

冬期の路面状態と交差点の信号待ち時間を考慮した歩行者の経路選択行動分析*

Analysis on Pedestrian Route Choice Behavior considering Road Conditions in Winter and Delay at the Signal Intersection*

目黒邦夫**・萩原亨***・足達健夫****・ムラリーサラン・タンビア*****

By Kunio MEGURO**・Toru HAGIWARA***・Takeo ADACHI****・Muraleetharan Thambiah*****

1. 本研究の背景と目的

(1) 本研究の背景

夏期において、札幌都心部では、通勤・通学、買い物等で、自転車が頻繁に利用される。一方、冬期は積雪のため自転車の利用ができなくなり、人々が歩道を歩く機会が増える。

しかし、冬期の札幌では凍結路面による転倒事故など、多くの危険性があり、まだまだ歩道環境の整備が不十分である。

歩行者に満足され、安全に歩行できるような歩道空間を整備するためには、歩行者の経路選択行動を的確に把握し、整備計画に反映させる必要がある。このような経路選択についての研究は、夏期の状況におけるものが多く、塚口ら¹⁾、吉永ら²⁾などの研究がある。しかし、冬期の路面状況が歩行者の経路選択に与える影響を検討したものは少ない。

(2) 本研究の目的

本研究では、冬期、積雪のない状態（以下「積雪なし」）と積雪のある状態（以下「積雪あり」）における調査結果を比べ、冬期における歩行者の経路選択行動特性の把握を目的とする。

積雪ありでは、路面状態が大きく変化する。ま

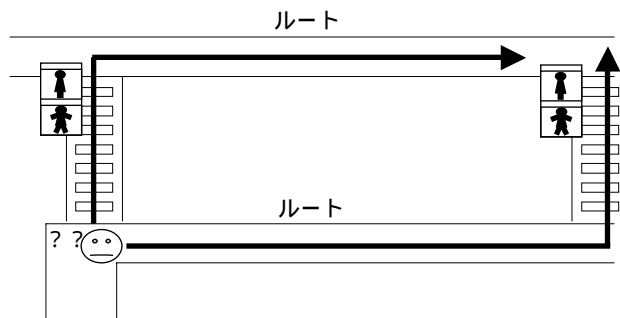


図 - 1 調査対象交差点の概要

た、一般に、歩行者は最短経路を選択する傾向があることが知られている。しかし、札幌は格子状の街路網を基調としているため、どの経路を選択しても、最短距離が同じである場合が多い。そのため、以下の仮説が考えられる。

）「積雪ありでは、路面状態が経路選択行動の影響を与える」

）「信号が経路選択行動に影響を与える」

上記の仮説を実証するため、まず行動調査で歩行者の経路選択行動を確認する。しかし、行動調査では様々な条件を再現することが難しい。そこで、意識調査を用いて、一般的で、多様な条件における歩行者の経路選択行動を調査する。

2. 行動調査による経路選択特性

(1) 行動調査の概要

行動調査は、図 - 1 のような交差点で行った。山田の調査³⁾を参考に、交差点の全域がカバーされるようビデオカメラをセットし、ルート とルート を移動する歩行者について、路面状態が異なる場合、どのように選択行動に変化が起こるかを調査した。

調査場所は、札幌市内北海道大学近郊、調査日

*キーワード：経路選択行動、ロジックモデル、歩行者、雪氷路面

**学生員、東京大学工学研究科社会基盤工学（東京都文京区本郷 7-3-1、TEL03-5841-6083、FAX03-5841-6085）

正員、工博、**学生員、工修・北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻（札幌市北区北 13 条西 8 丁目 TEL・FAX011-706-6214）

****正員、工博、専修大学北海道短期大学（北海道美唄市字美唄 1610-1 TEL01266-3-0245、FAX01266-3-3097）

時は、2003年11月(積雪なし)と2004年1月(積雪あり)の平日午前8:30-午前9:00である。対象者は、通勤・通学者とし、サンプル数は176人と317人であった。ビデオ記録からは、歩行者の経路選択結果だけではなく、交差点への到着時刻と信号の青開始時刻も読み取った。

また、積雪ありの調査時は、ルートはロードヒーティング整備がされていなく、つるつる路面上に積雪がわずかにある状態であり、ルートは一部ロードヒーティング整備がされていて、整備されていない部分も歩きやすいように除雪されている状態であった。

