

火山災害における避難指示と想定外リスク Evacuation Order and Unexpected Risk in Volcanic Disasters

○大西正光・関 克己・湧川勝己・小林潔司

○Masamitsu ONISHI, Katsumi SEKI, Katsumi WAKIGAWA, Kiyoshi KOBAYASHI

During the crisis period when the disaster is actually processed, the mayor is highly required to judge whether the on-going disaster process can be maneuvered by the set of predetermined rules described in the plan, or not. If not, she shall implement the contingent emergency rule for the on-going unforeseen disaster process. This paper proposes a model for designing the benchmarking evacuation rule for volcanic disasters, which also enables to detect systematically extraordinary contingencies where exceptional evacuation rules are necessary.

1. はじめに

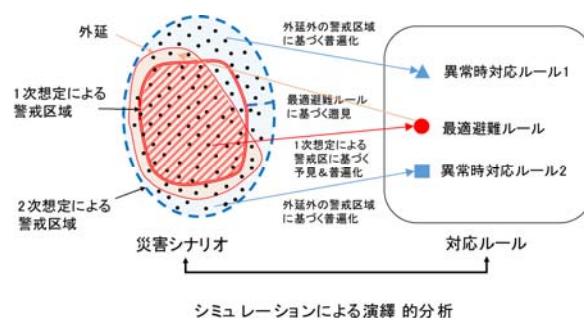
火山災害では、差し迫った災害リスクが顕在化した場合、避難指示の発令を契機に現前で展開する災害の発生が地域防災計画の想定範囲に収まるのか、あるいは想定外の異常事態であるかという高度な判断が求められる。このような意思決定を行うためには、ベンチマークとなりうる避難ルールの設定と、そのルールが有効となる領域をあらかじめ求めておくことが重要である。さらに、想定範囲を逸脱する異常事態と対応方針についての検討が必要である。本研究では過去の噴火実績が比較的蓄積されている火山災害を念頭に置き、避難ルールの規範的条件を考察するとともに、避難場所と経路の指示に関する意思決定の合理化に資する判断情報を作成する方法論を提案する。

2. 合理的避難指示意思決定の方法論的枠組み

(1) 避難ルールの必要性

Eモードでは、噴火シナリオが時々刻々と絞り込まれる過程で、現前で展開される状況がベンチマークとなる避難ルールによって対応できるか否かを見極める必要がある。

市町村長の避難指示を契機として住民が効果的に避難するためには、「どのように避難すればいいか」について、市町村長と住民の間で知識を共有しておくことが必要となる。こうした避難指示に関わる市町村長と住民の間で共有化された知識を「避難ルール」と呼ぶ。市町村長と住民との間で、「ありうべき災害のシナリオとそれに対する住民の避難のあり方」に関する想定がベンチマークとして形成されることにより、災害時における混乱



図一 1 遡見と外延の同定

を可能な限り抑制できる。共通知識の存在を前提として、市町村長による避難指示の発令によって、「どのような噴火シナリオであれば、当該の避難ルールで対応可能かどうかを合理的に推論できる。

(2) 避難ルールの規範的基準

a) 無損害条件

避難の目的は、生命保護である。避難に要する所要時間の目標値を設定した上で、設定した避難ルールの下での所要時間は、危機管理上の目標値を下回らなければならないとする条件を「無損害条件」と呼ぶ。交通シミュレーションを用いれば、避難完了に要する時間を計算できる。一方、人命に危険が及ぶような噴火事象が発生するまでの余裕時間には不確実性が伴うが、危機管理上の目標値として、火山の専門家を交えて設定される。

b) 危険回避条件

避難開始から噴火発生までのリードタイムを正確に予測することは不可能であり、常に「より安全な地域に向かって避難する」という原則は、最終的に避難先に到着するまでの移動経路において

も適用されるべきである。危険回避条件は、常により安全な場所へ移動させることを要求する。

c) 普遍化条件

事前の想定とは異なる災害ハザードが生じた場合、避難ルールに基づく通常の避難対応とは異なる対応策を講じる必要がある。市町村長は、現前で展開する状況に応じて、通常の避難対応策で対応可能な範囲かどうかを短時間で見極めることが求められる。避難ルールは異常事態を見極めるためのベンチマークであり、例外的対応が必要となる事態が少ないほど望ましい。普遍化条件は、設定した1つの避難ルールにより対応可能な噴火シナリオが可能な限り多いことを要求する。

