

5.3. TURKSAT-4A、4B の開発について

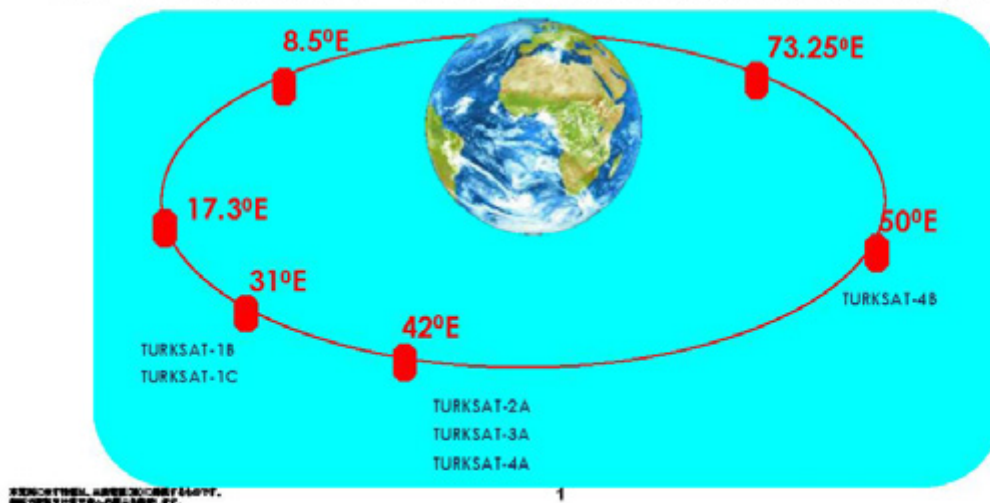
三菱電機 株式会社

鈴木 隆太 氏



正式名称：TURKSAT Satellite Communications, Cable TV, and Operations

- ・ トルコ国内における唯一の衛星オペレータ
- ・ TV、ラジオなど放送、データ通信、移動体通信、Internet等の事業を展開



MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
プログラム概要		

プロジェクト概要 プロジェクト開始日:2011年3月7日

- ・ロケットおよび保険調達を含むターンキー契約

項目	契約物品	備考
1	Turksat-4A衛星	軌道上渡し
2	Turksat-4B衛星	軌道上渡し
3	地上運用設備1式	トルコ国内に設置
4	衛星シミュレータ	トルコ国内に設置

<本プロジェクトの特徴>

- 米国ILS社のプロトンによる打ち上げ
- DPP(Direct Participation Program)によるTurksatへの衛星製造教育の実施
- JAXA殿 筑波宇宙センターでのPFTの実施
- 衛星運用期間中の24時間/365日のライフタイムサポート(In-Orbit Technical Support)

本資料に示す情報は、三菱電機(株)に提供されるものです。
顧客で製造又は提供されるものも含まれます。

2

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DS2000概要		


DRTS、ETS-VIIIにおける開発成果を活用し、通信衛星バス DS2000として標準化
―“DS 2000”ファミリーとしては軌道上に既に6機、計画中含め現在15機となっている。

- 保険事故につながる軌道上での不具合ゼロ
- 商用通信衛星のSB-C2及びST-2についても問題なく運用中
- 合計累積軌道上実績:36.7年(11/14現在)



本資料に示す情報は、三菱電機(株)に提供されるものです。
顧客で製造又は提供されるものも含まれます。

3



三菱電機

TURKSAT- 4A/4B

Changes for the Better

TKA.TJ.13.036

DS2000の特徴

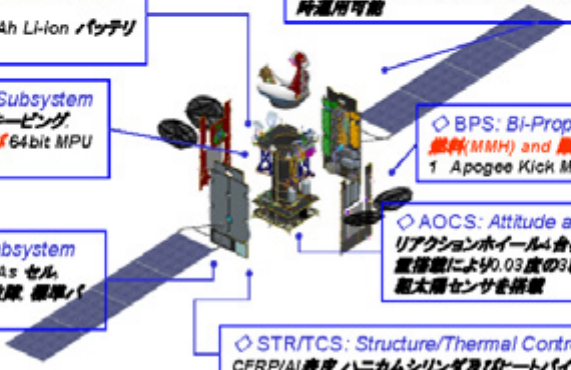
◇ 軌道上寿命: 15年以上

◇ 最大質量: 6,000 kg

◇ 適合するロケット: Ariane-5ECA, Proton Breeze M, Sea Launch, Atlas, Falcon 9 etc.

