

予告信号灯の設置運用に関する研究

A study on Installation and operation of Advance signals

浅野 栄吉

指導教授 越 正毅

1 研究の背景と目的

信号機手前区間における急カーブやクレストにより、本信号灯の視認距離が短くなり、ドライバーが停止線にて安全に停止することが困難な場合がある。そのような時、信号交差点の存在、あるいはそれに加えて本信号灯の表示を前もってドライバーに知らせるために、予告信号灯を設置する必要がある。しかし、現状では、予告信号灯の表示方式には明確な規定が無いため、多種類の表示方式が混在している。よって、ドライバーの混乱を招く可能性が考えられる。現在運用されている予告信号灯の表示方式を図-1に示す。

		本信号灯の表示		
		青	黄	赤
予告信号灯の表示	常時黄点滅			
	滅灯黄点滅			
	青黄点滅			
	三色表示			

図-1 予告信号灯の表示方式

そこで本研究では、4方式の予告信号灯について調査を行い、各表示方式のメリットとデメリットを明らかにし、ドライバーが安全で円滑な交通を実現できるのはどの表示方式なのか、明らかにする。また、予告信号灯が必要となる箇所、および設置する位置などを、理論的に考察するものである。

2 車両挙動調査の概要

警視庁との協力のもと、東京都江東区豊洲大橋交差点を調査対象地点とした。

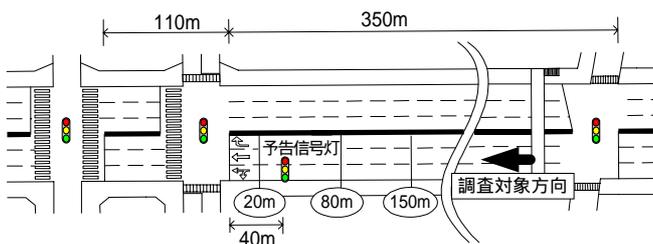


図-2 調査対象区間

この地点は、交差点上流から停止線までの道路縦断線

形がクレストとなっており、本信号灯手前100m地点まで接近しなければ本信号灯を視認できないため、予告信号灯が停止線より40m上流の位置に設置されている。先に示した4方式ごとに、ビデオカメラを使用し、車両挙動について調査を行った。調査対象区間を図-2に示す。調査はいずれの方式も交通量の少ない20:00~22:00の2時間行った。

3 解析結果および考察

(1) 地点別制動開始割合

図-3は地点別制動開始割合を示す。本信号灯が黄赤表示の場合、三色表示方式では120m地点付近で制動開始した車両の割合が他の3方式と比較して、高い割合であった。

理由として、予告信号灯の黄赤表示を視認し、本信号灯と間違えて制動を開始したためであると考えられる。この解析結果からは、三色表示方式がより安全な交通を可能にさせるといえる。

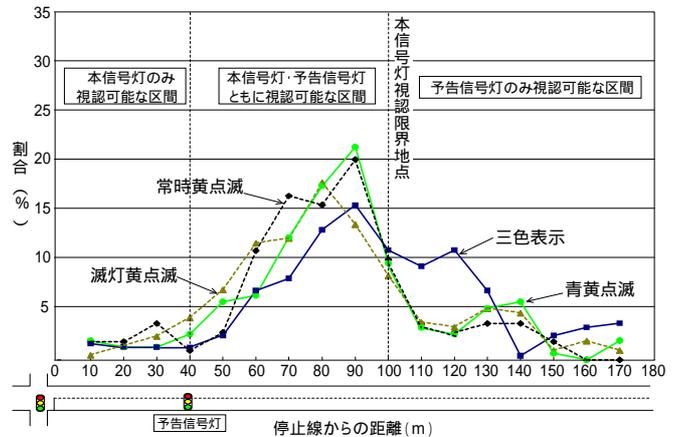


図-3 地点別制動開始割合

(2) 地点速度

図-4は地点速度を示す。

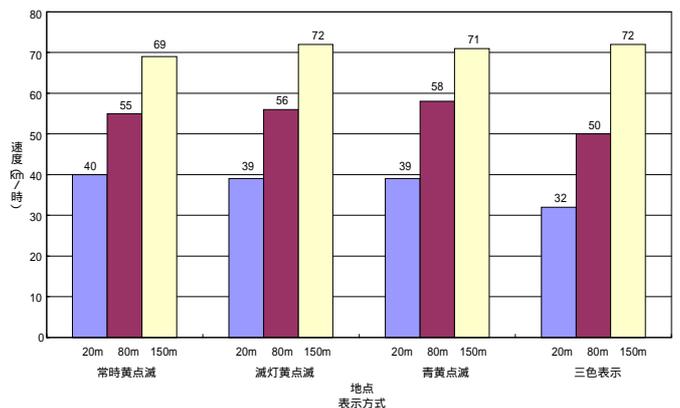


図-4 地点速度図(黄赤表示)

