

人間中心設計（HCD）に着眼した 舗装の要求性能に関する基礎的な検討

原田 紹臣¹・山田 菊子²・越 健太郎³・鳶田 佐俊⁴・杉原 良太郎⁵・宮内 泉⁶

¹正会員 博士（工/農学）三井共同建設コンサルタント株式会社 MCC 研究所（〒552-0007 大阪市港区弁天 1-20）
E-mail: harada@mccnet.co.jp

²正会員 博士（工学）東京工業大学環境・社会理工学院（〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-120）
E-mail: kiko.yamada@plan.cv.titech.ac.jp

³正会員 博士（工学）前田道路株式会社 技術研究所（〒300-4111 茨城県土浦市大畑 208）
E-mail: koshi@maedaroad.co.jp

⁴非会員 三井共同建設コンサルタント株式会社 道路・橋梁事業部（〒141-0032 東京都品川区大崎 1-11-1）
E-mail: shimada-satoshi@mccnet.co.jp

⁵非会員 三井共同建設コンサルタント株式会社 道路・橋梁事業部（〒552-0007 大阪市港区弁天 1-20）
E-mail: ryotaro@mccnet.co.jp

⁶非会員 三井共同建設コンサルタント株式会社（〒141-0032 東京都品川区大崎 1-11-1）
E-mail: miyauchi@mccnet.co.jp

我が国では道路利用者（ユーザー）の視点に立ち、技術革新に柔軟に対応出来るように、従来の仕様規定から性能規定に基づく舗装構造の技術基準が導入された。しかしながら、現在の舗装の性能評価においてユーザーの視点が十分に反映出来ていないとともに、新技術の不十分な活用状況などの新たな問題が指摘されている。本研究では、道路利用者の視点に立った舗装の維持管理手法の確立に向けて、人間中心設計の考え方に着眼し、現行における舗装の性能指標に関する重要度について試行的に検討した。本研究で設定した舗装の性能指標項目の重要度を対象に、一般的な運転者を対象にしたアンケート調査により分析したところ、性能指標間において重要度が顕著に異なることが分かった。また、道路利用者の運転環境の違いが要求性能に与える影響について分析したところ、一部の性能指標と運転環境との間に明瞭な関係性が見られ、人間中心の性能評価指標について考える意義を示した。

Key Words: AHP, driver, experiment, human-centered design, pavement management

1. はじめに

ローマの道に代表される古代道路¹⁾²⁾においては、比較的大きな石を用いて路面が構築されていた（図-1）。しかしながら、近代に入って多くの道路を経済的に構築するために大きな石に代わって、扱い易い碎石を使ったマカダム式による工法が開発された³⁾。その後、自動車の高速度走行に伴った小石の飛散や粉塵の予防のために、碎石等の粒状材料をセメントやアスファルトで結合させた路面が一般的となった⁴⁾。この様に、時代や要求の変化に応じて、舗装の構造や技術が進化してきた一方で、舗装の早期劣化⁵⁾や橋梁における舗装の変状⁶⁾等の新たな課題が指摘されている。これらに示されるとおり、舗装の構造（例えば、耐久性）や維持管理に関する技術の

高度化は、古くて新しい課題であると考えられる。

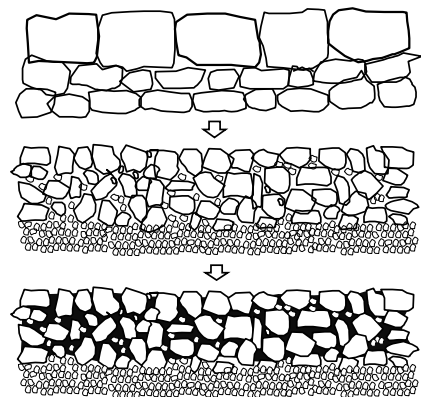
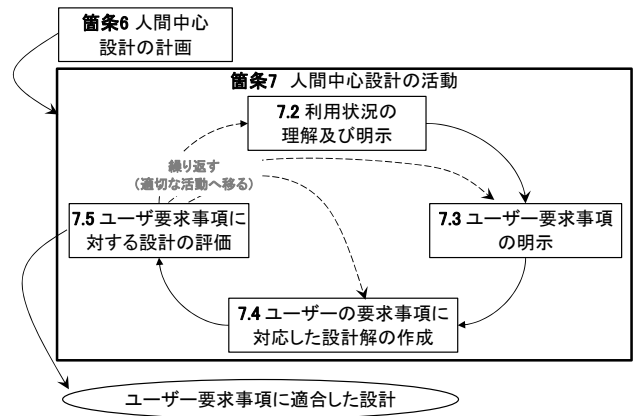


