

雪氷路面上のすべり事故に関する統計的分析

正 員 板 倉 忠 三*

正 員 ○ 齋 藤 和 夫**

1. はじめに

冬期の交通事故発生原因は、冬独特の道路条件に起因するものが多い。その1つは雪氷で被われた道路表面とタイヤ間のすべり (skidding) という特異な現象である。このすべり現象は冬期に限らず湿潤路面とタイヤ間でも生ずるもので、その現象についてはすでにいくつかの実験的研究が報告されている (例えば参考文献 1), 2), 3))。それらの報告の1部として雪氷表面とタイヤのすべり現象も扱われている。

本稿においては、雪氷路面上でこのすべり現象に起因した交通事故の統計的な分析の結果について報告する。この分析の主な目的は、雪氷路面上を走行する車両と運転者に対する有効な安全対策のために、さらに雪氷を路面から除去するなどの冬期道路維持管理のための基礎資料にせんとするものである。

分析対象は昭和42年・43年に北海道の一般国道26路線の雪氷で被われた路面上で生じた人身事故2,140件である。これを都市部、地方部別にすべり現象が主たる原因を

なす事故 (以下すべり事故—skidding accident) とすべり現象が関係しない事故 (以下非すべり事故—non-skidding accident) に分けて分析した。すべり事故と非すべり事故を明確に判定する基準は現在の段階で見出すことが不可能なため、交通事故原票記載の事故発生状況やその他関連する項目から総合的に判断した。本稿は以下の3項について述べる。

- すべり事故発生の時間変動特性
 - すべり事故発生の危険度評価
 - すべり事故発生に対する運転経験年数の影響
- 路線別事故発生状況、すべり事故比を表-1に示す。

2. すべり事故発生の時間変動特性

すべり事故と非すべり事故発生の時間的変動を都市部、地方部別に比較し、すべり事故発生の時間的変動特性を明らかにせんとするものである。図-1 (a) (b) は都市部・地方部別の比較を示す。都市部においては明らかな変動差を示している。すべり事故は午前中に多く発生し、6.00～11.00 hr の間で非すべり事故より高い発生を示す。地方部

表-1 路線別すべり事故発生状況とすべり事故比

号 線	都 市 部			地 方 部			すべり事故比 (%) (B+D)/(A+C)
	総 計 A (件)	すべり事故 B (件)	すべり事故比 B/A (%)	総 計 C (件)	すべり事故 D (件)	すべり事故比 D/C (%)	
5	221	37	16.7	168	50	28.9	22.4
12	223	36	15.5	148	44	29.7	21.0
36	206	45	21.8	88	33	37.5	26.5
37	28	4	14.3	22	16	72.7	40.0
38	58	11	19.0	84	26	31.0	26.1
39	111	20	18.0	81	27	33.3	24.5
40	80	18	22.5	71	7	9.9	16.6
44	5	0	0	10	4	40.0	26.7
そ の 他	275	49	17.8	251	59	23.5	20.5

$$* \text{ 全平均すべり事故比} = \frac{486}{2,140} = 22.7\%$$

* 北海道大学 教授 工博

** 室蘭工業大学 講師 工修

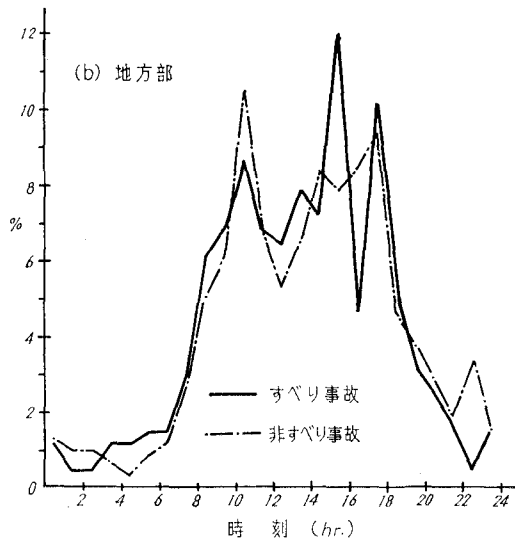
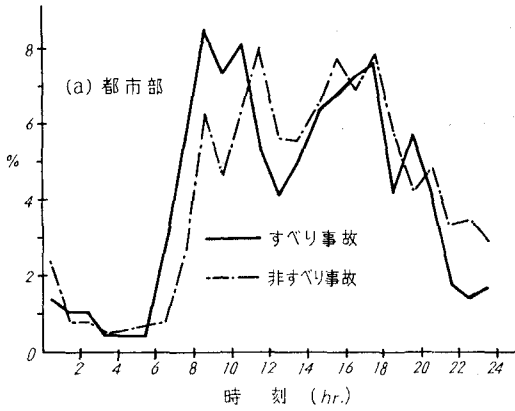


