

## V. 9. 冬期路面管理水準策定に関する試験調査

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平 11～平 14

担当チーム：新潟試験所

研究担当者：武士 俊也、林 健一、

小嶋 伸一

### 【要旨】

積雪寒冷地における冬期道路は、気象・交通条件等に応じた明確な冬期道路管理基準がないため、同一の路線であっても各管理工区間で異なった路面状態の場合があり、安全で円滑な冬期道路交通確保のためには、共通した管理水準の設定や管理指標の作成が必要である。

本報告では、既存資料や積雪時における経路選択状況から冬期道路管理の指標を検討し、雪氷路面のすべり摩擦係数に着目して、路面状況や気象状況等と雪氷路面のすべり摩擦係数の現地計測結果から、道路管理をする上で観測が必要な要因や路面すべり摩擦係数の推定手法の検討を行った。

キーワード：雪氷路面、管理指標、路面分類、すべり摩擦係数

### 1. はじめに

1990年（平成2年）のスパイクタイヤの使用規制以降、スタッドレスタイヤが一因と考えられる冬期路面性状の変化やスリップ事故の急増が社会問題となってきた。道路管理者においては、冬期道路交通の安全確保のため、除雪や凍結防止剤散布等を行っているが、その費用は年々増加の傾向を示してきている。

このような状況の中で、冬期道路管理のサービスレベル及びその方法については、どの程度行なうべきかと言う議論も行われてきているが、気象・交通条件などに応じた明確な冬期道路管理基準が、現状では定まっていない。

このため、同一の路線であっても各管理工区間で異なった路面状態の場合があり、安全で円滑な冬期道路交通確保のためには、共通した管理水準の設定や管理指標の作成が必要となっている。

そこで、本調査では、既存資料や積雪時における経路選択状況の調査を実施し、冬期道路の管理指標として制動停止距離に直接関係するすべり摩擦係数に着目して、路面状況や気象状況等と路面すべり摩擦係数の現地計測結果から、道路管理をする上で観測が必要な要因や路面すべり摩擦係数の推定手法の検討を行った。

### 2. 調査方法および結果

調査は、図-1に示すようなフローで行い、大きく冬期道

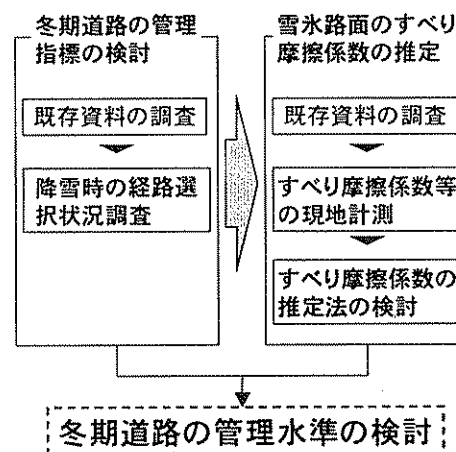


図-1 調査フロー

路における管理指標の検討と、雪氷路面のすべり摩擦係数の推定に分けられる。

#### 2. 1 冬期道路における管理指標の検討

冬期道路管理の指標として、安全性や快適性、円滑性等が考えられるが、ここでは、既存資料調査による国内外の冬期道路管理基準の状況や降雪時の経路選択状況の調査等を実施した。

##### 1) 国内外の冬期道路管理状況<sup>1)</sup>

2002年 PIARC 札幌大会では15の国と地域について、冬期道路管理について調査した中間報告書が作成されている。これをみると、各国における冬期道路管理基準は、気象条件や社会条件の違いにより、さま

さまざまな管理基準が使われている。サービスレベルは、交通量や道路種別を基本として決定されている場合が多く、サービスレベルの内容は、作業の出動基準を規定している国と、確保すべき路面の状態を規定している国に大きく分けられる。

確保すべき路面の状況を規定している国にはフィンランド等がある。フィンランドの場合では、交通量や道路機能から見た等級、気象条件等から5段階のサービスレベルが決められており、サービスレベル毎に、すべり摩擦係数等を指標として維持すべき路面状態が規定され、雪氷路面による管理が許容されている。

日本の場合には、道路は一般国道、都道府県道、市町村道に分類され、国、都道府県、市町村(都道府県が国道、市町村が都道府県道等も管理している場合もある)により管理されているが、確保すべき路面の状態を規定しているものとしては北海道開発局の冬期路面管理マニュアル(案)<sup>2)</sup>があり、道内の一般国道で交通量などに応じて確保すべき路面分類の目安が示されているが、多くは積雪量等を判断基準として除雪出動している出動基準となっている。

このことから、近年の除雪や凍結防止剤散布等による除雪費用の削減や冬期における安全で円滑な冬期道路交通確保のためには、北欧諸国における道路管理指標や北海道開発局の冬期道路維持管理マニュアルで示されるような、確保すべき路面状態を規定した冬期道路管理指標の提案が必要であると考えられる。

