

# 津波襲来時における自動車避難と人的被害の関係に関する一考察

群馬大学 広域首都圏防災研究センター 片田敏孝

(株)IDA 社会技術研究所 桑沢敬行

(株)IDA 社会技術研究所 渡邊 寛

## 1 はじめに

津波災害時における自動車の利用は、道路閉塞や交通渋滞による避難時間の遅延、交通事故の発生、緊急車両の通行妨害など様々な危険性を有していることから、これまで津波災害時においては、徒歩による避難が原則とされて来た。しかし、東日本大震災の避難者を対象とした調査<sup>1)</sup>によると、半数以上が自動車により避難したと回答しており、原則と実態との乖離が生じている。さらに、その理由としては、「車で避難しないと間に合わない」、「家族で避難する」、「安全な場所まで遠い」などが挙げられており、自動車の利用により救われた可能性のある避難者の存在が把握できる。一方、自動車による避難時において、渋滞、道路被害や瓦礫による走行不能箇所、信号機の滅灯など、走行が困難となる状況に遭遇したという避難者も多く存在しており、自動車内で発見された犠牲者も少なくない。これらの実態は、津波避難時における自動車の利用が、被害を増大させてしまう側面と軽減することができる側面を併せ持つことをうかがわせるものである。したがって、適切な住民避難を検討する上では、自動車避難が人的被害の発生に与える影響を正しく把握し、適切な利用方法を検討していく必要がある。

本研究では、以上の問題意識から、津波の発生や避難対応が異なる「リアス式海岸部」と「平野部」を対象として、津波避難時の自動車利用と人的被害の関係性を明らかにすることを目的とした。具体的には、被災後調査からは自動車避難に起因した被害を把握することが困難であるため、津波災害時の避難状況を表現するシミュレーションモデルを構築し、自動車利用率を政策変数としたシナリオ分析を実施した。

## 2 シミュレーションモデル

本研究で構築したシミュレーションモデルは、筆者らがこれまでに開発してきた災害総合シナリオ・シミュレータを基本モデルとして用いている<sup>2)</sup>。本モデルは、災害情報の伝達状況を表現する情報伝達モデルと住民の避難状況を表現する避難行動モデル、そして、ハザードの状況を表現する津波浸水モデルで構成されている。本研究では、住民の避難手段として、徒歩による避難と自動車による避難を表現する。本モデルにおいて自動車の走行速度は、道路リンクへの進入時、走行リンクの交通量の変化時に、Greenshieldsの式<sup>3)</sup>を用いて更新することにより、交通量に応じた速度変化を表現している。

$$v = v_f \cdot (1 - k/k_j) \quad (1)$$

ここで、 $v$ ：自動車速度(km/h)、 $v_f$ ：自由走行速度(km/h)、 $k$ ：交通密度(台/km)、 $k_j$ ：飽和密度(台/km)である。なお、本モデルでは、簡略化のため、車線や信号機の表現は省略しており、交差点においては直進車を優先している。

### 3 シミュレーション分析

#### 3-1 対象地域

「リアス式海岸部」と「平野部」の地理的特性に合わせて、三重県尾鷲市とアメリカワシントン州のロングビーチ半島を分析の対象地域とした。尾鷲市は、総面積の9割が山地であり、分析対象とした市街地はリアス式海岸の湾奥に位置している。内閣府中央防災会議による東南海・南海連動型地震の想定では、地震発生から20分後に高さ6mの津波が襲来するとされており、平成24年8月に公表された南海トラフの巨大地震では、最大津波高17mと想定された<sup>4)</sup>。一方、ロングビーチ半島は、アメリカ西海岸に位置し、南北に約40km続く平坦な地形で形成され、アメリカ海洋大気庁(NOAA)の想定によるとマグニチュード9クラスの地震で35分後に津波高8mが想定されている。

#### 3-2 基本条件の設定

対象地域の住民や避難施設に関するデータを整備し、基本的な計算条件を設定した。(表-1、図-1、図-2参照)。

表-1 基本条件

分類	項目	設定内容	
		尾鷲市(市街地)	ロングビーチ半島
住民	人口、分布	18,520人(7,974世帯) 町丁目別に表現	9,097人(4,284世帯) 行政区毎に表現
	歩行速度	年齢・性別別 <sup>5)</sup>	同左
	自動車速度	40km/h	同左
避難施設	避難場所	26箇所、 収容可能人数無制限、 駐車容量各避難所一律30台	13箇所、 収容可能人数無制限、 駐車容量各避難所敷地面積に基づき設定
	高台	標高30m以上の高台	高台避難無し