図-1 舗装工法・材料の変遷に関する概略図（上：ローマの道、中：マカダム式、下：アスファルト等による結合）³⁾

平成13年に、我が国では材料や構造を限定的に規定する従来の仕様規定から、道路利用者（ユーザー）の視点に立ち、技術革新に柔軟に対応出来るように、道路構造令が舗装構造の性能規定化を盛り込む形で改正され、性能規定をベースとした舗装の構造に関する技術基準⁷⁾が国土交通省より全国の道路管理者に通知された。これを受けて、新たに、舗装性能評価法⁸⁾の考え方が示され、性能規定による舗装事業の円滑な実施による国民の豊かな生活の創出が期待されている。さらに、切迫する大規模地震の発生や激甚化・頻発化する気象災害から国民の命と暮らしを守るために、自然災害に対して信頼性の高い道路ネットワークを構築することを目的に、災害に強い道路ネットワークの強化を図るための道路リスクアセスメント⁹⁾の考え方が新たに示され、今後、更なる舗装における要求性能の明確化が重要となっている。

しかしながら、舗装の技術基準の改定に向けた近年の議論¹⁰⁾において、「性能規定の導入にもかかわらず、新材料・新工法（新技術）の活用が十分に進んでいない」ことや「（現行の）性能指標が舗装の定期点検¹¹⁾における管理指標¹²⁾と整合していない」などの新たな問題が指摘されている。特に「性能指標を満足することでどのような性能を（具体的に）発揮するのか、また、逆にその性能を評価するのに妥当な指標であるのかが現行の基準⁷⁾において明確でない」ことも指摘¹⁰⁾されており、道路利用者に対して提供するサービスや求められる性能について、早期に明確にすることが重要な課題となっている。なお、この要因の一つとして、ユーザーの視点に立った舗装の性能評価指標に関して議論が不十分の中、要求する性能が多様で複雑となり、初期コストの高い耐久性のある舗装材料等の新技術の導入や活用が進みにくくなっているものと考えられ、ユーザーの視点からの舗装に要求する性能指標の更なる整理が重要であると考えられる。

この課題を解決する手法の一つとして、人間中心設計（ISO9421-210:2019, JIS Z 8530:2021）の視点からのアプローチが考えられる。なお、人間中心設計は「対話システムの利用に焦点をあて、人間工学やユーザビリティの知識や技法を使って、そのシステムを使いやすくすることを目指す設計アプローチ」として定義¹³⁾されている。ここで、人間中心設計の活動の相互関連性¹⁴⁾を図-2に、人間中心設計の6つの原則¹⁵⁾を表-1に、それぞれ示す。ここで、我が国の社会公共分野においては、ステークホルダーの意向を把握するために、パブリック・インボルブメント（Public Involvement: PI）と呼ばれる住民参加の手続きが定義されており、公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン¹⁶⁾に基づいて、主に、事業構想・計画の段階において取り組まれている。ただし、社会公共分野の事業（公共事業）プロセスにおいては、事業構想・計画に加えて、調査・設計、施工、運営・維



※実線:各活動の関連性

破線:評価の結果に基づいて繰り返される活動との関連性

図-2 人間中心設計の活動の相互関連性を示す図¹⁴⁾（一部加筆）

表-1 人間中心設計の6つの原則¹⁵⁾

内容	
原則1	ユーザーやタスク、環境に対する明確な理解をもとにデザインする。
原則2	設計や開発の期間を通し、ユーザーは参画させられる。
原則3	設計は、人間中心的な評価によって駆動させられ、また、洗練させられる
原則4	プロセスは反復的である。
原則5	設計はユーザエクスペリエンスの全体に焦点を当てる。
原則6	設計チームは、多様な専門領域の技能と視点を持つ人材によって構成される。

持管理¹⁶⁾等も含まれている。しかしながら、これまで運営・維持管理における人間中心設計の視点から詳細に検討された研究については、筆者らが知る限り殆ど存在しない。

また、公共事業のプロセスは、一般的に、ウォーター・フォール型の場合が多い¹⁷⁾。そのため、大規模プロジェクト等の構想段階の計画策定プロセスにおいては、プロセスの反復（表-1；原則4）の範囲が限定される事が多く、反復の過程では他のプロセスに影響を及ぼさないことが懸念され、事業プロセスとの親和性の課題が指摘¹⁷⁾されている（図-3）。一方、舗装の修繕等の維持管理については、耐用期間中において定期的にプロセスが反復（実施）されることが多いため、運営・維持管理段階における人間中心設計の議論が有効であると考えられる。特に、前例が存在しない大規模なプロジェクトの場合、構想段階においては、その必要性や効果について予測できる範囲が限定的であるため、ユーザーからの要求事項の把握が困難であると考えられる。また、プロジェクトの運営・維持管理段階においては、一般的に、経験

