

ドライビングシミュレータ実験に基づく 生活道路のハンプ設置の影響分析

園部 修平¹・中村 俊之²・絹田 裕一³北村 清州⁴・宇野 伸宏⁵

¹学生会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-2-438)
E-mail:sonobe@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-2-434)
E-mail:nakamura@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 一般財団法人 計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市ヶ谷本村町 2 番 9 号)
E-mail:ykinuta@ibs.or.jp

⁴正会員 一般財団法人 計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市ヶ谷本村町 2 番 9 号)
E-mail:skitamura@ibs.or.jp

⁵正会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-2-436)
E-mail:uno@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

生活道路内におけるハンプや狭さく、シケインなどの物理的デバイスの設置が進められ、現在までに自動車速度の抑制、交通事故削減に向けた設置効果の検証や課題が積み重ねてられている。本研究は、物理的デバイスであるハンプと視覚的なデバイスであるイメージハンプについて、ドライビングシミュレータを利用し、その影響分析を行う。分析では区間速度だけでなく、設置による影響が及ぶ範囲の差異を比較している。分析の結果、ハンプとイメージハンプでは生活道路内の設置個所により速度に与える影響が異なること、ハンプはイメージハンプと比較して、交差点前後に広く影響を及ぼし、かつ速度抑制効果が高いことが示唆された。

Key Words: Road Safety, Hump, Image Hump, Road Marking, Driving Simulator

1. はじめに

平成28年3月に策定された内閣府の第10次交通安全基本計画では生活道路における交通事故削減が掲げられ、生活道路は幹線道路と比較して、地域住民に密接に関係する道路であり、歩行者や自転車、自動車などの通行機能、生活空間としての役割を果たすことから、安全で快適な道路区間整備が求められる。そのような状況下で、安心歩行エリアやゾーン30の指定など、生活道路を含む対象地域内での面的な速度規制など、様々な交通安全対策が実施されてきた。

生活道路においては沿道環境により、ハンプや狭さくなどの物理デバイスの設置な困難な場合もある。また、沿道環境に十分な設置スペースがある場合でも地域住民の生活への影響から設置に対して合意形成が困難であることも知られている¹⁾。そうした場合に中央線の抹消やカラー舗装は比較的安価で短期間で設置できることから生活道路にイメージハンプとして導入される事例も存在し、研究²⁾³⁾や生活道路に設置するハンプ等の物理デバイスを導入した際の速度抑制効果を検証した研究⁴⁾やハ

ンプの長期的な有効性に関する研究⁵⁾⁶⁾、設置に関して、短区間連続的に設置した場合の周辺環境への影響を捉えた研究⁷⁾が存在する。

本研究は生活道路における交通事故削減、速度抑制に向けて、物理的デバイスであるハンプと視覚的なデバイスであるイメージハンプについて、ドライビングシミュレータを利用し、その影響分析を行い、今後の生活道路での交通安全の示唆を得ることを目的とする。

ドライビングシミュレーターを用いることで同一線形の道路対象に、ハンプハンプとイメージハンプを導入した際の車両挙動、特に車両速度への影響の比較が可能となる。また、ドライビングシミュレータにより取得されるデータによりハンプ、イメージハンプ設置した場合の影響範囲を捉えることが可能となる。

