

津波のリスク受容を考慮した地域防災対策に関する研究

Regional Disaster Prevention Countermeasures Considering Residents' Risk Acceptance of Tsunami

北海道大学大学院工学院 ○学生員 伊藤加奈 (Kana Ito)

北海道大学大学院工学研究院 正員 岸 邦宏 (Kunihiro Kishi)

1. 研究の背景と目的

2011年3月11日の東日本大震災を契機に、北海道においても津波対策が重要視されている。2012年6月28日に公表された北海道防災会議による太平洋沿岸の津波浸水予測図では、最大クラスの津波を想定すると、多くの地域が津波浸水域となることが予測された¹⁾。このため、北海道では太平洋沿岸を中心に津波防災対策の再検討が必要となっている。東日本大震災で被災した東北地方では、復興計画において高台移転を推進する自治体もある。しかし、北海道で都市の高台移転を進めることは現実的には難しい。北海道太平洋沿岸ではこれまでも数度、津波被害に遭っているが、人々はそのまま同じ場所に住み続け、都市を形成してきた。このように、人々はたとえ津波が来る可能性があるとしても、津波災害はいつ起こるか分からないという不確実性を持ち合わせていることや、その場所への愛着、仕事による都合等の理由から現在住んでいる場所に住み続けそれを大前提として、津波防災対策を行っている。

津波防災対策を検討する際には、住民の意見や考えを取り入れることが重要である。津波に対する住民の多様な意見を取りまとめること、さらに津波の危険性があるながらも海岸部に住みたいと思う住民の非合理的な意思決定を考慮することが課題となっている。

しかし、津波防災に関する研究は、避難や防災に対する住民意識や防災行政のあり方を扱っているものが多いが²⁾、上述の問題を対象とした論文は見られない。

そこで本研究は、非合理的な意思決定を考慮することができるプロスペクト理論を用いて、どのような防災対策が住民にとって安心できるかを明らかにすることを目的とする。北海道釧路市を対象地域とし、津波災害によって被害の危険があると予測される地域の住民のリスク受容を明らかにし、そのリスク受容から、今後の防災対策を評価するものである。

2. 高台移転に対する本研究の位置づけ

2012年10月3日に北海道浜中町で現地調査を行った。浜中町は、これまで幾度も津波被害に遭った町で、2012年6月に発表された津波浸水予測で高さ34.6mという日本最大の津波が来ると予測されている。

浜中町は津波対策として市街地をとり囲む防潮堤(図-1)や水門、津波防災ステーションが設置されており、津波発生時には水門は自動で閉めることが可能となっているなど、津波防災対策に積極的に取り組んでいるが、改めて今後のあり方を検討しているところである。

浜中町でのインタビュー調査の結果、住民はたとえ津

波が来る可能性があっても、現在住んでいる場所に住み続けていきたいという思いがあること、また高台に移転することは考えておらず、避難の仕方をどうすべきか考えていきたいという意向があることが明らかとなった。

このため本研究では、「津波のリスクがあっても現在居住している場所に住み続けること」を前提とする。津波のリスクを考慮した上で人々がどのような対策を必要としているのかを明らかにすることとする。



図-1 浜中町市街地をとり囲む防潮堤

3. プロスペクト理論の概要

プロスペクト理論³⁾とは、期待効用理論では説明できない意思決定行動を説明可能とする理論であり、不確実性状況下での意思決定の説明を主眼とし、人々の実際の行動を説明する理論である。この理論は標準的経済学の効用関数に対応する価値関数(value function)と確率の重みづけに関する確率加重関数(weighting function)によって表現される(図-2、図-3)。

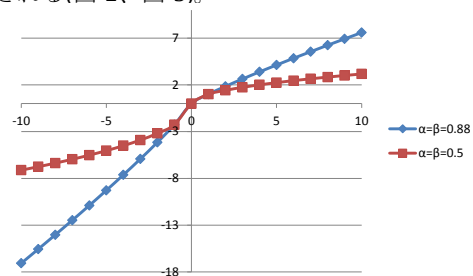


図-2 価値関数

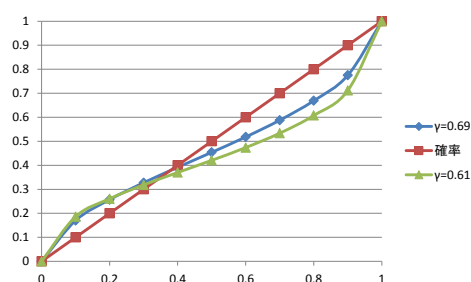


図-3 確率加重関数

プロスペクト理論は次の4つの要素からなる。

①参照点(reference point)：人々がある物事の価値を利得か損失か判断する際の基準点である。中央の点が利得域と損失域を分ける参照点で、この点は移動し得る。

