

技術試験衛星VI型特別調査委員会報告書の要点等について

平成6年12月27日

1. 会合開催状況

宇宙開発委員会技術試験衛星VI型特別調査委員会（以下、「特別調査委員会」という）は、これまで、9月22日以降5回開催された。

アポジェンジンの不具合については、去る12月15日、宇宙開発委員会において同特別調査委員会から報告されたアポジェンジン分科会報告書が了承された。

特別調査委員会においては、その後、アポジェンジン以外の不具合、開発体制、及び今後の運用方策について調査審議が行われ、今般、報告書がとりまとめられた。

2. 報告書の要点

(1) 太陽センサの誤リコマンド送信

ア 不具合の原因

宇宙開発事業団の衛星運用説明書（SOOH）に記載されているコマンドのうち、本来「ACG2C1」とあるべきものが「ACG2C2」と誤って記載。この誤りが、メーカー及び宇宙開発事業団のチェックでも発見されなかった。このため、実際のコマンド送信においても誤りが発生。

イ 今後の対策

- ① 今後の衛星開発においては、メモリ容量の増大などにより、衛星の運用に必要なコマンドの数を可能な限り低減。
- ② メーカー及び宇宙開発事業団によるSOOHのチェックの客観性を確保するため、SOOH作成者とは別の複数の人間により、着目点を明確にした点検表を用いてチェックを実施。
- ③ SOOH及びそれに基づく衛星運用手順書（SOP）の内容の妥当性を確認するため、今回のような重要度が低いとみられていたコマンドも含めて、コマンドに対する衛星の応答のシミュレーションを実施。
- ④ 実際のコマンド送信時にも、事前に追跡管制用の計算機により、当該コマンドの値が正常な範囲にあるか否かを確認。

(2) アンテナ展開ラッチテレメトリの不具合

ア 不具合の原因

不具合原因は、マイクロスイッチに係る以下の2つのどちらかと推定される。

- ① 直径3.5mの大型展開アンテナが無重力や太陽熱により予想外に変形し、ラッチ機構（把持機構）とマイクロスイッチの位置関係が変化。
- ② 上記のアンテナの変形により、アンテナ展開時にマイクロスイッチに予想外

の衝撃が加わり、マイクロスイッチが故障。

イ 今後の対策

大型アンテナにおいては、無重力等による変形を正確に予測することが困難。このため、今後は以下の対策をとることが適当。

- ① アンテナの展開動作の確認については、今後高精度のマイクロスイッチを用いず、アンテナが変形しても影響を受けないような作動範囲の大きなマイクロスイッチを使用。
- ② アンテナ展開の精度については、電気的特性により確認。

(3) 開発体制

宇宙開発事業団が保有すべき技術は、大きく分けてインテグレーション技術と個々の要素技術の2つ。これらの技術能力を高めていくことが、宇宙開発を着実に進めるために必要。

今回のアポジェンジンの不具合は、二液推進弁（機構部品）という要素技術の部分において生じたもの。今回の特異な現象の可能性を予見することは困難であったとはいえ、宇宙開発事業団は、今後、インテグレーション技術の経験を着実に蓄積するとともに、このような要素技術についての技術能力も一層高めていくことが必要。

このような見地から、宇宙開発事業団を中心とする開発体制において充実・強化を検討すべきと考えられる点は、以下のとおり。

ア 宇宙開発事業団における審査体制の充実及びこれを支える技術能力の向上・蓄積

(ア) 審査体制の充実

- ① 宇宙開発事業団のプロジェクト担当の開発部門は、的確な開発を進める上で、その役割が特に重要であることを十分に自覚し、一層注意深く審査を実施。
- ② 開発の各段階での審査会では、全ての参加者が専門家として十分な議論を尽くし、審査の効果が十分に上がるよう、常に努力。
- ③ 技術研究本部の専門技術者が、個別プロジェクトの開発部門との連携を密にし、個々の開発の審査に参加し、審査の内容を一層充実させる。

