原著論文

黒みの感性的評価

－ 工学系と美術系の被験者群による比較 －

江田 哲也*, 石川 智治**, 松島 さくら子***, 阿山 みよし**

* 宇都宮大学オブティクス教育研究センター, ** 宇都宮大学大学院工学研究科, *** 宇都宮大学教育学部

Kansei Evaluation of Perceived Blackness

－ Comparison Between Observers of Engineering and Art Majors －

Tetsuya EDA*, Tomoharu ISHIKAWA**, Sakurako MATSUSHIMA*** and Miyoshi AYAMA**

* Center for Optical Research and Education, Utsunomiya University, 7-1-2 Yoto, Utsunomiya, Tochigi 321-8585, Japan

** Graduate School of Engineering, Utsunomiya University, 7-1-2 Yoto, Utsunomiya, Tochigi 321-8585, Japan

*** Faculty of Education, Utsunomiya University, 350 Mine-cho, Utsunomiya, Tochigi 321-8505, Japan

Abstract : We conducted two experiments. In the first experiment, influence of the luminance of surround annulus field L_s on perceived blackness of the central circular field of which luminance was fixed at L_c was investigated. Scaling procedure from “bright gray” to “deep black” was used. In the second experiment, perceived blackness of the black area in the images of masterpieces was evaluated using the same scaling procedure. Results of the first experiment showed that perceived blackness of the central field becomes more blackish and deeper as the contrast between L_c and L_s increases. Results of the second experiment showed that perceived blackness of black area surrounded by relatively bright area in artistic images is stronger than the perceived blackness given by the same luminance contrast between the center and surround in a concentric circular configuration. Also, results indicate that the observers of Art majors seem to be more sensitive in perceived blackness than the observers of Engineering majors.

Keywords : Perceived blackness, Luminance, Artistic image, Engineering, Art

1. は じ め に

古来より、日本には一般的な「黒色」から、「呂色」と言われる黒漆の様な深く美しい黒色、「墨色もしくは墨染」と言われる僧侶の常服を表す黒色に近い灰黒色などがあり、それら微妙な黒み度合いの違いが様々な色名で表現されてきた[1]。一方、ディスプレイでは現在高輝度コントラストを可能とした高性能ディスプレイが一般的となり、呂色や墨色などの様々な黒みに適応した黒再現に注目が集まっている。

黒みは色の見え、視感度及び輝度コントラストなどから検討されてきた。大萩らは着色物の深み感と黒みの関係について検討し、黒みが深み感に大きな影響を与えることを示した[2]。テスト光の周辺光が高輝度である場合にテスト光が黒みを帯びて見える現象を黒み誘導という。Wernerらは、様々な単色周辺光を用いて黒み誘導の効率を調べ、その分光特性は分光視感効率と逆の関係にあることを示した[3]。Ciceroneらは周辺光の波長に関わらず輝度により黒み誘導が生じることを示した[4]。一方、Fuldらは黒み誘導の度合いは中心刺激の明るさとその周辺光の輝度によると報告し[5]、篠森らは、黒み誘導の発生について、周辺光からは輝度のみが影響を与え、中心光が色光の場合には輝度に加えて色みも影響を与えることを示した[6-9]。

このように、黒みに関しては様々な検討が行われてきた

が、明暗や色彩など様々な情報が混在する色彩画像自体の知覚的な黒みと感性的評価の関係は明らかではない。そこで我々は、著者の一人が制作した漆工芸による芸術作品の画像5枚を用い、画像における黒みの感性的評価について検討を行った[10, 11]。実験では、画像中の黒領域のRGB値を変化させ、被験者が「黒」に見え始めると判断したRGB値と、「深みのある黒らしい黒」と知覚されるRGB値を測定した。その結果、画像によっては「黒らしい黒」と認識させるには原画像よりも若干RGB値を下げる必要があることが示唆された。また、黒領域におけるRGB値を一樣に変化させた画像を用い、SD法により感性的評価の変化を調べたところ、黒領域のRGB値を実際よりも低く設定した場合に、高級感及びこだわり感などが上昇することが示された。これらの実験を工学系及び美術系の被験者に対して行ったが、前者に比べて後者の方が黒領域のRGB値の変化による感性的評価の影響が大きいことが示された。しかし、限定された画像での結果であり、より一般的な傾向を示すにはさらに多種多様な画像を用いての評価実験が必要である。その際には基準となる知覚的黒みの尺度があると便利で、それには単純な刺激配置が適していると考えられる。

