

CVMを用いた自然災害リスクに対する家計のリスクプレミアムの計量化に関する考察*

Measuring risk premium disaster risk preference of households in use of CVM*

松田曜子**・多々納裕一***・岡田憲夫***

By Yoko MATSUDA**, Hirokazu TATANO*** and Norio OKADA***

1. はじめに

巨大災害リスクの増加に従い、総合的なリスクマネジメント技術の発展が要請されている。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から、その費用便益評価に当たっては分析者は各々の家計が持つ災害に対するリスク選好を考慮する必要がある。さらにリスク選好の計量化に当たっては、家計が持つ主観的リスクを考慮しなければならない。特に対象となるリスクが地震のようなカタストロフィックな種類のものである場合、家計は過去にリスク事象に関する信念の形成の基準となる経験を持たず、情報も不足しているためしばしば誤ってリスクを評価する¹⁾。これは認知リスクバイアスとして知られる問題である。さらに、通常家計は同時に複数のリスクに面した状態で総合的な判断に基づいてリスク回避策に対する選択行動を行っている。従ってある特定のリスクに対する回避度を計量化するための枠組みには行動結果データを収集する顕示選好(RP)データではなく、表明選好(SP)データが用いられるべきである。

本研究は以上のような問題意識に基づきリスク回避策に対する家計の支払意思額(willingness-to-pay, WTP)分布の調査結果から彼らのリスク選好とリスクプレミアムを直接的に計量化するモデル構築とその実証分析を目的とする。

2. 研究の概要とモデル化

(1) 概要

本研究では、家計は期待効用最大化仮説に従い選択

行動を行うものと仮定し、その下でリスク回避度と主観的リスク(本研究では事象の発生確率と被害確率の積を意味する。)を期待効用関数のパラメータとして含む離散選択モデルを構築する。調査の基本的概念と効用関数の特定化には仮想市場法(Contingent Valuation Method, CVM)の仕組みを援用する。CVMは非市場財やサービスの便益評価手法として開発された手法であるが、本研究のアンケートにおいては、ある価格で提供される特定の災害による被害を回避するオプションに対する家計の選好を尋ねる。さらに被害確率を所与としないサンプルを併用し、リスク情報の有無が家計の主観的リスクにもとづく回避選好に及ぼす効果について考察する。

(2) 離散選択モデルの定式化

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 $\max_{a \in A^i} \max_{s \in S} E[U_{sa}^i]$ 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 $EU_a^i \equiv E[U_{sa}^i]$ は式(1)のように期待効用の確定項 $EV_a^i \equiv E[V_{sa}^i]$ と確率効用項の和となる。

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

*キーワード： 調査論，意識調査分析，防災計画，CVM

**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)

***正員，工博，京都大学防災研究所

(〒611-0011京都府宇治市五ヶ庄，

TEL0774-38-4308, tatano@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp

TEL0774-38-4035, okada@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp)

効用関数の推定にはHanemann²⁾の離散選択モデルを用いる。家計はオプションの提示額 c が彼の支払意思額より小さいとき $a = 1$ 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 $\Delta EV^i \equiv EV_1^i - EV_0^i$ は二項選択プロビットモデルで表される。 $a = 1$ と $a = 0$ の選択確率は式(2), (3)でそれぞれ表される。

$$\begin{aligned} \Pi_1^i &= \Pr[EV_0^i + \varepsilon_0^i \leq EV_1^i + \varepsilon_1^i] \\ &= \Pr[\varepsilon_0^i - \varepsilon_1^i \leq EV_1^i - EV_0^i = \Delta EV^i] \\ &= \int_{-\infty}^{\Delta EV^i} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon^i}{\sigma}\right)^2\right] d\varepsilon^i \quad (2) \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\Delta EV^i/\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}u^2\right] du \end{aligned}$$

$$\Pi_0^i = 1 - \Pi_1^i \quad (3)$$

なお、実際の分析においては推定の精度を高めるため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が、本稿では省略する。家計の選択に応じた絶対的・相対的危険回避度一定型の効用関数はそれぞれ(4)~(5)の各式で表される (\mathbf{C}^1 , \mathbf{C}^2 はパラメータのベクトル)。

絶対的危険回避度一定(CARA)型効用関数

$$V_{sa}(y, \mathbf{X}) = -\frac{\mathbf{C}_s^1 \cdot \mathbf{X}}{\eta(\mathbf{X})} \exp[-y\eta(\mathbf{X})] + \mathbf{C}_s^2 \cdot \mathbf{X} \quad (4)$$

