

橋詰交差点における信号の視認距離と事故との関連性の分析*

Relationship between Traffic Accident and Minimum Sight Distance at Signalized Intersection with Downslope

江種基** 藤原章正*** 杉恵頼寧*** 岡村敏之***

By Moto EGUSA, Akimasa FUJIWARA, Yoriyasu SUGIE, Toshiyuki OKAMURA

1. はじめに

わが国の交通事故件数は6年連続過去最悪を更新し、今なお増加傾向にある。そのような状況下、国は平成8年度を初年度として「事故多発地点緊急対策事業」を開始し、「事故多発地点」を全国で3200箇所抽出し、道路管理者と公安委員会が連携して事故削減策を実施している¹⁾。これらの事業により、対策を行った箇所では、総じて事故件数が減少したが、個々の地点でみると必ずしも対策を行ったすべての地点や地域で効果が上がっているわけではない²⁾。例えば、広島県内の92箇所の「事故多発地点」について見ると、事故削減策の実施により1992年度から1995年度までは事故件数は減少傾向にあったが、1995年以降では、事故削減策が実施されたにもかかわらず、逆に事故件数が増加傾向にある(図1)。

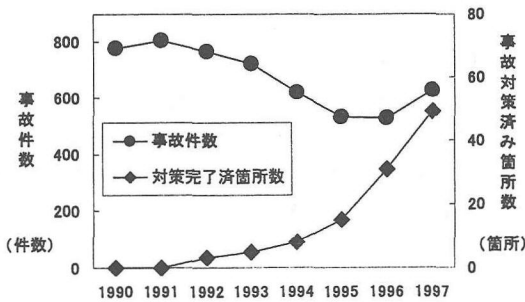


図1 広島県内の「事故多発地点」92箇所における事故件数と対策済み地点数の推移

そこで本研究では、広島県内の「事故多発地点」92箇所を対象として、まず事故多発地点調書に基づいて全地点を地点の特性により5つに類型化し、類型

別に対策前後の比較分析を行って、地点特性での対策効果の違いを明らかにする。そして、対策効果の大きいとは言えない地点として「橋詰交差点」を取り上げ、橋詰交差点に特有の下りの縦断勾配に着目して、信号の視認距離不足の発生確率を算出し、交通事故との関連性を検証することを目的とする。

2. 予備分析—広島県内事故多発地点の特徴

広島県内の92箇所の「事故多発地点」について、道路構造の諸元を判別基準として全地点を5つに分類した(表1)。そして、各類型別に「対策完了済箇所」と「未対策箇所」それぞれにおける1995年から1997年までの事故増加数を図2に示す。

表1 事故多発地点の分類

類型名	定義
①変形交差点	食い違い交差点、折れ脚交差点、及び交差角が60度以下の交差点(24)
②橋詰交差点	道路に沿って測った距離200m以内に橋が存在する地点(16)
③軌道存在交差点	対象区間内に路面電車の軌道が存在する地点(7)
④急カーブ地点	標準曲線半径が150m以下の地点(19)
⑤事故多発地点 連続交差点	事故多発地点が連続している交差点(14)

注 ()内は抽出箇所数であり、重複を認めた。

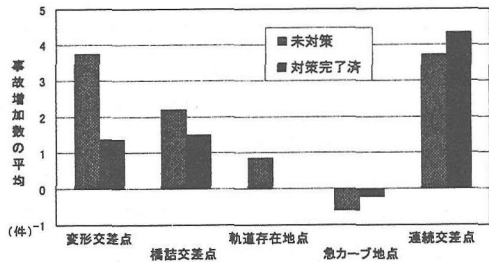


図2 対策の有無別の事故増加数(1995~1997年)

* キーワード：交通安全，視認距離不足
 ** 学生員 広島大学大学院国際協力研究科 (東広島市鏡山 1-5-1 Phone&Fax 0824-24-6922)
 *** 正会員 工博 広島大学大学院国際協力研究科 (東広島市鏡山 1-5-1 Phone&Fax 0824-24-6921)

図2より、地点類型により対策の効果が大きく異なっていることが分かる。変形交差点では事故増加数の減少が著しいが、橋詰交差点・連続交差点では対策の効果が大きいとは言えない。

