

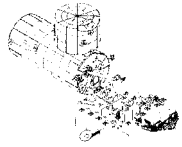
Japanese Experiment Module

国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM) から放出される小型衛星の概要について

平成24年6月13日

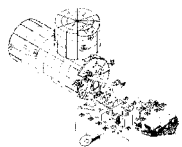
宇宙航空研究開発機構

JEM : Japanese Experiment Module (「きぼう」はJEMの愛称)



目次

1. 「きぼう」の概要	2
2. 小型衛星放出ミッションの目的	3
3. ミッションの概要	4
4. 小型衛星の概要	5
5. 運用シナリオ	11
参考1: 小型衛星の主な要求項目	
参考2: HTV3号機に搭載されるNASA提供衛星	
参考3: 小型衛星に取り付けられるセパレーションスプリングの説明	
参考4: 小型衛星に取り付けられる展開スイッチ	
参考5: 小型衛星放出機構	



1. 「きぼう」の概要

船内保管室

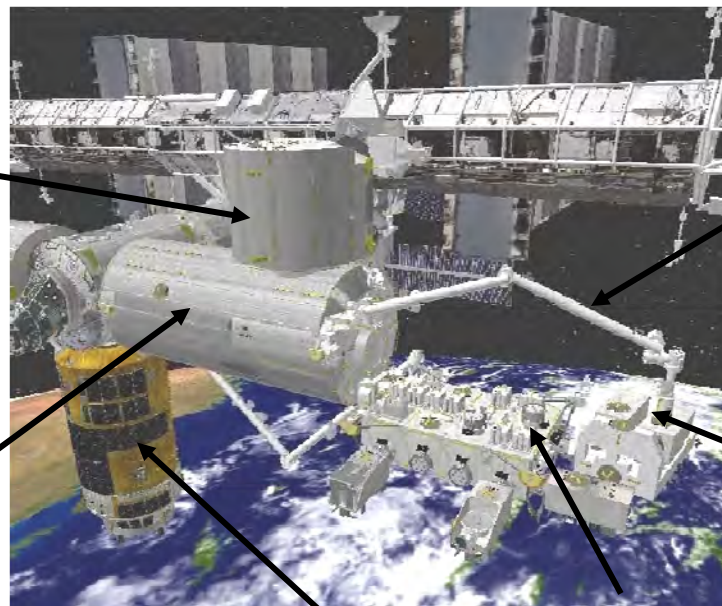


船内実験装置／材料／消耗品等の軌道上貯蔵に用いる。ラック8個を搭載可能。

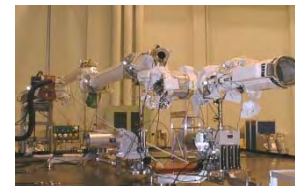
船内実験室（与圧部）



1気圧の環境下で搭乗員が宇宙服を着用することなく、微小重力実験を行うことができる実験室。実験ラック10個を搭載可能。

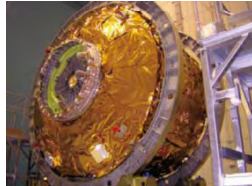


ロボットアーム



船外実験プラットフォームにあるシステム機器及び実験装置等に移設/交換するための宇宙用マニピュレータ。テレビカメラから取得される画像を基に、船内実験室にある制御装置から操作を行う。

HTV補給キャリア与圧部*



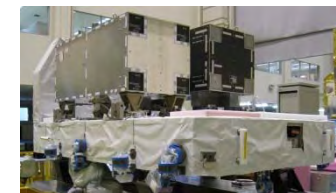
主に船内用補給品（実験ラック、飲料水、衣料など）を搭載する。内部は1気圧に保たれ、ISSに結合中はクルーが内部に乗り込んで荷降ろしを行う。補給品を運び出した後は、不要品を搭載する。（*HTV補給キャリア与圧部はHTVの構成要素）

船外実験プラットフォーム

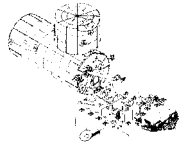


実験装置を直接宇宙空間にさらして、地上では得難い微小重力、高真空の環境を生かした実験等を行うことができる。船外実験装置10個を搭載可能。

HTV曝露パレット*



HTVにより船外実験装置等の地上-きぼう間輸送に用いる。ロボットアームにより船外実験プラットフォームに設置される。（*HTV曝露パレットはHTVの構成要素）



2. 小型衛星放出ミッションの目的

1. 「きぼう」からの小型衛星放出ミッションの特徴

- ISSの中で唯一、「きぼう」だけがもつエアロックとロボットアームの組み合わせにより、「船外活動なしに、衛星を放出することができる」

⇒ 打上げ環境条件が厳しくない

(ISS向けの船内貨物として打ち上げるので、振動等の打上げ条件が緩い)

⇒ 打上げ機会が多い(各国のISS向け輸送機が利用できる)

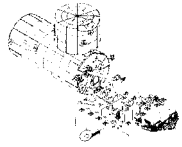
⇒ 打上後、軌道上でのクルーによる事前チェックアウトが可能(より確実なミッション達成)

2. ミッションの目的

- 定常的な利用機会の提供に向けて、放出システムの軌道上検証、利用者とのインターフェース条件、衛星放出までのプロセス・運用手順の確立を図る。

⇒ ミッションを通じて、「きぼう」からの小型衛星放出機会を広く周知し、合わせて、「きぼう」の多様な利用拡大を図る。

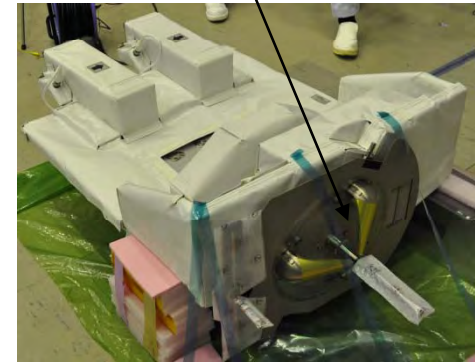
⇒ 初回のミッションでは、JAXA公募衛星を3機、NASAが提供する衛星を2機放出。



3. ミッションの概要

- CubeSat規格の小型衛星 5機 (JAXA公募衛星 3機、NASA提供衛星 2機) を、衛星専用の搭載ケースに搭載してHTV3号機により打上げ。
- きぼう船内で衛星搭載ケースを取り付けた実験プラットフォームをエアロックに取り付けた後、エアロックを使用して船外に搬出。ロボットアームで実験プラットフォームを把持する。
- その後、アームを移動させ実験プラットフォームをISS飛行方向と逆側、下方45° に向け、衛星搭載ケース内のバネにより衛星を放出させる。
- 衛星は、高度400kmで放出した場合、250日程度で大気圏突入し、ミッション終了する。(参考: 放出高度が350kmの場合、100日程度のミッション期間は確保可能。)

グラブルフィクスチャ
(ロボットアームで掴まれる部分)

