



ISSN 1349-113X
JAXA-SP-14-009

宇宙航空研究開発機構特別資料

JAXA Special Publication

環境試験技術報告

第12回試験技術ワークショップ開催報告

2015年3月

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

目 次

1. 開催概要.....	1
2. 開催目的.....	1
3. 講演プログラム及び概要	1
4. キャッチコピー及び宣伝ポスター	1
5. 来場者数.....	1
6. 講演内容.....	5
6.1. 開会挨拶	5
6.2. 高周波衝撃 簡易試験法の紹介～小型衛星機器試験への適用例.....	9
6.3. AES 衛星 “SOCRATES” の開発および軌道上評価結果	25
6.4. NEC 府中事業場 衛星インテグレーションセンターの紹介	41
6.5. 鉄道車両用 HILS システムによる仮想走行試験環境の構築.....	61
6.6. ペイロードフェアリングの低周波騒音の検討.....	75
6.7. 光ファイバセンサを用いた衛星のスマート熱構造の開発.....	89
6.8. 国内外の試験技術動向及び JAXA 試験標準改定への挑戦	103
6.9. 閉会挨拶	115
7. ポスターセッション.....	117

1. 開催概要

開催日時：平成 26 年 12 月 11 日（木）13:05～17:45

場所：筑波宇宙センター 総合開発推進棟 大会議室(1F)

主催：宇宙航空研究開発機構 環境試験技術センター

2. 開催目的

本ワークショップは、JAXA 内外の宇宙開発関係者及び機関が一同に会し、

- ・ 環境試験技術をはじめとする最新動向や研究開発成果の共有
- ・ 現状の環境試験技術の改善点についての意見交換

等を行う。これらを通じて、JAXA が保有する環境試験設備及び環境試験技術について更なる効果的な維持・発展並びに、宇宙機開発の高信頼化・効率化・高度化を実現するための施策を立てることを目的としている。

3. 講演プログラム及び概要

講演プログラム及び概要を表 1 に示す。

また、ポスターセッションの発表内容及び概要を表 2 に示す。

4. キャッチコピー及び宣伝ポスター

キャッチコピーを設け、以下とした。

「Test Effectiveness ～challenge to the next generation～」

また、宣伝用に配布したポスターを図 1 に示す。

5. 来場者数

来場者数は総勢 136 名であった。うち 68 名は JAXA 職員（環境試験技術センター職員 26 名を含む）であった。JAXA 外部からの参加者は主に宇宙機メーカー、計測器メーカー、試験設備メーカー、大学関連等であった。

表1 講演プログラム及び概要

題目及び概要		講演者
13:05～13:10	開会挨拶(宇宙航空研究開発機構 山本 静夫 理事)	
13:10～13:40	「高周波衝撃簡易試験法の紹介～小型衛星機器試験への適用例」 一般に、衛星分離機構には火工品が用いられており、作動時の高周波衝撃に対する搭載機器の耐荷検証については、実火工品を用いた試験が望ましいと考 えられる。一方、試験コスト・期間の観点からも、それは簡単ではないことが一般的であるため、火工品作動に近い入力条件を擬似的に形成する試験手法が求 められる。本発表では、“ラプチャーボルト”による簡易衝撃試験方法の概要と、小型衛星機器向けの試験例を紹介する。	三菱重工株式会社 田原 善行 氏
13:40～14:10	「AES衛星“SOCRATES”の開発および軌道上評価結果」 AESは、平成26年5月24日、H-IIAロケット24号機で自社開発小型衛星“SOCRATES”を打ち上げた。衛星は順調に飛行を続け、クリティカル・初期フェーズを経 て、平成24年10月現在定常フェーズ運用を行っている。本発表では、SOCRATESの開発で実施した試験および軌道上評価結果について述べる。	株式会社エイ・イー・エス 福山 岳司 氏
14:10～14:20	休憩	
14:20～14:50	「NEC府中事業場 衛星インテグレーションセンターの紹介」 NECは府中事業所に打上げ質量8トンの衛星まで対応可能な組立室及び環境試験設備を備えた「衛星インテグレーションセンター」を2014年7月から稼働 させた。同センターの目的と各種試験設備(熱真空チャンバー・設備、音響試験設備、振動試験設備等)の概要について述べる。	日本電気 株式会社 吉田 達哉 氏
14:50～15:20	「鉄道車両用HILSシステムによる仮想走行試験環境の構築」 鉄道車両の開発において、走行試験は車両の信頼性や性能向上に重要な役割を果たしているが、十分な速度を維持するには長大な試験区間が必要なた め、専用試験線がない日本では、営業線を用いて行っている。鉄道総研では、この走行試験の一部をベンチ試験で模擬するため、試験手法の一つであるHILS 技術を取り入れた「仮想走行試験環境の構築」に数年前から取り組んできたので、これまでの成果について紹介する。	鉄道総合技術研究所 小金井 玲子 氏
15:20～16:10	休憩・ポスターセッション(後述)	
16:10～16:40	「パイロロードフェアリングの低周波騒音の検討」 打ち上げ時の内部騒音低減を目的に、フェアリングの共振と内部空間の空洞共振が連成して騒音レベルが高くなるメカニズムの解明に取り組んでいる。本発表 では、NASTRANの計算結果より、騒音レベルと相関が高いことが明らかになったフェアリングのリングモードの特徴、および、この共振と連成しやすい空洞共振 の特徴について解説する。併せて、リングモードを実験的に捉える方法を検討した結果を紹介する。	宇宙航空研究開発機構 研究開発本部 情報・計算工学センター 丸山 新一 氏
16:40～17:10	「光ファイバセンサを用いた衛星のスマート熱構造の開発」 衛星開発において最小の費用にて最大の成果を実現する方法として、小型衛星であり、温度やひずみを多点で計測できる光ファイバセンサに着目し、衛星構 造への適用に向けた技術開発に取り組んできた。光ファイバセンサを一体化した「スマート熱構造」の開発により、センサ脱着工程の削減や高密度計測データ の取得が可能となり、衛星の低コスト化や熱構造設計の信頼性向上を実現し、また、新しい付加価値の創出によるコンポーネントの高性能化も期待される。本 講演ではその開発構想と実現に向けた基礎実験結果について報告する。	三菱電機 株式会社 関根 一史 氏
17:10～17:40	「国内外の試験技術動向及びJAXA試験標準改定への挑戦」 宇宙開発は従来の国家プロジェクトの位置付けから商用や中小企業及び大企業と連携する形で進んでいる。その中、開発コストと信頼 性の両立性が重要な課題となっており、本発表では宇宙機開発のコスト削減に寄与する解析技術や宇宙機試験要求の見直しに関するJAXAや海外の最新 技術動向を紹介する。また、JAXA将来的効果的な試験標準の更なる改善に向けた挑戦する研究活動及び課題について報告する。	宇宙航空研究開発機構 環境試験技術センタ 施 勤忠 氏
17:40～17:45	閉会挨拶 (宇宙航空研究開発機構 環境試験技術センター長 中尾 正博)	
17:50～19:50	意見交換会(厚生棟にて、会費:2000円)	

表2 ポスターセッションの発表内容及び概要

(発表者：環境試験技術センター職員)

番号	題目及び概要	出展者
WS12-P01	<p>「環境試験の有効性検討 (Test Effectiveness) -海外の取り組みとJAXAの今後-」</p> <p>効果的で効率的な地上試験を実現していくことを目的に、軌道上不具合および地上試験不具合の分析結果から地上における環境試験の有効性 (Test Effectiveness) についての検討を進めている。環境試験技術センターの Test Effectiveness の取り組みを紹介する。</p>	丹羽 智哉
WS12-P02	<p>「試験時の不具合分析による熱サイクル数の妥当性評価」</p> <p>JAXAの宇宙機一般試験標準では、コンポーネント熱真空試験及び熱サイクル試験において8サイクルの熱サイクルを要求している。熱サイクル数は宇宙機一般試験標準が制定されて以来見直しが行われておらず、また海外試験標準との乖離がみられる。本発表では、コンポーネント熱真空・熱サイクル試験時の不具合分析から、8サイクルという要求の妥当性評価について報告する。</p>	高橋 大祐
WS12-P03	<p>「環境試験技術センター設備保全の有効性検討 (Maintenance Effectiveness) -保全周期の変更に伴うリスク評価の試み-」</p> <p>環境試験技術センターでは保全周期等の見直しにより、2013年度比約20%の維持費を削減した。その一方で、試験設備の潜在的な不具合・故障リスクが向上したと考えられており、これらを定量的に評価・把握することが急務となっている。本発表では、宇宙機試験レベルの最適化の概念を応用し、設備リスクの定量的評価手法を提案する。</p>	梶川 隆史
WS12-P04	<p>「フォースリミット振動試験の有効性と最近の試験例紹介」</p> <p>振動試験時の過負荷を低減させる方法として、1/Fフォースをモニタしてオートノッチングをかけるフォースリミット法が挙げられる。本資料では、最近のフォースリミット法適用例から、フォースリミット条件の計算過程及びその試験結果について報告する。</p>	嶋崎 信吾
WS12-P05	<p>「音響試験設備の改善 -ユーザビリティの向上を目指して- ~ Renewal of Acoustic Test Facility to improve its usability ~」</p> <p>1600m3音響試験設備は2006年度の窒素系導入当初から、供給圧力の脈動という問題をかかえており、試験ユーザの皆様にご迷惑をおかけしていました。この度実施した改善改修では、この圧力脈動の根本原因と推定した設備全体レイアウトの変更とそれに伴うチューニングを行ったことで、この問題を解決し、さらに1日の試験回数制約を緩和することに成功したことをご報告し、ご紹介させていただきます。</p>	矢野 力
WS12-P06	<p>「スペースチャンバ系設備の共通仕様化による相互補完性の向上 ~試験用電源制御装置と計測データ処理装置の更新事例~」</p> <p>筑波宇宙センターにある3基の大型スペースチャンバにて使われる、試験用電源制御装置と計測データ処理装置は、チャンバ間の互換性向上と一括制御、データの一括管理をキーワードとした改修を行っている。環境試験技術センターが実施するスペースチャンバ設備の共通仕様化の取り組みについて紹介する。</p>	森 研人
WS12-P07	<p>「13mφスペースチャンバ真空極低温環境下対応ソーラシミュレータ均一度測定装置」</p> <p>13mφスペースチャンバ用ソーラシミュレータ均一度測定装置 (大気圧下測定のみ対応) 老朽化に伴い、新しく導入する真空極低温環境下対応ソーラシミュレータ均一度測定装置を紹介する。</p>	山下 剛正
WS12-P08	<p>「磁気試験設備 磁気フィールド内へのヘリコプタ発着に伴う零磁場への影響調査」</p> <p>磁気試験設備において3軸ブラウンベックコイルにより構築される零磁場は磁気外乱の影響を大きく受けることが知られている。そこで筑波宇宙センター内で行われたヘリコプタ着陸訓練に合わせ、ヘリコプタの接近が零磁場特性へ与える影響の調査を行った。従来から設備周辺での人・車両の移動が与える影響については調査が行われてきたが、ヘリコプタのような航空機の接近については今回が初の調査となる。本調査の結果と共に新たに採用した測定方法や得られた知見について紹介する。</p>	村田 直史
WS12-P09	<p>「磁気試験設備 地磁気消去電源の更新」</p> <p>地磁気消去電源は、ゼロ磁場空間 (0±2.5nT) を磁気ドーム中に構築するため、3軸ブラウンベックコイルに入力する電流を制御する。本更新では、老朽化した同設備の更新を実施すると共に、将来的に自動ゼロ磁場調整が可能となるよう、既設のアナログ制御からデジタル制御へ変更する。これらを含めた更新の概要と整備状況について紹介する。</p>	各務 裕佳子
WS12-P10	<p>「供用制度について」</p> <p>環境試験技術センターが維持・管理している試験設備の供用制度について、利用実績、利用費用、利用する際の流れ等を交えて紹介する。</p>	今村 一希
WS12-P11	<p>「サービス向上のための情報化 (環境試験設備利用をより便利に…)」</p> <p>環境試験技術センターでは、全体最適化を視野に入れた環境試験業務プロセス改善に基づき、環境試験運営システム (TIMES) を開発中です。TIMESによる利用ユーザーサービス向上について紹介します。</p>	新井 光男

Test Effectiveness
— Challenge to the next Generation —

2014.12.11
13:00 ~ 17:45

筑波宇宙センター
総合開発推進棟1F大会議室
(主催 宇宙航空研究開発機構、理研試験技術センター) (事前申込み不要)
入場無料

第12回 試験技術ワークショップ

JAXA
SHIKEN

図1 宣伝ポスター

6. 講演内容

6.1. 開会挨拶

宇宙航空研究開発機構

山本 静夫 理事

ご紹介にありました、JAXA の環境試験関係の担当をしております理事の山本でございます。本日はこのようにたくさん集まって頂きありがとうございます。

この会議は 11 年前から始まって今回で 12 回目になるわけです。当然ながら環境試験に対する諸外国を含めた動向を共有するとともに、研究の成果、更には今後どういったところを改善すべきかというところを意見交換できれば、という趣旨で 11 年間続いてきているものです。ご承知の通り 11 年という数字につきましては、まさに三機関が統合されたのも 11 年前です。そういう意味でこのワークショップ自体は JAXA の歴史とともに回を重ねてきたということが言えるかもしれません。この間、特にこの分野にご尽力いただいた皆様方、そしてこのワークショップを長年にわたって支えて頂いた今日の参加の方を含めた大勢の皆様方の協力に感謝を申し上げたいと思います。

さて、今回のワークショップのサブタイトルが英語になっていますが、“Test Effectiveness”、更には“Challenge to the next generation”ということです。これは私よりも皆様の方がよく知っていると思いますけれども、試験の“あるべき姿”というんでしょうか、“どうあるべきか”という議論だと思います。言うまでもなく宇宙でトラブルが起こると困りますので、その前に一生懸命試験をしないといけないということです。また一方、試験というのは衛星の開発する期間にも大きく影響をしますし、あるいは衛星のコストにも影響するというので、そこを最適にするということはまさに技術力そのものだといいますか、技術力の塊だと私も感じております。この分野を日本は言うまでもなく、アメリカもヨーロッパも世界各国がこの分野にしのごを削って、本当の意味の“Test Effectiveness”がどうあるべきかという議論が最近進んでいると感じております。今日のワークショップでも講演及びポスターセッションにて発表があると聞いています。

それから、Challenge to the next generation ということですが、先ほど申し上げました JAXA が三機関統合となった直後には、衛星あるいはロケットにおきまして、残念ながら不具合が連続しました。そういった不具合を何とか乗り越えて今日連続のミッションが遂行できているのは、まさに皆様方の試験技術が充実し、それをベースにした信頼性が高まったことが非常に大きな要因だと、私どもも考えております。一方、試験の技術というものもどんどんと進んでいきますので、これで良いという世界がない、ある意味厳しい世界で、立ち止まるわけにはいきません。それで、次の世代に向けてさらに前進しよう、前進すべきだ、という認識あるいは心構えを我々が持っているところでございます。

それで少し話は変わりますが、ご承知の通り国は新しい 10 年を見越した宇宙基本計画をまさに今加速してまとめようとしております。それから衛星を製造して頂いております日本の代表的な衛星企業が、自ら自分の手で大きな試験設備を備えて、国際的な市場に打って出ようとされておりまして。また、JAXA は来年度から新しく国立研究開発法人ということになりまして、日本国の成果の最大化を今以上に求められるということになります。そういうことを考えますと、まさに今日次の世代へ動きかけているというタイミングだと思っております。そういう切れ目、あるいは新しい世代にむけて、皆様方と一緒にこの分野を進め

ていかなければならないわけです。この試験技術ワークショップがその一助となることを期待しまして、私の開会の挨拶とさせていただきます。どうもありがとうございました。



ワークショップ会場

6.2. 高周波衝撃 簡易試験法の紹介～小型衛星 機器試験への適用例

三菱重工業 株式会社

田原 善行 氏

第12回試験技術WS

高周波衝撃 簡易試験法の紹介 ～小型衛星機器試験への適用例～

2014/12/11

長崎研究所 構造研究室

田原 善行

三菱重工株式会社

技術統括本部 / 誘導・推進事業部

© 2014 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.



目次



1. 背景
2. 適用対象例
 - ジオスペース探査衛星(ERG)ミッション部
 - ミッション部搭載機器 衝撃環境条件設定
3. 衝撃試験法および装置設計事例の紹介
 - ラプチャーポルト方式 衝撃試験装置の構成
 - 衝撃試験装置の設計フロー
 - 衝撃印加条件調整のためのパラメータ
 - 事前解析による印加衝撃の検討
4. 試験結果(例)
 - 衝撃印加データ例
 - データ評価
5. まとめ

© 2014 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

1

1. 背景

1. 背景

【背景】

衛星搭載機器に対しては、一般に、衛星分離・太陽電池パドル展開等に利用される火工品の作動に起因する衝撃環境条件が適用される。

通常、それらの搭載機器に対しては、当該の衝撃条件を機械的な装置で模擬して印加するアプローチが取られるが、概して、火工品作動では、高周波領域の加速度が標定となるため、その標定レベルを達成する試験条件を形成した際、低周波側には過剰な印加レベルが設定されてしまうケース等が散見される。

この課題を解消するには、実際に火工品を作動させて衝撃を印加するという手法が考えられるが、試験費用・試験実施場所/設備の制約もあり、簡単ではないのが実情である。

そこで、弊社では、「ラプチャーボルト」を使用した衝撃試験手法を考案した。

この試験手法では、高周波領域をカバーする衝撃加速度条件を、火工品実作動よりも簡便的に印加でき、試験期間・費用も低減できるメリットがある。

2. 適用対象例

- ジオスペース探査衛星(ERG)ミッション部
- ミッション部搭載機器 衝撃環境条件設定

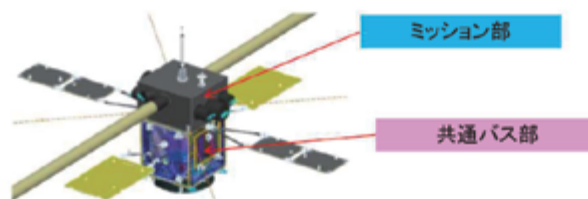
2. 適用対象例(1/3)

【ジオスペース探査衛星(ERG)ミッション部】

本稿で紹介する衝撃試験手法の適用対象として、ジオスペース探査衛星(ERG)ミッション部の搭載機器を例に挙げる。

ERGは、地球磁気圏内における放射線帯の相対論的電子の形成過程や宇宙嵐のメカニズムを解明するため、放射線帯の中心部において、プラズマ粒子・電磁波・プラズマ波動を直接観測するための小型衛星である。

衛星共通バス部上に、観測用機器を搭載したミッション部構造を結合する形態となっており、ミッション部各機器に対する衝撃発生源は、主としてロケット/衛星分離作動衝撃加速度のバス部側からの伝達である。



ERG(Exploration of energization and Radiation in Geospace)

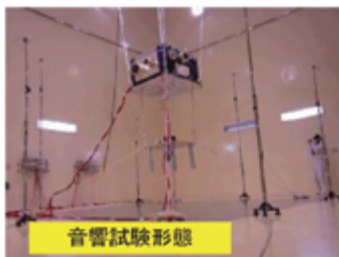
2. 適用対象例 (2/3)



【ERGミッション部搭載機器 衝撃環境条件設定】

ERGミッション部に対しては、バス部との結合インタフェース点で、衝撃レベル (SRS)が規定されている。それを基に、ミッション部搭載機器の各取付点における衝撃環境条件は、以下に示す手順で導出されている。

- MTM供試体 (音響試験終了後の吊り上げ状態)でバス部インタフェース近傍点のハンマリング試験を行い、各搭載機器取付点での応答加速度データを取得。
- 規定のインタフェースSRSと、ハンマリング試験での各点における入出力応答特性を掛け合わせ、機器ごとに取付点の衝撃環境レベルを算出。



音響試験形態



ハンマリング試験

【試験実施場所】
筑波宇宙センター
1600m³音響試験設備

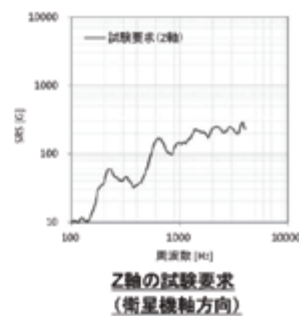
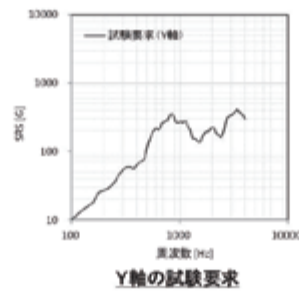
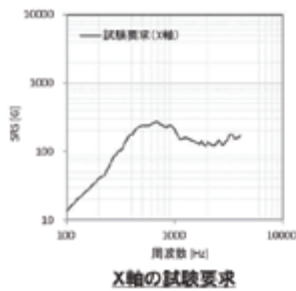
2. 適用対象例 (3/3)



【ERGミッション部搭載機器 衝撃環境条件設定】(続き)

導出された搭載機器衝撃環境条件の一例を、以下に示す。

通常、前頁に示す様に得られたSRSデータは、包絡線 (X db/octの傾き線+水平レベル線)でスペック化されるが、バス部とのインタフェース規定において、既にその処置がなされており、ミッション部側で同様の処置をした場合、「スペック化マージンの二重化」となる。それを回避するため、ERGミッション部搭載機器に対する衝撃試験の一部では、得られたSRS条件を直接的に包絡するアプローチをとった。



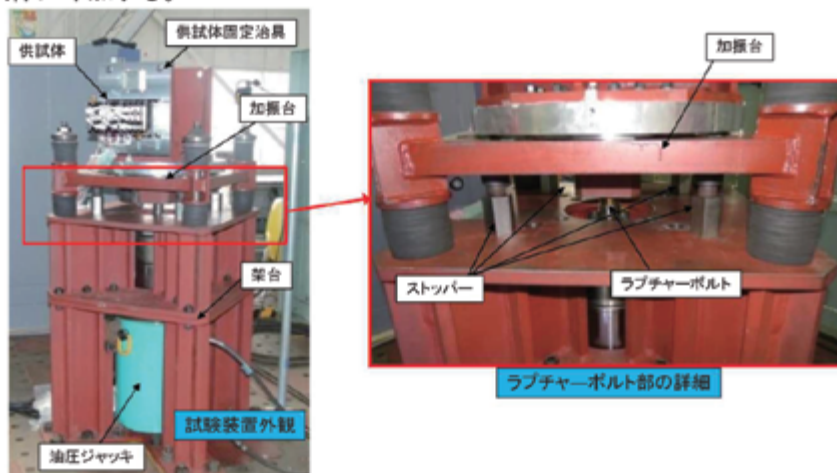
3. 衝撃試験法および装置設計事例の紹介

- ラプチャーボルト方式 衝撃試験装置の構成
- 衝撃試験装置の設計フロー
- 衝撃印加条件調整のためのパラメータ
- 事前解析による印加衝撃の検討

3. 衝撃試験法および装置設計事例の紹介 (1/7)

【ラプチャーボルト方式 衝撃試験装置の構成】

ラプチャーボルト破断時の衝撃力を、加振台および供試体固定治具を介して、供試体に印加する。

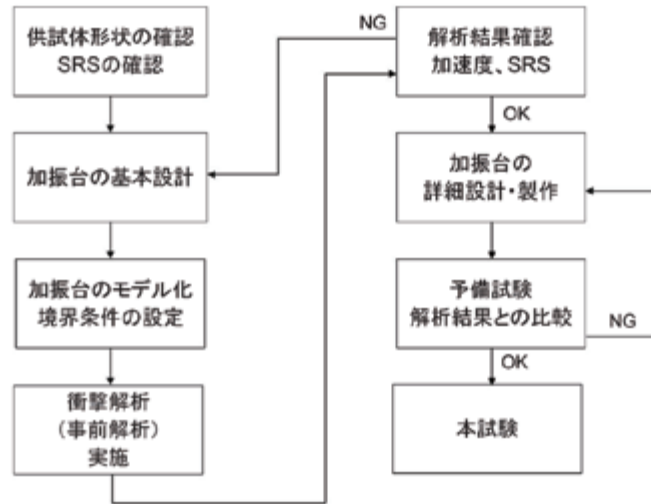


3. 衝撃試験法および装置設計事例の紹介 (2/7)



【衝撃試験装置の設計フロー】

事前解析を適用して基本設計を行い、予備試験で装置/試験条件詳細を決定する。



3. 衝撃試験法および装置設計事例の紹介 (3/7)

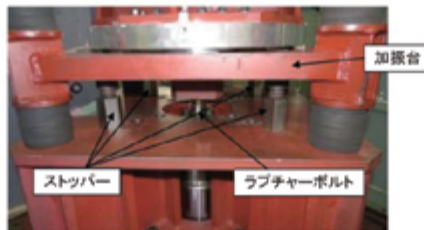


【衝撃印加条件調整のためのパラメータ】

所定の衝撃試験条件を形成するための主なパラメータは、下記の通りである。

パラメータ	大⇄印加加速度⇄小 レベル	特徴
ラプチャーボルトの直径 (破断荷重)	大 ⇄ 小	周波数全体に寄与
ラプチャーボルトの材質	硬 ⇄ 軟	主に高周波数領域に寄与
ストッパーの支持間隔	広 ⇄ 狭	主に低周波数領域に寄与

※ 加振台、固定治具の形状：試験装置系の固有振動数特性に寄与

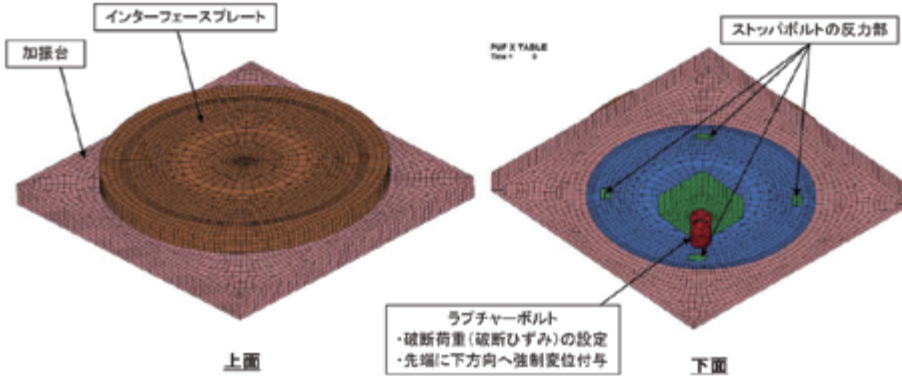


3. 衝撃試験法および装置設計事例の紹介 (4/7)



【事前解析による印加衝撃の検討】

- ・ インターフェースプレート、加振台、ラプチャーボルトを対象にモデル化
- ・ ラプチャーボルトに強制変位を負荷し、破断させることにより衝撃を印加



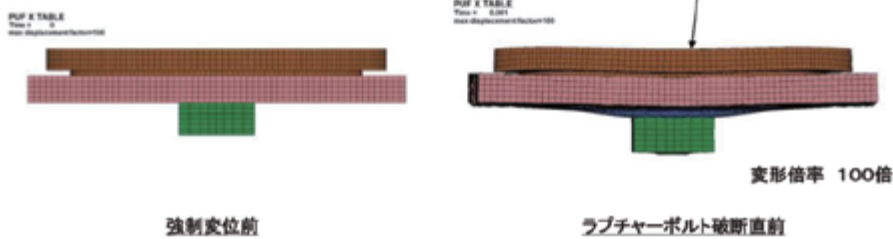
事前解析モデルの代表例(Z軸印加ケース)

3. 衝撃試験法および装置設計事例の紹介 (5/7)



【事前解析による印加衝撃の検討】(続き)

- ① ラプチャーボルト先端に、下方向の強制変位負荷
- ② 加振台中央が下方向にたわみ、ひずみエネルギーが蓄積される。
- ③ ラプチャーボルトが破断
- ④ ボルト破断により、負荷荷重が瞬時に解放され、衝撃が印加される。同時にひずみエネルギーも解放され、加振台に衝撃が印加される。



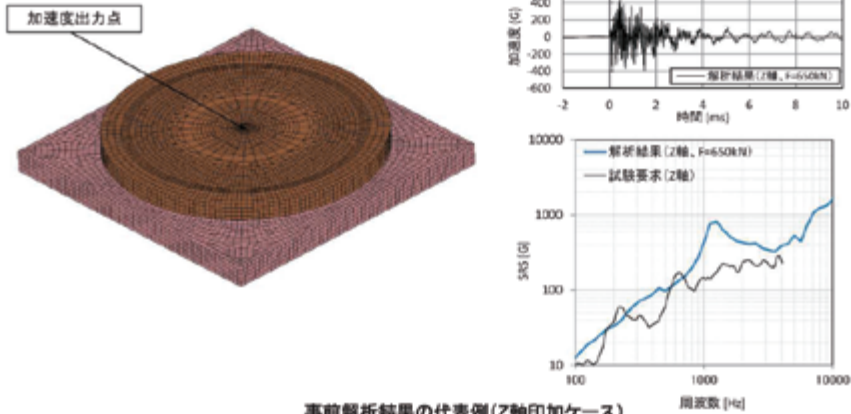
事前解析の変形図(Z軸印加ケース)

3. 衝撃試験法および装置設計事例の紹介 (6/7)



【事前解析による印加衝撃の検討】(続き)

供試体取り付け部の加速度時刻歴およびSRS(解析結果)を、下図に示す。
 所定の試験要求(SRS)を包絡する条件を形成できることを確認した。
 但し、解析では各種パラメータを仮定しており、予備試験での確認が必要である。



事前解析結果の代表例(Z軸印加ケース)

3. 衝撃試験法および装置設計事例の紹介 (7/7)

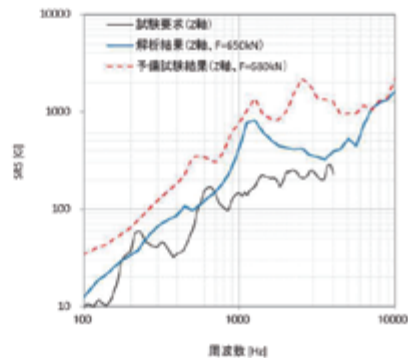


【事前解析による印加衝撃の検討】(続き)

