

第33回衛星設計コンテスト

ジュニア概要書

応募区分 ジュニアの部

1. 作品情報・応募者情報

| |
|------------------------|
| 作品名 |
| CubeSat 設計支援バス Palette |
| 副題 |
| EDUCATIONAL SATELLITE |
| 学校名 |
| 長崎県立長崎西高等学校 |

2. ミッションの概要

中高生が模擬人工衛星を製作する際にミッションボード開発に注力できるよう、共通化したバス部を製作した。バス部は、電源供給と無線通信の機能を備え、自由にミッションボードを付け替えることができる。ミッションボードは4種の通信規格を自在に組み合わせ、複数のセンサを柔軟に接続できる独自基板を開発し、絵の具のパレットのように多彩な構成で利用できる教育用模擬衛星システムを構築した。

3. 目的と意義

(a) 目的

高校生が人工衛星の構造を理解するためには、模擬衛星の製作が非常に効果的であり、近年では安価なマイコンの登場によりミッション部の製作が容易となった。本研究では、電力供給と無線通信の機能を備えた評価ボードである「バス部」と、センサ構成を柔軟に変更できる「ミッションボード」からなる模擬衛星システム（図1）を開発し、ミッションボードの設計を支援するシステムを製作した。システム設計の中からバス部の設計を切り離すことで、ミッションボードの設計に注力することができる。

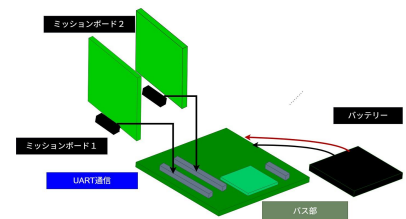


図1：本研究で製作するシステム

(b) 重要性・技術的意義等

本研究では、マイコンにRaspberry Pi Pico W、プログラム言語にMicroPythonを使用する。この組み合わせは、書籍やWeb上で多くの情報を手に入れることができるため、中高生にも扱いやすい。複数のセンサを柔軟に組み合わせることができる汎用ミッションボードを独自開発したことで、様々なミッションに対応できるシステムが完成した。また、バス部を共通化することで初心者でも扱いやすくなり宇宙開発の敷居を下げることができる。バス部とミッションボード間のコネクタ形状と位置を、九州工業大学の「BIRDS プラットフォーム」^[1]と同一にすることで、本物のCubeSat製作への発展性を見据えた設計とした。

4. アイデアの概要

電力供給と無線通信の機能を備えた評価ボードである「バス部」と、センサを接続してプログラムを書き込めばミッション部として機能する「ミッションボード」を開発する。ミッションボードはバス部に2枚まで接続可能で、ミッション部が取得したデータはバスを介して無線通信を行い、コマンドアップリンクとデータダウンリンクができるようにする（図2）。

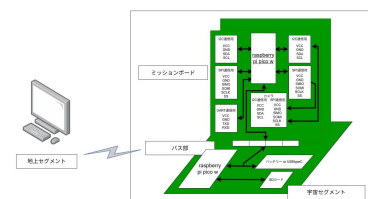


図2：模擬人工衛星のシステム構成

■製作する模擬衛星システム「Palette」の構成

バス部は、九州工業大学の 1U キューブサット規格である「BIRDS プラットフォーム」を参考にして、ミッションボードを最大 2 枚まで挿すことができる（図 3）。バス部と各ミッションボードに Raspberry Pi Pico W をそれぞれ一台ずつ使用し、ミッションボードは単体でも動作するが、バス部に接続するとミッションデータを無線で取得できる。このとき、ミッションボードが変わってもバス部のプログラムを変更しなくて済むように通信仕様を工夫する。なお、今回製作する模擬衛星においては、構体系、熱制御系、計装系、推進系、姿勢制御系については考察しない。