◇ 搭載ミッションヘリテージ: L, S, C, X, Ku, Ka 帯

◇ 信頼性: 0.8以上



◇ TC&R: Telemetry Command and Ranging

最大4系統テレメトリコマンド送信を併用可能 標準ビットレート 7.68 kbps (TLM), 500 bps (CMD). TLM, CMD 及び RNG の同時運用可能

◇ EPS: Electric Power Subsystem

100v 安定化/10x
最大電力12kW, 100-175Ah Li-Ion バッテリー搭載

◇ SCS: Satellite Control Subsystem

テレメトリコマンド処理, ハウスキーピング
MIL-STD-1553B プロセッサ及び 64bit MPU (or HR5000) 搭載

◇ BPS: Bi-Propellant Subsystem

銀酸(MMH) and 酸化銅(MON-3) の二液式
1 Apogee Kick Motor + 12 Thrusters

◇ SPS: Solar Power Subsystem

最大発生電力12-13 kW (GaAs セル, EOL equinox, 1 スtring故障 標準/バネル4枚構成/面)

◇ AOCs: Attitude and Orbit Control Subsystem

リアクションホイール4台構成, スタートラック及び慣性基準装置搭載により0.03度の3軸姿勢決定精度を達成, 太陽方位に照太陽センサを搭載

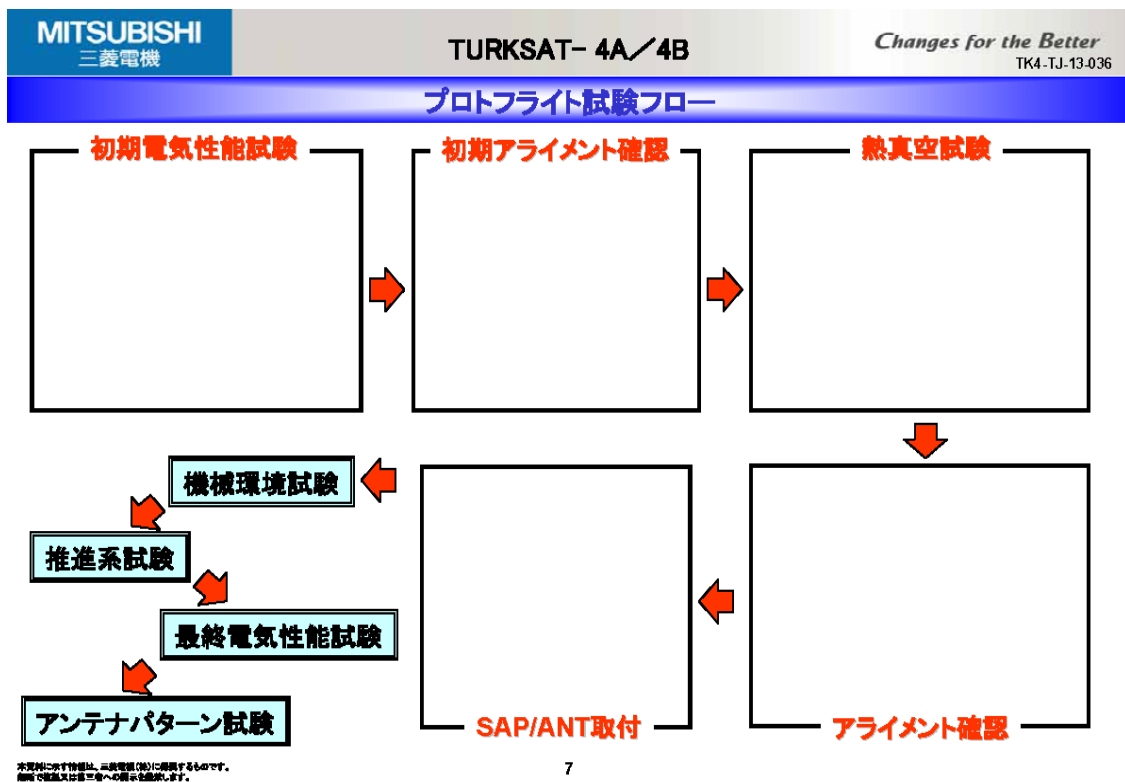
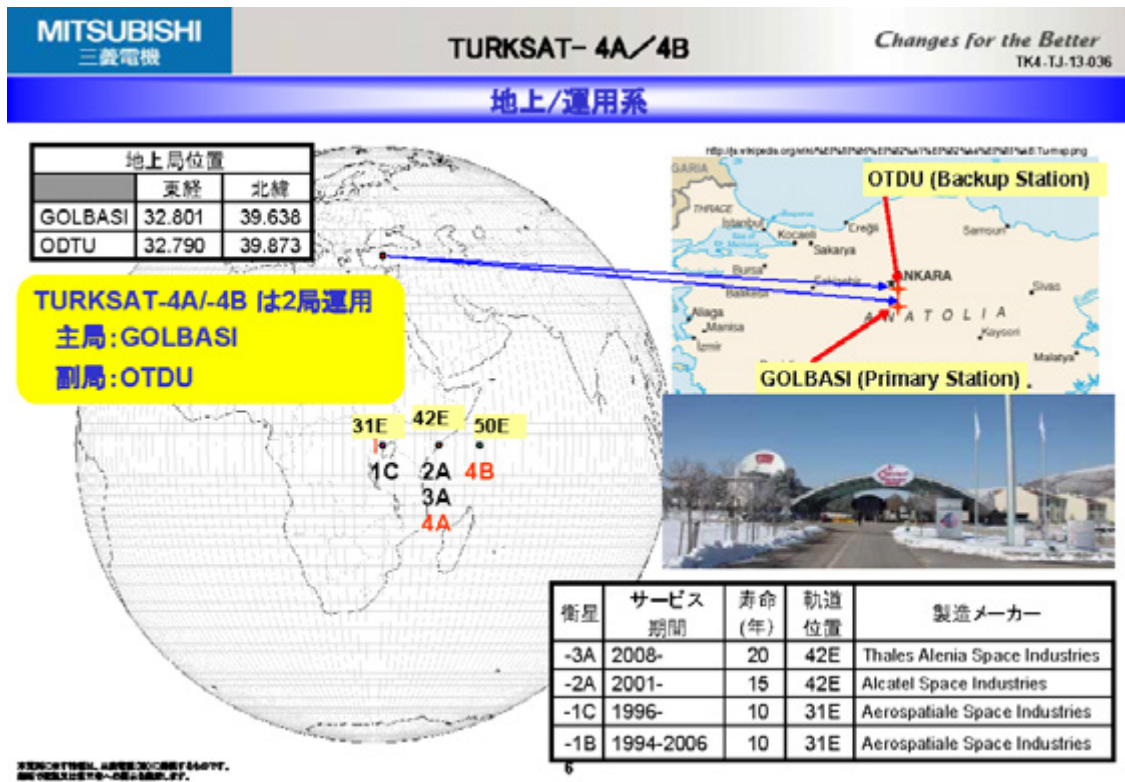
