

5.9. 試験標準の次改定計画及び 海外標準との比較

宇宙航空研究開発機構

環境試験技術センター

柳瀬 恵一 氏

試験標準の次改定計画 及び 海外標準との比較



2012/11/15 第10回 試験技術ワークショップ
宇宙航空研究開発機構 環境試験技術センター 柳瀬恵一



内容



1. 背景
2. JERG-2-002からJERG-2-130への変更点
3. 次改定の方針
4. トピック紹介と海外比較

試験標準の次改定計画 及び海外標準との比較




1. 背景

試験標準とその歴史



第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 3/34

試験標準に求められること




- 信頼性向上
- コスト削減
- 海外連携(利用/科学)

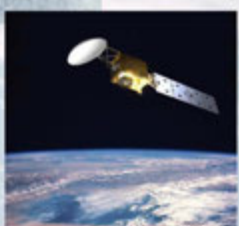
時代の「今」を反映すること

不具合の種類	割合 (%)
設計不具合	48
試験・検査不具合	15
製造不具合	10
材料・部品不具合	8
取組・設置・搬送不具合	7
外部環境の不具合	3
運用・維持不具合	2
未設定	5
その他	12

※ JAXA不具合情報システムより




GPM/DPR
©JAXA/NASA



EarthCARE/CPR
©ESA

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 4/34

宇宙機一般試験標準 (JERG-2-130)




宇宙機 一般 試験 標準

人工衛星及び探査機(無人)を指す。
(有人機も基本的な考え方は同じ)

ある特定の衛星を対象にしたものではなく、JAXAが開発する衛星全般に対して、共通的に適用する。
プロジェクトユニークなもの対象外

「設計」、「製造」に対する有力な「検証」行為の1つ。




標準(=規格)は、「自由に放置すれば、多様化、複雑化、無秩序化してしまうもの」や「事柄」を少数化、単純化、秩序化するための「取決め」

宇宙機に対する共通的・網羅的(コンサバ)な試験要求
 ⇒個別プロジェクトにとっては、原則論。実際にはテーラリング
 (自分に合わせて解釈)して、個別の検証、試験計画を立案する。

※ 第8回試験技術ワークショップ資料を一部参照

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15
5/34

世界の試験標準の歴史



		Year																																
		48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	00	02	04	06	08	10	12
USA	Events	▲Sputnik1(10/4/57) ▲Explorer(2/1/58) ▲NASA(10/1/58) ▲GSFC(1/1/59) ▲ELDO(3/29/62) ▲ESRO(6/14/62) ▲Apollo11(7/20/69) ▲ANASDA(10/1/89) ▲Ohsumi(2/11/70) ▲H-Trocket1(9/9/75) ▲Space Shuttle(4/12/81) ▲Ariane1(12/24/79) ▲ESA(4/15/75) ▲MIL-STD-1540(4/15/74) ▲MIL-STD-1540A(5/10/74) ▲MIL-STD-1540B(10/10/82) ▲MIL-STD-1540C(9/15/94) ▲MIL-STD-1540D(1/15/99) ▲H-II A#1 (8/29/01) ▲H-II B#1 (9/11/09) ▲H-II #1 (2/4/94) ▲JAXA(10/1/03)																																
	AFUS	▲MIL-T-5422(12/1/49) ▲MIL-E-5272(8/16/50) ▲MIL-STD-810(6/14/62) ▲MIL-STD-810C(3/10/75) ▲MIL-STD-810A(6/23/64) ▲MIL-STD-810E(7/14/89) ▲MIL-STD-810B Notice(6/14/70) ▲MIL-STD-810F(7/14/89)																																
	NASA GSFC	▲S-320-G-1(Oct 69) ▲GETS(ELV)-1(May 77) ▲GETS(ELV)-1 Change2(Dec 77) ▲GETS(ELV)-1 Change3(Oct 87) ▲GEVS-STs(Sep 84) ▲GEVS-SE(Jun, 96) ▲Apr., 05) GSFC-STD-7000																																
Europe	ESA	(Uncertain) ▲TF/DM/9352(Aug 84) ▲PSS-02-301 Draft(Sep 84) ▲PSS-02-301 Draft2(May 88) ▲PSS-01-802(May 92) ▲PSS-01-801 Draft(Jun 92) ▲ECSS-E-10-03A (2/15/02) ▲ECSS-E-ST-10-03C (6/1/12)																																
Japan	NASDA / JAXA	▲NASDA-ESPC-7(3/16/79) ▲NASDA-ESPC-7A(1/28/83) ▲NASDA-ESPC-7B(12/22/89) ▲NASDA-STD-15(3/25/94) ▲NASDA-STD-15A(3/18/98) ▲JERG-2-002 (4/1/04) ▲JERG-2-130 (5/10/12)																																
		▲ISO15864 (8/15/04)																																

