

## IV-16 歩行者系舗装の評価方法に関する研究

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平 15～平 17

担当チーム：基礎道路技術研究グループ（舗装）

研究担当者：久保和幸，坂本康文，大橋幸子

### 【要旨】

本研究では、快適性、安全性などを考慮した歩行者系舗装の評価手法の確立に向けて、歩行者系舗装に求められる評価の視点の提案、快適性、安全性などを数量化して表現する方法の提案を目的とした、文献調査、道路管理者や舗装施工者等へのヒアリング調査、および通行実験等による検討を行った。その結果、歩行者系舗装の評価の視点としては、供用とともに低下する性能に関する利用者の許容限界に留意する必要があることがわかった。また、快適性、安全性などを数量化する方法としては、路面のプロファイル（凹凸）により快適性や安全性といった利用者の評価を説明できることがわかった。

**キーワード**：歩行者系舗装，快適性，安全性，性能指標，評価方法

### 1. はじめに

平成 13 年に「舗装の構造に関する技術基準」が通達され、車道および側帯の舗装が満たすべき性能指標の基準値や評価方法が示され、舗装の性能規定化が推進されている。一方、歩行者系舗装においては、利用主体が歩行者、自転車、車椅子など様々であり、それぞれに快適さや安全な移動の確保が必要となる。そのため、歩行者系舗装の評価方法は、これらの様々なニーズに対応できるものでなくてはならない。

そこで、本研究では、

- 1) 歩行者系舗装に求められる評価の視点の提案
- 2) 快適性、安全性などを数量化して表現する方法の提案

を目的として、文献調査、道路管理者や舗装施工者等へのヒアリング調査、および通行実験等による検討を行った。

以下に、本研究成果をとりまとめ報告する。

### 2. 研究方法

#### 2.1 歩行者系舗装に求められる評価の視点に関する検討

歩行者系舗装の評価は、利用者優先が大前提であるが、限られた予算を有効に活用し、道路資産を効果的・効率的に管理するためには、様々な立場での視点からその評価を考える必要がある。そこで、歩行者系舗装に求められるサービスと舗装の機能・性能について、**図-1** に示すような様々な立場での視点から整理することにより、歩行者系舗装をどのような視点で評価することが望ましいのか、検討を行った。具体的な検討

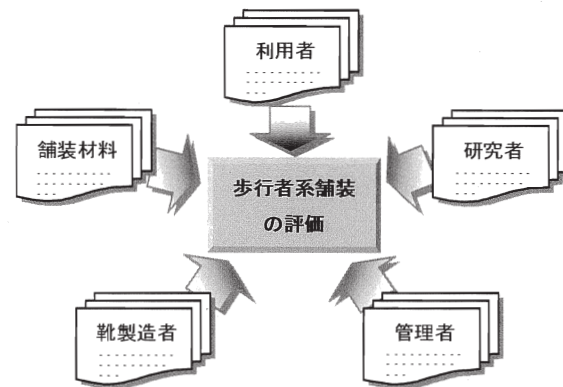


図-1 評価の視点に関する調査の概要

方法は、以下のとおりである。

#### (1) 利用者の視点からの整理

利用者からの視点として、道路管理者に寄せられる苦情に着目し、全国の直轄国道において実態調査を行った。調査は、北海道から沖縄までの 89 事務所で直接道路管理に携わっているものを対象とし、平成 15 年から過去 5 年間の苦情の内容と件数をとりまとめた。

#### (2) 研究者の視点からの整理

これまでに行われてきた歩行者系舗装に関する研究がどのような性能に焦点を当てているかを調査することで、研究者から見た歩行者系舗装に求められる性能について整理した。調査は、過去 10 年間の研究論文を対象とし、有料 DB やインターネットを活用して行った。

