

走行実験によるカウントダウン式車両用信号機の特性分析

Evaluation of Characteristics of Countdown-Type Traffic Signal by Driving Experiment *

加藤健太**・藤田素弘***・鈴木弘司****・

By Kenta Kato**・Motohiro Fujita***・Koji Suzuki****・

1. はじめに

信号交差点において、信号切り替わり時の通過・停止判断は、追突事故や右直事故などの交通事故発生に大きく影響を及ぼすため、この判断が適正に行われるように制御することが望まれる。わが国において横断者に対しては、危険行動抑止のため、待ち時間表示機能付の歩行者用信号灯器が導入されており、調査研究がなされているものの、車両用の残り青時間や待ち時間表示機能付き信号灯器(以下、カウントダウン式信号機とする)の導入事例はない。一方で、海外ではこのタイプの信号機が数多く導入されている。

わが国の交通信号のサイクル長は、一般に欧米諸国と比べて長いといわれる¹⁾。この状況に加え、上述したように残り青時間や待ち時間情報が提示されていない状況にある。残り青時間表示が無いため、青信号においてドライバーは信号切替のタイミングを正確に把握することができず、通過又は停止の判断ミスを生じやすいと思われる。また、待ち時間情報がないため、長い信号待ちを回避しようと赤点灯直後の無理な交差点進入を行いがちである。赤信号の停止時間を長く感じやすいことから、青切り替わり直前のフライングといった危険な交差点進入を行いがちであり、結果として、交差点において危険な交錯が生じやすくなっているといえる²⁾。このような危険挙動を抑制するためには、利用者の心理・行動を考慮しつつ、適切な信号制御を行うことが望まれるが、その制御に加え、ドライバーの焦燥感と判断ミスを抑制するものとしてカウントダウン式信号機の導入が一つの方策として考えられる。カウントダウン表示を行うことにより、ドライバーは信号交差点において発進・停止タイミングを計りやすくなり、結果として交通流の円滑化・安全性の向上を図ることができると考えられる。

カウントダウン式信号機に関する既往研究として、例えば余田ら³⁾は、残り時間表示信号機と待ち時間表示信号機が歩行者に与える影響について検討している。しかし、車両に対する影響までは考慮されていない。またFujita et al.⁴⁾は、トルコにおける車両用カウントダウン式信号機の

影響を分析しているが、国民性の違い、ドライバー属性について考慮できていない点に課題が残る。また浜岡ら⁵⁾は、映像実験によりカウントダウンがドライバーの通過・停止判断影響分析を行っているが、走行実験は行われていない。また、著者らの研究⁶⁾では、後続車両の発進遅れ、及び先頭車両のフライングに関する影響要因が明らかになっておらず、さらに、先頭車両の発進遅れについては、発進遅れ測定方法や通過・停止判断分析における該当車両の定義などの不整合が見られた。本研究ではこれらを調整し、両モデルを再構築し、更なる結果の精度向上を図った。よって、本研究では、走行実験を行い、そのときの観測調査に基づいて、信号切替時の駆け込み進入や見切り発進行動を定量的に分析することで、カウントダウン式信号機がドライバーの走行挙動に与える影響について検討する。また、アンケート調査により、カウントダウン式信号機の意識調査に関しても分析を行う。

2. 走行実験

(1) 走行実験概要

本実験では、2007年12月2日、12月9日に春日井自動車学校教習所コース(以下テストコース)にて当研究室のカウントダウン式信号機を設置し、外部被験者13名、内部被験者7名の計20名の被験者にレンタカーにてテストコース内を走行させ、走行の模様を4台のビデオカメラにて撮影した。図-1(a)(b)にテストコース概略図を示す。

なお、12月2日と12月9日において、走行ルート及び信号機設置位置を変更して実験を行った。これは、車両の速度、及び周回の走行距離、ドライバーが信号表示を確認できる最大距離を変化させることによって、出来るだけ多くの場合を想定したカウントダウン式信号機の特性評価を行うことを目的としている。

