

4章 EM,FM 環境試験

鳳龍弐号では開発した機器が宇宙環境にて正常に動作するか様々な試験を行ってきた。この章ではいままで行ってきた試験について紹介する。

4.1 単体電気性能試験 (EM Ver1.0 ~3.0 FM_Ver1.0~2.0)

この試験は各系において開発した基板が正常に動作するかを、他の系と統合せずに確認を行う試験である。OBC 基板では電源系等に頼らないで動作確認を行えるように図 4.1 のような IF ボードと呼ばれる動作チェック用のボードを開発し、動作確認を行った。

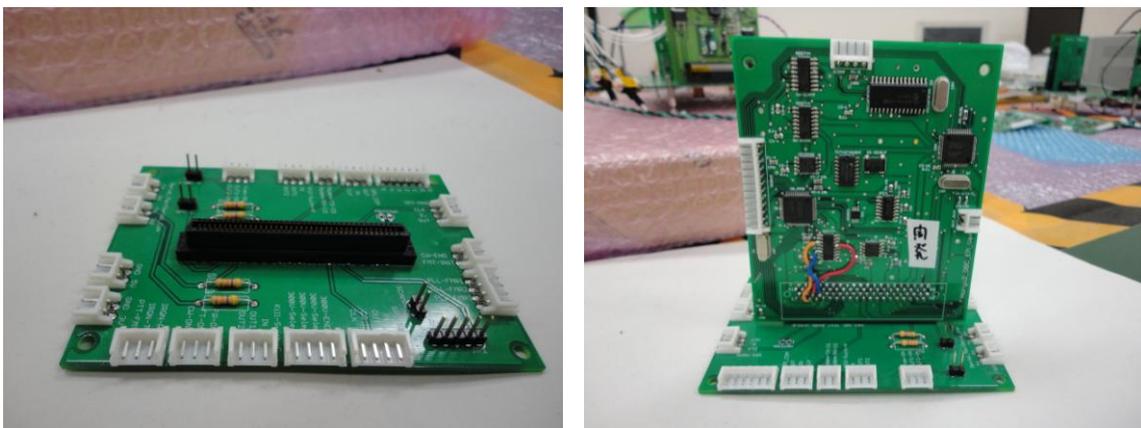


図 4.1 IF ボードと OBC_EM 基板を接続した図

4.1.1 試験内容

試験目的

開発した OBC 基板の基本的な素子が正常に動作できているか確認する

供試体

OBC 基板 (EM or FM その時の検査対象の基板)

OBC 用 IF ボード

定電流源 (5V, 3.3V)

データモニター用 PC

RS232 接続用 IF ボード

試験方法

表 4.1 単体動作試験の試験方法

(1) OBC 基板と OBC 用 IF ボードを接続する
(2) 定電流源より電力を供給する
(3) OBC 基板の素子に異常な発熱がない事、電流値がおかしくない事を確認する 【目的】素子のつけ間違い、短絡箇所が無い事の確認
(4) OBC 基板より PC にデバック信号が表示できる事を確認、また PC よりデバック用メニューを開く事ができる事を確認する 【目的】デバック用の RS232 ラインが正常に動作している事の確認、H8 が正常に動作している事の確認
(5) 各 FLSAH メモリにデータの書き込みを行う 【目的】マルチプレクサの動作、FLSAH メモリの動作、及び SPI 通信の動作の確認

4.1.2 試験結果

(3) OBC 基板の素子に異常な発熱がない事、電流値がおかしくない事を確認する

EM_Ver1.0 (初めて作成した基板) の動作試験の際に TC74HC4060AF (表 2.6 参照) が回路作成の為の部品データ設計の際にデータミスにより反転して設置されていたという事と、H8 Main と H8 COM のリセット信号を制御する ADG821 (表 2.3 参照) も部品データ設計において pin の配置データを間違っていたために過電流が流れてしまい、素子が発熱することを確認した。EM_Ver1.0 以降はこれらを修正し、正常に動作することを確認している。

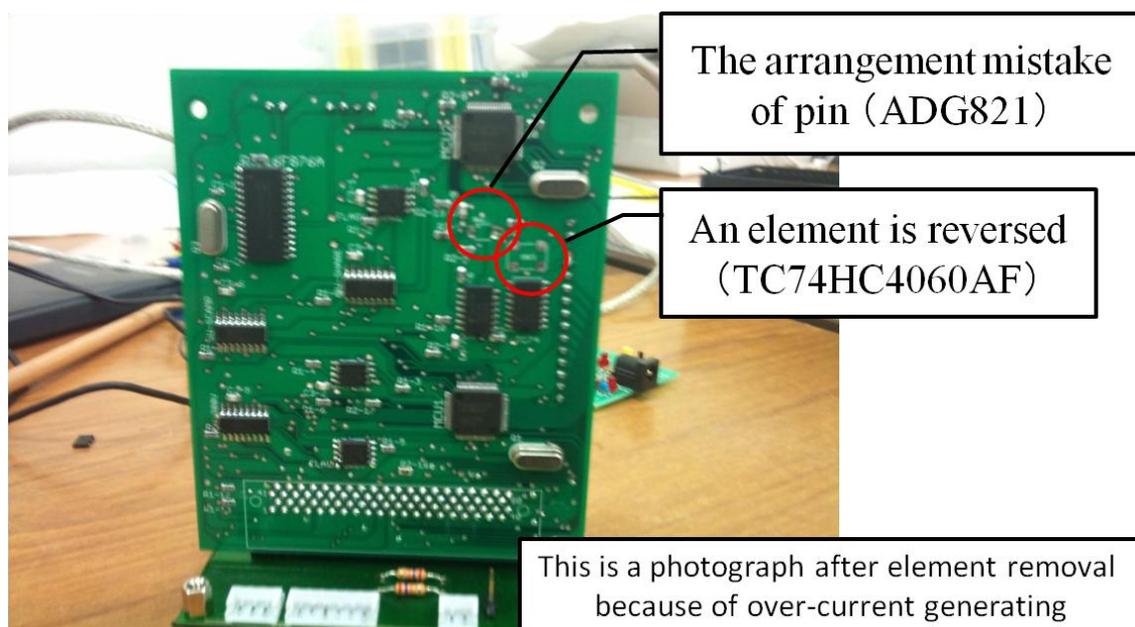


図 4.2 単体動作試験後に過電流が流れる素子を除去した基板

(4)OBC 基板より PC にデバック信号が表示できる事を確認、また PC よりデバック用メニューを開く事ができる事を確認する

全基板にて正常に動作することを確認

(5)各 FLSAH メモリにデータの書き込みを行う

全基板にて正常に動作することを確認

4.1.3 単体電気性能試験 まとめ

すべての基板においてこの試験を行ったが、発生した問題は OBC_EM_Ver1.0 を作成した際の部品パーツのスキマティック (回路作成ソフトに部品の形のデータを書き込む作業) ミスにより、本来と違った pin 配置が施されてしまったために素子に過電流が流れるという問題が発生したのみだった。以後の基板ではスキマティックを修正したためにこれらの問題は発生していない。その他の試験においてはすべての基板において正常に動作することを確認した。

4.2 統合電気性能試験

この試験は各系でそれぞれ単体試験を実施し、問題がなかった事を確認した後に他の系とのインターフェイス部分が最低限正常に機能するかどうかを検証する試験である。以下に OBC 系に関係する試験方法及び結果を示す。

試験対象機器

表 4.2 バス機器統合試験の試験対象基板

バス機器	EM Ver1.0 、 2.0、 FM_ Ver1.0、 2.0
ミッション機器	EM Ver2.0 FM_ Ver1.0、 2.0

4.2.1 試験内容

目的

開発した各系の基板と OBC 基板のインターフェイス動作をチェックし正常に動作することを確認する。

供試体

全基板 (EM or FM その時の検査対象の基板)

定電流源

データモニター用 PC

無線機

TNC555

自作 TNC (アップリンクコマンド生成に使用)

RS232 接続用 IF ボード

試験方法

大きく分けて3段階の試験がある。1つ目が OBC、電源、底面基板によって行われる“OBC システムの正常な動作確認”。2つ目がシステムの動作確認に通信基板を加えた衛星の最低限の運用に必要な構成である“バス機器”の動作確認。そして最後に全基板を統合して行う“ミッション機器”の動作確認に試験段階を分類することができる。以下にその試験段階ごとの試験内容及び結果を示す。

■ システムの正常な起動を確認する（確認基板：OBC、底面、電源）

表 4.3 システムの正常な起動の確認手順

(1)底面基板に OBC 基板と電源基板のみを接続する。
(2)定電流源を電源基板のバッテリーの部分電力配給部分に接続し、模擬バッテリーとする。接続が完了後に定電流源の電源を入れる。
(3)電源投入後 PC の画面に RS232 を介して OBC の ADC 出力値が表示される事を確認し、値の簡易チェックを行う。
【目的】 OBC、底面、電源基板のインターフェイスの確認

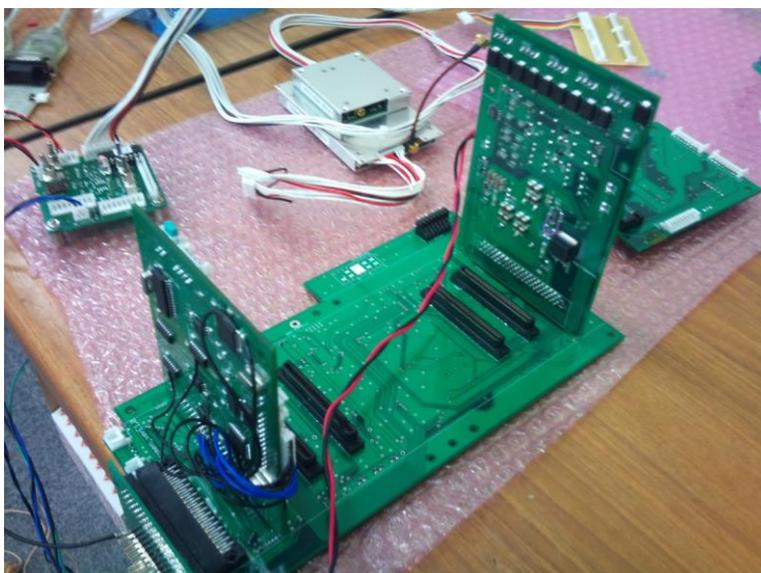


図 4.3 OBC、底面、電源基板の EM_Ver1.0 の動作確認の様子

■ バス機器の動作確認（確認基板：OBC、底面、電源、通信）

表 4.4 バス機器動作確認手順

(1)底面基板に OBC 基板、電源基板及び通信基板を接続する。
(2)定電流源を電源基板のバッテリーの部分電力配給部分に接続し、模擬バッテリーとする。接続が完了後に定電流源の電源を入れる。
(3)電源投入後 PC の画面に RS232 を介して OBC のデバック画面が表示される事を確認する。
(4)通信基板に搭載されたタイマーIC が正常に働き、電波放射まで電源投入から 4 分以上経過することを確認する（JAXA よりの指定事項）
【目的】 通信、底面、及び電源基板のインターフェイスの確認
(5)CW データが正常に放出される事を確認する
【目的】 OBC、底面、及び通信基板のインターフェイスの確認

(6)FM データが正常に放出される事を確認する

【目的】 OBC、底面、及び通信基板のインターフェイスの確認

■ ミッション機器の動作確認（確認基板：全基板）

(1)バス機器の動作確認の構成に動作を確認するミッション機器を接続する

（※動作不良の基板があった場合に特定しやすいように1つの試験モードずつ動作の確認を行う）

(2)定電流源を電源基板のバッテリーの部分電力配給部分に接続し、模擬バッテリーとする。接続が完了後に定電流源の電源を入れる。

(3)電源投入後 PC の画面に RS232 を介して OBC のデバック画面が表示される事を確認する。

(4)PC より OBC にコマンドを送信し、ミッション機器を動作させる。以下に各系の動作手順を示す。

● 300V 系とバス機器のインターフェイス確認

表 4.5 300V 系の動作確認手順

(1)OBC より 300V ミッションを起動する
(2)300V ミッションの PIC が FLSAH_300V にダミーデータを書き込む
(3)書き込み終了後 300V ミッションの PIC が OBC に終了信号を送る
(4)OBC が 300V ミッションの電源を切る
(5)OBC が FLSAH_300V からダミーデータを読み出し比較する