2. ドライビングシミュレータ実験概要

実験で利用するドライビングシミュレータ、利用道路や生活道路内に設置するハンプとイメージハンプ、実験手順や実験被験者の概要を説明する。生活道路に設置す

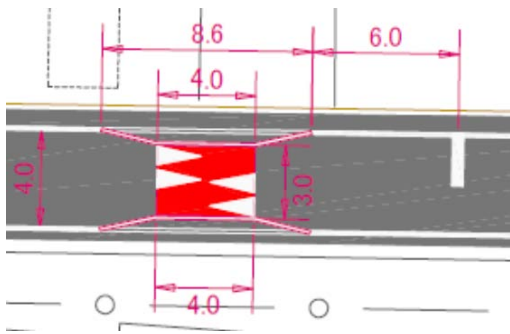


図-1 ハンプ・イメージハンプの形状



図-2 運転席からのハンプの視認状況



図-3 運転席からのイメージハンプの視認状況

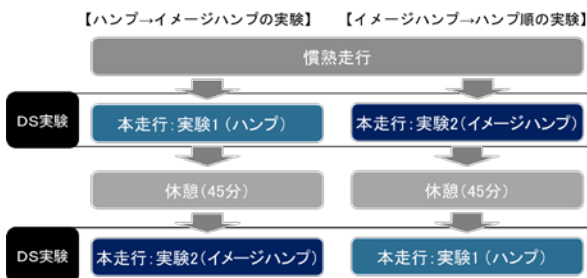


図-4 実験の手順

(1) 利用するドライビングシミュレータ

著者の所属する京都大学桂キャンパス実験施設内に設置されたForum8社製UC Win-Road9.1を搭載した6軸モーション・180度視野角を搭載したドライビングシミュレータ（以下、DS）を実験では利用する。

このDSでは実際の自動車を模した運転席下に6軸モー

ションを備えていることから、設置されたハンプ上を走行する際には、現実の公道での走行同様に、高さによる振動がドライバーに伝わる仕組みである。

(2) 対象道路と設置するハンプとイメージハンプ

DS実験で用いる道路は岐阜県多治見市精華小学校前の幅員4.0mの生活道路を模して作成した。ここで完全に再現ではなく、模した生活道路としているのは実際の道路は線形とは一部道路線形に変更を加えているためである。実際の道路線形をVR上で再現し、ハンプ設置の効果を検証することも可能であるが、本研究では道路線形をシンプルに直線としてハンプ、イメージハンプ設置の影響範囲を捉えることとした。

ハンプの凸型と形状は、国土交通省の「生活道路における物理的デバイス等検討委員会」資料に基づき、図-1のように設計した。ハンプの場合の高さは10cmである。

VR上で運転席上のドライバーからのハンプ、イメージハンプの視認状況を示したものが図-2、図-3である。ハンプは物理的な高さがあることで走行車線側の白い2つの三角形のみ視認でき、反対車線側の白い2つの三角形は視認できない。イメージハンプは道路上にマーキングされているだけで高さを有しておらず、運転中ドライバーからは走行車線側の白い2つの三角形と反対車線側の白い2つの三角形の計4つの三角形が視認できる。

(3) 実験の被験者

実験被験者は、普通自動車免許を有し、週1回程度運転している20～50代前半の健全な一般成年者として募集し、分析可能な有効データ取得数は30名である。

(4) 実験の手順

実験の手順を図-4に示す。被験者には冒頭でDS実験の注意点を説明し、同意書を交わした後、DSに搭乗した慣熟走行となる。本走行実験1を行い、一度休憩をしてから本走行実験2を行った。実験前の被験者にハンプ、イメージハンプに関する事前説明は行っておらず、交通規則を守って運転する旨のみを伝えている。慣熟走行は、被験者にDSでの操作に慣れてもらうために行うものであり、今回対象とする道路上で、ハンプイメージハンプ等の設置していない状況で走行をした。本走行においては、実験と実験の間に一律の休憩時間を設けることで走行による被験者の疲労を軽減するよう配慮した。実験1と2ではハンプとイメージハンプの実験を行い、順序効果よりハンプから始める被験者とイメージハンプから始める被験者をともに15名の半数ずつとした。

