

# 速度抑制と通行区分誘導を目的とした自転車用ハンプの開発\*

Development of Bicycle Hump for the purpose of reduction of cycling speed  
and improvement of separation from pedestrians\*

山中 英生\*\*・滑川 達\*\*\*・大下 剛\*\*\*\*

By HideoYAMANAKA\*\*・SusumuNAMERIKASWA\*\*\*・TsuyoshOSHITA\*\*\*\*

## 1. はじめに

我が国の自歩道では自転車、車椅子、歩行者が混在し、錯綜や接触事故などの問題が指摘されている。とくに、交通バリアフリー法以降、歩道等において、老人や車椅子にも配慮した良好な通行環境の確保に関心が高まっており、その中で、自転車交通の処理や制御は重要な課題となってきた。各交通主体の快適性や安全性の向上のため、空間的な分離や拡充の施策が進められてきているが、そうした施策が難しい多くの自歩道では、混在する交通の整序化を図ることが重要であり、自転車の通行位置の誘導や徐行を促す施策の開発が望まれる。

本研究は、交通主体の路面振動に対する選好特性に着目し、自転車が忌避性をもつ舗装路面を開発することで、歩行者、車椅子などの空間から自転車の通行を誘導したり、自転車速度を抑制する方法の開発を目的としている。このため、ゴム製の小型ハンプを作成し、高齢者を含む健常者による自転車走行時、歩行時と身障者車椅子走行時の体感評価実験、および通過速度を変化させた時の振動特性を計測し、最適な形状、間隔を求めた。

## 2. ハンプ型デバイスの検討

乗り物の振動や、自転車、車椅子の振動に対する研究などの既存研究では、振動周波数によって人の感度は異なる事が知られている。例えば、全身振動に関する評価法を示しているISO-2631-1(1997)<sup>1)</sup>では、鉛直方向の振動に対しては5~10 Hzの振動周波数でピークを持ち、その両側(低周波、高周波)ではなだらかに低下する振動数加重特性を示している。5 Hzは人体の内臓の共鳴振動数とされ、この付近の振動数では不快となることが予測できる。また、車椅子<sup>2)</sup>、自転車<sup>3)</sup>の体感と周波数別振動との関係を分析した研究では、3.15 Hz、5 Hz

\*キーワード：自転車歩行者道路、混合交通、舗装路面、振動体感

\*\*\*正会員 工博 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 教授(徳島県徳島市南常三島町1丁目1番地

TEL088-656-7350、FAX088-656-7579

E-mail [yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp](mailto:yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp))

\*\*\*正生員 工博 同上 助教授

\*\*\*\*学生員 徳島大学大学院建設創造システム工学コース

の周波数帯との関連が強いことが指摘され、筆者らの研究<sup>4)</sup>では2~6 Hzの振動と関連が強いことが示されている。そこで、自転車ではこの不快な周波数の振動となり、低速の車椅子では不快に感じない周波数となる小型ハンプを作成した。自転車の走行速度を時速11km~18kmとすると、2~6 Hzの波長は0.5m~2.5mとなる。タイヤ接地面がこの波長のサインカーブを形成するように、上記の振動を擬似的に発生させる路面パターンを想定する。ただし、想定した断面を実際に正確に作成するのは困難なものと、1m以上のハンプは施工性から見て問題があると考えられる。そこで、図1のような台形ハンプを間隔を置いて設置することで近似することとした。

学生体感実験を実施した既存研究<sup>5)</sup>の結果をもとにして、本研究では表1に示す高さ1cm、0.8cm、底面長が50cmのハンプ形状3種類を対象とした。高さ1cm~0.8cmは歩道段差に多い2cmと、視覚障害者誘導用タイルの突起5mmの中間値となっている。各ハンプの勾配は1/25、1/20、1/15となっており、自動車用の台形ハンプで用いられる値と同等、もしくはやや緩い勾配を採用している。写真1に小型ハンプの外形を示す。

