

車いす・自転車の走行時体感からみた路面性状の評価方法*

Evaluation of Smoothness for Pavements Considering Comfort Sense of Wheelchairs and Bicycles*

滑川 達**・山中 英生***

By Susumu NAMERIKAWA**・Hideo YAMANAKA***

1. はじめに

歩道の快適性を表す指標として、硬さ・すべり抵抗・路面形状といった要素が考えられる。硬さとすべり抵抗については、具体的な試験機や管理値等が提案されている。一方、路面形状に関しては、同じく過去に多くの検討が行われたが、車道等で実施される試験が多く、歩道に対して評価する現実的な手法の提案は見られない。本研究は路面形状に着目して車いすや自転車など多様な利用を配慮とした自歩道路面の評価基準開発を目的としている。

昨年は、歩行者、自転車、車いす、シルバーカーなど多様な交通主体に対する体感評価と、路面プロファイルとしてIRI（国際ラフネス指標）を用いて分析を試みた。しかし、車いすの体感に対して十分に説明可能な指標が得られなかった。そこで、体感調査の精度を向上させ、かつ路面振動対策として販売されている振動吸収機構付きの車いすを合わせて分析を実施した。

2. 調査の概要

(1) 対象路線

徳島市内の歩道から舗装方法別にブロック系・アスファルト系・コンクリートに分類し、路面状態の異なる表 1 の18区間を選んだ。1区間は30m程度で、自転車・車いすの走行時に振動を感じるとされる劣悪な区間および、振動に対して好評な区間も含めるように多様な路面を抽出している。

*キーワード：歩行者・自転車 路面評価 車いす
** 正会員，博士（工学），徳島大学工学部建設工学科
（〒770-8506 徳島市南常三島町2-1，TEL：088-656-9877，
FAX：088-656-7579，e-mail：namerikawa@ce.tokushima-u.ac.jp）
*** 正会員，工学博士，徳島大学工学部建設工学科
e-mail：yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp
（〒770-8506 徳島市南常三島町2-1，TEL：088-656-7350）

表 1 調査対象区間

区間No	区間名	舗装種類	
1	佐古	ブロック系	ILB
2	そごう	ブロック系	ILB
3	徳島県庁北	ブロック系	レンガ
4	天神前	ブロック系	ILB
5	合同庁舎前	ブロック系	Co平板
6	大道	ブロック系	タイル
7	仲之町	ブロック系	タイル
8	UFJ銀行前	ブロック系	タイル
9	SATY前	ブロック系	ILB
10	国道11号	アスファルト系	開粒度
11	助任橋南	アスファルト系	開粒度
12	銀八前	アスファルト系	開粒度
13	蔵本公園	ブロック系	ILB
14	加茂名中学	コンクリート系	コンクリート
15	蔵本駅前	ブロック系	ILB
16	徳島工業高校	ブロック系	ILB
17	徳島東工業高校	アスファルト系	開粒度
18	出光石油西	アスファルト系	開粒度



写真 - 1 調査路面例

左上1：振動を感じさせない特殊ブロック舗装
上4：ブロック目地が広く、振動が大きいILB舗装
左12：開粒土AS劣化で肌理が荒くなり細かい振動を感じる。

(2) 体感調査

60才以上の老人男女10人が区間を通行し、体感評価をランクで答える方法をとった。通行方法は自転車走行時 車椅子（普通）介助付き乗車時、車椅子（ばね付き）介助付き乗車時の3つである。ばね付き車いすとは、通常の前輪と後輪を新工業製の振動吸収用ショックアブソーバーが組み込まれた車輪（アブソレックス）に変更した車いすである。写真2に車いすの外観を示す。



車いす：日進医療(株)NA-114A

アブソレックス車輪

写真 - 2 体感調査用車いす



写真 - 3
車いす走行風景

自転車は10名が区間を往復して体感アンケートに答えた。車いすでは、写真3のように、2人ペアで区間を介助者と乗員で走行し、復路では交替して区間を往復して体感を答えている。

体感評価は走行快適性と路面凹凸、振動の種類に関する質問について、走行中に感じた度合を数直線上の1~5(中間を含め9段階)で回答させた。度合の選択については、ベニアに砂利を塗布した路面を基準路面として実験前に走行させ、この基準路面での体感評価を中央値の3として、相対値を回答させる方法をとった。また、振動の質問で1)細かい振動 2)衝撃的な振動 3)うねりの3種類の振動に分けて質問し、それぞれの振動が体のどの部分で感じやすいかについても質問し、振動に注意を集中させている。

