

二段階横断施設に関する 利用者挙動と印象の分析

足立 国大¹・鈴木 弘司²・平田 浩脩³

¹学生会員 名古屋工業大学都市社会工学科 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: 27117003@stn.nitech.ac.jp

²正会員 名古屋工業大学大学院准教授 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: suzuki.koji@nitech.ac.jp

³非会員 三重県津建設事務所 (〒514-8567 三重県津市桜橋3丁目446-34)

E-mail: hiratk03@pref.mie.jp

横断中の歩行者事故の対策として、二段階横断施設の活用が各地で進められている。本研究では、2017年10月に岐阜県関市倉知の県道17号線で設置された食い違い二段階横断施設を中心に、愛知県内にいくつか存在する簡易的な二段階横断施設で走行調査、歩行調査および外部観測調査を行い、利用者挙動や意識の違いについて分析した。その結果、ドライバーの横断者認知時の車両速度の低下から二段階横断施設の安全性が示された。さらに、食い違い二段階横断施設と簡易な二段階横断施設を比較し、必要減速度から食い違い二段階横断施設の優位性が示された。また、ドライバーの譲り挙動に及ぼす影響要因を明らかにした。

Key Words : Traffic Safety, Staggered Crosswalk, Vehicle Movement, Users Consciousness

1. はじめに

我が国の交通事故死者数は昭和45年の16,765人をピークに減少傾向にあり、平成29年には3,694人まで減少している。しかし、状態別死者数でみると、歩行中が最も多く(図-1)、また、人対車両事故の約7割が横断中に発生している状況にあり(図-2)、横断中の歩行者事故の対策が求められる。歩行者の安全な横断を確保する方策として、宮崎県川南町平田地区の国道10号をはじめとした二段階横断施設の導入が広まってきている。二段階横断施設に関する既往研究として、村井ら(2016)¹⁾は、宮崎県の施設を対象として、横断の分割により待ち時間が減少したことや、危険な交錯が減少したことなどの効果を示している。また、石山ら(2017)²⁾は、二段階横断方式適用時のクリティカルギャップの変化を推定し、横断円滑性の向上効果を示した。この他に、大橋ら(2017)³⁾は、交通島の幾何構造に関して、歩行者のすれ違いの円滑性や滞留人数の観点から評価した。しかし、複数の二段階横断施設に対して利用者挙動や意識に関する歩行者、ドライバーの双方からの分析事例はあまり見られない⁴⁾。

そこで、本研究では、2017年10月に岐阜県関市倉知に設置された食い違い二段階横断施設、愛知県春日井市庄名町および愛知県名古屋市中村区稲葉地町にある中央に

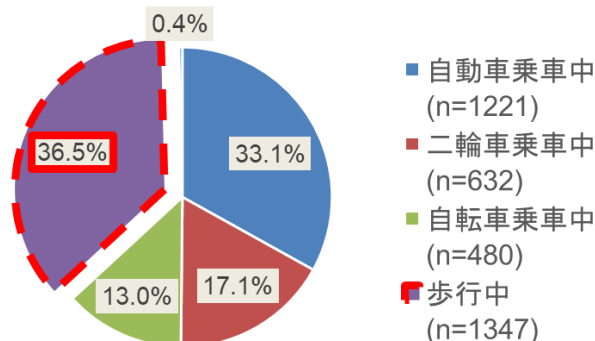


図-1 平成29年の状態別死者数⁴⁾

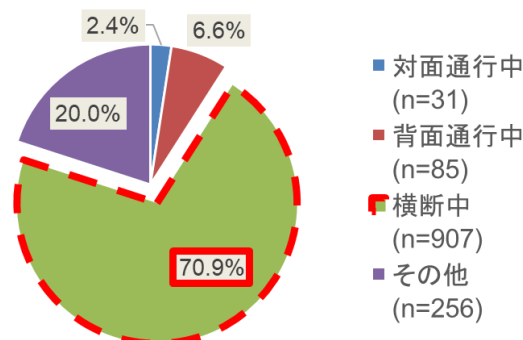


図-2 平成29年の事故類型別死亡事故件数⁴⁾

歩行者が待機できるスペースのみ確保されている簡易的な二段階横断施設において現地調査を行い、利用者の挙

動や意識の違いという観点から二段階横断施設の効果について分析する。なお、利用者意識の分析に関しては、加藤ら(2016)⁹が行った先行研究を参考としている。

2. 各調査地概要

本研究では、関市倉知(図-3)、愛知県春日井市庄名町(図-4)、愛知県名古屋市中村区稲葉地(図-5)、愛知県名古屋市中村区千種区神田町(図-6)の4カ所で現地調査を行っている。

