

技術試験衛星Ⅷ型（ETS-Ⅷ）「きく8号」の  
受信系異常に係る原因究明及び今後の対策について

中間報告書

平成19年5月9日

総務省独立行政法人評価委員会  
情報通信・宇宙開発分科会 情報通信研究機構部会  
きく8号受信系異常に関するWG

## 目次

はじめに

I. 「きく8号」の概要

II. 受信系異常の状況と原因究明状況について

III. 今後の衛星開発へ反映すべき事項について

IV. 衛星実験への影響について

おわりに

V. 図表集

VI. 用語・略語集

(参考1) きく8号受信系異常に関するWG 設置要綱

(参考2) きく8号受信系異常に関するWG 開催状況

## はじめに

総務省独立行政法人評価委員会情報通信・宇宙開発分科会情報通信研究機構部会きく8号受信系異常に関するWGは、平成19年1月30日に発生した技術試験衛星Ⅷ型（ETS-Ⅷ）「きく8号」の受信系異常に係る原因究明及び今後の対策等の実施状況の調査及び分析を行い、独立行政法人情報通信研究機構（NICT）の業務の実績に関する評価に資することを目的として、平成19年3月19日から審議を実施している。

本WGでは、審議開始以来5回の会合を開催し、「きく8号」から得られたテレメトリデータの解析、検証試験等の結果をもとに、調査審議を進めており、現時点までに判明した事実等に基づき原因究明及び今後の対策等について、中間報告書としてとりまとめた。

今回の「きく8号」受信系異常については、衛星にとって最も重要で基本的な電源系において、事前に必要な試験を実施していたにもかかわらず短絡（ショート）が発生したと推定され、異常箇所の分離に至っていないものであり、当該部分を開発した独立行政法人情報通信研究機構（NICT）及び製造会社を含めた広い関係者が重く受け止めるべき事態であると考えられる。

今回の異常原因究明の過程を通じ、現時点までに、設計から開発に関する貴重な知見や経験が得られており、今後独立行政法人情報通信研究機構（NICT）等においては、地上試験の充実等、今回の教訓を今後の衛星開発に活かしていく必要がある。本WGとしても、今後の衛星開発において先端技術の確立と信頼性の確保を両立するための取組みについて引き続き審議を行うこととしている。

調査審議に当たっては、関係機関に多大なご協力をいただいた。ここに心から感謝の意を表したい。

## I. 「きく8号」の概要

ここでは、技術試験衛星Ⅷ型（ETS-Ⅷ）「きく8号」（以下「きく8号」という。）の開発目的、移動体通信ミッションの概要、開発経緯、打上げまでに実施された地上試験の状況等について述べる。

### 1. 「きく8号」の目的及び概要

「きく8号」は、①大型展開アンテナ技術、②移動体衛星通信技術、③3トン級衛星バス技術、④高精度衛星測位システム技術の確立等を目的として、独立行政法人宇宙航空研究開発機構（以下「JAXA」という。）、独立行政法人情報通信研究機構（以下「NICT」という。）及び日本電信電話株式会社（以下「NTT」という。）が共同で開発した衛星である。

「きく8号」は、通信衛星用として世界最大級の大型展開アンテナ（17m×19m）を2面（送信用、受信用それぞれ1面）有する技術試験衛星であり、東経146度の静止軌道に投入されている。外観及び主要諸元を図I-1-1、表I-1-1に示す。また、大型展開アンテナの展開状況の画像を図I-1-2に示す。

### 2. 移動体通信ミッションのS帯受信系の概要

「きく8号」の移動体通信ミッションは、大型展開アンテナ反射鏡部、アンテナ給電部、中継器部等から構成されている。

地上携帯端末等からの電波は、「きく8号」の大型展開アンテナで集められ、アンテナ給電部にある31台の低雑音増幅器（LNA：Low Noise Amplifier）で並列に増幅され、ビーム形成部（BFN：Beam Forming Network）に入力された後、合成される構成となっている。移動体通信ミッションの全体構成図を図I-2-1に、S帯受信系の構成図を図I-2-2に示す。

#### (1) 低雑音増幅器（LNA）の概要

「きく8号」には、受信側31台、送信側1台（注1）の合計32台のLNAが搭載されている。LNAの外観を図I-2-3に示す。部品の高信頼化、ディレーティング（注2）による故障対策がとられている。

このLNAには、LNA4台ごとにまとめて低雑音増幅器用電源（LNA-PS：LNA-Power Supply）から電源が供給されている。

注1）送信側1台のLNAは、送信用大型展開アンテナの金属メッシュ鏡面で発生する相互変調による干渉波（パッシブインタモジュレーション（PIM：Passive Intermodulation））を測定する目的で設

置されている。

注2) ディレーティングとは、素子の故障率を少なくする目的で、意図的に、素子の定格よりも十分に低い使用条件で使用する事。

## (2) 低雑音増幅器用電源 (LNA-PS) の概要

「きく8号」には1式のLNA-PSが搭載されており、衛星バスから供給される一次電源供給系の100Vの電圧を6Vに変換しLNAに電源供給している。LNA-PSの外観を図I-2-4に、構成図を図I-2-5に示す。

LNA-PSを構成するDC/DCコンバータについては、主系及び従系(A系及びB系)の2系統の待機冗長構成として内部冗長化が図られている。また、LNA-PSにはLNAが短絡(ショート)した場合にその系統を分離するためのヒューズが設けられている。さらに、LNAの短絡(ショート)故障による波及故障を防止するため、DC/DCコンバータには規定以上の電流を一定時間以上連続して流さないように過電流保護機能が備わっている。過電流保護機能の特性を図I-2-6に示す。

## 3. 「きく8号」の開発経緯及び地上試験等の実施状況

### (1) 「きく8号」の開発経緯

「きく8号」は、平成4年度に郵政省(現:総務省)により概念設計がなされ、平成6年度の宇宙開発委員会において、ミッション機器の開発研究(郵政省及び通信総合研究所(現:NICT))及び次世代技術の実証システムに関する研究(宇宙開発事業団(現:JAXA))が認められている。

平成9年度の宇宙開発委員会で、技術試験衛星Ⅷ型としての衛星全体の開発研究が認められた。

平成10年度には、開発研究から開発へのフェーズアップが認められ、平成11年4月に基本設計審査(PDR)、平成13年12月に詳細設計審査(CDR)が行われ、維持設計の後、平成18年12月18日に打ち上げられた。

### (2) S帯受信系の開発経緯

S帯受信系のLNA-PS及びLNAは、平成6年度から平成12年度にかけて年度ごとの請負契約により製造会社にて開発されている。

平成6年度から平成8年度にかけEM(Engineering Model: エンジニ

アリングモデル)が製作され、平成9年度から平成11年度にかけPFM (Proto Flight Model : プロトフライトモデル)が製作されている。なお、平成12年度に改修が加えられ、LNA-PSへヒューズが追加されている。

また、S帯衛星移動通信系の送信系又は受信系に万が一異常が発生した場合のバックアップを可能とするため、測位実験ミッションとの接続機能の追加が平成10年度に実施されている。

LNA及びLNA-PSの配置位置及びハーネス実装状況図を図I-3-1に示す。

### (3) 地上試験等の実施状況

地上試験等の実施状況は次のとおりである。

#### ① コンポーネントレベルの地上試験結果

コンポーネントレベルにおける振動試験、熱真空試験、電気性能試験の実施状況は表I-3-1に示すとおりであり、NICT及び製造会社からの説明によれば、試験等は全て網羅的に実施され、かつ、試験結果も正常であった。

