

除排雪事業が冬期都市環境に及ぼす Option Price の計測
Measuring the Option Price of Snow Removal Projects
in the Winter Urban Environment by the Contingent Valuation Methods

田邊 慎太郎* 林山 泰久** 原 文宏*
Shintaro TANABE* Yasuhisa HAYASHIYAMA** Fumihiro HARA*

ABSTRACT ; This paper focuses on evaluating positive effects of snow-removal to reduce damages which are caused by snowfalls whose emergency indicates certain probability distribution. In this evaluation in monetary terms, CVM was used. Positive effects including the quality of residents' life by increasing accessibility. The questionnaire results on which the evaluation was based were analyzed by putting emphasis on the differences observed between WTP and WTA.

The CVM used to evaluate the questionnaire results is characterized by the following: Multi Level Dichotomous Choice for respondents to easily understand questions to answer, and the use of videos and models to eliminate respondents' bias. The results indicate that Sapporo citizens estimate that keeping the current snow-removal level is equivalent to an annual benefit of 26,800 yen / household. Secondly, they reveal that if the snow-removal level is lowered, or in other words, when lowering the snow-removal level gives adverse effects on the environment, an annual equivalent option price of 50,700 yen/household and an annual supplementary option price of 9,400 yen/household emerge. The difference is approximately 5.4 times. However, if the environment is improved by snow removal, the calculated annual equivalent option price and annual supplementary option price are, 36,200 yen/household and 6,200 yen/household, respectively. The difference is approximately 5.8 times.

KEYWORDS ; Contingent Valuation Methods(CVM) , Snow Removal Projects , Quality of Life(QOL)

1. はじめに

費用便益分析の分野においては、Weisbrod(1964)¹⁾の問題提起に端を発する不確実性下の経済的評価手法に関する研究蓄積が顕著である(この種の議論を総括的に取りまとめた文献として多々納(1993)²⁾(1997)³⁾を挙げることができる)。過去において不確実性下の費用便益分析が適用されている事例としては、渇水⁴⁾、浸水⁵⁾および防災投資⁶⁾を挙げることができ、さらに、信頼性という意味では道路網の評価に着目した事例⁷⁾が見られる。

一方、降雪および積雪という不確実性に密接に関連する公共事業である除雪事業は、積雪寒冷地において冬季の快適な日常生活および円滑な経済活動を支えるために必要不可欠なものである。すなわち、積雪寒冷地住民の視点に立脚するならば、積雪による被害の発生という不確実性は、積雪によって生じる不安感および日常生活の不便さの増大で表現され、個人の有する厚生水準の低下として捉えることができよう。なお、積雪寒冷地における降雪および積雪の発生確率は、経験的にある程度の精度で把握が可能であることから、厳密には、リスクと表現した方が適切である場合があることに注意されたい。

そこで、本研究では、ある確率分布に従って発生する積雪被害に対して、その被害を低減させるという除雪事業がもたらす地域住民の安心感等の向上効果を貨幣タームで評価することを試みる。したがって、本研究における除雪事業とは、冬季における積雪寒冷地域住民の生活の質(Quality of Life)を維持・向上に資するための公的サービス提供であると捉えるものとする。また、除雪事業は一般的な社会資本整備事業とは異なり、除雪時にはその効果が一時的に発生するものの、その投資がストック化され長期において効果が現れることがないという特性を有する。

* (社)北海道開発技術センター Hokkaido Development Engineering Center

** 東北大学大学院経済学研究科 Graduate School of Economics and Management, Tohoku University

2. 既存研究の問題点と本研究の考え方

2. 1 既存研究の整理とその問題点

除雪事業の整備効果に関する研究として、北海道開発局(1965)⁸⁾は、積雪による障害として交通機関運営側の受ける障害および交通機関利用者の受ける障害に大別し、個別項目の積み上げ方式により効果を積算している。また、五十嵐(1971)⁹⁾は、街路除雪の経済効果は街路除雪が積雪による交通流システムに与える負の変化を押さえ、その結果として交通量の減少および市民生産所得の減少を抑制したものであるとしている。そこで、五十嵐は「交通量・生産所得関数モデル」を提案している。しかし、この研究は、交通という市場を媒介として計測される効果、すなわち、直接市場から得られる利用者便益を計測しているに過ぎない。さらに、千葉・佐藤ら(1987)¹⁰⁾は、アンケート調査に基づいて、冬季の交通環境が産業活動に及ぼす様々な影響を燃料消費の増加、駐車場除雪費用の増加および交通マヒによる被害費用の増加額を合計することにより把握することを試みている。しかし、この手法は、実際に追加的に増加した費用の積み上げであるために、住民の心理的影響は考慮されていない。酒井・栗山(1993)¹¹⁾は、新潟県を事例として、道路除雪を行わない場合の予想損失額から除雪を行ったにもかかわらず存した額を控除した損失軽減額を算出し、その値をもって除雪事業の経済効果であるとしている。この方法は、直接的な被害費用軽減額の積み上げという意味で、代替法的な考え方に基づいており、地域住民の生活の質を評価したものではない。さらに、諸橋・梅村(1995)¹²⁾は、路線価データを用いて除雪事業の経済効果の算出を試みている。諸橋・梅村は、地価が L で施設の年間費用 F が支出されている箇所では年利率 γ として $\gamma L + F$ がその箇所に見合う価値であると仮定し、損害額 D を利用度の低下率 k を乗じた $D = k(\gamma L + F)$ として算出している。しかし、この方法も冬季の道路利用率のみに依存しており、住民の心理的影響を加味したものではない。一方、海外では、McBride, J.C.(1978)¹³⁾ は、ユタ州を事例として除雪事業の経済効果を走行時間の増加、走行経費の増加および事故の増加という観点からの分析を行っている。この調査ではアンケート調査を実施しており、道路利用者の快適性・利便性を貨幣的に評価していることは注目に値する。なお、これらのより詳細なサーベイは田邊・原ら(1997)¹⁴⁾に詳しい。

