原著論文

撮影画像の明度コントラストが感性的評価に及ぼす影響

石川 智治*, 陳 怡君*, 白川 俊之*, 江田 哲也**, 小黒 久史*,***, 郭 素梅****,
佐藤 美恵*, 春日 正男*, 阿山 みよし*

* 宇都宮大学大学院工学研究科, ** 宇都宮大学オブティクス教育研究センター, *** 凸版印刷株式会社, **** 北京理工大学珠海学院

Influence of Lightness Contrast on KANSEI Evaluation of Photographic Images

Tomoharu ISHIKAWA*, Yi-Chun CHEN*, Toshiyuki SHIRAKAWA*, Tetsuya EDA**, Hisashi OGURO*,***,
Sumei GUO****, Mie SATO*, Masao KASUGA* and Miyoshi AYAMA*

* Graduate School of Engineering, Utsunomiya University, 7-1-2 Yoto, Utsunomiya, Tochigi 321-8585, Japan
** Center for Optical Research and Education, Utsunomiya University, 7-1-2 Yoto, Utsunomiya, Tochigi 321-8585, Japan
*** TOPPAN PRINTING Co., Ltd, 1-3-3 Suido, Bunkyo, Tokyo 112-8531, Japan
**** Beijing Institute of Technology, Jinfeng Road, Tangjiawan, Zhuhai, Guangdong, 519085, P.R.China

Abstract : The purpose of this study is to clarify the effects of the lightness of main objects (L_o), background (L_b), and the lightness contrasts ($(L_o-L_b)/L_{av}$), upon observers' KANSEI impression, and further to investigate their relation to the screen size. In this experiment, 17 pictures with different lightness contrasts were taken by the digital camera. 68 test images are prepared by converting each of the original pictures to four different sizes. A test image was presented on a display to the observer, and he/she was instructed to evaluate the impression of the image using an index with seven ranks ranging from 0 to 6 for 22 assessment words. Results showed that subjective rating value for psychophysical properties of image increases monotonously with the increase or decrease of the lightness contrast, respectively. On the other hand, the rating value for KANSEI impression of image showed a peak at moderate contrast. Effect of image size was significant for the larger the image size. Results of multiple classification analysis on all subjective rating values indicated that "KANSEI factor" is strongly related to the lightness of main object and the image size.

Keywords : KANSEI evaluation, Photography, Lightness contrast, Image size, Multiple classification analysis

1. は じ め に

近年、ネットワーク技術の進歩により、誰でも何処でも携帯電話や端末機器等からの必要な情報の入手や、オンデマンドでの様々なコンテンツの視聴が可能となってきた。特に、ネットビジネスは急速に成長し、写真画像や書き込み情報から判断して商品を購入するネットショッピングが盛んになってきている [1]。一方で、実際の商品の素材感や質感等が必ずしもイメージと一致しないという問題が生じている。その原因としては、送り手の意図（コンセプト）が、撮影した画像情報に盛り込めていない場合、或いは、送り手の意図を受け手が感じ取れるような画像表示となっていない場合、または、その両方が考えられる。送り手の具体的な問題としては、コンテンツ商品の質感や雰囲気等を表現するための照明条件やそれらを撮影するためのカメラの設定条件等が明らかになっていないことが挙げられる。また、受け手の具体的な問題としては、携帯電話等の小画面からスーパーハイビジョン等の大画面に至るまでの多種多様なディスプレイが存在しているにも関わらず、それらに適応した表示技術が確立されていないことが挙げられる。したがって、異なる画面サイズにおいて、可能な限り等価的な感性的価値を受け手が得られるようにするためには、撮影変動要素と画面サイズとの関係の基礎的な検討が必要である [2-5]。

我々は先行研究 [6] において、「果実」、「花」、「建物」の3種の画像を用い、ピクセル毎に明度及び彩度コントラストを変換させ、3種類の画像サイズで提示して、感性的評価を行った。その結果、感性的評価が高くなる適切な明度及び彩度コントラストが存在すること、また全体的に画像サイズが大きい場合には肯定的評価語の評価は高く、否定的評価語の評価は低いことが明らかになった。一方、画像サイズが小さい場合には、彩度コントラストを強調する方が良いことが明らかになった。さらに、被験者が画像全体の明るさを判断する時は、平均明度ではなく、オブジェクトの明度が重要となる可能性が示唆された。

そこで本研究では、オブジェクトと背景の明るさに注目した撮影を行い、その画像を異なるサイズに変換して人間の感性的視点から評価・検討する。そして、異なる撮影条件や表示環境において可能な限り等価的な感性的価値を与える画像提示手法の確立を目指す。具体的には、まずオブジェクトと背景の照明条件を変化させ、画像内のオブジェクトと背景の明度コントラストが異なる画像を撮影する。次に、撮影した各画像を異なるサイズに変換処理した画像を作成する。これらの作成画像を使用し、2種類の視距離から感性的評価実験を行い、その結果から異なる画像サイズにおいて、オブジェクトと背景の明度コントラストが感性的評価にどのように影響するのかを検討する。