※ 第8回試験技術ワークショップ資料を参照

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15
6/34

日本の試験標準の歴史



旧NASDA系

制定・改定年月日	文書番号	Rev.	日本語名	英語名	主な変更点	主管部門
1979/3/16	NASDA-ESPC-7	NC	試験共通仕様書 (人工衛星編)	General Environmental Test Specification	(初制定)	環境試験グループ
1983/1/28		A			GETS(ELV)-1及び蓄積された経験を踏まえ改訂	環境試験グループ
1989/12/22		B			(社)日本航空宇宙工業会に委託し、衛星メーカーを含めて見直し	信頼性管理部・人工衛星開発本部・試験部
1994/3/25	NASDA-STD-15	NC	衛星一般試験標準	General Test Standard for Spacecraft	信頼性管理部主導のもと、「標準」として制定。	信頼性管理部
1998/3/18		A			蓄積された経験、データを踏まえ改訂	信頼性管理部
2004/4/1	JERG-2-002	NC	衛星一般試験標準	General Test Standard for Spacecraft	なし(NASDA⇨JAXAの組織改編による文書番号の変更のみ)	安全・信頼性管理部 ／安全・信頼性推進部
2012/5/10	JERG-2-130	NC	宇宙機一般試験標準	General Test Standard for Spacecraft	後述	安全・信頼性管理部 ／安全・信頼性推進部

※ 第9回試験技術ワークショップ資料を参照

旧ISAS系 - 関連文書として以下がある。プロジェクト毎に管理されていた。

制定・改定年月日	文書番号	Rev.	日本語名	英語名	主な変更点	主管部門
2004/8/20	JERG-2-019	NC	科学衛星搭載機器の耐環境性設計基準書	Environment-Proof Design Criteria for On-board Equipment of Scientific Satellite	-	安全・信頼性管理部 ／安全・信頼性推進部

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 7/34

試験標準の次改定計画 及び海外標準との比較



2. JERG-2-002からJERG-2-130への変更点



第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 8/34

新←旧 の考え方

その1 要求の過不足を明確に

その2 要求と参考情報の切り分けを明確に

その3 試験の効率及び信頼性向上のための配慮

その4 国内外標準との整合性確保

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15

9/34

新←旧 の考え方

その1 要求の過不足を明確に (個別要求の項目)

4.5.10 信頼試験

(1) 概要

本試験は、信頼試験の目的を達成するための信頼性の評価を行う。信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。

(2) 試験の目的

4. 試験の目的

信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。

(3) 試験方法

信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。

(4) 試験結果

信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。

(5) 試験条件

信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。

項目	試験項目	試験内容	試験結果	試験条件	試験方法
(1)	試験目的	(1) 本試験は信頼試験を行う。信頼試験の目的を達成するための信頼性の評価を行う。信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。			
(2)	試験方法	(2) 本試験は信頼試験を行う。信頼試験の目的を達成するための信頼性の評価を行う。信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。			
(3)	試験結果	(3) 本試験は信頼試験を行う。信頼試験の目的を達成するための信頼性の評価を行う。信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。			
(4)	試験条件	(4) 本試験は信頼試験を行う。信頼試験の目的を達成するための信頼性の評価を行う。信頼性、信頼性、信頼性を評価するための信頼性の評価を行う。			

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15

10/34

新←旧 の考え方

その1 要求の過不足を明確に(個別要求の項目)

5.2.13 衝撃試験	5.2.15 熱真空試験
(1)一般要求	(1)一般要求
(2)ロケットによる衝撃	(2)加熱方法の選択
(3)衝撃分離時の衝撃	(3)試験条件の選択
(4)衝撃分離後の衝撃	(4)電気性能試験
(5)アポジ推進系による衝撃	(5)監視及び機能性能試験
(6)輸送及び取り扱いによる衝撃	(6)試験の実施
	(7)試験の評価

項目	【要求事項】
(1) 試験目的	当該試験の目的と検証の対象を示す。
(2) 試験時期	当該試験を実施する時期及び順序を示す。
(3) 試験方法	当該試験を実施する設備及び試験方法に求められる要求事項を示す。供試体の保護に関する要求がある場合、この欄に記述される。
(4) 試験コンフィギュレーション	試験装置、供試体、セットアップ(境界条件)について記述する。
(5) 試験条件	負荷条件と周囲環境条件について記述する。
(6) 計測・データ処理	環境負荷、供試体機能性能、(その他の)データ計測について、計測方法及びデータ処理について記述する。
(7) 評価	環境負荷、供試体機能性能、(その他の)データ計測について、評価方法について記述する。
(8) 補足事項	上記(1)～(7)に当てはまらない補足すべき要求事項や説明事項等。

1304

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 11/34

新←旧 の考え方


その1 要求の過不足を明確に(試験体系モデル)

対象レベル、目的、手段の3階層を明確にし、全てについてシート(個別要求表)を用意。
 → 試験実施者は該当箇所を見れば、(とりあえずは)要求事項の認識ができる。
 海外標準との整合性確認も明確になる。

対象レベル: システム/サブシステム/コンポーネント
 目的: 認定/受入/プロトタイプ
 手段: 圧力/加速度/.../音響/振動/.../熱真空/熱平衡/.../EMC/機能性能/...

