

IV-50

スタッドレス化後の2車線道路の冬期交通現象について

北海道開発局開発土木研究所 正員 下條晃裕
 同上 正員 高木秀貴

はじめに

スパイクタイヤ規制により、粉塵による環境問題は解消されたにも関わらず、スタッドレスタイヤによって路面が磨かれ、特定の気温帯に非常に滑りやすい路面が発生するようになった。この種の路面は一冬の間に頻繁に発生するものではないが、交通流に与える影響、特に交通量と速度との関係に与える影響は大きなものと予想される。

本文は昨冬及び夏期に観測した交通現象データを用いて、スパイクタイヤ規制後の夏期及び冬期の交通現象の差異を巨視的交通流理論にもとづき検証したものである。

1. 調査概要

1-1 調査地点

調査地点は国道230号札幌市南区小金湯にある直線区間で、車線幅員は6.5mで路肩幅員は1.25mである。この区間は定山溪トンネル付近で現道及び主要道道小樽定山溪線からの流入により交通量が多く、豊滝あるいは簾舞の信号交差点がボトルネック交差点になっており¹⁾、特に札幌方向に向かう車線では上記信号交差点の影響を受け、休日は渋滞が当観測地点まで及ぶことがしばしばある地点である。

また、当地点には小金湯温泉に向かう道路との3差路交差点に手押式の信号が設置されているが、利用頻度はきわめて低く、赤の現示時間が37秒と短い。このため、中断交通流が存在する場合が多少はあるが、これによって大きな渋滞に達することはなかった。したがって、5分程度の平均値データを算出するにあたっては、中断交通流の影響は無視

できるほど小さなものであった。

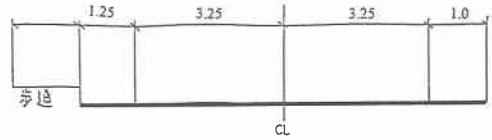


図-1 調査地点横断面図

1-2 計測方法

当地点は交通量常時観測点でもあることから、交通量、速度、車頭間隔等のデータをループコイルによって観測するとともに、ループコイルが判別できない渋滞現象(概ね時速20km/h以下を対象)については固定式のCCTVカメラから交通現象をビデオ録画して計測した。

1-3 調査期間及び解析対象時間帯

調査期間は冬期は渋滞が発生すると予想される2月10日～3月17日までの土曜・日曜及び祝日で、夏期はゴールデンウィーク中の日曜祝日及びお盆近郊の土曜・日曜日である8月10日、11日、17日、18日に行った。

解析の対象とした時間帯は午後1時から午後8時までの7時間で、下流側のボトルネック地点である簾舞地区から遠くにあること、ボトルネックの渋滞が当地点にまで延伸されない限りその影響を受けにくいことから、札幌市街へ向かう方向の車線を解析の対象とした。このため、左側に歩道があり歩道除雪も行われていたため、路側の堆雪による道路有効幅員の低下の影響については計測が困難であり路面状況の変化による影響のみとした。

A Study of Traffic Flow Phenomenon in Winter Season Post Studded Tire Regulation
 By Akihiro SHIMOJO, Hideki TAKAGI

2. 観測地点の交通流の特徴

観測地点では午後1時～3時位までは比較的低密度で交通量が少なく、午後3時から次第に交通量が多くなり、5時を過ぎたあたりから交通量がピークに達し、時には速度が20km/hを下回る渋滞を招く。7時以降は渋滞が解消して交通量も小さく、走行速度も回復している。調査期間中で5分間平均速度が20km/hを下回り、継続時間が長い高密度な交通流が観測されたのは表-1に示す日であり、そのうちの代表的な、5分間平均速度(V)、5分値換算の交通流率(Q)の推移は図-2に示すとおりである。

