

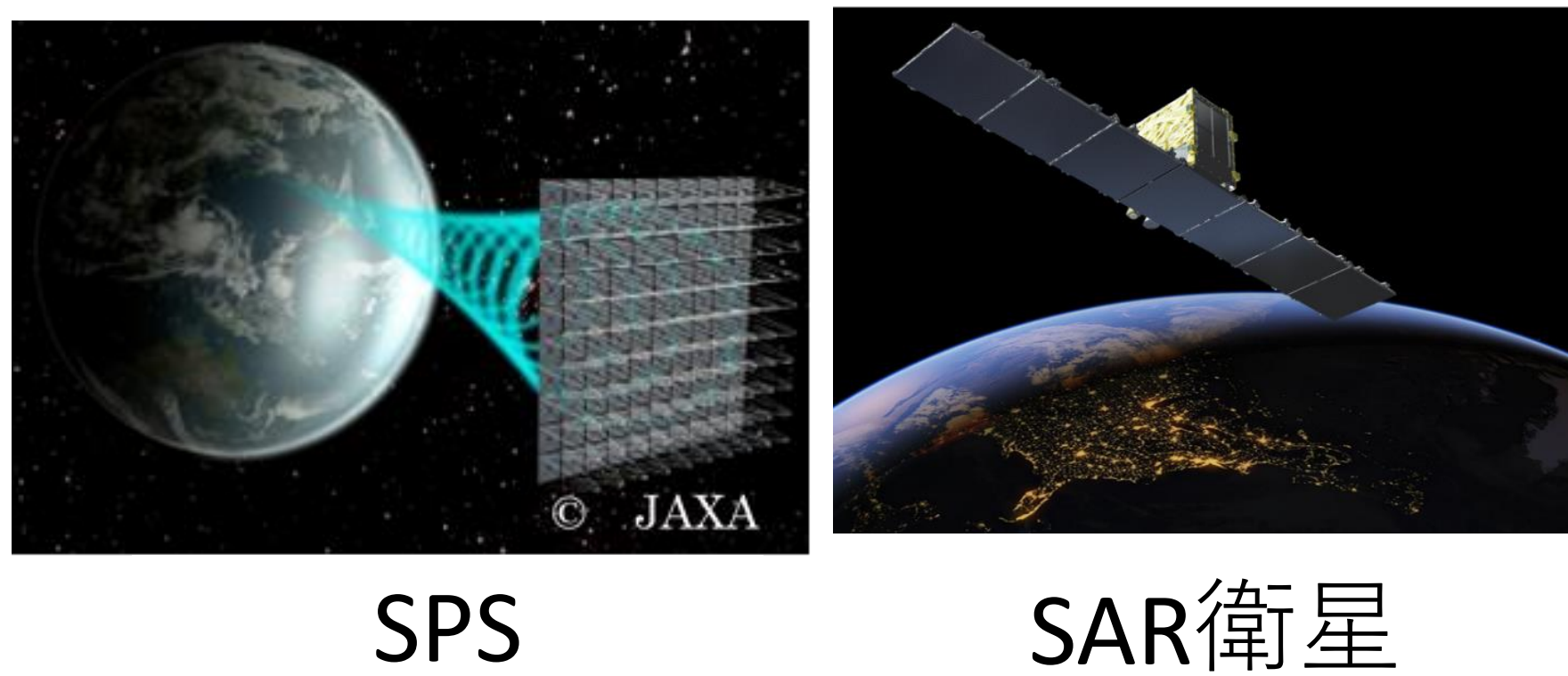
宇宙機用大電力マイクロ波システムにおけるマルチパクタ放電抑制に関する研究

○太田大智¹、阿久津壮希¹、伊地智幸一²、齋藤智彦¹、田中孝治³

1 東京理科大学 2 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 3 ISAS/JAXA

研究背景

近年の衛星は高機能化に伴い、大電力化の傾向にある。SPSは無線送電のために、SARは観測精度向上のために大電力マイクロ波 (kW/m^2) を用いる。この大電力と宇宙環境の相互作用によって放電発生のおそれがある。したがって、設計課題の一つに...



SPS

SAR衛星

大電力の実現 × 放電の抑制

研究目的

機器接合部において、工作精度の制限より0.1mm前後の間隙が設けられる。この間隙によってマルチパクタ放電と思われる放電が発生したがより詳細な検討が必要である。そこで、解析と実験の両面から...