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 12/34

新←旧 の考え方




その1 要求の過不足を明確に(試験体系モデル)

試験ID	試験対象レベル	試験目的	試験内容	ページ番号
1.1.44	システム	QT	管理試験	31
1.1.45	システム	QT	ランダム動作試験	37
1.1.46	システム	QT	正位誤動作試験	40
1.1.47	システム	QT	異常試験	40
1.1.48	システム	QT	異常立上試験	40
1.1.49	システム	QT	動作試験	51
1.1.51	システム	QT	機動作業試験	54
1.1.54	システム	QT	モード試験	58
1.1.55	システム	QT	接地試験	61
1.1.57	システム	QT	接地異常試験	62
1.1.58	システム	QT	アンテナパターン測定試験	66
1.1.64	システム	AT	管理試験	67
1.1.65	システム	AT	ランダム動作試験	68
1.1.66	システム	AT	正位誤動作試験	72
1.1.67	システム	AT	異常試験	73
1.1.68	システム	AT	異常立上試験	73
1.1.69	システム	AT	動作試験	83
1.1.71	システム	AT	機動作業試験	86
1.1.74	システム	AT	モード試験	91
1.1.75	システム	AT	接地試験	93
1.1.77	システム	AT	接地異常試験	94
1.1.78	システム	AT	アンテナパターン測定試験	98
1.1.84	システム	PFT	管理試験	99
1.1.85	システム	PFT	ランダム動作試験	100
1.1.86	システム	PFT	正位誤動作試験	104
1.1.87	システム	PFT	異常試験	107
1.1.88	システム	PFT	異常立上試験	108
1.1.89	システム	PFT	動作試験	117
1.1.91	システム	PFT	機動作業試験	119
1.1.94	システム	PFT	モード試験	123
1.1.95	システム	PFT	接地試験	127
1.1.97	システム	PFT	接地異常試験	128
1.1.98	システム	PFT	アンテナパターン測定試験	130

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15
13/34

新←旧 の考え方



その2 要求と参考情報の切り分けを明確に

要求事項

テーラリングガイド

解説

4.5.10 異常試験

(1) 概要

地上の地上設備(地上試験機)による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。

(2) 試験目的

4. 異常試験

4.1 異常試験

地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。

(3) 試験方法

地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。

試験ID	システム	試験対象レベル	試験目的	試験内容	テーラリングガイド	解説
05	地上試験機	AT	管理試験	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。
			異常試験	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。
			異常立上試験	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。
06	地上試験機	AT	管理試験	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。
			異常試験	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。
			異常立上試験	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。	地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。地上試験機による異常試験は、地上試験機による異常試験と地上試験機による異常試験とを区別して実施する必要がある。

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15
14/34

新←旧 の考え方



その3 試験の効率及び信頼性向上のための配慮 試験ハンドブックや他標準との連携

表 5-1 宇宙機一般試験標準に反映された試験ハンドブックの記載事項

No.	内容	宇宙機一般試験標準の反映箇所	試験ハンドブックの参照項番号
1	ランダム振動試験と音響試験の選択方法	5 項 (試験項目表)	音響試験ハンドブック 2.3 項
2	モーダルサーベイ試験の試験目的	5 項 (モーダルサーベイ試験)	振動試験ハンドブック Appendix E
3	モーダルサーベイ試験の試験方法	5 項 (モーダルサーベイ試験)	振動試験ハンドブック 2.2.4 項 振動試験ハンドブック E.2 項
4	モーダルサーベイ試験の加振時間留意事項	5 項 (モーダルサーベイ試験)	振動試験ハンドブック Appendix E
5	音響試験の供試体設置方法	5 項 (音響試験)	音響試験ハンドブック 4.5 項
6	局所音圧上昇 (フィルエフェクト) を考慮した試験レベル設定	5 項 (音響試験)	音響試験ハンドブック 2.2 項 音響試験ハンドブック Appendix B
7	累積疲労損傷の評価の考え方	5 項 (音響試験、ランダム振動試験、正弦波振動試験)	音響試験ハンドブック Appendix D
8	マイクローフンの設置方法	5 項 (音響試験)	音響試験ハンドブック 4.3 項
9	加速度センサの設置方法	5 項 (音響試験)	音響試験ハンドブック 4.4 項
10	パワースペクトル密度(PSD)解析及びランダム・レスポンス・スペクトラム(RRS)解析	5 項 (音響試験)	音響試験ハンドブック 5 項
11	液体を非充填とした状態で行う試験	5 項 (ランダム振動試験)	振動試験ハンドブック 3.4 項
12	振動試験の供試体設置方法	5 項 (ランダム振動試験、正弦波振動試験)	振動試験ハンドブック 3.4、3.5 項
13	ノッチングの適用方法	5 項 (ランダム振動試験、正弦波振動試験)	振動試験ハンドブック 2.3、3.1、3.2、3.3、A.1 項
14	振動試験の加振制御	5 項 (ランダム振動試験)	振動試験ハンドブック 3.7 項、Appendix J
15	加速度センサの設置方法	5 項 (ランダム振動試験)	振動試験ハンドブック 3.7.1 項
16	振動計測位置	5 項 (正弦波振動試験)	振動試験ハンドブック E.1 項
17	ゼロシフト発生時の対処方法	5 項 (衝撃試験)	衝撃試験ハンドブック 5.3 項
18	衝撃試験の方法	5 項 (衝撃試験)	衝撃試験ハンドブック 4.1 項
19	外部熱入力の模擬方法	5 項 (熱真空試験、熱平衡試験)	熱真空試験ハンドブック 2.3.3 項、3.3.1、3.4.1 項
20	試験時のスペースチャンバの環境条件	5 項 (熱真空試験、熱平衡試験)	熱真空試験ハンドブック G.1、G.2 項
21	放電チェック及び放電注意圧力	5 項 (熱真空試験)	熱真空試験ハンドブック K.1.2 項

