

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23510224

研究課題名(和文) フィールドサーバによるリアルタイム降灰観測手法の開発

研究課題名(英文) Development of Automatic Ashfall Observation System based on Fieldserver Technology

研究代表者

古川 竜太 (Furukawa, Ryuta)

独立行政法人産業技術総合研究所・活断層・火山研究部門・主任研究員

研究者番号：60357928

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：噴火の状況を即時把握することにより噴火推移予測および過去の噴火推移復元の高精度化に資することをめざして、自動降灰測定機器を開発した。霧島および桜島火山で火山灰検出センサ類の実地検証を行い、降灰重量および堆積状況の把握、ネットワーク送信が安定的に稼働することを確認した。またレーザー回折式粒子カウンタについて御嶽山噴火のデータを解析して、検出性能の評価を行った。ロードセルによる堆積重量と現地の降灰回収容器による堆積量の比較検証を行った。新たに降灰観測装置を製作して、超音波センサとロードセルにより堆積量を測定し、機器全体を軽量小型化して、火口近傍での迅速な観測が可能な仕様として、実地検証を行った。

研究成果の概要(英文)：We developed an automatic ash observation system with 2011 eruption of Kirishima Shinmoedake volcano as an opportunity. Our goal is to develop a method to obtain the semi-real time information of pyroclastic fall phenomena to contribute eruption forecasting and to advance high precision reconstruction of the sequence of the past eruption. Our equipment contains sensors of particle counter, load cell, and network camera, suppliers of 12V battery, solar panel, and wind power generator, and their controller. We newly deploy advanced equipment of ultra-sonic distance meter to measure the thickness of pyroclastic fall deposits. We tested each equipment in Kirishima and Sakurajima volcanoes and made sure to continuously observe and detect the eruption with acquiring data of weight and image of deposits. Particle counter and internet router are troublesome with volcanic gas rich environment.

研究分野：複合新領域

キーワード：火山灰 噴火 観測 レーザ回折 超音波 太陽光 ネットワーク 自動測定

1. 研究開始当初の背景

本研究は火山噴火による降灰現象を定量的に自立観測する機器を開発し、火山で起きている噴火現象を定量的に把握し、噴火の推移予測、防災対応に役立てることを目的とする。

火山噴火における降灰現象は経験的に小～中規模噴火で発生するケースが多い。また大規模噴火が起こる場合でも、その前駆段階として小規模の噴火を経て大噴火に移行することが多いため、小噴火が発生した段階で噴火現象を正確に把握することは、その後の噴火推移の予測にとって重要である。これまで降灰現象の観測は、研究者が火山近傍を訪れて、地表面に堆積した火山灰を観察する方法が主体であり、手法上の制約からデータが得られるのは堆積後、数時間から数日後となるのが普通である。さらに噴火が継続していれば不可能なこともある。噴火堆積物のみから読み取ることができる時間分解能には限界があり、まさに降灰あるいは堆積している状況を把握できれば、堆積する火山灰に時刻を入れることが出来る。これは堆積物から噴火ダイナミクスの推定などに制約を与えるだけでなく、過去の地層から噴火を復元する上でも重要な情報となる。いっぽう火山活動が活発化すると予想される場合は防災対策の観点から火山近傍への立ち入りは制限されることが多いため、研究者が火山近傍に滞在して直接火山灰を観測することは難しい。そのため、噴火直前に迅速に観測装置を設置展開し、自立的に降灰状況を観測して伝送できるような観測機器の開発が望まれる。

フィールドサーバは独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構の平藤雅之博士により開発された。農業の自動化・高度化を目指したフィールド用モニタリングロボットで、気象観測用センサ、ネットワークカメラ、通信モジュールなどを基幹として構成されるものである (Hirafuji et al., 2005 など)。基本的に野外で活動することを前提に設計され、農業用途では日本国内のみならず、中国やインドの砂漠地帯、ヒマラヤの氷河湖などで稼働実績があり、組み合わせるセンサの自由度も高いという特長がある。また構成部品が比較的安価であるということも特筆すべき点である。このフィールドサーバの技術を火山観測に応用することができれば、火山近傍での自動的な火山灰観測が可能である。

2. 研究の目的

火山噴火による降灰現象を無人自立観測可能な機器を開発して、噴火により堆積する火山灰等のリアルタイム把握を実施するシステムを構築する。堆積する火山噴出物に時刻目盛を入れることによって噴火ダイナミクスの推定などに制約を与えることが可能になり、また過去の地層から噴火を復元する上でも重要な参照事例となる。自立観測によって、立入禁止区域や火口近傍など人的観測

