**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 WORLD  ARTSAT1: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 0x0A  1～4byte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2  16byte目：太陽電池 プラスY面発電電流2  17byte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1  20byte目：太陽電池 プラスY面発電電流1  21byte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1  32byte目：二次電池温度2  33byte目：二次電池温度3  34byte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1  37byte目：太陽電池 プラスY面温度2  38byte目：太陽電池 マイナスY面温度1  39byte目：太陽電池 マイナスY面温度2  40byte目：太陽電池 プラスZ面温度1  41byte目：太陽電池 プラスZ面温度2  42byte目：太陽電池 マイナスZ面温度1  43byte目：太陽電池 マイナスZ面温度2  44byte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 0x0A  1～4byte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1  19byte目：二次電池温度2  20byte目：二次電池温度3  21byte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 0x0A  1～4byte目：OBC time  5～8byte目：OBC time  9～12byte目：OBC time  13～32byte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) |