

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*

苫小牧工業高等専門学校環境システム専攻 ○学生員 藤井涼 (Ryo Fujii)
 苫小牧工業高等専門学校 正員 下村光弘 (Mitsuhiro Shitamura)

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は、樽前山中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。このような状態から、噴火が発生した場合、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¹⁾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²⁾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³⁾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⁴⁾は、名古屋市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中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を交通マイクロシミュレーター (Watsim) を用いて解析する。その解析結果により現状の予想被災地域の避難行動を推定し、さらに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. 対象地域

2.1 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。

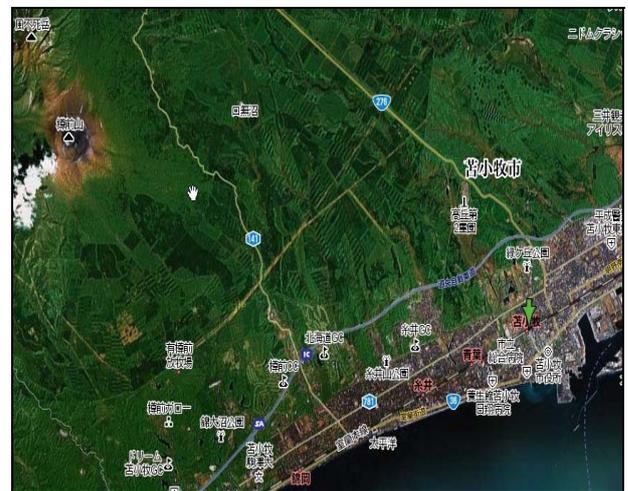


図-1 苫小牧市の概要

2.2 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⁵⁾を基に決定した。(想定されている噴火は中規模噴火だが、泥流分布は大規模のものを使用した) 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。ここでは、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。各河川におけるシミュレーションによる氾濫状況を表1に示す。

表-1 シミュレーションによる各河川の氾濫状況

河川名	氾濫状況
樽前川	泥流は、下流の市街地を飲み込む形で流動し左岸側は、河道から幅約 50m にある保全対象は、全て被害を受ける。 樽前川橋と河口との中間地点付近より、泥流範囲は河道から左岸側 100m にも達し、樽前川の河口付近に固まっている保全対象は、全て被害を受ける。 樽前川と覚生川の間地域は、両河川を流れ下る泥流が合流することもあり、全域が被害を受ける。
覚生川	樽前川を流れ下る泥流と合流し、広範囲に被害を及ぼす。範囲は樽前川と似ており、当初右岸側が河道より幅約 50m であるが、覚生川橋と河口との中間地点より、約 100m となる。
錦多峰川	錦多峰橋を支点として三角形上に広がり、下流市街地を一部の地域を除きほぼ全域覆う。
苫小牧川	高速道路上流の湿地において大半が体積し、下流の市街地には湾曲部を過ぎた辺りから流出した土砂が 0.5 mm 以上の厚さで流出する。 下流は保全対象が密集する市街地であるが、影響は、比較的小さい。

