・保管用の治具の作成
- 安全審査資料作成
安全審査Ⅲに向けて資料作成を進める
- 振動試験粉塵検査（10ミクロン以下）
- 真空木材実験解析
- FM 各種試験に向けて準備

参考資料 6-6
CDH_2023 年 9 月活動報告書
2023/09/05

CDH_2023 年 8 月活動報告書・9 月予定

発行者：宇宙木材研究室 CDH 班

CDH_2023 年 9 月活動報告書_20230905

設計会議 #37

LS-Eng-CDH-024

Ver. 1.2

宇宙木材研究室

CDH 班

2023/9/5

野木朔太郎 椋本暖 高橋駿太 内田こころ 河島航

1. はじめに

これは 2023 年 9 月 5 日の LignoSat チーム月定例報告会において、CDH 班が 8 月中に行ったこと、9 月中に行うこと、各班員の担当等をまとめたものである。

2. 元々予定していた通り 8 月に行ったもの

2-1 電監検査の支援

2-2 24h 試験(E2E 予備試験)

3. 追加で 8 月に行ったもの

3-1 FAB インターフェースボード再発注

3-2 30 分タイマー予備試験

3-3 パワーバジェット測定支援

3-4 SEU プログラム RAB 移植

4. 9 月の予定

4-1 E2E 試験

4-2 FMTVT 準備

4-3 電監検査の支援

に沿って報告していく。

2. 元々予定していた内 8 月に行ったこと

2-1 電監検査の支援

【進捗】

継続

【詳細】

内田が担当。CW を 1min 発信するプログラムおよび FM を 5 パケット(時間にして 1min5s 程度)発信するプログラムを作成した。各プログラムの動作は地上局で確認済み。また、検査の際のプログラムの使い方を COMM 班の河野さん、小泉さん、野間さんに伝えた。

2-2 24h 試験(E2E 予備試験)

【進捗】

完了

【詳細】

E2E 試験を実施するにあたり、24h の間衛星を稼働させ続ける試験を実施した。24h としたのは、24h リセット(衛星に電源が投入されてから 24h が経過すると一度電源を落として再度オンすることで、SEU 等の不具合が生じてでも元の運用に戻れるようにするための機能)が衛星プログラムで周期をもつ機能の中で最も長い周期をもつからである。506 にて FAB,OBC/EPS Board, COM Board, MSN Board, RAB, 相互評価基板、外部電源入力で試験を実施した。

表 2-2.1 プログラムを BIRDS-4 オリジナルに戻す前の失敗例

失敗 1	約 30 分で ResetPIC の応答が停止
失敗 2	約 450 秒で ResetPIC の応答が停止

結果としては上のように途中で ResetPIC の応答が途中で停止してしまう現象がみられたため、九州工業大学 大谷さんに相談し、ResetPIC のプログラムを BIRDS-4 オリジナルのものに戻したところ、以下のように不具合は解消された。なおこの実験では 24 時間ほど衛星を連続運転した後、ログデータを確認し、ResetPIC が応答しているかどうか、24h リセットが行われているかどうかを確認した相互評価基板ではなく BPB を使用した。

表 2-2.2 プログラム BIRDS-4 オリジナルに戻した後の実験結果

回数	稼働時間	ResetPIC の応答	24h リセット
1(参考)	22 時間	○	-
2	25 時間	○	○
3	24 時間半	○	○

結果は上表の様に ResetPIC の応答がみられなくなることはなく、24h リセット機能も確認できた。未だ試行回数が少ないため、今後も実施する予定である。

3、適宜追加で行ったこと

3-1 FAB インターフェースボード再発注

【進捗】

基板実装および出荷完了・到着待ち

【概要】

内田が担当。一度発注を行い、基板製造まで終了したところで P 板.com 様から連絡があり、基板の厚みがコネクタのピッチが合わないため素子の実装ができないことが発覚した。解決策を検討したところ、基板の厚みを変更して再度発注するほかないとの結論に達したため、再発注を実施した。今後同様の事態を防ぐため、チェックシートを作成し発注時確認することとする。

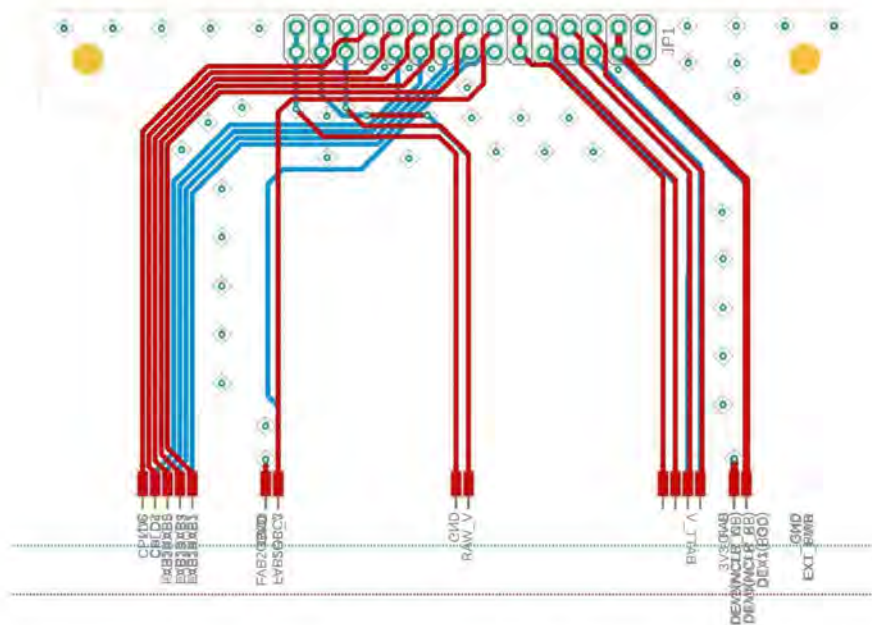


図 3-1.1 インターフェースボードの回路図

3-2 30分タイマー予備試験

【進捗】

完了

【概要】

内田が担当。安全審査資料でも詳細の記述が求められている 30 分タイマー試験を実施するにあたり、予備試験を実施した。セッティングは EM の構体内全基板(FAB-OBC-COM-MSN-RAB-BPB)および 80%充電のバッテリーとアンテナ基板で、アンテナ展開にかかる時間を測定した。結果、30min 28~29s で問題なく展開することを確認。



図 3-2.1 実験の様子

3-3 パワーバジェット測定支援

【進捗】

継続

【概要】

内田が担当。大谷さんの京大出張の際に EPS 班が電力測定を再度実施することになったため、その支援を行った。おもに CW 発信時の電力測定に関して、プログラム書き換えなどを補助した。

3-4 SEU プログラム RAB 移植

【進捗】

継続

【概要】

椋本が担当。CDR の際の趙先生のご指摘を基に、MainPIC に導入していた SEU プログラムを RABPIC に移植することに決定した。RAB ボード内のフラッシュメモリを用いており、仕様は CDR で説明したものと変わらないが、SEU が発生した際にその時間を MainPIC から獲得する必要がある。しかし、MainPIC と RABPIC はソフト UART でつながっており、割込みの設定はできないため、RABPIC からの任意のタイミングでのリクエストには対応できない。そこで、MainPIC の 1 秒ごとのタイマ割込み部分に HKDATA を RABPIC に常に送るプログラムを追加した。UART は高速であるため、これによって MainPIC の時間カウントが狂う可能性は少ないと考えてはいるが、試験で確認する必要がある。

プログラムは現在、SEUprogram_to_RAB_muku ブランチで管理している。

4. 9 月の予定

4-1 E2E 試験

【概要】

プログラムを完成させて、放出後を模擬して衛星を運用する。

【詳細】

野木が担当。プログラムが完成次第、この試験を行い、不良な部分がないか、主に COM や RESET の機能を中心にテストしていく。現状 E2E 試験の実施に当たっての課題は、BIRDS-4 オリジナルにある COM のコマンドの大部分が使用できないため、その原因を探り解決することと、パワーバジェットの推算結果によって CW の頻度を変更する可能性があることである。

4-2 FMTVT の準備

【概要】

安全審査に必要な熱真空試験の準備

【詳細】

河島、野木が担当。日程調整とメンバー割り当て、手順書の作成を行う。

参考資料 6-7
COMM_2023 年 10 月活動報告書
2023/10/03

2023/10/03
宇宙木材研究室COMM班

COMM_2023年10月活動報告書_20231003
設計会議 #38

LS-Eng-COMM-025
Ver. 1.0

宇宙木材研究室
COMM班

設計会議#37 (2023/10/03)
活動報告書COMMチーム

石原正次・星川龍希・阿戸豪・清田朋和・桑原和暉・野間隆寛・河野尚貴・西見優輝・小泉壮平

9月の活動報告

0. 目次
1. 無線局申請(野間)
2. 外国書簡対応(野間、西見、小泉)
3. 安全審査資料作成対応(野間、河野)
4. 宇宙活動法/基準適合性評価(阿戸)
5. 地上局アプリ開発(野間、西見)
6. アンテナ長決定試験(野間、小泉)
7. アンテナ展開試験(桑原)
8. ANTボード(桑原)
9. パッチアンテナ(野間、星川、小泉)

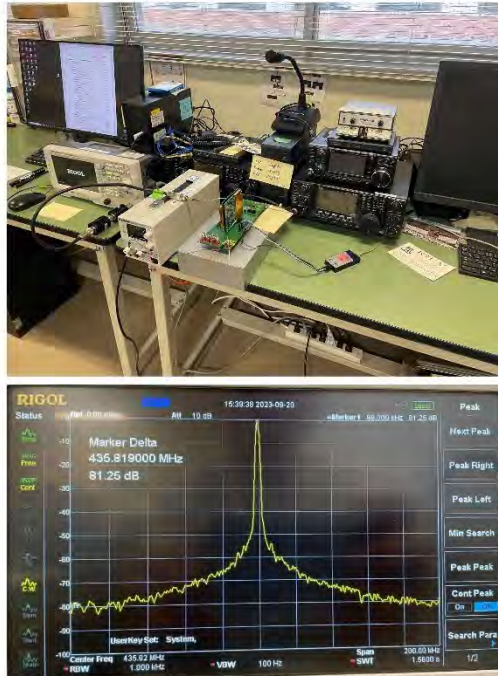
10月の予定

1. 無線局申請
2. 外国書簡対応
3. リンクバジェット
4. 安全審査書類作成対応
5. 宇宙活動法
6. 地上局開発
7. 電波暗室試験
8. アンテナ不展開事象対応
9. ANTボード
10. パッチアンテナ
11. その他

9月の活動報告

1. 無線局申請

近畿総合通信局より予備免許発行の連絡があった。現在免許状の送付手続きを行っている。河野を中心に総通検査の準備を進めている。以下に試験の様子を示す。



2. 外国書簡対応

LignoSatに届いた外国書簡はカザフスタン、エジプト、タイ、イラン、スロバキア、ロシア、マルタ、イギリス、SLM、USAの9カ国だった。現在カザフスタンは総務省経由で返信済みであり、その他はCOMMメンバーで分担し作成中である。一部の国に関しては、SED三留様に返信内容を教えていただいたので現在最終調整中である。

3. 安全審査資料作成対応

小泉と野間が修正担当になった。

4. 宇宙活動法

アンテナ展開機構の説明及び安全性の証明部分を記入。安全性を示す根拠が(FMと構造の異なる)EMでの試験を用いているため、JAXAに要確認。

5. 地上局アプリ開発関連

- アップリンク時の誤り訂正符号を追加した。10月にはパケットロス検出機能の完成を目指す。
- FMを201号室から持ち出すことなく地上局アプリを用いた通信が行えるよう準備を行っている。現時点で201号室ではPC, TNC, IC-9100が接続され、TeraTerm上で送信が行えることを確認した。引き続き地上局アプリを用いた通信が行えるよう準備を進める。
- MAYAの運用期間内に開発メンバーでの運用練習を行うための運用手順書の作成を進めている。506号室の地上局設備ではMAYAのCWが受信することができることを確認しているが、現時点ではパケットの受信は成功していない(地上局アプリで受信できるか調査する必要がある)。

6. アンテナ長決定試験

以前ANTボードとX面のSMAケーブル用の穴がズレていたので急遽出張を中止し代わりにZOOMで九工大の岸本さま、中山さまと今後の打ち合わせを行った。現在改めて試験を計画中である。

7. アンテナ展開試験

アンテナの結び方をCDHIに教えて前回の展開試験の失敗原因を突き止めてもらった。

8. ANTボード

・アンテナ基板とエレメントの導通素材として九工大側からなんでも良いとのことだったためニクロム線を仕様していたが半田が乗らない素材ということもあり土井先生と相談のもと別の素材に変更することが決定し選定中。
九工大はbirds3,4の時は抵抗の足を使用していたそうなので抵抗の足と同じ素材であるすずメッキ銅線が有力候補。(以下)



なお九工大となるべく同じものを使いたいのでbirds5も同様なのが確認中

・相模通信からFMアンテナ基板が届いたためチェックをして組み立てに備える予定

9. パッチアンテナ

現在星川が円偏波用のパッチアンテナを設計中である

10月の活動予定

1. 無線局申請
2. 外国書簡対応
3. リンクバジェット
4. 安全審査書類作成対応
5. 宇宙活動方
6. 地上局開発
7. 電波暗室
8. アンテナ不展開事象対応
9. ANTボード
10. パッチアンテナ
11. その他

<COMMチームの作業分担表>

阿戸:アマチュア無線家用地上局ソフトウェア開発

清田:アマチュア無線家用地上局ソフトウェア開発

桑原:衛星組み立て・ANT/COMMボード・COMM PIC

星川:アマチュアミッション・COMM PIC

野間:地上局・周波数申請・電波暗室

河野:テグス伸長試験・総通試験の準備

西見:地上局アプリ

小泉:パッチアンテナ・安全審査・COMM PIC・展開試験手伝い・地上局運用手順書

参考資料 6-8
EPS_2023 年 11 月活動報告書
2023/11/07

2023/11/07
発行者：宇宙木材研究室 EPS班

EPS_2023年11月活動報告書_20231107
設計会議 #39

LS-Eng-EPS-026
Ver. 1. 0

宇宙木材研究室
EPS班

1. 太陽光パネルの設計

【10月の活動】

・特になし

【今後の予定】

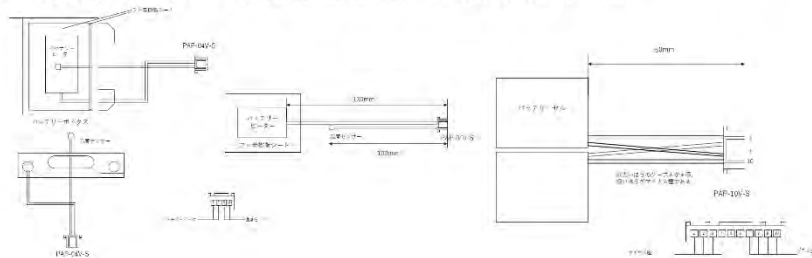
・特になし

2. セル関連

【10月の活動】

FMバッテリー制作

適切なリード線の長さを検討しコネクタの外注用のリード線図を作り、相模通信工業に送付した。コネクタの装着が完了することでFMバッテリーの製作が再開する。



EMバッテリーの修理

温度センサが断線していたので修理した。原因はおそらく2本のリード線がまとまっていなくて、片方だけ引っ張られることに対して弱かったからだと考えられる。そこで2本をまとめることにした。



3. パワーバジェット

【10月の活動】

・全教員の方々と住友林業様の刈谷様、土屋様に参加していただき、Power budgetに基づいたCW周期を決める会議を行った。LignoSatではBIRDS5で使用しているとされる110s周期を採用することが決定した。また、それに伴ってPower budgetも確定した。

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1xbLKans98aZc19thj3MQw6MRArwuiMz-pJiwAaZVfC4/edit#gid=0>

4. デプロイメントスイッチの作成・スクリーニング

【10月の活動】

・8月にFM用デプロイメントスイッチの作成とスクリーニングを行い、FM品を選定したが、JAXAの基準を満たすbackupの数が少なかったことからbackup用のデプロイメントスイッチの作製を行った。結果的に4個のbackup用デプロイメントスイッチを得られた。

・コネクタの外注用のリード線図を作製した。

【今後の予定】

アルミフレームに入れての機能チェック

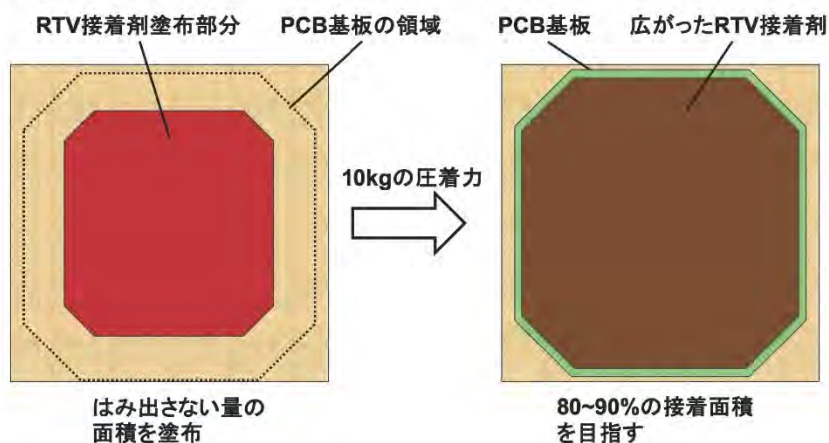
5. FM太陽光セル接着

【10月の活動】

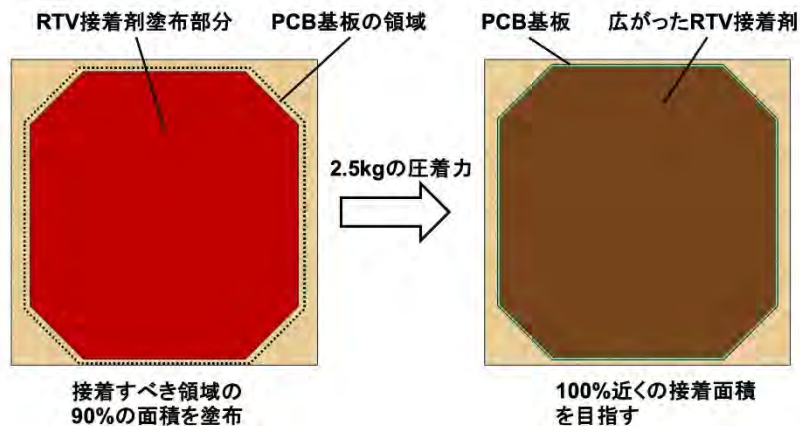
10/31に、土井先生・仲村先生・EPS班で接着に関する会議を行った。会議の結果、FM接着では100%の接着面積を目標として、RTV接着剤を塗布する時点で90%の面積を確保することに決定した。そのため、最大でも80%の面積しかなかった+X面と±Y面の接着は、構体2で最初からやり直すことが決定した。また、90%の接着面積を確保しつつ、RTV接着剤がPCB基板からはみ出さずに隙間なく接着できる適切な圧着力を求める試験を行ったところ、2.5kgの圧着力が良いという結果になった。この圧着力でも十分な接着力があることを証明するため、せん断接着力試験をこれから行う予定である。

