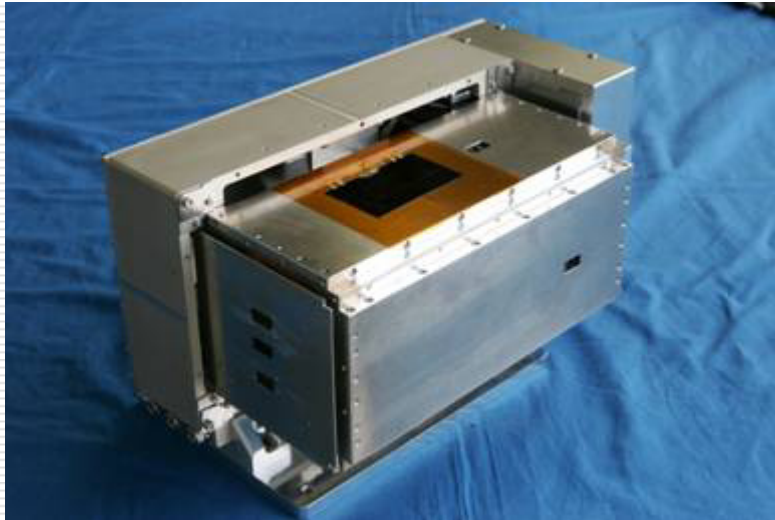


東工大超小型衛星 Cute-1.7 + APDの開発



尾曲邦之，此上一也，宮下直己，居相政史，今井勝俊，宮本 径，
矢部秀幸，藤原 謙，梶本晋嗣，Thomas Iljic，根田康美，
杉田沙織，山中富夫，臼田武史，松永三郎（東工大）

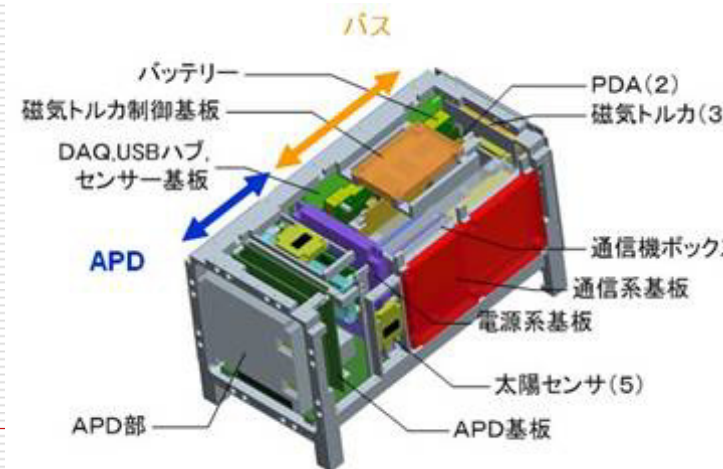
開発指針

1. 民生品を用いた低コスト, 短期開発の超小型衛星の開発
 - PDA、USB接続、アマチュア無線機
2. 学生主導の衛星開発(設計, 開発, 打ち上げ, 運用の全過程を学生主導で行う)
3. 宇宙実証機会の提供
 - 内外あわせて6つのミッションを実施



ミッション

1. APD (Avalanche Photo Diode)の軌道上実証(理学ミッション)
2. 3軸姿勢決定と磁気トルカを用いた制御実験の遂行
3. 将来の非デブリ化を目的とした衛星軌道離脱のための超小型テザー伸展機構の軌道上実証を行う。
4. アマチュア地上局を複数用いた広範囲データ取得実験の遂行
5. 世界中のアマチュア無線家へのアマチュア無線サービスの提供
6. 超小型衛星用分離機構システムの軌道上実証



開発指針1.について

1. 民生品を用いた低コスト、短期開発の超小型衛星の開発

- PDAを中心とした
USB接続による人工衛星システム
- 他の研究機関の機器を搭載する場合は、
I/Fを単純化するために、電源とUSBのみ
での接続を基本とする。
- アマチュア無線機を改造した高速通信

搭載中央処理装置(PDA)

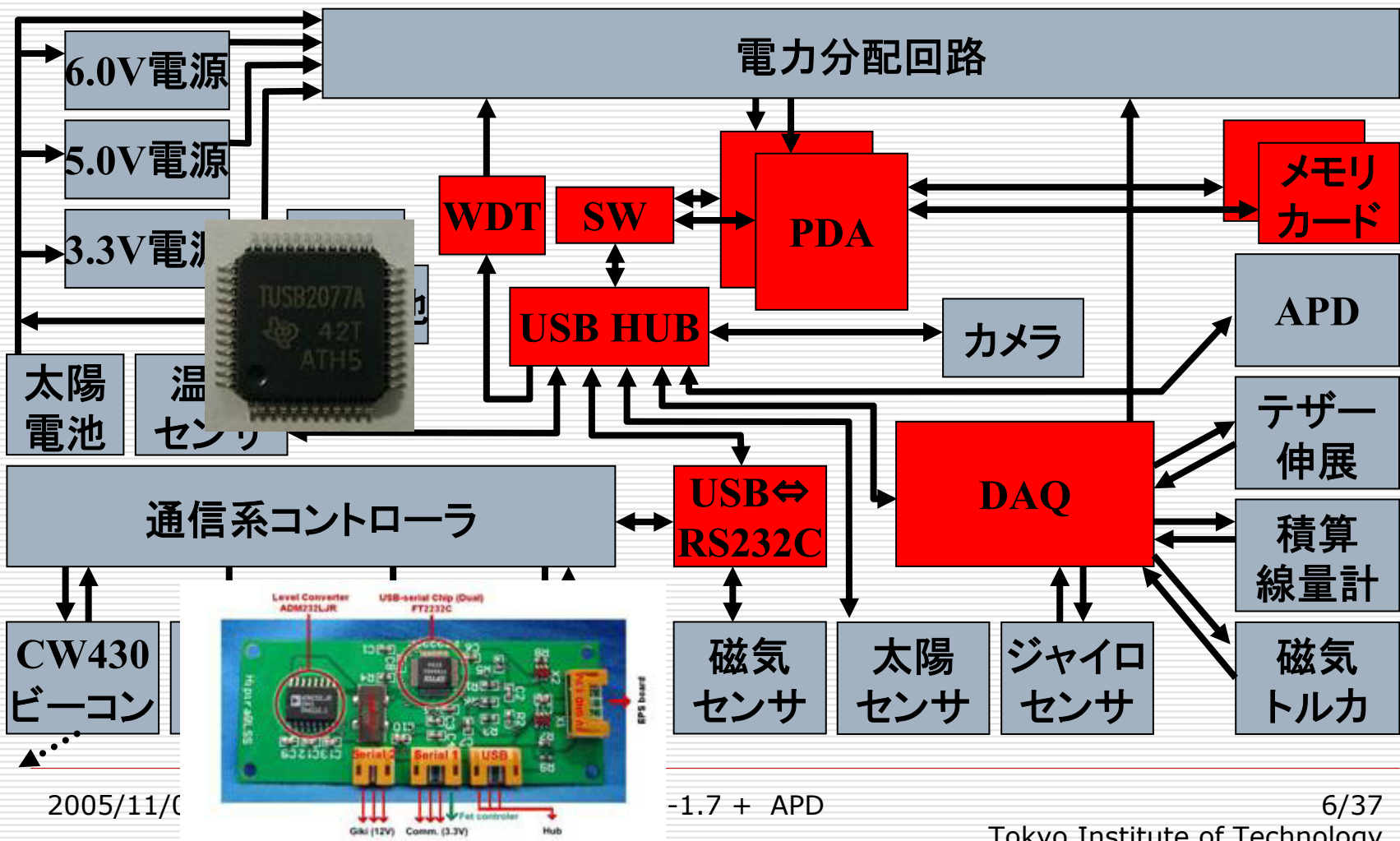
- 民生品PDA搭載
(HITACHI NPD-20JWL)
- 2台搭載:冗長構成
- SD, USB1.1 (Host)を使用可能
- 開発環境が充実
- 小型, 低消費電力, 高性能



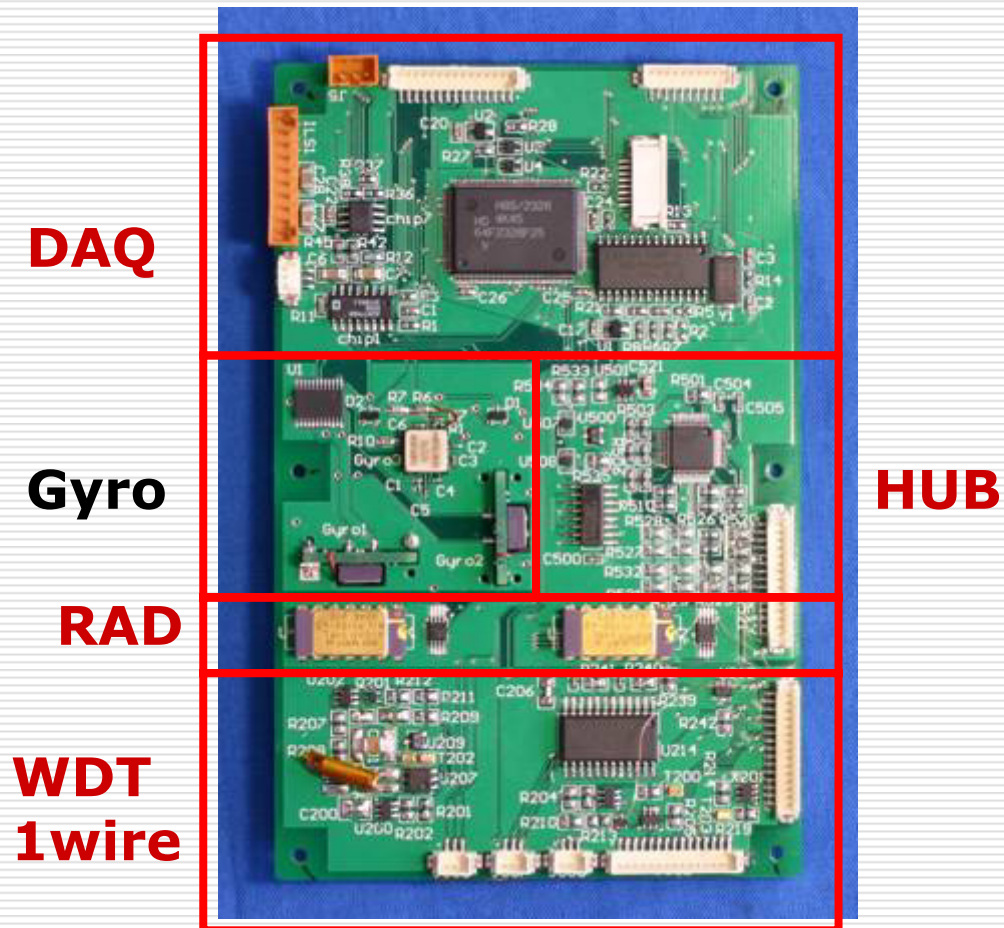
Item	Spec.
Model	Hitachi NPD-20JWL
CPU	Intel PXA250
OS	Windows CE. NET 4.1
Memory	SDRAM 32MBytes
Size	77mm x 108mm x 17.8mm(body)
I/F	MMC/SD, USB 1.1, Compact Flash
Wireless LAN	IEEE802.11b (not use)

