

# 単路部無信号横断歩道における二段階横断施設の 有効性検証

鈴木一史<sup>1</sup>・牧野浩志<sup>2</sup>・福山祥代<sup>3</sup>・田中淳<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 群馬工業高等専門学校（〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580）  
E-mail: ksuzuki@cvt.gunma-ct.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地）  
E-mail: makino-h87bh@nilim.go.jp

<sup>3</sup>正会員 元国土交通省国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地）  
E-mail: fukuyama-s92ta@nilim.go.jp

<sup>4</sup>正会員 (株)オリエンタルコンサルタンツ（〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1）  
E-mail: tanaka-at@oriconsul.com

道路横断中の歩行者事故に対しては、歩行者において横断判断の誤りが生じやすい横断後半への対処が必要となり、その有効な対策の一つとして二段階横断歩道がある。本研究は、単路部無信号横断歩道における二段階横断施設の有効性を検証するため、国土技術政策総合研究所の試験走行路において、歩行者とドライバーを対象とした被験者実験を行い、標準的な横断方式と二段階横断方式について、ビデオ観測調査やアンケート調査等により、横断時のギャップ等の客観指標による評価と、横断時の安心感、横断のしやすさ等の主観評価を行った。その結果、各横断方式について、横断時の選択ギャップの特性等から、二段階横断方式の方が、特に高齢者について被験者の判断ミス等が減少する可能性や、被験者の横断時の安心感、横断のしやすさが高まるなどの効果があることが明らかとなった。

**Key Words :** two-stage crossing, crossing decision, traffic safety

## 1. はじめに

平成27年の交通事故死者数のうち、歩行中の事故は1,534人となっている<sup>1)</sup>。諸外国との比較のため30日以内死者数でみると、歩行中の死者数を1,812人となり、全死者数の37.3%を占める<sup>1)</sup>。この割合は、フランス14.7%、ドイツ15.5%、イギリス25.0%、アメリカ14.5%となっており、他の先進諸外国と比べても多い。また、歩行中の死者数を年齢別にみると、65歳以上の高齢者は69.8%を占めており、事故類型でみると横断中(その他)が37.2%、横断歩道が23.5%、横断歩道付近が9.2%となっている<sup>1)</sup>。このように、歩行者の事故、特に高齢者の横断中の事故への対応が急務である。

高齢歩行者の横断中事故は、横断の後半（歩行者が左方向から進行してきた車と衝突した場合）での衝突事故が約72%(横断の前半は26%)と多いことが明らかとなっている<sup>2)</sup>。つまり、横断の前半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。しかしながら、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予測したうえで、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、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、誤認が生じやすくなると考えられる。

このような誤認に対しては、横断歩道の中央部に交通島を設置する二段階横断施設による方式（以下、二段階横断方式という）が有効と考えられる。横断時の中間に交通島を設定することで、片方向のみの確認のみとなり、左右の車への対応等が不要となることで前述の誤認を軽減できる。

二段階横断方式に関する既往研究において、越ら<sup>3)</sup>は交差点と単路の信号のある横断歩道における標準的な横断方式（以下、標準横断方式という）と二段階横断方式について、実測やシミュレーションにより歩行者と自動車の両者の視点から主に円滑性に関する比較を行い、二段階横断の有効性を検証している。鳩山ら<sup>4)</sup>は、信号交差点の二段階横断方式を適用するにあたり、歩行者の不安感やサービス水準等歩行者心理面を重視した中央帯の設計手法について提案している。浜岡ら<sup>5)</sup>は、単路部の無信号横断歩道に着目し、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、歩行者の横断判断に関するモデル構築を行うことで、安全性を検証している。しかしながら、横断時の事故の多い高齢者に着目したのではない。一方、宮崎県国道10号川南町の単

路部において、食い違いの無信号横断歩道を導入<sup>6)</sup>しているものの、日本での導入事例は少ない。これらの事例を踏まえると、我が国では単路部無信号の二段階横断方式の導入事例はまだ少なく、その有効性について十分な知見が蓄積されているとは言い難い。

そこで本研究では、単路部無信号横断歩道に着目し、試験走路の実験により二段階横断施設の有効性を検証することを目的とする。実験は国土技術政策総合研究所の試験走路において、標準横断方式と二段階横断方式について、歩行者とドライバーを対象とした被験者実験を行い、ビデオ観測調査やアンケート調査等により行う。

