



国立大学法人

九州工業大学



放電実験衛星「鳳龍四号」の運用成果

九州小型衛星の会

&

第16回宇宙環境技術交流会

2017年3月4日(土)

九州工業大学

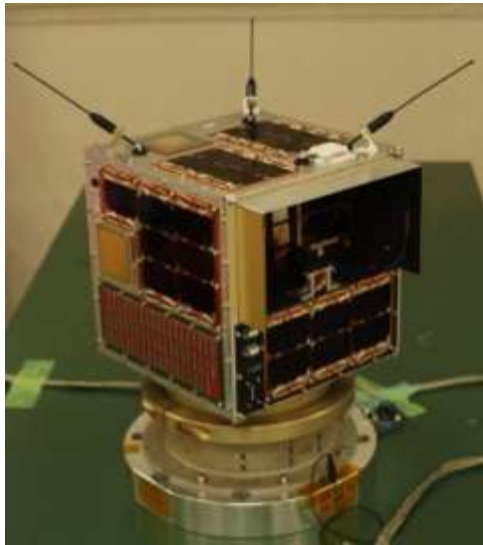
鳳龍四号プロジェクト

福田 大

鳳龍四号 AEGIS

放電実験衛星『鳳龍四号』

Arc Event Generator and Investigation Satellite “HORYU-IV”



- ❖ サイズ: 450 × 420 × 430 [mm]
- ❖ 重量: 10 [kg]
- ❖ 軌道高度: 564 [km]
- ❖ 軌道傾斜角: 31 [度]
- ❖ 開発期間: 2年半
→ 2014年10月 ~ 2016年1月

メインミッション

高電圧化した太陽電池上で
発生する**放電現象**の観測



メインミッション

『高電圧化した太陽電池上で発生する放電現象の観測』

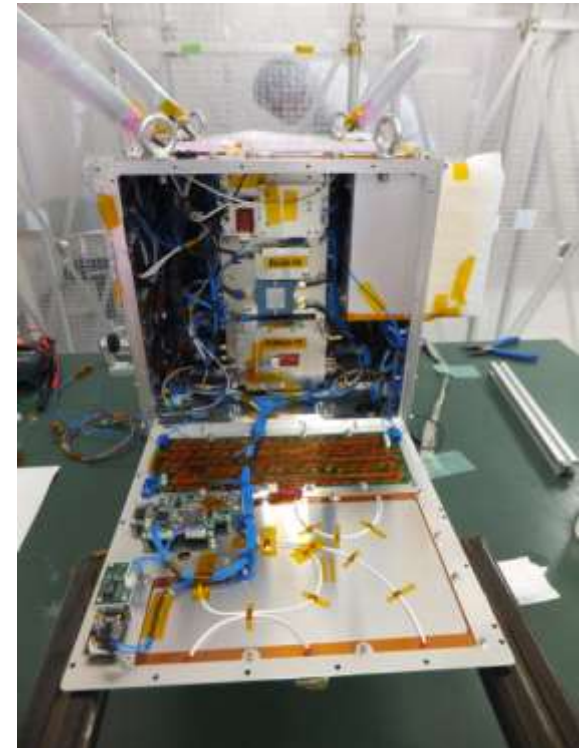
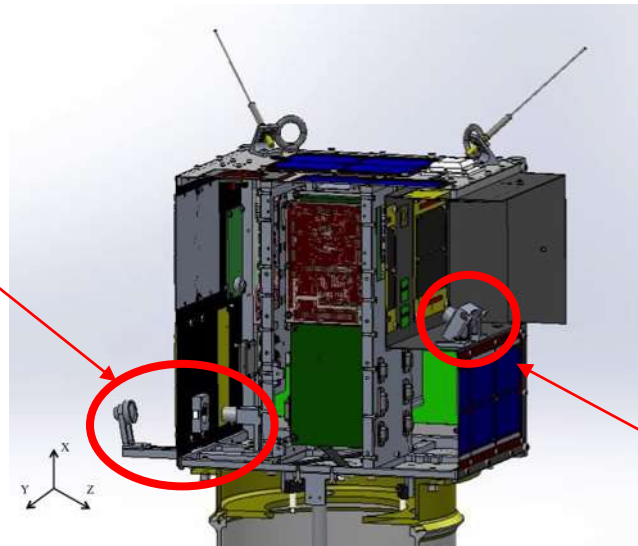
➤ 放電発光

“どこで”放電が発生したか

➤ 放電電流

“どんな”放電が発生したか

曲面鏡に反射した
衛星パネルを撮影



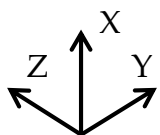
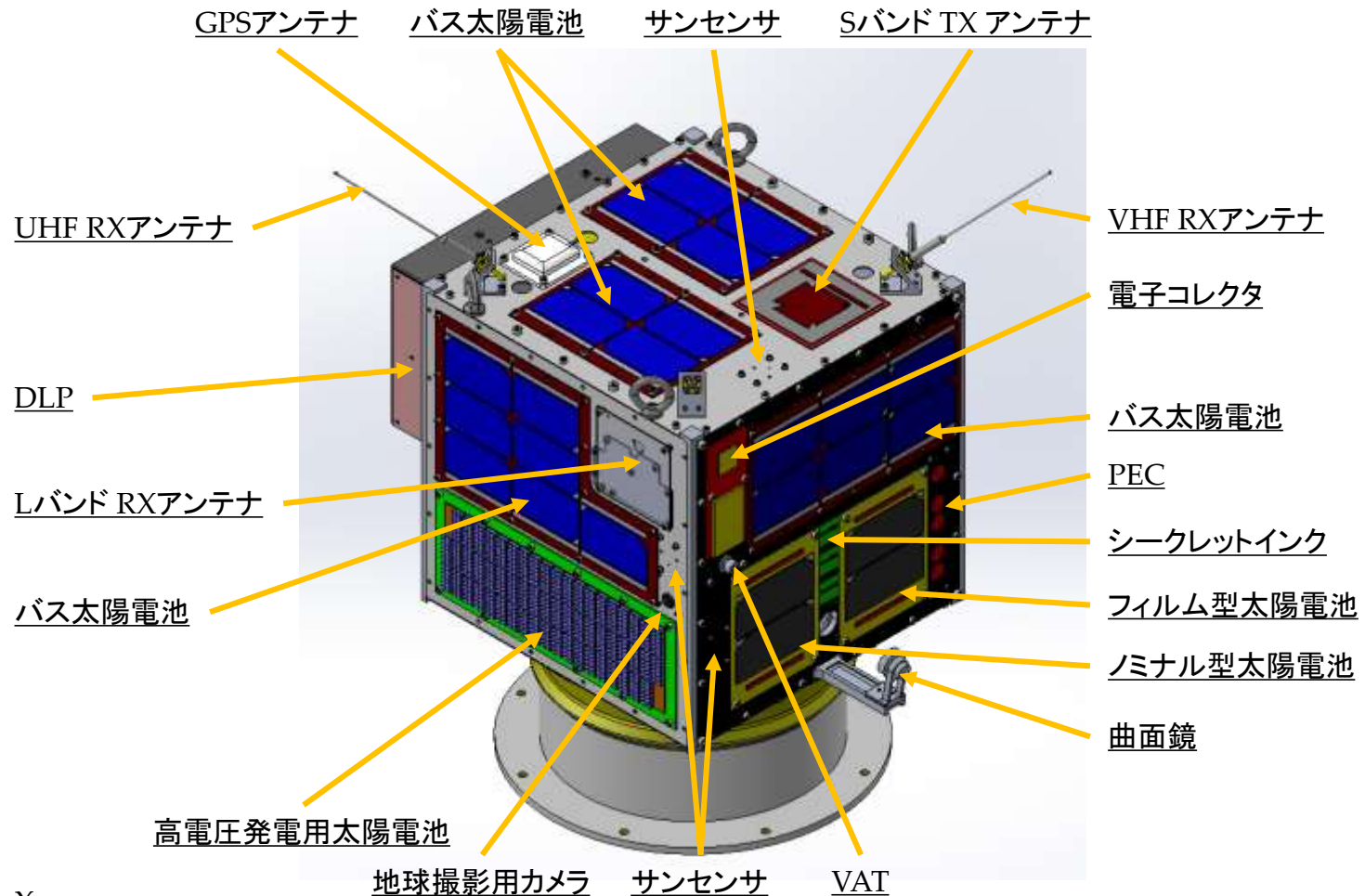
魚眼レンズを備えた
カメラで衛星パネルを撮影

ミッション一覧

合計7個のミッションを搭載

- (メインミッション) 放電電流の取得及び放電発光撮影
 - 高電圧発電, 放電抑制試験, 放電劣化試験 (HVSA)
 - 真空アーク推進機の軌道上実証 (VAT)
 - プラズマ密度測定 (DLP)
 - あぶり出し (INK)
 - 光電子電流計測 (PEC)
 - 地球撮影 (CAM)
 - 衛星からの音声データ送信 (SNG)
- } アウトリーチ目的

