

論文

黒みと色相・彩度の関係

—物体色モードと光源色モードにおける黒み評価—

Relation between Blackness, Hue, and Saturation

—Color Evaluation Experiment Using Surface Color Mode and Self-Luminous Color Mode—

江田 哲也 Tetsuya Eda

宇都宮大学オプティクス教育研究センター

Center for Optical Research and Education, Utsunomiya University

尾崎 功一 Koichi Ozaki

宇都宮大学大学院工学研究科

Graduate school of Engineering, Utsunomiya University

阿山みよし Miyoshi Ayama

宇都宮大学大学院工学研究科

Graduate school of Engineering, Utsunomiya University

Abstract

Quantitative relation between perceived blackness, hue, and saturation of color chips or stimuli of CRT display in the surface color mode and the self-luminous color mode was investigated. Nearly the same amount of blackness was perceived in color chips and CRT display when they are presented in surface color mode, while blackness was hardly perceived in the self-luminous color mode, as reported in the literature. Degree of perceived blackness is more simply represented using sigmoid function in the opponent color chromaticity diagram than in the CIELAB a^*b^* chromaticity diagram.

要 旨

物体色モード及び光源色モードにおける色票及びCRTディスプレイ上の刺激に対して、被験者に知覚的な黒み及び色相・彩度を応答させ定量的な検討を行った。その結果、黒み応答は物体色モードで存在し、光源色モードでの黒み応答はほぼ0である結果となった。また、知覚的な黒みの程度はCIELAB表色系の a^*b^* 色度図上よりも反対色型色度図上においてシグモイド関数でより簡単に表せることが示された。

1. はじめに

1.1. 本研究の目的

様々なメディア間での忠実な色再現は、カラーディスプレイが普及し始めた1980年代から画像工学の課題となっている。「ディスプレイで見た花の色は実物とは違う」及び「ディスプレイで見た色彩画像を印刷したら違う色になってしまった」などの問題をどう解決するかという課題である。近年ディスプレイの高性能化に伴い、一部では本物と区別のつかない忠実な物体再現が可能となってきた¹⁾。しかし民生用のディスプレイで完全な実物感を再現するのは未だ困難である。主な原因としては、ディスプレイの色再現領域が印刷物や実物のそれと異なることが考えられるが、後述する見えのモードの相違も一因として挙げられる。

一方で、最近では10万:1以上の高輝度コントラストを持つディスプレイによる「黒」再現が可能となり、「漆黒の黒を再現」とか「暗いシーンの忠実再現」などと宣伝されている。ハードウェアの高性能化により、実物感・臨場感再現における「黒」の重要性が改めて注目されている。「黒」は物体色モード特有の色知覚と言われている²⁻⁵⁾。内田は黒い綿布の黒さについて調査し、視感評価によって黒色度順位実験を行った。その結果、黒さは綿布の暗さだけで決まるのではなく、彩度及び色相も関係していることが示された⁶⁾。しかし、「黒」と色相・彩度の関係を定量的に検討した報告はほとんどない。色空間での知覚的黑みが定量的に推定できれば、各種の色再現において有用である。

そこで本研究では、ほぼ同じ輝度・色度だが見えのモードは異なる刺激を用いて、知覚的な黒み及び色相・彩度を応答させ、それらの関係についてCIELABの a^*b^* 色度図および反対色型色応答に基づく色度図上(以後本稿では「反対色型色度図」と呼ぶ)で定量的に検討した。

1.2. 見えのモード

マックスウェル視光学系、本物の色票、及びディスプレイ上での色刺激など様々な装置を用いた研究から、異なる色表示メディアでは、色刺激の輝度及び色度を同一にしても違う色認識が生じることがあり、それは面の見え方そのものの問題であることが明らかにされてきた。この属性を見えのモードという^{2-5), 7-19)}。これは心理学や測色学では古くから議論された問題である。Katzは色見え方を、面色、表面色、透明面色、光沢、光輝など9種類に分類した⁵⁾。またOSA(アメ

リカ光学会)の測色委員会は、物体モードと非物体モードに2分類し、前者は光源、表面、空間の見えの3種、後者は面色と照明の2種に細分類した。これらのうち、新しい表示メディアの開発と高性能化に伴うメディア間色再現に関して注目視されたのは、物体色モードと光源色モードである。前者はKatzの分類では表面色、OSA分類では物体モードの表面に相当する見え方で、後者はKatzの分類では面色、OSA分類では非物体モードの照明に相当する見え方といえよう。本研究では「光源色モード」という表現を広義に用い、開口色モードも含めた色見え方を指すものとする。

2. 実験

2.1. 実験条件

図1に本研究での実験設定を示す。

色票及びCRTを用いて、各々で物体色モードと光源色モードを実現し、多数の色刺激の色見え測定を行った。図2に物体色モードと光源色モードにおける視野の図を示す。テスト刺激は視角で $2^\circ \times 2^\circ$ の正方形である。

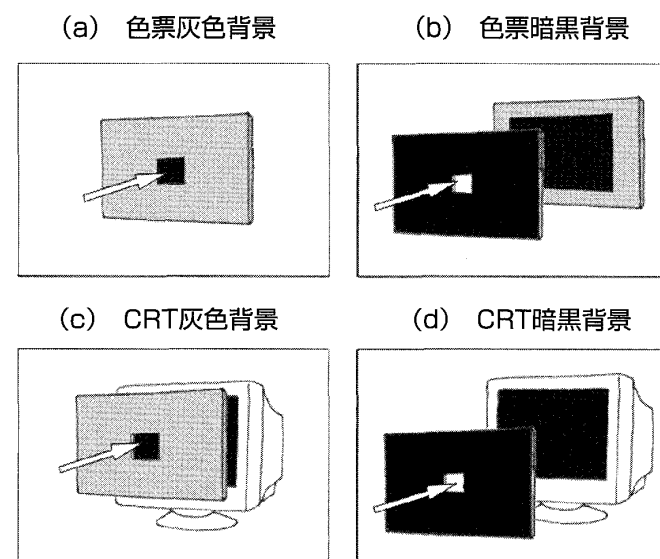


図1 実験設定, (a)及び(c): 物体色モード, (b)及び(d): 光源色モード

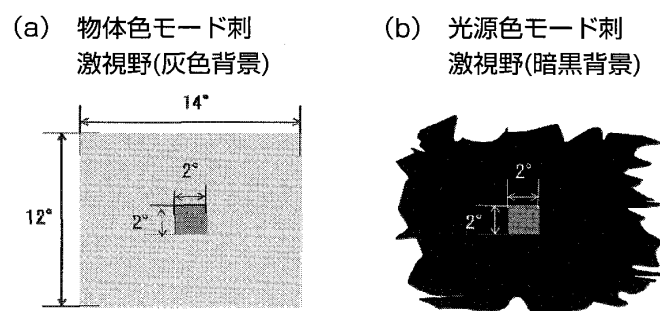


図2 各モードの刺激視野

0.344) で、平均輝度は64.3cd/m²であり、光源色モードの実現に用いた暗黒背景の色度は(x,y) = (0.278、0.287) で、平均輝度は4.1cd/m²であった。

