

富士山噴火時における溶岩流からの避難 困難地域の推定

佐々木悠河¹・佐藤史弥²・秦康範³

Estimating the Difficult-To-Evacuate Zone of Lava Flows as Mt. Fuji Erupted

Yuga SASAKI¹, Fumiya SATO² and Yasunori HADA³

Abstract

In this study, we extracted areas where evacuation from lava flows is difficult and estimated the number of people who have difficulty evacuating from lava flows in the foot area of Mt. Then, based on the results of these analyses, measures for safe evacuation from lava flows were studied. The reachability analysis revealed that the maximum number of residents in Fujiyoshida City and Fujinomiya City was 1,280 and 1,409, respectively, when the start of evacuation was 75 minutes after the eruption. Additionally, it was found that 1,133 people in Fuji City were unable to evacuate due to lava flows. On the other hand, when the evacuation started 45 minutes after the eruption, the number of people who had difficulty evacuating from the lava flow was smaller than in the case when the evacuation started 75 minutes after the eruption. This indicates that it is important to shorten the start time of evacuation for safe evacuation on foot from lava flows.

キーワード：火山災害，富士山，溶岩流，避難，到達圏解析

Key words: Volcanic Disaster, Mt. Fuji, Lava Flow, Evacuation, Reachable Analysis

1. 序論

令和5年3月，富士山火山防災対策協議会によって，これまでの富士山火山広域避難計画（以下，旧計画）を改定した，富士山火山避難基本計画¹⁾（以下，新計画）が公表された。新計画は，「『いのちを守る』避難を最優先し，『くらしを守

る』避難についても最大限考慮」を避難の基本的な考え方とし，旧計画を見直した内容となった。

特に新計画では，溶岩流からの避難について大きな見直しがなされた。旧計画では噴火前に自動車を用いて市町村外へ避難する方針であった。しかし，新計画では，避難行動要支援者や観光客を

¹ 山梨大学大学院医工農学総合教育部修士課程工学専攻土木環境工学コース
Faculty of Engineering, Integrated Graduate School of Medicine, Engineering, and Agricultural Sciences, University of Yamanashi

² 山梨大学地域防災・マネジメント研究センター
Disaster and Environmentally Sustainable Administration Research Center, University of Yamanashi

³ 日本大学危機管理学部
College of Risk Management, Nihon University

表1 各避難対象エリアで対象とする噴火現象と避難開始のタイミング
(富士山火山防災対策協議会, 2023を参考に筆者作成)

避難対象エリア	対象とする噴火現象	避難開始のタイミング*
第1次避難対象エリア	想定火口範囲	噴火警戒レベル3
第2次避難対象エリア	火砕流・火砕サージ、大きな噴石が到達する可能性のある範囲	噴火警戒レベル4
第3次避難対象エリア	溶岩流が3時間以内に到達する可能性がある範囲	噴火直後(必要な範囲)
第4次避難対象エリア	溶岩流が24時間以内に到達する可能性がある範囲	溶岩流が流下する可能性が生じた時点(必要な範囲)
第5次避難対象エリア	溶岩流が7日以内に到達する可能性がある範囲	
第6次避難対象エリア	溶岩流が最終的(最大で57日間)に到達する可能性がある範囲	

※ここでは新計画¹⁾で示される避難の対象者(観光客等、避難行動要支援者、一般住民)のうち、一般住民の避難開始のタイミングを示している。

除く一般住民は、噴火発生後に徒歩で溶岩流から避難する方針に変更された。

富士山の噴火では、大きな噴石、火砕流・火砕サージ、溶岩流、降灰、火山ガスなど様々な噴火現象の発生が想定される^{2,3)}。そのため、旧計画の時代から避難対象エリアという概念が用いられてきた。避難対象エリアとは、富士山噴火により生じる噴火現象からの避難が必要な範囲であり、エリア毎に想定される噴火現象と避難開始のタイミングが設定されている。

特に新計画では、それぞれの噴火現象の特性に応じて、旧計画で設定されていた避難対象エリアを再整理した。表1に新計画で設定されている避難対象エリアで想定される噴火現象と避難開始のタイミングを示す。また、図1に新計画で設定されている避難対象エリアの空間分布を示す。

新計画の避難対象エリアは、第1次から第6次避難対象エリアまで設定されている。第1次避難対象エリアは想定火口範囲、第2次避難対象エリアは火砕流・火砕サージ、大きな噴石が到達する可能性のある範囲である。想定火口範囲とは、富士山噴火時の火口ができる可能性がある範囲であり、この範囲の中のどこに火口ができるのか特定が難しい。大きな噴石や火砕流・火砕サージは、現象の移動速度が速いため、ひとたび発生すると避難の時間的猶予がなく、生命への危険性が高い。そのため、第1、2次避難対象エリアは、噴火警戒レベル3～4、つまり富士山の噴火前に立ち退き避難が求められる。

第3～6次避難対象エリアは、溶岩流の到達時間により設定される。溶岩流は、比較的平坦な市

街地では流下速度が低下することから、徒歩による避難で命を守ることができる³⁾。そのため、新計画では、噴火後に避難を開始することが定められている。特に溶岩流が噴火から3時間以内に到達する可能性のある第3次避難対象エリアでは、噴火直後に避難を開始することが求められる。したがって、第3次避難対象エリアにおいては、溶岩流から徒歩で安全に避難するために、迅速かつ確な避難行動が必要となる。

佐藤ら⁴⁾は、富士山噴火後の避難開始までに時間を要した場合、富士吉田市の第3次避難対象エリアの一部の地域では、徒歩による溶岩流からの避難が間に合わない可能性があることを明らかにした。この結果は、溶岩流の到達までに安全な場所への徒歩避難が困難な地域(以下、溶岩流避難困難地域)の存在を示したといえる。

