

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：32682

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700858

研究課題名（和文） 激甚災害をもたらす火山体の巨大崩壊がなす地形の定量解析

研究課題名（英文） Quantitative and morphometric study on volcanic landforms by the sector-collapses, potentially causing serious disaster

研究代表者

吉田 英嗣（YOSHIDA HIDETSUGU）

明治大学・文学部・講師

研究者番号：90548116

研究成果の概要（和文）：

火山の巨大山体崩壊に伴う岩屑なだれによる堆積地形を定量的に解析した。とくに日本とフィリピンにおける流れ山地形について、流れ山のサイズと距離との関係を明らかにした。流れ山の大きさは下流方向に指数関数的に減衰し、給源において想定される流れ山の平均的サイズは崩壊の量的規模（体積）と、その減衰率は岩屑なだれの流動性とそれぞれ高い相関関係にあることが判明した。流れ山地形の定量解析は山体崩壊量の推定に有用であるといえる。また、流れ山の伸長方向についての検討からは、岩屑なだれの運動特性との関連性が示された。

研究成果の概要（英文）：

This study examined the morphometric characteristics of debris avalanche hummocks, produced by the huge landslides from volcanoes. The author analyzed data on hummocks from 11 events in northern Japan and an additional case from the Philippines, to derive the relationship between hummock size and distance from landslide source. The results are interpreted as the geomorphic significance of the intercept and slope coefficients of the observed functional relationships, with their correlations to landslide volumes and its mobility. From this observation, we can estimate the possible collapse volume solely from the hummock distributional pattern of a certain avalanche, even if rapid modification of the landforms created by these events makes it difficult to estimate the magnitudes of events and evaluate damage. This study, moreover, acquired quantitative data on hummock's orientation relative to the debris avalanche direction. The observations are consistent with the landsliding scenario of the debris avalanche movement from the upper and steeper part of the volcano where the extensional regime should have been dominant to the lower and gentler plain where the debris avalanche was relatively compressed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：自然地理学

科研費の分科・細目：複合領域・地理学

キーワード：山体崩壊，地形，流れ山，岩屑なだれ，火山，GIS

1. 研究開始当初の背景

火山体はしばしば大規模に崩壊する。その量的規模は数 km^3 以上になることも珍しくなく、火山を多数有する日本では、防災上必ず考慮しなければならない地学現象である。しかし、現状ではあまり議論の対象となっていない。その理由のひとつに、巨大山体崩壊に関する知見の乏しさが挙げられる。火山の巨大山体崩壊が系統的に研究されるようになって 30 年ほどしか経っておらず、また、人間社会の尺度では低頻度現象であるために、その実態は十分に解明されているとはいえない。

火山体の巨大山体崩壊は、火山体そのものの地形に加え、周辺地域の地形を一変させる。したがって、防災の観点のみならず純粋地形学の対象でもあるが、地形学はこれに十分にアプローチしてこなかった。

ところで、かつては多大な労力と時間を要した地形の定量的な把握は、GIS の普及、パーソナルコンピュータの性能向上により格段に容易となっている。デジタル標高モデルは高解像度のものが順次頒布されるようになり、衛星画像、空中写真などによるリモートセンシングを基盤とする地理学的・地形学的研究実績も飛躍的に増している。

以上を背景とし、本研究では火山の巨大山体崩壊を地形学の観点からとらえ、甚大な災害をもたらす地学現象の理解に資する新しい見方を提示することを試みた。

2. 研究の目的

本研究では、火山の巨大山体崩壊によって形成された地形を定量的に記載・解析し、そこから見出される地形学的意義を明らかにすることをねらいとした。具体的には堆積地形の流れ山に着目し、その形態的特徴および分布の特徴を定量的に明らかにして、地形学的に解釈した。流れ山は、巨大山体崩壊が発生時に、山体を構成していた溶岩や火山砕屑物、土壌などが一団となって岩屑なだれとして山腹を流下し、それが山麓で堆積した際に形成される、小丘群のことである。流れ山は山体を構成していたブロックや堆積物中の凝集性のある部分からなっており、山体崩壊および岩屑なだれの実態解明の鍵となる地形的痕跡ともいえる。これまでも流れ山の有用性は指摘されてきているが、本研究においてはより多様な事例、より多様なアプローチに基づいて、流れ山地形の再評価をおこなった。

