

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*

Measuring risk premium and 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

都市への集積により、地震や水害等の自然災害のハザードに晒される人口や資産の割合が増加してきている。このような状況下で大規模な地震や水害などの自然災害の発生は、甚大な被害をもたらす、社会経済的にも大きな影響が生じる。（このことは、近年の水害や地震の事例からも明らかであろう。）従って、地域の災害に対する脆弱性を軽減し、災害の社会経済的な影響を減少させ、災害に対して強い地域を形成していくことが求められている。このために、総合的な災害リスクマネジメントの施策の導入が重要である。

総合的な災害リスクマネジメント施策のうち、災害リスクの制御を担う社会基盤施設の整備を計画する際には、効率的な整備の実現を目指して費用便益分析が実施される。費用便益分析の実施に際しては、施設の整備に伴う便益の計量化が重要である。施設整備は家計や企業などの経済主体に影響を及ぼす。家計の厚生水準は、整備によって変化する。この厚生変化の金銭評価値が支払意思額（willingness-to-pay, WTP）であり、その集計値が家計部門の便益となる。企業も整備によって経営環境が変化し、結果として利潤が変動する。しかしながら、企業は株主である家計に保有されており、企業利潤の変化は所得の変化として株主である家計の厚生の変化に帰着する。従って、施設整備に伴う便益の計量化に際して、家計の支払意思額の計量化は最も重要な意義をもつ。

災害リスクの制御を担う社会基盤施設の整備の実施は、家計にとっては彼が直面する災害による被害の生起確率（「災害リスク」）を変化させることになる。（本研究では、F. Knight¹⁾の定義に準拠して、災害リスクを“被害の確率分布”という意味で用いることとする。）家計が直面するリスク変化に対する支払意思額の計量化に関

しては、多くの研究蓄積がある^{2)~5)}。これらの研究の成果として、リスク変化に対する支払意思額は、リスクプレミアムを含むオプション価格を用いて計量化することが望ましいことが指摘されてきた²⁴⁾。このためには、家計の危険回避選好を計量化することが、オプション価格として支払意思額を計量化するために不可欠な要素となるが、災害リスクを対象としたリスクプレミアムの計測に関しては、実証的な研究がほとんど行われていない。

また、家計が直面するリスク変化に対する支払意思額の計量化に関する既往の研究は、家計の正確なリスク認知と合理的な選択行動を前提として行われてきた。しかしながら、災害のような稀有事象に関しては正確なリスク認知を前提として支払意思額の計量化を実施しようとは言い難い。特に対象となるリスクが地震のようなカ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⁶⁾。これは認知リスクバイアスとして知られる問題である。

認知リスクのバイアスが存在する場合には、家計の選択行動と支払意思額が同時にその影響を受ける。よって認知リスクのレベルと、その結果として観察されるリスク回避選択行動の間には乖離があると推測できる。別の言い方をすれば、施策によって認知リスクバイアスの修正を行っても、必ずしも家計を合理的な選択行動へ導くことができるわけではない。従ってハザードマップの公開などリスク情報開示施策の効果を評価するためには、主観的、および客観的なリスクとリスク回避度の関係を明らかにした上で、客観的リスク下における厚生水準を用いて評価すべきである⁶⁾。

本研究は以上のような問題意識に基づき、仮想市場法（Contingent Valuation Method, CVM）を用いて得られたリスク回避施策に対する家計の支払意思額分布の結果から特定の災害リスクに対する家計のリスクプレミアムを計量化することを目的とする。

以下、2. で認知リスクバイアスの問題とその計量化に関する既往研究を整理し、本研究の位置づけを図る。

3. においてパラメータ推定に用いる離散選択モデルを記述する。4. では、地震保険購入行動を取り上げた実

*キーワード： 防災計画, CVM, 意識調査分析

**学生員, 工修, 京都大学大学院工学研究科

(〒611-0011京都市宇治市五ヶ庄,

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

***正員, 工博, 京都大学防災研究所

(〒611-0011京都市宇治市五ヶ庄,

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

TEL0774-38-4035, n_okada@drs.dpri.kyoto-u.ac.jp)

証分析についての概要とパラメータ推定結果をまとめ、5. にてこの結果をもとに家計のリスクプレミアムの計量化とその解釈を行う。特にリスクに関する情報提示が家計のリスク認知とリスク回避選択行動に及ぼす影響に着目して、情報の提供が必ずしも回避選択行動に帰結されるわけではないことを指摘する。6. で本研究で得られた知見をまとめる。

2. 災害を対象とした主観的リスクの計量化問題

災害の認知リスクに着目した不確実性下の行動に関する研究は Slovic⁹⁾に体系的にまとめられている。一連の研究成果のひとつとして Slovic は、さまざまな人間活動に伴う認知リスクの因子分析を行い、その結果人々のリスク認知は「未知であること(unknown)」と「恐ろしいこと(dread)」の2つの因子で規定されるとしている。しかしこれらの因子を判断する基準は定量的に定義できるものではなく、彼の分析は質的なものとどまっている。

