

# エージェントの認知の差異を考慮した避難誘導モデル

○村山陽香 高橋真吾 (早稲田大学)

## Model for Evacuation Guide Considering Cognitive Differences

\* H. Murayama and S. Takahashi (Waseda University)

**概要**— 災害避難時の課題として、避難警告等を提示しても安全確保行動をとらない住民が存在することが挙げられる。その避難行動を行わない原因の1つに認知的不協和がある。先行研究として、移動速度や避難経路などといったエージェントの動きに注目した避難シミュレーションがあるが、本研究では、認知的不協和を組み込んだ動的なモデルの構築を行う。今後の課題は、周囲の人に影響される心理的作用の同調性などを考慮しながら、事故発生主観確率を更新し続ける方法を検討することである。

**キーワード:** 避難シミュレーション, 認知的不協和, 心理モデル

## 1 研究背景・目的

### 1.1 研究背景

内閣府が発表した「災害時の避難に関する検討課題」では、課題の1つとして避難勧告等を出しても安全確保行動をとらないという問題がある<sup>1)</sup>。犠牲者の行動の問題点では「①避難行動を行わずに被災する人が多い」、「②避難中、避難先での被災もある」という2つの問題点が挙げられている<sup>2)</sup>。また、避難しない住民の理由では、避難勧告等の情報を入手したにも関わらず、「自分が被害を受けるとは思わなかった」との理由から避難しない住民が少なくなかった<sup>3)</sup>。

住民が避難行動を行わない原因である心理的作用の1つに認知的不協和というものがある。フェスティンガーの認知的不協和の理論<sup>4)</sup>によると、「個人が自らの意思決定の結果に基づいて行為を行った場合でも、何らかの理由によってそれが自らの持つ考え、信条に反するような行為であった場合、個人は矛盾に直面し、不快な状態におかれることになる。そうした状態に直面した個人は、しばしばその不快な状態から逃れようとする。そしてそれが動機付けとなって、新たな行為(あるいは自らの意見の変更)が起こるのである。」と述べられている。

### 1.2 先行研究

牧野嶋ら<sup>3)4)</sup>は、シンプルなソーシャルフォースモデルを開発し、避難者個人々の動きを詳細にモデル化した大規模避難シミュレーションによって、都市部の避難路での混雑による避難の遅れや、避難場所での混雑といった潜在的な避難リスクを明らかにし、津波避難浸水予測情報に基づく避難行動の制御を行うことで混雑状況が大きく改善することを確認した。これらのモデルには心理モデルは用いられていない。

AkerlofとDickens<sup>5)</sup>は、危険な労働現場において安全装置の購入の有無に関する認知的不協和を数理モデル化した。さらに佐藤ら<sup>6)7)</sup>は、AkerlofとDickens<sup>5)</sup>が作成した数理モデルをもとに、災害発生時の認知的不協和を考慮した避難の有無に関する意思決定モデルを再構築した。しかし、どちらの論文も意思決定を1回で決定するものであり、危険な工場で働く際に安全装置を購入するか、しないか、また地震発生後に避難するか、しないかの選択をするものである。

### 1.3 研究目的

本研究では、認知的不協和を考慮することで、エージェントによる状況認知の差異が動的に表現されたモデルを構築し、シミュレーションで再現する。避難時の問題点の1つとして、人々が自分は助かると思い込むことで、認知的不協和等を起こし、そもそも避難をしないという点である。よって、今回の研究ではエージェントによる状況の認知の差異を認知的不協和の考えを用いて再現する。また、認知が時間経過で情報等によって、動的に変化するモデルを作成する。

AkerlofとDickens<sup>5)</sup>の認知的不協和の数理モデル、佐藤ら<sup>6)7)</sup>の津波避難モデルを利用し、認知の差異を持って誘導に従うエージェント、誘導に従わないエージェントが存在することを表現可能にする。また、時間で認知が変化し、行動に影響を与えることを表現する。

## 2 提案モデル

### 2.1 環境

今回は、シミュレーションを動かす環境を等々力陸上競技場または、アブストラクトモデルとして設定する。等々力陸上競技場は、イベント会場として利用されており、サッカー競技場、陸上競技場、アメリカンフットボール競技場、ライブ会場などとして利用されている。

### 2.2 内部モデル

今回の内部モデルは、AkerlofとDickens<sup>5)</sup>が作成した数理モデルをもとに、災害発生時の認知的不協和を考慮した避難の有無に関する意思決定モデルを再構築した佐藤らの数理モデルを参考に作成する。

(1) AkerlofとDickensの数理モデル<sup>5)</sup>

AkerlofとDickensの数理モデル<sup>5)</sup>は、危険な労働環境に置かれている人々が、認知的不協和という心理的作用によって、自らの仕事を危険だと思わなくなる、という現象を数理的に表現したものである。この現象を危険な労働環境で働く労働者が安全装置を購入するかどうかについて表現している。具体的には、1段階目と2段階目に分かれており、1段階目では、安全装置を購入する場合、購入しない場合の

