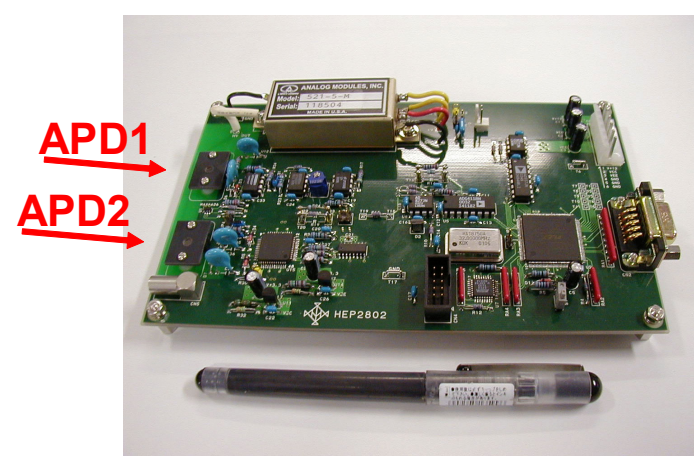


Cute-1.7 + APD プロジェクト

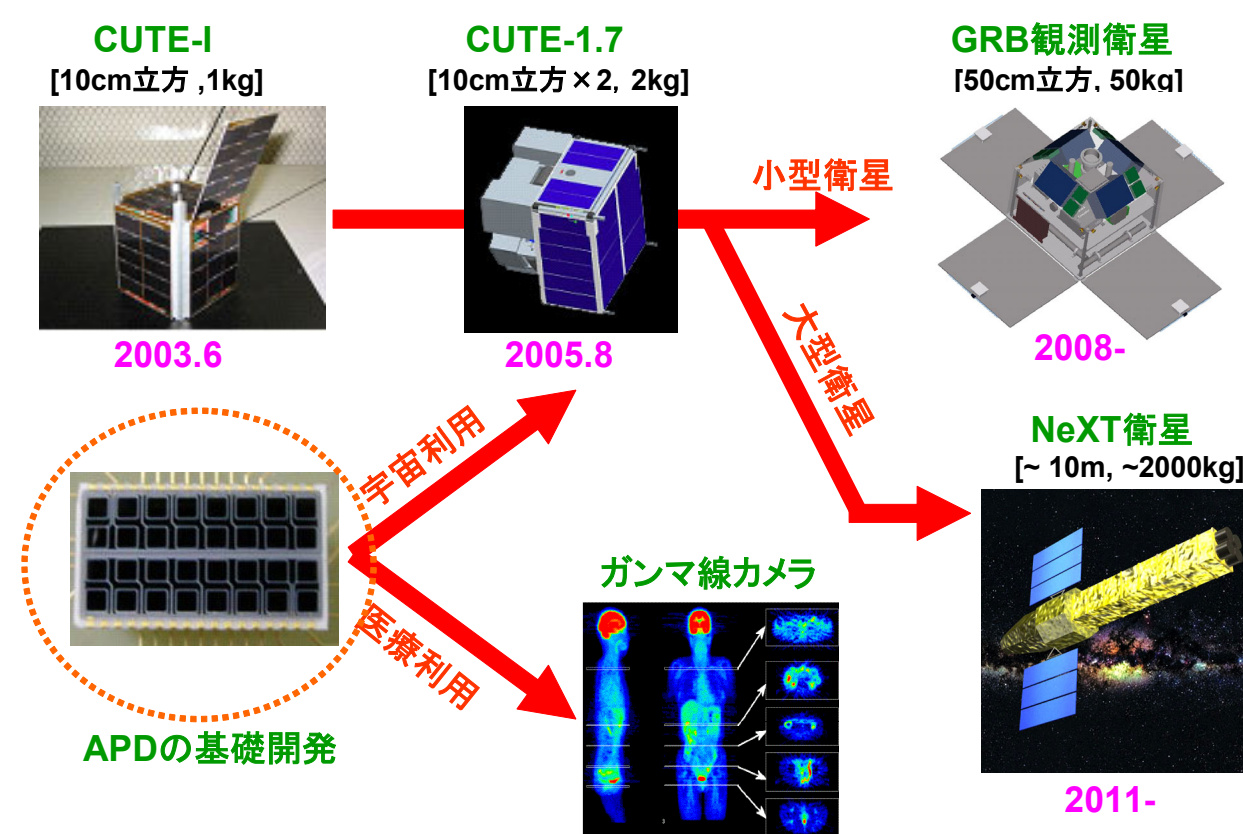
東京工業大学大学院理工学研究科機械宇宙システム専攻松永研究室 小型衛星開発プロジェクト
東京工業大学大学院理工学研究科基礎物理学専攻河合研究室

