

表面テクスチャの図になりやすさに着目した コンクリート汚れの視覚的評価

平野 勝也¹・佐藤 俊介²

¹ 正会員 東北大学大学院 准教授 情報科学研究科人間社会情報科学専攻
(〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

E-mail:hirano@plan.civil.tohoku.ac.jp

² 非会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒 150-0036 東京都渋谷区南平台町 16-28)

本研究は、コンクリート表面のスリットや目地といった線模様を表面テクスチャと定義し、それが図になりやすい時、その汚れが目立たず視覚的評価が高くなるという仮説を立て、実験的に検証を行ったものである。検証は、コンクリート塀の汚れ段階別に、表面テクスチャの密度別、形状別に視覚的評価実験を行い、別途実験的に計量した、それぞれの表面テクスチャの図になりやすさととの相関によった。その結果、表面テクスチャ密度が高いとき図になりやすく評価も高いという相関が得られた。一方で、形状別については、類似の形状同士では、仮説を裏付ける傾向が見られた。これらの結果から、表面のスリット等の図になりやすさを高めることにより、汚れに対し視覚的に強い構造物を設計し得る可能性が示唆された。

Key Words: concrete, soiling, visual evaluation, texture, figure

1. 序論

(1) 背景

土木構造物の耐用年数は、非常に長い。そのため、構造物の表面には、塵や苔など様々な物質が付着し蓄積していく。塗装の定期的な塗り替えが行われる鋼構造物に比して、コンクリート構造物は、様々な付着物の蓄積とともに時を過ごすこととなる。

一般的には、こうした構造物表面の付着物は、「汚れ」として、ネガティブな印象を与えることが多いが、一概にそうとも言えない。橘高ら¹⁾の研究では、汚れは、古風美やわびさびとして捉えられ、ポジティブに評価されることもあることが示されている。

では、こうした構造物表面の「汚れ」を規定する要因は何であろうか。第一に、汚れの程度が挙げられよう。一般的には、汚れ程度が進めば進むほど、評価が悪くなる傾向が想定される。第二に、汚れ形状が挙げられよう。実際の構造物では、例えば、くさび形にはっきりと水だれによる汚れが局所的に起こる場合もあれば、全体的に黒ずむと言った場合もあり、その汚れ形状は様々である。こうした汚れ形状の差により、評価の違いが考えられる。第三に、

構造物の形状が挙げられよう。構造物の形状が違えば、その視覚的な相互作用により、汚れ形状、汚れ程度の認識が異なると考えられる。第四に、表面テクスチャが挙げられよう。テクスチャは通常、肌理、質感など幅広い意味を持つが、ここでは構造物表面のスリットや目地などによる線模様と定義する。こうした模様の違いにより、汚れの見え方が異なり、評価にも影響すると思われる。

こうした、構造物表面の汚れに関する研究は、例えば、冬川ら²⁾の研究がある。冬川らの研究では、汚れの程度、形状を、汚れの評価に影響を及ぼす要因として扱っている。具体的には、汚れの程度、面積、パターンなどから評価実験を試みている。それぞれの要因の影響力の大小までは明らかにされていないが、汚れの長さや間隔など、形状の細かな違いもその評価に影響をあたえる事が示されている。

他にも、様々な形状の汚れを扱ったものとして Grossi ら³⁾による研究がある。汚れを窓枠周辺の壁に描いた刺激を用いた視覚評価実験を行い、汚される対象である窓枠の認識を落とす汚れの評価が低く、窓枠の陰影効果をあげる汚れの評価は、逆に高いことを示している。つまり、汚れ形状と構造物の形状との関係性から、分析が行われている。

本研究では、こうした様々な要因のうち、汚れ程度と表面テクスチャに着目する。それは、近年、コンクリート構造物で、圧迫感を軽減する等、デザイン上の理由から、こうした目地やスリットといった表面テクスチャによる演出が多用されている一方で、そのエージングに対しては、以上概観したように、十分な知見が得られていないためである。

なお、本研究は、汚れについては、決まった水みちからの、水だれ等により発生する局所的な汚れは、設計上コントロールが可能であること、水勾配をつけるなど、その処理方法が一般に広く知られていること、既存研究においても言及があることなどから、対象とせず、全体が概ね均一に汚れていく、いわば全体汚れを対象とする。

