

# 歩行者の横断判断に着目した 無信号単路部二段階横断の安全性

浜岡 秀勝<sup>1</sup>・林 勇朔<sup>2</sup>・戸来貴大<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 秋田大学大学院教授 土木環境工学専攻 (〒010-8502 秋田市手形学園町1-1)

E-mail: hamaoka@ce.akita-u.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 秋田大学大学院 土木環境工学専攻

<sup>3</sup>正会員 盛岡市役所

現在、無信号横断歩道の横断後半にて人対車両の事故が多発している。本研究ではこの問題の対策として、二段階横断が有効と考えている。そこで本研究は、無信号単路部二段階横断に着目し、その安全性を評価することにした。往復二車線道路の単路部を対象に、被験者による横断判断に関する実験を行った。その際、操作変数として接近する車両の速度と車両の横断歩道到着タイミングを用いている。この実験を無信号横断歩道と二段階横断歩道にて行い、双方における歩行者の横断のタイミングを把握し、歩行者の横断判断を評価した。その結果、二段階横断において、横断後半部での横断判断に余裕がみられることが明らかとなった。これは、二段階横断における安全性を示すものと考えられる。

**Key Words :** *staggered pedestrian crossing, traffic safety, crossing decision*

## 1. はじめに

我が国では諸外国と比べて、歩行者事故が多く発生している。近年、交通事故死者数は減少しているが、この特徴に大きな変化はない。歩行者事故のなかで、単路部横断に焦点を絞ると、道路の中央線を通じた後の「横断後半」にて事故が多く発生している。横断判断について考えると、横断の前半については車両の接近を把握しやすいことから判断の誤りは生じづらい。しかし、横断の後半については、横断開始時に、歩行者が中央線に到着した状況を想像した上で、左から接近する車両とのタイミングを計らなければならない。すなわち、「中央線までの歩行」という追加的な状況を踏まえる必要があるため、誤りが生じやすくなる。

本研究では、こうした問題への対策として、二段階横断が有効ではないかと考えている。ここでの二段階横断とは、単路部無信号横断歩道において、道路の中央に安全島が設置された状況を指す。中央に安全島があるため、歩行者は道路を横断する場合に、まず中央島までの横断を考えるだけで良く、そして中央島に到達した後は、後半部の判断をすると良いため、判断を一度に行わなくて良いというメリットがある。また、車両は道路の左側を走行するため、横断の前半においては右のみの確認、横断の後半においては左のみの確認で良く、同時に左右を

確認する必要がないこともメリットである。

本研究は、この二段階横断方式がどれだけ安全性をもたらすか評価することを目的とする。

## 2. 横断判断実験について

### (1) 実験方法について

歩行者による横断歩道での横断判断データを取得するにあたり、まず想定する実験環境について検討する。歩行者の横断判断データを取得するには、実際の道路環境において、横断する歩行者データのビデオ記録などから得られる。しかし、この状況では車両の接近速度や、左右から接近する車両の接近タイミングをあらかじめ設定できないことに課題がある。そのため、本研究では、あらかじめ実験項目を設定し、その中で被験者に横断判断いただくことにした。ここで被験者が自ら横断する状況を設定することも考えられるが、この場合は安全性を高めるため様々な配慮をした状況であっても、歩行者と車両の動線が重なることから、事故の危険性をゼロにはできない。そこで、本研究では被験者に直接横断を依頼するのではなく、接近する車両を目視し、「横断できない」と判断したときに、挙手することで横断できる限界のタイミングを把握することにした。

(2) 実験パターンについて

実験を実施するにあたり、まず歩行者の横断判断に影響を及ぼす操作変数を決める必要がある。本研究では、横断判断に影響する要素として、安全島の有無のほかに、左右から接近する車両の速度、および、それら車両の接近タイミングを用いることにした。車両の速度については、単路部横断であることを考慮して、左・右から接近する車両それぞれ30km/h, 35km/h, 40km/h, 45km/hの4水準を設定している。なお、接近タイミングは、左から接近する車両の到着時間と右から接近する車両の到着時間の差としているため、仮に歩行者の目前で同時に通過する状況は0秒となる。接近タイミングについては、左から接近する車両の到着が遅れるにつれ、その差が大きくなる（正になる）よう符号を定義した。具体的には、1秒～4秒まで1秒刻みに4水準を設定している。

安全島を設置していない状況では、左・右から接近する車両の速度および接近タイミング（B-A秒）を変化させて実験条件を組み立てる（図-1）。全ての組み合わせを考えると合計64のパターンが必要となるが、直交表を用いて16パターンに集約した。加えて、車両が片側からのみ接近するパターン（合計8パターン）も実施した。

