

平面交差点における信号切り替わり時の自動車走行挙動に基づく交通事故発生確率の評価*

An Analysis of Occurrence Probability of Traffic Accidents Based on Vehicle Behavior
at the Signal Change Interval in Signalized Intersection*

肥田 肇**・小川圭一***

By Hajime HIDA**・Keiichi OGAWA***

1. はじめに

平成 15 年、我が国における交通事故件数 947,993 件、および交通事故負傷者数 1,181,431 人は共に過去最高を記録した。¹⁾ 現代の都市交通において、交差点は道路ネットワークを構成する重要なポイントであるが、一方で交通事故や交通渋滞といった問題を抱えるウィークポイントでもある。そのような交差点に関して発生する交通事故件数は 534,193 件で、これは全交通事故件数の実に 56.3% を占める。その中でも信号機が設置されているにもかかわらず交差点内で事故が発生した事例は 178,201 件に上る。本来、信号機が設置されている交差点では信号指示によって交通流が制御され、交通事故の発生を防いでいるはずである。しかし実際には、安全に交通流を制御できるためにはドライバーが信号指示に従うことが前提であり、逆にわずか一人のドライバーが信号指示に従わなかったとしても、信号指示によって制御できたはずの交通流が妨げられる可能性が高い。そこで本研究では信号機が設置されている平面交差点を対象とし、通過自動車の挙動を観察することによって信号指示と自動車挙動の関係を分析し、信号切り替わり時における自動車挙動がどれ程危険を招いているかを計測することを目的とする。

2. 対象交差点の分析

(1) ビデオ撮影による調査

信号指示と自動車挙動の関係を知るため、ビデオ撮影を実施した。撮影の対象となる交差点の条件は以下の項目を設定した。

- (a) 信号が備わっている交差点であること
- (b) 十字交差の交差点であること
- (c) 各進入方向の交通量の差が大きくないこと
- (d) 変形交差点ではないこと
- (f) 通過する交通量が少なすぎないこと
- (g) ビデオ撮影に適していること

これら条件を満たす交差点として、京都府京都市南区の京都環状線（十条通）と烏丸通が交差する十条烏丸交差点を対象地点とした。調査は平成 16 年 12 月 1 日に行い十条通東側に設置されている歩道橋の上から、8 時 30 分～10 時 30 分、13 時 00 分～15 時 00 分、16 時 00 分～18 時 00 分の 3 セットで交差点ほぼ全体を撮影した（図 1）。この撮影により、十条通を西から東方向へ走行する車両について各時間帯の通過交通量、交差点通過時の走行挙動を知ることができた。また信号機を同時に撮影したことで、信号指示と自動車の走行挙動の関係を知ることが可能となった。撮影当日の 1 時間あたりの交通量は平均 594.4 台であり、時間帯による大きな差は発生していなかった。なお信号制御は標準 2 現示であり、矢印表示などによる制御は行われていない。

*キーワード：交通行動分析、交通安全、
交通制御、交通管理

**学生員、立命館大学大学院理工学研究科
環境社会工学専攻

(滋賀県草津市野路東1-1-1、TEL 077-566-1111、
アドレス rv008012@se.ritsumei.ac.jp)

***正員、博士（工学）

立命館大学理工学部都市システム工学科
(滋賀県草津市野路東1-1-1、

TEL077-561-5033、FAX077-561-2667)

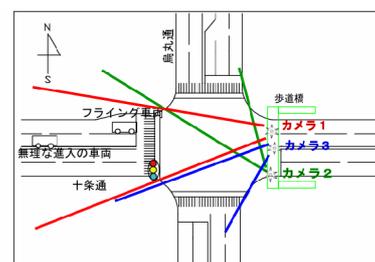


図 1 十条烏丸交差点の撮影範囲

(2) フライング挙動の分析

信号切り替わり時において、本来自動車が発進し交差点内に入し始めるのは、信号が青に変化した瞬間以降でなければならない。しかし現実には信号が青に変化する以前に発進し始める自動車が存在する。この時交差点で交わるもう一方の路線は赤信号であるとは限らず、未だ自動車が通過中である可能性も存在する。この自動車挙動を本研究では「フライング」と称し、対象交差点でどれ程フライングが発生しているかビデオ画像を用い計測した。

計測の結果、調査対象である西→東方向において発生したフライングは6時間で45件であった。1サイクルあたり0.28回発生している計算となる。このフライングを分析した結果、車種や進行方向に関わらずフライングを起こしていることが判明した。