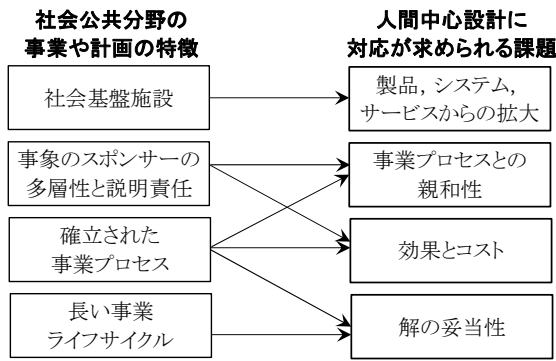


図-3 社会公共分野における事業の特徴と人間中心設計の課題¹⁷⁾

や体験を通じて、ユーザーの改善などの要求事項の明確化が容易であると考えられるため、運営・維持管理段階における人間中心設計の議論は重要であると考えられる。

新たに実施される公共事業においては、市民への説明責任の観点から、コストに見合った効果を上げられることが重要視されている¹⁷⁾ (図-3)。具体的には、新規の事業実施における判断基準の一つとして、事業の実施により社会が得る便益が、事業実施にかかる費用の総和を上回ることが求められる。ただし、舗装の運営・維持管理段階においては、この様な明確なアプローチ手法が確立されておらず、限られた予算の中で、要求性能から評価されるサービス水準の確保と財源(予算)との関係等より、修繕等の対策優先度が決定されて運用されているのが現状である。そのため、要求性能や対策優先度を決定するプロセスやそれらの解の妥当性(図-3)の明確化が、ステークホルダーへの説明責任の観点より重要であると考えられる。

なお、課題解決において、広く多くの候補を比較して決定される一般解と、限定的な領域での特殊解とがあげられ¹⁷⁾、舗装に求める性能についても、この点に留意しながら議論する必要があると考えられる。例えば、高速道路と狭い幅員の街路の違いや、配送業者等の高頻度で専門的な運転者と低頻度の運転者等の違いが舗装に要求する性能に与える影響について異なることが考えられる。

本研究では、道路利用者の視点に立って、技術革新に柔軟に対応出来るように舗装の性能規定化が示されたにもかかわらず、現在の舗装の性能評価においてユーザーの視点が十分に反映出来ていない等の課題を受けて、要求する性能について人間中心設計の視点からの検討を行い、社会基盤整備の一つである舗装の維持管理における「ユーザーの視点」の可能性や必要性について考察する。また、先行研究¹⁷⁾で示されている社会基盤整備における人間中心設計の課題に対して、今回で検討した結果を踏まえて、評価基準等への人間中心設計の可能性について議論する。その際、道路利用者の属性の違いが舗装の要求性能に与える影響について着眼するため、プロトタイプユーザー調査(44名に対するアンケート調査)の結

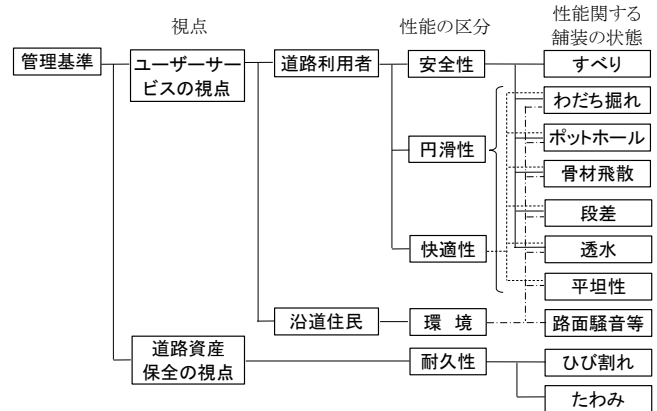


図-4 舗装管理基準の概念^{11)の一部加筆}

表-2 安全かつ円滑な交通確保に向けた舗装の具備すべき性能¹¹⁾

性能の分類	概説
構造的な健全性	路盤の健全な状態に保つ性能 (点検要領 ¹²⁾ に基づいた評価性能)
機能的な健全性	走行性、快適性(雨水浸透性能や騒音低減等)に関する性能

果から、運転状況等の違いが舗装の性能評価に与える影響について統計分析により定量的に示す。

2. 一般的な運転者における舗装への要求性能に関する分析

舗装の管理基準を考える場合、一般的に道路構造物に求められる道路資産の保全の視点と、ユーザーサービスの視点が重要である¹¹⁾。ここで、ユーザーサービスの視点から舗装に求められる性能として、図-4に示すように、主に道路利用者や沿道住民の視点からの安全性、円滑性、快適性、環境に区分される¹¹⁾。

一方、舗装は環境への負荷の軽減を考慮に入れつつ、安全かつ円滑な交通を確保することが求められる。そのため、舗装が具備すべき性能として「構造的な健全性」のほか「機能的な健全性」があげられ、それらは道路の役割や性能に応じて、具体的な性能として設定される¹¹⁾ (例えば、表-2)。表-2に示すように、機能的な健全性の確保に関する性能の例としては、快適な高速走行を可能にするための路面下への雨水浸透や騒音低減に関する性能等があげられる。また、構造的な健全性としては、点検要領¹²⁾等に基づいた取り組みによる路盤の健全な状態を保つ性能等があげられる。

一方、舗装の構造に関する技術基準^{7,8)}における性能指標として、疲労破壊輪数、塑性変形輪数、平坦性、浸透量をはじめとし、騒音値やすべり抵抗値が示されており、具体的な測定方法についても示されている。

これらの性能を完全に満足した状態を確保し続けるこ

とは理想的であるが、限られた予算より、これらを維持し続けることは現実的でないと考えられる。そこで、ユーザーが求める舗装の性能における重要度（重み）を整理した上で、この重要度を考慮して決定された舗装修繕工事の対策優先度に応じた柔軟な対応が考えられる。その際、前述までに示すように、舗装のユーザー（道路利用者）の視点に立った、人間中心設計の視点からの議論が有効であると考えられる。