(2) 実験内容

信号機のカウント表示設定、青及び赤時間を変更し、12月2日は実験A~Gの計7パターンを午前、午後1周ずつ、計14パターン行い、また12月9日は実験A~Fの6パターンを1周行い、2日間で計20回の走行実験を行った。なお1回の実験につき3台同時走行し、約10分間、信号制御及び走行ルートに従うこと以外の制限は設けず自由に走行してもらった。各実験のカウント表示設定、青及び黄、赤時間設定の詳細を表-1に示す。なおカウント表示とは信号機内に青及び赤残り時間を1秒刻みで表示

* キーワード：ITS、交通制御、交通情報、交通管理

** 学生員、名古屋工業大学大学院工学研究科創成シミュレーション工学専攻 (E-mail: katokenta@keik1.ace.nitech.ac.jp)

愛知県名古屋市長区御器所町、TEL052-735-7962)

*** 正員、工博、名古屋工業大学大学院

**** 正員、博(工)、名古屋工業大学大学院

するものであり、残り時間がある秒数になるとカウント表示が消える設定とした。例えば「6秒までカウント」とは、青及び赤残り時間を1秒刻みで6秒までカウント数字を表示し、最後の5秒間はカウント数字が消えた、通常青及び赤点灯のみとなる。図-1にカウント表示の例を示す。

(3) アンケート調査

毎走行後、「LED信号機のカウントダウン表示に関する満足度意識調査」のアンケートを行った。質問項目は、走行の快適性、安全性、停止満足度、発進満足度、通過満足度の5項目である。質問項目ごとに、「かなり良い(7点)」「良い(6点)」「やや良い(5点)」「普通(4点)」「やや悪い(3点)」「悪い(2点)」「とても悪い(1点)」の7段階で評価してもらった。さらに全実験終了後、最も良いと感じたカウント表示方法についても評価してもらった。また同時に、ドライバーの個人属性調査も行った。質問項目は、年齢、性別、運転暦、運転頻度の4項目である。表-2に被験者属性の詳細を示す。



写真-2 カウントダウン式信号機

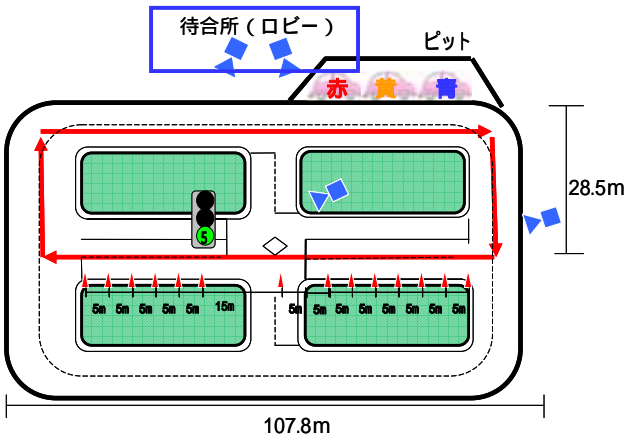


図-1(a) テストコース概略図(12/2)

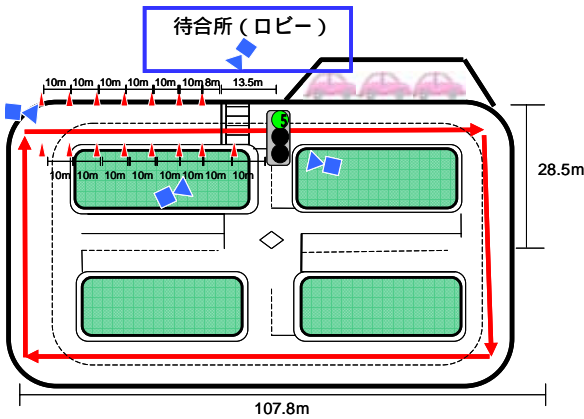


図-1(b) テストコース概略図(12/9)



写真-1 実験風景

青残り時間	カウント無し	6秒カウント	4秒カウント	2秒カウント
残り6秒				
残り5秒				
残り4秒				
残り3秒				
残り2秒				
残り1秒				
残り0秒				