HITACHI NPD-20JWL

C&DH(コマンド・データハンドリング系)



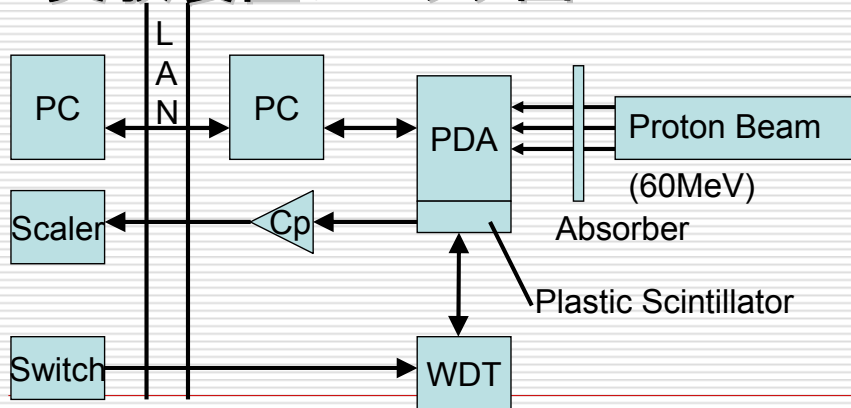
C&DH: ASM Board



放射線試験

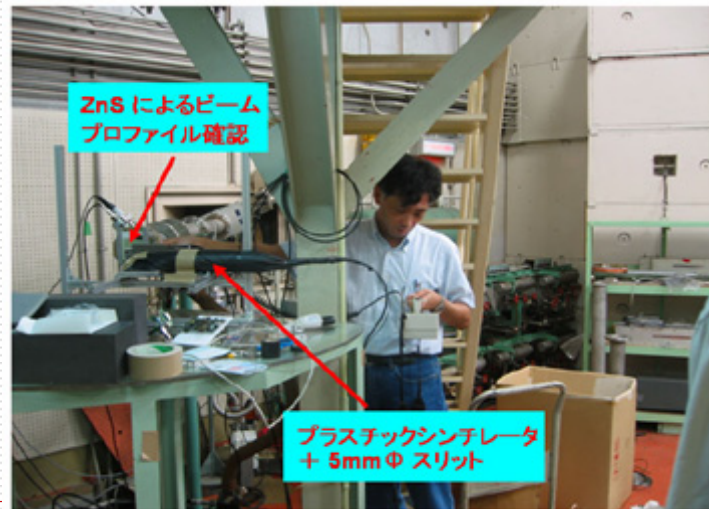
- 大阪大学 核物理研究センターにて実施
- 最大60MeVの陽子線をPDAに照射
- 保護回路が設計通りに動作し, PDAが停止した後、再起動することを確認した。

