

IV-17 信号交差点の交通現象解析 (第2報)

室蘭工業大学 正員 ○ 石井憲一
室蘭工業大学 正員 斎藤和夫

1. はじめに

交差点はその機能上つねに交通が錯綜していることから、面的に交通流を制御し、道路ユーザの需要を満足しかつ交通の安全を確保する必要がある。交差点の能力は、基本的には交通容量により計ることになるが、その際その交差点に流入する個々の車の発進・停止を含む走行挙動が重要な要因となる。

ところで、この車の交差点での走行挙動はその交差点の幾何構造、交通流における車種構成あるいは天候などの環境要因により大いに影響され、即ちそれらは交差点処理能力の低下の要因となっている。特に冬の北海道は地理的に積雪寒冷期となり、交差点は構造上の要件と交通の質に増して、降雪・積雪や雪氷路面などの交通障害要因によりその交通処理能力の低下が著しくまた、交通の安全の確保に関してもこれら障害要因が大きく影響しているものと思われる。

本研究はこの観点から、交差点特に信号交差点における交通現象解析に基づきこれらの交通障害要因の交差点処理能力に対する影響度を定量化することを目的としている。第1報では室蘭と登別の国道の交差点の観測結果から交通流量の基本値について示した¹⁾。本報告は新たな観測データを加え、路面状態の違いによる影響などを定量的に示すものである。

2. 解析の方法

2-1. 概要 信号交差点の交通容量は交差点流入部の飽和交通流量を基礎として算定することから²⁾、本研究ではこの飽和交通流量の基本値を解析の軸とする。次に、交通流量に影響を与える要因を表-1のように整理し、ここでは交差点の幾何構造と路面状態の影響度について以下の5項目に関して比較検討する。

- 1) 平均車尾時間。
- 2) 飽和交通流量の基本値と発進損失。
- 3) 大型車当量と大型車混入率。
- 4) 交差点内通過速度。
- 5) 車種の組合せによる平均車尾時間。

表-1. 交差点の交通流量に關与する要因。

道路 要因	1) 幾何構造(車線数,幅員,勾配など)
	2) 沿道の状態(建物の密集度など)
	3) 信号制御方式
交通 要因	1) 大型車混入率
	2) 左折車混入率
	3) 右折車混入率
	4) 信号待ち台数
	5) 横断歩行者交通量および歩行速度
環境 要因	6) 交差点内通過速度
	1) 路面状態(乾燥,湿潤,凍結,圧雪)
	2) 視界状態(晴天,曇天,降雨,降雪)
	3) その他(明暗,気温など)

2-2. 車尾(車頭)時間 赤信号で待ち行列を形成していた車群が青信号になってから順次に停止線を通過する時の時間距離を車頭時間で表わすが、本研究では先の車の後輪が通過してから追従する車の後輪が通過するまで、すなわち車尾時間によって総ての解析を行う³⁾。

2-3. 飽和交通流量の基本値と発進損失 飽和交通流量の基本概念は「信号が青を表示している時間の間中、車両の待ち行列が連続して存在しているほど需要が十分にある場合に、交差点流入部を通過しうる最大流量(台/有効青/時間)」と定義されている(図-1)²⁾。実際には、これは渋滞時以外ではまれである。したがって、本研究では信号サイクル毎に得られるデータで飽和の状態と見なせる範囲を信号待ち台数8~10台以上で十分な流量があること、待ち台数以後においても大型車あるいは右左折車の混入以外では車尾時間が4秒以上大きくならずに連続していることとし、基本値と発進損失の算定は

