

冬季峠部の道路交通情報の便益*

BENEFIT EVALUATION OF ROADS INFORMATION SERVICE ON WINTER MOUNTAIN PASSES *

森杉壽芳**・林山泰久***・斎藤雅樹****・阿子島学*****

By Hisa MORISUGI**・Yasuhisa HAYASHIYAMA***・Masaki SAITO****・Manabu AKOSHIMA*****

1. 研究の背景と目的

冬季峠部の道路管理は、降雪による交通障害対策として、除雪・融雪・防雪事業の他、最先端の情報通信技術を活用した道路交通情報の提供が行われている。この道路交通情報は、冬季における交通の安全かつ円滑な交通確保を目的としたものであり、我が国では主に国土交通省等の道路管理者が情報提供している。一方、我が国の厳しい財政状況の中、道路情報提供事業においても効率的な事業の執行が望まれており、その対費用効果を定量的に計測する必要がある。既存研究の多くは、都市部における交通渋滞の緩和を主目的とした情報提供のあり方についての研究が多く、峠部等の山間部で必要とされる道路情報提供を分析対象としたものはあまり見受けられない。また、本研究で取り扱う気象情報や路面状況情報に関する研究において、Rockvam *et.al.*¹⁾らはミネソタ州を例に気象情報提供による費用対効果を示しているが、この論文ではその背景にある理論的アプローチは明確に示されていない。また、実務レベルで適用する際の便益計測論も確立されているとは言い難い。²⁾

そこで本研究は、ミクロ経済学のアプローチから理論的に道路交通情報の提供がもたらす効果を定量的に計測する方法を示すことを目的とする。峠部に関する道路交通情報を提供した場合(あるいはしない場合)において、道路利用者の経路選択行動を表明選好法から把握することを試み、さらに、道路情報提供の有無における経路選択行動の差から生じる一般化費用の差をもとに、道路情報提供がもたらす便益を計測する。

2. 道路情報提供下での利用者行動について

(1) 本研究での情報の定義

本研究で扱う情報提供内容は、①天気予報等による峠部の気象情報、②道路管理者が提供する峠部の路面

*キーワード：交通情報

**正員、工博、東北大学教授 大学院情報科学研究科

***正員、工博、東北大学助教授 大学院経済学研究科

****学生員、情報修、東北大学大学院経済学研究科

*****学生員、東北大学大学院情報科学研究科

(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06,

TEL022-217-7502, FAX022-217-7500)

状況情報の2点である。また、本研究では、峠部に関する道路情報提供を分析対象としているため、その効果は②の情報提供内容のみから発生すると仮定する。②の情報提供内容は、峠部の路面状況であり、「乾燥/湿潤」、「圧雪」、「凍結」である。現在は①と②が混在する状況であり、これを道路情報提供有りの状態(with)、①のみの状況を道路情報提供無しの状態(without)と定義し、現在の道路情報提供による利用者への効果を、with and without 分析から計測する。

(2) 道路情報提供下における利用者行動について

本研究では、道路情報提供下における利用者行動を分析するために、図-1のような2経路選択問題を考える。図-1における経路1は峠部を通過する経路であり、経路2は峠部を通過しない迂回路である。ここで、利用者は、出発行動前に気象情報、路面情報から、いずれかの経路を選択するものとする。但し、気象情報と峠部の天候は一致していると仮定する。

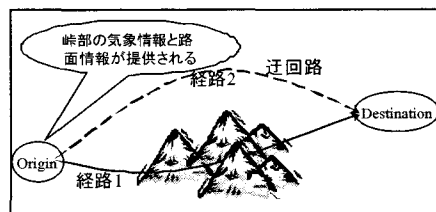


図-1 2経路選択問題

利用者は道路情報提供が無い場合には、峠部の天候に関する情報は把握しているものの、路面状況については把握していないため、過去の経験等から路面状況を予測し、行動を行わざるを得ない。一方、路面状況に関する情報が提供されている場合には、利用者はそれを基に経路を選択することができる。尚、道路利用者は、既にその経路を夏季、冬季ともに通行した経験があり、経路1および2の所要時間等は過去の経験上、把握しているとし、さらに全ての利用者は必ず情報を利用し、情報提供の有無に関わらず、トリップを行うものとする。