2. 感性評価実験

2.1 評価画像

2.1.1 評価画像の撮影

まず、オブジェクトは撮影条件の変更に伴う時間の影響を受けない、すなわち、それ自体が時間的に変化しないこと、及び被験者の趣味的な嗜好が評価に影響を及ぼさないこと等を考慮して、高品質な果物の模型（図1 (a)）とした。厳密には、籠を含む果物模型を“オブジェクト”とした。また、“背景”は出来る限り一様な無彩色となるようにした。

次に、オブジェクトと背景の明度コントラストが異なる画像を照明条件の相違だけで実現することとした。ネットショッピング用の画像等への応用を考慮し、画像処理による明度コントラストの調整を避けたかったからである。オブジェクトの明るさを変化させるための前方照明と背景の明るさを変化させるための後方照明を段階的に調整できる照明セットを準備した（図2）。具体的には、後方照明は一定に保ちながら前方照明と拡散板（乳白板）との距離を10段階（約10cm間隔）に変化させることにより、背景輝度が一定で、オブジェクト輝度を変化させた11種の条件において撮影した。また、前方照明は固定し、後方照明にNDフィルタ（濃度25%及び50%の組み合わせ）を用いて6段階で輝度を調整することにより、オブジェクト輝度が一定で、背景輝度を変化させた7種の条件で撮影した。その結果、撮影画像は合計17枚とした。また撮影は暗室にて行い、デジタルカメラ（Nikon社製D50）を用いて、焦点距離：38 mm, ISO感度：200, シャッタースピード：2秒, 解像度：3008×2000 pixel 等で撮影した。明るさ調整用の前方・後方照明には市販の昼白色3波長発光形蛍光灯（相関色温度5000K）を用い、後方照明とオブジェクトとの間には無地のトレーシングペーパーを設置した。

2.1.2 評価画像の明度コントラスト

撮影画像の特性として、オブジェクトと背景の明度コントラストを算出した。まず画素毎の明度を求め、次に撮影画像内からオブジェクトのみを抽出した領域内の平均明度をオブジェクト明度（ L_o ）とし、その領域以外の平均明度を背景明度（ L_b ）とする。そしてオブジェクト明度と背景明度の差の絶対値を、画像全体の平均明度（ L_{av} ）で割った値（ $|L_o - L_b| / L_{av}$ ）を明度コントラストとして採用した。

画素毎の明度は、sRGBによりRGB値をXYZ値に変換し、D65光源下の完全拡散反射面を基準白色（ $X_n = 0.9504$, $Y_n = 1.0000$, $Z_n = 1.0888$ ）として算出した $L^*a^*b^*$ 値の L^* 値とする。図1 (b), (c) のように、画像全体においてオブジェクト領域と背景領域を分離した。具体的には、撮影画像中のオブジェクト（果物+籠）の部分を手作業で抜き出した領域をオブジェクト領域とし、それ以外の領域を背景領域とした。撮影画像17種類（①～⑰）に対するオブジェクトと背景の明度、及び明度コントラストを表1に示す。

表1より、撮影画像①～⑪（これ以降、オブジェクト明度

変化画像群と呼ぶ）は背景明度が約94とほぼ一定で（平均値：94.1, 標準偏差：0.53）、オブジェクト明度が単調増加することにより、明度コントラストが単調減少する画像群である。これに対し、撮影画像⑫～⑰（これ以降、背景明度変化画像群と呼ぶ）はオブジェクト明度が約34とほぼ一定で（平均値：34.0, 標準偏差：1.74）、背景明度が単調減少することにより、明度コントラストが単調減少（撮影画像⑫から⑰にかけてのみ増加）する画像群である。以上より、照明条件が異なる撮影から明度コントラストが変化する全17枚の画像群を作成した。図3に横軸を背景明度（ L_b ）、縦軸をオブジェクト明度（ L_o ）とする撮影画像群を示す。

2.1.3 実験用評価画像の作成

画面サイズ以外の変動要因を排除した評価実験を実施するために、同一ディスプレイにて異なる画像サイズのコンテンツを表示した。このために、撮影画像をサイズの異なる4種に変換した。本実験において使用する画像提示用ディスプレイは、SHARP AQUOS LC-65RX1W（65型）であり、画面中央部に各画像を4種類のサイズ（対角約7inch, 14inch, 29inch, 57inch）で提示した。画像表示は57inchでは撮影画像のまま、他のサイズでは線形変換により縮小して、各サイズの余剰領域にグレー（N5）を表示した。なお、縮小の繰り返し処理は対角約29inchでは1回、14inchでは2回、7inchでは3回行った。以上より、撮影画像17種に対し4種のサイズ変換を行った計68枚の評価画像を作成した。

2.2 評価実験

2.2.1 評価環境と評価手順

評価実験室は、外光や周囲の色彩の影響を低減するために、壁面やディスプレイ以外の部分をグレー（N5相当）のカー

表1 オブジェクト明度、背景明度、明度コントラスト

撮影画像	オブジェクト明度 (L_o)	背景明度 (L_b)	明度コントラスト ($ L_o - L_b / L_{av}$)
①	2.74	93.65	1.81
②	11.69	94.02	1.54
③	14.39	93.78	1.47
④	14.69	94.10	1.42
⑤	22.25	93.00	1.23
⑥	27.40	94.24	1.10
⑦	30.46	94.28	1.03
⑧	35.81	94.41	0.90
⑨	41.43	94.65	0.78
⑩	47.13	94.86	0.67
⑪	51.67	94.94	0.59
⑫	36.46	84.71	0.81
⑬	31.52	71.94	0.77
⑭	33.81	57.45	0.52
⑮	34.65	47.26	0.32
⑯	33.53	37.23	0.11
⑰	32.60	23.26	0.34

