

降積雪地域における道路事業の適切な評価手法構築に関する研究

長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻 助教 伊藤 潤
(同専攻 教授 佐野可寸志, 特任准教授 嶋山紀一郎, 修士2年 酒井紀行)

概要:

本研究は、降積雪が著しい地域の冬期交通環境を多角的・総合的に分析し、道路事業の便益として適切に計測する手法を構築することを目的とし、冬期交通実態を明らかにした上で、交通時間価値に対する降積雪の影響を推定するものである。対象として特別豪雪地帯である新潟県長岡市を選定した。本報告は、2 か年にわたる研究のうち、2 か年目の研究成果となる冬期交通時間価値の推定結果を主体にその成果をとりまとめたものである。

交通時間価値の推定は、選好接近法から行うこととし2つのアプローチ手法で試みた。1つはETC2.0プローブデータ走行履歴情報から推定する手法であり2つ目は経路選択にかかわるアンケートから推定する手法である。その結果、交通時間価値はいずれの手法においても非冬期と比較して冬期間のほうが高くなり統計的に有意に差がある事が確認された。また、冬期間においては降雪がない場合においても交通時間価値が高まる傾向にあった。

キーワード: 冬期交通、時間価値、時間信頼性価値、高速道路選択確率、道路事業評価

1. はじめに

わが国は面積比で 50%、人口比で 15%が豪雪地帯に指定されている国である。特にここ数年に関しては、豪雪地域に限らず、非積雪寒冷地域においても集中的・継続的な降雪が発生し、立ち往生発生等の大規模な交通障害が頻発しており、社会経済的にも大きな問題となっている。このような冬期降積雪による交通障害に対し、国土交通省は平成 30 年 2 月に「冬期道路交通確保対策検討委員会」を立ち上げ、具体的な検討に着手したところである。

冬期交通の確保にあたっては、ソフト・ハード両面からのアプローチが不可欠である。このアプローチには除雪体制の強化・除雪方法の高度化といった冬期道路維持管理体制の強化や、大雪に関する道路利用者への適切な情報提供、チェーン携行等の道路利用者側のマナー向上（啓発）といった点も勿論重要であるが、これらと並行してより信頼性の高い道路ネットワークの構築を図っていくことも必要である。本研究は、このハード面から冬期交通確保に向けたアプローチをする方法の一助として研究を実施するものである。

道路整備を計画・実施する上では、従来から費用便益分析によりその効果を適切に評価し、道路整備により得られ

る便益が事業費を上回っていることが基本となっている。この便益の1つとしてこれまでも冬期便益が計算されているところではあるが、その中身は旅行速度低下の考慮にとどまっているのが実情である。一方で降積雪による影響はこれだけではない。旅行時間の信頼性低下や、または交通混雑悪化に起因し、交通時間価値自体にも影響が生じていることも考えられる¹⁾。

本研究は、以下の2ステップ(2か年計画)から降積雪が著しい地域の冬期交通環境を多角的・総合的に分析し、降積雪地域における適切な道路事業評価手法を構築することを目的とする。

研究ステップ1: 冬期交通実態の分析と把握

研究ステップ2: 冬期交通時間価値の推定

なお、本稿は研究ステップ2の結果を主に報告するものである。

2. 研究概要(ステップ2)

時間価値推定にあたっては、一般に出発地から目的地まで移動する際に、一般道路のみを利用する経路と高速道路を利用する経路の選択肢から、利便性の高い経路が選択されていると仮定する。この経路選択に対し個人属性を加味した二項ロジットモデルを適用し、変数として移動にかか

る所要時間、走行費用が変化した場合の経路選択行動を明らかにし、二項ロジットモデルの所要時間と走行費用のパラメータを用いて道路交通時間価値を推定する。

本研究においては、冬期と非冬期において経路選択行動に変化が生じるとの仮説を設定し、非冬期と冬期（降積雪なし・降積雪あり）に分けて時間価値及び時間信頼性価値の推定を行った。なお、推定にあたっては以下2パターンによる分析を実施した。