#### (3) 舗装材料の機能・性能の視点からの整理

現在、歩行者系舗装材料・工法は、数多く開発されている。ここでは、それらの舗装がどのような箇所に

施工されているかを調査することで、舗装材料の機能・性能とそれに適した施工場所の関係を整理した。調査は、施工者や製造者等へのヒアリングにより行った。

#### (4) 管理者の視点からの整理

管理者から見た歩行者系舗装に求められる性能を整理するために、上記(1)の道路管理者に各種性能の重要性についてアンケート調査を行うとともに、バリアフリー基本構想策定済み(H16.12時点)の179の市町村を対象として、バリアフリー特定経路に施工している歩行者系舗装の種別と採用の経緯、課題などについて調査した。調査はアンケートにより行った。

#### (5) 靴製造者の視点からの整理

歩行者系舗装における快適性や安全性は、舗装の状態だけで決まるものではなく、利用者の靴の種別にも大きく影響される。そこで、靴の製造者がどのような舗装路面の特性に着目して、靴あるいは靴底を製造・開発しているのかを調査した。調査は、ヒアリングにより行った。

### 2.2 快適性、安全性などを数値化して表現する方法の検討

歩行者系舗装の快適性、安全性などについては、利用者等へのアカウントビリティを向上させるためには、それらの性能を数値化して示す必要がある。そこで、路面性状と利用者の通行感との関係を把握し、快適性、安全性といった性能を定量的に評価するため、土木研究所構内の舗装を利用して被験者による通行実験を行った。調査箇所の舗装の種別は表-1、路面性状調査の項目と方法は表-2のとおりである。また、被験者は表-3に示す40名とし、アンケートの内容は表-4のように設定した。なお、自転車、ベビーカー等の使用機器、靴の種類は表-5のとおりである。

### 3. 研究結果

#### 3.1 歩行者系舗装に求められる評価の視点に関する検討

##### (1) 利用者の視点からの整理

平成15年から過去5年間に直轄国道の道路管理者に寄せられた苦情の内容と件数を図-2に示す。

これを見ると、「平たん性」に係る苦情が最も多く、全体の約60%を占めている。次いで、「透水性・排水性」に係る「水たまり」への苦情が約25%と多く、「すべり抵抗性」に係る苦情が5%程度以下となっている。つまり、歩行者系舗装の初期性能に係る性能は「すべり」のみであり、他は供用とともに発生する舗装の破

表-1 調査箇所の舗装の種別

調査箇所	舗装の種別	特徴
No.1	ブロック舗装	一般的、目地有、段差数 mm
No.2	(着色)セラミック平板舗装	一般的、目地有、段差(沈下)
No.3	(着色)セラミック平板舗装	一般的、目地有、段差大
No.4	(着色)セラミック平板舗装	一般的、目地有、凹凸大
No.5	加熱アスファルト舗装(密粒度)	一般的、緩やかな凹凸
No.6	加熱アスファルト舗装(密粒度)	一般的、段差・すりつけ多
No.7	保水性舗装(ブロック)	特殊、目地有
No.8	加熱アスファルト舗装(密粒度)	一般的、横断に復旧跡
No.9	加熱アスファルト舗装(密粒度)	一般的、段差(マンホール)
No.10	ゴム弾性舗装	特殊、平たん、段差無
No.11	加熱アスファルト舗装(排水性)	特殊、平たん、段差無

表-2 路面性状調査項目および方法

調査項目	調査方法
すべり抵抗性	①振り子式スキッドレジスタンステストによるすべり抵抗性の調査 ②SタイプDFテストによるすべり抵抗性の調査
平たん性	③小型プロファイラによる平たん性の調査(1cmごとのプロファイルを測定)
段差	④段差量(各段差の段差高さ、すりつけ角)の調査
路面のきめ	⑤MTMによる路面の粗さの調査 ⑥CTMによる路面の粗さの調査
衝撃吸収性	⑦GB・SB反発係数による衝撃吸収性の調査 ⑧小型FWDによる衝撃吸収性の調査