3. 橋詰交差点の事故発生特性

橋詰交差点の特徴は、橋梁桁下のクリアランスを確保するための橋中央部の盛上がりにより、橋出口に急な縦断勾配が存在することである。このため橋詰交差点では追突事故の発生割合が最も高い(図3)。追突事故などの危険回避行動が遅れることにより発生する事故は、運転者が信号待ち車両による渋滞などの前方の道路状況を把握していない場合に発生することが多い。従って、ドライバーが危険回避行動を適切に行うためには、前方の道路状況を適当な距離をもって把握することが必要となる。

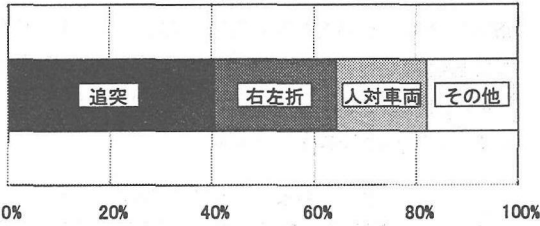


図3 橋詰交差点の事故類型別比率

橋詰交差点の事故は、橋出口の縦断勾配と前方車の存在によって信号からの情報を視認できないために発生すると推測される。

現在、道路設計においては「最小視認距離」が規定されており、信号の視認距離がこれを超えるように平面交差は設計されている³⁾。この最小視認距離は、「交差点に接近する車両が交差点を安全かつ円滑に通過するために必要とする、交差点における標識、信号が確認できる最小の距離」であり、制動停止距離を基礎として考えられている。道路構造令の採用する制動停止距離は設計速度だけで決まっており、縦断勾配による影響は少ないという理由から縦断勾配の影響は考慮されていない³⁾。すなわち最小視認距離を求める場合には、縦断勾配の影響は考えられていない。また、道路設計における視距には、交差点内および近接車線の車両などは考慮されていないため、実際の交通特性によっては視距不足が発生する

と考えられる。

そこで次章では、はじめに、ドライバーが最小視認距離の地点において信号を視認できない確率(視認距離不足の発生確率)を前方車の存在を考慮して定義し、次に、そこで用いられる最小視認距離を、勾配を考慮しない場合と考慮する場合とで算出し、それぞれの視認距離不足の発生確率を求めて比較する。最後に橋詰交差点4地点を対象に視認距離不足の発生確率と事故との関連性を検証する。

4. 視認距離不足の発生確率と事故との関連性

(1) 視認距離不足の発生確率の算定

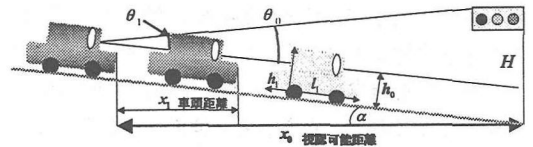


図4 分析の概念

前方車の存在する勾配 α の区間における信号視認距離を考える(図4)。 θ_0 を前方車との車間距離が十分大きい場合のドライバーが道路平行線から信号を視認するときの仰角とし、 θ_1 を前方車との車間距離が小さい場合の仰角とする。そして $\theta_0 \leq \theta_1$ となると、視野が先行車により遮断され信号の視認ができないことになる。 $\theta_0 = \theta_1$ となるときの信号からの距離 x_0 を「視認可能距離」と名付けると、 x_0 は式(1)で表される。(ここで θ の取り方に俯角と仰角が考えられるが、算出方法は等しいので本研究では仰角のみ扱うこととする。)

$$x_0 = \frac{(H \cos \alpha - h_0)}{h_1 - h_0} x_1 - \frac{l_1 \cos \alpha (H \cos \alpha - h_0)}{h_1 - h_0} + (H \cos \alpha - h_0) \sin \alpha \quad (1)$$

道路区間において α を定数とすると、式(1)は単純化され確率変数は車頭距離 x_1 だけとなる。車両の到着がポアソン過程に従うことから車頭距離は指数分布に従い、式(1)より明らかなように、視認可能距離 x_0 も指数分布に従う。そして、当該車が、信号からの距離 x の地点において信号が視認できない確率

$F(x)$ は式(2)のように表わされる。

$$F(x) = P(x_0 \leq x) = \int_{l_1}^x \lambda e^{-\lambda(u-l_1)} du = 1 - e^{-\lambda(x-l_1)}, \quad (x \geq l_1) \quad (2)$$