相対的危険回避度一定(CRRA)型効用関数

$$V_{sa}(y, \mathbf{X}) = \mathbf{C}_s^1 \cdot \mathbf{X} \cdot \frac{y^{1-\gamma(\mathbf{X})}}{1-\gamma(\mathbf{X})} + \mathbf{C}_s^2 \cdot \mathbf{X} \quad (\gamma(\mathbf{X}) \neq 1) \quad (5)$$

$\eta(\mathbf{X})$, $\gamma(\mathbf{X})$ はそれぞれ絶対的, 相対的危険回避度であり以下のように定義される。

$$-\frac{\partial^2 V_{sa}(y, \mathbf{X})}{\partial y^2} \bigg/ \frac{\partial V_{sa}(y, \mathbf{X})}{\partial y} = \eta(\mathbf{X}) \quad (6)$$

$$-\frac{y \cdot \partial^2 V_{sa}(y, \mathbf{X})}{\partial y^2} \bigg/ \frac{\partial V_{sa}(y, \mathbf{X})}{\partial y} = \gamma(\mathbf{X}) \quad (7)$$

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, $\eta(\mathbf{X})$, $\gamma(\mathbf{X})$, \mathbf{C}^1 , \mathbf{C}^2 の推定値が得られる。

(3) von Neumann-Morgenstern 型効用関数における厚生変化

von Neumann-Morgenstern (VNM)型効用関数の定式化を行う。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。BB'はこのリスク下での i のリスクプレミアムである。

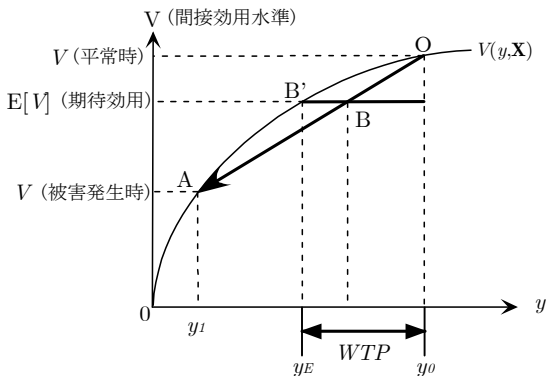


図-1 VNM 型効用関数

(4) 主観的リスクの同時推定

式(1)において被害の発生確率 p_s^i を未知のパラメータ \tilde{p}_s^i とし, \tilde{p}_s^i とその他のパラメータの同時推計を行うことで家計の主観的被害確率の推定が可能となる。 \tilde{p}_s^i と効用関数のパラメータとは分離できるので同時推定が可能である。

3. 地震リスクに対する実証分析

(1) 調査の概要と推定結果の説明

地震保険購入意識調査は上町断層系を震源とする地震を想定し, 2002年8月に大阪府の一般世帯3000世帯を対象に実施した。保険購入の選択を尋ねる質問の他に表-1に示す属性質問を行った。

表-1 属性変数の内容

変数名	説明	変数内容
用紙属性	HM	ハザードマップ付与
住居属性	TYP	住居形態
	STR	住居構造
	OWN	住居所有形態
	AREA	住居建坪(延べ床面積)
地震態度属性	YEAR	住居建築時期
	PRISK	地震発生可能性の認知 ※1
	PFLT	地震発生可能性の原因断層(PRISK=1のみ)
	PVAL	地震発生時被害可能性の認知 ※2
世帯属性	KNOW	地震保険知識
	TAKE	地震保険保有
	AGE	世帯主年齢
資産属性	Y	世帯収入
	HOUS	建物価格
	GOOD	家財額
	PROP	契約資産額(HOUS+GOOD)

※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。

保険購入意思と資産額の回答を有する有効回答数はリスク所与調査が 315(回答率 10.5%), リスク非所与調査が 274(回答率 9.1%)であった。表-2に最も適合度の高かったCを定数項とし危険回避度を属性変数の線形関数 $\eta(\mathbf{X})$ (または $\gamma(\mathbf{X})$)としたモデルの推定結果(上段・推定値, 下段・t値)を2種類の危険回避度一定型効用関数について示した。有意な推定結果が得られなかったモデルの結果, 及び有意とならなかった変数の推定値は除いている。

