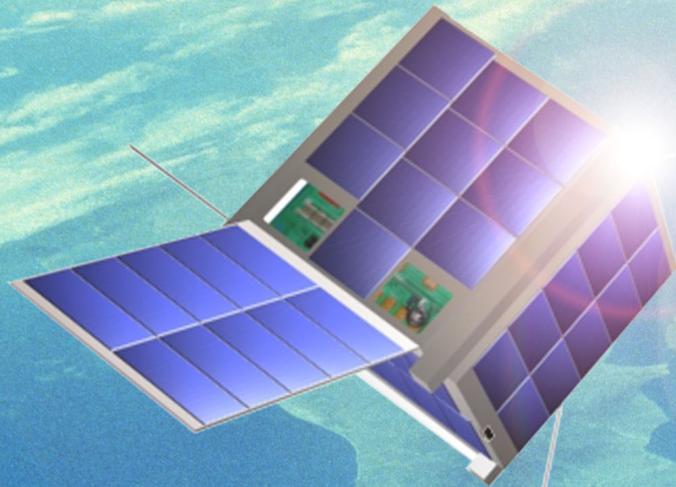


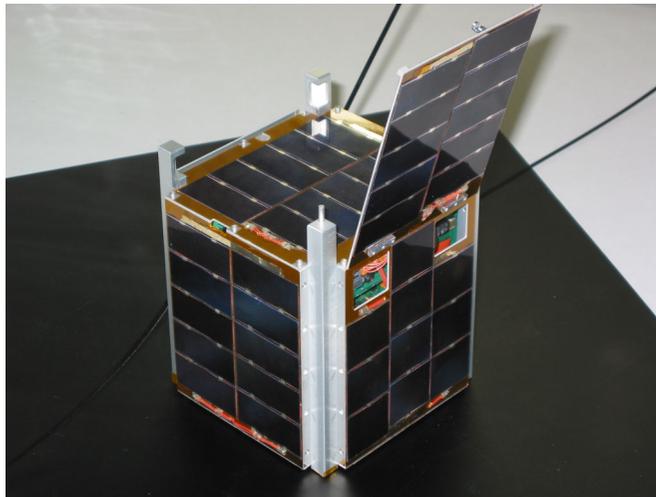
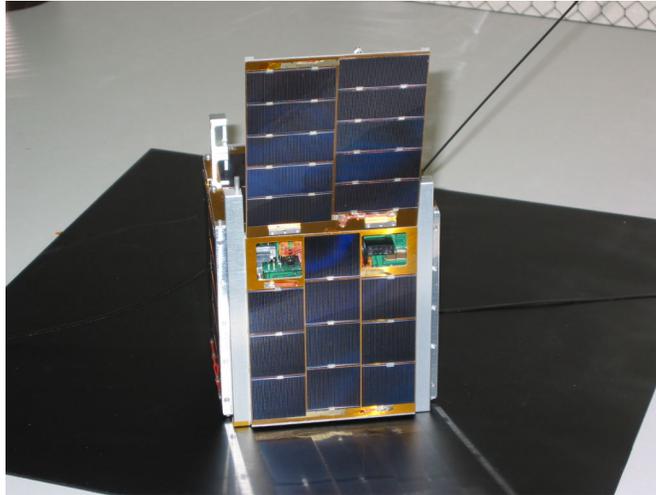
東京工業大学CubeSat "CUTE-I" 打ち上げ報告



