

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：57701

研究種目：奨励研究

研究期間：2020～2020

課題番号：20H00927

研究課題名 火山地域の自然と経済が両立して豊かに発展するための降灰量検知センサの開発

研究代表者

永田 亮一 (NAGATA, Ryouichi)

鹿児島工業高等専門学校・技術室・技術専門職員

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 470,000 円

研究成果の概要：本研究では、降灰の様子を撮影した画像を解析して、画像内に占める灰の割合から降灰量の程度を判断できる安価なセンサシステムの開発を行った。光源や撮影画像の処理・解析について検討し、レーザー光を反射した灰の像を検出する方式に優位性を確認した。また、定量的な実験を行うため、降灰模擬装置の開発を行い、一定の傾向を示す降灰の模擬試験を実施出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

降灰被害を減災・防災するためには、降灰の情報を必要な時に知ることが重要である。従来の降灰情報は、定点における降灰の蓄積量を検出した後、得られる情報であったが、本研究の成果は、リアルタイムで降灰情報を提供できる仕様となる。これを社会実装することにより、地域特有の降灰被害を減災・防災出来る。また、アメダス等の環境情報と組み合わせて解析することで、降灰被害の予報にも利活用できる。

研究分野：電気エネルギー、センサ、画像解析

キーワード：画像解析 気象情報 降灰

1. 研究の目的

鹿児島県特有の火山灰による被害への対策は、常に事後になることが問題となっている。このことから、被害が想定される地域の人やモノに必要な情報を必要な時に提供し、防災・減災に繋がる対策を現実社会に反映させるシステムの構築は、地域社会の生活を豊かにする上で大きな意義を持つといえる。このシステムの構築は、「IoT」、「AI」、「制御」など既存の技術分野を有機的に結合させることで実現できる。しかし、降灰量を自動計測するセンサシステムについては、設置条件が厳しいことや、高価であることなど社会実装のために解決すべき課題が残っている。そこで本研究では、画像解析技術により、降灰の程度を検出することを目的とした安価な降灰量検知センサの開発を目的として実施した。また、降灰の程度の判断材料として一定量の降灰を人工的に再現するための降灰模擬装置の開発も行ったので、併せて報告する。

2. 研究成果

(1) 画像解析による降灰の程度の検出について

画像解析が可能な画像を取得できるか検証するために、まずエンビ管（長さ 1000[mm]、径 300[mm]）内を自由落下している降灰の粒子を上面からの距離が 750[mm]の位置で撮影した。撮影には、カメラに RasPi カメラを用いて、60fps で 10 秒間の条件で実施した。その結果、塩ビ管内壁に反射防止塗料を塗布することで、灰の像を取得することが可能であった。以上の結果から、より鮮明に背景と灰の像とを分けるため、実験による有効な光源と画像処理について次の 3 種類の条件を検討したので報告する。

① 白色 LED によるフラッシュ

光源に 3W 白色 LED をフラッシュとして用いて取得した画像の利用について検討した。粒径 500[μm]以下の灰をカメラの前方に手動で降灰させた場合の取得画像を、明るさをマイナス調整、コントラストをプラス調整、ネガポジ反転させた場合の画像を図 1 に示す。図 1 から、降灰由来の特徴は観測できたが、照度にムラがあり、位置により写り方が異なるなど定量的な判断をできる有効な画像を取得するには、課題が多い状態であった。

