

# 歩行者の交差点での適切な安全確認行動を促す 警告位置に関する研究

羽賀 研太郎<sup>1</sup>・小野 樹<sup>2</sup>・浜岡 秀勝<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 秋田大学大学院 工学資源学研究科土木環境工学専攻 (〒010-8502 秋田市手形学園町1-1)  
E-mail: m9012140@wm.akita-u.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 秋田大学大学院 工学資源学研究科土木環境工学専攻 (〒010-8502 秋田市手形学園町1-1)  
E-mail: s7509872@wm.akita-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 秋田大学 工学資源学部土木環境工学科 (〒010-8502 秋田市手形学園町1-1)  
E-mail: hamaoka@ce.akita-u.ac.jp

近年、交差点での歩行者と車両との事故が多いことから、歩行者を対象にした対策が必要である。過去の研究で、警告音による歩行者への車両接近情報の提供は歩行者に回避行動を促すこと、また、適切な安全確認の位置が判明している。そこで本研究では、歩行者に適切な位置で安全確認をさせるための効果的な情報提供位置を明らかにすることを目的とする。

試験場内の交差点にて車両が走行する現実的な実験環境において、車両接近を伝える警告音を発生させ、歩行者が横断歩道を横断する実験を実施した。実験結果から、首振りの位置と角度、歩行者と車両との位置関係、歩行者の意識等の観点から、警告の位置による歩行者の歩行行動の変化を分析する。

**Key Words** : traffic accident, pedestrian, crosswalk, head-turning behavior

## 1. はじめに

近年、日本国内での交通事故死者数は減少傾向にある。しかし、事故状況別に交通事故死者数の推移をみると、歩行中の死者数は減少の割合が小さく、平成 21 年度以降は最も多い死亡状況となっている。歩行中の交通事故の状況では、横断歩道横断中の事故が全体の約 35% を占め、最も多い。また、横断歩道外横断中の事故も約 25% と多く、道路の横断が歩行者にとって危険であることがわかる。そこで、交差点付近での歩行者の事故を減らすため、歩行者の安全な交差点の横断を支援する仕組みが必要である。

平野ら<sup>1)</sup>の研究において、警告による、横断歩道横断中の歩行者への車両接近の情報提供は、歩行者に首振り行動と歩行速度の変化に表れる回避行動を促すことが明らかになっている。また、羽賀<sup>2)</sup>らの研究では、横断歩道における、接近する右左折車両の発見に有効な安全確認位置も判明している。

そこで本研究では、歩行者に車両の接近を伝える警告に着目し、様々な位置で情報提供することにより警告が被検者の行動に与える影響を把握する。また、近年増加している携帯電話などの電子機器を使用する歩行者の車両への注意が低下した状態についても考慮し、携帯電話使用による影響も検証する。最終的には、歩行者の年齢

や携帯電話使用の有無などのあらゆる条件において効果的な、歩行者に適切な位置での安全確認行動をとれるための最適な警告位置を明らかにすることを目的とする。

## 2. 実験について

歩行者への警告による効果を検証するため、歩行者と車両を用いた交差点横断歩道横断実験を行った。本実験では 63 名（高齢者 30 名、若年者：33 名、男性 37 名、女性 26 名）という多くの実験協力者のもと、実験を行なうことができた（表-1）。

### a) 実験交差点について

本実験では、様々な実験条件を用いるため、実際の交差点では制限が多く、実験は困難である。そこで、北海道苫小牧市の苫小牧寒地試験場にある模擬交差点を利用し、実験した。

表-1 実験の概要

日時	2012年8月19日～23日 2012年9月30日～10月4日
場所	北海道苫小牧市 苫小牧寒地試験場
被験者	63名 (高齢者30名, 若年者33名) (男性37名, 女性26名)
実験回数	1人につき9回または10回実験(テスト2回)
実験時間	1人につき45分程度

