

自動車運転時の津波避難支援に関する基礎実験

千葉大学大学院工学研究科 学生会員 ○榊 想太郎
 千葉大学大学院工学研究科 正会員 丸山 喜久

1. はじめに

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震では、東北地方太平洋側から関東地方に至る広い地域が津波による甚大な被害を受け、沿岸部を走行中の自動車が津波に巻き込まれ、多くの人々が犠牲になった。また、ドライブレコーダーで自動車が津波に飲み込まれる際に記録された映像が、マスコミによって報道された¹⁾。

津波来襲時の自動車による避難は、渋滞や事故の恐れから原則禁止とされてきたが、中央防災会議の報告²⁾によると、東北地方太平洋沖地震の生存者の約57%が避難に自動車を利用している。避難以外に、観光等で沿岸部を走行中の場合や、高齢化や要援護者と避難する必要性から、今後自動車による避難が助長される可能性が考えられる。また、運転者に対する避難誘導や情報配信の定量的評価は行われておらず、運転者への避難支援は津波減災対策として検討に値する。

そこで、運転者の目線のシミュレーションによって津波来襲時の避難誘導や情報提供のあり方に関する検討を行う。本研究では、明応型地震による最大津波高さが12.9m³⁾と予測されている神奈川県鎌倉市を対象地域として、ドライビングシミュレータを用いた走行実験を行う。

2. 津波数値解析と走行実験コースの構築

津波数値解析の震源モデルとして、神奈川県の津波浸水予測図³⁾のものを仮定する。数値計算は、非線形長波理論に基づくStaggered leap-frog 差分法を用い、格子間隔1350mの外洋部から陸域に向けてメッシュサイズを1/3ずつ細分化して進める。解析結果の時刻歴潮位変動を境界条件の入力値として用いる(図1)。

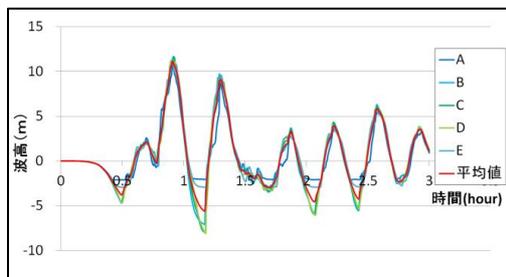


図1 境界条件の入力波形

湾口から陸域への津波遡上解析には、xpswmm⁴⁾を使用した。これは、河川や管路内の水理と地表面の氾濫現象を連動させた解析を行い、浸水域、浸水深、浸水時間、流速などの解析結果を3Dやアニメーションで表示することができるソフトウェアである⁴⁾。また、氾濫解析結果をUC-win/RoadのVR空間で表現することができる。図2に、津波浸水予測図⁵⁾と本研究の解析結果の最大浸水深分布を比較する。なお、本研究では堤防の影響は考慮していない。

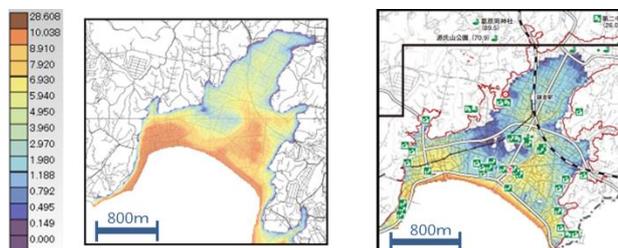


図2 最大浸水深分布の比較
 (左：本研究，右：津波浸水予測図⁵⁾)

実験コース作成に用いたソフトウェア UC-win/Road⁶⁾は、「合意形成を支援するための3次元VRシミュレーションソフトウェア」である。選択した地形上にGISの道路データを読み込み、平面線形や縦断線形を定義する。交差点や建造物、樹木、街灯等を適宜配置し景観を形成する。さらに、配置した信号機モデルに動作設定を行うことで、信号現示に従った交通を再現することができる。また、xpswmmによる氾濫解析結果を作成した3次元都市モデルへ入力し、地理座標設定を行うことで、空間内で津波遡上CGが生成される。これをもとに、走行実験用シナリオを構築する。運転体験中に自車が津波に冠水した地域へ侵入するか津波に飲み込まれると、津波が迫る様子や車両が冠水の様子を運転者の視点で再現できる(図3)。



図3 運転者目線からの津波による冠水の様子

Key Words: ドライビングシミュレータ, 津波避難, 交通制御

連絡先: 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33 千葉大学大学院工学研究科建築・都市科学専攻 TEL043-290-3555

