

降灰厚さと火口からの距離の関係について —桜島の事例—

国立研究開発法人 土木研究所 藤村直樹・水野正樹・竇杰・西井洋史
 応用地質株式会社 ○瀬戸秀治・ワンチャオウエン

1. はじめに

土砂災害防止法に基づき、国は火山噴火に起因する土石流が急迫している状況において緊急調査を実施することとされており、調査実施のトリガーとなる降灰厚さ1cm以上の範囲を把握するための技術が求められている。

降灰厚さの把握は、直接人が計測できれば確実だが、噴火時には火口周辺規制や入山規制等のため、噴火の規模によっては、規制された範囲内に厚さ1cm以上の降灰が分布していても、直接計測することができないおそれがある。そこで、UAVを用いた無人調査¹⁾や、降灰厚さと等層厚線の面積との関係²⁾、降灰厚さと火口からの距離の関係³⁾から面的な降灰厚さを推定する手法等の研究が進められている。降灰厚さと火口からの距離の関係から任意の地点の降灰厚さを推定する手法は、ある地点の降灰厚さが計測できれば推測が可能となるので有効であるが、国内の研究事例は少ない。そこで本研究では、桜島において、LPデータの地形変化量が降灰によるものであると仮定し、降灰厚さと火口からの距離について新たな関係式の算出を試みた。

2. 検討の概要

2-1 桜島における地形変化

桜島では南岳山頂火口及び昭和火口から半径2kmの範囲内は、常時立入禁止区域となっており、人が直接降灰厚さを計測することができない。そこで、本研究では、平成24~27年のLPデータを用いて差分解析を行い、年間の地形変化が降灰によるものであると仮定して検討を進めた。

具体的には、昭和火口中心からの距離200m以上のデータを採用し、昭和火口の東側において、尾根・谷地形の少ない9測線を選定した(図-1参照)。また、降灰の堆積傾向を把握したいため、0と負の値は侵食域と考慮して除くとともに、火口から1km以上の範囲で50cm以上の地形変化がある場合の値も風等の影響による極端な値と考慮して除いて50m平均を計算し、火口からの距離と地形変化量について指数及び冪乗で近似した。その結果、測線1,2,3において、決定係数(R²値)が概ね0.5以上となり、比較的近似式によくあてはまるデータであることが明らかとなった。そのため、測線1,2,3のデータを用いて降灰厚さと火口からの距離の関係式を求めた。

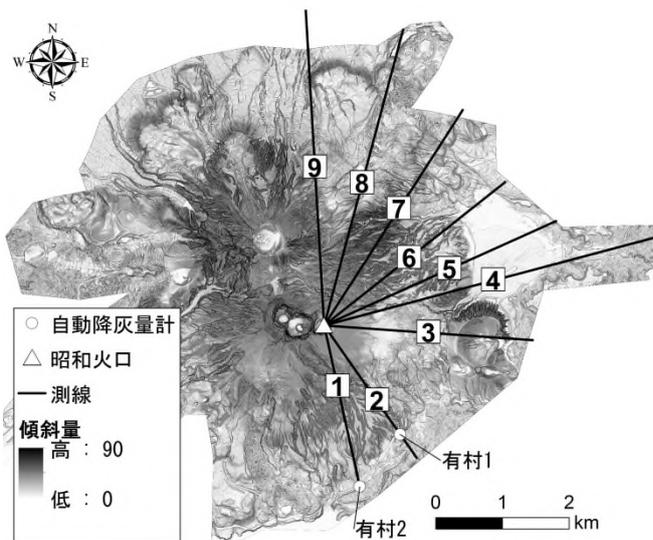


図-1 地形解析実施測線

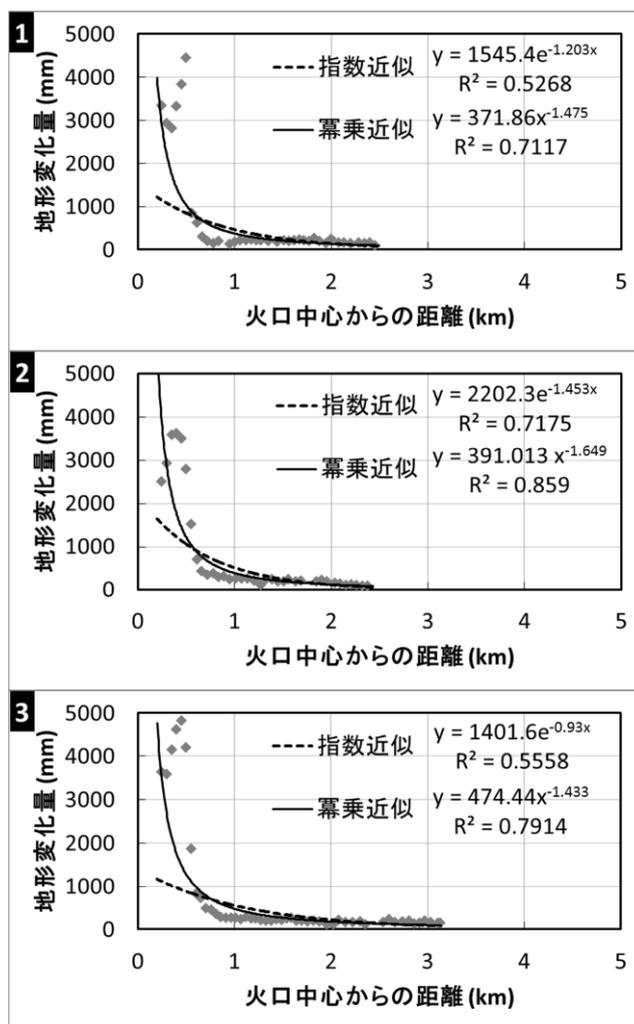


図-2 地形解析結果の事例(平成26~27年における測線1,2,3の解析結果)

