

# OrigamiSat-2

## FMダウンリンク通信データフォーマット



東京科学大学  
機械系動設計学研究室 & 電気電子系戸村研究室

## 改訂履歴

作成年月日	改訂番号	改定内容	担当者
2026/4/21	Ver. 0.9	初版作成	田中創
2026/4/21	Ver. 1.0	体裁の調整	

## 目次

改訂履歴	2
目次	2
1. 概要	3
2. 通信フォーマット	3
2.1. データフォーマット概要	3
2.2. データフォーマット詳細	3
3. データ内容	6
3.1. HKデータ	7
3.2. ミッションデータ	32

## 1. 概要

本仕様書では,3UキューブサットOrigamiSat-2(JS1YRU)のFM(Frequency Modulation)通信のデータフォーマットについて記載する.

## 2. 通信フォーマット

### 2.1. データフォーマット概要

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
プロトコル	AX.25
データ内容	各種HKデータ,ミッションデータなど
コールサイン	“JS1YNU”(東京科学大学地上局) “JS1YRU”(OrigamiSat-2 衛星局)

OrigamiSat-2では,AX.25プロトコルに準拠したFMパケット通信を行う.

### 2.2. データフォーマット詳細

FMのダウンリンクフォーマットをTable2に示す.パケットをAX.25フレームで装飾して伝送する.

Table 2 FMのダウンリンクフォーマット

1Byte	14Byte	1Byte	1Byte	0~219Byte	2Byte	1Byte
Flag 0x7E	Address	Control 0x03	PID 0xF0	Packet	FCS CRC-16-CCITT	Flag 0x7E

パケット部のフォーマットをTable3に示す.フォーマットは全てのデータ内容で共通しており,パケットはTable3ヘッダー部,データ部,フッター部の3部分に分かれる.

Table 3 パケットフォーマット概要

12 byte	最大201 byte	2 byte
ヘッダー部	データ部	フッター部

### 2.2.1. ヘッダ一部

ヘッダ一部の詳細を,Figure 1に示す.

Figure 1 ヘッダ一部詳細

#### ヘッダ一部

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	データ部	フッター部
パケット長	生成 タイミング	テレメトリ ID	テレメトリ 送信数	時刻				受領 コマンドID	コマンド 実行ステータス	コマンド エラーステータス	コマンド 受領数		

全てのパケットについて,同じ項目のHeaderが12バイトで付加される.各項目の詳細について以下に説明する.

(1) パケット長 (1 byte)

次のバイト(生成タイミング)からデータ部の末尾までのバイト数.

(2) 生成タイミング (1 byte)

ダウンリンクされたテレメトリがリアルタイムのものか,一度DR(データレコーダ)に保存されて後から再生されたものかを識別する.

Table 4 テレメトリのダウンリンクタイミング

データ	内容
0xFE	DRを介したもの
0xFF	リアルタイムでダウンリンクされたもの

(3) テレメトリID (1 byte)

テレメトリのIDを示す.IDによってデータ部の内容が変わる.

(4) テレメトリ送信数 (1 byte)

テレメトリ送信毎にインクリメントされる送信回数を示す.テレメトリIDごとに独立.MOBCの定期リセットのたびにリセットされる.

(5) 時刻 (4 byte)

テレメトリが生成された際の衛星内部のUNIX時間を示す.

※UNIX時間: 協定世界時での1970年1月1日午前0時0分0秒からの経過秒数で表す時刻表現

(6) 受領コマンドID (1 byte)

直前に受信したコマンドのIDを示す.MOBCが生成するテレメトリでは,受信した全てコマンドのうち最新のもののIDが格納される.一方,ADCS基板やRasPiで生成されるテレメトリでは,受信したコマンドのうち,ADCSやRasPi宛のコマンドの中で最新のもののIDが格納される.

(7) コマンド実行ステータス (1 byte)

直前に受信したコマンドの実行状況を示す.MOBCが生成するテレメトリでは,受信した全てコマンドのうち最新のコマンドの実行状況が格納される.一方,ADCS基板やRasPiで生成されるテレメトリでは,受信したコマンドのうち,ADCSやRasPi宛のコマンドの中で最新のコマンドに対する実行状況が格納される.

Table 5 コマンド実行ステータス

データ	内容
0x00	NON
0x01	コマンド受信
0x02	実行中
0x03	実行完了

(8) コマンドエラーステータス (1 byte)

直前に受信したコマンドのエラー状況を示す.MOBCが生成するテレメトリでは,受信した全てコマンドのうち最新のコマンドのエラー状況が格納される.一方,ADCS基板やRasPiで生成されるテレメトリでは,受信したコマンドのうち,ADCSやRasPi宛のコマンドの中で最新のコマンドに対するエラー状況が0x00から0xFFで格納される.エラーステータスは非常に多いため,ここでの詳細の説明は省略する.

(9) コマンド受領数 (1 byte)

コマンド受信毎にインクリメントされる受信回数を示す.MOBCの定期リセットのたびにリセットされる.MOBCが生成するテレメトリでは,受信した全てコマンド数が格納される.一方,ADCS基板やRasPiで生成されるテレメトリでは,受信したコマンドのうち,ADCSやRasPi宛のコマンドの数が格納される.

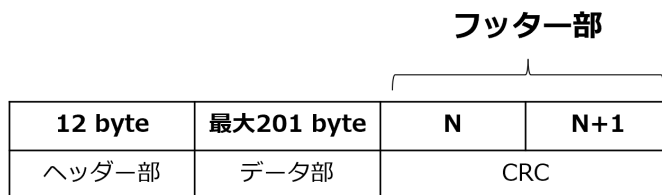
### 2.2.2. データ部

データ部には,(5)テレメトリIDによって異なる最大201バイト分のデータが格納される.詳細は第3章で述べる.

### 2.2.3. フッター部

フッター部の詳細をFigure 2に示す.

Figure 2 フッター部詳細



全てのパケットについて,CRC (Cyclic Redundancy Check: 巡回冗長検査)による誤り検出用の符号が2バイトで付加される.

## 3. データ内容

テレメトリデータの内容はテレメトリのIDによって異なる.テレメトリは大きく, ①HKデータと②ミッションデータに大別される.テレメトリの種類をTable6に示す.

Table 6 HKテレメトリとミッションテレメトリ

	テレメトリ ID	説明
H K	1, 65, 100, 130	ID1(OBC基板), ID65(カメラ用基板), ID100,130(ADCS基板)のHKデータ.各基板の電源ON中に,定期的に生成される.生成されたデータはDRに保存され,ダウンリンクはDRからの再生コマンドによって行われる.
ミ ッ シ ヨ ン	2~11, 48~50, 66~68,	各種ミッションデータ.テレメトリ要求コマンド送信時のみ生成される.生成されたデータはDRには保存されずリアルタイムでダウンリンクされる.

※HK: House Keeping (衛星の状態を把握するデータ)

※DR: Data Recorder (自動生成されるテレメトリを保存するレコーダー)

以下では, HKデータとミッションデータに分けてIDごとのテレメトリ内容について説明する.

### 3.1. HKデータ

各種HKデータの概要をTable6に示す。ADCS基板で生成されるHKデータのみ2種類あり、コマンドによって切り替えることができる。また、HKデータの生成周期もコマンドによって変更可能である。データは全てビッグエンディアンである。

Table 7 HKテレメトリ概要

ID	データサイズ	発行元	内容
01	119バイト	MOBC	各機器の電源状態・温度,IMUデータ,運用モード,DR情報等
65	36バイト	CMR用RasPi	温度,エラー状態,スロットリング状態,画像・動画数等
100	37バイト	ADCS基板	ADCSの運用モード,姿勢クォータニオン等
130	207バイト	ADCS基板	ID100の情報に加え,IMUデータ,磁気センサ・サンセンサデータ,電流・電圧等

