

小型観測気球用の高拡張性電装システムの提案

平塚 丘将、山本 真行（高知工科大学）

Proposal of high expandability electrical system for small sounding balloons

Takamasa Hiratsuka, Masa-yuki Yamamoto (Kochi University of Technology)

小型気球は成層圏観測用の飛翔体として有用であるが、近年の MEMS センサー等の小型化によって高度な複合観測を小型気球でも実施できる可能性が視野に入ってきた。本発表では、小型気球専用開発中の高拡張性の電装システム（小型バスシステム）の提案について報告する。

本提案は、別稿「小型観測気球用の着陸域選択式輸送システムの開発と実験計画」（平塚・山本, 本シンポジウム, 2019）と対をなすものであり、基本的には試験機を開発中である小型観測気球用の着陸域選択式輸送システムとして実現することを想定した設計である。同システムは、パラフォイルを搭載して小型気球ペイロード自体の降下中の進路を能動制御することで安全な場所への誘導着陸を目指すものであり、以下の機能が必須である。

- 1) GNSS および気圧計を用いた 3 次元位置情報の把握
- 2) 9 軸センサー（各 3 軸の加速度計、地磁気計、ジャイロ）による姿勢把握
- 3) 加速度計と気圧計を用いた精密な高度および上昇・下降速度の把握
- 4) アップリンクによる気球からの指令分離
- 5) サーボモーターとアームに接続された制御索の制御
- 6) 安全な着陸域の選択肢となるプリセット経緯度情報を用いた自律制御
- 7) サイエンス機器等のペイロードの管理
- 8) データ通信（制御コマンドのアップリンク、データのダウンリンク）
- 9) 飛行およびサイエンス機器等の計測データ記録
- 10) バッテリー電圧等の電源管理
- 11) 温度計・湿度計とヒーターを用いた重要部分の温度等のハウスキーピング
- 12) 飛行物体認識のためのフラッシュライト式飛行標識
- 13) 容易なメンテナンス性を備えた脱着式モジュール構造
- 14) 小型気球カテゴリを満たす小型・軽量・低消費電力

以上の機能を備えた小型気球専用の電装系システム（バスシステム）を各種センサーの選定とともに検討し、図1に示すような各サブモジュールとその構成要素をピックアップした。

各サブモジュールは、個別に小型基板を持ち必要最小限の計装線で電氣的に連携させる。バスにはCAN通信を用い、高い汎用性と可換性に対応できるよう配慮し高拡張性を持たせた。

テレメトリは上下両方向にLPWA規格の920 MHz電波送受信機を用い、システム全体のフェールセーフとして、ウォッチドッグ機能付のテレメトリモジュールも設計した。

能動制御を行う想定であるため、アクチュエーターモジュールを構成し、それぞれはRS485規格にて接続する。Masterは4ポートを備え、最大で4台の

Slaveアクチュエーターモジュールを制御可能な設計した（図1）。

各サブモジュールは、PSoC 5マイコンで制御し、メインバスとしてCAN通信を用いる設計である。デバッグ用のUSB接続ポートと記録用フラッシュメモリーを各基板上の基本コンポーネントとして備える共通設計とした（図2）。

<p>Attitude</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3.3 V regulator • Base component • 9 axis sensor (BMX160) <p>Telemetry</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3.3 V Regulator • Base component • 920 MHz radio transceiver (RM-92C) <p>Position</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3.3 V regulator • Base component • Pressure & Temperature sensor (MS5607) • GNSS receiver (CAM-M8) • Humidity sensor (HUD21) <p>Telemetry + Watch dog</p> <ul style="list-style-type: none"> • AA battery 2S • 3.3 V boost converter • Base component • 920 MHz radio transceiver (RM-92A) • GNSS receiver (CAM-M8) • EEPROM <p>Actuator Master</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3.3 V regulator • Base component • RS485 4 port <p>Actuator Slave</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3.3 V regulator • RS485 • Micro controller • Flush light driver • PWM <p>Power Management</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3.3 V regulator • Base component • Battery heater • Li-Po battery • Power meter