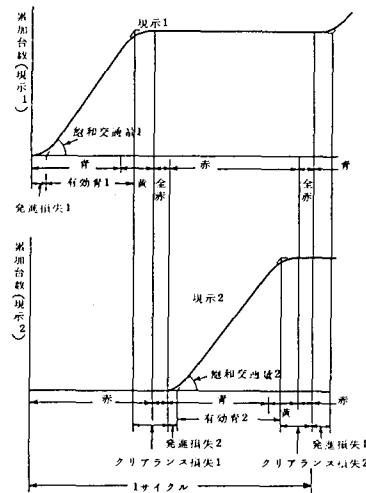


図-1. 信号交差点における飽和交通流量と有効青/時間の概念。

直進車線で大型車を含まないサイクルをもとに行う(詳しくは文献1,2~4を参照されたい)。

2-4. 大型車当量と大型車混入率 大型車の影響度は、乗用車を基準として大型車が乗用車何台分に相当するかを表わす大型車当量(乗用車換算係数)で表現する。算定のための基本式は(1)式である³⁾。

$$Q_0 = \frac{(N - N_T) + E_T \cdot N_T}{t} \dots (1) \quad \text{ただし、} Q_0: \text{乗用車換算の飽和交通流量(台/秒)} \\ t: \text{飽和時間(秒)} \quad N: \text{時間}t \text{におけるさばけ台数} \\ N_T: N \text{台中における大型車の台数} \quad E_T: \text{大型車当量。}$$

また、大型車混入率と飽和交通流量の関係は(2)式となる。

$$Q_T = \frac{Q_0}{(1 - T) + E_T \cdot T} \dots (2) \quad \text{ただし、} T: \text{大型車混入率} \\ Q_T: \text{混入率}T \text{のときの飽和交通流量。}$$

なお、交差点内通過速度と車種の組合せによる平均車尾時間の比較については解析の結果の節で説明する。

3. 観測の方法と対象交差点

3-1. 観測の方法 観測装置は28mmカメラによる連続撮影装置(シャッター速度2コマ/秒)と6チャンネルの携帯型オシロ(紙送り速度0.5cm/秒)を併用した。

また、観測上で考慮すべき条件として次の点に注意することを確認した。

- 1) 十分な交通需要がありかつ、下流側で車両が滞留していないこと。
- 2) 観測中に起きた異常な事態は漏れなく記録し、データの取舍を正しくできるよう配慮すること。
- 3) 飽和交通流量のデータとして使用できるサイクル数を十分な数だけ観測すること。

3-2. 対象交差点の概要 対象とした信号交差点は表-2に示す3交差点である。これら3交差点は、観測時間帯には十分な交通量が得られている。幾何構造はそれぞれ異っている。国道わし別SIは横断歩道橋によって歩車分離されていることから、横断歩道の影響がない。また、対象流入部では左折車がなく、すべて直進車線として扱えた。道道わし別SIはごく一般的な形態であるが、観測時間帯(早朝)には右折車が多く、第2車線はいつも総て右折車であった。

表-2. 観測対象交差点の概要。

。国道東町3SIは流入部が下り勾配である。信号の現示については3交差点いづれも専用車線現示のない、一般的なタイプである。

4. 解析の結果

4-1. 評価基準 解析は夏期の晴で路面乾燥時を評価基準とした。

また、交差点の形態として車の走行に対する影響要因が少なくかつ、限定できるところに基準を置くこととし、平坦・広幅員・歩車分離・右折車線がありさらに、すでに飽和交通流量の基本値が確認¹⁾できている国道わし別SIを評価基準とした。各交差点ごとに得られた有効サンプル数を表-3に示す。

表-3. 解析に用いた有効サンプル数。

交差点略称	路面状態	サンプル数(cycle)	平均待ち台数
国道わし別SI	夏・晴・乾燥	全 体 99	13.8
	大型車なし	38	12.5
	夏・雨・湿潤	全 体 70	12.0
	大型車なし	25	11.6
	冬・湿・凍結	全 体 53	13.7
	大型車なし	23	12.0
道道わし別SI	夏・晴・乾燥	直進車線 9	10.8
		右折車のみ 54	9.7
国道東町3SI	夏・晴・乾燥	直進車線 8	13.6

