

ヒトの高次感性を含む主観的画質評価：評価に寄与する物理要因の解明

饗庭 絵里子[†] 沼田 晃佑[†] 藤澤 隆史^{††}
 長田 典子[†](正会員)

[†] 関西学院大学大学院

^{††} 長崎大学

あらまし 本研究の目的は、ヒトの高次感性を含む主観的画質評価が、画質に関連するどのような物理要因によって影響を受けるのかを明らかにすることである。近年、デジタルカメラの普及が目覚ましく進み、手頃な製品であったとしても、撮影シーンに応じて様々な処理を自動的に施すような製品が広く流通している。しかしながら、どのような物理要因の変化が、画質に対して「美しい」「好き」「よい」と感じるようなヒトの高次感性を含む主観的画質評価に影響を及ぼすのかについては、明らかになっていない。本研究においては、代表的かつ定量的に変化させることが可能な物理要因である「ノイズ」「明度」「彩度」「コントラスト」「シャープネス」を用い、それらがヒトの高次感性を含む主観的画質評価に及ぼす影響について検証した。その結果、本実験で用いられた物理要因のうち「ノイズ」「明度」「コントラスト」が高次感性を含む主観的画質評価を向上させるために重要な物理要因であることが示された。

キーワード：画質, 主観評価, 感性, 物理要因, デジタル画像

Summary The purpose of this study is to identify the physical factors affecting subjective image-quality assessment which considers *kansei*. In recent years, digital cameras have become extremely popular. Most of the digital cameras have the function to change automatically physical parameters of pictures in response to the scenes, even if the cameras are not so expensive one. However, it has not been identified what change of physical factors influence the subjective image-quality assessment which includes *kansei*. In this study, five typical physical factors, i.e. noise, luminance, saturation, contrast, and sharpness, are treated as experimental factors. These physical factors are common and quantitatively varied easily by using general image processing software. We investigated the effect of these physical factors on subjective image-quality assessment which includes *kansei*. The results of two experiments showed that "noise", "luminance" and "contrast" may be important physical factors to an enhancement in the subjective image-quality assessment which includes *kansei*.

Key words: Image quality, Subjective assessment, *Kansei*, Physical factor, Digital image

1. はじめに

デジタルカメラの普及が目覚ましく進み、手頃な製品であったとしても、撮影シーンに応じて様々な処理を自動的に施すような製品が広く流通している。しかしながら、どのような物理要因のどのような変化が、画質に対して「美しい」「好き」「よい」と感じるようなヒトの高次感性⁶⁾に影響を及ぼすのかについては、明らかになっていない。デジタル画像の総合的な画質評価を高めるた

“Subjective Image-Quality Assessment Based on Psychological Measurement:

Identification of Physical Factors Related to Assessment” by Eriko AIBA, Koyu NUMATA, (Graduate School of Kwansei Gakuin University), Takashi X. FUJISAWA, (Nagasaki University), and Noriko NAGATA, (Member) (Graduate School of Kwansei Gakuin University).

めには、これらを明らかにすることが必要不可欠である。本研究においては、代表的かつ定量的に変化させることが可能な物理要因である「ノイズ」「明度」「彩度」「コントラスト」「シャープネス」を用い、それらがヒトの高次感性に及ぼす影響について検証した。

一般に高画質であると定義される画質に欠かせない物理要因として、歪みやノイズが少ないことがあげられ、デジタルカメラの品質をアピールする際にも重要視される点のひとつである。その一方で、歪みによって画質が高まったと評価される場合があること¹⁾、画像にノイズを付加することによって、被写体の質感がより忠実に再現されていると知覚する傾向にあることも明らかになっている²⁾。つまり、ヒトが「よい」と評価するための指標として、歪みやノイズの量が必ずしも最適であるとは限らないのである。また、色再現についても、実際の色より彩度が高い場合に、より実物に近いと評価されることが報告されている³⁾⁻⁵⁾。従って、ヒトの高次感性を考慮する場合、実物に近い色であることが、評価の指標として最適であるとも言い難い。デジタル画像の総合的な画質評価を高めるためには、ヒトの高次感性を含む主観的な画質評価モデルを構築する必要がある、これを達成するためには、どのような物理要因が画質評価に対してどのような影響を及ぼすのかを明らかにする必要がある。また、ディスプレイやプリンタの性能、あるいは符号化方式に関わる画質評価を行うための研究は非常に盛んに行われているものの、「美しい」「好き」「よい」といったヒトの高次感性を含むデジタル画像のための主観的画質評価についての研究は見当たらない⁷⁾⁻⁹⁾。

そこで、本研究においては、デジタル画像の総合的な画質評価向上に向け、ヒトの高次感性を含む主観的画質評価が、画質に関連するどのような物理要因によって影響を受けるのかを2つの心理実験によって検証することとした。