図1 各サブモジュールと構成要素

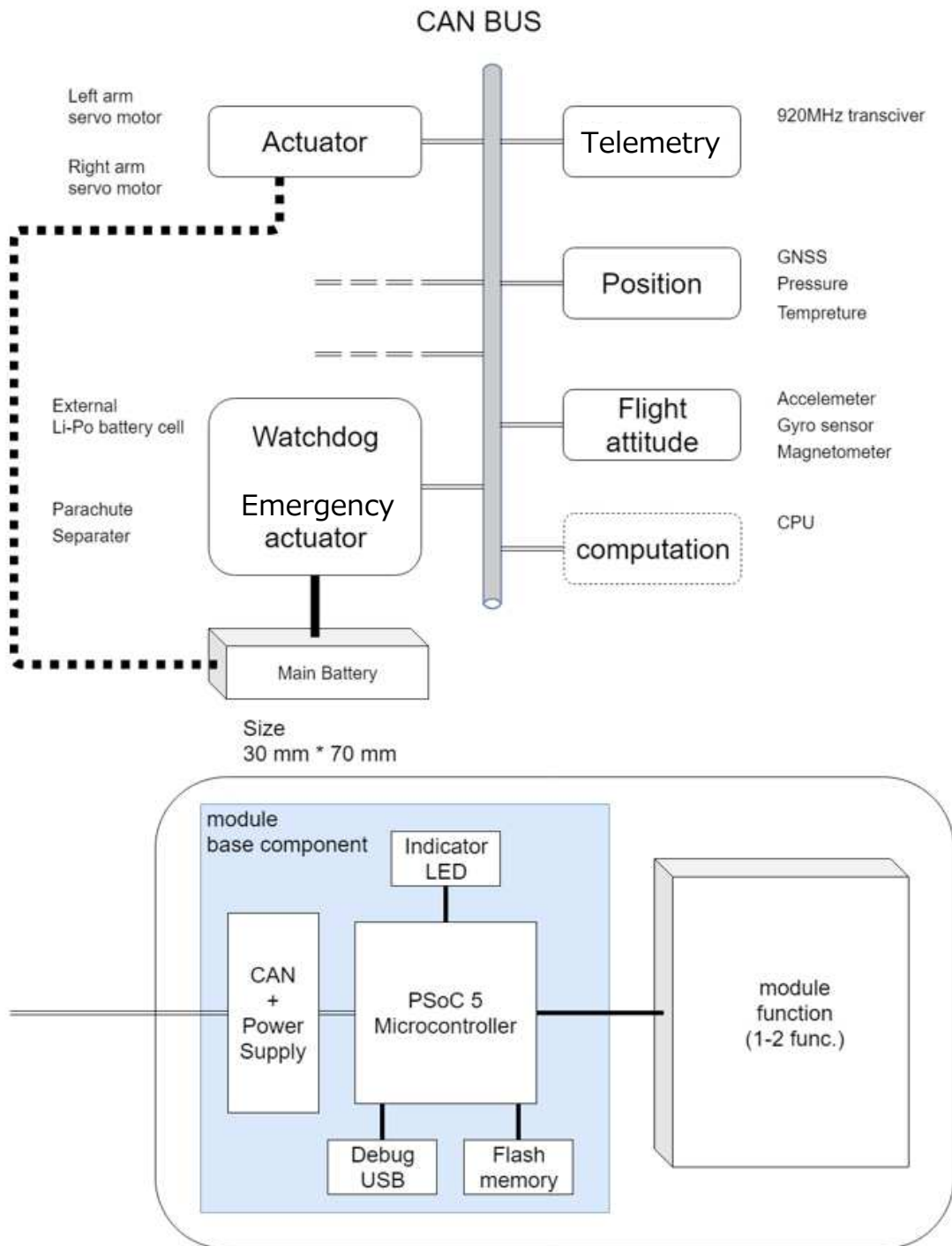


図2 小型気球用の高拡張性電装システムと各モジュールの関係

アクチュエーター制御部のみ、他のモジュールと比較して大電流を必要とするため、別の電源系統を持たせる設計としている。各サブモジュール用の基板の完成写真を図3に示す（左から、テレメトリ、位置、姿勢の各サブモジュール用である）。