## 2. 実験方法およびデータ収集

### (1) 実験場所および施設

実験は図-1に示す国土技術政策総合研究所（茨城県つくば市）の試験走路南ループ周辺で実施した。図-2は試験走路を示したものである。全長約650mの往復2車線の試験走路とし、ほぼ同様の道路線形の箇所に標準横断方式と二段階横断方式を設置した。なお、図中の中央部は左折導流路方式の交差点を設置しているが、本実験とは関係しない。

図-3および図-4は、各横断方式の実験施設の設置状況を示したものである。道路の規格としては第3種3級とし、設計速度は40km/hとした。同規格から車線幅員は3.0m、路肩を0.75mとした。二段階横断方式の交通島は道路構造令の解説と運用における交通島を適用するが、今回は安全側に2.0mとし、本線シフトは35mとしている。標識標示類としては、「横断歩道（407-A）」の指示標識、「横断歩道または自転車通行帯あり」の路面標示、法定外の横断者注意看板を設置した。なお、同実験施設においては発光式道路鋸やLED表示板の実験も実施したため、これらも設置されているが、本実験時は影響しないデータを対象としている。

また、各図中の下段写真中の緑色の立体はドライバーからの歩行者の視認性を実態に近づけるため植栽を模擬したものであり、1BOXバンはドライバー実験時に待機しているダミー歩行者が見えないように障害物として設置したものである。

### (2) 実験日時と被験者

実験は歩行者を被験者とする実験（以降、歩行者実験）とドライバーを被験者とする実験（以降、ドライバー実験）を実施した。各実験の実験日時と被験者について表-1に示した。歩行者実験では、65歳以上の高齢の被験者を半分とした。

