

津波災害を想定した 自動車避難シミュレーションについて

本内 洋平¹・中田 諒²・下夕村 光弘³・飯田 啓也⁴

¹学生員 苫小牧工業高等専門学校 専攻科 (〒059-1275 苫小牧市字錦岡443番地)
E-mail: my11907@tomakomai-ct.jp

²学生員 神戸大学大学院 工学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)
E-mail: nakata@stu.kobe-u.ac.jp

³正会員 苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒059-1275 苫小牧市字錦岡443番地)
E-mail: shita@civil.tomakomai-ct.ac.jp

⁴非会員 アルファ計画株式会社 (〒059-1272 苫小牧市のぞみ町一丁目3-14)
E-mail: k.iida@alphaproject.co.jp

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による津波被害を受けて、沿岸自治体の防災計画を見直す機運が高まっている。内閣府が岩手・宮城・福島の前3県を対象に実施した避難行動調査によれば、当時の防災基本計画で原則禁止とされていた自動車による避難を、生存者の57%が行っていた事が判明し、後に計画は「各自治体の実情に応じて車の利用も認める」へと修正された。しかしながら、自動車使用者の3分の1が渋滞に巻き込まれた事実や、多くの遺体が車内から発見された事実を踏まえると、自動車避難の抱える多くの課題も指摘できる。本研究では、その有効性とリスク等の検討を目的に、太平洋沿岸地域を対象とした自動車による津波避難シミュレーションを行い、避難完了時間や条件別の変化を示した。

Key Words : disaster prevention, evacuation from tsunami, traffic simulation

1. 検討対象地域

表-1 検討対象地域の概要

(1) 苫小牧市の概況

北海道の南西部に位置する苫小牧市は、太平洋沿岸に広がる勇払平野に市街地の多くが形成されており、高台が少ないという地形的特徴を持つ。同市は津波防災対策として、平成8年度と平成18年度にM8クラスの地震発生時の津波浸水予測を発表しており、津波の最大遡上高は西部地区で1.4～4.0m、東部地区で2.0～2.3mと想定されていた¹⁾。平成23年3月に発生したM9.0の東北地方太平洋沖地震発生時には、苫小牧市を含めた太平洋沿岸一帯に初めて大津波警報が発令され、苫小牧西港の検潮所で2.5m、東港では2.1mの津波を観測した²⁾。幸いにも深刻な被害には至らなかったものの、北海道はこれを受け、近く新たな津波浸水予測を公開し、苫小牧市も地域防災計画を見直す予定である。

(2) シミュレーション範囲

検討対象地域は、苫小牧市東部に位置する勇払地区と沼ノ端地区とした。両地区の概要を表-1に示す。

	勇払地区	沼ノ端地区
人口	2,322人	26,559人
世帯数	1,079世帯	11,104世帯
指定避難所標高	1.6～1.7m	4.3～5.5m
海岸からの距離	0.1～1.3km	3.5～6.6km

※平成24年2月現在

この地域一帯の標高は市内でも特に低く、津波による被害を受けやすいと予想される。また、周辺に避難所となり得る構造物も少ない事から、当該地域の津波避難対策は、市の防災計画見直しにおける懸案となっている。

2. 想定シナリオ

(1) 津波浸水予測

本研究では、国土地理院が公開する基盤地図情報の数値標高モデルをベースに浸水予測範囲を決定し、想定する津波の最大遡上高を6m、地震発生から60分後を津波が到達する影響開始時間としてシミュレーションを行った。

(2) 時間帯

想定する地震の発生時間帯は、自家用車が自宅に駐車している割合が最も高いと予想される21時とし、発生から2時間にわたる状況をシミュレーションした。

(3) 避難車両台数

避難車両の発生台数は5,775台とした。これは市の1世帯当たりの乗用車保有台数³⁾に町丁毎の世帯数⁴⁾を乗じ、さらに震災後に内閣府中央防災会議が実施した避難行動調査結果⁵⁾から得た避難率と自動車避難率を乗じて算出したものである。なお、行政区分が字名の地区については、基盤地図情報と航空写真から世帯数を集計し、同様に係数を乗じて発生台数を算出した。

$$\text{発生台数} = N_p \times N_H \times \gamma_e \times \gamma_c \quad (1a)$$

ここに

$$\begin{aligned} N_p &: 1\text{世帯当たり乗用車保有台数} = 0.84 \text{ (台/世帯)} \\ N_H &: \text{世帯数} \\ \gamma_e &: \text{避難率} = 0.99 \\ \gamma_c &: \text{自動車避難率} = 0.57 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} N_p \\ N_H \\ \gamma_e \\ \gamma_c \end{aligned}} \right\} \text{避難行動調査に基づく}$$

