

宇宙実証システムの研究

Research on Space Technology Demonstration System

総合技術研究本部 宇宙実証研究共同センター

○中村 揚介, 加藤松明, 吉原圭介, 橋本英一

Space Technology Demonstration Research Center

○Yosuke Nakamura, Matsuaki Kato, Keisuke Yoshihara, Hidekazu Hashimoto

Abstract

The Space Technology Demonstration Research Center in JAXA has researched on the potential ability of 50~100kg class small satellites which is used to demonstrate newly-developed components and advanced space technologies in space. We have a plan to develop several types of such small 'space demonstration satellites' as a series.

MicroLabSat, the first one of the series, is a 50kg class of spin stabilized satellite launched in December 2002 as a piggy back satellite on H-IIA rocket. It has successfully completed all the planned experiments and continues healthy operation. Following MicroLabSat, we are developing MicroLabSat II with the three axis stabilized attitude control system. On the other hand, JAXA has started technology transfer program for SOHLA, which is the SME union in Kansai area, to develop a concise space demonstration satellite applying the MicroLabSat bus technology.

In this paper, we will express the status and result of these micro-satellites for space technology demonstration.

1. はじめに

宇宙実証研究共同センターでは、新規開発の機器や先端宇宙技術のクイックな実証手段として、50~100 kg級の小型衛星を研究しており、将来的に、実証用小型衛星のシリーズ化を計画している。Fig.1に宇宙実証システム研究のロードマップを示す。本研究には、マイクロラブサット計画における先進的小型衛星バスの実証、及び簡易実証衛星計画における、すでに実証され安定した衛星バスを用いたよりシンプルな実証衛星の実現の2つの流れがある。

マイクロラブサット1号機 (μ -LabSat) はマイクロラブサット計画の1機目として開発された50 kg級のスピン衛星で、平成14年12月にH-IIAロケットの相乗り衛星として打上げられ、所期の実験に全て成功した後、現在も後期運用段階として運用を継続している。また、これに引続き小型衛星による三軸姿勢制御の技術確立を目標として平成15年度よりマイクロラブサット2号機 (μ -LabSatII) の概念設計およびクリティカル要素の部分試作を行っている。一方、平成16年度からは、JAXAと東大阪宇宙開発協同組合(SOHLA)の間の「小型衛星技術についての協力に関する取決め」に基づき、 μ -LabSat衛星バス技術の東大阪衛星への移転プログラムを開始した。