(2) 仮説と目的

人が汚れを評価する過程を考えると、まず、汚れを認知する段階、その後、評価する段階の二段階が考えられる。認知をする段階では、その汚れが地として認知されれば、注意が向けられないことになる。当然のことながら、注意が向けられない対象は、評価も殆どされないことになる。すなわち、認知において、汚れが図として認知されるか、地として認知されるかが、その汚れ評価に大きく寄与している可能性が高いと考えられよう。しかし、実際の認知において、図と地は明快に区分できるものではない。したがって、こうした議論においては、図と地として単純に扱うのではなく、どの程度、図としての特徴を持ちうるか、その程度を含めて考え「図になりやすさ」として、捉えていく必要がある。本研究では、まとまった形として、浮き出して見える傾向の強いものを、図になりやすいものとして扱っている。

このような、「図になりやすさ」の観点から既存研究を再度見ると、冬川ら²⁾の研究で、くさび形の汚れの評価が低いことは、それが図になりやすいことに起因しているとも解釈することが出来る。Grossiら³⁾による研究も同様である。窓枠の図になりやすさが汚れによって妨害された場合、評価が下がり、図になりやすさを増大されるような場合、評価が上がっていると、統一的に解釈できる。

こうした既存研究が示す評価傾向から、本研究では、「汚れと比して、表面テクスチャが図になりやすい場合は相対的に汚れが地になるため評価が高くなる」との仮説を採り、その検証を目的とする。すなわち、汚れよりも、表面テクスチャが図になる傾向が強い構造物であれば、汚れても、さほど評価の下がらないデザインへと結びついていくものと考えている。

(3) 検証方法

本研究の仮説は、表面テクスチャを持つコンクリート表面に汚れが付着している場合の評価が、表面テクスチャの図になりやすさによって変化することを意味している。そこで、まず第一に、種々の表面テクスチャを用意し、汚れ程度による、「きたなさ」の評価を実験的に求める。第二に、それとは独立して、第一の実験で用いた表面テクスチャの線模様としての図になりやすさを、実験的に測定する。

その後、第一の実験の評価には、刺激画像に含まれる様々な要因によって決定されていると考えるが、その中で、第二の実験による表面テクスチャの図になりやすさにより、表面テクスチャによる評価の変化をどの程度説明できるかにより、検証を行う。なお、第一の実験については、表面テクスチャの種類が無数に考えられることから、密度と形状に分けて実験を行っている。

2. 密度別視覚的評価実験

(1) 実験の目的

先述の通り、表面テクスチャには、対象を目地やスリットの線形状に絞ったとしても、無数のバリエーションが存在する。そこで、まず一番単純な縦のスリットについて、その密度の差による評価の違いを実験的に計測する。

(2) 実験方法

a) 刺激画像（対象構造物）

刺激画像には住宅地のコンクリート塀を用いた。本研究の目的は、コンクリート構造物全般にあるが、本研究のとする仮説においては、コンクリート塀と橋脚、擁壁などのコンクリート構造物とは本質的な差は考えられないこと、被験者が、刺激のスケール感をイメージしやすい方が、安定した結果が得られると予測されること、の2点が、コンクリート塀を刺激とした理由である。擁壁や橋脚と言ったよりスケールの大きいものに適用する場合は、そのスケール感に起因するバイアスが本実験結果発生する可能性があるが、本研究の仮説は定性的なものであり、コンクリート塀を用いて、被験者がイメージしやすいメリットを採るべきと判断した。

