

田邊 慎太郎^{※※}・林山 泰久^{※※※}・森 邦恵^{※※※※}・玉木 博之^{※※※※※}

by Shintaro TANABE^{※※}, Yasuhisa HAYASHIYAMA^{※※※}, Kunie MORI^{※※※※} and Hiroyuki TAMAKI^{※※※※※}

1. はじめに

近年、日本では財政の逼迫や市民への事業の必要性を明確にするため、様々な事業評価や政策評価が積極的に取り組まれている。このような背景のなか、国および自治体の道路行政担当者は、新設道路や改築事業、ロードプライシングおよび除雪事業といったあらゆる事業の評価を行っている。

積雪寒冷地の道路管理者は、降雪が起こると多大な費用をかけて道路除雪を行い、交通の円滑化、安全性の向上を図っており、日平均気温が零度下回る地域では、特に、路肩の堆雪が道路交通の障害となり、これを除去する運搬排雪に多大な費用を投じている。しかし、除雪事業は、費用便益分析のマニュアルが主要に取り上げている交通の円滑化、安全性の向上のみならず、生活の質の向上という観点からも非常に重要な公共サービスである。さらに、道路管理者は、自らの管理すべき道路について、その作業工種と各工種における最適な整備水準と便益を評価しながら、サービスレベルを決定する必要がある。

そこで、本研究では、道路利用者の表明選好データから除雪事業の属性と水準に対する意識を把握し、マーケティング分野で開発されたコンジョイント分析(Conjoint Analysis)を適用することにより、除雪事業の属性別にその貨幣的価値を定量的に計測することを目的とする。このことは、除雪事業の有する諸属性を改善した場合の限界便益を知ることの意味しており、この改善に要する限界費用が得られるな

らば Bowen=Samuelson 条件と呼ばれる公共財の最適供給条件から、最適な除雪事業の事業水準が把握可能となる。

2. 既存研究のレビュー

除雪事業に関する既存研究の多くは、代替法等による便益額の積み上げや、自動車の所用時間短縮および走行経費節減という利用者便益に着目した分析であった。一方、近年では、田邊等(1998)¹⁾、森杉等(2000)²⁾や Hayashiyama et al.(2001)³⁾では、厚生経済学理論に基づいた CVM(Contingent Valuation Method)を用いて生活の質の価値を計測しようとする試みがみられる。しかし、CVM は評価する事業を bundle(諸属性からなる束)として評価する手法であるため、事業の有する個々の属性を個別に評価することが困難である。

これに対して、コンジョイント分析は、マーケティング・サイエンスの分野で主に商品開発を効率的に進めるために開発された手法であり、近年では、同手法を環境改善事業の属性毎に評価している例が多数存在している⁴⁾。さらに、土木計画の分野では、湯沢等(1990)(1995)⁵⁾⁶⁾によって交通選択モデルの分析手法として適用された事例がある。

このように、コンジョイント分析は環境評価の分野においては研究レベルのみならず実務的にもその適用が試みられている。

3. コンジョイント分析のフレームワーク

ここでは、本研究の評価対象財である除雪事業評価にコンジョイント分析を適用する際のフレームワークについて述べる。

(1) コンジョイント分析の方法論の選定

コンジョイント分析は、Luce and Tukey(1964)⁷⁾により理論的に開発され、同手法は評価対象財の

[※] キーワード: コンジョイント分析, 冬期道路管理

^{※※} 正員 (社)北海道開発技術センター

(札幌市中央区南1条東2丁目11)

Tel:011-271-3028, Fax: 011-271-5115)

^{※※※} 正員 東北大学大学院経済学研究科

^{※※※※} 北海道大学大学院経済学研究科

^{※※※※※} 北海道開発局札幌開発建設部道路調査課

様々な属性別に人々の選好結果から財の価値を評価する手法である。まず、コンジョイント分析は、評定型コンジョイント (Rating-based Conjoint) と選択型コンジョイント (Choice-based Conjoint) に大別され、前者は、各々の財・サービスの選好度を点数で採点したり、望ましい順序に並び替えたりすることで財・サービスの属性別の選好を推定する方法である。また、後者は、複数の財・サービスから望ましいものを選択させることで属性別の選好を推定する方法である。さらに、評定型コンジョイントには、財・サービスの属性の束であるプロファイル (Profile) を設定する完全プロファイル評定 (Full-profile Rating) とペアワイズ評定 (Pair-wise Rating) が存在する。ペアワイズ評定とは、完全プロファイル型の欠点である「多種に渡る財・サービスの属性を提示された場合に非験者が混乱を起こす」という問題を解消した方法である。