表-3 調査の被験者

被験者	内容・特徴
①一般的な歩行者(健常者)	年齢、性別に偏りがない20名(65歳以上の高齢者10名、65歳未満10名)
②自転車利用者	年齢、性別に偏りがない10名
③車椅子利用者	年齢等に偏りがない10名(必要に応じて介護者)
④ベビーカー利用者	大人10名

表-4 アンケートの内容

被験者	アンケート内容
①一般的な歩行者(健常者)	見た目、歩きやすさ、体への負担、歩行時のすべり、歩行時のつまずき、その他・要望等
②自転車利用者	見た目、運転のしやすさ、バランスのとりやすさ、発進・停止時のすべり、走行時の振動、その他・要望等
③車椅子利用者	見た目、進みやすさ、発進・停止時の負担、進行時の振動、その他・要望等
④ベビーカー利用者	見た目、押しやすさ、進みやすさ、発進・停止時の負担、進行時の振動、その他・要望等

表-5 使用機器等の種類

種類	仕様
自転車	婦人用自転車(24インチ)、子供用自転車(14~18インチ)
ベビーカー	B型ベビーカー
車椅子	日常使用のもの(自走式、介護式)
靴の種類	児童~中・高校生:運動靴 成人男性:運動靴または革靴 成人女性:運動靴またはハイヒール 高齢者:ウォーキングシューズ

損（耐久性）に係るものである。

したがって、多くの利用者は舗装の初期性能に強い不満はなく、通行の妨げとなるような性能の低下がある場合に不満を感じるものと考えられる。

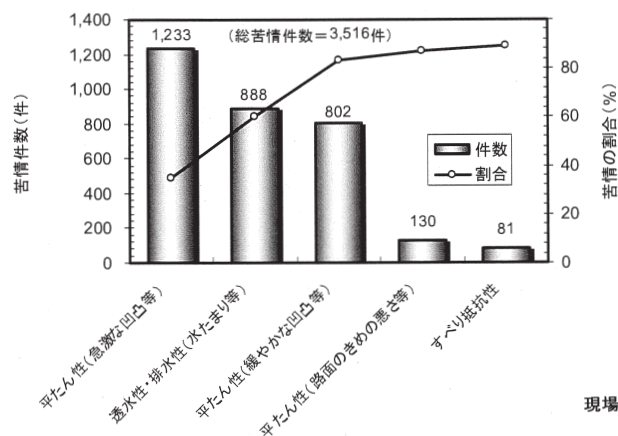


図-2 歩行者系舗装に関する主な苦情

## (2) 研究者の視点からの整理

過去 10 年間に発表されている歩行者系舗装に関する研究論文の研究内容を図-3 に示す。

今回の調査で得られた情報は計 41 編であり、限られた範囲内ではあるが、「すべり」、「平坦性」といった路面特性に関するものが約半数を占めている。次に多いのが、利用実態に係る「行動特性」、構造的な特性である「段差」、「勾配」となっている。「硬さ」については、ジョギングロード等の限られた利用者を対象として研究されている。

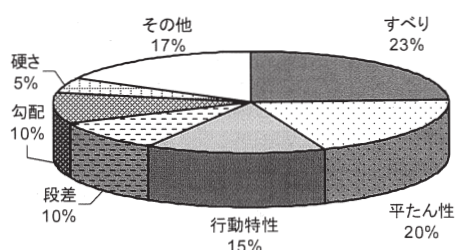


図-3 歩行者系舗装に関する研究内容

## (3) 舗装材料の機能・性能の視点からの整理

歩行者系舗装材料・工法を分類すると図-4 のようになる。これらは、「現場舗設系」、「ブロック系」、「弾性系」の 3 つに大別され、それぞれ「平坦性」、「景観」、「歩き心地」といった機能に重点が置かれている。ここでは、これらの舗装がどのような箇所に施工されているかを調査することで、舗装材料の機能とそれに適した施工場所の関係を整理した。結果を図-5 に示す。