岐阜県関市倉知の県道17号には、食い違い二段階横断施設が設置されている。ここで、本二段階横断施設の構造特性諸量を図-7に示す。本施設には、車道中央に設置されている交通島のほかに、横断歩道停止線上流部にカラー舗装が敷設されている。また、本施設前後の道路は一車線あたりの車道幅員が3.00mであり、規制速度は50km/hである。二段階横断施設の南側約120mには倉知北交差点が立地している。また、比較対象となる通常横断歩道は二段階横断施設の北側約370m、570mに位置する2カ所であり、ともに中央帯や交通島、横断歩道停止線上流部のカラー舗装は設置されていない。

愛知県春日井市庄名町の調査対象は、中央帯にコンクリートブロックを設置し、横断者はその間で待機できるスペースがある簡易的な二段階横断施設である。二段階横断施設前後の道路は一車線あたりの車道幅員が3.00mであり、規制速度は50km/hである。ここで、二段階横断施設の構造断面図を図-8に示す。本二段階横断施設の中央帯幅は1.60mであり、横断歩道停止線上流部にはカラー舗装が敷設されている。また、比較対象となる通常横断歩道は愛知県春日井市北城町の県道508号に設置されており、横断歩道停止線上流部にカラー舗装が敷設され、規制速度は50km/hである。

愛知県名古屋市中村区稲葉地町の市道稲葉地南北6号線の調査対象は、中央帯にガードポールを設置し、横断者はその間で待機できるスペースがある簡易的な二段階横断施設である。ここで、本二段階横断施設の構造断面図を図-9に示す。本二段階横断施設の中央帯幅は1.15mであり、横断歩道停止線上流部のカラー舗装は敷設されていない。また、本施設前後の道路は一車線あたりの車道幅員が2.85mであり、規制速度は40km/hである。

愛知県名古屋市中村区千種区神田町の調査対象は中央帯や交通島が設置されていない通常の無信号横断歩道である。本研究では、他の二段階横断施設の比較対象として、調査を行っている。本施設前後の道路は一車線あたりの車道幅員が3.00mであり、規制速度は40km/hである。