表1 用いた色刺激

(a) 色票刺激

色票刺激：明度V=5で統一

色相	彩度	色相	彩度
5R	4, 6, 8, 10, 12, 14	5BG	4, 6, 8
7. 5R	6, 8, 10, 12, 14	10BG	4, 6, 8
10R	2, 4, 6, 8, 11, 14	5B	2, 6, 8
2. 5YR	8, 10, 12	10B	4, 6, 8, 10
5YR	4, 6, 8, 10, 11. 7	5PB	4, 6, 8
10YR	2, 4, 6	10PB	2, 6, 8
5Y	4, 6	5P	4, 6, 8, 10
10Y	2, 4, 6	10P	2, 6, 8, 10, 12
5GY	4, 6, 8, 9. 3	5RP	4, 6, 8, 10, 12, 13. 6
10GY	2, 4, 6, 8, 10	10RP	2, 6, 8, 11, 13
5G	4, 6, 8, 10	2. 5R	13. 8
10G	2, 6, 8, 10		

(b) CRT刺激

CRT刺激	灰色背景		暗黒背景	
	x	y	x	y
赤刺激	0. 581	0. 335	0. 568	0. 335
緑刺激	0. 295	0. 527	0. 297	0. 511
青刺激	0. 170	0. 100	0. 172	0. 104

2.2. 実験装置

実験装置の模式図を図4に示す。中央の視野ボックスはマクベス社のJudge IIを改良したもので、上部には擬似D65蛍光灯がある。色票は視野ボックスのCRT側の壁面に挿入できるようになっている。CRTで色刺激を提示する条件では、色票挿入位置に中央に穴の空いたプレートを入れた。視野ボックスと被験者との間に暗黒空間があり、物体色モード条件では色刺激とその背景のみ、光源色モード条件では色刺激だけしか見えない。

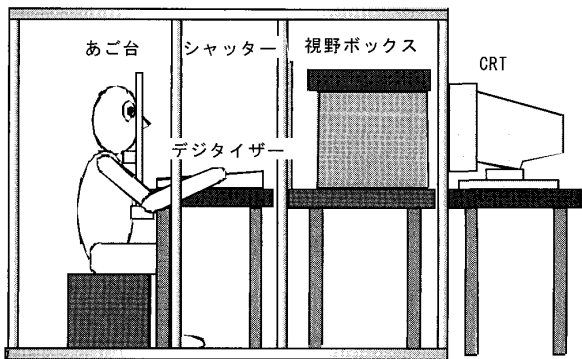


図4 実験装置の模式図

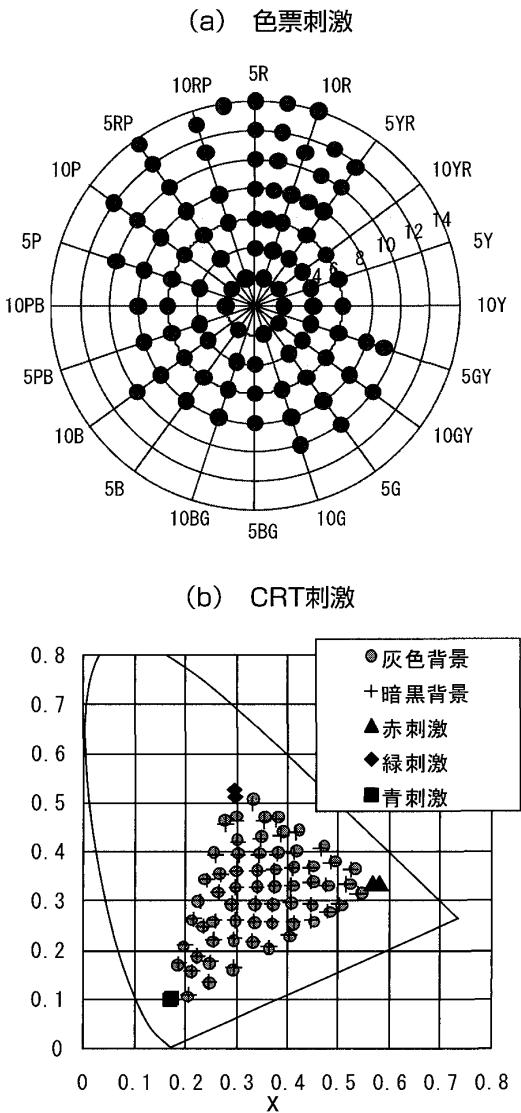


図3 用いた色刺激

図3及び表1に用いた色刺激を示す。図3(a)にマンセル色相環、表1(a)にマンセル記号での色票刺激を示す。図3(b)にCIE1931xy色度図上にプロットしたCRT刺激を示す。表1(b)は図3(b)の色度図上の三角形の頂点(赤刺激、緑刺激、青刺激)の色度座標を示した表である。色刺激には、マンセルバリューが5.0の色票90枚(平均輝度は灰色背景条件で35.7cd/m²($\sigma^2=2.51$)、暗黒背景条件で35.1cd/m²($\sigma^2=2.26$))、マンセルバリューがほぼ5.0のCRT刺激65色(平均輝度は灰色背景条件で32.0cd/m²($\sigma^2=0.31$)、暗黒背景条件で33.5cd/m²($\sigma^2=0.42$))を用いた。各色刺激での灰色背景と暗黒背景における輝度の差については、色票刺激において最大の輝度差が1.42cd/m²であり、CRT刺激において最大の輝度差が2.24cd/m²であった。物体色モードの実現に用いた灰色背景の色度は(x,y) = (0.326、

