

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
3.4.1	CIB	3
3.5	姿勢制御系 (恒光・中西)	12
3.6	構体系 (奥山・大野) 重量管理も含む	12
3.7	熱系 (中村)	12
3.8	VHF/UHF 展開アンテナ (仁尾・坂本)	12
3.9	ミッション系	12
3.9.1	5.8GHz 通信ミッション (井手)	12
3.9.2	伸展カメラ	12
3.9.3	膜展開部	12
第 4 章	統合試験	13
4.1	放射線試験 (寺田 (報告書)・池谷・黒崎)	13
4.2	形状計測試験 (大野・奥山)	13
4.3	振動試験 (加藤・飯島)	13
4.4	衝撃試験 (大野)	13
4.5	連続動作試験 EMver (?)	13
4.6	姿勢制御試験 (恒光)	13
4.7	通信系 機能試験 (大本)	13
4.8	熱真空試験 (中村): ペーキングについても言及	13
4.9	表面あらさ計測 (大野・奥山)	13
4.10	放出試験 (大野・奥山)	13
第 5 章	安全審査 (中西・坂本)	14
5.1	Phase 0/1	14
5.2	Phase 2	14
5.3	Phase 3	14

<b>第 6 章</b>	<b>引き渡し</b>	<b>15</b>
6.1	コンプライアンスマトリクス（大野・中西）	15
6.2	内之浦での引渡し（中西・坂本）	15
<b>第 7 章</b>	<b>運用と不具合解析（加藤？）</b>	<b>16</b>
7.1	運用（坂本・加藤・井手）	16
7.2	軌道上データ（坂本・井手・岩崎）	16
7.3	不具合解析（岩崎・大本）	16
<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>17</b>
<b>第 9 章</b>	<b>国際周波数調整（中西）</b>	<b>18</b>
<b>第 10 章</b>	<b>内閣府宇宙活動法（坂本）</b>	<b>19</b>
<b>第 11 章</b>	<b>物体登録（中西）</b>	<b>20</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>21</b>
12.1	開発日程	21
12.2	人員配置・引継ぎ	21
<b>第 13 章</b>	<b>付録</b>	<b>22</b>
13.1	システム設計	22
13.2	5.8	22
13.3	構体系	22
13.4	VHF/UHF 展開アンテナ	22
13.5	通信系	22
13.6	C&DH 系	22
13.7	電源系	22
13.8	振動試験	22
13.9	熱真空試験	22
13.10	連続動作試験	22
13.11	引渡し	22
13.12	プロジェクトマネジメント	22
13.13	展開膜	22
13.14	MDC	22
13.15	伸展カメラ部	22
13.16	運用	22
	<b>参考文献</b>	<b>23</b>
	<b>謝辞</b>	<b>24</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）

#### 3.4.1 CIB

##### (1) 基本設計思想

CIB(Communication and Inhibit Board) は、イプシロンロケット搭載のためのシステム安全要求(電源のインヒビット機能)を満たすこと、および消費電力の高い5.8GHz送信機の電源系統を別とすることを目的として新規開発を行った基板であり、バッテリーとEPSの間に挿入されている。また、VHF/UHFの受信機(RX)/送信機(TX)のためのマイコンであるRXPIC(PIC 16F877A), TXPIC(PIC 16F886)およびモデム回路もCIB上に搭載されている。RXPICはメインOBCより上位にあるものと考え、メインOBCを監視する。RXPIC及びTXPICはWDT(Watch Dog Timer)を用いて異常時には自身へリセットをかける。

##### (2) プログラム概要

**RXPIC 役割** RXPICの持つ主要機能は大きく分けて以下のものがある。RXPICの各機能詳細は(3)参照。

- 初期運用
- EPSリセット
- 無線機の周波数設定
- バッテリー電圧測定及び衛星モード切替
- アップリンクコマンド処理

**TXPIC 役割** TXPICの持つ主要機能は大きく分けて以下のものがある。TXPICの各機能詳細は(4)参照。

- 初期運用
- ADCの値を取得

- レシーブコマンドダウンリンク
- CW ダウンリンク (HK データ/指定データ)
- FM ダウンリンク (HK データ/指定データ)
- スイッチ操作

### (3) RXPIC 詳細

RXPIC のフローチャートを図 3.1 に示す.



