

1 はじめに 我が国は、世界でも有数の救命救急システムの整備された国家であるが、救命救急サービスの質的側面に関しては未だ十分とは言いがたい。特に、プレホスピタルケアといわれる医療機関への搬送以前に行われる医療活動に関しては欧米先進国の水準に遠く及ばない、この種のシステムの導入を検討する際には、多額の費用がかかることもあり、システム導入の効果を事前に分析しておくことがのぞましい。本研究では、CVMを用いてドクターヘリに代表される救急ヘリコプターシステム導入の便益を計量化するための方法論に関して考察を加える。

2 支払い意思額推計モデルの定式化 救急ヘリコプターシステムに関する家計の評価行動は主観的なリスク認知にもとづくため、整備後における厚生は主観的な予測に依存する。それに対して実際の傷病の発生がもたらす健康被害は、主観的な予測に対応するのではなく、客観的な傷病発生確率と救命率に依存する。したがって、ヘリコプター救急システムの整備によってもたらされる便益を計量化するためには、客観的なリスクの変化に応じた家計の享受便益を計量化することが必要である。しかしながら、観察者は属性に対応した客観的リスクの水準を統計データ等より推定することが可能であるが、被験者の個人属性があらかじめわからないために、アンケート調査の時点で被験者の客観的リスクを提示した上で支払い意思額を問うための質問を行うことができない。

そこで、本研究では、まず、ヘリコプター救急システムの整備に対する支払意思額をCVMによって求める。この支払い意思額は、主観的なリスク認知に基づいて表明されている。次いでこのCVM調査に際して、リスク水準を所与とした調査を併用することにより、特定のリスクの下での支払い意思額を再現するための効用モデルを推定し、その結果を用いて、主観的な認知リスクのパラメータを分離推計する。さらに、客観的なリスクに主観的な認知リスクを置き

換えることで便益の計量化が可能となる。

整備前の状態を $a=0$ 、整備後の状態を $a=1$ で表現する。個人 i の救命率を p_a^i で表し、彼が重大な傷病状態に陥る確率を λ^i とすれば、個人 i の生存確率は、 $1-p_a^i=1-\lambda^i p_a^i$ となる。生存時の個人の効用を $V(Y_a^i, \xi^i) + \epsilon_a^i$ なるランダム効用関数で定義する。ここで、 $Y_a^i = y_0^i$ ($a=0$)、 $y_1^i = c^i$ ($a=1$) はヘリコプター救急システムの整備状況 a に依存した個人 i の所得である。ただし、ヘリコプター救急システムの整備前の個人の所得を y_0 、整備に対して個人 i が負担する費用を c^i とする。 $\xi^i = (\xi_1^i, \xi_2^i, \dots, \xi_m^i)$ は個人 i の属性を表すベクトル、 $V^i(Y_a^i, \xi^i)$ は確定効用項（間接効用関数）、 ϵ_a^i : ランダム項である。死亡時の効用は0とする。

CVM調査において各個人にランダムにヘリコプター救急システムの利用権の価格 c^i を提示し、購入の意向 ($\delta^i = 1$) を表明した個人には、ヘリコプター救急システムの利用が可能となるから、 $a=1$ の整備状況が対応し、逆に購入意向を示さない個人 ($\delta^i = 0$) にとってはヘリコプター救急システムの利用が不可能であり、整備前 $a=0$ の状況が対応する。したがって、個人がいかなる意向を示すかは、 $\max_{a=0,1} EU_a^i(Y_a^i) + \epsilon_a^i$ により定式化される。 $EU_a^i(Y_a^i) = (1-p_a^i)V(Y_a^i, \xi^i)$ 、 $\epsilon_a^i = (1-p_a^i)\epsilon_a^i$ である。 ϵ_a^i が独立かつ同一のガンベル分布に従うと仮定すると、選択肢 a の選択確率 P_a^i は以下のようなロジットモデルで与えられる。

$$P_a^i(c^i) = \frac{\exp(EU_a^i(Y_a^i))}{\exp(EU_0^i(Y_0^i)) + \exp(EU_1^i(Y_1^i))}$$

ヘリコプター救急システムの利用可能性に対して個人 i が支払いうる最高の金額（支払い意思額）を S^i とおくと、支払い意思額 S^i が特定の金額 s を下回る確率 $G^i(s)$ は、負担費用が s として提示された場合にシステムの利用権を購入しない意向を表明する確率 $P_0^i(s)$ に等しい。したがって支払い意思額 S^i の期待値は $\int_{-\infty}^{\infty} s dG^i(s)$ で与えられる。

キーワード：救命救急サービス、ヘリコプター、認知リスク、CVM

* 〒690-8540 島根県松江市末次町86 TEL0852(55)5555 FAX0852(55)5131

** 〒610-0011 京都府宇治市五ヶ庄 TEL0774(38)4038 FAX0774(38)4044

3 モデルパラメータの推定法 いま、リスク水準を所与としない調査に加え、傷病生起確率 λ^i と非救命確率 μ_a^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を行っているものとする。 δ_a^i ($a=0,1$)を個人 i が選択肢 a 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、対数尤度関数は、

