

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：22604

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18925

研究課題名(和文) 浮遊火山灰の粒径情報遠隔測定を可能にする新しいレーザ計測装置

研究課題名(英文) New laser remote sensing system for the particle size measurement in floating volcanic ashes

研究代表者

阿保 真 (Abo, Makoto)

首都大学東京・システムデザイン研究科・教授

研究者番号：20167951

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：パルスファイバーレーザを光源としたポータブルな浮遊火山灰のレーザ計測装置の製作及び信号処理システムの開発を行った。開発した装置を用いて、初めに大学キャンパス内において雨滴の検出実験を行い、雨滴粒子から離散的なスパイク信号が得られることを確認した。この成果を踏まえ、発電機並びにポータブルバッテリーを用いてフィールドワーク計測のための周辺環境整備を行い、鹿児島県桜島において、実際の火山の噴煙並びに背景環境のレーザ計測を行った。火口から2kmほど離れた場所から噴火時に噴煙粒子からの信号を計測する事に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

火山噴火により噴出し広範囲に拡散された浮遊火山灰は、日常生活や経済活動に大きな影響を及ぼす。この影響を最小限に抑えるためには、迅速で正確な浮遊火山灰の拡散予測が有効であるが、その実現のためには定量的な浮遊火山灰の初期情報が必要である。しかし現状の観測は地上での降灰サンプリングやディストロメータを用いた計測等に手段が限られている。地上でのその場観測の代わりにパルスレーザを用いることにより、浮遊火山灰の粒径情報と密度情報のリアルタイム遠隔測定が可能になれば、得られた情報は衛星やレーダ観測等噴煙拡散情報と組み合わせることによって、正確な拡散予測への利用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：We have developed a new portable laser sensing system for floating volcanic ash using a pulse fiber laser as a light source and a signal processing system. First, we conducted a raindrop detection experiment on the university campus using the developed system and confirmed that a discrete spike signal was obtained from raindrop particles. Based on this result, we constructed a surrounding environment for fieldwork measurement using a generator and a portable battery, and measured the actual volcanic plume in Sakurajima, Kagoshima Prefecture. We succeeded in measuring the signal from the smoke particles during an eruption from a location about 2 km away from the crater.

研究分野：レーザ計測

キーワード：火山灰 リモートセンシング ライダー 自然現象観測・予測 自然災害

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

火山噴火により噴出し広範囲に拡散された浮遊火山灰は、火口から離れた地点でも航空機等の交通機関や農作物など日常生活や経済活動に大きな影響を及ぼす。この影響を最小限に抑えるためには、迅速で正確な浮遊火山灰の拡散予測が必要である。現在、航空路火山灰情報センター (VAAC) では、噴煙高度のみをパラメータとした簡素な供給源モデルと移流拡散モデルを用いて拡散予測を行っており、最近ではレーダ観測による噴煙の三次元情報の活用も試みられている。噴火直後の正確な拡散予測のためには、定量的な浮遊火山灰情報の初期値が必要であるが、噴火直後の噴煙柱火山灰の粒径ごとの分布などの情報を正確に得ることは現状では困難である。

火山灰の大きさや量などの定量的な浮遊火山灰情報の取得は、地上での降灰サンプリングやディストロメータによる観測、単発的に行われるゾンデや無人飛行機によるサンプリング観測に限られている。地上観測の代わりに遠隔から浮遊火山灰中の粒径情報と密度情報の測定が実現可能になれば、得られた情報はレーダ観測などの 3 次元拡散情報と組み合わせることによって、現在より正確な拡散予報への利用が期待できる。

