

苫小牧市を対象とした自動車による津波避難シミュレーション

Study on tsunami evacuation simulation by the use of motor vehicles in Tomakomai

苫小牧工業高等専門学校	○学生員	土門寛幸 (Hiroyuki Domon)
苫小牧工業高等専門学校	学生員	本内洋平 (Yohei Motouchi)
苫小牧工業高等専門学校	正 員	下村光弘 (Mitsuhiro Shitamura)
アルファ計画株式会社	非会員	飯田啓也 (Keiya Iida)

1. 背景・目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した 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も 2.5m の津波を観測した¹⁾。地震による津波被害を受けて内閣府は、今後地域防災計画の中で想定すべき津波の大きさについて、「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」へ変更する事を決めた。

本研究では、北海道の南西部に位置する苫小牧市を対象地区として、自動車を利用した津波からの避難シミュレーションを行い、避難完了時間や諸値の変化を考察する事を目的としている。現在まで交通シミュレータを用いて災害からの避難シミュレーションを実施した先行研究は少なく²⁾、この研究の成果は、自治体の防災計画策定における有用な資料になると考えられる。

2. シミュレーション設定

2.1 対象エリア

本研究では、想定する津波の最大遡上高を 8m と仮定し、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基に、独自に浸水エリアを決定した(図-1)。本研究ではシミュレーション対象人口を、苫小牧市内の標高 8m 未満に位置する町丁に住む 153,117 人とした。



図-1 数値標高モデルを基に想定した浸水エリア

2.2 想定シナリオ

ネットワーク内の 64 地点の出発ノードより出発した避難車両は、孤立せずに 8m 以上の標高が得られる最寄りの 31 地点の避難先ノードへと避難する事とした。また、津波による影響開始時間を 60 分後と設定し、その時間にシミュレーション対象エリアの全信号機を停止させる事とした。

避難車両の発生台数は、町丁毎の世帯数³⁾に市の 1 世帯当たりの乗用車保有台数⁴⁾、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 35,005 台とした。

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

ここに

N_P : 1 世帯当たり乗用車保有台数 = 0.84(台/世帯)

N_H : 世帯数

γ_e : 避難率 = 0.99

γ_c : 自動車避難率 = 0.57

また、本研究では、震災後に行われた避難行動調査⁵⁾の結果から、避難車両の時間的な発生分布を「出発カーブ」として、シミュレーションに反映させた(図-2)。

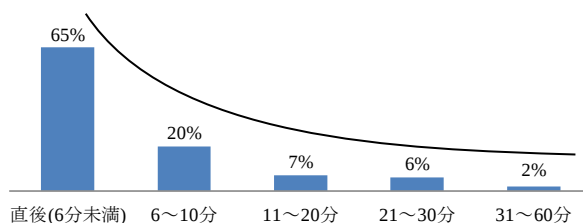


図-2 発生台数の時間的分布(出発カーブの概念)

2.3 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マイクロ交通シミュレータ AIMSUN6 を用いた。AIMSUN6 は自動車追従型のシミュレータで、個々の自動車の挙動を解析する事が出来る。経路選択モデルには多項ロジットモデルを採用し、自動車の避難路再計算サイクルは 5 分とした。また、避難方法には ASAP モデルを採用した。

現況再現性の確認の為、実走、シミュレーション上での旅行時間を比較した。8 回の平均値を用いて比較した結果、全対象路線で再現率 90%以上が得られた。

2.4 シミュレーションシナリオ

以下の 3 つのシナリオについて検証した。そしてそれぞれのシナリオについて「避難完了時間」と「想定犠牲台数」を求めた。本研究では、便宜上市域を西部・中部・東部の 3 つに分け、全ての自動車を、津波の影響開始時間である 60 分よりも早く避難させる事を目標とする。

- 1) 出発カーブに従い段階的に避難を開始した場合
- 2) 同時に全ての自動車が避難を開始した場合
- 3) 全ての信号機が地震と共に停止した場合

3. シミュレーション結果

3つのシナリオのシミュレーション結果を表-1に、10分毎の避難完了台数の割合を図-3に示す

表-1 シミュレーションの結果

シナリオ	西部地区	中部地区	東部地区	犠牲台数
出発カーブによる避難	60分	90分	100分	2,938
一斉出発による避難	50分	90分	90分	2,821
全信号機が停止	40分	60分	60分	0