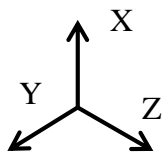
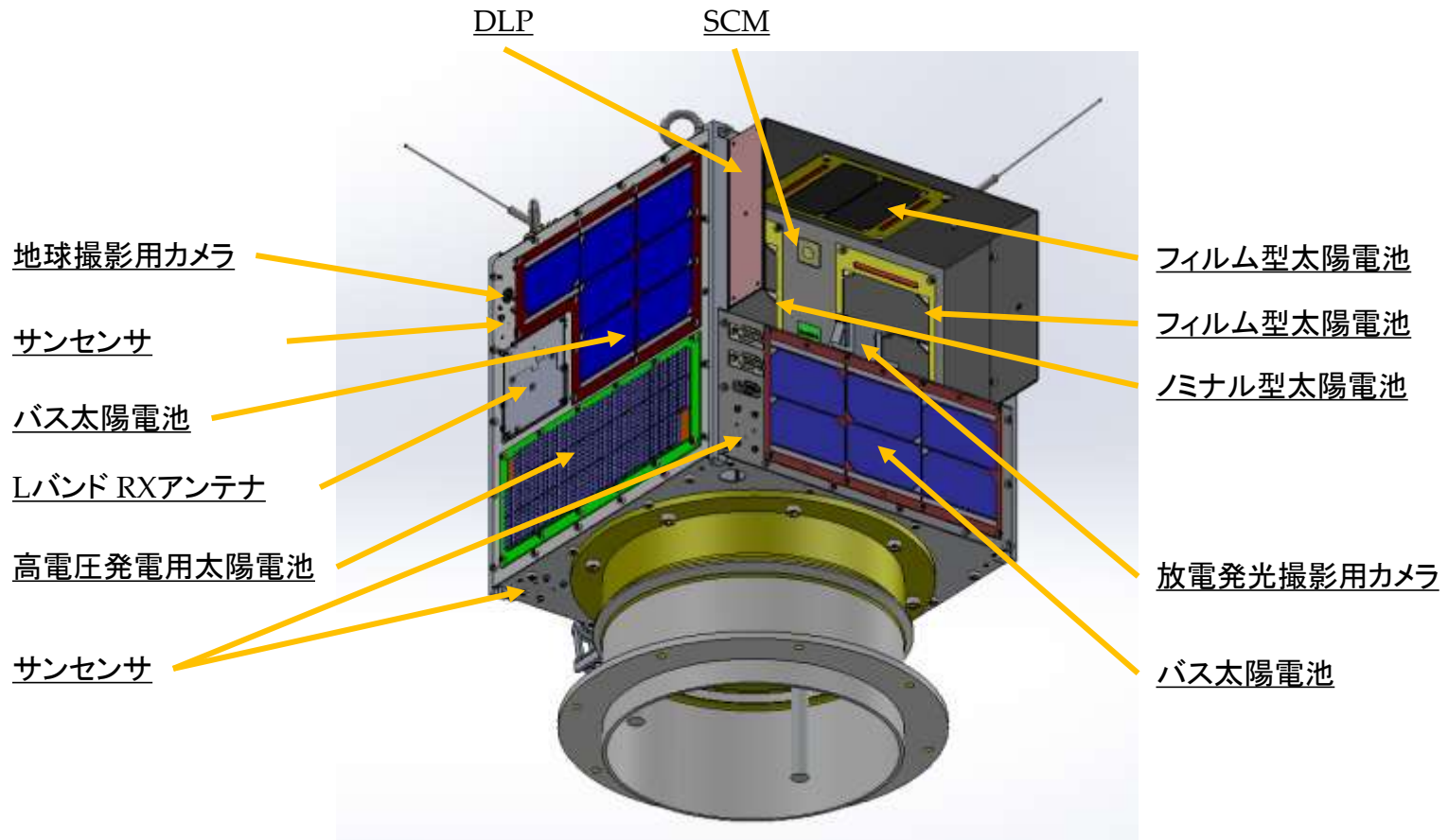
鳳龍四号



❖ サイズ: 450×420×430[mm]

❖ 重量: 10[kg]

鳳龍四号(続)



- ❖ サイズ: 450×420×430[mm]
- ❖ 重量: 10[kg]

開発メンバー



全18カ国 53人 (学生35人 うち留学生22人)

打ち上げ



2016年2月17日17時45分00秒(JST)
H2A F30 の相乗り小型副衛星として打ち上げ

↓ 18時17分 鳳龍四号分離



初受信



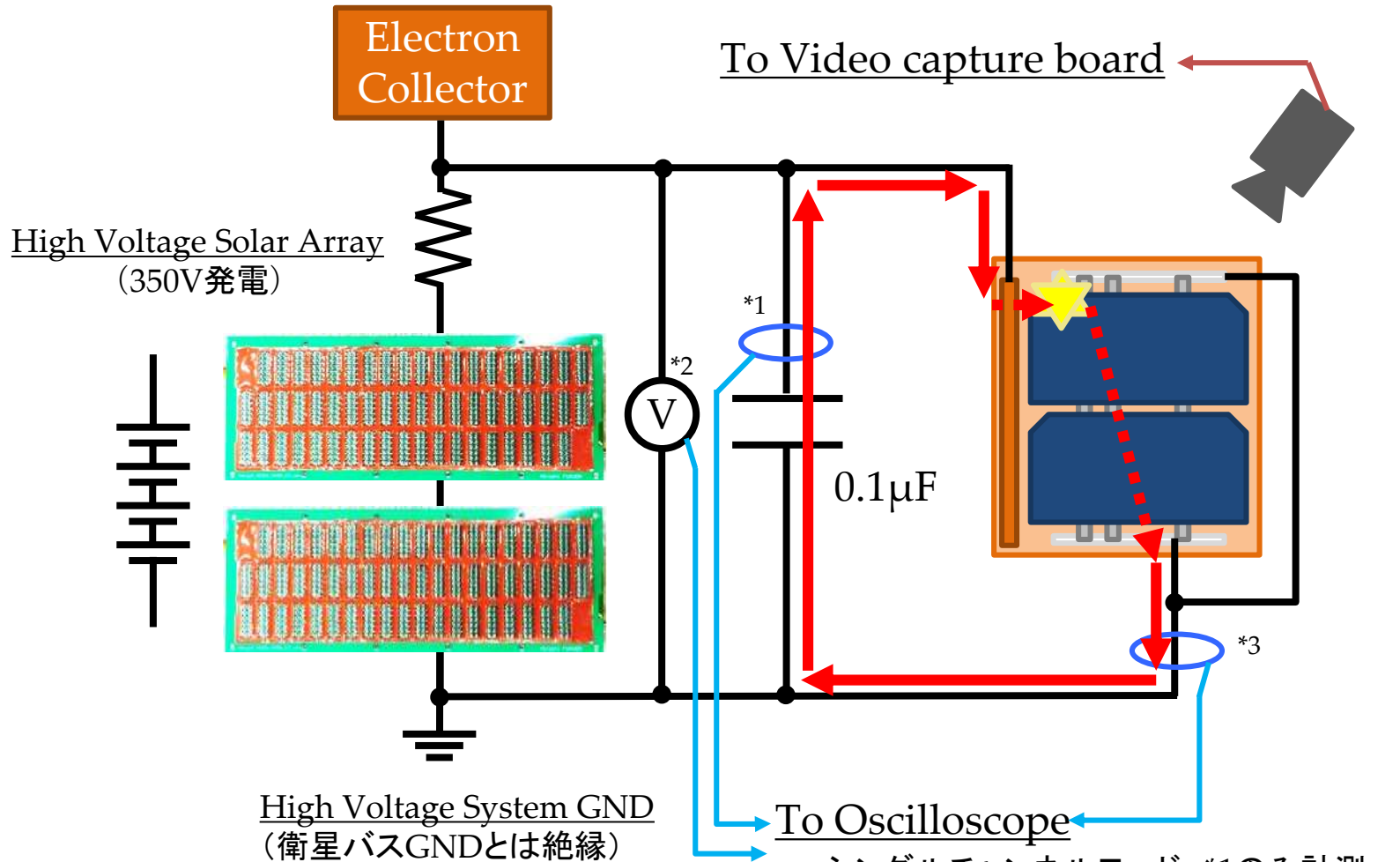
2016年2月17日 19:27:50~ 初電波受信

打ち上げ後、1週間初期運用

2016年2月24日 第1回目メインミッションの立ち上げ

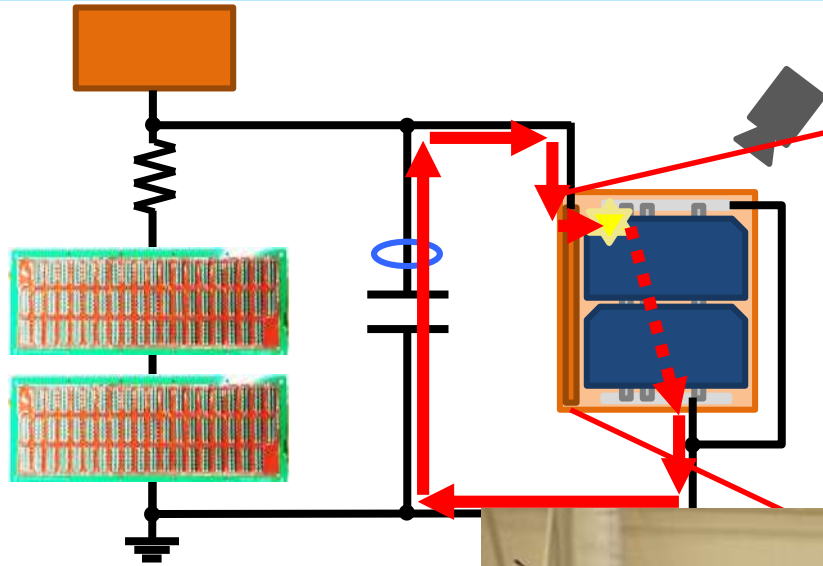
メインミッション

➤ 試験コンフィギュレーション



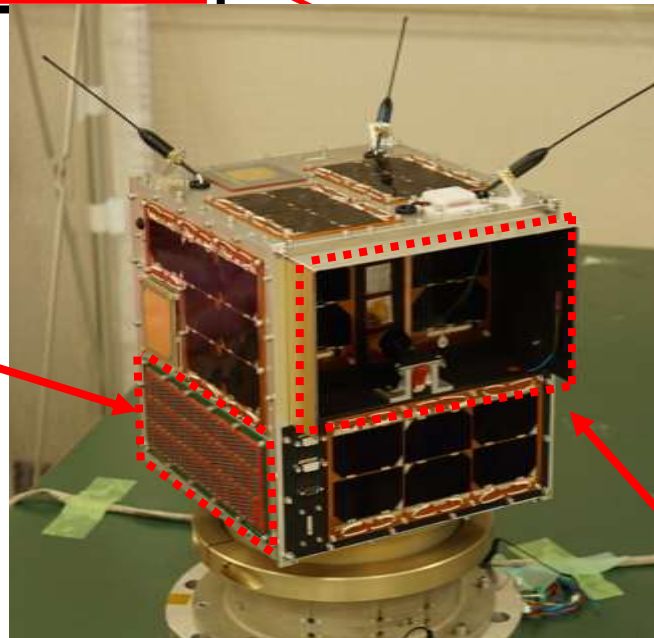
- シングルチャンネルモード：*1のみ計測
- マルチチャンネルモード：*1, *2, *3を計測

メインミッション



太陽電池サンプル (FM品)

