

# 2021年8月18日富士山頂で発生した上向き雷放電前の 高エネルギー放射線について

鴨川仁<sup>1</sup>, 鈴木智幸<sup>1</sup>, 安本勝<sup>2</sup>, David Smith<sup>3</sup>, John Ortberg<sup>3</sup>, 榎戸輝揚<sup>4</sup>, 鶴見美和<sup>4</sup>, 和田有希<sup>5</sup>

1. 静岡県立大学, 2. 富士山環境研究センター, 3. カリフォルニア大学サンタ・クルーズ校,  
4. 理化学研究所, 5. 大阪大学

## 1. はじめに

近年、雷放電に伴って高エネルギー放射線が発生することが数多く報告されている<sup>1)</sup>。持続時間はミリ秒オーダーであり、雷放電に伴って電子が制動放射することによって発生し、ショートバーストと呼ばれている<sup>2)</sup>。また、雷雲内の電場が起源となる1～数分に渡る MeV オーダーの放射線も検知される。これはロングバーストと呼ばれる<sup>3)</sup>。日本について言えばどちらの放射線バーストも日本海沿岸地域で発生する冬季雷雲で多数報告されているが<sup>2)3)</sup>、富士山での夏季雷雲観測においては、ロングバーストしか検知報告<sup>4)</sup>がない。

本稿では2021年8月18日午前10:46:31 (JST)に旧富士山測候所で発生した落雷時・前についての放射線観測について報告する。

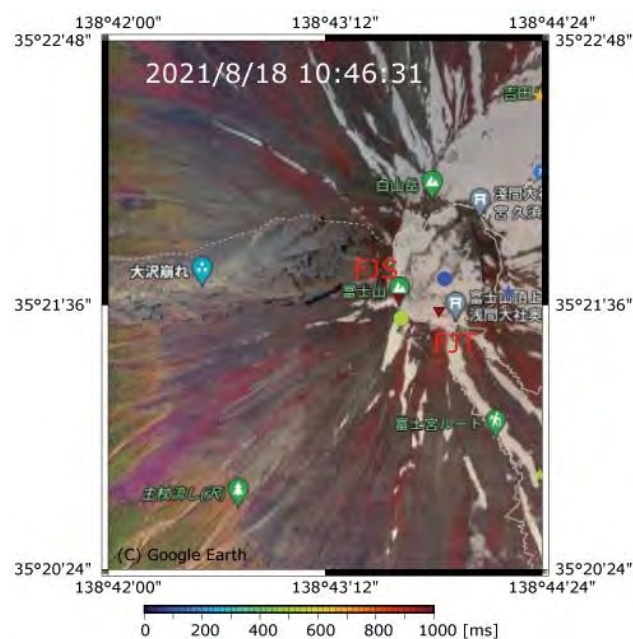


図1 観測場所(▼)およびLIDEN(●)およびBlitzortung(★)によって検知された落雷点。2021/8/18 10:46:31 JST から1秒間の間に検知された落雷を示す。色はミリ秒を表す。

## 2. 観測

観測は旧富士山測候所(FJS)および富士宮口登山道口そば(FJT)にて行った(図1)。

放射線測定器には5インチのNaIシンチレータと5インチ・1インチのプラスチックシンチレータ(以下それぞれ NaI,

LgPI, SmPI と表記する)を搭載した GODOT (Gamma-ray Observations During Overhead Thunderstorms; <http://godot.jp/about/>)<sup>2)</sup>を用いている。本機器は、ロングバーストのみならずショートバーストの検出に優れた性能を発揮する。設置は測候所1号庁舎2階屋内で行っている。多点放射線観測にすぐれた CoGaMo<sup>5)</sup>も FJS および FJT に設置した。FJS では GODOT に隣接する形で測定した(図2)。



図2 旧富士山測候所1号庁舎2階に設置された測定装置。

大気電場測定としてフィールドミルを1号庁舎屋根に設置した。使用機器は強電場でも飽和値にならないほどの測定レンジが広い音羽電機工業社製 LATOM を用いた。サンプリングは 20 Hz である。