{イメージ図}

・従来の方法



・新しく決定した方法



《試験計画》

【11月】全面FM太陽光セル接着、せん断接着力試験

6. バッテリーヒータ試験

文献よりバッテリーのセルの比熱を概算し、その結果を用いて真空下においてバッテリーとヒーターからなる系の温度を10℃上げるために必要な電力量を試算した。4.2Vの電圧で約1時間の通電を行う必要がある。この結果は今後、既存の報告書

[W](#) バッテリーヒーター試験_20231021報告書.docx を修正して提出する。

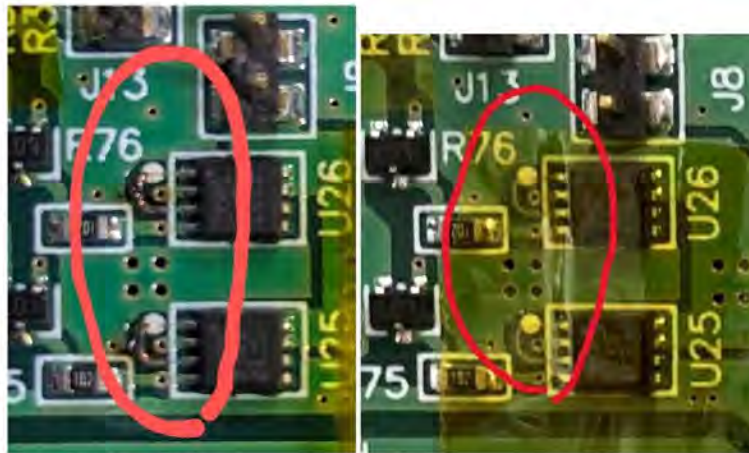
試算結果は、ヒーターによるバッテリーの昇温が、工夫次第でパワーバジェットの範囲内で可能であることを示唆した。11月からは他班と連携し、実際にバッテリーヒーターを搭載するために必要な試験を行う。

また、バッテリーヒーターが有効かを調べるためにEMのバッテリーヒーターを使って試験したが、うまく作動しなかった。

まず温度センサーが壊れていることが判明したので修理した。またここでヒーターに供給されている電圧が異常に少なかったため、各部の電圧を測って原因を調べた。するとバッテリーのマイナスがGNDに一致していないことが判明した。

そこでさらにこの原因を調べると、DepSW4(バッテリーのマイナスがGNDに一致させる役割)のFAB上の回路が焼き切れていることであるとわかった。

現在修理が可能かどうかを相模通信に問い合わせ中である。



左: 焼き切れている

右: 正常なもの

7. 九工大研修

【10月の活動】

特になし

【今後の予定】

・FM太陽光セルの接着後、九工大での発電試験を行う予定である。
また、全ての面の構体を熱真空チャンバーに入れ、気泡の確認を行う。
太陽光セルの接着終了予定時期は1月ごろを見込んでいる。

8. その他、他班との確認点

- ・帯電対策_他の超小型人工衛星で発生していないか調査
- ・安全審査資料準備
- ・せん断接着力評価試験の継続の有無_仲村先生と相談

《試験計画》

【1~2月】太陽光セル接着後の発電試験

- FM用太陽光セル接着後熱真空での気泡確認
- EM+X面の熱サイクル試験

(未定)

- 接着後の振動試験

参考資料 6-9
MISSION_2023 年 12 月活動報告書
2023/12/05

2023/12/05

発行者: 宇宙木材研究室 MISSION 班

MISSION_2023 年 12 月活動報告書_20231205
設計会議 #40

LS-ENG-MISSION-027

宇宙木材研究室
MISSION 班

0.目次

- 1. はじめに
- 2. 活動内容
- 3. 12月の活動予定

1. はじめに

これは2023年12月5日の設計会議において、Mission 班の11月中に行ったこと、12月中に行うことをまとめたものである。

2. 活動内容

- ・ RAB
- ・ 地磁気センサ・磁気トルカ
- ・ コネクタ
- ・ ミッションボード

2.1 RAB

【達成】

進行中

【目的】

FM 単評価

【段階】

FM 設計書作成（5月中旬）（完了）

FM 発注（完了）

FM 単評価（継続中）

【詳細】

RAB に接続する温度センサ子基板を木造構体へ接着する準備を行っている。接着手順、試験は EM にて確認済みであるので、太陽光パネルの接着が終了したタイミングで開始する。

2.2 地磁気センサ・磁気トルカ

【達成】

進行中

【目的】

2号機の姿勢制御

【段階】

地磁気センサの性能テスト

磁気トルカの性能テスト

【詳細】

2号機に向けて新しい地磁気センサ・磁気トルカのための基礎実験の準備を進めている。

2.3 コネクタ、ハーネスの発注

相模通信工業にコネクタの発注を行った。

発注した品が届き次第FMの試験を進めていく。

このひずみゲージを貼り付けるための接着練習を行っており、12/8に-X面のひずみゲージの接着を行う。

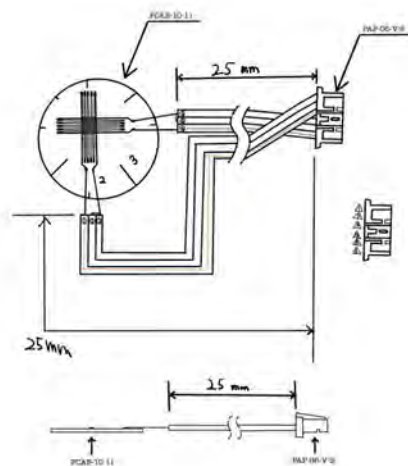


図1 ひずみゲージコネクタの設計図

2.4 ミッションボード-X面ひずみ測定

ミッションボードの-X面におけるひずみ測定を行った。

今まで正確にこの確認ができていなかったが、ひずみの値が測定できることを確認した。



図2 データ取得の様子

4. 12月の活動予定

2-1 RAB

2-2 Mission ボード

2-3 地磁気センサ・磁気トルカ

2-4 FM 試験

参考資料 6-10
STRUC_2024 年 1 月活動報告書
2024/01/09

2024/01/09

発行者: 宇宙木材研究室 STRUC 班

STRUC_2024 年 1 月活動報告書_20240109

設計会議 #41

LS-Eng-STRUC-028

Ver. 1.0

宇宙木材研究室

STRUC 班

STRUC 班 2023 年 1 月活動報告

細辻一 木村拓人 中村拓海 三浦晴 鈴木葉南

1. はじめに

これは 2023/12/05 の LignoSat チーム設計会議#40 に際して STRUC 班の 2023 年 11 月における作業内容、進捗及び成果をまとめたものである。

2. 12 月の活動内容

2-1 FM 各種部品状況（木村、細辻）

FM にて必要となる各種部品について発注を行った。発注を行った部品は次の通り。

- (1) 木造構体 ver.8
 - 【状態】納品済
 - FAB との干渉点の修正完了
- (2) アルミフレーム ver.8
 - 【状態】アルマイト処理完了、導通確認実施済み。現化ディスプレイを製作するために DIPSW 固定パーツは 1 個に迷ったが、交換リーコンダの在庫内に返還
- (3) X シャフトスベアサー
 - 【状態】納品済
- (4) X シャフト
 - 【状態】納品済
- (5) Y シャフト
 - 【状態】一体化したものを納品済
- (6) OBC/EPS シールド
 - 【状態】納品済
- (7) PCB 接着用治具
 - 【状態】追加分含め納品済、修正完了
- (8) スプリングブランジャー
 - 【状態】納品済
- (9) フィットチェックケース
 - 【状態】納品済、振動試験延期に伴い借用期間延長（11 月末まで）
→一度返却済み→
- (10) アンテナ固定パーツ
 - 【状態】修正完了、納品済み

2-2 安全審査関連

(1) Phase0/1/2

JAXA のコメント対応のため、衛星放出後の他衛星との衝突リスクについての評価を実施した。元はセパレーションフォースを前提に計算を行っていたが、京大にてセパレーションエネルギーを測定し、計算する方針に変更している。

(2) PhaseIII

安全審査IIIの提出に向け、必要資料の確認および作成を行っている。

学生担当分の資料の状態をまとめる。

【完成済み】

16_FREQ-01

23_LS-BVR-01

25_LS-WTR-01

【要更新】

13_LS-FCE-02

17_LS-AP-01

18_LS-IVR-01

19_LS-FCR-01

20_LS-IFRT-01

21_LS-AD&RFT-01

22_LS-SEIR-01

24_LS-VT-01

【未提出】

18_LS-IVR-01-Attachment : EPS デブスイ部更新後提出

2-3 -X面に生じた問題

COMM 班のアンテナ長決定試験に向けて-X面の組み立てを行ったが、その際にいくつかの問題が発生した。

問題1：アンテナを固定するボルトの長さが足りないと指摘を受けた。また、EM で使用していたボルトが材料証明の取れないボルトであったことが判明。

→アンテナ固定パーツの上面(+Y側)を1mm削る修正を行ったことにより対応。

→新たにパーツ自身を固定するボルトもM2-12では長さが足りないと判明

→アンテナ固定パーツのざぐり部分の深さを深くする修正を加えることにより対応。

問題2：試験用穴の木造パネルとアンテナ基板間のずれ

→木造構体の穴に合わせたアンテナ基盤を新しく発注することにより対応。

問題3：アンテナ固定部品（通称キノコ）のスペーサーが木板を押し込んで沈み込んでしまう

→スペーサーと木板の間に M3 のスペーサーを咬ませることにより対応。

問題4：アンテナ固定部品に使用しているボルトが六角穴であり、対応する正しいピントが
京大にない

→トルクス穴の同等ボルトに変更（材料証明はとることが可能）。安全審査資料での書き換えは AP Report にて添付することにより対応したいと思う。

2-5 FM 各種試験の準備

FM 各種試験について、準備を進めている。現在、振動試験は 3/4~6 を予定している。

2-6 組立手順書の作成（三浦）

他班の試験時に簡易的な組立が自由に行えるよう、EM の組立手順書を作成した。

FM についても、追って同様の日本語版の組立手順書を作成している。

2-7 EM 組立て

CDH 班の 30 分タイマー試験、E2E 試験のため、EM 構体の組立てを実施した。

2-8 FM-X 面組立て

COMM 班のアンテナ長決定試験に向けて、FM-X 面組立てを実施した。

2 今後の活動内容

- 衛星 FM 仮組立（FM バッテリー到着後）
- 安全審査資料作成
安全審査Ⅲに向けて資料作成を進める
- 真空木材実験解析
- FM 各種試験に向けて準備→振動試験は 3/4~6 に実施予定

参考資料 6-11
CDH_2024 年 2 月活動報告書
2024/02/13

CDH_2024 年 1 月活動報告書・2024 年 2 月予定

発行者: 宇宙木材研究室 CDH 班

CDH_2024 年 1 月活動報告書_20240213

設計会議 #42

LS-Eng-CDH-029

Ver. 1.0

宇宙木材研究室

CDH 班

2024/2/13

野木朔太郎 椋本暖 岸広登 高橋駿太 内田ころろ 河島航

1. はじめに

これは 2024 年 2 月 13 日の LignoSat チーム月定例報告会において、CDH 班が 1 月中に行ったこと、2 月中に行うこと、各班員の担当等をまとめたものである。

2. 元々予定していた通り 1 月に行ったもの

2-1 E2E 予備試験

2-2 E2E 試験手順書作成

2-3 TVT 試験準備

3. 追加で 1 月に行ったもの

3-1 FM 相互評価試験

3-3 E2E 試験準備

4. 2 月の予定

4-1 E2E 試験

4-2 TVT 試験準備

4-3 地上局アプリ用ダミーデータ送信プログラム作成

4-4 HK データ解析アプリ作成

に沿って報告していく。

2. 元々予定していた内 1 月に行ったこと

2-1 E2E 予備(EM)試験

【進捗】

完了

【詳細】

野木・高橋が担当。5 日間程度をかけて、動作が計画通りであるかどうかを総合的に評価する試験。

主なチェック項目

- ・ HK データがダウンリンクできるか
- ・ CW の内容に問題ないか
- ・ ミッションデータは妥当な値か
- ・ アマチュアミッションプログラムの動作
- ・ SEU プログラムの動作
- ・ 放出後 30 分でアンテナ展開、CW 発信開始するか
- ・ 発電量は計測できるか

EM 試験は終了し、コマンドが通らない、アンテナが展開しない、などの基本的な動作にかかわる問題点は見つからなかった。現在データの解析を行い、バケット通信に問題がないか確認中。

2-2 E2E 試験手順書作成

【進捗】

完了

【詳細】

E2E 予備試験での改善点をフィードバックし、手順書の修正を行った。

作成した資料は、

- ・ LS-Sys-E2E-procedure
- ・ コマンドとデータ構造
- ・ コマンドリスト

の 3 つ。コマンドとデータ構造については、LignoSat(BIRDS)のデータの流れについて説明しているので、実際の運用に入る前にはメンバー全員に一読をお願いしたい。

2-3 TVT 試験準備

【進捗】

継続

【詳細】

河島が担当。メンバーのタイムスケジュールを把握し、シフト、出張計画書の作成を行った。TVT は 3/1-6 に延期となったため、現在改めて日程調整中。

試験概要

- ・真空状態で、最低-15°C、最高 60°C(1 サイクル)に FM をさらす
- ・(Pett)チャンバー内でアンテナ展開(開きすぎないように縛る)を行い、無線通信を行う
- ・3/1-6 を予定(E2E 試験後チャンバーを予約、TVT 後には振動試験を予約)

3、適宜追加で行ったこと

3-1 FM 相互評価試験

【進捗】

完了

【概要】

E2E のための FM 組立て前に、各基板に問題がないかどうか、確認する試験。LEAD 菊川が作成した手順書をもとに、手順の後半部分について、2/3 に清水先生、EPS 池田、MISSION 山本と共に実施。結果、各基板に問題はないことを確認できた。

3-2 E2E 試験計画立案

【進捗】

継続

【概要】

高橋・野木が担当。他試験の進捗によるが、現在 E2E 試験は 2/22-25 の実施を予定。24 時間の監視が必要のため、改めて参加可能な人員の調整を行う。

4、2 月の予定

4-1 E2E 試験

2 月中に FME2E 試験を実施・完了予定。

4-2 TVT 試験準備

試験手順書を準備中。

4-3 地上局アプリ用ダミーデータ送信プログラム作成

河島が担当。地上局アプリのロストパケット機能の評価を行うため、衛星側で事前に不完全なパケットを準備し、送信するためのプログラムを準備中。

4-4 HK データ解析アプリ作成

高橋が担当。テキストデータで得られるダウンリンクデータを、だれが見てもわかる電圧・電流等の 10 進数のデータに変換するアプリを準備中。

参考資料 6-12
COMM_2024 年 3 月活動報告書
2024/03/12

2024/03/12
宇宙木材研究室COMM班

COMM_2024年03月活動報告書_20240312
設計会議 #43

LS-Eng-COMM-030
Ver. 1.0

宇宙木材研究室
COMM班

設計会議#43 (2024/03/12)
活動報告書COMMチーム

石原正次・星川龍希・阿戸豪・清田朋和・桑原和輝・野間隆寛・河野尚貴・西見優輝・小泉壮平

2月の活動報告

0. 目次
1. 無線局申請および総通試験(野間、河野)
2. 外国書簡対応(野間、西見、小泉)
3. 安全審査資料作成対応(野間、河野)
4. 宇宙活動法/基準適合性評価(阿戸)
5. 地上局アプリ開発(野間、西見)
6. アンテナ長決定試験/電波暗室試験/長距離通信試験(野間、小泉)
7. アンテナ展開試験(桑原)
8. ANTボード(桑原)
9. パッチアンテナ(野間、星川、小泉)
10. リンクバジェット(清田、野間)
11. その他
 - ・clarksat-1 TLE記録 MAYA TLE解析

2月の活動報告

1. 無線局申請および総通試験(河野、野間)
3/12 13:30から総通試験を実施予定である。201で衛星局の試験を実施後、506に移動し地上局の試験を行う。

近畿総合通信局からは、総括指示の岩本様、実測担当の國久様の2名がいらっしゃる予定である。

京都大学からは、石原先生、河野、内田が担当予定である。

衛星局においてはBPB、OBC、COMMボードの3枚に外部電源とPCを接続し総通側の要求する電波を発射する。3/10にEMで練習を行いすべて基準を満たすデータが確認された。

