

冬期道路環境が利用者のルート選定に 与える影響について

原田 裕介¹・國分 徹哉²・武知 洋太³・松澤 勝⁴

¹正会員 独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）
E-mail:harada-y@ceri.go.jp

²非会員 独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）
E-mail:kokubu-t22aa@ceri.go.jp

³正会員 独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）
E-mail:hiro-takechi@ceri.go.jp

⁴正会員 独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）
E-mail:masaru@ceri.go.jp

冬期の吹雪視界情報の提供、および道路環境が道路利用者のルート選定に与えている影響について、コンジョイント分析を用いて属性別に評価した。その結果、冬期道路走行のルート選定に際し、基準距離120km以内では、時間制約の有無によらず視界の状況を最も重視することが確認された。また、基準距離が長くなると走行距離を重視する傾向にあった。視界の状況が著しい視程障害から良好となる場合は2.0倍、著しい視程障害から不良となる場合は1.5～2.0倍の走行距離の増加を受容する可能性がある。また、吹雪視程障害遭遇経験が有る利用者は吹雪に対して慎重な姿勢が、自動車運転頻度の高い利用者は不良程度の視界状況に対する慣れが、長距離運転が月数回以上の利用者は視界の状況が不良でも迂回を避ける傾向が認められた。

Key Words : winter road environment, route selection, conjoint analysis

1. はじめに

積雪寒冷地の冬期道路は、吹雪や大雪時に視界不良による交通障害がしばしば発生するなど、厳しい走行環境にある。北海道では、平成10年から平成19年の国道通行規制理由のうち、吹雪が約4割、積雪が約1割となっている¹⁾。そのため、道路利用者は、出発地から目的地に向かう最適なルートの選定に際し、複数の要因の影響を考慮する必要がある。

寒地土木研究所では、道路利用者の適切な行動判断を支援するために、北海道を対象にインターネット上で吹雪の視界に関する情報提供実験を実施している（図-1）。これまで、パソコン・スマートフォン・携帯電話からの閲覧、主要な峠の画像配信、吹雪の投稿情報、注意喚起メールの自動配信サービスなどの機能強化に取り組んできた²⁾。WEBアンケートの結果、吹雪の視界情報を参考にして、行動や予定を変更した利用者が56%であった³⁾。しかし、吹雪視界を含む冬期道路環境が、ドライバーの

行動変更に与えている影響の度合いについては、定量的に把握されていない。

多様な要因（以下、属性という）が複雑に絡み合った中から選ばれた選択肢において、属性別の評価を明らかにする手法としてコンジョイント分析が挙げられる。コンジョイント分析は多属性選好を評価する手法で、対象の評価を属性単位で把握を可能とすることが特徴である。この分析は、Luce and Tukey⁴⁾により理論構築が行われ、Green and Wind⁵⁾により多属性モデルが開発された後、主にマーケティング分野で研究が進んだ。冬期道路を対象としたコンジョイント分析として、サービス水準の経済的評価⁶⁾、歩行者空間確保対策のモビリティ評価⁷⁾がある。しかし、吹雪の視界情報がルート選定に与える影響について調べた既往研究はない。

本研究では、冬期の吹雪視界情報の提供、および道路環境が道路利用者のルート選定に与えている影響について、コンジョイント分析を用いて属性別に評価した。

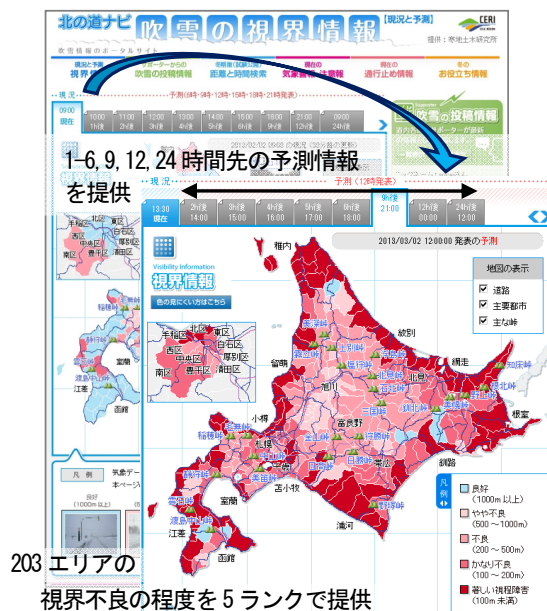


図-1 吹雪の視界情報（北海道版）の提供画面。

<http://northern-road.jp/navi/touge/fubuki.htm>

2. 調査方法

コンジョイント分析は、プロファイルと呼ばれるカードを被験者に示して、その効用をアンケートなどでたずねる。プロファイルとは、一連の属性によって構成される属性の束のことであり、ここでは多属性によって構成される冬期の道路環境条件となる。そして、各プロファイルの属性と回答結果との関係から、統計的に属性別の効用を評価する。効用について、コンジョイント分析では、効用値と重要度を出力する。効用値は、水準ごとの影響の度合いを数値化した指標である。属性別では部分効用値、プロファイルごとでは全体効用値と呼ばれる。また、重要度は全属性のうちある属性が占める割合を表す。本分析では、評定型コンジョイントにより以下の手順で実施した。

