

交通経路選択行動に及ぼす積雪の影響に関する基礎的研究
Studies on the influence of accumulated snow affecting route choice behavior

佐藤 敦** 船木 孝仁*** 折田 仁典**** 清水浩志郎*****
By Atushi Sato, Takahito Funaki, Jinsuke Orita and Koshiro Shimizu

1. はじめに

積雪寒冷地域では冬期間の積雪による地域交通、とりわけ交通渋滞の発生、交通事故の多発、通行ルールの変更、さらにはトリップ発生そのものに制限を加えるなど大きな影響を及ぼすような積雪に対して、ロードヒーティング、融雪溝の設置をはじめとして諸々の対策が講じられているが、道路を無積雪時と同様の状態にすることは極めて困難であり、冬期間交通の確保は、多くの都市、地域で冬期間交通の確保が従来からの課題となっている。

冬期交通の問題に関しては、従来から多くの調査・研究が行われてきた。これらの調査・分析では冬・夏期における交通手段選択行動の差異、交通渋滞の発生、冬期間の交通問題など多岐にわたって行われ、多くの示唆が得られている。しかしながら、多くの研究がなされているものの積雪が交通行動にどのように影響しているかといった観点からの定量的分析がなされているものは極めて少ない。

本研究では、積雪によって道路の信頼性は減少し、交通経路選択行動に影響しているとの認識に立ち、いかなる要因が道路の信頼性に影響しているかを中心に分析を行ったものである。

2. 既往研究

1) 冬期交通に関する既往研究

冬期交通時の交通を分析対象とした研究には、交通問題、交通手段選択などの研究が多くみられる。交通問題の分析では問題を抽出し、KJ法を適用し

て分析を行った研究¹⁾、さらにDEMATEL法によって問題の構造化を行い、問題間の影響関係を解析した研究がある²⁾。また、交通手段選択行動の分析では、調査を通じて冬・夏期別の交通手段を分析し、冬期の自動車交通が夏期に比べて減少し、公共交通機関の分担率が悪くなることなどが報告されている³⁾。これらの研究の中には、本研究のように道路の積雪状況をモデルに取り組みで経路選択行動を分析したものは見当たらない。

2) 経路選択行動に関する既往研究

交通挙動の分析に非集計行動モデルを適用した研究は多い。この中で経路選択行動の分析を行った研究には矢部ら⁴⁾、山中ら⁵⁾の研究がある。矢部らは経路選択行動をマルチロジットモデル(MLモデル)とネステッドモデル(NLモデル)で分析している。用いたデータはRPデータで、説明変数は「信号密度」「車線数」「所有時間」である。山中らは一般的なロジットモデルを用いてバス利用者および地下鉄利用者を対象に経路選択行動の分析を行っている。モデル構築のために用いられた変数は共通変数として「所要時間」「乗車時間」「待ち時間」などの他、地下鉄固有ダミーとして、年齢ダミー、通学目的ダミーを採用している。経路選択行動に関する多くの研究は、上述のように効用関数に種々の説明変数を取り込んでモデルを構築しているが、その説明変数に本研究のように積雪条件を用いた研究はない。

3) 道路の信頼性に関する既往研究

加藤らは、道路の信頼性を評価する上で、定時性や速達性が評価要因として有効であるか否かを数量化理論第II類を適用して確認している。交通機関の利便性の評価を外的基準とした分析結果からは、通勤目的で乗用車利用の場合は「定時性」が、公共交通機関利用の場合は「所要時間」が影響することが

*キーワード：経路選択

** 学生員 秋田高専専攻科 環境システム工学専攻

〒011 秋田市飯島文京町1-1 TEL 0188-45-2151 FAX 0188-57-3191

*** 学生員 秋田大学大学院 鉱山学研究科

〒010 秋田市手形学園町1-1 TEL 0188-89-2368 FAX 0188-37-0407

**** 正会員 工博 秋田高専助教授 環境都市工学科

〒011 秋田市飯島文京町1-1 TEL 0188-45-2151 FAX 0188-57-3191

***** 正会員 工博 秋田大学教授 土木環境工学科

〒010 秋田市手形学園町1-1 TEL 0188-89-2359 FAX 0188-37-0407

明らかとなっている。また、同様の分析で交通目的が買い物の場合は、乗用車利用の時は「道路混雑」、公共交通機関の場合は「所要時間」とであると言及している。

3. 調査および分析手法

(1)調査の概要

本研究の調査は、積雪寒冷地に居住する一般ドライバーを対象に、平成7年12月中旬～平成8年1月中旬にかけて実施した。配布数は298票で回収数216票、回収率72.5%であった。調査項目は雪道走行時に考慮する要因、経路選択などである。