本研究の第一の目的は、知覚的黒みの心理物理的尺度化を行うことである。そのために同心円状の周辺刺激と中心刺激という単純な刺激配置とし、両者の輝度コントラストと、相対的に高輝度の周辺刺激によって中心刺激に誘導される知覚

的黑みとの関係を明らかにする。第二の目的は、絵画など内容（コンテンツ）がある画像における知覚的黑み評価が単純な刺激配置で得られた心理物理学的尺度と等価であるかを調べることである。そこで、色彩画像の黒色領域の知覚的黑みを測定し、前半で得られた知覚的黑みの心理物理学的尺度と比較検討した。対象とする色彩画像には、その芸術性が歴史的及び世界的に評価されている絵画作品の画像を用いた。さらに、上記の二つの実験を工学系及び美術系の被験者グループに対して実施し、知覚的黑み評価に対する絵画への関心や理解度の影響を検討した。

2. 知覚的な黒みの尺度化

2.1 実験装置

黒み評価装置と絵画画像提示用のCRTから構成される実験装置を作成した。図1(a)は模式図である。実験装置内の視環境が外光の影響を受けないように、装置全体は暗幕で覆われている。実験装置内には黒み評価装置及び「3. 絵画から受ける知覚的黑み」で用いる17インチのCRTディスプレイ（縦25cm、横33cm、MITSUBISHI製、DiamondtronFlat RDFS171S）が机の上に置かれた。視距離は60cm、CRTディスプレイの縦及び横の視野角は11.8°及び15.4°である。黒み評価装置は2つの部分から成り、それらを奥部分と呼び、それらを隔てる壁を中央仕切り板と呼ぶ。中央仕切り板には中央に直径2cm（視角1.5°）の穴が開いている反射率99%の標準白色反射板を用いているが、裏面は（奥部分側）は黒である。奥部分の背面（最も奥の壁面）は黒い布（N2相当）もしくはN5の灰色色票で、これは後述するように視野中心部低明度領域を作る。2種の反射物を使用した理由としては、明らかに黒ではない状態から明らかに完全な黒色である状態までの知覚的な黒みの評価に必要であったためである。奥部分背面の輝度調整は、中央仕切り板の裏面（奥部分側の壁）に設置された白色LEDで行う。中央仕切り板の手前部分側の面は前述のように中心部に穴が開いている反射率99%の標準白色反射板で、これは後述するように視野周辺部高明度領域を作る。この領域の輝度調整は、黒み評価装置の前面裏側に設置された白色LEDで行う。奥部分及び手前部分で用いた白色LEDは、相関色温度5000Kの白色LEDデバイスである。黒み評価装置の前面には中心に直径4.5cm（観察距離60cmの場合は視角4.3°）の穴が開いており、これを観察用開口とした。観察用開口のすぐ内側には電子制御シャッターが被験者には見えないように設置されている。黒み評価装置の観察面を図1(b)に示す。白いリング状の周辺領域に囲まれて黒または灰色の円上の中心領域がある。黒み評価装置の外観は黒い厚紙と暗幕で覆われ、全長は正面から見て縦30cm及び横30cm、奥行き60cmである。黒み評価装置を観る際には被験者はあご台を用いて視線を固定した。

被験者に提示する視野は図1(b)に示すような視野で、中心刺激の輝度（ L_c ）と周辺刺激の輝度（ L_s ）の輝度コントラストを変えることにより中心部に誘導される黒みを制御し