(3) 遡見による外延の設定

ある噴火シナリオの下で、採用した避難ルールにより安全が確保できるかどうかという結果を推論する行為を予見と呼ぶ。一方、ある特定の避難ルールに対して、当該避難ルールにより、住民の安全性を確保できるような災害生起パターンの集合を求めるという逆向きの推論行為を遡見と呼ぶ。本研究では、ベンチマークとなる避難ルールで対応可能な噴火シナリオの集合を「外延」と呼ぶ。遡見に基づく推論によって求めた外延に含まれる噴火シナリオの数ができるだけ大きくなるような避難ルールが、普遍化条件を満足する避難ルールとして選択されることになる。

図-1は、予見による普遍化の操作と遡見による外延化の操作の関係を示している。図の左側にある点は、噴火シナリオを示しており、本研究の文脈では火口の位置を示していると解釈できる。

図において赤色の太線枠で囲まれる領域を「1次想定による警戒区域」と呼び、火山学や過去の履歴から蓋然性が高いと見られる火山災害リスクを効率的に検討するための火口位置の集合である。

一方、現実の火山噴火は、必ずしも1次想定における警戒区域の中で発生するとは限らず、外延の検討のために追加的に設定する警戒区域を「2次想定による警戒区域」と呼ぶ。

(3) 避難ルールの評価・外延の同定例

表-1は、避難ルールの評価結果を例示する。いま、火口が出現する可能性がある4地点（火口1~4）を考える。またA,B,Cという3つの避難ルールを想定する。各火口において噴火が生じた場合を対象として、噴火シミュレーションモデルにより火砕流到達範囲を求める。一方、交通シミュレーションにより、各避難ルールの下で、避難

表-1 避難ルールの評価例

	火口1	火口2	火口3	火口4	避難時間
A	○	○	×	×	2.5時間
B	○	○	○	×	2.8時間
C	○	○	○	○	3.5時間

注 A, B, Cは避難ルールを表す。○はそれぞれの避難ルールの下で、仮想的に想定した火口から噴火が生じた場合に、避難経路が危険回避条件をすべて満足することを示し、×は満足しない避難経路が存在することを意味している。避難時間は対象とする地域において避難が完全に終了するために必要となる時間を表す。

完了に要する時間を求める。その結果に基づいて、避難ルールが無損害条件を満足するかどうかを判定することができる。

また、対象地域の各地点からの避難経路が危険回避条件を満足しているか判断する。避難ルールCはすべての火口から生じる噴火シナリオに対して、すべての地点の避難経路が安全経路条件を満たしている。しかし、当該地点において3時間以内に避難を完了すべきであるという基準が設定されている場合、避難ルールCは無損害条件を満足しない。避難ルールAと避難ルールBは無損害条件を満たしている。さらに、普遍化条件を考慮すれば、最も多くの噴火シナリオに対して危険回避条件を満足する避難ルールBが望ましい避難ルールとなる。無損害条件を満たす避難ルールの中で、危険回避条件を満足する噴火シナリオが最も多い避難ルールが最適避難ルールとして選択される。また、避難ルールBが最適避難ルールである場合を考える。2次想定による警戒区域に含まれる火口として追加的に2つの火口（火口5と火口6）を考える。避難ルールBは、火口5から噴火した場合は危険回避条件を満たすが、火口6から噴火した場合はそうでないでしょう。このとき、外延に含まれる火口は、火口1,2,3,5であり、外延外の火口は火口4,6である。火口4,6から噴火すると予期された場合は、異常時対応が必要となる。

3. おわりに

本研究では、火山災害における市町村長による避難指示に関わる重要な意思決定項目の1つである住民の避難先ならびに避難経路を指定する避難ルールを作成するための方法論を提案した。

有珠山を対象とした実証分析を実施しているが紙面の都合上、本概要では割愛しており、講演時に報告する。