2.3. 実験手順

物体色モード及び光源色モードの各条件において、被験者は実験装置内に入り5分間の順応後、各刺激に対して黒み評価、反対色型色評価、知覚的飽和度評価、カテゴリカルカラーネーミングを行った。ある刺激を評価している間シャッターは開かれ、被験者は何度もその刺激を観ることが可能である。黒み評価は、知覚された各刺激の黒みに対して5段階評価(0:黒み無し、1:黒み25%まで、2:黒み50%まで、3:黒み75%まで、4:黒み75%以上)を行い、口頭で回答する方法である。黒み評価において、全く黒みを感じられない場合を黒み評価で0、無彩色成分として黒みだけ感じる場合を黒み評価で4として被験者には伝えた。反対色型色評価と知覚的飽和度評価は以下のように行った。ここで知覚的飽和度とは、その色刺激のあざやかさの度合いで、刺激全体における色みの割合のことである。表面色であれば「彩度」に相当するが、ここでは光源色モードの刺激もあるので「知覚的飽和度」と呼ぶことにした。図5左に示すように、被験者の前に配置されたデジタイザ上に赤、黄、緑及び青が90°ごとに離れて円周上に配置された色相環が貼られている。被験者は提示された刺激に対して知覚した各刺激の色相に対応する位置をクリックした。知覚的飽和度評価は、色相環の右脇に一番上が100%で一番下が0%を表す縦の線分があり(図5右)、被験者が知覚された各刺激の飽和度(色み)に対応する線分上の位置をクリックする方法で行った。カテゴリカルカラーネーミングは知覚された各刺激の色を赤・茶・ピンク・橙・黄・緑・青・紫・黒・灰・白の11色名から選択し、口頭で回答する方法である^{18, 20)}。基本11色名の定義は、1)万人の語彙に含まれること、2)人物及び使用条件に関わらず安定して用いられること、3)その語彙が他の単語に含まれないこと、4)特定の対象物にしか用いられないことがないこと、である。

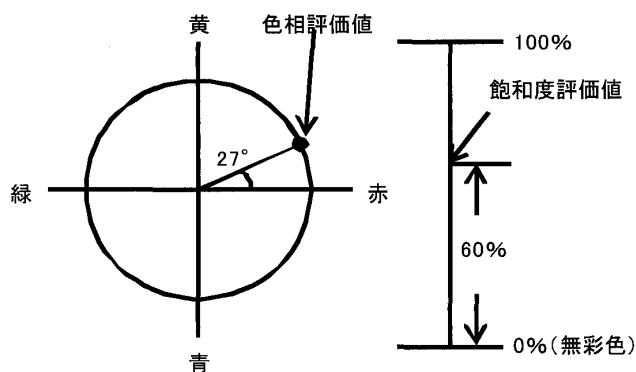


図5 反対色型色評価法

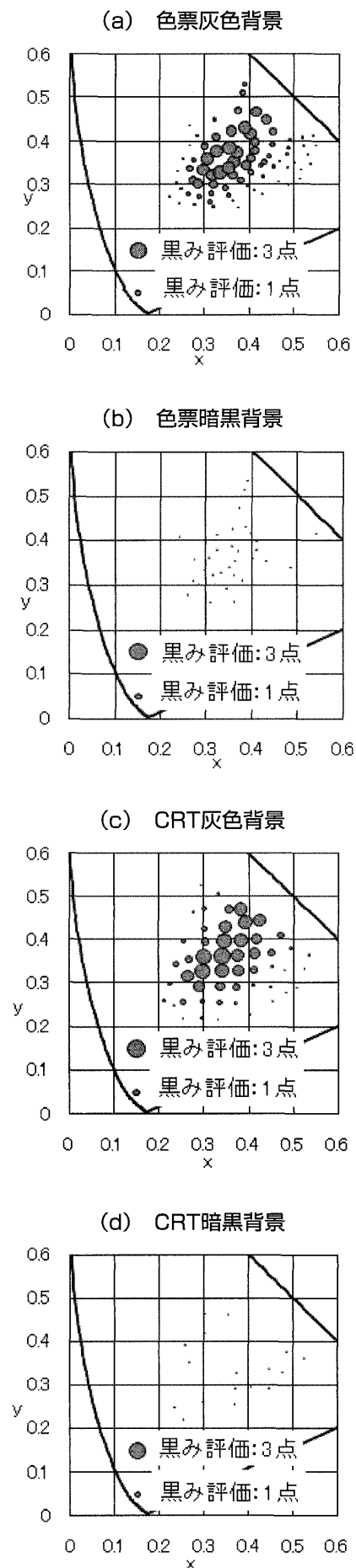


図6 色票及びCRT刺激における黒み評価値

これらの評価を灰色背景と暗黒背景の2条件で行った。それぞれの背景で色票90色、CRT刺激65色をランダムに提示した計155色について評価してもらい、それを1セッションとした。1セッションにおける平均所要時間は1時間半程度であった。実験中には精神的負担を考慮して、被験者は10分程度の休憩を取った。被験者1名につき各々の背景条件で6セッションずつ、計12セッション行った。

2.4. 被験者

被験者は色覚正常の20代男性7人及び女性1名の計8名である。

3. 結果

結果の表示に用いるので、知覚的色相角について説明しておく。赤方向を基準方向 0° として被験者が応答した点の角度を知覚的色相角とする。図5は、知覚的色相角は 27° 、知覚的飽和度は60%の例である。図5に表記はないが、例えばカテゴリカルカラーネーミング「橙」で黒み評価値2という応答が同時に得られる。このような応答を、色票90色及びCRT刺激65色のテスト刺激に対して、物体色モード及び光源色モード条件で得た。

同じモードにおける色表示メディア間の比較をするため、色票90色及びCRT刺激65色の黒み評価値をCIE1931xy色度図上にプロットした結果を図6に示す。黒み評価値は8人の被験者の平均値である。図6(a)は色票灰色背景、(b)は色票暗黒背景、(c)はCRT灰色背景、(d)はCRT暗黒背景での結果で、円の大きさが黒み評価の値を表している。色票及びCRT刺激共に暗黒背景条件すなわち光源色モードではほとんど黒み評価値は0に近く、灰色背景条件すなわち物体色モードでの黒み評価値との差は顕著である。これは、黒み知覚が色表示メディアではなく見えのモードに依存し、物体色モードで現れる知覚であることを示しており、既往研究と一致している。

図7は横軸に色票灰色背景での、縦軸にCRT灰色背景で色度点に近い36点における黒み評価値をプロットした図である。これら36点の色度の差の絶対値は、 $0.0003 \leq \Delta x \leq 0.018$ (Δx の平均値は0.008)、 $0.0001 \leq \Delta y \leq 0.0133$ (Δy の平均値は0.006)である。相関係数は0.954で、両条件の結果が良好に一致していることを示している。また、ほとんどの点が傾き1の線より上側にプロットされ、同じ色度座標の

