

平成 30 年度

# OrigamiSat-1 報告書

東京工業大学 名前

何か書く？



# 目次

第1章	背景および衛星の概要	1
第2章	ミッション定義	2
2.1	開発の目的・ミッションステートメント/サクセスクライテリア/ミッションシーケンス	2
2.2	システム要求(ミッション系(坂本)/バス系/インターフェース/安全(中西))	2
2.3	システム設計	2
第3章	サブシステム開発の経緯(設計・試験)	3
3.1	電源系(概要/EPS/インヒビット設計(二重絶縁)/電源系統図/電池/SAP)(池谷・中塚)	3
3.2	通信系(衛星)(大本)	3
3.3	地上局(加藤・飯島)	3
3.4	C&DH系(OBC 岩崎・小出・林・井手, COBC 黒崎・中塚・大本, Rpi 飯島)	3
3.5	姿勢制御系(恒光・中西)	3
3.6	構体系(奥山・大野) 重量管理も含む	3
3.7	熱系(中村)	3
3.8	VHF/UHF 展開アンテナ(仁尾・坂本)	3
3.9	ミッション系	3
3.9.1	5.8GHz 通信ミッション(井手)	3
3.9.2	伸展カメラ	3
3.9.3	膜展開部	3
第4章	統合試験	4
4.1	放射線試験(寺田(報告書)・池谷・黒崎)	4
4.1.1	目的	4
4.1.2	試験概要	4
4.1.3	第1回放射線試験	5
4.1.4	第2回放射線試験	7
4.2	形状計測試験(大野・奥山)	10
4.3	振動試験(加藤・飯島)	10
4.4	衝撃試験(大野)	10
4.5	連続動作試験 EMver(?)	10
4.6	姿勢制御試験(恒光)	10
4.7	通信系 機能試験(大本)	10
4.8	熱真空試験(中村): ベーキングについても言及	10
4.9	表面あらさ計測(大野・奥山)	10
4.10	放出試験(大野・奥山)	10

<b>第 5 章</b>	<b>安全審査（中西・坂本）</b>	<b>11</b>
5.1	Phase 0/1 . . . . .	11
5.2	Phase 2 . . . . .	11
5.3	Phase 3 . . . . .	11
<b>第 6 章</b>	<b>引き渡し</b>	<b>12</b>
6.1	コンプライアンスマトリクス（大野・中西） . . . . .	12
6.2	内之浦での引渡し（中西・坂本） . . . . .	12
<b>第 7 章</b>	<b>運用と不具合解析（加藤？）</b>	<b>13</b>
7.1	運用（坂本・加藤・井手） . . . . .	13
7.2	軌道上データ（坂本・井手・岩崎） . . . . .	13
7.3	不具合解析（岩崎・大本） . . . . .	13
<b>第 8 章</b>	<b>革新的衛星技術実証プログラムへの参加（坂本）</b>	<b>14</b>
<b>第 9 章</b>	<b>国際周波数調整（中西）</b>	<b>15</b>
<b>第 10 章</b>	<b>内閣府宇宙活動法（坂本）</b>	<b>16</b>
<b>第 11 章</b>	<b>物体登録（中西）</b>	<b>17</b>
<b>第 12 章</b>	<b>プロジェクトマネジメント（池谷・岩崎・大野）</b>	<b>18</b>
12.1	開発日程 . . . . .	18
12.2	人員配置・引継ぎ . . . . .	18
<b>第 13 章</b>	<b>付録</b>	<b>19</b>
13.1	システム設計 . . . . .	19
13.2	5.8 . . . . .	19
13.3	構体系 . . . . .	19
13.4	VHF/UHF 展開アンテナ . . . . .	19
13.5	通信系 . . . . .	19
13.6	C&DH 系 . . . . .	19
13.7	電源系 . . . . .	19
13.8	振動試験 . . . . .	19
13.9	熱真空試験 . . . . .	19
13.10	連続動作試験 . . . . .	19
13.11	引渡し . . . . .	19
13.12	プロジェクトマネジメント . . . . .	19
13.13	展開膜 . . . . .	19
13.14	MDC . . . . .	19
13.15	伸展カメラ部 . . . . .	19
13.16	運用 . . . . .	19
	<b>参考文献</b>	<b>20</b>



