セラミックタイルで舗装された屋外路面の汚れの
評価方法に関する研究EVALUATING METHOD FOR THE STATE OF STAINED
OUTDOOR ROAD PAVED WITH TILES

後藤 和昌*, 永田まゆみ**, 小松原 仁***, 石田秀輝****, 小野英哲*****

Kazumasa GOTOU, Mayumi NAGATA, Hitoshi KOMATSUBARA,

Hideki ISHIDA and Hidenori ONO

The physical property, expressing the state of stained outdoor road paved with ceramic tiles in various settings from a visual point of view, was clarified.

In other words, it was found that there was a strong correlation between the psychological scale created through a sensory test for measuring the degree of perceived stains and the changes of optical conditions from a virgin state to a stained state (average color difference and the maximum color difference which show an unevenness of apparent stains).

In addition, from the relation between the evaluating scale for measuring the degree of stains and the above-mentioned physical property, a method of evaluation for the state of stains was expressed.

Keywords : stain, evaluation, ceramic tile, road surface, sense of sight, color difference

汚れ, 評価, セラミックタイル, 路面, 視覚, 色差

1. 序 論

近年, 快適な屋外環境の創造の観点から, 建築外部空間の視感的快適性がより一層重要視されてきている。外部空間を構成するひとつの要素である路面の視感的快適性も重要な要因であり, なかでも路面の視感的快適性に大きな影響を与える汚れを評価する方法を究明することは, 汚れにくい舗装材料の開発や選択, さらに維持管理方法の策定などに基礎的知見を与える観点から大切なことと言える。

本論文は, 視感的快適性の観点からセラミックタイルで舗装された屋外路面(以降, 舗装路面と呼ぶ)の汚れを評価する方法を考察した結果をまとめたもので, 一部の概要は日本建築学会大会に発表している^{1)~3)}。

2. 本研究の目的および範囲

本研究の目的は, 主に人の歩行などの使用状況下にあ

る舗装路面の視感的観点からの汚れ(以降, 単に汚れと呼ぶ)を表示する物理量を抽出し, さらに得られた物理量を用いて汚れを評価する方法を提示することにより, 個々の舗装路面あるいは舗装路面に使用されている材料の汚れの評価や促進試験などにより汚れを予測する方法を提示することは研究の範囲外とする。また, 汚れを生じさせる汚染物質などは特定せず, 汚れた状態にある舗装路面を研究の対象とするが, ガムの付着による汚れなど人為的かつ局所的な汚れは別個の問題として認識することとし, 本研究の範囲外とする。

さらに, 本研究の目的から見て, 舗装路面に使用されている材料は, 本研究においては単に汚れを具現する媒体として位置づけられるため特定する必要はないが, 同一材料を入手しやすい, ごく一般的な舗装材料のひとつであるなどの観点から, 対象とする材料をセラミックタイルとする。

* INAX 生産本部窯業技術研究室 主任研究員・修士(工学)

** INAX 生産本部窯業技術研究室・修士(工学)

*** 日本色彩研究所色彩工学研究室 室長

**** INAX 生産本部窯業技術研究室 室長

***** 東京工業大学工学部建築学科 教授・博士(工学)

Senior Research Engineer, Ceramic Research & Development DIV, Product Dept. INAX Corp., M. Eng.

Ceramic Research & Development DIV, Product Dept. INAX Corp., M. Eng.

Head of Color Technology Lab, Japan Color Research Institute

Head of Ceramic Research & Development DIV, Product Dept. INAX Corp.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

なお、一般に舗装路面の汚れは晴天時に最も目立つと考えてよいことから、晴天で路面が乾燥している状態で観察される汚れを対象とする。

3. 既往の研究および本研究の研究手法

国内外において、本研究を行ううえで直接参考とすべき舗装路面の汚れに関する研究報告は見当たらない。

一方、屋内の床に用いられる合成高分子系床仕上げ材料の耐汚染性に関して考察した筆者の一部である小野らの研究⁴⁾は、本研究を行ううえで示唆に富む研究として位置づけられる。つまり、汚れが目立つ床の部分では、未汚染試料と汚染試料との平均色差が、人間が判断する汚れと良く対応する物理量であることを究明し、さらに床全体の汚れも平均色差で表示できるだろうと結論づけている。続いて橘高は、建築物外壁面の汚れが目立つ部分についても、平均色差で汚れを表示できることを確認している⁵⁾。

