

IV-48

信号交差点における車両停止挙動解析

室蘭工業大学大学院 学生員 及川 宏之
 日本工学院北海道専門学校 正 員 石井 憲一
 室蘭工業大学工学部 正 員 斎藤 和夫
 室蘭工業大学工学部 正 員 田村 亨

1. はじめに

信号交差点は、道路交通流の安全と円滑を図り、交通需要に応える場所である。平面交差点を信号制御することにより、交差する交通流に対して交互に優先通行権を与え、交通流に秩序ある流れを提供している。通行権の切り換えの際には、クリアランス時間（黄＋全赤時間）を設定し、交差側の信号機が青現示を開始する前に、交差点内に残存してしまう車両や停止線に接近しすぎていて安全に停止できない車両の一掃を図っている。その時間は、交差点の大きさ（停止線間距離）と、交差点での車両の接近速度および車両の減速度によって異なり、通常4～7秒の値で設定されている。道路構造令によると、不快感なく停止する際の減速度は $0.2g$ ($g=9.8\text{m/s}^2$) となっており、また、停止線で安全に停止できない車両は交通法規上、通過して良いことになっていることから多くの車両がクリアランス時間を利用して、しかし、停止線で安全に停止できるにもかかわらず、全赤時間が始まってからも進入する車両も存在している。すなわち、ドライバーが黄現示を軽視する傾向が見られ、交差点の安全に問題が生じる。

従って、効果的なクリアランス制御を行うためには、クリアランス時間の時間長とクリアランス時間を利用する車両もしくはドライバーの挙動を把握することが不可欠である。

そこで本研究では、専用車線によって車線制御された信号交差点流入部において、飽和定常流状態で流入する交通流をビデオカメラにより観測し、クリアランス時間に通過していく車群の最後尾車両（以下、通過車両と呼ぶ）と停止した車群の先頭車両（以下、停止車両と呼ぶ）に着目して、クリアランス時間の設定にかかわる黄現示開始時の接近速度と

走行位置、停止線で停止するための必要減速度の解析とクリアランス制御された車両の停止率について解析する。

2. 観測の方法

観測対象交差点は、一般的な4枝の交差点で、流入部が専用車線によって制御されていることを考慮し、決定した。その交差点の概要を表-1に示す。

また、流入交通流が、飽和状態に近く、かつ、下流側に渋滞がなく車両が追従走行を行っている（飽和定常流）ことを考慮し、朝の通勤時間帯を観測時間帯とした。

観測には、交差点へ流入出する車両の状況と信号現示を判別できるように2台のビデオカメラを使用した。ビデオカメラ1は、交差点付近の視野の良好な場所に設置し、ビデオカメラ2は、交差点への接近速度を知るために、流入部上流側約60mの地点に設置した。これらのビデオカメラはタイミングを同期させている。

表-1. 観測対象交差点の概要

位 置		室蘭市高砂町1丁目
制御方式		4現示（右折青矢）制御
サイクル長		青現示時間：32秒 黄現示時間：3秒 右折青矢：6秒 赤時間：79秒 （全赤時間2秒を含む）
形態	流入部	片側3車線 { 1. 左折専用 2. 直進専用 3. 右折専用 分離帯無し 幅員 3.00m/車線
	流出部	片側2車線 横断歩道あり 分離帯無し

A Study on the Driver Behavior of Stopping at Signalized Intersection.

by Hiroyuki OIKAWA, Kennichi ISHII, Kazuo SAITO and Toru TAMURA

3. データの読み取り

ビデオカメラ1と2によって撮影したVTRを再生し、流入交通流が飽和定常状態にあるサイクルにおける通過車両と停止車両の、

- ・流入部上流側地点Iの通過時刻 t_I
- ・流入部上流側地点IIの通過時刻 t_{II}
- ・黄現示開始時刻 t_y
- ・停止線通過時刻 t_{SL} (通過車両のみ)

を読み取り、これらの時刻データから、

- ① I～II間の所要時間 t_1 ($t_1 = t_{II} - t_I$)
- ② II～黄現示開始の所要時間 t_2 ($t_2 = t_y - t_{II}$)
- ③ 黄現示開始～停止線通過の所要時間 t_3 ($t_3 = t_{SL} - t_y$)