(4) 避難開始のタイミング

地震発生から津波が到達するまでの間、避難を開始するタイミングには個人差があり、シミュレーションを行う上でそのタイミングを考慮する事は重要である。本研究では、避難車両台数の算定時と同様に、震災後に行われた避難行動調査の結果から、避難車両の時間的な発生分布を仮定し、これを「出発カーブ」としてシミュレーションに反映させた(図-1)。

(5) 避難先

出発した車両は、孤立せずに6m以上の標高が得られる地点へ避難する事とした。モデル化したネットワークおよび各避難先①～④を図-2に示す。なお、対象地域内には高規格幹線道路(日高自動車道)が存在するが、地震発生時には非常点検等により交通規制がしかれる可能性があるため、避難先に含まない事とした。

3. シミュレーションモデルの概要

(1) 適用するシミュレーションモデル

本研究では、シミュレーションモデルに離散型の汎用マイクロ交通シミュレータAIMSUNを用いた。

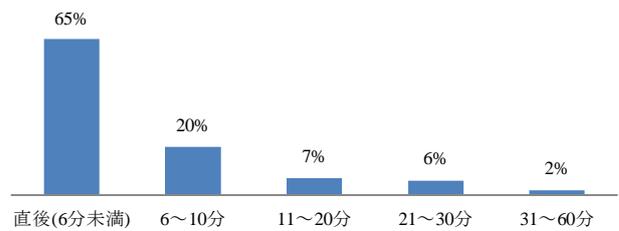


図-1 発生台数の時間的分布(出発カーブ)



図-2 シミュレーションのネットワーク

(2) 経路選択モデル

経路選択モデルには多項ロジットモデルを採用し、再計算サイクル(運転者自身が避難先を再考するタイミング)は5分とした。避難方法については、入力台数ができる限り早くリンクに流入するASAPモデルを採用した。また、津波到達による影響を考慮し、シミュレーション開始から60分後に対象地域内の全ての信号機を停止させる事とした。

(3) 現況再現性の検証

シミュレーションを開始する前に、現況再現性を確認する必要がある。まず、モデル化したネットワークに主要交差点の信号現示サイクルと、平成22年度道路交通センサスに記載されている対象路線内の交通量を入力した上でパラメータ調整を行い、対象路線を実走して計測した旅行時間と、シミュレーション上で計測した旅行時間との時間差を比較した。実走、シミュレーションの旅行時間は共に、計測8回の平均値を用いた。その結果、全対象路線で再現率87%以上が得られた。

以上の要件でシミュレーションを行った。

4. シミュレーション結果

(1) 出発カーブ適用時

出発カーブを適用し検証を行った結果、避難完了時間は80分となり、津波の影響開始時間までに全発生台数を標高6m以上の地点へ避難させる事は出来なかった(図-3)。その原因のひとつとして、避難先②に向けて南北(沿岸から高台)方向へ慢性的に発生した渋滞が指摘できる。

出発カーブに従って避難するならば、グラフは出発カーブに概ね近似するはずであるが、図-3を見ても分かる通り、避難先②のグラフは渋滞発生による影響で経過時間60分までやや直線的に推移している。しかしその渋滞は、60分後の全信号機停止を境に一気に解消され、それはグラフにも顕著に表れている。

(2) 一斉避難時

発生台数に出発カーブを適用しない場合、すなわち一斉に避難した場合の検証を行った。その結果、避難完了には90分を要し、出発カーブ適用時と同様にこちらも影響開始時間までに全台数を避難させる事は出来なかった(図-4)。

また避難先②に加え、避難先①へ向かう路線でも南北方向に慢性的な渋滞が発生し、結果的に避難先①への避難完了時間は出発カーブ適用時と比べて10分遅延した。出発カーブ適用時には、たとえ渋滞に巻き込まれ他の避難先へと柔軟に移動出来た車両も、一斉避難時にはそれを遥かに凌ぐ南北方向の大渋滞に巻き込まれ、さらに他の避難先へ向かうとしても、東西方向への身動きが取れなくなってしまった結果と考えられる。これが避難先①と②へ避難車両が集中した最たる原因であると考えられる。

