

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01 / 17 / 2014

専攻名 (専門分野) Department	機械科学	氏名 Name	石井 翔平	指導 教員 Advisor	川本 広行 印 Seal
研究指導名 Research guidance	精密工学	学籍番号 Student ID number	5112C008-1		
研究題目 Title	交流電界と振動を利用した月・火星土壌の採取システム				

1. 研究背景

宇宙探査において地球外の惑星土壌の解析は太陽系の惑星の進化や起源の解明に不可欠であり月や火星を対象とする多くの探査プロジェクトが計画されている。特に火星は水の痕跡が発見され生命の発見が期待されている。土壌を詳細に分析するためには地表の粒子を回収する機構（サンプリングシステム）が必要であり、現在火星で調査活動を行っているキュリオシティはロボットアームに取り付けられたドリルにより掘削・回収を行い、分析を行っている。しかし機械の正確な制御が必要となる上、機構が複雑かつ多くの駆動部が存在するため故障のリスクが高い。

そこで我々は、単純な構造で信頼性の高いサンプリングシステムを考案した。2層の電極を用い交流電界による静電力で土壌粒子を装置内に捕捉し、振動によって搬送、回収を行う。静電力を用いることで、対象を傷つけずに分極力により確実に捕捉することができる。本機構の基礎的な性能の把握とシミュレーションによる性能予測を行った。

2. 研究手法

2.1 原理

本システムの原理を示す。図1のように2枚の平行平板電極間に粒子を設置し一定の電圧を印加すると、片側電極に置かれた粒子が帯電し、対向電極へ飛翔、また対向電極においても逆極性に帯電、飛翔することによって、粒子が繰り返し振動する現象が確認されている。この際に図2のように片側電極に円孔がある場合、飛翔した粒子が円孔を通過する。この現象を利用して粒子の捕捉を行う。

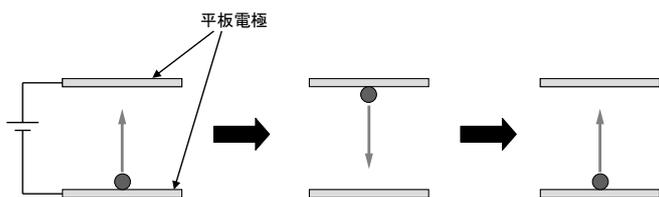


図1 平板電極間の粒子の挙動

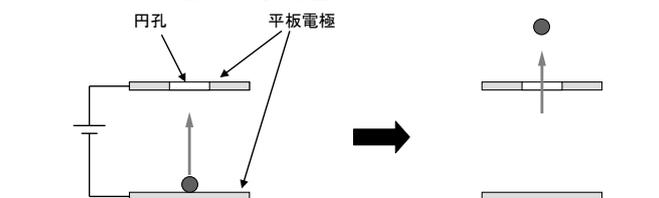


図2 平板電極間（円孔）の粒子の挙動

2.2 実験装置

図3に本採取システムの実験装置を示す。アクリルの円筒断面に網状の平板電極を2枚貼り付け上部電極にアースをつなぎ下部電極に交流電圧を印可する。発生する交流電界により粒子を円筒内に捕捉し、基盤を斜め上20°で振動させ捕捉した粒子を上方に搬送し確実に回収することを目指した。

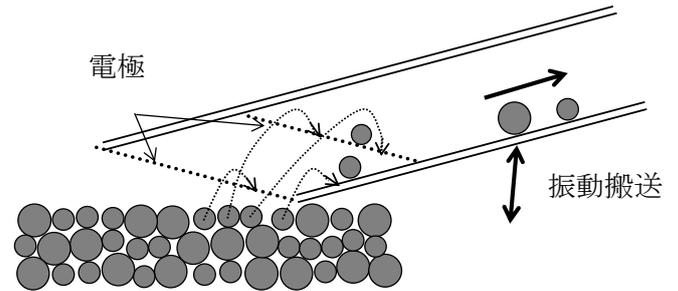


図3 粒子採取機構の概略図

3. シミュレーション手法

月・火星環境下での本機構の性能を予測するため、シミュレーションによる数値解析を行った。数値計算は電界計算と挙動計算の2ステップから構成される。電界計算は3次元差分法、挙動計算は剛体球モデルによる3次元個別要素法 (DEM) を用いた。個々の粒子に加わる力を算出し式(1)の運動方程式を4次のルンゲクッタ法を用いて計算を行った。

$$m_i a_i = F_q + F_{dipole} + F_{image} + F_{adhesion} + F_{air} + F_g$$

$$I_i \ddot{\theta}_i = 0 \quad (1)$$

ここで F_q : クーロン力, F_{dipole} : 分極力, F_{image} : 鏡像力, $F_{adhesion}$: 付着力, F_{air} : 空気抵抗力, F_g : 重力である。

4. 研究成果

図4に回収量と時間の関係を示す。約0.45 g/minの性能が得られた。月・火星環境下では重力、空気抵抗が小さいため性能の改善が期待できる。

図5に粒子挙動シミュレーションの様子を示す。電極に与えた交流電界により粒子が飛翔し、基盤に与えた振動により粒子が搬送される様子が再現できた。

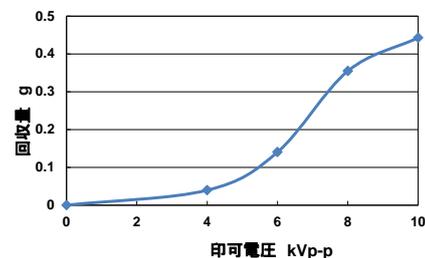


図4 印加電圧特性

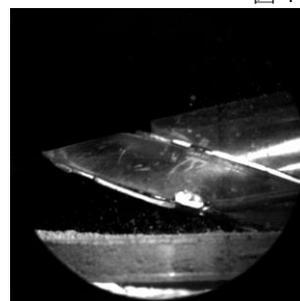


図5 実験の様子

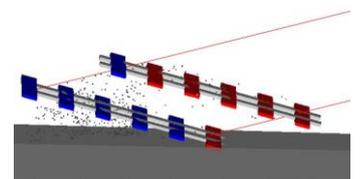


図6 シミュレーション