刺激画像は、想定している要因以外の影響を極力おさえるため、グレースケールで作成した。

b) 刺激画像（汚れ段階）

汚れ段階は図-1の横に並ぶような、4段階とした。本研究が対象とする汚れは、水だれ等により発

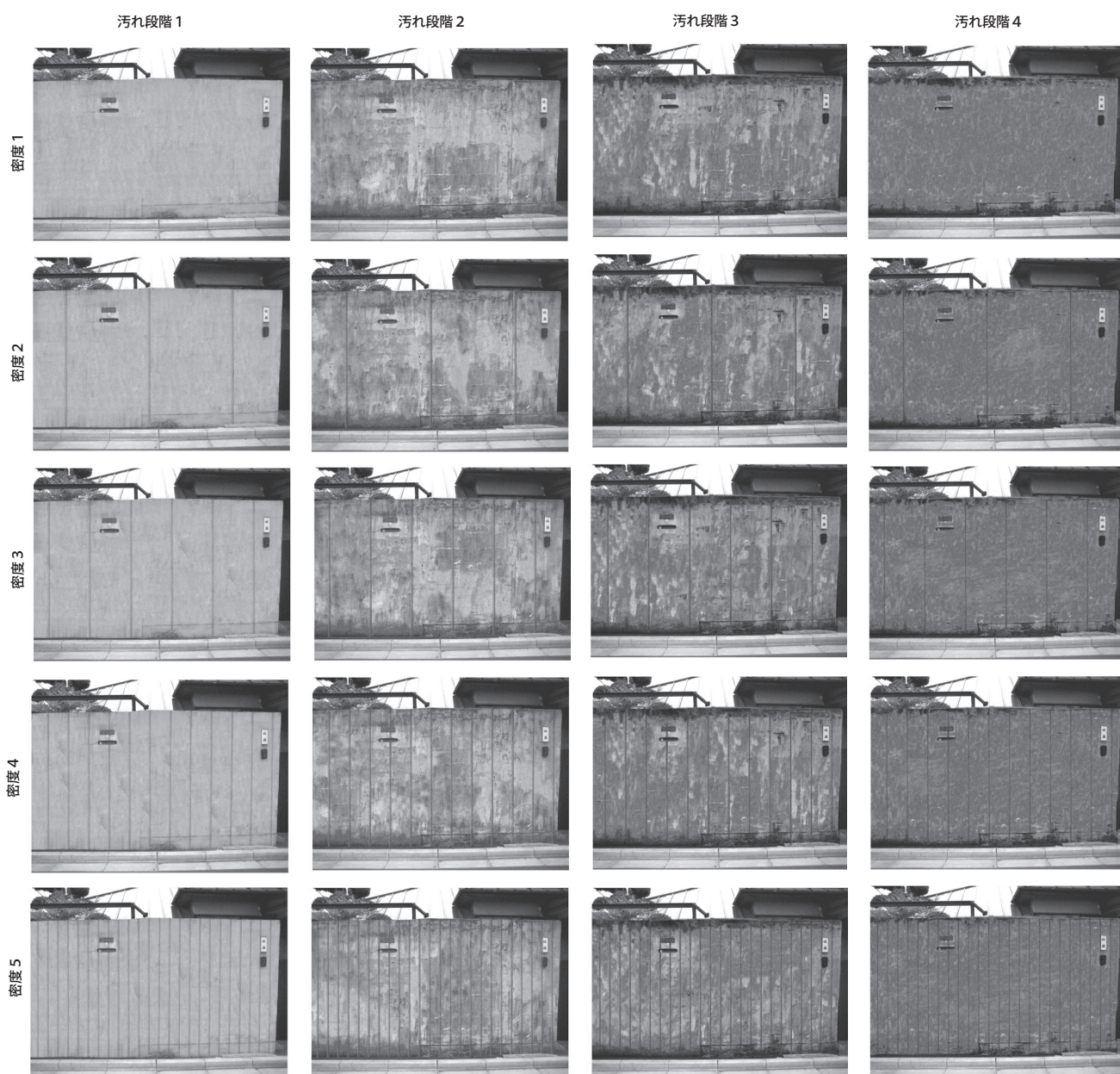


図-1 密度別視覚的評価実験の刺激

生する局所的な、図になりやすい汚れではなく、いわば、全体汚れであるが、それは、実際のコンクリート表面を観察すると、均一ではない。そこで、施工直後の状態から、汚れが付着しきり均衡している状態までを、実際のコンクリート表面を参考に、Adobe Photoshop である程度のムラを持たせて作成した。ムラの持たせ方は、同じ汚れ段階であっても、あえて同一のものとはしていない。本研究では、一対比較を行うので、全く同一の汚れを用いると、テクスチャだけが異なる刺激を一対比較するケースが発生し、テクスチャによる影響を試験していることに被験者が気づき、それに基づき系統的、機械的な回答をしてしまう可能性が高いと判断したことによる。すなわち、ムラのパターンによる、汚れの図になりやすさの違いが、本実験に与える影響よりも、全

く同一の汚れを刺激として、被験者が系統的機械的な回答をする影響の方が遙かに大きいと判断したためである。なお、各グレースケールのヒストグラムは、同一の汚れ段階においては、概ね一致するように、濃い汚れから薄い汚れまでのムラを作成している。

c) 刺激画像（表面テクスチャ）

表面テクスチャの作成においては、実際のコンクリートのスリット写真から合成し作成した。図-1で縦に並んでいるように、ラインの密度を変え4種類作成し、ラインの無いものもあわせ5種類の表面テクスチャを刺激とした。また、密度の濃いものはスリットを細くすることにより、スリットの総面積を概ね同じになるよう調整している。