アバランシェフォトダイオード(APD)を用いた
宇宙X線・ガンマ線検出器の開発



東工大基礎物理河合研究室

APD と 東工大衛星プロジェクト



シンチレータ読み出しの光検出器

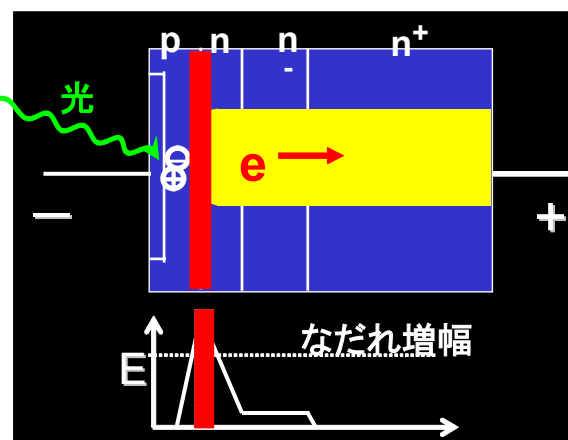
光電子増倍管(PMT)	フォトダイオード(PD)
■ 増幅率が $10^5 \sim 10^6$	■ 量子効率 $> 80\%$
■ 量子効率が低 $\sim 20\%$	■ コンパクトで頑丈
■ 動作電圧 $\sim 1000V$	■ 動作電圧 $\sim 30V$
■ 磁場の影響を受けやすい	■ 磁場の影響受けにくい
	■ 増幅しない → 微弱な光は読み出せない