実験装置ブロック図



2005/11/09

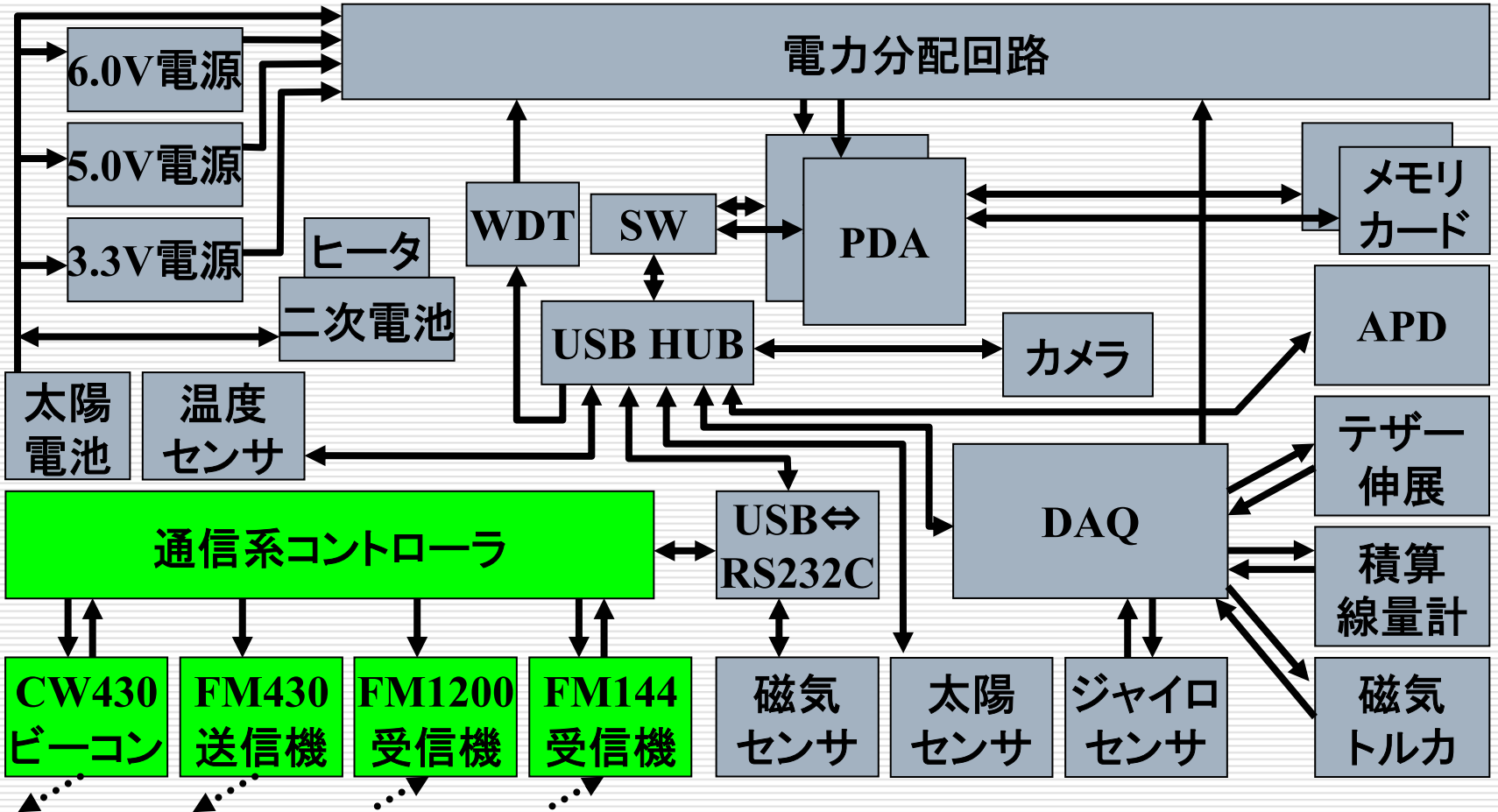
Cute-1.7 + APD



8/37

Tokyo Institute of Technology

通信系



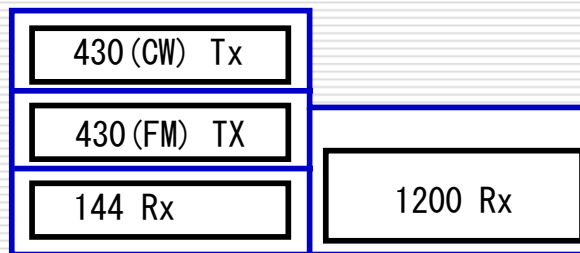
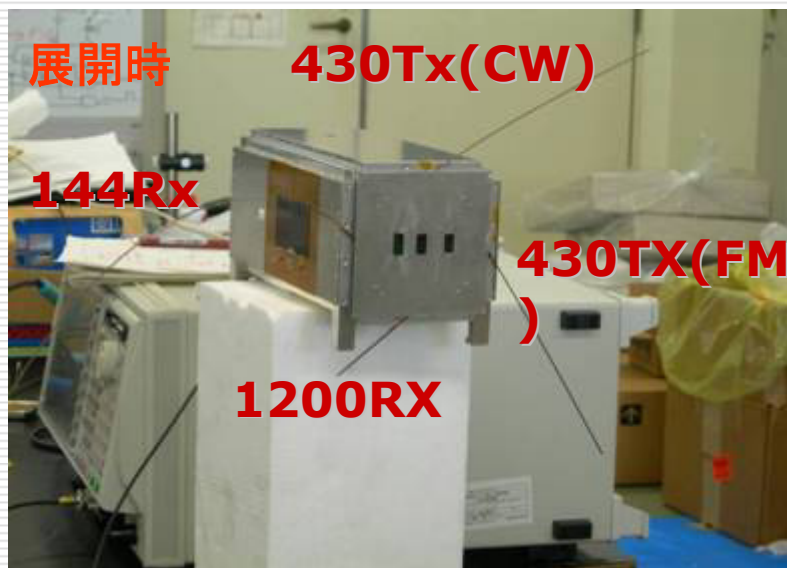
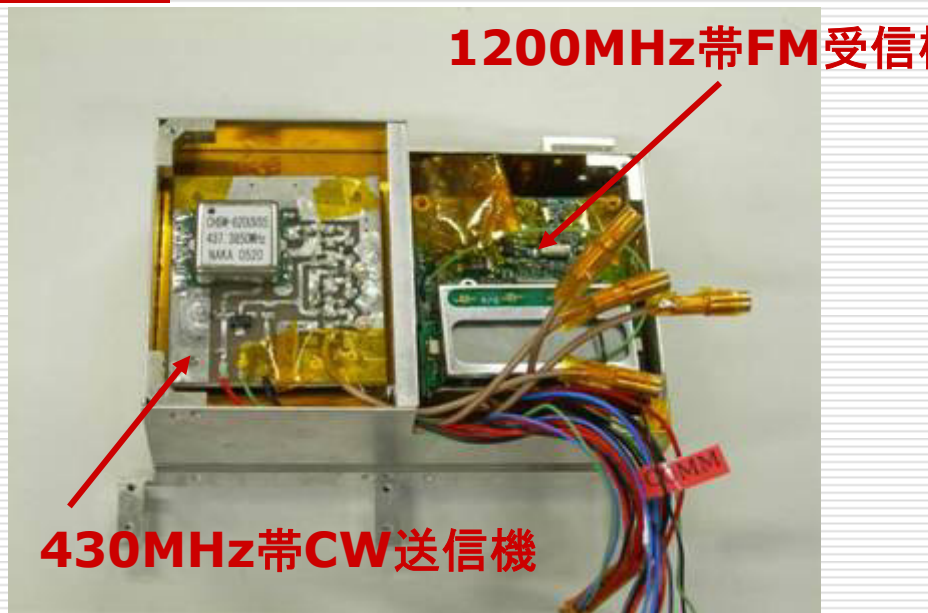
アマチュア通信機器

CUTE-Iでは, アマチュアパケット通信で一般的なAFSK1200bpsを実際に搭載し, 非常に大きな反響を得た.

- 安価、短納期, 小型高性能
- アマチュアコミュニティの活性化に貢献する. 不足するアマチュア衛星を補う. 衛星通信, 運用の技術の発展に 貢献する.
- 9,600bps対応無線機と非対応無線機



通信機ボックス、アンテナ



ボックス内の各無線機はそれぞれアルミ板で仕切られている。

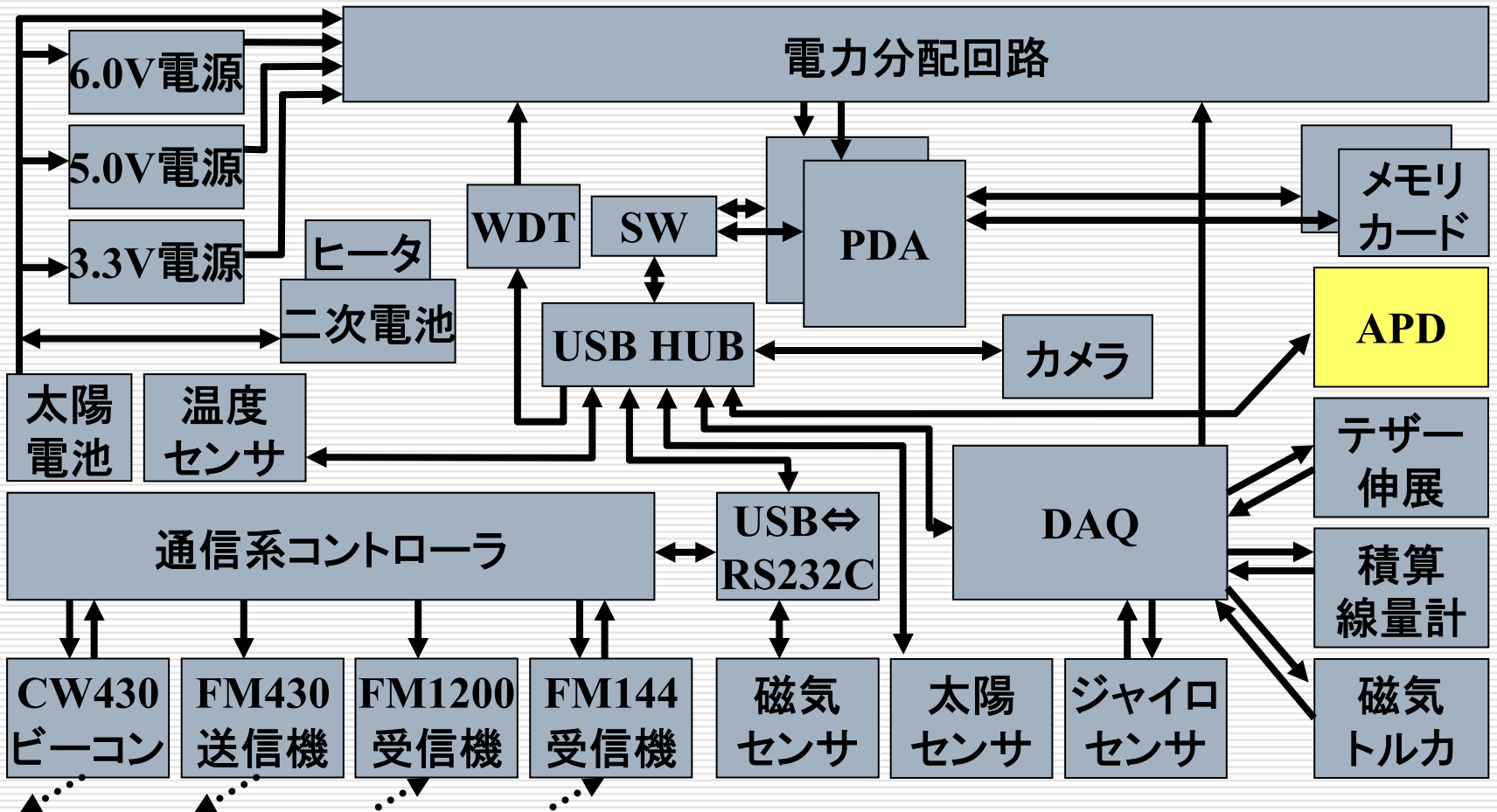
衛星システムとしての通信系

□ 危機管理

- マイコンレベルの危機管理システムを通信系に搭載
通信系に搭載されている機能

- ・リセット管理
- ・メモリ機能(状態記録)
- ・電圧(3.3v/5v/Main/Battery)モニタ
- ・電池、通信系基板の温度モニタ
- ・無線機の電源管理

1. APDミッション



APDモジュール(理学系担当)

搭載空間、電力、テレメトリを工学系から提供

APDモジュール
搭載空間

Cute-1.7衛星

衛星バス(工学)

メインバス

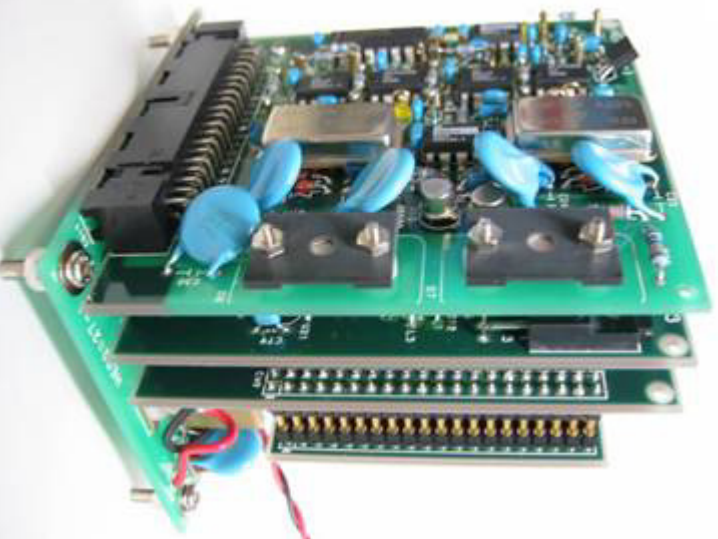
電源

3.3V

USB1.1

各種センサ等

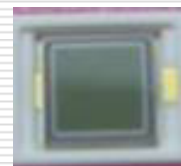
携帯端末(PDA)



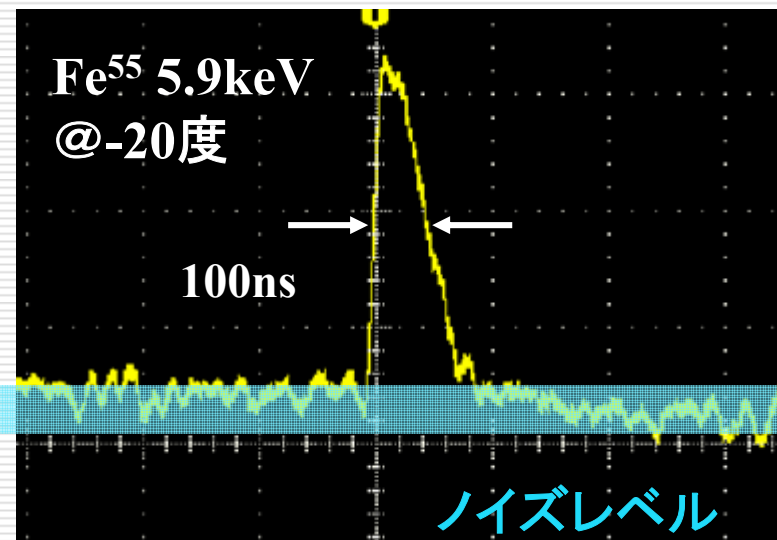
アバランシェフォトダイオード (APD)

- 浜松のS8664に遮光アルミ蒸着を施したものを使用
- 従来の検出器より、非常に軽量 & 高性能、高速
 - ノイズレベル 1 keV以下
より低エネルギーを観測
 - 内部電場 $E = 3 \times 10^7$ V/m
(光電子増倍管の1000倍)
 - 10⁶ cts/s まで、ほぼ数え落としなく計測

