

超小型衛星用コンポーネント衝撃レベル推定にむけた分布計測

九州工業大学大学院 工学府 先端機能システム工学専攻 博士前期課程2年 趙研究室 12350912 木元新伍

1. 研究背景・目的

近年、50cm立方サイズ、50kg以下の超小型衛星の開発が、衛星開発において注目されている。超小型衛星は従来の衛星と比べてスケールが小さい。また、低コスト・短納期で開発が可能であるという特徴を持っている。一般的に、この衛星は、高価な宇宙用部品の利用を避け、安価な民生部品

(COTS:Commercial-Off-The-Shelf)が利用される。しかし、宇宙部品を利用していないため、超小型衛星は信頼性を明確に示すことが難しいとされている。衛星は信頼性を検証するために環境試験を行うが、現在のところ中型、大型衛星を視野に入れている国際規格の環境試験標準があるが超小型衛星に焦点を当てた環境試験標準はない。中型及び大型衛星用の規格は、非常に高い信頼性を要求され試験コストが上がってしまう。低コストで効率的に開発可能な環境を提供するため超小型衛星用試験標準を設ける必要がある。

本研究では環境試験の一つである衝撃試験に焦点を当てる。衛星は宇宙に打ち上げる際、ロケットで打ち上げ時の過酷な環境に耐えられるかどうかを確かめる試験を行う。衝撃試験の研究の多くは、従来の大型衛星の衝撃試験は、大規模な施設や火工品を必要とする。しかし、超小型衛星にとってそれらの試験方法は、費用と時間の観点から実用的ではない。実用的な試験を提供するために、私達は、ハンマータイプおよび空気銃型の衝撃試験装置を開発している。現在、超小型衛星用衝撃試験にて、再現性のある試験機がないこと、衝撃に対する超小型衛星の応答について解明されていないことから搭載コンポーネントにどれくらいの衝撃が求められるか不明であることが問題になっている。超小型衛星用衝撃試験規格化を目指している。

本論文では規格化を目指して、試験機の開発を行った過程及び衛星内部に付加される衝撃分布について述べる。

2. 試験供試体

試験供試体として Dummy 衛星を用いた。図1にその外観図を示す。Dummy 衛星は超小型衛星の中で最大となる約 50kg ほどの重量を有しており、内部にフライトクオリティのコンポーネントを内部に配置していることから内部応答を見るテスト衛星の例として適していると判断したため供試体に用いた。

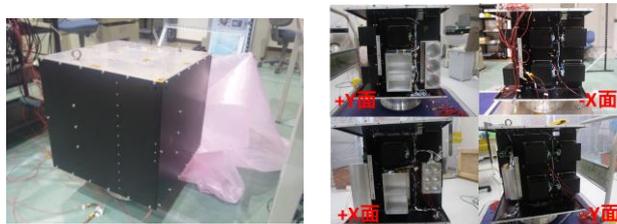


図1 Dummy 衛星外観図と内部の写真

Dummy 衛星は九州地区の大学・企業発の衛星である QSAT-EOS をベースとする。コンポーネントを多く配置でき、作業性が良いとされる4畳半構造を特徴とする。衛星の内部構造を図2に示す。

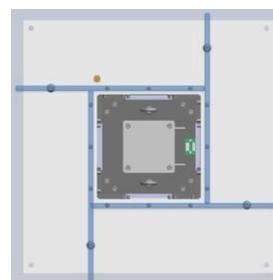


図2 内部構造の4畳半を上から見た図

3. 実験装置

3.1 衝撃試験装置

現在、本研究では JAXA (宇宙航空研究開発機構) が考案した図3に示す衝撃試験器のコピー品を用いて衝撃試験を行っている。

衛星はベースプレートの面にボルトで固定されており、そのベースプレートを吊り具で支え、固定用ベルトで固定している。上部にある梁に錘が固定されており、その梁を軸にして振り子式に錘をベースプレートに当てている。オリジナルの試験機から変更した点を表1にまとめる。

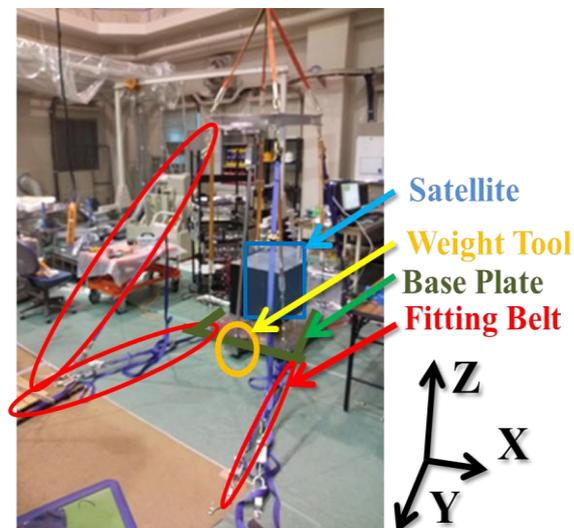


図3 試験機外観

表 1 実験装置の比較

	オリジナル試験機	コピー試験機
錘	真鍮:7.7kg	鉄:10kg
ベースプレート	Size:800×600×10cm ³ Weight:12kg	Size:1200×800×100cm ³ Weight:23kg
試験機固定方法	標識ロープで棚に固定	荷締めベルトでアンカー固定
緩衝材	なし	あり
備考		・ 錘位置調整機 ・ 衝撃面にアダプター