(イ) 技術能力の向上・蓄積

- ① 宇宙開発事業団の要員配置の最適化、業務の効率化等により、技術研究本部の要員を増強し、オン・ザ・ジョブ・トレーニングや外部での研修等も含めて機構部品等の専門技術者を養成。これにより、共通的な要素技術について技術能力の一層の蓄積・向上を図る。さらに、開発部門との人事交流などにより、宇宙開発事業団全体の技術能力の向上を図る。
- ② 機構部品等について設計上の指針や基準を制定し、開発の進展、外部の最新技

術情報、過去の不具合事例等を踏まえて常に更新。

- ③ 個別のプロジェクト開発の経験や外部専門家との交流を通じて、開発部門の責任者であるプロジェクトマネージャーについて、プロジェクト全体を技術的に把握した上での的確な判断力、統率力などの能力向上について継続的に努力。

イ 宇宙開発事業団とメーカーとの役割分担と協力

E T S-VIについては、宇宙開発事業団は、契約に基づき、メーカーの技術的支援を受けつつ、開発の各段階毎に設計仕様や試験計画の審査及び承認等を行い、開発を推進。開発当事者たる宇宙開発事業団とメーカーとのこのような役割分担は、今後とも基本的には同一。

開発プロジェクトの成功のためには宇宙開発事業団とメーカーのより緊密な協力が必要不可欠であり、併せて、わが国の総合的な技術能力の厚みとすそ野を広げていくためには、宇宙開発事業団だけではなく、メーカーにおいても更にインテグレーション技術及び要素技術の能力を高めていくことが必要。

このため、過去の開発経験や実績を踏まえ、宇宙開発事業団が開発当事者としての責任を十分果たせる形でメーカーが責任を持って対応できるプロジェクトの開発のあり方にも常に配慮していくことが適当。

ウ 宇宙開発事業団に対する外部専門家及び外部機関による技術支援

宇宙開発事業団の技術能力の向上を支援し、審査の客観性を確保するため、幅広い分野の経験を有する外部専門家及び外部機関のアドバイスを適時的確に反映できるよう、以下のような体制を整備。

- ① 機構部品等に関して様々な専門家及び機関との間を結ぶパソコン情報ネットワーク等を整備・活用し、開発担当者が開発過程で日常的にアドバイスを受けられるようにする。
- ② 開発の各段階において、メーカー及び事業団による審査に加えて、適宜、これらの外部の専門家のグループにより、アドバイスを受ける。

エ 宇宙開発事業団における技術情報システムの高度化

宇宙開発事業団においては、宇宙開発の不具合情報のデータベース化を行う信頼性情報システムなど、部分的にコンピュータ化がなされてきた。将来の宇宙開発の大規模化、複雑化に鑑み、今後、技術管理のためのより効率的なコンピュータ情報システムについて調査し、その成果を基に、技術情報システムの高度化を推進するとともに、その十分な活用を図る。

オ 基礎的データベースの整備等

- ① 宇宙開発事業団は、真空中の摩擦や凍結など宇宙空間の特殊性に関する基礎研究を推進するため、関連する研究機関等との協力体制の確立、研究者に対する共同利用施設として宇宙環境に近い状況を模擬できる試験設備の設置、様々な機会を利用した宇宙空間での基礎的な測定や実験を実施。

- ② これらの成果を踏まえ、宇宙環境に関するデータベース、材料・部品レベルの技術データベース等を構築し、上記技術情報システムの中に取り入れる。これらのデータベースについては、内外の最新の関連情報やその分析結果などを取り入れ、効果的に開発に反映されるようなものとする。

カ 宇宙実証

宇宙開発を効率的に推進していくため、必要に応じて宇宙実証試験を実施することは重要。今後の宇宙開発プロジェクトの規模、性格等を踏まえ、適切に宇宙実証試験を実施。

(4) 今後のE T S-VIの運用方策

E T S-VIは、現在周回中の楕円軌道の下では放射線環境の厳しいバンアレン帯を通過するため、太陽電池の発生電力が打上げ初期の約5,800kWから12月20日現在で約3,380kWに低下。平成8年1月頃までは2,000W程度以上であり、衛星バスの運用に必要な電力は得られる。その後は、バス機器について運用の工夫が必要。