そこで、本研究では、舗装の修繕等の対策優先度等に関する人間中心設計の視点からのアプローチとしての基礎的な研究として、先ず、一般的な運転者（第一種運転免許保有者）を対象に、これらの舗装における性能指標に対する重要度についてのアンケート調査とそれらの結果の分析により、ユーザーの視点に立った舗装の性能評価について考察する。ここで、各性能指標については専門的な用語が含まれる事が多く、一般的な運転者へのアンケート調査において理解が困難であることが懸念される。そこで、本研究では現行の基準^{7,8,11}や指針¹¹等で示されている性能指標（図-4）等を参考に、一般的に理解しやすいと想定されるプロトタイプの問題項目（性能指標項目：性能項目）を設定する（表-3）。

一般的な運転者を対象にしたアンケート調査における回答者の属性の基礎情報として、表-4に示す項目について併せて情報を収集している。ここで、週あたりの平均運転時間の分類については、既往の研究報告¹⁸で示されている一般的な運転者において最も多い平均的な運転時間（1日あたり平均1時間）を参考に設定している。ここで、主な運転目的の分類についても、既往報告¹⁸を参考に設定している。

今回実施したアンケート調査の回答者は、一般的な集会（車や運転とは直接関係しない音楽やスポーツのイベントや防災訓練等の人が集う機会）への参加者の中から任意に抽出された50名としている。ただし、一部の回答者（6名）については運転免許を保有していなかったため、本分析では、運転免許を保有している残りの44名を有効回答数として分析している。

表-4に示すアンケート調査の回答者における属性に関する各項目（年齢、週あたりの平均運転時間、主な運転目的）について回答者を分類した結果を図-5から図-10までにそれぞれ示す。図-5に示すように、回答者の年齢構成の多くは40歳から60歳までであり、40歳未満及び60歳以上の構成割合は同程度であった。また、図-6に示すように、回答者の半数は週あたりの平均運転時間が1～7時間までで、平均すると1日あたり1時間程度であり、前述の1日あたりの平均運転時間¹⁸と、概ね近い結果であった。また、図-7に示すように、回答者の主な運転目的は、通勤・通学、買い物、仕事・業務がほぼ同じ構成割合であり、残りについては、ドライブ等の不定期かつ異

表-3 現行基準^{7, 8, 11}を参考に設定した性能指標（評価項目）

舗装の性能（指標）項目	参考にした指標
路面湛水	浸透水量 ^{7,8} 、透水 ¹¹
走行騒音（タイヤと路面との騒音）	騒音値 ^{7,8} 、路面騒音 ¹¹
路面すべり（スリップ）	すべり抵抗値 ^{7,8} 、すべり ¹¹
振動（上下揺れ）	平坦性 ^{7,8,11}
段差・陥没等の変状	疲労破壊・塑性変形輪数 ^{7,8} わだち掘れ・ポットホール ¹¹ 等

表-4 アンケート回答者の属性に関する項目

項目	分類
年 齢	20歳～40歳未満
	40歳～60歳未満
	60歳以上
週あたりの平均運転時間	1時間未満
	1時間～7時間未満
	7時間以上
主 な 運 転 目 的	通勤・通学
	買い物
	仕事・業務
	その他（ドライブ）

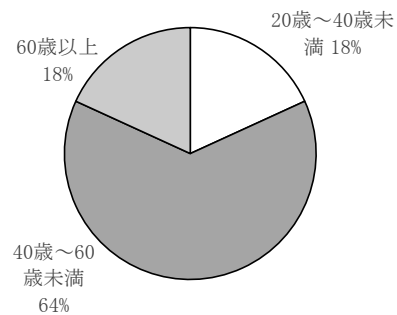


図-5 アンケート回答者の属性（年齢；44名）

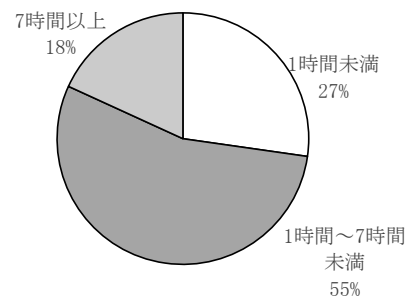


図-6 アンケート回答者の属性（週あたりの平均運転時間；44名）

なる場所への移動を目的としたその他の運転であった。ただし、これらの構成割合は一般的な道路利用者の構成割合ではないため、留意が必要である。

これらの特性（年齢構成、運転環境）を有する回答者に対して、表-3に示す路面湛水、走行騒音（タイヤと路

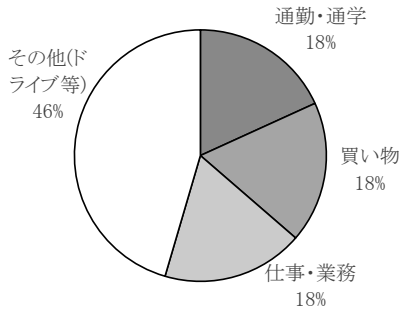


図-7 アンケート回答者の属性 (主な運転目的; 44名)

面との騒音), 路面すべり (スリップ), 振動 (上下揺れ), 段差・陥没等の性能項目における重要度について分析する. 本研究では, 人間中心設計に必要なユーザーの意思決定における各評価項目 (性能項目) の相対的な重み (重要度) を議論する場合に, 有効な手法の一つであると考えられるAHP^{19,20)}の考え方をを用いる. ここで, 定量的な重みに関する分析手法として今回検討に用いる一般的なAHP¹⁹⁾について, 以降に概説する.

