

降積雪が信号交差点の交通容量へ及ぼす影響

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤専攻 非会員 大島 亮
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤専攻 正会員 佐野 可寸志
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤専攻 正会員 伊藤 潤
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤専攻 正会員 鳩山 紀一郎

1. はじめに

信号交差点は幹線道路の交通運用を計るうえで重要な要素である。一般的に信号交差点を設計するにあたって、飽和交通流率の基本値（直進 2000pcu/有効青時間）に基づいて流入部の交通量を決定する必要がある。しかし、東京などの大都市において乾燥路面状態で観測された結果であり、冬期における降積雪が飽和交通流率に及ぼす影響についての知見は少なく、降積雪の多い地方都市における飽和交通流率の実態は不明なところが多い。

飽和交通流率の基本値は、その地点（車線）でこれ以上の飽和交通流率が出現し得ない値とみなせるものである。交通容量増大を目標にした対策ではこの基本値を対策の目標値として位置付け、基本値と実際条件下の飽和交通流率との乖離をいかに縮めるかを対策の眼目にする必要がある。飽和交通流率を計算によって推定する場合にも、その交差点の実態を反映させられるだけの推定結果を得るためには基本値の設定が大きく影響を及ぼす。それゆえ、飽和交通流率の基本値相当とみなせる飽和交通流率が天候や路面状態ごとに変動し、その変動範囲が大きいことが事実であれば、その特性を明らかにすることは非常に重要となる。

そこで本研究では、日最大降雪量が平均でも70cmも超える豪雪地域の新潟県長岡市を対象とすることにした。長岡市は新潟県第2の都市であり、国道8号、17号線の交通量も多い。冬季における交通環境の変化は路面状態や気象条件によって多様であり、冬期間における降積雪は、交通流へ大きな影響を与えている。



図1. 寺島交差点 冬季の道路状況

1.2 本研究の目的

降積雪による路面状態の変化が飽和交通流率、発進損失に対しどれほどの影響を与えるかビデオカメラにより観測を実施した。観測結果により交通容量を算出し、信号交差点の交通容量の実態を把握する事を目的とする。

長岡市の3つの交差点(愛宕, 寺島, 福島)を対象とし、車両の発進, 停止及び走行に影響を与えると思われる路面状態に着目し、夏季と冬季の交通状態の変化を分析した。

2. 調査場所

本研究では飽和交通流率算出のため、できるだけ飽和状態に近い交差点を選定する必要がある。また道路条件(車線数, 信号機)天候の変化以外に地域毎にも飽和交通流率に変化があると考えているので、本研究では対象交差点を3ヵ所とし、新潟県長岡市内の「愛宕交差点」、「寺島交差点」、「福島交差点」を選定した。

2.1 調査概要

本研究では愛宕交差点に関しては長岡国道事務所から提供して頂いた長岡ライブカメラ映像を使用し、寺島及び福島交差点に関しては現地調査を行い解析した。

表1. 調査概要

調査場所	愛宕交差点		寺島交差点		福島交差点	
	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
調査日時	2016.9/7	2016.1/24, 3/1, 2	2016.10/6	2016.12/16, 2017.1/13	2016.11/9	2016.12/16, 2017.1/13
道路状況	片側2車線(直進×2, 左×1, 右×1)					
信号機	右折専用信号有り					
天気	晴れ	雪	晴れ	雪	晴れ	雪
路面状態	乾燥	圧雪及びシャーベット	湿潤	シャーベット	乾燥	シャーベット
気温(°C)	24~26	-2~0	20	-2~0	7	-2~0

3. 調査結果

3.1 発進損失及びクリアランス損失時間

発進損失時間

■調査方法, 条件

赤信号で完全停止している状態から青信号に切り換わり、先頭車から車群が順次捌けていく際の車頭時間を測定する。調査条件として、右折・左折の影響を受けない直進車を対象とした。また、大型車の車頭時間は乗用車より長く台数もかなり少ないため大きなばらつき防止のために大型車とその後続車を除くこととする。