②損失回避性：期待値の大きさが同じである利得と損失では、損失の方がより相対的に大きく評価される傾向にあることである。

③感応度逓減：プロスペクト理論の価値関数では、利得であろうと損失であろうと参照点から離れれば離れるほど人々の感じる価値の変化分が小さくなっていく。これは、利得局面ではリスク回避的であり、損失局面ではリスク追求的になる。

④決定の重み：プロスペクト理論では客観的な確率は意思決定者にそのまま受け止められず重みづけされることが仮定されている。この重みづけの全体的傾向をみると、小さな確率が過大評価され、大きな確率の時は過小評価されることが分かっている。

ここで、価値関数・確率加重関数の式はそれぞれ以下のように表すことが出来る。

x を参照点($x=0$)からの利得($x \geq 0$)または損失($x < 0$)とする

$$v(x) = \begin{cases} x^\alpha & (x \geq 0 \text{ の時}) \\ -\lambda|x|^\beta & (x < 0 \text{ の時}) \end{cases} \quad (1)$$

既存研究から、 $\alpha=\beta=0.88$ 、 $\lambda=2.55$ が標準とされている。

同様に、確率加重関数の理論式は次のようになる。

$$\pi(p) = \frac{p^\gamma}{\{p^\gamma + (1-p^\gamma)\}^{1/\gamma}} \quad (2)$$

測定値では、損失 $\gamma=0.69$ 、利得 $\gamma=0.61$ となっている。

4. 釧路市における津波防災対策に関する

意識調査の実施

4.1 意識調査の概要

本研究では釧路市を調査対象地域とした。釧路市は過去に4度の津波浸水被害を経験し、今後も津波被害が起る可能性があること、また北海道防災会議による津波浸水予測では、10万人規模の避難が必要とされており、今後の防災対策の再考が必要な地域と考えたためである。

意識調査は2012年11月7日に、投函配布・郵送回収方式にて実施した。配布地区は津波浸水予測図と釧路市の地形を考慮して、図-4のように設定し、1000世帯に配布した。



図-4 意識調査対象地区

配布票数・回収票数は表-1のようになった。

表-1 配布票数・回収票数

	配布票数	回収票数	回収率(%)
武佐地区	140	38	27.1
南大通・富士見地区	250	68	27.2
愛国東・西・文苑地区	291	64	22.0
釧路駅周辺	319	82	25.7
不明	-	3	
合計	1000	255	25.5

4.2 住民の日常の防災対策の取り組み状況

居住地別に日常の防災対策についてまとめた結果が図-5のようになる。

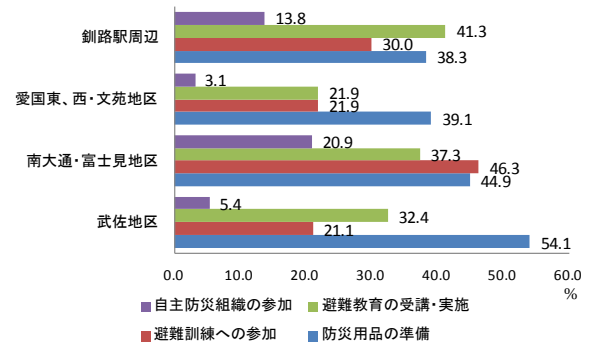


図-5 日常の防災対策の取り組み

防災用品の準備は、すべての地区において3割を超えている。武佐地区では他の地区に比べて高い割合となっている。一方で、避難訓練への参加や避難教育の実施については海岸線に近い地区の住民に多く取り組まれている。これから、海岸線に近い地区の住民は防災用品の準備よりも避難を重視する傾向にある。

