**ARTSAT1: INVADER衛星**

**通信方式及びデータフォーマット**

ARTSAT プロジェクトチーム

改

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Version | 改訂日 | 改訂箇所 |
| 初版 | 2014年2月24日 |  |
| A改訂 | 2014年2月26日 | FMテレメトリパケット内容の修正 |
| B改訂 | 2014年3月3日 | FMテレメトリパケットの追加、修正 |
| C改訂 | 2014年7月27日 | ptr, ptdの誤記訂正 |

1. はじめに

本文書は、ARTSAT Project 1機目の衛星であるCUBESAT「INVADER」の通信フォーマットについて解説します。

2. INVADER衛星コールサイン

INVADER衛星のコールサインは以下になります。

Call Sign : JQ1ZKK

3. INVADER衛星ダウンリンク通信仕様

INVADER衛星はCW Beacon通信、FMパケット通信、FMデジトーカー通信の3種の形式でデータダウンリンクを行います。それぞれの概要は以下になります。データフォーマットに関しては後述します。

**CW Beacon, A1A**

|  |  |
| --- | --- |
| Frequency | 437.325 [MHz] |
| Transmitter Power | 100 [mW] |
| Antenna | Half-wave dipole antenna |
| Protocol | Morse code |
| 運用形態 | 常時送信 |

**FM Packet, F2D**

|  |  |
| --- | --- |
| Frequency | 437.200 [MHz] |
| Transmitter Power | 800 [mW] |
| Antenna | Half-wave dipole antenna |
| Modulation | AFSK 1200bps |
| Protocol | Ax.25 |
| 運用形態 | アップリンク応答 |

**Digitalker, F3E**

|  |  |
| --- | --- |
| Frequency | 437.200 [MHz] |
| Transmitter Power | 800 [mW] |
| Antenna | Half-wave dipole antenna |
| Protocol | Sound / Voice |
| 運用形態 | アップリンク応答 |

4. INVADER衛星アップリンク通信方式

INVADERのアップリンク回線の仕様は以下の表のようになっています。

**FM Packet, F2D**

|  |  |
| --- | --- |
| Frequency | 145 MHz Band |
| Antenna | Quater-wave monopole antenna |
| Modulation | AFSK1200bps |
| Protocol | Ax.25 |

5. ダウンリンクデータフォーマット解説

5.1. CW データフォーマット

INVADERのCW は大きく分けて6フレーム有り、それぞれ各フレーム頭の3 文字（AS0～AS5）で区別されます。

AS0から流れ始め、AS5が流れ終わると、再びAS0に戻ります。

フレーム間（例えばAS0とAS1の間）は、10秒の無音間隔が空きます（冬眠モードとよばれるモードに入ると、フレーム間は30秒になります）。

**以下のURLにデータ解析用のエクセルフォーマットを置いています。ご利用ください。**

**http://artsat.jp/wp-content/uploads/2014/02/INVADER\_CW\_FORMAT\_revTT4.xls**

|  |  |
| --- | --- |
| フレームナンバー | AS0 |
| 内容 | 衛星のコールサインデータ |
| データ | “JQ1ZKK” |

|  |  |
| --- | --- |
| フレームナンバー | AS1 |
| 内容 | メッセージ |
| 情報データ | “THE FIRST ART SATELLITE IN THE WORLDARTSAT1:INVADER ARTSAT.JP” |

|  |  |
| --- | --- |
| フレームナンバー | AS2 |
| 内容 | 衛星ステータス情報 |
| データ | 1～6文字目　CWカウント回数　AS0～AS5を流すたびに1回カウントが増える。HEX。7文字目　充放電状態“1”の場合、衛星が放電状態。”0”の場合、衛星が充電状態にあることを示す。8～11文字目　Main OBCリセット残り時間本衛星ではCPUの停止を防止するために、CPUを定期リセットしています。CPUがリセットされるまでの時間を表す。残り時間: (“**8文字目**”×16 + “**9文字目**”) [時間] (“**10文字目**”×16 + “**11文字目**”) [分]12文字～13文字目　二次電池電圧二次電池の電圧を表します。二次電池電圧 = 3.7+(“**12文字目**”×16 + “**13文字目**”-113)÷255×5÷2.8 [V]14文字目 衛星モード情報衛星のモードを表します。0の場合「通常モード」、1の場合「電力消費を抑える冬眠モード」になっていることを表します。 |