図-1 雪氷路面上のすべり事故と非すべり事故の時間変動

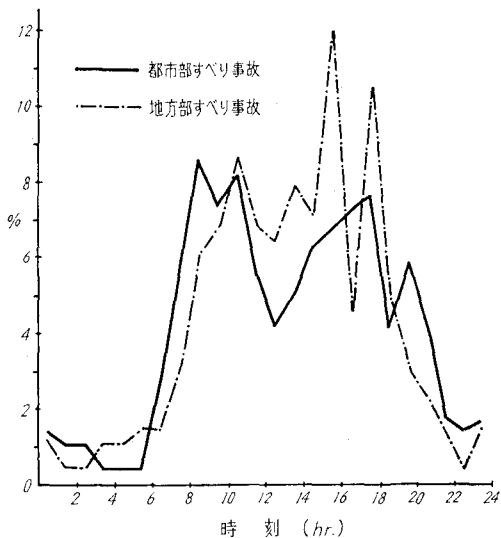


図-2 都市部、地方部別すべり事故の時間変動

においては個々の変動が複雑で明らかな特性は見られないが、午後の方が多く発生するようである。さらに都市部と地方部のすべり事故の変動特性を明らかにするための比較を図-2に示す。この図から両者の差は明らかになる。都市部では6.00~10.00 hr, 19.00~3.00 hrの間に発生率が高く、地方部では10.00~19.00 hrの間に多く発生している。

以上に述べたすべり事故の時間変動に主に影響すると考えられるファクターは、a) 交通量の変動、b) 雪氷表面の温度変化であろう。このうちすべり事故と交通量の関係を都市部について図-3(a) (b)、地方部について図-4(a) (b)に示す。図-3(a)と図-4(a)はそれぞれすべり事故と交通量^(注)の変動を示し、図-3(b)と図-4(b)はすべり事故の変動(%)と交通量の変動(%)の差を示すものである。これらの図から都市部におけるすべり事故は必ずしも交通量の変動に比例しておらず、また地方部については交通量とかなり密接に関係していると見られるが、局部的に大きな差を示している。すべり事故の時間的変動には交通量以外に支配される変動特性が認められる。

注) 交通量の変動は、地方部においては北野、下藤野、張碓、幕別、虻田、浦河の国道における常時観測資料の12月から1月の平均値。都市部においては札幌市内の琴似、北1西7、東橋右岸、白石中央、豊平、南2西11、北9東1の国道上の各地点における5月の観測値の平均値を用いた(都市部の冬期観測資料がないために最もそれに近い観測値を使用)。