表-1 渋滞があった日の交通状況

月日	道路幅員	車線幅員	側方余裕	天候	路面状況	最低気温	最高気温	時間平均交通量	大型車混入率	最大交通量	最大密度	最小速度
2.12	8.60	3.25	1.25	晴	乾燥	3	4	795	5.4	1224	104	5
2.25	8.70	3.25	1.25	晴	湿潤・乾燥	0	3	872	6	1344	70	18
3.3	7.50	3.25	0.85	晴	非常にすべりやすい圧雪	-7	0	631	6.5	1020	71	7
8.11	8.75	3.25	1.25	晴	乾燥	-	-	1074	3	1524	87	11
8.17	8.75	3.25	1.25	晴	乾燥	-	-	1025	2.2	1452	91	8

注1) 午後1時～午後8時までの値

注2) 最大交通量は5分間交通量の最大値を1時間値に換算

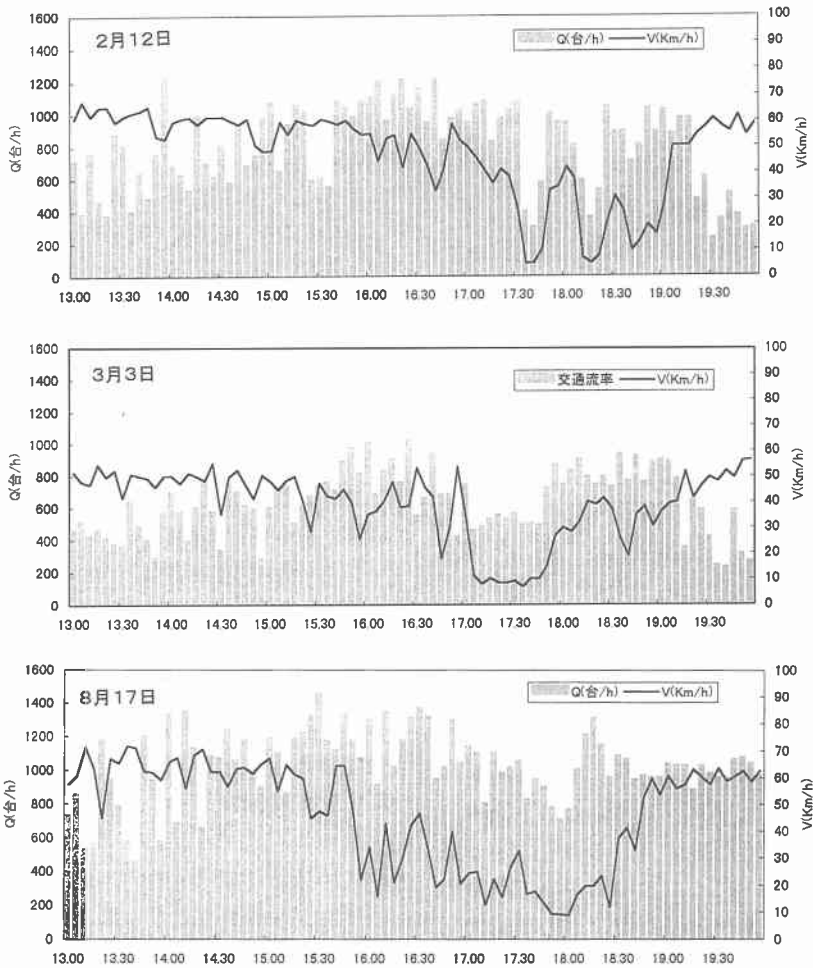


図-2 交通流率及び速度の時間推移

3. 巨視的交通流理論による回帰分析

3-1 採用したモデル形式

個々の車両の追従現象を記述する追従モデルを交通流が定常状態で流れているという仮定に基づけば、定常状態で成立する関係式を用いることにより、空間平均速度と密度の関係を表す種々のモデル式が導き出される²⁾。このうち、MayやDrakeが導出した式は自由流から渋滞流までを一つのモデルで表現し、実測値によく合うとされている³⁾。したがって、このモデルを拡張し一般化された指数型非線形モデルを用いて回帰分析を行った。モデルの関数形は(1)式のとおりである。

$$V_s = V_f e^{-\frac{1}{l-1} \left(\frac{K}{K_c}\right)^{(l-1)}} \quad (1)$$

V_s : 空間平均速度(km/h)