## 2) 降雪時の経路選択状況調査

ここでは、冬期道路管理指標を検討するために、道路利用者の降雪時の経路選択状況および、その理由等についてアンケート調査を実施した。

アンケートは平成12年3月に実施し、上越方面に通勤、買物等で車を利用する沿線地域の各市町村役場等の道路関係部署に協力を依頼して計1010票の調査票の配布を行い690票の有効回答を得た。図-2に回答者の職業を示すが公務員が多く、ほとんど

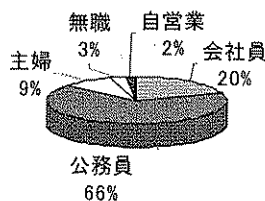


図-2 回答者の職業構成

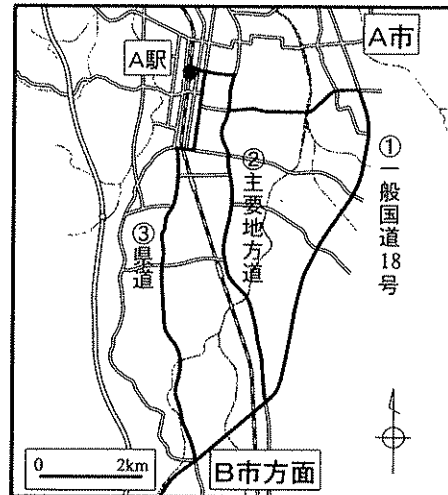


図-3 A市周辺の道路状況

が毎日車を運転している。

アンケートでは、降雪時における経路変更の有無や、降雪時、無雪時における移動経路の記載、その理由等について実施した。

アンケート結果から、9割の方が降雪時にも公共交通機関に移動方法変更せず、車を利用している。

また、B市方面から、A駅周辺への向かう経路選択状況を降雪時・無雪時について図-3に経路を記入を以来したが、記載された経路は、大きく3通り(①一般国道18号、②主要地方道、③県道)に分けられ、無雪時においては、図-4に示すように距離的に遠くなる①一般国道18号より、主要地方道及び県道の利用者が多く85%を占めている。

しかし、図-5に示すように降雪時には経路を変更する人が、45%を占め、その内の38%は、距離的に遠くなるにもかかわらず主要地方道・県道から一般国道18号への変更が認められた。

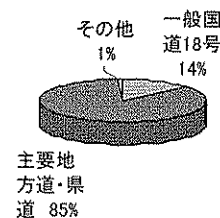


図-4 無雪時における経路選択状況

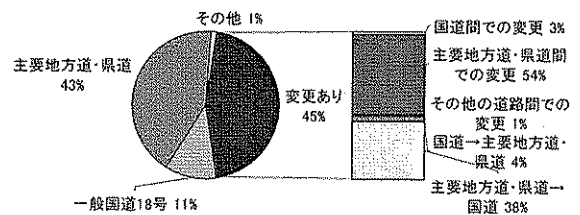


図-5 降雪時における経路選択状況

図-6に経路変更の理由(複数回答)を示すが、「雪により道路幅が狭くなり車同士のすれ違いに危険を感じる」が、複数回答847件中236件と最も多いほか、「路面凍結や圧雪によりスリップして危険である」が139件等と高い値を示している。

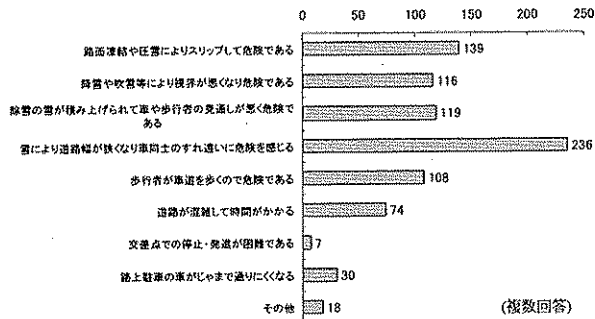


図-6 降雪時における経路変更の理由

このことから、降雪時には、時間よりも安全を優先して経路変更が行われていることが推測される。

また、北陸地方整備局が実施した道路の満足度調査結果(Ⅱ4.2)をみると、「冬期における車での移動」において不満が多く認められ、「冬期における車での移動」における主な不満要因では、「降雪後の雪の処理」が最も高く、ついで「路面がすべりやすい」となっていることから、安全へのニーズが高いことが考えられる。

冬期において露出路面を確保することが安全面では望ましいが、近年の除雪費の増大等を考えると実際問題としては困難と言わざるを得ない。

また、参考文献3)からは、積雪寒冷地に住む以上は、無雪期と同等の管理水準は望んでおらず多少の支障は受け入れると考えられるため、雪氷路面になってもある程度の安全が保たれば住民ニーズは満たせると考えられる。

安全度の指標としては、車の制動距離に直接関係するすべり摩擦係数( $f$ )が考えられ、冬期道路管理をするための指標として、すべり摩擦係数を反映した指標の設定が適切と思われる。