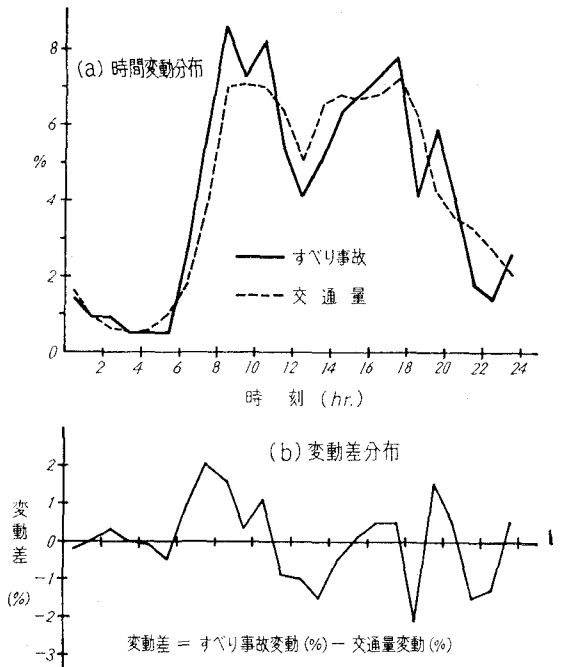
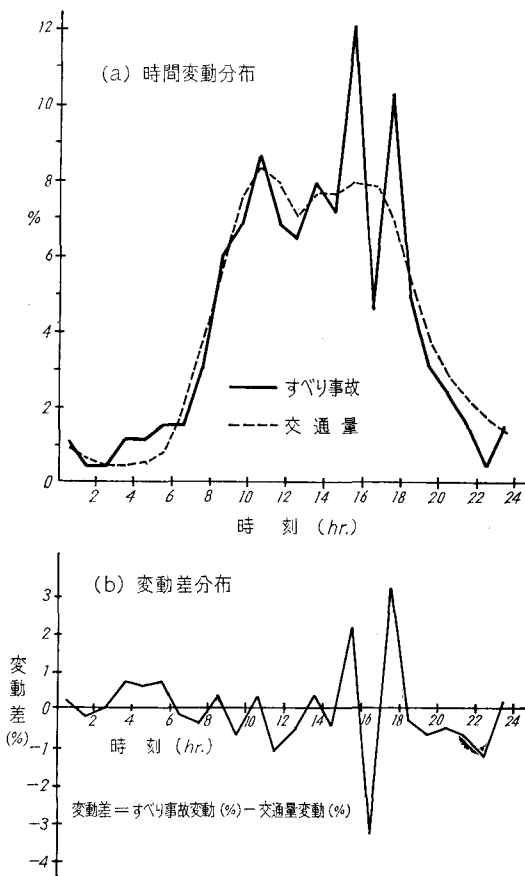
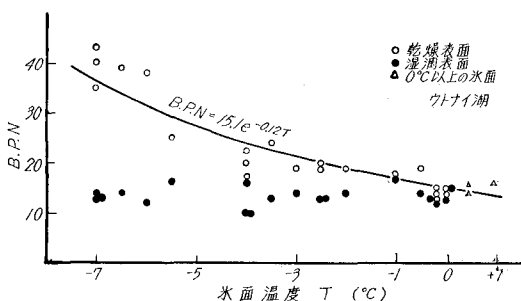


図-3 都市部におけるすべり事故と交通量の時間変動分布比較



図—4 地方部におけるすべり事故と交通量の時間変動分布比較



図—5 氷面温度と British Portable Number との関係²⁾

雪氷表面とタイヤ間のすべり現象は、雪氷表面の温度に強く影響される。図-5は苫小牧市のウトナイ湖氷上で行なわれた実験研究²⁾の結果である。雪氷表面のすべり抵抗が最も低く危険な状態は、表面が融け始めたときと凍結し始めたときであることをこの結果は明確に示している。この観点から、すべり事故発生時間変動は大気中の気温の変動にも支配されると考えられる。しかし大気中の気温の変

化は日毎に、また場所毎に大きな変動を示し、直接的な関係を明らかにすることはできなかった。気象条件の複雑な変化を把握することが今後の課題となろう。

3. すべり事故発生の危険度評価⁴⁾

雪氷路面上のすべり事故はまったくランダムに発生するとはいえず、場所、車種、走行状態などによって異なる発生率をもつものと考えられる。その傾向を把握するために、すべり事故と非すべり事故の発生率を比較し、すべり事故発生の相対的危険度 (relative risk) を求めた。この方法は、すべり事故の観測頻度 (%) と非すべり事故の観測頻度 (%) との比をとるもので、もし両事故の発生に特別な差異がなければその比は 1.0 に近くなるという仮定にもとづいている。以下すべり事故に対する相対危険度について述べる。

1) 場所別相対危険度 (表-2)

分析結果は一般に予想される如く、都市部、地方部ともに「屈曲・まがりかど」、「坂道」で高い危険度を示した。さらに都市部では交差点の横断歩道とその付近、地方部では単路の横断歩道とその付近で高いすべり事故の危険度を示している。また地方部におけるトンネル、踏切も相当に高い危険度を示しているがデータが少ないために確認できなかった。