新←旧 の考え方



その4 国内外標準との整合性確保(一部実施)

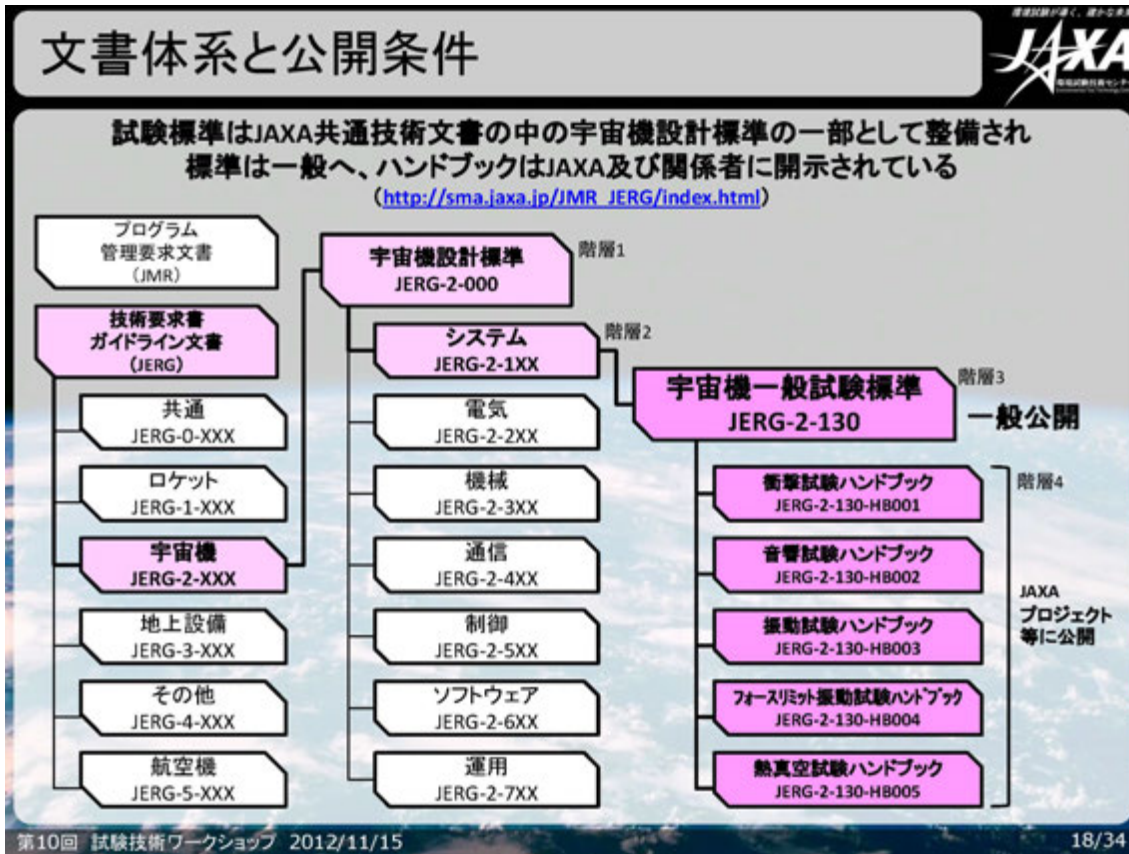
国内標準・・・記述の整合性を図る、それぞれの標準WGと連携

- JMR類(品質保証プログラム標準等)
- 科学衛星の耐環境性設計基準(JERG-2-019)
- EMC設計標準(JERG-2-241)
- 熱制御設計標準(JERG-2-310)
- 構造設計標準(JERG-2-320) 等