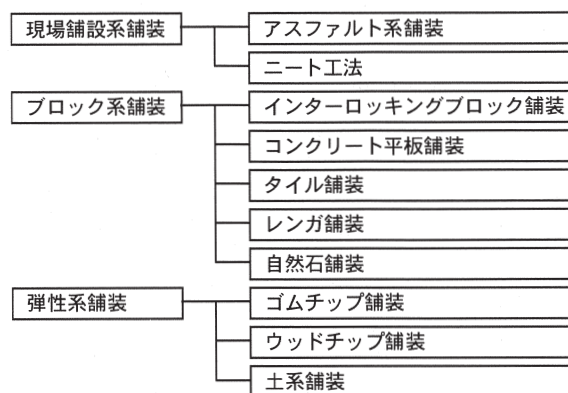


図-4 歩行者系舗装材料・工法の分類

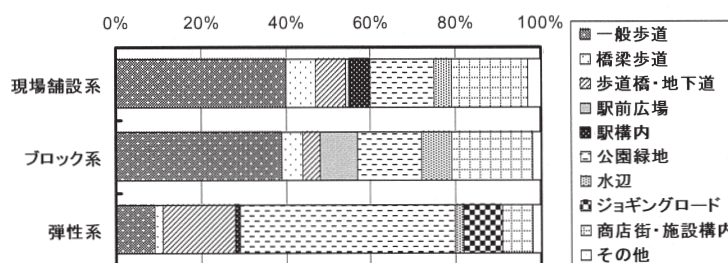


図-5 歩行者系舗装の施工箇所

数量的には「現場舗設系」の舗装材料が他のもの比べて圧倒的に多く施工されている。つまり、「平坦性」に重点が置かれた「現場建設系」が最も標準的に求められる歩行者系舗装であると考えられる。「現場舗設系」を基本とすると「ブロック系」は「現場舗設系」とほぼ同様の箇所で施工されているが、駅前広場や水辺といった「景観」への配慮が求められる箇所での適用が若干多くなっている。一方、「弾性系」については、一般歩道での適用は少なく、公園緑地や歩道橋・地下道、ジョギングロードでの適用が多くなっており、そのような箇所では、軟らかい「歩き心地」を重視した舗装材料が適していると考えられていると推察できる。

## (4) 管理者の観点からの整理

直轄国道の管理者が重要と考える歩行者系舗装に求められる性能の調査結果は図-6 のようであった。これによると、「平坦性」に係る性能が多く、上記 (1) の結果と類似しているが、それ以外に「衝撃吸収性」や「保水性」が含まれている。つまり、道路管理者の回答からは、利用者の要求に答えるだけでなく、広く社会のニーズに対応しようという方向性が窺える。

次に、全国のバリアフリー特定経路に施工されている舗装種別を図-7 に示す。

アスファルト舗装やインターロッキングブロック舗装を施工している自治体が全体の 7 割以上となってお

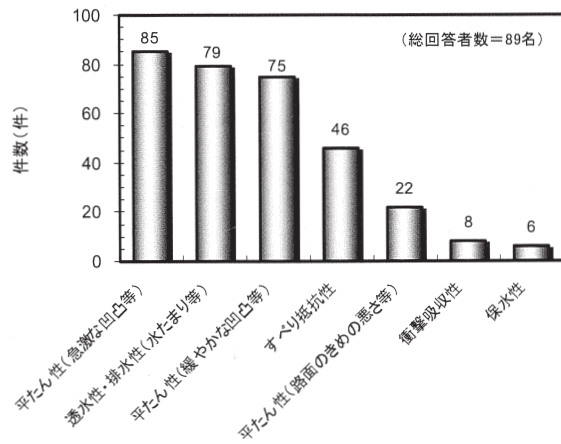
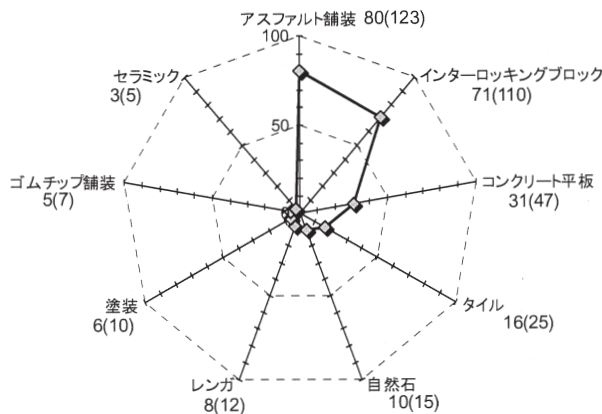


