

## 帯電放電設計標準試験データ集改訂の報告

宇宙航空研究開発機構(JAXA), 大平正道 ohhira.masamichi@jaxa.jp

### 1. はじめに

JAXAでは安全な衛星設計のため衛星設計標準を制定しており、ワーキンググループ1(WG1)では各大学・企業のご協力を得て帯電・放電設計標準データ集に帯電物性測定方法を記載するための改訂作業を行い、昨年度末に改訂原稿を入稿した。本講演では、新たに追加した「二次電子放出係数」「高電流密度」「導電率(体積抵抗率)」「誘電率」の測定方法及び「測定方法制定によるMUSCAT解析への影響度調査」についてと、今後期待される活用方法について紹介する。

### 2. 帯電放電設計標準文書

JAXAでは衛星設計をするにあたって考慮すべき問題点を設計標準文書としてまとめている。帯電放電分野ではこの設計標準を作成するにあたって、関係する専門分野の先生方にご協力を頂いて設計標準ワーキンググループ1(WG1)を設置して議論し、平成22年に帯電放電設計標準(JWRG-2-211)を制定した。さらに、平成24年にA改訂を制定し、それと同時に下位文書として帯電放電試験データ集(JERG-2-211-TM001)を制定した。WG1では平成27年度現在、帯電放電試験データ集のA改訂に向けて作業を進めている。昨年度末に本文を入稿し、現在は他のWGとクロスレビュー中である。図1に帯電放電設計標準の文書体系図を記す。

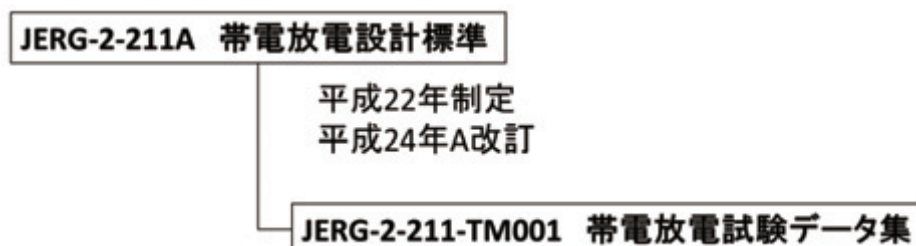


図1 帯電放電設計標準文書体系図

### 3. 帯電解析

軌道上の人工衛星表面は、光・電子線・プラズマなどの宇宙環境と、その表面の材料の性質によってある電位に帯電する。帯電が進展し閾値に達すると放電を引き起こし、様々な不具合の原因となることから、衛星設計を行う際には必ず帯電の様子をシミュレーション解析を行って帯電レベルが問題ないことを確認し、もし問題があれば改善・対策を施して衛星設計に反映することで安全性を向上させている。

### 4. 帯電物性値の測定

帯電解析を実施する上で必要になるパラメータには宇宙環境に係るものと衛星表面材料に係るものの二種類があるが、本稿では衛星表面材料の帯電物性パラメータについて述べる。

MUSCATでは、帯電解析に必要となる物性パラメータとして以下の4種5つのパラメータを必要とする。

- ・二次電子放出係数

$S_{\text{emax}}[\text{eV}]$  : 二次電子放出係数が最大になる時の入射電子エネルギー.

$S_{\text{dmax}}[-]$  : 二次電子放出の最大値.

- ・光電流密度

$\alpha_{\text{ph}}[10\mu\text{A}/\text{m}^2]$  : 太陽光を浴びた際の単位面積当たりの放出電流. 材料の量子効率と軌道上太陽光スペクトル(AM0)から算出する.

- ・導電率

$\text{Cond}[1/\Omega\text{m}]$  : 導電率 (体積抵抗率の逆数)

- ・比誘電率

$\text{Epsil}[-]$  : 比誘電率

これらのパラメータは導電率や比誘電率のように JIS 等で一般的に測定方法が規定されているものもあるが、高真空などの宇宙環境を考慮した測定方法の規定がなく、帯電解析に使用する値としての正当性に疑問があったため、WG1 で測定方法及び測定装置の開発を行い、設計標準試験データ集の A 改訂版に記載することとした。また、ここに記載した手法・装置で測定した各パラメータを、測定結果一覧としてデータ集に記載している。

さらに新しく測定したパラメータを基に、帯電解析に対する材料パラメータの感度解析として、パラメータを変更した際に MUSCAT での帯電解析の飽和乖離電圧(衛星構体と誘電体面との最終的な電位差)と飽和時間(飽和乖離電圧に至るまでの時間)について感度解析を行い、その影響度を調査した結果についても記載している。

表 1 設計標準データ集 A 改訂で追加する項目

章番号	タイトル	章番号	タイトル
4.3.	二次電子放出係数の測定	4.5.	光電流密度
4.3.1.	二次電子放出係数の基礎理論	4.5.1.	AM0 太陽光スペクトル
4.3.2.	【手法 A】パルススキャン測定法 1	4.5.2.	光電流密度の計算
4.3.3.	【手法 B】パルススキャン測定法 2	4.6.	体積抵抗率 (導電率) ・比誘電率の測定
4.3.4.	【手法 C】連続電子ビーム照射帯電計測法	4.6.1.	【手法 A】電荷蓄積法
4.4.	光電子放出・量子効率の計測	4.6.2.	【手法 B】電子ビーム照射帯電電位減衰法
4.4.1.	光電子放出の基礎理論	4.6.3.	【手法 C】帯電測定法
4.4.2.	【手法 A】パルス照射測定法	4.7.	帯電解析に対する材料パラメータの感度解析
4.4.3.	【手法 B】波長選択フィルタ測定法	4.7.1.	解析条件
		4.7.2.	材料パラメータ設定
		4.7.3.	解析結果
		5.	帯電物性パラメータ計測結果一覧

## 5. 期待される活用方法

設計標準文書は衛星設計をする際の参考文書として JAXA 内外で使用されており、本文はインターネット上でも公開されている。データ集は現状では外部公開はされていないものの、MUSCAT での帯電解析や衛星の表面材料・表面処理選定の基準として、また新規材料使用時の帯電特性計測に活用されることを期待する。