(5) 実験設計

被験者が走行する道路は、区間内に交差点を3つ有す

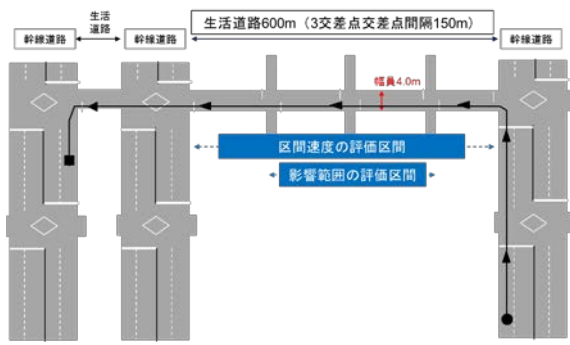


図-4 実験で走行する道路

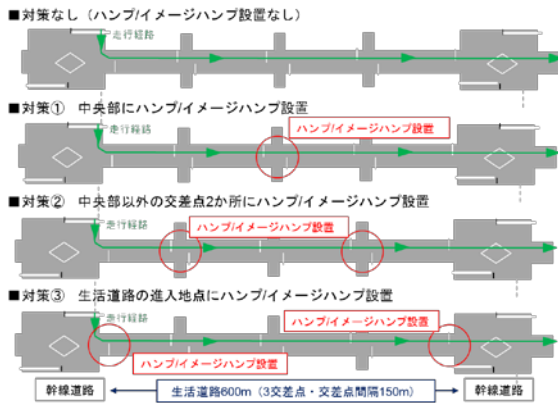


図-5 生活道路内のハンプ設置箇所

る生活道路（600m）と幹線道路にて構成されており、生活道路は（2）で説明したハンプもしくはイメージハンプが設置されている場合と設置されていない場合とがある。被験者は、図-4の地点より走行を開始し、「●→幹線道路→生活道路→幹線道路→■」を繰り返し走行する。幹線道路は同一の道路線形、風景となっており、被験者は■から●へと画面が遷移することで再度左折で生活道路に突入し、繰り返し走行を可能としている。

分析に用いるハンプ、イメージハンプの設置箇所を図-5に示す。「対策なし」は生活道路内にハンプ、イメージハンプともに設置していない。「対策①」は生活道路内の中央交差点にハンプ、イメージハンプを設置する。

「対策②」は生活道路内3つある交差点のうち、中央部以外の2つの交差点のハンプ、イメージハンプを設置する。「対策③」は生活道路への進入してんにハンプ、イメージハンプを設置する。第3章では、対策なしを含む4ケースにおいて比較分析する。

上記4ケースに加えて、今回の分析では評価をしていない異なる対策に対して、1回の実験で対策なしを3回の走行を含む、計15回をハンプ（実験1）、イメージハンプ（実験2）を走行する。対策なしを3回の走行としている理由は15回の走行の中で常に対策が実施されているとの印象を被験者に与えないためである。走行パターンに対してどのような走行順で走行するのかは、被験者別に

ランダムに与えられることが望ましいが、今回の実験では6ケースを用意し、5名ずつ当てはめている。なお、ハンプ（実験1）とイメージハンプ（実験2）では異なるケースとならないように配慮した。

実験実施にあたり、被験者には「交通規則を守り、安全に運転をしてください」と教示を行った。実験の環境設定として、生活道路内は規制速度30km/hである。幹線道路を走行する際には2車線のうち左車線（第1車線）を走行し、前方車両は存在しない。いずれの状況においても右車線（第2車線）には車線変更を禁止し、被験者車両の速度調整のために右車線に一定数の車両を発生させることとした。このとき、右車線の車両速度は60m/hとした。

(6) 評価指標

DS 実験では生活道路内に設置したハンプ、イメージハンプが車両速度に与える影響を比較検証するための評価指標として、断面別平均速度、断面別速度構成比、区間平均速度の3つを用いる。断面別平均速度と区間平均速度は下式で定義される。

$$\text{断面別平均速度} : \bar{v}_i = \frac{\sum_k v_i^k}{n} \quad (\text{式 1})$$

$$\text{区間平均速度} : \bar{v} = \frac{\sum_k \left(\frac{d}{t_f^k} - t_s^k \right)}{n} \quad (\text{式 2})$$