#### ② システムレベルの地上試験結果

移動体通信ミッション機器は、平成14年11月にNICTからJAXAに引き渡された後、システムへのインテグレーション、システムプロトフライト試験(PFT)、射場搬入後試験が実施されている。その実施状況は表I-3-2に示すとおりであり、JAXAからの説明によれば、試験等は全て網羅的に実施され、かつ、試験結果も正常であった。

システムプロトフライト試験の実施状況を図I-3-2に示す。

#### ③ 保管管理状況

製造時の部品レベルの保管管理状況及び製造時・検査時の作業環境、コンポーネントレベルの保管管理状況、衛星保管管理状況はそれぞれ表I-3-3、表I-3-4、表I-3-5に示すとおりであり、NICT等からの説明によれば、衛星搭載機器に適用される通常的环境下で適切に保管管理されており、特段の異常は認められない。

#### ④ 打上げ時の衛星に対する振動環境条件

「きく8号」は、H-IIA204型ロケットで打上げられている。

打上げ時の振動環境（複合加速度加重、正弦波振動、音響環境等）を実測値により確認したところ、打上げ環境として提示されていた環境条件を満たしている。打上げ環境を表 I - 3 - 6 に示す。

#### (4) 「のぞみ」の電源系統の不具合等を踏まえた処置

第 18 号科学衛星（PLANET-B）「のぞみ」に生じた電源系統の不具合に関し、平成 16 年 5 月 26 日に宇宙開発委員会から報告書が公表されているほか、平成 16 年 6 月 18 日には信頼性技術情報が発行されている。信頼性技術情報に記載された留意事項の概要を表 I - 3 - 7 に示すが、主な留意事項は次の 3 点である。

- ① 不具合の影響度の評価
- ② 故障分離
- ③ 輸入品に対する検証

このような不具合に対し「きく 8 号」においては、同種の原因による異常が発生しないよう E T S - VIII 総点検等が平成 16 年 6 月に実施されている。

E T S - VIII 総点検は、製造会社文書「E T S - VIII 中継器部・アンテナ給電部点検計画書」（第二版 平成 16 年 6 月 2 日）に基づいて実施されており、

- ① 設計検証結果の再確認、
- ② 試験内容の再確認、
- ③ 不具合評価（※）

（※）P F T 以降の発生不具合について処置妥当性を確認。

の 3 点が点検されている。

この点検においては表 I - 3 - 8 に示す書類が対象とされ、設計検証結果の再確認として、次の 3 項目の点検・確認が実施されている。

- ① I F F M E A の再確認
- ② 機能 F M E A の再確認
- ③ 装置単位での単一故障箇所の有無確認・識別

#### 4. まとめ

「きく 8 号」は、通常の衛星開発に適用される地上試験は全て実施され試験結果も正常と報告されている。また、製造時から打上げ時まで温度、湿度、清浄度が管理された適切な環境下で保管管理されており、打上げ時においても打上げ環境条件を満たしていることが確認された。

## Ⅱ. 受信系異常の状況と原因究明状況について

ここでは、「きく8号」にどのような受信系異常が生じているかについて述べた後、原因究明状況について述べ、最後に、今後の異常箇所分離の可能性について述べる。

### 1. 受信系異常の状況

「きく8号」に生じているS帯受信系異常について、「きく8号」から得られるテレメトリデータによる実測値を示す。

#### 1-1. 異常事象の発生時

平成19年1月30日に実施されたS帯受信系機器の初期機能確認試験において、LNA-PSのDC/DCコンバータ主系（A系）をONにするコマンドを送信したところ、LNA-PSのテレメトリ信号が一瞬だけONとなるがすぐにOFFとなる異常事象が繰り返し観測された。LNA-PSのDC/DCコンバータ冗長系（B系）にも切り替え、A系で2回、B系で1回実施したが、同様の異常事象であった。なお、このような異常事象は地上試験では生じていなかった。異常事象の発生時の測定データを図Ⅱ-1-1に示す。

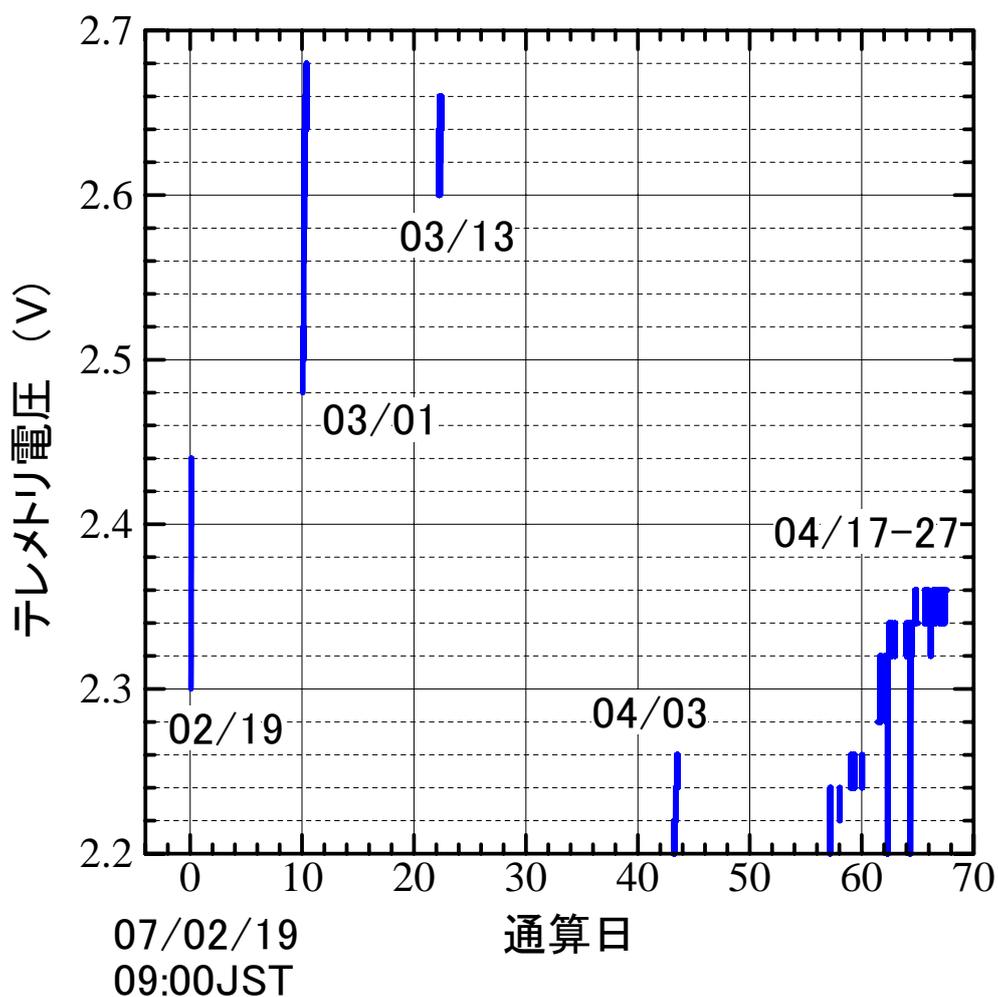
この時点でのテレメトリは、2秒に1回の測定間隔で、LNA-PSがONかOFFかの2値を判定するモードであった。仮にLNA-PSの過電流保護回路（動作周期約260ミリ秒）が動作したとすれば、動作周期（約260ミリ秒）と測定間隔（2秒に1回）が一致した場合のみにONとなりそれ以外はOFFという観測結果となる。

