

地球温暖化による熱中症に対する 統計的生命の価値の計測

大野栄治¹・劉 佳琦²

¹正会員 博(工) 名城大学教授 都市情報学部 (〒509-0261 岐阜県可児市虹ヶ丘 4-3-3)

E-mail: ohno@urban.meijo-u.ac.jp

²非会員 名城大学大学院都市情報学研究科修士課程 (〒509-0261 岐阜県可児市虹ヶ丘 4-3-3)

地球温暖化による熱中症の増加は、人々の生命を脅かす深刻な地球温暖化問題の一つとして捉えられている。本研究では、地球温暖化対策としての熱中症の防止と制御のあり方を検討する際に客観的なデータを提供することを目的として、CVM (仮想市場評価法) により熱中症に対する統計的健康の価値と統計的生命の価値を貨幣単位で評価した。その結果、熱中症に対する統計的健康の価値は 50~280 [万円/人]、熱中症に対する統計的生命の価値は 9,356~48,400 [万円/人] であることがわかった。

Key Words: contingent valuation method, global warming, heat injury, value of statistical life

1. はじめに

熱中症とは、体の中と外の“あつさ”によって引き起こされる様々な体の不調のことであり、専門的には「暑熱環境下にさらされる、あるいは運動などによって体の中でたくさんの熱を作るような条件下にあった者が発症し、体温を維持するための生理的な反応より生じた失調状態から全身の臓器の機能不全に至るまでの連続的な病態」と定義されている¹⁾。

近年、日本における熱中症の患者数は年間1万人を超えると推定されており、そのうち約0.5%の患者が死亡している。表-1は種々の死因に関する死亡率(人口10万人あたりの年間の死亡者数)を示したものであるが²⁾、ここから熱中症の死亡率はHIV/エイズの死亡率とほぼ同じであることがわかる。地球温暖化がこのまま進行して、高温が続くようになると、熱中症の患者が増加して、特に高齢者の致死率(患者数に占める死亡者数の割合)が高くなると予測されている。

本研究では、地球温暖化対策としての熱中症の防止と制御のあり方を検討する際に客観的なデータを提供することを目的として、CVM (Contingent Valuation Method: 仮想市場評価法) により熱中症に対する統計的健康の価値と統計的生命の価値を貨幣単位で評価する。

表-1 種々の死因に関する死亡率

死 因	死亡率
が ん	250
肥 満	140
心臓病・血管関係の病気	127
自 殺	24
交通事故	9
火 事	1.7
他 殺	0.52
自然災害	0.1
熱中症	0.05
HIV/エイズ	0.04
航空機事故	0.013
BSE	0.0000001

注) 死亡率: 人口10万人あたりの年間の死亡者数

2. 既存研究のレビュー

「生命の価値」の評価は、死亡した個人が死亡しなれば得たであろう賃金の評価から始まり、生きている個人が死亡リスクを回避するために支払ってもよいと考える金額の評価へと拡張されてきた。このような支払意思額をベースとした評価値が「統計的生命の価値」であり、

次式で定義される。

$$VSL = \frac{WTP(\Delta Risk)}{\Delta Risk} \quad (1)$$

ただし、 VSL ：統計的生命の価値 VSL (Value of Statistical Life), $WTP(\Delta Risk)$ ：リスクの減少量に対する支払意思額 WTP (Willingness to Pay), $\Delta Risk$ ：リスクの減少量。

米国や英国では、政策の可否を判断するリスク費用便益分析の分野において式(1)で定義される「統計的生命の価値」を用いる方法が実用化されている³⁾。近年、米国 EPA (Environmental Protection Agency: 環境保護庁) は、26の死亡リスク削減便益研究からそれぞれの最善推計 VSL 値を抽出して平均値 480 万ドル (1990 年値) を算出し、その後は物価上昇に合わせて数値を更新して 630 万ドル (2000 年値) を提示している⁴⁾。ここで、米国 EPA が引用した 26 研究のうち、21 研究は賃金リスク法によるもの、5 研究は CVM によるものであった。CVM による 5 研究の最善推計 VSL 値は表-2 に示すとおりであるが、その平均値 290 万ドル (1990 年値) は全体平均値 480 万ドル (1990 年値) の約 60% に相当し、賃金リスク法より小さく評価されていることがわかる。

