

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 1 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23740332

研究課題名(和文)長期モニタリング観測による火山雷発生メカニズム推定

研究課題名(英文)Magnetotelluric measurements of volcanic lightning at Sakurajima, Japan

研究代表者

相澤 広記(AIZAWA, KOKI)

九州大学・理学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：50526689

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：桜島火山雷には継続時間が短い(数10 $\mu$ s)パルスが数msの間に複数解線り返すタイプの放電と、複雑な波形がパースト的に長く(数ms)続くタイプの放電の2種類があり、それぞれ対地放電(CG)と雲内放電(IC)に対応することが分かった。CGの電流値はピークで数1000A、電荷放電量としては数C程度で、ICはこれに比べはるかに小さい。桜島火山雷は気象雷と多くの点で共通であり、そのスケールは気象雷の1/10～1/100程度である。発生メカニズムに関しては、これまで噴煙上昇中の粒子の衝突が帯電に重要と考えられてきたが、火道内部での帯電も重要な役割を果たしていることを示唆する結果が得られた。

研究成果の概要(英文)：We conducted three kinds of observations (Movie, Magnetotellurics, and MF observation). The results showed the following features of volcanic lightning; (1) There are two types of discharges. One is the assemblage of several pulses. Another is the EM burst that continues several ms. (2) The duration of each pulse in the assemblage type is short as a few tens of micro seconds, but its amplitude is far stronger than that of EM burst. Above features are similar to the lightning in the thundercloud. However, its duration and strength is approximately 1/10～1/100 of that of thundercloud.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：火山雷

## 1. 研究開始当初の背景

噴火が起こると噴煙中やその周辺に雷が発生することがある(火山雷)。火山雷の研究は非常に少なく、その発生メカニズムはほとんど明らかになっていなかった。具体的には、(1) 火山雷を発生させる粒子の帯電が起こる場所、タイミング、メカニズム (2) 電荷を担う粒子の正体 (3) 粒子の帯電から火山雷発生に至る過程 等が未解明であった。研究がこれまで少なかった背景には、火山雷の発生には力学 - 電磁気力のカップリングや、マグマや火山ガスの性質、数ミクロンの粒子の運動から数 km の噴煙の運動まで総合的に考慮する必要がありモデリングが困難であること、また、火山雷自体がそれほど多く発生せず、観測が単発的にしか行われなかったことが挙げられる。

研究代表者等は、桜島火山において地磁気 - 地電流の連続観測を 1 年間に渡り継続し、噴火直後の電磁場時系列データ中に微小なパルスを見出した。電磁場データと GPS 時刻に同期させた可視映像を比較することで、パルスが火山雷起源であることや、噴煙放出開始から 10 秒間は発生しにくいことが分かった。また空振記録と比較することで、パルスはブルカノ式噴火では少なく、穏やかな噴火に多いことが分かった(Aizawa et al., 2010, GRL)。以上の性質は火山雷発生メカニズム解明に重要な意味を持つと考えられる。しかしながら、当時は高周波成分をフィルターで減衰させた後の 15Hz サンプリングでデータを取得していたこと、高周波に対し感度が低い磁場センサーを使用していたことで、火山雷シグナルの大部分を取り逃がしている可能性があり、さらにシグナルの継続時間、振幅も知ることでできなかった。

## 2. 研究の目的

本研究では桜島火山において、噴火イベントごとに発生する火山雷の数、タイプ、電流値を明らかにする。次に得られた火山雷の物理パラメータと発生場所、火山観測データとの比較を行い火山雷発生メカニズムについてモデルを構築する。

## 3. 研究の方法

下記 3 種の観測システムを構築してデータを得る。いずれのシステム GPS 時刻に同期されており、離れた場所の観測点同士の解析や、異なる種類の観測の比較を行うことで、雷起源の電磁波変動を抽出しそれについて検討する。

### (1) 可視映像観測システム

桜島昭和火口から 3.5 km の距離にある京都大学観測室に高感度カメラ(業務用)を設置し、30 フレーム/秒の動画を休みなくデジタル記録するシステムを Linux を基に構築した。1 分間あたりの容量はおよそ 6MB である。このシステムにより悪天候時以外は火山雷が明瞭に識別できるようになった。特に夜間の噴火では多い時に 1 イベントで 100 を超える火山雷が認識できる。

### (2) 地磁気 - 地電流観測

桜島昭和火口から南西 2.2 km、北 3.5 km の地点に観測を設置した。地磁気 - 地電流観測では VLF 帯より低周波側の電磁波変動を捉える。器材の周波数特性が明らかであるため正確な物理量として観測値を抑えることができる。