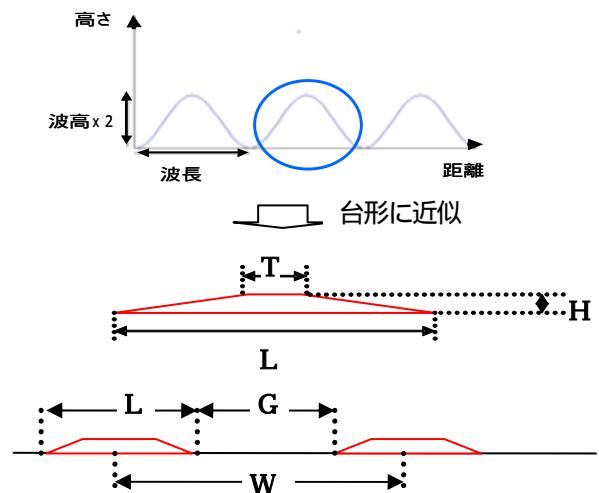


図1 想定した自転車用ハンプ

## 3. 体感評価と振動計測実験

### (1) 健常者による体感評価実験

平坦な大学内道路約15メートル区間にゴム製の小

型ハンプを間隔をおいて設置し、被験者に自転車、徒歩で片方向走行させて体感評価を行った。被験者は学生5名、高齢者5名の10名である。自転車は高速（やや急いで走行）、中速（通常で速度で）の2種類で指示した。徒歩は通常の歩行速度を指示した。体感評価は振動の感覚、細振動、衝撃、うねりの感覚、不快さ、通行しやすさ、について1（強）～5（無）の数直線上で選択させ、持続受忍性は4つの選択肢から選ばせた。また、走行状況をビデオカメラで撮影し、実験区間の速度を計測した。写真2に実験状況を示す。

### (2) 身障者車椅子による体感評価実験

大学内道路に小型ハンプH1～H9の9種類を設置して、日常車いすを利用している身障者を走行させる走行体感評価実験を行った。被験者の時間制約からハンプはH2, 5, 8の3種類のみである。1名を除き介助付きでの走行である。被験者は男5名女5名の10名である。通常で速度で走行するよう指示し、体感評価については健常者実験と同じ評価質問を用いている。また、ビデオカメラにより速度を計測した。写真2に走行状況を示す。

### (3) 振動計測実験

体感評価実験と同様に大学内道路に小型ハンプを間隔をおいて設置し、自転車と車椅子での走行時の振動計測を行った。JIS B7760に基づく全身振動評価を行うため、車椅子の座席部、自転車のサドルと臀部の間にRION 振動ピックアップ PV-62 を設置し、振動レベル計 VM-54 を用いて計測した。使用した実験器具を写真3に示す。走行速度は健常者及び身障者車椅子実験で計測した通過速度をもとに表2のケースとした。走行速度を一定とするため、自転車及び車椅子に速度センサーを付けて確認しながら走行している。被験者は学生2名で車いす、自転車は全ケース同じ被験者が走行している。

## 4. 体感評価の分析

### (1) 歩行時の体感評価

歩行者の通行しやすさについての評価結果を図2に示す。多少の不快を感じているケースが見られるが、大半は普通、またはそれ以上の評価となっている。図3の「歩行時にデバイスにつまずいたか？」の質問についても、気になるケースは見られなかった。高さの低い小型ハンプは歩行者には特に問題が無いと考えられる。

### (2) 車いす通行時の体感評価

図4は車いす（身障者）の不快さの評価結果を示している。H1のデバイスでは不快と感じた人がなく、他に比べこの形状が車椅子には好ましいことが分かる。



写真1 ハンプ外形



自転車走行



車椅子走行

写真2 実験走行の概要



振動レベル計 VM-54



速度計

写真3 実験器具

表1 ハンプ形状と設置条件

NO	ハンプ形状				配置間隔	
	H(cm)	L(cm)	T(cm)	勾配	G(cm)	W(cm)
H1	0.8	50	10	1/25	100	150
H2					150	200
H3					225	275
H4	1	50	10	1/20	100	150
H5					150	200
H6					225	275
H7	1	50	20	1/15	100	150
H8					150	200
H9					225	275

