

5.5. ASNARO 衛星システムにおける SpaceWire の採用と試験自動化

日本電気 株式会社

宇宙システム事業部 宇宙システム部

小林 裕亮 氏

Empowered by Innovation **NEC**

ASNARO衛星システムにおける SpaceWireの採用と試験自動化

第10回試験技術ワークショップ

日本電気株式会社 小林裕亮

目次

1. ASNARO衛星システムの概要
2. SpaceWire構成と試験
3. システム試験における自動化
4. ASNAROシリーズ衛星のシステム試験展望
5. 結論



1. ASNARO衛星システムの概要

1. ASNARO衛星システムの概要
2. SpaceWire構成と試験
3. システム試験における自動化
4. ASNAROシリーズ衛星のシステム試験展望
5. 結論



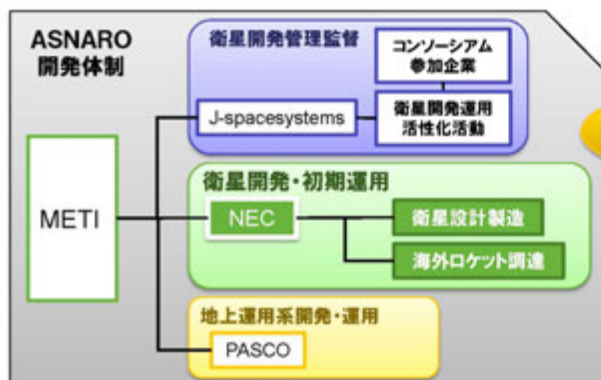
1. ASNARO衛星システムの概要

ASNAROとは (ASNARO : Advanced Satellite with New system ARchitecture for Observation)

- 高解像度光学センサを用いた、地球観測ミッションの小型衛星プロジェクト
- 低価格高性能の小型リモートセンシング衛星システムの実現

ASNAROの特徴

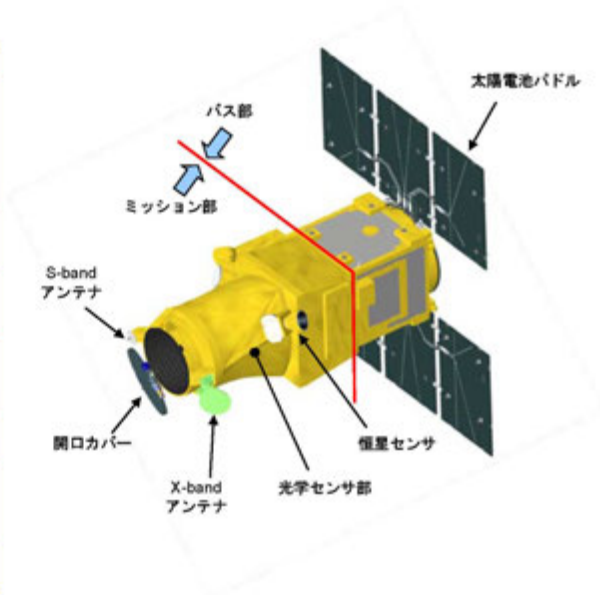
- 高分解能 : GSD < 0.5 [m]
- 高アジリティ : 平均 1.0 [m/s]
- NEC小型標準バス NEXTAR の採用



1. ASNARO衛星システムの概要

ASNARO システム諸元

諸元	
ペイロード - 光学センサ - データ伝送系	Pan / Multi GSD: <math><0.5\text{ m}/2.0\text{ m}</math> (Pan/Multi, 高度504 km) 撮像幅: 10 km X-Band: 16QAM 約800 Mbps
カバレッジ	$\pm 45\text{deg}$ / $\pm 45\text{deg}$ (cross/along track)
アジリティ	90deg/90sec (平均 1 deg/sec)
軌道	太陽同期準回帰軌道 高度 504 km 軌道傾斜角 97.4° 降交点通過地方時 11:00 AM
地上局	PASCO 地上局 & データセンタ, 可搬局, 海外局
設計寿命 期待運用期間	3年 5年以上
質量	バス 250 kg (dry) ミッション 200 kg 推進 45 kg <合計> 495 kg
電力	SAP発生電力 1,300 W (EOL) ミッション部 400 W