災害リスクを扱う経済学のパラダイムにおいては、上述のような認知リスクバイアスの存在を認めつつも、便宜上の理由や論理的一貫性重視の面から長くリスクに関して暗黙のうちに完全認知の仮定がおかれていた。すなわち、①経済主体は完全にハザードの発生確率に関する情報を認知し、②結果の不確実性の確率分布は既知であり、③各主体はこの共通の情報に基づいた上で期待効用最大化原理に則り行動選択を行う⁷⁾、とするものであった。しかしこのような仮定は明らかに非現実的であり、情報の非対称性が存在し、かつ各個人の情報に対する判断にも異質性が存在する世界を描写するには適当ではない。

この伝統的な完全認知の仮定が抱える矛盾に応える形で主観的リスクに基づいた意思決定を行う家計の行動選択に関する研究も行われるようになった。例えば土木計画学における経済学的アプローチとして山口ら⁸⁾は認知リスクバイアスが家計の居住地選択行動に及ぼす影響を均衡モデルにより定式化し、認知バイアスの存在下ではそれがない場合に比べ災害危険度情報の提供効果が制限されていることを理論的に示した。また、横松⁹⁾は認知リスク構造と保険購入行動の関係のモデル分析を行い、家計が主観的確率を形成すると災害リスク情報が完全な市場においても保険の非購入を合理的に選択する場合があることを証明した。

以上のような理論モデルによるアプローチの他、柴崎ら¹⁰⁾は稀少確率・甚大被害のリスクを対象にした認知リスクバイアスの計測を行っており、リスク下における態度表明の観察対象として、保険加入行動や交通手段選択行動の RP データを用いた検討を行っている。

しかし、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。従ってある特定の災害による被害という極めて限定的なリスクに対する選好を対象とするときには、RP データには複合的なリスクに直面する家計の選好が完全に反映されていないことも考えられる。そのような場合には家計の選好を SP 調査を用いて直接尋ねる手法が有効であると考えられる。

そこで本研究では、家計のリスク選好の計測に非市場財の便益評価に用いられる CVM を採用する。通常の CVM では、回答者はあるサービスの提供による効用水準の増加に対する支払意思額を回答する。それに対し本研究のアンケートにおいては、想定される災害がもたらす被害を回避するオプションが提供されたときの、家計の支払意思額を尋ねる。CVM を援用することにより、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することが可能となる。本研究では、この利点を災害被害の不確実性に関する情報を与えた標本と与えない標本を作成する形で利用する。両標本を交互に用いてリスク回避度を含む効用関数のパラメータと家計の主観的リスクとを推計する。この方法によって、認知リスクバイアスを観測するのみでは計ることのできない、“主観的リスク下におけるリスク回避行動が客観的リスク下で実現されたときのリスクプレミアムの計量化”が可能になる。

ただし、CVM には常に限界と信頼性の議論が存在している。そのほとんどはバイアスの問題に帰着されるため、CVM において生じうるバイアスやその対処法に関しては膨大な研究が行われている。それら一連の研究によると、バイアスの発生要因として SP データの信頼性によるものと、CVM によるパラメータ推定の信頼性によるものに分けられる。本研究においても分析結果の妥当性の検討に当たっては、バイアスの発生を常に疑う必要がある点に留意しておくべきである。現在のところ、CVM による推定便益の妥当性が証明できないとして、それが CVM の手法自体に起因するものなのか、調査法やデータの採集法の不備が原因なのかという議論には結論が出されていない。本研究での提案手法に対する信頼性の分析は今後の課題として検討する余地がある。

3. モデルの概要

(1) 概要

本研究では、家計に von Neumann and Morgenstern (VNM)型の可測効用関数を規定し、期待効用最大化仮説に従い選択行動を行うものと仮定する。VNM 型可測効用関数では、家計の被害は富の量の減少に伴う厚生低下として記述される。その下でリスク回

避度と主観的リスク（ここではハザード事象の発生確率と被害確率の積を意味する。）をパラメータとして効用関数に含む離散選択モデルを構築する。リスク回避度をパラメータとして推定するために、効用関数形は絶対的危険回避度一定（Constant absolute risk averse, CARA）型と相対的危険回避度一定（Constant relative risk averse, CRRA）型効用関数の2種類を想定した。CARA 型効用関数を仮定した家計は、所有する富の量に関わらず一定のリスク回避選好を示す。CRRA 型効用関数を仮定した家計は、所有する富の量とリスク回避選好が比例関係にある。効用関数の定式化は後述する。推定の第一段階では被害確率を所与としたサンプルを用いて効用関数のパラメータを推定する。さらに被害確率を所与としないサンプルを用いて主観的リスクの値を段階的に推定し、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 Hanemann¹¹⁾¹²⁾の二段階二項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。プロビットモデルは確率効用項の分布に正規分布を仮定しており、正規分布の再生性の性質よりロジットモデルより妥当性が高い。

(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_s^i ($0 \leq p_s^i \leq 1$) 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 $\max_{a \in A^i} E[U_{sa}^i]$ 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。

