

自歩道における路面プロファイルの評価方法*

Evaluation method of road roughness profile for sidewalks used by bicycles and pedestrians

土岐源水**・山中英生***・生田利浩****・瀬尾卓也*****・本多正明*****

By Gensui TOKI**・Hideo YAMANAKA***・Toshihiro IKUTA****・Takuya SEO*****・Masaaki HONDA*****

1. はじめに

我が国の自歩道では、歩行者に加えて、自転車さらには車いす、シルバーカー（老人の使用する手押し歩行補助車）など多様な主体が通行しており、今後は高齢化に応じて、電動三輪車や様々な歩行補助装置など、ますます多様化することが予想される。自歩道等のサービスレベルについては、歩行者や自転車の混在交通に関する一連の研究¹⁾や、バリアフリー施策の中で、段差、勾配に関する指針²⁾が提案されているが路面性状に関する研究は少ない。

本研究は、路面性状の異なる路線について、歩行者、自転車、車いすの通行時の体感評価、車両の振動特性、路面プロファイルの関連性を把握することで、路面性状に関するサービスレベルの提案を試みたものである。本稿では、徳島市・高松市の19路線で計測実験結果とその関連分析の結果を報告する。

2. 調査の概要

(1) 調査対象区間の選定

調査区間を舗装種類と路面状態に着目して選定した。舗装種別は大別してアスファルト系（開粒度）とブロック系に分けられ、ブロック系はILB（インターロッキングブロック）、コンクリート平板、レンガ、タイル、自然石などに区分している。選定した19路線の概要を表1、路線例を写真1に示す。

*キーワード：歩道、路面平滑性、プロファイル分析、バリアフリー、自転車

**正員,工修,国土交通省松山河川国道事務所（〒791-8061 松山市三津3-4-11 TEL(089)972-0034 FAX(089)967-8165 e-mail: toki-g8810@skr.mlit.go.jp

***工博,徳島大学工学部建設工学科（徳島市南常三島町2-1,E-mail:yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp）

****,*****（財）国土技術研究センター調査第二部

(2) 体感評価調査

10名の被験者に区間を通行させ、通行を終えるごとに体感評価を5段階評価で答えさせる方法をとった。被験者10名は、学生（男性2名・女性3名）と高齢者（男性3名・女性2名）であり、19路線全て同一被験者である。

表1 調査対象路線とその舗装材

都市名	区間No	路線名	舗装材料	
			自転車	車椅子
徳島市	1	佐古(I)	ILB	ILB
	2	そごう前	ILB	ILB
	3	徳島県庁南(R)	レンガ	レンガ
	4	徳島駅前(I)	ILB	ILB
	5	合同庁舎前(C)	Co平板	Co平板
	6	大道(T)	タイル	タイル
	7	仲之町(T)	タイル	タイル
	8	ACTY(C)	LB, タイル, Co平板	LB, タイル, Co平板
	9	SATY前(I)	ILB	ILB
	10	国道1号(A)	開粒度	開粒度
	11	助任橋南(A)	開粒度	開粒度
	12	城東北(A)	開粒度	開粒度
高松市	13	中央通り東(I)	ILB	ILB
	14	中央通り西(I)	ILB	ILB
	15	水城通り(S)	自然石平板	自然石平板
	16	香川県庁東(I)	ILB	ILB
	17	中央通り南(A)(I)	開粒度	ILB
	18	ライオン通り(S)	自然石平板	自然石平板
	19	丸亀町(T)	タイル	タイル



写真1 調査対象とした路線の例



写真2 通行実験の様子

通行方法として自転車での走行、車いすに乗車して走行、車いすを後ろから押す(車いす介助)、シルバーカーを押して通行、普段の靴で歩行する、下駄、ミールをはいて歩行の6種類を実施して、それぞれを10名が体感評価する方法をとった。評価シートでは、自転車、車いすに関しては振動評価に関する質問(「振動を感じたか?」)、走行快適性に関する質問(「走行のスムーズさはどうか?」)を質問し、歩行、シルバーカーについては、路面凹凸と走行快適性に関する質問をした。写真2に各走行実験の様子を示す。

(3) 振動特性計測

自転車と車いすの走行時の振動を把握するために自転車と車いすに三次元加速度計を取り付け走行時の振動を計測した。計測は体感評価調査と同時に実施した。自転車では前かご取付け部、車いすでは前輪取付け部に小型加速度計を取り付け、サンプリングレート500Hz、±10Gの振動加速度を計測した。

