

走行実験によるカウントダウン式車両用信号機の特性評価

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り替わり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、待ち時間情報が無いため、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が行いがちである。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が行いがちであり、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。しかしながら、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。

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、信号切り替わり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、走行の様態を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、青時間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、青時間及び黄時間、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。

* 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)

愛知県名古屋市昭和区御器所町, 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

(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 実験風景

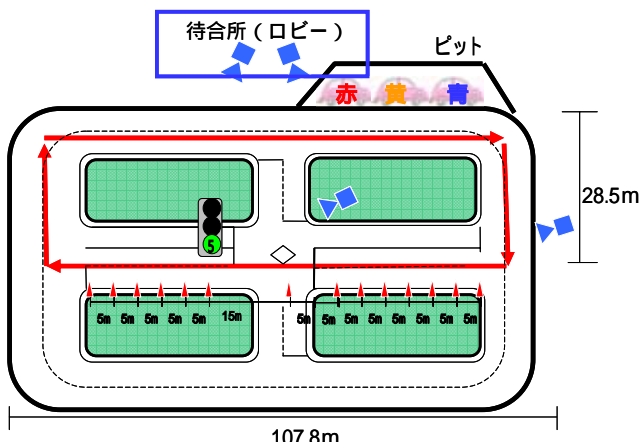


図 - 1(a) テストコース概略図(12/2)

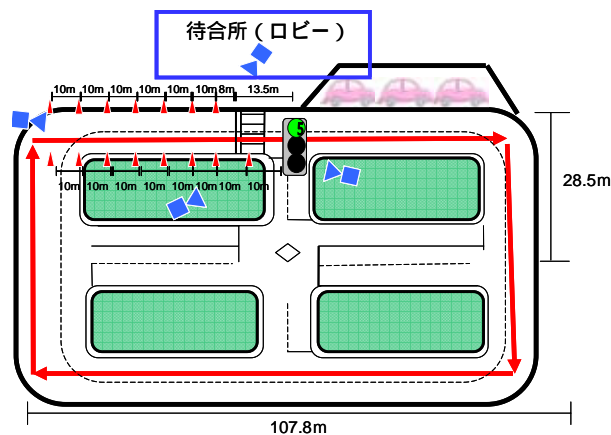


図 - 1(b) テストコース概略図(12/9)



写真 - 1 カウントダウン式信号機

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	A		B		C		D		E		F		G	
		前後	半	前後	半	前後	半	前後	半	前後	半	前後	半	前後	半
1 2 A / M 2	表カ 示ウ 設ン 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 設ン 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 設ン 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. 信号切り替わり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発進遅れ時間を測定した。本章では、先頭車両の発進遅れについて分析する。

(1) カウント表示別発進遅れ分布

図-2は、カウント表示別の発進遅れ分布を示したグラフである。なお、発進遅れ分布に関しては、6秒までカウントと5秒までカウント、及び4秒までカウントと3秒までカウント、2秒までカウントと1秒までカウントのそれぞれにおいて、大きな差は見られなかったため、グラフ上にはそれぞれを合わせてカウント6s/5s、4s/3s、2s/1sとして表示した。これより、カウント表示無しの場合、フライングは非常に少ないが、6秒以上の大きな発進遅れも発生している。また、カウント表示が有る場合においては、6s/5s、4s/3s、2s/1sの順に、グラフは発進遅れが短縮される方向にシフトしている。これより、信号切り替わり直前までカウント表示をするほうが、発進遅れは小さくなることが読み取れる。しかしその一方、いずれのカウント表示においても、1~2秒程度のフライングが発生している。

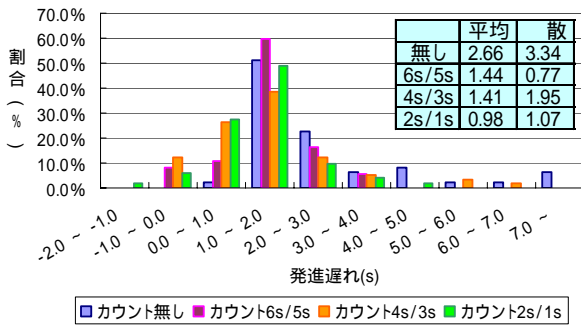


図-3 カウント表示別の発進遅れ分布

(2) カウント表示別の発進遅れ平均

図-4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1.5秒発進遅れは短縮され、また信号切り替わり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。

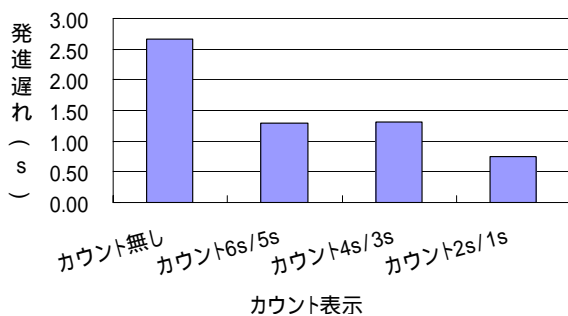


図-4 カウント表示別の発進遅れ平均

(3) 被験者運転頻度別の発進遅れ平均

図-5は、被験者運転頻度別のカウント表示毎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、普段の運

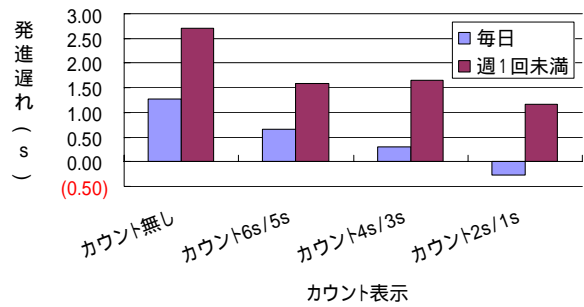


図-5 被験者運転頻度別のカウント表示毎の発進遅れ平均

転頻度が発進遅れに大きく影響するという結果となった。これは、よく運転する人ほど、普段の運転経験から信号切り替わりタイミングを予測する能力が高く、また発進動作に要する時間も短いためであると考えられる。

