

標準構造の採用が困難な幹線道路と生活道路の交差点における スムーズ横断歩道の構造検討

Structural Study of Smooth Crosswalks at Intersections between Arterial Roads and Community Roads where it is Difficult to Adopt Standard Structures

上野 宇悠¹, 池田 武司², 藤田 裕士³, 村上 舞穂⁴, 森山 真之介⁵

Takaharu UENO¹, Takeshi IKEDA², Yuji FUJITA³, Maho MURAKAMI⁴ and Shinnosuke MORIYAMA⁵

ゾーン 30 プラスの取り組みの拡大には、物理的デバイスの技術的知見等を蓄積し、道路管理者への技術的支援が重要である。幹線道路と生活道路の交差点のハンプ（スムーズ横断歩道）は、通行車両の速度抑制に加え、生活道路の起終点やゾーン入口を運転者に示し、注意喚起を図る効果がある。しかし、現地状況により傾斜部の延長を確保できない場合があり、標準構造のハンプ採用を困難にさせている。

そこで、標準構造から傾斜部の延長、縦断勾配や平坦部の高さを変えたスムーズ横断歩道で走行実験を行い、車両挙動による客観的評価や被験者へのアンケート調査による主観的評価により、標準外のスムーズ横断歩道の構造検討を行った。その結果、標準構造より勾配を急にすることで、標準構造と同等の効果を期待できるスムーズ横断歩道の可能性が示唆された。

Keywords: 交通安全, ゾーン 30 プラス, ハンプ, スムーズ横断歩道, 走行実験

1. はじめに

1.1 背景・目的

生活道路における人優先の安全・安心な通行空間の整備の更なる推進を図ることを目的とした「ゾーン 30 プラス」（最高速度 30km/h の区域規制と物理的デバイスとの適切な組み合わせにより安全・安心な通行空間の整備に取り組む施策）の取り組みを拡大するため、物理的デバイスに関する技術的知見やノウハウを蓄積し、道路管理者への技術的支援を行うことが重要である。

物理的デバイスの一つであるハンプは、路面をなめらかに盛り上げることで、規制速度を超えた速度で走行した運転者に不快感を与え、2 回目以降の走行の際に速度を抑制することを期待したものである。ハンプの構造については、「凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準¹⁾」に、30km/h を超えている自動車を十分に減速させる構造として、図 1 を標準とすることが示されている（以下、この構造を「標準構造」とする）。

ここで、ハンプの設置箇所としては、一般的な道路区間の他、交差点全面、幹線道路との交差点²⁾がある。このうち、幹線道路と生活道路の交差点へのハンプの設置は、幹線道路の歩道の延長上の位置にハンプを設置するもの（図 2）であり、上述した速度抑制に加え、生活道路に入

ろうとする車両の運転者への注意喚起が図れる²⁾とされている。ゾーン 30 プラスにおいては、区域内が歩行者等の通行が最優先される道路環境であることを運転者に周知するため、入口に看板等を設置することとしている³⁾が、看板等に加えてハンプを設置することでより強く周知できると考えられ、設置事例⁴⁾が見られつつある。しかし、現地状況によっては、幹線道路側の傾斜部の十分な延長を確保できない場合があり、ハンプの設置を困難にさせる要因の一つとなっている。



図1 ハンプの標準構造

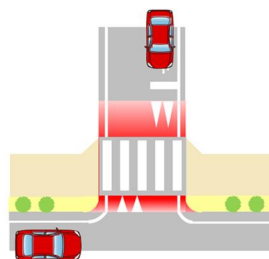


図2 幹線道路と生活道路の交差点に
設置するハンプの例²⁾（文献2を一部加工して作成）

- 1 正会員, 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路交通安全研究室
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 e-mail: ueno-t924a@mlit.go.jp Phone: 029-864-4539
- 2 正会員, 博士(工学), 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部
- 3 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路交通安全研究室
- 4 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路交通安全研究室
- 5 元国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路交通安全研究室 (株) 荒谷建設コンサルタント)

