

# ジレンマ感応制御を適用すべき交通量に関する研究\*

## A study on applicable traffic volume for dilemma zone protection system\*

萩田賢司\*\*・森健二\*\*\*

By Kenji Hagita\*\*・Kenji Mori\*\*\*

### 1. はじめに

ジレンマ感応制御は、青表示から黄表示への信号切り替わり時における交差点への車両の接近回数を減少させるための信号制御である。この信号制御アルゴリズムは、改訂交通信号の手引き<sup>1)</sup>で示されており、時空間的にジレンマゾーン、オプションゾーンが設定され、これらのゾーンに接近車両が存在しているときに、できる限り信号の切り替わりをしないような制御となっている。この制御は多数の交差点で取り入れられてきているが、設置基準等は明確なものがなく、担当者の判断により交通事故多発地点等に設置されているのが実情である。この制御は、交通量が一定水準以下ではあまり設置効果がなく、また、交通量が一定水準を超えると、接近車両が存在しない信号切り替わりタイミング時間帯が存在しなくなり設置効果が薄れると想定される。そのため、効果的な設置地点を選定し、また、設置基準を作成する際に参考となるような成果を得ることを目的として、交通量から見たジレンマ感応制御の設置地点の選定方法に関する研究を実施した。

### 2. 先行研究

信号切り替わり時の交通挙動に関する研究としては、ジレンマ感応制御を導入した交差点での車両挙動を分析した研究や交通事故を分析した研究がみられる。近年では、画像型車両感知器をジレンマ感応制御に導入した事例<sup>2)</sup>がみられ、ジレンマ感応制御の精度向上が計られたが、この研究においては交通量についてはあまり触れられていない。また、Zimmerman<sup>3)</sup>は、信号切り替わり時に車両が連続して交差点に到着し、ジレンマ感応制御の本来の目的である青の早切りがされない交通量について紹介している。

萩田<sup>4)</sup>は、(財)交通事故総合分析センターのミクロ事故調査事例を分析し、信号交差点で発生した事故の中で、ジレンマゾーン等を含む信号切り替わり時の割合が約30%であったことを示した。この値は、全時間帯に占める信号切り替わり時の時間帯の割合と比較して大きいことが示され、交通事故の観点からも信号切り替わり時は、危険な時間帯であることが定量的に示された。

このように、日本においてはジレンマ感応制御を交通量からみた研究はあまり存在しないが、他国ではみられるようである。

### 3. ジレンマ感応制御のアルゴリズムと研究方法

図 - 1 に示されているように、ジレンマ感応制御とは、制御対象交差点の上流側約 150m に接近速度が感知できる車両感知器を設置し、車両感知器と信号機が連動して、ジレンマゾーン、オプションゾーンに接近車両が存在している時に、信号切り替わりをさせないような制御である。

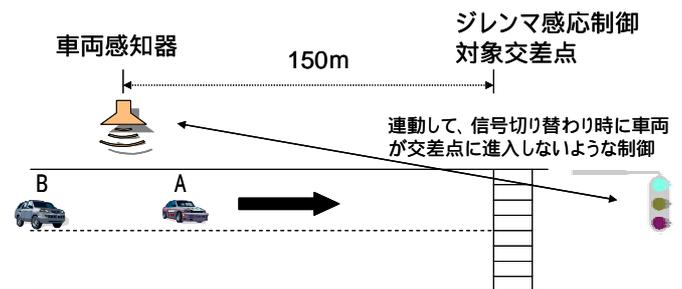


図 - 1 ジレンマ感応制御の配置図

改訂交通信号の手引き<sup>1)</sup>によると、ジレンマ感応制御の基本方式は図 - 2 の通りとなる。ジレンマ(オプション)ゾーンは、信号切り替わり時に式 1 と式 2 で算出された信号交差点直前の道路空間である。

\*キーワード：ジレンマ感応制御、交通量

\*\*正員、工博、科学警察研究所 交通科学部 交通科学第一研究室  
(千葉県柏市柏の葉 6-3-1、  
TEL:04-7135-8001(Ex.2714)、 E-mail : hagita@nrrips.go.jp)

\*\*\*正員、工修、科学警察研究所 交通科学部 交通科学第一研究室  
(千葉県柏市柏の葉 6-3-1、  
TEL:04-7135-8001(Ex.2712)、 E-mail : mori@nrrips.go.jp)