測候所と山麓をつなぐ送電線内を流れる電流を計測するためのログスキーコイルを4号庁舎に設置している<sup>6)</sup>。

落雷位置評定には LIDEN および Blitzortung のデータを用いた。レーダーデータは X-Band MP レーダーデータ(DIAS 提供)を用いている。

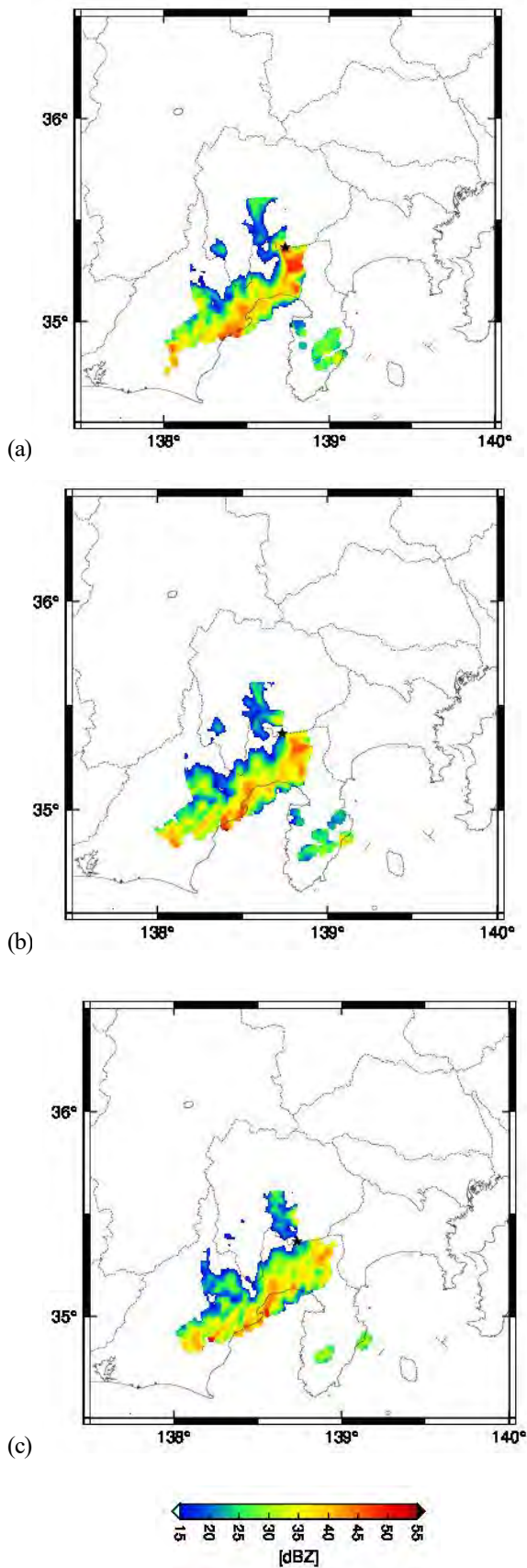


図3 2021年8月18日のレーダー反射強度図。(a) 10:40 JST, (b) 10:45 JST, (c) 10:50 JST。星印は富士山頂。X-band データは富士宮観測点のものを使用。

### 3. 測定結果

2021年8月18日は富士山南麓周辺も含めて停滞前線が存在し、山頂は極めて天候が悪い状態であった(図3)。10:46:31には、2つの落雷が山頂にて LIDEN および Blitzortung で 31.1 および 31.5 秒にて検知された(図1)。また、ログスキーコイルは、31秒周辺に2つの直撃雷の検知がなされた(時刻のずれは1秒以内)。2つの落雷のうち1つ目は負極性上向き雷、2つ目は前駆放電を伴わない負極性の雷撃であった。2つの落雷位置評定では場所が離れているがログスキーコイルの過去の研究成果<sup>6)</sup>からこれら2つの落雷は測候所で発生したと考えられる。一方、1号庁舎内では、窓越しから漏れてくる閃光と雷鳴が2台のビデオカメラにて収録されており、動画のフレーム解析を行ったところ、閃光は、4回捉えていた。時間間隔から推定すると2, 3番目が2つの落雷に該当すると考えられる。2つの閃光と雷鳴の時間差から推定すると1号庁舎から約34m離れた地点が大地との放電点と推定された。これは、測候所の避雷針などがある2,3号庁舎館の設備あたりとなる。