**Tokyo Institute of Technology
Laboratory for Space Systems**

2003.7.10

東工大CubeSat CUTE-I



▼ **構造・形状** 10cm x 10cm x 10cm, 1kg,
Al6061/Magnesium alloy Body

▼ **OBC** H8/3334Y(Hitachi), 4Mbit SRAM

▼ **通信諸元 (アマチュア無線帯利用)**

ビーコン:430MHz帯, CW, 100mW

FMパケット:430MHz帯, AFSK, 1200bps, 350mW

コマンド:144MHz帯, FM DTMF

▼ **バッテリー** リチウムイオン2次電池

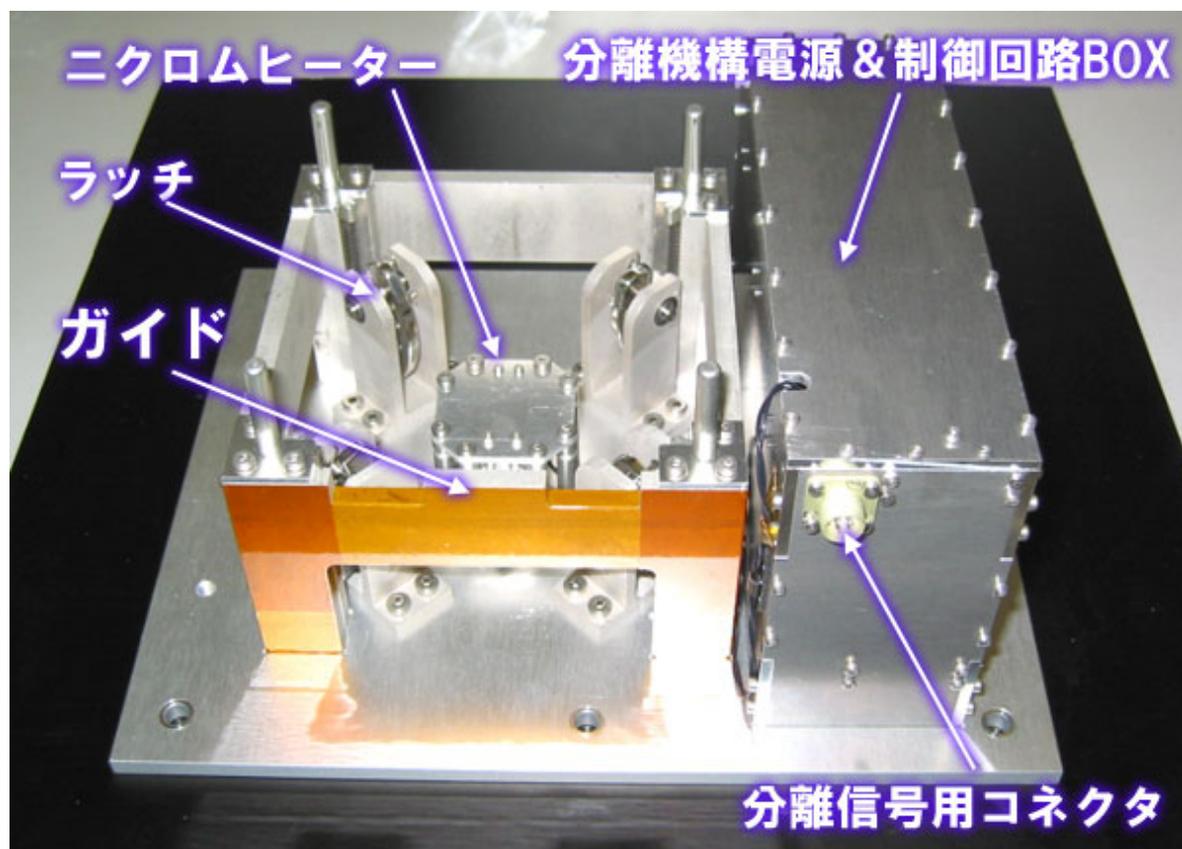
▼ **機構** 展開型太陽電池パドル

▼ **センサ** CMOSカメラ(太陽センサ), ジャイロ,
加速度センサ, サーミスタ, 電圧, 電流

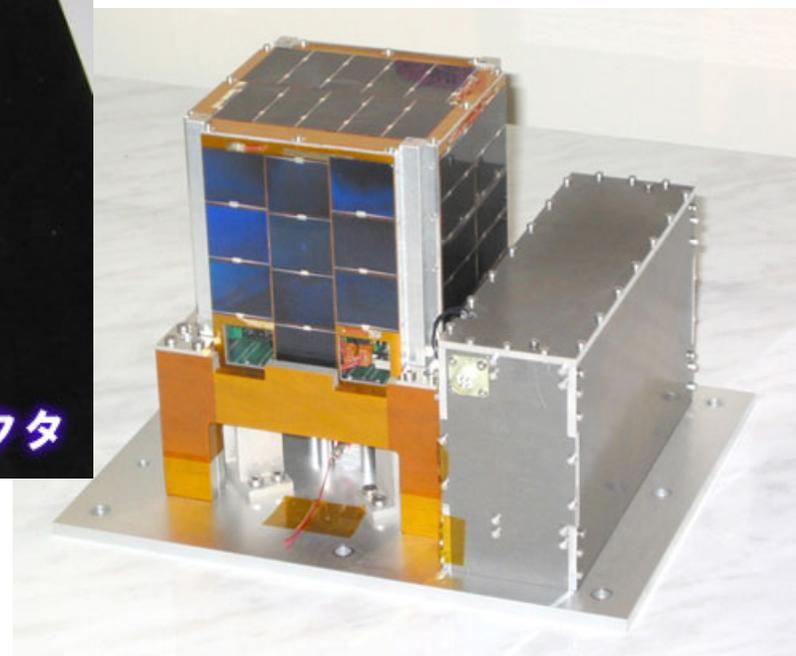




CUTE-I分離システム



ラッチの開閉, 衛星の
押し出しはバネを使用
ガイドと衛星が接する面
は特殊コーティング



構造: アルミ(AI7075), Mg合金(AZ91)
ナイロン線: ダイニーマ





CUTE-Iプロジェクトの目的

- ◆ 小型衛星システムを**短期間**で実際に製作・運用することにより、衛星開発の**全プロセスを実体験**する