表-2 CVM による VSL 推計値 (米国 EPA の引用)

研究事例	VSL (1990 年値)
Miller and Guria (1991)	120 万ドル
Viscusi, Magat and Huber (1991)	270 万ドル
Gegax et al. (1985)	330 万ドル
Gerking, de Haan and Girard (1988)	340 万ドル
Jones-Lee (1989)	380 万ドル
平均値	290 万ドル

日本では、「生命の価値」について、実務上、暫定的に医療費+遺失利益+慰謝料等の損害合計額から約 3,000 万円の数値が道路建設等の分野で用いられている⁵⁾。また、CVM による VSL 推計も行われているが、研究蓄積はまだ十分ではなく、実用化には至っていない。ここで、表-3 は日本における CVM による VSL 推計に関する 5 研究を示したものであるが、山本・岡の研究は水道水の水質による死亡リスクを評価したものであり、その他の 4 研究は交通事故による死亡リスクを評価したものである。これより、同じ死亡リスクの評価であっても、事故による場合と病気による場合とでは、人々の評価が大きく異なることがわかる。さらに、病気の種類によって VSL 推計値が異なるのではないかと予想される。

地球温暖化による熱中症の増加は、人々の生命を脅かす深刻な地球温暖化問題の一つとして捉えられている。そして、日本における地球温暖化対策としての熱中症の

防止と制御のあり方を検討する際には、(他の死亡リスクではなく) 熱中症による死亡リスクに基づく VSL 推計値を用いるべきであり、また (諸外国の VSL 推計値の為替レート換算値ではなく) 日本人の VSL 推計値を用いるべきである。しかし、日本人の熱中症に対する VSL 推計値は本研究以外に見当たらない。

表-3 CVM による VSL 推計値 (日本)

研究事例	VSL
山本秀一・岡敏弘 (1994) ⁶⁾	22.4~35.5 億円
今長久 (2001) ⁷⁾	4.6 億円
竹内憲司ほか (2001) ⁸⁾	2.0 億円
児玉真也・竹内憲司 (2003) ⁹⁾	1.5 億円
古川俊一・磯崎肇 (2004) ³⁾	7.9~9.9 億円

3. データ収集

(1) アンケート調査の実施

VSL 推計用のデータを得るために、2007 年 3 月上旬に全国の成人男女を対象にして、インターネット利用のアンケート調査を実施した。ここで、定量分析におけるインターネット調査には、オープン型、クローズ型、セミクローズ型の 3 タイプがあるが、今回の調査はクローズ型である。被験者はあらかじめインターネット調査会社に登録している一般人であるため、多様な個人属性を把握することができ、回収の予測が立てやすいというメリットがある。さらに、被験者に対して調査会社より謝金を支払われるため、当該分野について関心の低い人も回答する可能性が高く、郵送調査による回答集団 (関心のある人のみの集団である恐れ) と母集団との乖離の問題は幾分解消されるのではないと思われる。

本調査では 1,196 件の回答が得られた。ここで、最初の回答の受け付けから最後の回答の受け付けまでに要した時間は 72 時間 42 分であった。なお、回答者の地域分布と年齢分布が偏らないようにアンケート票を配信、回答を受信した。回答者の属性分布 (性別・年齢・職業・年収) は以下のとおりである。

【性別】 男性：53.7%，女性：46.3%

【年齢】 20~29 歳：19.5%，30~39 歳：20.2%，40~49 歳：20.2%，50~59 歳：20.2%，60~69 歳：16.9%，70 歳以上：3.2%