なお、本研究は企業との共同研究であり、高次感性をさらに豊かに喚起する画質とはどのようなものであるかをモデル化することで、新たなデジタルカメラの開発に役立てることを最終目標としている。従って、シーンの違いによる画質評価への影響できるだけ排除し、画質評価に関して信頼性があり、しかも現実世界における有用性を併せ持つ知見を得ることを目指している。

2. 先行研究

画質とは画像の品質を意味しており、その評価には人間の心理的な要因や感性が深くかかわっている。従って、総合的な画質評価を行うためには、例えばノイズ量・彩度・明度などの物理要因と、それら进行操作することによ

って影響を受ける鮮明感・明るさといった心理要因との関係や、嗜好・美しさといった高次感性との関係を明らかにし、高次感性を含む主観的画質評価モデルを構築する必要がある。

アナログ画像あるいはディスプレイやプリンタの性能向上に向けた画質評価モデルの構築については、歴史も長く、数多く行われてきているが⁷⁾⁻⁹⁾、それに比べてデジタル画像の主観的な画質評価モデル構築については、まだまだ数が少ないのが現状である。また、デジタル画像は極めて多様な媒体で提供されるものであることから、デジタル画像そのものに関して、主観的な画質評価モデルを構築することが、総合的な画質評価を向上させるために必要不可欠である。

また、画質評価に関する研究には、大きく分けて二種類のアプローチ方法がある。ひとつは物理量の測定に基づく客観的評価法であり、もうひとつは心理物理学的手法に基づく主観的評価法である⁵⁾。

前者については、JPEG や MPEG などの圧縮された画像に対する画質評価やその評価に最適な物理量の解明に関する研究が特に盛んに行われている他、医用画像の画質向上を目的とする画質評価システムの構築も非常に多く行われており、これまでに輝度コントラストや変調伝達関数、ノイズ量といった様々な評価指標を用いた評価理論が数多く提唱されている¹⁰⁾⁻¹³⁾。

後者については、質感や色の忠実度に対する記憶の影響を見出したものや、SD (semantic differential) 法を用いた画質評価に影響を与える心理要因の抽出によって「鮮鋭さ」や「明るさ」といった因子の画質評価への影響を明らかにしたものがある^{2),3),14),15)}。

両者とも、最終的には客観的評価と主観的評価の統合を目指すものが主であるが、物理要因と高次感性との関係については、ほとんど扱われていない。これには、高次感性を含む画質評価が、刺激コンテンツ(シーン)に左右されがちであるという大きな問題があることが、ひとつの原因となっていると考えられる。結果の信頼性の観点からは、できるだけシーンに依存しない汎用的な刺激を選ぶべきである一方、高次感性といった複雑な情動を喚起するためには、それに相応しい高次の刺激コンテンツの呈示が不可欠である。

そこで、可能な限りシーンに依存しない画質評価に寄与する物理要因を求めるため、約1万枚の画像を収集して、事前にそれらの画像をカテゴリ化した上で代表的なものを選定したり、予備実験として行った因子分析によって、シーンのみならず「画質」評価への寄与が大きいことが示された「好き」「よい」「美しい」を評価語に採用したり、実験参加者らに「画質」について評価する

よう特に要求するなどの様々な工夫を行った。

その上で全シーンに共通して示された現象を観察することによって、画質評価に関わる物理要因が高次感性にどのような影響を与えるのかを検証し、高次感性を含む主観的画質評価モデルの構築のための足がかりとすることとした。

3. 画質評価に影響を及ぼす物理要因

画質評価に影響を及ぼす物理要因には、ノイズ、色彩、階調、テクスチャなど、様々なものがあり、全ての要因について網羅的に検証を行うことは不可能である。そこで本研究においては、そういった物理要因の中でも、特に様々な分野における画質評価で指標とされているノイズ量に着目し、ノイズ量の変化が主観的画質評価にどのような影響を及ぼすのかを観察するための実験を行った。続いて、代表的かつ定量的に変化させることが可能である明度、彩度、コントラスト、シャープネスの4つの物理要因に注目し、それら进行操作することが総合的な画質評価にどのような影響を与えるのかを検証する実験を行った。

ノイズは、他の要因と別に操作されることや、実験規模の拡大を防ぐため、他の要因とは別に実験を行った。

4. 実験 I: ノイズと画質評価との関係

ノイズの存在は画質を低下させる要因のひとつであると考えられる一方で、プロの写真家や写真を愛好する人々の中には、デジタルカメラで撮影した画像に対し、自分の好みに応じたノイズを付加することがよくある。このことは、様々な画像処理ソフトウェアに、ノイズ除去機能とともにノイズ付加機能が備わっていることから明らかである。

