

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*

An accident analysis of signal intersection focused on the approaching vehicles at the time when yellow starts*

吉井稔雄**・山岡伸匡***・北村隆一****

By Toshio YOSHII**・Nobutada YAMAOKA***・Ryuichi KITAMURA****

1. はじめに

青から黄への信号切り替わり時に交差点にさしかかる運転者は、瞬時に「交差点手前で停止する」か「交差点に進入して通過する」かの判断を下さなければならない。このとき、停止するか否かの判断（以下では「停止判断」）に迷う運転者が現れた場合には、判断に氣を取られて周囲の状況変化に対する注意力が低下することから、信号交差点とその近傍における潜在的な事故発生の危険性が高まるものと考えられる。

そこで、本研究では、信号切り替わり時に交差点に接近する車両運転者による停止判断に着目し、停止判断に迷いを生じる交差点接近のタイミングを明らかにした後、このタイミングで交差点に接近する「微妙な停止判断を迫られる車両」の出現台数と事故との関係について分析を加える。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

信号交差点における車両接近のタイミングに関しては、ジレンマゾーン・オプションゾーンの存在と、事故発生の危険性との関連が指摘されている¹⁾²⁾他。ジレンマゾーン・オプションゾーンとは、それぞれ、交差点接近時に黄信号に直面した運転者が、「そのままの速度で進めば信号無視になり、かつ通常の減速度では停止することができない」状況と、その反対に「信号無視することなく交差点への進入が可能で、かつ停止も可能である」状況に相当し、黄信号開始時点における位置（各車両の停止線までの距離）と速度の関係を示す平面上の領域として定義される。いずれのゾーンに関しても、この状況に遭遇した運転者は停止判断に迷うと考えられ、その際、少

なからず停止するか否かの判断に氣を取られることになり、運転によって回避しなければならない車両周辺の危険事象に対する注意が散漫なものとなるため、潜在的な事故危険性が高まるものと考えられている。

この危険性による事故発生の抑制を目的に、ジレンマゾーンならびにオプションゾーンに存在する車両の有無を感知し、両ゾーンのいずれかに車両が存在する状態が発生した場合に、信号青時間を延長し、両ゾーンに車両が存在しないタイミングで黄信号に切り替えるという「ジレンマ感応制御方式」による信号制御システム³⁾⁴⁾が開発され、平成3年度から徐々に全国の交差点に導入されている。このジレンマ感応制御に関連して、齋藤ら⁵⁾は、ジレンマ・オプション両ゾーンに存在する車両の有無を高精度で感知する方法を提案している。さらに、より適切にジレンマ状態を感知しジレンマ感応制御を導入することで統計的に事故発生件数が減少しているとの報告⁶⁾もなされている。しかしながら、この報告は、ジレンマ感応制御を導入した交差点における事故発生件数が減少したという事実を示すに留まっており、直接的にジレンマ・オプション両ゾーンに存在する車両の有無と事故との関係を示すものではなく、事故発生の危険性を高めることになる交差点接近のタイミングについては明らかにされていない。

交差点接近のタイミングと事故発生の危険性との関係に関して、重田ら⁷⁾は「交差点流入部において信号切替時に遭遇した各車両によって、それぞれ通過・停止の判断が異なることに起因して生ずる危険な状態および現象」を「ジレンマ現象」と呼び、実交差点において発生するジレンマ現象の計測を行い、ジレンマゾーンに存在する車両の走行特性を明らかにすると共に、ジレンマゾーンに存在した通過車両のほとんどが赤信号になってから停止線を通過していること、ならびに停止車両が平均 $3.5m/sec^2$ の急減速で停止していることを確認している。さらに、従来の理論的な概念に基づくジレンマゾーン¹⁾²⁾と対比して、停止判断に迷いが生じる状況として、交差点における実交通流の観測結果から導かれる「拡張ジレ

