積雪時における市街地交差点のドライバーの安全走行に関する研究 A Study on Safety Driving at Intersections of City Area in the Snowy Condition

三村 泰 広^{*1}・川 本 義 海^{*2}
Yasuhiro Mimura Yoshimi Kawamoto
本 多 義 明^{*3}
Yoshiaki Honda

ABSTRACT

The purpose of this study is offering fundamental datum to keep safety of the intersections of city area in the snowy condition. Firstly, characteristic trends of the traffic accidents in the intersections are grasped. Secondly, consciousnesses of the driver who use the intersection are discussed by the questionnaire survey. Thirdly, characteristic behaviors are picked out by relationship between the characteristic trends of the traffic accidents and the consciousness of the driver and are tested by observing actual traffic conditions on the intersections.

Keywords : traffic accidents, questionnaire survey, intersection, snowy condition

1. はじめに

積雪地域である福井県における平成8年から平成13年の交通事故発生状況は、積雪期（12～3月）では、1ヶ月平均2,044件で、積雪期以外（4～11月）の1,560件の約1.3倍となっている¹⁾。また平成13年においては、交差点の交通事故のうち、約50%が社会、生活活動の中心である市街地²⁾で発生している。従来、福井地域では雪に強い交通環境を目指し、市街地を中心に積雪時においても雪の無い状態に近い道路交通の円滑性を確保する対策が目標とされてきた。消雪装置をはじめとする除雪・融雪技術は年々向上しており、市街地においては、豪雪に見舞われない限り、道路交通の円滑性を大きく阻害することは次第に少なくなっている。しかし市街地の交差点における交通事故は依然として多く、積雪期の交通事故の発生を低減させるような、安全性の向上に視点を置いた整備の必要性は高い。そのため実際に市街地の交差点を走行するドライバーの意識や運転挙動の解析等を通じて、より安全な交差点環境整備の基礎的情報を作成することが重要である。

ここでドライバー側の安全性向上を目的とした近年の研究をみると、ミクロな交通挙動に着目したもの³⁾、

図1 研究フロー

の²⁾³⁾、ドライバーの危険意識に着目したもの⁴⁾⁵⁾、交差点毎に異なる特徴に着目したもの⁶⁾⁷⁾が挙げられる。これらを具体的にみると、高鳴ら²⁾は、交通事故多発交差点の特性を分析することで、交差点流入部のブレーキ回数などの走行指標と、走行速度や車頭間隔などの走行特性から潜在的危険性を抽出し、交差点交通事故が運転挙動の変動や、走行速度と車頭間隔の關係に誘発されることを示している。西村ら⁴⁾はドライバー間の危険認識の不一致が交通事故の発生要因であるという仮説を立て、交通条件や道

*1 福井大学大学院工学研究科システム設計工学専攻 修士(工)

*2 福井大学大学院工学研究科原子力エネルギー安全工学専攻 助教授 博士(工)

*3 福井大学副学長 工博

[本稿受理: 2004年12月9日, 修正原稿受理: 2005年5月16日, 討論期限: 2006年9月30日]

路条件のみを考慮したモデル、また危険地点指摘率を加えたモデル、更にその理由の指摘率を加えたモデルで検証している。小谷ら⁶⁾は交差点での類型別事故率を、交通量などの交通条件、車線構成などの構造条件など比較的入手可能なデータを説明要因としたニューラルネットワークモデルを構築することで推計し、複数の交通安全対策を行った場合の相乗効果や類型間の交通事故削減効果を示している。いずれの研究も交差点の安全性向上に寄与する有用な成果である。

また、積雪期の交通環境の安全性向上に関する研究事例について、堀井ら⁸⁾は、入手困難な事故データを比較的収集が容易である新聞報道に基づき整理し、スリップ事故に関して、路面状態の悪化に伴い重大事故が多く発生することを示している。しかし、積雪期の道路交通においてドライバーの安全走行に着目し、かつ交通事故が多発する市街地の交差点を対象にした研究は少ない。

よって本研究では、積雪時の市街地交差点における交通事故の傾向と、ドライバーの走行時の安全意識を把握し、交通流観測によるデータでその原因となる行動を確認し、積雪時における市街地の交差点の安全性を高めるための基礎的資料を提供する。

本研究の構成は以下の通りである。2.では市街地の交差点の交通事故発生実態について「積雪期（積雪日）」、「積雪期（積雪日を除く）」、「積雪期以外」¹⁰⁾の3分類で発生状況と分布状況を捉え、特徴的な交差点を抽出し、交通事故の詳細な特徴を把握する。3.では2.で抽出した対象交差点を走行するドライバーの意識を問題項目、問題箇所から把握する。4.では2.及び3.で把握した結果を元にその原因となる特徴的な問題行動を抽出する。5.ではその行動を、ビデオカメラを用いた交通流観測データから把握し、積雪時の市街地交差点における安全性向上に結びつく知見をまとめる。

2. 市街地の交差点交通事故の発生実態

2-1. 調査概要

調査概要を表1に示す。本研究で対象とするのは、福井市の市街地に所在する65箇所の信号交差点において、1997年から2003年に発生した7年間の人身事

故である。なお、人身事故を対象としたのは、比較的正確な交通事故の記録が残っているためである。調査項目は、交通事故の発生日、交通事故の類型、交通事故の当事者である。

2-2. 交差点交通事故の特徴

(1) 交差点交通事故の発生状況

表2は対象とした65交差点における1日当たりの交通事故発生件数を示したものである。最小有意差法による平均値の差の検定では積雪期（積雪日）と積雪期（積雪日を除く）に有意差があった。

