

交通シミュレータを活用した津波避難計画の検証

Utilization of traffic simulator for verification of tsunami evacuation plan

苫小牧工業高等専門学校 専攻科 ○学生会員 大脇 彰真 (Shoma Oowaki)
苫小牧工業高等専門学校 創造工学科 正会員 下タ村 光弘 (Mitsuhiro Shitamura)
アルファ計画株式会社 非会員 飯田 啓也 (Keiia Iida)

1. はじめに

東日本大震災を契機に、津波防災対策や津波避難の対応が見直されている。津波避難の方法としては、震災前は建物の倒壊、交通事故、渋滞や徒歩避難者への影響等を考慮して「原則自動車使用禁止」となっていたが、震災後のアンケート調査から自動車使用率が 57%だったことが判明し、「原則徒歩」に変更された。過去の北海道の震災時も、平成 5 年北海道南西沖地震が 45%、平成 15 年十勝沖地震が 74%であり、自動車使用率が高いといえる。¹⁾ このため移動方法として、徒歩だけではなく自動車による避難の検討が必要になっているのが現状である。

北海道白老町は、東西に細長く伸びており、南は太平洋、北は森林と自然に囲まれた町である。このため火山災害、土砂災害や地震・津波災害などの自然災害への対策が必要な町である。この一つとして、平成 24 年 6 月に公表された「北海道太平洋沿岸について最大クラスの津波を想定し津波浸水予測図」を参考に、平成 25 年 3 月の白老町防災マップ²⁾ や平成 25 年 8 月の白老町津波避難計画³⁾ などが作成された。

特に白老地区は、白老町全体の 7%ほどの面積だが、全体の約 45%の人口が集中している地区であり、L2 津波による想定浸水範囲は大きく、甚大な被害を受けると予想されている。また、避難方向に線路が存在し、避難経路が限定されており避難時間が長くなる見込みである。このため地域特性に合わせた避難方法を検討し、シミュレーションすることが不可欠である。

したがって、本研究では白老町防災マップや白老町津波避難計画に基づき、歩車混在時の津波避難シミュレーションを行い、現状での避難成功割合、避難完了時間や渋滞発生地点を把握することにより、今後の避難計画の策定や災害時に役立てることを目的として本研究を行う。

2. 研究手順

本研究では、交通シミュレータ AIMSUN を用い、対象地区である白老町白老地区の津波避難ネットワークを作成し研究を進めていく。ネットワークは国土地理が発行している地図基盤情報により道路構造や標高データをもとに作成した。このネットワーク上に信号情報や避難者情報などを組み込みことで検討ケースを再現させ、交通状況の評価を行った。交通状況の評価対象は主に、避難完了時間、避難成功割合、渋滞位置の 3 項目に重点をおいた。評価結果により、避難手段の変更や避難目標地点の変更を繰り返し行うことで、地区住民が避難成功でき



図-1 モデル化したネットワーク
表-1 使用データ一覧

入力項目	使用データ入手先
(1)基図	基盤地図情報（国土地理院）
(2)道路幅員	国道 36 号線・道道白老大滝線 H22 年度道路交通センサス 町道幅員 現地調査結果（H26 年 11 月） 歩道幅員 現地調査結果（H27 年 6 月）
(3)信号現示	現地調査結果（H26 年 11 月）
(4)避難車両台数	車両保有台数 室蘭陸運局、H25 年 3 月末 最大避難車両台数 車両保有率(0.985)×世帯数 最小避難車両台数 要援護者数（白老役場提供） 通過交通台数 H22 年度道路交通センサス
(5)世帯・避難者数	住民記録（H26 年 10 月）

る案を検討するというのが大まかな手順である。図-1 にモデル化したネットワークを示す。ネットワーク作成において、道路幅員や避難対象者の特定方法は様々な方法がある。そこで、本研究で使用したデータの入手先を表-1 に示す。

3. 想定シナリオ

(1) 想定津波について

想定している津波は、東北地方太平洋沖地震の活断層モデルや海溝型地震の特性により津波波源モデルは設定されており、断層は 140km、長さ 420km となっている。本研究では、白老町津波避難計画を参考に、白老地区の津波を沿岸最大水位 8.8m、津波到達時間 45 分の津波