## b) 実験協力者から得るデータについて

より一般性のある結果を得るために、実験協力者は、性別や年齢を変えた様々な属性を対象とした。また、実験においては、横断歩行者が実験協力者となるため、実験協力者には様々な機能を持たせたリュック等を装備している。具体的には、首振り角度を計測する小型ハイブリッドセンサ、歩行者の視野を把握するための視線カメラを装着した帽子、車両接近の情報提供として、警告音を鳴らすBluetoothイヤホン、携帯電話を装備した。なお、ハイブリッドセンサーは、3軸方向の加速度と角速度を1/50秒毎に測定する。これを実験協力者の頭部に装着し、首振り挙動を計測する。

## c) 歩行者の歩行について

歩行者の歩行パターンはR型とL型の2パターンを設定した(図-1)。歩行者のスタート位置は、歩行者が交錯地点で車両と交錯するよう被験者ごとに調整した。歩行者への説明として、交差点内で、接近車両に気づいた場合、その場に止まるよう指示している。また、実験ごとに走行ルート(R,L)の指示をした。

## d) 車両の走行について

本実験では、図-1に示すとおり、A~Dの4台の車両を用いる。1回の実験につき、4台のうちの1台が横断歩道に接近、もしくはすべての車両が直進、のいずれかの動きをする。横断歩道に向け右左折する可能性のある車両は3台で、そのうち車両A、Bの2台が右折、車両Dの1台が左折する。残りの車両Cの1台は常に直進する。歩行者に接近する右左折車は交錯地点で衝突するタイミングで右折または左折する。ここで、車両の走行速度は4台ともすべて40km/hとしている。

## e) 警告音について

本実験では、車両接近の情報提供として、警告音を歩行者のイヤホンから発生させた。また、警告音を発生させるパターンを、鳴らさないパターンを含め、6パターン設定した。R型における警告位置を図-1に示す。R型の場合は、過去の研究により横断歩道進入付近が車両発見に有効な安全確認位置と判明しているため中心とし、その前後に警告位置を設定する。警告位置⑤は横断歩道中央部、③は横断歩道進入時とし、各警告位置を3m間隔で設定した。L型の場合では、横断歩道進入時を警告位置⑤とし、歩道進入前に3m間隔で設定した。R型L型に共通で警告位置①が最も警告が早く、⑤が最も遅い。

## f) 携帯電話の操作について

実際の道路環境でも生じている車両への注意が低下している状況での警告の効果の把握を目的として、携帯電話を操作しながらの歩行パターンも設定した。その場合、被験者に取り付けたBluetoothから電話番号がアナウンスされる。被験者には、その番号を携帯電話に入力しながら歩行させた。