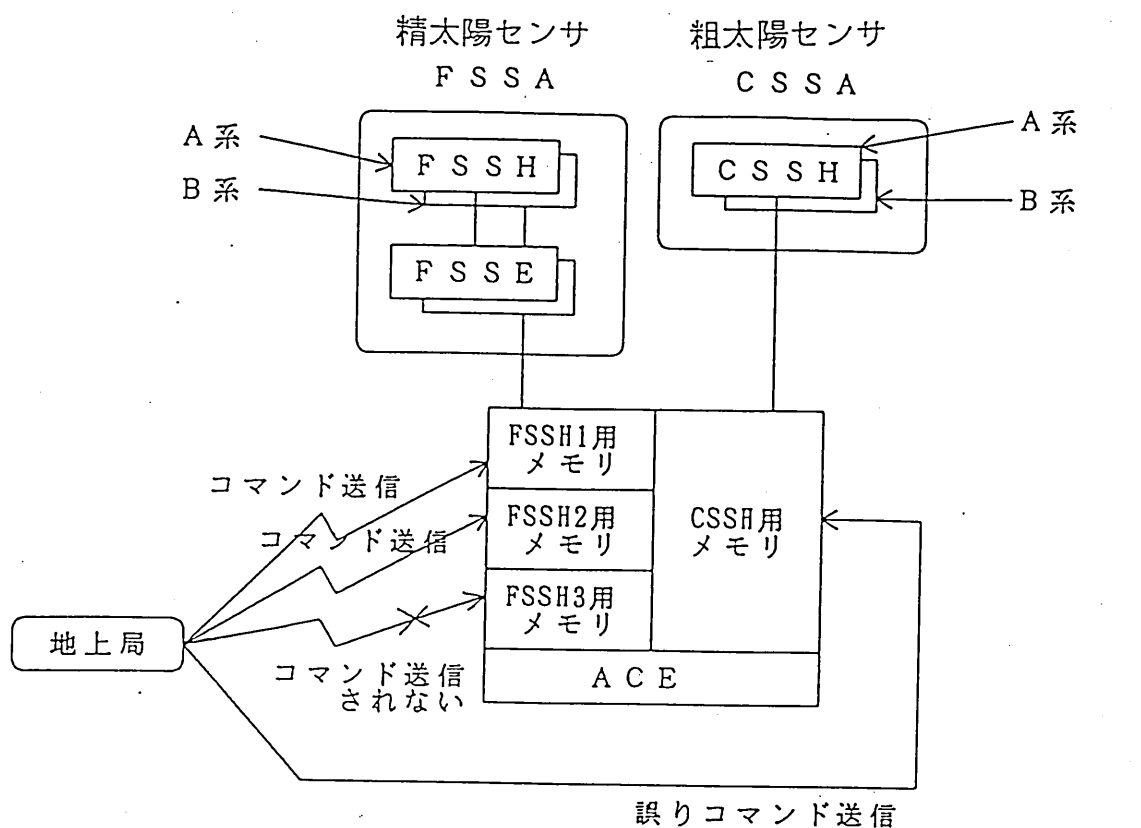
現在のE T S-VIの運用及び実験状況は、以下のとおり。

ア 大型静止衛星バス技術

- ・ アポジエンジン及びバスの寿命の評価を除き、2トン級静止衛星バスの基本的な機能性能を確認。
- ・ バス系搭載実験機器については、電熱式ヒドラジンスラスタの起動時の異常及び技術データ取得装置のセンサの一つである重イオン環境測定装置が10月末に計測不能となった他は、機能・性能を概ね確認。
- ・ 電熱式ヒドラジンスラスタについては、再度実験を行い正常に起動。
- ・ 新しい項目として、楕円軌道での衛星運用技術、搭載ソフトウェアの再プログラミング技術、長時間推力下における衛星の軌道及び姿勢制御技術についての運用を実施。
- ・ 新しい項目として、バンアレン帯の放射線についてのデータ及び厳しい放射線環境下における部品、材料の劣化特性のデータを取得中。