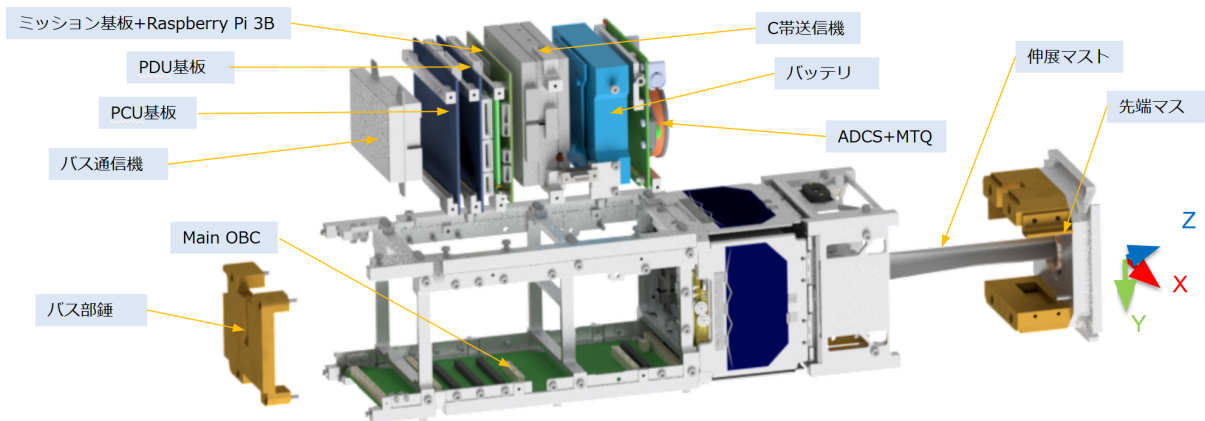
※データサイズは2章で説明したヘッダ一部,データ部およびフッター部の合計値

※スロットリング状態: RasPiのCPU温度上昇により、CPU性能が自動で制限される状態

#### 3.1.1. ID01

テレメトリID01の各項目について説明する。各コンポーネントの配置はFigure 3に記載する。また、データ部の内訳をTable8に示す。

Figure 3 コンポーネント配置



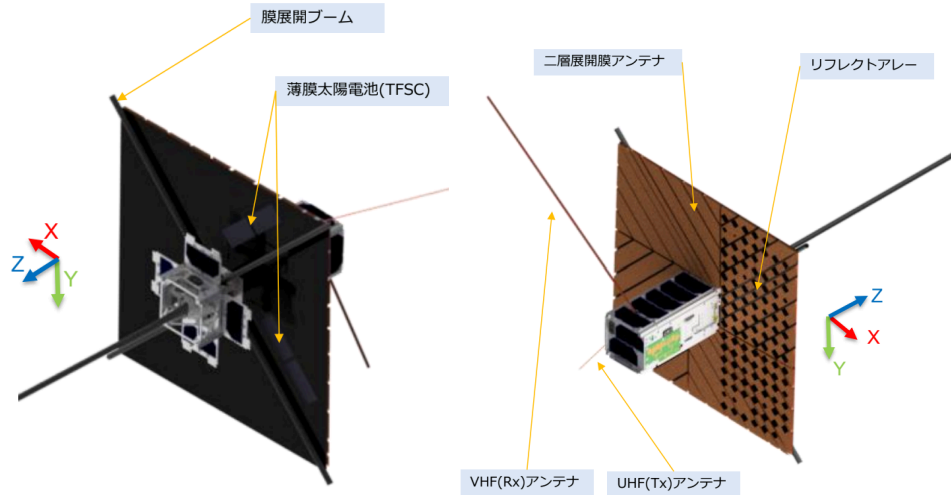


Table 8 ID01データ部の内訳

項目の説明	byte	内容	byte数	データ型
2.2.1	1~12	ヘッダー	14	
3.1.1.1	13	最終受信コマンドの宛先	1	Byte
3.1.1.2	14	テレメトリ種別	1	Byte
3.1.1.3	15	MOBCモード遷移状態	1	Byte
3.1.1.4	16	現在のMOBCモード	1	Byte
3.1.1.5	17~20	マスターサイクル	4	uint32
3.1.1.6	21	MOBC再起動回数	1	Byte
3.1.1.7	24	RXマイコン再起動回数	1	Byte
3.1.1.8	23	実行待機予約コマンド数	1	Byte
3.1.1.9	24~26	各機器電源状態	3	Byte
3.1.1.10	27~30	バッテリー電圧	4	Float
3.1.1.11	31~34	バッテリー電流	4	Float
3.1.1.12	35~39	SAP電流(X-面, Y±面, Z±面, TFSC)	5	Byte
3.1.1.13	40~42	SAP電圧(X-面, Y±面, Z±面, TFSC)	3	Byte
3.1.1.14	43	ミッション時薄膜太陽電池電流	1	Byte
3.1.1.15	44	ミッション時薄膜太陽電池電圧	1	Byte
3.1.1.16	45~58	各コンポーネント電流電圧	14	Byte
3.1.1.17	59	MOBC未安定化電源ライン電流	1	Byte

3.1.1.18	60	DCDC 5V電源ライン電流	1	Byte
3.1.1.19	61	UVC有効化状態	1	Byte
3.1.1.20	62	UVCLレベル	1	Byte
3.1.1.21	63~66	UVC閾値0~3	4	Byte
3.1.1.22	67	PDU電源系統	1	Byte
3.1.1.23	68~80	各コンポーネント温度	13	Byte
3.1.1.24	81~92	角速度データ3軸	12	Float
3.1.1.25	93~96	緯度	4	Float
3.1.1.26	97	MOBC軌道計算有効化状態	1	Byte
3.1.1.27	98	RSSI	1	Byte
3.1.1.28	99	C帯テレメトリ送信数	1	Byte
3.1.1.29	100,101	C帯OPモード	2	Byte
3.1.1.30	102	C帯TXパワー	1	Byte
3.1.1.31	103,104	C帯TXモード	2	Byte
3.1.1.32	105	C帯テレメトリ有効化状態	1	Byte
3.1.1.33	106,107	伸展MASTエンコーダ値	2	uint16
3.1.1.34	108	FRAMブロックコマンドID	1	Byte
3.1.1.35	109	FRAMブロックコマンド内の コマンド位置	1	Byte
3.1.1.36	110	HK_DR書き込みセクター	1	Byte
3.1.1.37	111	HK_DR書き込みパケット	1	Byte
3.1.1.38	112	MSN_DR書き込みセクター	1	Byte
3.1.1.39	113	MSN_DR書き込みパケット	1	Byte
3.1.1.40	114	DRの削除有効化状態	1	Byte
3.1.1.41	115	DRのタイムタグ有効化状態	1	Byte
2.2.3	116,117	フッター	4	

### 3.1.1.1. 最終実行コマンドの宛先

衛星が最後に受信したコマンドの宛先に更新される。宛先は下記の4種類。

Table 9 コマンド宛先一覧

データ	宛先
0x03	RasPi
0x04	MOBC
0x05	ADCS

### 3.1.1.2. テレメトリの種類

テレメトリはその生成トリガーによって、通常テレメトリと応答テレメトリに分類される。通常テレメトリは定期的に自動生成されるもの、またはテレメトリ要求コマンドによって生成されるものを指す。一方、応答テレメトリは衛星がコマンドを受信したことに対する応答として生成されるものである。

Table 10 テレメトリ種別

データ	種別
0x00	通常テレメトリ
0x01	応答テレメトリ

### 3.1.1.3. MOBCモード遷移状態

MOBCの運用モードは、地上局からのコマンドまたはUVCにより自動で遷移する。MOBCの運用モードの最新の遷移状態に更新される。

※UVC: Under Voltage Control(電圧が一定閾値より低下した際に、システムの安定動作を維持するためにモード遷移が実行される保護機構)3.1.1.20で後述する。

Figure 4 モード遷移概要

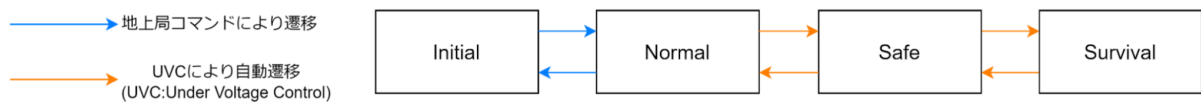


Table 11 モード遷移状態

データ	遷移状態
0x00	遷移終了
0x01	遷移中

### 3.1.1.4. 現在の運用モード

運用モードはコマンドまたはバッテリー電圧に応じて4つのモードに切り替わる.各モードの詳細はTable12に示す.

Table 12 MOBC運用モード一覧

データ	モード	詳細
0x00	Safe Mode	バッテリー電圧低下時のモード.バス通信関係以外の機器の電源を切り,CWを30s間隔で送信する.
0x01	Normal Mode	ノミナル状態のモード.CWを3s間隔で送信する.コマンドによりミッション機器の電源を入れてミッションを実施する.
0x02	Survival Mode	バッテリー電圧がさらに低下した時のモード.OBC・受信機以外の全ての機器の電源を切り,電力回復に専念する.
0x06	Initial Mode	ロケットからの放出直後のモード.UHF/VHFアンテナ展開を試みて,通信確立を目指す.

### 3.1.1.5. マスターサイクル

MOBCは4時間半に一度リセットされる.前回のMOBCのリセットからの経過秒数を示す.

### 3.1.1.6. MOBC再起動回数

MOBCの定期リセット毎にインクリメントされる再起動回数を示す.

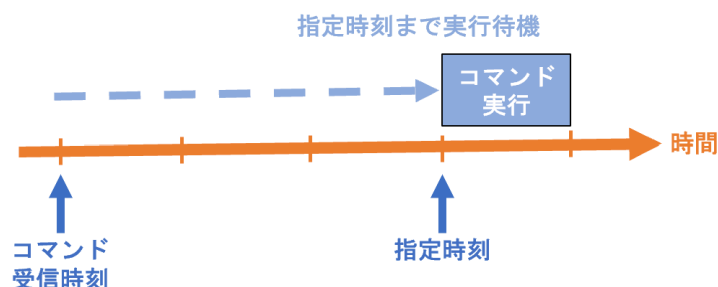
### 3.1.1.7. RXマイコン再起動回数

RXマイコンの再起動回数を示す.

### 3.1.1.8. 実行待機予約コマンド数

予約コマンドとは,指定された時刻になるまで実行されないコマンドである.予約コマンドの動作原理をFigure 5に示す.コマンド受信後にコマンドの宛先とID,パラメータ,実行時刻がメモリに保存され,指定した時刻になるとコマンドが実行される.未実行の予約コマンドの数が更新される.