図-6 直轄国道の管理者が考える重要な性能



※ 回答の割合% (回答数) [総回答数 154/複数回答可]

図-7 バリアフリー特定経路の舗装種別

り、次いでコンクリート平板舗装が約3割程度施工されている。これらの選定理由としては、「維持管理が容易で低コスト、施工性、走行性や景観に優れている」などが挙げられている。

### (5) 靴製造者の視点からの整理

通勤靴から運動靴まで様々な靴を製造しているA社と主に運動靴を製造しているB社を選定し、履物を製造する立場における、すべりや歩行感等に関する研究動向について、ヒアリング調査を行った。結果を表-7に示す。

靴製造者が検討している項目のうち舗装路面に係るであろうと思われるものは、「すべり」と「衝撃吸収性」であり、そのうち対象路面として舗装を設定しているのは「すべり」だけである。しかし、歩道舗装については、マンホールや厨房、デパート内に比べて“すべらないもの”という認識があるようで、評価に用いる舗装としては、アスファルト舗装とコンクリート舗装だけとなっている。

表-7 靴製造者からのヒアリング結果

項目	A社	B社	
すべり	対象路面	・鉄板(マンホール等を想定) ・アスファルト、コンクリート(歩道を想定) ・ステンレス(厨房を想定) ・大理石(デパート、駅構内を想定) ・路面状態は、ウェットとドライ	・体育館のみ ・路面状態はウェットで埃が積もっている状態
	評価方法	・小野式すべり試験法 ・社員による官能評価	・独自の試験機による方法
	評価基準	・CSR値:(許容範囲) 0.4~1.0, (最適範囲) 0.55~0.7	・摩擦係数で判定 ・明確な基準値はないが、前回商品より性能up
衝撃吸収性	対象路面	・靴の有無で比較、路面の設定はなし	・体育館で実施 ・靴の有無で比較、路面の設定はなし
	評価方法	・独自の方法 ・10cm程度の高さから足を想定した物体を自由落下させ、加速度の低減率を測定	・50cmの高さから試験員が落下し、加速度を測定
	評価基準	・明確な基準値はないが、靴の種類に応じて目標値を設定	・明確な基準値はないが、前回商品より性能up(軟らか過ぎると逆に疲労)

### (6) まとめ

以上の検討結果をまとめると次のようになる。

- ① 利用者は、現在の歩行者系舗装の初期性能には強い不満はないが、供用による性能低下には許容できない限界があるものと考えられる。
- ② 研究者は、「すべり」や「平たん性」といった路面特性の研究に関心を寄せている。
- ③ 舗装材料・工法では、多くの一般歩道では「平たん性」に重点を置いた「現場舗設系」が適用されており、商店街・施設構内や公園緑地等の都市内の一部で「景観」や「歩き心地」への配慮が必要な場合に「ブロック系」や「弾性系」の舗装材料が適用されている。
- ④ 管理者は、利用者の要求に応えるだけでなく、広く社会のニーズに対応しようとしている。
- ⑤ 靴製造者は、舗装路面に係る性能として主に「すべり」に関して研究・開発しているが、対象としている舗装路面は、一般的なアスファルト舗装とコンクリート舗装である。

したがって、現在の歩行者系舗装に求められる性能としては、「平たん性」と「すべり」を優先的に取り扱う必要があり、特に利用者にとっては供用後の路面性能が重要である。ただし、「段差」や「勾配」などの道路構造への依存度が高いものについては、周辺構造物との取り合いを含めた検討が必要であろう。