なお、この異常事象の発生に伴う対応状況を表Ⅱ-1-1に示す。

#### 1-2. 「きく8号」から得られたテレメトリデータ

「きく8号」のテレメトリには、故障解析のために約8ミリ秒に1回（1秒間に約128回）の測定間隔で、電圧値を0.02V単位で測定可能なデュエルモード機能が用意されている。そこで、このデュエルモードテレメトリを用いてLNA-PS内のDC/DCコンバータの出力電圧値を測定した。なお、テレメトリデータは、DC/DCコンバータの出力電圧値の約0.7倍を示している。

異常事象発生から4月27日までの間において、合計11回の測定を実施している。測定結果を図Ⅱ-1-2に示す。



測定日	テレメトリで実測した出力電圧値	繰り返し周期	備考
正常の場合	6V程度	なし	
2月19日	2.30~2.44V	約260ミリ秒	20分間測定
3月1日	2.48~2.68V	同上	約9時間測定
3月13日	2.60~2.66V	同上	約6時間測定
4月3日	2.20~2.26V	約260ミリ秒と約180ミリ秒	約9時間測定
4月17日	2.20~2.24V	同上	約1時間測定
4月18日	2.22~2.24V	同上	約1時間測定
4月19日	2.24~2.28V	同上	約9時間測定
4月20日	2.24~2.26V	同上	約1時間測定
4月21日~23日	2.28~2.34V	同上	約38時間測定
4月24日~25日	2.32~2.36V	同上	約25時間測定
4月25日~27日	2.32~2.36V	同上	約49時間測定

① 電圧値について

LNA-PS内のDC/DCコンバータの出力電圧値（テレメトリ

実測値)を測定したところ、2.68V以下の電圧値しか測定されなかった。また、測定日によって異なる電圧値が測定された(2.20V~2.68V)。さらに、同一測定日の中でも時間経過に伴って電圧値が増加する傾向が認められた(0.02V~0.20V増加)。

## ② 周期について

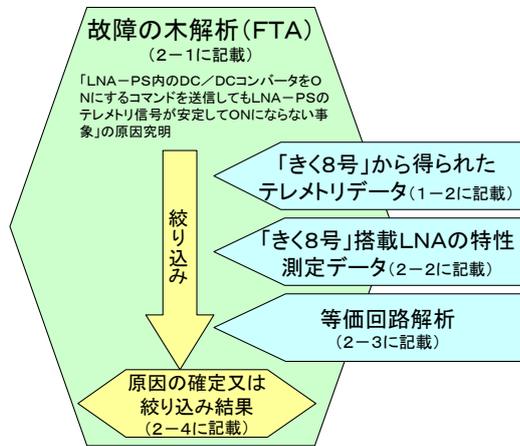
テレメトリデータを解析したところ、パルス幅4~5ミリ秒、繰り返し周期約260ミリ秒のパルスであることがわかった。

4月3日以降においてはそれまでの繰り返し周期が約260ミリ秒に加え約160ミリ秒が混在していた。DC/DCコンバータの製造会社によれば、このような繰り返し周期の変化は負荷状況に応じて生じることがあり得ること分かっている。

このパルスはLNA-PSの過電流保護回路の動作とほぼ一致することから、LNA-PSの過電流保護回路が働いていると考えられる。1月30日のテレメトリ異常事象もこの現象によるものと考えることができる。

## 2. 原因究明状況

故障の木解析（FTA）によって原因究明を行った。故障の木解析における絞り込みにおいては、等価回路解析や搭載LNAの特性測定データを用いた。以下、各々の実施状況を示す。



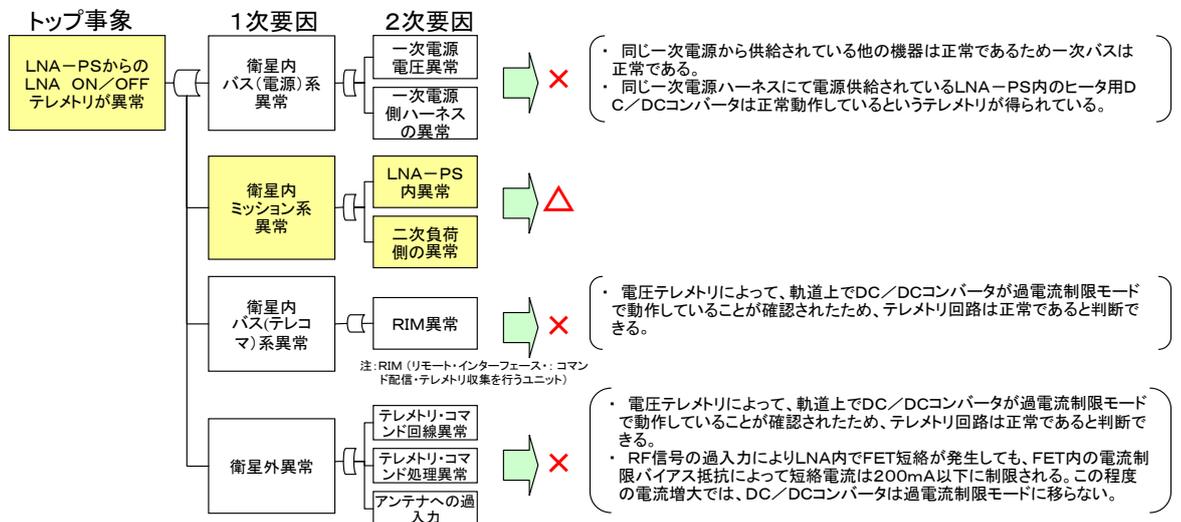
### 2-1. 故障の木解析（FTA）

「LNA-PS内のDC/DCコンバータをONにするコマンドを送信してもLNA-PSのテレメトリ信号が安定してONにならない事象」をトップ事象とする故障の木解析（FTA）を行った。結果を図Ⅱ-2-1に示す。

この事象が生じる1次要因として次の4つの可能性が考えられたが、検討の結果、衛星内のミッション系の異常以外の可能性はないことがわかった。

- ① 衛星内のバスの電源系の異常
- ② 衛星内のミッション系の異常
- ③ 衛星内のバスのテレメトリ・コマンド系の異常
- ④ 衛星外の異常

故障の木解析状況(概要)



次に、衛星内のミッション系の異常について検討を行った。現時点では、異常事象の要因として可能性が否定されていないものは以下の4ケースとなっている。4ケースのいずれも短絡（ショート）である。また、4ケースを場所で分類すると、①はダイオードの出力端短絡（ショート）、②から④の3ケースはLNA内部短絡（ショート）であることから、2箇所（4ケース）と分類することができる。

- ① ダイオード絶縁シート損傷（整理番号：3-3-3）
- ② LNA入力部の貫通コンデンサの異常（整理番号：4-2-1）
- ③ LNA内コンデンサの異常（整理番号：4-2-4）
- ④ LNA内の異物（整理番号：4-2-6）

