

# OrigamiSat-1

FM ダウンリンク通信データフォーマット

文書管理番号	OP-S1-0108	改訂番号	Ver. 2.6
作成年月日	初版 2019/01/11, 改訂版 2019/01/15		
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
2018/12/27	初版	初版作成（黒崎）
2019/01/11	2.3	一部追記（黒崎，坂本）
2019/01/13	2.4, 2.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 3.1.10 項に太陽電池パネル（SAP）の取り付け面を追記。（奥山）</li> <li>➤ 2.1, 3.2 節に，画像データ以外のミッションデータ（IMU，薄膜太陽電池，エンコーダ）についても説明を追加。Figure 1 を改訂。（大本，飯島）</li> </ul>
2019/01/15	2.6	IMU 計算式の誤記を修正

## 1. 概要

本文書では, 3U キューブサット OrigamiSat-1 (JS1YAX) の FM (Frequency Modulation) 通信について記載する.

## 2. 通信フォーマット

FM ダウンリンクテレメトリの概要を Table1 に示す.

Table 1 FM ダウンリンク・テレメトリ・データ概要

項目	詳細
変調方式	AFSK1200bps (NRZL 方式)
プロトコル	AX.25
データ内容	①HK データ (サイズ: 122 byte) ②ミッションデータ - 画像データ (サイズ: 数 K byte) - IMU データ (サイズ: 数 K byte) - 薄膜太陽電池 IV 特性 (サイズ: 8byte) - 伸展マストエンコーダ値 (サイズ: 数 byte) ③エコーバック (サイズ: 32byte)
コールサイン	“JQ1YCZ” (東工大地上局) “JS1YAX” (OrigamiSat-1 衛星局)

※HK: House keeping (衛星の状態を把握するデータ),

IMU: Inertial measurement unit (加速度センサと角速度センサの総称)

OrigamiSat-1 では AX.25 プロトコルに準拠した FM パケット通信を行う.

### 2.1. データフォーマット詳細

データフォーマットは 4 種類存在する. ①HK データ, ②ミッションデータは「データフォーマット 1」, ③エコーバックは「データフォーマット 2」に従う.

以下では①~③の各フォーマットの詳細を以下で述べる.

#### 2.1.1. データフォーマット 1 (①HK データ・②ミッションデータ)

HK データとミッションデータの FM 通信フォーマットを Table2 に示す. データは 32 byte ずつに分割され, ダウンリンクされる. ただし, 最終パケットのデータサイズは, ダウンリンクするデータのサイズを 32 byte で割った際の余りの byte 数となる.

また, ダウンリンクデータの前にはパケットナンバーが付加される. パケットナンバーとは, 3 byte 16 進数で表された数字で, 「何番目のパケットであるか」を意味する. 各パケットが地上局からの指定回数だけ繰り返しダウンロードされた後, 次のパケットのダウンロードに移行する.

**Table 2 FM データフォーマット 1**

		パケットナンバー			HK データ or 画像データ					
Flag	コールサイン +control	0x01	0x01	0x01	DATA(32byte)				Flag	指定回数 繰り返す
					#0	#1	...	#31		
Flag	コールサイン +control	0x02	0x02	0x02	DATA(32byte)				Flag	指定回数 繰り返す
					#32	#33	...	#63		
Flag	コールサイン +control	0x03	0x03	0x03	DATA(32byte)				Flag	指定回数 繰り返す
					#64	#65	...	#95		
⋮										
Flag	コールサイン +control	N	N	N	DATA(32byte)				Flag	指定回数 繰り返す
					##	##	...	##		