本信号灯が黄赤表示の場合、三色表示方式において150m地点から80m地点にかけての速度低下が、他の表示方式に比べ、5～8km/時ほど大きい。この理由として、予告信号灯の黄赤表示を視認し、本信号灯と間違えて制動を開始した車両の影響であると考えられる。このことから、勘違いによる制動開始が速度低下の原因といえる。

(3) 停止位置

図-5は停止線手前で停止もしくは、停止線を越えて停止した車両の割合を示す。

図-5より、いずれの方式も、過半数の車両が停止線手前で停止している。なかでも、青黄点滅方式は77.5%と最も多くの車両が停止線手前で停止した結果となった。この解析結果より、青黄点滅方式が安全な交通を可能にさせるといえる。

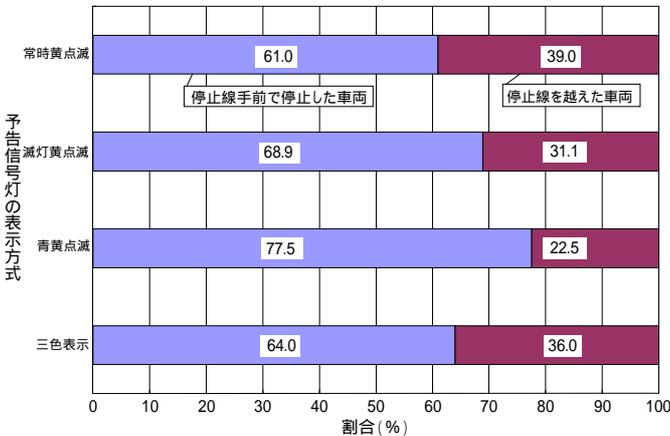


図-5 停止線における車両停止状況

(4) 平均減速度

図-6は停止線を越えて停止した車両の平均減速度を示す。

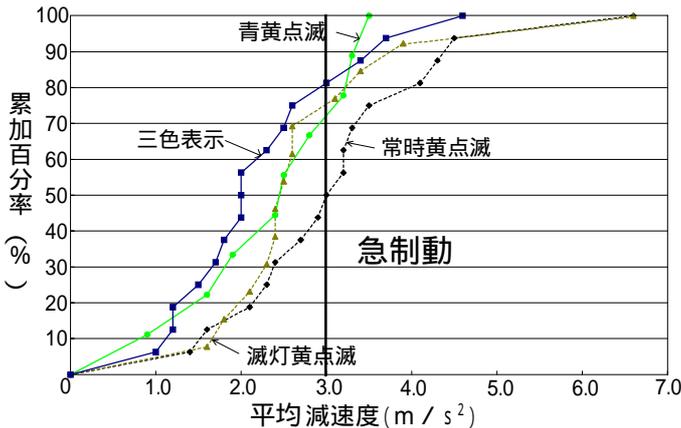


図-6 平均減速度(停止線を越えて停止)

図-6より、停止線を越えて停止した場合、常時黄点滅方式は一般的に安全であるとされている減速度3.0m/秒²以下の車両が他の3方式と比較して、低い割合になったことに加え、5.0m/秒²を越える車両も存在している。

この理由として、常に黄点滅を繰り返す方式であり、ドライバーは予告信号灯の意味を認識できず、減速しない状

態で停止線に接近し、本信号灯の表示が赤表示であることを視認してからあわてて制動を開始するため、急制動になったと考えられる。これらの解析結果から、常時黄点滅は追突事故などを発生させる可能性があるため、危険であるといえる。

(5) 車両挙動調査のまとめ

4種類の予告信号灯について車両挙動調査を行なった。その結果を以下の表にまとめた。以下の表において、はその評価項目において適した表示方式であるとされるものであり、×は適していないものを示している。