(3) 利用者の所要時間に対する認識

道路利用者は目的地までの所要時間について、ある幅をもって認識しており、道路情報提供の有無によってその幅が変化すると仮定する。そこで本研究では、こ

の所要時間に対する見込み幅を、利用者が認識する経路の最大所要時間(T_H)と最小所要時間(T_L)との差として定義し、式(1)で表現する。

$$\text{所要時間の見込み幅} = T_H^K - T_L^K \quad \dots(1)$$

K : 情報提供あり(W) or 情報提供なし(WO)

また、利用者は所要時間の不確実性に対して一様な予想をするものとし、利用者が認識する所要時間の見込み幅は一様分布であると仮定する。道路情報の提供がない場合には、利用者は峠部の路面状況が未知であるため、利用者が予想する所要時間の見込み幅は大きくなると予想される。しかし、これらの認識は、道路利用者の個体差が大きいので、アンケート調査を実施する必要があると考えられる。

3. 道路情報提供による利用者便益の計測法

(1) 便益の定義と計測法

道路情報提供がもたらす便益は、情報提供によって利用者の経路選択時の所要時間に対する認識が変化し、経路変更をした結果生ずる配分交通量の一般化費用の減少分であると仮定し、with and without 分析から計測する。但し、経路選択は個人の主観的な所要時間および所要時間幅によって決定されるものの、便益計測時にはこれら行動結果が反映されている現実の諸変量、即ち、客観的な交通関連データを用いるものとする。

次に、天候*i*(*i*=晴れ、雪)、道路情報提供内容が*m*における効用関数を式(2)のように特定化する。

$$V_{ij}^m = a_{i1}^m x_{j1} + a_{i2}^m x_{j2} + a_{i3}^m x_{j3} \quad \dots(2)$$

x_{j1} : 経路における利用料金(単位:円、天候などによって変化しない)
 x_{j2}^m : 道路情報提供*m*、天候における経路平均所要時間(分)
 x_{j3}^m : 道路情報提供*m*、天候における経路平均見込みの遅れ時間幅(分)
i: 気象情報(晴れ=1, 雪=2) *j*: 経路(1or2)
m: 路面状況の情報提供内容(なし...0, 乾燥・湿潤...1, 圧雪...2, 凍結...3)
 $a_{i1}^m \sim a_{i3}^m$: $x_{j1} \sim x_{j3}$ についてのパラメータ

尚、後述する一対比較質問形式のアンケート調査票では、被験者の回答がし易いよう「道路情報があり、所要時間が80分で最大10分の遅れ時間が確実にわかり、通行料金が100円かかる経路」と「道路情報提供がなく、所要時間が80分で20分遅れる可能性のある経路」のどちらを選択するかという質問にし、+何分という遅れ時間のみを質問した。そこで、 x_3 を最大所要時間と平均所要時間との差を見込み遅れ幅と定義した。

$$\text{所要時間の見込み遅れ幅}(x_3) = (T_H^K - T_L^K) / 2 \quad \dots(3)$$

K : 道路情報提供あり(W) or 道路情報提供なし(WO)

道路情報提供の状態別の便益は一般化費用の減少分であると定義しているため、両状態の有無比較より式

(4)が得られる。ここで、道路利用者の経路選択確率は式(6)で示されるロジットモデルで表現されるものとした。また、式(2)において料金項のウェイトで除することにより、利用者の円単位の一般化費用を式(7)に示す。さらに総便益は情報提供内容別の便益を式(8)のように集計した。

$$B^m = \sum_i \sum_j (C_{ij}^0 \times OD_{ij}^0 \times D_m) - \sum_i \sum_j (C_{ij}^m \times OD_{ij}^m \times D_m) \quad \dots(4)$$

$$OD_{ij}^m = OD \times P_{ij}^m \quad \dots(5)$$

$$P_{ij}^m = \frac{\exp V_{ij}^m}{\sum_j \exp V_{ij}^m} = \frac{\exp V_{ij}^m}{\exp V_{i1}^m + \exp V_{i2}^m} \quad \dots(6)$$

$$C_{ij}^m = \frac{V_{ij}^m}{a_{j1}^m} = \sum_k \beta_{ijk}^m \left(\beta_{ijk}^m = \frac{a_{ijk}^m}{a_{j1}^m} \right) \quad \dots(7)$$

$$\text{Total benefit} = \sum_m B^m \quad \dots(8)$$

D_m : 路面状況の発現日数/路面状況に関する情報を提供した日数

P_{ij}^m : 情報提供内容*m*、気象*i*における利用者の経路を選択する確率

OD : OD交通量

(2) アンケート調査とその結果

(a) アンケート調査の対象地域とその概要

本研究では、一般国道 112 号山形～庄内を対象地域として分析を行った。国道 112号は、冬季において、降雪により道路が規制されることがある。経路は 112 号～7 号ルート(峠部)と 13 号～47 号ルート(平地部)の 2 経路を主要ルートとして扱った。