(4) 路面プロファイル計測と平滑性指数の算出

路面の凹凸、平坦等の性状として路面プロファイルを全路線で計測した。計測には路面形状計測装置(DAM: 図1、東亜道路工業製)を用いた。この装置では変動輪の変位を計測することで、最小10mmのサンプリング間隔で路面高さを計測することができる。体感評価調査で自転車・車いすが走行したライン上を3回ずつ計測した。そこから得られた高低データを元にして、車道の平滑性評価に用いられるIRI(国際ラフネス指数)に準拠して平滑性指標の算出を試みた。



図1 路面形状計測装置(DAM)

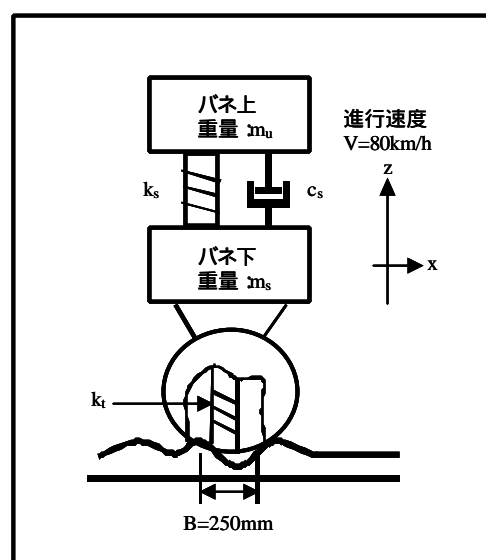


図2 QCモデル³⁾

IRIでは、プロファイルを評価する方法としてQC(クォーターカーシミュレーション)モデルを用いている。これは4輪自動車の1/4のモデル(図2)を用いて、車輪下の路面形状を与えた時のバネ上での走行距離あたり延べ変位量を求めるものである³⁾。ここでは、自動車のモデルパラメータを自転車、車いすに対応したパラメータを用いてIRIを算出した。

3. 主体による走行体感評価の分析

(1) 振動評価と快適性評価

図3は自転車における振動評価と快適性評価の関係を示している。評価平均は5段階評価に-2から2の評点を与えて平均値を算出したものである。振動評価と快適性評価の相関が強いことが分かる。

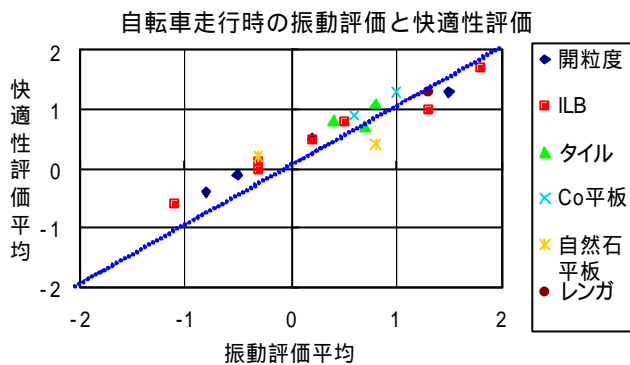


図3 自転車の振動評価と快適性評価の関係

この傾向は舗装の種類にほぼ関係無いが、自然石で振動評価の割に快適性が高くないといった路線も見られる。車いすや歩行などに関しても同様に振動評価と快適性、凸凹評価と歩行不安感には強い相関が見られた。

(2) 主体による評価の関係

図4は振動評価に着目し、自転車、車いすの体感評価について区間別評価平均の変化を自転車の評価の順位で示したものである。評価は全体として自転車、車いす乗車、車いす介助時の順に低下する傾向がみられる。また、区間1は全ての主体の評価が高く、区間9も全ての主体の評価が最下位となるなど大局的には3者の評価には共通点が見られる。自転車の評価に比較して車いすの評価順位が悪い区間として17、18、19が見られる。このうち17は車いすの走行空間と自転車の走行空間の舗装材が異なっている特殊な区間で、他2区間はアーケード商店街内の平滑性の高い舗装区間となっている。