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

i の選択肢集合 A^i は、以下の4要素で成り立つ。

$$\begin{aligned} A^i &= \{a = 11: Y/Y, a = 10: Y/N, \\ &\quad a = 01: N/Y, a = 00: N/N\} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで Y と N の記号はそれぞれ二段階選択の1回目と2回目の提示額に対するオプションの購入意思であり、 Y は購入する、 N は購入しないを表す。それぞれの選択肢について期待効用 $EU_a^i = EV_a^i + \varepsilon_a^i$ が定義できる。そこで確定項の効用差関数 ΔEV_a^i を式(3)のようにおく。添字1は二段階選択の1回目の選択、 U は1回目で Y を選択したときの2回目の選択、 L は1回目で N を選択したときの2回目の選択をそれぞれ意味する。

$$\begin{aligned} \Delta EV_U^i &\equiv EV_{11}^i - EV_{10}^i \\ &= p_1^i \cdot (V_{1,11}^i - V_{1,10}^i) \\ &\quad + (1 - p_1^i) \cdot (V_{0,11}^i - V_{0,10}^i) \\ \Delta EV_{11}^i &\equiv EV_{10}^i - EV_{01}^i \\ &= p_1^i \cdot (V_{1,10}^i - V_{1,01}^i) \\ &\quad + (1 - p_1^i) \cdot (V_{0,10}^i - V_{0,01}^i) \\ \Delta EV_L^i &\equiv EV_{01}^i - EV_{00}^i \\ &= p_1^i \cdot (V_{1,01}^i - V_{1,00}^i) \\ &\quad + (1 - p_1^i) \cdot (V_{0,01}^i - V_{0,00}^i) \end{aligned} \quad (3)$$

効用差関数の確率項は平均が0、分散 σ^2 の正規分布に従うと仮定すると、選択肢 $a = 11$ の選択確率は式(4)と表せる。

$$\Pi_{11}^i = 1 - \Phi\left(\frac{\Delta EV_U^i}{\sigma}\right) \quad (4)$$

他の選択肢の選択確率も同様に、式(5)～式(7)と表せる。

$$\Pi_{10}^i = \Phi\left(\frac{\Delta EV_U^i}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\Delta EV_{11}^i}{\sigma}\right) \quad (5)$$

$$\Pi_{01}^i = \Phi\left(\frac{\Delta EV_{11}^i}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\Delta EV_L^i}{\sigma}\right) \quad (6)$$

$$\Pi_{00}^i = \Phi\left(\frac{\Delta EV_L^i}{\sigma}\right) \quad (7)$$

それぞれの選択肢は排反であるから全体の選択確率分布は $\Pi_a^i = \sum_{a \in A^i} \Pi_a^i$ である。支払意思額の分布関数 $G^i(w)$ は、式(8)で与えられる。

$$\begin{aligned} G^i(w) &= 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\int_{\Delta EV_{11}^i/\sigma}^{\Delta EV_U^i/\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}u^2\right] du \right. \\ &\quad \left. + \int_{\Delta EV_{11}^i/\sigma}^{\Delta EV_{10}^i/\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}u^2\right] du \right. \\ &\quad \left. + \int_{-\infty}^{\Delta EV_{10}^i/\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}u^2\right] du \right] \end{aligned} \quad (8)$$

離散選択モデルにおける尤度関数 L は選択確率を用いて式(9)のように表される。

$$L = \prod_i \prod_a \Pi_a^{d_a^i} \quad (9)$$

d_a^i は家計 i が選択肢 a を選択したとき1、そうでないとき0となる変数を表す。両辺の対数を取ると式(10)なる対数尤度関数が導かれる。

定されたパラメータを用いた段階推計では、 $\eta(\mathbf{X})$ 、 $\gamma(\mathbf{X})$ 、 C^1 の値を用い、対数尤度 $\ln L(\hat{p})$ の最大化により、家計の主観的リスク $\hat{p}$ の推定が可能となる。効用関数のパラメータと主観的リスクの同時推計では、対数尤度 $\ln L(\hat{p}, \eta, C^1)$ または $\ln L(\hat{p}, \gamma, C^1)$ の最大化により、パラメータの推定値を得る。

4. 地震リスクに対する実証分析

(1) 調査の概要と集計結果

地震保険購入意識調査は上町断層系地震を想定し、2002 年 8 月に NTT 電話帳から市町村別人口比に応じてランダム抽出した大阪府の 3000 世帯を対象に郵送調査法で実施した。なお、上町断層系地震の発生確率は今後 100 年以内以内に 6%~10%である（地震調査研究推進本部・上町断層帯の評価）。これはおよそ 1000 年に 1 度の発生頻度と換算できる。

質問紙の構成は図-3に示す。

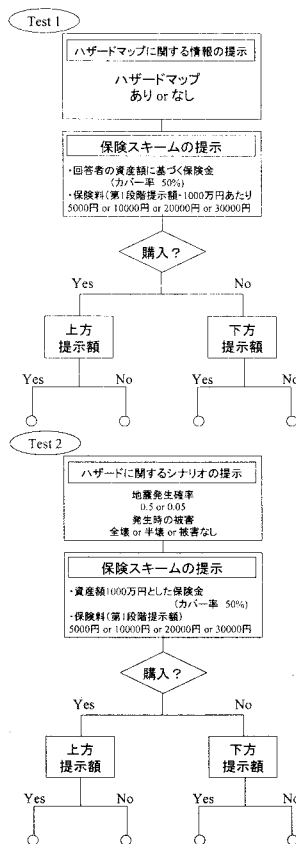


図-3 質問紙の構成

各回答者は、災害リスクに関する情報を与えられない条件のもとで、提示額における地震保険に対する購入意思を回答する(これを以後 Test1: 主観的リスク下の調

査と呼ぶ)。このとき半数のサンプルにはリスク情報として大阪府が公表している同地震のハザードマップを付与した。次いで回答者は地震の発生確率とその際の被害の状況を与えられたもとで同様に地震保険に対する購入意思を回答する(これを以後 Test2: 客観的リスク下のテストと呼ぶ)。