*キーワード：運転者挙動，信号制御，ジレンマ感応制御，交通安全

**正員，博士（工学），京都大学大学院工学研究科
email yoshii@term.kuciv.kyoto-u.ac.jp

***非会員，iISC

****正員，Ph.D，京都大学大学院工学研究科

ンマゾーン」を提案している⁹⁾。この研究では、実観測結果に基づいて、黄信号開始時における位置－速度平面上での通過車両と停止車両が混在する領域を「拡張グリーンマゾーン」として定義し、この領域が交差点の構造、交通条件や天候条件によって変化する可能性があるという有用な知見を得ている。しかしながら、現象を観測するに留まっており、運転者の停止判断について考慮されていないという問題点が残されていた。

そこで、本研究では、黄信号開始時に交差点に接近する車両運転者の停止判断をモデル化し、モデル分析を通じて、黄信号開始時の位置－速度平面上において停止判断に迷いが生じる領域を明らかにする。続いて、この領域に存在する車両の発生頻度と事故発生件数とを照合することで、直接的に事故発生の危険性を高める信号接近タイミングについて考察を加えるものである。

3. 運転者の停止判断基準

(1) 停止判断のモデル化

信号交差点接近時に黄信号に直面する運転者による停止判断をモデル化するには、

仮説 1：黄信号開始時に交差点に接近する運転者は、速度一定のまま走行した場合に停止線に到達するまでに要する時間に基づいて停止判断を行う

仮説 2：黄信号開始時に交差点に接近する運転者は、停止線手前に停止するために必要となる最小減速度に基づいて停止判断を行う

との代替仮説を設け、各仮説に基づいて、運転者の停止判断を 2 項ロジスティック回帰モデル (式(1)) にてモデル化する。

$$P(\text{stop}) = \frac{\exp(Z)}{1 + \exp(Z)} \quad (1)$$

$$Z = \beta_0 + \beta_1 x$$

$P(\text{stop})$: 運転者が停止する確率

β_0, β_1 : 未知パラメータ

x : 説明変数

モデルの説明変数には、各仮説に対応する以下の 2 種類の変数を導入する。

停止線通過までに要する時間 (以下では「停止線通過必要時間」) :

$$t = \frac{D}{V} \quad (2)$$

停止線手前での停止に必要とされる最小減速度 (以下では「必要減速度」) :

$$d = \frac{V^2}{2(D - \tau V)} \quad (3)$$

D : 黄信号開始時の車両位置 (停止線からの距離)

$[m]$

V : 黄信号開始時の車両走行速度 $[m/sec]$

τ : 運転者の反応時間 $[sec]$

ここで、両変数には強い相関があるため、それぞれの変数を別々に説明変数として取り込んだ形の 2 つのモデルを構築する。

(2) 調査概要

前節で構築したモデルを推定するにあたり、信号交差点において、黄信号に直面した車両の停止判断観測調査を実施した。観測交差点の選定にあたっては、通過車両の属性の差異が小さいこと、ならびに交通事故発生件数に大きな差異が存在することを考慮し、高知県内に位置する表 1 および図 1 に示す 3 交差点を選定した。なお、図 1 中の矢印は、観測対象としたアプローチを示す。調査を実施した 3 交差点は国道 55 線上に位置し、いずれの調査対象アプローチも、郊外部から高知市内に向かう方向であり、いずれの交差点もサイクル長は 140 秒であった。調査では、複数のカメラで同期を取りながら撮影することが可能なデジタルビデオカメラを用いて交差点を撮影した。調査は、平成 15 年 10 月 24 日(金)、25 日(土)の 2 日間、追突事故が頻繁に発生する夕刻 15:00~17:30 に実施した。測定項目と測定方法は以下の通りである。

・交差点上流域での速度

東道路バイパス交差点、大それ交差点、空港バイパス交差点、それぞれに停止線上流 65~30m、80~70m、120~100m の区間の通過に要する時間を計測して算出した。

・黄信号開始時の車両走行位置

東道路バイパス交差点、大それ交差点、空港バイパス交差点、それぞれに停止線上流 65~30m、75~35m、100~45m の区間をビデオ撮影し、別途撮影した信号灯器のビデオ映像と同期を取ることで黄信号開始時の車両走行位置を特定した。

・停止または通過の車両挙動

各交差点の停止線付近の交通状況を撮影し、各車両の色・型を肉眼で判断することにより上記のビデオ画像上の車両とマッチングすることで、各車両が通過したか停止したかを判定した。