以上の汚れ程度4段階、テクスチャ密度5種類の合計20の刺激を作成した。

表-1 密度別視覚的評価実験による評価値 (汚れ段階1)

評価値	密度1	密度2	密度3	密度4	密度5
段階1	-4.8	-1.093	-1.089	2.7477	4.2344

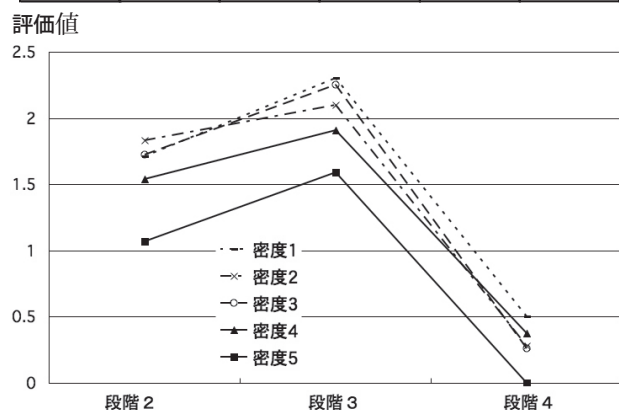


図-2 密度別視覚的評価実験による評価値 (汚れ段階1を除く)

d) 手続き

被験者に対し2つの刺激画像を同時に示し、「2つのコンクリートの塀のうち、汚れが汚らしいと感じる方を答えてください」という指示のもと、20の刺激画像の総当たり190対を休憩を取りながら比較してもらった。刺激の呈示は、13インチの画面のノートパソコンを用いた。こちらから出向いて試験を行える被験者側の利便性を考えてのことである。なお、画面が小さくて見えづらいといった被験者の反応はなかった。対にした刺激画像をランダムな順序で被験者に提示し、右か左で答えてもらった。なお、被験者30名は、全て東北大学の学生であり、偏りがあるが、こうした基本的な認識には、年齢による大きな偏りはないと考えている。

(3) 解析方法と結果

実験で得られた、一対比較の結果を、確率論的に数値化する基礎的な方法であるサーストンの比較判断の法則⁴⁾を用いて評価値を求めた。本実験では「汚らしい方」を選ばせているが、計算に当たっては、汚らしい方が値が小さくなるよう正負を逆転させ、評価値が低いほど「汚らしい」ことを意味する。

なお、汚れ段階1の汚れは、どの密度においても、全ての他の刺激に対し完全に、汚らしくないと評価されたため、確率分布の重なりから評価値を算出するサーストンの比較判断の法則⁴⁾を用いることが出来ないため、汚れ段階1を分離して計算し、汚れ段階1のみ独立して、別途、評価値を算出している。

表-1は、汚れ段階位置のみ別途算出した評価値を、図-2は、評価値を汚れ段階2～4の表面テクスチャ別の折れ線グラフで示したものである。特に汚れ段階2や3においては密度の高い表面テクスチャで評価が上がっていることが明らかとなった。

表-2 形状別視覚的評価実験による評価値 (汚れ段階1)

評価値	縦線	横線	斜線	クロス	斜めクロス	ブロック
段階1	-0.43	-2.40	4.67	-1.30	-0.43	-0.11

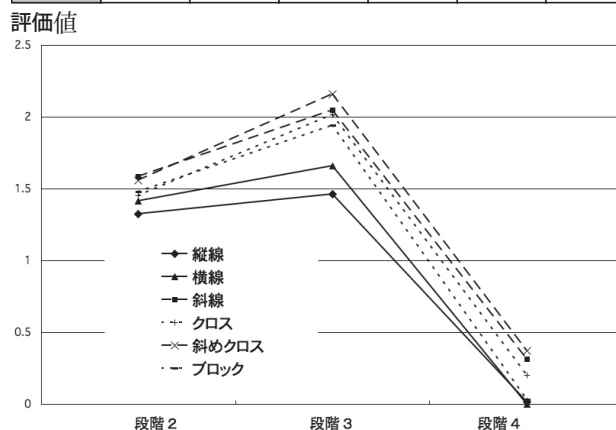


図-4 形状別視覚的評価実験による評価値 (汚れ段階1を除く)