### 2. 研究の目的

本研究では、サンプリング観測の代わりにパルスレーザを用いることによって、濃度の濃い浮遊火山灰中の粒径情報と密度情報の遠隔測定実現に挑戦することを目的とする。黄砂や大気汚染物質の測定に用いられている一般的なライダーは、レーザ光と受信視野の重なった観測体積中に多くの粒子が存在するため、全ての大きさの粒子の散乱断面積×粒子密度の積分量である体積後方散乱係数を測定する。偏光ライダーから粒子の浮遊火山灰の重量密度を推定する方法も提案されているが、火山灰濃度の濃い噴煙近傍の観測は困難である。そこで火山灰濃度の濃い領域の測定対象に対して、レーザビームを絞ることにより多数の小さな粒子からの散乱光信号を、個々の大きな粒子からの散乱光信号に比べて相対的に小さくし、観測時間に対して離散的に粒子数を観測する、という今までに無い新しい発想のパーティクルカウントライダーを提案しその実証を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究で用いるパーティクルカウントライダーは、レンズで集光したパルスレーザを用いて、図 1 に示すように噴煙 (火山灰雲) から離脱して落下してくる数 100 $\mu\text{m}$  径の火山灰一つ一つからの散乱信号を検出し、その強度から粒径を、カウント数から濃度を求め粒径分布情報を得ることを目指す。これを実現するために、

- ①測定可能な粒径範囲は浮遊火山灰の質量密度に対して観測体積を調整することにより決定することができるがこの関係をシミュレーションにより明らかにする。
- ②実際のライダー装置を設計・製作し雨滴などによるフィールド実験を試みる。
- ③条件が整えば、桜島などの実際の噴煙に対してフィールド実験を試みる。

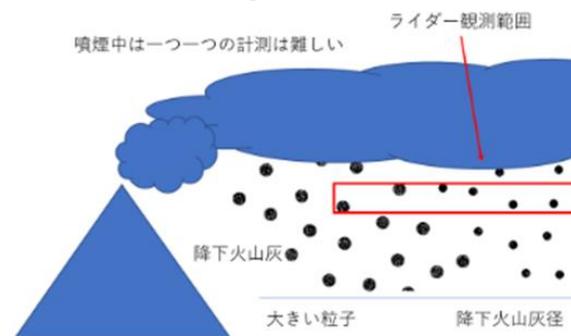


図 1 火山噴煙に対する本ライダーの測定領域

### 4. 研究成果

#### (1) シミュレーション

図 2 に 100 $\mu\text{m}$  粒子と背景光の受信信号強度のシミュレーション結果を示す。ここで主なライダーの仕様は、波長 1064nm、送信パルスエネルギー 1mJ、受信望遠鏡口径 20cm、受信系効率 0.1、距離分解能 3.75m、検出器 (APD) の受光感度 50A/W、増倍率 100 である。このように粒径 100 $\mu\text{m}$  の粒子からの信号が集光距離周辺で背景光の信号よりも同じか大きくなり検出ができる可能性があることがわかる。

次に桜島火山におけるパーシベルにより観測された降下火山灰の結果 (文献①) を参考に粒径分布を仮定し、火山灰の噴煙柱からの離脱と降下を計算し各高度、水平距離での粒径分布ヒストグラムを求めた。高度 2500m における粒径分布の火山灰をパーティクルカウントライダーで測定した場合に得られる各粒径範囲毎のカウント数のヒストグラムのシミュレーション結果を図 3 に示す。ここで測定パラメータはパルス繰り返し周波数 10kHz、測定時間 1 分である。高度 2500m でもディストロメータと同様の粒径分布計測が可能であることが明らかとなった。

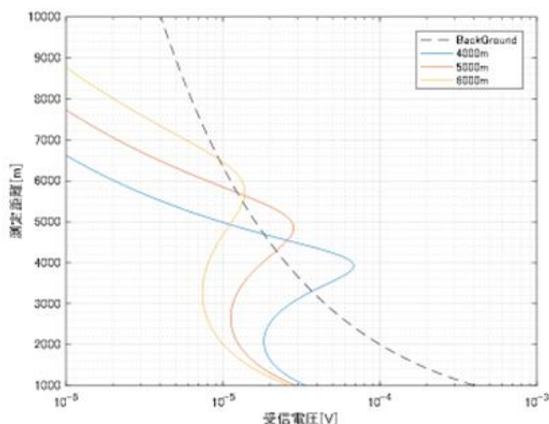


図 2 粒径 100 $\mu\text{m}$  の粒子と背景光の信号強度シミュレーション結果 (集光距離 4, 5, 6km)