意思決定する上で重要だと考えられる評価項目 I_n (ただし, n 個) の相対的な重み (重要度) を W_1, W_2, \dots, W_n とした場合, 2つの評価項目 I_i と I_j の間の一体比較 b_{ij} は,

$$b_{ij} = W_i / W_j \quad (1)$$

で表される. なお, n 個の評価項目に対する一体比較の結果 (行列 A) は,

$$A = \begin{bmatrix} \frac{W_1}{W_1} & \frac{W_1}{W_2} & \dots & \frac{W_1}{W_n} \\ \frac{W_2}{W_1} & \frac{W_2}{W_2} & \dots & \frac{W_2}{W_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{W_n}{W_1} & \frac{W_n}{W_2} & \dots & \frac{W_n}{W_n} \end{bmatrix} \quad (2)$$

で表される. ここで, この一体比較行列 A に, 重みベクトル $W [W_1, W_2, \dots, W_n]$ を乗じると,

$$AW = nW \quad (3)$$

で表される. ここで, W は固有ベクトルで, A のランクは 1 であるため, n は固有値 (ただし, 0 でない) となる. これらより, 評価項目の重要度の評価は, これらの一体比較行列を用いた固有値問題に帰着することが可能となり, 結果的に, この固有ベクトルが評価項目 (着眼点) の相対的な重要度 (重み) を表すことが可能となる. その他の詳細については, 既往文献¹⁹⁾を参考されたい.

なお, 本研究ではこのAHPの考え方をを用いて, 人間中心設計の視点から対策優先度の意思決定を行うために, ユーザー毎に各評価項目 (性能項目) に対する一対一比較での質問形式とした. 具体的には, 各回答者に対して「道路 (舗装) において気になる項目 (改善の要望等)

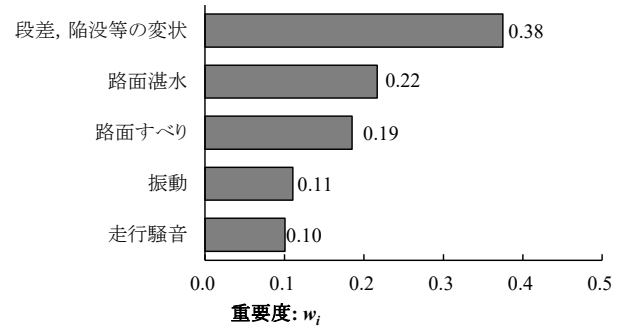


図-8 一般的な運転者を対象にした要求性能に関する分析結果

について, それぞれ, どちらの項目がどれくらい重要か?」と尋ねる性能項目 (5項目) 間の一対一比較による質問 (質問数: 計10) とした.

ここで, 回答者 (44名) から得られたアンケート結果をAHP¹⁹⁾により分析して整理した各性能項目の重要度 w_i を図-8に示す. 図-8に示すように, 性能項目間において重要度 w_i の顕著な違いが見られた. なお, 今回設定した中で最も重要度 w_i が高かった性能項目は, 段差・陥没等の変状であった. 次点として, 路面湛水と路面すべりであり, 概ね, 段差・陥没等の変状と比較して, 重要度 w_i が半分程度であった. なお, 今回設定した項目内で最も重要度 w_i が低かった性能項目は, 振動と走行騒音であり, 概ね, 段差・陥没等の変状と比較して重要度 w_i は3分の1以下の結果であった. ここで, 段差・陥没等の変状の結果については, 筆者らが事前に予想していた傾向と同じであった. しかしながら, 現行基準^{7,8)}では必須とされ, 且つ, 舗装点検等^{11,12)}で示されている手法 (例えば, IRI) により汎用的に計測されている振動 (上下揺れ) の重要度についてのユーザーの考える重要度は予想以上に低い傾向であった. 一方, 必須項目^{7,8)}ではなく, 必要に応じて考慮される路面すべりの重要度 w_i が高い傾向であり, 逆の結果であった. これらの結果より, 各性能項目の重要度について分析したところ, 一律的に同じ重要度ではなく, それぞれの性能項目間において重みが顕著に異なることが新たに分かった (例えば, 最大で3倍程度の差).

次に, 各性能項目の重要度における回答者の運転環境 (状況) 等の属性の違いによる影響を考慮するため, これらの関係性に対して因子分析を行って考察する. なお, 本研究では因子分析の手法として, 数量化理論 (Ⅱ類)^{21,22)}を用いて定量的に検討する. ここで, 今回検討に用いる数量化理論 (Ⅱ類)²¹⁾について, 以降に概説する.