そこで、本研究においては刺激画像にノイズを付加することにより、高次感性に関わる要因である「美しい」「好きな」という画質評価項目がどのように変化させるかを心理実験により検証することとした。「美しい」「好きな」という画質評価項目は、因子分析を用いたプレ実験において、第一主成分として抽出された形容詞であり、画質評価との関連が強い形容詞であると考えられることから採用した。また、武末らによる先行研究においては、ノイズの付加によって、実物と画像との質感がより近づく場合があることが示唆されている²⁾。従って、本研究においても「リアルな」という評価項目を設定し、ノイズの付加による影響を観察することとした。

4.1 方法

4.1.1 実験参加者および使用機材

正常な視覚を有すると申告した年齢 20～40 代の男性 17 名および女性 3 名であった。



(a) 花



(b) 建築物

図 1 実験 I における各刺激画像の原画像
Fig. 1 Original images in the experiment I

実験は蛍光灯 (SANYO, FHF32EX-N) 下で行い、画像刺激は 2 台のディスプレイ (ナナオ, ColorEdge CG210) で提示した。2 台のディスプレイの輝度および階調特性は、分光色測計 (X-Rite, i1Pro) を用いて統一した。

4.1.2 刺激

刺激画像は、一般的に撮影される頻度が高いと考えられる「花」「建築物」「ポートレート」の 3 シーンであり、それぞれに対しノイズを付加したものと付加していないものを用意した。使用した刺激画像のうち「花」および「建築物」の原画像を図 1 に示す。「ポートレート」に関しては、肖像権の都合上、掲載を控えるが、構図は図 3 における (a) ポートレートとほとんど同じである。ただし、室内で花束の入った花瓶と一緒に撮影されている。

これらの刺激画像は、あらかじめカメラユーザがデジタルカメラで撮影した画像約 1 万枚を収集して、それらの画像をカテゴライズした上で代表的なものから選定した。また、刺激選定の際には、特定の地名・人名・建造物など実験参加者によって固有の感情が喚起されそうな画像は対象から外した。ノイズの種類は表 1 に示す通り、ノイズ強度 2 種類 (強・弱) に対しノイズ帯域 3 種類 (高周波・中周波・低周波) を組み合わせた計 6 種類となり、ノイズ条件は全部で 7 条件となった。

表1 ノイズ条件
Table 1 Characteristics of noises.

		ノイズ帯域		
		高帯域 (H)	中帯域 (M)	低帯域 (L)
ノイズ強度	強 (S)	SH	SM	SL
	弱 (W)	WH	WM	WL
	ノイズなし		N	

4.1.3 ノイズ付加方法

ISO 感度を変えて撮影した場合と同じノイズ量の変化が得られるようなノイズ付与加工を行った。

ISO 感度を上昇させるとノイズ量は増加するが、同時に解像度の低下が生じる。そこでまず、ノイズ強度を変化させるために ISO 感度 100 で撮影した画像に対して、ISO 感度 800 あるいは 1600 で撮影した画像に相当するノイズをシミュレートして付与し、そこから ISO 感度 100 で撮影した画像との差分をとることによって、強度の異なるノイズ成分のみを抽出した。そして、抽出されたノイズだけの画像に対し FFT (Fast Fourier Transform) を行い、任意の空間周波数成分を分離することでノイズ帯域を調整し、再度 ISO 感度 100 で撮影した画像にそれらのノイズをそれぞれ付加した。

4.1.4 実験手順

実験手法には Scheffe の一対比較法¹⁶⁾を用いた。画像刺激は同じシーンの 7 つの中から 2 つがランダムに選択され、それぞれ 1 つずつ左右 2 台のディスプレイに提示された。実験参加者は、左右のディスプレイに提示された 2 つの画像刺激を「リアルな」「美しい」「好きな」という 3 項目について比較し、6 段階 (1. 非常にこちら (ディスプレイ左の画像), 2. こちら, 3. ややこちら, 4. ややこちら, 5. こちら, 6. 非常にこちら (ディスプレイ右の画像)) で評価した。回答は用紙へ記入してもらった。実験参加者には、シーンに依存することなく「画質」について評価するよう念を押した。画像刺激の組合せは、1 シーンあたり 21 組であり、1 シーンにつき 3 項目について回答を行ったことから、実験の総試行数は 3 シーンで 189 試行となった。実験結果は中屋の変法¹⁷⁾を用いて解析した。実験時間は、一人当たり平均 15 分程度であり、特に要望のない限り休憩をはさまずに行った。

4.2 結果

それぞれの画像の感覚尺度値を評価項目ごとに図 2 の (a)(b)(c) に示す。図中の横軸は Scheffe の一対比較法を用いて求められた感覚尺度値を示しており、ダイヤは各ノイズ条件を表わしている。これらの結果に対し、ヤードスティックの区間値を求めた結果、有意水準 5% で有意差がある区間値以上に離れていた条件間のうち、最小の区間を実線のアームで結び、その上に「*」を記して