## 2.2 すべり摩擦係数の推定

現在、雪氷路面におけるすべり摩擦係数を測定する手法としては、すべり試験車によりすべり摩擦係数を測定する方法がある。

しかしながら、冬期の道路管理を行っていく上で、すべり試験車を用いて直接すべり摩擦係数を測定し管理することは、その測定のための費用や作業性、また円滑な道路交通の維持を考えると困難であると

言わざるを得ない。

そこで、雪氷路面の状態や気象条件等から、雪氷路面におけるすべり摩擦係数の推定手法について検討を行った。

まず、①既存資料からすべり摩擦係数に関連の深い要因について検討し、②それらの要因とすべり摩擦係数について現道で計測を実施した。

その後、計測したデータを用いて、すべり摩擦係数と最も関連が深いと考えられる③すべり摩擦係数と路面分類の整理、④各要因から重回帰分析を用いた関係の深い要因の検討やすべり摩擦係数の推定を行った。

### 1) すべり摩擦係数に関連の深い要因の検討

雪氷路面におけるすべり摩擦係数は、「路面上の水分」と「雪氷路面とタイヤのかみ合い」等によるものと考えられ、これらの性状は、路面の積雪状況及び気温、交通量等の条件により左右されると考えられる。

そこで、既存資料から、すべり摩擦係数に影響を及ぼすと考えられる要因について調べた。調査した文献は、参考文献4)~9)である。

これらの文献の中で、雪氷路面のすべり摩擦係数との関係を検討されている要因は、表-1に示すように、気温、降雪量、路面分類、路面雪氷厚、路面硬度、残留塩分濃度、交通量、車両の平均速度等がある。

また、すべり摩擦係数の整理は、文献毎に分類の仕方は異なるものの雪氷路面分類毎に整理されている場合が多く認められ、氷板、圧雪、シャーベット等の雪氷路面分類はすべり摩擦係数に及ぼす雪氷路面の基本的な性状を支配する重要な要因であると考えられる。

表-1 すべり摩擦関連する要因

参考文献の番号	気 象		路 面 状 況				交 通		
	気温	降雪量	路面分類	路面雪氷厚	路面温度	硬度	残留塩分濃度	交通量	平均速度
4	○		○				○		
5	○				○	○			
6			○				○		
7			○		○	○	○		○
8			○					○	
9	○	○	○	○	○		○		
計	3	1	5	1	3	2	4	1	1

2) すべり摩擦係数の現道における計測

現地計測は、平成 10～13 年度 (H11～H14) にかけて、図-7 に示す一般国道 18 号 二俣地区、古間地区において実施した。現地計測では、目視による路面分類とすべり試験車によるすべり摩擦係数について計測を実施し、地方整備局等により実施された目視による路面分類と路面のすべり摩擦係数の計測結果も併せて合計 1,049 データを得た。

その内、一般国道 18 号 二俣地区、古間地区を合わせた 254 データについては、交通状況・気象状況等 (路面雪氷厚、路面温度、気温、車両の交通量、車両の平均速度等) の詳細な計測も行った。(表-2 参照)

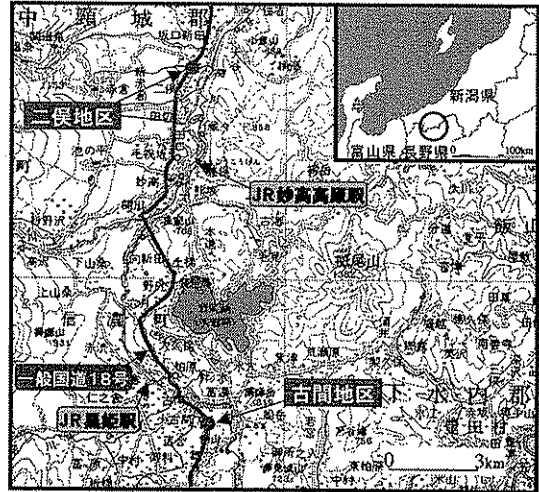


図-7 すべり摩擦係数等の調査箇所

表-2 計測データ数一覧表状況

	調査箇所	データ数					詳細調査の項目
		H11	H12	H13	H14	計	
土木研究所 新潟試験所	新潟県妙高高原町 R18 二俣	720 (117)	91 (40)	27 (19)	7 (7)	845 (183)	天候、気温、路面温度、湿度、平均風速、地中温度(-2cm)、時間降雪量、路面雪氷厚、残留塩分濃度、交通量、平均速度
	長野県信濃町 R18 古間		111 (55)	20		139 (62)	
北陸地方整備局	新潟県湯沢町 R17 湯沢		26			26	
東北地方整備局	秋田県田沢湖町 R46 田沢湖		13			13	
北海道開発局	北海道石狩市 R231 石狩		26			26	
計		720 (117)	267 (95)	47 (19)	15 (14)	1049 (245)	

