

積雪寒冷地での交通挙動に着目した交通安全性の評価に関する研究*

Study on the evaluation of the traffic safety based on the traffic behavior in a snowfall area*

成瀬研治**・菅本倫志***・浜岡秀勝****・清水浩志郎*****

By Kenji NARUSE, Noriyuki SUGAMOTO, Hidekatsu HAMAOKA, Koshiro SHIMIZU

1. はじめに

積雪寒冷地では冬季における降積雪現象により、無雪期と比較して、路面の圧雪や凍結、わだち、除雪による幅員の減少、地吹雪等、道路環境が悪化する。その環境悪化に伴い、交通流の面からは、走行速度の低下、車間距離の増大等の交通挙動が見受けられる。このような交通挙動には、車種の違い、ドライバーの属性や危険意識等が大きく影響を及ぼすと考えられる。

このことから、無雪期と降雪期における運転者の交通挙動に着目することで、道路整備水準としての道路の安全性や危険意識の差異を定量的に評価できると考えられ、既存道路の整備や、今後の ITS 施策に役立つと予想される。

よって、本研究では運転者の交通挙動に着目し、無・降雪期での普通車と大型車による車種別、高齢者と非高齢者による年齢別、男性と女性による性別で見た交通挙動の特性を認識し、安全性の評価を比較し、把握することを目的とする。

2. 対象地域概要

交通挙動が変化する原因として、交通環境の違いと個人行動の違いが挙げられる。交通環境とは信号間距離、交差点、除雪による幅員の減少、カーブ、勾配等であり、個人行動とは右折時のタイミング、ブレーキを踏むタイミング等である。本研究では、

*キーワード：積雪寒冷地，交通挙動，安全性評価

**学生会員，秋田大学大学院土木環境工学専攻
(秋田県秋田市手形学園町1-1

TEL018-889-2974，FAX018-889-2975)

***正会員，いわき市

****正会員，工博，秋田大学工学資源学部土木環境工学科

*****フェロー，工博，秋田大学工学資源学部土木環境工学科

道路環境の違いによる交通挙動に着目し、安全性の評価を定量的に見るため、車頭時間、車間距離、走行速度の3つを調査項目とした。研究には渋滞していない交通流が望ましいため、調査対象地点は他車から影響の少ない片側2車線道路の国道沿いとし、信号の影響の受けにくい信号間距離が長い交差点付近とした。その調査概要を表-1に示す。

表-1 無雪期と降雪期の調査概要

	無雪期		降雪期	
調査場所	秋田空港入口交差点付近			
日時	11/22 7:30 ~ 8:30		1/29 13:20 ~ 14:10	
天気	晴れ		雪	
道路状態	乾燥路面		圧雪路面	
車線	左車線	右車線	左車線	右車線
普通車(台)	468	370	275	210
大型車(台)	128	68	100	77

3. 分析に使用するデータ

車頭時間、速度、車間距離を測定するため、ビデオカメラを調査地点の道路に対して垂直に設置し、調査地点の交通流を撮影した。また一方で、運転者の属性判断のため、調査道路に平行に設置し、撮影を行った。

得られた映像から、車頭時間及び走行速度は、予め設定した区間内の通過時間をビデオカウンターのコマ数(1/30sec)から算出する。車間距離は、車頭時間と走行速度の積から車長を引いて算出した。

本研究では、追従走行時の交通挙動を把握するため、先行車に関係なくスピードを変化できる非追従走行時の車頭時間のデータは用いていない。ここでは、追従条件として、車頭時間間隔を5秒以内と設定してデータを抽出した。表-2にサンプル数と5秒以内の割合を示す。

表 - 2 車頭時間間隔別サンプル数

	無雪期		降雪期	
	左車線	右車線	左車線	右車線
調査時間	60分		50分	
全車頭時間	596台	438台	375台	287台
車頭時間5秒以内	341台	224台	166台	121台
5秒以内の割合	57.2%	51.1%	44.3%	42.2%

4. 属性別における交通挙動の把握

一般的に無雪期と降雪期の交通挙動を比較すると、降雪期の走行速度は減少し、車頭時間、車間距離は増大すると考えられる。これは、降雪期は路面の圧雪・凍結等により道路環境が悪化し、それに伴い、運転者の危険意識も増大するためである。また、普通車や大型車、男性や女性、高齢者や非高齢者などの属性別によって、交通挙動の違いにはそれぞれ異なった差があると考えられる。