基準に適合していた場合、地上局は本免許が交付され、衛星局においては放出後実通の確認が出来次第本免許の交付となる。
2. 外国書簡対応(野間、小泉)
AFS(T), ALG(ET), ARS(E), AZE(E), BHR(ET), IND(ETS), KGZ(ETS), KOR(S), MCO(S), OMA(ET), QAT(ETS), UAE(TS), VTN(ETS)への返信書簡を作成し総務省に提出した。
現在総務省の処理業務が多いため、相手国の主官庁への返答は1ヶ月から数ヶ月を要すると連絡をうけているがLignoSatの運用自体には影響しない。

以上で現在京都大学が受領している外国書簡はすべて返答したことになる。
3. 安全審査資料作成対応(小泉・野間)
Fracture Controlにおいてテグスと他構造との接触部分は擦り切れないように工夫せよという記述がある。BIRDSでは指摘されなかったと報告を受けているが、LignoSatの場合、BIRDSと異なりX面の木

板とテグスが接触しているのでカプトンテープ処理をする必要があるのかをMBAの三島様に確認した。三島様より、本件はJAXAでも方針が定まっていない故明確な返答はできないと連絡をいただいた。-X面は唯一木板が露出しているLignoの特徴溢れる面なので極力カプトンテープ処理は行いたくない意向を共有した。

参考にBIRDSのテグス部分を示す。

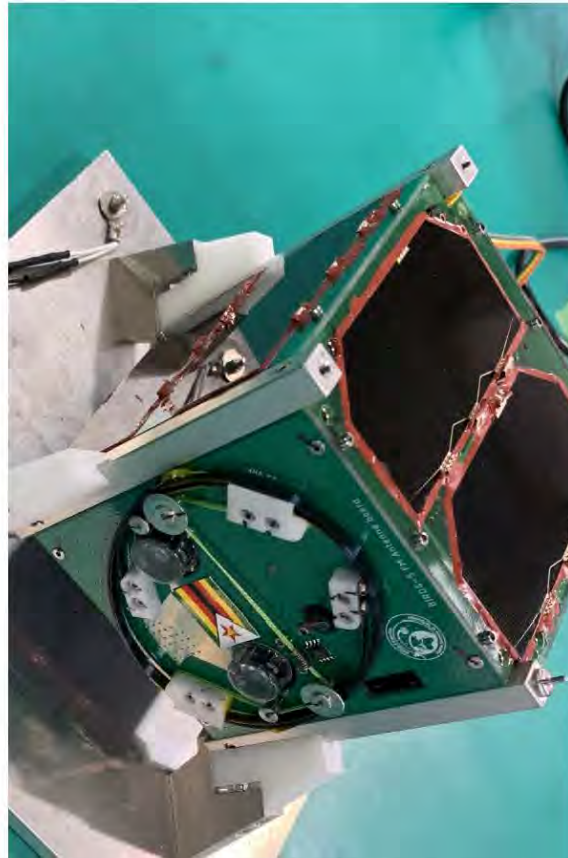


図:BIRDSのテグスの様子

4. 宇宙活動法(阿戸)

アマチュア無線家用の地上局アプリケーションを作成しており3月中の完成を目指している。現在の地上局アプリケーションの送信部分の一部を用いて、アマチュア無線無線家からFMコマンド(メッセージ)を送ることができるように実装する。
なお、アマチュア無線家の多くが京都大学で使用するTNCを所有していないため、デジタルモデムでもミッションが行えないか検討する必要性が浮上している。

5. 地上局アプリ開発関連(西見、野間)

パケットロスを検知する機能の実装を完了し、出力したパケットのデータが長くなる問題を修正したことにより京都大学用の地上局アプリは完成した。FM TVTで実際に使用したが問題は認められなかった。

以下に完成した地上局のインターフェースを示す。



図: 完成した地上局アプリの様子

また、COMMおよびCDHのラップトップに地上局ソフトウェアおよびCW Skimmerを導入した。これによりラップトップを用いて通信が行えるようになった。

6. アンテナ長決定試験/電波暗室試験/長距離確認試験(小泉、野間)

【アンテナ長決定試験】

2/20にCOMの小泉、MISSIONの山本さんが日帰りで九工大でFMアンテナ長決定試験を行った。この際FMをアルミフレームまで完全に組み立てた状態で試験を行なった。以前、FMの-x面のみでアンテナ長決定試験を行なった際に求めたアンテナ長が170 mmだったのに対し、今回の試験で求めたアンテナ長が185 mmだったことから、アルミフレームの影響は最適アンテナ長を長くする方向に働いているということが分かった。以下にVNAの測定結果を示す。予め合格基準として設定していた-15 dBを十分に下回りうまくマッチングが取れていることがみてとれる。

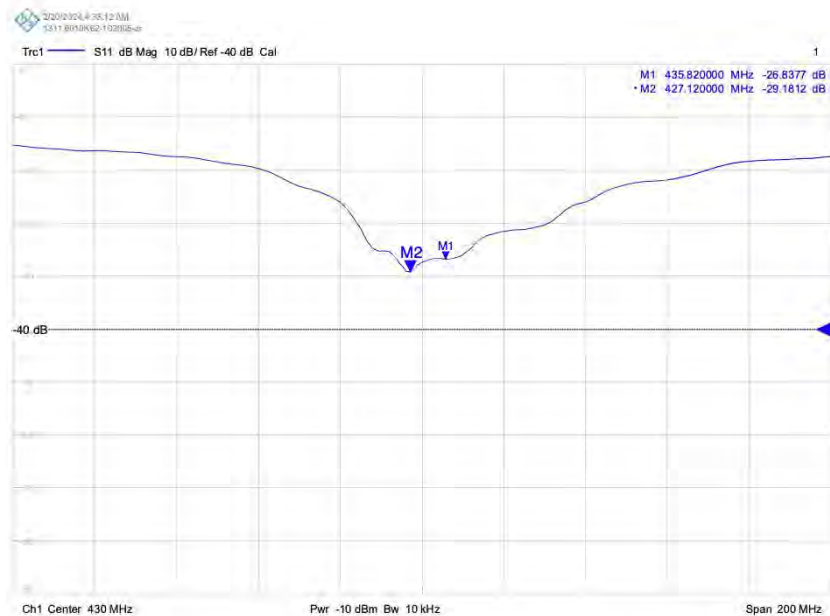


図:FM 185 mmエレメントでのVNA測定結果

【EM長距離試験】

見晴らしの良い屋外に設置したEMと京大地上局間で試験が行えるかを行う試験を計画している。

実施場所の条件として、京都大学地上局との間に遮蔽物がないことが重要である。

現在、候補地として將軍塚の展望台付近が検討されている。

なお、本試験は法令に十分留意して行う必要がある。

【FM模擬長距離試験】

リンクバジェットで想定されている空間ロスがあっても正常に相互通信が可能かを確認するためにFMの模擬長距離試験を計画している。

リンクバジェットではおよそ140dBの損失が想定されているため、衛星と地上局を有線で接続した上で適当な大きさアッテネータを挟み、運用時の状況を模擬する。

以下に試験の様子を示す。なお、iCOMに接続している100 dBのATTは九工大からの借用物である。



図：地上局とクリーンルームを有線で繋いだ様子

7. アンテナ展開試験(桑原)

アンテナ不展開を防ぐために放出後4日間かけて毎日1回ニクロム線に電流を流すプログラミングが正常に働くかを確認するためにEMを用いて展開試験を行う。現在、他試験との日程調整中である。

8. ANTボード(桑原)

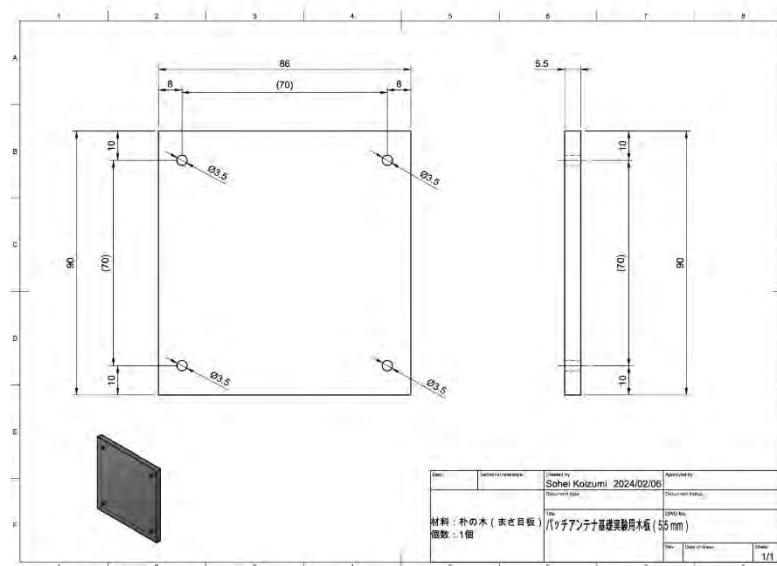
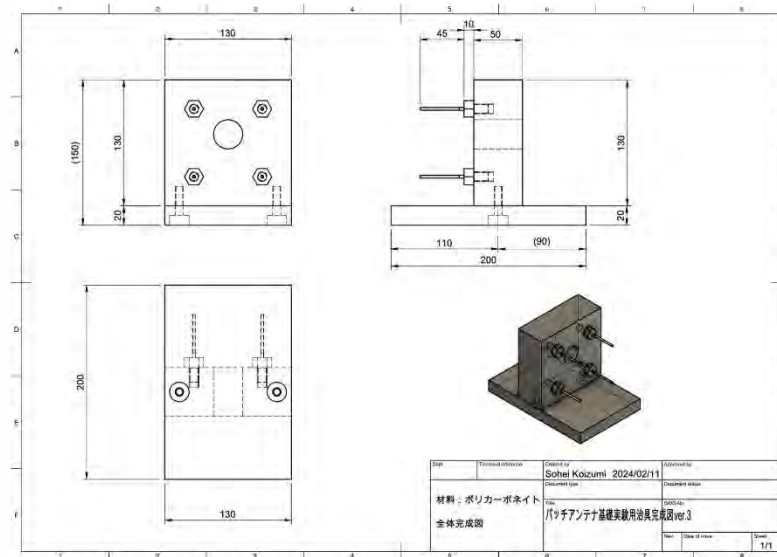
特に進展はない。

9. パッチアンテナ(野間、星川、小泉)

1月12日に篠原健にて星川さんの指導のもと石原先生と野間さんが2つパッチアンテナを試作した。このパッチアンテナを用いて、3/14,15に九州工業大学にてパッチアンテナの基礎実験を行う予定である。COMM班から星川さん、小泉が参加し、電波暗室設営のサポートとしてMISSION班の山本さんとEPS班の麻田くんが同行する予定である。

この基礎実験は、パッチアンテナと木版の距離と木版の厚さの2つの変数と電波の透過性の間にどのような関係があるかを調べる実験である。

本実験を行うにあたり、パッチアンテナと木版を固定する非金属性の治具が必要だったため、治具を設計し共創テクノ様に作成していただいた。また、本実験用の木版も必要だったため、4種類の厚さ(3.5, 4.5, 5.5, 6.5 mm)の木版を設計し黒田工房様に作成していただいた。



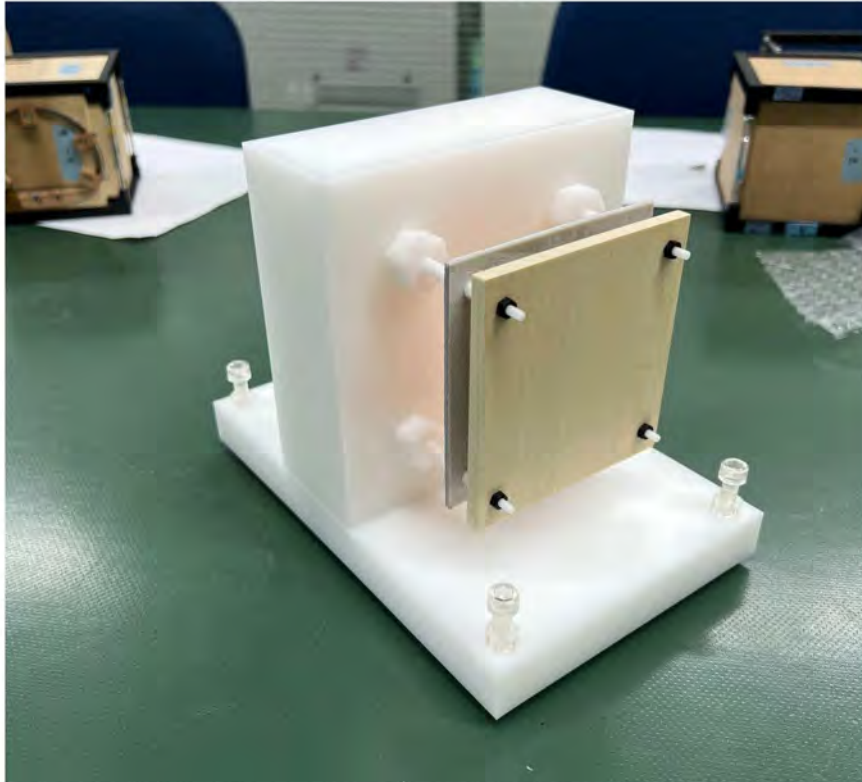


図:パッチアンテナ基礎実験用治具、パッチアンテナ、木版を組み上げた状態

10. リンクバジェット(野間)
特に進展はない

11. その他

・Clarlsat-1 TLE取得(野間)

CDH河島くんがTLEの自動取得を回しており正常にデータを取集めていることを確認している。大気圏に突入次第、軌道解析を行う予定である。

・TNC

新しく導入された4台目のTNC設定を行った。TNCの外面板を外し以下のジャンパーをデフォルトより変更した。

J12、J16、J20のジャンパのドライブレベルをlow絶縁→high導通に変更

変更後の様子を以下に示す。

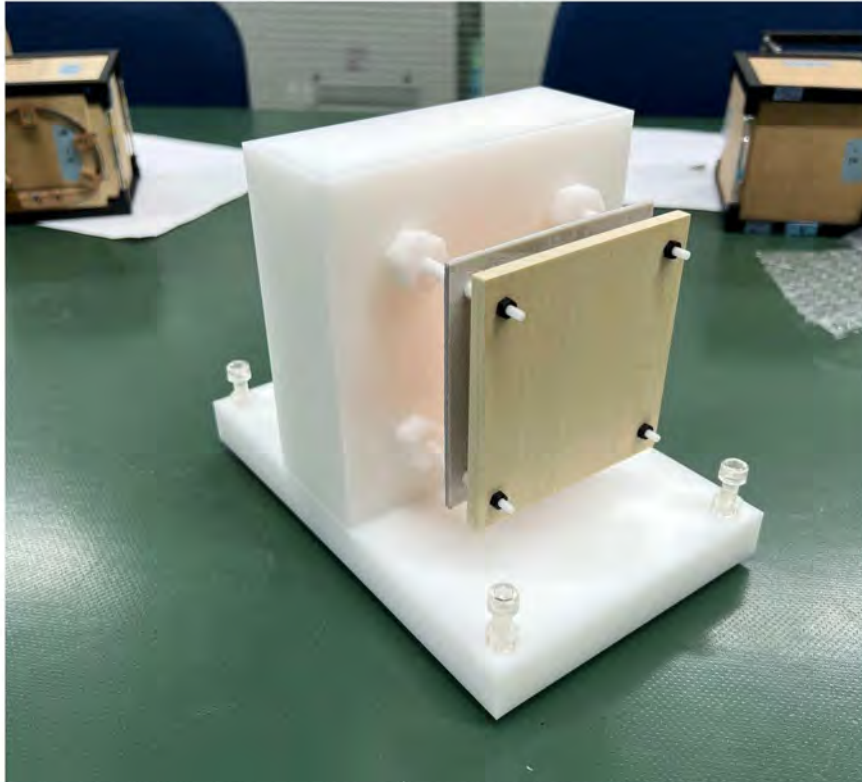


図:パッチアンテナ基礎実験用治具、パッチアンテナ、木版を組み上げた状態

10. リンクバジェット(野間)
特に進展はない

11. その他

・Clarlsat-1 TLE取得(野間)

CDH河島くんがTLEの自動取得を回しており正常にデータを取集めていることを確認している。大気圏に突入次第、軌道解析を行う予定である。

・TNC

新しく導入された4台目のTNC設定を行った。TNCの外面板を外し以下のジャンパーをデフォルトより変更した。

J12、J16、J20のジャンパのドライブレベルをlow絶縁→high導通に変更

変更後の様子を以下に示す。

参考資料 7-1
第2回宇宙木材利用シンポジウムプログラム
2024年3月21日

第2回宇宙木材利用シンポジウム
2024年3月21日（木）
京都大学益川ホール

第2回宇宙木材利用シンポジウムは、世界で初めて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）

10:05-12:00 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

河島航（京都大学）：超小型木造人工衛星 LignoSat の衛星全体システム

小泉壮平（京都大学）：超小型木造人工衛星 LignoSat の通信システム

加藤千晶（京都大学）：超小型木造人工衛星 LignoSat の電力システム

豊西悟大（京都大学）：超小型木造人工衛星 LignoSat のミッション系開発の現状と展望

三浦晴（京都大学）：超小型木造人工衛星 LignoSat の構造

B. 木材の宇宙曝露試験（ExBAS）実験速報

村田功二（京都大学）：宇宙空間での木材の物性変化－宇宙曝露試験（ExBAS）と地上試験

山敷庸亮（京都大学）：宇宙放射線と木造人工衛星－木材の特性を考えて

中村栄三（岡山大学）：ExBAS 試料の予察的地球化学分析結果

12:00-13:30 昼食休憩

13:30-15:00 第2部 宇宙における樹木の育成 司会：池田武文（京都府立大学）

A. 低圧下における樹木の育成

柚木香乃・前田拓人（京都大学）：低圧下におけるポプラの成長量

三本勇貴・遠藤早織里（京都大学）：低圧下におけるポプラの成長特性

池田武文・遠藤早織里・清田朋和・三本勇貴（京都大学）：火星における樹高の限界－水分生理の視点から

B. 微小重力下における樹木の育成

馬場啓一（京都大学）：疑似微小重力下における樹木の成長と形態形成

15:00-15:30 休憩

15:30-17:30 第3部 宇宙木材利用の展望 司会：河谷健司（住友林業）

A. 極限環境における木材利用

中嶋一郎（住友林業）：森と木の価値を最大限に活かす研究開発－社会の脱炭素化への貢献

宮藤久士（京都府立大学）・山田竜彦（森林総研）：バイオベース CFRP と真空対応型ケミカルリサイクル技術の開発

B. 宇宙木材産業の展望：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、中村栄三、中嶋一郎、宮藤久士、高部圭司

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 7-2
第2回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋
河島航



