

## 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

### Safety Evaluation of Pedestrians' Walking Position Around Non-signalized Intersection of Residential Road

長谷川 裕修<sup>1</sup>, 伊藤 菜<sup>2</sup>, 田村 亨<sup>3</sup>

Hironobu HASEGAWA<sup>1</sup>, Sai ITO<sup>2</sup>, Tohru TAMURA<sup>3</sup>

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、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。

In Japan, Article 10 of the Road Traffic Law stipulates that pedestrians must use the right edge of a road without sidewalks. It should be noted that there is an exception that when the right side of the road is dangerous or there is no other choice, the pedestrian is allowed to move to the left side of the road, and the decision is left to the pedestrian. Nevertheless, it is not obvious which is safer for pedestrians to walk.

Based on the above problem consciousness, this paper proposes a model for the relationship between pedestrians' walking position and the risk of contact with vehicles running straight on the intersection of a residential road where there is no signal, no stop restriction on the vehicle side, and poor visibility. The proposed model was applied for a case study in Iijima-Naganonaka-cho district in Akita City, and quantitative safety evaluation of pedestrians' walking position was tried. As a result of the analysis, it has been found that the left side walking was safer under the condition assumed in this study.

**Keywords:** 歩行者, 交通安全, 生活道路, 無信号交差点

Pedestrian, Traffic 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、特に経験・知識に乏しい幼児・児童にとってはこちらを歩

くのが安全であるかは自明ではない。

交通事故総合分析センターの山口<sup>1)</sup>は歩行中の交通事故による死傷者数が1995年と2015年の2時点で共通して7歳児に多いことを指摘し、その原因として小学校入学後に登下校を含め保護者の付き添いなしでの行動機会が増えることを挙げている。また、2015年の歩行中の死傷者数の道路形状ごとの構成率を示し、全ての年齢階層で交差点および交差点付近が最も多く半分以上を占めて

---

1 正会員, 博士 (工学), 秋田工業高等専門学校

Member, Dr. Eng., National Institute of Technology, Akita College

〒011-8511 秋田県秋田市飯島文京町 1-1 e-mail: hasegawa@akita-nct.ac.jp Phone: 018-847-6067

2 非会員, 元秋田工業高等専門学校 (平成 30 年度卒業)

Non-member, Former National Institute of Technology, Akita College (Graduated in 2018FY)

3 正会員, 工学博士, 北海商科大学

Member, Dr. Eng., Hokkai School of Commerce

いることを明らかにしている。そして、子どもの歩行中の交通事故を減らすための対策として、小学校入学までに保護者が子どもと一緒に通学路を歩きながら安全指導することを提案している。しかし、リスクの高い交差点および交差点付近において、どのような歩行位置を取るのかが安全かを検討した研究は筆者らの知る限りなく、多くの保護者にとっても明らかではないであろう。

以上の問題意識のもと、本研究は、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、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>2)</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>3)</sup>や四輪車と自転車との出会い頭事故<sup>4)</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。ただし、高橋は事故発生地点を対象とした事後分析を行っているのに対して、本研究では事前の安全性評価を目的としている点に大きな相違がある。

## 3. 分析方法

### 3.1 定式化

図1に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、道路右側を歩

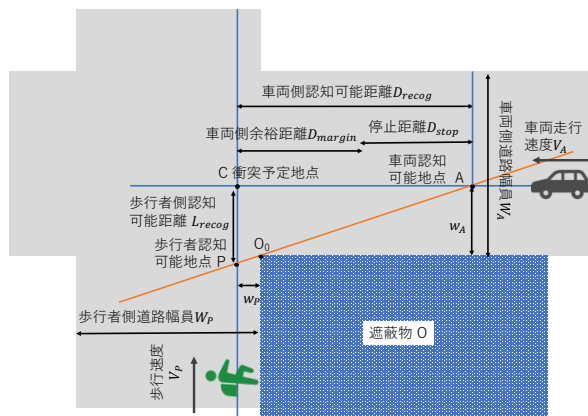


図1 事故模式図（右歩・車左・隅切なし）

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・児童を想定して、常に一定の歩行速度  $V_p$  (km/h) で図の鉛直方向を上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、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、 $O_0$  と A との鉛直距離を  $w_A$  (m)、 $O_0$  と P との水平距離を  $w_P$  (m)、時刻 0 (s) 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経過時間  $t_c$  (s) において衝突する衝突予定地点 C とし、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車両側認知可能距離の定式化を行う。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場合の模式図を示す。

