

無人電動マルチロータ機搭載型 土砂採取機構の開発

Development of Sample-Return Devices for Obtaining Volcaniclastic Materials

○ 谷島諒丞 正 永谷圭司 正 吉田和哉 (東北大)

Ryosuke YAJIMA, Tohoku University, yajima@astro.mech.tohoku.ac.jp

Keiji NAGATANI, Kazuya YOSHIDA, Tohoku University

When an active volcano erupts, typically, a restricted area is set around the crater for safety. However, it is important to observe inside of the restricted area for a forecast of disasters, such as debris flow. There are some proposals of visual observation methods in restricted areas, e.g. a tele-operated mobile ground robot with cameras. However, there is no sample-return method for obtaining volcaniclastic materials from such restricted areas. Therefore, in this research, we developed two sample-return devices that hang down from multi-rotor UAV. In this paper, we introduce our developed devices, and report indoor and outdoor experiments.

Key Words: Volcano Observation, Sample-Return, Volcaniclastic Materials, Multi-rotor UAV

1 緒言

火山が噴火した場合、危険防止のため、火口の周囲には立入禁止区域が設定される。一方で、区域内の状況把握は、周辺住民への警報の発令や避難計画の策定等を行う上で非常に重要である。本研究室では、これまで、カメラを搭載した火山探査ロボット等の状況把握を行うシステムの開発を進めてきた [1]。しかし、より詳細な情報を得るためには、区域内に積もった火山碎屑物を採取し、分析する必要がある [2]。例えば、火山灰の透水性の分析ができれば、火山泥流の発生予測の精度が非常に高くなる。そのため、ロボットによる区域内の火山碎屑物のサンプルリターンが求められている。

そこで、本研究では、無人電動マルチロータ機を用いた火山碎屑物のサンプルリターンシステムの実現を目指す。本稿では、開発した2種類の土砂採取機構とそれを用いた土砂採取実験・フィールド試験について報告する。

2 土砂採取機構 Strawberry I

まず、無人での土砂採取を実現するため、電力を必要としない機械式の土砂採取機構 Strawberry I(以降、SB-1と表記)を開発した。

2.1 構造と動作原理

SB-1の構造を図1に、仕様を表1に示す。接続部は、接続部中央のガイドによりスライダ上を移動することができ、ショベルは接続部側面の回転軸に取り付けられている。また、ショベルは、ショベル上部に取り付けられた固定棒をロック部で固定することにより、開いた状態を維持できる。

SB-1は、ゴムの張力によってショベルを閉じることによって、土砂を採取する。動作手順は以下の通りである。

1. SB-1を開いた状態で降下させる(図2-a)
2. 接地部が地面に接触する(図2-b)
3. 接地の際の衝撃でロックが外れる(図2-c)
4. ゴムの張力でショベルが閉じる(図2-d)
5. ショベルが完全に閉じ、土砂が採取される(図2-e)

2.2 土砂採取実験とフィールド試験

まず、SB-1を用いた土砂採取試験を、本研究室内に設置した砂場・砂利場にて実施した。実験結果の値は、砂と砂利の採取重量及び砂利の採取個数で、3回の採取の平均値である。実験の結果、砂は123g、砂利は7g、4.7個採取でき、粒径の小さいものの方が採取量が多いことがわかった。

