

令和元年6月20日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00368

研究課題名(和文)「質感照明評価法」を目指した、照明特性が質感認識に与える影響の検討

研究課題名(英文) Research on the effect of lighting properties on shitsukan recognition for the evaluation method of shitsukan lighting

研究代表者

溝上 陽子 (Mizokami, Yoko)

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：40436340

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、質感の見えの忠実度と印象に基づく“質感照明評価法”の提案に向けて、照明の配光特性と光色が質感認識に与える影響を解明することを目的としている。照明の拡散度と物体の質感認識の関係を解析するため、ミニチュアの部屋内に様々な表面特性(粗さ、凹凸度、光沢度等)を持つ刺激を用いて光沢感や凹凸感の評価を行った。その結果、視感評価は物体の表面特性と照明の拡散性の影響を受けること、光沢を含む刺激は照明の拡散性の影響が大きいことが示された。また、実験刺激の輝度統計量と質感の見えの関係が示唆された。以上より、測光的パラメータを用いて質感の見えを定量化し、質感照明評価の指標を作成できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により得られた、照明の配光特性と光色が質感認識に与える影響の知見は、学術的には人間がどのような物理情報を元に質感を認識しているのか、という質感認識メカニズムの解明に貢献するものである。また、測光的パラメータを用いて質感の見えを定量化できる可能性が示されたことは、質感照明評価の指標作成につながり、応用的・社会的意義も大きい。照明と質感の関係を比較的単純なパラメータに重みをつけた式で表し、最終的には演色評価数のように、質感再現指数というような形で示す「質感照明評価法」を実現できれば、実用的かつ総合的照明評価に貢献できる。質感再現性や好ましい質感印象を演出する照明開発にもつながると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to clarify the effect of light distribution characteristics and light color on shitsukan recognition toward the proposal of "evaluation method of shitsukan lighting" based on the appearance fidelity and impression of shitsukan or surface material. The glossiness and roughness of stimuli with various surface characteristics (roughness, glossiness, etc.) were evaluated in a miniature room. It was shown that visual evaluation was influenced by the surface characteristics of the objects and the diffuseness of the illumination, and that the stimuli including the gloss had a large effect of the diffuseness of the illumination. Moreover, the relationship between the luminance statistics of the experimental stimuli and the appearance of the shitsukan was suggested. Thus, it was shown that it is possible to quantify the appearance of shitsukan using photometric parameters and establish an index of shitsukan lighting evaluation.

研究分野：視覚科学、色彩工学

キーワード：照明 質感 色認識 トータルアピランス 照明評価 照明特性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

LED・有機 EL 光源などの新固体光源の開発が目覚ましく、今後照明の分光分布特性・配光・デザイン等の自由度が飛躍的に向上すると考えられる。人工光源を評価する指標として、自然光下での色の見えにどれだけ忠実かを判断基準とする演色評価数がある。新固体光源も含めた多様な光源をより正確に評価するため、CIE (国際照明委員会) で、技術委員会 TC1-90 で新しい演色評価数 (色忠実度指数) が検討されるなど、照明評価方法も発展してきている。

しかし、照明が色に与える影響は色だけではない。多くの人が、照明により、素材の質感が違って見えたり、顔の印象が異なったり、というような経験をしている。これらの要因の1つとして照明の拡散性が考えられる。例えば有機 EL は、面光源として将来は天井や壁一面を発光できると言われており、極端な拡散照明が実現することになる。そのような照明光下では物体の質感が不明瞭になったり、明度の恒常性が低下したり、予想外の視覚的效果が報告されている。これらの照明効果は演色評価数の適用範囲を超えており、忠実色再現だけでなく質感再現も含めた総合的な照明評価が必要である。

CG を用いた光沢感と照明方向との関係を示した研究は国内外で多数行われている。しかし現実の視空間では CG のような劇的な質感変化は頻繁には起こらず、我々の視覚認識は比較的安定している。これは、テスト物体だけでなく周囲環境の情報も用いて色や質感の変化を補正しているからと考えられる。しかし、どのような照明ならどこまで安定しているのか、実空間における色や質感知覚の系統的な検討は国際的にも取り組まれていない。

