

ウツタイン統計データによる統計的生命の価値の計測

坂本 直樹¹・阪田 和哉²・瀧本 太郎³・中畠 一憲⁴・生川 雅紀⁵

¹非会員 山形大学准教授 人文学部法経政策学科（〒990-8560 山形県山形市小白川町1-4-12）

E-mail: nsakamoto@human.kj.yamagata-u.ac.jp

²正会員 宇都宮大学講師 大学院工学研究科（〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2）

E-mail: k-sakata@cc.utsunomiya-u.ac.jp

³非会員 九州大学准教授 大学院経済学研究院（〒812-8581 福岡県福岡市東区箱崎6-19-1）

E-mail: Takimoto@econ.kyushu-u.ac.jp

⁴正会員 兵庫県立大学准教授 環境人間学部（〒670-0092 兵庫県姫路市新在家本町1-1-12）

E-mail: nakajima@shse.u-hyogo.ac.jp

⁵非会員 岡山大学准教授 大学院社会文化科学研究科（〒700-8530 岡山県岡山市北区3-1-1）

E-mail: narukawa@okayama-u.ac.jp

本研究は、ウツタイン統計データから推定される救命曲線を用いて、統計的生命の価値を計測する。相対的リスク回避度一定の効用関数の下で、救命曲線に基づく死亡リスクの変化分に対して統計的生命の価値を定義し、その計測には、救命曲線のほか、国民経済計算から得られる一人当たり家計最終消費支出と、先行研究において推定された相対的リスク回避度が用いられる。このアプローチにより、わが国の公共事業評価において統計的生命の価値として採用されている2.26億円が、先行研究における相対的リスク回避度の推定結果と整合的であることが示される。

Key Words : Value of a Statistical Life (VSL), Relative Risk Aversion (RRA), Utstein Style Data

1. はじめに

公共事業評価においては、人命の価値を考慮しなければならない場合が少なからず存在する。防災事業はその典型である。また道路整備事業も交通事故の減少や救急搬送時間の短縮といった人命に関わる便益をもたらす。

わが国の公共事業評価では、「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編）」（国土交通省（2009））によると、これまで「人的損失」として「財産的損害額」と「精神的損害額」が考慮されてきた。前者は「逸失利益」と「医療費」からなる。後者は、過去の類似事故・災害事例等において支払われた「慰謝料」をもとに計算されていたが、2009年（平成21年）に上述の指針が改定され、統計的生命の価値（Value of a Statistical Life, VSL）に相当する「支払意思額による生命の価値」により計算されることとなった。現在は、この金額として、「交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究報告書」（内閣府（2007））に基づく、2.26億円／人が採用されている。

ところで、VSLとは、竹内（2002）によると、確率的に発生する1件あたりの死亡回避に対する支払意思額であり、その値は死亡リスクの削減幅に対する支払意思額を死亡リスクの削減幅で割ることによって計算される。VSLを用いると、あるプロジェクトによって削減される死亡者数にVSLの値を掛ければ、そのプロジェクトの救命に関する便益が計測される。この実務的な実用性もあり、環境経済学や医療経済学において数多くの研究が蓄積されてきた。

VSL自体の計測には、顕示選好アプローチをとる場合と、表明選好アプローチをとる場合とがある。顕示選好アプローチではヘドニック賃金法が用いられ、表明選好アプローチでは仮想市場法が用いられるが、それぞれ一長一短がある。ヘドニック賃金法は、市場で観察されたデータを用いることからバイアスは少ないものの、労働市場における職種間移動がスムーズでなければ、死亡リスクが賃金に十分に反映されない可能性があり、また、あくまでも労働という特殊な状況下での死亡リスクのみが対象となる。一方、仮想市場法は、様々な状況下での死