しかし、佐藤ら⁴⁾は、富士吉田市を流下する3ケースの溶岩流を分析対象にしているのみである。そのため、他の富士山山麓市町村のどこに溶岩流避難困難地域が分布しているのか、また溶岩流避難困難地域内の人口(以下、溶岩流避難困難者数)がどの程度なのかは明らかになっていない。

富士山避難基本計画¹⁾は、県及び市町村の地域防災計画の基礎となる避難に関する原則的な事項を示したものである。そのため、今後は各県及び市町村の地域特性に応じた計画の検討が求められる。そのため、溶岩流避難困難者がどこにどの程度存在するのかを明示することは、富士山噴火時の安全な避難のための基礎資料となる。

そこで本研究では、溶岩流避難困難地域が富士山山麓のどこに分布するかを明らかにするとともに

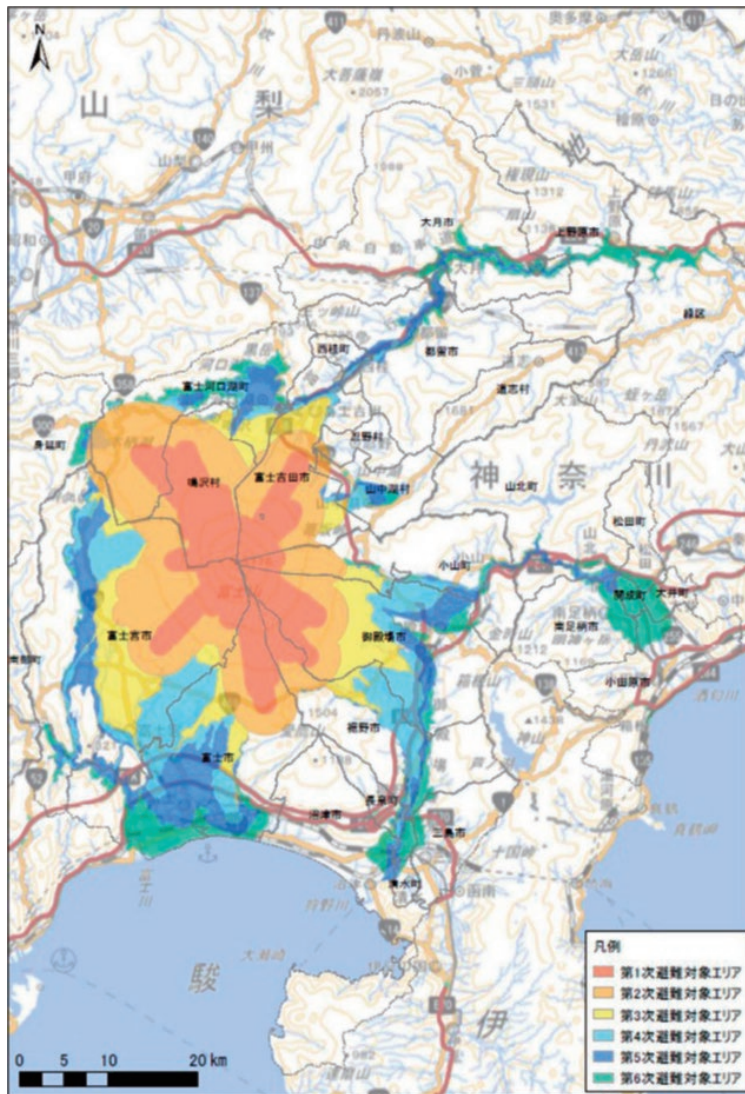


図1 富士山火山避難基本計画で指定されている避難対象エリア（富士山火山防災対策協議会，2023より引用）

に、溶岩流避難困難者数を推計する。さらに、解析結果をもとに溶岩流から安全に避難するための方策を検討することを目的とする。

2. 既往研究に比した本研究の位置づけ

避難困難地域や類似の概念を扱った既往研究は、火災や津波の避難の分野で多くの蓄積がある。例えば、火災からの避難の分野では、小林⁵⁾や武末⁶⁾が挙げられる。小林⁵⁾は地震火災時の避難困

難地域の抽出手法を提案し、防火帯による地区分割が地震火災からの避難計画に有効であることを実証している。また、武末⁶⁾は、地震火災リスクを考慮した大地震発生時における避難危険性の評価をおこない、避難者が火災を避けながら避難場所までの経路を選択すると、避難距離が増加し避難場所へ到達できない割合が増加することを示した。

津波からの避難の分野では、例えば稲田⁷⁾や、

秦ら⁸⁾、伊藤ら⁹⁾、工藤・橋本¹⁰⁾が挙げられる。稲田⁷⁾は、津波避難困難地域の抽出手法と和歌山県が実施したハード・ソフト対策について報告している。秦ら⁸⁾は、和歌山県串本を対象に、強震動予測と歩行実験に基づく津波避難困難地域の抽出をおこなった。伊藤ら⁹⁾は、津波避難ビルの収容人数と道路ネットワークを考慮した避難困難地域抽出手法を鎌倉市に適用し、津波避難困難地域の抽出をおこなった。また、工藤・橋本¹⁰⁾は非積雪時、積雪時、凍結時、豪雪時のそれぞれの場合を考慮した津波避難困難人口の推定をおこない、地域特性を反映した津波発生時の避難対策の重要性を明らかにした。

火山災害からの避難の分野では、佐藤ら⁴⁾が溶岩流からの避難の時間の流れを整理し、富士山噴火時の溶岩流からの避難の安全性評価をおこなっている。しかし、前述の通り佐藤ら⁴⁾が検討した溶岩流のケースは限定的であり、富士山山麓全域での溶岩流避難困難地域の分布と人数は未解明である。さらに、佐藤ら⁴⁾が提案した、溶岩流からの避難の時間の流れは、富士山で発生する噴火を想定しており、特定の火山によらない一般的な溶岩流からの避難の時間の流れは整理されていない。