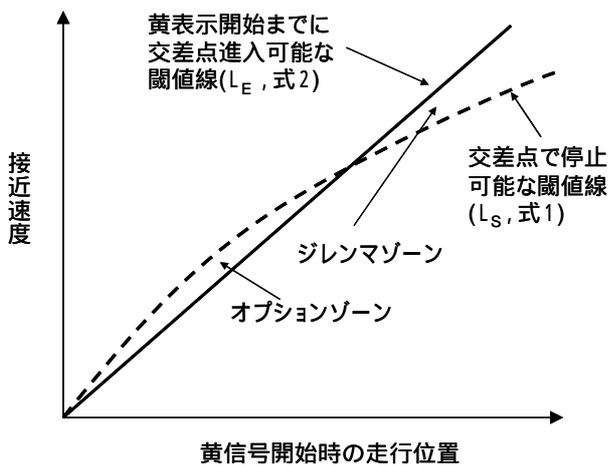


図 - 2 ジレンマゾーンとオプションゾーン

$$L_s(m) = \frac{V}{3.6} + \frac{(V/3.6)^2}{2d} \dots\dots\dots(式1)$$

$$L_E(m) = Y \cdot V / 3.6 \dots\dots\dots(式2)$$

- $L_s(m)$  : 交差点で停止可能な距離
- $L_E(m)$  : 黄表示開始までに交差点進入可能な距離
- : ブレーキ反応時間(s)
- $V$  : 接近速度(km/h)
- $d$  : 減速度( $m/s^2$ )
- $Y$  : 黄時間(s)

図 - 3 に示したように、ジレンマ(オプション)ゾーンは、車両感知器の設置地点で計測された車両の接近速度  $V$  (km/h)、ブレーキ反応時間 (s)、減速度  $d$  ( $m/s^2$ )、及び黄時間長  $Y$  (s) によって規定される。そして、すべての車両がジレンマ(オプション)ゾーンに存在していないと想定される瞬間が存在した場合に、信号を青から黄に切り替えるものである。すなわち、連続して通過する2つの車両がともにジレンマ(オプション)ゾーンに存在していない場合に、信号を切り替えることが可能となる。信号切り替わり時の車両の位置を算出する際には、車両感知器の設置地点で計測されているための速度変動や車両感知器の計測誤差を考慮して、接近速度は10%の幅を持たせて計算することとされている。

ここでは、車両感知器の設置地点を交差点の上流側150m、2台の車両の接近速度を共に80km/h、ブレーキ反応時間を1.0秒、減速度を0.3g、黄時間長を3秒とした場合に、ジレンマゾーン通過時に信号切り替わりを防止するような制御が可能となる2台の車両の感知器設置地点の車頭時間を算出した。このジレンマゾーンに進入を防止可能な制御が車頭時間は、接近速度が高い、減速度が小さい、黄時間長が短いほど長くなる傾向にある。

2台の車両の接近速度を共に80km/h、ブレーキ反応時間を1.0秒、減速度を0.3g、黄時間長を3秒とした場合

の計算例

$$L_s(m) = 1.0 \times 80 / 3.6 + (80 / 3.6)^2 / (2 \times 0.3 \times 9.8) = 106.2$$

$$L_E(m) = 3.0 \times 80 / 3.6 = 66.7$$

信号交差点の手前 66.7 ~ 106.2m がジレンマゾーン

前車(A)が  $0.9 \times 80 = 72$ km/h で走行した場合には、 $L_E$  への到着が 4.2 秒後、後車(B)が  $1.1 \times 80 = 88$ km/h で走行した場合には、 $L_s$  への到着が 1.8 秒後となり、2.4 秒の車頭時間が存在すればジレンマ感应制御が有効に機能することになる。ただし、前車の接近速度を 70km/h とした場合には、3.4 秒の車頭時間が必要となる。

そのため、今回の検討においてはこれらを総合的に捉えて青表示時間長を調整可能な早切り可能時間 10 秒間に 3.0 秒以上の車頭時間が1つでも存在すれば、その車頭時間を利用してジレンマ感应制御により適切に信号を切り替えることが可能であるとした。また、監視対象時間(T)直後から 3.0 秒以内に交差点に到着した車両を、ジレンマ感应制御が有効に機能しなければジレンマ(オプション)ゾーンに進入したジレンマ領域車両と定義した。ジレンマ感应制御の機能が活かされた場合には、これらのジレンマ領域車両がジレンマ(オプション)ゾーンに進入しなかったとした。