しかしながら、これらの研究では本研究で重要となる大きな面の汚れを表示する方法を厳密に論証せず今後の課題としており、示唆に富むとはいえず十分とはいえないと考える。

本研究では、以上の研究成果を参考としながら、大略以下の方法で研究を進めることとした。

(1) 舗装路面の極小部分(材料の配置による模様などの要因が入らない程度の大きさ:舗装路面極小部分と呼ぶ)の汚れに関し、汚れを表示する物理量を抽出するとともに評価方法を提示する。

(2) (1)の結果に基づき、舗装路面の一部分(材料の配置による模様などの要因を取り込める程度の大きさ:舗装路面小部分と呼ぶ)の汚れに関し、汚れを表示する物理量を抽出するとともに評価方法を提示する。

(3) (1),(2)の結果に基づき、大きな面積を持つ舗装路面全体(汚れが問題となる範囲を包含する程度の大きさ:舗装路面と呼ぶ)の汚れに関し、汚れを表示する物理量を抽出するとともに汚れの評価方法を提示する。

以上のように、小さな面の汚れの評価から大きな面の汚れの評価へ段階的に研究を進めることにより、できるだけ一般性を持つ汚れの評価方法を提示しようとする意

図に基づいた方法としている。

4. 舗装路面極小部分の汚れの評価方法の提示

4.1 汚れに関する心理学的尺度の構成

4.1.1 尺度構成手法

心理学的尺度を構成する手法としては、官能検査手法を用いることとし、具体的には設定する試料に汚れの観点から順位づけを行う順位法⁶⁾を選定した。

4.1.2 試料

舗装路面に使用される目的で製造されたセラミックタイルの中から、対象材料として、平滑さ、色彩などの観点で種々の表面状態の材料が含まれることを考慮し、表—1に示す大きさ約15 cm×15 cmの6種類のセラミックタイルを選定した。これらのセラミックタイルを事務所入口に暴露し、各材料につき表—1に示す0~21日間の5段階の汚れ負荷を与えて作製した汚れ試料の中から表—1に○印で示す22試料を検査試料として設定した。なお、本研究全体における汚れ試料の作製および選定においては、簡単な掃き掃除で除去できる程度の汚れを、検査中汚れが変化しない程度にあらかじめ乾布で除去することを前提とした。

4.1.3 検査員、検査条件など

検査員は20代~40代の成人男子9名で、灰色(N7)の表面で照度がおおよそ1000 lxを有する高さ70 cmの机上に置かれた試料を立位で自由に観察し、汚れの観点から順位づけを行うこととした。なお、屋内の机上で検査を行う理由は、本項における検査結果が以降の基本となるので、できるだけ安定した環境で詳細に検査を実施するのが望ましいと判断したことによる。以上の条件で検査を実施し、尺度構成のための基礎資料を得た。

4.1.4 心理学的尺度の構成

検査結果から算出した検査員間の判断の一致性を示すスピアマンの順位相関係数を表—2に示す。

すべての組み合わせにおいて相関係数がほぼ0.9前後であることから、汚れに関する判断の一致性が高く各検査員に共通の判断基準が存在していること、構成される尺度が有効なことが判明したので、合成標準法⁶⁾を用いて、汚れに関する心理学的尺度(汚れ評価尺度・Iと呼

表—1 未汚染試料の表面色、暴露日数および官能検査に用いた試料

試料番号	1	2	3	4	5	6
未汚染試料の表面色	ホワイト	グレー	ブラック	ピンク	ブラウン	ホワイト
暴露日数 (日)	0	○	—	—	—	—
	1	—	○	○	○	—
	4	○	○	○	○	—
	14	○	○	○	○	○
	21	○	○	○	○	○

表—2 スピアマンの順位相関係数

検査員	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.88	0.92	0.93	0.95	0.92	0.93	0.96	0.96
2		0.86	0.86	0.87	0.91	0.92	0.91	0.89
3			0.98	0.97	0.94	0.95	0.95	0.96
4				0.97	0.93	0.95	0.96	0.96
5					0.93	0.96	0.95	0.97
6						0.92	0.90	0.96
7							0.96	0.97
8								0.95

$r(20, 0.01) = 0.54$

ぶ)を構成した。なお、本検査では既往の研究⁴⁾とは異なり、未汚染試料との比較なしで汚れを判断させたにもかかわらず判断の一致性が高いことから、検査員には汚れていない材料との比較なしに汚れを判断できる能力が存在していることも推察できる。