数量化理論における数量化とは, 本来数値で表されていない質的な因子を一定の手法で数値に変換することを意味する. なお, 数量化理論Ⅱ類は目的変数 (外的基準) のある場合の解析手法の一つであり, 説明変数のデータ形式であるカテゴリーデータから, 質的な形で与えられ

外的基準を判別または予測する手法である。また、アイテム [i] のカテゴリ [j] の重み係数を a_{ij} とし、該当するかしないかを意味するダミー変数を x_{ij} とした場合、外的基準 Y はサンプルスコアとして式 (4) の予測式は、

$$Y = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \quad (4)$$

で表される。ここで、これらのサンプルスコア値の大きさから外的基準を予測し、その判別が最も適合（相関比大）するように a_{ij} が求められる。その際、予測値の全変動 S_T は式 (5)、群間変動 S_B は式 (6)、群内変動 S_W は式 (7)、相関比は式 (8) で、それぞれ、

$$S_T = \sum_{i=1}^g \sum_{l=1}^{N_l} (a_{li} - \bar{a})^2 \quad (5)$$

$$S_B = \sum_{i=1}^g (\bar{a}_i - \bar{a})^2 N_l \quad (6)$$

$$S_W = \sum_{i=1}^g \sum_{l=1}^{N_l} (a_{li} - \bar{a}_i)^2 \quad (7)$$

$$\eta^2 = \frac{S_B}{S_T} \rightarrow \text{MAX} \quad (8)$$

で表される。ここに、 g は外的基準のグループ数、 a_{li} はグループ l の第 i 番目の個体の合成変数値、 \bar{a}_i はグループ l の合成変数値の平均値、 \bar{a} は全個体の合成変数値の平均値、 N_l はグループ l の個体数である。なお、その他の詳細については、既往文献²⁾を参照されたい。

本研究では、前述までの一般的な運転者に対する舗装の要求性能に関するアンケート調査結果を用いて、性能項目の重要度を目的変数とし、一般的に考えられる運転環境等の属性を説明変数として分析している。運転環境の違いが要求性能に与える影響について、性能項目毎に分析した結果を図-9 から図-13 までに示す。なお、図中に示す棒の方向は目的変数である各性能項目における重要度（+：重要，-：重要でない）を、棒長は各説明変数である運転環境が目的変数に与える影響度（長：影響大，短：影響小）を、それぞれ表している。

図-9 に示すように、目的変数である段差・陥没等の変状に対して説明変数である属性（週あたりの平均運転時間と主な運転目的）の違いが与える影響に関しては、比較的に高頻度（少なくとも週に1時間以上）且つ、通勤・通勤等の定期的に運転している運転者にとって重要である傾向が分かった。これらの結果より、ドライブ等が低頻度の運転者以外の回答者において、段差・陥没等の変状が特に重要度の高い性能であり、対策優先度の決定において重要な性能指標である可能性が分かった。

図-10 に示すように、路面湛水に対して運転環境の違いが与える影響に関しては、明瞭な関係性が見受けられなかった。この要因の一つとして、路面湛水については別の要因による影響が内在しているものと考えられ、今

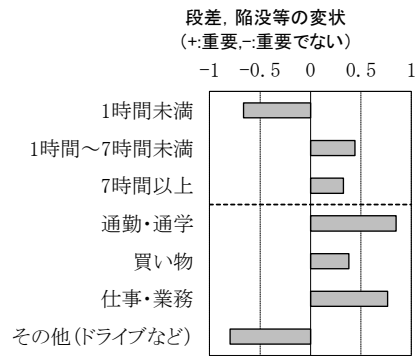


図-9 数量化理論Ⅱ類による分析結果（段差・陥没等の変状）

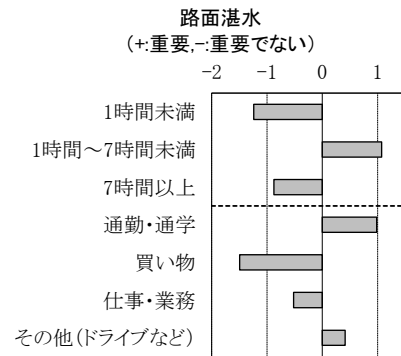


図-10 数量化理論Ⅱ類による分析結果（路面湛水）

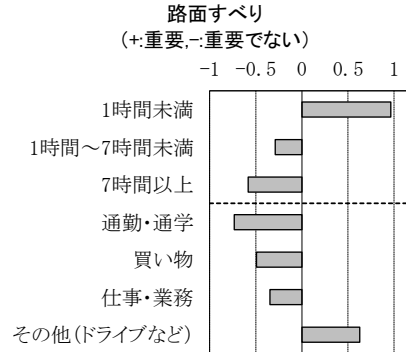


図-11 数量化理論Ⅱ類による分析結果（路面すべり）

後、更なる検証が望まれる。

図-11 に示すように、路面すべりに対して運転環境の違いが与える影響に関しては、低頻度（週に1時間未満）且つ、その他運転（ドライブ等に代表される特定の目的地が不明瞭）の運転者等にとって重要である傾向が分かった。この要因の一つとして、一般的に運転中での路面上におけるすべり発生の有無については、運転者の運転技術との関係性も考えられる。そのため、ドライブ等の不定期で低頻度等の運転技術が未熟な運転者にとって、路面すべりが他の性能と比較して、特に重要であったことによるものと考えられる。