(2) ライダー装置の設計・製作と雨滴によるフィールド実験

シミュレーション結果を踏まえて、実際のパルスファイバーレーザを光源としたポータブルな浮遊火山灰のレーザ計測装置の設計製作及び信号処理システムの開発を行った。開発した装置を用いて、初めに大学キャンパス内において雨滴の検出実験を行った、図4に示すように雨滴粒子から離散的なスパイク信号が得られることを確認した。

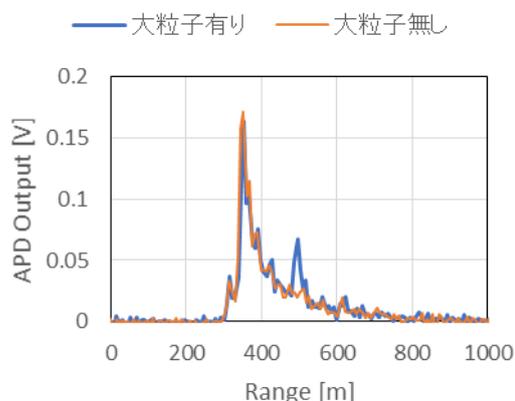
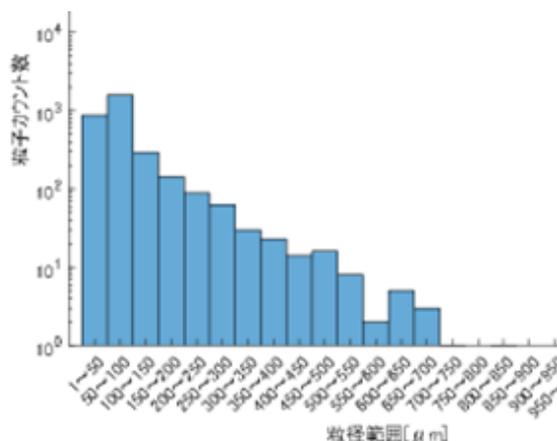


図3 高度2500m, 移動時間100sでの粒径分布とヒストグラム 図4 雨滴粒子からのスパイク状信号(距離500m付近)の検知例

(3) 桜島の噴煙に対するフィールド実験

雨滴による試験観測の成果を踏まえ、発電機並びにポータブルバッテリーを用いてフィールドワーク計測のための周辺環境整備を行い、鹿児島県桜島において、実際の火山の噴煙並びに背景環境のレーザ計測を行った。図5にフィールド観測時(2020/3/13)の桜島火山とその噴煙を、図6に車で移動可能で測定方向を自由に設定出来るパーティクルカウントライダーによる観測時の様子を示す。観測は火口から2kmほど離れた場所から行い、噴煙の下部から火山灰粒子からのスパイク状信号の計測に成功した。

今回の測定時の噴火は小規模であったこともあり、必ずしも十分な数のデータは得られなかったが、今後粒径情報等の詳細な解析を引き続き行う予定である。また実際に屋外での測定を行うことにより、背景光の問題など新たな課題が見えてきたため、今後装置の改良も必要である。



図5 フィールド観測時(2020/3/13)の桜島火山とその噴煙 図6 開発した自動車で移動可能なパーティクルカウントライダー(観測時の様子)

<引用文献>

①小園誠史, 三輪学央, 眞木雅之, 前坂剛, 味喜大介, 井口正人, 桜島火山におけるパーシベルによる降下火山灰の観測, 京都大学防災研究所年報(58), 86-90, 2014

5. 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〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----