

月レゴリスの帯電浮遊条件の特定と 地上試験装置の開発

九州工業大学大学院 工学府 工学専攻 宇宙システム工学科

233H0024 福島侑也（指導教員：豊田和弘 教授）

月の表面は、隕石の衝突や風化によって生成された、数十 μm サイズの粉末状の粒子で覆われている。これらの粒子は、月面活動中に浮遊・付着するため、探査ローバーや宇宙服に付着すると、機器の故障、視界不良、健康被害などの問題を引き起こす可能性が懸念されている。さらに、月の昼夜境界（ターミネーター）では、浮遊する粒子が太陽光を反射する現象「月地平線発光（Lunar Horizon Glow, LHG）」が観測されている。これらの浮遊粒子は、将来の月面開発において人間や探査機にとって重大な安全問題となる可能性があり、対策が急務となっている。

本研究では、地上試験において安定的に月レゴリスを浮遊させるレゴリス浮遊試験装置の開発を目的とする。本装置では、電界放出型電子源（FEC）、ブザー、金属メッシュ、赤外線ランプを用いており、月のレゴリスを模擬したダスト（シリカダスト、FJS-1、LHS-1）を試料として実験を行った。

Identification of Charging and Levitation Conditions of Lunar Regolith and Development of Ground Test Device

Kyushu Institute of Technology, Space System Engineering Course
233H0024 Yuya Fukushima (Supervisor: Prof. Kazuhiro Toyoda)

The surface of the Moon is covered with fine powder-like particles, tens of micrometers in size, generated by meteorite impacts and weathering. These particles float and adhere during lunar activities, raising concerns that their attachment to exploration rovers and spacesuits could cause issues such as equipment malfunctions, impaired visibility, and health hazards. Additionally, at the Moon's terminator, a phenomenon known as Lunar Horizon Glow (LHG), where floating particles reflect sunlight, has been observed. These floating particles could pose significant safety risks for humans and probes in future lunar exploration, making countermeasures an urgent necessity.

This study aims to develop a regolith levitation test device capable of stably levitating lunar regolith in ground experiments. The device utilizes a field emission cathode (FEC), a buzzer, a metal mesh, and an infrared (IR) lamp. Experiments were conducted using dust samples that simulate lunar regolith, including silica dust, FJS-1, and LHS-1.

目次

第1章 序論.....	6
1.1 緒言	6
1.2 月面環境.....	7
1.3 レゴリス	8
1.4 月面帯電原理.....	10
1.5 レゴリス飛翔原理	11
1.6 研究動向	12
1.7 研究目的	14
第2章 実験機器	15
2.1 実験サンプル.....	15
2.1.1 シリカダスト	15
2.1.2 FJS-1	16
2.1.3 LHS-1	17
2.2 実験装置	19
2.2.1 真空チャンバー	19

2.2.2 FEC.....	20
2.2.3 カメラ	21
2.2.4 カメラレンズ	24
2.2.5 PDMS.....	26
2.2.6 ITO ガラス	26
2.2.7 紫外線ランプ	28
2.2.8 ファンクションジェネレータ	28
2.2.9 キセノンランプ.....	29
2.2.10 ソーラーセル	30
2.2.11 IR ランプ	30
2.2.12 電源	31
第 3 章 実験手法	34
3.1 実験準備	34
3.1.1 試験台の作成	34
3.1.2 ダストのふるい分け	34
3.1.3 試験装置.....	35
3.1.4 ダストの設置	36
3.2 実験手順	36

3.2.1 ダスト浮遊試験.....	36
3.2.1.1 FEC・金属網・ブザーの同時使用	36
3.2.1.2 金属網の選定	37
3.2.1.3 FEC・金属網・ブザーの異時使用.....	38
3.2.2 ダスト付着試験.....	39
3.2.2.1 ITO ガラス付着試験	39
3.2.2.2 ソーラーセル付着試験	40
第4章 実験結果.....	41
4.1 FEC による電子放出.....	41
4.2 金属網の選定.....	44
4.3 実験手順の変更.....	47
4.4 ITO ガラス付着試験.....	48
4.5 ソーラーセル付着試験（通常セル/ITO コートセル）	50
第5章 考察.....	56
5.1 ダスト浮遊試験結果の考察.....	56
5.2 ITO ガラス付着試験結果の考察.....	59
5.3 ソーラーセル付着試験結果の考察.....	61

第 6 章 結論	63
第 7 章 今後の課題	64
第 8 章 参考文献	65
付録	68
・ FEC の動作手順	67
・ FEC 電流密度分布測定	69
・ カメラの使用方法	70
・ ImageJ による解析手順	71
謝辞	72

全文を希望の方は cho.mengu801@mail.kyutech.jp までご連絡下さい