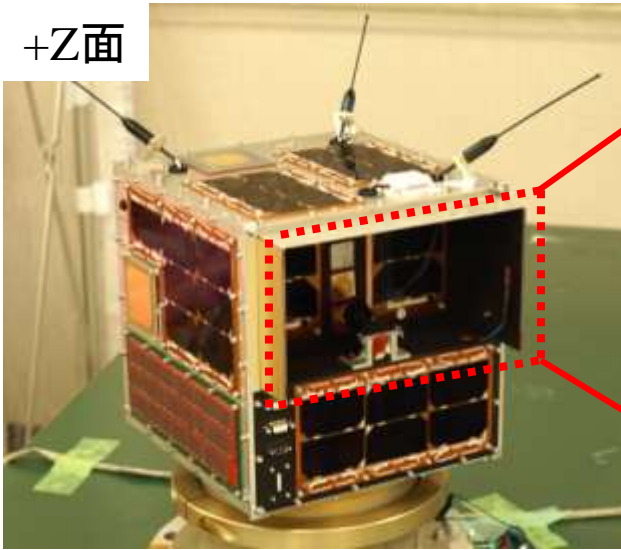
High Voltage Solar Array



太陽電池サンプルとカメラの搭載位置

メインミッション

+Z面



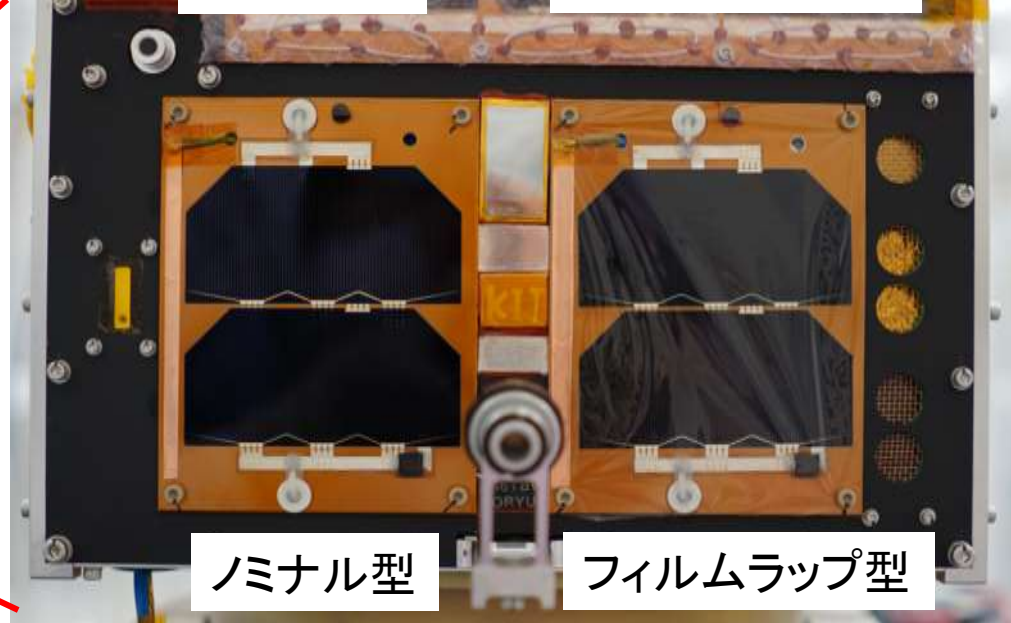
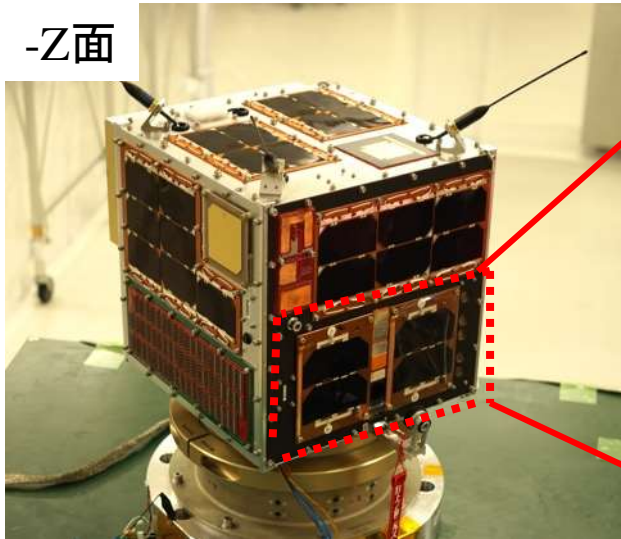
コーティング型



ノミナル型

フィルムラップ型

-Z面



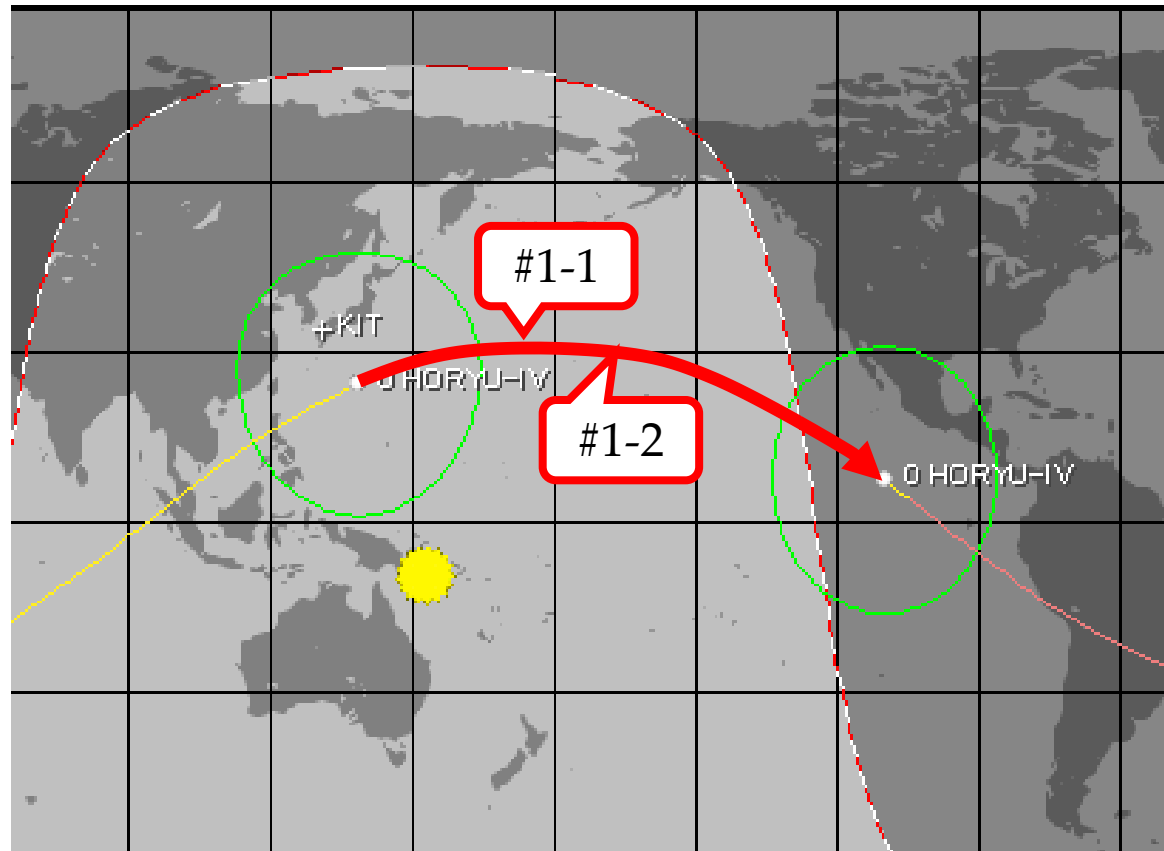
ノミナル型

フィルムラップ型

メインミッション

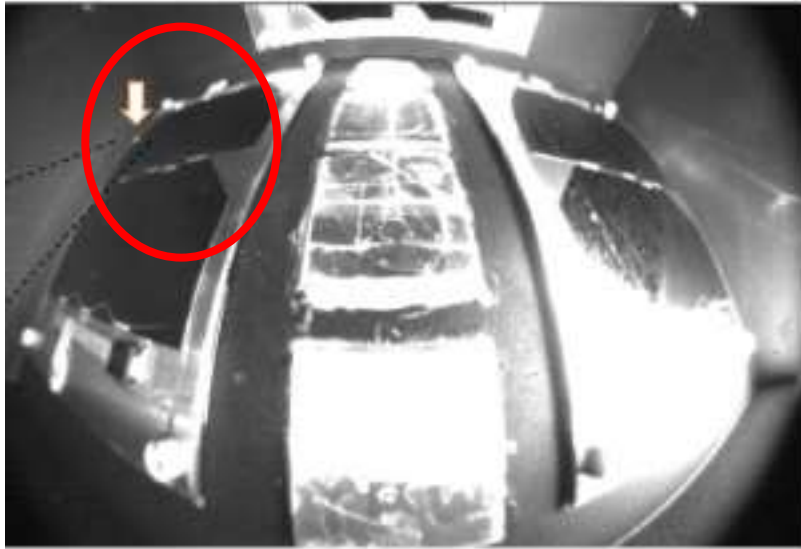
➤ 試験No.1時の衛星パス

2016年2月24日 11:01:00 ~ 11:31:00 (JST)