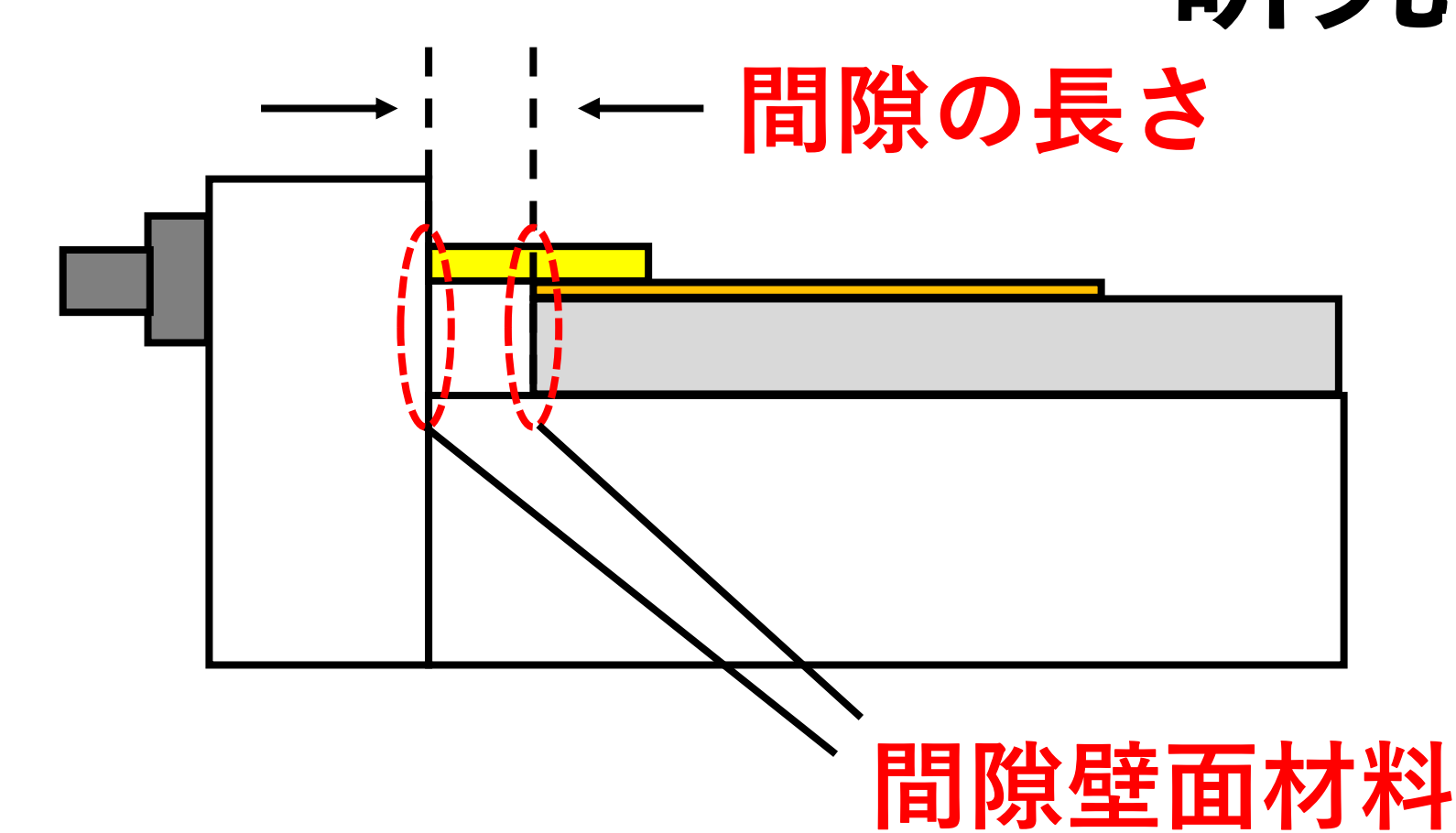


放電痕

- ① 放電発生機構の究明
- ② 放電緩和方法の開発

