

# 信号切替情報取得時のドライバー判断からみる安全性の評価\*

## Safety assessment of acquiring the traffic signal information by driver behavior\*

鈴木理\*\*・中村良枝\*\*\*・浜岡秀勝\*\*\*\*

By Tadashi SUZUKI\*\*・Yoshie NAKAMURA\*\*\*・Hidekatsu HAMAOKA\*\*\*\*

### 1. はじめに

近年の自動車依存社会の進展により、自動車交通量は増加する一方である。その結果、交通事故や交通渋滞の増加、それに伴う騒音や振動、排気ガスなどによる生活環境、自然環境の汚染など、道路交通に関する様々な問題が深刻化している。

交通事故の中でも毎年その6割近くが交差点、または交差点付近で発生している。交差点での交通事故の中でも、約6割が追突・出合頭事故である。交差点、または交差点付近における事故防止として、信号機による交通管制が挙げられる。しかし、信号交差点においても、信号切替時に前方車が停止しようと減速したことに対し、後続車が通過しようとすることによる追突事故、また信号切替に対応できず交差点に進入することによる交差車両との出合頭事故などの危険も含んでいる。

これらの問題解決の一つとしてジレンマ感応制御<sup>1)</sup>がある。ジレンマ感応制御とは交通閑散時において、黄色信号直後の追突事故、全赤信号で交差点に進入する車両によって生じる出合頭事故を減少させる目的で設置されているが、交通閑散時以外での適応が難しいなどの問題も含んでいる。また、ジレンマ感応制御の対象領域と実際の危険領域が必ずしも一致しないという問題もあり、研究が進められている。

交差点付近での事故を回避するために、ドライバーが歩行者信号の青点滅・赤表示、歩行者信号の待機時間表示を確認できることが重要と考える。そこで、本研究では、歩行者信号を確認することで、黄色信号への切替を予測し、通過/停止の判断に時間的な余裕を与え、交差点における安全性の向上につながるという仮定のもと、交差点を通過する車両挙動と、ドライバー判断時間から歩行者信号が与える交差点の安全性について検証する。

### 2. 安全性の定義

ドライバーなら一度は経験していると思われるが、黄色信号で停止しようか通過しようか迷うことがある。この迷いが追突事故などの引き金になるといわれる。この領域をジレンマゾーンという。本研究では、信号切替情報を取得することで、黄色信号切替前に通過/停止の判断をすることができれば、必然的にジレンマゾーンを回避し、迷いから生じる判断の混在も減少し、安全な通過/停止が行われるのではないかと仮定する。これらの安全性を、交差点車両挙動とドライバー判断の両面から評価していく。

### 3. 交差点車両挙動から見る安全性

ここでは歩行者信号有無別交差点における車両挙動を比較する。

交通流に影響を与える要因として、道路構造、交通状況、路面状況の違いが挙げられる。その中でも特に、信号切替時の無理な交差点進入による事故のリスクが高い、2車線交差点を本研究の対象とする。2車線交差点は区間長が長く、平均速度も高い。さらに、主要路線同士の交差点では、右折用信号が設けられることが多い。右折用信号は、直進車の赤現示と同時に青現示に切り替えることから、直進車の赤現示での無理な交差点進入は対向右折車と衝突の危険性が高い。このような2車線交差点の中で、歩行者信号の存在がドライバーにどのような影響を及ぼしているのか評価するために、勾配・線形等の道路構造や信号間隔はほぼ同条件の交差点を対象に、歩行者信号の有無に着目し調査地点を選定した。その結果、秋田市内でも特に事故発生件数の多い茨島交差点を対象交差点とした。茨島交差点での事故の特徴として、季節に関わらず、昼夜ともに追突事故と右折時の事故が多いことがあげられる。さらに地下歩道を設けているため、歩行者信号がない交差点である。この交差点と交通量・形状とも似通っており、歩行者信号が設置されている古川添交差点を比較することで、歩行者信号による効果を検討する。

\* キーワーズ：信号切替，車両挙動，

\*\* 学生会員 秋田大学土木環境工学専攻  
(秋田市手形学園町1-1、Tel:018-889-2974  
e-mail: [tadashi@hwe.ce.akita-u.ac.jp](mailto:tadashi@hwe.ce.akita-u.ac.jp))