ここで $\lambda = 1/(\bar{x}_0 - l_1)$, \bar{x}_0 : 平均視認可能距離, l_1 : 最小視認可能距離 (=車長)

なお当該車・前方車の車両によって $F(x)$ は異なるため、交差点断面における大型車混入率 β を考慮すると、 $F(x)$ は以下のように表される。

$$F(x) = (1-\beta)^2 F_{ss}(x) + \beta(1-\beta)F_{sh}(x) + \beta(1-\beta)F_{hs}(x) + \beta^2 F_{hh}(x) \quad (3)$$

ただし、 $F_{ij}(x)$: 当該車が i 前方車が j のときの信号からの距離 x の地点で信号が視認できない確率 (s : 小型車, h : 大型車), β : 大型車混入率

(2)「視認距離不足の発生確率」への縦断勾配の影響

信号制御される交差点において信号を明確に視認しなければならない最小距離は、運転者が信号を見てからブレーキを踏むまでの時間(全反応時間)に走行する距離と、不快感を感じない程度にブレーキを踏んで停止線の手前で停止するまでに走行する距離との合計として算出される。道路構造令では、最小視認距離 S (m)は、設計速度を V (km/h), 減速度を a (m/s²), 全反応時間を t (s)として、

$$S = \frac{V \cdot t}{3.6} + \frac{1}{2a} \cdot \left(\frac{V}{3.6}\right)^2 \quad (4)$$

と表されており、都市部において $t = 6s$, $a = 0.2g$ (g は重力加速度)と仮定されている³⁾。

道路の幾何設計を行う場合に用いられている最小視認距離は式(4)で求められるが、縦断勾配の影響による制動距離の増加が考慮されていない。すなわち、図5における自重 w と勾配 α に依存する重力 $wg \sin \alpha$ と摩擦抵抗力 $f wg \cos \alpha$ (f : 縦すべり摩擦係数)が車両に働くため、制動距離はその影響を受ける。これを考慮して定式化したものが式(5)である。

$$S' = \frac{V \cdot t}{3.6} + \frac{1}{2g(f \cos \alpha - \sin \alpha)} \left(\frac{V}{3.6}\right)^2 \quad (5)$$

ここで、式(4)に合わせるため、 $f = 0.2$ を用いている。

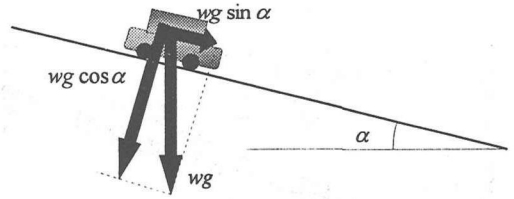


図5 自動車を受ける力

以下で、縦断勾配を考慮していない場合、考慮した場合それぞれにおける視認距離不足の発生確率 $F(S)$, $F(S')$ を、構造および交通諸量の異なる4箇所の橋詰交差点(表2)でそれぞれ求めた(図6, 図7)。

ここで、ともに道路設計の際に標準的に用いられる値³⁾を用いて、各変数を以下の通りとする。

- ・前方車の車高 h_1 : 小型車 2.0m, 大型車 3.8m
- ・車長 l_1 : 小型車 4.7m, 大型車 12m
- ・運転者の目の高さ h_0 : 小型車 1.2m, 大型車 1.8m
- ・信号機高さ H : 6.0m

図6, 図7とも、縦軸は勾配0%のときの $F(S)$, $F(S')$ を基準としており、図中ラベルの()内の数字はその交差点の縦断勾配の実測値を示している。

表2 各交差点の諸量

箇所名	α (%)	β (%)	\bar{x}_1 (m)
平野橋東	3.12	16.8	34.2
白島	2.22	9.1	36.6
先小倉	1.40	11.1	55.2
羽衣町	1.87	17.5	59.3

(α : 縦断勾配, β : 大型車混入率, \bar{x}_1 : 平均車頭距離)