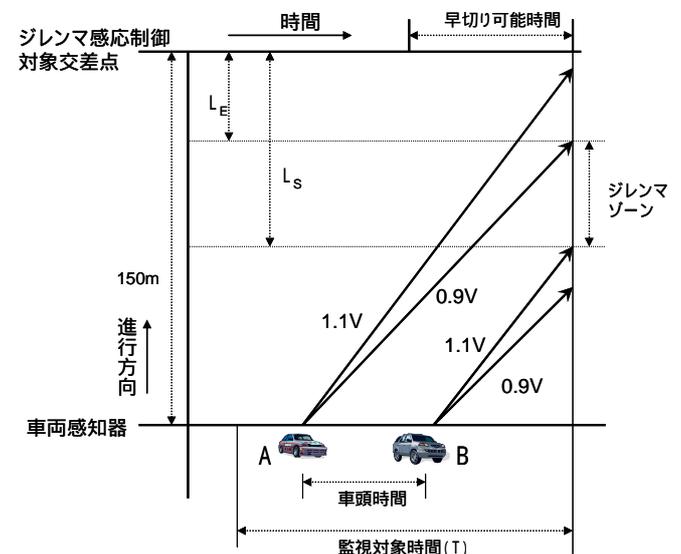


図 - 3 ジレンマ感应制御の基本方式

#### 4. 分析結果

信号交差点への流入路を片側1車線とし、時間交通量を200~800(台/時)の200(台/時)刻みの4段階とした。信号交差点への到着車両分布はポアソン分布として、24時間にわたって交通をコンピューターにより発生させた。そして、信号サイクル長を120秒とし、早切り可能時間(10秒)とジレンマ領域(3秒)の車両台数を示したものが図

- 4である。概ね、早切り可能時間とジレンマ領域の車両台数は理論値通りであることが示された。

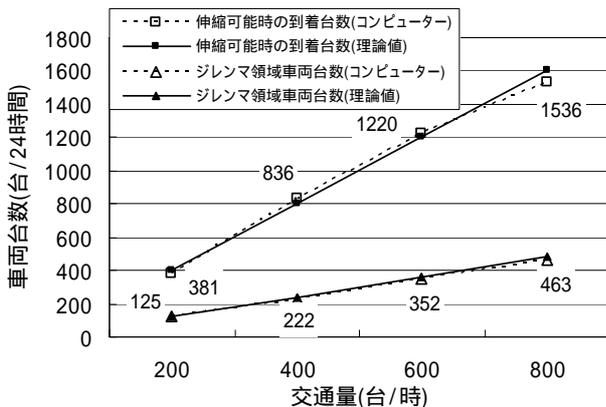


図 - 4 早切り可能時間(10 秒)とジレンマ領域(3 秒)の車両台数

図 - 5 は、各早切り可能時間(10 秒)に到着した車両台数の割合を交通量別に比較したものである。交通量が 400(台/時)までは、ほとんどの信号サイクルで早切り可能時間に到着する車両が 3 台以下となっている。一方で、交通量が 600(台/時)以上になると、早切り可能時間に到着する車両が 4 台以上になるサイクルが増加する。

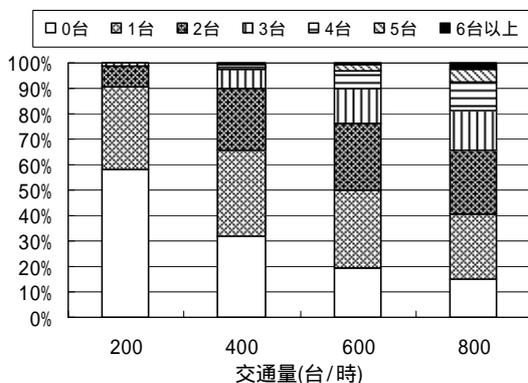


図 - 5 各早切り可能時間に到着する車両台数の割合

図 - 6 はジレンマ領域車両が存在したときの、各早切り可能時間における最大車頭時間の割合を示したものである。これを見ると、ジレンマ領域車両が存在したときに、早切り可能時間に到着する最大車頭時間が 3 秒未満であるものは、交通量が 600(台/時)以上のときにわずかにみられるが、ほとんど存在しないことが示された。

到着分布がランダムであるポアソン分布と仮定して分析を行ったためであるが、ほとんどの早切り可能時間では 3 秒を越える車頭時間が存在しており、本研究の仮定においては接近車両がジレンマ領域に存在しないように信号現示を切り替えることが可能であった。しかし、交