(2)積雪時における道路の信頼性に関する調査

表-1に示す10アイテムを用いて雪道走行において道路の信頼性をどの程度考慮しているかを調査した。各アイテムのカテゴリーは「極めて考慮する」、「多少考慮する」、「考慮しない」の3段階である。また、外的基準は全体的な信頼性の考慮の度合いで、カテゴリーと同様に3段階評価である。

表-1 積雪時道路の信頼性に関する要因

(1)目的地までの所要時間	(6)燃費
(2)道路の雪質	(7)交通量
(3)目的地までの信号の数	(8)除雪状況
(4)積雪時の道路幅員	(9)車の運転のしやすさ
(5)目的地までの距離	(10)他道路との接続性

また、代替経路を選択するとき、どのような要因が重視されるかについても調査を行った。分析には階層構造分析法(AHP)を適用した。AHPの基本概念としては、図-1に示すようになっており、意志決定には「問題」があり、そして最終的な選択対象となるいくつかの「代替案」がある。代替案の中から1つを絞り込むために両者間に「評価基準」が存在するという位置づけである。

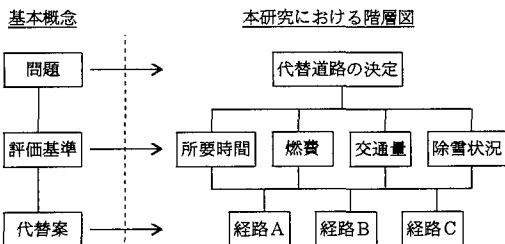


図-1 AHPの基本概念と階層図

本研究では、このような基本概念をもとに階層図を

設定した。評価基準としては「所要時間」「燃費」「交通量」「除雪状態」である。

(3)雪道経路選択に関する調査

本調査で設定した9本の経路はいくつかの変量と水準を組み合わせた仮想の状態であり、被験者はこの経路の中から最も望ましい経路を順位付けで選択する。このようにして得られたデータは、行動で顕在化したのではなく口頭で述べられた選好という意味で一般にSPデータ(Stated Preference)と呼ばれる。調査では被験者に、個人当たりの情報量が多い「順位付けデータ」を得ることで選択肢の選好の程度を回答してもらう方法を採用している。また選択肢とした経路は表-2に示すような交通量、冬期所要時間、道路の雪質、積雪時の車道幅員の4説明変数を用い、それぞれの水準を3段階として実験計画法の直交法により設計した。

表-2 選択する道路の条件

選択道路	交通量	冬期所要時間	道路の雪質	積雪時車道幅員
(A)	少ない	40分	シャーベット状	極めて狭くなる
(B)	少ない	50分	圧雪	やや狭くなる
(C)	少ない	60分	アイスバーン	あまり変化なし
(D)	普通	40分	圧雪	あまり変化なし
(E)	普通	50分	アイスバーン	極めて狭くなる
(F)	普通	60分	シャーベット状	やや狭くなる
(G)	多い	40分	アイスバーン	やや狭くなる
(H)	多い	50分	シャーベット状	極めて狭くなる
(I)	多い	60分	圧雪	あまり変化なし

(注)「積雪時の車道幅員」について

- ◆積雪のために極めて狭くなる…幅員2.00m程度
- ◆ // やや狭くなる…幅員2.50m程度
- ◆ // あまり変化なし…幅員3.00m程度

非集計行動モデルは個人の交通行動を単位として選択行動のメカニズムを直接モデル化するものである。非集計行動モデルにおける選択肢は「個人が交通行動の基本的な意志決定単位であり、個人あるいは選択肢状況の中から最も望ましい選択肢を説明する。」という基本前提があり、それに基づいたモデル構築が必要となる。一般に用いられるロジットモデルは次式で与えられる。

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_j e^{V_{ij}}} \quad V_{in} = \theta_1 X_{1i} + \theta_2 X_{2i} + \dots + \theta_k X_{ki}$$

P_{in} : 個人nが選択肢iを選択する確率
 V_{in} : 選択肢iの選択による効用の確定項
 X_{ki} : 選択肢iについてのk番目の説明変数
 θ_k : k番目の説明変数のパラメータ