テンで覆った。環境照明は実験室に備え付けの蛍光灯をそのまま用いた。ディスプレイ中央付近の水平面照度は約285 lx、鉛直面照度は約350 lxである。被験者は実験室へ入室後、3分間明順応してから評価を開始する。画像1枚の評価時間は被験者の任意とした。また、画像間の比較評価を避けるため、次の画像の提示前に灰色画像（N5相当）を5秒間表示した。

全ての画像とサイズの組合せは68条件であるが、被験者の負担を考慮して4セッションに分け、各セッションの試行回数を17回とした。更に、視距離を2条件（ディスプレイ正面から160cmと320cm：ディスプレイ高さ（H）が約80cmであるため2Hと4Hに相当）として、4セッションずつをランダムに行った。すなわち、各被験者には計8セッション、136試行の評価実験を課した。

以上の実験フローを図4に示す。被験者は色覚正常者（C型色覚）の20歳～25歳の男性及び女性の計15名とした。

2.2.2 評価語と評価方法

評価項目は、先行研究[6]で用いた22語の評価語（表2）とした。評価尺度は、「感じない（0点）」「少し（2点）」「はっきり（4点）」「非常に（6点）」とする単極SD法7段階評価を用いた。各画像に対する評価シートは、評価項目毎の順序効果避けるために評価項目がランダムに記載されるようにした。

3. 評価実験結果と考察

3.1 明度コントラスト及び画像サイズの影響

評価項目毎に15名の被験者の評価得点の平均値を求め、明度コントラスト及び画像サイズとの関係を調べた。その結果、特徴的な傾向を示した「明るい」と「暗い」、「明暗が強い」と「明暗が弱い」、「立体的な」と「平面的な」、「美味しそうな」と「不味しそうな」をそれぞれ図5～図8に、各々左側にオブジェクト明度変化画像群及び右側に背景明度変化画像群に分けて示す。なお、評価得点と明度コントラストとの関係は視距離（160cmと320cm）が違う場合でも、ほぼ同様の傾向を示したので320cmの場合のみ示す（なお、撮影画像⑰（明度コントラスト0.34）の評価点は、図の見易さからプロットのみで示す）。また、得られた評価得点の結果に対して、明度コントラストと画像サイズを要因とする二元配置分散分析を行ったので、以下ではそれについても述べる。

まず図5（a）（c）より、オブジェクト明度変化画像群の

評価得点は明度コントラスト増加に伴い、「明るい」では単調減少し、逆に「暗い」では単調増加する。一方、図5（b）（d）より、背景明度変化画像群の評価得点は、明度コントラスト増加に伴い、「明るい」・「暗い」はやや単調増加・減少の傾向にあるが、その増減量はオブジェクト明度変化画像群の場合に比して少ない。また分散分析の結果、オブジェクト明度変化画像群・背景明度変化画像群共に明度コントラストの影響は有意であるが（ $p<0.01$ ）、画像サイズ間の有意差は見られなかった。すなわち、「明るい」や「暗い」の評価得点は、オブジェクトと背景の明度コントラストに強い影響を受けるが、画像サイズには影響を受けないことが明らかになった。また「明るい」や「暗い」において、被験者は背景明度の変化ではなく、オブジェクト明度の変化から判断して「明るい」や「暗い」を評価していると考えられる。

次に図6（a）（c）より、オブジェクト明度変化画像群の評価得点は明度コントラスト増加に伴い、「明暗が強い」ではやや単調増加傾向にあるものの、「明るい」や「暗い」等に比して減少量は少なく、「明暗が弱い」に至っては殆ど変化が無い。図6（b）（d）より、背景明度変化画像群の評価得点は明度コントラストの変化に対して影響を受けない。分散分析の結果、「明暗が強い」及び「明暗が弱い」の評価得点において、オブジェクト明度変化画像群では明度コントラストの影響は有意（ $p<0.01$ ）であったが、背景明度変化画像群では有意差はなかった。またオブジェクト明度変化画像群・背景明度変化画像群共に画像サイズ間の有意差は見られなかった。以上より、被験者は「明暗が強い」「明暗が弱い」については、オブジェクトと背景の明度コントラストだけに基づいて判断しているのではなく、画像全体の明暗のバランスによる判断をしている可能性がある。また、意味的にペアとなる評価語の評価得点の結果が対称性を持つとは限らないことも明らかになった。このことは、郭らの単極評価法に関する先行研究[7]と同様の結果である。