参考資料 7-3
第2回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋
小泉壮平

第2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

2024年3月21日
京都大学
木造人工衛星開発学生チーム COMM班
○小泉壮平 河野尚貴 西見優輝 桑原和輝
岡戸豪 清田朋和 星川龍希 野間篤寛

1

COMM班：超小型木造人工衛星LignoSatの通信システム

COMM班は衛星の通信システムに関する様々なことに携わっている。今回は以下の三つについて主に紹介する

- ・地上局・衛星の通信システム
- ・アマチュアミッション
- ・パッチアンテナ

2

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）
[地上局→衛星] FMパケット通信

3

地上局・衛星の通信システム

コマンドルーム

屋上のアンテナ

4

地上局・衛星の通信システム（衛星アンテナ面）

アンテナ面

アンテナボード

5

アマチュアミッション

アマチュア無線家が使う周波数帯を使用しているため、研究ミッションとは別にアマチュア無線家向けミッションを行う

ミッション①
アマチュア無線家からFMパケットを受け取りそこから受信した証としてコールサインをCWで返送する

6

アマチュアミッション

ミッション②
衛星が受信したアマチュア無線家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、ホームページにその内容を掲載する

7

木材の評価

MAYA衛星の軌道解析
→大気圏突入時が評価可能

LignoSatと比較することで木材の頑健性を評価できる。

8

参考資料 7-4

第2回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋

加藤千晶

第2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

2024年3月21日
京都大学
木造人工衛星開発学生チーム EPS班
○加藤千晶 麻田景人 池田龍輝 小林武司 島谷陽樹 福井開 福王悠星

目次

1. EPS (Electronic Power System)担当部分
2. これまでの活動
 - FMバッテリー製作
 - パワーバジェット
 - デプロイメントスイッチの製作・選定
 - FM太陽光基板接着
 - バッテリーヒーターの熱解析
3. 今後の予定

EPS (Electronic Power System)担当部分

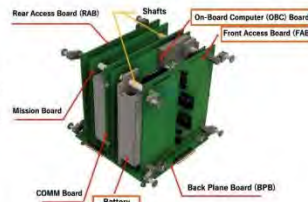
衛星の電源システムの制御

➢ OBC/EPS board

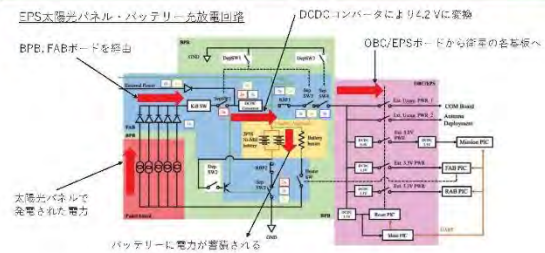
- 衛星全体の信号処理管理
- MainPIC, ResetPIC, COMMPICを搭載
- PIC (Peripheral Interface Controller) - プログラムを書き込める電子部品 - プログラムにより周辺機器を制御する

➢ FAB

- 衛星の電力管理
- 高圧、過電流防止、逆流防止



EPS (Electronic Power System)担当部分



FMバッテリー製作

1. 衛星運用に必要な電池を選定

- FM, FMバックアップ, EM, EMバックアップに用いる電池を選定
- バッテリーは3区×2列の電池 (エネルギー) から成る

環境試験・・・充放電を3回実施し、各試験前後で内部抵抗値と容量を計測 宇宙環境条件を模擬的に加える



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異がない電池を選定

特性が近く、内部抵抗が少ないかつ容量が大きい電池を選定

FMバッテリー製作

2. FMバッテリーボックス製作

- バッテリーヒーター
- 衛星が地球の影にある時、衛星はバッテリーで動作するが、バッテリーの温度が低温に低下した場合に、バッテリーを温める必要

3. バッテリーコネクタのリード線図を作製

- リード線の長さはJAXAの安全基準に合う



パワーバジェット

➢ パワーバジェット

- 衛星全体での消費電力量が太陽光の発電量を越えないように、内部基板等で消費される電力量を見積もる

太陽光パネルが1枚故障した場合を想定
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、
衛星の地球1周あたりの最大消費電力を計算

1枚当たりの消費電力
-Default mode : 1170 mW
-Emergency mode : 1016 mW
-Command uplink and Beacon : 1302 mW
-アンテナ駆動 : 595 mW

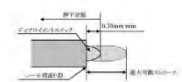
電圧	COMB		COMB		COMB		COMB		COMB		COMB		COMB		COMB		COMB	
	OBC/EPS and FAB	COM UHF (RX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)	COM UHF (TX)
最大消費電力 (mW)	395	191	482	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329
1周あたりの総消費電力 (mWh)	1.33	1.09	1.64	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
1周あたりの最大消費電力 (mWh)	0.0435	0.0214	0.0540	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359	0.0359
Default mode	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Emergency mode (RAB, RAB OFF)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Command uplink and Beacon	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
アンテナ駆動 (Antenna)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON

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

- 衛星がISSから放出される時、衛星の電源をONにするスイッチ

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ぶ



可動ストローク測定の様子



反力測定の様子



参考資料 7-5
第2回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋
豊西悟大

第2回宇宙木材利用シンポジウム

超小型木造人工衛星「LignoSat」の ミッション系開発の現状と展望

2024/03/21
京都大学
木造人工衛星開発学生チーム MISSION班
○豊西悟大 伊藤駿治 山本陽大 長谷真暉 水野愛理
大西大知 簡井涼輔

LignoStella
project

LignoSat ミッションの全体像 **LignoStella** project

超小型人工衛星 LignoSat

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

MISSIONの内容

- ①木造構体内部のひずみと温度の経時的測定
- ②地磁気測定
- ③独自の双方向アマチュア無線通信サービス
- ④人工衛星内部のSingle-Event Upsetのカウンタ

ひずみ測定ミッション **LignoStella** project

ひずみゲージ接着試験

宇宙環境や打ち上げの際の真空、温度、振動条件を再現し、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
10⁻³[Pa]にひずみゲージ貼り付け試料を72時間曝露した
現在10⁻³[Pa]に試料を14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 **LignoStella** project

ひずみゲージ接着試験(②振動)

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。

振動試験設備 X面の外観

ひずみゲージの剥離は認められなかった

目次 **LignoStella** project

1. LignoSatミッションの全体像
2. 各missionの意義と進捗状況
 - (1)ひずみ測定
 - (2)温度計測
 - (3)地磁気測定
3. 今後の展望

ひずみ測定ミッション **LignoStella** project

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 **LignoStella** project

ひずみゲージ接着試験(①真空)

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

ひずみ測定ミッション **LignoStella** project

ひずみゲージ接着試験(③温度)

LignoSatEMIにおいて温度変化による木材のひずみを測定可能か

ひずみゲージを貼付したホオノキ木片と石英ガラスを、-40℃～60℃まで変化させ、LignoSatEMIミッションボードとTDS-150(ひずみゲージ用データロガー)でひずみ測定

ミッションボード TDS-150 温度制御チャンバー

参考資料 7-6
第2回宇宙木材利用シンポジウム講演抜粋
三浦晴

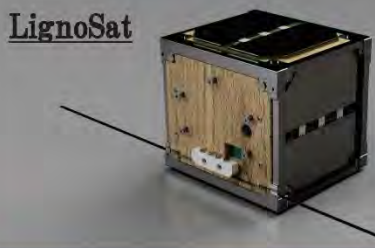
LignoStella project

第2回宇宙木材利用シンポジウム
超小型木造人工衛星
LignoSatの構造

京都大学
木造人工衛星開発学生チーム STRUC班
○三浦晴 細辻一 遠藤早緒里
中村拓海 木村拓人 鈴木花南

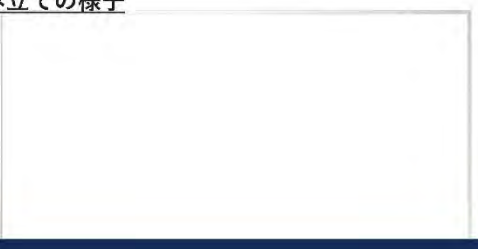
2024/03/21 STRUC/Haru Miura 1

LignoSat



2024/03/21 STRUC/Haru Miura 2

組み立ての様子



2024/03/21 STRUC/Haru Miura 3

LignoStella project

構造紹介
FM(Flight Model)

- 木造構体
- アルミフレーム
- 内部構造

2024/03/21 STRUC/Haru Miura 4

樹種にはホノノキを使用

LignoStella project

木造構体

6枚の木板から成る木箱状構造

伝統技法
「雷型隠し蟻組接ぎ」

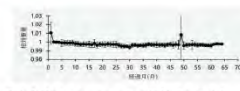


2024/03/21 STRUC/Haru Miura 5

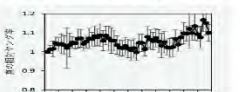
LignoStella project

真空木材曝露実験

真空条件下でのホノノキの相対重量の変化



真空条件下でのホノノキの
質的相対ヤング率の変化



真空木材曝露実験により真空条件下での木材の物性の変化を研究

真空中に曝露している樹種の中で軽量で加工性の高いホノノキを選定

2024/03/21 STRUC/Haru Miura 6

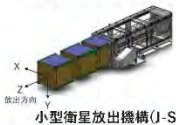
LignoStella project

アルミフレーム

放出用レール及び構造の強度をあげる枠組みのためのアルミニウム製フレーム



小型衛星放出機構(I-SSOD)



2024/03/21 STRUC/Haru Miura 7

LignoStella project

FMでの設計変更

四角形の穴には面取りを行い応力を分散

木造構体の切りかけとアルミフレームの突起を削除し応力を分散



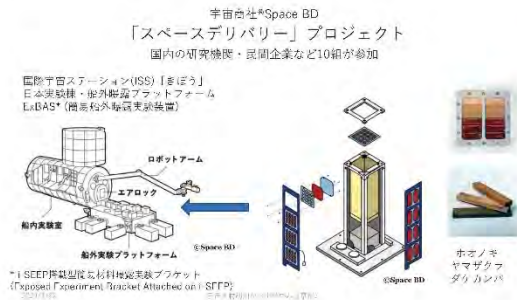
EM FM

2024/03/21 STRUC/Haru Miura 8

村田功二

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 林産加工学分野
村田功二



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: 56mm × 8.6mm × 5mm
樹 種: ホオノキ、ヤマザクラ、ダケカンバ
その他: AO評価用ポリイミド樹脂シート



試験体の回収作業(若田光一宇宙飛行士)



ISSから分離したドラ

原子状酸素(Atomic Oxygen, AO)

地上から200kmから600kmの高度では紫外線、特に真空紫外線の影響を受けて酸素分子は原子状酸素に変化している

ISSのある400kmの高度では原子状酸素(AO)が大気の80%を占める

酸素分子が真空紫外線
(VUV: $\lambda = 100 \sim 200 \text{ nm}$)

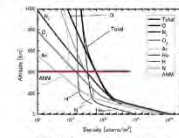
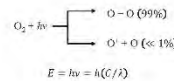
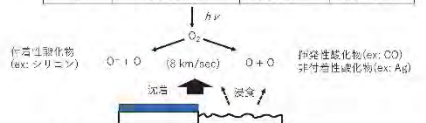


Fig. 1. Altitude distribution of air mass density.

大木達也 等 (2003) 植物の土壌中の炭素と窒素の動態と土壌のpH. *J. Veg. Sci.*, 14, 375-383

原子状酸素(Atomic Oxygen, AO)

UV Spectrum	VUV	Far UV	Near UV
λ	100-200 nm	200-300 nm	300-400 nm



高度400kmのAO密度： 8×10^{13} atoms/m³
秒速8kmで動く宇宙機に衝突するAOフラックス
 8.0×10^7 atoms/cm² $\times$ 8.0×10^5 cm/s = 6.4×10^{13} atoms/cm²/s

永木勉典他(2003)運動道における宇宙・時間への意識：試験後の意識と思考の上昇傾向, *Jpn. Soc. Jpn.*, 32(3), 475-480

宇宙放射線

- ① 銀河や宇宙線(GCR)
陽子 (ハ素イオン) 90%
α線 (ヘリウム) 10%
重粒子 (炭素イオンや鉄イオン) 1%程度
電磁波 (X線やγ線)
- ② 太陽粒子流(SFP):
高エネルギー粒子 (陽子と電子)
- ③ 地球放射線
内層 (陽子線) (RR) 平均高度約 3,600km
外層 (電子線) (ORP) 平均高度約 13,000km



高エネルギー線における電離放射線の発生源
https://www.nso.go.jp/t/t4for_cpages/tes/t4l/tesocw/cia15038.htm



ザッパ・アインシュタインのイメージ
<http://www.zappa.com/lincoln/lincolncollage.html>

ISS外部の放射線(EXPOSE-R2)
(442days, 2014/8/24~2016/1/11)

GCR	32 mGy
SEP	4 mGy
IRB	251 mGy
ORB	123 mGy
TOTAL	410 mGy

※γ線であれば 1Gy=1Sv

Dachev et al (2017) Space Weather 15: 1475-1489

木材の宇宙曝露試験 ISS日本実験棟きぼう簡易船外曝露試験

[illegible]

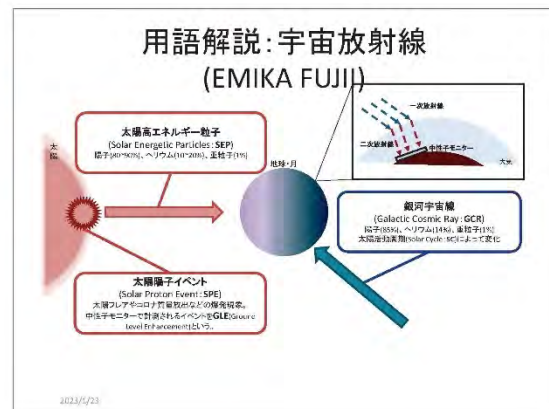
図2 135船外洋音プラットフォーム (CJAXA/MASA
[2004]) による観測結果と船外音観測技術の発展



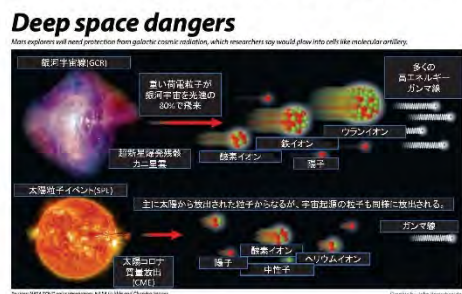
図4 京都大学と住友林業にて宇宙曝露試験体を受取
(2011年4月・大田原町)



山敷庸亮



宇宙における電離放射線の種類

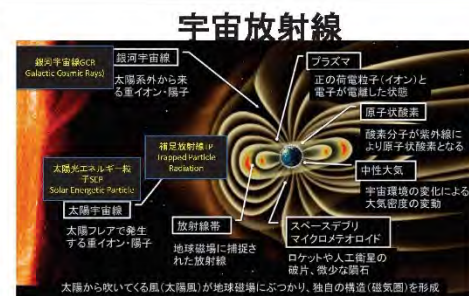


Source NASA SOHO, Yihua Zheng and Rebekah M. Evans

太陽高エネルギー粒子
Solar Energetic Particles (SEP)



Solar energetic particles (SEP) are high-energy particles coming from the Sun. They were first observed in the early 1940s. They consist of protons, electrons and HZE ions with energy ranging from a few tens of keV to many GeV (the fastest particles can approach the speed of light, as in a "ground-level event"). They are of particular interest and importance because they can endanger life in outer space (especially particles above 40 MeV).



JAXA 宇宙観測ミッション(SEDAP)の成果
https://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/ef/seda_ap/seika/index.html

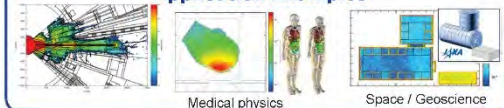
PHITS JAEA developed by T. Sato

Particle and Heavy Ion Transport code System

PHITS

PHITS (Particle and Heavy Ion Transport code System) is a general purpose Monte Carlo particle transport simulation code developed under collaboration between JAEA, RIST, KEK and several other institutes.