【職業】 給与所得者：47.01%，自営業者：8.3%，自由業者：3.9%，主婦・主夫：23.7%，学生：3.8%，無職：11.1%，その他：2.0%

【年収】 200 万円未満：6.6%，200~399 万円：18.5%，400~599 万円：24.6%，600~799 万円：15.2%，800~999 万円：10.5%，1000 万円以上：10.6%，

未回答：14.0%

(2) アンケート調査の内容

アンケート調査の表題は『地球温暖化問題に関する意識調査』であり、アンケート票の質問内容は、以下のとおりである。

- 問1 地球温暖化の問題に対する関心度
- 問2 地球温暖化による生態系の破壊に対する関心度
- 問3 干潟の破壊を回避するための支払意思額
- 問4 地球温暖化による熱中症の増加に対する関心度
- 問5 熱中症の患者数の増加を回避するための支払意思額（表-4を参照）
- 問6 熱中症による死亡者数の増加を回避するための支払意思額（表-5を参照）

ここで、熱中症に対する「統計的健康の価値」は問5の回答データより推計し、また熱中症に対する「統計的生命の価値」は問6の回答データより推計した。

なお、表-4に示す「熱中症の患者数の増加を回避するための支払意思額に関する質問」において、回避策が実施されない場合の疾病率Xとして、

- ケース1) 人口10万人あたり年間20人
- ケース2) 人口10万人あたり年間30人
- ケース3) 人口10万人あたり年間50人
- ケース4) 人口10万人あたり年間100人

の4ケースを設定した。一方、回避策が実施される場合の疾病率は、すべてのケースで現状値（人口10万人あたり年間10人）を設定した。

また、表-5に示す「熱中症による死亡者数の増加を回避するための支払意思額に関する質問」において、回避策が実施されない場合の死亡率Yとして、

- ケース1) 人口10万人あたり年間0.10人
- ケース2) 人口10万人あたり年間0.15人
- ケース3) 人口10万人あたり年間0.25人
- ケース4) 人口10万人あたり年間0.50人

の4ケースを設定した。一方、回避策が実施される場合の死亡率は、すべてのケースで現状値（人口10万人あたり年間0.05人）を設定した。

一方、意思決定問題の客観的特徴が同じであり、かつその情報の指示する対象が同じであっても、その問題認識の心理的な構成によって結果が異なることがある。この現象はフレーミング効果と呼ばれ、数理的には全く同一の意思決定問題であったとしても、心理的には全く異なる意思決定がなされることを意味する¹⁰⁾。そこで、アンケート調査に際してフレーミング効果が生じないように、藤井・竹村の研究¹¹⁾に基づいて「ネガティブ条件」かつ「リスク強調条件」の質問文とした。

表-4 熱中症の患者数の増加を回避するための支払意思額に関する質問

将来、地球温暖化によって「熱中症の患者数」が増加すると予想されています。そこで、地球温暖化による「熱中症の患者数」の増加を回避するため、全国民から負担金を徴収して対策に充てるという政策が提案されたと仮定してください。なお、負担金の徴収は地球温暖化による熱中症の被害を経済評価するために想定したものであり、実際に負担金を徴収しようとするものではありません。そして、

- この政策が実施されると、熱中症の患者数の割合は人口10万人あたり年間10人（現状維持）になる
- この政策が実施されないと、熱中症の患者数の割合は人口10万人あたり年間X人になる

と想定してください。

次の(1)～(9)には、上記の政策を実施するために必要な負担金の額が示されています。あなたは、(1)～(9)のそれぞれについて、政策の実施に賛成ですか、それとも反対ですか。あてはまるものを（それぞれ）1つ選び、番号を○で囲んでください。なお、この負担金は日本にお住まいの期間中に負担していただくものであり、その金額分だけあなたの購入できる別の商品やサービスが減ることを十分念頭においてお答えください。

- (1) 政策の負担金が1人あたり毎年10円の場合
 - 1. 政策の実施に賛成
 - 2. 政策の実施に反対
 - (2) 政策の負担金が1人あたり毎年30円の場合
 - 1. 政策の実施に賛成
 - 2. 政策の実施に反対
 - (3) 政策の負担金が1人あたり毎年50円の場合
 - 1. 政策の実施に賛成
 - 2. 政策の実施に反対
- (以下、省略)

