

雪氷路面の分類方法に関する試験調査

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平 15～18

担当チーム：舗装チーム

研究担当者：久保和幸、藪雅行、寺田剛

【要旨】

除雪等の冬期路面管理は、降雪深等を基に経験的な判断により行われているのが現状であり、安全で効率的な冬期道路ネットワーク確保のためには、路面状態を共通の管理水準で示せる指標の作成が必要である。

本調査では、現場で利用しやすく路面状態を共通の管理水準で示せる指標の作成を目的として、すべり摩擦係数等を考慮した簡便で新しい路面の分類方法の提案を行った。

キーワード：冬期路面管理、雪氷路面、すべり摩擦係数、路面分類

1. まえがき

安全な冬期道路を確保するために特に本州では降雪深等を基に経験的な判断により、除雪等の道路管理がなされている。しかしながら、安全で効率的な冬期道路ネットワーク確保のためには路面状態を共通の管理水準で示せる指標の作成が必要である。このような指標として、国外ではすべり摩擦係数を一指標とした管理水準が策定されている。国内では北海道開発局により路面分類を基に冬期道路の管理水準が提案されているが、気温が0℃前後を上下する本州の路面状態を表すには十分ではない。そこで、17路面分類を作成し冬期路面管理指標の検討を進めてきたが、①17路面分類では現場で利用しづらいこと、②中間的な路面状態では主観により異なった路面に分類されてしまうこと等の課題が生じている。

本試験調査では、現場で利用しやすく路面状態を共通の管理水準で示せる指標の作成を目的として、すべり摩擦係数等を考慮した簡便で新しい路面分類手法を提案するものである。

2. 研究の概要

本試験調査では、以下に示す4つの項目について検討を行った。

- (1) 既存資料の整理
- (2) すべり摩擦係数と路面分類の関係調査
- (3) すべり摩擦係数の推定
- (4) 新しい雪氷路面分類法の検討・提案

3. 研究方法と研究結果

3. 1 既存資料の整理

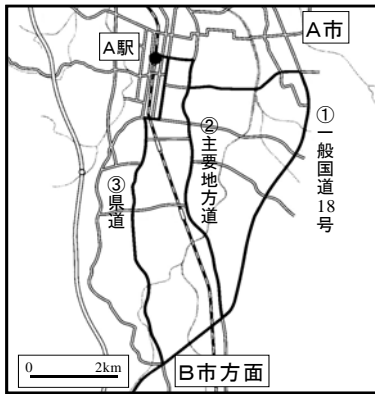
3. 1. 1 積雪時における経路選択状況

冬期道路の管理指標として、安全性や快適性、円滑性が考えられる。

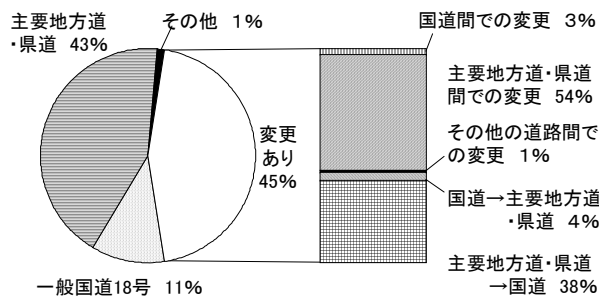
新潟県上越地方における降雪時の道路利用者に関するアンケート調査が平成12年3月に実施されているので、路面状況に応じて利用者は経路をどう選定・判断しているか、降雪時の経路選択状況とその理由について整理した。以下にその概要と結果を示す。

- (1) アンケートは、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の協力を得て実施
- (2) アンケートの回答数は690票（回収率68%）、回答者はほぼ毎日運転
- (3) 図-1に示すB市方面からA駅に向かう経路は、無雪時は一般国道18号より、距離的に短くなる主要地方道及び県道の利用者が多い。
- (4) 図-2に示すように積雪時には、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号へ変更する。
- (5) 図-3に示すように、経路変更の理由は「路面凍結や圧雪によりスリップして危険である」等、距離よりも安全性を優先した経路変更が行われている。この結果、雪氷路面管理指標としては、安全性を示す指標を作成することが重要であることが分かった。すべり易さの指標としてすべり摩擦係数が考えられ、現在、雪氷路面におけるすべり摩擦係数を測定する手法のひとつとして、路面すべり測定車により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、

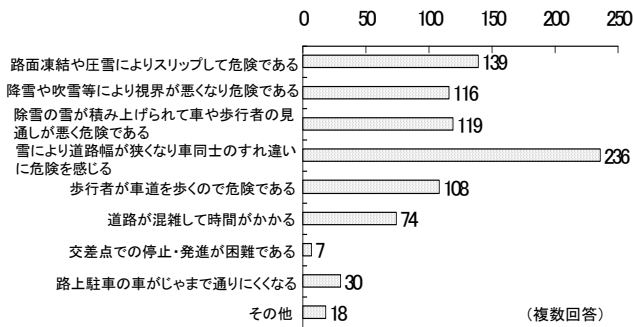
路面すべり測定車を用いて直接すべり摩擦係数を測定し管理することは、その測定のための費用や作業性、台数、並びに円滑な道路交通の維持を考えると困難であり、すべり摩擦係数と関連した指標の作成や路面を適切に判断できる路面分類が必要であることがわかる。