1. ASNARO衛星システムの概要

1. ASNARO衛星システムの概要
2. **SpaceWire構成と試験**
3. システム試験における自動化
4. ASNAROシリーズ衛星のシステム試験展望
5. 結論



2. SpaceWire構成と試験

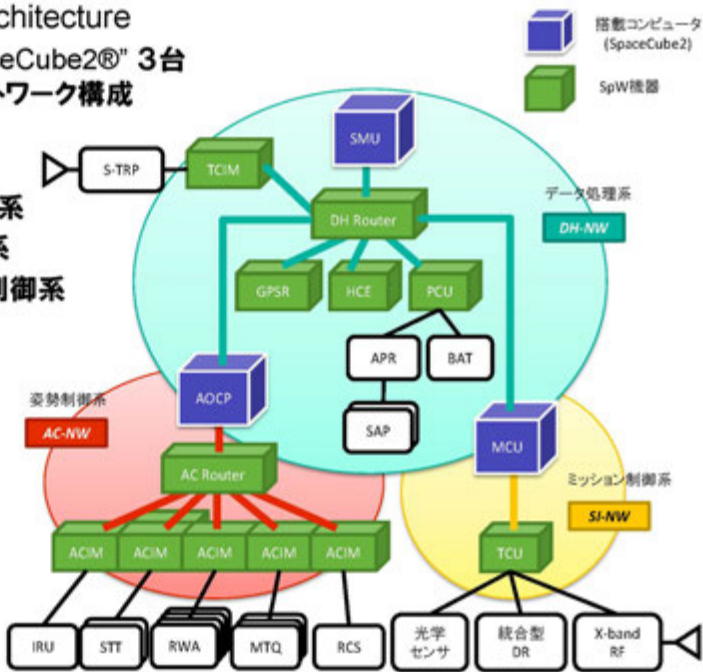
SpaceWire Network Architecture

- 搭載コンピュータ "SpaceCube2®" 3台とルータを軸としたネットワーク構成

- DH-NW: データ処理系
- AC-NW: 姿勢制御系
- SI-NW: ミッション制御系



SpaceCube2®
Registered: ISAS/Shimafuji



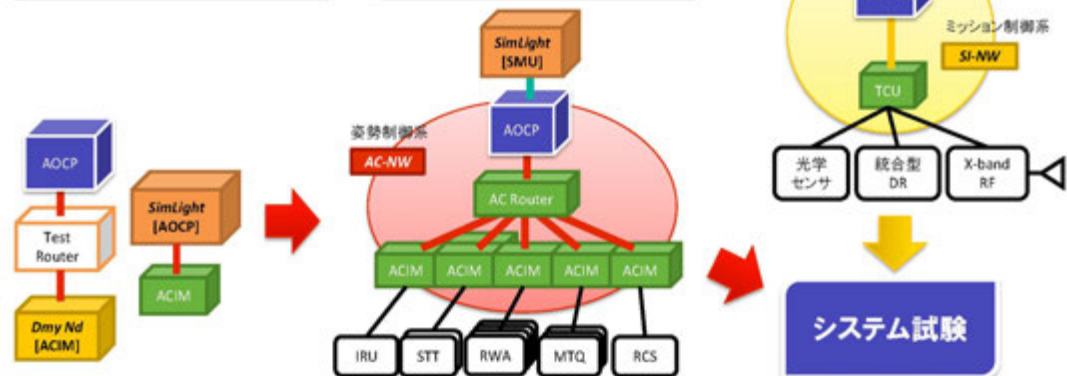
2. SpaceWire構成と試験

コンポーネント・サブシステムレベルの検証

- 検証フェーズ・レベルを通じて、同じ試験装置を使用
 - ・ SimLight: 搭載コンピュータ(ホスト)を模擬
 - ・ Dummy Node: ユーザ機器を模擬
- データ処理系・姿勢制御系・ミッション制御系NWが並行して検証可能