2-2 降灰厚さと火口からの距離の相関式の算出

既往研究³⁾では、火口からの距離 (x) との関係が $d(x) = do \cdot e^{-Ax}$ という指数の関係に近似でき、観測結果から A が 0.5 であることが示されている。ただし、 $d(x)$ は降下火山灰の堆積厚さ (mm)、 x は火口からの距離 (km)、 do は定数である。

$$d(x) = do \cdot e^{-0.5x}$$

ここで、火口より a (km) の観測点の堆積層厚 da (mm) がわかる場合は、以下の式であらわされる。

$$da = do \cdot e^{-0.5a}$$

既往研究³⁾では、この 2 つの数式から、以下の経験式を算出している。この式は、火口より a (km) の観測点の堆積層厚 da (mm) から、火口と観測点を結ぶ線上の火口より x (km) の点の堆積厚さ $d(x)$ (mm) を求める式である。

$$d(x) = \left(\frac{da}{e^{-0.5a}} \right) e^{-0.5x}$$

本研究では、平成 24~27 年に取得した LP データを用いた地形解析結果 (測線 1,2,3) を用いて、それぞれの指数を求めた。結果を表-1 に示す。今回は、これらの平均値を採用し、 A の値は 1.27 とした。求めた指数近似式は以下のとおりである。

$$d(x) = \left(\frac{da}{e^{-1.27a}} \right) e^{-1.27x}$$

同様に、冪乗近似法は以下の式であらわされる。

$$D(x) = Do \cdot x^{-B}$$

指数近似式の場合と同様に、LP データを用いた地形解析結果から指数を求め、その平均値を採用した。その結果、 B の値は 1.54 となった。求めた冪乗近似式は以下のとおりである。

$$D(x) = \left(\frac{Da}{a^{-1.54}} \right) x^{-1.54}$$

表-1 地形解析結果一覧表

測線		決定係数 (R ² 値)			各指数		
		1	2	3	1	2	3
平成24年9月 ~ 平成25年12月	指数近似	0.3	0.7	0.6	-1.15	-1.49	-1.16
	冪乗近似	0.5	0.8	0.7	-1.49	-1.68	-1.72
平成25年12月 ~ 平成26年10月	指数近似	0.5	0.8	0.7	-1.43	-1.67	-0.98
	冪乗近似	0.8	0.9	0.9	-1.62	-1.63	-1.18
平成26年10月 ~ 平成27年11月	指数近似	0.5	0.7	0.6	-1.20	-1.45	-0.93
	冪乗近似	0.7	0.9	0.8	-1.48	-1.65	-1.43

表-2 降灰厚さ推定結果一覧表

推定式	火口からの距離 (m)	層厚 (cm)	火口からの距離 (m)	層厚 (cm)
—	3000	3.5	2400	8.0
既往研究 (指数近似)	200	14.2	200	24.0
本研究 (指数近似)	200	122.6	200	130.8
本研究 (冪数近似)	200	226.6	200	367.3

2-3 検証

桜島では、自動降灰量計による降灰量の連続観測が実施されている。平成 27 年の観測結果では、火口から約 3000m 離れた「有村 2」地点では年間で約 3.5cm、火口から約 2400m 離れた「有村 1」地点では年間で約 8cm の降灰が観測されている。既往研究³⁾および本研究で得た関係式から火口 200m 付近の降灰厚さを推定した結果を表-2 に示す。既往研究³⁾では数 10cm 程度の層厚だが、本研究で得た関係式では 1.3m~3.7m の層厚となり、図-2 で示した LP による地形変化と概ね整合することが明らかとなった。

3. おわりに

本研究では、桜島における LP データから、降灰厚さと火口からの距離の関係式を求め、観測結果からその妥当性を検証した。今後、より火口に近い精度の高い降灰厚さの情報を入手し、その情報を基に本研究の妥当性を検証していきたい。

謝辞

本研究にあたり、LP データおよび自動降灰量計観測データをご提供頂いた国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所に深謝する。

参考文献

- 1) 金崎裕之、森山裕二、島田徹、手束宗弘、永田直己、皆川淳、金井啓通、永谷圭司、谷島諒丞、伊豆智幸 (2017) : 火山噴火時における土石流発生区域に関する無人調査手法の開発 - 降灰後土石流の発生予測を目的とした調査デバイス -, 平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.226-227.
- 2) 木佐洋志・山越隆雄・石塚忠範・瀧口茂隆・田島靖久 (2011) : 簡易な降灰分布推定手法による 2011 年 1 月霧島山(新燃岳)噴火に伴う降灰範囲の推定, 平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.172-173.
- 3) 加茂幸介・江頭庸夫・石原和弘・河原田礼次郎(1977): 櫻島における降下火山灰の堆積について, 文部省科研費自然災害特別研究「昭和 51 年 6 月豪雨による鹿児島県の土砂及び土石流災害に関する調査研究報告」, pp.77-86, 1977.