図-3 関二段階横断施設



図-4 春日井二段階横断施設



図-5 稲葉地二段階横断施設



図-6 千種横断施設

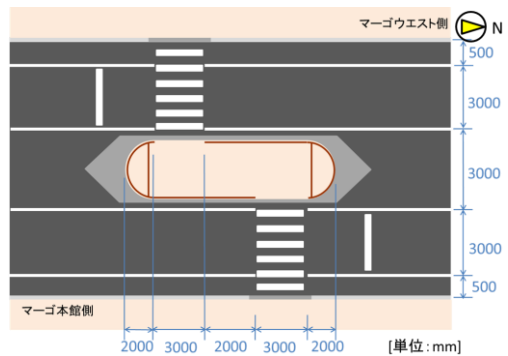


図-7 関二段階横断施設構造図

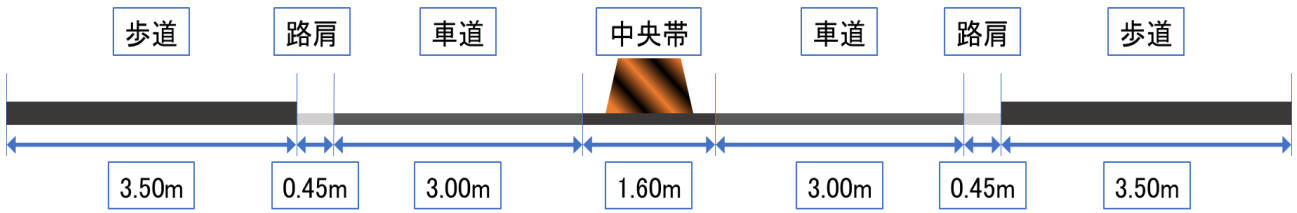


図-8 春日井二段階横断施設断面図

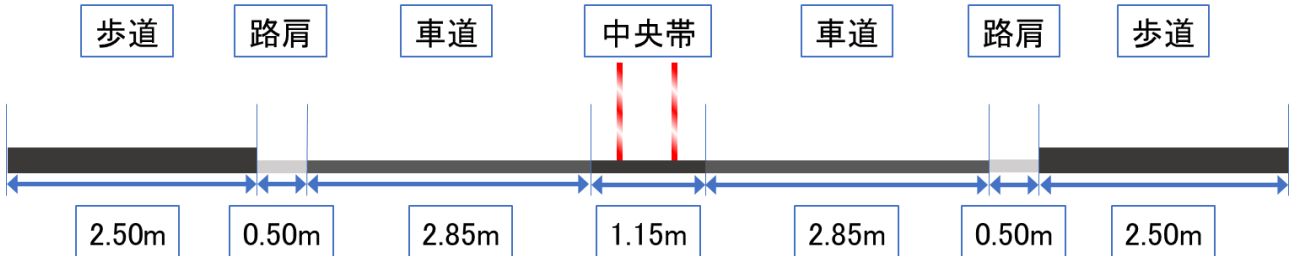


図-9 稲葉地二段階横断施設断面図

3. 調査概要

現地調査では、外部観測調査、走行調査および歩行調査の3つの調査を行った。調査日時を表-1に示す。

(1) 外部観測調査概要

本調査では、歩道部に設置したビデオカメラにより、横断歩道と車道上流を撮影することで、横断歩行者および車両の挙動を計測している。

(2) 走行調査

本調査は、運転者の意識および挙動特性を把握することを目的としている。

調査方法は、車内に設置したビデオカメラとドライブレコーダ(Data-tech社製SRcomm)を用いて車両挙動および運転者の安全確認に関する情報を取得している。安全確認は、対象区間走行中に横断待機している歩行者を認知した時点、あるいは歩行者がいないことを確認した時点で、被験者に「確認」等、発声してもらい、ビデオカメラに声を記録するとともに同乗する調査員によりドライブレコーダにも記録している。また、走行調査1往復終了後に二段階横断施設とその周辺にある通常横断歩道の道路環境イメージに関するアンケート調査に答えてもらっている。

なお、調査員の特徴として、関市倉知での調査は20代男性が6名、20代女性が2名、40代男性が1名であり、春日井市庄名での調査は20代男性が3名である。内2名が共通の調査員となっている。

表-1 現地調査概要

関	外部観測調査	2018年2月17日(土) 9:00~15:00
	走行調査	2018年2月17日(土) 10:00~15:00 2018年5月20日(日) 8:30~15:30
	歩行調査	2018年2月17日(土) 9:00~15:00 2018年5月20日(日) 8:30~16:30
春日井	外部観測調査	2016年12月11日(日) 9:30~16:00
	走行調査	2018年5月16日(水) 12:30~16:30
	歩行調査	2016年12月11日(日) 9:30~16:00 2018年5月16日(水) 12:30~16:30
稲葉地	外部観測調査	2016年11月24日(木) 9:30~16:00
	歩行調査	2016年11月24日(木) 9:30~16:00
千種	外部観測調査	2016年11月29日(火) 9:30~16:00
	歩行調査	2016年11月29日(火) 9:30~16:00

(3) 歩行調査

本調査は、横断者の意識および横断待機時における車両挙動特性を把握することを目的としている。

調査方法について、被験者は図-10に記されたルートに従って横断施設を1横断したのちに、アンケートに答えてもらっている。ルートは、順序効果を配慮して4種類設定し、各被験者にランダムに割り振っている。

なお、調査員の特徴としては、関、春日井の両調査地において、走行調査を行った調査員に20代男性を1名加えたものとなっている。内、3名が関、春日井共通の調査員である。また、稲葉地、千種においては、20代男性が5名であり、アンケート調査は実施していない。