Figure 5 予約コマンドの動作原理



### 3.1.1.9. 各機器電源状態

本項目は、機器の電源状態を4進数の各桁により表現する。機器の詳細はTable13に示す。

Table 13 電源状態の詳細

byte	機器
24	C帯送信機, 伸展MAST, ADCS基板, カメラ用RasPi
25	溶断系, CH_C, CH_E, 受信機
26	バス送信機, バス通信インターフェース, IMU

各バイトは4桁(26 byte目は3桁)の4進数として解釈される。各桁は、Table 13に示す機器に対応しており、左から順に上位桁から対応付けられる。各桁の値は対応する機器の電源状態を示し、その定義は以下の通りである。

- 0: OFF
- 1: ON
- 2: RESET
- 3: ERROR

本項目の値は4進数として解釈され、各桁の値により各機器の電源状態を表す。例えば、各機器の電源状態が上位桁から順にON,RESET,ERROR,OFFである場合は各桁の値はそれぞれ1,2,3,0となり、本項目の値は4進数で1230となる。これを10進数に変換すると108となり、16進数では0x6Cとして表される。

#### 3.1.1.10. バッテリ電圧

バッテリーの電圧値(V)を示す..

#### 3.1.1.11. バッテリ電流

バッテリーの電流値(mA)を示す.

#### 3.1.1.12. SAP電流(X-面, Y±面, Z±面, TFSC)

各面のSAPの電流値を示す.

Table 14 各面のSAPの電流値

byte	内容
35	Y+面, Y-面 SAP電流
36	X-面 SAP電流
37	Z+面 SAP電流
38	Z-面 SAP電流
39	薄膜太陽電池 電流

SAP電流は以下の式で表される。DATAiには、取得した16進数1 byteの数値を10進数に変換した値を代入する。

$$\text{SAP電流[mA]} = 11.764 \times \text{DATA}$$

### 3.1.1.13. SAP電圧(X-面, Y±面, Z±面, TFSC)

各面のSAPの電圧値を示す.

Table 15 各面のSAPの電圧値

byte	内容
40	Y+面, Y-面, X-面 SAP電圧
41	Z±面 SAP電圧
42	薄膜太陽電池 電流

SAP電圧は以下の式で表される.DATAIには,取得した16進数1 byteの数値を10進数に変換した値を代入する.

$$\text{SAP電圧[V]} = 0.0625 \times \text{DATA}$$

### 3.1.1.14. ミッション時薄膜太陽電池電流

ミッション時の薄膜太陽電池の電流値を示す.3.1.1.12で示した薄膜太陽電池の電流値とは異なり,太陽電池を電源系から切り離れた状態で専用回路により負荷条件を制御し,電圧および電流を変化させながら測定した際の電流値を示す.

ミッション時の電流値は以下の式で表される.DATAIには,取得した16進数1 byteの数値を10進数に変換した値を代入する.

$$\text{薄膜太陽電池ミッション時電流[mA]} = 0.3906 \times \text{DATA}$$

### 3.1.1.15. ミッション時薄膜太陽電池電圧

ミッション時の薄膜太陽電池の電圧値を示す.3.1.1.13で示した薄膜太陽電池の電圧値とは異なり,太陽電池を電源系から切り離れた状態で専用回路により負荷条件を制御し,電圧および電流を変化させながら測定した際の電圧値を示す.

ミッション時の電圧値は以下の式で表される.DATAIには,取得した16進数1 byteの数値を10進数に変換して値を代入する.

$$\text{薄膜太陽電池ミッション時電圧[V]} = 0.1172 \times \text{DATA}$$

### 3.1.1.16. 各コンポーネント電流電圧

各コンポーネントの電流電圧値を示す.

Table 16 各機器の電流電圧

byte	内容
45	C帯送信機電流
46	C帯送信機電圧
47	伸展MAST電流
48	伸展MAST電圧
49	ADCS基板電流
50	ADCS基板電圧
51	MSN基板電流
52	MSN基板電圧
53	溶断系統電流
54	溶断系統電圧
55	CH_C電流
56	CH_C電圧
57	バス通信機電流
58	バス通信機電圧

各機器の電流値は以下の式で表される.DATAには,取得した16進数1 byteの数値を10進数に変換した値を代入する.

$$\text{各機器の電流値[mA]} = 11.765 \times \text{DATA}$$

また,電圧値は以下の式で表される.

$$\text{各機器の電圧値[V]} = 0.0625 \times \text{DATA}$$

#### 3.1.1.17. MOBC未安定化電源ライン電流

レギュレータを通る前の電流値を示す.電流値は以下の式で表される.DATAには取得した16進数1 byteの数値を10進数に変換した値を代入する.

$$\text{未安定化電源ラインの電流値[mA]} = 11.765 \times \text{DATA}$$

### 3.1.1.18. DCDC 5V電源ライン電流

DCDC5V電源ラインに流れる電流値を示す.電流値は以下の式で表される.DATAには取得した16進数1 byteの数値を10進数に変換した値を代入する.

$$\text{DCDC 5V電源ラインの電流値[mA]} = 11.765 \times \text{DATA}$$

### 3.1.1.19. UVC有効化状態

UVCの有効化状態を示す.UVC(Under Voltage Control)は電圧が一定閾値より低下した際に、システムの安定動作を維持するために自動でモード遷移を行う保護機構である.各モードの詳細は3.1.1.3を参照.

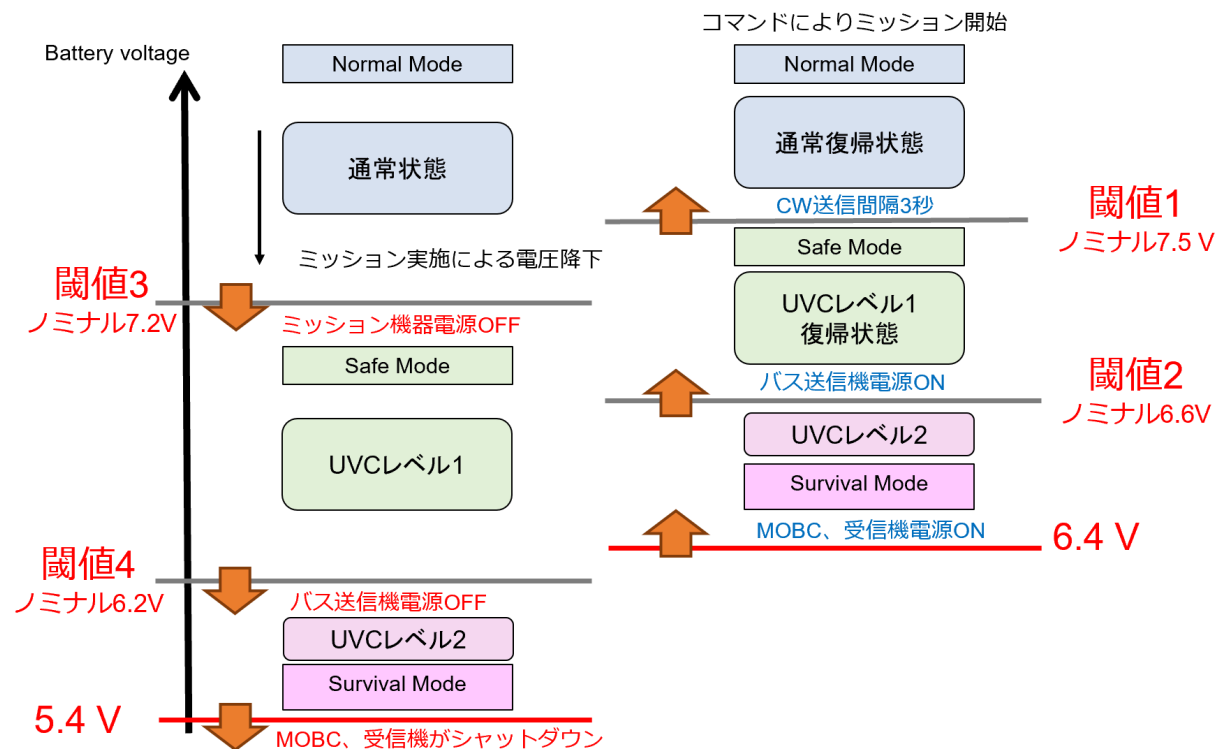
Table 17 UVC有効化状態

データ	内容
0x00	無効
0x01	有効

### 3.1.1.20. UVCLレベル

UVC(Under Voltage Control)により,バッテリー電圧に応じてMOBCの運用モードはNormalモード, Safeモード, Survivalモードの間を遷移する.UVCの詳細をFigure 6に示す.

Figure 6 UVCの概念図



バッテリーの電圧低下及び回復の状況はUVCLレベルによって段階的に評価され,それに応じてモード遷移が実行される.UVCLレベルはTable18に示す5つの状態から構成される.

Table 18 各UVCLレベルの詳細

データ	項目	内容
0x00	通常状態	バッテリー電圧が十分である状態.各種ミッションを行う.
0x01	UVCLレベル1 (低電圧警戒状態)	低電圧の警戒状態.通常状態または通常復帰状態から電圧が低下し,ある閾値を下回ることによりこの状態に入る.MOBCがSafeモードに遷移し,各種ミッション機器の電源がOFFになる.
0x02	UVCLレベル2 (低電圧状態)	UVCLレベル1またはUVCLレベル1復帰状態から更に電圧が低下し,ある閾値を下回ることによりこの状態に入る.MOBCがSurvivalモードに遷移し,バス送信機の電源もOFFになる.
0x03	通常復帰状態	UVCLレベル1またはUVCLレベル1復帰状態から電圧が回復し,ある閾値を上回ることによりこの状態に入る.MOBCがNormalモードに遷移し,各種ミッションが行える.機能としては通常状態と変わらない.
0x04	UVCLレベル1復帰状態 (警戒復帰状態)	UVCLレベル2から電圧が回復し,ある閾値を上回ることによりこの状態に入る.MOBCがSafeモードに遷移し,バス送信機の電源が再度ONになる.機能としてはUVCLレベル1と変わらない.