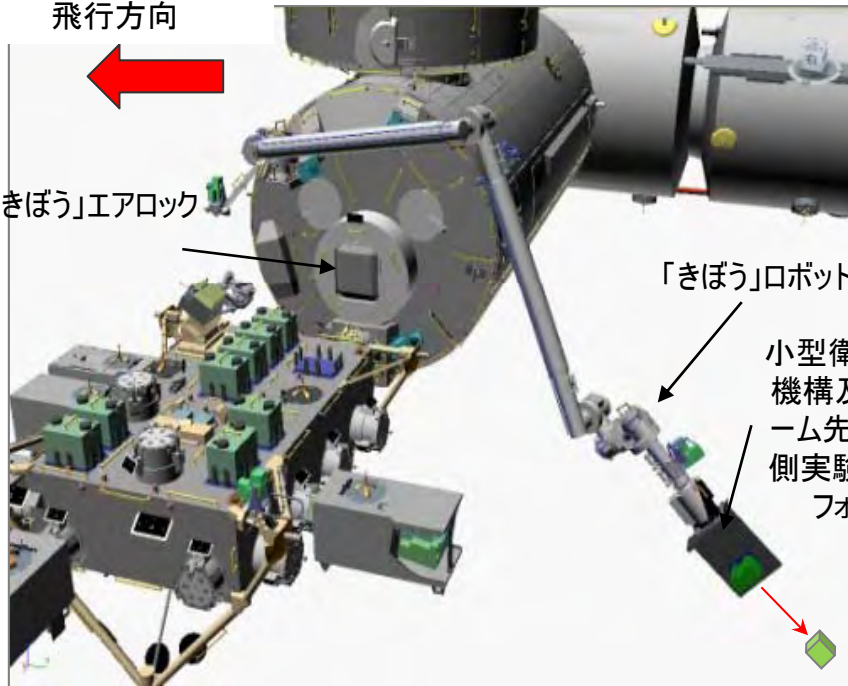


宇宙ステーション

飛行方向



「きぼう」エアロック



親アーム先端取付型実験プラットフォーム

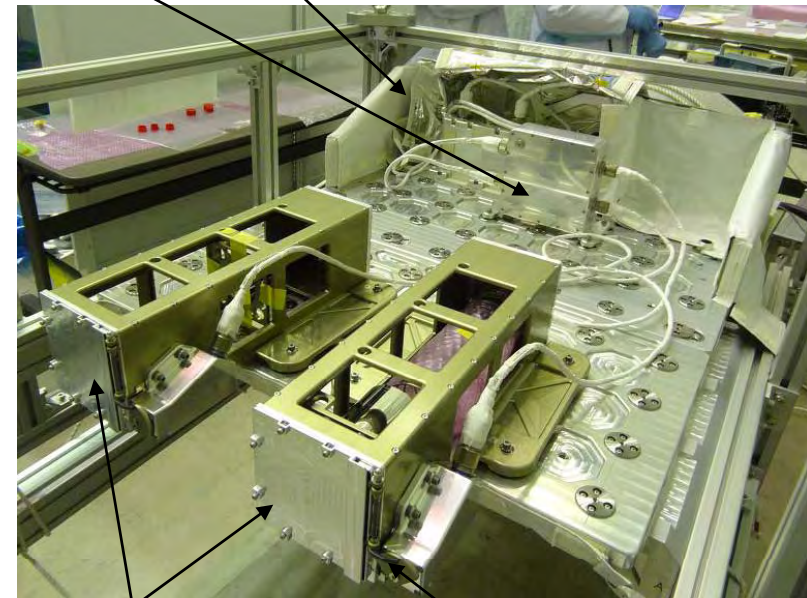
電気ボックス

「きぼう」ロボットアーム

小型衛星放出機構及び親アーム先端取付側実験プラットフォーム

小型衛星

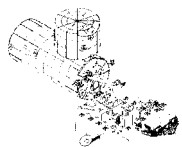
きぼう



衛星搭載ケース

分離機構

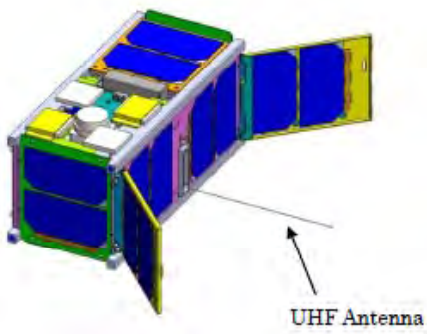
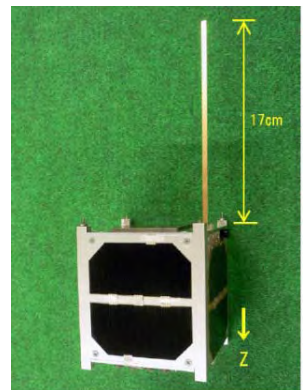
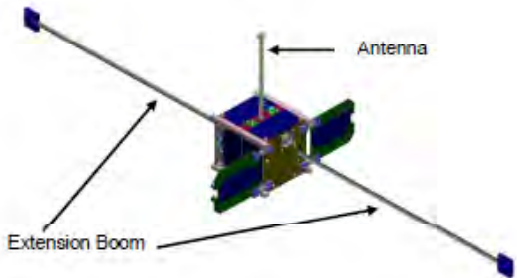
小型衛星放出機構

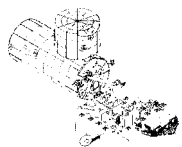


Japanese Experiment Module



4. 小型衛星の概要 (HTV3号機で打ち上げるJAXAの公募小型衛星)

衛星名		RAIKO	FITSAT-1	WE WISH
外観		 <p style="text-align: center;">UHF Antenna</p>	 <p style="text-align: center;">17cm</p> <p style="text-align: center;">Z</p>	 <p style="text-align: center;">Antenna</p> <p style="text-align: center;">Extension Boom</p>
サイズ [mm]	収納時	2U : 100(縦) x 100(横) x 227(長さ)	1U : 100(縦) x 100(横) x 113.5(長さ)	1U : 100(縦) x 100(横) x 113.5(長さ)
	展開時	約100(縦)x 250(横)x 400(長さ)	約100(縦)x 100(横)x 300(長さ)	約260(縦)x 300(横)x 1000(長さ)
質量		2.66 kg以下	1.33 kg以下	1.33 kg 以下
機関		和歌山大/東北大	福岡工業大	明星電気
ミッション		<ul style="list-style-type: none"> ① 魚眼カメラによる地球撮像 ② 膜展開による軌道降下実験 ③ Ku帯ビーコン電波のドップラ周波数計測による軌道決定実験 ④ Ku帯通信機による高速データ通信実験 ⑤ スターセンサによる星の撮像実験 ⑥ 小型カラーカメラによるISS撮像 ⑦ 小型衛星可搬地上局の開発及び国際共同受信 	<ul style="list-style-type: none"> ① 小型衛星用高速送信モジュールの実証実験 ② 高出力LEDによる可視光通信実験 	<ul style="list-style-type: none"> ① 超小型熱赤外カメラの技術実証 ② 地域技術教育への貢献と小型衛星取得データの利用促進

