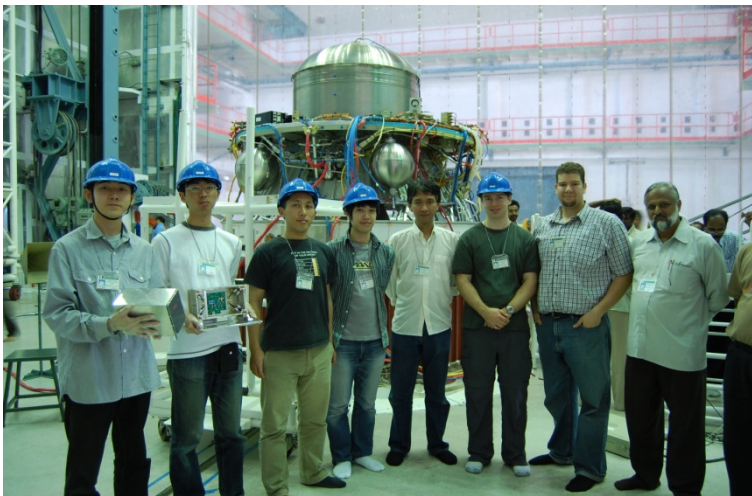


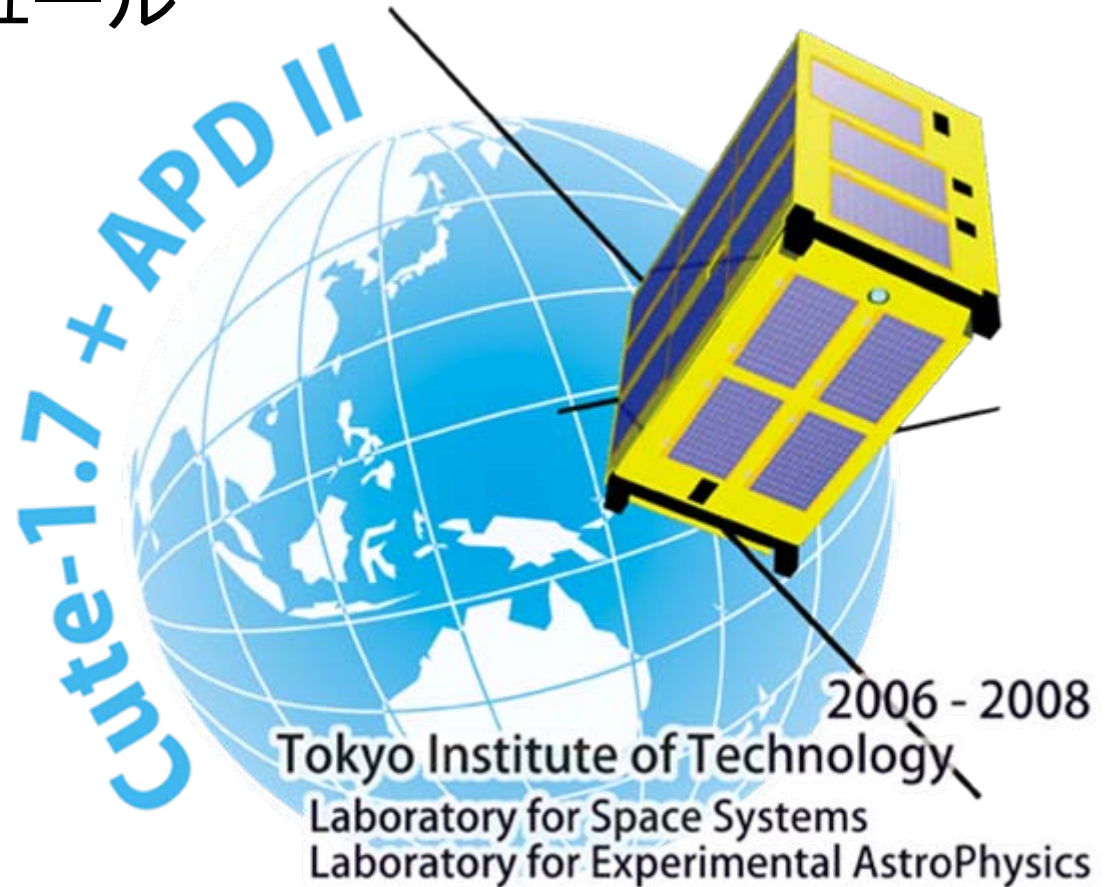


Cute-1.7 + APD II 打ち上げ報告

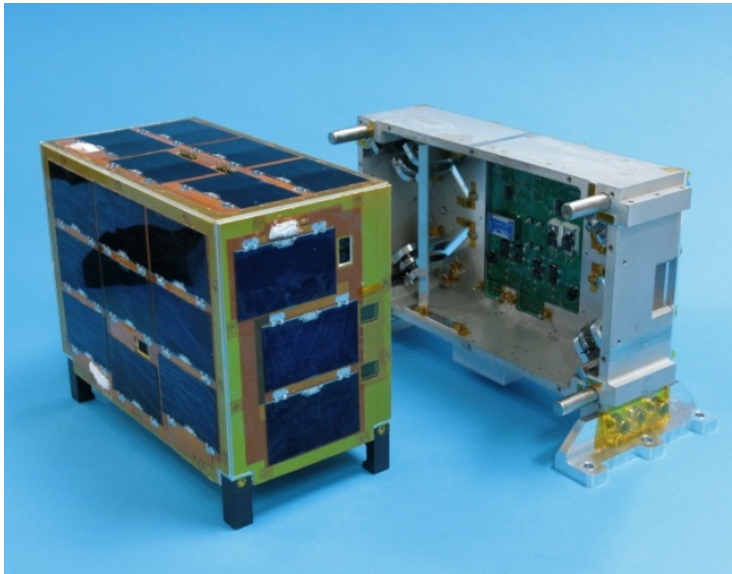


東京工業大学松永研究室
修士1年 稲川慎一

- Cute-1.7 + APD II の紹介
- 開発スケジュール
- シッピング
- インド作業
- 打ち上げ
- 初期運用



Cute-1.7 + APD IIの紹介



- 松永研究室3機目の衛星

寸法: 115 × 180 × 220 mm³

質量: 3.0kg

発生電力: 4W

- ミッション

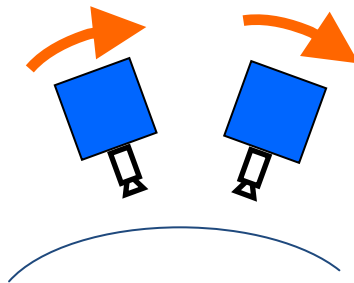
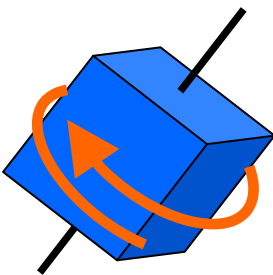