表2 振動計測した速度

自転車	7km/h	10km/h	15km/h	20km/h
車椅子	3km/h	5km/h	7km/h	10km/h

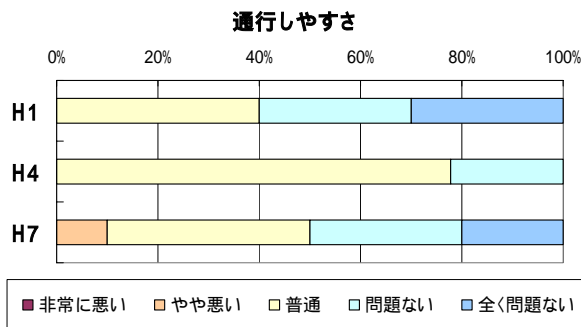


図2 歩行者の通行しやすさの評価

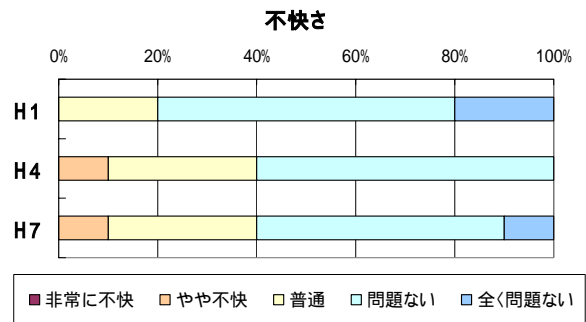


図4 身障者車椅子の不快さに対する評価

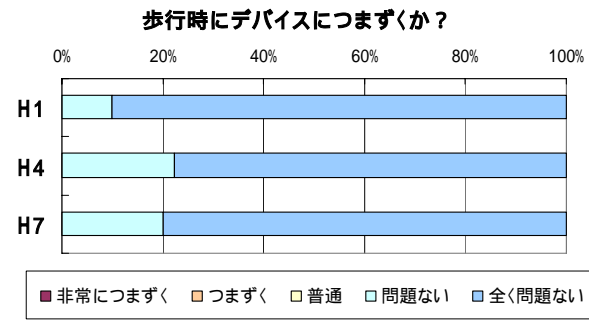


図3 ハンプの歩行に対する支障度の評価

## (2)自転車と車いす通行時の体感評価の差

図5は振動を感じるか(振動体感)と通行時に不快を感じるか(不快さ)について、1(非常に感じる)から5(全く感じない)の回答の評価点を10人分平均した評価点平均をとり、この評価を自転車通行速度および車椅子による変化をデバイス種類別に示したものである。速度の高い自転車には不快(評価点が低)で、速度が下がると評価点が上がり、さらに車椅子では自転車より評価点が高くなるデバイスが理想的であり、折れ線グラフが右上がりとなるデバイスが望ましいグラフ形状と言える。

図5の振動体感の体感評価結果について見ると、全てのデバイスでグラフは理想に近い(右上がり)良好な傾向が見られる。しかし、振動体感、不快さ、両評価項目でハンプH1、H4の結果に比べ、ハンプH7の結果がすべての交通主体で評価点が悪くなっている。これはハンプ形状の勾配がハンプH1、H4に比べ大きく、この部分での振動が不快をもたらした事が原因と思われる。また、ハンプH1とH4では振動体感についてはほとんど差が無いのに対し、不快さについてはハンプH1の方が自転車では評価点が悪く、車椅子の評価値では大きく良くなる傾向にある。こうした傾向により、ハンプH4よりH1の方がより右上がりの理想状態に近いデバイスとなっていると言える。

