

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



Timeline of products and milestones:

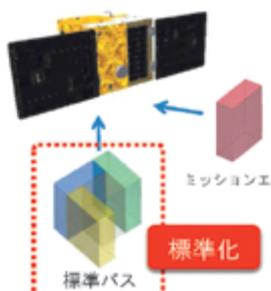
- 2008: 初の宇宙機器 (First space equipment)
- 2009年度: ~2009年度
- 2010: ISS露露部 VHF アンテナ
- 2010年度: SDS-1 PCU (初の宇宙機器), Planet-C相乗り J-POD
- 2011年度: 初のミッション機器
- 2012年度: SDS-4 AIS受信機, SDS-4 PCU
- 2013年度: SPRINT-A搭載NESSIE, SDS-4 VSGA

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

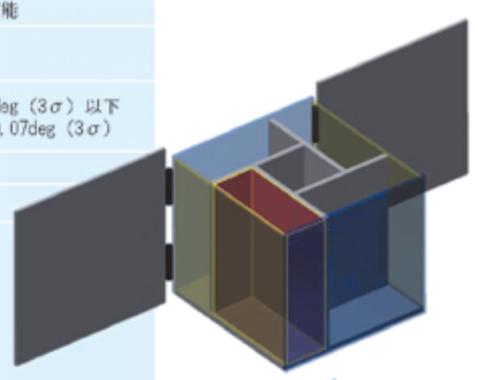
複数機開発により、更なる効果UPが実現可能

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	φ295×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





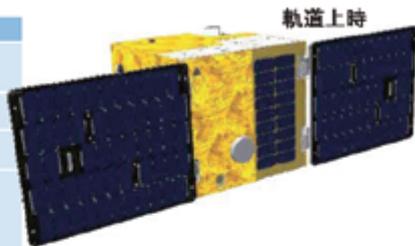


SOCRATESについて

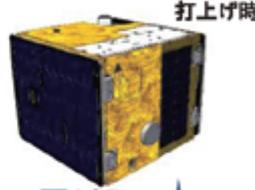
SOCRATES諸元

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

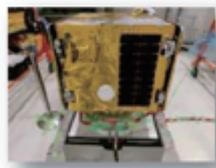




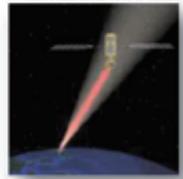
SOCRATESについて

SOCRATESのミッションについて

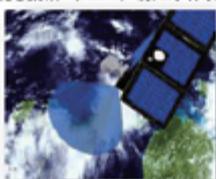
1. 小型衛星標準バスの実証
AESの独自ミッション



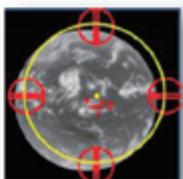
2. 小型衛星用光通信機の実証
情報通信研究機構 (NICT) 殿と共同研究



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	・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

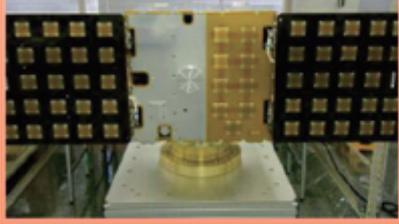




開発フロー

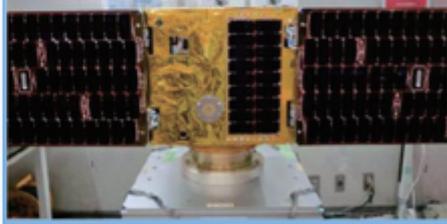
• 衛星システムとしてはPFM方式を採用

STM
(熱構造モデル)



➔

PFM
(プロトフライトモデル)



