

IV-10 信号交差点の交通現象解析 (第3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

北海道のように地理的位置の関係から冬期に積雪寒冷となる地域における道路では、構造上の要件や沿道の交通環境あるいは交通流に含まれる車種構成などの条件に増して、降雪、積雪や路面の凍結など気象の影響による容量の低下が著しくかつ交通の快適さや安全性も不確かなものになる。特に、交差点は一般の道路区間と違って常に交通が錯綜する地点であり、冬期積雪寒冷地域特有の交通障害要因の影響度を定量化し、より円滑な交差点交通対策に資する必要がある。

この観点から、著者らは西胆振の都市部（室蘭市、登別市）での信号交差点観測データによる現象解析の結果についてすでに一部報告して来た^{1), 2)}。さらに、交差点での車の走行挙動に最も影響を与えと考えられる路面状態の変化と交通容量の関係についても基本的な点を示した³⁾。

したがって、本論文は前述の報文の続報であるが、ここでは交差点別路面状態別の飽和交通流量に関する考察と右折車の走行挙動解析について述べることにする。

2. 解析の方法

2-1. 概要 信号交差点の能力を示す交通容量は交差点流入部の飽和交通流量（台／有効青／時間／車線）を基礎として算出することから、この飽和交通流量の基本値を解析の軸として考察してきた。ここでは既報^{1), 2)}の内容との重複をさける意味から基本的な用語とその定義、分析の統計的方法、データ収集の方法と右折車の走行挙動解析の方法について述べることにする。

2-2. 基本的な用語とその定義

1) 飽和交通流量 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のこと。我国では／車線当りの（台／有効青／時間）で表わす。

2) 車尾時間 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で、先行する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の時間のこと。車頭時間と同義語である。

3) 大型車類と大型車当量 大型車類とは3軸以上の大型貨物車、大型バスと重積載時の普通貨物車のこと。ちなみに、乗用車類とは特殊車両とオートバイを除いたその他の車両。大型車当量とは大型車類の乗用車換算係数のことで単位は（pcu）である。

4) 路面状態別カテゴリー 本解析では路面状態を夏期（乾燥と湿潤）と冬期（圧雪と凍結）の4カテゴリーに分類し、夏期乾燥路面を評価の基準とする。それぞれの定義を表- / に示す。

表- / . 路面状態別カテゴリーとその定義.

カテゴリー	路面状態の定義
乾燥 (DRY, D)	夏期の晴あるいは曇りの状態で、路面が乾いていること。
湿潤 (WET, W)	夏期の降雨状態で、路面が十分にぬれていること。
圧雪 (Packed SNOW, S)	冬期において2-3日前から降雪があり、路面が雪の層に覆われていること。車の走行にはスノータイヤが必要である。
凍結 (ICE-bound, I)	冬期において降雪があり、零度以下の気温状態によって、路面がアイスバーンになっていること。車の走行にはスノーあるいはスパイクタイヤが必要である。

2-3. 分析の統計的方法 結果として得られる数値が平均値であることから、考察は（/）式による平均値の差の検定を用いる。

$$t_0 = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B| - (\mu_A - \mu_B)}{\sqrt{\frac{(n+k)(nS_A^2 + kS_B^2)}{nk(n+k-2)}}}, \phi = n+k-2 \quad \dots (/)$$

ここで、 $(\bar{X}_A, S_A)$ 、 $(\bar{X}_B, S_B)$: 2つの標本集団A, B のそれぞれ（平均値, 標準偏差）。

μ_A, μ_B : 2つの標本集団A, B の属する母集団の真の平均値。

ϕ, n, k : ϕ は自由度, n と k はそれぞれのサンプル数。

2- 4. データの収集方法 観測装置は28mm広角レンズ装着のカメラによるモータドライブ撮影装置（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、どちらのデータも車尾時間0.5secの精度で読取ることとした。

2- 5. 右折車の走行挙動解析 右折専用現示のない信号交差点では右折車のさばけ方を解析するにあたって、有効青時間を直進車線と同じように扱うことは適当でない。ここでは次のように3つのPHASEに分けてみた。

- (PHASE-Ⅰ) 信号が青になってから対向直進車の待ち行列の最後尾が通過するまでの時間。
- (PHASE-Ⅱ) 対向直進車の最後尾が通過したのち信号が黄になる直前までの時間。
- (PHASE-Ⅲ) 信号が黄になったのち横断側の信号現示が青になるまでの時間。