4. 道路の信頼性に関する要因分析

(1)数量化理論第Ⅱ類による要因分析

積雪時の道路の信頼性について把握するため、数量化理論第Ⅱ類を適用し分析を行った。表－3はその結果である。表によれば積雪時の道路への信頼性に最も影響を与えているのは、「雪質」次いで「交通量」「信号の数」であった。これらより冬期積雪時の道路において「信頼がおける道路」は、「積雪の条件が良く、かつ交通量の少ない道路」と定義できる。なお、「燃費」は全要因のうち最も低い値となっている。

表－3 数量化第Ⅱ類による分析

アイテム	カテゴリー	係数	レンジ
X1 所要時間	極めて考慮する	0.3520	0.6096
	多少考慮する	0.6096	
	考慮しない	(0)	
X2 雪質	極めて考慮する	-1.3490	1.4695
	多少考慮する	-1.4695	
	考慮しない	(0)	
X3 信号の数	極めて考慮する	1.0482	1.0482
	多少考慮する	0.1242	
	考慮しない	(0)	
X4 道路幅員	極めて考慮する	-0.4704	0.7332
	多少考慮する	-0.7332	
	考慮しない	(0)	
X5 目的地までの距離	極めて考慮する	0.4856	0.8148
	多少考慮する	-0.3291	
	考慮しない	(0)	
X6 燃費	極めて考慮する	-0.1766	0.3141
	多少考慮する	0.1375	
	考慮しない	(0)	
X7 交通量	極めて考慮する	-1.0960	1.0960
	多少考慮する	-0.9207	
	考慮しない	(0)	
X8 除雪状況	極めて考慮する	0.4631	0.5799
	多少考慮する	-0.1168	
	考慮しない	(0)	
X9 車の運転しやすさ	極めて考慮する	-0.6890	0.8674
	多少考慮する	-0.8674	
	考慮しない	(0)	
X10 道路の接続性	極めて考慮する	-0.4049	1.0168
	多少考慮する	-1.0168	
	考慮しない	(0)	
相関比			0.2019

(2)AHPによる代替経路選択に及ぼす要因の評価

代替経路を選択するとき、どのような要因が重視されるかについて分析を行った。用いた要因は著者らの従来の研究成果⁶⁾をもとに「所要時間」「燃費」「交通量」「除雪状態」であり、表－4にその結果を示している。ここでウエイトとは、各要因の道路交通における価値観を表現したものである。また整合比、ランダム整合比は0.15未満でなければならないとされている。表－4では「所要時間」の値が最も高くなっている。このことは、代替経路を選択す

る際、まずもって「所要時間」が考えられ、次いで「交通量」であることを示している。

表－4 代替経路選択時の考慮重視度

	幾何平均	ウエイト	(%)
所要時間	1.5619	0.3705	37.0456
燃費	0.6177	0.1465	14.6508
交通量	1.0398	0.2466	24.6622
除雪状態	0.9968	0.2364	23.6413
計	4.2162		

整合比：0.0029 ランダム整合比：0.0032

5. 非集計行動モデルによる交通経路選択行動分析

(1)ルート選択結果

表－5 ルート選択結果

表－5はルート選択結果である。多くのドライバーがD、Aのルートを選択している。ルートD、Aは設定したルートの中では「所要時間」が最も小さいルートである。したがって、積雪時の経路選択で、「所要時間」を最も考慮していると言える。

経路	一般ドライバー
(A)	48
(B)	39
(C)	3
(D)	99
(E)	0
(F)	14
(G)	0
(H)	1
(I)	7
合計	211

これは積雪時に車が滑るために道路が極めて混雑し、目的地まで非常に時間がかかるためと考えられる。

(2)モデルの構築

非集計行動モデルを適用してモデルの構築を行った。用いたサンプルは211である。表－6に得られたパラメータとt値を示している。パラメータとt－検定(両側)で $t = 1.980$ (ie. $t_{0.05}(\infty) = 1.960$)以上であれば有意であるので、用いた説明変数のうち「所要時間」が有意である。パラメータの符号はいずれも整合性(妥当性)がある。

構築したモデルによれば、経路選択には「所要時間」が大きく影響していることが判明した。換言すれば、一般ドライバーの場合は目的地までいかに早

表－6 パラメータとt値

要因	パラメータ	t 値
交通量	-0.6989	-0.1270
所要時間	-0.0666	-4.0382
雪質	-0.9105	-1.3668
道路幅員	0.0212	1.7161