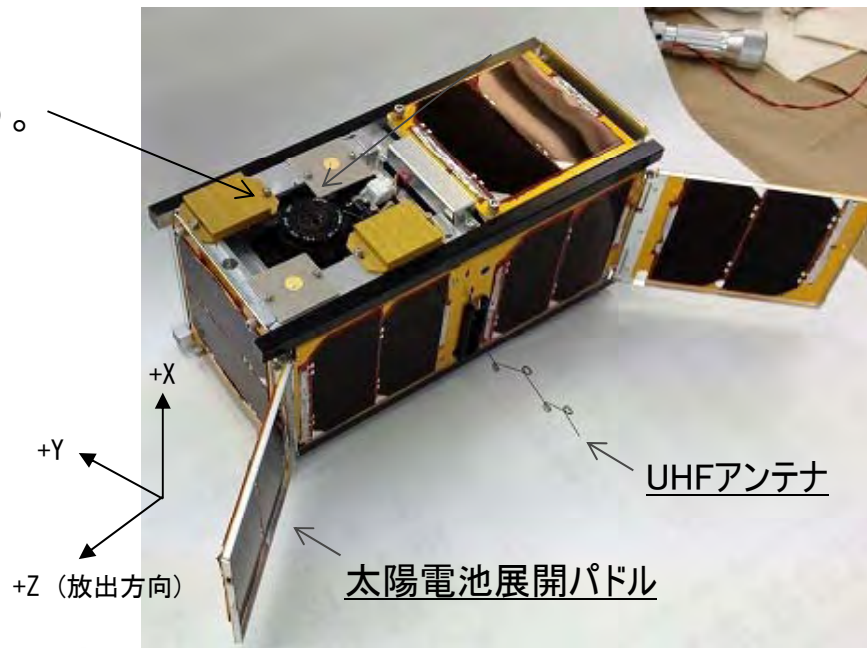
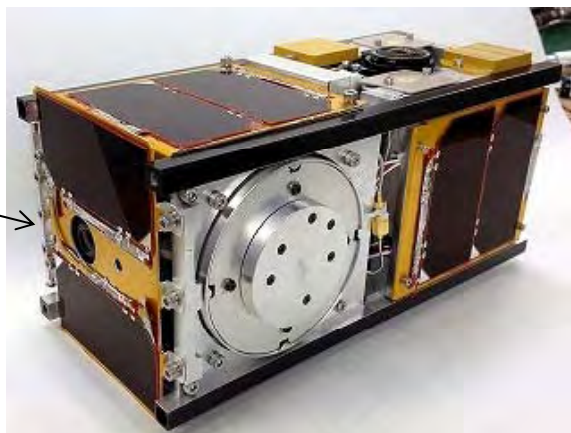
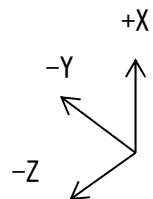


4.1 RAIKO(和歌山大/東北大)

地球撮像用カメラ

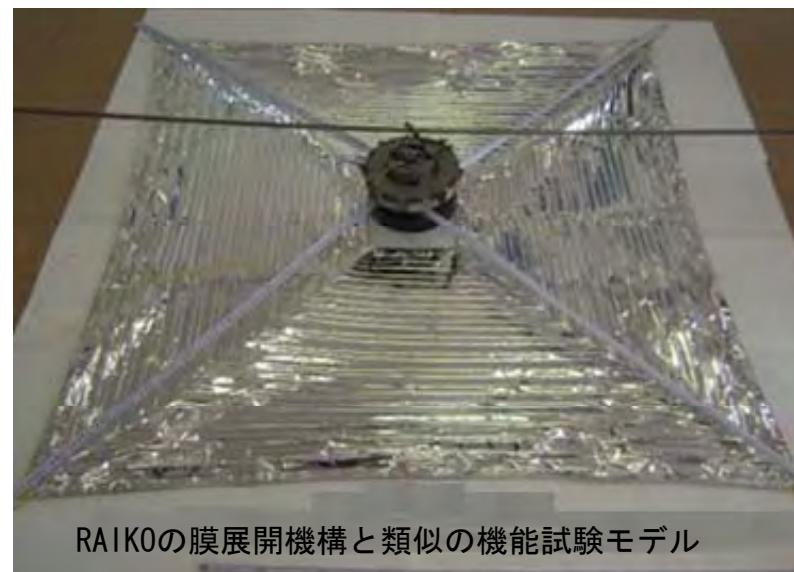
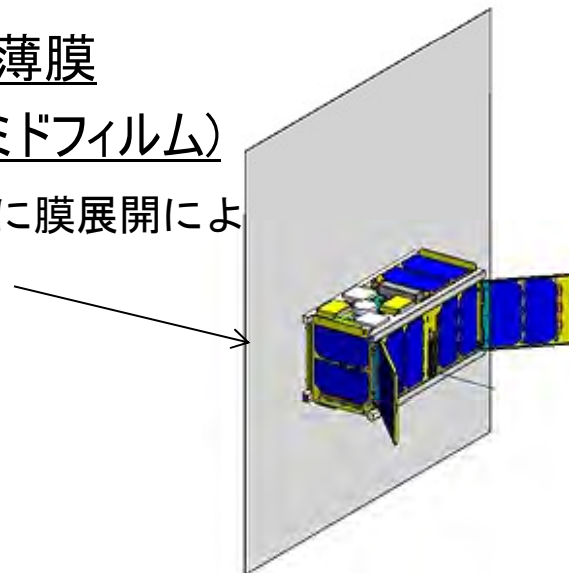
- ・ CCDカメラによる地球撮像を行う。

ISS撮像用カメラ

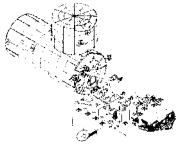


軌道離脱実験用薄膜 (アルミ蒸着ポリイミドフィルム)

- ・ 高度300km到達時に膜展開による軌道降下実験



RAIKOの膜展開機構と類似の機能試験モデル



4.2 FITSAT-1 (福岡工業大)

① 小型衛星用高速送信モジュールの実証実験:

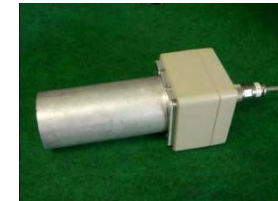
5. 8GHz帯で衛星撮影画像を115. 2kbpsで転送する。



開発した高速送信モジュール



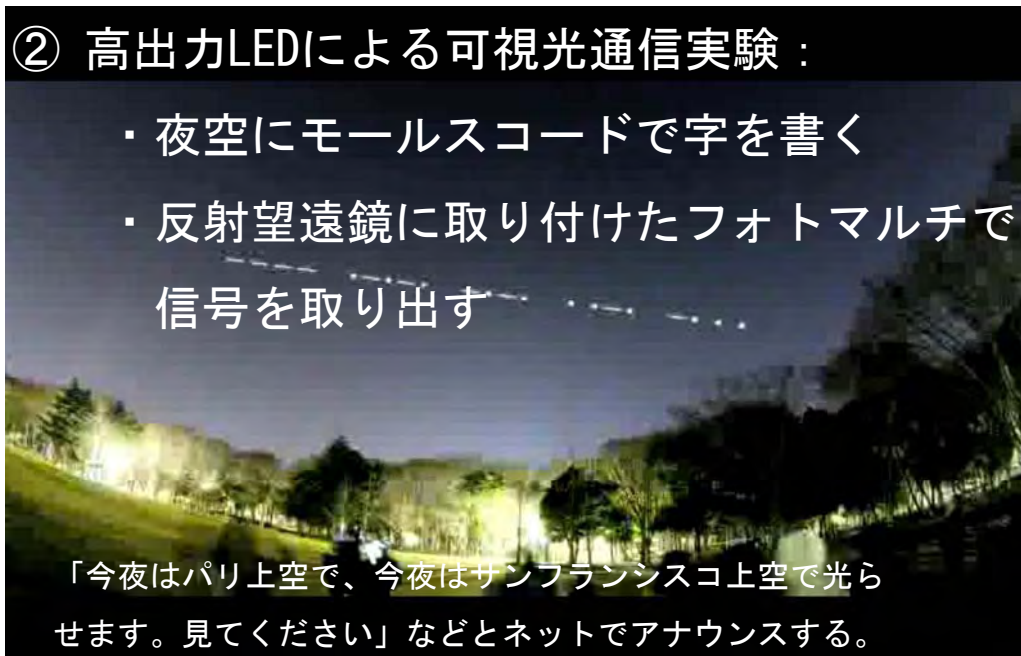
赤道儀に取り付けた反射望遠鏡とパラボラアンテナ



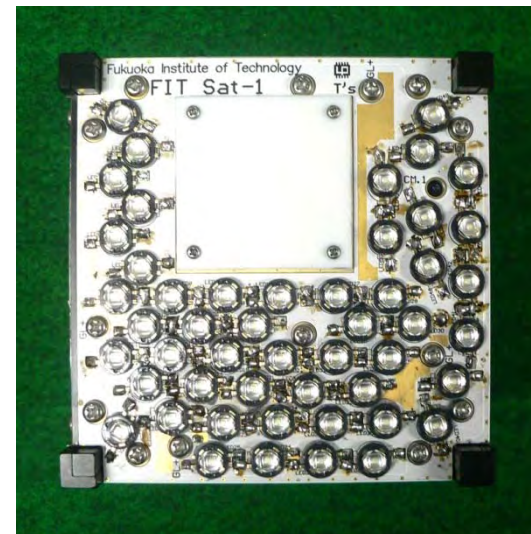
開発したパラボラに取付ける
周波数変換器

② 高出力LEDによる可視光通信実験:

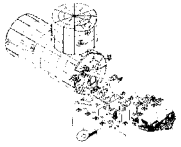
- ・ 夜空にモールスコードで字を書く
- ・ 反射望遠鏡に取り付けたフォトマルチで信号を取り出す



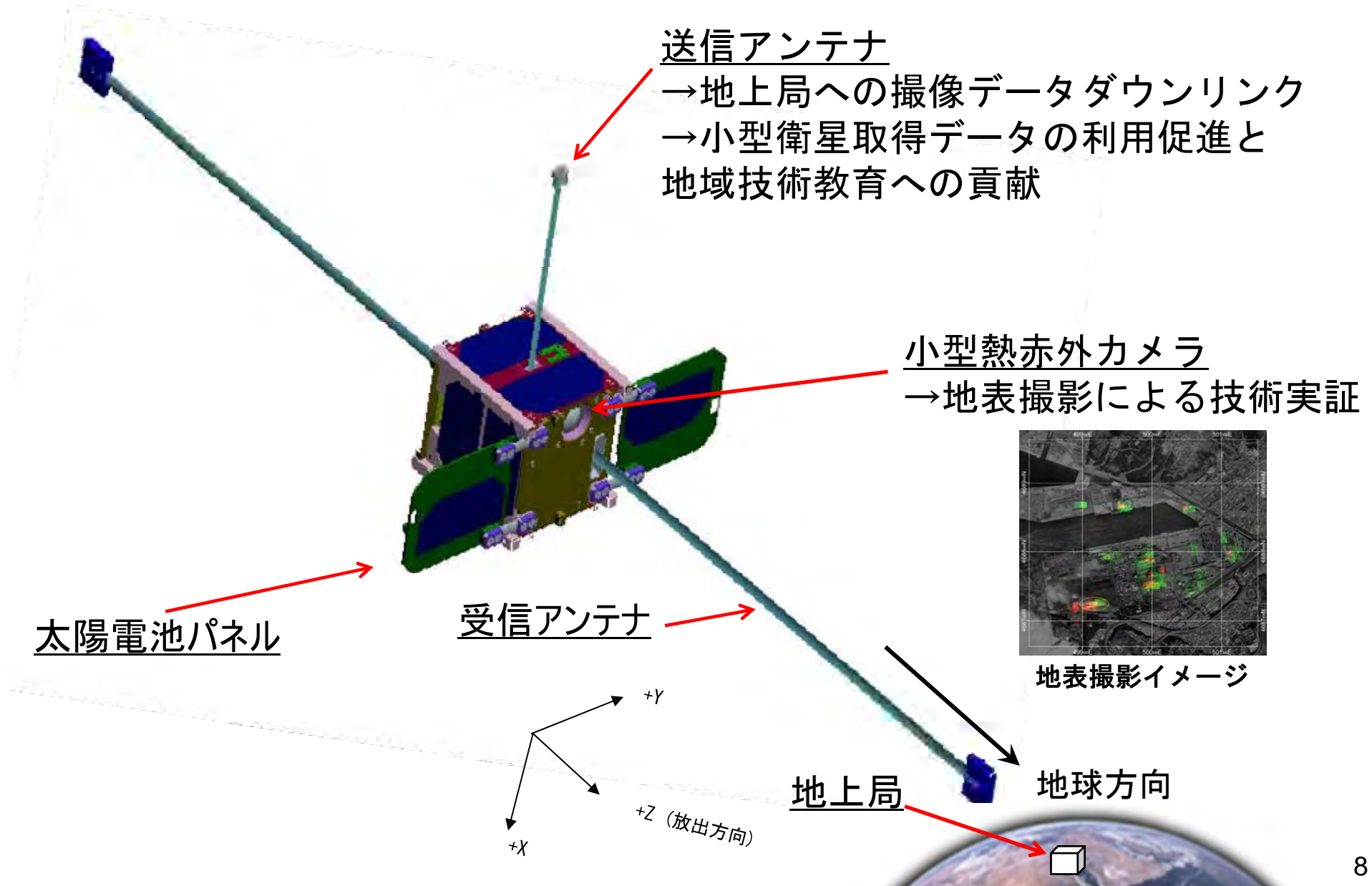
「今夜はパリ上空で、今夜はサンフランシスコ上空で光らせませす。見てください」などとネットでアナウンスする。

