

環境観測技術衛星(ADEOS-)「みどり」の運用異常の
原因究明に係る試験の進捗状況について

平成15年11月27日

独立行政法人

宇宙航空研究開発機構

1. はじめに

異常事象の発生シナリオの仮説を検証するため、以下の予備試験を実施している。いずれも、開発時には想定し得なかったことについて確認することを目的としている。

これらの予備試験で基礎的なパラメータを取得したのち、軌道上コンフィギュレーションを可能な限り模擬したより現実的な試験を実施する。

- ・ ブーム／ハーネス温度特性予備試験
- ・ 帯電／放電に係る予備試験
 - (1) MLI帯電予備試験
 - (2) 太陽電池パドルハーネスとMLI間の帯電／放電予備試験
 - (3) 太陽電池パドル銅ハーネス接続部の帯電／放電予備試験

以降、各試験の目的／概要／結果／今後の検討事項について説明する。

2. ブーム/ハーネス温度特性予備試験

以下の仮説に対応して、様々な仮説の前提となるブーム/ハーネスの温度特性に関する予備試験を実施した。

目的

上記仮説の中で、「放電が発生しやすい環境」の要因のひとつと考えられるハーネス及び MLI の温度を正確に予測し、さらに異常事象発生時の温度を把握するため、軌道上のブーム/ハーネス温度を解析するのに必要なパラメータを取得する。

「みどり」の太陽電池パドルの詳細設計において、ブームハーネス 1 素線あたりの最大電流を 2.18A (*1)として熱解析を実施し、35 ~ 143 の結果が得られていた。この温度は当該ハーネスの許容温度上限 200 に対し、十分内側の温度であった。さらに、この 2.18A は軌道上で予測される最大値であり、軌道上の実温度はこれよりも低くなるものと予想されたため、この熱設計で問題なしと判断した。

*1: 2.18A は MIL-STD-975 に規定されている AWG22 番線を 15 本以上束ねた場合の許容電流 2.25A 以内なので、規定を満足している。

供試体

- ・「みどり」のブーム STM
- ・新規製作したハーネス、熱計装(「みどり」実機と同等)

試験環境

軌道上の熱入力を完全に模擬することは困難であるため、真空チャンバ内に設置した恒温板で供試体に一定の熱入力を与えるように設定し、オフラインのデータ解析により軌道上温度を推定する。

試験コンフィギュレーションを図1に示す。

試験の概要

【過渡モード試験】

日照相当の電流を通電(67 分間) + 通電停止(33 分間)を繰り返す、各部位の温度を測定する。

【定常モード試験】

軌道周回平均の発熱量となる電流を通電し、一定温度に収束させ、各部位の温度を測定する。

試験結果

データの取得は完了した。取得されたデータ及び軌道上テレメトリを用いて熱数学モデルのコリレーションを実施しているところ。

今後の検討

上記コリレーション済み熱数学モデルを使用して、軌道上の温度を精度良く推定する。

使用材料の温度特性の、熱サイクルによる長期変化を確認する。

3. 帯電 / 放電に係る予備試験

帯電 / 放電による故障の可能性を検討している部位について、以下の事項を確認することを目的として予備試験を実施した。

- ・放電を生じる電位まで帯電し得るか
 - (1) MLI 帯電予備試験
- ・帯電による放電の発生箇所及び頻度
 - (2) 太陽電池パドルハーネスとMLI間の帯電/放電予備試験
 - (3) 太陽電池パドル銅ハーネス接続部の帯電/放電予備試験

なお、「みどり」開発時には、低軌道衛星における帯電 / 放電の可能性については認識されておらず、帯電 / 放電に係る試験は実施されなかった。NASA は、本年 2 月になって低軌道衛星の放電設計ガイドライン (Low Earth Orbit Spacecraft Charging Design Guidelines, NASA/TP-2003-212287) を制定したところである。

(1) MLI 帯電予備試験

ハーネスに関する仮説の前提となる MLI の帯電に関する予備試験を実施した。

試験環境

- ・電子エネルギー 200keV (*)
- ・電流値 10nA

(*) 電子ボルト: 真空中において 1V の電位差を横切ることによって電子の得る運動エネルギー、 $1\text{eV}=10^{-19}\text{joule}$