● ELF 系とバス機器のインターフェイス確認

表 4.6 ELF 系の動作確認手順

(1)OBC より ELF ミッションを起動する
(2)OBC が取得した ELF ミッションの初期値がデバック出力として表示される事を確認する
(3)取得した初期値と ELF 単体動作試験にて取得した値と比較する

●Trek 系とバス機器のインターフェイス確認

表 4.7 Trek 系の動作確認手順

(1)OBC より Trek ミッションを起動する
(2)OBC が取得した Trek ミッションの初期値がデバック出力として表示される事を確認する
(3)Trek に - 500～500V までの電圧を取得する
(4)Trek 単体で行った試験データと比較を行う

●Scamp (カメラ) 系とバス機器のインターフェイス確認

表 4.8 Scamp 系の動作確認手順

(1)OBC より Scamp ミッションを起動する
(2)Scamp により画像撮影をおこない FLSAH_Main に画像データを記録する
(3)OBC が FLSAH_Main より画像を読み込み、PC に RS232 を介して出力、復元する
(4)復元した画像を確認し、画像取得ができている事を確認する

●デブリ系とバス機器のインターフェイス確認

表 4.9 デブリ系の動作確認手順

(1)OBC よりデブリミッションを起動する
(2)デブリミッションの PIC がダミー信号を OBC に送信する
(3)OBC で正常にダミー信号を受信できる事を確認する

4.2.2 試験結果

■システムの正常な起動を確認する

①PC へのデバック出力の確認 → 正常動作

②ADC の動作確認

ADC の動作確認には一番動作の確認しやすい各種電圧データを取得している ADC2 を使用した。ちなみに ADC は OBC 基板ではなく底面基板に設置されており、SPI 通信にて OBC が制御を行いデータの取得を行っている。動作確認方法には図 4.2 のように ADC2 の CH8 に該当する箇所の電圧値を GND に接続するか（出力値：0）接続しないか（出力値：3500 程度）の時の数値の変動が正常に OBC へのデバック出力値に反映されるかどうかで動作の確認を行った。試験を行った結果上記の動作の結果が正常に反映される事を確認した。

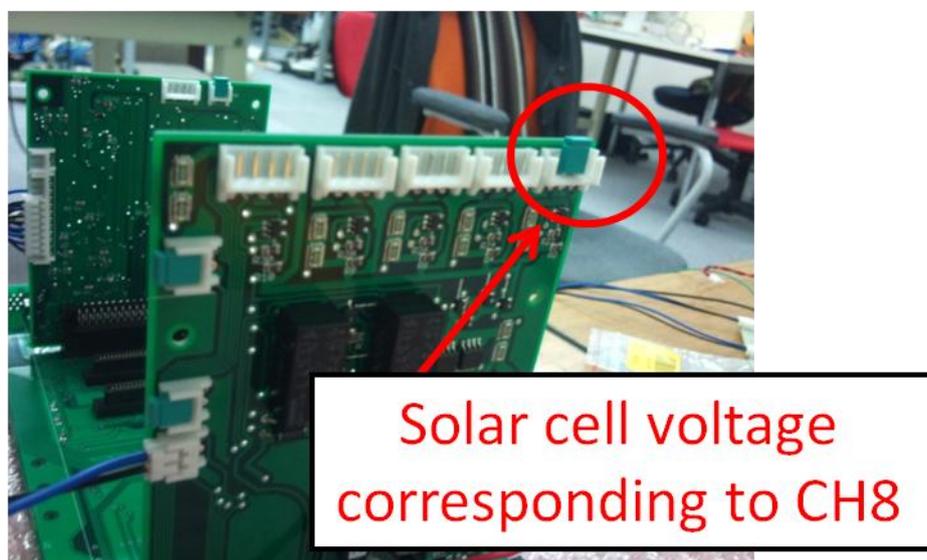


図 4.4 ADC の動作確認

■バス機器の動作確認（確認基板：OBC、底面、電源、通信）

バス機器を構成する機器を接続し、動作の確認を行った。

①タイマーIC の動作→ 通信機に通電するまで約 4 分 30 秒程度待ち時間を生成できる事を確認した。

②CW 送信→ EM_Ver2.0 までの試験ではダミーデータ、FM_Ver1.0 以降の試験ではハウスキーピングデータを送信できる事を確認した。

③FM 送受信→ アップリンクを受信、解析後に EM_Ver2.0 までの試験ではダミーデータ、FM_Ver1.0 以降の試験ではセンサデータを送信できることを確認した。

■ミッション機器の動作確認（確認基板：全基板）

①300V とバス機器のインターフェイス確認（EM_Ver2.0～）

この試験では 300V 側の PIC が起動後に 22 というデータを FLSAH_300V に書き続けるというものである。以下に実際に行った試験のデバックログ及び試験のブロックダイアグラムを示す。

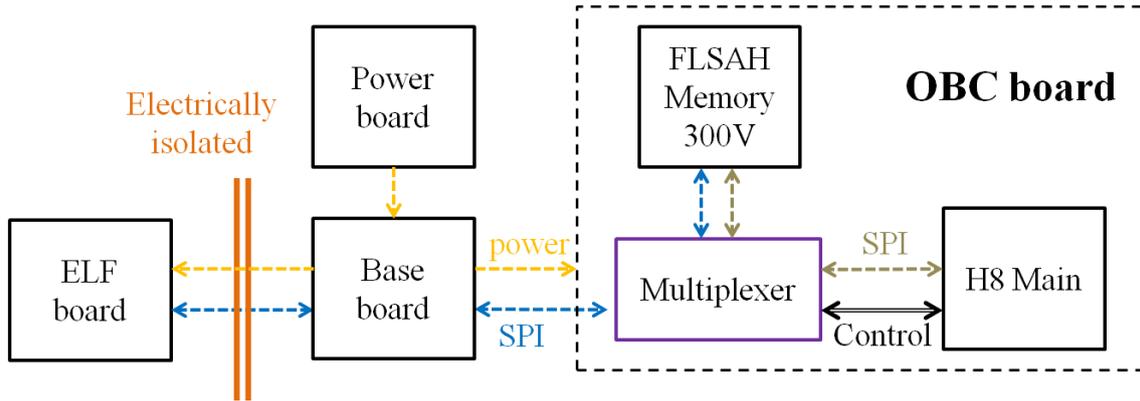


図 4.5 300V とバス機器とのインターフェイス確認

//////////////////////////////////// log データ //////////////////////////////////////

300V 起動スイッチON 起動継続中...
 300V 起動スイッチON 起動継続中...
 ~省略~
 300V 起動スイッチON 起動継続中...

300V 動作終了！

データ読み出し開始

試験開始時間:0000001

取得データ: データ:取得アドレス:00030100n

22
 22
 22 22 22 22 22 22 FF FF FF FF FF FF FF FF FF

//////////////////////////////////// log データ ここまで //////////////////////////////////////

上記のログデータのように 300V の PIC が FLASH_300V に書いたデータを正常に OBC

側で読み出すことに成功し、300V系とバス機器のインターフェイスの確認を行う事ができた。

②ELF ミッションとバス機器とのインターフェイス確認(ELF_FM_Ver1.0～)

ELF基板はOBC基板より電源を入れ、ELF及びSCM(表面電位計)の初期値をSPI通信にてADCを介して取得できるかどうか実験した。ADCは絶縁処理の関係上ELF基板上に取り付けられている。取得した初期値はELF基板単体で試験した際の値(SCM:950~1000、ELF:0~10)と比較を行い正常に動作しているかどうか確認を行う。以下に実験のブロックダイアグラムと試験結果を示す。

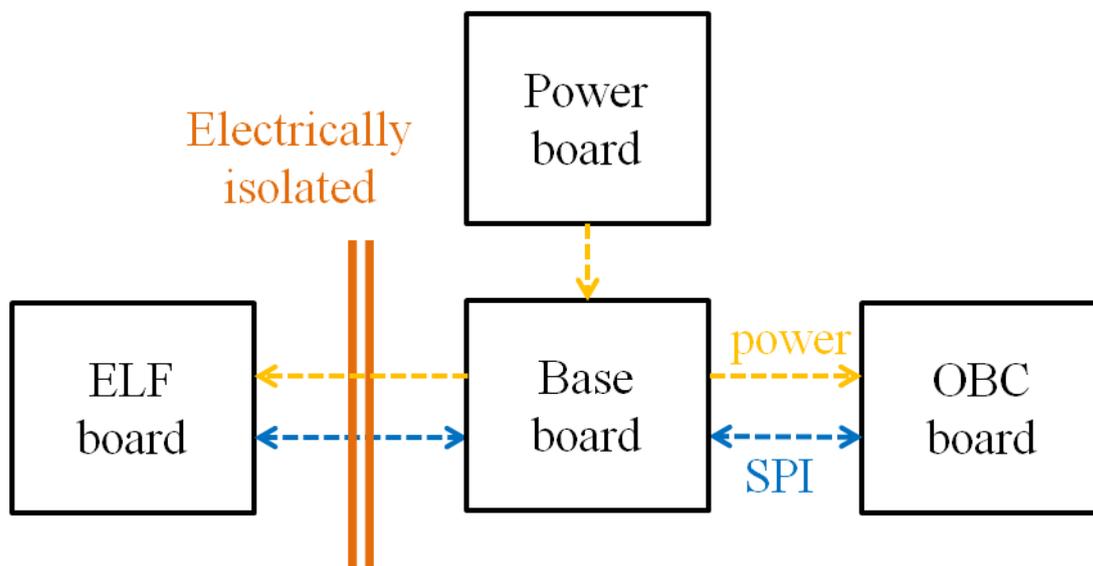


図 4.6 ELF ミッションとバス機器とのインターフェイス確認

//////////////////////////////////// log データ //////////////////////////////////////

d: ヒートシータ関係

c: ELF デモ動作開始

s: マルチプレクサ

b: ELF_OFF での出力値

ELF 動作開始 終了するには'q'を押してください

CH1: 0 CH2: 0

CH1: 1012 CH2: 0

CH1: 1012 CH2: 0

CH1: 1006 CH2: 0

CH1: 1006 CH2: 0

CH1: 1012 CH2: 0
CH1: 1012 CH2: 0
CH1: 1015 CH2: 0
ELF_OFF にしました

(※CH1 SCM のデータ、CH2 ELF のデータ)

//////////////////////////////////// log データ //////////////////////////////////////

上記のログデータのように ELF と SCM の初期値データの取得を正常に行う事ができる事を確認した。

③Trek ミッションとバス機器とのインターフェイス確認(EM_Ver2.0～)

Trek も ELF ミッションと同様に OBC より Trek 基板を起動、SPI 通信にて ADC より Trek の値を取得し Trek 単体動作時に取得した値との比較を行う。バイアスする電圧値は - 500～500V までであり、以下に試験結果及び試験のブロックダイアグラムを示す。

