

樽前山噴火時における自家用車による避難シミュレーションについて

The evacuation simulation of cars in the Eruption of Mt. tarumae*

藤井涼**・下村光弘***・中辻隆****

By Ryo FUJII**・Mitsuhiro SHITAMURA***・Takashi NAKATSUJI****

1. はじめに

樽前山は、支笏カルデラの南部に位置し現在も活動を続ける火山である。近年の樽前山は、噴気異常、臨時火山情報が出されており、火山活動の活発化が見られている。現在その樽前山周辺において樽前山の大規模噴火の発生に伴い積雪時における融雪型火山泥流の発生が想定されている。

市の対応は、泥流・火砕流の氾濫の可能性がある危険区域には事前避難を完了しておく。もし避難前に噴火が発生してしまった場合は、危険区域内の住民についてはただちに区域外に避難する。噴火後は、降雨・降雪によって樽前山を源とする溪流やその他の広い範囲で降雨型泥流または融雪型泥流発生がしやすくなる、この状態は噴火後数年以上にわたって続くと考えられているので、苫小牧市としては、専門家の協力のもと降灰の堆積状況を調査し、降雨（融雪）型泥流の危険区域を検討し設定する。もし降雨（融雪）型泥流の発生が予想される場合は、危険区域の住民に対し避難の勧告・指示を発令し、地域の指定避難所に避難させる（その他詳細は2 現況の対応に示す）¹⁾。

以上のことから、降雨（融雪）型泥流（2次泥流）が発生した場合、事前避難が不完全な状態で泥流が発生し避難しなければならない状況が考えられる。また降雨（融雪）型泥流は流下速度が速いので迅速な避難が必要となる。よって迅速な避難をさせるために避難対象地域からの避難車両に対し交通制御を行い避難行動を制御する必要があると考えられる。市の対応としては、被災区域内への交通の規制。避難経路の指示。とあるが避難経路においては具体的な経路等は示されていない。

このような状態から、降雨（融雪）型泥流が発生した場合、最も重要である人的被害の防止のために避難行動を予測して、避難完了までの時間を推定することは今後

の避難計画を構築するうえで重要な課題であると考えられる。

これまでの研究で、本間ら²⁾は、大規模災害時の交通行動を調べるために阪神淡路大震災後の交通行動について、行動の主体者である被災地域の住民にアンケート調査を実施し分析することによって、その実態を把握しようとしている。また秋田ら³⁾は、大規模災害発災3日間の主たる行動目的における自家用車の利用実態に焦点をあて、震災当時に運転免許証を保有していた震災経験者を対象としたアンケート調査結果をもとに、自家用車の利用要因を明らかにするとともに、大規模災害時の自家用車に対する交通規制が自家用車に与える影響について分析している。また片田ら⁴⁾は、噴火時における状況の進展に伴う住民の心理変化の実態を捉え、そして噴火を想定した場合における住民の避難行動意向および帰宅意向の実態とその形成要因を把握することにより、住民の噴火災害に対する危機意識や、経済活動や生活再建に関わる不安意識が、噴火時における住民の行動意向に与える影響を検討している。このように過去に発生した大規模災害に対する住民の交通行動分析は多く行われている。しかし避難対策を交通シミュレーションによって分析、検討したものは極めて少ないと言える。さらにこの様な大規模災害に対するシミュレーションは、地震、津波に対するものがほとんどである。この例として片田ら⁵⁾は、名古屋市の庄内川沿岸を対象にシミュレーターを適用し、住民の避難行動の遅れや避難時における自動車利用が、人的被害発生規模に与える影響を分析している。以上の点から大規模災害として噴火を対象とし、その避難対策を交通シミュレーションによって解析、検討したものはほとんどないと言える。

そこで本研究では樽前山大規模噴火によって発生すると想定されている、融雪型火山泥流からの自家用車の使用による避難行動を交通マイクロシミュレーターで解析できるかということを検討する。解析可能であればそのシミュレーション解析結果により現状の予想被災地域の避難行動を分析し避難完了時間を求め避難計画に対する検討を行うものである。