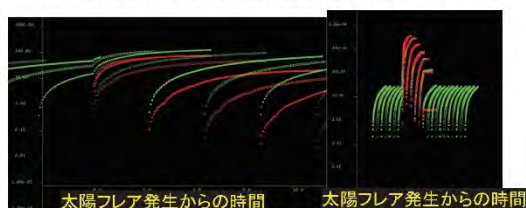
Application Examples



Facility design
(acceleration shield)

超高高度宇宙空間飛行による 宇宙放射線被ばく量の推定

ロースーロンドン間の通常飛行(論文データによる計算)と、超高速飛行(飛行高度100km, 飛行時間40分)との比較。GLE69に遭遇したと仮定すると、通常飛行では100 μ Sv前後、超高速飛行では3 mSv前後の被ばく量が想定される。



大気と磁場のない地球相当惑星(月面)
での被ばく量の推定

地球の磁場のない条件で、大気圧がほぼゼロの状態での太陽高エネルギー粒子(SEP)による被ばく量を推定することにより、太陽から同位置に位置する月面での被ばく量が推定可能となる。



中村栄三

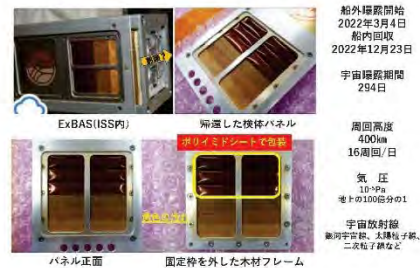
Very Preliminary Analyses on Space-exposed Woods

Eizo NAKAMURA

Christian POTISZIL, Katsura KOBAYASHI
Chie SAKAGUCHI, Ryoji TANAKA

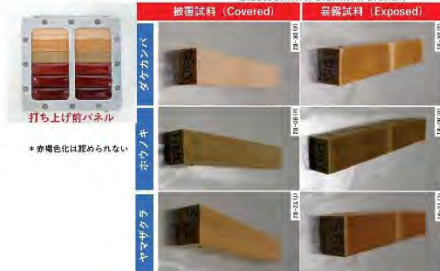
*The Pheasant Memorial Laboratory
Institute for Planetary Materials
Okayama University at Misasa*

回収された宇宙曝露木材

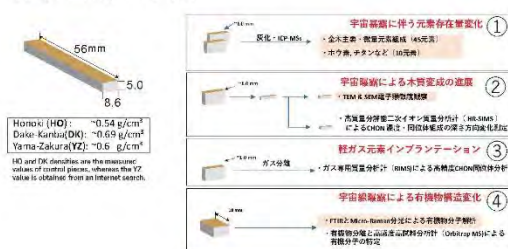


試料外見

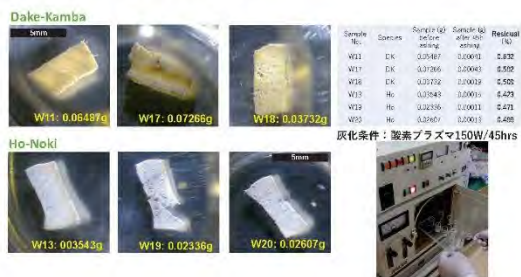
Size:56mm x 8.6mm x 5.0mm



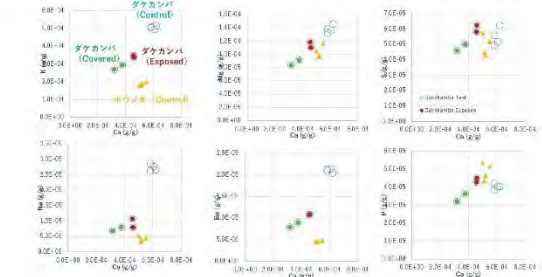
分析目的と手法



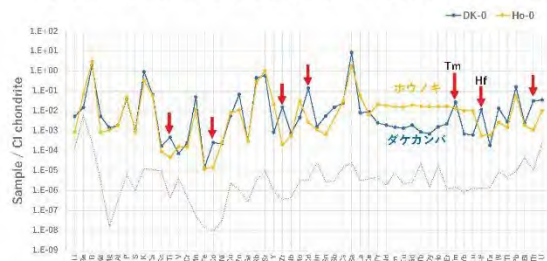
Plasma Asherによる木材の灰化



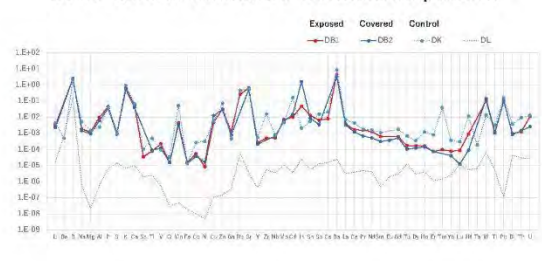
Comparison of Representative Bulk Chemical Compositions of Woods Analyzed by ICP-MS



Chondrite-normalized trace element pattern (Control)



Dake-kanba: Chondrite-normalized pattern



参考資料 8-1 Spaceology Newsletter: 2023 年 4 月号

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2023 年 4 月号 No.16

Vladimir Airapetian SIC 特任教授の来日

NASA ゴダード宇宙飛行センターの Vladimir Airapetian SIC 特任教授が、京都大学国際高等教育院の春季講座の特別招来教授として、京都大学大学院総合生存学館にて春季講座「Are we alone in the Universe」を開催しました。彼の来校を記念して、SIC 有人宇宙学研究センターは、宇宙総合学研究ユニットと共催で「地球外生命体は存在するの



写真：春季講座「Are we alone in the Universe」

Are we alone in the Universe - EXOKYOTO - 宇宙学セミナー」を2023年3月27日に開催しました。Airapetian 博士は Searching for Signatures of Technologically Advanced Civilizations「地球外知の文明の痕跡の探査方法」というテーマについて講義を行いました。

「この宇宙の知的生命体は、人類だけなのだろうか？それとも、どこか他の知的文明が夜空を見上げて、私たち人類が発信する信号を探査しているのだろうか。星間通信を実現し、銀河系ネットワークを構築しうるほどの高度な文明があるのだろうか。もし、それ（地球外知の生命体）が見つかったら？地球の外に知的生命体が見つかったとしても、それが我々人類にどのような影響を与えるかはわからない。我々は、他の宇宙文明に面した未開の種であるという恐怖を乗り越えて、地球外知の生命体と互いに理解しあえるのだろうか？それとも、私たちの心を失ってしまうのだろうか。地球外知の生命体は私たちにとって危険な存在なのだろうか、それとも平和的な存在なのだろうか。我々地球人は技術文明を構築し、地球外知の世界をどのように探索し、理解し、認識する能力を有するようになりました。私の講演では、神学的、あるいは哲学的な観点からではなく、科学的観点からこの問題を提起し、議論し、宇宙文明痕跡 (technosignatures) の探し方について議論します。」との概要でありましたが、最後に、Airapetian 博士が、真面目に宇宙での知的生命体の存在可能性、また我々が実際に「遭遇」する可能性について、ドレイク方程式の議論を、現在の太陽系外惑星大発見と、博士の数々の研究成果を踏まえた「宇宙生物学」観点で解説しました。

- 1 -



写真：総合生存学館にて講義を行う Airapetian SIC 特任教授



写真：講義を行う山根庸典教授

山根庸典 (京都大学大学院総合生存学館) は、2016 年に初版が完成し公開された太陽系外惑星データベース EXOKYOTO について、WEB 版とモバイルアプリケーション版を用いて、現在まで見つかった 5000 個以上の惑星と 3000 個の候補天体について特徴的な惑星とそれぞれの想像図、夜空での位置、諸元について解説を行いました。また、ハビタブルと考えられる惑星における想定される宇宙放射線や、放射についてもグラフを用いて解説し、我々が考える第二の地球の姿について述べました。



写真：EXOKYOTO について講義を行う山根庸典教授

- 2 -

清水海羽と (京都府立大学) と、滋賀県立守山中学校ハビタブル研究会のメンバーによって、太陽系外惑星データベース EXOKYOTO を構築してから、滋賀県立守山中学校・高等学校ハビタブル研究会がその想像図を描き続けてきた歴史について述べました。人類が見たことのない世界をどのように描き続けることができたのか？中学生・高校生がどのように太陽系外惑星に興味をもつて学ぶことができたのかを踏まえて、彼らが描き続けてきた未知の世界の数々を紹介しました。



写真：発表を行う清水海羽と

最後の講演では、地球外生命体と遭遇した際に、どのような反応があるのかについて意見を求めましたが、Airapetian 博士は、「宇宙での知的生命体と遭遇しても、それは絶対的ではないだろう。その理由は、高度な文明を構築するためには、戦争より協力が必要で、星間通信を行える種族は十分に数多い」と考えられることを理由としました。またさらに私々木村助教は、「彼らとの距離が非常に遠いのに、それほどの絶対的である必要はないだろう」と述べました。今回のセミナーでは、オンライン参加 60 名以上、会場参加 20 名の 80 名が参加しました。(山根庸典 記)



写真：パネルディスカッションの様子

LignoSat 電気性能試験の実施

3月5日から7日にかけて、LignoSat EM の電気性能試験が行われました。これは大気圧環境下、および高真空環境下において Engineering Model: EM が正常に動作するかを試験するものです。始めに、大気圧環境下で 12 時間 EM を稼働させ、各機能の動作を確認しました。おむね正常に稼働し、外部電源を切り離した上で EM 内のバッテリーのみで動作することも確認されました。しかし、アンテナ基板に搭載された温度センサが異常値を示したため、アンテナ展開といった試験は実施されませんでした。この結果としてアンテナ基板は再設計が必要となったことがわかりました。

つぎに真空環境下で 48 時間 EM を稼働せよとしました (図 1)。真空環境の生成には 2 つの手順があり、ドライポンプを用いて約 10Pa まで減圧した後 (粗引き)、分子ポンプを用いてさらに高真空まで減圧するのですが、今回の試験では粗引きに想定以上の時間がかりました。LignoSat EM は試験初期には正常に動作していましたが、EM 内部の温度が徐々に上昇し始め電力が不足し、外部電源の電圧を徐々に引き上げる必要がありました。ターボ分子ポンプが作動し始め、高真空になったからはこの

- 3 -



図 1 真空試験を行うエンジニアリングモデル (EM)

4 月のイベント予定

日時	内容	開催方法
4月16日(日) 13:00 - 14:30	大塚より文化センター ザント 鹿島建設 presents 火曜に生む! Season3 講師 土井 隆雄 題名:「有人宇宙活動」 申込先: https://www.ync.ne.jp/osaka/mananto/seiza/202304-18010304.htm	受講料: 1 回 1,000 円~6 回 6,000 円 会場: 茨城県鹿嶋市もしくはオンライン デマンド
4月22日(土) 13:00 - 15:00	2023 年度 東 (みやこ) カレッジカレント教育プログラ ム特別公演 講師 土井 隆雄 題名:「土井隆雄宇宙飛行士に聞く有人宇宙活動」 申込先: https://www.consortium.or.jp/project/sg/recruit	参加無料、定員 200 名 会場: キャンパスプラザ京都 4 階第 2 講義室 申し込み締め切り: 4 月 14 日 (金) 17 時 (申し込み多数の場合は抽選)

※詳細は各 Web ページ (<https://www.ync.ne.jp/osaka/mananto/seiza/202304-18010304.htm>) で公開します。(注: 必ず 2 日)

第 1 回宇宙木材シンポジウムの開催

2023 年 3 月 22 日 (水) に京都大学古田キャンパス北部構内盛川ホールにて、SIC 有人宇宙学研究所主催で「第 1 回宇宙木材利用シンポジウム」が開催されました。本シンポジウムは、世界で初めて宇宙における木材の利用および樹木の育成に焦点を当てたシンポジウムです。本シンポジウムのプログラムは 3 部構成となっており、各大学の研究者や学生、企業関係者らにより宇宙における木

- 4 -

材の利用可能性について幅広く議論が展開されました。

第1部「宇宙における木材の利用」では、「A. 木造人工衛星の開発」および「B. 木材の宇宙曝露試験 (ExBAS) 実験装置」の2つのテーマに関して講演が行われました。セッションAでは、京都大学で現在開発されている超小型木造人工衛星「LignoSat」のミッション意義やその詳細な設計仕様について、開発を担当する本学学生チームによる紹介が行われました。まず、本学学生チームのリーダーより LignoSat により実現を目指す宇宙ミッションとその目的や、衛星開発体制など、本プロジェクトの概要について紹介がなされました。その後 LignoSat の4つのシステム (コマンド・データ処理系、通信系、電源系、構体系) およびミッション系の開発をそれぞれ担当する5つの学生チームの代表者から、これまでの取り組みとマイルストーン完成までの今後の展望について、活発な議論が行われました。セッションBでは、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の樹木材料曝露実験プラットフォーム (Exposed Experiment Bracket Attached on I-SEEP: ExBAS) を用いた木材試料の宇宙環境曝露実験に関連する研究成果について報告が行われました。本学農学研究所の村田功二准教授により、ExBAS 実験の目的およびその経過報告がなされたほか、本学総合生命学館の山崎健亮教授により、木材の宇宙放射線に対する耐性に関する最新の研究成果について紹介が行われました。また、岡山大学惑星物質研究所の中村栄三教授より、小惑星リュウグウから採取された微粒子サンプルの初期総合解析にも利用された地球惑星物質総合解析システム (CASTEM) の木材物性解析への応用可能性について議論されました。

第2部「宇宙における樹木の育成」では、「A. 低圧下における樹木の育成」および「B. 微小重力下における樹木の育成」の2つのテーマに関して講演が行われました。セッションAでは、京都府立大学生命環境科学研究科の田田武文教授により、火星をはじめとした地球外天体における樹木育成の実現にあり、「居住環境」の影響に着目した研究紹介がなされました。また、本場で現在進められている低圧下におけるボラ育成実験に関して、実験を担当する学生チームの代表者による経過報告が行われました。本実験の参加メンバーにより構築された低圧下樹木育成実験装置のシステム紹介、およびこれまでの実験の成果と今後の課題について活発に議論されました。セッションBでは、本学生命環境研究所の田田武文教授より、樹木および住友林業株式会社との連携により、樹木の微小重力下における樹木の成長と形態形成に関して、1D および 3D のカリスタットを用いた研究結果について報告がなされました。地球外天体における樹木育成に向けた技術的課題として、低圧環境および微小重力環境の2つの環境要素にフォーカスし、様々な研究分野の専門家を交えて有意義な意見交換の場となりました。

第3部「宇宙木材利用の展望」では、「A. 樹木環境における木材利用」および「B. 宇宙木材産業の展望: パネルディスカッション」の2つのテーマに関して議論が行われました。セッションAでは、住友林業株式会社の中嶋一郎氏より、船渡森社会の実現に向けて住友林業が手がける研究開発の動向について紹介がなされました。また、ミサワホーム株式会社の秋元深氏により、地上における未来志向の住宅や月面等の有人拠点への応用を目指した、森での移動基地実験について成果報告が行われました。さらに、京都府立大学生命環境科学研究科の宮藤久士教授および国立研究開発法人森林研究・整備機構の山田寛彦氏により、バイオベース CFRP と真空対応型ケミカルサイクル技術の開発成果について紹介がなされました。将来の宇宙空間における木材の実用化に繋がる最新の研究開発成果について、各企業および大学の専門家に由来な議論が展開されました。セッションBでは、本

シンポジウムの総まとめとして、セッションAの3名の講演者および山崎教授によるパネルディスカッションが行われ、これからの宇宙木材産業の展望について意見交換が行われました。本シンポジウム全体を通して、会場からは興味深い質問や意見などが数多く寄せられ、大変有意義なシンポジウムとなりました。(曾東元 記)

木材の宇宙曝露試験 (ExBAS) の目的と現状

宇宙木材プロジェクトでは 2023 年度に木造人工衛星 (LignoSat) の打ち上げを計画している。投入を計画している地球低軌道 (LEO) は高真空、強烈な宇宙線、太陽1MeV粒子、真空紫外線や原子状酸素などの影響で材料が劣化する可能性がある。そのような環境で木材がどのように劣化するのかわかるため、木材の宇宙曝露試験を実施した (図1)。

2022年2月20日に打ち上げられたシグナス号船載運用17号機 (NG-17) で樹木材料曝露実験プラットフォーム (ExBAS) は国際宇宙ステーション (ISS) まで運ばれた。木材試験体を搭載した ExBAS は中型曝露実験アダプタ (図2: I-SEEP) に取り付けられ (図3)、同年3月4日にロボットアームによって船外プラットフォームに運ばれて宇宙曝露試験が開始された (図4)。

宇宙曝露試験を実施するまでにいくつかの準備が必要だった。たとえば、高圧材料が真空中環境に置かれたときガスが発生して再曝露する可能性がある。そこであらかじめバークアウト処理 (105°C、24時間) を施した。3種類の木材試験体のアウトガス試験を実施した。加熱温度 125°C、真空度 7×10⁻³Pa 以下の環境で 24 時間保持したときの重量損失比 (TML) と、25°C に保冷した冷却板で測定した再曝露重量比 (CVCM) を測定した。基準では TML 1.0% 以下、CVCM 0.1% 以下とされるが、実験に供したサンプルでは CVCM は 0.1% を下回っていたが、TML は 5~6% だった。しかし、23°C、5.096RPa の環境で 24 時間保持して測定した再曝露重量比 (WVR) が約 5% あり、TML の大半は水であるため推測されたため推測成分は問題ないとした。



図1 木材曝露試験体
©京都大学、©Space BD

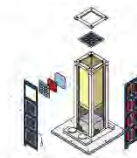


図2 ExBAS の構造 ©Space BD



図3 I-SEEP に取り付けられた ExBAS
©JAXA

今回の宇宙曝露試験の最も重要な目的は木造人工衛星 (LignoSat) に使用する木材樹種の選択である。密度の異なる3樹種 (ホノノキ、ヤマザクラ、ダケカンパ) を選択し、それらの変化の様子から樹種選択に必要な情報を得ようと考えている。LignoSat の投入を予定している低軌道 (400km 上空) の気圧は非常に低いが、大気約8割は反応性の高い原子状酸素 (AO) とされている。宇宙樹は秒速8km で飛行するため、有機材料が AO と衝突した場合は酸化によって揮発性の物質となり表面の剥落が予想される。樹種による重量損失の違いから AO の影響を評価し、樹種選択に役立てたいと考えている。また、宇宙放射線による材料の劣化も予想される。文献によると ISS の船外では約440日間0.4Gy の放射線量が測定された。京都大学のバルト 60 ガンマ線照射装置を用いて木材のガンマ線照射試験実施した結果、100kGy 未満では結晶構造や強度に有意な変化は観察されなかった。1 年程度の地球低軌道での曝露では、木材への宇宙放射線の影響は軽微であると予想される。