積雪期（積雪日を除く）、積雪期以外、積雪期（積雪日）の順に発生件数が多い。しかし積雪期（積雪日）では近年（2002年、2003年）発生件数が多くなっており、積雪期（積雪日）の対策の必要性を示しているといえる。

(2) 交差点交通事故の分布状況

図2は対象範囲における7年間の交差点交通事故の発生分布状況である。交通量の多い一般国道や主要地方道での交通事故発生件数が多い。なかでも一

表1 調査概要

対象及び期間	1997～2003年の7年間に発生した人身事故
対象範囲	福井市市街地
対象交差点	信号交差点
対象交差点数	65箇所
調査項目	1.交通事故の発生日 2.交通事故の類型 (追突、車両相互、正面衝突、出合頭、右左折時、歩行者横断時、その他) 3.交通事故の当事者 (車両対車両、車両対人、車両対自転車、車両対自動二輪車、車両対原動機付自転車、車両単独、その他)

※福井警察署より提供

表2 年度別1日当たりの交通事故発生件数

時期 年	積雪期 (積雪日)	積雪期(積 雪日を除く)	積雪期以外
1997年	0.40	0.62	0.50
1998年	0.33	0.55	0.50
1999年	0.40	0.62	0.48
2000年	0.42	0.58	0.53
2001年	0.44	0.59	0.59
2002年	0.67	0.48	0.46
2003年	0.58	0.45	0.46
平均	0.46	0.56	0.50
標準偏差	0.12	0.07	0.05

※単位：件/日 ※最小有意差法による平均値の差の検定 積雪期（積雪日）：積雪期（積雪日を除く）5%有意

図2 交差点交通事故の分布状況

表3 時期別交差点交通事故のエントロピー

時期	事故件数	エントロピー
積雪期(積雪日)	142	5.15
積雪期(積雪日を除く)	284	5.66
積雪期以外	818	5.75

※ $H_{\max} = 6.02$

平日 24H 自動車交通量¹⁰⁾：東西17,406台，南北27,088台
 平日 12H 歩行者交通量¹¹⁾：東側横断歩道2,695人，西側横断歩道1,383人，南側横断歩道2,907人

図3 対象交差点

般国道が交差する新保交差点では、63件の交通事故が発生しており、その24時間交通量も7万台以上と非常に多い。また福井駅付近の中心部に位置する大名町交差点は79件と多いが、その24時間交通量は約4万5千台程度である。このように大名町交差点における事故率（交通量当たりの交通事故件数）の高さが顕著である。

次に、交差点交通事故の発生分布を定量的に把握するため、環境計画分野で土地利用パターンの秩序性、無秩序性を相対的にあらわす指標としても利用されている⁹⁾エントロピー理論^{注3)}を用いる。

エントロピーの計算には以下の式を用いる。

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

ここで、 H は交差点交通事故のエントロピー、 n は対象交差点数（ $n=65$ ）、 p_i は i 番目の交差点での交通事故発生確率^{注4)}である。

エントロピー H はすべての事象が等確率で発生する場合に最大（ $H_{\max} = \log_2 n$ ）となり、ある一点で全事象が発生するとき最小（ $H=0$ ）となる。すなわち、発生確率の偏りが大きいほどエントロピーは小さくなる。従って、ここでは交通事故発生分布のばらつきを定量的に示す指標となる。

結果を表3に示す。積雪期（積雪日）のエントロピーが5.15と低い値を示している。サンプルサイズが各時期で異なるため、解釈に注意が必要ではあるが、積雪期（積雪日）に特定の交差点に交通事故が若干集中する傾向が見て取れる。

このように積雪期（積雪日）においては、1日当たりの交通事故件数が低下するものの、事故の分布はやや集中する状況にある。また表2に示したように、近年は積雪期（積雪日）における1日当たり交通事故件数の上昇が見られる。そこで以下では最も交通事故が多発している中心部に位置する大名町交差点を対象としてより詳しい分析を進める。

2-3. 対象交差点における交通事故の特徴

(1) 対象交差点の概要

対象交差点の形状、自動車・歩行者交通量を図3に示す。対象交差点は5差路交差点で、東西南北方向の流入出部は片側3車線、南東にある流入出部は片側1車線である。また、交差点の南北方向および南東流入出部には路面電車の軌道が敷設されている。信号現示は、路面電車の交差点進入時に南北方向の各現示のスプリットが長くなるが、積雪期、積雪期

以外で変化はない。さらに、福井県が定める道路雪対策基本計画¹²⁾において最重点除雪路線に設定されており、降積雪時には除雪車に加え、融雪剤の散布、消雪装置が稼働する。先に述べたとおり自動車交通量は24時間で4万台を超え、歩行者交通量も12時間で7千人近くなる。

(2) 交通事故の特徴

図4は対象交差点における7年間の交通事故類型を示している。 χ^2 独立性検定を行ったところ、サンプルサイズが小さい影響もあり、明確な有意差は見られなかったが、積雪期（積雪日）の状況に着目すると、追突と歩行者横断時の交通事故の割合が高くなっている。

次に対象交差点の交通事故当事者の傾向を図5に示す。こちらも χ^2 独立性検定で有意差はみられなかった。すべての時期で車両×車両の交通事故が多く、積雪期（積雪日）に車両×人の交差点交通事故が若干増加している。

次に交差点直近部における具体的な交差点交通事故の発生箇所とその割合を示す。なお積雪期（積雪日）はサンプルサイズが小さいため、積雪期（積雪日を除く）に含めて図示し、発生件数を記載している。積雪期、積雪期以外とも交差点北東部及び南東部の隅切り部で交通事故の発生割合が高く、危険性の高い箇所であることがわかる。また、積雪期において、交差点北西部の隅切り部での発生割合が顕著であり、その事故類型は追突事故が3件中2件（うち1件は積雪期（積雪日））を占めている。そして、積雪期（積雪日）では、交差点南東部の隅切り部で