現時点で可能性が否定されていない4ケースの詳細は次のとおりである。

- ① ダイオード絶縁シート損傷（整理番号：3-3-3）

ダイオード絶縁シートが損傷した場合には、ダイオードの出力側が地絡（グラウンドとの短絡（ショート））することとなる。ダイオードはDC/DCコンバータのA系B系にそれぞれ1つずつの合計2つあるが、どちらかのダイオードの出力端が地絡しても、A系B系2つのDC/DCコンバータのいずれにおいても過電流保護機能が働く。この挙動は現時点までの軌道上の挙動と一致する。

- ② LNA入力部の貫通コンデンサの異常（整理番号：4-2-1）

LNAの電源入力部の貫通コンデンサが偶発故障により短絡（ショート）状態となった場合には、電源の負荷が異常となる。32台あるLNAのうち1台でも短絡（ショート）が発生すれば、A系B系2つのDC/DCコンバータのいずれにおいても過電流保護機能が働く。この挙動は現時点までの軌道上の挙動と一致する。

- ③ LNA内コンデンサの異常（整理番号：4-2-4）

LNA内コンデンサが偶発故障により短絡（ショート）状態となった場合には、電源の負荷が異常となる。32台あるLNAのうち1台でも短絡（ショート）が発生すれば、A系B系2つのDC/DCコンバータのいずれにおいても過電流保護機能が働く。この挙動は現時点までの軌道上の挙動と一致する。

- ④ LNA内の異物（整理番号：4-2-6）

LNA内に潜在した導電性異物が打ち上げ振動環境などにより移動し、基板線路間などに付着し短絡（ショート）を生じた場合には、電

源の負荷が異常となる。32台あるLNAのうち1台でも短絡（ショート）が発生すれば、A系B系2つのDC/DCコンバータのいずれにおいても過電流保護機能が働く。この挙動は現時点までの軌道上の挙動と一致する。

## 2-2. 「きく8号」搭載LNAの特性試験データ

「きく8号」のS帯受信系のビーム形成部（RX-BFN1）には、受信部にある31台のLNAに1つずつ対応して、最大40dBの減衰（1万分の1の減衰）が可能な可変減衰器が31台搭載されている。したがって、可変減衰値をコントロールし、測定対象LNAの減衰量を0とし、他のLNAの減衰量を大きくすることにより31台あるLNAのうちどれが正常に動作し、どれが異常であるかを実測することができる。また、送信部にある1台のLNAはビーム形成部にかかわらず動作を直接測定できる。そこで、「きく8号」を用いた軌道上実験を行った。

なお、前述したように現状ではLNAへの印加電圧は、約5ミリ秒の繰り返しパルスであるため（図Ⅱ-1-2）、これらの測定はLNAに電圧が印加される約5ミリ秒間で行っている。

この軌道上実験は、3月13日、4月3日、4月19日、4月27日に計7回行った。実験系を図Ⅱ-2-2に実験結果を図Ⅱ-2-3に示す。

### (1) 測定された受信信号の電力値

正常であれば、回線設計上-3dBm~-12dBm程度の電力値の受信信号が地球局側で測定されるはずであるが、これまで実施した7回の軌道上実験では、最大でも-37dBmの電力値であり、25dBから60dB以上低い電力（300分の1から100万分の1以下の電力）しか測定されていなかった。この電力値の低値現象については、2-5にて詳細な検討を行う。

### (2) 32台のLNAの動作について

正常であれば、受信信号はノイズレベルより40dB以上（1万倍以上）大きな電力値で測定できる。しかし、ノイズレベル以下の受信信号しか測定されない場合には、LNAが動作していないのか、動作しているがノイズに埋もれているのかが区別できない。

実験結果においては、ノイズレベルより大きな受信信号が測定され動作が確認できたLNAがあったが、別の測定日においてはノイズレベル以下となっており、正常であるとの判断は推測の域を出ない。

なお、地球局からの送信電力を大きくすればこれらの改善が期待されることから、4月19日以降は、現状で最大の送信電力が出力できる機器（33W）に変更して実験を実施している。

(3) 打上げ前の地上試験結果

打上げ前の平成18年10月2日には、この軌道上実験とほぼ同様の構成で地上試験が行われており、32台のLNAそれぞれの正常動作が確認されている。この地上試験結果を図Ⅱ-2-4に示す。ノイズレベルよりも十分大きな電力値が測定されている。

(4) 「きく8号」搭載LNAの特性試験データのまとめ

現時点において、「きく8号」を用いた軌道上実験は、以下の測定結果となっており、32台あるLNAのうちどれが正常に動作し、どれが異常であるかの特定に有益な測定データが得られていない状況にある。

LNAグループ	LNA番号	打上げ前	3月13日測定 (地球局送信電力 1W)	3月13日測定 (地球局送信電力 10W)	4月3日測定 (地球局送信電力 10W)	4月19日測定 (地球局送信電力 10W)	4月19日測定 (地球局送信電力 33W)	4月27日測定 (地球局送信電力 10W)	4月27日測定 (地球局送信電力 33W)
1	1	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	3	正常	ノイズレベル	動作	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	10	正常	ノイズレベル	動作	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	13	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
2	7	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	12	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	16	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	28	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
3	6	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	9	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	26	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
4	31	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	5	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	8	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	14	正常	動作	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
5	23	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	11	正常	動作	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	18	正常	動作	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	20	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
6	22	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	4	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	19	正常	動作	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	25	正常	ノイズレベル	動作	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
7	29	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	15	正常	動作	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	21	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	24	正常	ノイズレベル	---	動作	動作	動作	動作	動作
8	30	正常	動作	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	2	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	17	正常	動作	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	27	正常	ノイズレベル	---	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル
	PIM	正常	ノイズレベル	動作	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル	ノイズレベル

### 2-3. 等価回路解析

ハーネス、ヒューズ、LNA等の抵抗値をもとに等価回路を作り電圧値を解析より求め、「きく8号」のテレメトリから得られる電圧値（2.20V～2.68V）と比較することにより、どこでどのような異常が生じているかが推定できる。そこで等価回路による解析を実施した。解析に用いた等価回路を図Ⅱ-2-5に示す。

2-1の故障の木解析（FTA）によれば、原因は特定されていないものの4つの可能性はいずれも短絡（ショート）と推定されている。そこで、解析にあたっては、短絡（ショート）が生じていると仮定し、その箇所がLNA-PSからLNAまで短絡（ショート）の可能性のある9箇所のうち、まずは1箇所のみで生じているケースから検討した。なお、ヒューズがすでに溶断されている可能性があることから、ヒューズ（主系と従系）がどちらも未断線の場合とヒューズ（主系）が溶断されている場合の2ケースについて解析した。解析結果をそれぞれ図Ⅱ-2-6、図Ⅱ-2-7に示す。

