

利用者意見に基づいた歩行空間の平坦性に関する評価



松岡宏典
調査第二部
主任研究員

研究の背景と目的

都市内における交通手段として徒歩や自転車等の更なる活用が求められ、また、超高齢社会へと向かう我が国では、車いすやシルバーカー等が支障なく快適に走行できる空間を確保することが重要な課題となる。

そのためには、歩行者・自転車・車いす等のための空間的ネットワークの量的充実だけでなく、硬さ、すべり抵抗、路面形状等に起因する走行快適性といった質的な面での充実も不可欠である。

本研究は、この中で特に路面形状に着目し、徳島市内をケーススタディとして、路面形状に最も敏感と思われる車いす使用者を対象に、「路面性状」、「体感評価」及び「振動」の3つの視点から歩行空間の走行快適性に関するサービスレベルの評価方法を検討・構築することを目的とするものである。

検討手順

本研究の検討手順を図-1に示す。はじめに、対象区間を選定し、それぞれの区間で路面性状調査（プロファ

イル測定）、体感調査（アンケート）及び走行時振動計測（加速度計）を実施した。次に、体感調査データと振動データとの相関分析を実施し、体感調査データの妥当性を確認した。最後に路面性状データと体感調査データとの相関分析を実施し、そのデータの分布状況からLOS（サービス水準）ランクを設定した。設定したLOS（サービス水準）ランクについては、事後ヒアリングによる検証を行った。

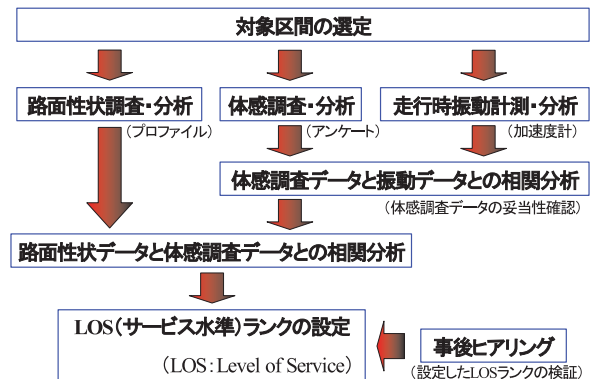


図-1 検討フロー

調査の概要

1 対象区間

徳島市内の自転車歩行者道（以下、自歩道）から一般的な舗装材料を用いた異なる路面性状の7区間を選定した（表-1）。

表-1 調査対象区間

(ILB：インターロッキングブロック Co平板：コンクリート平板)

調査箇所	①佐古	②そごう前	③合同庁舎前	④国道11号	⑤助任橋	⑥UFJ前	⑦銀八前
	ILB	ILB	Co平板	As開粒度	As開粒度	Co平板	As開粒度
路面状況							

1区間の延長は30m程度で、区間の選定にあたっては、車いす走行時に振動を感じると思われる劣悪な区間及び振動に対して好評と思われる区間が含まれるよう配慮した。

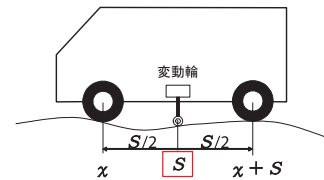
2 路面性状調査（プロファイル測定）

小型路面形状計測装置DAM（写真-1）を用いて、車いすの左右車輪走行ライン上の路面縦断プロファイル（1cmピッチ）を2回ずつ計測した。この小型路面形状計測装置DAMは、歩道路面形状を人の歩行速度で効率よく高精度で計測できるという特徴を持っている。路面縦断プロファイルとは、路面を縦断方向に仮想線に沿ってスライスしてできる2次元の形状のことである。

また、路面の平坦性を表す指標としてはSV値（単位mm）を用いた（式(1)）。これは車道の平坦性評価に利用される変動輪変位の標準偏差に類似した指標であり、本研究ではピッチsを変化させて体感との関連の高い値を探索している（図-2）。



写真-1 DAMによる路面計測



$$SV_{(\alpha)} = STV \left(\frac{H(x_{\alpha}) + H(x_{\alpha} + S)}{2} - \frac{H(x_{\alpha} + \frac{S}{2})}{2} \right) \dots \text{式(1)}$$