いる。また、有意水準 1% で有意差がある条件間は「**」を記した。従って、アームの外にある条件同士にも有意差がある。例えば、花の画像における「美しい」という評価項目における N 条件は、SM 条件と有意水準 1% で有意差があると同時に、SL 条件とも有意水準 1% で有意差がある。

全画像に関して、強い低周波数ノイズ (SL) が付加されている画像の評価がノイズなし (N) に比べて有意に低かった。花の画像は、「美しい」と「リアルな」の評価項目に関して、強い中周波数ノイズ (SM) が付加されている場合も、ノイズなし (N) に比べて有意に評価が低かった。また、ポートレート画像は、「美しい」と「好きな」の評価項目に関して、弱い低周波ノイズ (WL) が付加されている場合も、ノイズなし (N) に比べて有意に評価が低かった。

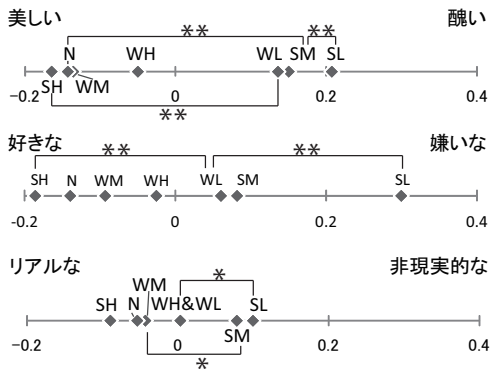
しかしながら、ノイズ付加条件よりもノイズなし (N) 条件の方が有意に評価が低い場合も見られた。建築物およびポートレート画像の「リアルな」という評価項目に関しては、ノイズを付加された画像であっても、強い低周波ノイズ (SL) 条件を除く全てのノイズ付加条件において、ノイズなし (N) より有意に評価が高かった。

4.3 考察

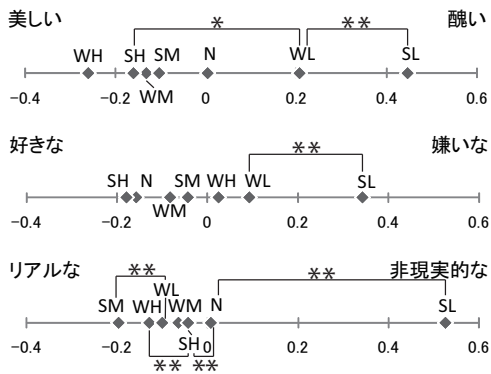
全てのシーンに関して、強い低周波数ノイズ (SL) を付加した条件で、ノイズなし (N) よりも有意に評価が低かったことから、多くの粗いノイズが付加されている場合には、シーンによらず「非現実的な」画質であり、「醜い」かつ「嫌いな」画質であると評価されることが明らかになった。

「美しい」と「リアルな」の評価項目に関して、花の画像においては強い中周波数ノイズ (SM) が付加されている場合も、ポートレート画像においては弱い低周波ノイズ (WL) が付加されている場合も、ノイズなし (N) に比べて有意に評価が低かった。これらシーンによる違いは、被写体の質感に依存していることが考えられる。つまり、一定のノイズ量よりも多く粗いノイズが付加されている場合には、被写体の質感によらず総合的に画質評価が下がるが、被写体の質感によって画質評価に影響を与えるノイズの種類が異なる可能性があるかと推察される。

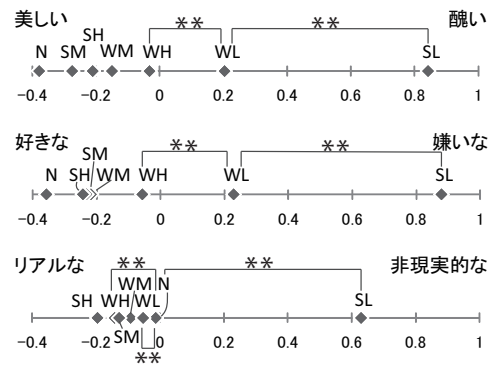
しかしながら、ノイズの付加は主観的画質評価を下げるばかりではないことも示された。建築物およびポートレート画像の「リアルな」という評価項目に関しては、強い低周波ノイズ (SL) 条件を除く全てのノイズ付加条件において、ノイズなし (N) より有意に評価が高かった。このことは、必ずしもノイズの付加が、画質のリアルさを減少させるとは限らないということを示しており、ノイズの付加によって、実物と画像との質感がより近づく



(a) 花



(b) 建築物



(c) ポートレート

図 2 実験 I における各刺激画像の感覚尺度値

Fig. 2 Psychological scale levels in the experiment I

* $p < .05$, ** $p < .01$

し(N)画像とノイズあり画像間に有意差がないものが多くあることを考えると、ノイズの付加によってこれらの評価が有意に下がるわけではないということが言える、従って、たとえノイズを付加した画像であっても、「リアル」かつ「好き」で「美しい」画質が実現されることが明らかになった。