ここで、本解析の主目的は路面状態別の飽和交通流量の比較にあるので、(PHASE-Ⅱ)が解析の対象となる。したがって、(PHASE-Ⅱ)に関するデータから右折車の飽和交通流量、対向直進車の交差点到着ギャップの性質そして右折車の対向直進車のギャップ利用確率について考察する。対向直進車のギャップ利用確率 P_G は(2)式で定義されるものである。

$$P_G = \frac{\sum V_P}{\sum V_P + \sum V_S} \dots (2)$$

ここに、 $\sum V_P$:あるギャップt(秒)で通過する右折車の台数の総和である。
 $\sum V_S$:あるギャップt(秒)でとどまる右折車の台数の総和である。

3. 直進車線の解析結果

3- 1. 対象交差点 対象とした3交差点は第2報にその特徴を詳しく述べてあるが、共通していることはいずれも幅員3.5m/車線以上であること、観測時間帯に第1車線からの左折車がほとんどなくまた、歩行者による交通の中断がないことが示された点である。したがって、3交差点いずれも第1車線を解析の対象とした。

表- 2. 交差点別路面状態別車尾時間 (平均値)
(標準偏差)

交差点名称	路 面 状 態			
	夏期乾燥	夏期湿潤	冬期凍結	冬期圧雪
国道別SI	2.0 / 0.18sec	2.05 / 0.17sec	2.34 / 0.42sec	2.7 / 0.48sec
国道東町3SI	2.04 / 0.35sec	2.04 / 0.17sec	2.47 / 0.44sec	—
道道別SI	1.88 / 0.27sec	1.98 / 0.31sec	2.27 / 0.34sec	2.36 / 0.44sec

3- 2. 平均車尾時間 車群が安定した走行状態にある範囲の平均値とその標準偏差を表- 2に示す。すなわち、夏型路面（乾燥・湿潤）と冬型路面（凍結・圧雪）とでは著しく異っており、凍結・圧雪路面が交通流に大きな影響を与えていることが示された。その量は乾燥路面に対して国道別が35%、道道別が26%、国道東町でも21%の増加となり、t-検定においていずれの交差点も危険率/%レベルで高度に有意な差のあることが検証された。

3- 3. 飽和交通流量の基本値 平均車尾時間の安定範囲に対して最小2乗法により直線回帰式をたてると、基本値は勾配×3600(台/青/時間)で与えられる。図- 1は国道別の結果であり、交差点別路面状態別の飽和交通流量は表- 3に示す。乾燥路面の基本値は1770~1870台であるのに対して圧雪路面の値は1380~1620台となり、冬型路面状態では交通流量が20%程度低下することがわかる。なお、乾燥時の値約1800台/青/時間は信号

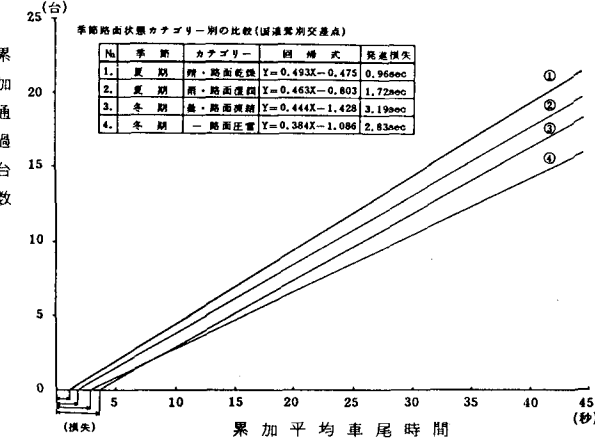


図- 1. 飽和交通流量と発進損失 (国道別SI) .

交差点の設計の基本値と一致している。

3- 4. 待ち行列の先頭車の停止線通過時間遅れについて 国道及び道道別SIの遅れを表- 4に示す。これは3- 3. の方法から得られる発進損失の傾向とよく似た結果であり、また両交差点間の相違が明らかである。すなわち、路面状態の違いとは別に、発進時のドライバーの反応に関しては交差点形態が大きな要因となっていることが示された。

3- 5. 大型車当量 国道別SIにおける路面状態別の大型車当量と乗用車換算交通流量の値を表- 5に示す。各カテゴリーの平均大型車混入率が7～8％とほぼ等しいことからこれらの値を比較すると、乾燥、湿潤、凍結の順に大きくなっている。しかし、圧雪路面では小さく、乾燥時の80％程度に影響度が低下していた。表中の()内は車尾時間から計算した交通流量の値であり、換算交通流量は一致している。したがって、得られた大型車当量は妥当とも言えるが、圧雪時には大型車の影響が滅減するという結論を示すにはデータが少なすぎよう。データの蓄積を図る予定である。