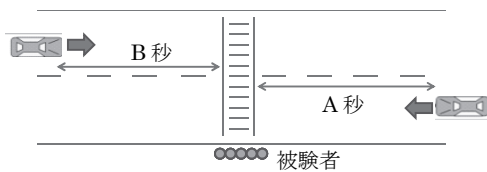


図-1 安全島のない状況での実験環境

安全島を設置する状況では、被験者の横断判断位置が異なる。すなわち、横断の前半は安全島のない状況と同じであるが、横断の後半では安全島の中で判断することになる。そこで、横断の後半での判断については、被験者が安全島のX地点まで歩行した上で判断することにした。またこのときの接近タイミングとは、被験者がX地点に到着したときを基準に左からの車両が到着する時間差をとっている（図-2）。実験条件としては、横断の前半では右から接近する車両の速度を変化させた4パターン、横断の後半では左から接近する車両の速度と接近タイミング（D-C秒）を変化させた合計16パターン、全ての組み合わせにて実験を実施した。

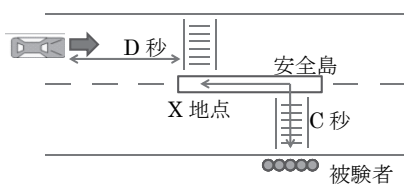


図-2 安全島のある状況での実験環境

(3) 実験の実施

以上の検討を踏まえ、歩行者の横断判断を把握するための実験を実施した。実験の概要を表-1に示す。なお、被験者は全て大学生である。高齢者を含む様々な年齢層を対象とすることが望ましいと考えられるが、まずは若年者を対象に効果を把握し、その結果を踏まえて、年齢層を拡大することが重要と考えている。

実験に際しては、被験者5名を1つのグループとし、グループ単位で横断判断することとした。また、安全島は実験途中で交換できないため、全てのグループともに「安全島あり」もしくは「安全島なし」の実験パターンを続けて行い、片方を全て終えた後に残りのパターンを行うことにした。なお、その際、順序効果が生じないように、「安全島あり」を先に実施するグループと、「安全島なし」を先に実施するグループが同じになるよう順序を工夫している。加えて、「安全島あり」および「安全島なし」の実験ともに、各パターンの実施順序はランダムに入れ替えて系列相関が生じないように配慮している。

表-1 実験の概要

日時	2014年11月29日(土)～12月1日(月)
場所	秋田県仙北郡荒川鉦山跡地付近
被験者	30名(男性:28名 女性:2名)
パターン数	49パターン(5回の練習を含む)
実験時間	1グループ2時間程度(1グループ5人)

表-2 実験にて考慮した操作変数

安全島	あり, なし
右から接近する車両の速度	30,35,40,45(km/h)
左から接近する車両の速度	30,35,40,45(km/h)
左右から接近する車両の時間差(安全島なし)	1,2,3,4秒
被験者と左からの車両との時間差(安全島あり)	1,2,3,4秒

実験では、担当者の合図により、あらかじめ設定した接近タイミングになるようスタート地点を調整した2台の車両が発進し、指定の速度で横断歩道へ接近する。ここで被験者は、右から接近する車両により横断できなくなると感じた時は右手、左から接近する車両により横断できなくなると感じた時は左手を挙手するよう伝えている。この一連の行動が1回の実験であり、これを1グループあたり、練習を含めて49回実施した。中央島の設置・撤去の時間を除くと、各グループともおよそ2時間程度の実験時間であった。

なお、実験より、被験者の挙手によって横断できる限界地点を把握できるが、それを記録するため、現地にはビデオカメラを設置している。ビデオ映像から、被験者が挙手した手のみならず、そのタイミングにおける接近車両の位置や走行速度も確認できる。

### 3. 車両接近方向別の判断解析

#### (1) 安全島なしの状態における歩行者の横断判断

まず、安全島がない状態のもと、被験者が挙手した状況別に、被験者と接近車両との距離を把握する。図-3は、被験者が挙手をしたタイミングにおける車両の位置を10m間隔にて集計したものである。なお、この図は右および左の車両のみが接近した場合の結果を示している。この図より、左から接近する車両に対して横断をあきらめる距離の長いことがわかる。なお、右から接近する場合の平均は39.34m、左から接近する場合の平均は41.04mである。ゆえに、被験者は左から接近する車両に対して遠方にて横断できないと判断したことがわかる。

次に車両が右と左の両方から接近する状況について考える。図-4は右を挙手した場合、図-5は左を挙手した場合における両方の車両位置を示したものである。これら図を比較すると、先の結果と同様に、右と左のどちらを挙手した場合であっても、左から接近する車両への距離が長いことを確認できる。これらの平均値を比較すると、右を挙手した場合の右から接近する車両への距離(37.68)は、左を挙手した場合の右から接近する車両への距離(45.67)より短いことがわかる。これは、左を挙手した場合においても同様に成立する。