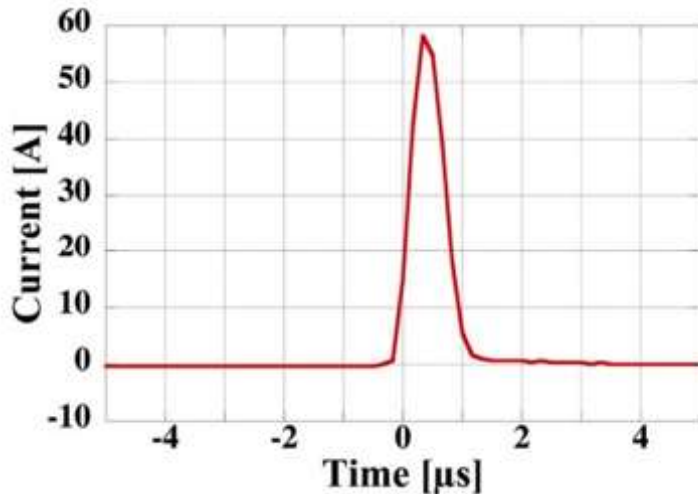


メインミッション

#1-2



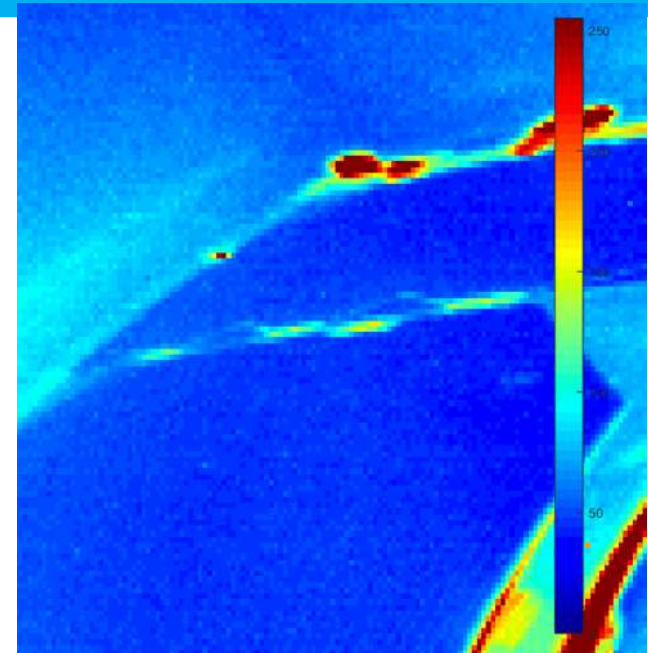
↑ 魚眼レンズカメラで撮影



世界初！！

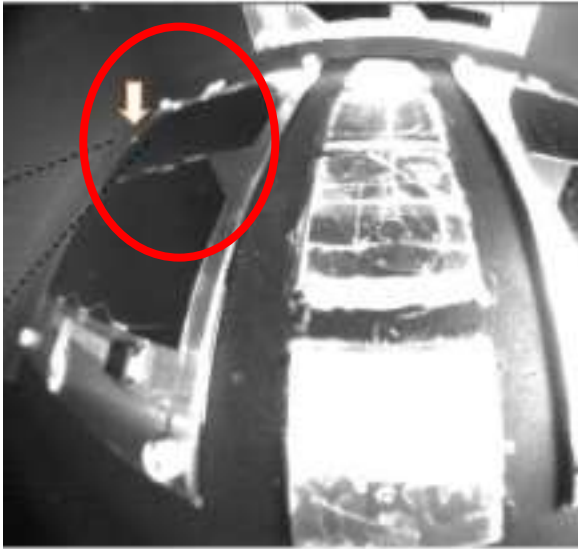
- ・宇宙空間で放電の発光をカメラで撮影に成功
- ・宇宙で発生した放電の電流の測定に成功

Shimizu, T., Fukuda, H., HORYU-IV team., Toyoda, K., Cho, M. : INITIAL RESULTS FROM IN-ORBIT HIGH VOLTAGE EXPERIMENT ON HORYU-IV, 14th Spacecraft Charging Technology Conference, ESA/ESTEC, Noordwijk, NL, 04-08 APRIL 2016

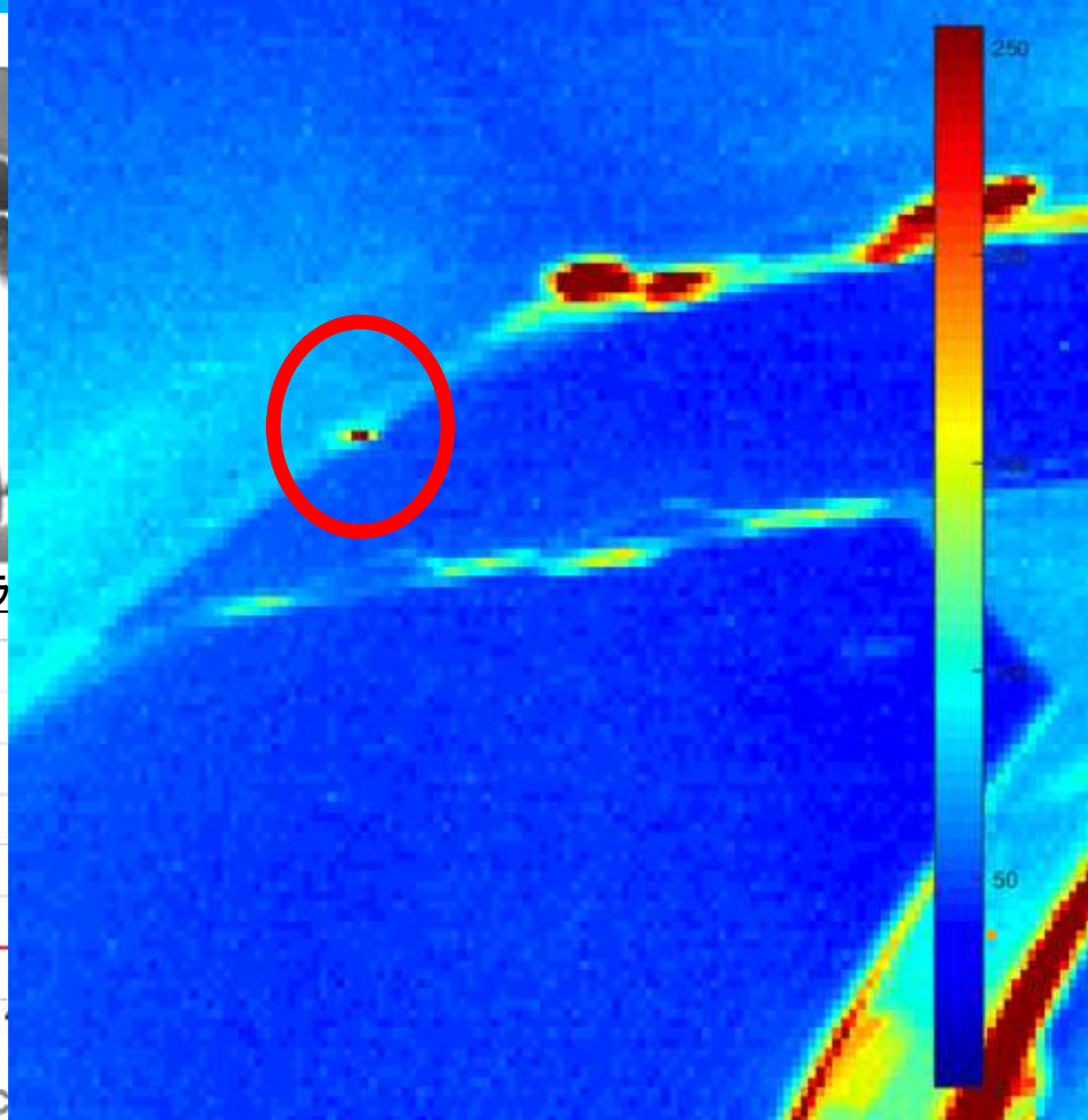
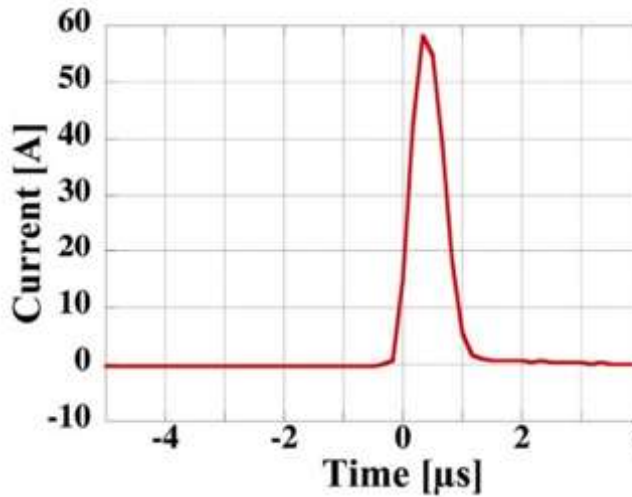


メインミッション

#1-2

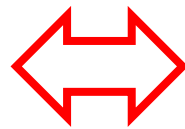


↑ 魚眼レンズカメラ



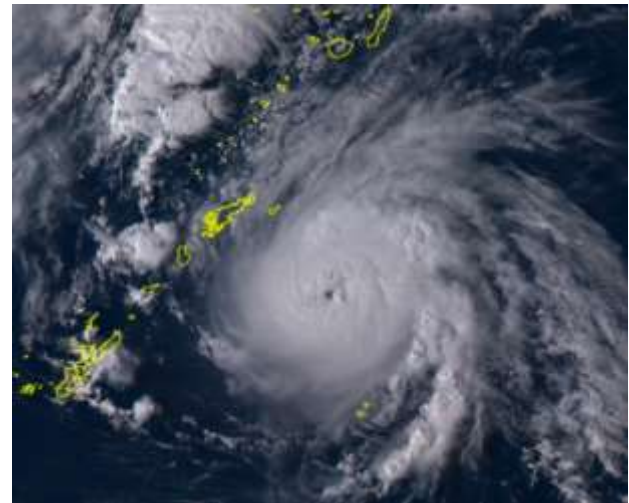
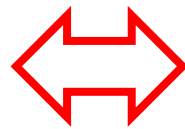
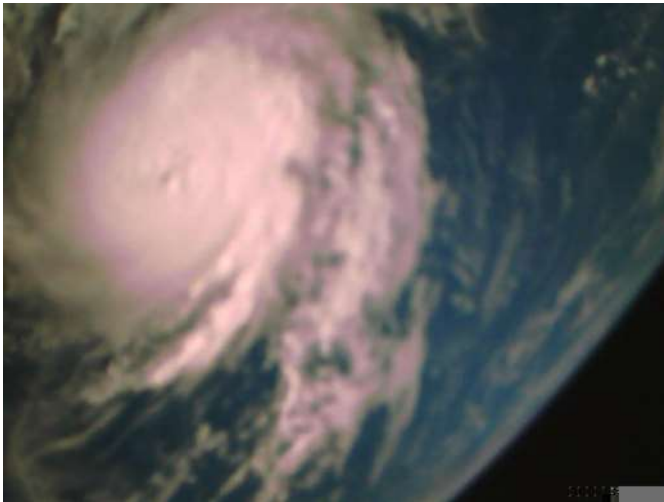
撮影した写真

- ソマリア沖撮影 (10月16日)