図－1 A市周辺の道路状況



図－2 降雪時における経路選択状況



図－3 積雪時における経路変更の理由

3.1.2 路面別の障害事例に関する調査

どういう路面状態の時にどういう交通障害が起きており、どう路面管理を行ったら良いか調べることを目的に、全国の新聞記事（平成7年度、平成10年度版～14年度版）に掲載された雪氷路面による交通障害の事例を収集し整理した。表－1にその結果を示す。

この結果、スリップ事故に関する記事が152事例と最も多く、次に大雪による交通渋滞（交通マヒ）が12事例であった。スリップ事故時の路面状態の内訳は、凍結が一番多く、次に積雪、圧雪、シャーベットであった。これらより、スリップ事故は凍結時が一番多く、凍結させない路面管理や路面を適切に判断できる路面分類が重要であることが分かった。

表－1 雪氷路面による障害事例結果

	凍結	圧雪	積雪	シャーベット	不明	計
スリップ事故	65	24	35	4	24	152
交通渋滞	3	1	4	0	4	12
通行止め	3	1	4	0	3	11
計	71	26	43	4	31	175

3.1.3 すべり摩擦係数と関連する要因

既存文献資料^{1)～6)}等から、雪氷路面の状況や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整理した。結果を表－2に示す。

表－2 既存資料に記載されている要因

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
1	○		○				○		
2	○				○	○			
3			○				○		
4			○		○	○	○		○
5			○					○	
6	○	○	○	○	○		○		
計	3	1	5	1	3	2	4	1	1

表－2に示すように雪氷路面の状況やすべり摩擦係数との関係がありそうな要因は、気温、降雪量、路面分類、路面雪氷厚、路面の残留塩分濃度（又は散布量）、交通量、車両の平均速度等がある。また、路面分類は、文献毎に分類の仕方は異なるものの、最も記載が多くなっている。他の要因とすべり摩擦係数の関係も、路面分類毎に整理されている場合が多く、すべり摩擦係数と関連が深い要因であると考えられる。

3.1.4 既存の雪氷路面分類の調査

表－3 既存の雪氷路面分類

木下ら (1969,1970)	土木研究所 (1977)	前野ら (1987)	土木技術会 (1991)	松沢ら (1993)	秋田谷ら (1994)	土木研究所路面分類 (17分類)
圧雪	濡れ圧雪 乾き圧雪	濡れ圧雪 乾き圧雪(軟圧雪) 乾き圧雪(硬圧雪)	新圧雪 圧雪	圧雪 つるつる圧雪 こぶ氷	圧雪 つるつる圧雪	ゆるい圧雪 かたい圧雪 非常に滑りやすい圧雪
氷板	乾き氷板 濡れ氷板	乾き氷板 濡れ氷板	氷盤	アイスバーン	氷板	氷板 非常に滑りやすい氷板
氷膜		氷膜	氷膜	ブラックアイス	氷膜 つるつる氷膜	氷膜 非常に滑りやすい氷膜
新雪		乾き新雪 濡れ新雪	新雪		こな雪	こな雪
こな雪		こな雪			こな雪下層つるつる	こな雪下層圧雪 こな雪下層氷板
つぶ雪	乾きつぶ雪 濡れつぶ雪	乾きつぶ雪 濡れつぶ雪	ザラメ		つぶ雪下層つるつる	つぶ雪下層氷板 つぶ雪下層圧雪 つぶ雪
水べた雪	乾き水べた雪 水べた雪	乾き水べた雪 水べた雪	水べた	シャーベット	つぶ雪	白シャーベット 黒シャーベット
			白黒?			湿潤 乾燥

これまで、冬期路面における雪氷路面分類は、表－3に示すとおり、木下ら^{7)、8)}、土木研究所⁹⁾、前野ら¹⁰⁾、北海道土木技術会¹¹⁾により様々な提案がなされてきた。また、平成2年のスパイクタイヤ規制以降、「つるつる路面」や「ミラーバーン」等の非常に滑りやすい路面が見られるようになり、松沢らは冬期路面を8分類¹²⁾にし調査を行っている。その後、秋田谷らが、目視で判断しやすい現象や状況を基にして、雪氷分類が現場技術者にとって煩雑であり、運転操作や道路維持作業と同じ取り扱いをしても問題ないと考え、“新雪と粉雪”、“つぶ雪と水べた雪”をひとつのカテゴリに整理した目視による道路雪氷の分類¹³⁾を示し、それを基に新しい路面分類¹⁴⁾が提案されている。

土木研究所では、本州の雪氷路面状況から、さらに17分類の雪氷路面分類(以後、17分類)を用い、冬期道路管理への適応のため、すべり摩擦係数との関連を検討してきた¹⁵⁾。表－4に17分類の詳細を示す。