木材宇宙曝露試験体 (ExBAS) は 2022 年 12 月 23 日に石田光一宇宙飛行士によって ISS 船内に回収された (図5)。2023 年 1 月 11 日にドラゴン補給船 26 号機 (SpX-26) に搭載されて 7 月 9 日米船中に着水した。3 月来には JAXA が引き渡される予定である。まずは重量と表面の変化を確認後に、詳細な解析を実施する。

宇宙曝露された木材試験体では表面の細胞構造や結晶構造の変化、微量元素の放射線化が考えられる。結晶構造解析や化学的な分析などは岡山大学惑星物質研究所での実施を検討している (図6)。同研究所は1はおよび2によって高重量リュウグウから地球に運ばれたサンプルが保管されており、宇宙曝露された物質のための解析装置があり、また豊富な経験がある。世界で初めて宇宙曝露された木材試験体の調査については同研究所のスタッフの助言を得ながら実施したいと考えている。(村田功二 記)

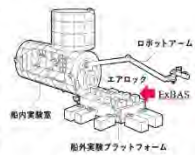


図4 ISS から船外実験プラットフォーム
©Space BD



図5 ExBAS を回収する若田宇宙飛行士
©JAXA



図6 岡山大学惑星物質研究所の二次イオン質量分析計 (岡山大学)

宇宙における樹木の育成

田田武文 京都大学宇宙木材研究室研究員、京都府立大学生命環境科学研究科特任教授

宇宙木材利用シンポジウム第2部では宇宙における樹木の育成についての発表が行われた。その中で本稿では火星での樹木育成について報告する。

- 1 火星での樹木育成について
- 2 低圧下樹木育成実験装置について
- 3 ボラ育成実験について

宇宙における植物研究の現状

宇宙空間や月、火星の環境は地球とは大きく異なる。様々な環境要因の内、主に重力と低圧が植物に及ぼす影響について多くの研究が行われてきた。前者に関する研究事例として、国際宇宙ステーション ISS の日本の実験棟「きぼう」内で行われた研究の一部を下記に列記した。これらの研究タイトルに共通して示されているように、宇宙空間の微小重力が植物の重力屈性と抗重力反応に及ぼす影響に関する植物生理学分野の研究が漸力的に進められていることがうかがえる。また、微小重力に対する植物の反応に関する研究を地上で行うための手法であるカリスタットを用いた疑似微小重力下での研究も並行して進んでいる。これについては「微小重力下における樹木の育成」で報告した。

- ・宇宙環境を利用した植物の重力応答反応機構および姿勢制御機構解明
大阪府立大学 上田純一
- ・植物の重力依存性の成長制御を担うオーキシン排出キャリア動態の解析
東北大学 高橋秀希
- ・植物における回転運動の重力依存性の検証
東北大学 高橋秀希
- ・重力による茎の形態変化における表皮微小管と微小管結合タンパク質の役割
大阪府立大学 曾東元
- ・植物の抗重力反応機構-シグナル変換-伝達から応答まで
大阪府立大学 曾東元
- ・微小重力下における根の水分屈性とオーキシン側抑制伝子の発現
東北大学 高橋秀希

(宇宙を感じる植物の仕組み <https://humans-in-space.jaxa.jp/kibouuser/library/item/brochure/plant-experiment.pdf>)。宇宙で作物を育成するためには、その環境に対して植物の反応に関する基礎的知見を得ることは必須である。

火星での樹木育成研究の背景

私達の宇宙木材研究室では、木材を使った超小型人工衛星の開発を進めている。この中で宇宙に

おける素材としての木材の様々な特性を検討し、宇宙における木材の有用性が示されつつある。現在進行中の NASA によるアルテミス計画では近い将来に火星での人類の居住が想定されている。私は、火星で人類が様々な活動を継続するためには、樹木・木材が重要な素材として、人のメンタルヘルスにとって、そして新たな火星環境形成の主役として、欠かせないものになるであろうと考えている。

火災木を炭化して使用する場合は、その木材に炭化と分解する炭化ガスが生成し、全てを地球外へ輸送することが可能であるがその割合は想像される。つまり、それは早期地球、地球地質が基本となるであろう。火災は、大気圧が 0.01 気圧、大気はほとんどが CO₂、気温は日較差が平均大気温度は -63℃、海面の水深が水が揮発した大気中の地球生命に生存するに大変不利な環境であったことが示されている。火災への抽出が速い、この条件下環境下では外層が氷結層になり内部環境が劇変した。ドーム様の構造の中で地球生命の生育しなくてはならない。その際、ドーム様構造内部の環境は地球環境と異なれど適する必要があるであろう。私は、この中から、特に 0.01 気圧という低い大気圧に注目し、樹木とこの程度の気圧下において健全に生育できるのかを知るために、低圧下における樹木の育成研究について取り組む。その詳細は引き続き発表会以後の News Letter で報告し、低圧下樹木育成実験装置についてにもバリエーションを報告して報告する。

月面農場

ここではまず、低土化での樹木育成にヒトを与えるであろう、「JAXA 月面農場ワーキンググループ検討報告書 2019」の概要を示す。

(https://jara.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=2797&item_no=1&page_id=13&block_id=21)

月面農場に人類が月で生活するに際しての最重要課題である食物生産の場であり、その建設にはすでに地球上で稼働している植物工場を基本として、そのノウハウを発展させ地産地消型の施設を基本とする。その要点は以下の通りである。

- 1) 環境調律：環境情報に連動した光、水、大気等の制御、電力と太陽光発電との調整、植物への光照射は LED とする。太陽光光利用する場合は可視光、赤色光を必要とする新素材を開発し、構造物外側に UV 遮蔽や紫外光害、黒点カカの防犯構造とする。植物造内部では大気正、分圧、湿度調節。
- 2) 無人化技術：栽培環境の維持、播種から収穫に至るまでの植物モニタリング。無人化、ロボット制御と連携等の研究。
- 3) 資源のリサイクル：土壌改良、限られた資源の再利用（リサイクル）、非可食部や排泄物などのリサイクル。
- 4) 全体システム：システム全体の検討。

宇宙農場を目指す実験施設

閉鎖系生命維持システム (Controlled Ecological Life Support System, CELSS) や生命維持システムに生物を利用する大規模な生物再生生命維持システム (Bioregenerative Life Support System, BLSS)、閉鎖型生態系実験施設 (Closed Ecology Experimental

Facilities, CEFF)などの施設が海外でも建設される。その中では「定期出資による実効的投資」を行っている。これは実効的投資である。月次決算でこのモジュールが合計でいくら増えたかを計算している。そのモジュールに人の居住するモジュールを作業モジュール、作戦戦術モジュールである。ここでモジュールが着いているところに考える。人が活動するモジュールは人の戦術戦術能力に1度以上は維持する必要があるであろう。しかし、作戦戦術モジュールについては、最低正下でも作戦から十分の情報を得るために少なくとも1度以上は維持する必要がある。作戦戦術能力の維持に追加する以上は外資 (0.01 度) との正力差を小さくするべきであるので、トータル構造論の建設が容易になる。これは実効的投資に植物生産や水産養殖などの研究を明らかにする必要がある。モジュール木村研究室では、建設に資する以上と実効的投資を低くする研究を世界に先駆けて行っている。

ここまで、閉鎖環境下にあるドーム構造物内での事象について述べてきたが、遠い将来にはテラフォーミングにより、火星の環境をより地球に近い環境に変え、火星に地球類似の生態系を構築することも構想されている。それが実現すれば火星で林業を行い、十分な量の木材を生産・供給することが可能となるであろう。そのために宇宙で樹木を育成するための研究をさらに深化させていきたい。

宇宙木材産業の展望

[illegible]

本パネルディスカッションのテーマとして宇宙木材産業が掲げられているが、産業として成立するためには木材を大量に使用することが必要であり、そのために量的に限定的な宇宙機利用ではなく、宇宙での居住に木材を利用することが必要として、月や火星に木造住宅が建てられるという議論が行われ

• TD=

た。住友友家に入るとミサホームで戸建て住宅を建てる際に必要な木材に関する話が、中嶋氏、秋元氏の両方、パスポートの窓から聞こえる声は同じでも構内構造と土壌性質を示す数字に基づいて決められ、火災に発生する際にも、地上での建築基準を満たすのが重要だ。山崎氏が言う、火災でも地震（火震）が毎年一回は起きるものだから、土壌は質や動きなどによってある程度の説明があった。特に建築材料に関しては放射線防護の議論には入っているものの、他者の対策までは十分に検討がなされていないのが現状。防火防雨木材を利用しているために、例えば住宅に建築する際には原本より780センチメートル厚の木材、これを乾燥して地面で下層の土壌まで浸透しないよう建築すると、木材はほぼその全長を土中に埋め込み、日本でもユートピアのように、建物に接続していない人とも環境で簡単に作業ができる方法だと例えられた。宇宙住宅においても現地の作業を機械力で支えて受け持つ体制が必要だと、火災では家の建て方の概念を変える必要がある「地球上との常識が適用できない可能性がある」懸念について。

糸巻の終盤には本物の木材を使う必要があるのか、あるいは木目シートでも良いものでないかという話題が上った。数人氏氏から本物の木材を使うことは出せない。素材費や、集川や生反応といった被検食環境の例をあげられ、本物の木材を使うことは可能性が限られていた。ディスカッションの末としては、宇田中さんや植松さんがおののけのコメントがあった。植松環境に付いてはさくらにうけ付け材料に拘泥できる、はるかなるで、となつて、宇田中阿部を担う人にとっては木材活用が現状、木材利用を担う人にとっては植松環境や宇田中環境での開発の現状を、知ることでできる有意義な時間となつた。(三本義司 記)

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター
<https://space.innovationkyoto.org/>
 〒606-8501 京都市左京区山田4-1 吉田南大1号本館内 総合研究16 16号 208 号室
 編集人：宇田村研究室 三本 勇貴、意田 浩、山根 大
 Tel&Fax: 075-753-5129 Email: spacewood@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp
 SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter No.16
 2023年4月・日発行

- 11 -



目標金額 650万円 2023年 5月 31日(水)まで

／京都大学宇宙木材研究室がクラウドファンディング募集中／

宇宙で木を活用する挑戦に、ご寄付をよろしくお願いします

出處: 2015.02.24 3:03 AM (average) 之回答, 是基於非正式的「經驗判斷」, 對這 1 天, $\alpha = 0.1$ 偏在 1/10 左右, 實際的準確性難以估計。

京都大学大学院 総合生命学館 SIC有人宇宙学研究所 センター 土井隆雄です。私は、1997年スペースシャトル「コロンビア号」に搭乗し、日本人として初めての船外活動を行いました。また、2009年スペースシャトル「エンデavour」に搭乗し、日本米栽培「きぼう」を国際宇宙ステーションに設置しました。

その後、宇宙に関する様々な活動を経て2016年4月より京都大学宇宙総合学術研究ユニット、2020年4月より京都大学大学院総合生命学類にて、宇宙開発に隣わる研究に携わっています。

宇宙創成が進む中で、宇宙環境への配慮は、私たちの喫緊の課題です。燃え尽きることができなかった人工衛星の廃棄が宇宙に浮遊し、深刻な課題につながる可能性があります。

そこで平田環境に配慮しつつも、開発をより推し進める手段として本を活用した人工衛星の開発を行っています。この研究が進展すれば、余剰の研究が宇宙環境の改善と並に宇宙開発にも貢献できることが期待されています。

私たちは、より多くの方が宇宙に関わる環境をつくるため、これからも宇宙に関わり続けられる環境をつくるために、宇

研究の次のステップ、2024年以降の水産人工衛星打ち上げに向けて、ご寄付を頂けると幸いです。



- 12 -

参考資料 8-2 Spaceology Newsletter: 2023 年 5 月号

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2023 年 5 月号 No.17

鹿島建設 presents 火星に住もう！SEASON3 開講

2023 年 4 月 16 日（日）よみうり文化センター主催イベント 鹿島建設 presents 火星に住もう！SEASON3 が開催されました。第 1 回は「有人宇宙活動」というタイトルで土井隆雄特任教授が講演を行いました。

第 1 部では、これまで世界中で行われた有人宇宙ミッションの歴史や講師の経験した 2 回の宇宙飛行について解説があり、スペースシャトル・エンタープライズの打ち上げた着陸の様子が実際の動画や映像を使用して紹介されました。2 回目のミッション STS-123 のクルー 7 名の名前や仕事の内容の紹介もありました。1 年半の訓練を通して仲間同士の信頼感、や「僕は君に僕の命を預けることができるか、君は僕の命を預けることができるかというレベルでの強いチームワークを築くことが大切である」とのお話もありました。2011 年に完成した国際宇宙ステーションは、実際の大ささがサッカーフィールドほど大きな大きさであることが紹介され、会場からは驚きの声も聞かれました。その他国際宇宙ステーション内での無重力空間での生活の様子やライフサイエンス実験の様子、1 回目のミッション STS-87 での船外活動の様子が紹介されました。特に宇宙空間をさよふし（スバル）衛星を 2 人の宇宙飛行士が手探みのシーンが印象的でした。

第 2 部では、京都大学で講義が行っている研究教育活動や有人宇宙研究センターでの活動内容、世界初の木造人工衛星の開発状況などが紹介されました。なぜ宇宙で木を使う必要がある、なぜそれを研究しているのかについても詳しく解説されました。木造キューパットの利点としては、宇宙・成層圏・海洋の汚染防止や電磁波を遮断しないことによる新たなパッシブシステムの開発可能性、優れた断熱性などが挙げられます。また京都大学で行われている低圧下における樹木育成実験についても紹介があり、将来は火星環境での樹木の育成をめざしており、最終的には宇宙植林を目標としていることが紹介され、森の山の内容の講演会でした。

会場からは、若い方から年配の方まで多くの方が質問が寄せられ、宇宙での活動に伴う恐怖感の克服方法や、地球上で暮らすと違ふ協力し合いの必要性など提起することにより、宇宙には何を学びたいのか、宇宙飛行士としての訓練やミッションでの怪



怪を通してのアドバイスが欲しいなどの質問もありました。

なお、来月から本シリーズは 5 月 14 日（火）に必要なコアパイオーム（核心生態系）とは？（山崎康孝氏））、6 月 18 日（中）宇宙飛行士と宇宙船の接点から宇宙に生きる～有人火星探査の機軸～（矢野浩二氏））、7 月 9 日（木）木造、なぜ木造～どうなる木造人工衛星～？（村松信司氏））、8 月 2 日（土）宇宙居住のための人工重力施設研究（大野琢也氏））、9 月 3 日（月）そして火星での長期的活動に向けて（堀江貴文氏））と続きます。以下のサイトから申し込みを受け付けます。

<https://www.ync.ne.jp/osaka/manento/kouza/202304-18010304.htm>
（佐藤智子 記）

2023 年度 京カレッジリカレント教育プログラム特別講演 土井隆雄宇宙飛行士に聞く有人宇宙活動 開催報告

2023 年 4 月 22 日（土）キャンパスプラザ京都にて 2023 年度京カレッジリカレント教育プログラム特別講演が開催され、土井隆雄特任教授が講演を行いました。

第 1 部では、アメリカ、ロシア、中国を中心に世界中で行われた有人宇宙ミッションの歴史、日本で行われた有人宇宙活動に関しては初期の月利宇宙飛行士、若田宇宙飛行士、若田宇宙飛行士、土井宇宙飛行士の宇宙ミッションで宇宙ステーションの建設が始まったこと、2008 年以降第二期からは長期ミッションや若い宇宙飛行士が活躍していることなどについて講演されました。講師の経験した 2 回の宇宙飛行に関しては、スペースシャトルの着陸では、NASA は自動運転を使用せず、パイロットに手動で操縦させ、最後は人を信じるという NASA の姿勢が見れていることが説明され、会場からは驚きの声が上がりました。宇宙飛行士訓練を通して仲間同士の信頼、チームワークを構築し、国際協力として目標を共有し、活動する国や言葉や文化の壁を乗り越えて一緒に活動することができることを学んだとお話がありました。世界で初めて宇宙に行ったユリガリガーリンは、人間が宇宙で地上と同じように生活できるのか分からずに宇宙へ行きたが、それから 60 年経過後、私たちは宇宙空間でも生活できるとい



ことを経験したのでその説明がありました。

第 2 部では、京都大学で講義が行っている教育活動、「有人宇宙学」について、有人宇宙学とは、人間・植物・宇宙を繋ぐ学問で、今、私たちが地球で学んでいる学問は有人宇宙学の地球版であること、500 万年前に人類の祖先が森の中からサバンナに出て進化したのと同じように、地球から宇宙へ出ていくという流れは今、進化の分かれ道に在るのと同じことが説明されました。また、宇宙で恒久的に発展していくためには社会を作らなければならない、人間社会の宇宙での存在条件を見つけよう

という有人宇宙学の究極の目的であることが説明されました。有人宇宙学の意義においては、様々な異なる学術分野を融合し、宇宙に広がる可能性を社会形成をめざして探求していることも解説され、火星とタイタスでの生活をめざす夢を追求する研究チームなどが紹介されました。講演後は会場から多くの質問や感動の言葉が寄せられました。（佐藤智子 記）

SIC 有人宇宙学研究センター主催

JAXA 尾崎直哉准教授による宇宙軌道設計入門開催記

2023 年 4 月 21 日 22 日、JAXA の尾崎直哉准教授を迎えて、「宇宙軌道設計入門」を開催しました。本セミナーは、SIC 有人宇宙研究センターが主催している「宇宙居住研究会」木造人工衛星製作チーム（および、主催教員の担当 ILAS セミナー参加者や研究会の希望者の参加を募り開催し、11 名の学生が 2 日間の実習を行いました。

