

Final report:

Geomagnetic monitoring for predicting volcanic eruption at Mt. Fuji

Asia-Pacific region project furtherance,
WNI WxBunka Foundation
July, 2021 - June, 2022

Toshiyasu Nagao¹, Paul Alanis², Masashi Kamogawa³

- 1: Senior Research Fellow, LERMF/MFRS, and Tokai University
富士山環境研究センター・東海大学海洋研究所
2. Philippine Institute of Volcanology and Seismology (PHIVOLCS)
フィリピン火山学地震学研究所
- 3: Senior executive director, MFRS, and University of Shizuoka

1. はじめに

富士山は世界でも有数の極めて美しい成層火山である。首都圏にも近く、年間 3,000 万人を超える観光客が訪れる日本有数の観光地となっている。富士山がこのような美しい山体を維持しているのは、極めて若い火山だからである（人間で言えば 20 歳程度）。富士山は有史以来、数多くの噴火を引き起こしてきたが、直近の噴火は 1707 年の宝永の爆発的噴火であり、その後 300 年以上に渡って沈黙している。この噴火では、江戸で 5cm 以上の火山灰が堆積した。また 9 世紀の貞観の噴火では、大量の溶岩を流出し、後の青木ヶ原樹海が形成され、当時大きな湖であった「せのうみ」が分断され、西湖と精進湖となり現在の富士五湖の姿となった。したがって次の噴火がどこから発生し、その様式や規模を予測する

事は科学的な興味だけでなく、首都圏防災にとっても極めて大きな意義を持つ。万が一、この令和の世に 300 年前の宝永噴火と同等の噴火が発生すると、それは IT 化された近代都市にとって、初めてと言ってよい大きな災害となる可能性がある[1]。

このような事から、次の噴火を精度良く予測するためにも、多角的な監視が必要であり、平常時のデータを蓄積しておく事が“異常”を判断するためにも肝要である。2000 年以降、地磁気観測は東京大学地震研究所および国土地理院にて富士山北麓で行われているだけで（図 1）、最も観測が手薄な項目である。静岡側においては御殿場新 5 合目太郎坊に 2020 年 10 月より観測し始めたという状況である。本助成では広域観測網となるように静岡県側に観測を増強し、もっとも噴火予測に重要な観測地点と考えられる山頂付近等に通年観測地点を 1 地点設けるべく現地調査する。以上より小規模低コスト観測の全国モデルケースとなるような地磁気観測システムを構築する。

近年、火山観測研究は、研究予算の集中化や研究者数の減少により、観測網や監視体制が充分ではなくなっているとの指摘がある[1][2]。そこで、我々は IT・IoT 技術の活用で低消費電力の無人観測ができる環境になってきていることから、これらで従来型とは異なる低コスト、少ない労力で定常監視にシフトすべきことを提案している[2]。本観測が実施できれば本技術が、他の火山等にも容易に応用できる。

火山噴火予知研究において、特に富士山のような磁性鉱物を多く含む玄武岩質火山（近傍では伊豆大島や三宅島など）では、マグマの上昇による熱消磁という現象が明瞭に観測される事が観測でも、理論でも明らかとなっている。そのため、地磁気観測は火山監視におけるスタンダードなツールとして認知されている。特に富士山のように火道（マグマの通り道）がすでに確立されている火山では、山頂噴火の際には、顕著な山体膨張を起こさずに噴火に

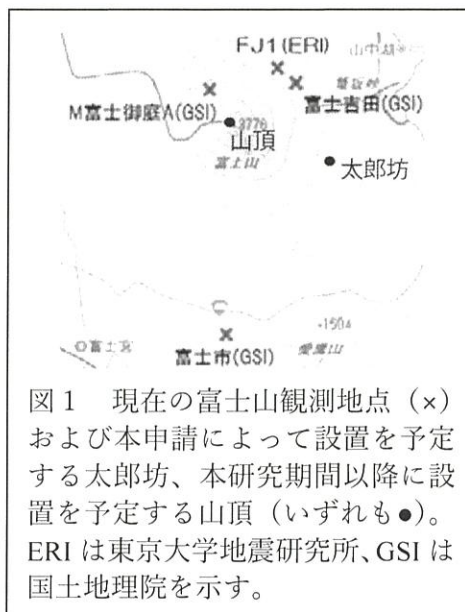


図 1 現在の富士山観測地点 (x) および本申請によって設置を予定する太郎坊、本研究期間以降に設置を予定する山頂 (いずれも●)。ERI は東京大学地震研究所、GSI は国土地理院を示す。

至る場合があり、地震観測、地殻変動観測とともに複数手法での常時監視が世界のトレンドとなっている。本研究はまさに現在富士山で不足している電磁気学的な監視能力をより高度化させる位置づけと言えよう。