亡リスクを対象とすることは可能であるが、表明選好データを用いるため、いかにバイアスをコントロールするかが課題となる。

内閣府(2007)によるVSLの計測値は、仮想市場法に基づくものである。スコープテストを実施する等、バイアスには十分に注意が払われているものの、アンケートにおいて尋ねたリスク削減幅によってVSLが異なっている。具体的には、17%のリスク削減に対するVSLは4.62億円であり、50%のリスク削減に対するVSLは2.26億円である。最終的には、50%のリスク削減に対するVSLが採用され、17%のリスク削減に対するVSLは参考値とされているが、この理由としては、①「50%というリスク削減幅が諸外国において費用便益分析や交通事故による損失額の算定に用いられている値とほぼ同水準であること」と、②「調査研究の目的が交通事故による死亡損失の総額を算定することであり、これは死亡リスクを100%削減する場合の便益を算定していると解釈できること」を挙げている。

しかしながら、交通事故の死亡損失の算定だけではなく、公共事業評価全般にVSLを適用するとすれば、VSLがリスク削減幅に対して敏感に反応することは望ましくない。VSLがリスク削減幅に依存するならば、プロジェクトによって救命される人数にVSLを掛けて便益を算定する簡便法ではなく、プロジェクト毎にそのリスク削減幅に応じた便益評価がなされるべきである。

そこで本研究では、これまでとは異なるアプローチによるVSLの計測を試み、現在、わが国で用いられているVSLの妥当性を検証する。具体的には、総務省消防庁によるウツタイン統計データから推定された救命曲線を用いて、統計的生命の価値を計測する。ウツタイン統計データは、救急搬送された心肺停止傷病者の個票データであり、これを用いて死亡リスクと救急搬送時間の関係を表す救命曲線を推定することができる。統計的生命の価値は、相対的リスク回避度一定(Constant Relative Risk Aversion, CRRA)の効用関数の下で、救命曲線に基づく死亡リスクの変化分に対して定義される。その計測には、救命曲線のほか、国民経済計算から得られる一人当たり家計最終消費支出の金額と、先行研究において推定された相対的リスク回避度が用いられる。

本稿の構成は以下のとおりである。第2節においては、CRRA型効用関数に対応する等価変分(Equivalent Variation, EV)を定義し、それに基づき、VSLを定義する。第3節では、ウツタイン統計データからの救命曲線の導出について説明する。第4節では、VSLを計測して、わが国で用いられているVSLの妥当性を検証する。第5節では、結論と今後の課題について述べる。

2. CRRA型効用関数に基づくVSLの定義

(1) CRRA型効用関数

CRRA型効用関数は、パラメーター θ の値によって場合分けされ、以下のような形をとる。

$$u(c) \equiv \begin{cases} \frac{c^{1-\theta}}{1-\theta}, & \text{if } \theta \neq 1 \\ \ln c, & \text{if } \theta = 1 \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $u(c)$ は代表的個人の効用関数であり、 c はその消費額である。

相対的リスク回避度(Relative Risk Aversion, RRA)は限界効用の消費弾力性を意味し、以下のように、それは θ で一定の値をとることがわかる。

$$RRA \equiv -\frac{cu''(c)}{u'(c)} = \begin{cases} \frac{c \cdot \theta c^{-\theta-1}}{c^{-\theta}} = \theta, & \text{if } \theta \neq 1 \\ \frac{c \cdot (1/c^2)}{1/c} = 1, & \text{if } \theta = 1 \end{cases} \quad (2)$$

(2) EVとVSLの定義

ここでは、CRRA型効用関数に基づいて、死亡リスク(死亡確率)に関するEVを定義し、それを用いてVSLを定義する。

はじめに、生存する事象と死亡する事象それぞれについて、代表的個人の効用関数を以下のように定義する。

$$U(c) \equiv \begin{cases} u(c), & \text{if she or he is alive} \\ 0, & \text{if she or he is dead} \end{cases} \quad (3)$$