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_a \delta_a^i \ln P_a^i(\alpha, \beta, \gamma, \theta | y^i, c^i, \xi^i)$$

ここに、 α, γ は効用関数のパラメータであり、 α が所得のパラメータ、 γ が所得以外の説明変数のパラメータである。また、 θ, β はそれぞれ傷病生起確率、非救命確率のパラメータを表す。

まず、 λ^i と μ_a^i をともに所与とした調査により得られた標本を用いて、最尤推定問題 $\max_{\alpha, \gamma} L(\alpha, \gamma | y^i, c^i, \xi^i, \lambda^i, \mu_a^i)$ を解き、効用関数のパラメータの推定量 $\hat{\alpha}, \hat{\gamma}$ を求める。次に、傷病生起確率 λ のみを指定した調査により得られた標本を用いて、 $\max_{\beta} L(\beta | y^i, c^i, \xi^i, \lambda^i, \hat{\alpha}, \hat{\gamma})$ を解くことにより、非救命確率 μ_a^i のパラメータの推定量 $\hat{\beta}$ が得られる。さらに、リスク水準を所与としない標本を用いて $\max_{\theta} L(\theta | y^i, c^i, \xi^i, \hat{\alpha}, \hat{\gamma}, \hat{\beta})$ を解くことで、傷病生起確率 λ のパラメータの推定量 $\hat{\theta}$ を得ることができる。以上により、パラメータが分離推計される。

4 実証分析 静岡県西部地域に位置する7市21町村(浜松市、浜北市、磐田市、掛川市、袋井市、湖西市、天竜市、引佐郡、磐田郡、周智郡、小笠郡、浜名郡)の住民を対象に実証分析を行った。この地域では1999年4月より、ヘリコプターシステムが試験的に稼働しており、ヘリコプターの常駐基地のある浜松市から半径50km以内に含まれる地域を主な活動範囲としている。CVM調査は、この地域に住む世帯のうち、電話帳より無作為に抽出した1,982世帯を対象に行った。調査票の配布及び回収は郵送により行った結果、991世帯から回収することができた。回収率は50.0%であった。このうち、支払いの意思を問う質問に無記入のものを除き、データセットの作成を行い、935サンプルを得た。このうち、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($\lambda = 0.1, \mu_0 = 0.5, \mu_1 = 0.1$ とした)。さまざまな説明変数の組み合わせを試みた結果、表1に示す推計結果を得、推定された関数はそれぞれ次式のようにになった。

$$V_a^i = \begin{cases} \alpha y_0^i + \gamma_1 \xi_1^i \gamma_2 \xi_2^i & (a=0) \\ \alpha y_1^i - c_0 c^i + \gamma \xi^i + \gamma_0 & (a=1) \end{cases}$$

$$\mu_a^i = \frac{1}{1 + \exp(-\beta \phi_a^i + \beta_0)} \quad \lambda = \frac{1}{1 + \exp(\theta_0)}$$

ϕ_a^i は、個人の救命救急サービスに対するアクセシビリティを表す。すなわち、回答者の居住地から救急病院までの時間距離を ϕ_0^i 、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を ϕ_1^i とした。効用関数には、個人の所得が必ずしも正確に観測されていない可能性を考慮して、所得の代理変数として、車所有ダミー(回答者個人の自動車所有を示すダミー変数)と高齢ダミー(60歳以上80歳未満であれば1、そうでなければ0となるダミー変数)を加えた。 μ_a^i に関しては、推定の結果、 β, β_0 とも制約条件を満たし、5%有意水準で有意となった。また、 λ^i については、本研究で用いたデータでは説明変数を特定することはできなかった。

推計結果より支払い意思額の平均値を求めると、年額で16,914円、月額で1,410円となった。説明変数の値として、サンプルの有効回答の平均値をそれぞれ用いた($y^i = 1576979, \xi = .0101, \xi_1^i = 0.410, \xi_2^i = 0.862, \phi_0^i = 13.6, \phi_1^i = 5.24$)。これに対象地域の合計世帯数420,403を乗じると、救急ヘリコプターシステムの整備により当該地域の住民が享受する便益は、70億1,088万5,212円となった。

表1 推計結果

変数		パラメータ	t 値	P 値
所得	y^i	0.00391	1.73	0.086
提示額	c^i	0.0118	2.32	0.021
車所有ダミー	ξ_1^i	10.1	1.67	0.097
高齢ダミー	ξ_2^i	15.6	2.53	0.012
尤度比		0.0855		
時間距離	ϕ_a^i	0.342	3.65	0.000
定数項	β_0	2.57	2.98	0.003
尤度比		0.111		
定数項	θ_0	2.26	12.5	0.000
尤度比		0.0547		

5 おわりに 本研究では、パラメータを分離推計したが、同時に推計することも可能である。また、リスク回避型効用関数に関しても検討が必要である。救急医療に対するアクセシビリティの計測方法に関しても、再度検討が必要であろう。