■解析結果

各交差点を比較及び考察

共通している点として、

- ・夏季と冬季の先頭車発進損失時間差はだいたいどの交差点も 0.3 秒程度であった。
- ・両季節とも 2 台目の発進がどの台数に比べ圧倒的に遅い。
- ・飽和状態に至るまでに各交差点ばらつきがある。
(愛宕：夏季-4 台目 冬季-6 台目 以降)
(寺島：夏季-6 台目 冬季-6 台目 以降)
(福島：夏季-4 台目 冬季-5 台目 以降)

クリアランス損失時間

■調査方法, 条件

青信号終了時まで、継続的に車が捌けている状態で観測し、その長さは通過最後尾車が停止線を通過してから次現時の青開始までを測定した。

■解析結果

各交差点共、路面状態が悪化するに従ってクリアランス損失時間が短くなる傾向が見えた。

本研究の調査対象交差点において夏季と冬季で差が出た理由として、サンプル数が少ない事もあるが、まず第一に積雪時の運転はスリップにより直ぐに停止することが不可能な点である。

クリアランス損失時間についても、積雪の有無で損失時間に差が出たことから少なからず影響を与えていることが明確となった。

表 2. 発進損失, クリアランス損失時間

	発進損失時間(秒)			クリアランス損失時間(秒)		
	乾燥	シャーベット	圧雪	乾燥	シャーベット	圧雪
愛宕交差点	7.91	13.3	15	1.8	1.7	1.37
寺島交差点	12.2	12.9	×	1.9	1.5	×
福島交差点	8.54	11.3	×	1.87	1.37	×

3.3 飽和交通流率

■算出方法

本研究では車頭時間に基づく算出方法を採用した。飽和状態にあった交通流の車頭時間からの平均値から算出する。算出公式を式①とする。

$$\text{飽和交通流率} = \frac{1}{\Sigma h/n} \times 3600 \left(\frac{\text{台}}{\text{青1時間}} \right) \dots \text{式①}$$

5)

ここで、h：飽和状態以降の車頭時間(秒)
n：データ数

※本研究では、貨物車(大・中・小型車)及び後続車からの影響を飽和交通流率に反映させないために、飽和状態以降の車頭時間は除外して考慮してある。また、データ数もちろんのこと除外してある。

■解析結果

- ①路面状況及び降積雪の影響より発信損失時間差がその分遅くなり、飽和状態に至るまでに差が出る結果となった。寺島交差点に関してはほとんど差が見られなかった。
- ②夏季の場合の飽和交通流率が 1700(pcu/青 1 時間)、シャーベット状態が 1400 程度、さらに圧雪状態になると 1200 台を下まわる結果となったため、飽和交通流率は路面の悪化及び降積雪の影響で減少することがわかった。
- ③乾燥状態からシャーベット状態に至ると飽和交通流率が約 2 割の低下、圧雪状態では約 3 割の低下が見られた。

表 3. 飽和交通流率に関する詳細(愛宕交差点)

日/台	路面状態	飽和交通流率			標準偏差	サンプル数(サイクル)	低下率
		平均	最高	最低			
9月7日	乾燥	1676	1948	1461	115	24	1
3月1日	シャーベット	1402	1602	1166	111	21	0.83
3月2日		1291	1556	1111	112	29	0.77
1月24日	圧雪	1197	1422	975	116	42	0.71

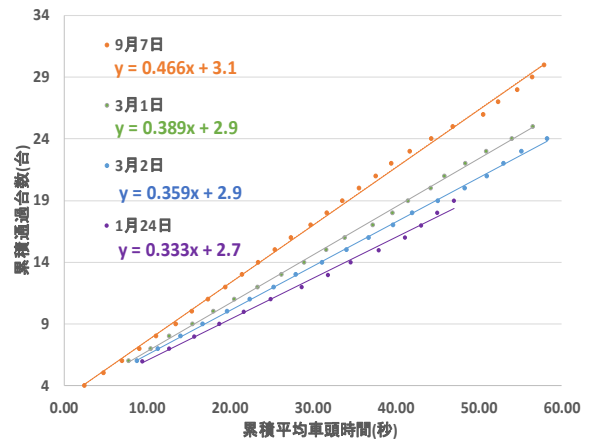


図 2. 愛宕交差点における飽和交通流率

表 4. 飽和交通流率に関する詳細(寺島交差点)