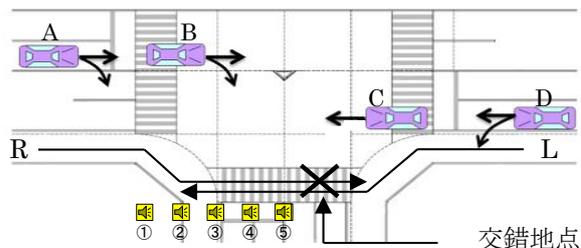


図-1 実験概略図

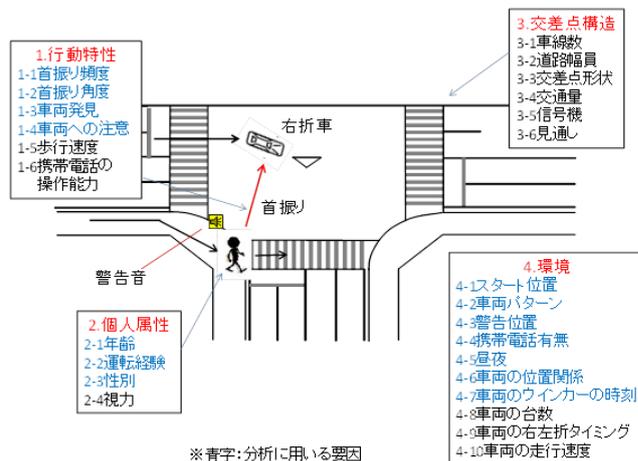


図-2 実験環境と影響要因

## g) 実験の流れについて

指示者の合図で実験がスタートし、車両4台は交差点中央へ、歩行者は横断歩道へ移動を開始する。歩行者は、車両が右折または左折により本人への接近に気づいた際、歩行を停止する。このとき止まるタイミングは、車両が動き始めた時ではなく、右左折車両が本人への接近に気づいた時である。その後、車両接近の危険性に関するアンケートを行う。

## h) 1人あたりの実験パターンについて

実験スタートの合図から、アンケート終了までを1回の実験とする。ここで、実験要素として、歩行者のスタート位置(2パターン)、接近車両の属性(4パターン)、携帯電話の操作の有無(2パターン)、警告位置(6パターン)があり、直交表L18またはL24を使用し実験パターンを厳選した。また、被験者の疲労や慣れを考慮し、直交表により作成した実験パターンを数名で分担することとした。以上の理由より、1被験者の実験回数は9回または10回である。なお、実験の際、系列相関を避けるため、各実験パターンの順序はランダムに入れ替えている。

## 3. 分析方針

実験結果を分析するにあたり、分析に用いる要因を選別する。実験環境の中で結果に影響を与える可能性が考

えられる要因と分析に用いる要因を図-2 に示す。図-2 において青字で表記されている要因を分析に用いる。分析に用いない要因に関しては、実験環境の整備が困難な交差点構造に関する要因や車両の台数などが挙げられる。

本研究では、歩行者の右左折車両発見に繋がる最適な警告位置を明らかにすることが目的である。そこで、最適な警告位置の条件として以下の3要素を満たすことが必要と考えた。

- (1) 確実に右左折車両の存在を確認できる
- (2) 警告後、直ちに右左折車両を発見できる
- (3) 右左折車両発見後、回避行動をとる時間がある

以上の3要素を満たす警告位置を明らかにするため、歩行者の首振り行動と警告音に対する意識、警告音発生時の歩行者と右左折車両との位置関係に着目した。特に各警告位置による被験者の首振り挙動の変化と右左折車両の発見の可否を中心に分析し、歩行者に首振りを促す警告位置、右左折車両の発見に繋がる警告位置を明らかにする。アンケート結果に関しては、主に歩行者が「ちょうどよい」と感じる警告位置を明らかにし、首振り挙動や車両の位置による傾向も分析する。また、被験者の携帯電話使用の有無、年齢、昼夜等の条件で首振り挙動やアンケート結果を比較し、警告音の効果に影響を与える要因を検証する。以上の分析結果を踏まえ、最終的に最適な警告位置を判定する。

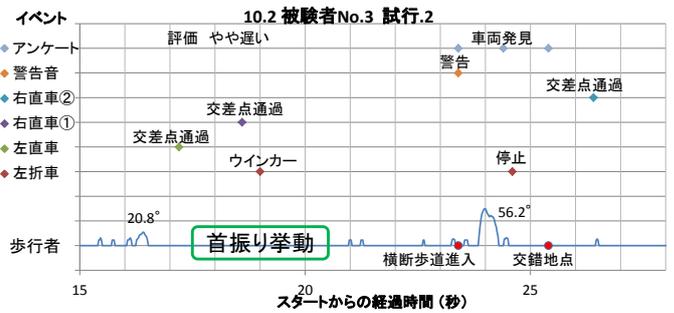
#### 4. 警告音による首振り挙動

歩行者の首振り挙動を分析するにあたり、試行1回ごとに各種実験機器から得られた歩行者と車両のデータ、アンケートの回答を、図-3 のように1つの図としてまとめた。図-3 において、縦軸を車両や歩行者、警告などの項目、横軸を試行開始からの経過時間として特徴的な出来事をプロットした。

