

# 地域差を考慮した信号切り替わり時における停止判断挙動分析\*

Analysis of driver's behavior at yellow signal in intersection in consideration of regional difference\*

片岡 源宗\*\*・橋本 幸雄\*\*\*・熊谷 靖彦\*\*\*\*・吉井 稔雄\*\*\*\*\*

By Motomune KATAOKA\*\*・Yukio HASHIMOTO\*\*\*

Yasuhiko KUMAGAI\*\*\*\*・Toshio YOSHII\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

交通事故は日本で最も大きな社会問題の一つである。「平成16年中の交通事故の発生状況」<sup>1)</sup>によれば依然として厳しい交通情勢が続いており、交通事故対策の重要性は更に高まっている。このような情勢を受け、交通事故対策の一つとして、ジレンマ感応制御が注目されている。

ジレンマ感応制御とは、主に交通開散時において、追突、右折直進、出会い頭事故の抑制を目的とした車両感応式信号制御の総称である。実際の制御では、黄信号開始時の車両走行位置と速度で表現される平面(以後「位置-速度平面」と呼ぶ。)上で、センサーの誤差や車両の加減速を考慮し、ジレンマゾーン及びオプションゾーンと定義された領域に、余裕を持たせた領域を制御対象領域(図-1参照)とし、車両が存在しないタイミングで青信号を終了し、黄信号を開始するシステムとなっている。

ジレンマゾーンは、黄信号に直面した車両が「そのままの速度で進めば信号無視となり、かつ通常の減速度では停止することができない」領域、オプションゾーンは、「赤信号開始までに交差点への進入が可能で、かつ停止も可能である」領域と定義され、

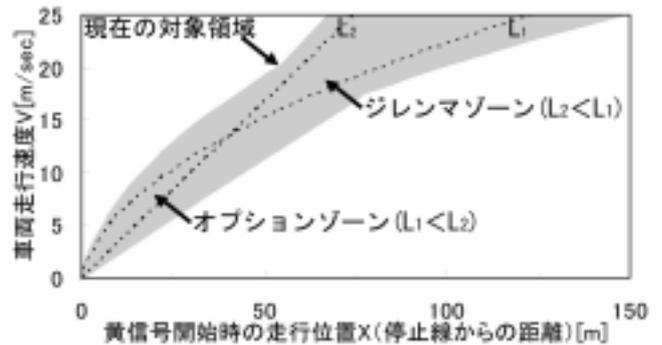


図-1 現在のジレンマ感応制御対象領域

$$L_1 = \tau V + \frac{V^2}{2d} \quad (1)$$

$$L_2 = YV \quad (2)$$

$\tau$ : ドライバーの反応時間[sec]

$V$ : 黄信号開始時の速度[m/sec]

$d$ : 平均減速度[m/sec<sup>2</sup>]

$Y$ : 黄信号長[sec]

位置-速度平面上で、通常の減速度で減速し始めた場合に停止位置が停止線に一致する位置と速度を示す曲線(式(1))と、そのままの速度で走行した場合に黄信号から赤信号への切り替わり時に停止線を通過することになる直線(式(2))を境界として、それぞれ図-1に示される領域によって決定される。両ゾーンでは、理論的には交差点を通過する車両と停止線で停止する車両が混在するため、これらの領域に該当する車両が存在する場合には、事故発生の潜在的な危険性が高くなると考えられている。

ジレンマ感応制御は、実際に導入され、その効果は「交通安全施設の効果に関する調査研究報告書( )」<sup>2)</sup>で報告されている。しかし、位置-速度平面上の領域と事故の危険性との関係については明らかにされておらず、またドライバーによって交差点

\*キーワード: 交通制御, 交通安全, ITS, 交通流

\*\*正員, 修士(工学), 高知工科大学 社会マネジメントシステム・センター

(高知県香美郡土佐山田町宮ノ口, TEL:0887-57-2790,

E-mail:kataoka.motomune@kochi-tech.ac.jp)