本稿では、これらの宇宙実証システムの研究に係る平成16年度の状況及び成果について報告する。

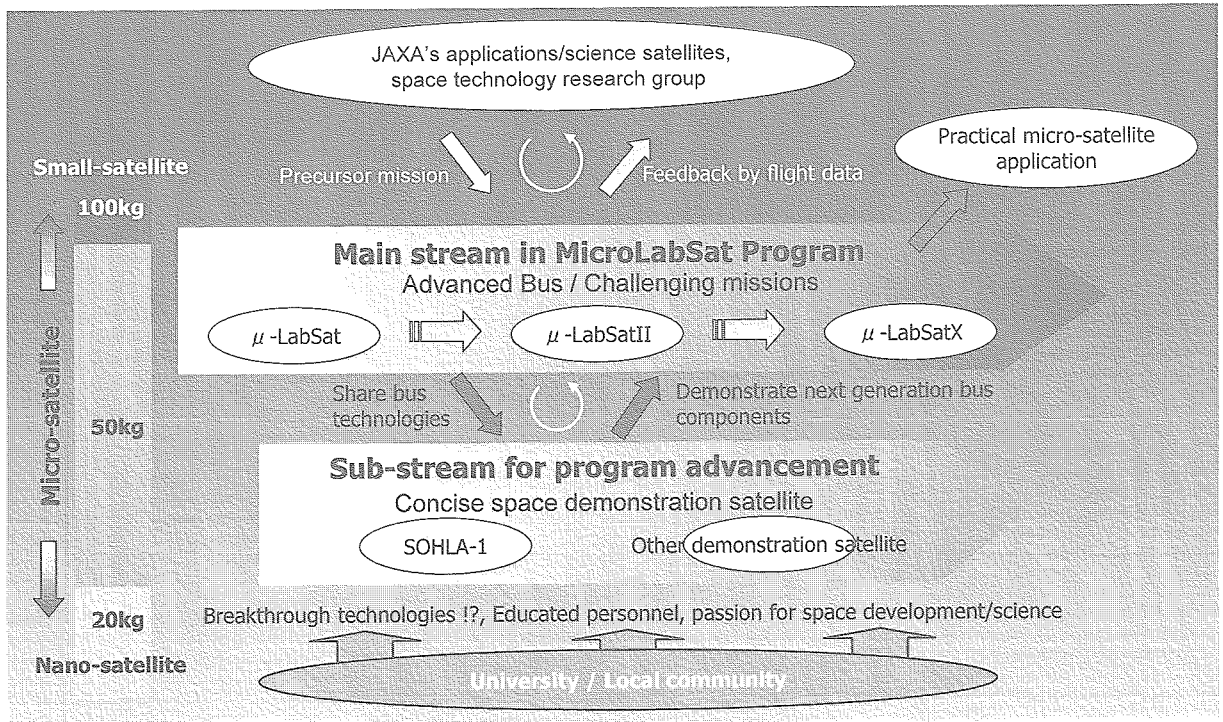


Fig. 1 Space Technology Demonstration Roadmap

2. 研究の概要

2. 1 マイクロラブサット計画

μ -LabSat 及び μ -LabSatII の外観図をFig. 2, Fig. 3に示す. μ -LabSat は現在, 後期運用段階にあり, 搭載機器・部品の軌道上での長期トレンド評価及び各種追加実験等を継続的に実施すると共に, 一般の人々に衛星運用の様子を公開する等, 衛星を利用した普及・啓蒙活動を進めている. μ -LabSatII は, 平成 15 年度に実施した衛星概念検討にて決定したミッション・衛星システム仕様を元に, システム予備検討及び搭載機器の試作を行った. なお, 搭載機器の試作については, 別稿にて報告する.

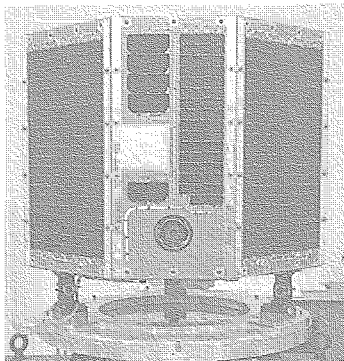


Fig. 2 MicroLabSat (Spin-stabilized bus)

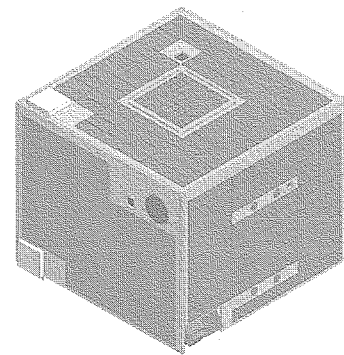


Fig. 3 MicroLabSatII (3axis-stabilized bus)

2. 2 東大阪衛星への技術移転

東大阪衛星 (SOHLA-1) は JAXA の技術指導の元、東大阪宇宙開発協同組合 (SOHLA) が中心となり大阪府立大学と共同で開発を進めており、平成 18 年度中に完成予定である。衛星の目的は、宇宙実験用小型スピンの衛星を、「 μ -LabSat」の技術に基づき、東大阪市を中心とした中小企業で短期に低コストで実現すると共に、その開発過程で、小型衛星開発の基礎技術に関西地区の技術者が習得することである。また、SOHLA-1 には JAXA 開発品として、複数の技術実証コンポーネントが搭載される予定であり、安定した衛星バスを用いたクイックな宇宙実証が可能となる。

以下には、SOHLA-1 における JAXA の宇宙技術移転プログラム及び μ -LabSat 衛星バス技術を転用した低コスト衛星開発の目的及び概要を示す。

関西地区技術者への技術移転

JAXA の産学官連携事業活動の一環として、また、関西地区の経済活動を刺激し、衛星開発の裾野及び選択肢を広げることを目的として、関西地区技術者への技術移転を進めている。当センターでは、主に衛星の製造・試験等の開発技術を SOHLA へ、衛星のシステム設計技術を大阪府立大学へ移転する。

μ -LabSat 衛星バス技術を転用した SOHLA-1 衛星開発

SOHLA-1 の開発では、 μ -LabSat の衛星バス技術を基本として、同一の設計及び開発手法を適用することにより、衛星の信頼性を高め、低コスト化を図る。一部コンポーネントに関しては、 μ -LabSat にて使用されたものと同モデルを提供する。