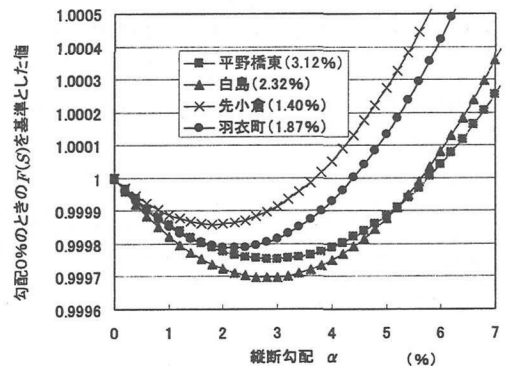


図6 最小視認距離に勾配の影響を考慮していない場合の $F(S)$ と道路勾配 α の関係

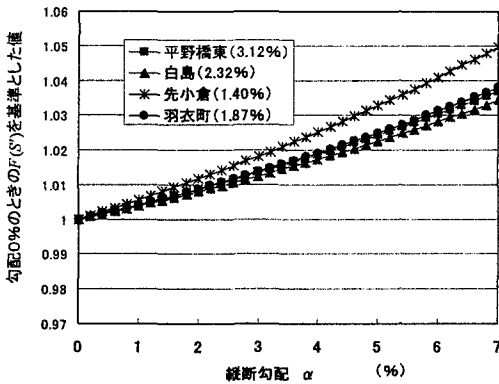


図7 最小視認距離に勾配の影響を考慮した場合の $F(S')$ と道路勾配 α の関係

図6で示される4箇所の交差点での $F(S)$ は道路勾配が0%のときよりも小さくなり、平地よりも信号視認距離不足が発生しにくいことを意味している。一方、図7ではすべての橋詰交差点で、勾配のない信号交差点より $F(S')$ が大きくなるのがわかる。つまり、平面の交差点よりも下り勾配のある交差点での視認距離不足の発生率が高くなることを示している。従って橋詰交差点で事故の多発する現状を表現するためには、縦断勾配を考慮した最小視認距離 $F(S')$ を用いることが妥当と考えられる。

(3) $F(S')$ と事故発生との関係

そこで勾配の影響を考慮した最小視認距離不足の発生確率 $F(S')$ を用いて、前述の4箇所の橋詰交差点を対象に、1990年度から1998年度までの交通事故の発生件数と $F(S')$ との関係を検討する(表3)。表3より、 $F(S')$ と事故件数との間に正の強い相関関係があることがわかる。従って、勾配区間における制動距離を考慮した最小視認距離 S' を確保することが重要であると考えられる。

箇所名	α (%)	β (%)	$F(S')$	事故件数
平野橋東	3.12	16.8	0.573	214
白島	2.22	9.1	0.433	118
先小倉	1.40	11.1	0.387	69
羽衣町	1.87	17.5	0.323	42

相関係数 0.991
(α :縦断勾配, β :大型車混入率)

5. 結論

本研究では、橋詰交差点における視認距離不足の発生確率の算定と事故件数との関係の検証を行い、視認距離不足発生と事故発生には強い関係が認められた。よって、橋詰交差点などの下り勾配のある交差点ではドライバーに早く信号情報を与えることが対策として考えられる。例えば道路施設の観点からでは補助信号を交差点の手前に設置したり、ITS技術を利用する観点では、車室内のモニタ画面に前方の道路状況を映し出すことも考えられる。

また視認距離不足の発生確率の算定に際して、制動距離を考慮することの重要性が改めて確認された。制動距離は縦断勾配だけでなく、路面の縦すべり摩擦係数にも依存することから、排水性舗装の導入により制動距離を短くする対策なども今後考えられる。

本研究では、信号視認距離を求める過程で同一車線における前方車のみを視認性低下の要因としている。しかし、信号機は同一車線上にあるとは限らない。今後は、複数車線における隣接車線の車両との関係を考慮した指標をほかの地点で適用し、有効性を検討する必要がある。

また、予備分析で事故多発地点連続交差点において対策効果あまり見られないことがわかったので連続交差点の事故発生要因を明らかにする予定である。

謝辞

最後に本研究を進めるにあたり貴重な資料を提供して頂きました。建設省広島国道事務所・建設省福山工事事務所・広島県土木建築部・広島市道路交通局の方々に厚くお礼を申し上げます。

<参考文献>

- 1)総務庁編：交通安全白書(平成11年版)，大蔵省印刷局，pp.61-63，1999
- 2)建設省・警察庁：事故多発地点緊急対策事業の概要について，<http://www.moc.go.jp/road>
- 3)道路構造令の解説と運用，日本道路協会，pp.47-58，319-320，1983