APD

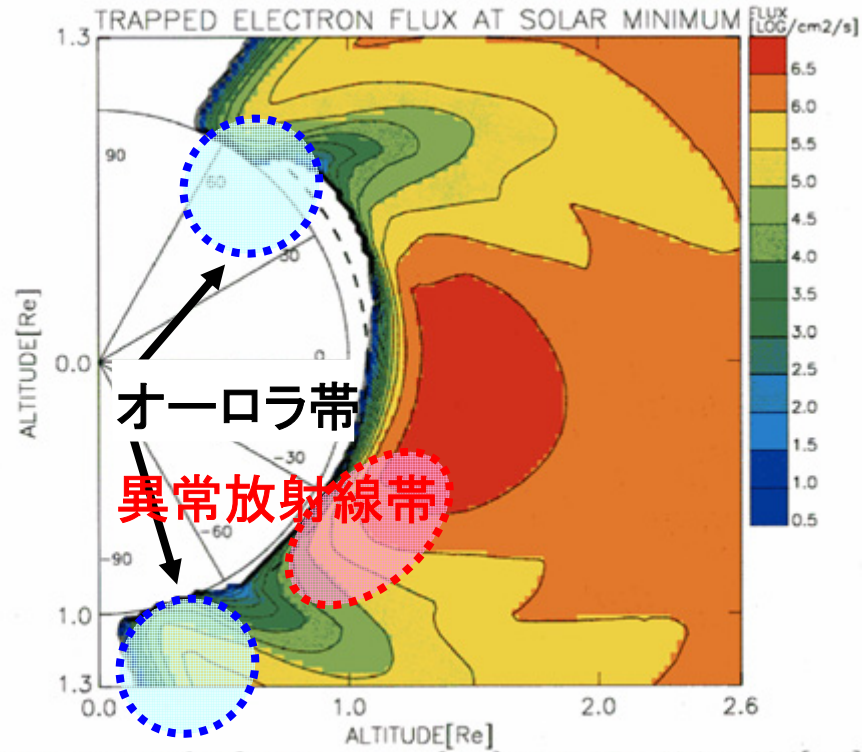
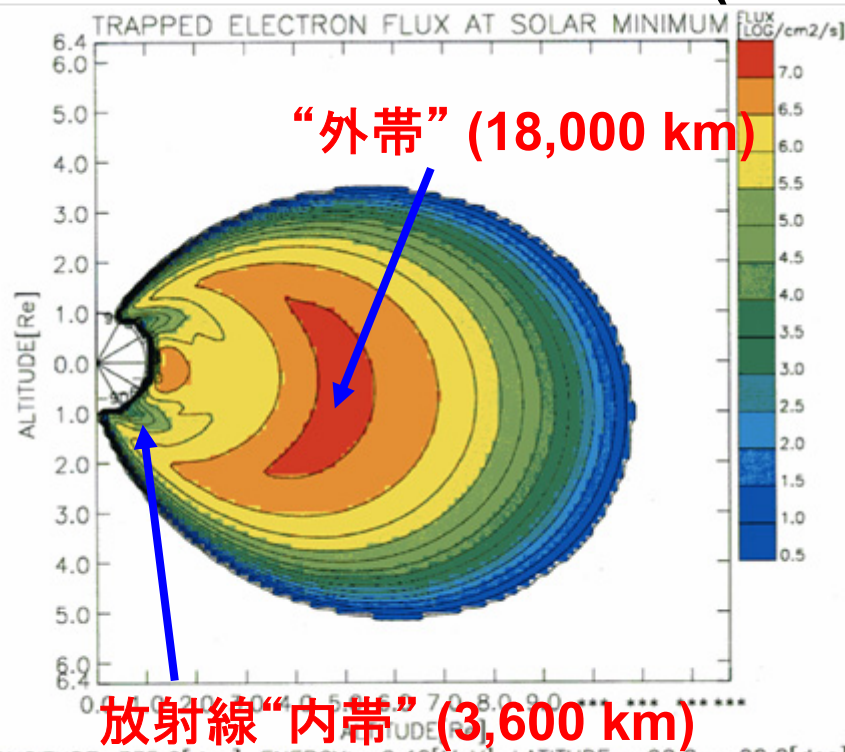


~ 1 cm

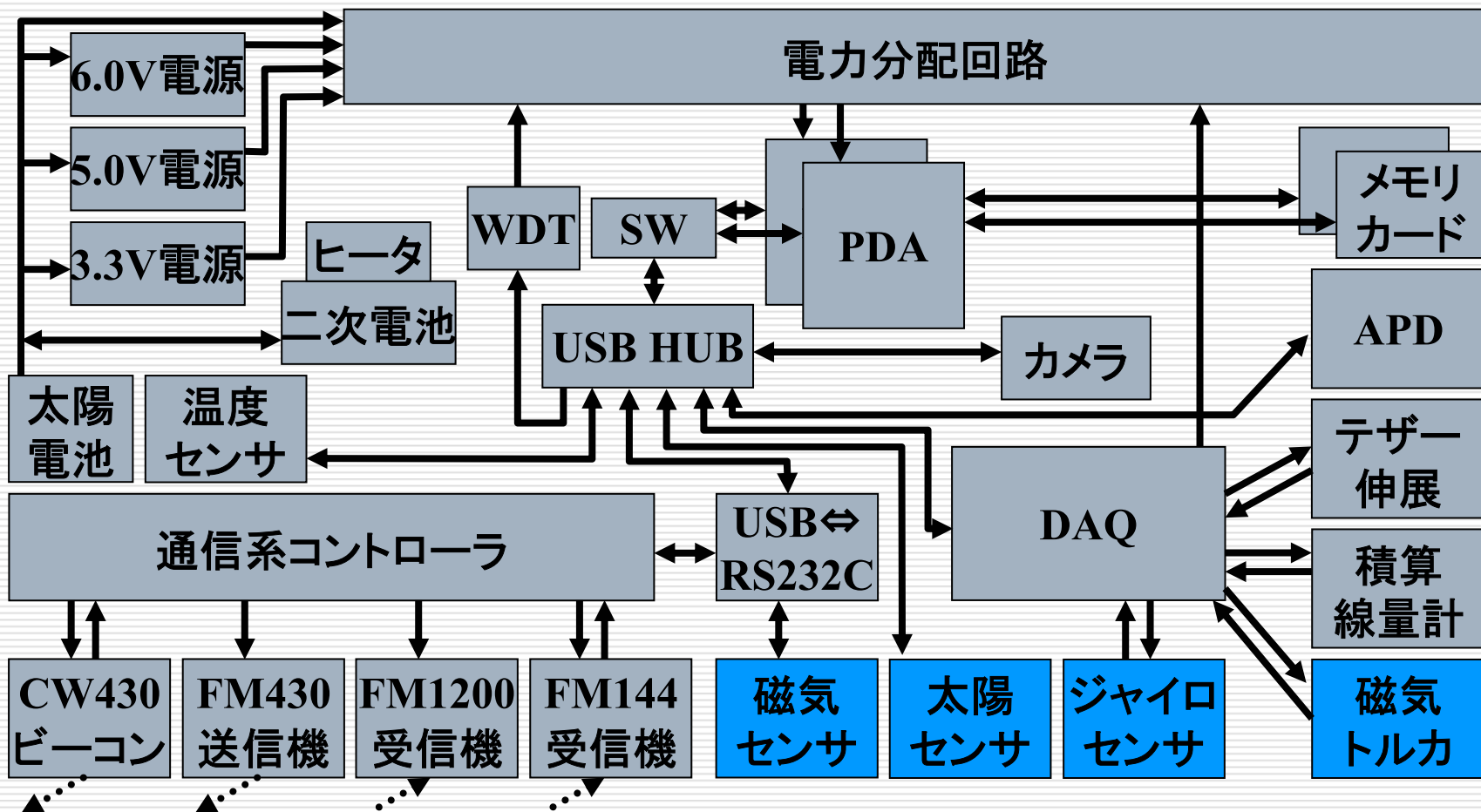


異常放射線帯とオーロラ帯の放射線観測

低エネルギー粒子計測 : 30keV以下の放射線観測は困難
 衛星に与える低エネルギー粒子の影響を調べる上で貴重なデータ
 高計数計測 : $\sim 10^6$ cts/s ($E < 30$ keV) @異常放射線帯?



2. 姿勢決定・制御系ミッション



ADCS: 目的

□ 小型衛星における3軸姿勢制御技術の確立

■ 姿勢決定技術

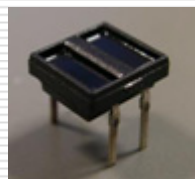
□ 複合姿勢センサシステム(太陽センサ, 磁気センサ, ジャイロセンサ)の開発

□ 姿勢推定法の適用

■ 姿勢制御技術

□ 小型衛星用磁気トルカの開発

□ 磁気トルカのみによる3軸姿勢制御法の実証



S6560



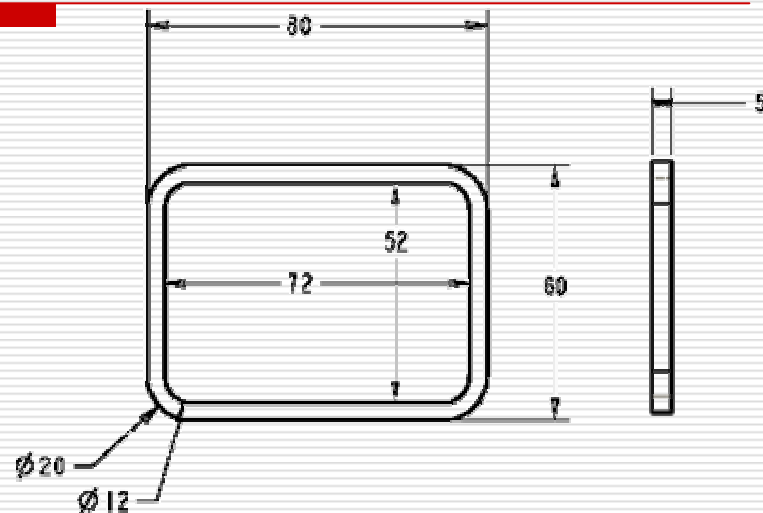
ADXRS150



HMR2300

ADCS: 磁気トルカ コイル

縦 [mm]	58.5
横 [mm]	78.34
厚み t [mm]	5.0
1本あたり質量 m	約15g
駆動電流 [mA]	10
コイル抵抗値 R [Ω]	540
消費電力 P [mW]	46.3
n層/k段	25/40
出力磁気トルク T [Nm]	1.1×10^{-6}
磁気ダイポール M [$A \cdot m^2$]	0.045