- ①ETC2.0 走行履歴情報を活用した推定（RP）
- ②アンケート（RP/SP）に基づく推定

3. ステップ1：冬期交通実態分析結果の振り返り

過年度は、雪と冬期交通の関係を分析しその実態を把握するため、①信号交差点交通容量の変化と②旅行速度・標準偏差への影響について分析した。①については、平成28年度～29年度にかけて新潟県長岡市を対象に道路種別別に7交差点を調査した。その結果、乾燥路面に対して路面状態に応じ約2割～最大5割の容量低下が確認された。②は、道路交通センサス区間毎に道路種別・車線数・沿道状況等の道路構造を考慮して平均旅行速度・標準偏差の変化を分析した。その結果、降雪時には道路構造に応じて約1割～5割の速度低下が確認された。しかし、DID区間等の秋期旅行速度が元々低い区間については、雪による影響が少ない状況も見られた。（さらに速度低下する余地が小さい）標準偏差からは、高速道路が降雪時にもっともばらつきの変化量が大きいと評価されたが、これは秋期の信頼性が非常に高いためであり、降雪時の標準偏差が極端に上昇するわけではないことに注意が必要である。これらの結果から、雪による交通への影響は道路種別や道路構造等によって異なることが示されており、道路事業における冬期便益を分析するうえではこの点も十分に考慮する必要がある。

4. ステップ2：冬期交通時間価値の推定

(1) 使用データ

本研究では、2種類のアプローチ方法で検討した。1つ目の方法として、長岡市⇄三条市、長岡市⇄柏崎市における高速道路と一般道路の利用トリップを対象として、RPデータであるETC2.0 走行履歴情報を用いる。表-1にデータの概要を示す。車種について、大型車のサンプルが極少数であったため、大型車を除いた乗用車のみのサンプルとしている。全トリップをみると、非冬期と比較して降積雪のほうが高速道路の選択確率が高くなる傾向がみられる。ただし、ETC2.0に基づく推定ではトリップの目的や乗車人数等が不明である点に留意が必要である。

2つ目の方法として、新潟県内のドライバーを対象にWEBアンケート調査を行い、そこで得られたデータを用いる。表-2～4にアンケートの概要を示す。具体的には、RP質問による高速道路利用ODをベースとして、そこから一般道

路に転換するかどうかを尋ねる形式とした。また、所要時間の平均が変化する場合、所要時間のばらつきが変化する場合をそれぞれ尋ね、時間価値と時間信頼性価値を推定する。また、各質問の水準については直交計画法により求め、表-5、表-6の3パターンとした。

表-1 ETC2.0 走行履歴情報の抽出データ

	全体 台数	高速道路 利用台数	高速道路 選択確率
全サンプル	2,562	479	19%
非冬期(2017年10月)	647	124	19%
冬期(2018年1月,2月)	1,915	355	19%
降雪なし	1,221	214	18%
降雪あり	694	141	20%

※降雪あり：冬期のうちトリップ起点え大雪注意報が発令された日

降雪なし：冬期のうち降積雪以外の日

表-2 アンケートの概要

調査方法	WEB調査
調査対象	新潟県内移動での高速道路利用者
抽出方法	過去1年以内に高速道路を利用した人
調査時期	2019年3月
目標回答数	400票
回収回答数	618票
有効回答数	356票
主項目	・個人属性 ・高速道路利用状況 ・経路選択行動 ・降積雪への意識