本研究の新規性は、特定の火山によらない一般的な溶岩流からの避難の時間の流れを提案する点にある。さらに、提案した溶岩流からの避難の時間の流れを富士山に適用し、佐藤ら⁴⁾が提案した、富士山噴火時の溶岩流からの避難の時間の流れを精緻化し、到達圏を用いた溶岩流避難困難地域の抽出手法を構築する点にある。

3. 研究の方法

3.1 分析方法の概要

本研究では、富士山山麓に位置する山梨県内の7市町村（富士吉田市、富士河口湖町、身延町、南部町、忍野村、山中湖村、鳴沢村）及び静岡県内の5市町村（富士宮市、富士市、御殿場市、裾野市、小山町）の12市町村を分析対象とした。これら12市町村の中でも特に溶岩流が3時間以内に到達する可能性のある第3次避難エリア内を分析対象地域とした。

本研究では、分析対象地域を流下する溶岩流ドリルマップを対象に到達圏解析を適用し、溶岩流避難困難地域を抽出し、当該地域内の人口を避難困難者とした。到達圏解析とは、任意の時間（もしくは距離）で到達可能な範囲を道路ネットワーク距離に基づき調べる解析手法である。なお、本研究ではEsri社のArcGISを用いて到達圏解析を行った。

3.2 使用データとその加工方法

(1) 使用データ

人口データは、2020年国勢調査250 m メッシュを使用した。道路網データは、ArcGIS Geo Suite 道路網2020（山梨県・静岡県）を使用した。

溶岩流の到達時間は、富士山噴火時の溶岩流ドリルマップから取得した。溶岩流ドリルマップとは、富士山火山ハザードマップ作成時に使用された基礎データであり、ある1つの計算開始地点からの溶岩流の流下範囲と到達時間を示したものである。なお、溶岩流ドリルマップの空間解像度は20 m である。

溶岩流ドリルマップの計算開始地点は、小規模、中規模、大規模それぞれの噴火規模に応じて設定されている。計算開始地点の数は、小規模噴火で92ケース、中規模噴火で91ケース、大規模噴火で69ケースの計252ケースが存在する。本研究では全252ケースの内、第3次避難エリアを流下する143ケースを分析対象とした。

(2) 使用データのメッシュサイズの統一

本研究では、2020年国勢調査250 m メッシュと溶岩流ドリルマップ（20 m メッシュ）から、100 m メッシュ単位で溶岩流の到達時間とメッシュ内に居住する人口が格納されたメッシュを作成した。作成手順は以下の通りである。

最初に、分析対象市町村の行政区域を100 m メッシュに分割し、各100 m メッシュに2020年国勢調査250 m メッシュの人口を均等配分した。

次に、溶岩流ドリルマップの溶岩流到達時間を各100 m メッシュに付与した。基本的には溶岩流ドリルマップと100 m メッシュを重ねし、各100 m メッシュ内の溶岩流到達時間の最小値を付

与した。その他に、溶岩流が到達しなくても周囲を溶岩流に囲まれた場合、その地点は孤立する地域となり、避難が必要になると考えられる。そのような場所は、溶岩流ドリルマップと100 m メッシュが重なり合わないため、100 m メッシュの重心点から最近傍の溶岩流ドリルマップの溶岩流到達時間を付与した。

3.3 到達圏解析の諸条件

(1) 溶岩流からの避難の時間の流れ

本研究では、室崎¹¹⁾が提案した避難行動と危険波及との時間的關係の模式図を参考に、特定の火山によらない一般化された溶岩流の流れを整理する。そして、整理した溶岩流からの避難の時間の流れに、富士山火山避難基本計画の内容を反映させ、富士山噴火時の溶岩流からの避難の時間の流れを整理する¹⁾。

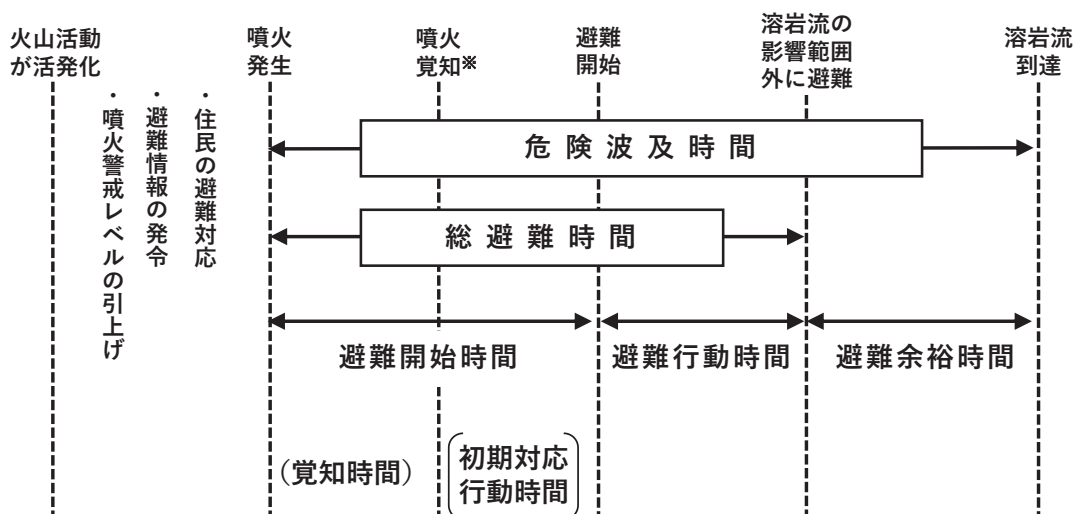
図2に溶岩流からの避難の時間の流れを模式化した結果を示す。まず、火山活動が活発になり、何かしらの噴火の前兆的な現象を観測できた場合は、気象庁が噴火警戒レベルを引き上げるとともに、自治体は避難情報を発令し、住民は必要に応じて避難準備・避難行動を開始することが想定さ

