

# カウントダウン式信号機による 運転者の発進挙動とデザインに関する研究

河畑 草太<sup>1</sup>・藤田 素弘<sup>2</sup>・Wisinee Wisetjindawat<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 名古屋工業大学大学院 博士前期課程学生 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: s.kawabata.372@nitech.jp

<sup>2</sup>正会員 名古屋工業大学大学院教授 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: fujita.motohiro@nitech.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 名古屋工業大学大学院助教 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: wisinee@nitech.ac.jp

本研究では、カウントダウン式信号機を用いた時の発進挙動や快適性の変化を調べたり、信号が青に変わるまでの残り時間表示方法を6種類試し、「発進の早さ」、「安全性」、「快適性」において、どれが最適であるか分析を行った。残り時間が分かることで、運転者は青に変わるタイミングを予測して発進の準備ができるようになるので発進が早くなること、青に変わる前に発進し、停止線を通る危険な発進が起これなかったが、表示デザインによっては生じるものもあることが分かった。また、青に変わるまでの残り秒数を表示することで、信号待ちしているときに快適だと感じられるという結果が得られた。これらを踏まえて、実際の道路にカウントダウン式信号機を適用し、渋滞緩和、交差点事故件数の減少、信号待ちや発進時の快適性向上を目指す。

**Key Words :** *countdown, driver behavior, startup delay, premature start, comfort*

## 1. はじめに

信号交差点における車の発進挙動にはいくつかの特徴がある。例えば、信号が青に変わったのになかなか発進しないものや、信号が青に変わるタイミングを予測して見切り発進した結果、信号がまだ赤なのに発進するもの（以後、フライングと呼ぶ）などが挙げられる。前者のように発進が遅れると、車の流れが悪くなり渋滞発生の原因となる。また、後者のように発進が早すぎると、事故を起こす危険性がある。

このような問題を解消するために、信号が青に変わるまでの残り時間を表示して、運転者に認知させることが対策として挙げられる。また、残り時間が分かることで、信号待ちや発進時における運転者のストレスを軽減できることが期待できる。中国やタイなどでは、信号が青に変わるまでの残り秒数をカウントダウン表示する機能が付いた信号機が導入されているが、発進が早くなり渋滞が緩和した一方で、フライングが増加して安全性は低下することが懸念される。日本には残り時間表示機能が付いた車両用信号機が未だ導入されていないが、今後導入を考える上ではこのような問題を解決する必要がある。

そこで、本研究では図-1のように信号灯器内に数字やデザインを表示できるカウントダウン式信号機を用いて

走行実験を行い、走行の様子や運転者の脈拍から、カウントダウンの有無による発進挙動や快適性の変化を定量的に分析する。また、残り時間の表示方法（以後、カウントパターンと呼ぶ）を複数用意して、それぞれ比較し、「発進の早さ」、「安全性」、「快適性」の3つの観点から、どのカウントパターンが最も優れているか考察し、渋滞緩和、交差点事故件数の減少、信号待ちや発進時の快適性向上を目指すことが本研究の目的である。

## 2. 走行実験

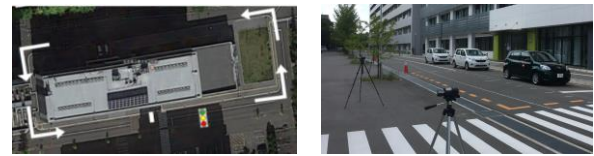
2017年7月15日、名古屋工業大学4号館周辺にカウントダウン式信号機を設置したコースで、トヨタパツソを使用し、「カウントなし」、「3秒」、「2秒」、「1秒」、「5秒目盛り」、「2秒目盛り」の6種類のカウントパタ



(a) 数字を表示した場合 (b) デザインを表示した場合

図-1 カウントダウン式信号機表示

ーンを用いて走行実験を行った。車3台縦1列で走行し、1周ごとに走行順の並び替え、6周ごとにカウントパターンの変更を行いながら、計36周走行してもらった。また、ビデオカメラで信号機や車の動きを撮影し、被験者には左手の親指もしくは人差し指に脈拍計を付けてもらい、運転中の脈拍を測定した。実験は計5回行い、被験者15名計180周分のデータを得ることができた。なお、走行順、カウントパターンの順番、信号待ち時間は、偏らないようにバランスよく全てランダムに設定した。実験概要を図-2、カウントパターン表示一覧を表-1、デザイン表示を図-3に示す。「カウントなし」は、実際に使われている車両用信号機と同じ表示、「3秒」、「2秒」、「1秒」は、残り3秒、2秒、1秒まで信号が青に変わるまでの残り秒数を1秒刻みで表示するパターンである。「5秒目盛り」は、5秒ごとに目盛りが左上から順に1個ずつ消え、10個すべての目盛りが消えたら青に変わり、「2秒目盛り」は、2秒ごとに右側の目盛りが上から順に1個ずつ消え、右側が5個全て消えたら左側の目盛りが1個消えて、再び右側の目盛りが表示されて同様に2秒ごとに1個ずつ消えていくのを繰り返し、左右全ての目盛りが消えたら青に変わるパターンである。