2. 2 本研究の考え方

一般的な社会資本の費用便益分析では、その社会資本を直接的に利用することにより発生する便益と費用を計測すればよいとされている。これに対して Weisbrod¹⁾は、自然公園の保全を例として、自然公園の利用価値のみを考慮したのでは環境便益の評価としては過小になることを主張した。このような価値を、将来のオプション(選択可能性)が有する価値という意味でオプション価値(Option Value)と呼ばれている。さらに、Cicchetti and Freeman(1971)¹⁵⁾は Option Value を Option Price と期待効用($EU(\cdot)$)の差として定義した。この概念は(1)式で表現される。ここで、Option Price とは、どちらの状態 z (以下、システムと称する)になったとしても財・サービスが利用できることに對するどちらの状態が生じるか分からない段階での支払意志額を意味する。

$$\text{Option Value} = \text{Option Price} - EU(\cdot) \quad (1)$$

前述したように、除雪事業の経済効果に関する既存研究では、走行時間短縮および走行経費節減といった直接的利用価値の計測に重点が置かれてきた。しかし、Option Price のような、確率に依存して積雪という状態が起こるという不確実性下での効用や本人のみならず家族や他の人のことを考慮した利他的効用を包含した効果を計測した事例はみられない。

そこで、本研究では、除雪事業がもたらす積雪寒冷地域の住民の生活の質の向上効果を計測するために、Option Price を計測することを試みる。そのために、本研究では、冬季の個人の行動に関する RP(Revealed Preference)データの蓄積が少ないことおよび顕在化した市場データでは安心感や快適性といった要素を明示的に組み込むことが困難であると判断したため、地域住民に直接的に価値判断を求める方法である仮想的市場評価法(Contingent Valuation Method: 以下、CVM)を用いて定量的に計測する。

3. Option Price の計測

3. 1 モデル

本研究では、世帯の行動を定式化するために、間接効用関数 $V(\cdot)$ を所得 y とシステムの状態 z とプロジェクト水準 S_i ($i=W$:プロジェクト有り, WO :プロジェクト無し) の関数, すなわち, 都市環境水準 $Q(z;S_i)$ として表現できるものとする.

$$V(\cdot) \equiv V(y, Q(z;S_i)) \quad (2)$$

したがって、積雪の生起確率を $\pi(z)$ とすればプロジェクト実施による世帯の期待効用 $EU(S_i)$ は, (3) 式で表現される.

$$EU(S_i) = E[V(y, Q(z;S_i)) | S_i] = \sum z V(y, Q(z;S_i)) \cdot \pi(z) \quad (3)$$

ここで、具体的に $z=Snow$ と $z=Dry$ というシステムを考えると、(4) 式で表現される.

$$\begin{aligned} EU(S_i) &= E[V(y, Q(z;S_i)) | S_i] \\ &= \pi(Snow) \cdot V(y, Q(Snow;S_i)) + \pi(Dry) \cdot V(y, Q(Dry;S_i)) \\ \text{s.t. } &\pi(Snow) + \pi(Dry) = 1 \end{aligned} \quad (4)$$

さらに、Option Price の概念を明確にするために、Graham(1981)¹⁶⁾ の Willingness to Pay Locus の概念を用いて解説する.

$$\begin{aligned} &\pi(Snow) \cdot V(y - WTP(Snow), Q(Snow;S_w)) + \pi(Dry) \cdot V(y - WTP(Dry), Q(Dry;S_w)) \\ &= \pi(Snow) \cdot V(y, Q(Snow;S_{wo})) + \pi(Dry) \cdot V(y, Q(Dry;S_{wo})) \end{aligned} \quad (5)$$

システム Q の状態が z であるときの支払意志額 $WTP(z)$ を考えると、(5) 式が成立するような $WTP(Snow)$ と $WTP(Dry)$ の組み合わせが無数存在することになり、システムに依存した WTP 軌跡(Willingness to Pay Locus)を描くことができる.

図-1 におけるシステムに依存した WTP 軌跡と 45° 線との交点が Option Price を意味する(図-1 は、厳密には、後述するように Compensating Variation 系における補償的 Option Price である). なお、図-1 では、Option Value があたかも正の値を取る場合を示しているが、Option Value の符号条件およびその解釈については、Weisbrod の主張に対して Long(1967)¹⁷⁾ の反論等がある. しかし、理論的にはその条件によって正負両方の符号となることが明らかになっている.

一方、多々納(1997)³⁾ によれば、不確実性下の個人の便益評価指標は表-1 のように分類されるとしている. さらに、多々納は、これらの便益評価指標のなかで、符号保存性および順序保存性を有するという意味で、等価的 Option Price および補償的 Option Price の理論的妥当性を示している. ここで、符号保存性と

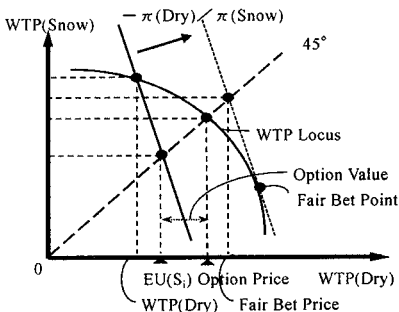


図-1 Option Price の図的解釈

表-1 不確実性下の便益評価指標【出典 3】

- | |
|--------------------------------------|
| a) システムの状態の違いに対する支払意志額を用いる方法 |
| ・ 期待被害軽減額(期待利得増加額) |
| … 等価的変差, 補償的変差の期待値の差 |
| b) 整備状況の違いに対する支払意志額を用いる方法 |
| ・ システムの状態に依存しない支払意志額 |
| … 等価的 Option Price, 補償的 Option Price |
| ・ システムの状態に依存する支払意志額 |
| … Certainty Point, Fair Bet Price |