- 予備試験結果と解析結果の傾向は一致しており、ラプチャーボルト寸法等を調整することにより、試験要求に近づけることができる。
- 本試験形態での事前確認試験を実施し、条件を最終確定させる。



予備試験外観写真



解析結果および予備試験結果のSRS比較

Z軸印加ケースの解析結果と予備試験結果の比較

4. 試験結果(例)

- 衝撃印加データ例
- データ評価

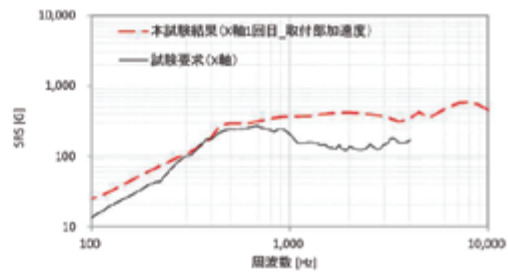
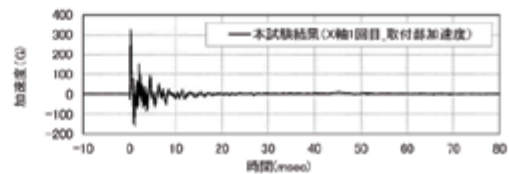
4. 試験結果(例)(1/4)

【衝撃印加データ例：X軸印加ケース】

下記の通り衝撃試験を実施し、要求を包含するレベルを印加できた。



X軸印加ケースの試験セットアップ外観



X軸印加ケースの試験結果

4. 試験結果(例)(2/4)

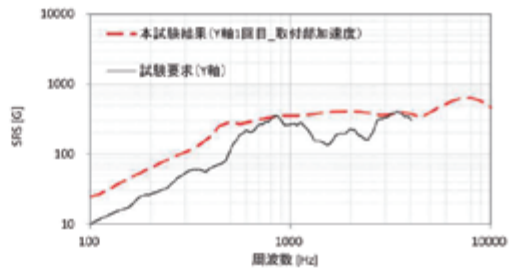
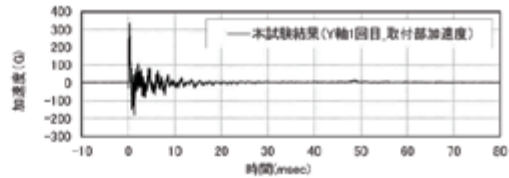


【衝撃印加データ例：Y軸印加ケース】

下記の通り衝撃試験を実施し、要求を包含するレベルを印加できた。



Y軸印加ケースの試験セットアップ外観



Y軸印加ケースの試験結果

4. 試験結果(例)(3/4)

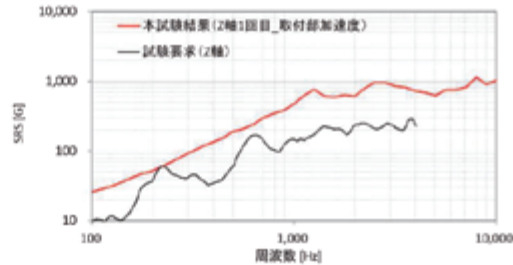
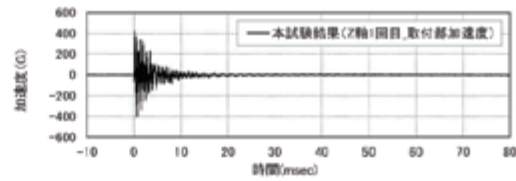


【衝撃印加データ例：Z軸印加ケース】

下記の通り衝撃試験を実施し、要求を包含するレベルを印加できた。



Z軸印加ケースの試験セットアップ外観



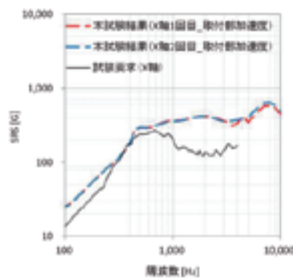
Z軸印加ケースの試験結果

4. 試験結果(例)(4/4)

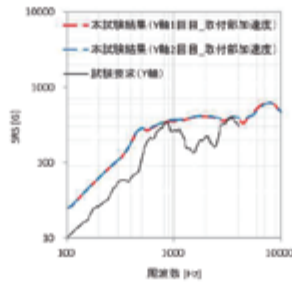


【データ評価】

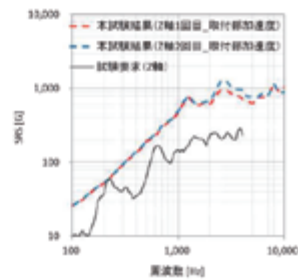
- 各軸2回ずつの衝撃印加を実施した。各軸1回目と2回目の比較し、再現性が良いことが確認できる。
- 試験装置のパラメータ設定を適切に実施したことで、低周波領域、高周波領域で、過大な衝撃加速度を印加することなく、試験要求に近いレベル(SRS)を実現することができた。



X軸印加ケースの試験結果



Y軸印加ケースの試験結果



Z軸印加ケースの試験結果



5. まとめ

5. まとめ

三菱重工

【まとめ】

- 火工品作動に起因する衝撃条件を擬似的に形成する手段として、「**ラブチャーボルト方式**」を用いた試験手法を確立した。
- この試験手法を、**小型衛星ミッション部搭載機器の衝撃試験**に適用し、その有効性が確認できた。
 - 要求値に対して**過剰負荷とならない衝撃印加**が可能
 - 衝撃印加条件の**再現性**を実現
- 試験装置における各パラメータを適切に調整することによって、**多様な衝撃SRSプロファイル**に対応できる。また、**衝撃解析**の適用により、効率的に試験パラメータを設定できる。
- 簡易的なメカニズムによる作動方式であるため、実火工品作動と比較すると、**試験期間・費用の低減化**が図れる。
- 今後は、**パラメータ感度の精緻化**や、(簡潔な)メカニズム追加により、**衝撃条件形成能力の高度化**を検討していく。

**三菱重工**

この星に、たしかな未来を

質疑応答

質問者① JAXA 環境試験技術センター 中尾様

11 ページに試験条件を設定するためのパラメータが並べられていますが、これらのパラメータを設定するために別途多くのデータを収集されているのでしょうか。

発表者

本衝撃試験装置ができてからある程度時間も経過しており、これまでのデータベースは弊社の中で蓄積されています。設定する各パラメータが数値的にどの程度衝撃レベルに影響を及ぼすかは、上部に搭載される供試体の形状や重量によっても変わってくるので、数値的にパラメータを保有している訳ではありません。データベースの中から類似のものをピックアップすることで予備試験の回数を削減しています。

質問者② 元 JAXA 三津間様

試験結果(時刻歴)の波形が非対称であるが、もう少し対称にはできないのでしょうか。SRS だけではなく、波形依存の部品があった場合気になるところであると思われま

発表者

SRS は正の SRS と負の SRS に分離することができ、試験結果には正負 SRS それぞれの最大値を取った包含線を示しています。プラス方向とマイナス方向に同様の加速度を印加するというのは少なくとも現状の衝撃試験装置では難しいと思われ、ご指摘のように今後の課題であると考えています。現状の対応としては正の SRS と負の SRS をそれぞれ評価して、プラス側の試験とマイナス側の試験を別に行うということも弊社では行っています。

質問者③ JAXA イプシロンロケットプロジェクトチーム 宇井様

今回の機器の条件というのは、何点かハンマリングした結果を包絡して設定されていると述べられていましたが、供試体への加振面の中心以外の点の加速度分布がどのようになっているかは把握されているのでしょうか。

発表者

ご指摘の通り、加速度分布は供試体の中で存在しています。本装置は供試体に対してかなりコンパクトな設計になっており、それ故にローカルな振動が発生し供試体の取付面の中で加速度分布が生じてしまうことがあり、今回は取付断面中での加速度分布を平均化させて SRS 解析を行い評価を行っています。

質問者

実際はボルト破断による衝撃が 1 点で入力され、その衝撃が取付面全体に伝播していくということでしょうか。

発表者

はい。衝撃源としては根本の 1 点で入力されることになります。

質問者④ 九州工業大学 畑村様

発表中でハンマ式試験機のことを従来型と言い、従来型では低周波側が強く出やすく過負荷になりやすいということを述べられていたかと思いますが、今回の試験機に変えたことで低周波側の応答はどのように改善されたのでしょうか。

発表者

今回評価している周波数は 100Hz～10kHz の範囲であり、1kHz～10kHz の領域内で半正弦波を形成できるハンマ式や落重式の衝撃試験装置は私自身は見たことがありません。また弊社で従来型の試験装置を自作し試験を実施した経験があるが、その際は 100Hz 付近で約 100G の加速度が発生したという経緯があります。その結果に比べると今回のラプチャーボルト式試験装置の方が低周波の加速度を押さえることができたものと考えています。

質問者

例えば 100Hz 付近で約 100G の加速度でも、試験方法で実際のもの壊れやすさというのは変わってくると思われま。SRS 解析だけで判断するのは危険であると考えています。

質問者⑤ 産業技術総合研究所 野里様

試験結果(時刻歴)のグラフを見ると、高周波成分を含んでいるように見えるのですが、SRS 解析のグラフを見ると 4kHz 付近までしかスペクトルが表されていませんがこれには何か理由があるのでしょうか。

発表者

得られた時刻歴波形をそのまま SRS 解析した結果を示していますが、高周波成分を含んでいると見られるのはどの部分のことを仰っているのでしょうか。

質問者

時刻歴の波形を見ると数 kHz より上の高周波成分を含んでいるように個人的には思えます。サンプリングレートは 10kHz 程度を試験条件としているのでしょうか。

発表者

サンプリングは 500kHz で取得しており、そこからデータ処理の便宜のために 20kHz のローパスフィルタをかけて SRS 解析を行っています。少なくとも 10kHz 以下の高周波数成分は評価できていると考えています。

質問者

高周波成分が含まれているように見えたのもっと高い周波数成分までプロットするとどうなるのかが気になったので質問させて頂きました。

発表者

加速度センサの応答周波数が 20kHz までしかないので、それ以降は少なくとも今の計測系では評価できません。かつ、それくらいの高周波になると供試体を破壊するような振動ではないと考えているので今回は評価していません。

6.3. AES 衛星 “SOCRATES” の開発および 軌道上評価結果

株式会社 エイ・イー・エス

福山 岳司 氏



AES衛星”SOCRATES”の 開発および軌道上評価結果

2014年12月11日
株式会社 エイ・イー・エス
プロジェクトマネジメントディビジョン
サテライトセクション
福山 岳司





株式会社 エイ・イー・エス(AES)について


Advanced Engineering Services Co., Ltd.
設立 昭和61年4月1日



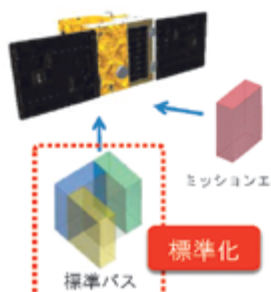
2008 初の宇宙機器 SDS-1 PCU
 ~2009年度
 2010 Planet-C相乗り J-POD
 2010 ISS露露部 VHFアンテナ
 2010 初のミッション機器 SDS-4 AIS受信機
 2011年度
 2012年度
 2012 SDS-4 PCU
 2012 SDS-4 VSGA
 2013 SPRINT-A搭載NESSIE
 2013年度

宇宙開発に係わる様々な業務。2005年頃から小型衛星搭載機器の開発を開始。
 これらの豊富な開発実績を活用し、**小型衛星の自社開発**を開始。





AES小型衛星について



標準バス

ミッションエリア

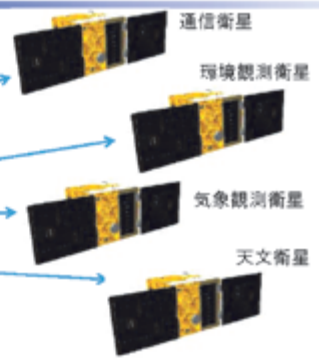
標準化

通信機器

環境観測機器

気象観測機器

天文機器 など



通信衛星

環境観測衛星

気象観測衛星

天文衛星

バスの標準化によって得られる効果


リスク低減


低コスト化

短期開発

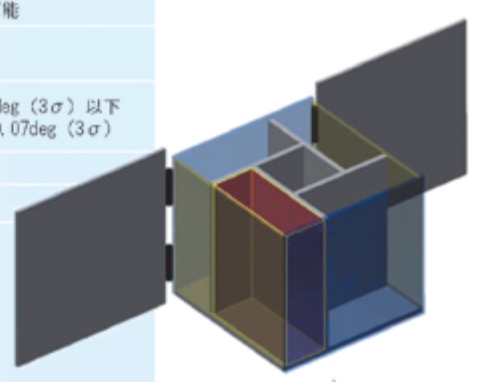
複数機開発により、更なる効果UPが実現可能


小型衛星標準バス1号機 (SOCRATES) は
2014年5月24日に打ち上げられ、軌道上実証しています





項目	内容
衛星バス	50cm角/50kg級
電源電圧	・ +5VDC - ±15VDC ・ 非安定化バス (+19.8~28.8V)
使用電力	・ 40W (ミッション実験時) ※通常時は、低電力の配分が可能
電気I/F	・ RS422 (全二重) 調歩同期 ・ RS422 (全二重) クロック同期
姿勢制御精度 (地球中心指向時)	設計値 : 3軸総合 ±1.35deg (3σ) 以下 軌道上実績値: 3軸総合 0.07±0.07deg (3σ)
搭載サイズ	W295×D120×H385mm
搭載質量	最大 8.0kg
搭載 ミッション例	<ul style="list-style-type: none"> ☑地球観測ミッション 光学カメラによる地球撮像 各種センサによる災害監視等 ☑天体観測ミッション X線センサ等による天体観測 ☑軌道上実証ミッション 本格実用前の軌道上実証 宇宙環境に機器を曝す実験







SOCRATESについて

SOCRATES諸元

名称：宇宙光通信実証試験衛星
Space Optical Communications Research Advanced TEchnology Satellite

衛星諸元	
項目	内容
外形寸法	50cm角級
質量	48.0 kg (軌道上)
軌道	高度 約628 km 太陽同期準回帰軌道
打上げ	H-2Aロケット (主衛星: ALOS2) 平成26年5月24日打上げ 相乗り公募小型衛星
発生電力	約 125 W (ノミナル) 約 135 W (MAX)
姿勢制御	三軸姿勢制御：ゼロモーメントム方式 (太陽指向制御、地球中心指向制御)
通信	Sバンド帯 - uplink : 500bps, - downlink : 1024bps/250kbps




軌道上時



打上げ時

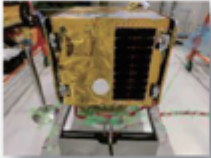




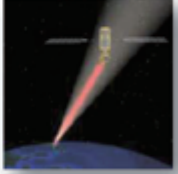
SOCRATESについて

SOCRATESのミッションについて

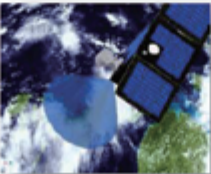
1. 小型衛星標準バスの実証
AESの独自ミッション



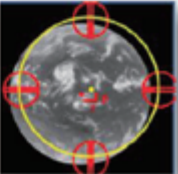
2. 小型衛星用光通信機の実証
情報通信研究機構 (NICT) 殿と共同研究




3. 小型カメラによる地球撮像
情報通信研究機構 (NICT) 殿と共同研究



4. 小型地球センサの実証
宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 殿と共同研究







AES地上局について


AES地上局諸元

項目	内容	
アンテナ	3mφパラボラアンテナ	
送信EIRP	50.5 dBW (MAX)	
受信G/T	14.4 dB/K @ High Elevation	
Uplink	周波数範囲	2025MHz ~ 2110MHz
	変調方式	PCM-PSK/PM, EPSK, QPSK, OQPSK, SQPSK, GMSK, FM
	通信レート	7bps ~ 1Mbps
Downlink	周波数範囲	2200MHz ~ 2290MHz
	変調方式	PCM/FM, EPSK, QPSK, OQSK, SQPSK, ASK, GMSK, AM, FM
	通信レート	1kbps ~ 20Mbps
Tracking I/F	TLE	
宇宙通信プロトコル	CCSDS	
運用可能軌道	<ul style="list-style-type: none"> ・極軌道 (太陽同期軌道) ・軌道傾斜角 30deg以上 	
運用可能高度	低軌道 (LEO) ~ 超低軌道	





S-Bandを使用した各種衛星の高速データ受信 (最大20Mbps) が可能





打ち上げ結果概要

			運用バス数
2日間	クリティカルフェーズ	クリティカルフェーズ (5/24打上~5/25終了) 衛星を打ち上げ後、衛星の通信・姿勢・電力状態が問題無いことを確認した。	KSAT局 : 13 AES局 : 3
2ヶ月間	初期フェーズ	初期フェーズ (5/25~7/30終了) 初期チェックアウトフェーズでは、各機種の機能・性能を確認した。	KSAT局 : 114 AES局 : 154
4ヶ月間	定常フェーズ	定常フェーズ (8/1~11/30終了) 定常運用フェーズの中でHK運用・姿勢制御運用・ミッション運用等を実施する。期間は、4ヶ月とする。	KSAT局 : 95 AES局 : 310
6以上ヶ月間	後期フェーズ	後期フェーズ バス実験、追加のミッション運用を予定している。	1日2~3バス





打ち上げ結果概要

• 現在のサクセスクライテリア達成状況

クライテリア	確認事項	達成結果
ミニマムサクセス	軌道上で衛星バスを構成する必要最低限のコンポーネント（OBC、PCU、STRX、BAT）の動作が確認できること。また、SAPが展開すること。	達成 ※クリティカルフェーズで確認
フルサクセス	軌道上で、すべてのバスコンポーネントの正常動作が確認できること。衛星の生存に必要な電力発生・供給が行えていること。三軸姿勢決定/制御を実施し、太陽指向することができること。	達成 ※初期フェーズで確認
エクストラサクセス	ミッション機器が軌道上で正常に動作し、エンドユーザのニーズに叶った姿勢・電力を提供し、実験に寄与できること。 自動運用システムの確立を行う（モニタリングのみのバスで人間の手によらない運用ができること）。	達成 後期フェーズで実施





開発フロー

• 衛星システムとしてはPFM方式を採用

STM
(熱構造モデル)



➔

PFM
(プロトフライトモデル)



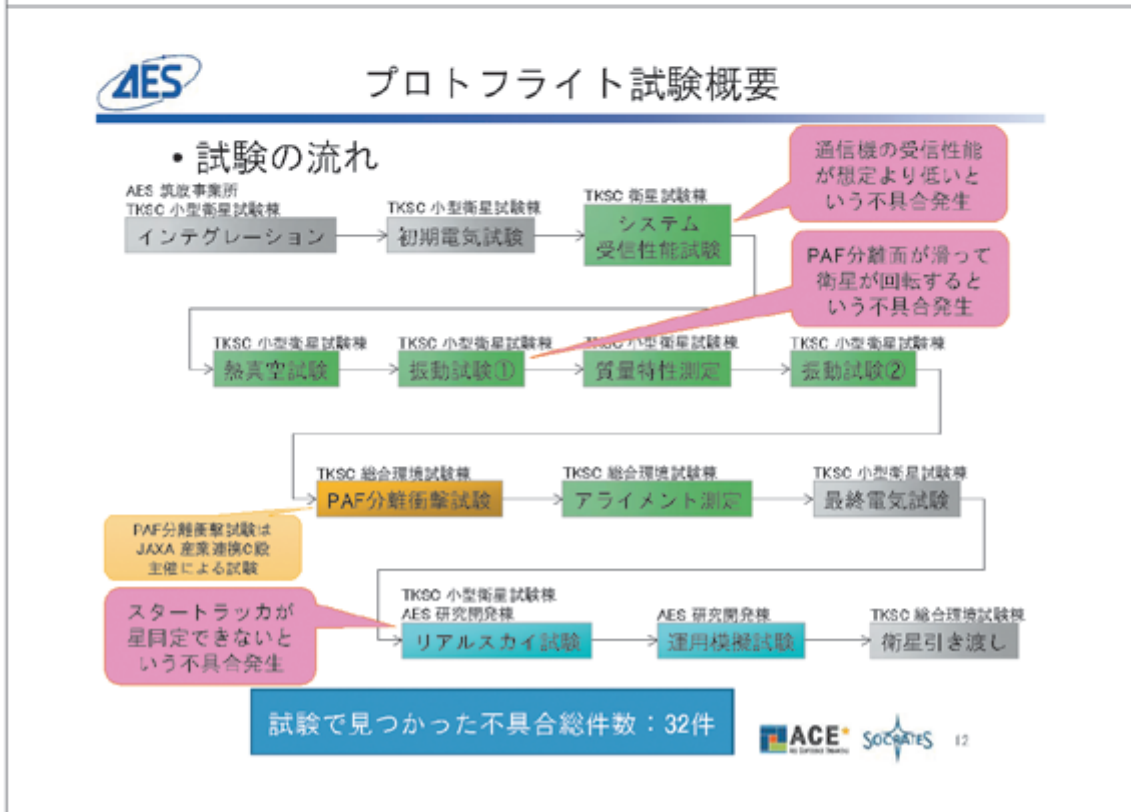
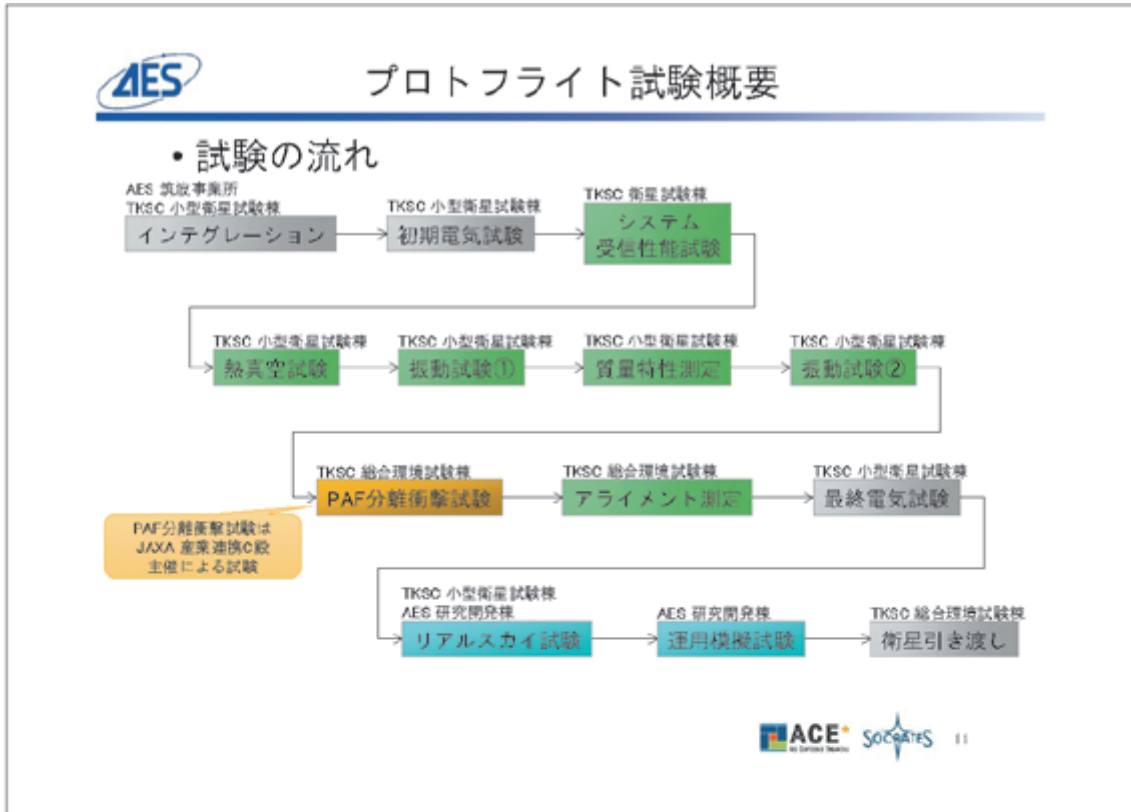
• コンポーネントについては様々

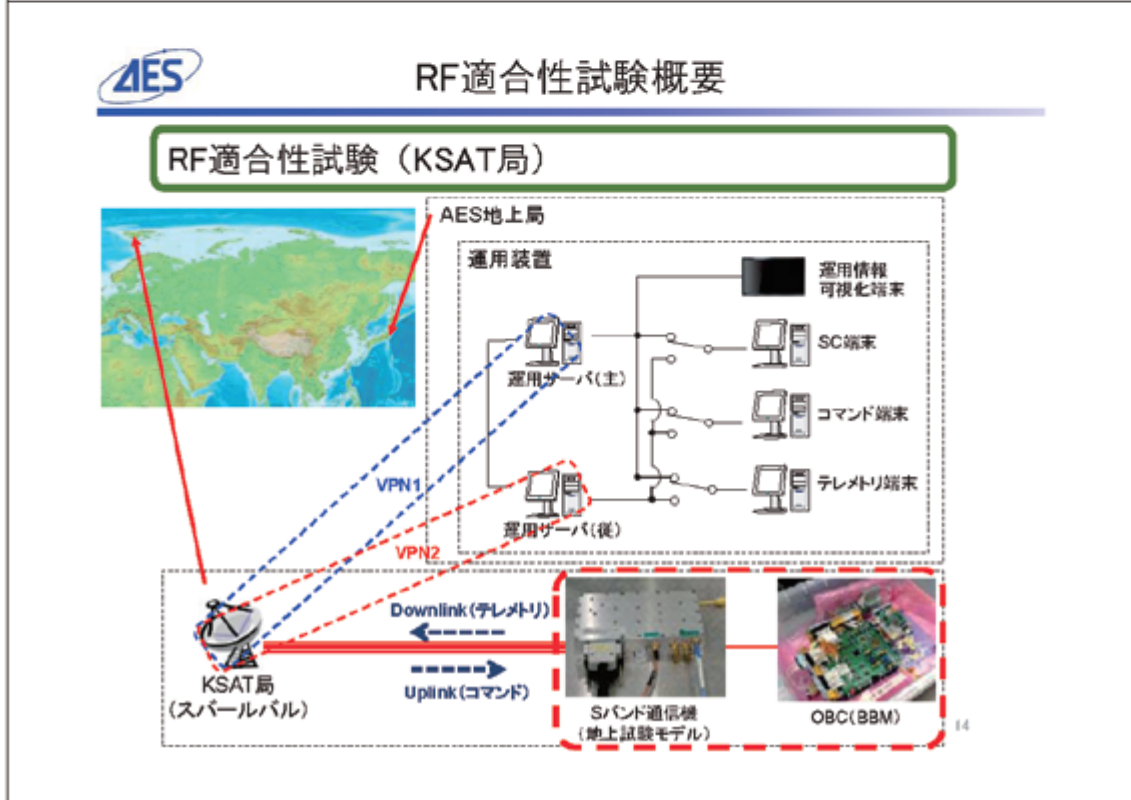
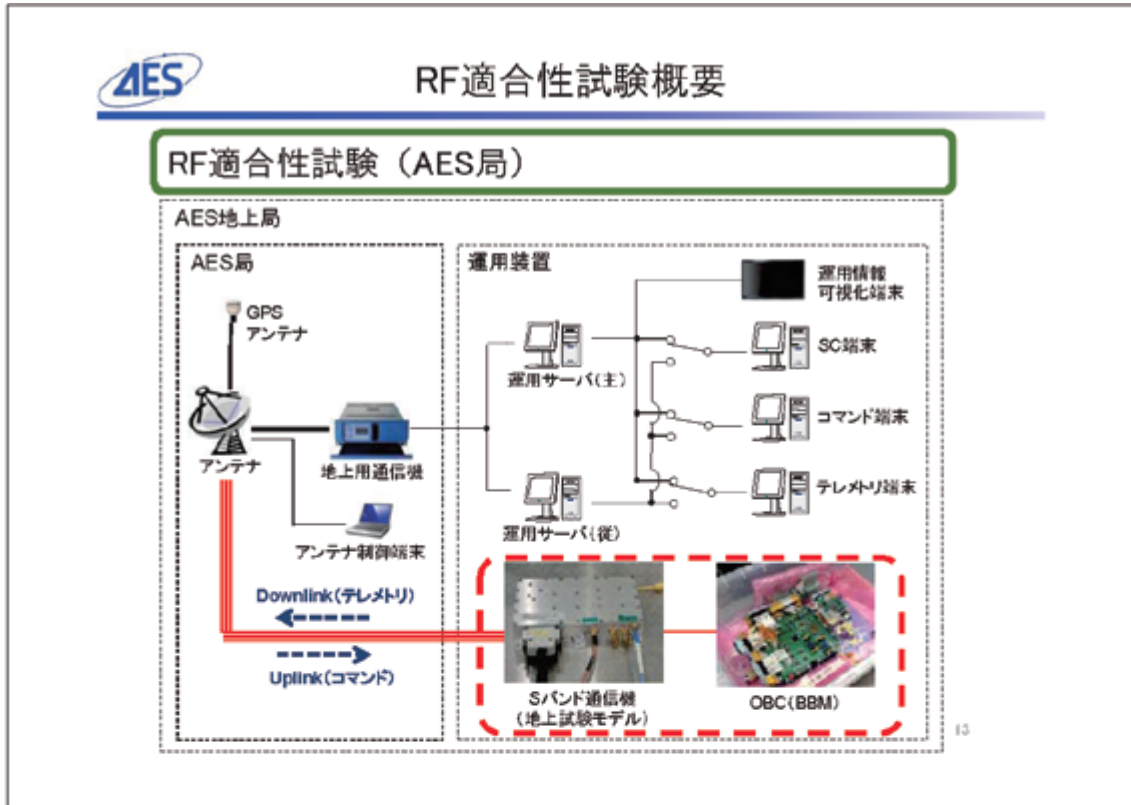
- 購入品：FMのみ
- 開発済みの実績品：PFMのみ
- 新規開発品：BBM→PFM、EM→PFM