\*\*\* 非会員 株式会社福山コンサルタント

\*\*\*\* 正会員 博(工) 秋田大学土木環境工学科

調査概要・データ概要を表-1 に示す。車両挙動は、交差点映像から、車両用信号黄色切替時、停止線から100m の範囲に存在する車両の速度・位置と通過/停止の判断、切替後の車両速度変化を抽出する。この際、前方車両の影響を避けるため、信号切替時先頭車両のデータのみを抽出する。

表-1 調査概要・データ概要

| 交差点構造    | 歩行者信号なし(茨島)         | 歩行者信号あり(古川添)                                 |
|----------|---------------------|--|
| 撮影日時     | 2005.6.22/7:00-9:00 | 2005.6.23/7:00-9:00<br>2005.6.22/17:00-19:00 |
| 天候・路面    | 晴れ・乾燥               | 晴れ・乾燥  |
| 通過/停止(計) | 62/24(86)台          | 84/44(128)台                                  |
| 信号サイクル   | 43 サイクル             | 89 サイクル                                      |

(1) 信号切替後の速度変化

図-2、3 は信号切替後の速度変化を、黄色信号切替時の位置から追って見たもので、実線は通過車両、点線は停止車両を表わしている。この交差点での平均速度は約16m/s であり、この速度にあたるジレンマゾーンは、40 ~ 50m の区間である。信号切替時、この区間で通過/停止を行う車両の速度変化に着目すると、歩行者信号あり交差点において、速度変化は通過/停止両車両とも穏やかであるのに対し歩行者信号なし交差点では、速度変化の乱れが確認できる。これは、歩行者信号を確認することにより黄色信号切替前から通過/停止の判断が決まっておき、ジレンマゾーンでの判断の迷いが生じることがなかったためと考えられる。

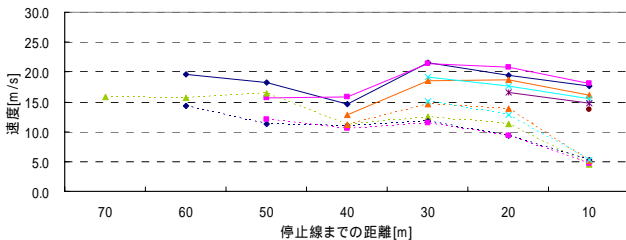


図-2 信号切替後の速度変化 歩行者信号なし

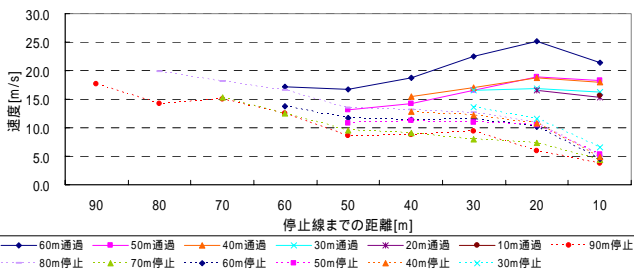


図-3 信号切替後の速度変化 歩行者信号あり

(2) 信号切替時の通過/停止位置と速度

図-4、5 は黄色信号切替時の速度と位置を表わしたものである。速度の平均と分散の比較から、両交差点とも平均速度に差はないが、速度の分散では、歩行者信号なし

し交差点において様々な地点で速度の散らばりがみられ、これら速度の混在が危険のひとつといえる。また、ジレンマゾーンへ進入する危険車両の存在を比較するため、ジレンマゾーン進入車両数を、信号現示サイクル数で除した値をジレンマ進入率とした。両交差点ともジレンマゾーンへの進入は認められるが、進入率から歩行者信号ありの方でその値は低く、事前判断でジレンマゾーンを避けることができていると推測できる。

次に通過/停止判断の混在による追突事故の可能性を検討するため、判別分析より通過/停止車両の混在をみる。判別の中率より、歩行者信号あり交差点の方が混在の少なさが認められることから、判断の違いによる追突の可能性は、0 ではないが歩行者信号なし交差点より少ないといえる。

