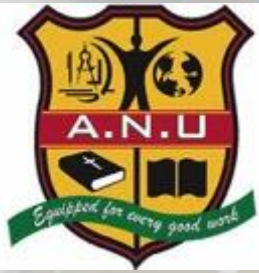


Joint Global Multi-Nation Birds (JGMNB) BIRDS Project

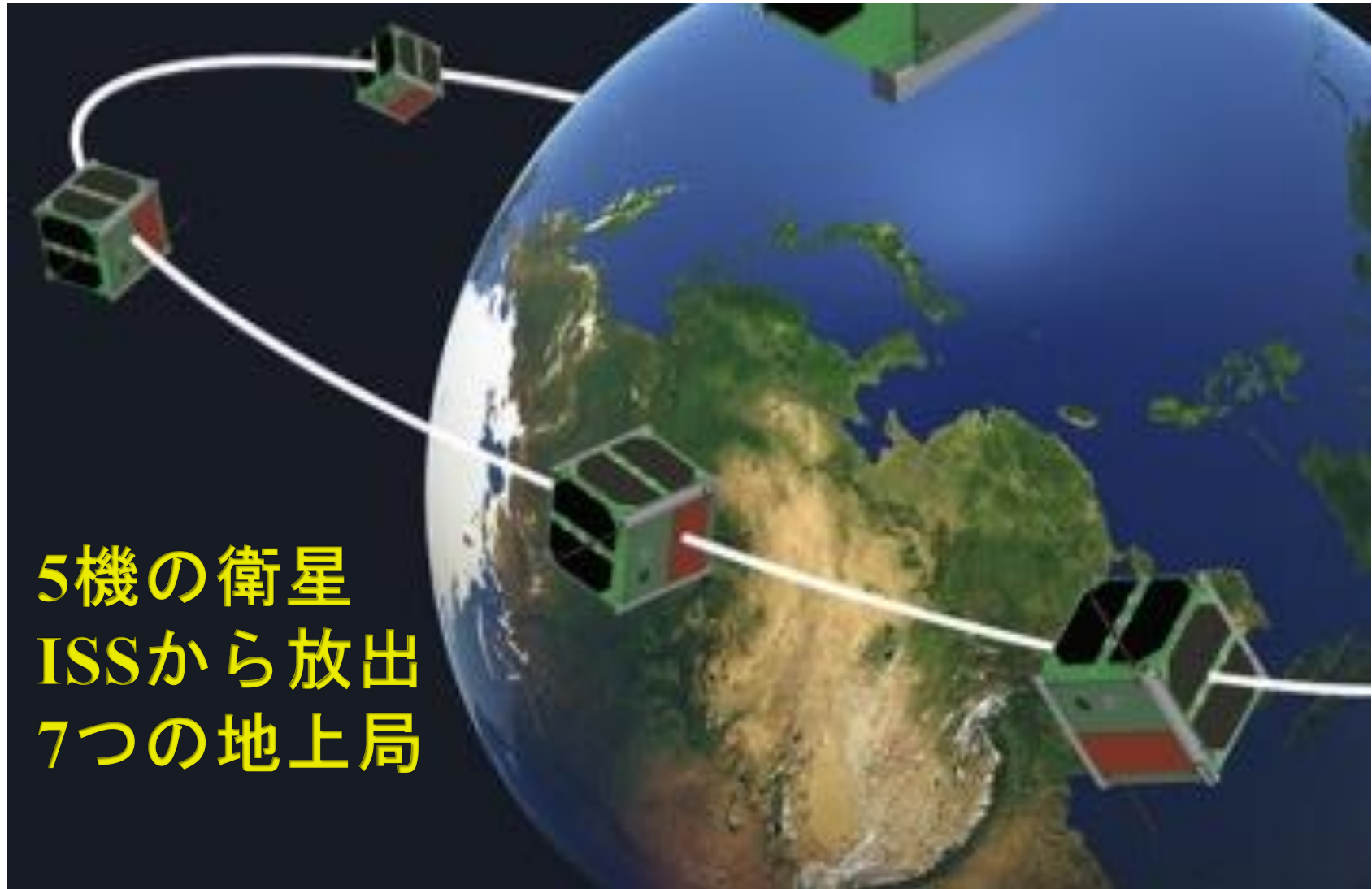
九州工業大学
先端機能システム工学専攻
修士1年 中村 直樹



目次

- プロジェクト概要
- BIRDS衛星概要
- 5機の組み立て

BIRDS コンステレーション

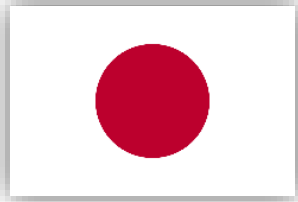


5機の衛星
ISSから放出
7つの地上局

BIRDS Project

Joint Global Multi-Nation Birds (JGMNB)
“*BIRDS Project*”