また、出発カーブ適用時と一斉避難時の各避難先における避難完了時間、想定犠牲台数を表-2に示した。想定犠牲台数は、影響開始時間内に避難先へ到達出来なかった車両の台数であり、津波に巻き込まれる可能性がある。

(3) 発生台数別避難完了時間

次に、発生台数を増減させ、各避難先における避難完了時間の変化を観察した。台数別の避難完了時間を図-5および図-6に示す。この図から、発生台数がある程度少ない場合であれば、一斉避難は有効であると考えられるが、南北路線に慢性的な渋滞を引き起す程発生台数が多くなれば、出発カーブを適用した避難が有効的である事がうかがえる。

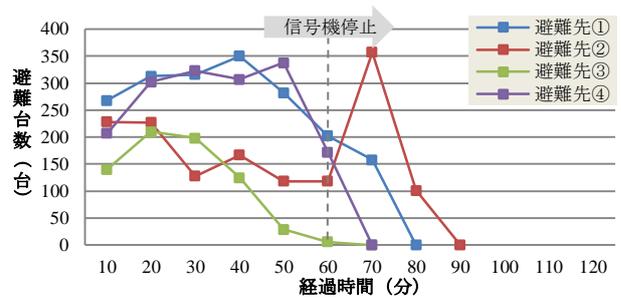


図-3 避難車両の推移 (出発カーブ適用時)

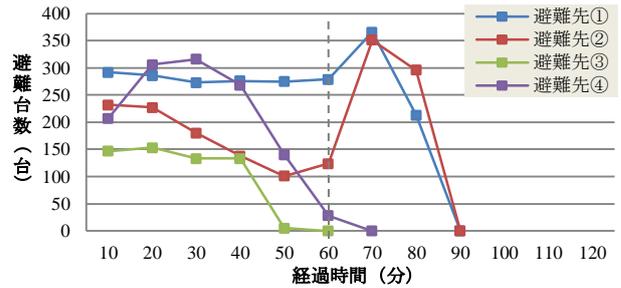


図-4 避難車両の推移 (一斉避難時)

表-2 各避難先における避難完了時間

	出発カーブ	一斉避難
避難先①	80分	90分
避難先②	90分	90分
避難先③	70分	60分
避難先④	70分	70分
想定犠牲台数	1,114台	1,657台

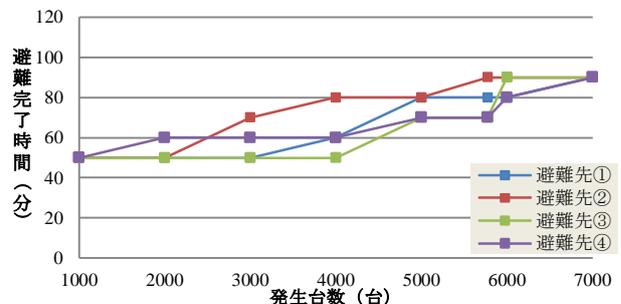


図-5 台数別避難完了時間 (出発カーブ適用時)

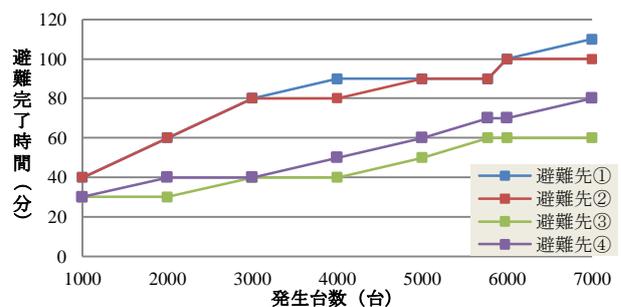


図-6 台数別避難完了時間 (一斉避難時)

5. その他の検証

(1) 信号制御の避難完了時間への影響

発生する地震の規模によっては、直後に対象地域内の信号機が停止する事態が考えられる。また、これまでのシミュレーション要件では、信号機が存在が南北路線に大きな渋滞を引き起し、避難完了時間を遅延させている原因と考えられた。そこで、出発カーブを適用した場合において信号機を地震直後から停止させた際、避難完了時間がどう変化するかを考察した。

その結果、渋滞は解消され、これまでの検証と比較すると避難完了時間、犠牲台数ともに大幅な減少がみられた。しかしながら、実際には運転者の危険回避心理による交差点内での車両のスピードの低下等から、避難完了時間はこれ程短縮するとは考え難い。これらの影響に関して検証・考察を行う上では、現実との乖離に注意が必要である。