表－4 17分類の雪氷路面分類

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

3.2 すべり摩擦係数と路面分類の関係調査

既存文献資料等の調査結果から、すべり摩擦係数に

は路面分類が影響していることが分かったため、実際の雪氷路面における路面分類とすべり摩擦をすべり抵抗測定車を用いて測定したデータを用いて整理した。その結果を示す。

データは、図－3に示す一般国道18号A地区、B地区における平成10～17年度の計測データと、地方整備局等で計測されたデータの合計1,049データである。

路面分類には、走行部で表面の光沢や雪の状態、厚さ等から、表－4に示す目視により路面分類(17分類)を行う方法を用いた。

また、すべり摩擦係数は、写真－1に示す路面すべり測定車により求めた。路面すべり測定車は、外側の車輪走行位置に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167kPa)が設置されている。時速40kmで測定タイヤにブレーキをかけ、1～3秒間ロックさせた状態で走行方向のすべり摩擦係数を測定し、測定値の前後10%を除いた部分の平均値をすべり摩擦係数とした。

図－4に17分類とすべり摩擦係数の関係を示す。データが少ない一部路面を除いて最小値から50%分位数(データを小さい順に並べたときの中心(50%)の値)までの値は約0.1～0.35の範囲となっている。路面分類毎に見ても、すべり摩擦係数の分布範囲は広がっていることがわかる。

17分類ですべり摩擦係数の推定はおおまかにできるものの、それぞれの路面分類におけるすべり摩擦係数の分布範囲は広く、その範囲を狭くするためには、①他の要因の追加、②路面分類の細分化を検討する必要がある。



図-3 調査箇所図

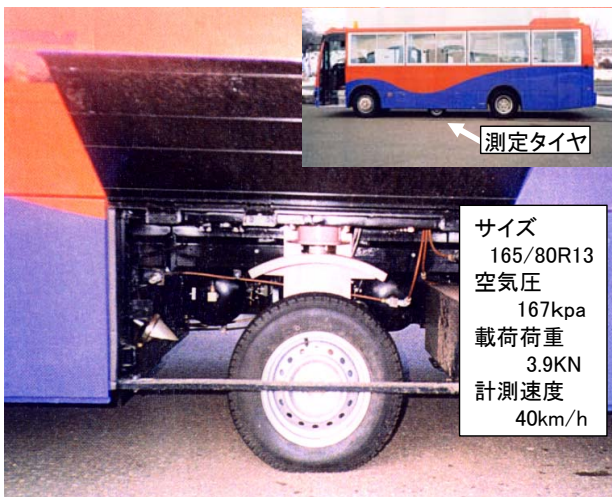


写真-1 路面すべり測定車

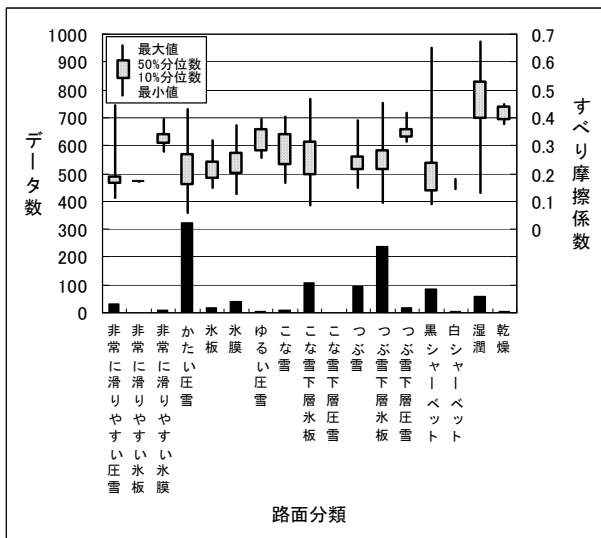


図-4 17分類とすべり摩擦係数

3.3 すべり摩擦係数の推定

表-1に示す既存資料には、残留塩分濃度や気温等の要因も記載され、すべり摩擦係数に関連があると考えられる。

A地区では、気象や交通量等を計測した詳細観測も一部データで実施している。よって、A地区の183データ(平成10~17年度)を用いて、重回帰分析により、すべり摩擦係数の推定を行い、すべり摩擦係数のバラツキを小さくすることを考えた。

重回帰分析の要因は、「路面雪氷厚」、「路面温度」(雪氷表面)、「残留塩分濃度」、「交通量」、「平均速度」を用い、路面分類毎に(1)式により実施した。

表-5が解析結果を示す。「こな雪下層氷板」、「つぶ雪下層氷板」は、要因が解析に必要なという仮説は5%で棄却され、図-5に示すように推定値が測定値に対応して変化し、要因がすべり摩擦係数に関連していると考えられる。しかし、「かたい圧雪」「つぶ雪」では、図-6に示すように推定値には測定値に対応したような変動は見られず、今回の要因では十分でなかったと考えられる。