### (3) 歩行者実験の方法と手順

標準横断方式と二段階横断方式について、次のような条件で被験者となる歩行者が横断する実験を行った。

- ・被験者（歩行者）は、普段通りの横断を心掛け

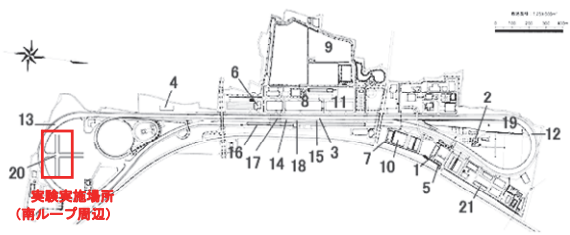


図-1 実験場所

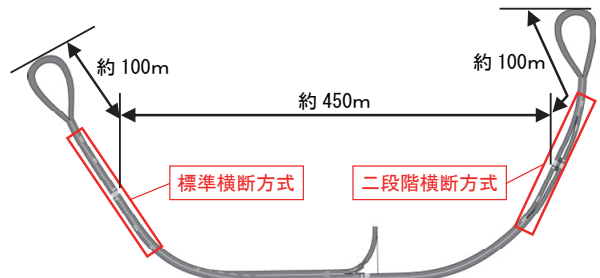


図-2 試験走路

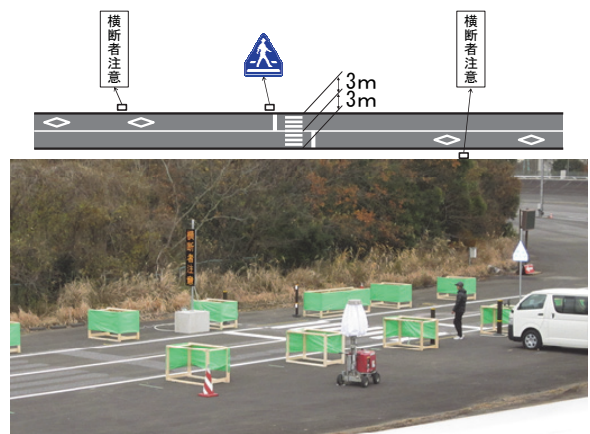


図-3 標準横断方式の実験施設

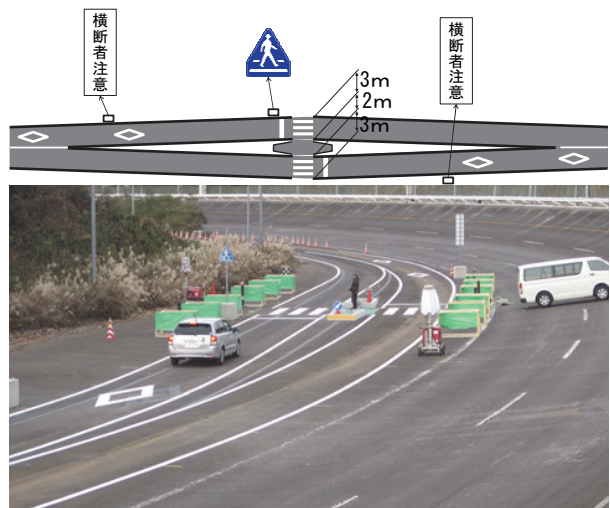


図-4 二段階横断方式の実験施設

るよう伝え、1人ずつ横断させて、横断できると判断した時点で挙手させた。実験の安全のため、挙手後にダミー車両が停止したのを確認し横断させた。

- ・二段階横断方式の場合は、歩行者から見て右側（以降、Near-side）から車両が来る「交通島ま

での横断」と、左側（以降、Far-side）から車両が来る「交通島から横断」の2回に分けて横断させた。交通島まで横断する場合は、被験者が手を挙げて、Near-sideの車両のみが停車し、Far側は停車しないものとした。

- ・ダミー車両の走行条件は、8台の車両を40km/h程度でランダムに循環走行させた。本来は歩道付近に人がいる場合、歩行者を優先し停止する必要があるが、本実験では被験者が挙手するまでは停止しないものとした。
- ・表-2は被験者が横断待ちしている状態でのダミー車両の到着分布（ギャップ）について、横断方式別、Near-side/Far-side別に示したものである。同表の通り、中央値で8~9秒程度の車頭時間で到着している状況であった。
- ・順序効果を考慮し、被験者のうち半分は標準横断方式を最初に体験し、残りの半分は二段階横断方式を最初に体験させた。
- ・被験者は、昼間は1人当たり3回、夜間は2回の横断を基本とした。1回あたり横断歩道を1往復するものとした。表-3は歩行者実験のケース数を示したものである。

#### (4) ドライバー実験の方法と手順

標準横断方式と二段階横断方式でダミー歩行者が横断しようとしたときのドライバーの反応を確認する実験を行った。

- ・被験者（ドライバー）は1台ずつ走行させた。
- ・被験者には、普段通りの運転を心掛けること、横断歩道外でランダムに歩行者が横断する可能性があることを事前に伝えた。被験者は歩行者を認知した時点で合図するようにした。
- ・ダミー歩行者が横断するタイミングは、そのまま横断を開始して車両が回避挙動を取らなければ衝突の危険性が高いタイミングで横断を開始するものとした。また、ダミー歩行者は被験車両が近づくまでは、横断歩道近くの障害物に隠れた状態とした。
- ・ダミー歩行者は、標準横断と二段階横断で違いの出やすいFar-side（車両側から見て左側からダミー歩行者が横断）について実施した。
- ・ダミー歩行者は、実験の安全のため車道手前で停止し、歩行者が減速し、横断できると判断した時点で横断するようにした。
- ・ドライバー実験のケース数を表-4に示した。

#### (5) データの収集方法

観測データ収集は、ビデオ観測調査とアンケート調査により行った。

ビデオ観測調査は、歩行者とドライバー実験共通して、各横断部の歩行者と車両との交錯状況等を把握するため、外部からの定点カメラによる観測を行った。ドライバー被験者の場合は、車内に設置したカメラから前方の走行状況等の観測を行った。

アンケート調査は、各回の横断または走行ごとの

表-1 実験日時と被験者

項目	歩行者実験	ドライバー実験
実験日時	H25/12/17,20の2日間 昼間) 9:00~15:30 夜間) 17:00~20:00	H25/12/11~14、 H26/1/7~8の6日間* 昼間) 9:00~15:30 夜間) 17:00~19:30
被験者数	24名	25名
男女	男性12名、女性12名	男性15名、女性10名
年齢構成	65歳未満12名 65歳以上12名 (70代6名)	20歳代~60歳代まで各4 ~6名配置
その他	—	月2~3回以上運転

※1/7,1/8は昼間の補足調査を実施

表-2 横断待ち状態でのダミー車両の到着分布

	標準横断		二段階横断	
	Near-side	Far-side	Near-side	Far-side
観測数	499	462	212	228
平均	12.4	12.6	13.1	12.5
中央値	8.3	8.3	9.3	9.2
標準偏差	9.7	9.9	9.7	9.2

表-3 歩行者実験の実験ケース<sup>※1</sup>

グループ	昼間	夜間
A : 標準横断方式を先行	12人×2回(標準&二段階)×3往復 =72ケース	12人×2回(標準&二段階)×2往復 =48ケース
B : 二段階横断方式を先行	12人×2回(標準&二段階)×3 or 2往復 <sup>※2</sup> =60 ケース	12人×2回(標準&二段階)×2往復 =48ケース