このときのGODOTのカウント値の時系列を示したのは図4である。落雷時の前30秒ぐらいからNaIのカウント値が最大50%ほど、落雷時まで増加し続けている。落雷直後は定常状態に戻った。一方、落雷時は、SmPIのみ瞬間的なパルス的なカウント値の上昇がみられるが、NaIおよびSmPIでは同種の増加が見られないこと、LgPIは電磁波のノイズの影響を受けやすいことから、これは雷放電によるの誤認識と判定した。CoGaMoも同様なロングバーストをFJSにて検知していたが、FJTでは検知がなされていなかった(図5)。したがってかなり局地的な電場が起因していたと考えられる。

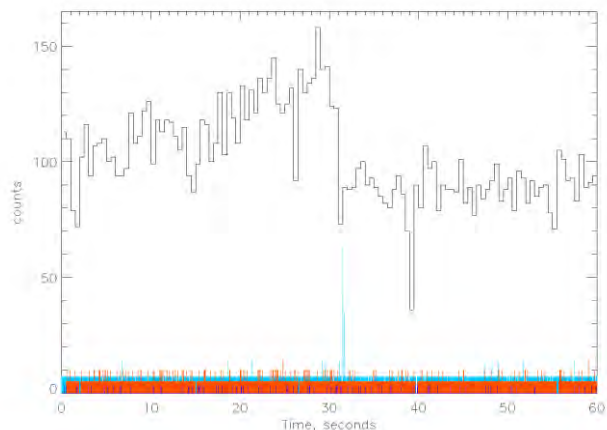


図4 2021年8月18日10:46:00 JSTからのGODOTによる高エネルギー放射線の検知数。実線はNaIの0.5秒毎のカウント数。赤線、水色線、青線はNaI, LgPI, SmPIの10msごとのカウント値。