4-2. 平均車尾時間 直進車線で大型車のないサンプルの停止線通過順位と平均車尾時間の関係を、交差点形態別と路面状態別(国道わし別SI)についてそれぞれ

交差点の位置	略 称 [※]	形 態
1. 国道36号登別市わし別 / 丁目	国道わし別SI	室蘭方向の直進2車線、幅員3.75m/車線 右折車線(幅員3.50m)あり、分離帯あり 横断歩道橋によって歩車分離されている
2. 道道室蘭環状線 登別市わし別 / 丁目	道道わし別SI	室蘭方向の2車線、幅員3.50m/車線 観測時間帯で左折車なし、第2車線は右折のみ 横断歩道あり、分離帯なし
3. 国道36号室蘭市東町3丁目	国道東町3SI	室蘭方向の2車線、幅員3.75m/車線 右折車線(幅員2.85m)あり、分離帯あり 観測時間帯で左折車わずか、横断歩道あり 流入部は下り勾配

※この略称は一般的なものではない。

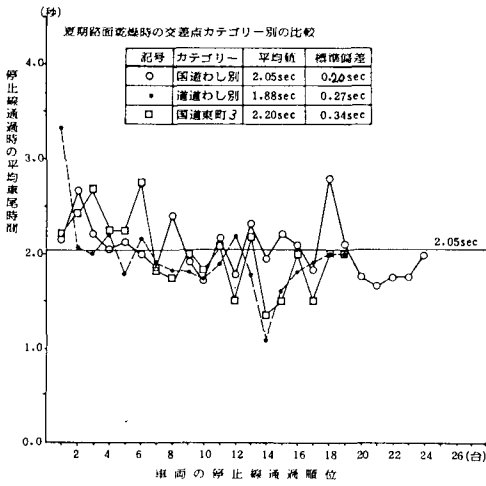


図-2. 交差点形態別の平均車尾時間。

れ図- 2, 図- 3に示す。一般に信号交差点の平均車
頭時間は2秒とされているが³⁾, 本解析の評価基準値
(国道わし別・夏・乾燥時)は2.05秒($\sigma=0.20s$)となり
, 基準値として妥当である。そこで, 交差点形態別に
比較すると道道わし別SIが1.88秒と小さく, 流入部が
下り勾配である国道東町3SIが2.20秒(+7%)と大き
い。路面状態別では湿潤時が2.18秒(+6%), 凍結時
が2.34秒(+14%)と状態が悪化すると車尾時間は著
しく増加している。またこれらから, 平均車尾時間は
車線幅員を考慮しなければ, 交差点形態よりは路面状
態に大きく影響されることが示された。各々の標準偏
差の比較では, 国道東町3SIが0.34s(+70%)と大
きく, 路面状態別では差異のないことが示され, 流入
部の勾配が個々の車尾時間により影響していることが
わかった。

4- 3. 飽和交通流量の基本値と発進損失

平均車尾時間と通過台数のそれぞれの累
加値のグラフより, 直線回帰式の傾きが飽
和交通流量(台/秒), X-切片が発進損失と
なる。これを交差点形態別と路面状態別
(国道わし別SI)について, それぞれ図- 4
, 図- 5に示す。得られた基準値は0.493
台/秒(1775台/時)である。この値は東京
都内の交差点観測結果1730~2120台/青/
時間³⁾と比較すると低めである。発進損失
は0.96秒で, この値は平均的である。そこ
で, 交差点形態別に比較すると道道わし別
SIが流量0.551 台/秒(+12%), 損失で
2.52s(+160%), 国道東町3SIが流量0.45
9台/秒(-7%)そして損失0.63s(-34
%)となり, 横断歩道の有無あるいは流入
部の勾配が影響要因となっていることが示
された。路面状態別に比較すると, 流量が
湿潤時0.463台/秒(-6%), 凍結時で0.44
4台/秒(-10%)と減少し, 発進損失が湿
潤時1.72s(+79%), 凍結時で3.45s(+2
59%)と増加の傾向を示した。これらから
, 路面状態は車の発進時に大きな影響を与
えていることが定量的に確認できた。

4- 4. 大型車当量と大型車混入率 大型
車当量は (1) 式を Q_0 と E_T を未知数として最
小二乗法で解くと得られる。ここではデー
タの制約から, 国道わし別SIの路面状態別
に比較した。得られた基準値は大型車当量 $E_T=1.72$ である。この値は東京都内の交差点観測結果の
最確値1.67とほぼ一致している。路面状態別に比較すると, 湿潤時が1.43(-17%), 凍結時で