- (1) ヒューズ（主系と従系）がどちらも未断線の場合
  - ① 9箇所のうちどこで完全短絡（デッドショート）していても、電圧値は2.1V以下となり、実測値（2.20V～2.68V）のほとんどと合致しない。
  - ② 短絡（ショート）が抵抗値0Ωの完全短絡（デッドショート）ではなく、仮に抵抗値のある不完全短絡（ソフトショート）と考えれば、その抵抗の値によって9箇所のいずれでも不完全短絡（ソフトショート）の可能性あることになる。この場合、短絡（ショート）箇所が特定できない。
- (2) ヒューズ（主系）が溶断している場合
  - ① 9箇所のうち、ヒューズ手前3箇所での完全短絡（デッドショート）であれば、ヒューズは溶断しないので、ヒューズ手前3箇所の可能性はない。
  - ② 残り6箇所のうち実測値（2.20V～2.68V）とほぼ同程度になる箇所は4箇所となり、短絡（ショート）箇所が特定できない。なお、不完全短絡（ソフトショート）と仮定した場合には、実測値と合致しないことから、不完全短絡（ソフトショート）の可能性は低い。
- (3) 等価回路解析のまとめ  
等価回路による解析において、1箇所で短絡（ショート）が生じてい

ると仮定した場合であっても、短絡（ショート）箇所の可能性は複数となり、どこで短絡（ショート）が生じているかを絞り込むことは困難となっている。

#### 2-4. 異常事象として否定されていない原因に対する検討

異常の木分析（FTA）で絞り込んだ4ケースについて、故障発生シナリオ（仮説）を立て、そのシナリオが成立するか否かの検証を実施した。

##### (1) ダイオード絶縁シートの損傷

###### ① 故障発生シナリオ（仮説）

ダイオードと筐体間の絶縁のために実装している絶縁シート（注）の絶縁効果が低下するケースとしては、次の3つの仮説が考えられる。

ア ねじれ：取り付け時に絶縁シートにねじれが生じ絶縁効果が低下  
 イ 傷：絶縁シートの傷もしくは傷つけにより絶縁効果が低下  
 ウ 異物：取り付け時に異物を挟み込み、打上げ時の振動などで絶縁シートを突き破り絶縁効果が低下

注：使用された絶縁シートは、厚さ0.38mm、材質がシリコンゴムシートであり、引っ張り強度は27kg/cm<sup>2</sup>、引き裂き強度は18kg/cm。

###### ② 検証及び検証結果

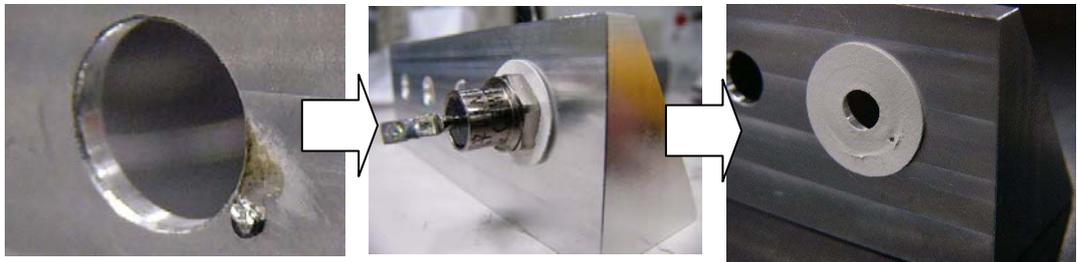
まず、ねじれと傷の影響について検証した。具体的には、意図的に絶縁シートを切り欠き絶縁不良となるかどうか確認した。用いた絶縁シート及び確認結果を下図に示す。



確認の結果、BやCでは、ダイオードと筐体間に絶縁シートが入っていればトルクが大きくなっても絶縁が保たれるが、Aではトルクが大きさによって絶縁シートがつぶれダイオードと筐体が接触し絶縁不良となった。

ここで、絶縁シートがAやBの状態となっていれば作業員が容易に検知できる。また、Cの場合、今回の結果から考えれば、ダイオードに挟まれている部分に傷や亀裂があったとしても、その傷や亀裂が外側まで進展の上脱落し、筐体と接触を生じさせるような外力がなければ絶縁不良は生じないが、打上げ以降にこのような外力が作用することは考えにくい。したがって、ねじれや傷による故障メカニズムの可能性は低いといえる。

次に、異物による影響を検証した。具体的には、異物を挟み込み、規定トルク(120N・cm)まで締め付け、絶縁シートが突き破れるかどうか確認した。確認結果を下に示す。



確認の結果、はんだくずの挟み込みにより、絶縁シートが突き破れ、絶縁不良(147mΩ)となった。このことから、ある程度の大きさの異物を絶縁シートに挟み込めば、シートが破れ絶縁不良が発生することが確認された。

確認に用いた異物は0.4mm程度の大きさであるが、作業員がその異常を検知できるものである。また、この箇所での短絡(ショート)は、1Ω以上の抵抗値をもつ不完全短絡(ソフトショート)と推察されており(図Ⅱ-2-6より)、今回測定された147mΩと抵抗値が合わない。

しかしながら、大きさに関しては、作業員が見逃しかねない程度の小さな異物であっても絶縁シートに圧痕が生じることは容易に想定される。また、この部分は取り付け圧力を受け続けていることから、圧痕が地上環境試験負荷などにより徐々に成長し、打上げ振動により最終的に裏面まで貫通したというシナリオも考え得るところである。

さらに、抵抗に関しては、今回より小さな導電性異物や抵抗成分のある異物などの挟み込みの場合には、抵抗値が1Ω程度になる可能性も考え得るところである。抵抗値についてリード線等で試験した結果を下表に示す。

異物	抵抗値	備考(トルク値)
0.83mm厚の抵抗リード	30mΩ	40cN・m
0.5mm厚の抵抗リード	0.62mΩ	40cN・m

0.4 mm厚のはんだ	147mΩ	120cN・m
0.4 mm厚の抵抗リード	48mΩ	40cN・m
0.35mm厚の抵抗リード(予め 0.4mm厚の抵抗リードをつぶしておいたもの)	4.1mΩ	160cN・m
0.2mm厚のはんだ	測定不能	(狭いショートする該当箇所へ挟 みこむ操作が難しく、再現不能)
0.1mm厚の線材	測定不能	

今後、さらに検討を進める必要があるが、現時点では異物による故障メカニズムの可能性は否定できない。

## (2) LNA入力部の貫通コンデンサの偶発故障

### ① 故障発生シナリオ (仮説)

LNAの電源入力部貫通コンデンサに短絡(ショート)故障が発生したという仮説が考えられる。

### ② 検証

使用したLNAではこれまで貫通コンデンサの故障事例はなかったが、同種部品や類似構造を持つ部品について、過去の故障事例を調査した。貫通コンデンサについては、数多くの部品に用いられており製造会社においても地上における複数の故障事例が報告されており、次の4つに分類される。

ア 貫通コンデンサの部品不良

イ LNAへの貫通コンデンサの取り付け時のストレス

ウ 装置組み立て時のストレス

エ 試験時の過電圧、過電流

ア及びイは初期不良となるが、LNAとして全数240時間のバーンインを実施して初期不良を取り除いている。また、地上試験で検知できることから、この可能性は低い。

ウについては、長時間のはんだ付けによるストレスが考えられるが、製造時にそのようなストレスは与えていないと製造会社から報告されている。また、この要因については地上試験で検知できる。

エについては、耐電圧50V、許容電流値5Aに対して、6V、100mAという十分なディレーティングがとられている。

### ③ 検証結果

LNA入力部の貫通コンデンサで故障が発生する場合は、偶発故障によるものと考えられる。故障が生じたとすればどのような条件によるものかについてさらに検証をする必要がある。なお、平成12年に行われたLNA製造業者による故障モード影響解析等を図Ⅱ-2-9に示す。