# 第1章 背景および衛星の概要

本文 aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

## 第2章 ミッション定義

### 2.1 開発の目的・ミッションステートメント/サクセスクライテリア/ ミッションシーケンス

test

### 2.2 システム要求 (ミッション系 (坂本) /バス系/インターフェース/安全 (中西) )

test

### 2.3 システム設計

test

## 第3章 サブシステム開発の経緯（設計・試験）

- 3.1 電源系（概要/EPS/インヒビット設計（二重絶縁）/電源系統図/電池/SAP）（池谷・中塚）
- 3.2 通信系（衛星）（大本）
- 3.3 地上局（加藤・飯島）
- 3.4 C&DH系（OBC 岩崎・小出・林・井手, COBC 黒崎・中塚・大本, Rpi 飯島）
- 3.5 姿勢制御系（恒光・中西）
- 3.6 構体系（奥山・大野） 重量管理も含む
- 3.7 熱系（中村）
- 3.8 VHF/UHF 展開アンテナ（仁尾・坂本）
- 3.9 ミッション系
  - 3.9.1 5.8GHz 通信ミッション（井手）
  - 3.9.2 伸展カメラ
    - (1) システム開発（ウェル・坂本）
    - (2) 3次元計測（飯島・黒崎）
    - (3) 動画計測（飯島）
  - 3.9.3 膜展開部
    - (1) 展開膜開発（古谷・坂本）
    - (2) MDC（大本）
    - (3) 薄膜太陽電池ミッション（大野）
    - (4) SMA アンテナミッション（鳥阪）
    - (5) 球状太陽電池ミッション（サカセ・坂本）



## 第4章 統合試験

### 4.1 放射線試験（寺田（報告書）・池谷・黒崎）

#### 4.1.1 目的

本試験では，多量の放射線が入射すること起因する電離効果のうち，トータルイオンドーズ効果が機器に与える恒久的損傷を調べた．これにより，新規開発基盤である通信&インビット（CI）基板および膜上デバイス制御（MDC）基板に関して，ミッション期間中に受ける損傷具合を試験した．

#### 4.1.2 試験概要

##### (1) 試験日時

第1回

2015年10月20日

第2回

2018年5月28日14時から18時（計4時間．準備と撤収時間も含む． $\gamma$ 線の照射時間は3時間．）

##### コメント

- 実験室を予約する場合は，照射時間だけでなく，前後の準備撤収時間を考慮し最低1時間は余分に予約する．
- 第2回試験では1名のみで当日，準備から実験まで行ったが，照射室とPC等を置く場所は離れているので，2名いた方が準備しやすいと思う．

##### (2) 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス 大岡山北実験棟1 コバルト60 照射室

##### コメント

- 予約はメールでやり取りを行う．

## 4.1.3 第 1 回放射線試験

## (1) 試験供試体

CI 基板, MDC 基板上の IC. 供試体一覧を表 4.1 に示す.

		種類	照射時間	照射量	安全率	宇宙実証
CI	PIC16F887	マイコン	3	231	5.4	
	PIC16F886	マイコン				○
	TPS55330	DCDCコンバータ	0.5	39	0.9	
	TC74HC4066	マルチプレクサ				
	MPU-9250	加速度, ジャイロ				
	FX614	モデム				○
	MAX11605	ADコンバータ				
	MTM232230	MOSFET				
	MTM231232	MOSFET				
	BSC030P03NS3G	MOSFET				
	B540-13-F	ダイオード	0.5	39	0.9	
	PIC18F25K80	マイコン	3	231	16.2	
	MAX3051	CANトランシーバ	3	231	16.2	
MDC	AD8657ARMZ					
	ADL5513ACPZ		3	16830	5.1	
MA	TA78033AF	レギュレータ	0.5	39	0.9	
	24LC256	EEPROM				○
	SK8603140L	MOSFET				
	2SK2009	MOSFET				
	RB080L-30	ダイオード				

表 4.1: 第 1 回放射線試験 試験供試体一覧

## (2) 検証方法

図 4.1 の通りに, デバイスを配置し, データロガー及び PC でデータをモニタリングした.

