

6.8. 宇宙機の環境試験における不具合分析による試験の有効性評価や課題解決に向けた取り組み

宇宙航空研究開発機構
環境試験技術ユニット
高橋 大祐 氏



宇宙機の環境試験における不具合分析による 試験の有効性評価や課題解決に向けた取り組み

JAXA 環境試験技術ユニット

高橋 大祐

2018/11/28

第16回試験技術ワークショップ

2

目次

導入

宇宙機環境試験の特徴

試験規格の必要性

試験に関わる近年の背景

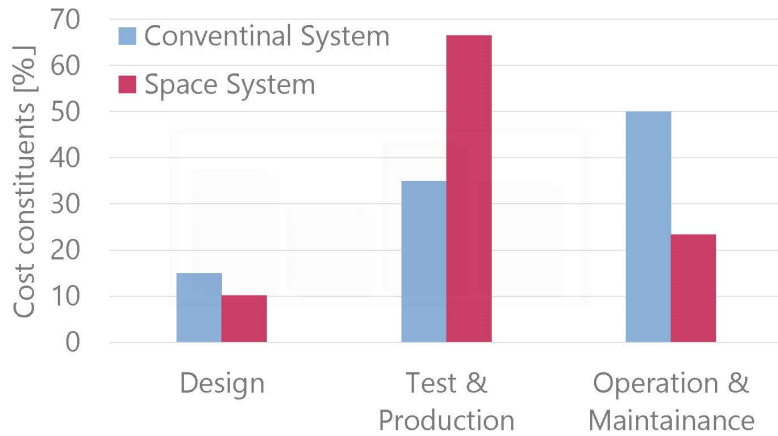
不具合分析

コンポーネント試験

システム試験

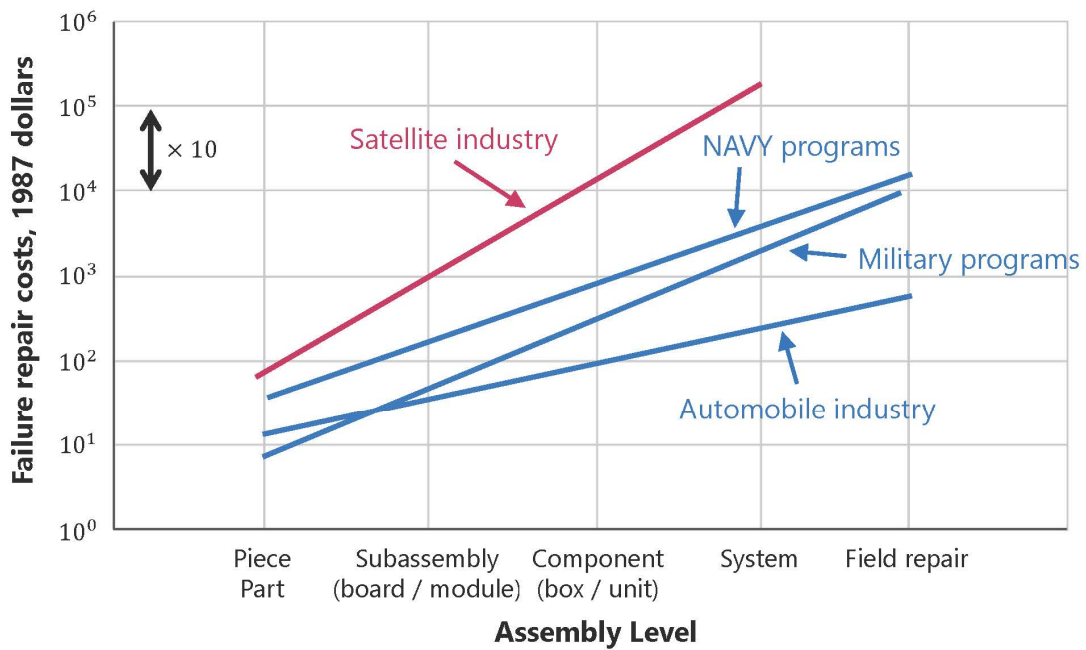
} スライド投影のみ

宇宙機開発におけるコスト構成^[1]



[1] Arnheim, B. and Belsick, C., The Keys to Space Vehicle Integration and Testing, Part 1, Tutorial of 27th Aerospace Testing Seminar(2012)