表—2 場所別に見たすべり事故の相対危険度^{注)}

場 所	相 対 危 険 度	
	都 市 部	地 方 部
交 差 点 内	0.94	0.75
同 横 断 歩 道 上	*1.19	0.82
同 横 断 歩 道 付 近	*1.29	*1.03
単 路 横 断 歩 道 上	0.64	*2.50
同 横 断 歩 道 付 近	0.95	*1.76
踏 切	—	*1.27
ト ン ネ ル	—	*3.26
屈 曲 ・ ま が り か ど	*2.60	*2.26
坂 道	*1.99	*2.27
そ の 他	0.82	*1.11

注) 相対的危険度 = $\frac{\text{すべり事故比率}(\%)}{\text{非すべり事故比率}(\%)}$

* すべり事故の比率が高い。

2) 車種別相対危険度 (表-3)

都市部、地方部ともバス類、普通貨物が高い危険度を示している。特にマイクロバスについては最近その交通事故の多発が問題になっている状況にあるので、その高い危険度が注目値する。その他として都市部の特定大型貨物、軽四輪 (乗用) の高い危険度がめだつ。

表—3 車種別に見たすべり事故の相対危険度^{注)}

車 種 (第 I 当事者)		相 対 危 険 度	
		都 市 部	地 方 部
乗 用	バ ス	*1.55	*1.12
	マイク robes	*2.55	*1.92
	普 通	0.91	0.91
	軽 四 輪	0.86	*1.87
貨 物	特 定 大 型	*2.47	0.96
	大 型	0.90	0.89
	普 通	*1.04	*1.08
	軽 四 輪	0.80	0.60
二 輪 車		0.81	0.60

注) 相対的危険度 = $\frac{\text{すべり事故比率}(\%) }{\text{非すべり事故比率}(\%)}$

* すべり事故の比率が高い。

3) 行動類型別相対危険度 (表-4)

人対車両に関してはすべり事故件数が多いためにまとめて計算した。この事故型態におけるすべり事故発生
の相対危険度は低かった。車両相互の事故型態においては、
その行動類型によっては高い危険性を明確に示した。すな
わち都市部・地方部とも追越時以外の正面衝突、左折時側
面衝突、すれ違い時接触である。さらに加えて都市部に
おける追突、地方部における出合頭衝突、その他の行動類
型である。視点を変えてこの結果を見ると、冬期における
対面交通 (非分離) の重大な危険性を示し、さらに交差点
における急停止、交差などの運動動作がすべり事故に大きく
関係することを示すものであろう。

車両単独の事故型態においてはいずれも高い危険度を示
し、特に地方部における路外逸脱、転落などは道路の幾何
設計や道路附属施設等と密接に関連するものと見られ、今
後調査研究の望まれる部分である。

表-4 行動類型別に見たすべり事故の相対危険度

行 動 類 型		都 市 部			地 方 部			都 市 部 地 方 部 すべり事故比 A/C
		すべり事故	非すべり事故	相対危険度	すべり事故	非すべり事故	相対危険度	
		A (%)	B (%)	A/B	C (%)	D (%)	C/D	
人 対 車 両		23.18	40.92	0.57	14.29	24.48	0.59	†1.62
車 両 相 互	追越時正面衝突	0.91	1.40	0.65	4.14	8.55	0.48	0.22
	その他の正面衝突	13.18	4.02	*3.28	28.57	16.64	*1.72	0.46
	追 突	49.09	36.11	*1.36	19.17	25.95	0.74	†2.56
	出 会 頭 衝 突	2.28	4.22	0.54	2.63	2.14	*1.23	0.87
	右折時側面衝突	1.36	4.72	0.29	0.75	4.12	0.18	†1.81
	左折時側面衝突	1.82	0.90	*2.02	0.75	0.31	*2.42	†2.43
	追 越 時 接 触	1.36	1.40	0.97	1.13	2.90	0.39	†1.21
	すれ違い時接触	2.28	0.80	*2.85	6.77	5.50	*1.23	0.34
そ の 他		2.73	4.91	*0.56	9.02	3.66	*2.46	0.30
車 両 単 独	路 外 逸 脱	—	—	—	7.14	1.37	*5.21	—
	転 落	—	—	—	2.26	1.53	*1.48	—
	駐 車 車 両 衝 突	0.45	0.20	*2.25	1.13	1.83	0.62	0.40
	工 作 物 衝 突	0.45	0.30	*1.50	1.50	0.76	*0.97	0.30
	そ の 他	0.91	0.10	*9.10	0.75	0.46	*1.63	†1.28