首振り挙動の分析では、図-3 で警告の軸にプロットされた警告時刻からの経過時刻が3秒以内の首振りを警告の効果による首振りとして定義し、分析した。以下に歩行者のスタート位置と車両の走行パターンごとに結果を示す。

##### (1) R型右折における首振り挙動

R型右折①(図-1 でのB車右折)での、警告音による首振りの位置と角度、理想角度を図-4 に示す。ここで理想角度とは、実験で設定した歩行者と車両の位置関係から求めた歩行者の進行方向と車両との角度に、目線による補正を加えた角度である(事前実験にて所定の角度を見る際、首振り角度が74%、目線が26%を占めるといった結論を導いている)。首振り角度が理想角度に近い首



スタート位置	車両パターン	警告位置	携帯電話	時間帯	性別	年齢層
L	左折	⑤	無	昼	女性	若年者

図-3 実験データの表現方法

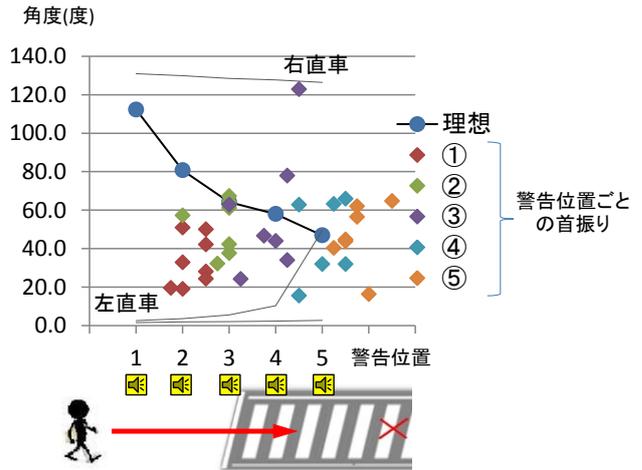


図-4 R型・右折①における首振り挙動

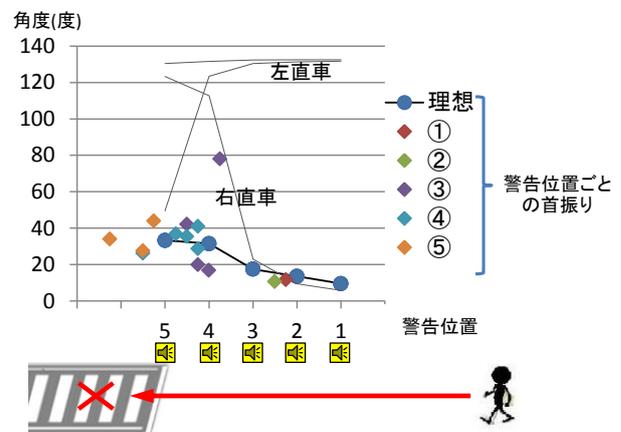


図-5 L型・右折①における首振り挙動

振りとは、右左折車両を正確に確認していたと判断でき、有効な首振りである。

図-4 では、①～⑤が警告位置であり、それらの警告位置に対応する首振りの分布を色ごとに分類して表示している。警告位置ごとに警告直後の首振り角度を理想角度と比較すると、警告位置①～②という早いタイミングでの警告では①の首振り角度は理想角度に達していない。逆に、警告位置④～⑤等の遅い警告では理想角度を満たす首振りが増加する。これより、横断歩道進入以降での首振りは右左折車両の発見に効果的であると判断できる。