質感を正確に認識できないと、物体の誤認識や食品の痛みの程度の誤判断等の不具合も起こり得る。さらに、「好ましい質感印象」を演出する照明評価も重要と考えられる。実際の照明空間において、照明と質感の関係を比較的単純なパラメータ (コントラスト・空間周波数特性・色分布・鏡面反射等) に重みをつけた式で表し、最終的には演色評価数のように“質感再現指数 80 の照明”というような形で「質感照明評価法」を実現できれば、実用的かつ総合的照明評価に大きく貢献できる。

2. 研究の目的

前述の通り、照明により物の印象や質感が変化することは多くの人が経験している。照明や写真業界等ではこの効果も考慮されているが、経験的な対応や特殊照明が対象であり、通常の照明環境における照明特性の質感への影響を総合的・系統的に評価する手法は確立されていない。新固体照明の普及により、より多様な照明環境が日常的に存在する時代が来る。照明の演色性に関する評価基準はあるが、今後は色のみでなく、質感の認識のしやすさや印象も含めた評価が必要になる。本研究は、将来的に質感の見えの忠実度と印象に基づく“質感照明評価法”の提案を目指すため、その基盤として、まず照明の配光特性と光色が質感認識に与える影響を明らかにする。次に、質感照明評価に必要な測光的パラメータを抽出し、その影響を定性的・定量的に解明することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、実空間と実物体を用いて実験的検証を行い、照明の光色と配光特性が色知覚および質感認識に与える影響を分析する。まず、物体表面の特性 (表面形状、光沢、素材) の違いにより拡散/指向性照明下での見え変化の度合いが異なるかを調べ、各照明下での測光的特性と視感評価の対応関係を明らかにする。また、同時に漆器や布等を用いた実際的な条件でも同様の関係が成り立つかを検証する。最終的に、拡散/指向性照明の影響を受ける測光および視覚的特性を整理し、質感照明評価に用いるべきパラメータの抽出と、質感照明評価の際に考慮すべき環境条件を分析する。

主たる実験では、図 1 の例に示すように、室内模型とブースを用いた小規模な照明環境を用い、拡散照明下と指向性照明下それぞれにおいて観察対象であるテストサンプルの特性 (表面の形状、テクスチャ、色) が、サンプルの見えに与える影響を視感評価により測定する。その結果を分析することにより、物体の見えに影響するパラメータを抽出する。また、より実際的なサンプル (漆や布) を用いて同様の実験を行い、基礎的・実際的両方のアプローチからの結果を総合的に解析することで、質感を正確に知覚できる照明条件を構成するパラメータと各照明条件における印象を整理する。

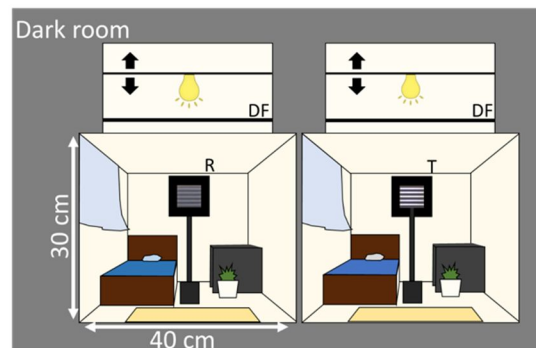


図 1. 実験環境模式図

4. 研究成果

H28 年度は、照明の拡散度の変化が物体の質感認識と色知覚に与える影響を調べた。質感認識の評価実験は、ミニチュアの部屋を 2 つ並べて行い、一方を指向性照明で照らし基準照明とした。他方は照明の拡散度を強・中・弱の 3 段階で変化させた。評価には、凹凸の大きさが異なる平面パッチ 4 種類と光沢度の異なる球体パッチ 2 種類を用いた。同じパッチを各部屋で観察し、

