

CVMを用いた自然災害リスクに対する家計の危険回避選好の計量化手法*

Measuring disaster risk preference of households in use of CVM*

松田曜子**

By Yoko MATSUDA**

1. はじめに

各種の災害リスクマネジメント施策による効果を最終的に享受するのは住民である。よってその費用便益評価に当たっては各々の家計が持つ災害に対するリスク選好の計量化が必要であろう。本研究の目的は、非市場財に対する費用便益分析手法である CVM の枠組みを用い、リスク回避施策に対する家計の支払意思額分布からそのリスク選好の計量化を可能にするモデルの構築とその実証分析である。

2. 研究の概要

本研究では、CVM の枠組みを用いて、期待効用最大化仮説に従う家計のリスク回避的施策に対する支払意思額の分布からその効用関数を特定化する。CVM の援用により、分析者は不確実性に関して仮想的なシナリオを自由に設定し、特定の災害リスクを回避するオプションに対する家計の選好をアンケートを通じ直接尋ねることができる。

本稿では家計には von Neumann-Morgenstern(VNM) 型の絶対的・相対的危険回避度一定型効用関数を規定する。さらに被害確率を所与としないサンプルを用いて危険回避度と主観的リスクの同時推定を行い、その結果より家計の主観的リスクによる回避選好について考察する。

効用関数の推定には Hanemann¹⁾の離散選択モデルを用いる。Hanemann のモデルは間接効用関数を基盤としており、CVM による貨幣測度の推定に一般的に用いられる。ランダム効用モデルの導出モデルにはプロビットモデルを適用する。

(1) 定式化

家計 i が選択可能な選択肢集合 A^i が $A^i = \{a = 1: \text{オプション購入}, a = 0: \text{購入しない}\}$

で表され、 i はオプション購入を選択するとき対価 c を支払うものとする。選択肢 a に対応する結果は $S = \{s = 1: \text{被害発生}, s = 0: \text{被害なし}\}$ であるとし、災害による被害の発生確率は p_1^i ($0 \leq p_1^i \leq 1$) で与えるものとする。

s と a に対応する家計 i の間接効用水準を $U_{sa}^i(y^i, \mathbf{X}^i) = V_{sa}^i(y^i, \mathbf{X}^i) + \varepsilon_{sa}^i$ とおく。 y^i は家計の富、 \mathbf{X}^i は収入以外の属性項であり、 V_{sa}^i は確定効用項、 ε_{sa}^i は確率効用項である。

期待効用最大化仮説に従う合理的な家計の選択行動は $\max_{a \in A^i} \sum_{s \in S} E[U_{sa}^i]$ として表される。家計が p_s^i の分布を完全

に理解し合理的選択を行うとすれば、 ε_{sa}^i は結果の状態 s によらない確率変数 ε_a^i とおける。よって期待効用

$EU_a^i \equiv E \sum_{s \in S} [U_{sa}^i]$ は式(1)のように期待効用の確定項

$EV_a^i \equiv E \sum_{s \in S} [V_{sa}^i]$ と確率効用項の和となる。

$$\begin{aligned} EU_a^i &= \sum_s p_s^i (V_{sa}^i(y^i, \mathbf{X}^i) + \varepsilon_a^i) \\ &= \sum_s p_s^i \cdot V_{sa}^i(y^i, \mathbf{X}^i) + \varepsilon_a^i \quad (1) \\ &= EV_a^i + \varepsilon_a^i \end{aligned}$$

*キーワード: 調査論, 意識調査分析, 防災計画

**学生員, 工修, 京都大学大学院工学研究科

(〒611-0011京都府宇治市五ヶ庄,

TEL0774-38-4038, matsuda@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp)

家計はオプションの提示額 c が彼の支払意思額(図 1 の WTP)より小さいとき $a = 1$ を選択する. 確率効用項 ε_a^i に標準分布を仮定し $\varepsilon_a^i \sim N(0, \sigma_a^2)$ とおくと両選択行動の期待効用差関数 $\Delta EV^i \equiv EV_1^i - EV_0^i$ はプロビットモデルで表される. プロビットモデルの導出は本稿では省略する. なお, 実際の分析においては二段階二項選択方式に対応するプロビットモデルを構築した.

家計の選択に応じた危険中立型, 絶対的・相対的危険回避度一定型の効用関数はそれぞれ①~③の各式で書ける($\mathbf{C}^1, \mathbf{C}^2$ はパラメータのベクトル).