また、首振りの頻度と角度に関しては警告位置による顕著な差はみられない。R型右折②(図-1でのA車右折)でもほぼ同様の結果が得られた。

### (2)R型左折・L型右折における首振り挙動

L型右折①(図-1でのB車右折)での、警告音による首振りの位置と角度、理想角度を図-5に示す。図-5で警告位置①～②では首振り頻度は少なく、警告位置③～⑤では首振り頻度が多いことがわかる。首振り角度に関してはどの警告位置でも小さいが、右折車両は歩行者に対して正面から接近するため、車両の発見に必要な理想角度も小さい。そのため、首振り角度が小さい状況でも首振りを行って行けば容易に右折車両を発見できていると思われる。首振りの頻度が少ないという点に関しては、歩行者が首振りをしていなくても右折車両が視界に入るため、首振りを行わないという理由が考えられる。

R型左折の場合も、首振り角度と理想角度の差は同様に極めて小さく、首振りの頻度は右折の場合と比較して少ない傾向がみられた。以上より、R型左折とL型右折は車両の発見が容易であり、結果的に危険が少ない状況になると考えられる。

### (3)L型左折における首振り挙動

L型左折(図-1でのD車左折)での、警告音による首振りの位置と角度、理想角度を図-6に示す。警告位置①～②では首振り頻度は少なく、首振り角度は理想角度に満たないものがほとんどである。逆に、警告位置③～⑤では首振り頻度は増え、角度は理想角度に近づく。すなわち、交錯地点に近づくほど首振り頻度は増加し、理想角度と首振り角度の差は小さくなる傾向がある。このような傾向がみられる一因として、L型の場合、警告位置①は横断歩道進入12m手前と横断歩道から遠く、歩行者が危険を感じにくいことが挙げられる(R型での警告位置①は横断歩道進入6m手前)。よって、横断歩道から距離がある位置での早すぎる警告では、被験者に首振りを促す効果が小さく、右左折車両の発見も困難であるため望ましくないと考えられる。

### (4)首振り角度と理想角度の差

警告音による首振りにおいて、首振り角度から理想角度を引いた値を図-7に示す。ここでは、右左折車両の接近パターンを正面と背面に分類した。正面にはR左折、L右折①、L右折②のパターンが含まれる。背面にはR右折①、R右折②、L左折のパターンが含まれる。R型とL型が混在するため、横軸は警告位置ではなく、交錯地点からの距離に変換した。首振り角度から理想角度を引いた角度は、右左折車両を見るために不足している角度となる。この角度が0度に近ければ右左折車両を視界