※()内の数値は事故件数 ※事故件数は1997～2003年の合計
※車両相互、正面衝突、その他の交通事故類型については、事故件数が少ないため除外している

図4 対象交差点の交通事故類型

※()内の数値は事故件数 ※事故件数は1997～2003年の合計
※車両×自動二輪、車両×原付、車両単独、その他の交通事故当事者については、事故件数が少ないため除外している

図5 対象交差点の交通事故当事者分類

の発生件数が多く、4件中2件が歩行者横断時の事故であった。

3. 交差点走行時のドライバーの意識

3-1. 調査概要

前章で雪による交差点環境の影響と事故との関係を見てきたが、同時にドライバーの意識も重要な要素である。そこで交差点走行時の意識を探るため、対象交差点（大名町交差点）を利用するドライバーにアンケート調査を行った。詳細を表4に示す。調査票は対象交差点付近に立地する駐車場を付置している市役所等の公共施設を利用された方、有料駐車

積雪期

積雪期以外

図6 交通事故の発生箇所

場を利用された方、対象交差点付近に住む住民の方といった、対象交差点の走行が想定される方を対象に手渡し・留置にて配布し、郵送で回収した。調査票は、表4に示すように対象交差点走行時の問題項目を中心に主に6つの質問内容から構成される。

回答者の個人属性を表5に示す。性別では男性が多く、年齢階層別では20歳代以下の割合が多い。また一日の平均運転距離は長中短距離のドライバーが同程度集まっている。

対象交差点の目的別利用頻度を図7に示す。「通勤・通学」をみると、「ほぼ毎日利用する」の割合が約3割を占め、他の目的と比べ対象交差点の利用頻度の多さが見て取れる。また「業務」においても、割合は下がるが「通勤・通学」と同様に「ほぼ毎日利用する」の割合が高い。「買い物・娯楽」においては「たまに利用する」の割合が高く、「あまり利用しない」の割合が低いことから、頻繁ではないにしろ、「買い物・娯楽」目的での利用があることがわかる。なお「通院」目的に関しては、他の目的に比べ「あまり利用しない」の割合が極端に高く、利用頻度の少なさが目立つ。

3-2. 対象交差点における問題項目

対象交差点における問題項目についてドライバーの意識からその傾向を把握する。表6は対象交差点において想定される問題項目をまとめたものである。この全13項目について、調査対象者に積雪期以外におけるその問題の程度を「常にそう思う」から「全くそう思わない」の4段階で回答してもらった。また、積雪期（積雪日）にその問題がどう変化するか「悪化する」から「好転する」の3段階で回答してもらった。

ここで挙げた13項目は、筆者らの既往研究¹³⁾にて提示した分類に従い、道路の構造的な欠陥による「道路構造」、交通規制等の不備による「交通規制」、マナーの悪さや単純ミスによる「交通マナー」に分類した。

(1) 問題の程度と積雪期（積雪日）における変化

図8は積雪期以外での問題の程度を上述の3分類別にまとめたものである。これをみると「交通規制」、

表4 調査概要

調査時期:2003年1月20日～26日
調査方法:配布:手渡し・留置 回収:郵送
対象交差点:福井市大町交差点
対象者:対象交差点を走行される方、及び走行が想定される方
有効回答数 105票(400票配布)
回収率 26%
質問内容

- 1.個人属性
- 2.対象交差点の目的別利用頻度
- 3.対象交差点の問題項目(積雪期(積雪日)・積雪期以外)
- 4.対象交差点の問題箇所
- 5.運転者から見た対象交差点の改善案
- 6.フリーアンサー

表5 個人属性

項目	カテゴリ	人数	割合(%)
性別	男性	62	59
	女性	43	41
年齢	20歳代以下	38	36
	30歳代	16	15
	40歳代	17	16
	50歳代	16	15
	60歳代以上	18	17
一日の平均運転距離	5km未満	26	25
	5～10km	23	22
	10～20km	24	23
	20～50km	24	23
	50km以上	8	8

※()内の数値は回答者数、Kruskal-wallisの順位検定 1%有意

図7 対象交差点の目的別利用頻度

表6 対象交差点における問題項目の概要

区分	番号	問題項目
道路構造 ○	1	横断歩道の位置がわかりにくい
	2	路面が滑る
	3	路面電車の線路の段差が気になる
	4	視界が悪い
交通規制 ◆	5	路面表示がわかりにくい
	6	右折中に信号が赤になる
	7	歩行者が多く右左折に時間がかかる
	8	いつも渋滞する
	9	赤信号が長い
交通マナー △	10	赤信号になっても右折する車がいる
	11	赤信号でも横断する歩行者がいる
	12	対向する直進車が早く危険
	13	路上駐車が多い

「交通マナー」、「道路構造」の順に問題の程度が大きいことがわかる。

ところが、図9に示す積雪期（積雪日）における問題程度の変化をみると、図8で比較的問題の程度が小さかった「道路構造」の問題の程度が最も悪化する傾向にある。

従って、積雪期（積雪日）における「道路構造」に関連した問題に着目し、その原因について具体的に検討する必要があるといえる。

(2) 問題項目の積雪期（積雪日）における変化

ここでは表6に示した13項目が、積雪期（積雪日）においてどのように悪化するかについて、さらに詳しく見ていく。

結果を図10に示す。これをみると、2（路面が滑る）や1（横断歩道の位置がわかりにくい）といった「道路構造」の路面状態に係る項目は、積雪期以外では問題視されていないが、積雪期（積雪日）に顕在化する問題である。なお、「道路構造」は、4（視界が悪い）が若干低い点を除けば、積雪期（積雪日）に特に悪化する項目が多い。