以上のことから、ある一定のノイズ量を超えると、どのようなシーンであっても総合的に主観的画質評価は下がるが、ノイズの付加によってさらに高次感性を含む主観的画質評価の向上が期待できるシーンも多く存在する可能性が示された。

5. 実験 II : 4 つ物理要因と画質評価との関係

実験 I の結果より、たとえノイズが付加されたとしても「リアルな」という評価や「好きな」「美しい」といった高次感性における主観的画質評価が、必ずしも下がるわけではないことが明らかになった。しかしながら、画質評価に影響を及ぼす物理要因には、他に色彩、階調、テクスチャなど、様々な要因が存在する。これらを網羅的に検証することは、実験の規模が大きくなりすぎるため、実験参加者らに過度の負担を強いることとなることから不可能である。そこで、本実験においては、そういった物理要因の中でも代表的かつ定量的に変化させることが可能であり、一般的な画像処理ソフトによって容易に変化させることができる明度、彩度、コントラスト、シャープネスという 4 つの物理要因を操作し、それらが「良い・好きな」という嗜好性で表される高次感性を含む主観的画質評価にどのような影響を及ぼすのかを観察した。

5.1 方法

5.1.1 実験参加者

正常な視覚を有すると申告した年齢 20 代の男性 14 名および女性 3 名であった。

5.1.2 刺激

刺激には図 3 に示されている「(a) ポートレート」「(b) 鉄橋 (風景 1)」「(c) 城 (風景 2)」の 3 シーンを用いた。本実験においては、実験 I と同様にカテゴリ化したシーンの中から代表的なものを選定し、さらに色に影響を与える物理要因を変化させることから、より色彩豊かな刺激画像を用いることとした。また、シーンに関わりなく生じる要因とシーンに依存して生じる要因を、妥当な実験規模の範囲内で、ある程度見極めるために、風景のみ 2 種類の刺激画像を用意した。明度、彩度、コントラスト、シャープネスという 4 つの物理要因には、それぞれ表 2 に示す水準を設定した。これらの水準は、視覚的に不自然になり過ぎず、かつ順位づけが行える最低限の値を予備実験を行って設定した。

場合があることを示唆した武末らによる先行研究²⁾を支持するものである。本研究の結果からは、これに加え「美しい」と「好きな」という評価項目において、ノイズな

表 2 要因と水準
Table 2 Factors and levels.

要因		水準			
		明度	コントラスト	彩度	シャープネス
	明度	-12%	0%	12%	24%
	コントラスト	-12%	0%	12%	24%
	彩度	-12%	0%	12%	24%
	シャープネス	あり	なし	輪郭のみ	

ただし、これら 4 つの要因における各水準を単純に全ての組み合わせに対して実行した場合、192 (= 4*4*4*3) 枚の写真を比較しなければならない。このように膨大な数の写真を比較することは、評定時間や労力の手間も去ることながら、評定者への過度の負担により正確な評定ができなくなる可能性が高い。そこで、直交計画法であるコンジョイント分析を用いて、4 つの要因の各水準におけるパラメータを組み合わせることとした。この際、L18 直交表を用い、それぞれのシーンに対し 18 つの組み合わせを生成した。シャープネスのみ 3 水準に設定していたことから、ダミー法を用い、標準的な水準であると考えられるシャープネス「なし」を重複して割りつけた²²⁾。表 3 に生成された全ての組み合わせを示す。この結果に従い、Photoshop CS2 により 3 つのシーンを処理し、それぞれ 18 種類の評価画像を生成した。

本実験においては、各シーン 18 枚の画質を比較する必要がある (5.1.3 実験手順参照) ことから、ハードコピーを作成した。ハードコピーには、色空間の違いからカラーマネージメントの問題が生じるが、業務用プリンタ (ノーリツ鋼機, QSS-3502) を用いて写真用光沢紙に 2L 版で印刷し、差分を最小限に抑えた。

5.1.3 実験手順

作成された各シーン 18 枚の写真を十分な広さのある白い机に並べておき、実験参加者らに、それぞれシーンごとに「良い・好きな」画質だと思う順に並べるよう求めた。「良い・好きな」という画質評価項目は、実験 I と同様に、因子分析を用いたプレ実験において、第一主成分として抽出された形容詞から採用した。実験参加者らには、シーンに依存することなく「画質」について評価するよう念を押した。蛍光灯 (SANYO, FHF32EX-N) 下で行い、評価に用いた実験室の平均照度は 612 lx であった。評価の際は、影によって見え方に変化が生じることを防ぐために、立ち上がって全体を見渡すようにして評価するよう教示を行った。実験時間は、一人当たり平均 40 分程度であり、特に要望のない限り休憩をささずに行った。

表 3 コンジョイントカード
Table 3 Conjoint card.