2. 現況の対応

2.1 大規模噴火時のシナリオ

・第一段階（大噴火が予想される時）

降灰危険区域の（100cm 以上）の避難、降灰危険区域

*キーワード：防災計画、交通行動分析、交通制御

**学生員、北海道大学北方圏環境政策工学専攻

（北海道札幌市北区北13条西8丁目、
TEL011-706-6215、FAX011-706-6215）

***正員、工博、苫小牧工業高等専門学校

（北海道苫小牧市字錦岡443番地、
TEL0144-67-0213、FAX0144-67-0814）

****正員、工博、北海道大学

（北海道札幌市北区北13条西8丁目、
TEL011-706-6215、FAX011-706-6215）

(50~100cm)の避難準備、災害弱者避難、降灰の影響区域の災害弱者の地域内避難、避難区域の交通規制。

・第二段階 (大噴火が発生したとき)

降灰状況により新たな区域避難、捜索、救出、医療救護、降灰対策、降雨型(融雪型)泥流の警戒、監視、危険区域避難、新たな危険区域の交通規制。

・[予想なしに噴火が発生した場合]

火砕流、融雪型泥流の危険区域は直ちに避難、これ以外の区域はとりあえず地域内避難

・第三段階 (大噴火が次第に縮小に向かうとき)

2次噴火や融雪型泥流の避難対策を完了してから、復旧作業へ移行していく。

2.2 避難広報 (第1段階・第二段階)

避難区域への避難広報は、広報車による巡回及び防災行政無線施設、チラシの配布等で行う。又テレビ、ラジオの放送を要請する。避難広報の内容としては、火山活動の状況と今後の推移予想、避難区域、避難先、避難方法、一時避難場所、避難経路、避難持ち出し品、避難時の留意点

3. 対象地域

3.1 苫小牧市の概要

苫小牧市は、東西 40Km, 南北 24Km と東西に大きく広がる都市である。市街地の北側に樽前山を有し、その麓には、市街地のほか、鉄道、高速道路、苫小牧港、工業団地、など北海道の経済活動を支える社会基盤施設が集中している。苫小牧市の概要を図-1 に示す。

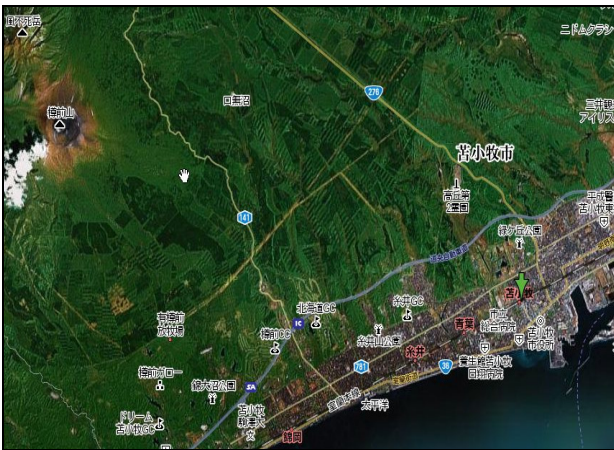


図-1 苫小牧市の概要

3.2 避難対象地域

避難対象地域の範囲は、北海道開発局で行われた樽前山の大規模噴火によって発生することが想定されている融雪型火山泥流を想定した泥流シミュレーション⁶⁾を基に決定した。図-2 は、このシミュレーション結果をもとに泥流深を色分けし泥流分布を地図上に示したものである。ここで赤は、5~10 m、緑は、2~3 m、黄色は、1~3 m、ピンクは、0.5~1 m、青は、0~1 mである。

図-2 から泥流は高速道路盛土でせき止められ、高速道路の開口部(河川部)から市街地に流入していることがわかる。そしてこの範囲は、西は字錦岡から東の日新町まで広がっている。このシミュレーションは、高速道路上流において計画されている施設が全て設置される前に噴火が発生し融雪型泥流起こった場合、高速道路上流において数箇所の施設が設置された状況で土砂流出を抑制しつつ、下流において導流堤設置や既設堤防の改良によって泥流を安全に流下させることが可能かどうかということを検討するために作られたものである。これから現在の状況での泥流分布のシミュレーション結果が得られるので、このデータを用いた。