Google Map

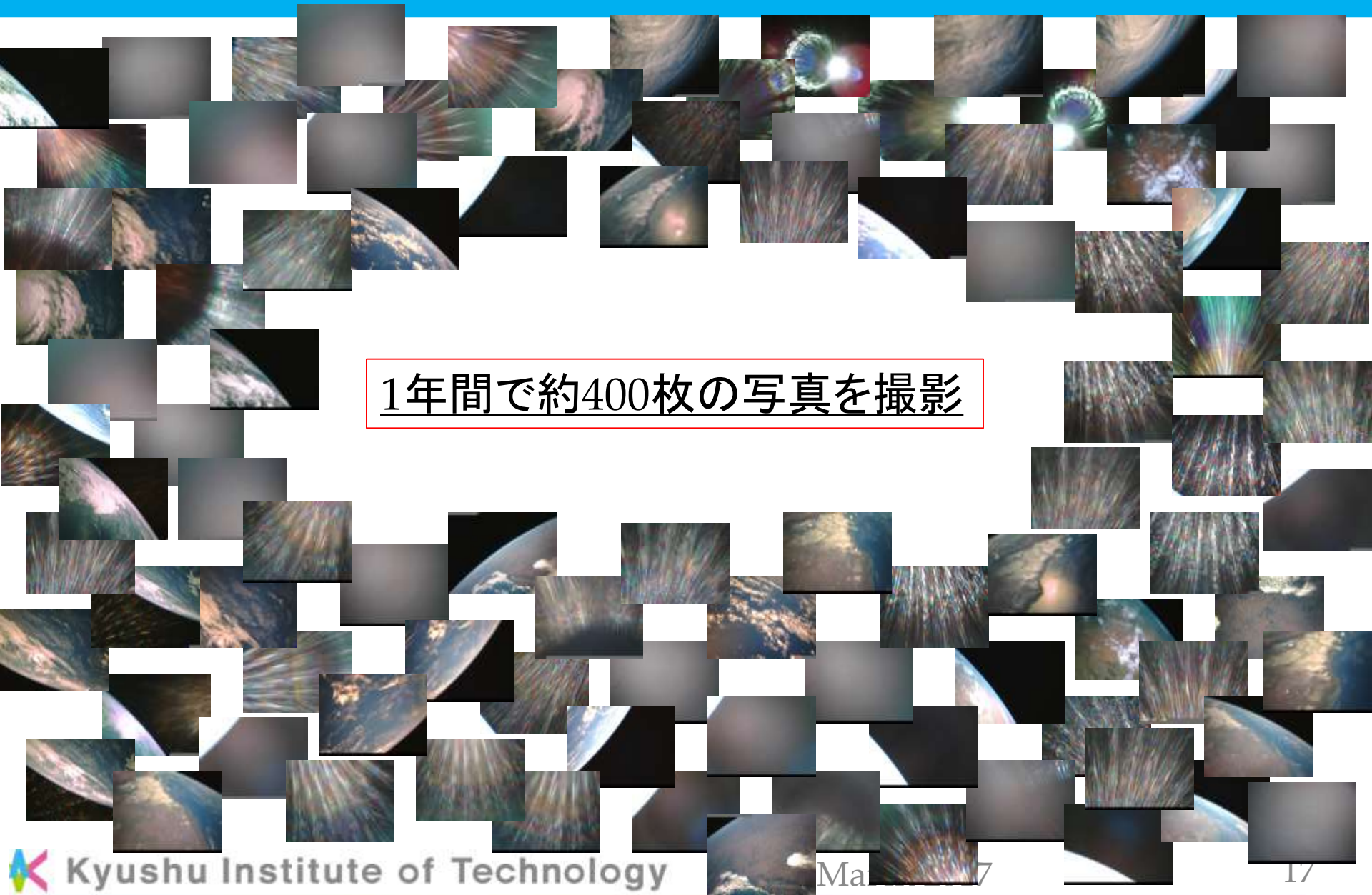
- 台風12号を撮影 (9月2日)