と想定する．住民の避難開始までに要する時間を5分とし、避難可能時間は40分とする．想定する津波の発生時間帯は、住民が自宅に滞在している割合が最も高い夜間とする．

(2) 避難対象者について

白老地区津波避難地域計画⁵⁾によると避難対象者は予想浸水エリア内の住民のみになっているが、付近の住民も避難する可能性は十分にありえると考え、予想浸水エリア外の住民も対象とし白老地区全域の住民を対象とした．本研究では、研究を進めるにあたり、白老地区をJR北海道室蘭本線を境とし、鉄北地区と鉄南地区にわけて考えた．鉄北地区は、川沿、栄町、末広町、本町、緑丘、緑町、若草町、陣屋町とし、鉄南地区は東町、大町、高砂町、日の出町で構成されているとした．これらをさらに、町丁別に最大避難車両台数や最小避難車両台数などによって整理し、避難対象者を設定した．

平成26年9月の白老町住民記録によると総世帯数9,637世帯に対し、平成25年3月末の白老町総車両保有台数は9,496台だった．これより車両保有率は98.5% $(9,496/9,637 \times 100)$ となり、町丁別世帯数に乗ずることで、最大避難車両台数を算出した．最小避難車両台数は、白老町役場の調査結果により要援護の人数と住所の関係から特定した．通過交通は平成22年度の道路交通センサスより国道36号線115台/hr、道道15台/hrとなるように設定した．地震発生から5分間は通過交通のみが発生し、5分後からは通過交通と避難者が発生するようになっており、10分後からは通過交通の発生を止め避難者のみとした．

(3) 避難目標地点について

避難目標地点は白老地区津波避難地域計画により表-2のように設定した．ただし、自動車避難目標地点のふるさと体験館「森野」は標高149m地点にあり、ほかの避難目標地点とは十分に距離が離れすぎているので、避難完了時間に大きく影響を与えると考えた．したがって本研究では、道道・町道標高10m地点を通過した時点で避難成功とした．徒歩避難目標地点の町道標高10m地点は、避難計画で川沿5番通り・栄町5番通り以北となっているものを標高10m以上の場所に変更し、自動車の避難目標地点と同様の地点とした．本研究では、予想浸水エリア外への避難ではなく、標高10m地点まで到達できたものを避難成功とする．

表-2 避難目標地点

自動車 避難目標地点	ふるさと体験館「森野」 (町道 or 道道標高10m地点経由)
徒歩 避難目標地点	アイヌ民族博物館裏高台 北海道栄高等学校付近 緑丘小学校付近(現白老小学校) 町道標高10m地点

(4) 避難方法について

避難方法の検討にあたり、避難目標地点への一斉避難かつ最短経路での避難を想定する．本研究では、Wardropの第一原則に従った需要固定型利用者均衡配分モデル(UE)を用いた．第一原則は、等時間原則ともいわれ、「利用される経路の旅行時間は皆等しく、利用されない経路の旅行時間よりも小さいか、せいぜい等しい」と定義されている⁴⁾．これにより、それぞれの避難者は自分にとって最も短い所要時間の経路のみ選択することになっている．

(5) 検討ケース

検討ケースは、東日本大震災の避難結果を踏まえたものや地域の特性に合わせたもので4つに分類した．

ケース①：自動車避難率100%

ケース②：徒歩避難率100%

ケース③：自動車避難率57%・徒歩避難率43%

ケース④：線路より南北で避難手段を変更し、

鉄北：徒歩避難率100%

鉄南：自動車避難率57%・徒歩避難率43%

自動車避難率57%とは、東日本大震災の自動車避難率を使用したものである．ケース②やケース④の徒歩避難率100%には、歩行困難者と援護者が使用する最小避難車両台数を含むこととした．各ケースによる自動車台数と徒歩避難人数を表-3に示す．

表-3 ケース番号と避難対象者数

ケース番号	自動車台数	徒歩避難人数
ケース①	4,095台	0人
ケース②	218台	7,650人
ケース③	2,331台	3,291人
ケース④	鉄北115台 鉄南1,038台	鉄北4,388人 鉄南1,401人