表1 調査対象交差点

	交差点形状	交差点長	黄時間
東道路バイパス交差点	T字型	45m	2秒
大そね交差点	十字型	38m	3秒
空港バイパス交差点	変則十字	92m	3秒

表2 平均交通量とH13・14年度事故件数

	東道路バイパス交差点	大そね交差点	空港バイパス交差点
交差点全体の事故件数(件)	16	8	1
追突事故件数(件)	11	5	1
対象アプローチにおける追突事故件数(件)	6	1	1
15～18時に発生した追突事故件数(件)	4	1	1
平均交通量 [台/サイクル]	50.6	62.8	45.1

表3 パラメータ推定結果

交差点名	説明変数		β	標準誤差	Wald統計量	有意確率
東道路バイパス	停止線通過	x	2.56	0.63	16.60	0.00
	必要時間	定数	-9.38	2.08	20.32	0.00
	必要減速度	x	-1.15	0.32	12.90	0.00
		定数	3.02	1.14	7.07	0.01
大そね	停止線通過	x	1.08	0.34	10.25	0.00
	必要時間	定数	-4.29	1.41	9.21	0.00
	必要減速度	x	-1.38	0.44	9.70	0.00
		定数	2.85	0.87	10.84	0.00
空港バイパス	停止線通過	x	1.63	0.50	10.48	0.00
	必要時間	定数	-6.04	2.04	8.76	0.00
	必要減速度	x	-1.06	0.36	8.92	0.00
		定数	3.71	1.08	11.80	0.00

$$\text{Wald統計量} = \left(\frac{\beta}{\text{標準偏差}} \right)^2$$

表4 各モデルの適合度

交差点名	モデル	-2log(L0/L)	的中率(%)
東道路バイパス	停止線通過	67.36	84.7
	必要時間		
	必要減速度	64.21	82.7
大そね	停止線通過	15.37	67.1
	必要時間		
	必要減速度	14.08	63.2
空港バイパス	停止線通過	21.12	72.7
	必要時間		
	必要減速度	18.54	72.7

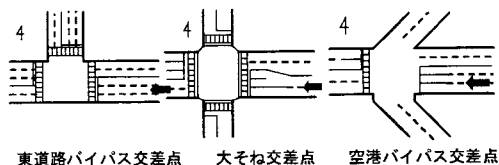
有意水準5%で χ^2 値=3.84

図1 交差点概略図

なお、モデルの説明変数を評価する際に必要となる「黄信号開始時の車両走行速度」に関しては、高精度での計測が困難であるため、交差点上流域で計測した速度に等しいと仮定し、交差点上流域での速度で代替する。

表2には、観測時における各アプローチの平均交通量と平成13,14年度合計の事故発生件数を示す。交通量に多少の差異が認められるものの、同一路線上に近接して位置する交差点を観測対象としているため、各交差点の通過車両の多くが一致しており、各交差点間の運転者の属性による差異の小さいことが期待出来る。また、それぞれの観測アプローチで発生した追突事故件数には大きな差があることから、観測結果に基づいて、信号接近のタイミングと事故発生件数の関係について考察を加えることが可能になるものと考えられる。

(3) 運転者停止判断モデルの推定

観測結果に基づいて、各交差点別に式(2)、式(3)で示した各説明変数を用いた運転者停止判断モデルを推定した。なお、モデルの推定に用いたデータは、黄信号開始時に車両走行位置を特定した車両のうち、前方車両が交差点を通過した車両のみを対象とした。また、データの制約上、モデル推定に際しては、運転者の違いを考慮せず、全ての運転者が同一の判断基準に従って停止判断を行うものとした。モデルの推定結果を表3、表4に示す。いずれのモデルにおいても、説明変数である「停止線通過必要時間」と「必要減速度」が停止判断に有意に影響を与えていることを確認した。停止線通過必要時間はパラメータの符号が正であり、停止線通過必要時間が大きくなれば停止確率が高くなること、逆に必要減速度の符号は負であり、必要減速度が大きくなるに連れて停止確率が低くなることを表現している。また、尤度比検定量(-2log(L0/L))を用いて尤度比検定を行った結果、いずれも十分な説明力があることを確認した。これらの結果は、先に掲げた2つの仮説を支持するものである。