次に「交通規制」に関する8（いつも渋滞する）と6（右左折中に信号が赤になる）、「道路構造」に関する3（線路の段差が気になる）、「交通マナー」に関する10（赤信号でも右折する車がいる）の4項目は、積雪期以外で問題意識が高く、積雪期（積雪日）にさらに悪化するものとして挙がっている。

また、「交通マナー」に関する11（赤信号でも横断する歩行者がいる）や12（対向する直進車が早く危険）、「交通規制」に関する9（赤信号が長い）といった問題は積雪期以外で問題意識が低く、積雪期（積雪日）でも特に悪化しないなど、あまり問題視されていないことがわかる。

(3) 問題の指摘箇所

各問題項目の指摘箇所について、積雪期以外での問題の程度を「常にそう思う」または「時々そう思う」と回答した場合、加えて積雪期（積雪日）の悪化の状況を「悪化する」と回答した場合、対象交差点内におけるその具体的箇所を指摘してもらった。

指摘箇所の分布状況について定量的に把握するた

※()内の数値は指摘数、Kruskal-wallisの順位検定 1%有意

図8 積雪期以外での問題の程度

※()内の数値は指摘数、Kruskal-wallisの順位検定 1%有意

図9 積雪期（積雪日）における問題程度の変化

[凡例]1.横断歩道の位置がわかりにくい、2.路面が滑る、3.路面電車の線路の段差が気になる、4.視界が悪い、5.路面表示がわかりにくい、6.右折中に信号が赤になる、7.歩行者が多く右左折に時間がかかる、8.いつも渋滞する、9.赤信号が長い、10.赤信号になっても右折する車がいる、11.赤信号でも横断する歩行者がいる、12.対向する直進車が早く危険、13.路上駐車が多い

図10 問題項目と雪による変化の関係^{注5)}

め、再び前述したエントロピー理論を用いる。ただし、 H は対象交差点で指摘された問題のエントロピー、 n は指摘箇所数（ $n=39$ ）、 p_i は i 番目の地点の指摘確率^{注5)} がある。

表7にその結果を示す。「道路構造」のエントロピーは積雪期以外の問題で3.47、積雪期（積雪日）での悪化で3.37と、「交通規制」や「交通マナー」のエントロピーと比べ約0.8程度低い。すなわち「道路構造」は積雪期以外、積雪期（積雪日）とも、問題箇所が集中している。

ここで、特に積雪期（積雪日）において具体的などの箇所に問題が集中しているのかを把握するため、図11に積雪期（積雪日）に悪化する「道路構造」の問題項目の指摘分布を示す。これを見るとエントロピーの低い「道路構造」に関する問題指摘は、交差点中央の路面電車軌道部に問題意識が集中している。この箇所の具体的な指摘内容は、3（線路の段差が気になる：23名）及び2（路面が滑る：11名）であり、段差は多くの人が問題とを感じるものであることがわかる。

3-3. ドライバーが望ましいとする交差点改善策

ドライバー側からみた歩行者のための交差点改善策について把握することで、運転時の横断歩行者に対する意識を考察する。改善策としては、上述した問題項目との関連を考慮し、以下の4施策を対象に意見を聞いた。それらは「地下道の整備（表6：1, 7, 8, 11（以下3施策同じ）」、「横断歩道の完全消雪（1, 2, 5）」、「横断歩道途中の歩行者待機スペースの設置（7, 11）」、「歩行者信号の青時間の延長（11）」である。

図12にその結果を示す。「地下道の整備」と「横断歩道の完全消雪」といったドライバー側にも交通の円滑化の効果が期待できる施策の評価は高く、「歩行者信号の青時間の延長」などドライバーの円滑性を阻害する要素を含んでいる施策は低く評価された。

3-4. 自由回答結果による問題指摘の傾向

対象交差点について感じていることを自由に回答してもらった結果から、その結果を「道路構造」、「交通規制」、「交通マナー」に分類し、ドライバーの問題意識の傾向をつかむ。

表8に自由回答の問題指摘傾向を示す。「道路構造」に関する指摘が多く、「交通マナー」に関する指摘は少なかった。「道路構造」では、「路面電車の軌

表7 エントロピーによる問題の分布状況

	エントロピー	
	積雪期以外の問題	積雪期(積雪日)での悪化
道路構造	3.47 (102)	3.37 (89)
交通規制	4.18 (163)	4.24 (121)
交通マナー	4.26 (99)	4.20 (62)

※()内の数値は指摘数、 $H_{max} = 5.29$

図11 積雪期(積雪日)に悪化する道路構造問題の指摘

※()内の数値は回答者数、Kruskal-wallisの順位と検定 1%有意

【凡例説明】地下道：車道上から歩行者が少なくなる。歩行者に対する負担が大きくなる 横断歩道の完全除雪：走行する路面状態が不連続になり段差も生ずる。運転しづらくなる 横断歩道途中の歩行者待機スペース設置：走行時に多少の邪魔になる恐れがある 歩行者青時間の延長：信号の待ち時間が増加する。積雪時の渋滞が悪化する恐れがある

図12 ドライバーが望む交差点改善策

道」と「地下道の整備」といった対象交差点の施設に関する指摘が多く、改善要望の高さがうかがえる。「交通規制」では、除雪後の残雪、積雪により発生する轍、横断歩道の除雪など走行路面の改善を望む指摘と、積雪により車線が見えなくなるといった道路標示形態のあり方を問う指摘がある。そして「交通マナー」では路上駐車を始めとしたドライバーの