表-5 熱中症による死亡者数の増加を回避するための支払意思額に関する質問

将来、地球温暖化によって「熱中症の患者数」だけでなく「熱中症による死亡者数」も増加すると予想されています。そこで、地球温暖化による「熱中症による死亡者数」の増加を回避するため、全国民から負担金を徴収して対策に充てるという政策が提案されたと仮定してください。なお、負担金の徴収は地球温暖化による熱中症の被害を経済評価するために想定したものであり、実際に負担金を徴収しようとするものではありません。そして、

- この政策が実施されると、熱中症による死亡者数の割合は人口10万人あたり年間0.05人（現状維持）になる
- この政策が実施されないと、熱中症による死亡者数の割合は人口10万人あたり年間Y人になる

と想定してください。

次の(1)～(9)には、上記の政策を実施するために必要な負担金の額が示されています。あなたは、(1)～(9)のそれぞれについて、政策の実施に賛成ですか、それとも反対ですか。あてはまるものを（それぞれ）1つ選び、番号を○で囲んでください。なお、この負担金は日本にお住まいの期間中に負担していただくものであり、その金額分だけあなたの購入できる別の商品やサービスが減ることを十分念頭においてお答えください。

- (1) 政策の負担金が1人あたり毎年10円の場合
 - 1. 政策の実施に賛成
 - 2. 政策の実施に反対
 - (2) 政策の負担金が1人あたり毎年30円の場合
 - 1. 政策の実施に賛成
 - 2. 政策の実施に反対
 - (3) 政策の負担金が1人あたり毎年50円の場合
 - 1. 政策の実施に賛成
 - 2. 政策の実施に反対
- (以下、省略)

4. 評価モデル

まず、熱中症を回避するための支払意思額に関する回答データより、提示金額に対する賛成割合を集計する。図-1は熱中症の患者数の増加を回避するための政策（ケース1）の負担金の提示金額に対する賛成割合の累積分布、図-2は熱中症による死者数の増加を回避するための政策（ケース2）の負担金の提示金額に対する賛成割合の累積分布である。

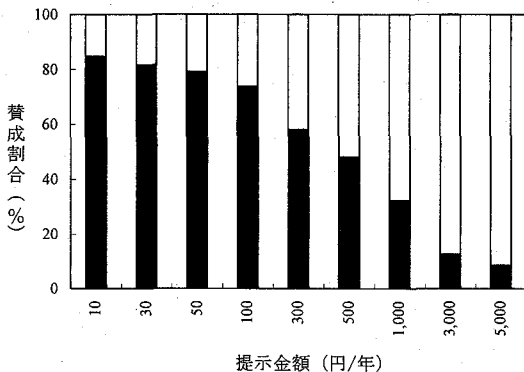


図-1 提示金額に対する賛成割合の累積分布
(患者数：10万人あたり年間20人→10人)

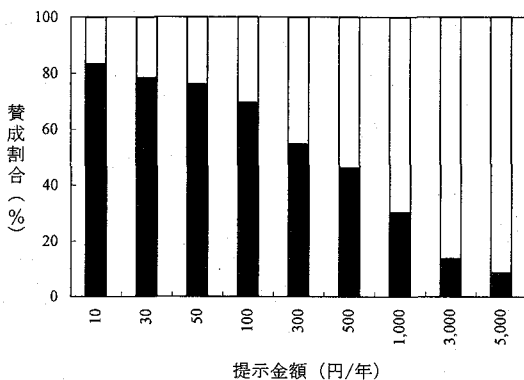


図-2 提示金額に対する賛成割合の累積分布
(死者数：10万人あたり年間0.10人→0.05人)

