VR 実験による二段階横断施設の構造が利用者不安感に及ぼす影響の分析

鈴木　一史 [1]

[1]正会員　静岡理工科大学　理工学部土木工学科（〒437-0032 静岡県袋井市豊沢 2200-2）
E-mail: suzuki.kazufumi@sist.ac.jp

わが国の人対車両の交通事故の約 1 割が単路部横断中に発生している．このような単路部横断中の事故対策として二段階横断方式の導入が有効と考えられる．二段階横断施設の今後の普及のためには，道路交通条件に応じた利用者にとって不安感が少ない二段階横断施設の構造に関する知見が不可欠であるが，二段階横断施設の望ましい交通島の構造については十分に明らかになっていない．そこで本研究では Virtual Reality (VR)を用いた横断実験を行い，二段階横断施設の構造が利用者不安感に及ぼす影響について分析を行った．その結果，交通島待機中の不安感は，交通島幅，防護設備の種類，交通量，大型車の有無等によって影響されることが明らかとなり，交通島の防護設備では，コンクリートバリア＞縁石＋ガードパイプ＞ボラードの順に不安感の低減効果が高いことが明らかとなった．

Key Words: *two-stage crossing, traffic island, pedestrian, user anxiety, virtual reality*

1. はじめに

警察庁[1]によれば，わが国の2021年の人対車両の交通事故36,801件のうち約1割が単路部横断中に発生している．このような単路部横断中の事故対策として，横断歩道の中央部に歩行者が滞留できるスペース（交通島）を設け，横断を二段階に分ける横断方法である二段階横断方式の導入が有効と考えられる．2021年には「無信号二段階横断施設導入の手引き(案)[2]」が作成され，わが国でも徐々に導入事例がみられつつある．今後の普及のためには，道路交通条件に応じた利用者にとって不安感が少ない二段階横断施設の構造に関する知見が不可欠である．しかしながら既往研究において，二段階横断方式の有効性や導入条件を安全性・円滑性の観点から検討した事例[3][4]，二段階横断施設でのドライバーの譲り挙動[5]や交通島の存在による速度抑制効果[6]について検討した事例はみられるものの，二段階横断施設の構造が歩行者の不安感に及ぼす影響は十分に明らかになっていない．構内の走行実験を通じて，横断面構成が異なる複数パターンの二段階横断施設の不安感等を評価した事例[7]もみられるものの，多様な道路交通条件下で，交通島の形状や防護設備の種類等が及ぼす影響を評価したものではない．

そこで本研究では，Virtual Reality (VR)を用いた横断実験を通じて，道路交通条件に応じた二段階横断施設の構造が利用者の不安感に及ぼす影響を分析することを目的とする．

2. 実験方法

(1) VR 実験で考慮する要因

本研究では，横断時の利用者不安感に影響を及ぼすと考えられる二段階横断施設の構造に関する要因として，a)交通島幅，b)防護設備の種類，c)ゼブラの有無を考慮し，交通条件として d)交通量，e)大型車混入の有無，f)車両速度を考慮する．VR 実験で用いる道路環境には，両側に歩道が整備された中央帯のある往復二車線道路を想定し，横断構成は**図-1** に示す通りとする．

a)交通島幅については，道路空間に制約があるケースを想定して 1.0 / 1.5 / 2.0 / 2.5 m の 4 種類を想定する．ここでいずれのケースも車道部幅員 10m，交通島両側の側帯の幅員 0.25m，車線幅員 2.75m は常に固定したまま，交通島幅に応じて路肩幅員を増減させることで，中央帯端部から自動車までの距離，および被験者の横断距離が一定になるようにする．b)防護設備の種類は，**図-2** のように防護設備なしをベースケースとして，簡易なボラード，縁石とガードパイプを組み合わせた縁石×ガードパイプ，さらに安全性を高めたコンクリートバリアの 4 種類を考

慮する．なお，防護設備なしのケースでは，VR 実験時に中央帯部分で待機することで二段階横断と同様の方法で横断するよう被験者に指示をする．c)ゼブラの有無は，車両側に一時停止義務がない交通島のみの場合を想定したものである．d)交通量は，片側 1 車線あたり 400 / 600 / 800 / 1,000 台/時の 4 種類を想定し，e)大型車混入の有無は，大型車混入率を 20%として交通量に応じて大型車を混入させるものとする．f)車両速度は，30 / 40 / 50 / 60 km/h の 4 種類を想定する．車両は**図-3** に示すように横断地点から上流 250m より設定交通量に応じてポアソン分布に従いランダムに発生させる．**図-4** に VR 空間内に交通島を設置したときのイメージを示す．