さらに、停止線通過必要時間を用いたモデルと必要減速度を用いたモデルの説明力を比較すると、有意な差は認められないものの、各交差点ともに停止線通過必要時間を用いたモデルの検定量が必要減速度を用いたモデルの検定量よりも大きく、説明力が高い結果となった。この結果より、運転者が停止線通過必要時間または必要減速度に基づいて停止判断を行っていることを示した。ま

た、その説明力の差から、2つの説明変数の比較では、より停止線通過必要時間を重視している可能性が高いことが示された。

(4) 交差点形状の違いによる停止判断の差異に関する考察

a) 交差点形状と停止線通過必要時間

表3に示すモデル推定結果のうち、3交差点における停止線必要時間のパラメータ値を比較すると、東道路バイパスのパラメータ値が他の2つの交差点のパラメータ値よりも大きな値を示していることが確認出来る。このことは、東道路バイパス交差点における黄時間（2秒）が他の交差点の黄時間（3秒）よりも短い設定となっており、黄時間との相対的な大きさによって停止線必要時間の感度が決定される可能性を示唆しているものと考えられる。

次に、運転者の判断基準を代表する値として、推定したモデルで停止確率50%となる状況を考え、各交差点について、停止確率50%を与える停止線通過必要時間を求めた結果を表5に示す。表中で括弧内は停止線通過必要時間の黄時間超過分、すなわち、速度一定のまま交差点に進入した場合の停止線通過時刻と黄信号終了時（赤信号開始時）との差を示し、この値が大きくなれば、信号無視をしてでも交差点に進入する傾向が強くなるということを示す。この差を3交差点で比較すると、東道路バイパス交差点における値が他の交差点における値よりも大きくなっており、当該交差点においては、信号無視をしてでも交差点に進入しやすい傾向にあるという結果が得られた。なお、信号を無視して交差点に進入する車両台数は、信号切り替わり時における交差点上流部での交通密度に依存するため参考データとして提示するが、観測時間帯において信号を無視して交差点に進入した車両の台数（表6）も当該交差点において大きな値を示しており、信号無視して交差点に進入しやすいという傾向に合致している。この傾向は、東道路バイパス交差点における黄時間が他の2交差点と異なることに加えて、当該交差点の形状がT字型交差点であることに起因する可能性があると考えられる。後者に関して、運転者は、T字型交差点であるが故に、進行方向左から交差点に進入する車両の存在を考慮する必要が無いため、多少信号無視をして交差点に進入しても事故発生危険性が低いと考える傾向を持つという可能性が示唆される。

b) 交差点形状と必要減速度

表3に示すモデル推定結果のうち、必要減速度のパラメータ値について3交差点間で比較をした場合、交差点間での大きな差異は認められなかった。すなわち、交差点の違いによる必要減速度の感度には、その差異が少な

表5 停止確率50%となる判断基準

交差点名	停止線通過必要時間 (黄時間超過分) [sec]	必要 減速度 [m/sec ²]
東道路バイパス	3.66 (1.66)	2.62
大それ	3.99 (0.99)	2.07
空港バイパス	3.43 (0.43)	3.50

表6 信号無視車両台数

	東道路バイパス	大それ	空港バイパス
信号無視車両台数 [台/サイクル]	0.70	0.48	0.20

いことが確認された。

表5には、停止線通過必要時間と同様に、必要減速度についても、推定したモデルで停止確率50%となる状況を考え、50%の確率で停止すると考えられる必要減速度を求めた結果が示されている。空港バイパス交差点において、他の交差点よりも大きな値となっている。言い換えれば、空港バイパス交差点においては比較的急減速になっても停止する車両が多いということを示している。この理由として、空港バイパス交差点は他の交差点と比較して交差点長が長く、交差点通過に要する時間が長くなるため、多少急減速をしてでも停止するという判断が働きやすいという可能性が考えられる。