◇ STR/TCS: Structure/Thermal Control Subsystem

CFRP/Al 表皮/ハニカムシリング及びヒートパイプ/バネル搭載

本図はDS2000の概略図であり、実際の衛星の構造とは異なる場合があります。また、本図はDS2000の構成要素を示すものであり、実際の衛星の構造とは異なる場合があります。

4

[illegible]



MITSUBISHI
三菱電機

TURKSAT- 4A/4B

Changes for the Better
TK4-TJ-13-036

プロトフライト試験概要

<音響試験>

プロトン音響レベル (フライトレベル)

Center Frequency (Hz)	Acoustic Levels on Spacecraft (dB)	
	1/3 Octave Band	Full Octave Band
20	117.0	
25	123.0	
31.5	123.0	128.8
40	127.0	
50	126.8	
63	127.0	
80	121.0	134.0
100	126.4	
125	131.3	136.7
160	132.1	
200	132.1	
250	132.1	136.3
315	126.8	
400	126.0	
500	127.0	131.9
630	124.0	
800	121.0	
1000	119.0	134.1
1250	117.0	
1600	114.0	
2000	112.0	117.7
2500	111.0	
3150	108.0	
4000	108.0	112.8
5000	107.0	
6300	105.0	
8000	104.0	108.2
10000	103.0	
12500	141.8	141.8