基準照明下での見えを基準として、各拡散度での質感の印象の違いを調べた。その結果、指向性照明と拡散性照明において光沢感や凹凸の印象に大きな違いがあったが、拡散度の段階的な変化による影響は見られなかった。そこで、基準照明を拡散度“中”の照明に設定し、見えの比較をしやすい条件にして同様の実験を行ったところ、凹凸の有するパッチでは拡散度が強くなるほど光沢感や凹凸の印象が弱まり、明るく見える、という段階的な変化が見られた。

また、色の見えの評価実験では、表面の凹凸が大きい色パッチ、または凹凸の小さい色パッチを設置して行った。被験者は、照明下のパッチの色と同じに見える色（対応色）を、別照明の観察ボックスに置かれたマンセルカラーチャートの中から選択して応答した。パッチの色は13種類とした。その結果、照明方法、パッチの凹凸によらず、対応色はほぼ一定であった。したがって、本研究で用いた刺激サンプルにおいては、照明方法や凹凸の違いによりパッチ表面からの反射光は変動するにもかかわらず、色の見えは安定していたと言える。これらの結果から、照明の拡散性が質感認識に与える影響は、主として物体表面の光沢感と粗さのパラメータであることが示唆された。

H29年度は、照明の拡散度の変化が物体の質感認識と色知覚に与える影響を調べた。質感認識の評価実験は、ミニチュアの部屋を2つ並べて行き、一方を指向性照明で照らして基準照明とした。他方は照明の拡散度を強・中・弱の3段階で変化させた。表面の凹凸と光沢特性の影響をより体系的に評価するため、正弦波状の波を表面につけたパッチを使用した。高光沢、低光沢のパッチそれぞれに波の高さ3種類の条件で実験を行った（図2）。同じパッチを各部屋で観察し、基準照明下での見えを基準として、一対比較法により各拡散度での質感の印象の違いを調べた。その結果、照明の拡散度による光沢感の変化は凹凸があるほど大きいこと、低光沢のパッチの見えは拡散度に大きく影響を受けることなどが明らかになった。また、重回帰分析により、光沢感と粗さ感、光沢度と凹凸の深さ及び照明の拡散度をパラメータとして表せることが示唆された（図3）。

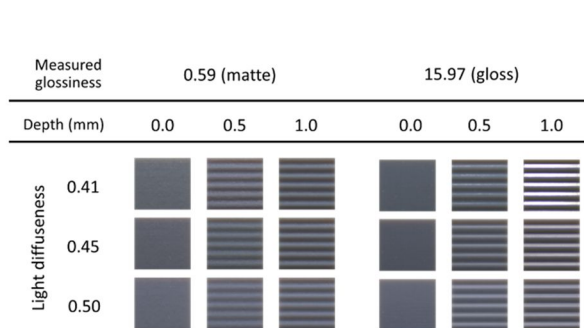


図 2. 各照明下における実験刺激の写真

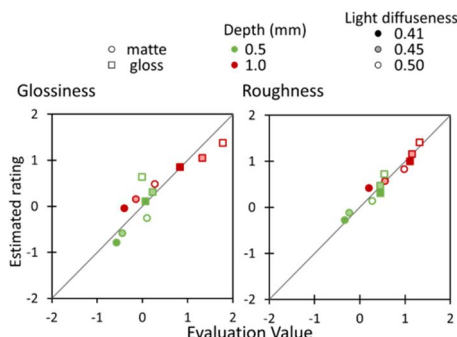


図 3. 重回帰分析による予測値と評価値の相関

色の見えの評価実験も同様に、正弦波状の凹凸を持つパッチを用いて行った。被験者は、照明下のパッチの色と同じに見える色（対応色）を、マンセルカラーチャートの中から選択して応答した。その結果、照明方法、パッチの凹凸によらず、対応色はほぼ一定であった。したがって、本研究で用いた刺激サンプルにおいても、照明方法や凹凸の違いによりパッチ表面からの反射光は変動するにもかかわらず、色の見えは安定していたと言える。パッチ部分の輝度と色分布の解析により、鏡面反射部分の色を除外して物体表面の色を認識していることが示唆された。