### (3) LNA内のコンデンサの偶発故障

#### ① 故障発生シナリオ（仮説）

LNA内のコンデンサに短絡（ショート）故障が発生したという仮説が考えられる。

#### ② 検証

使用したLNAに用いられている内部コンデンサは、MOSタイプの単板コンデンサと呼ばれるタイプであり、製造会社での故障事例はなかった。しかし、コンデンサの構造から考えるとこのタイプの単板コンデンサはMOSタイプのICのゲートと同等の故障メカニズムを持つと想定される。この場合の故障の可能性は次の3つに分類される。

ア 製造時の汚れによる絶縁抵抗の低下

イ コンデンサ内部のボイド（気泡又は空洞）による絶縁抵抗の低下

ウ 過電圧による酸化膜の破損

これらの要因の検出にはバーンインが効果があると言われているが、LNAとして全数240時間のバーンインを実施して初期不良を取り除いていることがわかっている。

#### ③ 検証結果

LNA内のコンデンサで故障が発生する場合は、偶発故障によるものと考えられる。故障が生じるとすればどのような条件によるものかについてさらに検証する必要がある。

### (4) LNA内の異物

#### ① 故障発生シナリオ（仮説）

LNA内部のコーティングしていない基板線路間に、LNA内部に残っていた導電性異物が打上げ時の振動で移動して付着し、短絡路を形成したという仮説が考えられる。

#### ② 検証

LNAの基板表面を模したテスト用基板を用意し、考えられる導電性異物を付着させ、想定される短絡（ショート）状態を地上再現試験にて確認した。

0.8mmの金リボンによって意図的にLNAの基板のパターン線路間短絡（ショート）を発生させ、抵抗値を測定した。異物の接触状態により、数十mΩから数百mΩのいわゆる不完全短絡（ソフトショート）が発生し得ることが確認された。以上の検証の状況を図Ⅱ-2-10に示す。

### ③ 検証結果

この検証から、LNA内に潜在した導電性異物が、打上げ時の振動により移動し、不安定な抵抗値を持つ短絡（ショート）状態を発生させるという故障発生シナリオ（仮説）は、否定できないものと判断される。

なお、このようなLNA内でのパターン線路間短絡（ショート）の場合、抵抗値は短絡（ショート）場所までの膜回路ライン長によって変化することも確認できた。これらから状況の変化により抵抗値が変動する可能性は否定できない。

今後、地上再現試験による抵抗値と軌道上の実測値から算出される抵抗値の比較、また、その異物が検査で検知できない程度の異物なのかの検討が必要である。

## 2-5. 搭載LNAの特性試験測定で観測された不明事象に関する検討

2-2に述べたように、これまで実施した7回の軌道上実験において、2つの不明事象が観測されている。1つは測定される電力値が大幅に低いこと（300分の1から100万分の1）、もう1つは32台のLNAのうち動作が確認できるLNAが1台（4月3日以降）であることである。このような現象が生じるケースを検討することによって、「きく8号」に生じている異常事象の解明に資すると考えられることから、検討を行った。

### (1) 電力値の低値現象

4月3日、4月19日及び4月27日のテレメトリデータは、2.2V～2.3V程度であり、これまでの等価回路より計算すれば、LNAに印加されている電圧値は1.9V程度と想定されていた。印加電圧1.9Vの場合LNAにより30dB程度の利得が想定され、正常時（6V印加時）より16dB程度の利得低下にすぎないと想定されていた。

しかしながら、実測では、60dB以上の利得低下となっており、想定した16dBの利得低下と大幅に異なっている。

そこで、LNAに印加されている電圧が1.9Vより低い電圧になっているのではないかと考え、それが生じるモデルを仮定し、実測値が説明できるケースがあるかどうかの検討を行った。

### (2) モデルの仮定

短絡（ショート）がどこかで生じており、かつ、LNA-PS内のDC/DCコンバータから8系統に分岐するまでの経路あるいはリターン

経路に何らかの抵抗成分（直列抵抗）が存在しているモデルを仮定した。  
このモデルに対し、実測されたテレメトリデータ及び電力値が説明できるケースがあるかどうかについて検討した。検討に用いた等価回路及び計算フローを図Ⅱ－２－１１に示す。

### (3) 検討結果

検討の結果を図Ⅱ－２－１２に示す。0.2Ω程度の直列抵抗の存在を仮定すれば、軌道上実験の電力の低値現象を説明できることがわかった。

また、印加電圧1.0V付近でのLNAの利得を測定したところ、図Ⅱ－２－１３のとおり、10dB程度の利得のばらつきがあることがわかった。このことから、32台のうち1台のみのLNAがノイズレベルよりも高いレベルで動作することも想定しうる。

### (4) 検討結果に対する考察

正常時はLNA-PS内のDC/DCコンバータから流れる電流は約2Aであるため、0.2Ω程度の直列抵抗による0.4Vの電圧降下となるが、正常時の6V付近ではこれによるLNAの利得変化がほとんどなく、無視できうる抵抗値である。しかし、今般の異常事象下では、より大きな電流が流れてかつ、1V付近では電圧によるLNAの利得変化が大きい領域であるため、0.2Ω程度の抵抗の影響まで考慮しなければならぬ状況になっていると考えられる。

## 2-6. 原因究明状況のまとめ

- ① 「きく8号」からテレメトリを用いてLNA-PS内のDC/DCコンバータの出力電圧を測定した。出力電圧は、2.20V～2.68Vであり、測定日により値に変化が生じている。
- ② 故障の木解析（FTA）により原因究明を行い、現時点で異常事象の原因として可能性が否定できないものとして、  
ア ダイオードの絶縁シートの損傷、又は  
イ LNA内部短絡（LNA入力部の貫通コンデンサの短絡、LNA内コンデンサの短絡、LNA内の異物による短絡）  
の2箇所（4ケース）まで絞り込んだが、現時点で知りうる情報からでは、これ以上絞り込むことは困難となっている。
- ③ 今後、衛星の状況が変化し、例えば電源電圧が上昇することがあれば、「きく8号」を用いた軌道上実験によって搭載LNAごとの特性を

把握できる可能性がある。このように、今後の状況の変化によって異常箇所の特定制及び発生の原因究明に至る可能性が残されている。したがって、今後とも継続して原因究明を続けることが適当である。

### 3. 異常箇所の分離可能性

異常の木分析（FTA）で絞り込んだ4ケースのうち、ダイオードの出力端の短絡（ショート）のケースでは異常箇所の分離は不可能であるが、LNA内部短絡（ショート）に起因する3ケースについては、4台のLNAごとに設けられたヒューズが溶断できれば、異常箇所が分離でき、機能回復につながる可能性がある。

そこで、本項では、異常箇所がLNA-PS内部短絡（ショート）に起因する3ケースのみである場合におけるヒューズ溶断等による異常箇所の分離可能性について検討を行った。

#### 3-1. LNA-PSに設けられたヒューズについて

##### (1) ヒューズによる故障箇所分離の設計について

前述したように、「きく8号」には、合計32台のLNAが搭載されている。LNAに短絡（ショート）故障が生じた場合、故障したLNAを分離する機能がなければ、正常なLNAに所要の電流（65mA）が供給されないためにS帯の受信機能が全損するため、短絡（ショート）したLNAシステムを分離することによってS帯の受信機能全損失となることを回避する目的で、ヒューズを挿入する対策が行われている。衛星全体の重量及びスペースの制約から、4台のLNAごとに1システムのヒューズを挿入する設計となっている。また、振動等によるヒューズ切断の影響を排除するため、各システムには2つのヒューズが並列に挿入されている。