ただし、予備品もしくはEM扱いとする数、多めに購入/製作し、単体試験を実施して機能・性能を確認。

開発体制としては、平均14人ほどで開発を実施



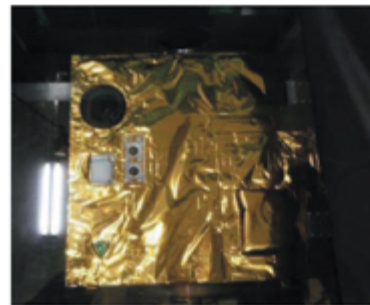
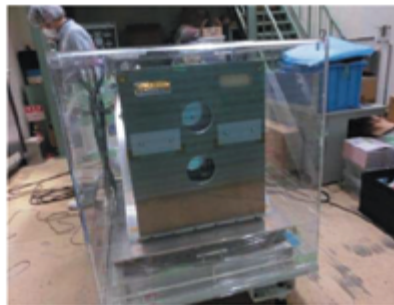






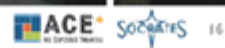
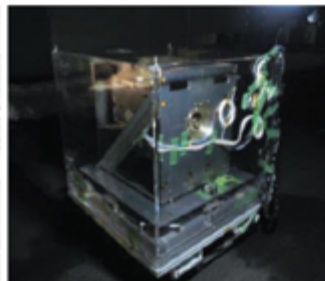
小型衛星ならでの試験について


- システムリアルスカイ試験
 - 実際に、衛星システム本体を外に出して太陽や星を観測させる。
 - 衛星は透明な箱でカバーして湿度、清浄度を可能な限り維持。
 - 天気勝負なので、条件が良い時に試験コンフィギュレーションを作り試験に望むクイックなハンドリング性が要求される。



システムリアルスカイ試験概要


- システムリアルスカイ試験について
 - 衛星システムとして地上運用端末までを含めたEnd to End で、スタートラッカによる姿勢決定が行われることを確認。
 - 衛星システムとして地上運用端末までを含めたEnd to End で、太陽センサ、磁気センサ による姿勢決定が行われることを確認。
 - システム全体としての極性も確認。






姿勢制御系の試験概要

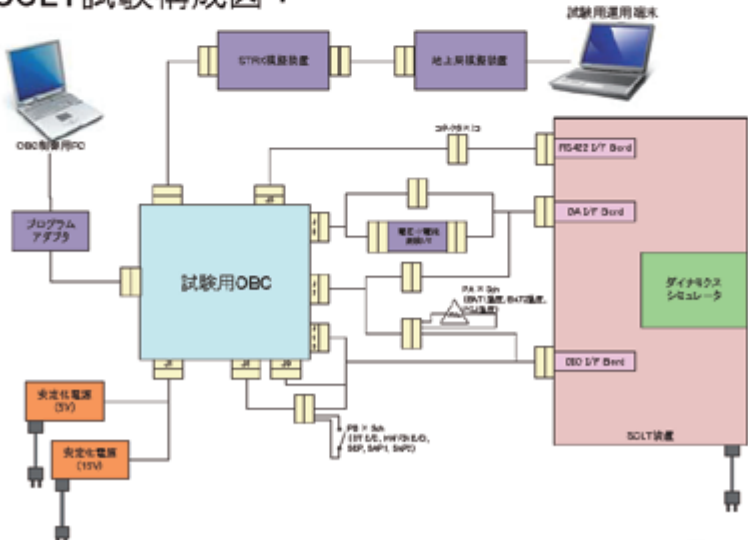
- 姿勢制御系(ACS)の試験は、SCLT試験とフルソフトウェア試験と呼ぶ、2種類の試験を実施。
- SCLT (Static Closed Loop Test) 試験：
 - 搭載計算機(OBC)に実装された基盤ソフトウェアおよび姿勢制御系ソフトウェアの処理を閉ループで確認する試験。OBCの内部遅延等を含む姿勢制御系の総合的な機能・性能を評価する事が目的。
- フルソフトウェアシミュレーション試験：
 - 搭載計算機、姿勢制御系ソフトウェア、衛星ダイナミクス等の軌道上の衛星動作をシミュレータ上で模擬し、フルソフトウェア環境にて姿勢制御系の総合的な機能・性能を評価する事が目的。






姿勢制御系の試験概要

- SCLT試験構成図：



The diagram illustrates the SCLT test setup. It features a central '試験用OBC' (Test OBC) connected to an 'OBC制御用PC' (OBC Control PC) via a 'プログラムアダプタ' (Program Adapter). The OBC is also connected to a '地上局模擬装置' (Ground Station Simulator) and a '試験用運用端末' (Test Operation Terminal). Power is supplied to the OBC from '安定化電源 (5V)' and '安定化電源 (15V)'. The OBC is connected to an 'SCLT装置' (SCLT Device) which includes a 'ダイナミクスシミュレータ' (Dynamics Simulator), 'RS422 I/F Board', 'DA I/F Board', and 'DIO I/F Board'. A '電気信号発生装置' (Electrical Signal Generator) is also connected to the SCLT device. The diagram includes various signal lines and labels such as 'RS-485', 'RS-422', 'DA', 'DIO', and 'CAN'.



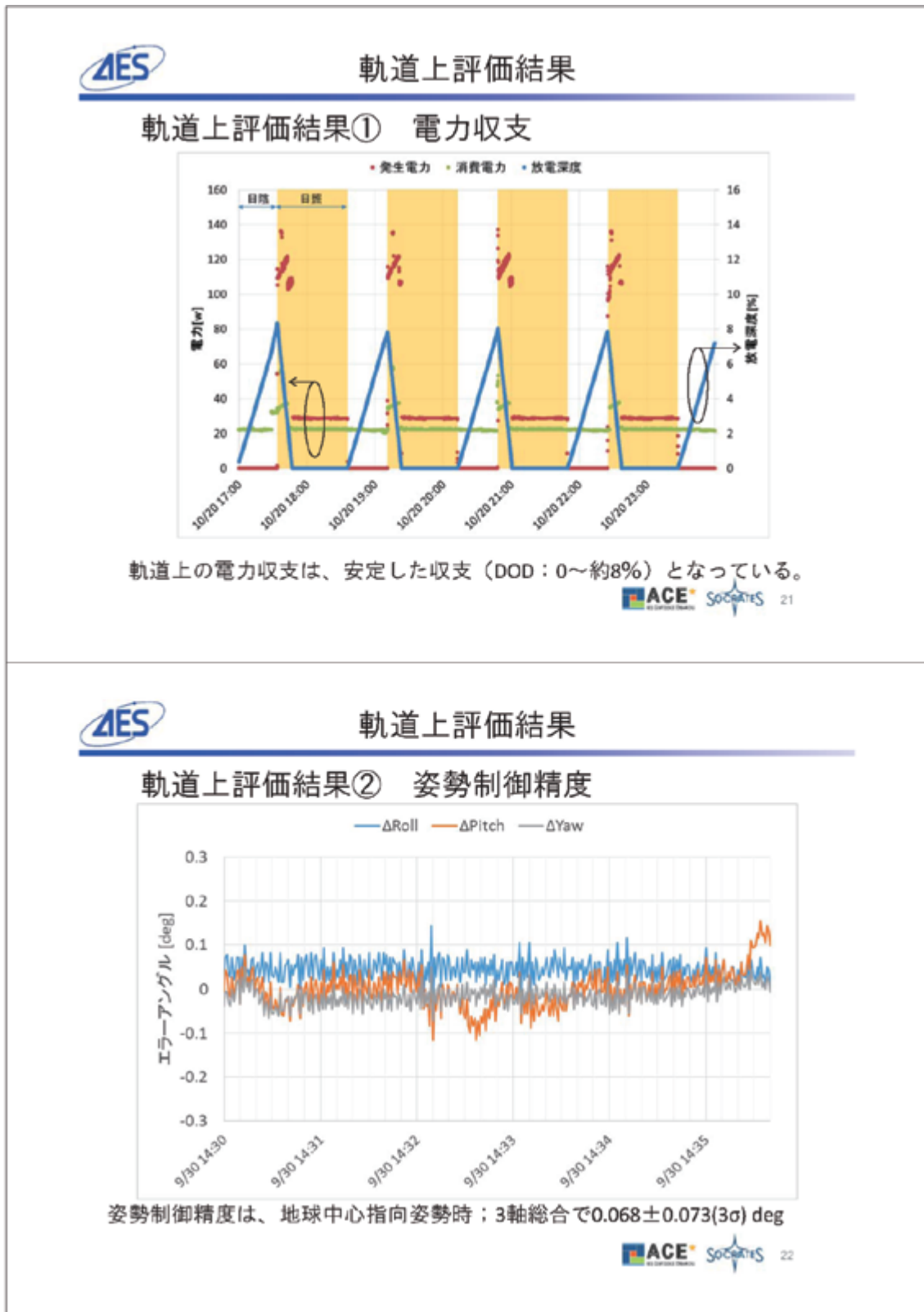
姿勢制御系の試験概要

- フルソフトウェアシミュレーション試験構成図：

軌道上評価結果

- 2014年5月24日12時5分14秒**（日本標準時）
 陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)
相乗り小型副衛星として、H-IIAロケット24号
 機(H-IIA・F24)により打ち上げ。
- 12月5日現在までに
 AES局**479**パス。KSAT局**228**パス。
 計**705**パスを運用。

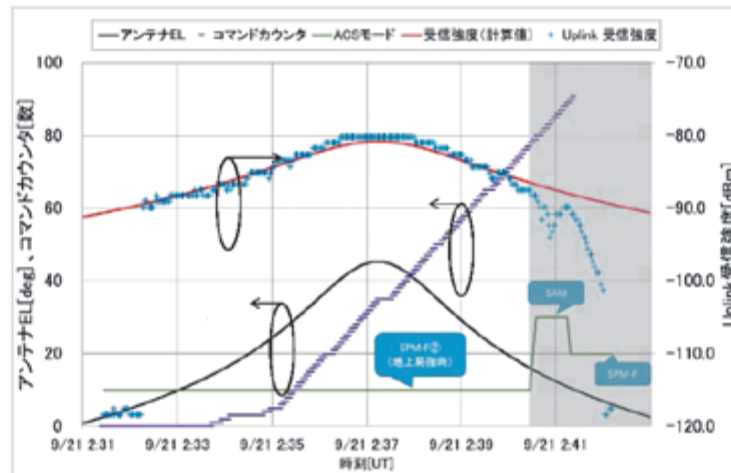
順調に軌道上を周回中





軌道上評価結果

軌道上評価結果③ 地上局指向時の通信回線 (AES局)



バス実験として地上局指向を実施し、計算値と一致する受信強度を得た。



Lessons Learned

- 振動試験機、真空チャンバ、質量特性測定装置、衛星組立試験エリアが一つの部屋にある「小型衛星試験棟」は、小型衛星開発者にとって大変便利であった。設備をお借りすることができた我々はとても助かりました。
- SOCRATESの開発ではJAXA宇宙実証研究共同センター殿との共同研究という枠組みで小型衛星試験棟を使わせていただくことができた。今後、小型衛星試験棟も「試験設備等供用制度」として利用できるよう組み込んでいただきたい。
- 難易度は高いが、リアルスカイ試験によるシステム全体での極性確認は非常に有用。特にスタートラッカの全機能動作確認はシステムにインテグレーションした後だとリアルスカイ試験以外ではほぼ不可能。
- SCLT装置は様々な都合によりPCベースで組み上げたが、OSがWindowsなためタスクの時間的コントロールに苦勞した。結局解決には至っておらず、数十msecの時間的誤差は許容した。



質疑応答

質問者① JAXA 構造機構グループ 佐々木様

今回実証衛星ということで将来的な展望があると思うが、全体重量のリソースとして 8kg という値をもう少し増やすことは可能なのか。またミッション部の自由度を増やすことは可能なのか。

発表者

今回小型衛星標準バスとして開発しているが、ミッション側の要求を極力叶える形で衛星を作っていくことになると考えている。

質問者

現状 8kg の重量ということだが、これを 10kg 程度にすることはできないのか。

発表者

ご要望があることは承知しているので、その時々に応じて設計していきたいと考えている。

質問者② JAXA 環境試験技術センター 福添様

すでに引き合い等もあると考えているが具体的にどのような要望が挙げられているのか、もしくはそのような意見交換を始めているのかという点をお伺いしたい。また差別化という観点で、将来的にこの衛星がどのような強み、売りを持って展開していくのか等展望をお聞かせいただきたい。

発表者

今後の具体的な計画はまだ無いが引き合いは何件か頂いている。また弊社としてこれまで小型衛星の機器を開発してきた実績があり、試験に対するノウハウが強みであると考えている。すなわち確実な衛星を作ることができるという点を強みにして今後開発を行っていききたいと考えている。

質問者

ユーザがさほど専門技術を持たなくとも、ミッション要求に応じてソリューションを提供できるという強みで今後展開していきたいということが伝わった。

質問者② 三菱重工 河野様

試験で見つかった不具合があり苦労されたとのことだが、その中でも PAF 分離面が滑って衛星が回転してしまったという不具合について具体的にどのような事象が発生し、どのよ

うに解決したのか紹介していただきたい。

発表者

PAF と呼ばれる分離機構は円筒形をしておりロケット側と衛星側がある。衛星と PAF はクランプバンドと呼ばれるバンドで固定しているが、この分離面で滑りが発生し衛星が回転したという事象である。この不具合が発生した後、入力加振レベルを調査したところそもそも PAF の設計値範囲外の加振レベルであったことが判明した。解決方法としてはその部分でノッチングを行った。

質問者

機軸に対して直角の方向の力はクランプバンドによる摩擦で受けようとしていたが、その規格仕様を超える環境を与えてしまったことが原因ということか。

発表者

その通りである。

質問者② JAXA 環境試験技術センター 施様

最近の小型衛星の成功率が高くない中でほとんどフルサクセスまで達成されており、貴社は試験に対するノウハウをお持ちとのことだが、実際どの試験標準を使用されたのかをお伺いしたい。例えば JAXA の試験標準を参考にテーラリングを行ったのか、全く別の試験標準を参考にされたのか教えていただきたい。

発表者

試験標準は JAXA 様の小型衛星試験標準を参考にさせていただいた。

6.4. NEC 府中事業場 衛星インテグレーション センターの紹介

日本電気 株式会社

吉田 達哉 氏



Empowered by Innovation **NEC**

第12回 試験技術ワークショップ
NEC府中事業場
衛星インテグレーションセンターの紹介

2014年12月11日
日本電気株式会社
宇宙システム事業部

1. NEC宇宙事業の紹介

NECの宇宙事業

- 宇宙に関わる全てのアセットに豊富な実績を有している。
- コンポーネントについては海外衛星システムインテグレーターへの納入実績多数。 通信機器:200以上の衛星に7000台以上

人工衛星

- 通信・放送 ● 地球観測
- 技術試験 ● 科学

地上システム

- 追跡・運用制御局
- 衛星データ処理・解析
- 射場管制装置 等

衛星搭載機器

- 大型観測センサ ● パス搭載機器
- トランスポンダ ● 太陽電池パドル
- アンテナ 等

ロケット搭載機器

利用システム&サービス

宇宙ステーション

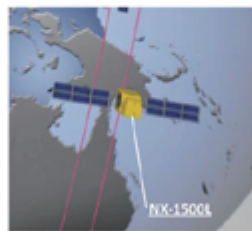


標準衛星システム「NEXTAR」で世界を目指す

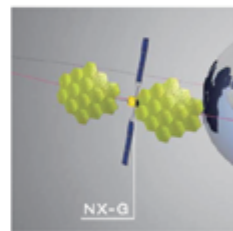
- 500kgから3トンまでを3つのNEXTARでカバー
- NEXTARのコア部分には全て同じ標準プラットフォームを採用
- 標準プラットフォームには自律機能、SpaceWire(宇宙機向け通信規格) SpaceCube2(宇宙用標準コンピュータ)など搭載、NECの強みを注入



バスタイプ
NX-300L (300-500kg)
用途:地球観測機



NX-1500L (1000-1500kg)
用途:地球観測機



NX-G (1.5-3トン)
用途:通信機

「NEXTAR」で、短期間・低コストな衛星システム提供を実現

* NEXTAR: NEC Next Generation Star

2. 衛星インテグレーションセンターの紹介

Page 4

© NEC Cooperation 2014

本資料の内容については当社の許可なく転載されることのないようお願いいたします

Empowered by Innovation

NEC

衛星インテグレーションセンター整備の目的

- 衛星システムの自社一貫生産体制の構築
- PFI等新たな事業形態への対応
- 海外顧客に向けた事業自在性のアピール

NEC府中事業場内に中大型衛星の自社一貫生産体制を整備

機器製造・試験
フロア

衛星インテグレーション
センター

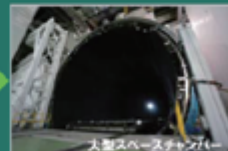
機器製造・試験



衛星組立



環境試験



大型スペースシャワー

Page 5

© NEC Cooperation 2014

本資料の内容については当社の許可なく転載されることのないようお願いいたします

Empowered by Innovation

NEC

衛星インテグレーションセンターの特徴

- 組立室を上下2層に配置し、限られた敷地面積を有効活用
- 各試験室／組立室毎に独立した入退出管理による高度なセキュリティ
- 震度6強の耐震性による高い事業継続性を実現
- 大型非常用発電機を常設することにより停電時にも供試体を安全に保護



所在地:NEC府中事業場内

衛星インテグレーションセンター外観

フロア面積
9,900㎡

組立室天井高さ
16m以上を確保

各試験室の清浄度
クラス10万(*1)以下

*1:ISO14644-1 クラス8
(FED-STD-209)

2014年7月稼働開始
(2015年度全面稼働予定)

主要試験設備の紹介

設備名称	装置主要諸元	データ処理系	備考
振動試験設備	最大搭載質量:8000kg 最大供試体寸法:Φ4.5×8.5H(m)	加速度:400ch 歪:104ch	2014年度稼働
音響試験設備	最大搭載質量:8000kg 反響室寸法:10.5W×9.0D×17.1Hm (約1600m ³)	加速度:400ch 歪:104ch	2014年度稼働
横型スペースチャンバ	チャンバ寸法(内部):Φ8m×12m シュラウド温度:100K以下	熱電対:600ch	2014年度稼働
アライメント試験設備	最大搭載質量:8000kg 測定精度:±20秒角以下	N/A	2015年度稼働
質量特性試験設備	最大搭載質量:8000kg	N/A	2015年度稼働

3. 横型スペースチャンバ試験設備

Page 8

© NEC Cooperation 2014

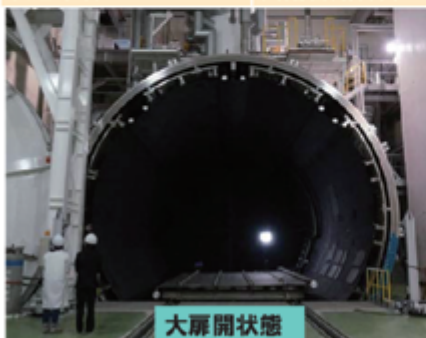
本資料の内容については当社の許可なく転載されることのないようお願いいたします

Empowered by Innovation

NEC

横型スペースチャンバー

項目	主要スペック	備考
供試体収容空間	直径8m×長さ12mの円筒形	
試験可能供試体質量	15,000kg	
到達真空度	$1.33 \times 10^{-5} \text{Pa}$ ($1.0 \times 10^{-7} \text{Torr}$) 以下	
防振性能	1mG以下	
製造業者	大陽日酸(株)	



Page 9

© NEC Cooperation 2014

本資料の内容については当社の許可なく転載されることのないようお願いいたします

Empowered by Innovation

NEC

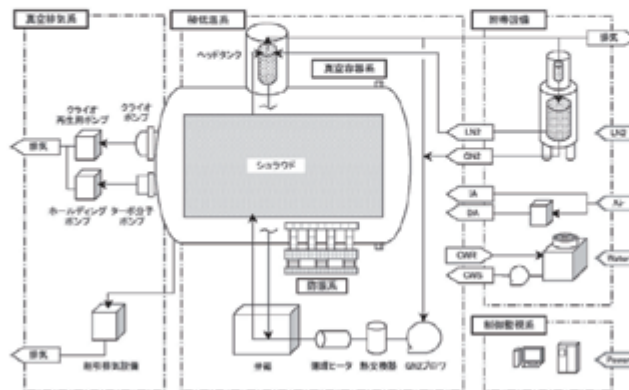
横型スペースチャンバー

【真空排気系】

排気ポンプを冗長構成にすることにより高い信頼性を実現

【極低温系】

通常の“LN2モード”に加えて“GN2温調モード”、“ペーキングモード”の3モードの選択が可能



チャンバースステムブロック図 【出典:大陽日機技術No33(2014)】

横型スペースチャンバー

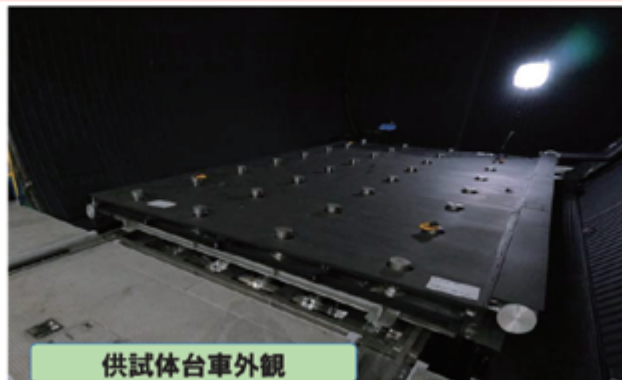
【供試体インターフェース】

供試体インターフェースはJAXA様13mφスペースチャンバのIR台車と同じピッチとネジサイズを採用

⇒ 既存治具の有効活用と試験設備選択時のフレキシビリティを確保

【防振機構】

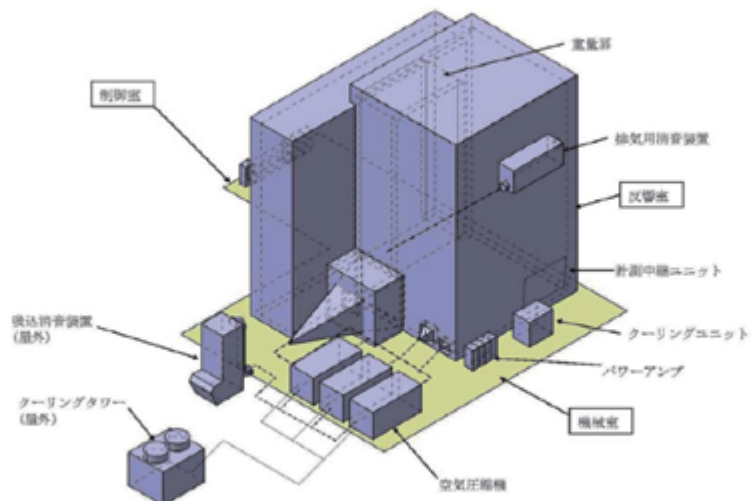
1mG以下の防振性能を実現 ⇒ 高精度の光学系測定が可能



供試体台車外観

4. 音響試験設備

音響試験設備



音響試験設備外観図

音響試験設備

音響試験設備概要

項目	主要スペック	備考
空音場最大音圧レベル	151dB(O.A)	
周波数レンジ	25~ 10,000Hz	
音圧スペクトラム	1/1オクターブバンド及び1/3オクターブバンドの設定が可能。	次ページに1/1のスペクトル例を示す。
音響媒体	圧縮空気	
供試体サイズ	供試体容積は反響室の10%以内を推奨	
反響室寸法	10.5m×9.0m×17.1m(高さ) 容積 約1600 m ³	
搬入開口部寸法	6.5m(横)×13m(高さ)	
反響室内クレーン	10トン X-Y走行	
制御用マイクロフォンチャンネル	6ch	
製造業者	川崎重工(株)	

音響試験設備

音圧スペクトラム

1/1 OCT 中心周波数(Hz)	最大音圧レベル(dB)	備考
31.5	138	
63	143.5	
125	144	
250	146	
500	142.5	
1000	140	
2000	134	
4000	125	
8000	122	
O.A.	151	

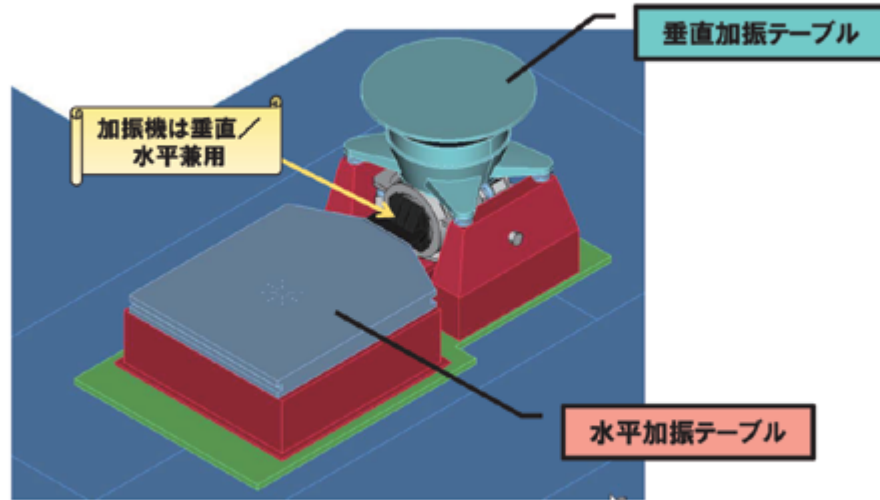
音響試験設備

反響室内部



5. 振動試験設備

振動試験設備



振動試験設備外観図

振動試験設備

振動試験設備概要

項目	主要スペック	備考
最大搭載質量	8000kg	
加振波形種類	正弦波、ランダム波、ショック波	
周波数範囲	正弦波:5~200Hz ランダム:5~300Hz	大型供試体加振時
最大加速度	水平:94.6m/s ² 【9.6G】 垂直:164m/s ² 【16.7G】	大型加振台無負荷時
最大変位	50.8mm(p-p)	
加振テーブル寸法	水平:3m×3m□、垂直:Φ2.5m	
最低制御レベル	正弦波:0.49m/s ² 【0.05G】(5~200Hz) ランダム波:0.98m/s ² rms【0.1Grms】(5~300Hz)	
加振テーブルネジ穴パターン	JAXA様振動試験設備(筑波センター及び相模原キャンパス)との互換性を確保	
制御用加速度センサ	60ch	
製造業者	IMV(株)	

6. 計測データ処理設備

計測データ処理装置

計測データ処理設備概要

【横型スペースチャンバー】

熱電対計測チャンネル:600ch

電源系統:80系統(1台あたり最大1600W)

製造業者:(株)エイ・イー・エス

備考:試験設定データファイルはJAXA殿筑波宇宙センター13mΦスペースチャンバー用装置との互換性あり

【音響試験設備】

加速度計測チャンネル:400ch

歪ゲージ計測チャンネル:104ch

製造業者:Siemens PLM Software社(旧 LMS International社)

【振動試験設備】

加速度計測チャンネル:400ch

歪ゲージ計測チャンネル:104ch

製造業者:Siemens PLM Software社(旧 LMS International社)

7. アライメント試験設備／質量特性試験設備

アライメント試験設備／質量特性試験設備

アライメント試験設備概要

【構成(暫定)】

- ・ロータリーテーブル(Φ2m)
- ・ツールングバー(10m)
- ・セオドライト／オートコロメーションプリズム

【測定可能供試体質量】

- ・8000kg以上

【測定精度(暫定)】

- ・±20秒角以下

アライメント試験設備／質量特性試験設備

質量特性試験設備概要

質量測定装置

【測定可能供試体質量】

- ・8000kg以上

【測定精度(暫定)】

- ・0.05%

質量特性測定装置(CG/MOI)

【測定可能供試体質量】

- ・8000kg以上

【測定精度(暫定)】

- ・CG:±0.1%以下、MOI:±0.1%以下

【回転テーブル径】

- ・Φ2m

4. 今後の計画

運用管理の方針

- 2014年6月から衛星インテグレーションセンター運用のための専門組織が発足。
- NECは今回の様な大規模な試験設備を運用した経験が少ないため、長年JAXA様の衛星試験設備の運用に携わってきた(株)エイ・イー・エス様の全面的な支援を受けながら運用を行っている。
- JAXA試験センター様とも定期的に情報交換の機会を設けさせていただくことにより、お互いの試験装置をより良いものにしていくことを計画中。
- 試験装置の信頼性向上と運用コスト削減のために、JAXA試験センター様で使用実績のある性能確認用治具(質量ダミー等)を借用させていただくことを計画中(JAXA 新事業促進センター様経由)。

今後の衛星開発における設備利用方針

- JAXA様の筑波宇宙センターの各種試験設備についても、第一衛星利用ミッション本部様の衛星を中心に引き続き使用させていただくことを予定している。
- 科学衛星関連についても、引き続きJAXA様の相模原キャンパスの試験設備を中心に使用を継続させていただきたいと考えている。

Orchestrating a brighter world

世界の想いを、未来へつなげる。

未来に向かい、人が生きる、豊かに生きるために欠かせないもの。
それは「安全」「安心」「効率」「公平」という価値が実現された社会です。

NECは、ネットワーク技術とコンピューティング技術をあわせ持つ類のないインテグレーターとして
リーダーシップを発揮し、卓越した技術とさまざまな知見やアイデアを融合することで、
世界の国々や地域の人々と協働しながら、
明るく希望に満ちた暮らしと社会を実現し、未来につなげていきます。

Empowered by Innovation

NEC

質疑応答

質問者① JAXA 構造機構グループ 佐々木様

2点質問がございます。NEC、NT スペースはこれまで ISAS と協力して衛星開発を行っているが、そういった中で JAXA 相模原や筑波の試験設備を使っていて、改善して欲しかった点で、改良した部分はありますか。

2点目の質問は、仮に JAXA 側の試験設備に緊急事態が発生し使用できなくなった場合に、JAXA が他社と開発をしている衛星の試験のために試験設備を貸して頂くことは可能か。

発表者

1点目の質問について、JAXA の試験設備を使用していて特に問題となる事項はないと考えており、基本的には JAXA 試験設備と同等レベルの設備をつくる予定です。

少し質問の主旨とはずれのかもしれないが、お客様 (JAXA) の試験設備を使用することはスケジュールの観点で自由度が少ないことが挙げられる。自社の設備をつくることでスケジュール等の自由度は増えると考えている。