4.2 汚れ評価尺度・Iと対応する物理量の抽出

汚れの評価が主に色の変化によってなされると考える

図-1 試料の測色位置

と、本研究においても小野らが提示しているように⁴⁾色差を汚れの程度を示す基本的物理量として用いることができる。と考える。

一方、色差を算出するための表色系および色差式は多様なため、あらかじめ本研究に最も適切な表色系および色差式を選択する目的で、種々の色差式によって計算される色差と汚れ評価尺度・Iの相関を検討した。なお、

図-2 汚れ評価尺度・Iと平均色差の関係

表-3 表色系、色差式および平均色差と汚れ評価尺度・Iの相関係数

表 色 系	色 差 式	相関係数※1
L* a* b* (CIE1976LAB) $L^* = 116 (Y/Y_0)^{1/3} - 16$ $a^* = 500 [(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}]$ $b^* = 200 [(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}]$	$[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$	0.83
L* u* v* (CIE1976LUV) $L^* = 116 (Y/Y_0)^{1/3} - 16$ $u^* = 13L^* (u' - u_0)$ $v^* = 13L^* (v' - v_0)$	$[(\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2]^{1/2}$	0.83
L a b (HunterLAB) $L = 10Y^{1/2}$ $a = 17.5 (1.02X - Y) Y^{1/2}$ $b = 7.0 (Y - 0.847 Z) Y^{1/2}$	$[(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$	0.80
L* a' b' (日本色研 1976LAB) L^* $a' = K_a a^*$ $b' = K_b b^*$ ※2	$[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a')^2 + (\Delta b')^2]^{1/2}$	0.84
CMC (英・ 繊維協会) L^*, a^*, b^* $C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ ※4 $\Delta H^* = [(\Delta E)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{1/2}$ ※3	$[(\Delta L^*/S_L)^2 + (\Delta C^*/S_C)^2 + (\Delta H^*/S_H)^2]^{1/2}$	0.80
重みつけ $L^* a^* b^*$ $C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ ※4 $\Delta H^* = [(\Delta E)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{1/2}$	$[(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*/2)^2 + (\Delta H^*/1.5)^2]^{1/2}$	0.85

$r(20, 0.01) = 0.54$

※1: 汚れ評価尺度・Iとの相関係数 (r)

※2: $L^* a' b'$ 表色系における K_a 、 K_b 以下に示す。

$K_a = 1.111$ ($a^* > 0$ の場合), $K_a = 0.958$ ($a^* < 0$ の場合)

$K_b = 1.234$ ($b^* > 0$ の場合), $K_b = 0.699$ ($b^* < 0$ の場合)

※3: CMC (英・繊維協会) 表色系に基づく色差式における S_L 、 S_C 、 S_H を以下に示す。

$S_L = 0.040975 L^* / (1 + 0.01765 L^*)$

$S_C = [0.0638 C^* / (1 + 0.0131 C^*)] + 0.638$

$S_H = (f T + 1 - f) S_C$

ただし、 $f = [C^{*4} / (C^{*4} + 1900)]^{1/2}$

$T = 0.56 + |0.2 \cos(h + 168)|$; $h = (180/\pi) \tan^{-1}(b^*/a^*)$ で $164 < h < 345$ の場合
 $T = 0.36 + |0.4 \cos(h + 35)|$; $0 \leq h \leq 164, 345 \leq h \leq 360$ の場合

※4: CMC (英・繊維協会) 表色系および重みつけ $L^* a^* b^*$ 表色系における ΔE を以下に示す。

$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$

本項での色差とは、各試料につき図—1に示す未汚染試料の5箇所の測色値の平均値と汚染試料の同一箇所での5つの測色値の平均値から算出される色差を意味し、以下平均色差と呼ぶ。

検討の対象に用いた表色系、各表色系における色差式、各色差式を用いて算出した平均色差と汚れ評価尺度・Iの相関係数を表—3に示す。

汚れ評価尺度・Iと平均色差の相関係数は、いずれも約0.8前後であり、有意な相関は認められるが卓越した相関を示す組合せはなかった。

以上より、国内、国外における色差式の定着度を重視し、本研究ではCIE 1976 LAB表色系による平均色差(ΔE_{ab}^*)を、汚れ評価尺度・Iと対応する基本的な物理量として用いることとした。両者の対応を図—2に示す。

両者には有意な相関があるものの、十分な対応があるとは言いがたい。原因を検討した結果、汚れのむらが対応の不十分さに大きな影響を与えていることが推測された。

以上から、まず汚染試料面内の5箇所における測色値の中で、 L^* 、 a^* 、 b^* 各々の最大値(L_{max}^* 、 a_{max}^* 、 b_{max}^*)と最小値(L_{min}^* 、 a_{min}^* 、 b_{min}^*)の差($\Delta L^* = L_{max}^* - L_{min}^*$ 、 $\Delta a^* = \Delta a_{max}^* - a_{min}^*$ 、 $\Delta b^* = \Delta b_{max}^* - b_{min}^*$)を求め、次式で計算される $\Delta(\Delta E_{ab}^*)$ を最大色差と定義し、汚れのばらつきを表すひとつの基本的な物理量として用いることとした。

$$[\Delta(\Delta E_{ab}^*)] = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \dots (1)$$