i : 生活道路開始からの距離（断面距離）

k : 被験者番号

n : 実験被験者数

d : 距離 ※目生活道路全体と中央までの2種類

t_f^k : 被験者 k の生活道路の終点（ハンプの端）の通過時刻

t_s^k : 被験者 k の生活道路の始点（ハンプの端）の通過時刻

なお、断面別速度構成比は断面別速度を被験者別の値を断面 1m ごとに分類した構成比である。

3. ハンプ・イメージハンプ設置位置別の影響に関する比較分析

本章ではハンプ・イメージハンプ設置位置別の影響を生活道路区間全体における区間平均速度を用いて分析する。生活道路区間全体とは図-4に示す通りである。

(1) ハンプとイメージハンプの比較

ハンプとイメージハンプの区間平均速度の比較結果を図-6に示す。対策有無にかかわらず、区間平均速度は30km/h以下となっているが、これはDS実験での走行で

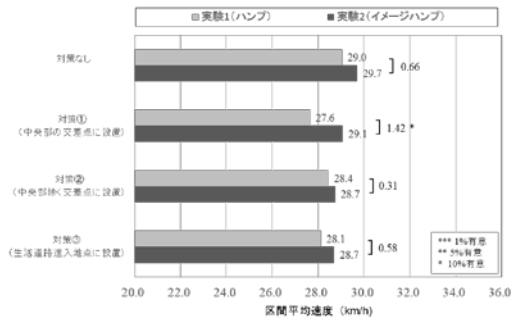


図-6 ハンプとイメージハンプ設置の区間平均速度比較

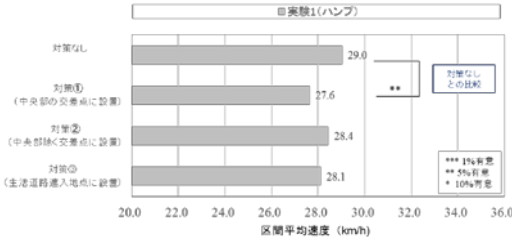


図-7 対策別ハンプ設置の区間平均速度比較

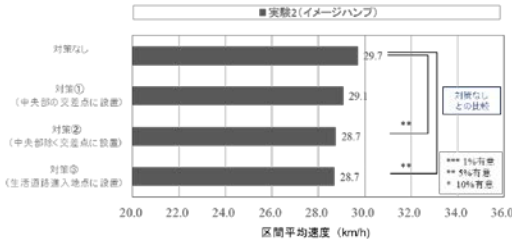


図-8 対策別イメージハンプ設置の区間平均速度比較

被験者に交通規則を守り、走行するよう教示を与えていることによる影響である。

対策なしのケースでは当然のことながら、両者の区間平均速度に差異は生じていない結果となった。このことは今回の DS 実験内では慣れによる生活道路区間の速度変化がないことを示している。

対策ありのケースでは対策①でのみハンプとイメージハンプに有意確率 10%ではあるがハンプ設置の場合において、速度低減の効果が生じており、その差は 1.42km/h であった。対策②と対策③のケースでは統計的な有意な差異は確認できなかったが、いずれの場合もイメージハンプと比較して、ハンプ設置の場合の方が区間平均速度が小さくなる結果となった。すなわち、イメージハンプの設置による視覚的な影響による効果を期待するよりも、実際に車両への振動として影響が発現するハンプ設置の方が速度低減に対して期待ができる結果となった。