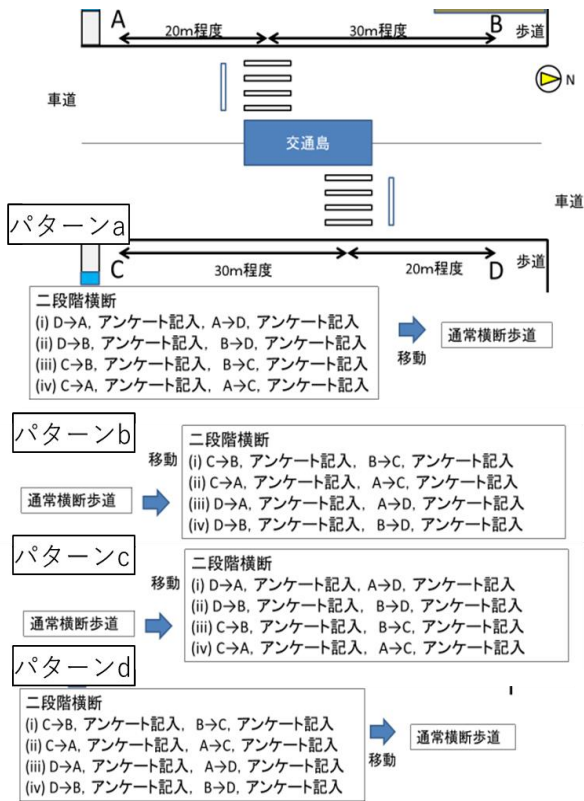


図-10 歩行調査のルートおよび方法

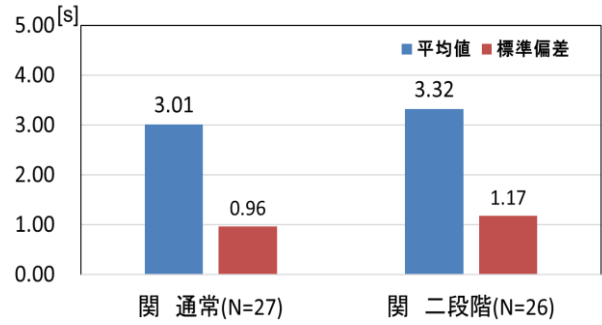


図-11 横断者認知時間

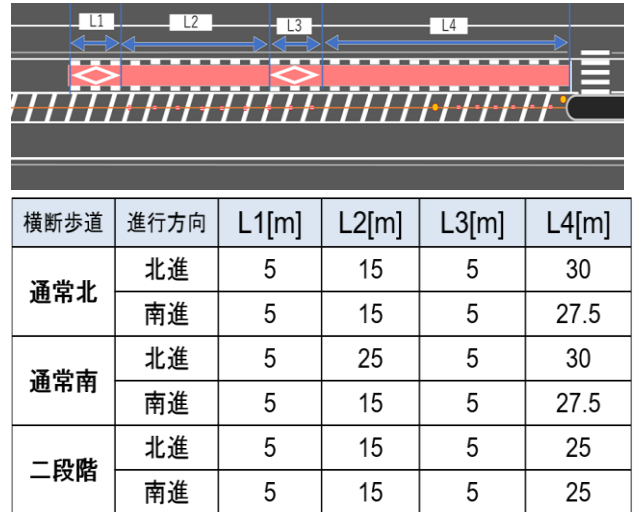


図-12 横断者認知時車両挙動取得区間

4. 走行調査による運転者挙動分析

本章では、関市倉知を対象として走行調査の際にビデオカメラによって取得した車両挙動とドライバーの安全確認のデータを用いて、ドライバーが歩行者を認知した地点やその時の車両挙動を分析する。本章では、横断者がおらず、歩行者がいないことを確認したうえで横断歩道を通じたケースのみを分析対象としている。また、渋滞などで上流50m地点から横断歩道までの区間で速度が5km/h以上変化する加減速を行ったケースは分析対象外としている。

(1) 横断者認知時間

本節では、横断施設における横断者認知時間の特性について、二段階横断施設とその周辺にある通常横断歩道で比較を行う。横断者認知時間とはドライバーの「確認」等の発声時から横断歩道通過時までにかかる時間である。横断者認知時間の平均値と標準偏差の結果を図-11に示す。なお、ここでは歩行調査の被験者と一般横断者を区別していないため、一般の横断者も含まれる結果であることに留意する。

この図より二段階横断施設のほうが通常横断歩道より

横断者認知時間が若干長く、より早いタイミングで安全確認ができることが読み取れる。しかし、両者の平均値について検定を行ったところ、有意な差はみられなかった ($p=0.32$)。

(2) 横断者認知時の車両挙動

本節では、ドライバーが横断者の安全確認をした際の車両の特性を明らかにする。横断歩道上流を図-12の4区間に分け、映像データから各区間の走行時間を計測し、区間長との関係からそれぞれの区間速度を算出する。また、横断者認知した区間の区間速度と前節の横断者認知時間の積から横断者認知距離を算出した。横断者認知距離と認知時速度の関係を二段階横断施設と通常横断歩道に分けてまとめた結果を図-13に示す。

認知時速度の平均値は、二段階横断では32.89km/h、通常横断では36.83km/hであり、二段階横断施設のほうが通常横断より認知時速度が低いことが分かった(5%有意差あり)。このことから、ドライバーは通常の横断歩道より二段階横断施設のほうが慎重に通過していると考えられる。

5. 外部観測調査による車両挙動の分析

本章では、外部観測調査で取得した映像データを基に、横断を行った際の歩行者の安全性や円滑性を明らかにする。

分析対象としては、図-14のように横断者が歩道端に到着した際、横断歩道に接近するNear側1台目の車両挙動のみとしている。また、前章同様、横断者には歩行調査被験者のほかに一般横断者も含まれている点に留意する。

(1) 歩行者の横断安全性評価

本節では、歩行者の安全性を車両の減速度の観点から評価する。分析には、春日井の簡易二段階横断施設における両方向と関の食い違い二段階横断施設における南進方向のデータを用いる。ここでは、譲り挙動を行った車両が、横断者の待機開始時の車両の位置から基準位置（停止線）まで等減速直線運動で走行し、基準位置で停止したと仮定する場合に必要な減速度を表す必要減速度(式(1))を用いて評価する。

$$DR = \frac{v^2}{2x} \tag{1}$$

ここで、

DR：必要減速度[m/s²], v：待機開始時速度[m/s]

x：待機開始時位置から基準位置までの距離[m]

なお、車両の待機時開始速度は図-15、図-16のように横断歩道上流を4つの区間に分け、歩行者の横断待機開始時に車両が位置する区間の区間速度を用いることとする。待機開始時位置は歩行者の横断待機開始時に車両が位置する区間の中央としている。