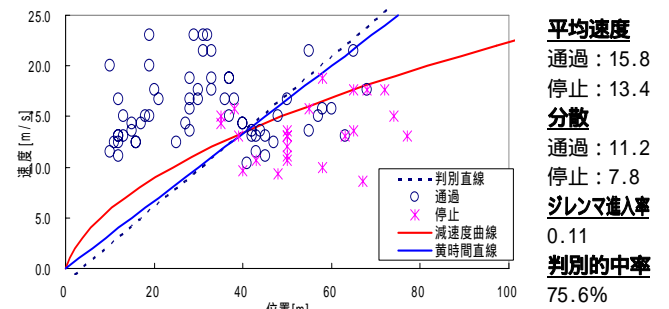


図-4 黄色信号切替時の速度と位置 歩行者信号なし

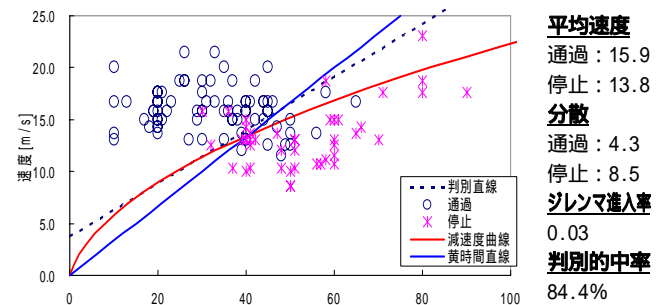


図-5 黄色信号切替時の速度と位置 歩行者信号あり

以上より、歩行者信号の有無が車両の通過/停止判断にどのような影響を与えているか、車両挙動の違いを明らかにした。歩行者信号が信号切替の予測を助けているのは確かであり、これらを踏まえ次章より、さらにドライバー個々の判断に着目した信号切替情報取得の効果について検証していく。

4. ドライバー判断から見る安全性

ここでは、ジレンマゾーンに遭遇したドライバーが黄色信号切替情報を事前に取得した時と取得しなかった時の通過/停止判断やその違いから、情報取得の安全性について評価する。また、歩行者信号以外の新しい情報取得方法として、信号切替までをカウントダウンで知らせた時の判断についても検討する。調査はすべてのドライ

パーに同条件の道路環境・走行環境を提供するため、ジレンマゾーンに遭遇した走行映像を用い、それを見ながら交差点通過/停止判断をする映像実験を行った。表-2に実験概要を示す。なお、判断時間に関しては、黄色信号開始時を0とし、開始よりも前に判断（以後前判断）したときは負の値で、後に判断（以後後判断）したときは正の値で表すこととした。

表-2 実験概要

|       |   |
|-------|---|
| 日時    | 2006.12.14 ~ 2006.12.21   |
| 被験者数  | 40名(男性30名 女性10名)  |
| 走行映像  | なし<br>歩行者信号 × 40km/h<br>× 50km/h<br>× 60km/h =計15パターン<br>カウントダウン(CD) 70km/h<br>80km/h |
| 取得データ | 通過停止判断<br>判断時間(黄色時間を0とする)<br>判断のしやすさ  |

(1) 分析の着眼点

本研究では、ジレンマゾーンを対象にしており、運転時にドライバーがジレンマゾーンに遭遇したとき、どのような判断を行うかに着目し、映像実験を行った。

ドライバーが事前に信号の切替情報を取得した際、この危険領域をどれだけ回避できるかをみる。信号切替情報を事前に得ることで危険領域を回避し、行動でも心理的にも余裕を持って、信号交差点の通過/停止判断が行えることを検証していく。また、情報取得の方法にも着目していく。なお、本研究では歩行者信号の現示サイクルとカウントダウンによる黄色信号切替予告を対象としている。信号切替情報予告なし・予告あり（歩行者信号）・予告あり（カウントダウン）の3つの走行環境の違いを判断時間や判断のしやすさ、加速度などに着目し比較・検討していく。

(2) ドライバーの通過/停止判断

ここでは、ドライバーの通過/停止判断の相違について検討する。

はじめに走行環境が異なることにより判断時間にどれだけ差が生じるかをみていく。本研究では 40~80 km/h の五段階の速度で実験を行ったが、速度による判断時間に大きな差は見られなかった。また、速度に関わらず判断時間は黄色信号切替予告の有無・種類により差が生じていたため、速度別ではなく、全ての走行速度のときの判断時間を分析した。図-4 は信号切替情報取得方法別に判断時間の分布を表わしたものである。中央の実線は黄色信号切替前後を表わしている。切替情報を取得すると、通過/停止判断は黄色信号開始前に決定することができ、さらに停止判断が多いことがわかる。前判断が可能なおことで、ジレンマゾーンを回避することができ、交差点への無理な進入を抑制しているといえる。