1. COTS品を用いた衛星バス開発

2. 磁気トルカを使用した姿勢制御実験

3. アマチュア無線サービス

4. APDセンサ実証

5. LSS開発の超小型衛星用分離機構実証



- 開発経緯

2006年2月に打ち上げに成功したCute-1.7 + APD(1号機)の放射線による通信系損傷によりミッションを完了できず、リベンジを目指す

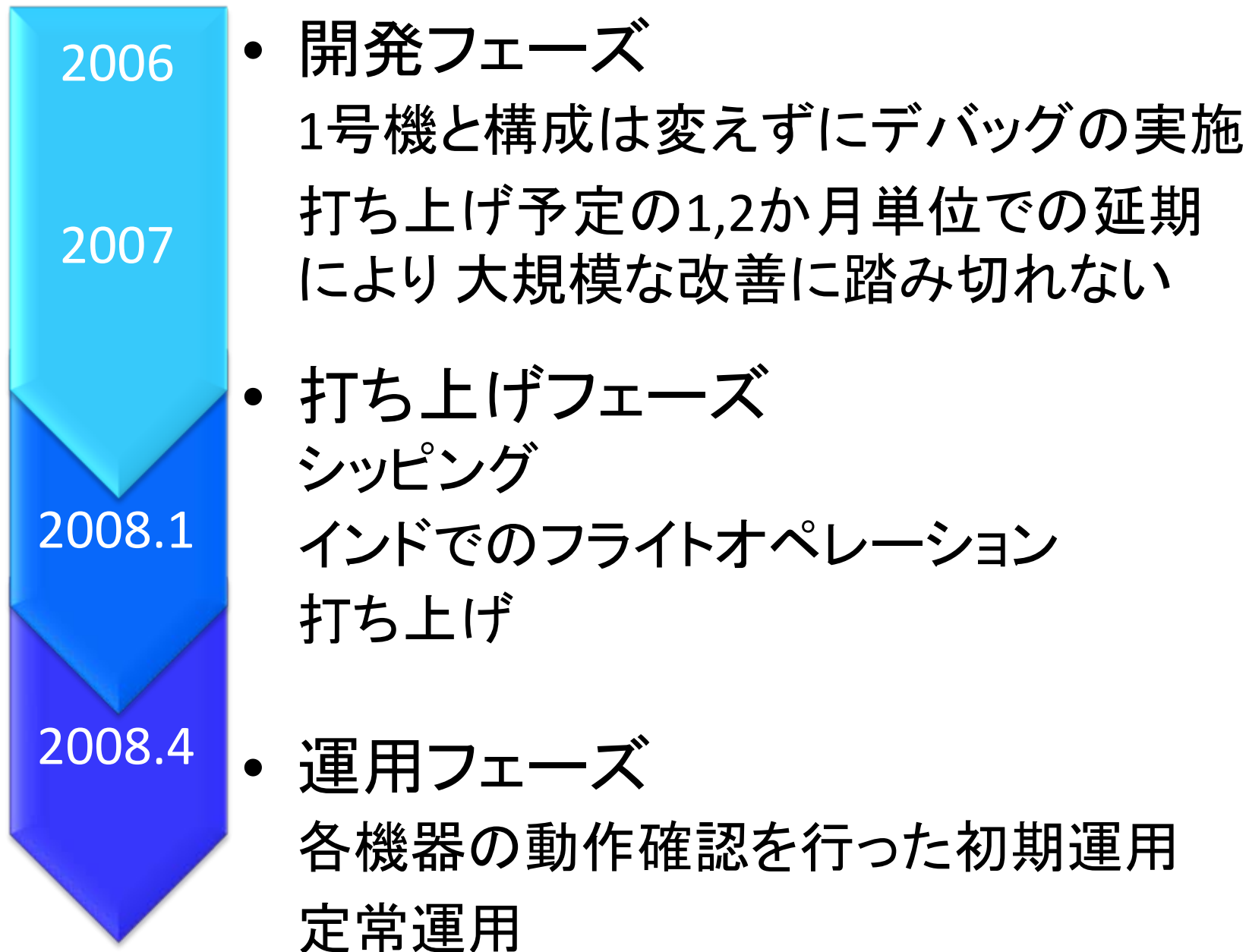
- 開発のねらい

1. 1号機の革新的なシステム

2. 高い頑健性と信頼性

-放射線耐性・危機管理システムの改良

開発スケジュール



- 衛星の輸送経路
直接インドに送らず，幹事大学であるカナダのトロント大学を経由した
- 輸送時期
1月17-18日
- 輸出許可申請
カナダを経由することで申請を容易にした
フライトオペレーションに用いる機器は非該当証明書
- 輸送ケース
アルミケース & ペリカンケース