2点目質問について、今のところ NEC 外への設備貸出は考えていないが、東日本大震災レベルの震災が発生した場合はお互い補完できるような運用ができるよう今後考えていきたい。つくばと東京であれば災害のレベルも異なることが予想されるため、お互いの補完関係にはなれると考える。

質問者② 日本エーエスアイ 井下様

試験設備ということで今回主に実物の計測であるハードの説明だったが、将来的な試験設備ということでいうとシュミレーションとか解析、3D デジタルモックアップといったものの整備や計画はあるのか。

発表者

シュミレーションに関しては従来実施しているものを基本的には踏襲する。

3D を使用した試験設備の形状やインターフェースの確認は実際に計画して進めている。今回は時間の都合上割愛した。詳細な 3D モデルを作って治具を組み立てた際の検討をしていく予定である。

質問者③ 九州工業大学 畑村様

振動試験の計測データ処理装置について発表された際に、歪ゲージの計測チャンネルが104chと説明されたが、実際に歪を測ることを目的しているのか。それとも加速度センサの取り付けにくい部分に加速度センサの替わりに取り付け加速度に変換することを目的としているのか。

発表者

実際に歪を測ることを目的としている。

質問者

振動試験の制御用の加速度センサは60chと書かれているが、これは通常60chで制御されるという意味か、それともMAXのチャンネル数のことか。

発表者

MAXのチャンネル数のことである。今までの実績から60chあれば十分と考えている。

質問者

治具の構成次第だとは思いますが、私の経験上たくさん取り付けすぎると10Gの振動試験が振れすぎる所があるせいで9、8Gに落ちることもあるので多いと感じた。

発表者

実際にはこんなにも使用しないとは思いますが、能力として60chということである。

質問者④ JAXA 環境試験技術センター 河崎様

P.23 アライメント設備の概要部分について、記載されている仕様だと角度測定のための設備と見受けられるが、位置座標測定については考えているのか。

発表者

この設備自体は角度の測定のみでの使用を考えている。但し、レーザートラッカー等も導入していることからそれと組み合わせる形で位置測定もしていくことになる。

質問者

測定精度±20秒角以下というのはあくまでロータリーテーブルの精度ということか。

発表者

その通りである。

質問者⑤ JAXA 環境試験技術センター 施様

2点質問がございます。全体計画の中で2015年度の整備はアライメントと質量特性と書かれているが、衝撃試験設備はこれからつくる計画があるのでしょうか。

2点目の質問は音響試験設備と振動試験設備では同じメーカーの400chの計測系が導入されるようだが、互換性を持たせた形で整備される予定か。

発表者

1点目の質問について衝撃は設備として整備するというよりは計測系と点火系があればよいので既存のものが使用できると考えている。但し、来年度新しく、チャンネル数を増やした点火系と、同じシーメンスの衝撃の測定系を導入する予定。

2点目の質問についてですが、全く同じものを2式導入するため故障すればもう一方で対応することも可能である。

6.5. 鉄道車両用 HILS システムによる仮想走行 試験環境の構築

鉄道総合技術研究所

小金井 玲子 氏



1

発表内容

1. 研究目的

2. HILSシステムとは

3. 鉄道車両用HILSシステムの構成

- ①編成走行模擬試験環境
- ②要素部品性能試験環境
- ③特性同定試験環境

4. まとめ



Railway Technical Research Institute

2

研究目的

HILS技術の応用による仮想走行試験環境の構築


- ▶ シミュレーション、要素試験装置、車両試験台の結合による
車両運動特性評価の効率化
- ▶ 実走行時の乗り心地・運動特性をベンチ試験で予測・評価

背景

車両の信頼性や性能向上に重要な役割を果たす走行試験
⇒日本には専用の試験線がないため、営業線を使用

営業線における走行試験

- ▶ 時間とコストがかかる
- ▶ 走行回数や試験条件の制約


Railway Technical Research Institute

3


研究目的

HILS技術の応用による仮想走行試験環境の構築

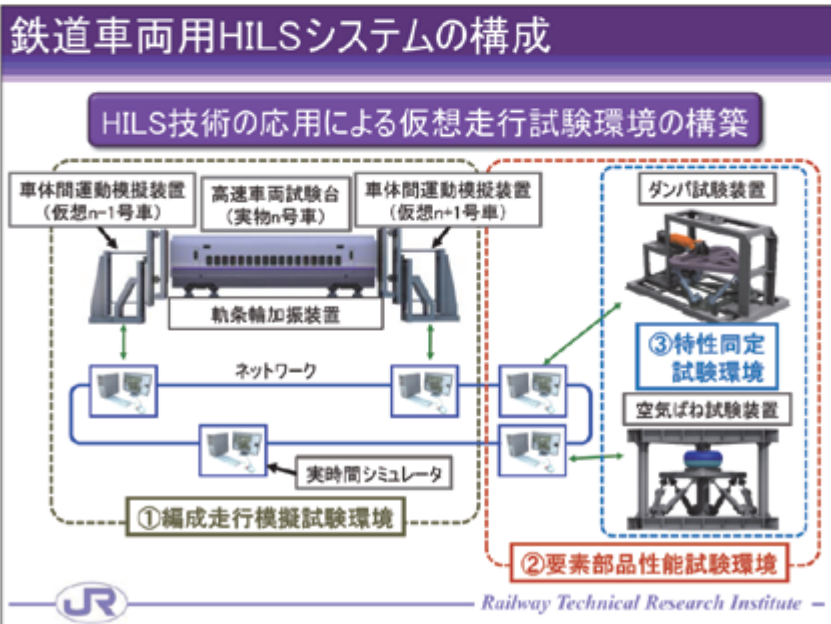
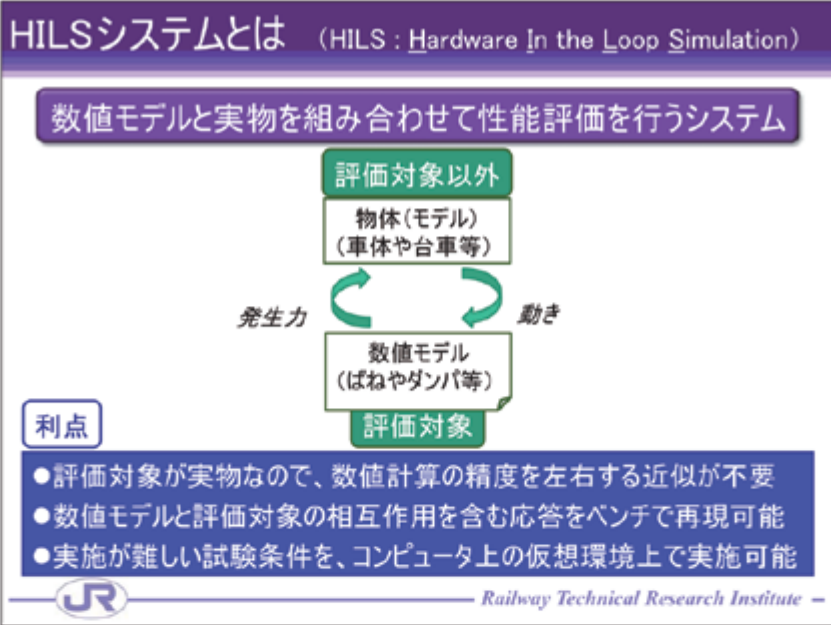
- ▶ シミュレーション、要素試験装置、車両試験台の結合による
車両運動特性評価の効率化
- ▶ 実走行時の乗り心地・運動特性をベンチ試験で予測・評価

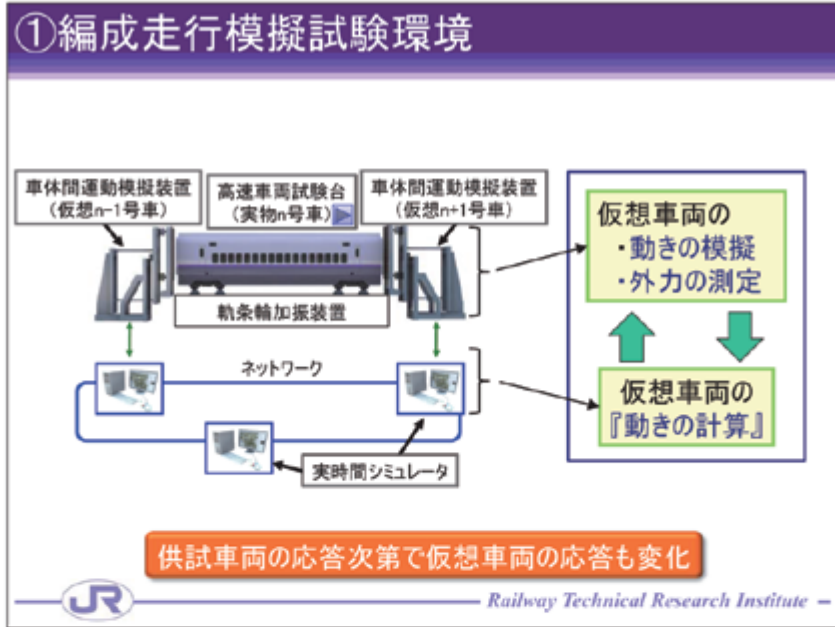
効果

- ① 走行試験代替による車両開発効率化
→ 開発期間短縮や品質向上
- ② 故障模擬を含む試験条件の多様化
→ 実車では困難な事象が評価でき、安全性向上に寄与
- ③ 編成中の車両の挙動解析


Railway Technical Research Institute

4

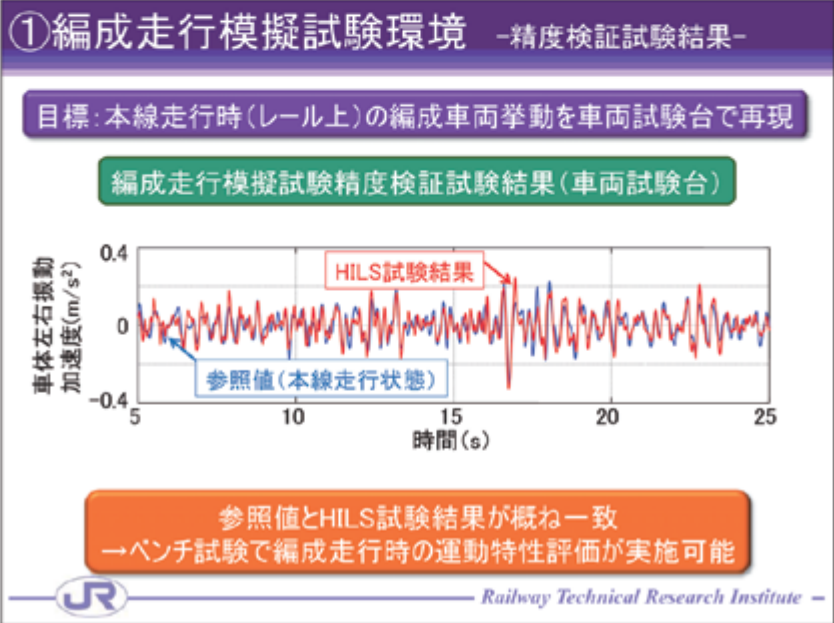
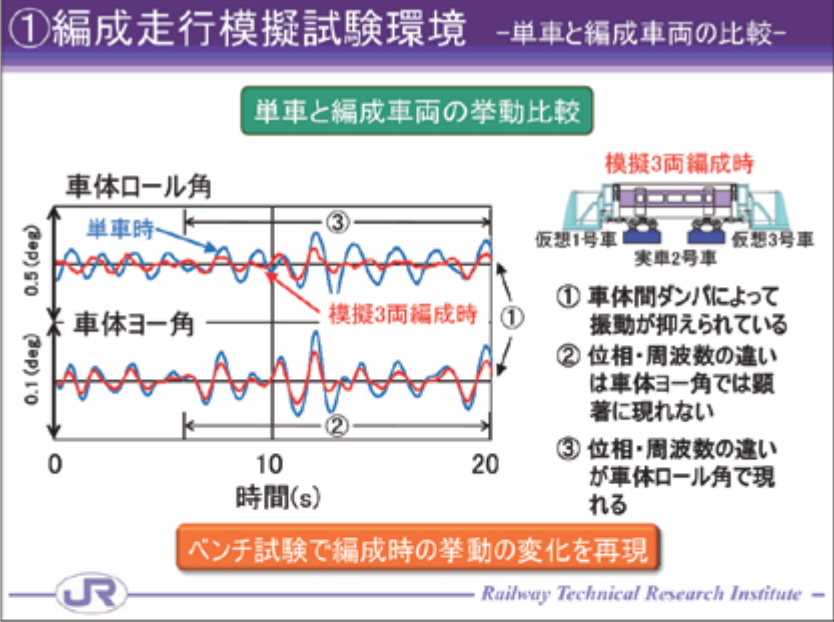


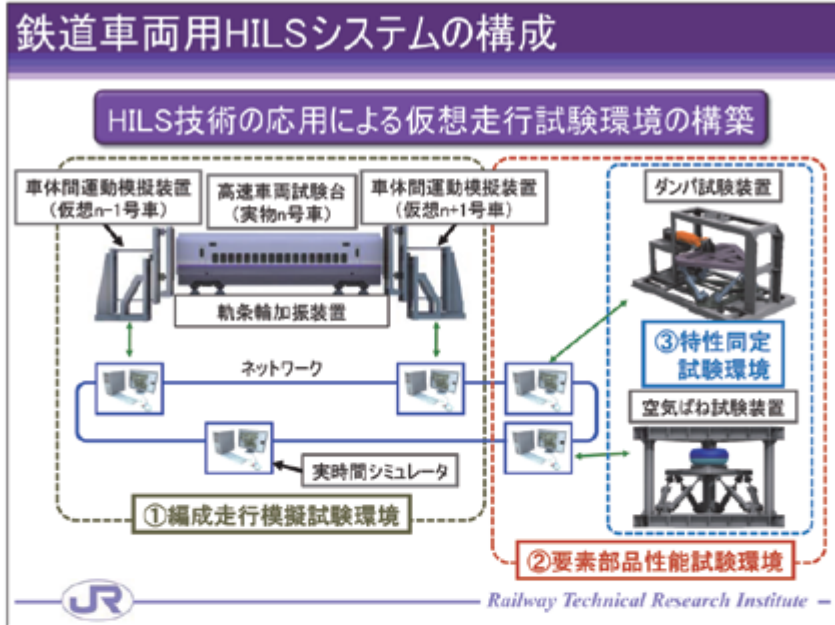


7

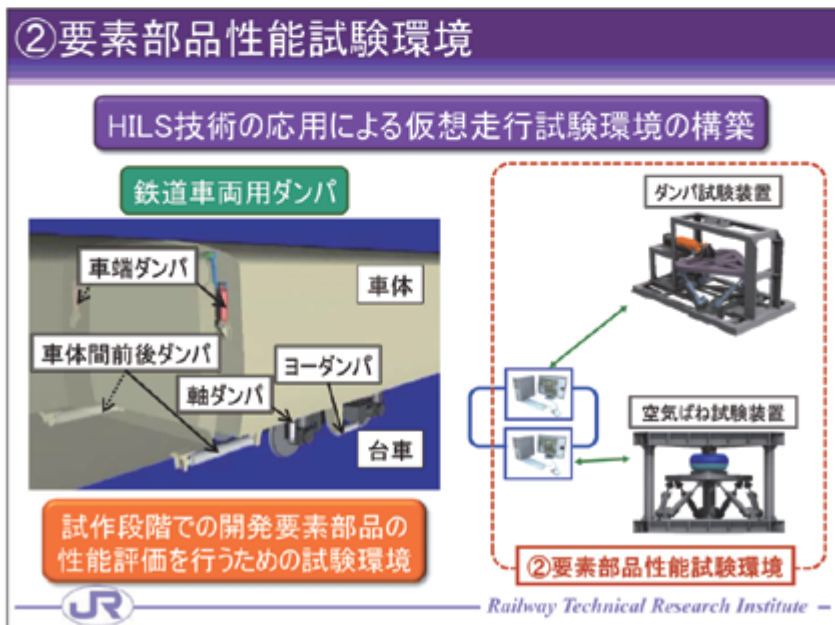


8





11



12

②要素部品性能試験環境 -要素部品試験装置-

試験装置に必要な条件

- ①鉄道車両で使われている全てのダンパ・空気ばねの試験が実施可能
- ②実際の使用状態と同等の取り付けが可能
 - ・弾性部材のダンパ特性への影響
(取付部のねじり・こじり力)
- ③車両走行時と同じ条件で加振可能
→6自由度の加振試験装置

実走行状態においてダンパや空気ばねが車両性能に及ぼす影響を再現

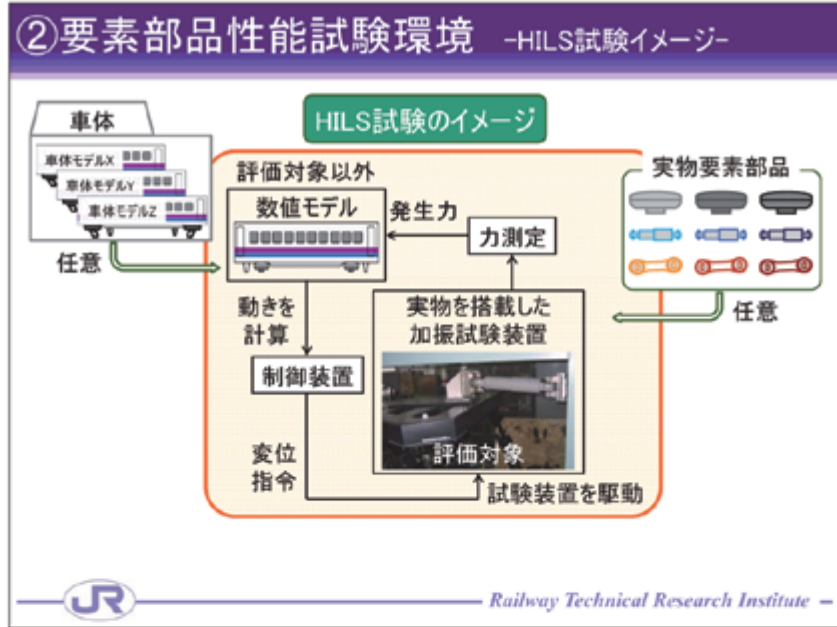
— Railway Technical Research Institute —

②要素部品性能試験環境 -動画-

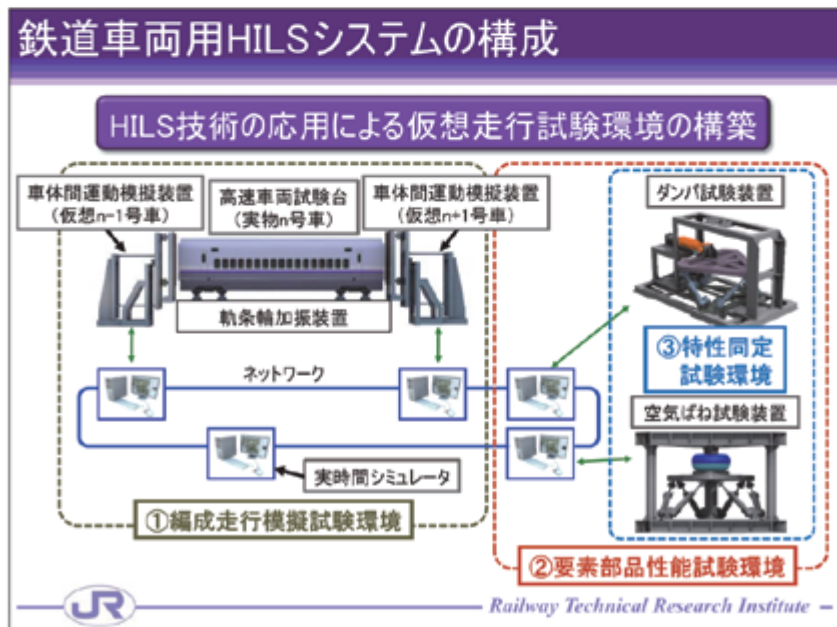
ダンパ試験装置

空気ばね試験装置

— Railway Technical Research Institute —



15




16

③特性同定試験環境 -自動同定システムの構築-

高精度なダンパモデルの自動生成システム


- ①図面(FV線図などの図面情報)上のパラメータを入力すると、試験装置の加振パターンを生成
- ②6自由度変位と6自由度発生力の関係をニューラルネットワークで学習
- ③任意の変位入力に対する発生力を予測する高精度モデルを生成

ダンパ試験装置




③特性同定試験環境

空気ばね試験装置



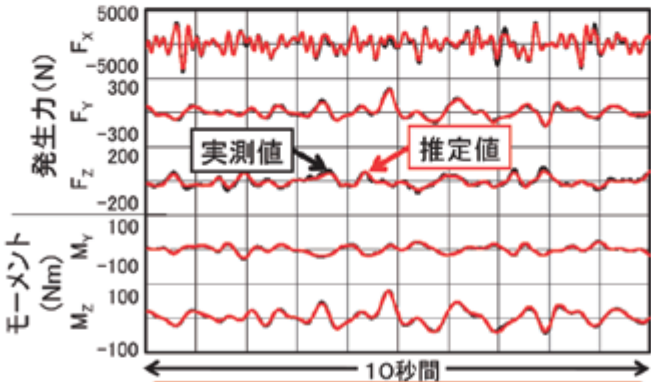
HILS対応部品モデルに自動的に変換



Railway Technical Research Institute

③特性同定試験環境 -多自由度同定結果-

ニューラルネットワークによる左右動ダンパの特性同定結果

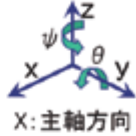



発生力(N)
 F_x
 F_y
 F_z

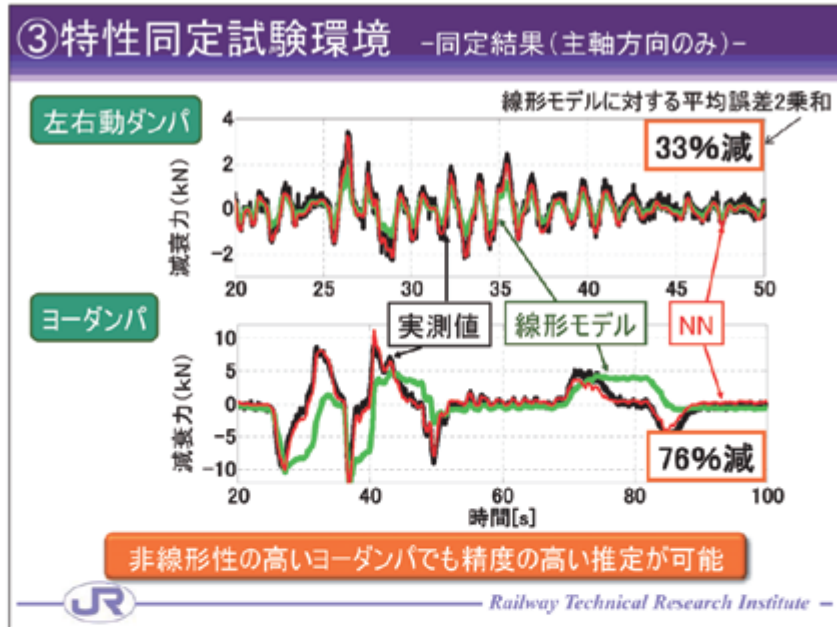
モーメント(Nm)
 M_x
 M_y
 M_z

10秒間

HILS対応の高精度な多入力多出力モデル

Railway Technical Research Institute



19

まとめ

HILS技術の応用による仮想走行試験環境の構築

鉄道車両用HILSシステムに関し、以下を紹介した。

- ①目的と背景
- ②HILSシステムとその利点
- ③鉄道車両用HILSシステムの構成
 - ・編成走行模擬試験
 - ・要素部品性能試験
 - ・特性同定試験

鉄道車両の開発期間短縮や品質向上に貢献できる
車両開発の共用的ツールとして実用化を目指す

JR Railway Technical Research Institute

20

質疑応答

質問者① JAXA セキュリティ情報化推進部 島津様

自動車業界以外で HILS の技術を実用化している例はあるのか。また自動車と電車の一番大きな構造的な違いとしては自動車は単体で走行するのに対し電車では連結して動いている点であると考えている。連結部分を単純に足しただけで HILS の機能が自動車並みに使えるのかが不思議である。後部車両の影響が前の車両に与える影響等があると考えられるので、自動車に適用する場合と違う工夫をしている部分があれば教えていただきたい。

発表者

HILS については私の知る限りでは自動車のエンジン制御や変速機に使われているというところまでである。また実用化レベルにあるか研究段階なのかは分からないが、地盤をモデル化し、構造物は実物のスケールモデルを利用した試験が行われていることを聞いたことがある。また JAXA 様においても HILS 絡みの研究を行っているというところがある。鉄道車両と自動車の違いとして編成というのは確かに大きな要素である。また部品の数もかなり大きく、機械的な車体間運動模擬装置を動かすための実時間シミュレータ内の数値モデルはかなり多くの部品点数があるため工夫を行っている。

質問者

自動車は一つの箱の動きのみをシミュレーションすれば良いと思うが、電車の場合は後ろの車両の動きが前に影響する等があるのではないかと。

発表者

中央の車両の動きが変われば前後の車両を模擬した車体間運動模擬装置の動きも変わり、車体間模擬装置の動きが変わればそれが中央の車両にダンパを介して伝わるという相互作用があり、これが HILS を用いることで再現できる。

質問者

自車が動いていることが後ろに影響し、後ろの動きが自車に帰ってくると思うが、それも HILS の中で数値シミュレーションとして再現しているのか。

質問者

その通りである。したがってリアルタイム性というのも難しく、対応できる PC の選定も大変であった。

質問者② JAXA 環境試験技術センター 村田様

鉄道車両の連成は構造的に非常に大きな要素になると考えている。今回は直進の高速走行を想定されていると思うが、HILS を使ったシステムで連成した鉄道車両が曲がる場合に遠心力を受けたりアクティブダンパ等で車体を傾けた場合の動きを解析する手法や設備があるのかお伺いしたい。

発表者

HILS 以前に鉄道総研の試験装置が直進にしか対応していないため難しい。遠心力については外力を付与する試験方法に取り組んでおり、横からの静的な力を加える試験は可能かもしれないが、カーブについてはもう少し時間がかかると思う。一方で日本は特にカーブが多いので所内でもそのような設備が必要だという声がある。ゆくゆくは取り組んでいきたい。

質問者

軌条輪の部分がねじれる構造で、台車ごと曲げるような方法があるのではと感じた。

質問者② 産業技術総合研究所 野里様

スピードが上がっても参照値と HILS 試験結果が一致するものなのか。新幹線で 200km/h 以上スピードが出た場合、加速度の振動が増幅していく等あると思うが時速何 km/h 程度までこの装置で評価が可能なのか教えていただきたい。

発表者

走行速度には HILS システムは影響ない。リニアの 500km/h から速度の遅い在来線でも対応可能だと考えている。

質問者② JAXA 宇宙輸送ミッション本部 松本様

JAXA でも HILS の研究が行われているが、これほど早い応答ではないと思う。どの程度のサイクルで HILS を回していて、どのようなネットワークを使用しているのかをお伺いしたい。

発表者

シミュレーションのサンプリングとしては 0.1ms であると思う。一方で鉄道に比べると宇宙環境は幅広いレンジの周波数を対象にしていると考えている。この鉄道用試験台の性能自体が 20Hz 程度であり、鉄道用システムとしては現状ここまでが測定できれば問題ない。周波数の観点では JAXA 様でやられているものよりだいぶ楽であると考えている。

質問者

ネットワークの高速化やリアルタイム性が重要だと考えるが、どのようなものを使用しているのか。

発表者

ネットワークについては光ケーブルが車両試験台と要素試験装置間で引かれている。

6.6. ペイロードフェアリングの低周波騒音の検討

宇宙航空研究開発機構
情報・計算工学センター
丸山 新一 氏



第12回試験技術ワークショップ

ペイロードフェアリングの低周波騒音の検討

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構

研究開発本部 情報・計算工学センター

○丸山 新一、堤 誠司、高木 亮治

宇宙輸送ミッション本部 宇宙輸送系要素技術研究開発センター

寺島 啓太

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

1



目次

1. 背景
2. 目的
3. フェアリング内部騒音に関する従来の見解
4. 情報・計算工学センターの取り組み
5. 音に寄与の高い固有モードの明確化
6. リングモードの計測方法検討
7. まとめ

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

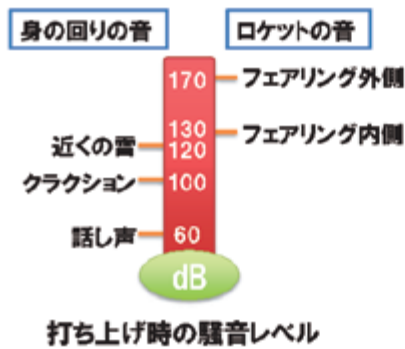
2



背景

打ち上げ時のロケットは、エンジンの燃焼ガスによって発生する高いレベルの圧力変動にさらされる

フェアリングは、外部の圧力変動から人工衛星を守る役割も担っている



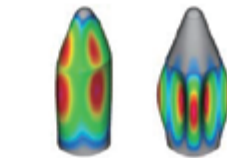
2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

3



目的

1. フェアリングの振動音響特性(構造+内部音響)が計算できるようにする
2. 音のレベルを決めている構造系の共振と音響系の空洞共鳴を明らかにする(本報告はここが中心)
3. 音のレベルを下げる方策を見つけ出す



中心が振動しないモードが多いため経路①の寄与は小

伝達経路

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

4

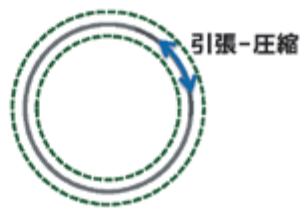


フェアリング内部騒音に関する従来の知見

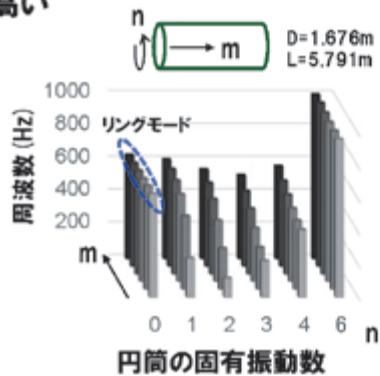
リングモードが支配的である

平板での検討結果がそのまま適用できる保証はない(曲げモードが支配的であるため)