※1 被験者の横断回数は往復のため上記ケースの2倍実施

※2 実験の進捗等により一部中止

表-4 ドライバー実験の実験ケース

横断方式	昼間	夜間
標準横断方式	25人×2回=50ケース	20人×2回=40ケース
二段階横断方式	12人×2回=24ケース	10人×2回=20ケース

※ 他の実験との関係から二段階方式のケース数は少なくなっている。

表-5 歩行者実験の評価方法

	期待される効果	評価方法
歩行者	①歩行者が適切な横断判断できるようになる ②横断のしやすさが向上する	●ラグの変化 ●クリティカルギャップの変化 ●首ふり回数等の変化 △渡りやすさ
ドライバー	③ドライバーが横断歩行者に気づくタイミングが早くなる	●歩行者の認知タイミング △ドライバーからの歩行者の見やすさ
全体評価	④①~③に伴う安心感の向上 ⑤二段階横断の適用	△全体的な安心感向上 △適用に関する要望

●挙動分析による客観評価 △アンケートによる主観評価

アンケートと、実験終了後のアンケートの2種類を実施した。

### 3. 実験結果

#### (1) 評価方法

二段階横断により発現が期待される効果と評価方

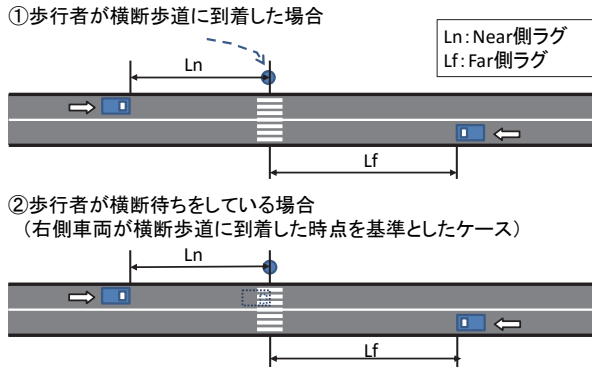


図-5 歩行者実験時のラグの計測方法

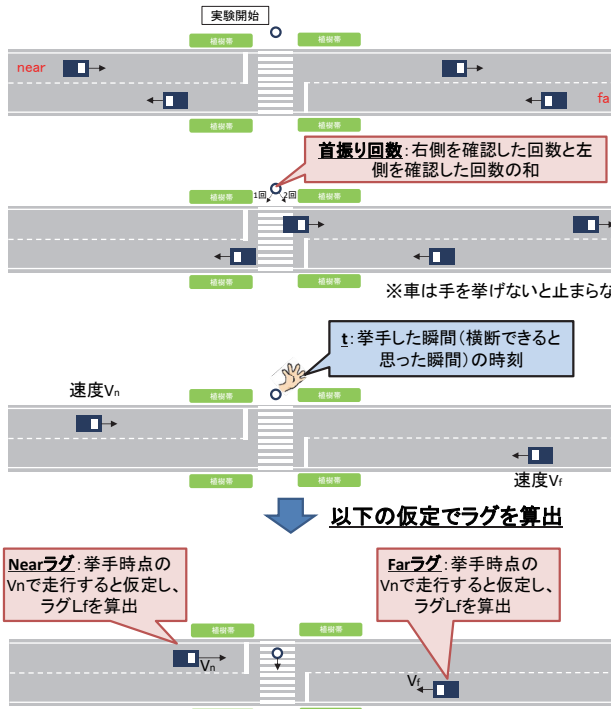
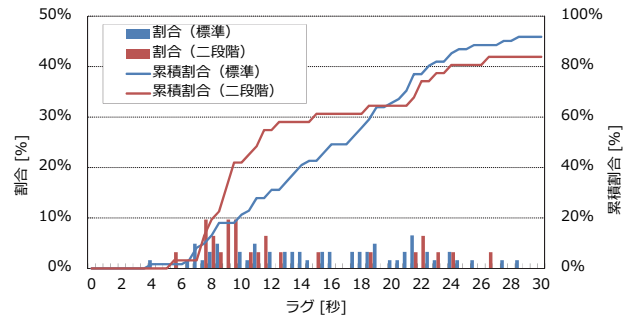


図-6 歩行者実験の手順とラグの算出方法

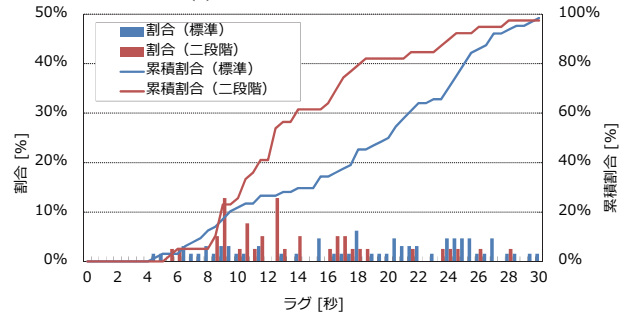
法を表-5に示す。歩行者は適切な横断判断ができることにより、横断ラグの変化や、横断しやすさが向上することで首振り回数の減少が期待できる。また、ドライバーからは、歩行者の視認性の向上が期待できる。このほか、総合的な安心感や二段階横断への適用について確認した。