<http://himawari8.nict.go.jp/>
8 March 2017

撮影した写真

1年間で約400枚の写真を撮影



デジシンガー

▶ デジシンガー

UHF電波を用いて音声データをD/Lする

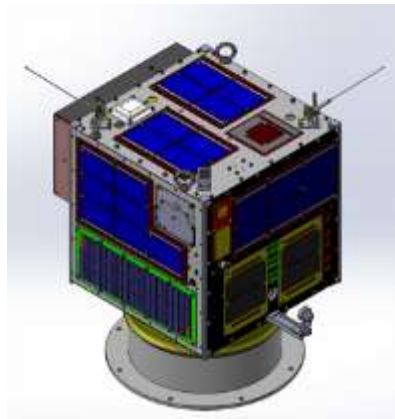


ヴォーカルシンセサイザーを搭載



音声データ

- ・君が代
- ・学歌
- ・きらきら星
- ...等

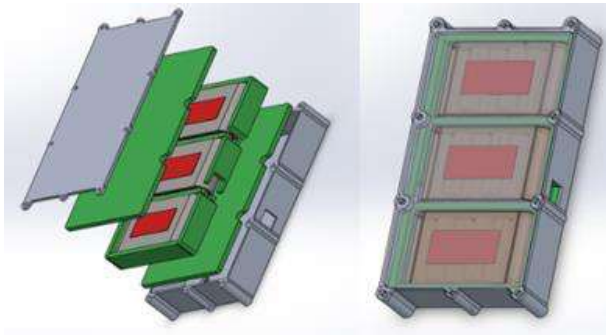


「JG6YBW こちら鳳龍四号
九州工業大学地上局 聞こえますか？
♪音声データ」

宇宙教育活動に利用

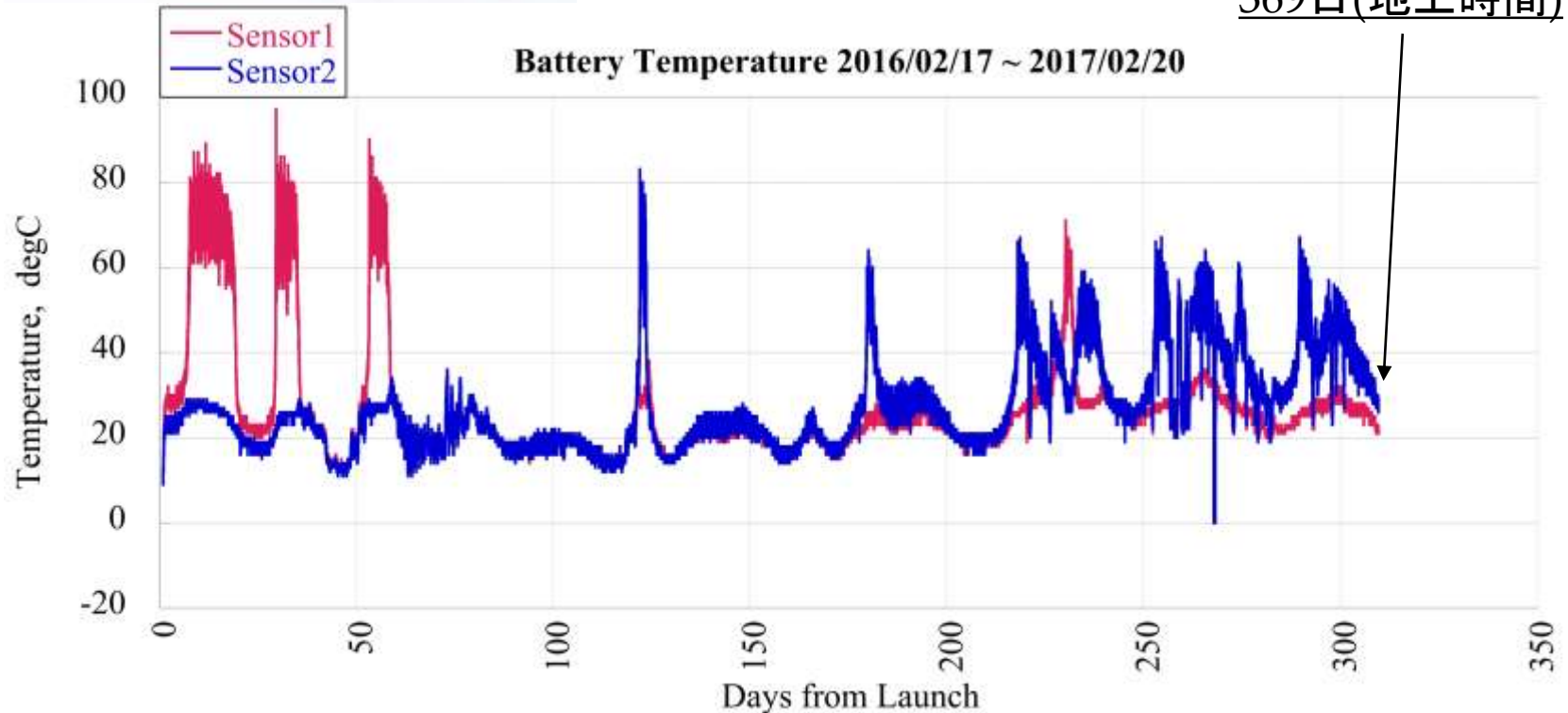


バッテリー温度



←バッテリーボックス

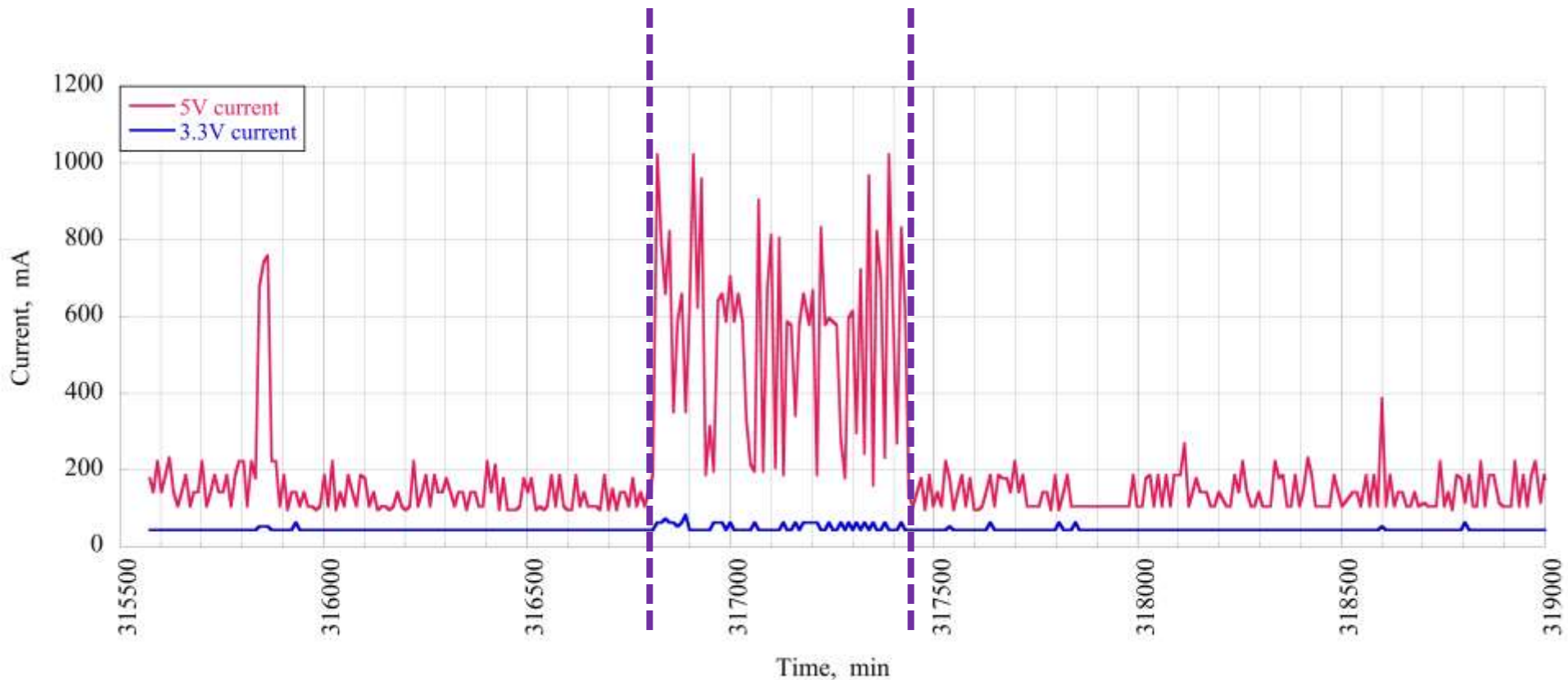
3つの部屋の内、端の2部屋に温度センサーを搭載

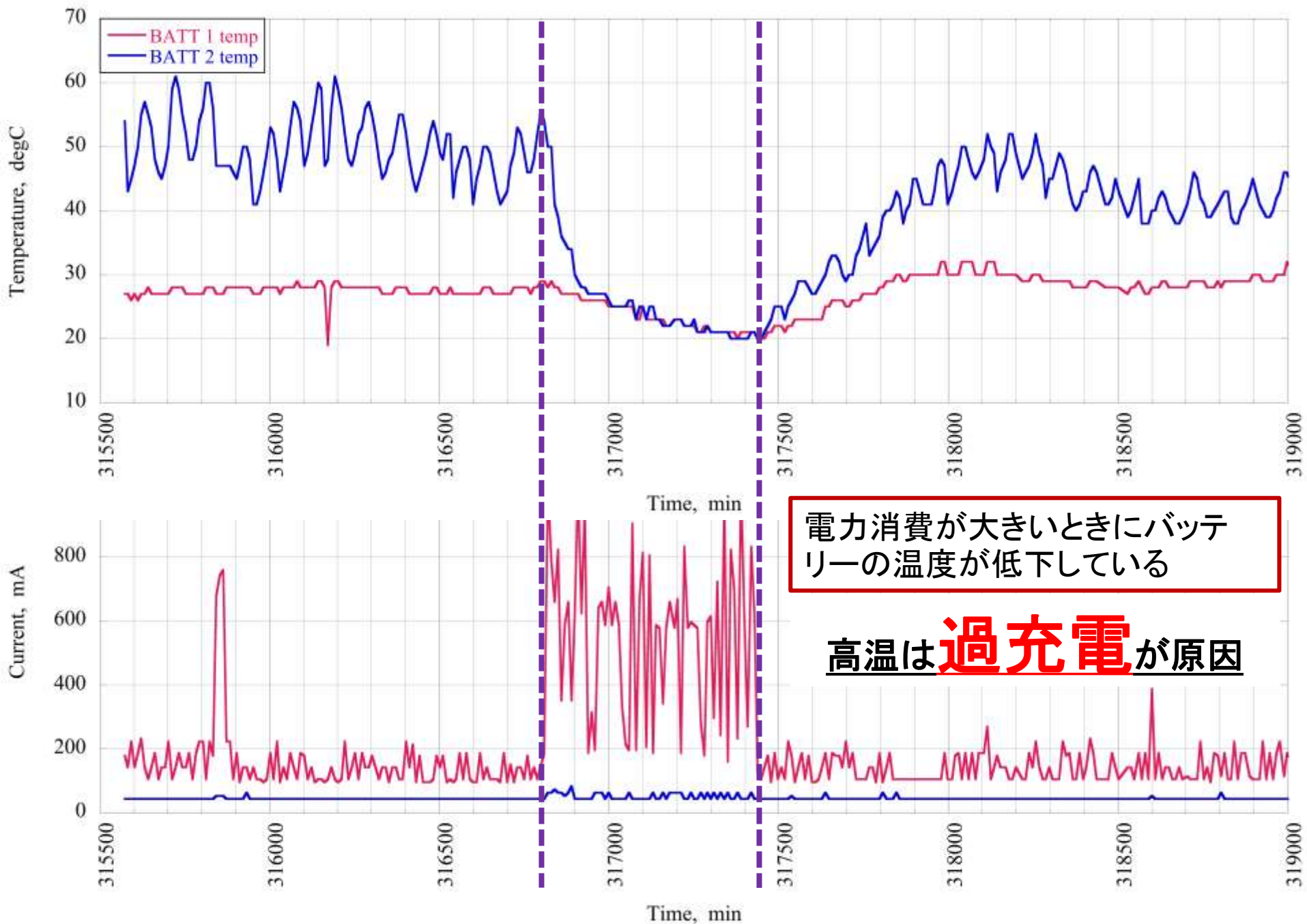


バッテリー温度

なぜバッテリー温度が非常に“高温”なのか??

↓ 消費電力が最も大きいミッション時の負荷電流

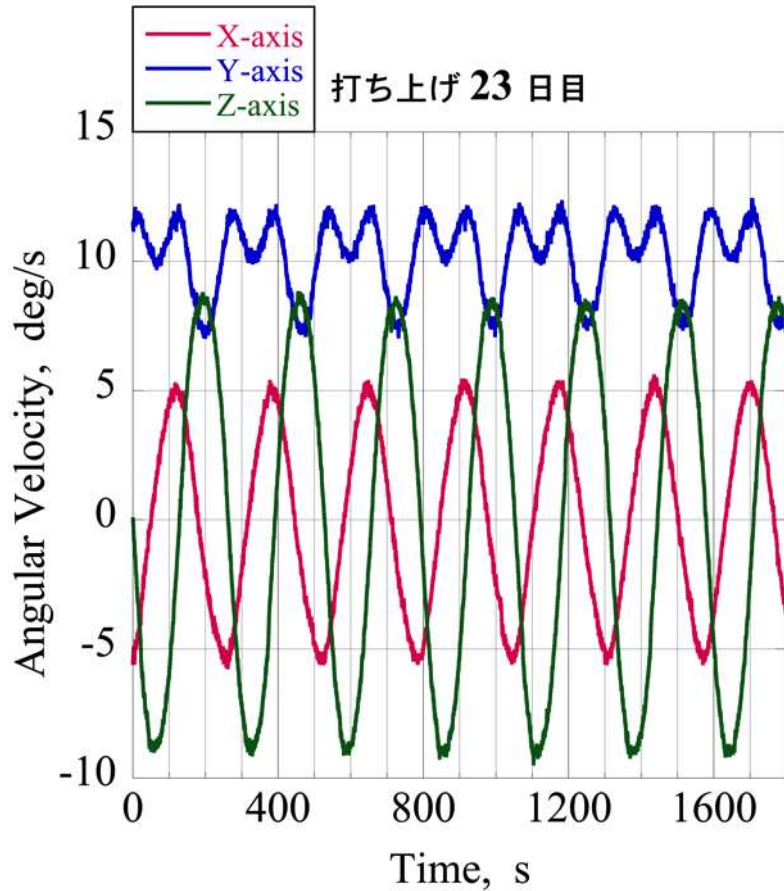




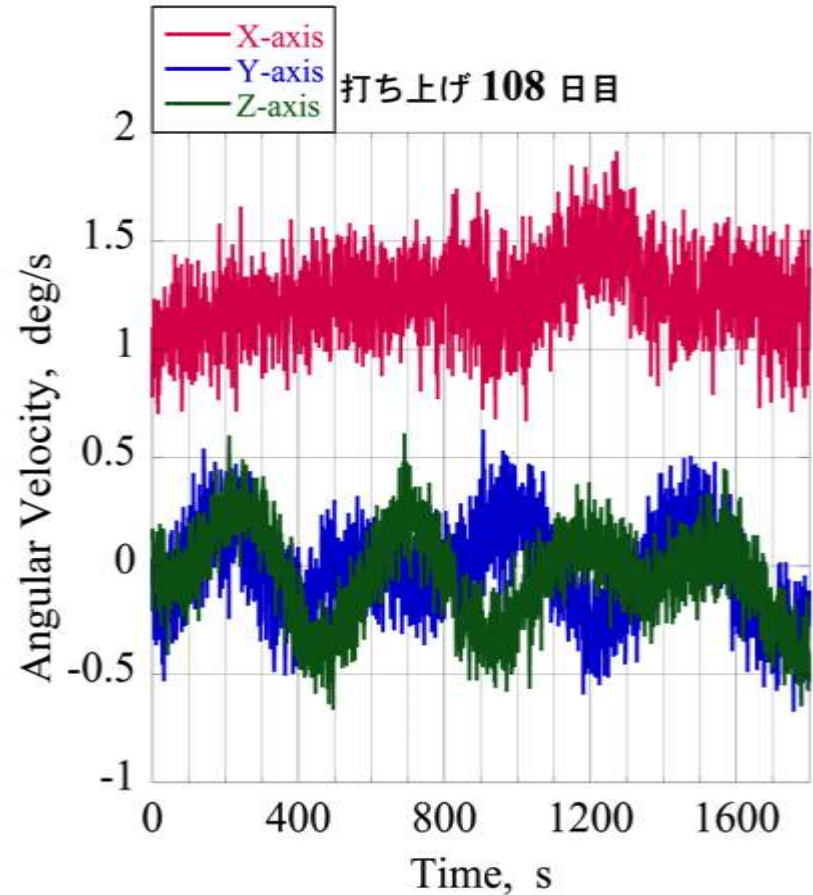
電力消費が大きいときにバッテリーの温度が低下している

高温は**過充電**が原因

衛星の回転



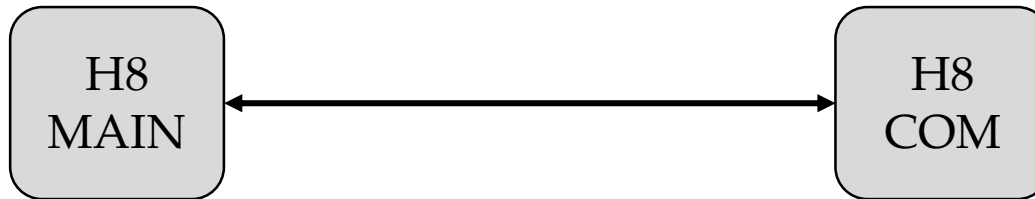
- 2016年3月11日
Y軸中心に回転
X,Z方向にタンブリング



- 2016年6月4日
X軸中心に回転
Y,Z方向にタンブリング

衛星ログ

鳳龍四号のOBC



- 衛星ログの記録
 - センサーデータの取得
 - コマンド解析
 - サブミッションのスイッチング
 - ミッション時間の管理...
- アップリンクコマンドの受信
 - H.Kデータの送信
 - メインミッションのスイッチング...