○内の数値は、目視による路面分類とすべり摩擦係数の計測以外に、詳細調査の計測も行ったデータ数

写真-1 にすべり摩擦係数の計測状況を示すが、すべり摩擦係数の計測は、すべり試験車の外側車線走行位置に設置されている冬期路面調査用標準タイヤ(スタッドレスタイヤ、タイヤサイズ 165/80R13、タイヤ空気圧 16.7hPa)により行った。時速 40km で、測定タイヤにブレーキをかけ、ロックさせた状態で縦すべり摩擦係数を求めた。

1 回の計測時間は、概ね 1～3 秒で、すべり摩擦係数は前後を除いた部分を平均して求めた。

また、目視による路面分類は、表-3 に示すように、表面の光沢や雪の状態、厚さ等から走行部における雪氷路面の状態を 17 に分類した。



写真-1 すべり摩擦係数の計測状況

表-3 目視による路面分類

雪氷の有無	表面の光沢	トレッドの跡	車両走行部の雪		路面分類	
			雪の状態	雪の色		
				厚さ		
有り	光っている	あまり付かない	白っぽい	層の状況	1 非霜に滑りやすい狂雪	
				1mm以上	2 非霜に滑りやすい氷板	
		付かない	黒っぽい (灰 茶色)	1mm未満	3 非霜に滑りやすい氷膜	
				1mm以上	4 冷たい狂雪	
		付く (ぬかる)	縮まっている	黒っぽい (灰 茶色)	1mm未満	5 氷板
					1mm以上	6 氷膜
	さらさら (雪割が発生)		下層無し	7 ゆるい狂雪		
				8 こな雪		
	光っていない	付く (ぬかる)	ざくざく (ザラメ状 粒状)	下層氷板 氷膜	9 こな雪下層氷板	
				非霜に滑りやすい狂雪	10 こな雪下層狂雪	
		べたべた (水を含んだもの)	路面が黒く見える 舗装面が見える	下層無し	11 つぶ雪	
				下層氷板 氷膜	12 つぶ雪下層氷板	
無し	湿潤 乾燥		路面が白く見える 舗装面が見えない	非霜に滑りやすい狂雪	13 つぶ雪下層狂雪	
				14 黒シャーベット		
				15 白シャーベット		
				16 湿潤		
				17 乾燥		

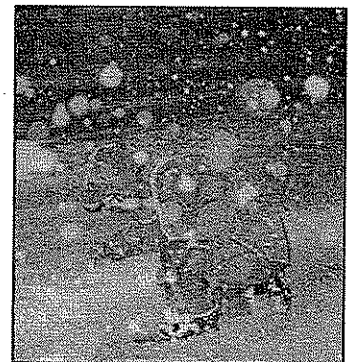


写真-2 路面温度などの計測状況

なお、写真-2に示すように路面温度（雪氷路面の場合は雪氷路面表面）、時間降雪量、雪氷路面厚、残留塩分濃度は調査員が現地において、直接計測すると共に、車両の交通量や平均速度等については、自動観測機器により計測を行った。

### 3) 路面分類とすべり摩擦係数

参考文献 2), 8) によると、雪氷路面のすべり摩擦係数は路面状態によりバラツキはあるもののすべり摩擦係数の累積 50% 値までの値は 0.1~0.3 程度の範囲となっている。

ここでは、計測した 1,049 データについて、同様に路面分類とすべり摩擦係数の関係の整理を行った。累積 50% 値等は、データ間を線形補間し、累積頻度分布図から求めた。(図-8 参照)

整理結果を表-4、図-9 に示すが、データが少ない一部路面を除いて、累積 50% 値までの値は 0.1~0.3 程度の範囲となっていることがわかる。

累積 50% 値で考えると、「非常に滑りやすい圧雪」ではすべり摩擦係数は 0.2 以下となっている。

また、累積 10 値では、「かたい圧雪」、「氷板」、「氷膜」「こな雪下層氷板」、「黒シャーベット」もすべり摩擦係数が 0.2 以下となっている。

特に、「非常に滑りやすい圧雪」以外の路面でも、「かたい圧雪」、「こな雪下層氷板」、「つぶ雪下層氷板」、「黒シャーベット」等では、計測値にバラツキが多く、すべり摩擦係数の最小値が 0.15 以下になっており、まれにすべりやすい路面となる。

### 4) 重回帰分析によるすべり摩擦係数の推定

路面分類によるすべり摩擦係数の推定では、大まかに路面のすべりやすさは推定できるものの、バラツキが大きくすべり摩擦係数が非常に低い場合も認められた。

既存資料の調査によると、すべり摩擦係数は気象条件や交通状況等により影響を受けると推定される。このことから、路面状況や気象状況等の観測値を用いて、各要因のすべり摩擦係数への影響やより正確なすべり摩擦係数を推定するために、重回帰分析を行った。