表-3 有効回答票の個人属性

個人属性 (n=356)		
性別	%	%
男性	57.9	27.2
女性	42.1	72.8
婚姻状況	%	%
未婚	5.6	32.3
既婚	3.1	67.7
子供の有無	%	%
子供なし	16.0	2.5
子供あり	19.9	5.1
年齢	%	%
20才～24才	6.5	14.3
25才～29才	0.8	11.0
30才～34才	11.5	16.3
35才～39才	11.2	14.0
40才～44才	0.0	10.4
45才～49才	2.5	11.8
50才～54才	7.3	14.6
55才～59才		
60才以上		
職業	%	%
公務員	5.3	7.3
経営者・役員	16.6	1.1
会社員(事務系)	21.9	0.6
会社員(技術系)	15.4	13.8
会社員(その他)	10.7	5.3
自営業	5.3	4.5
自由業	2.0	1.7
専業主婦(主夫)	0.3	1.1
パート・アルバイト	0.6	1.7
学生	7.9	3.7
その他	14.0	1.7
無職		
世帯年収	%	%
200万未満	25.8	2.8
200～400万未満	28.9	0.8
400～600万未満	15.7	0.3
600～800万未満	7.3	43.5
800～1000万未満	2.8	2.0
1000～1200万未満	0.0	0.6
1200～1500万未満	1.1	2.2
1500～2000万未満	0.0	1.1
2000万円以上	0.0	1.1
わからない	3.9	1.7
無回答	14.3	0.8
居住地	%	%
新潟県上越市		7.3
新潟県糸魚川市		1.1
新潟県妙高市		0.6
新潟県長岡市		13.8
新潟県三条市		5.3
新潟県柏崎市		4.5
新潟県小千谷市		1.7
新潟県加茂市		1.1
新潟県十日町市		1.7
新潟県見附市		3.7
新潟県魚沼市		1.7
新潟県南魚沼市		2.8
新潟県田上町		0.8
新潟県津南町		0.3
新潟県刈羽村		0.3
新潟県新潟市		43.5
新潟県新発田市		2.0
新潟県村上市		0.6
新潟県燕市		2.2
新潟県五泉市		1.1
新潟県阿賀野市		1.1
新潟県胎内市		1.7
新潟県聖籠町		0.8
新潟県佐渡市		0.3

表-4 有効回答票の自動車・高速道路利用特性

上段:回答数 下段:%		高速道路利用頻度							
自動車利用頻度	全体	週4回以上	週2~3回	週1回	月2~3回	月1回	年2~3回	年1回以下	
	全体	356	14	10	9	50	62	162	49
		100.0	3.9	2.8	2.5	14.0	17.4	45.5	13.8
	週4回以上	256	14	9	6	41	45	110	31
		100.0	5.5	3.5	2.3	16.0	17.6	43.0	12.1
	週2~3回	30	0	1	0	2	6	18	3
		100.0	0.0	3.3	0.0	6.7	20.0	60.0	10.0
	週1回	14	0	0	3	1	2	4	4
		100.0	0.0	0.0	21.4	7.1	14.3	28.6	28.6
	月2~3回	10	0	0	0	6	1	2	1

表-5 アンケートの水準 (時間価値)

水準	一般道路		高速道路	
	走行時間	走行費用	走行時間	走行費用
1	回答時間×1	回答時間×1.25	実費用×2	
2	回答時間×0.8	回答時間×1.25	実費用×1	
3	回答時間×0.8	回答時間×1.43	実費用×3	

表-6 アンケートの水準 (時間信頼性)

水準	一般道路		高速道路		
	最小時間	最大時間	最小時間	最大時間	走行費用
1	回答時間×0.89	回答時間×2	回答時間×0.95	回答時間×1.25	実費用×2
2	回答時間×0.89	回答時間×1.6	回答時間×0.95	回答時間×1.25	実費用×1
3	回答時間×0.89	回答時間×1.6	回答時間×0.95	回答時間×1.43	実費用×3

(2)モデルの構築

各トリップにおいて、高速道路・一般道路のどちらを利用するかを二項ロジットモデルを構築した。所要時間、走行費用を変数に、二項ロジットモデルの効用関数を設定しモデルを推定した。式 (1) に選択確率の一般式、式 (2) に確定効用の一般式、式 (3)、式 (4) に本研究で用いた効用関数の式を示す。なお、アンケートの効用関数には所要時間と走行費用の変数に加え、ダミー変数として高速道路料金の会社負担ダミー、高速道路のトリップ長が 60km 以上ダミーを加えている。なお、ダミー変数は高速道路の効用関数に代入した。一方、時間信頼性価値の推定には所要時間ではなく BT を用いた。BT とは Buffer time を表し、ここではアンケートにより回答された最大時間と走行時間の差と定義した。

$$P_{jn} = \frac{\exp(V_{jn})}{\sum_{j \in J_n} \exp(V_{jn})}$$
 (1)

$$V_{jn} = \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_3 + \dots$$
 (2)

P_{jn} : 個人 n が交通機関 j を選択する確率

V_{jn} : 個人 n の交通機関 j の効用の確定項

J_n : 個人 n が利用可能な交通機関の選択肢集合

高速道路の効用= $\theta_1 x_1 + \theta_2 x_2$ (3)

一般道路の効用= $\theta_1 x_1 + \theta_2 x_2$ (4)