5. 判別分析による津波リスク受容の分析

5.1 津波災害に対する住民意識

住民の津波災害に対する意識について図-6に示す。

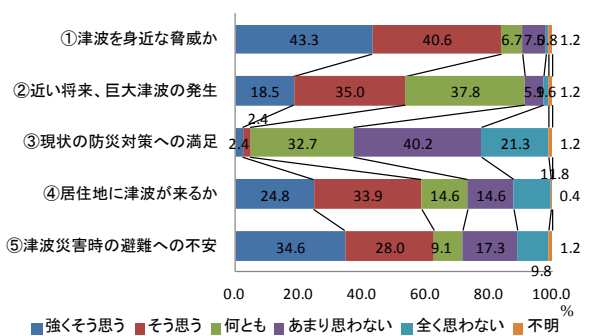


図-6 住民の津波災害に対する意識

津波を身近な脅威と考えている人は、全体の8割以上となっている。また「近い将来、巨大津波が発生するかどうか」については「何とも言えない」という回答が約4割を占める一方で、約半数の人は巨大津波が近い将来に起きると考えており、津波災害は不確実なものであるものとして認識している。

一方で、「現状の防災対策に満足しているか」という

質問に対しては約6割の人が「満足していない」と回答しており、行政に対する防災対策の向上の需要が強い。

5.2 判別分析によるリスク回避・志向の分類

判別分析では、リスク回避型とリスク志向型に人々の意識を分けた。本研究における利得は「現在の場所に住み続けること」とし、リスク回避型とは「その場所に住み続けているが、津波災害を心配しながら住んでいる人々」を意味し、リスク志向型とは「津波に対して来ても大丈夫と前向きに捉えている人々」と定義する。

グループ化変数は「津波を身近な脅威に感じるかどうか」の設問とし、5段階評価にしてあるものを「強く思う・そう思う」をリスク回避型、「あまり思わない・全く思わない」をリスク志向型とした。その他の独立変数は図-6の②～⑤の設問に「全く思わない～強く思う」の5段階評価値として分析を行った。

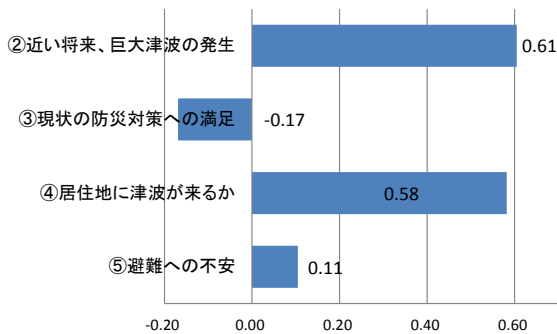


図-7 判別分析の標準化された正準判別関数係数

Wilks のラムダが 0.896 となるため、有意確率は 0.00 となり、2つのグループ間の区別には有意な違いがある。

図-7より、リスク回避型とリスク志向型に分かれる際に最も影響を与えた要因は、「近い将来、巨大津波が発生するかどうか」であり、次いで「居住地へ津波が来る可能性があるかどうか」となっている。自分が生きている間に津波災害が起き、自分の住んでいる場所に来るかもしれないという考えを持っている人が津波災害に対してリスク回避型であると言える。一方で、「津波災害時の避難への不安」については、リスク回避型かリスク志向型かを分ける要因としては、低いウエイトになった。これは避難への不安は津波災害のリスクとはあまり関係がなく、自身の身体状況等の別の要因に起因していると考えられる。また「現状の防災対策について満足しているか」については、その他の要因とは異なり現状の防災対策に満足している人はリスク志向型になるという結果となった。

6. プロスペクト理論による防災対策の評価

6.1 価値関数のモデル式

本研究では、価値関数のモデル式を構築する。確率加重関数は、津波災害の発生確率の定義が難しく、あいまいなことを考慮して本研究では扱わない。X軸はハード対策として防潮堤の高さを、ソフト対策として多くの都市で実践されている「避難訓練の実施」、「津波ハザードマップの作成」、「避難路の確保」を適用する。Y軸

は安心の度合いとし、意識調査ではそれぞれのハード対策、ソフト対策の組み合わせに対して現状の防災対策を50点として100点満点で点数を付けてもらい、モデル構築に使用した。