を求める。これらの関係を図-1に示すが、通過車両は接近速度 V_0 で交差点に接近し、黄現示開始後に反応し加速して通過する。また、停止車両は接近速度 V_0 で交差点に接近し、黄現示開始後に反応し減速して停止するものとする。なお、I～II間の距離 X_1 は14m、II～停止線間の距離は54mである。

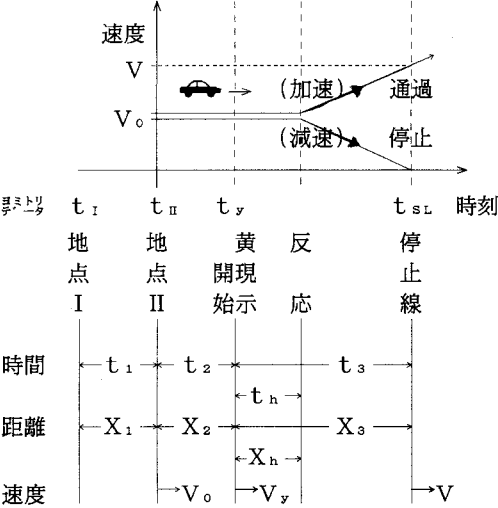


図-1. 読み取りデータと解析データの概念図

4. 解析の方法

(1)黄現示開始時の接近速度：交通流が飽和定常状態であることから接近する車両の速度変化は小さいものとして、接近速度 V_y はI～II間の地点速度 V_0 と等しいものとする。

$$V_y = V_0 = \frac{X_1}{t_1} \quad (\text{m/sec}) \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

(2)黄現示開始時の走行位置：接近速度 V_y と t_2 から走行位置 X_2 は次式によって求める。

$$X_2 = 54 - X_3 = 54 - V_y t_2 \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

(3)減速度 $0.2g$ で停止するための速度と距離の関係：道路構造令で規定されている減速度 $0.2g$ で停止するときの、接近速度 V_y と走行位置 X_3 の関係は次式によって与えられる。

$$X_3 = V_y t_h + \frac{V_y^2}{2 \times 0.2g} \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

ここで、 t_h ：ドライバーの制動反応時間(0.7sec)

(4)黄現示開始の走行位置から停止線で停止するための必要減速度：接近速度と走行位置の関係から必要減速度 α は次式によって求める。

$$\alpha = \frac{V_y^2}{2 (X_3 - V_y t_h)} \quad (\text{m/sec}^2) \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

(5)クリアランス時間における停止率：黄現示開始から通過車両が停止線を通過するまでの時間 t_3 をデータとして、次式により求める。

$$P_o(t) = 1 - \frac{I_{pass}}{N} \quad (\%) \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

ここで、 $P_o(t)$ ：黄現示開始から t 秒後に
おける停止率(%)

I_{pass} ：黄現示開始から t 秒以降の
通過車両台数(台)

N ：全通過車両台数(台)

すなわち、通過車両の黄現示開始から停止線通過までの所要時間における累積分布をもって停止率とする。また、停止率曲線を次式で示す単純ロジステック曲線により推定する。

$$Pe(t) = \frac{100}{1 + A e^{-Bt}} \quad (\%) \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

ここで、 $Pe(t)$ ：推定停止率(%)

A, B ：パラメータ

4. 解析の結果

(1)黄現示開始時の接近速度：通過車両と停止車両の接近速度の分布と解析結果を図－2および表－1に示すが、接近速度の分布状況は通過・停止にかかわらずほぼ等しい分布形となっていることがわかる。