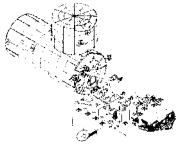


5. 8GHzパッチアンテナと緑LED (3W) x50個



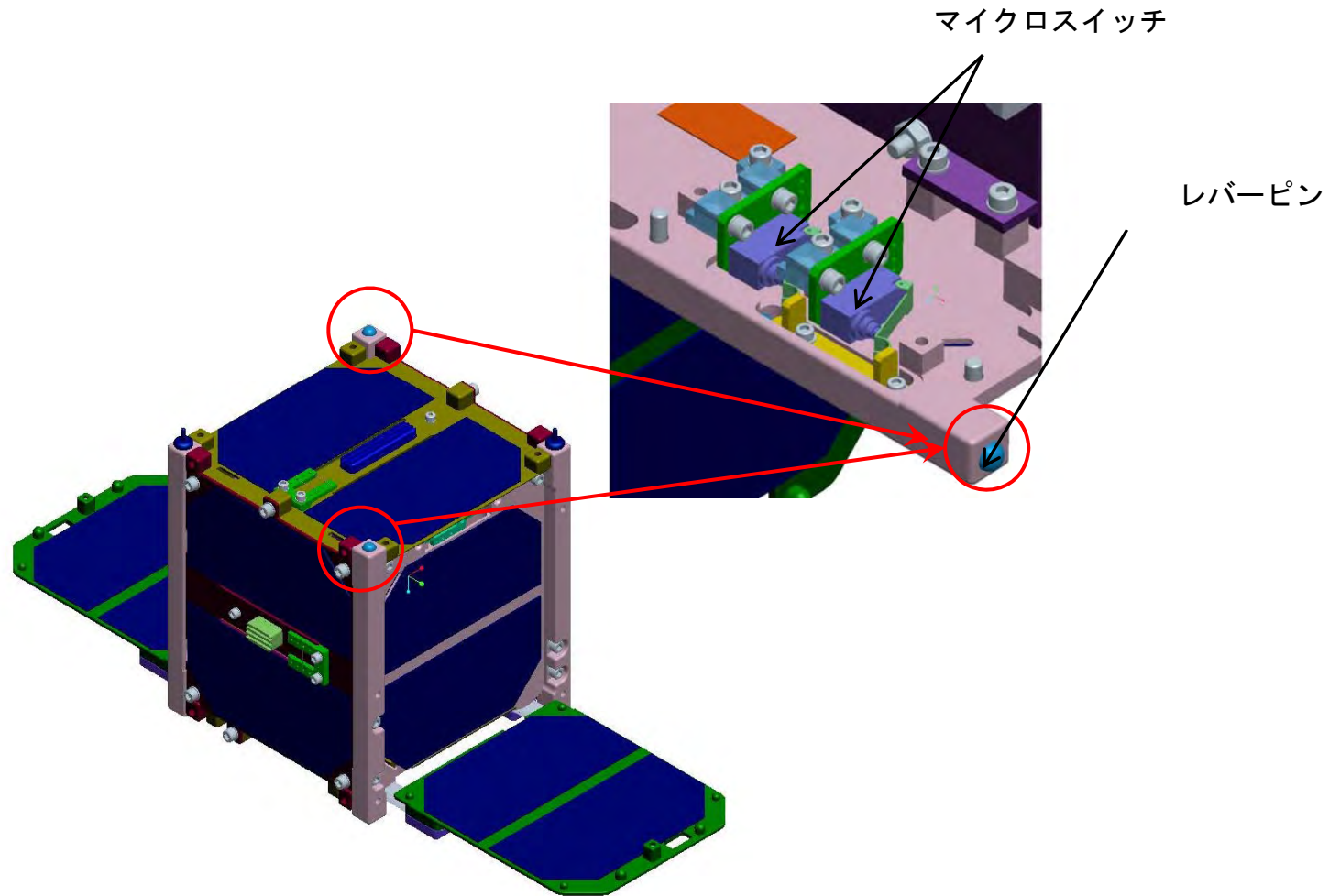
4.3 WE WISH(明星電気)



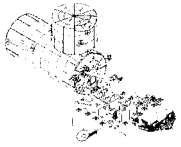


4.4 展開スイッチ(WE WISHの例)

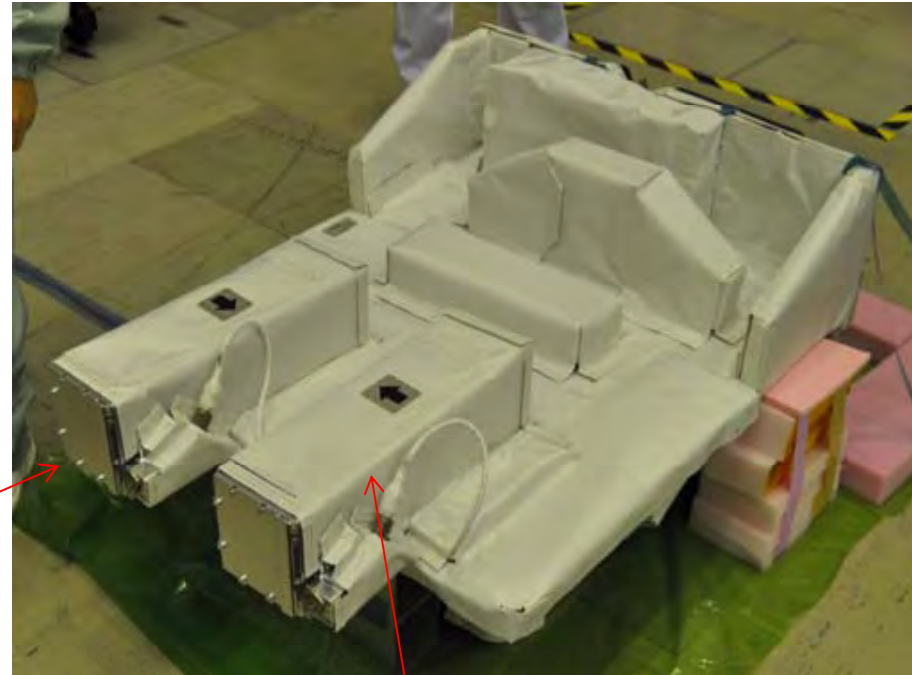
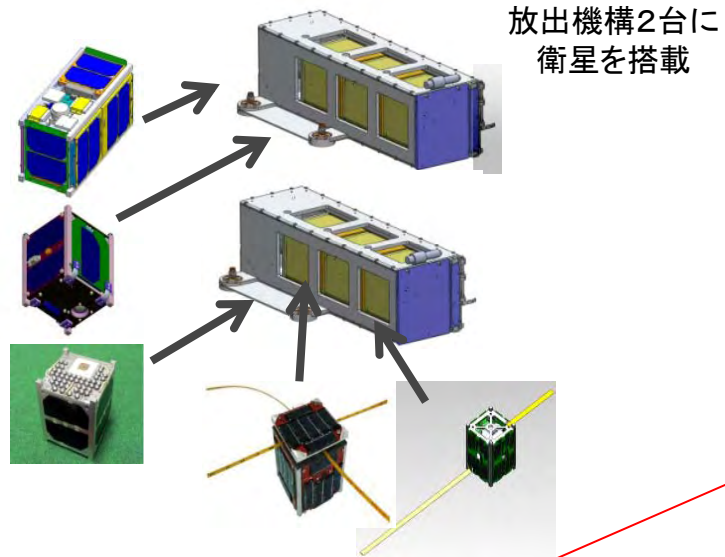
- 展開スイッチは、放出後、後方衛星との接触がなくなると通電(衛星起動)する仕組みとなっている。