ここで、死亡する事象が起こった場合の効用水準を0としているが、例えば、経済成長論において死亡リスクを明示的に考慮したモデルであるPerpetual Youth Modelでは、このような仮定がおかれている。詳しくは、Acemoglu(2009, ch.9)などを参照されたい。死亡確率を ν とおけば、期待効用は以下ようになる。

$$EU(c, \nu) = (1-\nu)u(c) \quad (4)$$

次に、EVを定義しよう。いま、死亡確率が ν^0 であり、 ν^0 が $\Delta\nu$ だけ変化するプロジェクトがあるとする。EVは、プロジェクトありの場合の効用水準を維持するという条件の下で、プロジェクトの実施をあきらめるために必要な最小補償額を表すから、当該プロジェクトに対しては、次式のようにEVが定義される。

$$EU(c + EV(\Delta\nu), \nu^0) = EU(c, \nu^0 + \Delta\nu) \quad (5)$$

(5)式は以下のように陽表的に解くことができる。

$$EV(\Delta\nu) = \begin{cases} \left[\frac{(1-\nu^0 - \Delta\nu)c^{1-\theta} + \Delta\nu}{1-\nu^0} \right]^{1/(1-\theta)} - c & \text{if } \theta \neq 1 \\ c^{(1-\nu^0 - \Delta\nu)/(1-\nu^0)} - c & \text{if } \theta = 1 \end{cases} \quad (6)$$

最後に、VSLを定義する。VSLは補償変分(Compensating Variation, CV)により定義することもできるが、プロジェクトの効率性を評価する場合には、CVよりもEVのほうが望ましい性質を持っていることが知られる(詳しくは、森杉(1997)を参照されたい)。そのため、本研究では、以下のようにEVによりVSLを定義する。

$$VSL(\Delta v) \equiv \frac{EV(\Delta v)}{\Delta v} \quad (7)$$

3. ウツタイン統計データによる救命曲線の導出

(1) ウツタイン統計データ

総務省消防庁は、2005年(平成17年)1月から、救急搬送された心肺停止疾病者について、ウツタイン様式(Utstein Style)に基づく個票データを収集している。ウツタイン様式とは、地域間、国際間での蘇生率等の統計比較を可能とするガイドラインのことであり、1990年にノルウェーの「ウツタイン修道院」で開催された国際蘇生会議において提唱されたことからこのように呼ばれるようになった。収集されている個票データの内容は詳細なもので、救急搬送された心肺停止傷病者の属性、応急処置の有無と内容、救急隊等の処置の内容、搬送時間、予後の状態等にわたる。データ数は毎年10万件に及ぶ膨大なものである。

(2) 救命曲線の導出

ウツタイン統計データは、119番の入電時刻である覚知から現場への到着、患者への接触から病院収容までの時間がすべて収集されている。坂本ら(2011)は、2008年のウツタイン統計データを用い、救急搬送された心肺停止傷病者について、死亡リスク(救急搬送後1ヶ月未満で死亡するリスク)と搬送時間の関係を表す救命曲線をロジスティック回帰により推定した。

しかし、坂本ら(2011)の救命曲線は、1ヶ月生存したサンプルの再現性が非常に低いという問題がある。瀧本ら(2014)は、坂本ら(2011)と同じデータを用いて、傷病者が病院に収容されるまでに心拍が再開したかどうかを表すダミー変数が内生性を持つことを明らかにし、二方程式プロビットモデルを適用することによって、この問題を改善した。1ヶ月生存したサンプルの再現性は、坂本ら(2011)では3.7%に過ぎなかったが、瀧本ら(2014)では50.8%と飛躍的に改善している。本研究では、瀧本ら(2014)に基づく救命曲線を用いる。

ところで、瀧本ら(2014)の推定結果から救命曲線を導出するためには、説明変数に含まれるダミー変数をどのように処理するかが問題となる。推定式の説明変数には、1つのダミー変数で表現されるもの(場合の数は2)が4