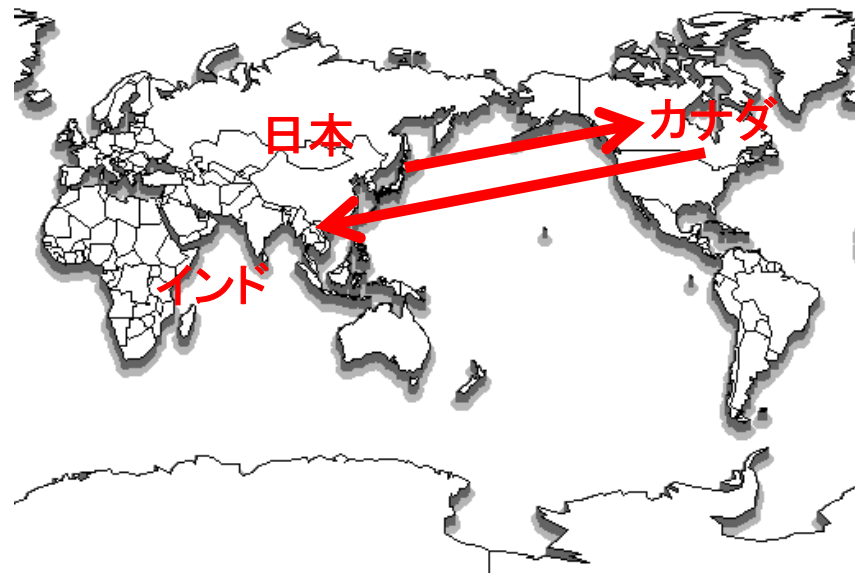
輸出許可申請

- 衛星の輸出は...

「**輸出令別表第1の13項(2)等**」に該当

- 必要書類

- ☐ 輸出許可・承認申請書
- ☐ 申請理由書
- ☐ 委任状の原本
- ☐ 契約書
- ☐ エンドユーザーの情報
- ☐ 衛星リスト
- ☐ 価格証明書



手続きは・経済産業省 ・関東経済産業局

輸出申請(成田税関)

- 必要書類

- ☐ 輸出申告書(C-5010様式)

- ☐ 輸出許可申請書

- ☐ INVOICE

輸出するものの品名、個数、単価(日本円)、『No commerce value』

の表記および輸出年月日、輸出者、荷受人、輸出者の署名

- ☐ 鑑定書

再輸入する際にそれが自分のものを証明するためのもの

- フライトオペ機器

- 事前に無線機や安定化電源等の**非該当証明書**を用意する必要がある

→あくまでも輸出する当事者の判断であり、メーカー側からは一切の要求はない

出国

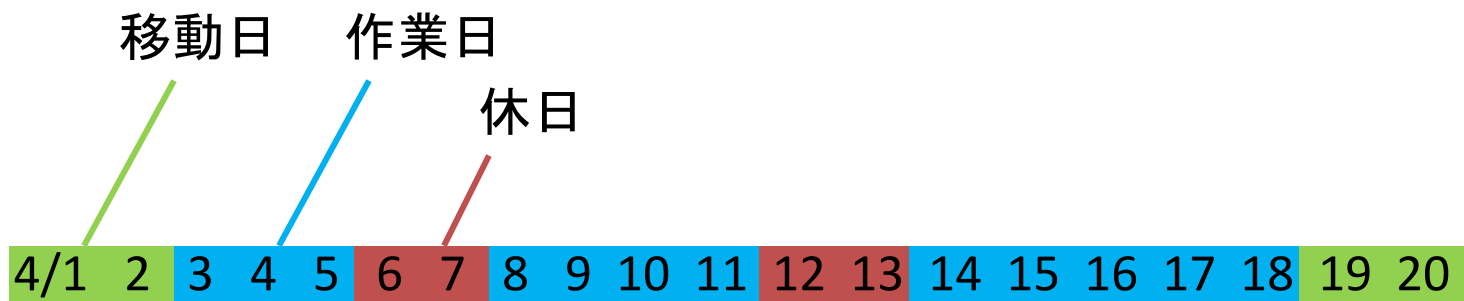
- 4月1日インド, スリハリコタに向け出国
– 成田～シンガポール～チェンナイ



インド作業項目

- フライトオペレーション
- Flight Readiness Committee
- 分離機構審査会議
- Mechanical fit check
- 分離機構動作試験
- 統合

全行程を2週間で終える予定でしたが…
入国後数日で1週間延びることが確定



サティシュダワン宇宙センター

1st launch pad



2nd launch pad



フライトオペレーション-目的・準備

- 目的

輸送により各機器が損傷していないことを確認
軌道投入後の初期動作の最終確認
衛星を初期化し，分離機構への統合

- フライトオペ対策・練習(出国前)

半日で終わる作業量を目安にした

—フライトオペ時間が不確定であった

—1機目の打ち上げ時の作業時間を参考にした

FMやEMを用いて，出国前に十数回実施

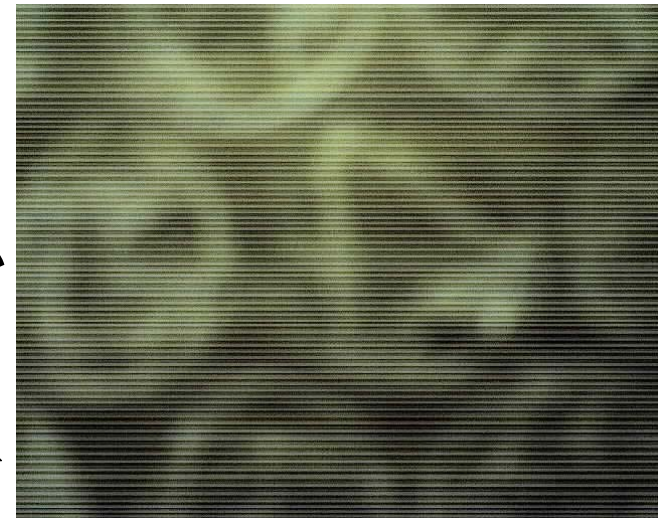
—緊急時に配慮し，担当替え・人員減



フライトオペレーション-1日目

4月3日(晴れ,42°C)

