

宇宙機浮遊導体の放電電流計測とプラズマインピーダンスの推定

指導教員：豊田和弘 17108101 堀之内希

1. 研究背景及び目的

宇宙環境において高エネルギー粒子による宇宙機の帯電、放電が起きており、過去に日本でも、環境観測衛星「みどり2号」や準天頂衛星「みちびき」といった人工衛星が不具合を起こしている。人工衛星の開発には膨大な資金を必要とするため、未然に事故を防ぐ必要がある。宇宙機の浮遊導体の放電現象についてのパラメータは明らかにされておらず、今後、放電事故の対策に必要になると考える。そのため、本研究では宇宙機浮遊導体の放電電圧及び放電電流の計測を行い、放電プラズマのインピーダンスについて調査する。

2. 研究手法

浮遊導体の放電実験と、放電実験をもとにしたシミュレーション解析を行う。放電実験では、サンプル作成し、GEOチャンバの中に入れ実験を行う。

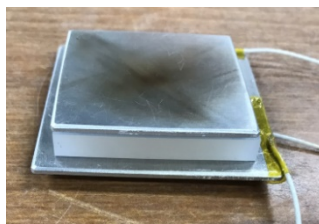


図1 実験サンプル

サンプルはアルミニウム板とシリコンで作成しており、絶縁体のシリコンを挟むことで電氣的に浮遊している状態を作っている。シリコンの厚さを変化させながら放電した際の電圧と電流波形を測定する。シミュレーション解析では、放

電実験の測定結果をもとに放電時のプラズマインピーダンスを推定する。

3. 実験結果

シリコン各厚さにおける放電実験の結果を以下に示す。

表1 放電実験結果

シリコン厚さ	1mm	3mm	5mm	10mm
放電電圧 (kV)	-4.9	-6.8	-9.6	-10.9

シリコンの各厚さにおけるプラズマインピーダンスの推定結果を以下に示す。

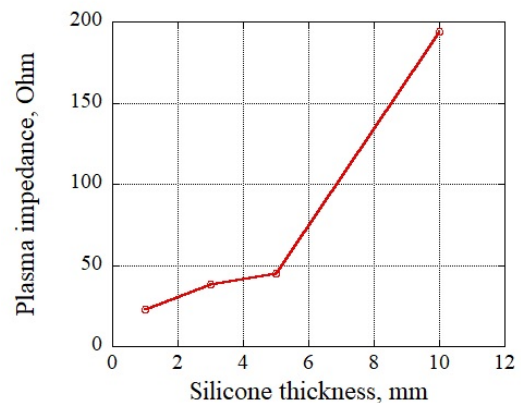


図2 プラズマインピーダンス推定結果

4. まとめ

放電実験より、シリコンが厚いほど放電電圧が大きくなることが分かった。また、プラズマインピーダンスはシリコンの厚さによって曲線的に増加していくと考えられる。

Measurement of discharge current and estimation of plasma impedance in spacecraft floating conductors

Instructing Professors : Kazuhiro Toyoda 17108101 Nozomi Horinouchi

1. Background and purpose of the study

In the past, satellites such as the Midori-2 environmental observation satellite and the Quasi-Zenith Satellite-1 (QZSS) "MICHIBIKI" in Japan have experienced malfunctions due to charging and discharging of spacecraft by high-energy particles in the space environment. Since the development of satellites requires a huge amount of money, it is necessary to prevent accidents from occurring. The parameters for the discharge phenomena of floating conductors in spacecraft have not been clarified and will be necessary for countermeasures against discharge accidents. In this study, we will investigate the impedance of the discharged plasma by measuring the discharge voltage and current in the spacecraft floating conductor.

2. Research methods

Discharge experiments of floating conductors and simulation analysis based on the discharge experiments are conducted. In the discharge experiment, a sample is prepared and placed in the GEO chamber for the experiment.

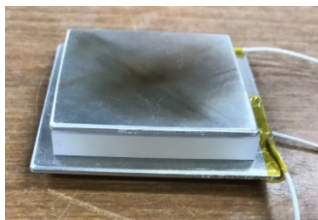


Figure 1 Experimental sample

The sample is made from an aluminum plate and silicone, and the insulating silicone is sandwiched between the two to create an electrically suspended

state. Measure the voltage and current waveforms when discharging while varying the thickness of the silicone. In the simulation analysis, the plasma impedance during discharge is estimated based on the measurement results of the discharge experiment.

3. Experimental results

Table 1 Results of electrical discharge experiments

Silicone thickness	1mm	3mm	5mm	10mm
Discharge voltage (kV)	-4.9	-6.8	-9.6	-10.9

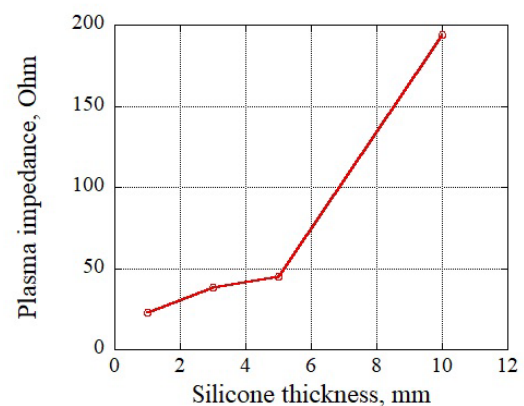


Figure 2 Plasma impedance estimation results.

4. Summary

From the discharge experiments, it was found that the thicker the silicone, the larger the discharge voltage. It is also expected that the plasma impedance increases curvilinearly with the thickness of the silicone.

第1章 序論.....	4
1.1 宇宙環境における人工衛星の放電事故.....	4
1.1.1 帯電・放電設計標準.....	4
1.1.2 内部帯電.....	4
1.2 放電現象の研究状況.....	5
1.3 研究概要及び目的.....	5
第2章 研究手法.....	6
2.1 放電試験.....	6
2.2 実験サンプル.....	6
2.2.1 放電原理.....	7
2.3 実験手法.....	7
2.3.1 実験装置.....	7
2.3.2 測定機器.....	9
2.3.3 実験回路.....	9
2.3.4 実験準備.....	10
2.3.5 実験方法.....	11
2.4 実験ケース.....	13
第3章 放電試験のシミュレーション解析.....	14
3.1 概要.....	14
3.2 測定機器.....	14
3.3 シミュレーション回路.....	14
3.4 解析方法.....	15
第4章 放電試験による電圧の閾値と電流波形の取得結果.....	17
4.1 放電電圧の閾値の取得.....	17
4.2 放電時における放電画像.....	17
4.3 放電時にける放電電流の波形データ.....	17
第5章 シミュレーション解析によるプラズマインピーダンスの推定結果.....	19
5.1 放電試験とインピーダンスアナライザでの測定結果.....	19
5.2 シミュレーション解析結果.....	19
第6章 考察.....	21
6.1 先行研究のデータおよび計算結果.....	21
6.2 本研究と先行研究との比較.....	21
6.3 プラズマインピーダンスの推定結果.....	24
6.4 プラズマインピーダンスの曲線近似式.....	25
第7章 結論.....	28
参考文献.....	29

謝辞.....	30
付録.....	31

全文を希望の方は cho@ele.kyutech.ac.jp までご連絡ください