

# 生活道路の交差点部周辺における 歩行者通行位置の安全性評価

長谷川 裕修<sup>1</sup>・伊藤 菜<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 秋田工業高等専門学校准教授 土木・建築系 (〒011-8511 秋田県秋田市飯島文京町1番1号)

E-mail: hasegawa@akita-nct.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 元秋田工業高等専門学校 環境都市工学科 (平成30年度卒業)

道路交通法第十条において、歩行者は歩道(等)のない道路では右側端を通行しなければならないと定められている。ただし、右側端の通行が危険であるときやその他やむを得ないときは道路の左側端に寄って通行することができる、という例外も定められており、実際には歩行者自身の判断に委ねられている。しかし、歩行者にとってどちらを歩くのが安全であるかは自明ではない。以上の問題意識のもと、無信号かつ車両側一時停止規制がなく、見通しが悪い生活道路の交差点周辺において、歩行者の通行位置と、歩行者側道路と交差する道路を直進する車両との接触危険性との関係をモデル化し、歩行者通行位置の定量的な安全性評価を試みた。秋田市飯島長野中町を対象としたケーススタディの結果、本研究で想定する条件下では左側歩行の方が安全であることが明らかとなった。

**Key Words :** pedestrian, road safety, residential road, non-signalized intersection

## 1. はじめに

道路交通法第十条において、歩行者は歩道(等)のない道路では右側端を通行しなければならないと定められている。ただし、右側端の通行が危険であるときやその他やむを得ないときは道路の左側端に寄って通行することができる、という例外も定められており、実際には歩行者自身の判断に委ねられている。しかし、歩行者にとってどちらを歩くのが安全であるかは自明ではない。

以上の問題意識のもと、本研究は、無信号かつ車両側一時停止規制がなく、見通しが悪い生活道路の交差点周辺において、歩行者の通行位置と、歩行者側道路と交差する道路を直進する車両との接触危険性との関係をモデル化し、歩行者通行位置の定量的な安全性評価を試みるものである。

## 2. 既往研究のレビューと本研究の位置付け

これまで、交差点付近での安全性に関する研究は数多く行われてきたが、その多くは自動車に主眼をおいたものであった。高島ら<sup>1)</sup>は交差点における車両の走行特性から交通事故危険性が高く交通安全対策が必要な交差点を抽出する方法について検討し、走行速度と車間距離の定により事故多発交差点の抽出が可能であると述べてい

る。一方、高橋は交通事故例調査(マイクロデータ)を用いて、四輪車同士の交差点での出会い頭事故<sup>2)</sup>や四輪車と自転車との出会い頭事故<sup>3)</sup>について、認知可能距離を基に衝突回避の可能性を検討している。本研究は、高橋の方法論を歩行者通行位置の安全性評価に適用したものと位置付けられる。

## 3. 分析方法

### (1) 定式化

図-1 に無信号かつ車両側一時停止規制がなく、見通しが悪い生活道路の交差点周辺において、道路右側を歩行する歩行者(右歩)と右から左に向かう車両(車左)が衝突する事故を想定した模式図を示す。ここで、歩行者は交通安全行動に未習熟な幼児を想定して、常に一定の歩行速度 $V_p$  (km/h) で図の垂直方向に直進すると仮定する。また、車両は歩行者を認知可能な地点Aに走行速度 $V_A$  (km/h) で到達したのち、一定の反応時間を経てブレーキをかけるものとし、ハンドル操作は行わないと仮定する。なお、衝突回避の可能性も含めて、車両・歩行者ともに大きさや形状は考慮せず、点とみなす。

図-1 に示したように、Aと歩行者の認知可能地点Pおよび遮蔽物Oの端点 $O_0$ が一直線上にあるときに車両運転手が最も早く歩行者を認知可能となる。このとき、 $O_0$

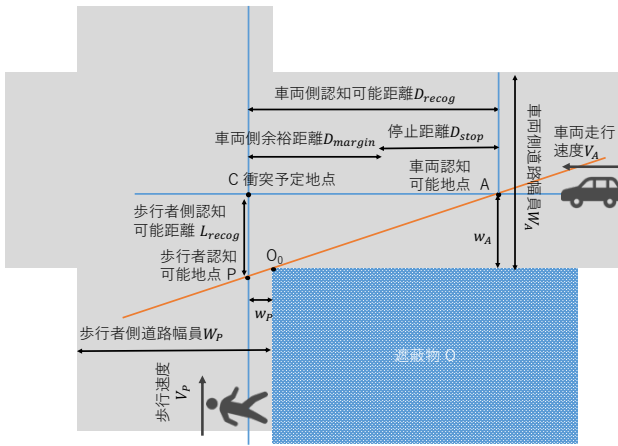


図-1 事故模式図

(右側歩行・車両進行方向左・隅切なし)