そこで、得られた車頭時間、車間距離等の交通挙動特性を車種別、性別、年齢別に把握を行う。本稿では、左車線の車種別の交通挙動について説明する。分別方法は普通車(以下、普で示す)、大型車(以下、大で示す)とし、「先行車 - 後続車」別に「普 - 普」、「大 - 普」、「普 - 大」、「大 - 大」とした。無・降雪期のサンプル数を示す。

表 - 3 無・降雪期のサンプル数

期間	大-大		大-普		普-大		普-普	
	無雪	降雪	無雪	降雪	無雪	降雪	無雪	降雪
サンプル数	20	10	41	19	42	25	238	112

(1) 車種別の車頭時間の比較

普通車と大型車による平均車頭時間の違いを図 - 1 に示す。車頭時間に着目すると、無・降雪期比較において、降雪期では車頭時間が全ての車種で増加し

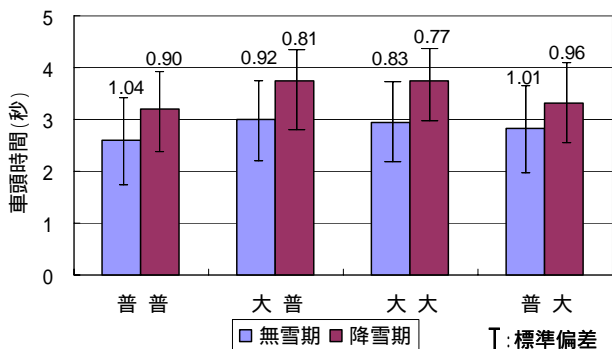


図 - 1 車種別の車頭時間の比較

ており、その増加量は、前走車が大型車の方が普通車より多い。これは、前方の視距低下が影響した結果と考えられる。次に、標準偏差に着目すると、降雪期では、全ての車種において車頭時間の標準偏差は減少している。これより、降雪期は無雪期に比べ、車群を形成し走行していると考えられる。

(2) 車種別の車間距離の比較

普通車と大型車による平均車間距離の違いを図 - 2 に示す。車間距離に着目すると、無・降雪期比較において、降雪期では全ての車種で車間距離は減少していることがわかる。次に標準偏差に着目すると、降雪期では全ての車種において標準偏差は減少している。これは、降雪期は無雪期と比較して路面が凍結し、滑りやすいため、速度を落として走行するため車間距離が短くなると考えられる。また、当初の降雪期の車間距離は無雪期と比較して長くなると思われた予想とは異なるものとなった。

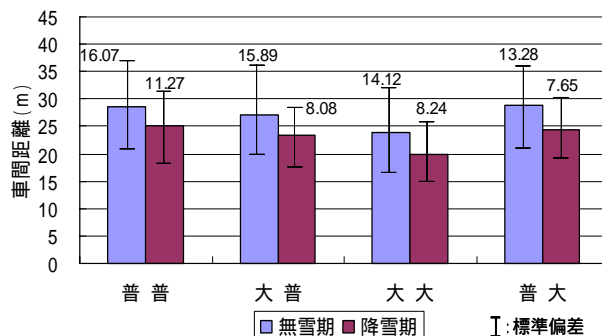


図 - 2 車種別の車間距離の比較

(3) 交通挙動分析結果からの知見

また、車種別の走行速度を無・降雪期で比較すると、全ての車種において降雪期では走行速度が減少し、走行速度の分散が減少していた。これから、降雪期は無雪期と比べ路面が凍結して滑りやすいことから、速度を落とし走行すると思われる。

車種別の車頭時間、車間距離、走行速度の3項目の比較を行った結果、全ての車種間において、また右・左車線ともに、降雪期は無雪期と比べ、車頭時間が長い、車間距離が短い、速度が遅い、分散が小さいことが明らかになった。また、年齢別、性別での分析結果から、車種別と比べ、交通挙動はほぼ同様であることも確認できている。

5 . 降雪期交通の安全性の評価

無雪期と降雪期の交通挙動を比較すると、走行速度は減少し、車頭時間、車間距離は増大すると予想したが、車間距離だけ予想に反して、減少する結果が得られた。これより、車間距離が短いのは安全性に影響を及ぼすと考えられるため、降雪期は車頭時間が長く、速度は遅く、車間距離が短い走行状態の安全性を評価する必要がある。そこで、普通車、大型車の車種別において、左右車線及び無・降雪期の安全性の評価を行う。

(1) TTC による安全性評価

車間距離が短いのは、安全性に影響を及ぼすと考えたので、車間距離と相対速度による安全性を評価する TTC を用いて検討を行う。TTC を用いる為、先行車の速度が後続車の速度より速いサンプルを除外した。表 - 4 に、TTC サンプル数と全サンプル数を示す。

