

令和 3 年 7 月 1 日現在

機関番号：34311

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01947

研究課題名(和文)自然物の見えを考慮したLED照明デザインに関する研究

研究課題名(英文)LED lighting design based on the appearance of natural objects

研究代表者

奥田 紫乃(OKUDA, Shino)

同志社女子大学・生活科学部・教授

研究者番号：60352035

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：加熱調理食肉の見えにおいて、照明の分光条件により焼成完了の判断時刻が異なることが示され、調理品の見えにおいては、5000Kの白色光下で和食・洋食ともに「自然に見える」が、「おいしく」見える照明条件は調理品の種類により異なり、刺身では5000K、豚肉の生姜焼きでは3000Kの条件下で評価が高いことを示した。

人の顔の肌の見えにおいては、素肌・化粧肌のいずれにおいてもPS(肌の色の見えの評価指標)を用いて「活気」評価を予測可能であることを示した。

内装材の見えにおいては、内装材の色の見えの評価が室空間の好ましさに大きく影響し、木材や石材などの内装材の種類により、好ましい照明条件が異なることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、急速に普及が進んでいるLED光源は、その省エネルギー性が高く評価されているが、従来光源と比較して分光分布の制御が容易であることが大きな利点の一つである。本研究課題では、種々のLED分光条件下で多種多様な表面特性を持つ自然物の見えに関する評価実験を実施し、得られたデータを定量的に分析することにより実践的かつ具体的なLED照明条件を提示したことに、社会的意義が大きいと考えられる。また、本申請課題で対象とした自然物は日常生活において重要な視対象物であり、食物学分野や化粧品科学における色彩関連の既往研究で不足していた「色の見え」や「対象物を照らす照明」に着目した分析は、学術的意義が大きいといえる。

研究成果の概要(英文)：In the appearance of cooked meat, it was shown that the judgment time of completion of baking depended on the spectral conditions of the lighting. Also, in the appearance of cooked meat, both Japanese and Western food looked "natural" under 5000K white light, but the lighting conditions for "tasty" food depended on the type of food. In the case of sashimi, it was 5000K, but in the case of ginger-grilled pork, it was 3000K.

In the appearance of human facial skin, it was shown that it was possible to predict the "activity" evaluation using the PS (Preference evaluation index of skin color appearance) for both bare and make-up skin.

In the appearance of interior materials, it was shown that the evaluation of the appearance of the color of interior materials greatly affects the preference of the lighting in a room, and that the preferred lighting conditions depended on the type of interior materials such as wood or stone.

研究分野：視環境評価

キーワード：環境デザイン 照明 LED 質感 色彩の見え

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、省エネルギーが推進され、特に東日本大震災後は節電の重要性から LED 照明器具への取替えが急速に進んでいる。しかし、一般に使用されている LED ランプは青色 LED に黄色蛍光体を組み合わせて白色を作り出しているものがほとんどであり、その分光分布は、これまで使用されてきた白熱電球や蛍光灯とは大きく異なっている。したがって、LED 光源で照らされたモノの色は、従来光源下でのモノの色とは異なる色に見えることがあるため、光源の選定・使用においては十分注意する必要がある。2010 年に改訂された JIS 照明基準総則では、推奨照度に加えて対象物の色の見えを表す演色評価数が Ra で規定されている。しかし LED 光源下では、視対象物によっては色の見えが好ましく感じられるにも関わらず、Ra が低くなる現象も生じている。CIE (国際照明委員会) では、演色性 (色の見えの忠実性) の評価法を見直すと共に、色の見えの好ましさの評価指標を新たに提案するべく活発な議論が行われており、CQS や GAI、FCI のほか、肌の見えを評価する指標として PS が提案されているが、対象物の見えの評価を予測する各種演色評価指標については、対象物の表面特性等を踏まえた上で、さらに検討する必要がある。食品や木、肌などの自然物は、人間生活における中心的な視対象物であり、これらの見えに対する人間の知覚が鋭敏であることから、自然物の見えが好ましい LED 光源の分光特性の条件を明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

本研究課題では、生活空間内に存在する自然物として、食品 (食材及び調理品)、木 (内装木材)、肌 (顔) に着目し、これらの自然物の見えが好ましい LED 分光条件を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 調理品・食品の見えに関する検討