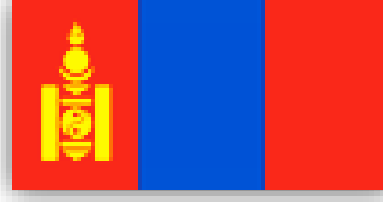
JAPAN



GHANA



MONGOLIA



NIGERIA



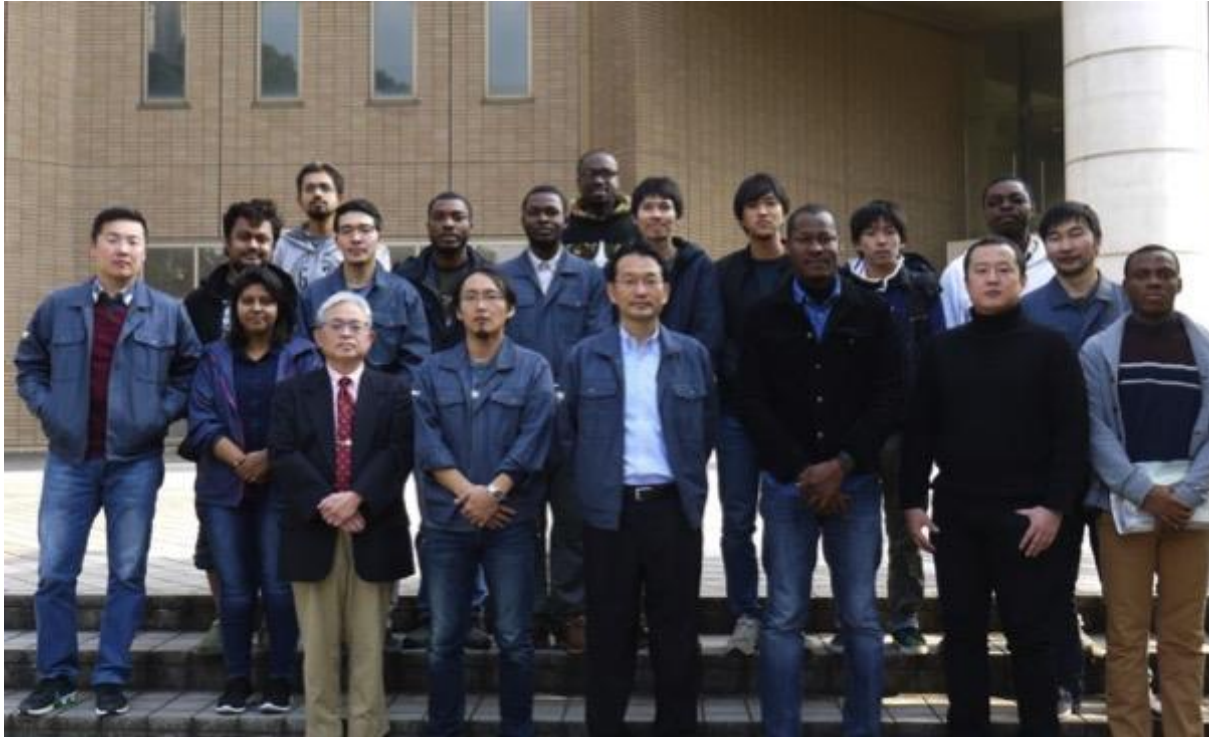
BANGLADESH



プロジェクトのメインミッション

国家第1号となる衛星の開発と運用の成功と同時に
それぞれの国に宇宙プログラムが根付かせる事

プロジェクトの概要



- 5機の衛星を開発
- 6カ国から15人
- 開発と運用は2年
(2015年10月開始)