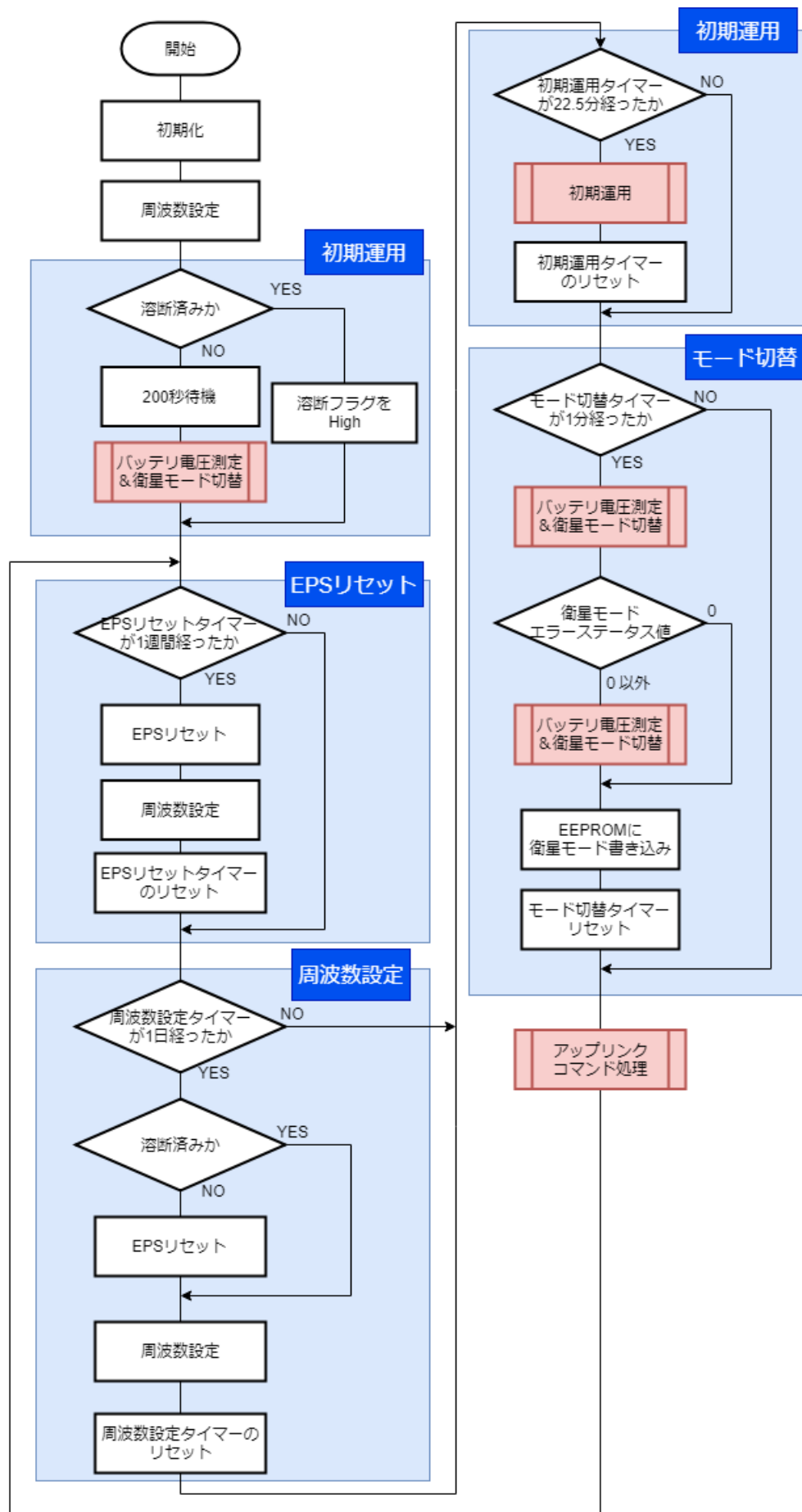


図 3.1: RXPIC 全体フローチャート

以下で RXPIC の各機能について説明する。

初期運用 詳細については初期運用項 (統合時ラベル付けして参照) を参照。

**EPS リセット** RXPIC では 1 週間毎に EPS リセットのタイマー割込みが発生する。これは RXPIC 及び TXPIC 以外の、EPS から電源供給されているコンポーネントの不具合が生じ、実装しているエラー処理で対応しきれないケースに備え、1 週間毎にリセットをかけることを目的として実装した機能である。なお初期運用中は、これに加えて 1 日毎の EPS リセットも行われる。

**無線機の周波数設定** RXPIC では 1 日毎に無線機の周波数設定のタイマー割込みが発生する。無線機の周波数設定でエラーが生じ通信できなくなるケースに備え、通常の無線機の電源 ON/OFF に伴う周波数設定とは別に実装した機能である。

**バッテリー電圧測定及び衛星モード切替** RXPIC では 1 分毎にバッテリー電圧測定及び衛星モード切替のためのタイマー割込みが発生する。バッテリー電圧に応じて衛星モードは Nominal, Saving, Survival に切り替わり、モードに応じてアクティブなコンポーネントが変化する。モード切替の概念を図 3.2 に示す。モード切替の閾値電圧の初期値はそれぞれ図 3.2 に示す値であり、これらの閾値はコマンドにより変更することができる。電圧降下時と上昇時の初期閾値電圧に差があるのは、電圧上昇によるモード切替に伴いアクティブなコンポーネントが増えることで一時的に電圧が降下し、直後に再びモード切替が起こることを防ぐためである。