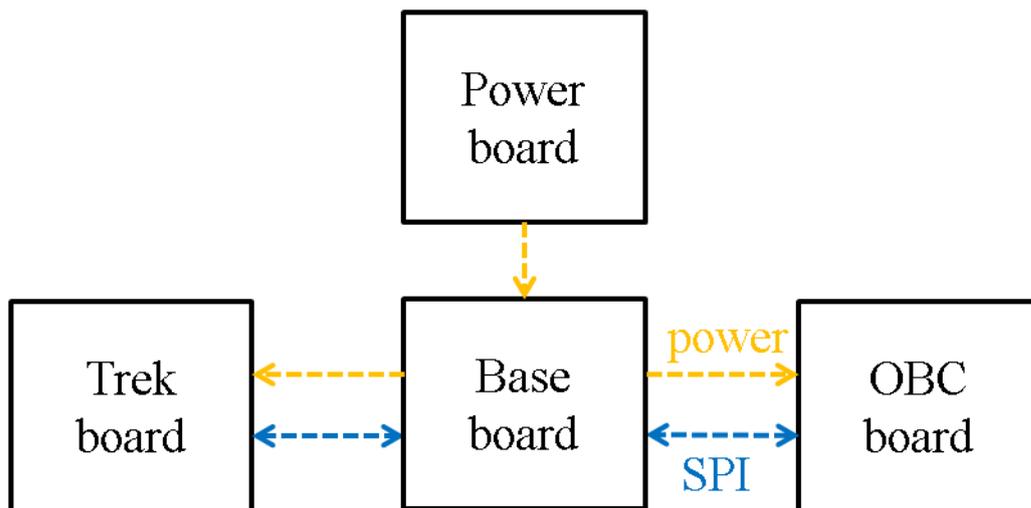


図 4.7 Trek ミッションとバス機器とのインターフェイス確認

試験結果

表 4.10 Trek の動作確認試験結果

バイアス電圧 [V]	算出電圧[V]	バイアス電圧[V]	算出電圧[V]
-0	0	0	0
-100	-97.86	100	119.14
-200	-201.46	200	218.82
-300	-297.5	300	315.84
-400	-398.72	400	416.36
-500	-499.24	500	523.46
-600	-596.4	600	627.34
-700	-700.7	700	725.9
-800	-802.9	800	814.8
-900	-902.58	900	901.88
-1000	-1000.86	1000	1005.9

デバック信号より出力した結果が表 4.10 である。表 4.10 の結果と単体試験を行った際の結果が一致する事を Trek 担当者が確認した。

④Scamp ミッションとバス機器とのインターフェイス確認(EM_Ver2.0～)

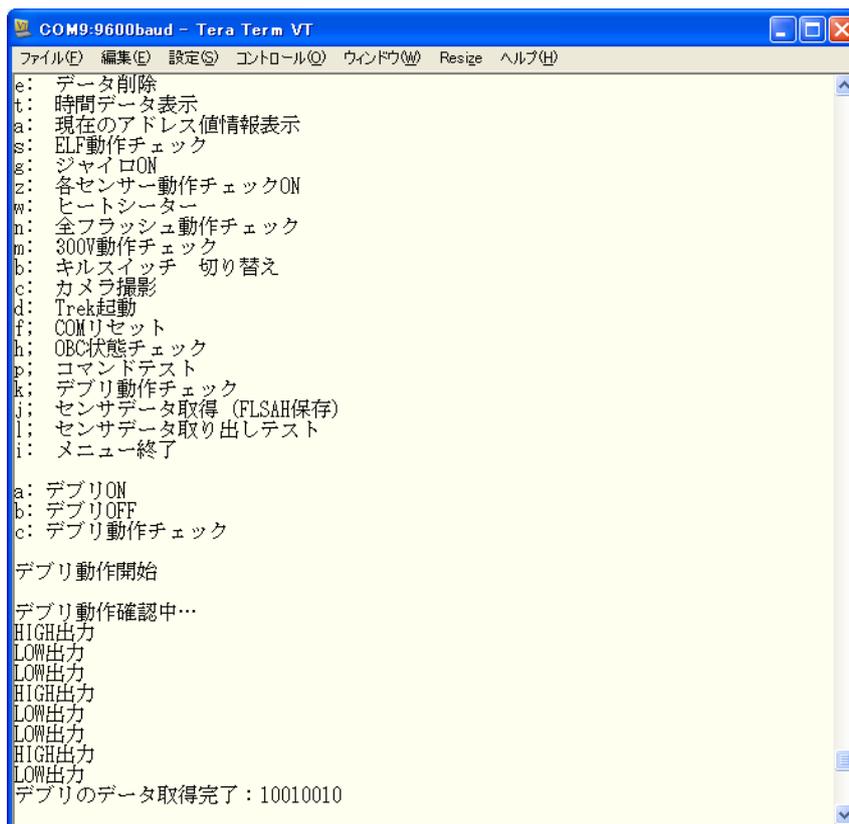
Scamp は 300V ミッションや、ELF ミッションのように単体の基板が存在するわけではなく OBC 基板内に同居する形で設置されている。Scamp の動作確認には実際の運用と同じように実際に画像を取得して PC よりデバック信号としてそのデータを取り出し、復元することで行った。この試験を EM_Ver2.0 の基板を使用して行った際、2.5.2 TC74VHC125 の制御線の使い方にて説明した SPI ラインの不具合により画像の取得を行う事ができなかった。以降の基板においては上記の不具合を修正したために正常に画像の取得を行う事ができた。以下に実際に取得した画像の一枚を示す。



図 4.8 Scamp による撮影画像

⑤デブリミッションとバス機器とのインターフェイス確認 (EM_Ver2.0～)

デブリミッションも Scamp ミッションと同じで底面基板を介さずに OBC 基板より直接制御を受けるミッションである。OBC よりミッション開始を受けるとデブリ基板に搭載されている PIC がダミーデータを送信し、OBC がその信号を受信できるかテストを行った。以下にその結果を示す。



```
COM9:9600baud - Tera Term VT
ファイル(F) 編集(E) 設定(S) コントロール(C) ウィンドウ(W) Resize ヘルプ(H)
e: データ削除
t: 時間データ表示
a: 現在のアドレス値情報表示
s: ELF動作チェック
g: ジャイロON
z: 各センサー動作チェックON
w: ヒートシーター
n: 全フラッシュ動作チェック
m: 300V動作チェック
b: キルスイッチ 切り替え
c: カメラ撮影
d: Trek起動
f: COMリセット
h: OBC状態チェック
p: コマンドテスト
k: デブリ動作チェック
j: センサデータ取得 (FLSAH保存)
l: センサデータ取り出しテスト
i: メニュー終了

a: デブリON
b: デブリOFF
c: デブリ動作チェック

デブリ動作開始

デブリ動作確認中...
HIGH出力
LOW出力
LOW出力
HIGH出力
LOW出力
LOW出力
HIGH出力
LOW出力
デブリのデータ取得完了: 10010010
```

図 4.9 デブリ基板の動作確認

デブリミッションは合計 8bit のデータでデブリが衝突したかどうかのデータを送ってくる。上記の試験で正常に OBC がデブリ側からのダミー信号 (10010010) を取得することが出来る事を確認した。

4.3 テーブルサット試験

テーブルサットとは実際に衛星に組み込む構成をできるだけ机上で再現して行う動作確認試験である。この試験は上記の試験と異なり、EM と FM の段階では行っている事に非常に差があるために、より詳しい動作の確認を行っている FM テーブルサット試験について述べていく。この項目では非常に多くの検査項目があるために、試験方法と結果を一緒に記載する。

4.3.1 目的

FM テーブルサット手順書は、鳳龍式号の FM 品が正常に統合した状態で動作できる事を確認するために行う。使用する基板はフライト用ではなく、同じ設計のテーブルサット用の基板を使用する。

4.3.2 大まかな試験手順

大まかな試験手順

表 4.11 大まかな試験手順一覧

試験内容	試験手順
1	試験前セッティングの確認
2	分離スイッチの動作確認
3	OBC 系動作確認
4	デブリの動作確認
5	通信系の動作確認 (タイマーIC の起動及び電波放射まで時間測定を含む)
6	姿勢系の動作確認
7	熱系の動作確認
8	電源系の動作確認
9	ELF 系の動作確認
10	Trek 系の動作確認
11	300V 系の動作確認
12	Scamp 系の動作確認

4.3.3 詳細な試験手順および試験結果

1、試験前のセッティング確認

表 4.12 試験前のセッティング確認

試験結果	試験手順
○	外部電源（PMC-18-5A）の出力設定が C.C→2A C.V→3.8V になっている事を確認する
×	各基板、センサが接続されている事を確認する <ul style="list-style-type: none"> ・底面基板 ・OBC 基板 ・通信基板 ・ELF 基板 ・Trek 基板 ・300V 基板 ・デブリ基板・Scamp ・温度センサ ・ヒートシータ ・ジャイロセンサ ・通信機（101A） ・分離スイッチ ・電力遮断用フライトピンが外れている事
	※試験時のセッティング <ul style="list-style-type: none"> ・Trek 基板未使用 テーブルサットで使用予定だった予備基板が他の実験にて故障したため <ul style="list-style-type: none"> ・通信機（101A）未使用 同時並行で行われている放電試験にて使用 そのため有線にて実施
○	分離スイッチが OFF（電源が OFF 状態）になっている事を確認する

2、分離スイッチ（及び電力遮断用フライトピン）の動作確認手順

電源遮断用のフライトピンが挿入された場合、分離検知スイッチをすべて ON にしたとき衛星の電源が入ることを確認する。フライトピンがされてない場合、分離検知スイッチをすべて ON にしても衛星の電源が入らないことを確認する。上記確認により電源遮断用フライトピンの健全性を確認する。

表 4.13 分離スイッチの動作確認手順

試験結果	試験手順
○	分離検知スイッチが OFF になっている事を確認する
○	電力遮断用フライトピンが外れている事を確認する
○	外部電源より電力を配給する（出力電流が 0.01A 以下である事を確認）
○	分離検知スイッチが ON にする
○	外部電源からの出力電流が 0.01A 以下である事を確認 【目的】フライトピン無しでは電力が配給されない事を確認
○	分離検知スイッチが OFF にする

○	電源遮断用フライトピンを挿入する
○	外部電源からの出力電流が 0.01A 以下であることを確認 【目的】分離検知スイッチが OFF の状態では 電力が配給されないことを確認
○	分離検知スイッチが ON にする
○	外部電源からの出力電流が 0.08 A 以上であることを確認 【目的】電力が配給されたことを確認

3、OBC 系の動作確認手順

OBC 系は各系の動作確認に使用するために、一番初めに動作の確認を行う。以下に OBC 系の動作の確認方法を示す。

検査項目

- ①OBC 系のすべての素子の動作の確認
- ②A/D コンバータ（以下 ADC）により各センサの出力値を取得できることの確認
- ③コマンド解析、実行の確認
- ④各ミッション機器よりデータ取得が行えることの確認

評価基準

表の最初の①～③項目は OBC が起動すると自動的にプログラムによって自動判定され、PC 上にデバック信号として出力される。図 4.10 に出力例を示す。また④のリセット動作確認の評価基準となるデバック出力を図 4.11 に示す。