出典: ILR Proton Launch System Mission Planner's Guide

DS2000としてはじめてのプロトンによる打上げであるため、ロケット側(ILS及びKhSC)による試験立会い、試験条件、試験結果の確認を実施した。

試験結果は良好で、問題なく完了した。

本資料は機密情報であり、第三者への開示は禁じます。
漏洩や改ざんは重大な事故の原因となります。

8

MITSUBISHI
三菱電機

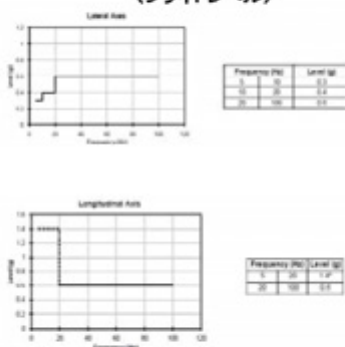
TURKSAT- 4A/4B

Changes for the Better
TK4-TJ-13-036

プロトフライト試験概要

<振動試験>

プロトン 衛星下端での正弦波入力 (フライトレベル)



出典: ILR Proton Launch System Mission Planner's Guide

音響試験と同様に、DS2000としてはじめてのプロトン打上げとなるため、ロケット側(ILS及びKhSC)による試験立会い、試験条件、試験結果の確認を実施した。

柔結合解析の結果に基づき加振レベルの設定、ロケット側との調整確認、加振を実施し、無事終了することができた。

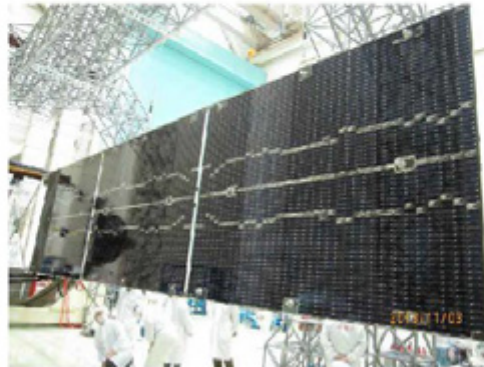
本資料は機密情報であり、第三者への開示は禁じます。
漏洩や改ざんは重大な事故の原因となります。

9

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
プロトフライト試験概要		

＜今後の予定＞

4Aは機械環境試験後のSAP展開試験、ANT展開試験、推進系最終性能試験まで無事完了し、現在最終電気性能試験を実施中。今後鎌倉に輸送しアンテナ性能試験を実施後、射場へ搬送する予定。4Bについては現在熱真空試験を実施中。4Aと同様の試験フローを予定している。



4A SAP展開試験

本資料に示す情報は、三菱電機(株)に提供されるものです。
細部で数値又は値三桁への取捨は省略します。

10

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DPP概要		

1.DPPの目的

TURKSAT ASがTURKSAT-4A/4B衛星システム設計・製造・試験に自ら参加(Direct Participation)することにより、将来自らが自国で通信衛星の設計・製造(アセンブリ・インテグレーション:A&I)・試験を行う為の能力を得ることを目的とする。

2. DPPの内容

弊社がDPP実施体制を構築し、最大15名の訓練生迎え、訓練を実施。

●包括的訓練(座学)

- ・TURKSAT-4A/4B衛星システムの設計・A&I・試験・打上作業に関わる基礎的事項の講義
- ・TURKSAT-4A/4B衛星システム試験(含む射場作業)の詳細の講義(JAXA殿に実施して頂いているJAXA殿活動、施設紹介含む)

●認定及び習熟訓練(座学及び実技)

- ・TURKSAT-4A/4B衛星システムA&Iに必要な技能に関わる実技訓練・認定
- ・TURKSAT-4A/4B衛星システム試験(含む射場作業)支援装置操作の実技訓練・認定

●TURKSAT-4A/4B衛星システムA&I・試験・射場作業への直接参加訓練

TURKSAT-4A/4B衛星システムA&I・試験・射場作業のオブザベーション

TURKSAT A.Sが弊社作業要員の一人としてTURKSAT-4A/4B衛星システムA&I・試験・射場作業に参加し、包括的訓練及び認定及び習熟訓練を通じて得た知識・認定技能を展開するためのHands-on訓練