- ◆ 過去のプロジェクトで培った技術を生かした**小型の衛星バス機器**を開発し、かつ実際の軌道上**衛星運用技術**を習得する
- ◆ 宇宙利用実績のない**民生品(COTS)の利用**を視野に入れ、**学生主導手作り**による小型衛星を**低コスト**で実現する
- ◆ **初の宇宙打ち上げ機会**でもあり、学生の今後の宇宙開発へのモチベーションを高める

一連の開発を学生主体で実施





CUTE-1ミッション

1) 通信ミッション

基礎的な衛星通信技術の習得

FM通信プロトコルの切替(Ax.25 \leftrightarrow SRL)

2) センシングミッション

◆姿勢，温度，電源を測定し，衛星の状態を把握

- 加速度センサ × 4 軸
- ジャイロ × 4 軸
- サーミスタ × 13点
- 太陽センサ(CMOSカメラ) × 1

3) 展開機構ミッション

◆太陽電池セル展開パドル

◆モノポール展開アンテナ × 3 (2 Tx and 1 Rx)





CUTE-1打ち上げ情報

■ 打ち上げ時刻

2003年6月30日 14:15:26(UTC), 23:15:16(JST)

■ Launch Vehicle



ROCKOT
3段液体ロケット

上段部(BREEZE)
軌道変換機



■ Launch Site Location



Plesetsk(モスクワの北東約800km)

Latitude: 62.7deg North

Longitude: 40.3deg East

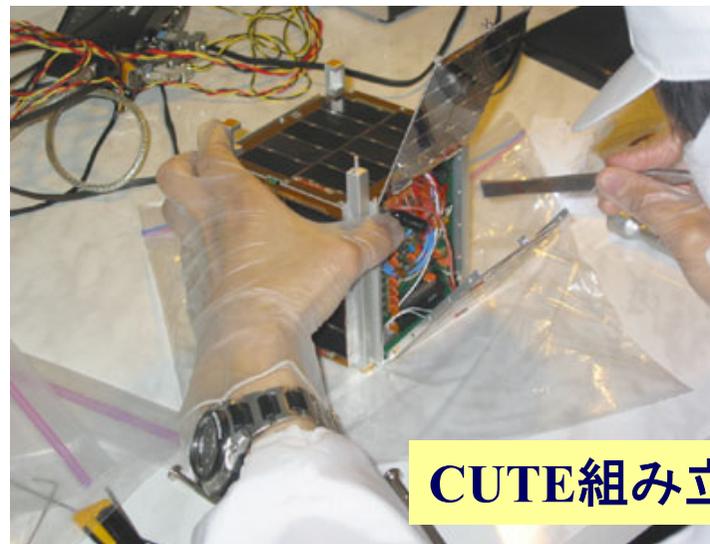




プレセットクでの射場作業(L-17)