また、本研究では、構築したモデルのパラメータ推定を行うために、アンケートを一対比較形式で行い、情報提供に対する個人の意識調査を行った。即ち、2 経路選択問題において、「道路情報提供はあるものの一部有料道路を含む経路」を選択するか、「道路情報提供なしで無料の経路」を選択するかという道路情報提供と料金とのトレードオフを質問した。さらに利用者が情報の内容から経路の所要時間や見込み幅を認識するかを質問している。例えば、「天気予報では峠部では晴れ、情報提供内容が圧雪である時、あなたは最大、最小でどの位の所要時間をみこみますか」という質問である。

(b) アンケート調査結果とパラメータ推定結果

本研究では、一対比較アンケートから得られたデータから効用関数のパラメータを推定した。その推定結果を表-2 に示す。*t* 値はすべて 5%有意であり、自由度修正済み尤度および的中率ともに統計的に良好であると判断される。また、料金項のパラメータで除した便益原単位を表-3 に示す。また、主観的な経路の所要時間や見込み遅れ幅に関する調査結果を表 4 に示す。表 4 より情報提供内容が悪いほど(乾燥/湿潤→圧雪→凍

結)多くの所要時間を見込んでいることが分かる。しかし、情報提供がない場合には、利用者は路面状況が「乾燥/湿潤」の時の所要時間と大きく変化しておらず、楽観的に所要時間を見込んでいると考えられる。さらに、気象情報が晴れおよび雪においても、道路情報が提供されている方が見込み遅れ幅が小さい傾向があり、さらに路面状況がよいほど幅が小さいことが分かる。

表-2 パラメータ推定結果と検定結果 ()はt値

天候	晴れ	雪
料金(x_1)	-0.010(-11.46)	-0.003(-9.12)
所要時間(x_2)	-0.212(-9.90)	-0.123(-9.03)
見込み遅れ時間(x_3)	-0.198(-64.57)	-0.130(-40.11)
自由度修正済み尤度の中率	0.6581	0.4367
	90.5%	85.5%

表-3 便益原単位(円/台)

	天候	x_2	x_3
便益原単位	晴れ	20.92	19.53
	雪	40.76	43.06

表-4 情報提供による道路利用者の所要時間に対する認識

対象路線	気象情報	道路情報	見込み所要時間(分)	平均所要時間 (最大所要時間+最小所要時間)/2	平均見込み遅れ幅(最大所要時間-最小所要時間)/2
R112 ~R7	晴れ	乾燥/湿潤	最小時間 131.1 最大時間 154.7	142.9	11.8
		圧雪	最小時間 155.8 最大時間 184.2		
		凍結	最小時間 171.3 最大時間 203.2	187.3	16.0
		なし	最小時間 138.4 最大時間 174.2		
	雪	乾燥/湿潤	最小時間 151.6 最大時間 177.4	164.5	12.9
		圧雪	最小時間 168.2 最大時間 203.2		
		凍結	最小時間 182.6 最大時間 221.6	202.1	19.5
		なし	最小時間 159.5 最大時間 200.0		
R48~ R13	晴れ	なし	最小時間 143.7 最大時間 176.3	160.0	16.3
		雪	最小時間 162.6 最大時間 199.5	181.1	18.5
	雪	なし			

サンプル数 19(被験者は当該経路を常用する利用者)

4. 便益の計測結果

ここでは、表-2 のパラメータと、表-3 の便益原単位を用いて、道路情報提供がもたらす便益を計測する。便益計測を行う際の前提条件を表5に示す。国道13~47号ルートは平坦な経路のため、路面状況別の所要時間は路面状況が悪くなる度に一律10%の速度低下を勘案した。これは平坦な地域における調査結果³⁾に基づいている。但し峠部では、さらに大きく速度低下が考えられるため、圧雪時には80%を、凍結時には70%の速度低下を勘案した。以上を便益計測で用いるデータとして、情報提供内容別に計測したのが表-6である。一方、遅れ幅に関しては実データが存在しないため、アンケートから得られた遅れ幅(表4)を用いた。尚、山形~庄内間のOD交通量はH9センサスペースに冬季の低減率5%を乗じて求めた6,057台/日である。その