3. 研究の方法

日本およびフィリピンにおける岩屑なだれを複数選別し、空中写真判読、現地調査などに基づき、流れ山の分布図を作成した。そ

の一例を図 1 に示す。空中写真判読の際には、

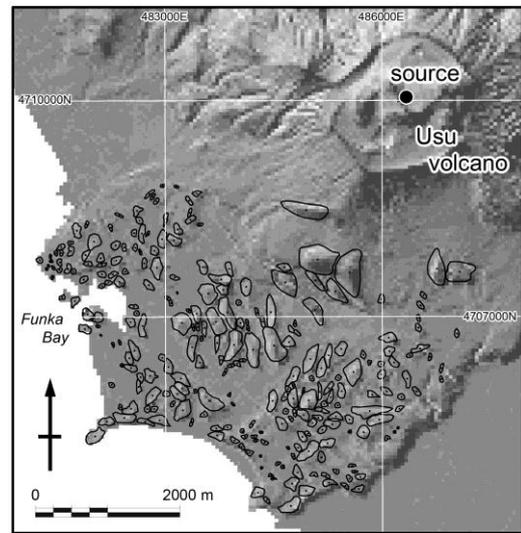


図 1 有珠火山・善光寺岩屑なだれの流れ山の分布

日本の諸事例については国土地理院の撮影による縮尺約 20000～約 25000 分の 1 の写真を用い、フィリピンのイリガ火山の事例については NAMRIA による縮尺約 36000 分の 1 の写真を用いた。既往研究成果や地質図などの成果も加味し、それぞれの岩屑なだれ堆積面に認められる小丘を流れ山とみなし、その周縁をトレースした。地形解析にはラスタ・ベクター一体型地理情報システム TNTmips

(MicroImages 社) を用い、判読した流れ山をポリゴンデータ化するとともに、ポリゴンの面積 (投影底面積) を流れ山の「サイズ」、給源の位置から各ポリゴンの重心までの距離を流走距離として求めた。そのうえで、次の 2 点を検討した。

- (1) 各岩屑なだれについて、流れ山のサイズと距離との関係を明らかにし、地形学的考察をおこなった。
- (2) 岩屑なだれの流走・定着過程を反映していると考えられる、流れ山の伸長方向についての定量的検討をおこなった。ここでは、火山地質学の観点から岩屑なだれの移動・定置プロセスがもっとも明らかになっている有珠火山・善光寺岩屑なだれの事例 (図 1) をとりあげた。

4. 研究成果

(1) に関して、流れ山のサイズには下流方向に減少する傾向があり、この減少傾向が指数関数で近似されること (図 2)、回帰式の切片の値 (α ; 給源における流れ山の平均的サイズと解釈される) が崩壊規模 (体積) と

高い相関関係にあること（図 3）、回帰式の傾きの値（ β ；流れ山のサイズの減少率）が岩屑なだれの等価摩擦係数、すなわち流動性と相関関係にあることが明らかとなった。

とくに、流れ山の縦断分布の特徴は山体崩壊の量的規模推定に用いられる可能性が示された（Yoshida et al., 2012）。そこで、日本の代表的事例で、崩壊の量的規模に関して異なる見解が提出されている磐梯火山の 1888 年における山体崩壊についても、流れ山の分布特性から山体崩壊量を見積もったところ、他の複数事例が示す崩壊地形のサイズ