(2) 実験方法

実験は，**図-5** のように VR 空間と実寸大の空間が確保できる講義室内において，被験者にヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着してもらい，様々な道路交通条件下での横断シーンを想定した横断実験を行う．実験パターンは実験計画法に基づき作成し，**表-1** に示す 16 通りの実験パターンとする．被験者は群馬工業高等専門学校の学生 20 名（19～21 歳，男女 10 名ずつ）とし，2022 年 12 月～2023 年 1 月の 7 日間で実験を実施した．

実験前に事前説明を行ったのち，VR 空間内で慣らし歩行をしてもらい，被験者が VR 実験環境に十分に慣れたことを確認した上で実験を開始する．なお，順序効果を排除するため被験者ごとに実験の順序はランダム化する．各方向からの先頭車両が横断歩道を通過し終えたタイミングで横断を開始し，各パターン 3 往復ずつ横断するものとする．各パターンの実験終了後に簡易なアンケート調査を行い，交通島待機中の不安感，横断施設の利用意思等を 5 件法により回答してもらう．全 16 パターンの横断を完了した後，事後アンケートに回答してもらうことで実験終了とする．

(3) 収集データ

本研究では，交通島待機時の不安感について評価するために，各パターンの横断実験終了後にアンケート調査を行う．アンケート調査では不安感および利用意向を 5 件法により評価してもらうとともに，安全確認のしやすさや渡りやすさ，総合的な評価についても被験者に尋ねている．同時に，横断時の待ち時間や左右の首振り回数等についても計測を行う．

3. 実験結果および考察

(1) 横断待機中の不安感

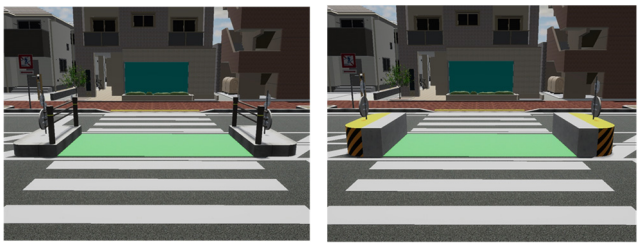
a) アンケート結果



図-1 VR 実験で用いた道路の横断構成



(a) 防護設備なし(No.11)　(b) ボラード(No.10)



(c) 縁石×ガードパイプ(No.12)　(d) コンクリートバリア(No.9)

図-2 交通島の防護設備のイメージ

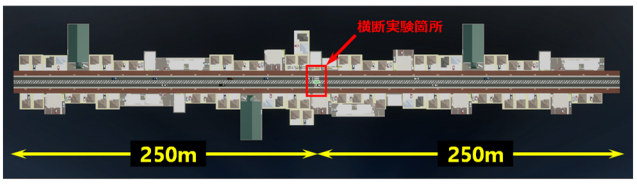


図-3 VR 実験で再現された道路区間



図-4 交通島の設置イメージ



図-5 横断実験の実施状況(左)と被験者が体験する VR 映像(右)

交通島待機時の不安感に関するアンケートの集計結果を**図-6** に示す（グラフ右端の数値は「とても不安」＝5,「全く不安でない」＝1 の 5 件法の評価平均値）．この結果より，交通島幅が狭いほど全体的に不安側の回答が多いこと（実験パターン No.1～4），同一の交通島幅では防護設備なしのケースで不安感が高い傾向にあること（実験パターン No. 3, 7, 11, 15）がわかる．

b) 影響要因のモデル分析

交通島待機中の歩行者の不安感に及ぼす影響要因を明らかにするため，不安感を目的変数とする順序ロジットモデルを適用した結果を**表-2** に示す．目的変数には被験者の不安感に関するアンケート回答値（「とても不安」＝5,「全く不安でない」＝1 の 5 件法）を使用し，説明変数には交通島幅，交通量，車両速度に加え，大型車混入の有無，ゼブラの有無，防護設備の種類，被験者属性に関するダミー変数を投入した．推定結果より，適合度は低いものの，係数の符号条件は妥当な結果が得られている．交通島幅，交通量，大型車混入の有無，防護設備に関するダミー変数はいずれも有意となり，交通島幅が広いほど，交通量が少ないほど，大型車が混入していないほど不安感は低くなることがわかる．また，防護設備については，係数を比較するとコンクリートバリア＞縁石×ガードパイプ＞ボラードの順に不安感の低減効果が高いことがわかる．車道幅員の制約により交通島幅が十分に確保できない道路条件では，交通島に適切な防護設備を選択することで，利用者の不安感をより低減できる可能性があるといえる．