表8 自由回答での問題指摘傾向

（22人） 道路構造	■路面電車の軌道にハンドルを取られる場合があるので注意が必要と思う(50代 男, 類似 4名) ■慣れない人にとっては信号が多く、車での通行がし難い(40代 男) ■路面電車の軌道を撤去すれば交通状態が改善されと考えます(70代 男, 類似 2名) ■水はけが非常に悪く歩きづらい(40代 男) ■歩行時に線路の溝にすべり落ちる時がある(70代 女) ■路面電車の駅がすぐく邪魔です(20代 男) ■地下道を使いやすく整備すべき(70代 男, 類似 6名) ■とにかく視界が悪くなるため、運転がしづらくなる(30代 男, 類似 2名)
（16人） 交通規制	■残雪のない除雪を行ってほしい(50代 女, 類似 4名) ■路面が雨雪で濡れていると道路の中央線が見にくくなる(20代 男, 類似 1名) ■線路と道路の間に積もる雪は大変危険だと思っています(30代 女, 類似 2名) ■横断歩道の完全除雪(20代 女, 類似 1名) ■渋滞の原因になる路面の凸凹のない除雪をしてほしい(20代 男, 類似 1名) ■二車線を使って右折するので怖い(20代 男) ■右折レーンがわかりにくく、直進レーンにも右折車が並んでいて直進しづらい(40代 女)
（5人） 交通マナー	■冬は特にスリップする人が多いので駐車禁止を強化して道路幅を広く保つことが大事だと思う(50代 男, 類似 1名) ■ドライバーは我慢、歩行者の安全を優先すべき(60代 男) ■営業車(タクシー)の客待ちが多い(70代 男) ■電車の線路上で(右折待ちで)自動車が止まっているところに電車が入ってきて、すぐに退けといわんばかりに警笛を鳴らしながら割り込もうとする行為がしばしばあり、危険を感じることがあった(70代 男) ■福井は交通マナーが悪い(40代 女)

※本表（表8）では同一人物で2つ以上の回答（意見）があった場合、別々の回答として分類している
※自由回答欄回答者数は合計で49名

マナーについての指摘や、対象交差点の特徴である路面電車と共存した交通の問題点が挙げられている。

4. 対象交差点における特徴的行動の抽出

2.及び3.では、積雪期（積雪日）、積雪期（積雪日を除く）における対象交差点の交通事故の特徴とその交差点を利用するドライバーの意識を把握してきた。この結果より、いくつかの点がわかる。例えば、図4の対象交差点の交通事故類型と図10の対象交差点の問題項目を比較すると、右左折時の問題に関しては、事故の発生、ドライバーの意識の両方で問題の高さがうかがえる。しかし、図6の対象交差点における交通事故の発生箇所と図11の対象交差点の問題指摘箇所を比較してみると、交通事故の多発している箇所とドライバーの問題指摘が集中している箇所が必ずしも一致していない。この顕在化した危険性（交通事故）と潜在化する危険性（問題意識）の不一致については筆者らの研究でも指摘してきている¹³⁾。

次に積雪期（積雪日）の交差点におけるドライバー、歩行者の交通挙動を確認することにより、交差点交通事故の発生、及び交差点の問題意識につながる要因を定量的に把握する。

表9に示したように交差点交通事故の特徴と、ドライバーの意識の両者であがった観測事象を取り上げ、それに対する特徴的行動を抽出する。

まず交差点交通事故の特徴から、「右左折事故」「追突事故」、「歩行者横断時の事故」の観測事象が挙げられる。次にドライバーの意識から「交通渋滞」、「線路の段差」、「右折信号が短い」、「赤信号でも右折する」、「路面のすべり」、「路面表示」、「横断歩道の位置」の観測事象が挙げられる。

これらの観測事象から想定される以下の5つの特徴的行動を抽出した。すなわち、①右折時、②車頭間隔、③歩行者の横断行動、④路面電車軌道区間の通過時、⑤路面表示の視認性からくる走行行動の関係は表9に示したとおりである。

表9 対象交差点における特徴的行動

	項目	観測事象	特徴的行動
交通事故の特徴	対象交差点の交通事故類型と当事者分類	・「積雪期(積雪日)」の歩行者横断時の事故の割合が高い	①右左折時に特徴がある ②車頭間隔に特徴がある。 ③歩行者の横断行動に特徴がある ④電車軌道区間通過時に特徴がある ⑤路面表示の視認性からくる走行行動に特徴がある
		・「積雪期(積雪日)」の追突事故の割合が高い	
ドライバーの意識	問題項目と雪による変化の関係	・「積雪期以外」に問題で「積雪期(積雪日)」に悪化:交通渋滞、線路の段差、右折信号が短い、赤信号でも右折する	
		・「積雪期(積雪日)」のみ悪化:路面のすべり、路面表示、横断歩道の位置	
	交差点の問題箇所	・「積雪期(積雪日)」道路構造に関する指摘が路面電車軌道区間に集中(段差と路面のすべり)。	
	自由回答	・路面電車の軌道に対する指摘が多い	

以下ではこれら5つの特徴的行動を確認するため、表10に示す実測調査を行う。

5. 雪が交差点走行環境に与える現象の確認

5-1. 調査概要

表11は実測調査の概要である。本調査はビデオカメラによる定点観測データを解析することで対象交差点における走行環境に与える現象を把握する。図13は各調査項目に関連する調査箇所について示している。