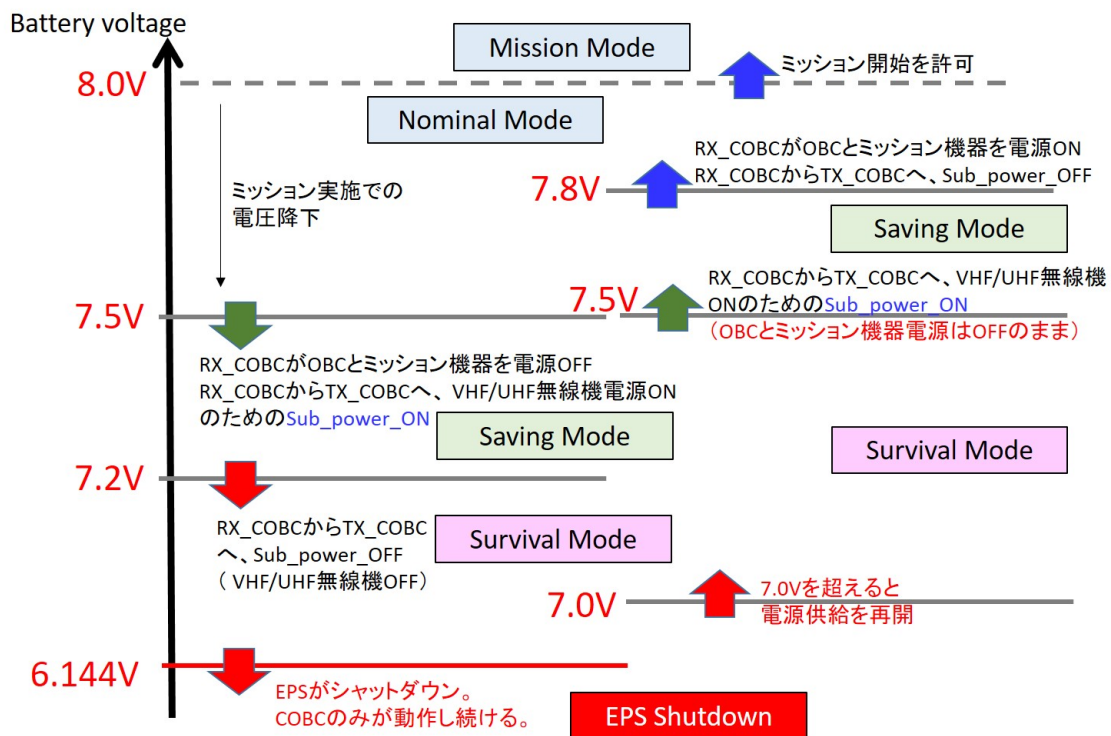


図 3.2: モード切替の概念図

バッテリー電圧測定及び衛星モード切替のフローチャートを図 3.3 に示す．バッテリー電圧測定及び衛星モード切替処理では返り値として 1byte のエラーステータスを用意しており，異なる 2bit ずつを異なるエラーに割り当てることで，同時に生じる複数のエラーを検知できるように実装している．1bit ずつの割り当てでないのは，放射線等による bit 反転の影響を小さくするためである．エラー値の詳細については OP-S1-0109「CW 通信フォーマット」の衛星モードエラーステータスを参照．また衛星モード切替の詳細については，OP-S1-0104「OrigamiSat-1 モード切替について」を参照．