アンケートにおける地震の発生確率はポワソン分布に従うと仮定し、今後 YR 年間の発生確率は平均再現期間 RP 年で $p_i^j = 1 - \exp[-YR / RP]$ である。アンケートシートには今後 25 年間の想定し、発生確率 $0.5(RP = 36)$ と $0.05(RP = 487)$ の 2 種類を半数ずつランダムに印刷した。

ここで提供される仮想的な地震保険は地震により資産に損失が生じたときに資産額の 50%を補償するものとした。保険の保有資産額に関しては Test1 では実際の各家計の資産額を算出してもらい、各自の契約資産額に基づく保険料の計算を求めた。Test2 では家屋、家財あわせて 1000 万円を想定するように説明を行った。また保険購入の選択を尋ねる質問の前後に表-1に示す属性質問を行った。支払意思に関する質問部分の詳細は図-4に示す。

アンケートの返送数は 353(返送率 11.8%)保険購入意思と資産額の回答を有する有効回答数は Test1 が 274、Test2 が 315 であった。

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
	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)
	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
	KNOW	地震保険知識
	TAKE	地震保険保有
	AGE	世帯主年齢
	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 「仮にあなたの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。

表-2 単純集計結果

質問項目	回答	回答数	率 (%)	質問項目	回答	回答数	率 (%)
住居形態	戸建て 共同住宅 無回答	251 150 3	78 23 1	地震発生時被害可能性の認知	全壊 半壊 居住可能な被害 被害なし わからない 無回答	55 101 41 3 49 104	16 29 12 1 14 29
住居構造	木造(防火木造含) 非木造 無回答	209 141 3	59 40 1	地震保険知識	知っている 聞いたことがある 知らない 無回答	291 44 11 7	82 12 3 2
住居所有形態	持ち家 賃貸住宅 無回答	295 56 2	84 16 1	地震保険加入	加入 非加入 無回答	62 283 8	18 80 2
住居建築経年(延床面積)	～20㎡ 21～40㎡ 41～60㎡ 61～80㎡ 81～100㎡ 101～120㎡ 121㎡～ 無回答	11 26 36 72 40 56 87 5	3 7 10 20 17 16 1	世帯人数	1人 2人 3人 4人 5人 6人 7人 8人以上 無回答	23 139 83 60 22 10 1 0 0	7 39 24 17 6 3 0 0 0
住居建築時期	～1961 1962～1971 1972～1981 1982～1995 1996～ わからない 無回答	44 52 100 107 47 0 3	12 15 28 30 13 0 1	世帯主年齢	～18 19～30 31～40 41～50 51～60 61～70 71～80 81～ 無回答	4 7 14 45 100 29 59 11 4	1 2 4 13 28 29 17 3 1
地震発生可能性の認知	はい いいえ 無回答	161 171 21	46 48 6	年収 (万円)	500未満 500～1,000未満 1,000～1,500未満 1,500～2,000未満 2,000～ 無回答	122 140 50 14 8 19	35 40 14 4 2 5
地震発生可能性の認知	上町新築系 生駒新築系 有馬新築系 中央南信 南海トラフ 上記以外 わからない 無回答	17 15 30 7 67 4 2 25 14	9 8 15 1 48 2 25 7				

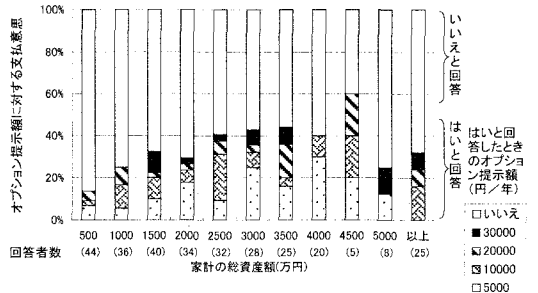


図-5 Test2：家計の総資産額とオプションの提示額に「はい」と答えた家計の割合

(2) パラメータ推定

以下のモデルのパラメータ推定においては各項を一年間のフロータームに統一するため富 y_0^i を家計の年収とし、ハザード発生確率 p_1^i 、 $\bar{p}_1^i$ は今後1年間の発生確率に換算し、資産被害額 h_i に関しては割引率2%、耐用年数25年と仮定して1年間のフロー化を図った。なお、収入と世帯主属性より家計調査(総務省統計局)を用いて家計の保有総資産額を推定し、これを富 y_0^i として推計するストックタームのモデルについても同様のパラメータ推定を行ったが、総じて年収使用モデルの尤度が高く、当てはまりが良好であったためフロータームを採用した。

表-3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

以下では、地震保険の購入についておたずねします。[A]と[B]両方の質問について、説明をよく読んでからお答えください。

[A]
Aの質問は、あなたが今お住まいの場所、住居に今後も住み続けるものとしてお答えください。また、地震に関して以下のような保険が利用可能であるとして次のページの問題10.にお答えください。
まず、下記の絵にあなたの家が契約できる資産額を計算します。
資産額の計算方法は、あなたの家が持ち家か賃貸かによって異なります。
持ち家の場合は、あなたの家が住んでいる住居建物(マンション等の共同住宅の場合は戸建)と2家財(家の中にあるものすべての)の価格が加算される資産額になります。
賃貸の場合は、2家財(家の中にあるものすべての)の価格が加算される資産額になります。