れる。

そして、噴火の発生に伴い溶岩流が流下し始める。本研究では、避難対象者の居住地点に溶岩流が到達するまでの時間を危険波及時間と定義した。また噴火の発生後、住民が噴火を覚知するまでには一定の時間がかかることが想定される。本稿では、噴火を覚知するまでの時間を覚知時間と定義した。また噴火を覚知後、避難を開始するまでの時間を初期対応行動時間と定義した。覚知時間と初期対応行動時間の和が避難開始時間となる。避難開始から避難完了するまでの時間が避難行動時間として定義される。避難開始時間と避難行動時間の和を総避難時間として定義され、総避難時間が危険波及時間内にあれば安全と評価することができる。

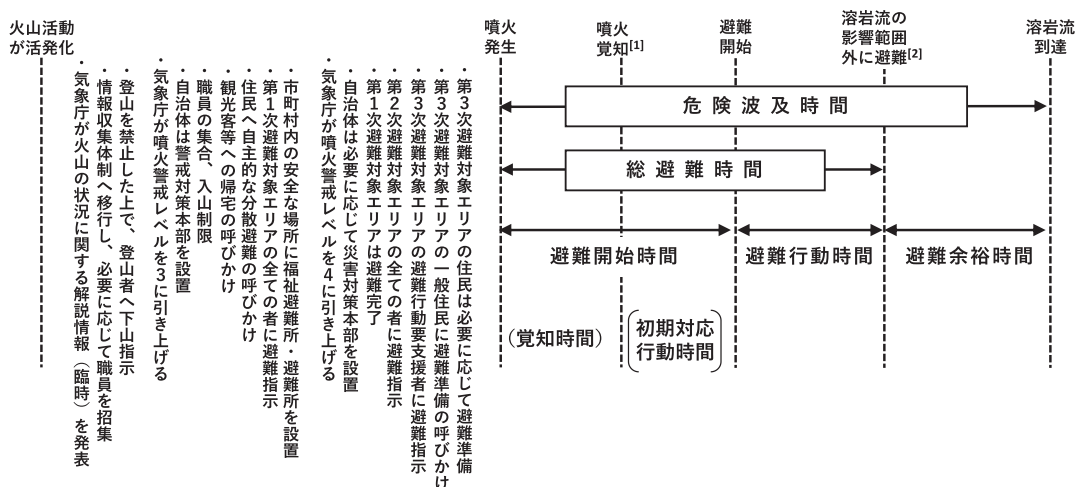
なお、火山のよっては噴火警戒レベル1で突発的に噴火する場合も考えられる。その場合の時間経過は、噴火発生以降の流れで模式化することができる。

図3に富士山噴火時の溶岩流からの時間経過を示す。まず、富士山のような観測が充実した火山では、噴火の前兆的な活動を観測できる可能性が高い。そのため、何かしらの噴火の前兆を観測す



※住民が溶岩流の危険が波及すると覚知した時を示す。(市町村からの避難指示を視聴した時に限らない。)

図2 溶岩流からの避難の時間の流れ



[1]住民が溶岩流の危険が波及すると覚知した時を示す。（市町村からの避難指示を視聴した時に限らない。）

[2]溶岩流の影響範囲外に避難後は、溶岩流の危険を避けながら避難場所等へ移動する。

図3 富士山噴火時の溶岩流からの避難の時間の流れ

ることが想定される。噴火の前兆が観測されると、気象庁が噴火警戒レベルを段階的に引き上げる。

気象庁から火山の状況に関する解説情報（臨時）が発表されると、自治体は情報収集体制を開始する。また富士山の登山を禁止した上で、登山者に下山の指示を出す。そこからさらに火山活動が活発となり、噴火警戒レベルが3に上がった時点で、自治体は警戒対策本部を設置し、職員を招集するとともに、富士山の入山規制、観光客等への帰宅の呼びかけ、住民へ自主的な分散避難の呼びかけを行う。また、第1次避難対象エリアの全ての者に避難指示を発令する。そして、市町村内の安全な場所に福祉避難所と避難所を設置する。

そして、噴火警戒レベルが4に上がると、第2次避難対象エリアの全ての者と、第3次避難対象エリアに居住する避難行動要支援者に避難指示が発令される。また、第3次避難対象エリアの一般住民には避難準備が呼びかけられる。これに伴い住民は避難準備を開始するとともに、必要に応じて自主的な分散避難を開始する。

そして、噴火の発生に伴い溶岩流が流下し始める。以降の時間の流れは図2の流れとほぼ同様である。ただ、本研究では、溶岩流からの避難先について、溶岩流の到達範囲の外に脱出するまでと

し、避難行動時間を求めた。

(2) 避難開始時間の設定

本研究では、住民が避難を覚知する時間について佐藤⁴⁾と同様に、30分と60分の2つの場合で計算を実施した。また、住民が避難準備を行う時間は、東日本大震災の事例¹²⁾を参考に、15分と設定した。つまり、本稿で避難開始時間を45分と75分の2つの場合で設定した。

(3) 到達圏の範囲の設定方法

本研究では、3.2節(2)項で作成した100 m メッシュの重心点を起点として到達圏を求めた。算出する到達圏の範囲の時間設定は、当該メッシュの溶岩流到達時間から避難開始時間を減じた値とした。つまり、到達圏を算出する範囲は、避難行動時間と避難余裕時間の和であり、起点に溶岩流が到達するまでにどの範囲まで避難することができるのかを表現している。なお、徒歩による移動速度は、東日本大震災の津波避難における「歩行困難な同行者がいた」場合や、「乳幼児や高齢者など歩行速度が遅い同行者がいた」場合¹²⁾を参考に分速30 m と設定した。