- 衛星到着
- 衛星の分離・初期動作確認
- フライトオペレーション実施
カメラの動作確認時に撮影した写真に横縞が入る異常が発生
→翌日に持ち越し



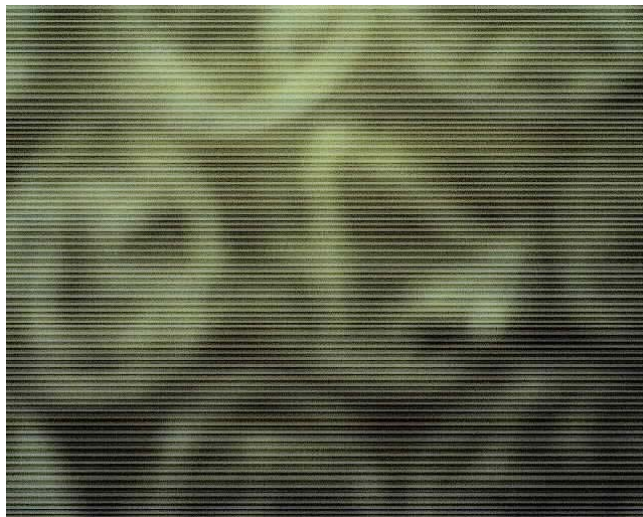
↑ 衛星下面に取り付けられたカメラで撮影した写真



フライトオペレーション-2日目

4月4日(晴れ,42°C)

- フライトオペレーションほぼ終了
充電・分離機構への取り付けのみ
- カメラ問題の解決
インドの蛍光灯の周波数が関係していることが疑われ, ライトで照らして撮影
→縞のない写真が撮影された



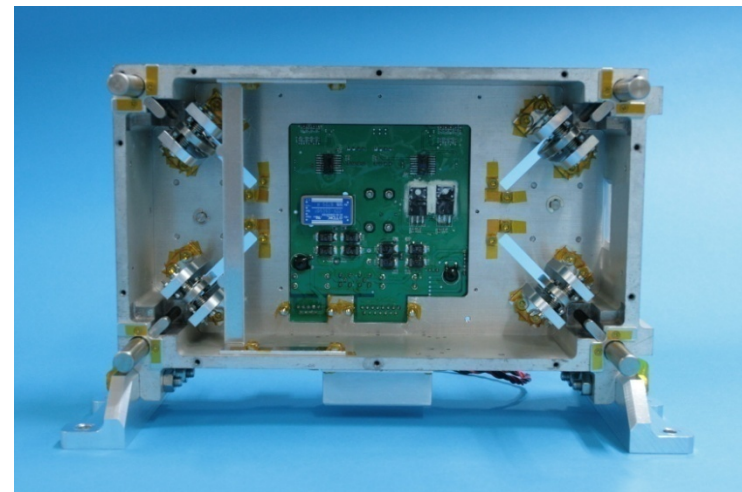
会議

4月5日(晴れ,43°C)

- SP1B で行われた
- 相乗り衛星の説明会が行われ, 途中ロケットの3,4段目の送り出しに立ち会った
- 松永研究室が開発した分離機構へ質問が集中
回路部の冗長性・タイマーの必要性など,
機構としては軽量である点を評価していた



ココナッツでお祝い



Cute分離機構

Mechanical fit check

4月10日(晴れ,43°C)

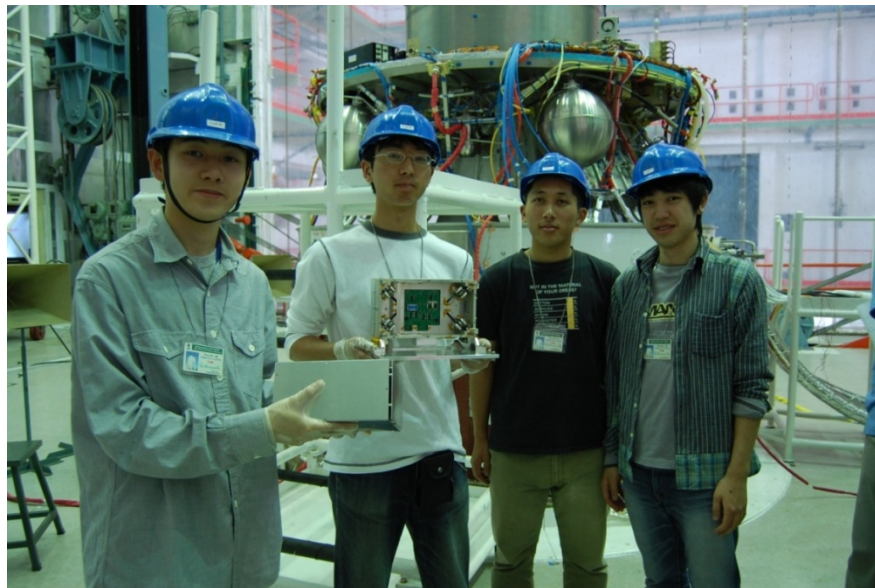
- SP1Bにてフライト用マウントを持ち込み実施
- 分離機構の穴位置とロケット側のねじ穴位置が合っていることを確認することでしたが...
- 要望のM6ではなくM5でねじ切られていました
- 寸法公差の違いからM5に変更したとのこと
- 細いM5への変更となったが、ねじ材質を変えることで許容応力は高くなった
- 突然の変更ではあったが、翌日 ISRO側とドキュメント化しました



