



放電実験衛星 鳳龍四号 – 紹介



九州工業大学
宇宙環境技術ラボトリー

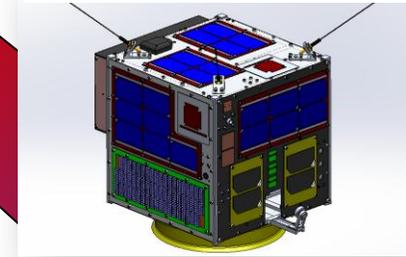
2015年3月13日
第15回宇宙環境技術交流会



はじめに

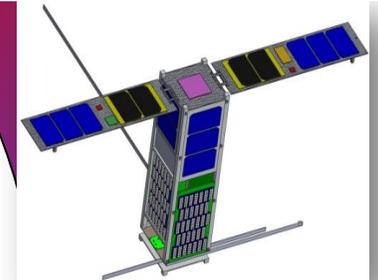
- 鳳龍壱号～鳳龍五号
- 1U、3U、10kg程度、50kg程度
- 宇宙試験プラットフォームの衛星

2013年10月～



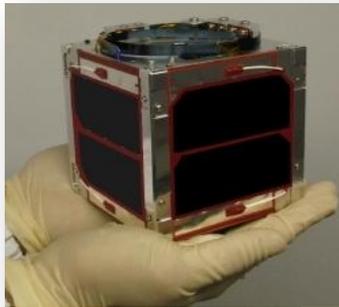
鳳龍四号

2013年4月～2014年5月



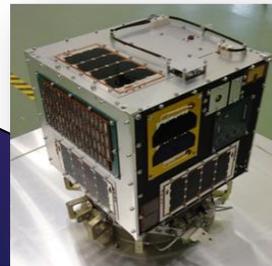
鳳龍参号
(3U, EM)

2006年～2009年



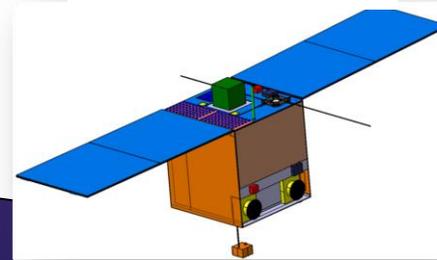
鳳龍壱号
(1U, FM)

2010年～2012年



鳳龍弐号
打ち上げ：2012年5月18日

2012年10月～
2013年3月



鳳龍五号
(50kg、システム概念設計)

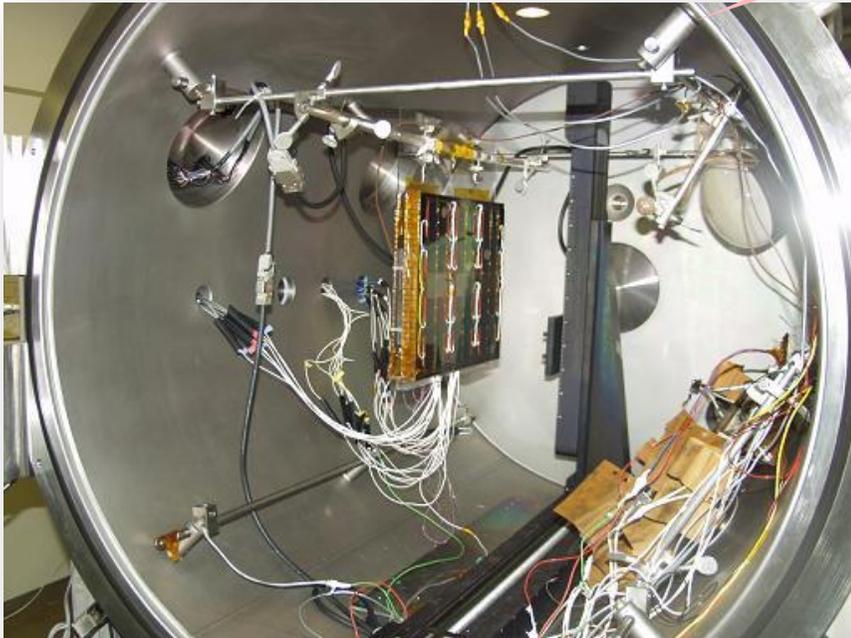
- 43人（学生：31人、スタッフ：12人）
- 16ヶ国



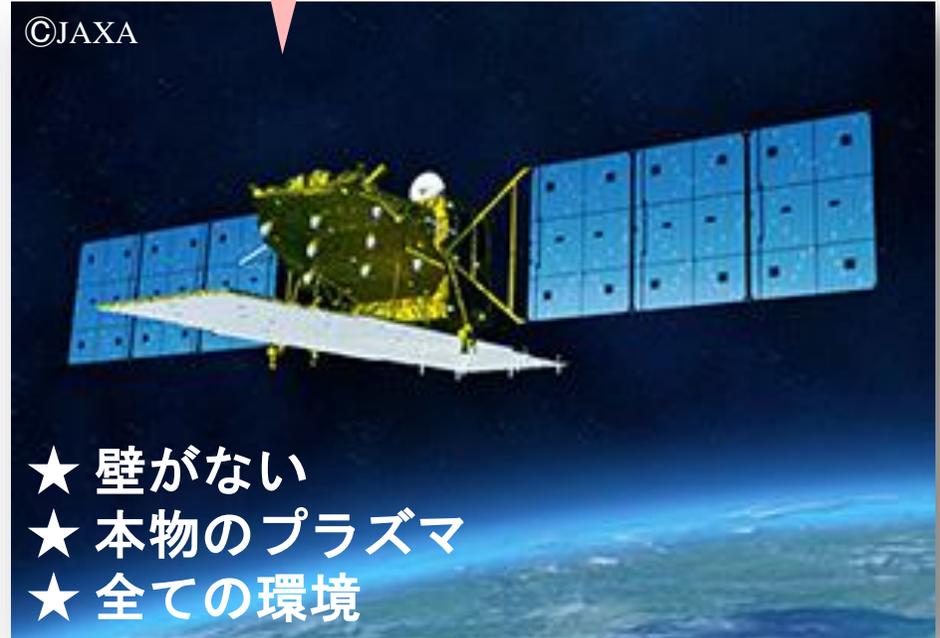
“高電圧太陽電池アレイ放電現象に関する軌道上データを取得することにより、衛星帯電に関する理解を深め、現在の宇宙システムの信頼度向上と将来の大電力宇宙システムの実現に貢献することである”

- 宇宙で放電実験を行う
百聞は一見に如かず

違いは？



九工大宇宙環境技術ラボラトリーのプラズマチャンバー

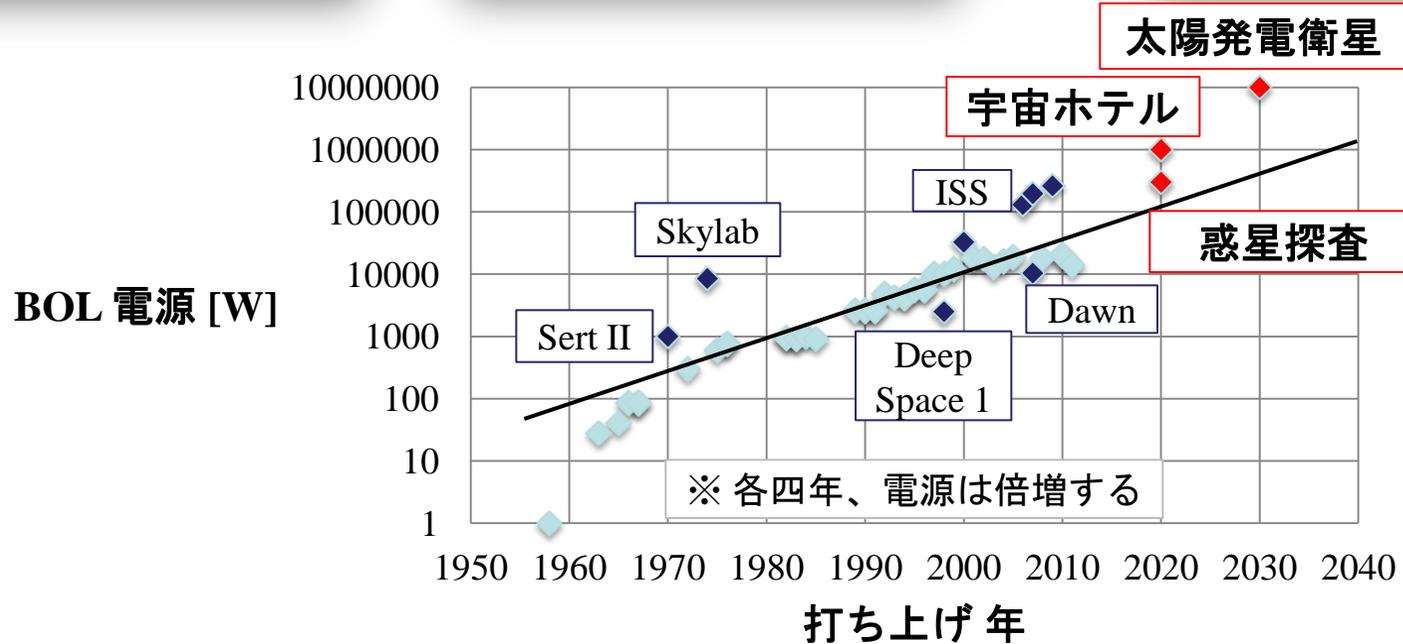


- ★ 壁がない
- ★ 本物のプラズマ
- ★ 全ての環境

だいち2号

■ 大電力のミッション

202X年に、ISSは終了予定。次は？



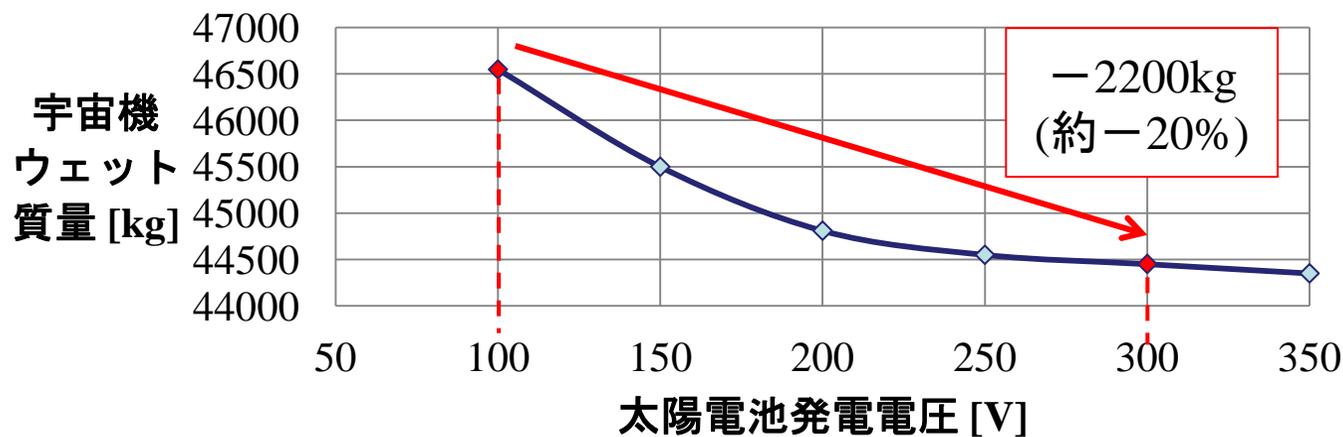
Adapted from: Brophy et al. (2011). 300-kW Solar Electric Propulsion System Configuration for Human Exploration of Near-Earth Asteroids, 47th AIAA

