

路面上における雪氷の有無の違いによる 飽和交通流率の経年的変化

— 札幌市豊平区内の交差点を対象として —

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム ○奥村 航太
(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム 四辻 裕文
(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム 中村 浩

近年、信号交差点の飽和交通流率の低下が全国的に指摘されており、さまざまな調査結果や報告がみられるが、冬期に信号交差点における飽和交通流率の経年変化に関する影響については未解明な部分が多い。そこで冬期の飽和交通流率について、1985年に発表された資料にある地点と同一地点において交差点の飽和交通流率を計測を行った。その結果、雪氷路面における経年変化として冬期の飽和交通流率は概ね15%程度低下がみられることが試算された。

キーワード：飽和交通流率、信号交差点、経年変化、雪氷路面

1. はじめに

近年、車両挙動の変化等を理由とした信号交差点の交通容量の低下が、全国的に指摘されている¹⁾²⁾など。交差点の交通容量を把握することは、交差点の右折滞留長や停止線間距離、信号現示のサイクル長を決定する上で重要である。

交差点の交通容量を示す飽和交通流率は、信号現示が青時間中に車両待ち行列が通過可能な最大の交通流率を指す。この飽和交通流率(台/有効青1時間)は、直接的に観測せずに理論的に算出可能な算定式がある。この算定式は飽和交通流率の基本値に車線幅員や道路勾配、大型車混入率等の要因の係数を掛け合わせて計算される。しかし、これらの基本値や係数が示されている「道路の交通容量」³⁾には2025年の改訂においてサービスレベル等の記載が追加されたが、1984年の発刊以来、飽和交通流率に関する基準値等の改訂はなされていない。さらに、この算定式には、冬期の積雪寒冷地における凍結路面や圧雪路面が交通流率に与える影響が考慮されていない。この他、「道路の交通容量」³⁾では、積雪の影響は各地域に見合った要因に関する研究が必要と示されている。

さらに、車両の発進加速抑制装置の普及やスマートフォンおよびカーナビゲーションの普及による画面注視といった車両の性能や運転環境などの社会的な変化に伴い、算定式によって算出される理論的な飽和交通流率との間に経年的な乖離が生じている。

冬期路面における飽和交通流率の低下に関する調査として、例えば以下が挙げられる。1984年に報告された石井らの研究⁴⁾では、北海道登別市においての調査結果では、乾燥路面の飽和交通流率は1,800台/有効青1時間であるのに対して、凍結路面では1,620台/有効青1時間、圧雪路面では1,400台/有効青1時間となっており、冬期の飽和

交通流率は約20%から30%程度低下することが確認されている。ただし、この観測の当時はスパイクタイヤが主流であった点に留意する必要がある。2019年に報告された伊藤らの研究⁵⁾では、新潟県長岡市内の複数の交差点を対象に調査を行い、冬期路面の飽和交通流率は乾燥路面に対して概ね2割以上低下していることが確認されている。

本研究では、札幌市豊平区内の信号交差点を対象として交通流調査を実施し、路面上の雪氷の有無(以下、雪氷路面および非雪氷路面)に着目した飽和交通流率の経年変化を明らかにすることを目的とする。対象交差点は、1985年に報告された信号交差点の交通容量調査⁶⁾(以下、1985年調査)において分析結果が示されている地点であり、本研究では同一地点における約40年間の時間的な隔たりを有するデータを比較し、経年的な変化を明らかにする。

2. 現地調査の概要

本研究では、札幌市豊平区月寒に位置する信号交差点を対象として交通流調査を実施した。調査にあたっては、信号現示および滞留車列末尾を確認可能とするとともに、車両の重なりによる死角を回避するため、2台のカメラによって計測を行った。カメラの設置位置および撮影角度は、滞留車両の末尾位置および右左折挙動が確認できるよう設定した。録画のフレームレートは50 fpsとし、これにより車頭時間の計測における時間分解能は0.02秒となる。

現地調査日の概要を表-1に示す。2025年1月31日の調査時においては、路面に光沢はみられず、つぶ雪の下層に圧雪が存在する状態であった。一方、2025年2月17日の調査時には、路面に光の反射が見られないものの、表