イ 高度衛星通信技術

- ・ 通信系搭載実験機器については、基本的な機能性能を概ね確認。
- ・ 12月中旬から、衛星間通信、ミリ波通信、光通信、固定衛星通信、移動体衛星通信の各分野で可能な通信実験を順次実施。

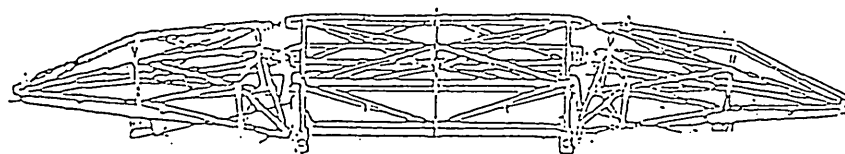
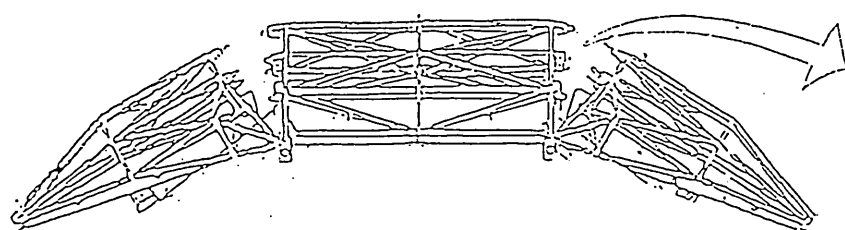
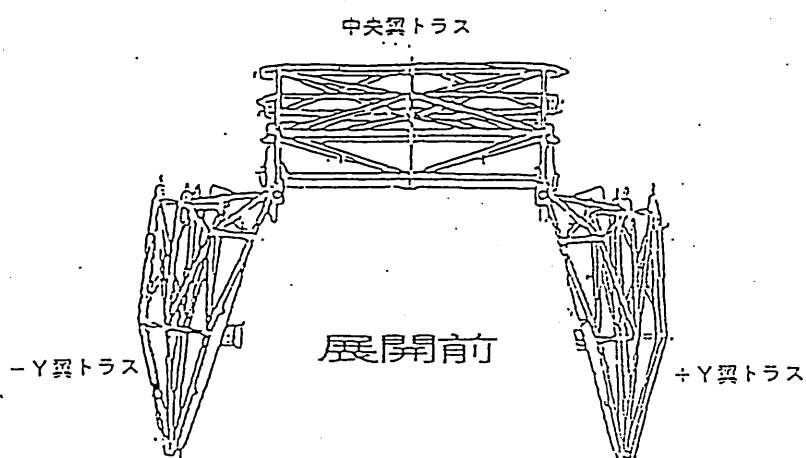


FSSA: 精太陽センサ
 FSSH: 精太陽センサヘッド
 FSSE: 精太陽センサ電子回路
 CSSA: 粗太陽センサ
 CSSH: 粗太陽センサヘッド
 ACE : 姿勢制御電子回路
 メリ : 変換係数を格納

精太陽センサ (FSSA) 及び粗太陽センサ (CSSA) は、図に示すように A系、B系をもっている。しかし、姿勢制御電子回路 (ACE) には変換係数を格納するメモリは片系しかない。このため、系変更を行った場合は、変換係数の変更を地上局よりコマンド送信を行う必要がある。