図-2 カウント表示

表-1 実験条件

	実験 前後半	A		B		C		D		E		F		G	
		前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
1 2 A / M 2	表カ 示ウ 設 定ト	無し	6 秒 ま で	4 秒 ま で	2 秒 ま で	1 秒 ま で	6 秒 ま で	4 秒 ま で	2 秒 ま で						
	青時間(秒)	15				15		30		15	15				
	黄時間(秒)					3									
	赤時間(秒)					15		30		30	15	20			
1 2 P / M 2	表カ 示ウ 設 定ト	無し	1 秒 ま で	3 秒 ま で	5 秒 ま で	1 秒 ま で	3 秒 ま で	無し							
	青時間(秒)	15				50		47		45					
	黄時間(秒)					3									
	赤時間(秒)	15				30		30		30					
1 2 P / M 9	表カ 示ウ 設 定ト	無し	3 秒 ま で	1 秒 ま で	無し	3 秒 ま で	1 秒 ま で								
	青時間(秒)	15				50		55							
	黄時間(秒)					3									
	赤時間(秒)	15				30									

表-2 被験者属性

属性		人数	属性		人数
性別	男性	16	運転暦	10年未満	14
	女性	4		10-30年	3
年齢	20代	15	運転頻度	30年以上	3
	40代	1		毎日	7
	50代	2		週1回程度	8
	60代	1		月2回以下	5
	70代	1			

3. 信号切替時における発進遅れ解析

ビデオカメラにて撮影した映像データより、信号交差点での信号待ち車両の挙動を測定し、先頭車両については発進遅れ時間、後続車両については車頭時間を測定した。また先頭車両については、フライングをする車両について、その要因解析を行った。また発進遅れ、及び車頭時間は、停止線通過時刻を元に測定した。

(1) カウント表示別の発進遅れ平均

図-3は、カウント表示別の発進遅れ時間の平均値を示したグラフである。これより、カウント表示有りのほうがカウント表示無しの時よりも平均約0.8秒発進遅れは短縮され、また信号切替直前までカウント表示をする方が、発進遅れは短縮されることが読み取れる。

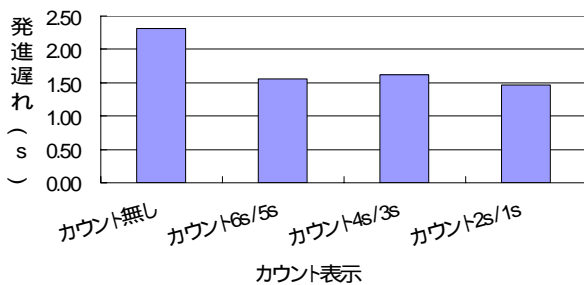


図-3 カウント表示別の発進遅れ平均

(2) 運転頻度別の発進遅れ平均

図-4は、運転頻度別の発進遅れ時間の平均値を示したグラフである。これより、運転頻度が高いほど発進遅れは短縮されることが読み取れる。これはよく運転する人のほうが発進動作に要する時間が短く、また信号切替タイミングを計る能力に優れているためと考えられる。

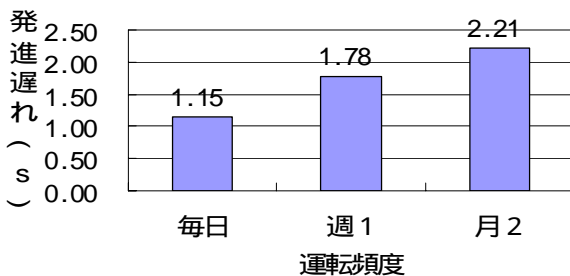


図-4 運転頻度別の発進遅れ平均

(3) 発進遅れ時間に関する重回帰分析

ここでは発進遅れに関する影響要因を明らかにするため、目的変数を発進遅れとし、説明変数をカウント表示、被験者属性、信号設定とした重回帰分析結果を行う。重回帰分析の結果を表-3に示す。

非標準化係数より、カウント6s/5s、4s/3s、2s/1sの順に、発進遅れは短縮される傾向にある。これは、信号切替直前までカウント表示する方が、ドライバーは発進タイミングを見極め易かった為と考えられる。また、男性ほど発進遅れは大きく、被験者の運転暦が高く、運転頻度が高い人ほど、発進遅れは短縮される結果となった。これはよく運転する人のほうが発進動作に要する時間が短く、また信号切

替タイミングを計る能力に優れているためと考えられ、図-4から読み取れる結果とも一致している。

また、標準化係数の比較より、発進遅れに影響を与える要因としては、カウント表示方法、運転暦、性別、運転頻度の順に影響度が大きいという結果となった。

表-3 発進遅れ時間モデルのパラメータ推定結果
(調整済R²=0.32, N=419, F=31.71 有意確率:0.000)