(1) 属性、水準の設定

本論文では、冬期の吹雪視界情報の提供、および道路環境が道路利用者のルート選定に与えている影響を評価するため、以下a)～c)に示す属性を選び、それぞれ水準（レベル）を設定した（図-2）。

a) 視界の状況

「視界の状況」は、吹雪視界情報の提供が道路利用者の安全なルート選定に寄与するか、あるいは走行条件ごとにどのような視界不良のランクで安全な行動に変化するかを把握するために選出した。回答の2極化を避け、かつ適切な程度を把握するために3水準とした。

b) 走行距離

「走行距離」は、出発地から目的地までのルート距離

属性	水準（レベル）		
視界の状況	視界良好 (視程 1,000m 以上)	視界不良 (視程 200～500m)	著しい視程障害 (視程 100m 未満)
走行距離（基準距離に対する比率）	×1.0 (基準距離)	×1.5 (走行距離が基準の1.5倍)	×2.0 (走行距離が基準の2.0倍)
走りやすさ (道路線形)	直線的で走りやすい 平野部	カーブが多く走りにくい 山間部	

図-2 冬期道路走行ルート選定に関わる属性と水準。

の差異と、他の属性と結合させた際の関係性を明らかにするために選出した。迂回をする程度を判断するため、2極化を避けて3水準とし、基準距離とその1.5倍および2.0倍で比較をすることとした。

c) 走りやすさ

「走りやすさ」は、主要都市間を移動する際、山間部を越える場合と、平野部を通過する場合を想定し、道路線形の差異による視界の状況の重要性を把握するために選出した。数値による程度の把握が困難なため、平野部（直線的で走りやすい）と山間部（カーブが多く走りにくい）の2水準とした。

(2) プロファイルの作成

図-2に示す水準を組み合わせると、合計18通りのプロファイルが作成される。本研究では、後述する前提条件を設けるため、全組み合わせを一対比較評価すると918回のカード提示が必要となり、被験者が疲労し評価結果に悪影響を及ぼす可能性がある。そこで、実験計画法⁹⁾に基づき、プロファイル作成を行った。ここでは、直交表L6(2&3³)型により得られた6通りに、精度向上のため別途1通り（ホールドアウトカード）を追加した計7通りのプロファイルをアンケートで使用した（表-1）。

(3) 前提条件の設定

本論文では、(1)に示す属性と水準のほか、ルート選

表-1 アンケートで用いたプロファイル。

	視界の状況	走行距離	走りやすさ
No.1	良好	×2.0	平地部
No.2	不良	×1.5	平地部
No.3	著しい視程障害	×1.0	平地部
No.4	著しい視程障害	×2.0	山間部
No.5	不良	×1.5	山間部
No.6	良好	×1.0	山間部
No.7	著しい視程障害	×1.5	平地部

表-2 アンケートで用いた前提条件。

前提条件	分類		
時間制約	有り	無し	
走行時の基準距離	20km	40km	60km

定時に考慮される時間制約の有無，および走行時の基準距離 3 種類を，表-2 に示すように前提条件として設けた．基準距離の分類は，周辺市町村から主要都市，および主要都市間への移動を考慮した．これらの条件は，水準としてプロファイルに包括することが可能だが，後述するアンケートの内容が複雑になり回答がばらつくことが懸念されるため，本分析では前提条件として扱った．

(4) アンケートの実施

(2) で設定したプロファイルと(3) 前提条件をもとに，会場面接型によるアンケートを実施した．被験者は 20 ～60 歳代の 60 名（男女比 1:1）である．アンケート形式は，2 つの対立するプロファイルを提示してどちらを選定するかを尋ねる一対比較評価法を用いた．この評価手法によるプロファイルの比較回数は $C_2^6=21$ 回で，これらを 6 セット（前提条件の組み合わせ分）実施した．アンケートはタブレット端末を用いて，図-3 のような画面で 2 本のルートのうちいずれを選ぶかを被験者に回答頂いた．回答に際し，事前に「視界の状況」について各水準の映像を見せ，被験者の認識の統一を図った．また，前提条件について，時間制約が有る場合は「遅れることのできない仕事，入学・入社試験，飛行機の出発時間」，時間制約がない場合は「旅行，レジャー，ちょっとした買い物」など具体的な状況を示した．以上により，可能な限り回答のバイアスの排除に努めた（図-4）．

