

高電圧技術実証衛星「鳳龍弐号」の電源システムの開発と検証

九州工業大学 工学府 電気電子専攻 柴垣龍之介

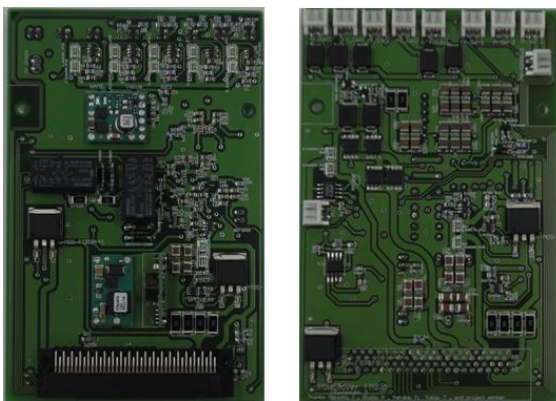
1. はじめに

「鳳龍弐号」は一辺約 30cm 立方の超小型サイズの人工衛星で、衛星バスシステムの実証と 6 つのミッションを行うことを目的としている。本衛星は 2012 年度に JAXA の H2-A ロケットで相乗り衛星として高度約 700km の太陽同期軌道に打ち上げる予定である。運用期間は 1 年を予定している。

本衛星のバスシステムである電源システムは、各系が要求する電力を安定して供給することが一番の目的である。それに加え、シングルイベントラッチアップ対策、運用終了後のバッテリー完全放電、3 冗長コールドロンチ、打ち上げ時の振動・衝撃、軌道上の熱真空環境に耐える等の設計要求があり、本研究ではこれらの設計要求を満たす電源システムの開発と検証を行った。

2. 電源システム設計仕様

電源システムは太陽電池、バッテリー、制御基板から構成される。太陽電池は各衛星外面パネルに 2.8W 発電するモジュールを 1 つずつ取り付けており、日照中の発電電力は約 2.8~3.6W (最小 - 最大) である。バッテリーは単三サイズのニッケル水素電池を 3 直列 3 並列に組み合わせて、5700mAh のメインバッテリーを製作した。また、アンテナ展開用として同じ電池を 1 本使用している。図 1 に電源システム制御基板を示す。サイズは 126 (縦) × 80 (横) × 25 (高さ) mm の 4 層プリント基盤である。この制御基板に太陽電池、バッテリー、分離検知スイッチ (検出部) を接続することで、図 2 に示す電源システムを構成している。



表面 裏面

図 1 電源システム制御基板

電源システムはシリーズ方式を採用しており、太陽電池に光が当たり発電すると、その電力は充電回路を通して各機器とバッテリーへ供給される。充電回路は太陽電池を効率良く発電するための PPT (peak power tracking) 制御とバッテリーの充電制御を行っている。PPT 制御により太陽電池の最大発電点は 95% の効率で発電することが可能で、バッテリー残量の変化に伴い、発電点効率を変化させ、発電電力を調節する。バッテリーが満充電になったときの太陽電池発電点は約 60% まで下がり、過充電を防ぎ、バッテリー発熱量も最大 0.6W 程度に抑えられる。各システムに供給する電力電

圧は 3.3V と 5V で、それぞれ DC/DC コンバータを用いてバッテリー電圧から電圧変換して供給する。電力供給ラインは計 8 本あり、放射線による集積回路のシングルイベントラッチアップ対策として、各電力ラインにブレーカーを設置し、過電流が流れた場合に電力を遮断する。JAXA の安全要求を満たすための機能は、3 冗長コールドロンチを行うための分離検知スイッチと、運用終了後のバッテリー破碎を防ぐためにバッテリーを完全放電させるキルスイッチを開発した。

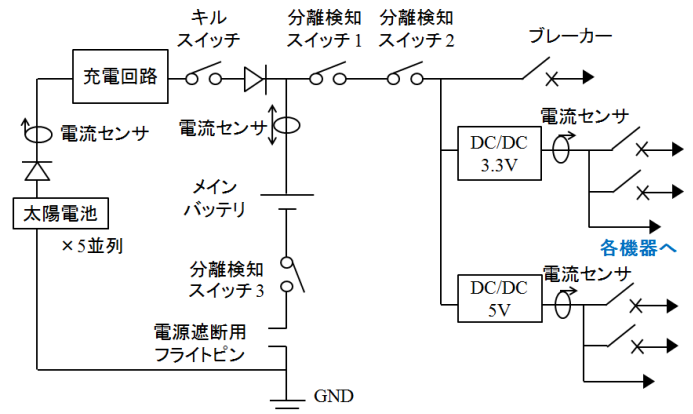


図 2 電源システムブロック図

3. 検証

電源システムの検証は電力収支、耐振動・衝撃、耐熱真空環境性能を検証した。電力収支検証では、ソーラーアレイシミュレーターを用いて軌道上の電力収支状態を模擬した実験を行い、最も電力収支が厳しい条件下において電力収支がとれていることが検証できた。また、最も電力収支がとれる条件下においてバッテリーが過充電にならないことも検証した。

耐振動・衝撃環境性能の検証では、打ち上げ時のロケットの振動、衛星分離時の衝撃を統合した衛星に与え、電源システムが機械的に耐えることができ、全ての機能が正常に動作することを検証した。また、耐熱真空環境性能の検証では、真空チャンバー内で軌道上の最高・最低温度環境を模擬し、電源システム内の全ての機能が正常に動作することを検証した。

4. 総括

全ての設計要求を満たす電源システムを開発することができた。検証により電力収支がとれ、各ミッションを動作できる十分な電力を確保できていることが確認できた。また、衛星打ち上げ時の振動・衝撃環境、軌道上の熱真空環境に耐えられることが検証できた。

今後の課題は、運用を模擬した End to End 試験を行い、衛星の最終システムチェックと運用のデモンストレーションを行うことである。衛星打ち上げ後は、電源システムの機能の実証、太陽電池の劣化、バッテリーの劣化、電力収支検証の健全性の確認などを行う予定である。