

超小型衛星試験センター報告 -実績と教訓について-

宇宙環境技術ラボラトリー
増井博一

はじめに

設立当初の2010年には7件であった試験件数が、2013年にはのべ45件に増加した。

本センターは「試験」が目的であるので、衛星が作られない事には利用は増えない。

数字の増加が示す事は
JAXAの相乗りの機会が広がっている事と
民間の参入が始まっている事
と考える。

ここでは、これまでの実績、教訓などについて述べる。

本ラボラトリーが目指す所

1. 小型衛星用の地上試験方法探索

必要な試験と不必要な環境試験を判断し、コストの低減を目指す。試験工数を減らす事によるコスト減と必要とされる信頼性の妥協点を探す→**ほどよし信頼性工学の中核。**

2. 新規宇宙開発参入のサポート

試験設備の利用し易い環境(手続き, 費用)を整備する事で、新規参入をサポートして行く→**宇宙開発の裾野を広げる。**

3. データの集積化

様々な試験を一カ所で行なう事で、衛星, コンポーネント等の試験履歴を蓄積し、問題が発生した場合にどういった試験を経たのかが分かる→**トレーサビリティを確保する。**

現在の体制, スタッフ

超小型衛星試験センターのみ

増井(振動試験, 熱真空試験, 熱サイクル試験, 放射線試験)

岩田助教(熱光学特性, アウトガス試験)

Khan助教(熱真空, 熱サイクル試験)

Polansky助教(熱真空試験, 留学生のリクルート活動)

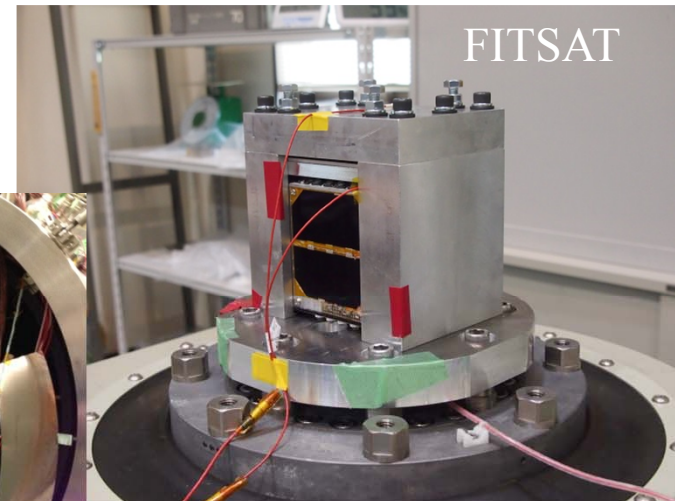
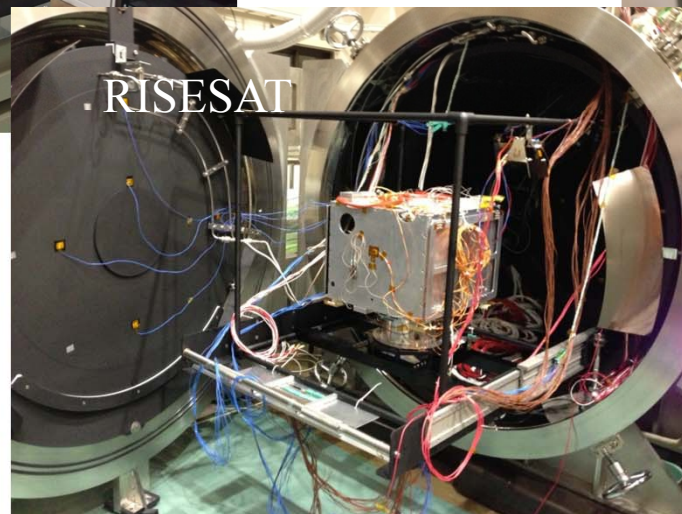
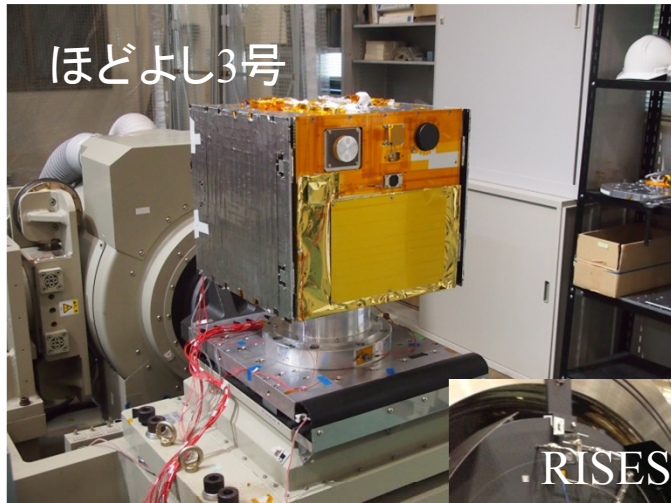
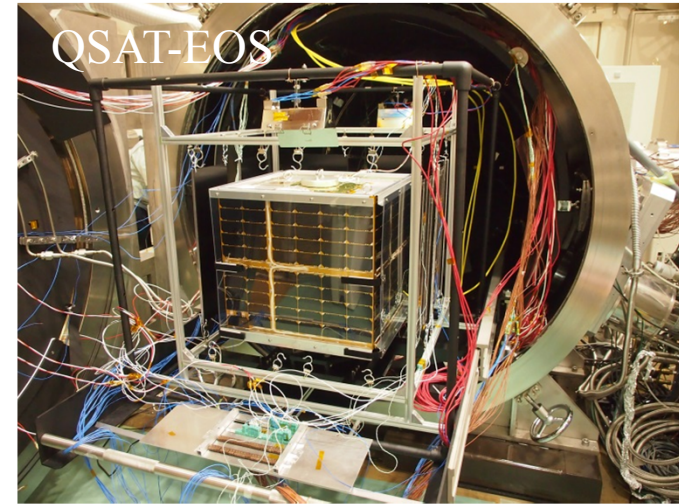
畑村研究員(振動試験, 衝撃試験)

