

システム熱真空試験における主要な不具合モードと試験条件の関係について

W516-P01

1. 背景と目的

宇宙機一般試験機では、宇宙機システムに対して熱真空試験が要求されている。本試験は不具合検出効果が高い一方で、試験期間が長く高いコストを有するため、試験条件の適正化が望まれる。

システム熱真空試験では、Fig. 1に示すように4つの試験条件が要求されている。本研究ではJAXAが開発した宇宙機のシステム熱真空試験における不具合を分析することで、各試験条件と不具合検出効果の関係を探ることを目的とする。

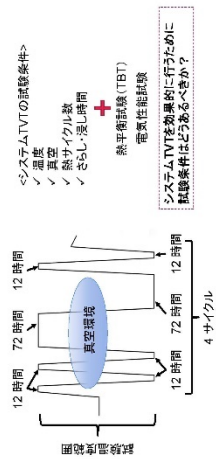


Fig. 1: システム熱真空試験条件

本研究の目的

- システム熱真空試験で検出可能な不具合モードを明らかにする。
- 試験効果に対して有効な試験条件を明らかにする。

2. 不具合の分析方法

- JAXAが開発した15機の宇宙機のシステム熱真空試験における不具合220件を対象とした。
- これらの不具合をFig. 2の順番に基づき、分析対象である不具合75件を抽出した。
- 75件の不具合について、主要な不具合モードに分類し、熱真空試験条件との関係を探査した。



Fig. 2: 不具合の分析手順

3. 分析結果と考察

(1) 主要な不具合モード

Fig. 3に不具合モードとその割合を示す。

- 熱設計・熱制御不良に関する不具合が最も多い。主な例は次の通り。
 - 熱設計・熱制御不良に関する不具合が多い。
 - 熱工学モデルのコーレーションの結果、温度マージンが不足
 - 温度センサ、ヒータ、MLI等の施工不良
- 常温帯圧環境下では正等に動作していた機器が、熱真空環境下で機能・性能を逸脱するという不具合が次いで多く、25%を占めている。
- OSRや太陽電池パドルのセルへのクラック、接着剤の剥離など、試験中に発生する熱応力により引き起こされた不具合モードも比較的多く、13%を占めている。

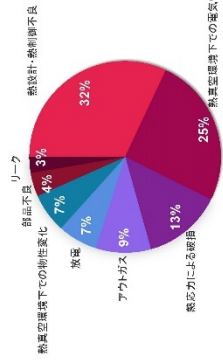


Fig. 3: 主要な不具合モード

Table 1: 主要な不具合モードと有効な試験条件

不具合モード		システム熱真空試験条件	
温度	真空	熱サイクル	さらし/浸し時間
1 熱設計・熱制御不良	E	E	NE
2 熱真空環境下での電気性能逸脱	E	-	-
3 熱応力による腐食	E	NE	E
4 腐食	E	E	NE
5 熱真空環境下での物性劣化	NE	E	NE
6 積塵不良	-	E	NE
7 腐食不良	-	-	-
8 リーク	E	E	NE

E: Effective, NE: Not effective, -: Depends on situation

(2) 主要な不具合モードとそれを検出するための試験条件

各不具合モードについて、検出するうえで有効に寄与している試験条件を分析した。分析結果をtable 1に示す。
温度や真空環境が寄与している不具合モードが多いのに対し、熱サイクルやさらし/浸し時間が寄与している不具合モードは限定的であることがわかる。

(3) 不具合検出に寄与した試験条件

- 不具合の原因を分析し、各試験条件が寄与していた不具合の割合を算出した (Fig. 4)。
- 9割以上の不具合は、検出するために温度環境が必要であったことがわかる。また6割近くの不具合については真空環境が必要であった。
- 熱サイクルやさらし/浸し時間が寄与したと考えられる不具合は2割前後と他の試験条件と比べて少ない。特にさらし/浸し時間がそれぞれ12・72時間必要であることを要する不具合事例はなかった。

→ これらの不具合を検出するために必要十分なサイクル数やさらし/浸し時間を見積ることが今後の課題。

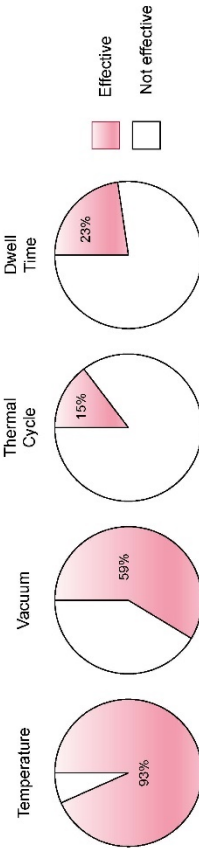


Fig. 4: 試験条件と不具合検出の関係

参考文献

- Mori, A., Takahashi, D. and Shi, Q. Typical failure modes in system thermal vacuum test and lessons learned to improve TV test effectiveness from best practice through assessment of JAXA's failure database. 31st Aerospace Testing Seminar Proceedings (2016).