上記の結果は、被験者が10名と少ないサンプルからの結果であるが、想定していた特性にほぼ合致した体感評価が得られたと言える。

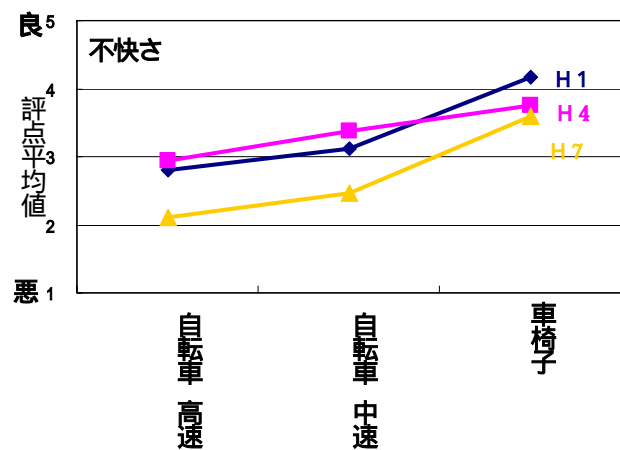
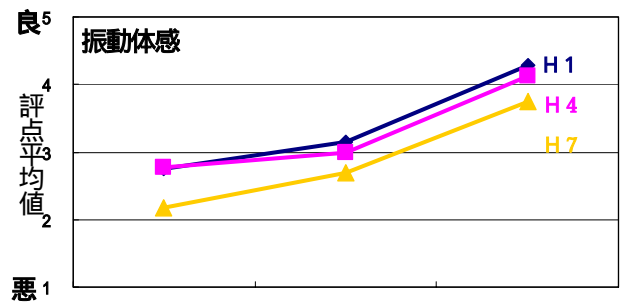


図5 自転車、車椅子の体感評価結果

## 5. 振動計測の分析結果

次に振動レベル計VM-54の計測結果を利用して、速度による影響を考慮してハンプの評価を行った。

JIS-B7760では、振動合成値で振動の不快さ、快適性を示す指標を示しているが、振動加速度は走行速度に大きく影響される。一方、体感実験では正確な速度を指示しなかったため、速度にバラツキが見られ、そのことが体感評価に影響を与えていると考えられた。そこで、計測した振動加速度から振動合成値を算出し、振動計測実験時の通過速度を用いて速度と振動合成値の関係をハンプ形状ごとに求めたところ、すべてのハンプで良好な結果が得られた。