日/台	路面状態	飽和交通流率			標準偏差	サンプル数(サイクル)	低下率
		平均	最高	最低			
10月6日	湿潤	1634	1801	1467	93	30	1
12月16日	シャーベット	1397	1555	1169	92	33	0.85
1月13日	シャーベット	1431	1571	1309	73	32	0.87

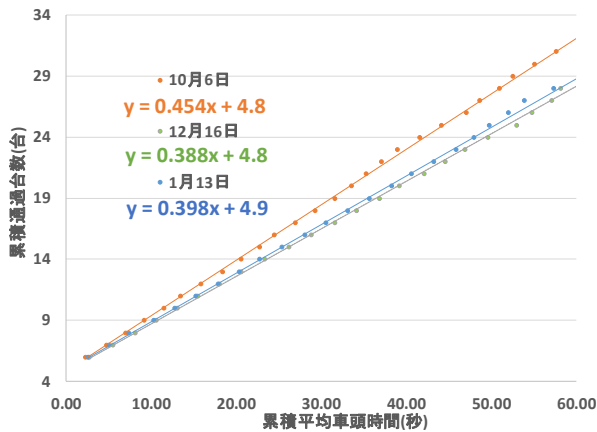


図 3. 寺島交差点における飽和交通流率

表 5. 飽和交通流率に関する詳細(福島交差点)

日/台	路面状態	飽和交通流率			標準偏差	サンプル数(サイクル)	低下率
		平均	最高	最低			
11月9日	乾燥	1776	1535	1512	136	38	1
12月16日	シャーベット	1470	1637	1200	114	31	0.82
1月13日	シャーベット	1413	1535	1257	78	33	0.79

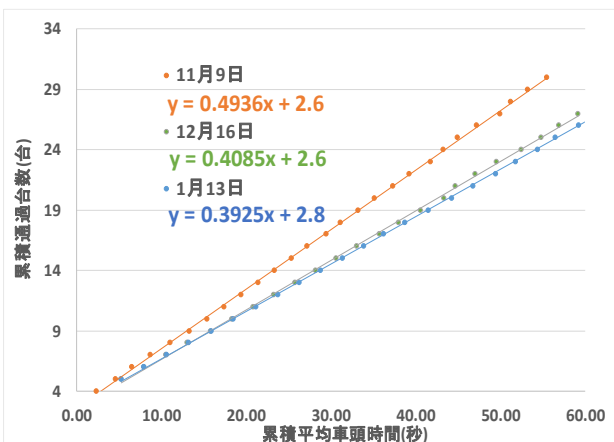


図 4. 福島交差点における飽和交通流率

3.4 交通容量

■算出方法

信号交差点では、各流入部とも1信号サイクル中で割当てられた青時間 G_i のみによって需要交通を捌くことになるから、各流入部の交通容量は基本的にはその飽和交通流率に青時間比 $g_i = G_i/C$ を乗じた数値で表される。

$$\text{交通容量} = S_i \cdot g_i = S_i \frac{G_i}{C} \dots \dots \text{公式②}^5)$$

ここに、

- S_i : 流入部の飽和交通流率(台/青1時間)
- C : サイクル長(s)
- G_i : 青サイクル有効時間

■解析結果

愛宕交差点

- 乾燥状態に比べシャーベット状態は約3割低下(その内飽和交通流率が2割, 発進損失時間が1割影響を与える), 圧雪状態は約4割低下(その内飽和交通流率が3割, 発進損失時間が1割影響を与える)する結果となった。