	明度	コントラスト	彩度	シャープネス
1.	24%	0%	12%	輪郭のみ
2.	0%	-12%	0%	輪郭のみ
3.	24%	-12%	24%	シャープ
4.	24%	24%	-12%	なし
5.	-12%	0%	0%	なし
6.	12%	0%	24%	なし
7.	12%	-12%	12%	なし
8.	24%	12%	0%	なし
9.	12%	12%	-12%	輪郭のみ
10.	-12%	24%	24%	輪郭のみ
11.	0%	24%	12%	なし
12.	12%	24%	0%	シャープ
13.	-12%	12%	12%	シャープ
14.	-12%	-12%	-12%	なし
15.	0%	12%	24%	なし
16.	0%	0%	-12%	シャープ
17.	0%	-12%	-12%	なし
18.	12%	-12%	12%	輪郭のみ

表 4 要因の重要度
Table 4 Importances of each factor.

	明度	コントラスト	彩度	シャープネス	計
ポートレート	40.88	29.10	18.06	11.97	100
鉄橋	42.91	22.59	21.75	12.75	100
城	42.01	30.09	17.48	10.42	100

5.2 結果

5.2.1 要因の重要度

表 4 は、シーンごとに 4 つの要因の寄与率を重要度としてパーセンテージで示した結果である。重要度は、それぞれの要因に対する部分効用値 (各水準の寄与を表す係数) の分散を全ての部分効用値の分散で割った値から求められる。この値を各実験参加者に関してそれぞれ算出し、その平均を求めることによって、集団全体の相対的な重要度としている。従って、数値が高い要因ほど、それぞれのシーンにおいて重要な要因であることが示されている。

いずれのシーンにおいても「明度」「コントラスト」「彩度」「シャープネス」の順に重要度が高いと言える。中でも「明度」は他の要因に比べて突出して重要であることが示されており、実験に使用した「ポートレート」「鉄橋」「城」の写真の「良い・好きな」を評定する際に非常に重要な要因であるということが明らかになった。

5.2.2 部分効用値

図 4 は、実験 II の結果における要因ごとの部分効用値を示したものである。部分効用値とは、前述の通り、それぞれの要因に対する各水準の寄与を表す係数であり、1



図 3 実験 II における各刺激画像の原画像
Fig. 3 Original images in the experiment II

つの要因における各水準の部分効用値の和は 0 となる。本実験における部分効用値は、「良い・好きな」写真を選択する際にそれぞれの要因における各水準が及ぼす影響を表している。正の値は「良い・好きな」を促進する方向へ作用する水準、負の値は「良い・好きな」を抑制する方向へ作用する水準であることを意味する。

その結果、明度に関しては、全シーンにおいて 0% および 12% が「良い・好きな」を促進する作用がある水準であるとされた。コントラストは、全シーンにおいて高くなればなるほど「良い・好きな」を促進する作用があるとされた。彩度については、ポートレートと城画像において、彩度を下げた場合に「良い・好きな」を促進するとされたが、鉄橋画像については 0% が最も促進するとされた。シャープネスは、ポートレートと鉄橋画像において『処理なし』だけが「良い・好きな」を抑制する方向へ作用する水準であるとされたが、城画像に関しては『処理あり』だけが「良い・好きな」を抑制する作用がある水準であるとされた。

5.3 考察

全シーンにおいて「明度」「コントラスト」「彩度」「シャープネス」の順に重要度が高いことが示され、中でも「明度」は他の要因に比べ突出して重要であることが明らかになった。このことは、実験参加者らが「良い・好きな」画質を選ぶ際、明度を最も重要な判断基準としていたことを示唆している。

この最も重要度が高かった明度に関しては、全シーンに共通して -12% に下げた場合と 24% に上げた場合に「良い・好きな」を抑制する方向に作用していることが示された。逆に、0% と 12% では、全シーンに共通して

「良い・好きな」を促進する方向に作用している。従って、ヒトは主観的画質評価において、明度に対する嗜好性が最も強くあり、シーン毎に最適値があることが考えられるものの、明度が高すぎても低すぎても「良い・好きな」の評価が下がることが明らかになった。抑制および促進ともに、シーンによってピーク値が異なっているが、これらシーンに依存する細かな差異からシーン毎の最適値について考察を行うためには、全てのシーンに関して輝度ヒストグラムや色ヒストグラムを統一する必要があり、現実的に困難であると考えられるため、本研究においては行っていない。しかしながら、今後、シーン毎に明度などの変化に対する弁別閾を推定することで対応することを検討している。