ここでラグの計測方法は、三井ら<sup>7)</sup>の方法を参考に図-5の通りとした。まず、①歩行者が横断歩道に到着した場合は、歩行者が到着して横断できると判断して挙手した時点を中心として、その時点から歩行者からみて右側をNear-side、左側をFar-sideのラグとした。また、②歩行者が横断待ちをしている場合は、左側あるいは右側の車両のどちらかが横断歩道に到着した時点を中心として、その時点から計測して、最も近い右側車両が横断歩道に到着するまでの時間をNear-sideのラグ、最も近い左側車両が横断歩道に到着するまでの時間をFar-sideのラグとした。

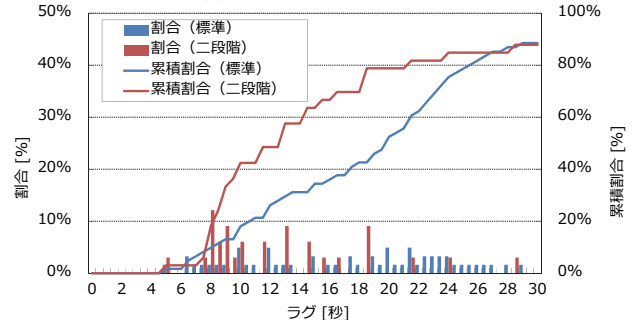
また本実験では、前述の通り、挙手による横断判



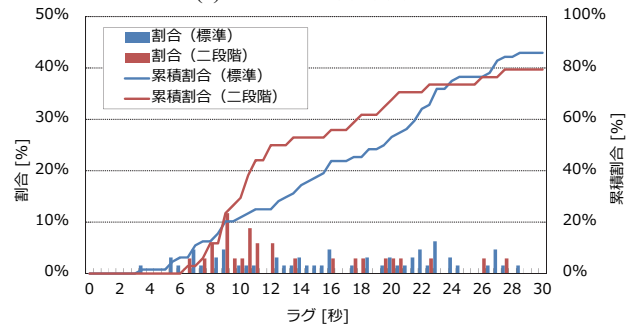
(a) Near-side / 非高齢者



(b) Near-side / 高齢者



(c) Far-side / 非高齢者



(d) Far-side / 高齢者

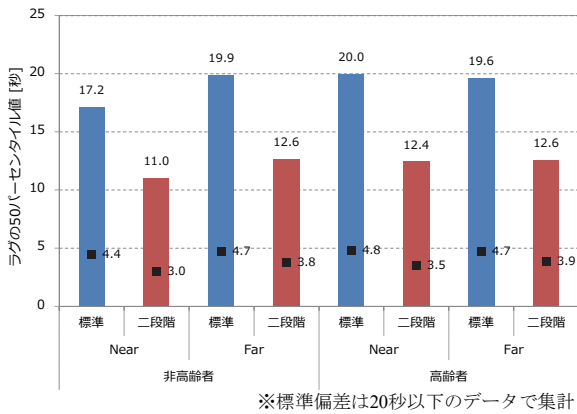
図-7 ラグの分布(昼間)

断としたことから図-6の通り、挙手時点の速度で車両が到達したと仮定してラグを算定した。

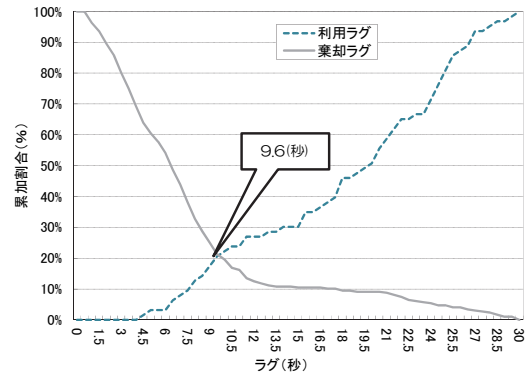
## (2) 歩行者実験の結果

### a) ラグ

図-7は前述の方法により各横断方式のラグの分布を高齢者と非高齢者について比較したものである。ここでのラグは、歩行者が横断待ちをしている場合のものを利用した。図-8は50パーセント値と標準偏差を比較したものである。これらの図によると、Near-side、Far-sideともに高齢者・非高齢者を問わず、標準横断方式に比べて、二段階横断方式の方の