次に、提示金額 t に対する賛成割合の累積分布関数 $F(t)$ を次式で特定化する。

$$F(t) = \frac{1}{1 + \exp(a + b \cdot \ln(t))} \quad (2)$$

ただし、 a, b ：未知のパラメータ。

そして、一人あたりの支払意思額の中央値 *Median* および平均値 *Mean* は、統計学の定義より次式で与えられる。

$$F(\text{Median}) = 0.5 \quad (3)$$

$$\text{Mean} = - \int_0^\infty t \cdot dF(t) \quad (4)$$

ここで、一人あたりの価値として *Median* と *Mean* のどちらを採用するかが問題となる。その値に対象人口を掛けて全体の価値を評価するという観点では、*Mean* の方が理論的に望ましい。しかし、*Mean* には過大評価や不安定評価の問題が指摘されているので、ここでは *Median* を採用する。式(2)(3)より、一人あたりの支払意思額は次式で与えられる。

$$\text{Median} = \exp\left(-\frac{a}{b}\right) \quad (5)$$

「統計的健康の価値」および「統計的生命の価値」は、上記の手順でリスクの減少量に対する支払意思額を計測した後、これをリスクの減少量で割ることによって求められる（式(1)を参照）。

5. 評価結果

(1) 熱中症に対する統計的健康の価値

まず、式(2)のパラメータ推定結果は、表-6に示すとおりである。いずれのケースにおいても、十分な t 値および重相関係数により、統計的有意な評価モデルが推定されたと言える。

次に、熱中症の患者数の増加を回避するための支払意思額および統計的健康の価値は、表-7に示すとおりである。これより、熱中症に対する健康の貨幣評価原単位は50～280〔万円/人〕となる。ここで、各ケースにおける統計的健康の価値の違いは、ケースによって疾病率（人口10万人あたりの年間の患者数）の変化に違いがあっても支払意思額があまり変わらなかったことによるものである。この問題は、スコープ無反応性として指摘されるCVMのバイアス問題の一つであり¹²⁾、今後の検討課題としたい。

表-6 健康価値評価モデルのパラメータ推定結果

ケース	パラメータ推定値 (t 値)	重相関係数
1	a -5.457 (-10.937)	0.973
	b 0.687 (11.107)	
2	a -5.659 (-13.545)	0.982
	b 0.712 (13.735)	
3	a -5.828 (-11.832)	0.975
	b 0.717 (11.731)	
4	a -6.485 (-12.557)	0.977
	b 0.770 (12.023)	

表-7 熱中症に対する統計的健康の価値

ケース	疾病率 の変化	支払意思額 [円/年/人]	統計的健康 の価値 [万円/人]
1	20→10	280	280
2	30→10	284	142
3	50→10	340	85
4	100→10	453	50

注) 疾病率：人口 10 万人あたりの年間の患者数

(2) 熱中症に対する統計的生命の価値

まず、式(2)のパラメータ推定結果は、表-8 に示すとおりである。いずれのケースにおいても、十分な t 値および重相関係数により、統計的有意な評価モデルが推定されたとと言える。

次に、熱中症による死亡者数の増加を回避するための支払意思額および統計的生命の価値は、表-9 に示すとおりである。これより、熱中症に対する生命の貨幣評価原単位は 9,356~48,400 [万円/人] となる。ここで、この数値は、表-2 および表-3 に示される既存研究の VSL 推計値と比べて同水準であることがわかる。すなわち、常識的な数値が得られたと言えそうである。

しかし、前節と同様に、ケースによって統計的生命の価値に大きな違いがあることに対してどの数値を採用すればよいかという問題については、明確な解答が得られていない。

表-8 生命価値評価モデルのパラメータ推定結果

ケース	パラメータ推定値 (t 値)	重相関係数
1	a -5.088 (-11.884) b 0.653 (12.299)	0.978
2	a -5.354 (-14.062) b 0.683 (14.456)	0.984
3	a -5.839 (-13.037) b 0.723 (13.009)	0.980
4	a -6.221 (-11.914) b 0.770 (11.510)	0.975

表-9 熱中症に対する統計的生命の価値

ケース	死亡率 の変化	支払意思額 [円/年/人]	統計的生命 の価値 [万円/人]
1	0.10→0.05	242	48,400
2	0.15→0.05	254	25,400
3	0.25→0.05	323	16,500
4	0.50→0.05	421	9,356