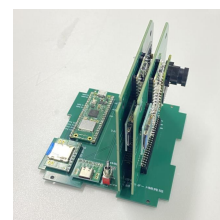


図 3：「Palette」の外観

■バス部の仕組み

バス部は、電源供給の機能、無線接続した外部 PC からのコマンドをミッションボードへ中継する機能（アップリンク）、ミッションボードのデータを外部 PC への送信する機能（ダウンリンク）を持つ（図 4）。バス部には 50 ピンのコネクタ 0 とコネクタ 1 を備え、それぞれに GND、電源 5.0V、UART-TX、UART-RX の 4 端子が 2 組あり、ミッションボードを最大 2 つまで接続することができる。電池（単 4×3 本）または USB type-C コネクタから給電でき、基板上のスイッチで切り替えることができる。

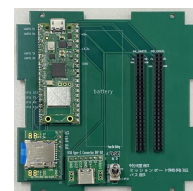


図 4：バス部

■ミッションボードの仕組み

ミッションボードには、センサの通信方式ごとにスルーホールをグループ分けした「スロット」を配置し、センサをスロットにはんだ付けするだけで、マイコンの該当のピンに正しく接続される独自基板（図 5）を製作した。基板には、I²C×3、SPI×2、UART×1、アナログ入出力、カメラを接続できる。カメラ用のスロットは I²C と SPI のスロットと共用で、どちらを使用するかはユーザがジャンパにより選択できるようにし、カメラを使用しない場合にもスロットが無駄にならないように工夫した。

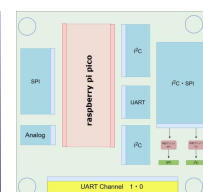
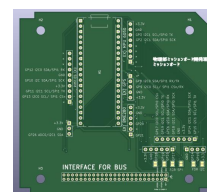


図 5：ミッションボード（左）とスロットの配置（右）

■ミッションボードの製作例

同一のミッション基板を用いて製作したミッションボードの例 3 つと、使用したスロットの一覧（表 1）を示す。

① 衛星内環境測定ボード MB-1（図 6-1）

使用スロット：温度センサ (I²C) ・ 加速度センサ (I²C) ・ SD カードスロット (SPI)

動作内容：温度センサ、加速度センサで衛星の内部の環境を測定して SD カードに保存する。



図 6-1：MB-1

② カメラボード MB-2（図 6-2）

使用スロット：カメラモジュール (I²C と SPI) ・ SD カードスロット (SPI)

動作内容：カメラモジュールで写真を撮影して画像を SD カードに保存する。



図 6-2：MB-2

③ GPS センサーボード MB-3（図 6-3）

使用スロット：GPS モジュール (UART) ・ SD カードスロット (SPI)

動作内容：GPS センサで現在時刻と位置を取得して SD カードに保存する。



図 6-3：MB-3

表 1：各ミッションボードで使用したスロット

| | | I ² C | | SPI | | UART |
|-------------|------|------------------|---|-----|---|------|
| 衛星内環境測定ボード | MB-1 | ○ | ○ | ○ | | |
| カメラボード | MB-2 | ○ | | ○ | ○ | |
| GPS センサーボード | MB-3 | | | ○ | | ○ |

■ミッションボードのデータを PC で受け取る仕組み

ミッションボードで得られたセンサのデータは各ミッションボードの SD カードにそれぞれ保存される。バス部の Raspberry Pi Pico W は、Wi-Fi アクセスポイントとして動作してデータ受送信の窓口となる。バス部に Wi-Fi 接続した地上セグメント PC から、独自開発した GUI インターフェース（図 7）を用いてデータリクエストコマンドを送信すると、バス部は各ミッションボードの Raspberry Pi Pico W へコマンドを中継してミッションボードの SD カードからバス部の SD カードへすべてのデータをコピーし、最新のデータを PC へ転送する。

バス部からミッションボードへのデータアップリンクおよびデータダウンリンクのコマンドは共通化されており、コマンドを受け取ったミッションボードの挙動は、ミッションボード側で設定する。これにより、どのようなミッションボードを接続してもバス部のプログラムを変更せずに無線化に対応できる拡張性をもつ。