3. 形状別視覚的評価実験

(1) 実験の目的

ラインの密度別での評価の傾向をつかむことができたので、次に同じラインの密度での形状別の視覚的評価の違いを比較する。表面テクスチャの形状の違いにより、汚れ評価に差がでるのならば、なるべくシンプルなもの同士を比較した方が表面テクスチャの形状の特徴と汚れ評価との傾向はつかみやすく、基礎的な知見が得られるものと考え、シンプルな形状に的を絞って実験を行った。

(2) 実験方法

a) 刺激画像

シンプルな形状の中で、テクスチャとして一様であること、現実離れしていないことを考慮し、図-3の縦に並ぶ6種類の表面テクスチャを、刺激として選定した。刺激画像は、前章と同じ住宅地のコンクリート塀を題材に、形状別6種類の表面テクスチャと、汚れ程度は、前章と同じ4段階で、図-3の横に並ぶような刺激を作成し、合計24の刺激画像を用いた。なお、刺激に含まれるスリットの総面積が、各表面テクスチャ形状で概ね同じになるように、スリット幅を調整している。また、これも前章と同様、刺激画像はグレースケールで作成した。

なお、表面テクスチャは、その水みち、ひいては水だれをも規定するため、実現象としては、テクスチャの違いによって、汚れ方も異なってしまう。しかしながら、本研究の主眼は、仮説の検証にあること、また、水みちに起因する局所的な汚れは対象としていないことから、刺激作成において、様々な表面テクスチャごとに、水みちに起因して発生する汚れ方の違いは考慮せず、刺激を作成している。

