

IV-9

信号交差点の車両挙動について

日本工学院北海道専門学校	正会員	石井 憲一
北海道開発コンサルタント㈱	正会員	及川 宏之
室蘭工業大学工学部	正会員	斉藤 和夫

1. はじめに

都市街路交通の運用効率と安全性を勘案するとき、第一に着目されるのは信号交差点であろう。二つ以上の道路が同一平面上で交差している平面交差点は、現在信号機によって制御されていることが一般的である。すなわち信号交差点は信号制御によって交通流の優先権を設定し、さらに交通流の衝突点の減少により交通安全を確保する平面交差点であり、したがって、黄・赤や全赤表示そして青矢時間などのクリアランス・インターバルは、交差点内に残存するであろう車両の安全な排除が目的となっている。

しかしながら、信号現示の組合せにより制御される交通流すなわち人と車の流れは必ずしも期待通りの存在であるとは言い難い。一方向に直進しようとする人と車でさえも、右左折車両あるいは横断歩行者の挙動に影響されるが、右左折車両においては横断歩道上の歩行者との交錯によって車両が停止または減速し、後続の交通流に与える影響は大きい。また、道路交通を支配する人-車-道路環境系の中で、人（運転者と横断歩行者）の挙動はその行動様式の違いから大きく異なる。運転者は交通環境からの情報を80%以上は視覚によって得ており、これらの情報の入手、それに伴う判断、及び処置の3つのいずれか1つが正しく行われなければ危険な事態または事故を招来すると言われる。交差点ではその意志決定に多くの判断が要求され、特に黄色信号に対するジレンマゾーンあるいは横断歩行者に対する進行停止が重要となる。一方、交通量の多い都心部の交差点では物理的な制約から一般に歩行者の無秩序な行動は少ないが、それでも歩行者の持つ思慮・経験・反応の欠陥から思わぬ危険な事態を招く。

人と車の交通工学上での挙動特性はすでに膨大な解析が試みられかつ実際に適用されてきているが、交差点の信号制御方式が多様化してきた現在、新たな対応が必要となって来ている。交通安全の観点からみれば、個々の交差点に対応したより詳細な解析の必要であると思われる。

この観点から、筆者らは冬期積雪寒冷地である北海道の地理的環境を考えて交差点の路面状態別にデータを収集し、都市内街路の信号交差点における直進車線および右左折車線の飽和交通流率あるいはクリアランスインターバルの車両停止行動に関するいくつかの結果を示して来た。本研究はこれらを踏まえ、信号制御による交通流の中断が与える車両挙動への影響について、交差点の交通流を次節に示す3つのフェーズに分けて考察する。

2. 信号交差点の交通流の3つのフェーズについて

信号交差点は、基本的には接近して来る車両を青→黄→赤の信号現示によってGO-STOP制御することによって交差する交通流を捌くが、結果として交通流の中断を生ずることになる。したがって、交差点における車両挙動は次の3つのフェーズそれぞれにおいて、ドライバーは全く別の判断基準を持つことが必要になる。本研究は、図-1に示す基本的な信号サイクルに対してフェーズ毎に次のような着目点を置き考察した。

A Study on the Driver Behavior at Signalized Intersection.

by Kennichi ISHII, Hiroyuki OIKAWA and Kazuo SAITO

- フェーズⅠ：信号現示が赤から青に変わった時 (STOP→GO) ・着目点は車両の発進行動反応。
- フェーズⅡ：青現示内で安定している時 (GO) ・着目点は交差点内通過速度。
- フェーズⅢ：信号現示が青から黄・赤に変わっ (GO→STOP) た時 ・着目点は車両の停止行動反応。

