

新規手法「フォースリミット振動試験」の適用例

環境試験技術センター
研究開発本部ロボティクス研究G

1. 概要 環境試験技術センターでは、振動試験時の過負荷防止法として「フォースリミット振動試験法」の実用化開発を行ってきた。安信部の試験標準WG審議により、JAXA公認手法としてハンドブックが制定され、今後の衛星開発において本格運用を開始する。その概要と適用例について示す。

2. 歴史	JAXA	欧米
1950年代		宇宙開発関係者を中心として振動試験の過負荷防止法の基礎研究
1960年代		Force Feedbackの基礎理論、加速度及び力によるDual制御振動試験の理論
1980年代		高周波対応フォースセンサの実用化
1993年頃		JPL、NASA-GSFCで探査機への適用が始まる
1996年		「NASA-HDBK-7004」フォースリミットハンドブック制定 ESAで基礎実験実施
1997年		「NASA-RP-1403」フォースリミット振動試験の理論手引書
2001年		ESTEC(ESA衛星試験施設)に大型衛星用フォースリミット振動試験装置完成
2003年	理論検討開始 JAXA独自のリミット条件算出方法及び適用方法の検討開始	
2004年	HTVリチウム電池への適用	
2006年	μ-Labstatを用いた実証試験	
2007年	SOS-1を用いた実証試験	
2008年	フォースリミットハンドブック初版(JERG-2-130-HB004)制定	海外試験関係者へJAXAハンドブックの制定について紹介(→英語版の発行要望あり)
2009年	かがや子衛星、モメンタムホイールを用いた実証試験 コンポーネント用治具・センサを整備 ハンドブック改訂	
2010年	REXJ PFMへの適用	

3. 考え方

- 打上げ時、コンポーネントは衛星構体という柔軟構造に、衛星はロケットという柔軟構造に搭載される。柔軟構造に結合されているため、吸振が起り大きな振動が発生しない。
- しかし、振動試験時は振動台という硬い構造の上で試験をするため、共振して大きな振動が発生する(柔軟構造と硬い構造とのImpedance mismatch)。
- そこで、打上げ時のコンポーネントや衛星の取付け点の「作用・反作用の力の最大値」を予測し、抑制することで過負荷を防止する。

打上げ時、振動試験、フォースリミット振動試験の比較図。取付け部の力と取付け部加速度の周波数特性を示す。フォースリミット振動試験では、共振による過負荷を抑制し、試験台の力を抑制して過負荷を防止する。

- 4. メリット**
- 従来の加速度リミットより直接的(加速度リミットは取付け点の力を供試体重心相当の加速度に変換して試験を実施する)
 - ランダム振動試験にも適用が容易
 - 試験条件を簡易に見積もれる(打上げ時の外力が必要、有効質量などから試験条件の見積もりが可能)
- 5. 注意点**
- フォースセンサが必要(設備は従来のリミット制御可能な設備で十分)
 - 緩和条件の見積もり法には種類があり、詳細情報があればあるほど精度が上がる(6項参照)
 - 重心荷重に対する過負荷防止法である(ローカルな振動には加速度センサによる制御と併用)



7. 適用例 ... 過負荷を低減できることが実証された

衛星モーメンタムホイールSTMを用いた実証(ランダム試験) → 「かがや」子衛星STMを用いた実証(正弦波試験) → REXJ (Robot Experiment on JEM) PFM ランダム試験での事前見積もり

以下を実施し、さらなる利用促進をはかる

- 振動試験データを統計的に整理し、経験的なリミット条件の設定方法の知見をまとめる
- リミット条件計算シートやマニュアル類を充実させ、設備運用に適用する

※詳細については、JERG-2-130-HB004A(安信部HPよりダウンロード可) または 環境試験技術センターまで

環境試験が導く、豊かな未来 環境試験技術センター