また、「平均速度」は、道路の線形や気象等の影響を受け、場所毎に異なる等の課題もある。

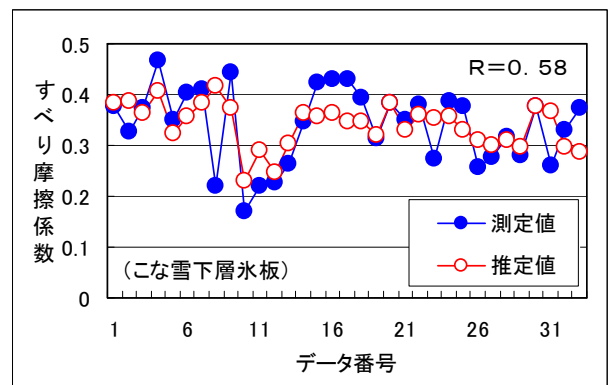
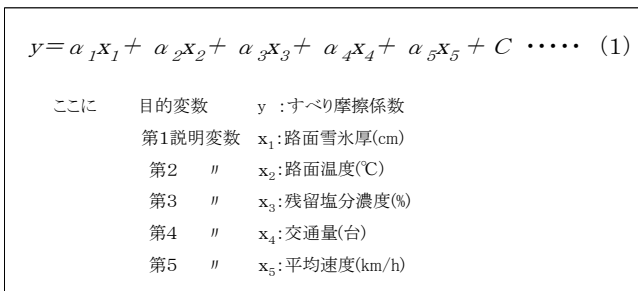


図-5 解析結果例(こな雪下層氷板)

表-5 解析結果

路面分類	要因 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	自由度修正済重相関係	備考
非常に滑りやすい圧雪	7	0.2225	-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	

*：危険率5%で棄却され、説明変数は予測に必要である。

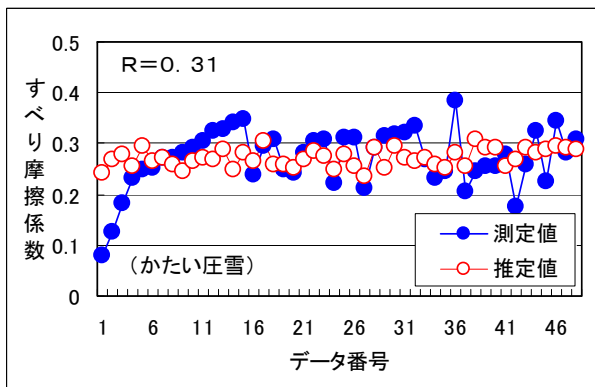


図-6 解析結果例 (かたい圧雪)

3.4 新しい雪氷路面分類法の検討

3.4.1 17分類の課題

これまでの調査結果から、以下のことがわかった。

- (1) 17分類ですべり摩擦係数の推定はおおまかにできるものの、すべり摩擦係数の分布範囲は広く、まれに非常に滑りやすい路面が発生する。
- (2) 重回帰分析により、「路面温度」等を考慮したが、雪氷路面で多い「圧雪」では、良い結果が得られなかった。

すなわち、17分類で圧雪は4つの種類に分類されているが、硬さや湿り具合等で非常にバラエティに富んだ圧雪等では、その状態に応じてすべり摩擦係数が異なり、17分類で路面のすべり摩擦係数を推定することはできないことが分かった。「非常に滑りやすい圧雪」では0.44、「かたい圧雪」では0.06のすべり摩擦係数が計測されている。これは、雪氷路面では短い区間でも出現する路面は1つとは限らないことや、中間的な性状の雪氷路面の場合があること等、観測者の判断により、本来とは異なった雪氷路面に分類された可能性がある。また、17分類では細分化しすぎるため、すべり摩擦係数がばらついた可能性が高い。

3.4.2 新しい路面分類方法

これらの問題に対応するために、図-7に示すように17分類を路面性状による類似性に重きを置きグループ化し、その中からすべり摩擦の分布範囲を整理するという方針で6個の新しい路面分類方法を考えた。図-7に新しく考えた路面分類方法を示す。(以後、新分類という)

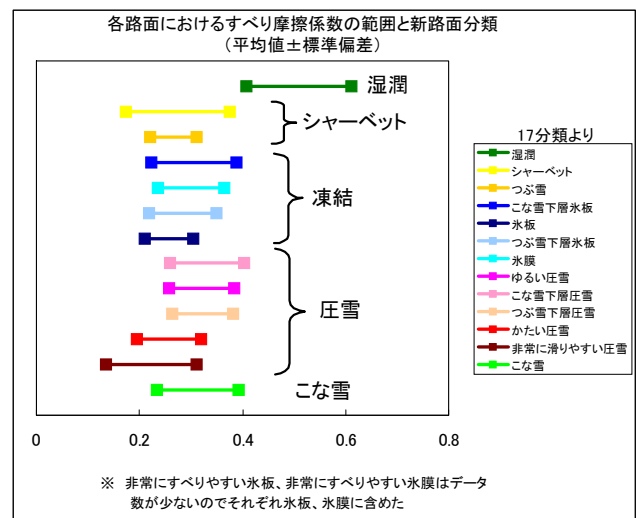


図-7 新しい雪氷路面の分類方法

3.4.3 新路面分類とすべり摩擦係数の関係

1) 調査方法

雪氷路面の変化とすべり摩擦係数の変化との関係を検討するため、主に雪氷路面の出来始め→圧雪、圧雪→融解の時の観測を実施した。

調査箇所は、図-3に示すA地区、B地区で、雪氷路面の状況(17分類、新分類)とすべり摩擦係数の計測等を実施した。表-6に調査日及び計測回数、調査中の累積降雪深、気温、おおまかな路面変化状況を示す。なお、雪氷路面の判定は、原則として3人の観測員が実施し、それぞれが個別に走行部の雪氷路面の状況を記入した。