(2) 歩行者の選択割合

表-1は、観測した冬期の歩行者数を信号表示別に数えたものである。歩行者は、信号が青の場合、積雪の有無に関わらず、ルートを選択する確率が非常に高かった。一方、信号が赤の場合、ルートを選択する割合は非常に減少し、積雪ありでは9%低かった。また、図-2は、待ち時間0秒(青信号)から、15秒ごとにルートを選択した人の割合を示したものである。これから、待ち時間T=15秒以上になると、ルートの選択確率が非常に低くなることもわかる。

(3) 行動調査によるロジットモデルの構築

歩行者の経路選択行動を定量的に把握するために、以下のようなロジットモデルを構築した。

$$P = \frac{1}{1 + e^{-\Delta U}}$$

$$\Delta U = \alpha + \beta T + \theta S$$

ここでは、 α 、 β 、 θ をパラメータ、Pをルートを選択する確率、Tを待ち時間(秒)、Sを信号表示のダミー変数(赤信号なら1、青信号なら0)、Uをルートを選択する効用と選択しない効用との差とする。待ち時間とは、その歩行者の経路選択行動に関わらず、交差点に到着した時から信号が次に青になるまでの時間である。信号が青の時は0秒とした。最尤推定法により得られたパラメータ値は、表-2のようになった。これにより求められた、青信号時の推定値を表-3に、赤信号時の推定値を図-3のようなグラフに示した。

表-1 選択行動割合(行動調査)

	青信号でルートを選択	赤信号でルートを選択
積雪なし	99% (=72人/73人)	21% (=21人/102人)
積雪あり	98% (=151人/154人)	12% (=20人/163人)

ルートを選択する確率(%)

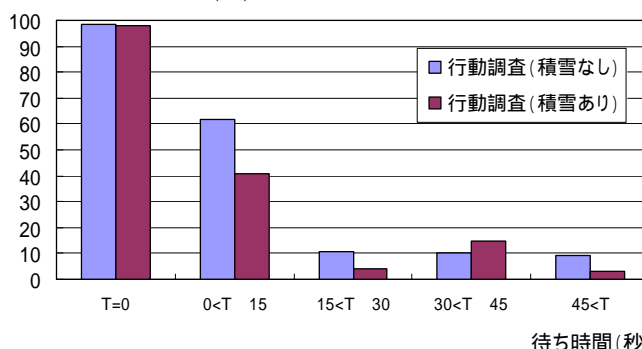


図-2 待ち時間別ルートの選択確率(行動調査)

表-2 パラメータ値(行動調査)

	パラメータ	t値	的中率	尤度比
(積雪なし)	4.27667	4.25	0.93	0.62
(積雪なし)	-0.06638	-4.01		
(積雪なし)	-3.77062	-3.40	0.93	0.70
(積雪あり)	3.91867	6.72		
(積雪あり)	-0.05982	-4.05		
(積雪あり)	-4.08542	-5.65		

表-3 青信号時のルートの選択確率(行動調査)

	行動調査(積雪なし)	行動調査(積雪あり)
ルートの選択確率(%)	99	98

ルートの選択確率(%)

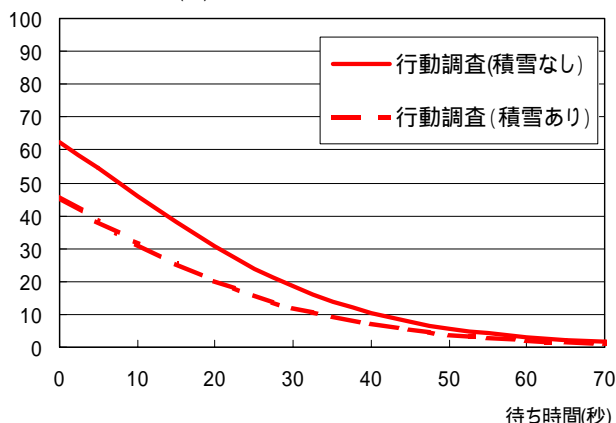


図-3 赤信号時のルートの選択確率(行動調査)

表-3より、信号が青の場合、積雪の有無に関わらず、ルートの選択確率は非常に高くなっている。一方、図-3より、信号が赤の場合、路面状態に関わらず、待ち時間が長くなるごとに、ルートの選択確率は減少している。また、積雪ありでは、積雪なしに比べルートの選択する確率がわ