一方，車両速度，ゼブラの有無，被験者性別については有意差がみられなかった．車両速度については，VR を体験した被験者が映像と音のみでは通過車両の速度感を十分に体感できなかった可能性もあり，この点については今後精査していくことが課題として挙げられる．ゼブラの有無については，ゼブラ有無による車両の一時停止義務の違いについて理解していた被験者は 20 名中 6 名と少なく，かつ今回の VR 実験ではゼブラ有無によらず車両挙動は変えずに，車両は横断歩行者に譲らないとしたことが影響したものと推察される．

(2) 二段階横断施設の利用意向

a) アンケート結果

二段階横断施設が存在するときの利用意向について質問したアンケートの集計結果を**図-7** に示す（グラフ右端の数値は「とても思う」＝5,「全く思わない」＝1 の 5 件法の評価平均値）．アンケートでは「今回体験した交通状況下で，あなたが道路を横断しようとする地点から 10m 先に今回のような横断歩道があった場合，多少迂回することになっても，あなたはその横断歩道を利用したいと思いますか？」という質問を被験者に尋ねている．この結果より，交通島幅が広いほど利用意向が高い傾向にあり，縁石×ガードパイプで交通島幅が 2.5m と広い No.16 で最も利用意向が高く，防護設備がなく交通島幅が 1.0m と狭い No.3 のケースで利用意向が最も低くなっている．

表-1 本研究の VR 実験で対象とする実験パターン

No.	防護設備の種類	交通島幅 [m]	交通量 [台/時]	車両速度 [km/h]	大型車混入	ゼブラ有無
1	C	1.0	800	40	あり	なし
2	B	1.0	400	30	なし	あり
3	N	1.0	1,000	50	あり	あり
4	S	1.0	600	60	なし	なし
5	C	1.5	400	50	なし	なし
6	B	1.5	800	60	あり	あり
7	N	1.5	600	40	なし	あり
8	S	1.5	1,000	30	あり	なし
9	C	2.0	600	30	あり	あり
10	B	2.0	1,000	40	なし	なし
11	N	2.0	400	60	あり	なし
12	S	2.0	800	50	なし	あり
13	C	2.5	1,000	60	なし	あり
14	B	2.5	600	50	あり	なし
15	N	2.5	800	30	なし	なし
16	S	2.5	400	40	あり	あり

C：コンクリートバリア，B：ボラード，S：縁石×ガードパイプ，N：防護設備なし

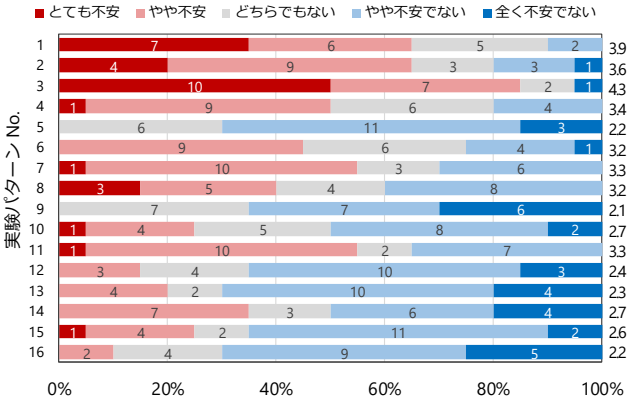


図-6 パターンごとの横断待機時不安感の回答状況

表-2 不安感評価モデルの推定結果

説明変数	係数	t 値
交通島幅[m]	−1.63	−7.95***
交通量[台/時]	0.00100	2.07*
車両速度[km/h]	0.00605	0.657
大型車ダミー	0.536	2.57*
ゼブラダミー	−0.0682	−0.329
ボラードダミー	−0.618	−2.09*
縁石×ガードパイプダミー	−1.13	−3.79***
コンクリートバリアダミー	−1.36	−4.54***
被験者女性ダミー	0.308	1.49
閾値（1|2）	−4.88	−6.56***
閾値（2|3）	−2.65	−3.79***
閾値（3|4）	−1.64	−2.37*
閾値（4|5）	0.508	0.723
自由度調整済み尤度比	0.077	
サンプルサイズ	320	

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

b) 影響要因のモデル分析

前節と同様に，利用意向に及ぼす影響要因を把握するため順序ロジットモデルを適用した結果を**表-3** に示す．この結果より，交通島幅，ゼブラ有無，防護設備，被験者女性ダミーが有意に影響する結果となり，交通島幅が広くゼブラが有り，防護設備が備わっているほど，二段階横断施設の利用意向が高まることがわかる．利用者にとっては，横断施設の外観から受ける印象により，安全性が確保されると思われる構造であるほど望ましいものと推察される．一方で，交通量や速度，大型車混入の有無といった交通状況に関する要因は有意とならなかった．この点については，今回の実験では被験者は二段階横断での横断実験を体験するのみで，アンケートの設問が想定するような一度で道路を渡りきる標準的な横断方法を体験することなく回答しているため，実施の道路横断状況を被験者が想像しづらかった可能性がある．