照明条件として、相関色温度及び duv が異なる条件を設定し、調理品としてハンバーグや天ぷら盛合せ、刺身、豚肉の生姜焼きなどの調理品を対象として、調理品の色彩を精確に再現する視対象画像を生成し、これを実験空間内モニター上に実物大で提示して、主観評価実験を実施した。評価においては、「調理品の色の見えの自然さ」「調理品のおいしさ」「照明の好ましさ」を評価させた。また、ハンバーグのたねを円柱形に成形し、 200°C で 0 分、4 分、6 分、9 分、12 分、14 分、18 分、25 分、30 分、40 分の計 10 段階に加熱したものを視対象として、加熱時間の異なるハンバーグ画像を生成し、これらの画像を加熱順にモニター上に順次表示し、ハンバーグの焼き加減の程度について評価させた。

(2) 人の顔の肌の見えに関する検討

照明条件として、相関色温度及び duv が異なる条件や、分光分布が異なる条件、CIE 標準光源・CIE 補助標準光源等の各種照明条件を設定した。また、20 代女性の顔を視対象とし、素肌 (ノーメイク)、および色彩の異なる種々のメイクを施した条件を設定した。これらの各条件下において、顔の色彩を精確に再現する視対象画像 (顔画像) を生成し、これを実験空間内モニター上に実物大で提示して、主観評価実験を実施した。評価においては、左右の下頬部分の「自然さ」「品性」「活気」「好ましさ」の 4 項目を評価させた。

(3) 内装材の見えに関する検討

内装材の国内主要メーカーにおいて取り扱われている内装材の中から選定した木質系/石質系内装材、れんが、畳を視対象とし、相関色温度・ duv が異なる種々の LED 照明条件下における「色の見えの自然さ」「光沢感」「柔硬感」「粗滑感」「温冷感」「照明の好ましさ」を評価させた。さらに、木質系内装材で構成された 8 畳の居室を想定した 1/6 縮尺模型を製作し、丈夫に設置した LED 光源装置により、相関色温度・ Duv が異なる種々の LED 照明条件下における木質系内装材の「色の見えの自然さ」「温冷感」「粗滑感」「乾湿感」「柔硬感」「照明の好ましさ」、及び室空間の印象を評価させた。

4. 研究成果

(1) 調理品・食品の見えに関する検討

調理品の色の見えの自然さ評価においては、いずれの調理品においても色温度が 5000K で $duv = 0$ 及び $duv = -0.01$ の照明条件のとき評価が高く、色温度が 3300K のとき評価が低かった。また、生姜焼きではいずれの色温度条件においても $duv = +0.01$ の照明条件のとき評価が低く、刺身ではいずれの duv 条件においても 5000K のとき評価が高かった。すべての調理品において、3300K で $duv = +0.01$ の照明条件のとき評価が低かった。一方、おいしさ評価では、いずれの調理品においても 4000K 及び 5000K で $duv = 0$ 及び $duv = -0.01$ の照明条件のとき評価が高く、

3300K で $duv = +0.01$ の照明条件のとき評価が低かった。刺身、鮭のムニエルにおいては色温度が 5000K で $duv = -0.01$ の照明条件のとき評価が高く、生姜焼き、ハンバーグでは 4000K で $duv = 0$ 及び $duv = -0.01$ 、5000K で $duv = 0$ 及び $duv = -0.01$ の照明条件のとき評価が高かった。また、鮭のムニエルではいずれの色温度条件においても $duv = -0.01$ のとき評価が高く、 duv の違いに関わらず色温度が 6700K のとき評価が低かった。このことから、調理品の種類によって、おいしさ評価に違いがあることが示された。

ハンバーグの調理過程における色の見えの検討においては、加熱時間 4 分で、0(生である)の回答率が LED-9 において 75% で最も高かったが、LED-11 及び LED-14 では 15% で最も低かった。また、加熱時間 12 分の場合 4(焼けている)以上の回答率は、D65 及び LED-4 において 65% で最も高く、LED-9 において 20% で最も低かった。図 3 に、焼き加減の程度が 4(焼けている)以上の回答率を示す。加熱時間が 9 分、12 分、14 分のとき、照明条件ごとの回答率に大きな差が見られた。以上の結果より、同じハンバーグであっても、照明条件の違いにより、感じられる焼き加減の程度が異なることが示された。