	①住居建物	②家財	③契約する資産額
	マンション等の共同住宅の場合は戸建の値段土地の価格は除いてお答えください。	家の中にある物全ての値段合計自動車は除きます。	この額があなたの資産額になります。
持ち家の①	()万円	② ()万円	③ ()万円
賃貸の①	—	② ()万円	③ ()万円

つづいて、下の枠の中に、あなたが毎年支払う保険料と、⑤額に支払われる最大の保険料を計算してみてください。

契約する資産1000万円につき5000円を年額の保険料とする地震保険が利用できます。この地震保険は、地震によって家財が被災した場合は、被害額にのりて最大(契約した建物資産額の90%)までの保険金が支払われます。	
あなたの世界ではおおよそ以下のようになります。	
④の額(①+②)万円÷2000=あなたが毎年支払う保険料(④)万円	
(例) ④の額 5000 1万円÷2000=あなたが毎年支払う保険料(④) 0.5万円	
⑤の額(③) 1万円÷2=被災時支払われる最大の保険金(⑤) 0.5万円	
(例) ⑤の額 5000 1万円÷2=被災時支払われる最大の保険金(⑤) 2500万円	

問題10. さて、あなたは毎年④の額を支払い、地震で被災すれば最大の保険金が支払われるこの保険を購入し、ご自宅の建物資産にかけたいと思いますか。どちらかに○をつけてください。

1. はい(問題11-Aへ)	2. いいえ(問題11-Bへ)
問題11-A では、保険料の半額が、上の座席の2倍であればこの保険を購入したいと思いませんか。どちらかに○をつけてください。 1. はい 2. いいえ	問題11-B では、保険料の半額が、上の座席の6倍であればこの保険を購入したいと思いませんか。どちらかに○をつけてください。 1. はい 2. いいえ

[B]
Bの質問は、あくまでも仮定の話としてお答えください。
①あなたは、今お住まいの場所で、住居評価額が1000万円の戸建てに今後も住み続けるものとして。
②あなたが住んでいる地域では、今後25年間に震度7程度のゆれを生じる大地震が50%の確率で発生し、
③その地震が発生するとご自宅の建物は全壊(補修が不可能な状態)の被害を受けるとします。
さて、地震に関して以下のような保険が利用可能であるとして問題11.にお答えください。

あなたは、毎年1万円の保険料を支払います。 地震発生時、あなたの自宅の建物は全壊(補修が不可能な状態)の被害を受けるので最大500万円の保険金が支払われます。	
--	--

問題11. あなたは毎年1万円を支払うこの保険を購入し、ご自宅の建物資産にかけたいと思いますか。どちらかに○をつけてください。

1. はい(問題12-Aへ)	2. いいえ(問題12-Bへ)
問題12-A では、毎年支払う保険料の額が、2万円であればあなたはこの保険を購入したいと思いませんか。どちらかに○をつけてください。 1. はい 2. いいえ	問題12-B では、毎年支払う保険料の額が、7000円であればあなたはこの保険を購入したいと思いませんか。どちらかに○をつけてください。 1. はい 2. いいえ

図-4 支払意思の質問部分(原紙より一部抜粋)

表-2に属性質問の単純集計の結果を示す。回答結果を見ると、地震リスクや住居の被害可能性に関する認知について、今後25年以内に、自分の住む地域で震度7程度の揺れを生じる地震が起こると思うと答えた人の割合は46%で、その中の多くの人は南海地震がおきると思っている。またその地震で全く被害がないと思う人はごくわずかであった。地震保険の認知度は94%で、多くの人がその存在については認識があるものの、地震保険の加入率は18%と一般的な普及にはいたっていない。また、保有資産額とTest2でのオプションの提示額に対する支払意思の関係を図-5に示す。このグラフより、保有資産が多い家計ほどオプションに対する支払意思額は大きいことがわかる。