以上のように、コンジョイント分析にはいくつかの方法論があるものの、財・サービスの購入時、或いは、政策を選択する立場にある被験者の観点からみると、選択型コンジョイントが最も回答し易いと考えられる。そこで、本研究では、選択型コンジョイントを用いるものとした。

(2) 除雪サービス属性および水準の設定

図1および表1には、本研究の評価対象財である除雪事業のサービス属性およびその水準を示す。

これは、コンジョイント分析における政策的プロファイル作成の資料となるものであり、これらの設定は主に現状で行われている基準・要領等をもとに作成した。コンジョイント分析で用いる属性・水準数は、6属性、3水準とした。属性は、図1に示すように、積雪期の道路環境で想定される降雪頻度、有効幅員、視距確保、凍結路面、路面凹凸およびこれらに水準を加味した場合の費用負担額となっており、これらの属性で除雪事業の作業工種を網羅でき、被験者が判断できる属性数となっている。また、サービス水準は、表1に示すとおり、現状の水準を基準として前後に1水準づつ任意に設定している。なお、凍結路面の水準設定には、北海道開発局(1997)⁹を参考に摩擦係数や制動距離を設定した。

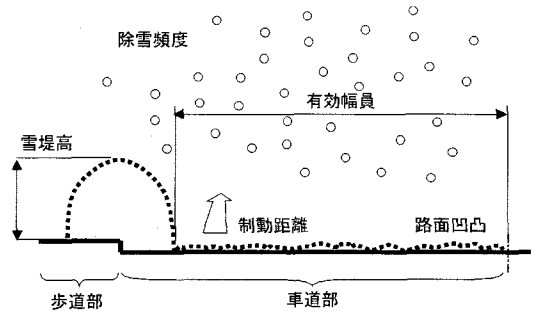


図1 道路断面と除雪サービス属性

表1 除雪事業の属性および水準

属性	水準指標	水準	参考表現
除雪頻度	出動基準	5cm 10cm 20cm	土踏まずが隠れる程度 くぶしの高さ程度 足首とすねの間
有効幅員	幅員	90%(7.7m) 80%(6.8m) 60%(5.1m)	堆雪あるが路肩あり 現状冬季と同様 乗用車2台が並走できない
視距確保	雪堤高	0.5m 1.5m 2.0m	堆雪あるが視界に隠れなし 子供が堆雪に隠れる 大人も堆雪に隠れる
凍結路面	制動距離 (40km/h)	90m ($\mu=0.10$) 50m ($\mu=0.25$) 40m ($\mu=0.45$)	非常に滑りやすい路面 米板、氷膜、こな雪下層氷板 圧雪、粉雪、つぶ雪
路面凹凸	有無	有無	有 無
負担額	除雪費	—	各属性の水準にあわせて算出

(3) プロファイルの作成とデータ収集

本調査では、調査段階で直交計画を用いたプロファイルと政策的な水準を任意に作成したプロファイルを使用して調査を行った。まず、表2に示す政策的プロファイル抽出法によるプロファイルは、道路管理者とのブレイン・ストーミングを行い任意に設定しており、これまで維持管理に携わってきた経験から望ましいと思われるプロファイルを作成するものである。次に、表3に示す直交計画法によるプロファイルの抽出では、属性と水準の組合せ(162通り)から属性間の交互作用がない組合せによってプロファイルを抽出するものである。両者を比較すれば、前者ではプロファイルに主観や戦略が混入する可能性があり、直交計画法による抽出では、非現実的な組合せが抽出される場合があり、本研究で扱う