■ 大電力のミッション

202X年に、ISSは終了予定。次は？



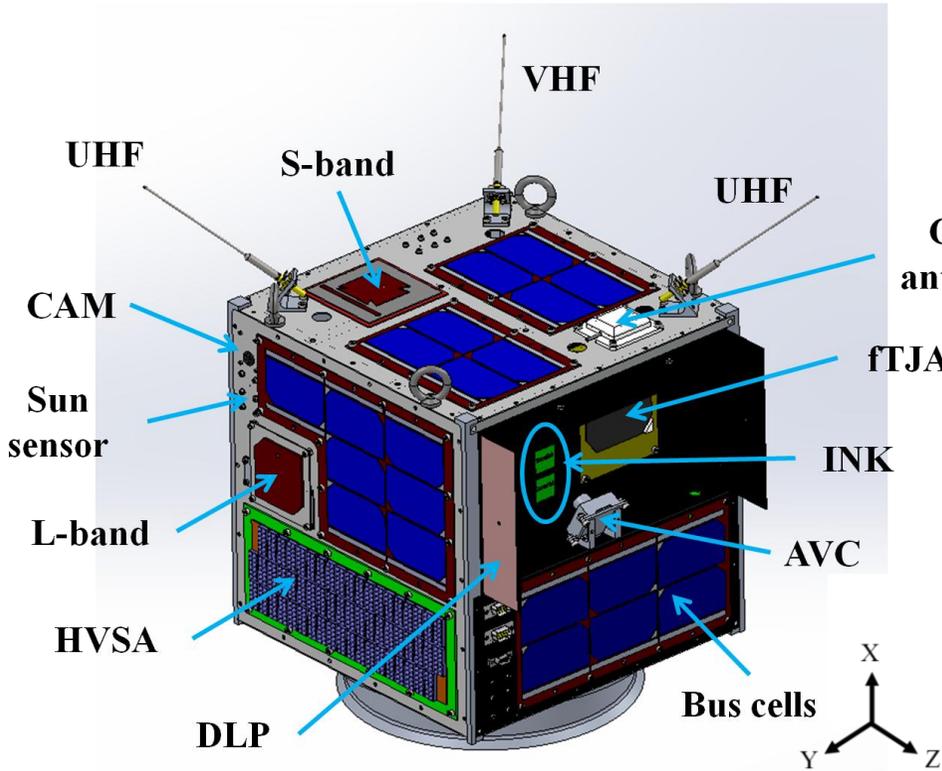
300kW システム



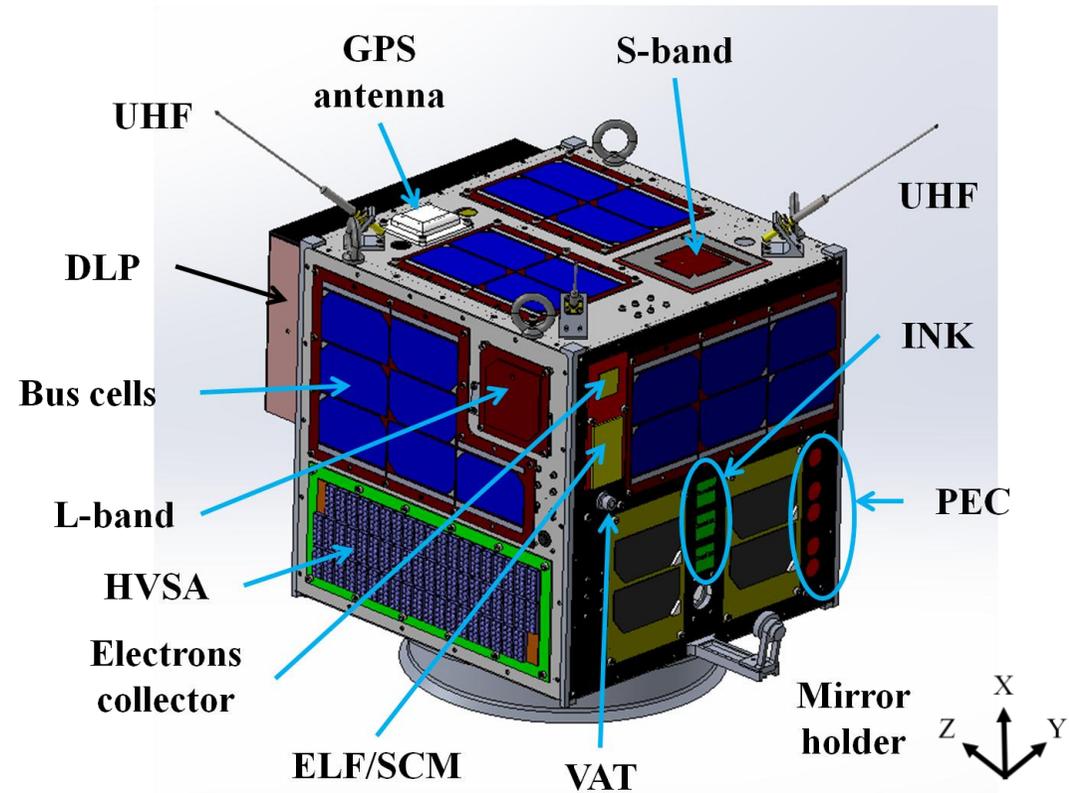
Adapted from: Brophy et al. (2011). 300-kW Solar Electric Propulsion System Configuration for Human Exploration of Near-Earth Asteroids, 47th AIAA



鳳龍四号のバス系



- 寸法: 451mm × 423mm × 433mm
- 重量: 約10kg



■ ASTRO-H相乗り小型副衛星

- 軌道 = 575km
- 傾度 = 31deg

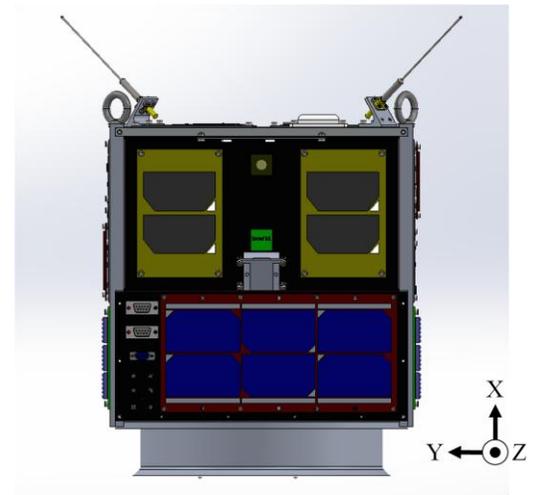
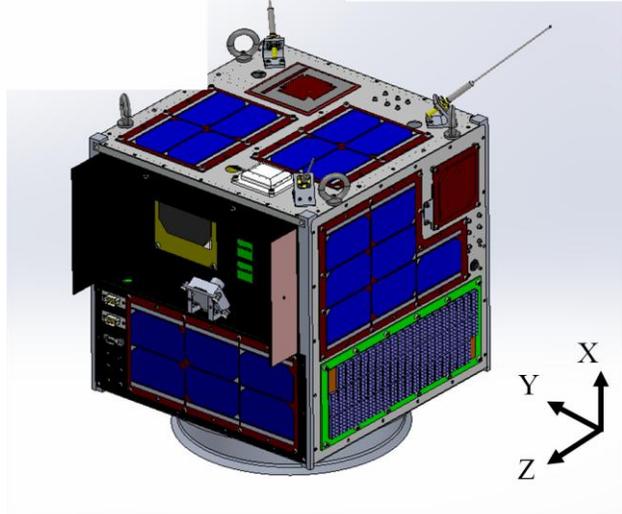
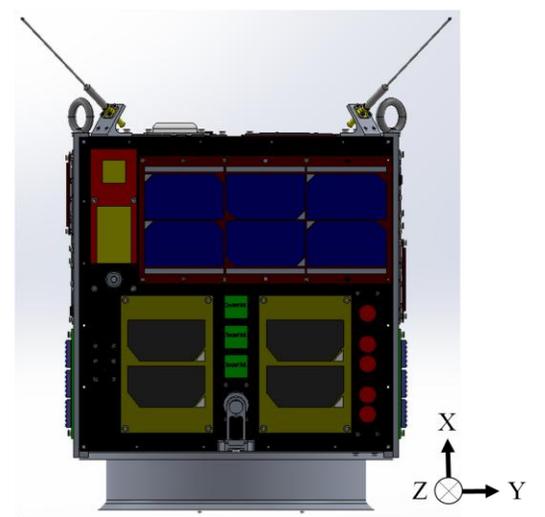
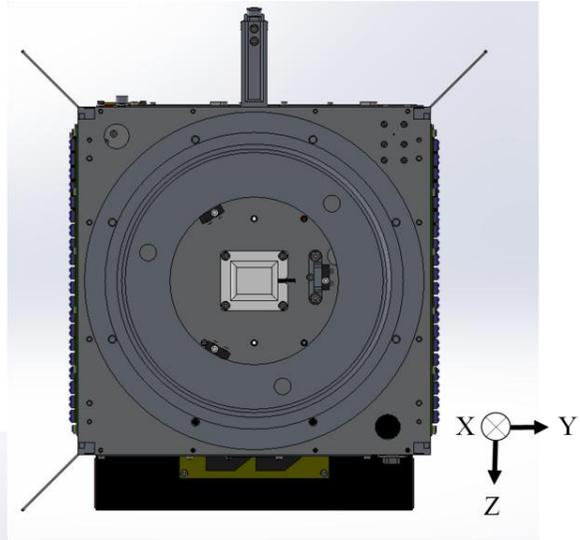
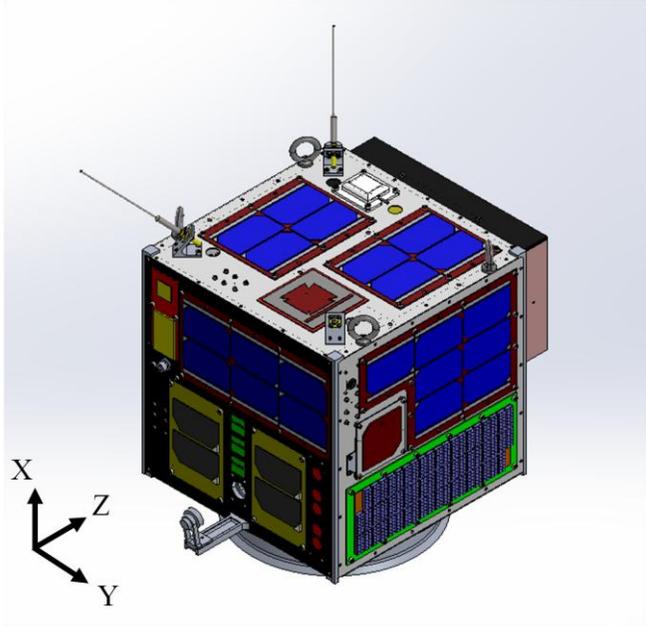


バス系 - 仕様



熱制御	-	アロジン + Z306
AODS (受動制御)	姿勢制御	永久磁石、ヒステリシスダンパ
	姿勢センサ	• 3軸ジャイロセンサ (×2) • 太陽センサ (×6)
	軌道上位置	GPS 受信機 (スペースリンク)
OBC	-	• 2 × H8 (Renesas) • 1 × Watch PIC
EPS	太陽電池パネル	• 34 × TJ 太陽電池 • 最大出力: 9W; 平均出力: 5.2W
	電池	• 18 × NiMH 電池 • 5700mAh at 7.2V
	電力	• 最大: 15.3W • 平均: 5.1W
COM	ダウンリンク	• 1 × 1200bps UHF 送信機 (437.375MHz、西無線) • 1 × 9600bps UHF 送信機 (437.375MHz、西無線) • 1 × S-band 送信機 (2400.3MHz、マイクロラボ) 115.2kbps
	アップリンク	• 1 × 1200bps VHF 受信機 (145MHz、西無線) • 2 × L-band 受信機 (1260MHz、ロジカルプロダクト)

熱制御	-	アロジン (±X、±Y) + Z306 (±Z)
-----	---	--------------------------

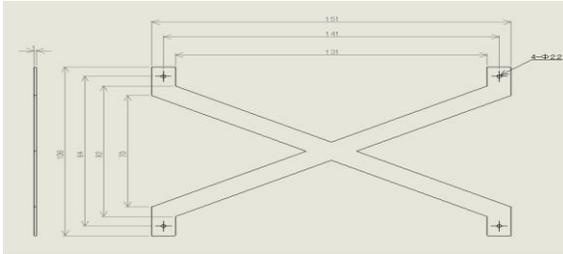


AODS (受動制御)