この時に、精太陽センサ用のメモリに書き込む変換係数の一つを粗太陽センサ用のメモリに書き込むコマンドで送信を行った。

図1 太陽センサの変換係数の設定について



展開後

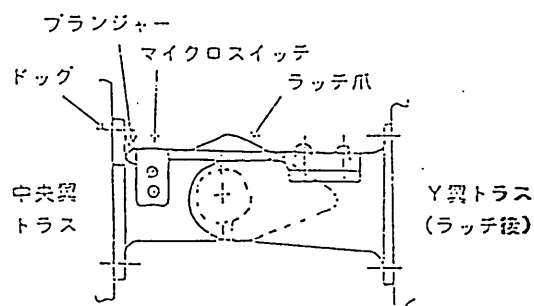
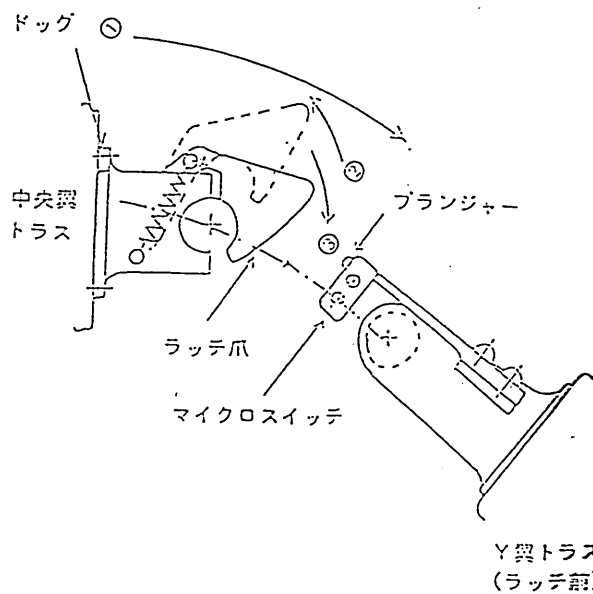
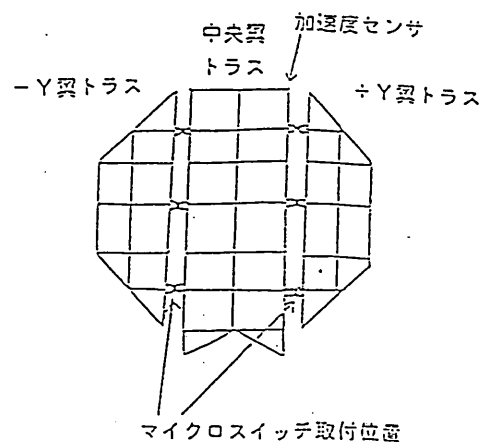


図 2

3. 5mmアンテナ展開ラッチ機構及びマイクロスイッチ実装図

表 実験の実施状況

実験項目	現状と計画
大型静止三軸衛星バス技術 大型軽量構体 大型太陽電池パドル 大容量電力(ニッケルバッテリー等) 高精度姿勢制御 熱制御 イオンエンジン 二液式アポジエンジン	(注1) 耐打上げ環境性能は実証済み 展開機能、初期発生電力は実証済み 機能、性能は実証済み 三軸姿勢制御性能は実証済み 実証済み 実証済み 静止軌道投入に失敗
将来に向けた衛星基本技術 高性能電池(ニッケル水素バッテリー) 高効率ガジェット (電熱式ドラゴンズスラスタ) 宇宙環境測定 (放射線、重イオン等) 部品材料の特性測定 打上げ環境の測定(LEM)	(注1) 充・放電性能を実証済み 機能試験を実施済み パン・アリ帯のデータを取得中 (重イオンは計測中断) パン・アリ帯での劣化データを取得中 実施済み
高度衛星通信技術 衛星間通信(CRL/NASDA) (注3) ミリ波通信(CRL) 光通信(CRL) 固定及び移動体通信(NTT)	(注2) 機能確認実験は実施済み データ中継・追跡実験を実施予定 機能確認実験は実施済み 衛星を介した通信実験を実施予定 機能確認実験は実施済み 衛星と地上間の通信実験を実施予定 機能確認実験は実施済み アンテナパターンの測定等可能な実験を実施予定
新技術 楕円軌道の衛星運用技術 全周三軸姿勢対応ソフトウェア技術 長時間推力下における衛星の軌道及び姿勢制御技術	三軸姿勢制御で実施中 太陽電池パドルの太陽追尾プログラム、姿勢制御プログラムの地上からの再プログラミングを実施し、機能の確認を実施済み 実施済み

(注1) 寿命に関するデータを取得の予定

(注2) 実施予定とあるもののうち、一部は12月中旬より既に実施されている。

(注3) CRL; 郵政省通信総合研究所