表-1 結果のまとめ

評価項目	表示方式			
	常時黄点滅	滅灯黄点滅	青黄点滅	三色表示
ブレーキタイミング				×
地点速度				
停止線通過時刻	×			×
停止位置				
平均減速度	×			

表-1から、強いて言えば欠点のない青黄点滅方式が最も適していると考えられる。

(6) 青黄点滅の欠点とその改善法

本研究結果では、現在運用されている表示方式において、青黄点滅方式が最も適しているという結果となった。

しかし、青黄点滅方式にも欠点はある。青表示中において何らかの原因により、先詰まりによる待ち行列があるとすると、予告信号灯が青表示のために、制動を開始する準備ができていない車両は行列末尾に追突する可能性があると考えられる。また、本信号灯が赤表示のときに、予告信号灯において黄点滅表示をするため、先の本信号灯が赤表示をしていることをドライバーに認識させることは困難である。これらのような欠点がある。

ここでは、青黄点滅方式よりも適していると考えられる表示方式を提案する。そこで、提案する表示方式は結果として、黄点滅赤表示方式である。以下でそれを説明する。この方式は本信号灯が青表示のときに予告信号灯に黄点滅を表示させ、本信号灯が黄・赤表示のときに、予告信号灯に赤表示をさせるものである。以下の図-7に提案した表示方式を示す。

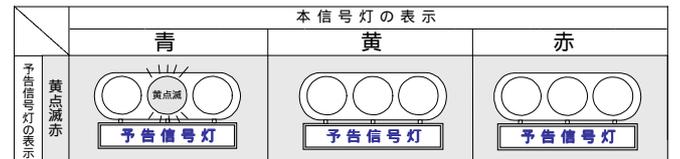


図-7 提案する表示方式図

まず、本信号灯において青表示中に、予告信号灯にて黄点滅を表示した場合、青表示ほど走行中のドライバーに先の本信号灯の表示を認識させることはできない。しかし、下部において何らかの危険性があることをドライバーに認識させることができるため、追突事故などの可能性は減少すると考えられる。

次に、本信号灯において黄表示中に、予告信号灯にて赤を表示した場合、本信号灯と予告信号灯を共に視認できる区間に存在するドライバーは、本信号灯にて黄表示をしているときに、予告信号灯にて赤表示をするといった、異なる表示を視認することになる。しかし、予告信号灯での赤表示の変わり目に遭遇したドライバーに本信号灯がもうすぐ赤表示を開始する予告をしていると考えれば、不自然ではないと考えられる。また、黄、ないし赤表示をしていることをドライバーに知らせるので、安全に停止することを考慮すれば、良いといえそうである。

最後に、本信号灯において赤表示中に、予告信号灯にて赤を表示した場合、本研究の解析結果より、予告信号灯で赤表示をすると、本信号灯の赤表示と勘違いをして、制動開始するドライバーの割合がその他の表示と比較して、増加するという好ましくない結果である。しかし、停止線付近における行列末尾での追突事故防止を考慮すれば、予告信号灯における赤表示は必要と考えられる。

これらのことから、現在運用されている表示方式の他に、黄点滅赤表示方式も検討に値すると考える。

4 予告信号灯の設置運用

(1) 予告信号灯が必要となる箇所

いかなる箇所に予告信号灯を設置すべきかについて、図-8を用いて説明する。

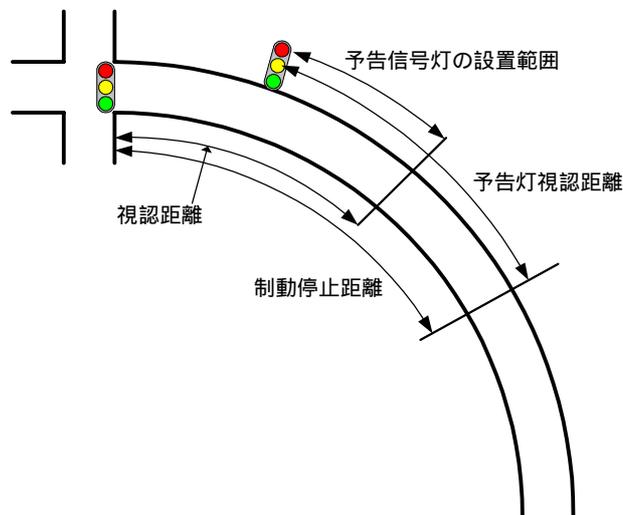


図-8 予告信号灯設置図

図-8においての位置は、その位置より上流部から制動開始をしなければ停止線において安全に停止することができない位置である。しかし、本信号灯を最も遠方から視認することが可能な位置はである。