一方、こうした場合でも、ハンプの傾斜部の縦断勾配を急にする、もしくは高さを低くすることでハンプの設置が可能となる。前者は車両通過時の危険感がないか、後者は上述した効果を発揮するかが課題となるが、幹線道路から右左折により速度が一定程度低下した状態で生活道路への進入が考えられることから、こうした課題が解消される可能性がある。そこで、傾斜部や高さといった構造を変更したハンプ上を通行する走行実験を通じて、効果や危険感等の検証を実施した。なお、以下では、図2のように、ハンプの平坦部を横断歩道としたスムーズ横断歩道の検討を行うこととした。

1.2 既往研究と本研究の位置づけ

過去には、速度抑制効果や走行安全性及び騒音や振動の面で、適切なハンプの形状を見出すことを目的として、試験走路での実験や、現地での社会実験による検証が行われてきた。

島田ら⁹⁾は、ハンプの理想的な性能は「低速度では不快感が小さく、規制速度を超えると不快感が生ずる。ただし、その場合も、危険感ほど大きくない」ことであると、そのような性能を有する形状について、乗用車、貨物車を用い、試験走路での走行実験を通じて効果検証を行った。具体的には、傾斜部の形状が円弧、サイン曲線、改良サイン曲線、及び成長曲線の4種類のハンプを走行する実験を実施し、運転者の不快感、危険感についてアンケート調査を実施するとともに、走行速度の推移や騒音・振動を計測した。そして、それらを形状間で比較することにより、サイン曲線のハンプが理想的な性能を発揮していることを整理している。橋本ら⁹⁾は、豊田市内の同一路線の高さ10cmのサイン曲線ハンプと、高さ5cmで走行方向の長さ1.2mと短く、傾斜部の勾配が急な(バンプ状)の台形ハンプを設置する社会実験を実施し、走行速度の推移や騒音・振動の計測、運転者や居住者へのアンケート調査を実施した。そして、速度の低下状況や運転者の減速の意向、騒音の観点から、高さ10cmのサイン曲線ハンプが優れていることを整理している。しかし、これらは、一般的な道路区間におけるハンプの形状に関するものである。一方、幹線道路との交差点におけるハンプ(スムーズ横断歩道)について、大橋ら⁷⁾は2箇所のスムーズ横断歩道について、現地通行車両の挙動調査及び周辺地域へのポスティングによる意識調査を実施した。そして、対策がない場合と比較して通行車両の速度が低い、もしくは同等であることや、右左折時の徐行や安全意識の向上の効果が期待されることを整理している。しかし、スムーズ横断歩道の構造(形状)による効果の分析には至っていない。

そこで、本研究では、傾斜部の延長、縦断勾配や平坦部の高さを変えたスムーズ横断歩道を幹線道路との交差

点を模擬した走路に設置して、走行実験を実施し、車両の速度による客観的評価と被験者へのアンケート調査による主観的評価を行い、効果や危機感等の検証を実施することとした。

2. 走行実験の方法

2.1 実験走路

(1)実験箇所
実験は、国土技術政策総合研究所内の試験走路で行った。

(2)実験走路の条件

都市部の生活道路の外周道路から生活道路に進入するケースを想定し、幹線道路は、補助幹線のような規制速度40km/hの道路とし第4種第3級、生活道路は、第4種第4級とした。表1に実験走路の幅員を示す。

表1 実験走路の幅員

	種級区分	設計速度	幅員構成
幹線道路	第4種第3級	40km/h	9.5m(路肩0.5m+車道3.0m×2車線+路肩0.5m+歩道2.5m(路上施設帯0.5m含む))
生活道路	第4種第4級	30km/h	5.0m(路肩0.5m+車道4.0m+路肩0.5m)