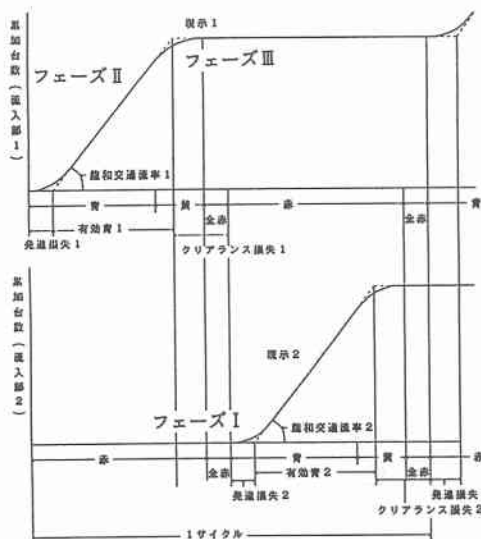


図-1. 信号交差点の1サイクルの交通の流れ

3. 観測による解析

3-1. 解析データ

交差点の交通流は線形や幅員の大小といった幾何構造とは別に、車列にいろいろな車種が混在することや直進と右左折車の混在などによって全く別の様態を示すと考えられる。ここでは、これらの交互作用を極力排除した基本的要因の解析を目的としたことから、データの収集は室蘭市高砂町1丁目の右折青矢のある信号交差点（4現示：青32秒、黄3秒、右折青矢6秒、赤79秒）で行なった。本交差点は直進・右折・左折車線のいずれも専用車線となっており、中程度の都市内街路における典型と考えた。さらに、この交差点は近接する交差点の影響がない地点に位置し、先詰まりがなく、観測対象とした流入部の交通流が午前7時30分～8時30分の通勤時間帯においてほぼ乗用車みの車群による飽和定常流状態（下流側に渋滞がなく車両が追従走行している状態）を呈していたことから本研究の目的に合うデータが入手できた。

観測装置は8mmビデオカメラ（タイミング1/30秒タイマ-内臓型）およびプリンター付きデジタルストップウォッチを用い、観測の期間は路面状態の変化に着目したことから夏期乾燥路面として1991年と1993年の10月そして冬期凍結路面としては1992年と1994年の1～2月に行なった。

3-2. 車両の発進行動反応（フェーズⅠ）

右折青矢のある信号交差点であることから、右折車の信号現示変わり目の発進挙動は解析できなかったため、ここでは直進車および左折車専用車線の2つについて夏期乾燥路面時と冬期凍結路面時に分けてデータ化した。解析は、信号が赤から青に変わった後（STOP→GO）、乗用車の後輪が停止線を通るまでの経過時間（車頭時間）の分布を求め比較検討した。結果は表-1と図-2に示すが、まとめると次のようになる。

- ① 直進車線の夏期乾燥路面時には、平均（2.856sec）を中心に左右対称になった。すなわち、このカテゴリーでは偶然変動のみが発進時の行動反応に影響していると思われる。
- ② 左折車線の夏期乾燥路面時は、平均（2.934sec）を含む範囲の度数が最も大きい。しかしながら、分布は左右対称には程遠く、発進時の行動反応には偶然変動以外の影響のあることがわかる。
- ③ 冬期凍結路面時は直進、左折いずれの車線においてもバラツキの度合いが大きい。すなわち、路面状態が悪化すると発進時の行動反応はドライバーの個性と車両の性能の影響が大きく作用しているものと考えられる。

次に、これら4つのカテゴリー間の平均値の差について正規検定したところ表-2のようになった。観測の範囲では、6つの組合せの中で5%の有意水準を持って有意な差ありとなったのは（直進の乾燥路面-左折の凍結路面）のみであった。冬期凍結路面時の（直進-左折）は有意水準10%であるが有意な差の

あることが示された。

表-1. 分類別の発進時車頭時間の平均値

統計量	直進車線		左折車線	
	乾燥路面	凍結路面	乾燥路面	凍結路面
サンプル数(台)	75	76	67	92
平均値(sec)	2.856	2.921	2.934	3.162
標準偏差(sec)	0.810	1.054	0.965	1.065

表-2. 正規検定の結果

分類の組合せ	検定	分類の組合せ	検定
直進乾燥-直進凍結	有意差なし	直進凍結-左折乾燥	有意差なし
直進乾燥-左折乾燥	有意差なし	直進凍結-左折凍結	10%で有意
直進乾燥-左折凍結	5%で有意	左折乾燥-左折凍結	有意差なし

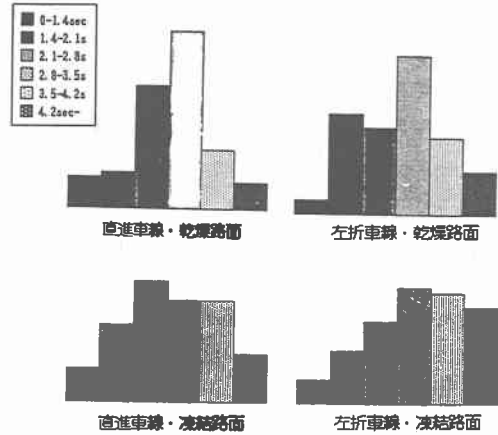


図-2. カテゴリー別の発進時車頭時間の分布

3-3. 飽和交通流の交差点内通過速度(フェーズII)