注) 死亡率：人口 10 万人あたりの年間の死亡者数

6. まとめ

本研究では、地球温暖化対策としての熱中症の防止と制御のあり方を検討する際に客観的なデータを提供することを目的として、CVM により熱中症に対する統計的健康の価値と統計的生命の価値を貨幣単位で評価した。その結果、熱中症に対する統計的健康の価値は 50~280 [万円/人]、熱中症に対する統計的生命の価値は 9,356~48,400 [万円/人] であることがわかった。統計的健康の価値については、比較対照となる既存研究が見当たらないが、統計的生命の価値については、既存研究の VSL 推計値と比べて同水準であり、常識的な数値が得られたと言えそうである。

しかし、CVM のスコープ無反応性によって引き起こされた推計値のパラツキについて、どの数値を採用すればよいかという問題が未解決である。また、年齢、支払期間、疾病率、死亡率(致死率)の違いによる支払意思額への影響など、価値の推計において考慮すべき要素が残されている。これらの点については、今後の検討課題としたい。

謝辞：本研究は、環境省の平成 18 年度地球環境研究総合推進費（研究課題：温暖化の危険な水準および温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究、代表者：三村信男）を受けた研究成果の一部である。また、本研究の遂行において森杉壽芳教授（東北大学大学院情報科学研究科）および林山泰久教授（東北大学大学院経済学研究科）より貴重な助言を賜ったことを付記するとともに、謝意を表したい。

参考文献

- 1) 森田茂穂：熱中症 その予防と治療のポイント，救急医療ジャーナル，Vol.21，pp.8-11，1996.
- 2) <http://www.yasuienv.net/RiskComp.gif>
- 3) 古川俊一・磯崎肇：統計的生命価値と規制政策評価，日本評価研究，Vol.4，No.1，pp.53-65，2004.
- 4) U.S.EPA: The Benefits and Costs of the Clean Air Act, 1990 to 2010, EPA Report to Congress, EPA-410-R-99-001, November 1999.
- 5) 金本良嗣：プロジェクト評価に向けての課題，エコノミクス，No.3，pp.64-69，2000.
- 6) 山本秀一・岡敏弘：飲料水リスク削減に対する支払い意思調査に基づいた統計的生命価値の推定，環境科学会誌，Vol.7，No.4，pp.289-301，1994.
- 7) 今長久：道路交通事故の社会的損害額の計算，道路交通経済，No.7，pp.98-105，2001.
- 8) 竹内憲司・岸本充生・柘植隆宏：表明選好アプローチ

- チによる確率的生命価値の推計, 環境経済・政策学会 2001 年大会報告論文集, 2001.
- 9) 児山真也・竹内憲司: スタンダード・ギャンブルによる交通事故障害の経済評価, 会計検査研究, No. 27, pp. 129-158, 2003.
- 10) 竹村和久: フレーミング効果の理論的説明, 心理学評論, Vol. 37, No. 3, pp. 270-291, 1994.
- 11) 藤井聡・竹村和久: リスク態度と注意 状況依存焦点モデルによるフレーミング効果の計量分析, 行動計量学, Vol. 28, No. 1, pp. 9-17, 2001.
- 12) 大野栄治: CVM (仮想市場評価法), 環境経済評価の実務, 第 5 章, 勁草書房, pp. 83-104, 2000.

MEASUREMENT OF VALUE OF STATISTICAL LIFE CONCERNING HEAT INJURY DUE TO GLOBAL WARMING

Eiji OHNO and Jiaqi LIU

Increase of heat injury due to global warming is one of serious problems that threaten human life. This study aims to provide objective data for discussion about protection and control against heat injury, and measures the statistical value of health and life against heat injury in the money term by using the contingent valuation method. The result indicates that the statistical value of health is 0.50-2.80 million yen and that the statistical value of life is 93.56-484.00 million yen.