2.2 実験内容

(1)実験走路のケース設定
表2に実験ケースを示す。まずスムーズ横断歩道を設置した場合としていない場合との比較を行うため、路面を盛り上げていない横断歩道のみのケースを設定した。通常の横断歩道がケース0、通常の横断歩道の白線と白線の間に緑色の着色を施したものをケース1とした。

構造を変えたスムーズ横断歩道は、標準構造をケース2(傾斜部の延長2.0m、縦断勾配平均5%、高さ10cm)とし、幹線道路側の縦断勾配を変えずに、傾斜部の延長を1.0m、高さを5cmとしたものをケース3、高さを変えずに傾斜部の延長を1.0m、縦断勾配を10%としたものをケース4、傾斜部の延長を0.5m、縦断勾配10%、高さを5cmとしたものをケース5とした。なお、生活道路側の傾斜

表2 実験ケース

実験ケース	スムーズ横断歩道の形状		
	幹線道路側	横断歩道	生活道路側
	すり付け長 (縦断勾配)	高さ (幅)	すり付け長 (縦断勾配)
(ケース0)対策無し	通常の横断歩道		
(ケース1)カラー横断歩道	着色(緑)した横断歩道		
(ケース2)標準構造	2.0m (i=5.0%)	10cm (W=3.0m)	2.0m (i=5.0%)
(ケース3)標準構造と勾配が同じで高さが低い構造	1.0m (i=5.0%)	5cm (W=3.0m)	1.0m (i=5.0%)
(ケース4)標準構造より勾配が急で高さが同じ構造	1.0m (i=10.0%)	10cm (W=3.0m)	2.0m (i=5.0%)
(ケース5)標準構造より勾配が急で高さが低い構造	0.5m (i=10.0%)	5cm (W=3.0m)	1.0m (i=5.0%)

部は、標準構造と同じく縦断勾配を平均 5%とした。標準構造での傾斜部はいずれもサイン曲線形状とし、スムーズ横断歩道は実際と同様にアスファルト舗装により設置した(図 3)。なお、ケース 4、5 に関し、道路移動等円滑化基準により、縦断勾配は最大 8.0%とされているが、幹線道路から歩行者及び車いす利用者が進入することは考えにくいため、縦断勾配を 10%としても問題は無いと判断した。

(2)実験走路の配置

実験ケースの入れ替えを短時間で行うことが困難であることから、あらかじめ図 4 のようにすべてのケースを設置することとした。被験者の誤進入を防止するため、各ケースの設置間隔は 20m 以上確保した。幹線道路において 40km/h まで加速させた上で、定速での走行もできるように、走行開始から各ケース設置位置に至るまで、100m 程度の走行区間を設けた。

(3)実験での評価項目

実験での評価は、客観的評価と主観的評価の 2 つの観点から行った。客観的評価については、各実験車両(乗用車、貨物車)に搭載した RTK-GPS、ジャイロセンサーを用いて、地点ごとの速度(幹線道路側 4 箇所、ハンプ及び横断歩道周辺 4 箇所、生活道路側 3 箇所で計測)、加速度を 0.1 秒ごとに取得し、整理を行った。主観的評価については、被験者へのアンケート調査より回答を得て、危険感、不快感、速度感については 5 段階、視認性については 2 段階の評価尺度を設定(表 3)し、結果の整理を行った。

(4)実験車両と被験者の選定

乗用車、貨物車に加えて、速度抑制効果ではなく走行安全性の観点から、自転車、原付自転車(50cc)を用いた実験も行った。図 5 に実験に使用した乗用車・貨物車・自転車・原付自転車を示す。

被験者は年代や性別に偏りが生じないように免許取得人口の年代比率⁹⁾を参考として内訳を設定し、乗用車 9 名(20 代 1 名、30 代 2 名、40 代 2 名、50 代 2 名、65 以上 2 名)、貨物車・自転車・原付自転車 3 名(30、40、50 代を 1 名ずつ)とした。