交差点内通過速度は、流入と流出の時間経過の差から算定して求めた。解析は、4つのカテゴリーならびに青現示時とクリアランス・インターバル時の通過に分けて行なった。結果は累積分布として図-3に示すが、まとめると次のようになる。

① 直進車線においては、平均として乾燥路面・青現示時9.64m/s(約35km/hr)、乾燥路面・黄現示時10.08m/s(約36km/hr)そして凍結路面・青現示時7.80m/s(約28km/hr)、凍結路面・黄現示時8.50m/s(約31km/hr)が得られた。平均について比較すると、夏期乾燥路面時には現示による差がなく、冬期凍結路面時に約10%黄現示時通過車の速度が増加している。しかしながら、図-3の累積分布から80パーセント値を比較すると、いずれの路面状態においても黄現示時通過車の速度は増加傾向にあるのが明らかに示された。

② 左折車線においては、夏期乾燥路面時の平均4.05m/s(約15km/hr)、冬期凍結路面時の平均3.10m/s(約11km/hr)でいずれも現示による差はなく、低速度であるが路面状態別には差は見られた。また同じく図-3による80パーセント値の比較でも、路面状態による差はあるが青現示時と黄現示時通過の間には差は見られなかった。

3-4. クリアランスインターバルの停止率(フェーズIII)

1) 解析の方法

停止率は、黄現示開始から通過車両が停止線を通過するまでの経過時間をデータとし、解析対象の全サイクルに対する通過車両の黄現示開始から停止線通過ま

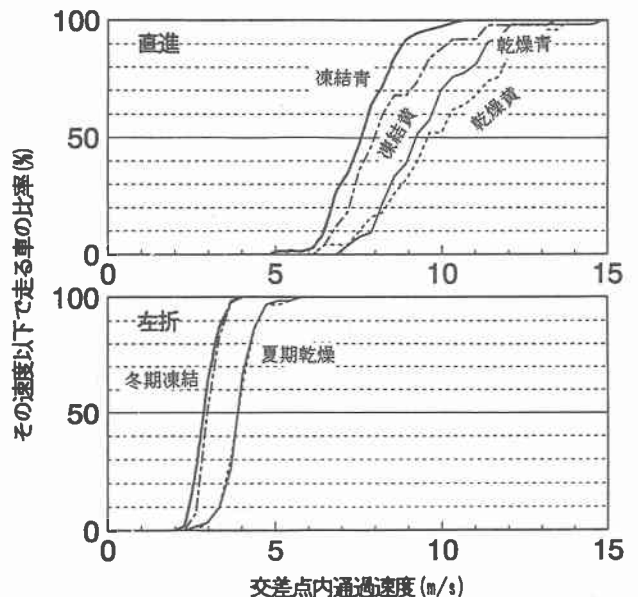


図-3. カテゴリー別の交差点内通過速度の累積分布

での所要時間における累積分布値を停止率とした。次に、この分布に対して停止率の推定を単純ロジスティック曲線の当てはめで行なった。

解析は1991.10～1992.2と1993.10～1994.2の2期間に分けて行なった。サイクル数はそれぞれ夏期乾燥路面37、33サイクルと冬期凍結路面70、29サイクル、黄現示開始以前に停止行動のあったサイクルは赤現示時の停止率に焦点を合わせることから解析データとはしなかった。

2) 解析の結果

2つの期間の停止率分布と停止率推定曲線を図-4-a、bに示す。停止率推定曲線は、

乾燥路面1993: $P_t = 100 / (1 + 23.41 \cdot \exp(-1.360t))$

凍結路面1994: $P_t = 100 / (1 + 33.72 \cdot \exp(-1.050t))$

乾燥路面1991: $P_t = 100 / (1 + 19.38 \cdot \exp(-1.357t))$

凍結路面1992: $P_t = 100 / (1 + 40.83 \cdot \exp(-1.397t))$

解析結果をまとめると次のようになる。

① 2つの期間の夏期乾燥路面の赤現示開始時の停止率に変化はなくいずれも70%以上の数値であることが示された。

② 冬期凍結路面の赤現示開始時の停止率はいずれも夏期に比べて低下しているが、2つの期間の停止率は異なっていた。図-5に示すように、スパイクタイヤ規制が施行された1994.1～2の結果は38%であり、1992.1～2の58%に比べて20ポイントの低下が示された。