(3) 無理な進入の分析

交差する路線の信号が青に変わっているのにも関わらず、交差点に残留してしまう自動車挙動は交通流の大きな妨げになる。また先に調査したフライングとともに、信号切り替わり時での交差点における危険要素ともなる可能性がある。そこで本研究では、信号切り替わり時に交差側の路線に影響を及ぼすと考えられる交差点内への進入を「無理な進入」と称し、対象交差点でどれ程の無理な進入が発生しているかビデオ画像を用い計測した。撮影対象路線はフライングと同じく西→東方向である。

計測の結果、無理な進入は合計129件発生し1サイクル平均0.80台の割合で発生していることがわかった。交差点内の交通流は本来信号によって円滑に制御されているべきであるが、これだけ無理な進入が発生するのであれば危険を及ぼしている可能性は高いと考えられる。

3 信号切り替わり時における事故発生確率の算出

(1) 危険性の定量化

フライングや無理な進入の発生件数からも、信号切り替わり時の交差点内は危険な状態であることがわかる。ただし同じ時間帯に発生しているどちらの事象も、単独の問題として扱ってしまえば、互いの影響が考慮されず交差点全体としての危険性が示されにくい。そ

のため本研究では、どちらの事象も発生しうる信号切り替わり時の危険を重点的に分析する。また自動車が危険を冒した末に起こす結末を接触事故として、接触する確率がどれ程あるかで交差点全体の危険性を定量化することとした。

具体的には、十条通・西→東方向と同じ性質の路線が四つ交わると仮定される交差点において、信号切り替わり時に自動車対自動車の接触確率がどれ程あるかを算定することにする。

(2) 確率算出の方法

まず仮想交差点の4方向を構成する基礎となる十条通・西→東方向の自動車挙動を把握しなければならない。接触確率を求める時間帯が信号切り替わり時であるので、当然自動車挙動を把握する時間帯も信号切り替わり時を用いなければならない。十条烏丸交差点の全赤時間、黄時間はいずれも3秒であるので、仮想交差点についてもこれと同様に設定する。仮想交差点の信号表示の時間的变化と、対象時間帯を図2に示す。

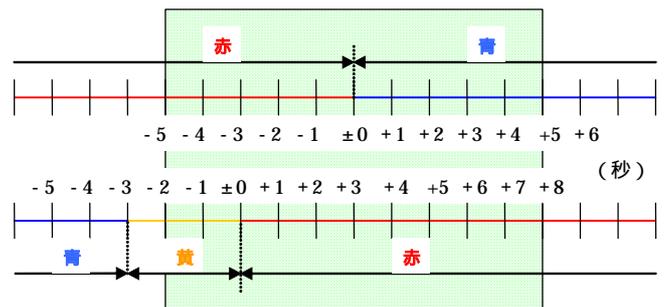


図2 信号表示と対象時間帯

青信号になる前 - 5.0 秒から + 5.0 秒の間、および赤信号になる前 - 2.0 秒から + 8.0 秒間の交差点内における自動車の走行挙動をそれぞれ 0.5 秒ごとにわけて分析する。これは、前章の分析においてフライング・無理な進入が発生している時間帯に相当する。走行挙動はビデオ画像を見ることで得られるが、接触確率を導くため、走行挙動自体を数値化する必要がある。数値化のための方法は以下の通りである。

対象交差点を123個の領域に分け(図3)、上記の対象時間帯について0.5秒ごとに各領域に自動車が存在するか存在しないかを調べる。各領域は一辺2.8m(十条通追い越し車線の幅員を基準とする)で作成した。ビデオ画像をもとに、この操作で140サイクルのデータを集めた。これにより、時刻別に1サイクルあたりの自動車存在確率が導かれる。

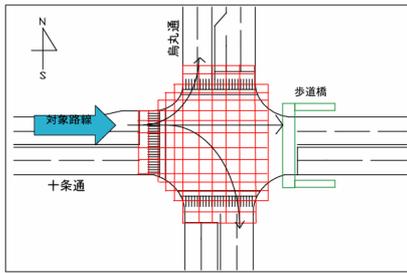


図3 走行挙動を把握するための領域（簡略図）

このようにして導かれた自動車存在確率を利用し、仮想交差点での接触確率を導く。導いた1方向の自動車存在確率を用いて、仮想交差点の4路線に適用する。仮想交差点の南北路線にフライング、東西路線に無理な進入が行われる信号切り替わり時を想定し、0.5秒毎の各時刻における自動車存在確率を示す。複数の路線の自動車存在確率が重なる領域は接触確率があると言え、自動車存在確率を掛け合わせることで交差点内の接触確率を導いた。

