

機械学習を用いた桜島における火山性地震の分類 Using machine learning to classify volcanic earthquakes at Sakurajima volcano

○永江 航也・中道 治久
○Koya NAGAE, Haruhisa NAKAMICHI

The detection and classification of volcanic earthquakes have been done manually. Hence the criteria are ambiguous, and the classification is not conducted immediately. We objectively and automatically classified the four types of volcanic earthquakes at Sakurajima: A, BH, BL-types, and explosion earthquakes. We labeled the automatically detected earthquakes by mapping lists of earthquakes by operators. Then, we performed supervised learning (LightGBM) using the labeled earthquakes to calculate the feature importance (FI). Then, using only the features with high FI values, we applied an unsupervised learning, non-hierarchical clustering method (k-means++) to classify the volcanic earthquakes. As a result of classification of the volcanic earthquakes, we succeeded in classifying them with a correct answer rate of about 60%. From the temporal change of frequency of the volcanic earthquake, we found that the four active period during the six-month periods of the study from October 2019 to March 2020. (146 words)

1. はじめに

火山性地震は火山内部のマグマ活動を反映する現象であり、その検知および分類は火山活動の推移を把握する上で重要である。しかし、現在火山性地震の検知と分類は人手によって行われているため、基準が曖昧であり即時性に欠ける。そこで本研究は、桜島で発生したA型・BH型・BL型、そして爆発地震の4種類の火山性地震を客観的に自動分類するために、機械学習を用いる。また、噴火を伴う地震と噴火を伴わない地震の分類も行う。

2. 地震の自動検出と特徴量

桜島の現在の南岳山頂噴火期のうち最も噴火活動が活発な時期の2019年10月1日から2020年3月31日までの期間を対象とする。南岳山頂火口から北北東方向の距離2.8kmにある観測点V.SFT2の上下動成分と東西動成分の波形データを解析に用いた。

STA/LTA法で地震の自動検出を行い、30秒長さの地震波形データを作成した。鹿児島地方気象台及び京大防災研による火山性地震の分類リストと観測点V.SKA2における空振の振幅値を用い、自動検出した地震と対応づけ、ラベリングを行った。検出後の波形データからスペクトル振幅の歪度や特定の周波数帯におけるスペクトル振幅のRMS値、

などの統計量から2成分の波形データで各47種(計94種)の統計量(特徴量)を定義した。この94種の特徴量をベクトルとし、波形データを代表する量として定義した。

3. 機械学習による火山性地震の分類手法

ラベルのついた地震のみを用いた教師あり学習(勾配ブースティング決定木の一つであるLightGBM法 Ke *et al.* 2017)を行い、作成した94種の特徴量の重要度(FI)を算出した。そして、FIの値が大きい特徴量のみを用い、教師なし学習である非階層クラスタリング手法(k-means++法 Arthur, 2006)を適用し、自動検出したすべての火山性地震について分類を行った。なお、分類は図1に示す手順にて行った。

4. 火山性地震の分類結果

自動検出された地震(N=7101)を分類した結果を表1に示す。なお、地震タイプによりラベリングされた地震数に偏りがあるため、複数回k-means++法による分類を行った。評価指標から、最適な分類回数を決定し、分類の結果の正答率は6割であった。発表では、各分類過程において重要な特徴量とその解釈も述べる。

機械学習によって分類した火山性地震の頻度の時間変化を図2に示す。解析期間の半年間におい

て、地震の発生数が10月、11月、2月、3月と4つの期間において高いことがわかった。この4つの期間のうち、10月はBLN型地震の、11月はA型・BH型地震の、2月と3月はBLE・EX型地震の発生割合が特に高くなっており、期間によってその特徴が異なっていることがわかった。また、地震の発生総数の少ない12月、1月、3月頭にはA型・BH型地震の発生割合が高くなっている。

謝辞：鹿児島地方気象台の桜島の火山性地震のリスト及び検測地を利用した。記して感謝する。

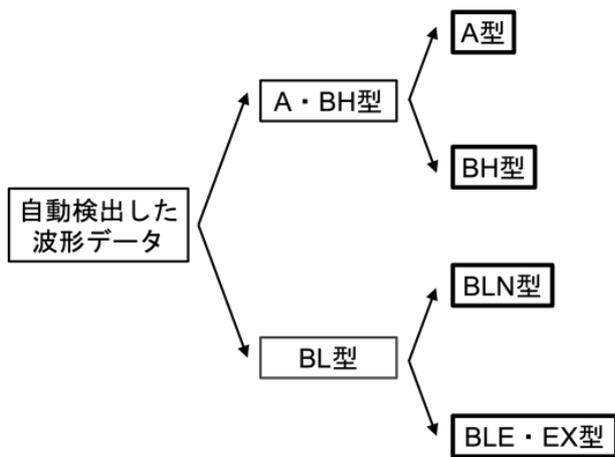


図1:地震の分類手順。太枠の4タイプに分類。

表1: k-means++法での火山性地震分類結果。行が機械学習による予測クラス、列がラベリング (BLN: BLのうち空振振幅が0.03Pa未満, BLE: BLのうち空振振幅が0.03以上, EX: 島内で10Pa以上の空振を伴う地震, NaN: 対応するラベル無)。

	A	BH	BLN	BLE	EX	NaN
A	27	6	2	0	0	57
BH	2	46	26	7	2	150
BLN	3	18	461	438	85	2139
BLE・EX	5	34	255	494	217	2627

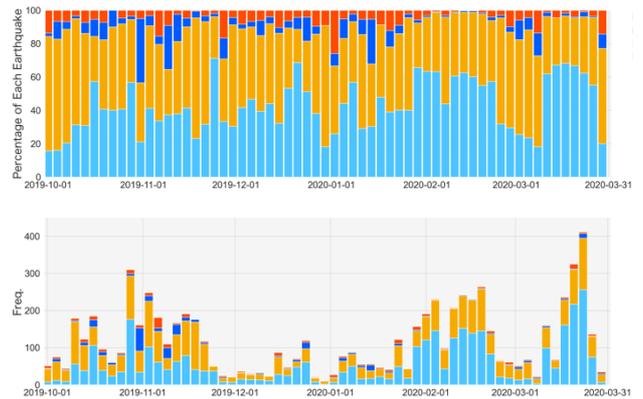


図2:火山性地震の3日毎の予測クラス毎の発生数。横軸が両図とも時間、上図の縦軸は3日毎の地震発生数を100として規格化、下図縦軸は3日毎の地震発生数。赤色:A型, 青色: BH型, 橙色: BLN型, 水色: BLE・EX型