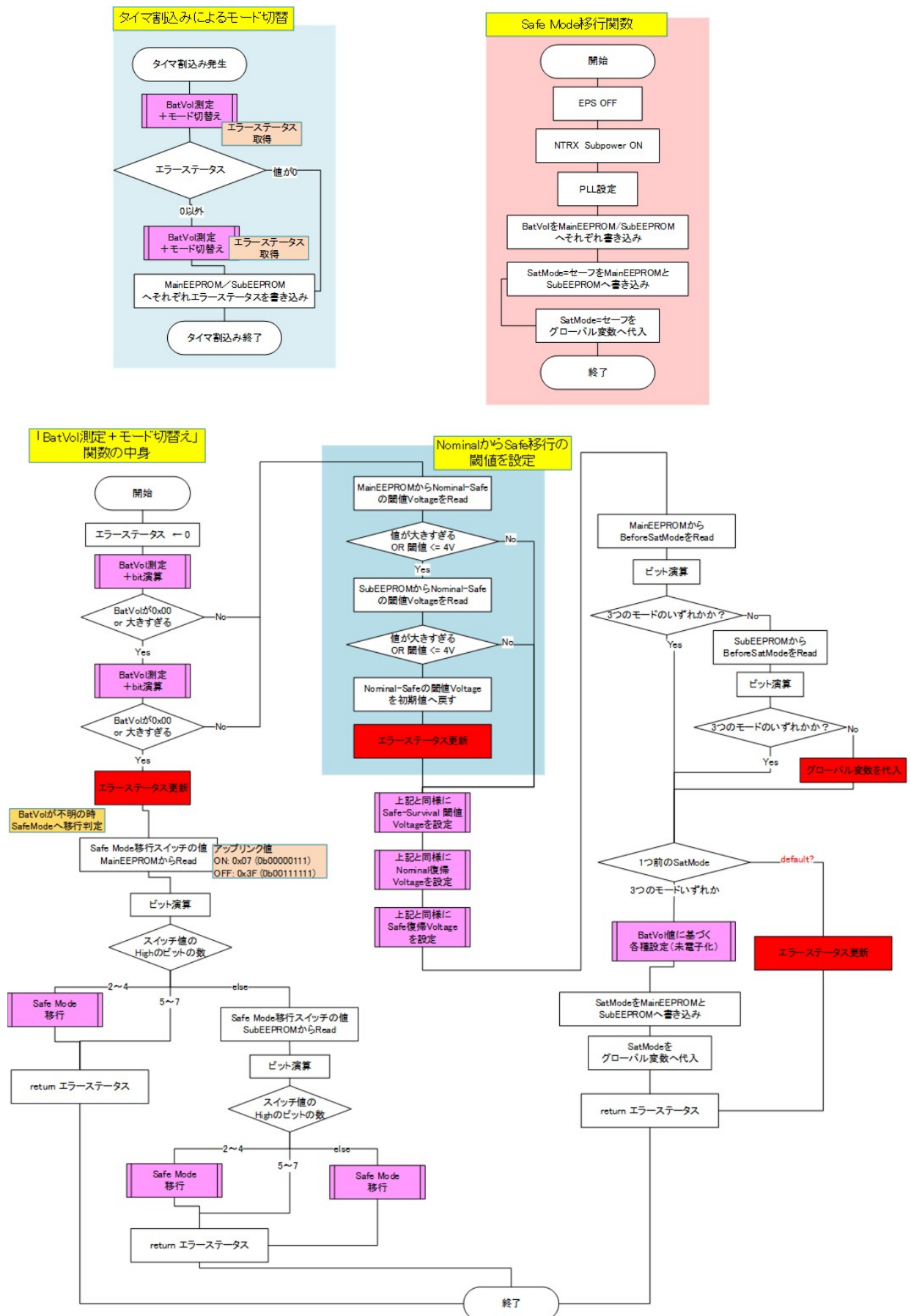


図 3.3: モード切替フローチャート

アップリンクコマンド処理 RXPIC のアップリンクコマンド処理時のフローチャートを図 3.4 に示す。地上局からのアップリンクコマンドを受信後コマンド ID の確認を行い、最終実行コマンド ID と同じであればコマンドの実行は行わない。これは地上局から誤って同じコマンドを 2 回送った時、衛星がそれを実行しないようにするためである。コマンド ID のチェックが終わった後はEEPROMにコマンドを書き込み、コマンドターゲットに応じて処理を行う。