リングモードは固有振動数が高い



リングモードのモード形状



2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

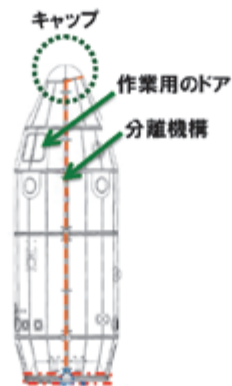
5



情報・計算工学センターの取り組み

簡易モデルと詳細モデルを使って、有限要素法による検討を実施中

モデル	狙い
簡易	寄与の高い固有モード明確化
	低騒音構造提案
詳細	デジタル設計の可能性検討
	モデル作成技術の開発 非軸対称部分の影響把握



主な非軸対称部分

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

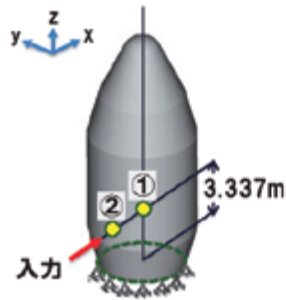
6



音に寄与の高い固有モードの明確化

音響感度を支配している構造系と音響系の固有モードを、モード寄与解析により求めた

5S簡易モデルの検討事例を紹介する



5S簡易モデル

計算条件

項目	内容
境界条件	フェアリング下端を単純拘束
荷重条件	X軸上の点に単位入力
評価点	① 軸上、高さ3.337m
	② 壁際、高さ3.337m
備考	衛星、分離機構、作業用窓などは省略

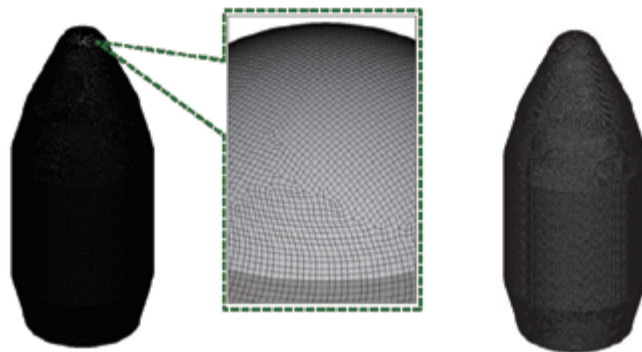
2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

7



有限要素モデル

構造は約30mmのSHELL要素、音響は約80mmの4角形要素で分割した



構造モデル

音響モデル

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

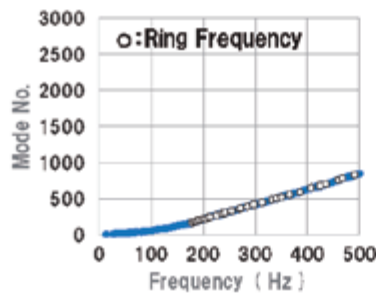
8



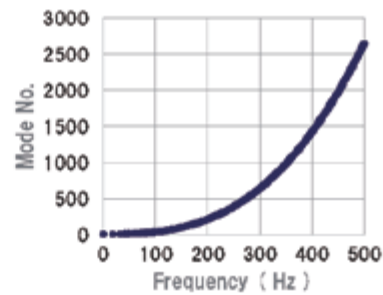
固有値解析の結果

リングモードは200Hz付近の密度が高い

構造系は1.5個/Hz程度。音響系は周波数が高くなると急激に密度が上がり、500Hz付近では5個/Hz以上になる



構造系の固有値密度



音響系の固有値密度

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

9



固有モードのモード形状

リングモードは、比較的単純なモード形状を持つ

音響モードは、壁よりも中心部の係数が大きいモードの割合が高い

重根は一方を表示

	166次、178Hz	167次、179Hz	168次、179Hz	170次、180Hz
構造系				
音響系				

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

10



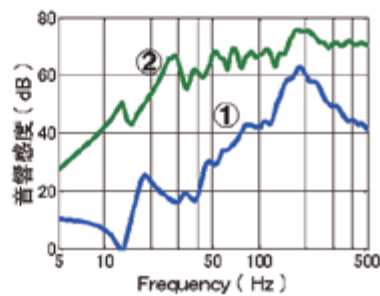
音響感度の計算結果

軸上の評価点は、リングモードの密度の高い周波数域にピークがある

加振点に近い壁際の点は、軸上に比べてレベルが高い



加振点と評価点



音響感度

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

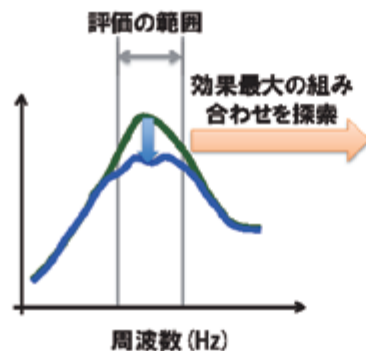
11



音響感度を支配する固有モードの特定

NASTRANのモード寄与分析機能を活用し、次のように求める

- ・ 固有モードを削除した時の効果で評価
- ・ 削除するモードを複数として、効果が最大となる組み合わせを探索



条件	モード形状
1モード削除	
2モード削除	
3モード削除	

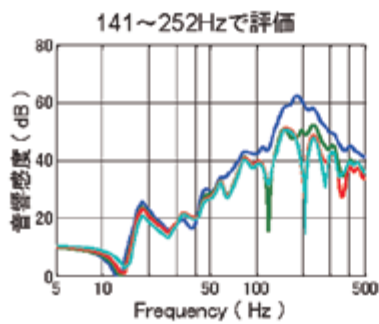
2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

12



軸上評価点音響感度のモード寄与分析

リングモードの寄与が高い。従来の知見と一致
 主要なモードを削除すると、レベルが大きく下がる



モード削除時の音響感度変化

条件	モード形状
1モード削除	
2モード削除	
3モード削除	

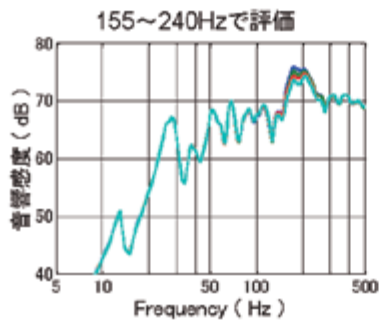
2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

13



壁際評価点音響感度のモード寄与分析

多数のモードに分散している。リングモードの寄与は小さい
 寄与大のモードを削除しても、レベルの上がり代は小さい



モード削除時の音響感度変化

条件	モード形状
1モード削除	
2モード削除	
3モード削除	

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

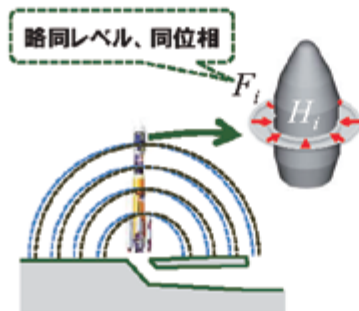
14



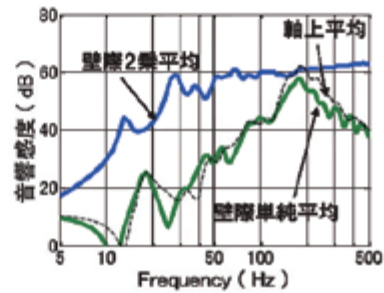
壁近傍の音圧レベルに関する考察

軸対称の圧力変動によって発生する音のレベルは、軸上に比べて高くなる可能性は低い

ランダムな圧力変動に対しては、軸上よりも高くなる可能性が高い



ロケット直下から伝播する圧力変動



音響感度の平均値



リングモード以外への対応

軸対称でないモードは数が多いので、全てを抑えることは出来ない。発音メカニズムを調査し、制振すべきモードを絞り込むことが必要であると考えている

リングモード以外の寄与が高くなると推測される状況

要因	内容	検討手段
構造的な要因	非軸対称な構造部分	詳細モデル
	衛星の形状	↑
荷重の形態	煙道出口からの圧力変動	CFDとの連携
	周辺構造物の反射	↑
	超音速飛行時の圧力変動	↑
その他	拡散音場での地上試験	?

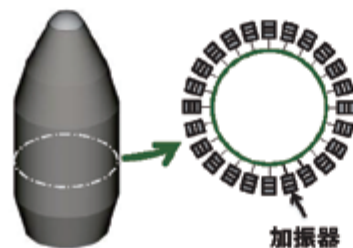


リングモードの計測方法検討

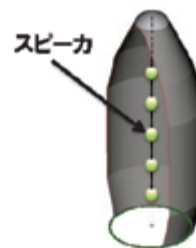
高次モードのため通常の加振実験によるモード抽出は不可能。実稼動モード (ODS) から推定する

加振方法としては2つが考えられる

- ・ 複数の点から同レベル、同位相の力で構造的に加振
- ・ 軸上からスピーカで音響的に加振



加振器を使った方法



スピーカを使った方法

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

17



実行可能性の比較

精度、費用、期間のほぼ全ての項目で、スピーカを使った音響加振法が優れている。実施には費用が障害となる

	項目	構造加振	音響加振
精度	ODSの質	× (1)	○
	加振力	○	△
	音との相関	△ (2)	○
費用	設備、供試体	×	△
	加振器、計測器、センサ	×	○
期間	準備	×	○
	計測	×	○

(1) リングモードだけを励起するのは困難。曲げモードが混じる

(2) 音と相関の低いモードも励起される

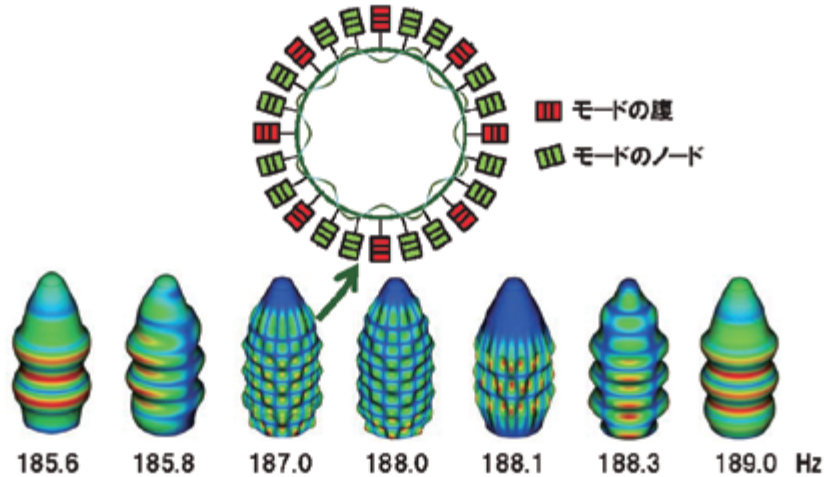
2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

18



構造加振で曲げモードが混じる理由

リングモードの近傍には、多数の高次曲げモードが存在するので、全てを避けることは難しい



2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

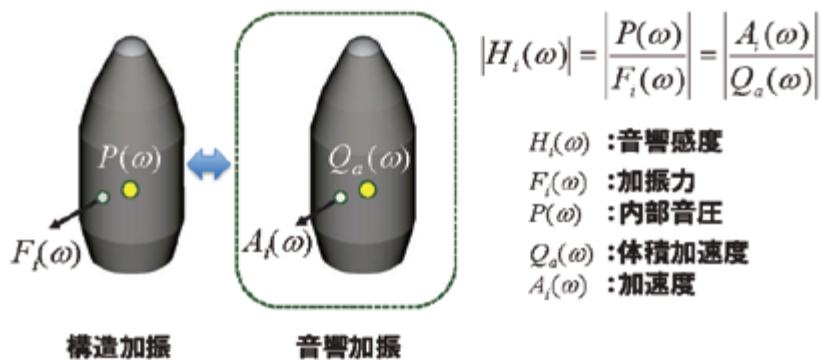
19



音響加振で得られる実稼動モードの特徴

音響感度は、スピーカで加振したときの構造加振点の加速度応答と一致する

→音響加振では音と相関の高いモードが励起される



2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

20



期待される実稼動モード

計算で求めた簡易モデルのODSは、明らかにリングモードの重ね合わせになっている

高精度のカーブフィット手法を使えば、固有モードが分離できるようにも見える



軸上から加振したときのODS (184Hz)

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

21



まとめ

簡易FEモデルの解析より、次のようなことが分かった

- ・ フェアリングの低周波騒音は、従来の知見の通り、リングモードと相関がある
- ・ 非軸対称的な要因が存在する場合は、リングモード以外と相関が高くなる可能性がある

リングモードを実験により捉える方法を検討し、内部から音響的に加振する方法に可能性があることを示した

2014/12/11 第12回試験技術ワークショップ(筑波宇宙センター)

22

質疑応答

質問者① 三菱重工業株式会社 河野様

2点教えて下さい。1つ目は音響系のモデルを組む際に、モデルにはペイロードの容積分の影響は加味されているのかという点です。今回の解析では入れ込んではいないように見えるのですが、それでも評価として十分だという風にお考えなのでしょうか。もしくは今後組み込んでいくことを想定されているのでしょうか。2つ目はリングモードを実験的に捉えようとする目的は何になるのかという点です。音に対して支配的なモードを見たいということに対して音でそのモードを発生させるというのは、どういう位置付けとして考えておられるのか教えて頂けますでしょうか。

発表者

まず1点目について、音響モードを見て頂くと分かる通り中心部の音圧レベルが高いことから衛星の有無による影響は非常に大きいと思われれます。ただし、衛星も衛星内部まで考慮しなければ正しい答えは得られないと考えられます。フィルエフェクトに関しては大規模計算をしている訳ではないですが今後機会があれば取り組んでいきたいと考えています。ちなみに、中をヘリウムに変えた場合の計算も行っており、音速が変わるので音響系も変わりますがピークの位置がリングモードの周波数しか出なかったのも、構造は音響系が変わってもリングモード等が支配的だと考えられます。次に2点目の音響加振についてですが、1つ目のリングモードは200番目にあり普通にシェイカーで加振しても全くリングモードを見ることはできません。実験ができないためにリングモードが合っているのか間違っているのか確認ができず、もし実験的に確認するのであれば音響加振をして軸対称の荷重を印加してリングモードのみを励起するという必要があります。加えて、フェアリング表面に力Fをかけた時の軸上の音というのは、中からスピーカで加振した時の表面の加速度に一致します。したがって中から音響的に加振して見えているモードというのは100%音と相関があります。以上のような理由から音響加振を実施しており、これ以外にリングモードを出す方法はないと考えています。

質問者

要は、リングモードが明らかに関与が高いというのは解析的には見えており、それを可視化して本当にそういうモードがあるかを実証するという目的でこういった検討をされているということでしょうか。

発表者

リングモード自体は50年前から言われていることですが、どういう形をしているかという絵や計算結果がどこにもないため、本当にものとして存在するのかを知りたいということ

が位置付けになります。

質問者② JAXA イプシロンロケットプロジェクトチーム 宇井様

イプシロンロケットも昨年度試験機が打ち上がり評価を行っていますが、1/1 オクターブバンド 250Hz 帯のところの音の下がり具合が開発試験時よりも悪くどういう影響かを検討しています。リングモードの相関もあるかと考えていますが今のところ原因がきちんとわかってはいません。開発試験時は拡散音場ではありますがフライト中の音場というのは進行波が気になりますので、それによってリングモードと音との関係が変わる、というような考えがとおりであればお聞かせください。

発表者

イプシロンロケットの結果についてですが、直径の関係から約 200Hz というのは少し低すぎると思われます。リングモード自体はもう少し高いところにあるため、リングモードは引っ張られるモードであるためどこかに剛性の不連続な点があると私自身は思っております。そのあたり、構造がよく分からないのできちんとしたお答えをすることができません。また拡散音場に関してはご指摘の通りで、拡散音場の試験を通過しなければフライトはできませんが、実際にフライトで受ける荷重は拡散音場とは違います。そのあたりをどうしていくかは欧米でもきちんとできていないように思われますので、試験センターの方で整備して頂ければと思います。

JAXA 環境試験技術センター 施様

コメントさせていただきます。このリングモードというのはここまで解析されて明確化されたのは初めてかと思えます。地上試験の拡散音場でのデータを取得して透過率がかなり高いということが分かっており、フライト時のテレメトリデータでもそのような結果が得られています。

発表者

打上げ時の荷重では十分静かだが拡散音場の試験をすると NG になることや、その逆もまたあると考えられます。そういうところを実際のフライト環境にふさわしい荷重条件で評価できるような方向に検討して頂けるとありがたいと思います。

6.7. 光ファイバセンサを用いた衛星のスマート 熱構造の開発

三菱電機 株式会社

関根 一史 氏



第12回試験技術ワークショップ

2014/12/11

光ファイバセンサを用いた衛星のスマート熱構造の開発

世古博巳、○関根一史、宮下雅大、竹谷元、田中好和
(三菱電機株式会社)

三菱電機株式会社

COPYRIGHT © 2014 MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION. ALL RIGHTS RESERVED.



発表内容

1. 研究開発の背景
2. スマート熱構造により期待される効果
3. 光ファイバセンサについて
4. スマート熱構造の実現性検証
 - 温度/ひずみセンサ
 - 供試体
 - センサ性能評価
5. まとめ

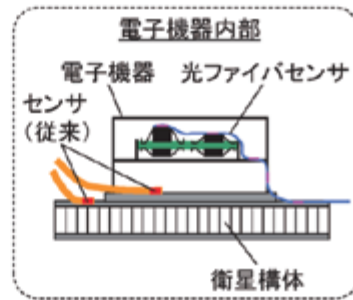
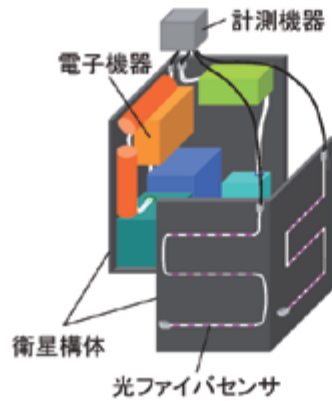
COPYRIGHT © 2014 MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION. ALL RIGHTS RESERVED. 1



研究開発の背景(1)

宇宙機開発において、最小の費用にて最大の成果を実現する工夫を極めていくことが重要であり、信頼性向上、低コスト化、高性能化が図れる新たな基盤技術とその適用に関わる仕組み作りが必要

ブレークスルーとして、**光ファイバセンサを一体化した「スマート熱構造」**技術開発を提案(光ファイバセンサ:小型軽量な温度/ひずみセンサ)



温度/ひずみセンシング機能を有するスマートな構造・電子機器

COPYRIGHT © 2014 MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION. ALL RIGHTS RESERVED. 2



研究開発の背景(2)

スマート熱構造の効果

- 高密度・高精度計測データを取得して、従来の熱/構造解析技術をブラッシュアップ、熱/構造設計の信頼性向上
- 地上試験での大規模なセンサ脱着工程を削減して、工期短縮及び人件費削減により低コスト化
- 従来の衛星コンポーネントにセンサを一体化して高付加価値を創出、コンポーネントの高性能化

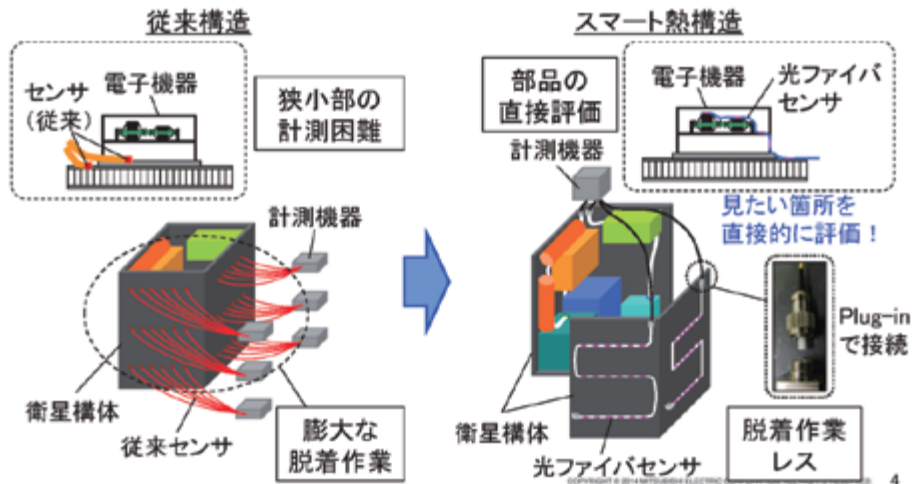
COPYRIGHT © 2014 MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION. ALL RIGHTS RESERVED. 3



スマート熱構造により期待される効果(1)

■従来技術ベースの改善

1. 電子機器内部の狭小部計測による評価レベルの向上
2. 地上試験での計測センサの脱着工程削減による工期短縮・費用削減



スマート熱構造により期待される効果(2)

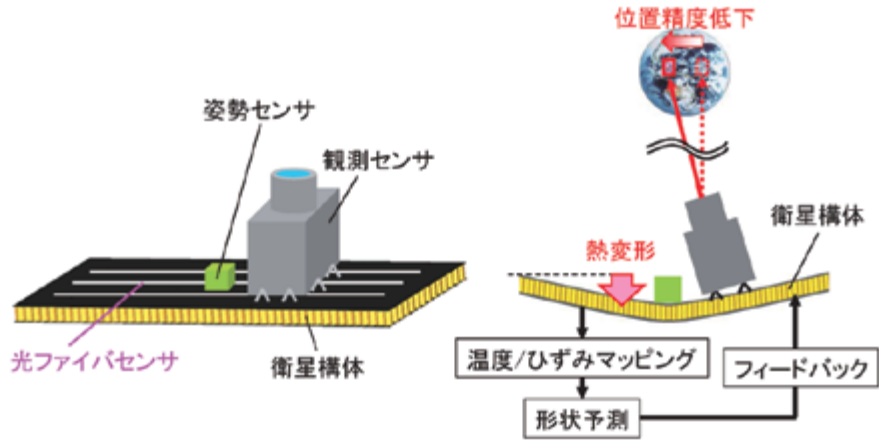
■新付加価値の創造

1. 指向性要求機器・支持構造の温度/ひずみマッピングによる熱変形評価とフィードバックによる機器の性能向上(☆)
2. 電磁干渉環境下での温度/ひずみ評価
3. 推葉タンクの残推葉量推定(☆)
4. 複合材料構造体の成形時から使用末期までのライフサイクルモニタリングによる限界設計の実現(☆)
5. ヒートパイプ温度分布の直接計測による熱制御系の精度向上

スマート熱構造により期待される効果(3)

1. 指向性要求機器・支持構造の温度/ひずみマッピングによる熱変形評価とフィードバックによる機器の性能向上

支持構造の温度/ひずみ分布を高密度・高精度に計測して熱変形を予測、フィードバック(熱制御、画像補正など)による観測精度の向上が可能

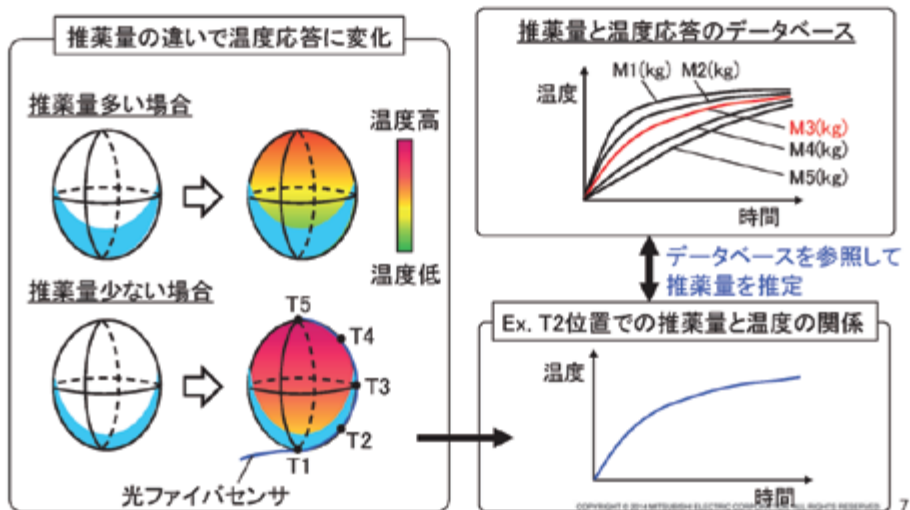


Copyright © 2014 MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION. ALL RIGHTS RESERVED. 6

スマート熱構造により期待される効果(4)

3. 推進タンクの残推進量推定

推進タンクの温度分布を高密度に計測して残推進量の推定技術を向上、燃料マージンの削減による軽量化・低コスト化が可能

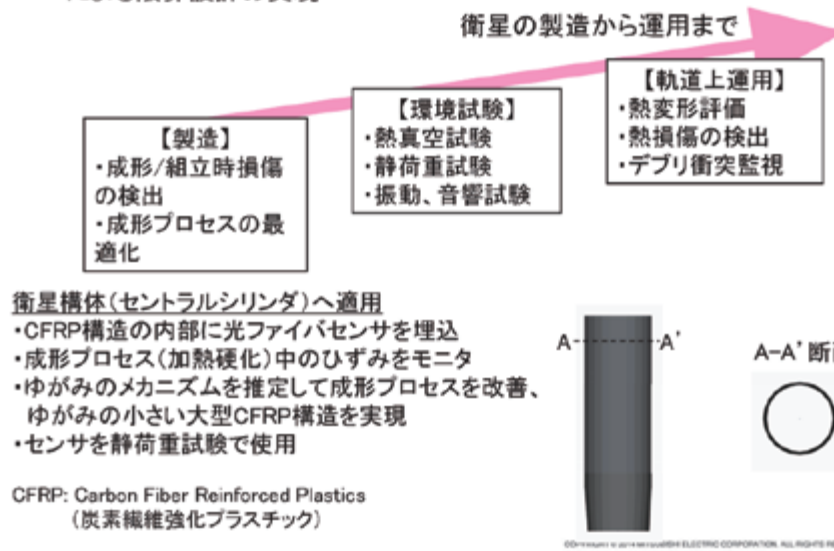


Copyright © 2014 MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION. ALL RIGHTS RESERVED. 7



スマート熱構造により期待される効果(5)

4. 複合材料構造体の成形時から使用末期までのライフサイクルモニタリングによる限界設計の実現



光ファイバセンサの適用事例／開発動向

【土木・建築分野】

- ・コンクリート構造物の建設段階から維持管理段階までの健全性監視に使用

【航空機分野】

- ・航空機の複合材構造の健全性診断技術の開発が進行中

【宇宙機分野】

- ・電子回路基板、衛星構造体の温度計測技術の開発が進行中(欧州)



開発内容紹介


Copyright © 2014 Mitsubishi Electric Corporation. All rights reserved. 10



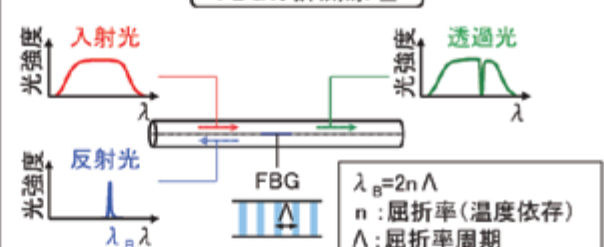
光ファイバセンサについて(1)

特長

- (1) 小型・軽量
(φ0.25mm)
- (2) 耐電磁ノイズ性
- (3) 高い熱絶縁性
- (4) 多点センサ
- (5) 多機能センサ
(温度、ひずみ)



FBGの計測原理

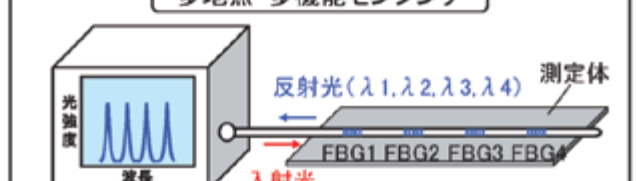


$$\lambda_B = 2n\Lambda$$

n : 屈折率 (温度依存)
 Λ : 屈折率周期 (温度、ひずみ依存)

FBG: Fiber Bragg Grating

多地点・多機能センシング



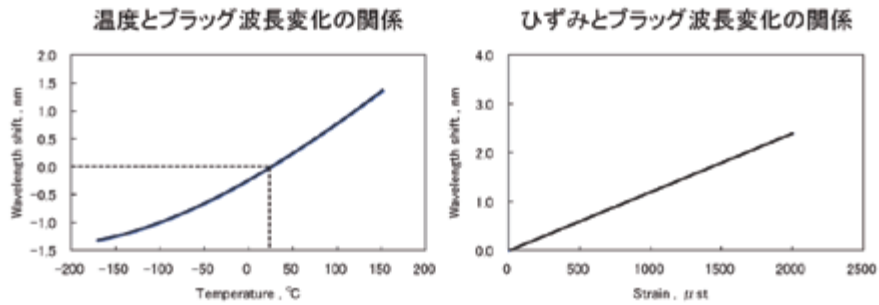
Copyright © 2014 Mitsubishi Electric Corporation. All rights reserved. 11



光ファイバセンサについて(2)

課題

温度とひずみの両方に感度をもつFBGセンサを、測定精度を低下させることなく、衛星構造／機器に実装する技術の開発



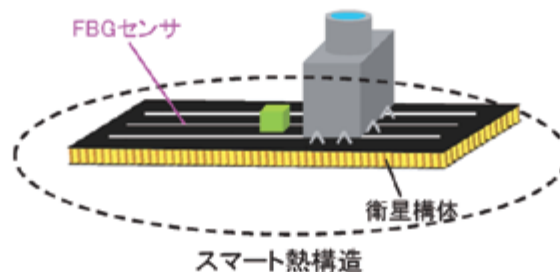
COPYRIGHT © 2014 MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION. ALL RIGHTS RESERVED. 12