事故発生主観確率の閾値を設定する。2段階目では、1段階目で得た閾値から、安全装置を購入する場合としない場合の事故発生主観確率を閾値の最小値で設定する。ここで最小値で事故発生主観確率を設定することで、危険な労働環境で働いている人が、そこでの危険を忘れるという減少を数理的に表現している。最後に安全装置を購入するかしないかについて、購入する場合としない場合のコストを比較し、コストが小さくなる方の選択肢を選ぶ。

次に、数式で説明をする。

$p$  : 事故発生客観確率

$C_f$  : 1 単位当りの恐怖費用

$C_s$  : 安全装置の購入費用

$C_a$  : 事故の費用

<1 段階目>安全装置を購入する（しない）場合の事故発生主観確率 $p^*$ の閾値を求める

$$p^* > (<) \frac{pC_s}{pC_a + C_f} \quad (1)$$

<2 段階目>1 段階目で求めた $p^*$ の閾値から、 $p^*$ を最小値で決定する

・購入する場合

$$p^* > \frac{pC_s}{pC_a + C_f} \quad \text{より、} \quad p^* = \frac{pC_s}{pC_a + C_f} \quad (2)$$

・購入しない場合

$$p^* < \frac{pC_s}{pC_a + C_f} \quad \text{より、} \quad p^* = 0 \quad (3)$$

これらの $p^*$ を安全装置を購入する場合のコストと購入しない場合のコストに代入し、コストが小さくなる方を選択する

$$\text{購入するコスト} : \frac{p^*}{p} C_f + C_s \quad (4)$$

$$\text{購入しないコスト} : \frac{p^*}{p} C_f + p^* C_a \quad (5)$$

### (2) 佐藤らの数理モデル

Akerlof と Dickens が作成した数理モデルにおけるパラメータに対応させるように、津波避難に関するパラメータを設定したものである。これを Table 1 に示す。

Table 1: Akerlof と Dickens と佐藤らのモデルのパラメータの対応表

	事象の 発生確率	事象の 発生確率	事象の 発生確率	事象の 発生確率	事象の 発生確率	事象の 発生確率
Akerlof と Dickens	事故確率 $q$	事故の 費用 $C_a$	安全装置 購入費 $C_s$	恐怖1単位 の費用 $C_f$	恐怖の 水準 $f = (q^*/q)$	主観的に見積もった 事故確率 $q^*$
佐藤ら	津波発生 確率 $p$	死亡コスト $C_d$	移動コスト $C_m$	不安感コスト パラメータ $C_f$	恐怖の 水準 $f = (q^*/q)$	主観的に見積もった 津波発生確率 $p^*$

### 3 今後の課題

Akerlof と Dickens の数理モデル<sup>5)</sup>、佐藤らの数理モデル<sup>6)7)</sup>の計算方法を応用し、エージェントが競技場から退出するまでなどの、ある一定時間において主観確率を毎ステップで更新し続ける方法を検討する。

更新方法として、避難時に見られる行動を誘起する4つの心理特性の1つである同調性を導入することを検討している。同調性とは、「自分の意見と異なる他者の行動や意見、あるいは自分に対する期待などによって、自分の意見や行動をその他社に合わせさせて変えること」である<sup>8)</sup>。誘導される際に、近くにいるエージェントが誘導を無視する行動を行った場合、自身の事故発生主観確率が減少し、自分も誘導に従わないように更新することが可能なのではないかと検討している。

### 参考文献

- 1) 内閣府防災担当:「災害時の避難に関する検討課題」、中央防災会議「災害時の避難に関する専門調査会」、第6回資料
- 2) 阿部敏哉:「フェスティンガーの認知的不協和理論に関する一考察」、青森公立大学経営経済学研究 / 青森公立大学紀要・叢書委員会 編, 2 巻, pp144~153, 1997
- 3) Makinoshima F., Imamura F., Abe Y.: Enhancing a tsunami evacuation simulation for a multi-scenario analysis using parallel computing, Simul. Model. Pract. Theory, 83, pp.36-50, 2018
- 4) 牧野嶋 文泰, 大石 裕介, 今村 文彦, 古村 孝志: 大規模避難シミュレーションによる臨海都市部の津波避難リスク分析と低減方策の検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 74, No. 2, pp.409-414, 2018
- 5) George A. Akerlof, William T. Dickens, The Economic Consequences of Cognitive Dissonance, The American Economic Review, Vol.72, No.3, pp.307-319, 1982
- 6) 佐藤太一, 河野達仁, 越村俊一, 山浦一保, 今村文彦: 認知的不協和を考慮した津波避難行動モデルの開発-避難シミュレーションへの心理的要素の導入-, 地域安全学会論文集 No.10, 2008.11
- 7) 佐藤太一, 河野達仁, 越村俊一, 山浦一保, 今村文彦: 心理的作用を考慮した津波避難開始における意志決定モデルの開発, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.69, No. 2, 64-80, 2013
- 8) 高山和広:避難時における心理特性と人間関係を考慮したエージェントの構築,三重大学大学院工学研究科修士論文,2014