また、富士山火山避難基本計画¹⁾では、溶岩流からの避難は溶岩流の流下方向から法線方向に避難することを推奨している。本研究では、図4に

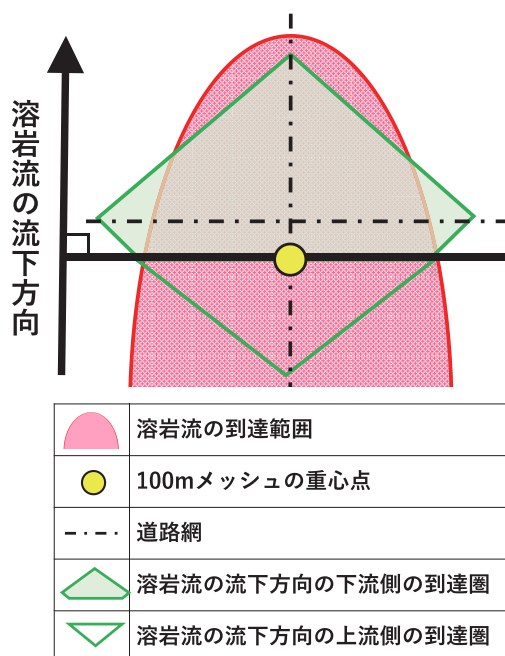


図4 溶岩流からの避難方向を考慮した到達圏算出手法の模式図

示すように、到達圏解析における溶岩流からの法線方向への避難をモデル化した。最初に、当該メッシュの溶岩流到達時間から避難開始時間を減じた値で到達圏を求めた。次に、求めた到達圏を、メッシュの重心点と交わる溶岩流の流下方向からの垂直な線分で切断した。そして、切断した到達圏の内、溶岩流の流下方向の下流側の到達圏のみを取り出した。前述の手順でデータ処理をおこなうことで、溶岩流の流下方向もしくは、流下方向から法線方向に向かって広がる到達圏を抽出することができる。

3.4 溶岩流避難困難地域・溶岩流避難困難者数の算出

(1) 溶岩流避難困難地域の算出

溶岩流避難困難地域は、溶岩流の到達までに安全な場所への徒歩避難が困難な地域として定義される。本研究では、100 m メッシュに溶岩流が到達するまでに、溶岩流の影響範囲から出ることができるか否かで、100 m メッシュが溶岩流避難困

難地域かを判別した。つまり、前節で求めた到達圏の中に、溶岩流の影響範囲から脱出できる地点がない場合、当該メッシュは溶岩流が到達するまでに溶岩流の影響範囲から脱出できないメッシュとなる。したがって、当該メッシュは溶岩流避難困難地域と判定される。なお、溶岩流の影響範囲から脱出できる地点は、溶岩流ドリルマップの外縁と道路網の交点として求めた。

(2) 溶岩流避難困難者数の算出

溶岩流避難困難地域となった100 m メッシュに格納された人口を避難困難者として定義した。そして、溶岩流ドリルマップ毎の溶岩流避難困難者数、市町村別・溶岩流ドリルマップ別の溶岩流避難困難者数を求めた。

4. 解析結果

4.1 溶岩流避難困難者数

(1) 各溶岩流ドリルマップの溶岩流避難困難者数

図5に分析対象とした溶岩流ドリルマップの溶岩流避難困難者数を0人、1～50人、51～500人、501人以上の4区分で集計した結果を示す。集計の結果、避難開始時間が45分の場合は約8割、避難開始時間が75分の場合は約5割のケースで避難困難者が0人となる結果であった。また避難困難者が51人以上出るケースは、避難開始時間が45分の場合は1割、75分の場合は約3割と避難困難が発生する溶岩流ドリルマップのケース数が限られることが示された。以降は、避難開始時間が75分の場合に、溶岩流避難困難者数が51人以上となった溶岩流ドリルマップを中心に結果を示す。