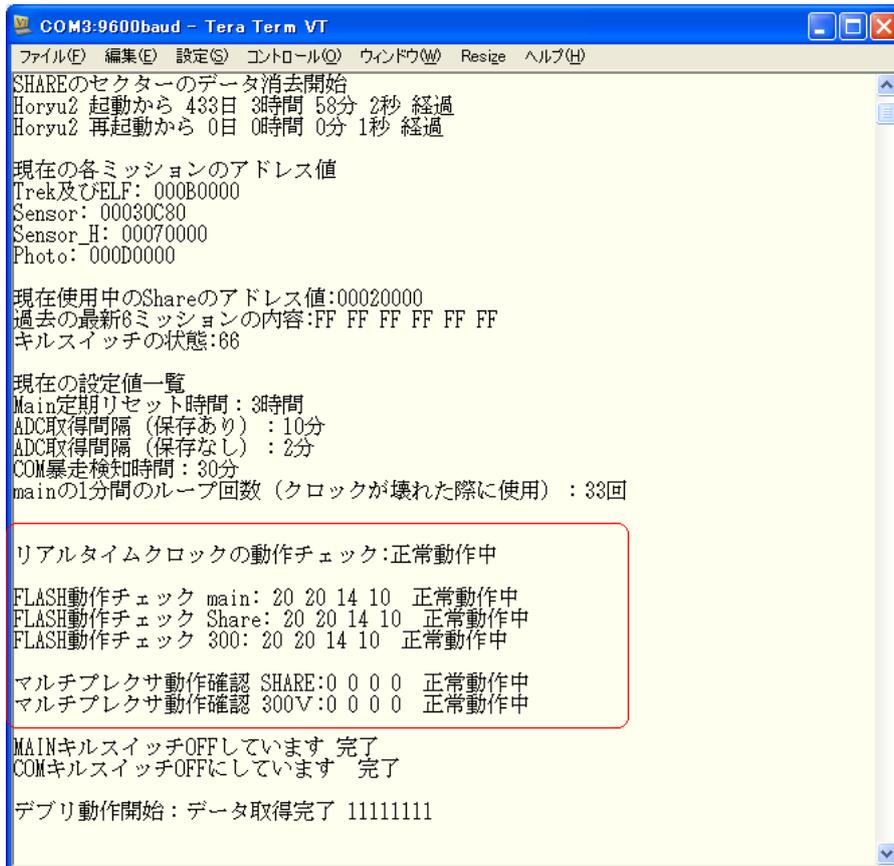


図 4.10 OBC 素子の自動判断プログラムの動作結果

図中にあるように正常に動作していた場合は“正常動作中”と表示され、動作に異常があった場合は“異常あり”と表示される。

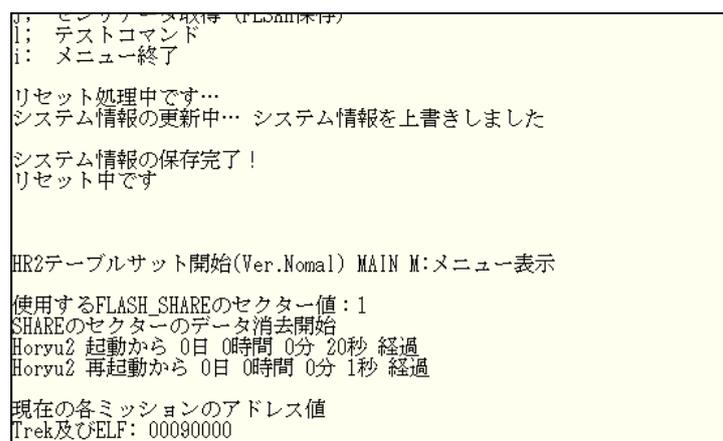


図 4.11 リセット動作確認の際のデバック出力

OBC が正常にリセットできた場合は、プログラムのアドレスが初期化されるために一番初めの処理に戻る（図 4.11 中の HR2 テーブルサット開始...の部分）。このデバック表示が出力された場合 OBC は正常にリセットされている（COM 側も同様）

試験手順および試験結果

表 4.14 OBC 系の試験手順および試験結果

試験結果	試験手順
○	<p>Main 側及び COM 側の H8 から PC にデバック信号が出力される事を確認する。同時にタイマーの値よりリアルタイムクロックより正常に割り込みが入っていることを確認する</p> <p>【目的】H8 の正常動作の確認（確認素子：H8,SG-3030JF,TC74HC4060AF）</p>
○	<p>マルチプレクサを使用して H8 (Main 側) が SPI 通信のマスターとなるように FLSAH と接続する。その後 FLSAH の識別信号を送信し、対応するデータ (20 20 14 10) が返答されるか確認する。この検査は次のマルチプレクサが正常に動作するか確認すると同時に行われる検査である</p> <p>【目的】 FLSAH メモリへのアクセスできることを確認する (確認素子：H8, ADG744. M25P80)</p>
○	<p>この検査は上記の FLSAH メモリへのアクセスできることを確認すると同時に行われる検査である。上記の検査と異なりこちらの検査ではマルチプレクサをあえて H8 (Main 側) が SPI 通信のマスターとならないように接続して FLSAH の型番識別信号を送信する。正常にマルチプレクサを切り替えることが出来ていた場合 FLSAH との通信は成立しないために空データが (0x00) 返答される。</p> <p>【目的】 マルチプレクサが正常に動作するか確認する (確認素子：H8, ADG744. M25P80)</p>
○	<p>H8 (Main 系) が H8 (COM 系) に正常にリセットをかけることができるかを確認する。鳳龍式号のリセット機構には誤作動を防ぐ目的でスリーステートバッファの SN74HCT125D を使用している。リセット動作が正常に動作することを確認することで正常に SN74HCT125D が動作していることを確認することができる。</p> <p>【目的】リセット動作の正常確認（確認素子：H8, SN74HCT125D）</p>

以下に実際に取得したデータを示す。なおリセットについては評価基準のデバック出力が出ることを確認した。

```
過去の最新50ミッションの内容
20 FF FF
FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF

現在の設定値一覧
Main定期リセット時間：3時間
ADC取得間隔（保存あり）：10分
ADC取得間隔（保存なし）：2分
COM暴走検知時間：30分
mainの1分間のループ回数（クロックが壊れた際に使用）：33回

リアルタイムクロックの動作チェック:正常動作中

FLASH動作チェック main: 20 20 14 10 正常動作中
FLASH動作チェック Share: 20 20 14 10 正常動作中
FLASH動作チェック 300: 20 20 14 10 正常動作中

マルチプレクサ動作確認 SHARE:0 0 0 0 正常動作中
マルチプレクサ動作確認 300V:0 0 0 0 正常動作中

MAINキルスイッチOFFしています 完了
COMキルスイッチOFFにしています 完了
```

図 4.12 OBC の動作確認の試験時のデバックデータ

4、デブリ系の動作確認手順

検査項目

- ①デブリ基板の ON、OFF の確認
- ②PIC16F877A の動作の確認

評価基準

- ①デブリ基板の ON、OFF の確認
→ デブリ基板に印加されている電圧値を測定し 3.3V なら ON 状態、0V なら OFF 状態
- ②PIC16F877A の動作の確認

デブリ基板の出力値を OBC 側に出力されている値の関係を図 4.13 及び図 4.14 に示す。

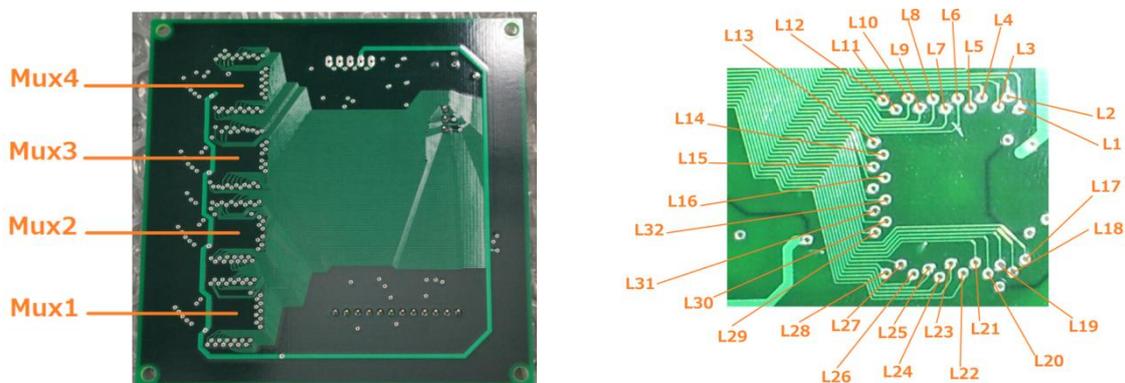


図 4.13 (Left) Multiplexer number identification. (Right) Line number identification



図 4.14 OBC 側の出力値

デブリ基板の出力値は 8bit のデータで表示され“0”が切断状態、“1”が正常状態を示す。それぞれ 1bit の出力は図 4.14 のように各 Mux の奇数側か偶数側で 1 グループにまとめることにより切断状況を管理している。どの個所も切断をしていない場合は図 4.14 の出力値が表示され、どこかのラインを切断した場合は対応する bit が“切断状態”になることを確認する

試験手順および試験結果

表 4.15 デブリ系の試験手順および試験結果

試験結果	試験手順
○	デブリセンサを ON にする
○	12pin コネクタの出力電圧を確認する 【目的】正常に QDS が動作しているか確認
○	OBC 側のデバック信号を確認する 【目的】OBC 側が正常にデータを読み取れているか確認する
○	デブリセンサを OFF にする
○	12pin コネクタの出力電圧を確認する 【目的】正常に QDS が動作しているか確認する
○	デブリ基板のラインを切る 【目的】正常にラインの切断を検知できるか確認
○	デブリセンサを ON にする
○	OBC 側のデバック信号を確認し、切断したところに対応するデータが“0” (切断状態) になっていることを確認する 【目的】OBC 側が正常に出力を読み取れているか確認する 【目的】正常に QDS が動作しているか確認する
○	デブリセンサを OFF にする

以下に行った試験のログと実際にラインを切断したデブリ基板の画像を示す。

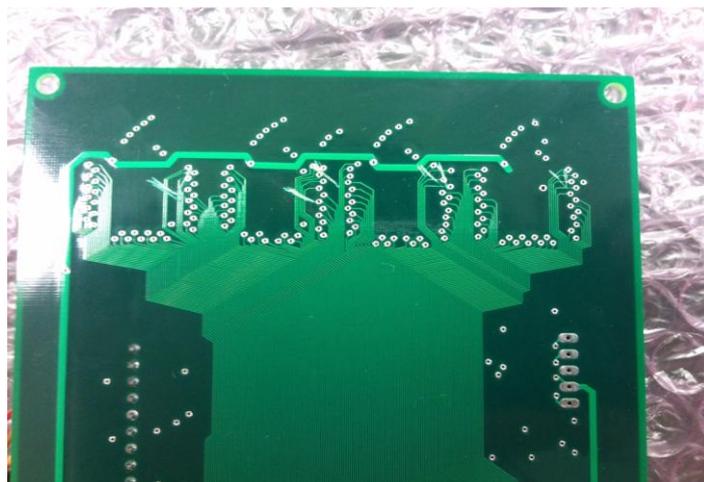


図 4.15 切断後のデブリ基板

■ミッションログ（図 4.15 の右側のマルチプレクサ 4 の奇数ラインから切断）

デブリ動作開始：データ取得完了 11111110
デブリ動作開始：データ取得完了 11111100
デブリ動作開始：データ取得完了 11111000
デブリ動作開始：データ取得完了 11110000
デブリ動作開始：データ取得完了 11100000
デブリ動作開始：データ取得完了 11000000
デブリ動作開始：データ取得完了 10000000
デブリ動作開始：データ取得完了 00000000

上記のログの結果より、正常にデブリ基板からの信号を検知することを確認した。

5、通信系の動作確認手順

検査項目

- ①タイマーIC 動作確認
- ②タイマーIC のカウント時間が正常であること（ 260 ± 20 秒）

評価基準

- ①タイマーIC のカウント時間が 260 ± 20 秒である事
- ② 260 ± 20 秒後に CW 送信が開始される事

試験手順および試験結果

表 4.16 通信系の試験手順および試験結果

試験結果	試験結果
×	分離スイッチの動作確認後、正常に電力配給が行えている事を確認しだい 時間計測を開始する（時計等を使用）
×	一定時間経過後に消費電力が上昇する事を確認し、その時間を記録する 【目的】 タイマーIC の動作確認
×	記録した時間が 260 ± 20 秒であることを確認する事 【目的】 タイマーIC のカウント時間が正常であること

上記の試験手順は初め予定していた試験環境のものために今回の試験では通信機(101A)を使用していないため通信系の項目は確かめることができなかった。しかしながら後述の4.5章 熱真空試験にて250回以上FM送受信を行って動作の確認していることに加え、低温起動からのタイマーIC正常動作確認を行っている。