**2.1.2. データフォーマット 2 (③エコーバック)**

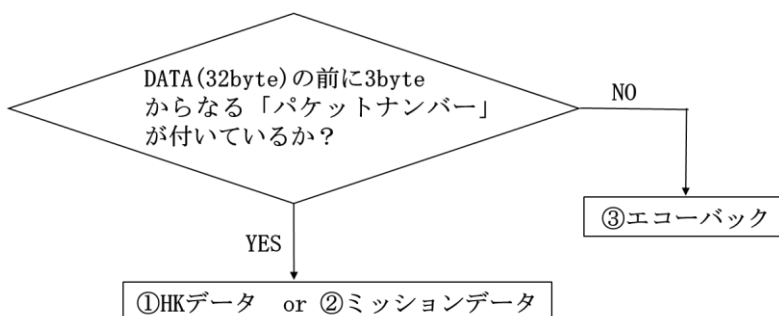
エコーバックとは、アップリンクコマンドを衛星が受信した際、受信確認のためにダウンリンクされる 32 byte のデータである。エコーバックのデータフォーマットを Table3 に示す。エコーバックは地上局からの指定回数だけ繰り返しダウンリンクされ

**Table 3 FM データフォーマット 2 (エコーバック)**

		エコーバック					
Flag	コールサイン +control	DATA(32byte)				Flag	指定回数 繰り返す
		#0	#1	...	#31		

**2.2. データ判別方法**

「①HK データ, ②ミッションデータ, ③エコーバック」, 3 種類のデータの判別方法を Figure 1 に示す。



**Figure 1 データ判別方法**

### 3. データ内容（データフォーマット 1）

テレメトリデータの内容は、①HK（ハウスキーピング）データ、②ミッションデータの2通りである。

#### 3.1. HK データダウンリンク

HK データは合計 122 byte からなる。HK データの内訳を Table 4 に示す。なお、メモリ（EEPROM）からデータを読み取る際にエラーが発生した場合は、値に 0xFF が入る。また、データは全てビッグエンディアンである。

3.1.1 項以降で各項目を説明する。EPS、OBC、無線機等の各コンポーネントの配置は Figure 2 に記載する通りである。

Table 4 HK ダウンリンク データフォーマット

説明の項目	byte	内容	byte 数
3.1.1	#0	最終実行コマンド ID (OBC)	1
3.1.2	#1	OBC コマンドステータス	1
3.1.3	#2-#7	データ取得時刻	6
3.1.4	#8-#11	バッテリー電圧・電流	4
3.1.5	#12	バッテリーステータス	1
3.1.6	#13-#14	EPS スイッチステータス	2
3.1.7	#15	EPS バスステータス	1
3.1.8	#16	衛星モード	1
3.1.9	#17-#20	SAP 電圧・電流	4
3.1.10	#21-#30	太陽光パネル 1~5 発電量	10
3.1.11	#31-#38	太陽光パネル 1~4 電流	8
3.1.12	#39-#54	各コンポーネント温度データ	16
3.1.13	#55-#60	本体加速度 X~Z	6
3.1.14	#61-#66	本体角速度 X~Z	6
3.1.15	#67	ラズパイ最終実行コマンド ID	1
3.1.16	#68	ラズパイモード、コマンド実行ステータス、LED ステータス	1
3.1.17	#69-#100	EPS スイッチ 1~10 電圧・電流	32
3.1.18	#101-#104	EPS 3V3 BUS 電圧・電流	4
3.1.19	#105-#108	EPS 5V BUS 電圧・電流	4
3.1.20	#109-#112	EPS 12V BUS 電圧・電流	4
3.1.21	#113-#118	BCR1~3 電圧	6