- Bangladesh
- Mongolia
- Ghana
- Nigeria
- Japan
- Thailand

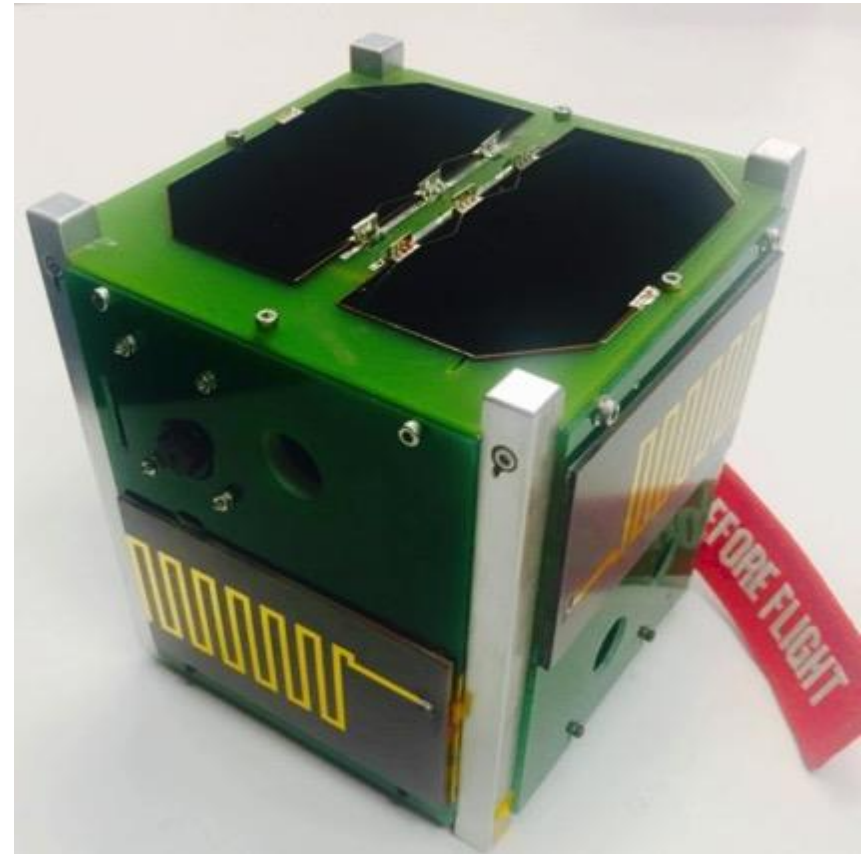
プロジェクトを通じ実証する事

- 衛星開発の経験がない学生でも設計から適切な設計と計画により、衛星の開発から運用まで成功できるという事
- 国際的な運用を通して、コンステレーションの価値を確立する事
- 新興国、発展途上国の大学の限られた予算でも、宇宙プロジェクトを始める事ができ、それをその国に根付かせる事が出来ること
- 競争がスケジュールの短縮と質の向上につながる事
- コンステレーションの運用に関してたたき台となる経験の獲得
 - ここで得た経験を次に生かす（さらに大きい衛星でコンステレーションを作るなど・・・）ための実用的複数の衛星を同時に運用する方法

衛星について

Specifications

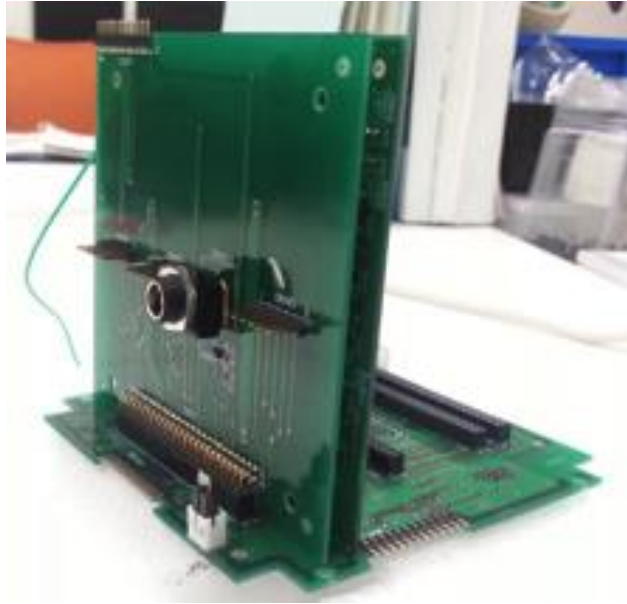
- ❑ 1U、ISSから放出
- ❑ UHF（展開アンテナ） UHFとVHF（パッチアンテナ）
- ❑ UHF送信機(9600bps & 1200bps) VHF帯受信機
- ❑ Ni-MH 電池（3直2並列）
9個の太陽電池
- ❑ 永久磁石による受動的姿勢制御
- ❑ EMは1機、FMは5機
- ❑ PCB基板の外表面パネル



EMの外観

衛星について

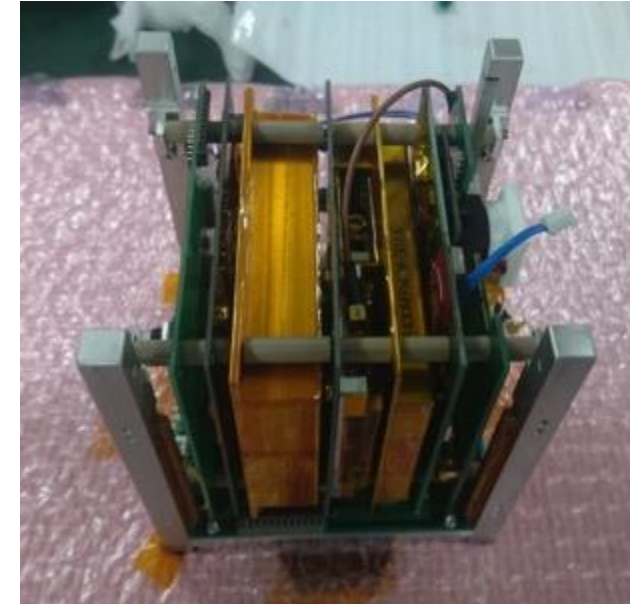
底面基板とOBCアクセス基板



底面基板と主構体



主構体と全ての基板



- ◆ 同じ設計の1U衛星を5機製作
- ◆ 同じ周波数を共有(UHF/VHF).
- ◆ 内部のケーブルの数を最小化する設計 (UWE-3を参照)
- ◆ PCB基板5枚、バッテリー、通信機
- ◆ 主構体に磁石を貼り付け

衛星のミッション

◎ 参加する各国をその上空から撮影 (CAM)

2つのカメラを使用 (SCAMP at 0.3MP, OV5642 at 5MP).