表 - 4 無・降雪期の集計値、サンプル数

期間	普-普		大-普		大-大		普-大	
	無雪	降雪	無雪	降雪	無雪	降雪	無雪	降雪
速度差(km/h)	7.05	3.05	7.78	1.53	3.74	4.10	5.15	2.07
車間距離(m)	33.39	27.63	36.07	27.32	27.84	19.50	28.76	30.33
TTCサンプル数	70	56	13	7	5	3	13	7
全サンプル数	238	112	41	19	20	10	42	25
TTCサンプル割合	29.4%	50.0%	31.7%	36.8%	25.0%	30.0%	31.0%	28.0%

普通車と大型車による TTC の指標を無・降雪期において車種別に表したのを図 - 3 に示す。この図から無雪期 TTC は車種間の変化が少ないことが確認できる。また、それを無・降雪期で比較すると、降雪期 TTC は無雪期に比べ、全ての車種にて増加している。これより、降雪期は無雪期と比較して路面が凍結状態で滑りやすいため、車間距離を長くとり、速度を落として安全に走行していると考えられる。しかし、大 - 大のみ、他車種に比べ TTC の増加率が少ない。

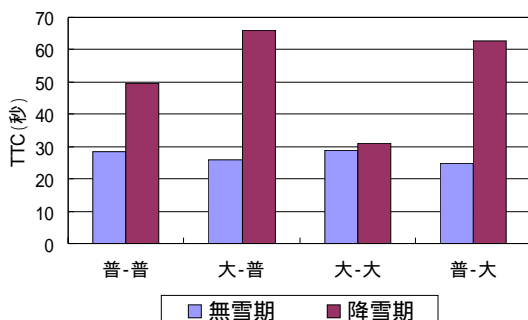


図 3 車種別のTTCの比較

これは、表 4 にあるとおり、降雪期において速度差が無雪期より増加したためである。これは、そのサンプル数が少ないことも一因であるが、大型車は運転頻度が多いため、運転の慣れが影響しているとも考えられる。

(2) 衝突距離による安全性評価

(1) で、TTC の安全性の評価を行ったが、後続車の速度が先行車の速度より遅い場合にはサンプルにならず、調査時の路面摩擦係数や走行速度を考えない問題点がある。そこで、衝突距離による安全性の視点で評価を行う。

衝突距離とは、同車線上に2台の自動車が走行中、突然先行車がブレーキを踏んで止まった地点と、後続車が先行車のブレーキに気づき、ブレーキを踏み後続車が止まった地点の車間距離とする。

まず、衝突距離を求めるため、空走距離と制動距離を求める。道路構造令より、空走距離に影響する運転者の反応時間を1秒と2.5秒の2通りとした。また、制動距離に影響する道路の路面摩擦係数を、無雪期： $\mu = 0.6$ 、降雪期： $\mu = 0.15$ とした。

無・降雪期の衝突距離の集計値を表 - 5 に示す。衝突距離の平均に着目すると、反応時間1秒時は降雪期の方が短く、2.5秒時は無雪期の方が短い結果となった。衝突距離の分散に着目すると、降雪期は無雪期に比べ、半分以下の値である。これから、降雪期の方が1ヶ所に集中して分布している傾向である。

表 5 無・降雪期の衝突距離の集計値

反応時間	無雪期			降雪期		
	平均	分散	負の得点	平均	分散	負の得点
1.0秒	16.52	225.78	-0.25	14.85	102.74	-0.09
2.5秒	-2.29	208.30	-5.42	1.49	95.87	-1.92
サンプル数	238			112		

次に、反応時間1秒時の安全性評価を図 - 4、反応時間2.5秒時の安全性評価を図 - 5 に示す。表 - 5 の衝突距離の負の得点(図 - 4、5の負の部分についての衝突距離と割合を掛け合わせた合計)に着目すると、反応時間1秒、2.5秒共に無雪期が降雪期を約3倍上回っているため、無雪期のほうが危険な環境にあることが分かる。