3.1.22	#119-#120	太陽光パネル 5 (-X 面) 電流	2
3.1.23	#121	5.8GHz 12V 電圧	1
合計			122

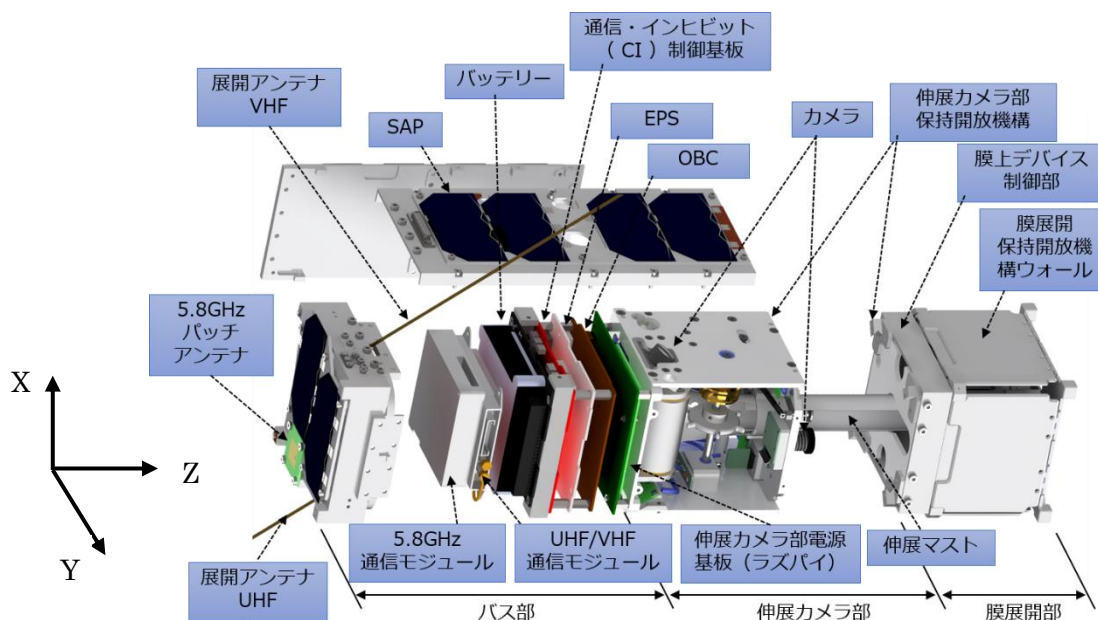


Figure 2 OrigamiSat-1 の機器配置および座標の定義

### 3.1.1. 最終実行コマンド ID (OBC)

OBC で最後に実行されたコマンド ID に更新される。

### 3.1.2. 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 5 に示す。

Table 5 OBC コマンドステータスの内容

エラーステータス	エラー内容
0x00	正常
0x02	SD 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

### 3.1.3. データ取得時刻

HK データ取得時刻は、「y 年 m 月 d 日 h 時 m 分 s 秒」とし、Table 6 のように各々の値は 1 byte で表される。

Table 6 データ取得時刻

byte	内容	byte 数	値
#2	データ取得時刻 - 年 (西暦下 2 桁)	1	0x00 - 0xFF
#3	データ取得時刻 - 月	1	0x00 - 0x0C
#4	データ取得時刻 - 日	1	0x00 - 0x1F
#5	データ取得時刻 - 時	1	0x00 - 0x17
#6	データ取得時刻 - 分	1	0x00 - 0x3B
#7	データ取得時刻 - 秒	1	0x00 - 0x3D

### 3.1.4. バッテリ電圧・電流

Table 7 バッテリ電圧・電流

番号	byte	内容	byte 数
①	#8-#9	バッテリ電圧	2
②	#10-#11	バッテリ電流	2

#### ① バッテリ電圧

バッテリ電圧値は式(1)で表される。DATA には、取得した 16 進数 2 byte の数値を 10 進数に直した値を代入する (②も同様)。

$$\text{電圧[V]} = 0.009971 \times \text{DATA} \quad (1)$$

② バッテリ電流

バッテリ電流値は式(2)で表される.

$$\text{電流[A]} = 0.005237 \times \text{DATA} \quad (2)$$

**3.1.5. バッテリステータス**

バッテリステータスとは, バッテリの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 7 に示す.