ずかに低くなっている。

つまり、青信号は、歩行者にルート 1 を選択する要因に影響を与え、赤信号は、ルート 2 を選択する要因に影響を与えていることがわかる。また、赤信号で、積雪ありでは、信号で待つより、一部ロードヒーティングされたルート 1 を選択する確率がわずかに高くなったことから、路面状態も歩行者の経路選択影響を与えていることがわかる。ちなみに、両日の観測時の気温が約-1 と-3 だったことから、寒さによる信号待ちの不快感にそれほど差はないものと考えられる。

以上より、仮説 (1) は、実証されたと考える。

3. 意識調査による経路選択特性

(1) 意識調査の概要

意識調査では、アンケートで提示した架空の状況における経路選択行動の回答により、多様な路面状態の差による経路選択行動を評価した。

調査場所は、ビデオ撮影をした付近で、調査日時は、2004年1月である。対象者は同じく通勤・通学者とするため通勤時間の午前8:30ごろ配布し、サンプル数は127人であった。アンケートでは、路面状況の組み合わせと、信号の状態によってルート 1 とルート 2 のどちらを選ぶかを質問した。また、赤信号の状態は、待ち時間を15秒と60秒の2種類に設定した。

(2) 路面状態の組み合わせ

路面状態を表-4のような3つの凍結路面の状態とした。また、これを組み合わせ、表-5のような全部で7パターンの組み合わせを設定した。

(3) 意識調査によるロジットモデルの構築

以上のデータを定量的に把握するため、行動調査と同様にロジットモデルを構築した。また、データから各路面状態の組み合わせの効用値を読み取るため、効用関数を次式のように設定した。

$$P = \frac{1}{1 + e^{-\Delta U}}$$

$$\Delta U = \alpha + \beta T + \theta S + \sum_{i=1}^6 \gamma_i A_i$$

表-4 路面状態の3状態

状態	内容
「つるつる」	凍っていてとても滑りやすい(砂はない)
「一部溶けてる」	1区画の約半分がロードヒーティングされている
「滑らない」	1区画が完全にロードヒーティングされている

表-5 組み合わせ7パターン

路面状態が同じ場合	積雪のない時のデータ		
ルート 1 のほうがすべりやすい場合	A ₁	A ₂	A ₃
ルート 1	「つるつる」	「一部溶けてる」	「つるつる」
ルート 2	「滑らない」	「滑らない」	「一部溶けてる」
ルート 2 のほうがすべりにくい場合	A ₄	A ₅	A ₆
ルート 1	「滑らない」	「滑らない」	「一部溶けてる」
ルート 2	「つるつる」	「一部溶けてる」	「つるつる」

ここでは、 α 、 β 、 θ 、 γ_i をパラメータ、P をルート 1 を選択する確率、T を待ち時間(秒)、S を信号表示のダミー変数(赤信号を1、青信号を0)、A を路面状態の組み合わせを示すダミー変数とした。A₁~A₆ はそれぞれのパターンのダミー変数であり、それぞれの状態を示す時を1、それ以外の時を0とした。また、路面状態が同じ場合は、積雪のない状態と同じと考え、A_i=0(i=1~6)でこのパターンを表した。以上より、表-6のようなパラメータ値を求めることができた。また、このパラメータにより求められた推定値を表-7、図-4、図-5に示す。表-7は青信号、図-4、図-5は赤信号の時の推定値グラフである。

a) ルート 1 が滑りにくい路面状態の場合

表-7より、青信号のとき、ルート 1 を選択する確率は約100%である。また、図-4より、赤信号のときでも、滑りにくいルート 1 を、信号で待って、選択する確率が、積雪なしに比べ非常に大きくなっている。

b) ルート 2 が滑りやすい路面状態の場合

表-7より、青信号のときでさえ、ルート 1 を選択する確率は50%未満である。また、図-5より、赤信号ときは、滑りやすいルート 2 を、選択する確率が、積雪なしに比べ非常に小さくなっている。

4. 結果と考察

行動調査では、信号が経路選択に影響していることがわかった。また、積雪ありで、信号が赤の場合、ロードヒーティング整備された歩道を選択する確率がわずかに高くなった。

一方、意識調査では、様々な路面状態の組み合わせについての影響力を明らかにしたところ、信号に関わらず、ロードヒーティング整備された歩道を選択する確率が非常に高くなった。