6、姿勢系の動作確認手順

検査項目

- ①回転速度センサの出力電圧チェック
- ②温度センサ（ジャイロセンサ付属の熱校正用）の出力電圧チェック
- ③極性チェック

評価基準

- ①回転速度センサの出力電圧の確認
- ②温度センサの出力電圧の確認
- ③極性チェック

図4.16と同じ電圧変化を示すか確認する。XYZ軸は衛星と同定義とする。また対応するジャイロセンサは次の通りである

X:ELF_gyro

Y:gyro

Z:base_gyro

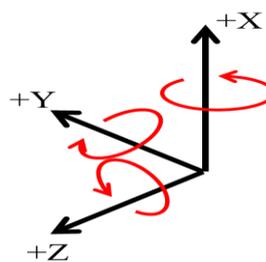


図4.16 ジャイロ極性

試験手順および試験結果

表 4.17 姿勢系の試験手順および試験結果

試験結果	試験手順
○	OBC からの信号でジャイロセンサを ON にする
○	OBC から出力される回転速度センサの電圧値を読み取る
○	衛星を傾け出力が変化することを確認する。 【目的】 回転速度センサの出力電圧チェック 【目的】 極性チェック 【試験結果】 ■ADC3 CH1 Z 軸 ■極性：右 減少 左 増加 ■ADC3 CH3 Y 軸 ■極性：右 増加 左 減少 ■ADC3 CH5 X 軸 ■極性：右 増加 左 減少
○	OBC から出力される温度センサの電圧値を読み取る 【目的】 温度センサの出力電圧チェック 【試験結果】 1600 程度の出力値（室温）を取得

7、熱系の動作確認手順

検査項目

- ①温度センサの出力電圧
- ②ヒートシータの ON、OFF

評価基準

- ①温度センサの出力電圧の確認

温度センサの出力値から、コンポーネント熱真空試験によって確かめられた出力値- 温度の校正曲線を用いて正常な温度を測定できる事

- ②ヒートシータの ON、OFF

定電圧源を用いているため、電流値の変化をモニタリングし、電流値の増減でヒータの ON、OFF を判断する

試験手順および試験方法

表 4.18 熱系の試験手順および試験結果

試験結果	試験手順
○	OBC からの信号で温度センサの出力電圧を取得する
○	室温と同程度の温度を示しているか確認 【目的】温度センサの出力電圧の確認
○	温度センサを氷等で冷やし、0°C付近まで出力電圧が変化するか確認 【目的】温度センサの出力電圧の確認
○	手で温度センサを温めて、体温近くの出出力電圧を示すか確認 【目的】温度センサの出力電圧の確認
○	温度センサの出力電圧を冷却等により 3V 以下にする
○	OBC からコマンドを送り、ヒートシータを ON できる事確かめる 【目的】ヒートシータの ON の確認
○	OBC からコマンドを送り、ヒートシータを OFF できることを確かめる 【目的】ヒートシータの ON の確認
○	温度センサの出力電圧を加熱等により 3V 以上にする
○	OBC からコマンドを送ってもヒートシータが ON しない事確かめる 【目的】ヒートシータの ON / OFF の確認

8、電源系の動作確認手順

検査項目

- ①キルスイッチの確認

評価基準

- ①キルスイッチの確認

・キルスイッチが2つ（Main 側、COM 側）とも OBC の制御により任意に切り替えることができ、そのことを外部コネクタよりテスターを使用してテレメトリを取得し、確認する事（High : キルスイッチ OFF Low : キルスイッチ ON（太陽電池電力遮断））

試験手順及び試験結果

表 4.19 電源系の試験手順および試験結果

試験結果	試験手順
○	外部コネクタにてテスターにてキルスイッチのテレメトリを確認できる状態にする (High: キルスイッチ OFF Low: キルスイッチ ON (太陽電池電力遮断))
○	OBC よりキルスイッチを ON にする (Main 側+COM 側) 【目的】 キルスイッチの確認
○	OBC よりキルスイッチを OFF にする (Main 側+COM 側) 【目的】 キルスイッチの確認

9、ELF 系の動作確認手順

検査項目

- ①ELF 基板の ON / OFF
- ②ELF 及び SCM の出力電圧の確認

評価基準

- ①ELF 基板の ON / OFF

OBC から ON、OFF した際に、電流値の変化を確認し ELF 基板が ON,OFF できたことを確認する

- ②ELF 及び SCM の出力電圧の確認

- ・電源を ON した際の AD コンバータの出力値が 0V(ELF 側)、1.16~1.17V(SCM 側)であること
- ・高電圧を印加すると AD コンバータの出力値が変化し ELF 基板単体で行った同様の試験結果と比較して変化がないこと。
- ・高電圧印加中に他系の動作に異常が見られないこと

試験手順及び試験結果

表 4.20 ELF 系の試験手順および試験結果

試験結果	試験手順
○	OBC より ELF 基板のスイッチを入れ、定電流源の電流値の変化を確認する 【目的】 ELF 基板の ON
○	OBC が取得した ELF の出力電圧値が 0Vであることを確認する 【目的】 ELF の出力電圧の確認
○	OBC が取得した SCM の出力電圧値が 1.16~1.17Vであることを確認する 【目的】 SCM の出力電圧の確認
○	ELF 及び SCM に高電圧 (-1k~1kV) を 200V 間隔で印加し、出力電圧を確認する (また他系に影響が及ばないかの確認も行う) 【目的】 ELF 及び SCM の出力電圧の確認
○	OBC より ELF 基板のスイッチを OFF にし、電流値の変化を確認する 【目的】 ELF 基板の OFF

上記の試験を行い、正常にデータを取得できることを確認した。図 4.17 に実際に取得した値をグラフ化したものを示す。

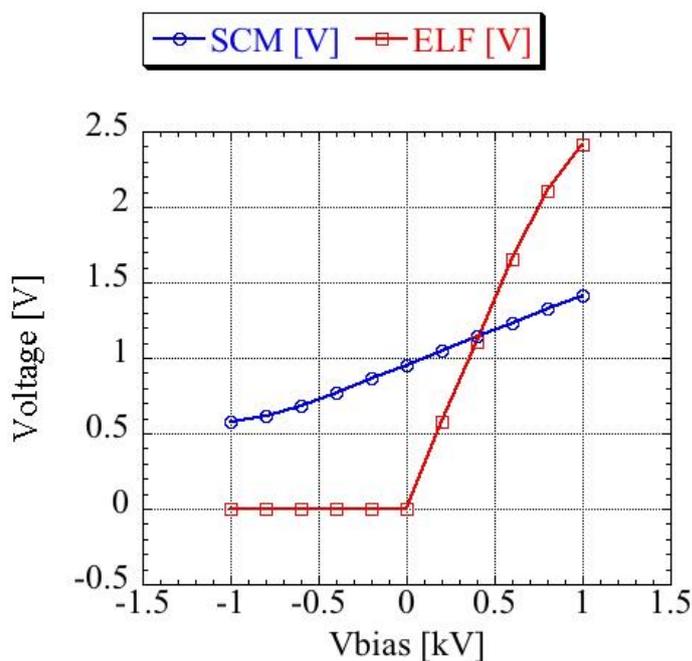


図 4.17 ELF の FM テーブルセット試験

10、Trek 系の動作確認手順

この試験を行った際のセッティングでは Trek 基板故障のためにこれらのミッションは行っていないが、予定しておいた検査の予定を記載する

検査項目

- ①OBC からの信号で Trek 基板が正常に ON,OFF できること
- ②バイアス電圧と OBC の取得電圧の値が一致すること
- ③表面電位計の ON,OFF による CW 送信への影響

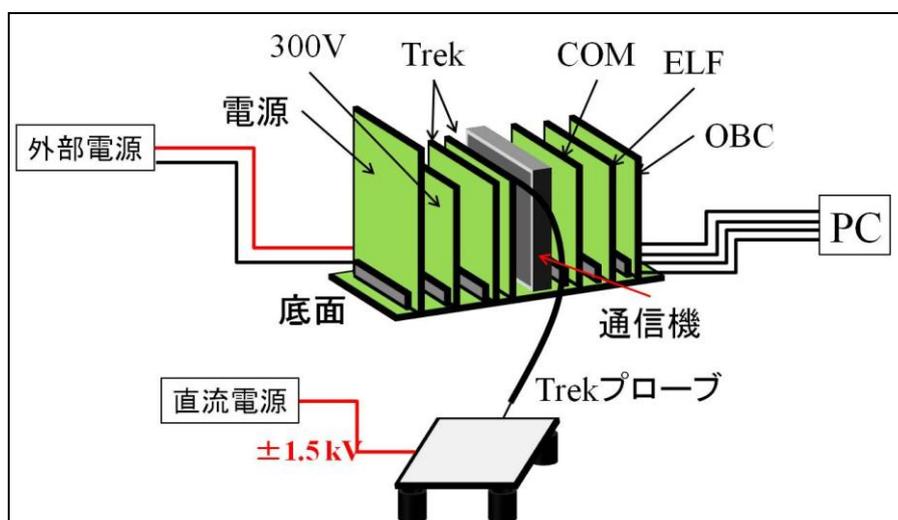


図 4.18 Trek 動作確認のシステム図

評価基準

①OBC からの信号で Trek 基板が正常に ON,OFF できること
設定時間を変えて（1 回目は 8 分、2 回目は 25 分）表面電位計へ ON コマンドを送り、2 回とも設定値通りに動作することを確認する。また 15 分後に OBC が表面電位計を正常に OFF 出来ることを確認する。

②バイアス電圧と OBC の取得電圧の値が一致すること

表面電位計の出力電圧がバイアス電圧に比例していることを確認する。FM 電気かみ合わせ試験で得た以下の式に取得データ（表面電位計出力：Vout）を代入しバイアス電圧を見積もる。見積もったバイアス電圧と、実際に直流電源からバイアスした電圧値とを比較し、両者の誤差が±100V 以内であることを確認する。

$$V_{bais} = 1370 * (V_{out} - 2.9)$$

※2.9 は表面電位計が OFF 状態で ADC から出力される初期電圧値。2.85~2.95V に収まっていることを確認する。

万が一、上記の式から見積もった電圧値と実際に直流電源からバイアスしている電圧値

に大きな差が生じた場合は、FM テーブルサットで取得したデータをもとに再度、バイアス電圧を見積もる式を導く。

③表面電位計の ON,OFF による CW 送信への影響

表面電位計基板の ON/OFF によって、CW 送信のスペクトルが変化するかどうかを確認する。

試験手順及び試験結果

表 4.21 Trek 系の試験手順および試験結果

試験結果	試験手順
×	OBC より Trek 基板のスイッチを入れ、指定した時間後に Trek の電源が入り定電流源の電流値の変化 (0.45~0.50A) を確認する (起動コマンドは 1 回目 : 8 分後起動、2 回目 : 25 分後起動、 ミッション時間 15 分に設定) 【目的】 Trek 基板の ON
×	Trek 起動後 他の系に影響が及んでいない事を確認する
×	Trek の起動時の初期電圧値 (OBC の出力値) を記録
×	サンプルに-1.5KV~1.5KV まで 300V 刻みでバイアスし、その時の出力電圧を記録 【目的】 バイアス電圧と OBC の取得電圧の値が一致すること
×	サンプルにバイアスをかけている直流電源を 0V に戻し、電源を OFF にする
×	そのまま Trek を起動状態で放置し、ミッション開始から 15 分で自動的に電源が切れるか確認する (電流値の変化で確認) 【目的】 Trek 基板の OFF
×	上記の実験中に CW が Trek 運用中に発生する電界によって影響を受けないか確認 【目的】 表面電位計の ON,OFF による CW 送信への影響