鳳龍弐号に搭載



永久磁石



ヒステリシスダンパ

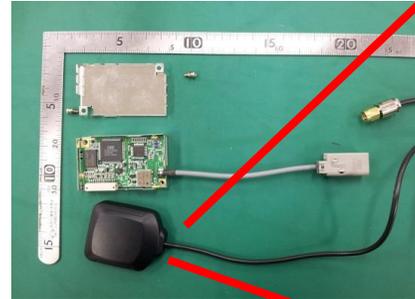


ジャイロセンサ

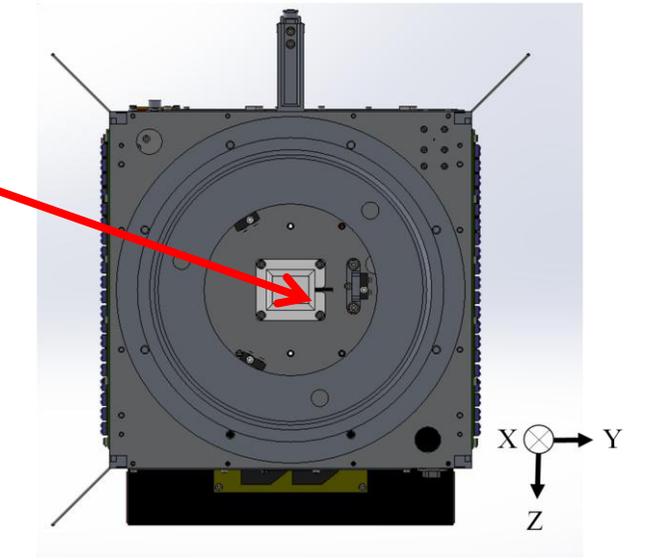
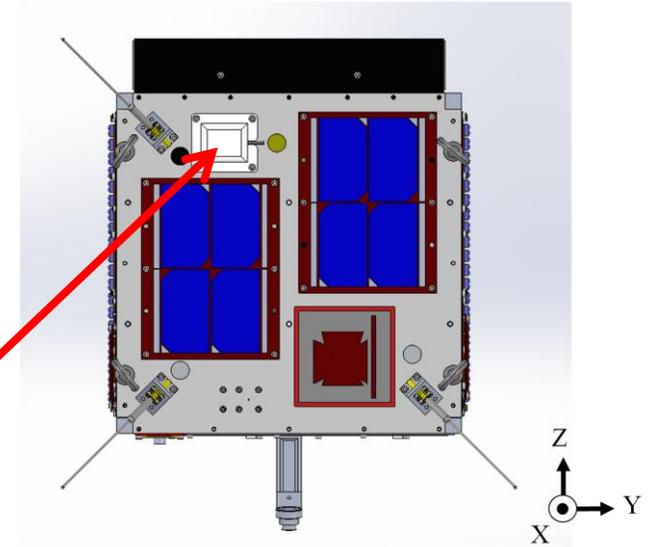
新しい



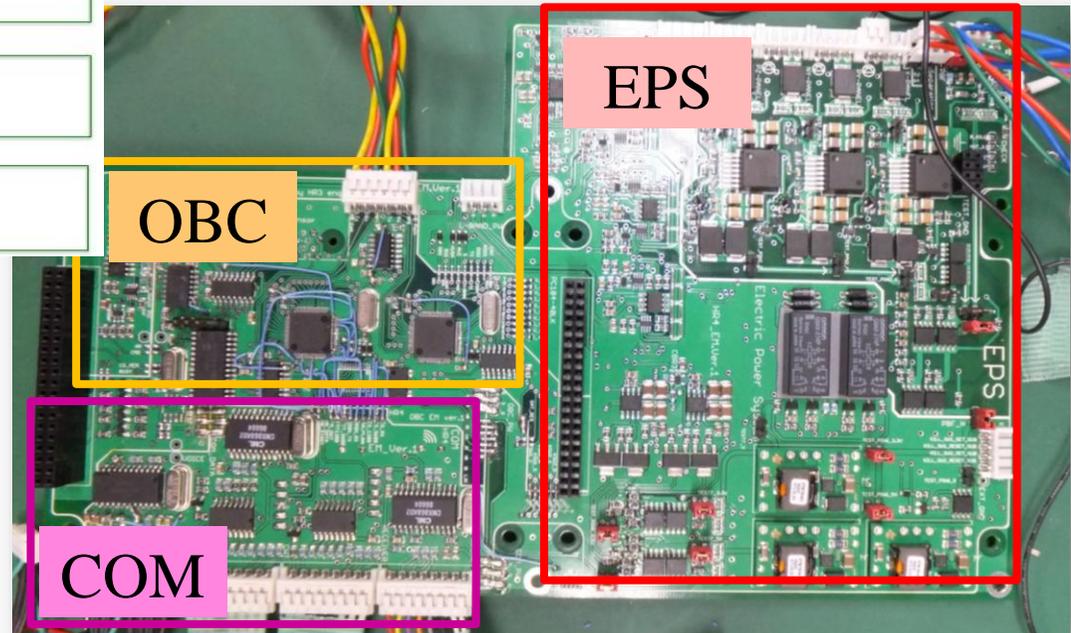
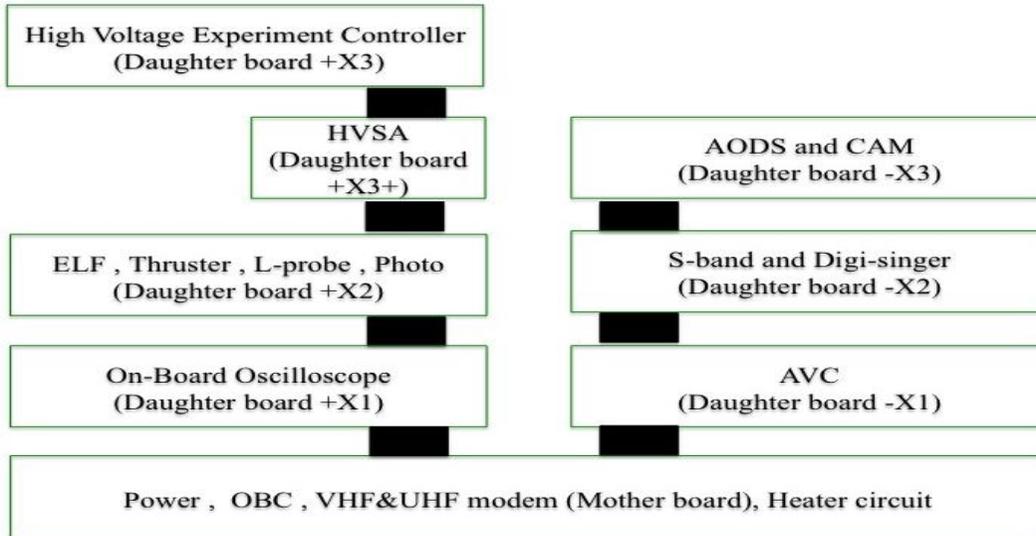
太陽センサ



GPS受信機



OBC, EPS, COM



OBC	-	<ul style="list-style-type: none">• 2 × H8 (Renesas)• 1 × Watch PIC
-----	---	--

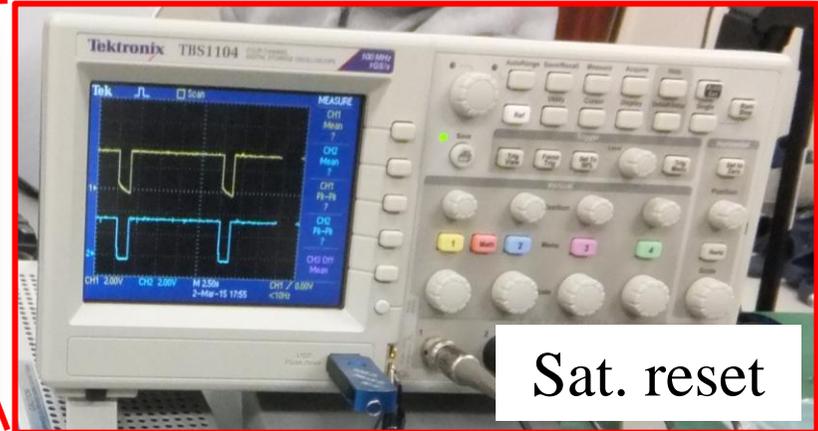
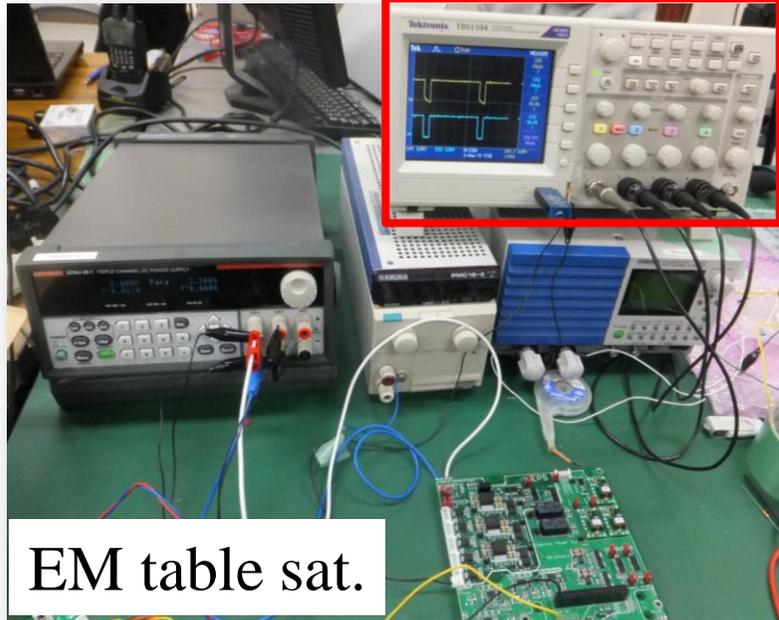
H8 MAIN