た。設定可能輝度範囲は、コニカミノルタ製輝度計CS-2000で測定を行った結果、周辺刺激で10～1500 cd/m^2 、中心刺激で黒い布を用いた場合には0.01～20 cd/m^2 及び灰色色票では0.08～120 cd/m^2 であった。

(a) 実験装置

(b) 黒み評価装置における被験者からの観察面

図1 実験装置の模式図及び黒み評価装置の観察面

2.2 実験刺激

知覚的黒み評価において周辺輝度 L_s の設定輝度は10, 30, 100, 300, 1000 cd/m^2 の5段階とした。また中心刺激用の反射面は L_s が10, 30, 100 cd/m^2 の場合は黒い布を, 100, 300, 1000 cd/m^2 の場合は灰色色票を用いた。100 cd/m^2 の時に中心刺激用の反射面として黒い布と灰色色票の両方で行った。従って実験条件は6条件である。6条件において、各々10段階の中心輝度値 L_c を設定した。この10段階の L_c の値は実験者が予備実験で主観的に、明らかに灰色である段階から完全に黒である段階まで網羅するように設定した。刺激の総数は、背景の違いから L_s は6条件であるため、60種類となった。黒み評価語として、明るい灰色、灰色、暗い灰色、明るい黒、黒及び暗い黒の6種を採用し、60種類の設定条件のいずれかで提示される刺激に対し、被験者にはその見えを上述のいずれかの評価語で回答するよう指示した。その場合において被験者間で評価語の捉え方が大きく異なることを防ぐために各評価語で判断基準となる説明文を設けた。評価語と説明文を表1に示す。表1の点数は後述する。

実験における周辺輝度6条件の提示順は、中心刺激用の反射面素材として黒い布を用いた場合の L_s で10, 30, 100 cd/m^2 を輝度の低い順から実験を行い、その後、中心刺激用の反射面素材として灰色色票を用いた場合の L_s で100, 300, 1000 cd/m^2 の低い順から行った。各 L_s の設定条件に対して10段階の L_c はランダムに提示された。実験手順は以下の通りである。被験者は暗幕に囲まれた実験装置に入り5分間暗順応した。この間、シャッターで黒み評価装置の観察用開口は閉じられている。順応後、実験者が L_s を10 cd/m^2 に設定し、 L_c を10条件からランダムに設定した刺激が観察用開口から1秒間提示され、その後30秒間シャッターが閉じられる。30秒間の閉口時に、被験者は提示された中心刺激の知覚的な黒みを表1に示された6段階の評価語から選び回答した。実験者は被験者の回答を記録し、さらに次の L_c の値を設定した。 L_s が10 cd/m^2 の条件で終了の後、実験者は次の30 cd/m^2 に L_s を設定する。その間、シャッターは閉じられた。設定終了後、 L_s が10 cd/m^2 条件の場合と同じ手順を繰り返した。このように、周辺輝度6条件各々において10段階の L_c の評価を行った。各被験者は5セッション行い、計300試行を行った。

2.3 被験者

実験の被験者は20代で、工学系において男性6名と女性4

表1 実験で用いた評価語、知覚的黒み評価値 PB 及び各評価語に対する判断基準

評価語	点数	判断基準
明るい灰色	6	白に近い灰色
灰色	5	一般的な灰色
暗い灰色	4	灰色と黒の間くらいだが、どちらかといえば灰色
明るい黒	3	灰色と黒の間くらいだが、どちらかといえば黒
黒	2	一般的な黒
暗い黒	1	深みがあり吸い込まれそうな黒らしい黒

名の計10名であり、美術系において男性1名と女性6名の計7名であった。

2.4 結果

結果の解析のために、表1に示すように「明るい灰色」を6、「灰色」を5、「暗い灰色」を4、「明るい黒」を3、「黒」を2、「暗い黒」を1と点数付けし、これを知覚的黒み評価値 PB (Perceived Blackness) と名付けた。