面がわずかに湿潤している状態、いわゆる半湿潤状態であった。これらの路面状態については、調査時間帯において計測対象区間を実際に走行し、目視により確認した。実際の走行状況を図-1に示す。

また、除雪後に路肩部に残置された雪堤により走行車線の有効幅員が減少し、交通流率に影響を及ぼす可能性がある。そこで本研究では、計測開始時において、計測対象車線の直後にある横断歩道に接する歩道端から、タイヤのドレッド跡または露出した路面までの距離を計測し、これを雪堤幅として定義した。

3. 1985年調査との比較および対照

本研究では、表-2に示す大型車の定義に該当する車種を大型車（T）、それ以外を普通車（C）と分類した。車列構成は、先行車および後続車の車種の組合せにより定義し、例えば、先行車が普通車、後続車が大型車である場合をC-Tと表記する。飽和交通流率の算出にあたっては、信号交差点において十分な待ち行列が形成されている信号サイクルを対象とする必要がある。一般的には、20から30サイクル程度の信号サイクルのうち、待ち行列台数が10台以上となる状況を計測することが望ましいとされている⁷⁾。一方、本研究では、通過車両数の確保を考慮し、待ち行列台数が4台以上となるすべての信号サイクルを観測対象とした。次に、車種の影響を考慮するために、車列構成を定義する。各車列構成における車頭時間（図-2）は、先行車が停止線を通過した時刻から、後続車が停止線を通過するまでの時間差から計測する。なお、本研究では直進車両のみを計測対象とし、右折車または左折車が含まれる車列構成については、交差点通過挙動が異なるため集計対象外とした。ただし、2025年1月31日における第2車線の運用については、第3車線と同一に運用される実態がみられた。

なお、雪氷路面の条件については、1985年調査および本調査ともに冬期に観測されている。一方、非雪氷路面の条件については、1985年調査では夏期に実施されているのに対し、本調査では冬期に実施されている。このため、両調査間で非雪氷路面条件の観測する季節が一致していない。この条件の差により、冬期における路肩の雪堤の形成状況の違いが、交差点部における側方余裕や車両の走行位置などに影響を及ぼした可能性があり、本研究結果の解釈においては、この点を考慮する必要がある。

以上の条件に基づき、各車列構成別に車頭時間を算出し、これを用いて飽和交通流率を求め、1985年調査との比較分析を行った。

4. 計測手法の概要

飽和交通流率の算出にあたっては、車頭時間の平均値の逆数を用いる一般的な手法を採用し、式(1)により算出した。本研究では、1985年調査と同様に大型車混入による車頭時間のばらつきの影響を排除するため、先行車および後続車がともに普通車である車列構成（C-C）に該当する車頭時間のみを対象とした。

また、発進損失の影響を受ける先頭車両の挙動を除外

表-1 調査日の気象および路面状況

調査日	2025年1月31日	2025年2月17日
時間帯	7:00 - 9:00	7:00 - 9:00
天気	雪/曇	曇/晴
気温	3.2	4.6
路温	-1.0	0.4
雪堤幅	60 cm	50 cm
路面状況	雪氷	非雪氷
停止線の視認	可	可
区画線の視認	不可	可

※気温と路温は8:00頃の計測結果



2025年1月31日 8:00頃（雪氷路面）



2025年2月17日 8:00頃（非雪氷路面）

図-1 現地の路面状況

表-2 調査方法および状況の詳細

	1985年調査	本調査
観測機器	ビデオカメラ	左同
大型車の定義	バス、マイクロバス、普通・大型貨物車	左同
解析データの抽出条件	待ち台数10台以上 車頭時間5秒以内 直進・直進の組み合わせのみ	待ち台数4台以上 車頭時間5秒以内 左同
発信遅れの影響範囲	発信順番3番目まで	左同
飽和交通流率の算出方法	車列構成がC-Cの車頭時間から計測	左同
調査日の時期	雪氷路面：冬期 非雪氷路面：夏期	冬期
雪氷路面	凍結	つぶ雪下層圧雪または凍結
非雪氷路面	乾燥	半湿潤
第1車線	直進左折混合	直進左折混合
第2車線	直進右折混合	直進専用※
第3車線	なし	右折専用