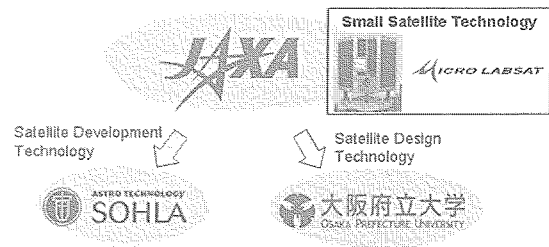


Fig. 4 Framework of JAXA's Space Technology Transfer Program in SOHLA-1

Table 1 Contents of JAXA's Space Technology Transfer Program

(1) From Engineer to Engineer To transfer technology to SOHLA and Osaka Prefecture University	(2) From Satellite to Satellite Applying the MicroLabSat bus technology to SOHLA-1
<ul style="list-style-type: none"> ○ Idea and Techniques <ul style="list-style-type: none"> • General ideas under space environment • Quality management • Satellite development and testing techniques ○ System Design Technology <ul style="list-style-type: none"> • Mission analysis • Power management analysis • Attitude control analysis • Structure and thermal analysis ○ Space Component Development Technology <ul style="list-style-type: none"> • Micro soldering • Component manufacturing 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Apply the same component <ul style="list-style-type: none"> • S-band transponder / diplexer • S-band coupler / antenna • Ni-MH battery ○ Component design diversion <ul style="list-style-type: none"> • Central and extended control unit • Power control unit ○ System technology diversion <ul style="list-style-type: none"> • Peak Power Tracking control algorithm • Spin axis control algorithm • On-board software • System design and development software • S-band operation system

3. 成果の概要

3. 1 マイクロラブサット計画

(1) μ -LabSat 搭載機器・部品の軌道上におけるトレンド評価

Fig. 5に μ -LabSatに搭載した民生品のN-MHバッテリーの放電末期電圧のトレンドを示す。バッテリーは放電末期電圧が6.9Vを下回ると、急激な劣化が始まることが地上試験結果にて分かっており、これが寿命規定電圧となっているが、図より必要な運用期間使用可能なバッテリーを開発することができたと言える。

Fig. 6には同様に μ -LabSatに搭載された航空機用光ファイバジャイロ(FOG)の出力のランダムウォークのトレンドを示す。光ファイバは構成材であるガラスが放射線により変性し、フォトダイオードに到達する光量が下がる。その結果、ホワイトノイズの影響が大きくなり、精度の低下に繋がっている。

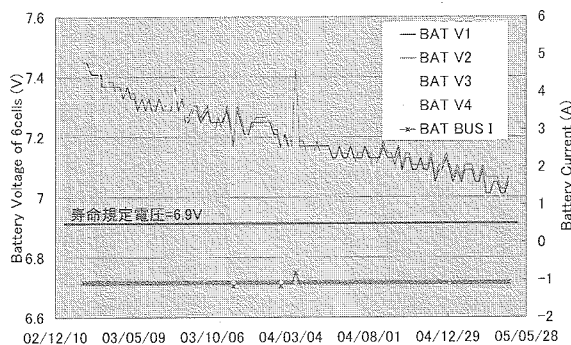


Fig. 5 Transition of terminal voltage of discharge (Ni-MH battery)

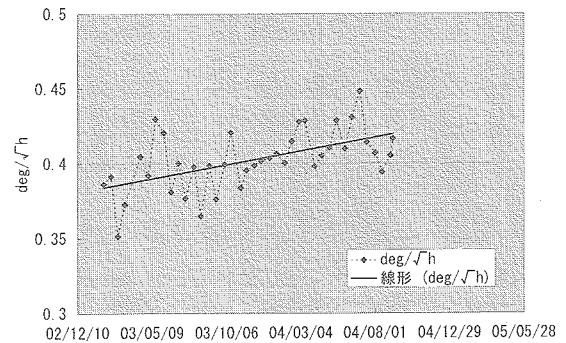


Fig. 6 Transition of random walk (FOG)

(2) μ -LabSat 運用の利用範囲の拡大

μ -LabSat の後期運用段階として、当初計画されていた以外の追加実験を行った。実験運用は外部機関・部署で提案されたものも含めて、平成16年度中に計18回実施した。具体的には、空間フィルタ実験(慶応大学)、地上からのレーザー伝送実験(NiCT)、カメラ撮像実験(NiCT)、MOBCメモリスキャン実験(NiCT)、月トラッキング制御実験(宇宙先進技術研究グループ)である。また、小中学生を対象とした宇宙教室の実施(Fig. 7)や衛星運用の一般公開も平成16年度中に計4回実施した。



Fig. 7 Space education for children

(3) μ -LabSatII のシステム予備検討

衛星のシステム予備検討では、衛星システム仕様を明文化し、これに基づいて各種システム解析を実施した。また、本検討の結果をまとめ、「マイクロラブサット2号機(μ -LabSatII)予備検討報告書」を作成した。