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  $w_P + \sqrt{l_{cc}}$  (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  $D_{stop}$  (m) は、反応時間  $t_r$  (s)、重力加

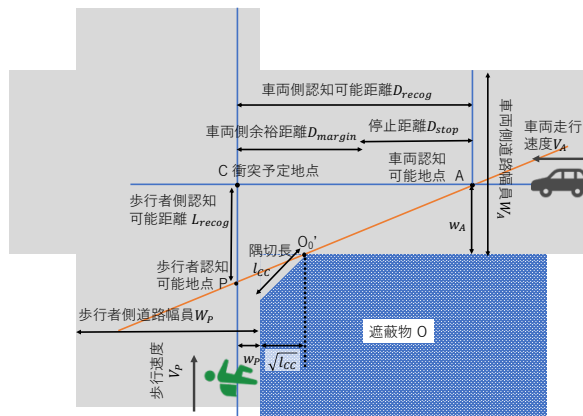


図2 事故模式図（右歩・車左・隅切あり）

速度  $g (= 9.8 (m/s^2))$ , 縦すべり摩擦係数  $f$ として, 道路構造令における制動停止視距<sup>9)</sup>を援用し, (4) 式で求める. なお, (4) 式中の右辺第1項はブレーキが効き始めるまでの空走距離を, 第2項は制動距離をそれぞれ表しており, 隅切の有無は停止距離に影響を与えない.

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

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  $D_{margin}(m)$ 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る. 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 4.7 (m) 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  $\pm 2.35$  (m) の範囲を危険, それ以外を安全と判断する.

### 3.2 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 箇所を現地踏査により抽出し, ケーススタディの対象とした. なお, 遮蔽物には建築物およびブロック塀の他, 生け垣も含まれるが, 踏査実施時点において, 遮蔽物の隙間から見通しが可能となるような状態はなかった.

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)

遮蔽物	隅切			
	1.両方	2.右のみ	3.左のみ	4.なし
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の各要素を  $a_{ij}$ , 表2の各要素を  $b_{ij}$  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.

### 3.3 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  $w_p$  の模式図 (車両進行方向左) を示す. 歩行者は道路縁から 0.5 (m) の位置を  $V_p = 4.36$  (km/h) で歩行すると仮定する. なお, 歩行位置は自動車交通量によって変化する可能性があるが, 本研究では簡便のため一定とした. また, 歩行中の死傷者数をもっとも多い7歳児の歩行速度を明記した文献が入手できなかったため, 田中・奥住<sup>9)</sup>が6歳児25名を対象として測定した結果の平均値 1.21 (m/s) を時速換算した値を用いた. 歩行位置は遮蔽物と歩行者との距離であるから, 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  $w_p = 0.5$  (m) 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  $w_p = W_p - 0.5$  (m) となる. ここで,  $W_p$  (m) は歩行者側道路の道路幅員である.

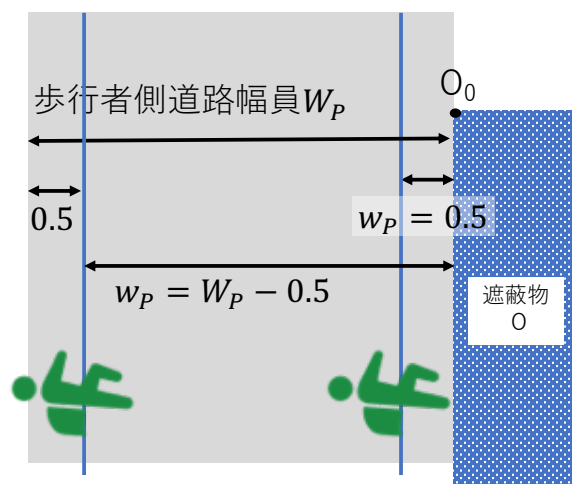


図3 歩行位置模式図 (車両進行方向左)