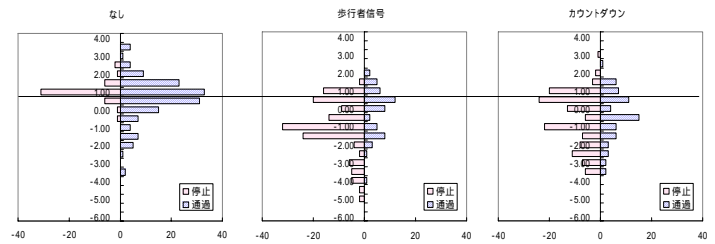


図-4 判断時間の分布

図-4 より切替情報を取得することで前判断が可能になることが明らかになった。では、切替情報を取得したときの判断のしやすさはどうだろうか。図-5 は実験映像ごとに行った判断のしやすさについてのヒアリング結果と実際の前後判断時間の関係を情報取得方法別にみたものである。信号切替情報なしでは判断しにくいと回答しているのが多いのに対し、信号切替情報ありでは判断しやすいと回答しているのが多いことから、信号切替情報は判断を手助けしていることがわかる。また、信号切替情報なしでは、後判断時に判断しにくいと回答している。前判断ができる場合は、ジレンマゾーンを回避することも可能であるが、できない場合はジレンマゾーンに進入してしまうことから、迷いが生じたと考えられる。一方、歩行者信号による切替情報では後判断にも関わらず判断しやすいと回答している。このことから、切替情報を事前に把握することができれば、ジレンマゾーンにおいても、判断の迷いは軽減されることがいえるのではないだろうか。情報取得方法で比較すると、カウントダウンによる情報提供は前後判断両方で、歩行者信号よりもしにくいという意見がえられた。

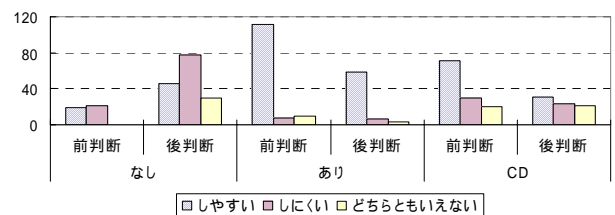


図-5 判断のしやすさと前後判断の関係

(3) 通過/停止判断後の行動予測

次に、判断後の行動予測から信号切替時の安全性について検討する。通過/停止の判断と判断時間、さらはそのときの初速から加速度を割り出し、危険と設定する加減速度の値から、危険判断車両の割合をみる。

前節で得られた通過/停止判断と判断時間から、それぞれの車両が設定された区間を通過/停止するため必要な加減速度を算出した。通過車両については、判断時間から赤信号に変わるまでの時間で、交差点を通り抜けるための加速度を算出した。停止車両については、判断時間から赤信号に変わるまでの時間で、停止線で停止するための減速度を算出した。それぞれの通過/停止判断と

判断時間から加減速度を求めた。なお、本研究では加減速度の基準危険値を、加速時であれば  $0.2G(1.96m/s^2)$  以上、減速時であれば  $0.3G(2.89m/s^2)$  以上として用いた。

図-6、7 に判断時間と加速度/減速度の関係を示す。この図より、判断時間の経過が、通過の際の加速度・停止の際の減速度にどれだけ影響するか、どのタイミングで判断すれば安全かを検討する。

安全に通過するためには、判断時間が 2.5 秒以上でなければ危険値とされる加速度  $0.2G$  を上回る結果となってしまう、また、後判断になるほど急加速を要することがわかる。このことから、通過の判断を下す場合は、黄色信号切替よりかなり前段階での判断を必要とすることが言える。安全な停止に関しては、走行速度によって危険値を超える判断時間が異なるが、高速走行での停止判断の場合、黄色信号より前判断でも、判断時間が短いと急減速となる。しかし、黄色信号切替時は、はじめの設定速度より速度は低下しており、事前に止まろうという意思決定がなされているため、このときの減速に大きな危険性は伴わないといえる。

