

自動車と歩行の混在が津波避難に与える影響と交通手段制御施策効果の分析

佐藤 祥路・鈴木 勉

Simulating Evacuation from Tsunami Considering Mixing Effect of Vehicles and Pedestrians

Yoshimichi SATO and Tsutomu SUZUKI

Abstract: In this paper, we simulate evacuation traffic from tsunami disaster considering the mixing effect of vehicles and pedestrian, and analyze the damage reduction effect by means of traffic routing and zonal control. Since the use of automobile requires more space than pedestrians, and also the speed is considerably affected by pedestrian evacuees, the evacuation with mixed modes results in longer evacuation time, especially in the densely inhabited areas. We show that the zonal regulation of transportation modes and the clear distinction of evacuation routes between pedestrian and automobile can contribute to damage reduction.

Keywords: 津波避難計画(evacuation from tsunami disaster), 避難シミュレーション(evacuation simulation), 歩車混在(mixture of pedestrians and vehicles), 経路選択(route choice)

1. はじめに

2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生し、東北地方沿岸部を中心に甚大な被害を受けた。津波警報・注意報が発令された際、避難する車によって各地で渋滞が発生し、立ち往生した多くの車が津波に襲われ被害が拡大した。その原因として、過度の自動車依存と歩行・自動車の避難の混在が交通機能の麻痺を生み出し、避難に要する時間に悪影響を及ぼしていたことが指摘されている(国交省, 2013)。一方、歩行のみ依存した避難では限界があることも事実であり、津波避難においては多様な交通手段の相互影響と役割分担について総合的な議論が必要性である。

片田ら(2012)は自動車利用率を政策変数とした

避難シミュレーションを実施し、移動手段に着目した避難効率性評価を行っている。しかし、吉城・橋本(2012)によって実測されたように、単断路内の歩行者は自動車通行の障害となり自動車の速度は低下する。歩行者避難者は自動車避難に影響を及ぼす可能性がある。

そこで、本研究では、避難時の自動車と歩行者の混在に着目し、歩車相互の影響の分析と交通手段制御施策効果の分析を行うことを目的とする。避難行動ルールと仮想空間を設定し、交通ミクロシミュレータを用いて歩車の混在による移動効率への影響を把握するとともに、津波避難時の道路空間利用の制御方策(量的制御、動線制御)とその効果について分析する。

2. 避難シナリオとシミュレーションの設定

本論文では、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震クラスの津波が襲来することを想定する。東北地方太平洋沖地震による津波の最大波は

最早で地震発生 30 分後に到達していることが明らかになっている。そこで、住民（エージェント）は全て 10 分以内には避難を開始し、地震発生後約 30 分で津波が到達するものとしてシミュレーションを実施する。防潮堤などの防災施設が機能せず、設定道路空間に瞬時に浸水してしまうというワーストケースを考え、30 分後に高台に到達できていないエージェントを被災者と定義する。避難者は全員が最短経路で高台を目指すものとし、東日本大震災時の実態に基づき、避難時の移動手段は自動車と徒歩の 2 つに限定する。

シミュレーションは交通ミクロシミュレータ Vissim を用いて各ケース 10 回ずつを行い、その平均値を求める。空間設定については格子状道路網（図 1）を用いる。範囲は南北長さ 3km × 東西幅 0 ~ 3km、道路間隔は 200m とし、道路幅員は有効部 4m で歩車が分離されていないものとする。避難者は地震直後から 10 分間に亘って均等に 200m 四方のセルの中心から高台側の道路へ出るようにな发生し、最短経路で高台に向かうものとする。自動車が利用できる経路は限られており、避難所や避難場所における駐車スペースにも限りがあることから、避難経路については、徒歩避難者は希望速度 4km/h で移動し、どの経路でも利用が可能とする一方、自動車は 1 人につき 1 台ずつ乗車して希望速度 40km/h で移動し、設定した避難経路のみでしか避難を行うことができないものとする。また、歩車混在道路を想定しているので、道路上の通行位置については、道路内を单一の交通モードが通過しているときは任意の位置を通過でき、歩車が混在した時は、徒歩避難者は進行方向左側、自動車は右側を通行すると設定する（表 1）。歩車それぞれの挙動や占有面積などの設定はフルーリン（1974）、河上・松井（1987）を参考した。