開発期間の短縮

不具合の早期発見



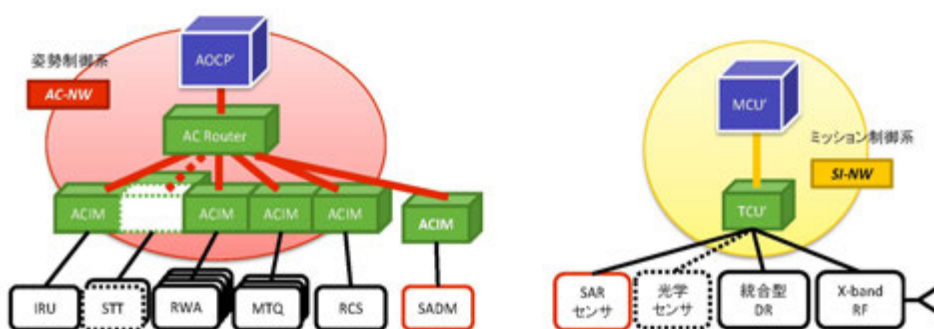
2. SpaceWire構成と試験

SpaceWireの利点： 容易な拡張・交換

- ミッション機器・センサ・アクチュエータの拡張・交換にスムーズに対応
- 試験プロセスの変更は不要： 変更点のみ詳細検証



ASNAROシリーズのミッション要求変化に迅速に対応



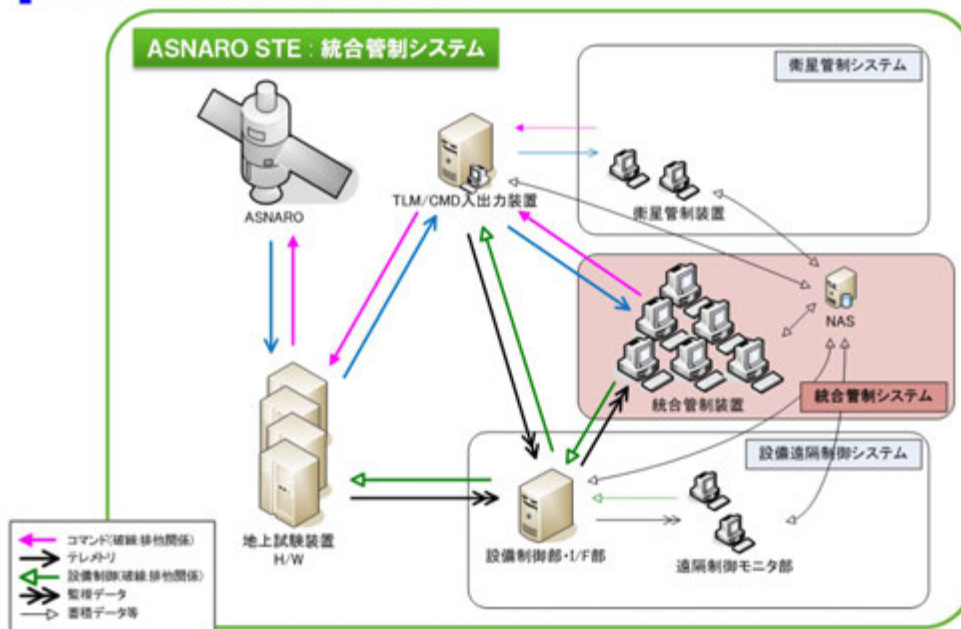
3. システム試験と自動化

1. ASNARO衛星システムの概要
2. SpaceWire構成と試験
3. システム試験における自動化
4. ASNAROシリーズ衛星のシステム試験展望
5. 結論



3. システム試験と自動化 : 地上試験装置の統合

ASNARO地上試験装置の統合



3. システム試験と自動化 : 地上試験装置の統合

ASNARO STE (統合管制システム)の特長

制御	監視	手順
<ul style="list-style-type: none"> 衛星へのコマンド送信 試験装置の制御 	<ul style="list-style-type: none"> 衛星のテレメトリ 試験装置の状態 両テレメトリの異常監視 	<ul style="list-style-type: none"> 電子手順の自動実行 手順のモジュール化
↓		
試験費用・期間を削減 <ul style="list-style-type: none"> 従来より少人数で試験実施 自動実行による試験時間の短縮 手順準備期間の短縮 	試験品質が向上 <ul style="list-style-type: none"> 不具合の早期発見・見落とし防止 枯れた確実な手順遂行 	シリーズ化で効果増大 <ul style="list-style-type: none"> 実績ある試験手順の再利用 自動化範囲の拡大