アンテナ巻き付け終了



CUTE組み立て中



分離機構組み立て中

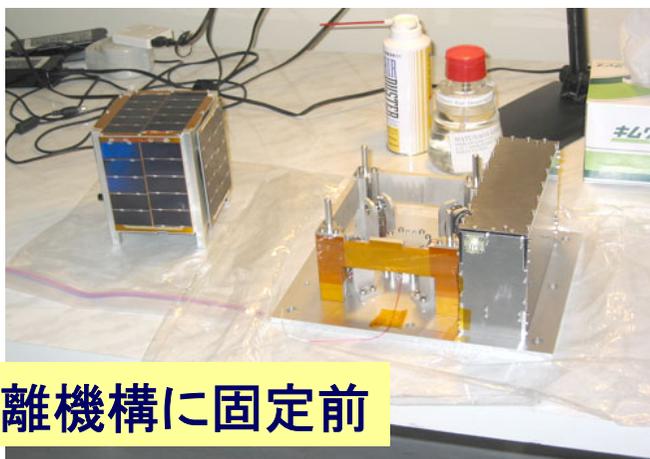


CUTEの最終充電

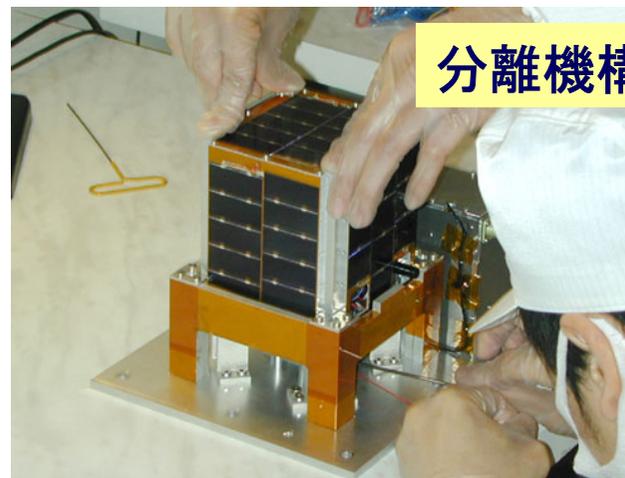




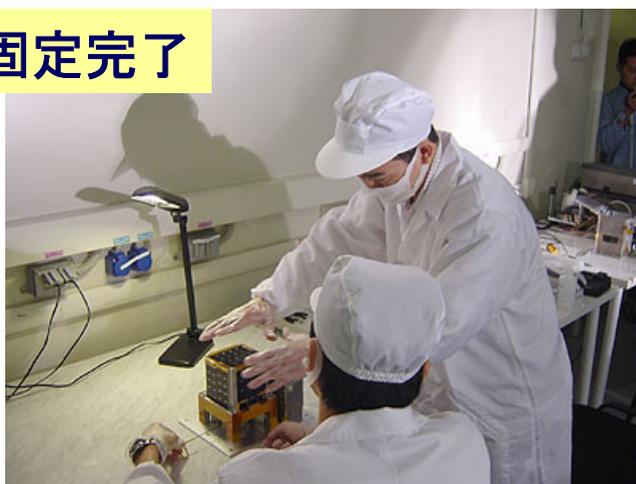
プレセットクでの射場作業(L-17)