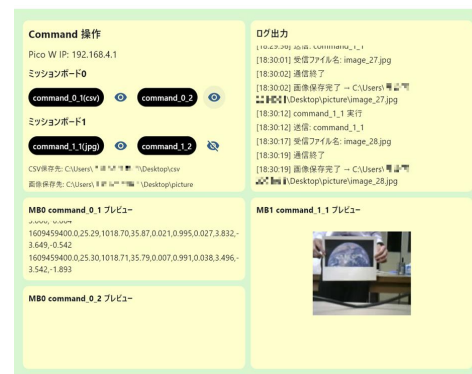


図 7：独自開発した GUI インターフェース
ダウンリンクした CSV ファイルや
JPG ファイルのプレビュー機能も持つ

■バス部が 2 つのミッションボードを区別して通信する仕組み

2 つのミッションボードは同一の基板であるが、バス部の Raspberry Pi Pico W は 2 つのミッションボードを区別して通信することができる。バス部がもつ 2 つの UART チャンネルのうち、チャンネル 0 のピンはコネクタ 0 の 2 列目に、チャンネル 1 のピンはコネクタ 1 の 3 列目につないである（図 8）。ミッションボードは同一であるが、バス部のコネクタは同一ではない

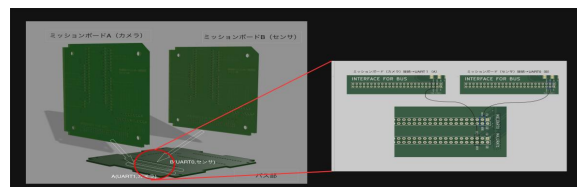


図 8：バス部との接続（A, B は同一ボード）

という仕組みにより、バス部は GUI からのコマンドを目的の送信先のミッションボードへ届けることができる仕組みとした。これにより、バス部のプログラムを製作する際にコネクタを指定する必要がなくなるため、プログラムが非常に簡潔になり、ミッションボードを接続するコネクタを入れ替えたときでも、バス部のプログラムや GUI インターフェースを変更せずに動作できる。

5. 得られる成果

- ・ ミッションボードに無線通信の機能を提供できるバス部を製作した
- ・ Wi-Fi を通して、地上セグメントからのコマンドアップリンクとデータダウンリンクを再現できる
- ・ バス部の設定を変えずに、ミッションボードを差し替えるだけで正しく動作することが確認できた
- ・ 基板の設計技術を習得し、独自基板が製作できるようになった
- ・ バス部とミッションボード間のコネクタ形状と位置を、九州工業大学の「BIRDS プラットフォーム」と同一にすることで、本物の CubeSat 製作への発展性を見据えた設計とした

6. 主張したい独創性または社会的な効果

- ・ バス部と、差し替えが可能なミッションボードをテンプレート化し、超小型衛星開発をマニュアル化することで、さらに短期間かつ低コストで衛星を製作できる
- ・ ミッションボードを迅速に実装でき、即応性と社会的価値の高い情報取得が期待される
- ・ 教育用実験や技術実証が充実することで、電子工作への知識を身につけながら、中高生が設計したミッションを具体的な模擬衛星として形にすることができる
- ・ 中高生が工学や宇宙科学を志すきっかけとなる