3. システム試験と自動化 : 手順の自動化・電子化

ASNAROで重視した「試験自動化」対象手順

頻度高

・ 何度も使用する

条件統一

・ 試験条件・測定条件の統一が重視される

手順のモジュール化

- メイン手順からサブ手順を呼び出す
- 機器設定・測定器設定に非常に有効
- SpW機器の変更にも柔軟・迅速に対応



3. システム試験と自動化 : 手順の自動化・電子化

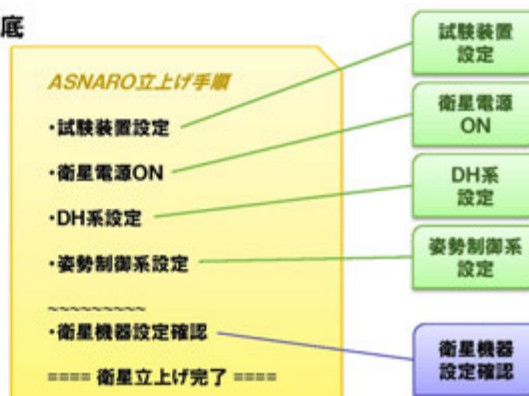
例1: 衛星立上げ

手順作成時間+衛星立上げ時間の大幅減

- フロー作成 → モジュール作成 の流れ・分担が明確に
- 手順完成すると立上げ時間が大幅短縮
- システム試験で何度も使用: 効果が継続・積算

確実に同じ状態で衛星を立上げ

- モジュールのバージョン管理をSTE内で徹底
- 同じ電子手順 → 衛星が同一の状態に
- 立上げ後の試験を同一の条件で実施



3. システム試験と自動化 : 手順の自動化・電子化

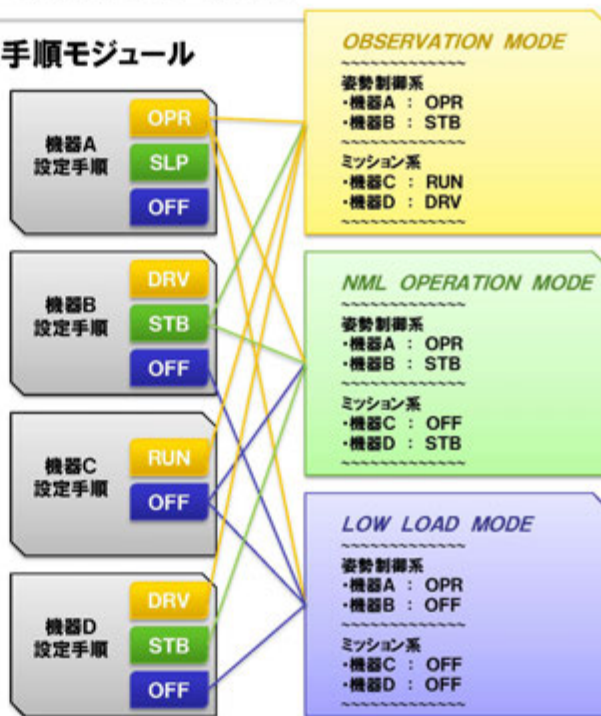
例2: 衛星モード設定... 機器設定手順モジュール

手順作成時間の大幅減

- 機器設定モジュールを整備、衛星モード設定は組合せて作成
- 分担・並行して作成可能
- 機器設定モジュール手順は複数の衛星モード設定で使用される

手順ミスの削減+確実なモード設定

- 何度も使用されたモジュールは枯れた確実な手順に
- HOT/COLDで同一モードに設定が必要な熱環境試験で効果発揮



3. システム試験と自動化 : 手順の自動化・電子化

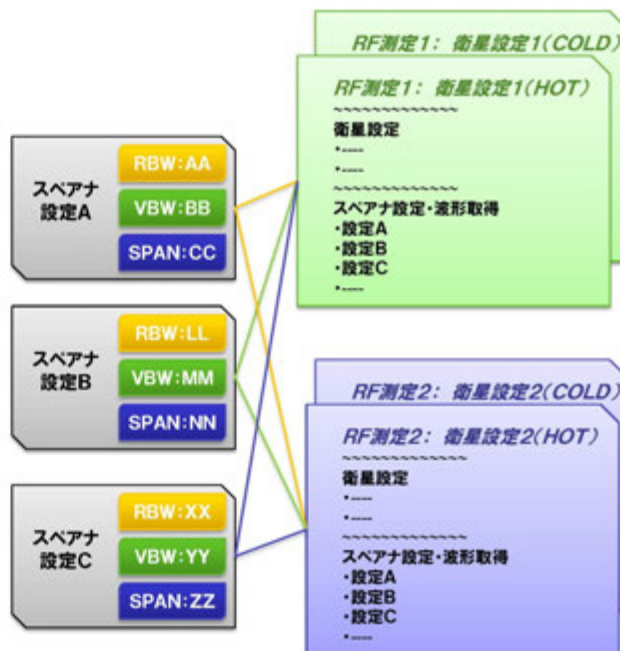
例3: RF波形測定

測定時間の大幅減

- 測定器の設定から画像取得まで、「ボタン一つ」で実行

試験品質の向上

- 設定誤り・測定漏れを防止