モデルの推定結果(上段・推定値, 下段・漸近的 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 5%

水準で有意とならなかった変数の推定値は除いている。

表-3 パラメータ推定結果

モデル 被者確率	絶対的リスク回避度一定型(CARA)						相対的リスク回避度一定型(CRRA)					
	所与リスク(Test 2)		主観的リスク(Test 1)				所与リスク(Test 2)		主観的リスク(Test 1)			
	定数項のみ	最終モデル	定数項のみ 段階推定	定数項のみ 同時推定	最終モデル 段階推定	最終モデル 同時推定	定数項のみ	最終モデル	定数項のみ 段階推定	定数項のみ 同時推定	最終モデル 段階推定	最終モデル 同時推定
定数項	1762.706	4240.506	1762.706	1175.737	4240.506	924.785	66.244	57.303	66.244	44.096	57.303	50.571
t-value	138.012	235.627		188.666		71.599	7.204	7.132		5.458		3.999
主観的リスク β			0.0594	0.0657	0.0651	0.0525			0.0340	0.027	0.0368	0.0242
			20.31	8.641	24.57	9.427			8.815	4.299	10.72	4.613
定数項	0.0307	0.0137	0.0307	0.0170	0.0137	0.0424	0.226	0.0833	0.226	0.221	0.0833	0.306
t-value	11.940	10.945		8.617		6.591	2.890	1.015		2.167		2.249
HM						0.0129						-0.328
t-value						2.774						-3.888
AREA		0.421			0.421							
t-value		2.383										
PRISK						-0.0210						0.221
t-value						-3.423						1.823
PVAL												0.294
t-value												2.787
TAKE		-0.00462			-0.00462			0.232			0.232	
t-value		-2.888						2.731				
AGE		-0.00280			-0.00280	-0.0147						
t-value		-1.792				-3.475						
標本数 N	315	315	274	274	274	274	315	315	244	244	244	244
対数尤度 L	-432.658	-424.523	-527.651	-452.193	-553.051	-428.391	-431.609	-427.349	-376.357	-362.041	-388.960	-351.091
初期対数尤度 L_0	-1894.97	-1894.97	-1661.65	-1661.65	-1661.65	-1661.65	-1894.97	-1894.97	-1507.11	-1507.11	-1507.11	-1507.11
対数尤度比 ρ^2	0.771	0.776	0.682	0.727	0.667	0.742	0.772	0.774	0.75	0.759	0.741	0.763

所与リスク, 主観的リスクのいずれのモデルにおいても, CARA 型モデル及び CRRA 型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。地震による資産損失のリスクは保有する富が多いとリスクに晒される資産額も増加するため, 当初は CRRA 型効用関数がより適合すると仮定していたが, その仮説は支持されなかった。なおモデルの適合度を示す McFadden の決定係数(尤度比指標)はいずれも良好である。

(3) 危険回避度と属性の関係

CARA 型, CRRA 型共通に有意に検出されたのは現在の地震保険所有の変数 (TAKE) のパラメータであった。これは, 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選好を説明している。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。これは実際に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選好しなかったことを意味し, アンケートで所与とした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比べ微小であったことを示すものと考えられる。

次に特徴的な点は, 主観的リスク下においては, 所与リスク下調査でひとつも有意に検出されなかった地震発生認知・認識に関するリスク認知に関するパラメータ (PRISK, PVAL) が有意となっている。

主観的リスク下のモデルでは, ハザードマップの付与

(HM)のパラメータにも着目する。ハザードマップの付与のパラメータは CARA 型, CRRA 型双方のモデルにおいて, 強く有意に検出されているが, その正負は逆である。すなわち, CARA 型ではハザードマップを参照した家計のリスク回避度が大きくなると説明できるが, CRRA 型では逆にリスク回避度を小さくする向きにはたっている。ハザードマップの所与と本研究の調査における支払意思額へ及ぼす影響を調べるにはこの枠組みだけでなく, 家計の立地する場所などを含めた分析が必要である。

その他に, CARA モデルでは, 世帯主の年齢項 (AGE) が有意となっている。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選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(所与リスク下: -0.00280, 主観的リスク下: -0.0147), 危険回避度を小さくする向きにはたっている。すなわち高齢者世帯はより危険中立的に近く, リスク回避選択行動を取らない傾向があると説明される。言い換えればこの結果は, 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って積極的にリスク回避を行う動機がないために, リスクを引き受けていることを説明している。

5. 代表的家計におけるリスクプレミアムの算定

(1) リスクプレミアムの算定手順

以上の所与リスク下, および主観的リスク下における CARA 型, CRRA 型効用関数の定数項のみのモデルに

おけるパラメータ推定結果を用いて、代表的な家計が持つ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 は式(17)で表される。

$$\rho^i = (y_0 - p_i \cdot l_0, \mathbf{X}) - V^{-1} [p_i \cdot V(y_0 - l_0, \mathbf{X}) + (1 - p_i) \cdot V(y_0, \mathbf{X}), \mathbf{X}] \quad (17)$$

1 年での地震の発生確率については、A: (公表されている) 客観的地震発生確率である 0.001, B: 主観的リスクの推定値(CARA 型で 0.0657, CRRA 型で 0.027)の 2 つを用いる。また、パラメータ推定値を用いた CARA 型, CRRA 型の効用関数は以下の式(18)~(21)で書ける。よってそれぞれの効用関数形について A, B と所与リスク下(リスク情報あり), 主観的リスク下(リスク情報なし)の組み合わせにより 4 パターンのリスクプレミアムを計算する。

① 絶対的危険回避度一定型効用関数(CARA 型)
(所与リスク下)

$$V(y, \mathbf{X}) = -\frac{C_s^1}{\eta(\mathbf{X})} \exp[-y \eta(\mathbf{X})] \\ = -\frac{1762.706}{0.0307} \exp[-0.0307y] \quad (18)$$

(主観的リスク下)

$$V(y, \mathbf{X}) = -\frac{1175.737}{0.017} \exp[-0.017y] \quad (19)$$

② 相対的危険回避度一定型効用関数(CRRA 型)
(所与リスク下)

$$V(y, \mathbf{X}) = C_s^1 \cdot \frac{y^{1-\gamma(\mathbf{X})}}{1-\gamma(\mathbf{X})} \\ = 66.244 \cdot \frac{y^{1-0.0226}}{1-0.0226} \quad (20)$$