(5) ジレンマゾーン・オプションゾーンの設定に関する考察

従来、ジレンマゾーン・オプションゾーンを規定するに際しては、停止線通過必要時間に黄色時間、停止必要減速度として3.00[m/sec²]程度の値が一般的な値として用いられてきた。しかしながら、表5に示したように、実際の運転者の停止判断基準はこれらの値とはかなりの差異があることを確認した。ジレンマ感応制御を実施するに際して、車両が存在した場合に青時間延長を行う領域を考える場合に、机上の計算による従前のジレンマゾーン・オプションゾーンをその対象とするのではなく、実際の運転者による停止判断を考慮した上で対象領域を決定し、その領域を用いた制御の実施が求められる。

以下では、従来の一般的な値を用いて規定されるジレンマゾーン・オプションゾーンに該当する車両の発生台数と事故件数との関係、ならびに本研究により規定した停止判断基準に基づいて設定する領域に該当する車両の発生台数と事故件数との関係を調べ、後者により強い関係があることを実証する。

4. 車両接近タイミングと追突事故

(1) ジレンマゾーン・オプションゾーンと事故の関係

各交差点での観測により得られた黄信号切り替わり時における車両位置と速度を、それぞれ図2、図3、図4に示す。なお、観測した車両が停止したか通過したかについても合わせて示す。停止線通過必要時間に黄色時間、必要減速度を $3.00[m/sec^2]$ として、黄信号開始時の位置－速度平面上にジレンマゾーン・オプションゾーンを定義し、観測結果に基づいて各ゾーンに存在する車両台数を算出した。その結果ならびに平成13・14年度における事故件数を図5に示す。なお、車両台数の算定に当たっては、観測データが交差点上流の一部の区間に限られていることを考慮し、観測した区間の前後に位置する道路区間についても、観測対象区間と同様の速度分布に従って一様の車両存在密度で車両が存在しているものと仮定し、各ゾーンに属する車両台数を算出した。

これらの図より、3交差点ともにオプションゾーンに存在する車両台数が小さいことが読み取れる。また、追突事故件数の多い交差点である東道路バイパス交差点（事故件数：6件）が最もジレンマゾーンに属する車両台数が多くなっており、ジレンマゾーンに属する車両台数が多くなると事故が起こりやすくなるという可能性があることが確認された。しかしながら、追突事故件数の少ない大それた交差点と空港バイパス交差点においては、ジレンマゾーンに存在する車両台数に大きな差が存在しているにもかかわらず事故発生件数はともに1件であった。すなわち、今回の調査結果からはジレンマゾーンに属する車両台数と追突事故件数との間に明確な正の相関を認めることが出来なかった。

(2) 観測値を用いて定義した危険領域と事故の関係

本節では、前章で構築した停止判断モデルを用い、実観測結果から獲得された停止確率50%を与える停止線通過必要時間と必要減速度を用い、停止線通過必要時間による停止確率50%以上かつ必要減速度による停止確率50%以下となる領域（以下では「実測による判断基準時間、必要減速度を考慮したジレンマゾーン」）と停止線通過必要時間による停止確率50%以下かつ必要減速度による停止確率50%以上となる領域（以下では「実測による判断基準時間、必要減速度を考慮したオプションゾーン」）を新たな危険領域として定義し、定義した危険領域と事故との関係を示す。

図6、図7、図8には、停止確率50%を与える停止線通過必要時間と必要減速度を用いて黄信号開始時の位置－速度平面を分割することで、新たに定義した危険領域を示した図に、観測結果を重ね合わせた図を示す。図より、領域の境界線が停止判断を反映していることが伺え

