

単路部における押ボタン式信号機の利用実態に基づく交通制御方式の比較評価に関する研究

細島 豪人¹・安井 一彦²・稲垣 具志³

¹非会員 株式会社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: hosojima@oriconsul.com

²正会員 日本大学准教授 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: yasui.kazuhiko@nihon-u.ac.jp

³正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: inagaki.tomoyuki@nihon-u.ac.jp

近年、道路交通インフラの戦略的な維持管理、更新等により、トータルコストの縮減や予算の平準化を実現するための効果的方策が求められている。そのような中で押ボタン式信号機の点検・見直しにあたり、横断者の交通実態を踏まえた適切な設置可否、現示運用の検討が必要である。そのため本稿では、横断者の押ボタン利用特性について観測調査に基づく実態把握を行い、得られた結果に基づいたロジスティック回帰により、横断者の押ボタン利用判断に影響を与える要因を考察した。その結果、押ボタン信号機の設置を検討する際には、車両交通量だけではなく、横断者属性、道路構造等も考慮する必要があることを示した。また横断者の待ち時間と車両の遅れ時間の観点から、交通シミュレーションにより交通制御方式の違いを比較し、信号機設置の優位性について検討した。

Key Words: pedestrian-control signal, pedestrian crossing, control method, traffic simulation

1. はじめに

国をはじめとして、地方自治体や警察等の道路交通インフラの管理者が戦略的な維持管理・更新等に取り組むことにより、中長期的なトータルコストの縮減や予算の平準化等を実現することが求められている。さらに近年は交通安全施設の大量更新時期を迎えており実態に合わせた整備状況の改善が求められている。平成23年の警察庁通達¹⁾によると、押ボタン式信号機の点検・見直しにあたって、歩行者等の交通実態を踏まえ、定周期運用への変更、信号機の撤去も含めて検討する方針が示されている。また交差点部における信号機を設置する際の車両交通量による基準が示されている。次に平成27年の警察庁通達²⁾によると、信号機の設置が適切でない場合及び必要性の低下した信号機を撤去しない場合には、信号無視を誘発するほか自動車等を不要に停止させ遅れ時間を増加させるなど交通の安全と円滑に支障をおよぼすおそれがあるとされている。しかし、これまでの信号機の設置及び撤去は現場での判断による部分が大きい。

押ボタン式信号機は自動車交通量の多い道路において歩行者の安全を確保するために開発され、現在では約3

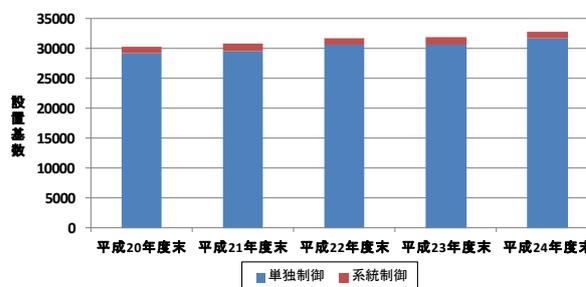


図-1 押ボタン式信号機の設置基数の推移

万3千基が設置されており³⁾、図-1のように設置基数はやや増加傾向にある。しかし交差交通量が少ない地点において、押ボタンを利用せずに信号無視をしてしまう横断者がしばしば見受けられることが問題として挙げられ、押ボタン利用者の少ない地点が存在する。

既存研究において、畠山ら⁴⁾により押ボタン式信号機が設置されている地点における横断者の信号無視率を、単独制御と系統制御で比較している。また信号無視率は待ち時間の長い傾向にある系統制御のほうが高いことを示している。次に吉崎⁵⁾は、信号無視の発生しやすい交差点を対象に調査を行った結果、系統化のために押して

もすぐには変わらない押ボタン式信号制御では信号無視が発生しやすいことを示している。しかし押ボタン式信号制御に特化した研究事例は限定的で、さらに単独制御の押ボタン式信号機のみに着目し、設置地点の特徴を踏まえて横断者利用実態の比較をした研究は見受けられない。