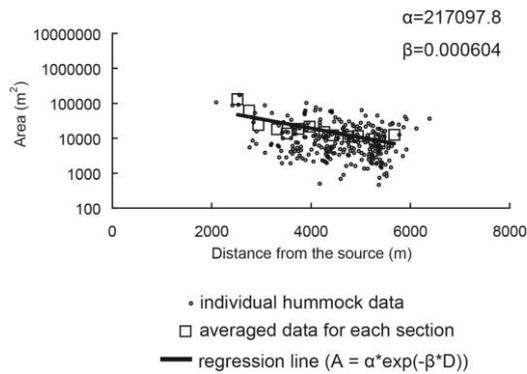


図 2 有珠火山・善光寺岩屑なだれの流れ山についてみた流走距離とサイズとの関係

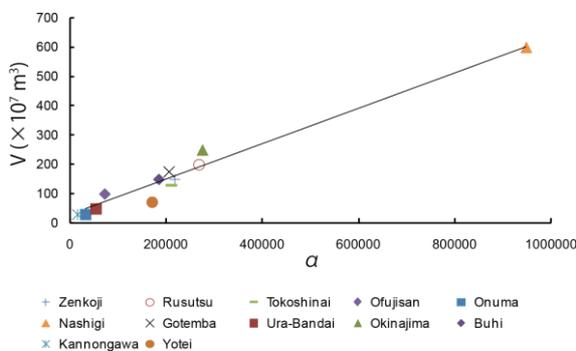


図 3 各事例についての α と山体崩壊量（体積）との関係（表 1 のデータに基づく）

と崩壊規模との関係も考慮して、 0.6 km^3 規模の崩壊であったとみなすのが最適であることが判明した（吉田，2010）。すなわち、磐梯火山の山体崩壊は 0.5 km^3 規模の崩壊であったとする既往研究を支持する結果となった（図 3）。さらに、磐梯火山・翁島岩屑なだれについても検討したところ、同様にその山体崩壊量の見積もり値が過大であったことが明らかとなった（吉田，2013）。国外の事例としてはフィリピンのイリガ火山における岩屑なだれを対象に検討をおこない、流れ

山分布は日本の諸事例が示すのと同様に、山体崩壊や岩屑なだれの特性を反映したものであることが確認された（Yoshida, 2013）。また、上記に例示したものは「山麓拡散型」岩屑なだれとみなされることから、流れ山の分布特性に与える地形の影響を調査するために、「谷埋め型」岩屑なだれの事例として、その流動が谷地形に制約される那須火山・観音川岩屑なだれを取り上げたところ、やはり流れ山の分布は山体崩壊量や岩屑なだれの流動性を反映していることが分かった（吉田，2012）。一方、鳥海火山の象潟岩屑なだれでは、流れ山の形成そのものに前地形が大きく関与した可能性が指摘され、Yoshida et al. (2012) の経験式の適用限界も確認された。

表 1 検討した岩屑なだれの諸元

Volcano	DAD	Volume ($\times 10^7 \text{ m}^3$)	α	H/L	β
Usu	Zenkoji	150	217097.8	0.154	0.000604
Shiribetsu	Rusutsu	200	267553.3	0.133	0.000554
Iwaki	Tokoshinai	130	210205.0	0.107	0.000264
Nasu	Ofujisan	100	71800.4	0.084	0.000201
Komagatake	Onuma	30	32034.3	0.091	0.000209
Akagi	Nashigi	600	947579.9	0.102	0.000194
Fuji	Gotemba	176	205389.0	0.113	0.000255
Bandai	Ura-Bandai	49.2	53490.6	0.109	0.000392
Bandai	Okinajima	250	274912.1	0.113	0.000312
Iriga	Buhi	150	184254.4	0.114	0.000359
Nasu	Kannongawa	30	15312.9	0.095	0.000294
Yotei	Yotei	72	170286.4	0.129	0.000429

(2) については、流れ山の配列をその長軸方向と岩屑なだれの流向との「ずれ」の角度によって評価することを試みた。さらに、流れ山の分布域を岩屑なだれの「主部」と「縁辺部」とに分けたときの「主部」に着目し、流走距離の増大にともなう流れ山の配列の変化傾向を抽出した。その結果、流れ山は給源近くで直交する傾向にあること、流走距離が増加するにともなう流れ山は斜交および平行に配列するようになることが見出された（図 4）。有珠火山の善光寺岩屑なだれでは、地すべりの発生した当初の引張場から、主堆積域における圧縮場への移行を反映した結果であると解釈された。本研究により、定量的検討に乏しかった流れ山の配列に関する評価方法が提案されるとともに、岩屑なだれ堆積面の地形と岩屑なだれの運動特性との関連性が具体的に示された（Yoshida and Sugai, 2010）。

以上、山体崩壊の実態解明のためには、堆積地形、とくに流れ山の定量的解析とその地形学的解釈が有意義であることがわかった。

古い事例においては山体崩壊量の推定が困難であることが少なくなく、できるだけ多くの既知の事例に関する情報の蓄積が要求される状況下で、山体崩壊量の推定に流れ山の地形解析によるアプローチの有用性が示されたことは、本研究の特筆すべき成果である。