※今回の試験では Trek 基板故障のために予定していた動作確認を行っていない。しかしながら??熱真空試験にて高温環境及び低温環境にて動作の確認を行っている。

11、300V 系の動作確認手順

検査項目

放電試験モードの動作確認

評価基準

放電試験モードの動作確認

ダウンリンクされたデータとメモしたデータが同様であることを確認すること

試験手順及び試験結果

表 4.22 300V 系の試験手順および試験結果

試験結果	試験手順
○	高電圧印加(50V 以下)のため外部回路を接続する (電源 OFF 時にセッティングしておく)
○	300V-PIC のモニタリング回路を接続する (電源 OFF 時にセッティングしておく)
○	室温をメモする
○	放電試験モード(Nominal TJ セルモード)をアップリンクする
○	300V-PIC のモニタリングを行い、正常に放電試験モードが行われたことを確認する
○	試験開始時間をメモする
○	高電圧を印加し、印加電圧値をメモする
○	定期的(10 分に 1 回)に放電を模擬する(放電を模擬した時間をメモする)
○	定期的(20 分に 1 回)に PIC を誤動作させる(誤動作させた時間をメモする)
○	試験開始から 1 時間後、OBC に試験終了コマンドが送られたことを確認する
○	試験データをダウンリンクする
○	ダウンリンクされたデータとメモしたデータと比較を行う 【目的】放電試験モードの動作確認

図 4.19 に実際に上記の実験で取得したデータの一部を示す。300V 担当者のデータ照合の結果正常に動作している事を確認した。

開始時間	終了時間	CRC_GS	CRC_HR	セクター	ページ	Uint	処理	制限時間				
1 4日 17時間 19分	4日 18時間 18分	81	81	6	0	0	5	3900				
CRC_GS	CRC_HR	セクター	ページ	Uint	処理	データ1	データ2	データ3	データ4	データ5	データ6	データ7
2 7C	7C	6	1	0	5	255	255	11	26	7	106	14
3 0	0	6	2	0	5	247	247	247	247	247	247	247
4 0	0	6	3	0	5	247	247	247	247	247	247	247
5 0	0	6	4	0	5	247	247	247	247	247	247	247
6 10	10	6	6	0	5	8	0	0	105	15	15	9
7 9	9	6	7	0	5	0	106	14	15	17	0	0
8 53	53	6	8	0	5	0	106	14	14	25	0	0
9 9	9	6	9	0	5	14	15	33	0	0	106	14
10 19	19	6	10	0	5	255	255	41	0	0	106	14
11 9	9	6	11	0	5	49	0	0	106	14	14	50
12 53	53	6	12	0	5	57	0	0	106	14	14	58
13 0	0	6	13	0	5	247	247	247	247	247	247	247
14 0	0	6	14	0	5	247	247	247	247	247	247	247
15 0	0	6	15	0	5	247	247	247	247	247	247	247

図 4.19 300V テーブルサット取得データの一部

5.12 Scamp 系の動作確認手順

検査項目

- ①カメラモジュール動作
- ②搭載されている 4 モードの動作確認
- ③アルゴリズムモードの場合 黒色画像を一定時間撮り続けた場合強制終了できる事の確認

評価基準

- ①撮影モード 通常撮影及び簡易撮影

撮影画像を JPEG として復元する。復元できていたらクリアとする。

また撮影画像のバイナリーデータを確認し、ヘッダ部分のマーカ情報(FFD8、FFE0、FFDB、FFC4、FFC0、FFDA)がそろっている事を確認する。

- ②撮影モード 通常撮影及び簡易撮影のアルゴリズム使用

アルミテープが付いている間は、撮影を行わず取り直しを行ってればクリアとする。アルミテープを取り除いた時に撮影ができれば、クリアとする。

撮影画像を JPEG として復元する。復元できていたらクリアとする。

また撮影画像のバイナリーデータを確認し、ヘッダ部分のマーカ情報(FFD8、FFE0、FFDB、FFC4、FFC0、FFDA)がそろっている事を確認する。

- ③アルゴリズム使用時に一定時間経過後に強制終了

アルミテープが付いている間は、撮影を行わず取り直しを行ってればクリアとする。終了処理後に OBC が通常運用モードに移行した事を確認できればクリアとする

試験結果及び試験手順

表 4.23 Scamp 系の試験手順および試験結果

試験結果	試験手順
○	カメラを被写体にむけてセッティングする
○	OBC より通常撮影モードのコマンドを送信
○	撮影された画像を FLSAH メモリより抽出し、復元する 【目的】撮影モード 通常撮影
○	OBC より簡易撮影モードのコマンドを送信
○	撮影された画像を FLSAH メモリより抽出し、復元する 【目的】撮影モード 簡易撮影
○	Scamp のレンズ部分をアルミテープで覆う（黒色画像撮影のため）
○	OBC より黒色画像を撮影した場合は取り直しを行う 通常撮影
○	10 回程度撮り直しが行われる事を確認する
○	アルミテープをはがし、画像撮影を行う
○	撮影された画像を FLSAH メモリより抽出し、復元する 【目的】撮影モード 通常撮影 アルゴリズム使用
○	Scamp のレンズ部分をアルミテープで覆う（黒色画像撮影のため）
○	OBC より黒色画像を撮影した場合は取り直しを行う 簡易撮影
○	10 回程度撮り直しが行われる事を確認する
○	アルミテープをはがし、画像撮影を行う
○	撮影された画像を FLSAH メモリより抽出し、復元する 【目的】撮影モード④ 簡易撮影 アルゴリズム使用
○	10 回程度撮り直しが行われる事を確認する
○	アルミテープをはがし、画像撮影を行う
○	Scamp のレンズ部分をアルミテープで覆う（黒色画像撮影のため）
○	OBC より黒色画像を撮影した場合は取り直しを行う 通常撮影
○	一定時間撮影し続けたのちに強制終了される事を確認する 【目的】通常撮影 アルゴリズム使用にて一定時間で強制終了の確認
○	Scamp のレンズ部分をアルミテープで覆う（黒色画像撮影のため）
○	OBC より黒色画像を撮影した場合は取り直しを行う 簡易撮影
○	一定時間撮影し続けたのちに強制終了される事を確認する 【目的】簡易撮影 アルゴリズム使用にて一定時間で強制終了の確認

4.4 振動・衝撃試験

振動・衝撃試験とは衛星を打ち上げる際のロケットの振動や衝撃環境に耐えきれぬ事を確認するための試験である。試験のレベルには2種類あり予想されるレベルで試験をおこなうことをAT（受け入れ試験）、予想される1.5倍のレベルで試験をおこなう事をQT（認定試験）という。鳳龍式号ではEMの段階でQTレベルの試験を、また実際のフライト品を用いてATレベルの試験を行った。試験自体は振動試験後、衝撃試験後それぞれ別々に動作検証試験を行ったが、試験内容及び結果は同じだったため今回はまとめて記載する

4.4.1 試験内容

目的

開発したOBC基板が打ち上げ時の振動・衝撃環境に耐えることができるかを検証する。

供試体

すべての機器を組み込んだ衛星

試験条件

■振動試験のレベル設定

振動試験のレベルは以下のように設定して行った。このレベル値はJAXA側が提示してきた値を元に設定している。

表 4.24 振動試験 QT レベル (EM_Ver2.0 の衛星で試験を行った際)

種類	レベル	加振方向	周波数 [Hz]	レベル	実行値 [Grms]	試験時間[sec]	
						掃引速度[oct/min]	
正弦波	QT	X	5~7.1	0.02m _{0-p}		2oct/min (UP and DOWN)	
			7.1~100	30.7(m/s _{0-p} ²)			
				3.13(G _{0-p})			
		Y-Z	5~6.3	0.02m _{0-p}			
			6.3~100	24.5m/s _{0-p} ²			
				2.50 (G _{0-p})			
準静的荷重	QT	X	20	58.8m/s _{0-p} ²		6sec	
				7.5 (G _{0-p})			
		Y-Z	20	49.0m/s _{0-p} ²			
				6.25(G _{0-p})			

ランダム (Modal)	Low level	X,Y,Z	20~2000	1.16E-4 G ² /Hz	0.479	60sec
ランダム	QT	X,Y,Z	20~200	+3dB/oct	11	120sec
			200~ 2000	0.064G ² /Hz		

■ 衝撃試験のレベル設定

衝撃試験レベルを図4.20に示す。フェアリング分離レベルのSRS値を満たすレベルをSTM（衛星のモデル）を用いて算出し、衛星を試験する

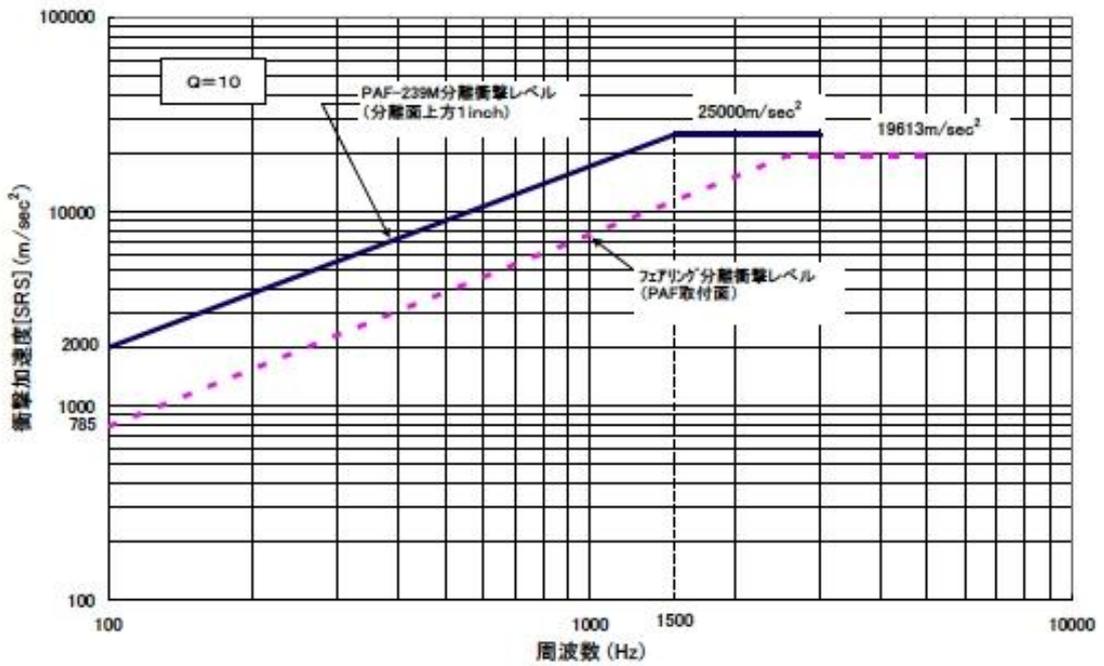


図 4.20 衝撃レベル

4.4.2 試験結果

この試験の結果は大きく分けて3工程に分けて検証された。以下にその結果を示す。

外観チェック

振動・衝撃により開発した基板に損傷がないかをチェックを行った。脱落や損傷した素子はなかった。

OBC 基板の動作チェック

試験内容は表 4.14 OBC 系の試験手順および試験結果と同様の物を行い、図 4.10 及び 4.11 と同様の結果を得ることができ、正常な動作を確認した。

他の機器との動作チェック

他の機器との接続部分が破損していないかどうかをチェックするために、ミッション機器の動作チェックには4.2 統合電気性能試験と同様の試験を行った。結果として統合電気性能試験と同様の結果を得て正常に動作することを確認した。

ADC の動作チェックにはテーブルサット時に取得したデータとの比較を行い正常に動作している事を確認した。

4.5 熱真空試験

熱真空試験とは実際の宇宙の環境である真空状態及び激しい熱の上昇、下降の環境下においても正常に衛星が動作することができるかを検証するための試験である。

4.5.1 試験内容

目的

OBC が熱真空環境において正常に動作し、各ミッション機器及びバス機器の制御を行う事ができる事を確認する

供試体

すべての機器を組み込んだ衛星

試験条件

①真空度： 1.33×10^{-4} Pa

②熱のサイクルは合計2サイクル行い、図 4.21 のようなスケジュールにて試験を行った。衛星の軌道は一番条件の厳しい低温環境で行い、正常に衛星の起動が行えるかという事を検証した。