が困難な場所でデータの取得が可能になる。複数の観測機器を火山周辺に配置することで火山灰の分布を把握することが可能になる。各観測機器を無線 LAN 網で接続することで、インターネットを 1 台のハブ機に接続するだけで安価に観測網を構築できる。各観測機器を無線 LAN でつなぐには火山の地形や無線 LAN モジュールの出力によって決まる。降灰の面的な分布を把握することによって噴出量の即時評価が可能となり、噴火推移の予測に重要な制約を与えることが可能となる。

3. 研究の方法

本研究ではフィールドサーバの基幹システムとレーザ回折型粒子カウンタおよびロードセルを組み合わせ、火口近傍や火山山麓地域で小噴火の火山灰をリアルタイムで計測可能な機器を開発する。火山地域でもちいるため、防塵および火山ガスへの耐性を考慮に入れた機種選定をおこなう。活動的な火山では常時電源の調達に難があり、設置の迅速性も考慮して、太陽電池パネルとバッテリーで駆動する設計とする。またデータの送出手は携帯電話および無線ネットワーク網 (WiFi) を利用可能な通信モジュールを組み込む。火山近傍に設置する機器の場合はレーザ回折型粒子カウンタでは測定できないような粗粒粒子を計測するため、地表面との距離を測定することで噴火堆積物の厚さを評価するセンサの組み込みを検討する。実地での作動テストは活動的で小～中噴火を継続している火山を対象におこなう。現地での試験は実際に噴火頻度の高い火山周辺に装置を設置して、動作およびデータ取得の試験をおこなう。装置の製作・実地検証・改良を繰り返し、メンテナンスフリーで半年間連続観測することを目標とする。装置は低消費電力で長時間動作するためにセンサ類の機種や設定を煮詰める。試験場所は小～中規模噴火の頻度が高い桜島、諏訪之瀬島などを対象として実施する。装置の製作、現地での設置にあたってはフィールドサーバの開発者である独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構の平藤雅之博士の支援が得られる見込みである。

4. 研究成果

自動降灰観測装置に用いる火山灰検出センサ部分の評価および高度化を進め、新たな観測機器の設計開発と実地テストを実施して観測装置が安定的に動作することを確かめた。火山灰検出のためのセンサ部としてレーザ回折型粒子カウンタの検証を行った。近年民間企業により全国に展開されている環境センサーネットワークは花粉を検出するためにレーザ回折型粒子カウンタを搭載しており、2014 年 9 月 27 日に発生した御嶽山の噴火の降灰は NTT ドコモの環境センサーネットワークの花粉センサで捉えられた。そのセンサー値と降灰分布や降灰量の実測値を比較検討して、降灰時間、センサーの感度、火山

灰によるセンサー値の特性などを検討した。9月27日から29日にかけて微量でも御嶽山の降灰が認められた地域内とその周辺に設置されたセンサーネットワークの観測値を使用した。実際の現地調査で調べた降灰量と比較すると、降灰と判断されるセンサー値の変化は 2 g/m^2 以上の降灰量で認められた。花粉センサの感度はスギ花粉の粒径(約 $30\text{ }\mu\text{m}$)にあわせて調整されている。通常の火山灰粒子はスギ花粉より粗い粒子が多いため、降灰量が少ない場合にはバックグラウンド以上のカウント数が稼げない可能性がある。そのため、実際の降灰域より狭い範囲でしか花粉センサの値は変化しないと考えられる。なお、浅間火山2009年の噴火では、 1 g/m^2 以上の降灰で花粉センサー値が変化した。これは噴火による細粒粒子の生産量や凝集の効果などで実際に降ってきた火山灰の粒径がことなるため、感度に差が生まれた結果と考えられる。なお花粉センサーで捉えられた火山灰粒子は電圧値と偏光度から概ね $35\text{ }\mu\text{m}$ 以下で偏光度は $0\sim 0.2$ 程度で円形とはかけ離れた形をなすものが多い。花粉センサーの値から、御嶽火山で2014年9月27日に発生した噴火による降灰は東側 30 km 地点には約3時間後、 40 km 地点には約5時間後に降灰したと判断される。ゆっくりと拡散していった様子が捉えられた。また北東麓の濁河温泉には27日21時頃に降灰があったと推測される。山梨県の報告では火口から $60\sim 80\text{ km}$ 離れた山梨県内への降灰は、噴火後6時間程度であることから、センサーで捉えられた値はおおむね正しい降灰時間を示していると判断される。