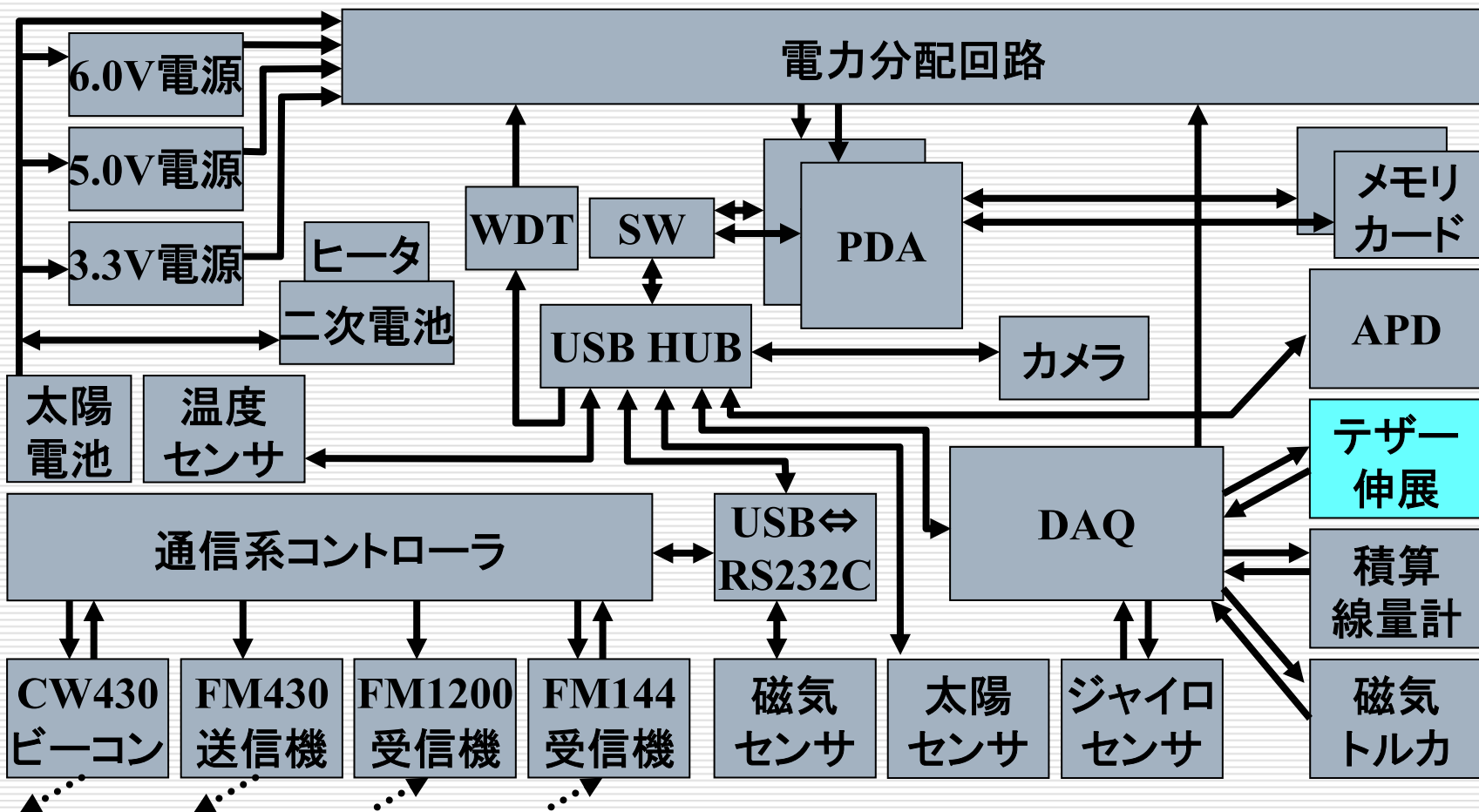


サイズはミッション要求からではなく、
構造要求から決定した

ADCS: 姿勢推定・制御法について

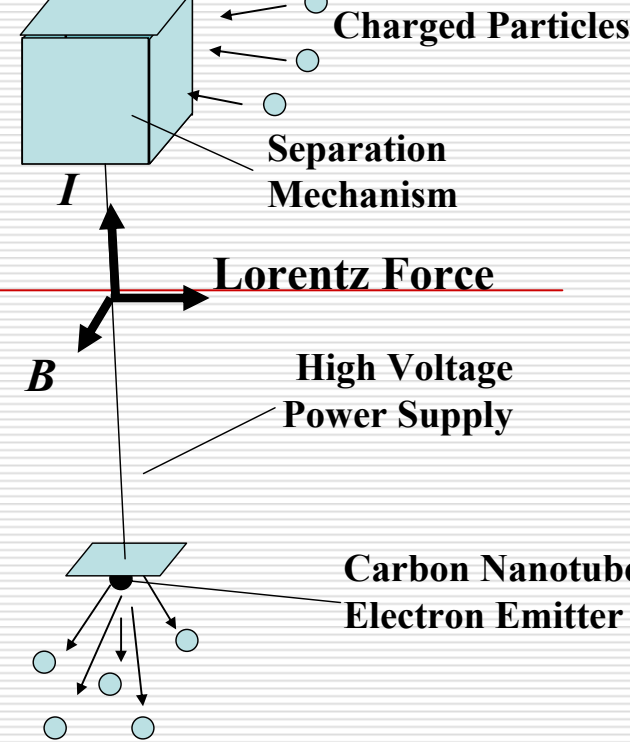
- 現在、各種方法について、比較検討中
- カルマンフィルタによるリアルタイム推定
- 磁気トルカ 制御例
 - 地球指向制御
 - スピンアップ、スピンドアウン
 - 寿命延長姿勢制御

3. テザー伸張機構ミッション



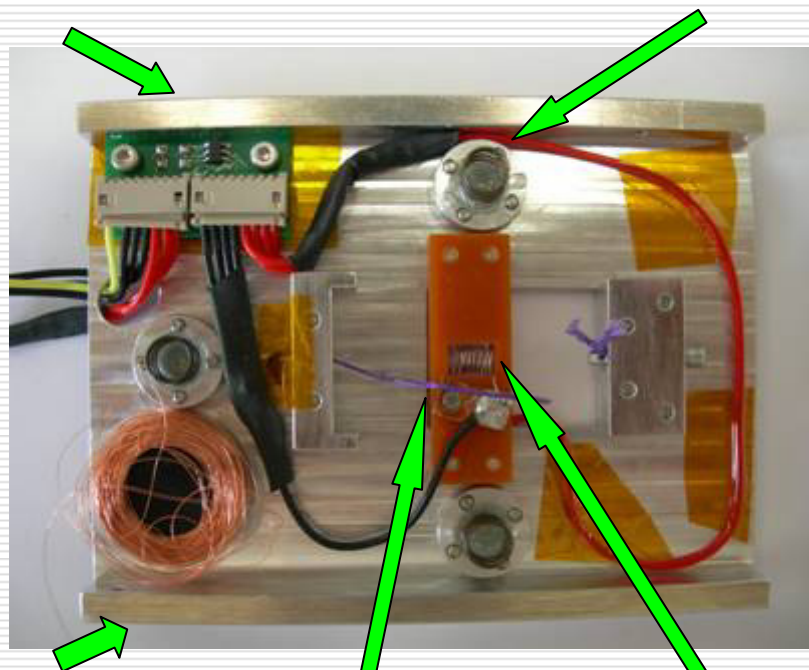
目的

- デブリ化問題の解決
 - 導電性テザーによる軌道離脱
- 将来の非デブリ化を目的とした衛星軌道離脱のための超小型テザー伸展機構の軌道上実証を行う。
 - 導電性テザーを約**10m**伸展させる。

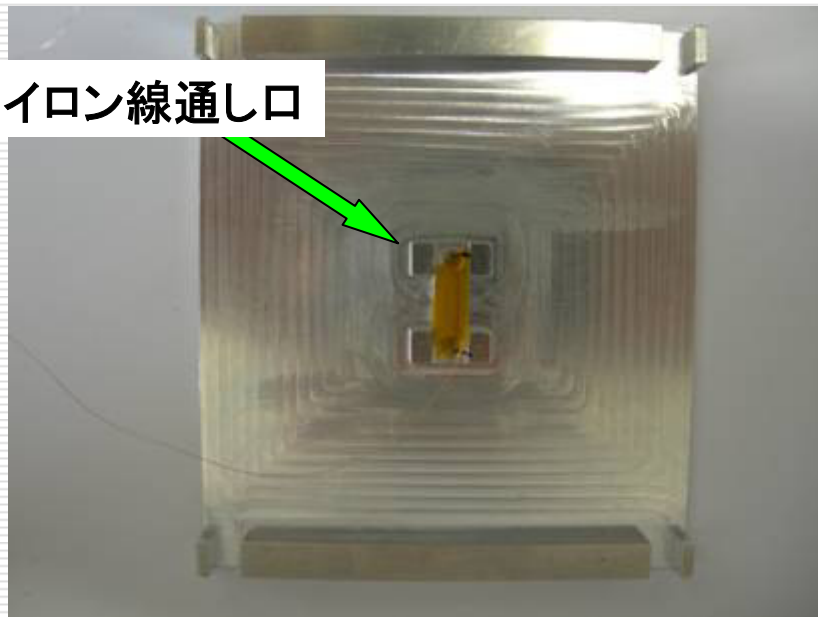


構成:内部/分離プレート

ニクロム線加熱用回路 押出しばね(計3カ所)