分離機構動作試験

4月11日(晴れ, 43°C)

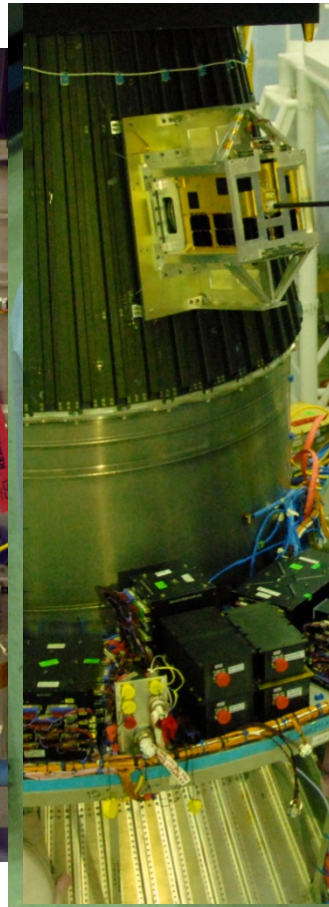
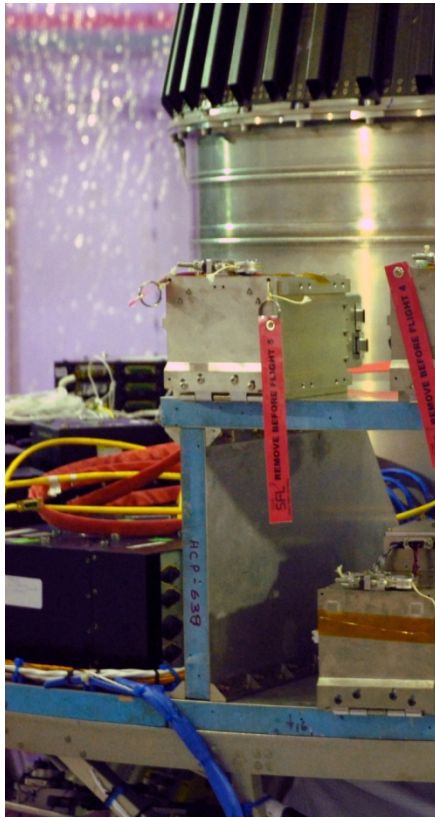
- SP3 で行われた
- 相乗り許可の最終関門
- ロケット側から分離信号を受け, 分離機構が動作し, ダミーマスが分離されることを示す
- 結果は**分離に成功!!!**



統合

4月18日(晴れ,45°C)

- SP3 で行われたロケットへの統合



統合時の注意事項

- 分離信号ラインの取り付けコネクタの取り付けが行いにくかった
 - 松永研では分離機構側のコネクタ位置を変える中継コネクタを準備はしていたが...
 - 結局, 時間をかけて取り付けた
- ねじの固定をシリコンで固定
 - 松永研ではロックタイトを用意
トロント大学よりシリコンでさら
頂いた



- 射場作業は完了
- メンバー全員無事帰国
- 打ち上げに向け, 運用準備を開始



日没@サティッシュダワン宇宙センター

打ち上げ

4月28日

- 12:53:51(JST) PSLV-C9打ち上げ
 - 軌道: 太陽同期
 - 軌道傾斜角: 約98度
 - 高度: 約630km

インドからの実況が“Cute Separation”
のあと途絶える...

その後, アメリカ西海岸上空のパスで
各衛星の電波補足の報告→Cute
はなかなか受信報告がない

そのままLOS...分離失敗?

打ち上げから1時間20分後,

ようやく受信報告が!!



Time Sequence	
Time (JST)	Event
✓ 12:53:51.420	Launch!
✓ 55:44.560	第1段分離
✓ 55:44.760	第2段点火
✓ 56:59.560	2nd Trailing Ignition
✓ 58:16.460	第2段分離
✓ 58:16.560	第3段点火
✓ 13:02:37.660	第3段分離
✓ 02:51.420	第4段点火
✓ 07:59.520	第4段燃焼終了
✓ 08:36.520	Cartosat-2A分離
✓ 09:21.520	TWSAT分離
✓ 13:11:03.020	Cute-1 (APD II) 分離!!
✓ 11:23.020	CanX-2 (トランス) 分離
✓ 11:43.020	Delfi-C2 (デウス) 分離
✓ 12:03.020	AAUSAT-II (オース) 分離
✓ 12:23.020	SEEDS (ビタ) 分離
✓ 12:43.020	COMPASS-1 (アムス) 分離
✓ 13:03.020	CanX-6 (トランス) 分離
✓ 13:55頃	アメリカ西海岸121° Pass
✓ 14時過ぎ	TLE from NORAD?