V_f : 自由速度(km/h)

K_c : 臨界密度(台/km)

l : 車頭距離に依存するパラメータ

ここで、Mayのモデルは $l=3$ とおいた場合に導かれる。

3-2 回帰分析結果

回帰分析はモデルの関数が本質的に非線形関数であるために、統計解析パッケージの一つであるSYSTATのNonlinコマンドに従って残差平方和が最小になるように非線形回帰分析を行った⁴⁾。

回帰に用いたデータはK-V散布図の類似性を考慮して、表-1に示した調査日について行った。すなわち、夏期は8月11日及び17日について(データ数170)、冬期は路面が乾燥及び湿潤状態では、2月12日と25日について(データ数170)、非常にすべりやすい圧雪状態の3月3日(データ数85)の3ケースについて回帰分析を行った。それ以外に雪氷路面が観測された日もあったが、渋滞領域が観測できなかったので回帰の対象としなかった。

回帰結果は表-2のとおりであり、K-Vの相関関係はきわめて良好である。この結果をも

とに臨界密度における交通容量を求めると、夏期は約1,400台/h、冬期で路面状態が良い場合約1,200台/h、非常にすべりやすい路面状況の場合約950台/hとなる。

一般に、地方部2車線道路の交通容量⁵⁾は往復合計で2,500台/hとされており単純に考えれば1車線当たり1,250台/hとなり、夏期の推計値がかなり高い値になっている。その要因としては、この地点から数キロ前後には長い直線区間がなくドライバーが唯一走行速度を上げることのできる地点であること、上下車線ともに交通量が多く追い越し機会が与えられないこと、さらに観測小屋内に観測員がいて路上での作業がないうえ路上に速度測定機器を設置しなかったため自由走行速度が高くなった。これらのことが容量値が多めに算出された原因であると思われる。また、一方では高速道路の暫定2車線区間での交通調査結果からは、1方向1車線の交通容量は5分値換算の時間交通量で1,440台から最大でも1,600台までである⁶⁾。さらに、交通容量状態を与える臨界密度及び臨界速度については過去の調査結果⁷⁾と異なるものでもなかった。したがって、夏期の回帰結果は過大推計でもなく概ね妥当な値であると解釈できる。

この値から冬期の交通容量の低下率を見れば、路面状態が良い時は夏期の0.85倍、非常にすべりやすい路面では0.68倍にまで低下する。これは、冬期の場合、自由走行速度が夏期に比べて低いことに加えて臨界密度が小さい、すなわち交通容量時の車間距離が大きくなることがあげられる。また、パラメータの l は追従モデルにおいて車頭間隔の逆数のべき乗数にあたることから、追従車の速度変化の感度を表す要因のひとつと考えることができる。表-2のパラメータ l の変化を見れば、追従時の加速度の感度は夏期よりも冬期が鈍くなり、さらに路面状況が悪化すればそれが顕著になるものと考えられる。これは、冬期の経験的な運転行動を反映していると思われ、運転者が車間距離を大きくとり緩やかな速度変化で運転することが冬期の交通容量

表-2 モデルの回帰結果及び交通容量

	路面状態	パラメータ				臨界速度	交通容量	
		Vf(km/h)	l	Kc(台/km)	寄与率	Vc(km/h)	Qc(台/h)	ラウンド値
無雪期	乾燥	81	2.3	38	0.962	36.8	1,410	1,400
冬期	湿潤・乾燥	68	2.5	34	0.938	34.5	1,169	1,200
	非常にすべりやすい圧雪	58	2.7	30	0.950	31.5	938	950