内訳は一般国道112号~7号ルートが5,655台/日および国道13号~47号は402台/日である。

表-5 路面状況別の所要時間(分)

路線名	延長(km)	所要時間(分)	乾燥/湿潤		圧雪		凍結	
			低減率(%)	所要時間(分)	低減率(%)	所要時間(分)	低減率(%)	所要時間(分)
国道112号~7号	113.4	130	100%	130	80%	163	70%	186
国道13号~47号	105.1	130	100%	130	90%	144	80%	163

低減率100%は道路時刻表1999に基づく

表-6 情報提供内容別便の便益計測結果

情報提供内容	情報提供	天候	ルート	交通量配分		便益計測			
				選択確率	交通量(台/日)	発現日数	天候別合計(億円)	総一般化費用(億円)	便益(億円)
乾燥 湿潤	with out	晴れ	1	0.62	3726.0	52	9.4	23.2	0.4
			2	0.38	2331.0				
		雪	1	0.48	2911.2	38	13.8		
	2		0.52	3145.8					
	with	晴れ	1	0.99	5991.4	52	9.3	22.8	
			2	0.01	65.6				
雪		1	0.94	5695.3	38	13.5			
	2	0.06	361.7						
圧雪	with out	晴れ	1	0.62	3726.0	9	1.9	21.9	0.3
			2	0.38	2331.0				
		雪	1	0.48	2911.2	47	20.0		
	2		0.52	3145.8					
	with	晴れ	1	0.15	933.5	9	1.8	21.6	
			2	0.85	5123.5				
雪		1	0.39	2363.1	47	19.8			
	2	0.61	3693.9						
凍結	with out	晴れ	1	0.62	3726.0	3	0.7	2.2	0.1
			2	0.38	2331.0				
		雪	1	0.48	2911.2	3	1.5		
	2		0.52	3145.8					
	with	晴れ	1	0.003	20.2	3	0.7	2.1	
			2	0.997	6036.8				
雪		1	0.06	372.3	3	1.4			
	2	0.94	5684.7						

ルート1…R112~R7,ルート2…R48~R13

表6の情報提供内容別の経路選択確率について考察すると情報提供内容が「乾燥/湿潤」の時は、表4からもわかるように見込みの所要時間や見込み遅れ幅が情報提供のない時と比較して減少しているため、道路情報を提供したことで国道112~7ルートをより多く選択していることが分かる。一方、情報提供内容が「圧雪」「凍結」という時は、表4より見込み遅れ幅は情報提供により減少しているものの、見込みの所要時間が情報提供のない時と比較して増加していることから、道路情報を提供したことで国道13~47ルートをより多く選択していることが分かる。また、表-5で情報提供内容が「乾燥/湿潤」の時、所要時間が2経路とも同一であるにも係わらず、表6で便益が正であるのは、道路情報提供より、多くの交通量が流れた国道112~7号ルートの遅れ時間費用が小さいためと考えられる。

分析対象経路の情報提供事業費は約1.0億円である。これらは人件費を含まないが、CCTV、気象観測装置、通信施設費および点検費から概算される。また、これら情報提供機器は道路利用者だけでなく、道路管理者も

利用していることから、ここでは、年間費用の半分として約0.5億円/年と仮定する。表6より道路情報提供内容別の便益を加算すると総便益が0.8億円/年、情報提供事業費0.5億円/年より費用便益比(B/C)は $B/C=0.8/0.5=1.6$ また、純便益(B-C)は $B-C=0.8-0.5=0.3$ 億円/年であると計測される。以上より、対象地域で行われている冬季における情報提供事業は効率的な事業と判断できる。

5. 感度分析

前節の便益計測では、所要時間に対しては、道路時刻表に基づく値を使用したため、より客観的なデータに基づいた計測結果である。ここでは、所要時間に対しても個人が認識する所要時間が実現するものとして表-4を用いて計測し、前述の客観的なデータに基づく計測との比較をするため感度分析を行った。