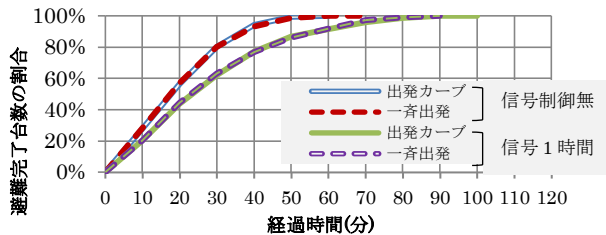


図-3 4つのシナリオにおける避難完了時間

3.1 出発カーブに従い段階的に避難を開始した場合

東日本大震災時の避難行動調査の結果から求めた出発カーブを適用した避難を行った場合、避難完了時間は100分となり、津波の影響が始まる60分までに全車両を避難させる事は出来なかった。

3.2 同時に全ての自動車が避難を開始した場合

一斉に全ての自動車が避難を開始した場合、避難完了時間は90分で、またしても60分以内に避難させる事は出来なかった。そして段階的に避難を開始しても、一斉に避難を開始しても、ほとんど差が無い事が分かった（図-3）。これは結局、自動車避難が、渋滞や信号制御などの因子によって左右されている為だと考えられる。

これを確かめる為に、地震発生30分後に、全ての避難先ノードから最も遠い位置にある勇払地区を出発した自動車10台を追跡した。その結果、その10台は渋滞に遭遇する事も無く10～13分で最寄りの避難先ノードへ避難した。他にもスムーズに避難出来ている避難先ノードはあるが、避難先ノードによっては自動車が集中し、効率的な避難が行えていない事が分かった。

3.1, 3.2の検証から、現状の道路網では、渋滞の発生により60分以内に全台数を避難させる事は不可能である事が分かった。次に、自動車避難率を変化させる事で、避難車両の台数を増減させてシミュレーションを行う事にした。その結果、もし自動車避難率を30%以下に下げる事が出来れば、全ての自動車が60分以内に避難出来る事が分かった（図-4）。

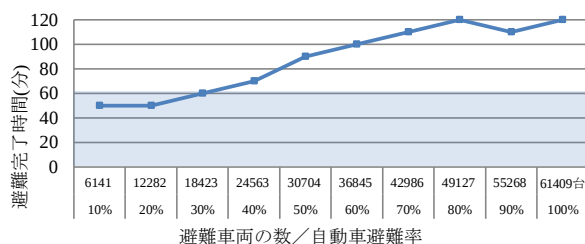


図-4 自動車避難率の変化による避難完了時間

3.3 全ての信号機が地震と共に停止した場合

発生する地震の規模によっては、直ちに市内の信号機が停止する事も十分考えられる。そこで全信号機が停止した場合のシミュレーションを行った。その結果、渋滞は解消し、避難完了時間も60分となり、想定犠牲台数も大幅に減少した。

しかし実際問題として信号機が停止すると、ドライバーの危険回避心理により交差点内で減速等が起こり、交通流が悪化する為、避難完了時間がこれ程縮まるとは考えにくい。シミュレータでこれらの事象を考慮する事は非常に難しく、今後シミュレータを使って研究を進める上で、十分検討すべきポイントである。

また、図-3によれば、全てのシナリオに共通して、避難開始30分後頃まではスムーズに自動車が避難をしているが、それ以降は傾きが鈍く、緩やかに避難が続いている。これは南北方向の渋滞によって自動車の動きが鈍った為だと考えられる。

4. 結論、課題と展望

今回行った津波避難シミュレーションでは、どのようなシナリオの下でも影響開始時間である地震発生後60分までに全台数を避難させる事は不可能である事が分かった。

ここで、注意すべきポイントがいくつかある。1つは、出発カーブについてである。出発カーブは、生存者のみを対象として取られたアンケートの結果から求めたものであるという事に注意が必要である。もちろん生存者は死亡者よりも早く避難行動をとっている。2つ目は、避難車両を受け入れる避難先の受容量の問題である。今回設定した31か所の避難先ノードに、本当に避難車両を受け入れる余裕があるのか、実地調査を行う必要がある。3つ目に、交差点内で起こるだろう事故についてどの様に考慮に入れるか、これも重要な問題である。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 例えば Migwei LIU, Takahiro Hirai, Yoshikata Kajita and Tomonori Sumi, “A Microscopic Simulation of Evacuation Model Considering Car-Following Behavior under Flood”, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.8,2010.
- 3) 苫小牧市総合政策部政策推進課：平成24年2月 市内町丁別人口リスト，2012.
- 4) 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.
- 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.