このように、制動開始しなければならない地点から本信号灯を視認することが不可能な場合、本信号灯のみでは安全に車両を停止線において停止させることが不可能である。よって、このような箇所には予告信号灯を設置する必要がある。

(2) 予告信号灯の設置位置

まず、いかなる範囲に予告信号灯を設置すべきかについて図-8を用いて説明する。

図-8よりそれぞれ～までの番号の位置について説明する。とは先に説明したとおりである。の位置は、の位置から下流部を視認した場合、視認可能である最も遠方の位置である。の位置より下流部に予告信号灯を設置した場合、の位置が停止線に接近するため、停止線において安全に停止することが不可能な車両が発生する。また、の位置より上流部に予告信号灯を設置した場合、本信号灯・予告信号灯を両方とも視認することが不可能な区間が発生する。このことから、予告信号灯の設置位置は、～の範囲内に設置することが必要である。

(3) 問題点とその対策

ここでは、実際に予告信号灯を設置し運用させたときに、考えられる問題点を取り上げ、その問題点に対する対策について説明する。

図-8に示した地点において、前述した予告信号灯の設置位置～の範囲内に、十分上流から視認できるように予告信号灯を設置させる。また、予告信号灯は、本信号灯の表示が青か青でないかわかる表示方式とする。この場合発生する問題として、交差点に流入してきた車両のドライバーは、予告信号灯を視認し、本信号灯の表示を把握できるが、停止線までの位置を認識できない。そのためドライバーは制動を開始する位置を判断することができない。その問題について、対策方法を以下に述べる。

問題の対策として、予告信号灯の下に付いている内照板を図-9に示すように変更する。従来の予告信号灯の文字板に替え、停止線からの距離を示すものとする。これにより、ドライバーは停止線の位置がわかるため、制動を開始する位置の判断をすることができる。

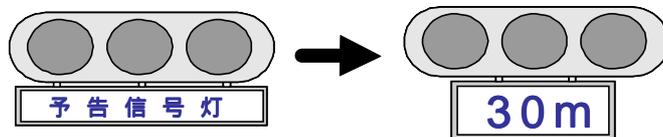


図-9 内照板変更図

(4) ジレンマ・ゾーンとオプション・ゾーン

ここでは、本研究にてジレンマ・ゾーンの発生を問題点として取り上げるに当たり、ジレンマ・ゾーンの概要を説明する。

黄信号に直面した車両が、停止しようとしても通常の減速度では停止できずに、なおかつ通過しようとしても正常に(信号無視をすることなく、あるいは加速することなく)交差点を通過することができない領域(道路上の区間)をいう。ゾーンの位置や大きさは、黄信号に直面した車両の走行位置と速度、停止時の減速度、黄信号

の長さなどによって異なるが、算出原理は次のようである。停止線の位置で停止しようとする車両は、黄信号開始時に少なくとも次式 - 1 で示す S よりも上流側に位置していることが必要である。

$$S = V + V^2 / 2d \dots \dots \dots (式 - 1)$$

ここで、 S : 黄信号開始時の走行位置 (m)
 Y : ドライバーのブレーキ反応時間 (秒)
 V : 黄信号開始時の速度 (m / 秒)
 d : 平均減速度 (m / 秒²)

また、赤信号が始まる前までに停止線を越えるためには、黄信号開始時に少なくとも次式 - 2 で示す L よりも下流側に位置していることが必要である。

$$L = VY \dots \dots \dots (式 - 2)$$

ここで、 L : 黄信号開始時の走行位置 (m)
 Y : 黄時間長 (秒)
 V : 黄信号開始時の速度 (m / 秒)