(a) 実験コース (b) 実験の様子

図-2 実験概要

表-1 カウントパターン表示一覧

残り秒数	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	青
カウントなし	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3秒	10	9	8	7	6	5	4	3	●	●	●
2秒	10	9	8	7	6	5	4	3	2	●	●
1秒	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	●



(a) 5秒目盛り



(b) 2秒目盛り

図-3 デザイン表示

### 3. 発進の早さ

まず、運転者の発進タイミングを調べるため、信号が青に変わってから車のブレーキランプが消えるまでの時間を反応時間と定義し、算出した。カウントパターン別の反応時間の分布を図-4に示す。反応時間が正なら信号が青に変わった後に発進、負なら青に変わる前に発進していることを示す。これより、残り時間を表示することによって、1秒以上の発進遅れが無くなっていること、発進が早くなっていることがわかる。また、表-2より、「2秒」が最も分散が小さいので、発進のタイミングがつかみやすいといえる。

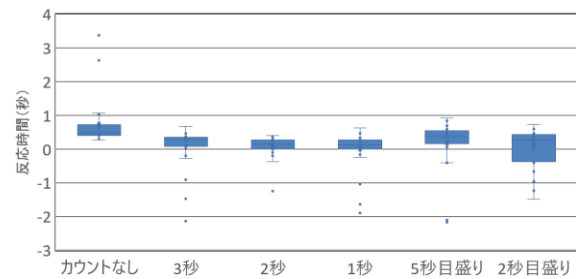


図-4 パターン別反応時間分布

表-2 反応時間平均値・中央値・分散

	平均	中央値	分散
カウントなし	0.71	0.49	0.44
3秒	0.05	0.30	0.38
2秒	0.08	0.17	0.10
1秒	-0.01	0.13	0.32
5秒目盛り	0.20	0.37	0.49
2秒目盛り	0.05	0.27	0.33

次に、交差点流出早さを調べるため、信号が青に変わってから1台目が停止線を通過するまでの時間、1台目と2台目の停止線通過時間の差、2台目と3台目の停止線通過時間の差を算出した。それぞれのカウントパターン別の平均を図-5に示す。これより、残り時間表示によって1台目の交差点流出が早くなり、2台目や3台目の交差点流出の早さは1台目の交差点流出の早さに依存しているといえる。また、発進直後5mにおいて、1mごとの通過時間を測定した。その結果を図-6に示す。これより、発進後の最初の1mにおいて「1秒」が最も通過時間の平均が小さく、発進時の加速が大きいといえる。一方で、「5秒目盛り」と「2秒目盛り」は「カウントなし」よりも最初の1mの通過時間の平均が大きいので、残り時間

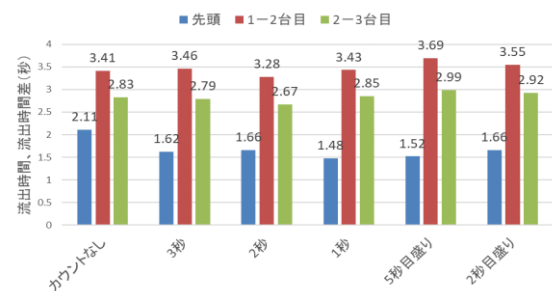


図-5 パターン別流出時間平均

を目盛り表示した場合、発進時の加速が小さいといえる。よって、残り時間を目盛りで表示するよりも数字で表示する方が、運転者はスムーズな発進ができると考えられる。また、実際の道路であれば発進後、時速50-60km/hまで加速するが、走行コースでは発進後60m程度でカーブがあり、すぐに減速しなければならなかったため、発進後あまり加速せずに4mほどで通過時間が一定になったと考えられる。