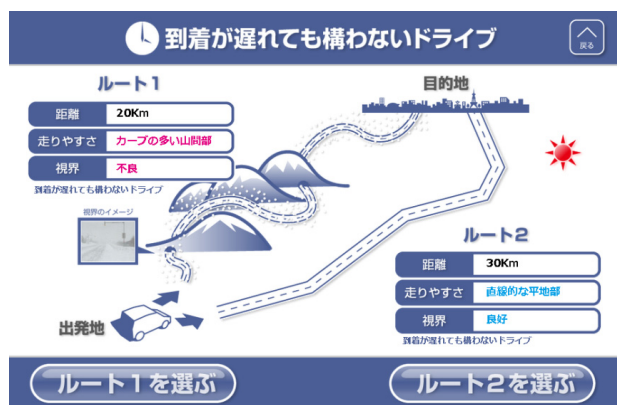


図-3 ルート選定アンケート画面例



図-4 アンケートの様子

(5) アンケートの分析

一対比較評価により得られた被験者ごとの回答結果は，前提条件の組み合わせとなる 6 セットに分類のうえ，プロファイルの選定回数に応じて表-3 に示すように点数化した．被験者の回答結果，および 7 通りのプロファイルごとに与えられる点数の一例を表-4 に示す．

アンケートの分析に際し，表-1 に示す No.1 ～No.7 のプロファイルを，対象の有無により「1,0」のダミー変数を与えた（表-5）．つぎに，前提条件の組み合わせごとに，各水準を説明変数，得点を目的変数とする重回帰式を作成した．重回帰式によって求められる各偏回帰係数から，該当する属性の加重平均を差分し部分効用値を求めた．また，重要度は，属性ごとのレンジ（部分効用値の最大値と最小値の差）合計に占める割合を求めた．なお，部分効用値が高いということは，その水準（レベル）が選好されやすいことを意味する．

3. 結果および考察

(1) 全体の分析結果

前提条件（時間制約の有無，基準距離の差異）の組み合わせによる部分効用値を図-5 に示す．いずれの前提条件においても，「視界の状況」の“良好”の効用値が

表-3 選定回数に対する点数.

選定回数	0	1	2	3	4	5	6
点数	1	2	3	4	5	6	7

表-4 ある被験者の回答結果および与えられる点数例.

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	選定回数	点数
No.1	○	○	○	×	×	×	○	4	5
No.2	×	○	○	×	×	×	○	3	4
No.3	×	×	○	×	×	×	○	2	3
No.4	×	×	×	×	×	×	○	1	2
No.5	○	○	○	○	×	×	○	6	7
No.6	○	○	○	○	×	×	○	5	6
No.7	×	×	×	×	×	×	○	0	1

※前提条件：時間制約有，基準距離 20km

表-5 ダミー変換の結果.

	視界の状況			走行距離			走りやすさ	
	良好	不良	著しい視程障害	×1.0	×1.5	×2.0	平野部	山間部
No.1	1	0	0	0	0	1	1	0
No.2	0	1	0	0	1	0	1	0
No.3	0	0	1	1	0	0	1	0
No.4	0	0	1	0	0	1	0	1
No.5	0	1	0	0	1	0	0	1
No.6	1	0	0	1	0	0	0	1
No.7	0	0	1	0	1	0	1	0

最も高く、「著しい視程障害」が最も低かった。「視界の状況」が「不良」の効用値は全て 0 以上で、「著しい視程障害」に比べると「不良」のルートが選定されやすいことがいえる。また、「走行距離」の効用値は、基準距離の増加に伴って短い水準（×1.0）では高く、長い水準（×2.0）では低くなった。全ての前提条件で負値である中間の水準（×1.5）は、基準距離が長くなるにしたがい効用値が高くなった。上記 2 つの程度は、時間制約が有る場合の方が顕著であった。加えて、「走りやすさ」の効用値は、基準距離の増加に伴って効用値のレンジが小さくなった。

前提条件（時間制約の有無、基準距離の差異）の組み

合わせによる重要度を図-6 に示す。どの基準距離においても、「視界の状況」の重要度が最も高い。このことは、冬期道路のルート選定に際し、基準距離 120km 以内では、時間制約の有無によらず「視界の状況」を重視することがいえる。ただし、基準距離が長くなると、「走行距離」の重要度が高くなる一方、「視界の状況」と「走りやすさ」の重要度は低くなった。その程度は、時間制約が有る場合の方が顕著であった。つまり、より早く目的地に到着することを考慮にいて、走行距離の短いルートを選定することが考えられる。