(5)実験手順

乗用車・貨物車の走行は右折進入、左折進入により行い、ケース 0 の通常の横断歩道を走行感覚の基準とするため、ケース 0 と他のケースの一对を 1 走行パターンとした。1 被験者が 1 日で全てのケースを走行できるようにし、バイアス抑制のため、被験者同士のケース順序が同一とならないように設定した(例 被験者 1：ケース



図 3 スムーズ横断歩道(ケース 4)

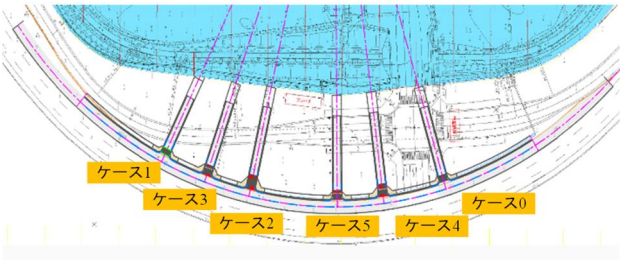


図 4 実験走路の配置

表 3 主観的評価項目と評価尺度

評価項目	評価尺度
危険感	1:安全、2:どちらともいえない、3:やや危険、4:危険、5:非常に危険
不快感	1:全く不快でない、2:どちらともいえない、3:やや不快、4:不快、5:非常に不快
速度感	1:大きく速度を下げる必要があると感じた 2:速度を下げる必要があると感じた 3:やや速度を下げる必要があると感じた 4:いつもと変わらない速度で良いと感じた 5:速度を上げてても問題ないと感じた
視認性	1:問題なく視認できた、2:認識しづかった



図 5 実験に使用した乗用車・貨物車・自転車・原付自転車

0(左折)→ケース 1(左折)→ケース 0(右折)→ケース 1(右折)・・・、被験者 2：ケース 0(左折)→ケース 4(左折)→ケース 0(右折)→ケース 4(右折)・・・)。自転車・原付自転車は、貨物車の被験者が兼ねるため、ケース 2～5 の走行を順番に行った。また、アンケート調査は、ケース 1(右左折)～ケース 5(右左折)の各ケースの走行の都度、実施した。

3. 走行実験の結果

3.1 客観的評価

客観的評価として、乗用車、貨物車の平均速度の算出を行った。平均速度は、RTK-GPSにより各地点の断面速度を取得したものを利用した。

6種類の走路における生活道路進入時（幹線道路路肩端部から概ね1.0mの位置の値）の乗用車・貨物車の平均速度を表4に示す。乗用車については、スムーズ横断歩道を設置しなかったケース1に比べ、左折時の平均速度は大きく変わらないものの、右折時はスムーズ横断歩道を設置したケース2～5の方が、平均速度が低くなる傾向が見られた。また、右折時の平均速度について、ケース2とケース3～5は概ね同程度であり、速度抑制効果について、標準構造と同等の機能を有すると考えられる。貨物車については、ケース1と比べ、乗用車と同様に左折時の平均速度は大きく変わらない傾向が見られた。右折時のケース3のみケース1より速度が高いが、ケース1に比べ、ケース2、4、5については、いずれも速度抑制効果が見られた。なお、加速度についても計測を行ったが、傾向は確認できなかった。

3.2 主観的評価

アンケート調査で得られた、被験者の回答をそれぞれ1～5、もしくは1～2のスコアに置き換え、右左折別ケース別の平均値を算出した。なお、自転車と原付自転車は、ケース2～5の危険感と視認性のみを調査している。

(1)危険感

図6に乗用車、図7に貨物車の危険感についての結果を示す。スムーズ横断歩道を設置していないケース1では、乗用車、貨物車ともに危険感が最も低かった。標準構造のケース2と比べ、ケース3は、乗用車、貨物車ともに危険感が低かった。これは、ケース3の高さが低い（傾斜部の勾配は標準と同様）ことによる影響と考えられる。また、ケース4、5は、危険感がケース2に比べてやや高い傾向にあった。これは、勾配が急であることによる影響と考えられる。ただし、いずれも標準構造のケース2（右折）とともに、最大でも2.33と3.0（やや危険）に至らない値であったことから、危険感にはさほど大きくないと考えられる。