次に図7（a）（c）より、オブジェクト明度変化画像群の評価得点は明度コントラスト増加に伴い、「立体的な」では若干なだらかな単調減少傾向にあるものの、「平面的な」ではあまり変化がないといえる。この傾向は、図7（b）（d）の背景明度変化画像群の評価得点においても同様である。分散分析の結果、オブジェクト明度変化画像群では明度コントラストの影響は有意（ $p<0.01$ ）であったが、背景明度変化画像群では有意差はなかった。これに対し、図7（a）～（d）の全てにおいて、画像サイズによる評価得点の増減が見られる。「立体的な」の評価結果である図7（a）（b）では、画像サイズが大きくなるにつれて評価得点は増大し、「平面的な」の評価結果である図7（c）（d）では、画像サイズが小さくなるにつれて評価得点が増大している。分散分析の結果、オブジェクト明度変化画像群・背景明度変化画像群共に画像サイズの影響は顕著に有意であった（ $p<0.01$ ）。以上より、「立体的な」や「平面的な」の評価得点は、画像サイズには強い影響を受けるが、明度コントラストには殆ど影響を受けないことが明らかになった。すなわち、被験者は「立体的な」「平

表2 評価項目

明暗が弱い	明暗が強い	色が薄い	色が濃い
暗い	明るい	平凡な	印象的な
ぼんやりした	はっきりした	地味な	派手な
不自然な	自然な	汚い	きれいな
嫌い	好き	不味しそうな	美味しそうな
平面的な	立体的な

(a) 撮影画像全体

(b) オブジェクト領域（領域以外は黒色）

(c) 背景領域（領域以外は黒色）

図1 撮影画像及びオブジェクト領域と背景領域

図2 撮影環境

図4 実験フロー

図3 撮影画像群

面的な」について、オブジェクトと背景の明度コントラストではなく、主として画像サイズから判断して評価していることが示唆される。

図8 (a) より、オブジェクト明度変化画像群の評価得点は明度コントラスト増加に伴い、「美味しそうな」では、明度コントラストが0.78（約0.8）付近で最大値を持つ傾向に

図5 評価得点と明度コントラストの関係 (上：明るい, 下：暗い)

図6 評価得点と明度コントラストの関係 (上：明暗が強い, 下：明暗が弱い)

ある。逆に、図8 (c) の「不味そうな」では、明度コントラストが約0.8付近で最小値を持つ傾向にある。また画像サイズが大きい方が「美味しそうな」では高得点、「不味そうな」では低得点という傾向が見られる。分散分析の結果、「美味しそうな」と「不味そうな」の評価得点において、明度コントラスト及び画像サイズの影響は共に有意であった ($p < 0.01$)。一方、図8 (b) (d) より、背景明度変化画像群

の評価得点は明度コントラスト増加に伴う系統的变化は見られないが、画像サイズに関しては図8 (a) と同様な変化が見られる。分散分析の結果、「美味しそうな」と「不味そうな」の評価得点において、明度コントラスト及び画像サイズの影響は共に有意であった ($p < 0.01$)。以上より、「美味しそうな」「不味そうな」の評価得点は、特にオブジェクト明度変化画像群において、明度コントラストに強く影響を受け、同時に

画像サイズにも影響を受けることが明らかになった。

ここで注目すべきは、「美味しそうな」の評価得点において最大となる明度コントラスト（約0.8付近）が存在することである。この傾向は、感性的評価語である「きれいな」、「好き」、「自然な」の評価得点においても同様に見られた。これら4つの評価語（「美味しそうな」、「きれいな」、「好き」、「自然な」）の評価得点結果は、どの組み合わせでも相関係数が

0.95以上であった。分散分析の結果、「きれいな」、「好き」、「自然な」の評価得点は、オブジェクト明度変化画像群において、明度コントラスト及び画像サイズの影響は共に有意であった ($p < 0.01$)。したがって、これらの感性的評価語は何かの共通な画像属性を基に評価していると考えられ、その一つが明度コントラストであり、約0.8付近で評価が最大になるといえる。しかしながら、背景明度変化画像群において

は若干傾向が異なり、「自然な」の評価得点では明度コントラスト及び画像サイズの影響は共に有意であった ($p<0.01$) が、「きれいな」、「好き」の評価得点は、画像サイズの影響が有意であるものの、明度コントラストの影響に関しては有意ではなかった。

以上より、均一背景（背景明度：約94）の中央に色鮮やかな果物オブジェクトが存在するような画像を撮影する場合、明度コントラスト $|L_t - L_b|/L_{av}$ = 約0.8となるような照明等の調整は、「美味しそうな」、「自然な」、「きれいな」、「好き」等の感性的評価を向上させる一方法となり得ることが示された。また、「美味しそうな」、「自然な」は、背景明度が異なる場合においても、明度コントラスト = 約0.8とすることで、高い評価が得られる可能性を示唆した。

3.2 因子分析とその結果及び考察

視距離の条件2種類の評価結果全体の傾向を調べるため、視距離条件2種類各々における評価画像68種類（撮影画像17種類×画像サイズ4種類）、すなわち、合計136種類での評価結果（被験者15名の平均値）を用いて因子分析を行った。主因子法による因子抽出後はVARIMAX回転を行った。その結果、固有値1以上、累積寄与率80%以上を条件として、3つの因子が抽出された。固有値、寄与率、累積寄与率の結果を表3に、各因子における因子負荷量の結果を表4に示す。