は「プロジェクトの実施に伴って生じる期待効用の変化の符号と当該評価指標の符号が一致する性質」であり、順序保存性とは「複数のプロジェクトに対する期待効用による序列と当該評価指標による序列が一致するという性質」を意味している。そこで、本研究では、不確実性下の便益評価指標として等価的 Option Price および補償的 Option Price を用いるものとする。

本研究において分析対象財・サービスとしている除雪事業は、システム(平常時(非積雪時)、他の状態(積雪時))に対して固定(実現値)であるとする。したがって、システム Q の状態が z であるときの支払意志額 $WTP(z)$ および受取補償額 $WTA(z)$ を考える。

$$E[V(y + WTA(z), Q(z; S_{w0})) | S_{w0}] = EU(S_w) \quad (6)$$

$$E[V(y - WTP(z), Q(z; S_w)) | S_w] = EU(S_{w0}) \quad (7)$$

ここで、 $E[\cdot | S_i]$: プロジェクトの状態が S_i という条件下で状態変数 z に関する期待値を示している。

ここで、(6)および(7)式を満たす、すなわち、プロジェクト有無における厚生水準が等しいという WTA および WTP の組み合わせは z に依存して無数に存在する。また、Option Price は表-1に示すように、実現するシステムの状態 z と独立な除雪事業のサービス水準に対する確定的な支払意志額であるため、任意の z_0, z_1 に対して $WTA(z_0) = WTA(z_1) = \text{Const.}$ 、或いは、 $WTP(z_0) = WTP(z_1) = \text{Const.}$ となることを意味している。したがって、 $WTA(z) = OP_{EV}$ および $WTP(z) = OP_{CS}$ とすれば、(8)および(9)式が成立する。

$$E[V(y + OP_{EV}, Q(z; S_{w0})) | S_{w0}] = EU(S_w) \quad (8)$$

$$V(y - OP_{CS}, Q(z; S_w)) | S_w = EU(S_{w0}) \quad (9)$$

この支払意志額 OP_{ES} は等価的 Option Price、また、受取補償額 OP_{CS} は補償的 Option Price を意味する。

ここで、等価的 Option Price は、プロジェクト実施後を基準としているのに対して、補償的 Option Price はプロジェクト実施前を基準としている。すなわち、等価的 Option Price とは「プロジェクト実施後の状態で、プロジェクト実施前の期待効用水準を達成するために必要な最小受取補償額」であり、補償的 Option Price とは「プロジェクト実施前の状態で、プロジェクト実施後の状態に対しての最大支払意志額」を意味している。

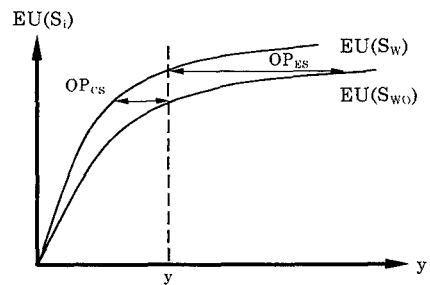


図-2 OP_{EV} と OP_{CS} の図的解釈【出展 2】

4. CVM 調査のフレームワーク

4. 1 CVM 調査における本研究の考え方

CVM は擬制的市場法および価値意識法とも呼ばれており、統一的な邦訳は存在していない。なお、本稿では CVM を仮想的市場評価法と称するものとした。CVM は、環境質の内容を被験者に説明した上で、その質を向上するために費用を支払う必要があるとする場合に支払ってもよいと考える金額(支払い意志額, Willingness to Pay(以下, WTP)), 或いは、環境質が悪化してしまった場合にもとの効用水準を補償してもらうときに必要な補償金額(受取補償額, Willingness to Accept Compensation(以下, WTA))を直接的に被験者に質問する方法である。本研究では、積雪寒冷地域における住民の生活の質の向上および維持に資するために、住民の等価的 Option Price および補償的 Option Price を計測するために、以下の点に着目した。

- ①質問方法と価値意識の差
- ②仮想バイアス(Hypothetical Bias)の排除
- ③調査者と被験者(Interviewer and Respondent Bias)の排除

4. 2 CVM のフレームワーク

CVM による便益評価のためのアンケート調査の設計を行うためには、①財の定義(product Definition)、②母集団の定義(Population Definition)、③支払形態(payment Vehicle Definition)および④質問方法(Elicitation Method)を設定する必要がある。

4. 3 財の定義

本研究において評価対象財としたのは冬季における除排雪事業という財・サービスである。しかし、このような財・サービスは、被験者が日常的に認識している可能性が小さいものと考えられる。そこで、本研究では、仮想バイアスを排除するために図-3～図-5に示すような、同一市街区の除雪水準別模型(1/150 Scale)を作成し、幹線道路、補助幹線道路および生活道路の除排雪水準を再現することにより被験者に認識し易いような情報を与えた。

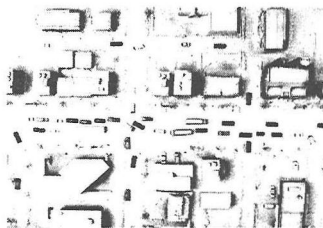


図-3 幹線道路における
過去の除雪水準

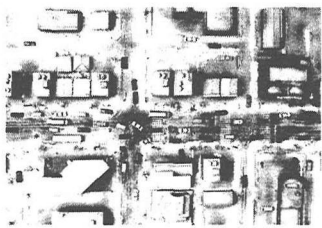


図-4 幹線道路における
現在の除雪水準

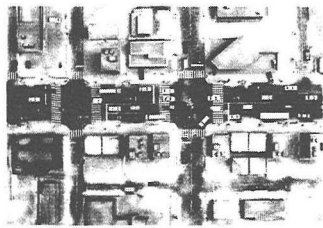


図-5 幹線道路における
将来の除雪水準

これは、被験者がイメージする除雪対象道路が各々異なるであろうことを想定したためである。すなわち、幹線道路利用者は自ずと幹線道路の除雪水準に関心があるであろうし、主婦は日常的に利用する生活道路に関心があるであろう。