### 3.1.1.21. UVC閾値0~3

各UVCLレベルはあらかじめ設定された複数の電圧閾値に基づいて遷移する.UVCはFigure 6に示すようなヒステリシス特性を持っており,電圧低下時と回復時で異なる閾値を用いることで,モードの往復遷移を防止している.本項目にはUVCLレベル遷移の基準となる電圧閾値のV単位の値が10倍されて格納される.

Table 19 UVCの各閾値の詳細

byte	項目	内容
65	閾値1	電圧が回復し,UVCLレベル1またはUVCLレベル1復帰状態から通常復帰状態に遷移する閾値(ノミナル75)
66	閾値2	電圧が回復し,UVCLレベル2からUVCLレベル1復帰状態に遷移する閾値(ノミナル66)
67	閾値3	電圧が低下し,通常状態からUVCLレベル1に遷移する閾値(ノミナル72)
68	閾値4	電圧が低下し,UVCLレベル1またはUVCLレベル1復帰状態からUVCLレベル2に遷移する閾値(ノミナル62)

### 3.1.1.22. PDU電源系統

OrigamiSat-2では,PDU(Power Distribution Unit)の電源系統が2つ存在し,現在使われている電源系統が格納される.

Table 20 電源系統

データ	内容
0x00	A系
0x01	B系

### 3.1.1.23. 各コンポーネント温度

衛星の各コンポーネントに取り付けられた温度センサの値を示す.(いずれも単位は°C)

Table 21 各コンポーネント温度

byte	内容
68	衛星構体Y-面
69	膜状薄膜太陽電池1
70	膜状薄膜太陽電池2
71	バッテリー
72	ADCS基板
73	C帯送信機
74	RasPi
75	ミッション基板
76	MAST伸展用モータ
77	UHF送信機
78	MOBC1
79	MOBC2
80	MOBC上のIMU

### 3.1.1.24. 角速度データ3軸

MOBC上のIMUが取得したX,Y,Z軸それぞれの角速度データを示す。(いずれも単位はdeg/s)

Table 22 各軸の角速度

byte	内容
81~84	X軸周りの角速度
85~88	Y軸周りの角速度
89~92	Z軸周りの角速度

### 3.1.1.25. 緯度

最新の衛星の経度を示す。ただし、経度の計算と更新が行われるのはMOBCの軌道計算が有効な場合のみであり、無効な場合は最後に更新された値が格納される。

### 3.1.1.26. MOBC軌道計算有効化状態

MOBCの軌道計算の有効化状態を示す。MOBCでの軌道計算は軌道情報を要する姿勢制御方式を使用している場合にのみ有効化される。

Table 23 MOBCの軌道計算有効化状態

データ	内容
0x00	無効
0x01	有効

### 3.1.1.27. RSSI

受信信号強度を示す。本項目はRSSI信号をADCによりスケールリングしたものであり、物理的な単位は持たず、相対的な受信信号強度を示す。

### 3.1.1.28. C帯テレメトリ送信数

C帯送信機からダウンリンクされたテレメトリの packets 数を示す。

### 3.1.1.29. C帯OPモード

C帯の動作modeを示す。

### 3.1.1.30. C帯TXパワー

C帯の送信出力を示す。

### 3.1.1.31. C帯TXモード

C帯の送信モードを示す。

### 3.1.1.32. C帯テレメトリ有効化状態

C帯テレメトリの有効化状態を示す。C帯テレメトリが無効な場合はC帯送信機の電源状態によらずダウンリンクはUHFで行われる。

Table 24 C帯テレメトリ有効化状態

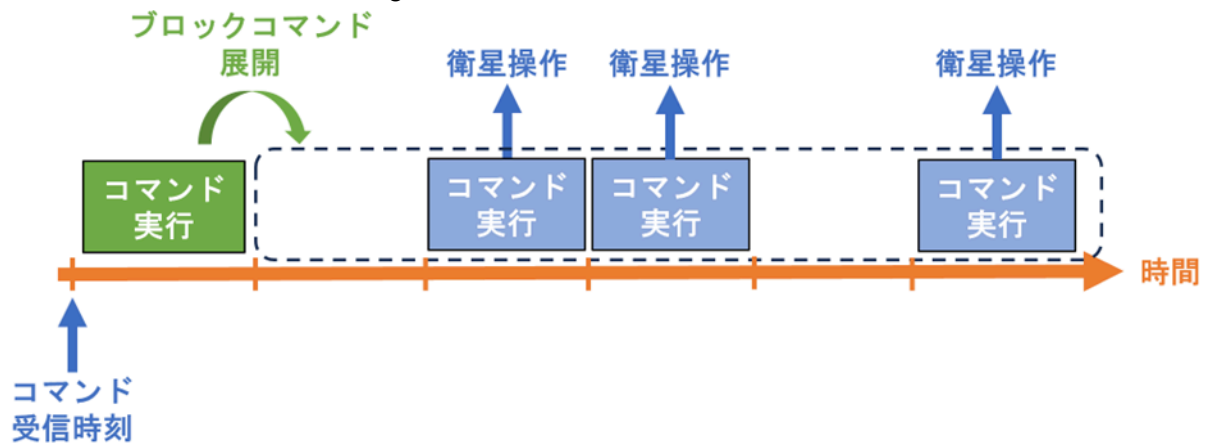
データ	内容
0x00	無効
0x01	有効

### 3.1.1.33. 伸展MASTエンコーダ値

### 3.1.1.34. FRAMブロックコマンドID

ブロックコマンドとは、複数のコマンドをまとめて一括で呼び出す機能であり、ブロック内の各コマンドは呼び出しからの相対時刻によって実行タイミングを管理できる。ブロックコマンドの動作原理をFigure 7に示す。

Figure 7 ブロックコマンドの動作原理



OrigamiSat-2では、このブロックコマンドを最大30種類FRAMに登録しており、それぞれをFRAMブロックコマンドID00~ID29で識別している。各FRAMブロックコマンドについて、最大14個のコマンドと相対時刻を登録することができる。FRAMブロックコマンドは軌道上でもコマンドやその実行相対時刻を変更することが可能であり、変更等を行う際の選択されているFRAMブロックコマンドIDが格納される。

※FRAM: Ferroelectric RAM (強誘電体を利用した、電源遮断時にもデータを保持できる不揮発性メモリの種類)

### 3.1.1.35. FRAMブロックコマンド内のコマンド位置

FRAMブロックコマンドを変更する際の、選択されているIDの中のコマンド位置を示す。

### 3.1.1.36. HK\_DR書き込みセクター

3章冒頭で述べたように、各基板から定期的に生成されるHKテレメトリは、HK\_DRに保存され、任意のタイミングでコマンドによってダウンリンクを行う。

データレコーダのアドレスはsectorとpacketを使って表す。1sectorあたり256packetのテレメトリが保存することができ、計256sectorからなる。このHK\_DRの先頭から順にデータが埋まっていき、計256×256 = 65536 packetのテレメトリが保存可能である。また、末尾まで埋まると先頭に戻り、上書きされる。DRからのデータ消去コマンドによって埋まる前に書き込み位置を戻すことも可能。

このHK\_DR内の現在の書き込み位置のアドレスのsector部分が格納される。

※HK\_DR: House Keeping Data Recorder (HKテレメトリを保存するためのデータレコーダ)

### 3.1.1.37. HK\_DR書き込みパケット

3.1.1.36で述べたHK\_DR内の現在の書き込み位置のアドレスのpacket部分が格納される。

### 3.1.1.38. MSN\_DR書き込みセクター

撮影した画像・動画とTFSC実験結果を保存するMSN\_DRの現在の書き込み位置のアドレスのsector部分が格納される。ただし,MSN\_DRはHK\_DRと全く同じ構造を持つ。

※MSN\_DR: Mission Data Recorder (ミッションデータを保存するためのデータレコーダ)

### 3.1.1.39. MSN\_DR書き込みパケット

3.1.1.38で述べたMSN\_DR内の現在の書き込み位置のアドレスのpacket部分が格納される。

### 3.1.1.40. DRの削除有効化状態

HK\_DRとMSN\_DRのいずれについても,コマンドによって指定したアドレス範囲のデータを削除することができる。各DRについてデータ削除中か否かを示す。

Table 25 DR内データ削除の有効化状態

データ	
0x00	ともに削除無効
0x01	MSN_DRのみ削除有効
0x02	HK_DRのみ削除有効
0x03	ともに削除有効

### 3.1.1.41. DRのタイムタグ有効化状態

DRには,MOBC・ADCS基板・RasPiで生成されたテレメトリが保存され、DRからの再生コマンドによって任意のタイミングでダウンリンクできる。DRに保存されるテレメトリのヘッダ一部には2.2.1に示すようにテレメトリが生成された時刻が格納される。

タイムタグが有効の場合は,ダウンリンクする際に,このヘッダ一部に格納される時刻をダウンリンクする時刻に書き換える。各DRのタイムタグの有効化状態が格納される。

Table 26 タイムタグの有効化状態

データ	
0x00	ともに無効
0x01	MSN_DRのみ有効
0x02	HK_DRのみ有効

データ	
0x03	ともに有効

### 3.1.2. ID65

テレメトリID65はカメラ制御用のRasPiから定期的に生成されるHKテレメトリである。このID65の各項目について説明する。データ部の内訳はTable27に示す。