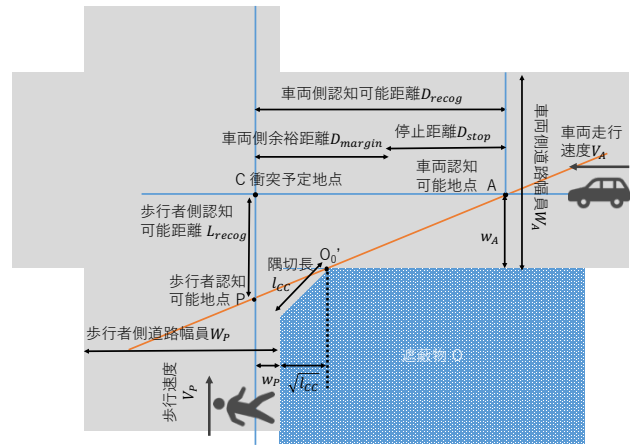


図-2 事故模式図

(右側歩行・車両進行方向左・隅切あり)

と A との垂直距離を  $w_A$  (m),  $O_0$  と P との水平距離を  $w_P$  (m) とする. また, 歩行者が  $V_P$ , 車両が  $V_A$  でそのまま進んだ場合に時刻  $t_C$  (s) において衝突する衝突予定地点 C と A との距離を車両側認知可能距離  $D_{recog}$  (m) とすると,  $D_{recog}$  は次のように求められる.

$$\frac{w_A}{D_{recog} - w_P} = \frac{V_P \times t_C}{V_A \times t_C} \quad (1)$$

$$D_{recog} = w_P + \frac{V_A}{V_P} w_A \quad (2)$$

続けて隅切のある場合の定式化を行う. 図-2 に図-1 の遮蔽物 O の角に隅切があることを想定した模式図を示す. 隅切長を  $l_{CC}$  (m) とすると, O の端点は元の位置から右に  $\sqrt{l_{CC}}$  移動する. 移動後の点を  $O_0'$  とすれば,  $O_0'$  と P との水平距離は  $w_P' = w_P + \sqrt{l_{CC}}$  (m) となる. これを(1)式の  $w_P$  に代入すれば, (3)式を得る.

$$D_{recog} = w_P + \frac{V_A}{V_P} w_A + \sqrt{l_{CC}} \quad (3)$$

一方, 車両が歩行者を認識してから停止するまでに移動する停止距離(m)  $D_{stop}$  は,  $t_r$ : 反応時間(s),  $g$ : 重力加速度( $9.8m/s^2$ ),  $f$ : 縦すべり摩擦係数として, 道路構造令における制動停止視距を援用し, (4)式で求める. なお, (4)式中の右辺第一項はブレーキが効き始めるまでの空走距離を, 第二項は制動距離を表す.

$$D_{stop} = \frac{V_A t_r}{3.6} + \frac{V_A^2}{2gf(3.6)^2} \quad (4)$$

安全性を表す指標として, (5)式で表される車両側余裕距離(m)  $D_{margin}$  を定義する.

$$D_{margin} = D_{recog} - D_{stop} \quad (5)$$

$D_{margin} > 0$  であれば, 歩行者が C に到達したとき, 車両は C より手前で停止可能であり, 衝突を回避できる. この場合, 絶対値が大きいほど安全である. また,  $D_{margin} = 0$  であれば, 歩行者が C に到達したときにちょうど車両も C に到達して衝突する.  $D_{margin} < 0$  であ

れば, 歩行者が C に到達したときには車両は通り過ぎていく. この場合も, 絶対値が大きいほど衝突の可能性は低い. 本研究では, 道路運送車両法で定められる小型乗用車を基準として, その車長 4.7m の範囲内で衝突の可能性が生じると考え, C を原点として  $D_{margin}$  が  $\pm 2.35m$  の範囲を危険, それ以外を安全とする.