2) 調査結果

調査は計5回実施し、計87データの計測を行った。

図-8に第5回時の計測結果の例を示す。

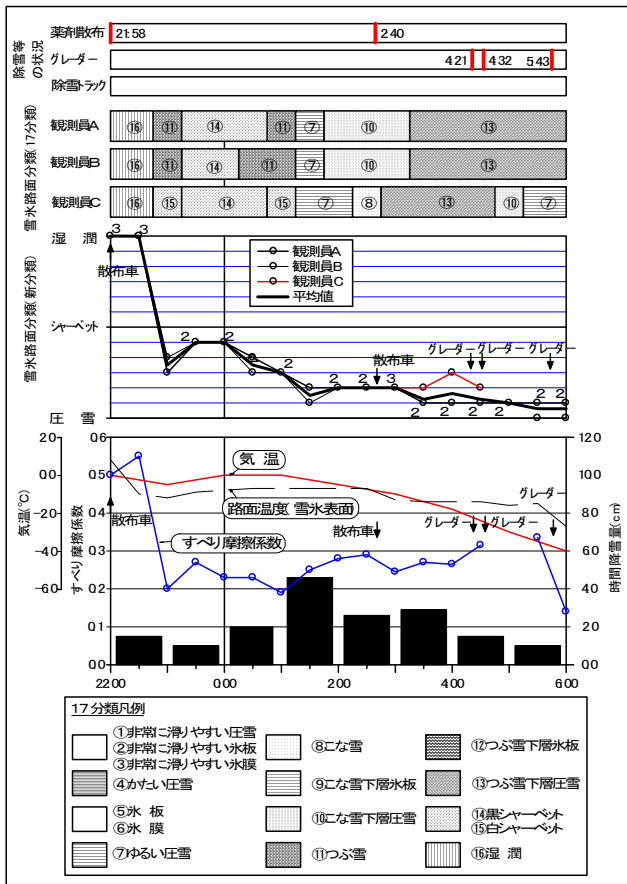


図-8 調査結果例(第5回)

図-8の結果、17分類でも、新分類でも観測員による判断誤差があることがわかる。

すべり摩擦係数の対応を見ると、グレーダーの通過が多くなった4:30以降を除いた場合、すべり摩擦係数と新分類の形状が類似している。17分類では、観測員一人一人は比較的路面分類とすべり摩擦係数の対応は良いものの、①同一雪氷路面分類の中ですべり摩擦係数の変化があること、②雪氷路面の判断の違いで、すべり摩擦係数の分布範囲が広がる可能性があることが分かる。

3.4.4 雪氷路面の判断状況の整理

図-9に観測員3人による17分類、新分類の雪氷路面の判断誤差の発生状況を示す。

17分類では全員の判断が一致した回は28%と低かったのに対し、新分類では判断誤差の絶対値が0.5以下に収まったものは58%もあった。

また、新分類では、約8割で観測者の判断の±1の範囲に真の雪氷路面状況が収まっており、新分類の方

が路面状態を的確に表現できる結果であった。

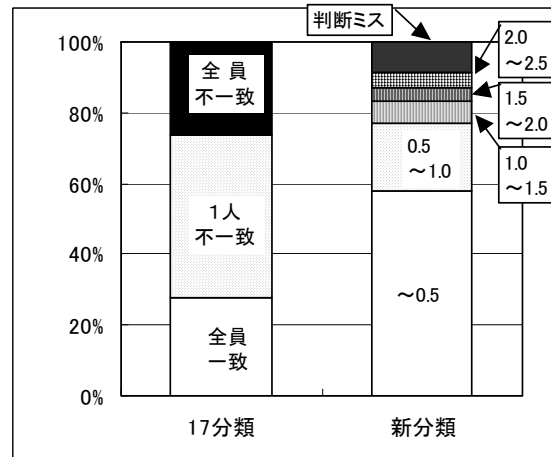


図-9 雪氷路面の判断誤差

3.4.5 雪氷路面状況とすべり摩擦係数の変化

図-10に新分類による雪氷路面の状況とすべり摩擦係数の変化状況を示す。

この結果では、すべり摩擦係数は湿潤からシャーベットへの変化に従い低下し、シャーベットから圧雪間ではシャーベットよりの部分でややすべり摩擦係数は小さくなっている。圧雪でのすべり摩擦係数は約0.25~0.4の範囲で、今回のデータ範囲内では分布範囲は狭くなっている。

このことから、路面状態にあわせ変化したすべり摩擦係数を新分類の雪氷路面の変化状況を連続的に表現できることから、すべり摩擦係数の変化と関連して整理しやすいことがわかる。