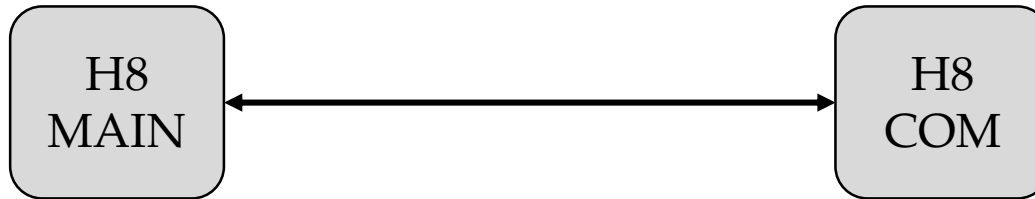
衛星ログ

以下の情報を、そのときの時刻と共に保存

→ミッションコマンド、データD/Lコマンド、Sバンドコマンド、スイッチON/OFFコマンド、

衛星のリセットイベント

衛星ログ

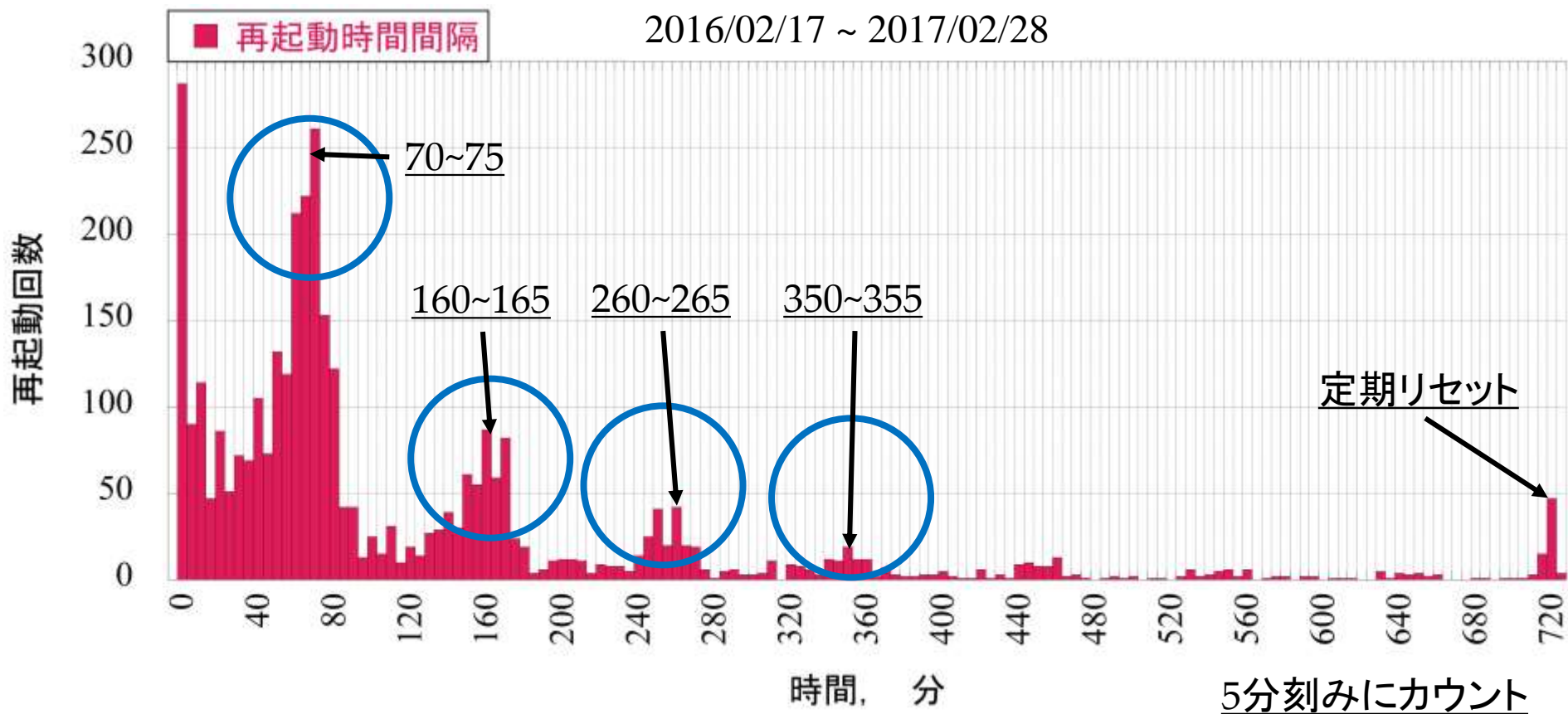


衛星のリセットイベント

1. H8MAINがH8COMにかけるソフトウェアリセット
(H8 Main forced reset#1_Software reset として、衛星ログに記載される)
2. H8COMがH8MAINにかけるソフトウェアリセット
(**H8 MAINの起動** として、衛星ログに記載される)
3. H8MAINがかける衛星リセット
(Satellite Reset#1_Satellite reset + **H8 MAINの起動** として、衛星ログに記載される)
4. H8COMがかける衛星リセット
(**H8 MAINの起動** として、衛星ログに記載される)
5. 定期リセット
(H8 Main regular reset_Software reset + **H8 MAINの起動** として、衛星ログに記載される)