また、接近速度の平均は、停止車両7.93秒、通過車両7.99秒となり、有意水準1%のも検定で有意な差がないことが示された。

表－2. 黄現示開始時の接近速度の解析結果

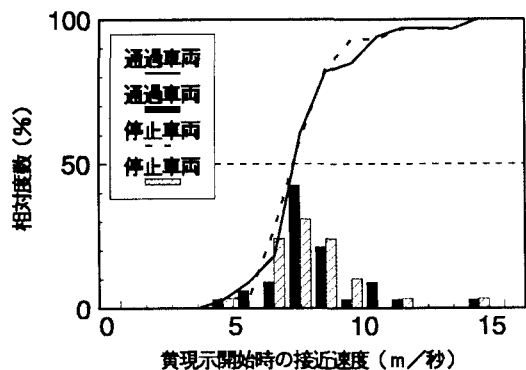
	通過車両	停止車両
平均値 (m/s)	7.93	7.99
標準偏差 (m/s)	1.84	1.76
15 th -センタイル値(m/s)	6.15	5.98
50 th -センタイル値(m/s)	7.25	7.22
85 th -センタイル値(m/s)	9.52	8.72
サンプル数(台)	33	29

(2)黄現示開始時の走行位置：走行位置の分布状況と解析結果は、図－3および表－3のようになる。停止線上流側の20mまでは通過車両だけが存在していることがわかる。また、上流側55m以上では停止車両だけであり、その間の区間(20～55m)は通過車両と停止車両の混在区間であることがわかる。通過車両および停止車両の平均値は、それぞれ25.2m、49.4mとなり、有意水準1%のも検定で有意な差があることが示された。

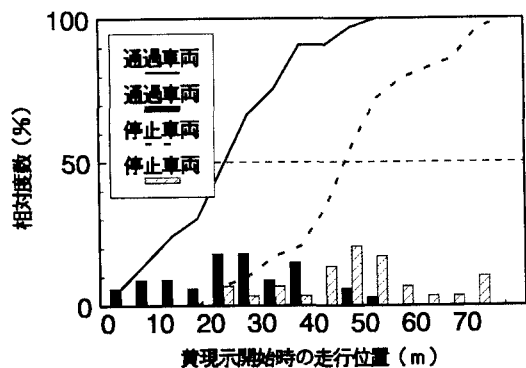
表－3. 黄現示開始時の走行位置の解析結果

	通過車両	停止車両
平均値 (m)	25.19	49.40
標準偏差 (m)	12.54	15.51
15 th -センタイル値 (m)	7.42	30.88
50 th -センタイル値 (m)	22.92	46.25
85 th -センタイル値 (m)	35.55	65.75
サンプル数(台)	33	29

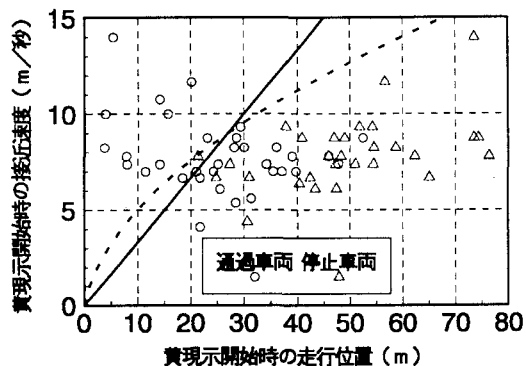
(3)黄現示開始時の接近速度と走行位置の関係：接近速度と走行位置の関係は図－4のようになる。この図から同じ接近速度と走行位置でも通過車両と停止車両が存在していることが分かる。図中の実線は、黄現示長3秒を表し、この線より下側の車両は、黄現示開始時の接近速度と走行位置では、黄現示終了までに停止線を通過できないことを示している。また、破線は減速度0.2gで停止するときの速度と位置の関係を表し、この線より下側の車両は、減速度0.2g以下で安全に停止できることを示している。



図－2. 黄現示開始時の接近速度の分布図



図－3. 黄現示開始時の走行位置の分布図



図－4. 黄現示開始時の走行位置と接近速度の関係

(4)黄現示開始から停止線で停止するための必要減速度について：停止線で停止するための必要減速度の分布状況と解析結果は、図－5と表－4に示す。停止車両は、0.2gより小さい減速度で停止していることが分かる。しかし、0.2gより小さい減速度で停止