図4に車両位置  $w_A$  の模式図を示す. 車両は運転手座席位置が道路縁から1.5 (m) の位置を法定速度  $V_A = 30$  (km/h) で走行すると仮定する. よって, 車両進行方向左の場合  $w_A = 1.5$  (m), 車両進行方向右の場合は

$w_A = W_A - 1.5$  (m) となる。ここで、 $W_A$  (m) は車両側道路の道路幅員である。

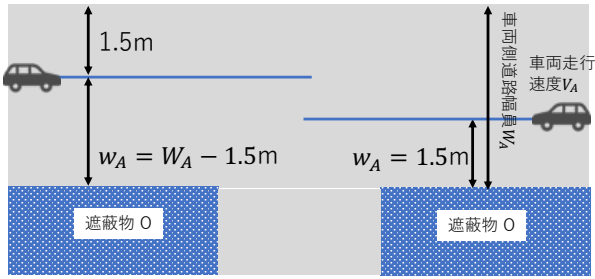


図4 車両位置模式図

反応時間  $t_r$  は通常反応の場合 (通常)  $t_r = 0.75$  (s)<sup>2)</sup>, 反応が遅れた場合 (遅れ) として  $t_r = 2.50$  (s)<sup>2)</sup>を用いる。縦すべり摩擦係数  $f$  はアスファルトの乾燥路面の場合 (乾燥)  $f = 0.70$ <sup>7)</sup>, 湿潤路面の場合 (湿潤)  $f = 0.45$ <sup>7)</sup>を用いる。隅切長  $l_{cc}$  は一律に  $l_{cc} = 2$  (m)と仮定する。また、交差点は全て直交し、隅切りが無い場合の遮蔽物 O の内角は90°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 (道路中心線データ) が交差する箇所から半径10 (m) 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)。

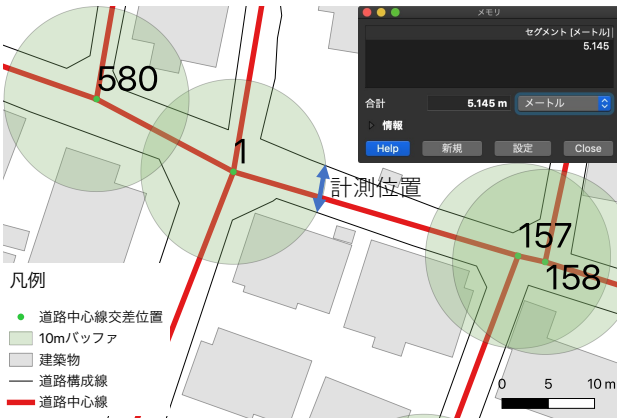


図5 道路幅員計測方法

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 5 (m) 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 4 (m) 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 5 (m) 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 10 (m) 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 4 (m) から 7 (m) 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。なお、道路幅員が 5.5 (m) を超える道路を含めて、全ての道路にて中央線はなく、道路の利用状況に差異はないため 3.1 節で示したモデルが適用可能である。

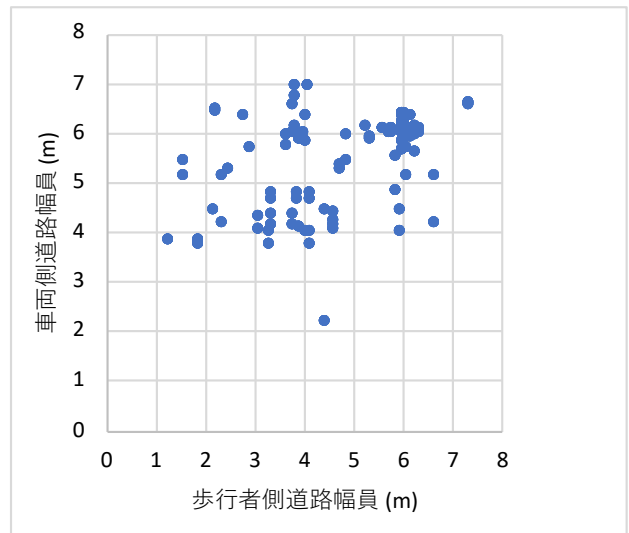


図6 計算パターン別道路幅員の分布

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を表す (6) 式および (7) 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。両式ともに右边第1項が歩行位置、第2項が車両位置、第3項が反応時間、第4項が縦すべり摩擦係数に関する項であり、(7) 式の右边第5項は隅切長に関する項である。