本稿では、押ボタン式信号機の設置されている横断歩道において車両交通量や道路の構造的な特徴別に押ボタンの利用実態把握を行い、横断者の押ボタンの利用判断に影響を与える要因を明らかにする。次に制御方式を変更した際の影響を横断者と車両の両面から定量的に評価するため、交通シミュレーションを用いる。横断者については、押ボタン利用特性と道路交通、沿道施設環境との関連を考慮し、交通制御方式の最適化を横断者待ち時間から検討を行う。また横断者からの観点に加え、車両交通流への影響を考慮し評価するため、車両交通量が変化した場合の車両遅れ時間の比較を行うことを目的とする。

表-1 調査地点および調査日時

地点No	日時	調査地点	車両往復交通量(台/2h)	横断歩道長(m)	近接流入路までの距離(m)	安全柵等
地点①	平成27年6月1日(月)	船橋市志野台5丁目8-11付近	朝	1808	9.1	樹籬帯
			昼	1615		
地点②	平成27年6月11日(木)	船橋市田喜野井3丁目10-6付近	朝	1189	9.2	ガードレール(一部)
			昼	962		
地点③	平成27年6月8日(月)	船橋市志野台5丁目32番地付近	朝	1131	6.7	樹籬帯
			昼	741		
地点④	平成27年10月8日(木)	市川市東官野5丁目8-23付近	朝	2063	8.1	樹籬帯
昼	1620					