表-7 感度分析結果

情報提供内容	情報提供	天候	ルート	交通量配分		便益計測		
				選択確率	交通量(台/日)	発現日数	天候別合計(億円)	総一般化費用(億円)
乾燥 湿潤	with out	晴れ	1	0.62	3726.0	52	10.7	28.5
			2	0.38	2331.0			
		雪	1	0.48	2911.2	38	17.8	27.0
			2	0.52	3145.8			
	with	晴れ	1	0.99	5991.4	52	10.2	16.8
			2	0.01	65.6			
		雪	1	0.94	5695.3	38	16.8	25.6
			2	0.06	361.7			
圧雪	with out	晴れ	1	0.62	3726.0	9	2.1	23.5
			2	0.38	2331.0	47	23.5	25.4
		雪	1	0.48	2911.2	9	2.0	
			2	0.52	3145.8	47	23.4	
	with	晴れ	1	0.15	933.5			2.3
			2	0.85	5123.5			
		雪	1	0.39	2363.1	3	0.7	2.2
			2	0.61	3693.9	3	1.5	
凍結	with out	晴れ	1	0.62	3726.0	3	0.7	2.3
			2	0.38	2331.0			
		雪	1	0.48	2911.2	3	1.6	2.2
			2	0.52	3145.8			
	with	晴れ	1	0.003	20.2	3	0.7	2.2
			2	0.997	6036.8			
		雪	1	0.06	372.3	3	1.5	2.2
			2	0.94	5684.7			

表-7より総便益は約1.8億円/年であり、前節の客観的な所要時間で求めた便益の約2.3倍である。全ての道路情報内容に対して便益が正であるのは、利用者は見込んだ所要時間が小さい経路を選択し、その経路の所要時間も現実に小さいため、交通費用も小さくなるためである。また、「凍結」という道路情報の提供があった場合には、見込んだ所要時間も道路時刻表から得られた客観的な所要時間もほぼ等しいために、便益も等しい値となっている。また、費用便益比、純便益は前節と同様に計測すると、 $B/C=1.8/0.5=3.6$ 、 $B-C=1.8-0.5=1.3$ 億円/年である。

6. まとめ

本研究では、冬季峠部における情報提供効果を貨幣タームで評価する方法を示した。この計測法は簡便な手法であるため、実務的にも有用であると判断される。さらに、この方法に基づいて、国道112号で行われている道路情報提供事業を評価した結果、この事業は効率的であるという計測結果が得られた。また、本研究より得られた知見は、以下の4点である。

- 1) 峠部において、「乾燥/湿潤」という情報が提供されると、利用者はより走行所要時間に対して確実性が增加するために、予想する所要時間、所要時間の幅ともに、情報が提供されない場合と比較して、小さくなる。これは認知心理学⁴⁾で示されるように、個人の確率判断(主観的確率)は、好ましい事象の確率を高く見積もる傾向があることに一致する。
 - 2) 路面状況が「圧雪」や「凍結」等悪い状況が確実にわかると、所要時間は情報が得られたことにて、情報提供がされない場合よりも大きくなるが見込み幅は小さくなる傾向がある。
 - 3) 表-3より所要時間と所要時間幅の便益原単位は、天候別にほぼ等しい値を示しており、利用者はこれらを同等に評価しているものと判断される。また、天候別に比較すると所要時間と所要時間幅の便益原単位ともに「雪」の時の方が「晴れ」の時の約2倍あり、雪の時の情報を重要視していることがわかる。
 - 4) 感度分析より、便益を計測する際に用いる所要時間を、アンケート調査から得られる値を用いて計測した方が便益は大きい。これは、個人が予想した通りに現象が実現したためであると考えられる。
- また、本研究に残された今後の課題は、モデルの検討や個人の情報提供に対する認知の仕方をさらに考察するためにアンケート調査票の改善およびより正確な実現値による厳密な計測であろう。

【謝辞】

本研究にあたり、国土交通省東北地方整備局ならびにパシフィックコンサルタンツ(株)に大変お世話になり、御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) Rockvam, J., Wikelius, M. and Fleege, E. J. (1998): Implementing an Integrated Road Weather Information System in Minnesota, PIARC LULEA 1998, Technical Report Volume 3, pp.883-898.
- 2) PIARC Committee (2000): ITS Handbook 2000 Recommendations from the World Road Association (PIARC), pp.79-107.
- 3) 森杉壽芳・林山泰久・木村誠・斎藤雅樹(2000): 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.
- 4) 森敏昭・井上毅・松井孝雄(1998)認知心理学, サイエンス社, pp.238-241.