また、この結果を車両が単独で接近した状況(図-3)と比較すると、興味深い知見を得ることができる。すなわち、左から接近する車両のみの場合における距離は、両方から車両が接近する状況と比べ小さい。これは、車両が左右から接近することで、被験者は左右の確認が必要となり、車両が単独で接近するときと比べて、判断をしづらくなっていることを表している。そのため、遠方であっても横断できないと判断したと思われる。

また、このことは、右から接近する車両に対しても同様に成立すると考えられるが、実際のデータからは、車両が両方から接近した場合に右を挙手した状況において、若干短くなっていた。これについては、車両到達時間や接近する車両の速度などあらゆる方面か検証する必要がある。

また、このことは、車両が左右から接近した状況において、挙手をしたときの車両位置を示した散布図からも確認できる(図-6)。この散布図は、挙手をした際の、左右の車両位置と、挙手した手を示している。本来ならば、図のプロットをみると、判断右と判断左の境界が明解に現れるべきではあるが、互いに重なる部分が大きくなっている。これはすなわち、被験者にとっての判断の迷い(個人により判断に差がある)ことを表している。この図からも、左右から自動車接近する状況では、歩行者が横断判断をすることの困難さを確認できる。

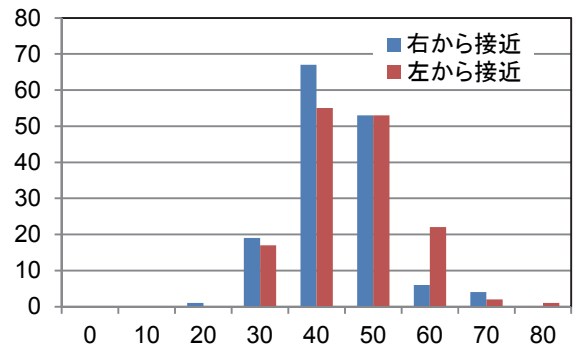


図-3 車両が単独で接近する状況での横断判断

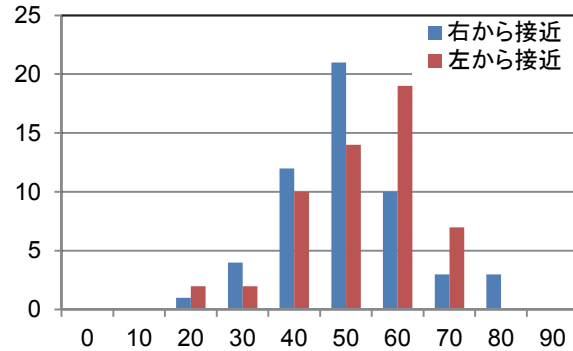


図-4 車両が双方から接近中に左を挙手した状況での横断判断

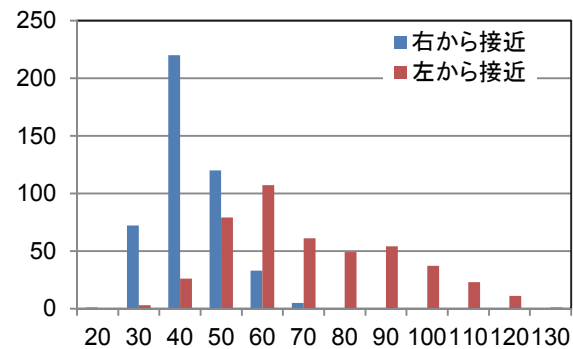


図-5 車両が双方から接近中に右を挙手した状況での横断判断

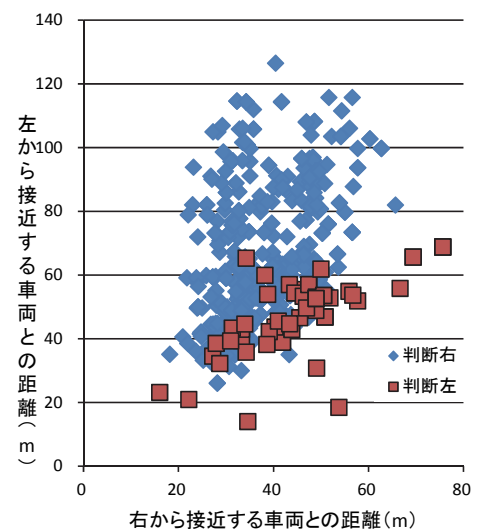


図-6 車両が双方から接近する状況での横断判断

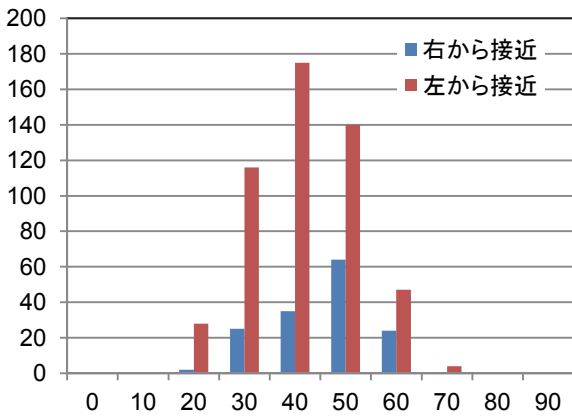


図-7 二段階横断における横断判断

(2) 二段階横断における歩行者の横断判断

次に、同様の図を二段階横断のデータを用いて示す(図-7)。この図において、右からの車両に対する距離の平均は40.33m、左からの車両に対する距離の平均は36.47mであった。特に、後者については、これまで示したなかで最も小さいことがわかる。すなわち、これは二段階横断において、後半部の判断が容易にできていることを表している。今回の実験にて用いた食い違い型の二段階横断にすることによって、歩行者が後半の横断判断をする際に、接近車両の方向に歩行するため、接近車両を正面から直視することができ、その結果、良い判断ができたものと考えられる。

(3) 歩行者の横断判断に関するモデル構築