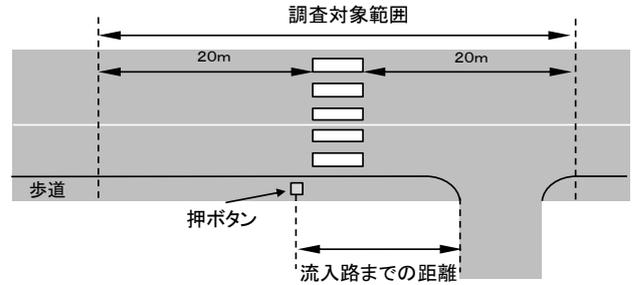


図-2 調査対象範囲

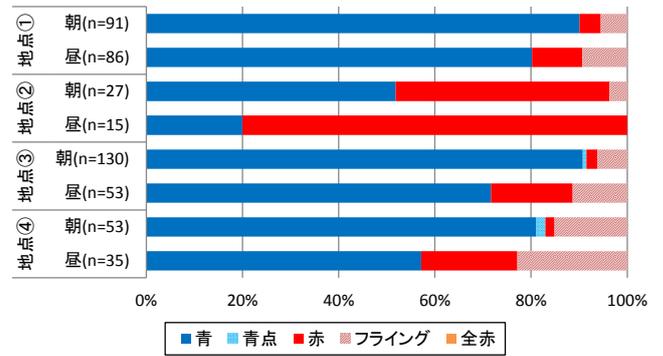
2. 横断者の押ボタン利用実態の把握

(1) 調査概要

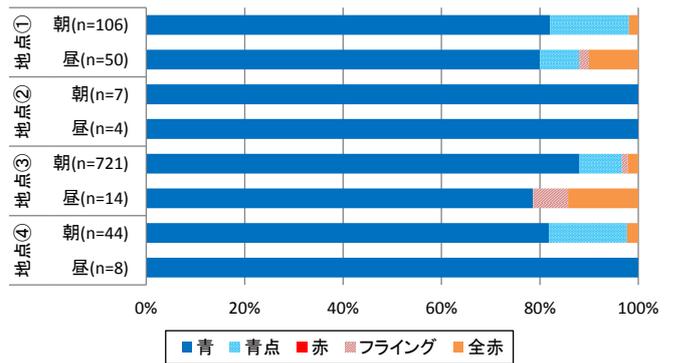
横断者（歩行者・自転車）の押ボタンの利用実態を把握するために、調査員による現地での目視観察・計測とビデオカメラを用いた観測調査を行った。調査対象地点は押ボタン式信号機が設置されている単路部の横断歩道とし、近傍に細街路が接続していても車両交通量が少なく流入車両の影響を無視できる地点とした。また、車両交通量や横断者交通量のほか、地点の構造的な特徴等による利用実態の違いを検討するため、表-1に示す4地点を選定した。選定にあたっては、横断者の押ボタン利用判断に影響を与えると考えられる車両交通量、横断者数、横断歩道長、流入路までの距離、安全柵等の有無に着目した。調査は平日に実施し、調査時間帯は朝のピーク・昼のオフピークに相当する時間とした。また、調査対象範囲は図-2に示すように横断歩道上および横断歩道の上下流20mとし、横断者の押ボタン利用の有無、横断開始時の信号現示、横断時間の計測を行った。

(2) 横断開始時の現示状況

横断者が横断歩道に到着した際の状況について「他の横断者によって押ボタンが押されておらず、押ボタンの利用判断を要する場合」（以後「ケースA」と呼ぶ）と、「既に他の横断者によって押ボタンが押されている場合」（以後「ケースB」と呼ぶ）とに分類する。まず、地点別の横断開始時の現示状況をケースごとに比較したものが図-3である。ケースAでは各地点で横断開始時の現示状況に大きな差があり、特に地点②の赤現示での横断割合が高いことが明らかとなった。ケースAにおいて



(a) 押ボタンの利用判断を要する場合（ケースA）



(b) 到着時に押ボタンが既に押されている場合（ケースB）

図-3 横断者の横断開始時の現示状況

は、地点①や地点③朝のように他の横断者が存在する状況がより多いと、青現示で横断を開始する割合が高くなる傾向にあることがわかる。次にケースBをみると、赤現示で横断を開始した横断者が存在しないことがわかる。このことから、先の横断者が信号待ちをするか否かが、次の横断者の信号遵守状況に大きく影響を与えているこ

とが考えられる。

(3) 車両往復交通量と押ボタン利用率の関係

次にケースAの横断者のみを対象に押ボタンを押した割合を「押ボタン利用率」として定義する。なお、ケースBでは到着時に既に押ボタンが押されているため、押ボタンを押すか否かを判断する必要はない。ここで、車両往復交通量と押ボタン利用率の関係を示したものが図-4である。これより1時間交通量が増加すると押ボタン利用率が高くなる傾向にあることがわかる。しかし、交通量が同程度であっても、地点②と地点③の押ボタン利用率には大きな差が見られた。地点③朝については学校に近接しているため、通学目的の学生の利用率が極めて高かったことに起因していると考えられる。しかし、通学交通の影響がない地点③昼についても、地点②の両時間帯よりも車両往復交通量が少ないにもかかわらず押ボタン利用率が高い。これは横断者が出現する近接流入路までの距離が地点③のほうが短く、横断の際に要する迂回距離が短いことが影響していると考えられる。

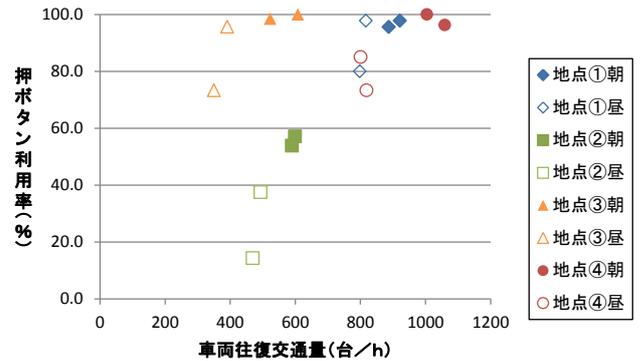


図-4 押ボタン利用率と車両往復交通量の関係

表-2 ロジスティック回帰分析の出力結果

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	P値
車両往復交通量(台/h)	0.005	1.031	0.000
横断者数(人/h)	0.007	1.212	0.013
流入路までの距離(m)	-0.201	-0.745	0.000
未成年	2.134	0.992	0.005
自転車利用者	3.322	1.591	0.000
横断速度(km/h)	-1.454	-2.015	0.000
定数	5.777		0.000
的中率(%)		94.0	
Nagelkerke R2 乗		0.611	
サンプル数(n)		482	