◎ デジシンガー (SNG)

通信機と衛星間音声データを交換 (UHF帯)



◎ シングルイベントラッチアップの計測 (SEL)

マイコンのログを計測する事で一定時間あるリセットを計測する。



地上局側で行うミッション

◎ GPSを持たない衛星の正確な位置の特定(POS)

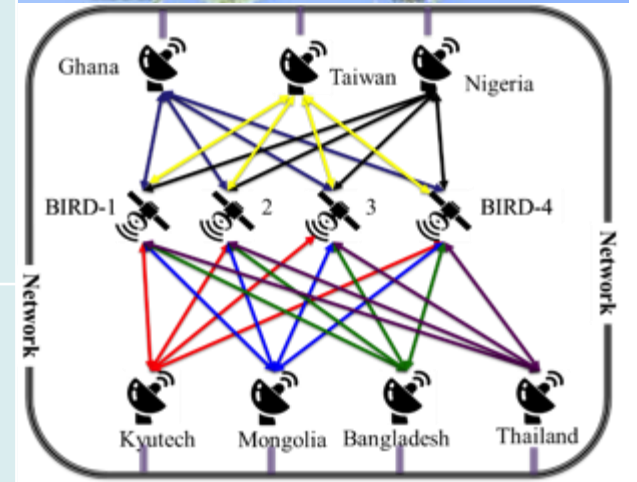
複数の地上局との通信のタイムラグを解析する事により衛星の正確な位置の特定



◎ 大気密度測定(ATM)

衛星の正確な位置から大気密度を測定.

