災害時のコントラフロー適用による自動車避難の可能性について

國村　光[1]・田中　伸治[2]

[1]学生会員　横浜国立大学大学院　都市イノベーション学府（〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5）
E-mail:kunimura-hikaru-zc@ynu.jp

[2]正会員　横浜国立大学大学院教授　都市イノベーション研究院（同上）
E-mail:stanaka@ynu,ac.jp

我が国では災害時には徒歩での避難が原則となっている。しかし、東日本大震災では半数以上の避難者が自動車を使用した。また、徒歩での避難が困難であることや避難施設の立地が悪い等から、自動車を活用した避難が検討されている。一方で自動車避難は渋滞発生の危険性がある。この課題を解決するためには一時的な交通容量の拡大が必要である。交通容量拡大の施策としてコントラフローがあり、ルイジアナ州ではハリケーン発生時に適用された。

そこで本研究では、避難者全体に占める自動車利用者の割合を変化させることで自動車避難可能割合を算出する。その上で、渋滞発生箇所にコントラフローを適用することで自動車避難可能割合の変化を分析し、自動車避難の可能性について明らかにするとともに、コントラフローの適用効果を示す。

Key Words: *car evacuation, simulation, evacuation behavior, tsunami, flood*

1. はじめに

これまでの防災に関する手引きでは、避難方法の原則は徒歩とされてきた。しかし、東日本大震災では半数以上の避難者が自動車で避難している[1)]。そのため、防災に関する手引きの一部が改正されてきている[1)]。特に、高齢者の多い地域や避難場所までの距離が遠い地域では徒歩での避難が困難であるため、自動車での避難を想定した取り組みが行われている。宮城県亘理町では、2013 年に自動車で一斉に内陸部の避難所へ向かう訓練を行うなど、自動車避難の議論が進んでいる。看舎ら[2)]は、洪水避難を想定し、自動車避難割合の変化による避難完了時間の推移から速やかに避難を完了するための自動車避難割合を明らかにした。また、轟ら[3)]は、令和元年度台風 19 号災害を踏まえて、現状での自動車避難に対する危険性を明らかにした。洪水を対象とした自動車避難だけでなく、津波発生時の自動車避難についても検討されている。佐藤ら[4)]は宮城県亘理町における自動車避難訓練から徒歩と自動車を組み合わせた津波避難計画の策定を行った。

自動車避難の議論が進む一方で災害時に渋滞を引き起こしてしまう危険性がある。東日本大震災時には、自動車で避難した人の 3 割以上が渋滞に遭遇した。このような課題を解決するためには、一時的な交通容量の拡大を図る必要がある。その施策の 1 つとして、双方向通行可能な道路を一方通行化するコントラフローが挙げられる。ルイジアナ州では、ハリケーンカトリーナ発生時にコントラフローを適用するなど、一部の国では災害時にも適用されている[5)]が、日本での普及は進んでいない。竹居ら[6)]は、津波避難モデルを開発し、コントラフロー化すべき区間の数や位置に対する影響を明らかにしたが、日本における災害時のコントラフロー適用に関する研究は乏しい。特に洪水発生時におけるコントラフロー適用に関する研究はない。

そこで本研究では避難者全体に占める自動車利用者の割合を変化させることで自動車避難可能割合を算出する。その上で、渋滞発生箇所にコントラフローを適用することで自動車避難可能割合の変化を分析し、自動車避難の可能性について明らかにするとともに、コントラフローの適用効果を示すことを目的とする。また、津波と洪水 2 つの災害においてコントラフローの効果を明らかにする。

2. 研究手法

(1) 対象地域

本研究では災害の危険性が高く、自動車避難の議論が必要な地域として、対象地域の選定基準を以下のように設定した。

- 津波及び洪水の浸水想定地域であること
- 高齢化率が高いこと
- 避難場所までの距離が遠いこと
- 過去の災害データがあること

上記の選定基準に該当する地域のうち、最も過去の災害データが豊富な宮城県亘理町を本研究における対象地域とした。

(2) 自動車避難シミュレーション

a) シミュレーションで用いるソフト

本研究では、大規模ネットワークを扱うためにドイツ航空宇宙センターで開発された交通流シミュレーションソフト SUMO[7]を用いる。SUMO は車両のルーティングが動的であり、車線変更など、車両の挙動も考慮されている点で優れている。また、GUI 上でのアニメーション表現によって交通課題の把握や対策効果の説明も期待されるツールである。

b) ネットワークデータの作成

作成したネットワークを図 1 に示す。SUMO で用いるネットワークデータは OpenStreetMap[8]よりダウンロードし、SUMO のネットワーク変換ツールを活用してネットワークデータへと変換した。