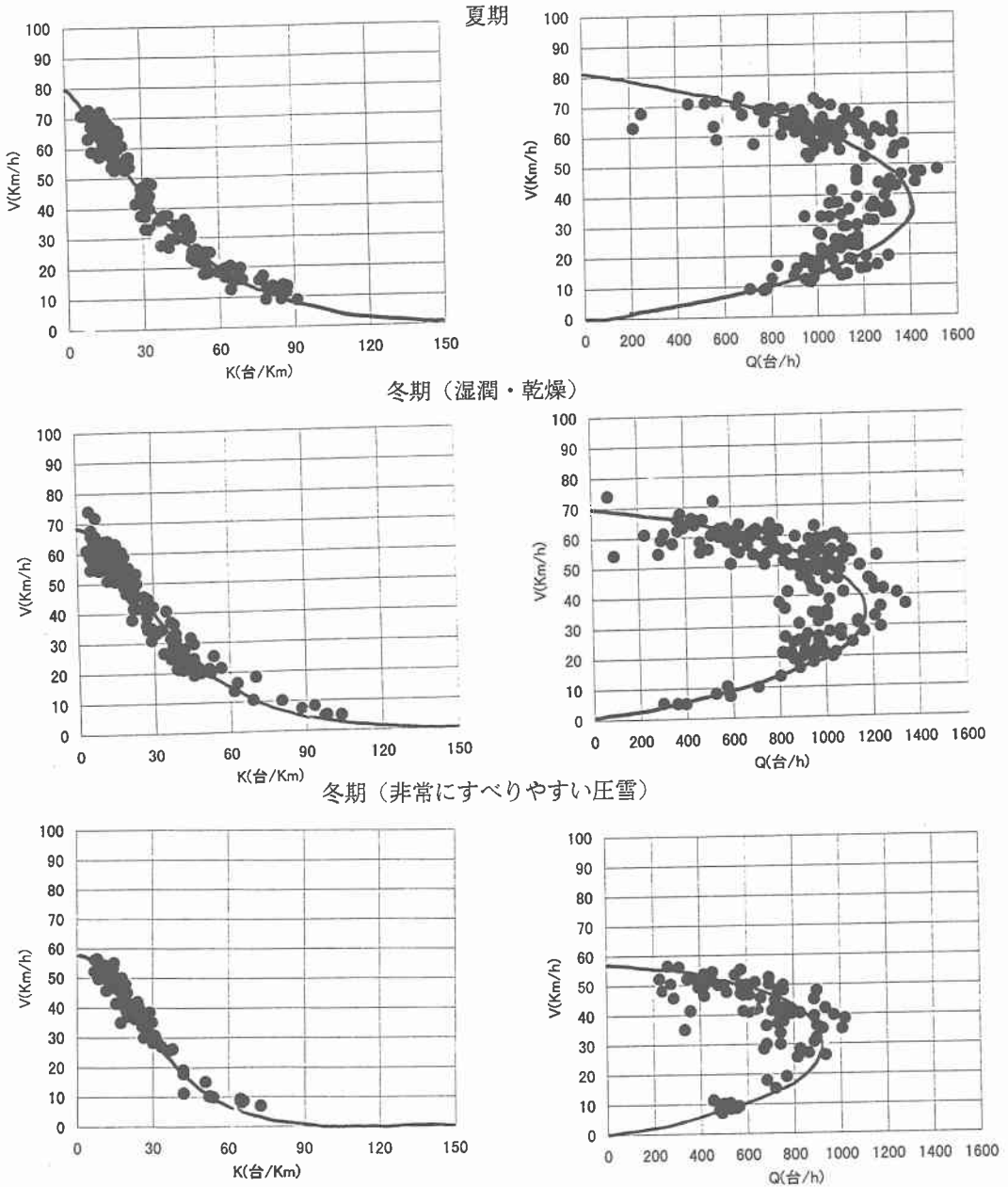


図-3 回帰分析による回帰線と散布図

の低下の要因になっていることが指摘できる。

また、渋滞はしなかったものの2月17日の圧雪路面のときも、非常にすべりやすい圧雪のK-V相関図と類似しており、道路が雪氷に覆われたときは、交通容量は大きく低下すると予想され、今後とも道路が雪氷に覆われたときの高密度交通流のデータの蓄積を図る必要がある。