時間制約有りに着目し、基準距離ごとに各水準の効用値を組み合わせた全体効用値を図-7 に示す。どの基準距

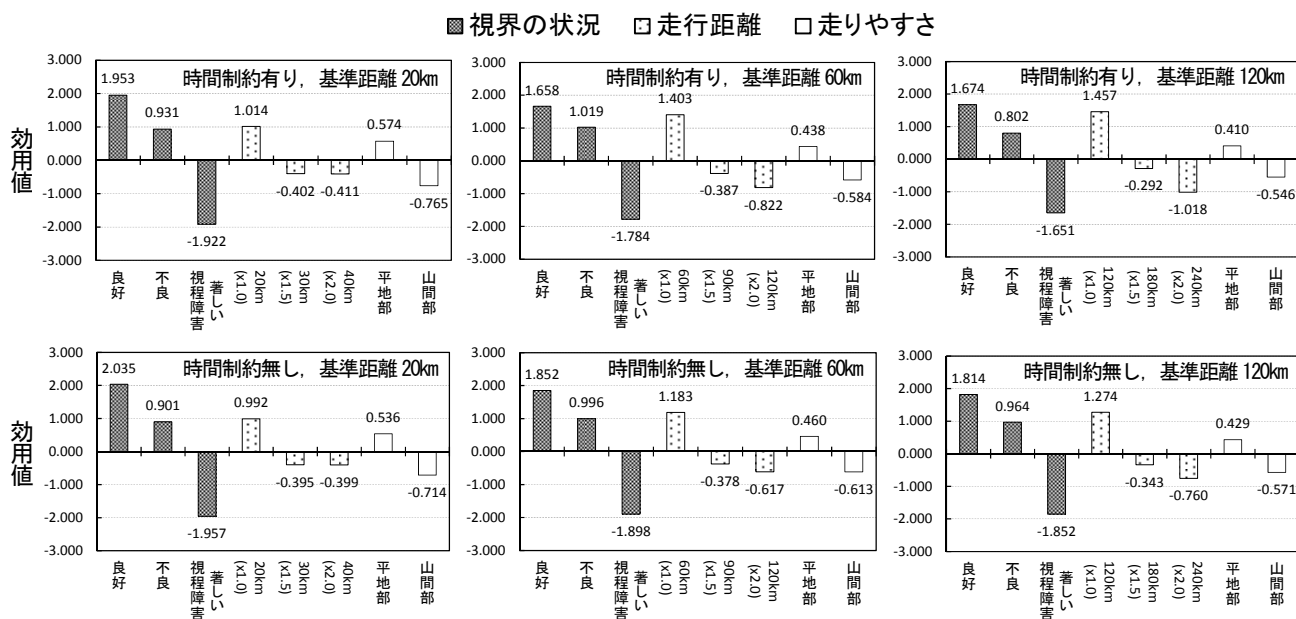


図-5 前提条件ごとの部分効用値.

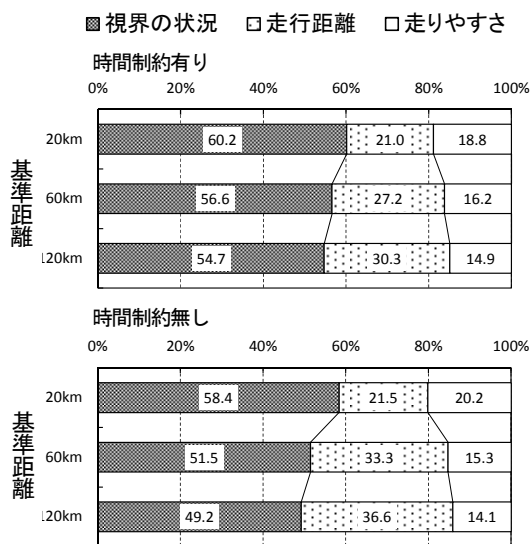


図-6 前提条件ごとの重要値.