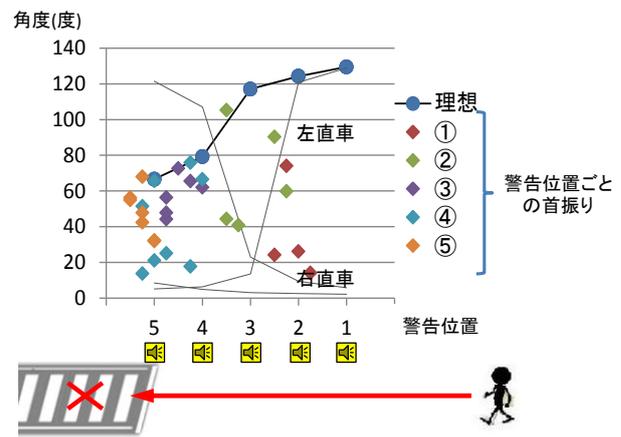


図-6 L型・左折における首振り挙動

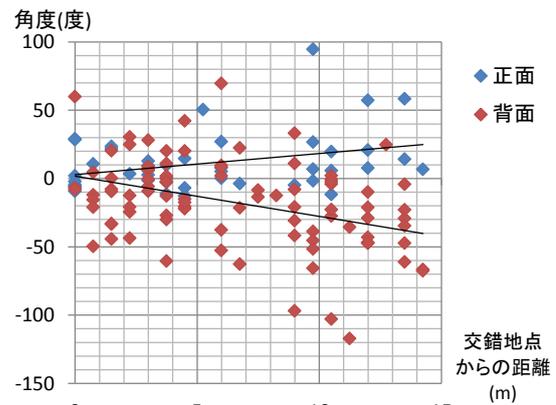


図-7 首振り角度と理想角度



図-8 首振り頻度と首振り角度

に捉え、確認していることになる。

図-7において、正面から接近する車両に対しては、交錯地点からの距離に関係なく、首振り角度と理想角度の差は0度に近い。つまり、正確に車両を確認できていることが分かる。しかし、背面から接近する右左折車両に対しては、交錯地点からの距離が遠いほど首振り角度と理想角度の差が大きく、車両を発見できていない傾向がみられる。以上の理由より、警告音には背面から接近する右左折車の発見を促す効果が求められる。

### (5) 警告位置別首振り挙動

R右折とL左折における警告音による首振り頻度と平均角度を図-8 に示す。首振り頻度に注目すると、R右折の場合は、どの警告位置でも首振りの頻度はL左折の場合よりも高めである。これはR型とL型の警告位置の違いが影響していると思われる。最も早い警告位置である警告位置①は、R型では横断歩道進入 6m 手前であることに対して、L型では横断歩道進入 12m 手前と距離がある。そのため、被験者が危険を感じづらく、L型の警告位置①～②での首振り頻度が少なくなると考えられる。よって、R型L型共通で、警告位置が遠すぎると歩行者に首振りを促すことはできないと考えられる。首振り角度に関しては、平均角度の大きさだけでなく、前述の理想角度との差と関連させて判断する必要がある。R型では警告位置②での首振り角度が最も大きく、車両の発見にもつながっている。L左折の場合は、警告位置②で首振り角度は大きいですが、まだ車両の発見のためには不足している。

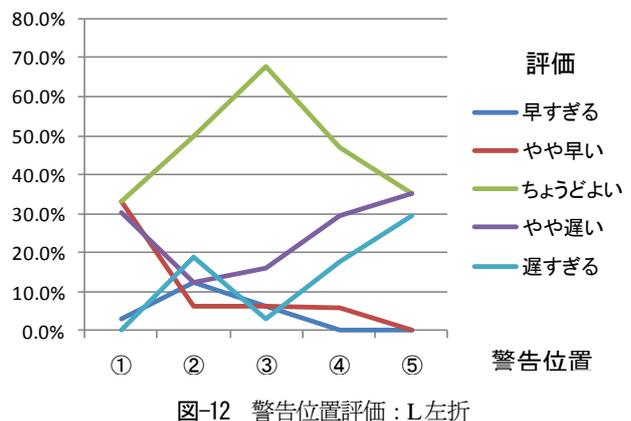
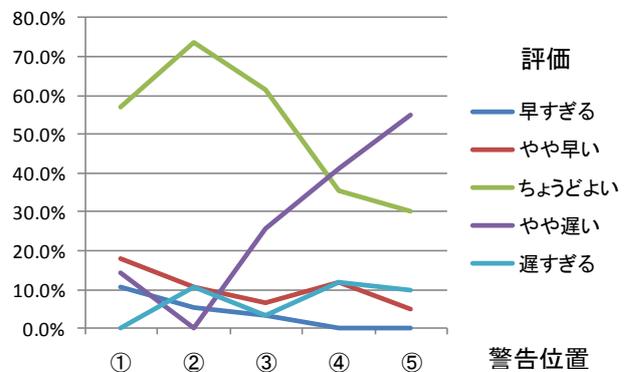
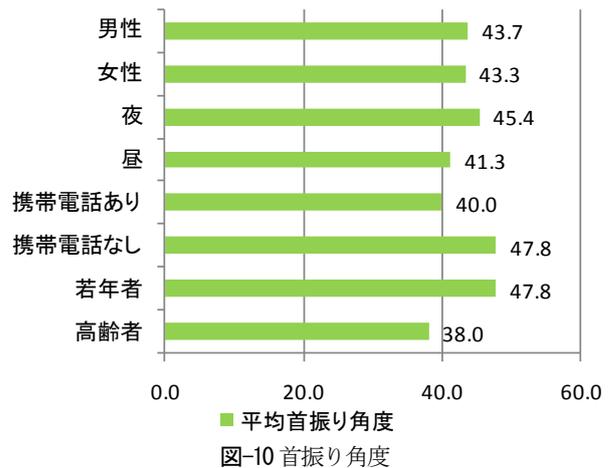
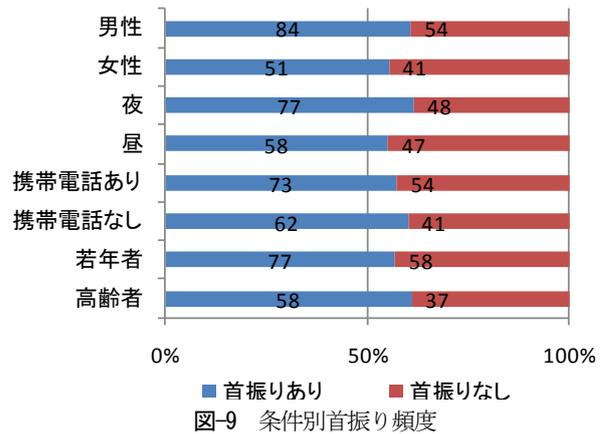
### (6) 条件による影響の検証