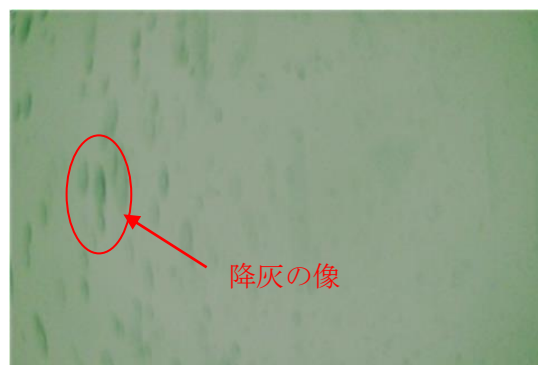


図 1 白色光での可視画像

② 赤外線照射

光源に 940[nm]の近赤外 LED ユニットを用いて取得した画像の利用について検討した。瞬間を切り取った画像では、バラつきが大きかったため、撮影画像の前後の差分画像とし、移動体を抽出する方式とした。移動体とそれ以外の部分で 2 値化した画像を図 2 に示す。また、画像内に占める移動体部分の割合と降灰強度[g/m^2]との相関を図 3 に示す。図 2 をみると画像の中央付近に移動体が存在しない状態となっているが、これは、赤外光の反射光により降灰の粒子が画像から消滅しているからである。このことから、赤外光の輝度と反射防止剤については、検討の余地が存在する。図 3 は、中央付近を含めて割合と強度の関係を示している。現状では、バラつきが大きく不安定だが、最大・最小・平均をみると降灰強度との傾向は確認できた。



図 2 解析画像（降灰強度 4[g/m^2]

③ レーザ光照射

撮影面を横切るように赤色レーザ（5W レーザダイオード）を照射して、灰によるレーザの反射光を撮影した画像の利用について検討した。特定の色域を抽出して、灰の領域を定め、一定時間あたりの領域の個数により、降灰強度を判断する手法とした。図 4 に試験中の画像を示す。静止画では分かりづらいが、径が 35[μm]程度の大きさの降灰であれば、ノイズを除去して判断でき、取得できる数値（単位時間当たりの降灰粒子の個数）も安定していた。

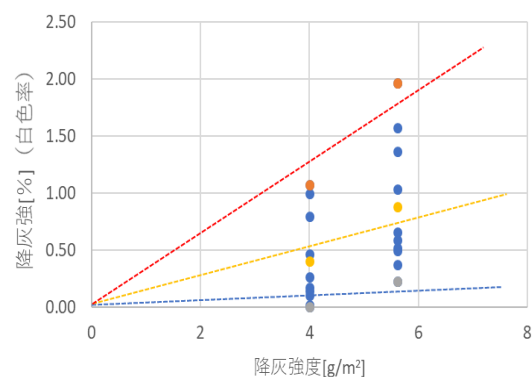


図 3 降灰の領域－降灰強度の関係

以上の実験結果より、レーザ光照射方式による降灰検知が最も優位性があることが確認できた。しかし、試験中の降灰が人の手によるもので、定量的でなく、安定していなかったため、今後、定量的に降灰させた条件での試験を実施する必要がある。

(2) 降灰模擬装置の開発について

降灰強度を定量的に評価するために再現性の高い降灰模擬装置の開発に取り組んだ。降灰模擬装置は、閉鎖空間内にカメラから1,000[mm]の距離で700[mm]の高さに灰を設置する受け皿（フィルタ）と、その下部に灰を空中に噴射するシリンダと噴射した灰をカメラ方向に飛ばすファンにより構成した。図5に概略図を示す。この模擬装置により得られる降灰粒子の径は、風速1.92[m/s]の条件で約 $\phi 35[\mu\text{m}]$ であった（図6参照）。

この模擬装置を用いて降灰の定量化確認実験を、噴出圧力0.4[MPa]、風速1.92[m/s]の条件で実施した。噴射は195回実施し、噴射間隔は2[s]とした。この2[s]内の噴射時間を0.1[s]、0.2[s]、0.3[s]、0.4[s]と変化させたときの、噴射時間[s]と噴射位置から1000[mm]の位置の降灰量 $[\text{g}/\text{m}^2]$ の関係について調べた。降灰量は、カメラの撮影領域に置いた開口部の面積が $1.44 \times 10^{-2}[\text{m}^2]$ の箱の降灰実験前後の重量差から求めた。降灰量 $[\text{g}/\text{m}^2]$ と噴射時間[s]との関係を図7に示す。但し、この時の降灰量は、実測値を1時間当たりの降灰量に換算している。

