

大学手作り軌道投入衛星 CubeSat – 東京工業大学における開発

Development of TITech CubeSat 2001: an orbital satellite

○ 此上 一也 澤田 弘崇 中谷 幸司 宇井 恭一 鶴見 辰吾 森 治 松永 三郎(東工大)

Kazuya Konoue, Hiroataka Sawada, Koji Nakaya, Kyoichi Ui, Shingo Tsurumi, Osamu Mori and Saburo Matunaga
Tokyo Institute of Technology, 2-12-1, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo

CubeSat Project is an international, educational and practical program, and many universities and companies join in the project. A CubeSat is a pico-satellite sized of 10cm*10cm*10cm, less than 1kg in weight, and 18 CubeSats are planned to launch at May 1 of 2002 by a Russian rocket, Dnepr. We, TITech group, are now developing a CubeSat for the launch opportunity. The objectives of TITech CubeSat Project are design/development of pico satellite equipped with bus components under the leadership of students, and reduce the total costs by using commercial off-the-shelf (COTS) components. In this paper, we explain the design and the development schedule of TITech CubeSat.

1. はじめに

CubeSat プロジェクトは、米国スタンフォード大学 Robert Twiggs 教授によって提案された、学生の教育を目的とした国際的な超小型衛星開発プロジェクトである。衛星の設計要求は 10cm×10cm×10cm の立方体、重量 1kg 以下と定められている。2002 年 5 月にロシアの DNEPR によって、高度 650km の太陽同期軌道への打ち上げが決定しており、日本からは東京工業大学、東京大学、米国から Stanford Univ., California Polytechnic State Univ.(Cal Poly)などが参加し、18 個の CubeSat が軌道に打ち上げられる予定となっている。

CubeSat の運用には、米国の OSSS(One Stop Satellite Solutions, Inc)がロシアとの交渉、設計審査、運営管理を行っており、Cal Poly が P-POD(キャリア)の設計を担当している。また、日本のアストロリサーチ社が日本の大学と OSSS との調整を行っている。

打上げシーケンスを、図 1 に示す。MPA(Multiple Payload Adaptor)は 6 個の P-POD を装填しており、DNEPR によって打上げ後、CubeSat をそれぞれ 3 個ずつ収納した P-POD から各 CubeSat が放出され、軌道へ投入される。

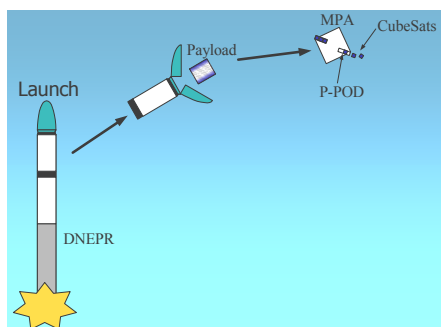


Fig.1 Launch sequence

2. 東京工業大学 CubeSat プロジェクト

東京工業大学松永研究室(LSS, Laboratory for Space Systems)では、2002 年 5 月の打ち上げに向け、一個の CubeSat を開発中である。東工大 CubeSat プロジェクトでは、小型衛星開発技術の第一段階として以下の目的で超小型バス衛星の開発、および民生品の積極的利用を視野に入れた学生主導の低コスト小型衛星の実現を目指している。

- 1) 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、宇宙工学の全体像を実体験する。
- 2) 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。

- 3) 構成機器として宇宙利用実績のない民生品の利用をも視野に入れて、学生主導手作りによる小型衛星を低コストで実現する。
- 4) 日本の学生の手作りとしては、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揚させ、将来の創造的な宇宙工学リーダーを育成する。

東工大 CubeSat のコードネームは“CUTE”(CUBical Titech Engineering satellite)とし、現在 CUTE-I を開発中である。