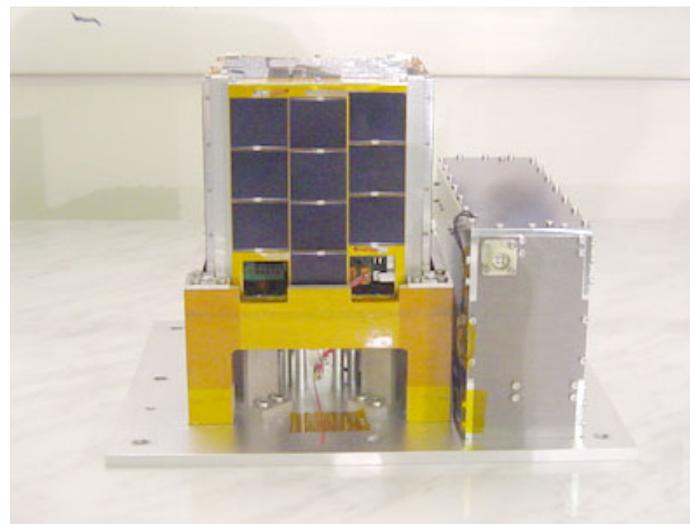
分離機構に固定前



分離機構に固定中



固定完了



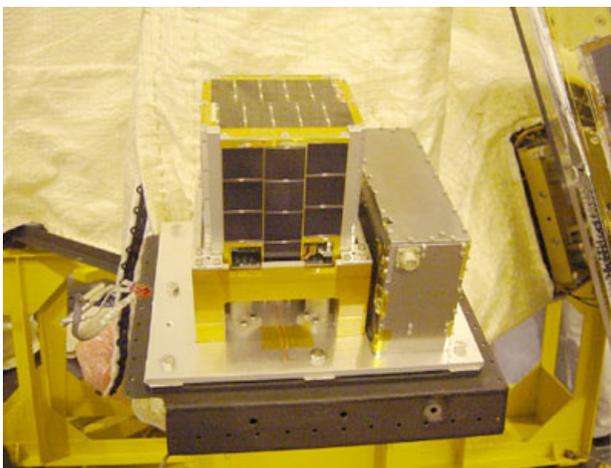


プレセックでの射場作業(L-14)

アダプタに移動



アダプタに固定中



with Thermal Blanket





打ち上げシーケンス

■ MOM(Multiple Orbit Mission)

CUTE-I, XI-IV含め,
8機を軌道投入

■ CUTE-Iの分離

ロケット側から分離信号を
受けてから、70秒後に

分離機構より分離

⇒ MOSTに近い軌道と予測

Event	Time	
Lift-Off	L	14:15:26(UTC)
1st/2nd Stage Separation	L +122sec	
Payload Fairing Separation	L +171sec	
2nd/3rd Stage Separation	L +305sec	
First Breeze Ignition	L +307sec	
End of First Breeze Ignition	L +799sec	
Transfer Orbit and Thermal Manoeuvres	L + till 2636sec	
Second Breeze Ignition	L +2636sec	
End of Second Breeze Ignition	L +2687sec	
Separation of MIMOSA	L +2826sec	
3rd Breeze Ignition	L +5154sec	
Separation of MOST	L +5481sec	
Separation of XI-IV and CUTE-I	L +5551sec	15:47:57(UTC)
Separation of NLS-1 & NLS-2	L +5626sec	
4th Breeze-Ignition / Breeze De-orbiting	L +6061sec	
End of 4th Ignition / Venting of Tanks	L +6111sec	



ROCKOT打ち上げ



2003/6/30 14:15:26(UTC), 18:15:16(Moscow), 23:15:16(JST) LIFT-OFF!!!