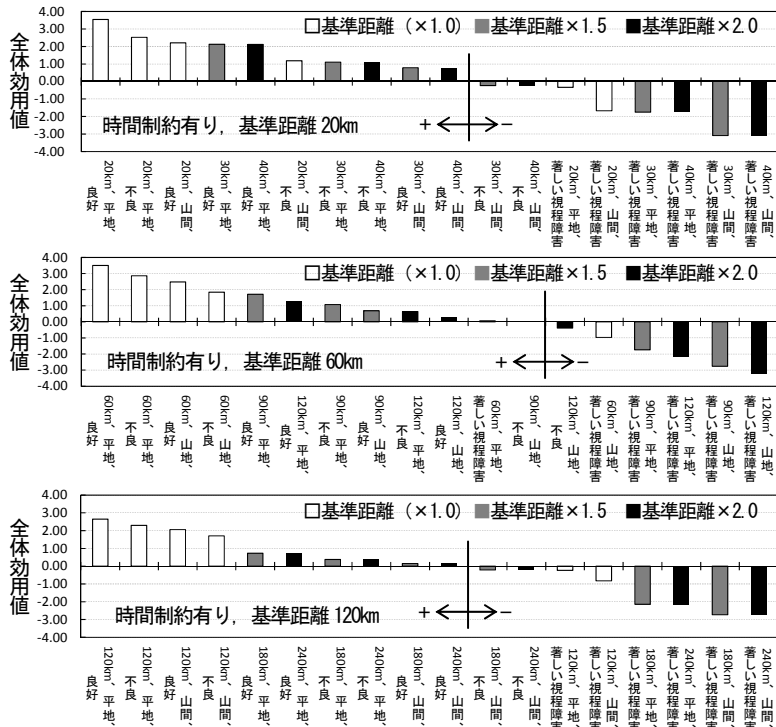


図-7 時間制約有, 基準距離ごとの全体効用値.

離でも「視界の状況」や「走りやすさ」の組み合わせにより、「走行距離」の基準距離（×1.0）よりも中間の水準（×1.5）や長い水準（×2.0）の全体効用値が高いプロファイルがある。つぎに、「視界の状況」の差異による道路利用者の走行距離増加の受容可能性について、基準距離ごとに考察した。基準距離 20km では、「視界の状況」が“不良”から“良好”かつ「走りやすさ」が“山間部”から“平地部”になる場合と、「視界の状況」が“著しい視程障害”から“良好”または“不良”になる場合に 20km（×2.0）の走行距離の増加を受容する可能性がある。基準距離 60km では、「視界の状況」が“著しい視程障害”から“良好”になる場合は、60km（×2.0）の走行距離増加が受容される可能性がある。ただし、“不良”から“良好”になる場合でも、30km（×1.5）以上の走行距離増加は受容されない。基準距離 120km では、「視界の状況」が“著しい視程障害”から“良好”になる場合は 120km（×2.0）の、“著しい視程障害”から“不良”になる場合は 60km（×1.5）の走行距離増加が受容される可能性がある。一方、「視界の状況」が“不良”から“良好”となる場合でも、90km（×1.5）以上の走行距離増加は受容されないものと考えられる。以上から、基準距離 120km 以内では、視界予測情報の提供により、道路利用者が事前により安全な走行ルートに運転行動を変更する可能性が伺えた。

(2) 道路利用者の運転経験による差異

ここでは、時間制約有りを対象に表-6 に示す項目に分類のうえ部分効用値と重要度を求め、「視界の状況」と

「走行距離」に着目し、道路利用者の運転経験による差異を考察した。

吹雪視程障害遭遇経験の有無による、基準距離ごとの部分効用値および重要度を図-8 に示す。経験有りの方が無しと比較し、部分効用値は「視界の状況」の“良好”が高く“著しい視程障害”が低い傾向にある。また、「視界の状況」の重要度は、どの基準距離においても経験有りの方が 3.9～7.7%高い割合を示した。このことは、視程障害の遭遇経験により、吹雪に対して慎重な姿勢をとっていることが考えられる。

自動車の運転頻度による、基準距離ごとの部分効用値および重要度を図-9 に示す。重要度は、共に全体の分析結果と同様の傾向を示している。対して、「視界の状況」“不良”の部分効用値は、どの基準距離においてもほぼ毎日の方が月数回以下より高くなっている。運転頻度の高い利用者は、自動車運転や“不良”程度の視界状況に対する慣れなどが認められる一方、運転頻度の低い利用者が“不良”の状況での運転に対し不安を感じているものと考えられる。

表-6 アンケート時の運転経験の差異による分類結果。Nはサンプル数を示す。

運転経験	分類結果		
	有り	無し	
a) 吹雪による視程障害遭遇経験	N=33	N=27	
b) 自動車の運転頻度	ほぼ毎日	週数回	月数回以下
	N=32	N=12	N=16
c) 長距離運転(100km以上)の頻度	月数回以上	年数回	ほぼ無し
	N=13	N=35	N=12

