

超小型衛星試験センター(CeNT)の 5年間の活動報告

○増井博一，趙孟佑（九州工業大学）

Activity Report of Center for Nano-Satellite Testing (CeNT) for five years
Hirokazu Masui and Mengu Cho

Key Words: Nano Satellite, Environmental Testing,

Abstract

This paper reports activity of Center for Nano-satellite Testing (CeNT). The establishment of CeNT was included in a part of “Hodoyoshi project” promoted by Prof. Nakasuka in Tokyo University. When CeNT was established, testing machines as vibration, shock, thermal vacuum chambers and thermo static chambers were introduced and adjusted. CeNT provided comprehensive environmental testing to especially Japanese university and company. CeNT has started support of testing and training for foreign university and company recently. This paper also reviews CeNT’s history and past usage status.

トガス測定装置，熱光学特性測定装置を導入した。これらの装置の導入に伴い学内で放射線試験を除く，超小型衛星に最低限要求される環境試験を実施する環境が整った。

1. 背景

2010年に九州工業大学宇宙環境技術ラボラトリー内に超小型衛星の環境試験に特化した施設「超小型衛星試験センター（Center of Nano-satellite Testing:CeNT）」を開設した。これは東京大学の中須賀教授が主導する「ほどよしプロジェクト」¹⁾の一環として，環境試験方法の開発を九工大が担当することになったためである。これをきっかけとし，超小型衛星試験センターに機器を集約し，国内外の衛星試験を実施する一大拠点となった。本論文では，CeNTのこれまでの活動を振り返り，今後の展望について紹介する。

2. CeNTの変遷

2.1 立ち上げ

2010年にスタートしたCeNTの立ち上げでは試験装置の導入に取り組んだ。主に振動試験装置(Fig. 1)，衝撃試験装置(Fig. 2)，大小熱真空チャンバー(Fig. 3)，大小の恒温槽(Fig. 4)である。2010年に開発がスタートした鳳龍式号がベンチマークとなり，環境試験装置の調整，周辺機器（計測装置，プログラム）の開発が実施された。衝撃試験装置は当初はハンマーを振り下ろすタイプの装置開発に取り組んでいたが，ロケットとの分離衝撃試験に要求される高いレベルの衝撃を発生させるために圧縮空気を使用するMOバルブ²⁾タイプの装置に変更し，現在ではFig. 5に示すような実際の試験で要求されるSRS波形を高い再現性で出力可能である。これらの装置以外にはアウ

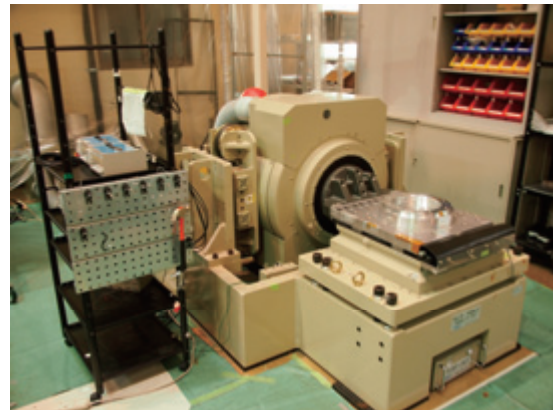


Fig. 1 振動試験装置

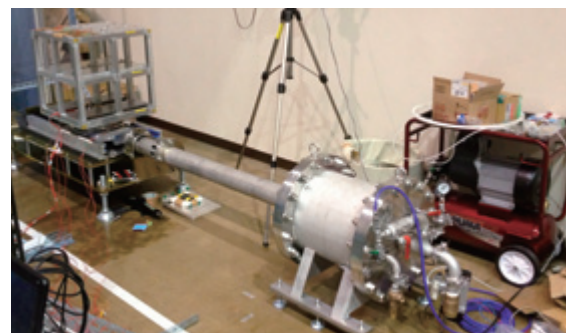


Fig. 2 衝撃試験装置（MOバルブ型）

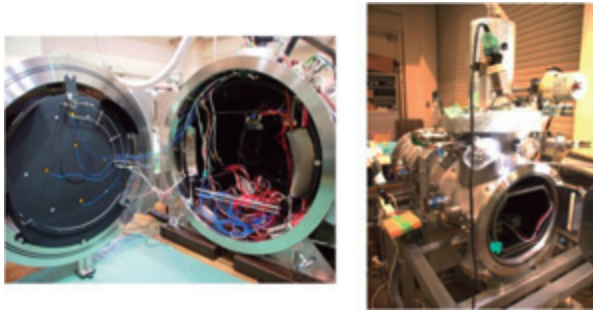


Fig. 3 熱真空チャンバー (左：大型, 右：小型)



