

橋詰交差点での追従走行時における追突事故の分析

倉吉市役所 ○正会員 堀之内 猛

広島大学大学院国際協力研究科 正会員 藤原 章正

広島大学大学院国際協力研究科 正会員 張 峻屹

広島大学大学院国際協力研究科 正会員 岡村 敏之

1. はじめに

我が国は平成8年度を初年度とする「特定交通安全施設等整備事業7箇年計画」において事故多発地点を抽出し、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。フォローアップ調査によれば、対策の前後で比較すると、交通事故は25%減少しているが未だに事故削減効果が見られない箇所も存在している。本研究では広島県内の事故多発地点調査より事故削減効果が見られていない箇所である「橋詰交差点」を対象に、物理的要因である橋詰交差点の縦断勾配と交通環境要因であるピーク時に発生する追従走行に着目し、事故発生と前方車に衝突せずに停止できる距離よりも短い車間距離で走行する「停止距離不足」との関連性を明らかにし、効果的な安全対策を行うことを目的とする。ここでは、危険度指標として、前方車に衝突せず停止できる距離よりも短い車間距離で走行する停止距離不足の発生確率を算出し、全国の事故多発地点データを用いて橋詰交差点の追突事故発生件数予測モデルを作成し、そのモデルの一般性を検証する。さらに作成したモデルを用いて、具体的な対策を提案し、実施後の事故件数を予測し評価する。

2. 停止距離不足の発生確率の算出方法

(1) 追従時における停止距離算出式 S'

本研究では、橋詰交差点における道路構造・交通特性が前方車に衝突せず停止できる距離よりも車間距離を不足させているという仮説に基づいて次の3点を留意して、追従時における停止距離 S' 式(1)を算定した。

- ① 縦断勾配による影響
- ② 前方車の走行速度の影響
- ③ 車間距離による反応時間遅れの影響

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

ただし、 ΔV (km/h)：前方車との相対速度、 g (m/s²)：重力加速度、 α ：縦断勾配、 l_{front} (m)：前方車の車長、 $t(h)$ ：車間距離を考慮した反応時間(式2)

$$t(h) = 0.51858 + 0.2394 \times \text{車間距離}(h) \quad (2)$$

(2) 停止距離不足発生確率の算出方法

ここで、車頭距離 H の分布は前方車の車長 l_{front} シフトした指数分布 $\phi(H) = \lambda e^{-\lambda(x-l_{front})}$ に従っていると仮定する。 λ は、

パラメータであり、道路区間の車頭距離の平均値 $\mu = 1/\lambda$ の関係を持つ。車頭距離の確率密度関数 $\phi(H)$ は、式(3)で表すことができる。

$$\phi(H) = \lambda e^{-(x-l_{front})} \quad (3)$$

停止距離 S' も同様に指数分布に従っていると仮定し、停止距離の確率密度関数 $\phi(S')$ は、式(4)のように表すことができる。

$$\phi(S') = \lambda' e^{-(x'-l_{front})} \quad (4)$$

ただし、 λ' はパラメータであり、道路区間の停止距離の平均値 $\mu' = 1/\lambda'$ の関係を持つ。

これより、車頭距離 H が停止距離 S' を確保できない確率、すなわち車頭距離の確率密度関数 $\phi(H)$ と停止距離の確率密度関数 $\phi(S')$ の差分が停止距離不足発生確率 $\Pr(S' > H)$ となる(式5)。

$$\begin{aligned} \Pr(S' > H) &= \int_{l_{front}}^{S'} \lambda' e^{-\lambda'(x-l_{front})} dx - \int_{l_{front}}^H \lambda e^{-\lambda(x-l_{front})} dx \\ &= e^{-\lambda(H-l_{front})} - e^{-\lambda'(S'-l_{front})} \end{aligned} \quad (5)$$

式(5)の停止距離不足発生確率 $\Pr(S' > H)$ を図1に示す。

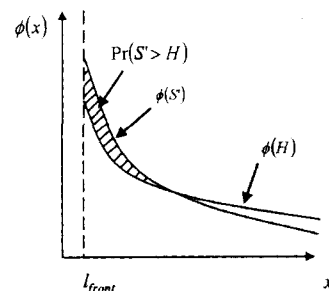


図1 停止距離不足発生確率 $\Pr(S' > H)$ の分布

前方車の車両タイプによって $\Pr(S' > H)$ は異なるため、交差点断面における大型車混入率 β を考慮し、あらためて $\Pr(S' > H)$ を表すと式(6)のようになる。

$$\Pr(S' > H) = (1 - \beta) \Pr_s(S' > H) + \beta \Pr_h(S' > H) \quad (6)$$

3. 停止距離不足発生確率を用いた追突事故件数予測

(1) 追突事故発生件数予測モデルの定式化

橋詰交差点のような流入口に下りの縦断勾配を持った信号交差点 i で発生する追突事故の発生件数 Y_i を、停止

距離の不足発生確率 Pr を説明変数としてモデル化する。ここで、実際に発生する追突事故は、車間距離が停止距離よりも不足するという問題だけで発生するとは限らないので、ある交差点における追突事故発生は、その停止距離不足以外の要因 (X_i) により発生する場合を含んでいると考え、式 (7) で定式化される。

$$\log Y_i = c + bPr_i + X_i + u_i \quad (7)$$

ここで、 Y_i : 追突事故件数 (件/年)、 Pr_i : 停止距離不足発生確率 (%), X_i : 停止距離不足以外の要因で発生する事故を表す項、 u_i : 誤差項、 c : 定数項、 b : パラメータである。