図5は、同様に普通歩行時の評価順位に対して下駄等歩行時、シルバーカーの評価を示したものである。この順に評価は低下しており、上記の評価で高順位の

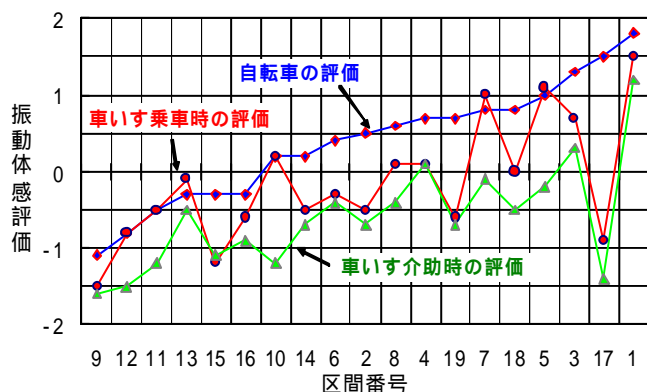


図4 自転車・車いすの振動体感評価

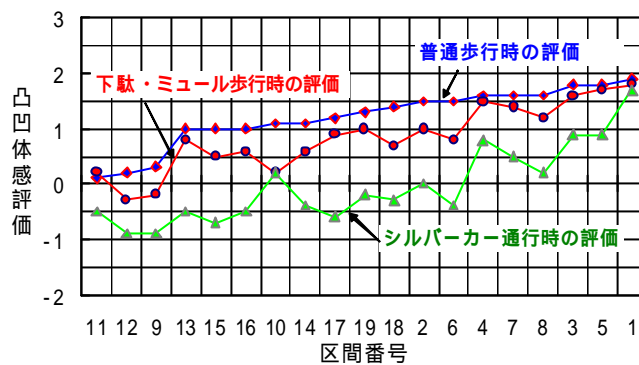


図5 シルバーカー・歩行者の凸凹体感評価

区間、低評価の区間が一致するなど大局的には自転車・車いすと同様の評価となっている。ただし、細かく見ると、例えば区間8, 6普通歩行時の評価に比べて、下駄等・シルバーカーの評価の低くなっているなど、主体による差異が生じることがわかる。区間8, 6はタイルやその組み合わせ舗装の区間であり、微少な段差の存在が評価の差異の要因と考えられる。

4. 走行時の振動特性と体感評価

(1) 振動加速度特性と体感評価

振動特性指標と体感評価との相関を分析した。その結果、各個人の体感評価と最もよく一致したのは、鉛直方向の振動加速度の上位5%値(L₅)であった。図6は、L₅値のバンドごとに、自転車走行時の被験者を整理してその体感評価の構成率を示している。今回の区間は一般的な単路部で歩車道段差などを含まないため、加速度はさほど大きくないが、それでも振動加速度(L₅)が1.2Gを超えると「かなり感じる」割合が急増していることがわかるように、大きな加速度を生じさせる段差などに不快を感じていることがわかる。

図7は車いす乗車時の同様の図である。自転車ほど明確な関係が見られないが、振動加速度(L₅)が0.5G程度から「かなり感じる」とする被験者が見られるように、自転車よりも敏感に振動に反応しており、しかも微少振動にも不快を感じることが示唆される。