つまり、価値関数の構築モデルは、

利得域： $y = x^\alpha$

$$x = t_1 * x_1 + t_2 * x_2 + t_3 * x_3 + t_4 * x_4 \quad (3)$$

x_1 : 堤防の高さ +1m, +2m, +4m

x_2 : 避難訓練の実施 0: 現状, 1: 向上

x_3 : ハザードマップの作成 0: 現状, 1: 向上

x_4 : 避難路の確保 0: 現状, 1: 向上

α : パラメータ ($0 < \alpha < 1$)

t_1, t_2, t_3, t_4 : それぞれの対策に対するパラメータ

同様に損失域： $y = -\lambda|x|^\beta$

$$x = c_1 * x_1 + c_2 * x_2 + c_3 * x_3 + c_4 * x_4 \quad (4)$$

x_1 : 堤防の高さ -1m, -2m, -4m

x_2 : 避難訓練の実施 -1: なし, 0: 現状

x_3 : ハザードマップの作成 -1: なし, 0: 現状

x_4 : 避難路の確保 -1: なし, 0: 現状

β : パラメータ ($0 < \beta < 1$)

λ : 損失回避係数 ($1 < \lambda$)

c_1, c_2, c_3, c_4 : それぞれの対策に対するパラメータ

また、本研究での参照点は、防潮堤の高さは4mとし、ソフト対策はそれぞれ実施されている状況と設定した。

6.2 価値関数のパラメータ推定結果

判別分析によって人々をリスク志向型とリスク回避型に分け、リスク回避型と正しく判別された人々のデータを利用して非線形回帰分析を用いて価値関数のモデルを構築した(図-8・表-2)。

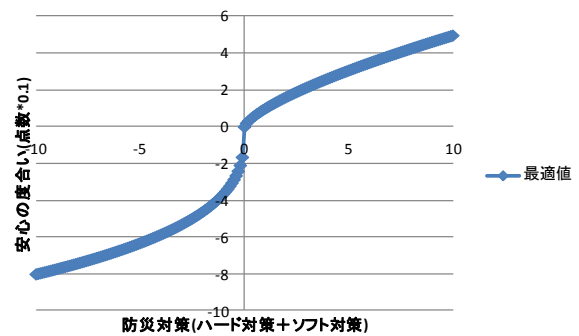


図-8 価値関数のグラフ

表-2 パラメータの推定結果

	α	λ	β	***
推定値	0.70	3.63	0.34	有意水準5%
p-値	2e-16***	2e-16***	6.27e-13***	**
t-値	26.14	36.57	7.60	有意水準10%
	t1	t2	t3	t4
推定値	0.33	2.97	2.50	3.32
p-値	1.99e-10***	1.92e-9***	8.74 × 10 ⁻⁴ ***	2e-16***
t-値	6.69	6.28	3.38	11.16
	c1	c2	c3	c4
推定値	0.23	0.60	0.58	1.18
p-値	5.44e-13***	0.034**	0.18	8.53e-9***
t-値	7.63	2.13	1.35	5.97

これより推定されたモデル式は、

$x \geq 0$ のとき、

$$y = (0.33 * x_1 + 2.97 * x_2 + 2.50 * x_3 + 3.32 * x_4)^{0.7} \quad (5)$$

$x < 0$ のとき、

$$y = -3.63(0.23 * x_1 + 0.60 * x_2 + 1.18 * x_4)^{0.34} \quad (6)$$

となる。プロスペクト理論では $0 < \alpha < 1$ 、 $0 < \beta < 1$ 、 $1 < \lambda$ を全て満たすことが条件となるが、今回の推定結果は全て満たした。また、パラメータの有意性を表す p 値も $c3$ のみ 90%信頼区間を満たしていないため有意ではないが、他のパラメータに関しては有意となった。

6.3 価値関数による防災対策に関する評価

価値関数のパラメータから、 $x \geq 0$ 、 $x < 0$ のどちらの場合でも「避難路の確保」を最も重要視していることがわかる。また、ハード対策よりもソフト対策の係数の方が大きいため、ソフト対策を重要視している傾向にある。特に、防潮堤の高さが 1m 高くなった場所と、避難路の確保を向上した場所とでは、避難路の確保を向上した方が 10 倍も安心できるという評価となった。