◎ 複数衛星運用のための地上局ネットワークの実証



地上局ネットワーク



<http://map.google.com>

- ◎ 7 地上局.
- ◎ 同じ周波数 (VHF/UHF).
- ◎ それぞれの地上局はインターネットで接続.
- ◎ GPS時計で時間を同期

運用方法

□ 世界中7箇所の地上局による運用

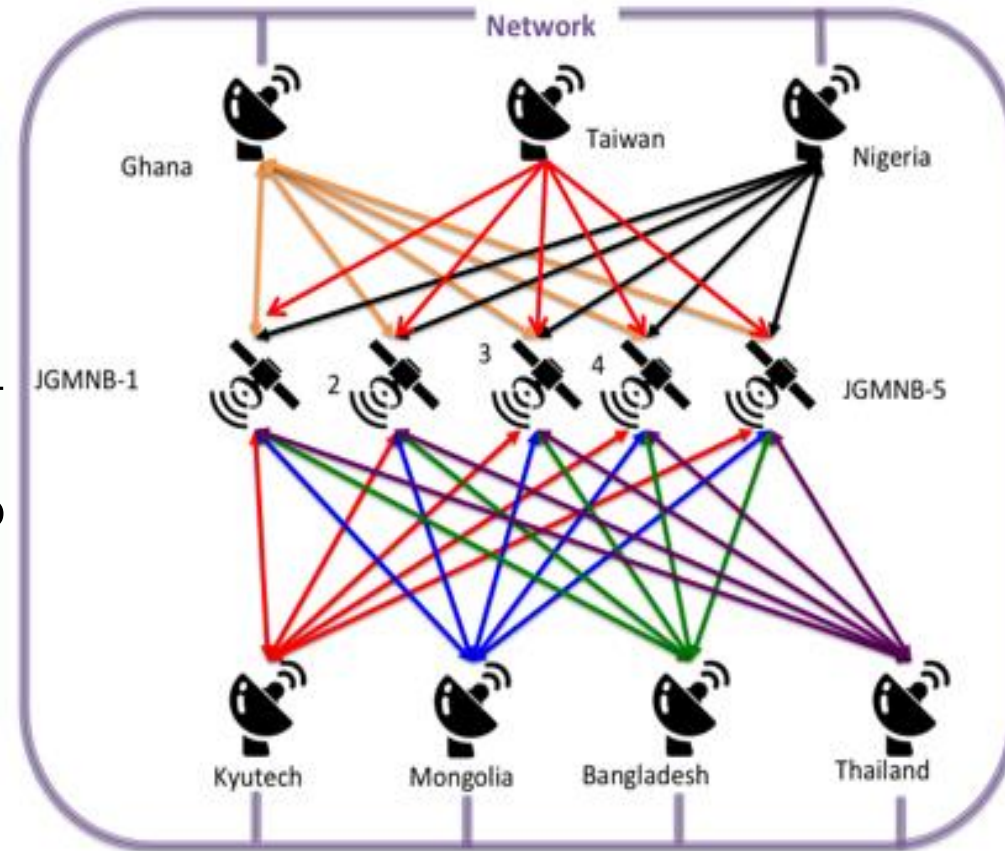
- インターネットにつながっていて、GPS時計で同期している

□ 全衛星は同じソフトウェアを共有している

- 7カ国が同じ方法で衛星と交信出来る
- 1日に10機以上の衛星と通信する

□ 衛星運用計画の調整

- 衛星AがB国の撮影, 衛星BがA国の撮影
- Aが撮った写真を複数地上局でダウンロード



開発の流れ

月 項目	2016												2017			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
設計	■	■	■													
PDR			■													
EM1製作				■	■	■										
試験						■										
CDR							■	■	■	■	■					
EM2製作								■	■	■	■	■				
試験											■					
FM製作												■				
試験												■	■			
安全審査													■	■		

FMの製作・試験：1ヶ月
短期間で5機の組み立て

FM組み立て

15人全員での組み立て→未経験者によるヒューマンエラーを防ぐ

組み立てについて

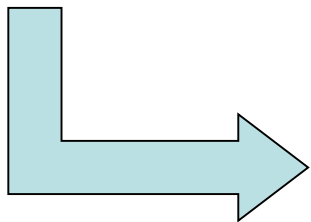
12月初旬～1月中盤（1ヶ月）

3人ずつ5チームにわかれる

それぞれの国でチームを構成、それぞれで組み立てを行う

組み立ての方法、ルール

- 5機を同時に組み立てる
- 品質管理担当：2人
- 担当者がそれぞれ手順書を作成、全チームが所有
- 組み立て開始前、終了後に全員でミーティング



実際には多数のヒューマンエラーが複数起きてしまった

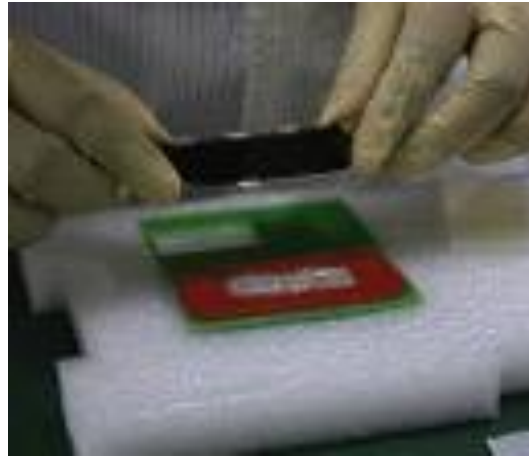
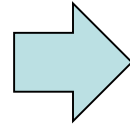
FM製作スケジュール

月	12月		1月				2月	
週	3	4	1	2	3	4	1	2
チームJ	組み立て		振動・熱真空		機能試験			安全審査
チームG			構造修理	電流センサ故障	基板交換 振動試験	組み立てミス	再度組み立て	
チームM			振動・熱真空		機能試験			
チームN			振動・熱真空		機能試験			
チームB			振動・熱真空		機能試験			

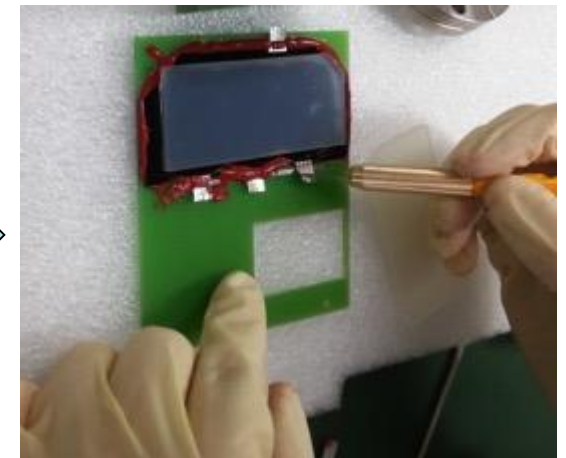
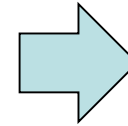
太陽電池貼り付け