5-2. 特徴的行動の確認

以下では表9に示した特徴的行動の番号に従い、調査結果について述べる。

①右折時の行動

表12は右折車両の右折赤信号後以降の交差点平均流入台数と流入時の平均赤信号超過時間について示している。これを見ると積雪期（積雪日）では右折時に赤信号でも流入する車両が増加し、かつその超過時間は平均で3.43秒であり、積雪期以外に比べ、多くの車両が交差点内に滞留し、円滑性、安全性を阻害していることがわかる。

②車頭間隔

表13は追従状態（車頭時間5秒以下）の車両における平均車頭時間の変化を示したものである。どの車線においても積雪期（積雪日）にやや増加する傾向がみられる。ここで安全車頭間隔（時間）^{7b)}を計算すると、積雪期（積雪日）は、非路面氷結時（摩擦係数0.40を適用）で約2.23秒、路面氷結時（摩擦係数0.15を適用）で約3.26秒となる。また、積雪期以外は、約2.19秒となる。この安全車頭間隔以下で走行する車両の割合を見ると、積雪期以外では、最も割合の高い車線Cで0.54となるなど、積雪期（積雪日）の非路面氷結時に比べ、安全車頭間隔以下の割合が高い。しかし、仮に非路面氷結時と同じ車頭間隔、走行速度で路面氷結時となると、安全車頭間隔以下の割合が大幅に増加し、追突事故の危険性が急上昇する。積雪期の日々変化する路面状況を考慮すれば、いかにドライバーに安全な車頭間隔を伝達するか、遵守させるかが安全性向上のための課題となる。

表10 実測調査項目

特徴的行動	調査内容
①	・右折車両の赤信号後以降の交差点流入台数 ・流入時の赤信号超過時間
②	・各車線の車頭間隔
③	・交差点に流入した最後の歩行者の残り青信号時間 ・赤信号後の交差点滞留時間
④	・軌道区間の走行速度変化
⑤	・走行車線を正確に走行した車両台数

表11 実測調査概要

- 1) 調査日時(通勤ピーク時)
積雪期以外: 2003/4/15 7:50-8:50 天候: 薄曇後晴
積雪期(積雪日): 2004/1/23 7:50-8:50 積雪深 26cm (AM 8:00)
天候: 大雪雷・あられを伴う
- 2) ビデオ撮影方法
図13に示すカメラの位置(バスターミナル 8F 建て、屋上)から対象交差点全体が把握できるよう撮影
- 3) 調査方法(番号は特徴的行動の番号)
①: 事故多発地点(図13)に右折信号時に流入した車両を対象に計測
②: 積雪期に追突事故の多い東西方向に走行する車両の通過時刻を記録しその差から車線毎に車頭時間を算出(車線は図13参照)
③: 歩行者交通量が比較的多く、良好な撮影が可能な対象交差点東側横断歩道の歩行者が各現示で最後に横断歩道に侵入した時間を記録し、次に赤信号になるまでの時間を記録。赤信号後、最後の歩行者が交差点外に退出するまでの時間を記録
④: 東→西方向に進行する車両を対象に、a(横断歩道)、b(軌道開始区間)、c(軌道終了区間)を通過した際の時刻を記録
⑤: 西→東方向に進行する車両を対象に、図13に示す撮影範囲内でドライバーが走行中に車線の判別を行う必要があるA～Dの車線に合わせて正確に走行しているか否かを記録

図13 調査地点の概要

表12 ①右折車両の右折赤信号後以降の平均交差点流入台数と流入時の平均赤信号超過時間

	積雪期 (積雪日)	積雪期 以外	t 値
赤信号以降の交差点流入台数 [台/サイクル]	2.73 (26)	0.96 (26)	4.56 **
最後に流入した車両の流入時の 赤信号超過時間 [秒/サイクル]	3.43 (26)	0.42 (26)	4.75 **

※()内の数値は観測台数、t値は平均値の差の検定統計量 **1%有意

③歩行者の横断行動

表14は図13に示す東側の横断歩道において、最後に交差点に流入した歩行者の残り青信号時間、及び最後の歩行者の赤信号後交差点滞留時間を示したものである。最後の歩行者の残り青信号時間は、積雪期（積雪日）がやや短い傾向にあるが、有意差は見られない。次に赤信号後の平均交差点滞在時間は積雪期（積雪日）、積雪期以外で6秒以上の差がある。なお、実測調査時（7:50-8:50）の歩行者交通量は積雪期（積雪日）で285人/時であるのに対し、積雪期以外では558人/時と2倍以上を記録している。すなわち、積雪期（積雪日）は歩行者交通量が少ないにもかかわらず、赤信号後の交差点滞留時間が長く、赤信号後にも歩行者が交差点に滞留する傾向があり、危険性が増していることがわかる。

④路面電車軌道区間の通過時の行動

表15は図13に示す区間1（軌道区間）、2（軌道通過以前区間）における平均走行速度を示している。これを見ると、積雪期（積雪日）には、区間1、2とも走行速度が低下している。特に区間1は6.1km/h低下しており、区間2に比べ低下量が多い。軌道区間通過時の速度変化が大きいため、追突事故の危険性も上昇していると考えられる。

⑤路面表示の視認性からくる走行行動

表16は図13に示す車線A、B、C、Dを走行する車両が、車線に合わせ正しく走行したかどうかを記録した結果を示している。なお、積雪期（積雪日）の路面状態について補足しておく、先述したとおり、対象交差点は最重点除雪路線に指定されており、機械除雪が行われている。よって、豪雪にならない限り、積雪期（積雪日）に路面表示が全く判別できなくなることは少ないが、車線によっては判別しづらい箇所も見受けられる。表16から、やや積雪期（積雪日）に走行が不正確になる傾向が見られるが、それほど積雪期（積雪日）、積雪期以外で変化は見られない。すなわち、積雪期（積雪日）であっても、路面表示に従った走行に大きく影響を与えるほどではないが、ドライバーの意識に問題として認識されている。