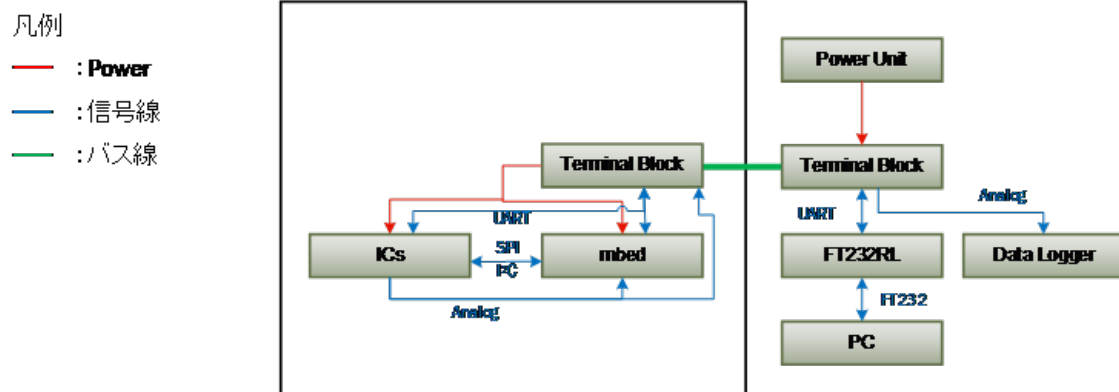


図 4.1: デバイスの位置関係. 長方形内が放射線試験室を示している.

## コメント

- 放射線照射室と PC 等を置く照射室外を繋ぐ図 4.1 の緑ハーネス部分は、コバルト 60 照射室の設備として D サブハーネスが既にある．ただ，D サブハーネスと接続するケーブルは両側，事前に作成しておく必要がある．事前にコバルト 60 照射室を見学しておく，どのようなハーネスを作成しなければならないかイメージが付きやすいと思う．
- ハーネス作成時には，グラウンドを全て共有することを忘れずに．

## (3) 照射量

OrigamiSat-1 の CI 基板周り，および MDC 基板周りのアルミニウム構体板厚は 2 mm である．文献[相互参照使おうね]の厚さ 1.85 mm，1 年あたりトータルドーズ量  $4.28\text{E}+03$  rad であるため使用期間を CI 基板は 1 年，MDC 基板は 4 か月として，この値から安全率を計算した．表 4.2 に示す．

11 月の線源からの距離 60 cm の値  $74\text{ Gy/h}$  を用いた．また両基板ともに両面に IC が搭載されているため 0.5 h ごとに基板の表裏をひっくり返した．線源に対して裏面にある IC の被ばく量は表面にある IC の被ばく量に対して微小であると仮定した．

	使用期間 [months]	最大想定 被ばく量 [Gy]	片面照射時間 [h]	照射量 [Gy]	安全率
CI基板	12	42.8	3	222	5.2
MDC基板	4	14.3	1	74	5.2

表 4.2: 照射量

## (4) 配置

線源から 60 cm．実験の様子を図 4.2，図 4.2 に示す．



図 4.2: 配置の様子

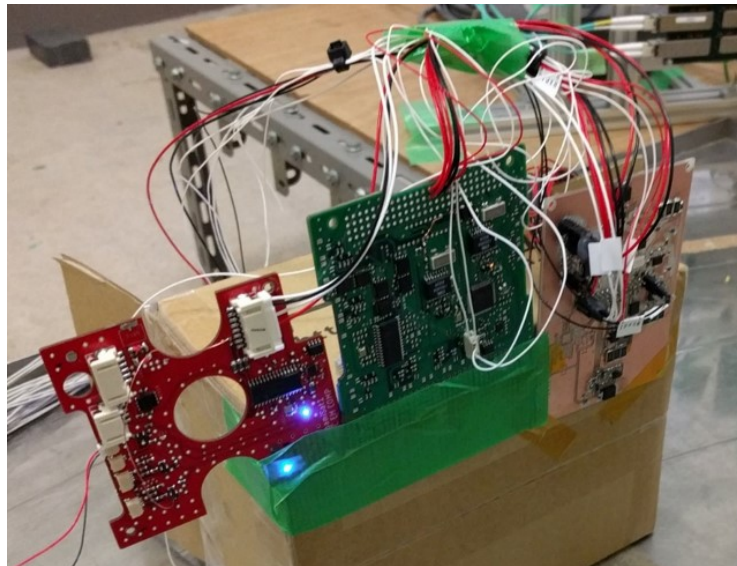


図 4.3: 試験供試体拡大図

#### (5) 試験手順

1. 各コンポーネントを接続する
2. 順番に電源を投入する
3. 照射前に各 IC が適切に動作していることを確認する
4. 照射：照射中はログを取る
5. 撤収する
6. データの解析を行う