① 危険中立型効用関数

$$V_{sa}(y, \mathbf{X}) = C_s^1 y + C_s^2 \cdot \mathbf{X} \quad (2)$$

② 絶対的危険回避度一定型効用関数

$$V_{sa}(y, \mathbf{X}) = -\frac{C_s^1 \cdot \mathbf{X}}{\eta(\mathbf{X})} \exp[-y \eta(\mathbf{X})] + C_s^2 \cdot \mathbf{X} \quad (3)$$

③ 相対的危険回避度一定型効用関数

$$V_{sa}(y, \mathbf{X}) = C_s^1 \cdot \mathbf{X} \cdot \frac{y^{1-\gamma(\mathbf{X})}}{1-\gamma(\mathbf{X})} + C_s^2 \cdot \mathbf{X} \quad (\gamma(\mathbf{X}) \neq 1) \quad (4)$$

$$V_{sa}(y, \mathbf{X}) = C_s^1 \cdot \mathbf{X} \cdot \ln y + C_s^2 \cdot \mathbf{X} \quad (\gamma(\mathbf{X}) = 1)$$

アンケートの提示額における効用差関数の対数尤度(スケールパラメータ $\sigma_a = 1$)の最大化により, パラメータ η, γ, B の推定値が得られる. なお後述の実証分析においては, $\mathbf{C}^1, \mathbf{C}^2$ を属性の線形関数とした C モデル, 危険回避度 η, γ を属性の線形関数とした N モデル双方の推計を行っている.

家計の受ける被害を資産損失(貨幣価値の減少)として表されるものと, 生活質の低下として表されるものに分類し, 前者に VNM 型効用関数を, 後者に状況依存型効用関数を適用する. 本稿では von Neumann-Morgenstern 型効用関数の定式化を行い, 後述の地震リスク回避オプションに対する選択調査に用いる.

VNM 型の効用関数 $V(y, \mathbf{X})$ では, 被害は富 y の減少として表現される. 図-1にその厚生変化を示す. O は平常時(富の量 y_0), A は災害時(富の量 y_1)でありそれぞれの間接効用水準を示す. B は期待値をとったと

きの家計の期待効用の水準, y_E はそのときの確実性同値である. このときの被害回避オプションに対する支払意思額(WTP)は $y_0 - y_E$ で表される. 家計は価格 c が提示されたときにそれが自分の支払意思額より小さければこのオプションを選好する.

3. 地震リスクに対する実証分析

以上のモデルを 2002 年 8 月に大阪府の一般世帯 3000 帯を対象に実施した地震保険購入意識調査の結果に適用した結果を示す. 表 1 は推定に用いた変数の説明, 表 2 は危険回避度を含む効用関数のパラメータ推定結果である. ここでは所得項 y_0^i を家計の年収とし, 資産額 l_0 やハザード発生確率 p_s^i, \bar{p}_s^i は 1 年間のタームに統一している.

表-1 変数の内容

	変数名	説明	変数内容
用紙属性	HM	ハザードマップ付与	1:付与 0:非付与
住居属性	TYP	住居形態	1:一戸建て 0:共同住宅(マンション等)
	STR	住居構造	1:木造 0:非木造
	OWN	住居所有形態	1:持ち家 0:賃貸住宅
	AREA	住居建坪(延べ床面積)	1:81m ² 以上 0:80m ² 以下
	YEAR	住居建築時期	1:1981年以前 0:1982以降
地震態度属性	PRISK	地震発生可能性の認知 ※1	1:おさまると思う 0:思わない
	PFLT	地震発生可能性の原因断層(PRISK=1のみ)	1:上町断層系 2:中央構造線 3:有馬高槻構造線 4:中央構造線 5:南海トラフ 6:上記以外 7:わからない
	PVAL	地震発生時被害可能性の認知 ※2	1:全壊または半壊と思う 0:思わない
	KNOW	地震保険知識	1:知っている 0:知らない
	TAKE	地震保険保有	1:はい 0:いいえ
世帯属性	AGE	世帯主年齢	1:65歳以上
	Y	世帯収入	250 750 1250 1750 2250 (万円)
資産属性	HOUS	建物価格	(万円)
	GOOD	家財額	(万円)
	PROP	契約資産額(HOUS+GOOD)	(万円)

※1 「今後25年以内に, あなたが住んでいる地域で震度7程度の揺れを生じる地震が起こると思うか」という問い.
 ※2 「仮にあなたが住んでいる地域で震度7の地震が起こったとき, あなたの住居には被害が出ると思うか」という問い

(1) 危険回避度の推定, 属性との関係

以下の表-2は C を属性の変数とし, 危険回避度 η (または γ) を定数項とした C モデルの推定結果, 表-3は C は定数項, とし危険回避度を属性の線形関数 $\eta(\mathbf{X})$ (または $\gamma(\mathbf{X})$) とした N モデルの推定結果である. 有意な推定結果が得られなかったモデルについての結果は省いてある.

C, N いずれのモデルにおいても危険回避型効用関数モデルが危険中立効用関数を仮定した場合よりも尤度が高く, 両者間の尤度比検定の結果からも, 家計に危険回避型効用関数を仮定することでモデルの当ては

まりがよくなっていると言える。絶対的及び相対的危険回避度一定型の間では尤度の改善は見られない。より大きな資産を持つ家計がよりリスク回避的な選択行動を行うとすれば、相対的危険回避度一定型モデルを採用するのが妥当だと考えられる。相対的危険回避度一定型モデルにおいて主観的リスクの推定値を得ることができなかった。これは、相対的危険回避度一定型効用関数は式(4)のように $\gamma(\mathbf{X}) = 1$ の点で不連続なためであると考えられ、推定方法に検討の余地が残っている。