- 衛星情報収集と処理
- 各ミッションのスケジュール管理と実行

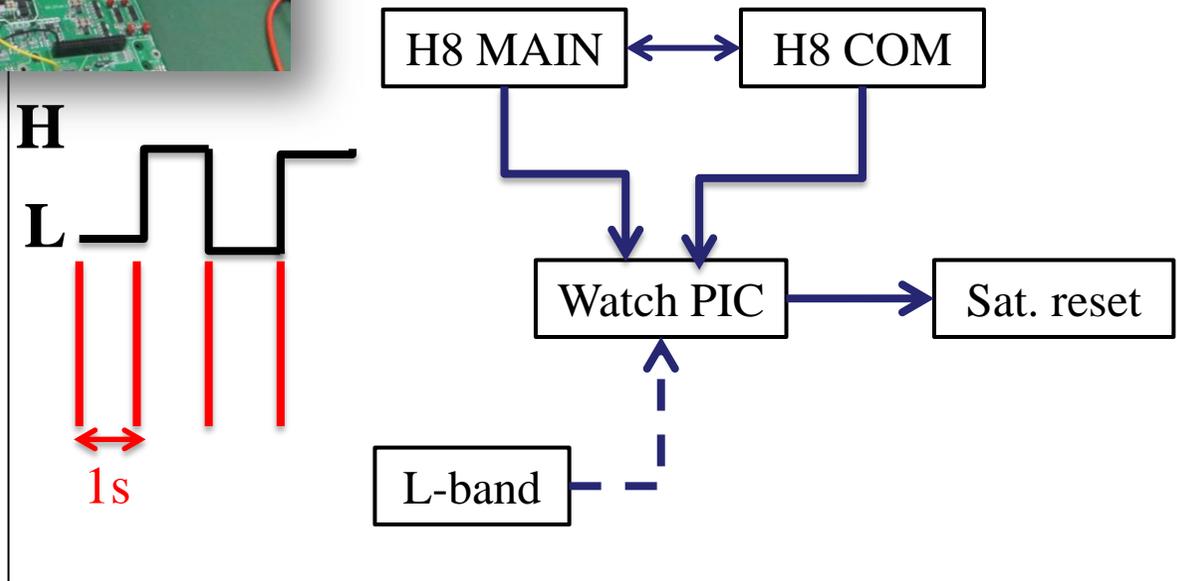
H8 COM

- 通信とハウスキーピングデータ生成
- ミッション実行の内メイン
ミッションをバックアップ

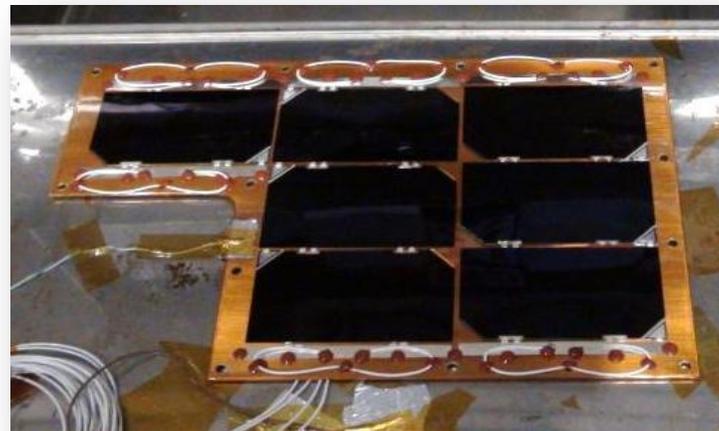
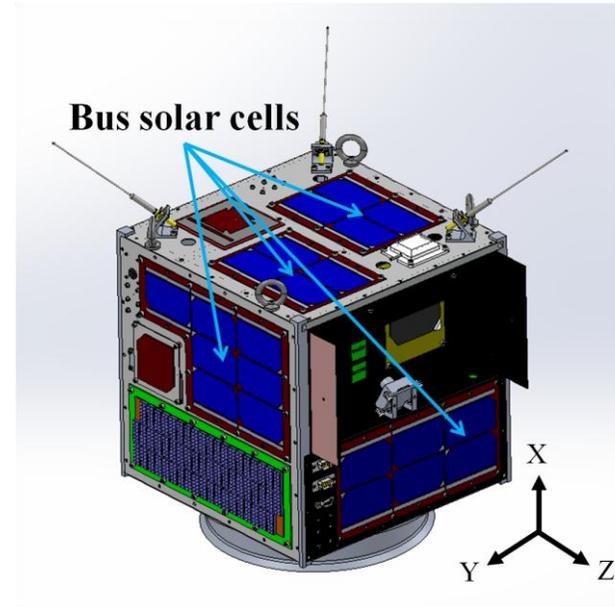
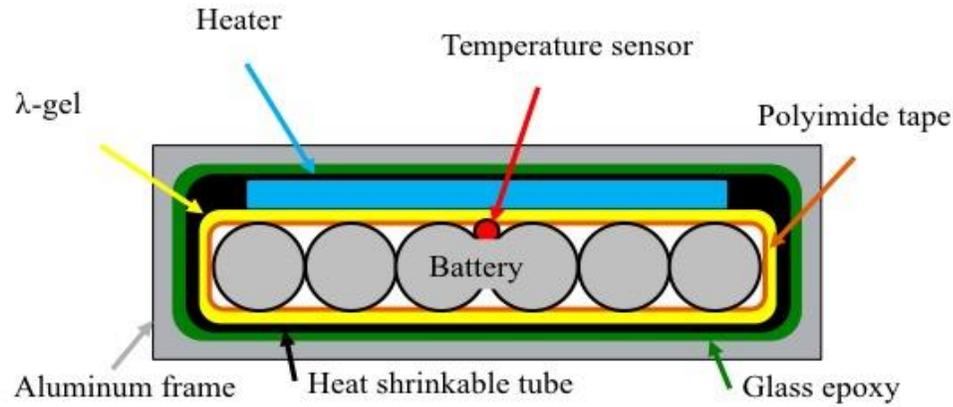
OBC



Reset System

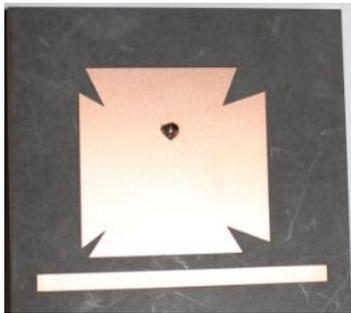


EPS



COM

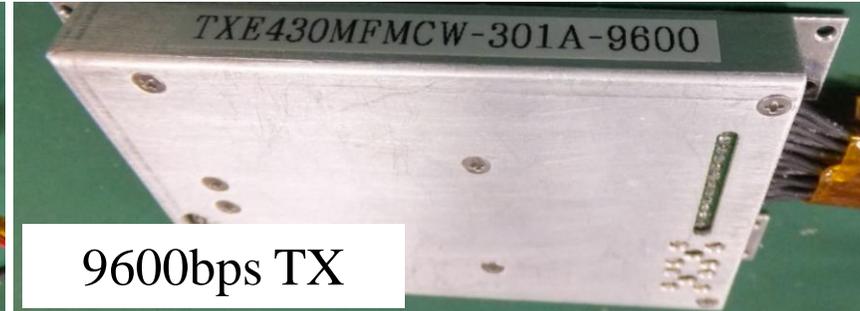
UHF/VHF antenna
15cm



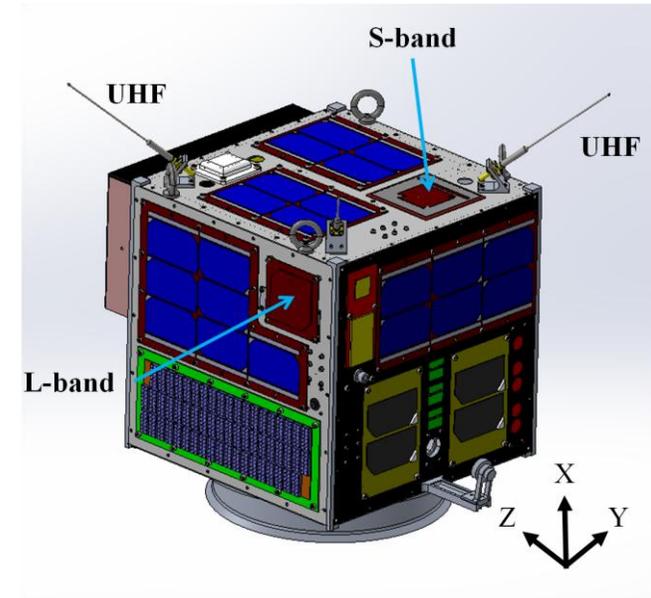
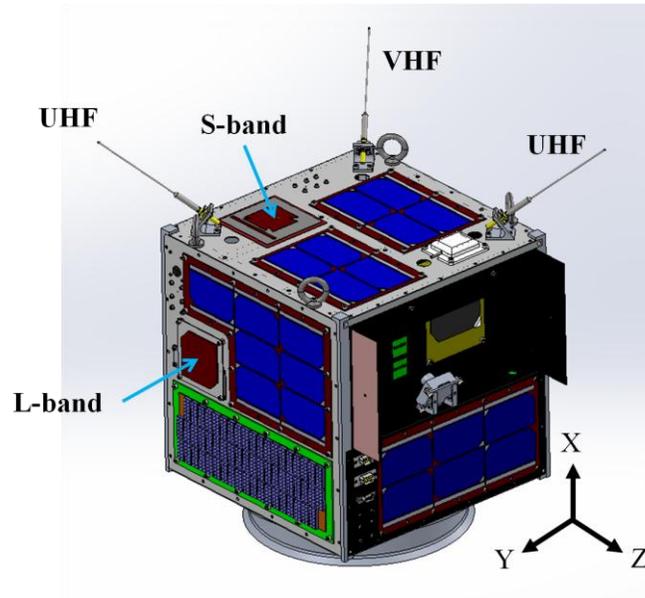
S-band antenna (UKM)



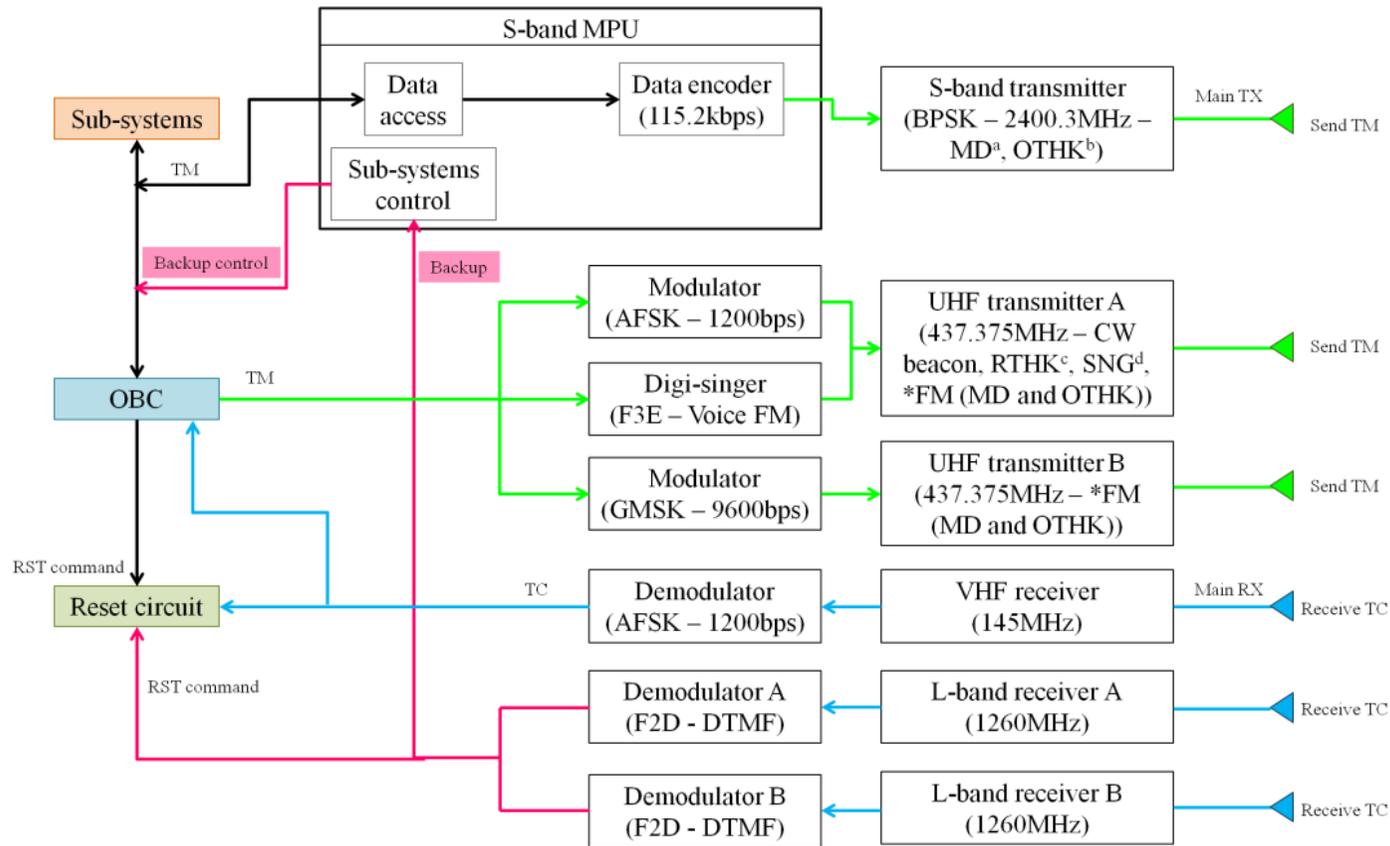
1200bps TX/RX



9600bps TX



COM



^aMD: mission data
^bOTHK: off-time housekeeping
^cRTHK: real time housekeeping
^dSNG: digi-singer
 *FM (MD and OTHK): backup only

