

OrigamiSat-1

CW ダウンリンク通信データフォーマット

文書管理番号	OP-S1-0109	改訂番号	Ver. 3.2
作成年月日	初版 2018/12/31、改訂版 2019/1/25		
作成者	東工大 OrigamiSat-1 プロジェクトチーム		



O R I G A M I
PROJECT

改訂履歴

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2018/12/31	初版	初版作成（中塚）
2019/01/09	2.0 2.1, 2.2	OBC コマンドステータスの説明を追記（中塚） 文言調整（坂本, 中塚）
2019/01/18	3.0	バッテリー電圧 2 説明追記（中塚）
2019/01/20	3.1	衛星モードエラーステータスの説明を修正 選択データの説明を修正（中塚）
2019/01/25	3.2	2.5.2. バッテリー電圧 2 の計算を修正 2.6.2. 3.3V BUS 電圧の計算を修正（飯島）

1. 概要

本仕様書では 3U キューブサット OrigamiSat-1 (JS1YAX) の CW (Constant Wave, Continuous Wave) 通信について記載する. OrigamiSat-1 では衛星モードや地上局からのコマンドに応じ, CW 送信の有無, CW データ更新の有無, CW データ項目が変化する.

2. 通信フォーマット

本節では CW の通信データ (テレメトリ) フォーマットについて説明する. Table 1 に CW 通信データフォーマットの概要を示す. コールサイン, 衛星名, データ部の間は約 1 秒間であり, 送信速度は 20 wpm である.

本衛星においては, 運用中衛星から FM (Frequency Modulation) を送信するタイミングで CW は送信途中であっても一度途切れ, FM 送信が終わるとコールサインからデータ送信を再開する. 途中で途切れることなく送信を完了した場合, コールサインの始まりからデータ部の終わりまでかかる所要時間は約 50-60 秒である.

データ部の項目及びデータ量を Table 2 に示す. なお, データは全て 16 進数(HEX)で送信される.

Table 1 CW 通信データフォーマット

コールサイン	衛星名	データ部
JS1YAX	ORIGAMI	23byte

Table 2 データ部の項目とデータ量

データ内容	データ量	データ更新 コンポーネント
衛星モード	1byte	CIB ¹
衛星モードエラーステータス	1byte	
バッテリー温度	2byte	
最終実行コマンド ID (RXPIC ²)	1byte	
最終実行コマンド ID (TXPIC ³)	1byte	
バッテリー電圧 1	2byte	CIB/OBC
5V バス電圧	2byte	
3.3V バス電圧	2byte	OBC
バッテリー電圧 2	1byte	

¹ 通信・インヒビット制御基板(Communication and Inhibit control Board).

² 受信用無線機を制御する PIC マイコン.

³ 送信用無線機を制御する PIC マイコン.

最終実行コマンド ID (OBC ⁴)	1byte	OBC
OBC コマンドステータス	1byte	
バッテリー電流	2byte	
EPS ⁵ スイッチステータス	2byte	
送信用無線機温度	1byte	
受信用無線機温度	1byte	
選択データ 1	1byte	選択データ により変動
選択データ 2	1byte	