### 3. 2 快適性、安全性などを数量化して表現する方法の検討

調査箇所の路面を5段階で評価したアンケートの評価点（非常に悪い1、悪い2、普通3、良い4、非常に良い5）について、いずれの被験者であっても悪い評価を示した調査箇所はすべて一致し、箇所別の相対的な違いは全く見られなかった。そこで、被験者を限定した評価ではなく、全体として取りまとめることとした。なお、色合い等が「景観」として捉えられると考えていたが、「平坦性」、「段差・振動」についても「景観」として受け入れられていた。

また、様々な路面性状値とアンケート調査の評価値（平均値）との相関関係を調べたところ、「小型プロファイラのデータを車輪間隔 10cm、データ取得間隔 5cm として求めた平坦性 ( $\sigma/10\cdot5$ )」、「小型プロファイラのデータを直定規長 10cm、データ取得間隔 1cm として求めた平坦性 ( $\sigma/10$ )」、「仮想距離を 8 倍として求めた IRI (国際ラフネス指数：世界銀行が提案している「路面のラフネス (凹凸)」を評価する指標) (IRI(8))」、「仮想距離を 8 倍として求めた RN (ライドナンバー：米国オハイオ州等が提案している「車両の乗り心地」を評価する指標) (RN(8))」との相関が高いことが確認された。

小型プロファイラの概観は写真-1 のとおりであり、小型プロファイラで測定したデータの解析方法の概念は、図-8 に示すとおりである。また、高い相関が認められたそれぞれの関係を表-8 および図-9～図-12 に示す。