メイン（CPU）モジュールの回路図と専用基板の CAD デザインを図 4 に示す。専用回路基板は CAD 図面を基板メーカーに特注し、チップ部品のはんだ付け等の製作は手作業で行った。制御モジュール部の写真を図 5 に示す。このモジュールは実験のたびに PSoC マイコンのプログラム書き換え等を行う可能性が高く、運用効率を上げる工夫として着脱式のモジュールとして設計した。

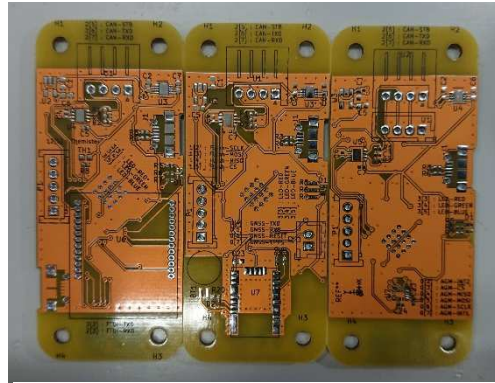


図 3 各サブモジュール基板

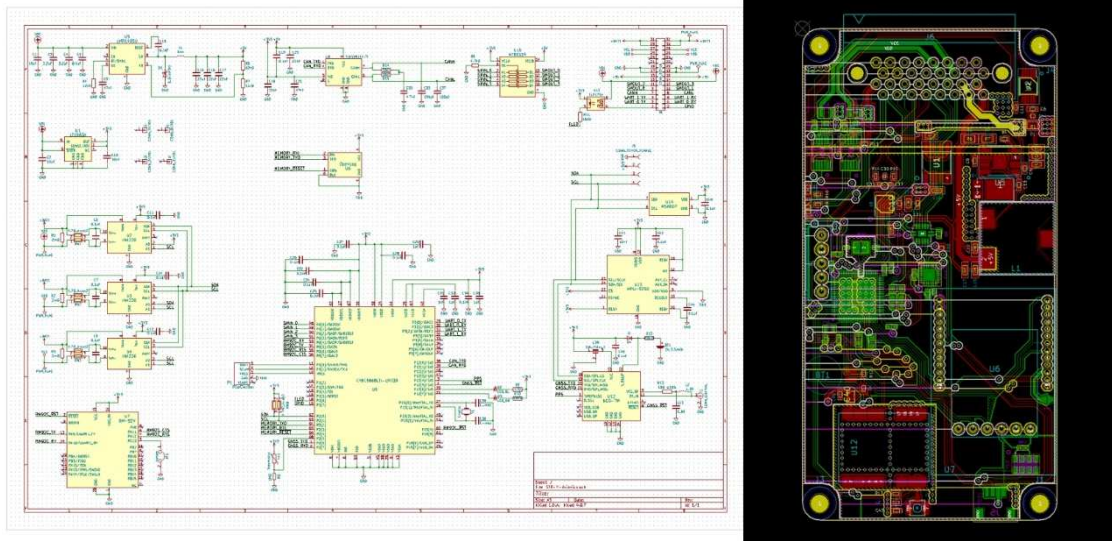


図 4 メインモジュール回路図と専用基板の CAD デザイン

着脱式メインモジュールは、高知工科大学キャンパス内で実施した高所作業車を用いた約 30 m 高度からの放出実験の際に役立った。この際、機構側でも着地衝撃対策を施していたが、着脱式コネクタ部分も着地衝撃に耐え問題なく機能したことが確認されている。

本電装システムは、小型気球用に特化した設計としているが、拡張性や汎用性が高く、超小型衛星等の開発でも有用な手法であると考えられる。



図 5 メインモジュール完成写真