Table 27 ID65データ部の内訳

項目の説明	byte	内容	byte数	データ型
2.2.1	1~12	ヘッダー	12	
3.1.2.1	13~16	テレメトリ送信間隔	4	uint32
3.1.2.2	17	RasPi IC温度	1	Byte
3.1.2.3	18	スロットリング状態	1	Byte
3.1.2.4	19,20	SDカード内の画像ファイル数	2	uint16
3.1.2.5	21,22	SDカード内の動画ファイル数	2	uint16
3.1.2.6	23,24	SDカード内の画像・動画ファイル合計数	2	uint16
3.1.2.7	25~28	SDカード内の空き容量	4	uint16
3.1.2.8	29~32	SDカード内の画像と動画の合計容量	4	uint16
3.1.2.9	33,34	RasPiの再起動回数	2	uint16
2.2.3	35,36	フッター	2	

#### 3.1.2.1. テレメトリ送信間隔

RasPiから生成されるID65のテレメトリの生成間隔(s)を格納する。

#### 3.1.2.2. RasPi IC温度

RasPiのIC部分の温度を示す。

#### 3.1.2.3. スロットリング状態

スロットリングモードに入っているか否かを示す。RasPiのスロットリングモードとは、動作限界温度に達さないように自動で処理速度に制限をかけるモードである。3.1.2.2に示す。RasPiのIC温度が70℃に達すると自動でこのモードに移行する。

Table 28 RasPiモード

データ	内容
0x00	通常モード
0x01	スロットリングモード

#### 3.1.2.4. SDカード内画像ファイル数

撮影された全ての画像はSDカードに保存される。ダウンリンクを行う場合には、適宜MOBCのMSN\_DRへと転送した後、DRからの再生コマンドによって実施する。SDカード内のファイル数は撮影コマンド、サムネイル化コマンドおよびSDカードからの削除コマンド等によって増減する。

本項目にはSDカード内に保存されている.jpgファイルの数が格納される。

#### 3.1.2.5. SDカード内動画ファイル数

画像と同様に動画もすべてSDカードに保存される。ダウンリンクの方法も同様である。SDカード内の動画は撮影コマンド、切り抜きコマンドおよびSDカードからの削除コマンドによって増減する。

本項目にはSDカード内に保存されている.aviファイルの数が格納される。

#### 3.1.2.6. SDカード内画像・動画ファイル合計数

本項目には3.1.2.4と3.1.2.5で述べたSDカード内の画像ファイル数と動画ファイル数の合計値が格納される。

#### 3.1.2.7. SDカード内の空き容量

SDカードの画像や動画の保存に使われる領域の空き容量を示す。25～26バイト目には空き容量のMB単位の値が、27～28バイト目にはKB単位の値がそれぞれuint16形式で格納される。

したがって、例えば25～26バイト目が12、27～28バイト目が34である場合、空き容量が12MB34KBであることを示す。

Table 29 SDカードの空き容量

byte	内容
25～26	SDカードの空き容量 (MB単位)
27～28	SDカードの空き容量 (KB単位)

#### 3.1.2.8. SDカード内の画像と動画の合計容量

SDカードに保存される画像と動画の合計容量を示す。29～30バイト目には合計容量のMB単位の値が、31～32バイト目にはKB単位の値がそれぞれuint16形式で格納される。

したがって、例えば29～30バイト目が56、31～32バイト目が78である場合、合計容量が56MB78KBであることを示す。

Table 30 SDカード内のデータの合計容量

byte	内容
29～30	画像・動画の合計容量

byte	内容
	(MB単位)
31~32	画像・動画の合計容量 (KB単位)

### 3.1.2.9. RasPiの再起動回数

RasPiに電源が入るたびにインクリメントされる再起動回数を示す。

### 3.1.3. ID100

テレメトリID100はADCS基板から定期的に生成されるHKテレメトリである。ADCSの定期テレメトリは100と130の2種類あり、コマンドによって切り替え可能である。このID100の各項目について説明する。データ部の内訳はTable31に示す。

Table 31 ID100データ部の内訳

項目の説明	byte	内容	byte数	データ型
2.2.1	1~12	ヘッダー	12	
3.1.3.1	13	ADCSモード	1	Byte
3.1.3.2	14	ADCSモード遷移状態	1	Byte
3.1.3.3	15	再起動回数	1	Byte
3.1.3.4	16~19	姿勢伝播時間	4	uint32
3.1.3.5	20~35	姿勢クォータニオン	16	float
2.2.3	36,37	フッター	2	

### 3.1.3.1. ADCSモード

ADCSの運用モードはコマンドによって5つのモードに切り替わる.各モードの詳細はTable32に示す.

Table 32 ADCS運用モード

データ	モード	詳細
0x00	Start-up	ADCS起動直後のモード
0x01	Initial	ノミナルのモード.MTQによる姿勢制御を行わず,姿勢推定のみを行う.
0x02	B-dot	デタンプリング用のB-dot制御を行うモード.姿勢推定も同時に行う.
0x04	3-axis	地心指向制御用の3軸MTQ(クロスプロダクト)制御モード.姿勢推定も同時に行う.
0x06	RMM-EST	残留磁気モーメント(RMM)の推定を行うモード.
0x07	EarthPoint	高緯度地磁場を利用した地心指向制御を行うモード.姿勢推定も同時に行う.

### 3.1.3.2. ADCSモード遷移状態

ADCSの運用モードは,地上局からのコマンドによって遷移する.その遷移状態を示す.

Table 33 運用モードの遷移状態

データ	遷移状態
0x00	遷移終了
0x01	遷移中

### 3.1.3.3. 再起動回数

ADCSに電源が入るたびにインクリメントされる再起動回数を示す.

### 3.1.3.4. 姿勢伝播時間

OrigamiSat-2では,サンセンサでの太陽検知の可否に応じて姿勢決定方法を使い分ける.太陽検知時には磁気センサとサンセンサを用いた姿勢決定(TRAID法),太陽不検知時にはジャイロ伝播による姿勢決定(オイラー法)により姿勢決定を行う.

本項目には,オイラー法による姿勢伝播を行った時間が格納される.

### 3.1.3.5. 姿勢クォータニオン

慣性座標系から機体座標系への姿勢変換を表す単位クォータニオンの各成分を示す.クォータニオンは4つの成分(x, y, z, w)から構成され,x, y, zはベクトル成分,wはスカラー成分であり,それぞれがfloat形式で格納される.

Table 34 姿勢クォータニオン

byte	内容
20~23	クォータニオンx成分
24~27	クォータニオンy成分
28~31	クォータニオンz成分
32~35	クォータニオンw成分

### 3.1.4. ID130

テレメトリID130はADCS基板から定期的に生成されるHKテレメトリである。ADCSの定期テレメトリは100と130の2種類あり、コマンドによって切り替え可能である。

ADCSの関連コンポーネントについてTable35に示す。9軸センサと磁気センサは2系統の電源ラインがあり、各電源ラインごとに9軸センサおよび磁気センサが接続され、同一電源を共有する構成となっている。それぞれの系統をいかではSENS1,SENS2と呼ぶ。

Table 35 ADCS関連コンポーネント

コンポーネント	個数	詳細
サンセンサ (nanoSSOC-A60)	3	伸展MAST部X-, Y-面とバス部Z-面に搭載。
9軸センサ (MPU-9250)	2	ADCS基板上に2個搭載。 3軸の加速度・角速度・磁気に加えて温度の10項目を測定可能だが、磁気についてはBM-1422の値を用いるため、単に角速度センサ(GYRO)と呼ぶことがある。
磁気センサ (BM1422)	2	1つはMOBC上に搭載(ADCSからアクセス可能)。 9軸センサでも磁気を測定できるため、区別するために高精度磁気センサ(HGAS)と呼ぶことがある。
MTQ	3	姿勢制御用の各軸の磁気トルカ

ID130の各項目について説明する。データ部の内訳はTable36に示す。

Table 36 ID130データ部の内訳

項目の説明	byte	内容	byte数	データ型
2.2.1	1~12	ヘッダー	12	
3.1.3.1	13	ADCSモード	1	uint8
3.1.3.2	14	ADCSモード遷移状態	1	uint8
3.1.4.1	15	前のADCSモード	1	uint8

3.1.4.2	16,17	TDSP ID	2	uint16
3.1.3.3	18	再起動回数	1	uint8
3.1.4.3	19	サンセンサ電源状態	1	uint8
3.1.4.4	20,21	各系統のセンサ電源状態	2	uint8
3.1.4.5	22	MTQ電源状態	1	uint8
3.1.4.6	23~30	時刻	8	double
3.1.4.7	31~38	各系統のセンサ電流電圧	8	float
3.1.4.8	39~46	MTQ電流電圧	8	float
3.1.4.9	47~54	9軸センサの温度出力	8	float
3.1.4.10	55~57	サンセンサ受光量	3	uint8
3.1.4.11	58,59	有効センサ	2	uint8
3.1.4.12	60~65	サンセンサの太陽方向	6	int8
3.1.4.13	66~89	角速度センサの出力	24	float
3.1.4.14	90~113	磁気センサの出力	24	float
3.1.3.4	114~117	姿勢伝播時間	4	uint32
3.1.3.5	118~133	姿勢クォータニオン	16	float
3.1.4.15	134~145	太陽方向	12	float
3.1.4.16	146~193	衛星位置・速度	48	double
3.1.4.17	194~205	残留磁気推定値	12	float
2.2.3	206,207	フッター	2	

#### 3.1.4.1. 前のADCSモード

現在のモードに遷移する前のモードを示す.ADCSの運用モードは3.3.3.1を参照.