図—3 汚れ評価尺度・Iと汚れ指数の関係

次に最大色差と平均色差を説明変数、汚れ評価尺度・Iを目的変数(Y)として重回帰分析を行い次式を得た。

$$Y = 1.018 + 0.1996[\Delta E_{ab}^*] + 0.1618[\Delta(\Delta E_{ab}^*)] \dots (2)$$

式(2)における重相関係数は0.854となり、右辺の物理量でより良く汚れ評価尺度・Iを表示できること、つまり、平均的な色差と、色差のばらつきの程度で汚れ評価尺度・Iを説明できることを明らかにすることができた。両者の対応を図—3に示す。

以上から、右辺の物理量を本研究において舗装路面極小部分の汚れを表示する物理量とし、“汚れ指数”と定義した。

4.3 舗装路面極小部分の汚れの評価方法の提示

これまでに得た成果から舗装路面極小部分の汚れの評価方法を以下のように提示する。

「対象とする舗装路面極小部分の汚れ指数を求め、式(2)あるいは図—3より汚れを評価する」

5. 舗装路面小部分の汚れの評価方法の提示

5.1 汚れに関する心理学的尺度の構成

5.1.1 尺度構成手法

心理学的尺度を構成する手法としては、官能検査手法を用いることとし、具体的には試料の汚れを設定する判断範ちゅうで絶対判断する系列範ちゅう法⁵⁾とした。

5.1.2 試料

舗装路面小部分の大きさは、均一な(配色パターンが存在しない)舗装路面のみならず、配色パターンを有す

図—4 調査試料の配色パターン

表—4 試料の組合せ

模様の種類	基調色	アクセント色	ホワイト	ライトブラウン	ダークブラウン	ライトグレー	ダークグレー	ブルー
市松模様	ホワイト		△	○	○	○	○	○
	ライトブラウン		—	△	○	○	○	○
十字模様	ホワイト		—	○	○	○	○	○
	ライトブラウン		○	—	○	○	○	○

注：△は配色パターンのない単一色の舗装路面小部分で、○は2色によって構成される舗装路面小部分である。

表一五 舗装路面小部分および舗装路面の汚れの検査に用いた判断範ちゅう

1. 汚れがほとんど認められない
2. 汚れがわずかに認められる
3. 汚れがかなり認められる
4. 汚れが著しい
5. 汚れが極めて著しい

る舗装路面の試料も設定できることを考慮して約70 cm×70 cmとした。試料は、9.4 cm×9.4 cm セラミックタイルを、4. の結果を参考に4段階（未汚染を含む）の汚れの程度となるように汚染し、図一4に示すパターンで49枚張り合わせて作製した。配色パターンとしては、実際の施工例に多くみられるなかから代表として市松模様と十字模様を設定した。

セラミックタイルの色は最も一般的と考えられるなかから、基調色として2色（ホワイト、ライトブラウン）、アクセント色として6色（ホワイト、ライトブラウン、ダークブラウン、ライトグレー、ダークグレー、ブルー）を選定した。目地はごく一般的と言える灰色（N7）で幅6 mmとした。

汚れの程度を除く要因（模様の種類、基調色の種類、アクセント色の種類）の組合せは表一4に示す21組で、各々の組合せにつき汚れの程度は未汚染を含む4段階なので試料数は $21 \times 4 = 84$ となった。

5.1.3 検査員、検査条件など

検査員は20代～40代の成人男女21名で、実際の提示条件での判断を求めるために屋外路面に置かれた試料を立位で自由に観察し、表一5に示した判断範ちゅうで汚れを判断することとした。なお、検査は晴れの日に行うこととしたので、試料面の照度はおおよそ10 000～50 000 lxとなった。以上の条件で検査を実施し、尺度構成のための基礎資料を得た。

5.1.4 心理学的尺度の構成

官能検査の分散分析の結果を表一6に示す。主効果、個人差いずれも危険率1%で有意であるが、主効果の寄与率が個人差の寄与率と比較して非常に大きいことから、汚れに対する共通の判断基準が存在していることが明確で、多少の個人差はあるものの構成される尺度は有効なことがわかる。以上から、系列範ちゅう法の尺度構成理論⁶⁾に従い汚れに関する心理学的尺度（汚れ評価尺度・Ⅱと呼ぶ）を構成した。