本資料に示す情報は、三菱電機(株)に提供されるものです。
細部で数値又は値三桁への取捨は省略します。

11

弊社のDPP実施体制とDPP業務の確認

3. 弊社のDPP実施体制とDPP業務の確認

弊社 TURKSATプロジェクトの管理下の基、専任のDPPマネージャ(名称:MELCO DPP Manager)を配備し、その下に常時4名の技術者(名称:MELCO DPP Coordinator)を置いて日々のDPP業務を実施しているが、試験内容の説明等、必要に応じて専門技術者からの講義、又、オブザベーション現場にての作業者との質疑応答も行っている。

弊社はトルコ語の通訳者を選任し、TURKSAT DPPメンバーのみならず、家族の生活支援も行っている。

鎌倉製作所、IAXA殿宇波宇宙センターにおいても、MELCO DPP Manager、MELCO DPP Coordinatorが参加し、TURKSAT DPPメンバーと朝礼を行いその日のDPP業務の確認及び連絡事項の通知、週初めには週例を行いその週のDPP活動の予定の確認、及び月末には月例を行いその月のDPP活動の総括と翌月のDPP活動の予定を確認している。

DPP業務実績の概要

4. DPP業務実績の概要

DPP業務実施の状況(実績と今後の予定含む)を下表に示す。

[illegible]

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DPP業務実績の概要		

4. DPP業務実績の概要（続き）

DPP業務実施場所は、主に弊社鎌倉製作所、及びJAXA殿筑波宇宙センターである。

今後はバイコヌールでの射場作業のDPP業務も計画している。

4.1 弊社鎌倉製作所での実績

- (1) 2012年2月6日(月)より、8名のTURKSAT DPPメンバー(機械系3名、電気系2名、通信系2名、運用系1名)を迎え、鎌倉製作所でのDPP業務を開始した。鎌倉製作所での活動概要は以下の通り。

項目	実施時期	実施場所
安全教育	2012年2月	弊社鎌倉製作所
衛星製造組立実習(1)	2012年2月～6月	弊社鎌倉製作所
衛星システム講座	2012年2月～10月	弊社鎌倉製作所
SAP、構体製造見学等	2012年7月	弊社相模原工場
衛星製造組立実習(2)	2012年10月	弊社鎌倉製作所

本資料に示す情報は、三菱電機(株)に提供されるものです。
細部で数値又は表示内容への変更が生じます。

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DPP業務実績の概要		

4.1 弊社鎌倉製作所での実績(続き)

- (2) 2012年6月中旬には、弊社の品質部門、信頼性部門による実技製作品の評価、及びペーパーテストを実施し、実機衛星上での作業を許可する衛星製造・組立作業を限定し認定を行った。認定後、TURKSAT DPPメンバー全員の8名に3種類のCertificateを発行した。



本資料に示す情報は、三菱電機(株)に提供されるものです。
細部で数値又は表示内容への変更が生じます。

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DPP業務実績の概要		

4.1 弊社鎌倉製作所での実績(続き)



ハーネスの実装作業(実技)風景

本資料は機密情報であり、第三者への開示は禁じます。
機密情報として取り扱うものとします。

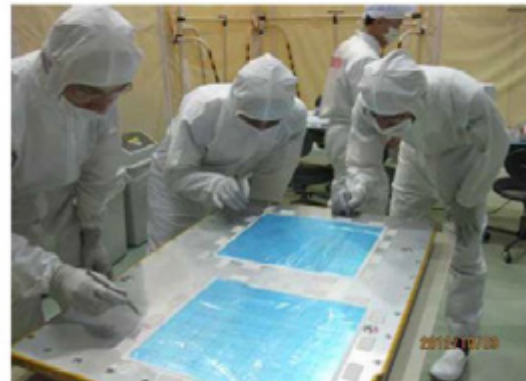
16

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DPP業務実績の概要		

4.1 弊社鎌倉製作所での実績(続き)