ナイロン線通し口



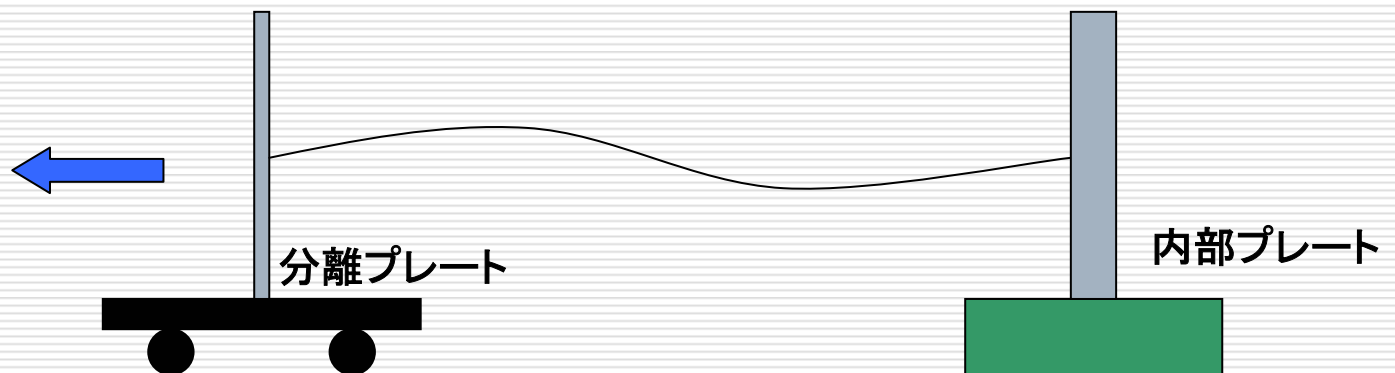
テザー

ナイロン線

ニクロム線

押しばね力

- テザーが解ける際の摩擦力を実験的に求め、**10m**以上の伸展を可能にするばね強さを決定する予定。
 - ただし、跳ね返り防止のため、全部は伸展させない。
- 実験方法
 - 滑らかな台車に固定し、水平方向に放出する。



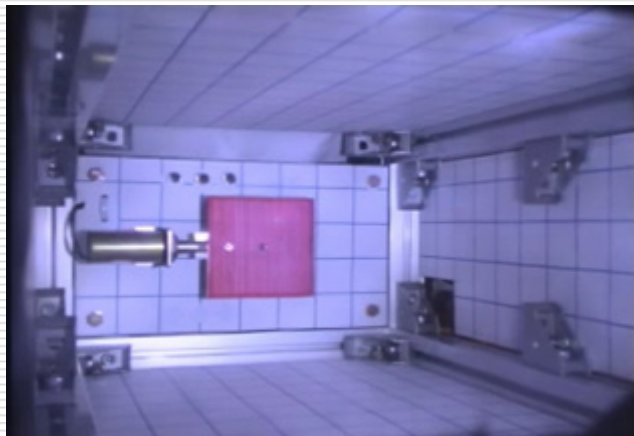
テザー放出実験@MGLAB

□ テザー

- 銅線、直径**0.1mm**、長さ:約**50m**、整列巻き

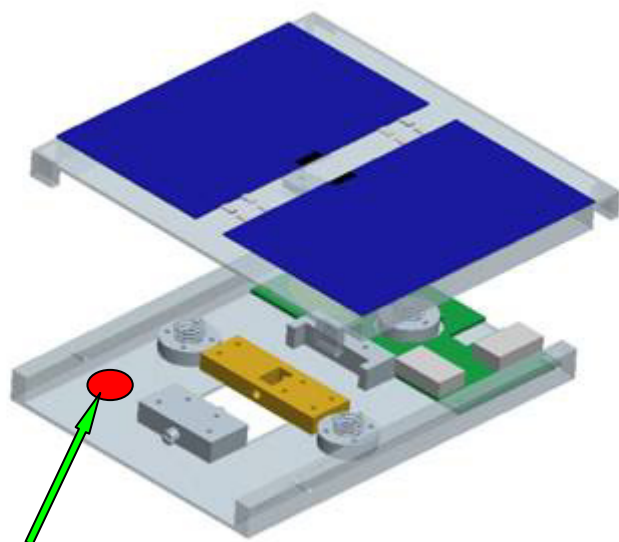
- **10m**オーダー伸展できれば、軌道離脱に必要な力を発生することができる。

- ϕ **0.1mm**、長さ数**10cm**のテザー放出試験は**MGLAB**にて無重力実験を実施。

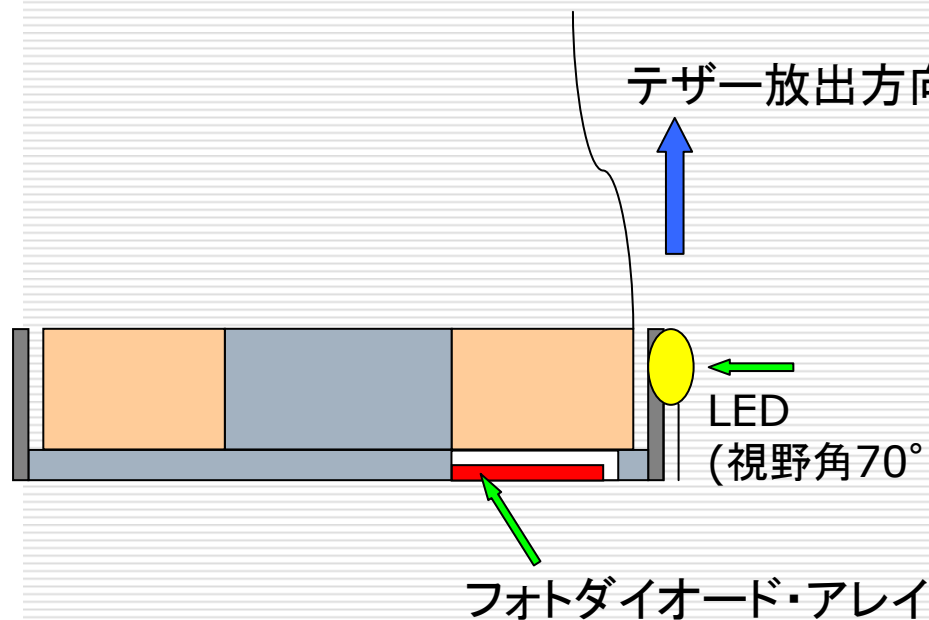


テザー伸展の検出法

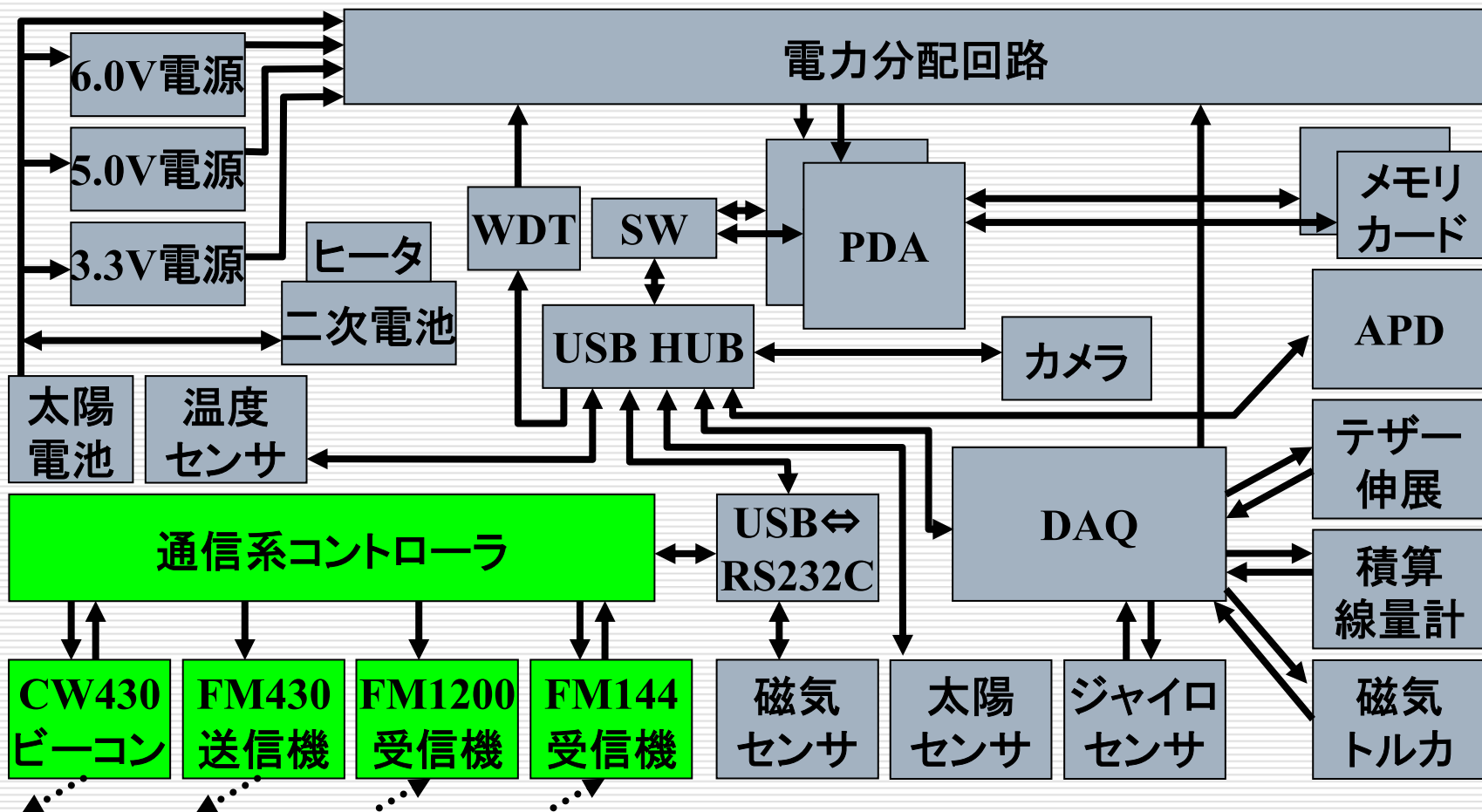
- プレートの分離 (フォトランジスタ)
- テザーの伸展状況 (フォトダイオード・アレイ、カメラ)