3. 押ボタン利用判断の要因分析

横断者が押ボタンを利用するか否かの判断に影響を与える要因を検討するためにロジスティック回帰分析を行う。ケースBでは押ボタンを利用するか否かの判断を要さないため、ここではケースAの横断者のみを対象とし、説明変数の選択は変数減少法により行った。表-2にロジスティック回帰分析の結果を示す。説明変数のうち車両往復交通量、横断者数、流入路までの距離は地点の道路交通環境としての特徴と考えることができる。

車両往復交通量と横断者数の係数が正であることから、交通量が増大すると押ボタンの利用が促されるものと考えられる。流入路までの距離については係数が負であり押ボタンの利用確率を低下させる要因であることがわかる。これは流入路までの距離が長くなるほど、先述のように流入路からきた横断者は迂回する距離が増大するため、横断歩道外での横断をしやすくなると考えられる。

未成年、自転車利用者、横断速度については横断者の特性と捉えることができる。まず未成年の係数は正であるため、押ボタンの利用確率を増大させる要因であり、分析対象とした地点における未成年者の交通規範意識が高いことが影響していると考えられる。次に自転車利用者の係数が正となっており、自転車利用者の方が押ボタンを利用する確率が高くなっている。これは主道路を走行する自転車が横方向へ横断する際には、後方から接近する自動車に対する確認行動が歩行者の場合ほど容易ではなく、安全な横断機会を得るために押しボタンを利用

するニーズが高まるためと推察される。また横断速度については係数が負であり、横断者が急いで目的地へ向かっていることや、歩行速度が高いために車両ギャップに対して十分に横断可能と評価しやすいために、横断待ちに対する受容度が低くなることが要因として考えられる。

なお、ここでは車両交通量の違いに着目して分析を行ったが、押ボタンの利用判断に強く影響を与える要因として考えられる横断歩道長や安全柵等の有無といった道路構造的な特徴については、対象地点では車両交通量との相関が高く十分に検討することができなかった。そのため、車両交通量が同程度で道路構造的な特徴の異なる地点を対象として再検討する必要がある。

4. シミュレーションによる交通制御方式の比較評価分析

(1) シミュレーション概要

交通制御方式の違いによる横断者の待ち時間や車両遅れ時間への影響を明らかにするため、交通シミュレーションを用いた比較を行う。用いたシミュレーションソフトはVISSIM (PTV社) で、ドライバーや車両の特性等個々のパラメータの設定が可能であり、複数のモード間(歩行者と車両、自転車、電車等)を表現することが可

能で、可変式信号制御等の設定機能も備えたマイクロ交通シミュレーションである。

先述の通り平成23年の警察庁通達では、押ボタン式信号機に対する代替的措置として、定周期運用や信号機の撤去が挙げられているため、検討するシナリオとして、押ボタン式信号制御、定周期信号制御、無信号横断歩道の3つの制御方式を取り上げる。また横断者の押ボタンの利用実態を踏まえて押ボタン式信号の見直し・検討を行うとされており、交差点部における信号の設置基準が車両交通量により定められている。しかし単路部については明確な基準が設けられていないため、定量的に制御方式の適否を判断する必要があると考えられる。また交差点部と同様に車両交通量のみでの評価では、横断者の観点からの評価を行うことができない。さらに前章のロジスティック回帰分析の結果より、押ボタン利用確率は車両交通量に依存することが分かっており、車両交通量の増減が押ボタン利用確率に影響し、横断者の待ち時間も変動すると考えられる。加えて、車両遅れ時間についても押ボタン利用確率の変動による影響があると考えられる。