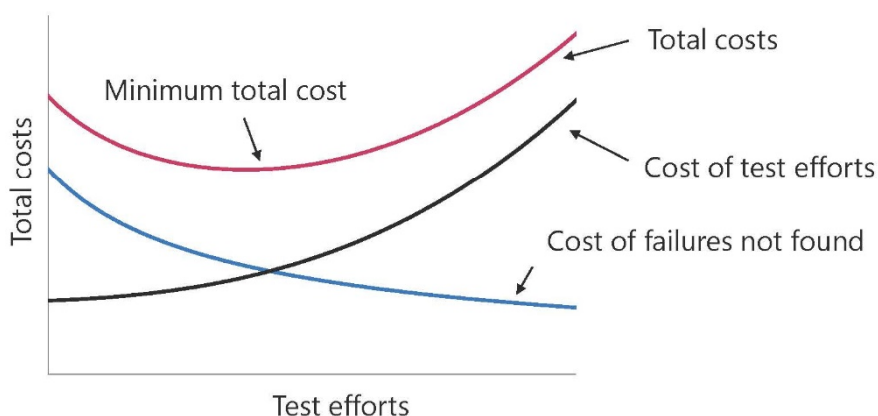
ハードウェアレベルと修理コストの関係^[2]



[2] Department of defense (DoD) handbook, Test requirements for launch, upper-stage, and space vehicles Vol II: Applications guidelines, MIL-HDBK-340A (1999) , p.8.

5

Who decides the optimum point ?