6. まとめと今後の課題

(1) まとめ

本研究では、太平洋沿岸地域の苫小牧市を対象に、震災時の避難行動調査を反映させた津波避難シミュレーションを行い、避難完了時間や条件別の変化を示した。その他、避難車両がある程度少なければ一斉避難も有効である事や、信号制御が避難に大きな影響を及ぼす要素であるといった知見が得られた。

(2) 今後の課題

a) 市域全体シミュレーション

最新の津波浸水予測を反映させ、また市域全体を対象とする自動車避難シミュレーションを今後行う予定である。震災を受けて、防災計画における想定津波の大きさは「発生頻度は低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波」へと変更された。直ちに、最新の浸水予測図の反映したシミュレーションを行う事が重要である。

b) 既存道路の災害時における機能評価

苫小牧市をはじめとする北海道の太平洋沿岸自治体の多くは、主要な道路や鉄道が海に近い場所に位置しており、震災時も長時間にわたり交通規制がしかれた。災害によってこれらのネットワークが遮断された場合、たちまち自治体は陸の孤島と化し、支援物資等の円滑な運

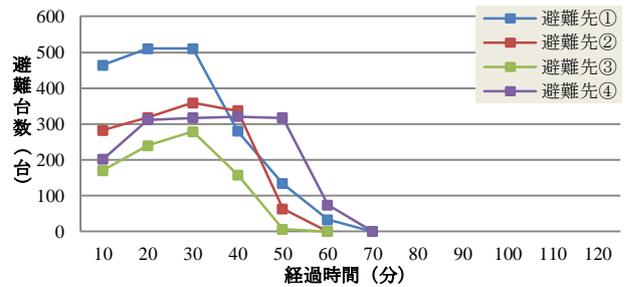


図-7 避難車両の推移 (信号制御無し)

搬に支障を来す事態が懸念される。とりわけ苫小牧市は国際拠点港湾のひとつであり、北海道全体の港湾貨物取扱量の4割以上を占める苫小牧港を有している。道路・鉄道の遮断は直ちに国内外の物流を滞らせかねない。防災計画の見直しと併せて、これら沿岸ネットワークの機能分担や配置の再検討が求められる。

震災時、苫小牧市では1,095世帯、2,071人に避難勧告が発令されたが、実際に避難したのは全体のわずか11.7%であった。指定避難場所は海から近く危ないとの自己判断により、標高35mにある高台の公園には自動車避難者が相次ぎ、麓まで長い渋滞が発生した。

また、震災後に国土交通省が実施した調査⁶⁾によれば、そもそも津波からの避難方法について「自動車避難禁止」であるという事が住民に認知されていたかは疑わしく、震災による津波が記憶として鮮明な間に、徹底した避難教育を沿岸住民に施す事が必要である。

本研究の「視覚的に誰にでも分かり易い」という交通シミュレーションの利点を活かし、苫小牧市の防災計画の一助として反映する事が出来れば幸いである。

参考文献

- 1) 苫小牧市市民生活部危機管理室：苫小牧市防災情報津波の予測、苫小牧市公式ホームページ。
- 2) 一般財団法人日本気象協会：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震津波の概要(速報)、2011。
- 3) 苫小牧市総合政策部政策推進課：平成22年版苫小牧市統計書、2010。
- 4) 苫小牧市総合政策部政策推進課：平成24年2月市内町丁目別人口リスト、2012。
- 5) 内閣府：平成23年東日本大震災における避難行動等に関する面接調査(住民)単純集計結果、中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会第7回会合参考資料1、2011。
- 6) 国土交通省東日本大震災の津波被災現況調査結果(第3次報告)：平成23年12月26日、国土交通省都市局街路交通施設課都市計画課、2011。

SIMULATION OF EVACUATION FROM TSUNAMI BY CAR

Yohei MOTOUCHI, Ryo NAKATA, Mitsuhiro SHITAMURA and Keiya IIDA

Now is the time to question what the evacuation from tsunami by car should be. In the Japanese disaster prevention plan, using car to evacuate is prohibited as a rule in the time of earthquake and tsunami disaster. But in the 2011 Tōhoku earthquake and tsunami which occurred on March 11, 57% of evacuees used car. Now that those who were saved by using car exist, we should discuss the efficiency and risk of evacuation from tsunami by car. In this study, the completion time of evacuation and change by conditions are shown quantitative if the people evacuate from tsunami by car by using traffic simulation. It seems this knowledge is utilizable for future disaster prevention planning.