4. 右折車の走行挙動の解析結果

4- 1. 平均車尾時間 対象データは道道別SIの第2車線である。2- 5. で定義したPHASE-Ⅱで少なくとも7台以上の待ち車両が右折したギャップを含むサイクルをサンプルとした。その結果が図- 2であり、サイクル数は夏期で29、冬期が32あった。図より、安定範囲の平均値は夏期

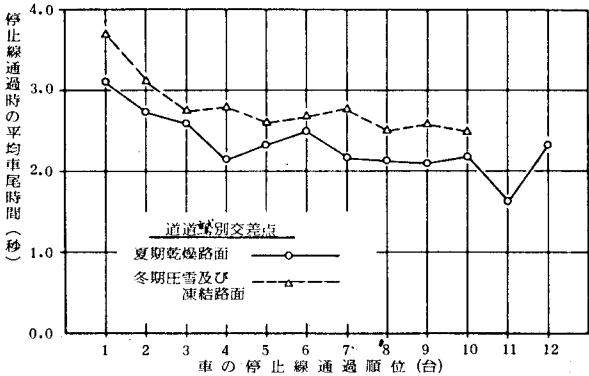


図- 2. 右折時の平均車尾時間 (PHASE-Ⅱ), 道道.

2.22秒、冬期2.67秒と計算された。この値は同じ交差点の直進車線の平均値と比較して、どちらも約1/6％長い。冬期は夏期に比較して20％程度長くなっているが、これは直進車線での増加傾向よりは小さな値であった。これらはいずれもt-検定により危険率5％レベルで差ありと検証されている。

4- 2. 飽和交通流量の基本値 平均車尾時間の安定範囲 (夏期4～10台,冬期3～9台) に対する直線回帰式から基本値を計算する。その結果が図- 3である。図から、右折車の飽和交通流量の基本値は夏期乾燥路面で1590台/青/時間、冬期圧雪及び凍結路面で1360台/青/時間と示された。この値を同じ交差点の直進車線の値と比較すると、どちらも0.85倍であった。発進損失は夏期1.59秒、冬

表- 3. 交差点別路面状態別の飽和交通流量 (台/1hour)

交差点名称	路面状態			
	夏期乾燥	夏期湿潤	冬期凍結	冬期圧雪
国道別SI	1770	1670	1600	1380
国道東町3SI	1820	1780	1550	—
道道別SI	1870	1780	1640	1620

表- 4. 路面状態別の先頭車の停止線通過遅れ (乗用車)

	国道別			道道別		
	平均値 (秒)	標準偏差	サンプル数	平均値 (秒)	標準偏差	サンプル数
乾燥 (D)	2.11	1.057	27	3.03	1.161	15
湿潤 (W)	2.75	1.178	20	1.54	1.050	12
凍結 (I)	3.32	2.167	25	2.55	1.364	22
圧雪 (S)	2.70	1.409	33	3.05	1.479	21

表- 5. 路面状態別の大型車当量 (pcu) , 国道別SI.

	大型車当量	平均混入率	換算交通流量
乾燥 (D)	1.72	8.3	1800台 (1770台)
湿潤 (W)	1.80	7.4	1730台 (1670台)
凍結 (I)	2.05	8.1	1620台 (1600台)
圧雪 (S)	1.39	7.5	1400台 (1380台)

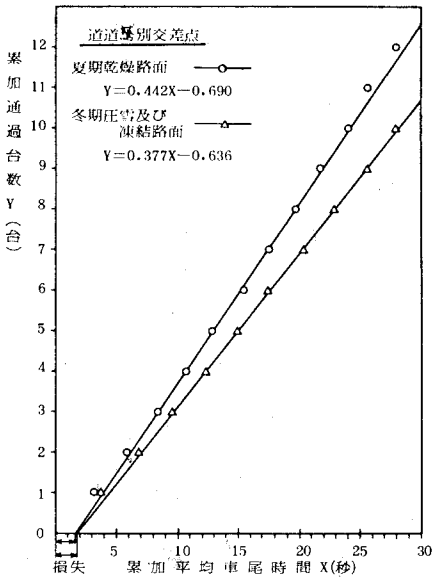


図- 3. 右折車の飽和交通流量 (PHASE-Ⅱ)