刺激であるが、CRT灰色背景条件の方がわずかながら高い黒み評価値となっている。各個人については、被験者MEにおける相関係数は0.849、その他7名の被験者のそれは0.910以上であり、いずれも高い相関係数が認められた。また、各被験者の結果についてもほとんどの点が傾き1の線より上側にプロットされ、平均結果と同様の傾向であることが示された。この原因は現在のところ不明であるが、CRT刺激の方が平均値で 3.7 cd/m^2 低い輝度値だったことは一つの要因として挙げられる。

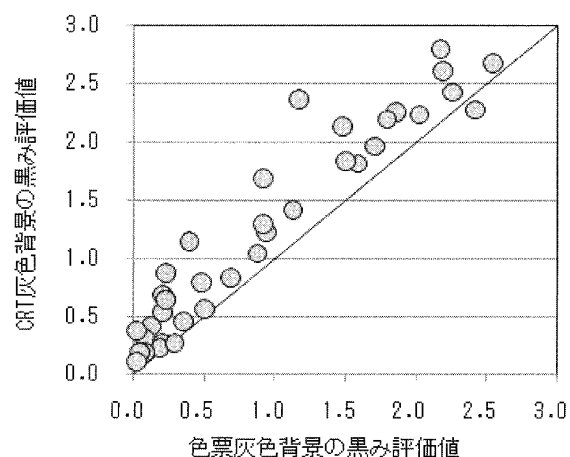


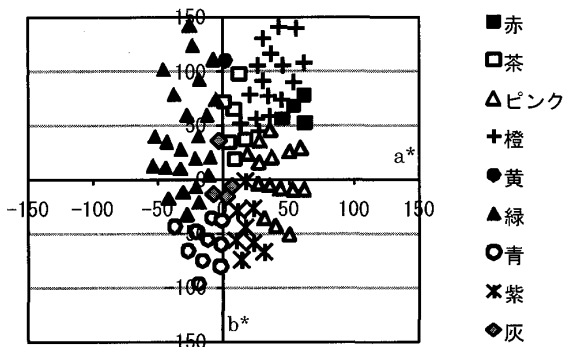
図7 色票灰色背景及びCRT灰色背景における色度点に近い36点での黒み評価の関係

図8に、色票90色及びCRT色刺激65色の各刺激点をCIELAB表色系の a^*b^* 色度図上にプロットした結果を示す。基準白色の三刺激値としてはD65照明光下における完全拡散反射面の三刺激値を用いた。図8(a)及び図8(c)での各刺激のシンボルはカテゴリカルカラーネーミングの結果を表す。図8(b)及び図8(d)のシンボルの大きさは、対応する刺激の黒み評価値である。暗黒背景条件の結果は図6(b)及び図6(d)で示されたように、ほぼ全ての刺激で黒み評価値が0であったため除いた。

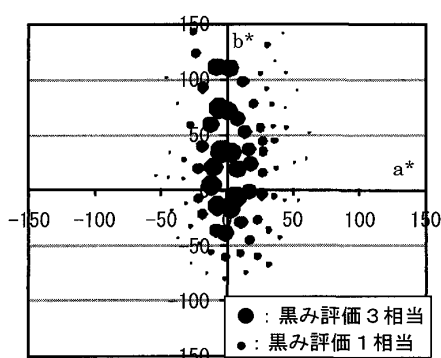
図8(a)及び図8(c)のカテゴリカルカラーネーミングの結果において、各刺激に対するカテゴリカルカラーネーミングは第一象限では赤、茶、橙、第二象限では緑、第三象限では緑、青、第四象限では紫、ピンクとなっている。

図8(b)及び図8(d)の黒み評価の結果において、黒み評価値が1点以上となる刺激の広がり、原点から a^* 軸の正方向において色票灰色背景条件では $a^*=27.6$ 、CRT灰色背景条件では $a^*=30.9$ まであり、その a^* 値の差の絶対値は3.3であった。同様に

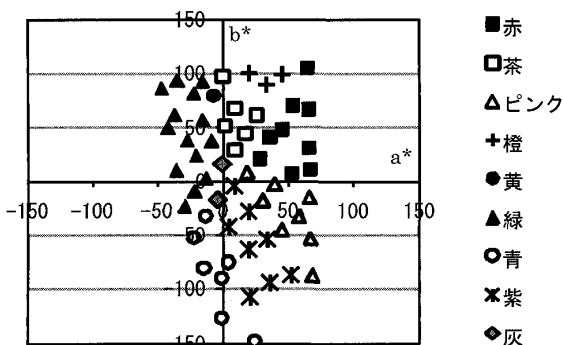
(a) 色票灰色背景
(カテゴリカルカラーネーミング)



(b) 色票灰色背景 (黒み評価)



(c) CRT灰色背景
(カテゴリカルカラーネーミング)



(d) CRT灰色背景 (黒み評価)

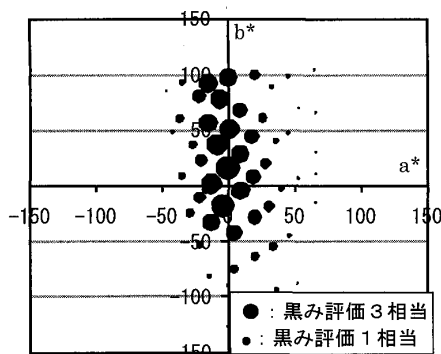


図8 a^*b^* 色度図における灰色背景条件における色の見え。
カテゴリカルカラーネーミングと黒み評価の結果

a^* 軸の負方向においては色票灰色背景条件では $a^*=-23.3$ 、CRT灰色背景条件では $a^*=-27.1$ まであり、その絶対値の差は3.8であった。 b^* 軸の正方向において黒み評価値が1点以上となる刺激の広がり、色票灰色背景条件では $b^*=110.9$ 、CRT灰色背景条件では $b^*=100.3$ となる刺激点まであり、その b^* 値の絶対値の差は10.6であった。 b^* 軸の負方向においては色票灰色背景条件では $b^*=-38.3$ 、CRT灰色背景条件では $b^*=-41.8$ まであり、その絶対値の差は3.5であった。 b^* 軸の正方向では若干差があるものの、黒み評価値が1点以上の範囲については、色票及びCRT刺激というメディアの相違に関わらず、ほぼ似たような範囲の黒み評価点分布となった。すなわち a^*b^* 色度図上で黒み評価値をプロットすると、 b^* 軸の正方向に伸びる強い色相角依存性のあることが示された。