ネットワーク作成の際、農業用道路が双方向通行可能な道路として表現されていたが、避難の際に農業用道路が利用されることは考えにくいため、本研究では以下の基準でネットワークを修正した。

- Google Map の航空写真より、明らかに一台しか通れない幅員の農業用道路は削除する
- 車がすれ違いできるか判断できないような農業用道路は、Google Map のストリートビューで入れないか、道路が舗装されていない場合に削除する

c) 避難車両 OD 表の作成

避難する車両の避難開始地点と避難場所を定義したファイルを作成する。なお、本研究における避難場所は指定避難所ではなく、浸水想定区域外とする。つまり、浸水想定区域外にスクリーンラインを設け、スクリーンライン上の道路を避難場所として設定する。

d) シミュレーションの概略

本研究で行うシミュレーションのフローチャートを図 2 に示す。まず始めに、避難方法における自動車利用率を 100%として避難車両 OD 表を作成する。それをもとに SUMO を実行し、渋滞発生箇所を特定する。渋滞が発生している場合は避難場所側の道路からコントラフローを適用し、再び SUMO を実行する。渋滞が解消されるか、コントラフローを適用しても渋滞が解消されない場合、シミュレーションを終了する。自動車利用率を 10%ずつ減らしていき、各自動車利用率のもとで同様にシミュレーションを行う。