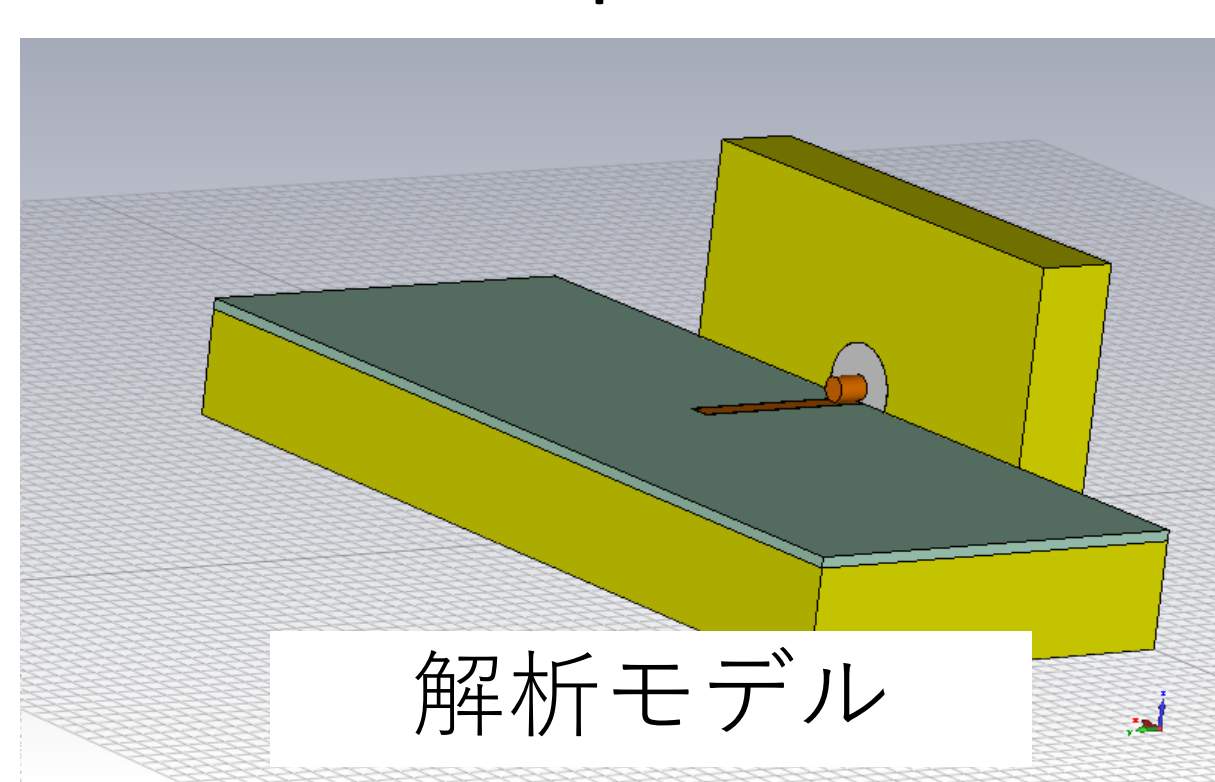
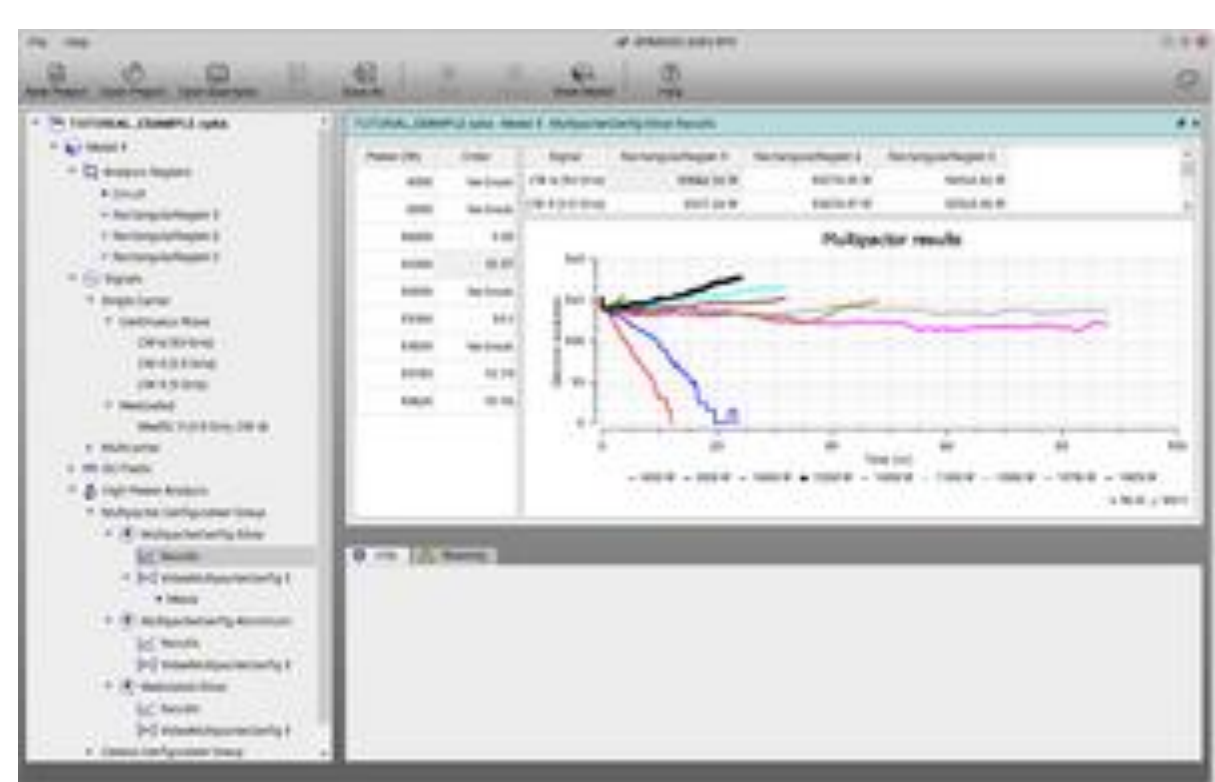
研究概要