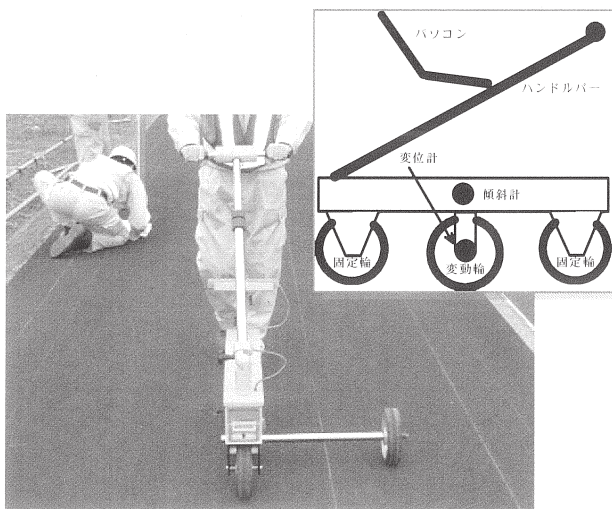


写真-1 小型プロファイラの概観

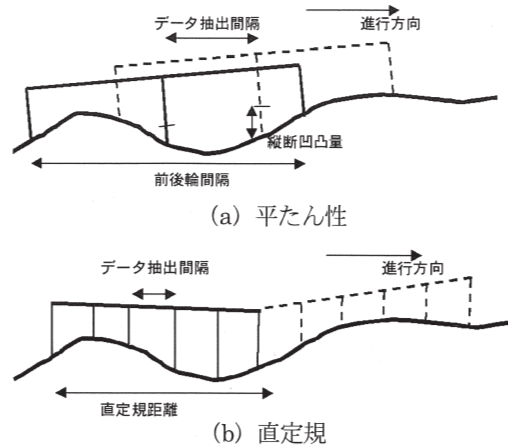


図-8 小型プロファイラ測定データの解析方法の概念

表-8 路面性状値 (y) とアンケート評価値 (x) の関係

路面性状の特性値 (y)	性能	相関式	決定係数 R <sup>2</sup>
平坦性 $\sigma$ (10 $\cdot$ 5) (mm)	景観	$y = -0.1887x + 1.0454$	0.7464
	平坦性	$y = -0.1941x + 1.0613$	0.7802
	弾力性	$y = -0.2097x + 1.1386$	0.6970
	すべり・乾燥	$y = -0.2310x + 1.2368$	0.7212
	すべり・湿潤	$y = -0.2085x + 1.0882$	0.7149
	段差・振動	$y = -0.1895x + 1.0251$	0.7791
直定規 $\sigma$ (10) (mm)	全性能	$y = -0.1975x + 1.0802$	0.7245
	景観	$y = -0.1490x + 0.8503$	0.7960
	平坦性	$y = -0.1525x + 0.8605$	0.8236
	弾力性	$y = -0.1642x + 0.9193$	0.7302
	すべり・乾燥	$y = -0.1828x + 1.0024$	0.7717
	すべり・湿潤	$y = -0.1685x + 0.8950$	0.7983
IRI (8)	段差・振動	$y = -0.1490x + 0.8323$	0.8234
	全性能	$y = -0.1560x + 0.8777$	0.7727
	景観	$y = -0.6297x + 3.5114$	0.7038
	平坦性	$y = -0.6546x + 3.5842$	0.7509
	弾力性	$y = -0.7004x + 3.8235$	0.6580
	すべり・乾燥	$y = -0.7772x + 4.1700$	0.6910
RN (8)	すべり・湿潤	$y = -0.7135x + 3.7040$	0.7083
	段差・振動	$y = -0.6383x + 3.4601$	0.7484
	全性能	$y = -0.6647x + 3.6437$	0.6945
	景観	$y = 0.6022x + 1.3705$	0.8044
	平坦性	$y = 0.6205x + 1.3170$	0.8432
	弾力性	$y = 0.6693x + 1.0737$	0.7507
	すべり・乾燥	$y = 0.7404x + 0.7500$	0.7835
	すべり・湿潤	$y = 0.6769x + 1.2018$	0.7966
	段差・振動	$y = 0.6071x + 1.4291$	0.8459
	全性能	$y = 0.6329x + 1.2525$	0.7866