説明変数	非標準化係数	標準化係数	t値
切片	2.35	-	9.65
カウント6s/5s	-0.67	-0.22	-4.51
カウント4s/3s	-0.68	-0.27	-5.25
カウント2s/1s	-0.80	-0.31	-6.06
性別(男性-1,女性-0)	0.67	0.21	4.22
運転暦	-0.03	-0.28	-5.24
運転頻度(毎日-3,週1-2,月2-1)	-0.15	-0.09	-1.89

(3) 後続車両における車頭時間

ここでは、後続車両の車頭時間に関する影響要因を明らかにするため、目的変数を車頭時間、説明変数をカウント表示方法、被験者属性、信号設定とした重回帰分析の結果を表-4に示す。今回、車頭時間は、前方車両(n台目)の停止線通過時刻と、後続車両(n+1台目)の停止線通過時刻の差として測定している。

表-4 車頭時間モデルのパラメータ推定結果

2台目(調整済R²=0.17, N=193, F=9.020 有意確率:0.000)

3台目(調整済R²=0.14, N=94, F=4.078 有意確率:0.000)

説明変数	非標準化係数		t値	
	2台目	3台目	2台目	3台目
切片	4.286	3.065	20.539	16.076
カウント6s/5s	-0.728	-0.475	-3.787	-2.887
カウント4s/3s	-0.311	0.080	-1.986	0.569
カウント2s/1s	0.049	0.134	0.310	0.946
運転暦	-0.018	-0.010	-2.505	-1.687
運転頻度 (毎日-3,週1-2,月2-1)	-0.282	-0.087	-3.107	-1.002

非標準化係数より、2,3台目ともに、詳細にカウントを表示するほど、車頭時間は長くなる傾向にある。これは、先頭車両が詳細にカウントを表示するほど発進遅れは短縮されていたことより、後続の2,3台目は相対的に前方の車両より遅れて発進したためと考えられる。また、被験者の運転暦が長く、運転頻度が高い人ほど、車頭時間は短縮される結果となった。これは、よく運転する人ほど、車間距離を把握しているためだと考えられる。

(4) フライング分析

先頭車両のフライングについて検討する為、先頭車両挙動データを用いてフライングモデルを構築する。ここでは、赤から青への信号切替時において、青開始時間よりも早く停止線を越えた車両をフライングした車両と定義する。

表-5は、フライングした車両を1、フライングしなかった車両を0としたダミーを目的変数とした先頭車両におけるフライングモデルのパラメータ推定結果である。パラメータの符号条件を確認すると、カウント無し及び2s/1s、性別のパラメータは正で、カウント6s/5s及び運転暦のパラメータは負であることがわかる。これより、カウント表示が無い、及び切替直前までカウント表示をするほど、フ

ライングしやすい傾向にある。一方、カウント 6s/5s では、フライングをしにくい傾向にある。これよりフライングに関しては、カウント表示が有り、且つカウントを途中で消す表示が有効だと示された。これは、カウントを途中で消すことにより、信号切替タイミングが若干曖昧になる事で、フライングを抑える効果があったと考えられる。

表-5 フライングモデルのパラメータ推定結果

$R^2=0.30, N=421, \text{的中率:}93.8\%$

説明変数	パラメータ	t値
切片	1.51	2.28
カウント無し	11.51	0.15
カウント6s/5s	-0.44	-0.92
カウント2s/1s	0.68	1.35
性別(男性-1,女性-0)	1.67	3.20
運転暦	-0.05	-2.32

4. 信号切り替わり時の通過・停止判断モデルの構築

青から赤への信号切替時の停止・通過判断に与える要因とその影響度を検討するために、車両挙動データを用いて停止・通過判断モデルを構築する。ここでは、黄開始時に停止線からの距離が0~30mに存在し、且つ全赤時間に交差点内に残留した車両に着目し、これらの車両の停止・通過判断を、ロジスティック回帰モデルにより分析する。