※積雪により区画線が視認できず一部右折車が混在

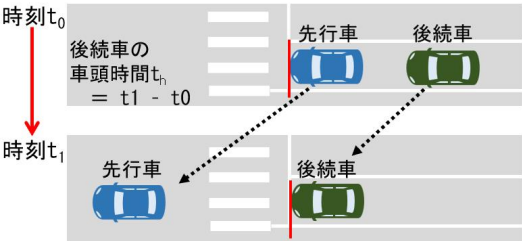


図-2 車頭時間の考え方

するため、停止線通過順で4台目以降かつ青現示開始時の滞留車両数分の車頭時間を観測対象とした。これらの条件のもとで得られた車頭時間の平均値を逆数にし、1時間あたりの交通流率に換算し飽和交通流率を算出した。

$$s = \frac{1}{\frac{\sum h}{n}} \times 3600 \quad (1)$$

s : 飽和交通流率[台/有効青1時間]

h : 発進損失の影響がないと考えられる4台目以降の車頭時間[秒]

n : 観測対象となる車頭時間のデータ数[個]

5. 飽和交通流率の算定結果

(1) 本調査における飽和交通流率の算定結果

停止線通過順位別に発進損失の影響を確認するため、走行車線および路面の雪氷の有無を考慮した車頭時間の推移を図-3に示す。ここでは、車列構成が普通車相互間であるC-Cの観測値のみを対象としている。

1台目の車頭時間は、観測対象車線の信号現示が青に変わってから当該車両が停止線を通過するまでの時間としている。なお、信号待ちにおいて、停止線を越えて停止していた車両については、発進遅れがないものと判断し、車頭時間を0秒として集計した。

図-3には、停止線通過順位が4台目以降の車両について算出した車頭時間の平均値を記載した。その結果、第1車線では、第2車線と比較して、発進損失の影響がより後続の車両まで及んでいる傾向が確認された。

また、第2車線に着目すると、雪氷路面時における4台目以降の平均車頭時間は約2.77秒であるのに対し、非

雪氷路面時には約2.34秒となっている。このように雪氷路面発生時に平均車頭時間が長くなる傾向は第1車線と同様であり、路面雪氷の有無の違いによる車頭時間の変化を確認した。

(2) 経年変化の有意差検定

平均車頭時間の経年比較結果を表-3に示す。本研究では、本調査結果と1985年に実施された調査結果⁶⁾との比較を行う。比較には、平均車頭時間の経年変化が統計的に有意であるかを確認するため、対応しない2標本に対するt検定を用いた。なお、分散の等質性が保証されない場合を考慮し、本研究ではWelchのt検定を実施した。

その結果、普通車において多くの車線・路面雪氷の有無の組合せにおいて、平均車頭時間に有意な差が確認され、その全てに平均車頭時間が増加傾向であったことから、飽和交通流率は経年的に低下していることが確認された。一方で、一部の組合せにおいては、経年変化に有意な差が認められなかった。これらは、大型車を含む車列構成であり、サンプル数が比較的少ない条件であった。このことから、大型車を含む車列構成においては、本分析において経年的な変化を統計的に十分検出できなかったもしくは大型車が含まれる車列構成の車頭時間の変化は限定的である可能性が考えられる。

また、平均車頭時間を用いて算出した飽和交通流率の経年変化については、車線および路面の雪氷の有無に関わらず、飽和交通流率の低下がみられ、経年変化として調査時期が一致する第2車線の雪氷路面における経年変化は15%程度の低下することを確認した。一方で、経年変化において雪氷路面の出現が、必ずしも非雪氷路面より大きな低下要因となっているわけではないことが示唆された。