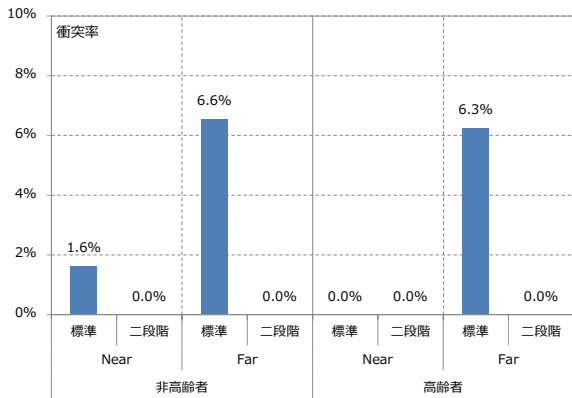


※標準偏差は20秒以下のデータで集計



(標準横断方式, 高齢者, 昼間の場合)

図-10 クリティカルギャップの算出例



※衝突の定義：標準横断方式(Near-side)では挙手後0-3.75秒を衝突とし(車線幅員3m、路肩0.75m)、標準横断方式(Far-side)では挙手後3.75-6.75秒を衝突とした(Near-side~車線幅員3m)。二段階横断方式では、挙手後0-3.5秒を衝突とした(車線幅員3m、路肩0.5m)。

図-9 衝突率の比較 (昼間)

ラグが全体的に短い。この傾向は、50パーセントイル値を見ると鮮明に表れている。また標準偏差をみると標準横断よりも二段階横断の方が小さくなっている。これらは二段階方式の方が横断距離は短いいため図-9は被験者が挙手した瞬間から横断速度1m/sで横断し始めた場合に、車両が通過するエリアと横断するエリアが重なる場合を衝突と定義した場合の衝突率を示したものである。衝突率をみると、標準横断方式の場合には特にFar-sideの場合に衝突率が6%程度になっているのに対して、二段階横断方式の場合には発生していない。二段階横断方式の場合、横断距離が短いことから誤認が発生しづらい効果が出ていると考えられる。

b) クリティカルギャップ

利用ラグと棄却ラグからクリティカルギャップを算出し(図-10)、比較した結果を図-11に示す。同図よりクリティカルギャップは、全体的に二段階横断方式では短くなっており、かつNear-sideとFar-sideの違いがほとんどみられないことがわかる。これより、二段階横断方式では一回の横断距離が短いために、横断のしやすさが向上しているといえる。

c) 安全確認挙動

図-12は被験者が横断するときの首振り回数について比較したものである。首振り回数は、二段階横断方式の方が標準横断方式の半分以下となっている。また、標準横断方式の場合、高齢者の方が首振り回

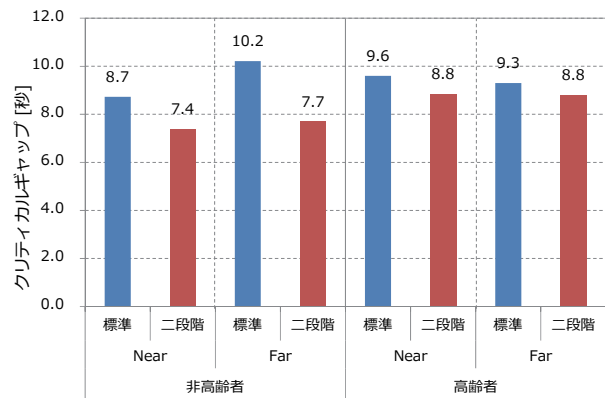


図-11 クリティカルギャップの比較 (昼間)

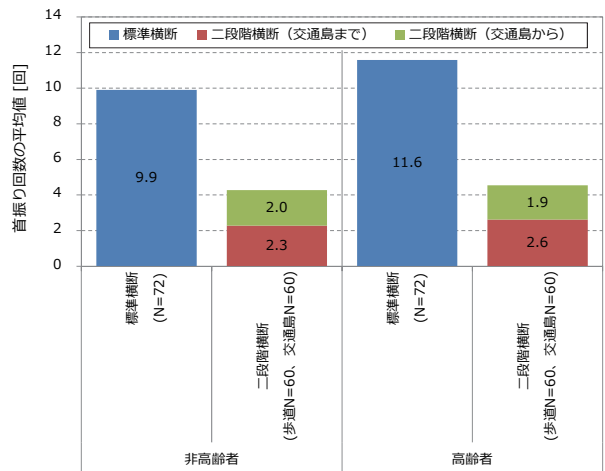


図-12 首振り回数の比較 (昼間)