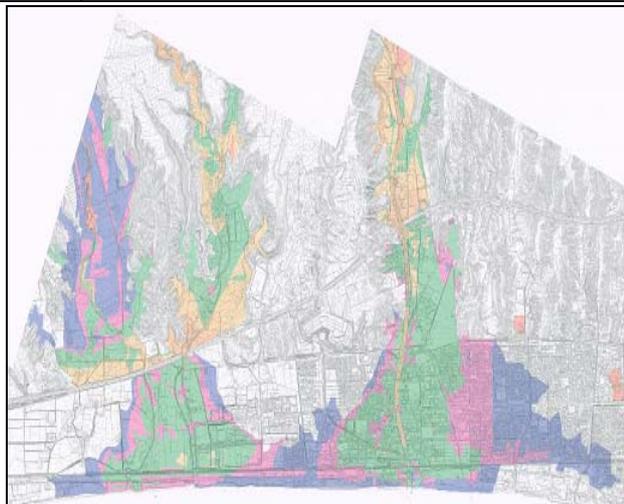


図-2 泥流の流動深分布

2.3 避難施設について

今回のシミュレーションでは考慮していないが避難施設と避難人数の調査結果を以下に示す。

表-2 避難施設と避難人数

	苫小牧方面	白老方面
避難施設容量	32532	5607
避難人数	23676	11070
計	8856	-5463

現在白老、苫小牧（泥流分地域以外）、沼ノ端などの近隣の市町村に避難施設として設定されている施設の避難容量と避難人数を比較した結果を表-2 に示す。この結果から避難施設の容量は十分だが今回設定した避難経路で避難させると避難施設の容量が足りなくなることが分かった。この結果からシミュレーションで対策を検討する上でも避難施設の場所と容量を考慮した対策が必要と考えられる。

3. シミュレーション

3.1 Watsim について

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。

これにより、複数の代替案によって改良された状況を事前にコンピュータ上で再現することによって、どの計画案が最も適当かを判断するために優れた検討材料を提供することができる。もう一点は、そのような予測結果を、簡単に高性能のアニメーションで表現が可能なことである。導き出した結果は、専門家だけでなく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。図-3 に Watsim のシミュレーション作成例を示す。

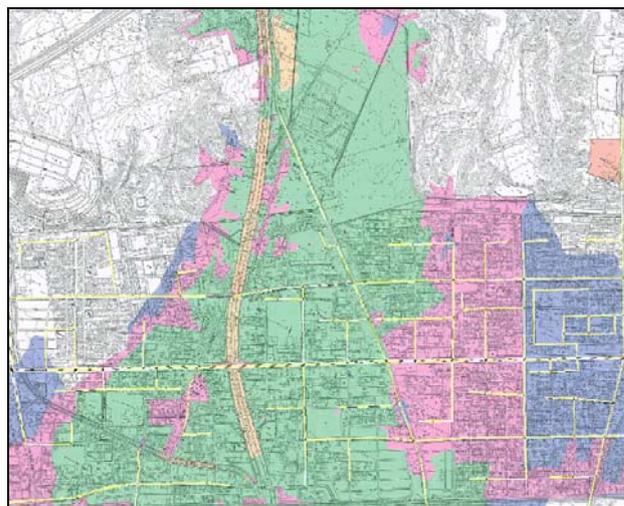


図-3 Watsim 作成例

3.2 シナリオ

樽前山の大规模噴火発生により、融雪型泥流発生の危険性が発生して、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-3 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

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-3 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

3.3 設定条件

Watsim を使用し、シミュレーション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、スピルバック参加確率、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⁶⁾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。表-4にその一覧を示す。

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図を示す。

表-4 シミュレーションデータの値

	苫小牧市	避難地域
人口	173216	34746
車両	72112	13430
世帯数	77584	14449
1世帯あたりの車両保有台数	0.9295	

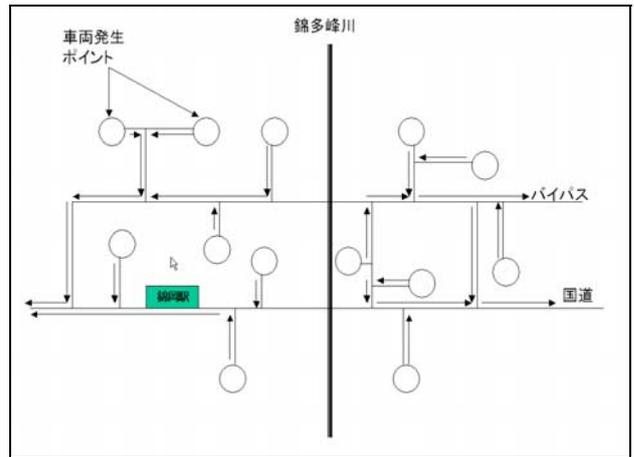


図-4 避難地域のネットワーク図

3.4 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。この地点でのシミュレーション結果を図-5に示す。