避難者交通量については、総務省統計局や国土地理院が発表している情報の中から、東日本大震災時の岩手県、宮城県、福島県沿岸部での津波浸

水範囲と浸水範囲人口を参考に、人口密度として市町村単位での最大、平均、最小の値 2.8 人/ha, 13.8 人/ha, 31.2 人/ha の 3 種類（それぞれ低密度、中密度、高密度と呼ぶ）を設定する。

3. 移動手段と歩車混在が被災に及ぼす影響

3.1 単一移動手段時の避難可能幅

まず、対象領域内の場所によって、避難の自動車または徒歩のいずれかの移動手段を択一的に選択するとした場合について、被災率と全員が避難可能となる領域幅（避難可能幅）を調べる。

図 2 に示すように、徒歩避難のみの場合、被災者が発生せずに避難可能幅は低密度では 1,000m であるが、中密度・高密度では混雑による滞留が発生するため 800m となる。一方、自動車避難のみの場合、低密度では全域で自動車避難が可能である一方、中密度では避難可能幅は 400m まで減少し、高密度では領域がいくら小さくても全員避難は不可能となる。このように密度により避難手段の優位性が大きく異なる。低密度地域では広範囲での自動車避難が可能であり、自動車利用によって避難可能者を増やすのに対し、高密度地域

表 1 エージェントの流動位置

移動手段	流動位置	シミュレーション実行画面
徒歩のみ	任意	● ● ● ● ● ● ● ● ● ●
自動車のみ	任意	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
歩車混在	徒歩:左,自動車:右	● ● ● ● ■ ■ ■ ■ ■ ■

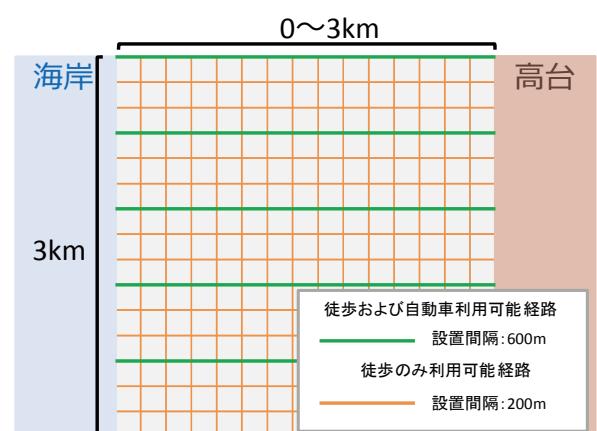


図 1 空間設定

では自動車ではすぐに混雑が発生するため、避難可能者を確保するには基本を徒步避難とし、自動車利用を制限する必要がある。

図3にそれぞれ徒步避難、自動車避難の平均速度を示す。いずれの手段でも密度上昇が平均速度低下をもたらすが、自動車では密度上昇や避難者数増加が大幅な速度低下に繋がることがわかる。

3.2 歩車混在による避難可能幅の変化

次に、中密度の場合について、歩車混在による避難遅延への影響を明らかにする。徒步避難のみで避難可能な領域（東西幅 800m）を基準とし、自動車が混入（25%, 50%, 75%）した場合の避難可能幅への影響を調べる。