海外標準・・・目次を追いやすく、できる限り齟齬がないように

- 米国MIL(MIL-STD-1540E(SMC-S-016))
- 米国NASA(NASA-STD-7000系統(GEVS含む))
- 欧州ECSS(ECSS-E-ST-10-03C)
- ISO(ISO15864)

目次		新 (JERG-2-130)	旧 (JERG-2-002)
1. 総則		その1 一般要求の並順をなるべく海外標準と整合を取る	1. 総則
2. 関連文書		その2 開発/認定/受入/プロトタイプ の考え方を統合	2. 関連文書
3. 用語の定義		その3 個別の要求を5章に統合。 索引と共に表形式。	3. 定義 3.1. 用語 3.2. 略語
4. 一般要求事項		その4 射場試験を別だしに	4. 一般要求事項
4.1. 試験理念		その5 略語集と公差等を付録 にまとめる	4.1. 試験理念
4.2. 試験体系のモデルと試験カテゴリー システム/サブシステム/コンポーネント 開発/認定/受入/プロトタイプ 環境試験/機性能試験/測定		その6 ロケット毎の試験レベル の付録を削除	4.2. 試験の権限 開発/認定/受入/プロトタイプ試験
4.3. 文書			4.2. 試験プログラム 文書/再試験/記録
4.4. 再試験			4.2. 試験要求と条件 レベル・時間/設備/公差及び計測精度要求
4.5. 試験の記録			5. 衛星のシステム試験
4.6. 計測機器の管理			5.1. 開発試験
4.7. 試験室の標準環境条件			5.2. 認定/受入/プロトタイプ試験
5. 個別要求			5.3. 射場試験
試験項目表 システム/サブシステム/コンポーネント 認定/受入/プロトタイプ試験			6. サブシステム・コンポーネント試験
6. 射場における確認試験試験			6.1. 開発試験
7. 付録			6.2. 認定/受入/プロトタイプ試験
付録I 略語			7. 付録 ロケットによる衛星の試験レベル
付録II 公差及び計測精度要求			
付録III 開発試験(個別)			
付録IV サブシステム試験(個別)			



試験標準の次改定計画 及び海外標準との比較





3. 次改定の方針



第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 19/34

考え方と作業内容



次期改定

要求と参考情報の切り分けを明確に

共通事項のアップグレード
試験標準WGで継続的に審議

効率及び信頼性向上のための配慮

漏れている要求の補充
主として専門(サブ)WGで議論

国内外標準との整合性確保

個別課題の検討と反映
主として専門(サブ)WGで議論

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 20/34

共通事項のアップグレードの例



- 試験目的の整理
(環境試験、機能性能試験、測定)
- 試験レベルの定義
(システム・サブシステム・コンポーネント試験)
- 試験項目表の修正
- 用語の統一
- 再試験の修正
- 開発試験の修正
- 射場試験の修正
- EFM方式の検討
- 検証要求書の検討

項目	試験項目	試験方法	試験環境	試験設備	試験場所	試験時期	試験回数	試験結果	試験費用	試験リスク	試験責任	試験実施
開発試験	1.1.1	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.2	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.3	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.4	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.5	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.6	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.7	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.8	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.9	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.10	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.11	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.12	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.13	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.14	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.15	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.16	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.17	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.18	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.19	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.20	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.21	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.22	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.23	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.24	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.25	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.26	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.27	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.28	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.29	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
開発試験	1.1.30	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①

注：要求 0：オプション -：適用せず

漏れている要求の補充




ID 1218 システム 受入試験(AT) アンテナパターン測定		要求事項	テラリングガイド	解説
(1)	試験目的	衛星のアンテナ放射パターン及び位相を正確に決定するために、適当な電圧試験設備を用いてアンテナパターン測定を行う。		
(2)	試験時期	特に要求のない限り、表 3-2 に従うこと。		
(3)	試験方法	①		
(4)	試験コンフィギュレーション	ア 試験装置	①	*1 衛星レベルでのアンテナ放射パターン及び位相の測定が困難な場合は、衛星形状を模倣したモックアップ又はスケールモデルにアンテナを接続して測定を実施しても良い。ただし、スケールモデルを用いたアンテナパターン試験を実施する場合は、そのスケール比に対応した測定精度にて測定を行うこと。
		イ 供試体	①	
		ウ セットアップ(境界条件)	①	
(5)	試験条件	ア 負荷条件	①	
		イ 環境環境条件	①	
(6)	計画・データ処理	ア 測定装置	①	
		イ 供試体	①	
		ウ データ計画	①	
(7)	評価	ア 測定装置	①	
		イ 供試体	①	
		ウ データ計画	①	
(8)	補足事項	N/A		