TURKSAT-4Aバスパネルへの
プラスチック ストラップ貼り付けに
係わる弊社作業者の指導風景



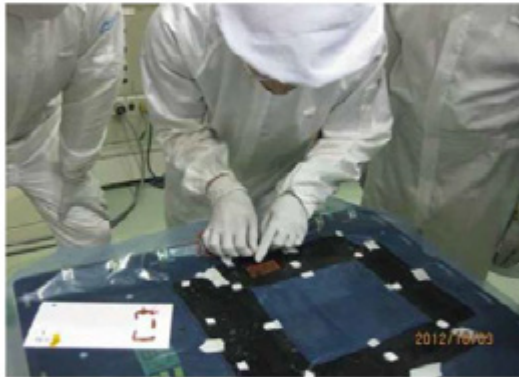
TURKSAT-4Aバスパネルへの
プラスチック ストラップ貼り付け作
業風景

本資料は機密情報であり、第三者への開示は禁じます。
機密情報として取り扱うものとします。

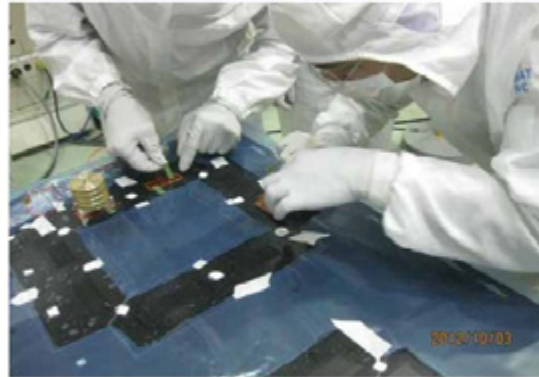
17

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DPP業務実績の概要		

4.1 弊社鎌倉製作所での実績(続き)



TURKSAT-4Aバスパネルへのフレキシブルヒータ貼り付けに係わる弊社作業者の指導風景



TURKSAT-4Aバスパネルへのフレキシブルヒータ貼り付け作業風景

本資料に示す情報は、三菱電機(株)に提供されるものです。
顧客や第三者は第三者への開示を禁じます。

18

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DPP業務実績の概要		

4.2 JAXA筑波宇宙センターでの実績

- (1) 2012年10月15日にSITEIにTURKSAT DPP事務所を開設し、JAXA筑波宇宙センターでのDPP業務を開始した。また、2013年2月18日より、下記7名の新TURKSAT DPPメンバーがDPP業務の実施を開始し、総勢15名体制のTURKSAT DPPメンバー(機械系7名、電気系3名、通信系3名、運用系2名)となった。JAXAつくば宇宙センタでの活動概要は以下の通り。

項目	実施時期	実施場所
安全教育	2012年10月	JAXAつくば宇宙センタ
ペイロード組立立会	2012年10月～2013年2月	JAXAつくば宇宙センタ
推進系組立作業立会	2012年11月～12月	弊社鎌倉製作所
静荷重試験立会	2012年12月	弊社鎌倉製作所
試験装置立上作業	2013年2月～4月	JAXAつくば宇宙センタ
システム試験立会	2013年4月～	JAXAつくば宇宙センタ

本資料に示す情報は、三菱電機(株)に提供されるものです。
顧客や第三者は第三者への開示を禁じます。

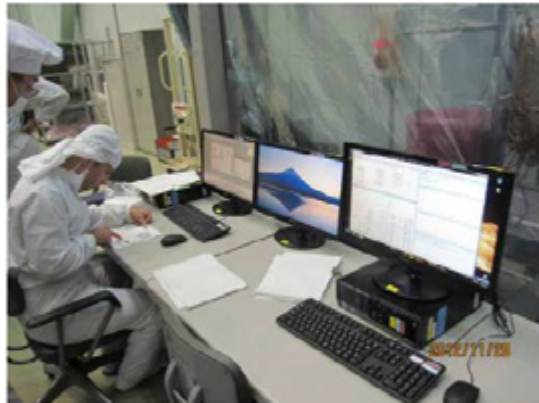
19

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DPP業務実績の概要		

4.2 JAXA殿宇宙センターでの実績 (続き)



弊社試験担当から電気系試験装置の説明を受けているDPPメンバー



DPPメンバー専用のテレメトリデータ
モニタ端末の操作訓練風景

本資料に示す情報は、三菱電機株式会社の機密です。
漏洩や複製は法律等への違反となる可能性があります。

20

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DPP業務実績の概要		

4.2 JAXA殿宇宙センターでの実績 (続き)



擬似太陽電池ラック操作訓練風景



TURKSAT-4Aへのコマンド送信訓練風景

本資料に示す情報は、三菱電機株式会社の機密です。
漏洩や複製は法律等への違反となる可能性があります。

21

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DPP業務実績の概要		

4.2 JAXA殿宇宙センターでの実績 (続き)

(2) TURKSAT (DPPメンバー含む)へのJAXA殿施設・活動紹介

つくばにおける試験作業立会い、講義と平行してJAXA殿による宇宙開発に関わる各分野の紹介、説明を頂く機会をいただいている。今日現在実施いただいた講義を下記に示す。