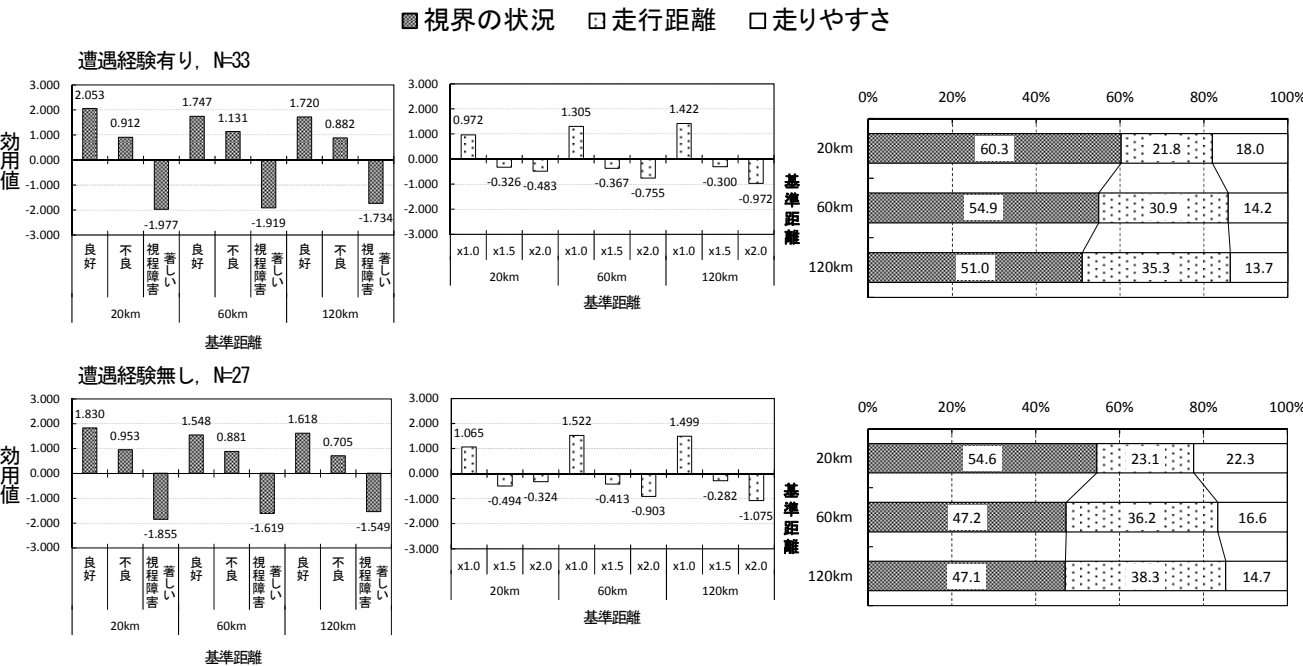


図-8 吹雪視程障害遭遇経験の有無による、基準距離ごとの部分効用値および重要度（時間制約有）。Nはサンプル数を示す。

長距離運転(100km 以上)の頻度による、基準距離ごとの部分効用値および重要度を図-10 に示す。長距離運転ほぼ無しでは、基準距離 20km よりも 60km の方が「視界の状況」の重要度が大きい。このことは、全体の分析結果および他運転経験別結果と異なっており、走行距離が増加しても視界の状況を重視する傾向となった。ただし、基準距離 120km では、60km と比較し「視界の状況」が 4.7%減少かつ「走行距離」が 6.3%増加し、距離の影響を考慮する結果となった。一方、月数回以上の結果では、基準距離 20km から 60km では「走行距離」の重要度が 15.2%増加しているのに対し、60km から

120km では 1.3%の増加にとどまった。長距離運転への慣れにより、距離に対する抵抗は 60km から 120km ではあまり変わらないことが伺える。また、基準距離 60km および 120km の部分効用値は、「走行距離」の×1.0 が最も高い値を示している。加えて、基準距離の増加に伴い「視界の状況」の“不良”の部分効用値が高くなった。このことは、視界の状況が“不良”または“良好”であれば、長距離運転にかかる労力を考慮し、長距離の迂回を避ける傾向を読み取ることができる。