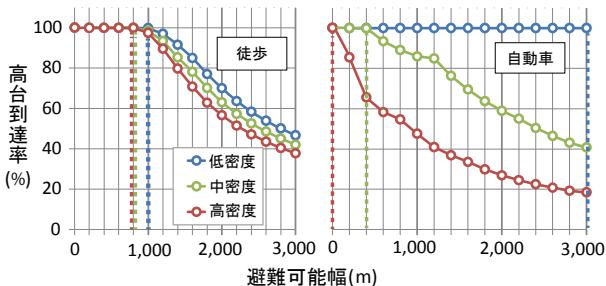


図2 密度別手段別高台到達率

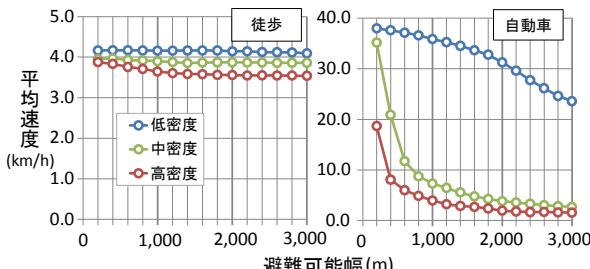


図3 密度別手段別避難平均速度

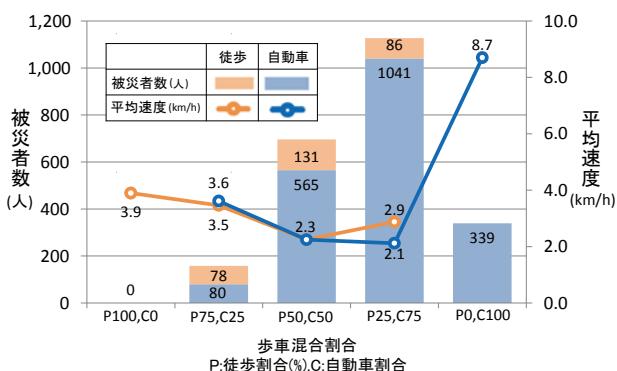


図4 歩車混在割合変化時の平均速度と被災者数

図4に示すように、自動車の混入に従い、歩行者の速度が低下するとともに、自動車の速度も自動車のみの場合に対して著しく低下し、自動車避難者の多くが被災するために、結果として全体の到達率が大きく減少することがわかる。徒步と自動車の平均速度がほぼ等しくなっていることから、自動車避難者にとって歩行者が避難の妨げとなっており、歩行速度に合わせて自動車が走行せざるを得ない状況が発生していることがわかる。

4. 交通手段制御施策の効果

4.1 交通手段指定エリア設定効果（量的制御）

歩車が混在することにより避難の効率が低下する現象が確認された。このことから、自動車が利用可能な領域を制限し、さらに自動車の避難経路を専用化することで歩車の効率的な棲み分けが実現すれば、被災者数を抑制し、避難可能領域を拡大させる可能性があると考えられる。

まず、高台近くの領域では自動車利用を禁じて徒步避難を原則とし、高台から距離がある地域においては全員に自動車避難を促すことを考える

（図5）。線引きによって自動車利用を量的に制御し、平均速度の低下を抑制する狙いである。領域幅 800m, 1,000m, 1,200m の3 ケースを設定し、高台から 200m, 400m, 600m, 800m の範囲を徒步に指定し、それ以遠を自動車に指定したケースの結果を図6に示す。

3章で検討したように、領域幅 800m の場合は、全員徒步避難とすることで被災をなくすことが可能であるが、1,000m や 1,200m の場合には、被災をなくすことはできない。そこで、高台寄りの 800m の範囲を徒步に指定しながら、残りの範囲で自動車避難を行わせることで、全体の被災を最小に抑制することが可能となることがわかる。

4.2 自動車利用禁止と自動車経路専用化（動線制御）を併用したときの効果

さらに、自動車避難経路を歩行者利用を禁じて自動車避難のみに専有化するとどうなるであろ

うか。

図7に自動車利用禁止エリア設定という線引きによる量的制御に加え、自動車経路専用化という動線制御を行った時の結果を示す。徒步避難者の利用可能な経路数は減少するが、自動車の移動効率は向上するとともに、速度低下の相互影響がなくなるため、全体としての避難効率は向上し、東西幅が1,200mのケースにおいても、被災者数をなくすことができるようになることがわかる。このように、制御を施すことによって、被災をなくす可能性を広げることが可能となることが確認できる。