### (3) 磁場変動観測

桜島昭和火口から西 4 km、南南西 3.5 km の地点に観測点を設置した。地磁気 - 地電流観測より高周波数側の磁場変動を商用の雷観測装置を使用して観測する。

## 4. 研究成果

桜島火山雷には継続時間が短い(数 10  $\mu$ s) パルスが数 ms の間に複数解繰り返すタイプの放電と、複雑な波形がバースト的に長く(数 ms) 続くタイプの放電の 2 種類があることが明らかになった。可視映像との比較からそれぞれ対地放電(CG) と雲内放電(IC) に相当する。また IC の継続時間は長い、ピーク電流量は CG に比べて 1/10 以下と少ない。このような桜島火山雷の特徴は気象雷と多くの点で共通であるが、その放電量や時間スケールは気象雷の 1/10 ~ 1/100 程度であることが分かった。

CG に関しては正極性のものと負極性のものの割合は 6:4 程度である。電流値はピークで数 1000A、電荷供給量としては数 C 程度であり、気象雷に比べ 1/10 ~ 1/100 程度であることが分かった。

CG は噴火開始 10 秒では少ないが、IC は噴火直後から発生する場合がある。気象雷が噴火によって誘発される事例が可視映像により観測され、噴煙の縁から放電が開始することが示された。以上の 2 つの観測事実は、噴火開始直後から噴煙が電荷を帯びていること、特に噴煙の縁でそれが顕著であることを示唆している。これまで噴煙上昇中の粒子の衝突が帯電に重要と考えられてきたが、火道内部での(例えば火道壁と上昇マグマの摩擦)帯電も重要な役割を果たしていることを示唆している。

#### 今後の課題

(1) CG では、第 1 雷撃より、第 2、第 3 雷撃のほうが電流量が大きい例が見られ、これは火山雷に特有の性質である可能性がある。解明にはハイスピードカメラ等の観測により高時間分解能で放電経路の進展を把握する必要である。

(2)火山雷の性質と火山活動との関連性は単純ではなさそうであるが、現在、様々な見地から検討している。

(3)火山雷による放電をリアルタイムモニターすることにより悪天候時にも噴煙の挙動を把握できる可能性がある。放電源の推定には(A)時間差を利用する方法、(B)到来方向を利用する方向の 2 種類あるが、(B)に関しては精度が悪いことが分かり、さらに鉛直方向の分解能が無い。(A)は観測点を桜島島内から離れた場所に設置する必要があるが、微小なシグナルを捉えられない可能性がある。最適なネットワークを構築したい。

本研究課題の副産物として、可視映像観測から、ブルカノ式噴火発生約 1 秒前に火映の明るさが変動するという現象を発見した。明るさ変動の開始は Yokoo et al., 2009, BV によって見出された空振先行相の開始とほぼ一致しており、爆発直前の火口底の膨張、もしくは脱ガスを見ている可能性が高い。Tameguri et al. (2002) は地震波解析により、桜島南岳の爆発におよそ 1 秒先行して、火口直下深さ約 2 km で爆発地震が開始することを示したが、明るさ変動の発生はその時間スケールとほぼ等しい。桜島爆発 1 秒前でどのようなことが起こり爆発につながるのか、火映は条件が良い時でしか観測されない稀な現象であるが、事例を増やし、解明していきたい。

#### 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)

1. Cimarelli C., M. Alatorre-Ibargüengoitia, K. Aizawa, B. Scheu, A. Yokoo, S. Mueller, and D. Dingwell, Multi-parametric observation of volcanic lightning produced by ash-rich plumes at Sakurajima volcano, Japan. EGU2014-13452-2, EGU General Assembly, Vienna Austria, 2014.4.30.

2. 相澤広記・横尾亮彦, 地磁気 - 地電流 (MT) 連続観測と可視映像連続観測による桜島火山雷の性質, 地球惑星連合大会, 横浜, 2014.4.29

3. 相澤広記, MT 探査装置を用いた桜島火山雷観測, Conductivity Anomaly 研究会, 東京, 2014.1.7

4. 相澤広記, 横尾亮彦, 為栗健, 井口正人, 桜島爆発 1 秒前の火映の明るさ変動, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2013.5.20.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

相澤 広記 (AIZAWA, Koki)  
九州大学・大学院理学研究院・助教  
研究者番号：50526689

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

横尾 亮彦 (Yokoo, Akihiko)

京都大学・理学研究院・助教  
研究者番号： 70420403