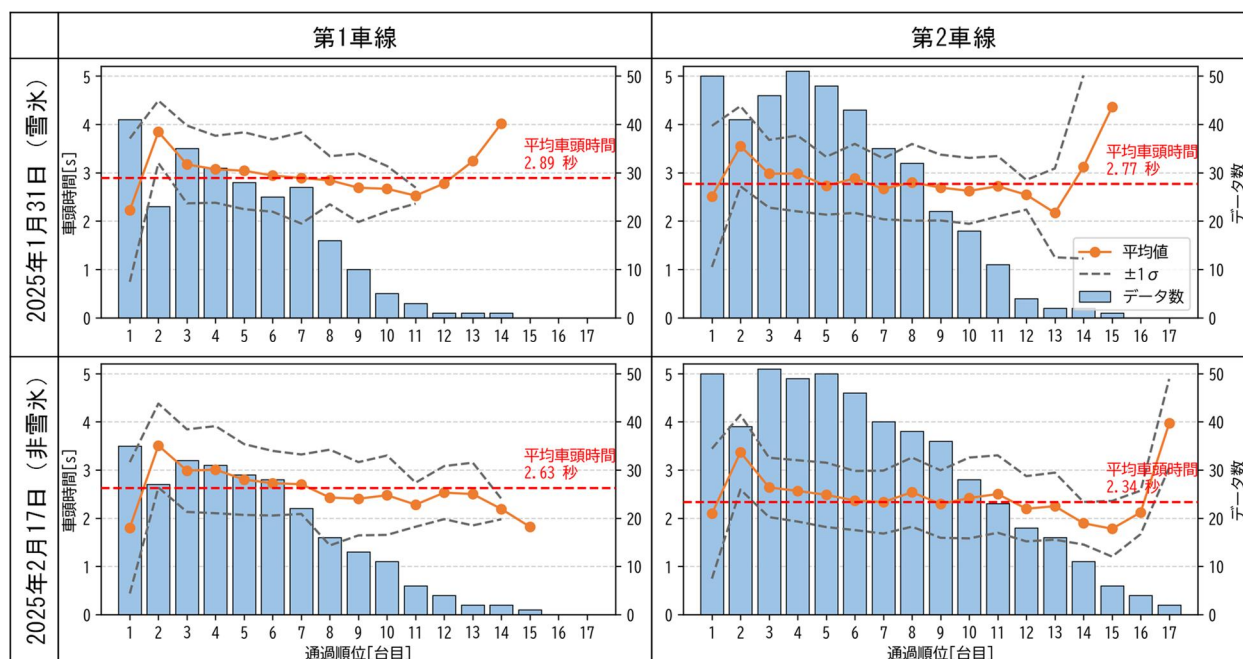


図-3 通過順位毎の平均車頭時間の推移

表-3 飽和交通流率の比較と平均車頭時間の有意差

車線	路面状態	車列構成	1985年調査			本調査			p値	飽和交通流率	
			平均±標準偏差	サンプル数	飽和交通流率	平均±標準偏差	サンプル数	飽和交通流率		変化幅	変化割合
1	非雪氷	C-C	1.98±0.73	266	1,818	2.63±0.77	153	1,369	<0.001***	-449	-0.25
		C-T	2.83±0.99	42	1,272	3.33±0.68	7	1,081	0.123	-191	-0.15
		T-C	2.72±0.81	38	1,324	3.46±0.50	5	1,040	0.024*	-283	-0.21
	雪氷	C-C	2.29±0.77	265	1,572	2.89±0.67	132	1,246	<0.001***	-326	-0.21
		C-T	2.71±0.82	60	1,328	3.27±1.46	9	1,101	0.291	-227	-0.17
		T-C	2.90±0.88	66	1,241	3.51±0.37	7	1,026	0.004**	-216	-0.17
2	非雪氷	C-C	1.99±0.80	222	1,809	2.34±0.66	324	1,538	<0.001***	-271	-0.15
		C-T	2.39±0.82	43	1,506	2.76±0.89	23	1,304	0.106	-202	-0.13
		T-C	2.66±0.90	46	1,353	2.83±0.61	16	1,272	0.406	-81	-0.06
		T-T	2.87±0.44	6	1,254	3.56±1.23	4	1,011	0.35	-243	-0.19
	雪氷	C-C	2.36±0.71	62	1,525	2.77±0.71	243	1,300	<0.001***	-226	-0.15
		C-T	2.39±0.57	8	1,506	2.95±0.71	12	1,220	0.068	-286	-0.19
		T-C	2.93±0.68	10	1,229	3.18±0.68	13	1,132	0.393	-97	-0.08