## (2) ケーススタディ

秋田工業高等専門学校に隣接する住宅地であり, 同校生による通学路利用が多い秋田県秋田市飯島長野中町内の交差点のうち, 見通しを阻害する遮蔽物があり, かつ, 車両側に一時停止規制がない交差点 63 箇所を抽出し, ケーススタディの対象とした.

計算条件は交差点ごとに最大 16 通り (歩行位置・車両進行方向・反応時間・路面状態各 2 水準) である. 表-1 に隅切と遮蔽物の条件別に分類した計算条件を, 表-2 に対象交差点の分類を示す.

表-1 計算条件の分類 (単位: 通り)

	隅切			
	1両方	2右のみ	3左のみ	4なし
遮蔽物				
1両方	16	16	16	16
2右のみ	8	8	8	8
3左のみ	8	8	8	8

表-2 対象交差点 63 箇所の分類 (単位: 箇所)

	隅切			
	1両方	2右のみ	3左のみ	4なし
遮蔽物				
1両方	34	4	4	7
2右のみ	3	3	1	1
3左のみ	2	1	3	0

表-1 および表-2 の隅切条件を  $i = 1, 2, 3, 4$  で, 遮蔽物

条件を  $j = 1, 2, 3, 4$  で表し、表-1 の要素を  $a_{ij}$ 、表-2 の要素を  $b_{ij}$  とすると、計算パターン総数は  $\sum a_{ij}b_{ij}$  で表され、896 通りとなる。

(2) 車両側余裕距離の計算条件

図-3 に本研究で想定する歩行位置の模式図を示す。歩行者は道路縁から 0.5m の位置を  $V_p = 4.36^4)$  で歩行すると仮定する。右側歩行・車両進行方向左と左側歩行・車両進行方向右の場合は  $w_p = 0.5$  となり、左側歩行・車両進行方向左と右側歩行・車両進行方向右の場合は  $w_p = W_p - 0.5$  となる。ここで、 $W_p$  は歩行者側道路の道路幅員(m)である。

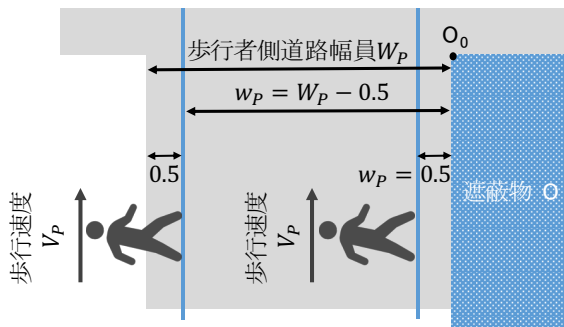


図-3 歩行位置模式図

図-4 に車両位置の模式図を示す。車両は運転手座席位置が道路縁から 1.5m の位置を法定速度  $V_A = 30$  で走行すると仮定する。よって、車両進行方向左の場合  $w_A = 1.5$ 、車両進行方向右の場合は  $w_A = W_A - 1.5$  となる。ここで、 $W_A$  は車両側道路の道路幅員(m)である。

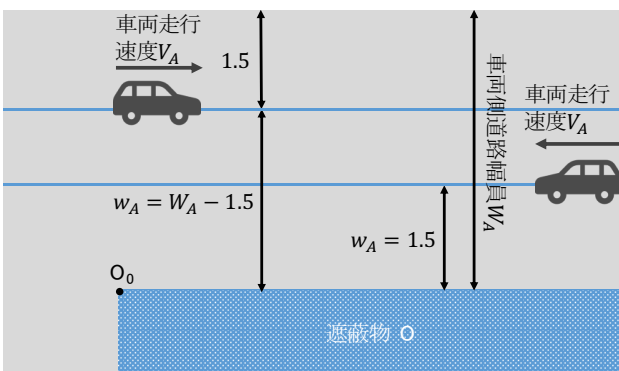


図-4 車両位置模式図

反応時間は通常反応の場合 (通常)  $t_r = 0.75^1)$ 、反応が遅れた場合 (遅れ) として  $t_r = 2.50^1)$  を用いる。縦すべり摩擦係数はアスファルトの乾燥路面の場合 (乾燥)  $f = 0.70^3)$ 、湿潤路面の場合 (湿潤)  $f = 0.45^3)$  を用いる。隅切長は  $l_{CC} = 2$  (m) とする。また、交差点は全て直交し、遮蔽物 O の内角は  $90^\circ$  であると仮定する。