(2)不快感

図8に乗用車、図9に貨物車の不快感についての結果を示す。ケース1では、乗用車、貨物車ともに不快感が最も低かった。ケース2～5はいずれもケース1より不快感が大きく、特に右折の場合に大きかった。この結果は、3.1で述べた、ケース1と比較して右折時の平均速度

が低くなる傾向と整合しており、スムーズ横断歩道設置による不快感が速度を抑制したものと考えられる。

表4 乗用車・貨物車の生活道路進入時の平均速度 (km/h)

実験ケース	乗用車(n=9)		貨物車(n=3)	
	左折	右折	左折	右折
(ケース0)対策無し	(9.79)	(13.35)	(8.64)	(12.70)
(ケース1)カラー横断歩道	9.59	13.02	8.13	10.97
(ケース2)標準構造	9.51	11.50	7.20	9.95
(ケース3)標準構造と勾配が同じで高さが低い構造	8.70	11.85	7.62	11.67
(ケース4)標準構造より勾配が急で高さが同じ構造	8.67	11.82	7.34	8.08
(ケース5)標準構造より勾配が急で高さが低い構造	9.74	12.39	7.73	8.04

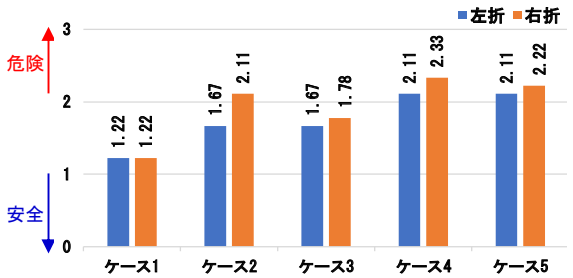


図6 乗用車の危険感のアンケート結果 (n=9)

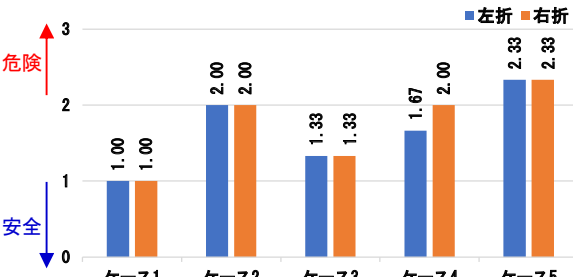


図7 貨物車の危険感のアンケート結果 (n=3)

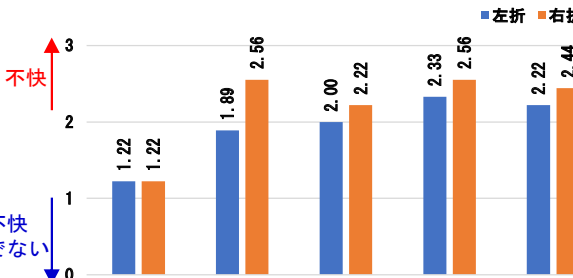


図8 乗用車の不快感のアンケート結果 (n=9)

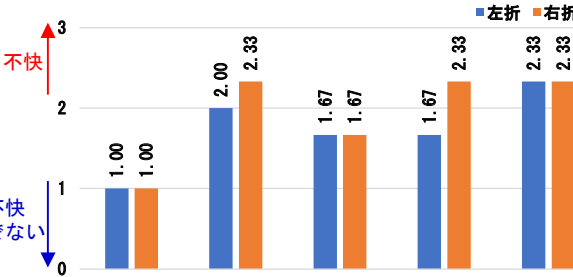


図9 貨物車の不快感のアンケート結果 (n=3)

(3)速度感

図10に乗用車、図11に貨物車の速度感についての結果を示す。乗用車、貨物車ともケース1では、速度を下げる必要がないと感じる傾向が見られた。また、ケース2と比べ、ケース3は乗用車・貨物車ともに速度を下げる必要がないと感じる傾向が見られた。ケース4、5は、ケース2と同程度の評価となっており、この結果からも、ケース4、5の速度抑制効果については、標準構造と同等の機能を有すると考えられる。