本研究で用いた色刺激のマンセルバリューはほぼ5.0であり、あざやかな黄といえるような色票(例えば5Y8/13など)は存在しなかった。そのため、灰色背景条件における色相角90°付近にある色刺激に対するカテゴリカルカラーネーミングの結果として「黄」応答より「茶」応答が多かったといえる。一般的には、「茶」は黒みの強い暖色系の色を指す場合に用いられる物体色モード特有の色名である。すなわちカテゴリカルカラーネーミングの結果と黒み評価の結果は符合しているといえる。高橋らは赤、黄、緑、青への白色量及び黒色量の知覚的な加法性について検討している²¹⁾。その中で、黄みと黒みを同程度感じる時に「茶」という固有の色を強く感じたという被験者の自由内観報告が示されている。

図6に示したように、暗黒背景条件では、色票およびCRT刺激のいずれにおいてもほとんどの刺激で黒み評価値がほぼ0となった。それと呼応するように、カテゴリカルカラーネーミングにおいて灰色背景条件の第一象限で茶である刺激の色名が橙または黄色となり、原点近傍の刺激の色名が白という応答結果であった。これらの結果は色の見えとモードに関する先行研究結果と一致する^{2-5, 8)}。

図8は8人の平均の結果である。各個人の結果においても、黒み評価値1点以上の範囲は被験者平均の結果と同様に b^* 軸の正方向に伸びる分布となったが、その範囲には個人差があった。そこで、個人差の範囲を比較するために、図9に8名の被験者中黒み評価値1点以上の範囲が最も広い被験者ME及び黒み領域が最も狭い被験者HHでの黒み評価の結果を示す。灰色背景

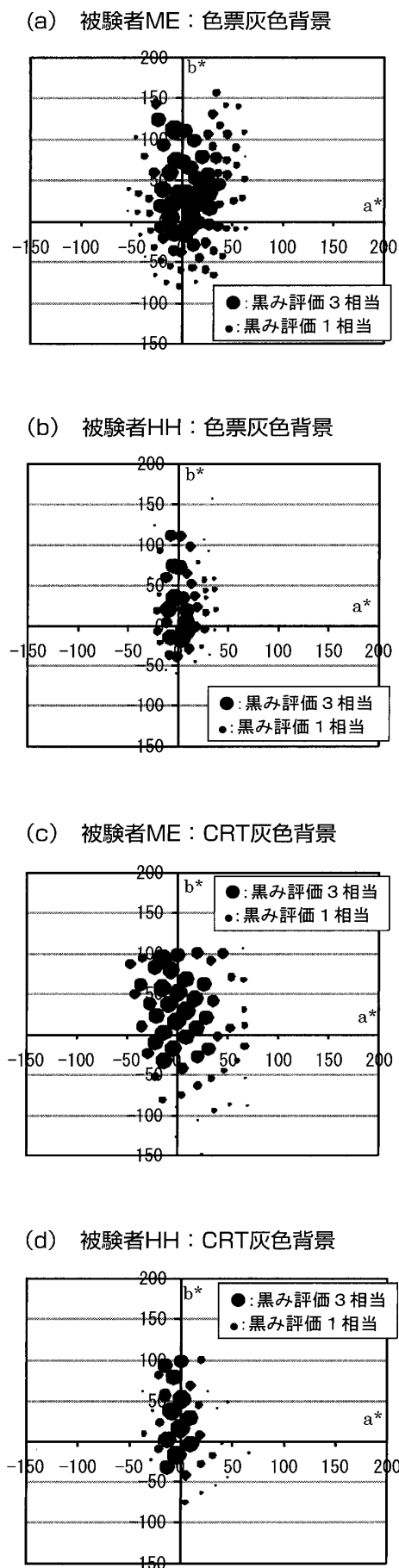


図9 a^*b^* 色度図における灰色背景条件での被験者ME及び被験者HHの黒み評価の結果

条件における色票刺激とCRT刺激の結果をCIELAB表色系の a^*b^* 色度図上にプロットしたものである。どちらの被験者の結果も b^* 軸正方向に伸びる形状となったので、広い・狭いという判断は主として b^* 軸正方向でどこまで分布するかに基づいているが、他の方向で判断しても大差はない。すなわち、色表示メディアに関わらず黒み評価値が高い被験者は広範囲の色刺激において黒みを知覚し、低い被験者は色票でもCRT刺激でも狭い範囲の色刺激にしか黒みを知覚しないことが示された。

実験では、黒み評価やカテゴリカルカラーネーミングと共に、反対色型色評価及び知覚的飽和度評価も行った。そこで図10では、全ての測定点について、黒み評価を反対色型色評価および知覚的飽和度評価と関係づけてプロットしてみた。図10(a)～(d)は、各刺激に対する色相応答を先に説明した色相角で、知覚的飽和度評価を原点からの距離で表した極座標表示である。

図10(a)及び(c)はカテゴリカルカラーネーミングの結果をプロットした図である。図10(b)及び(d)は黒み評価の結果をプロットした図であり、各刺激の黒み評価値を円の大きさと表わしている。色相角は赤を 0° 、黄を 90° 、緑を 180° 、青を 270° にとっており、それを分かりやすくするために水平と垂直の線を引いている。図10(a)及び(c)で共に、カテゴリカル色の緑応答は知覚的飽和度によらず広い範囲に分布し、赤及び青応答は知覚的飽和度が大きい領域に限定して存在することがわかる。このような傾向は、Okajima et al.の結果と一致する²²⁾。他の色に関しても、図10(a)及び(c)でほぼ同じ領域に同じカテゴリカル色応答が出現しており、メディアが異なっても見えのモードが同じであれば、ほぼ同じカテゴリカル色応答が得られていることを表している。

図10(b)及び(d)の色票およびCRTの灰色背景条件における黒みは原点付近で大きく、そこから知覚的飽和度が大きくなるほど黒みは小さくなっている。これらにおいてもメディア間での顕著な相違は見られない。