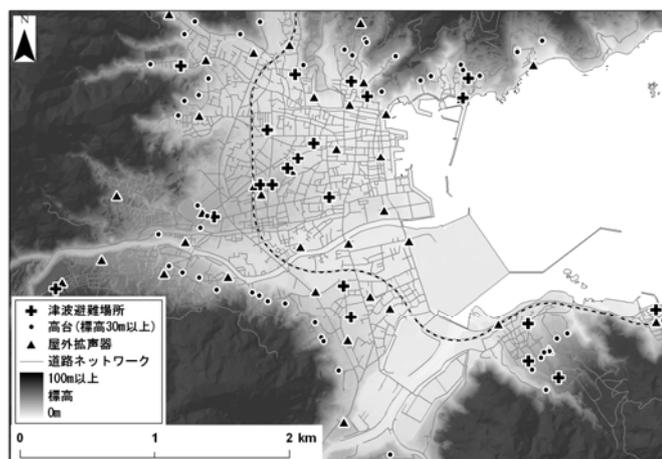


図-1 尾鷲市(市街地)

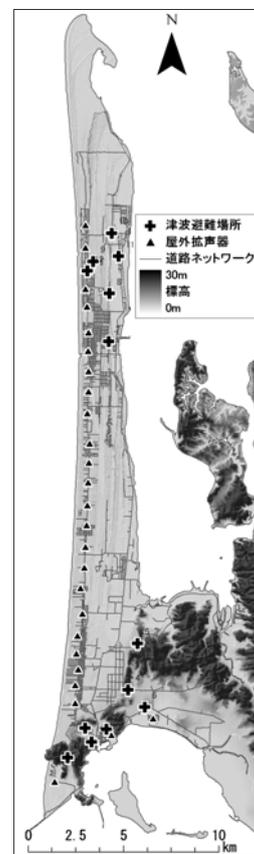


図-2 ロングビーチ半島

### (1) 津波想定

対象地域の想定津波を表-2に示す。シミュレーションでは、この想定に基づいた計算出力結果（10秒間隔）を利用した。

表-2 津波想定

対象地域	津波想定
尾鷲市	内閣府中央防災会議想定(2003)、東海・東南海連動型地震 防潮堤が機能しない
ロングビーチ半島	アメリカ海洋大気庁(NOAA)想定、Cascadia Subduction Zone Mw9.1 Earthquake

### (2) 避難行動のシナリオ設定

尾鷲市を対象とした既往研究<sup>6)</sup>において地震から5分後に全員が徒歩で避難した場合、つまり迅速に自主的な避難が行われた場合、人的被害をゼロにまで低減できる

表-3 共通シナリオ設定

シナリオ項目	設定条件
避難のきっかけ	地震の揺れ(情報に依存しない)
避難のタイミング	地震のゆれから5分後
自動車利用率	0%~100%(5%間隔)

事が報告されている。この結果を踏まえて、本研究では、犠牲者がゼロとなるこの条件を基本として、自動車の利用率を変化させたシミュレーションを実施することで、自動車避難者の増加による人的被害規模への影響を把握することとした（表-3参照）。ここで、自動車避難による人的被害の発生形態は、交通渋滞による避難の遅延、自動車同士の交通事故、歩行避難者との事故などが挙げられるが、本研究では、自動車の利用規模に基づく交通渋滞のみに限定した分析を行うこととし、交通事故の発生、徒歩避難者と自動車の相互作用は考慮しないものとした。

## 3-3 自動車利用率と人的被害の関係

### (1) 尾鷲市のケース

自動車の利用率と犠牲者数の関係をまとめた図-3から尾鷲市の結果をみると、自動車の利用率が0%から15%までの間は犠牲者がゼロのままとなっている。しかし、利用率が20%を超えてからは犠牲者が増加しており、全員が自動車を利用したケースでは、最多となる1,622人の犠牲者が発生した。尾鷲市の場合、自動車を利用しない場合の犠牲者数はゼロであることから、ここで発生した犠牲者は、自動車の利用に因るものといえる。具体的には、交通の集中による渋滞や避難施設の駐車容量不足から避難が遅延することで、津波に巻き込まれる避難者が増加している。