また、除雪水準別模型の制作仕様を表-2に示す。なお、表-2における各項目に対する制作仕様は、道路管理者からのヒアリングにより設定した。表-2における「○」、「△」、「×」の表現は、各々、「状況が良い」「どちらともいえない」「状況が悪い」を意味している。また、これら除雪水準別模型は、調査会場において展示し、被験者に実際に鑑賞および CCD カメラによりテレビ画面で比較できるようにし、除雪水準を客観的に提示した。

表-2 除雪水準別模型の制作仕様

種 別	幹 線 道 路			補助幹線道路			生 活 道 路		
	(片側 2 車線, 歩道有)			(片側 1 車線, 歩道有)			(片側 2 車線, 歩道有)		
項 目	過去	現在	将来	過去	現在	将来	過去	現在	将来
車道幅員	9m	13m	16m	5m	7m	11m	3m	4m	6m
歩道幅員	1m	2m	3m	0.5m	1m	2m	なし	なし	1m
路面の色	白	灰	黒	白	白	黒	白	白	白
路面表示	×	△	○	×	×	△	×	×	△
輪だち	×	△	○	×	△	○	×	×	○
路面除雪状況	×	△	○	×	×	△	×	×	△
車両走行状況	ちどり 1.5 車線	2 車線	2 車線	ちどり 0.7 車線	1 車線	1 車線	0.2 車線	0.5 車線	0.7 車線

※1 月末で降雪量 2m, 前日は 5~10cm の降雪があった場合を想定し、補助幹線道路にはガードレール有りとする。

4. 4 母集団の定義

本研究において評価対象とする母集団，すなわち，アンケート調査の被験者として設定したのは，札幌市内の一般居住者である．被験者を選定するにあたり，札幌市各区の生産年齢人口(15～64 歳)，成人(20 歳以上)および納税者人口規模により最低人口区(厚別区)を 20 人とし，人口比で比例配分することにより，ランダムサンプリングにより計 301 人を抽出した．また，アンケート調査は，平成 10 年の冬期で積雪の安定している 2 月に行い，1 回あたり 10～15 人による会場集合方式で行った．

表－3 札幌市区別の被験者数の抽出

	中央	北	東	白石	厚別	豊平	南	西	手稲	合計
生産年齢人口(人)	28	41	40	32	20	48	25	32	21	286
成人人口(人)	29	41	40	33	20	49	25	32	20	289
納税者人口(人)	31	42	42	35	20	51	26	34	21	301

4. 5 支払形態

本研究での支払方法には，税金捻出方式，資産価値上昇などがあるが，札幌市などの数都市で生活道路の排雪が住民の寄付によって行われていることや寄付金方式により過大な支払意志額を抑制できることから，ここでは「寄付金方式」を採用した．

4. 6 質問方法

①環境変化の方向と WTP と WTA の乖離

本研究では，積雪寒冷地域における除雪がもたらす Option Price を定量的に計測することを目的としている．さらに，本研究では CVM で問題となる環境の改善(或いは，悪化)に対する質問方法とその回答のし易さおよびそれに対応する観察された WTP や WTA の乖離度に着目する．

厚生経済学の教科書に書かれているように，WTP は Hicks の定義で言えば補償的変差(CV)であり，WTA は等価的変差(EV)の概念である．したがって，WTP と WTA の乖離は，CV と EV の理論から言えば所得効果が正の場合には $WTP < WTA$ であり，所得効果が負の場合には $WTP > WTA$ となり，所得効果が無い場合に両者は一致する．いま n 種類の財が存在している世界で，世帯の効用関数が準線形であれば， $n-1$ 種類の財への需要は所得レベルから独立であるため，追加的な所得は全て n 番目の財を消費するために用いられる．したがって，Marshall の需要関数と Hicks の需要関数は， n 財を除く $n-1$ 種類の財について一致することからも明らかであろう．これら，WTP と WTA の乖離に関する既存研究の知見については 6. で議論する．

一方，CVM の調査論から言えば，WTP と WTA の何れを用いるかという議論は，環境の変化の方向(改善 or 悪化)や所有権の所在(開発権 or 環境享受権)によって決まることが知られている¹⁸⁾．表－4 には，環境変化の方向と WTP および WTA の質問形式例を示す．

これをみると，回答のし易さという被験者の立場からみると，環境改善の場合には WTP の質問形式が回答し易く，環境悪化の場合には WTA の質問形式が回答し易いものと判断され，これらは共に厚生経済学的

表－4 CVM の質問方法

■環境が改善された場合

WTP：現在の環境質が改善するという事業が計画されています．この事業を実行するためには，あなたは最大いくらまで支払いますか？(=CS(Compensating Surplus：補償的変差))

WTA：現在の環境質が改善するという事業が計画されています．この事業が中止されることになるとしたら，あなたは最低いくらの補償が必要ですか？(=ES(Equivalent Surplus：等価的変差))

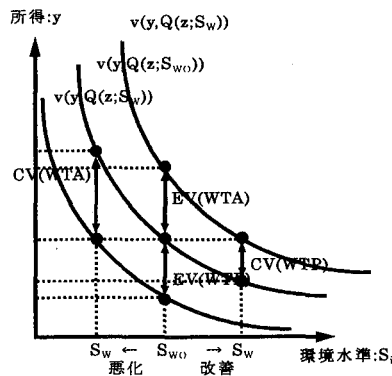
■環境が悪化した場合

WTP：現在の環境質が悪化するという事業が計画されています．この事業を中止させるためには，あなたは最大いくらまで支払いますか？(=ES)

WTA：現在の環境質が悪化するという事業が計画されています．この事業が実行された場合，事業実行以前と同じ状態に戻すためには，あなたは最低いくらの補償が必要ですか？(=CS)