(3)時間価値推定結果

表-7 に ETC2.0 走行履歴情報の時間価値推定結果を示す。第一に、尤度比をみると、非冬期と冬期、冬期降雪なし・降雪ありのいずれの場合も 0.2 を超えておりモデルの適合率が高いと判断した。第二に、各変数の t 値をみると、変数の符号条件が合理的で有意であった。第三に、時間価値をみると、非冬期で 14.4 円/分、冬期で 27.7 円/分、降雪なしで 28.3 円/分、降雪ありで 26.0 円/分と冬期に時間価値が大きく推定された。第四に、非冬期と冬期、冬期降雪

なし・降雪ありにおいて時間価値の差を確かめるために有意水準を 5%として t 検定を行った。非冬期と冬期では $t=4.5$ であり、非冬期と冬期で統計的に時間価値の差が確かめられた。一方、冬期降雪ありと降雪なしでは統計的な時間価値の有意差が見られなかった。第五に、求めた時間価値が妥当かどうか所得接近法により年間の新潟県の労働賃金率を算出した。その結果、32.6 円/分となり、ETC2.0 走行履歴情報で推定した道路交通時間価値のほうが低い。

表-8 にアンケートによる時間価値推定結果、表-9 にアンケートによる時間信頼性価値推定結果を示す。第一に、尤度比をみると、全サンプルでは降雪なし、降雪なし (翌日降雪あり)、降雪ありのいずれの場合も 0.2 を下回っておりモデルの適合率がそれほど高くない結果となった。第二に、各変数の符号条件および t 値をみると、全ての属性において合理的であった。降雪なし、降雪なし (翌日降雪あり)、降雪ありのいずれの場合も全て有意な値であり、パラメータの推定結果は良好であった。第三に、時間価値を

表-7 時間価値推定結果 (ETC2.0 走行履歴情報)

	走行時間	走行費用	尤度比	時間価値	サンプル数
()		t値		(円/分)	
全サンプル	-0.077	-0.003	0.27	25.0	2,562
	(-13.9)	(-24.6)			
非冬期	-0.035	-0.002	0.21	14.4	647
	(-2.9)	(-9.1)			
冬期	-0.090	-0.003	0.30	27.7	1,915
	(-13.7)	(-22.2)			
降雪なし	-0.098	-0.003	0.34	28.3	1,221
	(-11.9)	(-18.3)			
降雪あり	-0.074	-0.003	0.23	26.0	694
	(-6.6)	(-12.1)			

表-8 時間価値推定結果 (WEB アンケート)

変数		降雪なし 降雪なし 降雪あり		
		(翌日 降雪あり)		
走行時間	係数	-0.02700	-0.02281	-0.03437
	t値	-8.8	-7.6	-9.6
走行費用	係数	-0.00056	-0.00045	-0.00037
	t値	-12.8	-10.7	-7.5
会社負担ダミー	係数	0.781909	0.95577	0.96139
	t値	4.2	5.2	4.7
トリップ長ダミー	係数	0.54091	0.56373	0.46793
	t値	3.3	3.7	3.1
除雪ダミー	係数			0.23450
	t値			2.1
初期対数尤度		-740.3	-740.3	-740.3
最終対数尤度		-615.6	-646.1	-641.3
尤度比		0.17	0.13	0.13
尤度比 (修正)		0.16	0.12	0.13
時間価値(円/分台)		48.3	50.8	94.1

※除雪ダミー:「降積雪時は一般道よりも高速道路のほうが除雪されていると思う」という問いに対し、「とてもそう思う、そう思う」と回答した人を1としてダミー変数に加えたもの

みると全トリップでは降雪なしで48.4円/分、降雪なし(翌日降雪あり)で50.8円/分、降雪ありで94.1円/分と降雪により時間価値が大きく推定されており、ETC2.0による推定結果と同様の傾向であった。これについては時間信頼性価値でも同様であった。

表-9 時間信頼性価値推定結果 (WEB アンケート)

変数		降雪なし	降雪なし (翌日 降雪あり)	降雪あり
BT	係数	-0.01129	-0.01395	-0.01762
	t値	-7.0	-8.1	-7.5
走行費用	係数	-0.00040	-0.00038	-0.00045
	t値	-9.1	-8.3	-8.2
会社負担ダミー	係数	0.675999	0.82404	0.78106
	t値	3.7	4.4	3.6
トリップ長ダミー	係数	0.78080	0.79692	0.52013
	t値	5.1	5.1	3.1
除雪ダミー	係数			0.89688
	t値			7.2
初期対数尤度		-740.3	-740.3	-740.3
最終対数尤度		-681.8	-672.4	-594.8
尤度比		0.08	0.09	0.20
尤度比 (修正)		0.07	0.09	0.19
時間価値(円/分台)		27.9	36.3	39.3

