

地殻変動データに機械学習の方法を適用した火山噴火予兆検知の試み

東海大学 正会員 ○三神 厚
東北工業大学 名誉会員 神山 眞

1. 背景と目的

地震計や微動計、傾斜計などを用いた従来の方法に加え、リモートセンシングやGPSを用いた方法等、様々な方法で火山観測が行われている¹⁾。しかし火山噴火の予兆を捉えるのは難しい問題であり、2014年の御嶽山の噴火では多くの犠牲者が発生した。本研究では近年の火山噴火事象を取り上げ、地殻変動データに機械学習の方法を適用することで噴火の予兆検知を試みる。

2. 着目する火山噴火事象と地殻変動の観測データ

近年発生した火山噴火として、表1に示す3つの事象に着目する。2014年9月27日御嶽山の噴火が発生し、63名の死者・行方不明者が発生した。2015年6月29日箱根山で小規模な水蒸気噴火が発生した。2018年1月23日草津白根山の本白根山で噴火が発生した。本研究では、各火山の噴火地点に近い3つの国土地理院が管理する地殻変動観測点のデータ（GEONETデータ）を活用し予兆検知を試みる。具体的には、それらの3観測点を節点とする三角形要素を考え、神山らの方法²⁾により三角形要素のひずみを求めた。具体的な方法は以下の通りである。まず起算日の位置を座標の基準点として三角形要素を構成する3点の変位ベクトル $\{U\}$ を日々の座標値（F3解）をもとに求め、それに有限要素解析で用いられる、ひずみ-変位マトリックス $[B]$ を掛けることで次式より三角形要素のひずみを求める。

$$\{\varepsilon\} = [B]\{U\}$$

ここで、 $\{U\} = \{u_i, v_i, u_j, v_j, u_k, v_k\}^T$ において、 u_i, u_j, u_k は節点 i, j, k における東西方向変位で、 v_i, v_j, v_k は、節点 i, j, k における南北方向変位である。また $\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_{EW}, \varepsilon_{NS}, \gamma_{NE}\}$ でそれぞれ東西、南北方向の直ひずみと水平面内のせん断ひずみである。

これらのひずみ情報を用いて、最大主ひずみ ε_{\max} 、最小主ひずみ ε_{\min} 、工学的最大せん断ひずみ γ_{\max} を時系列として求めた。ここでは特に、工学的最大せん断ひずみに着目する。

3. オートエンコーダ

機械学習の方法としてオートエンコーダを用いる。オートエンコーダは、入力したデータと同じデータが出力側で再生され

表1 近年の火山噴火事象

発生日	火山名	備考
2014.09.27	御嶽山	犠牲者多数, 地獄谷付近
2015.06.29	箱根山	大涌谷付近で水蒸気噴火
2018.01.23	本白根山	鏡池の北に噴火列発生