コマンドターゲットがRXPICであった場合のコマンド実行関数内では、コマンドタイプに応じて switch 文で分岐し、それぞれの処理を行っている。

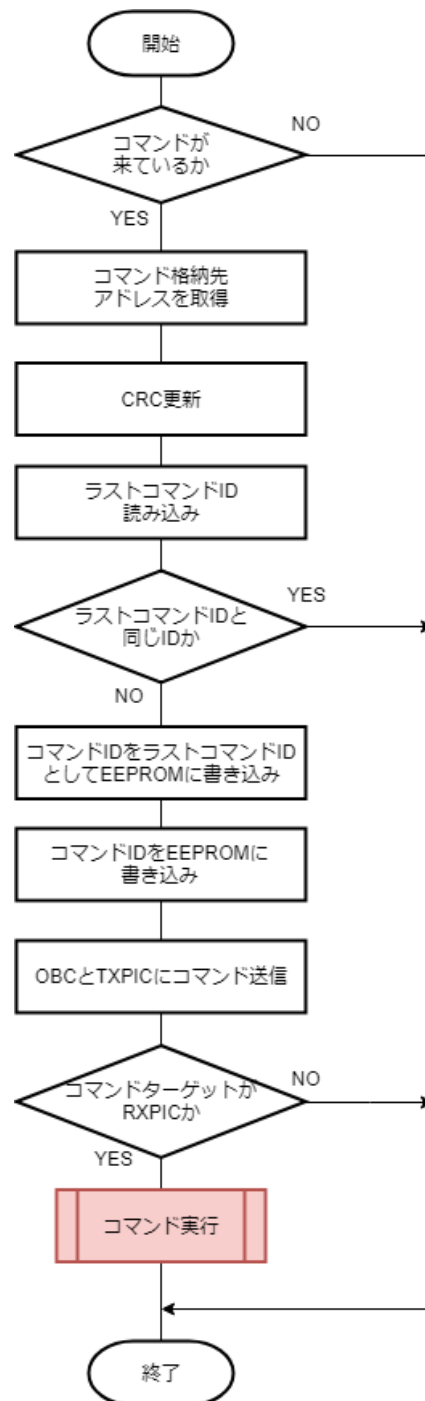


図 3.4: アップリンクコマンド処理フローチャート

#### (4) TXPIC 詳細

TXPIC のフローチャートを図 3.5 に示す. 図 3.5 のフローチャートとは別に割込み関数として, コマンドが来た際に (2) の主要機能のうち, レシーブコマンドダウンリンク, CW ダウンリンク (データ), FM ダウンリンク (HK/データ), スイッチ切替は, 図 3.5 中のコマンド実行関数内で行われる.