主要なパラメータ
 間隙長
 0.0mm~0.15mm
 材料
 アルミニウム、銀、アロジン
 周波数
 9.65GHz



数値解析

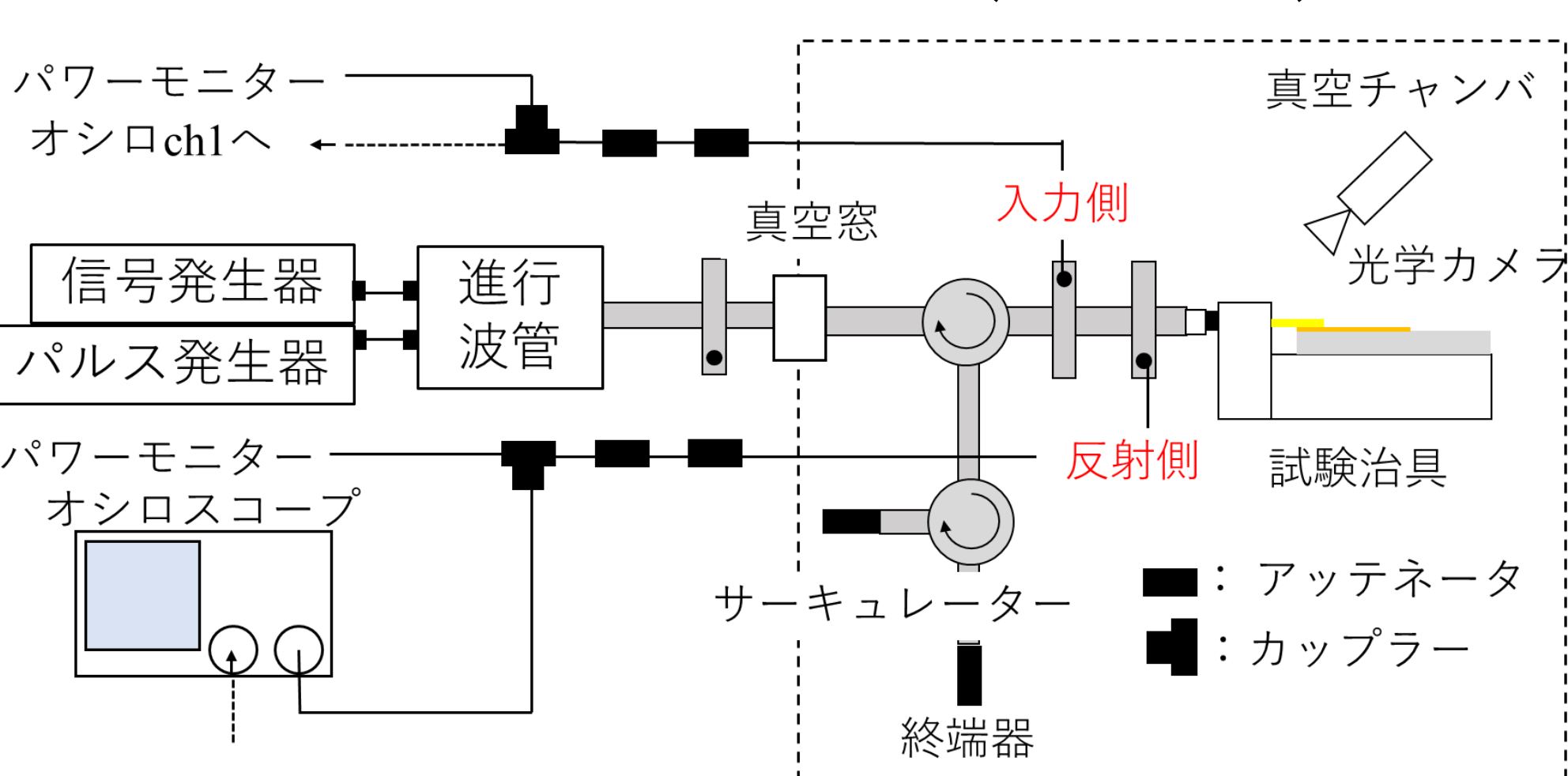