(主観的リスク下)

$$V(y, \mathbf{X}) = 44.096 \cdot \frac{y^{1-0.021}}{1-0.021} \quad (21)$$

図-6、図-7に特定化された効用関数のグラフを示す。また表-4、表-5に上記の効用関数から算出された所与リスク下、主観的リスク下におけるリスクプレミアム、期待被害額と両者の比を示した。

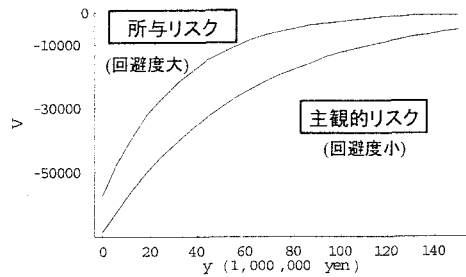


図-6 絶対的危険回避度一定型効用関数

平常時の効用水準所与-42238.9 主観的-58348.7

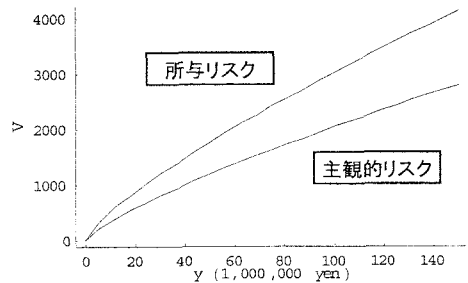


図-7 相対的危険回避度一定型効用関数

平常時の効用水準所与 508.6 主観的 340.3

(2) 算定結果の考察

表-4は、CARA 型効用関数を仮定したときの結果である。

表-4 代表的家計のリスクプレミアム(CARA 型)

リスク回避度		0.0307	→	0.017
リスク基準	効用水準	所与リスク下の 効用水準 (リスク情報あり)		主観的リスク下の 効用水準 (リスク情報なし)
	客観的リスク 0.001	1,040 / 1,000 (1.040)		1,009 / 1,000 (1.009)
	主観的リスク推 定値 0.0657	66,650 / 65,700 (1.014)		66,220 / 65,700 (1.008)

リスクプレミアム/期待被害額(単位: 円) ()内は両者の比

客観的リスク下(被害発生確率を 1 年で 0.001 と仮定)では、上記の家計の 1 年あたりのリスクプレミアムは 1040 円と算出された(表の左上)。この結果は保険数理的に公正な保険を想定したとき、この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、主観的リスクの推定値 0.0657 に基づいた 1 年当たりのリスクプレミアムは 66220 円となった。主観的リスクが高いためにリスク所与条件下の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 とリスク所与条件

下より若干小さい程度である¹（表の右下）。

以上表の左上と右下の値は CVM の Test1, Test2 の結果に即して直接計測した部分である。次に、これらの推定結果を用いて、主観的リスクのもとでの所与リスクに基づいた効用水準（表の左下）と客観的リスクのもとでの主観的リスクにもとづいた効用水準（表の右上）を用いたリスクプレミアムを算出する。リスク回避度の大小に依存して、所与リスク下での効用水準におけるリスクプレミアムが大きい。

支払意思額と期待被害額の比が約 2 倍であるという点、および客観的条件下に比べ主観的条件下において、リスクが高く推計される点は CRRA 型においても同様であった（表－5）が、リスク回避度の推定値は両者でほぼ等しい値となった。ただしいずれの傾向も、CARA 型での違いほど顕著ではない。以下では、CARA 型の例を取り上げて議論する。

表－5 代表的家計のリスクプレミアム(CRRA 型)

リスク回避度 0.226 → 0.221		
効用水準 リスク基準	所与リスク下の 効用水準 (リスク情報あり)	主観的リスク下の 効用水準 (リスク情報なし)
客観的リスク 0.001	1,012/ 1,000 (1.012)	1,012/ 1,000 (1.012)
主観的リスク推 定値 0.027	27,310/ 27,000 (1.011)	27,303/ 27,000 (1.011)

リスクプレミアム／期待被害額(単位:円) ()内は両者の比

(3) リスク情報開示がもたらす効果の評価

以上得られた結果を用いて、認知リスクバイアスの存在下における便益評価について考察する。認知リスクバイアスが存在するとき、家計は表の右下の状態を選択行動を行う。しかしその帰結として得られる状態は、客観的リスク下における状況、すなわち表の右上の状態となる。このとき、家計のリスクプレミアムは当初の金額よりも少なく見積もらなければならない。

次に、リスク情報開示がもたらす効果について考える。推定結果によって、リスク認知にはバイアスがある事が

示された。家計のリスク回避度（選好）にはバイアスがないと仮定する。今、リスク情報開示によって家計が客観的リスク水準を完全に理解したとすると、リスク情報の開示が必ずしも合理的な選択行動を導かない。このことは、ハザードマップの開示やリスク・コミュニケーションによるリスク情報の開示が、必ずしも家計のリスク回避行動につながるわけではないことを示している。

6. おわりに

本研究では CVM の手法の援用によって得られた、家計の災害被害回避オプションに対する支払意思額の分布を用いて、特定の自然災害リスクに対する主観的リスク水準、及び客観的、主観的リスク下における家計のリスクプレミアムを計量化する手法を構築した。