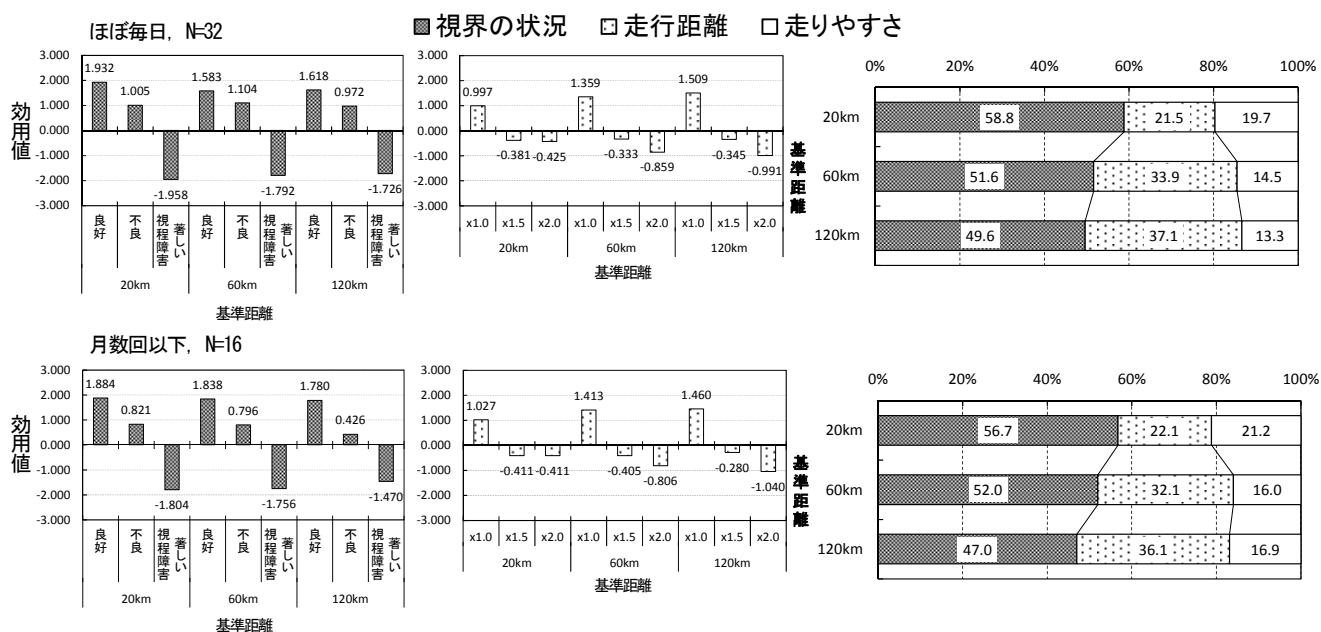


図-9 自動車の運転頻度による、基準距離ごとの部分効用値および重要度（時間制約有）。Nはサンプル数を示す。

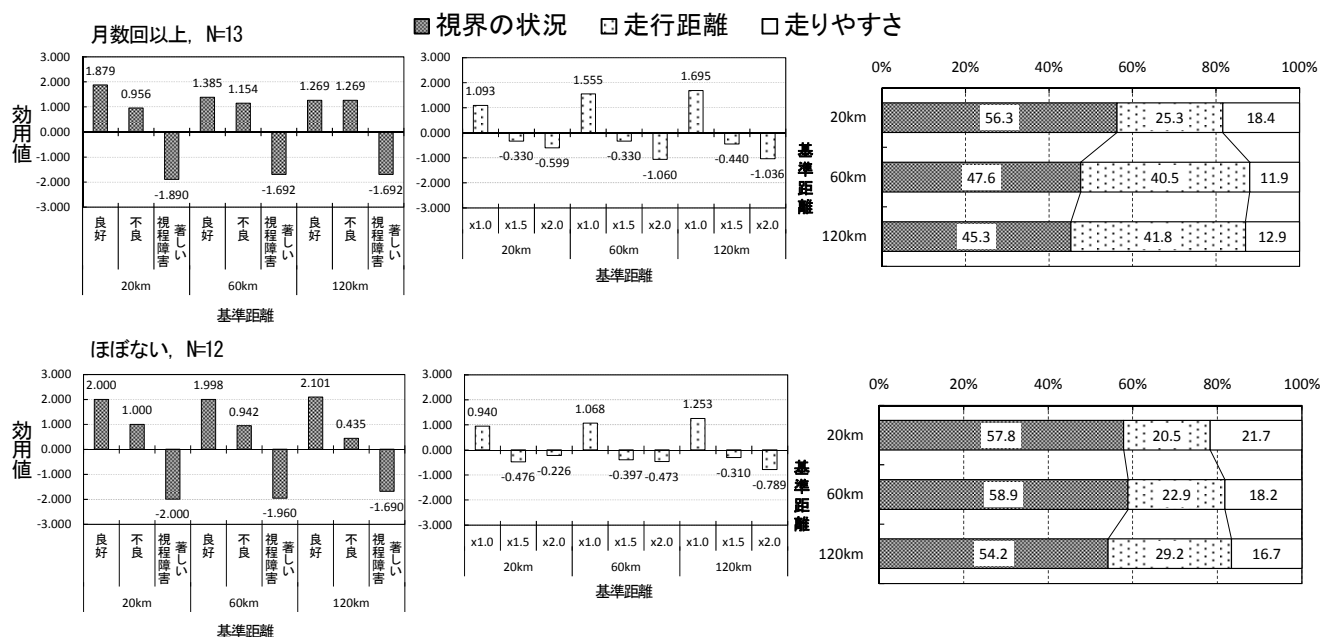


図-10 長距離運転(100km以上)の頻度による、基準距離ごとの部分効用値および重要度（時間制約有）。Nはサンプル数を示す。

4. まとめ

本研究では、冬期の吹雪視界情報の提供、および道路環境が道路利用者のルート選定に与えている影響について、コンジョイント分析を用いて属性別に評価した。その結果を以下に要約する。