実験結果を図2に示す。図2 (a) は工学系被験者の結果であり、図2 (b) は美術系被験者の結果である。黒色のプロット点は中心刺激に黒い布を用いた L_s で10, 30, 100 cd/m^2 の条件であり、灰色のプロット点は中心刺激に灰色色票を用いた100, 300, 1000 cd/m^2 の条件である。図2は、各被験者における回答結果を知覚的黒み評価値に変換してセッション数5回の平均を取り、工学系では10人及び美術系では7人の被験者の平均値及び標準偏差を示した結果である。図2の横軸は中心刺激の輝度値 L_c cd/m^2 を対数で表し、縦軸は知覚的黒み評価値 PB である。

図2の結果から、周辺刺激の輝度 L_s に関わらず中心刺激の輝度 L_c 増大に伴って暗い黒から灰色へと知覚的な黒みが増化することがわかる。また、黒み評価装置では中心刺激で異なる素材を用いたが、 L_s が同じ100 cd/m^2 条件の結果で異素材間の結果の相関係数を調べた結果、工学系及び美術系の被験者条件共に0.99以上であった。黒い布または灰色色票という反射面素材による影響はほとんどないと考えられる。工学系及び美術系の被験者グループ間の各プロット点の差について、 PB が3以下では0.3以下、 PB が2及び1では0.1以下であることが示され、単純な刺激での知覚的黒みは被験者条件間による影響はほとんどないことが示された。標準偏差に関しては、その値が大きい条件は L_s が1000 cd/m^2 の条件であり、工学系被験者の結果において最大で0.6程度であり、美術系被験者の結果において最大で0.7程度であった。また、 L_s が10 cd/m^2 の条件においては、工学系被験者の結果において最大で0.4程度であり、美術系被験者の結果において最大で0.5程度であった。このように、周辺輝度が高いほど工学系及び美術系の被験者共に、個人差が大きくなることが示された。

2.5 知覚的黒み評価の尺度化の検討

「2.4 結果」において、黒み評価装置を用いた場合の各周辺輝度条件における知覚的黒みと中心輝度の関係が示された。そこで、得られた結果を基に、知覚的黒みの心理物理的尺度を構築することとした。図2における各周辺輝度条件のプロット点の結果から最適化近似を用いて導出し、周辺刺激の輝度 L_s と中心刺激の輝度 L_c を変数とした。 PB は式(1)で表わされ、式(1)を用いた各周辺輝条件での結果は図2に示された。ただし、 $L_s = 100 \text{ cd/m}^2$ の測定結果は中心刺激の反射面として黒い布及び灰色色票の条件があるが、前述の結果からはほとんど違いがないことが示されたために、 $L_s = 100 \text{ cd/m}^2$ は2つの条件をまとめて計算を行った。

$$PB(L_c, L_s) = k(L_s) \times (\log_{10} L_c + 2)^{n(L_s)} + 1 \quad (1)$$

図2において、実験結果及び式(1)の相関係数を調べた。その結果、すべての条件において相関係数が0.98以上であり、式(1)は良好な近似式であることが示された。式(1)から、中心刺激の輝度 L_c 及び周辺刺激の輝度 L_s において求める知覚的黑み評価推定を定量的に行うことが可能となり、黒み評価装置を用いた知覚的黑みの心理物理的尺度を構築することを可能とした。

3. 絵画から受ける知覚的黑み

「2. 知覚的な黒みの尺度化」において、単純な刺激を用いた場合での各周辺輝度条件における中心輝度と知覚的黑みの関係を示し、その結果から知覚的黑みの心理物理的尺度化を可能とした。本章では、色彩画像上における黒色領域とそれ以外の領域から成る輝度コントラストと知覚的な黒みとの関係を検討する。実験用の色彩画像は、一般的な画像に比べてその芸術的価値が高く、高度な感性情報を持つ絵画作品の電子画像を用いた。