#### 4. 安全性

信号が青に変わるまでの残り時間を表示することで、発進が早くなる一方で、フライングが増加して安全性の低下が懸念される。運転者が発進準備をする際、人によっては信号が青に変わった瞬間にアクセルを踏んで加速できるように、青に変わるタイミングを予測し、逆算しながらブレーキペダルから足を離しアクセルを踏み準備をするという一連の動作をすると推察される。ブレーキペダルから足を離す際、ブレーキを緩め始めるとブレーキランプはついたまま車が動き出し、ブレーキペダルから足を離れた時にブレーキランプが消灯する。信号が青に変わる前にブレーキを緩めて車が動き出した場合を反応フライング、青に変わる前にブレーキを緩めきってブレーキランプが消えた場合をランプフライングと定義し、それぞれ割合を調べた。カウントパターン別の割合を図-7、図-8に示す。「カウントなし」については、実際の道路では周りの信号状況から進行方向の信号が青に変わるタイミングを予測できるが、走行実験では進行方向以外に信号が設置されておらず、青に変わるタイミングを予測できないためフライングは起こらなかった。また、ランプフライングの割合は反応フライングの割合に対して少ないので、発進準備はするけれど信号が青に変わるまではブレーキペダルから足を離さない場合もあるといえる。また、「1秒」よりも「2秒」、「2秒目盛り」よりも「5秒目盛り」のほうが反応フライングやランプフライングの割合が少なかった。これより、青に変わる直前にカウントを止めるのが早いと、運転者は信号が青に変わるタイミングを予測しづらくなることから、発進準備を行わずに青に変わるまでブレーキペダルから足を離さない可能性が高くなり、フライングを抑制できると考えられる。

また、フライングの中で、信号が青に変わる前に発進し、停止線を通過したものを停止線フライングと定義し、パターン別の割合を図-9に示す。今回は、信号が青に変わる前に停止線を通過して発進した場合、歩行者や自動車と衝突する危険性があるので、停止線フライングを危険な発進とみなす。これより、停止線フライングは「2