- (1) 冬期道路走行のルート選定に際し、基準距離 120km 以内では、時間制約の有無によらず「視界の状況」を最も重視することが確認された。また、基準距離が長くなると「走行距離」を重視する傾向にある、その程度は、時間制約が有る場合の方が顕著であった。また、「走りやすさ」は、基準距離の増加に伴って重視しない傾向となった。
- (2) 時間制約が有る場合、基準距離 120km 以内では、「視界の状況」が“著しい視程障害”から“良好”となる場合は 2.0 倍，“著しい視程障害”から“不良”となる場合は 1.5~2.0 倍の走行距離の増加を受容する可能性がある。また、基準距離 20km では、「走りやすさ」が“山間部”から“平地部”に変更する場合に、「視界の状況」が“不良”から“良好”となれば、2.0 倍の走行距離の増加を受容する可能性がある。一方、基準距離 60km 以上では、「視界の状況」が“不良”から“良好”になる場合でも、「走りやすさ」によらず 1.5 倍以上の走行距離の増加を受容しない結果となった。
- (3) 道路利用者の運転経験や頻度に着目し傾向を把握した結果、吹雪視程障害遭遇経験が有る場合は、吹雪に対して慎重な姿勢をとっている傾向が見られた。自動車運転頻度の高い利用者は、自動車運転や“不良”程度の視界状況に対する慣れなどが認められる一方、運転頻度の低い利用者は“不良”の状況での運転に対し不安を感じる傾向にあった。また、長距離運転(100km 以上)が月数回以上の場合、視界の状況が“不良”または“良好”であれば、長距離運転にかかる労力を考慮し、長距離の迂回を避ける傾向が認められた。

冬期道路走行において「視界の状況」は、走行距離や走りやすさ、利用者の運転経験に差異があっても、ルート選定の主要な要素として寄与していることが把握された。また、基準距離 120km 以内では、吹雪の視界予測情報の提供により、道路利用者が事前により安全な走行ルートに運転行動を変更する可能性が伺えた。今後、本研究で得た結果をもとに、吹雪の視界情報提供を改良することで、吹雪時における道路利用者のより安全な行動を促し、吹雪災害のさらなるリスク軽減につなげていきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省北海道開発局：北海道地方の課題と道路における取組について， pp.9， 2010. www.hkd.mlit.go.jp/zigyoka/z_doro/shingikai/pdf/1_shiryo_2.pdf；2014 年 7 月 22 日閲覧。
- 2) 原田裕介：インターネットによる吹雪視界予測情報の提供について，ゆき，（社）雪センター，Vol.94, 2014.
- 3) 國分徹哉ほか：吹雪の視界情報の活用状況に関する調査，雪氷研究大会（2014・八戸）講演要旨集，（公社）日本雪氷学会・日本雪工学会，2014（印刷中）。
- 4) 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.
- 5) Green,P.E. and Wind,Y. : Multiattribute Decisions in Marketing: *A Measurement Approach*, Hinsdale, IL: The Dryden Press, 1973.
- 6) Tanabe, S., et al. : Monetary Evaluation of Various Snow Removal Attributes by Conjoint Analysis, *New Challenges for Winter Road Service. XIth International Winter Road Congress*, 2002.
- 7) Tokunaga, R., et al. : Conjoint Approach as Customer-Based Measurement for Winter Walkway Maintenance in the Snowiest City of Japan, *Sixth International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology*, pp.237-247, 2004.
- 8) 田口玄一：第3版実験計画法， pp.972-979，丸善株式会社，1977.

(2014.8.1 受付)

INFLUENCE OF WINTER ROAD ENVIRONMENT ON ROAD USER ROUTE SELECTION

Yusuke HARADA, Tetsuya KOKUBU, Hirotaka TAKECHI and Masaru Matsuzawa

The provision of information on visibility during snowstorms and on the road environment were assessed by conjoint analysis in terms of route selection by road users. The degree of influence was evaluated for each driving attribute. The analysis revealed that when drivers select a route on winter roads for travel distances of 120 km (the reference level), they place greatest importance on visibility conditions, whether or not they have time constraints. Drivers who were driving longer distances tended to place greater importance on minimizing the driving distance. Drivers reported a willingness to drive 2.0 times the refer-

ence level if it meant driving on a route with “good visibility” versus a route with “marginal visibility”. It was also found that road users who have experience in driving under conditions of snowstorm-induced marginal visibility tended to act cautiously when snowstorm was predicted, those who frequently drive tended to report being used to driving in poor visibility, and those who drive long distances more than a few times per month tended not to choose longer alternate routes with better visibility.