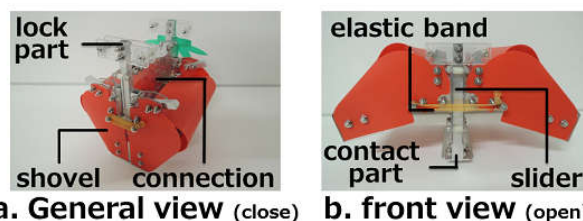


Fig.1 Structure of Strawberry I

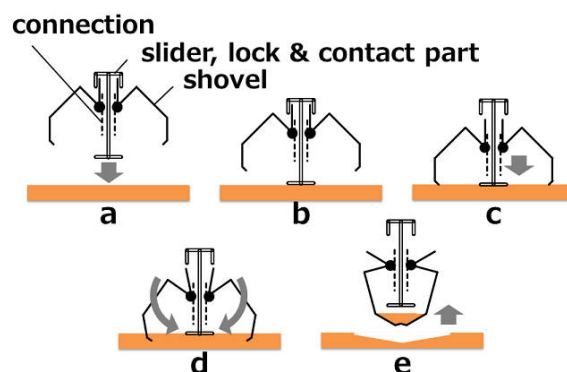


Fig.2 Motion sequence of Strawberry I

また、SB-1を用いたフィールド試験を小浅間山山麓にて実施した。電動マルチロータ機から約5mのワイヤーでSB-1を釣り下げ、離陸地点から数m~数十m先の地点の土砂を採取する試験を数回行った。

砂場・砂利場での土砂採取試験と同様、フィールド試験においても、粒径の大きい砂利が多い場所では、図3-aに示すようにほとんど採取できないが、砂や粒径の小さい砂利が多い場所では、図3-bに示すように採取できるという結果が得られた。

これらの採取量を含め、土砂採取実験とフィールド試験から明らかとなったSB-1の問題点は、以下の通りである。

1. 粒径の大きい土砂の採取が困難
2. 採取の再実施ができない
3. 離陸時に誤動作する危険がある
4. 操作が難しい

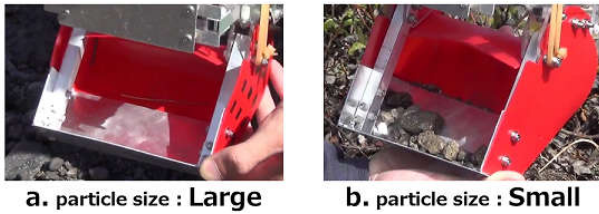


Fig.3 Field test results of Strawberry I

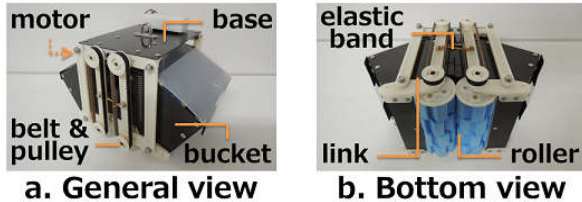


Fig.4 Structure of Strawberry II

3 土砂採取機構 Strawberry II

次に、SB-1のフィールド試験から明らかになった問題点を解決するため、新たにモータでローラーを回転させ土砂を巻き込む方式の土砂採取機構 Strawberry II(以降、SB-2 と表記)を開発した。

3.1 構造と動作原理

SB-2の構造を図4に、仕様を表2に示す。ローラーとバケットは平行リンクにより左右に開くが、ゴムにより動きが拘束される。また、ローラーとモータはベルト・プーリーにより接続され、モータの回転はローラーに伝えられる。

SB-2は、ローラーの回転により地表の土砂を崩壊させ巻き込むことで、土砂を採取する。動作手順は以下の通りである。

1. SB-2を降下させる(図5-a)
2. 地面に接触した後、ローラーを回転させる(図5-b)
3. ローラーの回転により、土砂が持ち上げられる(図5-c)
4. 土砂が、バケットの中に集まり採取される(図5-d)

3.2 土砂採取実験

SB-2を用いた土砂採取試験を本研究室内に設置した砂場・砂利場にて実施した。実験は、電圧(4.8,9.0V)、ローラーの溝数(0,2,4,6,8,10)・硬さ(硬,軟)・回転時間(5,10,15,20s)をそれぞれ変えて傾向を調べた。実験結果の値は、砂と砂利の採取重量及び砂利の採取個数で、3回の採取の平均値である。