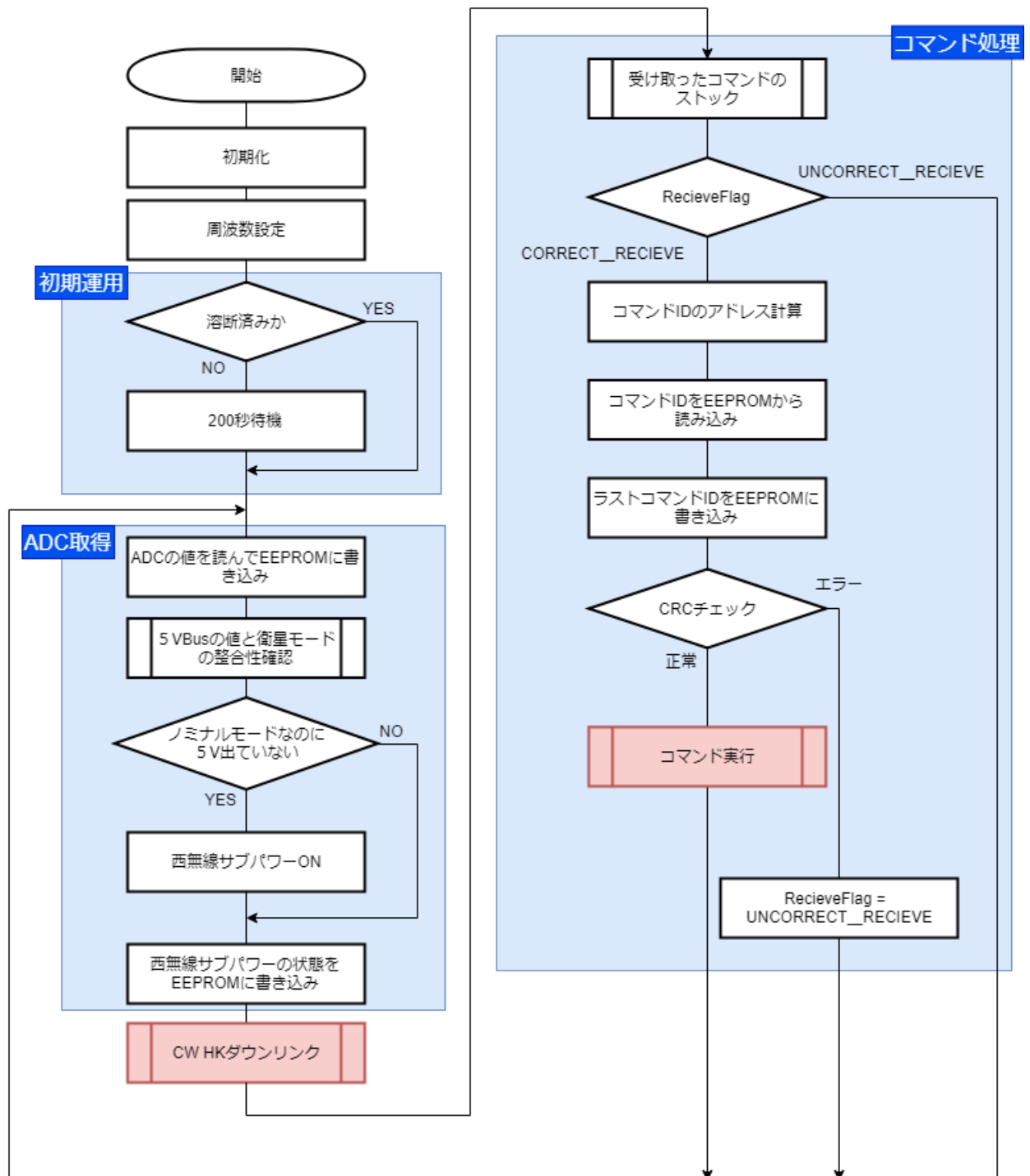


図 3.5: TXPIC 全体フローチャート

以下で TXPIC の各機能について説明する。

**初期運用** 詳細については初期運用項 (統合時ラベル付けして参照) を参照。

**ADC の値を取得** ADC の CH1-4 の値を取得し、EEPROM に保存する。なお、CH1-4 はそれぞれバッテリー温度、EPS5V ライン電圧、EPS3.3V ライン電圧、5V ライン電圧電圧の値を示す。ADC の値を取得後、EEPROM から衛星モードの読み込みを行い整合性を確認する。整合性がとれない、すなわちノミナルモードにもかかわらず EPS 5 V ラインの電圧が低かった場合、西無線のサブパワーを ON にする。これは、ノミナル時にエラー等により西無線の電源が遮断され、地上局との通信ができなくなるリスクの低減のために実装を行った。

**レシーブコマンドダウンリンク** 地上局からアップリンクされたコマンドを受信した後、RXPIC からの指示を受けて TXPIC はアップリンクされたコマンドを地上局に返す。これはコマンドアップリンク時、衛星側がコマンドを受け取ったかどうか判断するために実装を行った。

**CW ダウンリンク** CW ダウンリンクは、HK ダウンリンクとコマンドによる指定データのダウンリンクの 2 種類がある。CWHK ダウンリンクフォーマットの詳細については、OP-S1-0109「CW 通信フォーマット」を参照。コマンドによる指定データのダウンリンクでは、コマンドによって指定された EEPROM アドレスのデータを指定回数ダウンリンクする。CW によるデータダウンリンク機能は、FM 及び 5.8GHz データ送信機能が共に失われた場合に備え実装を行った。

**FM ダウンリンク** FM ダウンリンクは、HK ダウンリンクとコマンドによる指定データのダウンリンクの 2 種類がある。FM ダウンリンクフォーマットの詳細については、OP-S1-0108「FM ダウンリンクフォーマット」を参照。