4. シミュレーション結果

(1) ケース①

地域住民が自動車による避難のみを想定したケースでは、津波到達時間までに道道・町道標高10m地点を通過した台数は道道1,116台、町道535台となった．道道経由の避難者は1時間20分後に標高10m地点を通過でき、町道経由は3時間45分かかる結果となった．避難成功割合は道道71.6%、町道21.1%、全体40.3%という結果になり、町道経由の避難者の多くが逃げ遅れる結果となっている．このことより、地域住民が自動車に頼り避難したときは犠牲者が出てしまうということがわかる．

道道を経由しての避難者は一定の流れで避難しているが、町道を経由しての避難は25分あたりから、避難の流れに変化がみられる．これは道道と町道との合流地点から町道側に滞留が出来てしまうのが原因である．

(2) ケース②

地域住民が徒歩による避難を想定したケースでは、歩行者困難者と援護者のための自動車として、道道経由89台、町道経由129台が避難することになっており、

大半が徒歩による避難とした。シミュレーション結果は歩行者困難者用の自動車は道道経由が 15 分後、町道経由の避難者は 30 分後に通過が終わっており、津波到達時間の 45 分までに避難できることがわかった。

徒歩避難者の避難完了時間はアイヌ民族博物館裏高台が 1 時間 15 分、北海道栄高等学校が 1 時間 40 分、町道標高 10m 地点が 2 時間、緑丘小学校が 1 時間 10 分となった。徒歩避難者の多くが避難成功しない結果となっており、特に町道に避難する人の遅れが目立つ結果になっていた。津波到達時間までの避難成功割合でみても町道標高 10m 地点が 38.7%と低い数値となっていた。全体でみても避難者のおよそ半数ぐらいいし避難目標地点までに到達できていなかった。

(3) ケース③

地域住民が自動車と徒歩による避難を想定したケースでは、東日本大震災時のアンケート調査結果の自動車避難率 57%を利用し、歩車混在時の避難状況を再現した。自動車として、道道経由 887 台、町道経由 1,444 台が避難することになっており、のこりは徒歩による避難とした。道道経由の避難自動車が 50 分後、町道経由の避難者は 2 時間 5 分後に通過が終わっており、津波到達時間の 45 分までに避難できないことがわかった。

徒歩避難者の避難完了時間はアイヌ民族博物館裏高台が 45 分、北海道栄高等学校が 1 時間、町道標高 10m 地点が 1 時間 10 分、緑丘小学校が 35 分となった。避難成功割合でみるとおよそ 80%となっており、徒歩避難者の多くが避難成功する結果となった。しかし、本ケースでも特に町道に避難する人の遅れが目立つ結果になっていた。

(4) ケース④

地域住民が自動車と徒歩による避難を想定したケース③では、全体的に自動車避難の割合が高く、町道に大きな滞留がみられ避難時間が長くなることがわかった。ケース④では自動車避難台数を減らすために、避難目標地点に比較的近い JR 北海道室蘭本線より北側を徒歩避難とした。本ケースでも北側の歩行者困難者分の自動車は最低限発生させるとした。これより、道道経由 561 台、町道経由 592 台が避難することになっており、のこりは徒歩による避難とした。道道経由の避難自動車が 45 分後、町道経由の避難者は 1 時間 5 分後に通過が終わっており、津波到達時間の 45 分までに道道経由の自動車は避難でき、町道経由は避難できないことがわかった。

徒歩避難者の避難完了時間はアイヌ民族博物館裏高台が 45 分、北海道栄高等学校が 1 時間、町道標高 10m 地点が 1 時間 45 分、緑丘小学校が 45 分となった。避難成功割合でみるとおよそ 78.6%となっており、徒歩避難者の多くが避難成功する結果となった。しかし、本ケースでも特に町道に避難する人の遅れが目立つ結果になっていた。津波到達時間までの避難成功割合でみても町道標高 10m 地点が 43.6%と低い数値となっていた。徒歩避難成功割合だけみるとケース③より低い値だが、自動車による避難により、全体の避難成功人数は多くなってお