ここで、 X_i は停止距離不足以外の要因で発生する事故を表す項であるが、説明変数として、交差点の区間長と車線数を採用する (式 (8))。

$$X_i = \eta_1 z_{i1} + \eta_2 z_{i2} \quad (8)$$

ここで、 z_{i1} : 区間長 (m) の対数変換値、 z_{i2} : 車線数の対数変換値、 η_1 、 η_2 : パラメータである。

(2) 追突事故発生件数予測モデルの推定結果

一般性の検証のために、モデル推定には AHS 事故多発地点データを用いる。これは、国土交通省直轄国道の AHS 事故多発地点(仮称)の地点データと 1994 年からの 4 年間分の事故データである(交差点 4023 箇所、単路 7052 箇所)。モデル推定のために橋詰交差点を抽出を行った。ただし、橋詰交差点かどうか明確に示すものが無いため、ここでは、下りの縦断勾配を持った直線区間の信号交差点でかつ混雑度を基準とした追突事故の発生確率が有意に大きい地点を橋詰交差点として抽出した。また、混雑度により発生過程が異なるため、表 2 のように混雑度を区分し、混雑の発生する 3 区分の推定を行った (表 2)。

表 2 混雑度の区分

混雑度	交通状況の推定
0.75 未満	昼間 12 時間を通じて、道路が混雑することなく円滑に走行
0.75-1.25	昼間 12 時間のうち道路が混雑する可能性がある時間帯が(ピーク時間)あるが、何時間も混雑が連続する可能性は非常に小さい。
1.25-1.75	ピーク時間を中心として混雑する時間帯が加速度的に増加する可能性の高い状態で、ピーク時のみの混雑からの日中の連続的混雑への過渡状態と考えられる。
1.75 以上	慢性的混雑状況を指す。

表 3 モデルの推定結果

0.75-1.25					1.25-1.75				
説明変数	パラメータ	t値	判定		説明変数	パラメータ	t値	判定	
Pr	1.681	3.73	**		Pr	1.812	4.33	**	
車線数	-0.677	11.78	**		車線数	-0.680	12.75	**	
区間長	0.415	6.08	**		区間長	0.471	7.30	**	
定数項	-1.623	6.15	**		定数項	-1.752	6.62	**	
修正決定係数	0.693				修正決定係数	0.663			
交差点数	394				交差点数	433			
***:1%有意 **5%有意					***:1%有意 **5%有意				
1.75以上									
説明変数	パラメータ	t値	判定						
Pr	1.948	3.42	**						
車線数	-0.652	7.75	**						
区間長	0.623	5.79	**						
定数項	-2.072	4.85	**						
修正決定係数	0.704								
交差点数	199								
***:1%有意 **5%有意									

表 3 より、混雑が発生する混雑度領域では、 Pr のパラ

メータの符号が正であり、かつ t 値が有意で十分な説明力を持っていることから、停止距離不足と追突事故発生の関連性が認められた。

4. 安全対策の提案及び政策分析

追突事故との関連性が確認された停止距離不足の発生確率 Pr を用いて、橋詰交差点である平野橋東詰交差点を対象に交通安全対策の提案および政策分析を行う。ここで、停止距離不足が発生しない状況、つまり式 (7) における説明変数 $Pr=0$ となる状況で発生する追突事故の予測値を同時に算出する。〔平野橋東詰交差点: 区間長 170m、車線数 3 より目標値は 4.1 (件/年)〕

ここでは、信号制御についての政策分析を示す。信号現示長の変更などの信号制御により車頭距離を長く確保できると考えられる (図 2)。そこで、現在の信号現示長 (右折現示も含む) 85 秒から 95 秒にした場合における信号現示長の延長と追突事故件数予測値の関係を考察する (図 3)。

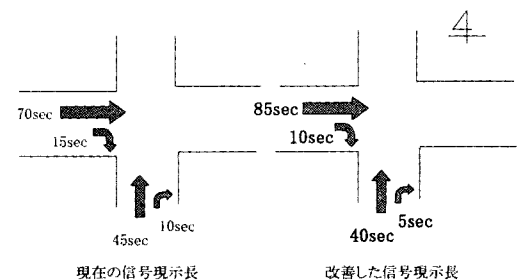


図 2 信号制御の改善方法

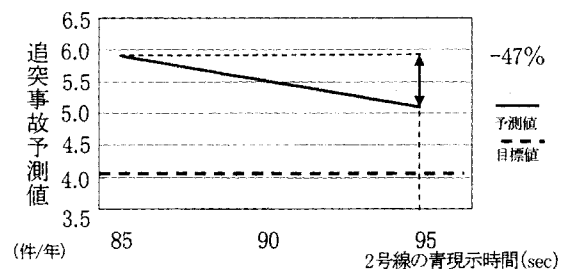


図 3 追突事故予測値と 2 号線の信号サイクル長の関係

図 3 より、信号サイクルの延長によって追突事故予測値は減少している。つまり、信号サイクルの延長は、平野橋東詰交差点直前の道路区間に存在する車両の車頭距離を長くすることができるため、停止距離とのギャップが埋まり、停止距離不足の発生確率 Pr を小さくすることができる。

5. 終わりに

追従時に前方車へ衝突せず停止できる距離よりも短い車間距離で走行する「停止距離不足」と追突事故との関連性が明らかとなった。また信号制御は追従時における追突事故削減に効果的であることが示された。