項目	実施時期	実施場所
試験技術に関する講義	2013年2月	JAXAつくば宇宙センタ
ISS、JEMに関する講義	2013年6月	JAXAつくば宇宙センタ
SDSに関する講義	2013年7月	JAXAつくば宇宙センタ
地球観測衛星に関する講義	2013年8月	JAXAつくば宇宙センタ
JAXA試験設備見学	2013年9月	JAXAつくば宇宙センタ
通信衛星に関する講義	2013年10月	JAXAつくば宇宙センタ

本資料に示す情報は、三菱電機(株)に提供されるものです。
細部で数値又は表示内容への誤差を認めます。

22

MITSUBISHI 三菱電機	TURKSAT- 4A/4B	<i>Changes for the Better</i> TK4-TJ-13-036
DPPの今後の計画		

4.3 DPPの今後の計画

DPP開始から現在まで、衛星設計、製造、試験、およびこれら周辺の全般的な知識の習得を目的に講座を実施してきた。今後の計画として組立試験技術の更なる深堀を企図して以下の講座を実施する予定である。

- (1) 衛星簡易モックアップ組立実習による衛星組立技術の習得
- (2) RF試験に関する総合的試験演習の実施
- (3) インテグレーション試験用機器を使用したシステム電気組立の実習

特に発展途上国からの商用衛星ビジネスの分野においてDPPに代表される衛星設計製造に関する習得プログラムの実施要請は高まってきており、今後とも今回の経験を踏まえ、プログラムの充実を図って行きたい。

本資料に示す情報は、三菱電機(株)に提供されるものです。
細部で数値又は表示内容への誤差を認めます。

23

質疑応答

質問者① スカパーJSAT 二ノ宮様

DPP について衛星を作るカリキュラムがあるが、その内容は誰からの要求に基づいているのか。

発表者

TURKSAT 社からの契約に基づき行っている。国からの要求に基づいているとは聞いていない。

質問者① スカパーJSAT 二ノ宮様

TURKSAT 社はオペレータだが、今後衛星を作ることも考えているのか？

発表者

個人的には今後、TURKSAT 社と他のメーカーが連携して衛星を作るということもあるのではと考えている。

質問者② 筑波大学 亀田様

DPP に参加している 15 人はどのようなバックグラウンドを持っているのか。また DPP を通して衛星を作る技術を身に付けることができたと考えるか。

発表者

大学時代に衛星開発に関する研究を行っていた者もいれば、TURKSAT 社に入社するまで全く衛星開発に関わったことがない者もいる。もう一つの質問については、今回の DPP は我々のノウハウの一部を提供している形になるため、自律的に衛星を開発することは難しいと考えている。実際に自分たちで衛星を設計・製造・試験をするというフェーズを経る必要があると考える。

質問者③ AES 鬼頭様

苦労話を一つか二つお願いしたい。

発表者

通信衛星ということもあり要求が厳しく、そのための調整に非常に苦労した。またイスラムの方と関わるのが初めてであったため、習慣を理解するのに一年ほど戸惑った。

質問者④ NEC 岡本様

熱真空試験を機械環境試験の前に行っているが、その理由とメリット・デメリットを教えてください。

発表者

熱真空試験で洗い出される不具合が多いため、リスクの低減の観点から機械環境試験の前に実施している。それによる軌道上の事前検証として犠牲になるようなことはないと考えている。

質問者⑤ JAXA 山本理事

バスの共通化により、試験はどのように変わってきているのか。また今後の商業衛星の受注に向けて、試験をどのように改善していくと考えているのか。

発表者

バスの共通化により、バス部の試験についてはすでに標準化されている。ただしペイロード部については衛星ごとに機能性能が異なる上に、客先からの要求も異なるため、標準化は難しいと考えている。アプローチとしては試験のやりやすさの追求や、一般的に要求される試験項目を包含できるような試験装置やメニューの開発などが考えられる。