河野技術補佐(スケジュール管理, 各種事務手続き)

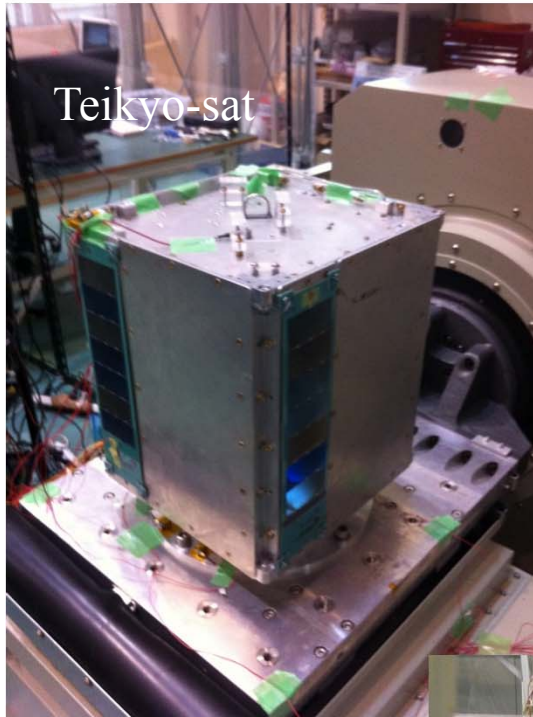
+必要に応じて学生が試験に参加(トレーニング)