5. 研究結果総括

(1) 結論

本研究のステップ2では、降積雪による交通時間価値への影響をETC2.0走行履歴情報とアンケートの分析を行い、以下の知見が得られた。

①ETC2.0 走行履歴情報 (RP)

非冬期と比較して冬期(降雪なし、降雪あり)では高速道路の選択確率が上昇することで時間価値が高く推定される。また、用いた変数が統計的に有意でモデルの適合度に問題はない。非冬期と冬期の時間価値には統計的な有意差がみられたが、冬期降雪なし時と冬期降雪ありの時間価値には統計的な有意差はみられない。また、平日と休日と比較すると平日のほうが休日よりも時間価値が大きく推定される。さらに、求めた時間価値は所得接近法により算出した年間の新潟県の労働賃金率より小さく推定される。

ただし、ETC2.0データの特性から目的別の推定が非常に困難であることや、車種が限定的(多数は乗用車)であり、道路の費用便益分析等へ活用するにはその他の車種による分析も必要である。

②WEB アンケート (RP/SP)

降雪なし(非冬期)と比較して、降雪なし(翌日降雪あり)、降雪ありでは高速道路の選択確率が上昇することで時間価値が大きく推定される。また、用いた変数は統計的に有意であったがモデルの適合度が低い。また、平日と休日と比較すると休日のほうが平日よりも時間価値が大きく推定される。しかし、1人当たりの時間価値では平日の

ほうが休日よりも時間価値が大きく推定される。時間信頼性価値についても同様の知見が得られた。時間価値と時間信頼性価値の比は降雪なしで約0.6となる。さらに、求めた時間価値は所得接近法により算出した年間の新潟県の労働賃金率より大きく推定された。

これは、雪道の運転に関する質問に対する回答から想定されるように、雪道に対する心理的・肉体的負担を緩和する効果が上乘せされているとも考えられる。このことからすると、既存研究¹⁾における報告にもあるように、今回推定した時間価値の中に時間信頼性価値が含まれている可能性も捨てきれない。

(2) 総括

2か年の本研究を通し、信号交差点交通容量やリンク旅行速度・バラつきの程度に関するいくつかの知見も得られた。また本研究の新規性が高い分野として冬期間の交通時間価値推定に取り組み、当初の仮説どおり時間価値・時間信頼性価値ともに向上することを見出した。これについては今後の交通政策を考えるうえで重要な知見になると考えている。

今後、さらにプローブデータが蓄積されることで冬期間における交通への影響をより詳細に把握することが可能になると思われる。冬期交通状況を加味した道路事業の費用便益分析を行うには、それら交通データを蓄積し、冬期の交通状況を再現する交通量推計を実施するための諸データを検討するべきであろうと考える。一方で、そもそも冬期日数や冬期降雪日数は限られていることもあり、旅行速度や信頼性低下だけでは道路事業の冬期便益としては限定的となることも否めない。この点の打開策として悪天候による交通時間価値向上効果を考慮していくべきと考える。今回の研究においては、構築したモデルの尤度比が低めに出ていた点や、加える変数・定数項の有無によって推定される時間価値に大きな変動が生じる点が課題として残る。これらはアンケート特有の問題でもあり、コスト面の課題も生じるが、より多くのサンプルを精度よく収集することができればモデルの安定化が図られるのではないかと考える。

これらの課題解決に向け、今後も継続して研究に取り組むとともに、冬期間の影響(速度・容量低下、信頼性低下、冬期交通時間価値の向上)を考慮した便益の計測手法構築に向けた研究を推進する所存である。

謝辞：本研究では、国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所より ETC2.0 プローブデータ分析のご協力をいただいた。この場を借り感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 加藤浩徳、上田孝之、加藤一誠、谷下雅義、毛利雄一：道路政策の質向上に資する技術研究開発「道路交通の時間価値に関する研究」pp.28-30、平成24年6月