なお、データは全てビッグエンディアンである。EPS、OBC、無線機等の各コンポーネントの配置は Figure1 に記載する通りである。

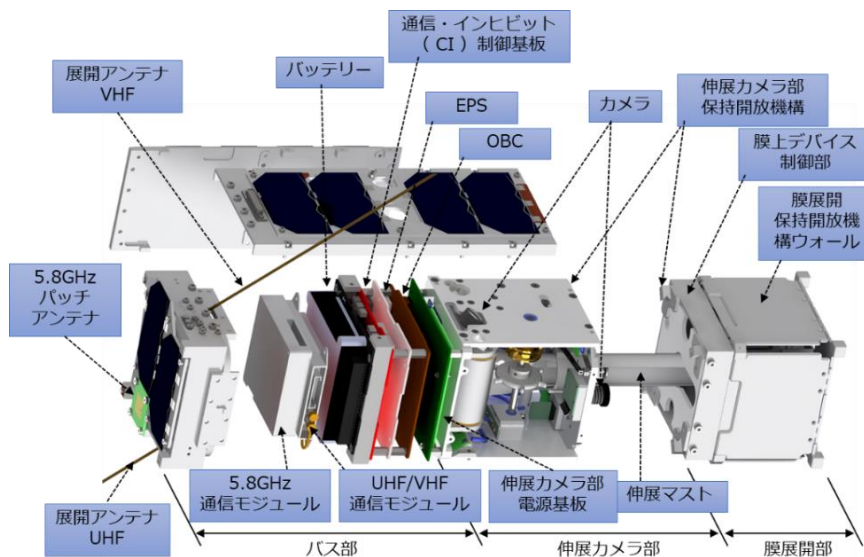


Figure 1 OrigamiSat-1 機器配置

以下では Table 2 のデータ部の各項目について詳細を述べる。

2.1. 衛星モード

衛星モードで送られる情報を Table 3 に示す。衛星モードは、バッテリー電圧に応じて以下の3つのモードに切り替わる。各モードの詳細を Table4 に示す。

Table 3 衛星モードのデータ内訳

7bit(MSB)	6bit	5bit	4bit	3bit	2bit	1bit	0bit(LSB)
衛星モード				SEP スイッチ のステータス		RBF スイッチ のステータス	

⁴ オンボードコンピューター (On Board Computer).

⁵ 電源系 (Electrical Power Subsystem).

Table 4 衛星モードについて

モード	詳細
ノミナルモード	正常時のモード.
セービングモード	バッテリー電圧が低下してきた時このモードに入る. 消費電力を抑えるため、最低限の通信のみ動作し、バッテリー電圧の回復を試みる. CW データの項目内容・数はノミナルモード時と変わらないが、OBC の電源が切れており、OBC が更新するデータについては内容の更新が行われない.
サバイバルモード	バッテリー電圧が大きく低下し危険状態の時このモードに入る. 一部の PIC マイコンを除き、全ての機器の電源が切れており、CW 送信も行われない状態. バッテリー電圧の回復のみに集中する.

各衛星モードは Table5 のように表される.

Table 5 各衛星モードの表記

衛星モード	7 bit	6bit	5bit	4bit
ノミナルモード	0	1	0	1
セービングモード	0	1	1	0
サバイバルモード	1	0	1	0

Table 3 の SEP および RBF は衛星モードに応じて切り替わるスイッチである. SEP は EPS から出るバス電圧ラインの ON/OFF を行い、RBF は EPS/バッテリー間を ON/OFF する. すなわちスイッチが正常に動いている時、ノミナルモード時には SEP/RBF 共に ON であるが、バッテリー電圧の回復を試みるセービングモード及びサバイバルモードにおいては SEP のみが OFF になる. スイッチが ON の時のスイッチステータスは 2 進数(BIN)で 0b10, OFF の時は 0b01 である. 以上のことをまとめたものを Table 6 に示す.

Table 6 衛星モードデータのまとめ

衛星モード	SEP	RBF	スイッチ正常時 データ(BIN)	スイッチ正常時 データ(HEX)
ノミナルモード	ON	ON	0b01011010	0x5A
セービングモード	OFF		0b01100110	0x66
サバイバルモード			0b10100110	0xA6

2.2. 衛星モードエラーステータス

衛星モードエラーステータスは、衛星モード切替中に生じるエラー情報を表す。正常時は 0x00、エラーが生じた場合は Table 7 に示した対応エラー箇所の bit が 1 になる。

Table 7 衛星モードエラーステータスの内容

7bit (MSB)	6bit	5bit	4bit	3bit	2bit	1bit	0bit (LSB)
衛星モード 切替エラー		1つ前の衛星モード 読み込みエラー		モード切替閾値電 圧読み込みエラー			バッテリー電圧 読み込みエラー