通量が 800(台/時)以上の時には、早切り可能時間の 10 秒に 4 台以上の車両が到着する確率が 20%近く存在する。ほとんどの場合に 3 秒を越える車頭時間が存在しているが、追従挙動等を考慮に入ると、これらの中の一定割合は、3 秒以上の車頭時間が存在しないと考えられる。

また、ジレンマ感応制御の本質的な特徴として、過飽和時やそれに類するような状態では、設置効果がほとんどないことは明らかである。そのため、ジレンマ感応制御は、交通量の側面からすると、比較的交通量が多い路線や時間帯でも効果が認められるということができであろう。

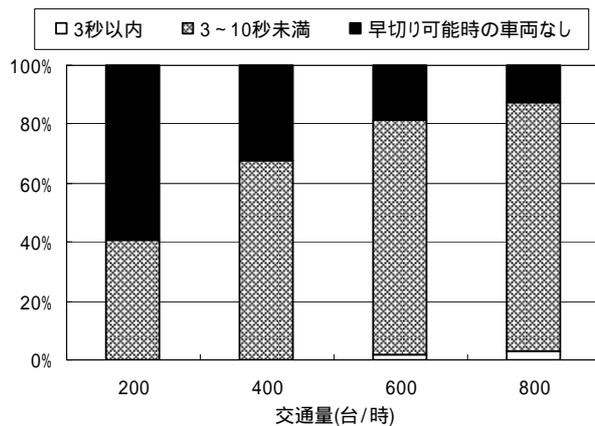


図 - 6 各早切り可能時間における最大車頭時間の割合 (ジレンマ領域車両が存在したときのみ)

## 5. まとめと今後の課題

一定以上の交通量においては設置効果がみられないといったことを想定して閾値がないかと研究していたが、ポアソン分布を仮定したこともあり、閾値はみられなかった。すなわち、ジレンマ感応制御の設置地点は交通量にはあまり制約されないという結果となった。ただし、当然のことであるが、過飽和時や渋滞時には接近速度も低い上に変動しやすく、また、車頭時間も短いので、適切なタイミングで信号を黄表示に切り替えるような制御をすることも難しいので、ジレンマ感応制御の設置効果はほとんどないといえる。

本研究では、交差点への到着車両の分布として、ランダムに交通が発生しているというポアソン分布を用いて分析を行った。実際の交通状況を分布に当てはめると、車群が形成されることが比較的少ない交通量の段階においては、車両の到着分布はポアソン分布に近いと考えられるが、交通量が増加するにつれて車両の追従挙動が多く発生して車群が形成されるようになり、ポアソン分布とは違った分布になると考えられる。そのため、このような交通挙動が影響してくることも検討すべきである。

車頭時間が3秒以上の場合にはジレンマ領域に進入しないような制御が可能である、という前提で分析を行った。しかし、連続する2台の車両の接近速度が異なっている場合には、ジレンマ感応制御が有効となる車頭時間が変動し、特に、後車の接近速度が前車と比較して高くなっている場合には、車頭時間が長くなる。そのため、このような車頭時間の変動を検討していく必要もあるといえる。

実際の信号交差点で発生した出会い頭事故の記述をみると、交差側車両は青表示に切り替わってから発進したと答えている場合も多い。このように、交差側車両が青表示に切り替わってから交差点に進入した場合、青表示から黄表示に切り替わる付近で交差点に進入したジレンマゾーン付近の車両は、交差点で停止可能な領域(図-2における式1の右側領域)に存在した車両も多いのではないかと想定される。このような出会い頭事故を防止するためには、車頭時間をやや長めに設定し、ジレンマゾー

ンの右側領域(図-2)にも車両が存在しないような制御を実施することが必要であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) (社)交通工学研究会編：改訂交通信号の手引き，2006
- 2) 齋藤威，板倉誠司，高橋義典，北川朝靖：空間型感知器を用いたジレンマ感応制御方式の開発，交通工学，39巻3号，pp63-72，2004
- 3) K. Zimmerman，J. A. Bonneson：Intersection Safety at High-Speed Signalized Intersections Transportation Research Record 1897，126-133，2004
- 4) 萩田賢司，森健二：信号切り替わり時に発生した車両相互事故に関する研究，土木計画学研究・論文集 No.23，pp995-1000，2006