それぞれの交差点における歩行者側および車両側道路幅員は、GIS 上で数値地図 (国土基本情報) の道路中心線データが交差する箇所から半径 10m の位置における幅員 (道路構成線データ) を用いて計測した (図-5)。



図-5 道路幅員計測方法

道路幅員計測において、上述した計測方法を適用出来ない例外的なケースが以下の 4 種類 (延べ 7 箇所) あった。

1. 車両進行方向右における車両側道路幅員計測位置が隅切部であった (3 箇所)
2. 車両進行方向左における車両側道路幅員計測位置が隅切部であった (1 箇所)
3. 車両進行方向左における車両側道路幅員計測位置が隅切部であった (2 箇所)
4. 車両側道路が湾曲部であった (1 箇所)

これらの例外への対処として、それぞれ以下に示す計測方法を適用した。

1. 道路中心線データが交差する箇所から半径 5m 地点での道路幅員を計測した
2. 道路中心線データが交差する箇所から半径 4m 地点での道路幅員を計測した
3. 道路中心線データが交差する箇所から半径 5m 地点での道路幅員を計測した
4. 直線部であると仮定して道路中心線データが交差する箇所から半径 10m 地点での道路幅員を計測した

図-6 に計算パターン別の道路幅員の分布を示す。図の横軸は歩行者側道路幅員、縦軸は車両側道路幅員である。車両側道路幅員は 4m から 7m に集中しているのに比べて、歩行者側道路幅員はバラツキが大きいことが分かる。

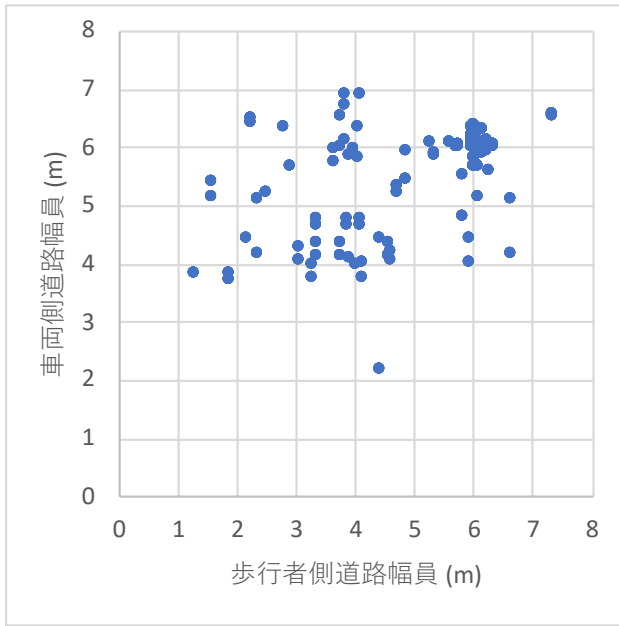


図-6 計算パターン別道路幅員の分布

以上の計算条件および(2)~(5)式から、車両側余裕距離と計算条件との関係式を得る。(6)式は隅切のない場合の、(7)式は隅切のある場合の関係式である。

$$D_{margin} = w_p + 6.88w_A - 8.33t_r - \frac{3.54}{f} \quad (6)$$

$$D_{margin} = w_p + 6.88w_A - 8.33t_r - \frac{3.54}{f} + \sqrt{2} \quad (7)$$

#### 4. 結果と考察

表-3 に歩行位置別の危険率の算出結果を示す。左側歩行時に比べ、右側歩行時の方が危険率は高い。以上より、本研究で想定する条件下においては、車両の進行方向別の出現率が同程度であるならば、左側歩行の方が安全であることがわかった。この結果についてより詳細に検討するため、実験条件ごとに右側歩行と左側歩行のどちらが危険であったかを集計する(表-4、表-5、表-6)。

表-3 歩行位置別の危険率

	安全	危険	危険率
右側歩行	333	115	25.7%
左側歩行	401	47	10.5%

表-4 に車両進行方向別の分類結果を示す。これより、右側歩行・左側歩行ともに車両進行方向左に比べ、車両進行方向右の方が安全であるといえる。この結果について考察を行う。遮蔽物 O の端点  $O_0$  と車両認知可能地点 A との垂直距離  $w_A$  は、車両側道路幅員  $W_A$ (m) とすると、車両進行方向左の場合  $w_A = 1.5$ 、車両進行方向右の場合は  $w_A = W_A - 1.5$  となることから、 $W_A > 3$  であれば、