この点から避難車両がうまく国道に分配されていないことがわかる。これより避難車両の経路選択が避難完了時間に大きく影響を及ぼすことが考えられる。よって避難を迅速かつ計画的に完了するためには、避難時の交通制御が必要不可欠であることがこの結果から理解できる。現況再現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。上記の通り経路選択はより詳細な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によってより現実に近い現況再現シミュレーションを構築するのがよいだろう。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妥当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する。

次にこのシミュレーション結果から考えられる問題点は、バイパスから国道に出るポイントが一つしかない事と、この地点に信号機が設置されていない事、避難開始からしばらくの間国道の交通量がかなり多い事が重なり、このポイントがボトルネックとなっていることである。

この問題点の中でシミュレーション上で検討しなければならない点は、ネットワーク上にバイパスから国道に出るポイントが一つしかない事 (実際は 3 箇所) によって避難完了時間が過大に評価されている可能性を検討する事である。現況再現では国道とそれにつながる主要道路をネットワークとして構築したが、この結果からこのポイントは市道を含め、ネットワークに追加する必要があると考えられる。そこでこの部分の再検討が必要と考えられるので、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結果を表-5に示す。



図-5 シミュレーション結果

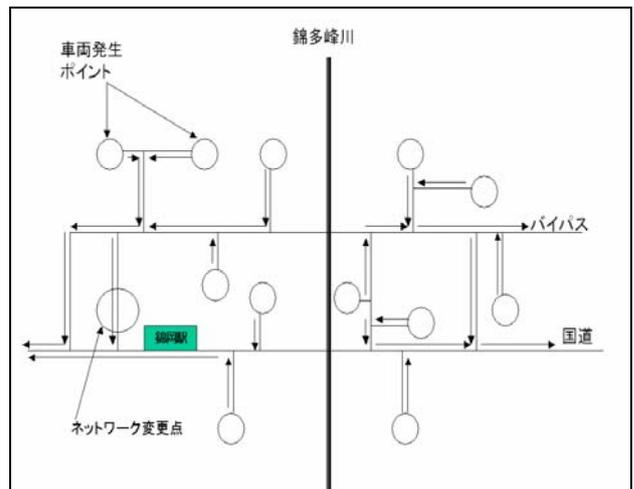


図-7 ネットワーク図 (変更後)

表-5 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 5 7 分	2 時間 10 分

ここで避難経路選択で表している比率は、以下の図-6 に示す地点から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。さらに図-7 に市道を加えたネットワーク図を示す。

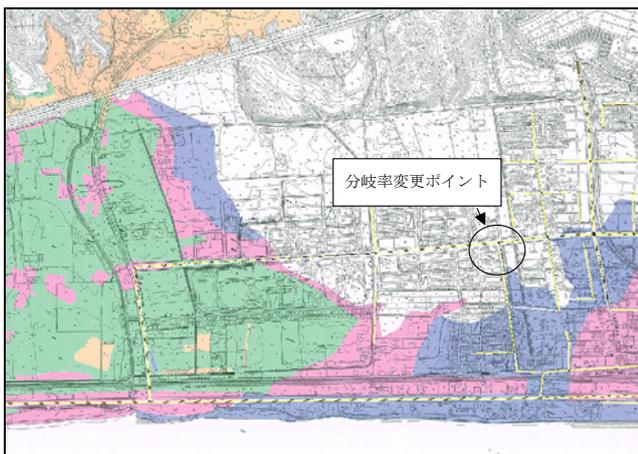


図-6 分岐率変更点

4. 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。今回ネットワーク、避難経路設定を改善したところ避難結果に大きな変化がみられたことから避難シミュレーションを作成するにあたってネットワーク構成、避難経路設定は重要な要因ということがわかった。よってこれらの設定は、詳細に行わなければならないということが考えられる。さらにこのようなマ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、検討が可能になったことがわかった。以上のことから噴火災害に対する避難計画について今後様々な検討が可能になると考えられる。例えば、被災地域の避難完了割合を変えシミュレーションすることによって事前の避難効果を検討する事や避難計画を比較検討する事が可能になる。これに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) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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
- 5) 平成11年度樽前山火山砂防基本計画書 (素案) 参考資料
- 6) 平成18年 苫小牧市統計