スマート熱構造の実現性検証

スマート熱構造の実現性検証を目的とし、

- 温度センサ/ひずみセンサの基本構成を確立
- スマート熱構造の供試体を設計製作してセンサの性能を検証



COPYRIGHT © 2014 MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION. ALL RIGHTS RESERVED. 13

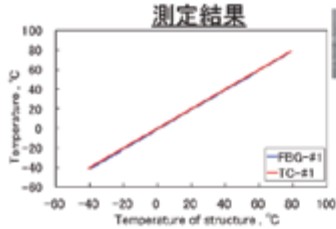


センサの基本構成

温度センサ

- 樹脂チューブ被覆型のFBG温度センサを開発、ひずみの影響を排除
- 温度の計測分解能0.5°Cを実現

センサ構成

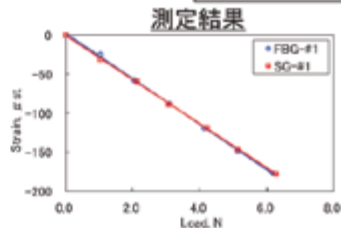
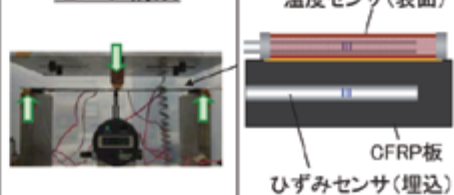


外観写真

ひずみセンサ

- 温度センサと組み合わせることにより、温度の影響を補正
- ひずみの計測精度10 μ stを実現

センサ構成



Copyright © 2014 Mitsubishi Electric Corporation. All rights reserved. 14



供試体

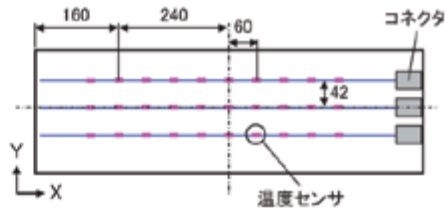
- 800mm × 300mmサイズのスマート熱構造供試体を試作
- 温度センサ60点(表面)、ひずみセンサ60点(埋込)の計120点のセンサを実装



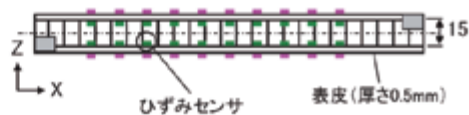
温度センサ (表面接着) ひずみセンサ (接着層埋込)



FBG位置(上面図)



FBG位置(側面図)

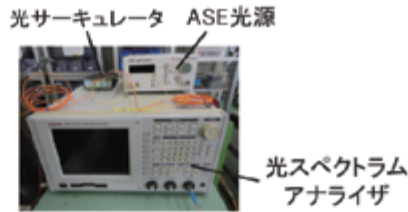
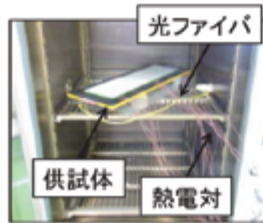


Copyright © 2014 Mitsubishi Electric Corporation. All rights reserved. 15

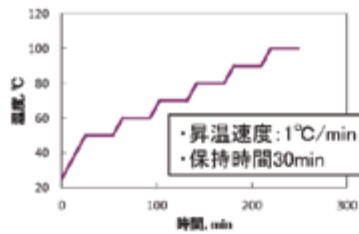


センサ性能評価(1)

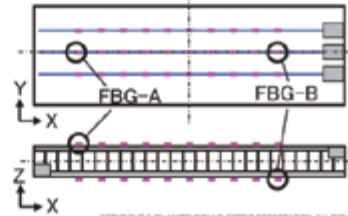
・恒温槽で熱環境試験を実施して温度センサの性能を評価



試験条件(温度プロファイル)



温度比較したセンサ
近傍の熱電対と比較



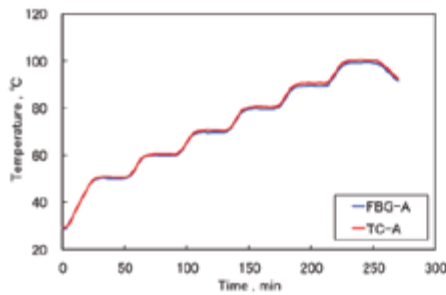
Copyright © 2014 Mitsubishi Electric Corporation. All rights reserved. 16



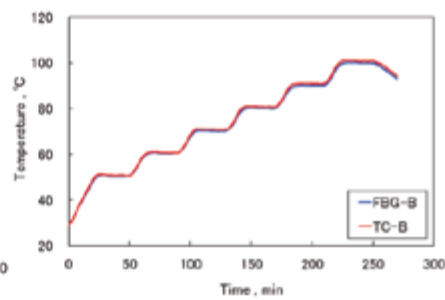
センサ性能評価(2)

・FBG温度センサと熱電対との差は1°C以内であり、ほぼ同等の精度で計測可能

FBG-A(供試体上面)



FBG-B(供試体下面)



温度 (°C)	FBG-TC (°C)	温度 (°C)	FBG-TC (°C)
50	-0.6	80	-1.0
60	-0.6	90	-1.0
70	-0.8	100	-0.9

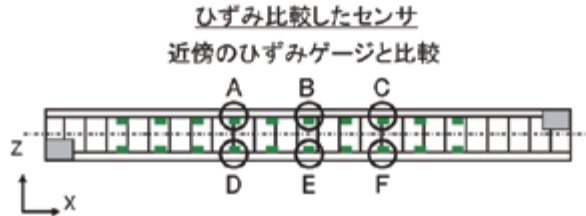
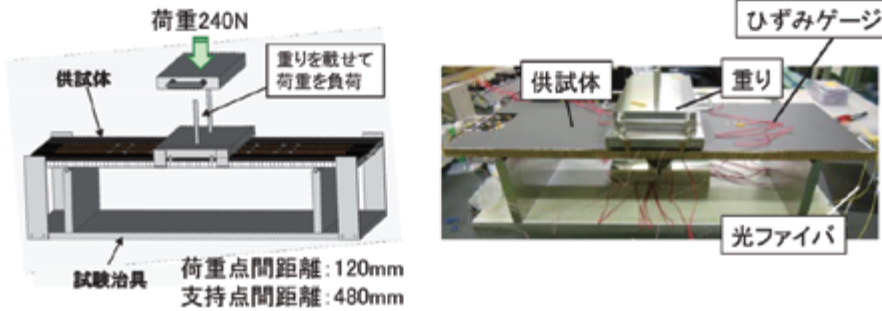
温度 (°C)	FBG-TC (°C)	温度 (°C)	FBG-TC (°C)
50	-0.2	80	-0.8
60	-0.3	90	-0.9
70	-0.5	100	-0.8

17



センサ性能評価(3)

・曲げ試験を実施してひずみセンサの性能を評価

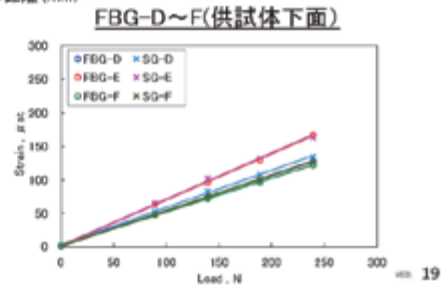
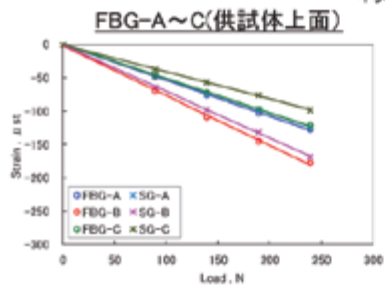
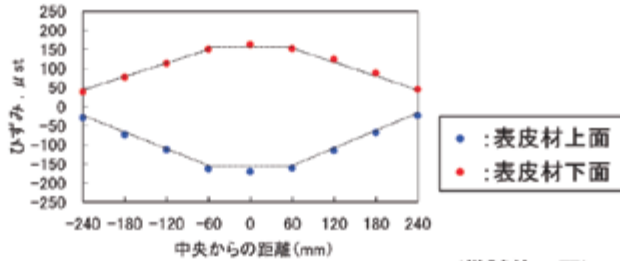


Copyright © 2014 Mitsubishi Electric Corporation. All rights reserved. 18



センサ性能評価(4)

- ・四点曲げによるひずみの分布の確認
- ・FBGひずみセンサを用いて、ひずみゲージとほぼ同等のひずみ計測が可能



19



まとめ

宇宙機の信頼性向上、低コスト化、高性能化が図れる新たな基盤技術とその適用に関わる仕組み作りのブレークスルーとして、光ファイバセンサを一体化した「スマート熱構造」技術開発を提案した。

スマート熱構造の実現性検証を目的とし、温度センサ/ひずみセンサの基本構成を確立、計120点のセンサを備えたスマート熱構造の供試体を設計製造し、従来センサレベルのセンサ計測精度を確認した。

今後は、地上試験への実用化に向けて、衛星構造/機器への実装及び計測精度の検証を行い、適用に関わる標準化を進める予定。

COPYRIGHT © 2014 MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION. ALL RIGHTS RESERVED. 20



質疑応答

質問者① JAXA イプシロンロケットプロジェクトチーム 宇井様

質問が二点ある。一点目は、実験装置についてで、構想では軌道上の評価もできるシステムを検討しているが、今回の評価をした際の実験装置では16ページに示されているように、既存の大きいスペクトルアナライザ等を使用している。これらを搭載品とすることの用途は立っているのか、課題が残っているのかということをお願いしたい。二点目は測定可能な温度とひずみの範囲について、私はロケットを担当しているが、ひずみと温度を同時に分布的に測定できることは、ロケットの研究をより効率的に進める上で大切になると思っている。そのためには、温度とひずみの測定範囲が大事になるが、現在どの程度の測定範囲を想定しているか。

発表者

一点目については、計測機器を軌道上で使えるかの用途は調査中である。まずは地上試験で使うことから始めたいと考えている。将来的に軌道上で使える機器を開発したいと考えている。

二点目については、温度は我々の方でも -170°C ～ $+180^{\circ}\text{C}$ くらいの範囲で評価していて、論文では10Kから測定しているものもある。高温は 200°C を超える温度ではセンシングの劣化が始まるので 180°C が限界と考えている。ひずみは構造に実装した時に、どこまで構造と一体化して動いてくれるかに依存する。先に実装している接着剤の部分で剥離すると測定できなくなる。通常のエポキシ系接着剤では $2000\mu\text{st}$ くらいまでは問題なく測定できる。

質問者② JAXA 環境試験技術センター 施様

質問が二点ある。一点目はひずみをベースとして測定するが、周波数応答特性はどれくらいまで測定できるかという点。二点目はひずみと温度の校正をどのようにしているかという点について教えていただきたい。

発表者

一点目については応答特性はセンサに関しては光でやりとりしているため無視できる。そのため計測装置のサンプリング速度に依存する。私の知っている限り100kHzの製品が光計測機器メーカーから出ている。しかし、カタログ上確認しただけで、まだ使用したことはない。データの校正は温度に関しては、温度変化に対する波長の変化量が物性値として決まっているので、校正時の温度を基準として、そこからの変化量として算出している。そのため校正時には別の温度センサが必要となる。通常はコントロールしやすい室温付近を基準として使っている。ひずみについても波長の変化量からひずみを求めている

6.8. 国内外の試験技術動向及び JAXA 試験標準 改定への挑戦

宇宙航空研究開発機構

環境試験技術センター

施 勤忠 氏



Test Effectiveness~challenge to the next generation

国内外の試験技術動向及びJAXA試験標準改定への挑戦

JAXA 環境試験技術センター 施 勤忠 & New Generation

概要：宇宙開発は従来の国家プロジェクトの位置付けから商用や中小企業及び大学衛星など様々な宇宙への活動が活発されている。その中、開発コストと信頼性との両立性が重要な課題となっており、本発表では宇宙機開発のコスト削減に寄与する解析技術や宇宙機試験要求の見直しに関するJAXAや海外の最新技術動向を紹介する。また、JAXA将来的効果的な試験標準の更なる改善に向けた挑戦する研究活動及び課題について報告する。

- 世界宇宙機試験技術の動向
- 宇宙機試験標準改定最新動向
 - ◆ MIL-STD1540-Rev B
 - ◆ JAXA試験標準改定の活動
- JAXA試験技術の次世代へのChallenge：Test Effectivenessへの期待

第12回 試験技術ワークショップ H26年12月11日(木)



1. 世界宇宙機試験技術の動向

1.1 DFAT（直接音場音響試験法）(2013年の発表更新)

DFAT:Direct Field Acoustic Testing

- ・ スピーカーを音源とし、供試体を直接加音する試験方法
- ・ 米国で研究、実用化され、MSI (Maryland Sound Inc.)社が開発・試験サービスを開始

メリット

- ・ 試験サービス (3名、1週間程) による **設備投資、保守、技能者保有するコスト不要**、開発現場で対応でき供試体の輸送不要。
- ・ ナローバンド/Octバンドで制御が可能、特に高周波の制御性が優れている。

デメリット

- ・ 拡散音場ではないため、実環境と振動応答が異なる可能性がある。
- ・ セットアップは供試体によって異なるため、事前確認や熟練者の対応が必要。

システム諸元：OASPL=147dB(25Hz-10kHz)
消費電力=Speaker: 5KW (300台～) =1.5MW～

反響室型 (JAXA)



DFAT



Ref: Paul Larkin, Direct Field Acoustic Test (DFAT®)
Update - 2014, 28th ATS, March 25-27, L.A. USA.



1.2 Thales Alenia Space Italia (TAS-I) の3軸同時加振設備

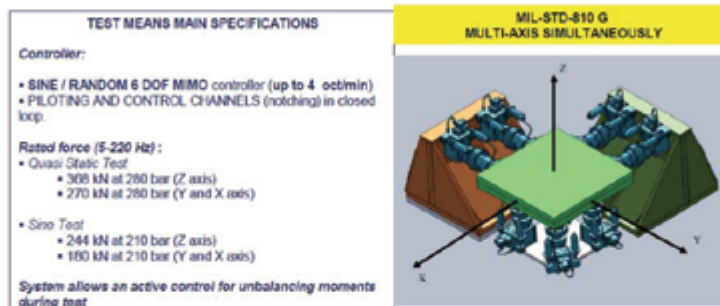
TAS-I社は自社が開発する宇宙機システム認定試験のために、3軸同時加振設備の開発に2010年末より取り組んでいる。

3軸同時加振設備は、単軸の動電型加振機に比べて

- ◆ **補償の必要がない**ため、効率的に試験を実施することができる。
- ◆ 3軸同時制御を行うことで、**クロストーク成分を低減**することができる。
- ◆ 油圧制御であるため、**加振力が高い**。

Quasi Static: 366kN(vertical)/270kN(horizontal), Sine: 244kN/180kN

- ◆ 6DOF、MIMO Hydraulic Multi-Shaker System: 8 actuators(Dynamic:26,400lb/actuator, static) 200kN/actuator.



Ref:V. Di Pietro, et., Multishaker Seismic Base Installation and Validation Process, 27th ATS, Oct. 16-18, 2012, L.A. USA



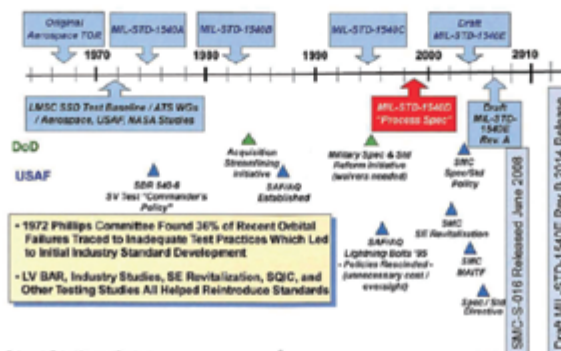
2 宇宙機試験標準改定最新動向

> the next generation

➢ 2.1 MIL-STD1540E-Rev B(2014年リリース予定)

MIL-STD-1540Eとは

- 米軍 (U.S.Airforce and Missile Center)の宇宙機に対する試験要求のベースライン。
- ミッションの特性により、テーラリングされる。
- Rev.Bはテーラリングをサポートするオプションが追加されている。
- 改定の最新のデータ及び実績を基づく：メーカーより881の指摘を審査し、Rev.Bへ反映やRev.Cへの課題を選別



Ref:Jim Snyder & Al Peterson, Introduction to MIL-STD1540E(SMC-S-016) Test Requirements, 28thATS Tutorials



Test Effectiveness-challenge to the next generation

➤ MIL-STD-1540E Rev.A/Rev.Bの主な変更点

- Protoqualification strategy formalized and strengthened - Rev A
- Technical depth of MIL-STD-1540C - Rev A
- Prescriptive format of MIL-STD-1540B - Rev A
- Segregated requirements for units, subsystems and systems - Rev A
- Replaced "Optional" with "Evaluation Required" for improved visibility - Rev A
- Clarified EMC acceptance test requirements - Rev A
- Improved definition of specification performance and functional testing - Rev A
- Introduced requirements for software testing - Rev A
- Simplified selection of random vibration and thermal test requirements - Rev A
- New and updated list of reference standards and practices - Rev A / B
- **Less stringent thermal test requirements at all levels (熱試験の緩和) - Rev A / Rev B**
- **Modified minimum random vibration requirement for units (MSL見直し) - Rev A / Rev B**
- **Added 9 optional test strategies - Rev B**
- **Revised thermal test requirements - Rev B**
- Replaced Section 10 with appendices A and B - Rev B

第12回 試験技術ワークショップ 2014年11月11日(木)



Test Effectiveness-challenge to the next generation

➤ 認定試験モデルのオプション(Qualification using Engineering Qualification Models (EQM))

Rev Bに追加

- Opt1: Allows environmental test qualification credit using EQMs: 最低限の7条件を規定
- Opt2: Qualification/Protoqualification by similarity : Heritageをベースとする9ケースを規定

➤ 環境試験に関するオプション :

Opt. 4: Modification of unit random vibration protoqualification margins and durations

Opt. 5: Vehicle level flightproof acoustic tests

Opt. 6: Deletion of vehicle level acoustic test: AT試験省略する場合のリスク低減条件 (5機以上製造され、音響試験による不具合なしは4機の場合はリスク中低、5機の場合は低)

Opt. 8: Two phase acoustic/vibration qualification/protoqualification

Opt. 7: Unit thermal acceptance credit at board/slice level: 基板/ボードの熱サイクル試験をコンポの熱サイクル試験として計上する6つの条件を規定

Opt. 9: Two tier unit thermal testing

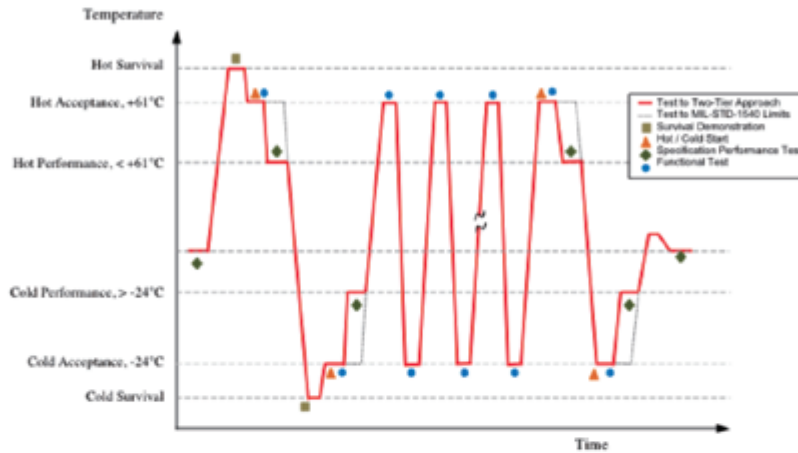


Test Effectiveness-challenge to the next generation

Opt. 9: Two tier unit thermal testing

Two Tier熱サイクル試験適用対象：非動作時温度は試験要求温度範囲に適合、動作時温度は不適合の場合は、図のような緩和するプロファイルにて試験実施。
例えばAT試験の場合

機能性能試験：最初と最後のサイクルにて、試験要求温度より緩和された動作時温度で実施。
高温・低温さらし：動作時温度より厳しい試験要求温度で実施。



コンポの試験要求項目 (Verification Matrix)の緩和・強化

e next generation

◆ QT/PFT緩和、ATは強化・緩和がある

Unit QT/PFTの試験項目を要求緩和

Table 6.3.1

緑の試験項目はRev.Aより緩和 (Rev.B)

Test	Reference Paragraph	Approved Discrepancy	Functional Test	Acceptance	MIL-STD-1540	Survival	Power	Temperature	Pressure	Vibration	Thermal	Thermal Shock	Optical	Environmental Components
Acceptance	4.0	1, 10	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Acceptance Performance	4.3.2	3, 47	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Leakage	4.3.3	3, 4, 12	ER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Shock	4.3.4	5	R	ER	ER	ER	R	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
Vibration or Acceleration	4.3.5	6	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	ER
Acceptance Test	4.3.7	7	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
Thermal Cycle	4.3.8	8	R	ER	ER	ER	R	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
Thermal Shock	4.3.9	9	R	R	R	R	R	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
Climate	4.3.10	10	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
Pressure	4.3.12	11	ER	-	-	-	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
EMC	4.3.13	13	R	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
RF	4.3.14	14	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
Power Protection	4.3.15	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Static Load	4.3.17	16	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER

Ref: Jim Snyder & Al Peterson, Introduction to MIL-STD-1540E(SMC-S-01)

Unit ATの試験項目を要求緩和・強化


Table 6.3.2

赤の試験項目はRev.Aより強化 (Rev.B)

Test	Reference Paragraph	Approved Discrepancy	Functional Test	Acceptance	Start	Survival	Power	Temperature	Pressure	Thermal	Thermal Shock	Optical	Environmental Components
Acceptance	4.0	1, 10	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Acceptance Performance	4.3.2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leakage	4.3.3	3, 4, 12	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
Shock	4.3.4	5	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
Vibration or Acceleration	4.3.5	6	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	ER
Thermal Cycle	4.3.8	8	R	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
Thermal Shock	4.3.9	9	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	ER
Climate	4.3.10	10	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
Pressure	4.3.12	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMC	4.3.13	13	R	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
RF	4.3.14	14	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER
Power Protection	4.3.15	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Static Load	4.3.17	16	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER	ER

ER: Evaluation Required - Documentation of justification for or for not performing to the requirement (144 in Rev A to the 17C: 188 in Rev B)

Ref: Jim Snyder & Al Peterson, Introduction to MIL-STD-1540E(SMC-S-01); Test Requirements, 289ATS Tutorial



Test Effectiveness—challenge to the next generation

2.2 JAXA宇宙機試験標準 (JERG-2-130)の活動


- 宇宙機一般試験標準：JAXA調達する人工衛星及び探査機の共通的な試験要求（環境試験、機能性能試験、測定）を規定する
- JAXA宇宙機一般試験標準の歴史
 - 最初の試験標準は米国の試験標準GETS,GEVSを基に制定、その後5年程度置き改定
 - 1998年のSTD15Aから、実質的改訂がされず
 - 2012年に13年ぶりにメジャーアップデート
 - ◆ 要求の簡潔化のため：旧試験標準の記述から、「要求」「テーラリングガイド」「解説」の識別・審議
 - FY24&FY25：審議完了事項をタイムリーに反映 (Notice-1、Notice2)
 - FY26年度：要求事項の簡潔化（JAXA調達品の共通的な試験要求を規定）
 - FY27年度：A改定（目標）

宇宙機一般試験標準

- << 2016.3 JERG-2-130 A
- << 2014.3 JERG-2-130 Notice-2
- << 2013.5 JERG-2-130 Notice-1
- << 2012.5 JERG-2-130
- << 2005~2010 試験ハンドブックの活動
- (<< 2004.8 JERG-2-019 科学衛星耐環境設計基準)
- << 2004.4 JERG-2-002
- << 1998.3 NASDA-STD-15A
- << 1994.3 NASDA-STD-15
- << 1989.12 NASDA-ESPEC-7B
- << 1983.1 NASDA-ESPEC-7A
- << 1979.3 NASDA-ESPEC-7

JERG-2-130の歴史と予定

JERG-2-130 2012.5	ML-STD-1540C (DRAFT) 2006.9	GSFC-STD-7050 2005.4	ECSS-E-ST-19-03C 2012.6	ISO15064 2004.8
日本	米国MIL	米国NASA(GEVS)	欧州ESA	ISO



Test Effectiveness—challenge to the next generation

➢ JERG-2-130の主な変更点及び技術改善

- ◆ 試験要求を明確化と共に、「TL」及び「解説」を充実、環境試験HDBKを参照
- ◆ JAXA設計標準、HDBKとの整合性を図った（構造設計標準、EMC設計標準、熱制御系設計標準、姿勢制御系設計標準等）。
- ◆ 試験条件の一般化（ロケットによらないスペックの値を使用）、海外のロケット等の使用
- ◆ 機械環境試験においてフライト宇宙機の推進薬非充填のTL条件を明確化（実績を反映）
- ◆ 静荷重試験方法の充実（アクチュエーター、正弦波&サインバースト）
- ◆ ランダム試験条件より衝撃試験省略の評価方法を追記
- ◆ 音響試験の低・高周波数（31Hz、4000Hz以上）の公差要求を緩和(+3dB/-1dB-> +/-5dB)
- ◆ 音響・ランダムQT試験条件の明確化（最大予測+3dB）
- ◆ 正弦波掃引方向(up-down)の明確化、片方の場合TLの指針を追記
- ◆ 射場における確認試験の試験標準範囲を明確化
- ◆
- ◆



Test Effectiveness-challenge to the next generation

➤ A改定の主な課題（一例）：試験項目遷移の調査検討

「R」としてランダムと選択としてよいと考えられるが、ここでは「O」となった。

スラスタを除く推進系関連の分類について「O」へ緩和された。

凡例

R → O	Blue
O → R	Red
O → O	Green
R → R	White
O → R	Yellow

FM	試験項目	電気-電子機器	アンテナ	可動機構	太陽電池パドル	バッテリー	バルブ	推進装置	圧力容器	スラスタ	熱制御装置	光学装置
	機軸-性能	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	熱平衡	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	熱真空	R	R	R	R	R	O	O	O	R	R	R
	熱サイクル	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	モードループバイ	O	R	O	R	O	O	O	O	O	O	O
	五軸挙動	O	O	R	O	R	O	O	R	R	O	O
	ランダム振動	O	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	音響	O	R	O	R	O	O	O	O	O	R	R
	電磁	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	放射線	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	腐食	O	O	O	O	R	O	O	O	O	O	O
	塵埃	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	リーク	R	O	O	O	O	O	O	O	O	R	O
	EMC	R	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

このころ参考している海外標準（GEVSやMIL-STD-1540C）は「R」のままであるが「O」に緩和された。

ランダムと音響の選択指針は以前の7Bから記述があるが、太陽電池パドルと熱制御装置がこれを選択できるようになった。



2.3 宇宙機国際試験標準ISO化の動向

Test Effectiveness-challenge to the next generation

- ISO15864: Space systems – General test standard for spacecraft, subsystems, and units (Japan based on JAXA JERG-2-130)は最新化審査終了（2013年10月）
- Force Limited Vibration Test (FLVT)技術の国際標準化（更新）
2011年5月、DLRより宇宙機国際標準ISOに提案されたが、エキスパートが退職され引き継ぐ専門家がいないと一度取り下げた。来年スケジュール再設定する。
- Pre-NWIP(2012) : Space systems - Acoustic testing (China) : 宇宙機システム・サブシステム・コンポーネントの反響室での音響試験に関して試験設備、装置、供試体の設置、音圧制御及び試験手順等を規定する。日本からすべての修正要求を反映した。
- Pre-NWIP(2012) : Space systems-Magnetic testing (Cina) : 宇宙機及び構成品の磁気試験に関する磁気フィールド測定、磁気モーメント測定、ゼロ磁場調整、磁気消去等に関する方法、手順について規定する。日本からの修正要求をすべて受け入れ、反映する。
- Space systems-Design Qualification and Acceptance Tests of Small-scale Satellites and Unit Seeking Low-cost and Fast-Delivery (Japan): COTS品を利用する小型衛星（50kg以下、50cm以内）を対象とする試験標準NWIPは通過し、2014/5/30 Committee Draft提出、2014/10/12 Comment締め切り。
◆UKから厳しい指摘：標準としては細かく規定し過ぎ、標準でなくGuidelineにすべき等。



Test Effectiveness-challenge to the next generation

➤ JAXA試験技術の次世代へのChallenge：Test Effectivenessへの期待

Test Effectivenessとは、地上試験によって洗い出された潜在的な不具合率(%)

- ◆ 地上試験コストの削減・有効な環境試験項目と試験条件の設定のための検討・研究活動をTest Effectivenessと呼ぶ。
- ◆ 米国については古くは70年代より、欧州宇宙機関は90年代頃から試験有効性について盛んに議論されており、試験標準の改訂にそれらが反映されている。
- ◆ 地上試験 や軌道上で発生した不具合のデータベースから、地上試験の改善や試験標準の要求事項等への反映をしていく活動のこと。

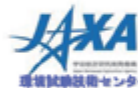
米国の活動と成果

地上試験時や軌道上の不具合の統計分析により、地上試験の見直しを実施中。これまでの主な成果は、

- ・システム音響受入試験の省略指針の制定
- ・コンポーネントPFT熱真空/熱サイクル試験のサイクル数の削減
- ・システム音響試験と熱真空試験の試験順序入れ替えに関するテラリング
- ・要求試験項目表（ペリフィケーションマトリクス）の見直し

欧州の活動と成果

統計的アプローチにより地上試験の有効性のレビューを行い、コスト・開発スケジュールに対してより効率的な試験要求項目を定量的に評価するためのデータベース（MATED）を構築。

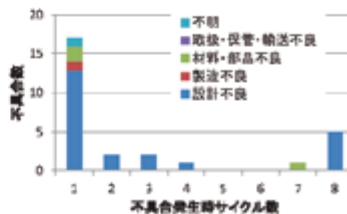
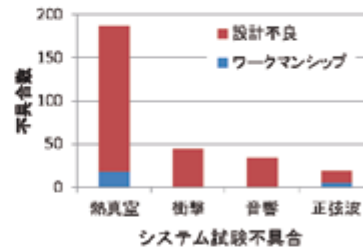