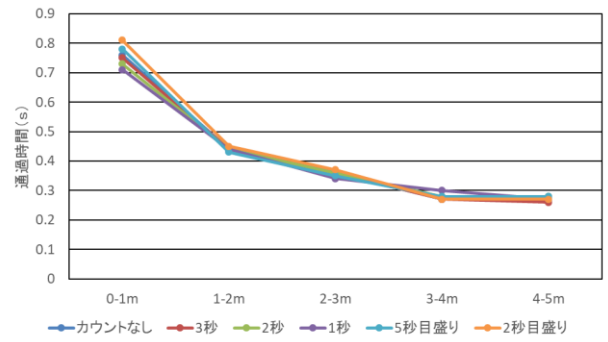


図-6 発進後1m目盛り線通過時間

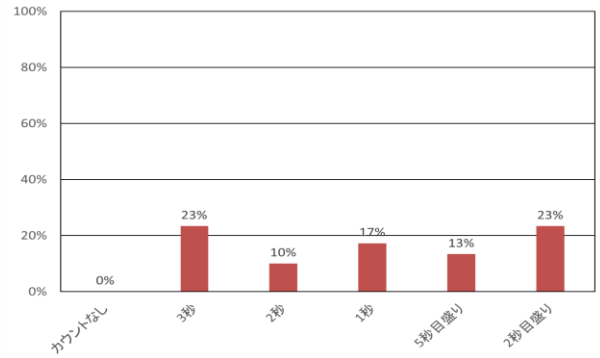


図-7 パターン別反応フライングの割合

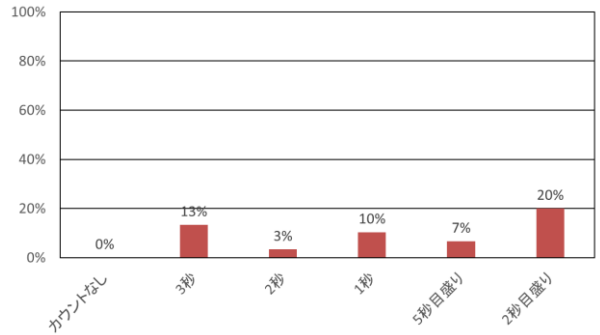


図-8 パターン別ランプフライングの割合

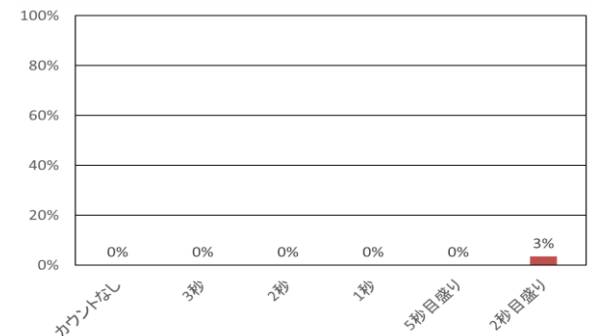


図-9 パターン別停止線フライングの割合

秒目盛り」の1件（3%）以外では起こらなかったのに、残り時間表示により安全性が低下するとはいえない。残り時間を目盛りで表示する場合、「2秒目盛り」のように頻繁に表示が変わると運転者は急かされているような気持ちになり、反応フライングやランプフライングの割合が高くなり、停止線フライングも起こったと考えられる。よって、デザイン表示する場合、残り時間が分かりつつ、「5秒目盛り」のように表示が変わる頻度が少ないほど安全性を確保できると考えられる。

また、被験者15名のうち、ランプフライングをしたのは5名、停止線フライングをしたのは1名で、同じ人が何度もフライングしていることから、カウントパターンの違いよりも、運転者の個人差のほうがランプフライングや停止線フライングのしやすさに大きく影響しているといえる。

## 5. アンケート結果

被験者に信号待ちしているときの快適性を、「非常に良い」、「良い」、「普通」、「悪い」、「非常に悪い」の5段階で評価してもらった。その結果を図-10に示す。これより、信号が青に変わるまでの残り時間を表示することで、信号待ちしているときの快適性が向上するといえる。また、「3秒」、「2秒」、「1秒」のように残り時間を数字で表示するパターンは高評価であるのに対し、「5秒目盛り」、「2秒目盛り」のように残り時間を目盛りで表示するパターンは人によって快適か不快か評価が分かるといえる。目盛りよりも数字のほうが残り時間が一目ではっきりとわかることから、運転者は信号待ちしているときに快適だと感じられると考えられる。また、「1秒」のように青に変わるギリギリまで残り時間を表示し続けるパターンの方が快適性が高いといえる。これは、ギリギリまで残り時間を表示するパターンの方が、運転者は信号が青に変わるタイミングをつかみやすいからだと考えられる。

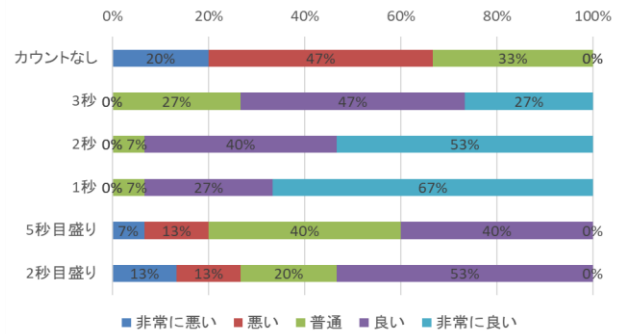


図-10 信号待ち快適性5段階評価

## 6. まとめ

本研究では、走行実験によってカウントダウン式信号機を用いたときの発進挙動や快適性の変化を調べたり、6種類のカウントパターンを試し、どのパターンが「発進の早さ」、「安全性」、「快適性」において最適であるか比較したりしながら分析を行った。信号が青に変わるまでの残り時間を表示することで、発進が早くなることや、それによって2台目や3台目の車の発進も早くなり、車の流れを良くすることにつながる事が分かった。また、フライングのしやすさは運転者の個人差が大きく影響していること、青に変わる前に発進し、停止線を通過するという危険な発進はほとんど起こらないが、反応フライングの割合は表示方法によってばらばらであることが分かった。また、残り時間が一目ではっきりとわかる方が快適だと感じられることが分かった。今後は走行実験を繰り返し、より多くの被験者のデータを集めたうえで分析結果の信頼性を高めていったり、安全で快適かつ素早い発進を実現できる信号表示デザインを考案したりする必要がある。

(?)

### Analysis of driver startup behavior and design by the countdown signals.

Sota KAWABATA, Motohiro FUJITA and Wisinee WISSETJINDAWAT

In this research, we investigated the change of startup behavior and comfort when using countdown signals, analyzed which is optimal method of 6 types of remaining time display until the signal turns to green in startup speed, safety, comfort. By understanding the remaining time, drivers will be able to prepare for startup by anticipating the timing to change to green, so it will be faster to start, the vehicle will start before it turns to green, and a dangerous departure from the stop line. Although it did not happen, it turned out that some of the designs occurred. Also, by displaying the number of seconds remaining until it turns to green signal, it was found that it feels comfortable when waiting for a signal. Based on these, countdown signals are applied to actual roads, and traffic congestion alleviation, reduction of the number of intersection accidents, improvement of comfort at the time of signal waiting and starting are aimed.