フォトランジスタ



4 & 5. 通信系ミッション



ミッション

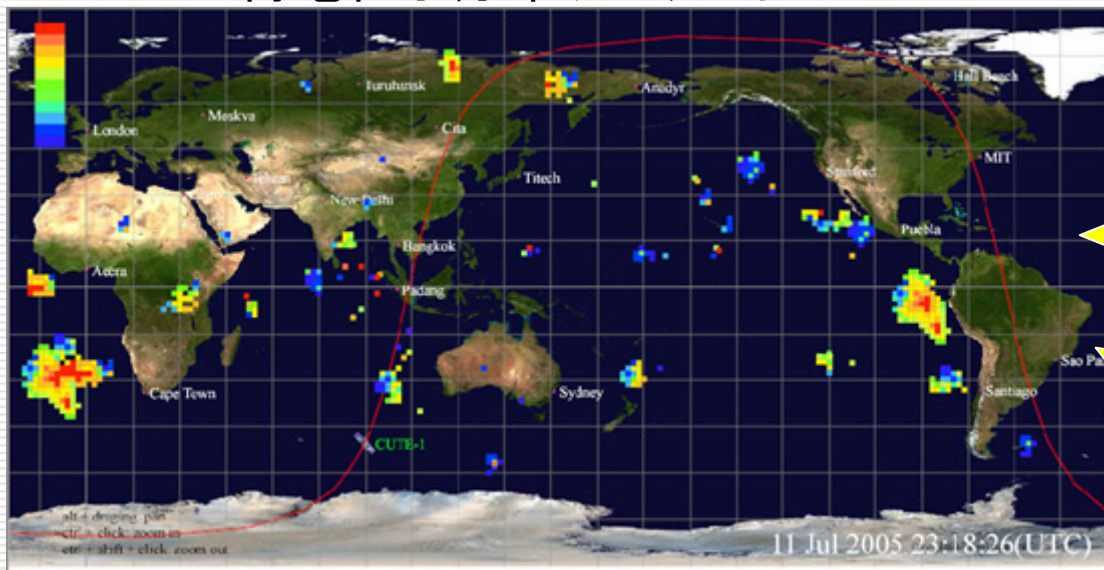
- **アマチュア地上局を複数用いた広範囲データ取得実験の遂行**
 - アマチュア無線の広域なネットワークを利用して、スループットをどこまで上げられるか.

- **世界中のアマチュア無線家へのアマチュア無線サービスの提供**
 - アップリンクの機会を提供する. 小型衛星の認知, 活性化に貢献. 実際の運用を経験し, ノウハウを蓄積する.

広域データ取得

GSN計画

世界中のアマチュア無線家が独自に取得したデータが反映される
荷電粒子分布データ イメージ



2005/11/09

Cute-1.7 + APD



Tokyo Institute of Technology

テレメトリ公開・配信

□ SCP(Satellite Contents Provider)によるリアルタイムテレメトリ配信

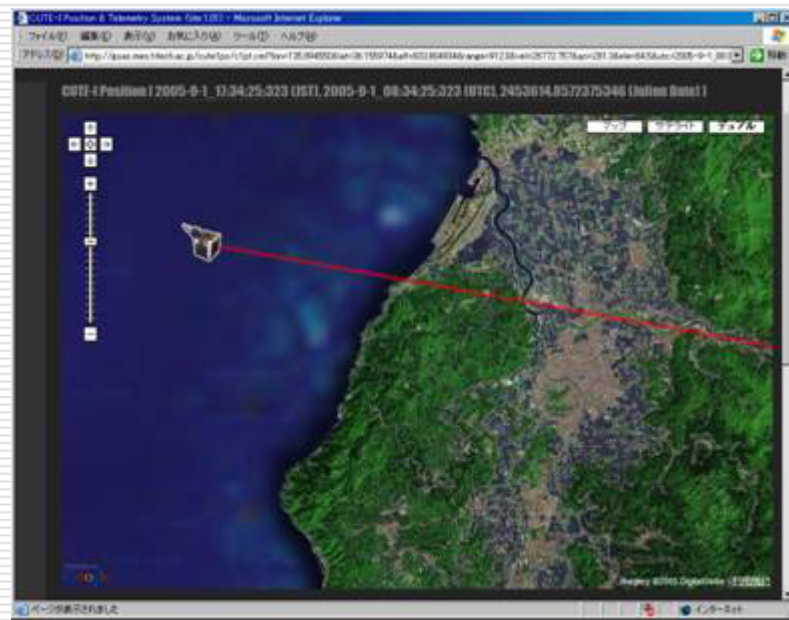
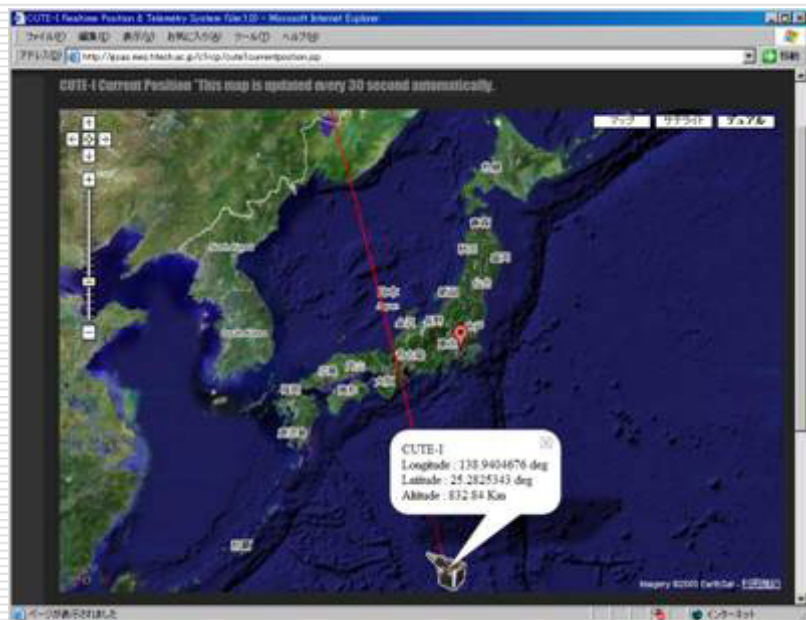
- Weblog
 - 一般閲覧者向け
- RSS配信
 - テレメトリ配信
- GISプロット
 - Google Maps
 - Google Earth
 - MS Virtual Earth
- 他:SMTP, SOAP, ...



参考例: CUTE-I Blog

テレメトリ公開・配信 Realtime GISコネクタ

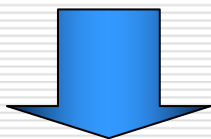
□ SCP + Google Maps Version.



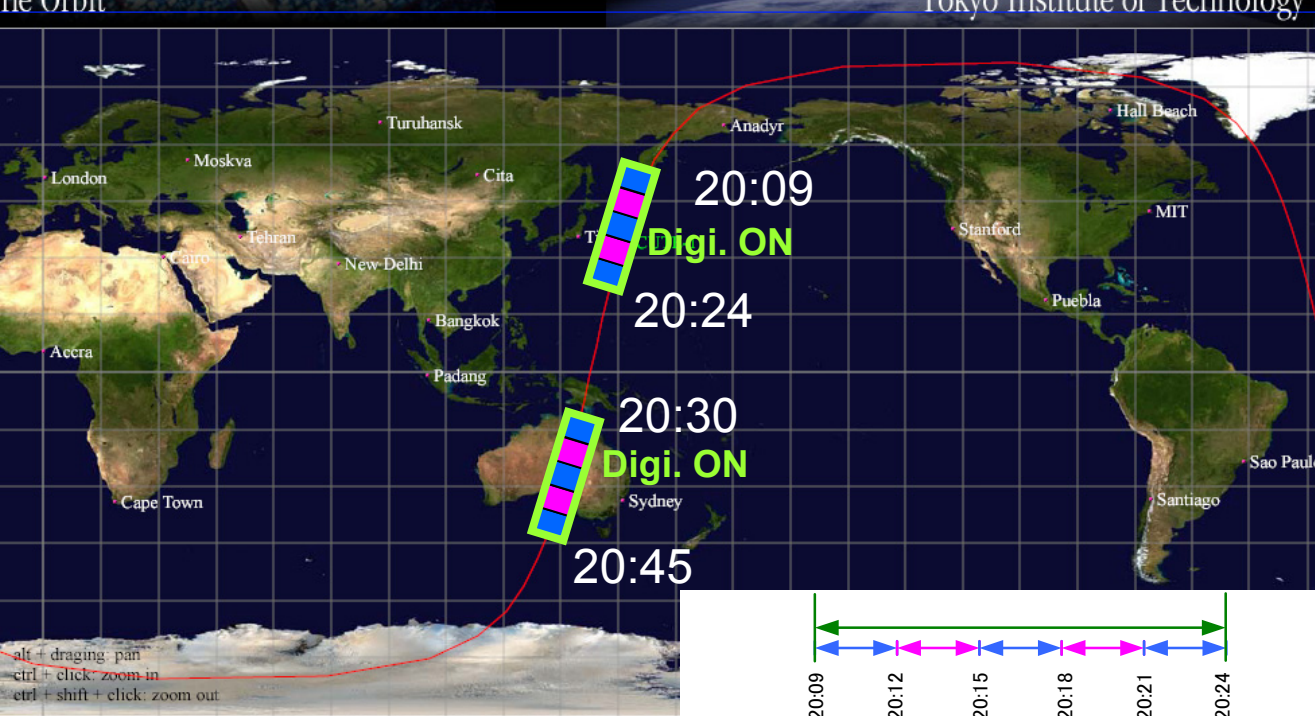
アマチュア無線サービス

アマチュア無線家から見て...