コントラストは、明度に次いで重要度が高く、全シーンにおいてコントラストが高くなればなるほど「良い・好きな」を促進する作用があるとされた。当然のことながら、本実験において変化させられたコントラストの範囲は限られたものであり、さらにコントラストを高めれば「良い・好きな」を抑制されることが予想される。しかしながら、予備実験において視覚的に不自然になり過ぎず、かつ順位づけが行える値を採用したことから、コントラストは低いよりも高い方が「良い・好きな」画質であると評価される傾向にあると考えられる。

彩度およびシャープネスに関しては重要度も比較的低く、全シーンに共通する傾向も見られなかったことから、これらの物理要因についてシーンや個人の嗜好に依存しない一貫した傾向を見出すことは困難であった。

以上により、本実験に使用した 4 つの物理要因の中でも、特に「明度」が「良い・好きな」という高次感性を

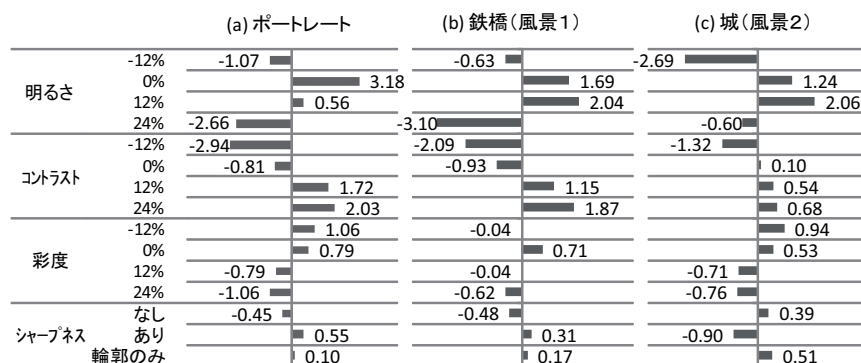


図4 部分効用値
Fig. 4 Part worths

含む主観的画質評価に影響を及ぼす物理要因であり、次いでコントラストの影響が大きいことが明らかになった。「良い・好きな」という、個人の嗜好が大きく反映させられるような高次感性を扱った場合でも、一定の傾向が見られたことは大きな成果である。これらを適切に操作することによって「良い・好きな」画質に対する主観的画質評価が大きく変化させられる可能性がある。

6. むすび

本研究においては、デジタル画像の総合的な画質評価向上に向け、ヒトの高次感性を含む主観的画質評価が、画質に関連するどのような物理要因によって影響を受けるのかを2つの心理実験によって検証した。

その結果、本実験で用いられた物理要因のうち「ノイズ」「明度」「コントラスト」が高次感性を含む主観的画質評価を向上させるために重要な物理要因であることが示された。

「好きな」「美しい」「良い」などといったヒトの高次感性は、個人の趣味嗜好が大きく反映させられるような要因であるが、以上3つの物理要因に関して一定の傾向が見られたことは大きな成果である。

一方、将来的に主観的画質評価についてのモデル構築を行うことを考慮すると、個人の趣味嗜好を完全に取り除くことは不可能である。実際に、文化的要因によって色彩嗜好が異なることを示している研究も多く存在することから^{19)~21)}、ヒトの属性の分類を含めたアプローチを行うことも重要である。

また、コンジョイント分析を用いた本手法によって、実験の試行数の爆発的な増大を防ぎつつ、それぞれの要因の傾向を検証することができたことから、今後、刺激画像の物理パラメータをより精緻に統一するなどして、さらに詳細な分析を行えるように発展させていきたい。そ

の上で、鮮明感、鮮鋭感、立体感といった比較的低次とされる心理要因と物理要因との関係についても検証し、これらと高次感性やヒトの属性といった情報を統合することで、それぞれのヒトの嗜好に最適な画質を見出すことのできる主観的画質評価モデルを構築したいと考えている。

参考文献

- 1) D. A. Silverstein and J. E. Farrell: "The relationship between image fidelity and image quality", Proceeding of IEEE International Conference on Image Processing, Vol.1, pp.881-884 (1996).
- 2) 武末直也, 青木直和, 小林裕幸: "画像の好ましい粒状感に与える記憶質感の影響: 記憶質感と現実との違い", 電子情報通信学会技術研究報告, 電子ディスプレイ, Vol.107(247), pp.5-8 (2007).
- 3) 横光, 増田倫子: "記憶された色の時間的変化", 日本色彩学会誌, Vol. 24, pp. 232-243 (2000).
- 4) M. Olkkonen, T. Hansen and K. R. Gegenfurtner: "Color appearance of familiar objects: Effects of object shape, texture, and illumination changes", Journal of Vision, Vol. 8(5), pp. 1-16 (2008).
- 5) 日本色彩学会(編): "新編色彩科学ハンドブック", 東京大学出版会 (1998).
- 6) 大山正, 今井省吾, 和氣典二(編): "新編感覚・知覚心理学ハンドブック Part2", 誠信書房 (1994).
- 7) 三橋哲雄: "画像の評価技術の動向 - 主観評価技術の動向 -", テレビジョン学会誌, 45(3), pp. 287-293 (1991).
- 8) 三宅洋一: "デジタルカラー画像の解析・評価", 東京大学出版 (2000).
- 9) 山本敏裕: "薄型ディスプレイの特性・画質評価技術", 映像情報メディア学会誌, 63(6), pp. 752-757 (2009).
- 10) Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh and E. P. Simoncelli: "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity", Ieee Transactions on Image Processing, 13(4), pp. 600-612 (2004).
- 11) X. Wu, X. Zhang and X. Wang: "Low bit-rate image compression via adaptive down-sampling and constrained least squares upconversion", IEEE Transactions on Image Processing, 18(3), pp. 552-561 (2009).
- 12) M. Pachoud, D. Lepori, J. F. Valley and F. R. Verdum: "Objective assessment of image quality in conventional