図-12 に示すように、振動に対して運転環境の違いが

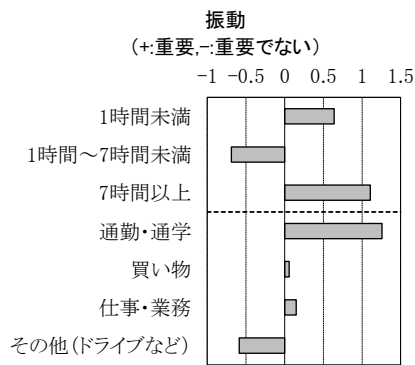


図-12 数量化理論Ⅱ類による分析結果(振動)

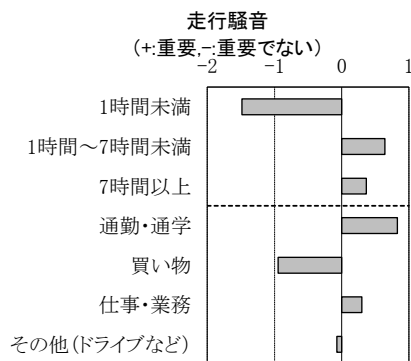


図-13 数量化理論Ⅱ類による分析結果(騒音)

与える影響に関しては、通勤・通学に利用する運転者にとって重要であり、一方でその他（ドライブなど）に利用する運転者にとってあまり重要でない傾向が分かった。この要因に関する明確な考察は困難であるが、一般的に、通勤・通学等、ほぼ毎日と同じ路線区間内を繰り返して通行するユーザーにおいては、特に振動が重要な性能項目であったことによるものと考えられる。なお、中程度の高頻度（1～7時間）に利用している運転者が振動をあまり重要視していない傾向については、現時点では解釈は難しい。

最後に、図-13に示すように、走行騒音に対して運転環境の違いが与える影響に関しては、比較的に高頻度（少なくとも週に1時間以上）で運転している運転者にとって重要である傾向が分かった。この要因の一つとして、高頻度で定期的に運転するユーザーにとって走行騒音が他の性能と比較して、特に重要であったことによるものと考えられる。なお、買い物に利用しているユーザーが走行騒音をあまり重要視していない傾向については説明は困難である。なお、これらの結果については、今後、更なる検証が望まれる。

これまでの検討結果より、舗装への要求性能に関して、今回示した人間中心設計の視点からの幅広い道路利用者の参画（例えば、アンケート）によるプロセスを経ることにより、平均化された性能指標における重要度等の一

般解が得られる可能性が示された。一方、運転者における運転環境等の属性の違いが舗装の要求性能に影響を与える回答者内での特殊解が存在する可能性についても示唆された。ただし、公共事業においては、平均的な一般解を用いた運用が望まれる。これより、人間中心設計の視点からの検討より、特殊解がそれぞれ内在すると考えられる道路管理者や路線等のグループ毎に道路利用者が求める各性能指標の平均的な重要度について定量的に明確にするとともに、これらの結果を応用させた定量的な対策優先度に関する検討手法を用いた運用が期待される。また、アンケート調査時に設定する性能項目や回答者の属性に関する基礎情報などの変化、回答者の拡張（例えば、バスやタクシー等の専門運転者、沿道住民）による更なる検証を行っていく予定である。

最後に、人間中心設計の視点からの舗装マネジメントの具体的な方向性について提案する。まず、舗装の直接的なステークホルダーである道路利用者へのサービスレベルや要求される性能指標について、今回一例として示した人間中心設計の視点からの検討により、地域毎や路線毎等において明確にする。そして、道路管理者や舗装に関わる技術者等は、これらの性能指標等に対して過不足無く満足させるように務める。ただし、限られた予算の中でこれらを実施していく必要があるため、路線毎等で明確にされた各性能指標の重要度を考慮した修繕等の対策優先度より、段階的に対応していく。その際、舗装の長寿命化等によるLCCの最適化は重要な点であり、要求性能における耐久性能に着眼した新材料・新工法の技術開発を促す取り組みが重要となる。そのためには、性能指標や箇所毎に特化して着眼した劣化予測手法によるLCCの検討を目的とした、LCC最適化の具体的な検討手法の提案が重要であると考えられる。例えば、耐久性の高い新材料を用いた場合におけるLCCの最適化時の経済効果について、個別に議論するのも有効であると考えられる。なお、これらの具体的な検討手については、筆者らの先行研究を参照されたい^{例え、23),24)}。

3. おわりに

本研究では、ユーザーの視点に立った今後の舗装の技術基準改定に向けて、舗装における要求性能の重要度に対する人間中心設計に着眼した検討を試行的に行った。

以降に、本研究で得られた成果を要約する。

- 1) 舗装の維持修繕や管理に対する道路利用者（ユーザー）における舗装の要求性能について、現行の基準や点検要領等を参考に、5つの性能（指標）項目を分類整理した。
- 2) これらの項目（プロトタイプの舗装における性能評