なお、表中の*は統計的有意性を示しており、***は $p < 0.001$ 、**は $p < 0.01$ 、*は $p < 0.05$ とする。
1985年調査については、参考資料⁶⁾を元に筆者による加筆である。

6. 結論および今後の課題

本研究では、積雪寒冷地に位置する信号交差点を対象として、1985年調査と同一地点における交通流調査を実施し、冬期における飽和交通流率の経年変化を分析した。以下に、本研究から得られた知見を示す。

- ・飽和交通流率の経年変化は、積雪寒冷地の冬期にも確認され、路面の雪氷の有無に関わらず同程度に、近年の飽和交通流率の経年的な低下を確認した。
- ・本研究において、平均車頭時間による飽和交通流率において、普通車相互間（C-C）および後続車が普通車（T-C）の場合において、統計的に有意な経年変化が認められた。
- ・経年変化を見た場合、雪氷路面時における飽和交通流率の減少率および減少幅は、非雪氷路面時と比較して同程度の傾向を示し、雪氷路面の出現によって経年変化がより大きくなる要因ではない可能性が示唆された。
- ・飽和交通流率は、第1車線において非雪氷路面で1,369台/有効青1時間、雪氷路面で1,246台/有効青1時間で経年変化は25から21%程度、第2車線において飽和交通流率は非雪氷路面で1,538台/有効青1時間、雪氷路面で1,300台/有効青1時間で経年変化は15%程、低下していることがわかった。

本調査は、冬期の朝ピーク時間帯における2日間の観測結果に基づくものであり、調査日数や時間帯が限定されている点には留意が必要である。一方で、1985年調査と同一交差点かつ同一車線を対象とした比較を行った点に本研究の特徴があるものの非雪氷路面の計測に季節差があることに留意する必要がある。しかしながら、積雪寒冷地の冬期においても信号交差点の交通容量が長期的に変化している可能性を示す結果が得られた。

1985年調査では、積雪寒冷地域内の複数交差点において飽和交通流率が報告されているが、近年では交差点改良や交通条件の変化により、当時の条件を保持したまま

比較可能な地点は限られている。また、冬期の路面状態は短時間で大きく変化することも多く、雪氷路面状態別における交通流の変化を定量的に整理することは容易ではない。

今後は、調査時間帯および調査日数を拡充し、降雪状況や路面状態、雪堤幅の違いを考慮した分析を進めるとともに、複数の交差点を対象とした調査を行うことで、積雪寒冷地における信号交差点の交通容量特性をより包括的に明らかにしていきたい。

謝辞

交通流のビデオカメラ観測の実施にあたり、北海道開発局札幌開発建設部札幌道路事務所より、多大なるご協力を受けた。ここに深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 青山恵里、下川澄雄、吉岡慶祐、森田緯之：飽和交通流率の変化とその要因に関する研究。交通工学論文集、Vol.7(1)、pp.1-10、2021。
- 2) 青山恵里、青山直暉、下川澄雄：観光道路の信号交差点における飽和交通流率の実態分析、交通工学研究発表会論文集 第44回交通工学研究発表会、pp.789-793、2024。
- 3) 公益社団法人日本道路協会：道路の交通容量、2025。
- 4) 石井憲一、斉藤和夫：冬期積雪時における信号交差点の交通容量解析に関する研究、土木計画学研究・論文集、Vol.1、pp.123-130、1984。
- 5) 伊藤潤、大島亮、佐野可寸志、鳩山紀一郎：冬期路面状況による信号交差点の交通容量低下率に関する研究、交通工学論文集、Vol.5(2)、pp.34-41、2019。
- 6) 建設省土木研究所 道路部道路研究室：信号交差点の交通容量調査、土木研究所資料、第2275号、1985。
- 7) 一般社団法人交通工学研究会：平面交差の計画と設計基礎編、2018