表-2 パラメータ推定結果

Model		Absolute Risk-Averse						Relative Risk-Averse					
		Given Risk		Subjective Risk				Given Risk		Subjective Risk			
Parameter		Constant	Finalized	Constant 2-staged	Constant Simultaneous	Finalized 2-staged	Finalized Simultaneous	Constant	Finalized	Constant 2-staged	Constant	Constant 2-staged	Finalized
Constant		1762.706	4240.506	1762.706	1175.737	4240.506	924.785	66.244	57.303	66.244	Divergence	57.303	Divergence
t-value		138.012	235.627	1762.706	188.666	24.57	71.599	7.204	7.132	66.244	Divergence	57.303	Divergence
Subjective Probability				0.0594	0.0657	0.0651	0.0525				Divergence		Divergence
				20.31	8.641	24.57	9.427				Divergence		Divergence
Risk Aversion(1/1,000,000yen)	Constant	0.0307	0.0137	0.0307	0.0170	0.0137	0.0424	0.226	0.0833	0.226	Divergence	0.0833	
	t-value	11.940	10.945		8.617		6.591	2.890	1.015				
	HM												
	t-value												
	AREA		0.421			0.421							
	t-value		2.383										
	PRISK						-0.0210						
	t-value						-3.423						
	TAKE		-0.00462						0.232			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	274	274	315	315	274	274	274	274
Log of Likelihood		-432.658	-424.523	-527.651	-452.193	-553.051	-428.391	-431.609	-427.349	Divergence	Divergence	Divergence	Divergence
Initial Log of Likelihood		-826.386	-826.386	-721.647	-721.647	-721.647	-721.647	-826.386	-826.386	-721.647	-721.647	-721.647	-721.647
Likelihood Ratio Index		0.476	0.486	0.269	0.373	0.234	0.406	0.478	0.482	Divergence	Divergence	Divergence	Divergence

パラメータ推定の結果複数のモデルで有意に推定される変数は地震保険保有属性と高齢者世帯属性の2つであった。現在の地震保険所有の変数(TAKE)のパラメータが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否かが, アンケートで提示された仮想的な地震保険購入に対する嗜好を説明している。このパラメータの符号は危険回避度を小さくする向き(-0.00462)に効いている。これは既に保険を保有している家計がアンケートにおいて仮想的に与えられた地震発生確率の下で提供された保険の購入を嗜好しなかったことを意味し, 所与確率がこれらの家計の実際の保険購入行動の基準となった主観的確率に対し過剰に下方に乖離していた可能性が考えられる。

次に, 世帯主の年齢項(AGE)がリスク所与下と非所与下のCARAモデルで有意となっており, これは世帯主が高齢(65歳以上)であるか否かにより保険購入の嗜好に差があると説明される。パラメータは負を示しており(客観-0.00280, 主観-0.0147), 危険回避度を小さくする向きにはたらいっている。すな

(2) 危険回避度の推定・属性との関係

CARAモデル及びCRRAモデルの間の対数尤度における尤度比検定は棄却されず, 尤度の改善は見られなかった。またCRRAモデルにおいては, 主観的リスクと危険回避度の同時推定が収束に至らず, CRRAモデルの同時推定法には検討の余地が残る。なおモデルの適合度を示すMcFaddenの決定係数(尤度比指標)はいずれも0.3を超えており良好である。

わち高齢者世帯はより危険中立的でありリスク回避オプションを取らない傾向があると説明される。この結果は, およそ1000年に一度程度の発生確率という非常に微小な上町断層系の地震リスクに対して, 高齢者世帯が保険により積極的にリスク回避の選択行動を行う動機がないことを説明している。その他, CARAモデルでは住居建坪(AREA)のパラメータが正值(0.421)で有意となっている。

一方, リスク非所与調査では所与調査で全て棄却された地震発生認知・認識に関する心理的属性のパラメータが有意となっている。CARAモデルにおいて地震発生可能性があると回答した家計のパラメータはリスク回避度を下げる向き(-0.0210)にはたらいっている。「期待効用最大化行動を仮定した家計のうち, 地震の発生を信じる属性を持つ家計がよりリスク愛好的である」というこの推定結果に従えば, この場合の家計の信念と実際のリスク回避選択行動の結果が一致していないことが示された。