図6に溶岩流ドリルマップ毎に溶岩流避難困難

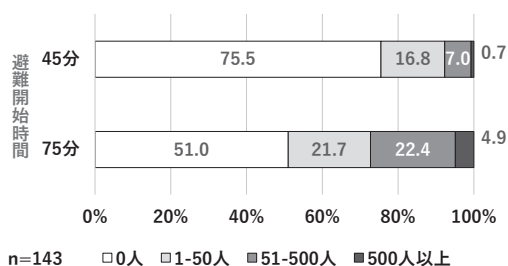


図5 溶岩流避難困難者数の区分別の溶岩流ドリルマップの集計結果

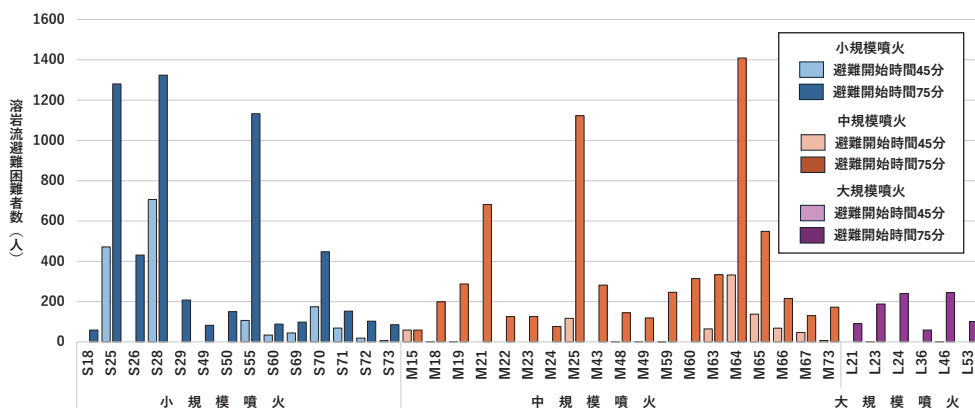


図6 溶岩流ドリルマップ別の避難困難者数

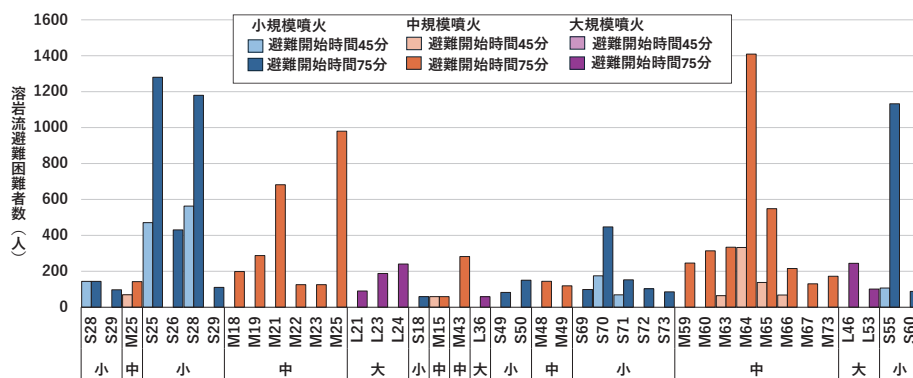


図7 市町村別・溶岩流ドリルマップ別の避難困難者数

者数を集計した結果を示す。避難開始時間が75分の場合に、溶岩流避難困難者が51人以上発生する溶岩流ドリルマップは39ケースであった。その規模別の内訳を見ると、小規模噴火が14ケース、中規模噴火が19ケース、大規模噴火が6ケースであり、避難開始時間が45分の場合も75分の場合も、大規模噴火では溶岩流避難困難者が発生する溶岩流ドリルマップが少ない結果となった。また、避難開始時間が45分の場合も75分の場合も、大規模噴火の溶岩流避難困難者数は、小中規模噴火の溶岩流避難困難者数よりも少ない。

避難開始時間が45分の場合、溶岩流避難困難者が最も多い溶岩流ドリルマップのケースは小規模噴火のS28で約700人であった。次点で小規模噴火のS25で約500人である。

一方で、避難開始時間が75分の場合には、避難開始時間が45分の場合に比べると溶岩流避難困難者数が多くなる。避難開始時間が75分の場合に、溶岩流避難困難者が最も多い溶岩流ドリルマップのケースは中規模噴火のM64で約1,400人であった。その他にも、小規模噴火のS25、S28、S55、中規模噴火のM25でも溶岩流避難困難者が1,000人を超える。特に小規模噴火のS55は避難開始時間が45分の場合には溶岩流避難困難者数が約100人であったのに対し、避難開始時間が75分の場合には溶岩流避難困難者数が約1,100人と約11倍増加する結果であった。

(2) 市町村別の溶岩流避難困難者数

図7に市町村別・溶岩流ドリルマップ別の溶岩流避難困難者数を示す。集計の結果、富士山山麓

市町村の中でも、忍野村、富士吉田市、鳴沢村、御殿場市、裾野市、富士宮市、富士市の7自治体で避難困難者が発生する結果となった。特に、富士吉田市と富士宮市で溶岩流避難困難者が発生する溶岩流ドリルマップが多い。

図7より、富士吉田市で最も溶岩流避難困難者数が増える溶岩流ドリルマップは、避難開始時間が45分の場合の小規模噴火のS28で約560人、避難開始時間が75分の場合、小規模噴火のS25

で約1,300人であった。一方で、富士宮市では中規模噴火において多くの避難困難者が発生する結果であった。特に避難開始時間が75分の場合の中規模噴火のM64で約1,400人の溶岩流避難困難者が発生する。これらの結果から、市町村毎に影響の大きい溶岩流ドリルマップを示すことができた。