両者の「長所」だけを取ることはできないか？

➡ アバランシェ・フォトダイオード

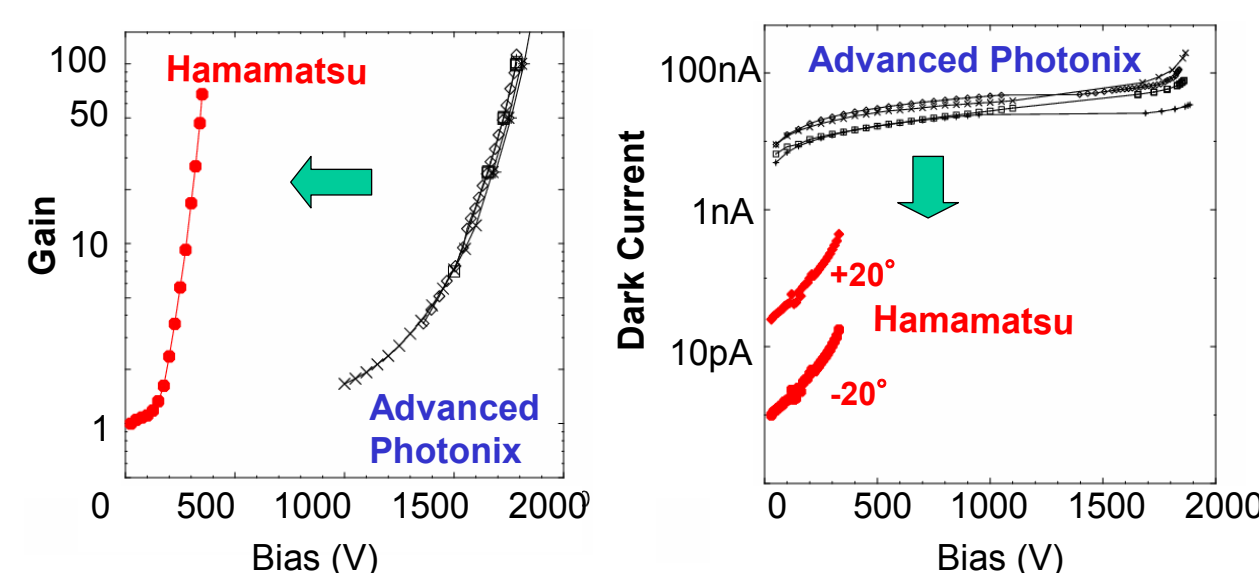
APDの原理とメリット

- 「内部増幅する」フォトダイオード
 - $G \sim 100$ 稼ぐことにより、ノイズの影響を $1/G$ に軽減
- ➡
- PMT、PDの特長をあわせ持つ
 - 主に光通信で利用
- 大面積化により放射線計測で利用可能に (e.g., 越智 et al. 1996, NIM-a)
- “reverse type”の登場
シンチレータ読み出しに対して、劇的な改良！ (e.g., 五十川 et al. 2003, NIM-a)

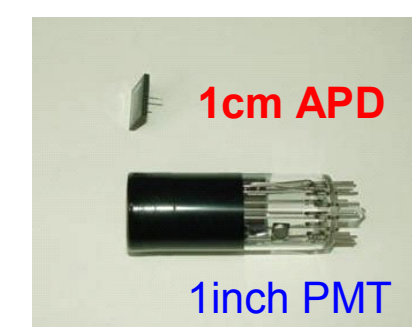


浜松ホトニクス社との共同開発

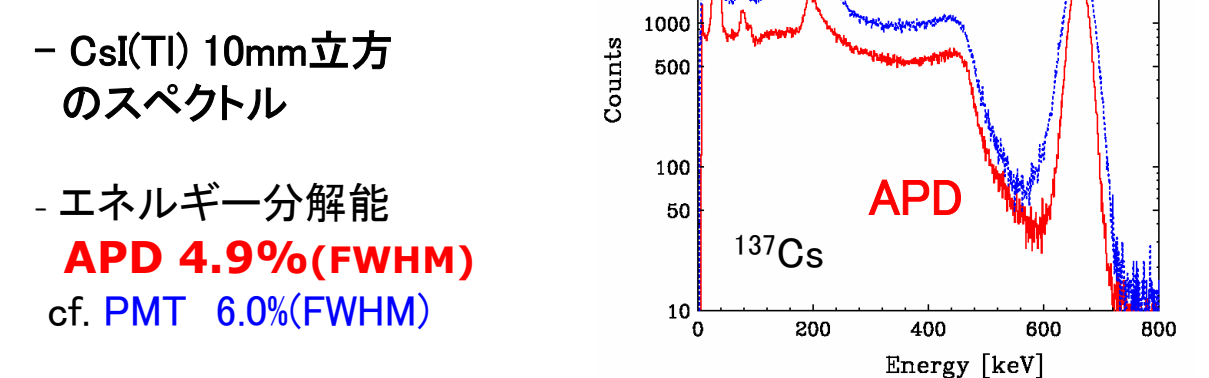
- 低いバイアスで高いゲイン ($G = 50$ at $300V$)
- ダークカレントの低減化 ($1nA @ +20^\circ$, $10pA @ -20^\circ$)
- 放射線耐性、長期的安定性 (LHC 実験@CERN)



大面積APDの開発 (10x10 mm)



- 浜松ホトニクスとの共同開発
- 1inch PMT と同じ集光力！



- CsI(Tl) 10mm立方のスペクトル
- エネルギー分解能 **APD 4.9%(FWHM)**
cf. PMT 6.0%(FWHM)