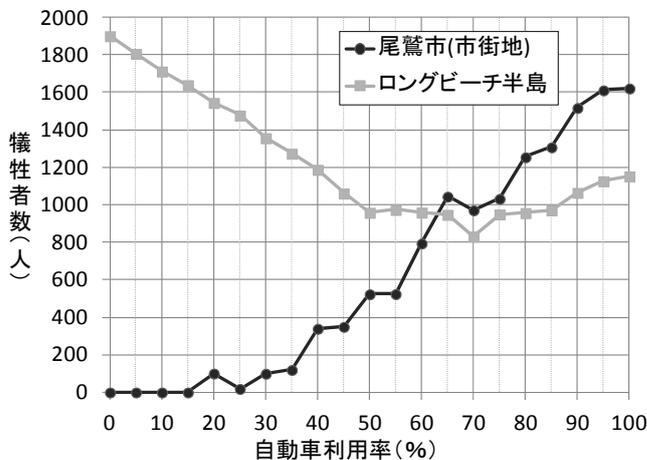


図-3 自動車利用率と犠牲者数の関係

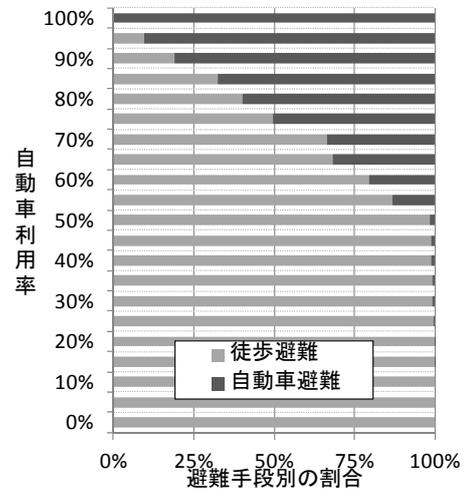


図-4 犠牲者数の避難手段別割合 (ロングビーチ半島)

## (2) ロングビーチ半島のケース

図-3からロングビーチ半島の結果をみると、尾鷲市のケースとは対照的に自動車利用率を0%とした場合の犠牲者数が最多(1,901人)であり、利用率が高まるにつれ被害が減少する傾向が把握できる。しかし、被害の減少がみられるのは利用率が70%の時までであり、それ以上は、犠牲者数が増加する傾向に転じている。犠牲者数の内訳を避難手段別にみると(図-4参照)、自動車利用率0~50%の間は、ほとんどが徒歩避難による避難者で占められているが、50%以降は自動車避難者の占める割合が増加している。この要因は、渋滞の発生に因るものである。犠牲者数が最少となったのは、自動車利用率が70%のケースであるが、大規模な渋滞が同時に発生している点に注意が必要である。

## 4 おわりに

本研究では、津波襲来時の避難シミュレーションを構築することで、自動車を利用した避難者と人的被害の規模の関連を把握した。その結果、「リアス式海岸部」では、自動車の利用が被害の増大に直結し易く、徒歩による避難が強く求められる地域であることが把握された。ただし、自動車の利用には若干の余地があり、正しく限界量を把握したうえで災害時要援護者の支援など限られた用途における自動車の活用も可能である結果を得た。一方、「平野部」等の長距離の避難が求められる地域においては、被害の低減に向けて自動車の積極的な活用が求められる結果となった。ただし、このような地域においても過剰な自動車の利用が被害の増大をもたらす傾向が把握されたことから、渋滞対策に加えて、避難施設整備等のその他の対応策を組み合わせた対策が求められるといえる。本研究で構築したシミュレーションモデルは、信号や車線といった交通モデルの細部や歩行避難者との相互作用を表現していないなどの問題も有している。したがって、犠牲者の規模を定量的に論ずることは妥当ではないが、自動車避難者と被害規模との相関を定性的に論ずることに大きな支障はないと考えている。

内閣府中央防災会議の津波避難対策検討ワーキンググループにおいても、原則徒歩避難としつつも、地域の実情に応じて自動車避難を容認する本研究の考察と同様な方向性を示す報告<sup>7)</sup>が出された。今後は、シミュレーションモデルの精緻化を進め、地域に応じた自動車避難の限界量の把握や渋滞対策の検討など、効果的な避難対応を検討するツールとしていくことが課題である。

### 参考文献

- 1) 内閣府、気象庁、総務省消防庁：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)，2011。
- 2) 桑沢敬行，片田敏孝，及川康，児玉真：洪水を対象とした災害総合シナリオ・シミュレータの開発とその防災教育への適用，土木学会論文集D，Vol.64，No.3，pp.354-366，2008。
- 3) Greenshields, B.:A study of traffic capacity, Proc.of Highway Research Board, Vol.14, pp.448-494, 1934.
- 4) 内閣府・中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」第14回資料，2005。
- 5) 日本建築学会：建築設計資料集成 [人間]，2003。
- 6) 尾鷲市動く津波ハザードマップ，<http://dsel.ce.gunma-u.ac.jp/simulator/owase/>，2006。
- 7) 内閣府・中央防災会議 津波避難対策検討ワーキンググループ：報告，2012。