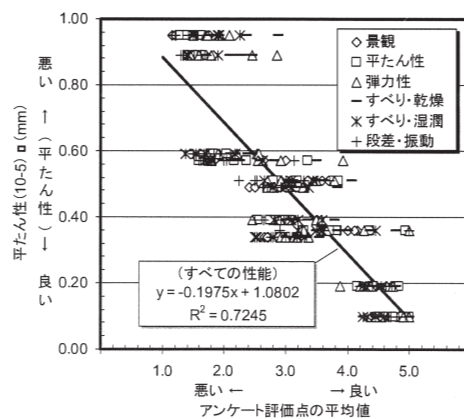


図-9 アンケート評価値と  $\sigma$  (10 $\cdot$ 5) の関係

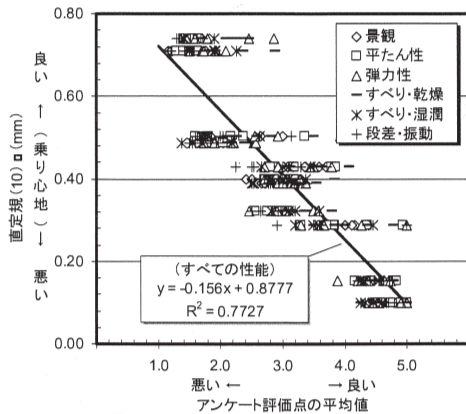


図-10 アンケート評価値とσ(10)の関係

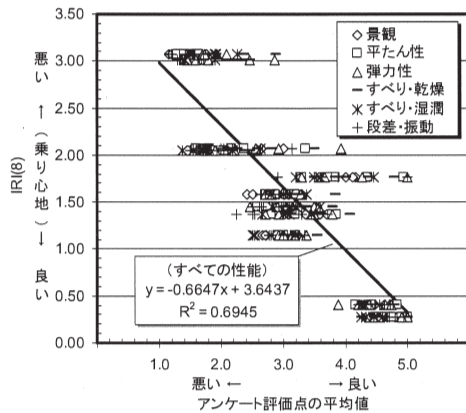


図-11 アンケート評価値とIRI(8)の関係

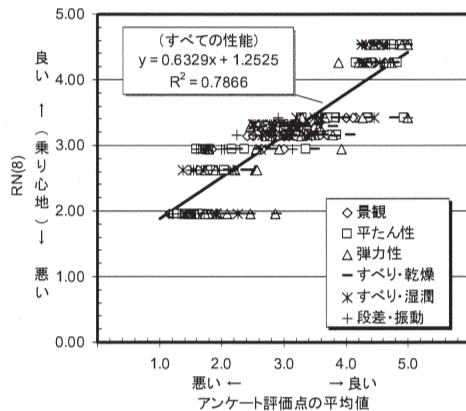


図-12 アンケート評価値とRN(8)の関係

個別利用者による特異的な傾向は認められず、利用者ごとの評価はできないが、表-8に示すような路面のプロファイル(凹凸)を用いることで、「平坦性」や「すべり」といった個々の性能を定量的に評価することができる。また、図-9～図-12の結果を、歩行者系舗装に求められる快適性や安全性といった性能を面全体で連続的に評価していると考え、例えば、快適な(安全な)評価範囲を評価点4～5、通常的评价範囲を2～4、不快な(危険な)評価範囲を1～2とすると、

特性値ごとに表-9のように表わすことができる。

表-9 特性値ごとの快適(安全)評価範囲

路面性状特性値	快適(安全)評価範囲	通常評価範囲	不快(危険)評価範囲
平坦性σ(10-5)	0.70~0.90	0.30~0.70	0.10~0.30
直定規σ(10)	0.56~0.72	0.25~0.56	0.10~0.25
IRI(8)	2.30~3.00	1.00~2.30	0.30~1.00
RN(8)	3.75~4.40	2.50~3.75	1.70~2.50

#### 4. まとめ

快適性、安全性などを考慮した歩行者系舗装の評価手法の確立に向けて、歩行者系舗装に求められる評価の視点の提案、快適性、安全性などを数値化して表現する方法の提案を目的とした、文献調査、道路管理者や舗装施工者等へのヒアリング、歩行実験や実道での調査等による検討を行った。

本研究の成果を取りまとめると、以下のようなものである。

##### (1) 歩行者系舗装に求められる評価の視点

現在の歩行者系舗装に求められる性能としては、「平坦性」、「すべり抵抗性」を優先的に取り扱う必要がある。特に利用者にとっては、「供用とともに低下していく路面性能」(局所的な平坦性の悪化など)には許容できない限界が存在する。したがって、利用者の許容限界値(閾値)が、歩行者系舗装の路面性能を評価する場合の判断の目安になるものと考えられる。

##### (2) 快適性、安全性などを数値化して表現する方法

路面のプロファイル(凹凸)を測定することで、快適性や安全性といった個別の性能を評価できることがわかった。また、それらの性能を一つの集合体として捉えると、面全体を連続的に評価できるものと考えられる。したがって、上記(1)のような視点で路面の性能を捉えると、表-9のような評価範囲が提案できる。

##### (3) 今後の課題

厳しい財政事情や限られた投資余力を勘案すると、利用者のニーズだけでなく整備効果等も踏まえた、事業の優先順位付けが必要となる。そのためには、歩行者系舗装の経年劣化などのパフォーマンスを把握し、ライフサイクルコスト分析等に反映させることも必要と考える。

#### 参考文献

- (社)日本道路協会：舗装の構造に関する技術基準，2001
- 大橋，新田，吉田：歩行者系道路舗装の平坦性評価に関する研究，土木学会第58回年次学術講演会，2003
- 坂本，新田，伊藤：歩行者系舗装に求められるサービスと舗装の性能について，第26日本道路会議，2005