ような現実存在する財・サービスではバイアスを生じるおそれがある。

本調査の被験者は、札幌市内在住の世帯主もしくはそれに準じる同居者に郵送回収方式のアンケート調査を行い、政策的プロフィールでは 249 名の回答（有効回答数 242 名(97.2%））、直交計画プロフィールでは、218 名（有効回答数 218 名(96.3%））を得た。

$$P_{ij} = \frac{\exp(v_{ij})}{\sum_k \exp(v_{ik})} \quad (3)$$

(2) 効用関数の特定化と構造推定結果

間接効用関数 $v(\cdot)$ は、一般的に用いられることが多い線形効用関数を用いるものとした。

$$v_{ij} = \sum_{k=1}^6 \beta_{ijk} x_{ijk} \quad (4)$$

$\beta_{i1} \sim \beta_{i5}$: 個人 i における選択肢の道路環境属性のパラメータ

β_{i6} : 個人 i における選択肢の負担金のパラメータ

$x_{i1} \sim x_{i5}$: 個人 i における選択肢の道路環境

x_{i6} : 個人 i における選択肢の負担額

便益の貨幣換算は、間接効用関数 v_{ij} を全微分し、効用水準を初期状態に固定すると、(5)式となる。

この場合、 $X_6 = y(\text{所得})$ として、

$$\beta_6 dy = \sum_{i=1}^5 \beta_i dx_i \quad (5)$$

ここで、 $x_1 \sim x_2$ は各々独立変数であることから(6)式で表現でき、各属性の限界効用（原単位）となる。

$$\frac{dy}{dx_1} = -\frac{\beta_1}{\beta_6} \Rightarrow \frac{dy}{dx_i} = -\frac{\beta_i}{\beta_6} \quad (6)$$

表 4 には、最尤推定法を用いてパラメータの推定結果を示している。各パラメータの t 値及び尤度比、的中率をみても統計的に満足しているといえる。なお、パラメータの符号関係は、水準の変化の方向とも反していない。したがって、統計的に十分満足しているといえる。

表 2 政策的プロフィール抽出法による組合せ

	除雪頻度	幅員	雪堤高	路面凹凸	凍結路面	負担額 (円)
A	20cm	1 台	2.0m	なし	0.10	600
B	10cm	1.5 台	0.5m	なし	0.25	1,100
C	10cm	1 台	2.0m	あり	0.45	1,300
D	20cm	1.5 台	1.0m	あり	0.10	8,400
E	5cm	2 台	0.5m	なし	0.45	10,500

表 3 直交計画法によるプロフィールの組合せ

	除雪頻度	幅員	雪堤高	路面凹凸	凍結路面	負担額 (円)
A	20cm	1 台	2.0m	あり	0.10	500
B	10cm	1.5 台	2.0m	あり	0.25	1,100
C	10cm	2 台	1.0m	なし	0.45	3,900
D	5cm	1 台	2.0m	なし	0.45	5,400
E	20cm	1 台	0.5m	なし	0.25	6,100

4. 支払意思額推定モデル

(1) モデルの構築および特定化

被験者 i の効用 u_i が効用関数 $u_i(\cdot)$ で表現できるとすれば、個人 i がプロフィール j(1,2,3...n) を選択したときの効用 $u_{ij}(\cdot)$ と表現できるものとする。

$$u \equiv u_{ij}(\cdot) \quad (1)$$

ここで、ランダム効用理論を適用すると、効用関数 $u_{ij}(\cdot)$ は、(1)式に確率分布を仮定し確定項 $v(\cdot)$ 、ランダム項 e を用い、さらに道路環境状況の集合 Q_j と所得 M 及びそのときの負担額 y_{ij} の関数として(2)式のように表現することができる。

$$u_{ij} = v_{ij} + \varepsilon_{ij} = v_i(Q_j, y_{ij}, M) + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

ここで、個人 i がプロフィール j を選択する確率 P_{ij} は、ランダム項 ε_{ij} に Gumbel 分布を仮定すると、(3)式が導出される。

表 4 パラメータの推定結果

i	変数名	パラメータ(t 値)	
		政策的 PROFILE	直交計画 PROFILE
1	除雪頻度	-0.642 (-9.54)	-0.178 (-4.98)
2	有効幅員	47.452 (2.60)	8.894 (2.88)
3	雪堤高	-15.318 (-7.94)	-2.369 (-4.15)
4	路面凹凸 ダミー	-12.858 (-5.54)	-7.044 (-3.15)
5	凍結路面	28.198 (8.13)	28.031 (5.12)
6	負担額	-4.414×10^{-3} (-8.67)	-1.940×10^{-3} (-1.95)
	尤度比	0.356	0.382
	Hit Ratio (%)	83.7	85.6
	N. of Samples	1,210	1,050