表4より、殆どの評価語が第1因子に偏る結果となった。「派手な」、「きれいな」等の感性的評価語が第1因子に多く存在することから第1因子を感性的因子とする。この場合は肯定的な評価語が負の値に、否定的な評価語が正の値になっている。また「色が薄い」、「明暗が弱い」等のコントラストに関連する評価語が存在することから第2因子をコントラスト因子とし、最後に「平凡な」、「不自然な」で構成されることから第3因子を平凡性因子とした。また各因子の因子得点に関する要因を検討するために、重回帰分析を行った。以下では、その結果も踏まえて議論する。ここで第1因子の因子得点と明度コントラストとの関係を（a）オブジェクト明度変化画像群と（b）背景明度変化画像群に分けて、視距離160cmの場合を図9に、視距離320cmの場合を図10に示す。（なお撮影画像⑰の因子得点は図の見易さからプロットのみで示す）。

図9（a）と図10（a）より、オブジェクト明度変化画像群においてはどちらの視距離でも、明度コントラスト増加に伴い、因子得点が単調増加する傾向にある。前述したように、第1因子では肯定的評価語がマイナスの因子負荷量を示している。したがって、因子得点増加に伴い、特に負から正になる点、すなわち、ゼロクロス点では肯定的から否定的な感性的評価語の特性が強くなることを表し、逆に得点減少は評価が肯定的になることを意味する。ここでゼロクロス点に注目すると、図9（a）より、視距離160cmの57inchの場合では、ゼロクロス点は明度コントラスト約1.2付近で生じており、他のサイズに比べて高いことがわかる。また、低い明度コントラストにおける因子得点は、他のサイズに比べて低い、すなわち評価が高いことがわかる。一方、図10（a）より、視

距離320cmの場合は画像サイズによらずに明度コントラストの約0.9付近において集中して負から正となっていることが分かる。以上より、視距離160cmの57inchは、他の条件に比して、低い明度コントラストから高い明度コントラスト ($|L_t - L_b|/L_{av}$ = 約1.2付近) までのある程度の範囲で良い評価が得られるといえよう。

これに対して、図9（b）と図10（b）に示す背景明度変化画像群では明度コントラスト増加に対して殆ど変化が無い。これらから、感性的因子はオブジェクト明度の変化により強く影響される。また背景明度変化画像群の結果では、オブジェクト明度変化画像群に比して、画像サイズの影響がより明確に見られる。図9（b）より、視距離160cmの57inchの結果では全ての明度コントラストにおいて因子得点が“-1”以下となっており、肯定的評価が非常に高いことを示している。一方、図10（b）より、視距離320cmの7inchの結果ではプラスの因子得点が多く、否定的評価が多いことが示されている。

以上を踏まえて感性的因子の因子得点を目的変数、オブ

表3 因子抽出結果

固有値番号	固有値	寄与率	累積寄与率
1	13.80	62.73	62.73
2	4.06	18.46	81.19
3	1.65	7.49	88.68
4	0.65	2.93	91.61
5	0.39	1.77	93.39

表4 因子負荷量

評価語	第1因子	第2因子	第3因子
派手な	-0.95	0.21	-0.04
きれいな	-0.94	0.12	0.25
好き	-0.91	-0.04	0.33
美味しそうな	-0.90	0.04	0.38
はっきりした	-0.90	-0.26	0.27
地味な	0.88	-0.37	-0.06
印象的な	-0.87	-0.21	-0.18
嫌い	0.86	-0.03	-0.40
不味そうな	0.86	-0.12	-0.41
汚い	0.82	-0.30	-0.38
暗い	0.80	-0.52	-0.25
明るい	-0.78	0.59	0.06
ぼんやりした	0.77	0.46	-0.27
立体的な	-0.76	-0.29	0.40
自然な	-0.74	-0.04	0.61
平面的な	0.58	0.35	-0.43
明暗が強い	0.57	-0.54	-0.31
色が薄い	-0.12	0.92	-0.15
色が濃い	-0.14	-0.82	-0.21
明暗が弱い	0.02	0.79	-0.11
平凡な	-0.09	0.05	0.78
不自然な	0.65	0.07	-0.72

ジェクト明度と画像サイズを説明変数として重回帰分析を行った結果、重相関係数で0.84を得た。オブジェクト明度、画像サイズの標準偏回帰係数は各々-0.80, -0.28である。すなわち、感性的因子にはオブジェクト明度と画像サイズが寄与し、特に前者の影響が強いことが示された。因子分析による因子得点と重回帰式による推定値の相関図を図11に示す。なお、実線は重回帰直線である。

また、図12に視距離320cmにおける明度コントラストに対する第2因子の因子得点を示す。図12(a)より、オブジェクト明度変化画像群においては、明度コントラストの増加に伴い、因子得点は単調減少傾向にある。第2因子では第1因子と同様に、マイナス方向で因子得点の絶対値が高くなるに

つれて、コントラスト関連の評価がプラスになると解釈される。ここでゼロクロス点に注目すると、画像サイズが小さい場合は比較的高い明度コントラストにおいて正から負へ、画像サイズが大きい場合は比較的低い明度コントラストにおいて正から負へと変化している。したがって、コントラスト因子はサイズが小さい画像に対しては高い明度コントラストまで悪い評価となり、逆にサイズが大きい画像は、比較的低い明度コントラストにおいて良い評価になることを示している。これに対し、図12(b)に示す背景明度変化画像群では、明度コントラスト増加に伴い、因子得点は単調増加する傾向にある。ゼロクロス点は画像サイズが小さい場合は、比較的低い明度コントラストにおいて負から正への変化が生じてい