試験を実施した衛星

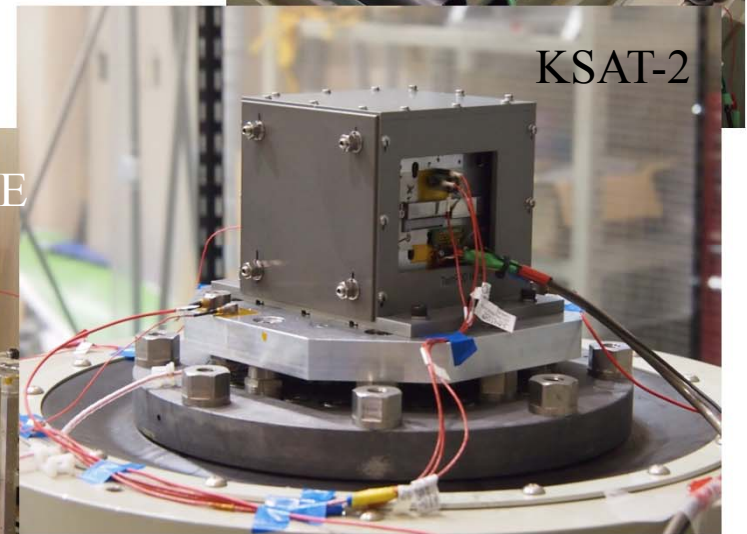
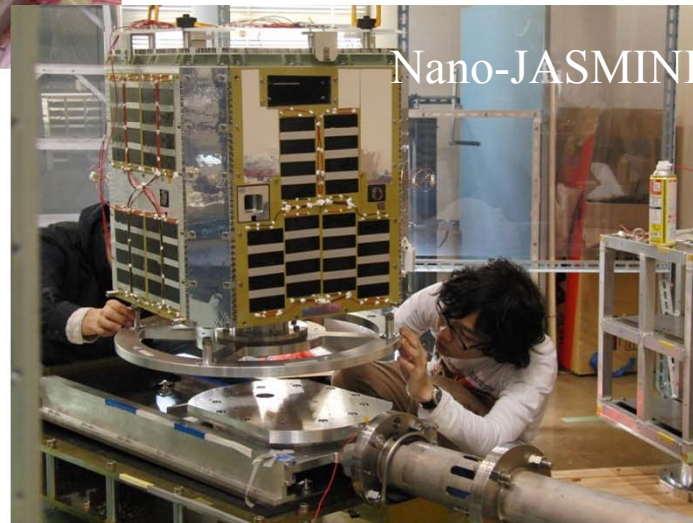
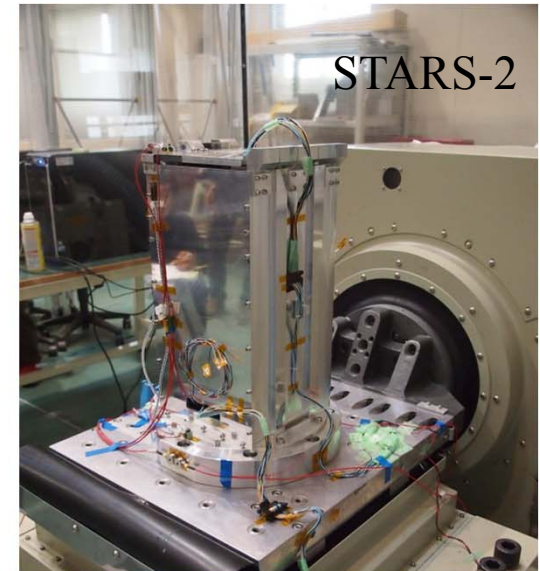
- QSAT-EOS(九州大学と企業)
- FITSAT(福岡工業大学)
- ほどよし3, 4号(東京大学)
- Rising-II, RISESAT(東北大学)



試験を実施した衛星



- STARS-II(香川大学)
- KSAT-2(鹿児島大学)
- Nano-JASMINE(東京大学)
- Teikyo-sat(帝京大学)
- OPUTSAT(大阪府立大)



打ち上げられた衛星

鳳龍弐号

-生存はしているが、現在モジュールが更新されず.

FITSAT

成功！！

-全てのミッションを完了. すでに大気圏に再突入

今後打ち上げ予定の衛星

GPM相乗り

QSAT-EOS

KSAT-2

Uniform

Teikyo-sat3

ほどよし2, 3, 4号

STARS-II

成功！！

Rising-2

INVADER

Procyon

しんえん2

→現在の所、運用は出来ている.