5.2 汚れ評価尺度・Ⅱと対応する物理量の抽出

物理量を抽出するにあたりあらかじめ汚れの判断に寄与する各要因の影響を検討した。はじめに模様の種類（2種類）、アクセント色の種類（5色）、汚れの程度（4段階）を因子とする分散分析（三元配置）を行った結果、表一7、8に示すように両基調色の場合とも、汚れの程度

表一六 分散分析表

	分散比	F(0.01)	寄与率(%)
主効果	137.43**	1.66	84.28
個人差	18.45**	2.03	2.60

表一七 分散分析表（基調色がホワイトの場合）

要因	分散比	F(0.01)	寄与率(%)
A. 模様の種類	2.04	9.33	0.0
B. アクセント色の種類	7.69**	5.41	0.4
C. 汚れの程度	2451.77**	5.95	99.1
A×B	0.77	5.41	0.0
A×C	4.51	5.95	0.2
B×C	0.65	4.16	0.1
e (誤差)			0.2

表一八 分散分析表（基調色がライトブラウンの場合）

要因	分散比	F(0.01)	寄与率(%)
A. 模様の種類	3.40	9.33	0.9
B. アクセント色の種類	1.11	5.41	1.2
C. 汚れの程度	111.75**	5.95	89.5
A×B	0.50	5.41	0.5
A×C	1.33	5.95	1.1
B×C	1.13	4.16	3.6
e (誤差)			3.2

表一九 分散分析表（市松模様の場合）

要因	分散比	F(0.01)	寄与率(%)
A. 基調色の種類	42.00**	10.6	0.5
B. アクセント色の種類	6.36	6.99	0.2
C. 汚れの程度	2827.81**	6.99	98.5
A×B	0.71	6.99	0.0
A×C	13.14**	6.99	0.4
B×C	1.98	5.35	0.2
e (誤差)			0.1

表一〇 分散分析表（十字模様の場合）

要因	分散比	F(0.01)	寄与率(%)
A. 基調色の種類	112.51**	10.6	1.0
B. アクセント色の種類	4.97	6.99	0.1
C. 汚れの程度	3817.24**	6.99	97.4
A×B	1.31	6.99	0.0
A×C	48.94**	6.99	1.2
B×C	2.53	5.35	1.2
e (誤差)			0.0

表一一 分散分析表

要因	分散比	F(0.01)	寄与率(%)
A. 模様の有無	11.56	34.1	0.7
B. 基調色の種類	29.16	34.1	1.8
C. 汚れの程度	514.92**	29.5	96.3
A×B	4.84	34.1	0.3
A×C	1.11	29.5	0.2
B×C	2.49	29.5	0.5
e (誤差)			0.2

の効果が高度に有意で寄与率の値が他と比較して非常に大きく、基調色ホワイトの場合にアクセント色の効果が見られるもののその寄与率は非常に小さいこと、模様の種類の効果は認められないことが明らかになった。

次に、基調色の種類（2種類）アクセント色の種類（5色）、汚れの程度（4段階）を因子とする分散分析（三元配置）を行った結果、表—9, 10 に示すようにいずれの模様においても汚れの程度の効果が他と比較して非常に大きいこと、基調色の種類、基調色の種類と汚れの程度との交互作用の効果も認められたが各々の寄与率は非常に小さいことが明らかになった。

次に、模様の有無の効果を検討するために、模様の有無、基調色の種類（2種類）、汚れの程度（4段階）を因子とする分散分析（三元配置）を行った結果、表—11 に示すように汚れの判断は主に汚れの程度によってなされており、模様の有無は他の因子に比べて効果が小さいことが明らかになった。

つまり、三元配置のいずれの組み合わせにおいても汚れの程度の効果が大きいこと、他の効果（模様の種類、模様の有無、アクセント色の種類、基調色の種類）は小さいことから、汚れ評価尺度・Ⅱを汚れの程度を表す物理量のみで表示できる可能性を見いだすことができた。

以上の検討をもとに、構成した汚れ評価尺度・Ⅱと対応する物理量を模索した。

まず、4. で定義した“汚れ指数”を広い面積を持つ場合に適用することを意図し、各々の試料において、おおよそ最も汚れているとみなされる箇所と最も汚れていないとみなされる箇所を含む5点を測色点として選択し、4. で定義した“汚れ指数”を算出して、汚れ評価尺度との対応を検討した結果、試料全面が同色で構成されている8つの試料以外は対応が悪いことが判明した。