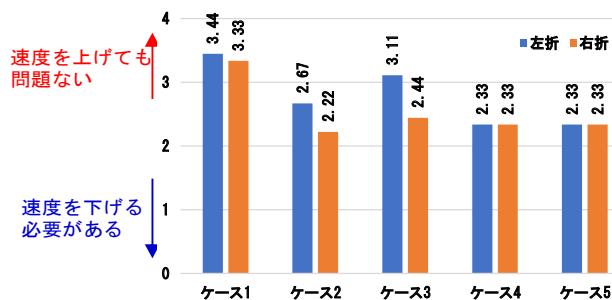


図10 乗用車の速度感のアンケート結果 (n=9)

(4)視認性

図12に乗用車、図13に貨物車の視認性についての結果を示す。ケース1は、緑色の着色を行っているが、やや視認しづらいという傾向となった。また、ケース2と比べ、乗用車、貨物車ともにケース3は、左折時において、やや視認しづらいという結果になった。これは、スムーズ横断歩道の傾斜部の延長は変えずに高さを変えているため、路面からの変化がわかりにくかったと考えられる。ケース2に比べ、ケース4、5は乗用車、貨物車ともに大きな違いは見られなかった。

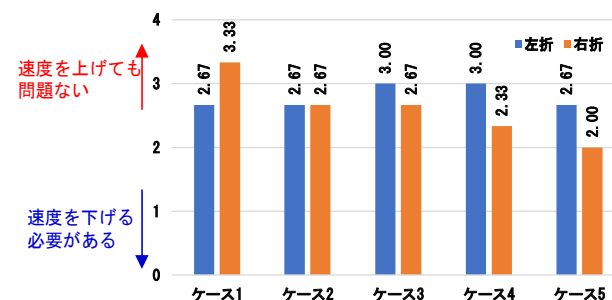


図11 貨物車の速度感のアンケート結果 (n=3)

(5)自転車・原付自転車の回答

自転車と原付自転車の危険感の結果では、ケース2～5についての右折進入、左折進入いずれも、全ての被験者から安全という回答であった。図14に自転車の危険感の結果を示す。

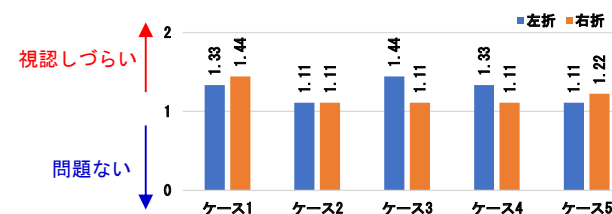


図12 乗用車の視認性のアンケート結果 (n=9)

また、図15に自転車の視認性の結果を示す。視認性については、スムーズ横断歩道の高さが5cmのケース3、ケース5において、自転車の3名中1名が認識しづらいという回答であった。この結果は、原付自転車と同様であった。

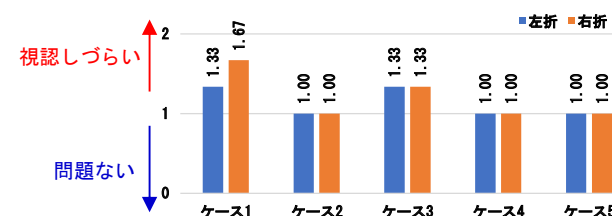


図13 貨物車の視認性のアンケート結果 (n=3)

3名の被験者の意見であるということに注意が必要であるが、乗用車・貨物車と同様にスムーズ横断歩道に右左折進入することが想定される自転車・原付自転車の通行について、安全性の問題は大きくないと考えられる。