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

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

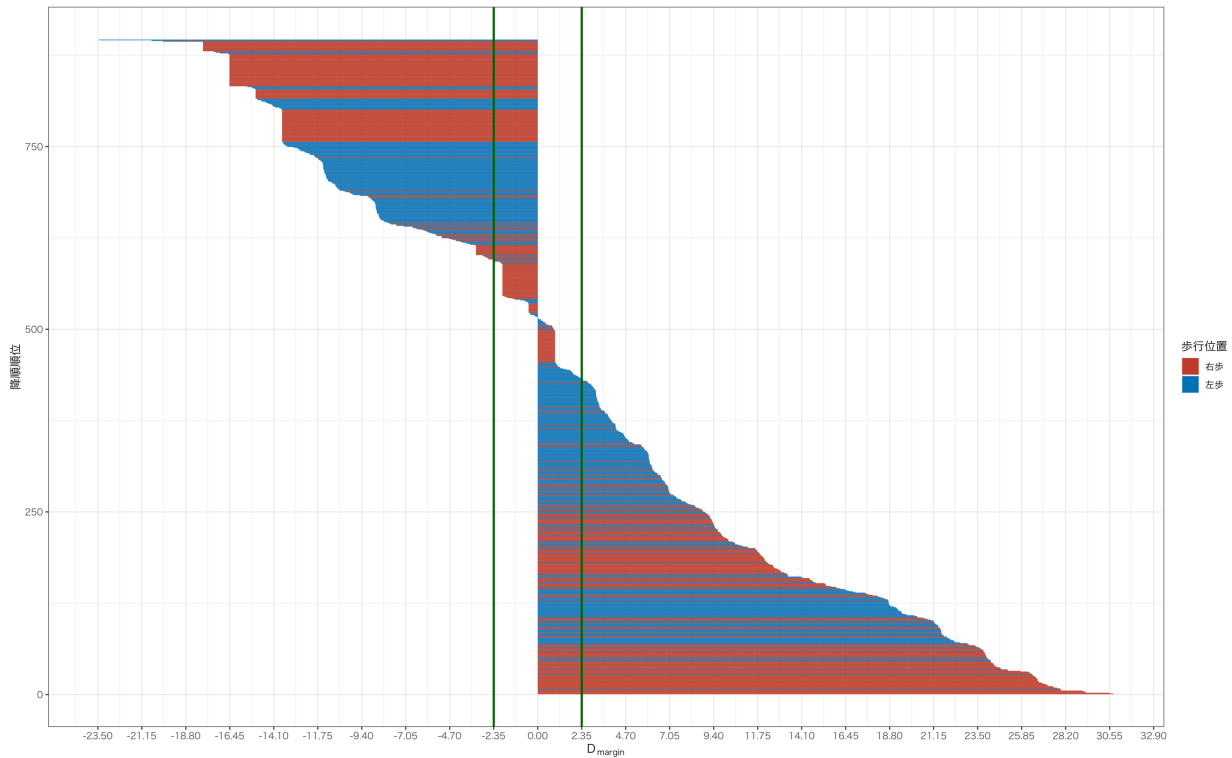


図7 歩行位置別車両側余裕距離

## 4. 結果と考察

### 4.1 車両側余裕距離の算出結果

図7に車両側余裕距離の算出結果を示す。図の横軸は車両側余裕距離を、図の縦軸は車両側余裕距離を降順に並べ替えた時の順位を表しており、歩行位置が右の場合には赤色、左の場合には青色と色を塗り分けている。また、車両側余裕距離が  $-2.35$  (m) および  $2.35$  (m) の位置に描かれた2本の緑色の縦線の間横棒が収まっているものが危険、収まっていないものが安全と判定された結果である。図より、右側歩行(赤色)で危険と判定されたものは車両側余裕距離が  $-2.35 \sim 2.35$  (m) の間に広く分布しているのに対して、左側歩行(青色)で危険と判定されたものは  $2.35$  (m) 近くに集中していることが分かる。