以上から、反応時間が1.0秒、2.5秒とも降雪期の

方が安全に走行していることがわかる。これは、降雪期は路面が凍結して滑るという意識があることが大きく影響していると考えられる。

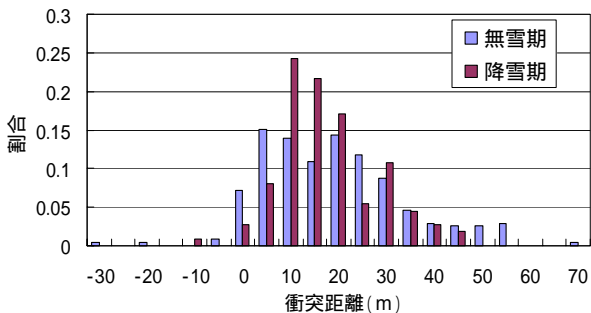


図 4 反応時間 1 秒時の安全性評価

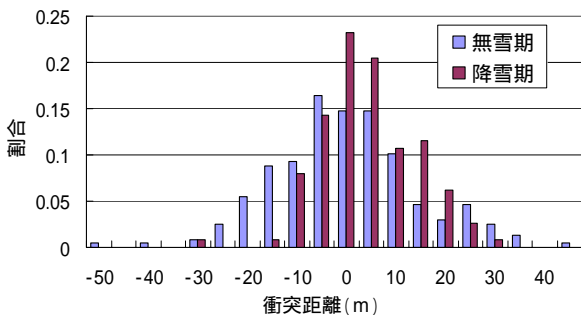


図 5 反応時間 2.5 秒時の安全性評価

(3) 余裕時間による安全性評価

次に、余裕時間による安全性の評価を行う。余裕時間とは、先行車にちょうど衝突する際の空走時間とし、衝突距離の安全性評価と同様の路面摩擦係数を用いる。

余裕時間を表 - 6 に示す。余裕時間に着目すると、無雪期の 2.32 秒は、道路構造令による反応時間 2.5 秒を下回っており危険といえる。また、降雪期の 2.66 秒も反応時間 2.5 秒は上回っているが、運転中に車内の話など気をとられると、危険であると考えられる。しかし、降雪期の余裕時間は無雪期に比べ約 15% 増加しており、無雪期よりゆとりが多い事が分かる。

表 6 無・降雪期の余裕時間

	無雪期	降雪期
余裕時間(秒)	2.32	2.66
サンプル数	238	112

次に、無・降雪期の余裕時間累積グラフを図 - 6 に示す。グラフに着目すると、降雪期のグラフは常に無雪期の右側に位置しているので安全性が高いことが分かる。ここで、道路構造令の非緊張時の反応時間を示す 2.5 秒を下回る割合を見ると、降雪期が

47.3%に対し、無雪期は 58.8%であることも分かる。

以上より、降雪期は安全に走行していると言える。しかしながら、それは降雪期の危険な道路環境から生じるものである。この余裕時間の差は、今後、道路整備における安全性評価の 1 基準に成り得ると考えられる。

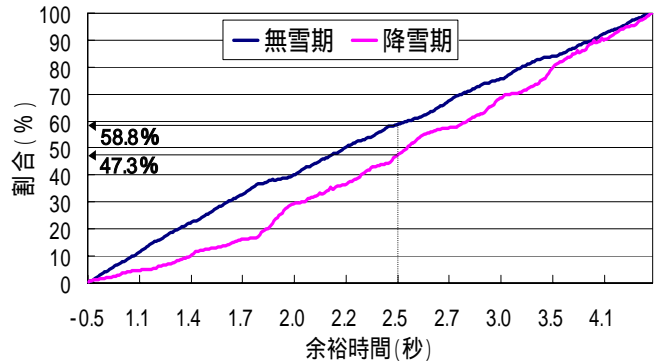


図 6 無・降雪期の余裕時間累積グラフ

6. まとめ

本研究では、車種別分析から、無・降雪期の交通挙動特性を比較した。その結果、降雪期の平均車頭時間は長く、平均速度は遅く、平均車間距離は短くなることを明らかにした。また、安全性の評価を無・降雪期で比較した結果、反応時間において、無雪期は危険な環境が降雪期に比べ約 3 倍ある事が明らかになった。また、余裕時間を比較した結果、降雪期の累積グラフは常に無雪期の右側に位置しているので安全性が高いことを明らかにした。しかしながら、それは降雪期の危険な道路環境から生じるものであり、この余裕時間の差が、今後の道路整備における安全性評価の 1 基準に成り得ると考えられる。

今後の課題として、安全性の評価の衝突距離、余裕時間を「普 - 普」以外での分析、他地点での調査・分析を実施し、交通挙動のみならず危険意識も考慮した安全性向上施策の評価、交通円滑面からの評価、ドライバーのミクロ挙動分析からの評価などを行い、多面的な評価を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 寺内義典, 川上洋司, 本多義明: 積雪時における交通流の変化に関する研究, 土木計画学研究・講演集 21(2), pp.921-924, 1998
- 2) 下条章裕, 高木秀隆: 路面雪氷が交通流に与える影響に関する基礎的研究, 第 52 回年次学術講演会講演概要集 第 4 部, pp.244-245, 1997