- 同じ測定条件でデータ取得 : トレンド確認で威力発揮



3. システム試験と自動化

LESSONS LEARNED

- SMU(ホスト)とユーザ機器が同時開発
 - 単体試験では出現しなかった問題がシステム試験で発覚
 - 標準バスの利用で、次号機以降は解消
- DB準備とシステム試験が並行実施
 - DB変更 → 電子手順変更 で時間ロス
 - 標準バスの利用で、次号機以降は準備期間大幅減少
- 手順モジュール完成までの苦勞
 - 電子手順制御の自由度が高い反面、最適な手順確定まで時間を要する
 - どの枠組みでモジュール化するか、試行錯誤が必要

4. ASNAROシリーズ衛星のシステム試験展望

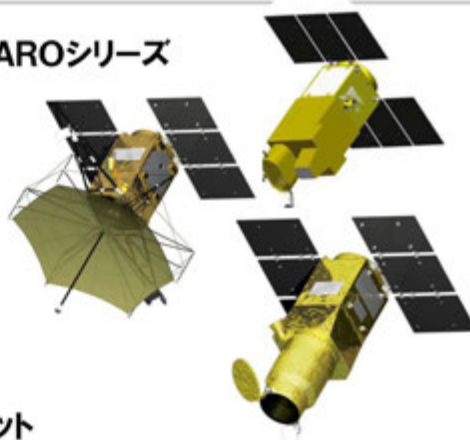
1. ASNARO衛星システムの概要
2. SpaceWire構成と試験
3. システム試験における自動化
4. ASNAROシリーズ衛星のシステム試験展望
5. 結論



4. ASNAROシリーズ衛星のシステム試験展望

小型標準バス“NEXTAR”を使用したASNAROシリーズ

- 光学
- SAR
- Hyperspectral



標準バスを使用することによる試験上のメリット

プロセスの継承

- ・ Lessons Learnedはすぐに活用
- ・ 自動化範囲の拡大

手順の再利用

- ・ 枯れた確実な手順で試験遂行
- ・ モジュール化によりオプション機器に迅速対応

試験項目の効率化

- ・ 変更ないバス部は必要最小限に
- ・ 変更部・ミッションインタフェース部だけに特化

4. ASNAROシリーズ衛星のシステム試験展望

SpaceWireシステム試験の構想

- SpWルータのTest Portを介して直接SpW NWにアクセス
- 試験シナリオを流してSpWネットワークの試験を実施
- 衛星外とのインタフェースのみ、試験装置と接続して実施