(a) オブジェクト明度変化画像群

(b) 背景明度変化画像群

図9 感性的因子の因子得点と明度コントラストとの関係（視距離160cm）

(a) オブジェクト明度変化画像群

(b) 背景明度変化画像群

図10 感性的因子の因子得点と明度コントラストとの関係（視距離320cm）

図11 重回帰分析の結果（目的変数：因子得点，説明変数：オブジェクト明度，画像サイズ）

図12 コントラスト因子の因子得点と明度コントラストとの関係（視距離320cm）

図14 平凡性因子の因子得点と明度コントラストとの関係（視距離320cm）

るのに対し、画像サイズが大きい場合は、ある程度の明度コントラストがないと負から正にならない。オブジェクト明度変化画像群の結果と総合して考えると、コントラスト因子は画像サイズに影響される結果であるといえる。また、図12(a)(b)より、第2因子の因子得点は本研究での明度コントラスト $|L_T - L_b|/L_w$ の単純な関数ではない。図12(a)(b)で因子得点が最も低い、すなわち、コントラスト関連の評価が最も高いのは、各々条件①と条件⑦で、これらに共通するのは、オブジェクト又は背景が暗いので、画像全体の平均明度が低くなっていることと、明るい部分と暗い部分の差が大きい、すなわち、明暗のばらつきが大きいということである。以上を踏まえて、コントラスト因子の因子得点を目的変数、画像全体の明度の平均値、標準偏差、そして画像サイズを説明変数として重回帰分析を行った結果、重相関係数で0.90を得た。各々の標準偏帰係数は、画像全体の明度の平均値：0.97、標準偏差：-0.29、画像サイズ：-0.24である。すなわち、コントラスト因子には画像全体の明度の平均値、標準偏差、そして画像サイズが関連し、特に、画像全体の明度平均値の影響が強いことが示された。第2因子の因子得点と重回帰式による推定値の相関図を図13に示す。実線は重回帰直線である。

最後に、図14に視距離320cmにおける明度コントラストに対する第3因子の因子得点を示す。図14(a)より、オブジェクト明度変化画像群においては明度コントラスト増加に伴い、因子得点は最大値を持つ傾向にある。特に明度コントラスト1.10（すなわち、オブジェクト明度 $L_0 = 27.40$ ）付近において顕著に現れており、画像サイズによる因子得点の違いも見られる。また第3因子は「平凡な」がプラスの因子負荷量を示しているため、因子得点がプラスになるにつれて平凡性関連の評価がプラスになると解釈される。また図14(b)より、背景明度変化画像群では明度コントラスト増加に伴い、因子得点は段階的な増加傾向にある。以上を踏まえて平凡性因子の因子得点を目的変数、画像サイズと $|L_T - L_b|/L_w$ を説明変数として重回帰分析を行った結果、重相関係数で0.84を得た。各々の標準偏帰係数は画像サイズ：-0.80、 $|L_T - L_b|/L_w$ ：0.28である。すなわち、平凡性因子には画像サイズと $|L_T - L_b|/L_w$ が関連し、特に画像サイズの影響が大きいことが示された。因子得点と重回帰式による推定値の相関図を図15に示す。なお実線は重回帰直線である。

4. 他の関連研究との比較

色彩画像の感性的評価に関する先行研究[6, 8]において、感性的評価がオブジェクトと背景の明度コントラストにより変化することや、画像サイズにより変化することを明らかにしてきた。本実験においてもそれと矛盾がない結果を得ている。また新たに得られた結果としては、特定の評価語に対しては、適切な明度コントラスト ($|L_T - L_b|/L_w = \text{約}0.8$) の存在が示唆されたことである。この点については得られた明度コントラストが他の表示デバイスを用いた場合でも同様の結

果が得られるかどうか等の観点からより詳しく検討する必要がある。

また画像の印象評価に対する画面サイズや視距離の影響を検討した研究は多いので、以下に代表的なものを紹介し、本実験の結果と比較・検討する。

成田ら[9, 10]は、ポストハイビジョンとして超高精細・大画面テレビ(UDW: Ultra high-Definition and Wide-screen Television)の可能性を検討した。評価実験は人物、風景、室内等を撮影したスライドフィルムをプロジェクタにより透過型スクリーン(幅368cm×高さ277cm)に投影して行った。表示サイズは4種類(60～150inch)とした。約15名の被験者はスクリーン提示画像を観察して最も好ましい鑑賞位置を回答した。その結果、画面サイズに対する好ましい観視距離 d (cm) は画面幅 w (cm) の関数 ($d=0.6w+41$) で示されるとした。ここで、本評価実験での最大画像サイズ(57inch)から、好ましい観視距離を上式により計算すると約126cmとなる。したがって、画像サイズ57inchで視距離160cmの場合の評価が他の条件に比して高い理由は、視距離160cmが好ましい観視距離に比較的近かったからではないかと推測される。また、ディスプレイの画面高 H が80cmであるため、視距離160cmは2Hに相当する。ハイビジョンの推奨観視距離は3Hであるが、それよりも近距離の方が高い評価を得た。成田らの研究[9]でも同様の傾向であった。すなわち、大画面ディスプレイで、感性的評価をより高めるためには、3Hよりも2H程度で観察の方が良いことが示唆された。