表－7 構築した経路選択モデル

選択経路	交通量	P 1	所要時間(min)	P 2	雪質	P 3	道路幅員(cm)	P 4	効用値Vi	exp(Vi)	選択確率(%)
A	1	-0.6989	40	-0.0666	1	-0.9105	200	0.0212	-0.0334	0.9672	25.91
B	1		50		2		250		-0.5499	0.5770	15.45
D	2		40		2		300		0.4772	1.6116	43.17
F	2		60		1		250		-1.0043	0.3663	9.81
I	3		60		2		300		-1.5537	0.2115	5.66
									3.7336		100.00

表－8 「交通量」と「所要時間」を最悪にした場合の経路選択

選択経路	交通量	P 1	所要時間(min)	P 2	雪質	P 3	道路幅員(cm)	P 4	効用値Vi	exp(Vi)	選択確率(%)
A	3	-0.6989	60	-0.0666	1	-0.9105	200	0.0212	-2.7632	0.0631	8.51
B	3		60		2		250		-2.6137	0.0733	9.89
D	3		60		2		300		-1.5537	0.2115	28.52
F	3		60		1		250		-1.7032	0.1821	24.56
I	3		60		2		300		-1.5537	0.2115	28.52
									0.7415		100.00

交通量 1: 少ない 2: 普通 3: 多い
 雪質 1: シャーベット状 2: 圧雪 3: アイスバーン

P 1: 交通量のパラメータ P 2: 雪質のパラメータ
 P 3: 所要時間のパラメータ P 4: 道路幅員のパラメータ

く着けるか否かで交通経路が決められると言える。

表－7は得られたパラメータを用い、各ルートの選択確率を求めたものである。表によればDが最も大きく、次いで経路Aが高い選択確率となっている。また表－5に示すルート選択結果においても経路D、次いで経路Aの選択回答が多かったことから、このモデルは妥当なものと言える。

(3)交通経路選択シミュレーション分析

ここでは、得られたパラメータの値を用いて、説明変数を操作しながら、シミュレーションを行い、その時の冬期積雪時交通経路に影響を及ぼす要因を把握するとともに、選択経路の効用、あるいは選択確率の影響を分析した。操作した説明変数は、「交通量」「所要時間」の2変数で、設定した条件を最悪のもの、あるいは最悪の値とした場合について分析した。その結果を表－8に示している。経路Dと経路Iの選択確率が最も高く、次いで経路Fが高い選択確率となっている。経路D、および経路Iと経路Fを比較すると、選択確率に大きな差が見られるため、「交通量」と「所要時間」を一定にした場合、「雪質」の条件よりも「道路幅員」を重視した経路選択が行われていると考えられる。

6. おわりに

分析結果を要約すれば次のようである。

- (1)数量化第Ⅱ類による要因分析では、冬期積雪時の道路の信頼性考慮の度合いに影響を大きく与えているのは「雪質」であることが明らかとなった。

- (2)AHPによる要因分析では、経路選択において重視される要因として「所要時間」のウェイトが大きいことが判明した。

- (3)非集計行動モデルの適用では、「所要時間」のt値が大きいことが判明した。この結果、経路選択においては「所要時間」に大きく影響することが分かった。

- (4)得られたパラメータを用いシミュレーションを行った結果、選択確率は経路選択結果に一致するとともにパラメータの整合性も妥当であり、構築したモデルは有用であると言える。また、信頼性等においても重要とされている「交通量」と「所要時間」の変数を最悪にした場合の経路選択では、「道路幅員」が重要とされることが明らかとなった。

【参考文献】

- 山下、下村、福島：KJ法による豪雪地の交通に関する問題点の探究、土木学会第27回年次学術講演会講演概要集 IV、PP.15～18、1972
- 高橋、福田：積雪地の都市交通問題に関する住民意識の分析と考察、土木学会第35回年次学術講演会講演概要集 IV、PP.209～210、1980
- 清水、折田、栗田：交通手段選択行動の季節変動について、土木学会第40回年次学術講演会講演概要集 IV、PP.493～494、1985
- 矢部、藤井、北村：個人の経路選択決定要因を把握するための非集計行動モデルの構築、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集 IV、PP.868～869、1994
- 山中、天野、小谷：非集計経路選択モデルを導入したバス系統網計画システムに関する研究、土木計画学研究発表会講演集 5、PP.462～467、1983
- J.Orita,A.Yuzawa:Studies on the influence of accumulated snow affecting route choice behavior. [SNOW ENGINEERING], PP.419～422, 1996