には CV の概念に相当する。これに対して Arrow et al.(1993)¹⁹⁾では、一般に、WTP よりも WTA がかなり高く算出される傾向にあるため、WTA を用いた場合には開発側に極めて不利になる結果となるため、WTP を用いることが好ましいとしている。一方、厚生経済学の理論では、社会効率性基準として CV よりも EV が好ましいとの指摘がある²⁰⁾。これは、ある環境変化に対して $\Sigma EV > 0$ は効用関数の単調変換であり、かつ、 $\Sigma EV > 0$ という基準は Kaldor-Hicksian Test の十分条件であるが、 $\Sigma CV > 0$ という基準は必ずしも十分条件ではないという主張である。この主張に対しては、正反対に $\Sigma CV > 0$ を社会効率性基準の判断とすべきであるという主張も存在するものの²¹⁾、筆者は $\Sigma EV > 0$ を基準とすべきであるという立場をとる。また、栗山(1998)²²⁾では、CV 及び EV の概念は私的財における価格変化に対する貨幣測度の概念であるため、環境財の厚生変化を評価する貨幣測度である補償余剰(CS)及び等価余剰(ES)を適用すべきであるとしている。そこで、本研究においても積雪地域住民の生活の質という環境質を扱い、両方の測度が理論的には同義であることから、以降 CV を CS、EV を ES として述べる。

本研究では、環境変化の方向における WTP と WTA の乖離度を定量的に計測し、過大評価を避けるという NOAA の指摘に準じて、WTP 方式による CVM を行った結果から効用関数を推定し、EV を算出することを試みる。なお、図－6には、CVM の質問方法と厚生経済学指標の図的解釈を示す。



図－6 CVM の質問方法と厚生経済学指標の関係

②多段階一対比較法の適用

本研究では、評価対象財に対して Closed-ended 形式で調査を行うものとした。そのために、WTP および WTA の始点、終点および価格幅を設定する必要があり、そのためプレ調査を行い、価格幅を設定した。本調査の質問方法は、多段階一対比較法(Multi Level Dichotomous Choice)を採用した。本研究で用いた調査票のイメージ例を図－7 に示す。

いま、寄付金を集めて現在の除雪水準を充実させ、冬季においても、車両や歩行者の通行を行う上で全く支障のない除雪サービス水準に高める計画があるとします。

あなたは、この寄付金を集めて将来の除雪サービス水準を高めるという計画に賛成ですか、反対ですか？ 下から選んで○をつけて下さい

1. 賛成 2. 反対 3. わからない

「1. 賛成」と回答された方に伺います。あなたは、年額世帯当たりでいくら寄付してもよいと思いますか？ 2つの状況を想定して、どちらかの状況に必ず○をつけて下さい。この寄付により年間の家計にこの寄付金額だけの負担がかかることを念頭において下さい。

【状況1：現在の除雪水準】			【状況2：将来の除雪水準】
現在の除雪水準であるが、寄付金は0円である。	1	2	除雪水準は向上するが、寄付金は0円である。
現在の除雪水準であるが、寄付金は0円である。	1	2	除雪水準は向上するが、寄付金は1,000円である。
現在の除雪水準であるが、寄付金は0円である。	1	2	除雪水準は向上するが、寄付金は2,000円である。
現在の除雪水準であるが、寄付金は0円である。	1	2	除雪水準は向上するが、寄付金は3,000円である。
⋮			⋮
現在の除雪水準であるが、寄付金は0円である。			除雪水準は向上するが、寄付金は80,000円である。
現在の除雪水準であるが、寄付金は0円である。			除雪水準は向上するが、寄付金は90,000円である。
現在の除雪水準であるが、寄付金は0円である。			除雪水準は向上するが、寄付金は100,000円以上である。

図－7 調査票のイメージ

本研究で用いた多段階一対比較法は、第1に、被験者の矛盾した回答を排除することが可能となる点である。例えば、図-7において寄付金が2,000円であっても環境改善を望んだ被験者がいるとする。次の質問では、寄付金が3,000円に上がり、この被験者は改善を望まなかった。この被験者の選択には矛盾がない。しかし、これ以降の質問で、仮に、80,000円の寄付金ならば改善を望むという選択をしたならば、明らかにこの被験者の選好は矛盾しており、予算制約下の効用最大化には整合しないことになる。すなわち、この方式では、回答(○を記入する方向)が右上から左下に単調に変化していなければ、その回答は無効であることが分かる。

さらに、この方式の第2の長所は、被験者が少数にも係わらず、WTP および WTA の推定時の統計的オプザーベーションが確保できるという点を挙げることができる。なお、本調査において設定した寄付金は、支払カード方式を採用したプレ調査により提示額の範囲を検証したものであり、「0円、1,000円、2,000円、3,000円、4,000円、6,000円、7,000円、8,000円、9,000円、10,000円、15,000円、20,000円、25,000円、30,000円、35,000円、40,000円、45,000円、50,000円、60,000円、70,000円、80,000円、90,000円、100,000円以上」の24段階である。これは、被験者1人について24データを収集したことを意味する。

また、本研究では、調査者と被験者バイアスを排除するために、3段階の除雪水準別に想定される日常生活の様子や調査票への記入方法を約15分のビデオで説明し、被験者毎に与える情報を同一のものとした。

5. 不確実性下の便益評価指標の算出

5. 1 Option Price 推定モデルと構造推定結果

本研究では、積雪寒冷地の冬季の状況を被験者に認識してもらい、個人の主観確率に基づく積雪状況における直接的に等価的 Option Price および補償的 Option Price を調査した。これら OP_{ES} および OP_{CS} の算出方法を以下に示す。