Q. 交通島があることにより渡りやすかったか?

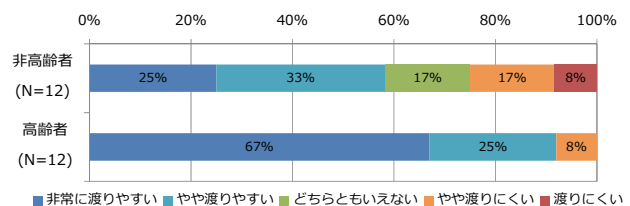


図-13 渡りやすさのアンケート結果

数がやや多くなっている。二段階横断の場合、横断者は片方のみ確認すればよく、ギャップも見つけやすいことから横断時の負担が軽減しているといえる。

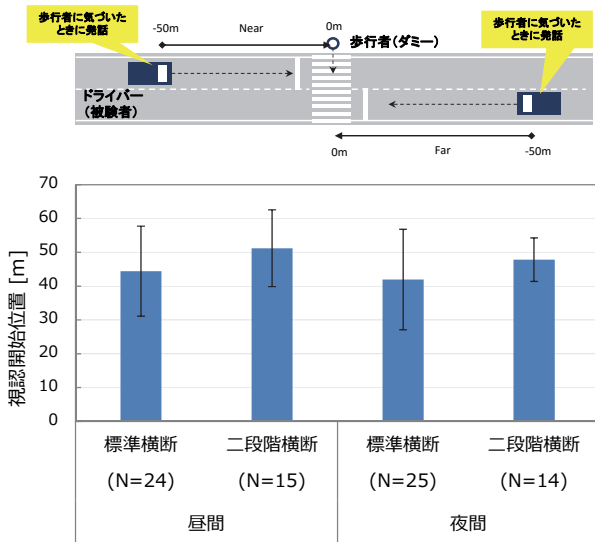


図-14 歩行者の視認開始位置 (停止線からの手前距離)

d) 渡りやすさ

図-13は実験終了後に各横断方式の渡りやすさを尋ねたアンケートの結果である。二段階横断の方が渡りやすいとの回答が非高齢者は全体の約6割、高齢者は全体の約9割と多くなっている。特に高齢者は首振り回数が少なくなり、横断時の負荷が軽減したこと等から、渡りやすいとの回答が多くなったものと考えられる。

(3) ドライバー実験の結果

a) 歩行者の認知タイミング

図-14は歩行者の認知位置について比較したものである。歩行者の認知位置は、ドライバーが歩行者を最初に発見したときに発話してもらうことで計測した。歩行者の認知のタイミングは、横断方式間で有意な差はみられなかったものの、昼間・夜間いずれも若干遠方から歩行者を認知している。これは、二段階横断方式の場合はFar-sideからの横断者は交通島に存在することから、ドライバーからも見やすくなっていることが考えられる。

b) 歩行者の見えやすさ

図-15は歩行者の見え方について実験終了後にアンケートした結果である。5割が見えやすいと回答している一方、約3割が見えにくいと回答している。見えにくい理由としては、「交通島とわからなかった」、「横断歩道が見えづらい」等が挙げられた。車道の中央部に歩行者が待機しているという普段見慣れている状況であるために、歩行者に気づきづらかった可能性がある。

(4) 全体評価

図-16は歩行者実験とドライバー実験の終了後に二段階横断歩道があることによる安心感についてアンケートした結果を示したものである。同図によると、特に高齢者は全員が安心と回答しており、高齢者からの評価が高い。ドライバーから見ると、ドライバーは5割が安心と回答している。

図-17は同様に二段階横断歩道の適用性について

Q. 交通島があることによる歩行者の見え方は？

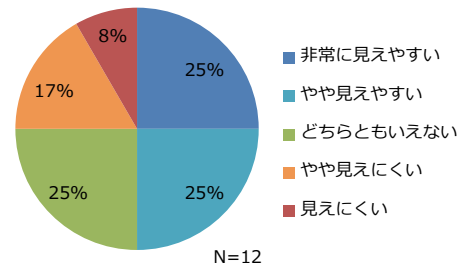


図-15 歩行者の見えやすさ (アンケート結果)