全行程終了

Cute-1.7 + APD II受信報告マップ

TOKYO TECH
Pursuing Excellence



2008/06/02現在: **54局**

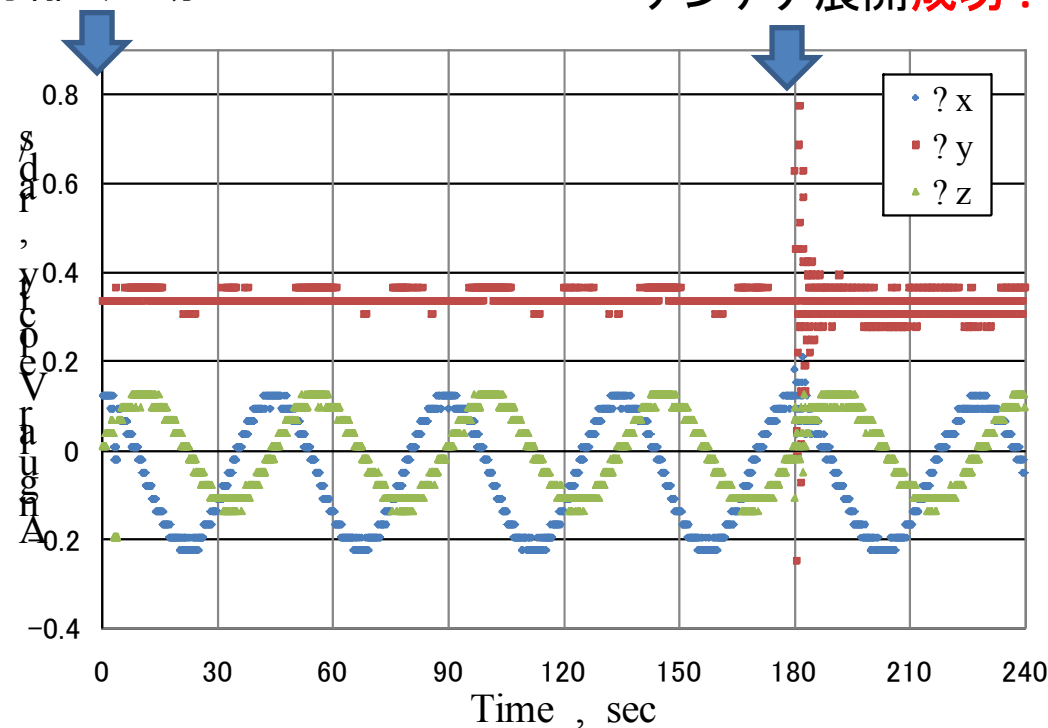
- 日本: 22局
- 海外: 32局

初期運用結果(1)

- 衛星の初期回転
 - 分離後4分間のジャイロデータ

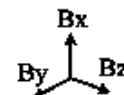
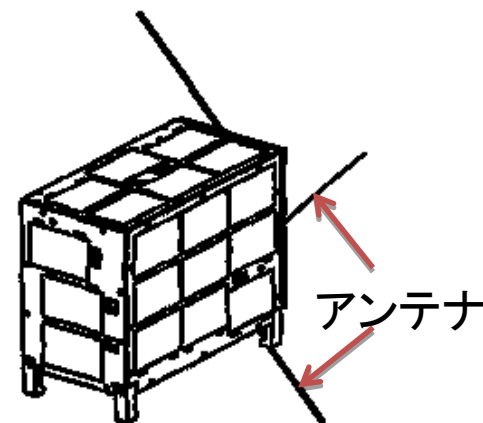
分離・起動

アンテナ展開成功!



衛星の初期回転

アンテナ展開方向



機体固定座標系

初期運用結果(2)

- 9枚の写真を撮影

- ダウン

- サ

- フ

- APD観測

- 3階の短

- APDの

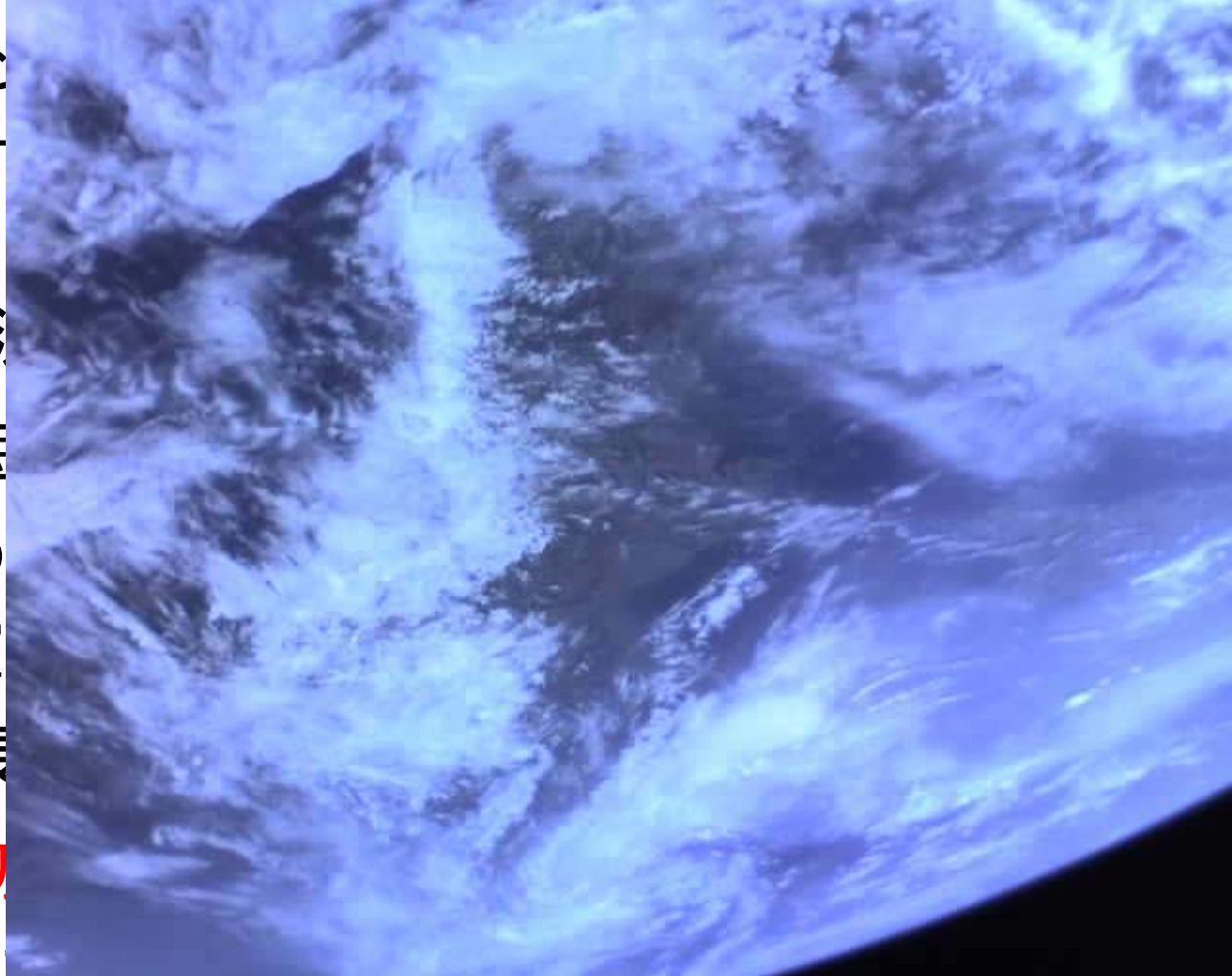
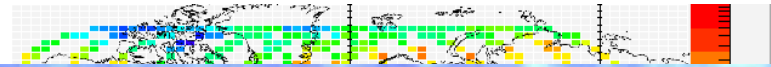
- を確