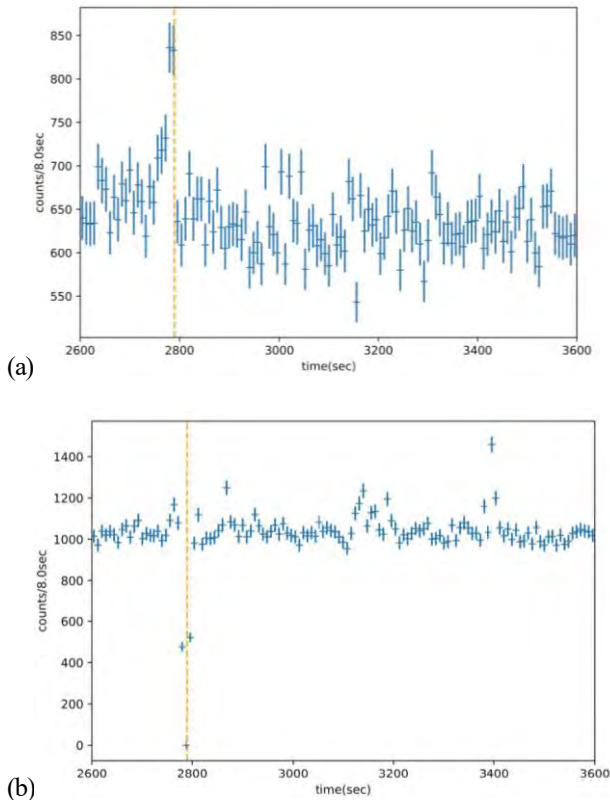


図 5 CoGaMo によって取得されたカウント値。点線は落雷時間。Bin 幅は8秒。(a) FJS, (b) FJT。

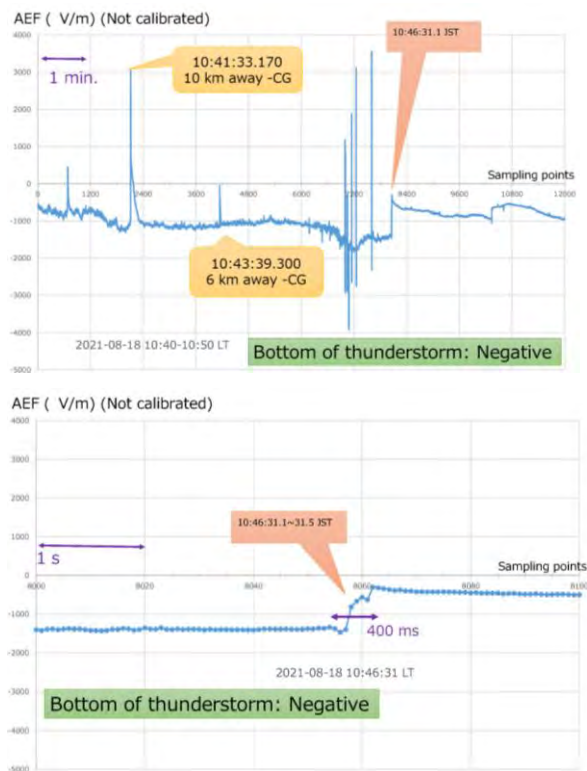


図 6 大気電場データ。(a) 10:40-10:50 までの時間帯を記載。(b) 10:46:31 周辺を記載。

図 6 に、フィールドミルの時系列を示した。落雷時に負の電場のオフセットが発生しており、その変化は 400 ms の間で 2 つの落雷の間に雷雲内電荷が変化した。電場値は3分の1程度になっていることから中和電荷も3分の1程度になったと類推できる。

#### 4. まとめ

2021年8月18日10時46分31秒に旧富士山測候所に2つの落雷が発生した。そのうち1つは負極性上向き雷放電であった。落雷時には、ショートバーストは検知されなかった。落雷前には、ロングバーストが観測された。

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 20H02419 「富士山頂高度を活用した落雷減災のための多角的雷研究」の助成を受けたものです。本研究は NPO 法人「富士山測候所を活用する会」が富士山頂の測候所施設の一部を気象庁から借用管理運営している期間に行なわれた。本研究では、国土交通省が提供する XRAIN raw データを利用した。またこのデータセットは、文部科学省の補助事業により開発・運用されているデータ統合解析システム(DIAS)の下で、収集・提供されたものである。

#### 参考文献

- 1) Dwyer, J. R., David, D. M., and Cummer S. A (2012), High-Energy Atmospheric Physics: Terrestrial Gamma-Ray Flashes and Related Phenomena, *Space Sci. Rev.*, **173**, 133-196.
- 2) Smith, D. M., Bowers, G. S., Kamogawa, M., Wang, D., Ushio, T., Ortberg, J., Dwyer J. R., Stock, M., (2018), Characterizing upward lightning with and without a terrestrial gamma-ray flash, *J. Geophys. Res.*, **123**, 10.1029/2018JD029105.
- 3) Torii, T., Sugita, T.; Kamogawa, M.; Watanabe, Y.; Kusunoki, K. (2011)., Migrating source of energetic radiation generated by thunderstorm activity, *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L24801.
- 4) Torii, T., Sugita, T.; Tanabe, S.; Kimura, Y.; Kamogawa, M.; Yajima, K., Yasuda, H. (2009), Gradual increase of energetic radiation associated with thunderstorm activity at the top of Mt. Fuji, *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L13804.
- 5) 榎戸輝揚ら (2022), シチズンサイエンスを活用した金沢での放射線マッピング「雷雲プロジェクト」, 大気電気学研究, Vol. 16, No. 1 (No. 100) (印刷中).
- 6) 安本勝, 鴨川仁, 佐々木一哉, 土器屋由紀子 (2022), 富士山体上接地線電流による雷観測系, 電気学会論文誌 A (基礎・材料・共通部門誌) (印刷中)