4. a^*b^* 色度図と反対色型色度図上における黒みと色みの関係

図8及び図10は、色票刺激及びCRT刺激のカテゴリカルカラーネーミング及び黒み評価値を、各々CIELAB表色系の a^*b^* 色度図と反対色型色度図上にプ

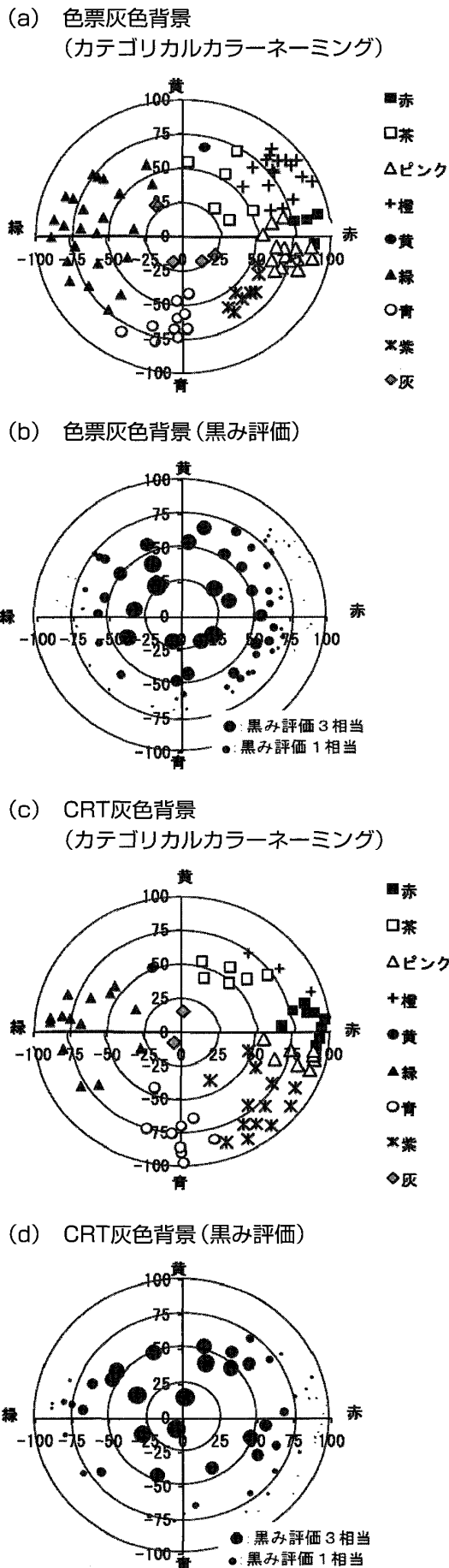


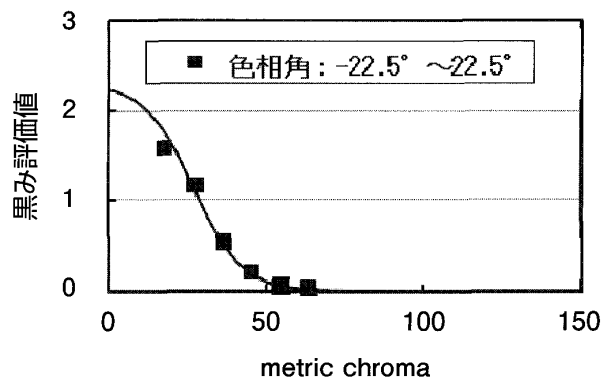
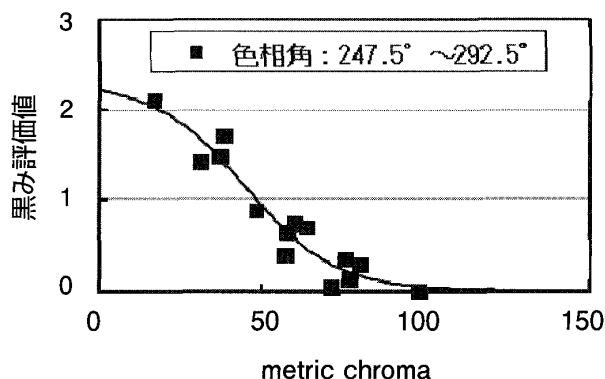
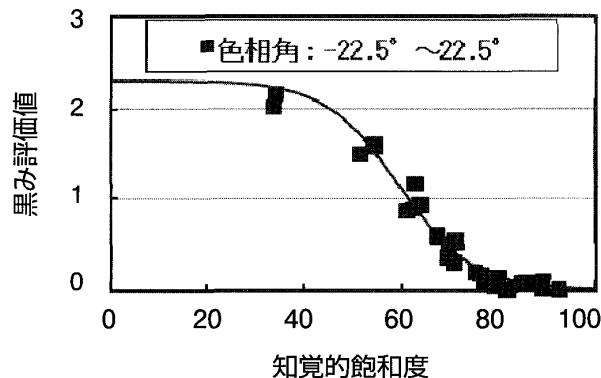
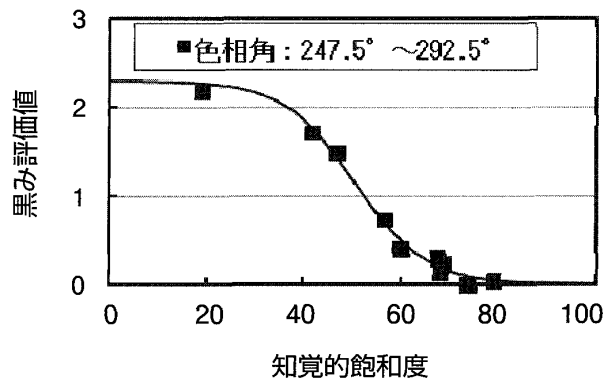
図10 反対色型色度図における各条件の色の見え：カテゴリカルカラーネーミングと黒み評価の結果

ロットした図である。どちらの色度図においても、原点を中心として色みが増加するに従い黒みが減少している。そこで、各色度図上で色相角を -22.5° から 22.5° 、 22.5° から 67.5° と 45° ごとに8つの領域に分け、各範囲内のプロット点に関して、黒みと色みの関係を調べた。その一例を図11(a)～(d)に示す。図11(a)及び(c)は色票灰色背景条件の結果の a^*b^* 色度図と反対色型色度図における -22.5° から 22.5° (赤、ピンク、茶、橙の色名応答が含まれる範囲)の変化であり、図9及び図10の横軸正方向に対応している。図11(b)及び図11(d)は、同様の結果の 247.5° から 292.5° (青、紫、灰の色名応答が含まれる範囲)の変化であり、図9と図10の青の軸(縦軸負方向)に対応している。図11(a)～(d)の横軸は色み((a)及び(b): metric chroma (a^*b^* 色度図における原点からの距離)、(c)及び(d): 知覚的飽和度)であり、縦軸は各測定点における黒み評価値である。黒み評価値0となる横軸の値を比べてみると、図11(a)の a^*b^* 色度図においてはmetric chromaが60程度から、図11(b)ではmetric chromaが100程度からとなっている。 a^*b^* 色度図上においてその他の色相各領域の黒み評価値0となるmetric chromaの値は100以内であった。ただし 67.5° から 112.5° (茶、黄の色名応答が含まれる範囲)の条件に関してはmetric chromaの値が150で黒み評価値は0.33となった。また、図11(c)及び図11(d)の反対色型色度図においては、共に知覚的飽和度が80程度から黒み評価値が0であり、他の色相角の領域でも同様であった。このように、 a^*b^* 色度図では色相角の範囲により黒みと色みの関係は異なるが、反対色型色度図においては色相角による変化が少ない可能性が示された。