また、避難者が辿る経路は動的に変化し、ダイクストラ法を用いた最短経路探索によってルートファイルを生成する。

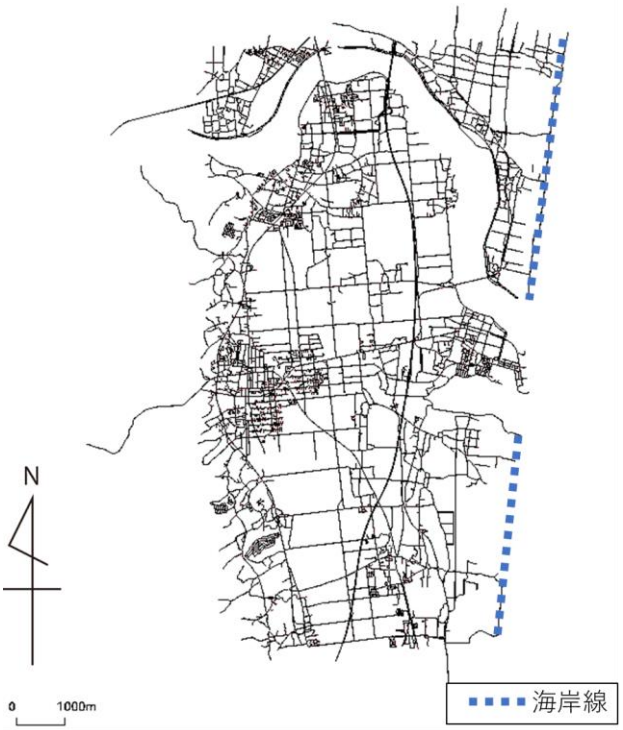


図-1 SUMO ネットワーク

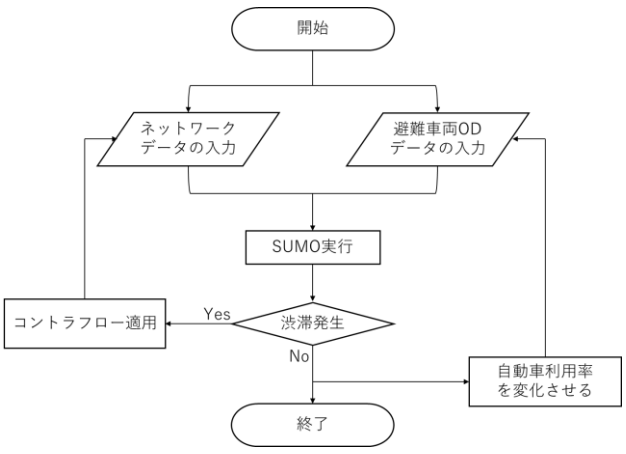


図-2 シミュレーションフローチャート

3. 現況再現

2013 年 6 月 9 日に宮城県亘理町で行われた防災訓練[9]時に収集されたデータをもとに現況再現を行い、本研究で行うシミュレーションの再現性を検証する。

(1) 避難車両 OD 表の作成

現況再現では、避難訓練のアンケート調査集計結果[9)10)]をもとに、表 1 のような避難車両 OD 表を作成した。避難開始地点は表 1 の行政区内の中心付近に位置する道路とした。避難完了地点は避難開始地点から最短で到達できる避難場所とした。

表-1 避難車両 OD 表

origin/destination		亘理小	亘理中	吉田小	逢隈小
逢隈地区	森房				4台
	鷲屋				7台
	蕨				24台
仮設住宅	舘南		2台		
	旧舘		3台		
吉田地区	一本松			19台	
	下大畑			1台	
	開墾場			34台	
	新丁	43台			
	大畑浜	21台			
	長瀞浜			29台	
	南長瀞			14台	
	浜吉田西			42台	
	浜吉田東			29台	
	浜吉田北			82台	
	北長瀞			67台	
	野地			35台	
荒浜地区	あぶくま				15台
	港町				19台
	島屋崎	18台			
	箱根田西				23台
	箱根田東				23台
	本郷				60台
	亘理町悠理	1台			
亘理地区	下茨田南	2台			
	舘南下	14台			
	五日町	18台			
	江下	1台			
	高屋	58台			
	柴町	43台			
	祝田		3台		
	新井町	8台			
	南城東	3台			
	南城南	2台			
	北新町	4台			
	浜吉田			4台	

(2) 避難完了時間の比較

図 3 は、東日本大震災時、H24.12.7 津波発生時、H25.6.9 防災訓練の 3 つの集計結果および、現況再現のシミュレーション結果を比較したものである。現況再現では避難にかかった時間が早くなっていることがわかる。

図 4 は、避難割合の時間推移である。全体的に現況再現の方が避難にかかる時間が早いことが分かる。

現況再現では、一斉避難を行っているが、避難訓練時には、避難開始時刻にばらつきがあるため、避難開始時刻のばらつきも考慮することで避難訓練時の避難完了時間に近づけることができると考える。