(a) 工学系被験者

(b) 美術系被験者

図2 各周辺輝度条件における中心輝度と知覚的黑み評価PBの関係及び式(1)を用いた結果

3.1 実験刺激

実験として用いた絵画作品は、国立西洋美術館の所蔵作品である「ゲッセマネの祈り」である。図3(a)にその絵画を示す。次に黒み評価装置を用いて絵画作品画像の知覚的黑みと比較をするために、黒み評価装置の周辺刺激の輝度及び中心刺激の輝度を設定することにした。そこで、絵画画像を黒色である領域とそれ以外の領域に分割し、それぞれの領域の平均輝度を求めた。黒色以外の領域の平均輝度を黒み評価装置の周辺刺激の輝度とした。絵画画像における黒色の定義について、「2. 知覚的な黒みの尺度化」の結果における知覚的黑み評価値で $PB = 3$ における輝度コントラストを基にした。そこから求めた輝度は、画像全体の平均輝度 $L_a = 8.547 \text{ cd/m}^2$ 、黒色領域の平均輝度 $L_b = 0.361 \text{ cd/m}^2$ 、黒色以外領域(図3(b))の平均輝度 $L_o = 11.2465 \text{ cd/m}^2$ となった。実験において、絵画画像の黒色領域に注目し、その部分の知覚的黑みに対して評価を行うが、同じ黒色領域でも被験者によって注視する箇所が一致しない可能性が考えられる。そのため、黒色領域内での注視点を決めることにした。注視点は黒み評価装置の中心刺激と同じで視角は 1.5° の大きさであり、図3(c)の灰色の円をその箇所とした。注視点は、黒色領域の中で最も黒い及び一様に黒いかどうか、絵の主題付近もしくは絵の中心付近かどうか、といった判断基準で決定された。注視点の輝度は $L_p = 0.182 \text{ cd/m}^2$ であり、注視点内で黒みの強い部分5点の輝度を輝度計で測定し、その平均から求められた。

絵画における黒色領域の知覚的な黒みを測定するために、黒み評価装置の中心刺激との知覚的黑みの比較を行った。そこで、黒み評価装置において8条件の輝度コントラスト刺激を提示し、絵画画像で指定した注視点と比較して、より知覚的に黒みがあるのはどちらかを被験者に回答させた。黒み評価装置で提示する刺激について、周辺輝度 L_s の値には画像の黒色以外領域の平均輝度 L_o の値とし、中心輝度 L_c の値は画像の黒色領域の平均輝度 L_b を含めた8段階とした。

3.2 実験手順

実験視環境は図1に示されたCRTディスプレイ及び黒み評価装置が机の上に並べて置かれ、それらを被験者は60cmの視距離から観察した。また、CRTディスプレイには画像サイズに合わせた黒色厚紙のカバーを取り付け、ディスプレイに提示される絵画画像以外の部分を覆った。

実験の手順は以下の通りである。被験者は実験装置内に入り5分間順応した。この間、CRTディスプレイはN5(RGB = 115, 115, 115)相当の様な灰色画像が提示され、黒み評価装置の観察用開口はシャッターで閉じられている。順応後、実験者は提示する絵画画像に対応したカバーをディスプレイにセットした。その後、ディスプレイに視角 1.5° である灰色円の注視点付き絵画画像(図3(c))が提示され、注視点の箇所を被験者に認識させた後、注視点の円のない絵画画像(図3(a))が提示された。黒み評価装置には、 L_c を8条件からランダムに設定した刺激が観察用開口から1秒間提示

(a) 用いた絵画

(b) 黒色以外の領域

(c) 注視点

図3 作品名：ゲッセマネの祈り，作：ルーカス・クラナハ（父），所蔵美術館：国立西洋美術館

され，その後5秒間シャッターが閉じられる．この開閉は，その条件における回答が終わるまで繰り返された．その間，被験者は黒み評価装置の中心刺激の知覚的な黒みと絵画画像の注視点のそれとを比較し，どちらがより知覚的に黒みがあるかを強制二者選択で回答させた．各被験者において2回行った．

3.3 被験者

実験の被験者は工学系において20代男性7名と女性1名の計8名であり，美術系において男性1名と女性6名の計7名であった．また，「2. 知覚的な黒みの評価」での工学系の被験者とは異なるが，美術系の被験者は同じ被験者である．