|  |  |
| --- | --- |
| フレームナンバー | AS3 |
| 内容 | 衛星ステータス情報 |
| データ | 1文字目　Main OBC電源状態0の場合、Main OBCの電源がOFF状態、1の場合、Main OBCの電源がON状態にあることを示します。2文字目　Mission OBC電源状態0の場合、Mission OBCの電源がOFF状態、1の場合、Mission OBCの電源がON状態にあることを示します。3文字目　RX 電源状態0の場合、RXの電源がOFF状態、1の場合、RXの電源がON状態にあることを示します。4文字目　バッテリーヒーター電源状態0の場合、バッテリーヒーターの電源がOFF状態、1の場合、バッテリーヒーターの電源がON状態にあることを示します。5文字～6文字目　二次電池電圧二次電池の電圧を表します。二次電池電圧 = 3.7+(“**5文字目**”×16 + “**6文字目**”-113)÷255×5÷2.8 [V]7文字目 衛星モード情報衛星のモードを表します。0の場合「通常モード」、1の場合「電力消費を抑える冬眠モード」になっていることを表します。 |

|  |  |
| --- | --- |
| フレームナンバー | AS4 |
| 内容 | 衛星ステータス情報 |
| データ | 1文字～2文字目　Main OBC電流消費Main OBCの消費している電流値を表します。Main OBC電流消費= （”**1文字目**”×16 + “**2文字目**”）÷255 [A]3文字～4文字目　Mission OBC電流消費Mission OBCの消費している電流値を表します。Mission OBC電流消費= （”**3文字目**”×16 + “**4文字目**”）÷255 [A]5文字～6文字目　Power OBC電流消費Power OBCの消費している電流値を表します。Power OBC電流消費= （”**5文字目**”×16 + “**6文字目**”）÷255÷3 [A]7文字～8文字目　受信機電流消費受信機の消費している電流値を表します。受信機電流消費= （”**7文字目**”×16 + “**8文字目**”）÷255÷2 [A]9文字～10文字目　送信機（CW）電流消費送信機（CW）の消費している電流値を表します。送信機（CW）電流消費= （”**9文字目**”×16 + “**10文字目**”）÷255 [A]11文字～12文字目　送信機（Tx）電流消費送信機（Tx）の消費している電流値を表します。送信機（Tx）電流消費= （”**11文字目**”×16 + “**12文字目**”）÷255×2 [A]13文字～14文字目　バッテリーヒーター電流消費バッテリーヒーターの消費している電流値を表します。バッテリーヒーター電流消費= （”**13文字目**”×16 + “**14文字目**”）÷255 [A]15文字～16文字目　バス機器電流消費バス機器の消費している電流値を表します。バス機器電流消費= （”**15文字目**”×16 + “**16文字目**”）×2÷255÷1.5 [A]17文字～18文字目　二次電池充電電流二次電池に充電している電流値を表します。二次電池充電電流= （”**17文字目**”×16 + “**18文字目**”）÷255 ÷1.3[A]19文字～20文字目　太陽電池電流太陽電池で発電している電流値を表します。太陽電池発電電流= （”**19文字目**”×16 + “**20文字目**”）÷255÷1.6 [A]21文字～22文字目　二次電池電圧二次電池の電圧を表します。二次電池電圧 = 3.7+(“**21文字目**”×16 + “**22文字目**”-113)÷255×5÷2.8 [V]23文字目 衛星モード情報衛星のモードを表します。0の場合「通常モード」、1の場合「電力消費を抑える冬眠モード」になっていることを表します。 |

|  |  |
| --- | --- |
| フレームナンバー | AS5 |
| 内容 | 衛星ステータス情報 |
| データ | 1文字～2文字目　二次電池電圧二次電池の電圧を表します。二次電池電圧 = 3.7+(“**1文字目**”×16 + “**2文字目**”-113)÷255×5÷2.8 [V]3文字～4文字目　バス電圧バスの電圧を表します。バス電圧 = (“**3文字目**”×16 + “**4文字目**”)÷255×5×5÷3 [V]５文字～６文字目　二次電池温度1二次電池の温度を表します。二次電池には3つの温度計が付いていおり、1つ目の温度を表します。二次電池温度= -1481.96+SQRT(2.1952×1000000)+(1.8639-(((“**5文字目**”×16+”**6文字目**”)×5÷255-2.5)÷4+5÷3))÷(3.88×0.000001)) [℃]7文字～8文字目　二次電池温度2二次電池の温度を表します。二次電池には3つの温度計が付いていおり、2つ目の温度を表します。二次電池温度= -1481.96+SQRT(2.1952×1000000)+(1.8639-(((“**7文字目**”×16+”**8文字目**”)×5÷255-2.5)÷4+5÷3))÷(3.88×0.000001)) [℃]9文字～10文字目　二次電池温度3二次電池の温度を表します。二次電池には3つの温度計が付いていおり、3つ目の温度を表します。二次電池温度= -1481.96+SQRT(2.1952×1000000)+(1.8639-(((“**9文字目**”×16+”**10文字目**”)×5÷255-2.5)÷4+5÷3))÷(3.88×0.000001)) [℃]11文字目 衛星モード情報衛星のモードを表します。0の場合「通常モード」、1の場合「電力消費を抑える冬眠モード」になっていることを表します。 |

