

月面周辺における物体の帯電現象とその計測手法に関する計算機シミュレーション

Evaluation of charging of objects near the lunar surface and its measurement technique through computer simulation

研究代表者：栗田 怜（京都大学生存圏研究所・准教授）

h-usui@port.kobe-u.ac.jp

研究分担者：小嶋 浩嗣（京都大学生存圏研究所・教授）

担当：プラズマ中での物体の電気的特性

中島 稜太（京都大学工学研究科）

担当：全粒子シミュレーション解析

臼井 英之（神戸大学 大学院システム情報学研究科，教授）

担当：アルゴリズム評価

三宅 洋平（神戸大学 大学院システム情報学研究科，准教授）

担当：物体モデル評価

研究目的 (Research Objective):

本研究の目的は、3次元プラズマ粒子シミュレーションを用いて、月周辺におけるプラズマの環境に対する月面電位、月面近傍に存在する物体の帯電の状態と、帯電に伴う電場構造について明らかにすることを目的とする。

計算手法 (Computational Aspects):

神戸大学で開発された3次元全粒子電磁シミュレーションコードEMSESを用いて、月面近傍におかれた完全導体の帯電に関する数値シミュレーションを実施する。シミュレーションボックス内に、内部境界として、2つの完全導体である立方体と、月面を模擬するために導電率が小さい層を設定できるようにする。そのうえで、月が太陽風に存在することを想定したプラズマのパラメータでシミュレーションを実施する。ただし、現状では光電子の効果は導入していない。まず、立方体物1つをプラズマ中に配置し、floating potentialに落ち着いた時点で、その導体に電圧を印加・掃引することで、V-I特性をシミュレーションから求め、ラングミュア特性の理論と一致することを確認する。次に、月面着陸機から伸展させたプローブを用いて月面の静電環境を測定する場合を模擬したシミュレーションを実施するために、2つの大きさの異なる立方体物をシミュレーションボックス内に配置し、その距離を変えてながら小さい導体の電位を掃引してV-I特性を求め、ラングミュア特性の理論と比較をおこなう。ただし、現状では月面はシミュレーションボックス内に導入されていない。

研究成果 (Accomplishments) :

図 1 に示すように、立方体導体 1 つをシミュレーションボックス内に設置し、電圧を印加・掃引した場合には、V-I 特性はラングミュア特性の理論と非常に良い一致を示すことが確認された。このことから、本シミュレーションにおいて、プラズマ中の導体物を精確に取り扱えていることを確認した。

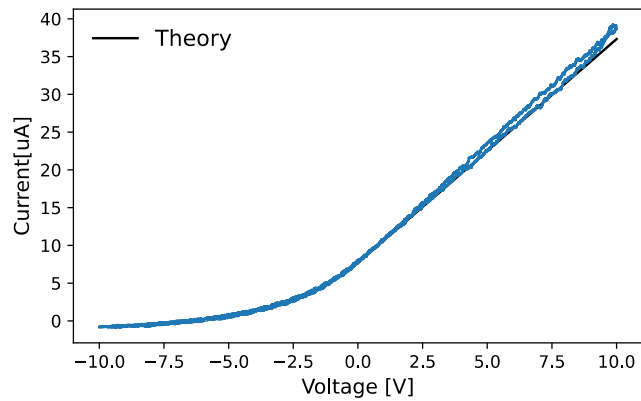


図 1：立方体導体 1 つの場合における V-I 特性の理論値（黒線）とシミュレーション結果（青線）。

図 2 に、大きさの異なる導体物を 2 つ、シミュレーションボックス内に設置し、小さい方の導体電位を掃引した際の V-I 特性の結果を示している。4 つのパネルでは、2 つの導体の間の距離が異なっており、デバイ長よりも距離が小さい場合には、V-I 特性がラングミュア特性からずれていることがわかる。シミュレーション空間内の電位分布の解析から、2 つの導体間の距離がデバイ長よりも小さい場合には、小さい導体周辺の電位が大きい導体の影響で歪んでいることが明らかとなった。この電位の歪みは、導体間の距離がデバイ長を超えることで改善することがわかり、電位計測や、ラングミュアプローブ計測で精確な計測をおこなうためには、電位の歪みを低減する必要があることを示している。今後は、月面の状況を模擬した状況でのシミュレーションに加えて、この電位の歪みを解決するための静電障壁を形成する電極を挿入し、大きい導体の影響を受けることなく、理想的な計測が実現できるようなモデル作成を目指す。

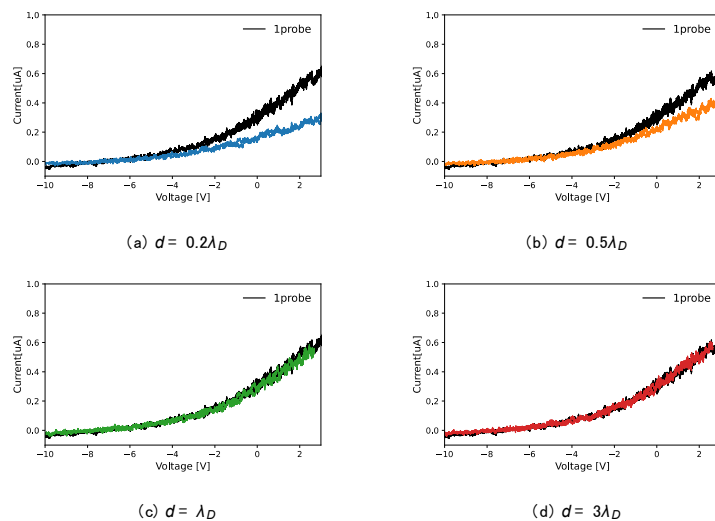


図 2：2 つの大きさの異なる立方体をシミュレーションボックス内に設置した場合における、小さい導体の V-I 特性。それぞれのパネルは、2 つの導体の距離が異なる場合の V-I 特性を示しており、黒線で図 1 の場合の V-I 特性を参考として示している。

公表状況 (Publications)：

(論文)

1. 中島稜太、月面環境を計測する静電プローブに関する計算機シミュレーション、