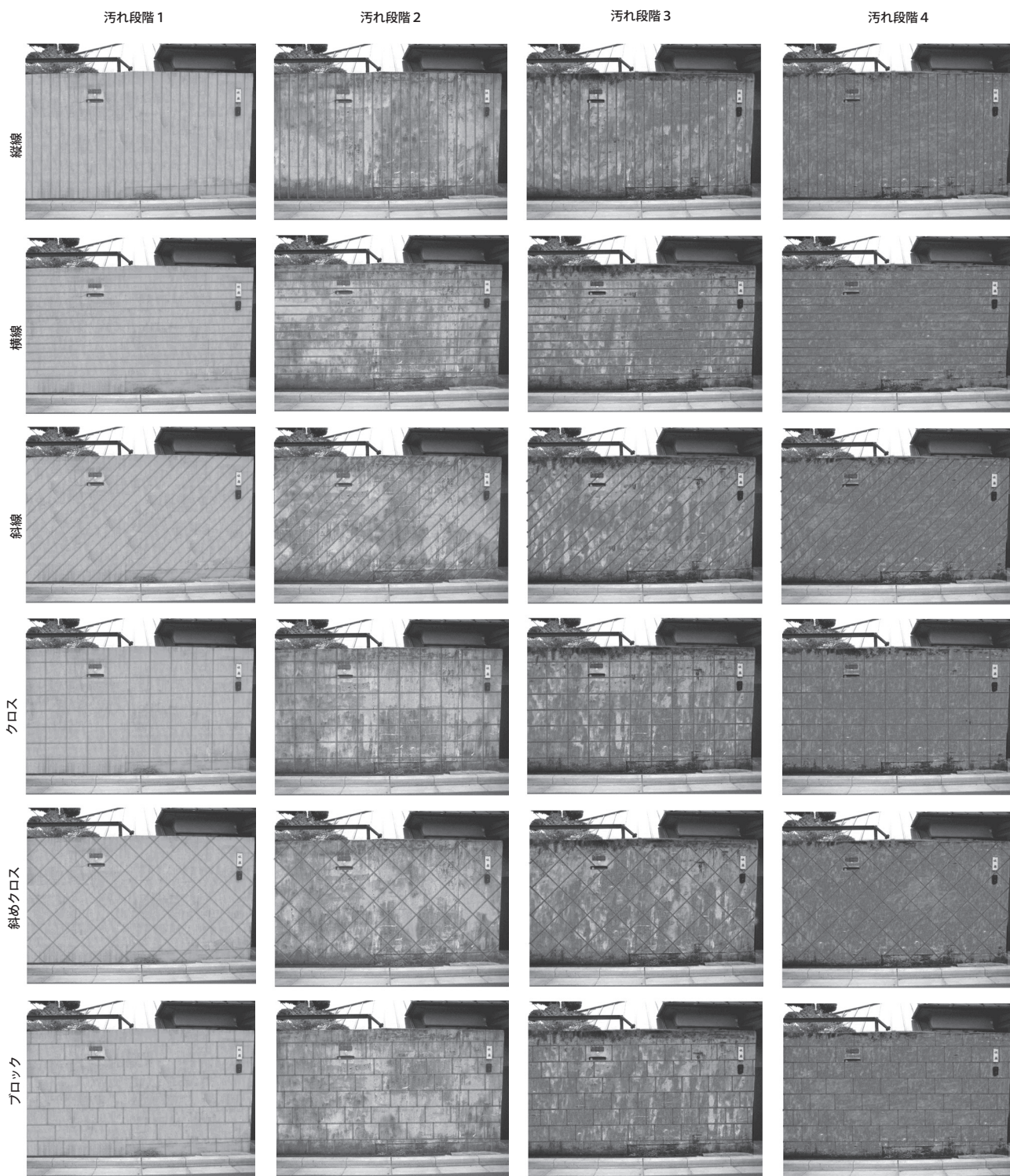


図-3 形状別視覚的評価実験の刺激

b) 手続き

基本的な実験の手続きは、前章と同様である。なお、被験者の負担を軽減すること、また結果が明らかことから、汚れ段階1の刺激画像とその他の汚れ段階の刺激画像の対にあたる108対は省略した。

被験者30名は、全て東北大学の学生である。前章と同様に、この実験も被験者に偏りがあるが、こうした基本的な認識には、年齢による大きな偏りはないと考えている。

(3) 解析方法と結果

得られた一対比較から、前章と同様、汚れ段階1を分離した上で、サーストンの比較判断の法則⁴⁾を用いて評価値を求めた。図-4は汚れ段階2～4の表面テクスチャ別の折れ線グラフである。汚れ段階1の中での比較により求められた評価値は表-2に示す。ほぼ全ての汚れ段階において縦線・横線での評価が良く、斜めのラインが入った2つの評価は悪くなっていることが解る。