マルチパクタ放電閾値を数値解析するためにSpark3Dを使用



解析モデル

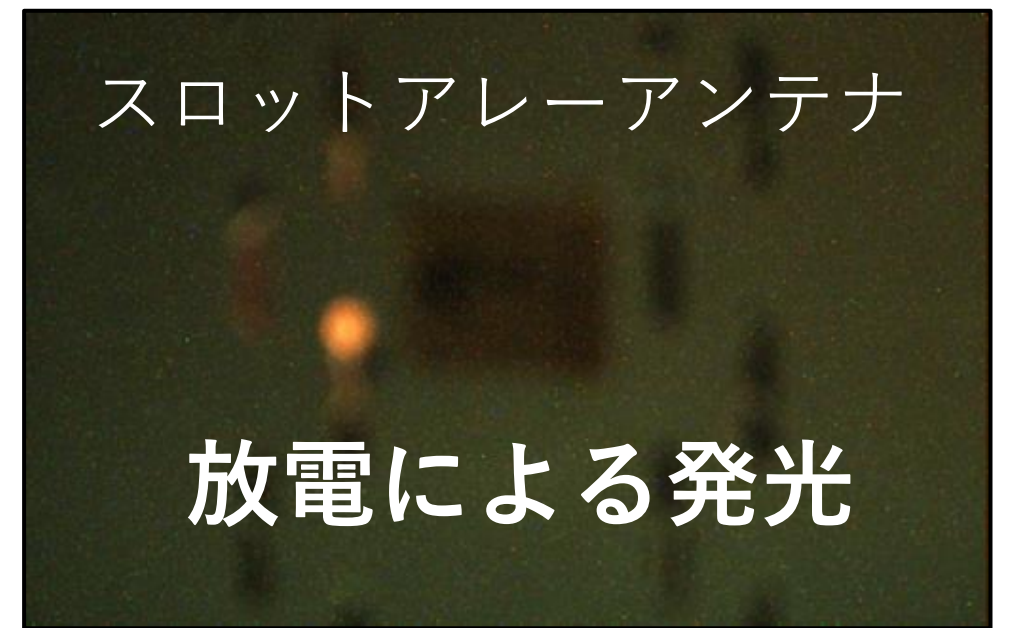
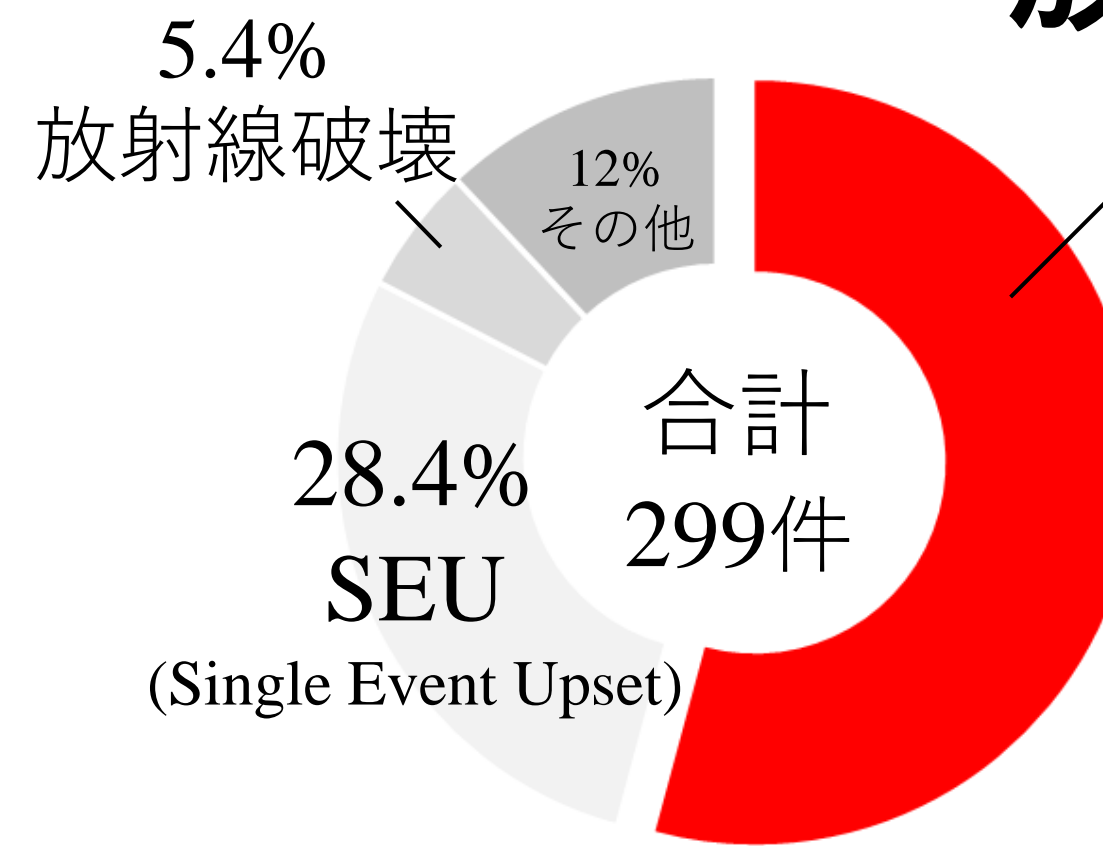
実験

