

DS-2-2

## 心理要因を考慮した津波災害避難シミュレーション Evacuation Simulation from a Tsunami Considering Psychological Behaviors

近田洋輔  
Yousuke Chikada

原山美知子  
Michiko Harayama

岐阜大学 工学部 人間情報システム工学科  
Department of Human and Information Systems, Faculty of Engineering, Gifu University

### 1. まえがき

災害列島と呼ばれることも多い我が国は、自然災害によって多くの被害を受けてきた。とくに2011年3月11日に発生した東日本大震災は記憶に新しく、その中でも津波による人的被害が甚大である。これを受けて、政府や自治体は堤防の増強等、ハード面での対策を主に講じている。しかし、犠牲者の中には適切な避難行動をとることができなかった例も多く、被災者達の心理状態に着目したソフト面での対策も必要である。近年では避難者の心理状態や人間関係を考慮した避難シミュレーションの研究も盛んに行われている[1]。しかし、現実の避難行動を十分に再現できているとはいえず、不適切な避難を是正するしくみも考慮されていない。

本研究では、東日本大震災の被災地である宮城県名取市閑上（ゆりあげ）地区の被害事例を参考モデルとし、マルチエージェントシミュレーションにより心理状態を考慮した避難者の行動を再現する。また、心理状態の中でも各避難者の家族に関する心理状態と行動に着目し、これによる避難への悪影響を是正する避難ナビゲーションシステムの有効性を検証する。

### 2. 避難者の心理モデル

避難シミュレーションに用いる避難者の心理要因とそれに起因する行動を表わした心理モデルを与える。これを表1に示す。

表1 シミュレーションに用いる心理モデル

心理要因	誘起する行動	対応するパラメータ
正常性	避難しようとししない	危険認知度
同調性	周囲の人々と同じ行動をとる	同調抵抗度
愛他性	お年寄りを救助する	愛他性度
家族性	家族を捜しに行く、合流する	家族愛情度

ここで、「正常性」とは事態を楽観視しようとする正常性バイアスを指す。「同調性」心理要因により危機への恐怖・不安により他者への同調・追従傾向が高まる。同様に、「愛他性」では援助が求められていることに気付くと、援助行動が喚起される。以上は基本的な心理要因であるが、本研究では、家族の各員に対する心配により同行意識が喚起する要因として「家族性」をモデルに含める。

東日本大震災の調査によれば、これらに起因する心理状態によって避難行動が阻害され、避難が間に合わないことが多いと報告されている。

### 3. 避難ナビゲーションシステム

本研究では、避難ナビゲーションシステムによって、これらの心理状態を抑制し、適切な避難行動へ誘導することができると考えている。ここではこのシステムの概要を示す。

#### (1) システムの構成

本システムは各避難者が所持する携帯端末と適所に設置された情報サーバーによって構成される。携帯端末には、歩行速度などの避難者の身体情報やGPS位置、自宅位置、家族構成などのデータを保管されている。他方、情報サーバーは、現在の地図情報や、携帯端末から送られてきた各避難者の現在地情報を保管・管理し、必要に応じて端末側に提供する。被災時には、携帯端末は端末内とサーバーのデータから状況を把握し避難者に各指示を与える。

#### (2) 目的地までの最短経路の表示

携帯端末は現在地情報や地図情報から、現在の目的地までの最短経路を示す。目的地が避難所である場合、津波到達までの時間を考慮して、到着可能かつ最も安全性が高いと考えられる避難所までの経路を表示する。

#### (3) 被災時の心理状態を考慮した行動指示

心理状態が誘起する行動によって、適切な避難行動が妨げられることを抑制する。例としては、正常性によって避難を開始しない場合や避難経路を無視した場合は携帯端末が警報を発するなどである。また、家族性による行動を抑えるために、家族の安否情報を提供し、避難先をなるべく家族間で同一化できるように目的地設定の調整を行う。

### 4. 津波災害の避難シミュレーション

本稿では、心理状態を考慮した被災者の行動の再現、および避難ナビゲーションシステムを導入した場合の効果进行分析するために、避難シミュレーションを行う。今回は、各避難者をエージェントとし、宮城県名取市閑上地区の街路図を参考とした仮想マップ上を動くエージェントベースシミュレーションを自作した。また、宮城県名取市閑上地区の人口約5600人に対し、総エージェント数100人でシミュレーションする。

避難者エージェントとしては、成人男性、成人女性、子ども、お年寄り（一人では避難できない）の4種類を用意した。各エージェントには表1に示すように心理状態への移行しやすさを4つのパラメータで与えている。シミュレーションでは、各エージェントはこれらの値に応じて確率