関と春日井において、横断待機開始から1台目に到着し、譲り挙動を行った車両の各調査地における標本数と必要減速度の平均値、標準偏差の結果を表-2に、必要減速度の累積分布を表した結果を図-17に表す。なお、図-17には急ブレーキの一つの指標となる0.3Gと0.5Gに印をつけた。

表-2より、関のほうが春日井より必要減速度が小さいことがわかる。統計的に平均値の差をt検定により評価すると、1%有意差がみられた。さらに、図-17より関のグラフが春日井のグラフより全体的に左に寄っていることからより低い減速度、すなわち緩やかな減速で停止できることが読み取れる。また、関と春日井の分布の差を統計的にK-S検定を行い検証すると、5%有意差がみられた。

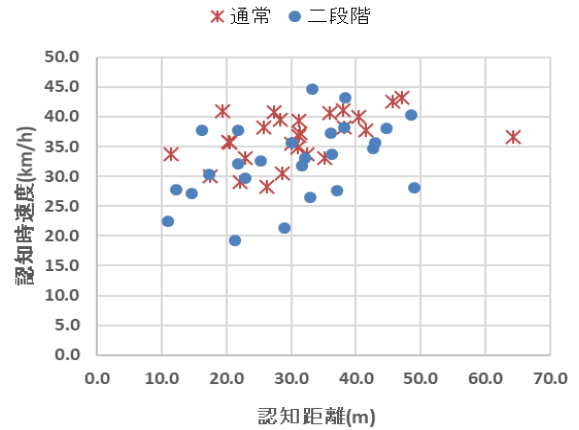


図-13 認知距離と認知時速度の関係

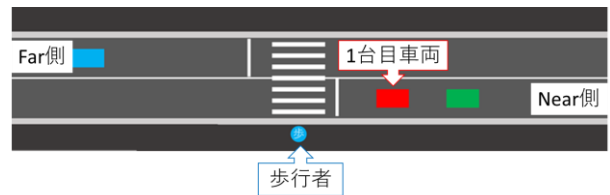


図-14 外部観測調査分析対象

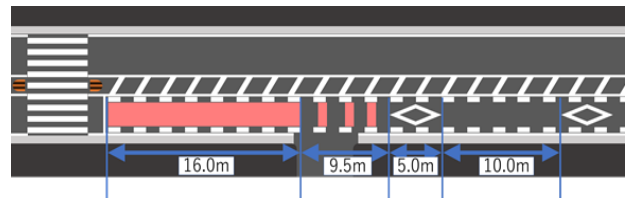


図-15 外部観測調査における速度取得区間（春日井）

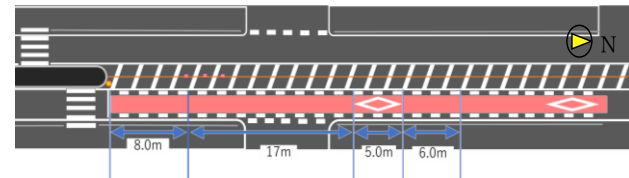


図-16 外部観測調査における速度取得区間（関）

表-2 必要減速度結果諸量

調査地	標本数	平均値(m/s ²)	標準偏差(m/s ²)
関南進	22	1.38	0.85
春日井	58	2.45	1.99

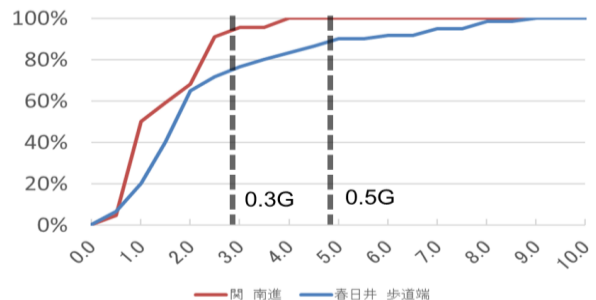


図-17 必要減速度の累積分布

(2) 歩行者の横断円滑性評価

本節では、歩行者の横断円滑性をドライバーの譲り挙動特性から明らかにしていく。ここでは、関、春日井、稲葉地、千種において、横断実験回数に対して横断待機開始からNear側の1台目に到着した車両が譲りのための減速または停止(譲り挙動)を行った実験回数が占める割合を示す譲り横断割合(式(2))を用いて評価する。ただし、横断待機時に車両が接近せず、横断を完了したケースについては本節の分析対象から除外する。

$$P_{YCR} = \frac{N_{NFY}}{N_{DC}} \tag{2}$$

ここで、

- P_{YCR} : 譲り横断割合
- N_{NFY} : Near側1台目譲り回数
- N_{DC} : 実験回数

調査地別、歩道端と中央帯あるいは交通島別に譲り横断割合をまとめた結果を図-18に示す。

図-18より、各調査地において、歩道端より中央帯や交通島のほうが譲り横断割合が3割以上上昇していることが読み取れる。

(3) 譲り挙動モデルの構築

前節での結果を踏まえて、関の食い違い二段階横断南進方向と春日井の簡易二段階横断施設において、横断者が歩道端に到着した際に横断歩道に接近するNear側1台目車両が譲り挙動を示すか、譲り挙動を示さず、通過するかの判断に関わる要因を、ロジスティック回帰分析(式(3))により明らかにする。

$$P_{CY} = \frac{1}{1 + \exp\{-(b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_kx_k)\}} \tag{3}$$