組、2つのダミー変数で表現されるもの(場合の数は3)が2組、6つのダミー変数で表現されるもの(場合の数は7)が1組あることから、ダミー変数のすべての組合せは1008通りとなる。本研究では、それぞれの場合に該当するデータの数在全サンプルにどれだけの割合あるかを計算して、この割合で加重平均をとる方法により救命曲線を導出した。図-1はその結果をグラフ化したものである。ただし、搬送時間は、覚知から病院に収容されるまでの時間としている。覚知から約10分後には死亡確率が0.9を超え、高い値で推移することがわかる。

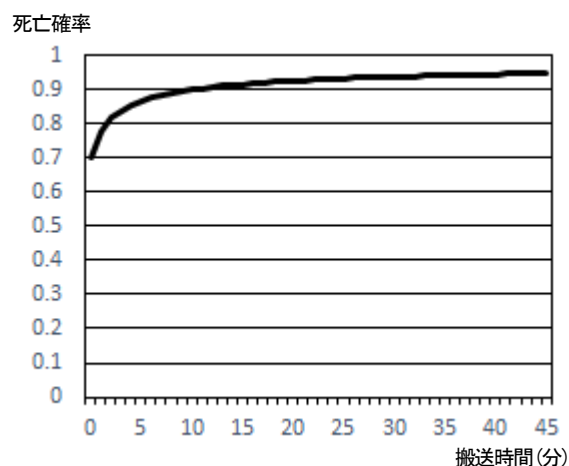


図-1 救命曲線

4. VSLの計測

(1) 死亡確率と搬送時間の関係

ウツタイン統計データから推定された救命曲線に基づくVSLを計測するためには、搬送時間が死亡確率に与える影響を考慮しなければならない。そこで、ここでは、搬送時間と死亡確率の関係を定式化する。

まず、搬送時間が m 分のときの死亡確率は以下のように表されるとする。

$$v(m) \equiv \delta + \lambda p(m) \quad (8)$$

ここで、 δ は心肺停止状態となり救急搬送される場合以外での死亡確率、 λ は心肺停止状態となり救急搬送される確率、 $p(m)$ は心肺停止状態となり救急搬送されたという条件の下での死亡確率である。 $p(m)$ はウツタイン統計データから推定されるものであり、 m の増加関数である。

いま、プロジェクト実施前の搬送時間が m^0 であるとしよう。さらに、プロジェクト実施前の死亡確率 $v(m^0)$ は既知であるとする。このとき、 δ は次のように定められる。

$$\delta \equiv v(m^0) - \lambda p(m^0) \quad (9)$$

次に、プロジェクトを実施する前の死亡確率を以下のように表す。

$$v^0 \equiv v(m^0) \quad (10)$$

プロジェクトにより搬送時間が Δm だけ変化したとする。このとき、次式が成り立つ。

$$v^0 + \Delta v \equiv v(m^0 + \Delta m) \quad (11)$$

(10)、(11)式より、次式が得られる。

$$\begin{aligned} \Delta v &= v(m^0 + \Delta m) - v(m^0) \\ &= \lambda p(m^0 + \Delta m) - \lambda p(m^0) \end{aligned} \quad (12)$$

(12)式を(7)式に代入したものが本研究で計測するVSLである。

(2) 搬送時間の短縮に対応したVSLの計測

(7)と(12)式を用いてVSLを計測するためには、一人当たりの家計消費額と相対的リスク回避度のデータが必要である。前者は国民経済計算から得られ、救命曲線の推定に用いられているウツタイン統計データの年次にあわせて2008年の値を用いることにした。後者は最近の研究であるGandelman and Hernández-Murillo (2015)の日本に関する推定値を用いることにした。この研究における日本の相対的リスク回避度の推定値は0.44であり、90%信頼区間はおおよそ -0.3~1.2である。さらに、相対的リスク回避度が0である帰無仮説と、1である帰無仮説はともに有意水準10%で棄却することができない。