α : 区間番号 (1~7)
 $STV()$: ()内の値の標準偏差
 $H(x_{\alpha})$: 区間 α の中の地点 x_{α} での標高値

図-2 SV（変動輪変位の標準偏差）の算定方法

3 体感調査（アンケート）

10名の車いす使用者に、日常的に使用している車いすを使って各対象区間を往復走行してもらい（写真-2）、その体感状況についてアンケートした。なお、走行速度を一定に保つため介助付きとした。調査項目は、振動の感じ方及び走行快適性で、走行中に感じたそれぞれの体感レベルを9段階評価で回答してもらった。レベルの選択にあたっては、実験前に基準路面（ベニア板に砂利を塗布した路面）を走行してもらい、その時の体感レベルを中央値として、相対的に回答してもらう方法をとった。また、振動の感じ方では振動を体のどの部分で感じたかについて質問し、さらに3種類の振動（細かい振動、衝撃的な振動、うねり）に分け、それぞれの体感レベルについても質問した。あわせて最後に各対象区間の改善の必要性についても質問した。



写真-2 車いす走行風景

4 走行時振動計測（加速度計）

体感調査とは別に、車いす前輪取付部に三次元加速度計を取り付け、車いす走行時の振動を計測した。使用した車いすは、タイヤサイズが22インチであり、前輪と後輪に振動吸収機能を持つサスペンションホイールが取り

付けられているものである（写真-3）。体感調査と同様、介助付きで走行し、各対象区間の計測を行った。

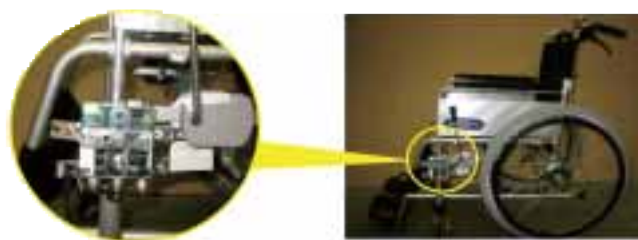


写真-3 振動計測に用いた車いす及び三次元加速度計

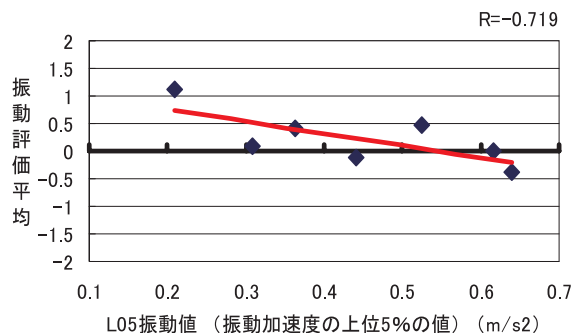


図-4 振動データとの相関分析結果

体感評価結果分析

1 体感評価値の分布状況

図-3は振動の感じ方及び走行性評価の区間別の平均評価点の分布を表したものである。概ね振動の感じ方と走行性の評価が同じ傾向になっていることがわかる。図-4は体感評価結果と振動計の計測データとの単相関係数を表したものである。これによると体感評価と振動データには高い相関関係が見られることから、振動データは体感評価を反映していることがわかる。あわせて今回得られた体感評価結果は妥当なものであるといえる。