* すべり事故の比率が高い行動類型

† 都市部のすべり事故の比率が高い行動類型

4. すべり事故発生に対する運転経験年数の影響

すべり事故発生に運転者の運転経験年数がいかなる影響
をもつかを分析するものである。都市部、地方部別にすべ
り事故と非すべり事故を起こした運転者の経験年数別分布
を比較し、その結果を図-6 (a) (b) に示す。都市部において
は、運転経験年数2年未満の者の起すすべり事故率が非す

べり事故率よりわずかに多い程度で大きな影響は示さな
かったが、地方部においては明らかな差を示し、運転経験年
数4年未満の者の方が高い割合になっている。またすべり
事故について運転経験年数別分布の都市部・地方部別比較
を図-7に示す。この図から都市部に比較して地方部ですべ
り事故を起した運転者は経験年数不足の者が圧倒的に多い
ことがわかる。

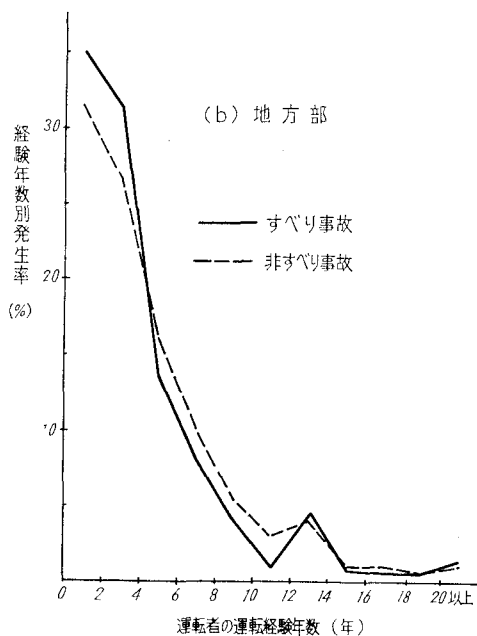
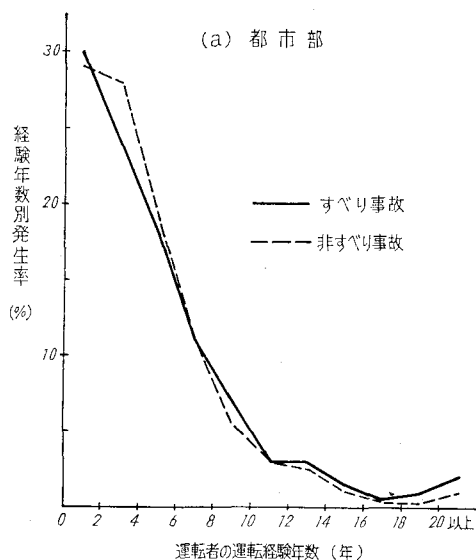


図-6 雪氷路面上で交通事故を起した運転者の運転経験年数別分布

(a) 都市部, (b) 地方部

運転経験年数のすべり事故に対する影響を相対危険度にもとづいてさらに詳しく分析した結果を次に述べる。

1) 道路形状別分布 (表-5)

表-5 は道路形状に変化がある場合と変化がない場合に分けて、すべり事故と非すべり事故の観測頻度にもとづく相対危険度を示したものである。ここにいう変化とは、交差点、トンネル、屈曲、坂道などの要素をいう。いずれにおいても経験年数1年未満のものが高い危険度を示す。さ