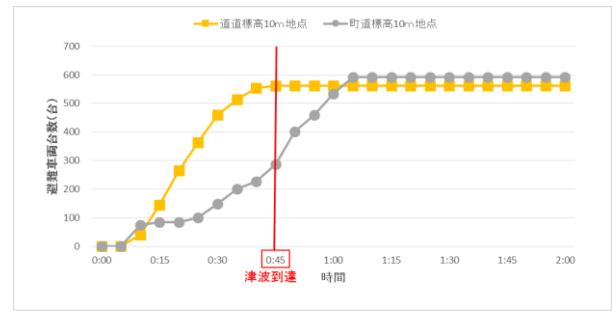


図-2 ケース④：自動車避難

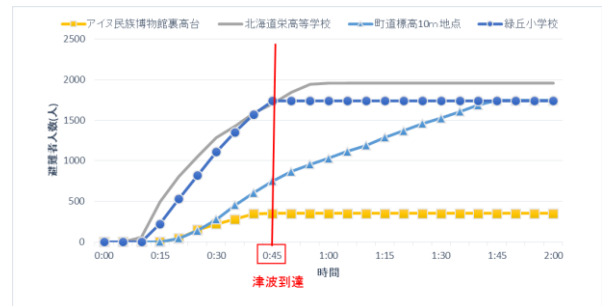


図-3 ケース④：徒歩避難者

表-4 避難計画でのシミュレーション結果

ケース 番号	避難完了時間		避難成功割合		
	自動車	徒歩	自動車	徒歩	全体
ケース①	225 分	-	40.3%	-	40.3%
ケース②	30 分	120 分	100%	53.6%	54.7%
ケース③	125 分	70 分	61.7%	80.4%	67.6%
ケース④	75 分	105 分	73.6%	78.6%	76.4%

り、避難開始位置により移動手段を変更するのは有効であるといえる。

(5) 対策案

津波予想浸水エリア外である避難目標地点には、津波到達時間までに避難できないと判断できた。そこで、対策として自動車避難目標地点にアイヌ民族博物館裏高台、徒歩避難目標地点に津波予想浸水エリア内に設置されている津波の指定緊急避難場所への避難の検討をおこなった。アイヌ民族博物館裏高台は奥にゴルフ場、道路が続いていること、ふるさと体験館「森野」とは反対の方向にあることによって町道の滞留が軽減できると予想し、自動車避難目標地点として現段階において最適な場所であると考えた。指定緊急避難場所は白老高齢者複合施設と有料老人ホーム悠悠の 2 カ所の使用を検討した。他にも緊急避難場所に指定されている建物もあるが、建物の位置や収容人数を考慮して避難目標には追加しなかった。

シミュレーション結果は、道道経由の避難自動車が 45 分後、町道経由は 40 分後、アイヌ民族博物館裏高台への避難は 50 分後に通過が終わり、アイヌ民族博物館裏高台のみ避難できない結果となった。避難成功割合でみると徒歩避難者の影響が少なくなり、全体的に避難できた車両が増加し 98%と高い数値になった。アイヌ民族博物館裏高台に避難する際の信号は、避難方向である南北方向の青時間が短いため避難時間の遅れにつながっ

表-5 指定緊急避難場所

施設名	避難場所	収容人数
町有住宅 サンコーポラス 2 棟	3 階以上の通路	252
北海道白老高等学校	3 階・屋上	1,001
日本航空専門学校 白老校青雲寮	3・4 階階段室 (4 カ所)	52
白老高齢者 複合施設	3 階以上の 共同生活室・廊下・ ラウンジ・ ルーフバルコニー	583
有料老人ホーム悠悠	3 階共有スペース・ 屋上	898