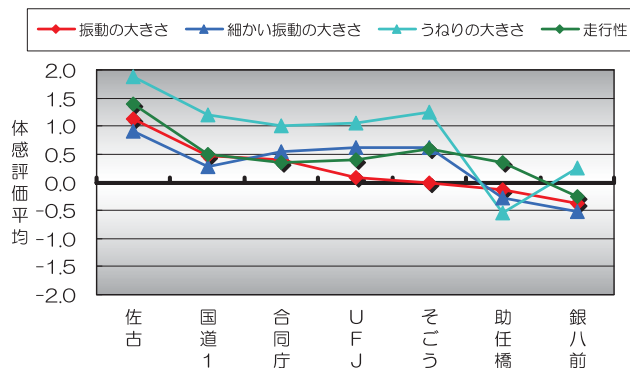


図-3 区間別体感評価

2 体感評価とSV指標との関連分析

表-2はピッチsを変化させた時のSV値と「振動の大きさ」及び「走行性」の体感平均評価点との単相関係数を表したものである。SV値は「走行性」より「振動の大きさ」との相関が高く、特にピッチ10cmのSV値との間に高い相関が見られる。表-3は表-2で相関の高かったピッチ2cmから20cmについて、ピッチsを変化させた時のSV値と「細かい振動」、「うねり」の体感平均評価点との単相関係数を表したものである。「細かい振動」の体感においては、ピッチが最小の2cmの時にSV値と最も高い相関が見られ、ピッチが大きくなるにつれて相関係数は小さくなる。一方、「うねり」の体感においてはピッチが20cmの時にSV値と最も高い相関が見られ、ピッチが小さくなるにつれて相関係数は小さくなる。これらのことから、評価要因を表す指標として「細かい振動」を示すピッチ2cmと「うねり」を示すピッチ20cmのSV値を用いることが妥当であると考えられる。

表-2 振動・走行性平均評価点との単相関

		振動の大きさ		走行性	
		相関係数	差	相関係数	差
SV	2cm	0.679	—	0.658	—
	4cm	0.858	0.179	0.777	0.119
	10cm	0.921	0.242	0.757	0.099
	20cm	0.903	0.224	0.707	0.049
	30cm	0.715	0.036	0.563	-0.095

表-3 振動種類毎の平均評価点との単相関

	細かい振動		うねり		
	相関係数	差	相関係数	差	
SV	2cm	0.736	—	0.508	—
	4cm	0.728	-0.008	0.564	0.056
	10cm	0.491	-0.245	0.562	0.054
	20cm	0.668	-0.068	0.825	0.317

3 SV値による路面性状評価の妥当性検証

図-5、6はピッチ2cm、20cmのSV値と振動評価（「振動の大きさ」の体感平均評価点）との相関を表したものである。ともに高い相関関係が見られた。ただし、ピッチ2cmにおいては、国道11号のデータ（カッコ書き）は偏差が大きいため除いて算定した。国道11号はカラー開粒度舗装で、路面トップは平滑であるが粒子が大きく空隙があるタイプである。ピッチ2cmのSV値では空隙も考慮されるため、良好な体感評価であるにもかかわらず、SV値が高くなるという現象が生じたのではないかと考えられる。以上のことから路面性状調査からSV値を算定することにより、車いす使用者の体感を考慮した路面評価は可能であるといえる。

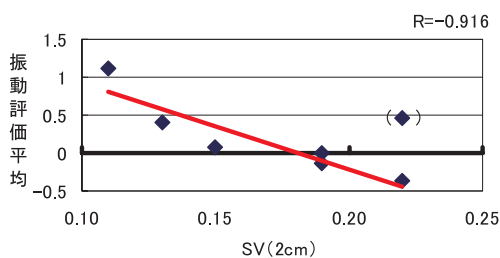


図-5 相関分析結果（ピッチ2cm）

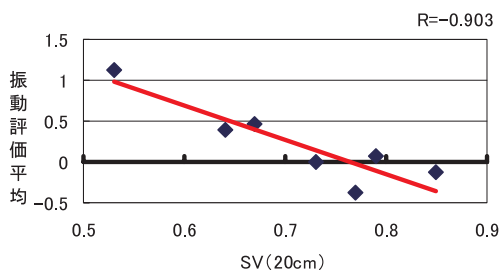


図-6 相関分析結果（ピッチ20cm）

LOS (Level of Service : サービス水準) ランクの設定

1 ピッチ2cm及び20cmのSV値によるLOSランクの設定

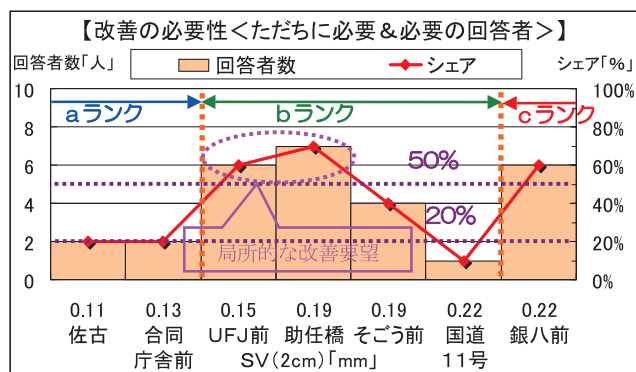
今回調査した7区間について、「細かい振動」を示すピッチ2cmのSV値と「うねり」を示すピッチ20cmのSV値それぞれに対して、良い路面（aランク）、悪い路面（cランク）、その中間の路面（bランク）の3段階に分けることを試みる。