解析に用いたデータは、表-2 に示す新潟試験所で収集した二俣地区のデータの内、詳細な調査を行った 183 データ(H11~H14)である。

解析に用いる要因は、表-1 に示す調査項目の内、図-10 に示すように参考文献 4~9) からの知見や

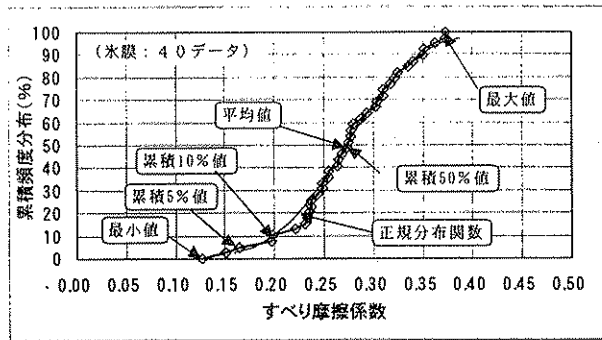


図-8 すべり摩擦係数累積頻度分布図

表-4 路面分類とすべり摩擦係数の統計値

路面状態	データ数 (n)	最小値 (min)	累積 5% 値 (f5)	累積 10% 値 (f10)	累積 50% 値 (f50)	平均値 (ave)	標準偏差 (σ)
非常に滑りやすい圧雪	31	0.11	0.13	0.16	0.19	0.22	0.088
非常に滑りやすい氷板	1						
非常に滑りやすい氷膜	9	0.28	0.29	0.31	0.34	0.34	0.035
かたい圧雪	324	0.06	0.11	0.16	0.27	0.25	0.062
氷板	17	0.15	0.16	0.18	0.24	0.24	0.049
氷膜	40	0.13	0.16	0.20	0.27	0.27	0.068
ゆるい圧雪	4	0.25	0.27	0.28	0.36	0.34	0.065
こな雪	10	0.17	0.20	0.23	0.34	0.32	0.075
こな雪下層氷板	109	0.09	0.16	0.19	0.32	0.30	0.084
こな雪下層圧雪							
つぶ雪	96	0.15	0.20	0.21	0.26	0.26	0.044
つぶ雪下層氷板	239	0.09	0.17	0.21	0.29	0.28	0.066
つぶ雪下層圧雪	17	0.31	0.32	0.33	0.36	0.37	0.032
黒シャーベット	85	0.09	0.13	0.14	0.24	0.27	0.120
白シャーベット	5	0.14	0.14	0.15	0.15	0.16	0.016
湿潤	59	0.13	0.33	0.39	0.53	0.52	0.115
乾燥	3	0.38	0.38	0.39	0.44	0.42	0.039

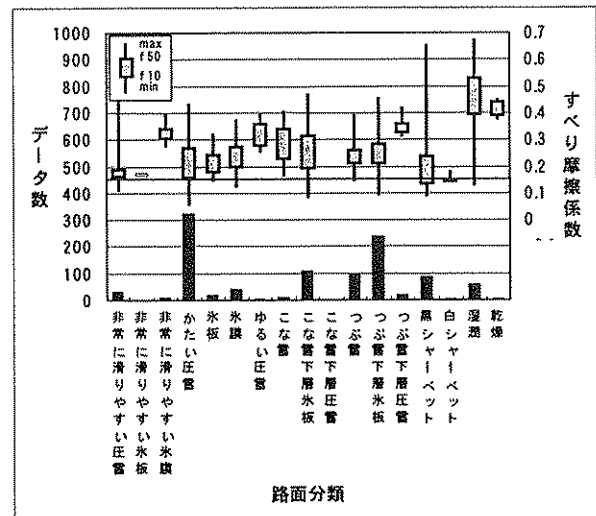


図-9 路面分類とすべり摩擦係数

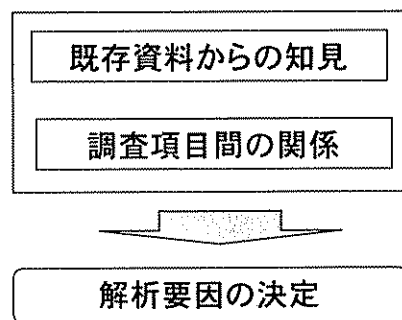


図-10 解析要因の決定法

調査項目間の相関等により決定した。

参考文献によるとすべり摩擦係数と気温、路面温度、積雪量、路面雪氷厚、残留塩分濃度（散布量）、交通量、平均速度等について路面分類別に検討がされており、「温度は0度付近ですべりやすく、低いほどすべりにくくなる。」「雪氷厚はあまり関係ない。」「シャーベットでは雪氷厚が厚いほどすべりやすい。」「凍結防止剤は、路面状況によりすべり摩擦係数に与える影響は異なる。」等が考えられている。

また、要因間の相関性は表-5に示すように「時間降雪量」と「路面雪氷厚」、「路面温度」と「気温」、「路面温度（定点）」・「地中温度(-2cm)」は、相関のある要因となっている。このうち、直接に雪氷路面の状態を表す「路面雪氷厚」「路面温度」を用い、重回帰分析の要因は、「路面雪氷厚」「路面温度」「残留塩分濃度」「交通量」「平均速度」とした。