次いで上町断層系地震を対象として CVM アンケートを実施し、構築したモデルの実証を行った。推定されたパラメータを用いた計算より、地震での資産損失に対する代表的家計のリスクプレミアムは、期待損失額とほぼ同額であり、リスク回避オプションに対する支払意思額は期待損失の約 2 倍であることが示された。

また、主観的リスク値の推定より認知リスクバイアスの存在が確認され、その値は客観的な公表されているリスクよりも大きく推定された。一方、リスク回避度の推定値は、客観的リスク下では主観的リスク下の 3 倍程度の値(CARA 型効用関数)となり、これに依存して主観的リスク下で家計はより危険中立的な選択行動をとることがわかった。

本研究による結果は、地震リスクのようにカタストロフィックで認知リスクバイアスの大きな種類のリスクの場合、リスク情報の開示だけでは、家計のリスク回避行動を導くことが難しいことを実証的に示している。

今後の課題として、本研究で用いたモデルの仮定の緩和がいくつか考えられる。一つには、本研究では所与、もしくは 1 に固定した「地震発生時の家計の被災確率」の分離である。地震発生に関する認知と発生後の被災に関する認知は、個々の家計の属性によってばらつきが存在するであろう。本研究ではこの部分の考慮を行っていない。また、5. に示したように、家計が提示したリスク情報を誤って理解する可能性も当然発生する。そのようなリスク情報の過小／過大評価の構造化を行うには、離散選択モデルにおける誤差構造の精緻化が必要であると考える。

¹ 客観的、主観的リスク下の絶対値およびリスクプレミアムの絶対値は CARA 型で約 60 倍とかなり開いているが、この結果により両リスク下の認知リスクに 60 倍の差があるとの主張は強すぎるであろう。なぜならば、ここでは家計は客観的リスク下においては、提示されたリスク情報を正しく理解して行動しているという仮定をおいているが、この仮定が完全に正しくなければ、回答者の選択行動の分布に歪みが生じていると考えられるからである。開示されたリスク情報の認識の誤りによる誤差のモデル化には、離散選択モデルにおける確率項構造のモデル化が必要である。ここでは主観的リスク下のリスクプレミアムの方が大きいという傾向の理解にとどめておき、主として(リスクプレミアム)／(期待被害額)の比を問題とする。

参考文献

- 1) Knight, F.: Risk, Uncertainty and Profit, Houghton, Mifflin & Co., 1959.
- 2) 多々納裕一：不確実性下のプロジェクト評価：課題と展望，土木計画学研究・講演集 No.20, pp. 19-30, 1997.
- 3) 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.
- 4) Graham, D.A.: Cost Benefit Analysis under Uncertainty, American Economic Review, vol. 71 no. 4, pp. 715-725, 1981.
- 5) 山鹿久木，中川雅之，斎藤誠：地震危険度と家賃：耐震対策のためのインプリケーション，日本経済研究，No. 46, pp. 1-21, 2002.
- 6) Slovic, P.: The Perception of Risk, Earthscan, 1997.
- 7) 北村隆一，森川高行：交通行動の分析とモデリング：理論／モデル／調査／応用，技報堂出版，2002.
- 8) 山口健太郎，多々納裕一，岡田憲夫：リスク認知のバイアスが災害危険度情報の提供効果に与える影響に関する分析，土木計画学研究・論文集 No.17, pp.327-336, 2000.
- 9) 横松宗太：災害リスク認知構造と保険購入行動，政府の役割に関するモデル分析，土木計画学研究・講演集，Vol. 27, 2003.
- 10) 柴崎隆一，家田仁：稀少確率・甚大被害現象を対象としたリスク評価における認知バイアスの計測，土木計画学研究・論文集 No.17, pp.543-546, 2000.
- 11) Hanemann, W. M.: Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses, American Journal of Agricultural Economics, 66, pp.332-341, 1984.
- 12) Hanemann, W. et.al.: Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation, American journal of Agricultural Economics, 73, pp. 1255-63, 1991.
- 13) 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.
- 14) 酒井泰弘：不確実性の経済学，有斐閣，1982.
- 15) 栗山浩一：環境の価値と評価手法—CVMによる経済評価，北海道大学図書刊行会，1998.
- 16) Bateman, I. J. et.al.: Economic Valuation with Stated Preference Techniques: A Manual, Edward Elgar, 2002.

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*

松田曜子**・多々納裕一***・岡田憲夫***

災害に対するリスク回避の選択行動は，各家計が信念として持つ主観的リスクに基づいていると考えられる．本研究ではリスク回避の効用関数を規定した家計が災害による被害に対して持つリスク回避度とリスクプレミアムを CVM アンケートを用いて直接的に計量化する手法を構築する．実証分析として CVM を地震リスク下における資産損失被害の回避オプション(地震保険)に対する支払意思額の分布推定に適用することでリスク回避度の計量化を行う．さらにリスクに関する情報を所与としないサンプルを併用し，所与リスク下と主観的リスク下の家計の認知リスクと回避選好行動の違いについて考察する．

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

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

Authors developed a discrete choice model in order to adapt Contingent Valuation Method to measure people's risk preference and risk premium through their willingness-to-pay for a risk-averse option. Values of risk aversion are estimated by parameters of hypothetical utility function. As its empirical study, a case for earthquake risk is demonstrated. Adapting the same model to samples without risk information, the difference between households' risk aversive behavior under subjective risk and given risk information is also discussed.