国が運営する火山噴火予知連絡会に提供される富士山噴火監視データは、国、山梨県、神奈川県については公的研究機関からのデータ提供がある。しかし、静岡県からのデータ提供はないため、本データが将来的に、噴火予測のための基幹データとなるような位置づけを目指す。

[1] 長尾年恭, 日本の宝「富士山頂」観測を怠る愚, FACTA, Vol. 168, No. 4, 52-53, 2020/03/17

[2] 鴨川仁, 「富士山噴火」は予測できないのかー国力と共に監視力が弱りつつある, 現代ビジネス, <https://gendai.ismedia.jp/articles/-/70400>, 2020/02/13

2. 実施内容

2021-2022年の当初計画では、認定NPO法人「富士山測候所を活用する会」の富士山頂観測点に磁力計を設置する予定であったが、やはりコロナの状況が改善せず、特に山頂の観測点は厳しい気象条件に耐えるため、極めて気密性の良い建物となっている事から、山頂での作業が大幅に制限される状況となった。そのため、2020年に開設した太郎坊地磁気観測点周辺の環境調査と、地磁気データ表示のためのポータルサイト開設や、主成分解析(PCA)および独立成分解析(ICA)を組み込んだ地磁気データ解析システムを構築した。

全磁力異常を解析する時に、近年重要視されているのが観測点近傍の全磁力環境(全磁力空間分布)である。真の異常なのか、あるいは観測システムが物理的に位置が変化した(高さやセンサーポールが不可抗力のために傾く等)等による人工的な変動なのかを判断するためにも、極力観測点周辺は磁気勾配が小さい事が望ましい。しかし太郎坊は玄武岩質の溶岩に周囲を囲まれており、富士山における地磁気観測では、どこに観測点を設置しても、この問題から逃げる事は出来ない。

この困難を少しでも回避するため、2021年は、太郎坊観測点近傍の全磁力環境調査を実施した。図2は2021年10月31日に実施した、太郎坊観測点センサー近傍の全磁力分布である。今後、太郎坊で何らかの異常が観測された場合の基礎データとなりうるものである。

また火山監視では、ポータルサイトでのリアルタイムのデータ公開およびそのデータを見方を一般市民に判りやすく解説する事が、火山噴火に対する基礎知識の底上げにも、啓発活動としても重要である。2021年にはその第一歩として、太郎坊観測点のデータを以下のURLで公開した(https://www.fujimonitor.org/total_magnetic_list)。図3は2021年10月28日の全磁力データで、ポータルサイトから取得したデータである。

今回開発した地磁気データ表示システムは、LPWA(Low Power Wide Area)通信を用いてデータ転送されたものである。本研究のLPWA通信では(株)ソニー独自の低消費電力広

域通信規格である ELTRES を用いた。ELTRES は、長距離安定通信、高速移動体通信、低消費電力という特長を持つ、(株) ソニー独自の低消費電力広域通信規格である。今回の地磁気データはサンプリングレートを1 分で実施しているが、単1 電池2 本程度で1 年間通信を維持できる。火山監視等では、極めて有用な通信システムと考えている。

磁気データ解析システムについては、プラットフォームをPythonとして、開発を行った。組み込んだアルゴリズムは主成分解析(PCA)および独立成分解析(ICA)である。

解析には太郎坊(tarobo)の他、東大地震研(FJ1, today), 国土地理院(富士吉田, gsi_fujiyoshida) および気象庁・柿岡地磁気観測所の全磁力データを用いた。ここでは事例解析として、2021年1月のPCAおよびICAの予察的な解析結果を報告する。

図4および図5はPCAおよびICAの結果である。PCAでは、第1主成分は当然の事ながら地磁気日変化となる。しかし第2主成分にも日変化成分が残っているのがわかる。ICAでは、固有ベクトルが斜交するので、PCAのような単純な結果となっていない。2021年1月では、第4主成分に磁気嵐の数日単位の変動が残っている事が見て取れる。

PCAもICAも欠測が解析に大きな影響を与えるので、今後このような解析を定常的に実施するには、東大地震研や国土地理院とも緊密に連携して、観測点メンテナンスを含めてまずは研究者レベルで富士山地磁気観測に関する共同研究を行っていく事が肝要と考える。