CUTE-I では、下記のミッションを提案している。

通信ミッション：2つの異なるプロトコル(Ax.25, SRLL)により地上局へデータ送信し、また、地上局からのコマンドによって通信プロトコルを変更する。

センシングミッション：機体の温度、加速度、角速度等を各種センサにより測定し、各データのメモリ保持、およびデータ送信を行う。

展開機構ミッション：太陽電池パドルを展開させて最大要求電力を確保するとともに、超小型展開機構の実証を行う。

プロジェクトの達成目標は、以下のように考えている。第一に、超小型衛星開発の一連のプロセスを経験し、衛星の設計、開発および運用の基礎技術を習得することである。また、軌道投入後、東工大地上局によりトラッキングを行い、CUTE から CW テレメトリデータを受信することをミニマムサクセスとする。第二に、実際に衛星の運用を行うことにより、通信の基礎技術を習得することである。具体的には、CUTE の HK データを含む FM テレメトリを受信し、衛星内の温度や姿勢などの状態を把握する。さらに、通信および機構部分において、より一歩進んだ技術の習得をアドバンストサクセスとする。CUTE-I では、FM 通信プロトコルとして、汎用のプロトコルだけでなく、新規開発のプロトコルを採用している。そこで、地上局からのコマンドにより通信プロトコルの変更を行い、より確実な通信技術を実証する。また、地上局からのコマンドにより、太陽電池パドルを展開させ、超小型な展開機構技術の実証も試みる予定である。

東工大 CubeSat “CUTE-I”

東工大 CubeSat “CUTE-I”は CW 送信機、FM 送信機および受信機の 3 台の通信機を搭載し、それぞれに対応した 3 本のモノポールアンテナを展開する。また、より多くの電力を確保するために太陽電池パドルを展開する。さらに、各種センサを搭載する。図 2 に CUTE-I の概観を示す。ま

た，図 3 に CUTE-I のシステムブロック図を示す．

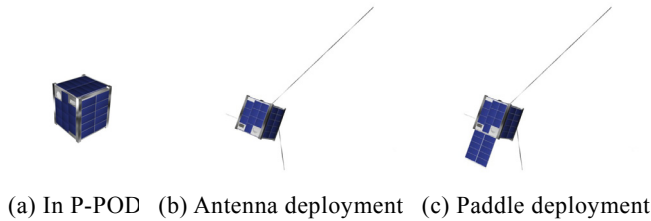


Fig.2 CUTE-I overview

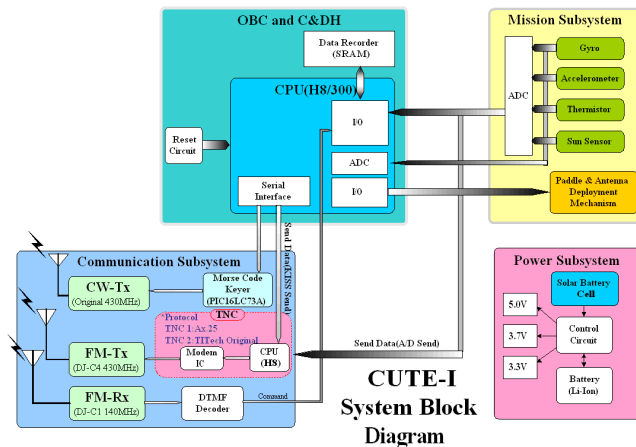


Fig.3 CUTE-I System Block Diagram

CUTE-I サブシステム

センサは，衛星の運用に不可欠なハウスキーピングデータを得ることを目的とし，姿勢系(加速度センサ，ジャイロ，太陽センサ)，温度系(サーミスタ)，電源系(電流センサ)の各種センサを搭載する．オンボードコンピュータなど各種電子機器は放射線対策という課題があるが，現存するデータベースや実際の放射線試験の結果を参考に素子を選定した．通信機については，アマチュア無線周波数帯を利用するため機器は入手しやすいが，環境性を考慮した設計を行っている．また，10cm の立方体という設計要求があるために，できるだけ効率よく各基板や各機器を配置している．

CUTE-I サブシステムの大きな特徴は，各搭載機器ともに民生品を積極的に利用し，コストダウンを図っている点である．地上で各環境試験を実施した結果，採用した民生品の宇宙利用実績のデータベースを作成することは，今後の小型衛星開発においても大きな意義があると考えられる．