(a) 御嶽山



(b) 箱根山



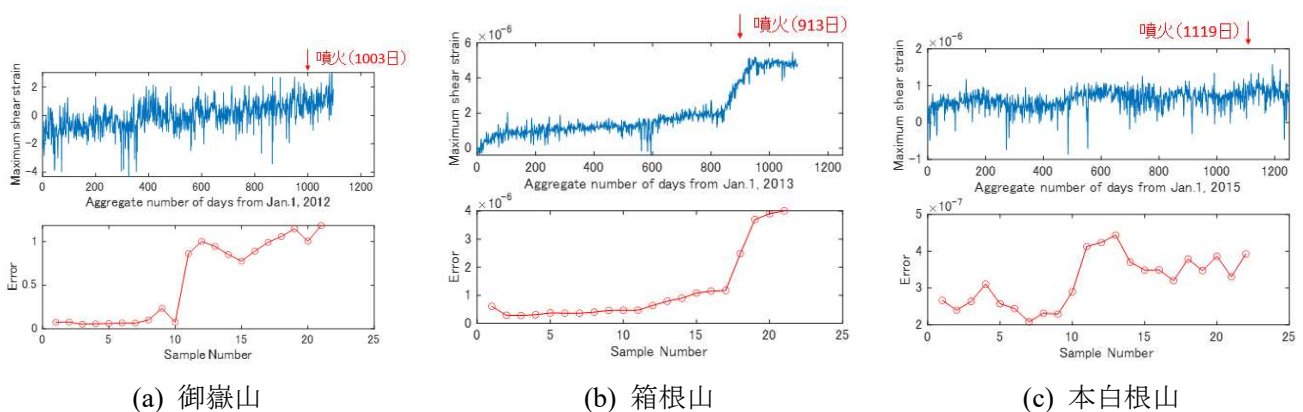
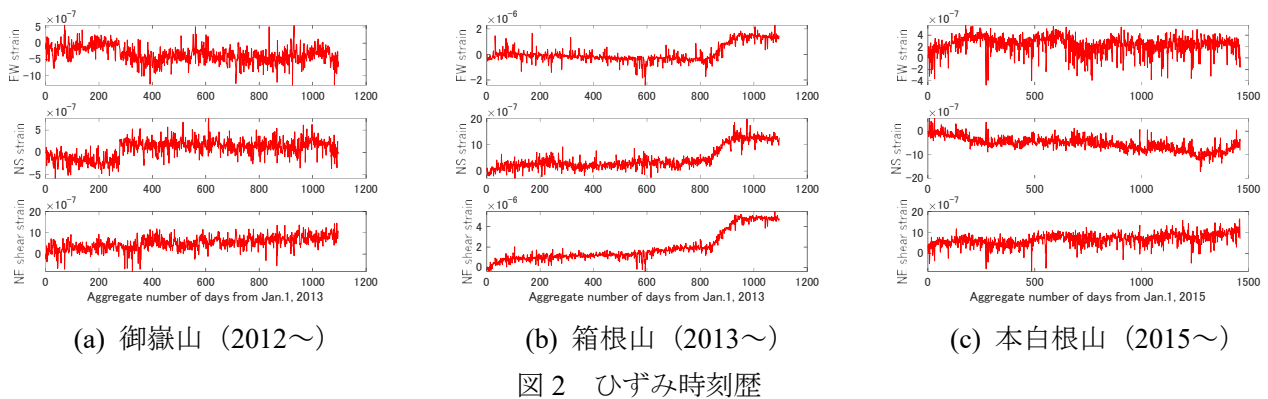
(c) 本白根山

図1 GEONET観測点

(地理院地図に観測点情報を記入し利用)

キーワード 火山噴火, 地殻変動, 機械学習, ひずみ時刻歴, オートエンコーダ

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1 東海大学建築都市学部土木工学科 TEL 0463-63-4743



るように信号の特徴を学習させるネットワークのことで次元削減を伴う。もとの正常な時系列を再生するようにウェイトを学習することで、時系列が正常である場合には出力側でもとの波形が再構成されるので再構成誤差は小さくなるが、時系列に異常データを含む場合には出力側でもとの波形の再構成が適切に行われず再構成誤差は大きくなる。ここでは、再構成誤差が大きくなった場合のひずみデータを異常データとして考え、再構成誤差を火山噴火の予兆の指標として用いることとする。

4. 解析結果と考察

得られたひずみ時刻歴を図2に示す。上段が東西方向の直ひずみ、中段が南北方向の直ひずみ、下段が平面内におけるせん断ひずみである。箱根山の記録では、2013年1月1日を起算日として、800日を過ぎたあたりからひずみが急激に大きくなっており、950日ぐらいまで増加傾向にあることがわかる(噴火は913日目で発生している)。次に、最大せん断ひずみ時刻歴にオートエンコーダを適用してみる。50日分のデータを部分時系列(1サンプル)として、起算日より10サンプルを学習に用いる。その上で、全長に対しオートエンコーダを適用し得られた再構成誤差を求めた。各火山に対し最大せん断ひずみと再構成誤差を描いたものが図3で、噴火日を矢印で示している。なお、御嶽山のひずみ時刻歴は右上がりの傾向にあることからオートエンコーダの適用にあたっての前処理として、データの標準化を行った。箱根山では起算日より800日を過ぎたあたりから最大せん断ひずみ、再構成誤差とも増加しており、913日で噴火していることから、噴火の予兆を捉えることができている可能性がある。しかし、他の2つの火山では予兆を捉えることができなかった。

謝辞：本研究の一部は、JSPS 科研費(課題番号：19K04583)の助成を受けて実施したものです。

参考文献

- 1) 下鶴大輔, 荒牧重雄, 井田喜明, 中田節也(編): 火山の事典 [第2版], 朝倉書店, 2008.
- 2) 神山 眞, 三神 厚, 小出英夫, 沢田康次, 秋田 宏, 千葉則行: GEONETの地殻変動データを利用した2016年熊本地震の被害解析, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.73, No.4, p. I_270-I_281, 2017.