(3) 路面性状調査

路面形状計測装置DAM(写真-4)を用いて1cmピッチの路面プロファイルを計測した。自転車と車椅子の走行箇所を往復2回ずつ計測している。



写真 - 4
DAMによる路面計測

路面のラフネス指標には(1)IRI(国際ラフネス指数)(2)SV(変動輪の変位の標準偏差)

(3)PS(路面勾配の標準偏差)などが考えられるが¹⁾、本研究では、SVとPSに着目して分析をおこなった。SVは、次式で示される変動輪の変位の標準偏差によって求められる。わが国で採用している平坦性(縦断凹凸量)と類似した手法で、この時のサンプリング間隔 l が路面性状のフィルターとして作用するとされる。

$$Profile_{SV} = \frac{Profile(x) + Profile(x+l)}{2} - Profile\left(x + \frac{l}{2}\right)$$

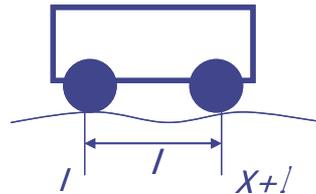


図 - 1 SV(変動輪変位の標準偏差)の算定方法

路面勾配の標準偏差PS(Profile Slope) h_a 、ベース長間離れた路面高さの差を、ベース長で割ることで算出される。大きな路面のうねりの影響を取り除いた標準偏差で評価値を算出する。PSはIRIで用いられるクォーターカーシミュレーションの入力値や米国の平坦性指標SV(路面勾配偏差)に使用されている。

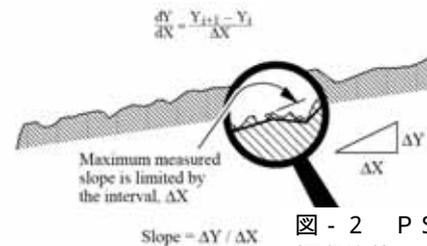


図 - 2 PS(路面勾配の標準偏差)の算定方法

本研究では、SV、PSのサンプリング間隔およびベース長(総称してピッチと呼ぶ)を変化させて、体感との関連を分析する方法をとった。

3. 分析結果

(1) 体感評価の分布

図3, 4は自転車、車椅子の振動・快適性評価について、区間別の評点平均の分布を示している。車いす(普通)の評価順に区間を並べているが、全体に自転車の評価が車椅子よりも高く、また、ばね付き車椅子は普通車椅子よりも評価が高くなっていることが分かる。また、一部に自転車の評価の割には車いすの評価が低いといった違いも見られるが概ね3つの評価は関連していると言える。

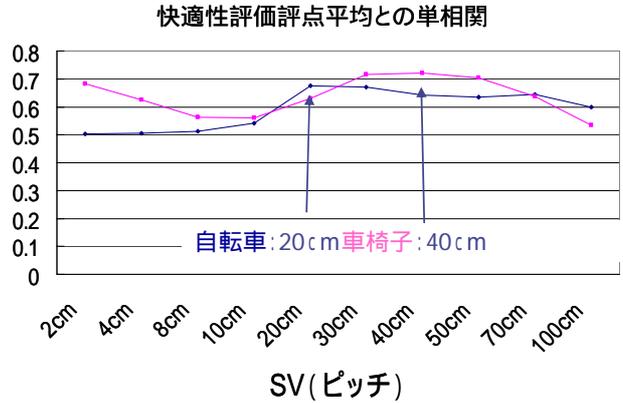
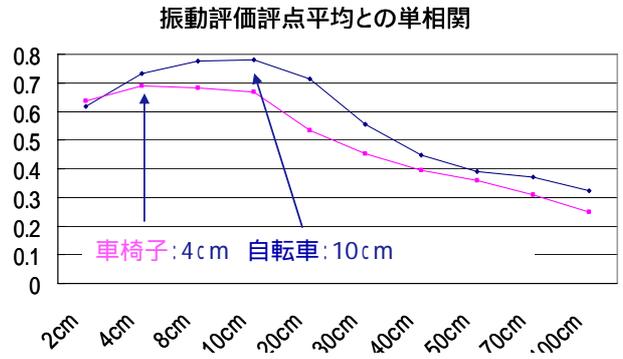
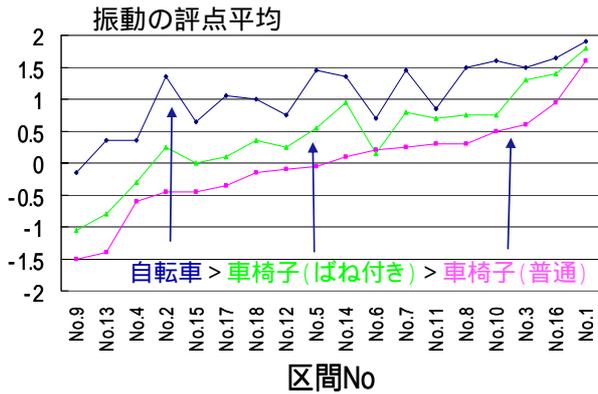


