

1 はじめに ミチゲーションや保険の購入等、災害に対する地域住民の事前の対応策の選択行動を予測するためには、危険回避選好や認知リスクを実証的に推定することが必要である。本研究では、CECM形式のアンケート調査をもとに、危険回避選好や認知リスクを推定するための方法論を開発し、救命・救急ヘリコプターの導入に対する意向調査の結果を用いて、この方法論の有効性を検証する。

2 定式化 人命が失われるようなリスクを対象としたミチゲーション施策の有無を添え字 k (利用可能なとき ($k=1$), そうでないとき ($k=0$)) で表そう。このような施策の利用可能性が対価 c^i を支払った場合に保証されるとしよう。個人 i に対し、人命損傷を招く可能性のあるハザードの発生確率を λ^i , そのハザードが生じた場合に実際に死に至る確率 (脆弱性) を μ_k^i とする。これらに対する主観的な信念をそれぞれ、 $\Lambda(\xi^i), M_k(\xi^i)$ とおこう。ここで、 ξ^i : 個人属性 (ベクトル) である。この時、この個人の客観的な生存確率 $1-p_k^i$ は、 $1-p_k^i = 1-\lambda^i\mu_k^i$ で与えられ、主観的に形成する生存に関する信念 $1-q_k(\xi^i)$ は $1-q_k(\xi^i) = 1-\Lambda(\xi^i)M_k(\xi^i)$ で与えられる。このとき、個人 i が対価 c^i を払ってミチゲーション施策を利用するか、しないかの選択は、以下のようにランダム期待効用最大化行動として定式化できる。

$$\max_{k=0,1} (1-q_k(\xi^i))u(Y_k^i, \xi^i) + \varepsilon_k^i$$

ここで、 ε_k^i : 確率効用項であり、 $Y_k^i = y^i$ ($k=0$), $y^i - c^i$ ($k=1$) はミチゲーション施策利用の有無 k に依存した個人 i の所得である。ただし、 y^i は、施策利用前の所得である。このモデルでは、いずれの場合にも死亡時の効用は0に基準化されている。生存時の確定効用項 $u(Y_k^i, \xi^i)$ には、次の代替的な2つのケースを想定する。すなわち、

A) 絶対的危険回避型:

$$u(Y_k^i, \xi^i) = \frac{a(\xi^i)}{\eta(\xi^i)} (1 - e^{-\eta(\xi^i)Y_k^i}) + b(\xi^i)$$

B) 相対的危険回避型:

$$u(Y_k^i, \xi^i) = a(\xi^i)(Y_k^i)^\gamma(\xi^i) + b(\xi^i)$$

である。 $\eta(\xi^i)$, $\gamma(\xi^i)$ はそれぞれ絶対的危険回避度、相対的危険回避度であり、ミチゲーションの選択等の行動を支配する重要なパラメータである。さらに、 ε_k^i が独立かつ同一のガンベル分布に従うと仮定する。この時、選択肢 k の選択確率 P_k^i は次のようなロジットモデルで与えられる。

$$P_k^i(c^i) = \frac{\exp((1-q_k(\xi^i))u(Y_k^i, \xi^i))}{\sum_{I=0,1} \exp((1-q_I(\xi^i))u(Y_I^i, \xi^i))}$$

いま、 δ_k^i ($k=0,1$) を個人 i が選択肢 k を選んだときに0, そうでないときに1となる変数をダミー変数とすると、対数尤度 $\ln L$ は以下のように与えられる。

$$\ln L = \sum_{i=1}^n \sum_{k=0,1} \delta_k^i \ln P_k^i \quad (1)$$

3 モデルパラメータの推定法 生存時の効用関数のパラメータ (特に、危険回避度) 及び認知リスクのパラメータを推定しよう。本研究では、アンケート調査に際して、ハザード生起確率 λ^i と脆弱性 μ_k^i をともに所与とした調査と、 λ^i のみを所与とした調査、これらの情報を制御しない調査を行っている。これにより、ハザード生起確率に関する認知 $\Lambda(\xi^i)$, 脆弱性に関する認知 $M_k(\xi^i)$, 及び、危険回避度 $\eta(\xi^i)$, $\gamma(\xi^i)$ を分離可能な形で推計することが可能となった。しかしながら、ハザード生起確率と脆弱性を所与とした場合、これらの値がそのまま信頼される保証はない。このような問題も踏まえ、具体的には以下のような段階的な推定手順をとる。

a) 第1段階: まず、ハザード生起確率 λ^i と脆弱性 μ_k^i をともに所与とした調査をもとに、生存時の効用関数のパラメータを推定する。この際、認知リスクのバイアスが生じていないかどうかについても併せて検証する。具体的には、 $q_k^i = (1-a) * p_k^i + b$ として、式(1)を最大化する効用関数のパラメータを求める最尤推定問題を解く。この時、仮説「 $a \neq 0, b \neq 0$ 」が棄

