



第7章 3重遮断スイッチ×冗長回路×ロー・パワー×高効率排熱…

究極の安全設計！ サステナブル電源

本稿では、人工衛星に搭載されている実際の電源回路を紹介しましょう。

宇宙機用の電源回路に特別なことがあるとするなら、**1台を確実に動かす**点です。1台の故障率を限りなく0に近づけます。1000台作って不良を3台に抑える、といったような民生機器の作り方は通用しません。

私がこれまで関わってきた、十数機の宇宙機用の電源装置はどれも、軌道上で無事ミッションを遂行しています。和歌山大学のUNIFORM1、東京大学のほどよし3号機、4号機などは打上げから6年目を迎えた今も、軌道上で健全に電力の供給を続けています。

これまで成果を出せてきたのは、起こり得ないことにも考えを至らせよ、という先輩の知見や助言のおかげです。本稿では、私の経験をもとに電源を例に宇宙用電子回路の設計の要点をまとめます。

ロケット打上げ環境への適応

● 厳しいロケット打上げの安全要求

超小型衛星の多くは、相乗りで上げられます。搭載するロケットは、H2A(日本)、イプシロン(日本)、SS520(日本)、ソユーズ(ロシア)、PSLV(インド)などです。国際宇宙ステーション(ISS)から放出する方法も利用されています。

衛星は、各ロケットが要求する審査基準を満足しなければ搭載してもらえません。ロケットが決まっている段階で衛星設計を進めることが多いので、私は、一番厳しいH2Aの相乗りと、ISSからの放出との両方の基準に対応しています。

ロケットの安全要求の基本は、**打上げから軌道に達して衛星を放出するまでの間、主衛星や相乗りしている衛星や地上作業員を含む人員に迷惑をかけること**です。

これは、製造側には厳しい要求です。特に、衛星と人が同居する国際宇宙ステーションでは、**飛行士に危害を与えない**ことを十分に証明できなければなりません。

● 打上げ中は、電源が入ったら絶対にダメ

相乗り打上げでは、衛星がロケットから切り離され

るまで、絶対に電源が入ってはいけません。これを**ワールド・ローンチ**と呼びます。

ロケット側が最も懸念するのは、相乗りしているほかの衛星に、電磁的な障害などの悪影響を与えたり、ロケットの誘導制御や地上とのコマンドやテレメトリのやり取りに悪影響を与えたりしないかどうかです。国際宇宙ステーション(ISS)では、衛星を放出するときに飛行士に悪い影響を及ぼさないのが最大の懸念。

● 1本のビス外れが数百億円を吹き飛ばす

相乗り衛星のどこか1本のビスが飛び散るだけで、最悪、数百億円が花火と化す可能性があります。

アンテナや太陽電池など、展開時に火薬を利用する火工品は、構造的な保持と合わせて電源供給回路にも**3重の誤作動回避機能**を備えることが求められます。

100Hz以下の固有振動が発生すると、ロケットへの搭載を拒否されることもあります。入念に、振動解析と試験を繰り返して、取り付けねじの本数も余裕をもたせます。

ねじ位置は均等なほうが見た目には美しいですが、打上げ時の振動エネルギーが1つの周波数(固有振動周波数)に集中しやすくなります。**ねじの間隔は不規則にならべて、共振エネルギーを分散させます**。基板が太鼓の皮のように振動しないように、ねじで中央部を固定します。また、プリント・パターンを通しにくくならないように、ねじの間隔を基板周辺で8cm以内、中

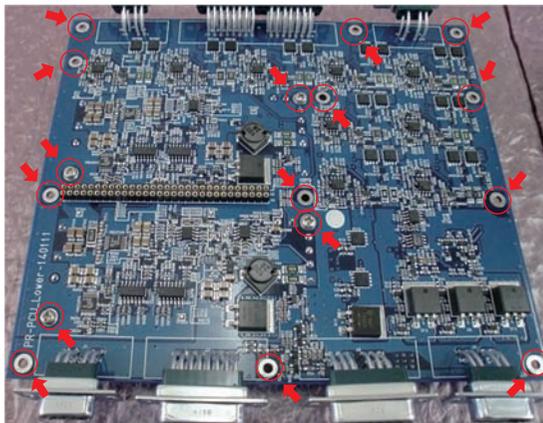


写真1 実際の人工衛星の電源回路基板
太陽電池の最大電力点追従回路や過充電・過放電保護回路などを搭載するPCU(Power Control Unit)

【セミナー案内】 ビギナー向け [演習あり] シミュレータ Octave で学ぶミリ波レーダの基礎と最新動向
——電波の物理現象・原理の理解から高分解能化技術の現状まで
【講師】 天野 義久 氏, 5/12(火) 27,000円(税込み), <https://seminar.cqpub.co.jp/>