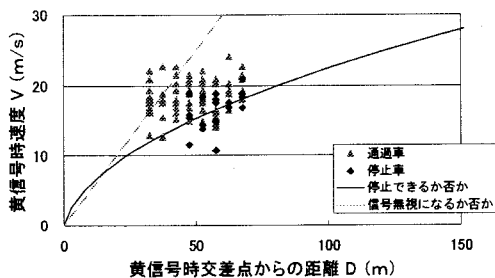


図2 東道路バイパス交差点ジレンマ・オプションゾーン

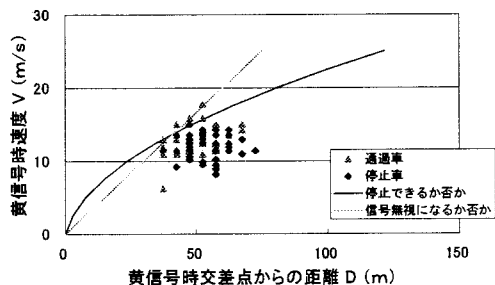


図3 大それた交差点ジレンマ・オプションゾーン

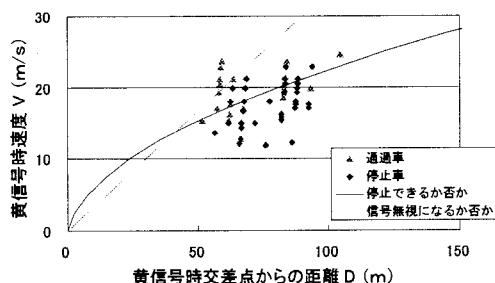


図4 空港バイパス交差点ジレンマ・オプションゾーン

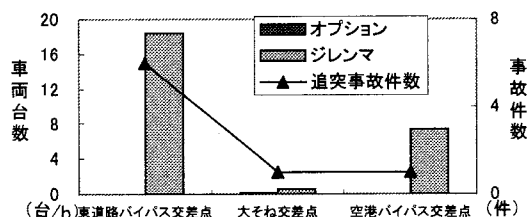


図5 追突事故件数とジレンマ・オプションゾーン

る。さらに、実測による判断基準時間、必要減速度を考慮したジレンマゾーン・オプションゾーンに存在する車両台数を、前節と同様の方法で算出した結果を図9に示す。図より、実測による判断基準時間、必要減速度を考慮したオプションゾーンに存在する車両台数に関しては事故件数との関連性を見いだすことはできないが、同じ

レンマゾーンに存在する台数については、追突事故件数と正の相関があることを確認した。すなわち、観測値を用いて定義し直した本研究による危険領域は、運転者が判断に迷うという現状を反映したものであることから、潜在的な事故発生の危険性を示す指標として、従来考えられてきたジレンマゾーンよりもより適切なものである可能性が示された。

5. おわりに

本研究では、黄信号に直面した運転者の停止判断についてモデル化し、モデル推定を通して、運転者の判断基準が、従前のジレンマ・オプションゾーンにおいて考えられていた判断基準とは異なること、さらには交差点の幾何形状によっても影響を受ける可能性が高いことを示した。さらに、調査の結果から獲得した判断基準に基づいて、従前考えられていたジレンマゾーンに替わる危険領域を定義し、定義した危険領域が事故発生の危険性との関連が強いことを確認した。

なお、今回の調査では観測した交差点が3交差点に限られたため、今後さらに調査交差点を増やした上で分析を行い、本稿で獲得した結果に一般性があることを示す必要がある。また、交差点形状あるいは対向右折車や前後を走行する車両の有無といった交通条件が運転者の判断に与える影響について、また運転者の属性の違いによる停止判断の差異について、さらなる調査・解析を加えていく予定である。さらに、危険な車両接近タイミングを明確にした後には、その知見を活かした上で車両接近のタイミングを感知しながら的確なタイミングで信号切り替えを行う感応式信号制御を実現したい。

最後に、本研究は、財団法人佐川交通社会財団の支援を受けて実施しました。また調査の実施にあたっては、熊谷靖彦教授、片岡源宗助手はじめ高知工科大学の方々、ならびに千葉工業大学赤羽研究室の方々にお世話になりました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Gazis, D., Herman, R. and Maradudin, A. : The problem of the amber signal in traffic flow. Operations Res. 8, pp. 112-132, 1960.
- 2) Liu, C., Herman, R. and Gazis, D. : A review of the yellow interval dilemma. Transportation Res. A Vol.30, pp.333-348, 1996.
- 3) 齋藤威：ジレンマ回避制御方式の開発，科学警察研究所報告交通編 33(2)，pp.1-13，1991
- 4) 齋藤威：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, pp.11-22, 1994