手法としては「改善の必要性」に対するアンケート結果の分布状況を考慮しながらピッチ2cm及び20cmでのSV値を区分しようとするものであり、基本的に改善が必要であるという回答者の割合が20%以下の区間をaランク、20%より大きく50%以下の区間をbランク、50%より大きい区間をcランクと設定する。

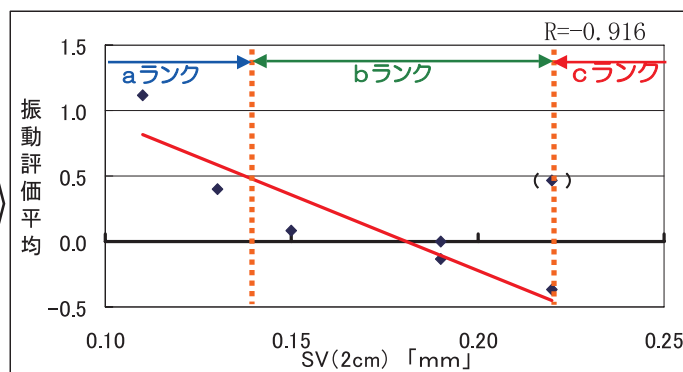
ピッチ2cm及び20cmについてSV値の小さいもの、すなわち凹凸が少ない路面を左から順に並べ、この手法によりランク設定したものを図-7(a)、図-8(a)に示す。図-7(a)で改善の必要性が高い割合を示している「UFJ前」と「助任橋」については、局所的な改善要望であるため、bランクとした。

次に、ここで設定したLOSランクの範囲を図-5、6の相関図にあてはめたものを図-7(b)、図-8(b)に示す。境界はそれぞれランクの境界となる区間SV値の中間値とした。

この図から、ランクの境界を設定にすることにより、任意の路面でのSV値（ピッチ2cm、20cm）が算定できれば、「細かい振動」、「うねり」のそれぞれを対象とした路面の評価が可能であることがわかる。

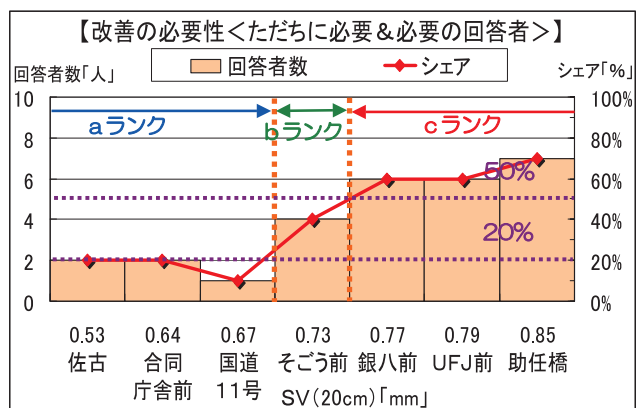


(a) 改善の必要性

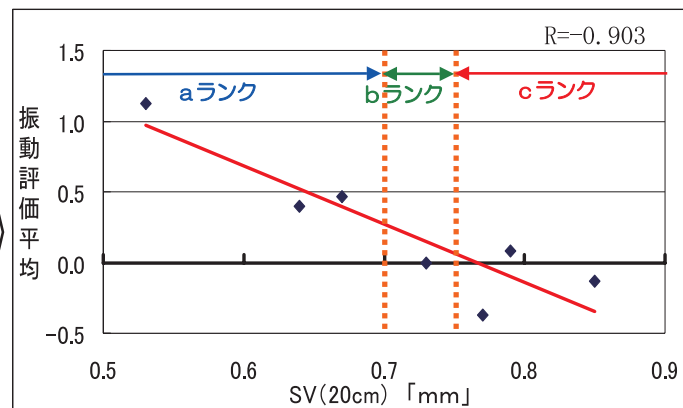


(b) 相関図への適用

図-7 LOSランク (ピッチ2cm)



(a) 改善の必要性



(b) 相関図への適用

図-8 LOSランク (ピッチ20cm)