**Table 8 バッテリステータス**

7bit(MSB)	6bit	5bit	4bit	3bit	2bit	1bit	0bit (LSB)
---	---	---	---	---	---	バッテリ電圧	バッテリ電流

**3.1.6. EPS スイッチステータス**

EPS スイッチステータスとは, EPS (Electric Power System : 電源機器) 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 Table 10 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用電源( 12V 1.5A)	6	写真撮影時 LED 用電源 ( 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)

### 3.1.7. EPS バスステータス

EPS バスステータスとは、3.3V BUS, 5V BUS, 12V BUS の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 11 に示す。

Table 11 EPS バスステータス

7bit(MSB)	6bit	5bit	4bit	3bit	2bit	1bit	0bit(LSB)
---	---	3.3V BUS 電圧	3.3V BUS 電流	5V BUS 電圧	5V BUS 電流	12V BUS 電圧	12V BUS 電流

### 3.1.8. 衛星モード

衛星モードで送られる情報を Table 12 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 Table 13 に示す。

Table 12 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	

Table 13 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 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 Table 14 のように表される。

**Table 14 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 12 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およ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 15 に示す。

**Table 15 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

### 3.1.9. SAP 電圧・電流

**Table 16 SAP 電圧・電流**

番号	byte	内容	byte 数
①	#17-#18	SAP 電圧	2
②	#19-#20	SAP 電流	2

#### ① SAP 電圧

SAP 電圧値は式(3)で表される。DATA には，取得した 16 進数 2 byte の数値を 10 進数に変換し値を代入する (②も同様)。

$$\text{電圧[V]} = 0.008993157 \times \text{DATA} \quad (3)$$

## ② SAP 電流

SAP 電流値は式(4)で表される.

$$\text{電流[A]} = 0.014662757 \times \text{DATA} \quad (4)$$

### 3.1.10. 太陽光パネル 1~5 発電量

太陽電池の発電量. 基準値の 0x0200 以上で発電を行っていることが判断できる.

パネル番号と衛星面の対応は以下である: (1, 2, 3, 4, 5) = (+X, -X, +Y, -Y, -Z). なお+Z面には太陽電池パネルは貼付されていない.

### 3.1.11. 太陽光パネル 1~4 電流

Table 17 太陽光パネル電流

byte	内容	byte 数
#31-#32	太陽光パネル 1 (+X 面) 電流	2
#33-#34	太陽光パネル 2 (-X 面) 電流	2
#35-#36	太陽光パネル 3 (+Y 面) 電流	2
#37-#38	太陽光パネル 4 (-Y 面) 電流	2

各太陽光パネルの電流値は式(5)で表される. DATA には, 取得した 16 進数 2byte の数値を 10 進数に変換し値を代入する.

$$\text{電流[A]} = 0.0009775 \times \text{DATA} \quad (5)$$

### 3.1.12. 各コンポーネント温度データ

温度センサの貼り付け位置を Figure 3, Table 18 に示す.