セミナーではまず、尾崎先生の軌道設計に携わられた実績の紹介から、特に世界初の超小型深宇宙探査衛星 PROCYON 製作からミッション成功に至る実績の経緯ははなれ、次に目的地的な軌道 (Orbit) と経路としての軌道 (Trajectory) の違いの理解、ツェルニコフスキのロケット方程式の理解から始まり、地球周回軌道、そして二体問題の計算を経て、これらの数式を Python によってコーディングすることで、数値シミュレーションおよび可視化の理解が進みました。特に Python の強力な微分方程式・行列ライブラリにより、通常では考えられないほどのスピードで計算の実装ができるようになりました。また、効率的に数値積分を得るためのスイングバイを利用するテクニックを学びました。

また講演 2 日目は、三体問題、ランペル問題、そしてマルチスイングバイの応用についても説明がありました。正はこれだけの内容を 2 日間で理解、というのはかなりのハードスケジュールではありましたが、参加した学生はそれぞれ今後の応用研究も進めたいという意気込みのある学生ばかりで、非常に楽しかったです。

幾々の手で深宇宙を探索する人工衛星を開発できる日が来るまでがんばりたいと思います。（山崎康孝 記）

「有人宇宙学—宇宙移住のための三つのコアコンセプト」

書籍出版について

SIC 有人宇宙研究センターでは、「有人宇宙学」そして、「コアパイオーム・コアテクノロジー・コアサステイナビリティ」、宇宙移住のための三つのコアコンセプトを基盤として様々な活動を展開しておりますが、それらをもとに書籍「有人宇宙学—宇宙移住のための三つのコアコンセプト」(山崎康孝 編)が、京都大学学術出版会から 7 月に出版されること正式に決定しました。

本書の執筆者として、SIC 有人宇宙研究センターの土井隆雄特任教授(有人宇宙学)、堀江貴文 S IC 特任教授(宇宙居住)、山崎直哉特任教授(宇宙航行)、大野琢也 SIC 特任教授(人工重力)、他、理学研究科村田直典准教授(宇宙森林)、理学研究科佐々木典孝助教(惑星科学)、宇宙工学科の田中昌弘特任教授(宇宙医療)、東京海洋大学の遠藤雅人准教授、慶応大学の青

木部千太郎教授(宇宙法)、JAXA の堀井雅人研究領域主幹(生命環境維持装置)、徳島大学の仁川健教授(宇宙食)の他多数の執筆により、三つのコアコンセプトそれぞれについて詳細な内容が記された、文字通り日本初の「宇宙移住」をコンセプトとした「教科書」です。また大学院生による宇宙に関する取り組みも盛り込まれています。書籍の申し込み用紙は 5 月中旬に用意されます（書籍の予定価格 2,900 円（税別））。

それと先立って、今年度も、大学コンソーシアム京都で連続講演「宇宙移住に向けた最先端技術と企業技術」が開催されますが、本連続講演では本書の内容を詳しく紹介した講演が催し実施されます（5 月 11 日まで申し込みが延長されています）

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



また、5 月 20-25 日に常設メッセで開催される日本地球惑星科学連合大会にて、SIC 有人宇宙研究センターは京都大学の他局との合同ブース「京都大学地球惑星科学連合」に出展いたしますが、同ブースでは同センターの活動紹介や模擬講義のほか、上記書籍の申込書を表示する予定です。また、同コンセプトを JpGU-AGU 合同セッション「Continental Oceanic Mutual Interaction - Planetary Scale Material Circulation」にて開催する予定です。

https://www.jpogu.org/meeting_j2023/sessionlist_jp/detail/A-0514.html
このように、SIC 有人宇宙研究センターでは、「有人宇宙学—宇宙移住のための三つのコアコンセプト」書籍を中核として、様々な活動を展開しております。（山崎康孝 記）

日時	内容	開催方法
5月14日(日) 13:00 - 14:30	大阪より文化センター マンタ 嵐島船展 presents 嵐島に住もう! Season3 講師 山根 卓也 通訳・火山島と島民のアパイルム(火山島生活)と島7 申込先: https://www.ymc.ne.jp/osaka/mananta/ksuzur202304-16010304.htm	受講料: 1 区 1,000 円 円-6 区 6,000 円 会費: 諸君等御都合 もしくはオンラインチケット
2023年度 春(あけ) カレッジカレッジ教育プログラム 後半プログラム / 15 講師 上原 陽児 通訳・宇留佐住むの島のアパイルムでマゼンタ 申込先: https://www.consortium.co.jp/project/sa/requirement	受講料: 5000 円 (前払プログラム) 定員 100 名 会場: オンライン	

※詳細は特設 Web ページ (<https://cage.unio.atnakyoku.org/new/>) で公開します。(注 横 登 子 氏)

COMM 班では 4 月 20 から 23 日の 4 日間、九州工業大学の電波暗室にてアンテナ特性評価を行いました。電波暗室は外部からの電磁波侵入を防ぐとともに電波吸収体を床や壁に敷き詰めることで、内部で発生した電磁波も吸収し宇宙空間を再現することがでる実験施設であり、今回は EM 構体を用いてアンテナ長決定試験、アンテナ放射指向性試験、通信感度試験を実施しました。



図1:電波暗室の様子

アンテナ長決定試験では、LignoSatに割り当てられた周波数において、アンテナのリターンロスを意味する S_{11} 値が基準値以下になるよう長めに用意したアンテナエレメントを切り進めています。アンテナ基板から伸ばした SMA ケーブルと VNA (ネットワークアナライザ) を接続し得たデータを以下に示します。

図 2: アンテナ長決定試験における S パラメータの結果

通信セキュリティ上、輻射は削除しておりますが割り当て周波数近傍で極小をとり基準値の-10dBを下回っていることがわかります。

アンテナ放射指向性試験では、LignoSat に搭載するダイポールアンテナの指向性が一般に知られる理想的なダイポールアンテナのパターンになるかを確認することを目的としています。標準アンテナにシグナルジェネレータを接続して電波を放射し、LignoSat が受信した信号を接続したスペクトルアナライザーで観察します。

このとき求めたい衛星のアンテナの利得 G_{ANT} の値は

$$G_{ANT} = P_{RX} - P_{TX} + L_1 + L_2 + L_{path} - G_L \quad (1)$$

で表されます。ここで P_{TX} はシグナルジェネレータの出力、 P_{RX} はメグワルアナライザでの受信、 L_1 はシグナルジェネレータからダイポールアンテナ間の消費、 L_2 は衛星とメグワルアナライザ間の消費、 L_{path} はダイポールアンテナから衛星までのロスです。

P_{RX} 以外は事前に求められる値であり

$$G_{\text{ANT}} = P_{\text{RX}} + (\text{定数}) \quad (2)$$

となるので、スペクトルアナライザの測定値から衛星のアンテナの利得を求める事ができます。以下に得られた水平面と垂直面のチャートを示します。図3では、線素なダイポールの8の字特性が出ていることが確認できます。

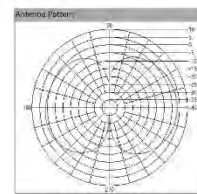


図 3: 水平面のチャート

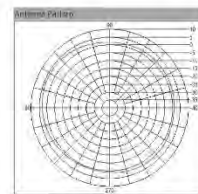


図4: 垂直面の指向性

-5-

通信系実証試験は、どのような機器や環境でも LignoSat が受信できるかを確証する試験です。地上局から LignoSat にアップリンクを送信し、LignoSat がアップリンクを受信できたことを 1 バックログのダウンリンクが地上局に向けて送信するようにセットアップしています。地上局でダウンリンクを受信できたことは、つまり LignoSat がその前のアップリンクを受信できたことを意味します。地上局とアップリンクに接続する電波を減らすためのアンテナを少し小さくしたりアップリンクの電圧を落としているが 10 回のアップリンクのうち 4 回ダウンリンクの受信に成功する電波の強さを探索します。地道な作業でしたが、BIRDS と比較して妥当な値を得ることができました。

今回の試験では上記 3 つのアンテナ特性評価を行いました。宇宙で得たいひずみをはじめとする各種データを受信したり、地球上で LignoSat に指令を打ち上げる上で通信系は必要不可欠であり、その確信性を確保とします。今回、九州工業大学の担当の方や各研究の協力者と LignoSat の通信系の性能を確認できたのは運用に向けた大きな一歩です。今後このデータをもとに FM のアンテナ作成などに活用してまいります。(野間隆彦 記)

1. はじめに
ポプラ育成実験 # 19 の結果を報告します。低圧区 (0.3 気圧) と対照区 (1.0 気圧) それぞれポプラ (*Populus alba*) としき苗 1 個体について 2 日間育苗実験を (3 月 20 日開始、4 月 2 日終了) 行いました。両区の苗で成長率に違いは認められませんでした。複数の測定項目では風味差の結果が得られました。

2. 光合成活性：クロロフィル蛍光のパラメータ F_v / F_m

クロロフィル蛍光について

光合成反応は葉緑体膜を構成するチクロイドとストロマで起こる連続した二つの反応系からなり、それぞれチクロイド反応（明反応）、ストロマ反応（暗反応）と呼ばれます。暗反応は光エネルギーを化学エネルギーに変換する電子伝達系、ATPとNADPHが生成されます。これが後者の光合成の二つ目の反応系であるエネルギーと電子を作用して機能します。植物体内で全ての光エネルギーが吸収され、上記エネルギーの約80～85%は植物エネルギーに蓄積（最大光量子収率、 F_v/F_m は0.80～0.83）しますが、植物が何らかのストレス（水不足、病気など）を受けると、この値が低下します。本実験ではこのラメータを測定することで、低光が植物の光合成に与えるストレス要因が分かると想定しました。

結果：低圧区、対照区とも F_v / F_m は 0.81 前後で両区の間で差は認められなかったことから、0.3 気圧の低圧は光合成にとってストレスではないだろうと考えられます。

3. LMA (葉の乾燥重量/葉面積)

LMA は植物成長の主役である葉（光合成器官）の重要な特性であり、植物の生存戦略によっ

て重要な指標です。一般に水不足で生育した植物ではこの値が大きくなります。

結果：0.3 気圧下で生育したポプラの葉の LMA は対照区のそれより大きくなりました。

4. T/R比

T/R 比は植物の地上部乾燥重量/地下部乾燥重量の比を表します。一般に植物は水不足下で生育すると T/R 比は小さくなります（相対的に地下部が多くなる）。これは、葉で作った光合成産物を葉や幹などの地上部の成長よりも地下部の根の成長に多くを配分し、よりたくさん水を吸収することを優先する乾燥に対する適応戦略と考えられています。

結果：0.3気圧下で生育したポノラのT/R比は対照区のそれより小さくなりました。

5. おわりに

3, 4の結果は、0.3気圧下で育ったポプラのLMAとT/R比は乾燥等水不足下で生育する植物に見られる反応と類似していました。水耕栽培で育成したポプラでも水不足の状態だったのが、あるいは低圧で自己体、または低圧が根の吸収要因を変化させることで、植物の形態形成に影響を及ぼしたのか、原因はよく分かっていません。

本研究で使用している実験装置の正式名称は以下のとおりとします：

低圧下樹木育成実験装置 Low Pressure Tree Growth Experiment Apparatus (LPTGEA)
(池田武文 記)

研究紹介

LignoSat のミッション系開発の現状と展望
MISSION 班 伊藤駿治

1. LignoSat ミッションの全体像

木造人工衛星開発学生チームでは、半宙での木材利用の可能性を探究するとともに、半宙の複合的な環境因子が木材へ及ぼす影響を調査することを目的として、木造人工衛星 UignoSat を開発している。メインミッションとして掲げているのは、①木造構体内部の木材の経時測定、②木造構体内壁の多点温度計測、③地熱気測定、④人工衛星内部の Single-Event Upset のカウント、⑤独自の双方対向型無線通信サービス の 5 つです。ここでは①～③について説明します。

2. 各ミッションの内容

(1) ひずみ測定

すはひずみ測定ミッションについてです。図1に示したような二軸ひずみゲージを衛星の-X_z-Y_z-Z_z面に貼り付け、1分当たり1回の測定を1年で行います。この測定結果から、宇宙での木材の熱膨張率を推定するとともに、地上での熱リサイクル試験の結果などと比較して、宇宙環境因子が木材に及ぼす影響について調査します。



図1 2軸ひずみゲージ (東京測器株式会社製)



図2 LignoSat 衛星機体

ひずみと温度データから熱膨張率の推定は本当に可能なかを調べるため、ひずみゲージを張り付けたポプラ木試料と温度センサを温度制御チャンバーに置き、宇宙環境を想定して-40℃から50℃までの範囲で1分あたり2℃ずつ温度を上昇させ、ひずみの変化を計測しました。下の図3に示したのが温度とひずみのグラフです。このように温度の上昇に伴ってひずみの値が一樣に増加しており、温度変化による木材のひずみもしっかりと測定できていることがわかります。

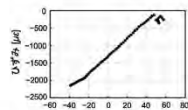


図3 温度と木材縦直方向のひずみの関係

図4は-39℃～52℃の範囲において、5分間の温度のひずみの関係から熱膨張率を求めたもので、その平均値は $1.95 \times 10^{-5} \sim 5/K$ となりました。この値は、ポプラ木と組織構造が似ている Yellow-poplar の縦直方向の熱膨張率 $2.78 \times 10^{-5}/K$ と近い値となっており、宇宙空間においてひずみゲージを使った熱膨張率の推定は可能であると考えられます。

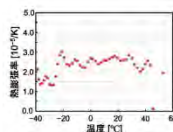


図4 温度と熱膨張率の関係

(2) 温度計測

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の表面温度を計測する必要があります。そのため、ひずみ測定面 2 面に温度センサを張り付けるほか、5 つある太陽電池パネル用基板上やアンテナ展開機構の内側、バッテリーなどの近傍に計 11 個の温度センサを用いて、衛星内部の温度分布とその時間変化をモニタリングします。センサを直接木造構体に貼り付けるため、センサを搭載した温度センサ基板を設計しました。センサ単体では木材との接触面積が小さいため、温度センサ基板によって接触部分の表面積を広げ、宇宙実機のある絶縁性接着剤で木材と接着しています。

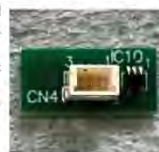


図5 温度センサ基板

(3) 地磁気測定

LignoSat1 号機が搭載しているアンテナは、衛星運用まで折りたたまれており、ISS からの放出後に固定用のひもを抜き切ることで展開されるという仕組みになっています。この方式の問題点としては、アンテナの展開不備があった際に衛星との通信ができなくなってしまうことが挙げられます。そこで、木材の磁気透過率が高いことを利用し、LignoSat2 号機では衛星の内部に搭載できるリチウムアンテナの運用を予定しています。ところがリチウムアンテナは指向性が強く、その適用のために衛星の姿勢制御が不可欠です。したがって、木造構体の磁気透過率を推定し、金銭交換の場合と比較することで、パッチアンテナ搭載に向けて地磁気による姿勢制御系の導入の可能性を調べることをこのセッションの目標としています。

地磁気センサについては、現在測定精度を保证するための校正試験を行っている段階であり、今までに基板単体での精度評価を終えました。これは、外部磁場を除いた状態でセンサに一定の磁場を与え続けて絶対値を補正する試験、特定方向に磁場の値を連続的に変化させた際の測定値の連続性と線形性を確かめる試験、磁場を固定し向きを円形に変化させて値の連続性を見る試験の 3 つから構成されています。例として以下に絶対値の補正の様子を示します。解析した結果、絶対値の誤差は 1% 以下に収まっていることが確認され、センサの正確性が保証されました。

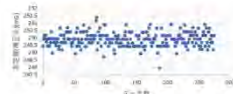
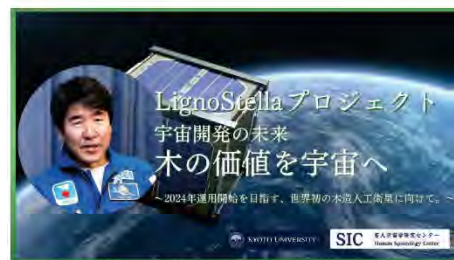


図6 センサ Y 軸方向に +250[mG] の磁場をかけたときの磁場の値

3. 今後の展望

最後に、今後の展望についてです。ひずみ計測に関しては、今後ミッションボード ver2 を作成し、ノイズ除去フィルターの搭載などを行う予定です。温度計測については、熱真空試験による温度センサの精度の評価とその補正、地磁気測定についてはセンサの感度軸のずれの補正や、衛星内部の基板や通信などの影響によるノイズの補正などを予定しています。

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター
<https://space.innovationkyoto.org/>
 〒606-8501 京都市左京区南出町 芦田キャンパス本館 4 階 総合研究 16 号館 206 号室
 編集人：宇宙木材料研究室 三木 孝典 京都府大 山内 裕太
 Tel & Fax: 075-753-5129 Email: spacewood@mail2.edm.kyoto-u.ac.jp
 SIC 有人宇宙学研究センター Newsletter No.17
 2023 年 5 月 1 日発行



目標金額 650万円 2023年 5月31日(水)まで

京都大学宇宙木材料研究室がクラウドファンディング挑戦中ノ
 ～宇宙から戻り、今挑戦する夢のつづき。～

宇宙で木を活用する挑戦に、ご寄付をよろしくお願いいたします。

※本プロジェクトは、京都大学が主催するクラウドファンディング活動の一環として実施されています。

京都大学大学院 総合宇宙学専攻 SIC 有人宇宙学研究センター 土井 雅彦です。私は、1997年スペースシャトル「コロンビア号」に搭乗し、日本人として初めての海外滞在を行いました。また、2009年スペースシャトル「エンタープライズ」に搭乗し、日本民間飛行士として宇宙ステーションに滞在しました。