同様に防潮堤の高さが現状より 1m 低い場所と、避難路の確保ができなくなった場所とでは、避難路の確保がなくなった方が 5 倍も不安になるという評価となった。

次に、利得域・損失域においてそれぞれとりうる防潮堤の高さとソフト対策の組み合わせにおいて安心の度合いを示す(図-9・図-10)。

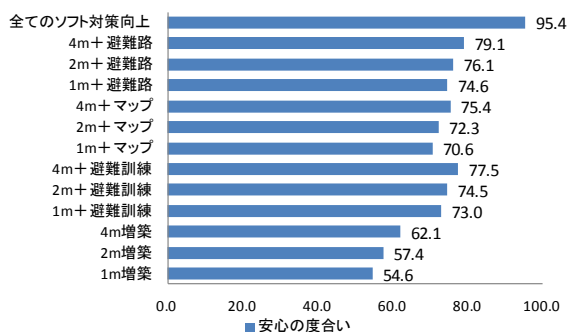


図-9 利得域における安心の度合い

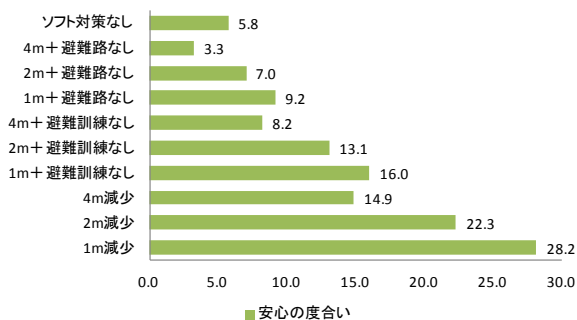


図-10 損失域における安心の度合い

利得域における安心の度合いの中で最も評価が高くなったものは、「全てのソフト対策を向上した場合」とな

り 95.4 点となった。この結果は防潮堤の高さを現状よりも 26.9m 高くした場所の評価に等しい。このことから、リスク回避型の人々はハード対策よりもソフト対策の方が重要だと認識していることがわかる。

また、利得域における防潮堤の高さとソフト対策のパターンの平均値は 72.5 点となり、防潮堤だけで同じ評価にするためには 9.8m 高くしなければならない。また、この点数よりも評価が高くかつ、ハード対策を最小限にできるものは「避難路の確保の向上」であり、次いで「防潮堤の高さを 1m 高く、避難訓練も向上」となった。

つまり、最小限のコストで安心の度合いを上げるためには防潮堤の高さはあまり高くしないで、避難訓練や避難路の確保に力を注ぐべきであると言える。

一方で、損失域での安心の度合いの中で最も低くなったものが、「防潮堤がなく、避難路も確保出来ない」場所で 3.3 点である。この点数は、防潮堤がない場所の安心の度合いより 4.6 倍も低い値となった。

損失域における防潮堤の高さとソフト対策の組み合わせの平均値は 12.8 点となり、この点数は防潮堤の高さが 4.7m 低くした場所と同等である。また、この点数よりも評価が低くかつ、ハード対策がないものは「避難路の確保が出来なくなる場所」となった。

これから、防潮堤の高さが少し低くなったとしても避難路の確保だけはできるような状況を確保することが求められているとわかる。

以上より、リスク回避型の住民にとって、ハード対策を向上することよりもソフト対策を向上していった方が安心だと感じる事がわかった。なかでもソフト対策は避難路の確保を最も重要視しており、次いで避難訓練の実施、津波ハザードマップの作成となっている。

7. おわりに

本研究では、人々の津波災害に対するリスクを考慮して価値関数を構築した。この結果、リスク回避型の人々は災害時に避難できることが最も重要であり、ハード対策に力を入れるのではなく、災害時でも確実に通ることができる避難路を作りたいことを望んでいることが分かった。例えば、地震の際に建物の倒壊を考慮し建築制限をすることで避難路の途絶を防ぐことや、避難路であることを明示するような標識の設置等の対策を取ることが有効であると考えられる。

本研究は、確率が曖昧な事象である防災対策を評価するためにプロスペクト理論を適用した。今後は価値関数の精緻化等の課題に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 北海道防災会議：北海道太平洋沿岸に係る津波浸水予測図について、2012
- 2) 例えば、片田敏孝、木下猛、金井昌信：住民の防災対応に関する行政依存意識が防災行動に与える影響、災害情報学会誌、No.9、pp.114-126、2011.3
- 3) Daniel Kahneman, Amos Tversky：Prospect Theory：An Analysis of Decision under Risk, Econometrica, Vol.47, pp.263-291, 1995