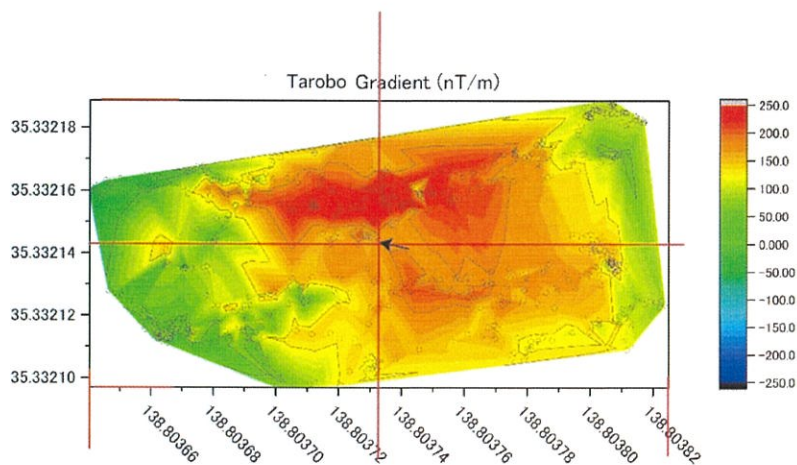


図2 観測点周辺の全磁力分布図

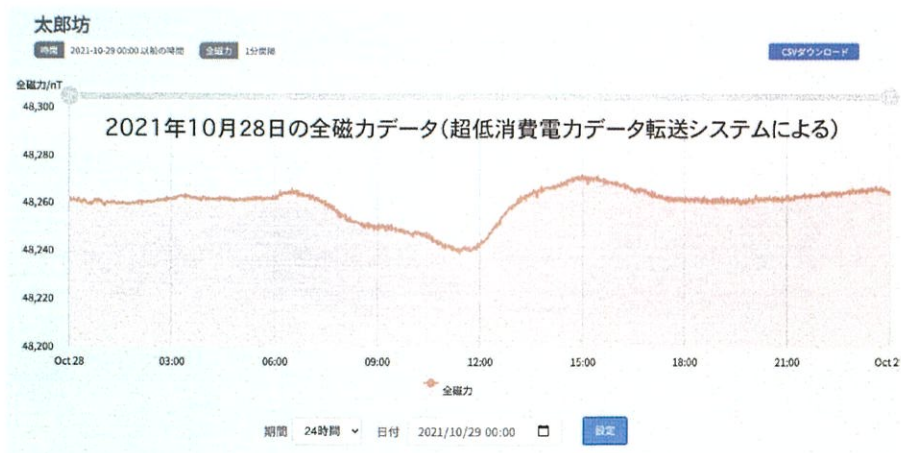


図3 ELTRESで収録された地磁気観測データ