つぎに、路面分類毎のすべり摩擦係数と各要因についてグラフを作成し、要因の影響度合いを調べたが、図-11(a)(b)の例からも分かのように、路面分類毎にその傾向、影響度合いは異なっていた。

そこで、重回帰分析は路面分類毎に(1)式により実施した。表-6に解析結果を示す。

$$y = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \alpha_4 x_4 + \alpha_5 x_5 + C \dots (1)$$

ここに 目的変数 y : すべり摩擦係数  
 第1説明変数  $x_1$ : 路面雪氷厚(cm)  
 第2 "  $x_2$ : 路面温度(℃)  
 第3 "  $x_3$ : 残留塩分濃度(%)  
 第4 "  $x_4$ : 交通量(台)  
 第5 "  $x_5$ : 平均速度(km/h)

表-6 重回帰分析結果

路面分類	データ数	路面雪氷厚 $X_1$	路面温度 $X_2$	残留塩分濃度 $X_3$	交通量 $X_4$	平均速度 $X_5$	定数項 C	重相関係数 R	自由度修正重相関係数	備考
非常に滑りやすい圧雪	7	0.2226	-0.0393		-0.0006	-0.0063	0.5699	0.97	0.91	残留塩分濃度0のみ
かたい圧雪	48	0.0034	-0.0186	0.0074	-0.0001	-0.0005	0.2795	0.31		
氷膜	8	-1.7813	-0.0361	0.0327	0.0014	0.0324	-1.6861	0.96	0.83	
こな雪下層氷板	33	0.0358	0.0168	-0.0731	0.0001	0.0068	0.0138	0.58	0.47	*
つぶ雪	14	-0.0438	0.0085	-0.0320	-0.0001	0.0003	0.3028	0.60		
つぶ雪下層氷板	33	0.0010	-0.0007	-0.0565	-0.0002	-0.0027	0.4329	0.63	0.54	*
黒シャーベット	15	-0.1292	0.1038	0.0104	0.0000	-0.0037	0.5657	0.80	0.67	

表-5 詳細調査項目間の相関性

	時間降雪量	路面雪氷厚	路面温度	残留塩分濃度	気温	路面温度定点	平均風速	湿度	交通量	平均速度	地中温度2cm
時間降雪量	○										
路面雪氷厚	○	○									
路面温度			△		△	○		△			◎
残留塩分濃度				△							
気温					△	○					
路面温度定点			○		○	○					△
平均風速							△				
湿度								△			△
交通量									△		
平均速度										△	
地中温度2cm			◎								△

△:相関係数0.5以上 ○:相関係数0.6以上 ◎:相関係数0.7以上

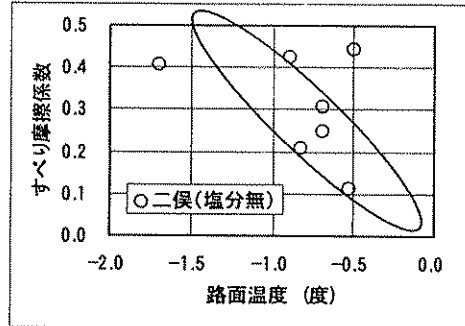


図-11(a) 路面温度とすべり摩擦係数例 (非常に滑りやすい圧雪)

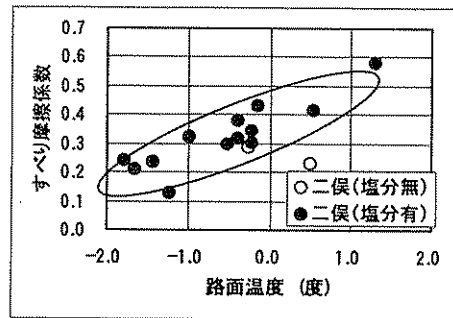


図-11(b) 路面温度とすべり摩擦係数例 (黒シャーベット)

表-6及び、図-12からもわかるように、「かたい圧雪」「つぶ雪」では、今回の説明変数では十分でなかったと考えられる。また、説明変数に対してデータが十分とはいえない路面分類のものもあるが、「こな雪下層氷板」、「つぶ雪下層氷板」については、データ数も多く、表-6、図-13からわかるように、すべての要因がすべり摩擦係数に関連していると考えられ、解析に用いたデータがよく再現できている。

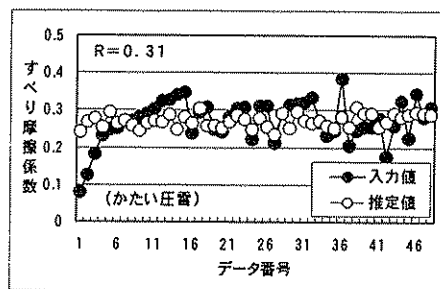


図-12 解析結果例 (かたい圧雪)