4 冬期の交通流のサービス低下

回帰分析で得たモデル式を用いて、夏期に対する冬期のサービス水準（速度及び交通量）の低下度合いを検討する。

4-1 渋滞領域でのサービス水準の低下

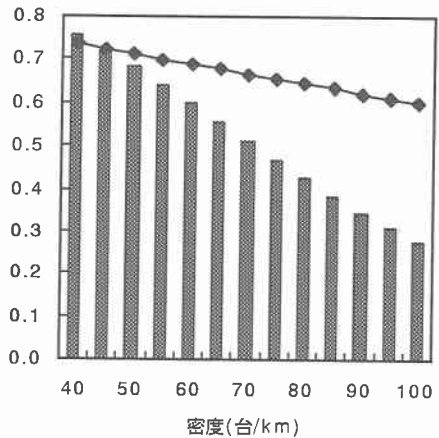
図-4は交通密度を評価軸にして、冬期の渋滞領域における夏期に対する速度及び交通量のサービス水準の低下率を示したものである。どちらの場合も夏と同様の密度で渋滞が発生するとすれば、密度が増加するにつれて、走行速度及び処理可能な交通量は直線的に減少し、速度の勾配に比べて交通量の勾配が急になっていることがわかる。したがって、渋滞が深刻になるにつれて、渋滞が回復するまでに大きな時間を要することがわかる。

さらに、図-3によれば時速10km/hを下回るような渋滞が生じる密度は、非常に滑りやすい路面では50台/km、湿潤・乾燥路面では65台/km、夏期は80台/kmで発生している。このときの交通量の低下率は、図-4より0.52~0.55倍の範囲にあり、前にのべた交通容量の低下率よりも大きなものとなっている。逆に、冬期が夏期と同じ密度（80台/km）まで渋滞が進むと図-4からわかるように、さらに交通量は0.25~0.4倍まで低下し、図-3から走行速度は5km/h以下、1分間の交通処理能力は6台程度以下となり、冬期ではほぼ停止状態にあることが類推できる。

したがって、密度が車頭距離の逆数であることを考慮すれば、運転者が安全を考慮して車間距離を増大（非常にすべりやすい路面で時速10km/hのとき15m程度）させて運転し

ていることが、夏期に渋滞が生じなくても冬期に交通需要が等しくても渋滞が生じる要因として考えることができる。

冬期：湿潤・乾燥/夏期



冬期：非常にすべりやすい路面/夏期

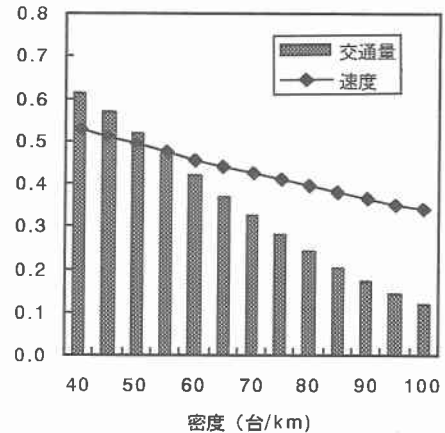


図-4 同密度におけるサービス水準の低下

4-2 自由走行領域でのサービス水準の低下

低密度である自由走行領域では、自由走行に必要なある速度レベルを維持するための交通量をサービスレベルとすると、表-3のようになり、夏期と同等の速度レベルを維持するには、相当程度の処理できる交通量が減少することを見込む必要がある。すなわち、夏期のように運転者は高い走行速度を出す頻度も少なく、かつ安全を重視して夏期よりも長い車間距離を維持しようと運転するよう心がける傾向にあるため、同じ速度でも密度が夏期より低下することが大きな要因であると思

われる。

表-3 自由走行領域の交通量水準の低下

速度	夏期	冬期の低下率	
	交通流率	湿潤乾燥	雪氷
30	1,378	0.84	0.68
35	1,408	0.83	0.66
40	1,403	0.82	0.63
45	1,367	0.80	0.57
50	1,299	0.76	0.48
55	1,201	0.71	0.29
60	1,072	0.60	—
65	908	0.39	—

