

低地球軌道における高電圧宇宙システム実現に向けた 太陽電池アレイ上で発生する放電の軌道上実験

工学府 電気電子工学専攻 電気エネルギーコース 豊田研究室 12349504 岩井俊輔

1. 研究背景と目的

次世代の宇宙ステーションなどの高電圧宇宙システムはまずは打ち上げコストの安い低地球軌道に登場すると考えられる。しかし、低地球軌道に存在するプラズマと 200V 程度の高電圧発電は干渉を引き起こし、太陽電池アレイ上で帯電・放電を発生させ、その性能を低下させる。メンテナンスフリーである宇宙では実証が最も重要であり、来るべき未来のために、耐低地球軌道の実証は急務である。本研究では、宇宙空間で高電圧発電を行い、帯電・放電現象の取得と放電抑制技術の実証を行う。最終目的は宇宙機の生命線である**太陽電池アレイ**の「実宇宙環境での放電現象の理解」と、「低地球軌道に適応した放電抑制技術の評価」を行う。

2. PASCAL と 鳳龍 式号

PASCAL は国際宇宙ステーション上に搭載された、高電圧実験モジュールである。鳳龍式号は世界初の 300V 発電を行う超小型衛星である。この 2 つを利用し、宇宙空間で高電圧に伴う放電実験を行う。

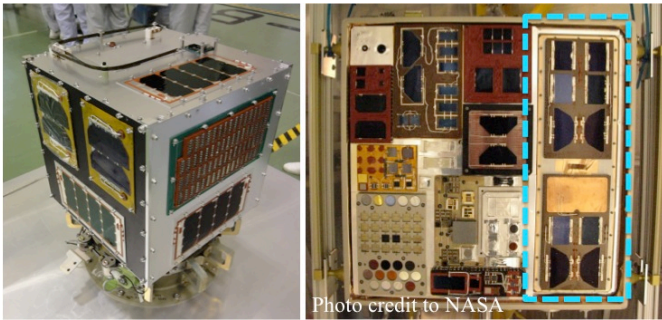


図 1 鳳龍式号と PASCAL

3. 放電抑制技術

鳳龍式号に搭載された ETFE フィルム型抑制太陽電池アレイ(FilmA とする)耐プラズマを想定された放電抑制技術である。フィルムで太陽電池を覆うだけで、周辺プラズマと遮断することができ、地上試験では 800V 発電を想定した実験で放電を抑制に成功している。太陽光の透過率も 95% で、損失が極めて少ない。

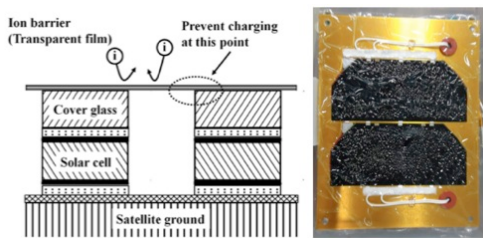


図 2 ETFE フィルム型放電抑制太陽電池アレイ

4. 鳳龍式号の宇宙実験結果

図 3 は FilmA の宇宙実験結果である。50 分間にわたって、世界初の 300V 発電に成功した。しかし FilmA 上で放電が発生した。放電発生場所を特定すると、南極上空に集中していることがわかった。FilmA は高エネルギー粒子の影響を受けたと仮定した。さらに、「衛星の姿勢データ」や実験日の「プラズマ密度データ」、「故障の樹」を解析することで**順電位放電**が発生したのではないかと考えた。赤道付近では放電が発生していないため、耐プラズマ抑制効果は発揮されたと考えている。

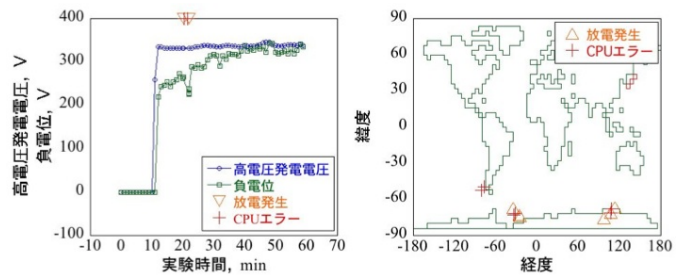


図 3 FilmA の実験結果と放電発生場所

5. FilmA 上で発生した放電原因究明試験

高エネルギー粒子を模擬した電子ビームを照射し、放電発生の可能性を地上試験によって調査した。結果、表面が -9kV 程度になると貫通破壊を引き起こす放電が発生することがわかった。この結果から、次号機である鳳龍参号に搭載する FilmA の設計と試験を行い、極域通過時の対策を検討した。具体的に、「固定方法を改善する」、「耐圧の向上したものをを用いる」を提案し、より耐圧が高く、太陽光の透過率も向上させた。

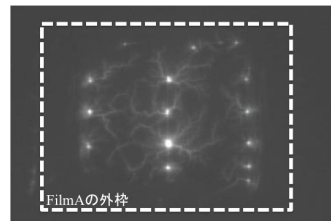


図 4 放電発生の様子

6. まとめと今後の予定

宇宙空間で放電を確認し、放電抑制の実証実験を行った。地上試験では十分に検証されていた FilmA は実宇宙環境で思わぬ原因で放電を発生させた。高エネルギー粒子の干渉を受けたが、耐プラズマの抑制効果は発揮された。

今後の予定として、次号機である鳳龍参号の高電圧実験ペイロードに PASCAL と鳳龍式号の宇宙実験経験を反映させた設計と軌道上で発生するイベントを予想する。今回不明であったことは鳳龍参号で明らかになり、高電圧宇宙システムの実現に近づくだろう。

研究実績(8 件)

国内会議

- ・ 2012 年日本航空宇宙学会西武支部
- ・ 2013 年宇宙科学連合
- ・ 2013 年宇宙環境シンポジウム

国際会議

- ・ Spacecraft Charging Technology Conference2012
- ・ 29th International Symposium on Space Technology and Science2013
- ・ 64th International Astronautical Congress 2013
- ・ IAF-SUAC International Student Workshop 2013
- ・ 51th AIAA AEROSPACE SCIENCES MEETING2013

その他

- ・ 2013 UNISECWORKSHOP ポスターセッション第一位