\*\*\*学生員, 京都大学大学院 工学研究科

\*\*\*\*正員, 学術博士, 高知工科大学 総合研究所

\*\*\*\*\*正員, 博士(工学), 京都大学大学院 工学研究科

を通過するか、停止するか判断(以後「ドライバーの停止判断」と呼ぶ。)に関して、山岡ら<sup>3)</sup>は、ジレンマ・オプションゾーンの基準とドライバーの判断基準が異なることを報告している。

一方、車両感応式信号制御の実施に際しては、より適切に、危険な状態に陥った車両を感知することが求められる。そこで本稿は、信号交差点において、ドライバーの停止判断に影響する要因分析を行った後、ドライバーの停止判断が異なる領域(以後「Different Zone」と呼ぶ。)の地域差について考察を加える。

## 2. 停止判断に影響を与える要因

ドライバーの停止判断に影響する要因は、表-1に示す交通状況、道路構造、信号制御、ドライバー属性に関連するものをはじめとして多くの要因が考えられるが、本研究では、これらの要因のうち交通状況に着目し、具体的には、以下の4つの要因を考慮した分析を行う。

さらに、ドライバー属性に関して、ジレンマ感応制御に代表される車両感応制御を運用する際に個々のドライバーに関する情報を得ることが難しいことから直接制御に取り入れることができないものの、ドライバー属性の代わりに各交差点を通過する

表-1 要因一覧

交通状況	黄信号開始時の走行位置 走行速度 前後の車両の有無 対向右折車の有無
道路構造	地域特性 道路特性 交差点形状 幅員
信号制御	クリアランス時間 次現示(青矢, 交差側の青)
ドライバー	年齢 性別

- ・ 停止線までの到達時間 (位置/速度)
- ・ 前方車両との車頭時間
- ・ 後続車両との車頭時間
- ・ 対向右折車の有無

ドライバーの集団を考え、地域による違いについても考察を加える。

## 3. 調査

### (1) 調査概要

調査は、高知県と京都府の2府県で実施した。高知県では国道32号、南国市小籠交差点及び西川橋西詰交差点、京都府では国道1号、久御山町トヨペット久御山前交差点で実施した。

調査を行った交差点はいずれも片側2車線、右折専用レーンが整備された十字型信号交差点で、制限速度は60km/h、交差点長は小籠交差点48m、西川橋西詰交差点43m、トヨペット久御山前交差点41m、対象とする黄信号後は右折専用の青矢現示が表示され、黄信号長は3秒等、ほぼ同等の条件の交差点を選定した。調査日時は表-2のとおりで、いずれも路面状態は乾燥であった。

調査方法は、同期を持たせたminiDVカメラ(29.97fps)を1アプローチにつき2~3台用い、停止線付近では、信号の切り替わりタイミング、交差点を通過したか停止したかの停止判断結果、対向右折車の有無、停止線付近の速度を計測した。また、停止線上流約100mの位置では、交差点への接近速度、前車との車頭時間、後車との車頭時間を計測した。なお本研究で用いる速度は、20m程度を計測対象区間とし、式(3)より得られる平均速度を各車両、地点における速度とした。

また、調査対象とした車両は、一定の速度で走行した場合、黄信号開始5秒前から黄信号終了10秒後までに停止線に到達したと考えられる直進車とし、左折車が発生した場合は、追従走行の場合のみ後続2台を対象外とした。

表-2 調査日時

交差点	調査アプローチ	日時
小籠	南進・北進	2004年6月17日 AM7~10,PM3~6
西川橋 西詰	南進・北進	2004年6月16日 AM7~10,PM3~6
トヨペット 久御山前	北進	2004年12月22日 AM8:30~9:30

$$V = \frac{L \cdot 29.97}{F} \quad (3)$$

V : 区間平均走行速度[m/sec]

L : 計測区間距離[m]

F : 区間通過に要したフレーム数[Frame]