H30年度は、照明の拡散度の変化が物体の質感認識に与える影響の解析を進めた。実験はミニチュアの部屋内に周波数、凹凸度、表面の光沢度がそれぞれ異なる正弦波状の表面を持つ刺激を用いて「光沢感」、「凹凸感」の評価を行った。指向性照明と拡散性照明を組み合わせ、その強度の比を調整することで照明の拡散性を変化させた。実験の結果、表面の凹凸が大きく、波が細かい刺激ほど照明の拡散性の影響を受けやすい傾向が得られた。特に、光沢を含む刺激は照明の拡散によって光沢感が弱まり、マットな刺激は照明の拡散によってなめらかに見える傾向となった。さらなる分析により、照明の拡散性の変化に伴う、実験刺激の輝度ヒストグラム統計量（コントラスト、標準偏差、歪度）と質感の見えの関係が示唆された。

また、自然光下で手にとって記憶した物体の質感と、スポットライトの大きさを变化させた条件での質感の見えを比較する実験により、物体の忠実な質感再現に適した照明条件を設定できる可能性が示された。

漆塗りの椀の見えを検証した実験では、表面特性を表す形容詞対（光沢がある／ない等）は主として光沢部分の輝度、物理特性を表す形容詞対（柔らかい／硬い等）は主として非光沢部分の輝度、高次レベルの判断（醜い／美しい等）は光沢部分と非光沢部分の輝度コントラストと関連していた。このことから、主観評価の種類により、異なる物理情報を用いて評価していることが示唆された。

以上より、測光的パラメータを用いて質感の見えを定量化することで、質感照明評価の指標を作成できる可能性が示された。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

Yamazoe, T., Funaki, T., Kiyasu, Y., Mizokami, Y., Evaluation of Material Appearance Under Different Spotlight Distributions Compared to Natural Illumination. *Journal of Imaging*, 査読有, 5-2, 31. 2019, DOI: 10.3390/jimaging5020031

Yamazoe, T., Funaki, T., Kiyasu, Y., Mizokami, Y., March. Evaluating the Material Appearance of Objects Under Different Lighting Distributions Against Natural Illumination. *International Workshop on Computational Color Imaging*, 査読有, pp. 318-333, Springer. 2019, DOI: 10.1007/978-3-030-13940-7_24

Morimoto, T., Mizokami, Y., Yaguchi, H., Buck, S. L., Color constancy in two-dimensional and three-dimensional scenes: Effects of viewing methods and surface texture. *i-Perception*, 査読有, 8-6, pp. 2041669517743522, 2017, DOI: 10.1177/2041669517743522

[学会発表] (計 4 5 件)

喜安 勇貴, 溝上 陽子, 矢口 博久, 照明の拡散性の変化と物体の表面特性が光沢感と凹凸感に与える影響, 日本視覚学会 2019 年冬季大会, *Vision*, 31, 28 (2o02). 2019 January, 横浜 < ベスト・プレゼンテーション賞 受賞 >

山添 崇, 舟木 智宏, 喜安 勇貴, 溝上 陽子, 物体の忠実な質感再現に適した照明条件の検討, 日本色彩学会平成 29 年度研究会大会 色彩科学系 5 研究会 合同研究発表会, 日本色彩学会誌, 42 Supplement, 2018 November, 東京

Kiyasu, Y., Mizokami, Y., Yaguchi, H., How direct light and diffusive light influence the appearance of objects? OSA Fall Vision Meeting, 2018 September, Reno

Takahashi, Y., Ilic, I., Webster, M. A., Whitehead, L., Mizokami, Y., Colorfulness adaptation for real surfaces under wide color gamut illumination, OSA Fall Vision Meeting, 2018 September, Reno

Tamane, S., Ishikawa, T., Ayama, M., Kansei Evaluation of Blacklacquer Ware under Various Combinations of Diffuse and Directional Lights, 11th Asia Lighting Conference, 2018 September, Kobe < 11th ALC Student Paper Award 受賞 >

Mizokami, Y., Surface appearance influenced by the diffuseness of lighting, the 11th Asia Lighting Conference (ALC), 2018 September, Kobe < 招待講演 >