#### 3.1.4.2. TDSP ID

現在実行中のTDSP(Task Dispatcher)のIDを示す.

#### 3.1.4.3. サンセンサ電源状態

サンセンサの電源状態を示す.

#### 3.1.4.4. 各系統のセンサ電源状態

3.1.4冒頭で述べた通り,9軸センサと磁気センサは2系統の電源ラインがあり,各電源ラインごとに9軸センサおよび磁気センサが接続され,同一電源を共有する構成となっている.

それぞれの系統(SENS1,SENS2)の電源状態を示す.

Table 37 センサの電源状態

byte	内容	電源状態
20	SENS1電源状態	0x00: OFF, 0x01: ON
21	SENS2電源状態	0x00: OFF, 0x01: ON

#### 3.1.4.5. MTQ電源状態

MTQの電源状態を示す.

Table 38 MTQの電源状態

データ	遷移状態
0x00	OFF
0x01	ON

#### 3.1.4.6. 時刻

テレメトリが生成された際のADCS内部での時間(ユリウス日)を示す.

※ユリウス日: 協定世界時での紀元前4713年1月1日正午12時0分0秒からの経過日数で表す時刻表現

#### 3.1.4.7. 各系統のセンサ電流電圧

SENS1系およびSENS2系の分岐前の電源ラインの電流電圧を示す.電流・電圧モニタがADCS+5Vラインの上流に配置されており,SENS1系およびSENS2系の分岐前の電源ラインを測定する構成となっている。

Table 39 センサの電流電圧

byte	内容
31~34	電流(mA)
35~38	電圧(V)

### 3.1.4.8. MTQ電流電圧

MTQの電流電圧を示す.

Table 40 MTQの電流電圧

byte	内容
39~42	電流(mA)
43~46	電圧(V)

### 3.1.4.9. 9軸センサの温度出力

各系統の9軸センサの温度を示す.単位はいずれも℃.

Table 41 9軸センサ(MPU-9250)の温度出力

byte	内容
47~50	9軸センサSENS1の温度
51~54	9軸センサSENS2の温度

### 3.1.4.10. サンセンサ受光量

各サンセンサが受光した太陽光の強度を最大出力に対する割合(%)として示す.

Table 42 サンセンサの受光量

byte	内容
55	X-面サンセンサの受光量
56	Y-面サンセンサの受光量
57	Z-面サンセンサの受光量

### 3.1.4.11. 有効センサ

3.1.4節で述べた通り,9軸センサおよび磁気センサは2系統の電源ラインを有しており,各電源ラインごとに9軸センサおよび磁気センサが接続され,同一電源を共有する構成となっている.

各系統(SENS1,SENS2)において,磁気センサをそれぞれHGAS1,HGAS2と,9軸センサをそれぞれGYRO1,GYRO2と呼ぶ.磁気センサおよび9軸センサは,それぞれいずれか一方の系統が有効となっており,本項目には有効となっている系統が格納される。

Table 43 有効状態のセンサ

byte	内容	電源状態
58	有効な磁気センサ	0x00: HGAS1, 0x01: HGAS2
59	有効な9軸センサ	0x00: GYRO1, 0x01: GYRO2

### 3.1.4.12. サンセンサの太陽方向

各サンセンサが示す太陽方向を示す。サンセンサは、受光面に対する太陽の入射方向を $\alpha$ 角および $\beta$ 角で表す。 $\alpha$ 角および $\beta$ 角は、Figure 8に示すようにサンセンサの受光面に対して垂直な方向（法線方向）を $0^\circ$ とし、そこから各軸方向への傾きを角度として表現したものである。

$\alpha$ 角および $\beta$ 角は互いに直交する軸に対応しており、これら2つの角度により太陽の入射方向を表現する。

Figure 8 サンセンサへの入射方向

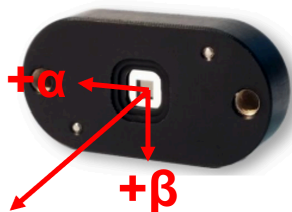


Table 44 サンセンサの出力

byte	内容
60	X-面サンセンサの $\alpha$ 角
61	X-面サンセンサの $\beta$ 角
62	Y-面サンセンサの $\alpha$ 角
63	Y-面サンセンサの $\beta$ 角
64	Z-面サンセンサの $\alpha$ 角
65	Z-面サンセンサの $\beta$ 角

### 3.1.4.13. 9軸センサの角速度出力

9軸センサが測定した各軸周りの角速度値を示す.単位はいずれもrad/s.

Table 45 9軸センサ(MPU-9250)の角速度出力

byte	内容
66~69	X軸周りの角速度推定値
70~73	Y軸周りの角速度推定値
74~77	Z軸周りの角速度推定値
78~81	X軸周りの角速度観測値
82~85	Y軸周りの角速度観測値
86~89	Z軸周りの角速度観測値

### 3.1.4.14. 磁気センサの出力

磁気センサの出力を示す.単位はいずれもnT.

Table 46 磁気センサ(BM1422)の出力

byte	内容
90~93	X軸方向の磁束密度推定値
94~97	Y軸方向の磁束密度推定値
98~101	Z軸方向の磁束密度推定値
102~105	X軸方向の磁束密度観測値
106~109	Y軸方向の磁束密度観測値
110~113	Z軸方向の磁束密度観測値

### 3.1.4.15. 太陽方向

サンセンサの値から推定された太陽方向をBody系で示す.

Table 47 太陽方向

byte	内容
134~137	太陽方向のBody系X成分
138~141	太陽方向のBody系Y成分
142~145	太陽方向のBody系Z成分

byte	内容
	分

#### 3.1.4.16. 衛星位置・速度

ADCS基板内部での,ECEF系における衛星位置および速度を示す.位置ベクトルの単位はm,速度ベクトルの単位はm/s.

Table 48 衛星の位置・速度

byte	内容
146~153	衛星の位置ベクトルのX軸成分
154~161	衛星の位置ベクトルのY軸成分
162~169	衛星の位置ベクトルのZ軸成分
170~177	衛星の速度ベクトルのX軸成分
178~185	衛星の速度ベクトルのY軸成分
186~193	衛星の速度ベクトルのZ軸成分

※ECEF: Earth Centered Earth Fixed(地球中心を原点,x軸を本初子午線方向,z軸を北極方向とした地球に固定され,地球とともに回転する右手座標系)

#### 3.1.4.17. 残留磁気推定値

カルマンフィルタを用いた軌道上での残留磁気モーメント推定値を示す.単位は $Am^2$ .

Table 49 残留磁気モーメント推定値

byte	内容
194~197	X軸周りの残留磁気モーメント
198~201	Y軸周りの残留磁気モーメント
202~205	Z軸周りの残留磁気モーメント

### 3.2. ミッションデータ

各種ミッションデータの概要をTable50に示す.HKデータと異なり,テレメトリ要求コマンド送信時のみダウンリンクされるためHKデータと比べるとダウンリンクの頻度は少ない.データは全てビッグエンディアンである.

Table 50 ミッションデータ概要

項目の説明	ID	データサイズ	発行元	パケット数	内容
3.2.1	02	206	MOBC	1	予約コマンドの実行予定時刻
3.2.2	04	100	MOBC	1	FRAMブロックコマンド詳細1
3.2.3	05	144	MOBC	1	FRAMブロックコマンド詳細2
3.2.4	07	215	MOBC	25	膜展開部溶断時データ
3.2.5	08	215	MOBC	72	伸展MAST部溶断時データ
3.2.6	09	215	MOBC	9	伸展MAST部伸展時データ
3.2.7	10	215	MOBC	6	薄膜太陽電池実験データ
3.2.8	66	26	RasPi	1	RasPiスロットリング情報詳細
3.2.9	67	54	RasPi	-	画像・動画リスト
3.2.10	68	206	RasPi	-	画像・動画データ

パケット数の項目は,一度の要求コマンドでダウンリンクされるパケット数を示す.

#### 3.2.1. ID02

3.1.1.8で述べた通り,予約コマンドとは,指定された時刻になるまで実行されないコマンドである.コマンド受信後にコマンドの宛先とID,パラメータ,実行時刻がメモリに保存され,指定した時刻になるとコマンドが実行される.

テレメトリID02では,衛星が受信した未実行の予約コマンドの実行予定時刻の一覧を返す.

Table 51 ID02の概要

項目の説明	内容	byte数	データ型
2.2.1	ヘッダー	12	
	予約コマンド実行予定時刻	192	uint32
2.2.3	フッター	2	

ID02のテレメトリパケットは206byteの固定長であり,データ部には最大48個分の予約コマンドの実行予定時刻がUNIX時刻で格納される.予約コマンド数が48個に達さない分についてはデータが0で埋められる.

### 3.2.2. ID04

3.1.34で述べたように,FRAMブロックコマンドとは,複数のコマンドをまとめて一括で呼び出す機能であり,ブロック内の各コマンドは呼び出しからの相対時刻によって実行タイミングを管理できる.ブロックコマンドはFRAMに最大30種類登録でき,それぞれに00~29までのFRAMブロックコマンドIDを付与して識別している.