— : system communication
 — : downlink
 — : uplink
 — : backup



鳳龍四号のミッション

放電取得実験 - DIS	太陽電池アレイで放電が発生した際に、放電電流波形を取得すると共に、放電に伴う発光を含んだ太陽電池表面の写真を撮影する。壁がない実宇宙空間での放電が、地上での放電と同じか否かを検証する
放電抑制実験 - HVSA	低軌道プラズマに対して300V以上の負電位をもったプラズマ中の放電を抑制する手法（フィルムアレイとコーティングアレイ）について、検証を行う
放電劣化実験 - DEG	太陽電池アレイが宇宙空間で放電を起こすことによって、太陽電池の性能が低下するかどうかを検証する
プラズマ密度計測 - DLP	ダブルラングミュイアープローブを使って、プラズマ密度を計測する
真空アークスラスタ - VAT	高電圧太陽電池アレイ（300V以上）に昇圧回路を介さずに直結した真空アークスラスタの軌道上実証を行う
電子放出 - ELF	高電圧太陽電池アレイで受動型電子放出素子をプラズマに対して-300V程度の負にバイアスした状態で電子放出が可能かどうかを検証する
あぶり出し - INK	高分子フィルムの宇宙空間での劣化を、フィルム下におかれた銀面の酸化（黒色化）をカメラで検知する
光電子電流計測 - PEC	絶縁体及び金属の表面からの光電子放出電流を軌道上のAM0のスペクトラムを使って実測する
地球撮影 - CAM	CMOSカメラを用いて、外部ユーザーが希望する地点を撮影し、画像を広く配信すると共に、宇宙利用教育素材として使用する
デジシング - SNG	地上からMIDI音楽データをアップロードし、衛星に搭載されたVocal Synthesizerを使って衛星から地上に向けてUHF電波を使って音楽配信する。学校や一般向けイベントで、簡易トランシーバーと手作りアンテナを使って音楽データを受信し、宇宙利用教育を行う

鳳龍三号に搭載

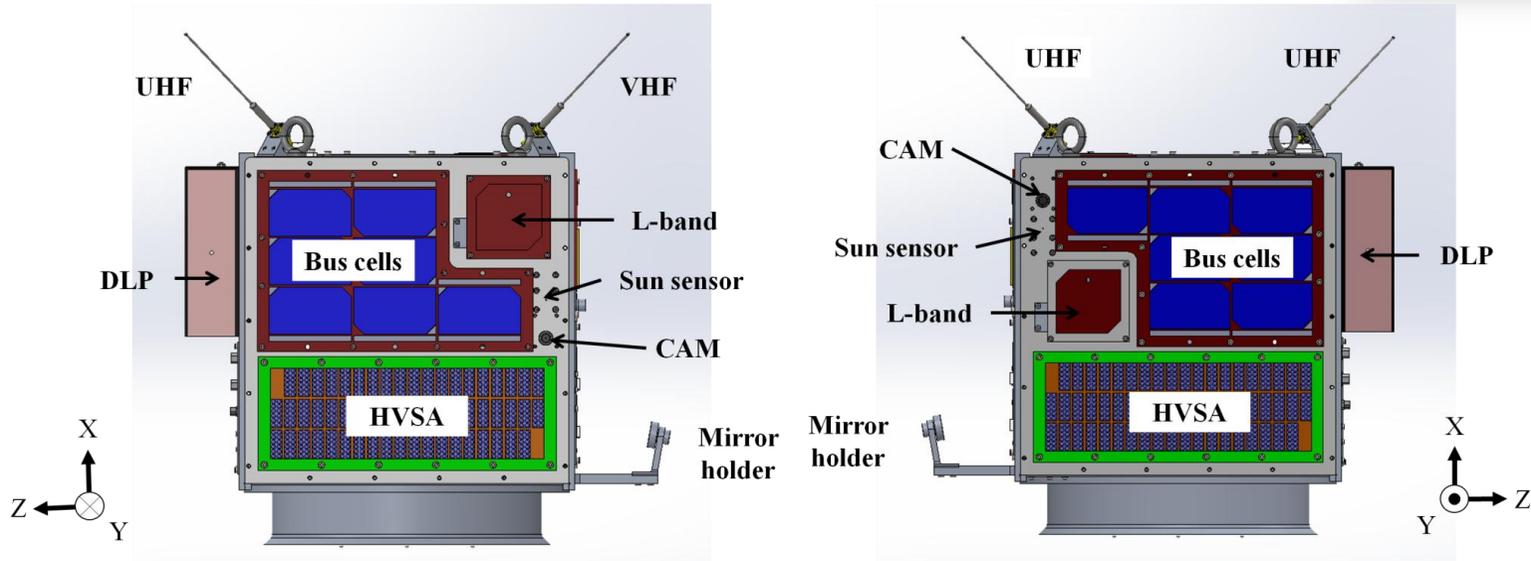
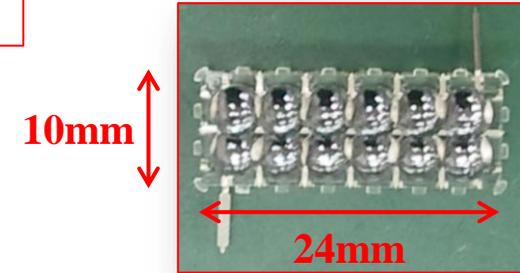
放電取得実験 - DIS	太陽電池アレイで放電が発生した際に、放電電流波形を取得すると共に、放電に伴う発光を含んだ太陽電池表面の写真を撮影する。壁がない実宇宙空間での放電が、地上での放電と同じか否かを検証する
放電抑制実験 - HVSA	低軌道プラズマに対して300V以上の負電位をもった太陽電池アレイでの放電を抑制する手法（フィルムアレイとコーティングアレイ）について、軌道上実証を行う
放電劣化実験 - DEG	太陽電池アレイが宇宙空間で放電を起こすことによって、太陽電池の電気性能出力が低下するかどうかを検証する
プラズマ密度計測 - DLP	ダブルラングミュイアープローブを使って、プラズマ密度を計測する
真空アークスラスタ - VAT	高電圧太陽電池アレイ（300V以上）に昇圧回路を介して直結した真空アークスラスタの軌道上実証を行う
電子放出 - ELF	高電圧太陽電池アレイで受動型電子放出状態をプラズマに対して-300V程度の負にバイアスした状態で電子放出が可能かどうかを検証する
あぶり出し - INK	高分子フィルムの宇宙空間での酸化（黒色化）を検出するために、フィルム下におかれた銀面の酸化（黒色化）をカメラで検知する
光電子電流計測 - PEC	絶縁体及び金属の表面からの光電子放出電流を軌道上のAM0のスペクトラムを使って実測する
地球撮影 - CAM	CMOSカメラを用いて、外部ユーザーが希望する地点を撮影し、画像を広く配信すると共に、宇宙利用教育素材として使用する
デジシング - SNG	地上からMIDI音楽データをアップロードし、衛星に搭載されたVocal Synthesizerを使って衛星から地上に向けてUHF電波を使って音楽配信する。学校や一般向けイベントで、簡易トランシーバーと手作りアンテナを使って音楽データを受信し、宇宙利用教育を行う

鳳龍四号で初めて

放電が発生しやすい状態を作る

■ 高電圧太陽電池アレイ (HVSA)

低軌道プラズマに対して300V以上の負電位に帯電させる



鳳龍弐号では高電圧の発生自体がメインミッション
 鳳龍四号では高電圧を道具として使う

- オンボードオシロスコープ (OBO)
衛星搭載用オシロを自主開発

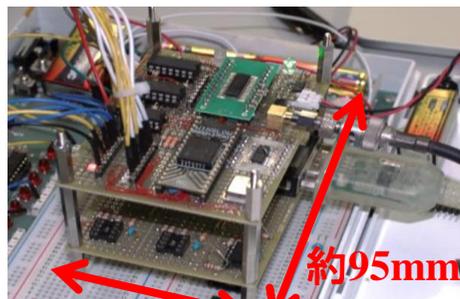
地上オシロスコープ



約190mm

約280mm

OBO BBM

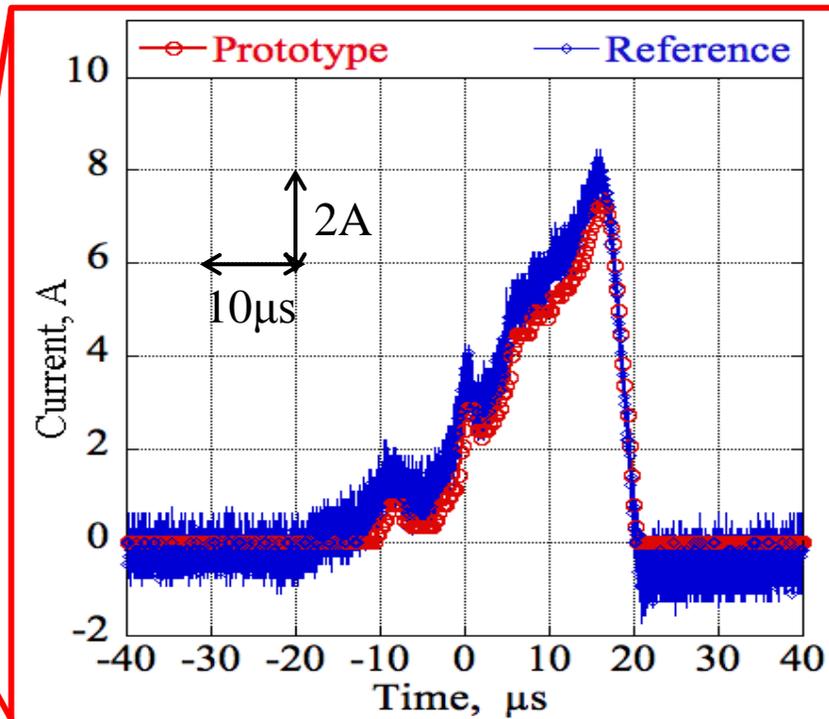


約70mm

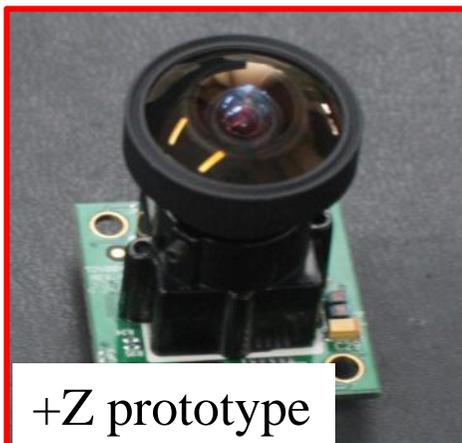
約95mm

鳳龍四号のOBO仕様

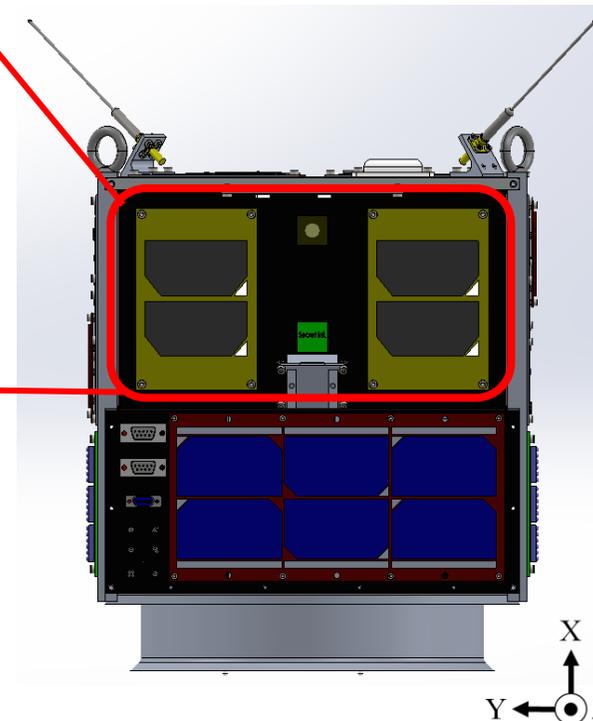
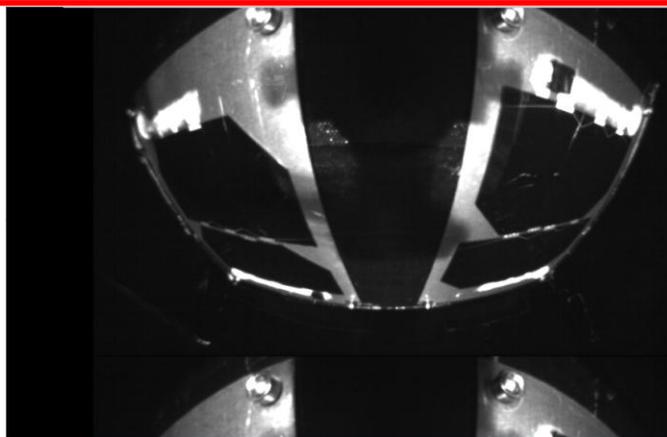
チャンネル数	4CH
分解能 [bit]	8
最大サンプリング周波数 [MSPS]	40
信号入力帯域 [MHz]	15
サンプル数	8192
データ保存量 (不揮発メモリ容量) [kバイト]	1024