試験結果

電子線照射により、**MLI 最内層の電位が-1.7kV 程度まで低下することを確認した。**なお、MLI は最外層と最内層が電氣的につながっているため、更に低レベルの電子でも帯電すると考えられる。

(2) 太陽電池パドルハーネスと MLI 間の帯電 / 放電予備試験

以下の仮説に対応して、太陽電池パドルハーネスと MLI 間の帯電 / 放電予備試験を実施した。

【仮説2 - 1】

放電が発生しやすい環境となる(環境プラズマ、ハーネス被覆や MLI からの脱ガス、それらの複合要因による)。

何らかの理由に起因する放電によりハーネス被覆が開放する。

【仮説2 - 2】

放電が発生しやすい環境となる(環境プラズマ、ハーネス被覆や MLI からの脱ガス、それらの複合要因による)。

何らかの理由に起因する放電によりハーネス被覆が溶融し芯線が短絡する。

試験の概要

MLI にバイアス電圧を印加して負に帯電させた環境下において、HOT/RTN 間に電圧をかけたハーネスと MLI の間で放電が発生するか否かを確認する。

試験コンフィギュレーションを図2に示す。

供試体

新規に製作したハーネス(実機と同等品)4本に MLI を巻いたもの

試験環境

バックグラウンド真空度 : 0.5torr
MLI ポテンシャル電位 : 0V ~ -1200V
ハーネス間電位 : 60V

試験結果

傷のないハーネスについては、今回の試験環境においては、放電は観測されなかった。一方、ハーネス被覆に故意に傷をつけた箇所においてトリガ放電の発生を確認したが、持続放電には至らなかった。

今後の検討

放電への寄与の大きいプラズマ密度、温度をパラメータとした試験を実施する。

さらに、帯電以外の要因による放電の可能性を検討する。

(3) 太陽電池パドル銅ハーネス接続部の帯電 / 放電予備試験

以下の仮説に対応して、太陽電池パドル銅ハーネス接続部の帯電 / 放電予備試験を実施した。

【仮説1 - 2】

銅ハーネス接続部(挿み部)の半田付けランド間でトリガ放電が発生。

セルの発生電流により持続放電となり、回路が開放する。

隣接回路に波及。

【仮説1 - 3】

銅ハーネス接続部(挿み部)の半田付けランド間でトリガ放電が発生。

セルの発生電流により持続放電となり、回路が短絡する。

隣接回路に波及。

試験の概要

実機と同等の銅ハーネス接続部の電圧ポテンシャルを下げ、プラズマ環境下において放電が発生するか否かを確認する。

試験コンフィギュレーションを図3に示す。

供試体

太陽電池パドルの部分試作品

(銅ハーネス5本、うち2本に電圧を印加)

試験環境

中性ガス密度	: $10^{18}m^{-3}$
プラズマ密度	: $10^{10} \sim 10^{12}m^{-3}$
ポテンシャル電位	: -60V ~ -1000V
アレイ回路電位	: 60V