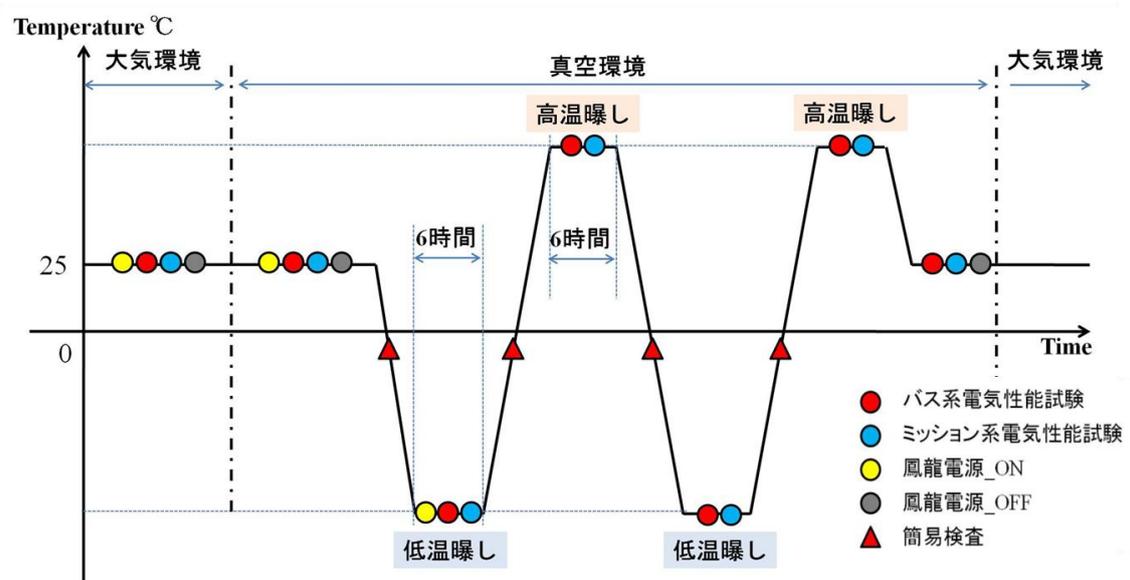


図 4.21 熱真空試験の熱サイクル

③試験方法のブロックダイアグラム

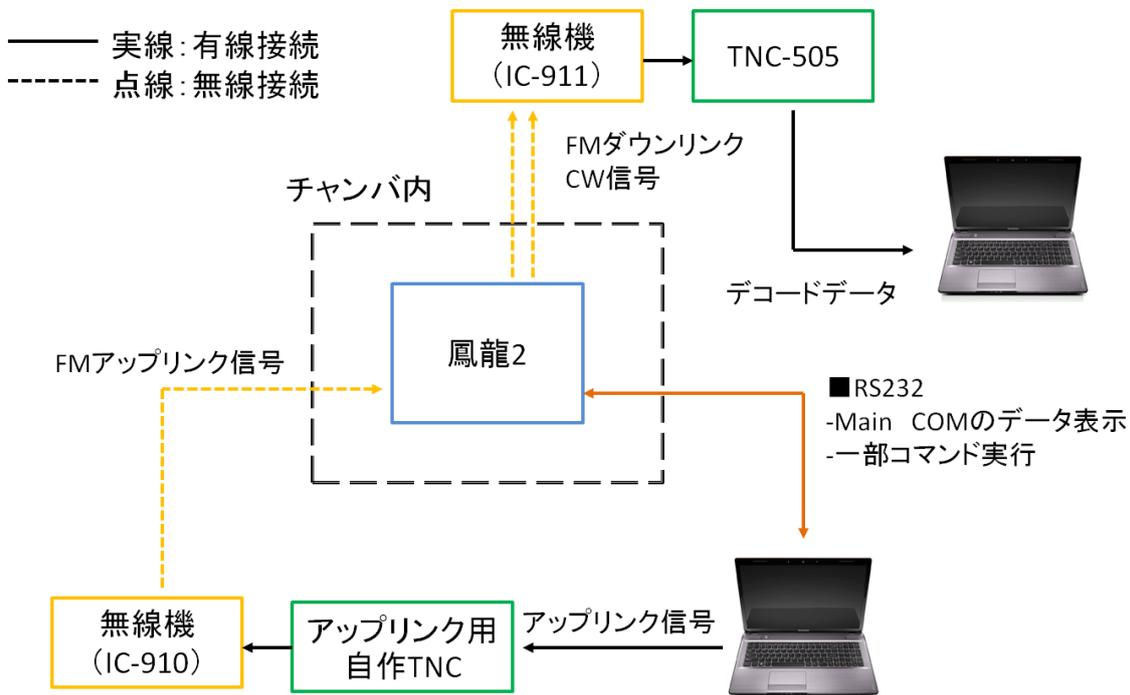


図 4.22 熱真空試験のブロックダイアグラム

衛星と外部機器との接続は図 4.22 のようになっており、コマンドアップリンク兼デバック用の PC が一台とダウンリンクデータのデコードを行う地上局を模擬した PC にて衛星のデータの監視を行っている。衛星内の詳細なデータは RS232 を介してデバック用の PC でモニターできる仕様となっている。

試験内容

試験内容は大きく分けて OBC 系の動作確認と他のミッション機器を正常に制御できるかという結果に分類される。他のミッション機器を正常に制御かのチェックは各ミッション機器の検査項目とほぼ同じものを行った。ミッション機器のチェック内容についてはテーブルサット時に確認を行えなかった Trek 系、及び通信系についてのみ述べる。

■OBC系の動作確認

- ①OBC基板の素子の動作確認（表 4.14OBC系の試験手順および試験結果と同様の物）
- ②ADCの温度依存の確認

①については図 4.21 の赤丸（バス系電気性能試験）の際に表 4.14 と同じ検査を行う試験である。試験内容については表 4.14 と同じ物のため省略する。

②は ADC が温度状態によって出力値に差が出ないかをチェックするものであり、確認方法は図 4.21 の熱を上昇、下降される際に 10 分に 1 回の頻度で簡易検査（図 4.21 の赤三角）を行い ADC の値を取得した。その際に同時に 3.3V ラインの電圧をテスターで取得し ADC で取得した値と比較を行う事で温度特性を調べた。

■他系とのインターフェイス確認

検査内容は 4.3 テーブルサット試験とほぼ同様（デブリ基板の動作チェックの簡略化、及び ELF,300V 系の印加する電圧値の違う）の試験を行った。今回はテーブルサット試験で行う事ができなかった Trek 系及び通信系の試験方法、及び結果のみを記載する

通信系の動作確認

表 4.25 通信系の試験手順

	試験手順
1	分離スイッチの動作確認後、正常に電力配給が行えている事を確認できしだい時間計測を開始する（時計等を使用）
2	一定時間経過後に消費電力が上昇する事を確認し、その時間を記録する 【目的】 タイマーIC の動作確認
3	記録した時間が 260 ± 20 秒であることを確認する事 【目的】 タイマーIC のカウント時間が正常であること
4	CW 送信にて正常にハウスキーピングデータが出力される
5	FM 送信にて正常にデータの送信を行える事

Trek 系の動作確認

表 4.26 Trek 系の試験手順

	試験手順
1	OBC より Trek 基板のスイッチを入れ、指定した時間後に Trek の電源が入り定電流源の電流値の変化 (0.45~0.50A) を確認する (起動コマンドは 1 回目 : 8 分後起動、2 回目 : 25 分後起動、 ミッション時間 15 分に設定) 【目的】 Trek 基板の ON
2	Trek 起動後 他の系に影響が及んでいない事を確認する
3	Trek の起動時の初期電圧値 (OBC の出力値) を記録
4	サンプルに -500V~500V まで 100V 刻みでバイアスし、その時の出力電圧を記録 【目的】 バイアス電圧と OBC の取得電圧の値が一致すること
5	サンプルにバイアスをかけている直流電源を 0V に戻し、電源を OFF にする
6	そのまま Trek を起動状態で放置し、ミッション開始から 15 分で自動的に電源が切れるか確認する (電流値の変化で確認) 【目的】 Trek 基板の OFF
7	上記の実験中に CW が Trek 運用中に発生する電界によって影響を受けないか確認 【目的】 表面電位計の ON,OFF による CW 送信への影響

4.5.2 試験結果

OBC 系の動作確認

OBC 系の試験としては表 4.14 OBC 系の試験手順と同様の物と ADC の温度による温度依存性がないかの確認を行った。表 4.14 の検査手順については上記に記したものと同様の結果を確認し、正常に動作を行えている事を確認した。図 4.23 に ADC の温度依存性についての結果を示す。

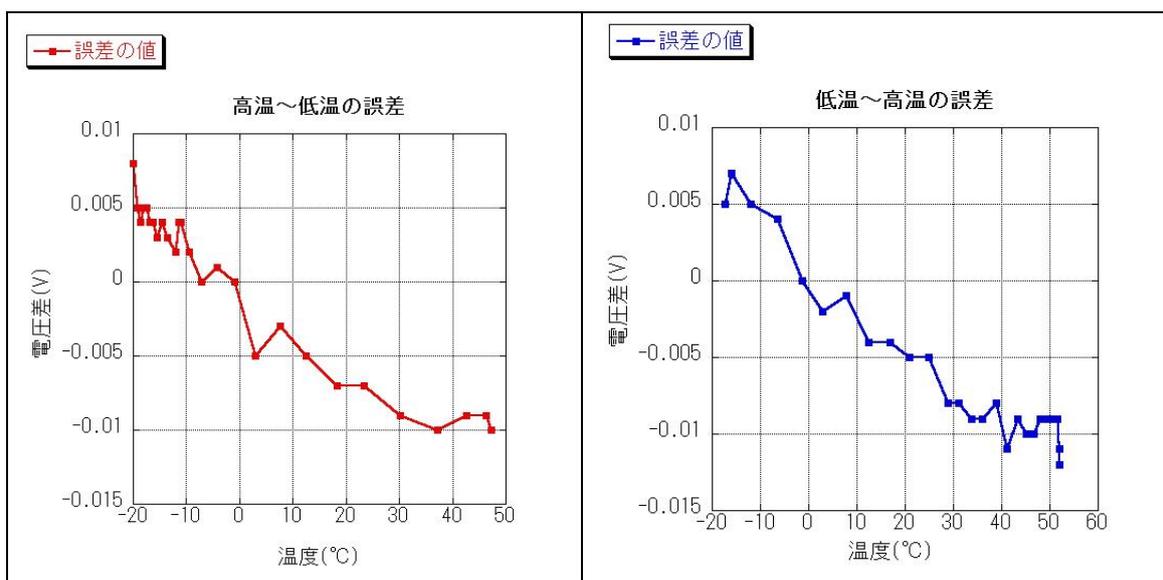


図4.23 ADCの温度特性による誤差

図 4.23 の左図が温度降下時、右図が温度上昇時に測定した ADC の 3.3V ラインの電圧値と同じラインをチャンバ外部でテスターを用いて取得した値の誤差である。低温時にはより高く、高温時にはより低く出力される傾向があったが最大誤差でも $\pm 0.01V$ であることから補正が必要なほどの温度特性は有していない事を確認した。

他系とのインターフェイス確認

上記の試験方法でも述べたように詳細な結果はテーブルサットで正常動作の確認をすることができていない通信系及び Trek 系のみ述べる。他の系については熱真空試験においても正常に動作している事を確認した。