却されれば、認知リスクにバイアスはなく、提示されたハザード生起確率 λ^i と脆弱性 μ_k^i が信頼されたことを意味している。

b) 第2段階: λ^i のみを所与とした調査を用いて、脆弱性に関する認知 $M_k(\xi^i)$ を規定するパラメータを推定する。この時、 $q_k^i = (1-a)\lambda^i M_k(\xi^i) + b$ とおいて対数尤度を定義し、バイアス発生の可能性も併せて検討する。具体的には、この時、第1段階で推定した生存時の効用関数のパラメータは固定し、最尤推定問題を解いて脆弱性に関する認知 $M_k(\xi^i)$ を規定するパラメータのみを推定する。

c) 第3段階: これらの情報を制御しない調査を用いて、ハザードの生起確率に関する認知 $\Lambda(\xi^i)$ を規定するパラメータを推定する。この時、 $q_k^i = (1-a)\Lambda(\xi^i)M_k(\xi^i) + b$ とおいて対数尤度を定義し、バイアス発生の可能性も併せて検討する。具体的には、この時、第2段階までに推定された生存時の効用関数のパラメータと脆弱性に関する信念に関するパラメータは固定し、最尤推定問題を解いてハザードの発生に関する認知 $\Lambda(\xi^i)$ を規定するパラメータのみを推定する。

以上のような手順によって、各々のパラメータが分離推定され、危険回避度、ハザードの発生及び脆弱性に関する認知等の構造が推定されることになる。

4 実証分析 本研究では、中司ら¹⁾が静岡県西部地域に位置する7市21町村の住民を対象として行った、救命・救急ヘリコプターの導入に対する意向調査の結果を用いる。用いたデータのうち、個人の死亡に関するリスク水準を所与としない標本は311、 λ^i, μ_a^i を所与とした標本は309、 λ^i のみを所与とした標本は315サンプルである ($\lambda^i = 0.1$, $\mu_0^i = 0.5$, $\mu_1^i = 0.1$)。また、個人の属性変数としては、ヘリコプターを使った場合と使わない場合の救急病院までの時間、所得、年齢、ヘリコプターシステム(緊急医療)についての知識、救急医療の経験、家族構成、車の所有状況を用いた。結果をまとめると以下ようになる。

a) 第1段階: 効用関数には所得項のみが影響を及ぼしており、住民は危険回避的な選好を有しているという結果が得られた。(相対的危険回避度0.292(9.40), 絶対的危険回避度0.075(4.39)。()内はt値を表す。)

また、認知リスクのバイアス発生の可能性を検討したが、バイアスが発生していないという帰無仮説は棄却されなかった。

b) 第2段階: 個人の脆弱性に関する認知度は、ヘリコプター救急システムにおけるヘリコプター常駐基地から回答者の居住地までの現場到着所要時間、ヘリコプターシステム自体への認知度等によって左右される。特にシステムに対する認知がある場合は、脆弱性を低く見積もっている。脆弱性に関する認知の関数としてはロジスティック関数を使用した。

c) 第3段階: ハザード生起関数(ロジスティック)に個人属性は影響していないという結果が得られた。また、相対的危険回避度一定型のモデルにおける対数尤度は-199.6、絶対的危険度一定型のモデルにおける対数尤度は-193.9となっており、絶対的危険度一定のモデルの方が説明力が高い(初期対数尤度-214.9)。

絶対的危険度一定のモデルにおける最終的なパラメーター推定の結果を表-1に示す。また、このときの期待効用関数は以下の通りである。

$$EU_k^i = (1 - \frac{1}{1 + e^{W_0}} \frac{1}{1 + e^{-bt_k + ck^i}}) \eta^{-1} e^{-\eta Y^i_k}$$

表1: モデルの推計結果

変数	パラメータ	t 値	標準偏差	P 値
第1段階				
絶対的危険回避度	$\eta = 0.075$	4.39	0.017	0.00
第2段階				
時間距離(t)	$b = 0.36$	1.89	0.19	0.060
知識(k)	$c = 4.94$	1.87	2.64	0.063
第3段階				
定数項	$W_0 = 2.32$	7.91	0.29	0.00

5 おわりに 本研究では、効用関数の推定にあたり任意の客観的なリスクを所与としたデータをもとに計算を行っている。よりロバストな効用関数を得るためには所与とするリスク水準を変化させたアンケート、あるいは実データに基づいた客観リスクの場合などに関する分析も必要であろう。

【参考文献】

1) 中司弓彦, 多々納裕一, 岡田憲夫: CVMによる救急ヘリコプターシステムの整備便益の計量化に関する基礎的研究, 第55回土木学会年次学術講演会講演概要集第4部, pp.800-801, 2000.