(2) 周波数バンド別の振動と体感評価

振動への体感振動周波数によって相当に異なることが明らかになっている。そこで、1/3オクターブバンドごとの振動加速度レベル(L₅)を算出して、体感

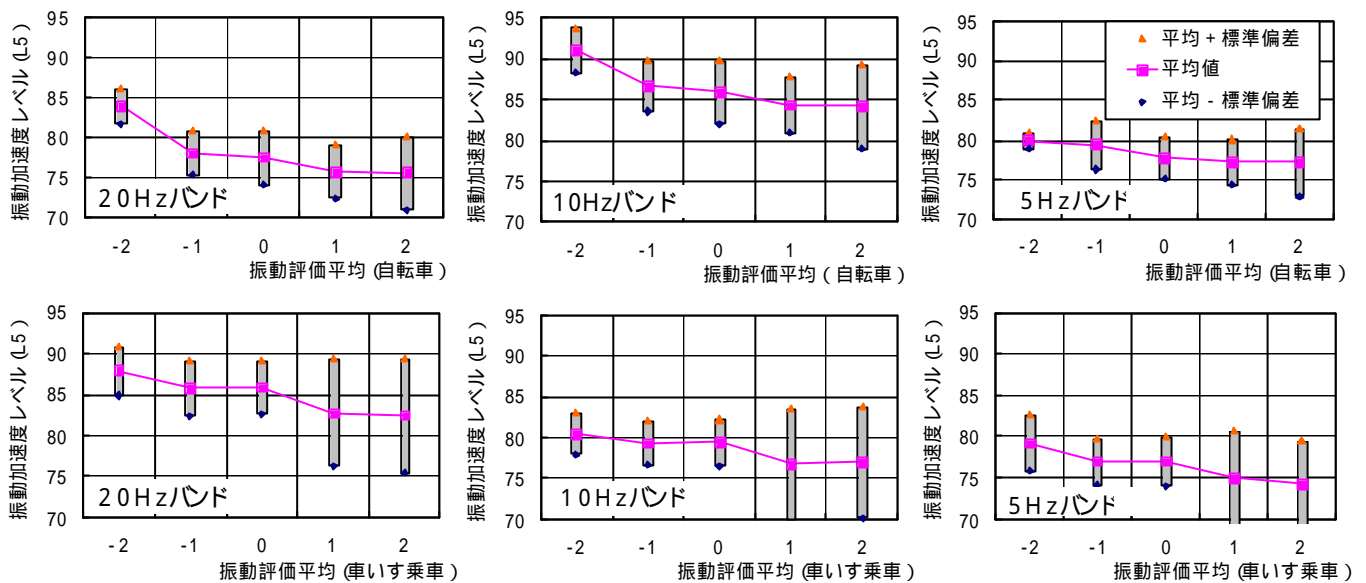


図7 振動評価ごとの1/3オクターブバンド別振動加速度の分布

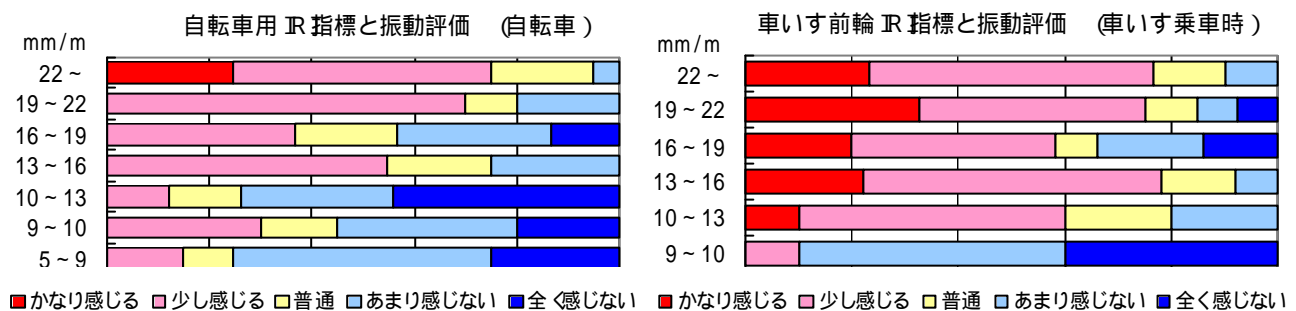


図8 IRI路面プロファイル指標と振動評価の関係

評価値ごとの分布を分析した(図7)自転車では10Hz、車いすでは20Hz付近の振動レベルが大きく、かつ体感評価に影響を与えていることが見られる。

5. 路面プロファイル指標と体感評価

図8は、路面プロファイルのIRI指標と、自転車、車いす乗車時の振動体感評価との関係を示している。自転車の場合はIRI値10~19以外ではおおそ関連性が見られる。車いすでは10以下で振動を感じない傾向が見られ、指標が高くなるにつれて「かなり感じる」割合が増加する傾向も見られる。ただし、車いすの場合はIRIが11以上の値では体感評価との関連は十分とは言えない。原因としては、DAMで計測できていない微小な路面性状(テクスチャ)に体感が影響を受けていることや、QCシミュレーションのパラメータ値の妥当性などが考えられる。このため、QCシミュレーションを用いない他の平滑性指標との関連性分析を進めており、これについては講演時に発表する。

謝辞

本論文は国土交通省四国整備局「歩道におけるサービスレベル確保に関する委員会」における成果の一部をまとめたものである。なお、QCシミュレーションによるIRI指標算定に前原氏(東亜道路工業)の協力を得た。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 山中, 半田他(2003): ニアミス指標による自転車歩行者混合交通の評価法とサービスレベルの提案、土木学会論文集, No.730/ -59, pp27-37, 2003.
- 2) 国土交通省道路局企画課監修: 道路の移動円滑化整備ガイドライン, 2003
- 3) 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
- 4) ISO-2631-1: Mechanical vibration and shock - Evaluation of Human exposure to whole-body vibration -