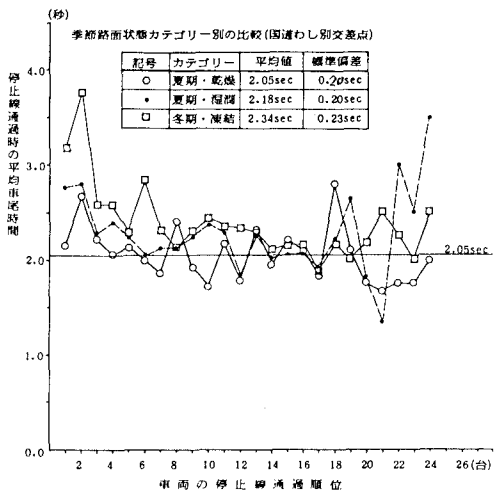


図- 3. 路面状態別の平均車尾時間.

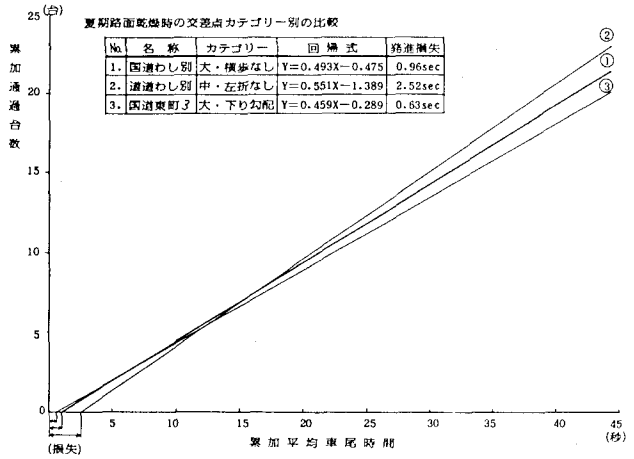


図- 4. 交差点形態別の飽和交通流量と発進損失.

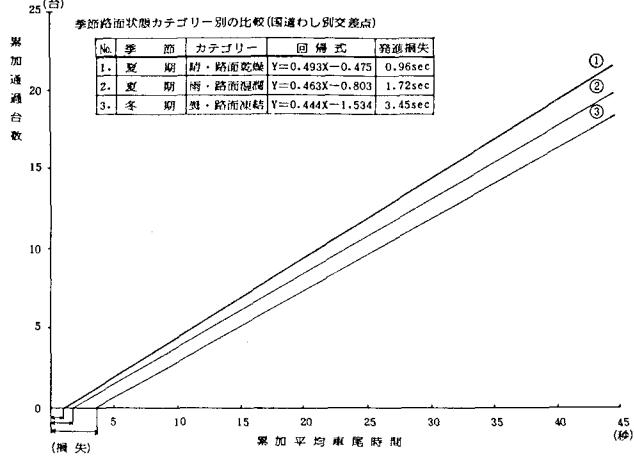


図- 5. 路面状態別の飽和交通流量と発進損失.

1.90 (+10%) が得られた。湿潤時の値が小さく大型車の交通流量に与える影響が他の路面状態より少ない結果が示された。しかしながら、湿潤時はまた、降雨状態でもあり視界状態の影響も考慮する必要があると思われる。

次に、(2)式により推定した大型車混入率と飽和交通流量の関係から、路面状態別の混入率に対する流量の減少度を表-4に示す。この表から、乾燥時と凍結時がより大きな影響を受けており、混入率15%で10%の減少、凍結時には混入率30%で20%以上減少することが示された。

4-5. 交差点内通過速度 交差点内10m~25mの区間の車の平均速度をフィルムの座標解析から求めた。国道わし別SIの路面乾燥時と凍結時の比較を図-6に示す。どちらも待ち行列の後方になるに従って速度が増す傾向を示し、その増加割合は乾燥時の方が大きい。また凍結時には制限速度を越える車はないが、乾燥時には待ち台数5台以上の車のほとんどが制限速度以上の走行速度で交差点内を通過していることがこの解析から示された。