表13 ②車頭時間

車線	積雪期(積雪日)			積雪期以外		t値
	平均車頭時間 [秒]	安全車頭時間以下の割合		平均車頭時間 [秒]	安全車頭時間以下の割合	
		非氷結	氷結			
B	3.20 (27)	0.19	0.59	2.92 (50)	0.30	1.06
C	2.81 (53)	0.34	0.68	2.43 (63)	0.54	1.93 [†]
E	2.61 (66)	0.41	0.80	2.47 (85)	0.51	0.88
F	3.12 (15)	0.27	0.60	2.78 (16)	0.44	0.73

※()内の数値は観測台数、t値は平均値の差の検定統計量 †10%有意
※追従状態の車両のみ対象としている
※車線A、Dはサンプルサイズが小さいため掲載していない

表14 ③交差点に流入した最後の歩行者の平均残り青信号時間と赤信号後の平均交差点滞留時間

	積雪期 (積雪日)	積雪期以外	t 値
最後の歩行者の残り 青信号時間 [秒/サイクル]	24.78 (26)	28.50 (26)	1.25
赤信号後の交差点 滞留時間 [秒/サイクル]	0.91 (26)	-5.59 (26)	2.54 *

※()内の数値は観測人数、t値は平均値の差の検定統計量 *5%有意

表15 ④軌道区間の平均走行速度

	区 間	積雪期 (積雪日)	積雪期 以外	差	t値
軌道区間 [km/h]	1	18.7 (152)	24.8 (163)	6.1	12.28 **
軌道通過以前 区間 [km/h]	2	24.5 (152)	28.2 (163)	3.7	5.92 **

※()内の数値は観測台数、t値は平均値の差の検定統計量 **1%有意

表16 ⑤走行車線を正しく走行した車両台数

車線	積雪期(積雪日)		積雪期以外	
	全体[台/h]	正確[台/h]	全体[台/h]	正確[台/h]
A	3	2 (0.67)	2	2 (1.00)
B	83	68 (0.82)	120	108 (0.90)
C	117	86 (0.74)	123	86 (0.70)
D	15	7 (0.47)	30	18 (0.60)

※()内の数値は各車線における正確な走行車両の構成割合

5-3. 安全走行のための対策

確認された特徴的行動の傾向から、市街地交差点における安全走行のための対策として以下のことが考えられる。

まず①右折時の行動と②歩行者の横断行動に関しては、積雪期（積雪日）の交差点処理能力の低下に一因があり、積雪期（積雪日）専用の信号現示の必要性がある。また②車頭間隔と④路面電車軌道区間の通過時の行動に関しては、安全な車頭間隔をドライバーが把握できるような車間距離の警告表示等が有効であろう。⑤路面表示の視認性から来る走行行

動に関しては、交差点の無雪化が安全性を向上させる方法であることがうかがえる。

以上のような対策を組み合わせることで積雪期（積雪日）の市街地交差点の安全性を高めていく必要がある。

6. おわりに

本研究では積雪時のドライバーの安全走行について、交通事故の発生率が高い市街地の交差点における交通事故の傾向と、交差点走行時のドライバーの意識を把握し、更に交通流観測によるデータでその原因となる現象を確認した。以下では本研究で得られた知見について述べる。

(1) 交差点交通事故の傾向

エントロピーを用いることで積雪期（積雪日）における比較的特定の交差点に交通事故が集中する傾向を明らかにした。なお対象交差点での交通事故類型、交通事故当事者において、積雪期（積雪日）と積雪期以外に統計的に明確な差は見られなかった。

(2) 交差点走行時のドライバーの意識

積雪期（積雪日）では、積雪期以外で比較的問題視されていない「道路構造」に関連する問題が顕在化すると認識されていた。また「道路構造」に関連する指摘箇所も、交差点内の特定の箇所に集中する傾向があり、その箇所は路面電車の軌道区間付近であった。なお、路面電車の軌道区間に対する指摘は自由回答でも多くみられた。

(3) 特徴的行動の確認

交通流観測によるデータから特徴的行動に関して次のことがいえる。①右折時の行動では、積雪期（積雪日）に赤信号時でも交差点内に比較的長く滞留していることが確認され、安全性を低下させる要因になっていることがわかった。②車頭間隔については、積雪期（積雪日）にも比較的余裕を持った車頭時間を取っていることが確認されたが、路面状態が日々変化する積雪期においては、ひとたび路面が氷結すると、追突事故の危険性が急上昇するため、安全車頭間隔遵守のための対策の必要性が示唆された。③歩行者の横断行動からは、歩行者は積雪期（積雪日）に特に赤信号後も交差点内に滞留する傾向が確認され、歩行者の危険性が増加していること

が明らかとなった。④路面電車軌道区間の通過時の行動からは、積雪期（積雪日）に軌道区間の速度低下量が多いことが確認され、交通事故として顕在化はしていないが、追突事故等の危険性が潜在していることが示唆された。⑤路面表示からくる走行行動からは、積雪期（積雪日）であっても路面表示に従った走行に大きく影響を与えるほどではないことが確認され、ドライバーの問題意識をより詳細に把握する調査の必要性が示唆された。

以上、積雪時における市街地交差点を走行するドライバーの安全性向上のために、交通事故統計、意識調査、交通流観測を行ってきた。その結果、いくつかの安全性向上の鍵となる特徴的な課題が把握された。今後は、これらの課題についてより詳細な分析を加えることにより、安全な交差点環境の整備のための計画指針を作成する必要がある。