図 - 5 評点平均とSVピッチ別指標との相関係数

(2) 体感評価と路面プロファイル指標との

関連分析

図 5, 6 はSVおよびPSのピッチを変化させた時の指標と区間別の振動・快適性評価の評点平均の単相関係数の変化を見たものである。SVと振動評価では、車いすで4cm~10cmピッチ、自転車では10cm~40cmピッチと相関が見られる。PSはいずれも最も細かな2cmと相関が見られる。SV値は周波数のフィルタリングによって主体の体感の相違を表現できていると考えられる。

そこで、上記の指標を用いて、車いすおよび自転車の振動評価を総合的に表すことのできる指標を作成するため、自転車、車いすの区間別評点、さらに自転車・車いすの評点合計、また評点平均ではなく「振動を感じる人の割合」「快適と感じる人の割合」を被説明指標として、ピッチを変化させたSV、PSを説明変数として重回帰分析を行った。

この結果、車いすに関して快適性の評点平均値を被説明指標とした場合、車いすと自転車で「快適を感じる人の割合」を被説明指標とした場合に比較的説明力の高い回帰式(表2)が得られた。PSを説明変数とした場合はいずれもSVより説明力が劣

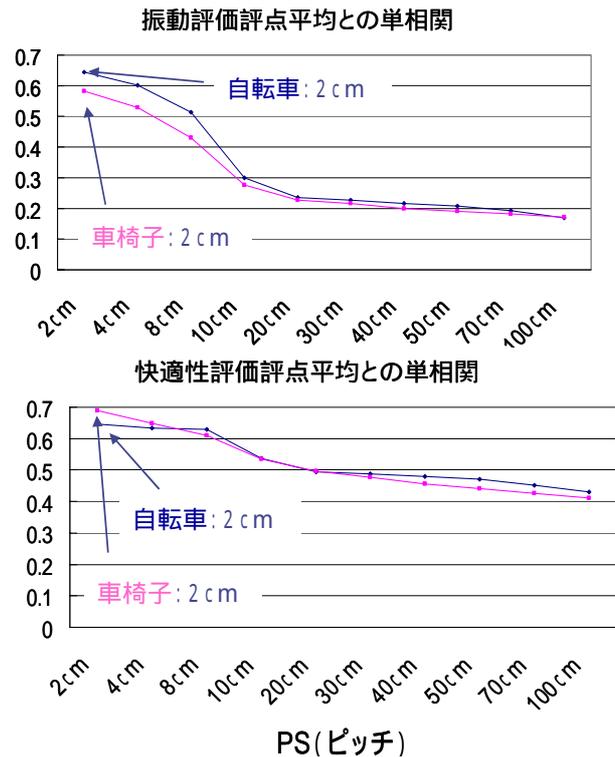


図 - 6 評点平均とPSピッチ別指標との相関係数

表 - 2 SVピッチ別指標での快適性指標の重回帰分析

快適評価	自転車		車椅子		自転車+車椅子	
	評価平均	快適割合	評価平均	快適割合	評価平均	快適割合
2cm				*		
4cm						
10cm						
20cm	*					
40cm			*		**	*
50cm						
70cm		**				
偏回帰係数	-1.85732	-0.56129	-7.34898	-3.40218	-2.79707	-4.22976
	-0.32191	-0.20829	-0.94348	-0.16208		-0.73583
定数項	3.177987	1.402904	3.203691	1.304771	5.690988	2.878523
決定係数	0.5532	0.5064	0.6286	0.6196	0.5444	0.5708
F値	9.286372	7.693921	12.69291	12.21744	19.11645	9.974094
P値	0.0024	0.0050	0.0006	0.0007	0.0005	0.0018

表 - 3 重回帰分析から得られた路面特性評価指標

指標 : $-7.34898 \cdot SV(2cm) - 0.94348 \cdot SV(40cm) + 3.203691$
 (被説明変数: 車椅子の快適性評価平均)

指標 : $-4.22976 \cdot SV(2cm) - 0.73583 \cdot SV(40cm) + 2.878523$
 (被説明変数: 自転車と車椅子の快適という人の割合の合計)