展開スイッチの位置 (レール後端2箇所)

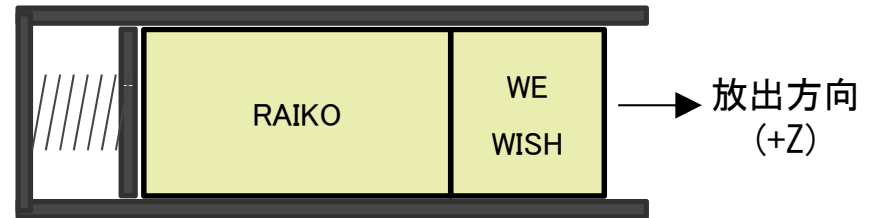
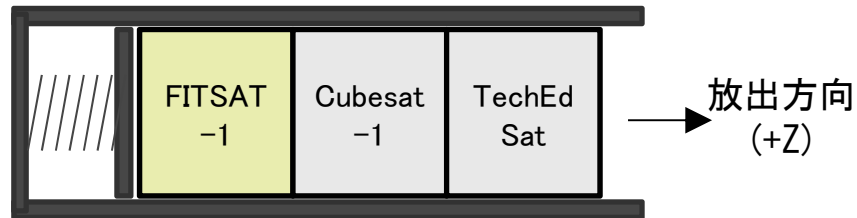


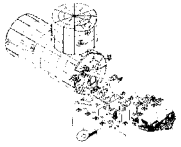
4.5 衛星配置



衛星搭載ケース#2

衛星搭載ケース#1





5. 運用シナリオ

1) 小型衛星の梱包～打上げ

放出機構2台に衛星を搭載

JAXA公募衛星 NASA提供衛星

船内貨物として搭載

HTV

2) 船内作業

エアロック 船外

「きぼう」エアロック スライドテーブル

船内

小型衛星放出機構

親アーム先端取付型 実験プラットフォーム

● きぼうの船内でJ-SSOD及びMPEPのエアロックへの取り付け、機能確認等の放出前準備

3) 船外への搬出作業 (エアロック/ロボットアーム運用)

● エアロックを使用し、船外に搬出

● ロボットアームにより放出方向に移動

4) 放出～衛星運用

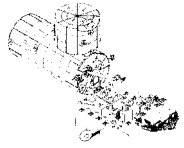
衛星運用

● 衛星放出

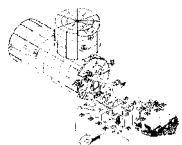
● 放出後30分後から衛星の運用開始

5) 後処理

衛星放出後、J-SSOD及びMPEPはエアロックを通して船内に回収される。

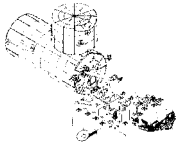


参考



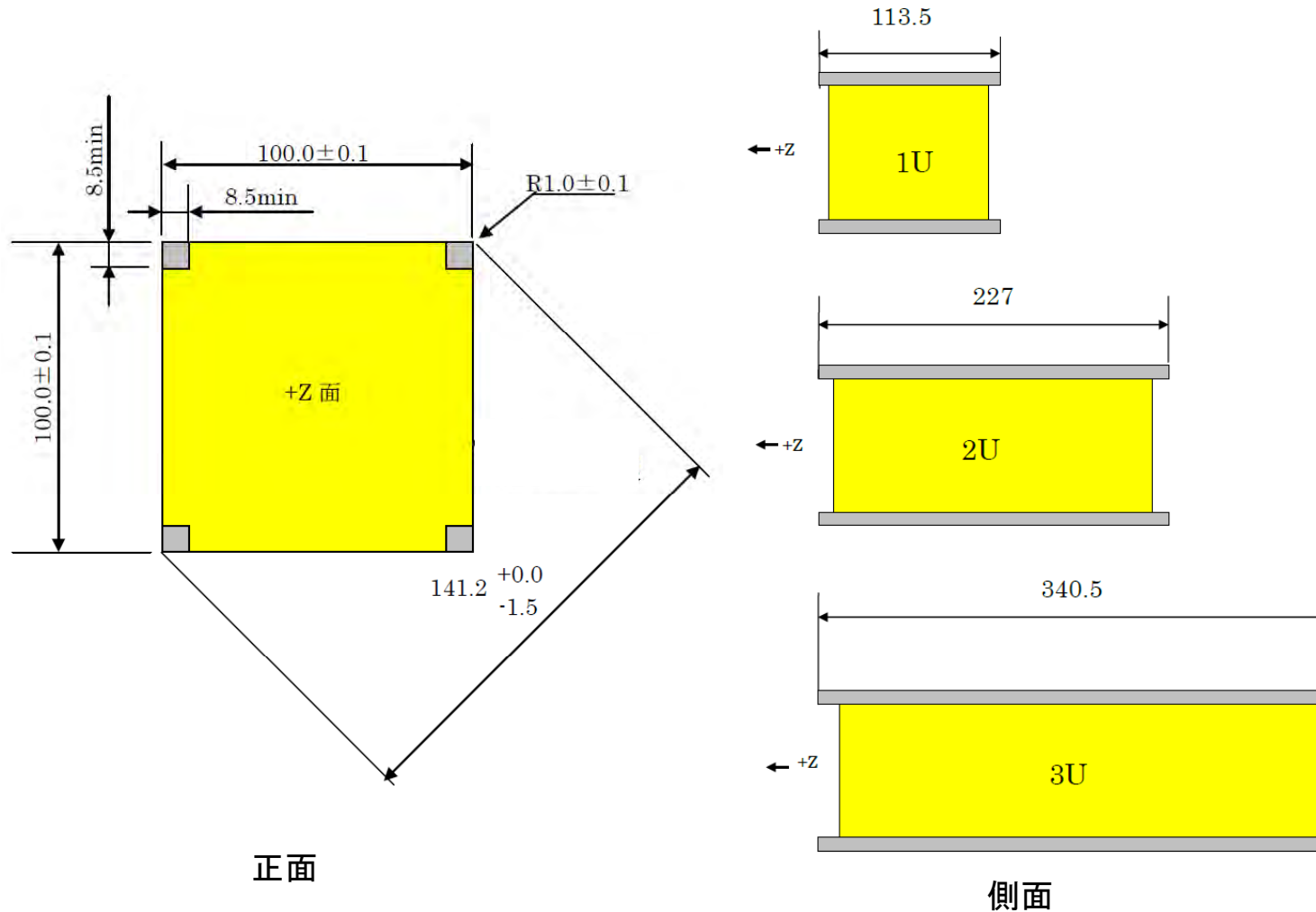
参考1 小型衛星の主な要求項目(1/2)