表3 歩行位置と危険・安全のクロス集計

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

表3に歩行位置と危険・安全のクロス集計結果を示す。左側歩行時の危険率 10.5%に比べ、右側歩行時の危険率は 25.7%と高い。歩行位置と危険・安全のクロス集計結果に対するピアソンの $\chi^2$ 検定の結果、 $X^2$ 値 = 34.843、 $p$ 値 =  $3.574 \times 10^{-9}$  と右側歩行と左側歩行では有意な

差があることが明らかとなった。

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。

### 4.2 実験条件ごとの集計結果

実験条件ごとに右側歩行と左側歩行のどちらが安全または危険であったかを集計し、それぞれの実験条件が歩行位置の安全性に与える影響を検討する。

表4に車両進行方向別の集計結果を示す。

表4 車両進行方向別の集計結果

車両進行方向	歩行位置	危険	安全	危険率
左	右	101	127	44.3%
	左	34	194	14.9%
右	右	14	206	6.4%
	左	13	207	5.9%

表4より、1) 車両進行方向によらず、左側歩行の危険率が低い、2) 右側歩行・左側歩行ともに車両進行方向左に比べて車両進行方向右の危険率が低い、ことがわかる。前者については前節で述べた結果を支持するものである。後者については、車両進行方向左に比べて右の方が歩行者からより遠い位置を走行するためであるという直感的な理解も可能である。さらに、車両位置  $w_A$  は、3.3節で述べたとおり、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。なお、前掲の図6のように、車両側道路幅員  $W_A$  はほとんど 3 (m) 以上であったため、車両進行方向右の場合の方が大きくなるケースが多かったことが推察される。(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 5 に反応時間別の分類結果を示す。

反応時間	歩行位置	危険	安全	危険率
通常	右	101	123	45.1%
	左	36	188	16.1%
遅れ	右	14	210	6.3%
	左	11	213	4.9%

表 5 より、1) 反応時間によらず、左側歩行の危険率が低い、2) 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危険率が低い、ことがわかる。前者については前節で述べた結果を支持するものである。後者については、直感に反する結果となっている。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であっても、絶対値が大きいほど衝突の可能性は低いと考え、判定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たと考えられる。

表 6 に路面状態別の分類結果を示す。

路面状態	歩行位置	危険	安全	危険率
乾燥	右	66	158	29.5%
	左	10	214	4.5%
湿潤	右	49	175	21.9%
	左	37	187	16.5%

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ことがわかる。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。

以上のとおり、表 4～表 6 に示したいずれの実験条件別の結果においても、右側歩行よりも左側歩行の危険率が低いことが明らかとなった。

## 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。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。

今後の課題としては、以下の 4 点が挙げられる。

1. 交差点の交差角を全て  $90^\circ$  に単純化し、隅切長を 2 (m) と仮定したことの妥当性を検討
2. 道路反射鏡の影響を考慮可能なモデルへの拡張
3. 車両側余裕距離に基づく安全性指標の構築
4. 単路部など交差点部周辺以外の道路環境における歩行位置の安全性評価方法の検討

今後の展望としては大きく分けて二つある。最初の一つは、近年、検討・導入が進んでいる生活道路における物理的デバイス導入効果の定量的な評価への適用である。例えば、従来、速度抑制効果が期待されてきた交差点狭窄部<sup>8)</sup>の設置効果について、車両走行速度と車両位置の変化を介した車両側余裕距離の改善で評価が可能となる。

もう一つは、実交通状況調査結果との組合せによる時間帯・方向別の低リスク歩行位置の提示である。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 プローブデータ等によるこれらの実交通状況調査結果と本研究の成果とを組み合わせ、より安全性の高い歩行位置を提示することが可能となる。

## 参考文献

- 1) 山口朗：子どもの歩行中の交通事故，交通事故総合分析センター第 19 回研究発表会，2016。
- 2) 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。
- 3) 高橋昭夫：ミ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。

- 4) 高橋昭夫：自転車と四輪車の出会い頭事故，イタルダインプォメーション，No.122，pp.1-12，2017.
- 5) 日本道路協会編：道路構造令の解説と運用（改訂版），平成16年版，2004.
- 6) 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.
- 7) 江守一郎：交通事故工学，技術書院，p.43，1974.
- 8) 瀬戸下伸介・大橋幸子・関皓介：「凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準」に関する技術資料，国土技術政策総合研究所資料，第952号，2017.