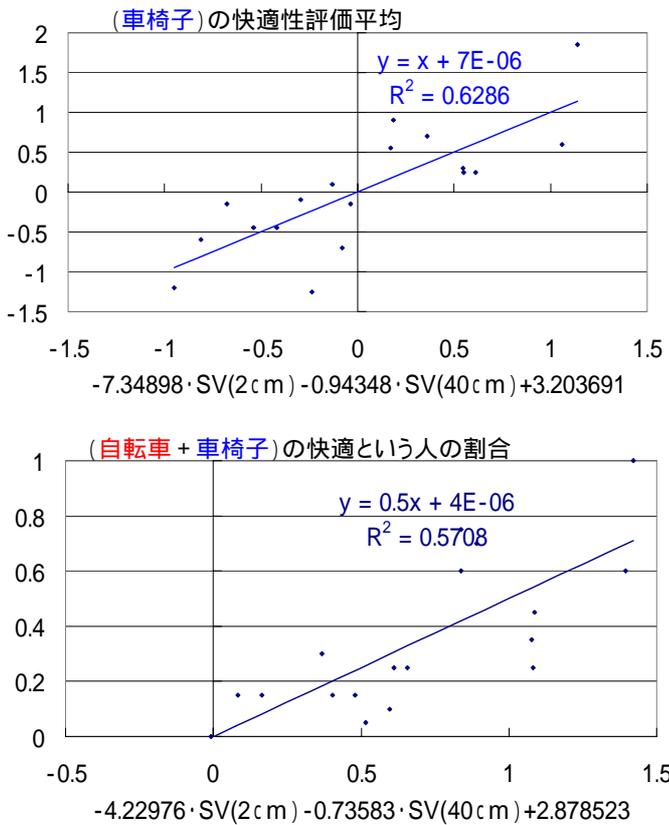


図 - 7 路面特性評価指標と体感評価値との相関図

っていた。ここで得られた2つの重回帰式を表3に示す。さらに、区間別に路面性状から算出した指標と、実際の体感評価値との相関図を図7に示す。

両指標とも2cmと40cmのピッチによるSV指標を合成した値となっている。2cmピッチのSVは細かな振動、40cmピッチのSVは振動のうねり部分を表していると考えられる。また、車いす単独の指標が、自転車の快適性を考慮した指標よりやや良好な結果を得ていることがわかる。

(3) 多様な主体の体感評価による路面性状指標の評価基準

図8は横軸に上記の指標1(車いすの快適性評価の回帰分析より得られた指標)をとり、自転車、ばね付き車いす、さらに18路線中の7路線において身障者による車いす走行時の体感評価を計測した結果を重ねたものである。

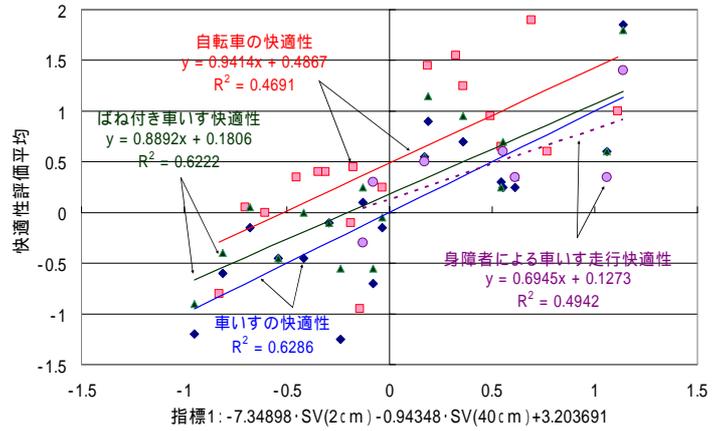


図 - 7 路面特性評価指標と主体別体感評価との相関

4つの快適性評価は横軸の指標とほぼ相関しており、特に指標が0以上と0以下では、体感評価値に大きな違いが生じていることがわかる。このことから、DAMで計測した路面性状から $-7.35 \cdot SV(2cm) - 0.94 \cdot SV(40cm) + 3.20$ の式で算出される指標が0以下となる場合はレベルC、0以上となる場合をレベルAの路面性状とするのが妥当であると考えられる。A、Cの間にレベルBの中間領域が存在すると考え、Bを除いているが、その指標範囲については、今回の指標では明らかとは言えない。

4. 今後の課題

今後、身障者など多様な属性の利用者の考慮とともに精度向上を図る必要がある。さらには、振動レベル別の継続時間の受忍限度を考慮して、路面性状別の受忍最大延長を検討することも重要と考えられる。路面性状指標として、車道での評価の主流となっている応答型指標の採用についても検討する必要も生じると考えられる。歩道の路面性状に関する道路管理は現在行われておらず、道路のパフォーマンスマネジメントの中で体系化することが重要となろう。また、新しい歩道舗装のありかたの検討への応用についても今後の課題と言える。

本研究は国土交通省四国地方整備局との共同で行ったものであり、身障者評価データを提供いただいた。記して謝意を表したい。

参考文献

1) M.W.Sayers 他, 土木学会舗装工学委員会訳: 路面のプロファイリング入門, 土木学会, 2003