試験結果

銅ハーネス接続部のランド間においてトリガ放電の発生を確認したが、持続放電には至らなかった。

今後の検討

帯電以外の要因による放電の可能性を検討する。

4.まとめ

原因究明の過程において立てている仮説を検証するために必要な基礎的なデータを取得するための予備試験を実施している。これまでに得られた結果等は次のとおりである。

1. 帯電 / 放電に係る予備試験

MLI の最内層が帯電することを確認した

太陽電池パドルハーネスに傷がある場合、MLI との間でトリガ放電を生じ得ることを確認した

今後、温度、プラズマ密度を変えて試験を実施する

太陽電池パドル銅ハーネス接続部は、プラズマ環境下でトリガ放電を生じたが、持続放電には至らなかった

2. ブーム / ハーネス温度特性予備試験

試験で取得したデータを用いて熱数学モデルのコリレーションを実施している

今後、軌道上温度を精度良く推定し、使用材料の熱サイクルによる長期変化を確認する

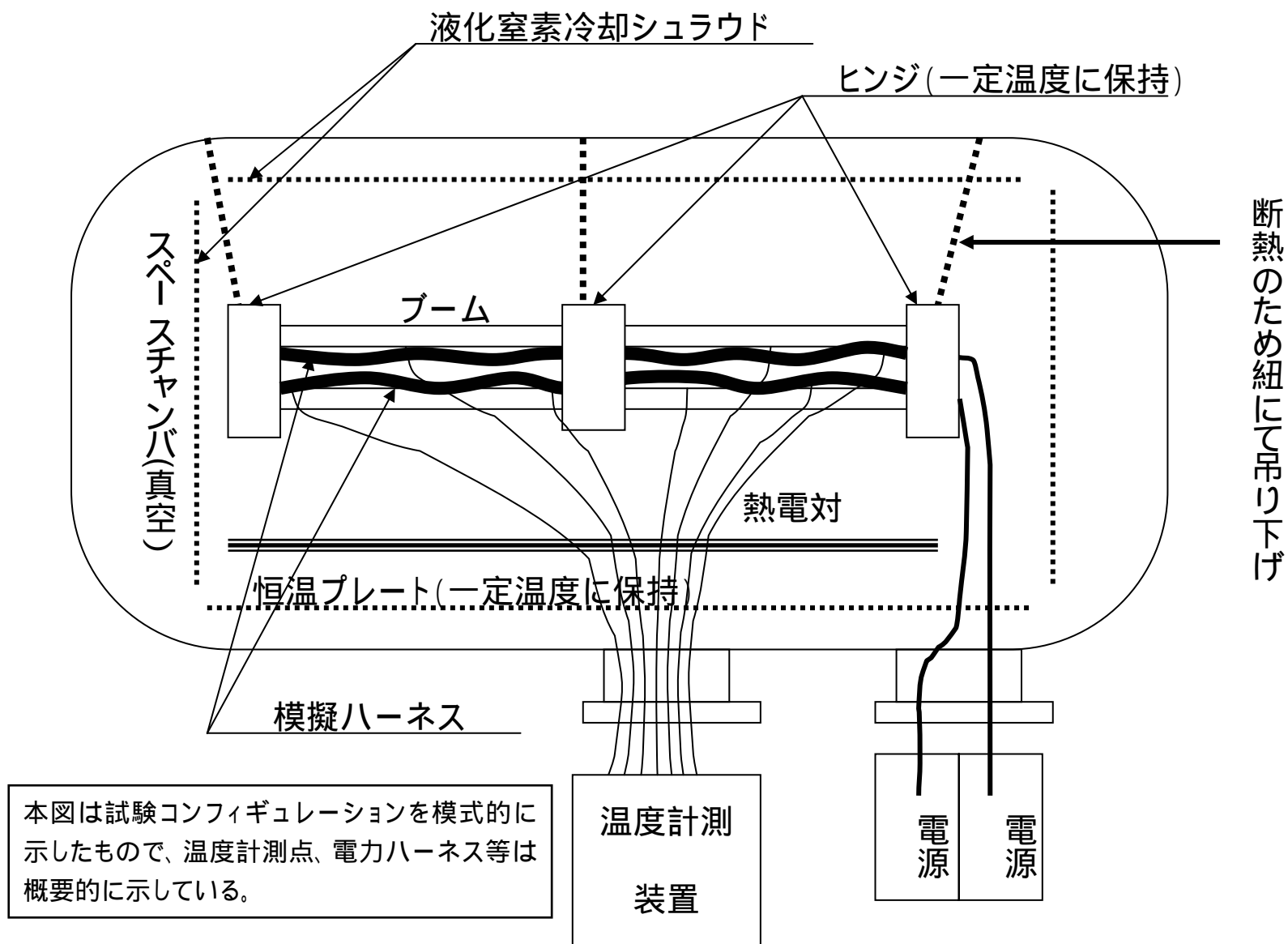


図1 ブーム/ハーネス温度特性予備試験コンフィギュレーション

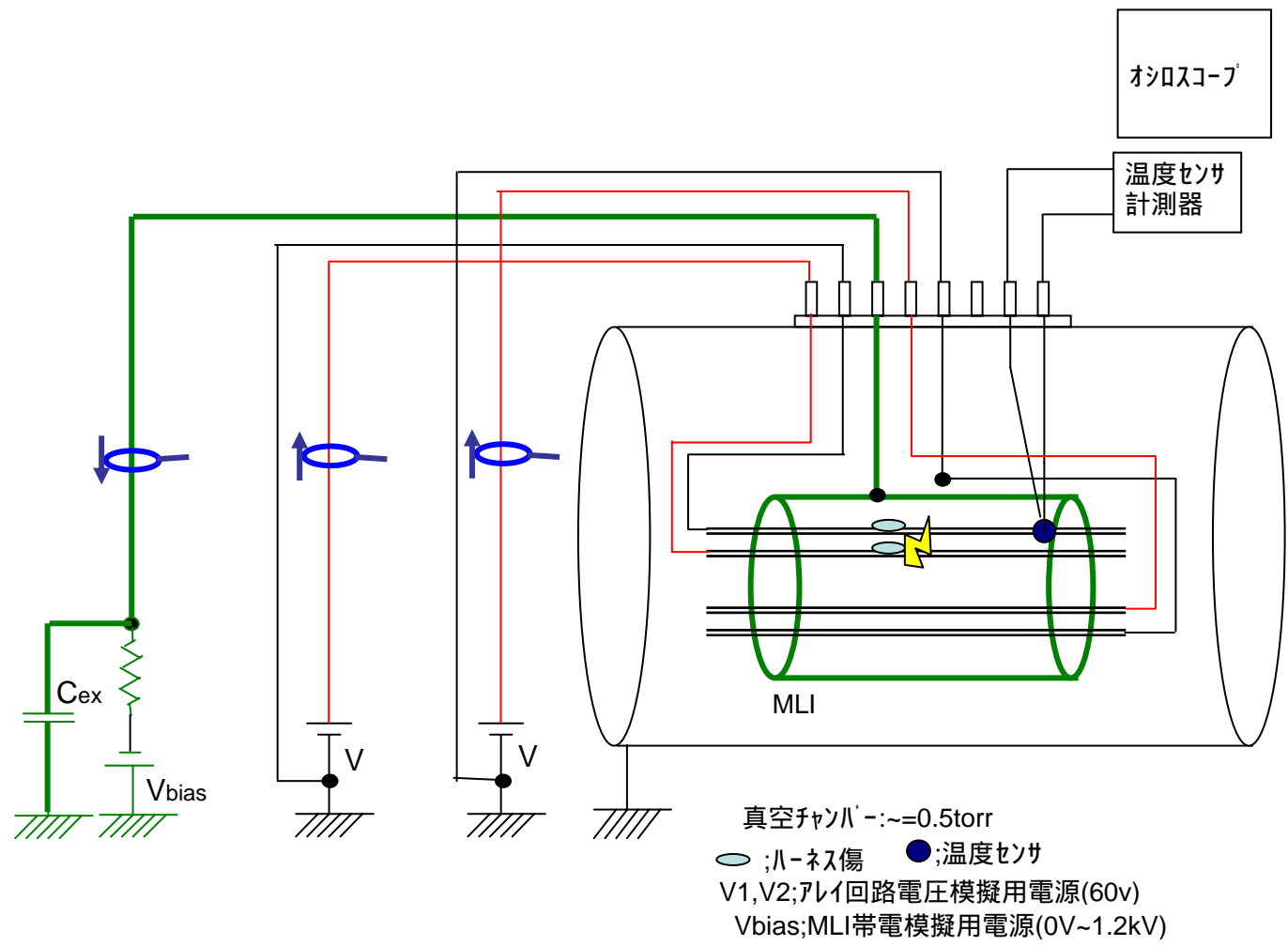


図2 ハーネスと MLI 間の帯電 / 放電予備試験コンフィギュレーション

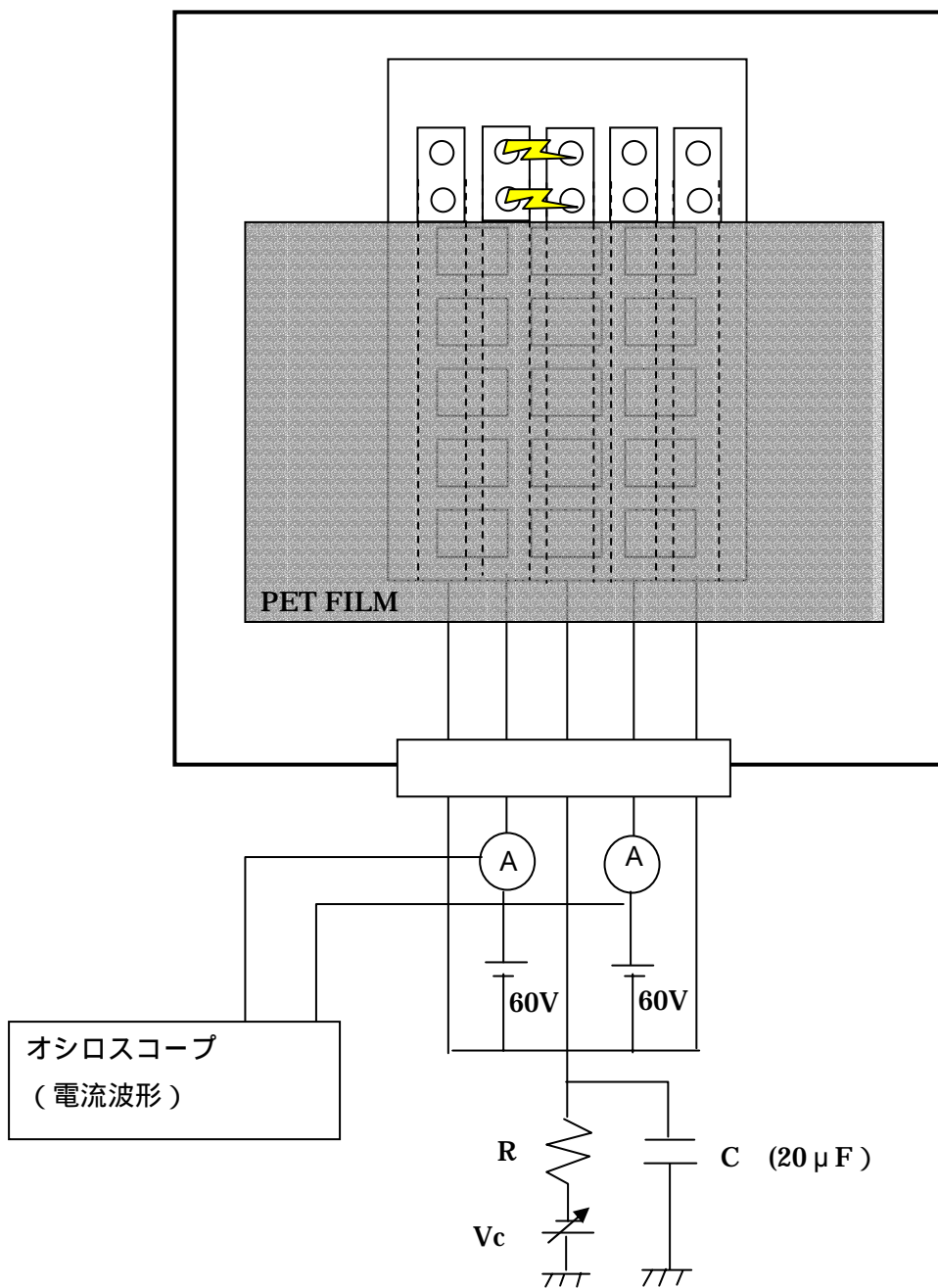


図3 銅ハーネス接続部 帯電 / 放電予備試験コンフィギュレーション