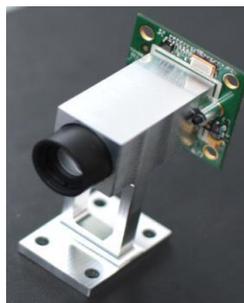
■ 放電火花撮影カメラ (AVC)



+Z prototype

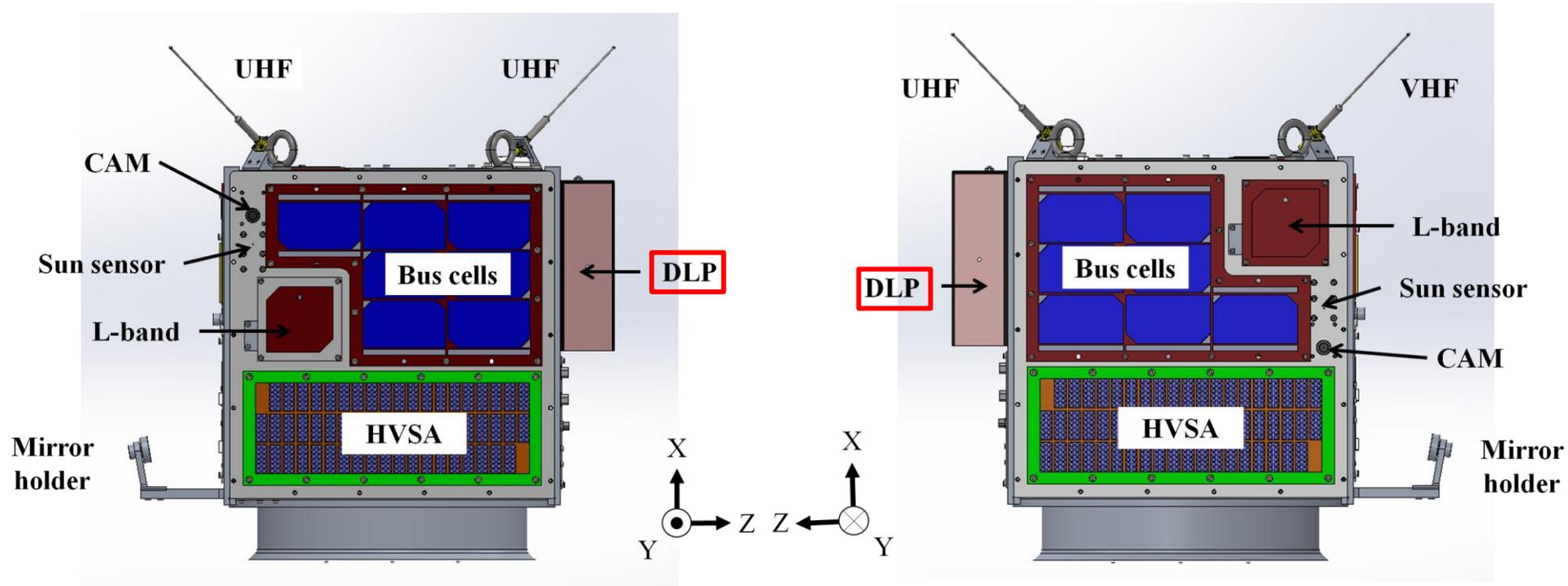


-Z prototype

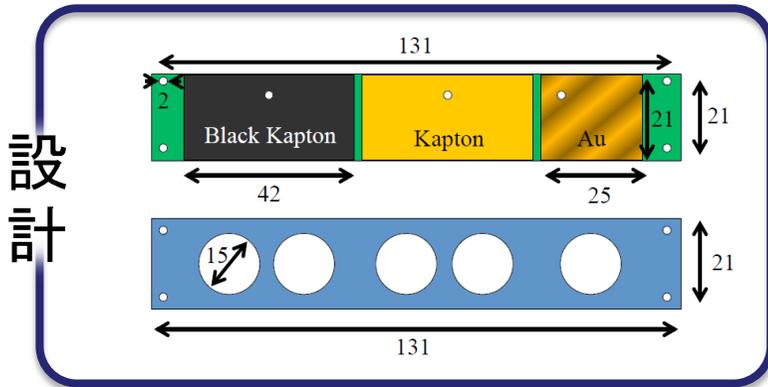
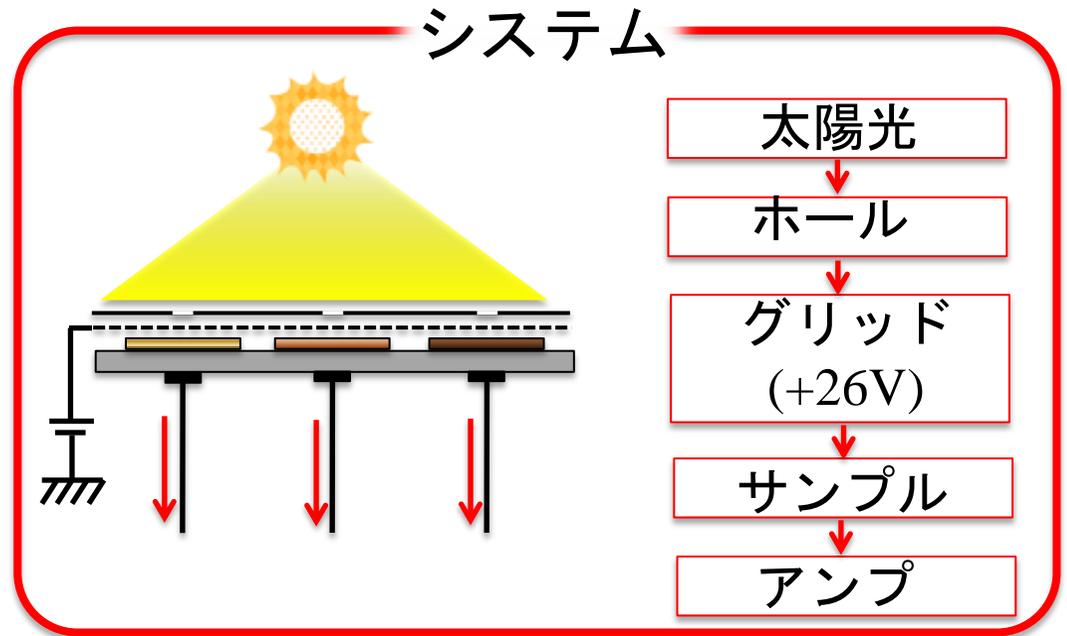
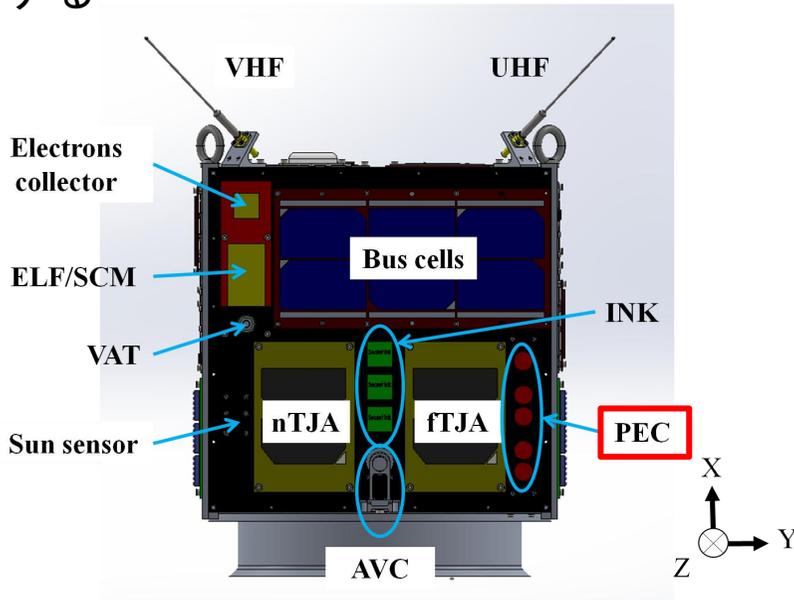


波形及び放電の発生箇所は宇宙空間でも実験室と同じか？
百聞は一見に如かず

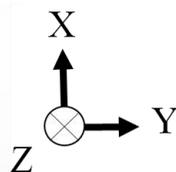
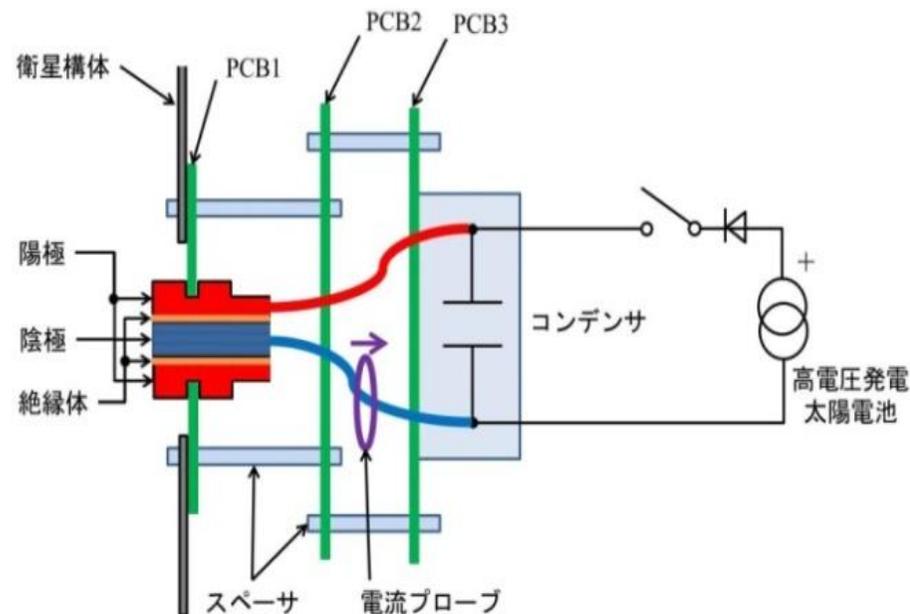
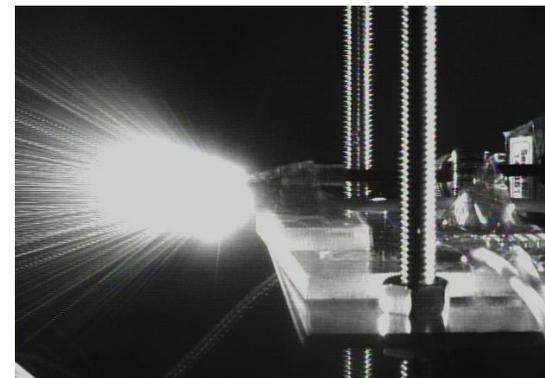
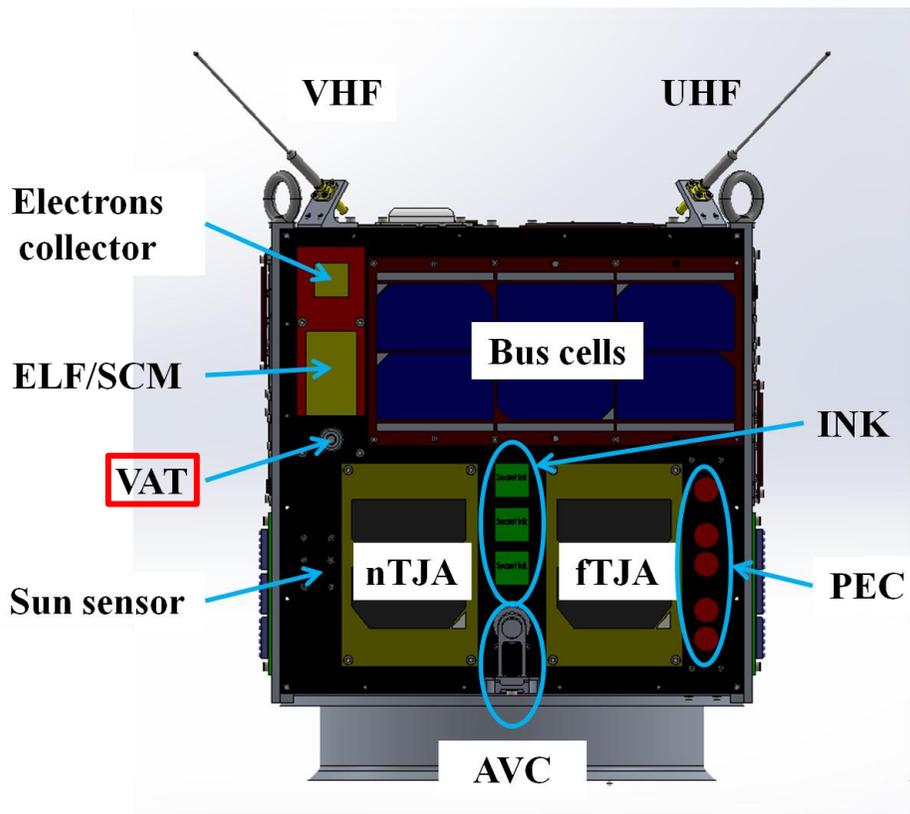
- プラズマ密度及び温度を計測する
- 寸法 : 140 mm × 40 mm × 1 mm