(3) 便益計測

表4の構造推定結果より、札幌市民1世帯あたりが国道の除雪事業に対する限界の支払意思額は以下の通りである。なお、ここでは有効数字を考慮していない段階の算出されたままの数字を示している。

表4 各属性の限界の支払意思額(円)

属性	除雪頻度	有効幅員	雪堤高	路面凹凸	凍結路面
	β_1/β_6	β_2/β_6	β_4/β_6	β_3/β_6	β_5/β_6
直交計画P	145	10,750	3,470	2,913	6,388
政策的P	92	4,585	1,221	3,631	14,449

※P: プロファイル

- ① 雪除雪を1cm早く出勤することに対する限界の支払意思額は政策的プロファイル145円、直交計画プロファイル92円
- ② 有効幅員を夏期に1割近づけることに対する限界の支払意思額は政策的プロファイル10,750円、直交計画プロファイル4,585円
- ③ 雪堤の高さを0.1m低くすることに対する限界の支払意思額は政策的プロファイル3,470円、直交計画プロファイル1,221円
- ④ 凍結防止対策として摩擦係数を0.1上げることにに対する限界の支払意思額は政策的プロファイル6,388円、直交計画プロファイル1,449円
- ⑤ 路面整正を行うことにに対する限界の支払意思額は政策的プロファイル2,913円、直交計画プロファイル3,631円

5. おわりに

本研究では、除雪水準の変化をその属性ごとに限界便益を計測するためにコンジョイント分析を適用し、限界便益は限界支払意思額として計測することが可能であることを示した。また、プロファイル抽出法の違いによる計測結果の差異は、直交計画法によるプロファイルで凍結路面対策への限界支払意思額が14,000円以上となり、幅員約4,600円の3倍以上となる結果が出ている。これを鑑みれば、実際に行われている政策にコンジョイント分析を用いる場合には、十分なプレ調査を行った上で政策的プロファイル抽出法による計測結果が有用であるといえよ

う。さらに、これらの計測結果からは、住民は道路利用者に道路幅員の確保や凍結路面対策の整備を強化することを望んでおり、積雪寒冷地でも冬の日平均気温が零度以下の地域では、除雪事業ではこれらを重点的に実施することが有効であるといえる。

本手法は、冬期交通のような変動が大きく顕在化したデータを扱うことが難しい現象である場合には有効であるものの、表明選好データであり一意的な計測結果を得られないことが問題点としてあげられる。したがって、今後は、冬期交通調査を充実することによって顕在化したデータを収集し、その計測手法を開発することや計測結果の比較検討することが課題である。

参考文献

- 1) 田邊慎太郎・林山泰久・原文宏: 除雪事業が冬期都市環境に及ぼす Option Price の計測, 環境システム研究, Vol.27, pp.45-56, 1999.
- 2) 森杉壽芳・林山泰久・木村誠・齋藤雅樹: 表明選好法を用いた除雪の便益評価, 土木計画学研究・講演集, No.23(2), pp.445-448, 2000.
- 3) Hayashiyama, Y., Tanabe, S. and Hara, F.: Transportation Research Record, 2001.
- 4) 例えば、竹内憲司・栗山浩一・鷲田豊明: 油流出事故の湾岸生態系への影響—コンジョイント分析による評価—, 環境評価神戸ワークショップ資料, 1998.
- 5) 湯沢昭・須田?・高田一尚: コンジョイント分析の交通機関連選モデルへの提供に関する諸問題, 土木学会論文集, 第419号/IV-13, pp.51-60, 1990.
- 6) 湯沢昭・須田?: コンジョイント分析におけるプロファイルの設定方法とその課題, 土木学会論文集, 第518号/IV-28, pp.121-134, 1995.
- 7) Luce, R.D. and Tukey, J.W.: Simultaneous Conjoint Measurement: A New Type of Fundamental Measurement, Journal of Mathematical Psychology, Vol.1, pp.1-27, 1964.
- 8) 北海道開発局: 冬期道路管理マニュアル(案), 第1章, pp.1-9, 1997.