そこで、8つの色相角領域における黒み評価値の変化を、式(1)のシグモイド・ロジスティック関数を用いて近似し、各色相角領域の関数からある黒み評価値となるmetric chroma及び知覚的飽和度を算出した8点を結ぶことでどのような形状として表わされるのか、 a^*b^* 色度図と反対色型色度図の色度図条件間で比較することにした。係数 a は、原点における黒み評価値に相当するので、まず全測定点を用いた最小二乗法で導きだした。式(1)の他の定数 k と x_0 は各色相角領域の測定点を用いて最小二乗法により決定した。

$$f(x) = \frac{a}{1 + e^{-k(x-x_0)}} \quad \dots (1)$$

各色相角領域で導かれた近似式から黒み評価値0.5

(a) a^*b^* 色度図色票灰色背景： $-22.5^\circ \sim 22.5^\circ$ (b) a^*b^* 色度図色票灰色背景： $247.5^\circ \sim 292.5^\circ$ (c) 反対色型色度図色票灰色背景： $-22.5^\circ \sim 22.5^\circ$ (d) 反対色型色度図色票灰色背景： $247.5^\circ \sim 292.5^\circ$ 図11 a^*b^* 色度図及び反対色型色度図における黒みと色みの関係

～2.0まで0.5ステップでの各範囲を描いた結果を図12(a)～(d)に示す。図12に示される等黒み評価値曲線は、各色相角領域の関数からある黒み評価値となるmetric chroma及び知覚的飽和度を算出した8点をグラフ作成ソフトのスムージング機能を用いて滑らかに結ぶことで描かれている。図12から、黒み評価を表すには、色相角依存性の少ない点で反対色型色度図の方が適していると考えられる。

しかしながら図12の結果を詳細に見ると、完全な同心円ではなくわずかに黄方向に伸びている。この黄色方向の黒み評価点の伸びに関連する既往研究としては、大萩らの「深み感」と「黒み」の関係を調べた研究がある。そこでは等明度及び等彩度の色刺激を用いた場合に、各色相の中でYからYGが最も「黒み」が高いことが示されている²³⁾。さらに、本研究では色票もCRT刺激もほぼ等輝度で提示した。従って、ヘルムホルツ-コウルラウシュ効果が生じたとすれば、この領域の色刺激は相対的に暗く²⁴⁾、それによって黒みが増す結果になった可能性がある。黒み知覚の色相依存性については、輝度ではなく明るさを統制した刺激群による詳しい検討が必要である。

5. まとめ

本研究では、90枚の色票刺激と65色のCRT色刺激を用いて、各々において物体色モードと光源色モードを実現し、色相・知覚的飽和度・黒み評価を行い、それらの関係について検討した。物体色モード(灰色背景条件)及び光源色モード(暗黒背景条件)の比較において、黒み評価は物体色モードで存在し、光源色モードでの黒み評価はほぼ0という結果となった。また、物体色モードにおける色票刺激とCRT刺激のメディア間の違いについて、黒み評価の範囲に大きな違いはないことが示された。CIELAB表色系の a^*b^* 色度図及び反対色型色度図において、黒み評価値の変化を色相角領域ごとにシグモイド関数で近似し、測定した色領域内での等黒み評価値曲線を描いた。 a^*b^* 色度図上の広がりには b^* 軸の正方向に広がり、強い色相角依存性が示された。同じ結果を、反対色型色度図上にプロットしたところ、黒み評価値は色相角によらずほぼ均等に知覚的飽和度(色み)の増大に伴って減少する結果となった。すなわち、CIELAB表色系の a^*b^* 色度図より反対色型色度図の方が円形であり、黒みと色相・彩度の関係を表すには後者が適していることが示された。