- 現行のアマチュア衛星において、実際にアマチュア無線家が利用できる衛星は少ない。
 - 特に日本では、FO-29(古株)のみ
- CUTE-I, XI-IV, XI-V: ダウンリンクのみ
- アマチュア無線業界(特に日本)の不振
 - アマチュアバンド(衛星帯)を積極的に利用し、その存在をアピール



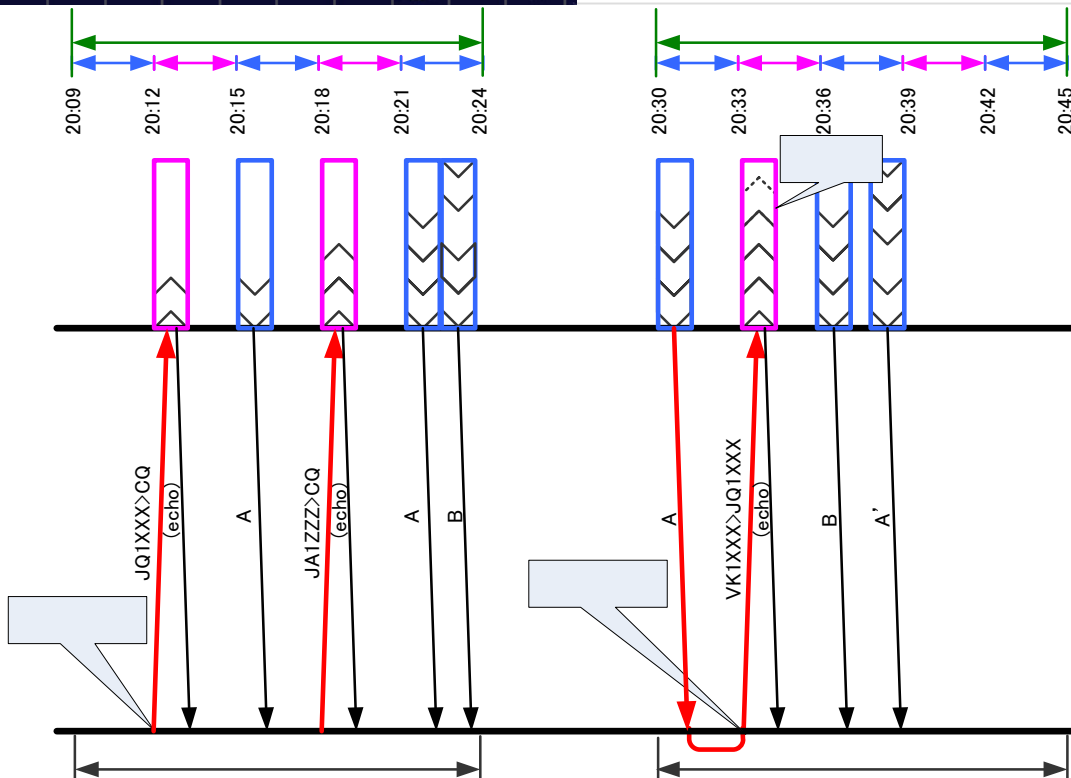
CubeSat受信チームをはじめ、アクティブなHAMの方からの意見を反映し、CubeSatクラスで実現できるアマチュア無線サービスを提案



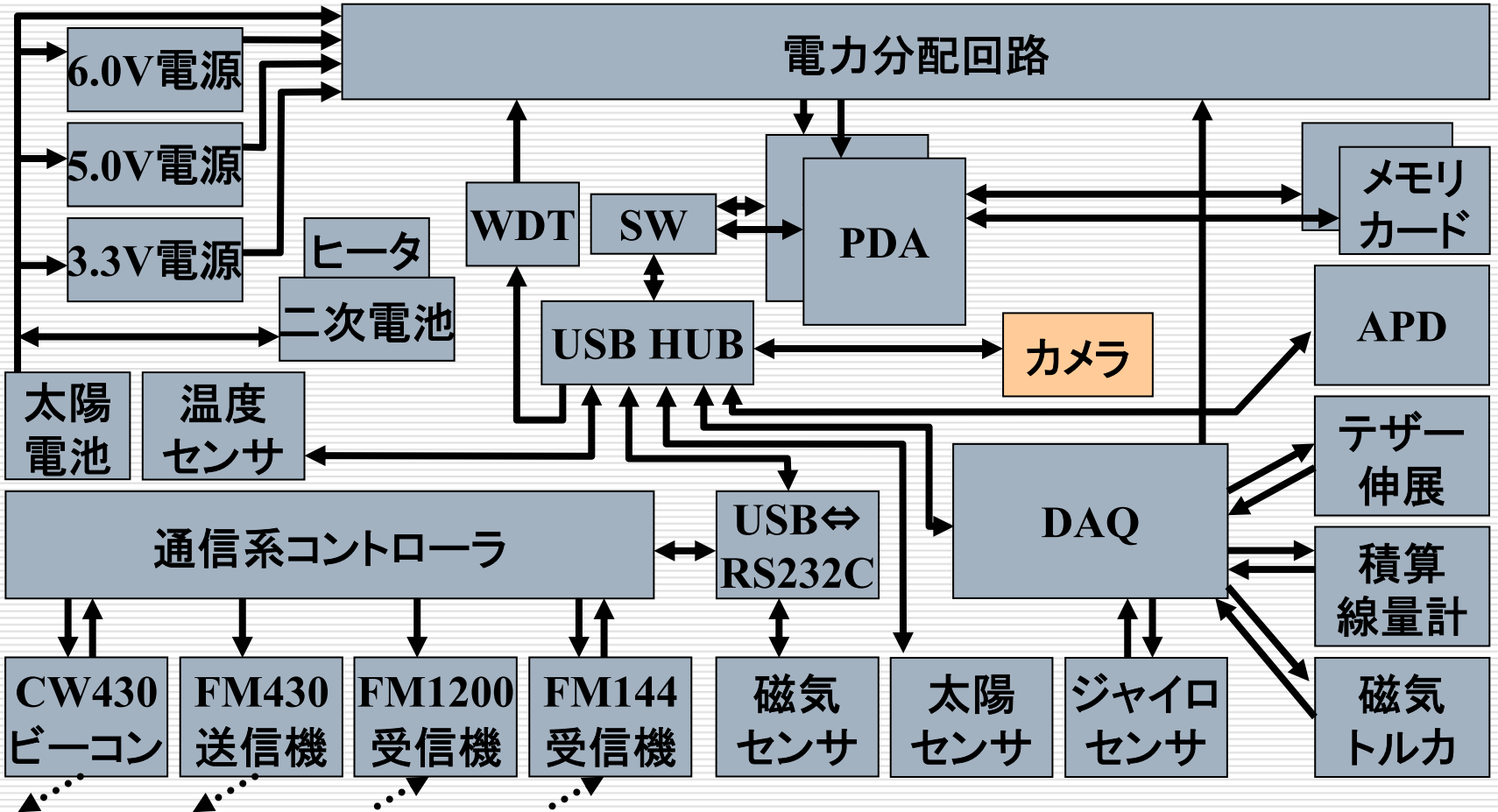
第1パス:
日本からアップリンクし、
メッセージをCute-1.7に
蓄積

↓
オーストラリアにて、蓄積さ
れたメッセージに対する返
信をアップリンク

2005/11/09



搭載カメラ系



すべてのミッションをよりアドバンスに

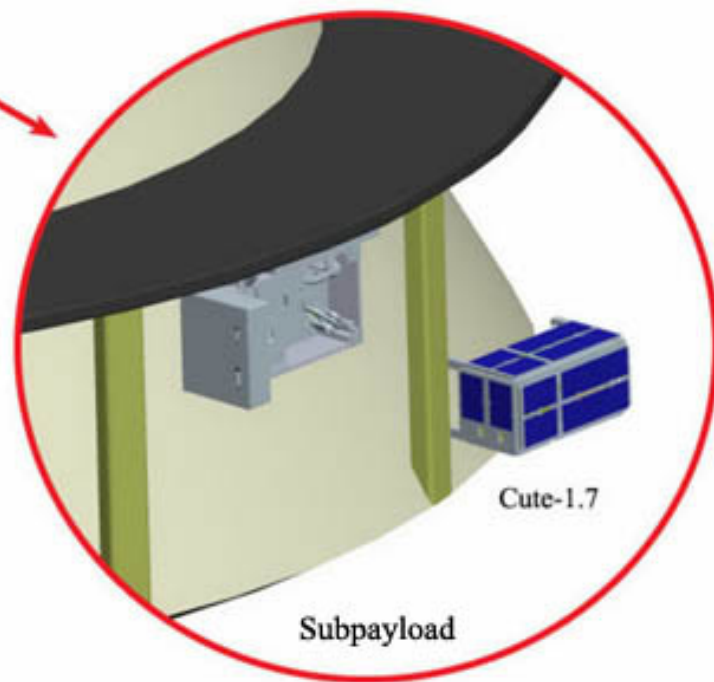
- 携帯電話用民生CMOSカメラの軌道上動作実証（地球撮像）
- M-V#8 SSP (Solarsail Sub Payload)の展開過程を撮影
- ADCS姿勢決定システムの確認（姿勢情報と撮影画像の比較）
- ADCS姿勢制御システムの確認（目標方向撮影）
- テザー伸展機構の動作過程を確認
- アマチュアサービスメールに付加

打ち上げ

- JAXA M-Vロケット8号機サブペイロードとしての搭載を目標



M-V Rocket



Subpayload

まとめ

- PDAを中心としたUSB接続による人工衛星システムについて紹介した。
- APDミッションを中核とする、5つのミッションについて紹介した。