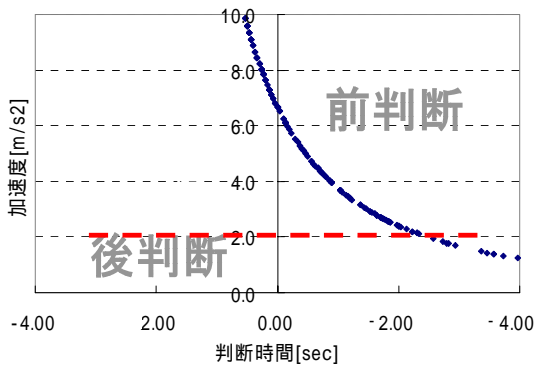


図-6 判断時間と加速度(通過車両)

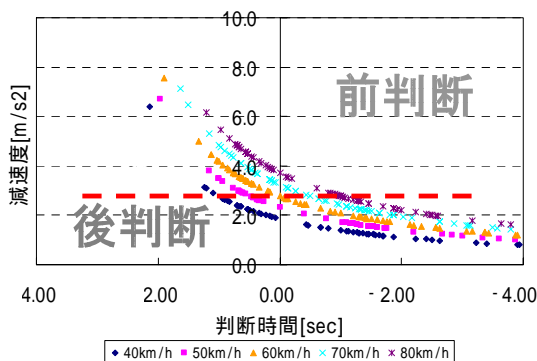


図-7 判断時間と減速度(通過車両)

判断時間からその後の行動を予測し、設定する区間で通過/停止する時に発生する加速度の値から、パターンごとの危険車両の占める割合を求めた。図-8 は信号切替情報なしの危険車両の割合を基準とした時の、歩行者信号・カウントダウン、それぞれの情報提供方法別に危険車両の減少率を表わしたものである。この図より、速度

が高くなるほど、減少率が大きくなることから、信号切替情報取得は高速走行の危険なドライバーに対し停止行動を促す効果があると考えられ、高い速度でジレンマゾーンに進入する危険度が高い車両を抑制する効果があると考えられる。

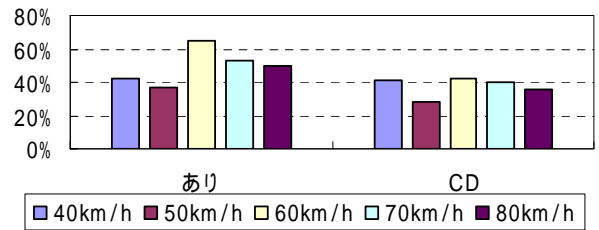


図-8 危険車両の減少率

## 5. まとめ

本研究では、信号切替情報を取得することの安全性を交差点車両挙動とドライバー判断の両面から評価してきた。その結果、歩行者信号からの黄色信号切替予測により、ジレンマゾーンの回避ができ、交差点における黄色信号切替時の安全性は情報が無い時よりも高いことが明らかとなった。また、歩行者信号による信号切替情報のほか、カウントダウンによる信号切替情報の提供方法についても実験を行ったが、見せ方や設定方法など、前提が不十分であった。歩行者信号による信号切替予測依存傾向の高さが明らかになったことにより、時差式・歩車分離式信号による歩行者信号の現示サイクルの異なる交差点での危険性が高くなることが予測される。こうした危険性を排除するための、現示サイクルに左右されない信号切替情報提供方法を検討することが必要であると考ええる。

現在高齢ドライバーが増加し、加齢による反応時間の遅れや不注意から起こる事故も増加している。今回の実験では、被験者は非高齢者のみであったが、多くの年齢層の判断時間を考慮した車両の混在による交差点での判断の混在を検討していくことが今後の課題である。

## 参考文献

- 1) 斉藤威：ジレンマゾーンの回避を意図した信号制御方式とその効果、交通工学, Vol.29, No.6, pp11-22, 1994
- 2) 片岡源宗, 橋本幸雄, 熊谷靖彦, 吉井稔雄：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, 第31回土木計画学研究発表会講演集, CD-ROM, 2005
- 3) 宮田健治, 吉井稔雄：信号現示切り替り時における車両加減速挙動の分析, 第24回土木計画学研究発表会講演集, CD-ROM, 2001
- 4) 林一郎, 安井一彦：追突事故多発地点における車両挙動に関する研究, 第25回交通工学研究発表会論文報告集, No.20, 2005