4.2 溶岩流避難困難地域の空間分布

図8に溶岩流避難困難地域の空間分布と、各噴

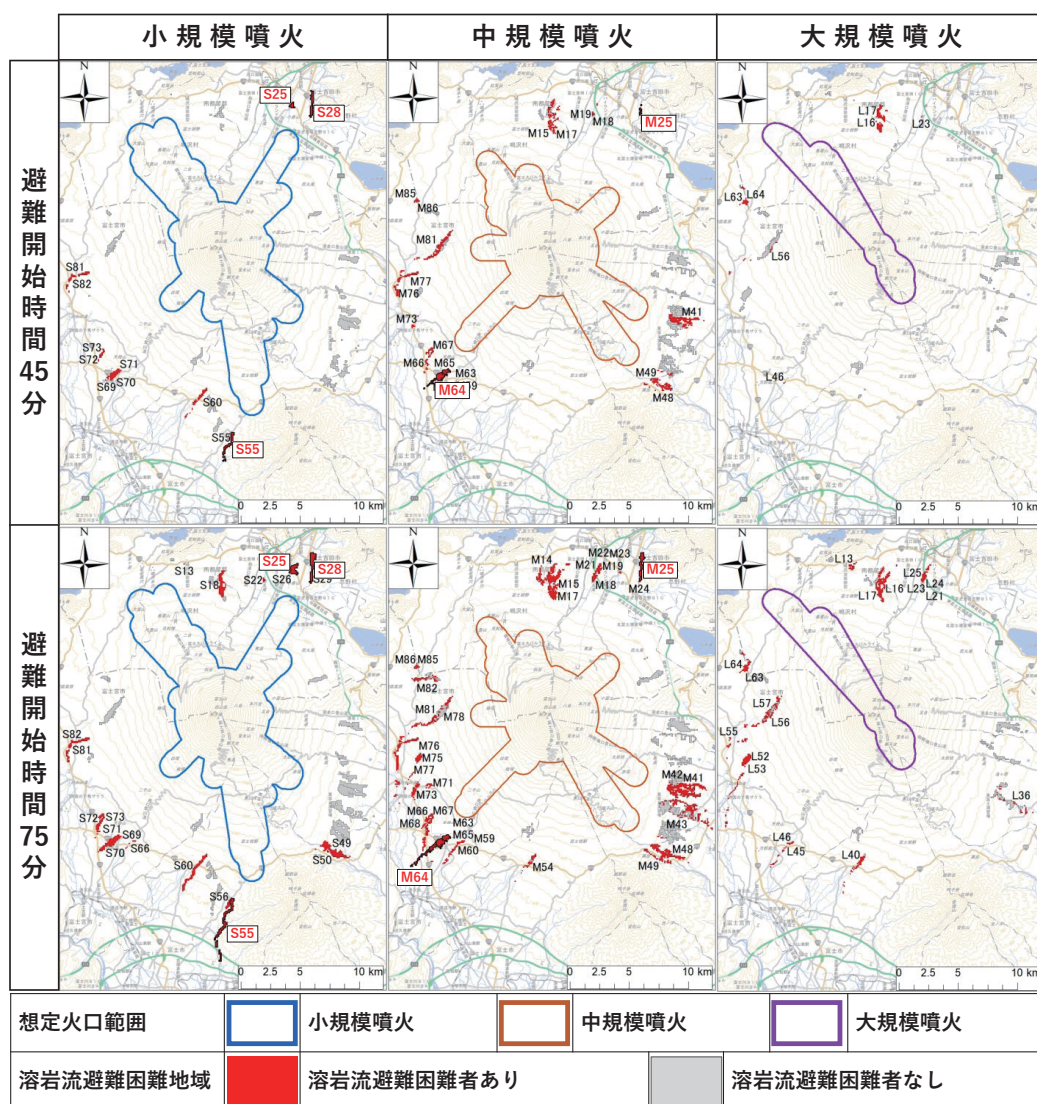


図8 溶岩流避難困難地域の空間分布

火規模の想定火口範囲を示す。なお、溶岩流避難困難地域は、溶岩流避難困難者がいる溶岩流避難困難地域を赤色、溶岩流避難困難者がいない溶岩流避難困難地域を灰色で示している。

小規模噴火の結果に着目すると、溶岩流避難困難地域が富士山の北麓と南麓に多く分布する結果であった。また、中規模噴火の場合は、富士山の北麓、東麓、西麓に溶岩流避難困難地域が分布した。大規模噴火の場合は、富士山の北麓と西麓に溶岩流避難困難地域が分布した。

各噴火規模での溶岩流避難困難地域と、各噴火規模の想定火口範囲を比較すると、想定火口範囲が延びている先に、溶岩流避難困難地域が分布する傾向にあることが見て取れる。例えば、小規模噴火では、北東方向に延びた想定火口範囲の先にS25やS28の溶岩流避難困難地域が存在する。また、中規模噴火では、南西方向に延びた想定火口範囲の先にM64の溶岩流避難困難地域が存在する。

5. 考察

5.1 溶岩流避難困難地域の特徴

分析の結果、特に小規模噴火と中規模噴火による溶岩流での溶岩流避難困難者数が多く発生することが示された。この結果は、溶岩流避難困難者の数は噴火の規模には関連がないことを示唆していると考えられる。

溶岩流ドリルマップの計算では、噴火の規模が大きくなれば、噴火時に噴出する溶岩流の総量と単位時間当たりの噴出量が多くなるように設定されている²⁾。そのため、同じ計算開始地点から溶岩流の流下計算を行った場合は、噴火の規模が大きくなれば短時間で多くの溶岩流が噴出するため、噴火の規模が大きい方が、任意の地点での溶岩流の到達時間が早くなることが想定される。

しかし、富士山の場合は噴火の規模毎に想定火口範囲が異なるため、溶岩流ドリルマップの計算開始地点が噴火の規模毎に異なっている。そして、小規模噴火や中規模噴火の計算開始地点は、富士山山麓市町村の市街地に近い場所に設定されている。そのため、小規模噴火や中規模噴火の溶岩流ドリルマップは、噴火後すぐに市街地へ到達する

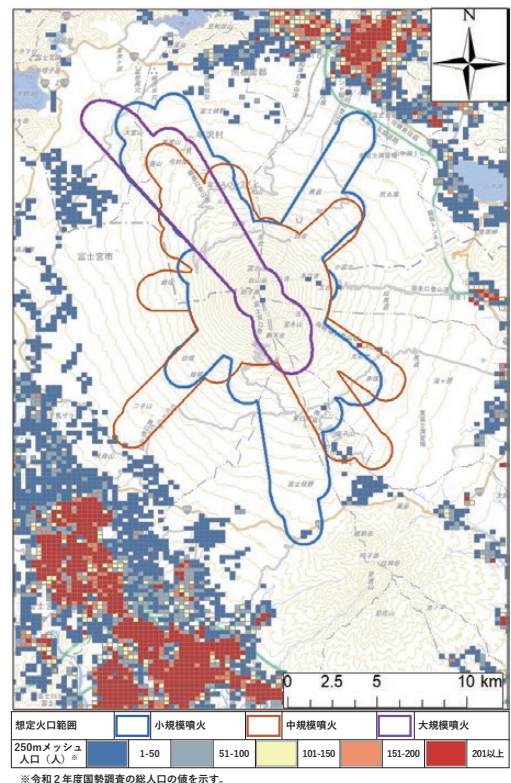


図9 想定火口範囲と人口分布の関係

ため、溶岩流避難困難者の数が多くなる。

実際に、溶岩流避難困難地域と想定火口範囲の比較からは、想定火口範囲が延びている先で避難困難地域が分布する傾向にあることが読み取れた。図9に想定火口範囲と人口分布の関係を示す。図9からS25やS28、S55、M25、M64といった溶岩流避難困難者が多く発生したケースでは、人口が密集する地域と想定火口の位置関係が近いことがわかる。特にS25やS55、M64のケースでは、計算開始地点と市街地が近接しているために、避難開始時間が75分の場合に、溶岩流避難困難者数が1,000人を超える結果になったと考えられる。つまり、溶岩流避難困難者の数は、噴火の規模ではなく、噴火が発生する火口の位置に依存すると考えられる。

5.2 溶岩流からの安全な避難

分析の結果、住民の避難開始時間が75分の場合

は、避難開始時間が45分の場合に比べると溶岩流避難困難者数が増加した。特に富士市では、避難困難者数が75分の場合に、45分の場合に比べ溶岩流避難困難者数が11倍上昇した。この結果から、溶岩流から安全に徒歩で避難する場合、避難開始時間をできる限り短縮することが重要であると考えられる。