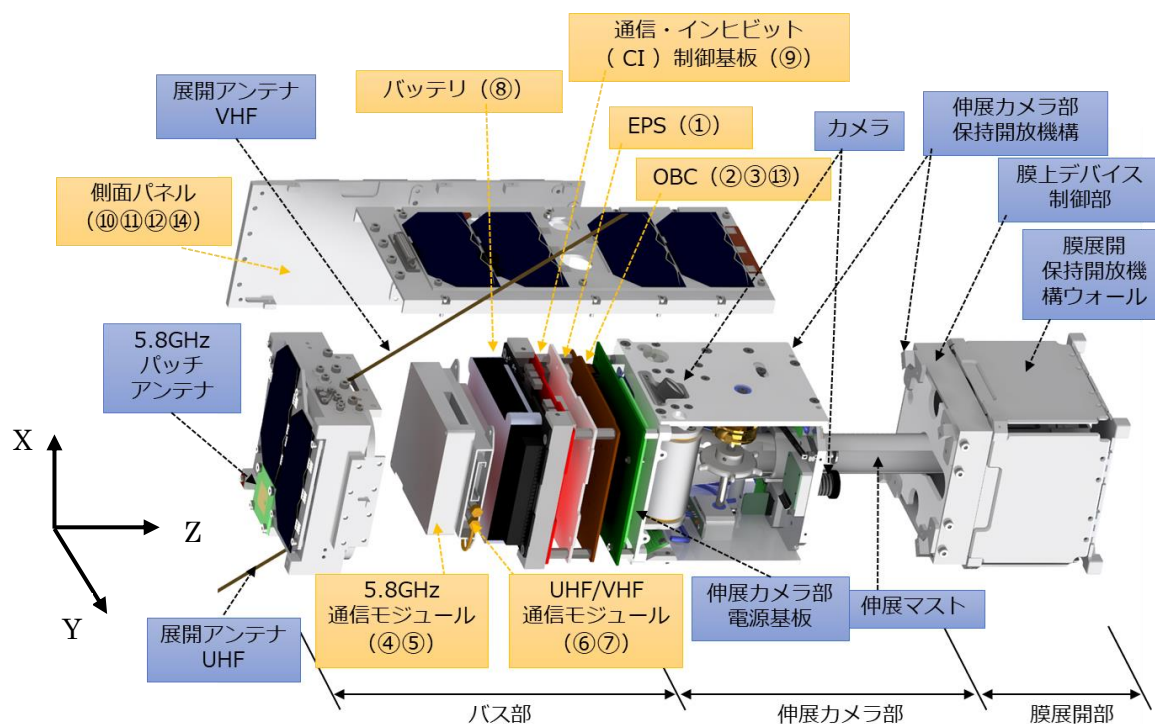


Figure 3 温度センサ取り付け位置

Table 18 温度測定箇所

番号	byte	内容	byte 数
①	#39-#40	EPS 温度	2
②	#41	OBC 温度/Temperature0	1
③	#42	OBC 温度/Temperature1	1
④	#43	5.8GHz アンプ温度	1
⑤	#44	5.8GHz 放熱板温度	1
⑥	#45	西無線温度(TX)	1
⑦	#46	西無線温度(RX)	1
⑧	#47-#48	BAT(マザーボード)温度	2
⑨	#49	CI 基板(DC-DC)	1
⑩	#50	側面パネル +Y 面	1
⑪	#51	側面パネル +X 面	1
⑫	#52	側面パネル -X 面	1
⑬	#53	OBC (GPU)温度	1
⑭	#54	側面パネル -Y 面	1

① EPS 温度

EPS 温度は式(6)で表される. DATA には, 取得した 16 進数 2byte の数値を 10 進数に変換し値を代入する (①~⑭すべてで同様である).

$$\text{EPS 温度}[\text{°C}] = (0.372434 \times \text{DATA}) - 273.15 \quad (6)$$

③ ③OBC 温度

OBC 温度は式(7)で表される.

$$\text{OBC 温度}[\text{°C}] = \frac{\frac{\text{DATA} \times 2493.0}{1023} - 424}{6.25} \quad (7)$$

⑧BAT (マザーボード) 温度

BAT (マザーボード) 温度は式(8)で表される.

$$X = \frac{330 \times \text{DATA}}{1024 - \text{DATA}} \quad (8)$$
$$\text{温度}[\text{°C}] = \frac{1.0}{\frac{1.0}{4390.0} \log \frac{X}{100.0} + \frac{1.0}{25.0 + 273.15}} - 273.15$$

その他 (④⑤⑥⑦⑨⑩⑪⑫⑬⑭)

温度は式(9)で表される.

$$X = \frac{330 \times \text{DATA}}{255 - \text{DATA}} \quad (9)$$
$$\text{温度}[\text{°C}] = \frac{1.0}{\frac{1.0}{4390.0} \log \frac{X}{100.0} + \frac{1.0}{25.0 + 273.15}} - 273.15$$