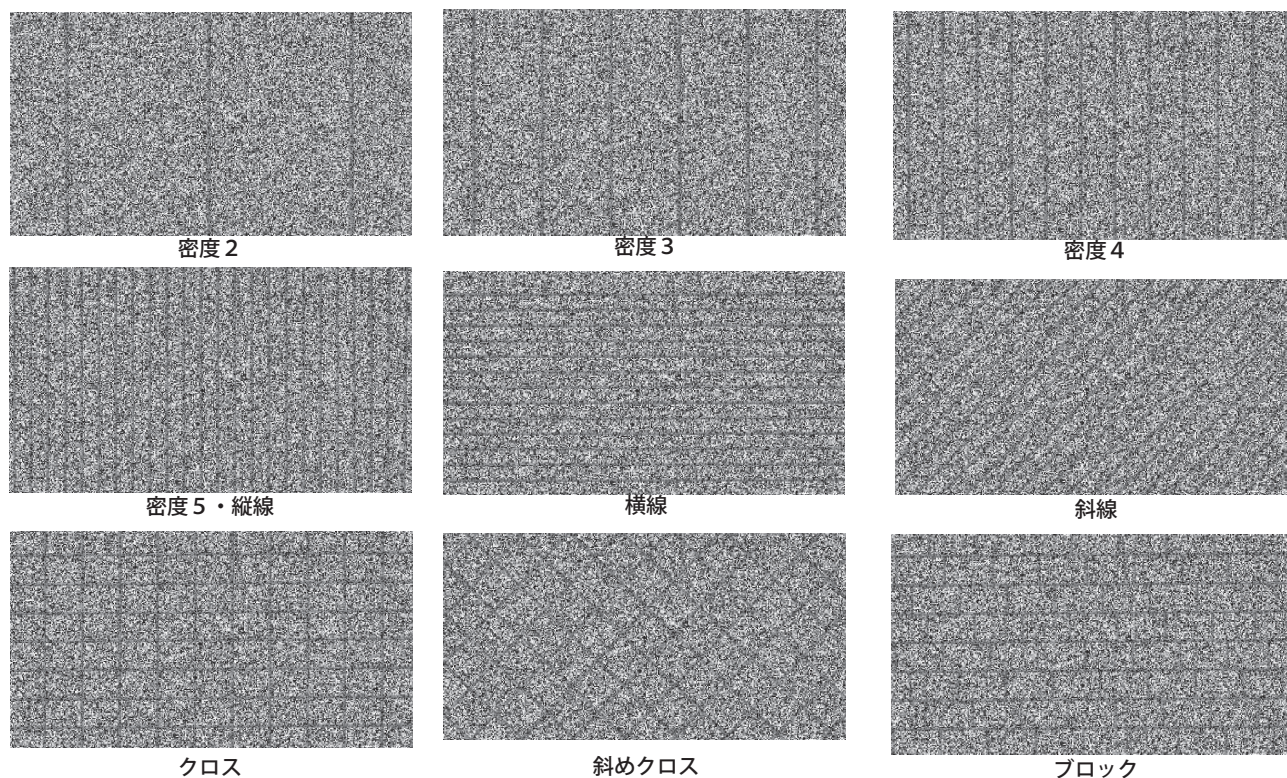


図-5 図になりやすさ測定実験の刺激

4. 図になりやすさの測定実験

(1) 実験の目的

前章までの実験で、汚れ段階別に、様々な表面テクスチャ形状の汚れ評価を実験的に計測できた。ここでは、この実験的な計測結果を、本研究の仮説である「表面テクスチャの図になりやすさ」がその要素となるのかの検証を行った。すなわち、表面テクスチャの図になりやすさを他の要因の影響がない形で測定し、それと、前章までの結果、コンクリート汚れの視覚的評価との関係を明らかにすることを試みた。具体的には、前章までの実験で用いた、表面テクスチャを妨害画像に重ね、どちらが、一体のものとして、すなわち図として見えるかを直接、実験的に測定する。

(2) 実験方法

a) 刺激画像

表面テクスチャとしての図になりやすさを測定するため、視覚的評価実験で用いたコンクリート堀と同じ縦横比のフレームを表面テクスチャと一体となるように作成し、さらに妨害画像として、白と黒の点をランダムに配置したいわゆる砂嵐画像に重ねて、図-5に示すような刺激とした。これによって、無作為の背景に対しどの程度図になりやすいのかが、純粋に計測できると考える。

b) 手続き

「砂嵐の画像の中に左右2種類の模様があります。フレームを含めその模様を一体の物として捉えたとき、砂嵐のなかでもより目立って見える方を答えてください」という指示のもと、9つの刺激全ての一対比較を、被験者30名にしてもらった。

被験者30名は、全て東北大学の学生である。前章までと同様に、この実験も被験者に偏りがあるが、こうした基本的な認識には、年齢による大きな偏りはないと考えている。

(3) 解析方法と結果

前章までと同様、サーストンの比較判断の法則⁴⁾を用いて評価得点を求める。図-6は表面テクスチャの密度別視覚的評価実験で用いた4種類を、図-7は表面テクスチャの形状別視覚評価実験で用いた6種類を、それぞれ図になりやすさと汚さの評価値との散布図で表したものである。

5. 仮説の検証

本研究の仮説が正しいとすると、図になりやすいと評価が高いということであるので、図-6,7の様な散布図では、右下がりの分布が得られるはずである。そこで、本章では、この二つの散布図を元に、仮説の検証を進めていく。

(1) 表面テクスチャの密度別汚れ評価と図になりやすさ

図-6を見ると、全体の分布は決して右下がりとはなっておらず、汚れ段階が、汚れ評価の全体を、殆ど支配していることが見て取れる。しかし、汚れ段階別に見れば、密度3と4で微妙な逆転はあるものの、どの汚れ段階でも、大まかには、右下がりの傾向が見て取れる。これは、少なくとも、今回の刺激の組合せにおいては、大まかな傾向がある以上、仮説は棄却されておらず、図になりやすさが評価に影響を及ぼしていることを示しているものと考えられる。

(2) 表面テクスチャの形状別汚れ評価と図になりやすさ

図-7でも同様に、全体の分布は右下がりとなっておらず、表面テクスチャの形状別に見ても、汚れ評価は汚れ段階が支配していることが見て取れる。

汚れ段階別で見ても、6種類全体では明確な傾向は見えて取れないが、「縦線」、「横線」、「斜線」という、線が一方方向のみで作られている類似の表面テクスチャだけを見れば、明確に右下がりになっている。一方、複数の方向の線からなる、「クロス」、「斜めクロス」、「ブロック」については、「クロス」、「斜めクロス」という類似の二種類については、右下がりになっている。