##### (2) 使用されたヒューズの溶断特性について

LNA-PS内に実装されているものと同規格のヒューズの断面図及び構造を図II-3-1に示す。金の厚膜パターンを樹脂でモールドした構造（厚膜全固体化タイプ）であり、規定値を超える電流が流れると発生した熱により金の厚膜パターン部分が溶融して回路断となる。

今回用いられたヒューズについて、ヒューズに流れる電流値及び通電時間に対するヒューズ断線耐性の関係を示す特性（ヒューズの溶断特性）を図II-3-2に示す。

##### (3) ヒューズに流れる電流値の見積もりについて

LNA-PSの過電流保護機能は、ヒューズの設計当初、過電流保護が働く電流の閾値が4.2A、過電流を検出した場合10ミリ秒後にシャットオフするように動作し、シャットオフした後は、700ミリ秒後に自動的にDC/DCコンバータが立ち上がるという動作を繰り返す仕様であった。

しかし、その後、過電流保護回路の電流閾値は3.6A程度、シャッ

トオフするまでの時間は約5ミリ秒、自動復帰するまでの時間は約260ミリ秒に変更されている（図Ⅱ-3-3）。

#### (4) ヒューズ溶断のために必要な条件

設計当時、短絡（ショート）故障によって4.2Aの電流が流れて過電流保護回路が働いた場合には8ミリ秒以内にヒューズが溶断することが、製造会社から報告されている。

しかし、軌道上機器のテレメトリデータ及び地上再現実験から解析すると、ヒューズには1.8A程度の電流が約5ミリ秒流れているにすぎないため、溶断のための電流値としては不足している。

その原因は、正常な7系統へ電流が分流しているために異常系のヒューズの溶断に十分な電流が流れていないためと考えられる。ヒューズに流れる電流値の推定値を図Ⅱ-3-4に示す。

#### (5) 現時点におけるヒューズの状態について

4月27日までに合計11回、約148時間にわたって軌道上実験のためDC/DCコンバータの電源をONにしているが、(4)に示したように、ヒューズ溶断のための電流値が不足しているため、現時点では、異常箇所がLNA内部短絡（ショート）に起因する3ケースである場合であってもヒューズは溶断されていないと考えられる。このため異常箇所分離はなされておらず、S帯受信系が全損状態になっていると考えられる。

### 3-2. ヒューズ溶断等による異常箇所の分離の可能性について

#### (1) 超長時間通電によるヒューズ溶断

地上でのヒューズ単体の試験では、5ミリ秒のパルス状の電流であっても、パルス通電を繰り返すことにより、2.45A（周囲温度40℃）であれば、ヒューズが溶断している。このヒューズ単体試験の構成図を図Ⅱ-3-5に示す。

しかし、実測値から解析すると、ヒューズには約1.8Aの電流値しか流れていないため、溶断のための電流値としては不足している。

なお、不完全短絡（ソフトショート）の場合には、短絡（ショート）箇所における変化によって抵抗値が上昇する可能性がある。抵抗値が上昇した場合、LNA-PSから流れ出す電流値が減少し、過電流保護動作が停止でき、ヒューズに定常的な電流が流れ、長時間動作によりヒューズが溶断できる可能性がある。このような可能性は等価回路を元に計

算すると、LNA-PS内のDC/DCコンバータのテレメトリ電圧4.8V以上と計算される。

一方、短絡（ショート）箇所における抵抗値が低下して、テレメトリ電圧が低下した場合には電流値が増加することとなる。同じく等価回路から計算すれば、テレメトリ電圧が1V以下となれば、ヒューズに流れる電流が2.4～2.5Aとなり、熔断の可能性が高まると考えられる。

このように、「きく8号」の状態変化が生じた場合には、ヒューズ熔断の可能性はある。したがって、今後も継続的に電源を投入し異常分離作業を継続することが適当である。

## (2) 温度制御によるヒューズ熔断

ヒューズは高温になるほど熔断しやすくなり、また、不完全短絡（ソフトショート）の状態は周囲温度によって変化する可能性がある。このため、LNA-PSやLNAの周囲温度をヒータ等により変化させることでヒューズが熔断できる可能性がある。

なお、衛星バス内の推薬タンクの最大予測動作圧力の観点から、許容最高温度は45℃とされており、安全を見込み40℃程度までの範囲で制御することが適当である。図Ⅱ-3-6に示すように地上再現試験において常温では2.64A以下では熔断していないが、40℃においては2.45Aで熔断している。

このため、今後の原因究明の検討状況を踏まえた上で、衛星温度を40℃程度まで制御してヒューズを熔断しやすい条件とすることを検討することが適当である。

## (3) 導電性異物の物理的除去

導電性異物によって回路内に短絡（ショート）をもたらした可能性も否定されていない。ヒューズを熔断する方法に加え、衛星スラスタを噴射するなどして加速度を起し短絡（ショート）要因を排除する対策も考えられる。

しかし、「きく8号」は大型衛星であり、スラスタ噴射によって得られる加速度は0.003Gにすぎず大きな効果は期待できない。また、大型展開アンテナのブームと反射鏡の接合部への負荷を考慮すると、実施するとしても実験末期とすることが適当である。

### 3-3. 異常箇所の分離についてのまとめ

現時点では、異常箇所を分離できておらず、今後も異常箇所分離は極

めて困難な見通しである。

しかしながら、異常箇所がLNA内部短絡に起因する3ケースである場合には、今後衛星の状況が変化し、例えば電源電圧が大幅に上昇又は大幅に減少することとなれば、ヒューズが溶断でき異常箇所が分離できる可能性が残っている。したがって、今後も異常箇所分離の作業を継続することが適当である。

### Ⅲ. 今後の衛星開発へ反映すべき事項について

異常事象対応の過程で得られた知見については、今後の衛星開発に有効に活用していくことが必要である。ここでは、現時点までの審議の過程で明らかになった今後の衛星開発に反映すべき事項を示す。

#### 1. 原因究明の迅速化に関する事項

##### (1) 故障箇所の早期明確化のためのテレメトリデータ収集機能の充実

「きく8号」では、テレメトリによって実測できるデータがLNA-PS内のDC/DCコンバータの電源電圧値と温度のみであることから、異常箇所の絞り込みが難航している。

このことから、異常箇所を迅速に特定するため、テレメトリデータの収集機能を充実した設計とすることが適当である。

#### 2. 異常箇所の分離に関する事項

##### (1) 冗長設計、機能復旧設計の徹底

受信系全体の機能を損ねるような故障に対しては、故障に対する様々なケースが起こりうることから、最悪ケースにおいても故障箇所を確実に分離・復旧できるような設計思想をとることが適当である。

「きく8号」のS帯受信系では、ヒューズによる異常系分離がとられたが、異常系のヒューズへ流れる電流値の見積もりについて短絡（ショート）発生箇所やその抵抗値について様々な可能性があり得るものの、最悪の場合においても異常系を分離できることが必要である。