また、畑田ら[11]は広視野効果を定量的に求めるために、方向感覚誘導効果の実験を行った。具体的には、半球面スクリーン内に円状に投影された表示映像における物体の傾きや動きにより、それを直立姿勢で観察する被験者に生じる重心移動を計測して、臨場感知覚の程度を推定した。その結果、画角がほぼ20°より大きくなると誘導が生じ、80°～100°以上で飽和状態になるという結果を示した。また、畑田の解説[12]においても、画像を見込む角度が30°以上から迫力のある画面サイズになると述べられている。本実験において水平方向の画角が20°以上になる条件は、視距離160cmの29inch(21.4°)と57inch(41.4°)及び視距離320cmの57inch(21.4°)である。したがって、これらの条件における感性的評価が他の条件に比べて高かったのは、十分な臨場感が得られる画角条件を満たしていたことが一因と考えられる。

5. おわりに

本研究では、画像内のオブジェクトと背景の明度コントラストが異なる17種類の画像を撮影し、撮影画像のサイズを4種類に変換処理した合計68枚を評価画像とした。そしてそれらを用いて、2種類の視距離から感性的評価実験を行い、その結果から、明度コントラストや画像表示サイズ等と感性的評価との関係を調べた。評価得点と明度コントラストや画像サイズとの関係、及び二元配置分散分析の結果から、評価

語群が傾向別に3種類に分類されることが明らかになった。

- ・第1群：明度コントラストに強い影響を受けるが、画像サイズにはあまり影響を受けない評価語群（「明るい」「暗い」など）
- ・第2群：画像サイズに強い影響を受けるが、明度コントラストにはあまり影響を受けない評価語群（「立体的な」「平面的な」など）
- ・第3群：明度コントラスト及び画像サイズの双方に影響を受け、且つ特定の明度コントラスト（ $|L_T - L_b|/L_a$ 、 ≈ 0.8 ）で評価得点の最大値・最小値を持つ感性的評価語群（「美味しそうな」「不味そうな」など）

ここで表1より、本研究で得られた結果である第3群における特定の明度コントラスト（撮影画像⑨）をオブジェクト明度と背景明度の比（ L_T/L_b ）で表すと約0.44となる。すなわち、画面中央に果物等のオブジェクトが存在し、均一背景（背景明度：約94）を持つような画像コンテンツの作成において、「美味しそうな」、「きれいな」、「好き」、「自然な」等の感性的評価を高めるための一つの方法として、「オブジェクトの明るさ：背景の明るさ」が「2：5」となるように照明して撮影すれば良いことが示唆された。

また、因子分析により3つの因子：感性的因子、コントラスト因子、平凡性因子が抽出され、更に重回帰分析の結果から、各々に寄与する要因が推定された。

- ・感性的因子：オブジェクト明度と画像サイズが強く関係している。特に視距離160cmの57inchは低い明度コントラストから高い明度コントラストまで、ある程度の範囲において良い評価を得ることができ、他の条件に比して評価が高いことが示された。
- ・コントラスト因子：画像全体の明度の平均値、及び標準偏差及び画像サイズが強く関係している。
- ・平凡性因子：画像サイズ、及びオブジェクト明度と背景明度の比からの特定のずれ $|L_T - L_b|/L_b$ が強く関係している。

今回は表示媒体の影響を避けるため、一種類の表示ディスプレイ（液晶）だけを用いて画像を表示させたが、表示媒体の違いによる評価への影響を検討するためには、他の媒体（PDP、有機EL等）を用いて実験を行う必要がある[13]。更に、使用する画像コンテンツの種類を増加させ、一般性を高めること等により、異なる撮影条件や視環境における等価的で安定した感性的価値を与えうる画像提示手法の確立が期待される。