被験者の性別、年齢層、携帯電話使用の有無、時間帯による首振り頻度を図-9、平均首振り角度を図-10 に示す。これらの図から顕著な差はみられないが、なかでも昼夜による比較では夜間において警告による首振りの頻度は多く、首振り角度もやや大きい。すなわち、暗く、視界が悪い状況下において、警告により、安全確認を促す効果があったのではないかと考えられる。また、携帯電話の有無による比較では、携帯電話ありの場合は首振りの頻度が少なく、角度も小さい。携帯電話の使用により、歩行者の車両に対する注意が低下していることが分かる。

## 5. アンケートによる警告位置の評価

R右折における警告位置評価を図-11 に示す。「ちょうどよい」という回答に着目すると、警告位置①～③での早めの警告位置の評価が高い。しかし、首振り挙動も考慮すると、警告位置①では右折車両発見が期待できる首振りには繋がりにくいため効果的とするには疑問が残る。よって横断歩道進入 3m 手前の警告位置②での警告が最も有効であると考えられる。

L左折における警告時の車両発見可否を図-12 に示す。「ちょうどよい」という回答に着目すると、横断歩道進入 6m 手前の警告位置③での警告の評価が最も高くなっている。警告位置③は首振り挙動で見た場合でも理想角度に近い角度の車両発見が期待できる首振りが増加している位置である。よって、可能な限り早期に左折車両を



発見することができる位置であることが被験者の高い評価に繋がっていると推測できる。

警告位置評価を、「早すぎる」「やや早い」を「早い」、「やや遅い」「遅すぎる」を「遅い」としてまとめ、条件ごとに回答に有意な差がみられるか、カイ2乗検定により検証した。

表-2はR右折の場合のカイ2乗検定(有意水準5%)の結果である。年齢層での比較のみに有意な差がみられた。回答数を詳しくみると、高齢者は若年者よりも「遅い」回答が少なく、「ちょうどよい」という回答が多い。「遅い」という回答は警告前に車両を発見していたということが理由として考えられるため、「遅い」という回答が少ない高齢者は、若年者よりも車両の発見が遅れていたと考えられる。

表-3はL左折の場合のカイ2乗検定(有意水準5%)の結果である。携帯電話使用の有無と年齢層での比較において有意な差がみられた。携帯電話使用の有無について詳しくみると、携帯電話使用がある場合、「早い」という回答が少ないことがわかる。携帯電話の使用により、車両発見が困難になることから、早期の警告でも「早い」と感じることで減少したと考えられる。