表1 被験者ごとの予備実験結果のまとめ

被験者	運転歴(年)	運転頻度	避難可否	避難時間/冠水までの時間(分:秒)	最大車速(km/h)	平均車速(km/h)
1	2~5	ほとんどしない	○	9:50	34.4	10.2
2	2~5	ほとんどしない	×	3:20	41.5	21.2
3	5~10	月4~5回	×	17:00	31.7	9.4
4	1~2	ほとんどしない	×	7:05	46.4	19.6
5	1~2	月1回	○	4:55	51.5	15.6
6	~1	ほとんどしない	×	4:50	46.4	21.2
7	1~2	ほとんどしない	×	3:10	49.7	9.9
8	2~5	月4~5回	○	10:20	68.1	11.3
9	~1	ほとんどしない	×	17:48	44.3	5.7
10	~1	ほとんどしない	○	10:30	34.7	5.4

3.本格実験に向けた予備実験の実施

本研究で用いる簡易ドライビングシミュレータは、3面モニタとハンドル、アクセル、ブレーキからなるものである。走行シナリオの評価および津波情報の提供法について基礎資料を収集するべく、予備実験を行った。被験者には、「新しいシミュレータの動作確認のため」と称し、運転免許を所持する学生10人(男性1人、女性9人)を募り、実験を行った(表1)。実験前に、ドライビングシミュレータのハンドル、アクセル、ブレーキの操作感覚に慣らすため、同じコースで津波シナリオを再生させずに試走させた。また、走行コースの紙地図を被験者に配布し、コースや対象地の地勢を説明した。実験回数は、各被験者1回とした。実験中の被験者の反応特性を分析するため、車速、ヨー・ピッチ・ロール角、ハンドル操舵角、アクセル・ブレーキ操作量、走行位置等の走行ログデータを記録した。図4に、ログデータの走行位置をもとに作成した被験者ごとの走行軌跡、避難の可否、想定される避難経路及び津波浸水限界を示す。



図4 被験者ごとの走行軌跡と避難の可否

実験後のアンケートで、津波来襲に気付いた前後の心理状況や避難行動、避難に役立つと思う案内設備について調査を行った(図5)。避難行動としては、予め考えていた走行経路から離れ、山の見える方向や沿岸部から遠ざかるなどの行動をとった被験者が多かったものの、紙地図などから自主的に避難経路を選定しようとしている間に津波が迫り、津波から逃げる事ができなかった事例があった。また、実験前の試走と同じ経路を選択しても高台に達することができなかった

被験者も見られた。実験では、津波警報を受信した被験者は半数以上が高台を目指す意図をもったことが分かった。構築した津波遡上シナリオは本格実験に適用できると考えられる。一方、避難中の歩行者や周囲の自動車による渋滞の反映などを今後進める必要がある。

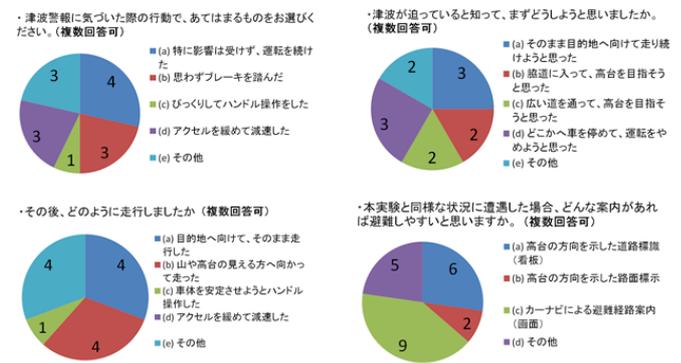


図5 アンケート調査の回答状況(数字は回答数)

4. まとめ

本研究では現況に基づく3次元都市モデルに数値解析で得られた津波氾濫解析結果CGを反映させ、津波体験ドライビングシミュレータを構築し、10人の被験者を募り予備実験を行った。今後は、予備実験結果をふまえて道路標識やレーンマーク等の施設対策、カーナビ等の情報提供を反映できる実験環境を本シミュレータ上に構築し本格実験を行う。その結果をもとに、カーナビへの標高データ等の付加、ハザードマップとの連携が避難行動にもたらす効果を定量的に評価する。

参考文献

- フジニュースネットワーク:「千葉県旭市 走行中の車を襲った津波【視聴者提供映像】」, <http://www.fnn-news.com/311/articles/201103110060.html>, 2013. (2014年3月31日閲覧)
- 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報告, 2011.
- 神奈川県:「津波浸水予測図」明応型地震, <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f360944/p393023.html>, 2012.
- xpssoftware: xpswmm, <http://www.xpssoftware.com/products/xpswmm/>, 2013.
- 鎌倉市:津波浸水予測図(暫定版), <http://www.city.kamakura.kanagawa.jp/sougoubousai/documents/tsunamib3.pdf>, 2012.
- FORUM8: UC-win/Road, <http://vr.forum8.co.jp/>