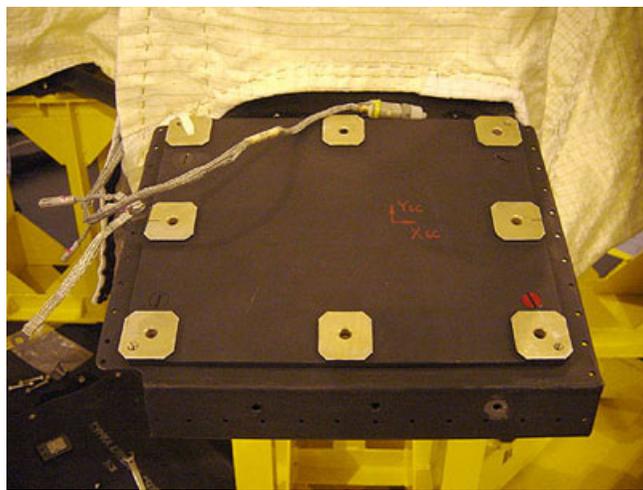
打ち上げ～現在

6/30 23:15:26	CUTE-I, XI他8機の衛星を載せたROCKOT打ち上げ
7/1 0:47:57	CUTE-I分離
7/1 2:53	ロンドン(G6LVB)にてCUTE-IのCWを受信の報が届く
7/1 4:32	管制局(東工大)にて, CUTE-IからのCW受信成功
7/1 17:31-	コマンドを正常実行(ビーコン間隔変更) ⇒通信リンク確立
7/2 5:52-	FMパケットを送信. 受信・デコードに成功
7/2 15:34-	太陽センサ起動
7/4 5:13-	FMパケットをSRLLプロトコルにて送信. 受信・デコードに成功
7/4 16:33-	SRAM記録データ(分離直後)ダウンリンクに成功
7/5 16:14-	センサテスト実行. 搭載センサの正常動作を確認
7/9 5:17-	SRAM記録データ(展開動作付近)ダウンリンクに成功
7/9 15:02-	50回目の運用



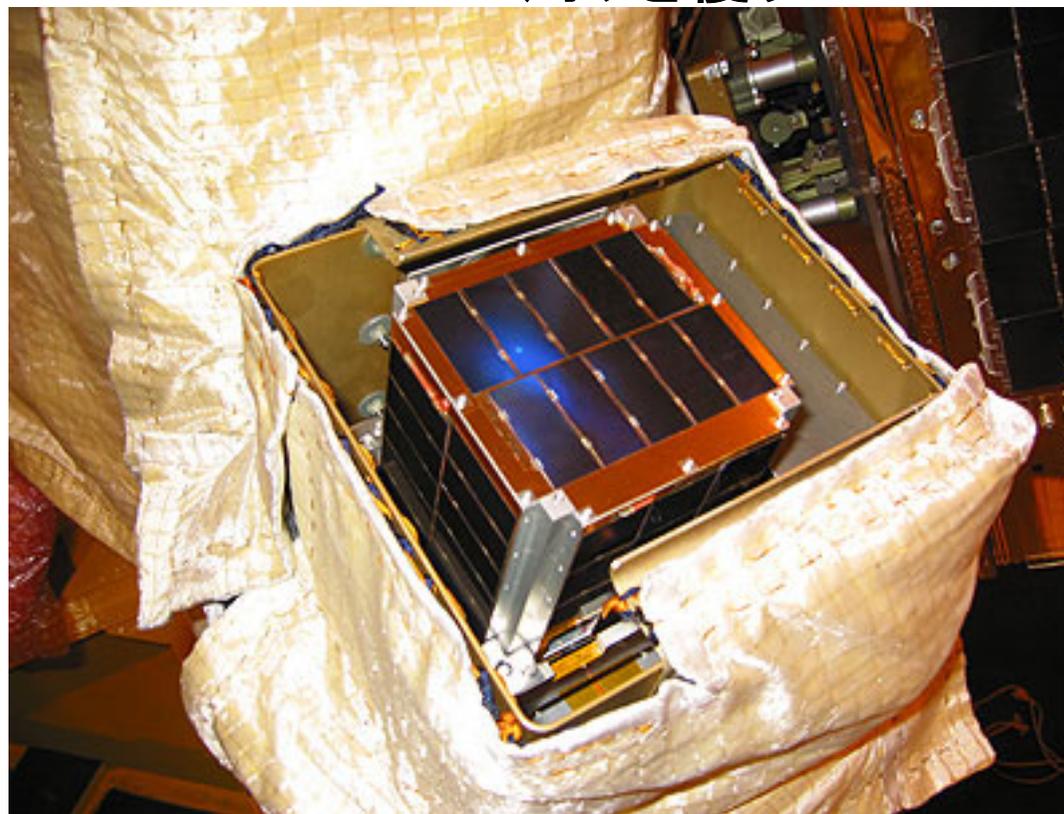


CUTE-1分離システム



ロケット側のIF

分離機構をマウントした様子
衛星放出時の温度環境をよくするために
Thermal Blanketで周りを覆う



分離機構は正常に動作し
衛星の軌道投入成功!!