7. 参考文献

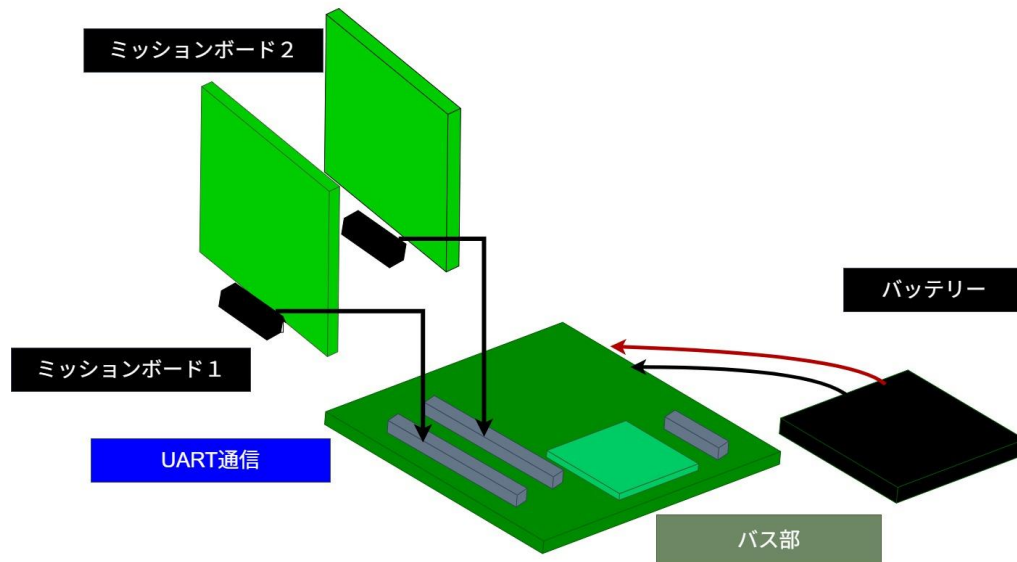
[1] BIRDS プログラム デジタル 教科書

https://birds-project.com/mext/pdf/Digital_Textbook_G_J_2021JUL06.pdf

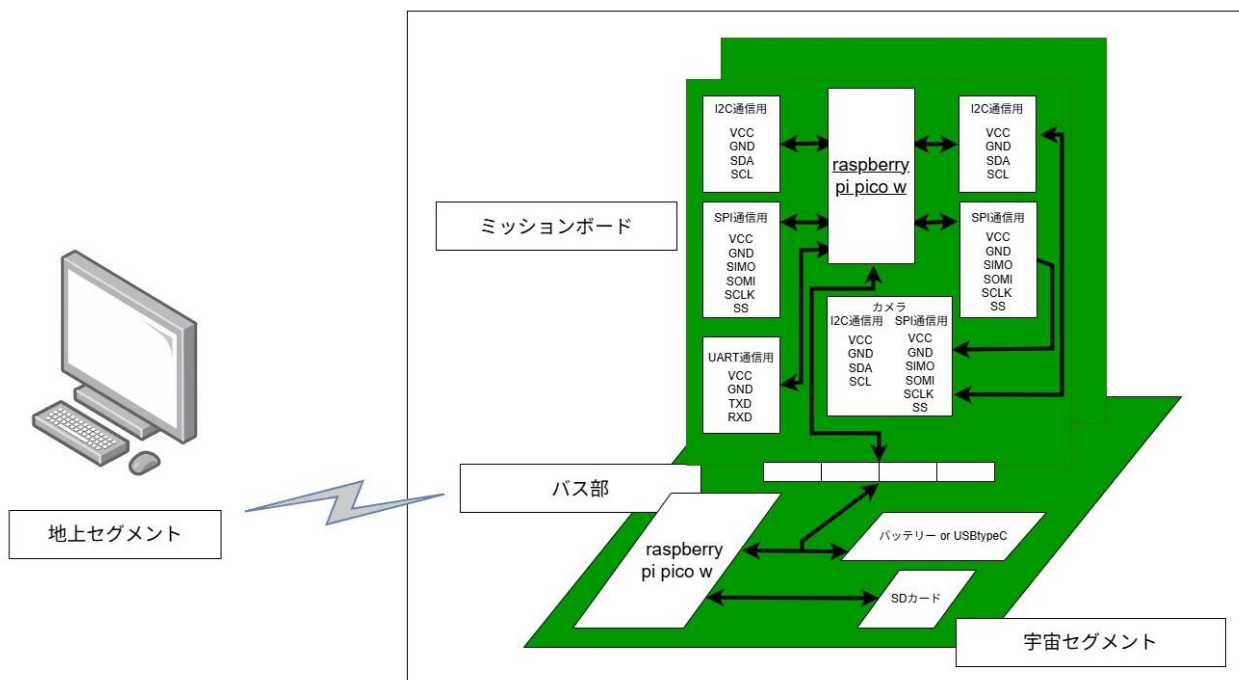
以上