表-1は、信頼区間の上限と下限、および推定値（平均値）の相対的リスク回避度についてVSLを計測したものである。覚知から病院収容までのサンプル平均が33分であるので、これを m^0 とし、それぞれの相対的リスク回避度について、1分の時間短縮から32分の時間短縮まで1分刻みでVSLを計算し、それらの中央値と平均値を求めている。

表-1から、VSLは中央値と平均値で差がなく、相対的リスク回避度が上昇すると、高い値を示すことがわかる。ただし、VSLが相対的危険回避度に対して非常に敏感に反応し、180万円から2億140万円までの広い範囲の値を取りうる。

上述のように、わが国では、VSLとして2.26億円を採用しているが、相対的リスク回避度が1.211であるとき、平均値、中央値ともに、VSLはこの値に等しくなる。したがって、わが国で採用しているVSLは、Gandelman and Hernández-Murillo (2015)の推定結果から大きく乖離した相対的リスク回避度を前提としないという意味で、一定の妥当性があるといつてよいであろう。

表-1 相対的リスク回避度とVSL

RRA	medianVSL	averageVSL
-0.30	0.018	0.018
0.44	0.041	0.041
1.20	2.012	2.014

※単位は億円

5. おわりに

本稿では、CRRA型効用関数の下でVSLを定義し、ウツタイン統計データから推定される救命曲線を用いて、救急搬送時間の短縮による死亡リスクの削減を対象にVSLを計測した。家計消費額のデータは国民経済計算から得て、相対的リスク回避度のデータはGandelman and Hernández-Murillo (2015)の日本に関する推定結果を用いた。

その結果、VSLは相対的リスク回避度に対して極めて敏感に反応することが明らかになった。さらに、わが国で採用しているVSLは、Gandelman and Hernández-Murillo (2015)の推定結果から大きく乖離した相対的リスク回避度を前提としないという意味で、一定の妥当性があることが確かめられた。

今後の研究課題としては、相対的リスク回避度が低い値をとるとき、VSLが数百万円という非常に低い値をとる理由を精査する必要がある。VSLを計測するために我々が採用したアプローチは自分自身の効用しか考慮したくないという意味で利己的であるため、利他性の考慮がその理由の解明につながるかもしれない。また、相対リスク回避度に大きく左右されないVSLの計測も検討する必要がある。

謝辞： 本稿を草するにあたり、森杉壽芳氏（日本大学）、大野栄治氏（名城大学）、森杉雅史氏（名城大学）から、有益なコメントを頂戴した。記して感謝の意を表す。なお、本研究は、日本学術振興会科学研究費基盤研究(B) (25289158)から助成を受けている。

参考文献

- 1) 国土交通省：公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編），2009.
- 2) 内閣府：交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究報告書，2007.
- 3) 竹内憲司：生と死の経済学－死亡リスクの微少な変化に対して人々はどの程度の支払いをするつもりがあるか－，会計検査研究，No.26，pp.229-241，2002.

- 4) Gandelman, N. and Hernández-Murillo, R. : Risk aversion at the country level, *Federal Reserve Bank of St. Louis REVIEW*, Vol.97, No.1, pp.53-66, 2015.
- 5) Acemoglu, D. : *Introduction to Modern Economic Growth*, Prenceton University Press, 2009.
- 6) 森杉壽芳編著：社会資本整備の便益評価，勁草書房，1997.
- 7) 坂本直樹，阪田和哉，林山泰久，中畠一憲：道路整備による死亡リスク削減便益の計測：ウツタイン統計データによる救命曲線の推定，高速道路と自動車，Vol.54, No.10, pp.1-8, 2011.
- 8) 瀧本太郎，阪田和哉，中畠一憲，生川雅紀，坂本直樹，阿部雅浩：救急活動における病院収容時間と除細動実施が救命率に与える影響について：ウツタイン統計データによる２方程式プロビット・モデル分析，医療経済研究，Vol.25, No.1, pp.50-69, 2014.