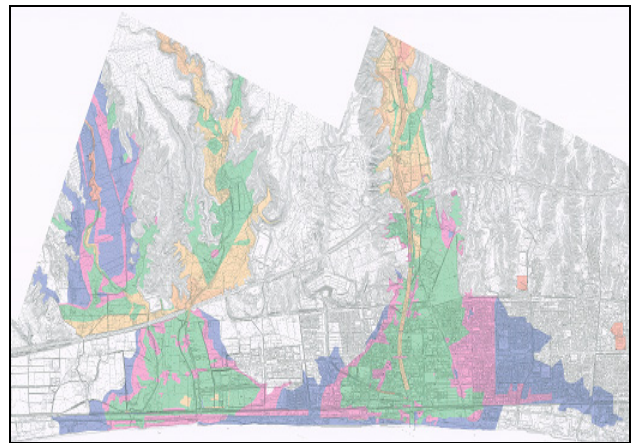


図-2 泥流の流動深分布

3.3 泥流到達時間

避難対象地域への泥流到達時間を図-3⁶⁾に示す。この図から市街地に泥流が到達するまで40分から1時間程度と推定することができる。

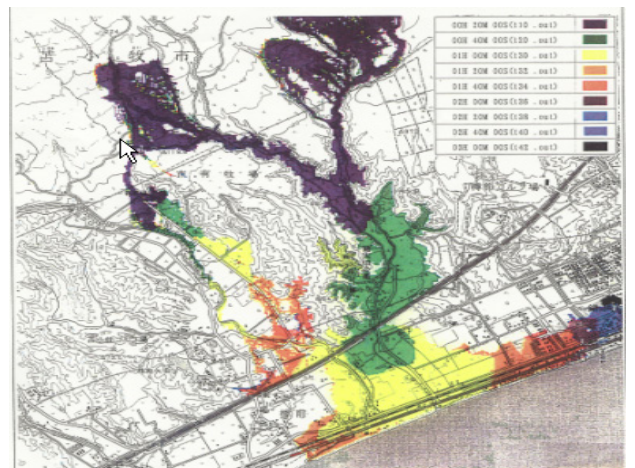


図-3 泥流到達時間

4. シミュレーション

4.1 Watsimについて

今回交通マイクロシミュレーターとして Watsim を用いる。Watsim とは、交通の状況を詳細に再現し、現実の

交通問題や課題、特徴を明確化する再現性の高い交通模擬ツールである。Watsim の使用領域は広く、現実の再現をベースとして、将来交通量に対する交通状況の変化や、道路幅や新規道路整備、新しい交通制御方式の導入、工事期間中における車線数減少の影響予測など、様々な状況の再現に用いることが出来る。

また導き出した結果は、専門家でなくても理解できるアニメーションという形式で表現することが出来る。

4.2 シナリオ

樽前山の大規模噴火が発生し、火山活動が収束し避難した住民が自宅にもどった時に融雪型泥流発生危険性のため避難対象地域に避難勧告が発令され、避難対象地域の人々が一斉に自家用車で避難する場合、又は予想なしに噴火が発生し融雪型泥流が発生した場合を想定する。ここで避難対象地域には交通規制がかけられ外部からの車両の進入を禁止していることとする。

次に避難経路としては、西の白老方面と東の苫小牧市内方面が考えられる。ここで避難対象地域の避難経路選択の設定は、錦多峰川を基準として、そこから西の地域の避難車両は白老方面に避難し、東の地域の避難車両は苫小牧市内方面に避難させることとした。表-1 は、避難方向の違いによる車両数、世帯数、及び人口である。

避難対象地域では、避難経路として国道、バイパスのほかにも高速道路も考えられるが、泥流が流れてくる方向へ向かっていく経路となるので、今回の場合は、避難経路に含めなかった。次に泥流が分布する地域を抜け出すまでの細かい避難経路は、各町から流出した車両をそこに近接する主要道路に集め、そこから最短経路でバイパス又は国道に流出させることとする。

表-1 シミュレーションデータの値 (避難方向別)

	白老方向	市内方向
人口	11070	23676
車両	4664	8766
世帯数	5018	9431

4.3 設定条件

Watsim を使用し、避難シミュレーションを行うにあたって必要なデータの設定を以下に示す。

まず避難車両の発生場所は各町から更に細かく区切り、各丁とした。車両の発生密度は信号交差点の飽和交通容量を参照して 2000 (台/青 1 時間) とした。リンクの自由走行速度は 50km/hr とし、車線一本の交通容量を 1900 台とし、避難行動時のドライバーの心理を考慮し、シミュレーション時のドライバー特性を変更した。その変更項目は、交差点における車両 3 台目以降の平均車頭間隔、スパルバック参加確率、一時停止から発車する際の近い側と遠い側の交差道路の交通ギャップ、信号変化時に、右折車が対向車の発進より先に曲がろうとする確率、右折時の対向車線のギャップと常時左折可能時の合流車線に必要なギャップである。