各モデルで有意となった変数を検討すると保険所有の変数(TAKE)が複数の場合で有意に検出されており、現在実際に地震保険を所有しているかによって危険回避度が異なることがわかる。

また、世帯主の年齢項(AGE)も複数のモデルで有意なパラメータ値が推定された。

(2) 主観的被害確率の推定

アンケートにおいて p_s^i を明示しないとき、家計は地震の被害確率に関して各々の信念に基づき合理的選択を行うと仮定する。よって主観的確率 \hat{p}_s^i に基づいた

VNM 型効用関数の効用差関数のパラメータ推定は η (または γ)、 C と p_s^i の同時推定問題として解くことができる。主観的リスクの推定値は、危険中立型の場合において 0.0896、絶対的危険回避度一定型の場合で 0.0525 となった。これは本調査で想定している上町断層系を震源とする地震の発生確率よりも小さく、リスク情報が与えられない場合、家計は過小評価した地震被害確率に基づいてリスク回避選択行動を行っていることがわかる。主観的リスクに基づいたときの絶対的危険回避度の推定値(0.017)は客観リスク下の値(0.031)より小さく、主観的リスク下では家計の効用関数がより危険愛好型にシフトすると考えられる。

主観的リスク下のパラメータと属性の関係を見ると、被害認知に関するパラメータ(PRISK, PVAL)が有意となっている点が特徴的である。また、ハザードマップの付与も有意に効いており、この結果からは、地震に関して客観的な被災確率が与えられないとき、家計は危険回避をより強く家計自身の信念や与えられた情報に基づいて選択していると言える。

表-3 Cモデルのパラメータ推定結果

Model		Risk-Neutral				Relative Risk-Averse	
		Given Risk		Subjective Risk		Given Risk	
Parameter		Constant	Significant	Constant	Significant	Constant	Significant
Risk Aversion (1/1,000,000yen)						0.226 2.89	0.145 1.867
Given Probability p_s^i (Mean of all samples)		0.113	0.113			0.113	0.113
Subjective Probability \hat{p}_s^i				0.0916 7.346	0.0896 0.0896		
Parameters on Utility function <i>C</i>	Constant	57.058	60.015	17.004	17.446	66.244	78.679
	t-value	14.930	14.287	14.116	9.355	7.204	9.298
	HM						
	t-value						
	OWN						-15.490
	t-value						-2.031
	PVAL						-21.461
t-value						-2.660	
TAKE		0.763		0.690		-25.171	
t-value		4.407		3.912		-2.817	
AGE		0.247					
t-value		1.75					
Number of Obsv.		315	315	274	274	315	315
Log of Likelihood		-416.836	-404.004	-452.225	-444.456	-431.609	-425.216
Initial Log of Likelihood		-826.386	-826.386	-721.427	-721.427	-826.386	-826.386
Likelihood Ratio Index		0.496	0.511	0.373	0.384	0.478	0.485

表-3 Nモデルパラメータ推定結果

Model		Absolute Risk-Averse				Relative Risk-Averse	
		Given Risk		Subjective Risk		Given Risk	
Parameter		Constant	Significant	Constant	Significant	Constant	Significant
Constant		1762.706	4240.506	1175.737	924.785	66.244	57.303
t-value		138.012	235.627	188.666	71.599	7.204	7.132
Given Probability p_s^i (Mean of all samples)		0.113	0.113			0.113	0.113
Subjective Probability \tilde{p}_s^i				0.0657 8.641	0.0525 9.427		
Risk Aversion (1/1,000,000yen)	Constant	0.0307	0.013714	0.0170	0.0424	0.226	0.0833
	t-value	11.940	10.945	8.617	6.591	2.890	1.015
	HM				0.0129		
	t-value				2.774		
	AREA		0.421				
	t-value		2.383				
	PRISK				-0.0210		
	t-value				-3.423		
	TAKE		-0.00462				0.232
	t-value		-2.888				2.731
AGE		-0.00280		-0.0147			
t-value		-1.792		-3.475			
Number of Obsv.		315	315	274	274	315	315
Log of Likelihood		-432.658	-424.523	-452.193	-428.391	-431.609	-427.349
Initial Log of Likelihood		-826.386	-826.386	-721.647	-721.647	-826.386	-826.386
Likelihood Ratio Index ρ^2		0.476	0.486	0.373	0.406	0.478	0.482

4. おわりに

本稿では提案した枠組みを用いて地震リスクに対する家計の危険回避度の実証分析を行った。それにより、主観的リスク下での選択行動は客観リスク下のそれと異なる点を指摘した。本稿での分析結果は初期的な分析にとどまっており、居住地別のリスク回避度の推定などの分析可能性が考えられる。これらを今後の検討課題とする。

参考文献

1) Hanemann, W. M.: Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete

Responses, *American Journal of Agricultural Economics*, 66, pp.332-341, 1984.

2) 多々納裕一, 小林潔司, 喜多秀行: 危険回避選好を考慮した2段階離散選択モデルに関する研究, 土木計画学研究・論文集 No.13, pp.159-162, 1996.

3) 松田曜子: 離散選択モデルを用いた家計の危険回避度の計量化に関する方法論的研究, 京都大学大学院修士論文, 2004.