5.2. FMパケットデータフォーマット

INVADERのダウンリンクFMパケット(AFSK1200bps)は全て、Ax.25 パケットプロトコルの上に次のような基本フレームを持つ構成になっています。

[参照] Ax.25パケットプロトコル：http://www.tapr.org/pdf/AX25.2.2.pdf

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| データ位置 | データ長 | データ内容 | データ(Binary, 16進) |
| Flag | 1byte |  | 0x7e |
| To Address | 7byte | 地上局コールサインJQ1ZKL（1bitシフトしたもの） | 0x94, 0xa2, 0x62, 0x64, 0x96, 0x98, 0x60 |
| From Address | 7byte | 衛星コールサインJQ1ZKK（1bitシフトしたもの） | 0x94, 0xa2, 0x62, 0x64, 0x96, 0x96, 0x61 |
| Control | 1byte |  | 0x03 |
| PID | 1byte |  | 0xf0 |
| Info | 可変 | 衛星データ | 可変 |
| FCS | 2byte | 誤り検知符号 | 可変 |
| Flag | 1byte |  | 0x7e |

Info（衛星データ部）は、地上局から送られるコマンドに応じて変化します（以下のID1～ID5）。

地上局から送られるコマンドは、運用状況により都度変化します。

解析用のエクセルフォーマットをWEB上に公開予定です。

|  |  |
| --- | --- |
| ID | データ内容 |
| ID1．現在ステータス情報 | r-g-c-**sta**-(以下の127Byteデータ) + 0x20 0x0D 0x0A1～4byte目：衛星時刻(HEX)5byte目：二次電池電圧6byte目：バス電圧7～10byte目：00固定11byte目：Power OBC消費電流値12byte目：バス消費電流値13byte目：二次電池充電電流値14byte目：太陽電池発電電流（合計）15byte目：太陽電池 マイナスY面発電電流216byte目：太陽電池 プラスY面発電電流217byte目：太陽電池 マイナスZ面発電電流18byte目：太陽電池 プラスZ面発電電流19byte目：太陽電池 マイナスY面発電電流120byte目：太陽電池 プラスY面発電電流121byte目：太陽電池 マイナスX面発電電流22byte目：太陽電池 プラスX面発電量電流23byte目：アンテナ展開消費電流24byte目：バッテリーヒーター消費電流25byte目：TX消費電流26byte目：CW消費電流27byte目：RX消費電流28byte目：Main OBC消費電流29byte目：Mission OBC消費電流30byte目：00固定31byte目：二次電池温度132byte目：二次電池温度233byte目：二次電池温度334byte目：太陽電池 プラスX面温度35byte目：太陽電池 マイナスX面温度36byte目：太陽電池 プラスY面温度137byte目：太陽電池 プラスY面温度238byte目：太陽電池 マイナスY面温度139byte目：太陽電池 マイナスY面温度240byte目：太陽電池 プラスZ面温度141byte目：太陽電池 プラスZ面温度242byte目：太陽電池 マイナスZ面温度143byte目：太陽電池 マイナスZ面温度244byte目：Power OBC温度45byte目：Mission OBC温度46byte目：送信機温度47byte目：受信機温度48byte目：Main OBC温度49～50byte目：00固定51byte目：ジャイロセンサX軸（X軸周りの回転速度）52byte目：ジャイロセンサY軸（Y軸周りの回転速度）53byte目：ジャイロセンサZ軸（Z軸周りの回転速度）54byte目：磁気センサX軸55byte目：磁気センサY軸56byte目：磁気センサZ軸57～100byte目：00固定101～102byte目：充電IC動作情報103～105byte目：00固定106～114byte目：FF固定115～127byte目：00固定 |
| ID2．粗履歴データ（256秒間隔で記録されたもの） | r-g-c-**ptr**-(127Byteデータ) + 0x20 0x0D 0x0A※ID１と同じフォーマットで過去の記録データがダウンリンクされます。 |
| ID3．詳細履歴データ（2秒間隔記録されたもの） | r-g-c-**ptd**-(127Byteデータ) + 0x20 0x0D 0x0A※ID１と同じフォーマットで過去の記録データがダウンリンクされます。 |
