

## 津波避難初期過程におけるコミュニティのシミュレーションモデルの構築

京都大学大学院 学生会員 ○土肥 裕史      京都大学大学院 正会員      奥村 与志弘  
 京都大学大学院 正会員      小山 真紀      国土交通省 正会員      湯浅 亮  
 京都大学大学院 正会員      清野 純史

### 1. 目的

東日本大震災では、津波避難の難しさが改めて認識された。地震発生から津波襲来までに30分以上あり、津波警報などの情報提供があったにも関わらず、犠牲者の9割以上は津波に巻き込まれたことによる死亡である。

そこで、本研究では、地震発生から津波避難開始までのフェーズを対象とした「津波避難初期過程」に注目する。近年、このフェーズにおいて、専門家（行政など）だけでなく、非専門家（住民など）も避難開始に重要な役割を担っているとの注目がされつつある<sup>1)</sup>。同様な考え方にに基づき、迅速な避難開始を促す方策を検討するためのツールとして、コミュニティレベルに注目した避難初期過程におけるシミュレーションモデルを構築する。

### 2. シミュレーションモデルの構築

本シミュレーションモデルは、情報の受信と発信を要素間の相互作用の中で表現するニューラルネットワークを参考に構築した。また、個別要素法による避難行動シミュレーションに組み込んだ。主な特徴を以下に記す。

- (1) 周囲の住民など様々な外部情報により、住民の危機感が高まり、上限に達すると避難を開始する(図-1)。
- (2) 避難を開始した住民は新たな情報発信源として、他

の住民の危機感を高めながら移動する。

- (3) 危機感の上限に関する個人差は、個人毎に設定できる危機感の「閾値」として考慮する。
- (4) 外部情報が住民の危機感に及ぼす影響度の差を、情報発信源に固有の「重み」として設定する。
- (5) 情報発信源を、影響の仕方の違いによって4種類に分類した(表-1)。

また、期待されるモデルの機能毎に、避難初期過程におけるコミュニティに着目した7通りの避難シミュレーションを実施し、構築したモデルが設計通りに挙動するかを検証した(表-2)。この結果、表-2に示す本モデルの主要な機能はすべて、簡易な条件設定下で実施した避難シミュレーションによって設計通りに挙動した。

### 3. 適用性検証

構築したシミュレーションモデルを、既往の研究<sup>2)</sup>により東日本大震災における詳細が明らかになりつつある高齢者施設での避難に適用し、本モデルの実現象への適用性を検証した。また、本研究で可能となった再現計算の結果より、同コミュニティの避難初期過程を分析した。

この結果、対象施設での避難初期過程は、情報発信源毎の「重み」を表-3の通り設定することで概ね再現可能

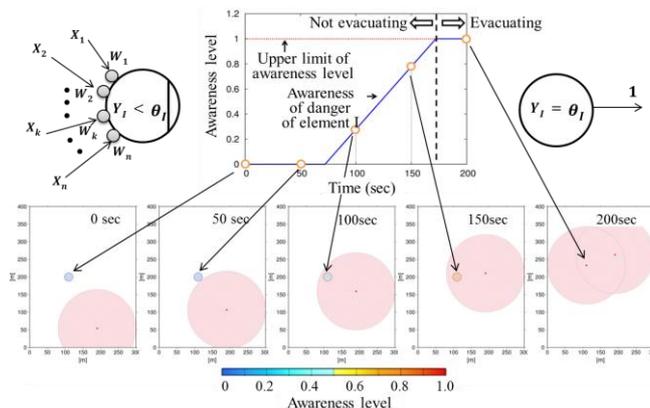


図-1 構築したシミュレーションモデルの概念図。左上図は、住民Iがn個の情報発信源( $X_1 \sim X_n$ ; それぞれの重みは  $W_1 \sim W_n$ )からの外部情報を取得し、危機感  $Y_I$  を高める図。避難を開始する危機感の上限は  $\theta_I$ 。右上図は、危機感の上限に達した後、情報発信を行う図。中央上図は、住民Iの危機感の時間変化。下図は、住民Iが避難行動の目撃により危機感を高め避難を開始する様子を示したスナップショット。

キーワード 津波避難, 避難開始, コミュニティの避難, 避難シミュレーション, ニューラルネットワーク  
 連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 TEL: 075-383-3252 FAX: 075-383-3253

表-1 情報発信源の分類表. 情報発信源が物理的か社会的なもののか, また影響範囲の時間変化に着目し分類した.