いま、間接効用関数を(2)式とした場合に、ランダム効用理論を適用すると(10)式が導かれる。ここで、改めて $V(\cdot)$ の確定値を $V(\cdot)$ で表現し、 ε_i は平均0のランダム項を意味する。

$$V_i(y, Q(z; S_i)) = V_i(y, Q(z; S_i)) + \varepsilon_i \quad (10)$$

したがって、プロジェクトの実行を望む場合には、等価的 Option Price の場合には(11)式、補償的 Option Price の場合には(12)式が成立しなければならない。

$$V_i(y + OP_{ES}, Q(z; S_{WO})) + \varepsilon_i \geq V_i(y, Q(z; S_W)) + \varepsilon_i \quad (11)$$

$$V_i(y - OP_{CS}, Q(z; S_W)) + \varepsilon_i \geq V_i(y, Q(z; S_{WO})) + \varepsilon_i \quad (12)$$

さらに、ランダム項 ε に確率分布として Gumbel 分布を仮定し、個人の効用最大化行動を仮定すると、(13)式が得られる。なお、 Δv はプロジェクトの実施有無の効用差を意味する。

$$\text{Prob.}(W) = (1 + \exp(\Delta v))^{-1} \quad (13)$$

(13)式は、被験者が除雪水準の改善を望む確率を示している。なお、 $i=W, WO$ のサフィックスはプロジェクトの実施有無を示していたが、個人の合理的な最適化行動という意味では、 i =プロジェクト実施に Yes, No と解釈した方が分かりやすい。

$$\text{Prob.}(\text{Yes}) = (1 + \exp(V(\text{No}) - V(\text{Yes})))^{-1} \quad (14)$$

ここで、本研究では、等価的 Option Price 推定時の間接効用関数を(15)式、補償的 Option Price 推定時の間接効用関数を(16)式のように特定化する。ここで、 $Q(z; S_W) = 1$ 、 $Q(z; S_{WO}) = 0$ とする。

$$\begin{aligned}
 V(\text{Yes}) &= \alpha Q(z;S_w) + \beta \ln(y) \\
 V(\text{No}) &= \alpha Q(z;S_{wO}) + \beta \ln(y + \text{OP}_{\text{ES}}) \\
 \Delta V &= \alpha (Q(z;S_w) - Q(z;S_{wO})) + \gamma \ln((y + \text{OP}_{\text{ES}})/y)
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

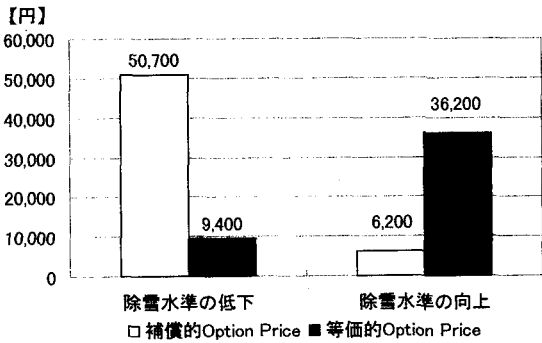
$$\begin{aligned}
 V(\text{Yes}) &= \alpha Q(z;S_w) + \beta \ln(y - \text{OP}_{\text{CS}}) \\
 V(\text{No}) &= \alpha Q(z;S_{wO}) + \beta \ln(y) \\
 \Delta V &= \alpha (Q(z;S_{wO}) - Q(z;S_w)) + \gamma \ln(y/(y - \text{OP}_{\text{ES}}))
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

表－５には、モデルの構造推定結果を示す。何れのモデルも統計的適合度は満足していると判断される。さらに、等価的 Option Price および補償的 Option Price の平均値を図示したものが図－８である。なお、アンケートの被験者数は合計 301 名であるが、実際にパラメータ推定に用いたデータは、計画案への賛成者となることから、OP_{CS}35 人、OP_{ES}137 人となる。

表－５ 構造推定結果

	除雪水準の低下		除雪水準の向上	
	OP _{CS}	OP _{ES}	OP _{CS}	OP _{ES}
ln(y/(y－OP _{CS}))	1170.92 (10.70)	—	1080.84 (10.43)	—
ln((y＋OP _{ES})/y)	—	86.20 (19.07)	—	91.98 (17.47)
Const.	-1.77 (15.23)	-1.63 (21.86)	-1.50 (14.79)	-0.76 (20.15)
-2Log likelihood	1024.55	3470.93	1001.40	4056.60
Hit Ratio(%)	84.64	73.54	85.24	68.77
N. of Samples	840	3288	840	3288
平均値(円)	50,700	9,400	6,200	36,200
中央値(円)	42,200	5,800	5,000	17,200

※括弧内は t 値を示す。



図－８ OP_{ES}とOP_{CS}の算出結果

図－８をみると、除雪水準が低下する、すなわち、環境が悪化する場合の等価的 Option Price と補償的 Option Price の試算値は、各々、年間 9,400 円／世帯および 50,700 円／世帯と約 5.4 倍の乖離が見られる。一方、除雪水準が向上する、すなわち、環境が改善する場合の各々の試算値は、年間 36,200 円／世帯および 6,200 円／世帯と約 5.8 倍の乖離があることが分かる。