③ 単純ロジスティック曲線による当てはめはすべてのカテゴリーにおいて良い適合を示した (χ^2 検定で有意)。このことから、この交差点の夏期乾燥路面の停止率推定にはここで示した推定曲線が有効であると思われる。また、冬期凍結路面時は使用タイヤの影響が停止率に大きく現われることが明らかになった。

4. おわりに

信号制御による交通流の中断が車両挙動に与える影響について、車両の発進行動、交差点走行速度そして現示変わり目における停止行動という3つの要因の分析から、いくつかの有用な結果を示し得た。しかしながら、積雪寒冷地域の冬期間の車両環境はスタットレス化によって一大転機を迎え、交差点流入部の路面環境管理に新たな対応が求められているのが現状である。今後さらにデータ収集と解析を進めたい。

参考文献 1) (社)交通工学研究会編：平面交差点の計画と設計(基礎編)、1984
 2) 石井憲一・斎藤和夫：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、土木計画学研究論文集No.10、1992.11
 3) 及川宏之・石井憲一・斎藤和夫・田村亨：信号交差点のクリアランス制御とドライバーの交通行動特性について、土木計画学研究・講演集No.15、1993.12

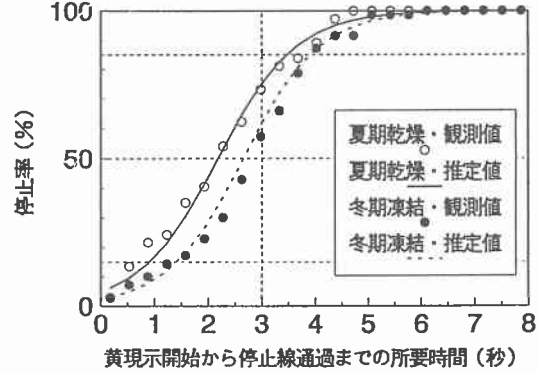


図-4-a. クリアランスインターバルの停止率(1991)

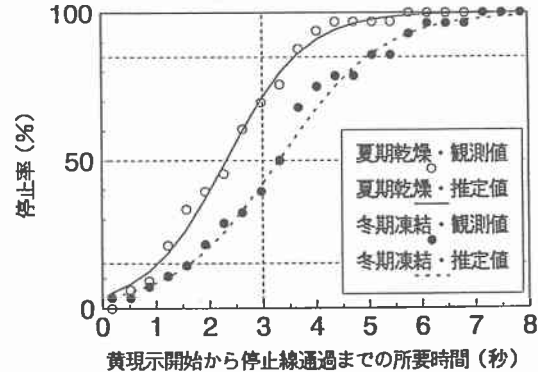


図-4-b. クリアランスインターバルの停止率(1993)

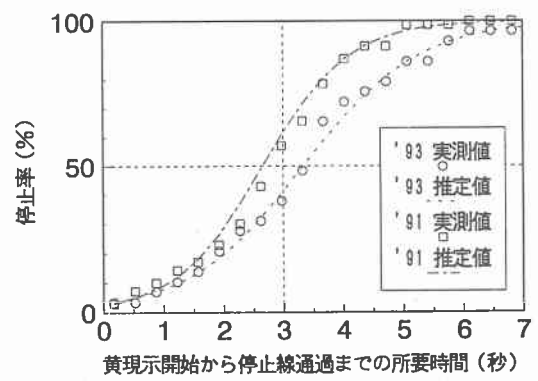


図-5. 冬期凍結路面時の停止率の比較

4) 及川宏之：積雪寒冷地域の信号交差点における車両挙動に関する研究、室蘭工業大学大学院工学研究科修士論文、1994.3
 5) 及川宏之・石井憲一・斎藤和夫：信号現示変わり目における車両の停止行動要因分析、交通工学研究発表会論文集Vol.14、1994.11