(2) 対策別の比較

対策別の区間平均速度の比較結果をハンプ (図-7) とイメージハンプ (図-8) に示す。ハンプでは対策なしと比較して、生活道路の中央部の交差点にハンプを設置し

た対策①のみ統計的に有意 (5%) な差異が生じており、

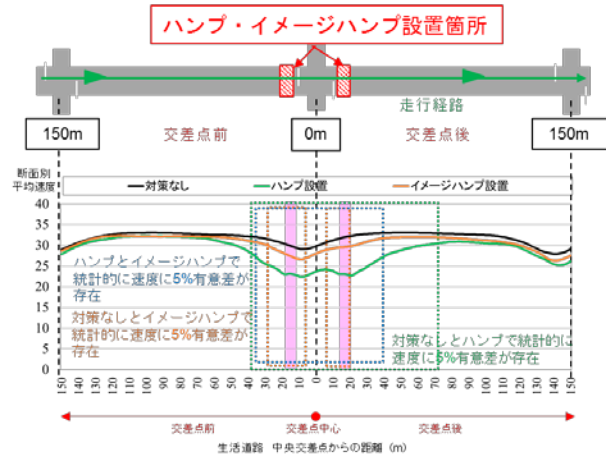


図-9 ハンプ・イメージハンプ設置による断面別速度

速度低減効果が確認された。対策なしと比較すれば中央部以外の 2 箇所にハンプを設置した対策②、生活道路進入地点にハンプを設置した対策③でも統計的な有意性はないものの、区間平均速度は小さくなった。

イメージハンプでは対策により区間平均速度が小さくなる点ではハンプでの結果と同様であるが、対策別にみるとハンプの場合とは異なり、対策②と対策③において統計的に有意 (5%) な差異が生じており、速度低減効果が確認された。

4. ハンプ・イメージハンプ設置による影響範囲の比較分析

本章では第 3 章において区間平均速度に統計的な差異が生じていた対策①を対象にハンプ・イメージハンプ設置による速度低減の影響範囲の分析を行う。また、対策①のみを対象としている理由としては、対策①は生活道路内の中央の交差点のみに対策実施しており、対策前後の生活道路 150m を有していることから、ハンプ・イメージハンプ設置のみの影響範囲を捉えることができるためである。さらに、対策②や対策③では実験での走行経路の都合上、幹線道路から生活道路へ進入する際の左折での速度低減の影響や生活道路走行後幹線道路との信号交差点での速度低下の影響が含まれるためである。

(1) 断面別速度による影響範囲の比較

対策なし、ハンプ設置、イメージハンプ設置した場合の断面別平均速度を表したものが図-9 である。

対策なしの場合でも交差点通過に際して約 5km/h 程度低減しているが、速度低減は交差点手前 30m からはじまり、交差点後約 20m では速度が回復している。

対策なしと比較した場合に速度低減が見られるのはハンプで交差点手前 70m 付近、イメージハンプで交差点

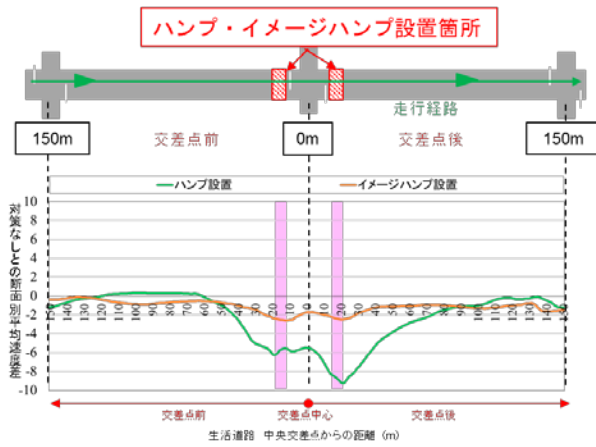


図-10 対策なしとハンプ・イメージハンプ設置における断面別平均速度差

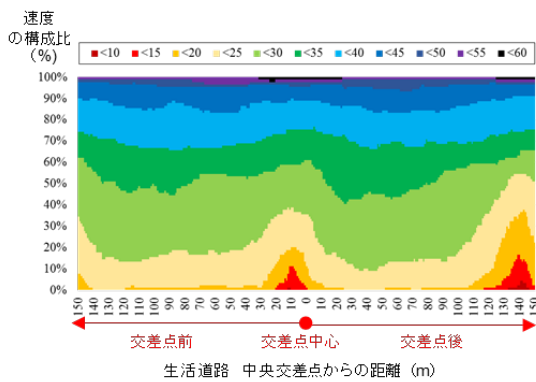


図-11 断面別速度構成比 (対策なし)