注) 雪氷は非常にすべりやすい路面を指す

したがって、例えば時速50m/hを維持するサービスを夏と同じ交通量で処理することは車線増をする以外に抜本的な対処法がなく、そうでなければ、冬期の路面状況が良い状態においてさえも交通容量(1,200台)付近で走行速度が35km/h程度のサービスしか確保することができないか渋滞が生じる可能性すらあると思われる。自由走行状態を夏と同様のサービス水準に維持することは重要であるが、路面管理水準を上げて湿潤状態を保つだけでは抜本的な解決策にはなり得ないものと思われる。したがって、多車線化やより自由走行速度が高い高規格幹線道路等の自動車専用道路系の道路整備を行う必要があると思われる。

5.スパイクタイヤ時代との比較

データが古く文献から読みとることしかできないが、昭和58年の1~2月に275号江別市角山で主として雪氷路面を対象に調査した結果⁸⁾では、自由流が規制速度50km/hを越えたデータを基にMayのモデルで交通容量を算出している。これによれば、交通容量は約1,200台/hで臨界速度は33km/h、臨界密度は36台/kmとなっている。観測箇所や観測方法が異なるため、単純には比較することは難しいが、本研究で作成した冬期の乾燥・湿潤状態のモデルと交通容量を与える臨界点で、速度、密度、交通容量がほぼ一致している。

このことは、スパイクタイヤ時代には雪氷路面の交通容量はスタッドレスタイヤでの湿潤・乾燥路面で出現する交通容量にきわめて

近いものと推定される。また、非常にすべりやすい圧雪路面は全ての車がスタッドレスタイヤに移行して初めて出現した路面であることから、それによる交通流への影響はスパイクタイヤの時代より20%交通容量を減少させ、多大な影響を与えていると想定される。

この種の路面のすべり摩擦係数は0.15以下の可能性がきわめて高く⁹⁾、通常の雪氷路面と比較して非常に低い値である。そのため、適切な路面管理を行い、この種の路面の出現頻度を抑えることが、スパイクタイヤ時代に相当する交通容量状態まで交通容量を回復させるためには重要な課題となる。

6.おわりに

巨視的交通流理論を適用した結果、スパイクタイヤ規制後の冬期の交通流の状態は、夏期に比べ交通容量では、乾燥・湿潤状態で15%、非常にすべりやすい路面では31%減少し、臨界速度も低くなる。また、冬期の渋滞は発生してから回復するまで多くの時間を要する。自由流の状態である程度の高い速度サービスを確保するためには、路面管理のみならず、自動車専用道路系の幹線性をより一層高める道路整備が必要であることが明確になった。さらに、スパイクタイヤ時代の交通流状態を確保するためには、非常にすべりやすい路面を出現させないような適切な路面管理技術を確立する必要性が明らかとなった。

今後とも冬期の交通流データを蓄積して、本論を精査していく予定である。

参考文献

- 1) 平沢ほか; 一般国道230号の渋滞現象の分析, 開発土木研究所月報 No.485, 1993年.
- 2) 佐藤ほか; 非線形交通流モデルに関する研究, 土木学会論文報告集第258号, 1977年.
- 3) 佐佐木; 交通工学, pp.126, 1992年.
- 4) SYSTAT, inc; Statistics, pp.402-447, 1992.
- 5) 日本道路協会; 道路の交通容量, pp.19-22, 1984年
- 6) 交通工学研究会; 道路交通容量調査マニュアルマニユアル検討資料, Vol 1, pp.127-128, 1992年.
- 7) 阿部ほか; 地方部2車線道路における交通流モデルについて, 土木試験所月報 No.381, 1985年.
- 8) 阿部ほか; 北海道の2車線道路の交通流について, 土木学会北海道支部論文報告集, 1984年.
- 9) 美馬ほか; 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, 第12回寒地技術シンポジウム論文集 1996年.