概要書に使用した図と同じものを拡大して掲載します。

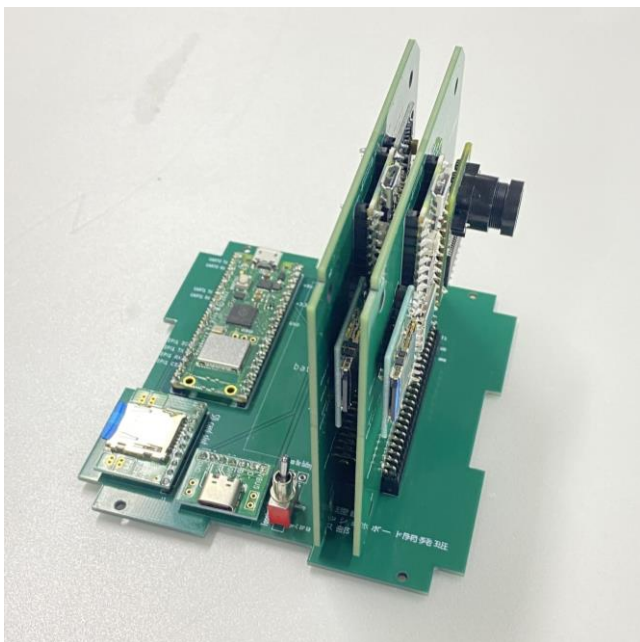
■図1：本研究で製作するシステム



■図2：模擬人工衛星のシステム構成



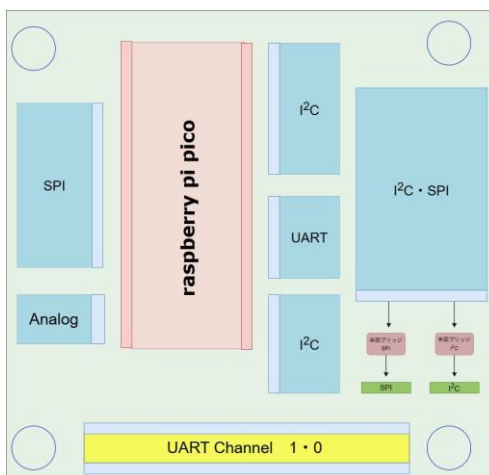
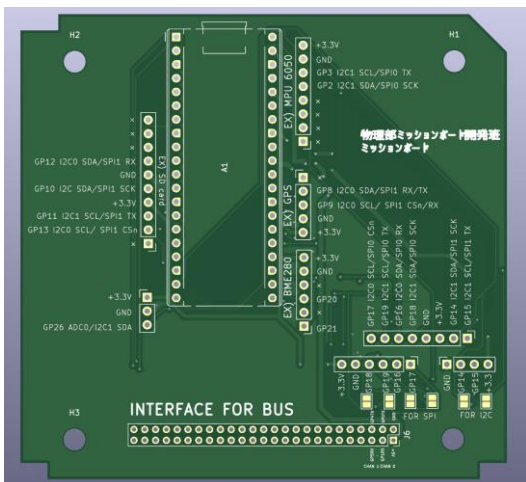
■図 3 : 「Palette」の外観