- and digital mammography taking into account dynamic range ", Radiation Protection Dosimetry, 114(1-3), pp. 380-382 (2005).
- 13) A. Peterzol, R. Padovani, E. Quai, E. Vano, C. Prieto and P. Aviles : "The application of image quality measurements for digital angiography ", Radiation Protection Dosimetry, 117(1-3), pp. 38-43 (2006).
 - 14) 中山剛, 井上文夫: "画質評価と多変量解析 ", テレビジョン学会技術報告, 17(3), pp. 1-8 (1993).
 - 15) 岸本純子, 金澤勝, 村上百合, 内田篤志, 金森克洋, 大澤健郎, 飯塚由紀, 山口雅浩, 羽石秀昭 and 大山永昭: "忠実な色再現映像システムにおける心理要因の抽出: SD 法を用いたナチュラルビジョンの主観評価 ", 電子情報通信学会技術研究報告, 103(353), pp. 1-4 (2003).
 - 16) 中前光弘, 田畑洋二, 大賀泰文, 角田充弘, 宇都文昭, 奥西孝弘, 越智保 前田要: "Scheffe の一対比較法による主観的評価法 ", 日本放射線技術学会雑誌, 52(11), pp. 1561-1565 (1996).
 - 17) 野澤昌弘, 飯田一郎, 椿広計, 芳賀敏郎, 鎗田政男, 吉澤正: "一対比較データにおける個人差の解析法について ", 品質, 25(3), pp. 81-89 (1995).
 - 18) 鈴木恒男: "好ましい肌色を規定する要因の解析: 記憶構造からのアプローチ ", 日本色彩学会誌, 21(1), pp. 25-33 (1997).
 - 19) A. Choungourian: "Color preferences and cultural variation ", Perceptual and Motor Skills, 26(3), pp. 1203-1206 (1968).
 - 20) 齋藤美穂, 富田正利, 向後千春: "日本の四都市における色彩嗜好 (1): 因子分析的研究 ", 日本色彩学会誌, 15(1), pp. 1-12 (1991).
 - 21) 齋藤美穂, 富田正利, 山下和幸: "日本の四都市における色彩嗜好 (2): クラスター分析によるライフスタイル特性の類型化 ", 日本色彩学会誌, 15(2), pp. 99-108 (1991).
 - 22) 安部季夫: "直交表実験計画法 ", 日科技連出版社 (1993).

(2011 年 4 月 12 日受付)

(2011 年 6 月 27 日再受付)

饗庭 絵里子



2004 年京都市立芸術大学音楽学部ピアノ科卒業。2009 年同大学大学院音楽研究科博士課程修了。同年より関西学院大学理工学研究科博士研究員。博士(音楽学)。専門は聴覚心理学, 音楽心理学, 認知心理学, 感性情報学など。日本音響学会, SfN, 音楽知覚認知学会, 各会員

沼田 晃佑



2009 年関西学院大学理工学部情報科学科卒業, 同年, 同大学院理工学研究科修士課程入学。専門は感性情報学など。

藤澤 隆史



1998 年関西大学社会学部卒業。2004 年同大学大学院総合情報学研究科博士課程修了。2006 年関西学院大学理工学研究科・ヒューマンメディア研究センター研究員。2009 年より長崎大学大学院医歯薬学総合研究科助教。博士(情報学)。専門は, 感性情報学, 認知心理学, および脳イメージングなど。日本心理学会, 日本認知心理学会, IEEE 等各会員。

長田 典子 (正会員)



1983 年京都大学理学部数学系卒業。同年三菱電機(株)入社。産業システム研究所などにおいてマシンビジョンの研究に従事。1996 年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了。2003 年より関西学院大学理工学部情報科学科助教授, 2007 年教授。2009 年パデュー大学客員研究員。博士(工学)。専門はメディア工学, 感性情報学など。情報処理学会, 電気学会, 日本顔学会, 日本認知心理学会, IEEE, ACM 等各会員。