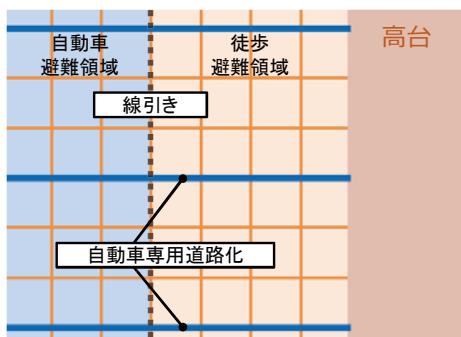


図5 交通手段抑制施策

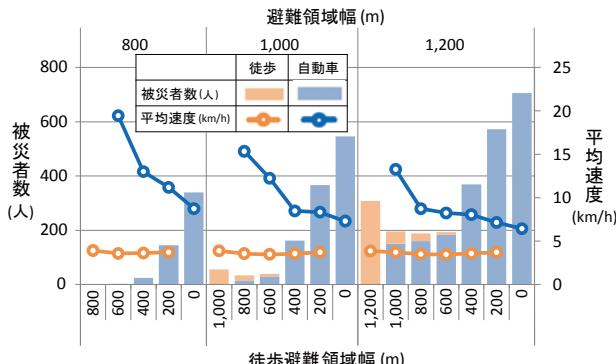


図6 交通手段指定エリア設定時の歩車被災数

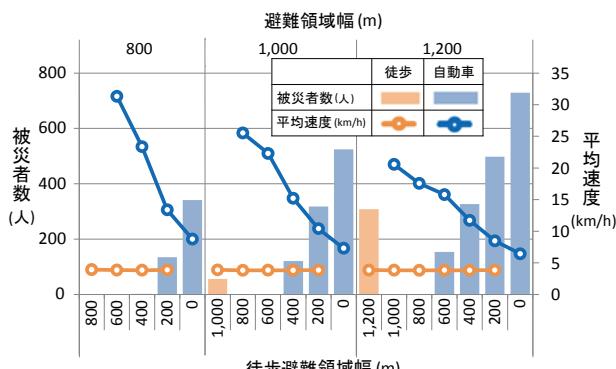


図7 交通手段指定エリア設定および自動車経路専用化併用時の歩車被災数

5.まとめ

本研究では歩車の混在が津波避難に及ぼす影響について分析した。その結果、歩車混在は津波避難時の自動車の移動効率性を低下させること、適切な歩車の棲み分けを行うことで被害抑制の可能性があることが明らかになった。歩車の相互影響を考慮しなければ被害が想定より甚大になる可能性がある一方、津波避難計画では一概に原則徒步避難とするのではなく、歩車の線引きや動線分離を行うことで避難可能領域を拡大できる可能性があると言える。

本研究の結果はあくまでもシミュレーションによるものであり、現実の再現性の検討や、制御の具体的方策の検討などは今後の課題である。

謝辞

本研究はJSPS 科研費24241053, 26560162 の助成を受けたものである。

参考文献

- 国土交通省(2013): 津波避難を想定した避難路、避難施設配置及び避難誘導について、第3版。
- 片田敏孝・桑沢敬行・渡邊寛(2012): 津波襲来時ににおける自動車避難と人的被害の関係に関する一考察、日本災害情報学会研究発表大会予稿集, 14, 152-155.
- 吉城秀治・橋本成仁(2012): 住区内の単断面道路における自動車走行速度に道路空間並びに歩行者交通特性が及ぼす影響、都市計画論文集, 47(3), 799-804.
- ジョン・J・フルーレイ(1974): 歩行者の空間、鹿島出版会。
- 河上省吾・松井寛(1987): 交通工学、森北出版。