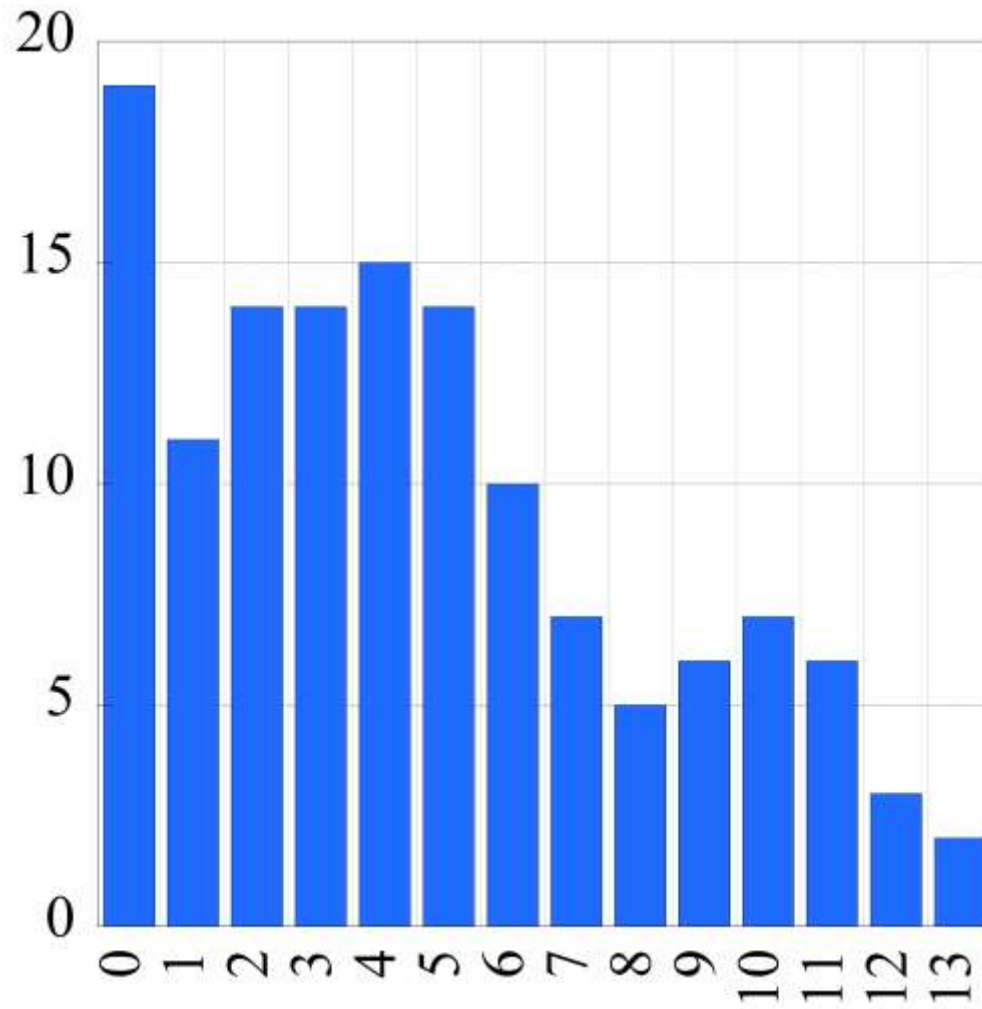
衛星ログ

”H8 MAINの起動“の間隔

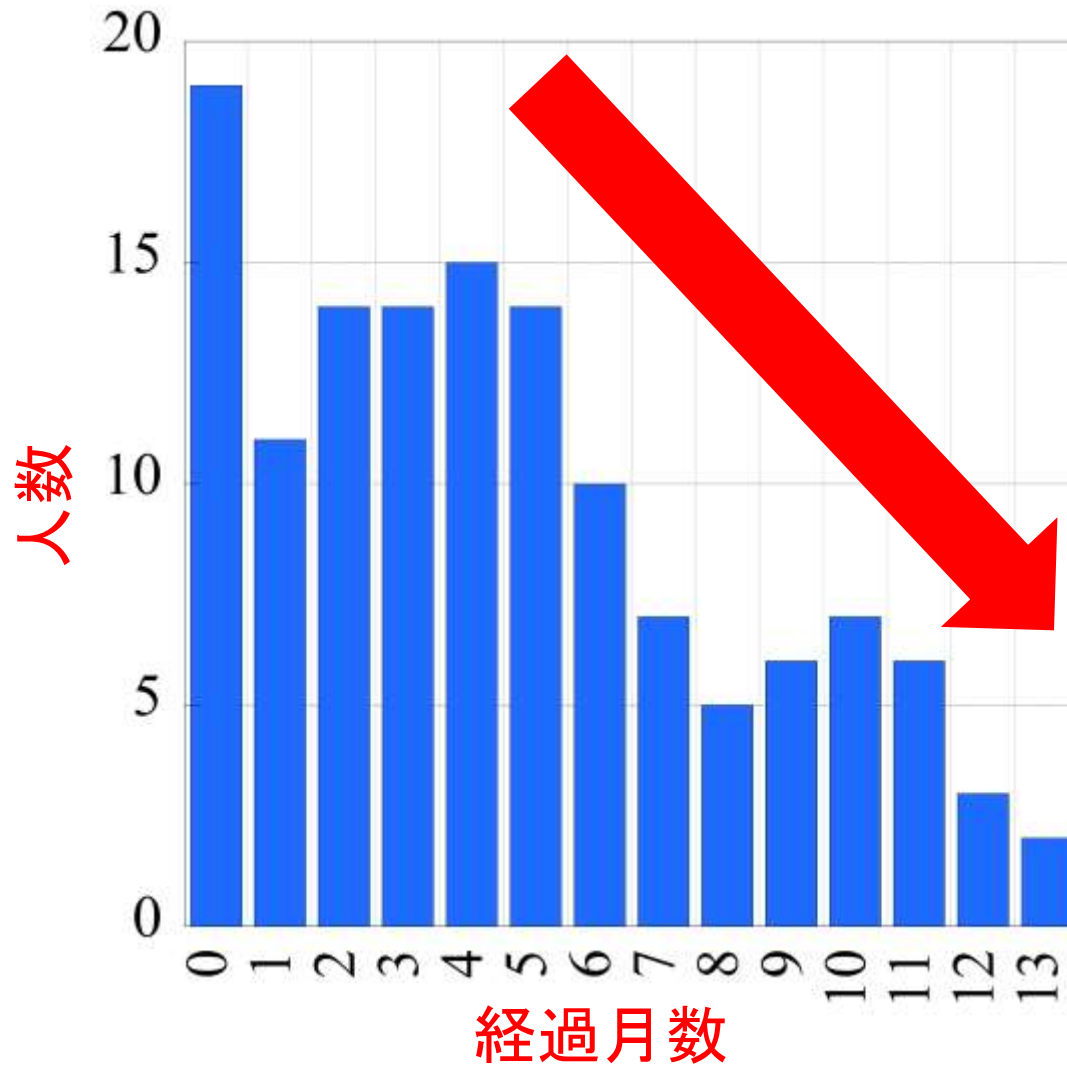


- 周期的な再起動回数のピークが見られる
- 蝕→日中、日中→蝕の際の突入電流が原因の可能性はある

???



運用人員数



まとめ

- **メインミッション**は打ち上げ1週間後に**達成**
- バッテリー温度が非常に高温になっていることが複数回発生した
 - 原因は過充電であると考えられる
- 打ち上げ後100日程度で衛星の姿勢は安定している
- 数多くのリセットイベントは、ランダム事象ではなく、何かしらの原因があると考えられる
- 運用人員が日々減っていく中で、何をどうすべきか検討しなければならない

最後に

本研究は、日本学術振興会 科学研究補助金 25220915 の助成を受けて行われました。

鳳龍四号の初期運用段階において、電波の受信にご協力いただきました全ての方に感謝致します。



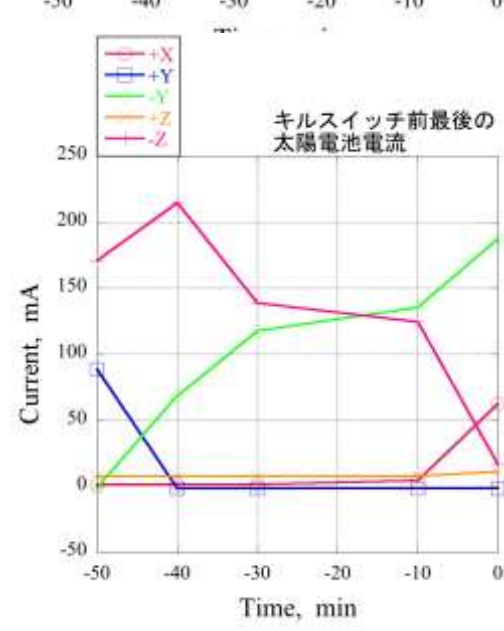
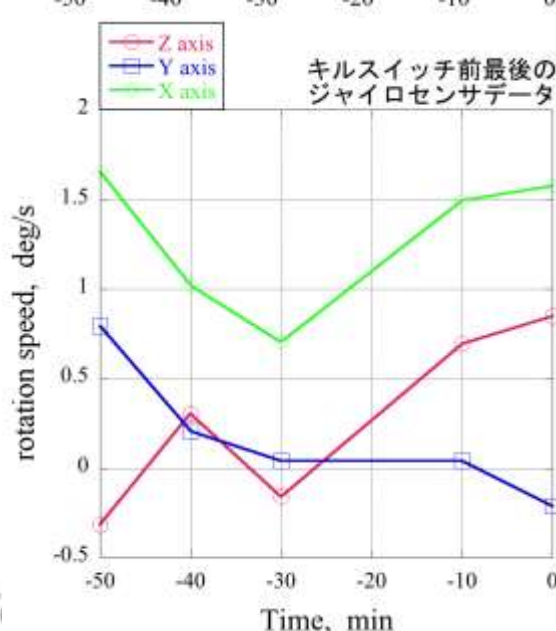
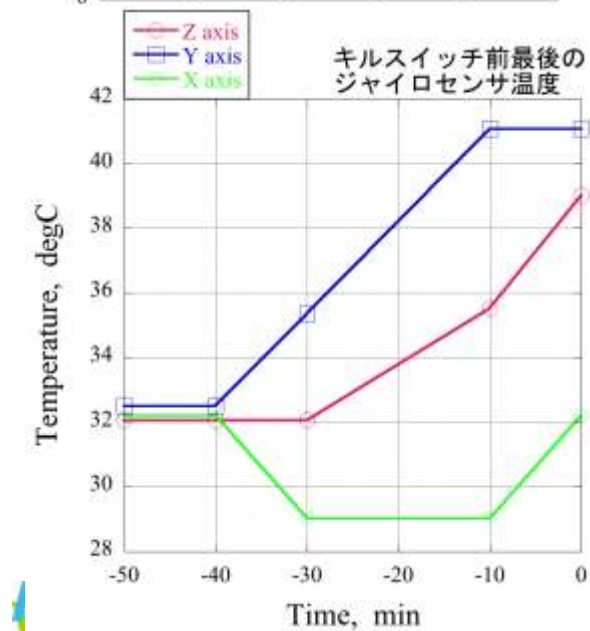
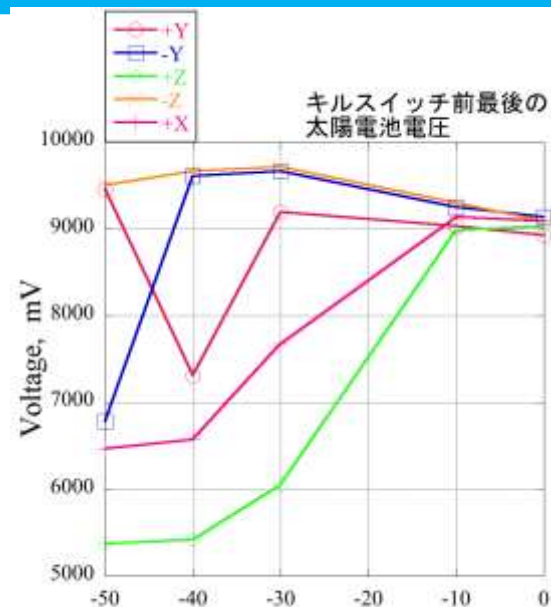
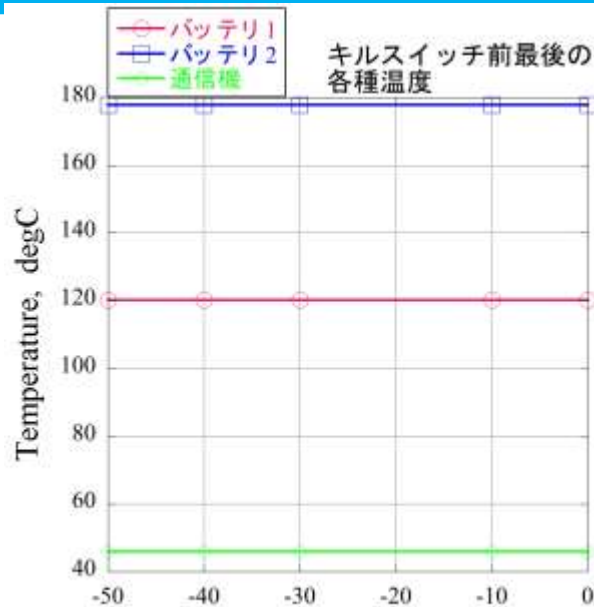
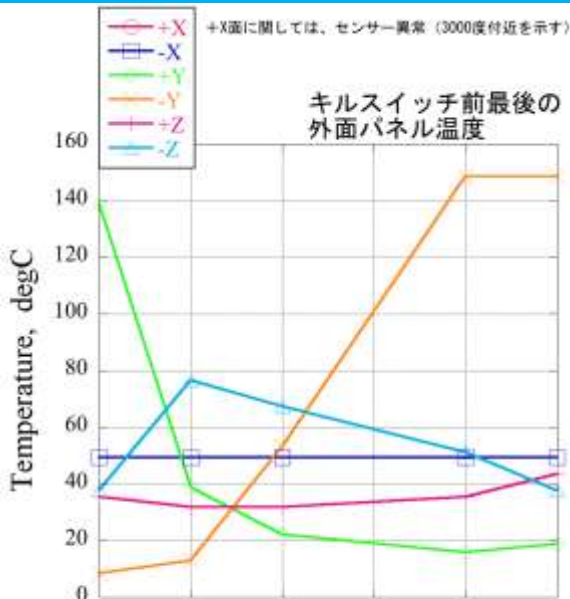
九州工業大学
804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1

鳳龍弐号

- 11月19日のパスからCWが一切聞こえなくなる。
 - →原因不明
- 2016年8月24日頃から衛星が常に太陽に当たる(全日照)
 - →考慮された設計ではない
 - →機器に何かしらの影響??
- 次地球の影に入るのは2017年5月初旬

2017年1月28日 鳳龍弐号からのビーコンを確認

鳳龍式号



鳳龍弐号

- 復帰後
- 17時59分12秒 キルスイッチ1送信
- 17時59分52秒 キルスイッチ2送信
- 翌日4時21分ごろのパス→ CW確認、バッテリーステータス異常
- 5時49分ごろのパス→ CW確認できず

鳳龍弐号を停波

鳳龍弐号

プロジェクト開始から 7 年に亘り鳳龍弐号の開発・運用に関しまして多大な ご支援、ご指導を賜り、誠にありがとうございました。現在、九州工業大学では次の人工衛星の開発・運用を行っております。今後ともご支援・ご指導の程 よろしくお願ひ致します。