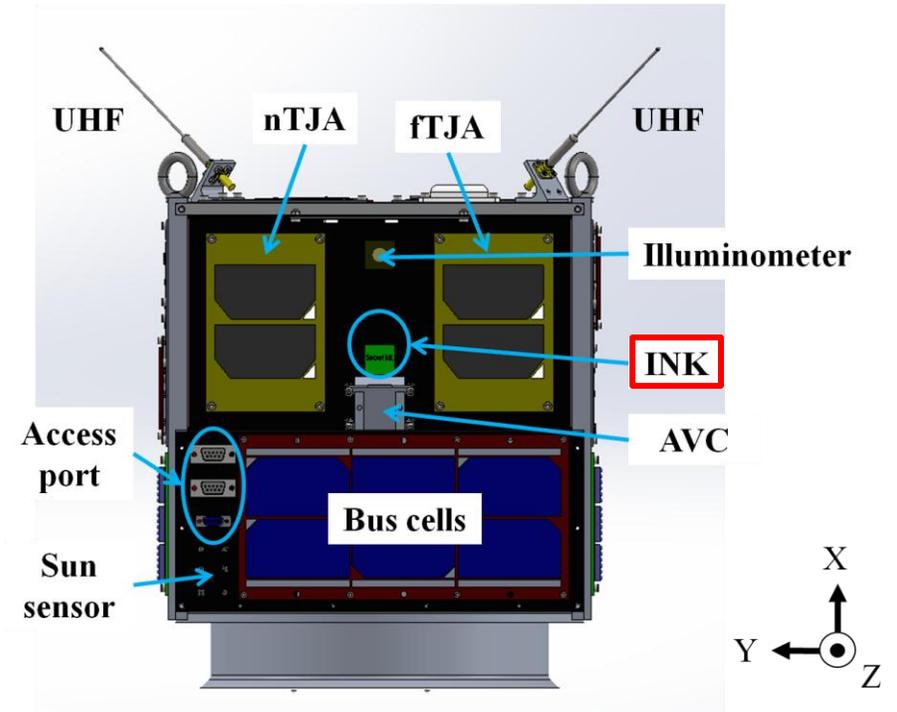
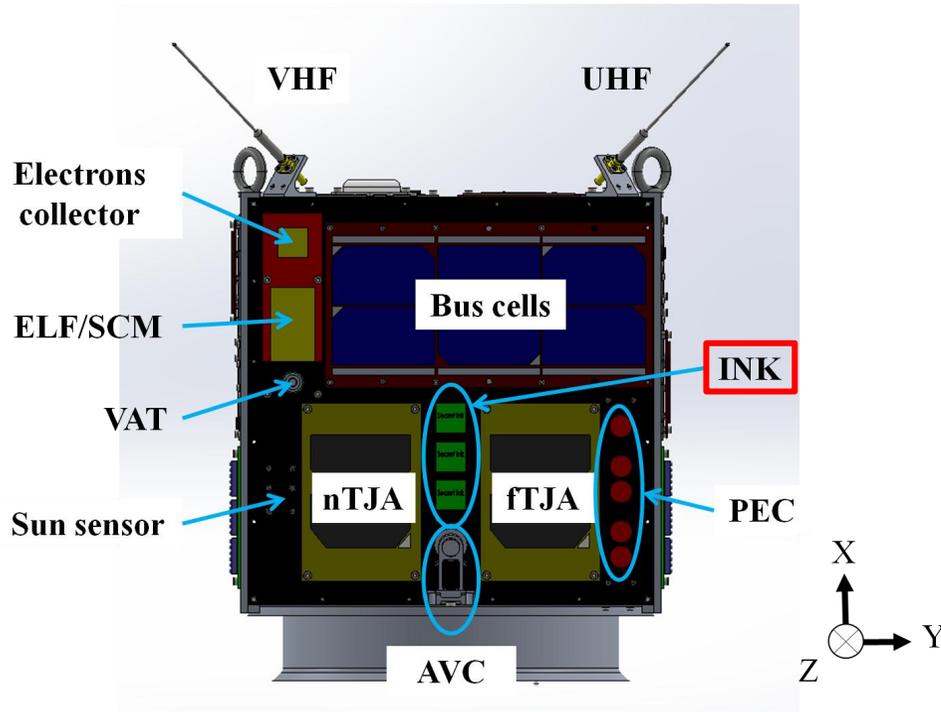
- 絶縁体及び金属の表面からの光電子放出電流を軌道上のAM0のスペクトラムを使って実測する



- 高電圧太陽電池アレイ (300V以上) に昇圧回路を介さずに直結した真空アークスラスターの軌道上実証を行う

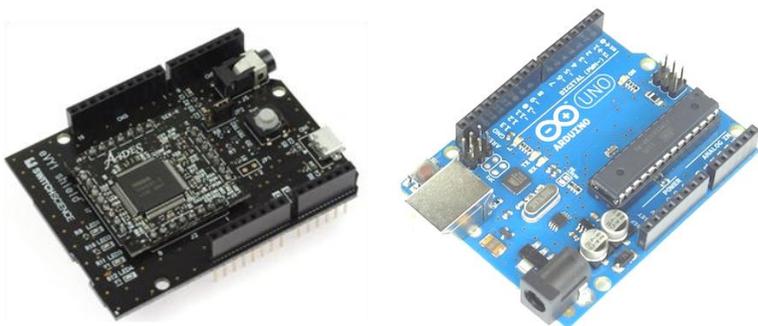


- 高分子フィルムの宇宙空間での劣化を、フィルム下におかれた銀面の酸化（黒色化）をカメラで検知する



- 地上からを歌をアップロードし、衛星に搭載されたVocal Synthesizerを使って衛星から地上に向けてUHF電波を使って音楽配信する。これは特殊な機器や知識が無くても、衛星の信号を聞くことができる。学校や一般向けイベントで、簡易トランシーバーと手作りアンテナを使って音楽データを受信し、宇宙利用教育を行う –

世界で初めて

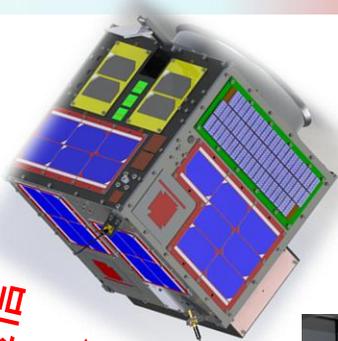


SNG メインコンポネント

歌う衛星



鳳龍四号のキャラクター (暫定)