Test Effectiveness-challenge to the next generation

➤ JAXAでの取り組み中の活動（JAXA Best Practiceの標準へ）

JAXA地上試験&軌道上の不具合データベースを利用して効果的な試験標準への挑戦

- ◆ 従来・現行の試験標準はコスト効果が高いか？
 - Q1 高価な試験費用に対して価値の評価できるか
 - Q1 設計・製造技術の進歩に応じる試験要求の見直しが必要か
 - Q1 適切な試験条件（熱サイクル数等）の定量評価ができるか
- ◆ 各試験の目的（設計検証、製造過程の妥当性）及び試験対象を再検討する。
 - Q1：不具合を良く洗い出す環境試験は？
 - A1：熱真空試験・機械環境試験は4試験に差はない。
 - Q2：ランダム振動試験・音響試験でよく洗い出されている不具合は？
 - A2：「設計」に関わるものが多い。ランダム振動では電氣的不具合・外傷・損傷が多い。音響試験ではワークマンシップエラーはゼロ（従来の概念は時代遅れ？）
- ◆ 製造過程の妥当性（ワークマンシップ）試験条件と検出率の関係を定量的評価できるか。
 - Q1：熱真空試験/熱サイクル試験のサイクル数、さらし時間において潜在的な不具合率VSサイクル条件？
 - Q2：正弦波試験/音響・ランダム試験/衝撃試験のWorkmanship検出率の割合は？
- ◆ 軌道上の不具合と地上試験の相関関係は明確化？
 - Q1：軌道上不具合の撲滅に応じて地上試験の強化すべき項目は明確化？



第12回 試験技術ワークショップ 2014年12月11日(木)



Test Effectiveness-challenge to the next generation

ご静聴ありがとうございます！

第12回 試験技術ワークショップ 2014年12月11日(木)

質疑応答

質問者① 菱栄テクニカ松田様

ISO のお話の中で、UK から厳しい指摘があったとのことで、JAXA 試験標準は要求ではなくガイドライン文書にあたるかとあるが、ヨーロッパとしても UK と同じ意見なのか。

発表者

日本が提案した小型衛星の試験標準について COTS 品を使うということを提案したが、UK から設計標準の中で細かい数字まで要求しているが、それについてはガイドラインにすべきという指摘があった。この指摘はヨーロッパとしてではなく UK からのものである。

質問者

ISO の中でガイドラインという文書の決め方はあるか。

発表者

テクニカルレポートはあるがガイドラインはない。

質問者② JAXA 環境試験技術センター 福添様

試験センターとして今取り組んでいる A 改訂、そしてさらに今後もメジャーアップデートを継続的に対応していくことになるが、周辺状況の変化がどのようにこれらの検討に関係してくるかという観点で、まずは試験センターとして現在 A 改訂に向けて取り組んでいくポイントは何か。また、その後の状況の変化としてどのようなことが想定されるか。

発表者

今まで細かい試験のやり方などの、いわゆる標準をサポートするハンドブックについて、標準へ取り入れていく方針であった。これから積極的に取り入れなければいけないのは、1つは試験項目表（ベリマト）の整理として要求する試験項目はどれかという観点での議論、2つ目はコストの観点で最近よく取り入れられる EFM に関する記載がまだ入っていないためこれを議論していかなければいけないと考えている。周辺の状況としてはそういった観点で活発な議論が始まっているという状況である。

質問者

宇宙利用の拡大についてきめ細かく対応していくことが重要であると考えている。皆さんの協力を得ながら頑張っていきたい。

質問者③ JAXA セキュリティ情報化推進部 島津様

システムエンジニアリングの世界標準というと欧米がリーディングしているように思っていたが、日本と中国という名前が目につくが、試験の標準化については日本や中国が引っ張っているということか。

発表者

ISO は貿易関係ビジネスの観点で取り組んでいる国際標準である。アメリカが引っ張っていたが、最近では彼らは手を引いている状況。一方、中国は ISO のような国際的な標準化の活動が活発になってきている。ただし、試験全体に対する提案というわけではなく音響試験や磁気試験というある一部の試験についての提案である。

6.9. 閉会挨拶

宇宙航空研究開発機構
環境試験技術センター
中尾 正博 センター長

環境試験技術センター長の中尾と申します。本日の第12回試験技術ワークショップの閉会に当たりまして、一言ご挨拶を申し上げたいと思います。

本日は、寒い中、遠路はるばる筑波まで、さらには雨まで降った状況の中でお越し頂きまして、またお昼から長時間にわたって御参加を頂きまして誠にありがとうございます。長い時間でしたけども、ご清聴のうえ、時間が足りないくらい活発なご議論、それも深いご議論をして頂きまして大変ありがたく思っております。特に今回遠路はるばる着て頂いた講演者の方々には、感謝を申し上げたいと思っております。

本日の講演では、最新の試験方法や試験技術、国内外の試験法に関する動向、小型衛星に関します試験技術等、幅広く講演して頂きました。さらには、宇宙以外ということで、今日特別に鉄道関係の方にまで試験方法についてご講演頂きました。特に宇宙以外には我々は接する機会が少なく、興味深く聞かせて頂きました。ありがとうございます。我々としましても、本日の講演内容をこれからの試験に活かしていきたいと思ひますし、今日参加して頂いた皆様も是非これからの業務に活用して頂ければと思っております。

また、講演だけではなく、我々環境試験技術センター職員がポスターセッションをおこないませんでした。その場におきましても多くの皆様に関心をもって頂き、色々な質問や意見交換がなされたようで、非常にありがたく思っております。我々もこれから特に JAXA の宇宙開発の為に、より良い、より適切な試験ができるよう研究・開発を進めていきたいと考えておりますので、ご指導・ご鞭撻のほど、よろしくお願ひします。

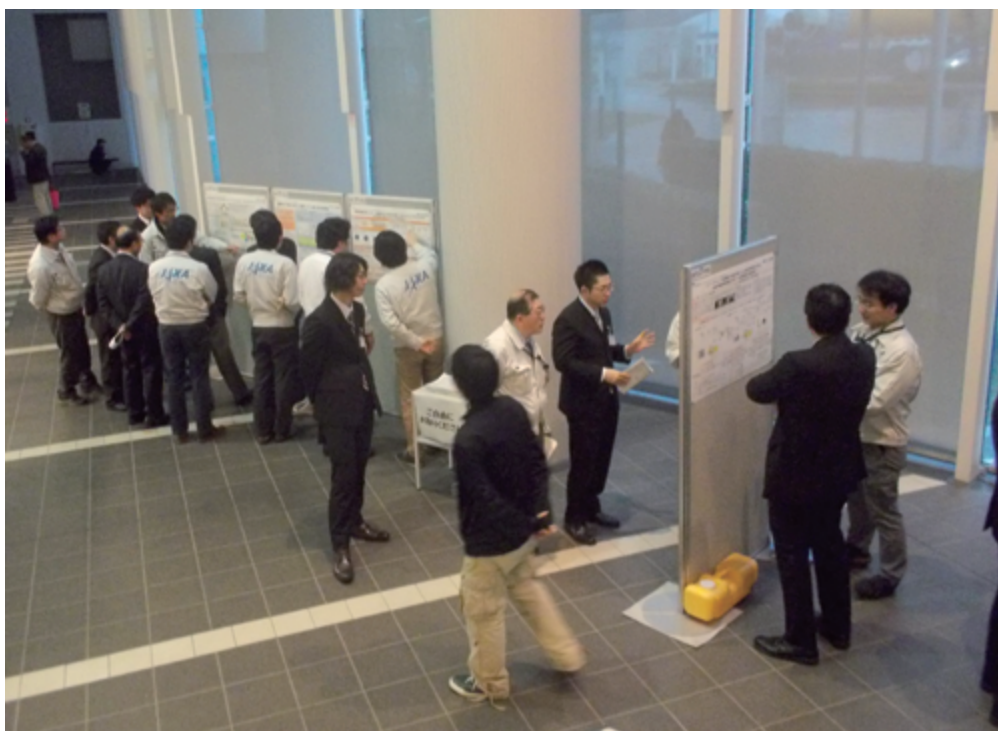
それから私どもは JAXA の試験を行っているだけではなく、外部の方の試験も可能です。特に日本ではあまりない大型の試験設備も数多く保有しておりますので、使いたいという方がいらっしゃいましたら是非お使い頂ければと思ひます。今日ポスターセッションであった以外にも多様な技術的な支援等もできますので、是非活用して頂ければと思ひます。

最後になりますが、皆様方には、今後ともより一層の御支援、御協力を頂きたく思ひます。これを最後の閉会の挨拶とさせて頂きます。本日はお忙しい中どうもありがとうございました。足りなかった分につきましては、このあとの意見交換会でぜひ続きをお願ひ致します。どうもありがとうございました。

7. ポスターセッション

ポスターセッションの内容を以下に示す。発表はいずれも環境試験技術センター職員によるものである。

- WS12-P01 環境試験の有効性検討 (Test Effectiveness) -海外の取り組みと JAXA の今後-
- WS12-P02 試験時の不具合分析による熱サイクル数の妥当性評価
- WS12-P03 環境試験技術センター設備保全の有効性検討 (Maintenance Effectiveness)
-保全周期の変更に伴うリスク評価の試み-
- WS12-P04 フォースリミット振動試験の有効性と最近の試験例紹介
- WS12-P05 音響試験設備の改善 -ユーザビリティの向上を目指して-
～ Renewal of Acoustic Test Facility to improve its usability ～
- WS12-P06 スペースチャンバ系設備の共通仕様化による相互補完性の向上
～試験用電源制御装置と計測データ処理装置の更新事例～
- WS12-P07 13m Φ スペースチャンバ真空極低温環境下対応ソーラシミュレータ均一度測定装置
- WS12-P08 磁気試験設備 磁気フィールド内へのヘリコプタ発着に伴う零磁場への影響調査
- WS12-P09 磁気試験設備 地磁気消去電源の更新
- WS12-P10 供用制度について
- WS12-P11 サービス向上のための情報化 (環境試験設備利用をより便利に…)



ポスターセッション会場

WS12-P01



環境試験の有効性検討 (Test Effectiveness) -海外の取り組みとJAXAの今後-

第12回試験技術ワークショップ ポスター発表 2014年12月11日 JAXA環境試験技術センター

Test Effectivenessとは？

- 地上試験コストの削減・有効な環境試験項目と試験条件の設定のための検討・研究活動をTest Effectivenessと呼ぶ。
- 米国は70年代より、欧州宇宙機関は90年代頃から試験有効性について盛んに議論されている。試験標準の改訂にそれらが反映されている。
- 右図にTest Effectivenessの立ち位置を示す。検討結果は宇宙機一般試験標準へ反映する。



海外の取り組みは一歩先へ

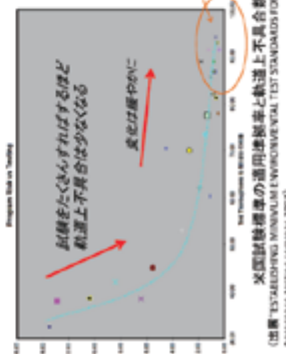
欧州の例: "MATED (Model and Test Effectiveness Database)"

衛星の設計情報
試験順序/テラリング/試験条件
各試験時の不具合
軌道上不具合

- MATEDができること
- 統計的アプローチにより地上試験の有効性のレビューを行い、コスト・開発スケジュールに対してより効率的な試験要求項目を定量的に評価する。
- MATEDを使った正確な試験者数～ESA、GOCEプロジェクト～
- GOCEのPPN(正確な試験者数)をMATEDの統計データ処理結果から省略した。正確な試験者数によるオーバー・ステイキングのリスクに対して、ワークマンシップの検出効果は低いと評価したため。

More testing → Less on-orbit failure?

- 米国試験標準MIL-STD-1540をどれほど忠実に適用しているか(テラリング量の観点)について、Environmental Test Thoroughness Index (ETTI)という指標を用いて軌道上不具合との相関を統計的に整理している。



- 「Test Thoroughnessが高い」＝試験標準を忠実に適用していること
- 試験をすればするほど軌道上不具合は少くなること(相関の統計データから分かる)
- ある程度からは、試験と軌道上不具合数の関係は緩やかになる。(試験は別の要因が支配的に)
- JAXAプロジェクトはこの境界(試験標準達成率50%～100%に近しい)

海外とJAXAのTest Effectiveness検討 現状の比較

- Test Effectivenessの主対象は、試験条件・試験対象として試験項目である。
- 試験標準の要求試験項目をまとめている「試験項目表」は各衛星プログラムおよび衛星システムにおいてどの試験が要求されるかを示している(スペースラインである)。
- 過去15年の試験項目表の差を海外と比較すれば、海外のTest Effectivenessに取り組む前向きな姿勢が見えてくる。一方で、JAXAの要求試験項目表は過去数十年以上変わっていない。



表1. 米国試験標準MIL-STD-1540(過去15年間の変化)

Requirement ID	Requirement Description	Pass/Fail	Addressed	MIL-STD-1540	Other	Provisional	Thermal	Global	Other
101-1
101-2
101-3
101-4
101-5
101-6
101-7
101-8
101-9
101-10
101-11
101-12
101-13
101-14
101-15
101-16
101-17
101-18
101-19
101-20
101-21
101-22
101-23
101-24
101-25
101-26
101-27
101-28
101-29
101-30

表2. JAXA試験標準(過去15年間の変化)

Item	Pass/Fail	Addressed	MIL-STD-1540	Other	Provisional	Thermal	Global	Other
101-1
101-2
101-3
101-4
101-5
101-6
101-7
101-8
101-9
101-10
101-11
101-12
101-13
101-14
101-15
101-16
101-17
101-18
101-19
101-20
101-21
101-22
101-23
101-24
101-25
101-26
101-27
101-28
101-29
101-30

一かJAXA試験標準の変化はゼロ。数十年前と全く変わらない。

効果的で効率的な地上試験を目指して～JAXA環境試験技術センターのチャレンジ～

- 現状の変
- 設計技術・解析技術の進歩
- 30年以上の衛星開発実績
- 15年前と変わらない試験要求
- 変わらない試験コストとスケジュール
- クリアすべき課題(一例)
- 目指すべき将来の変
- 試験項目・試験対象・レベルの見直し
- テラリング手法の技術情報管理
- 効果的な新試験法の確立
- 開発コスト最適化(効率化)の実現

過去30年の地上試験における不具合分析(一例)



- Q1: 不具合発生率(地上試験)は低減しているか?
- Q2: 試験項目・試験対象・レベルの見直しは必要か?
- Q3: テラリング手法の技術情報は適切に管理されているか?
- Q4: 効果的な新試験法の確立は可能か?
- Q5: 開発コストとスケジュールは最適か?

米国試験標準の運用頻度と軌道上不具合数の関係
(注: TESTED/REQD ENVIRONMENTAL TEST STANDARD/SPACE VEHICLES; BYGGAHS; APPROXIMATE MISSING APPROX 2003)

WS12-P02



MIL-STDの改訂経緯

背景

- 宇宙機一般試験標準 (JERC-2-130 NOTICE-2) では、熱真空試験及び熱サイクル試験におけるサイクル数に関する要求が規定されている。本規定ではコンポーネント試験においては一律サイクル数が要求されているが、その技術的範囲は広い。
- 一方でMIL-STD-1540Eをはじめとする海外の試験標準においては、コンポーネントの種類、試験温度範囲、並びに試験カテゴリー(QT, AT, PFT) によって要求されるサイクル数が異なる。また要求されるサイクル数も同じJAXAよりも多い。
- 熱真空/熱サイクル試験は試験効果が高い一方で、多くのスケジュールコストを必要とする。そのため、適切な熱サイクル数を規定することで、試験の有効性・効率の向上が図られる。
- 熱試験に対する要求やその改訂履歴・模範を国内外で比較を行うとともに、今後の改訂指針について紹介する

国内外の要求の相違

海外試験標準 (MIL-STD-1540E) のJAXA試験標準との相違は以下の通り。

- 潜在的欠陥のスクリーニングレベルを一定以上にするために、基準となる試験温度範囲が、QT, PFT, AT ごとに要求されている。
- 基準となる温度範囲を満足できない場合は熱サイクル数を増やすことでスクリーニングレベルを確保している。
- コンポーネント熱真空/熱サイクル試験におけるスクリーニング対象をほとんどしており、潜在的な熱負荷がかかるように熱サイクル数が決定されている。
- ほとんどない電圧・電圧変動以外のコンポーネントについては、要求される熱サイクル数が緩和されている。

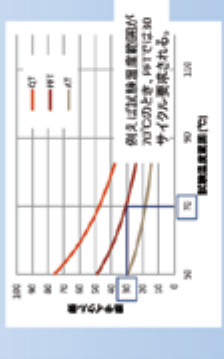
試験条件	MIL-STD-1540E Rev.B	JAXA-2-130 NOTICE-2
試験温度範囲	熱真空(TV) : -40°C ~ +125°C (100°C) 熱サイクル(QT) : -40°C ~ +125°C (100°C) 熱サイクル(AT) : -40°C ~ +125°C (100°C) 熱サイクル(PFT) : -40°C ~ +125°C (100°C)	熱真空(TV) : 熱真空(TV) 熱サイクル(QT) : 熱サイクル(AT) 熱サイクル(PFT) : 熱サイクル(PFT)
サイクル数	QT : 24 TC + 3 TV PFT : 24 TC + 3 TV AT : 8 TC + 1 TV	熱真空(TV) : 熱真空(TV) 熱サイクル(QT) : 熱サイクル(AT) 熱サイクル(PFT) : 熱サイクル(PFT)

※1 電圧・電圧変動以外のコンポーネントは熱真空(真空)QT、3 cycle (PFT)。
※2 ここで要求されるサイクル数は、JERC-2-130 NOTICE-2, 59でPFT, ATで実用した場合はサイクル数である。試験温度範囲が広い場合は、スクリーニングレベルを高く設定することで、熱真空/熱サイクル数が緩和される。

MIL-STDの改訂経緯

米国の試験標準であるMIL-STD-1540Eは、改訂される毎に、熱サイクル数への要求が見直されてきている。

① サイクル数のテラリング
潜在的欠陥のスクリーニングレベルを一定以上にするために、基準となる試験温度範囲が、QT, PFT, AT ごとに要求されている。基準となる温度範囲を満足できない場合はスクリーニングレベルを落とすか、あるいは、熱サイクル数を増やすテラリングが導入された。



改訂年	試験条件	試験温度範囲	サイクル数
1974	MIL-STD-1540A	AT : 8 TC + 1 TV QT : 24 TC + 3 TV	AT : 8 TC + 1 TV QT : 24 TC + 3 TV
1982	MIL-STD-1540B	AT : 8 TC + 1 TV PFT : 24 TC + 3 TV QT : 24 TC + 3 TV	AT : 8 TC + 1 TV PFT : 24 TC + 3 TV QT : 24 TC + 3 TV
1994	MIL-STD-1540C	AT : 8.5 TC + 1 TV PFT : 26 TC + 3 TV QT : 53.5 TC + 25 TV	AT : 8.5 TC + 1 TV PFT : 26 TC + 3 TV QT : 53.5 TC + 25 TV
2004	MIL-STD-1540E Rev.A	AT : 10 TC + 4 TV PFT : 23 TC + 4 TV QT : 23 TC + 4 TV	AT : 10 TC + 4 TV PFT : 23 TC + 4 TV QT : 23 TC + 4 TV
2015	MIL-STD-1540E Rev.B	AT : 10 TC + 4 TV PFT : 19 TC + 4 TV QT : 23 TC + 4 TV	AT : 10 TC + 4 TV PFT : 19 TC + 4 TV QT : 23 TC + 4 TV

② AT サイクル数の増加

1990年代前半〜2007年に訂上げられた1047の電気電子機器のATについて、不具合発生時のサイクル数を調査。

③ PFT サイクル数の削減
熱真空/熱サイクル試験時に発生した潜在的欠陥・ワークマンジップに際しては、不具合発生時の試験を統計的に管理。(MIL-STD-883C-A4) AT, PFT, QT におけるサイクル数と不具合発生率 (Test Effectiveness) を算出。



① 熱真空とサイクル数に属するテラリングの追加

② AT のサイクル数が4に増加

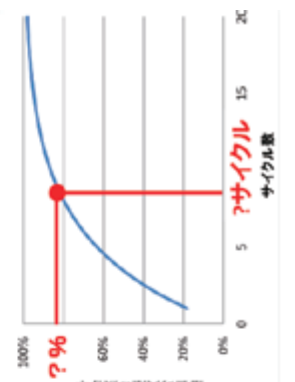
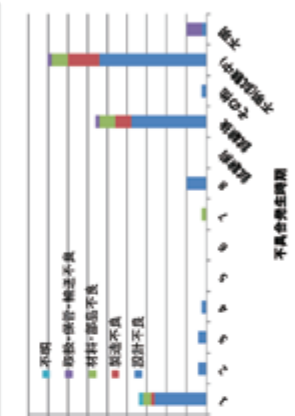
③ PFT のサイクル数が2から30に削減

JAXA試験標準の改訂経緯とこれからの取り組み

JAXAでは1979年に試験標準が指定され、1983年にPFTの要求が追加されているが、それ以外で熱サイクル数が改訂された実績はない。

改訂に向けた取り組み

- 1st step (on going)
- JAXAが近年開発した11衛星のコンポーネント熱真空/熱サイクル試験時の不具合(102件)の原因・発生時サイクル数を分析。
- サイクル数が関係する不具合(潜在的欠陥、ワークマンジップ)の発生率とサイクル数を整理



1st Step

2nd step

受入にあたり達成すべき不具合の残存率から、サイクル数を決定する。

WS12-P03



環境試験技術センター 設備保全の有効性検討 Maintenance Effectiveness

第12回試験技術ワークショップ ポスター発表 2014年12月11日 JAXA環境試験技術センター

1. 目的

FY25年度に技術的な保全作業の見直しによる効率化、設備の信頼性と効率化を画立させた保全計画が必要
 維持費をFY24年度比約20%減

更なる効率化のためには...

設備の信頼性・リスクを定量的に評価し、信頼性と効率化を画立させた保全計画が必要
設備保全の有効性検討
 Maintenance Effectiveness

2. 保全の現状

環境試験技術センターでは、宇宙機の地上試験を行う熱真空・機械環境・電波磁気試験設備を運用している。各設備の作業中に発生した不具合の累計件数について図 2.1に示す。いずれの設備においても試験時作業に発生・確認された不具合が最も多いことが確認できる。

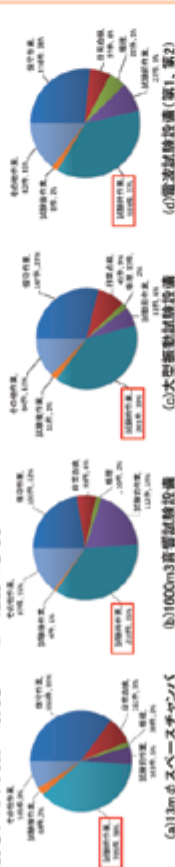


図 2.1 各設備ごとの作業別不具合発生割合
 試験中に発生する不具合は偶発的に発生するものが多い。
 試験中に発生する不具合リスクを低減するためには、新たな保全思想を取り入れる必要がある。

3. 宇宙機試験レベルの最適化と地上試験設備への概念拡張

宇宙機の地上試験レベルはコストモデルを用いて検討されている。また、地上試験の有効性について不具合数をもとにした指標が提案されている。この概念を拡張し、地上設備のメンテナンスへ適用した指標を提案する。

宇宙機地上試験レベルの最適化指標

$$I_{opt} = \frac{100}{1 + C_f/C_p}$$

I_{opt} : 最適な地上試験レベル
 C_f : 地上試験にかかると費用
 C_p : 宇宙機製造費用
 Perini A.G. et al. "Investigation of Directional Techniques to Short Circuit Test Links for Stochastic Vibration Tests," Digital Compression Patent 2002-01-11

地上設備

$$I_{opt} = \frac{100}{1 + C_f/C_p}$$

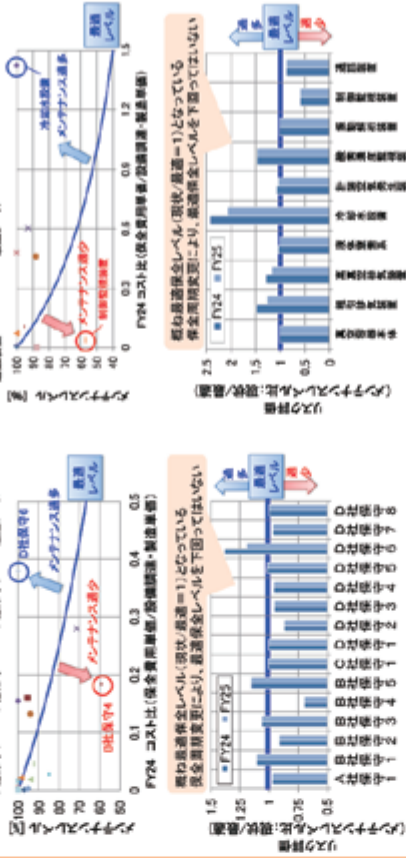
I_{opt} : 最適な地上試験レベル
 C_f : 地上試験にかかると費用
 C_p : 地上試験設備費用
 保全の有効性(Maintenance Effectiveness)検討は、保全活動でのPOCAサイクルにおけるA(Act, 処置・改善)に該当し、サイクルを効果的に短縮させることが目的である。

提案した『保全レベルの最適化指標』と『有効性指標』を比較することで、現在の保全の過不足を定量的に判断し、保全周期等の改善に生かすことが可能である

4. 保全周期変更に伴うリスク評価の試み

保全周期の延長に伴うリスクの変化を定量的に評価する。ここでは不具合実績から計算される有効性指標と最適な保全レベルとの差を比較することで、保全の過不足を定量的に評価した。

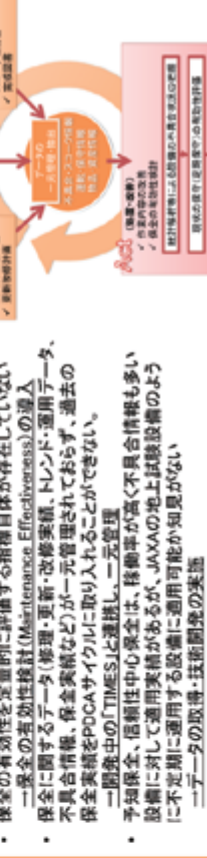
<1600cm3音響試験設備(保守項目別整理)>
 <6m放射線スペースシャトル(設備系統別整理)>



両設備ともFY25年度の保全周期の延長により、不具合リスクが最適値を下回った項目はなく、不具合実績を加味し、必要な信頼性を保った維持費削減がなされたといえる。

5. 保全の有効性検討(Maintenance Effectiveness)の将来構想とその範囲

保全の有効性(Maintenance Effectiveness)検討は、保全活動でのPOCAサイクルにおけるA(Act, 処置・改善)に該当し、サイクルを効果的に短縮させることが目的である。



保全の有効性(Maintenance Effectiveness)検討により、過去の知見を十分に活用するリアルタイム型のPOCAサイクルを確立。これにより、信頼性と効率化を両立し、試験時を含めた不具合リスクの低減も可能となる。

図5.1 保全の有効性検討 全体像

WS12-P04



フォースリミット振動試験の有効性と最近の試験例紹介

第12回試験技術ワークショップポスター発表 2014年12月11日 JAXA環境試験技術センター

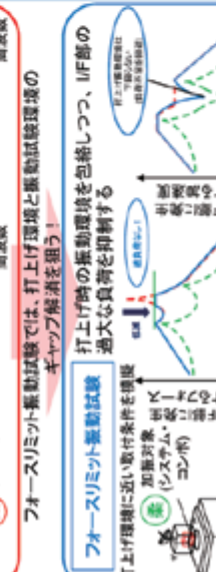
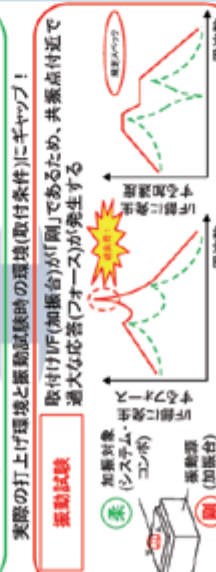
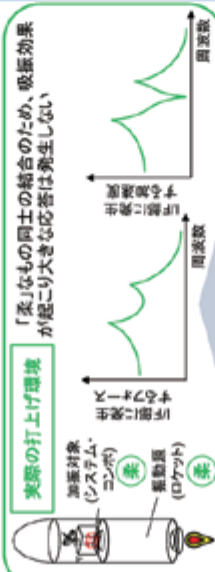
概要 Abstract

「フォースリミット振動試験」は、宇宙機システム・サブシステム・コンポーネントの振動試験を行う際に適用される加速度スペクトルに起因する過剰な負荷を緩和するためのノッチング方法の一つであり、環境試験技術センターでは2008年に「フォースリミット振動試験ハンドブック(JERG-2-130-HB004)」を制定し、以後その有効性の検証と利用促進に努めてきた。本資料では、フォースリミット振動試験の最近の適用例であるHTV搭載導電性テザー実証実験システム(KITE)のエンドマス供試体の試験結果を用いて、フォースリミットの考え方やフォースリミットの有効性について紹介する。

フォースリミットとは

「What is "Force Limited Vibration Testing"」?