その後、宇宙に関する様々な活動を経て2016年4月より京都大学宇宙航空学研究所ユニット、2020年4月より京都大学宇宙航空学研究所にて、宇宙開発に関する研究に携わっています。

宇宙開発が進む中で、宇宙環境への配慮は、私たちの課題です。見えにくいですが、これまでなかった人工衛星の廃棄が宇宙に浮遊し、深刻な問題につながる可能性があります。

そこで宇宙環境に配慮しつつも、開発をより進める手段として木を活用した人工衛星の開発を行っています。この研究が実現すれば、多くの研究が宇宙環境の配慮と共に宇宙開発をより発展させることができると思っています。

私たちは、より多くの人が宇宙と関わる機会をつくるため、これらも宇宙と関わり続けられる環境をつくるために、宇宙での木活用開発を「挑戦する、LignoStella」プロジェクトと称しています。

研究の次のステップ、2024年以降の未来人工衛星打ち上げに向けて、ご寄付を頂けますと幸いです。



【お問い合わせ先】京都大学宇宙木材料研究室 Email: spacewood@mail2.edm.kyoto-u.ac.jp TEL: 075-753-5129

参考資料 8-3 Spaceology Newsletter: 2023 年 6 月号

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2023 年 6 月号 No.18

日本地球惑星科学連合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会(AGU)共催の共同セッション「陸域海洋相互作用—惑星スケールの物質輸送」(山敷開亮(京都大学)、Behera Swadhin (JAMSTEC)、佐々木真哉(京都大学) 井本幸夫(東京大学))が、2023 年 5 月 24 日、第 2 回セッションが開催された。本セッションは日本海洋学会と水文水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」を掲げた二度目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/GSFC) が、「Magnetic Lives of Young Solar-Like Stars and The Impact of Exoplanets」と題して、スーパーフレアが高頻度で発生する若い太陽型星の状況がどのように実際の太陽型星に影響を及ぼすかについて発表があった。次に山敷 開亮氏が惑星移住に関する三つの「移住コンセンサス—コアバイオーム、コアテクノロジー、コアレジリエンス」について、宇宙移住との関連にて解説を行なった。続いて、宇宙航空研究開発機構(JAXA)の役所 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(ECLSS)についての解説を行なった。続いて、京都大学の市村 真一氏が「ANALYSIS OF THE LIFE SUPPORT SYSTEM AND QUALITY OF LIFE ELEMENTS OF THE CURRENT HUMAN SPACE EXPLORATION」と題して、宇宙空間の物質輸送について、特に QOL のサイクルの現状を解析した発表を行なった。前半最後には、JAXA の古川 真氏氏が「地球-月面および火星における太陽系小天体の衝突リスク」と題して、地球に比べて特に火星は軌道を交差し、かつ接近する小惑星の数が圧倒的に多いことを示した。

-1-

後半のセッションでは、Biosphere 2 の John Adams 氏による「What we are learning from Biosphere 2 about Biosphere and beyond」についての講演があり、Biosphere 2 の歴史と今後に紹介があった。次に遠藤雅人氏(東京海洋大学)による宇宙海洋では、テラピアを中心とした宇宙探査の研究成果から水産生物の星間輸送の可能性と課題について示された。次に高澤泰正氏による「Ocean state forecasting toward the digital twin of the ocean」では、JCOPE における時間軸も含めた 4 次元データ同化を述べ、それによって黒潮の軌跡をより性格に表現可能発展的なデータ同化する技術について述べられた。



さらに、IIT の Roma Varghese 氏より、「The linkage between photosynthetic CO2 assimilation rates in monsoon Asia and hydroclimate anomalies」と題した研究発表にて地球上の地表プロセスと海洋気候を関連した発表を行なった。次に Behera Swadhin (JAMSTEC) による、「Climate link to heatwaves over Japan」では日本の熱波と遠隔地の SST や他の項目に関するテレコネクションを総括した発表があった。最後に、山本 駿(京都大学)による、「京都盆地の埋地地質でデルタ域地下水流動・熱輸送解析」と題した地下水と熱輸送に関する発表があった。

その後、バスターセッションにて、植村 啓香氏は、「小惑星バスターにおける人工的な生存圏の構築」について発表を行ない、小惑星バスターに人工重力施設をついて生活圏を構築する構想について述べた。次に新原 有希氏は、「How to establish Core-society in the Space」と題して、月面上での社会を構築するための問題を法的観点から述べた。また、藤井 咲花氏は、「水を用いた月面構造物における宇宙放射線の適応に関する研究」と題して、月面上でのさまざまな材料による放射線遮蔽効果実験について述べた。さらに三木 健司氏は、「Dynamics of pollen-generating environment determined by flowering synchrony」と題して花粉環境のダイナミクスに関する研究を紹介した。セッションには、NASA/GSFC からの若手研究者や、民間宇宙飛行士の稲波 氏、その他さまざまな分野の人々が参加し、活発な議論が行われ、宇宙移住のために地球の環境要素をどのように持参するかについても検討が進んだ。SIC 有人宇宙学研究センターは、今年度から JpGU 会場に、京都大学地球惑星科学連合として、理学研究科地球惑星科学専攻、人間環境学研究所、防災研究所、総合

-2-

生存宇宙とともブースを出展し、VR 展示などにも在友林業・鹿島建設・DMG 森精機との共同研究ブースにて紹介。さらに LignoSat クラウドファンディングや書籍「有人宇宙—宇宙移住の 3 つのコアコンセプト」を紹介するなど、大変盛況であった。



(山敷開亮 記)

宇宙木材研究室学生チーム新メンバー紹介 —全体/MISSION 班—

宇宙木材研究室では 2023 年度の新メンバーの募集が行われました。今年は体育会の部活動やサークルのように大々的に新入生募集を行い、そのなかから道客を経て新メンバーを確定しました。そして木造人工衛星 LignoSat の開発には 13 人の新メンバーが入りました。

5 月 21 日に顔合わせ会を行い、そこで各々が自己紹介を通してチームとしての結束を高めました。新メンバーには基本的に LignoSat2 号機の設計にかかわってもらえるため初号機のフライトモデル設計段階で様々なことを吸収してもらいたいと思います。

新メンバーの活動としてはまずヘブタラットという衛星を組み立ててもらいます。これは衛星全体の構造を理解するために必要で、LignoSat の構造にも通じる点が多々あります。人工衛星のシステムとして電源供給・通信、コンピュータ制御などが分かりますが、そのつながりを全体像として把握しておくことで今後の衛星開発において活発な連携が容易になり、今後の活動で非常に有効になります。それに加え、アマチュア無線 3 級の取得も行ってもらいます。この資格を有していなければ LignoSat の運用にかかわることができないため、かなり重要な活動になります。今後こうした細かい活動に関しては京大宇宙木材プロジェクトの Twitter に掲載していきますので@spaceKilwood のフォローもよろしくお願いします。

また今回から新メンバー紹介を行ってほしいと思います。まずは私が班長を務める MISSION 班から行います。MISSION 班には工学部地球工学科 2 回生の元井俊介君と工学部工業化学科 1 回生の

-3-

の水野愛理さんが入ってくれました。元井君は地磁気などに非常に詳しく、MISSION 班では LignoSat の地磁気測定なども行うので大きな活躍が期待です。元井君には現時点で地磁気測定や温度測定などを行う RAB 基板にかかわってもらう予定です。また水野さんは 1 回生であるためこれから専門知識を得ていく段階ではありますが、現時点でも仕事の確認を自ら行うなど非常に意欲があるため、これからの活躍に期待です。そして水野さんにはひびみ測定などを行う MISSION 基板を担当してもらう予定です。まずは前述のヘブタラットの製作やアマチュア無線 3 級の勉強に励んで LignoSat 基板設計書の読み込みを行ってもらいます。その後各メンバーが担当する実験や設計などに参加してもらい、MISSION 班としての専門知識をつけもらう予定です。また今年の MISSION 班は全員がすべての仕事をある程度できるようにするという方針を掲げています。これを実現するためにすべての実験などにできる限り参加できるように環境を整え、お互いにフォローしあえるような MISSION 班にしていきたいと考えています。

(豊西 悠太 記)

岡山大学惑星物質研究所への ExBAS 試験体輸送

昨年度宇宙探査試験が終了した木材試験体 (ExBAS 試験体) を、5 月 18 日 19 日に総合生存学館が協定を締結している岡山大学惑星物質研究所に輸送しました。京都大学からは農学研究所 村田功二准教授、宇宙ユニット 辻廣智子氏、農学研究所森林科学専攻 生物材料設計学研究室の大学院生 2 名が参加しました。

惑星物質研究所に到着後、まず ExBAS 試験体の目的ならびに現時点での経過を研究所の方々に紹介しました。その後今後の解析の方針や研究の展望について議論が交わされました。世界初の宇宙木材試験体の分析に留めり上がりを見せていました。



図 1. ExBAS 試験体輸送



図 2. 中村特任教授に研究所を案内してもらいました。

打ち合わせが終了した後、同研究所の中村 三特任教授に研究所内を案内いただきました。最近では小惑星「リュウグウ」にてアミノ酸の存在を発見した研究所であり、素晴らしい実験装置の数々を見学させていただきました。これらの装置も ExBAS 試験体の解析に使用させていただきます。また京都大学から輸送してきた ExBAS 試験体の引き渡しを行いました。

-4-

夕方からは同研究所の教員ならびに学生の方々に歓迎パーティーを開催していただきました。研究所の学生には留学生が多く、日本語よりも英語が飛び交うパーティーでした。BBQ やお寿司など「厚いおもてなし」をしていただき大変良い時間となりました。



図 3. リークウェアのサンプル検査



図 4. EXBAS 試験体の引き出し



図 5. 歓迎パーティー



図 6. BBQ もある楽しい夕食会



図 7. 2 日目の打ち合わせ



図 8. 研究所正面にて記念撮影

(三本勇典 記)

- 9 -

鹿島建設 presents 火星に住もう！SEASON3 講演報告

SIC 有人宇宙研究センターとよみづカルチャー OSAKA の連携講座「火星に住もう！ Season3」(全 6 回) は 5 月 14 日、第 2 回「火星に必要なコアパイローム(核心生態学)とは?」が読売新聞ビル(京都市中京区)で開かれ、SIC 有人宇宙研究センター長の山敷廣亮・京都大学大学院総合生命学館教授が登壇した。

山敷教授は、「火星は人類にとってサステイナブル・マザー・プラネットになるか」と問題提起。火星に液体の水を存在させ、一定の大気を保つために、NASA では火星に磁気フィールドを作り、温室効果による温暖化を行う計画を立案していることを紹介した。

そのうえで、他の惑星に移住する際、地球の生態系の一部を持っていくことが「コアパイローム」の発想であり、宇宙放射線や微小重力の問題を技術の力で解決する「コアテクノロジー」、あらかじめ社会のルールを決めておく「コアリイティ」の 3 つのコンセプトがないと人類は生存できないと指摘。火星に持ち込む生態系のあり方や、惑星間の移動手段となる「超河鉄道」構想について、動画を交えて解説した。

オンライン視聴を含め、京都市立堀川高校の生徒など約 40 人が受講した。次回の講座は 6 月 18 日(13:00~14:30、読売新聞ビル)。「宇宙飛行士を宇宙線被ばくから適切に守る〜有人火星探査の被ばくリスクはどのくらい?〜」をテーマに日本原子力研究開発機構研究フェローの佐藤彦彦氏が講師を務める。申し込みはよみづカルチャー OSAKA の HP(<https://www.yomi.co.jp/osaka/m3/season3/>)から。



(記事、写真：読売新聞社 冬木氏提供)

低圧下樹木育成プロジェクト紹介

樹木育成チームはこれまで 20 回にわたって低圧下ボンプ育成実験を行ってきましたが、これらの結果から、育成チャンバー内が低圧条件であるほどボンプの LMA (Leaf Mass per Area, 葉の重量/葉面積) が大きくなる傾向があることがわかりました。このような差異が生じる原因を考えるにあたって、まず植物界全体においての LMA の変動が起る理由を理解するため、学生チームでは LMA に関する先行研究をまとめた地図 (Hendrik Poorter, Ulo Niinemets, Lourens Poorter, Ian J.

- 6 -

Wright and Rafael Villar Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis New Phytologist 182: 565-568, 2009) を取り上げて学習しました。

この総説は、LMA に関する既報の幅広い研究論文のデータを集め、メタ解析した結果を示したものです。水生、シダ類、落葉樹、多肉植物など様々な機能群に属する様々な生態地の植物種について、まず野外で観察された植物の LMA のばらつきについて、またこれらの固有のばらつきが機能群間で観察された違いをどの程度説明できるのか分析しています。ここから、自然界の植物において LMA は種により 100 倍以上の差があり、この変動は、機能群間の差異として一貫して説明できます(常緑樹種の LMA が最も高い)が、ほとんどの機能群またはバイオーム内での変動であることが述べられています。また、葉の解剖学的特徴や化学組成の観点からも LMA のばらつきを分析しています。制御された同じ環境で栽培した場合、多肉植物や常緑樹、多年草、または成長の遅い種で木質的に LMA が高くなりますが、例えば常緑樹と落葉樹での LMA の違いは、解剖学的には、常緑樹で葉の面積あたりの体積(葉の厚み)が大きいことに起因していました。制御された条件下での実験から作成された応答曲線によると、LMA は特定の環境要因によっては強固あるいは中程度に変化し、その他の条件ではほとんど変化せず、これらの条件下での LMA の可塑性は、機能グループによって異なりました。LMA の生理的な制御については情報が限られていてまだ解明されていませんが、LMA とそれに関連する一連の形質の変異がもたらす生態学的な影響は強く、環境における種の適合性を決定する重要な要因で、様々な生態系プロセスに影響を与えると考えられています。

低圧下ボンプ育成実験に関連させれば、上記のような観点の中で、まずは LMA の変化に影響を与える環境要因という観点から本実験の結果を捉えることは重要と考えられます。LMA と 12 の環境要因との関係(図)から、12 の環境要因のうち 4 つの環境要因が LMA との間に関係が見られることが分かります。つまり日積算光放射強度(DPI)、CO₂濃度、水の利用可能割合、気漏です。この総説ならびにこれ以後の論文で低圧、低重力(微小重力)と LMA の関係を調べた研究はありません。このボンプ育成実験は低圧条件の LMA への影響に関して初めての知見を提供することになるでしょう。

(遠藤新祐・北田武 記)

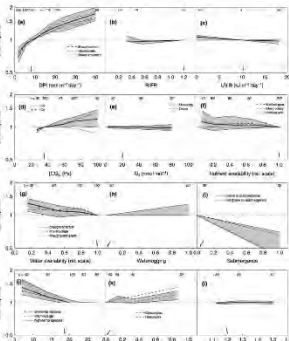


図 9. 様々な環境条件下で栽培した植物の LMA の応答の特徴

- 7 -

LignoSat 紹介 超小型木造人工衛星の開発と今後の展望 工学部電気電子工学科 4 回生 LignoSat 学生リーダー 菊川祐樹

超小型木造人工衛星(LignoSat)とは、学生によって開発が進められている、人工衛星/システムにおける構体系を完全に木質化することを標榜した世界初の衛星開発プロジェクトです。木材の主成分は炭素・水素・酸素からなる天然高分子であり、人工衛星再入時に有害な金属酸化物の粒子を発生させないため、宇宙・成層圏・海洋の汚染防止に繋がる次世代の宇宙開発資源であると考えられます。また、広い温度範囲において物性が非常に安定しているといった特徴や、電磁波を遮蔽しないといった物理的性質から、木材は宇宙という極限環境下で運用される人工衛星のシステム構築に関する新たな可能性を切り拓く材料であると考えられます。

本研究開発は、5 つのグループ(構体系、電源系、通信系、コマンド&データ処理系、ミッション系)により構成された学生開発チームを中心として展開されており、木材を人工衛星の構造材料として成立させるための様々な技術的課題の解決に日々取り組んでいます。以下各組の開発担当です。

コマンド&データ処理系を担当する CDH 班では、衛星内のデータ通信/管理システムを設計し、各電子基板及びソフトウェアの開発を行います。各組の開発内容が衛星全体の仕様要求に合致するように電気的な調整を行うため、衛星開発の全体管理も行います。電源系を担当する EPS 班では、内部のバッテリーや太陽パネル、及び電源系に関連する各種基板の開発を担当しています。バッテリーのスクリーニング試験や、太陽パネルの衛星表面への貼り付け作業も行なっています。通信系を担当する COMM 班では、衛星-地上間の通信システム開発を行っています。通信アンテナやそれに関する LignoSat 基板、使用するアマチュア無線周波数帯の国際調整、地上通信局の整備などを行なっています。ミッション系を担当する MISSION 班では、木造構体のひずみ測定、衛星内部の温度測定及び地磁気測定システムの開発を行っています。特に、宇宙での木材使用時のひずみデータ測定は、世界初の試みとなります。構体系を担当する STRUC 班は、主に木造構体を含む各種コンポーネントの設計開発を担当し、3D モデルや設計図面作成を行っています。また、組立手順の考案や構体の構造解析・評価を担当します。

これら 5 班を中心とし、宇宙が木材に及ぼす物理化学的影響を木造人工衛星という手段で明らかにし、衛星の打ち上げのために各種試験を行います。3 月には EM を使用した熱真空試験を九州工業大学にて実施し、無事木材の熱耐性、基板の動作正常性を確認しました。図 1 がその時の様子と得られた熱応答のグラフです。宇宙の温度変化に対して十分な保熱性と冷却性を持っており、宇宙環境下でも木材が構体として使えることに加え、衛星としての機能も正常に動作することがこの試験により証明されました。



図 1. 学生開発チーム

- 8 -

