

IV-122

路面雪氷が交通流に与える影響に関する基礎的研究

北海道開発局開発土木研究所 正員 下條 晃裕

北海道開発局開発土木研究所 正員 高木 秀貴

1.はじめに

道路交通流に関する研究は、追従現象から発展して渋滞現象、織込み時交通現象等の様々な分野で成果をあげてきている。一方、積雪寒冷地における研究は、路面の雪氷条件が均一ではなく継続性に乏しく、降雪による視程変動や、路側の雪堤による側方余裕幅が一定条件で観測できない等の特殊性がある。さらに、寒冷条件での調査故に、計測員等の制約により積雪時の実態を明示することが難しかった。

本研究では、ループコイル及びCCTVカメラによる自動計測を行い、無雪期及び積雪期の道路交通流をK-V相関モデルにより回帰分析を行い、路面雪氷による、積雪期の道路交通流のサービス水準の低減度合を把握したものである。

2.調査の概要

調査地点は国道230号札幌市南区小金湯の2車線道路で、緩い曲線及び直線部を合わせた区間延長は約2.8kmであり、その中間の直線部に計測地点を設置している。道路交通センサスによる交通量は、平日：12,938台/12h、休日：21,783台/12hであり、主として休日に渋滞が発生している区間である。渋滞のボトルネック地点は観測地点よりさらに札幌方向¹⁾であることから、当地点ではボトルネック地点で生じる自然渋滞によって生じる衝撃波の影響は小さいと考えられる地点であると思われる。また、調査は札幌市内へ向かう交通に対して行った。

車両検知方法は、通常はループコイルにより行い、渋滞現象（概ね速度が20km/h下回ったとき）が始まったときと思われる時点からは、CCTVカメラにより交通流の現象をVTRに録画し、ループコイルの集計データを置換した。なお、集計単位は5分間集計値である。今回、解析に用いた調査日の交通状況の概要は表-1に示すとおりである。

道路幅員は車線が3.25m路肩が1.25mであり、積雪期も歩道除雪が行われるため、雪堤による側方余裕幅の

減少に関する影響は殆ど受けなかった（図-1）。

表-1 調査時の交通状況

年月日	路面 状態	調査時間計			ピーク時1時間		
		時間平均 交通量	大型車 混入率	平均地 点速度	交通量	大型車 混入率	平均地 点速度
無雪期	H8.4.49 (祝)	967	3.7	56.9	1,186	3.8	50.4
	H.8.5.5. (祝)	1,032	2.6	52.7	1,202	2.2	55.6
	H.8.8.11 (日)	964	3.2	53.5	1,202	3.1	35.5
	H.8.8.17 (土)	960	2.5	53.6	1,183	1.7	54.7
積雪期	H8.2.12 (祝)	708	5.7	52.3	1,064	5.9	49.7
	H8.2.25 (土)	804	5.6	51.2	1,085	6.5	29.1
	H8.3.10 (日)	863	4.7	57.7	1,129	5.1	48
	H8.2.17 (土)	483	9.7	48.3	784	11.9	42.2
	H8.3.2 (土)	518	10.7	45.6	738	9.5	42.8
	H8.3.3 (日)	630	5.8	41.1	852	4.8	37.6

調査時間：午前9時～午後8時

天候は晴・曇りのみを対象

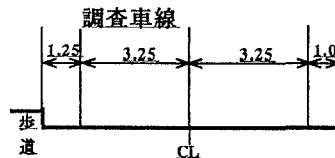


図-1 調査地点断面図

ピーク時の1時間交通量をみると、無雪期は最大で1,200台/h前後、積雪期で路面状態が良い場合は、1,000台/h程度、圧雪状態で最大で850台/hであり、時間平均速度も同様に低下する傾向にある。さらに、このピーク時間帯の後に渋滞が発生している。各調査日ともに、5分間継続して車両が完全に停止しているジャム密度を観測できるような現象は得られなかったが、1分間では車両が継続して停止している現象は観測された。しかし、集計値の安定性を考慮して、交通量、速度、密度等の状態変数の集計単位は5分とした。表-1の調査時間中及びピーク時の結果からも、無雪期と積雪期で路面状態が良い場合でも交通流が異なり、圧雪になればその差異がさらに顕著になる傾向が読みとれる。

3.非線形交通流モデルによる交通容量の推定

道路の交通容量を求めるための理想的な条件を満た

交通流、交通容量、雪氷、サービス水準

〒062 札幌市豊平区岸1条3丁目 TEL 011-841-1111 FAX 011-841-9747

す地点は、現在では皆無と言えるが、単路のこの箇所の可能交通容量を求めるには、当地点の有する特性で十分であると考えられる。

D.C. Gaizs, R. Hermanらが提唱する追従方程式の一般式を、定常状態で交通流が流れる仮定条件、($Q=KV_s$; Q :交通流率、 K :車両密度、 V_s :空間平均速度)