(4) 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。

表-3 発進遅れ時間モデルのパラメータ推定結果

(調整済 $R^2=0.25$, $N=194$, $F=22.12$ 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	1.64		14.52
カウント有無(有り-1,無し-0)	-1.07	-0.31	-4.59
カウント表示(2s/1s-1,それ以外-0)	-0.49	-0.14	-2.16
運転頻度(毎日-1,それ以外-0)	-1.29	-0.29	-4.56

非標準化係数より、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、先頭車両の発進遅れが約1.1秒短縮され、また、カウント表示が2秒または1秒まで表示されることによって、先頭車両の発進遅れが約0.5秒短縮される結果となった。これより、他のカウント表示と比べて、カウント表示有りのほうが、また信号切り替わり直前までカウント表示をする方が、ドライバーは発進タイミングを見極めやすかったためと考えられる。また、被験者の普段の生活での運転頻度が毎日の人、運転頻度の低い他の被験者に比べて発進遅れが約1.3秒短縮されるという結果となった。これは、よく運転する人の方が発進動作に要する時間が短く、また信号切り替わりタイミングを計る能力に優れているためと考えられる。これは、図-3、図-4、図-5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、カウント表示の有無、運転頻度、2秒または1秒までのカウント表示の順に影響度が大きいという結果となった。

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り替わり時の停止・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、黄色開始時に停止線からの距離が0~30mに存在した車両に

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-4 停止・通過判断モデルのパラメータ推定結果
($\rho^2=0.56, N=205$, 的中率 85.4%)

説明変数	パラメータ	t値
切片	1.12	1.83
黄色開始時刻における停止線からの距離(m)	-0.18	-7.53
停止待ち時間	0.08	3.86
カウント表示(逆数)	-1.55	-3.15
性別(男-1、女-0)	1.72	3.88

表4は、通過した車両を1、停止した車両を0としたダミーを目的変数とした信号切り替わり時における停止・通過判断モデルのパラメータ推定結果である。これより、的中率が85%を超えており、また尤度比も0.56と良好な値となっているため、このモデルの精度は高いといえる。次にパラメータの符号条件を確認すると、停止待ち時間及び性別のパラメータは正で、黄色開始時における停止線からの距離及びカウント表示(逆数)のパラメータは負であることがわかる。ここで、カウント表示(逆数)とは、カウント表示設定値を逆数にとった変数を説明変数としたパラメータである。これより、停止待ち時間が長いほど、また男性ほど通過する傾向が強く、黄色開始時における停止線からの距離が遠くなるほど、また信号切り替わり直前までカウント表示をするほど、停止する傾向が強いという結果となった。

5. カウントダウン式信号機に関する満足度評価

(1) カウント表示方法の評価

図-6は、カウント表示方法に関するアンケート結果を示したグラフである。これより、カウント表示有りを望む意見が8割強であった。また、カウント表示有りの中でも、2秒または1秒までカウントの表示方法が83%と最も高く、次いで4秒または3秒までカウントの表示方法が6%となっている。これより、信号切り替わり直前までカウント表示をするほうが、ドライバーは満足度が高いということが分かった。

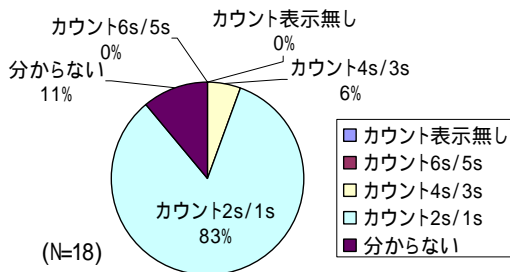


図-6 カウント表示方法アンケート結果

(2) カウント表示別満足度平均

図-7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、4s/3s、2s/1sの順に評価は高くなっている。

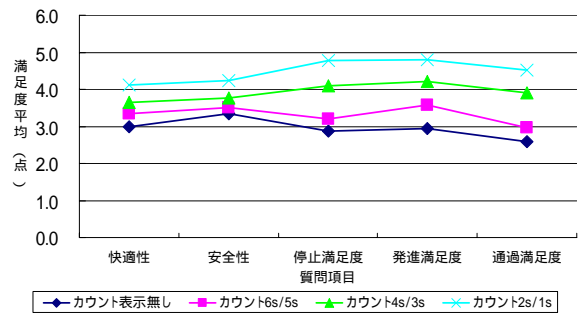


図-7 カウント表示別満足度平均

これより、カウントを信号切り替わり直前まで表示したほうが、ドライバーは運転し易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、カウント表示有りのほうが、さらには信号切り替わり直前までカウント表示をするほうが、青開始時の発進遅れは小さく、また信号切り替わり時の通過・停止判断を安全にする傾向があることが分かった。その一方、カウント表示方法によってはフライングする車両の増加が見られるなど、安全性確保の観点から、このような点を抑制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- 47-2 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