この確率算出方法を、計算過程を含めてさらに詳しく解説する。

a) まず仮想交差点に発進と進入の動きを発生させなければならない。そこで仮想交差点において、東西路線は信号が青から赤へ変化をするときの進入の動き（以下進入と称す）南北路線は信号が赤から青へ変化をするときの発進の動き（以下発進と称す）が起こる路線として、信号切り替わり時の関係を設定する。（図4）

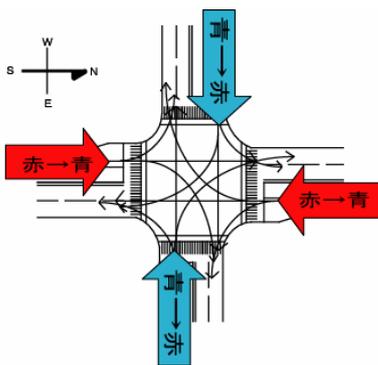


図4 仮想交差点と信号変化

b) 図2の信号表示の時間的な変化から、同時刻となる発進と進入の自動車存在確率を取り上げる。例えば発進が+5.0秒のとき、進入は+8.0秒となる。（今後の説明でもこの時間帯を使い説明する）この時点では図5のように発進、進入とも西→東方向での想定となっている。

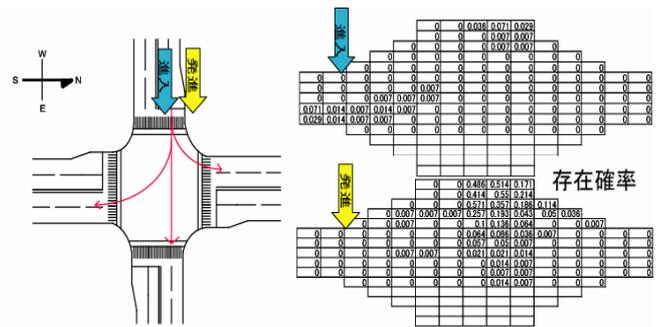


図5 接触確率算出方法1

c) 進入の自動車挙動は東西路線の自動車挙動なので問題ないが、発進は南北路線での自動車挙動であるため、発進の自動車存在確率を北→南・南→北各方向に適用させる。（図6）

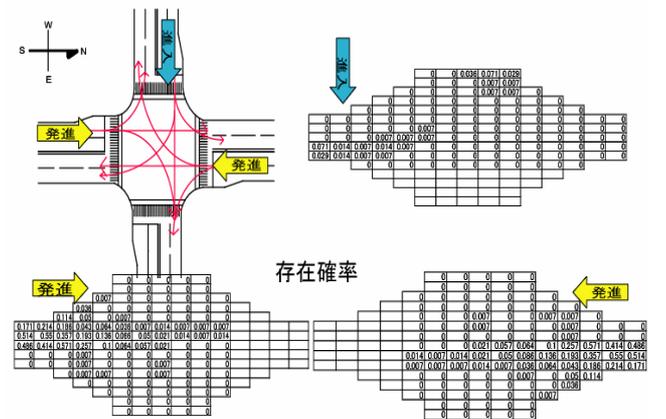


図6 接触確率算出方法2

d) 西→東方向と南→北方向、西→東方向と北→南方向の二組の接触確率を求める。123個の領域における自動車存在確率は発進と進入それぞれに存在しているので、同じ領域にある自動車存在確率を掛け合わせることで、二組の接触確率を求めることができる。（図7）