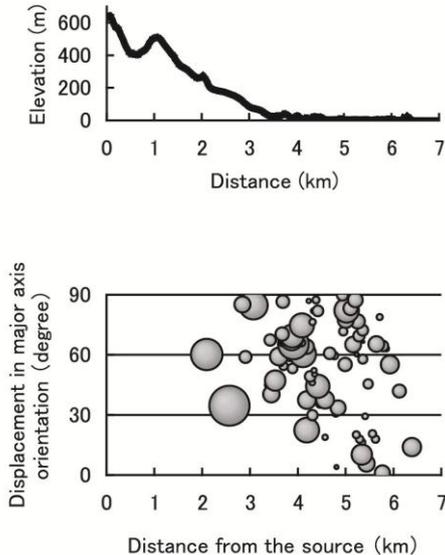


図4 有珠火山の地形断面(上)と善光寺岩屑なだれの「主部」における流れ山の「ずれ」の角度の距離変化(下)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- 1) Yoshida, H. (2013) Decrease of size of hummocks with downstream distance in the rockslide-debris avalanche deposit at Iriiga volcano, Philippines: Similarities with Japanese avalanches. *Landslides*, DOI: 10.1007/s10346-013-0414-4 (査読あり)
- 2) 吉田英嗣 (2013) 利根川・吾妻川合流点付近における段丘の離水時期に基づく晩氷期以降の利根川の河床変動. *駿台史学*, 148, 139-151. (査読あり)
- 3) 吉田英嗣 (2013) 磐梯火山・翁島岩屑なだれを生じた山体崩壊量の再検討: 1888年の崩壊との比較. *地形*, 34, 1-19. (査読あり)
- 4) 吉田英嗣 (2012) 観音川岩屑なだれが形成した流れ山の縦断分布特性—火山の巨大山体崩壊に伴う「谷埋め型」岩屑なだ

れの例として— *駿台史学*, 146, 19-36. (査読あり)

- 5) 吉田英嗣 (2012) 流れ山の分布にみる磐梯火山における1888年の山体崩壊量. *地形*, 33, 45-60. (査読あり)
 - 6) Yoshida, H., Sugai, T. and Ohmori, H. (2012) Size-distance relationships for hummocks on volcanic rockslide-debris avalanche deposits in Japan. *Geomorphology*, 136, 76-87. (査読あり)
 - 7) Yoshida, H. and Sugai, T. (2010) Quantitative examination of hummock alignment in the debris avalanche deposits: Zenkoji debris avalanche, Usu volcano, Japan. *Geographical Review of Japan Series B*, 83, 64-72. (査読あり)
 - 8) 吉田英嗣 (2010) 磐梯火山における1888年の巨大山体崩壊の量的規模に関する考察. *関東学院大学経済学部総合学術論叢『自然・人間・社会』*, 49, 57-71. (査読あり)
- [学会発表] (計9件)
- 1) 吉田英嗣 (2012) 象潟岩屑なだれの移動・定置プロセスからみた流れ山の分布特性. 日本地理学会 2012年度秋季学術大会, 2012年10月6日-7日, 神戸大学
 - 2) 吉田英嗣 (2012) 浅間火山・黒斑山の山体崩壊に由来する大規模土砂移動—関東平野の地形発達に及ぼした影響と自然災害ポテンシャル—. 日本第四紀学会 2012年大会, 2012年8月20日, 立正大学.
 - 3) 吉田英嗣 (2012) 磐梯火山, 翁島岩屑なだれを生じた山体崩壊の体積—1888年の崩壊との比較. 日本地球惑星科学連合 2012年大会, 2012年5月23日, 幕張メッセ
 - 4) 早川裕弐・吉田英嗣 (2011) 航空レーザDEMを用いた月山・笹川岩屑なだれにおける流れ山の地形計測. CSIS DAYS 2011 東京大学空間情報科学研究センター全国共同利用研究発表大会, 2011年11月10日, 東京大学
 - 5) 吉田英嗣 (2011) 那須火山, 観音川岩屑

なだれの流れ山の縦断分布特性. 日本地理学会 2011 年度秋季学術大会, 2011 年 9 月 24 日—25 日, 大分大学

- 6) 吉田英嗣 (2011) 流れ山の分布にみる磐梯火山における 1888 年の山体崩壊量. 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 2011 年 5 月 24 日, 幕張メッセ
- 7) 吉田英嗣・早川裕弐 (2010) 有珠火山・善光寺岩屑なだれの流れ山地形の特徴—細密な数値標高データを用いた検討. CSIS DAYS 2010 東京大学空間情報科学研究センター全国共同利用研究発表大会, 2010 年 11 月 11 日—12 日, 東京大学
- 8) 吉田英嗣 (2010) 1888 年の山体崩壊による磐梯火山の崩壊量に関する検討. 日本地理学会 2010 年秋季学術大会, 2010 年 10 月 2 日—3 日, 名古屋大学
- 9) 吉田英嗣・須貝俊彦・大森博雄 (2010) 流れ山の分布が示す山体崩壊の規模と岩屑なだれの流動性. 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 2010 年 5 月 23 日, 幕張メッセ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 英嗣 (YOSHIDA HISETSUGU)
明治大学・文学部・講師
研究者番号：90548116

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：