以上のことから、類似の形状においては、仮説が支持される結果が得られている一方で、形状が大きく異なると、図になりやすさと無縁に評価が決まっていることを示している。このことは、本研究の示した仮説が、成立するとしても、今回用いた刺激のように、線の向きが単数か複数かと言った形状が大きく異なれば、その形が持つ印象の影響等の方が、図になりやすさよりも強く汚れ評価に影響する要因であることを示唆していると考えられよう。

7. 結論

以上のように、コンクリート表面の、汚れの視覚的評価では、図になりやすい表面テクスチャの方が良くなるという仮説を、条件によっては確かめることができた。

特に縦線のみで構成されるテクスチャでは、今回刺激として用いた範囲の密度では、密度が高い方がより図になりやすく、そして、汚れの視覚的評価も高くなった。また、類似の表面テクスチャ形状であれば、図になりやすいものの方が、汚れの視覚的評価も高いことの一端が明らかとなった。

こうした効果は、本研究で行った実験の中でも、汚れ段階の方が明らかに評価への影響は強いもので

↑図になりやすい

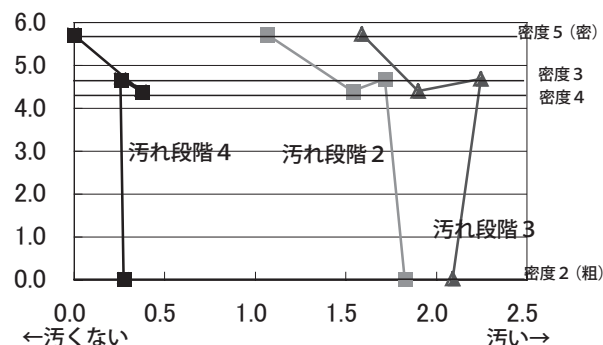


図-6 図になりやすさと汚れ評価の関係：密度別

↑図になりやすい

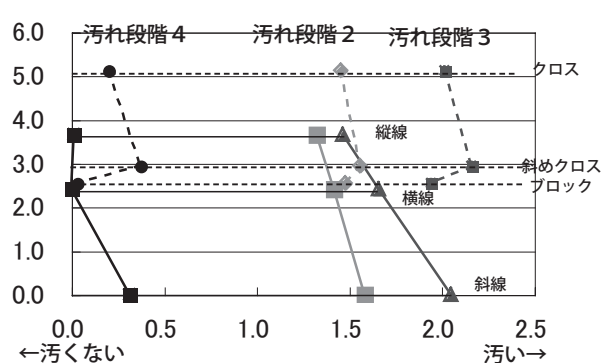


図-7 図になりやすさと汚れ評価の関係：形状別

あったし、表面テクスチャの形状が大きく異なると、単純に、「図になりやすさ」のみによって評価が決まらないという限界も明らかになったと考える。

今後、同様の知見を蓄積することにより、単に圧迫感を軽減するという、完成時の視覚的効果を狙ったデザインのみならず、同時にそのコンクリート表面のエージングまでを配慮したデザイン方法論への展開を行っていく必要があると考える。

参考文献

- 1) 橋高義典：コンクリート美しく老いさせる《コンクリートの美学考》、セメントコンクリート No.570, pp.131-135, 1994
- 2) 冬川一宏、窪田陽一：コンクリート表面の汚れパターンの視覚的評価に関する実験的研究、土木学会論文集 IV, No.562/IV-35, pp.97-107, 1997
- 3) Grossi, C. M., Brimblecombe, P., "Aesthetics of Simulated Soiling Patterns on Architecture" Environmental Science & Technology, Vol.38, No.14, pp.3971-3976, 2004
- 4) 田中良久：心理学的測定法、第2版、東京大学出版会、1997
- 5) 朝野熙彦：入門多変量心理学の実践 第2版、講談社、2000

(2008. 4. 11 受付)

Visual Evaluation of Concrete Soiling Focused on Tendency to Be Figure

Katsuya HIRANO, Shunsuke SATO

At this study, the hypothesis was proposed as “high tendency to be figure of the surface texture increase visual evaluation of soiled concrete.” where the surface texture was defined as some line on the concrete surface formed by slits or joints. To verify this hypothesis, two psychological experiments were introduced.

One is the visual preference test for soiled concrete surface with various surface textures. Another one is the experiment for the tendency to be figure of each various surface texture. Thorough these two experiments, It is found that surface texture with high density of lines has high tendency to be figure and high preference within similar texture pattern. This fact means that new possibility of design methods against soil with controled surface texture are suggested.