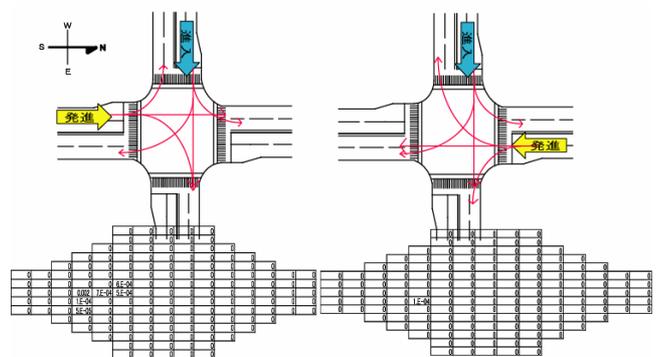


図7 接触確率算出方法3

e) d)で求めた二組の接触確率を足し合わせることで、西→東方向の進入と、南北路線の発進との接触確率が導かれる。（図8）

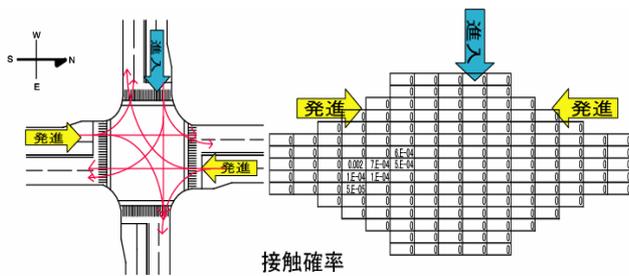


図8 接触確率算出方法4

f) 東→西方向について考える。仮想交差点での接触確率は、既に導いた西→東方向と南北路線による接触確率と、東→西方向と南北路線の接触確率とが点対称の関係を持つことになる。つまり西→東の進入路線に伴う接触確率を点対称に回転させれば、東→西方向の進入に伴う接触確率となるのである。そして、これによって求められた西→東方向の進入に伴う接触確率と、東→西方向の進入に伴う接触確率を足し合わせることで、仮想交差点全体での接触確率を導くことができる。(図9)

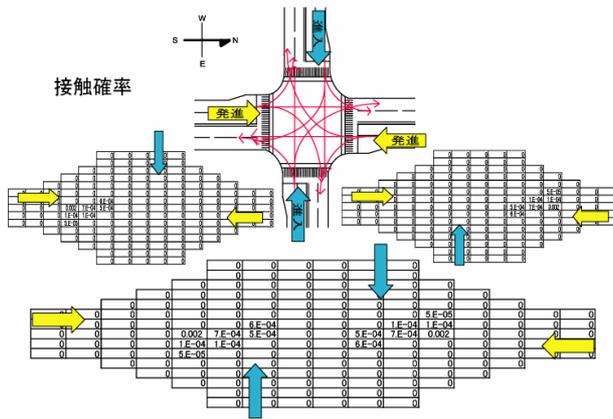


図9 接触確率算出方法5

(3) 算出結果

このようにして接触確率を求めた結果、対象時間とした信号切り替わり時の、すべての時刻において交差点のいずれかの領域で接触事故が発生する確率があるという結果となった。発進路線が+2.0秒になるまでの信号切り替わり時序盤・中盤では、交差点に進入する右折車両は発進してくる自動車が無いと予想し、交差点をショートカットしながら右折する傾向にあり、また発進車両も交差点中心部には到達していない。このため交差点端部で接触確率が発生する。一方、+2.5秒以降の終盤では発進車両の多くが交差点中心近くに到達し、右折車両もそれをできるだけ避けるように右折を行う。従って交差点中心部で接触確率が上昇する。

このように、どの時間帯の接触確率にも発進路線の自動車、及び進入路線の右折車両が影響を及ぼしているという結果となった。

接触確率が高い領域では0.001以上の確率を示した。仮に十条烏丸交差点で一時間あたりの平均サイクル数27サイクルを用いるならば、0.001以上の確率を示す位置では理論上1.54日以内に一回接触事故が発生することとなる。もちろん現実の交差点ではそのような頻度で接触事故が起こっているわけではない。しかし視点を変えて考えると、理論上多発するはずの接触事故が発生していないとなれば、ドライバーの危機回避行動が頻繁に発生している可能性は高いと言えるのである。

4 おわりに

本研究では信号機の設置されている平面交差点における理論的な接触事故発生確率を含め、交差点内での危険性を示すことができた。それと同時にドライバーの接触回避行動が多く行われている可能性も示すことができた。我々が普段特に意識をせず通過する交差点は、フライングや無理な進入という特殊な挙動が存在し、それが一斉に起こる信号切り替わり時は特に危険な時間帯であると言える。この研究によって本来交差点は、我々が認識している以上に危険で、ドライバーの回避行動によって交通事故が回避されている場所であることが判明したのである。

今後の課題としては今回導いた事故発生確率が、交差点の形状や交通量などといった関係を持つのか把握するために、更に対象交差点を増やし分析する必要がある。また今回対象とした交差点は交通事故多発地点ではないが、交通事故多発交差点を対象とし同様の手法で危険性を示したとき、接触確率がどのような値を示すかで、理論値の信頼性を検討する必要もある。その上でフライングや無理な進入といった、交通流と交差点内の危険性に影響を与える事象を減らすためにはどのような対策が必要か検討し、より事故発生確率の低い交差点を作り上げる必要がある。

参考文献

- 1) 財団法人 交通事故総合分析センター：交通統計、平成15年度版