を満たしたとき、境界条件を適宜設定することで様々な交通流モデルが得られる²⁾。今回は、ジャム密度が観測されなかつたことから、以下の境界条件で解けば、式(2)の $K-V_s$ の関係式(指数型非線形一般交通流交通流モデル)が得られる。

$$\left. \begin{aligned} K &= 0 - V_s = V_f \\ K &= K_c - dQ/dK = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$V_s = V_f e^{-\frac{1}{1-I} \left(\frac{K}{K_c} \right)^{I-1}} \quad (2)$$

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)

I : 車頭距離に依存するパラメータ

このモデルは本質的非線形モデルであるために、残差平方和を最小にするように非線形回帰分析を行った。

表一 2 非線形回帰によるパラメータ推定結果

		V_f	I	K_c	データ数	残差平方和	寄与率
無雪期	乾燥	77.8	2.4	34.5	528	10,458	0.931
	佐藤(1977)	70.9	2.3	39.3	33	231	0.983
積雪期	乾燥・湿潤	67.4	2.8	32.0	396	11,883	0.821
	圧雪	52.7	2.9	29.1	310	34,460	0.807
スパイクタイヤ	阿部(1984)	54.6	3.0	36.2	57	854	0.925

無雪期では、佐藤²⁾が観測した地点と異なるため、自由走行速度が高めに、臨界密度が低めに算出されているが、車間距離に依存するパラメータは概ね等しい。佐藤との差異は、路上観測員の有無及び密度が100台/km以上の観測データが存在しなかったこと、データのうち自由走行領域が比較的多いことによるものと思われる。積雪期では路面状態が良い乾燥・湿潤でも自由走行速度は無雪期に比べて10km/h、圧雪では25km/hも大きく低下する。また、パラメータの I は無雪期よりも大きくなり、積雪期では変わらない。したがって、積雪期では無雪期と異なり、車間距離を多めに確保しながら走行するという運転挙動を示し、結果として加減速が小さくなることが伺える。これは、北海道地方は積雪期間は常時スタッドレスタイヤを装着して走行するために、無雪期と積雪期ではドライバーの挙動が本質的に異なることを意味するものと考えられる。

交通容量に至る速度の臨界値は無雪期と積雪期の乾

燥・湿潤状態ともに40km/h付近である。しかし、圧雪では30km/h付近で臨界速度に達し、交通容量の状態が運転者からみれば渋滞下で最大交通量が流れていることが指摘できる。さらに臨界時の交通密度は29台/kmと非常に小さな値になる。

表一 3 交通容量の比較

		K_c	V_c	Q_c	低下率
無雪期	乾燥	34	39	1,334	100.0
	佐藤(1977)	39	33	1,283	—
積雪期	乾燥・湿潤	32	39	1,238	92.8
	圧雪	29	31	905	67.8
	阿部(1984)	36	33	1,199	89.9

さらに、無雪期に対する交通容量の低下率は乾燥・湿潤路面で93%、圧雪路面では68%と容量が低下する。また、スパイクタイヤ時代の雪氷路面(阿部(1984)³⁾)と比較すれば、スパイクタイヤ時代の交通流の状態は、今回観測された無雪期の乾燥・湿潤路面に非常に近く、現在の圧雪状態と比べて3割程度交通容量が大きい。

4.各種サービス水準での比較

自由走行領域でのサービス水準である、計画水準2及び幹線道路として最低限機能すべきと思われる50km/hを確保できる水準、また渋滞領域では夏と同様の渋滞レベル時について、無雪期とのサービス水準の低下度合いを表一4に示す。積雪期の路面状態が良い場合は、自由走行領域では無雪期に近い値を示すものの、渋滞領域においては交通処理能力が積雪期の約半分となり、渋滞の解消に時間を要することが指摘できる。

表一 4 各種サービス水準の推定値と無雪期の低下率

		交通容量		計画水準2 ($q/Q_c=0.85$)		50 km/hの 速度サービス		K=80台/kmでの 交通処理能力	
		Q_c	V_s	Q	V_s	Q	K	Q	V_s
無雪期	乾燥	1,334	38.7	1,134	63.5	1,254	25.1	609	7.6
積雪期	乾燥・湿潤	1,238	38.7	1,052	57.8	1,134	22.7	299	3.7
	低下率	0.93	1.00	0.93	0.91	0.90	0.90	0.49	0.49
	圧雪	905	31.1	769	45.7	292	5.8	116	1.5
	低下率	0.68	0.80	0.68	0.72	0.23	0.23	0.19	0.19

一方、圧雪状態では時速50km/hの速度サービスを確保するために必要な時間交通量は約300台程度となる。同様に渋滞領域では夏の渋滞状態までに密度が大きくなるとほぼ停止状態にあることがわかる。

札幌圏でも圧雪を含め雪氷路面の出現率は60%前後にものぼる。したがって、積雪期の交通流を円滑に確保するためには、冬期道路管理の高度化のみならず車線数等の道路計画に大きな影響を与えると思われる。

参考文献 1)下條、高木: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、土木学会北海道支部論文集,1997. 2)佐藤、五十嵐:非線形交通流モデルに関する研究、土木学会論文報告集258号,1977. 3)阿部、高森: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集,1984.