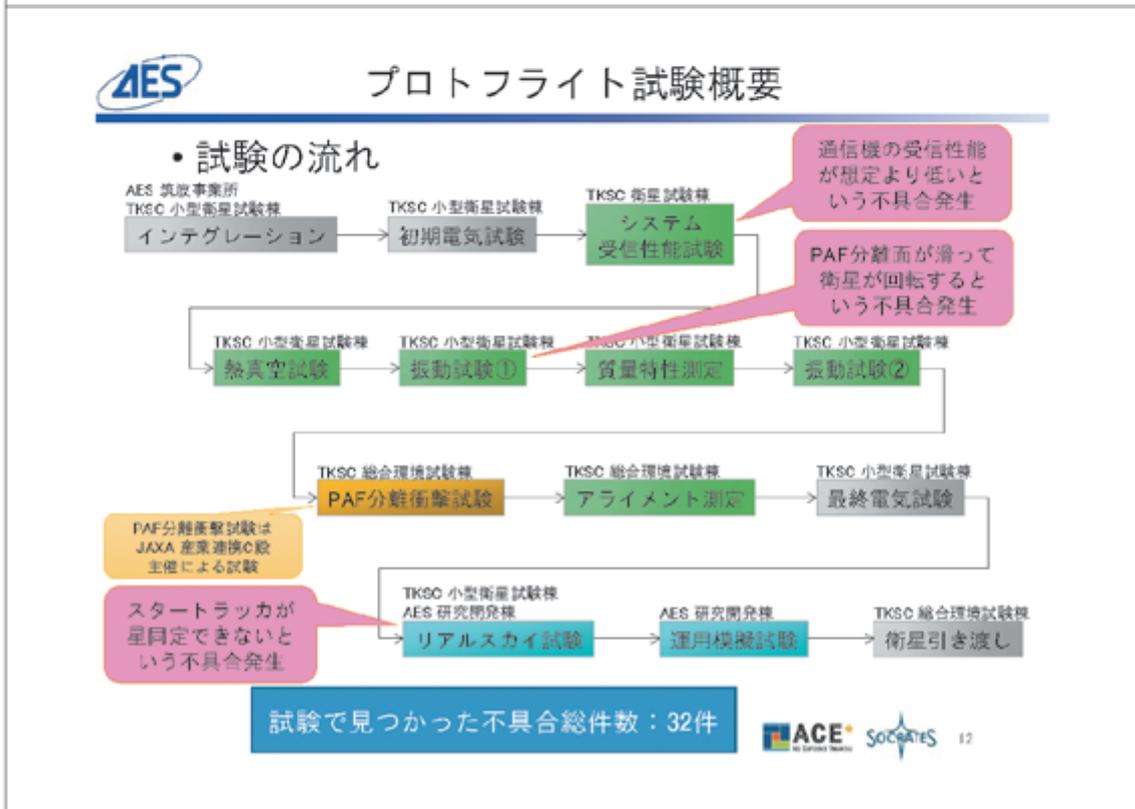
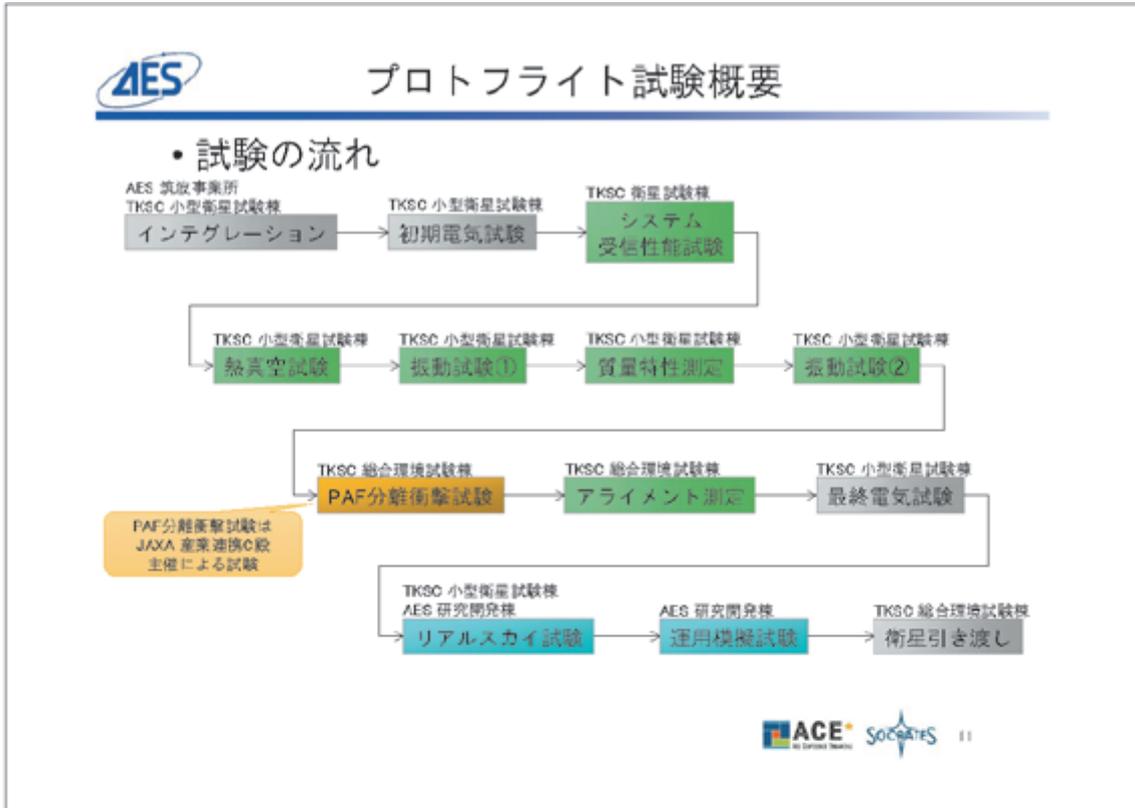
• コンポーネントについては様々