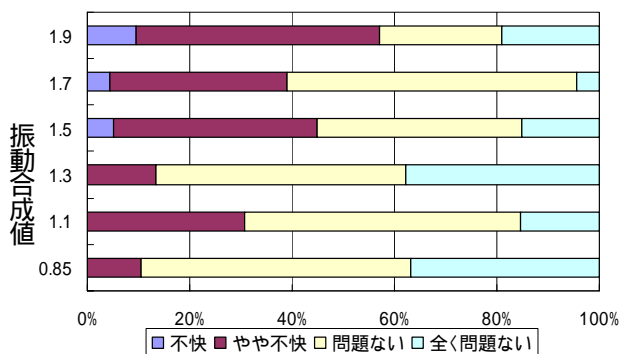


図6 自転車の不快さと振動合成値の関係

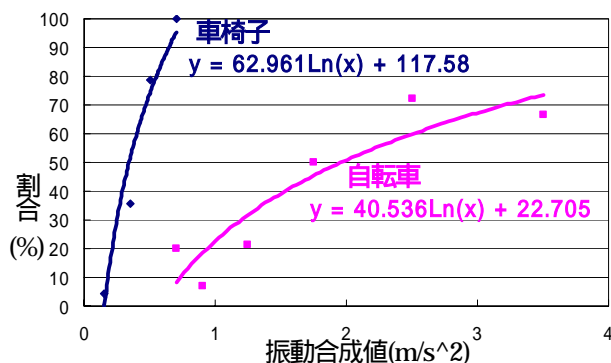


図8 振動合成値と不快と感じる人の割合の関係

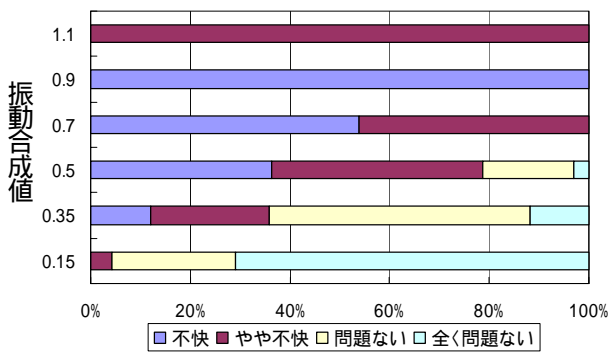


図7 車椅子の不快さと振動合成値の関係

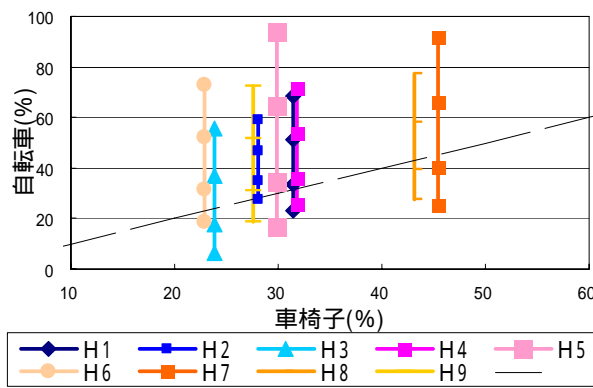


図9 ハンプ設置条件と自転車、車椅子の不快度

次に、この関係式を用いて、体感評価実験時の通過速度から振動合成値を推計して、自転車、車椅子の不快さの評価値との関係を整理した結果を図6、図7に示す。自転車、車椅子とも振動合成値が大きいと不快、やや不快割合が増えている。そこで、図8は不快と感じる人(不快、やや不快)の割合を振動合成値を説明変数として対数回帰した結果である。モデルによると、自転車より車椅子の方が振動に敏感に反応し、振動合成値が小さい値でも不快になりやすいことが分かる。

図8の関係式から振動合成値を計測すればハンプの評価が出来る。そこで、9種類のハンプで自転車、車いすの速度を車椅子3 km/h、自転車7 km/h、10 km/h、15 km/h、20 km/h 一定とした場合について、振動合成値の測定結果から、各ハンプの不快と感じる人の割合を推計した結果を図9に示す。図上では左上に行くほど自転車には不快で車椅子には不快ではないハンプと言える。この中では、H3やH6が左上にあり良好な結果と言える。また、H5では、他のハンプに比べ、縦に長い形状になっている。これは、自転車の速度が速いと不快と感じる人の割合が多く、速度を落とすと不快と感じる人の割合が少なくなることを示している。このようなハンプは自転車の速度抑制効果を期待できると考えられる。ただし、車椅子の乗り心地を改善する必要があることには留意すべきであろう。

## 6. 体感評価、振動計測の分析結果

今回の体感評価、振動計測では高さ1cm 下底50cm 上底10cm のハンプを225cm 間隔とするH6、高さ0.8cm のハンプを225cm 間隔とするH3が目的にあった設置方式であることが分かった。また、坂道のような場所で自転車の速度抑制のみを目的とするならば、ハンプH5(高さ1cmを150cm間隔)の設置方式も使用できると考えられる。今後、ハンプ形状の制作方法の検討と、雨天時や夜間の安全性、実際に通行区分誘導効果、自転車速度抑制効果についての確認について分析が必要と考えている。

### 参考文献

- 1) JIS-7760-2:全身振動 測定方法及び評価に関する基本的要求
- 2) 寺島、角、他:路面平滑度に対する車椅子利用者の振動評価、九州大学工学集報、Vol.72, No.3, 1999
- 3) 技研ニュース:人は振動をどのように感じるか、自転車産業振興協会技術研究所, 1999.7
- 4) 酒井 茂樹, 山中 英生, 桑原 ももこ, 兼本 広和: 自歩道の路面性状に対する主体別体感評価の相違に関する分析, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, Vol.11, pp.248-249, 2005年
- 5) 滑川 達, 山中 英生, 南部 匡史: 自転車の速度抑制と通行区分誘導を目的とした舗装方法の開発, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.25, pp.229-232, 2005