次に決定した避難対象地域の避難車両台数の設定は、苫小牧市統計⁷⁾より各丁別の人口および世帯数、総人口、総世帯数、総自動車総保有台数を調べ、一世帯あたりの車両保有台数を求め、それを各世帯数に乗じることによって各丁別の車両台数とした。

次に道路ネットワークと信号現時の設定は、まずバイパス、国道、バス路線を設置し、そこから各町につながる主要な道路をネットワークとして構築した。ネットワークの範囲は泥流が分布する範囲を抜け出すまでとした。信号現時は、現地調査をしてその値を入力した。シミュレーション上での信号機設置箇所は、国道、バイパスの手押し式信号以外とし、その他の箇所では信号機の代わりに一時停止による交通制御を設置した。図-4 に Watsim 上で構築したネットワーク概略図を示す。

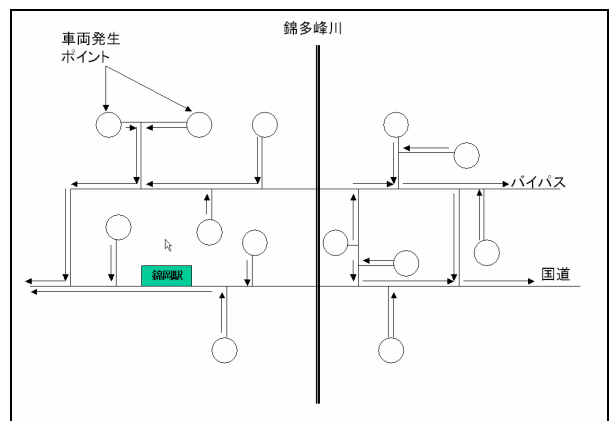


図-4 避難地域のネットワーク概略図

4.4 シミュレーション結果

シミュレーション結果より避難車両が全て避難完了するまでに要する時間は、西の白老方向で 4 時間 15 分、東の沼ノ端方面で 2 時間 10 分となり、沼ノ端方向の方が避難車両台数が多いにもかかわらず、短時間で避難完了することがわかった。これは、錦多峰川から白老方面で避難車両の多くがバイパスに集中している事が大きな原因と考えられる。

今回作成したネットワークは、バイパスから国道へ出る点がもう 2 点あるが市道を含んでいるためネットワークに入れていない、しかしそのうちの 1 点は、避難経路としての需要は大きいと考えられるので、このポイントは市道を含め、ネットワークに追加しなければ実際の避難行動と大きく異なってしまうと考えられる。そこでこの部分の再検討が必要となる。よってネットワークの追加と避難経路設定変更について再検討した。その結果を表-2 に示す。ここで避難経路選択で表している比率は、以下の図-5 に示すネットワーク変更点でバイパス方向と国道方向に車両を分岐させるための分岐率とする。

再検討結果から、今回のシナリオではこれ以上分岐率等、経路選択設定を変更しても避難完了時間に大きな影響を及ぼさないと考えられるので、これで錦多峰川で二分した場合の現況再現結果が得られたと考える。この結

果からマイクロ交通シミュレーションソフトで噴火に対する避難シミュレーションは可能だといえる。

今回のシミュレーションでは、シナリオで避難経路を任意で設定し、それにもとづいて交差点の分岐率を設定し交通配分を行っている。経路選択はより詳細で避難時の心理を考慮した設定が必要と考えられるので、この対策としては、別のソフトを用いてODによって分布交通量の推計を行い、経路選択に反映させる。または、マルチエージェントシミュレーションなどを用いて避難する人々の避難行動のデータを得ることができればより現実に近い現況再現シミュレーションを構築することができるだろう。しかし今回上記のツールの使用が難しいのでいくつかの設定の中から最も適切と考えられる避難経路選択設定を選びそれを現況再現とした。