### 3.1.13. 本体加速度 X~Z

Table 19 本体加速度

byte	内容	byte 数
#55-#56	本体加速度 X	2
#57-#58	本体加速度 Y	2
#59-#60	本体加速度 Z	2

本体加速度は式(10)で表される。DATA には、取得した 16 進数 2 byte の数値（2 の補数表現）を 10 進数に変換した値を代入する。

$$X = 2 \times 9.8 \times \frac{DATA}{32767} \quad (10)$$

### 3.1.14. 本体角速度 X~Z

Table 20 本体角加速度

byte	内容	byte 数
#61-#62	本体角速度 X	2
#63-#64	本体角速度 Y	2
#65-#66	本体角速度 Z	2

本体角速度は式(11)で表される。DATA には、取得した 16 進数 2 byte（2 の補数表現）の数値を 10 進数に変換し値を代入する。

$$X = 500 \times \frac{DATA}{32767} \quad (11)$$

### 3.1.15. ラズパイ最終実行コマンド ID

ラズパイ用のコマンドには ID が割り振られており、最終実行コマンド ID に更新される。

### 3.1.16. ラズパイモード・コマンド実行ステータス・LED ステータス

ラズパイのモードを 7-6bit, コマンド実行ステータスを 5-4bit, LED ステータスを 3-0bit に示す。

Table 21 各ビット詳細

7bit(MSB)	6bit	5bit	4bit	3bit	2bit	1bit	0bit(LSB)
00 : 初期値		00 : STANDBY		LED 4	LED 3	LED 2	LED 1
01 : 実行中		01 : RUN		0 : OFF	0 : OFF	0 : OFF	0 : OFF
10 : エラー		10 : STOP		1 : ON	1 : ON	1 : ON	1 : ON

### 3.1.17. EPS スイッチ 1~10 電圧・電流

Table 22 EPS 電圧・電流

番号	byte	内容	byte 数
①	#69-#70	EPS スイッチ 1 電圧	2
②	#71-#72	EPS スイッチ 1 電流	2
③	#73-#74	EPS スイッチ 2 電圧	2
④	#75-#76	EPS スイッチ 2 電流	2
⑤	#77-#78	EPS スイッチ 5 電圧	2
⑥	#79-#80	EPS スイッチ 5 電流	2
⑦	#81-#82	EPS スイッチ 6 電圧	2
⑧	#83-#84	EPS スイッチ 6 電流	2
⑨	#85-#86	EPS スイッチ 7 電圧	2
⑩	#87-#88	EPS スイッチ 7 電流	2
⑪	#89-#90	EPS スイッチ 8 電圧	2
⑫	#91-#92	EPS スイッチ 8 電流	2
⑬	#93-#94	EPS スイッチ 9 電圧	2
⑭	#95-#96	EPS スイッチ 9 電流	2
⑮	#97-#98	EPS スイッチ 10 電圧	2
⑯	#99-#100	EPS スイッチ 10 電流	2

①~⑯の変換式を以下に示す.

① ③EPS 電圧 (スイッチ 1, 2)

EPS 電圧値は式(12)で表される. DATA には, 取得した 16 進数 2 byte の数値を 10 進数に変換し値を代入する (①~⑯の全てにおいて同様である).

$$\text{EPS 電圧}[V] = 0.01349 \times \text{DATA} \quad (12)$$

④ ⑦⑨EPS 電圧 (スイッチ 5, 6, 7)

EPS 電圧値は式(13)で表される.

$$\text{EPS 電圧}[V] = 0.005865 \times \text{DATA} \quad (13)$$

⑪⑬⑮EPS 電圧 (スイッチ 8, 9, 10)

EPS 電圧値は式(14)で表される.

$$\text{EPS 電圧}[V] = 0.004311 \times \text{DATA} \quad (14)$$

②④⑥⑧⑩⑫⑭⑯EPS 電流 (スイッチ 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10)

