

心理的作用を考慮した津波避難行動意思決定モデルの構築

東北大学大学院 学生員 ○佐藤太一 東北大学大学院 正員 河野達仁 東北大学大学院 正員 越村俊一
静岡県立大学 山浦一保 東北大学大学院 正員 今村文彦

1. はじめに

津波災害による人的被害を低減するために有効な手段として早期避難があげられる。その迅速な避難を実行するために、津波襲来時の人々の避難行動を事前に把握しようと、これまで様々な避難シミュレーションモデルが開発されてきた。しかし、既往の避難シミュレーションのほとんどが避難者の避難開始を、一斉避難や正規分布等の確率分布で外生的に与えており、人々の意思決定メカニズムを明示的に組み込んでいるわけではない。言い換えれば、種々の政策(例えば、避難注意報・警報の発令と解除のタイミングや避難路の整備、防災教育)による人々の行動変化を追うことが出来ない。特に、地震を感じて、津波が来る可能性を考えたものの、避難する面倒及び津波への恐怖感を解決するために津波が来ないものと思ひ込んだり(認知的不協和)¹⁾、住民の地震直後に発せられる避難警報を待つこと(以降、「情報待ち」)による避難遅延²⁾といった人間の心理的作用による問題を検討した事例は少ない。

以上の背景のもと、本研究では人々の合理的意思決定メカニズムと認知的不協和、情報待ちの3点に着目して、これらを明示的に組み込んだ避難意思決定モデルを構築する。このとき、避難の有無の人的被害低減への効果が大きいことから、避難者の避難の有無に関する意思決定モデルの構築に焦点をあてる。

2. 避難行動モデル

モデル構築のためには、認知的不協和と情報待ちを数理的に表現する必要がある。本研究では、津波避難における認知的不協和をモデル化した佐藤ら(2008)³⁾とオプション理論⁴⁾を組み合わせモデルを構築する。

津波の来襲が懸念される状況下で、津波に関する情報が発せられることを知っている人々の地震直後の避難意思決定モデルを図1に示す。ここで第一期とは災害が発生した直後、且つ何らかの情報が発せられる前の時期を指し、第二期とは情報が発せられた後の時期を意味する。

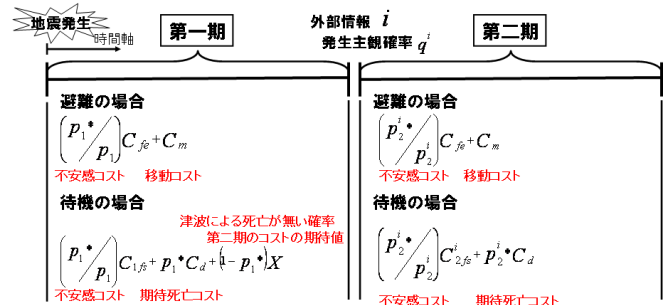


図1 地震直後に情報を得られることを知っている住民の避難行動モデル

2. 1 コスト定式化

まず、第一期における避難・待機コストの定式化を行う。図1「第一期」より、第一期に避難する場合、発生するコストは i), ii) で構成される。

i) 避難中に感じる不安感コスト $(p_1^*/p_1)C_{fe}$

ii) 移動コスト C_m

ここで、i) 避難完了までに感じる不安感コストは、津波による死亡主観確率 p_1^* を客観確率 p_1 で除したものに比例するものとし、 $(p_1^*/p_1)C_{fe}$ と表現している。 C_{fe} は避難時の不安感コストパラメータである。結局、避難するコストは式[1]で表される。

一方、第一期に待機する場合、発生するコストは iii), iv), v) で構成される

iii) 待機中の不安感コスト $(p_1^*/p_1)C_{1fs}$

iv) 期待死亡コスト $p_1^*C_d$

v) 津波による死亡が無い確率と第二期のコストの期待値 $(1-p_1)X$

ここで、iii) 待機中の不安感コストは (p_1^*/p_1) に比例するものとしている。 C_{1fs} は第一期における待機中の不安感コストパラメータである。次に、iv) 期待死亡コストは津波による死亡主観確率に死亡コスト C_d を乗じたものである。v) は、第二期のコストの期待値 X に第一期に死亡の無い確率である $1-p_1$ を乗じたものである。結局、第二期に待機するコストは式[2]のように表される。なお、第二期のコストの期待値 X を式[3]として示す。 X は第二期におけ