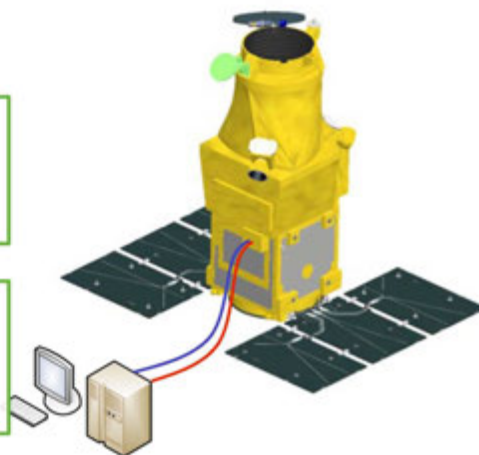
メリット

セットアップが簡潔・容易

- ・ 試験時間の短縮
- ・ PFT中の電気試験ポイントを増加
→トレンド評価の充実&異常の早期発見

詳細なテレコマ試験が可能

- ・ タイミングの制御
- ・ 異常の模擬
- ・ リアルタイムでDLされないテレメトリの評価



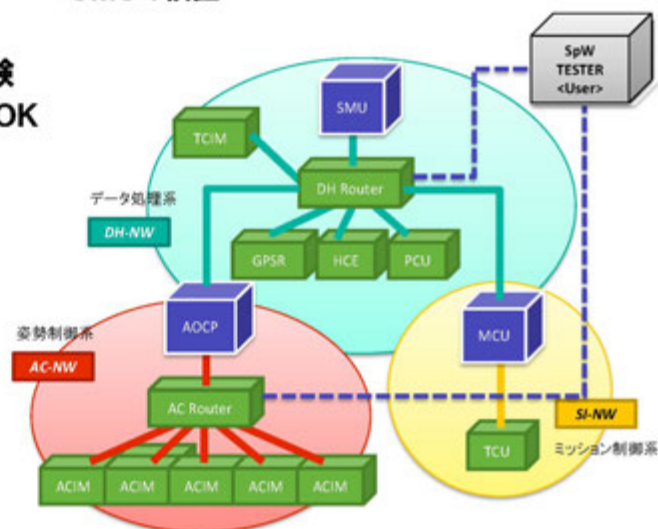
4. ASNAROシリーズ衛星のシステム試験展望

SpaceWireシステム試験

- SMU模擬 : SMU以外の検証
- DH-NWユーザ模擬 : SMUの検証

衛星外部インターフェース試験

- インタフェース確認のみでOK
 - ・ 電源
 - ・ RF



5. 結論

1. ASNARO衛星システムの概要
2. SpaceWire構成と試験
3. システム試験における自動化
4. NEXTARシリーズ衛星のシステム試験展望
5. 結論



5. 結論

SpaceWire

- ネットワーク構成を維持してのコンポーネント変更が容易
- 試験手順のモジュール化に直結
- SpaceWireシステムレベル試験の実現で試験コスト削減・品質向上

システム試験自動化

- 「時間・コスト短縮」と「品質向上」の両立を実現
- 自動化対象を絞ることで適用初号機でも十分な効果を発揮
- 「頻度高」「試験条件統一」「手順のモジュール化」がキーワード

標準バス採用による効果増大

- 枯れた手順の再利用で確実に・迅速に試験遂行
- 自動化範囲の拡大を狙える
- リソースをミッション及び変更機器とのインタフェースに集約できる

Empowered by Innovation

NEC

質疑応答

質問者① (JAXA Astro-H プロジェクト夏莉氏)

試験の自動化に当たって、自動化すること自体に手間がかかっていると思います。その辺は2号機以降は大分完全になると思いますが、例えばASTRO-Hのような他のシリーズに関して、最初にやる効果というのはどのぐらいなのでしょう。

発表者

今現在並行で小型科学衛星も同じNexterのバスを使用して試験していますが、そちらには手順の提供と言いますか、全く同じ手順で立ち上げる部分がありますので、大きな効果があると思います。ASTRO-Hに関しましても、スペースワイヤーのネットワークはおそらく冗長系を組んでいて複雑にはなっていますが、主な主系の部分で、例えば、先程ASNAROでも挙げたように衛星立ち上げ等、毎回行うような試験については、自動化を進める意義は大いにあると思います。ただしASNAROの場合、おっしゃった通り試験を自動化すること自体に時間がかかりますので、そこでのトレードオフが非常に大事になります。例えば1回しか実施しない試験手順なのに自動化にこだわってしまうと、それは単純に時間のロスになりますので、しっかりと考えた上で進めることが大事だと思います。

質問者① (JAXA Astro-H プロジェクト夏莉氏)

2週目の効果がASTRO-Hも適用できるようになると思ってよろしいのでしょうか。

発表者

はい。

質問者② (JAXA 環境試験技術センター柳瀬氏)

今回、電気試験ということで発表していただいたのですが、環境試験技術センターは主に環境試験がメインでやっていますが、普通にインテグレーションをやっていたりします。こういうインフラとか設備があったら、電気試験がもっと筑波でやりやすくなるということがあれば教えていただきたいと思います。

発表者

ASNARO は環境試験技術センター様には大変お世話になっておりまして、システムの地上電気試験から 8m チャンバでの熱真空試験まで現在でもお世話になっています。今のご質問は、試験設備に対する要望ということですね。自動化というところまで踏み込むというのは難しいと思いますが、少し考えさせて下さい。

質問者② (JAXA 環境試験技術センター柳瀬氏)

例えば、電気試験をやる時に、NEC 本社からモニタリングを自動化するとできるようになる、どこからでもモニタリングできるようになっているとか、そういうネットワーク線みみたいなものが筑波と NEC 本社の間にあると、もっと安く早くできるよ、ということは考えられますか。

発表者

その通りだと思います。特に衛星の監視という意味では、全員が衛星の実物の目の前に座っている必要はなくて、それよりもコンポーネントの技術者であるとか、サブシステムの担当者、NEC の技術開発部隊が元々居るところで監視ができれば、直ぐに不具合が発覚した時に対応できるというふうに、試験期間を短縮したり、不具合の早期発見に大いに役立つと思います。