ここで、

- P_{CY} : 譲り挙動発生率
- b_k : パラメータの推定値
- x_k : 説明変数の実測値

次に、分析を行う際に用いた説明変数について表-3にまとめた。

ロジスティック回帰分析のパラメータ推定結果を表-4に示す。この表から関と春日井の単独到着ダミーを除くすべてのパラメータで有意な結果が得られている。加えて、p値も1%以下であることから妥当な結果であると考えられる。

この結果から車両の譲り挙動について、中央帯での待

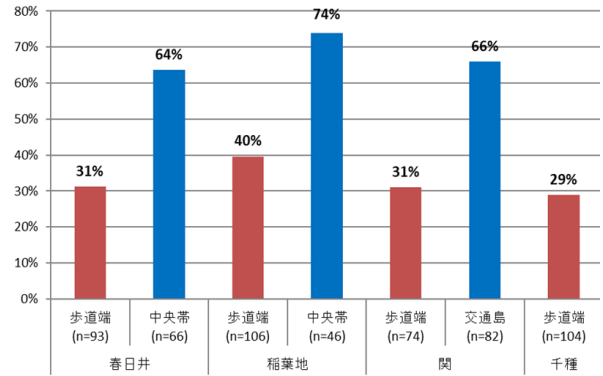


図-18 譲り横断割合

表-3 ロジスティック回帰分析を行う際に用いた説明変数

説明変数	定義
待機開始時速度	横断者が横断待機開始時の車両速度[km/h]
待機開始時距離	停止線から待機開始時車両位置までの距離[m]
最上流速度	停止線から最も遠い速度取得区間の車両速度[km/h]
中央帯ダミー	中央帯(交通島)での横断待機を1, 歩道端での横断待機を0
先頭車ダミー	速度取得車両の先頭車が存在しない場合を1, 存在する場合を0
車群中ダミー	車群中にある速度取得車両の先頭車と後続車が存在する場合を1, それ以外を0
単独到着ダミー	車両が単独で横断歩道に到着する場合を1, 車群で到着する場合を0

機であること、歩行者が横断待機を開始する時の車両速度が低く、また、横断歩道までの距離が長いことが影響要因であることが分かった。

(4) 感度分析による譲り挙動の変化

前節で構築したモデルを用いて、待機開始時速度を変化させた場合の譲り挙動の変化を明らかにする。待機開始時速度を現状から±50%変動させた場合の譲り挙動発生予測率(式(4))を求め、図-19にその結果をまとめる。

$$P_Y = \frac{N_{PY}}{N} \quad (4)$$

ここで、

P_Y : 譲り挙動発生予測率[%], N : 標本数[台]

N_{PY} : ロジスティック回帰モデルにより譲り挙動を行うと判断された標本数[台]

図-19より春日井、関の両二段階横断施設において、待機開始時の速度が10%低下すると譲り割合が8-9%上昇することが分かった。一方、待機開始時の速度が10%上昇すると譲り割合が4-5%低下することが分かった。

6. アンケート調査による利用者意識の分析

本章では、関および春日井を対象に走行調査および歩行調査の際に実施したアンケート調査において取得した回答結果を用いて、各二段階横断施設とその周辺にある通常横断歩道でのイメージの変化について明らかにする。なお、本研究で使用するSD(Semantic Differential)法は、調査の対象とする空間において、連想されるような複数の形容詞の対をランダムに並べ、両極端の形容詞を5もしくは7段階程度に区分した尺度、すなわち評定尺度を設定し、心理反応を定量的に評価する方法である⁷⁾。本研究では、評定尺度を5段階に設定し、各形容詞対のnegativeな形容詞を1, よりpositiveな形容詞を5として定量化し、比較を行う。なお、各調査地での標本数を表-5に示す。

アンケート結果から、ドライバー視点における、各形容詞の平均値をとり調査地別に二段階横断施設とその周辺にある通常横断歩道を比較したものを図-20に示す。また、歩行者視点における結果を、図-21に示す。