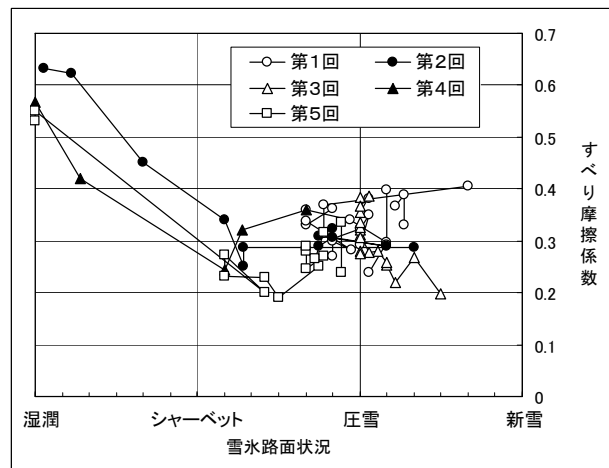


図-10 新分類とすべり摩擦係数の変化

3.4.6 新分類の妥当性の検討

1) 新分類(1次案)の作成

これまでの結果から新分類はすべり摩擦係数や

表-6 新路面分類（1次案）

分類名	写真	路面状況説明	判断基準	すべり摩擦の範囲※	17分類名称
1 湿潤		・路面が濡れた状態。 ・降雨により濡れる場合と降雪が路面上で解けて濡れる場合および積雪が融解して濡れる場合がある。	路面に水分がある状態で氷状のものが混ざっていないものを湿潤とする。	0.41～0.61	湿潤
2 シャーベツ		・氷と水が共存した状態。 ・湿潤時に降雪により多量の雪が供給されてできる場合と凍結防止剤を含んだ湿潤から凍結に変化する過程でできる場合がある。 ・湿潤と凍結・圧雪の中間の状態。	氷の粒と液体の水が混ざり板状になっていないものをシャーベツとする。	0.17～0.40	つぶ雪 黒シャーベツ 白シャーベツ
3 凍結		・路面表面の水分が凍結した状態。 ・積もった雪が一旦解けて再凍結したもの。	透き通った氷状のもので水が混ざっておらず、板状になっているものを凍結とする。 表面が湿潤、シャーベツ、粉雪になっていても下層が透き通った板状になっていれば凍結とする。	0.21～0.39	非常に滑りやすい氷板 非常に滑りやすい氷膜 氷板 氷膜 こな雪下層氷板 つぶ雪下層氷板
4 圧雪		・路面上の積雪が圧密された状態。 ・タイヤが直接舗装面に接しないタイヤトレッドの跡が残らないかたい状態と跡が残るゆるい状態とがある。	白い雪が踏み固められており板状になっているものを圧雪とする。 表面がシャーベツ、粉雪になっていても下層が白い板状になっていれば圧雪とする。	0.13～0.40	非常に滑りやすい圧雪 かたい圧雪 ゆるい圧雪 こな雪下層圧雪 つぶ雪下層圧雪
5 こな雪		・雪がさらさらした状態。 ・水分を含まず乾いた状態。 ・低温下での降雪時にみられる。	さらさらとした白い粉上の雪があるものを粉雪とする。 踏み固められて板状になったものや水分を含んだものは除く	0.23～0.39	こな雪

※すべり摩擦の範囲は一般国道17号において実測されたものの平均値±標準偏差

観測員との判断ともある程度相関することが分かったため新分類がどのような路面状態のものなのか写真、路面状況、判断基準、すべり摩擦係数の範囲等について分かるように詳細（1次案）を表-6のように作成した。

3.4.7 新路面分類（1次案）の妥当性の検討

新路面分類（1次案）の妥当性を検討するために積雪寒冷地域の3事務所（宮城、新潟、富山の平野部、山間部の11工区）を対象としてヒアリング調査を実施した。

ヒアリングの主な調査項目と結果は表-6のとおりとなった。意見をまとめると以下のとおりである。

- ・分類数はこれより多いと判断が難しくなるため妥当である。
- ・こな雪は必要ない。ザクレ（つぶ雪）を入れた方が良い。
- ・すべり摩擦係数では分かりづらい。障害の発生状況の方がイメージしやすい。

3.4.8 新路面分類（案）の提案

ヒアリングによる指摘を踏まえ、最終的な新路面分類（案）を提案した。表-7にその新路面分類（案）を示す。1次案からの主な変更点は以下のとおりである。

る。

- ・各路面において予想される障害の項目を加える。ただし、すべり摩擦の範囲については従来どおり記載する。
- ・分類の区分につぶ雪（ザクレ）を加える。
- ・分類の区分から粉雪を削除する。
- ・すべり易さに影響すると考えられる要因の項目を加える。
- ・現在実施されている路面管理手法を加える。

表-6 ヒアリングの主な調査項目と結果

検討項目	評価	ヒアリング結果
分類数は適当か	△	これより多いと難しいというイメージ ただし、雪氷路面は細かく見るとどうしても分類が増えてしまう。少数で大枠の分類から必要に応じて徐々に詳細に分類できるような仕組みが良いのではないかと。
分類は適当か	△	ザクレを入れた方が良い こなゆきは必要ない
わかりやすいか	○	普段慣習的に使用している言葉に近い
すべりやすい路面について判別可能か	×	圧雪においてはすべりやすさを見分ける指標が提案された。
すべり摩擦の範囲についてイメージできるか	×	障害の発生状況の方がイメージしやすい