EPS 電流値は式(15)で表される.

$$\text{EPS 電流[A]} = 0.001328 \times \text{DATA} \quad (15)$$

### 3.1.18. EPS 3V3 BUS 電圧・電流

Table 23 EPS 3V3 BUS 電圧・電流

番号	byte	内容	byte 数
①	#101-#102	EPS 3.3V BUS 電圧	2
②	#103-#104	EPS 3.3V BUS 電流	2

①EPS 3.3V BUS 電圧

EPS 3.3V BUS 電圧値は式(16)で表される. DATA には, 取得した 16 進数 2byte の数値を 10 進数に変換し値を代入する (②も同様).

$$\text{電圧[V]} = 0.003988 \times \text{DATA} \quad (16)$$

②EPS 3.3V BUS 電流

EPS 3.3V BUS 電流値は式(17)で表される.

$$\text{電流[A]} = 0.005237 \times \text{DATA} \quad (17)$$

### 3.1.19. EPS 5V BUS 電圧・電流

Table 24 EPS 5V BUS 電圧・電流

番号	byte	内容	byte 数
①	#105-#106	EPS 5V BUS 電圧	2
②	#107-#108	EPS 5V BUS 電流	2

① EPS 5V BUS 電圧

EPS 5V BUS 電圧値は式(18)で表される. DATA には, 取得した 16 進数 2byte の数値を 10 進数に変換し値を代入する (②も同様).

$$\text{電圧[V]} = 0.005865 \times \text{DATA} \quad (18)$$

②EPS 5V BUS 電流

EPS 5V BUS 電流値は式(19)で表される.

$$\text{電流[A]} = 0.005237 \times \text{DATA} \quad (19)$$



### 3.1.20. EPS 12V BUS 電圧・電流

Table 25 EPS 12V BUS 電圧・電流

番号	byte	内容	byte 数
①	#109-#110	EPS 12V BUS 電圧	2
②	#111-#112	EPS 12V BUS 電流	2

#### ① EPS 12V BUS 電圧

EPS 12V BUS 電圧値は式(20)で表される。DATA には、取得した 16 進数 2byte の数値を 10 進数に変換し値を代入する（②も同様）。

$$\text{電圧[V]} = 0.01349 \times \text{DATA} \quad (20)$$

#### ②EPS 12V BUS 電流

EPS 12V BUS 電流値は式(21)で表される。

$$\text{電流[A]} = 0.00207 \times \text{DATA} \quad (21)$$

### 3.1.21. BCR1~3 電圧

Table 26 BCR1~3 電圧

byte	内容	byte 数
#113-#114	BCR1 電圧	2
#115-#116	BCR2 電圧	2
#115-#116	BCR3 電圧	2

BCR（Battery Charge Regulator）電圧は式(22)で表される。DATA には、取得した 16 進数 2 byte の数値を 10 進数に変換し値を代入する。

$$\text{電圧[V]} = 0.0249 \times \text{DATA} \quad (22)$$

### 3.1.22. 太陽光パネル 5（-Z 面）電流

太陽光パネル電流値は式(23)で表される。DATA には、取得した 16 進数 2 byte の数値を 10 進数に変換し値を代入する。

$$\text{電流[A]} = 0.0009775 \times \text{DATA} \quad (23)$$

### 3.1.23. 5.8GHz 12V 電圧

5.8GHz 12V 電圧値は式(24)で表される。DATA には、取得した 16 進数 1 byte の数値を 10 進数に変換し値を代入する。

$$\text{電流[A]} = 3.3 \times \frac{\text{DATA}}{255} \times \frac{78}{10} \quad (24)$$