Fig. 4 恒温槽 (左：大型, 右：小型)

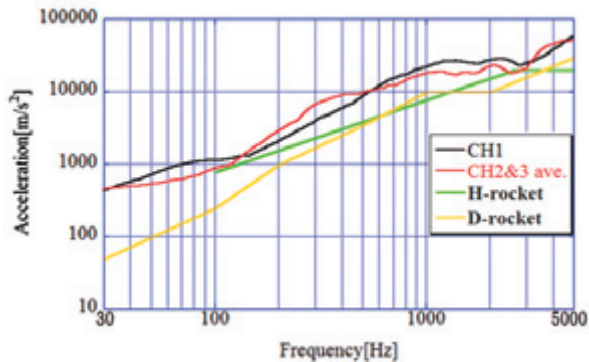


Fig. 5 SRS 波形の一例

2.2 環境試験規格の策定

ほどよしプロジェクトを実施する中で、試験方法、条件の標準化が重要であるという認識に至り、試験の標準化 (ISO 策定) を 2011 年より開始した。試験規格の策定では、Fig. 6 に示すようなダミー衛星を使用して試験の条件出しと必要な試験方法の洗い出しを行った。このダミー衛星は QSAT-EOS をベースとする 50cm 級の衛星で、構造、動作ともに実際の衛星とほぼ同じである。また、CeNT を利用する学外からの衛星の試験を通じてデータの収集を行った。これらの取り組みで得られた条件をまとめて ISO/CD/19683, “Space systems —Design Qualification and Acceptance Tests of Lean Satellites and Units”³⁾として、提案している。この規格の中で提案されている

条件の一例を Fig. 7 と Table 1 に示す。これらの汎用の試験規格を使用することで、衛星コンポーネントの流通が活発となり、超小型衛星の市場が拡大することが期待される。

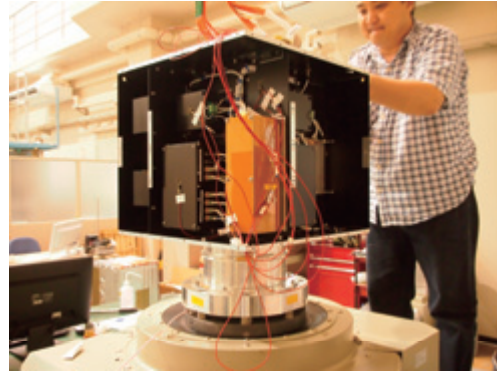


Fig. 6 ダミー衛星

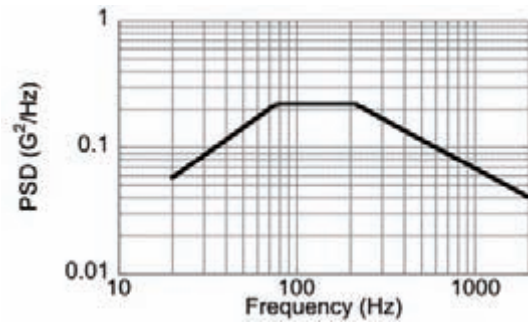


Fig. 7 規格として提案されている振動試験条件

Table 1 規格として提案されている熱真空試験条件

| | |
|---------------------------|----------------------------------|
| Temperature range | -15 °C to +50 °C |
| Number of cycles | 2 or more |
| Operational soak duration | 1 hour or longer |
| Thermal dwell | 1 hour or longer |
| Tolerance limit | 3 °C |
| Temperature ramp rate | -5 °C/min or slower |
| Chamber pressure | 1.0x10 ⁻³ Pa or lower |

2.3 Capacity building, 施設拡充

CeNT は本来日本国内の大学、中小企業向けの試験施設として開設した。国外にも一箇所で環境試験を行える施設はほぼないために海外からの依頼も増加することとなった。2012 年以降ではマレーシア、韓国、シンガポールからの超小型衛星の試験を受託した。これに加え、試験施設を利用したハンズオンのトレーニングプログラムについての需要が高まり、10 日程度の短期集中のプログラムを提供している。これまでに 2 件 (韓国、フィリピン) の依頼があった (Fig. はフィリピン大学の実験中の様子)。