カテゴリー	特徴	例
物理的な情報発信源 影響範囲が時間変化しない	対象領域内全員に影響を与える. 対象領域は時間変化しない.	地震による揺れ 
物理的な情報発信源 影響範囲が時間変化する	対象領域内全員に影響を与える. 対象領域は時間変化する.	津波の氾濫 
社会的な情報発信源 影響範囲が時間変化しない	発信源から一定範囲内の住民のみに影響を与える. 対象領域は時間変化しない.	TV・ラジオ 防災行政無線 
社会的な情報発信源 影響範囲が時間変化する	発信源から一定範囲内の住民のみに影響を与える. 対象領域は時間変化する.	他者の避難行動・呼びかけ 警察・消防・広報車の呼びかけ

表-2 本シミュレーションモデルの基本機能

基本機能
二者間の相互作用 (避難している一方の住民がまだ避難していない住民の危機感を上昇させる)
集団における相互作用 (避難している住民が避難していない複数の住民の危機感を上昇させる)
避難開始のタイミングの個人差
外部情報の影響度の差 (情報発信源に固有)
視覚による外部情報の壁による影響遮断
情報発信源の影響の仕方の違い (表-1)
集団同調性バイアス (同時に複数の外部情報を受け取るほど, 危機感の高まりが早まる)

表-3 妥当性検証で得られた外部情報の影響度の差

津波の氾濫	$16.8 \times 10^{-3}$ (/s)
他者の避難行動	$4.98 \times 10^{-3}$ (/s)
他者の呼びかけ	$8.42 \times 10^{-3}$ (/s)

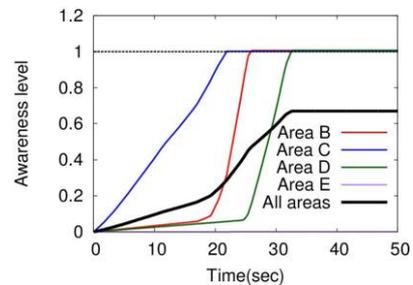


図-3 対象者全体およびエリア毎平均の危機感の変化. All areas は駐車場の職員を除いた全職員が対象.

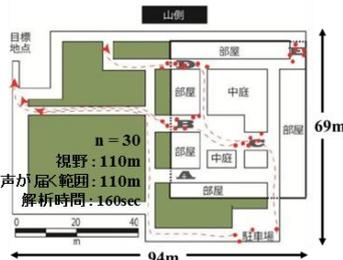


図-2 適用性検証における空間条件と住民の初期配置<sup>2)</sup>. n は分析対象者数. 破線は既知の避難のルート. 駐車場の職員は, 計算開始とともに避難を開始するものとした.

であると分かった. また, 図-3 より, 全体の危機感の平均は, 0~20 秒, 20~32 秒, 32~50 秒の 3 段階に分けられ, 20~32 秒での急激な危機感の上昇は, エリア C の関係者の避難開始と避難ルートが大きな要因であることが分かった. また, エリア E の職員は, 避難を促す外部情報を取得できないため危機感を高めず, 避難を開始しないことが分かった. これは, 当時エリア E にいて生存した, 同施設職員の証言に概ね合致するものである.

4. まとめ

- (1) 住民がコミュニティの避難開始に重要な役割を担うことを考慮した, 津波避難初期過程におけるシミュレーションモデルを構築した.
- (2) 避難開始のタイミングの個人差は, 危機感の上限をパラメータとすることで表現でき, 外部情報によ

る影響度の差は, 情報発信源毎に重みを与えることで表現できる.

- (3) 住民毎の危機感の時間変化を算出することで, どの情報源がどのタイミングで避難開始に大きな影響を与えたのか, コミュニティの避難開始に至る危機感の時空間特性を予測できる.

今後, 本シミュレーションモデルを様々なコミュニティにおける津波避難事例に適用し, 避難開始に大きな影響を及ぼす要因を分析するとともに, コミュニティ全体の避難開始に至る危機感の変化を予測することで, 避難初期過程における理解をより深めていく.

参考文献

1. 近藤誠司, 矢守克也, 奥村与志弘, 李勇昕: 東日本大震災の津波来襲時における社会的なリアリティの構築過程に関する考察~NHK の緊急報道を題材としたメディア・イベント分析~, 災害情報, Vol.10, pp.77-90, 2012.
2. 奥村与志弘, 中道尚宏, 清野純史: 想定を超える津波からの避難の特徴と対策-宮城県志津川地区の事例分析-, 土木学会論文報告集B2 (海岸工学), Vol. 69, No.2, pp.1366-1370, 2013.