表-7 新路面分類 (案) の提案

大分類名	写真	路面状況説明	判断基準	すべり摩擦の範囲※	すべり易さに影響すると考えられる要因	想定される交通障害	現在実施されている路面管理手法	小分類(17分類)名称
1 湿潤		路面が濡れた状態。 ・降雨により濡れる場合と降雪が路面上で解けて濡れる場合および積雪が融解して濡れる場合がある。	路面に水分がある状態で水状のものが混ざっていないものを湿潤とする。	0.41~0.61	・すべり摩擦は比較的高い。 ・路面温度の低下により、凍結するとすべりやすくなる。	・湿潤状態で維持されれば危険性は低い。 ・凍結と区別がつきにくく油断すると凍結によるスリップ事故を起こす危険性がある。	・塩分濃度を適度に保ち、凍結化を防ぐ。	湿潤
2 凍結		路面表面の水分が凍結した状態。 ・積もった雪が一旦解けて再凍結したもの。	透過した水状のもので水が混ざっており、板状になっていないものを凍結とする。表面が湿潤、シャーベット、粉雪になっても下層が透過した板状になっていなければ凍結とする。	0.21~0.39	・舗装の凹凸が現れているかどうかによりすべりやすさが異なる。 ・表面が濡れているかどうかによりすべりやすさが異なる。 ・2層構造(下層凍結)路面より1層構造路面(凍結のみ)の方がすべりやすい。	・スリップ事故の可能性がある。 ・湿潤路面と見分けが付きにくい油断による事故が起こりやすい。 ・部分的に凍結している場合があり判断が難しい。 ・降雨・降雪が無くとも路肩の雪の融解しみだしにより発生する場合がある。	・薄い場合は凍結防止剤を散布し、融解させる。 ・厚い場合は除雪後に凍結防止剤を散布し、融解させる。 ・除雪が困難なほど硬い場合は、一旦凍結防止剤を散布した後除雪する。	非常に滑りやすい水膜 非常に滑りやすい水膜 水膜 こな雪下層水板 つぶ雪下層水板
3 シャーベット		氷と水が共存した状態。 ・湿潤時に降雪により多量の雪が供給されてきている場合と凍結防止剤を含んだ湿潤から凍結に変化する過程でできる場合がある。 ・湿潤と凍結・圧雪の中間の状態。	氷の粒と液体の水が混ざり板状になっていないものをシャーベットとする。	0.17~0.40	・すべり摩擦の範囲が広い。 ・水の部分と氷の部分の割合によりすべりやすさが異なる。 ・水の部分が多く湿潤に近づくるとすべりやすくなり、反対に氷の部分が凍結・圧雪に近づくるとすべりやすくなる。 ・雪氷厚が厚くタイヤが路面と直接接しなくなるとすべりやすくなる。	・ハンドルを取られることにより事故が発生する可能性がある。 ・意外にすべることもあるので油断するとスリップ事故につながる。	・塩分濃度を適度に保ち、圧雪化、凍結化を防ぐ。 ・雪氷圧が厚い場合は、凍結防止剤散布前に除雪する。	黒シャーベット 白シャーベット
4 つぶ雪(ザクレ)		雪がざくざく、ほそほそした状態。ざらめ状。 ・水分はほとんど含まない。 ・凍結防止剤の散布によって圧雪化が進まない状態。 ・シャーベットよりも雪氷厚は厚くなる。	ざくざく、ほそほそとした状態。ざらめ状。 ・水分はほとんど含まないが、手で握っても水がしたり落ちないものをつぶ雪とする。	0.22~0.31	・比較的すべりにくく、すべり摩擦の範囲も狭い。 ・雪氷厚が増すとハンドルを取られやすい。	・ハンドルを取られることにより事故が発生する可能性がある。	・除雪する。	つぶ雪
5 圧雪		路面上の積雪が圧密された状態。 ・タイヤが直接舗装面に接しないタイヤトレッドの跡がつかないかたい状態と跡が残るゆるい状態とがある。	雪が踏み固められており白い板状になっているものを圧雪とする。表面がシャーベット、粉雪になっても下層が白い板状になっていなければ圧雪とする。	0.13~0.40	○表面のかたさによってすべり摩擦が異なる。 ・かたい場合: 摩擦係数 0.13~0.32 ・ゆるい場合: 摩擦係数 0.26~0.40 ○目視で識別できるすべりやすい状態の例 ・表面が光っている。 ・ぬれている。	・すべりやすいが、目視で判断しやすく、警戒するためスリップ事故はつきにくい。 ・タイヤ、チェーン等足回りの不備があると登坂不能車が発生し渋滞の原因となる。 ・運転が慎重になるため、車面の流れが悪くなり、渋滞となる場合もある。	・除雪後に凍結防止剤を散布する。 ・表面がかたい場合は、除雪補助の目的で除雪の前に凍結防止剤を散布する。 ・かたい圧雪に凍結防止剤を散布することにより、表面がややわらかくなり、すべり摩擦が高くなる場合がある。	非常に滑りやすい圧雪 かたい圧雪 ゆるい圧雪 こな雪下層圧雪 つぶ雪下層圧雪