表-2 避難経路選択設定と避難完了時間

避難経路選択設定	避難完了時間	
	白老方向 (西方向)	沼ノ端方向 (東方向)
変更なし	4時間 15分	2時間 10分
3:7で市道を含め国道への通過点を1箇所追加	3時間 5分	2時間 10分
4:6で市道を含め国道への通過点を1箇所追加	2時間 57分	2時間 10分

次に現況再現シミュレーションと泥流到達時間を比較すると、避難が間に合わないことがわかる。この結果から、何らかの避難対策を計画することが急務だといえる。

次は市の対策の事前避難割合と避難完了時間の関係を図-6に示す。この結果から事前避難が不十分な場合、融雪型泥流の到達時間に避難が間に合わないことが分かる。しかし通常通りの信号現時によって大きく避難完了時間をロスしているため、避難時に適した信号現時を適応する事によって避難完了時間を短縮することができると考えられる。

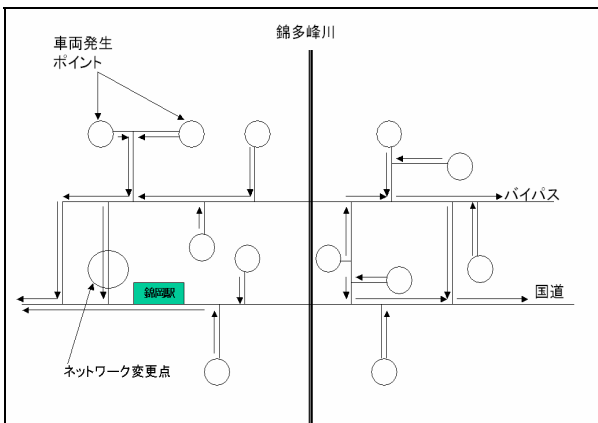


図-5 ネットワーク図 (変更後)

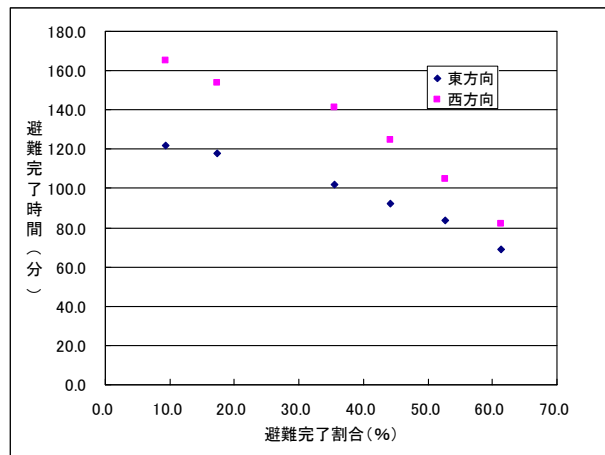


図-6 避難完了割合と避難完了時間の関係

5. まとめ

表-5の結果から今回設定したシナリオでシミュレーションを行った場合での避難完了時間は、白老方向(西方向)で最大3時間程度と推定することが出来た。この結果から、避難計画を立案し検討することが急務だといえる。さらにこのようなマイクロシミュレーターで大規模災害に対する避難行動の分析、検討が可能となった。

以上のことから今後の課題としては、噴火災害に対する様々な避難計画の検討を考えている。避難計画の比較ができれば様々な計画の中から最も効果的な避難計画を選定できる。よって避難地域の人々の迅速な避難が可能になり、噴火災害からの人的被害を軽減できると考える。さらに自家用車を持たない人や自ら避難できない人の避難対策を立てる上でも大いに役立つと考えられる。

参考文献

- 1) 樽前山火山防災基本計画
- 2) 本間 正勝・森 健二：「大規模災害時の交通行動実態」土木計画学研究・論文集 No.17 pp321-326, 1997.
- 3) 秋田 直也・小谷 みちやす：「大規模災害時の交通規制下における自家用車利用意向に関する分析」土木計画学研究・論文集 No.17 pp641-647, 2000.
- 4) 片田 敏孝・児玉 真：「十勝岳噴火災害の進展過程における住民の心理と行動に関する研究」土木計画学研究・論文集 No.18 pp239-244, 2001.
- 5) 片田 敏孝・桑沢 敏行：「災害総合シナリオ・シミュレーションを用いた洪水避難のシナリオ分析」土木計画学・講演集 No.33
- 6) 平成11年度樽前山火山砂防基本計画書(素案) 参考資料
- 7) 平成18年 苫小牧市統計