記述方針を統一した結果、記述の漏れがミエル化され、不足を埋めていく作業が必要。同時に書き過ぎ、現状にそぐわない記述も修正。適宜、他の標準WGとも連携して進めていく。

アンテナパターン測定試験 システム AT 1218

個別課題の検討と反映




**多くの課題
どこから
手を付ける？**



第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 23/34

作業計画



アンケートを実施 → ある程度の優先度を識別

- コストは5段階 (A 試験費用削減 → C ほぼ変わらない → E 費用増加)
- 信頼性は3段階 (A 信頼性増加 → B ほぼ変わらない → C 信頼性低下)

凡例

 共通事項


 個別課題

太字下線は緊急性高

		コストE	コストD	コスト効果C				コストB	コストA					
信頼性A	信頼性効果B	青枠部分(標準WGで実施)の進め方について討議を行う。		橙色部分(専門WGで実施)の進め方についても簡単に説明を行う。		試験中の供試体保護	熱試験方法の整理	ミニマムワークマンシップ試験	熱試験公差見直し	浸し晒し時間の整理	信頼性A	信頼性効果B		
						用紙の統一	EEM方式	4章システム等の定義	4章試験手段の定義	熱試験公差見直し			正弦波試験掃引方法	サイクル数の整理
						4章文書の定義	開発試験の整理	試験項目表の整理	検証要求の整理	音響試験時間短縮			衝撃試験RRS評価	推奨タンク非充填試験
信頼性C	信頼性効果B	試験中の機能性能確認		モーダルサーベイ試験		熱試験目的の整理	熱試験温度条件整理	音響試験公差見直し	HDBKの構成見直し	衝撃試験回数レベル	信頼性C	信頼性効果B		
						計測制度要求の整理	音響△fの拡大	ランダムと音響の選択	音響△fの拡大	衝撃試験速度評価				
						射撃試験記述最新化	サブシステム固有の試験	静荷重試験目的の整理	ランダムと音響の選択	衝撃試験速度評価				
		コストE	コストD	コスト効果C				コストB	コストA					

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 24/34

作業計画




FY26末の次期メジャーアップデート(検討終了)を目標。
 毎年、作業結果をNOTICEとして反映。
 優先度と検討の軽重を考慮して作業計画を決定。

検討事項(抜粋)	FY2011 (23)	FY2012 (24)	FY2013 (25)	FY2014 (26)	FY2015 (27)
全体計画	NC版制定▲	NOTICE-1▲	NOTICE-2▲	A改定制定▲	
用語の統一		■■■■			
試験項目表の修正		■■■■	■■■■		
射場試験の修正		■■■■	■■■■		
個別要求表の修正(漏れの補充)		■■■■	■■■■		
EFM方式の検討		■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
熱試験温度条件の整理(熱WG)		■■■■	■■■■		
熱試験サイクル数の検討(熱WG)		■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
試験公差(衝撃、音響等)の見直し(機械系WG)		■■■■	■■■■		
静的な荷重試験の整理(機械系WG)		■■■■	■■■■		

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15
25/34

実施体制



密に連携

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15
26/34

試験標準の次改定計画 及び海外標準との比較



4. トピック紹介と海外比較

※変更案はいずれも修正協議中



第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 27/34

トピック1 用語の整理



・若干の文化の違いが見えてくる。適切に連携をとる。

ハードウェアの定義・・・海外と呼び方が違うものがある

意味	修正協議中	JERG-2-130	ISO15884	ECSS-E-ST-10-03C		MIL-STD-1540E	備考
				Functional	Physical		
広義のシステム				system		System	Systemという言葉の考え方
宇宙システム (地上、ロケット含)				space system			海外では全てを含めて「システム」
ロケット等						Launch System Flight Vehicle Launch Vehicle Upper-Stage Vehicle	
システム (宇宙機)	System	System	spacecraft	space segment system	(crewed, stand-alone embedded) space segment element	Vehicle Space Vehicle On-Orbit System	日本では宇宙機本体がシステム
サブシステム	Subsystem	Subsystem	subsystem	space segment subsystem	space segment equipment	Subsystem	
コンポーネント	Unit/Component	Component	unit		space segment Unit	Unit	GSFCの資料はcomponentを用いている。
サブアセンブリ	Subassembly	Subassembly				Subassembly	
部品				component part		Part	ECSSではComponentは部品

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15 28/34

トピック1 用語の整理



・若干の文化の違いが見えてくる。適切に連携をとる。

モデルの定義・・・国内でも呼び方が違うものがある(SM,MTM等)