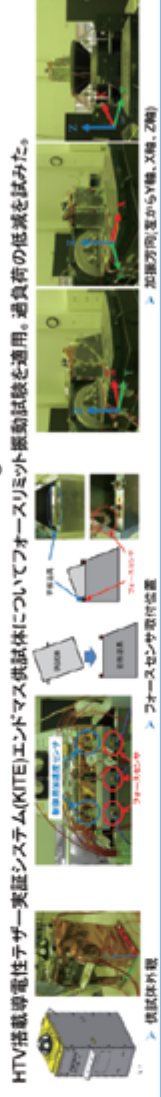
振動試験時、加振台と供試体とのIF側に既定の加速度スペクトルを印加しようとするとき、加振台が「剛」であることによるインピーダンスミスマッチにより共振点付近で大きな応答(フォース)が発生する(実際の打上げ環境ではそのようなフォースは発生しないにも関わらず)。フォースリミット振動試験では、IFフォースの印加を制御しフォースリミットすることにより構造的にインピーダンスミスマッチを解消し、過負荷を抑制することが可能である。



参考文献
1: JERG-2-130-HB004A フォースリミット振動試験ハンドブック
2: JERG-2-130-HB003 振動試験ハンドブック
3: GCS-2014-007 HTV搭載導電性テザー実証実験(KITE)エンドマス供試体(HTV)フォースリミット条件算出(HTV)フォースリミット条件算出(HTV)における加速度について

最近のフォースリミット振動試験事例

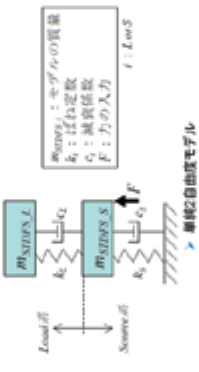
Recent case of Force Limited Vibration Testing



リミット条件計算

Calculation of Limit Condition

下記のようなモデルを用いて最大発生フォースを算出する「単純2自由度法」を採用してフォースリミット条件を算出した。



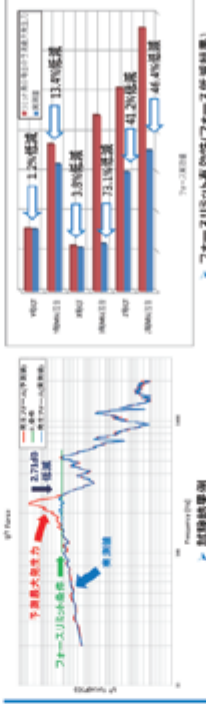
$$F_{FDSpec} = M_L^2 \times F_{norm}^2 \times A_{FDSpec}$$

↑ ばね定数のみで規格化された規格フォース(加速度スペクトル)
↑ 単純2自由度法によるフォースリミット算出に必要なパラメータ

項目	単位	数値
Load 質量	kg	0.2
Load ばね定数	N/m	1000
Source 質量	kg	0.2
Source ばね定数	N/m	1000
規格フォース	m/s ²	1.0
規格加速度	m/s ²	1.0

試験結果

Test Results



今回の試験で設定したフォースリミット値が2~3dB程度安全側(負荷不足にならない側)の原案であったと判断できる

項目	単位	数値
質量	kg	0.2
ばね定数	N/m	1000
減衰係数	Ns/m	0.2
規格フォース	m/s ²	1.0
規格加速度	m/s ²	1.0

まとめ Conclusion

HTV搭載導電性テザー実証システム(KITE)エンドマス供試体についてフォースリミット振動試験を適用し、その有効性(過負荷低減)を示した。試験後もフォースリミットの適用事例を増やし、利用促進に努めていきたい。

WS12-P05

音響試験設備の改善

—ニューゼリティの向上を目指して—

改善!

- ・充填量制限=65%以下
- ・充填後制限=4時間待ち

試験は1日2回まで
(H-ZA PFT 平均的消費量)

改善前

65%以下

...受入完了後
4時間は試験不可

改善後

地上へ

配管ルートも短縮・簡素化・急温化

音響試験設備改善の背景と対策要

これまで、SVE 1000m音響試験設備は、運搬ガス供給系圧力変動による試験のabortを避けるために、充填量制限(65%以下)及び充填後の待機時間制限(4時間以上)を運用制として設定していました。この運用制により、試験(10音)は1日に2回まで、不具合等に伴う追加試験への追加55%など対応できず、運用制を改善する必要がありました。そこで音響試験センターでは運用制の緩和、試験開始の遅延、さらには試験運用の効率化を目的として、2008年~2012年にかけて圧力変動の原因調査・試験体制の改善、圧力変動の主な原因の一つが、液体窒素供給と蒸発器の高圧差によるヘッド圧、経路の長さ・高さ等の複合要因により引き起こされる(気流二相流)であると特定しました。これらに対する根本的な対策として、研究・開発の結果利用した要因を排除するために、原価レバレッジの改善、配管の急温化、配管ルートの変更、機器の急温化、液体窒素供給系圧力変動の抑制、液体窒素受入後30分での試験実施を可能としました。

1日のスケジュール例

ケース1

ケース2

1日3回の試験が可能に♪

運用制限を守らないと...

before

after

WS12-P06



スペースチャンバ系設備の共通仕様化による相互補完性の向上 ～試験用電源制御装置と計測データ処理系の更新事例～

第12回試験技術ワークショップホスター発表 2014年12月11日 JAXA環境試験技術センター

1. 背景 - スペースチャンバ系設備の課題 -

筑波宇宙センターにて運用されている3基の大型スペースチャンバは別々の建屋に設置され、各スペースチャンバを接続するネットワークを有していない。そのため、共通の機能が多いにも関わらず個別に運用・管理されており非効率であった。そのため、スペースチャンバ系設備の将来構想として、各スペースチャンバ間にネットワークを敷設し、そのネットワークを外部ネットワークと接続することで、スペースチャンバの試験状況を設備外部からでもモニタできるようにすることが計画された。その一環として平成25年度に試験用電源系の更新を実施し、平成26年度には計測データ処理系の更新を実施中である。

2. 試験用電源系と計測データ処理系の問題点

試験用電源系
衛星への外部熱入力機能に用いるIRヒータ等に電力を供給する装置、電源系と、それを制御するコントローラ、設定情報を入力するIR電源設定専用PCから構成される。
制御用コントローラの製造中止、OSのサポート終了等の問題から、更新の必要性が生じていた。

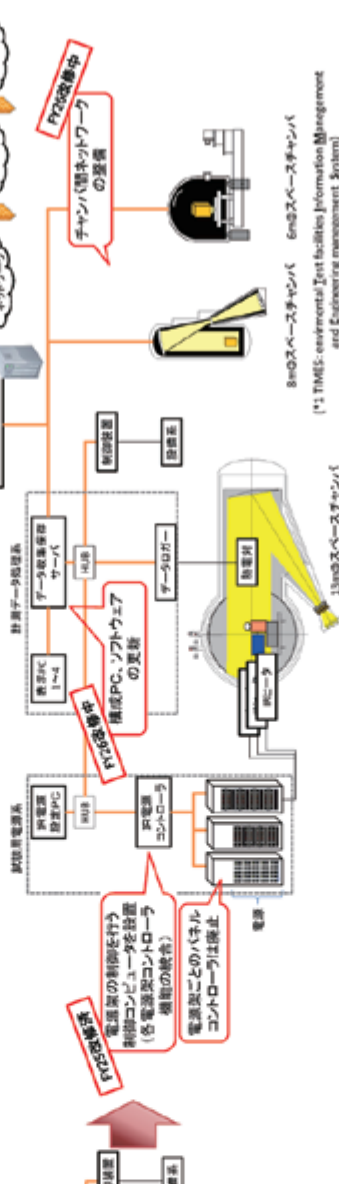
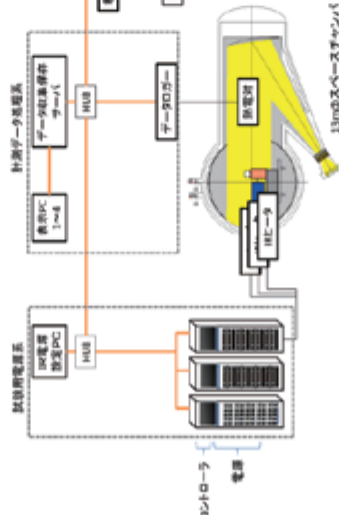
計測データ処理系
衛星各部に取り付けられた熱電対信号や設備からのデータを集積・保存、表示する装置。温度データを取得するデータロガー、データ取得専用サーバ、表示PC等から構成される。
構成PCの老朽化が進んでいることや、ソフトウェアの仕様がチャンバごとに異なるため、GUIが不統一で利便性が低い。ソフトウェアに不具合が生じた時にチャンバ間で水平展開ができない等の問題点を抱えていた。

3. 改修のコンセプト

試験用電源系と計測データ処理系が抱えている問題点を解決しつつ、将来構想のチャンバ系設備統合化を視野に入れた改修を実施すること

<現状の設備 ~Before~>

<将来構想 ~After~>



ユーザー要望への対応

よりユーザーが使いやすい設備へ
環境試験技術センターがユーザーから収集している改善要望を可能な限り取り入れた改修を実施している。その一例を以下に紹介する。

表1: 変更におけるユーザー要望への対応例

設備	ユーザー要望への対応例
試験用電源系	ヒータ設定の一括適用機能の付与 温度制御・電力制御の制御メニューを任意に選択できるように改修 13mスペースチャンバ800W電源系を追加
計測データ処理系	衛星データの表示期間を1分間隔から1~60秒を任意に選択できるように改修 表示データをマルチウィンドウ表示可能な仕様に改修 衛星プログラム上で衛星データを選択しグラフ表示させる機能を追加

スペースチャンバ間での互換性向上

他チャンバから機器を移植し、故障時対応や機能増強に寄与
3基のスペースチャンバで仕様を統一できる機器は極力統一する。故障時には他のチャンバから機器を移植して使用可能となる。また試験中に電源系を移植することで、電源数を必要に応じて増強することが可能となる。

表2: スペースチャンバ間で互換性を有する機器

設備	機器	互換性
試験用電源系	コントローラ	如明チャンバ間で移植可能
	IR電源設定PC	如明チャンバ間で移植可能 コントローラ取付けコンローラとしても機能
計測データ処理系	電源系	チャンバ間で移植し、機能増強可能
	データ取得専用サーバ	如明チャンバ間で移植可能
	表示PC	如明チャンバ間で移植可能

外部からのモニタ・制御に向けて(将来構想)

情報化技術を活用し運用性向上を目指す
将来構想として、設備ユーザーは筑波宇宙センター外のPCからでもネットワークを経由して、試験データのリアルタイム表示を可能とすることが検討されている。開発中のTIMESnet(試験設備専用ネットワーク)を經由することによりセキュリティが確保される。将来構想実現への布石としてFY26までの改修に以下の項目を盛り込んだ。

ユーザー目標

設備	より迅速に試験データを確認できるように。 制御室に張り付く人員を削減。
計測データ処理系	3チャンバの試験データを統合するデータベースに集約管理する(FY26改修中)
ネットワーク	3チャンバを接続する光ケーブルネットワークを敷設(FY26改修中)

表3: 将来構想を視野に入れた改修項目

設備	改修内容
試験用電源系	3チャンバの試験データを統合するデータベースに集約管理する(FY26改修中)
ネットワーク	3チャンバを接続する光ケーブルネットワークを敷設(FY26改修中)

13mφスペースチャンバ 真空極低温環境下対応ソーラシミュレータ均一度測定装置

第12回試験技術ワーキンググループ ホスター発表 2014年12月11日 JAXA環境試験技術センター

1. ソーラシミュレータ均一度測定装置とは

13mφスペースチャンバには、宇宙空間で衛星がさらされる太陽光を模擬する、ソーラシミュレータを装備している。このソーラシミュレータは、宇宙空間と同様の環境を再現するために、供試体が配置された空間に、太陽光に近い強度とともに均一な光を照射することのできるものである。ただし、ソーラシミュレータを構成する、レンズ、反射鏡等の状態の変化により、ソーラ光の均一度が劣化することも考えられ、定期的な照射強度の均一度を監視する必要がある。この照射強度の均一度を測定する装置が、ソーラシミュレータ均一度測定装置である。

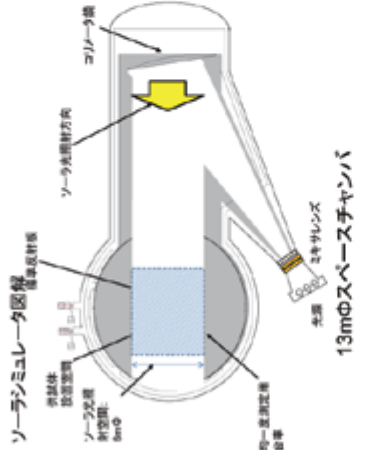


図1

2. ソーラシミュレータ均一度測定装置更新の紹介

現在、既存の均一度測定装置の老朽化(20年以上使用)と、真空極低温環境での均一度測定が必要となったため、新しい均一度測定装置を開発中である。

・既存の均一度測定装置の測定方法

大気中において、供試体設置空間に、ソーラセルを配置し、ソーラ光の照射強度を測定する。実際には、ソーラセルは直径6mφの空間をカバーする回転アーム上に配置され、図2のように回転アーム上を移動することにより、ソーラ光の照射強度分布をマップングする。

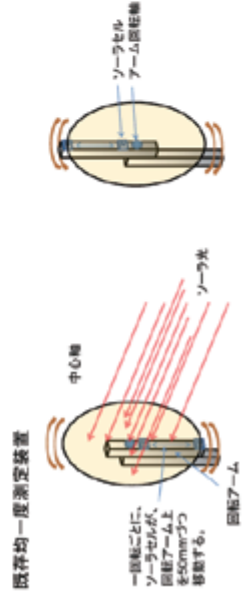


図2

・新しい均一度測定装置

大気中もしくは真空極低温下のいずれかの環境で、標準反射板にソーラ光を投射し、投射された像を、標準反射板と対面に設置したカメラにて撮影する方法である。実際には、標準反射板を構内に並べたものを縦方向に移動させ、標準反射板の縦の長さつつ移動するたびに画像を取得し、それを合成することにより、ソーラ光の照射強度分布イメージを作成する。

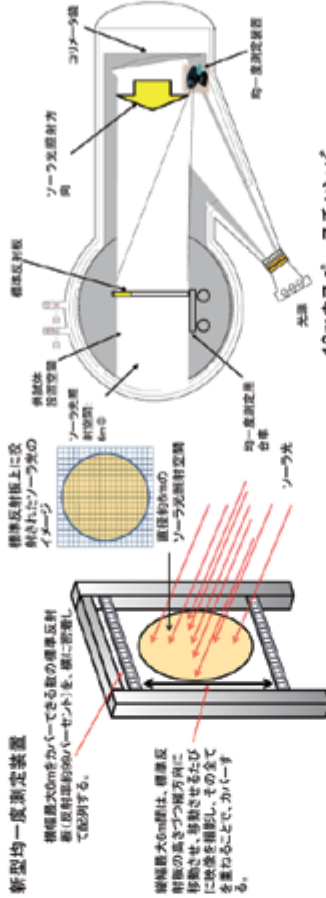


図3

3. 新しい均一度測定装置と既存の均一度測定装置の違い

項目	新しい均一度測定装置	既存の均一度測定装置
測定方法	標準反射板へ投射したソーラ光の像をカメラで撮影し、その像の強度分布イメージ化する。光の強度分布イメージ化する。同時にマップングする。	真空極低温環境下で、標準反射板にソーラ光を投射し、投射された像をカメラで撮影し、その像の強度分布イメージ化する。同時にマップングする。
測定空間	13mφ	6mφ
測定時間	約10分(3回測定)	約10分(3回測定)
測定環境	・真空極低温 ・真空極低温(1.3 x 10 ⁻⁶ Pa以下、-160°C程度) 最大:約2000000個(7ヶセル/枚)	・大気圧、常温 約10分(3回測定) ・大気圧、常温 最大:約2000000個(7ヶセル/枚)
取得データ数(1回の測定)	照射方向:1階層データ取得 計測方向:10mm毎データ取得 計測時間:約10分 合計:最大211,700個	照射方向:1階層データ取得 計測方向:10mm毎データ取得 計測時間:約10分 合計:最大211,700個

図4 新しい均一度測定装置のスペースチャンバ内配置

- 新均一度測定装置に更新するメリット
1. 真空極低温下での測定が可能
供試体が実際にさらされる環境と同じ環境で、測定可能であるため、**熱真空試験に即したソーラ光の強度分布イメージを提供可能。**
 2. 取得データの数の増加
約20倍の解像度を有しているため、**より精密なソーラ光の強度分布イメージを取得可能。**
 3. 測定時間の短縮
・大電力を必要とするソーラシミュレータの点灯時間を大幅に短縮できる。**節電に大幅に貢献。**
・測定のために必要な、人工の大幅削減。

4. 稼働予定

新しい均一度測定装置は、2015年度から本格稼働予定である。

WS12-P08



第12回試験技術ワークショップポスター発表 2014年12月11日 JAXA環境試験技術センター

磁気試験設備 磁気フィールド内へのヘリコプタ発着に伴う零磁場への影響調査

背景

- 磁気試験設備において3軸ブラウンベックコイルにより構築される零磁場は磁気外乱の影響を大きく受けることが知られている。そのため設備運転時は半径300mを磁気フィールドとし、半径200m以内の立入を制限している。
- 今年度予定されていた宇宙機の磁気試験と、防災実証の一環として筑波宇宙センター内(設備から約200mの位置)でヘリコプタを発着させる実験的に干渉する可能性が浮上したため、事前に行われたヘリコプタ着陸訓練において、ヘリコプタの接近が零磁場特性へ与える影響の調査を行った。
- 後年から設備周辺での人・車両の移動が与える影響については調査が行われてきたが、ヘリコプタのような航空機の接近については今回が初の調査となる。本調査の結果と共に新たに採用した測定方法や得られた知見について紹介する。



川崎式 BK1117C-2型

磁気試験設備概要

- <磁気試験設備の主な目的>
 - ①宇宙機の磁気モーメント測定
 - ②宇宙機搭載磁気センサの校正
 これらは地磁気の影響がない零磁場空間で実施するため、磁気試験設備では3軸ブラウンベックコイル(図2)により地磁気を除去する。

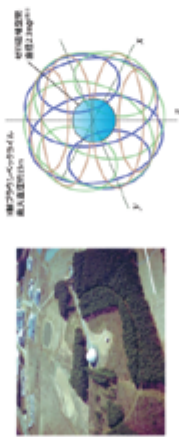


図2 三軸ブラウンベックコイルの概念図

<磁気試験設備の仕様>

- ・零磁場均一度: 主コイル中心部2.3mφ(注1)球空間において0±2.5nT以内
 - ・零磁場安定度: 2.0nT/h
- (注1) 零磁場球空間は建物の影響により現在0.8mφに縮小している。

測定項目

本調査ではヘリコプタ接近時に上記設備仕様を満足しているかを3軸磁気センサ(図3)を用いて測定した。通常、零磁場均一度及び零磁場安定度はそれぞれ独立に測定され、また均一度については作業員が測定点毎に逐次センサを移動させることで測定を行っている。



図3 三軸磁気センサ

一方、本調査ではヘリコプタが接近する短時間に零磁場均一度及び零磁場安定度とどのような変化が生じるかを時系列を遡って測定する必要があるため、計測点すべてにセンサを設置し、さらに測定開始直前に各センサを零磁場中心を基準として零調整しておくことで、同時多点計測を実現した。

測定コンフィギュレーション

図4 磁気ドーム及びヘリ着陸地点

図5 測定コンフィギュレーション

図6 セットアップの様子

図4に示す通りヘリコプタ発着場は磁気ドームから北東方向に200m程の距離にある。

2.3mφの球空間に加え0.8mφの間表面にも一部計測点を設け、センサ11台での計測とした。

結果及び考察

代表点として変化の大きかった計測点②(零磁場下端)の結果を図7に示す。

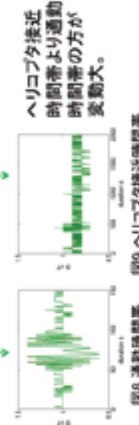
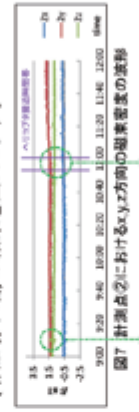
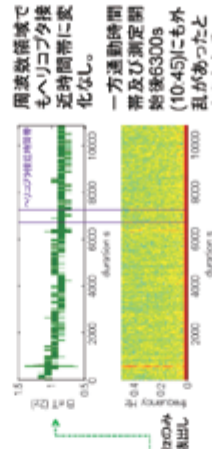


表1 計測点毎の零磁場安定度(mT/h)

計測点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
安定度	0.12	0.17	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
平均	0.12	0.17	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12



磁気フィールド内を大型車両が走行した場合大きな影響が出る事が知られている。従ってBK1117C-2型ヘリは磁場への影響度は極めて低いと考えられる。

本調査で当該ヘリの材質として主にファイバー素材が多用されており、金属部分も非磁性のアルミであることが確認された。また最も磁性金属の使用量が多いと考えられるエンジンの重量も当該機ではオイル等込で131kg×2機とのことである。大型車両においてはエンジンに及ぶ車体の大部分が磁性金属であることから、BK117C-2型ヘリの接近に伴う磁場への影響は小さいという本調査の結果が裏付けられた。

地磁気消去電源の更新

第12回試験技術ワーキンググループ ホスター発表 2014年12月11日 JAXA環境試験技術センター

1. 地磁気消去電源とは？

磁気試験時に必要なゼロ磁場空間を構築するため、電流制御を担う、地磁気消去電源によって、磁気ドーム内の3軸ブラウンベックコイルの各軸に入力する電流を適切に制御し、 $0 \pm 2.5 \text{ nT}$ という地磁気(約 $40 \sim 50 \mu\text{T}$ @日本)の千分の1以下の磁場空間を構築する。



図1. 地磁気消去電源(更新前)

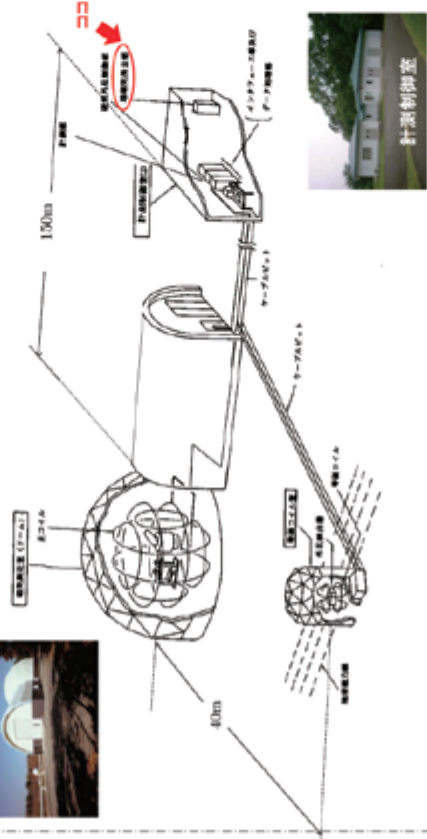


図2. 磁気試験設備概要

3. 新規設備の特徴

- ① 設計の共通化
老朽化、部品枯渇に備えるため、可能な限りコンポーネントの共通化を図ることとし、ユニット・基盤・部品レベルで互換性を持たせる。ex.MPU基板、トランス、コイル設計の共通化
- ② 数値表示機のデジタル化
現在の数値の再読が難しいアナログ式の表示器に替わり、デジタル表示器を採用する。
- ③ MPUによる出力電圧・電流の電子制御化
将来的に制御をアルゴリズム化することを目指し、制御はすべて電子化する。
- ④ 点検用端子の附設
保守、メンテナンス性を考慮し、新たに設置する。

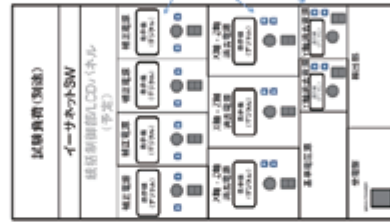


図3. 完成イメージ図

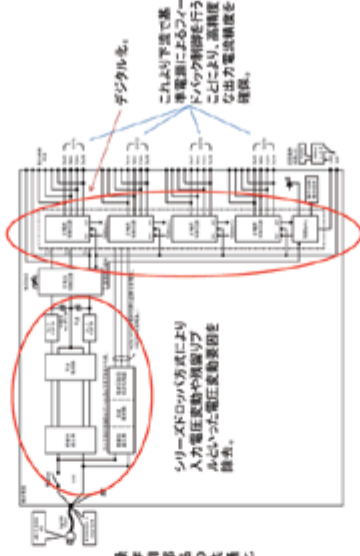


図4. 構成図一例(補正電源部)

2. 更新目的及び概要

既設の地磁気消去電源は作成後、40年以上が経過している。地磁気消去電源は、整備当初から本設備のために設計・製作された特注品であり、コンデンサや抵抗といった最小部品まで人の手で組込み、半田付けされている。老朽化により、半田はがれといった不具合に見舞われており、構成部品は既に販売停止となっているものが多いため更新が不可欠である。また、本更新にあたり、現在手作業に頼っているものが多いためゼロ磁場空間構築前の調整作業を短縮化するため、デジタル制御方式を採用し、将来的に同調整の自動化を目指す。試験前の確認・調整作業が簡略化されることにより、試験準備も含めたトータルな試験作業期間の短縮を図ることができ、利用者の利便性向上に貢献できる。

4. 今後の開発アプローチ計画



第12回試験技術ワークショップホスター発表 2014年12月11日 JAXA環境試験技術センター

1. 概要

●施設設備等共有制度とは、...
 中野・私企の両側で利用できる風洞システムやスペースシャトル、スーパーコンピュータシステム等、JAXAの保有する試験施設
 中野試験センターの両側に共有利用が期待されています。
 民間企業・大学で試験設備を必要とする共同利用の促進を通じて、新事業の創出や技術力の強化、新技術の開発
 が促進されることによる官民協力の促進が期待されています。

●共同利用の方向
 ●共同利用分析・計画している施設は、一般科学事業や科学技術に関する研究開発を行っている民間企業、大学、
 研究機関の両方に二方向利用が考えられます。
 ●共同利用の仕組み
 ●詳細は、JAXA新事業推進センターよりお問い合わせください。

2. 試験設備紹介

環境試験技術センターにて提供・管理している試験設備一覧をご案内します。

環境試験設備マップ

1. 風洞試験設備
 2. 風洞試験設備
 3. 風洞試験設備
 4. 風洞試験設備
 5. 風洞試験設備
 6. 風洞試験設備
 7. 風洞試験設備
 8. 風洞試験設備
 9. 風洞試験設備
 10. 風洞試験設備

共同利用可能な設備

共同利用可能な設備

共同利用可能な設備

共同利用可能な設備

共同利用可能な設備

共同利用可能な設備

共同利用可能な設備

共同利用可能な設備

共同利用可能な設備

共同利用可能な設備

3. 新利用例

“試験設備”を共同利用した高度先端産業・研究開発等の“エリア”を共同利用した新利用例の2種類があります。共同利用“試験設備”、“エリア”の組み合わせが任意で決まっております。
 以下にそれぞれの概要をそれぞれお示しします。◎2014年10月1日現在

<試験設備>

利用形態	利用設備	利用期間	利用料	利用条件	利用内容
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備

4. 利用の流れ

共同利用をご希望頂く流れを以下にお示しします。



WS12-PI0



供用制度について

“試験設備”を共同利用した高度先端産業・研究開発等の“エリア”を共同利用した新利用例の2種類があります。共同利用“試験設備”、“エリア”の組み合わせが任意で決まっております。
 以下にそれぞれの概要をそれぞれお示しします。◎2014年10月1日現在

<試験設備>

利用形態	利用設備	利用期間	利用料	利用条件	利用内容
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備

<エリア>

利用形態	利用設備	利用期間	利用料	利用条件	利用内容
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備
共同利用	風洞試験設備	1日	10,000円	1. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 2. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。 3. 共同利用設備は、一律共同利用専用設備として運用する。	共同利用専用設備



WS12-P11

第12回試験技術ワークショップ ポスター発表 2014年12月11日 JAXA環境試験技術センター

サービス向上のための情報化(環境試験設備利用をより便利に)



概要

宇宙機開発における試験の占めるウェイトは非常に大きい反面、試験実施にかかる事務的な業務プロセスが煩雑なため、貴重な時間を事務処理に割かざるを得ないのが現状です。

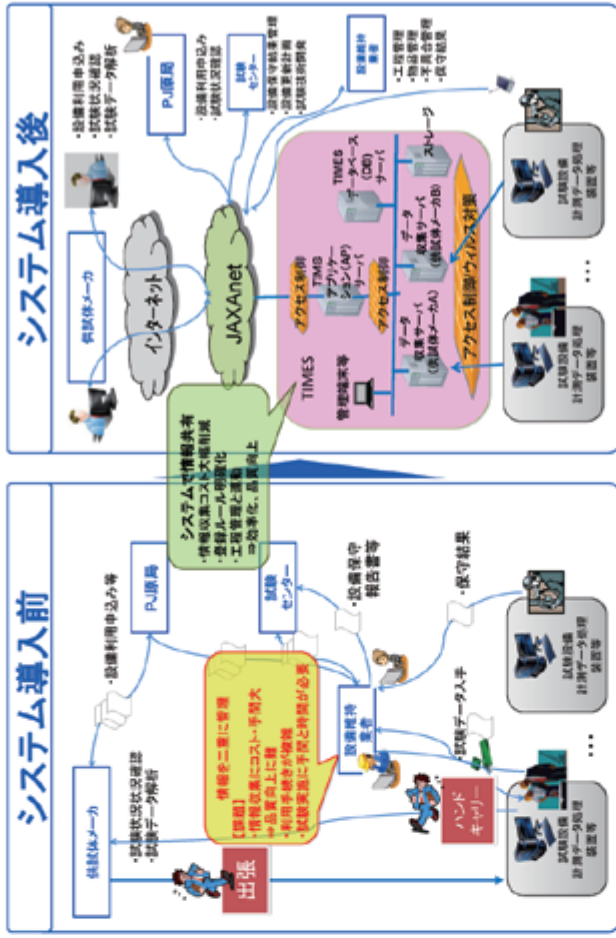
環境試験技術センターではこれを大きな問題ととらえ、ユーザの試験設備利用に対する利便性の向上、さらに試験に係る業務プロセスの効率化、及び試験の信頼性の向上、品質向上を目的として、試験業務のプロセスを明確にするためのプロセス分析の後、全体最適化を視野に入れつつ「情報技術・情報システム」を活用することによる、業務プロセスの改善に2011年度より着手しました。

今回は、現在開発を進めている改善後の業務プロセス用基幹システム『環境試験運営システム(TIMES)』の概要と、TIMES導入後の利用ユーザ向けサービスがどう変わるのかを紹介します。

試験に関わる組織・業務プロセス



これまでの成果(一部)



TIMES: environmental Test facilities Information Management and Engineering management System

今後の計画