- 5回の長

- 世界初

- SAAや

- 分布を観測

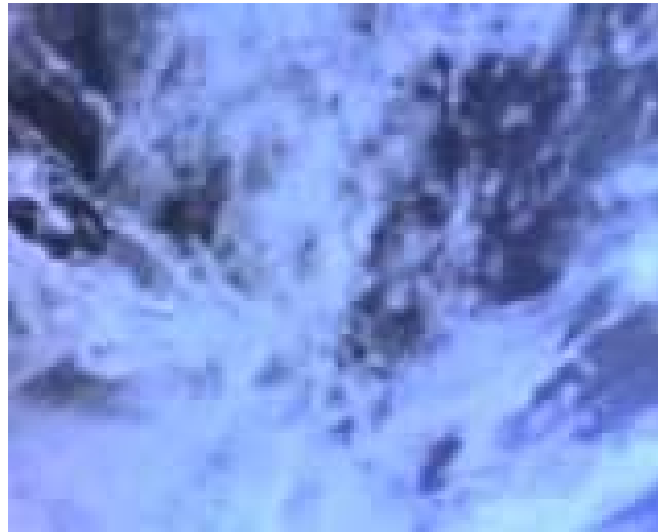


2008/06/25 01:08:30 (UTC)

Cute-1.7 + APD II, Tokyo Tech

動画撮影に成功しました

- 初公開!!



- 超小型人工衛星Cute-1.7 + APD IIの概要紹介
- 開発終了から打ち上げフェーズでの作業報告
- 初期運用報告

受信協力をしてくださった皆様方
ありがとうございます

衛星を開発している皆様方へ
皆様の衛星が無事打ち上がり、
軌道上にて多大な成果を得られることを
お祈り申し上げます

ご静聴ありがとうございました

Cute-1.7 + APD IIプロジェクトWeb:

[http://lss.mes.titech.ac.jp/ssp/
cute1.7/index.php](http://lss.mes.titech.ac.jp/ssp/cute1.7/index.php)

連絡先:

inagawa@lss.mes.titech.ac.jp



改良点: 耐放射線回路

- 過電流防止回路の分散配置
 - シングルイベントラッチアップ (SEL) による消費電力の増加を検知可能
 - SELが発生した素子を自動的にリセット

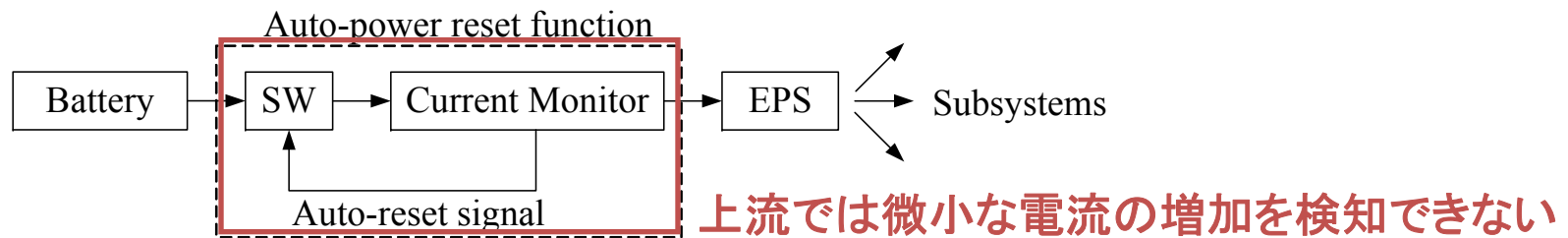


Fig. Cute-1.7 + APD EPS system

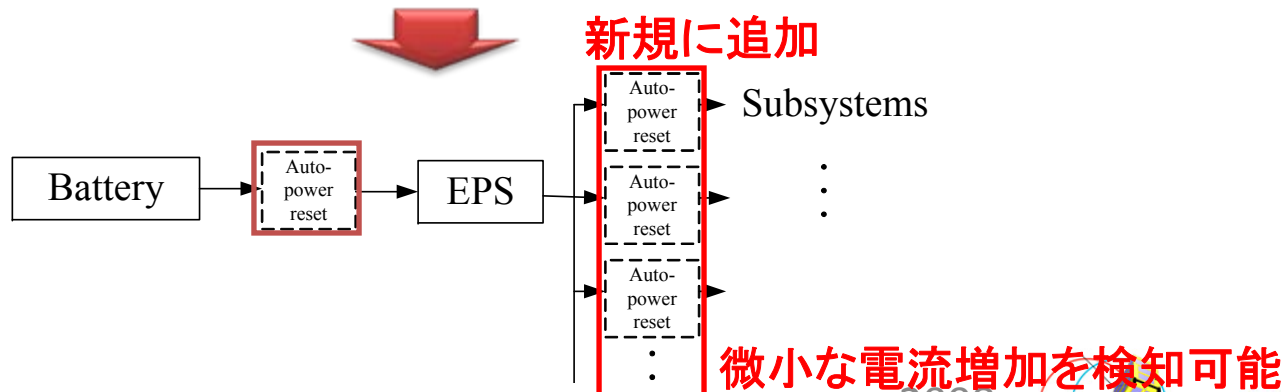


Fig. Cute-1.7 + APD II EPS system

改良点: 危機管理システム

➤ バッテリー監視

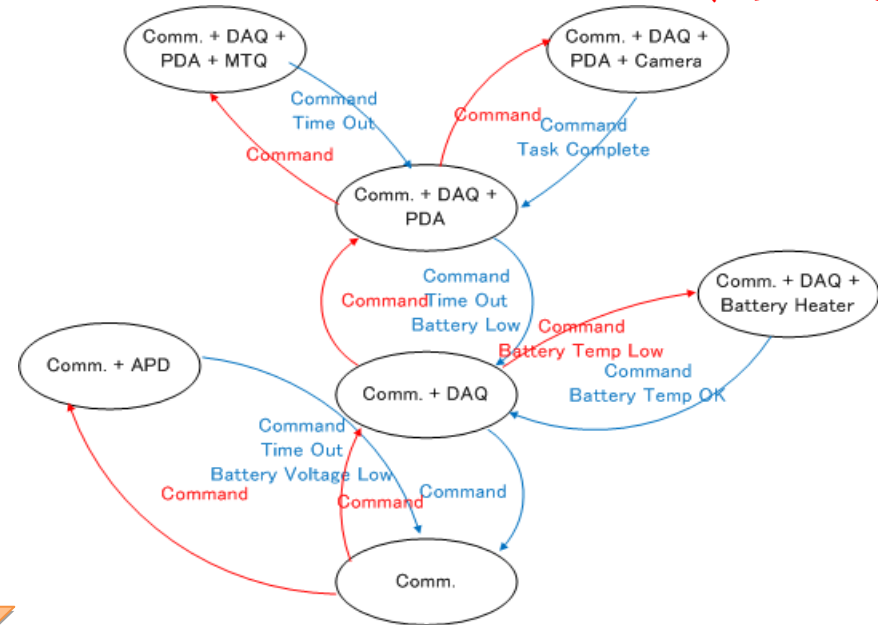
- バッテリー温度・電圧・電流を継続的に監視
- 異常値が観測された場合, 自律的に**最小電力モード**に移行

➤ 時間による電源制御

- ミッション機器は事前に設定された時間のみ電源を入れられる
- 電源は自動的に切られる

小電力消費モード
(コマンド & 電圧)

大電力消費モード
(コマンドのみ)



- ◆ 常に適切な電力消費
- ◆ 高い信頼性を持った危機管理システム

改良点: その他

- 構造系・電源系

- 構体の大型化 ($112 \times 226 \times 133 \text{ mm}^3 \rightarrow 115 \times 220 \times \mathbf{180 \text{ mm}^3}$)
- 発生電力の増加 ($3\text{W} \rightarrow \mathbf{4\text{W}}$ (Ave.))

- 姿勢系・カメラ系

- 新しいアルゴリズム

- 姿勢決定アルゴリズム
 - 拡張カルマンフィルタ
 - 無香料フィルタ
- 姿勢制御アルゴリズム
 - クォータニオンフィードバック
 - スピン安定

- 出力磁気ダイポールの強化 ($0.045 [\text{Am}^2] \rightarrow \mathbf{0.112 [\text{Am}^2]}$)
- カメラの解像度の向上 ($340 \times 256\text{pixel} \rightarrow \mathbf{640 \times 512\text{pixel}}$)



試験・審査会

✓ 環境試験

- 振動試験, 放射線試験, 熱試験, 真空試験
- 宇宙環境下での衛星の信頼性を確認

✓ 性能試験

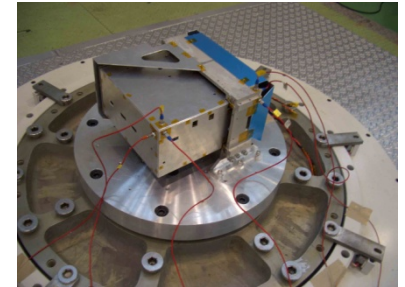
- 姿勢決定制御シミュレーション
- アルゴリズム・センサの良好な動作を確認

✓ 設計審査会

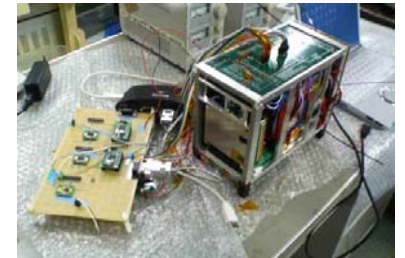
- ISROにより2回(2007/5, 2008/4)実施
- 衛星と分離機構の安全性の確認
- **審査会を無事通過**

✓ 射場作業

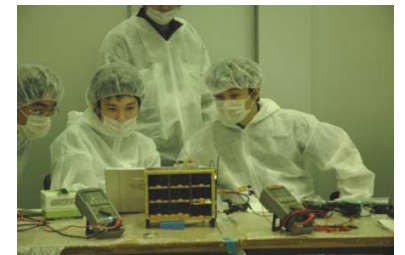
- 衛星の最終確認作業(インド, 2008年4月)
- ロケットに組み付け



Vibration Test



ADCS Simulation



Launch Campaign