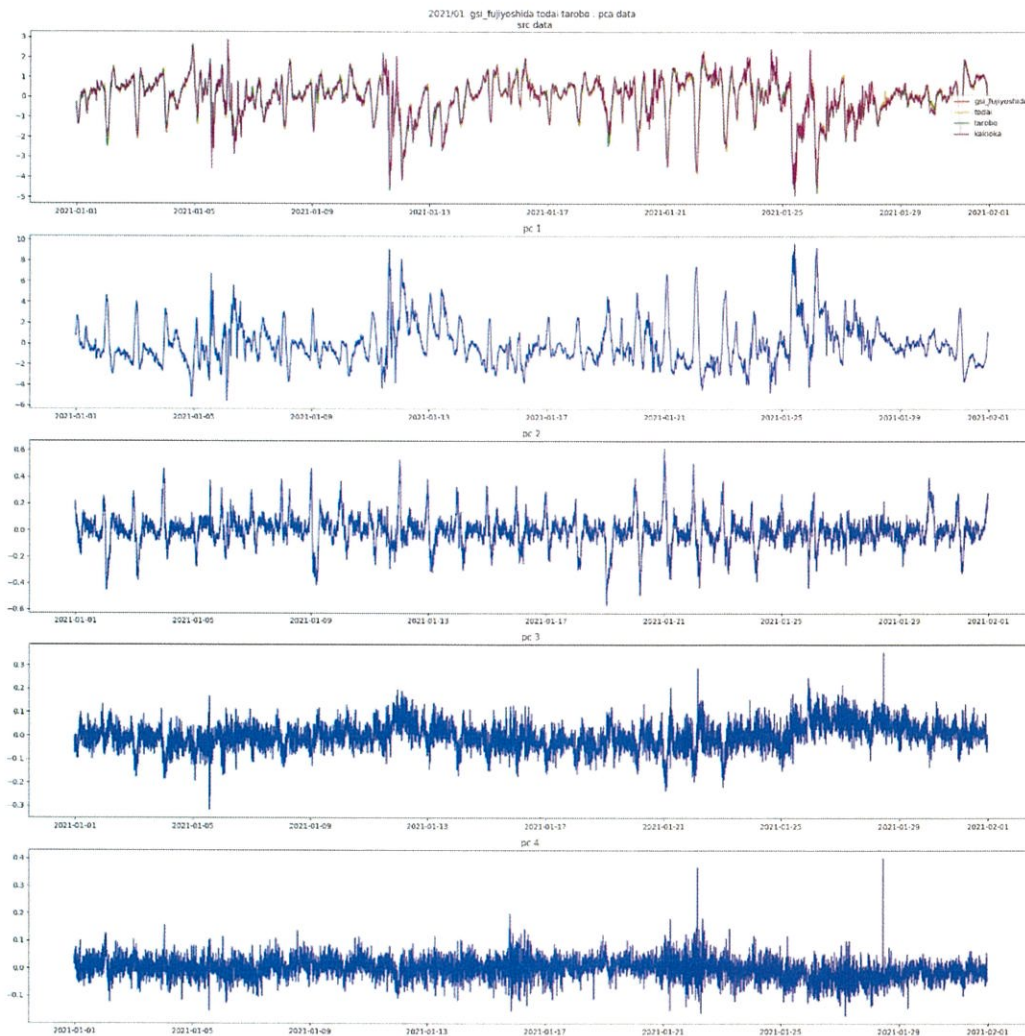


図4 PCAを適用した例

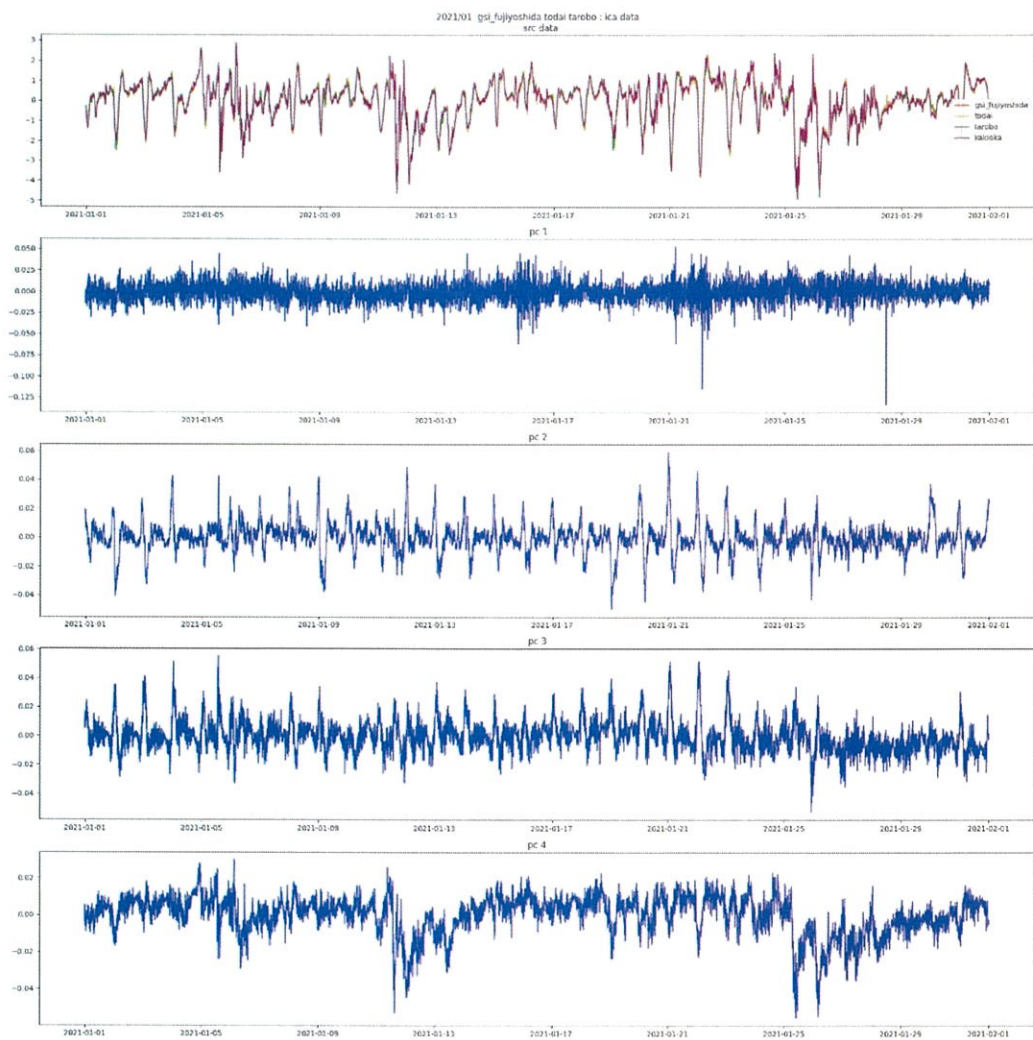


図5 ICAを適用した例