図6に実験結果の例を示す。実験結果より、電圧に関しては、電圧が高い方が採取量が多い。これは、電圧が高いほどローラーの回転数が速くなるためである。ローラーの回転時間に関しては、砂利の場合、20sまでであれば、ローラーの回転時間に比例して採取量は多くなるが、砂の場合は、10s程度で採取量が一定の値に収束している。これは、あふれた砂がバケットとローラーの間から流出しているためである。また、ローラーの溝数に関しては、溝の数に比例して採取量が多くなり、ローラーの硬さに関しては、軟らかいものの方が採取量が多いという結果が得られた。

Table 1 Specification of Strawberry I

size [mm]	155 × 160 × 175
weight [g]	570
maximum tension [N]	8

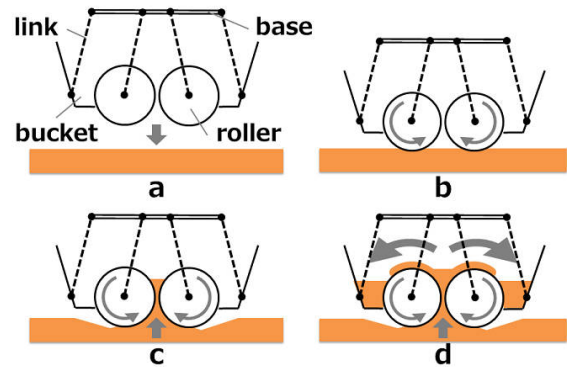


Fig.5 Motion sequence of Strawberry II

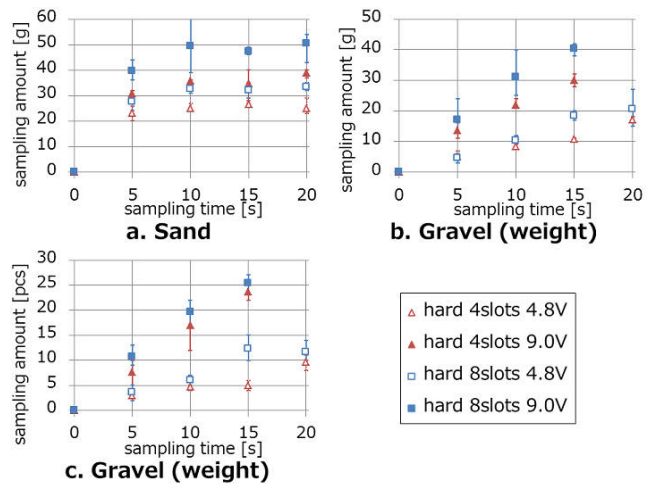


Fig.6 Experimental results of Strawberry II

4 結言

本研究では、現在までに、異なる採取方式の土砂採取機構 Strawberry I と II の 2 種類を開発した。また、研究室での土砂採取実験ならびにフィールド試験を実施し、土砂採取機構の特性を明らかにした。

今後は、SB-2の土砂採取実験の結果に基づく最適ローラーの製作や誤作動を防止するためのローラーの回転制御を行い、SB-2を用いたフィールド試験を実施する。また、マルチロータ機がホバリングした状態での土砂採取を実現するため、土砂採取機構と電動マルチロータ機間のワイヤ巻き取り機構の開発も行う。

文献

- [1] 永谷圭司, 活火山地域における遠隔調査を目的とした移動探査ロボットシステムの研究開発, 河川 2013 年 10 月号, 2013-10
- [2] 産業技術総合研究所, 霧島山新燃岳から噴出した軽石を分析, https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2011/pr20110128/pr20110128.html, 2011-1

Table 2 Specification of Strawberry II

size [mm]	180 × 240 × 170
weight [g]	770
roller diameter [mm]	φ 30
roller material	polyethylene foam polyurethane foam
motor	NC-153901G ZJP1/256 (Citizen Chiba Precision Co.)
minimum tension [N]	3