6

試験規格の必要性

技術と経験の共有

設計技術の進歩、新規試験技術、経験の反映

⇒ 技術の進歩に応じて改訂していく必要がある

品質の均一化

共通的・網羅的要求を規定し、品質を均一化

開発の効率化

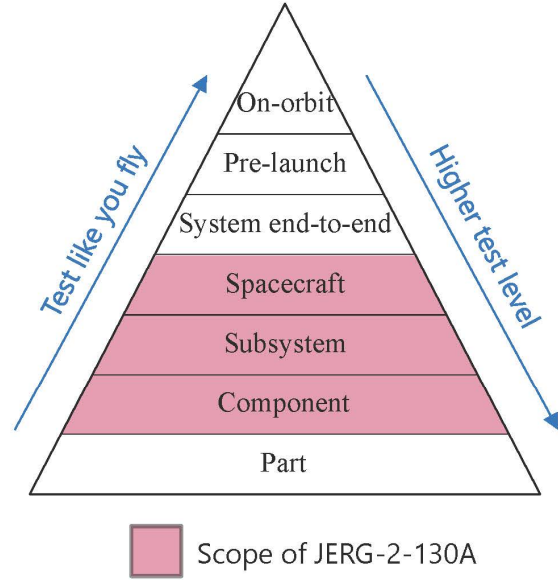
ベースライン要求やテーラリングガイドを定めることで、検討を効率化

宇宙機一般試験標準（JERG-2-130A）の試験体系

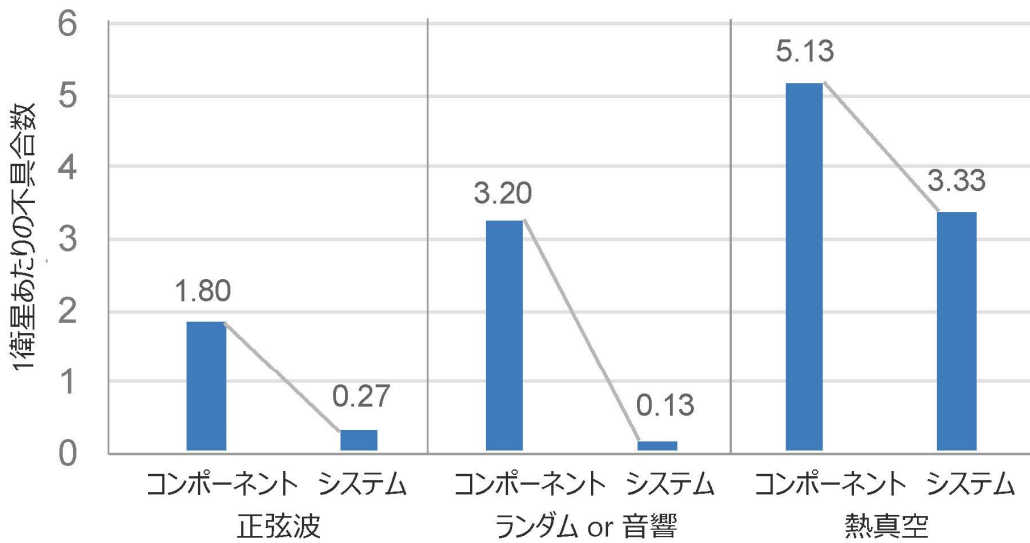
Pyramid Test philosophy

各ハードウェアレベルで試験項目を規定

- コンポーネントレベルで厳しい試験により不具合を洗い出す
 - ⇒ トータルコストの低減
- よりフライトに近い環境が模擬できる上位のハードウェアでは,
 - コンポーネントに対する試験条件
 - インテグレーションの出来栄をを検証



Pyramid Test philosophy の有効性※



※JAXAが開発した15機の衛星のコンポーネントおよびシステムレベルの環境試験不具合を分析することで算出

近年の宇宙機開発にかかる背景

宇宙機の多様化

サイズ, ミッション, 商用 etc.

コスト・スケジュールに対するプレッシャー

国際協カプロジェクト

試験規格に齟齬 → 試験規格の根拠の明確化

必要十分な試験要求とテーリングガイドの充実

質疑応答

質問者① 三菱重工業株式会社 中村様

発表ありがとうございました。1点教えていただきたいのですが、講演資料の6ページに「設計技術の進歩、新規試験技術、経験の反映」とありますが、これは私も非常に重要だと思っております。というのは、これは他の分野の製品ですが、解析の手法によって、許容応力を変えてよいという事例がございます。宇宙の分野でも、このような動きがあるのかないのか、教えていただきたいです。

発表者

熱解析の分野ですが、過去に設計マージンを低減しようと試みた例があります。解析モデルの予測温度と、軌道上での実測温度を比較し、解析モデルの誤差を評価しました。解析技術が向上しているため、昔に比べて解析誤差が減っていることを期待しましたが、ほとんど変わっていませんでした。これは解析技術の向上とともに、設計の複雑さ、たとえば発熱密度の向上が進んだからだと考えております。結果としては設計マージンの低減には至りませんでした。このような活動はあると認識しております。

質問者①

ありがとうございました。解析モデルの規模と評価技術が上がっていくことを踏まえながら、設計に反映していただければありがたいです。

質問者② JAXA GCOM プロジェクトチーム 安藤様

不具合モード分析について、評価対象はCDRが終わって製作・試験フェーズに限定したと考えてよろしいでしょうか。

発表者

今回の分析はPFMとFMを対象としておりますので、おっしゃる通りCDR以降が評価対象になります。それ以前の開発試験等は分析の対象外です。

質問者②

ありがとうございました。もう1点は、コンポーネントの衝撃試験に関しては、過負荷が発生するリスクがあり、フライト品のコンポーネントではほとんど衝撃試験は行ってないと思います。従って衝撃試験は、その他の振動試験等と比べて統計の母数が少ないと思いますが、その点はいかがでしょう。

発表者

ご指摘のとおり、衝撃試験はその他の試験に比べて母数が少ないです。今回の分析では、

熱真空試験とランダム振動試験が約 1200 試験、正弦波振動試験が約その半分、衝撃試験に関しては数十件のオーダーになります。

質問者②

あともう 1 点は、環境試験ではなくアライメント試験ですが、前段の機械環境や熱真空環境によりアライメント変動が検出されるという事例もあると思いますが、アライメント試験の分析は行っていますでしょうか。

発表者

今回の分析では、不具合の発生フェーズではなく、原因環境で分類をしております。例えば、アライメント試験で発生した不具合でも、正弦波環境が原因だと特定された場合は、その不具合は正弦波振動試験によって検出されたと分析しております。

質問者③ 株式会社セルスペース 世古様

試験の順序によって検出できない不具合があるとのことでしたが、例えばこういった設計であれば試験の順序を入れ替えてよいといったことが、今後設計標準に反映されるようなことになるのでしょうか。

発表者

この検討は設計標準への反映をゴールにしておりますので、ゆくゆくは反映したいと考えております。残念ながら、試験の順序に関する不具合は、現状では母数が少なく、そこから一般性を持たせたテーラリングガイドを見いだせていませんが、今後、不具合分析の範囲を拡大する等して設計標準に反映できるようにしたいと思っております。