通信系とのインターフェイス動作確認

表 4.27 通信系の試験結果

試験結果	試験手順
○	分離スイッチの動作確認後、正常に電力配給が行えている事を確認できしだい時間計測を開始する（時計等を使用）
○	一定時間経過後に消費電力が上昇する事を確認し、その時間を記録する 【目的】 タイマーIC の動作確認
○	記録した時間が 260±20 秒であることを確認する事 【目的】 タイマーIC のカウント時間が正常であること
○	CW 送信にて正常にハウスキーピングデータが出力される 【目的】 CW 送信の動作確認
○	FM 送信にて正常にデータの送信を行える事 【目的】 FM 通信の動作確認
7	上記の実験中に CW が Trek 運用中に発生する電界によって影響を受けないか確認 【目的】 表面電位計の ON,OFF による CW 送信への影響

①タイマーIC の動作確認、カウント時間が正常であること
電源投入から約 4 分 30 秒で起動することを確認
(全部で 3 回熱真空を行ったがいずれも正常動作)

②CW 送信の動作確認

OBC が送信しているデータが正常に電波として送信、デコードできる事を確認

③FM 通信の動作確認

この試験については EM を使用した試験では不具合は発生しなかったが、FM を使用した試験で不具合が発生したためにその詳細を以下に記す。

不具合内容：FM 送信中に PTT（送信）状態が終了しない

不具合の症状としては高温、低温環境（特に低温側）において FM 送信動作を行うと常時 FM 送信状態となり通常状態に復帰できない不具合が発生した。また上記の不具合が発生している際には電源の 5V ラインにノイズが乗っていることも確認した。原因解析を行ったところ、通信基板に搭載されているデータの変調を行うモデムと送信するデータを生成する H8_COM との通信が正常に行われていないという事が根本的な原因である可能性が非常に高いことが分かった。しかしながら EM と FM 間における設計はほ

とんど変更を加えていない事から設計ミスで不具合が発生しているのではなく、ノイズが原因の可能性が高いと疑い以下の検査を熱真空試験中に行った。

【1】 GND が浮いていることによる障害

【2】 外部のモニターラインからのノイズの影響

【1】 については衛星をチャンバと同じ GND にするなどの実験を行ったが目立った成果を得ることはできなかった。

【2】 については以下のような処置を行い、外部からのノイズの侵入を除去する処置を行った。

● 外部のモニターラインをすべて撤去 (CW 送信、FM 送受信のみで試験)

除去をする際にそれぞれ一本ずつモニターラインを除去していった結果、OBC の H8_COM の RX ラインを除去した際に電源の 5V ラインからノイズが消えることを確認した。

● 外部電源ラインのノイズ対策

電源ラインからノイズが入らないようにフェライトコアと電源ケーブルにアルミホイルを巻き、GND に接着した (図 4.24 はアルミホイルの処理を行ったところ)

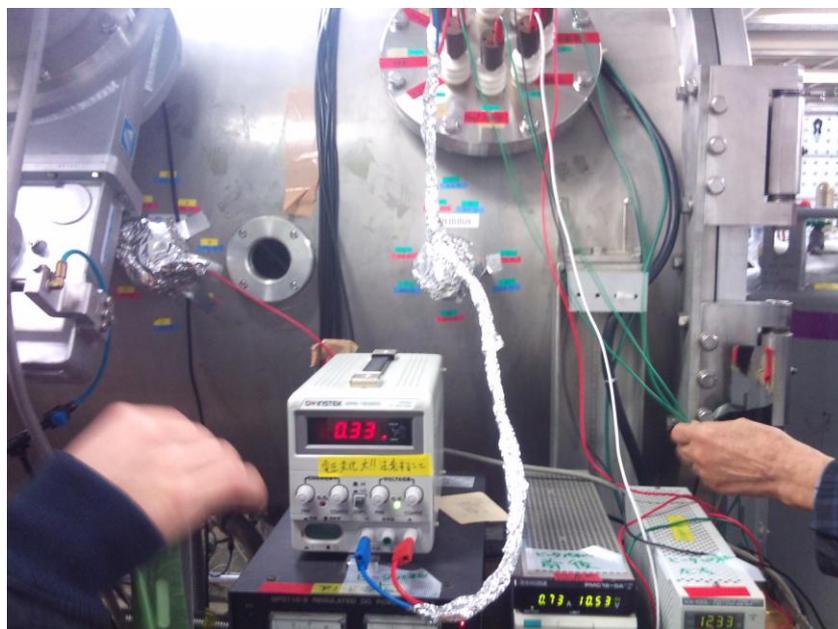


図 4.24 電源ラインのノイズ対策

● チャンバから出ている接続ポート（モニターラインを接続するところ）を遮蔽

図 4.24 のように各系のモニターラインをアルミホイルで遮蔽し、アルミテープを使用してチャンバ GND に設置し接続ポートから内部へのノイズを遮蔽する作業を施した。

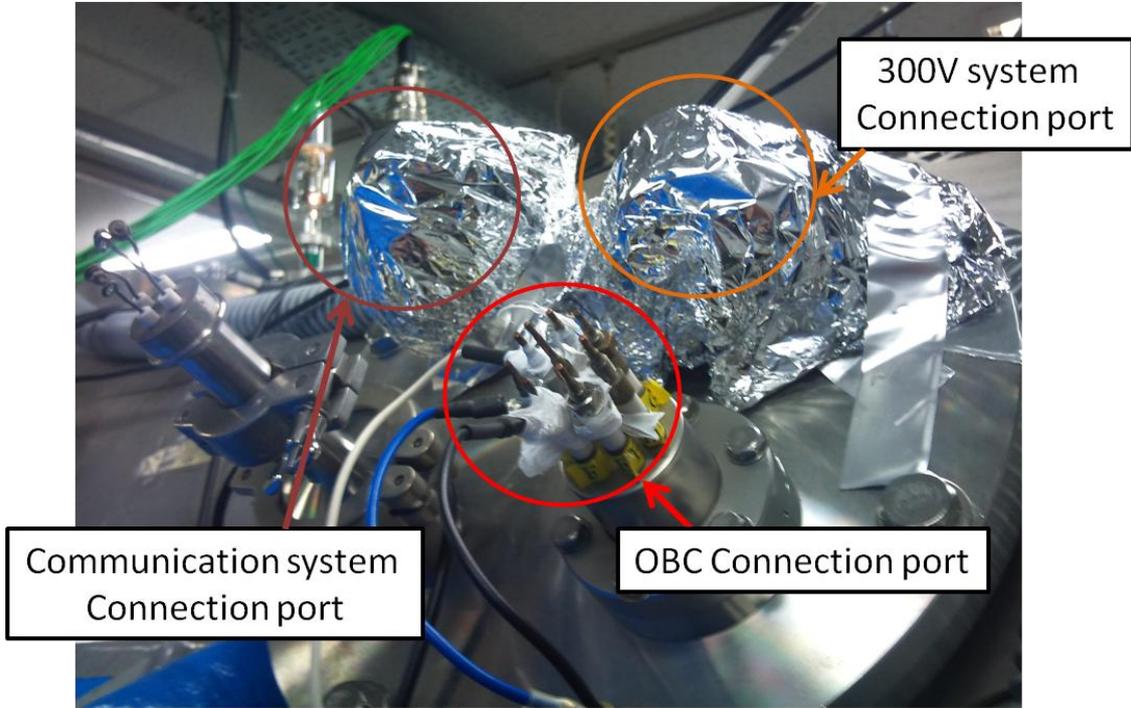


図 4.25 接続ポートの遮蔽の様子

上記の状態でご各ポートの遮蔽を行ったり、除去したりで送信不具合の発生回数に影響があるかの調査を行った。試験を行った結果、特に OBC の接続ポートを遮蔽するか、しないかにより大きく結果が異なる事を確認した。

表 4.28 ダウンリンク時の不具合調査

条件①	全接続ポートを薄く遮蔽	ダウンリンク成功率 7/10
条件②	OBC の接続ポートのみ遮蔽なし	ダウンリンク成功率 0/10
条件③	全接続ポートを完全に遮蔽	ダウンリンク成功率 10/10
条件④	OBC の接続ポートのみ遮蔽なし	ダウンリンク成功率 0/10
条件⑤	全接続ポートを完全に遮蔽	ダウンリンク成功率 10/10

ダウンリンク成功率は 10 パケット分の FM 送信を 1 回分とし、それを 10 回行ったうち何回最後まで送信することができたかの割合である。表 4.28 が示すように OBC の遮蔽が弱い場合や、完全に無い場合不具合の発生率が非常に高くなる事がわかる。逆に OBC の遮蔽を完全に行った場合、不具合は一度も発生することがなかった。

※FM 熱真空試験後に上記の原因が正しいことを証明するために、衛星からすべてのモニターラインを除去し外部からノイズが入らない状態にして再度5サイクル分FM送受信試験のみを実施したが一度も不具合は発生しなかった。結論としてOBCのモニターラインからノイズが入り、H8_COMに影響を与え通信基板のモデムとの通信を不安定にしていた可能性が高い。

この事より表 4.25 通信系の試験手順の FM 通信の動作確認の際には各モニターラインを接続ポートからはずし、接続ポートを遮蔽した状態で検査を行った。行った結果すべての検査時において正常な動作の確認を行う事ができた。

Trek 系とのインターフェイス動作確認

表 4.29 Trek 系の試験結果

試験結果	試験手順
○	OBC より Trek 基板のスイッチを入れ、指定した時間後に Trek の電源が入り定電流源の電流値の変化 (0.45~0.50A) を確認する (起動コマンドは 1 回目 : 8 分後起動、2 回目 : 25 分後起動、 ミッション時間 15 分に設定) 【目的】 Trek 基板の ON
○	Trek 起動後 他の系に影響が及んでいない事を確認する
○	Trek の起動時の初期電圧値 (OBC の出力値) を記録
○	サンプルに-500V~500V まで 100V 刻みでバイアスし、その時の出力電圧を記録 【目的】 バイアス電圧と OBC の取得電圧の値が一致すること
○	サンプルにバイアスをかけている直流電源を 0V に戻し、電源を OFF にする
○	そのまま Trek を起動状態で放置し、ミッション開始から 15 分で自動的に電源が切れるか確認する (電流値の変化で確認) 【目的】 Trek 基板の OFF
○	上記の実験中に CW が Trek 運用中に発生する電界によって影響を受けないか確認 【目的】 表面電位計の ON,OFF による CW 送信への影響

Trek 系とのインターフェイス動作確認は表 4.29 の手順通りに行い正常な動作を確認した。以下に【目的】バイアス電圧と OBC の取得電圧の値が一致することを検証した資料を示す。

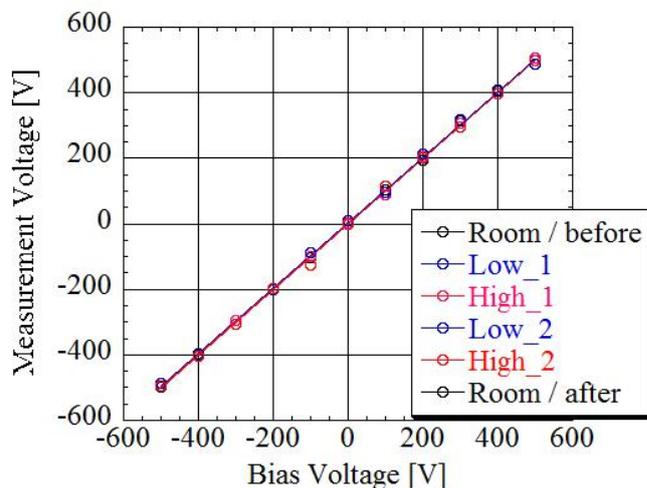


図4.26 熱真空試験中の測定結果

試験環境	直線の傾き
Room/before	1.0016
Low1	1.0005
High1	1.0005
Low2	0.99723
High2	0.99923
Room/after	1.0016

※全て真空環境での測定結果である。
 ※直線の傾きが“1”に近いほど高精度で測定ができています。

図 4.26 が示すようにほぼ測定誤差なくデータの測定、取得を行える事を確認した。また Trek は単体試験の際に非常に強い電界が発生していたために CW 等への電波送信への影響が心配されたが、Trek 動作中にも特に異常は発生しなかった。