本研究では色票の明度はマンセルバリュー5.0だけ、

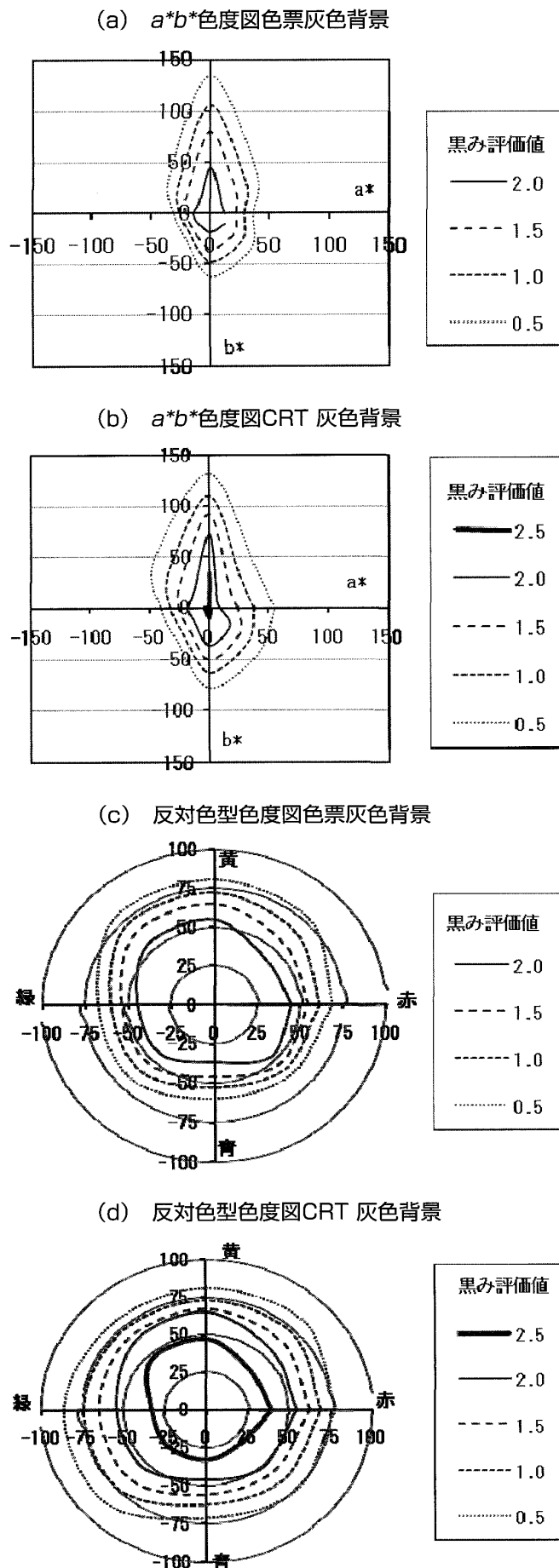


図12 各領域から導かれた近似式により、黒み評価値ごとに結んだ結果

CRT刺激の輝度は一種だけである。実用的な観点からは、黒み知覚が現れる限界の明度(もしくは周囲との相対輝度)や、より低い明度または低輝度刺激群での黒み評価値分布の検討が必要である。

謝辞

本研究の一部は平成19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、実験者として協力してくれた宇都宮大学大学院工学研究科外山寛之氏、須田典之氏に感謝する。

参考文献

- 1) K.Masaoka, M.Emoto, M.Sugawara, and Y.Nojiri: Comparing realness between real objects and images at various resolutions, Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, Vol. 6492, pp. 1-9, 2007
- 2) 内川恵二: 表面色と開口色モード認識と色の見え、光学、Vol.18, No.10, pp.524-529, 1989
- 3) H.Uchikawa, K.Uchikawa, and R.M.Boynton: Influence of achromatic surrounds on categorical perception of surface colors, Vision Res., Vol.29, No.7, pp.881-890, 1989
- 4) 岡嶋克典、高瀬正典、高橋純夫: 見えのモード変化を伴う色知覚における黒応答の役割、日本色彩学会誌、Vol.19, supplement, pp.8-9, 1995
- 5) 岡嶋克典: 色の見えのモード、日本色彩学会誌、Vol.24, No.1, pp.51-57, 2000
- 6) 内田洋子: 黒色度について一綿布一、日本色彩学会誌、Vol.32, No.1, pp.2-12, 2008
- 7) 岡嶋克典、池田光男: 白色光における輝面色モードと表面色モードの見えの定式化、光学、Vol.18, No.10, pp.558-564, 1989
- 8) 内川恵二、栗木一郎、篠田博之: 開口色と表面色モードにおける色空間のカテゴリカル色名領域、照明学会誌、Vol.77, No.6, pp.346-354, 1993
- 9) 山下由己男: 色の見えモードと知覚色の変化、日本色彩学会誌、Vol.21, No.1, pp.15-24, 1997
- 10) 根岸明子、西村武: CRT画像の表面色モードと

光源色モードの見えの特性とその定式化の試み、照明学会誌、Vol.82, No.8A, pp.513-522, 1998

- 11) Y.Yamauchi, and K.Uchikawa: Upper-limit luminance for the surface-color mode appearance, J. Opt. Soc. Am. A, Vol.17, No.11, pp.1933-1941, 2000
- 12) 須田典之、阿山みよし：色表示メディアとモードによるカラーアピアランスの相違、信学技報、HCS2000 pp.27-30, 2000
- 13) M.Ayama, N.Suda, and T.Kumagai: Quantitative evaluation of color appearance between different media and appearance modes, AIC, 9th congress of the International Colour Association, Proceedings of SPIE, Vol.4421, pp.279-282, 2001
- 14) K.Uchikawa, K.Koida, T.Meguro, Y.Yamauchi, and I.Kuriki: Brightness, not luminance, determines transition from the surface-color to the aperture-color mode for colored lights, J. Opt. Soc. Am., Vol.18, No.4, pp.737-746, 2001
- 15) 鈴木恒男：カラーサイエンス 3. 色彩の心理学、朝倉書店、pp.57-142, 2004
- 16) 山内泰樹、内川恵二：表面色モード知覚への刺激の知覚的グルーピングの影響、VISION, Vol.16, No.3, pp.127-140, 2004
- 17) 片山一郎、榎見和考、青木務：空間照度変化に起因する色の見えのモード遷移、照明学会誌、Vol.88, No.8A, pp.507-516, 2004
- 18) 阿山みよし：色の見えの評価、デジタル画像における色再現技術と官能・定量評価、技術情報協会、pp.14-24, 2005
- 19) 山口秀樹、篠田博之：色モード境界輝度による空間の明るさ感評価、照明学会誌、Vol.91, No.5, pp.266-271, 2007
- 20) 内川恵二監修：視覚心理入門、オーム社、p.66, 2009
- 21) 高橋美果、佐藤昌子：赤、黄、緑、青への白色量、黒色量の知覚的な加法性について、日本色彩学会誌、Vol.24, No.2, pp.81-92, 2000
- 22) K.Okajima, A.R.Robertson and G.H.Fielder: A Quantitative Network Model for Color

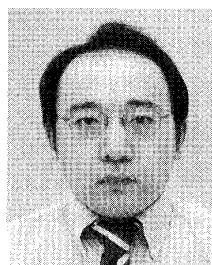
Categorization, Color Res. Appl., Vol.27, No.4, pp.225-232, 2002

- 23) 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
- 24) M.Ayama, M.Ikeda: Brightness-to-luminance ratio of colored light in the entire chromaticity diagram, Color Res. Appl., Vol.23, No.5, pp.274-287, 1998

(投稿受付日：2009年9月7日)

(掲載決定日：2010年1月12日)

著者紹介



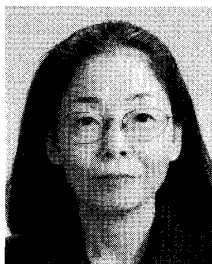
えだ てつや
江田 哲也

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技術補佐員。色彩情報処理、電子カルテに関する研究に従事。日本色彩学会、照明学会、日本光学会、日本感性工学会 各会員。



おがき こういち
尾崎 功一

1995年理化学研究所奨励研究員。1996年宇都宮大学工学部助手。1997年同大学講師。2002年宇都宮大学大学院助教授。現在、同大学院准教授。2008年日本感性工学会論文賞。ロボット工学、ロボットデザイン、画像処理、視触覚などの感性に関する研究に従事。



あやま みよし
阿山 みよし

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。