る各状況 i での避難コスト C_{2E}^i 、待機コスト C_{2S}^i の小さいほうにその状況 i の発生確率 q^i を乗じた期待値の和として表される。

$$\text{避難コスト} : \left(\frac{p_1^*}{p_1} \right) C_{fe} + C_m \quad [1]$$

$$\text{待機コスト} : \left(\frac{p_1^*}{p_1} \right) C_{1fs} + p_1^* C_d + (1-p_1^*) X \quad [2]$$

$$X = \sum q^i \min [C_{2E}^i, C_{2S}^i] \quad [3]$$

次に第二期における各状況下の避難・待機コストの定式化である。図1「第二期」より第二期に避難する場合、発生するコストは i), ii) で、待機する場合、発生するコストは iii), iv) で構成される

i) 避難中に感じる不安感コスト $(p_2^*/p_2) C_{fe}$

ii) 移動コスト C_m

iii) 待機中の不安感コスト $(p_2^*/p_2) C_{2fs}^i$

iv) 期待死亡コスト $p_2^* C_d$

ここで p_{12}^* 、 p_{12} はそれぞれ第二期状況 i における死亡主観確率、客観確率である。また、 C_{2fs}^i は第二期状況 i における待機中の不安感コストパラメータである。結局、第二期に避難・待機するコストはそれぞれ式[4]、[5]のように表される。

$$\text{避難コスト} : \left(\frac{p_2^*}{p_2} \right) C_{fe} + C_m \quad [4]$$

$$\text{待機コスト} : \left(\frac{p_2^*}{p_2} \right) C_{2fs}^i + p_2^* C_d \quad [5]$$

2. 2 避難選択モデル

避難行動の判断式を導出する。ここで、住民は第一期に第二期の行動判断を考慮して避難・待機の意思を決定する。すなわち、二期間の最適モデルのため、第二期から第一期へ解いていく必要がある。

まず第二期について解く。避難するコスト(式[4])が待機するコスト(式[5])より小さいとき避難し、大きいとき待機を選択する。これを避難する(待機する)場合において主観確率 p_{12}^* についてまとめると式[6]が得られる。

避難する場合(待機する場合)

$$p_{12}^* > (<) \frac{p_2^* C_m}{p_2^* C_d + C_{2fs}^i - C_{fe}} \quad [6]$$

今、避難コスト(式[4])を最も小さくする主観確率 p_{12}^* は $p_2^* C_m / (p_2^* C_d + C_{2fs}^i - C_{fe})$ で、待機コスト(式[5])を最も小さくする p_{12}^* は 0 となる。 p_{12}^* を 0 とすることは、待機する

表 1 情報有・無での避難選択

「津波の心配なし」の発生確率 q^a	「津波警報」の発生確率 q^w	第一期に津波に巻き込まれる確率 p_1	第二期の COST の期待値 X	情報なし		情報あり	
				避難コスト	待機コスト	避難コスト	待機コスト
0.9	0.1	0.0010	0.064	0.65	0.61	0.69	0.37
0.85	0.15	0.0015	0.095	0.64	0.91	0.67	0.55
0.8	0.2	0.0020	0.126	0.63	1.20	0.65	0.73
0.75	0.25	0.0025	0.156	0.63	1.50	0.64	0.91

場合に津波が来ないと思込む、すなわち認知的不協和の結果と考えられる。さて、式[4]、[5]に導出した主観確率 p_{12}^* を代入すると、避難の有無は式[7]で表される。ただし、式[5]において死亡コストに乘じられる主観確率 p_{12}^* を客観確率 p_{12} とする。これは、期待死亡コストを正しく判断できる合理的な住民を仮定している。

$$\min \left[\frac{C_m}{p_2^* C_d + C_{2fs}^i - C_{fe}} C_{fe} + C_m, p_2^* C_d \right] \quad [7]$$

次に第一期についての避難行動の判断式を求める。判断式導出は第二期と同様で、結果として式[8]が求められる。

$$\min \left[\frac{C_m - X}{p_1 C_d - p_1 X + C_{1fs} - C_{fe}} C_{fe} + C_m, p_1 C_d + (1 - p_1) X \right] \quad [8]$$

表 1 に特定のパラメータセットでの情報がある場合と無い場合における住民の避難選択(選択する方が灰色)を示す。情報が無い場合は「避難」を選択し、情報がある場合は「待機」を選択しているケース、すなわち情報待ちが確認できる。

3. まとめ

津波の来襲が懸念される状況下で、津波に関する情報が発せられることを知っている人々の地震直後の避難意思決定の判断式を導出した。これにより津波避難における認知的不協和と情報待ちの作用を示せる。

本モデルは、従来の避難シミュレーションにおいて外生的に与えてきた「避難率設定」を内生的に求めるモデルとして利用可能である。

参考文献

- 1) 広瀬弘忠, 人はなぜ逃げおくれるのか災害の心理学, 集英社新書, pp.76-78, 2004
- 2) 片田敏孝, 児玉真, 桑沢敬行, 越村俊一, 住民の避難行動にみる津波防災の現状と課題-2003 年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査から-, 土木学会論文集, No.789, pp.93-104, 2005
- 3) 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, pp.393-400, 2008
- 4) Lenos Trigeorgis, Real Options, The MIT Press, 1996