進行波管で電力マイクロ波（最大8kW）を実現、オシロ等で放電の確認



放電試験治具

放電現象



放電による発光

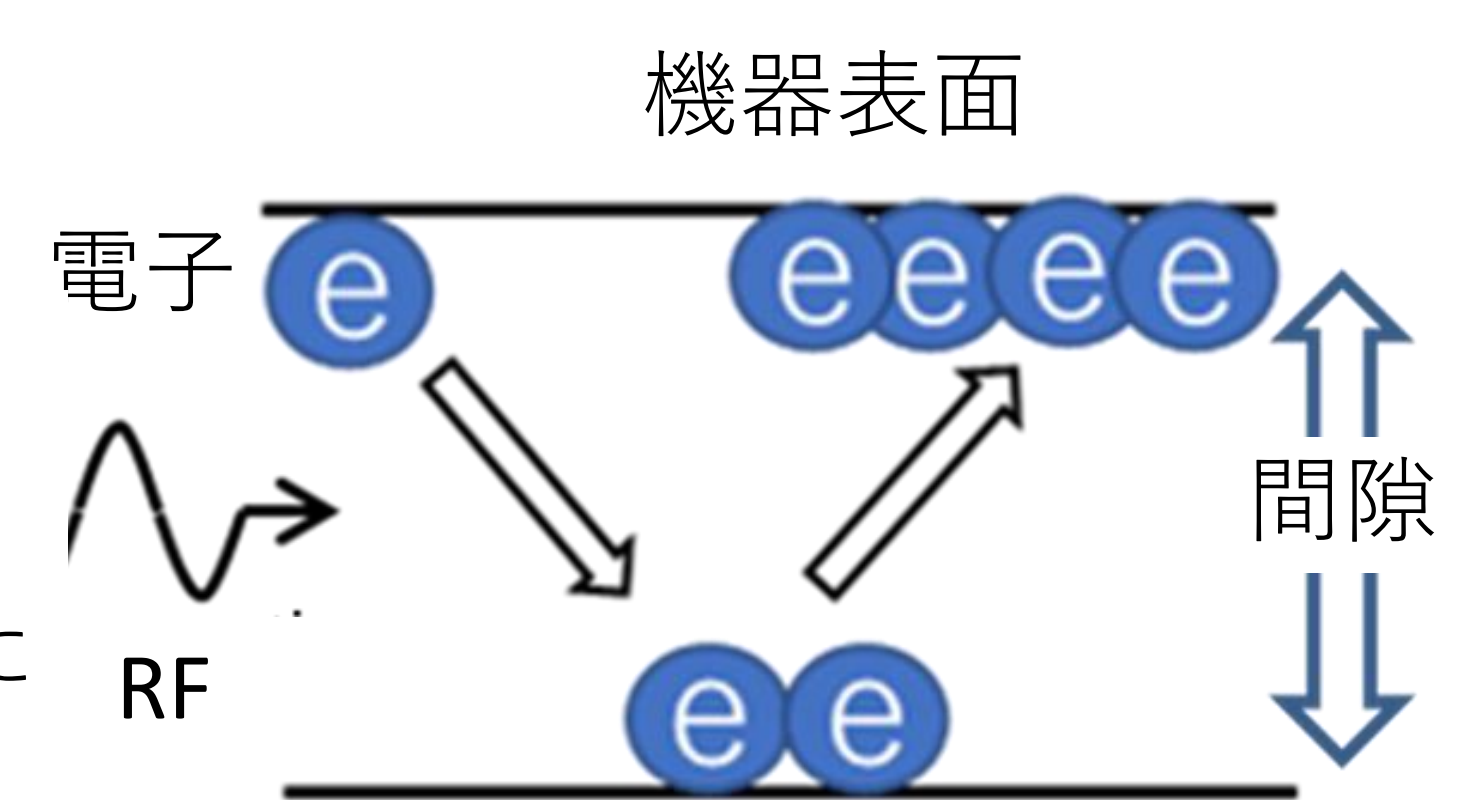
宇宙環境に起因する衛星事故の割合
約半数の事故が放電に起因

- 放電が及ぼす影響
- 表面の汚損
 - RF/電子回路の損傷