意味	修正協議中	JERG-2-130	ISO15884	ECSS-E-ST-10-03C	MIL-STD-1540	備考
プロトタイプモデル	Prototype Model	Prototype Model				MILは本文の中で明確に記述している
プロトフライトモデル	Proto-Flight Model	Proto-Flight Model	proto-flight model	protoflight model (PFM)		
フライトモデル	Flight Model	Flight Model	flight model	flight model (FM)		
開発モデル	Development Model	Development Model	development model		Development Test Article	
ブレッドボードモデル	Breadboard Model	Breadboard Model				
エンジニアリングモデル	Engineering Model	Engineering Model				
認定モデル			qualification model	qualification model (QM)		
構造モデル	Structure Model / Mechanical Test Model	Structure Development Model		structural model (SM)		
熱モデル	Thermal Model / Thermal Test Model	Thermal Development Model				
熱構造モデル	Structural Thermal Model					
姿勢制御モデル	Attitude Control Development Model	Attitude Control Development Model				

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15

29/34

トピック1 用語の整理



・若干の文化の違いが見えてくる。適切に連携をとる。

各試験の定義・・・プルーフ試験の考え方を整理しておく必要がある

意味	修正協議中	JERG-2-130	ISO15884	ECSS-E-ST-10-03C	MIL-STD-1540
ならし試験	Burn-in and Wear-in Test	Burn-in and Wear-in Test			
さらし試験	Exposure Test	Exposure Test			
射場搬入後試験	Prelaunch Validation Test	Prelaunch Validation Test			
耐圧試験	Pressure Test	Pressure Test			
浸し試験	Soak Test	Soak Test			
プルーフ試験	(Proof Test)			proof test	Proof Test
機能性能試験	Performance /Functional Test			performance test full functional test (FFT) abbreviated functional test reduced functional test (RFT)	Performance testing Functional Testing
試験				test	
環境試験				environmental tests	
開発試験				development test prior qualification	
極性試験				polarity test	
符号試験				sign test	

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15

30/34

トピック2 機械系試験条件




• レベル、負荷時間、公差
信頼性を確保しつつ、より現実的な要求へ

	修正協議中	JERG-2-130	MIL-STD-1540E	ECSS-E-ST-10-03C	NASA-STD-700X
衝撃 QTレベル	AT+3dB 1回	AT+0 dB 2回	AT+6dB 3回	AT+3dB 1回	AT+3dB 2回
衝撃 公差	+6/-3 dB	+50/-10 % (+3.53/-0.92 dB)	±6 dB <3kHz +9/-6 dB >3kHz	+6/-3 dB	±6 dB <3kHz +9/-6 dB >3kHz
音響 PFTレベル	AT+3 dB (2σ+, P97.72/50相当)	AT+4 dB (2σ+, P97.72/50相当)	AT+3 dB (1.65σ+相当, P95/50)	AT+3 dB	AT+3 dB (1.65σ+相当, P95/50)
音響 公差	+3/-1 dB (63-2000Hz帯) +5/-5 dB (それ以外)	+3/-1 dB	+3/-3 dB (63-2000Hz帯) +5/-5 dB (それ以外)	+3/-1 dB (63-2000Hz帯) +4/-2 dB (31.5Hz帯)	+3/-3 dB (63-2000Hz)
ランダム 解析Δf	自由度の規定 を検討中	(実質 4 or 8Hz)	DOF>100 <10Hz: 20-100Hz <50Hz: 100-1kHz <100Hz: 1k-2kHz	<10 Hz	<25 Hz

※音響試験とあわせてランダム振動試験条件も整合を確保

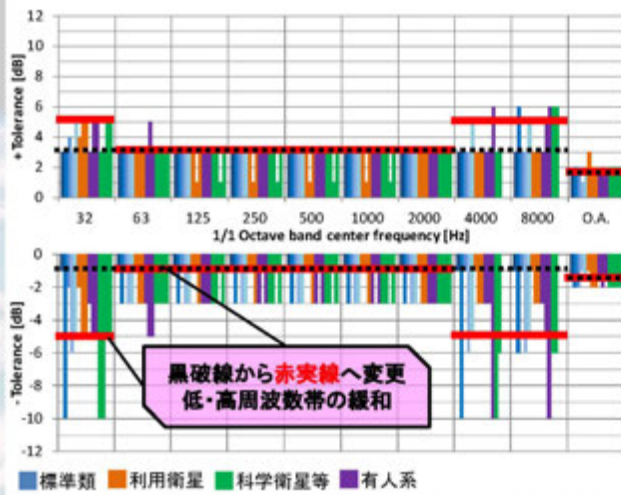
第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15
31/34

トピック2 機械系試験条件



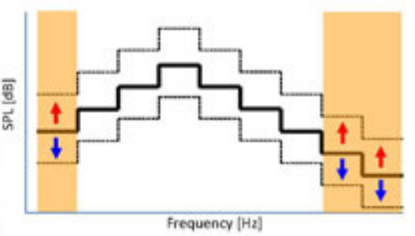
• 検討例・・・音響試験の公差
信頼性(実効値での負荷レベルの確保)と実現性(設備制御性)を考慮