| ID4．履歴データ（配信用に抽出されたデータ、600秒間隔で記録されたもの） | r-g-c-**pta**- (以下の32byteデータ) + 0x20 0x0D 0x0A1～4byte目：衛星時刻(HEX)5byte目：太陽電池 プラスX面発電電流6byte目：太陽電池 マイナスX面発電電流7byte目：太陽電池 プラスY面発電電流8byte目：太陽電池 マイナスY面発電電流9byte目：太陽電池 プラスZ面発電電流10byte目：太陽電池 マイナスZ面発電電流11byte目：二次電池充電電流12byte目：太陽電池 プラスX面温度13byte目：太陽電池 マイナスX面温度14byte目：太陽電池 プラスY面温度15byte目：太陽電池 マイナスY面温度16byte目：太陽電池 プラスZ面温度17byte目：太陽電池 マイナスZ面温度18byte目：二次電池温度119byte目：二次電池温度220byte目：二次電池温度321byte目：ジャイロセンサX軸22byte目：ジャイロセンサY軸23byte目：ジャイロセンサZ軸24byte目：磁気センサX軸25byte目：磁気センサY軸26byte目：磁気センサZ軸27～32byte目：00固定 |
| ID5．履歴データ関連パラメータ取得（現在のデータ記録位置等） | r-g-c-**pti**-(以下の160Byteデータ) + 0x20 0x0D 0x0A1～4byte目：OBC time5～8byte目：OBC time9～12byte目：OBC time13～32byte目：00固定33～59byte目：FF固定60～64byte目：00固定65～68byte目：粗履歴書き込みスレーブ数69～73byte目：粗履歴書き込みスレーブ数73～76byte目：粗履歴書き込みスレーブ数77～80byte目：粗履歴書き込みスレーブ数81～84byte目：粗履歴書き込みスレーブ数85～88byte目：粗履歴書き込みスレーブ数89～92byte目：粗履歴書き込みスレーブ数93～96byte目：粗履歴書き込みスレーブ数97～100byte目：粗履歴書き込みページ数101～104byte目：粗履歴書き込みページ数105～108byte目：粗履歴書き込みページ数109～112byte目：粗履歴書き込みページ数113～126byte目：粗履歴書き込みページ数117～120byte目：粗履歴書き込みページ数121～124byte目：粗履歴書き込みページ数125～128byte目：粗履歴書き込みページ数129～132byte目：API履歴書き込みページ数133～132byte目：API履歴書き込みページ数137～140byte目：API履歴書き込みページ数141～144byte目：API履歴書き込みページ数145～148byte目：API履歴書き込みページ数149～152byte目：API履歴書き込みページ数153～156byte目：API履歴書き込みページ数157～160byte目：API履歴書き込みページ数 |
| ID6．画像データ | r-g-c-**rsr**-(128byte) + 0x20 0x0D 0x0A※1パケットで画像の一部（128byte）がダウンリンクされます。複数パケットのデータを合成することで画像が再生されます。１枚の画像サイズは画像ごとに変化します（JPEG圧縮画像）。 |
| ID7. MainOBC定期リセット解除 | r-g-c-**mrr** + 0x20 0x0D 0x0A |

5.3. FMデジトーカーフォーマット

デジトーカーではデータを音声形式で配信します。

デジトーカーの運用は地上からのコマンドにより開始され、1回あたり約5分間にわたり運用される予定です。

デジトーカーを運用する場合は事前にHP等に情報を掲載する予定です。

デジトーカーの運用内容は2種類存在します。以下、解説です。

|  |  |
| --- | --- |
| モード名 | 内容 |
| メッセージモード | 地上からアップロードしたテキスト/数値データから・音声合成チップが音声を生成（テキスト/数値データを読み上げます。）・モールス信号を生成・メロディーを生成して、送信します。 |
| データ音楽モード | センサーデータをトーン音に変換して送信します。トーン音への変換アルゴリズムは以下の通りです。トーン音を周波数解析することで、センサーデータの値を知ることも出来ます。■トーン音変換アルゴリズムセンサーからの8ビット(0〜255)の生データdを以下の式で周波数f[Hz]に変換する。つまり最低音を110[Hz]として、8ビットのデータを64平均律で4オクターブの音域にマッピングする。f = 110.0×2d/64 [Hz]イントロ：OBC時間第一部：ジャイロ&磁気センサーデータ第二部：電圧(バス&電池&太陽電池パネル)第三部：電流(バス&電池&太陽電池パネル、各種ボード&無線機)第四部：温度(電池&太陽電池パネル)コーダ：温度(各種ボード&無線機) |