また, 非所与調査においてハザードマップの付与に対するパラメータ(HM)が正值(0.0129)で有意とな

っている点にも着目する。これはハザードマップを参照した家計の危険回避度が大きくなり、保険に対する支払意思額が増加するということを意味し、保険会社等が準備するリスク情報の提供は家計のオプション選択行動に影響を与えると推論できるが、ここではハザードマップと居住地を関連付けておらず、この結果だけではハザードマップにおいてどの程度の震度が予想された家計に対し影響を及ぼしたかを特定することはできない。

(3) 代表的家計におけるリスクプレミアムの算定
以上のパラメータ推定結果のうち、最も信頼性の高いリスク回避度の推定値を得た CARA モデルを用いて代表的な家計が持つ CARA 効用関数を特定化し、特定の条件下におけるリスクプレミアムの算定を試みる。

代表的な家計として年収 1000 万円、総契約資産額の 1 年あたりの帰属レント 100 万円(耐用年数 25 年、総資産額約 2000 万円に相当する)を想定する。

この家計のリスクプレミアム ρ^i は以下の式(8)で表される。

$$\rho^i = (y_0 - p_1^i \cdot l_0, \mathbf{X}) - V^{-1} [p_1^i \cdot V(y_0 - l_0, \mathbf{X}) + (1 - p_1^i) \cdot V(y_0, \mathbf{X}), \mathbf{X}] \quad (8)$$

また、パラメータの推定値を用いた絶対的危険回避度一定型の効用関数は以下の式(9)で書ける。

$$V(y, \mathbf{X}) = -\frac{C_s^1}{\eta(\mathbf{X})} \exp[-y \eta(\mathbf{X})] = -\frac{1175.737}{0.017} \exp[-0.017y] \quad (9)$$

図-4 に特定化された効用関数のグラフを示す。また表-5 にリスク情報の所与下、非所与下におけるリスクプレミアムの算出結果を示した。客観的リスク下では、被害発生確率を 1 年で 0.001 と仮定したとき、上記の家計の 1 年あたりのリスクプレミアムは 1040 円と推定された。この結果は保険数理的に公正な保険を想定したとき、代表的家計の保険に対する支払意思額が期待被害額 1000 円に対し約 2 倍の値となることを示している。またリスク非所与下においては、被害確率の推定値 0.0657 に基づいた 1 年当たりのリスクプレミアムは 66220 円と推定された。被害確率が高いためにリスク所与下の算定値に比べ高額であるが、リスクプレミアムの期待被害額に対する比は 1.008 とリスク非所与下よりも小さ

い。

4. おわりに

本研究では期待効用関数に基づく離散選択モデルと CVM の手法の援用による家計の災害被害回避オプションに対する表明選好データを用いて自然災害リスクに対する家計の選好を危険回避度の測度で計量化する手法を構築した。提案モデルを地震リスクを対象に適用し、効用関数を特定化し、家計の信念に基づくリスクプレミアムの計量化を行った。今後は本手法が持つモデルの移転可能性を活用し、異なるリスクに対する手法の適用を試みたい。

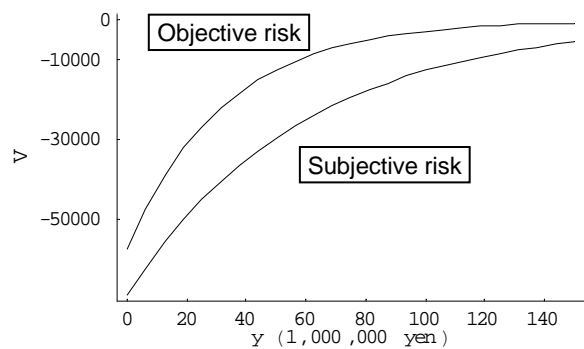


図-4 特定化された効用関数

表-5 代表的家計のリスクプレミアム

(Unit: Yen)	Risk Premium (A)	Expected Loss (B)	A/B
Given Risk	1,040	1,000	1.040
Subjective Risk	66,220	65,700	1.008

参考文献

- 1) Slovic, P.: The Perception of Risk, Earthscan, 1997.
- 2) Hanemann, W. M.: Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses, American Journal of Agricultural Economics, 66, pp.332-341, 1984.
- 3) Hanemann, W. M., Loomis, J. and Kanninen, B.: Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation, American journal of Agricultural Economics, 73, pp. 1255-63, 1991.
- 4) 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.