過去の試験公差例 と 公差見直し案



黒破線から赤実線へ変更
低・高周波数帯の緩和

公差限界での実効値(O.A.)変化量



公差変更周波数帯における 公差限界でのO.A.変化量 (17種類の環境を比較)	17環境 平均 [dB]
(参考)全周波数帯最大 +5dB	0.536
0dB	0
-5dB	-0.188
出力なし	-0.277
(参考)全周波数帯最小	-1.164

第10回 試験技術ワークショップ 2012/11/15
32/34

トピック3 熱系試験



・試験目的と組合せの整理

熱真空試験、熱平衡試験、熱サイクル試験の3つの試験の目的を整理。
試験現場での熱真空/熱サイクルの選定の考え方を整理。

・熱サイクル数、浸し及び晒し時間の検討

不具合調査(統計的分析)、信頼性工学的観点での調査検討を実施していく。

※詳細はポスター発表

システム熱真空試験 サイクル数

	JAXA	MIL	GEVS ^{*1}	ECSS ^{*2}
QT	4	8	4(2) <	4(1 ≤)
AT	4	4	4(2) <	3+1(1 ≤)
PFT	4	4	4(2) <	3+1(1 ≤)

*1: カッコ内は、ミッション温度逸脱<10°C、遷移時間>72時間の場合であり、高温/低温の時間は2倍となる。

*2: カッコ内は熱サイクル試験と組合せた場合。プラスの後の数字はバックアップ

最後に - Test Effectiveness

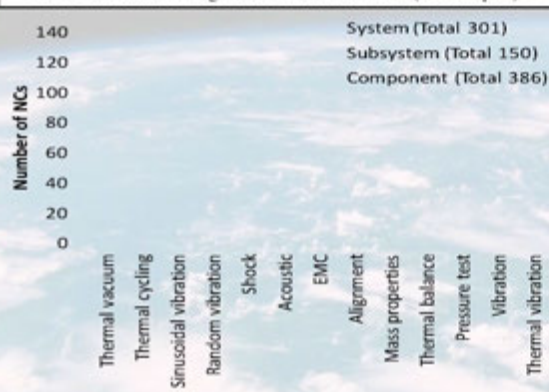


検証活動は、宇宙機の信頼性向上、Mission assurance。

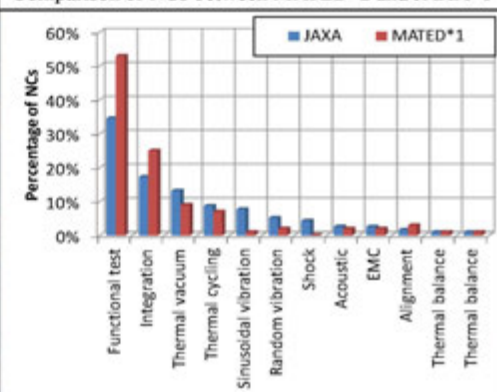
試験の本来の意味や有効性を、常に意識しなければならない。

より信頼性のある衛星が、可能な限り効率良く開発できるように
継続的な活動を通しての関係者の意識共有が非常に重要。

Non-Conformances of ground environmental test (923 samples)*1



Comparison of NCs between MATED*2 and JAXA*1



*1 JAPCAS III & Shi, Q. Yanagase, K. et al, Investigation of Ground Environmental Test Anomalies and Test Effectiveness (2012) 12th Eur. Conf. Spacecraft Struc., Mat. & Env. Testing
*2 P. Messidro, O. Branner et al, MATED INITIATIVE: STATUS AND PERSPECTIVES, (2006) 2nd International workshop on verification and testing of space systems.

質疑応答

質問者① (NEC 小林氏)

基準を読むメーカーの立場としては、基準の根拠が気になってしまうのですが、改定活動の中で根拠を纏めるような活動はされているのでしょうか。

発表者

根拠を纏めることが重要で、改定活動は根拠を纏めるところから始まっています。標準の下層文書に試験ハンドブックがあり、ここに基準の理由や考え方を纏めており、関係者に開示されています。今後も継続的に充実させていく予定です。

質問者② (TIS 三枝氏)

試験条件は実測された環境から決まるものでありますが、実測環境と試験条件の紐付けはどのようにしていますか。今後、新しいロケットも開発が予定されており、この部分は重要と考えますが、いかがでしょうか。

発表者

H-IIA は打上げ機数が 20 を超え、JAXA 輸送本部の中でも環境の見直し作業が始まったと聞いています。我々としては、ワーキンググループの活動に輸送本部にも入ってもらい、実測環境と試験条件が乖離しないように、(環境の見直しと試験条件設定が) 並行作業として進められるよう考慮しています。