5. 2 間接効用関数から得られる期待効用

本研究で行った CVM 調査では、被験者の経験に基づいて冬季の市街区における除雪水準を連想させ、除雪水準の変化に対する WTP および WTA を調査した。ここでは、冬季に除雪の効果が現れるとされる主観確率は、被験者毎に異なるものと考えられる。一方、別調査では、積雪寒冷地の地域住民の観点から「降雪および積雪が起こる日数は年間何日位ありますか?」という問いに対する回答は最大「6ヶ月」という回答から最小「3ヶ月」という回答に分散しており、最も回答が多かったのは「4ヶ月」であったとされている。したがって、本研究では、札幌市における除雪事業が必要となる期間は4ヶ月であるとし、除雪事業が実施されなければ、年間120日間に渡って被害が起こるものとした。すなわち、過去の除雪水準では0.329(≡120日/365日)の確率で積雪があったという想定を意味する。また、現在では、除雪水準の向上率を0.2と設定し、年間被害確率を0.263(≡120日×(1-0.2)/365日)とした。さらに、将来においては、除雪水準向上率を0.6とし、年間被害確率を0.132(≡120日×(1-0.6)/365日)と設定した。これらの設定を行うことにより、各々の、期待効用を得るためには、(8)および(9)式を満たす $EU(S_w)$ および $EU(S_{w0})$ を計算すれば良いことになる。なお、これらアドホックに与えた主観確率の設定については、今後の課題であることはいまでもなく、その算出結果を表-6に示す。また、この設定は期待効用、Option Value には影響を与えるが、Option Price には影響を及ぼさない。また、環境変化の方向に係わらず ES で質問した等価的 Option Price から算出された期待効用は Option Price に比べて大きな値が算出され、Option Value はすべて負の値を持つ。一方、CS で質問した補償的 Option Price から算出された期待効用も Option Price に比べて小さな値が算出され、Option Value は負の値を示した。Option Value が負であるということは(1)式の定義から考えると、Option Value は「不確実性減少に対して、期待効用以上に支払うリスク・プレミアム」であることから「不確実性を有する環境質を評価する場合には期待効用のみを計測すると過大評価になる」ことを意味する。しかし、本研究の分析対象財・サービスは積雪寒冷地域における生活の質を維持するための除雪事業である。したがって、ここで取り扱っている不確実性は、供給者側(雪を降らせるという意味で大自然)の不確実性を取り扱っていることになる。

これに関連して、Bishop(1982)²³⁾は不確実性の発生する原因が需用者側にあるか供給者側にあるかによって、Demand Side Option Price と Supply Side Option Price を区別し、財の価格や公共財等の環境要因という供給者側の不確実性要因を明示的に取り扱っている。このような供給者側の不確実性に対して、本研究では不確実性という確率をアドホックに与えている。したがって、本研究の結果は試算の域であることは言うまでもない。今回の Option Value の試算において特に、注目にされことは、環境水準が悪化する場合に、CS で質問した場合には、期待効用が Option Price の2倍以上の値を示していることである。

表-6 期待効用と Option Value

		Option Price	期待効用(EU)	Option Value
除雪水準低下	WTP(ES)	9,400	9,500	-100
	WTA(CS)	50,700	104,800	-54,100
除雪水準向上	WTP(CS)	6,200	9,200	-3,000
	WTA(ES)	36,200	42,400	-6,200

5. 3 修正 OP_{ES} の算出

次に、本研究では、CVM 調査論として過大評価を避けるという NOAA の指摘に準じて、CS により得られた間接効用関数から、社会的効率性基準として望ましいとされている ES を算出することを試みる。すなわち、補償的 Option Price を算出した間接効用関数から等価的 Option Price を算出することを試みる。いま、 OP_{ES} および OP_{CS} を支出関数 $e(\cdot)$ の概念を用いて表現すると(17)および(18)式となる。

$$OP_{CS} = e(Q(z; S_{w0}), V(y, Q(z; S_w))) - e(Q(z; S_{w0}), V(y, Q(z; S_{w0}))) \tag{17}$$

$$OP_{ES} = e(Q(z; S_w), V(y, Q(z; S_w))) - e(Q(z; S_w), V(y, Q(z; S_{w0}))) \tag{18}$$

表一7には計算結果として平均値を示す。これをみると、環境改善の場合には、修正した等価的 Option Price は補償的 Option Price に比べて大きな値を示し、約 2.61 倍であり、環境悪化の場合には、逆に小さな値を示している。このことは、環境改善の場合に補償的 Option Price(WTP)を用いて、費用便益分析を行うと約2倍程度の過小評価になることを意味している。なお、本研究において、補償的 Option Price を調査した被験者と等価的 Option Price を調査した被験者は異なることからこれら3者を一元的に比較することはできないことに注意されたい。

表一7 修正等価的 Option Price

	①補償的 Option Price	②等価的 Option Price	③修正等価的 Option Price		
除雪水準悪化	50,700	9,400	26,800	2.86	①/③
除雪水準改善	6,200	36,200	16,300	2.61	③/①

6. OP_{ES} , OP_{CS} および修正 OP_{ES} の乖離に関する解釈

本研究における試算結果のように OP_{ES} と OP_{CS} の乖離は、Hicks 等により定義された CS と ES の理論そのものである。このことは、所得の増加によりその財・サービスの需要が増加しない場合、すなわち、所得効果がない場合には、 $CS(OP_{CS})$ と $ES(OP_{ES})$ は理論的に一致することは証明されている。本研究で取り扱っている OP_{ES} と OP_{CS} 、すなわち、WTP と WTA の乖離の問題についての先行研究として、Bishop and Heberlein(1979)²⁴⁾、Rowe, D'Arge and Brookshire(1980)²⁵⁾ および Brookshire, Randall and Stoll(1980)²⁶⁾ を挙げるができる。これらの結果として経験的に言えることは、CVM により環境質を評価する場合には、WTA はそれに対する WTP の約 1.5～16 倍の範囲にあり、平均的にみる約 7～8 倍程度の乖離があるということである。このような点からみると本研究における環境変化の方向別の WTP と WTA の乖離は約 6 倍程度であることから、ほぼ、既存研究の結果と一致するものであると言える。さらに、補償的 Option Price を算出した間接効用関数から算出した修正等価的 Option Price と WTA 調査による等価的 Option Price は、2.6～2.9 倍程度の範囲に収まっている。しかし、本研究では、CVM 調査において最も重要となるバイアスの除去および被験者から如何にして真実を聞き出すかという課題に対しては、まず、第1に環境変化の方向に対して回答し易い質問方法を用いることが肝要であると考ええる。すなわち、環境悪化に対しては WTA 方式、環境改善に対しては WTP 方式を用いるという CV,CS の考え方が好ましいものと考ええる。また、第2に、社会効率性基準の指標としては、本稿は EV,ES を主張している立場から、CV,CS の概念により得られた間接効用関数を用いて EV,ES の便益評価指標を算出すべきであると考ええる。このことは、CVM 調査においては、効用差モデルでは無く、間接効用関数を推定することができる質問形式を用いなければならないことを暗黙理に前提としている。