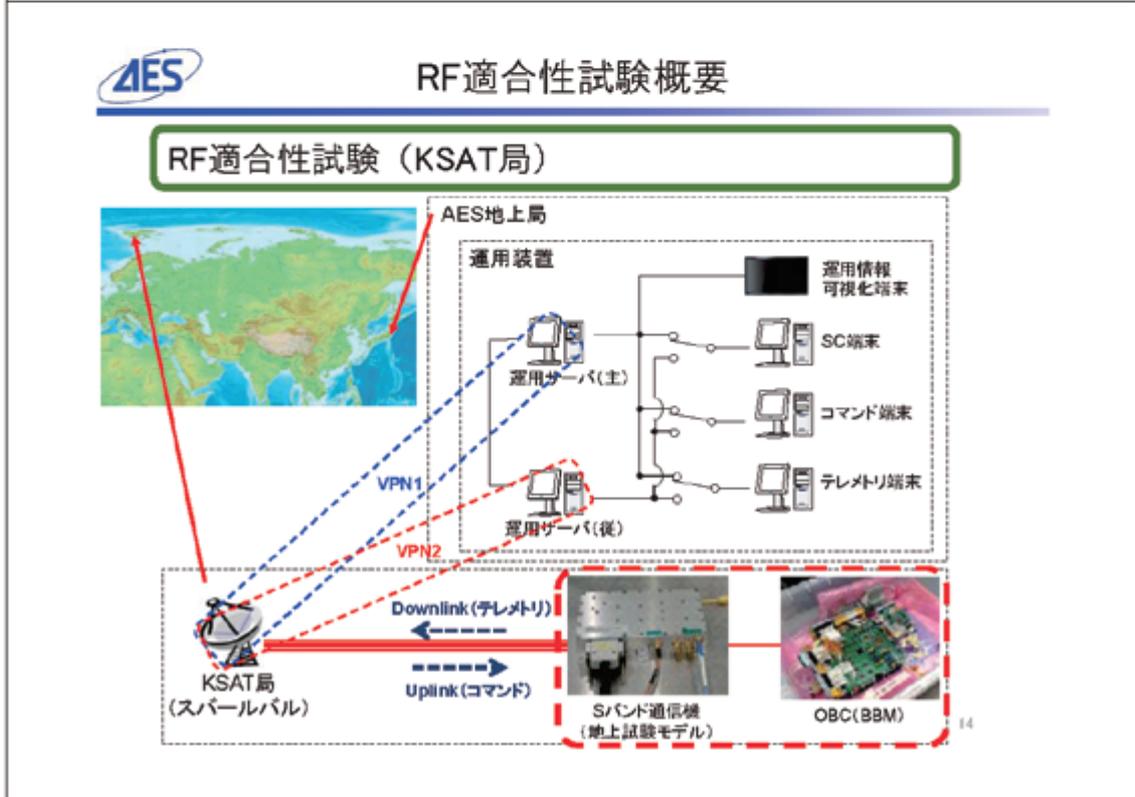
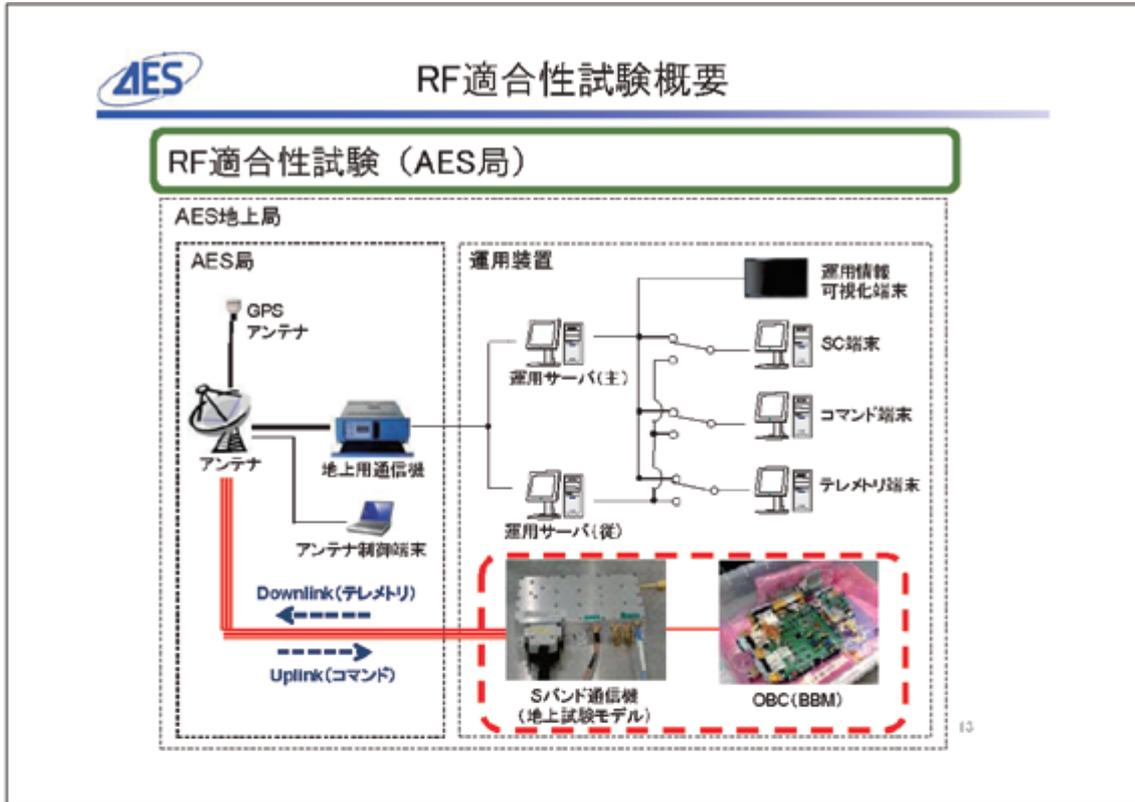
- 購入品：FMのみ
- 開発済みの実績品：PFMのみ
- 新規開発品：BBM→PFM、EM→PFM