## (2) 調査集計結果

上流での計測区間における走行速度と停止線での走行速度との関係を図-2に示す。なお、停止線速度0は停止した車両を意味する。結果より、顕著な加速を行い、交差点を通過した車両はほとんど確認されないが、顕著な減速を行ったが交差点を通過した車両が見られた。顕著な減速を行った通過車両は、黄信号に直面し通過か停止かの判断を迷った、あるいは対向折車等、他車両の様子を伺いながら通過した等が考えられ、事故の潜在的な危険性が高い状況であったと考えられる。

上流計測区間通過時以降は速度変化が無いものとして、黄信号への切り替わり時における位置、速度を図-3に示す。また、図中の境界線L<sub>1</sub>,L<sub>2</sub>は、ドライバーの反応時間0.7秒、平均減速度2.94m/秒<sup>2</sup>、黄信号長3秒として評価した。図より、ジレンマゾーンに該当した車両は多く存在したが、オプションゾーンに該当した車両は存在しなかった事が確認できた。また、通常の減速度で停止できない車両は全て通過しており、ジレンマゾーンに該当する車両は全て通過を選択していた結果が得られた。よって、Different Zoneとジレンマ・オプションゾーンは必ずしも一致しないことを確認した。

## 4. 停止判断モデル

### (1) 分析の概要

ドライバーの停止判断は、通過か停止かのどちらか一方を必ず選択しなければならないため、通過の選択確率を式(4)で与える二項選択(Binary・logit)モデルにて分析を行った。なお使用したアプリケーションは、Econometric Software社のLIMDEP、Version 3.0である。

停止線までの到達時間は、上流計測区間通過後に速度変化がないものとした場合の停止線通過時刻の黄信号開始時からの経過時間、前方走行車・後方走

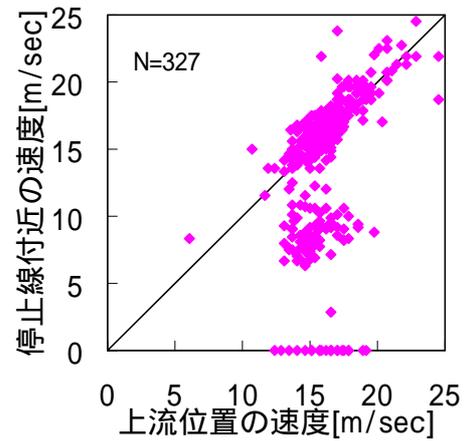


図-2 小籠交差点北進AM調査の速度

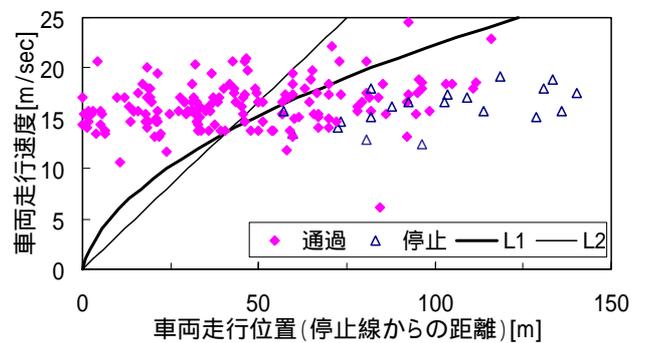


図-3 小籠交差点北進AMの各ゾーンの分布

$$P = \frac{\exp(U)}{\exp(U) + \exp(0)} \quad (4)$$

$$U = \alpha + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_3 + \beta_4 \cdot x_4 \quad (5)$$

P : 通過選択確率

U : 効用

x<sub>1</sub> : 停止線までの到達時間

x<sub>2</sub> : 前方走行車ダミー (前方を車両が走行している時1 : そうでない時0)

x<sub>3</sub> : 後方走行車ダミー (後方を車両が走行している時1 : そうでない時0)

x<sub>4</sub> : 対向折車ダミー (対向折車が存在する時1 : そうでない時0)