住民の避難開始時間を短縮するためには、覚知時間、または初期対応行動時間を短縮する必要がある。覚知時間を短縮するためには、気象庁が噴火を素早く覚知するとともに、火口の発生位置を早期に特定する必要がある。そのためには、火山観測技術の向上が欠かせない。さらに、市町村は気象庁からの噴火速報を受けて素早く避難指示を発令する必要がある。そのためには、避難指示の発令手順を訓練等で事前に確認する必要がある。初期対応行動時間を短縮するためには、住民の素早い避難が必要不可欠である。そのためには、事前に非常時持出し品を用意することや、避難経路の確認と、避難訓練の実施が重要になる。

さらに、避難開始時間を短縮することだけでなく、地域特性に応じた避難計画を立てることも溶岩流からの安全な徒歩避難に向けた方策といえる。

富士山火山避難基本計画では、第1、2次避難対象エリアのみ噴火前の避難が求められる。しかし、今回の解析結果から、避難の開始に時間を要すると、第3次避難対象エリアにおいて、溶岩流到達までに避難が間に合わない住民がいる可能性があることが示された。この結果を踏まえると、溶岩流避難困難人口が多かった市町村は、第3次避難エリアの一部で噴火前の避難を実施するなど、地域の実情に沿った富士山噴火時の避難計画を検討する必要があると考えられる。

6. 結論

本研究では、山梨県及び静岡県 of 富士山山麓地域を対象に、溶岩流避難困難地域の推定と、溶岩流避難困難者数の推計を行った。

分析の結果、住民の避難開始が噴火から75分後の場合、富士吉田市や富士宮市、富士市では避難困難者数が1,000人を超える場合があることが明

らかになった。また、溶岩流避難困難地域の空間分布から、溶岩流避難困難地域は火口が発生する位置に依存することが示唆された。

さらに、避難開始時間によっては、溶岩流避難困難者数が10倍以上増加する場合があることが確認できた。したがって、溶岩流から安全に避難するためには、避難開始を如何にして早くするかを検討することが重要となる。

富士山避難基本計画¹⁾は、富士山噴火時の避難に関する原則的な事項を示している。今後、富士山山麓の市町村は、地域の実情に合わせて地域防災計画の改定や避難計画の策定を進める必要がある。本研究で示した結果は、市町村でどこからの溶岩流に備えるべきか、その優先順位を明示できており、地域の避難計画策定のための基礎的な知見を提供できたと考えられる。

なお、本研究の課題として、本来20 m メッシュであった溶岩流ドリルマップを100 m メッシュに解像度を粗くしているため、溶岩流避難困難人口を過大に評価している可能性がある。本研究で示した溶岩流避難困難者数は絶対値ではなく、他の溶岩流ドリルマップと相対的に比較しながら結果を読み解く必要がある。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 25K17700 の助成を受けたものです。

補注

- [1] 本研究で提案する富士山噴火時の溶岩流からの避難の時間の流れは、佐藤ら⁴⁾が提案した富士山噴火時の避難の時間の流れをより精緻化し改良したものと位置づけられる。

参考文献

- 1) 富士山火山防災対策協議会：富士山火山避難基本計画，2023年3月。
- 2) 富士山ハザードマップ検討委員会：富士山ハザードマップ検討委員会報告書，2004。
- 3) 吉本充宏：富士山噴火への課題，将来の噴火に備えて，ベース設計資料，No.189，pp.21-25，2021。

- 4) 佐藤史弥・孫鵬飛・秦康範：富士山噴火に伴う溶岩流からの徒歩避難関する基礎的検討，自然災害科学，Vol.43，特別号，pp.113-126，2024.
- 5) 小林正美：広域避難計画論－防火帯地区分割に基づく避難計画－，日本建築学会論文報告集，306巻，pp.126-132，1981.
- 6) 武末裕樹・鈴木勉・糸井川栄一：地震火災リスクを考慮した避難危険性の評価に関する研究，都市計画論文集，43.3巻，pp.25-30，2008.
- 7) 稲田健二：和歌山県の津波避難困難地域と津波対策について，平成27年度近畿地方整備局研究発表会論文集，防災・保全部門 No.11，2015.
- 8) 秦吉弥・湊文博・常田賢一・小山真紀・楢田泰子・山田雅行：強震動予測および歩行実験に基づく津波避難困難地域の評価－和歌山県串本町を例として－，土木学会論文集 B3 (海洋開発)，71巻，2号，pp.I_671-I_676，2015.
- 9) 伊藤渚生・板川暢・一ノ瀬友博：鎌倉市におけるネットワーク分析を用いた避難困難地域の推定，ランドスケープ研究 (オンライン論文集)，11巻，pp.1-8，2018.
- 10) 工藤由佳・橋本雄一：路面状況と道路ネットワーク途絶を考慮した積雪寒冷地における津波避難困難人口の推定，地理学論集，97巻，1号，pp.1-12，2022.
- 11) 室崎益輝：現代建築学 建築防災・安全，pp. 128，鹿島出版会，1993.4.30.
- 12) 国土交通省：津波避難を想定した避難路，避難施設の配置及び避難誘導について (第3版)，2013年4月.

(投稿受理：2025年4月4日
訂正稿受理：2025年7月27日)

要 旨

本研究では、山梨県及び静岡県の富士山山麓地域を対象に、溶岩流避難困難地域の抽出と、溶岩流避難困難者数の推計を行った。そして、これらの解析結果から溶岩流から安全に避難するための方策を検討した。到達圏解析の結果、住民の避難開始が噴火から75分後の場合、最大で富士吉田市で1,280人、富士宮市1,409人で、富士市では1,133人溶岩流避難困難人口が存在する結果であった。一方で、避難開始が噴火から45分後の場合は、75分の場合と比べ溶岩流避難困難人口が少なくなった。このことから、溶岩流から安全に徒歩で避難する場合、避難開始時間を短縮することが重要であると示された。