車両進行方向左の場合に比べ、車両進行方向右の場合の方が大きくなる。また、前掲の図-6 のように、車両側道路幅員はほとんど 3m 以上であった。さらに、(6)式および(7)式の右辺第 2 項にあるとおり、 $D_{margin}$  算出式における  $w_A$  の係数は 6.88 であり、 $w_A$  の値が他の変数と比べて大きいこともあって  $D_{margin} > 2.35$  となるケースが増え、車両進行方向右の方が安全となったと考えられる。

表-4 車両進行方向別の分類 (単位: 通り)

	車両進行方向	
	右	左
右側歩行・安全	206	127
左側歩行・安全	207	194
右側歩行・危険	14	101
左側歩行・危険	13	34

表-5 に反応時間別の分類結果を示す。これより、右側歩行・左側歩行ともに通常反応の場合に比べ、反応が遅れた場合の方が安全であるといえる。

表-5 反応時間別の分類 (単位: 通り)

	反応時間	
	通常	遅れ
右側歩行・安全	123	210
左側歩行・安全	188	213
右側歩行・危険	101	14
左側歩行・危険	36	11

この要因として、本研究では、歩行者が衝突予定地点 C に到達したとき、車両が C より手前で停止している場合に加えて、車両が通り過ぎている場合も、絶対値が大きいほど衝突の可能性は低いと考え、分類を行ったことが挙げられる。反応時間は(6)式および(7)式における右辺第 3 項に含まれ、右辺第 3 項は反応遅れの場合は  $-20.825$ 、通常反応の場合は  $-6.2475$  であることから、反応遅れの場合は  $D_{margin} < -2.35$  となるケースが増え、反応遅れの場合に安全であると考えられる。

表-6 に路面状態別の分類結果を示す。

表-6 路面状態別の分類 (単位: 通り)

	路面状態	
	乾燥	湿潤
右側歩行・安全	158	175
左側歩行・安全	214	187
右側歩行・危険	66	49
左側歩行・危険	10	37

表-6 より、右側歩行においては湿潤路面、左側歩行においては乾燥路面の方が安全な傾向はあるものの、路面状態の違いによる影響は大きくない。路面状態は(6)式および(7)式における右辺第4項に含まれ、右辺第4項は湿潤路面の場合は $-7.8735$ 、乾燥路面の場合は $-5.0615$ であることから、その他の計算条件に比べ、車両側余裕距離の算出結果に与える影響は小さかったと考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、歩行者通行位置の定量的な安全性評価を目的として、無信号かつ車両側に一時停止規制がなく、見通しが悪い生活道路の交差点周辺において、歩行者の通行位置と、歩行者側道路と交差する道路を直進する車両との接触危険性との関係をモデル化した。その結果、本研究で想定する条件下においては、車両の進行方向別の出現率が同程度であるならば、左側歩行の方が安全であることがわかった。

抜け道交通や業務交通の少ない生活道路においては、曜日別・時間帯別・方向別にある程度パターン化された交通が繰り返されることが想定される。ETC2.0 データ

等によるこれらの実交通状況調査結果と、道路反射鏡の効果等を把握し、本研究の成果と組み合わせることにより、生活道路においてより安全性の高い歩行位置を提示することができるようになると期待される。

今後の課題としては、単路部での安全性も含め、生活道路での総合的な検討が必要であると考えている。

## 参考文献

- 1) 高島一彦・古池弘隆・森本章倫：交差点における自動車の走行特性からみた交通事故の潜在的危険性に関する分析，土木学会論文集，No.716/IV-57，pp.39-52，2002
- 2) 高橋昭夫：マイクロ事故データを活用した四輪車の出会い頭事故の分析，自動車技術会論文集，Vol.48，No.6，pp.1285-1290，2017
- 3) 高橋昭夫：自転車と四輪車の出会い頭事故，イタルダイインフォメーション，No.122，pp.1-12，2017
- 4) 田中敦士・奥住秀之：小児歩行の発達的变化，Equilibrium Research，Vol.55，No.3，pp.270-274，1996
- 5) 江守一郎：交通事故工学，技術書院，p.43，1974

(2019.3 受付)

## SAFETY EVALUATION OF PEDESTRIAN TRAFFIC LOCATION AROUND NON-SIGNALIZED INTERSECTION OF RESIDENTIAL ROAD

Hironobu HASEGAWA and Sai ITO