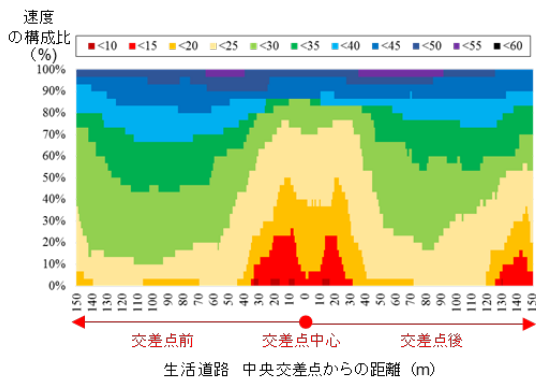


図-12 断面別速度構成比 (ハンプ設置)

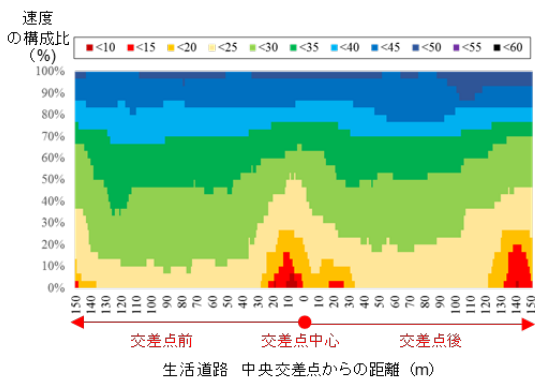


図-13 断面別速度構成比 (イメージハンプ設置)

手前 55m 付近でからであるが、その速度低減に統計的な有意差が生じるのはハンプ設置の場合で交差点手前 40m, イメージハンプで交差点手前 30m 地点からである。

ハンプでは速度低減の影響が交差点手前 40m から交差点通過後 70m まで連続的に影響しているのに対して、イメージハンプの場合は交差点手前 30m から 5m, 交差点通過後 5m から 20m と断片的の速度低減となり、かつその影響範囲も少ない。

ハンプとイメージハンプで比較した場合には交差点手前 40m から交差点後 40m において断面別平均速度に有意な速度差が発現している。

対策なしとハンプ設置, イメージハンプ設置した場合の断面別平均速度差を表したものが図-10 である。ハンプ設置の場合は交差点手前 50m から速度低減が始まり、交差点前のハンプで約 5km/h, 交差点後で約 10km/h の速度低減が確認できる。また速度回復は交差点後 80m 地点となる。イメージハンプでは交差点前後での速度低減は見られるものの、2km 程度に留まっており、設置前後への影響範囲も限定的である。

(2) 断面別速度構成比による影響範囲の比較

対策なし, ハンプ設置, イメージハンプ設置した場合の断面別速度構成比を図-11 から図-13 に示す。いずれの図においても交差点後 120m くらいからの速度低減は評価対象交差点の次の交差点に向けての速度低減の影響である点に注意して図を確認する。

対策なしの場合では交差点中心に向けて、速度が 25km/h 未満の割合が大きくなるのは交差点中心に対して交差点前 30m 付近からの限られ、交差点前 30m で断面速度が 30km/h 未満である割合は 50%, 20km/h 未満である割合は数%に限られる。速度低減も交差点を通過前のみ限定される。

ハンプ設置の場合は 25km/h 未満の割合が大きくなるのは交差点中心に対して交差点前 55m 付近からその割合が大きくなる。交差点前 30m で断面速度が 30km/h 未満である割合は約 80%, 20km/h 未満である割合は約 30%である。交差点前後で速度低減が確認された。

イメージハンプ設置の場合は 25km/h 未満の割合が大きくなるのは交差点中心に対して交差点前 35m 付近からその割合が大きくなり、ハンプと比較して交差点付近まで速度が維持されている。交差点前 30m で断面速度が 30km/h 未満である割合は約 55%, 20km/h 未満である割合は数%である。