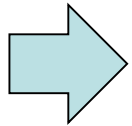
RTV塗り付け



太陽電池貼り付け



外に出たRTVを除去

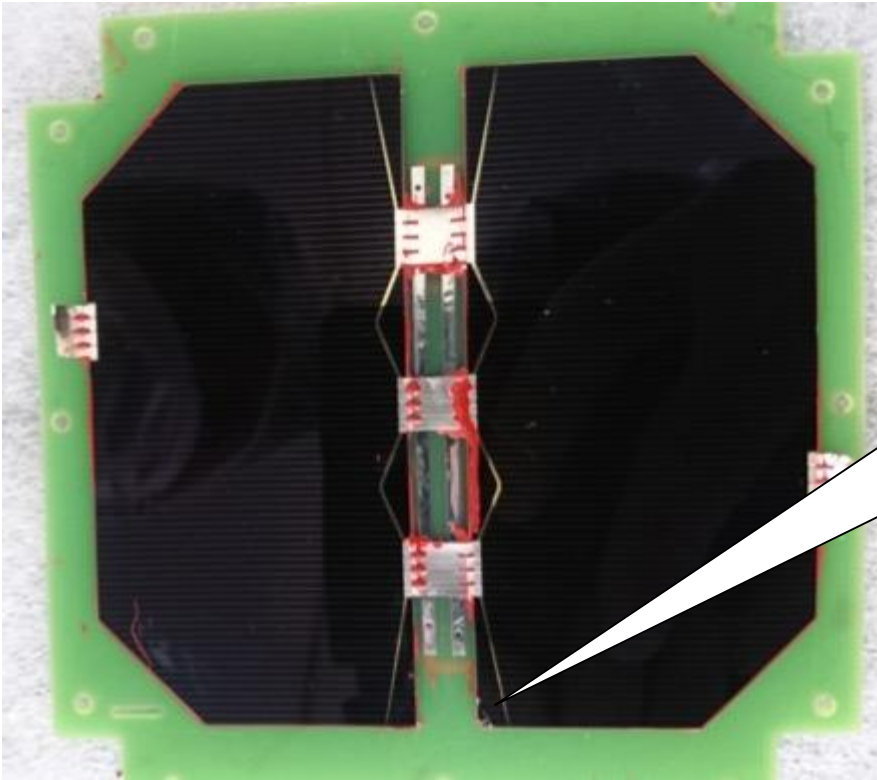


外面パネル完成

結果

- RTV除去の際に数枚の太陽電池を割った
- すべて学生の手で行った

カバーガラス損傷



太陽電池損傷場所は
ほとんどのこの角だった

- 太陽電池貼り付けの練習が不足していた
- 割れやすい角へのケアをする必要があった

振動試験

振動試験

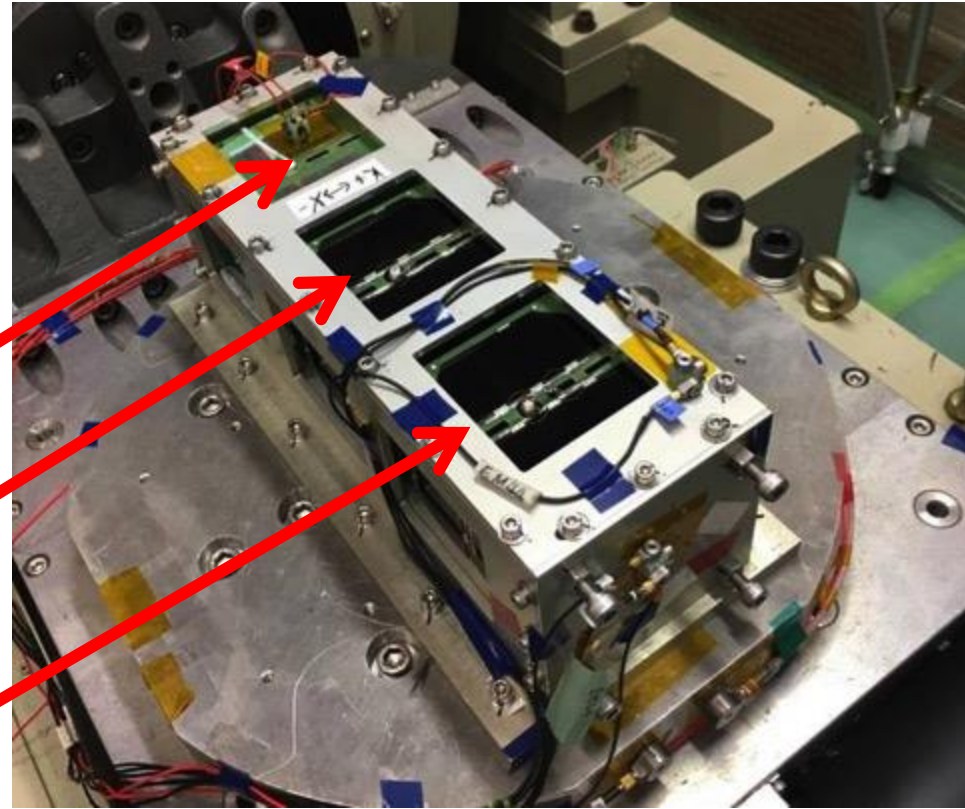
日時：1/3～1/18

方法：試験用PODを使い行った
3回に分けて行った

EM

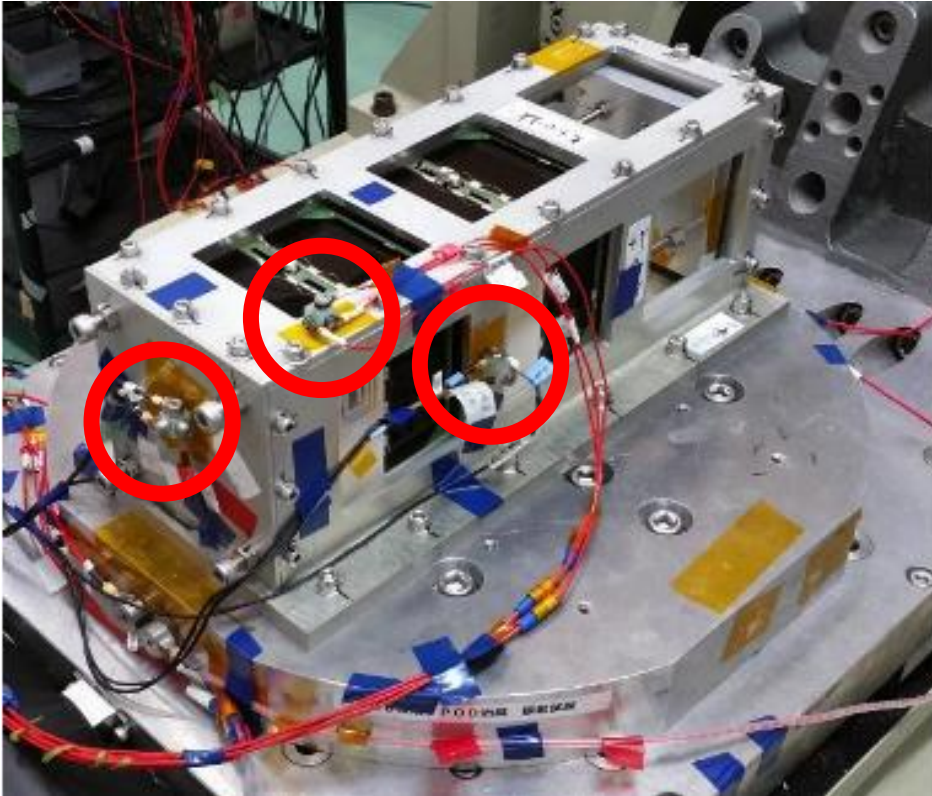