3. 2 東大阪衛星への技術移転

(1) 衛星のシステム設計解析

SOHLA-1 のシステム設計解析は、ミッション解析・電力解析・姿勢制御解析・熱構造解析を中心として、当センターが大阪府立大の学生に指導しつつ、共同で実施した (Fig. 8). Fig. 9に設計の結果得られた衛星外観図を示す。また衛星の主要諸元をTable 2に示す。

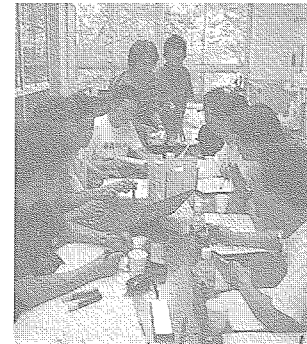


Fig. 8 Instruction to university students

Fig. 10には衛星の開発スケジュールを示す。平成16年7月には、基本設計確認会を実施し、衛星システム設計のフェージビリティを確認した後、搭載機器・衛星構体の開発に移行した。

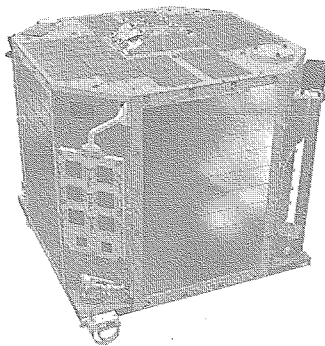


Fig. 9 Outlook of SOHLA-1

Table 2 Main characteristics of SOHLA-1

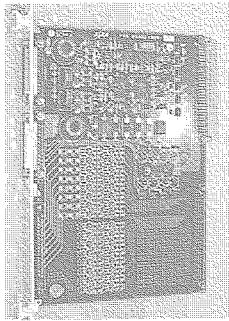
Size	50cmx50cmx50cm Octagonal prism
Weight	Approx. 50kg
Power	Approx. 30~40W GaAs solar cells
Attitude Control	Spin stabilized
Orbit	600~800km altitude Circular orbit
Communication	Amateur band / S-band



Fig. 10 Master schedule of SOHLA-1

(2) 衛星搭載機器・衛星構体開発

衛星搭載機器及び衛星構体開発は当センターが SOHLA 技術者に指導しつつ、共同で実施した。開発にあたっては、 μ -LabSat の設計情報を活用し、新規開発要素が極力少なくなるようにした。また、各サブシステム・搭載機器単位での設計開発会議や、各単体での機能性能試験、環境試験を共同で実施し、開発試験手法の指導を行った。Fig. 11に開発した機器及び開発試験の写真を示す。



Central Control Unit (BBM)

Assembly work of Ni-MH battery

Structure and thermal model testing

Fig. 11 Development and testing of components and satellite structure

(3) 簡易実証衛星の実現

以下に SOHLA-1 で実施される予定の実験を示す。小型衛星 (50kg) という限られたリソースで、簡易実証衛星として十分な実験機器搭載能力・実験実施能力を持っていると考えられる。

1. 50kg 級小型衛星のバス技術実験

- ・軌道決定技術実験及び機器の実証
(民生品利用 GPS 受信機* : JAXA 宇宙実証研究共同センター)
- ・宇宙環境計測実験及び機器の実証
(小型放射線センサ*・小型高性能磁力計* : JAXA 環境計測技術グループ)
- ・展開ブーム実証実験 (龍谷大学)
- ・小型モニタカメラ*実証実験 (SOHLA/JAXA 宇宙実証研究共同センター)
- ・府大太陽センサ実証実験 (大阪府立大学)

2. PETSAT 用機器の先行実験

- ・リアクションホイール* (東京大学)
- ・VHF 広帯域波形測定器* (大阪大学)

*印 : PETSAT 用搭載機器の候補となっている

3. JAXA 宇宙用技術実証実験

- ・CIGS 太陽電池 (JAXA エレクトロニクス技術グループ)
- ・200MIPS 級 64bitMPU 実験機器 (JAXA 宇宙用部品開発共同センター)

4. まとめ

μ -LabSat は後期運用段階として、搭載機器・部品の軌道上でのトレンド評価及び多様な追加実験を行っている。 μ -LabSatII は小型衛星技術向上の牽引役として、よりアドバンストな衛星バス・ミッションを実現すべく、システム予備検討を実施した。一方、 μ -LabSat の衛星バスを転用した簡易実証衛星として、SOHLA-1 の開発を進めた。また、これらの衛星開発・運用を同時に行うことは、若手職員の育成に大いに寄与していると考えられる。

今後は、引き続き μ -LabSat の軌道上評価、 μ -LabSatII の設計・開発を実施しつつ、SOHLA-1 のフライトモデルの製作、システム試験を実施し、クイックな宇宙実証システムの構築を進めていく。