粒径が $125[\mu\text{m}]$ 以下に選別した降灰を15[g]静置して、実験した場合を例に模擬装置の評価を行う。距離500[mm]の位置に降灰した灰の粒径は、およそ $63[\mu\text{m}]$ で、1000[mm]の位置では、およそ $35[\mu\text{m}]$ であった（図6参照）。このことから、降灰の粒径は距離に依存し、遠い位置まで飛散した灰ほど粒径が小さくなることが確認できた。また、カメラで撮影する位置には $35[\mu\text{m}]$ の粒径の降灰があることを確認出来た。図7は、噴射時間[s]（灰を巻き上げた時間）と降灰量 $[\text{g}/\text{m}^2]$ との関係であるが、バラつきが大きい。一定の関係性は確認できた。降灰量を0.001[mg]単位での測定器で測定していたが、実験前後での変動が0.001[mg]単位であったため、バラつきが生じたと考えられる。このため、実験の回数を増やし、前後での重量差を大きくした条件での測定が必要となると考える。また、噴射時間は、OMRONのZENシリーズPLCを用いて電磁弁を制御することで実現していたが、実験の結果得られた降灰量 $[\text{g}/\text{m}^2]$ は、全て「多量に降灰している。」量であったため、噴射時間をより短くした評価も必要となると考える。

本研究により、画像解析で降灰量の程度を検出するための条件について評価できた。しかし、定量的な実験でのサンプル数が少ないため、今後追加実験を実施する必要がある。

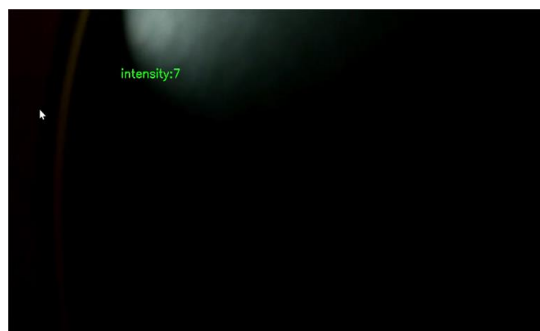


図4 レーザ反射光抽出試験画像

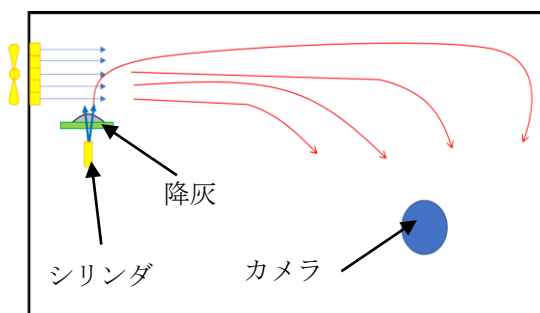
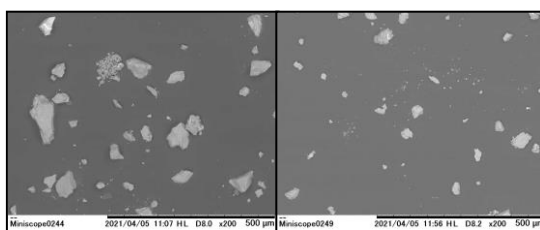


図5 降灰模擬装置概略図



(a)500 mm

(b)1000 mm

図6 距離と降灰粒径

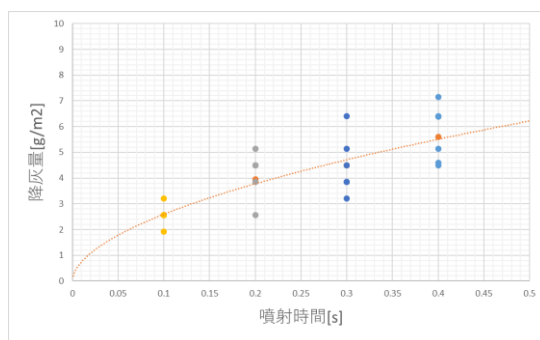


図7 降灰量－噴射時間の関係

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

—

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------