価指標)について,一般的な運転者を対象にアンケート調査したところ,性能項目間において,顕著に重要度が異なることが分かった。

- 3) また,回答者の運転環境等の属性の違いが要求性能に与える影響について分析したところ,一部の性能項目と運転環境(主な運転目的,平均的な運転時間)との間に明瞭な関係性が見られた。これらの結果より,道路利用者の属性により求める舗装の要求性能が異なることが示され,ユーザーの視点を取り込むことの必要性が確認された。
- 4) 本研究で示された人間中心の性能評価指標を考える意義を踏まえて,今後,今回示した手法を用いた維持修繕等における対策優先度の検討への応用が期待される。

謝辞: 本研究にあたり,アンケートにご協力頂いた方々に深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 藤原 武:ローマの道の物語,IV道づくりの技術,原書房,pp.179-214,1985.
- 2) 山田 優:舗装に花が咲くか-舗装工学への誘い-,大阪教育図書,p.147,2022.
- 3) 多田宏行:道路舗装の設計・施工・保全,鹿島出版会,pp.70-73,2000.
- 4) 公益社団法人土木学会:舗装工学,pp.3-7,1995.
- 5) 若林由弥,桑原正明,渡邊一弘:早期劣化したアスファルト舗装の各種構造調査に基づく劣化メカニズムの推定,土木学会論文集E1(舗装工学),Vol.75, No. 2, pp.143-150,2019.
- 6) 田中良樹,村越 潤:橋面アスファルト舗装の変状とRC床版の疲労,土木技術資料,Vol.53, No.2, pp.22-27,2011.
- 7) 公益社団法人日本道路協会:舗装の構造に関する技術基準・同解説,p.91,2001.
- 8) 公益社団法人日本道路協会:舗装性能評価法(平成25年度版),p.126,2013.
- 9) 国土交通省:道路リスクアセスメント要領(案),p.59,2022.
- 10) 国土交通省:社会資本整備審議会 道路分科会 第17回道路技術小委員会資料(2022年11月16日),<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001572333.pdf>(2023年3月1日閲覧)
- 11) 公益社団法人日本道路協会:舗装点検要領に基づく舗装マネジメント指針,p.167,2018.
- 12) 国土交通省:舗装点検要領,p.50,2016.
- 13) 黒須正明,松原幸行,八木大彦,山崎和彦:人間中心設計の基礎,近代科学社,p.296,2013.
- 14) 人間中心設計に関する国内規格(2021年版),JIS Z 8530:2021
- 15) 国土交通省:公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン,p.15,2008.
- 16) 土木学会会長重点特別委員会:これからの社会を担う土木技術者に向けて,平成21年度土木学会会長重点活動特別委員会報告書,p.78,2010.
- 17) 山田菊子:社会公共分野の計画策定における人間中心設計の可能性の考察,人間中心設計推進機構・機構誌,Vol.10, No.1,2014.
- 18) 独立行政法人製品評価技術基盤機構 化学物質管理センター:自動車の運転時間,p.17,2017.https://www.nite.go.jp/chem/risk/exp_4_1.pdf(2023年3月1日閲覧)
- 19) Thomas L Saaty: A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15, pp.234-281, 1977.
- 20) 原田紹臣,小杉賢一朗,里深好文,水山高久:老朽化した砂防関係施設の健全度及び対策優先度に関する定量的な評価手法の提案,河川技術論文集,Vol.21, pp.183-188,2015.
- 21) 林知己夫:数量化 理論と方法,朝倉書店,p.233,1993.
- 22) 原田紹臣,小杉賢一朗,里深好文,水山高久:地形や地質の違いが天然ダムの堆積形状に与える影響,土木学会論文集B1(水工学),Vol.7, No.4, pp.1267-1272,2015.
- 23) 原田紹臣,里深好文,水山高久:ライフサイクルコストを考慮した砂防関係施設の長寿命化計画策定に関する提案,砂防学会誌,Vol.73, No.2, pp.183-188,2020.
- 24) 原田紹臣,里深好文,水山高久:砂防設備における除石や延命化を考慮したライフサイクルコスト縮減に関する一考察,土砂災害に関するシンポジウム論文集,Vol.10, pp.113-118,2020.

EMPLOYING A HUMAN-CENTERED DESIGN APPROACH IN PAVEMENT MANAGEMENT STANDARDS

Norio HARADA, Kiko YAMADA-KAWAI, Kentarou KOSHI, Satoshi SHIMADA, Ryotaro SUGIHARA and Izumi MIYAUCHI

For optimal deployment of technological innovation in pavement management from the perspective of road users, technical performance standards for pavement structures were introduced based on conventional

specifications. However, the current pavement performance standards do not adequately reflect users' viewpoints; inspections have revealed new problems, such as insufficient utilization of new technology. Thus, it is necessary to clarify the performance standards with road users. To establish a maintenance management method that better considers road users, this study examined the applicability of the current performance index from the viewpoint of human-centered design. We analyzed the indicators that define the required performance from the perspective of road users by a questionnaire survey to general drivers. Our results revealed that the key performance indicators varied significantly among drivers. However, a clear relationship was found between the driving environment of road users and several of the performance indicators. Our results imply the need to consider a human-centered performance evaluation index.