Funaki, T., Mizokami, Y., The effect of familiarity on lighting and objects to color constancy, the 14th annual Asia Pacific Conference on Vision (APCV), Abstract Book, 109, 2018 July, Hangzhou

園田 倅太, 溝上 陽子, 自然昼光下と人工光源下における実物体の色の見え, 日本色彩学会第 49 回全国大会 [大阪] '18, 2018 June, 大阪

Mizokami, Y., Nozaki, W., Yaguchi, H., Stable colour appearance among change in the diffuseness of illumination, the CIE 2018 Topical Conference on Smart Lighting in Taipei, Proc. of CIE. 2018. 50-54, 2018 April, Taipei < 招待講演 >

Takahashi, Y., Mizokami, Y., Webster, M. A., Whitehead, L., Verification of colorfulness-adaptation effect under real illumination, The 8th Lux Pacifica, 2018 March, Tokyo

Kiyasu, Y., Mizokami, Y., Yaguchi, H., Influence of diffuseness of lighting on the appearance of glossiness and roughness, The 8th Lux Pacifica, 2018 March, Tokyo

野崎 航, 溝上 陽子, 矢口 博久, 照明の拡散性と周囲環境が物体の色の見えに与える影響, 日本視覚学会 2018 年冬季大会, *Vision*, 30, 42 (2p18), 2018 January, 東京

Mizokami, Y., Shitsukan perception influenced by the diffuseness of lighting, Seminar on Color Vision & Shitsukan Perception, 2018 January, Chiba < 招待講演 >

野崎 航, 溝上 陽子, 矢口 博久, 照明の色温度と拡散性が物体の色の見えに与える影響, 平成 29 年度 第 39 回照明学会東京支部大会 講演論文集, 18-19, 2017 December, 東京 < 最優秀研究発表賞 受賞 >

喜安 勇貴, 溝上 陽子, 矢口 博久, 照明の拡散性の変化が質感知覚に与える影響, 平成 29 年度照明学会第 50 回全国大会, 講演論文集, 06-12, 2017 September, 仙台

野崎 航, 溝上 陽子, 矢口 博久, 指向性・拡散性照明下における物体の色の見え評価, 平成 29 年度照明学会第 50 回全国大会, 講演論文集, 06-11, 2017 September, 仙台

溝上 陽子, 木下 史青, 討論会: 研究者と照明デザイナーが語る光のスペクトル 3) 美術品を照らす次世代の光, 照明デザイン分科会及び視覚・色・光環境分科会主催シンポジウム「2017 照明デザインのさらなる地平をめざして ~ 研究者と照明デザイナーが語る光のスペクトル ~ 」, 平成 29 年度照明学会第 50 回全国大会, 2017 September, 仙台 < 招待講演 >

Kiyasu, Y., Mizokami, Y., Yaguchi, H., Influence of changes in diffusivity of lighting on appearance of object surface, The 24th Symposium of the International Colour Vision Society, Abstract book, 77, 2017 August, Erlangen < Student Travel Award 受賞 >

Mizokami, Y., Influence of diffusibility of illumination on the appearance of color and surface properties. The international conference Colour in Mind, 2016 Sep, Tübingen < 招待講演 >

〔図書〕(計2件)

CIE 224:2017 CIE 2017 Colour Fidelity Index for accurate scientific use, 共著, Yaguchi, H. et al., CIE, 2017

Mizokami, Y. (共著), R. Luo, Ed., Encyclopedia of Color Science and Technology ("Vision: Concepts-2, Color scene statistics, Chromatic scene statistics"担当), Springer-Verlag New York, 2016

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：矢口 博久

ローマ字氏名：Hirohisa Yaguchi

所属研究機関名：千葉大学

部局名：大学院融合科学研究科

職名：名誉教授

研究者番号(8桁)：3 0 1 3 4 8 4 4

研究分担者氏名：阿山 みよし

ローマ字氏名：Miyoshi Ayama

所属研究機関名：宇都宮大学

部局名：大学院工学研究科

職名：教授

研究者番号(8桁)：3 0 2 5 1 0 7 8

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。