図-20より、ドライバー視点での各項目における各調査地の二段階横断施設と通常横断歩道の比較を、平均値の差でt検定により評価した。関においては、二段階横断施設は通常横断歩道より「安全な」、「派手な」、「安心な」といった項目で1%有意差が見られた。春日井では、二段階横断施設は通常横断歩道より「広い」といった項目で1%有意差がみられた。

次に、図-21より歩行者視点での各項目における各調査地の二段階横断施設と通常横断歩道の比較を、平均値の差でt検定により評価した。関においては、二段階横断施設は通常横断歩道より「広い」、「複雑な」、「静かな」、「明るい」、「魅力的な」、「安全な」、「うつくしい」、「派手な」、「見通しの良い」、

表-4 パラメータ推定結果

説明変数	関 (南進)	春日井	関と 春日井
横断待機開始時速度 [km/h]	-0.15*	-0.14*	-0.10*
横断待機開始時距離 [m]	0.14**	/	/
中央帯ダミー (中央帯1, 歩道端0)	3.30*	1.45*	1.78*
車群中ダミー (車群中1, それ以外0)	1.78**	/	/
単独到着ダミー (単独到着1, 車群0)	/	/	-0.51
切片	-1.48	3.55	2.60
R ² (U)	0.34	0.39	0.35
誤分類率[%]	21.43	16.42	20.00
標本数	56	134	190
p値	<0.0001	<0.0001	<0.0001

譲り：正、通過：負

(* : 1%有意, ** : 5%有意)

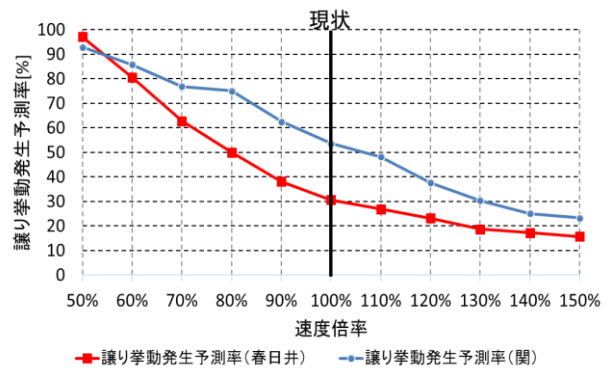


図-19 感度分析による譲り割合変化

表-5 アンケート調査 標本数

対象	箇所	関	春日井
	歩行調査	通常	48
	二段階	88	40
ドライバー調査	通常	25	11
	二段階	33	18

「楽しい」、「安心な」といった項目で1%有意差が見られた。春日井では、二段階横断施設は通常横断歩道より「広い」、「静かな」、「安全な」、「ゆったりした」、「親しみやすい」、「安心な」といった項目で1%有意差が見られた。両調査地において、全体的にpositiveな形容詞に偏っていることから二段階横断施設は

通常横断歩道より好印象であることが読み取れる。一方、関に関してはより「複雑な」といった印象が抱かれていることから、食い違いにすることで通常横断歩道を利用するときとの動線の差異が大きく、負の印象を与えていると考えられる。

歩行者とドライバーの両視点からみると、二段階横断施設は通常横断歩道より、「安全な」といった安全性のイメージや「安心な」といった心理負担のイメージは両視点ともに向上していることが読み取れる。一方、ドライバーは歩行者と比べると施設に関する印象の差が小さいことが分かった。

7. おわりに

本研究では、二段階横断施設に関して、運転者挙動や車両挙動に着目し、ドライバーの譲り挙動特性を把握し、譲り挙動モデルを構築した。さらに、これを用いて感度分析を行い、横断待機開始時の速度と譲り割合の関係について考察を行った。また、アンケート調査から利用者の意識についての分析を行った。

運転者挙動や車両挙動の観点から、二段階横断施設は通常横断歩道より、横断者認知時の車両速度の低下傾向が見られ、安全性が高いことが示された。さらに、食い違い二段階横断施設は簡易二段階施設より、必要減速度が小さく、譲り挙動を行うための急減速の割合が低下したことが分かった。一方、ドライバーの譲り挙動からは中央帯や交通島での譲り横断割合が上昇し、簡易二段階横断施設でも食い違いと同様に横断円滑性が示された。譲り挙動は、中央帯での待機であること、歩行者の待機開始時の速度が低く、横断歩道までの距離が長いことが影響要因であることが分かり、待機開始時の速度低下によって譲り割合が上昇することが示された。また、アンケート調査から利用者の安全性イメージの向上や心理負担の軽減傾向がみられた。

今後の課題としては、車両挙動に関して、関の北進方向のデータを用いた分析を行い、今回の分析結果の信頼性、汎用性を確認することが挙げられる。

謝辞：本研究は、科研費（基盤研究（C）16K06536）の助成を受けたものである。また、分析データの収集にあたり、山口佳起氏（現 三重県鈴鹿建設事務所）ならびに名古屋工業大学都市交通（鈴木）研究室の方々の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