表-6 停止・通過判断モデルのパラメータ推定結果

$R^2=0.22, N=209, \text{的中率:}94.1\%$

説明変数	パラメータ	t値
切片	-4.88	-3.60
サイクル長	-0.03	-2.03
停止線10~0m速度	-0.18	-6.51
カウント無し	1.80	1.49
カウント6s/5s	1.96	1.67
カウント2s/1s	2.34	1.28

表-6は、停止した車両を1、通過した車両を0としたダミーを目的変数とした信号切替時における停止・通過判断モデルのパラメータ推定結果である。パラメータを確認するとカウント無し、6s/5s、2s/1s、の順にパラメータは正で大きくなり、またサイクル長及び停止線前10~0m速度のパラメータは負である事がわかる。これよりカウントを詳細に表示するほど停止傾向が強くなり安全側の判断となり、またサイクル長が長いほど通過傾向が強いことが示された。

5. カウントダウン式信号機に関する満足度評価

(1) カウント表示別満足度平均

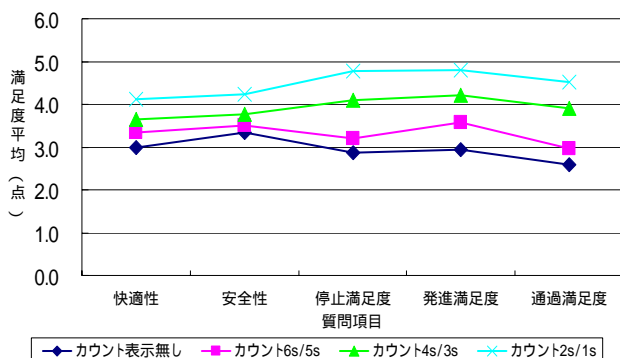


図-5 カウント表示別満足度平均

図-5はカウント表示別の質問項目ごとの満足度の平均点を示したグラフである。これより、カウント表示有りのほうが無しの時よりも全ての質問項目において満足度は高くなっている。また、カウント表示有りにおいては、カウント 6s/5s、カウント 4s/3s、カウント 2s/1sの順に評価は高くなっている。これより、カウントを表示したほうが、さらには信号切替直前まで表示したほうが、ドライバーは運転しやすいと感じるという結果となった。

6. まとめ

本研究では、車両用カウントダウン式信号機が信号切り替わり時の発進挙動や、停止・通過判断に与える影響について分析を行った。その結果、発進挙動については、カウント表示有の方が、青開始時の発進遅れ及び車頭時間は小さく、また信号切替時の通過・停止判断を安全にする傾向がある事が分かった。その一方、カウント表示方法によってはフライングの増加や、車頭時間が長くなる傾向が見られ、安全性及び円滑性確保の観点から、より最適なカウント表示方法を模索することが今後の課題となる。

また、アンケートによる満足度調査より、今回の走行実験の被験者からはカウントダウン式信号機の設置を望む意見が多いことが分かった。

本研究の実験は自動車教習所という特殊な環境での実験であるということとを考慮する必要があるが、今後はさらにより現実的な設定下における様々な実験を通して検証を行う。

参考文献

- 1) 藤田素弘他：カウントダウン式車両用信号機における車両挙動に関する分析，第6回ITSシンポジウム2007
- 2) SUZUKI, K., NAKAMURA, H., and YAMAGUCHI, S.: Analysis on Driver's and Pedestrian's Perception for the Evaluation of Cycle Length at Under-saturated Signalized Intersections, 10th World Conference on Transport Research, 12 pages, 2004.
- 3) 余田隆宏・三星昭宏：残り時間現示信号機と待ち時間現示信号機が歩行者に与える影響に関する研究，土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集，-47-1-2頁，2001。
- 4) Fujita, M., Suzuki, K., and Yilmaz, C.: Behavior and Consciousness Analyses on Effect of Traffic Signals Including Countdown Device for Vehicles, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies Vol. 7, pp.2289-2304, 2007
- 5) 浜岡秀勝・鈴木理・中村良枝：信号切替情報取得時のドライバー判断からみる安全性の評価，土木計画学研究・論文集 Vol.25 no.4 2008年9月
- 6) 藤田素弘・鈴木弘司・加藤健太：走行実験によるカウントダウン式車両用信号機の特長評価，土木計画学研究，講演集 No.38(CD-ROM)，土木学会，4ページ，2008。