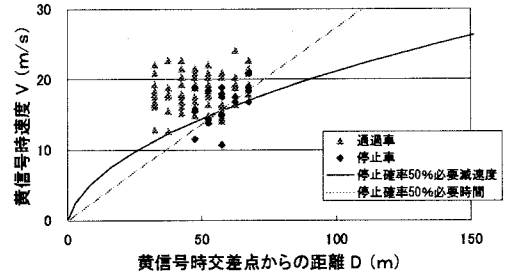


図6 東道路バイパス交差点における判断基準時間・必要減速度を考慮したジレンマ・オプションゾーン

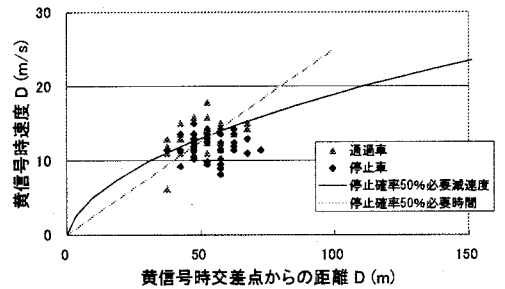


図7 大それた交差点における判断基準時間・必要減速度を考慮したジレンマ・オプションゾーン

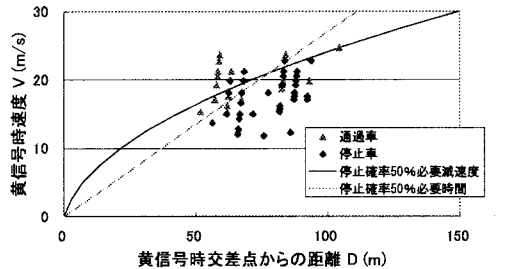


図8 空港バイパス交差点における判断基準時間・必要減速度を考慮したジレンマ・オプションゾーン

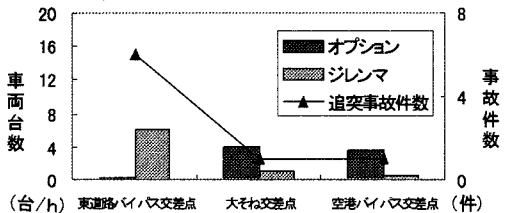


図9 判断基準時間・必要減速度を考慮したジレンマ・オプションゾーンと追突事故

- 5) 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 Vol.39, No.3, pp.63-72, 2004
- 6) 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(VI), 1997.
- 7) 重田清子, 半場信宏, 外山雅一: ジレンマ現象の計測結果について, 第 10 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.61-64, 1990
- 8) 重田清子, 齋藤威: ジレンマ現象計測装置によるデータ収集と現象解析, 第 12 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.25-28, 1992
- 9) 重田清子, 津川定之: 拡張ジレンマゾーンの提案, 第 16 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.105-108, 1996

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*

吉井稔雄**・山岡伸匡***・北村隆一****

本研究は、信号交差点への車両接近タイミングと事故発生の危険性との関連を明らかにすることを目的とする。具体的には、信号灯器の黄信号切り替わり時に交差点にさしかかった運転者が通過するか否かの判断を下す「停止判断」をモデル化し、実観測データに基づいたモデル分析を通して、運転者が停止判断に迷う交差点接近のタイミングについて分析した。分析の結果、運転者の停止判断基準には交差点による相違があることを確認し、その相違が交差点形状に依存していることを示した。さらに、観測によって求めた停止判断基準を用いて危険領域を定義し、危険領域に存在する車両台数が、従来から提案されているジレンマゾーン・オプションゾーンに存在する車両台数との比較で、より事故発生件数との関係が深いことを確認し、本研究で提案する危険領域が、事故発生の危険性を高める信号交差点への接近タイミングとしてより適切な指標となる可能性を示した。

An accident analysis of signal intersection focused on the approaching vehicles at the time when yellow starts*

By Toshio YOSHII**・Nobutada YAMAOKA ***・Ryuichi KITAMURA ****

This study tries to investigate the relationship between the timing of vehicles approaching to the signal intersection and the potential of the occurrence of accidents. The drivers' decision whether they will stop or go at the signal intersection when yellow starts is analyzed first, and it is confirmed that their decision is affected by the configuration of the signal intersection. Next, using the observation results, 'Dangerous Zone' is proposed to be defined on the space-velocity plane at the time when yellow starts. Then, it is shown that proposed 'Dangerous Zone' is more relevant to the occurrence of accidents than 'Dilemma Zone and Option Zone' which is proposed in the past.