また、年齢層について詳しくみると、高齢者は若年者よりも「遅い」という回答が少なく、「ちょうどよい」という回答が多い。「遅い」という回答は警告前に車両を発見していたことが理由として考えられるため、「遅い」という回答が少ない高齢者は、若年者よりも車両の発見が遅れていたと考えられる。

結果として、R右折、L左折の場合に共通で年齢層により警告位置評価に有意な差がみられた。昼夜と、表には記載していないが性別によっては警告位置評価に有意な差はみられなかった。携帯電話使用の有無に関しては、L左折の場合では有意な差がみられ、R右折では有意な差がみられなかった。携帯電話による影響を年齢層という条件を考慮してカイ2乗検定を行うと、携帯電話操作時において、年齢層により有意な差がみられた。高齢者では「ちょうどよい」という回答は交錯地点に近い位置が多いことから、車両の発見が遅れていたと考えられる。しかし、本来、携帯電話の使用は歩行者の車両への注意を低下させた状態を設定するために用いた条件であったが、高齢者と若年者では、注意を低下させる効果の程度に差が大きいことが推測される。

## 6. おわりに

本研究では、首振り挙動の分析とアンケート結果を踏まえ、歩行者に適切な位置で安全確認行動がとれるための最適な警告位置を分析した。R型では横断歩道進入3m

表-2 カイ2乗検定の結果 (R右折)

携帯電話	早い	ちょうどよい	遅い	$\chi^2$	有意性(5%)
有	12	32	20	4.81	無
無	5	29	17		
年齢層	早い	ちょうどよい	遅い	$\chi^2$	有意性(5%)
高齢者	10	38	12	20.90	有
若年者	7	23	25		
時間帯	早い	ちょうどよい	遅い	$\chi^2$	有意性(5%)
夜	10	29	13	10.52	無
昼	7	32	24		

表-3 カイ2乗検定の結果 (L左折)

携帯電話	早い	ちょうどよい	遅い	$\chi^2$	有意性(5%)
有	5	39	22	35.50	有
無	15	15	18		
年齢層	早い	ちょうどよい	遅い	$\chi^2$	有意性(5%)
高齢者	10	35	13	22.39	有
若年者	10	19	27		
時間帯	早い	ちょうどよい	遅い	$\chi^2$	有意性(5%)
夜	12	25	21	2.16	無
昼	8	29	19		

手前の警告位置②における警告が、横断歩道進入付近にて背面からの車両発見に十分な首振りを促し、車両発見と回避行動の誘導に有効であることが明らかになった。この場合、被験者の評価も高く、車両発見に繋がる最も早期の警告位置であるため、警告位置②が最適と考えられる。L型では背面から接近する左折車の発見に繋がる警告位置③～⑤のうち、最も早く車両発見を促すことができ、被験者の評価も高い警告位置③(横断歩道進入 6m手前)での警告が最適と考えられる。また、歩行者の年齢によって、警告による効果に変化がみられた。高齢者ほど交錯地点に近い位置での警告を「ちょうどよい」と評価する傾向があった。また、車両発見のタイミングも、若年者より遅れていると考えられる。

本研究の課題としては、警告音による情報提供を行ったが、実際の道路での情報提供手段の検討が必要である。また、実際の道路環境では、道路構造や車両の台数や走行速度など様々な条件が考えられ、それら条件での適切な情報提供位置への影響も実用化に向けて必要と思われる。

## 参考文献

- 1) 平野亮介, 浜岡秀勝, 萩原亨: 交差点右折車両に対する横断歩行者の確認行動特性, 土木学会第66回年次学術講演会講演概要集, pp.427-428, 2011.
- 2) 羽賀研太郎, 浜岡秀勝, 萩原亨: 交差点での歩行者横断時における右左折車確認行動に関する研究, 第45回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2012. (2013.8.2受付)