上記を踏まえ、横断者と車両の両側面に着目し評価を行う必要があるため、評価項目を横断者待ち時間と車両遅れ時間として交通制御方式の影響効果を比較する。ここでシミュレーション上における横断者の押ボタン利用判断は、ロジスティック回帰分析により得られたモデル式を用いて、車両交通量の増減に伴い信号無視をする横断者数が変動するように設定した。また、定周期信号制御についても押ボタン式信号制御と同様のモデル式を用いて信号無視をする横断者を発生させた。次に無信号横断歩道については信号機が設置されないため、車両が停止するか車両の間隙を横断する必要がある。そのため、横断者が横断待ちをしている状況での車両停止率や、横断者の横断可否に関するギャップ特性を設定する必要がある。そこで既存研究⁹⁾により明らかにされた車両停止率ならびに横断者の横断可能ラグの算出方法を参考にした。シミュレーションは地点①を対象として実施し、調査結果による現況を基本として車両交通量を80%減少～20%増加まで10%ずつ変動させて各5回ずつ行った。

(2) 再現性の確認

シミュレーションモデルの再現性を確認するため、現況再現を20回実行し各評価指標の平均値により評価した。再現性の確認においても、横断者待ち時間と車両遅れ時間の2項目とした。横断者待ち時間について出力値と調査における実績値の比較を図-5に示す。誤差の最大値は、横断者の平均待ち時間で約1.5秒、最大待ち時間で2.4秒となった。これは実績値が観測より得られる一意な値である一方、シミュレーション値が20シナリオ分の変動を

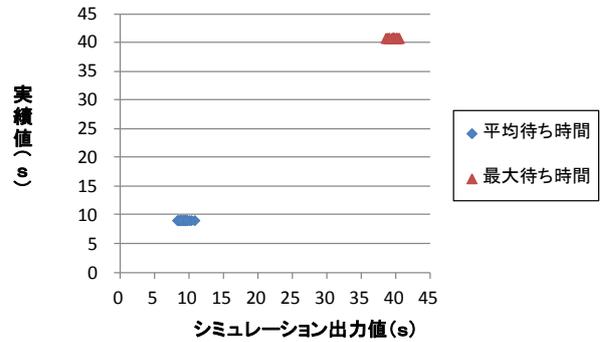


図-5 横断者待ち時間の出力値と実績値の比較

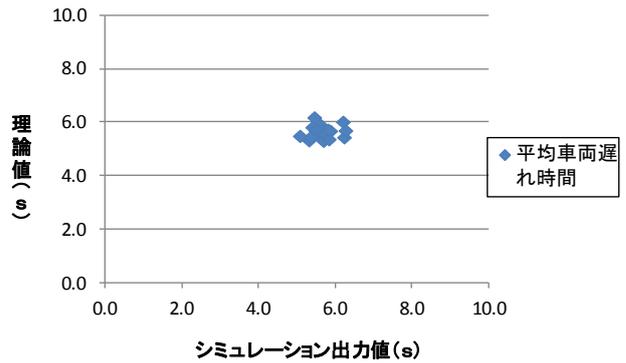


図-6 平均車両遅れ時間の出力値と理論値の比較

持つため、横断者の到着と信号制御状況とのタイミングによって生ずる分散を考慮すると再現性に大きな問題はないといえる。次に、車両遅れ時間については、シミュレーション出力値と理論値⁷⁾の比較を図-6に示す。ここで理論値とは、車両の到着がポアソン分布に従うと仮定した際に車両1台当たりの平均遅れ時間は式(1)で表すことができる。これより車両遅れ時間は、理論値とシミュレーション値の誤差は最大で0.8秒程度となっており、車両側の観点からも現況の再現問題がないことを確認した。

$$\bar{d} = \frac{(1-g)^2}{2(1-\lambda)} + \frac{(\lambda/g)^2}{2q(1-\lambda/g)} \tag{1}$$

