

第5章 電池切れ、姿勢制御不能…衛星は生き残れるか？

[宇宙工学入門⑤]
ダイハードな電子回路を作る



人工衛星やロケットなどの宇宙システムの一つ過酷なことは「不具合が起こっても修理することができない」という点です。

これは、修理やメンテナンスが当たり前のようにできる地上のシステムとは根本的に違う状況です。

宇宙システムの設計や製造には「そのような状況でも生き残れる」ことを織り込んでいかないとけません。厳しい宇宙環境で、しかも人手を離れて動作する人工衛星がどう生き残れるか、そのテクニックをいくつか紹介しましょう。

しづとい電子部品を使う

● 実証済みの部品の情報を集める

今は、オンラインのサイトでたくさん見つけ購入できます。東京大学が最初CubeSatを開発した当初は、CubeSat用のような小型衛星に載せられる宇宙用機器は皆無で、すべてを自前で開発しないとイケない状況でした。当時手元にあった資金は300万円ほど、宇宙用部品など買えません。この中でどのように衛星を開発すればいいか、真剣に考えました。

宇宙の世界では、機器や部品の実証がどの程度終わっているか(実証済みレベル)を表す指標があります。これをTRL(Technology Readiness Level)と呼びます(図1)。

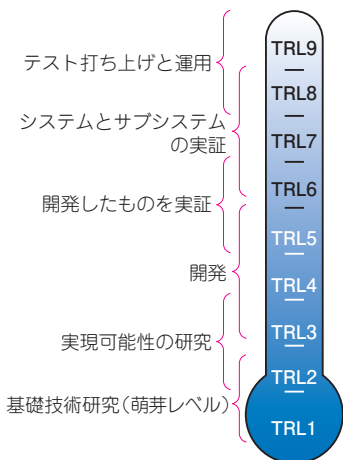


図1 機器や部品の宇宙での実証レベル
“TRL(Technology Readiness Level)”
TRL1(最低)～TRL9(最高)の9段階ある

TRL9は、すでに打ち上げられて実際のオペレーション(実用)に供されているもので、実証レベルが最も高いです。TRL7は、宇宙空間で実験し動作することは確かめられていますが、実用には供されていません。宇宙でとりあえず動くことが確認されたレベルです。

オンラインの機器販売サイトで購入するときは、機器のTRLをまず調べます。業者に聞いたり、使ったことのあるユーザの意見を聞いたりします。宇宙で動いただけなのにTRL9だと言いつけるメーカーもあるので気をつけましょう。

● 実績のある部品を使う

集積度の高い半導体素子は、性能がばらつく可能性が高いのでロットを管理します。機能が低い部品は、型名が同じなら、ほぼ同じ性能が得られると考えてOKでしょう。

シングル・イベント(SEE)の起こる頻度や耐えられる放射線被爆量(Total Doze)も確認するべきですが、情報は得られないので、経験のあるユーザに聞きます。衛星上で動いたと言っても、寿命や実際の不具合の内容も聞き出します。もちろん自分でも必ずテストをします。

東京大学の3号機PRISMでは、姿勢制御用CPUは、SEEが数日に1回程度起こることが、事前の放射線試験で予測されました(実際に軌道上でそれに近い回数起こった)。その程度の頻度のリセットは、ミッション実行に支障がないと判断して採用しました。

● 実績のない部品を使う

初期のCubeSat(XI-IV)を開発していたころ、私は秋葉原から安価な民生品を大量に購入して、振動試験機、衝撃試験機、恒温槽、真空槽などにかかけました。

さらにパスしたものの中で、放射線耐性が気になる素子は、当時のNASDA(National Space Development Agency of Japan, 現JAXA)の協力を得て、Cf(カリフォルニウム)を利用した放射線試験を実施しました。

素子単位でシングル・イベント試験をした後、周辺機器も含めてシステム(たとえばオンボード・コンピュータ)を組んだ後、大学や地域の試験センターで放射線被爆試験をしました。放射線試験をした部品や機器は持って帰れません。

これまでの経験では、車載部品は非常に性能が安定