6. おわりに

本研究では、交通安全対策として度抑制効果が期待されるハンプ, イメージハンプの設置による運転挙動をド

ライビングシミュレータにより収集したデータを用いて分析した。分析にあたっては区間平均速度に加えて、断面平均速度、断面速度割合を用いて、ハンプ、イメージハンプ設置時の影響を捉えた。分析の結果、ハンプ設置時の方がイメージハンプ設置時と比較して、速度低減の割合、影響の範囲ともに大きな効果をもたらす結果となった。

今回のDS実験では生活道路内を速度30km/h未満で走行する被験者が約半数程度存在しているが、実験実施にあたり、被験者への事前教示の影響であることが推察される。その点で日常的に実際に生活道路をどれくらいの速度で走行しているのかとの差異についてもアンケート調査で確認し、DS実験と日常的な運転行動の差異を捉えておく必要があると考えられる。

さらに、DS実験実施の都合上、限られた対策パターンに繰り返しの走行実験となったが、日常的に走行しているドライバーの場合にはその道路を走行に対する慣れが速度に影響を及ぼすことも考えられる。特に著者ら⁸⁾はDS実験を通じて交通安全対策を実施していない生活道路を繰り返し、走行することで被験者の速度が向上する点についても確認している。その点から、交通安全対策実施の際にもその影響は生じてくることが十分に考えられることから、その慣れが及ぼす影響についても把握、検証することが必要となる。

また、実験結果ではイメージハンプ設置よりもハンプ設置の方が、速度低減に対する効果の大きさと影響が広範囲に及ぶことを示したが、冒頭に記載した通り、現実の生活道路にハンプを導入する場合には地元住民との合意形成が必要となるなど、導入への障害が発生する場合も考慮が必要である。

今回のDS実験では生活道路を自動車が単独で走行するケースを想定して実験を実施したが、実際の生活道路では自転車や歩行者、前方車両、対向車両も存在しており、そうした事象に対する影響についても検証することが必要となる。ハンプの形状やイメージハンプの色やサ

イズ等の違いが結果に及ぼす影響についても同様である。

実験設定や実道路での結果との整合など多くの検証すべき課題を有していることは著者自身も認識しており、引き続き、研究を進めることで生活道路での速度抑制、交通事故削減への貢献したい。

参考文献

- 1) 吉田雅俊, 小嶋文, 久保田尚: 交通調査データと住民意識の比較に基づくハンプ設置効果と課題に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.25, pp.971-977, 2008.
- 2) 出口近士, 小野市春, 平野孝幸: カラー舗装化などの交差点交通安全対策の事前・事後調査と改善効果, 第 26 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.97-100, 2006.
- 3) 出口近士, 坂敷繁利, 小野市春: カラー舗装化等の交差安全対策と改善, 第 27 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.89-92, 2007.
- 4) 高宮進, 森望, 久保田尚, 坂本邦宏: ハンプ通行時の速度, 加速度と速度の抑制意向, 第 25 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.173-176, 2000.
- 5) 鎌田将希, 小嶋文, 久保田尚: 住民の受容性に着目したサイン形状ハンプの長期的有効性に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.25, 2008.
- 6) 久保田尚, 坂本邦宏, 崔正秀, 武本東, 中野英明: ハンプの長期公道実験による有効性の検証—地区道路の事故多発交差点における安全性向上に関する実験的研究—, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, pp.875-884, 2004.
- 7) 市原慎介, 吉田進悟, 小嶋文, 久保田尚: ハンプの短区間連続設置における周辺環境への影響および有効性の検証, 土木計画学研究発表会・講演集 Vol.42, pp.236-239, 2010.
- 8) 園部 修平, 中村 俊之, 宇野 伸宏, 山崎 浩気: ドライビングシミュレータによる生活道路における歩行者接近情報提供時の運転挙動分析, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, Vol.58, IV-9, 2016.

(2016. 7. 31 受付)

Impact analysis of hump and image hump Installation on the community road by driving simulator experiment

Shuhei SONOBE, Toshiyuki NAKAMURA, Yuichi KINUTA,
Seishu KITAMURA and Nobuhiro UNO