これまでの結果を踏まえて、横断判断のモデル化を検討する。今回の実験において、被験者は車両が遠方に位置する場合は横断可能と考えており、車両の接近に伴いある距離にて横断不可能と思い挙手をしたことになる。したがって、この状況のモデル化を考える際、距離が遠方であれば、横断判断の可能性が1、そして横断歩道近傍にまで距離が近づくと、横断判断の可能性が0になる特性を考慮すると、ロジスティック曲線にて表現できると考えられる。

$$P = \frac{1}{1 + e^{ax+\beta}}$$

P: 横断できると判断する確率

x: 歩行者から車両への距離

被験者の横断判断をモデルにあてはめた分析結果を表-3に示す。この表から、両方左を除く全てのモデルにおいて有意なパラメータが得られている。加えて、パラメータ値も相互に近似しており、妥当な結果と考えられる。その結果をもとに横断判断曲線を図示すると、図-8のようになった。この図から、例えば「左単独」においては、

表-3 横断判断に関するモデル構築結果

	左単独	右単独	両方左	両方右
傾き α	-0.244*	-0.210*	-0.280	-0.221*
定数 β	10.9*	9.03*	14.7	9.11*
寄与率	0.95	0.76	0.50	0.97

	二段階左	二段階右
傾き α	-0.295*	-0.337*
定数 β	11.4*	14.5*
寄与率	1.00	0.88

\*: 5%有意

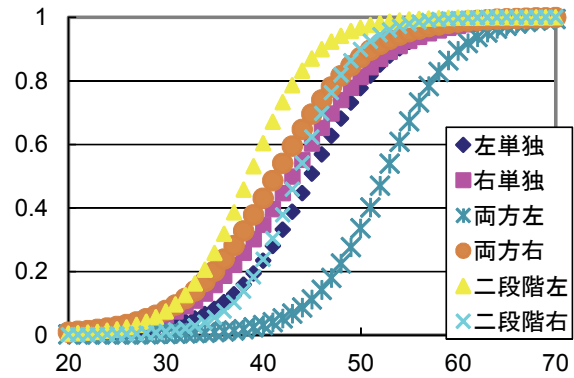


図-8 様々な条件における横断判断曲線

左から単独で車両が接近する状況において、接近車両との距離が45mになると横断できない(横断できると考えている被験者が0.5を下回る)ことがわかる。また、この図を左から接近する車両に着目してみると、二段階横断・単独接近・両方接近の順に横断判断の境界となる距離が短い。その差はどちらも7m程度もあり、歩行者の横断判断という状況において安全性に大きく寄与すると考えられる。

4. おわりに

本研究では、二段階横断の安全性を検証するため、横断判断実験を実施し、そのデータ解析を行った。分析結果からは、二段階横断の安全性を示すことはできたが、接近車両の速度や、接近タイミングと関連づけた分析など、まだ分析の余地が残されている。今後は、これらの分析も行うことによって、二段階横断施設による安全性効果を評価する必要がある。

参考文献

- 1) 青木義郎, 森田和元, 田中信壽, 関根道昭, 廣瀬敏也: 歩行者横断特性と安全性への影響について, 交通安全環境研究所フォーラム, pp.121-124, 2011.
- 2) 尾崎龍樹, 日野泰雄, 吉田長裕, 上野精順: 無信号横断歩道における歩車錯綜時の安全性評価, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.26, CDR0M, 2002.

(2015.7.31 受付)