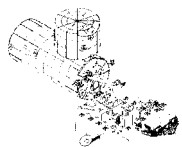
内容	要求内容
機械インタフェース	<ul style="list-style-type: none"> ① 寸法要求(衛星サイズは1U、2U、または3Uであること)次ページ参照。 ② レールに関する要求(レール幅、レール荒さ等) ③ エンベロープに関する要求 ④ 質量特性、弾道係数に関する要求(1Uあたり1.33kg以下。弾道経緯数100 kg/m²以下) ⑤ 構造材料 ⑥ 指定するセパレーションスプリング(衛星間に装着する放出後の衝突防止用スプリング)を設置すること。 ⑦ 衛星搭載ケースに収納後にアクセスできる窓を設置すること。 ⑧ 強度要求
電氣的インタフェース	<ul style="list-style-type: none"> ① 展開スイッチ(衛星搭載ケースへの収納状態での衛星の動作防止スイッチ)を設置すること ② RBF(Remove Before Flight)ピン(衛星搭載ケース収納後に軌道上で電源インヒビットを外すためのピン)の設置すること。
運用要求	<ul style="list-style-type: none"> ① 衛星搭載ケースへの収納後、放出迄には最大1年を想定すること。 ② 衛星は、原則、地上での衛星搭載ケースへの収納後、起動、保全等は計画しないこと。 ③ 衛星の「きぼう」への打ち上げ及び「きぼう」からの放出は、コールドローンチ(非通電状態)とする。衛星搭載ケースへの収納から放出までの間、衛星は非稼働状態であること。 ④ アンテナなどの展開機構は、衛星の放出から30分経過するまで動作させないこと。 ⑤ アンテナからの電波放射は、衛星の放出から30分経過するまで動作させないこと。 ⑥ 衛星に備えられる無線装置が特定の周波数帯の電波を用いて送受信する際に、当該電波が他の電気システムとの間で相互に影響を及ぼさないことを保障するため、NASAに対し当該電波を使用することの承認必要がある。申請は、別途、JAXA経由で実施するため、必要な情報をJAXAに提示すること。 ⑦ 衛星の構成部品等は、打ち上げ、放出及び運用中を通して、分離しないこと。また、軌道上での爆発・破砕を起こさないこと。 ⑧ 大気圏突入までの軌道周回寿命が25年以下であること。



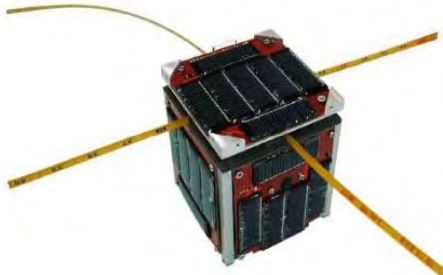
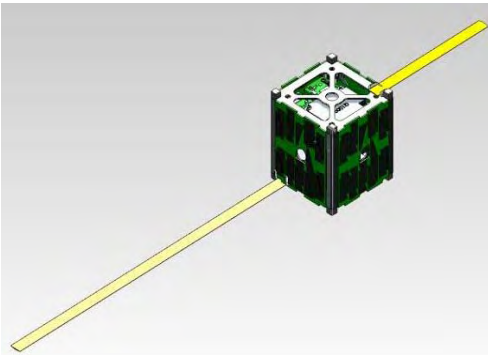
参考1 小型衛星の主な要求項目(2/2) (サイズ要求)

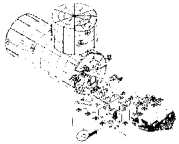
- CubeSat規格衛星;縦100mmx横100mm(固定)、1U(長さ113.5mm), 2U(同227mm) または 3U(同340.5mm) の3種類から選択。質量は1Uあたり1.33kg以下。





参考2 HTV3号機に搭載されるNASA提供衛星

衛星名	Cubesat-1	TechEdSat
外観		
サイズ	1U	1U
機関	NANORACK社 /FPT Univ/UPPSALA Univ	NASA Ames Research Center/San Jose State Univ
ミッション	①CubeSat Magnetometer実証実験 ②C328低解像度カメラの実証実験 ③温度センサの実証実験	①SPA (Space Plug and Play Architecture)の Hardware/Software の実証実験 ②Iridium衛星を介した衛星間通信実験



参考3 小型衛星に取り付けられるセパレーションスプリングの説明

- 放出後の相対速度を確保するため、各衛星にはセパレーションスプリングがレール後端の対角2箇所に取り付けられる。
- セパレーションスプリングはネジにより衛星のレールに装着されるため、放出後も衛星側に残る。

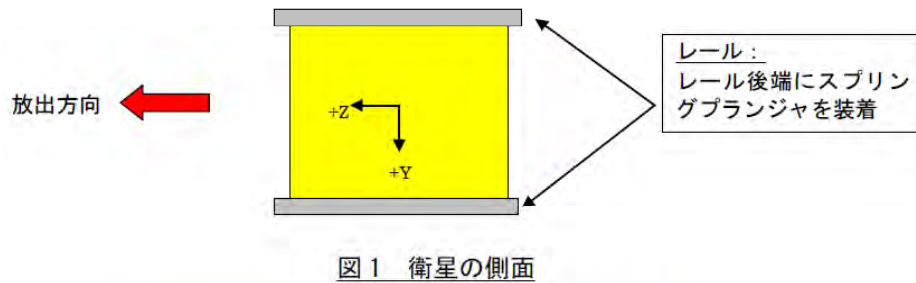


図1 衛星の側面

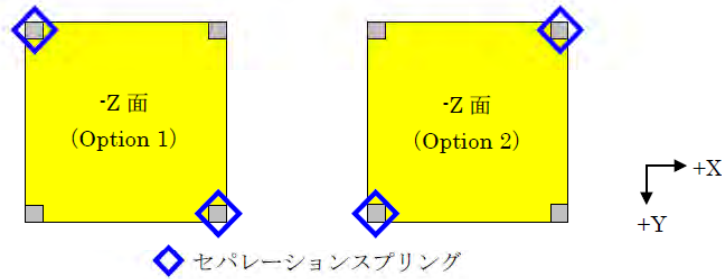


図2 衛星の後方図

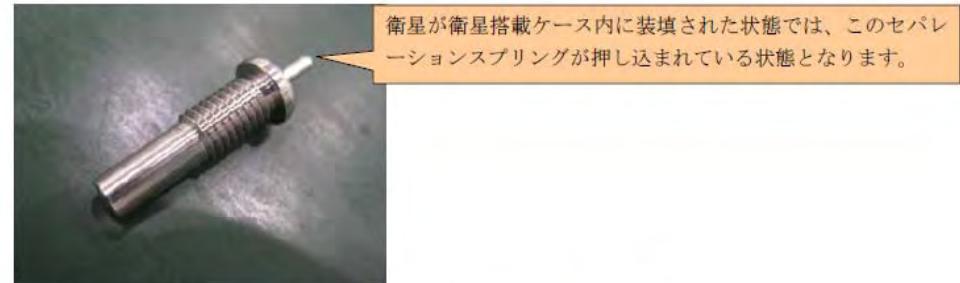


図3 セパレーションスプリング外観 (バネは内蔵されている)