Fig. 8 ハンズオントレーニングの様子



Fig. 9 ソーラーシミュレーター

2015年度には宇宙科学研究拠点形成プログラムに採択され、試験装置の拡充を行いソーラーシミュレーター(Fig. 9)や30GHzまで測定可能なスペクトラムアナライザーを導入した。これにより、衛星本体の試験だけでなく、センサーなどの開発支援を充実させる予定である。同時に共同利用の取り組みを開始

した。(詳細については <http://cent.ele.kyutech.ac.jp/joint-use-research.html> を参照)。共同利用導入の目的は、

1. 試験費用を九工大が負担することで大学や中小企業の衛星開発をバックアップすること
 2. 設計の詳細(使用部品など)や実際の軌道上データを取得することで、今後の試験に有効なデータの蓄積を行うこと
- である。

3. これまでの試験実績

Table 3 と 4 にこれまでの試験実績を示す。JAXA の相乗りで必ず要求される振動試験装置の利用率が最も高い。年度によってばらつきがあるのは、相乗りを選定される衛星の機数が年度ごとに異なるためである。開設直後から2年ほどは認知度が低いため利用率が向上しなかったが、2012年度から上昇し、現在では月に3件程度の利用がある。年々、各装置の稼働率は上昇しており、2014年までの合計で132件の外部利用があった。利用者の内訳を見ると、国内の大学が最も多いが、国内企業の利用も高く、企業による超小型衛星開発も積極的に行われていることがうかがえる。また、この高い利用率を支えているのは、外部から利用しやすい試験依頼の体制と専任の技術補佐員によるサポートなども一因であると考えられる。

4. まとめ

九州工業大学超小型衛星試験センターの5年間の

Table 2 試験装置ごとの実績

| Year | Vibration | Shock | Thermal vacuum (small) | Thermal vacuum (large) | Thermostatic chamber (small) | Thermostatic chamber (large) | Thermal property measurement | Outgas | EMC |
|-------|-----------|-------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------|-----|
| 2010 | 2 | | | | | | 4 | | |
| 2011 | 7 | 1 | 6 | | | | 2 | | |
| 2012 | 14 | | 4 | 4 | | | 1 | 1 | |
| 2013 | 28 | 8 | 5 | 4 | | 3 | 1 | 5 | 1 |
| 2014 | 16 | 5 | 4 | 3 | 1 | | 1 | 4 | |
| Total | 65 | 14 | 19 | 11 | 1 | 3 | 5 | 10 | 1 |

Table 3 国内外、大学、企業ごとの実績

| Year | Japanese University | Japanese Company | Foreign University | Foreign Company | Total |
|------|---------------------|------------------|--------------------|-----------------|-------|
| 2011 | 8 | 5 | | | 13 |
| 2012 | 15 | 14 | | | 29 |
| 2013 | 24 | 18 | | 1 | 43 |
| 2014 | 16 | 10 | 3 | | 29 |

取り組みについて紹介した。現在の超小型衛星の状況を反映するように当センターの利用率は高まっている。開設当初は装置の整備にほとんどの時間を費やしていたが、整備が整うにつれ徐々に試験が手順化され試験時間の短縮化が達成された。これらの実績は現在策定中の試験規格にも反映されている。試験施設の拡充に伴い、試験のための外部利用だけでなく、ハンズオントレーニングとしての展開を始めた。トレーニングについての依頼は今後も増加すると予測され、得にアジア圏からの依頼増加が期待される。

今後益々発展が見込まれる超小型衛星の開発をこれからもサポートし、宇宙開発技術ラボラトリーの当初からの目的である「宇宙開発の裾野を広げる」を達成するために様々な分野からの宇宙開発への参入を支援していく。

謝辞

本研究の一部は、総合科学技術会議により制度設計された最先端研究開発支援プログラムにより、日本学術振興会を通して助成されたものです。また、一部は文部科学省の助成による平成26年度宇宙航空科学技術推進委託費宇宙研究拠点形成プログラムによるものです。

参考文献

- 1) T. Sugiyama, S. Inomata, Y. Hanada, R. Ishii, Y. Uchida, H. Sahara, S. Shirasaka, : A Method of Quantitative Evaluation of Architecture in Microsatellite System with Reasonable Reliability Model, Proceedings of 28th International Symposium on Space Technology and Science, ISTS -2011-t-09, 2011.
- 2) 畑村透, 増井博一, 趙孟佑, 前野一夫: 超小型衛星の衝撃試験レベル調整方法に関するシミュレーション, 日本航空宇宙学会論文集, **63**, 117, 2015
- 3) http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=66008