鳳龍参, 四号

今後、軌道上データ(特に温度)などの提供をお願いします. 7

No	System or Unit	Class	Test item	Days actually worked	Participants	Participants from KIT
1	system	20kg	TV	7	2	1
2	system	20kg	Vib	5	3	1
3	unit	-	TV	1	2	1
4	system	1U	Vib	1	2	1
5	unit	-	Vib		2	1
6	system	20kg	Vib	4	2	1
7	system	1U	TV	3	3	1
8	unit	-	Vib	4	1	1
9	system	-	Baking	1	2	1
10	system	1U	Vib	1	3	1
11	system	1U	TV	1	3	1
12	system	50kg	Vib	8	4-5	2
13	system	50kg	TV	8	4	4
14	system	1U	TV	2	2	1
15	unit	-	Vib/TV	6	6	3
16	system	50kg	Vib	11	3-4	1
17	system	50kg	TV	14	4	4
18	system	1U	Vib	2	3	1
19	system	30kg	Vib	3	4	1
20	unit	-	TV	3	1	1
21	unit	-	Vib	3	2	1
22	system	50kg	Vib	5	3	1
23	unit	-	Vib	1	2	1
24	system	1U	Vib	2	3-4	1
25	system	1U	Shock	1	3-4	1
26	system	20kg	Vib	2	2-3	1
27	system	50kg	Vib	4	4	2
28	system	50kg	TV	14	4	4
29	unit	-	TV	14	3	4
30	unit	-	TV	17	1	1
31	system	1U	Vib	1	3	1
32	system	1U	TV	3	3	1
33	system	1U	Shock	2	3	2
34	unit	-	Vib	2	3	1
35	system	50kg	TV	9	3	3
36	unit	-	Vib	2	2	1
37	system	35kg	Shock	2	3	2
38	system	1U	Vib/Shock	3	2-3	1
39	system	50kg	Shock	2	3-4	2
40	system	50kg	Vib	2	3-4	1
41	system	50kg	Vib	1	3-4	1
42	system	50kg	Vib/Shock/TC	10	4-5	2
43	system	22kg	Vib	3	2-3	1
44	system	1U	Vib	1	3	1
45	unit	-	Vib	2	2	1
46	system	22kg	Vib	3	3	1
47	system	30kg	TV	5	6	3
48	unit	-	Vib	1	2	1
49	unit/system	50kg	Vib/TV	10	3	1
50	unit	-	Vib	1	2	1

ユニット, 衛星 の試験 の実施件数

合計:55件

50kg-class 23

30kg-class 4

20kg-class 7

6U 1

3U 1

1U 19

合計:55

振動試験の必要日数

	1U	50kg
1. 準備 (構体の準備, Pickupの取り付け)	~0.5日	1-2日
2. 振動試験機への設置	1時間	2-3時間
3. 実際の加振	1.5日	1.5-2日
合計	2日	2.5-4日

開設当初はこの倍は時間が掛っていた印象.
50kg級は全体で1週間は掛っていた.

衝撃試験の必要日数

	1U	50kg
1. 準備 (構体の準備, Pickupの取り付け)	~0.5日	1日 (振動試験実施後だと短縮)
2. ダミーでのレベル出し	0.5日	0.5-1日
3. 本機で試験	1日	1-1.5日
合計	2日	2.5-3.5日

レベル出しがすべて. これが順調であればトータルの時間は短い. →振動試験, 衝撃試験は準備が7割

熱真空試験の必要日数

	1U	50kg
1. 準備 (構体の準備, 熱電対の取り付け)	1-2時間	1-2日
2. 真空容器への設置, ケーブル類接続, 動作確認	2時間	0.5日
3. 真空排気	0.5日	1日
4. 試験(液体窒素投入, 温度調整)	2日	3-4日
5. 大気戻し	1日	1.5日
合計	3.5日	7-9日(1.5週)

2で問題が発生する事が多い.

熱真空については時間的に削れる部分が少ない.

実際の試験時間についてはサイクル数とモードで増える

各試験に必要な人数

振動試験, 衝撃試験

1U : 衛星開発側から2人, 九工大から1人

50kg : 衛星開発側から3-4人, 九工大から1-2人

50kgでは衛星の設置, 移動にクレーンが必須.
合計で5-6人の人員が必要.

熱真空試験

1U : 衛星開発側から2-3人, 九工大から2-3人

50kg : 衛星開発側から5-6人, 九工大から4-5人

熱真空は12時間のローテーションを組む事が多く,
1週間程度の場合は最低でも5人必要.

(九工大側は通常の実験, 作業もあるので, 多い方が良い.)

Lessons Learned

Lessons Learned

振動試験から

展開系, 機構系は難しい

- 経験上, 1度目で展開系, 機構系が成功した例はない.
→トライアンドエラーや微調整が必要という事.
展開系だけを抽出して試験を実施する価値がある.

チャタリングの検知システム

- 相乗り衛星では必須. 初めはシステムと必要性を理解するのが難しい
→組み込み易い回路システムの設計が重要.