3.1 衝撃解析・評価方法

衝撃波形は SRS(Shock Response Spectrum)解析にてプロットを行っている。時間を軸として生成された衝撃加速度はフーリエ変換により周波数毎の振動に分けることができる。その周波数毎の最大値をプロットしたものが SRS 波形となる。ロケットにはそれぞれ衝撃基準レベルが設けられており、SRS グラフを見てそのレベルを超える波形を衝撃試験にて生成する必要がある。本研究では H-IIA ロケットの基準を用いている。測定装置の概念図を図 4 に示す。

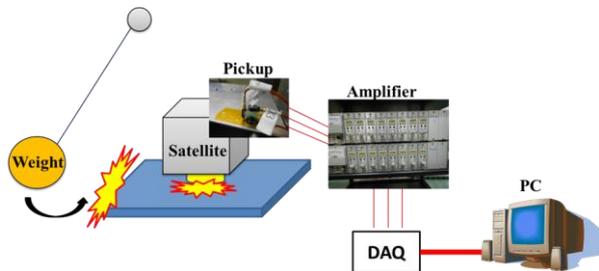


図 4 測定装置の概念図

4. 実験結果

4.1 SRS 波形

衝撃基準レベルを水平垂直の 2 方向を満たす 2 軸同時出しの試験機の開発に成功している。以下にそのときのグラフを図 5 に示す。

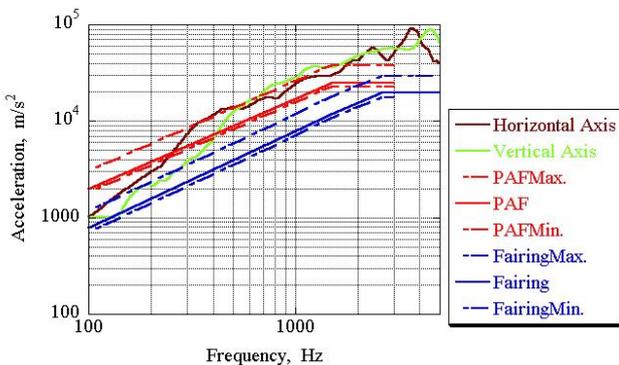


図 5 衝撃試験ベスト波形

4.2 応答倍率調査

Dummy 衛星内部の衝撃の応答倍率を図 6, 図 7 に示す。周波数が大きくなるにつれて、波形が重なってきていることから高周波では、内部の応答は類似してくる。また、測定しているパネルどちらも 1000Hz 以降で高くなり、下がっている。

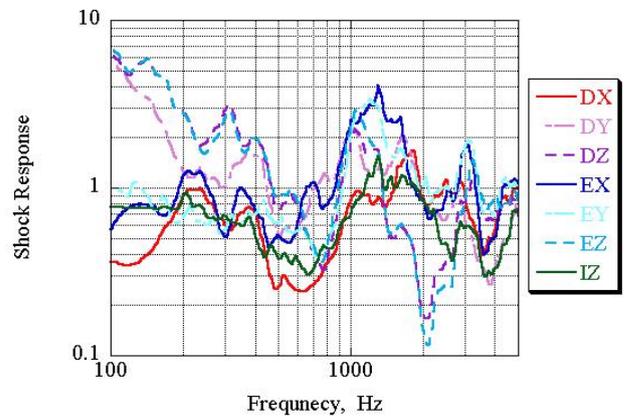


図 6 +X 内部パネル応答倍率

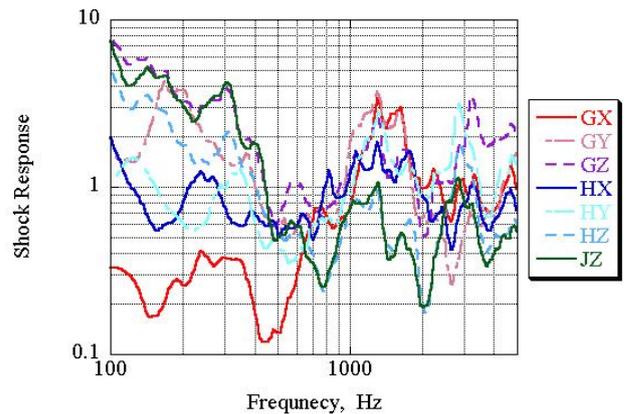


図 7 +Y 内部パネル応答倍率

これらの結果により Dummy 衛星の衝撃基準レベルにおけるコンポーネントに加わる衝撃レベルの見積もりが可能となった。

5. 今後の予定

現在錘の当たり方にばらつきがあり、衝撃レベルに影響を及ぼしている問題がある。再現性ある試験機を目指して、錘の当たり方のばらつきを減らすため錘を衝撃面に誘導させる設計を行っていく。

衛星毎に応答倍率のデータを取得し、サイズや構造等の傾向別に応答倍率をまとめる。

参考文献

- 1) 宇宙航空研究開発機構:H-IIA ロケットに相乗りする小型副衛星応募のためのガイドブック, 2010.
- 2) 宇宙航空研究開発機構:衝撃試験ハンドブック, 2006.