※すべり摩擦の範囲は一般国道17号において実測されたものの平均値±標準偏差

4. まとめ

以上の結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 積雪時の経路選択状況を調査した結果、経路変更の理由は「路面凍結や圧雪によりスリップして危険である」等、距離よりも安全性を優先した経路変更が行われていることが分かった。
- (2) 路面別の障害事例を調査した結果、スリップ事故は凍結時が一番多く、凍結させない路面管理や路面を適切に判断できる路面分類が重要であることが分かった。
- (3) すべり摩擦係数と路面分類の関係を調査した結果、従来使用されている17分類ですべり摩擦係数の推定はおおまかにできるものの、それぞれの路面分類におけるすべり摩擦係数の分布範囲は広がることが分かった。
- (4) 重回帰によるすべり摩擦係数の推定を試みた結果、氷版は推定できたが、圧雪は推定ができなかった。
- (5) 雪氷路面の判断状況を調査した結果、17分類では全員の判断が一致したのは約3割と低かったのに対し、新分類では約8割で合致しており、新分類の方が路面状態を的確に表現できる結果であった。

(6) ヒアリング調査を実施し、新路面分類の妥当性を検討した結果、分類数は17分類では判断が難しくなるため5分類程度が妥当、こな雪は必要ない、ザクレを入れた方が良く、すべり摩擦係数では分かりづらい、障害の発生状況の方がイメージしやすい等の指摘を受けた。

(7) ヒアリング調査の結果を反映し、新路面分類(案)を提案した。新路面分類(案)の主な内容は以下のとおりである。

- ・分類は湿潤、凍結、シャーベット、つぶ雪(ザクレ)、圧雪の6分類とした。
- ・各路面において予想される障害の項目を加えた。ただし、すべり摩擦の範囲については従来どおり記載する。
- ・すべり易さに影響すると考えられる要因を加えた。
- ・現在実施されている路面管理手法を加えた。
- ・分類の大項目の後にすべりやすさの区分となる小項目を加えた。

なお、今回提案した新路面分類(案)は以下に示す箇所等に使用すれば有効と思われるので、活用してい

ってほしい。

- ・路面管理実施の判断材料（現状では道路管理手法の判断基準はオペレーターの経験によることが多く、目安となるものが必要であると考えられる）。
- ・雪氷路面時の障害発生状況の記録
- ・一般利用者への説明資料：ポスター、ビラ等（路面管理水準の目標、注意喚起等）
- ・共通認識としての活用（警察の事故記録等）

参考文献

- 1) 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
- 2) 門山保彦, 服部健作, 佐藤彪式, 蛭川浩一：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
- 3) 高田邦彦, 小野田光之, 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
- 4) 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. 52 3、pp. 11-20、1996. 12
- 5) 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
- 6) 美馬大樹, 高木秀貴, 傳章則：一般道路の雪氷路面におけるすべり摩擦係数について、寒地技術論文・報告集 Vol. 1 1 pp. 366-369、第11回 寒地技術シンポジウム、1995. 11
- 7) 木下誠一, 秋田谷英次, 田沼邦雄：道路上の雪氷調査Ⅰ、低温科学物理編 27、pp. 163~179、1969
- 8) 木下誠一, 秋田谷英次, 田沼邦雄：道路上の雪氷調査Ⅱ、低温科学物理編 28、pp. 311~323、1970
- 9) 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
- 10) 前野紀一, 成田英器, 西村浩一, 成瀬廉二：道路雪氷の構造と新分類、低温科学物理編46、pp. 119~133、1987
- 11) 北海道土木技術会：冬期の道路交通システムに関する研究、平成2年度調査報告書、51pp.
- 12) 松沢勝, 加治屋安彦, 石本敬志, 高木英貴 他：92/93全道冬期路面状況調査について、第9回寒地技術シンポジウム寒地技術論文・報告集、pp. 182 ~187、1993
- 13) 秋田谷英次, 山田知充：目視による道路雪氷の分類と活用、第10回寒地技術シンポジウム寒地技術論文・報告集、pp. 63~69、1994
- 14) 防災雪氷研究室：新路面分類について、開発土木研究所月報 No. 517、pp. 34~47、1996. 6
- 15) 小嶋伸一, 小林一治, 武士俊也, 樋口徳男, 林健一：雪氷路面の分類方法に関する検討、第19回 寒地技術シンポジウム論文・報告集、pp. 567-571、2003. 11

A STUDY ON A WAY TO CLASSIFY OF SNOUWY AND ROAD

Abstract : The road management is done based on the depth etc. of the snow in winter such as clearing snow by experienced judgment. It is necessary to make the index where the state of the road can be shown by a common level of control for the road network securing in safe, efficient winter.

In the main enumeration, to use easily on the site and to make the index where the state of the road was able to be shown by a common level of control, it proposed the method of classifying a handy, new road where the slipping coefficient of friction etc. had been considered.

Keywords : road management, snow ice road, slipping coefficient of friction, and road, Classification in winter