ここに、 \bar{d} : 平均車両遅れ時間 [秒],

q : 交通需要 [台/時], λ : 需要率,

g : 1サイクルのうち青時間が占める割合

(3) 横断者の待ち時間による評価

車両往復交通量を変動させた際の横断者の平均待ち時間の推移を交通制御方式別に示したものが図-7である。これより無信号横断歩道の場合、車両往復交通量が増加するにつれて平均待ち時間が急激に増加しており、交通量が多い場合は信号制御が優れていることを示している。一方、全ての交通制御方式において、車両往復交通量が

減少するにつれて横断者待ち時間が短くなっている。このうち押ボタン式信号制御と定周期信号制御では、交通量の減少に伴う信号無視横断者の増加によって待ち時間が短くなっており安全性の観点から問題があるとともに、信号機の必要性が低下していることが示されている。そもそも車両往復交通量が500台/h程度を下回ると、無信号横断歩道の平均待ち時間が他の2つの制御方式よりも低い値となっているため、あくまで円滑性の観点からは必ずしも信号機制御が最適な方法であるとは言い難い。なお、押ボタン式信号制御と定周期信号制御を比較すると、横断者の平均待ち時間の観点からは大きな差は見られない。

(4) 車両遅れ時間による評価

車両往復交通量の変動に伴う交通制御方式別の車両遅れ時間の推移を図-8に示す。まず押ボタン式信号制御については、車両往復交通量が増加するにつれて平均車両遅れ時間が増加する。これは横断者の押ボタン利用率が高くなるに伴い、車両用信号の赤時間の割合が高くなるためである。次に、定周期信号制御では、車両用信号の赤時間長が一定のため、平均車両遅れ時間を増加させる要因が車両交通量のみとなり、増加量は一定であることがわかる。そして押しボタン式信号制御と比較すると車両遅れ時間は長くなっている。

無信号横断歩道については、車両往復交通量が700台/h程度までは平均車両遅れ時間の増加は一定で、かつ遅れ時間自体も大きくはない。しかし車両往復交通量が700台/hを超えると、平均車両遅れ時間の増加量が大きくなり、他の制御方式との車両遅れ時間の差は縮まるが、押しボタン式制御よりも長くなるケースは認められなかった。これは、無信号横断歩道での停止率がわが国では低くシミュレーションの設定値にも反映されているためであり、必ずしも無信号横断歩道の有意性が示されているわけではない。現に図-7で示した通り横断者の平均待ち時間は無信号横断歩道では顕著に増加しており、車両の遅れ時間のみで評価することは不十分であると言える。

5. まとめと今後の課題

本稿では、横断者の押ボタン式信号機の利用実態を踏まえた、適切な信号機の設置可否、現示運用の検討のための知見を得ることを目的として、実道路における横断状況の把握とそれに基づく交通制御方式の基礎的な検討を行った。まず、押ボタン式信号機の設置されている単路部横断歩道において横断者の押ボタン利用実態を観測し、各地点で押ボタン利用率に差があることを示した。次に押ボタンの利用判断を要する横断者（ケースA）の