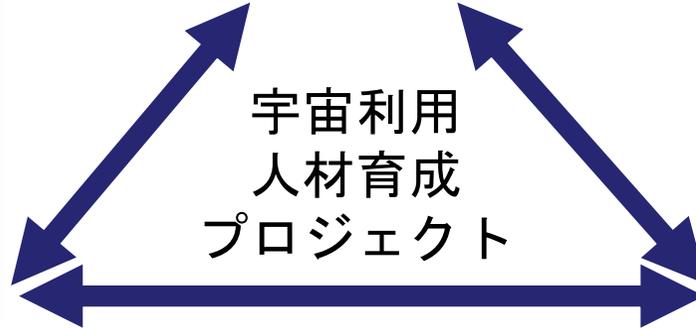
歌データを送信

手作リアンテナとトランシーバーで歌を受信



九工大
理数教育支援センター

宇宙利用
人材育成
プロジェクト



小学校・中学校・高校・一般



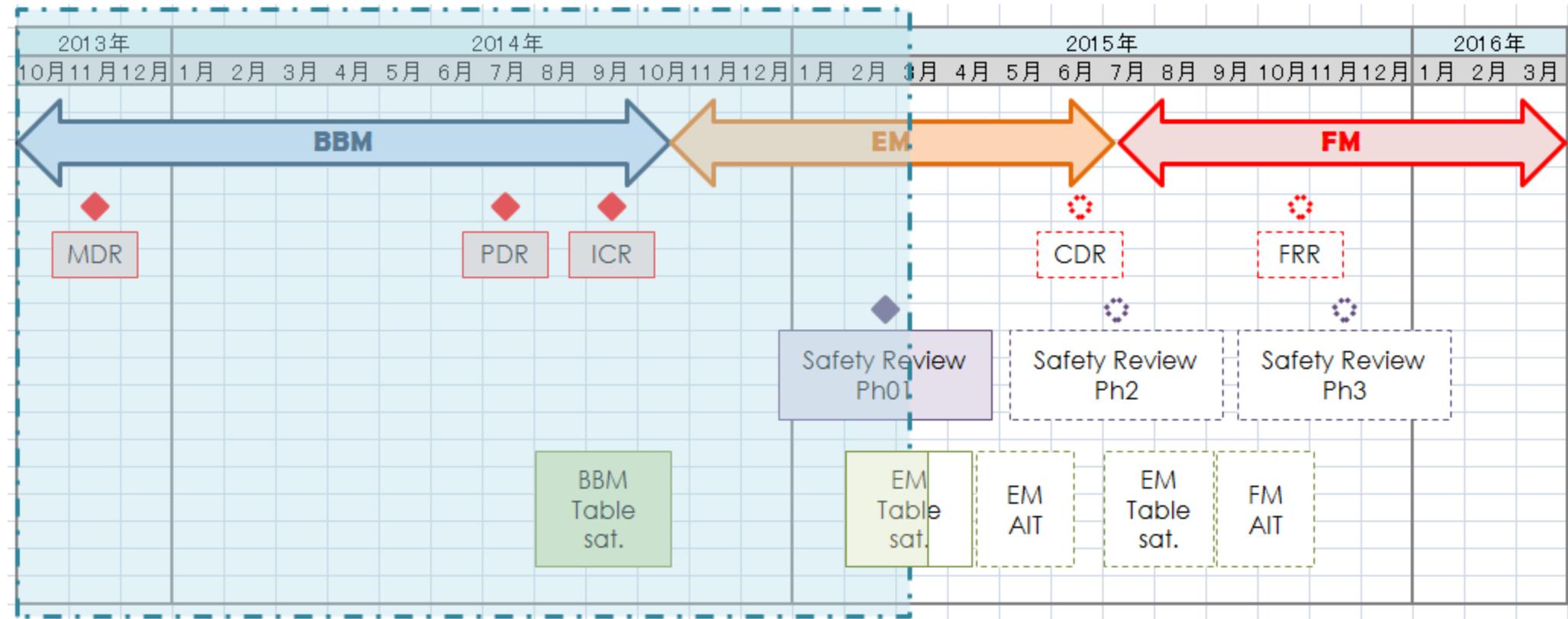
北九州児童文化科学館



九工大地上局



今後





放電実験衛星 鳳龍四号 – 紹介



九州工業大学
宇宙環境技術ラボトリー
804-8550福岡県北九州市戸畑区仙水1-1

電話番号：093-884-3229

<http://kitsat.ele.kyutech.ac.jp/horyu4WEB/horyu4.html>

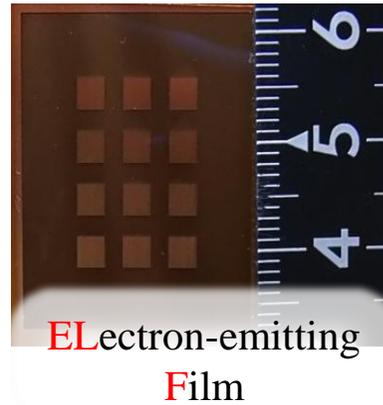
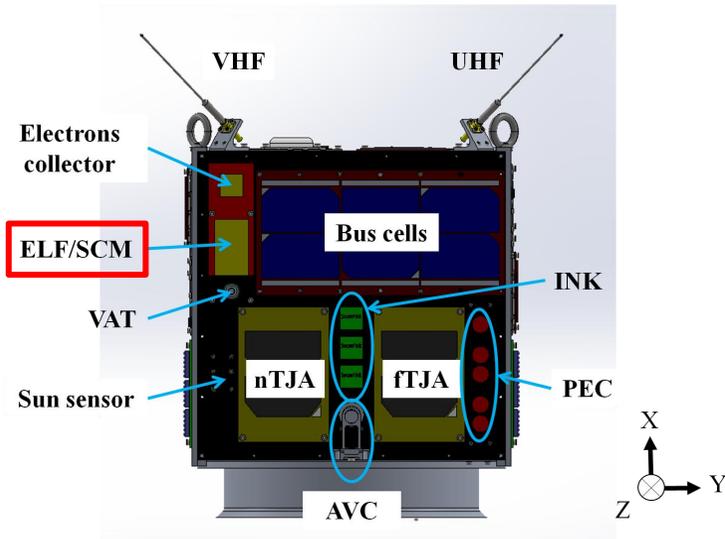
<https://www.facebook.com/pages/Horyu-4-Arc-Event-Generator-and-Investigation-Satellite/780188535364868>

<http://laplace.ele.kyutech.ac.jp>

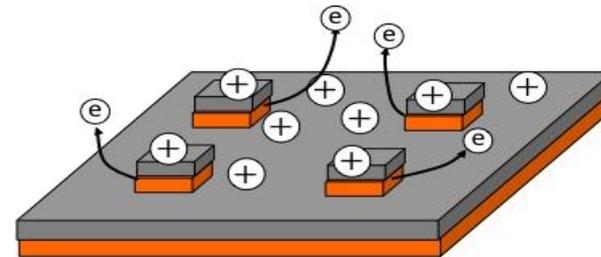
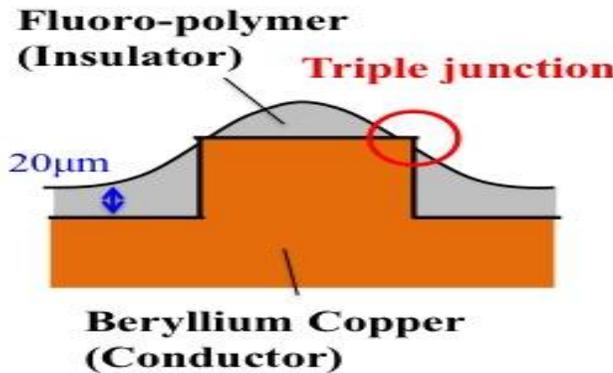
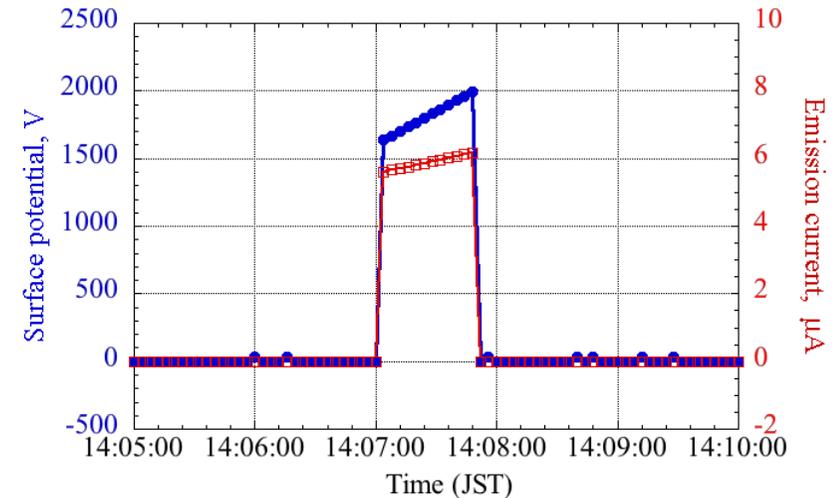
<http://laseine.ele.kyutech.ac.jp>

2015年3月13日
第15回宇宙環境技術交流会

- 高電圧太陽電池アレイで受動型電子放出素子をプラズマに対して-300V程度の負にバイアスした状態で電子放出が可能かどうかを検証する



鳳龍三号の軌道上データ



- CMOSカメラを用いて、外部ユーザーが希望する地点を撮影し、画像を広く配信すると共に、宇宙利用教育素材として使用する

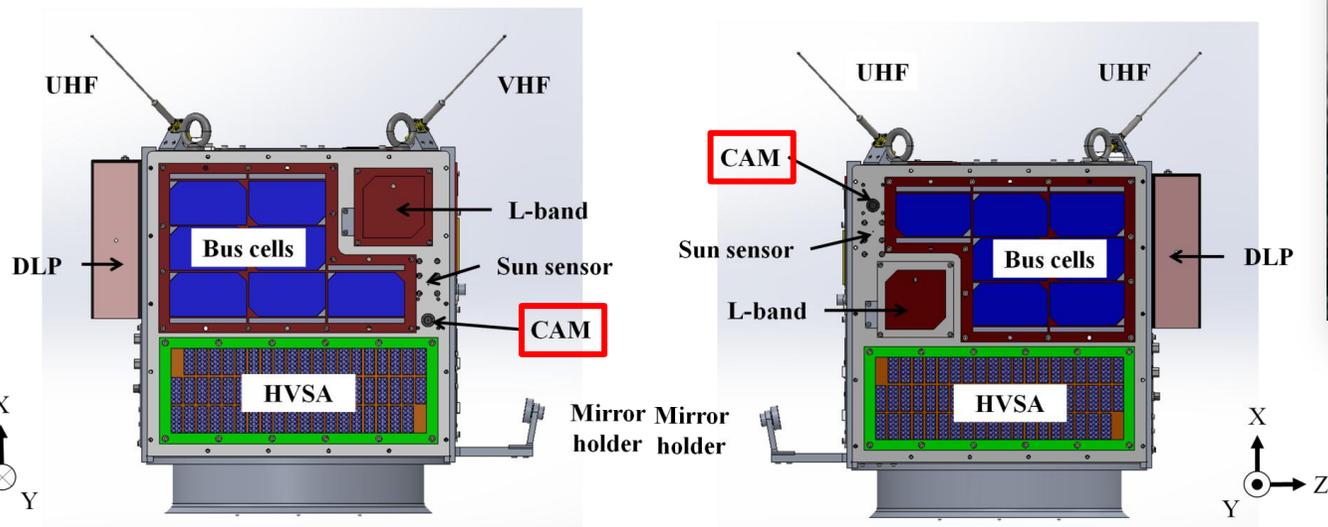
- カメラモジュール仕様

- 寸法：20mm × 28mm × 20mm
- 重量：4g
- FoV：64deg
- 解像度：640 × 480

鳳龍四号カメラモジュール
(鳳龍貳号と同じ)



鳳龍貳号のカメラからの写真
(台風7号)



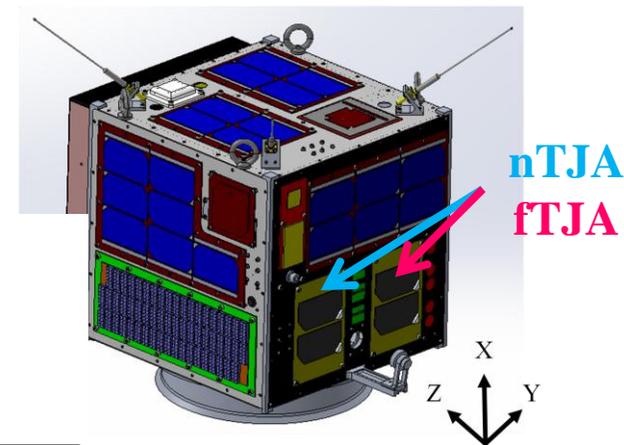
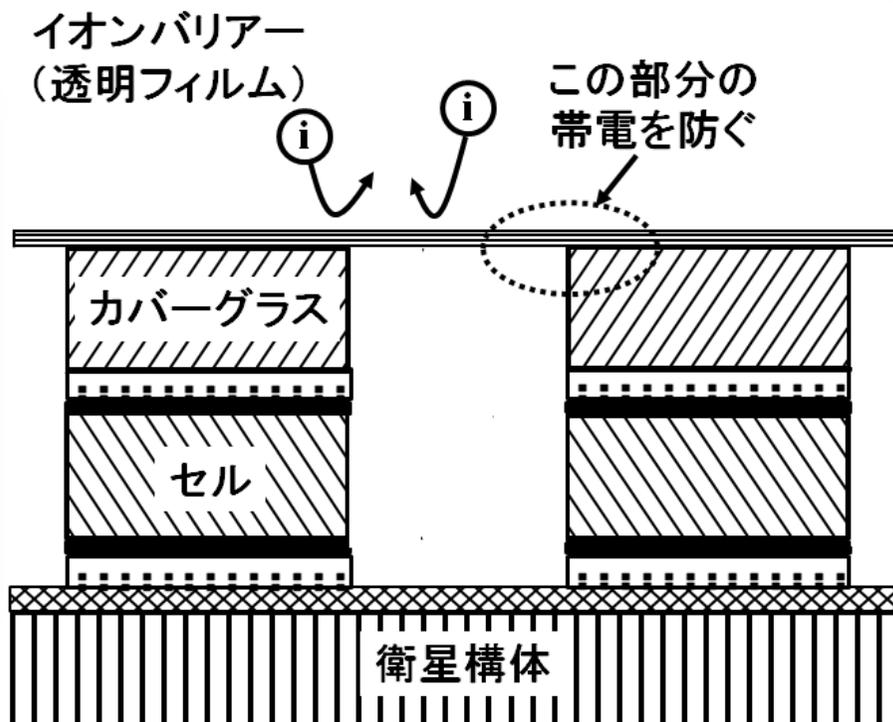
新たなデザイン「コーティングとフィルム」によって太陽電池アレイの放電を抑制できるかを検証する



nTJA : 通常型太陽電池



fTJA
フィルム型太陽電池



nTJA
fTJA

新たなデザイン「コーティングとフィルム」によって太陽電池アレイの放電を抑制できるかを検証する



nTJA : 通常型太陽電池



cTJA
コーティング型太陽電池