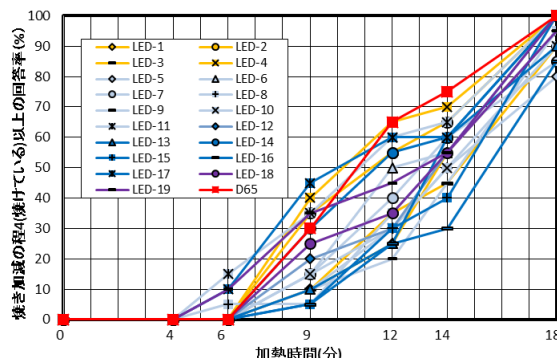


図 1 焼き加減の程度が 4(焼けている)以上の回答率

(2) 人の顔の肌の見えに関する検討

照明光色の異なる実験では、5000K の全ての duv 条件、及び 6700K で $duv = 0 \sim -0.01$ の条件において、自然さ、品性、好ましき評価の 3 項目の評価が高かったが、3000K の全ての duv 条件で評価が低かった。活気評価では、3000~4000K で $duv = 0 \sim -0.01$ の条件において評価が高く、6700K の全ての条件下で評価が低いことが示された。照明光色及びメイクイメージの異なる実験では、ナチュラル、キュート、エレガントの 4000K~6700K の条件において、自然さ、品性、好ましき評価の 3 項目の評価が高かったが、3000K の条件ではいずれのメイク条件においても、評価が低いことが示された。活気評価ではナチュラルとキュートの 3000K~5000K、及びエレガントの 4000K~5000K の条件において評価が高く、ナチュラル、キュート、クールの 6700K の条件において評価が低いことが示された。また、クールでは 5000K~6700K の条件下において評価が低く、4000K の場合に評価がやや高かった。さらに、活気評価のナチュラルメイクの場合において、肌の見えの好ましき評価指標である PS との対応関係が確認できた。

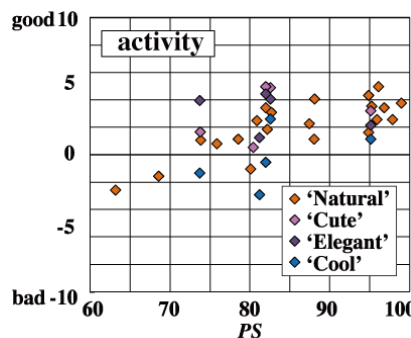


図 2 肌の見えの好ましきと PS との関係

(3) 内装材の見えに関する検討

「色の見えの自然さ」評価では、チーク、ブラックウォルナット及びブラックチェリーでは、相関色温度が 4000K のとき評価が最も高く、相関色温度が 4000K から低下または上昇するにしたがって評価が低下した。また、並れんがでも同様の傾向がみられた。一方、大理石 1、大理石 2 及びスレートでは、いずれの duv 条件においても相関色温度が高いほど評価が上昇した。畳では $duv = 0$ の場合にはいずれの相関色温度条件においても評価が高かったが、それ以外の duv 条件においては相関色温度が 5000K のとき評価が最も高く、5000K から低下又は上昇するにしたがって、評価が低下した。これより、赤みを帯びた内装材である木材及び並れんがでは、相関色温度が 4000K のときに評価が最も高く、白色や黒色の石材では、相関色温度が 6700K のときに評価が高い傾向がみられた。畳では、5000K のときに評価が高い傾向がみられた。さらに、木質系内装材で構成された室空間における評価結果では、木質系内装材の色の見えの自然さ評価結果を示す。相関色温度が 3300K 及び 4000K で、 $duv = -0.005 \sim +0.005$ のとき、「自然な」評価値が高かった。また、「照明の好ましき」が「色の見えの自然さ」に影響されることが示された。