固有振動数の問題

- 50kg級でPAFを使うと機軸直交で問題になる事が多い.
→難しいかもしれないが, 55-60Hz程度で設計する事が望ましい.

Lessons Learned

衝撃試験から

衝撃試験はレベル出しがすべて

-レベルを達成できるかの試験に時間がかかる.

→重量を合わせてレベル出しを行うが、重心位置などで、結果が代わる事がある。現在は1U-50kg級での設定は確定しているが、実際にはレベル出しが必要.

PODやジグは消耗品

-PODやジグの構造の変形、ネジの変形、破損が起こる.

→要求レベルと試験機側の構造の問題.

この場合は衛星の設計、組み立てが妥当かどうか検討が難しい.

Lessons Learned

熱真空試験から

目的をはっきりさせる

-平衡を見るのか？, 温度を振りたいのか？

→温度を振るだけ(熱真空)であれば, 条件設定は
ほぼ不要.

条件の設定について

-熱平衡を実施するにあたって,
環境条件, モードをどうやって設定するか？

→これは事前に決定しておく事が大事.

特にワーストケースの条件の決定をどう行ったか？

姿勢制御しない衛星ではこの計算はすぐには出来ない.

Lessons Learned

熱真空試験から

スケジュールは余裕を持って

が
-熱真空は準備が大変かつ間違った場合のタイムロス
大きい。

→衛星はとりあえずバスシステムが健全に動作する事を来る前に確認しておく。

FMで実施する必要があるか？

-熱，温度に影響するような組み立て時の不具合は機械系の試験で洗い出されるはず。
真空試験でも代用可能と思う。

→重要なのはチャンバーに入れて，離れた環境で試験する事。

Lessons Learned

放射線試験から

リセットシステムの確立

-ブレーカーの電流の設定値をどう決定するか？

→この設定値が重要. 決定するにはどの
電気系でハードウェアのリセットが必要な箇所を検討

放射線の線源

-陽子線, 重イオン(加速器) or ^{252}Cf

-確率が必要ならばエネルギーが一定の加速器が望ましい

→発生するかしないかを検討するよりも, 起きる前提で
対処する方が安全.

加速器を使用しての実験は敷居が高い

Lessons Learned

その他

試験コストを下げるには

- 「人」,「物」の移動を最小に.
- 「物」だけを移動して, 試験を依頼する
- 手順書, 計画書が確定していれば可能

設計について

- 特に1Uの衛星で熱設計をする必要があるか？
- そろそろ過去の実績を使えないか？

Lessons Learned

その他

初めは細かい事を気にしない

これまでの流れ	望ましい流れ
初期 -細かい設計を詰める. 設計ばかりで物が出来ない. → <u>時間的余裕がある為</u>	初期 -とりあえず進める. (物を作り, 作動させ, 試す)
終盤 -スケジュールが押しているので 細かい所まで手が回らない	終盤 -細かい修正, 調整を行なう. → <u>End to Endなどのシステムの 確認を長期間行なう</u>

試験が目的になってはいけない

-あくまで試験は試験. 衛星を作る事が目的

Lessons Learned

その他

1U-3Uの衛星が作り易い

-衛星の持ち運び, 試験が容易

→ISSからの放出だと, 試験の困難さも
解消.

センターとしての将来的な展望

試験センターとして、独立出来るような体制作り。

海外との連携

(国内の市場もすぐに飽和する。海外に拡大)

施設を教育に積極的に利用する

(学内からの利用は少ない)

装置の改良を続ける。

今後に期待する事

大学は大学らしいチャレンジな
衛星を作って行く事が大事.

→ここに大学で超小型衛星をやる意味がある.

→現在取り組んでいる大学以外が参加する事

JAXAの相乗りのプログラムが今後も継続する
事が最も重要.

→打ち上げ機会が無いと始まらない.

超小型衛星の成功確率を向上させる事.

→確率を向上させる事でJAXAの枠の維持, 増加を
図る

最後に

これからも超小型衛星コミュニティが発達、発展するように超小型衛星試験センターとして開発のバックアップを継続してきます。

また、試験方法、装置の開発に取り組み、より効率の良い試験ができるような環境を整備します。

その為には皆さんが継続的に衛星を開発して頂く事と、開発者からのフィードバックが重要です。

今後もよろしくお願い致します。