できるにもかかわらず通過している車両が80%以上存在していることが示された。

表－4．必要減速度の解析結果

	通過車両	停止車両
平均値 (m/s ²)	2.48	0.81
標準偏差 (m/s ²)	2.91	0.38
15 th パーセンタイル値(m/s ²)	0.29	0.18
50 th パーセンタイル値(m/s ²)	0.88	0.52
85 th パーセンタイル値(m/s ²)	5.16	1.00
サンプル数(台)	30 ^(*)	29

注) 減速度が負の値のデータを削除した。

⑤クリアランス時間における停止率

黄現示開始から通過最終車両が停止線を通過するまでの時間をデータとして、クリアランス時間における停止率を求め、更に、停止率曲線を推定した結果を図－6と表－5に示す。これから、黄現示開始時における停止率は非常に小さく、また、赤現示開始までに約70%の車両が停止しているが、赤現示後にも通過する車両があることがわかる。
 χ^2 検定で適合度の検定を行ったところ適合の良いことが確かめられた。

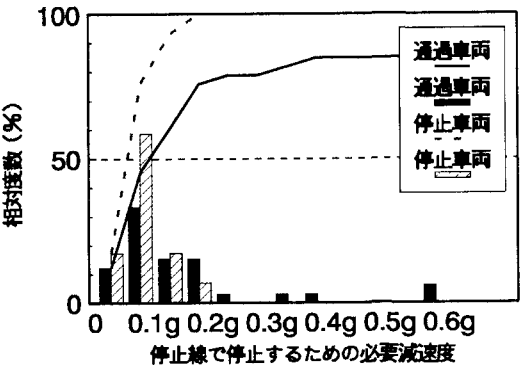
表－5．停止率の解析結果

	実測値	推定値
赤現示開始時の停止率 (%)	70.1	71.6
15 th パーセンタイル値 (s)	1.05	1.04
50 th パーセンタイル値 (s)	2.38	2.32
85 th パーセンタイル値 (s)	3.59	3.59
サンプル数(台)	33	
パラメータA	－	23.4
パラメータB	－	1.36

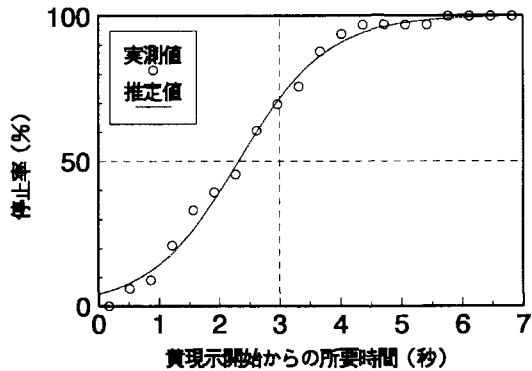
5. まとめ

本論では信号交差点流入部の直進車線における飽和定常状態の交通流について解析を行った。その結果をまとめると、以下のようになる。

- ①通過車両と停止車両の接近速度はほぼ一定である。
- ②通過車両と停止車両の黄現示開始時の走行位置が異なることが車両挙動に影響していると思われる。
- ③停止する際に不快感を与えない程度の減速度(0.2g)より小さい減速度で停止できるにもかかわらず通過している車両が80%以上存在している。
- ④約70%の車両が赤現示開始までに停止しているが、約30%の車両は赤現示以降に通過している。
- ⑤クリアランス時間における停止率の推定結果は、



図－5．必要減速度の分布図



図－6．クリアランス時間における停止率

統計的に有意であったので、パラメータに影響を及ぼす要因の分析が必要と思われる。

6. 今後の課題

本論は夏期乾燥路面状態の信号交差点の直進車線の流入交通流についてビデオカメラによる観測から解析したものである。今後は、冬期凍結路面状態についての観測も行い、路面状態の相違による停止挙動の比較を行うとともに、幾何構造ならびに制御方式の異なる交差点を解析し、停止挙動の比較を行う必要があると思われる。

参考文献

1) (社)交通工学研究会：改訂平面交差の計画と設計－応用編－、1989
2) 及川宏之・石井憲一・斉藤和夫・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、土木計画学研究論文集No.15、1993.12