参 考 文 献

- [1] 平成20年版情報通信白書（総務省），
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h20/index.html>
- [2] Matt Jones, Gary Marsden, Norliza Mohd-Nasir, Kevin Boone, George Buchanan: "Improving Web Interaction on Small Displays", Computer Networks 31, pp.1129-1137 (1999).
- [3] Robert L. Duchnicky, Paul A. Kolers: "Readability of Text Scrolled on Visual Display Terminals as a Function of Window Size", Human Factors, Vol.25, No.6, pp.683-692 (1983).
- [4] Minhee Chae, Jinwoo Kim: "Do size and structure matter to mobile users? An empirical study of the effects of screen size, information structure, and task complexity on user activities with standard web phones", Behaviour & Information Technology, Vol.23, No.3, pp.165-181 (2004).
- [5] 菅原正幸: "走査線4000本級超高精細映像システム", 映像情報メディア学会誌, Vol.57, No.11, pp.1442-1444 (2003).
- [6] 阿山みよし, 白川俊之, 清水智弘, 小黒久史, 郭素梅, 佐藤美恵, 江田哲也, 石川智治, 春日正男: "色彩画像の感性的評価－画像サイズ, 明度および彩度コントラストの影響－", 感性工学, Vol.9, No.2, pp.177-187 (2010).
- [7] 郭素梅, 小黒久史, 佐藤美恵, 阿山みよし, 春日正男: "映像コンテンツの感性的評価における単極評価法の有効性に関する検討", 感性工学, Vol.8, No.4, pp.1091-1098 (2009).
- [8] 小黒久史, 郭素梅, 清水智弘, 佐藤美恵, 春日正男, 阿山みよし: "感性的評価に基づく画像の色演出と評価構造の画面サイズ依存性の検討", 画像電子学会誌, Vol.35, No.5, pp.528-537 (2006).
- [9] 成田長人, 金澤勝, 岡野文男: "超高精細・大画面映像の鑑賞に適した画像サイズと観視距離に関する考察", 映像情報メディア学会誌, Vol.55, No.5, pp.773-780 (2001).
- [10] 成田長人, 金澤勝, 岡野文男: "超高精細・大画面映像システムの画面パラメータ－静止映像による画面縦横比と最大画素数の検討－", 映像情報メディア学会誌, Vol.56, No.3, pp.437-446 (2002).
- [11] 畑田豊彦, 坂田晴夫, 日下秀夫: "画面サイズによる方向感覚誘導効果－大画面による臨場感の基礎知識－", テレビジョン学会誌, Vol.33, No.5, pp.407-413 (1979).
- [12] 畑田豊彦: "総説：高臨場感を生み出す大画面ディスプレイ効果", 映像情報メディア学会誌, Vol.56, No.8, pp.1213-1215 (2002).
- [13] 小黒久史, 郭素梅, 鈴木直哉, 佐藤美恵, 阿山みよし, 春日正男: "カメラワークによる感性的効果の表示デバイス依存性に関する検討", 感性工学, Vol.7, No.4, pp.821-830 (2008).

石川 智治（正会員）

1997年、北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 博士前期課程了。2001年、同大学 情報科学研究科 博士後期課程了。同年、日本学術振興会 未来開拓学術研究推進事業 RA、北陸先端大 情報 助手を経て、2008年より、宇都宮大学大学院 工学研究科 助教。人間の認知・感性を考慮した「場」の実現に関する研究に従事。博士（情報科学）。

陳 怡君 (非会員)

2009年, 台湾国立台湾師範大学グラフィックコミュニケーション学科印刷科技専攻修士課程修了。同年10月より, 宇都宮大学工学研究科システム創成工学専攻 博士後期課程。色彩工学に関する研究に従事。

白川 俊之 (非会員)

2007年, 宇都宮大学工学部情報工学科卒業。2009年, 宇都宮大学工学研究科情報制御システム科学専攻 博士前期課程 修了。色彩画像の感性的評価に関する研究に従事。

江田 哲也 (正会員)

2006年宇都宮大学大学院工学研究科情報制御システム科学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。現在, 国際医療福祉大学情報教育センター, 研究・技術補助員。医療情報教育に関する研究に従事。日本感性工学会, 照明学会, 日本色彩学会, 日本医療情報学会 各会員。

小黒 久史 (非会員)

凸版印刷(株) 総合研究所 情報技術研究所 主席研究員。1984年千葉大学工学部画像工学科卒業。凸版印刷(株)入社。図形/画像処理, インターネットなどに関する研究開発に従事。1997年から高精細バーチャルリアリティを用いた文化資産の保存活用のための研究開発に携わる。現在, 総合研究所情報技術研究所にて, 感性的評価を応用したコンテンツの表現品質向上技術の実現に取り組む。博士(工学)。宇都宮大学大学院客員教授。

郭 素梅 (非会員)

中国北京理工大学珠海学院教授。1983年7月中国太原工学院電子工学科卒業。1986年6月華中工学院大学院修士課程修了。同年7月北京理工大学電子工学科。助教を経て同専任講師。1998年3月慶應義塾大学大学院電気工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。同年4月凸版印刷株式会社入社。総合研究所情報技術研究所にて, 印刷に対応した画像電子透かし, 映像の感性評価に関する研究開発に携わる。2010年3月より現職, 画像処理の研究と教育に従事。画像電子学会会員。

佐藤 美恵 (正会員)

2001年3月, 東京工業大学大学院情報理工学研究科計算工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。同年4月, 日本学術振興会特定国派遣研究者としてスイス連邦工科大学チューリヒ校客員研究員。2002年3月, 宇都宮大学工学部助手。2008年3月, 同大学院工学研究科准教授。現在に至る。画像処理, 感性情報処理, ヒューマンインタフェース, 映像提示技術に関する研究に従事。

春日 正男 (正会員)

1971年名古屋大学大学院工学研究科修了。現在, 宇都宮大学大学院工学研究科教授。研究分野: 感性情報処理, 高度情報通信における知的情報処理, マルチメディア情報処理, 人間工学における生態情報処理, 及びそれらの福祉, 医学への応用に関する研究に関心を持つ。

阿山 みよし (正会員)

1983年東工大・総合理工・物理情報工学専攻修了。ヨーク大学, 東工大, 東京都神経研を経て, 1993年宇都宮大学工学部助教授。2001年より同学部教授。現在は大学院工学研究科学際研究部門教授およびオプティクス教育研究センター副センター長。工博。視覚・色彩科学の研究と教育に従事。