テレメトリID04では,指定したFRAMブロックコマンドIDについて登録されているすべてのコマンドの宛先,コマンドID,ブロックコマンド展開からの相対時刻を返す.

Table 52 ID04の概要

項目の説明	内容	byte数	データ型
2.2.1	ヘッダー	12	
3.2.3.1	選択したFRAMブロックコマンドID	1	Byte
3.2.3.2	選択したFRAMブロックコマンドIDの有効化状態	1	Byte
3.2.3.3	登録された各コマンドの情報	84	
2.2.3	フッター	2	

#### 3.2.3.1 選択したFRAMブロックコマンドID

どのFRAMブロックコマンドIDについての情報なのかを示す.選択中のFRAMブロックコマンドIDは別コマンドによって切り替えることができ,3.1.1.34に示すようにテレメトリID01で確認することができる.

#### 3.2.3.2 選択したFRAMブロックコマンドID

選択しているIDのFRAMブロックコマンドの有効化状態を示す.無効な場合には,地上局からそのIDのブロックコマンドを展開するコマンドを受信した場合も衛星内で展開されることはない.ノミナルではすべてのIDについて有効となっているが,軌道上での登録コマンドの書き換え等を行う場合には一時的に無効にする場合がある.

#### 3.2.3.3 登録された各コマンドの情報

FRAMブロックコマンドに登録されている各コマンドの詳細を示す.各コマンドについてコマンドの宛先(1 byte),ID(1 byte),ブロックコマンド展開からの相対時刻(4 byte)の計6 byteの情報が格納される.1つのブロックコマンドには最大14個のコマンドが登録可能で,計84 byte分のデータが格納される.各IDについて登録されているコマンド数が14個に満たない分についてはデータが0で埋められる.

Table 53 登録されたコマンド情報の内訳

byte	データ型	内容
1	Byte	コマンドの宛先(0x01: RasPi, 0x04: OBC, 0x05: ADCS)
1	Byte	コマンドID
4	uint32	ブロックコマンド展開から実行までの相対時刻(s)

### 3.2.3. ID05

テレメトリID05では,3.1.1.34で述べたFRAMブロックコマンドに登録された,指定した1つのコマンドについてコマンドパラメータを返す.

コマンドパラメータとは,コマンドの動作内容や対象,設定値などを指定するために付加されるデータである。例えば,動画撮影コマンドにおいては撮影秒数がコマンドパラメータとして指定される。

Table 54 ID05の概要

項目の説明	内容	byte数	データ型
2.2.1	ヘッダー	12	
	指定したコマンドが含まれるFRAMブロックコマンドID	1	Byte
	FRAMブロックコマンド内でのコマンドの位置	1	Byte
	コマンドパラメータ	128	
2.2.3	フッター	2	

データ部には,指定したコマンドが登録されているFRAMブロックコマンドID(0~29)とそのID内の登録位置(0~13)の後にコマンドパラメータが格納される.コマンドパラメータはコマンドによってその個数や各パラメータのデータ型が異なるので詳細な説明は省く.

### 3.2.4. ID07

テレメトリID07では,膜収納部の展開機構を溶断し,膜展開を行う際のデータを返す.

Table 55 ID07の概要

項目の説明	内容	byte数	データ型
2.2.1	ヘッダー	12	
3.2.4.1	パケット番号	1	Byte
3.2.4.2	総パケット数(25固定)	1	Byte
3.2.4.3	溶断・膜展開時データ	192	
	0埋め	7	
2.2.3	フッター	2	

#### 3.2.4.1 パケット番号

膜収納部の溶断および膜展開時のデータは,全てを1パケットでダウンロードすることができないため,テレメトリID07では25パケットに分割してダウンロードする.本項目は,全25パケットのうちの何番目のパケットであるかを示すものであり,0~24の範囲で表される.

#### 3.2.4.2 総パケット数

ダウンロードした膜収納部溶断・膜展開時データの総パケット数を示す.パケット数は25で固定.

#### 3.2.4.3 溶断・膜展開時データ

テレメトリID07では,溶断開始と同時に100 ms間隔で30秒間FRAMIに記録された溶断系統の電流および電圧ならびに衛星の角速度を返す.

データ部には,パケット番号および総パケット数を格納する.これに続き,Tableに示す100 ms間隔で取得されたデータを1まとまりとして,時系列順に連続して格納する.最終パケットを除き,1パケットには12回分の取得データが格納される.

Table 56 膜展開時の取得データ

項目の説明	内容	byte数	データ型
3.2.4.3.1	溶断開始からの時間(ms)	2	uint16
3.2.4.3.2	溶断系統の電流(mA)	1	Byte
3.2.4.3.3	溶断系統の電圧(V)	1	Byte
3.2.4.3.4	各軸の衛星角速度(deg/s)	12	float

### 3.2.4.3.1 溶断開始からの時間(ms)

溶断開始からの経過時間を示す。後続の溶断システムの電流および電圧,ならびに衛星角速度は,本項目に示される経過時間において取得されたものである。

### 3.2.4.3.2 溶断システムの電流(mA)

溶断システムの電流を示す。膜収納部の溶断時における溶断システムへの通電時間は9秒である。溶断システムの電流は以下の式により算出される。DATAには,取得した1 byteの16進数データを10進数に変換した値を用いる。

$$\text{溶断システム電流[mA]} = 11.718 \times \text{DATA}$$

### 3.2.4.3.3 溶断システムの電圧(V)

溶断システムの電圧を示す。膜収納部の溶断時における溶断システムへの通電時間は9秒である。溶断システムの電圧は以下の式により算出される。DATAには,取得した1 byteの16進数データを10進数に変換した値を用いる。

$$\text{溶断システム電流[mA]} = 0.0625 \times \text{DATA}$$

### 3.2.4.3.4 各軸の衛星角速度(deg/s)

各軸周りの衛星の角速度を示す。角速度データは膜展開の成否の検知に用いる。

Table 57 膜展開中の衛星角速度

byte	データ型	内容
4	float	X軸周りの衛星角速度
4	float	Y軸周りの衛星角速度
4	float	Z軸周りの衛星角速度

### 3.2.5. ID08

テレメトリID08では,溶断開始と同時にFRAMに記録される溶断系統の電流および電圧ならびに衛星の加速度を返す。伸展MAST部の溶断時は,電流電圧と衛星加速度を異なるサンプリングレートでいずれも10秒間記録している。それぞれ,電流電圧が1s周期,加速度は10msである。

Table 58 ID08の概要

項目の説明	内容	byte数	データ型
2.2.1	ヘッダー	12	
3.2.5.1	パケット番号	1	Byte
3.2.5.2	総パケット数(72固定)	1	Byte
3.2.5.3	溶断時の電流	1	Byte
3.2.5.4	溶断時の電圧	1	Byte
3.2.5.5	溶断時の加速度データ	196	
	0埋め	1	
2.2.3	フッター	2	

#### 3.2.5.1 パケット番号

伸展MAST部の溶断時のデータは,全てを1パケットでダウンリンクすることができないため,テレメトリID08では72パケットに分割してダウンリンクする。本項目は,全72パケットのうちの何番目のパケットであるかを示すものであり,0~71の範囲で表される。

#### 3.2.5.2 総パケット数

ダウンリンクした伸展MAST部溶断時データの総パケット数を示す。パケット数は72で固定。

#### 3.2.5.3 溶断時の電流

溶断系統の電流を示す。伸展MAST部の溶断時における溶断系統への通電時間は6秒である。溶断系統の電流は以下の式により算出される。DATAには,取得した1 byteの16進数データを10進数に変換した値を用いる。

$$\text{溶断系統電流[mA]} = 4.0566 \times \text{DATA}$$

#### 3.2.5.4 溶断時の電圧

溶断系統の電圧を示す。伸展MAST部の溶断時における溶断系統への通電時間は6秒である。溶断系統の電圧は以下の式により算出される。DATAには,取得した1 byteの16進数データを10進数に変換した値を用いる。

$$\text{溶断系統電圧[V]} = 1.8918 \times \text{DATA}$$

電流電圧は,1s周期に10秒間サンプリングするため,72パケット中のはじめの10パケットにのみ格納され,11パケット目以降は0で埋められる.

### 3.2.5.5 溶断時の加速度データ

データ部には,パケット番号,総パケット数および溶断系統の電流電圧を格納する.これに続き,Tableに示す10 ms間隔で取得されたデータを1まとまりとして,時系列順に連続して格納する.最終パケットを除き,1パケットには14回分の取得データが格納される.

Table 59 伸展MAST部溶断時の加速度データ

項目の説明	内容	byte数	データ型
3.2.5.5.1	溶断開始からの時間(ms)	2	uint16
3.2.5.5.2	各軸の衛星加速度(m/s <sup>2</sup> )	12	float

#### 3.2.5.5.1 溶断開始からの時間(ms)

溶断開始からの経過時間を示す.後続の衛星加速度は,本項目に示される経過時間において取得されたものである.

#### 3.2.5.5.2 各軸の衛星加速度(m/s<sup>2</sup>)

各軸周りの衛星の加速度を示す.角速度データは伸展MAST部の摺動の成否の検知に用いる.

Table 60 伸展MAST部溶断時の衛星加速度

byte	データ型	内容
4	float	X軸周りの衛星加速度
4	float	Y軸周りの衛星加速度
4	float	Z軸周りの衛星加速度

### 3.2.6. ID09

テレメトリID09では,MAST伸展中のデータを返す.