期1.69秒で差はなかった。

4- 3. PHASE-II における対向直進車の交差点到着ギャップ

一般に、中断のない交通流で車がある地点を通過する時のギャップの長さ t とそのギャップ t より大きい確率は指数分布する。しかしながら、その地点を都市内の信号交差点に置くと、交差点到着(通過)ギャップと確率の関係は複雑である。そこで、次項に述べる対向直進車ギャップ利用確率に範囲を限定し、対向直進車のギャップが概ね12~13秒あれば右折待ち車両は100%通過することをふまえて、ギャップの長さ $0 \sim 14$ 秒の範囲に近似式をあてはめた結果が図- 4である。

図から、この範囲には夏期、冬期いづれも複合指数分布が適合しかつ、 $0 \sim 10$ 秒の範囲できわめて良くあてはまることから、冬期は夏期に比較してギャップ t は長くなる傾向にはあるものの、その性質は非常に良く似ていることが示された。

4- 4. PHASE-II における右折車の対向直進車ギャップ利用

確率 4- 3・の結果をふまえ、道道別SIについて

夏期乾燥路面と冬期圧雪及び凍結路面について比較したのが図- 5である。

これらの回帰分析から、利用度50%のギャップサイズはどちらも約5秒であり、100%利用の最小ギャップサイズは夏期9.6秒、冬期8.7秒となり、わずかではあるが夏期の方が大きくなった。したがって、図からわかるように50%利用度より大きくなると冬期の方が右折行動をより多く起す結果になる。しかしながら、解析が直線回帰による結果であること、データ数が必ずしも多くないことなどから結論として、解析方法の検討とより多くの交差点からのデータ収集を今後進めてゆくことを述べておきたい。

5. おわりに

この論文を作成するにあたり、データ収集では室工大土木工学科昭和57年卒業生、渡辺 準氏(現三井道路KK)と北原宏志氏(現大同舗道KK)の多大な尽力をいただいた。

また、図面作成では技官菅原幹雄氏の手を煩わした。あわせて付して感謝します。

(参考文献)

1. 斎藤,石井,松本 誠, 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報,第37号
2. 石井,斎藤, 信号交差点の交通現象解析(第2報) 土木学会北海道支部論報,第38号
3. 石井,斎藤, 信号交差点の交通流と路面状態変化による影響について 交通工学研究会第6回発表会論文集,1982.11
- その他, 4. 交通工学研究会編,「最新 平面交差の計画と設計」 1977
5. 米谷,定井共著,「交通工学のための推計学」 国民科学社
6. 一瀬正巳著,「誤差論」 培風館, 昭和50年

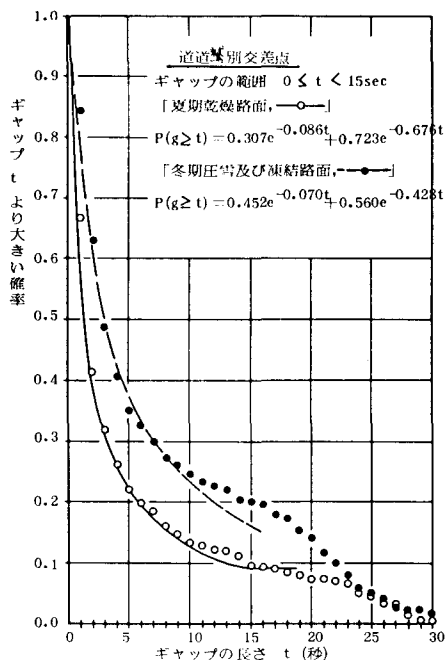


図- 4. 対向直進車のギャップ確率.

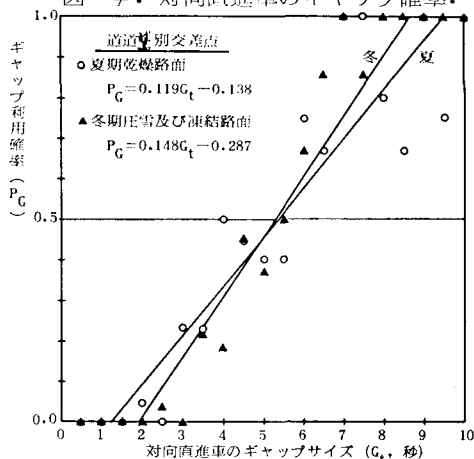


図- 5. 右折車の対向直進車ギャップ利用確率.