なお Table7 に示すエラー以外に、衛星モード切替異常終了がある。このときは 0x55 が衛星モードエラーステータスに入る。なお衛星モード切替異常終了以外では、エラーが生じたとしても冗長処理により、衛星モード切替が正常に行われるようになっている。

2.3. バッテリ温度

バッテリー温度アナログ値(以下、BTA)は、受信したデータ(HEX)を 10 進数(DEC)に変換した後、次式により計算できる。

$$BTA = \frac{330 \times \text{データ(DEC)}}{1024 - \text{データ(DEC)}} \quad (1)$$

バッテリー温度[°C]は上記のバッテリー温度アナログ値を用いて次式より得られる。

$$\text{バッテリー温度[°C]} = \frac{1}{\left\{ \frac{1}{4390} \times \log\left(\frac{BTA}{100}\right) + \frac{1}{298.15} \right\}} - 273.15 \quad (2)$$

2.4. 最終実行コマンド ID (TXPIC, RXPIC, OBC)

地上局からのコマンドアップリンク時、各コマンドは 0x00-0xFF までの通し番号 (コマンド ID) が割り振られる。最終実行コマンド ID は、各機器(TXPIC, RXPIC, OBC)が最終実行したコマンドの ID を表す。

2.5. バッテリ電圧

バッテリー電圧データは 2 つ存在する。これはバッテリー電圧を 2 系統からとっているためである。

2.5.1. バッテリ電圧 1

バッテリー電圧 1 は AD コンバータより PIC マイコンが取得した値が入っている。バッテリー電圧 1 は、受信したデータ(HEX)を DEC に直した後、次式により計算できる。

$$\text{バッテリー電圧 1[V]} = 0.01386 \times \text{データ(DEC)} \quad (3)$$

2.5.2. バッテリ電圧 2

バッテリ電圧 2 は EPS からのテレメトリにより OBC が取得した値が入っている。バッテリ電圧 2 は、受信したデータ(HEX)を DEC に直した後、次式により計算できる。

$$\text{バッテリ電圧 2[V]} = 0.009 \times \text{データ(DEC)} \quad (4)$$

なお、Table 4 に記載があるように、サバイバルモード時にはバッテリ電圧 2 は更新されない。

※本来は式 4 から導出される 2byte のデータであるが、プログラムのミスにより上位 1byte しか送信されない。

2.6. バス電圧(5V/3.3V)

2.6.1. 5V バス電圧

5V バス電圧は、衛星モードがノミナルモード時は OBC が、セービングモード時は CIB が更新し、それぞれ変換式が異なる。ノミナルモード時の 5V バス電圧は、受信したデータ(HEX)を DEC に直した後、次式により計算できる。

$$5\text{V バス電圧[V]} = 0.005865 \times \text{データ(DEC)} \quad (5)$$

セービングモード時の 5V バス電圧は、受信したデータ(HEX)を DEC に直した後、次式により計算できる。

$$5\text{V バス電圧[V]} = 0.00645 \times \text{データ(DEC)} \quad (6)$$

2.6.2. 3.3V バス電圧

3.3V バス電圧は、受信したデータ(HEX)を DEC に直した後、次式により計算できる。

$$3.3\text{V バス電圧[V]} = 0.004311 \times \text{データ(DEC)} \quad (7)$$

2.7. OBC コマンドステータス

OBC コマンドステータスは、OBC がコマンドを実行した結果のステータスを表す。コマンドステータスの値と内容を Table 8 に示す。

Table 8 OBC コマンドステータスの内容

ステータス(HEX)	ステータス内容
0x00	正常
0x02	SD カード処理エラー (未定義パラメータ)
0x03	SD 処理エラー (ファイルオープン)
0x04	SD 処理エラー (パラメータ数オーバー)
0x05	SD 処理エラー (I2C)
0x0F	その他エラー
0x3A	5.8GHz 通信モジュール通信可非チェック 可
0x55	5.8GHz 通信モジュール通信可非チェック 非