## 3.2. ミッションデータ

### 3.2.1. 画像データダウンリンク

画像のデータダウンリンクフォーマットを Table 27 に示す。

Table 27 画像ダウンリンクフォーマット

内容	値
ヘッダー	0xFF
	0x20
画像データ	0xFF
	0xD8
	・
	・
	・
	0xFF
撮影時刻 (16進数表示)	0xD9
	西暦 (下 2 桁)
	月
	日
	時
	分
フッター	秒
	0xFF
	0x1E

### 3.2.2. IMU データフォーマット

IMU は、加速度センサと角速度センサからなる。IMU データのダウンリンクフォーマットを Table 28 に示す。データの復元方法は 3.1.13, 3.1.14 節と同様。加速度値はリトルエンディアン、角速度値はビッグエンディアンで表される。

Table28 IMU データフォーマット

内容	値
計測開始時刻 6byte	西暦
	月
	日
	時
	分
	秒
ガベージ 12byte	0xFF
通し番号 2byte	0x0000- 0xFFFF
x 軸加速度 2byte	0x0000- 0xFFFF
y 軸加速度 2byte	0x0000- 0xFFFF
z 軸加速度 2byte	0x0000- 0xFFFF
温度 2byte	0x0000- 0xFFFF
x 軸角速度 2byte	0x0000- 0xFFFF
y 軸角速度 2byte	0x0000- 0xFFFF
z 軸角速度 2byte	0x0000- 0xFFFF
計測終了時刻 6byte	西暦
	月
	日
	時
	分
	秒
ガベージ 12byte	0xFF



計測回数分繰り返し  
計測レート  
マスト伸展時 50Hz  
膜展開時 150Hz

### 3.2.3. 薄膜太陽電池 IV 特性

展開膜に取り付けられた薄膜太陽電池の IV 特性（電流・電圧特性）のダウンリンクフォーマットを Table 29 に示す。

Table29 IV 特性ダウンリンクフォーマット

内容	値
電圧 2byte	0x0000-0xFFFF
電流 2byte	0x0000-0xFFFF
ガベージ 4byte	

#### 3.2.3.1. 薄膜太陽電池 電圧値換算式

薄膜太陽電池の電圧値はリトルエンディアンでダウンリンクされる。ダウンリンクデータ 16bit の構成を Table 30 に示す。また電圧の換算式は式(25)の通り。

Table 30 各 bit 詳細

15bit - 4bit	3bit - 0bit
電圧値	0：正值 1：負値

$$\text{電圧}[V] = 3.3 \times \frac{\text{DATA}}{4095} \times 10 \quad (25)$$

#### 3.2.3.2. 薄膜太陽電池 電流値換算式

薄膜太陽電池の電流値はリトルエンディアンでダウンリンクされる。ダウンリンクデータ 16 bit の構成を Table 31 に示す。また電圧の換算式は式(26)の通り。

Table 31 各 bit 詳細

15bit - 4bit	3bit - 0bit
電流値	0：正值 1：負値

$$\text{電流}[A] = 3.3 \times \frac{DATA}{4095} \times \frac{1}{10} \quad (26)$$

### 3.2.4. エンコーダデータ

伸展カメラ部にはマスト伸展用モータが搭載されている。このモータの回転数を測定しているエンコーダデータがダウンリンクされる。ダウンリンクデータの構成を Table 32 に示す。16進数 2 byte の数値（2 の補数表現）を 10 進数に変換したものがモータの回転数を表す。伸展カメラ部搭載の Raspberry Pi を起動したときのエンコーダカウントは 0 であり、マストの収縮方向を正、伸展方向を負とする。1 秒毎に時系列のデータが格納されるため、1 回のダウンリンクでは 32byte すなわち 16 秒分のデータが格納される。また、データはリトルエンディアンである。

Table32 エンコーダデータフォーマット

内容	値
エンコーダカウント 1	0x0000-0xFFFF
エンコーダカウント 2	0x0000-0xFFFF
エンコーダカウント 3	0x0000-0xFFFF
・	・
・	・
・	・
エンコーダカウント 16	0x0000-0xFFFF

(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)