表 6. 愛宕交差点における交通容量

	9月7日	1月24日	3月1日	3月2日
飽和交通流率(台)	1665	1186	1388	1276
青時間(秒)	62			
有効青時間(秒)	52	46	48	46
サイクル長(秒)	125			
交通容量(台)	693	436	533	470

※有効青時間は青時間から損失時間(発進, クリアランス)を差し引いて算出する。

寺島交差点

- 乾燥状態に比べシャーベット状態は約1.5割低下という結果となった。(その内飽和交通流率が1.5割, 発進損失時間に関しては差がほとんど無かったため影響を与えなかった。)

表 7. 寺島交差点における交通容量

	10月6日	12月16日	1月13日
飽和交通流率(台)	1620	1382	1421
青時間(秒)	74		
有効青時間(秒)	60	59	59
サイクル長(秒)	150		
交通容量(台)	648	543	559

福島交差点

- 乾燥状態に比べシャーベット状態は約2割低下する結果となった。(その内飽和交通流率が1.5割, 発進損失時間が0.5割影響を与える)

表 8. 福島交差点における交通容量

	10月6日	12月16日	1月13日
飽和交通流率(台)	1776	1470	1413
青時間(秒)	95		
有効青時間(秒)	85	82	82
サイクル長(秒)	154		
交通容量(台)	980	783	752

各交差点共

- 路面状態, 交差点, により大きく変化する。
- 圧雪状態にまで至ると約4割も減少する。

- ・飽和交通流率の方が交通容量を減少させる大きな要因となった。

4 結論

■飽和交通流率

本研究では夏季の場合の飽和交通流率が 1600 (pcu/青 1 時間)程度、冬季が 1400 台程度、さらに積雪が多くなると 1200 台を下まわる結果となり低下率は約 20%程度となった。このことより、積雪が飽和交通流率に影響を与えている事がわかる。

また、各交差点と比較すると、地点ごとで全体的にばらけることもわかったので、飽和交通流率も運転者で大きく変化する結果となった。

■発進損失時間

平均的に見て、夏季は 9.6 秒、冬季は 12.5 秒であったことから積雪が発進損失に与える影響は大きいことがわかった。また、各交差点で損失時間にばらつきが見えたため飽和状態になるまでに差があった。

■クリアランス損失時間

夏季と冬季を比較した結果積雪は少なからず影響を与えている結果となったが、1 秒未満の差であった。

様々な原因が考えられるが、積雪時の運転はスリップにより直ぐに停止することが不可能なことから損失時間が短くなる傾向がある。

■交通容量

本研究では、乾燥状態に比べシャーベット状態は約 3 割低下、圧雪状態は約 4 割低下する結果となった。

各交差点においてシャーベット時、圧雪時の交通容量の減少率に差があったため、降積雪が交通容量に与える影響が大きい事が判明した。

また、現在基準とされている 2000pcu/有効青 1 時間(路面が乾燥状態時)と比較を行うと本研究の各交差点の飽和交通流率は低い結果であった。

4.1 今後の課題

本研究では国道のみしか検証していないため、除雪レベルの異なる県道、市道を調査し各交差点を比較して積雪が交通容量に与える影響を解明する。

■参考文献

- 1) 石井憲一, 斉藤和夫(1992) 「信号交差点の右折交通現象および交通容量解析に関する研究」
<http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00041/1992/10-0079.pdf>
- 2) 寺内義典, 宇佐美誠史, 本多義明 (1999) 「積雪時における道路交通管理のための交通特性に関する調査研究」 日本雪工学会誌 Vol. 15 No. 3 pp3-10
- 3) 寺内義典, 島田善昭, 本多義明 (1998) 「降積雪地域における冬季幹線の設定に関する研究寺内義典」 日本雪工学会誌 Vol. 14 No. 4 pp3-10
- 4) 森 健二, 三井達郎 「信号交差点におけるクリアランス損失時間と発進損失時間の実測」
https://www.jsce.or.jp/library/open/proc/maglist2/00039/200511_no32/pdf/229.pdf
- 5) 社団法人 日本道路協会 「道路の交通容量」