このため、

- i) 最悪のケースでも遮断できるヒューズの選定又は回路の構成
  - ii) ヒューズ以外のスイッチを用いた分離手法
- を検討すべきである。

##### (2) 地上試験の徹底

今回、ヒューズ溶断可能性について事前に試験で検証されていなかった。LNA内部短絡（ショート）のみが生じている場合には、このことが、異常システムを分離できない事態となっていると考えられる。

このため、同一設計で過去に試験を実施していない回路を用いる場合には、開発段階において、不具合時の対策の妥当性を試験にて検証することを徹底することが適当である。

(3) チェック体制の確立・充実

設計の妥当性、試験の実施状況、試験結果の評価について、開発者とは別の第三者が検証する体制の構築等により、確認、検証、助言を行う体制を構築することが望ましい。

3. 短絡（ショート）発生に関する事項

短絡（ショート）発生要因は、現時点では特定されていないが、以下のような可能性のある事項については、今後の衛星開発において対策を講じていくことにより、今後の我が国の衛星開発の信頼性向上に資するものと考えられる。

(1) ダイオード絶縁シートの劣化対策

耐性の強い実装設計方法へ変更することが適当である。

また、絶縁材の損傷の検知のため、試験方法を強化することが適当である。

(2) 導電性異物の付着による短絡（ショート）対策

コーティングなどが可能な部位はそれによって導電性異物の発生源とならないようにするとともに、付着した場合でも短絡（ショート）状態とならないように処理することが適当である。

コンポーネント、部品を海外から調達する場合には、国内で製作する信頼性部品と同様のスクリーニングレベル、品質向上策を実施要求するとともに、調達部品がブラックボックスとならないよう契約段階で、製造会社との調整のうえ部品、調達先の選定を行うことが適当である。また、検査の強化により、導電性異物の検出を図ることが適当である。

(3) 部品の偶発故障による短絡（ショート）対策

LNAについては、部品の選定基準などから設計上故障が生じる可能性が極めて少ないとされていた。

しかし、部品の偶発故障については、部品の品質要求のみで抜本的な対策とはならない。このため、故障が起こりうることを想定し、故障分離機能の実装を考慮した設計思想を徹底するとともに、その妥当性を予め試験で検証することが適当である。

#### IV. 衛星実験への影響について

ここでは、S帯受信系が異常となっている現時点において、「きく8号」を用いた衛星実験への影響について、移動体衛星通信実験とそれ以外の実験に分けて評価した。

##### 1. 移動体衛星通信実験について

移動体衛星通信実験に用いる端末の概要を図IV-1-1に示す。今回のS帯受信系異常により、地上携帯端末から衛星向けの送信が実施困難となることから、その影響についてまとめた。

##### (1) 移動体衛星通信実験への影響評価

移動体衛星通信実験への影響として、S帯受信系が全損のケース、今後異常箇所分離が成功し32台中4台のみのLNA損失のケースの2ケースが想定される。検討結果を表IV-1-1に示す。

##### ① S帯受信系全損のケース

S帯受信系全損のケースには、大型展開アンテナの使用ができなくなるため、地上携帯端末単体での利用が困難になるなど、移動体通信実験の実施に大きな影響を受けることとなる。

ただし、代替の手段として、高精度時刻基準装置（HAC）受信系を使用することにより若干の制約を受けるが予定されていた実験のほとんどを実施可能である。

この場合、ギャップフィルラと呼ばれる地上設置中継装置を設置することにより、実施場所等の制約を受けるものの地上携帯端末での実験が可能となる。また、地上携帯端末の外部アンテナとして開口径70cm程度の高利得アンテナに接続すれば、ギャップフィルラを使用しなくても伝送速度等の制約を受けるものの地上携帯端末での実験が可能となる。これらギャップフィルラ等による実験概念図を図IV-1-2に示す。

ギャップフィルラについては、NICTにより、平成19年度中の供用が予定されている。

##### ② 32台中4台のみLNA損失のケース

この場合には、残り28台で通信に必要な電力を供給することが見込まれるため、当初計画されていた実験が全て可能であり、影響は限定的である。

## (2) 利用実験プロジェクトへの影響について

総務省が行った「きく8号」利用実験プロジェクトの公募の結果、現時点で実験プロジェクトが22件採択され、さらに、13件の実験プロジェクトが応募されている。

これらの実験にはNICT及びJAXAが開発した小型携帯端末やポータブル端末の利用のほか、参加機関が独自に開発した端末の利用が計画されている。

小型携帯端末を利用する実験については、地上からの送信に高利得アンテナを外部接続又は地上設置中継装置の利用により、予定していた通信実験のほとんどを実施可能であるが、特定の実験場所を希望するものや高速度で移動しながらの通信実験の実施には、一部運用上の制約が生じる可能性がある。

参加機関が独自に開発するアンテナを使用するプロジェクトについては、当該アンテナを使用する場合の回線設計等を詳細に再検討する必要がある。このため、総務省及びNICTより、参加機関に対し引き続き技術情報を積極的に提供し、利用実験を支援していくことが求められる。

## 2. 移動体衛星通信実験以外の実験について

今回発生した異常事象は、移動体衛星通信実験のうちS帯受信系実験への影響に限定されている。

したがって、移動体衛星通信実験のS帯送信系、Ka帯フィーダリンク、測位実験、時刻比較実験、バス系の実験には影響を及ぼさない。

## 3. まとめ

移動体衛星通信実験のうちS帯受信系以外は全て正常に動作していることから、速やかに、移動体衛星通信実験のS帯送信系、Ka帯フィーダリンク、測位実験、時刻比較実験、バス系の実験を開始することが適当である。

また、S帯移動体衛星通信実験については、代替である高精度時刻基準装置(HAC)受信系及び外付けアンテナやギャップフィルアを使用することにより、予定していたほとんどの実験が実施可能となることから、NICTを中心に実施の準備を行い、準備出来次第、速やかに実験を開始することが必要である。

なお、Ⅲで述べたように、LNA内部短絡(ショート)である場合で、衛星の状況が変化すれば異常箇所が分離できる可能性もあることから、衛星実験と併行して原因究明・異常箇所分離作業を実施することが適当である。

## おわりに

総務省独立行政法人評価委員会情報通信・宇宙開発分科会 情報通信研究機構部会きく8号受信系異常に関するWGとしては、引き続き、NICTを中心とした関係者によって、「きく8号」のS帯受信系異常に関する原因究明及び異常箇所分離作業が実施されることが必要と考える。

「きく8号」の開発過程においては、「のぞみ」の電源系統の不具合等を踏まえた処置として、平成16年6月に総点検が実施され、同種の原因による異常が発生しないよう処置されていたが、それでも完全を期するには至らなかった。

今回の異常発生は誠に残念なことであるが、宇宙開発は我が国の総合的な安全保障の確保や産業の発展等に不可欠なものであり、引き続き強力で推進していくことが必要である。

過酷な宇宙環境下で稼働する衛星においては、このような異常事象への対処からでなければ得られない貴重な知見や新たな発見、成果も数多くあると考えられる。こうした教訓を真摯に受け止め、我が国の衛星開発に関する最大限の成果が得られるよう不断の努力を遂行することが望まれる。

本中間報告書では、調査審議において得られた設計から開発に関する改善事項を整理し、まとめており、過去の改善事項に加えこれらの改善事項を実施することにより今後の衛星開発の信頼性向上が図られることを期待するものである。