α : 定数項

β<sub>1</sub>~β<sub>4</sub> : パラメータ

行車ダミーは、上流観測区間で3.0秒に車両が存在したか、対向折車ダミーは上流地点の速度のまま走行した際に、停止線に到達すると考えられる時刻に対向折車が右折のために交差点内に待機してい

るかどうかで判別する。また、分析対象車両は位置 - 速度平面上でL<sub>1</sub>より上流側に位置する全通過車両と、各サイクルにおける各車線の先頭停止車両を対象とする。

(2) 分析結果

高知県の2交差点のデータを用いて推定したモデル推定結果を表 - 3に示す。結果より、停止線までの到達時間が有意かつ負値を示しており、ドライバーが停止線までの到達時間に基づいて停止か通過かの判断を行っていることが確認できる。また、t値は低いものの、前方走行車・後方走行車のパラメータ値が正値を示していることから、前方あるいは後方車両が存在する場合に通過という選択をしやすい可能性があると考えられる。さらに、判断には対向右折車の影響を受けないという知見が得られた。

表 - 3 モデル推定結果

	パラメータ値	t値
到達時間	-1.48	-7.90
前方走行車 ダミー	0.63	1.61
後方走行車 ダミー	0.59	1.25
対向右折車 ダミー	-0.30	-0.68
定数項	7.70	7.47
$\chi^2$ 値		189.41
初期尤度		203.41
最終尤度		101.61
尤度比		0.501
的中率[%]		91.3

5 . Different Zoneの地域差

位置 - 速度平面上でドライバーの通過選択確率が「0.1~0.9」となる範囲をDifferent Zoneとし、前章でのモデル推定結果を用いて推定したDifferent Zoneの範囲を図 - 4に示す。結果より、京都府の方がその範囲が上流側に位置しており、京都府のドライバーの方が高知県のドライバーより、より遅いタイミングで交差点に接近した場合でも通過を選択する傾向にあることが伺え、Different Zoneが地域によって異なることを確認した。

6 . 今後の課題

今後の課題は、今回の結果の一般化、実交差点においてDifferent Zoneを対象とした車両感応制御の実施、到着レートを考慮した制御対象領域(通過選択確率)の決定、更に事前事後評価を視野に入れた調査システムの開発、構築が挙げられる。

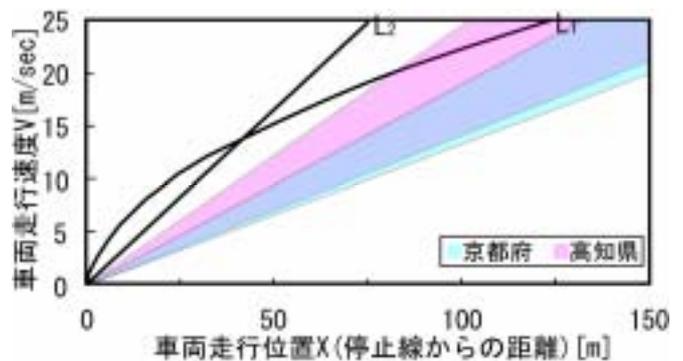


図 - 4 Different Zoneの算出結果

謝辞

本研究を行うにあたり、高知県警察本部北橋和男技術吏員、同井上豊幸技術吏員、住友電気工業株式会社宇佐美勤主幹より多大なご協力を頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 警察庁：平成16年中の交通事故の発生状況，2005。
- 2) 財団法人日本交通管理技術協会：交通安全施設の効果に関する調査研究報告書( )，1997。
- 3) 山岡伸匡，吉井稔雄，北村隆一：信号交差点への車両接近タイミングと追突事故との関係分析，第29回土木計画学研究発表会講演集，2004。
- 4) 片岡源宗，橋本幸雄，熊谷靖彦，吉井稔雄：ジレンマ感応制御における新たな制御適用ゾーンの提案，土木学会四国支部第11回技術研究発表会，投稿中。
- 5) 橋本幸雄，片岡源宗，吉井稔雄，北村隆一：交通条件を考慮した信号交差点における停止判断挙動分析，土木学会関西支部平成17年度年次学術講演会，投稿中。