



筑波大学超小型人工衛星ITF-1「結」のミッションとテクノロジー

結のつぶやき
@yui_tsukuba



— 世界中の人々に宇宙を感じてもらうために —

HP: <http://yui.kz.tsukuba.ac.jp/>
Mail: yui.tsukuba@gmail.com

HP



ネットワーク衛星「結」とは

ネットワーク衛星「結」とは、筑波大学が自主設計・開発を進めてきた人工衛星である。2011年12月にJAXAの実施する相乗り副衛星公募プログラムに採択された。図1に示すように他の開発団体の衛星と共に、相乗り形式でH-IIAロケットにより種子島から2014年2月28日に打ち上げられた。衛星の実機写真を図2に、仕様を表1に示す。

表1 ITF-1仕様

寸法	109 × 102 × 130.5mm (1U CubeSAT)
質量	1.6kg
衛星構体材料	A6061P-T651, A7075-T7351
太陽電池	トリプルジャンクションGaAs太陽電池
バッテリー	Li-ion蓄電池
通信用周波数帯	430MHz帯, 144MHz帯
使用アンテナ	¼波長モノポールアンテナ(435MHz帯), 超小型アンテナ(435MHz帯, 145MHz帯)
軌道	高度400km, 軌道傾斜角6°
想定運用期間	3~6ヶ月

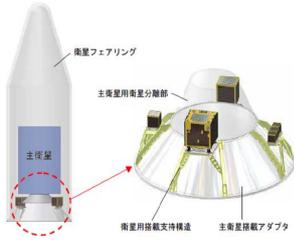


図1 副衛星の相乗り

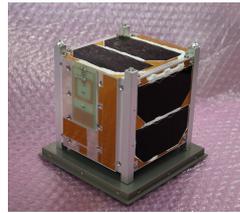


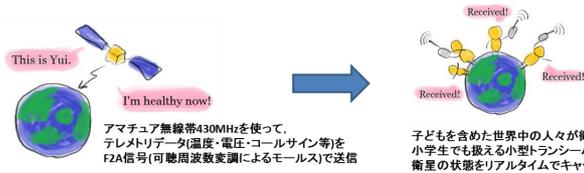
図2 ITF-1実機

「結」のミッション

ミッション1

衛星受信共有体験を持つ人々のネットワーク構築

衛星の温度や太陽電池の発電電圧といった時々刻々と変化する衛星の情報を、定期的に世界の人々に向けて宇宙から発信し、その信号の受信した体験を持つ人々のネットワーク構築をしようという試みである。



ミッション2

新型マイコンの動作実証

宇宙空間ではエネルギーの高い宇宙放射線が存在し、マイコンがハングアップするなど半導体デバイスに悪影響を与えることが知られている。「結」では、放射線耐性が高いとされるFRAMを記憶素子とする新型マイコンと、従来から広く大学衛星で用いられてきたマイコンと共に搭載し、新型マイコンの宇宙での動作実証を試みるとともに、比較による対照実験を行う。

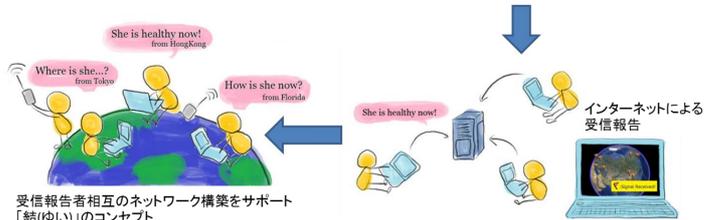


図3 結ネットワークの構築

ミッション3

超小型アンテナの動作実証

大学衛星で用いられることの多い144MHz帯や430MHz帯のアマチュア無線周波数帯は、波長がそれぞれ2m、70cmであり、ダイポールアンテナやモノポールアンテナを用いる場合には展開機構が必要である。展開機構の動作不良は通信不能に直結するため、高い信頼性が求められる。また、CubeSATの場合には機構をコンパクトにまとめることも重要となる。これらを踏まえ144MHz帯、430MHz帯について、展開不要のパッチアンテナを新規開発し、動作実証することを試みる。

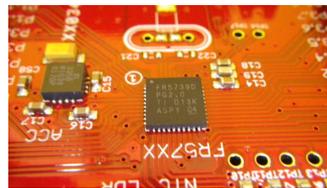


図4 FRAMを用いた新型マイコン

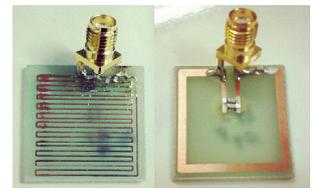


図5 パッチアンテナ

「結」のテクノロジー

マイコンの宇宙放射線への耐性評価

マイコンの耐放射線性はマイコン毎にそれぞれ異なるため、重イオン照射による評価試験を行った。本試験はPIC16F877A (PIC)、ATmega128A (AVR)、MSP430FR5739 (MSP) に対してそれぞれ評価を行った。得られた結果から、Single Event Upset (SEU) 頻度は、「結」の投入軌道において、PICとAVRでは 10^{-7} (SEUs/bit/day) のオーダー、MSPでは 10^{-9} (SEUs/bit/day) のオーダーと算出された。

マイコンの相互監視アーキテクチャ

「結」のCommand & Data Handling (C&DH) を受け持つ部分は衛星を健全な状態に保つよう、自律的にサブシステムを制御することが求められる。さらに、宇宙放射線による不具合が発生した場合には、適切に検知して処理を行う必要がある。実施した放射線照射試験で得られた知見から、放射線に起因するマイコンのハングアップは、電源を遮断し再投入することで解消されることが確認されている。そこで、複数のマイコンを組み合わせ互いに監視を行うシステムを用いる。

超小型アンテナの開発

我々は、GHz帯のパッチアンテナは導体上に誘電体を挟んで給電部が構成されていることに着目した。より周波数の低い430MHz帯や144MHz帯において、導体である衛星構体上に設置することを想定した、ガラスエポキシ基板上に描いたパターンを給電部とするアンテナを考案した。特性を計測した結果、衛星の姿勢に注意すれば、地上管制局が10dBiを越す利得を持つ多素子の八木アンテナを用いる場合、考案したアンテナは充分使用可能と考えられることがわかった。