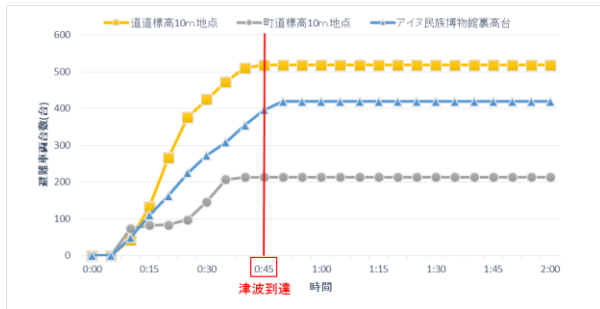


図-4 対策案：自動車避難

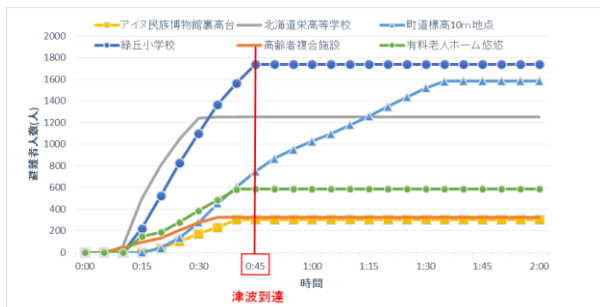


図-5 対策案：徒歩避難者

た。これは、最短経路探索の方法に一部避難経路を指定することにより取り除くことができるのではないかと考えられる。徒歩避難者の避難完了時間はアイヌ民族博物館裏高台が 40 分、北海道栄高等学校が 35 分、町道標高 10m 地点が 1 時間 40 分、緑丘小学校が 45 分、高齢者複合施設が 35 分、有料老人ホーム悠悠が 45 分となった。町道標高 10m 地点への避難者のみが遅れる結果となったが、町道標高 10m 地点へ徒歩避難者はほとんどが川沿地域住民であり、予想浸水エリア外の住民であり、津波の犠牲になるおそれは低いと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、津波避難計画をもとに自動車避難と徒歩避難の割合を変更することにより研究を進めていき、避難時間や渋滞位置などを明らかにした。現在の避難計画上では予想浸水エリア外への避難は不可能な現状になっており、自動車避難目標場所の追加と緊急避難場所への避難により対象地区の住民は安全な場所に避難できるこ

とがわかった。また、避難には自動車と徒歩の双方の避難が必要になっており、偏った避難では犠牲者を多く出すことが明らかになった。

今回のシミュレーションでは、多くの住民が避難できるよう鉄北地区と鉄南地区にわけて移動手段を変更したケースを検討したため、鉄北地区の自動車避難の抑制をしている。また、緊急避難場所は収容人数が決まっており、避難対象者を限定することで、住民が安全な場所まで避難できるよう再現した。このように住民が安全な場所に避難するためには、対象地区の住民がどこにどう行動すべきかを知っている必要がある。本研究は、これらの浸透を図るための資料の一つになったと考えられる。

本研究では、いくつかのケースにより白老地区の津波避難シミュレーションをおこなったが、このほかにも様々なケースが考えられ今後の課題とする。

(1) 避難方法の変更

一斉避難かつ最短経路での避難を基本とし、シミュレーションをおこなったことにより、避難行動の特性があまり影響されていないことが考えられる。実際の避難には避難開始時間にバラつきがあることや、必ずしも最短経路を使用している避難とは限らないので、これらを改善する必要がある。

(2) 災害時の道路状況

白老地区には避難方向に線路が存在し、鉄南地区の住民は踏切か道道を経由しなければ避難できないのが現状であり、避難経路が限られている。また、平常時は東西の移動が多く信号現示サイクルも東西方向の青時間が長く、南北方向は短くなっている。しかし、災害時には遮断器が降りており踏切を渡れない場合や、信号機能が停止しているなどが考えられる。これらによる避難状況の変化をシミュレーションし、対策案を検討する必要がある。

謝辞：本研究は、避難時の要援護者数の特定などにあたり、白老町総務課の皆様にご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表する次第です。

参考文献

- 1) 防災対策推進検討会議 津波避難対策検討ワーキンググループ 第 5 回会合 自動車でも安全かつ確実に避難できる方策 2011
- 2) 白老町役場 総務課 防災担当 白老町防災マップ 平成 25 年 3 月
- 3) 白老町役場 総務課 防災担当 白老町津波避難計画 平成 25 年 8 月
- 4) 交通ネットワークの均衡分析-最新の理論と解法- 社会法人 土木学会 pp.2-5 平成 17 年 7 月
- 5) 白老町役場 総務課 防災担当 白老地区津波避難地域計画 平成 25 年 8 月