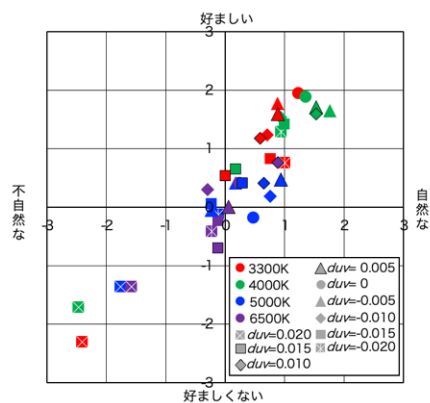


図 4 木質系内装材の色の見えの自然さ評価と照明の好ましき評価の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Okuda Shino, Okajima Katsunori | 4. 巻 P0147 |
| 2. 論文標題 PREFERABLE LIGHTING FOR APPEARANCE OF WOMEN ' S FACIAL SKIN | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceeding CIE Session 2019 | 6. 最初と最後の頁 1503-1506 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.25039/x46.2019.P0147 | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 0件／うち国際学会 6件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shino Okuda, Chihiro Kamiyana, Katsunori Okajima |
| 2. 発表標題 Preferred oldness of aging building facade with white exterior wall |
| 3. 学会等名 Euro Sense 2020, P 1.303（国際学会） |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 芝菜々子, 奥田紫乃, 駒井香里, 岡嶋克典 |
| 2. 発表標題 照明光色とリップカラーの組み合わせが化粧肌の見えに与える影響 |
| 3. 学会等名 日本色彩学会誌44-3,CP-72,pp.223-224 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 駒井 香里, 奥田 紫乃, 芝 菜々子, 岡嶋 克典 |
| 2. 発表標題 化粧肌を好ましく見せる照明条件に関する研究 照明条件と活気評価に関する検討一 |
| 3. 学会等名 2020年度照明学会全国大会講演論文集,6-P-14 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮田早絵, 奥田紫乃 |
| 2. 発表標題 照明光色が内装材の質感評価に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 2019年度照明学会全国大会講演論文集, 03-P-01 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shino OKUDA, Aiko DEGUCHI |
| 2. 発表標題 Effect of Lighting Conditions on Visual Texture of Cloths |
| 3. 学会等名 ECVP 2019, p.689 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shino OKUDA, Katsunori OKAJIMA |
| 2. 発表標題 Effect of light color on visual palatability of food dishes |
| 3. 学会等名 Pangborn 2019, P1_272 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 宮田早絵, 奥田紫乃 |
| 2. 発表標題 照明光色が内装材の色の見えの自然さに与える影響 |
| 3. 学会等名 日本色彩学会誌43-3, P1A-10 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shino Okuda, Katsunori Okajima |
| 2. 発表標題 Color appearance during color adaptation after changing the lighting color |
| 3. 学会等名 European Conference on Visual Perception (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 近藤実咲、奥田紫乃、岡嶋克典 |
| 2. 発表標題 LED照明の光色とメイクイメージが肌の見えに与える影響 |
| 3. 学会等名 2018年度照明学会全国大会講演論文集, 03-P-05 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 安部智子、西本真奈、奥田紫乃、岡嶋克典 |
| 2. 発表標題 光色変化時における色順応の過程と所要時間に関する検討～相関色温度及びduvによる影響～ |
| 3. 学会等名 2018年度照明学会全国大会講演論文集, 06-P-18 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shino Okuda |
| 2. 発表標題 Effects of Light Color on Appearance of Interior Material and Preference of Lighting |
| 3. 学会等名 Proceedings of AIC, pp.435-438, (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大垣実李、鍵本明里、奥田紫乃、岡嶋克典、辰元宗人、平田幸一 |
| 2. 発表標題 片頭痛を有する執務者に適した照明条件の検討 |
| 3. 学会等名 照明学会全国大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 西本真奈、保田紗希、奥田紫乃、岡嶋克典 |
| 2. 発表標題 照明光の色温度変化が色順応の過程と所要時間に与える影響 |
| 3. 学会等名 照明学会全国大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shino Okuda, Katsunori Okajima |
| 2. 発表標題 Optimal Combination of Light Color and Type of Make-up on Appearance of Woman's Facial Skin |
| 3. 学会等名 Proceedings of CIE (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

同志社女子大学 研究者データベース
http://research-db.dwc.doshisha.ac.jp/rd/html/japanese/researchersHtml/2795/2795_Researcher.html

6. 研究組織

| | | | |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| | |
|---------|---------|
| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|