積雪時の行動調査では、路面状況の違いにより、歩行者の経路選択行動は、わずかしが変化しなかったが、意識調査では、非常に大きく変化した。つまり、行動調査では、歩行者は不完全な情報下で経路選択行動をしたのだが、意識調査では、完全な情報下で、経路選択行動を求めたため、このような差が生まれたと考えられる。

5. 本件研究の成果と今後の課題

行動調査と意識調査から、本研究の成果として以下の2点が挙げられる。

1) 冬期の歩道の路面状態が歩行者の経路選択行動に影響を与えている。特に、意識調査でこの影響が多くなった。

2) 信号が歩行者の経路選択行動に影響を与えている。観測データにおいて信号の影響が大きく現われた。

これらの成果をふまえ、今後、通行者の属性による影響、通行者の経験、天候や夜間の影響などを検討する必要がある。また、歩行者への路面状態情報提供などを検討して行きたい。

参考文献

- 1) 塚口ら：歩行者の経路選択行動分析、土木学会論文集、709巻、56号、pp.117-126、2002。
- 2) 吉永ら：路上条件を考慮した歩行者の経路選択モデルに関する研究、土木計画学研究・論文集、Vol.18, pp.463-469, 2001。
- 3) 山田稔：横断歩道歩行時の危険感評価に関する研究、土木計画学研究・論文集、Vol.26, No16, 2002

表 - 6 パラメータ値 (意識調査)

パラメータ	3.235	-0.054	-2.066
t値	7.095	-14.600	-4.209
	「つるつる」 「滑らない」 (1)	「一部溶けてる」 「滑らない」 (2)	「つるつる」 「一部溶けてる」 (3)
パラメータ	-4.502	-3.356	-3.827
t値	-8.967	-6.875	-7.797
	「滑らない」 「つるつる」 (4)	「滑らない」 「一部溶けてる」 (5)	「一部溶けてる」 「つるつる」 (6)
パラメータ	2.347	1.173	1.808
t値	10.037	5.449	8.078
	的中率	尤度比	
	0.741	0.266	

表 - 7 青信号時のルート の選択確率(意識調査)

<路面状態>	路面状態が 同じ場合	
選択確率(%)	96	
「つるつる」 「滑らない」 (A1)	「一部溶けてる」 「滑らない」 (A2)	「つるつる」 「一部溶けてる」 (A3)
22	47	36
「滑らない」 「つるつる」 (A4)	「滑らない」 「一部溶けてる」 (A5)	「一部溶けてる」 「つるつる」 (A6)
100	99	99

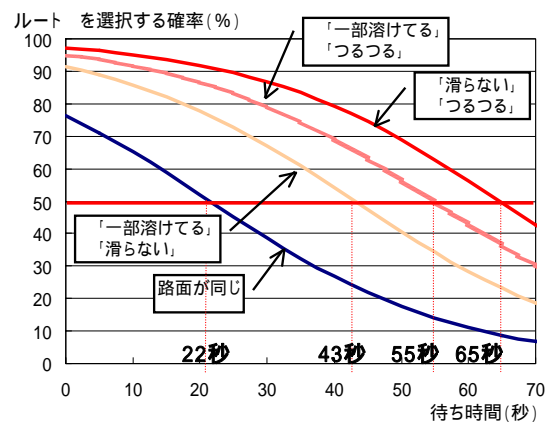


図 - 4 ルート が滑りにくい路面時の選択確率

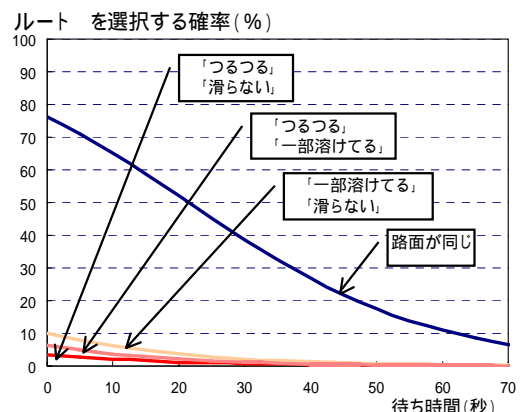


図 - 5 ルート が滑りやすい路面時の選択確率