■図 4 : バス部



■図 5 : ミッションボード（左）とスロットの配置（右）



■ 図 6：ミッションボードの製作例



図 6-1：MB-1
衛星内環境測定ボード

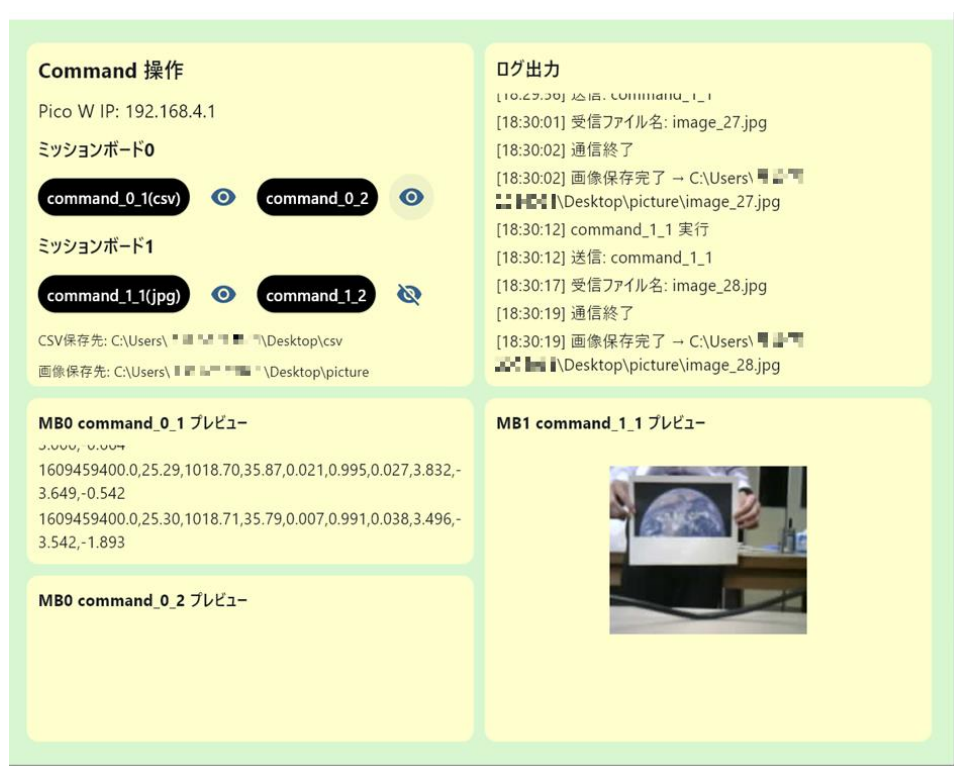


図 6-2：MB-2
カメラボード

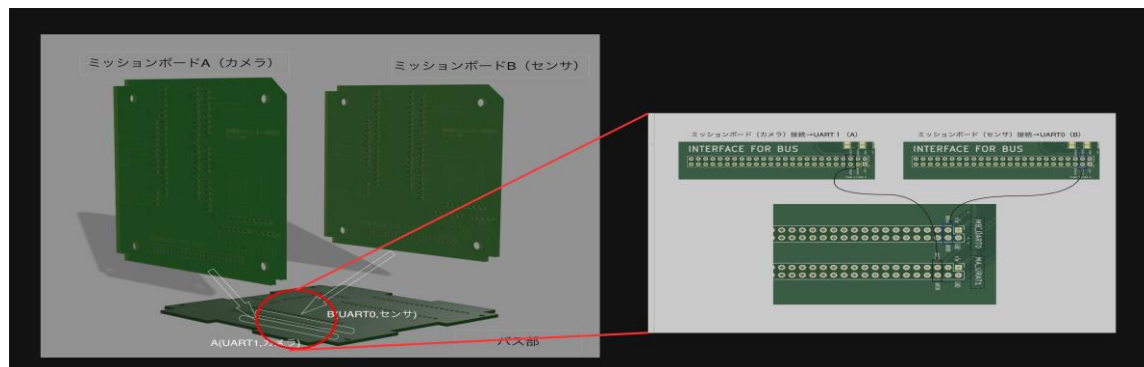


図 6-3：MB-3
GPS センサーボード

■ 図 7：独自開発した GUI インターフェース



■ 図 8：バス部との接続（A, B は同一ボード）



以上