最後に本研究を進めるに当たり、福井県警察本部交通部交通企画課の皆様、並びに福井警察署交通第二課の皆様に、貴重な資料及びご助言を頂きました。また、データ収集に関して東哲氏（現株式会社帝国コンサルタント）の協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

注

- 1) 道路に沿って概ね500m以上に渡り住宅、事業所又は工場等の建造物が連立し、又はこれらが混在して連立している状態であって、その地域における建造物及び敷地の占める割合が80%以上になる、いわゆる市街地的形態をなしている地域をいう¹⁾
- 2) 12～3月の積雪のあった日を「積雪期（積雪日）」、12～3月の積雪の無い日を「積雪期（積雪日を除く）」、4～11月を「積雪期以外」とした。なお、「積雪期（積雪日）」の設定に関しては、福井市の市街地に所在する福井地方気象台の積雪の記録を用いている。ここで各設定日の路面状況について補足する。1mm以上の降水量を記録した日を湿潤状態とすると、積雪期（積雪日を除く）では調査対象期間の541日中、288日（53%）が湿潤状態の路面状態にあり、積雪期（積雪日を除く）と積雪期（積雪日）を合わせた場合、848日中、595日

(70%)が湿潤状態、もしくは積雪状態となり、積雪期の路面状態は多くが不良の状態にある。なお、積雪期以外においては、1708日中、665日(39%)が湿潤状態で、積雪期との路面状態の違いが顕著である。また、凍結状態について、最低気温が0度以下となる日とすると、積雪期(積雪日)では307日中、159日(52%)、対する積雪期(積雪日を除く)では541日中、74日(14%)と積雪期(積雪日)は積雪期(積雪日を除く)に比べ、凍結状態となっている割合が高い。

- 3) エントロピーは元来、熱力学で発展した概念である。また情報分野においても情報の無秩序さ、あいまいさ、不確実さを表す尺度として利用されている。
- 4) 対象とした65交差点にて発生した全交通事故のうち、 i 番目の交差点で発生した事故の割合。
- 5) 積雪期(積雪日)、積雪期以外での問題の程度を以下のように得点化し、その平均値を示している。
積雪期(積雪日): 悪化する(+1)、かわらない(± 0)、好転する(-1) 積雪期以外: 常にそう思う(+3)、時々そう思う(+2)、あまりそう思わない(+1)、全くそう思わない(± 0)
- 6) 積雪期以外(常にそう思う、そう思う)及び積雪期(積雪日)(悪化する)に該当するすべての指摘のうち、 i 番目の箇所を受けた指摘の割合。
- 7) 前車が急停止しても充分安全である車頭時間の算出には以下の式を用いた¹⁴⁾。

$$S_i = \frac{l}{v} + t + \frac{v}{2g \cdot f}$$

ここで、 S_i :安全車頭時間(秒)、 l :停止時の前車との余裕長(m)、 v :速度(m/s)、 t :反応時間(秒)、 f :路面とタイヤの摩擦係数、 g :重力加速度(m/s^2)

なお、本研究では、 $l=3$ 、 $t=1$ 、とした。また、 f は、積雪期(積雪日)では、対象交差点の非路面氷結時の状況について、積雪上に塩化物を散布した時の実測例¹⁵⁾や、氷雪のある場合の限界値¹⁴⁾として提案される0.40、並びに路面氷結時の状況について、実測例¹⁵⁾として示される0.15を用いた。積雪期以外では、限界値¹⁴⁾として提案される0.45を用いた。

参考文献

- 1) 福井の交通, 福井県警察本部, 平成8年度-平成13年度
- 2) 高島一彦, 古池弘隆, 森本章倫, 交差点における自動車の走行特性からみた交通事故の潜在的危険性に関する分析, 土木学会論文集 IV, Vol.716 No.57, 2002.10, pp.39-52
- 3) 吉村美保, 浜岡秀勝, 森地 茂, 見通しに着目した交通事故分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.17, 2000, pp.989-994
- 4) 西村智明, ハック M.シャーミム, 奥村 誠, 塚井誠人, ドライバーの危険度認識と交通事故の発生率, 土木計画学研究・講演集, Vol.26, 2002
- 5) 高良保英, 菊沢朋巳, 林 祐志, 泉 典宏, 原田征己, 事故多発地点におけるドライバーの危険意識から見た対策効果評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.24-1, 2001, pp.313-316
- 6) 小谷ゆかり, 鈴木崇児, 秋山孝正, 武藤慎一, 交差点での類型別事故推計モデルに基づく交通安全対策の評価手法, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, 2001, pp.971-978
- 7) 家田 仁, 柴崎隆一, 越湖 淳, 事故発生プロセスに着目した事故リスク分析モデルによる特異交差点の抽出と事故要因分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.24-1, 2001, pp.269-272
- 8) 堀井雅史, 村井貞規, 東北地方における冬期交通事故に関する調査研究, 日本雪工学会誌, Vol.6 No.3, 1990.10, pp.18-27
- 9) 大阪府のアーバンフリンジにおける土地利用の多様性の空間分析, 西前出, 環境情報科学論文集, Vol.18, pp.177-182, 2004
- 10) 平成11年道路交通センサス, 社団法人交通工学研究会
- 11) 平成10年度大名町交差点歩行者空間検討調査事業
- 12) 福井県地域防災計画(雪害対策編), 福井県防災会議, 2002.4
- 13) 加藤哲男, 本多義明, 川上洋司, 潜在的交通事故の調査法に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol.26, 1991, pp.337-342
- 14) 交通工学ハンドブック, 社団法人交通工学研究会, 1984
- 15) 道路構造令の解説と運用, 日本道路協会, 1983