3.4 結果

図4に黒み評価装置の中心刺激の知覚的な黒みと絵画画像の注視点のそれとを比較し，どちらがより知覚的に黒みがあるかを強制二者選択で回答させた結果を示す．横軸は黒み評価装置で提示した刺激の輝度コントラスト Ls/Lc （ Lc/Lc ）である．縦軸は，絵画の方が知覚的な黒みを強いと回答した場合を1，黒み評価装置の方が知覚的な黒みを強いと回答した場合を0として割合で表わした．縦軸における割合は絵画画像の方が知覚的な黒みが強いと回答した全被験者の試行結果から求められている．中間値である0.5について，黒み評価装置における中心刺激の知覚的な黒みが絵画の注視点における知覚的な黒み等価であると捉えた．

図4の結果から，絵画における黒色以外領域の平均輝度 L_o 及び注視点の輝度 L_p の輝度コントラスト $L_o(L_s)/L_p = 61.821$ に対して，工学系被験者が等価となる知覚的な黒みの輝度コントラストは72.775であり，美術系被験者が等価となる知覚的な黒みの輝度コントラストは94.989であった．その結果，絵画画像など内容（コンテンツ）がある画像における知覚的な黒み評価は，単純な刺激配置で得られた心理物理学的尺度と等価ではないことが示された．被験者条件で比較した場合，工学系の被験者に比べて美術系の被験者の輝度コントラストの方が大きく，1.31倍の違いが示された．また，輝度コントラスト Ls/Lc が高くなるに従い，工学系被験者において

図4 絵画及び黒み評価装置の知覚的な黒みの比較

は絵画の方が知覚的黑みを強いと回答した割合が0に近づくが、美術系被験者においてはその割合が0.36までとなった。そこで、工学系及び美術系の被験者間で t 検定を行った。その結果、判定値は有意水準5%での棄却域外の値となり帰無仮説は棄却され、工学系及び美術系の被験者間の評価に有意に差があることが示された。

以上のことから、同じ輝度コントラストでも単純な刺激より絵画画像の方が知覚的により黒みを強く感じる事が示された。被験者条件においては、美術系の被験者の方が工学系の被験者に比べて輝度コントラストが大きく、知覚的黑みを強く感じている結果となった。この要因について、美術系被験者の知識及び認識度合いが影響しているのかもしれない。絵画に関する研究では、Cavanaghが歴史的に見て画家達は絵画を作成する上で様々な物理法則を解明した上で、違和感を抱かせなく印象を強く与える絵画技法を駆使して作成していることを明らかにした[12]。このような手法の理解度が、絵画上の本質を見抜き、知覚的黑みにおける被験者条件間の差として示された可能性もある。しかし、絵画画像と黒み評価装置の相違点として、単純な刺激はシンプルな同心円であるのに対し、絵画画像に対して注視点が指定されているが黒色領域の形状は複雑で刺激形状が異なっていた。黒み評価装置は周辺刺激が白色で統一されているのに対し、絵画の周辺刺激は彩色が豊かであり周辺刺激の刺激色が異なっていた。それらの違いについての検討は必要である。

4. ま と め

本研究においては、「知覚的黑み」に対して、第一に知覚的黑みの心理物理的尺度化を行った。第二に絵画画像における知覚的黑み評価は、単純な刺激配置で得られた知覚的黑みの心理物理学的尺度と等価であるかを調べた。前者については同心円上の明るい周辺刺激と暗い中心刺激による単純な黒みを誘導する装置を作成し用いた。その結果、周辺刺激の輝度 L_s に関わらず中心刺激の輝度 L_c 増大に伴って暗い黒から明るい灰色へと知覚的な黒みが定量的に変化することが示された。また結果の近似を取る事で、輝度値と知覚的黑みの心理物理的尺度を構築することを可能とした。後者については同じ輝度コントラスト値でも、単純な刺激配置から生じる知覚的黑みより芸術性の高い絵画の色彩画像の方がより知覚的黑みがあると示された。工学系及び美術系の被験者の比較について、単純な輝度コントラストによって対象刺激に誘導される知覚的黑みの違いはほとんどない。一方、絵画画像から受ける知覚的黑みに関しては、美術系の被験者の方が工学系の被験者よりも知覚的黑みを強く感じていることが示された。この理由としては、工学系の被験者よりも美術系の持つ深い知識や探究心が知覚的な黒みをより誘導させる一因の可能性があり、このような絵画の知識や認識度についての検討は重要であると考えられる。