4. おわりに

本研究では VR を用いた横断実験を行い，利用者にとって不安感の少ない二段階横断施設の構造について評価を行った．その結果，交通島待機中の不安感は，交通島幅，防護設備の種類，交通量，大型車の有無によって影響されることが明らかとなり，交通島の防護設備では，コンクリートバリア＞縁石×ガードパイプ＞ボラードの順に不安感の低減効果が高いことが明らかとなった．また，二段階横断施設の利用意向は，交通島幅が広く，ゼブラがあり，防護設備が備わっているほど利用意向が高いことがわかった．なお，今回は 20 歳前後の被験者に限定された実験結果に基づくものであることから，今後は年齢層の異なる被験者で実験を行い，年齢層の違いによる不安感への影響を検討していくことが課題として挙げられる．

謝辞：本研究の実験実施およびデータ収集に際しては，群馬工業高等専門学校環境都市工学科（当時）の尾谷壮哉氏に多大な協力を得ました．ここに謝意を表します．

参考文献

1) 警察庁交通局：令和3年中の交通事故の発生状況，https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?stat_infid=000032169263 (最終閲覧2023年1月17日)
2) 一般社団法人交通工学研究会：無信号二段階横断施設導入の手引き(案)，令和3年7月．
3) 浜岡秀勝・林勇朔・戸来貴大：歩行者の横断判断に着目した単路部二段階横断の安全性，土木学会論文集D3(土木計画学)，Vol.72, No.5, pp.I_1167-I_1175, 2016.
4) 杉山大祐・大橋幸子・小林寛：二段階横断施設運用時に発生する遅れ時間と交通条件が与える影響の分析，土木学会論文集，Vol.75, No.6, pp.675-682, 2020.
5) 足立国大・鈴木弘司：無信号二段階横断施設における車両譲り挙動と横断安全性に関する分析，土木学会論文集D3(土木計画学)，Vol.71，No.5，pp.I_1263-I_1272, 2021.
6) 大橋幸子・杉山大祐・小林寛：速度抑制効果を有する二段階横断施設の構造に関する研究，土木学会論文集D3(土木計画学)，Vol.76, No.5, pp.I_1311-I_1319, 2021.
7) 大橋幸子・杉山大祐・野田和秀・小林寛：無信号単路部における簡易な二段階横断施設の横断面構成に関する適用可能性調査，土木学会論文集D3(土木計画学)，Vol.75, No.6, pp.I_695-I_704, 2020.

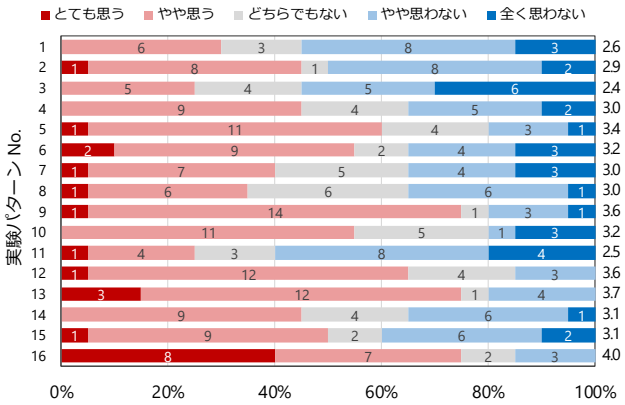


図-7 パターンごとの横断施設利用意思の回答状況

表-3 利用意向評価モデルの推定結果

説明変数	係数	t 値
交通島幅[m]	0.844	4.35***
交通量[台/時]	−0.000468	−0.971
車両速度[km/h]	−0.00460	−0.490
大型車ダミー	−0.277	−1.32
ゼブラダミー	0.573	2.69**
ボラードダミー	0.586	1.99*
縁石×ガードパイプダミー	1.19	3.93***
コンクリートバリアダミー	1.07	3.56***
被験者女性ダミー	0.698	3.29**
閾値（1|2）	−0.252	−0.355
閾値（2|3）	1.42	2.02*
閾値（3|4）	2.16	3.05**
閾値（4|5）	5.12	6.61***
自由度調整済み尤度比	0.087	
サンプルサイズ	320	

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

ANALYSIS OF INFLUENCING FACTORS OF TWO-STAGE CROSSING FACILITY STRUCTURE ON USER ANXIETY BASED ON VIRTUAL REALITY EXPERIMENT

Kazufumi SUZUKI