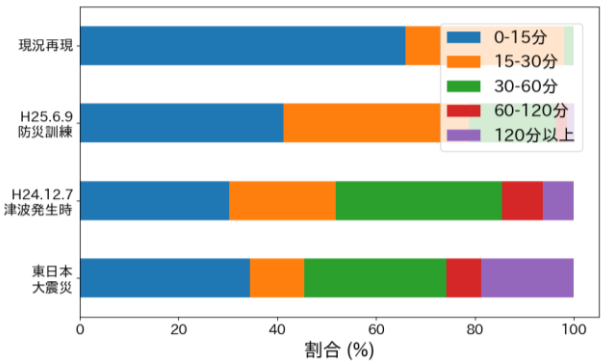


図-3 避難にかかった時間の割合

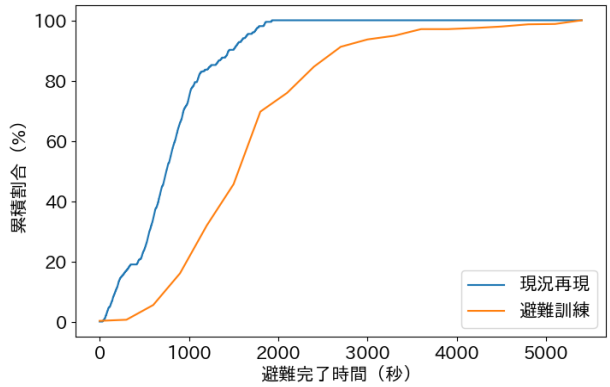


図-4 避難完了割合の時間推移

(3) 渋滞発生箇所の比較

図 5 は避難訓練時の渋滞発生箇所と、現況再現での渋滞発生箇所を表したものである。渋滞発生箇所が一致している地点を確認できた。しかし、避難訓練時の方が渋滞発生地点が多い。これはシミュレーションの制約上、通常走行車両を考慮せず、避難車両のみを走行させているからだと考える。また、避難訓練時と現況再現じでは、渋滞発生の定義が異なることも要因だと考えられる。

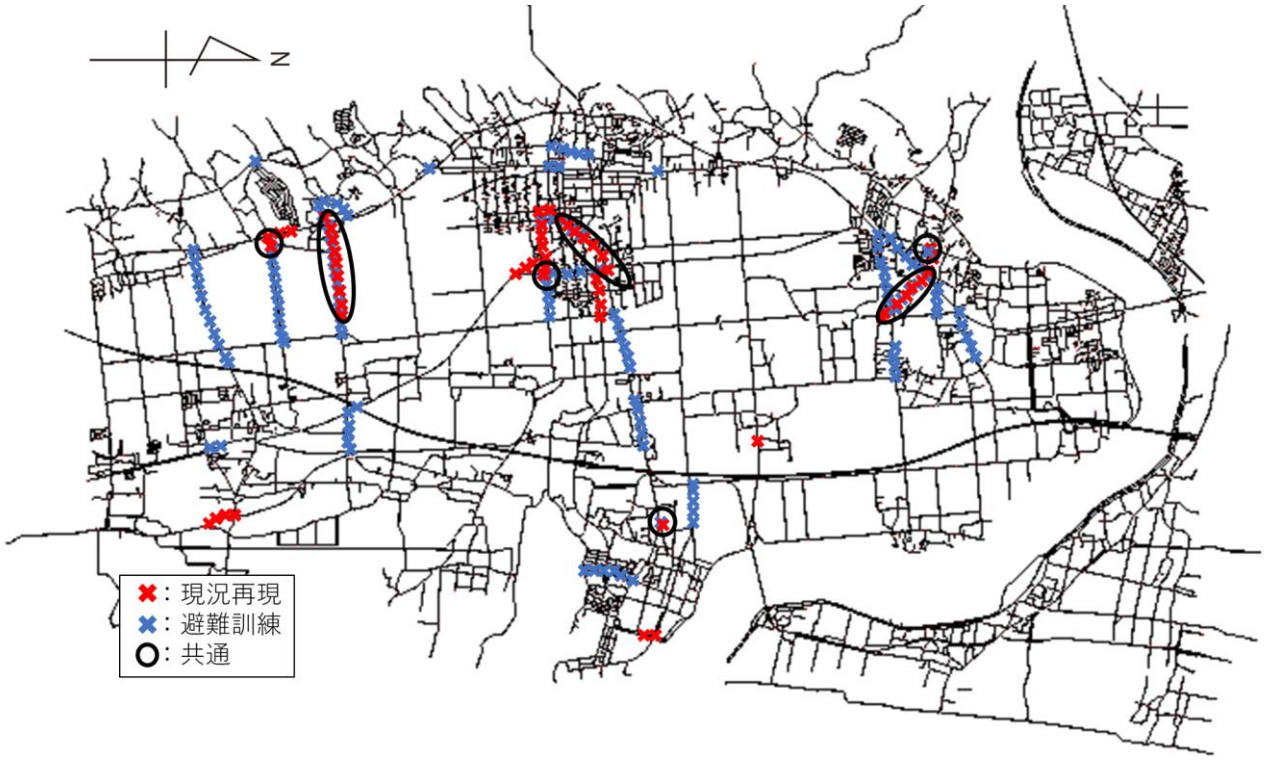


図-5　渋滞発生地点

4.　おわりに

本研究では、シミュレーションソフト SUMO を用いて、自動車避難シミュレーションを行う。さらには、渋滞発生箇所を特定し、コントラフローを適用することで、自動車避難の可能性ならびにコントラフローの災害時への適用効果を検証する。