 - 衛星の劣化・損傷 など

マルチパクタ放電

RFと電子の共振現象

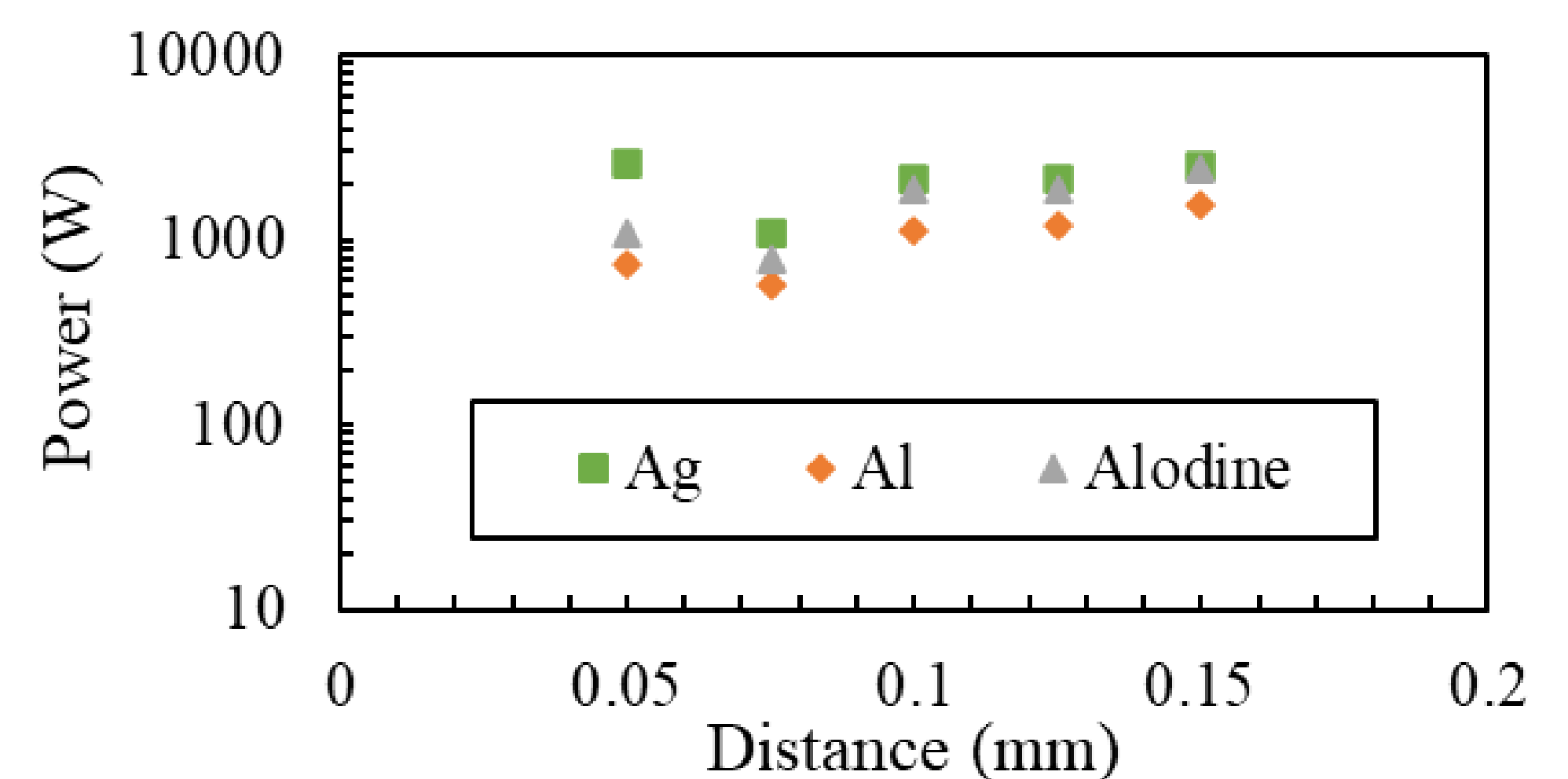
1. 初期電子がRFによって加速
2. 電子が機器表面に衝突
3. 二次電子が生成
4. 電子群がさらに逆方向のRFによって加速及び衝突
5. 電子数が指数関数的に増加