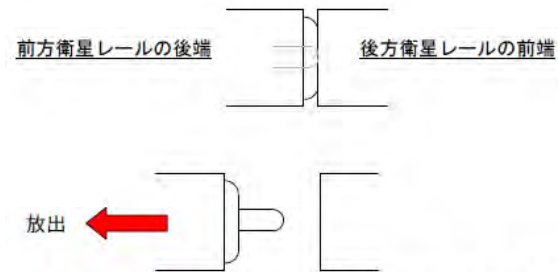
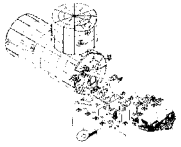
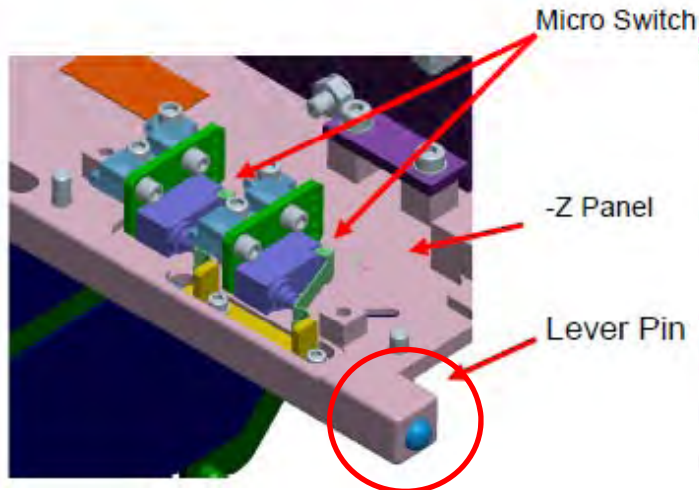


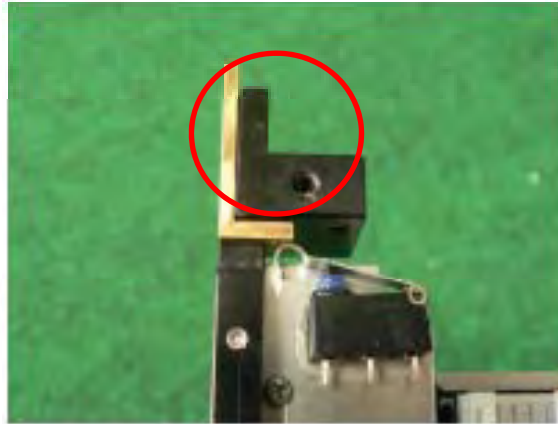
図3 セパレーションスプリング動作概要



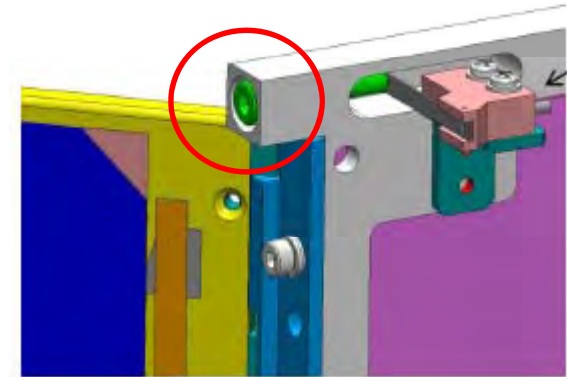
参考4 小型衛星に取り付けられる展開スイッチ



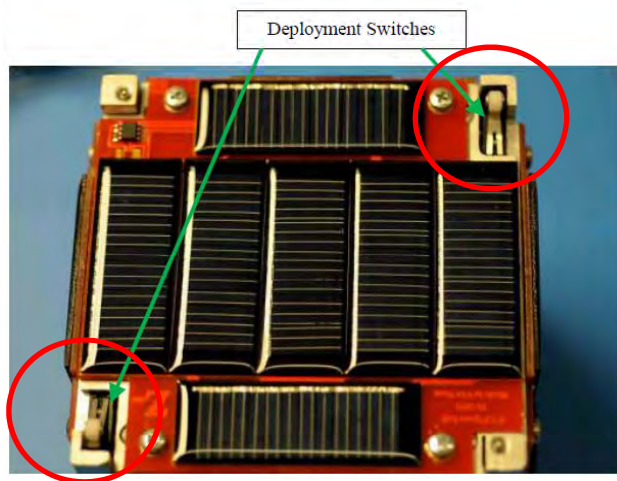
WE WISH



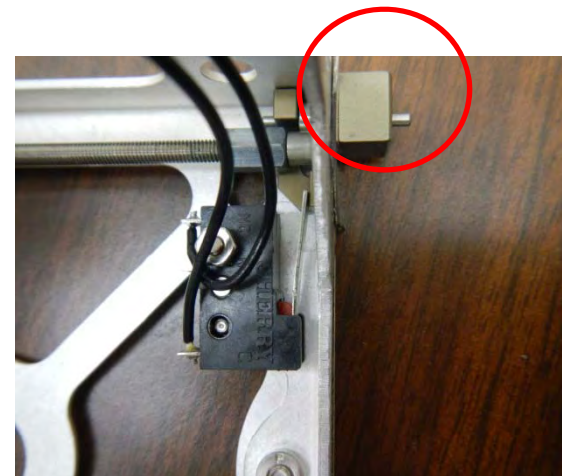
FITSAT-1



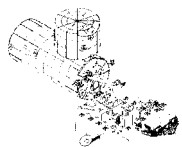
RAIKO



Cubesat-1



TechEdSat



参考5 小型衛星放出機構

- 小型衛星放出機構は①衛星搭載ケース、②分離機構、③電気ボックス、④ケーブル及びMLI(断熱材)で構成され、⑤親アーム先端取付型実験プラットフォーム(MPEP)に搭載される。分離機構のカムが回転することにより、分離機構のフックが解除され、衛星ロックドアが開く。
 - ドアの開放後、メインスプリングの圧縮力によりバックプレートが衛星を同時に押し出す(衛星は列をなして放出される)。
 - 衛星間にはセパレーションスプリング(JAXA支給品)を取り付け、放出後の衛星間の衝突を防ぐ。
- 実験プラットフォームには衛星搭載ケースが最大2台搭載される。衛星搭載ケース1台につき1Uサイズ衛星(縦10cm×横10cm×長さ11.35cm)が3機、または1Uと2U(縦10cm×横10cm×長さ22.7cm)サイズ衛星が1機ずつ、または3U(縦10cm×横10cm×長さ34.05cm)が1機が搭載可能。