Attitude Determination Subsystem 報告



◆ CUTE-I 搭載姿勢決定センサ現状報告

- 圧電振動ジャイロ
⇒ 正常出力確認, テストモード正常反応
- 加速度計
⇒ 正常出力(要オフセット調整), テストモード正常反応
- CMOS太陽センサ
⇒ 正常起動, 輝度しきい値設定機能確認
CWテレメトリチェックによる一定時間動作確認終了

➡ 全センサのチェック確認終了.
太陽セル電流, 壁温度データを考慮した
姿勢解析を行う予定.





通信系

■ 搭載通信機器

受信系: FM受信機(144MHz帯)(民生品ベース)

送信系: CWビーコン送信機(430MHz帯)(特注品) -- **100mW**

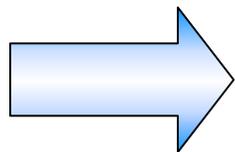
FM送信機(430MHz帯)(民生品ベース) -- **350mW**

アンテナ: 3本の**モノポールアンテナ**をそれぞれの通信機に接続.

FMパケット(AFSK)の通信プロトコル:

Ax.25(アマチュア無線汎用)

SRLL(オリジナル / 誤り訂正能力を強化)



CWビーコン, FMパケットともに地上での受信・デコード成功
管制局からのコマンド, 正常に受信
SRLLプロトコルの試験送信成功(⇒ デコード率の比較中)
通信リンクが確立されており, 安定した運用ができています





C&DH

- リセット回数: 0回
- 通信系TNCとの通信エラー: 0回
- MPU温度: 0~10°Cの範囲内
- センサーなどのデータ取得: 正常
- SRAM: 正常

現在のところ正常に動作している





電源系ステータス

- ・バス電圧 (3.3V系, 5.0V系): ほぼ安定状態
- ・バッテリー電圧: 4.0V以上を維持
- ・バッテリー温度: 0~10度の範囲で変動
- ・太陽電池セル: 日照時平均1.3W程度発電

