

津波災害における避難開始意思決定モデルの検討

東北大学大学院 学生員
東北大学大学院 正 員
東北大学大学院 正 員

○佐藤太一
越村俊一
今村文彦

東北大学大学院 正 員 河野達仁
静岡県立大学 山浦一保

1. はじめに

津波災害による人的被害を最小化するには、従来の防災施設整備に加えて、迅速な避難行動が不可欠であり、住民の早期避難を促す意思決定情報の提供も含めた政策の立案が、これまでの津波避難問題の課題であった。その立案のためには、住民の避難開始意思決定のメカニズムを十分理解し、政策評価をする必要がある。

人々の意思決定をモデル化して、政策のwith-withoutによる行動変化を分析する手法に効用分析があり、土木計画学の分野では広く適用されている。この方法が住民の避難意思決定メカニズムをモデル化するに適用できるものと考えられる。本研究ではこの手法を応用し、住民の避難意思決定メカニズムのモデル化を試みる。

2. 各種設定

まず、地震に備えた住宅の改良と地震・火災保険に加入する・しないの意思決定をモデル化した田中ら(2000)を参考とし、津波避難開始の意思決定モデルの構築にあたっての問題設定を行なう。ここでは、代替案、津波のシナリオ、死傷率、評価属性の4項目を設定した。

(1) 代替案とそのコスト

代替案として次の2つが設定される。

代替案1 避難する

代替案2 避難しない(待機する)

ここで、「避難する」を選択した場合は、現在地から避難場所までの移動コストが発生し、「避難しない」場合はコストが0となる。ただし、移動コストは距離から導かれる費用に精神的ストレスを加味した費用のことをいう。このコストに関しては、今後具体的に検討する。

(2) 津波のシナリオ

状況区分を地震発生時、注意報・警報発令時、避難勧告発令時の3つに分けて考える。各区分におけるシナリオは共通で次の通りである。これは、気象庁の発表する津波予報の種類に基づいてシナリオ分けを行なった。

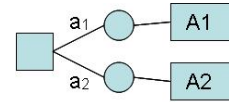


図1 決定木

シナリオ1 0.0m~0.5mの潮位変化

シナリオ2 0.5m~1.0mの潮位変化

シナリオ3 1.0m~3.0mの潮位変化

シナリオ4 3.0m以上の潮位変化

(3) 死傷率

各シナリオ下における死傷率は、既往の被害実績に基づき設定する。

(4) 評価属性

この津波避難開始に関する意思決定問題における属性を以下の2つで表す。属性2の死傷コストに関しては、無事なら0、死亡なら1としてある。属性1と属性2は単位が異なるが、後に正規化させ対応関係をつくる。

属性1 移動コスト(避難所までの移動距離と精神的ストレスを加味したコスト): x_1

属性2 死傷コスト(死亡コスト): $x_2 (= 0 \text{ or } 1)$

3. 数理モデル

ここでは具体例として先ほど3つに分けた区分のうちの地震発生時について避難する・しないの期待効用関数を作成する。他の区分における数理モデルの基本構成は変わらず、与える各確率(各シナリオ発生確率、死傷率)などが変化するのみである。

(1) 決定木

期待効用関数によって評価する代替案を決定木で表現すると図1のようになる。ここで A_i は代替案 i を選択した場合の決定木を表す。さらに、代替案2(避難しない)の決定木を図2に示す。各決定木において、 a_i は各代替案を示し、 p_j は各シナリオの生起確率を表す。また、 $x = 0$ は生、 $x = 1$ は死を表し、 p_{ijk} は各状況下での結果(決定木の最末端)の生起確率を表している。

(2) 期待効用関数によるモデル化

期待効用関数による各代替案の評価は、次式で求め

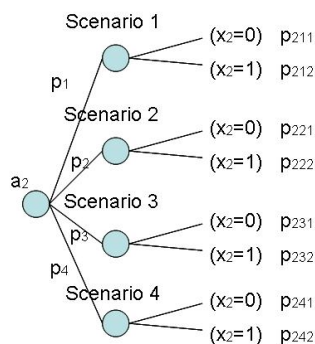


図2 代替案2（避難しない）の決定木

られる。

$$C(a_i) = k_1 c_1(x_1) + k_2 \sum_{j=1}^4 p_j \sum_{k=1}^2 p_{ijk} (k_3 c_2(x_2)) \quad (1)$$