的に対応する心理状態に移行し、誘起される行動をとる。また、エージェントは表2に示すような4種類の家族構成のうちの1つが割り当てられる。

表2 エージェントが構成する家族

家族の種類	構成エージェント	世帯数
核家族	夫婦(男性+女性), 子ども1人	15
大家族	夫婦(男性+女性), 子ども1人 お年寄り1人	10
一人暮らしA	男性または女性1人	15
一人暮らしB	お年寄り1人	5

関東地区の事例では、地震が発生してから津波が到達するまでの時間は約70分であった。そこで、本研究ではシミュレーション実行時間を60分と設定した。シミュレーションでは30秒を1ターンとし、計120ターンの間エージェントが行動する。

今回は、家族性心理要因が避難行動に与える影響と、避難ナビゲーションシステム導入前後の避難状況変化を比較するために以下2つの実験した。

**[実験1]** システム導入前における避難シミュレーションシステムを導入しない状態で、エージェントの家族愛情度のみを変化させ避難完了者数と家族搜索回数をカウントした。

システム導入前エージェントは、避難の際、現在地から最も近い避難所を目指す、大通りを優先的に移動する。また、家族を搜索する場合は自宅に帰り家族との合流を図る。

**[実験2]** システム導入後における避難シミュレーションエージェントのパラメータの設定については実験1と同様である。ただし、システム導入によって、各心理状態に移行する確率は減少し、避難しやすくなる。さらに、最も安全性の高い避難所に向かい、大通り以外の道も自由に移動する。また、各エージェントは同家族のエージェント1人を指定し、両者が到達可能な避難所のうちの最も安全性の高い避難所へ向かう。家族を搜索する場合は、その家族の現在地へと向かう。

## 5. 実験結果

実験1と実験2の結果から、システム導入前後における家族愛情度と避難完了率(避難完了者数の割合)の関係を表3に、家族愛情度と家族搜索回数の関係を図1に示す。

表3 家族愛情度と避難完了率の関係

家族愛情度	避難完了率 [%]	
	システム導入前	システム導入後
0	85±5	94±3
40	80±5	93±3
60	80±4	92±3
100	80±6	91±3

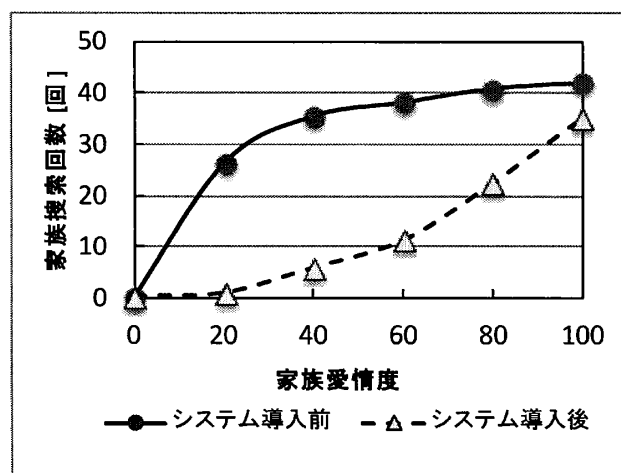


図1 家族愛情度と家族搜索回数の関係

表3に示すように、システム導入された場合は導入前と比べて避難完了率が増加する。また、家族愛情度の増加に対して避難完了率は低下していく。これに関連して、図1に示すように、家族愛情度が高くなるにつれて家族を搜索する回数が増えるが、システム導入によって増加が抑制されていることが確認できる。

避難完了率はエージェントのパラメータ以外に、初期位置・自宅の位置・周囲のエージェント数などによって左右されるため、分散が大きくなると考えられる。

## 6. まとめ

津波災害においては素早く適切な避難行動が重要となる。本研究では、避難を妨げる要因として被災者の心理状態に着目し、エージェントに心理のパラメータを設定した心理モデルによる避難シミュレーションシステムを構築し、震災時の避難行動をシミュレートした。また、心理状態の悪影響を是正する避難ナビゲーションシステム導入の効果を検証した。

その結果、家族性心理要因が働くとき家族搜索回数が増加し、避難完了率が低下した。しかし、システム導入後では家族の搜索が抑制され、避難完了率が増加することがわかった。これによって避難ナビゲーションシステムの有用性が示された。

実際は多くの被災者が車で避難をしようとしたことがわかっている。今後は車を用いた避難において、道路上での渋滞発生を考慮するなど、より多くの状況に対応可能なシミュレーションシステムに発展させたい。

## 参考文献

- [1] 岡谷 賢, 高橋 友一, “人間関係を考慮したエージェントベースの避難シミュレーションフレームワーク,” 電子情報通信学会論文誌, vol.J94-D, no.11, pp.1855-1865, 2011.
- [2] 安倍 北夫ら, “自然災害の行動科学,” 福村出版, 1988.
- [3] 山影 進ら, “コンピュータのなかの人工社会 マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系,” 共立出版, 2002.