0xF0	タイムアウトエラー
0xF2	コマンドフォーマットエラー
0xF3	EEPROM アドレスページエラー
0xF4	オーバーフローエラー
0xF5	モジュールのステータスエラー
0xF6	ファイルオープンエラー
0xF8	未定義パラメータエラー
0xFC	パラメータ数オーバーエラー

2.8. バッテリ電流

バッテリー電流は、受信したデータ(HEX)を DEC に直した後、次式により計算できる。

$$\text{バッテリー電流[A]} = 0.005237 \times \text{データ(DEC)} \quad (8)$$

2.9. EPS スイッチステータス

EPS スイッチステータスとは、EPS の各スイッチにおいて、電圧値と電流値がそれぞれ正常であるか、異常であるかを表したものである。正常の場合を 0, 異常な場合を 1 とする。各ビットが意味する情報を Table 9 に示す。

Table 9 EPS スイッチステータス

15bit (MSB)	14bit	13bit	12bit	11bit	10bit	9bit	8bit
switch 1 電圧	switch 1 電流	switch 2 電圧	switch 2 電流	switch 5 電圧	switch 5 電流	switch 6 電圧	switch 6 電流

7bit	6bit	5bit	4bit	3bit	2bit	1bit	0bit (LSB)
switch 7 電圧	switch 7 電流	switch 8 電圧	switch 8 電流	switch 9 電圧	switch 9 電流	switch 10 電圧	switch 10 電流

また、各スイッチの接続先を Table10 に示す。

Table 10 EPS スイッチ詳細

スイッチ 番号	接続先	スイッチ 番号	接続先
1	マスト伸展時モーター用電源(12V 1.5A)	6	写真撮影時 LED (5V)
2	12V 電源	7	5.8GHz 通信機用電源 (5V)
3	バッテリー電圧	8	MDC 用電源 (3.3V 4A)

4	バッテリー電圧	9	膜展開時テグス溶断用電源（3.3V 4A）
5	伸展カメラ部用電源（5V 4A）	10	アンテナ溶断用電源（3.3V 4A）

2.10. 送信用/受信用無線機温度

無線機温度アナログ値(以下, TTA)は, 受信したデータ(HEX)を 10 進数(DEC)に変換した後, 次式により計算できる.

$$TTA = \frac{330 \times \text{データ(DEC)}}{255 - \text{データ(DEC)}} \quad (9)$$

送信用/受信用無線機温度[°C]は上記の無線機温度アナログ値を用いて次式より得られる.

$$\text{無線機温度}[^{\circ}\text{C}] = \frac{1}{\left\{ \frac{1}{4390} \times \log\left(\frac{TTA}{100}\right) + \frac{1}{298.15} \right\}} - 273.15 \quad (10)$$

2.11. 選択データ

選択データ 1, 2 では, それぞれ地上局からのコマンドにより選択された内容のデータ 1byte が送信される. 初期設定は選択データ 1 が溶断ステータス, 選択データ 2 が無線機サブパワー供給ステータスである. 溶断ステータスはアンテナ展開用のテグスが溶断済か否かを表す. 無線機サブパワー供給ステータスは, 無線機への冗長電源供給ラインが ON か OFF かを表す. 各初期設定項目のステータスを Table11 に示す.

Table 11 選択データ初期項目のステータス

項目	状態	データ(HEX)
溶断ステータス	未溶断	0x10
	溶断済	0x7E
無線機サブパワーステータス	サブパワーOFF	0x07
	サブパワーON	0x3F

(以上)

本文書の一部または全部を著作権者の許可なしに複製, 転載することを禁止します.

© 東京工業大学 2019

Email: [report \[at\] origami.titech.ac.jp](mailto:report[at]origami.titech.ac.jp)