\*: 危険率5%で棄却され、説明変数は予測に必要である。

また、データが少ないものもあるが、「かたい圧雪」「つぶ雪」を除き、表-6の係数の符号から、各要因の影響を検討すると次のように考えられる。

- ① 「氷膜」、「黒シャーベット」で、路面雪氷厚が厚くなれば、すべり摩擦係数が低下する傾向にある。
- ② 「こな雪下層氷板」、「つぶ雪下層氷板」は、残留塩分濃度が増加するとすべり摩擦係数が低下する傾向にある。
- ③ 「非常に滑りやすい圧雪」「つぶ雪下層氷板」では、交通量が多くなるほど低下しており、「氷膜」では、交通量増加によりすべり摩擦係数が増加傾向となっている。
- ④ 路面温度については、大半が0℃以下であったが、「こな雪下層氷板」「黒シャーベット」では、温度低下と共にすべり摩擦係数が減少する傾向が見られている。これは、図-14に示すように残留塩分濃度により凝固点が低下するため、最もすべりやすくなる路面温度が0℃より低くなっている影響と考えられる。

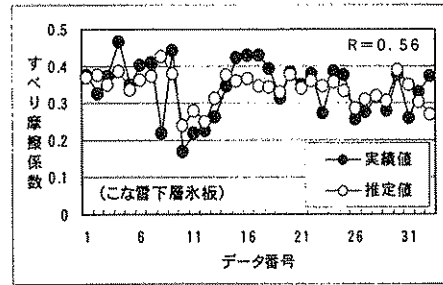


図-13 解析結果例（こな雪下層氷板）

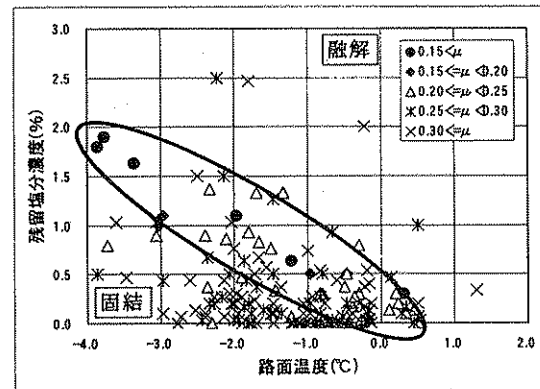


図-14 すべり摩擦係数別の路面温度と残留塩分濃度

表-12 標準偏回帰係数

路面分類	要因	データ数	路面雪氷厚	路面温度	残留塩分濃度	交通量	平均速度
非常に滑りやすい圧雪		7	0.5321	-0.1287		-0.3834	-0.0719
かたい圧雪		48	0.0311	-0.2708	0.0536	-0.1276	-0.0454
氷膜		8	-3.7015	-1.2576	1.2819	4.6013	5.0217
こな雪下層氷板		33	0.1944	0.4669	-0.2850	0.1096	0.3104
つぶ雪		14	-0.4459	0.2522	-0.4420	-0.4111	0.0475
つぶ雪下層氷板		33	0.0106	-0.0134	-0.3749	-0.3986	-0.4220
黒シャーベット		15	-0.1753	0.8165	0.0507	0.0094	-0.2385

また、各要因のすべり摩擦係数への影響度を検討するために標準偏回帰係数を表-12に示す。絶対値の大きいものがより影響の大きい要因となるが、表-12からわかるように路面分類毎に影響の大きい要因は異なることがわかる。

しかしながら、今回の重回帰分析では、データ数も少なく十分な解析ができたとは言えない。

また、説明変数に用いた「平均速度」については、道路の線形や気象等の影響を受け、路面温度についても残留塩分濃度との関連を検討する必要があると思われる。さらに、今回の説明変数では十分でなかったと考えられる「圧雪」や「つぶ雪」では、現地調査の際に様々な硬さの「圧雪」や「つぶ雪」が認められており、硬さについては一部の参考文献においても触れられていることから、これらの要因の影響について今後検討が必要と考える。

### 2. 3 すべり摩擦係数の制動停止距離への影響

走行車両が同一車線上に障害物等を認めた場合にブレーキをかけ停止するまでの制動停止距離は、空走距離を2.5秒<sup>10)</sup>で考えると、(2)式で与えられる。

$$D = \frac{V}{3.6}t + \frac{V^2}{2gf(3.6)^2} \quad \dots (2)$$

ここに D:制動停止距離(m)  
V:速度(km/h)  
f:タイヤと路面との縦すべり摩擦係数  
t:反応時間(s)=2.5(s)

冬期路面におけるすべり摩擦係数は、0.1~0.3程度の値をとっていることから、このときの制動停止距離を求めると、時速40kmにおけるすべり摩擦係数を乾燥路面では0.65、湿潤路面では0.35とすると、図-15に示すようになる。制動停止距離は雪氷路面においては乾燥路面の2倍以上に及ぶ場合もあり、