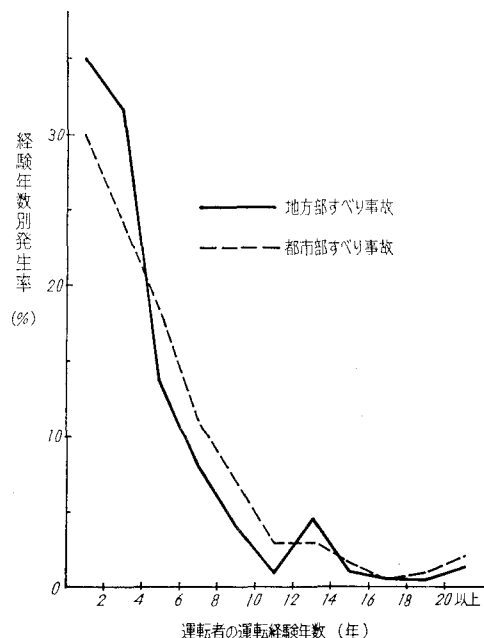


図-7 雪氷路上ですべり事故を起した運転者の運転経験年数別分布

表-5 道路形状別・経験年数別すべり事故の相対危険度

経験年数	道路形状特徴あり			道路形状特徴なし			すべり事故比 A/C
	すべり事故 A (%)	非すべり事故 B (%)	相対危険度 A/B	すべり事故 C (%)	非すべり事故 D (%)	相対危険度 C/D	
1	20.17	14.41	*1.40	18.62	15.68	*1.19	1.08
2	13.87	13.54	*1.02	13.36	16.01	0.83	1.04
3	14.71	14.12	*1.02	18.62	15.01	*1.24	0.79
4	12.18	12.95	0.94	10.53	12.09	0.87	1.16
5	8.82	9.32	0.95	8.91	9.52	0.94	0.99
6	7.56	8.44	0.95	6.08	7.95	0.76	1.24
7	6.72	6.40	*1.05	6.07	5.38	*1.13	1.11
8	2.94	5.82	0.05	2.83	3.58	0.79	1.04
9	3.36	3.49	0.96	2.43	2.35	*1.03	1.38
10~	9.67	11.51	0.84	12.55	12.43	*1.01	0.77

* すべり事故の比率が高い

らに経験年数1年未満のものについてみると、道路形状に何らかの変化がある場合にすべり事故を起す率がわずかに高く、その比は1.08である。

2) 車種別分布 (表-6)

表-6 は乗用車類と貨物車類に分けたすべり事故の相対危険度を示す。両類とも経験年数1年未満の者が高い危険度をもつが、さらに経験年数1年未満の者についてみると貨物車類ですべり事故を起す率が圧倒的に高くその比は

表—6 車種別・経験年数別すべり事故の
相対危険度

経験年数	貨物車類 ¹⁾			乗用車類 ²⁾			すべり事故比 A/C
	すべり事故 A (%)	非すべり事故 B (%)	相対危険度 A/B	すべり事故 C (%)	非すべり事故 D (%)	相対危険度 C/D	
1	22.70	16.95	*1.34	14.85	13.34	*1.11	1.53
2	13.83	17.06	0.81	13.37	12.74	*1.05	1.03
3	15.96	16.72	0.95	17.33	11.39	*1.52	0.92
4	10.64	12.51	0.85	12.38	12.44	1.00	0.86
5	7.80	8.30	0.94	10.40	10.79	0.96	0.75
6	7.80	7.51	*1.04	5.45	9.30	0.59	1.43
7	6.03	4.44	*1.36	6.93	7.50	0.92	0.87
8	2.84	4.10	0.69	2.97	4.95	0.60	0.96
9	2.84	2.28	*1.25	3.47	3.45	*1.01	0.82
10～	9.91	10.14	0.98	12.89	14.10	0.91	0.77

- 1) 貨物車類： 特定大型、大型、普通、軽四輪
2) 乗用車類： バス、マイクロバス、普通、軽四輪
* すべり事故の比率が高い

1.52 である。

3) 事故型態別分布 (表-7)

表-7 は人対車両、車両相互別にすべり事故の相対危険度を示す。人対車両の事故型態においては経験年数1年未満の者の危険度が非常に高くなっている。さらに経験年数1年未満の者についてみると、人対車両という事故型態のすべり事故を起す率が高くその比は1.24 である。

表—7 事故類型別・経験年数別すべり事故の
相対危険度

経験年数	人 対 車 両			車 両 相 互			すべり事故比 A/C
	すべり事故 A (%)	非すべり事故 B (%)	相対危険度 A/B	すべり事故 C (%)	非すべり事故 D (%)	相対危険度 C/D	
1	22.47	12.09	*1.86	18.11	16.60	*1.09	1.24
2	13.48	13.06	*1.03	13.93	15.52	0.90	0.97
3	10.11	12.67	0.80	18.38	15.32	*1.20	0.55
4	10.11	13.45	0.75	11.14	12.08	0.92	0.91
5	11.24	10.14	*1.11	8.91	9.43	0.94	1.26
6	7.87	7.80	*1.01	6.96	8.25	0.84	1.13
7	5.62	8.38	0.67	6.41	4.52	*1.42	0.88
8	3.37	4.87	0.69	2.79	4.62	0.60	1.21
9	3.37	3.31	1.02	3.06	2.75	*1.10	1.10
10～	12.35	14.21	0.87	10.30	11.00	0.94	1.20