**スイッチ切替** コマンドに応じてヒーター、送受信機、5.8GHz 送信機予備電源、溶断回路、WDT,FMPTT, CWKEY の ON/OFF を切り替える。コマンドで時間を指定することにより、指定時間 ON/OFF を切り替えた後、元の状態に戻す機能が実装されている。

## (5) コメントや次回への改善点

- システム設計を早い時期にしっかり行い、優先順位の高いものからプログラムを作っていくべきだった。複数個所で使う重要な機能の開発が後半に残っていたことがあった。また、機能を実装したものの結局使わないものや、ほぼ同じ機能を持つ関数が複数存在する事態が開発途中で発生した。また OrigamiSat-1 の CIB では開発の遅れからエラー処理を実装しきれないところが多かった。システム設計を早期にしっかり行い、エラーについても体系的に処理を行い HK データ等でダウンリンクすることで、エラー箇所の切り分けを行うことができれば故障解析もしやすくなったのではないと思う。
- CW HK データに衛星モード切替のエラーステータスを含めたのは良かった。当初の予定では含まれておらず、衛星引き渡し直前に CW HK データのうち TX/RX コマンドエラーステータス機能にバグを発見し FM 機への実装を断念したことを受け、CIB

開発メンバーで相談し急遽 HK データに入れたものであるが，結果的に衛星の状況を確認し故障解析に必要なデータとして役立った。

- 複数の同一基板を用意しておいた方がよかった。FM 機搭載基板と全く同じ基板が試験用に存在しなかったため，環境が異なっていたことにより，打ち上げ前に発見できなかったバグが存在した。特に周波数設定に関しては，EM では西無線のテストボードを使用していたため FM 機体の試験環境とは大きく異なっていた。

### 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）
- 4.2 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