3. ISAS 大気球実験

2001 年 5 月 18 日に宇宙科学研究所の協力のもと，岩手県三陸沖にて気球を用いた超長距離通信実験を実施した．小型気球に CUTE の通信実験モデルを搭載し，機能実証試験を行った．気球は高度およそ 35km まで上昇し，周囲の環境温度は -40 にも達した．極低温が原因で FM 送受信機など一部に不具合を生じたが，その他の機器はほぼ正常に動作した．東工大岡山においても CW テレメトリの受信およびデコードに成功し，通信距離約 450km における CUTE の機能実証が確認された．図 4 に放球直後の様子および気球の高度変化，図 5 にテレメトリから得られた周囲の温度変化を示す．この気球実験の結果は，エンジニアリングモデル(EM)の設計に大きく反映されている．

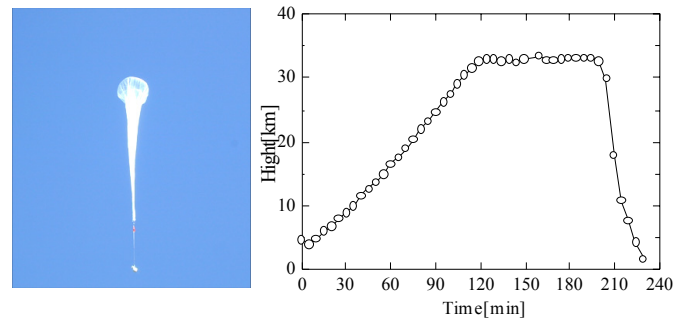


Fig.4 Balloon Experiment

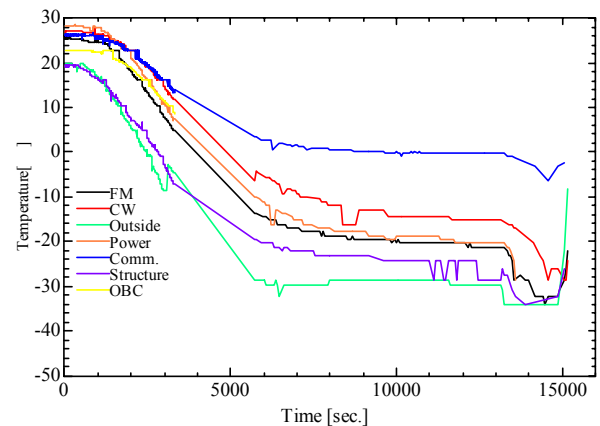


Fig.5 The result of experiment

4. スケジュール

2002 年 5 月の打ち上げに向け，以下のようなスケジュールで CUTE-I を開発する．気球実験の結果を踏まえ，エンジニアリングモデル(EM)を設計，製作し，東工大内で搭載機器単体の温度試験，真空試験および振動試験を行う．7 月末に熱真空試験を行い，CUTE の耐宇宙環境性を把握し，フライトモデル(FM)の設計に移行する．米国への SHIPPING が 2001 年 11 月であるため，9 月末までに FM を完成させ，軌道上運用に向けての準備に入る予定である．米国へ輸出後，キャリア(P-POD,MPA)装填の状態での熱真空試験，振動試験が行われ，2002 年 4 月にロシアに輸出，5 月に射場での打ち上げ作業に入る予定となっている．

5. まとめ

学生主導によって開発をすすめている超小型衛星 CubeSat の概要と東京工業大学 CubeSat “CUTE-I”の設計概要，開発状況について述べた．現在は，各種環境試験に向けて，EM の製作を行っている段階である．今後は，EM の環境試験結果をもとに，FM を開発し，2001 年 9 月末には打ち上げられる状態にすることを目標としている．

参考文献

- 1) 松永三郎，“宇宙工学教育の新展開：日米大学共同開発プロジェクト”，宇宙工学部門ニュースレター No.14，日本機械学会誌，Vol.104，No.987，2月号，2001，pp.98-101
- 2) 程島竜一，澤田弘崇，山口伸吾，松永三郎，“東京工業大学 CubeSat - CUTE - 構体系の開発”，第 43 回構造強度に関する講演会講演集，2001
- 3) CubeSat プロジェクト URL
東工大：<http://horse.mes.titech.ac.jp/srtlssp/index.html>
東大：<http://www.space.t.u-tokyo.ac.jp/cubesat/index.html>
Stanford Univ.：<http://ssdl.stanford.edu/cubesat/index.html>