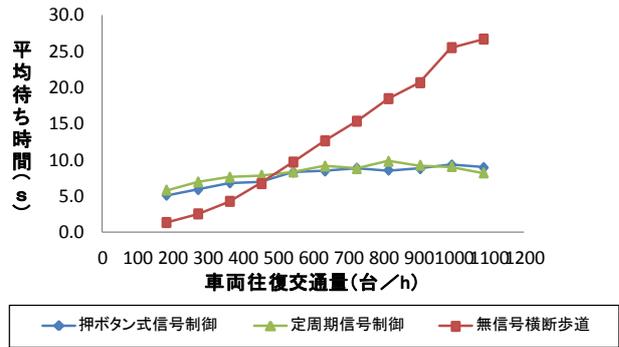


図-7 車両交通量による横断者平均待ち時間の変化

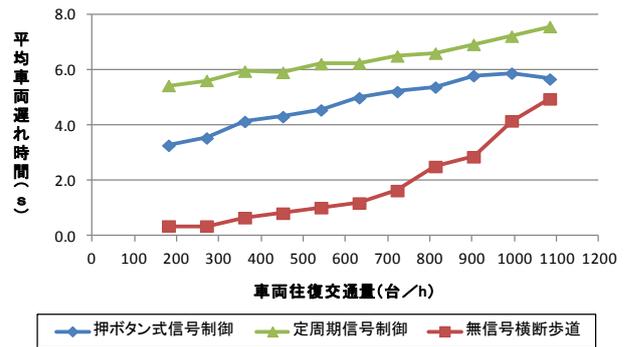


図-8 車両交通量による平均車両遅れ時間の変化

みを対象として分析を行い、車両往復交通量、横断者数、未成年者、自転車利用は押ボタンの利用確率を促す要因であること、また流入路までの距離と横断速度は押ボタン利用確率を低下させる要因であることを示した。次にシミュレーション結果より、車両往復交通量が500台/h程度で交通制御方式にかかわらず、横断者の平均待ち時間が同等の値となることが判明した。さらに車両往復交通量が低下し400台/hを下回るような場合において、無信号横断歩道の横断者待ち時間が最も低い値となり、交通の円滑化の観点からは信号機の必要性が低い場合があることが示された。警察庁通達²⁾では、信号設置条件の一つとして主道路の車両往復交通量が原則300台/h以上であることが示されているが、単路部に限っては基準を高く設定することができる可能性があると考えられる。

今後の課題として、対象調査地点が4箇所と少ないためより一般的な評価をするためにサンプルを増やす必要がある。特に、横断者の押ボタン利用判断に影響を与えると考えられる道路幅員や安全柵、植栽帯の有無等の道路構造的特徴は、分析の基本的スタンスから車両往復交通量を影響要因として重視したために考慮することができなかった。そのため、車両往復交通量が同程度の地点において調査・分析を実施する必要がある。また、本稿では安全性の観点から押しボタン式制御の評価はしておらず、学校の通学路への設置適否の検討等のためには、

安全面について十分に配慮し総合的に判断する方法を確立する必要がある。また横断者の押ボタン利用実態と横断時の安全確認行動との関連についても調査・分析を行う必要があると考えられる。シミュレーションによる評価においても、近接信号交差点や横断者の横断開始位置等の再現を行い、より実際の道路交通状況とそれらの影響関係を加味した評価を行うことが求められる。

参考文献

- 1) 警察庁：より合理的な交通規制の推進について（通達），2011.
- 2) 警察庁：「信号機設置の指針」の試行について（通達），2013.
- 3) (財) 交通事故総合分析センター：交通事故統計年報平成 26 年度版，2015.
- 4) 畠山仁，古池弘隆：押しボタン信号制御の横断歩道における歩行者の挙動特性に関する研究，第 17 回土木計画学研究・講演集，pp.609-612，1995.
- 5) 吉崎昭彦：信号無視をさせない環境整備，月刊交通，Vol.41, No.7, pp.40-48, 2010.
- 6) 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，第 15 回土木計画学研究・論文集，pp.791-802，1998.
- 7) 交通工学研究会：改定交通信号の手引き，2006.

COMPARATIVE EVALUATION OF TRAFFIC CONTROL METHODS BASED ON ACTUAL USAGE OF PEDESTRIAN-CONTROL SIGNAL AT BASIC ROAD SECTION

Hideto HOSOJIMA, Kazuhiko YASUI and Tomoyuki INAGAKI