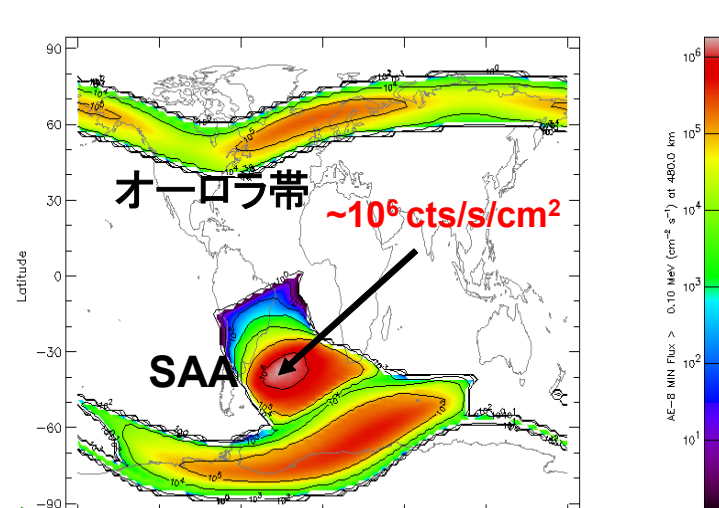
CUTE1.7の理学テーマ

- 地球物理として面白いテーマを！
 - SAAやオーロラ帯における「低エネルギー粒子観測」
- APDの宇宙動作実証(将来の大型衛星に向けて)

30 keV以下は過去に観測がほとんどない「未知」の領域

- SSD, PDのノイズ境界
- 超高カウントレート ($\sim 10^8$ cts/s/cm 2 ?)