Table 61 ID09の概要

項目の説明	内容	byte数	データ型
2.2.1	ヘッダー	12	
3.2.6.1	パケット番号	1	Byte
3.2.6.2	総パケット数(9固定)	1	Byte
3.2.6.3	MAST伸展時データ	195	
	0埋め	4	
2.2.3	フッター	2	

#### 3.2.6.1 パケット番号

MAST伸展時のデータは,全てを1パケットでダウンリンクすることができないため,テレメトリID09では9パケットに分割してダウンリンクする.本項目は,全9パケットのうちの何番目のパケットであるかを示すものであり,0~8の範囲で表される.

#### 3.2.6.2 総パケット数

ダウンリンクしたMAST伸展時データの総パケット数を示す.パケット数は9で固定.

#### 3.2.6.3 MAST伸展時データ

テレメトリID09では,伸展開始と同時に1秒間隔でコマンドにより指定された時間または指定された伸展長に達するまでの間,FRAMIに記録された伸展MAST部の電流および電圧,ならびにエンコーダ値を返す.

データ部には,パケット番号および総パケット数を格納する.これに続きTableに示す1秒間隔で取得されたデータを1まとまりとして,時系列順に連続して格納する.最終パケットを除き,1パケットには39回分の取得データが格納される.

なお,伸展時間はコマンドにより可変であるためデータが存在しない領域については0で埋める.

Table 62 MAST伸展時の取得データ

項目の説明	内容	byte数	データ型
3.2.6.3.1	伸展開始からの時間(s)	2	uint16
3.2.6.3.2	伸展MAST部の電流(mA)	1	Byte
3.2.6.3.3	伸展MAST部の電圧(V)	1	Byte
3.2.6.3.4	MAST伸展用のエンコーダ値	12	float

### 3.2.6.3.1 伸展開始からの時間(s)

伸展開始からの経過時間を示す。後続の伸展MAST部の電流および電圧,ならびにエンコーダ値は,本項目に示される経過時間において取得されたものである。

### 3.2.6.3.2 伸展MAST部の電流(mA)

伸展MAST部の電流を示す。電流値は以下の式により算出される。DATAには,取得した1 byteの16進数データを10進数に変換した値を用いる。

$$\text{伸展MAST部電流[mA]} = 4.0566 \times \text{DATA}$$

### 3.2.6.3.3 伸展MAST部の電圧(V)

伸展MAST部の電圧を示す。電圧値は以下の式により算出される。DATAには,取得した1 byteの16進数データを10進数に変換した値を用いる。

$$\text{伸展MAST部電圧[V]} = 1.8918 \times \text{DATA}$$

### 3.2.6.3.4 MAST伸展用エンコーダ

MAST伸展用モータのエンコーダ値を示す。

## 3.2.7. ID10

テレメトリID10では,薄膜太陽電池の実験データを返す。

Table 63 ID10の概要

項目の説明	内容	byte数	データ型
2.2.1	ヘッダー	12	
3.2.7.1	パケット番号	1	Byte
3.2.7.2	総パケット数(6固定)	1	Byte
3.2.7.3	薄膜太陽電池IVデータ	196	
	0埋め	3	
2.2.3	フッター	2	

### 3.2.7.1 パケット番号

薄膜太陽電池の実験データは,全てを1パケットでダウンリンクすることができないため,テレメトリID10では6パケットに分割してダウンリンクする。本項目は,全6パケットのうちの何番目のパケットであるかを示すものであり,0~5の範囲で表される。

### 3.2.7.2 総パケット数

ダウンリンクした膜収納部溶断・膜展開時データの総パケット数を示す。パケット数は6で固定。一度の実験で6パケット分の測定データが記録されるが,薄膜太陽電池実験は連続して複数回実施することもあり6×実験回数パケット分をダウンリンクすることもある。

### 3.2.7.3 薄膜太陽電池データ

テレメトリID10では,薄膜太陽電池実験時に記録されるIVデータを返す.IVデータの測定は2段階に分けて128回ずつ実施され,1回のコマンドで256回分のIV測定データが保存される.

データ部には,パケット番号および総パケット数を格納する.これに続き,Tableに示す取得されたIVデータを1まとまりとして,時系列順に連続して格納する.最終パケットを除き,1パケットには49回分の測定データが格納され,6パケットで計256パケットが格納される.

Table 64 薄膜太陽電池実験での取得データ

項目の説明	内容	byte数	データ型
3.2.7.3.1	薄膜太陽電池電流(mA)	2	uint16
3.2.4.3.2	薄膜太陽電池電圧(V)	2	uint16

#### 3.2.7.3.1 薄膜太陽電池電流(mA)

薄膜太陽電池の電流を示す.電流値は以下の式により算出される.DATAには,取得した2 byteの16進数データを10進数に変換した値を用いる。

$$\text{薄膜太陽電池電流[mA]} = 0.10415 \times \text{DATA} - 0.5014$$

#### 3.2.7.3.2 薄膜太陽電池電圧(V)

薄膜太陽電池の電圧を示す.電流値は以下の式により算出される.DATAには,取得した2 byteの16進数データを10進数に変換した値を用いる。

$$\text{薄膜太陽電池電圧[V]} = 0.01448 \times \text{DATA}$$

### 3.2.8. ID66

テレメトリID66では,RasPiのスロットリング状態について詳細を返す.

Table 65 ID66の概要

項目の説明	内容	byte数	データ型
2.2.1	ヘッダー	12	
3.2.8.1	現在のスロットリング状態検知	1	Byte
3.2.8.2	現在の電圧不足検知	1	Byte
3.2.8.3	現在の周波数上限キャップ検知	1	Byte
3.2.8.4	現在の温度制限状態検知	1	Byte
3.2.8.5	スロットリング履歴	1	Byte
3.2.8.6	電圧不足履歴	1	Byte
3.2.8.7	周波数上限キャップ履歴	1	Byte
3.2.8.8	温度制限状態履歴	1	Byte
2.2.3	フッター	2	

#### 3.2.8.1. 現在のスロットリング状態検知

現在スロットリング状態にあるか否かを示す.スロットリングの原因は温度上昇と電圧不足であり,処理性能が大きく低下する.RasPiのIC温度が70°Cに達すると自動でこのモードに移行する.

#### 3.2.8.2. 現在の電圧不足検知

現在電圧不足状態にあるか否かを示す.5V系が4.63Vを下回ると,低電圧と判定される.

#### 3.2.8.3. 現在の周波数上限キャップ検知

現在CPU周波数の上限がキャップされているか否かを示す.熱や低電圧への保護機能の一環として発生し,CPUの周波数が本来の周波数まで上がらなくなり,処理速度が低下する.

#### 3.2.8.4. 現在の温度制限状態検知

現在温度制限状態にあるか否かを示す.スロットリング状態と同様に周波数や電圧を抑えて,温度上昇を緩和している状態.IC温度60°Cでこの状態になり,穏やかな抑制をおこなう.

#### 3.2.8.5. スロットリング履歴

3.2.8.1に示すスロットリング状態の履歴を示す.一瞬でも検知すると履歴として記録され,シャットダウンするまで残る.

#### 3.2.8.6. 電圧不足検知履歴

3.2.8.2に示す電圧不足の履歴を示す.一瞬でも検知すると履歴として記録され,シャットダウンするまで残る.

### 3.2.8.7. 周波数上限キャップ履歴

3.2.8.3に示す周波数上限キャップの履歴を示す。一瞬でも検知すると履歴として記録され、シャットダウンするまで残る。

### 3.2.8.8. 温度制限状態履歴

3.2.8.4に示す温度制限状態の履歴を示す。一瞬でも検知すると履歴として記録され、シャットダウンするまで残る。

### 3.2.9. ID67

テレメトリID67では、SDカードに保存された軌道上での撮影データのリストを返す。

Table 66 ID67の概要

項目の説明	内容	byte数	データ型
2.2.1	ヘッダー	12	
	撮影データリスト	-	
2.2.3	フッター	2	

軌道上で撮影された画像と動画はSDカードに保存される。撮影データリストには、撮影した画像と動画のファイル名の文字列を対象に、各文字をASCIIコードに基づく数値表現へ変換した値が格納される。具体的には、文字列を1文字単位で順に処理し、それぞれの文字に対応するASCIIコード(10進整数)を取得する。取得した数値は、文字列の順序を保持したまま配列として格納する。

### 3.2.10. ID68

テレメトリID68では、画像や動画データをダウンリンクする。

Table 66 ID67の概要

項目の説明	内容	byte数	データ型
2.2.1	ヘッダー	12	
3.2.10.1	パケット番号	1	Byte
3.2.10.2	総パケット数	1	Byte
3.2.10.3	画像・動画データ	190	
2.2.3	フッター	2	

#### 3.2.10.1 パケット番号

画像・動画データは、データサイズが大きく1パケットでダウンロードすることはできないため、複数パケットに分割してダウンロードする。本項目は、分割した総パケット数のうちの何番目のパケットであるかを示すものである。

#### 3.2.10.2 総パケット数

ダウンロードする画像・動画データの総パケット数を示す。パケット数はダウンロードする画像や動画のデータ数によって変わる。

#### 3.2.10.3 画像・動画データ

画像(JPEGファイル)または動画(AVIファイル)をバイト列として取得し、190バイトのデータブロックに分割して1パケットに格納する。

(以上)