

# 修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/12/2017

専攻名 (専門分野) Department	機械科学専攻	氏名 Name	福山 聡太	指 導 員 Advisor	川本 広行 印 Seal
研究指導名 Research guidance	川本 広行	学籍番号 Student ID number	5115C073-6 CD		
研究題目 Title	交流電界を用いた小惑星におけるサンプリング機構の開発				

## 1. 研究背景

地球外の天体の調査を行うことは、太陽系形成の過程や生命の起源を明らかにするうえで非常に貴重な情報をもたらす。中でも小惑星は重力が小さいため、地球や火星のように地殻内での熱変性が起きておらず、太陽系形成時の原初の状態のままの物質が残されていると考えられている。これまでの小惑星に関する研究は反射スペクトルの地上観測に基づくものが主であり、小惑星由来であるとされている隕石の反射スペクトルとの比較によりその構成物質の同定や分類などが行われてきた。しかし、小惑星表面は宇宙空間に長く露出している間に宇宙風化と呼ばれる太陽風や宇宙線による表面変性を起こしており、内部と組成が変化してしまうという問題がある。故にこのような地上観測や隕石による研究だけでは限界がある。そこで近年注目を集めているのが、実際に小惑星から試料を地球に持ち帰るサンプルリターンミッションである。

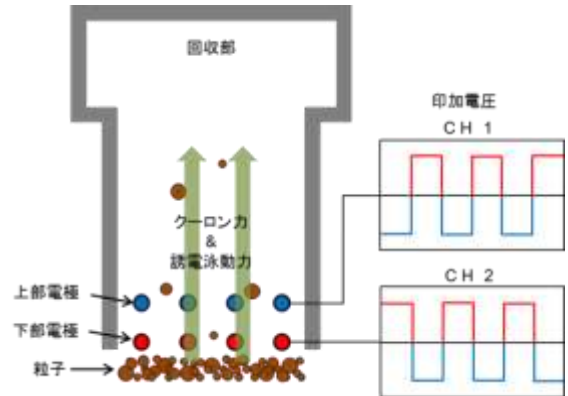


図1 静電サンプラー概略図

## 2. 交流電界を用いたサンプリング機構の考案

宇宙機器には高い信頼性が求められる。そこで我々は従来の機械的駆動部を持つサンプリング機構に対し、より信頼性の高い、単純な構造・制御で運用できるサンプリング機構（以下、静電サンプラーと呼ぶ）を開発した。静電サンプラーの概略図を図1に示す。これは、筒状のサンプリングホーン下部に格子状に配置した上下二層の電極に、位相の異なる方形波電圧を印加することで、クーロン力や誘電泳動力によって粒子を飛翔させ回収する仕組みとなっている。静電サンプラーは二層の電極のみで構成されており機械的駆動部を持たない非常に簡易な構造となっている。本研究では静電サンプラーの性能評価を行った。採取対象には岩石質の試料として月レゴリスを模擬して作成された月模擬砂 FJS-1 を用いた。また、近年小惑星における氷の存在が指摘されていることから氷粒子も試料として採用した。

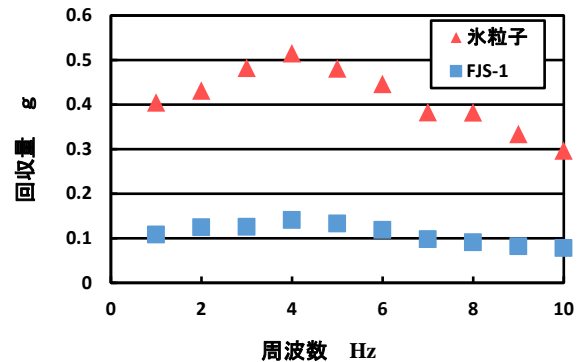


図2 回収性能の測定結果

## 3. 研究手法と結果

宇宙空間を模擬した環境での実験は時間とコストがかかるため、地上実験と数値シミュレーションを用いて静電サンプラーの性能評価を行う。

### 3.1 基礎特性調査

地上の重力下では粒子を垂直方向に飛ばすことは困難であるそこで、装置全体を 30° 傾けて粒子を水平方向に飛ばすことで回収実験を行った。周波数をパラメータとした結果を図2に示す。FJS-1を最大 0.16 g、氷粒子を最大 0.5 g 回収することができ、静電サンプラーが岩石質の粒子や氷粒子に対して有効であることが確認できた。

### 3.2 数値シミュレーション

式(1)で表される運動方程式について個別要素法による数値解析を行った。 $F_q$ はクーロン力、 $F_{dipole}$ は誘電泳動力、 $F_{adhesion}$ は付着力、 $F_{air}$ は空気抵抗、 $F_g$ は重力である。FJS-1について地上実験と数値計算の比較を図3に示す。実験値と計算値の定量的な一致が確認できる。

$$m_i \ddot{\mathbf{r}}_i = \mathbf{F}_q + \mathbf{F}_{dipole} + \mathbf{F}_{adhesion} + \mathbf{F}_{air} + \mathbf{F}_g \quad (1)$$

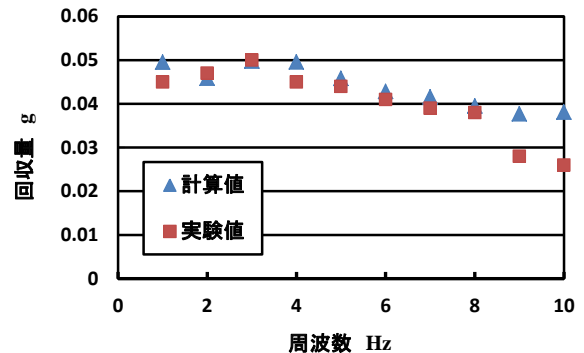


図3 回収量の実験値と計算値の比較(FJS-1)

## 発表論文

1. 繁田, 小太刀, 福山, 安達, 川本, 磁気力と振動を用いた月・火星土壌のサンプリングシステム, SEAD27(2015)p.211-216.
2. 加藤, 武田, 福山, 小島, 安達, 川本, 静電力や磁気力を利用した小惑星上のレゴリスのサンプリング, SEAD28(2016).