現在のところ正常に動作している





CUTE-I軌道上熱環境

CUTE-I内部温度

8 Jul 2003 04:45:13.55 ~ 06:11:41.58 (JST) 5188.030秒間
(日照入りしてから**1時間後**)

➡ 内部温度は5~20°C程度

8 Jul 2003 16:35:24.14 ~ 18:01:58.25(JST) 5194.114秒間
(日照入りしてから**25分後**)

➡ 内部温度は-5~15°C程度





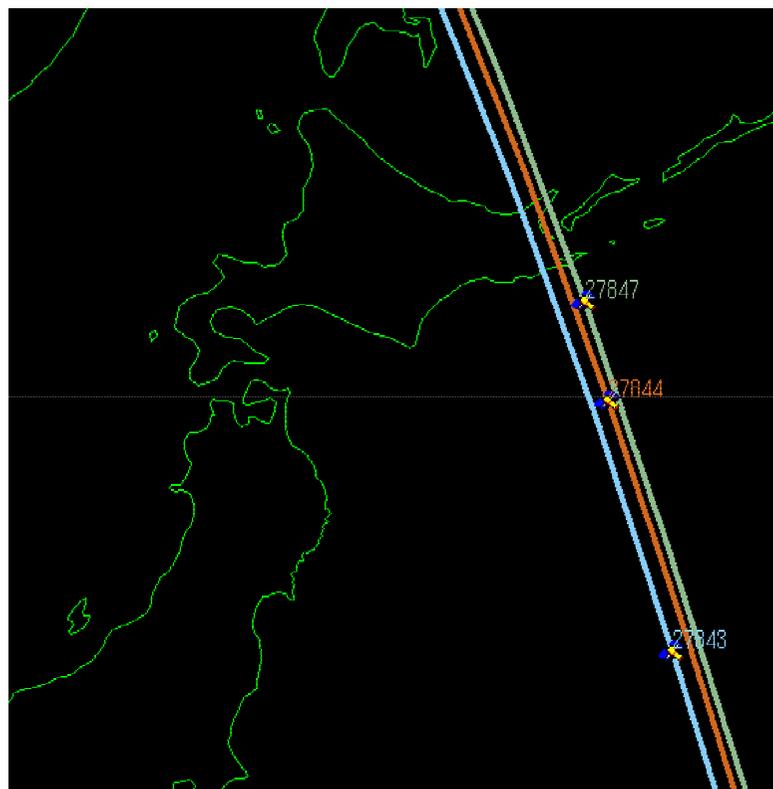
地上局および軌道推定

地上局では、CUTE-Iからのデータを受信するとともに軌道についての考察も行っている。

今回打ち上げられた衛星の軌道については世界中のアマチュア無線家などがさかんに議論している

CUTE-Iの候補とされた軌道
(TLE識別番号)

- 27843U 03031D
- 27844U 03031E
- 27847U 03031H





管制局の様子





現在のCUTE-Iの状況

- **運用回数: 57回 (2003/07/10現在)**
全運用パスにおいて, CWビーコン受信
FMパケット送信時間: 220分間

- **CUTE-I機能確認項目**

通信アンテナ・太陽電池パドルの展開確認

CWビーコン正常送信

受信機正常

コマンド正常実行

FMパケット(AX.25, 1200bps)正常送信

太陽センサ起動・正常動作

FMパケット(SRLL, 1200bps)正常送信

SRAM記録データ(分離直後, 展開動作時)のダウンリンク成功

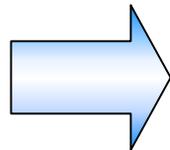
センサテスト実施. 正常動作の確認





アマチュア無線帯利用に関して

- アマチュア無線局免許：衛星(JQ1YCY), 管制局(JQ1YCZ)の取得
- アマチュア局を利用する意味：
 - 通信プロトコルの実証試験(SRLL)
 - アマチュア無線ネットワークに協力を仰いだデータの収集
 - 民生部品のデータベース化
 - 軌道上環境データの取得



- 最初のCW受信の報を受けたのは、ロンドンのアマチュア無線家から
- 世界中からの電波受信レポート(これまでに170通以上のレポート)
- 軌道推定に関する議論
- CWテレメトリ解析ソフトの公開により、衛星ステータスに関する議論
- QSLカードの発行(現在、作成中)





現在までのプロジェクト達成レベル

Minimum Success

- ◆ 衛星システムの設計, 開発および運用の基礎技術の習得
 - CUTEからのCWテレメトリ(ビーコン)を受信

達成!

Middle Success

- ◆ 衛星・地上間通信の基礎技術の習得
 - CUTEのHKデータかつセンサデータを含むFMテレメトリを受信し軌道上での衛星内の温度や姿勢などの状態を把握する

達成!

Full Success

- ◆ 通信および機構部分における, より一歩進んだ技術の習得
 - より確実な通信技術の実証(新規開発の通信プロトコルの実証)
 - 超小型展開機構技術の実証(太陽電池パドル展開)
 - CMOSカメラを用いた太陽センサの軌道上実証

ほぼ達成!

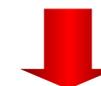




今後の運用計画

CUTE-I 運用計画			
			2003.6.27
2003.6.30	L-0	CUTE-I 打ち上げ	
		初期衛星捕捉フェイズ	衛星捕捉・軌道推定 上記作業終了次第、 初期機能確認へ移行
2003.7.6	L+7	初期衛星捕捉フェイズ終了	
		初期機能確認フェイズ	初期機能確認 ←
2003.7.13	L+14	初期機能確認終了	
		前期定常運用フェイズ	軌道投入初期データDL 太陽センサ実験 通信ミッション
2003.7.27	L+28	前期定常運用終了	
		後期定常運用フェイズ	定常運用

現在，初期機能確認段階



SRAMデータダウンリンク



各種ミッションの実行

- 太陽センサミッション
- 通信ミッション
- モータ回転ミッション



定常運用

アマチュア無線家へのサービス



CUTE-I ホームページ



CUTE-I プロジェクト WEBSITE:

<http://lss.mes.titech.ac.jp/ssp/cubesat/index.html>