図—5 汚れ評価尺度・Ⅱと平均汚れ指数の関係

なお、4.1.2 で述べた汚れ試料の作製方法に従う条件では、試料全体を眺めた場合（4. の場合と比較すれば巨視的な観察となる）の汚れのむらは大きくなく、5つの測色点をほぼ任意に選択しても大きな問題は生じないことを確認した。

以上の検討から、2色で構成されている試料において汚れ評価尺度・Ⅱと“汚れ指数”の対応が悪いのは、色の異なる部分から計5点を抽出することに問題があると想定されたため、さまざまな考察を加えた後、基調色部分とアクセント色部分の2つの部分において、各々5点の測色点を抽出して2つの汚れ指数を算出し、2つの汚れ指数を平均した値を新たに“平均汚れ指数”と定義して、汚れ評価尺度・Ⅱとの対応を検討した。

ここで、試料の表面色ごと（ k 個）に5点の測色値を求めて“汚れ指数”を算出し（ N_k 個）、下式で求められる値を“平均汚れ指数”と改めて定義する。

$$\sum_{k=1}^K N_k / k$$

ここで、 $k=1$ の場合は汚れ指数と同義となる。

図—5 に汚れ評価尺度・Ⅱと“平均汚れ指数”の関係を示す。両者の関係は下式で表され、模様が存在するや

$$Y = 1.30 X - 1.11 \dots \dots \dots (3)$$

Y：汚れ評価尺度・Ⅱ   X：平均汚れ指数

や大きめの試料の汚れを対象とするという複雑な条件下では、平均汚れ指数で汚れ評価尺度・Ⅱを良く説明できていると言える。

以上から、代表的な配色パターンを含む舗装路面小部分の汚れ評価尺度・Ⅱを表示する物理量として平均汚れ指数を抽出できたと考える。

5.3 舗装路面小部分の汚れ評価方法の提示

これまでに得られた成果から、舗装路面小部分の汚れに関する評価方法を以下のように提示する。

「対象とする舗装路面小部分の平均汚れ指数を求め、式（2）あるいは図—5 より汚れを評価する」

6. 舗装路面の汚れの評価方法の提示

6.1 汚れに関する心理学的尺度の構成

6.1.1 尺度構成手法

本項においては、4., 5. の結果を参考にしながら、実際の舗装路面を対象とした場合の汚れ評価方法を検討する。

心理学的尺度を構成する手法としては、官能検査手法のひとつである系列範ちゅう法を用いることとし、判断範ちゅうは表—5 に示す5段階とした。

6.1.2 試料（検査箇所および仕様）

試料となる検査箇所を設定するにあたり、さま

表一12 検査場所、検査箇所の舗装路面の色、汚れ指数、平均汚れ指数および汚れ評価尺度・Ⅲ

検査場所	路面の色	汚れ指数※	平均汚れ指数※	汚れ評価尺度・Ⅲ
1 大森駅前	ホワイト グリーン	2.4 2.6	2.5	2.20
2 大森駅前	オレンジ レッド	2.9 2.8	2.9	2.38
3 川崎丸井前	ホワイト グレー ブラック	3.0 2.6 1.6	2.4	2.67
4 川崎駅前	ホワイト グレー ブラック	2.7 2.2 1.8	2.2	3.46
5 鶴見バスターミナル	オレンジ	1.7 (2.4)	1.7 (2.4)	1.20
6 鶴見駅前	ライトブルー ブルー ホワイト グレー	1.9 (2.4) 1.9 (2.5) 3.0 (4.4) 2.4 (3.3)	2.3 (3.2)	1.95
7 伊勢佐木モール	ホワイト ダークブラウン	2.2 2.9	2.5	1.87
8 伊勢佐木モール	ライトブラウン ダークブラウン ホワイト	3.4 2.8 3.8	3.3	1.80
9 伊勢佐木モール	ブラウン ライトブラウン ダークブラウン	1.6 2.1 1.7	1.8	2.02
10 TVKハウジングセンター	ベージュ	1.4	1.4	0.52
11 TVKハウジングセンター	ブラック	1.3	1.3	1.19
12 TVKハウジングセンター	ピンク	1.9	1.9	1.79
13 TVKハウジングセンター	ホワイト	2.0	2.0	2.59
14 TVKハウジングセンター	ホワイト	2.2	2.2	3.10
15 TVKハウジングセンター	ホワイト	3.2 (5.3)	3.2 (5.3)	3.70
16 横浜駅東口	ライトベージュ	2.9	2.9	1.20
17 新小岩駅前	ピンク イエロー ブルー ホワイト	3.0 4.0 2.6 4.9	3.6	4.17
18 上野駅前	ホワイト	3.2 (4.7)	3.2 (4.7)	3.46
19 上野駅前	ベージュ	3.7	3.7	3.20
20 新宿文化センター前	ベージュ (1) ベージュ (2)	2.1 2.1	2.1	2.02
21 新宿住友ビル前	ホワイト ベージュ グリーン	3.3 2.4 2.4	2.7	2.33