#### コメント

- 試験前日までに、放射線を照射しない状態で予定試験時間分 IC が動作することを確認しておく。

#### (6) 試験結果

結果：RXCOBC が 1.5 年分の照射後一時動作不良を引き起こした。

原因：UART もしくは  $I^2C$  ラインに不具合が発生したことが原因と思われる。

対策：PIC16F887 を CubeSat での使用実績のある PIC16LF877A に変更。

#### 4.1.4 第 2 回放射線試験

第 1 回試験で CI 基板上の PIC において不具合が生じたことを受け、搭載 IC の型番を決定するために、3 種類の PIC における追加試験が行われた。また、WDT 機能に使用される SA555 タイマーの放射線損傷具合も試験した。

### (1) 試験供試体

CI 基板上に搭載される PIC およびタイマー

- PIC : 16F886
- PIC : 16F887
- PIC : 16LF877A
- タイマー : SA555

### (2) 検証方法

後で図を追加！！

### (3) 照射量

- 線源から IC までの距離 : 100cm
- 1 時間あたりの線量 : 28.2 Gy/h （参考文献[? ? ?] の 2017 年 12 月 100cm の数値）
- 照射時間 : 3 時間
- 総照射量 : 84.6 Gy

コメント

- 第 1 回試験と行る試験条件（線源までの距離，照射時間）で試験を行ってしまったが，第 1 回と試験条件を揃えないと，適切に比較はできなかったかもしれない。

### (4) 配置

線源から 100 cm.



図 4.4: 配置の様子

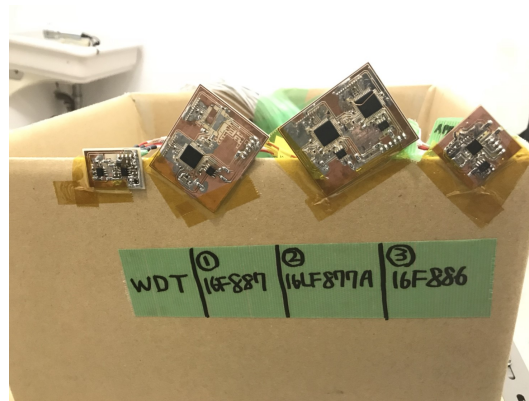


図 4.5: 試験供試体拡大図



図 4.6: 照射室外の様子. mbed 等が搭載されたブレッドボード,, 外部電源, PC などがある.

## (5) 試験手順

4.1.3 第 1 回放射線試験 (5) 試験手順と同様

## (6) 試験結果

結果：不具合発生せず。RXCOBC は 16LF877A, TXCOBC は 16F886, タイマーは SA555 を採用することに決定。

- 4.2 形状計測試験（大野・奥山）
- 4.3 振動試験（加藤・飯島）
- 4.4 衝撃試験（大野）
- 4.5 連続動作試験 EMver（？）
- 4.6 姿勢制御試験（恒光）
- 4.7 通信系 機能試験（大本）
- 4.8 熱真空試験（中村）：ベーキングについても言及
- 4.9 表面あらさ計測（大野・奥山）
- 4.10 放出試験（大野・奥山）

## 第5章 安全審査（中西・坂本）

### 5.1 Phase 0/1

### 5.2 Phase 2

### 5.3 Phase 3



## 第6章 引き渡し

6.1 コンプライアンスマトリクス（大野・中西）

6.2 内之浦での引渡し（中西・坂本）

## 第7章 運用と不具合解析（加藤？）

7.1 運用（坂本・加藤・井手）

7.2 軌道上データ（坂本・井手・岩崎）

7.3 不具合解析（岩崎・大本）

## 第8章 革新的衛星技術実証プログラムへの参加（坂本）

本文

## 第9章 国際周波数調整（中西）

本文

## 第10章 内閣府宇宙活動法（坂本）

本文

## 第 11 章 物体登録（中西）

本文

## 第12章 プロジェクトマネジメント（池谷・岩崎・大野）

### 12.1 開発日程

### 12.2 人員配置・引継ぎ

## 第13章 付録

- 13.1 システム設計
- 13.2 5.8
- 13.3 構体系
- 13.4 VHF/UHF 展開アンテナ
- 13.5 通信系
- 13.6 C&DH 系
- 13.7 電源系
- 13.8 振動試験
- 13.9 熱真空試験
- 13.10 連続動作試験
- 13.11 引渡し
- 13.12 プロジェクトマネジメント
- 13.13 展開膜
- 13.14 MDC
- 13.15 伸展カメラ部
- 13.16 運用



## 参考文献

# 謝辞

謝辞 本文

2019 年 5 月  
名前