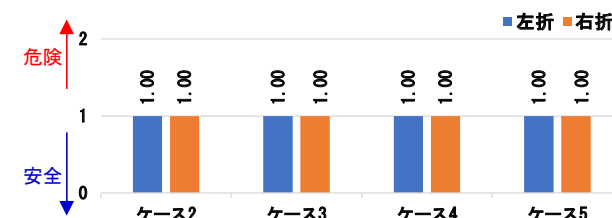


図14 自転車の危険感のアンケート結果 (n=3)

4. おわりに

本実験は、幹線道路と生活道路の交差点において、現地状況によっては、スムーズ横断歩道の十分な傾斜部の延長を確保できない場合があるため、傾斜部の延長、縦断勾配や平坦部の高さを変えて実験を行った。実験結果から、ケース3については、危険感が標準構造のケース2と比較してやや低く、ケース4、5についてはやや高かったものの、値に大きな差はなく、危険感はさほど大きくないと考えられた。また、ケース4(高さを変えずに傾斜部の延長を1.0m、縦断勾配を10%)、及びケース5(傾斜部の延長を0.5m、縦断勾配10%、高さを5cm)は、不快感がケース1(スムーズ横断歩道の設置なし)と比較し

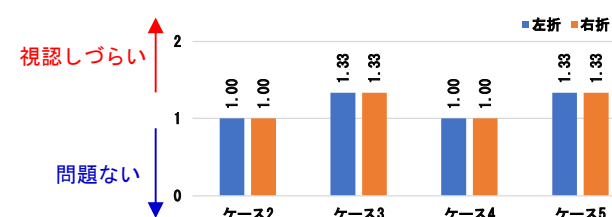


図15 自転車の視認性のアンケート結果 (n=3)

で大きく、平均速度もケース1と比べて低くなっており、いずれもケース2と同程度の値であったことから、標準構造と同等の速度抑制効果を有すると考えられた。一方、ケース3（縦断勾配を変えずに、傾斜部の延長を1.0m、高さを5cm）は、標準構造と比較して不快感が低いなど、速度抑制効果があまり大きくないと考えられた。

以上より、傾斜部上を歩行者が通行しない場合、十分な傾斜部の延長を確保できなくとも、標準構造より勾配を急にすることで、標準構造と同等の効果が期待できるスムーズ横断歩道が設置できる可能性があることが示唆された。

なお、以上の結果は、試験走路における比較的條件がコントロールされた実験による結果であり、今後の実務における応用に先立って、実道路上における様々な属性の道路利用者が通行する状況において、騒音や振動を含めた様々な観点から社会実験的に検証を行う必要があるものと考えられる。

参考文献

- 1) 凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準，都市局長・道路局長通達，
<https://www.mlit.go.jp/road/sign/kijyun/pdf/20160331totubukyousakukukyoku.pdf>, 2016.
- 2) 改訂 生活道路のゾーン対策マニュアル，一般社団法人 交通工学研究会，2017.
- 3) 生活道路の交通安全に係る新たな連携施策「ゾーン30 プラス」の推進について，道路局国道・技術課長，環境安全・防災課長，
<https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/pdf-zone30/zone30.pdf>, 2021.
- 4) 生活道路の交通安全対策ポータル，国土交通省，
<https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/anzen.html>.
- 5) 島田歩，久保田尚，高宮進，石田薫：ハンプの形状に関する実験的研究-効果と安全性及び騒音振動の検討，第20回交通工学研究発表会論文報告集，P.169-172，2000.
- 6) 橋本成仁，三村泰広，増岡義弘，榎本貴好：設置型ハンプに関する研究-豊田市での社会実験による検討，第27回交通工学研究発表会論文報告集，P.305-308，2007.
- 7) 大橋幸子，鬼塚大輔，稲野茂：生活道路への流入車両に対する幹線道路のスムーズ歩道・交差点狭さくの効果，土木計画学研究・講演集 Vol.51(CD-ROM)，2015.
- 8) 運転免許統計 令和4年度版，警察庁交通局運転免許課，
https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/menkoyo/r04/r04_main.pdf, 2023.