※：未汚染試料として代替未汚染試料（塩酸洗浄面）を使用した場合の汚れ指数および平均汚れ指数を示すが、16については未汚染試料として壁面を使用した場合の指数を示す。5, 6, 15, 18については、未汚染試料として未使用試料を使用した場合の汚れ指数も（ ）内に示す。

表一13 分散分析表

	分散比	F(0.01)	寄与率 (%)
主効果	25.73**	2.03	48.01
個人差	10.33**	2.19	15.39

さまざまな雰囲気をもつ場所を選択する方が構成される尺度により一般性を付与できると考え、駅、公園、商店街、オフィス街、住宅周りなどから選択することとし、セラミックタイルで整備された表一12に示す21場所を設定した。これらの場所のセラミックタイルは、傷やすりへの程度に差異は認められるものの、特にひどい傷やすりへりはなかった。なお、表面に大きな傷やすりへりが存在する場合の汚れの判断に関しては今後の課題としたい。表一12に舗装路面の色、汚れ指数、平均汚れ指数を一覧した。なお、これらの物理量を算出するための測

色は、設定した箇所において、セラミックタイルの色ごとに汚れの観点から代表的とみなされる任意の5地点において行った。言い換えれば、設定した各々の箇所において、汚れの程度が非常に大きい地点や小さい地点を除いて、全体の平均的な汚れとみなされる5地点において測色を行った。

また、色差を算出するために必要な未汚染試料としては、未使用試料が入手できた4地点（5, 6, 15, 18）については未使用試料を、ほとんど汚れが認められず未使用試料とほぼ同様であるとみなせる壁面（路面と同一材料）が存在した1地点（16）については壁面を、その他の16地点については、通常タイルの洗浄を行うのに有効な方法である希塩酸溶液（3%）で洗浄後乾燥した面（以降、塩酸洗浄面と呼ぶ）を、代替未汚染試料として使用した。さらに、未使用試料が入手できた4地点については、塩酸洗浄面を代替未汚染試料とした場合の物理量も求めた。

6.1.3 検査員、検査条件など

検査員は20代～40代の成人男女18名とし、路面が乾燥している晴れの日（路面の照度がおおよそ10000～50000 lx）に、設定した箇所ですべてで汚れを判断した。なお、汚れの判断のために観察する路面の範囲は特に限定せず、検査員ごとに自由としたが、原則として立っている近傍の路面を中心とすることを教示した。以上の経過で尺度構成のための基礎資料を得た。

6.1.4 心理学的尺度の構成

官能検査の分散分析結果を表一13に示す。主効果、個人差いずれも危険率1%で有意であり、かつ、汚れ評価尺度・Ⅱの構成の場合と比較して、主効果の寄与率が小さいが、路面全体の汚れの判断という条件下では、主効果の寄与率が大きくかつ個人差の寄与率が小さいと言えることから、汚れに対する共通の判断基準が存在していることが明確で、多少の個人差はあるものの構成さ

図—6 汚れ評価尺度・Ⅲと平均汚れ指数の関係（未汚染試料を代替未汚染試料（塩酸洗浄面）とした場合）

れる尺度は有効なことがわかる。以上より、系列範ちゅう法の尺度構成理論⁶⁾に従い、汚れに関する心理学的尺度（汚れ評価尺度・Ⅲと呼ぶ）を構成した。

6.2 汚れ評価尺度・Ⅲと対応する物理量の検討

図—6に汚れ評価尺度・Ⅲと未汚染試料として代替未汚染試料（塩酸洗浄面）を用いた場合の平均汚れ指数の関係を、図—7に汚れ評価尺度・Ⅲと未汚染試料として未使用試料（未使用試料とほぼ同様であるとみなせる壁面も含む）を用いた場合の関係を示した。いずれの場合も、有意な相関があるが、図—6の場合と比較して、図—7の場合の対応が良いのが明確である。理由として、図—6の場合は代替未汚染試料を作製するときにすりへりなどの差異に依存して生じる希塩酸処理効果の差異が挙げられる。