ここで、 $c_1(x_1)$ 、 $c_2(x_2)$ は、正規化した移動コスト、死傷コストである。 k_1, k_3 は正規化した移動コスト、死傷コストへの重み付け定数で、 k_2 はシナリオに対する重み付け定数となっている。 p_j はそれぞれのシナリオで設定した津波が発生する確率を示している。また、 $c_2(x_2)$ は次の式で与えられる。

$$c_2(x_2) = \begin{cases} 0 & (x_2 = 0) \\ 1 & (x_2 = 1) \end{cases} \quad (2)$$

ここでは、正規化された死亡によるコストを1、無事の場合のコストを0と設定する。

4. 解析結果

期待効用モデルによる避難する・しないの意思決定の変化を解析例として表1に示す。 $C(a_1)$ は避難するを選択した場合のコストを表し、 $C(a_2)$ は避難しないを選択した場合のコストである。意思決定者はこの $C(a_1)$ 、 $C(a_2)$ を比較し、コストが小さい代替案を選択する。各重み付け定数は、正規化した死傷コストと移動コストを考慮したうえで設定し、各種設定値は表1(左)のように仮定した。

表1(右)より相対的に生命に対する重み付けが大きくなるほど避難する選択をとることが分かる。ここで、各重み付け定数は住民の個人特性を表す値として捉えても良い。尚、各種設定値は概算で設定したため、与えた確率(津波発生確率、各津波高さにおける死傷率)の適合性は議論しない。住民一人ひとりの個人特性を考慮した適切な重み付け定数を与えることができれば、避難する・しないを表せることが可能であることが示された。

5. 今後の展開

表1 各種設定値(仮定)と各重み付け定数による

代替案ごとのコスト

		k1(必要コスト)	k2(シナリオ)	k3(死傷コスト)	C(a1)	C(a2)
u(x1) 避難する 避難しない u2(x2) 生 死	p1	0.7	0.1	0.9	0.05	0.065
	p2	0.15		0.8	0.05	0.058
	p3	0.1		0.7	0.05	0.051
	p4	0.05		0.6	0.05	0.044
	p11	1	0.9	0.9	0.05	0.059
	p12	0		0.8	0.05	0.052
	p13	0		0.7	0.05	0.046
	p14	0		0.6	0.05	0.039
	p21	1	0.5	0.9	0.05	0.033
	p22	0		0.8	0.05	0.029
	p23	0		0.7	0.05	0.025
	p24	0		0.6	0.05	0.022
	p31	1	0.3	0.9	0.15	0.065
	p32	0		0.8	0.15	0.058
	p33	0		0.7	0.15	0.051
	p34	0		0.6	0.15	0.044
	p41	1	0.9	0.9	0.15	0.059
	p42	0		0.8	0.15	0.052
	p43	0		0.7	0.15	0.046
	p44	0		0.6	0.15	0.039
	p51	1	0.5	0.9	0.15	0.033
	p52	0		0.8	0.15	0.029
	p53	0		0.7	0.15	0.025
	p54	0		0.6	0.15	0.022

今回のモデルではその時点での避難する・しないを表せるのみで、地震発生時において避難勧告が発せられたら避難しようという住民の意思決定までは取り込めていない。避難の遅延の原因として、住民が外部からの情報待ちという行動をとるためであるとも言われているため、未来における意思決定を表せるモデルへの拡張は今後の課題である。

未来における意思決定を考慮することになると、人間の行動心理にも着目しなくてはならない。認知的不協和や多数派同調といった心理的变化によって行動が左右されることが知られているためである。避難しないという行動選択に着目すると、安心を感じて避難しないのと危機感を継続しながら避難しないという大きく分けて2つの場合がある。Akerlof(1982)は、危機感を継続するかしないを事故発生の主観確率を確率を用いて表し、認知的不協和を経済的にモデル化した。本研究もこの手法を応用することで、認知的不協和などを避難意思決定モデルに取り組みることが出来るものと考えられる。最終的には、避難開始の意思決定モデルを津波避難シミュレーションに組み込み、政策評価ツールとしての機能を拡充させることを目指している。

参考文献

- 田村坦之,山本浩嗣,赤沢克洋,田地宏一(2000):自然災害リスクの軽減を目的とした意思決定分析のモデル化,システム制御情報学会論文誌,Vol.13, No.6, pp.268-275
- George A.Akerlof;William T. Dickens, (1982):The Economic Consequences of Cognitive Dissonance, The American Economic Review, Vol.72, No.3, pp.307-319