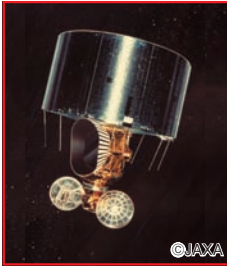


第6章 衛星の心臓部！安定で信頼できるエネルギーの源

発電所「太陽電池と電源回路」の作り方



電源系・電力伝達経路は、人工衛星の心臓や血管です。心臓が止まる、すなわち、電力発生が途絶えることは、その衛星の死を意味します。血管が詰まったり切れたり、すなわち、電力伝達経路上でトラブルが起これば、その先にある機能が失われたり、別の箇所に不具合が波及したりします。

本章では、高い信頼性が求められる人工衛星の電源系の設計と運用、トラブルからのリカバリ法、発生防止策の事例を紹介します。

私たちが開発した電源系は、東京大学、次世代宇宙システム技術研究組合、アストレックス社の研究者と技術者が連携して、軌道条件やミッション要求、負荷の数、特徴、使われ方を分析して、一つ一つ作り込みました。まだまだ改善の余地はありますが、2010年以來、10以上の超小型衛星(CubeSat)で採用され、軌道上で安定した電力供給を維持しています。

一にエネルギー、二にエネルギー、三、四がなくて五にエネルギー

● 宇宙機の電源は今も昔も太陽電池と電池

宇宙では地上と違って、発電所から安定した電力をもらうことができません。もちろん家庭にあるようなコンセントもありません。宇宙空間で機能を果たすために電力が必要な人工衛星や宇宙機は、独自に電力を発生し蓄積させるための装置を備えていなければなりません。

宇宙空間における最大のエネルギー源は「太陽」です。

今は、太陽電池パネルの発電畑「メガ・ソーラ」を目にする機会が増えましたが、宇宙空間では1960年代から使用されてきました。

初めて太陽電池を搭載した衛星は「Vanguard-1(米国, 1958年)」です。シリコン製の太陽電池セルを34枚搭載していました。太陽電池の出力は、約10mWとごく小さなものでしたが、軌道上でおよそ2200日間、電波を送信しました。

人類初の人工衛星「Sputnik-1(ロシア, 1957年)」は、1次電池の酸化銀電池だけを搭載して、このわずかな電力で電波を送信していましたが、電池の寿命はたったの3週間でした。

● エネルギーだけはなんとしても確保する

太陽電池は、太陽からの光エネルギーを半導体素子の特性によって電気エネルギーに変換します。発生電力は表面積で決まります。

2019年12月時点で、人工衛星や宇宙機に用いられる太陽電池の発電効率は約30%です。つまり、太陽からのエネルギーの約3割を電力として取り出すことができます。

太陽電池の取り付け方には、機体側面のスペースに太陽電池を実装するボディ・マウント方式(Appendix 5-1参照)と機体の外側に広げる展開方式があります。

機体側面に、カメラ撮影用の開口部やセンサ類、熱制御のための多層断熱材、放熱面などがある場合は、ボディ・マウントは難しいので、展開式の太陽電池パネルだけの構成も多いです。

パネルは、展開に失敗すると、必要な発電量が得られないリスクがあります。展開機構には、動作の確実性や高い信頼性が求められます。

太陽電池パネルを展開した後は、衛星の姿勢を制御して、発生電力が最大になるように、主発電面を太陽光に正対させます。これを太陽指向モードと呼びます。衛星運用者は、この姿勢が確立し、地上との通信や内部機器動作が安定するとホッとするものです。

太陽指向モードのまま観測や実験をする衛星もあれば、そのときだけ衛星の直下点に向かせる(地球指向モード)衛星もあります。地球上の任意の地点を向き続ける制御を定点指向モードと呼びます。

ジンバルを搭載して、発生電力を最大に維持し続けられるよう衛星の進行に合わせて太陽電池パネルを太陽に向けるのと同時に、カメラを地球に向ける衛星もあります。

● 発電できない間は電池で賄う

太陽光が太陽電池パネル表面に当たらない日陰では、発電が0Wになります。衛星を設計するときは、日陰でも機能を維持できるように、充放電できる2次電池を備えるのが一般的です。

2次電池には、ニカド蓄電池、ニッケル水素蓄電池、リチウム・イオン蓄電池が用いられています。宇宙では軽さと小ささが重要ですから、パソコンやモバイル機器、電気自動車の普及で重量当たりの蓄電電力が大