火山灰観測装置の粒子カウンタやロードセルの測定値を検証する上で、比較対象となる火山灰回収容器による試料の回収様式について検証した。噴火活動中の桜島火山において、さまざまな面積、形状の試料回収トラップを設置し、回収した火山灰の量を比べることによって、どの程度の開口面積を持つ容器が試料回収トラップとして相応しいかを検討した。比較検討した容器は、紙コップ(開口面積: 0.0039 m^2)、紙ボール皿(開口面積: 0.015 m^2)、20リットルペール缶(開口面積: 0.067 m^2)などである。いずれの容器も安価で手に入りやすく、過去の降灰調査の際にも使用されてきた実績があるものである。これら試料回収トラップを、桜島昭和火口から南西約 2.2 km (有村)と東約 3.5 km (黒神)の地点に設置し、観測を行った。観測は2013年3月～2013年7月の間に、のべ13回の観測を行った。13回の各観測期間には、必ず噴火が発生するか、火口から連続的に低い噴煙が出ており、噴煙がまったく出ていない時期はなかった。各地点において採集された降灰量は、 $0.5\sim 900\text{ g/m}^2$ の間であった。観測期間に試料回収トラップに入ったテフラは、いずれも火山灰サイズで、粗粒火山灰が主体であり、細粒火山礫をわずかに含むこ

とがある。試料回収トラップの開口径に対しては十分に小さな粒径である。また、降灰量も容器の容積に比べて充分少ない量であった。開口面積が最大であるペール缶と、それより開口面積がおよそ $1/4\sim 1/19$ ほど小さい紙ボール皿及び紙コップに捕らえられた火山灰量を比べると、紙ボール皿及び紙コップは常に少なく、ペール缶のそれより $85\sim 18\%$ 程度の量しか捕らえていなかった。紙ボール皿および紙コップで観測された量は、雨天時では 10% 以下となることもあった。つまり、開口面積 0.015 m^2 以下の紙コップや紙ボール皿を使用した降灰観測は、その場所での堆積量を過少評価する可能性が高い。ただし、紙ボール皿と紙コップを比べると、開口面積の小さいほうが常に少ない値を示すわけではない。そのため、ペール缶との差は、単純に開口面積の大小のみで決定されているわけではないようで、容器の深さなども影響している可能性がある。

以上のセンサ評価結果を踏まえて、霧島山新燃岳火山および桜島火山で装置の実地検証を行い、長期稼働および噴火による降灰の検出試験を実施した。その結果、ブルカノ式噴火による降灰の重量および画像の取得、ネットワーク送信は実用可能なレベルに達した。ロードセルによる降灰重量は 50 g/m^2 以上の降灰であれば検知可能であり、ロードセルの種類を変更することでより精度を高めることが可能である。花粉センサとネットワーク機器の火山ガス耐性に問題があり、長期的な観測には課題が残されている。

2014年度から導入した新型機では超音波センサによる堆積厚の測定機能を追加し、ロードセルも高精度なもので動作を確認した。機器全体を軽量小型化したことにより、より火口近傍での観測が可能な仕様である。2015年1月末から3月末まで実地検証を行い、安定に動作することを確認した。ブルカノ式噴火による降灰の重量および画像の取得、ネットワーク送信は期間中問題なく稼働し、実用可能なレベルと判断した。新たに導入した超音波センサによる堆積厚は検証期間中の2ヶ月間で約 3 cm 変化し、実際の降灰堆積厚とほぼ整合的であった。自動降灰観測装置は複数台の装置を無線LANで接続することで観測網を構築して、降灰量の即時推定をすることが当初の構想であった。降灰堆積物の分布規模と無線の仕様が折り合わないことから、現状では観測網の構築に機器毎のインターネット接続が必要である。迅速に火口近傍に設置して観測することは可能になった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計4件)

及川輝樹・古川竜太（2015）花粉センサネットワークでとらえられた御嶽山 2014 年噴火の降灰．地球惑星科学連合 2015 年大会，2015 年 5 月，幕張メッセ（千葉県千葉市）．
古川 竜太・及川 輝樹，自動降灰観測装置の開発．地球惑星科学連合 2015 年大会，2015 年 5 月，幕張メッセ（千葉県千葉市）．
古川 竜太・及川 輝樹，降灰観測におけるトラップの面積・形状についての検討(その 1)．日本火山学会秋季大会，2013 年 9 月，体験交流館学びいな（福島県猪苗代町）．
古川 竜太・及川 輝樹・中野 俊・星住 英夫・田中 明子・世一 秀雄・吉田 智一・平藤 雅之・野友 卓・小井戸 清和，霧島山新燃岳火山におけるリアルタイム降灰観測網の構築．日本火山学会 2011 年秋季大会，2011 年 10 月，大雪クリスタルホール（北海道旭川市）．

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

なし

6．研究組織

(1)研究代表者

古川 竜太（Furukawa Ryuta）

産業技術総合研究所活断層・火山研究部門主任研究員

研究者番号：60357928

(2)研究分担者

及川 輝樹（Oikawa Teruki）

産業技術総合研究所活断層・火山研究部門主任研究員

研究者番号：10435761

(3)連携研究者