4-6. 車種の組合せによる平均車尾時間の比較 交差点での車の走行挙動として追従する2台の車の車尾時間(車頭)を比較した。車種を乗用車(軽乗用車を含む)と大型車(大型バスを含む)に分けてそれぞれC, TとしてCC, CT, TCとTTの4つの組合せを国道わし別SIの路面状態別に分類し表-5に示す。この表より、CCペアを基準に比較すると相対的にTC(大型車-乗用車)のペアの車尾時間が小さいことが示された。また、各ペアについて路面状態別に比較するとTTペア以外の3つの組合せで状態が悪化する(乾燥-湿潤-凍結)と車尾時間も大きくなる傾向を示している。この解析では路面湿潤時のTT(大型車-大型車)ペアが4.00秒の車尾時間を示し最も大きかった。

5. ま と め

以上の解析結果は、交差点の構造(流入部の勾配、横断歩道の有無)と路面状態(乾燥、湿潤、凍結)が信号交差点の交通容量に相当な影響を与えていることを明かにした。特に、路面状態の影響については容量の低下要因として定量的に考慮すべきであると思われる。しかしながら、本解析で用いたデータ範囲は統計的な検定を行うには不十分であり、定量的にその影響度を示し得なかった。今後さらに、観測データを蓄積し解析を進めたい。おわりに、野外観測とデータ整理に尽力された室工大土木工学科56年卒業生、~~幸~~橋正毅氏(現旭川土木現業所)と和田泰昌氏(現旭川市役所)に付して感謝します。

(参考文献)

1. 斎藤・石井・松本, 信号交差点の交通現象解析(第1報) 土木学会北海道支部論文報告集, 第37号, 1981
2. 交通工学研究会編, 「最新 平面交差の計画と設計」 1977
3. 交通量研究委員会, 信号交差点および織り込み区間の交通容量の研究 交通工学 vol.14, No.4, 1979
4. 鹿田・井上, 信号交差点における飽和交通流量の観測方法について 交通工学 vol.12, No.2, 1977
5. 吉岡・岩城, 平面交差の飽和交通流量 建設省土木研究所技術資料12-3

表-4. 大型車混入率による飽和交通流量の減少度

路面状態	大型車混入率(%)					
	5	10	15	20	25	30
減少率(%)						
夏・晴・乾燥	3.5	6.7	9.8	12.6	15.3	17.8
夏・雨・湿潤	2.1	4.1	6.0	7.8	9.6	11.3
冬・曇・凍結	4.3	8.3	11.9	15.3	18.4	21.3

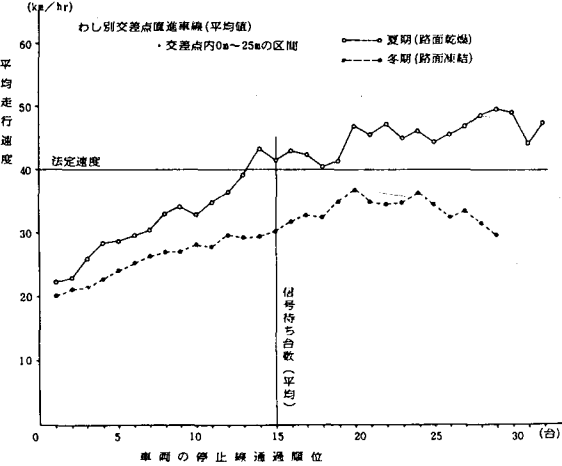


図-6. 交差点内通過速度の比較。

表-5. 路面状態別の車種の組合せによる車尾時間の比較。

車種ペア	夏		冬
	晴・乾燥	雨・湿潤	曇・凍結
CC	2.06秒 (100)	2.24秒 (100)	2.56秒 (100)
CT	3.32秒 (161)	3.44秒 (154)	3.85秒 (150)
TC	2.33秒 (113)	2.36秒 (105)	3.05秒 (119)
TT	3.13秒 (152)	4.00秒 (179)	3.96秒 (155)