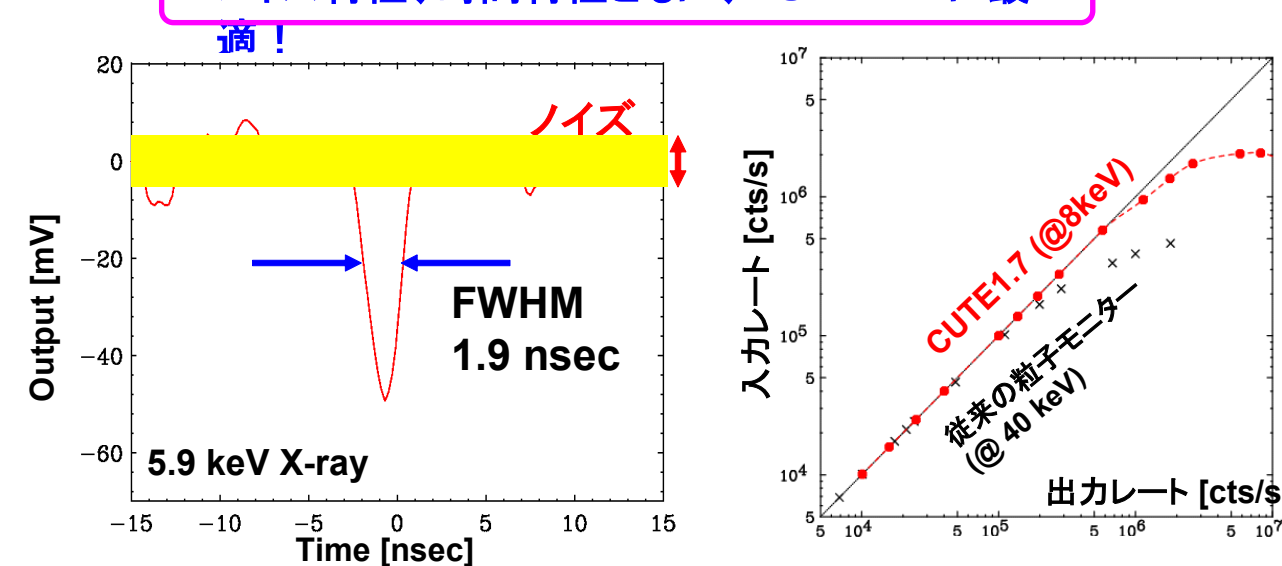
軌道 480km, $E > 100$ keV の電子分布



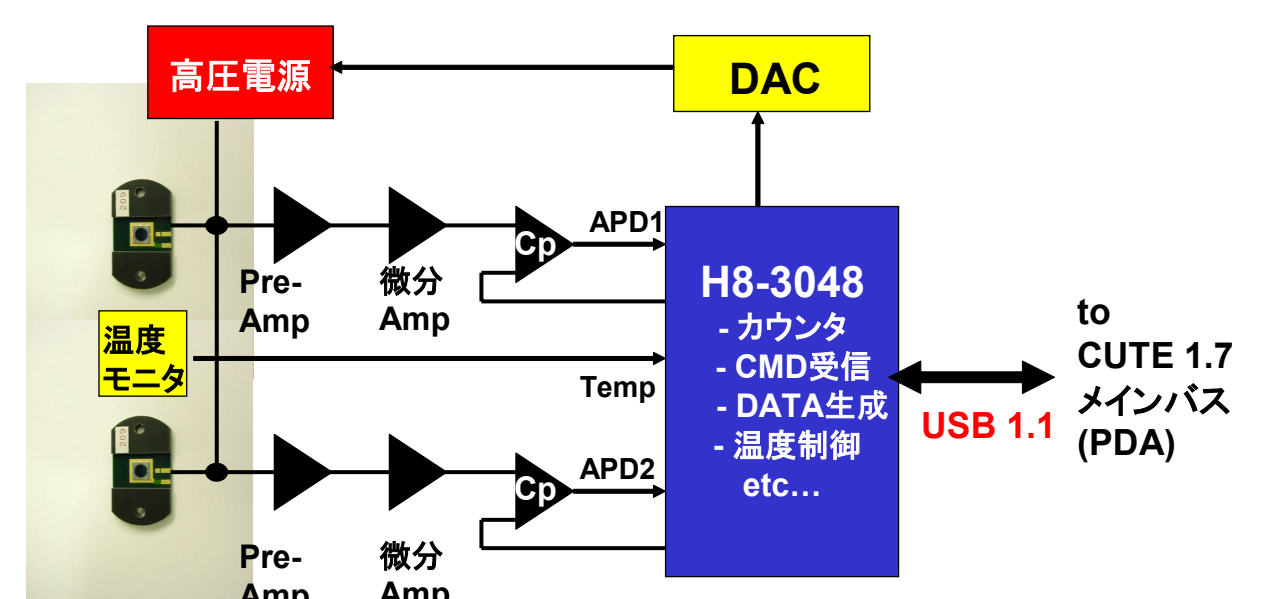
APD 信号のノイズ&時間特性

- 内部電場 $E = 3 \times 10^7$ V/m (PMTの1000倍)
➡ 10^6 cts/s まで、ほぼ数え落とさなく計測
- ノイズレベル **1 keV以下** ➡ より低エネルギーを観測

ノイズ特性、時間特性ともに、CUTE-1.7 に最適！



CUTE1.7用センサー&回路



- 3mm Φ 透過型APDを **2系** 搭載 (電子・陽子)
- メインバス側のコマンドに応じて、**8秒ごと**に計数データ
- 温度変化に応じて、**高圧の自動制御**

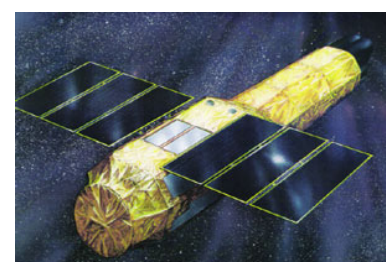
M-V#6 サブペイロードプロジェクト

東京工業大学大学院理工学研究科機械宇宙システム専攻松永研究室 小型衛星開発プロジェクト

M-V#6 サブペイロードとは？

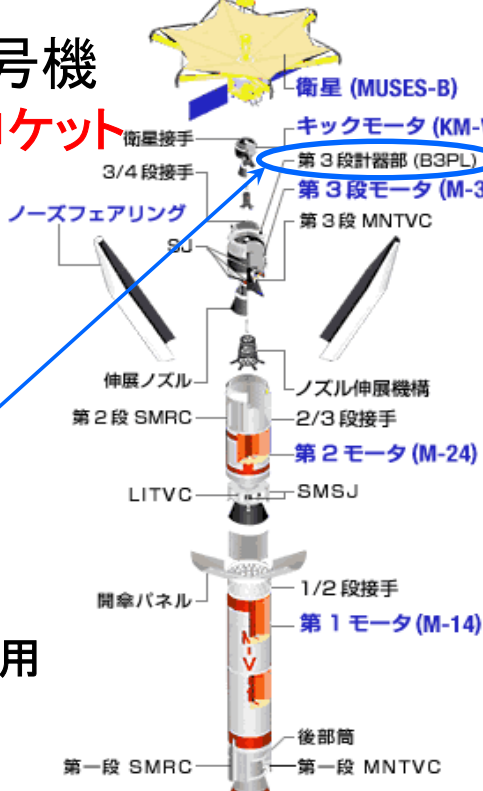
◆ M-V#6 = M-Vロケット6号機

- JAXA宇宙科学研究本部の**固体ロケット**推進機
- 打ち上げ: **2005年2月**
- メインペイロード: **ASTRO-E2** (X線観測衛星)