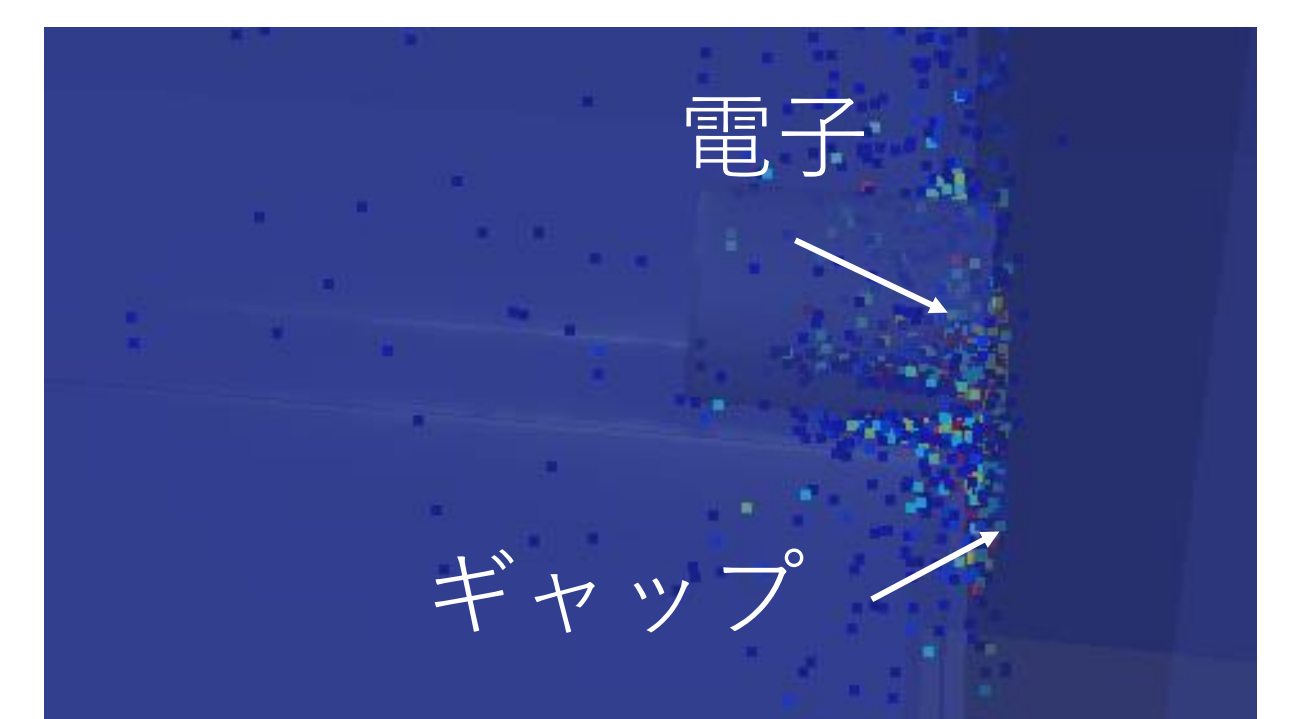
二次電子放出係数などの物性値、間隙長、RF周波数に依存

結果

数値解析

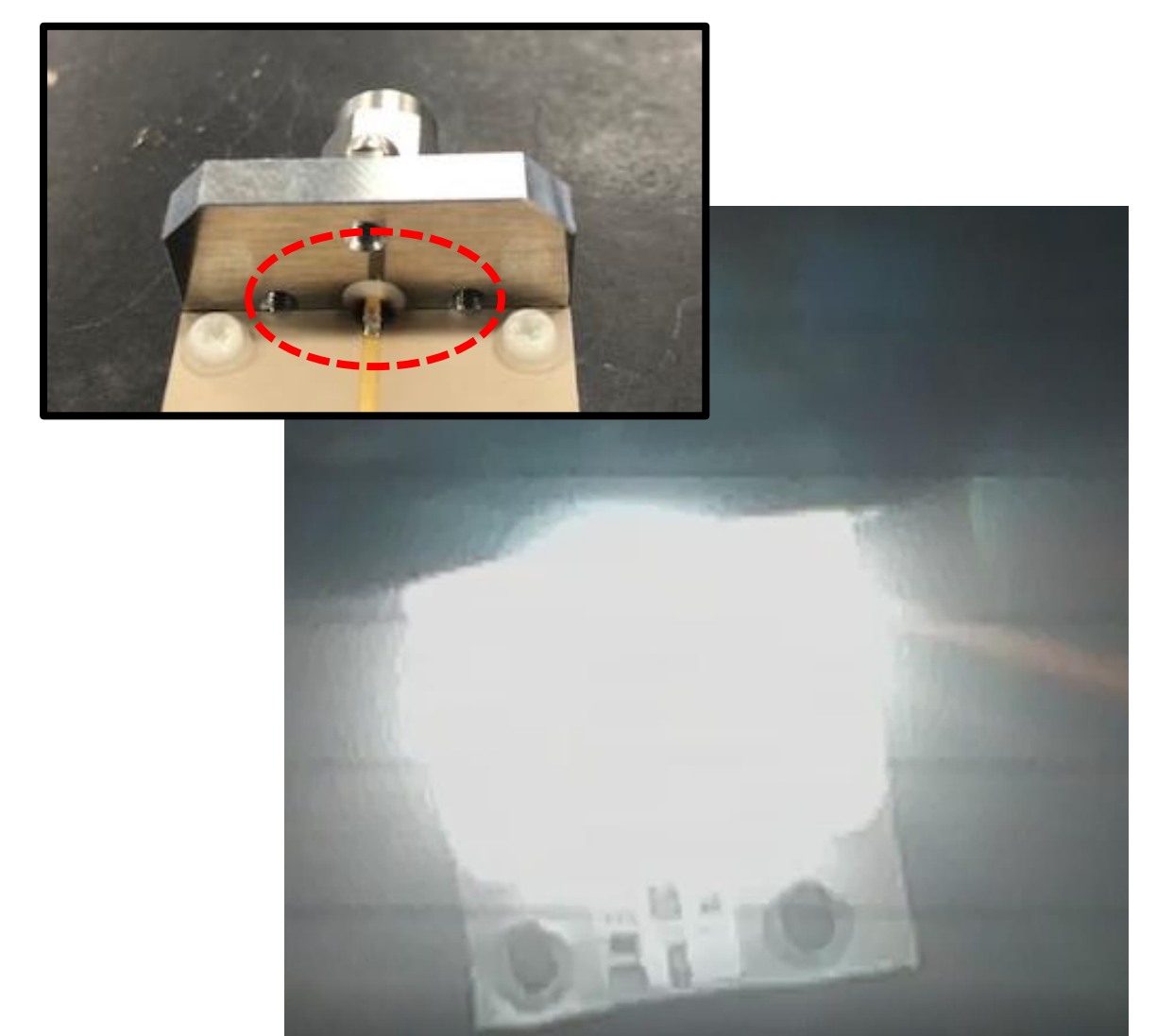


上図は材料別マルチパクタ放電閾値の間隙長依存性を示している。材料によって耐放電性能に差が生じている。右図は電子の軌跡であり、間隙で電子が増倍している様子がわかる。



実験

壁面材料がアルミニウムの時、420W入力で右図のような発光がみられ、赤丸で示すような焼損が確認された。しかしながら、持続放電とはならなかった。一方、壁面材料が銀のときは2kW入力しても放電は確認されなかった。



考察・まとめ

0.1mm前後の間隙長が最もマルチパクタ放電が起きやすい状況であることが分かった。過去の文献から、周波数(GHz)と間隙長(mm)の積が0.1となる時にマルチパクタ放電閾値が最小となることが指摘されており、本実験環境と概ね合致している。安易に間隙を絶縁体などで埋めることはマイクロ波の伝送特性を悪化させる危険性があり好ましくない。そこで間隙壁面を適当な材料でコーティングすることで耐放電性能を向上させることができることを解析と実験の両面から確認した。今後は、TiN（窒化チタン）コーティングなど種々の材料で放電試験を行い、さらなる耐放電性能向上を目指したい。また、左図のように解析と実験の結果が異なるので、数値解析と実験結果の整合性を高めたい。