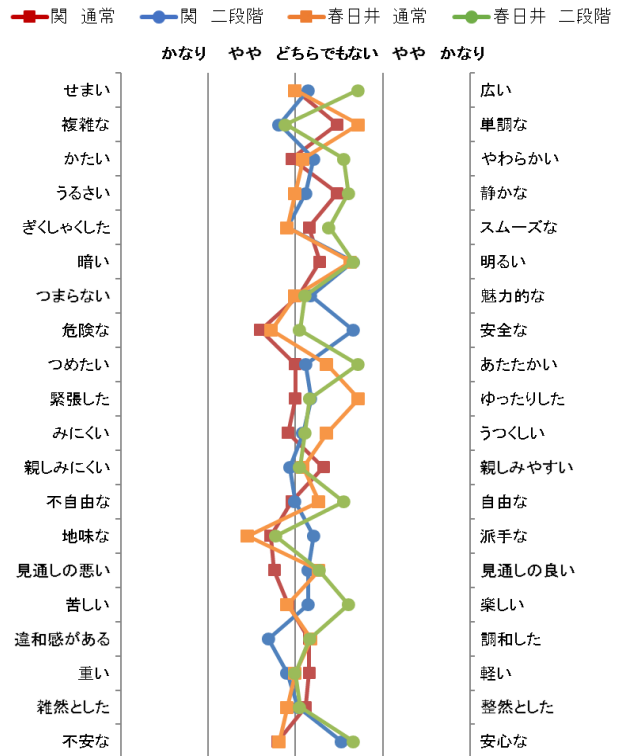


図-20 ドライバーアンケート結果

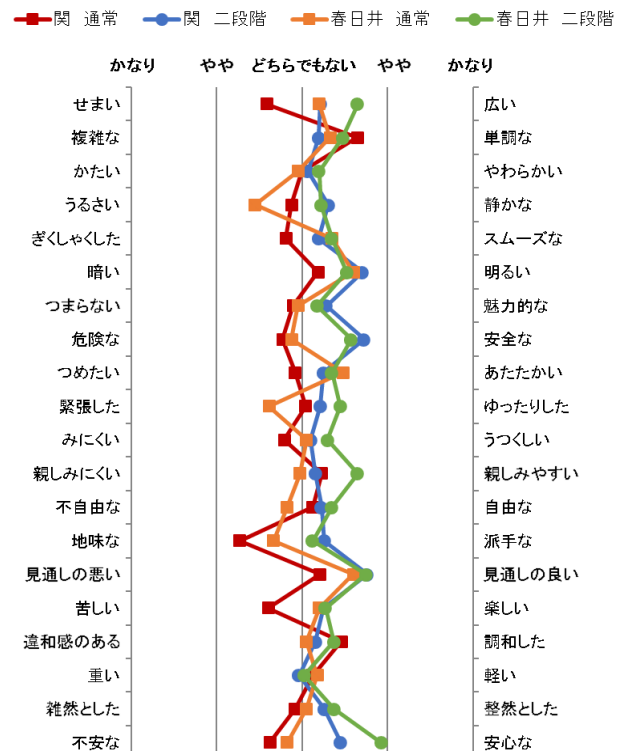


図-21 歩行者アンケート結果

参考文献

- 1) 村井宏徳・加藤明里・神戸信人・高瀬達夫・鈴木弘司・森田紳之：食い違い二段階横断施設による利用者挙動と意識に関する一考察，交通工学研究発表会論文集，No.36，pp.435-442，2016.
- 2) 石山良太・後藤梓・中村英樹：単路部における無信号二段階横断方式の評価，交通工学研究発表会論文集，No.52，pp.331-338，2017.
- 3) 大橋幸子・関皓介・瀬戸下伸介：無信号単路部における二段階横断のための交通島の幾何構造と歩行状況に関する研究，交通工学研究発表会論文集，No.53，pp.339-344，2017.
- 4) 警察庁交通局：平成 29 年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&lid=000001202709>
- 5) 鈴木弘司・加藤明里・山口佳起：二段階横断施設における歩行者の心的負担と車両の譲り挙動に関する実証分析，交通工学論文集（特集号），4 巻 1 号，p. A_252-A_257，2018.
- 6) 加藤明里・鈴木弘司・安田宗一郎：食い違い二段階横断施設による利用者挙動と意識の効果分析，第 53 回土木計画学研究発表会・講演集，pp.2045-2054.
- 7) 増山英太郎，小林茂雄：センサー／エバリュエーション 官能検査へのいざない，297p，1989.

(2018.7.30 受付)

EMPIRICAL ANALYSIS ON USER BEHAVIORS AND IMPRESSION
OF TWO STAGE CROSSWALK IN JAPAN

Kunihiro ADACHI, Koji SUZUKI and Kosuke HIRATA