2 総合的なLOSランクの設定

次に、SV値 (ピッチ2cm、20cm) によるLOSランクを基に、各路面の「細かい振動」、「うねり」を考慮した総合的なLOSランク (A・B・C) を設定した (表-4)。このLOSランクを今回の調査対象区間に適用した結果を表-5に示す。表-5には参考として、体感調査における「振動の大きさ」に対する評価順位及び「改善の必要性」の回答者の割合をあわせて示している。総合的なLOSランクについては、「改善の必要性」の回答結果をもとに設定していることから、道路管理上、Cランクを「改善すべき路面」、Bランクを「必要に応じて改善すべき路面」、

Aランクを「目標とすべき路面」として位置づけることが考えられる。

表-4 総合的なLOSランク

SV(20cm) \ SV(2cm)	a	b	c
a	A	A	B
b	A	B	B
c	B	B	C

- A : 「目標とすべき路面」
- B : 「必要に応じて改善すべき路面」
- C : 「改善すべき路面」

表一5 調査区間におけるLOSランク

区間No	区間名	舗装	LOSランク			主観順位	改善の必要性		
			2cm	20cm	総合		即必要	必要	合計
1	佐古	ILB	a	a	A	1	0%	20%	20%
2	そごう前	ILB	b	b	B	5	10%	30%	40%
3	合同庁舎前	Co平板	a	a	A	3	0%	20%	20%
4	国道11号	開粒度	b	a	A	2	10%	0%	10%
5	助任橋	開粒度	b	c	B	6	10%	60%	70%
6	UFJ前	Co平板	b	c	B	4	40%	20%	60%
7	銀八前	開粒度	c	c	C	7	10%	50%	60%

3 事後ヒアリングによるLOSランクの検証

設定した総合的なLOSランクについて、車いす使用者に説明を行った上で、再度現地を見てもらい、対象7区間の振動評価の順位（良い順）及び改善の必要性について回答してもらった。対象者は体感調査において中間的な評価をした1名である。回答結果を表一6に示す。これによると「区間No.2そごう前」を除き、LOSランクとほぼ一致しており、改善が必要な区間はCランクの「銀八前」と「そごう前」のみであることがわかる。ただし、「そごう前」については、明らかに路面状態の悪い「銀八前」とは異なり、もともと目地の大きなILB舗装であるため個々の好みに左右されやすい可能性がある。

表一6 事後ヒアリング結果

区間No	区間名	舗装	LOSランク			事後順位	改善の必要性
			2cm	20cm	総合		
1	佐古	ILB	a	a	A	1	
2	そごう前	ILB	b	b	B	7	○
3	合同庁舎前	Co平板	a	a	A	2	
4	国道11号	開粒度	b	a	A	3	
5	助任橋	開粒度	b	c	B	5	
6	UFJ前	Co平板	b	c	B	4	
7	銀八前	開粒度	c	c	C	6	○

おわりに

1 今後の活用方向

本研究により設定したLOSランクの活用例を以下に示す。

- ① 交通バリアフリー重点整備地区内の特定経路に適用し、その経路の自歩道路面における体系的な維持管理・補修の基準とする。
- ② 一般利用者への事業効果説明のためのアウトカム指標として、維持管理・補修の必要性・効果の説明手段とする。

活用にあたってはLOSランクのみによる判断だけでなく、自歩道の評価区間の延長や幅員等の現地状況を踏まえ、総合的に判断することが望ましいと考えられる。

2 今後の課題

本研究のように、自歩道路面の評価に関して、路面性状データ（プロファイル）、客観評価データ（振動計）、体感調査データ（アンケート）の3種類のデータに基づき検討している事例は他にないため、まずはさらにデータを蓄積することにより、本研究でのSV値（ピッチ2cm、ピッチ20cm）のab間、bc間の境界を明確にしていき、LOS（サービス水準）ランク設定の汎用性を一層向上させることが必要であると考えられる。

また、様々な補修の事例を収集し、実際の各補修方法及びその補修時における改善レベルを把握すること、さらには乾燥状態のみならず、湿潤状態での滑りを考慮した評価指標も検討していくことが望ましいと考える。

参考文献

- 1) Michael.W.Sayers 他 土木学会舗装工学委員会訳：路面のプロファイルリング入門 一安全で快適な路面をめざして一、2003.1