Q. 交通島があることによる安心感は？

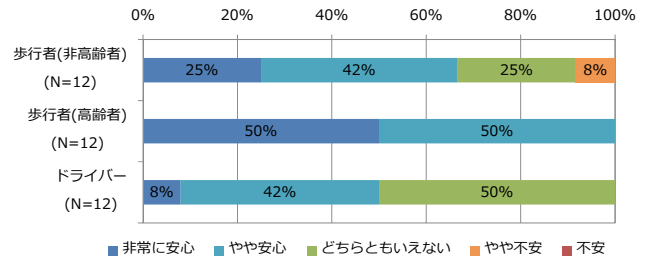


図-16 安心感の比較 (アンケート結果)

Q. 二段階横断歩道を実道に適用してほしいか？

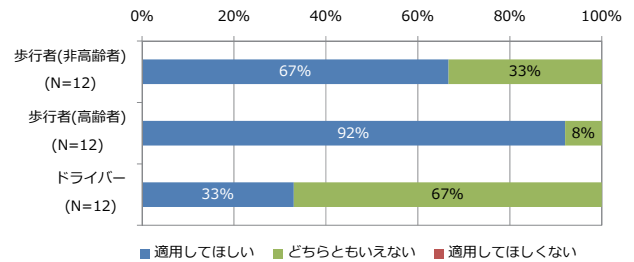


図-17 二段階横断歩道の適用希望 (アンケート結果)

アンケートした結果を示したものである。同図による歩行者実験では適用希望が高いが、ドライバーから見ると、それほど高くない結果となった。

これらの結果が得られた要因として、二段階横断歩道は、歩行者からは横断距離も短くなり、片方のみ確認すればよい等により安心感が高まることから適用のニーズが高くなっているが、ドライバーからは直線的に走れないことや道路の中央に歩行者がいること等により歩行者ほど肯定的な回答がみられなかったことが挙げられる。なお、本実験ではカーブ区間があり線形が悪い状況もあり、ドライバーの評価にマイナスの影響を与えている可能性もある。

6. おわりに

本研究は、単路部無信号横断歩道における二段階横断施設の有効性を検証することを目的として、試験走路において歩行者とドライバーを対象とした被験者実験を行い、ビデオ観測調査やアンケート調査等により、その有効性を分析した。その結果、横断時の選択ギャップの特性等から、二段階横断方式の方が、横断の後半部の判断ミスを軽減させられる可

能性があることや、被験者の横断時の安心感、横断のしやすさが高まるなどの効果があることが明らかとなった。これらの傾向は高齢者においてより顕著に表れていた。

また、二段階横断方式の今後の普及に向けては、以下の課題が挙げられる。

- ・実フィールドでも本実験で得られた結果と同様の傾向が得られるか確認することが必要である。
- ・二段階横断方式に慣れるまでは、交通島の待機時の安全性を向上させるための対策、例えば交通縞の幅員を広くすることや防護策などを設置し、ドライバーからも安心感が得られるような工夫が必要である。
- ・二段階横断歩道について、自動車や歩行者の交通量、交差点間距離等の適用範囲を定めることが必要である。特に、単路においては押しボタン式信号との棲み分けが重要となる。

**謝辞：**本研究の実施にあたっては、名古屋大学大学院中村英樹教授、日本大学森田緯之客員教授、名古屋工業大学鈴木弘司准教授らより貴重なご意見をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 警察庁：平成 27 年の「交通死亡事故の特徴について」および「30 日以内交通事故死者の状況について」、なお、諸外国のデータは平成 27 年以外のデータとなっている
- 2) (公財)交通事故総合分析センター：イタルダ・インフォメーション，夜間の高齢歩行者死亡事故，No.87, 2011.
- 3) 越正毅，安井一彦，山本健一，富井直人：歩行者の二段階横断方式の適用性に関する研究，第 18 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.249-252, 1998.11.
- 4) 鳩山紀一郎，板橋慎寛：二段階横断方式の適用に向けた歩行者心理を重視した中央帯の設計手法，土木学会論文集 Vol.63, No.2, pp.223-232, 2007.6.
- 5) 浜岡秀勝，林勇朔，戸来貴大：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，第 52 回土木計画学研究発表会・講演集，CDROM, 2015.11.
- 6) 宮崎河川国道事務所記者発表資料（平成 27 年 3 月 25 日付）：事故ゼロプラン「全国でもめずらしい横断方式の導入」の実施
- 7) 三井達郎，矢野伸裕，萩田賢司：無信号横断歩道における高齢者の横断行動と安全対策に関する研究，土木計画学研究・論文集，No.15, pp.791-802, 1998.9.

(2016. 4. 22受付)

## Effectiveness of Two-Stage Crossing Island at Unsignalized Crosswalk

Kazufumi Suzuki, Hiroshi Makino, Sachiyo Fukuyama and Atsushi Tanaka