検証を行う上で、シミュレーションの再現性を確かめる必要があるため、2013 年 6 月 9 日に宮城県亘理町で行われた防災訓練時のデータを用いた現況再現を行った。現時点では再現性を確かめることはできなかった。以下に考えられる要因を示す。

- 信号制御の正確性
- 通常走行車両が考慮されていない
- 避難開始時刻のばらつきが考慮されていない

シミュレーションの制約上、信号制御の正確性を高めることと、通常走行車両を考慮することは難しいため、今後避難開始時刻のばらつきを考慮して現況再現を行う。

シミュレーションの再現性を確かめることができれば、次は津波と洪水それぞれの災害において、自動車避難割合ごとにシミュレーションを行い、コントラフローの適用効果を検証していく。

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 回会合自動車で安全かつ確実に避難できる方策,
Working Group on Tsunami Evacuation Measures : Disaster Prevention Measures Promotion Study Council, https://www.bousai.go.jp/jishin/tsunami/hinan/5/

2) 看舎邦亮ほか：高齢社会における車両による避難誘導について，土木学会論文集 F6(安全問題), Vol. 68, No.2, I_24-I_29, 2012.
KuniakiKANSHA et al : Evacuation Conduct by Cars in Aging Society, Journal of JSCE, Series F6 (Safety Problems), Vol. 68, No.2, I_24-I_29, 2012.

3) 轟直希ほか：住民の避難行動意識並びに避難行動パターンを考慮した自動車避難シミュレーション-令和元年度台風 199 号災害を踏まえた小布施町の避難計画策定に向けて，公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集 Vol.57, No.3, 2022 年 10 月
Naoki TODOROKI et al : Car evacuation simulation considering evacuation behavior awareness and evacuation behavior patterns of residents -Toward the formulation of an evacuation plan for Obuse Town based on the disaster of Typhoon No.19 in the first year of Reiwa-, Journal of the City Planning Institute of Japan, Vol.57 No.3, October, 2022

4) 佐藤翔輔ほか：徒歩と自動車を組み合わせた津波避難経過の策定-宮城県亘理町における実践-, 土木学会論文集 B2（海岸工学）, Vol. 70, No. 2, 2014, I_1371-I_1375
Shosuke SATO et al : A Planning Process of Tsunami Evacuation Plan for Local Government with Combination od Walking and Cars -Implementation in Watari Town, Miyagi Prefecture-, Journal of JSCE, Series B2 (Coastal Engineering), Vol. 70, No. 2, 2014, I_1371-I_1375

5) 佐藤照子ほか：2005 年米国ハリケーン・カトリーナ災害の特徴, 防災科学技術研究所主要災害調査, No. 41, pp.1-22, 2006, 3
Teruko SATO et al：Characteristics of the 2005 Hurricane Katrina Disasters, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention Major Disaster Survey, No. 41, pp.1-22, 3, 2006
6) 竹居広樹ほか：津波避難におけるコントラフロー適用区間に関する研究, 交通工学論文集, 第 5 巻, 第 2 号（特集号 A）, pp.A_56-A_63, 2019, 2
Hiroki TAKEI et al：Configulation of Effective Contraflow Sections in Tsunami Evacuation, Journal of Traffic Engineering(Special Editon A) , pp.A_56-A_63, 2, 2019
7) Simulation of Urban Mobility, https://eclipse.dev/sumo/
8) OpenStreetMap, https://www.openstreetmap.org/#map=13/38.0509/140.9078
9) 東北大学災害科学国際研究所, 亘理町総務課安全推進班, 株式会社サーベイリサーチセンター, 亘理町総合防災訓練実施結果
TOHOKU University International Research Institute of Disaster Science, Watari Town General Affairs Division Safety Promotion Team, SURVEY RESEARCH CENTER CO.LTD：Results of Watari Town Comprehensive Disaster Drill

（2023. ??. ?? 受付）

The possibility of evacuating vehicles by applying contraflow during a disaster

Hikaru KUNIMURA, Shinji TANAKA