一方、図—7の場合は5試料しかないとは言え相関が非常に高く、この理由として、未汚染試料がまさしく未使用の試料であることが挙げられる。このことから、基本的には平均汚れ指数で汚れ評価尺度・Ⅲを表示できることの保証は得られていると言える。

一方、両図において回帰式を求めると、

$$\text{図—6の場合} \quad Y = 0.95X - 0.06 \cdots \cdots (5)$$

$$\text{図—7の場合} \quad Y = 0.96X - 1.25 \cdots \cdots (6)$$

Y：汚れ評価尺度・Ⅲ   X：平均汚れ指数

となり、直線の定数項は異なるものの、傾きはほぼ一致していることがわかる。

つまり、図—6の場合の対応のばらつきは希塩酸処理効果のばらつきを示しており、仮に希塩酸処理の効果が安定していれば、図—7と同程度の対応が得られると考えることができ、図—6の場合の回帰式（5）は中心傾向を示す直線式として有効であると言える。

以上からいずれの場合でも、式（5）、（6）を用いて汚れ評価尺度・Ⅲを推定することができると言える。つ

図—7 汚れ評価尺度・Ⅲと平均汚れ指数の関係（未汚染試料を未使用試料および未使用試料とほぼ同様とみなせる壁面とした場合）

まり、未汚染試料として未使用試料が得られる場合は式（6）、未使用試料が得られない場合は6.1.2で述べた希塩酸処理を施した試料を代替未汚染試料として用いることを前提とし、式（5）を用いて汚れ評価尺度・Ⅲを推定できると言える。ただし、未使用試料が得られない場合の汚れの推定精度はやや悪くなることは避けられない。

以上から、汚れ評価尺度・Ⅲと対応する物理量としても平均汚れ指数が有効であると言える。

6.3 舗装路面の汚れの評価方法の提示

これまでに得た成果から舗装路面の汚れの評価方法を次のように提示する。

- (1) 未汚染試料として未使用試料を使用する場合、平均汚れ指数を求め、図—7、式（6）より汚れを評価する。
- (2) 未汚染試料として代替未汚染試料（塩酸洗浄面）を使用する場合、平均汚れ指数を求め、図—6、式（5）より汚れを評価する。

7. 結 論

セラミックタイルを使用した舗装路面の極小部分の汚れに関し、汚れを表示する物理量として、既往の研究^{4),5)}で示された未汚染試料と汚染試料との平均色差の妥当性を確認した。さらに、平均色差に加えて汚れのむらを表示する最大色差を加味した汚れ指数を用いて、汚れをより良く評価できる方法を提示した。

次に、配色パターンを含む舗装路面小部分さらに舗装路面の汚れを、表面色ごとの汚れ指数を平均した平均汚れ指数を用いて評価できる方法を提示した。

なお、本研究ではセラミックタイルによって構成される舗装路面を対象としたが、本研究において提示した評価方法は、特に目立つ模様や大きなテクスチャーのない材料によって構成される屋外舗装路面の汚れの評価にも

準用できると考える。

参考文献

- 1) 後藤和昌, 田阪裕一, 小松原仁, 岸良和宏, 永田まゆみ, 石田秀輝: 一屋外路面の汚れ感の評価法に関する研究—(その1) 汚れ感を表す物理量の提示, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp. 723~724, 1990.10
- 2) 岸良和宏, 後藤和昌, 田阪裕一, 小松原仁, 永田まゆみ, 石田秀輝: 一屋外路面の汚れ感の評価法に関する研究—(その2) 景観構成体としての路面の汚れ感の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp. 725~726, 1990.10
- 3) 永田まゆみ, 後藤和昌, 田阪裕一, 小松原仁, 岸良和宏, 石田秀輝: 一屋外路面の汚れ感の評価法に関する研究—(その3) 配色パターンが存在する路面の汚れ感の評価,

日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp. 727~728, 1990.10

- 4) 小野英哲, 馬場 浩, 吉岡 丹: 一合成高分子系床仕上材料の汚れの評価指標および評価方法の提示—合成高分子系床仕上材料の汚れの評価方法に関する研究(その3), 日本建築学会構造系論文報告集, 第356号, 1985.10
- 5) 橘高義典: 一建築物外壁面の汚染の調査および基礎的考察—建築物外壁仕上材料の汚染の評価方法に関する研究(その1), 日本建築学会構造系論文報告集, 第370号, 1986.12
- 6) J. P. Guilford: 精神測定法, 培風館

(1992年4月8日原稿受理, 1992年8月4日採用決定)