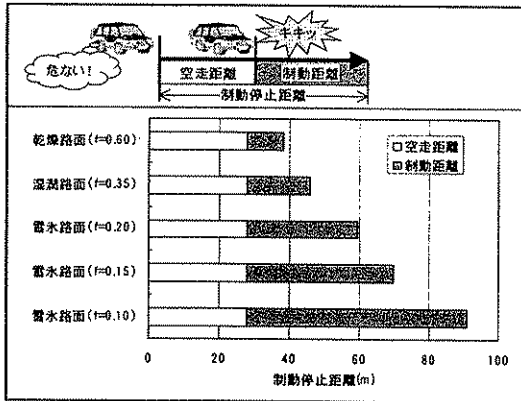


図-15 すべり摩擦係数別の制動停止距離

十分に車間距離をとる必要がある。

道路管理の面から考えると、参考資料 10) では、積雪寒冷地で路面が氷結した場合の制動停止距離をすべり摩擦係数を 0.15 と考え、積雪寒冷の度がはなはだしい地域の道路にあたっては、それ以上の視距を確保することが望ましいとされている。このことから、すべり摩擦係数が 0.15 を下まわった場合には十分な視距が確保されない可能性がある。

また、図-16 に制動停止距離への道路縦断勾配の影響を整理したが、5%以上の縦断勾配ではすべり摩擦係数 0.2 以下となった場合、平地でのすべり摩擦係数 0.15 の制動停止距離を上回ることがわかる。

### 3. まとめ

本調査では、既存資料や積雪時における経路選択状況から冬期道路管理の指標を検討し、雪氷路面のすべり摩擦係数に着目して、路面状況や気象状況等と雪氷路面のすべり摩擦係数の現地計測結果から道路管理をする場合に観測が必要となる要因や路面すべり摩擦係数の推定手法の検討を行った。

その結果、以下のことがわかった。

- 1) 冬期道路管理基準は、作業の出動基準を規定している国と、確保すべき路面の状態を規定している国に大きく分けられ、北海道開発局等で確保すべき路面の状態の規定する基準が作成されている。
- 2) 積雪時における経路の選択には時間等よりも安全性等を考慮して変更されており、すべり摩擦係数などを考慮した指標の提案が必要であると考えられる。
- 3) 路面分類により大まかにすべり摩擦係数は把握できるものの、路面分類だけでは非常にすべりやすい路面が生じる場合もある。
- 4) 重回帰分析によると、路面分類毎に要因の影響が異なる。また、「つぶ雪下層氷板」「こな雪下層氷板」では、解析に用いたデータがよく再現された。

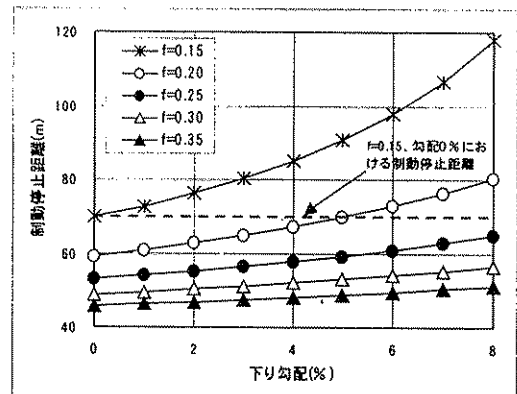


図-16 制動停止距離への道路縦断勾配の影響

しかしながら、「圧雪」等については、その影響要因等も明らかとなっておらず、すべり摩擦係数を考慮した管理指標の作成までには至らなかった。

今後、「圧雪」等に適した影響要因や推定法を検討するとともに、現場での利用を考慮したわかりやすい指標の検討を進めていく必要がある。

### 参考文献

- 1) now & Ice Databook(中間報告), 2002PIARC 第 11 回 国際冬期道路会議札幌大会 日本実行委員会, 2002.2
- 2) 冬期道路管理マニュアル(案), 北海道開発局, 平成9年 11月
- 3) 日野智, 高橋陽平, 岸邦宏, 原邦宏, 佐藤馨一: 都市別に見た除雪事業の評価と費用負担意識分析に関する研究, 第 17 回寒地技術シンポジウム, pp.232~239, 2001.11.
- 4) 路面のすべり抵抗に関する研究(2)-積雪路面のすべりについて-, 土木研究所報告, 昭和 44 年 2 月
- 5) 青木忠男, 下村忠一, 石平貞夫, 他: 雪寒対策調査, 土木研究所報告 1306 号, 昭和 52 年 12 月
- 6) 門山保彦, 服部健作, 佐藤彪式, 川浩一: 気象条件との関連における凍結防止剤の効果について, 雪と道路 No.19, 1989.4
- 7) 高田邦彦, 野田光之, 落合綱三, 宗広一徳: 雪氷路面のすべりに関する報告書, 土木研究所資料 第 2848 号, 平成 2 年 1 月
- 8) 美馬大樹, 高木秀貴, 川村浩二: 幹線道路における冬期道路管理水準の現状分析について, 開発土木研究所月報 No.523, pp.11-20, 1996.12
- 9) 松本晃一, 斎藤辰哉: 高速道路における冬期路面のすべり摩擦係数に関する研究, 高速道路と自動車 第 42 巻 第 2 号, pp.20-26, 高速道路調査会, 1999.2
- 10) 道路構造令の解説と運用, 日本道路協会, 昭和 58 年 2 月