* すべり事故の比率が高い

5. 考 察

雪氷路面上ですべり現象が主たる原因をなす交通事故について若干の統計的分析を試みた結果を示したが、ここで

明らかにされた結果を要約すると；

- 1) すべり事故発生には明らかな時間変動特性がある。この変動を支配する主なファクターは温度変化であろうと予測されるが、交通量の変動も関係して複雑にからみあっており、また気象条件の地域的な変化もあり定量的に把握することはできなかった。
- 2) すべり事故が多く発生する傾向にある場所、車種、行動類型が明らかにされた。
- 3) すべり事故発生に対する運転者の運転経験年数の影響は明らかで、特に地方部においてその影響は大である。分析結果のいずれをとっても運転経験年数1年未満の運転者のすべり事故発生率が高い。換言すると、雪氷路面を走行する経験のほとんどない運転者はすべり事故を起す危険性が大きいことになり運転経験年数の影響は顕著である。
- これらの分析結果にもとづいて、冬期の交通安全対策、冬期の道路維持管理について若干の考察を試みる。

交通安全対策： 冬期の道路条件、特に雪氷路面上を走行する技術を身につけ、また十分な経験を積む機会を与える必要がある。その1つとして、冬期間に雪氷で被われたドライビングコースの設置が考えられる。これは雪氷路面上で緊急停止を行なう場合やその他各種の運転動作に対する雪氷表面と車両の相互関係や車両の安定条件を身をもって体験するところに意義がある。

道路維持管理： 第1条件としては道路表面から雪氷を除去して完全な無雪氷道路舗装 (Bare Pavement) の確保である。実際問題としてはすべり事故の起こりやすい傾向にある屈曲、まがりかど付近や坂道、交差点や横断歩道付近における除雪氷剤 (de-icing agents) の散布や局地的な結氷 (spot ice) の除去に努める必要がある (米国における冬期道路交通維持技術⁶⁾) について詳しい紹介が行なわれている)。

さらに根本的には道路を設計する場合に雪氷路面を考慮した幾何設計^{6),7)}を取り入れることも必要である。

その他に運転者がまた冬期道路条件に慣れていない期間、特に雪の降り始めや結氷時期の安全対策と道路維持も重要な要素となる。

以上の結果にもとづいて今後の研究課題と考えられる事項としては、

- 1) 冬期交通現象の詳細な解明
2) 冬期における道路条件と気象条件との関係
3) 雪氷表面とタイヤのすべり現象の解明
などが考えられる。

最近の舗装道路の整備、除雪作業の普及、自動車台数の増加等の結果冬期交通問題が大きくクローズアップしてきているが、これに伴う交通事故対策などの資料として本稿が多少とも役に立てば幸いである。

尚、交通事故資料を使用させていただきました北海道警察本部交通企画課の御厚意ならびに多大な御協力いただきました北大工学部交通管理研究室に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 加来照俊：「Sideway Force Coefficient 測定車の試作」交通工学, Vol. 2, No. 3 (1967).
- 2) 板倉忠三・加来照俊・塩田 衍：「Sideway Force 法による道路の滑り測定」土木学会北海道支部研究発表論文集, (昭和 42 年).
- 3) 堀内 数・加来照俊・塩田 衍・小野寺雄輝：「雪氷路面とタイヤ間のすべり抵抗」第 23 回土木学会年次講演概要集 (IV), (昭和 43 年).
- 4) 板倉忠三・斉藤和夫：「一般国道地方部における冬期交通事故特性」第 23 回土木学会年次講演会概要集 (IV), (昭和 43 年).
- 5) 板倉忠三：「冬期交通維持技術について (1)~(6)」道路建設, 7~12 月号 (1968).
- 6) 板倉忠三・加来照俊：「氷結道路の最急勾配距離算出の 1 方法」土木学会北海道支部研究発表論文集, (昭和 42 年).
- 7) 板倉忠三・加来照俊：「積雪地の道路線形設計についての一考察」第 23 回土木学会年次講演会概要集 (IV), (昭和 43 年).