謝 辞

本研究の一部は平成19～20年度科学研究費補助金（基盤研究（C）19500173）の援助によることを付記し、ここに感謝の意を表する。また、研究目的として所蔵作品の特別観覧の許可を下さった国立西洋美術館に感謝する。

参 考 文 献

- [1] 日本の伝統色, ピエ・ブックス, pp.163-164, 2007.
- [2] 大萩成男, 狭間好彦, 西村武: 着色物体の「深み感」と「色の濃さ」および「黒み」の関係, 照明学会誌, Vol.82, No.11, pp.859-868, 1998.
- [3] Werner, J.S., Cicerone, C.M., Kliegl, R., and DellaRosa, D.: Spectral efficiency of blackness induction, J.Opt.Soc.Am A, Vol.1, No.9, pp.981-986, 1984.
- [4] Cicerone, C.M., Volbrecht, V.J., Donnelly, S.K., and Werner, J.S.: Perception of blackness, J. Opt. Soc. Am. A, Vol.3, No.4, pp.432-436, 1986.
- [5] Fuld, K., Otto, T.A., and Slade, C.W.: Spectral responsivity of the white-black channel, J. Opt. Soc. Am. A, Vol.3, No.8, pp.1182-1188, 1986.
- [6] 篠森敬三, 中野靖久, 内川恵二: 周辺単色光による空間的黑み誘導, 光学, Vol.21, No.2, pp.102-112, 1992.
- [7] 篠森敬三, 中野靖久, 内川恵二: 周辺白色光によって中心色光に誘導される黒みの測定, 光学, Vol.21, No.5, pp.303-310, 1992.
- [8] Shinomori, K., Nakano, Y., and Uchikawa, K.: Influence of the illuminance and spectral composition of surround fields on spatially induced blackness, J. Opt. Soc. Am., Vol.11, No.9, pp.2383-2388, 1994.
- [9] Shinomori, K., E.Schefrin, B., and S. Werner, J.: Spectral mechanisms of spatially induced blackness: data and quantitative model, J. Opt. Soc. Am., Vol.14, No.2, pp.372-387, 1997.
- [10] Eda, T., Koike, Y., Matsushima, S., and Ayama, M.: Role of blackness on visual impression of color images, Proceedings of The International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research in Sapporo, CD-ROM, 2007.
- [11] Eda, T., Koike, Y., Matsushima, S., and Ayama, M.: Effect of blackness level on visual impression of color images, Proc. of SPIE-IS & T Human Vision and Electronic Imaging XIII, Vol.6806 pp.68061B-1-8, 2008.
- [12] Cavanagh, P.: The artist as neuroscientist, NATURE, Vol.43, pp.301-307, 2005.

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）。現在宇都宮大学オブティクス教育研究センター特任研究員。色彩情報処理に関する研究に従事。日本感性工学会，照明学会，日本光学会，日本色彩学会 各会員。

石川 智治（正会員）

2001 年，北陸先端科学技術大学院大学 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。2008 年，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」実現の研究に従事。博士（情報科学）。正会員。

松島 さくら子（非会員）

1991 年東京藝術大学大学院美術研究科修了。現在，宇都宮大学教育学部准教授。芸術学修士。この間，漆造形表現の展開、及びアジアの漆装身具・漆文化の研究，ミャンマー伝統工芸学術支援事業等に従事。国内外の美術館等で研究作品を発表。2004 年 4 月より日本文化財漆協会常任理事。漆工史学会会員。

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ブ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。