FM

FM



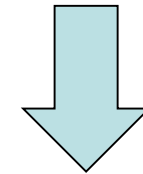
試験用PODと衛星

振動試験の問題点



ピックアップの位置の問題
FMには太陽電池が付いている
ため直接貼ることが出来ない

↓
FMの固有振動数を計れない



JAXAに提出した固有振動数は

- EM2の振動試験
- 解析

の値を適用した

熱真空試験

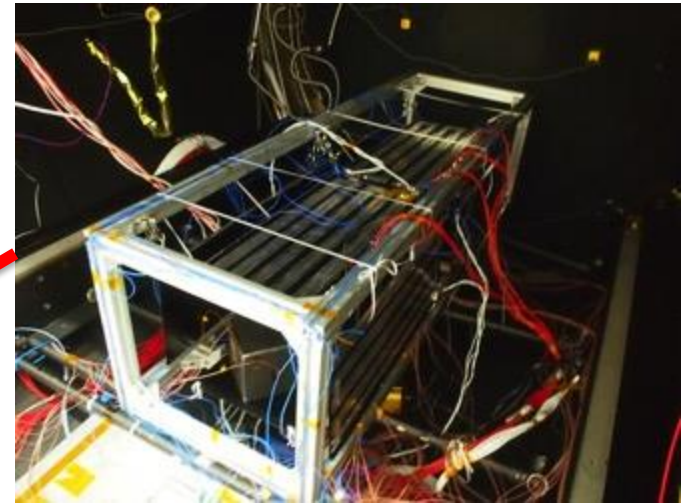
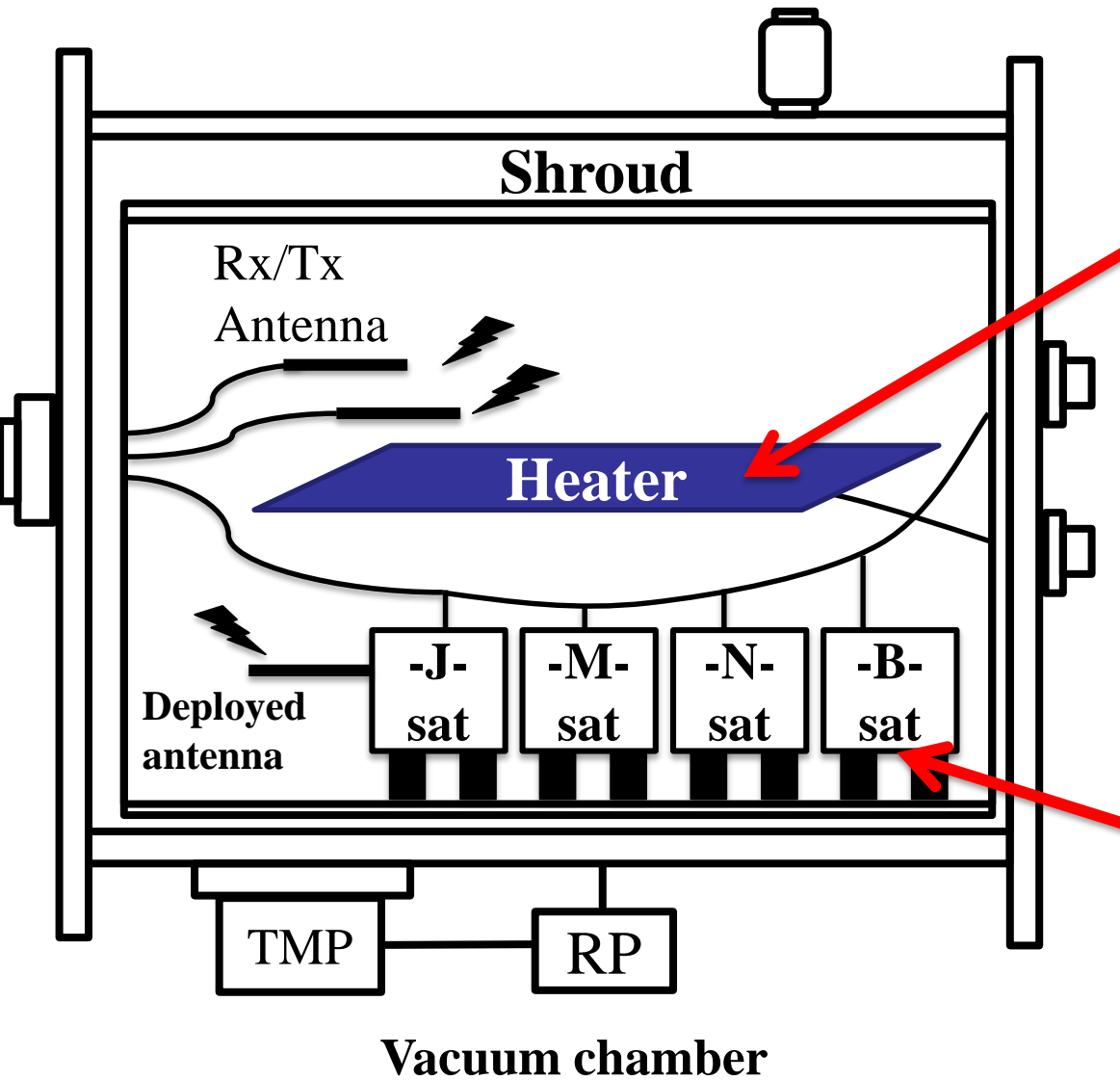
4機同時熱真空試験

4機同時に行った。
衛星を開けないので、予備の
ヒーターを衛星搭載できな
かった。そのため低温の曝し
温度を上げた。

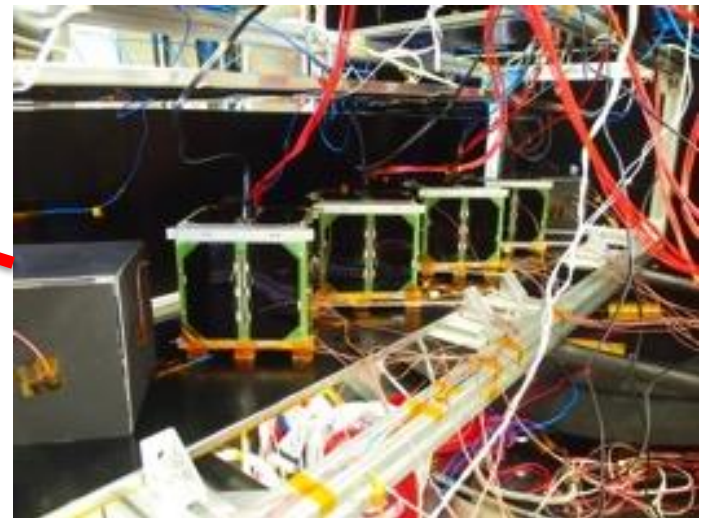


試験準備の様子

熱真空試験



ヒーターゲージ



衛星4機とダミー衛星

FM組み立てミス

組み立てミス例

振動試験後の

JAXAによるフィットチェックで、トルクかけ忘れを発見



JAXAに許可を取り
振動試験なしでの組
み直しを行った



完成写真

2/8に完成し、記者会見を開いた



衛星引き渡し

2/9：筑波宇宙センターまで
衛星をペリカンボックスに
搭載し新幹線で向かった。



まとめ

組み立てミスの原因

- 手順書における手順の不足
- 専門外のことを行う必要があったから
- 練習すれば防ぐことが可能

今後の予定

- 4月にアメリカから打ち上げ予定

課題

- 運用練習
- BIRDS2への引き継ぎ

付録

開発の流れ



EM修正に時間がかかった