7. おわりに

本研究では、ある確率分布に従って発生する積雪被害に対して、その被害を低減させるという除雪事業がもたらす地域住民の安心感等の向上効果を貨幣タームで評価することを試みた。さらに、CVM で問題となる環境の改善(或いは、悪化)に対する質問方法とその回答のし易さおよびそれに対応する観察された CS(環境改善の場合には WTP、環境悪化の場合には WTA)と ES(環境改善の場合には WTA、環境悪化の場合には WTP)の乖離度に着目して分析を行った。その結果、現在の除排雪水準を維持することに対して住民は、世帯当たり 26,800 円/年の便益を感じていることが明らかになった。なお、本研究では、この額は除排雪事業により実際に時間短縮や走行経費の節減効果とは別途の心理的效果であると捉えている。議論は分かれるところではあるものの、本研究では、除排雪事業による利用効果以外の効果を計測したことを意味している。さらに、本研究では、CVM 調査論として多段階二項選択方式による調査票の設計、被験者の回答のし易さを考慮した質問形式とその結果の補正方法について一つの方向性を示した。

【参考文献】

- 1) Weisbrod, B.A. (1964): Collective Consumption Services of Individual Consumption Goods, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.77, pp.71-77.
- 2) 多々納裕一(1993): 渇水リスクの経済的評価法に関する研究-渇水対策プロジェクトに着目して, 土木学会論文集, No.464/IV-19, pp.73-82.
- 3) 多々納裕一(1997): 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(2), 招待論文, pp.19-30.
- 4) 例えば, 参考文献2), 森杉壽芳・大島伸弘(1979): 渇水頻度低下による世帯享受便益の評価法の提案, 土木学会論文集, Vol.359/IV-3, pp.91-98. および 岡田憲夫・多々納裕一・小林潔司・並河光夫(1991): 渇水時の水消費行動のモデル分析, 京都大学防災研究所年報, 第34号, B-2, pp.127-144. を挙げることができる.
- 5) 例えば, 高木朗義(1996): 防災投資の便益評価手法に関する研究, 岐阜大学博士論文. を挙げることができる.
- 6) 例えば, Morisugi, H. and Iwase, H. (1987): Measurement of Household Damage Costs from Ground Subsidence, *Papers of the Regional Science Association*, Vol.63, pp.13-29. および 上田孝行(1997): 防災投資の便益評価-不確実性と不均衡の概念を念頭において, 土木計画学研究論文集, No.14, pp.17-34. を挙げることができる.
- 7) 例えば, 朝倉康夫・柏谷増男・熊本仲夫(1989): 交通量変動に起因する広域道路網の信頼性評価, 土木計画学研究・論文集, No.7, pp.235-242. を挙げることができる.
- 8) 北海道開発局(1965): 大雪国道・除雪事業調査資料, 開発計画課調査資料, No.14, pp.1-335.
- 9) 五十嵐日出夫(1971): 街路除雪の経済効果推定に関する試論, 土木学会論文報告集, No.196, pp.87-93.
- 10) 千葉博正・佐藤肇一・谷口君雄・五十嵐日出夫(1987): 冬季交通環境が産業に及ぼす影響について-札幌市を例として, 寒地技術論文・報告集, Vol.3, pp.113-117.
- 11) 酒井 孝・栗山 弘(1993): 道路除雪費用の評価手法, 日本氷雪学会誌, Vol.55, No.4, pp.327-334.
- 12) 諸橋和行・梅村晃由(1995): 豪雪都市の除排雪システムの経済性評価, 日本氷雪学会, Vol.57, No.1, pp.3-10.
- 13) McBride, J.C. (1978): Economic Impact of Highway Snow and Ice Control, *TRR*674, pp.58-63.
- 14) 田邊慎太郎・原文宏・下條晃裕・高木秀貴(1997): 除雪の効果に関する考察, 寒地技術論文・報告集, Vol.13, pp.644-649.
- 15) Cicchetti, C.J. and Freeman, A.M. III. (1971): Option Demand and Consumer Surplus: Further Comment, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.85, pp.528-539.
- 16) Graham, D.A. (1981): Cost-Benefit Analysis under Uncertainty, *The American Economic Review*, Vol.71, No.4, pp.715-725.
- 17) Long, M.F. (1967): Collective Consumption Services of Individual Consumption Goods: Comment, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.81, pp.351-352.
- 18) 栗山浩一(1997): 公共事業と環境の価値, 築地書館, pp.1-175.
- 19) Arrow, K., Solow, R., Portney, P.R., Leamer, E.E., Rander, R. and Schuman, H. (1993): Report of NOAA Panel on Contingent Valuation, 58 *Federal Register* 4601.
- 20) 例えば, 森杉壽芳(1997): 便益評価の基礎理論と便益帰着構成表, 森杉壽芳編: 社会資本整備の便益評価, 第2章, 勁草書房, pp.13-41. を挙げることができる.
- 21) この様な Mishan, E.J. に代表される主張をとりまとめた文献として, 岡 敏弘(1997): 厚生経済学と環境政策, 岩波書店, pp.1-198. を挙げることができる.
- 22) 栗山浩一(1998): 環境の価値と評価手法 CVM による経済評価, pp.29-56, 北海道大学図書刊行会.
- 23) Bishop, R.C. (1982): Option Value: An Exposition and extension, *Land Economics*, Vol.58, pp.1-15.
- 24) Bishop, R.C. and Heberlein, T.A. (1979): Measuring Values of Extra market Goods: Are Indirect Measures Biased ?, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.61, pp.926-930.
- 25) Rowe, R., D'Arge, R.C. and Brookshire, D.S. (1980): An Experiment on the Economics Value of Visibility, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.7, pp.1-19.
- 26) Brookshire, D.S., Randall, A. and Stoll, J.R. (1980): Valuing Increments and Decrements in Natural Resource Service Flows, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.62, pp.478-488.