◆ サブペイロード

- M-Vロケットの**B3PL部**の重量調整用スペースを利用した**実験用スペース**。
- 6号機で**初めて行われる**試み。

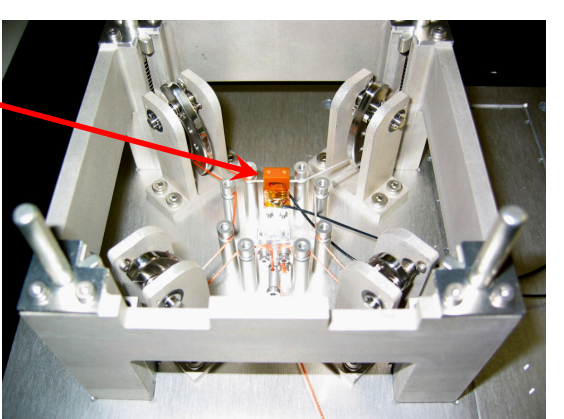
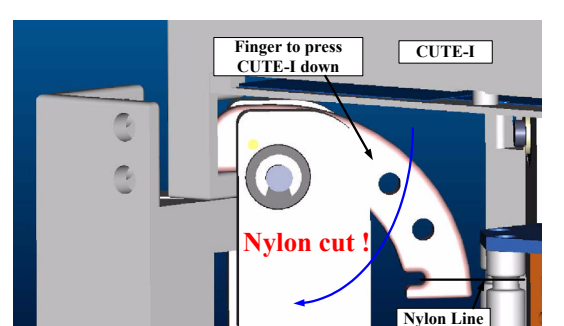


サブペイロード実験

- 実験目的: M-V(国内)ロケット搭載のための超小型衛星用分離システムの開発と実証
 - M-V#8を利用したCute-1.7+APDの打ち上げを目指したインターフェース調整、打ち上げ環境などの確認
 - 分離機構の性能(分離速度など)評価
- 実験概要
 - 分離機構に超小型衛星を模擬したダミーを保持した状態でサブペイロード(L360xW150xH125mmの箱)に搭載。
 - M-V#6が打ち上がり、メイン衛星を分離後、クリスマス島上空でロケット側から信号を受け、ダミーを分離。
 - 分離後のダミーの挙動を箱内に設置した各種センサで計測することで、分離機構の性能を評価。

超小型衛星用分離機構

- 衛星の保持方法
 - ねじりバネのついた4つの爪が衛星(CubeSat)の4本の柱をそれぞれ保持し、1本のナイロン線を用いて固縛する。
- 分離方法
 - ナイロン線をニクロム線で焼き切り、爪を解放させるとともに、衛星の柱を押し出す。