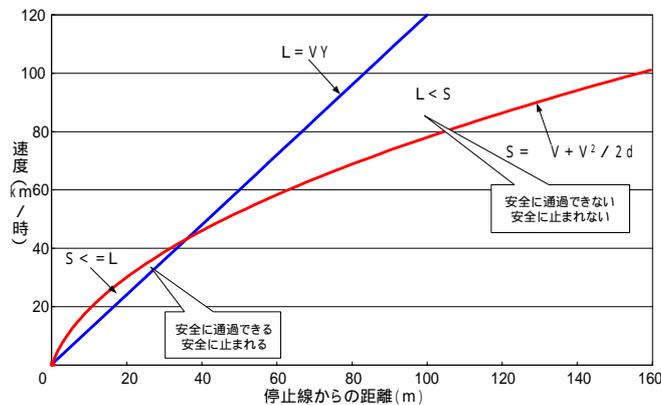


図 - 10 ジレンマ・ゾーンとオプション・ゾーン

このことから図 - 10のように、 $L < S$ となる領域がジレンマ・ゾーンで、 $S <= L$ となる領域がオプション・ゾーンである。同図で明らかなように、黄時間長を長くする(直線 L の傾きを小さくすると)、ジレンマ・ゾーンは小さくなるが、オプション・ゾーンは大きくなり、黄時間長を短くする(直線 L の傾きを大きくすると)オプション・ゾーンは小さくなるが、ジレンマ・ゾーンは大きくなる。そのため、黄時間長を変えても両ゾーンを同時に無くすることはできない。なお、両ゾーンとも、停止しようとする車両と通過しようとする車両が混在しやすいために、追突事故の危険性が高い領域といわれている。

(5) 問題点とその対策

設計速度が60km / 時である個所にて、予告信号灯を設置運用する場合、図 - 11において斜線で示した部分(ABC)に、先で説明したジレンマ・ゾーンが発生する。その問題について、対策方法を同図を用いて以下で説明する。

発生したジレンマ・ゾーンを回避する方法として、本信号灯が黄表示を開始する前に予告信号灯において先に黄表示を開始する。つまり本信号灯と予告信号灯にオフ

セットを適切につけることが対策方法として挙げられる。

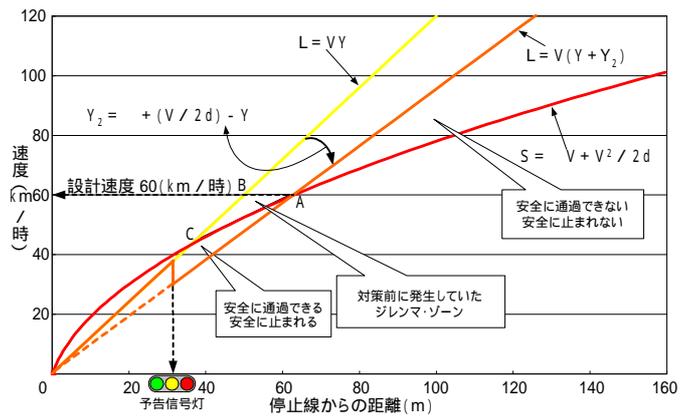


図 - 11 ジレンマ・ゾーン対策

オフセットの量は図 - 11のように、ABCの点Aと重なるように直線 L を Y_2 だけ傾ける。それによりジレンマ・ゾーンである ABCを回避できるというものである。なお、オフセットの算出方法を次式 - 3 に示す。

$$Y_2 = + (V / 2d) - Y \dots \dots \dots (式 - 3)$$

ここで、 Y_2 : オフセット時間長 (秒)
 Y : 反応時間 (秒)
 V : 設計速度 (km / 時)
 d : 平均減速度 (m / 秒²)
 Y : 黄時間長 (秒)

5 結論

本研究の結論を以下に述べる。

青黄点滅方式が最も適していると考えられる。

安全性を重視した場合、予告信号灯に新提案した、黄点滅赤表示をさせるのが良いと考えられる。

本信号灯と予告信号灯にオフセットをつけることにより、ジレンマ・ゾーンを回避することができる。

6 今後の課題

予告信号灯の設置運用解析より、本信号灯の視認距離が長く、設計速度が低い個所は予告信号灯の必要性がない。今後は本信号灯の視認距離が短い個所を選定し、調査を行なう必要がある。

本研究の調査は交通量レベルの非常に小さい時間帯に調査を行なったが、交通量レベルの大きい時間帯においても調査を行う必要がある。

参考文献

- 1) 交通工学研究会：交通信号の制御技術，昭和58年5月

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究助成をいただいた財団法人佐川交通社会財団、ならびにご協力をいただいた警視庁交通管制課に感謝の意を表します。