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



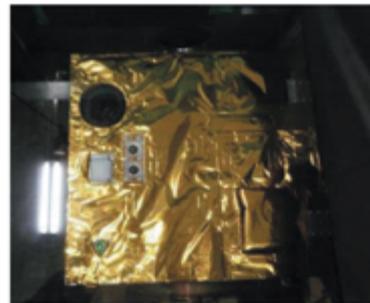
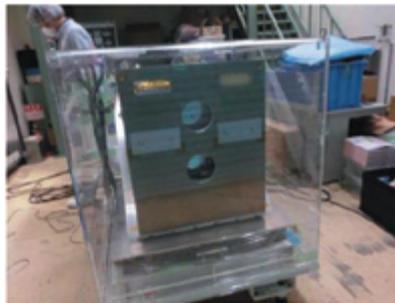






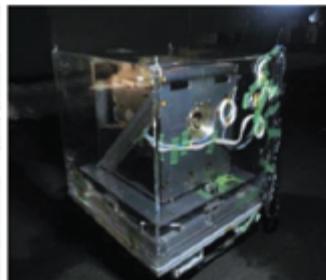
小型衛星ならでの試験について

- 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**

• フルソフトウェアシミュレーション試験構成図：



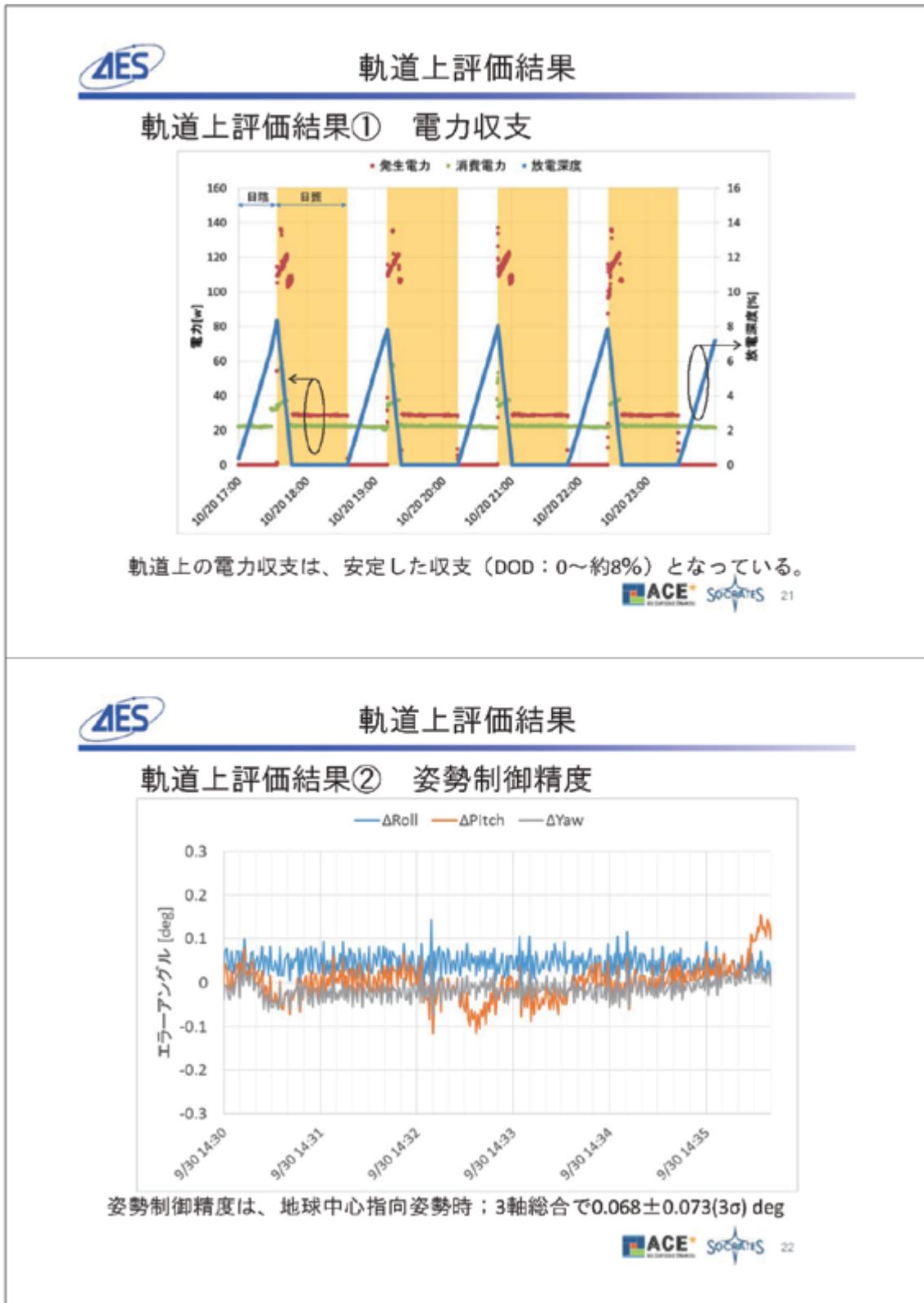
 19

 **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

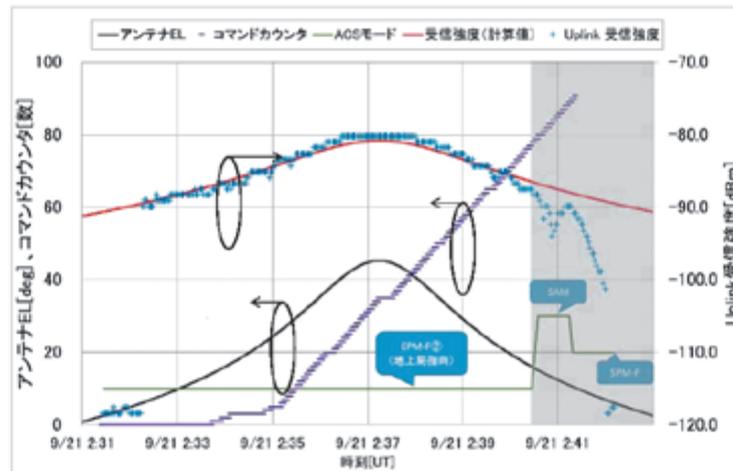
 20





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。