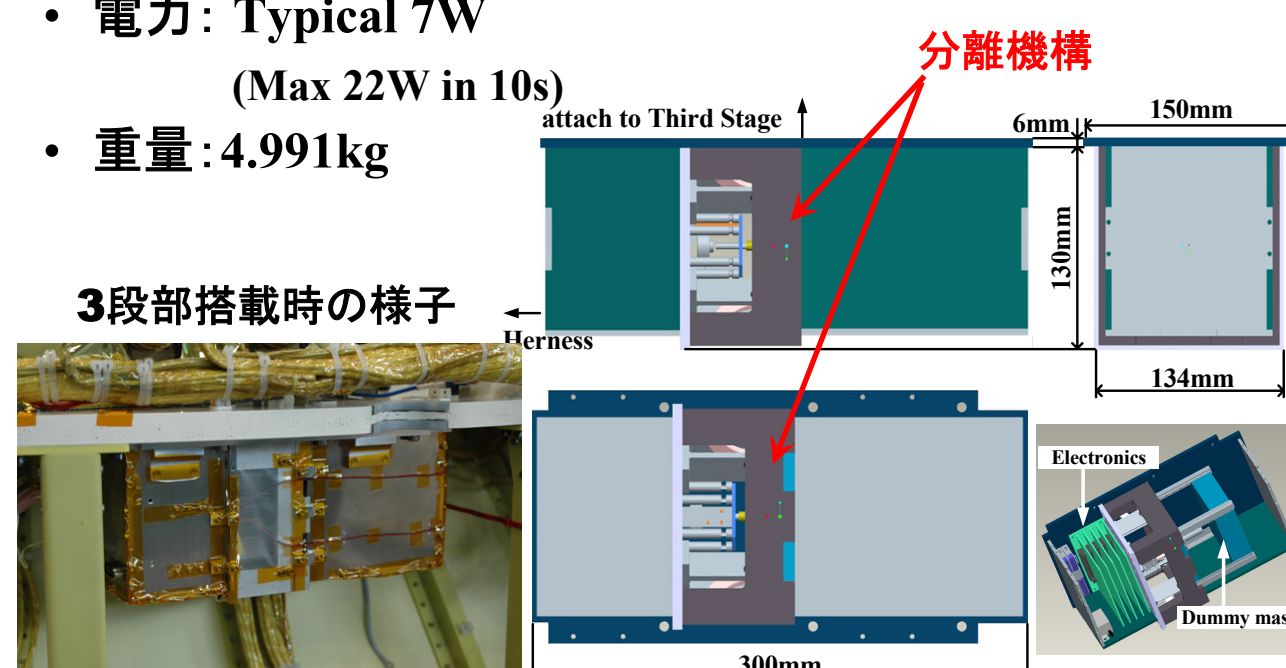


- **小型軽量**
- **単純な機構**
- **火工品を用いない低衝撃**
- **CubeSatの柱だけをそのまま利用**

実験装置

Titech Separation system Demonstration (TSD)

- サイズ: L300mm x W150mm x H136mm
- 電力: Typical 7W (Max 22W in 10s)
- 重量: 4.991kg

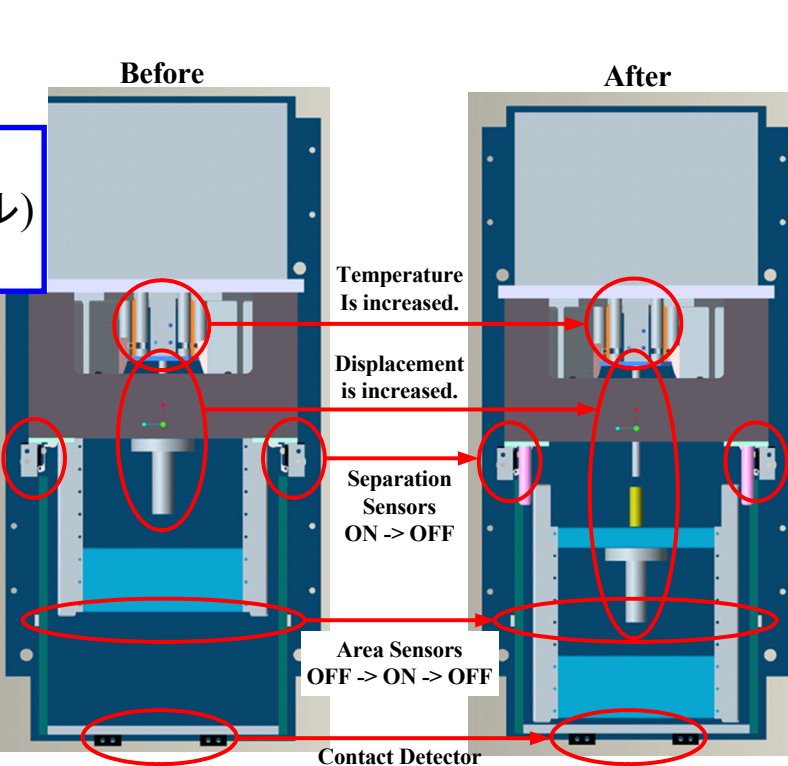


計測システム

1. 温度 (アナログ)
2. 押し出し量 (アナログ)
3. 分離検知 (デジタル)
4. エリアセンサ (デジタル)
5. 接触検知 (デジタル)

デジタルデータはONになるタイミングを計測

分離後の速度
分離後の衛星の挙動などを計算する



開発過程

ロケットと実験装置の電氣的・機械的I/Fのチェック

