

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 24 日現在

機関番号：34311

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25282006

研究課題名(和文) 居住者の個人特性を考慮したLED照明デザインに関する研究

研究課題名(英文) LED lighting design for individual properties of residents

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) 14,600,000円

研究成果の概要(和文)：片頭痛をもつ人に適した照明条件について、くつろぎと執務作業の行為を対象とした実験を実施した結果、片頭痛をもつ在室者は高照度・高色温度の照明条件を好ましく感じない傾向が示された。また、肌の見えと照明の分光条件との関係について、517-560nmの波長成分を含む照明条件は肌の見えの好ましさを低下させることが明らかとなった。食肉の加熱時には照明光の分光条件により、焼き加減の程度が2段階以上異なって見える場合もあり、焼き加減の判断に照明光条件が重要であることが示唆された。なお、照明光条件が変化した場合の順応過程を明らかにすることで、一定時間が経過した後も前順応照明条件による影響が残ることがわかった。

研究成果の概要(英文)：Migraineurs don't prefer the conditions of 5500K as compared with non-migraineurs when the condition is high illuminance. In addition, impression of migraineurs and that of non-migraineurs under the lighting condition is different. The evaluation of preference is better under the lighting including the component 585-636nm than that of 517-560nm. Also, the understandability of the cooking degree is the highest under the lighting conditions of 5000K and Duv=0.00. However, the apparent cooking degree depends on the spectral power distribution of lights. Moreover, when the lighting changes from low CCT to high CCT, the values of E_t almost become 0. Also, the values of E_t when changing from high CCT to low CCT are larger than that when changing from high to low CCT.

研究分野：視環境設計

キーワード：デザイン LED照明 分光分布

1. 研究開始当初の背景

近年、住宅においても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められている。しかし、一般的に住宅に用いられているLED光源は、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。白熱電球からの取替えが推奨されている「電球形LEDランプ」は、そのパッケージに「電球形相当」と表記され、白熱電球と同じような黄色みの光をもつが、その分光分布は白熱電球とは異なっている。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・使用にあたっては居住者が十分注意する必要がある。住宅照明に関する基準にはJIS照明基準総則や照明学会の住宅照明設計技術指針があり、各室における生活行為ごとに適切な光環境条件が提案されている。また、一般の居住者は、局部照明と全般照明を組み合わせること(タスク・アンビエント照明)により、明るさの基準値を満たしているのが現状である。

2. 研究の目的

本申請課題では、LEDの分光分布が従来光源と大きく異なることに焦点をあて、調理・食事・だんらんの行為時の視対象物である「食材・調理品」「人物(肌)」に着目して、これらの対象物の色見えが保証される分光条件を明らかにすることを目的とする。また、住空間における「くつろぎ」行為に着目し、女性に多くみられる片頭痛をもつ在室者にとっても好ましい照明デザインを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 調理・食事行為に関する検討

まず、調理過程の中で、食肉の加熱調理過程に着目し、照明光色の違いが食肉の色見えに与える影響を明らかにすることを目的として、牛・豚・鳥のミンチ肉を対象として、加熱調理時の色度測定を行った。各ミンチ肉を2cm角の立方体に成型し、オープンレンジ[Panasonic, NE-M156-W]の角皿を用いて、200℃で加熱調理を行った。加熱時間は5分までは30秒間隔、5~10分では1分間隔、10~20分では2分間隔、20~30分までは5分間隔として計23段階の加熱段階を設定した。測定装置を図1に示す。また、同ミンチ肉を視対象とした主観評価実験を行った。

次に、実際の調理品であるハンバーグを視対象として検討した。まず、円柱形のハンバーグを、オープンレンジ[Panasonic, NEX-5]を用いて200℃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、これらの加熱段階における

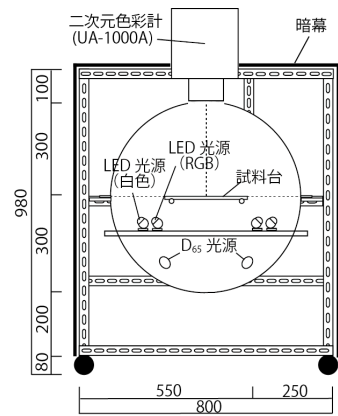


図1 測定装置

ハンバーグをLED光源及び標準光源D65による20種の照明条件光で照射した。次に、二次元色彩計[TOPCON, UA-1000A]を用いて測色し、得られた色度値を画像提示モニター[Color Edge, CG254W, LCD-DT V223XBE]の特性を組み込んでRGB値に変換することによりハンバーグ画像を作成して、被験者に焼き加減の程度、わかりやすさを評価させた。

また、種々の調理品の中から調理品の色彩、調理特性を考慮して、さしみ、てんぷら、サラダ、ハンバーグ等の8種の調理品を選定し、分光分布の異なる9種の照明条件で照射して、被験者に色見えや見た目のおいしさを評価させた。

(2) 肌の見えに関する検討

図2に示す分光スペクトルの異なる53種の照明光(顔面鉛直面照度:263lx)条件下で、化粧された人物モデルの顔の色度・輝度値を、二次元色度計を用いて測定し、測定色度値を忠実に再現する画像を生成して、顔面鉛直面照度が300lx相当の明るさになるよう輝度値を調整して、視対象画像を作成した。これらの画像を実験空間内のモニターに、顔の下半分のみを実物大で提示し、左右の頬の部分を対象として、「自然さ」「活気」「品性」「健康」「親和性」「好ましさ」の6項目について-10から10の数値尺度で評価させた。

以上の検討に続き、照明条件の色温度範囲を拡大するとともに、肌の色みが異なる複数の女性モデルの肌を対象として同様の評価実験を実施した。さらに、同一女性モデルに

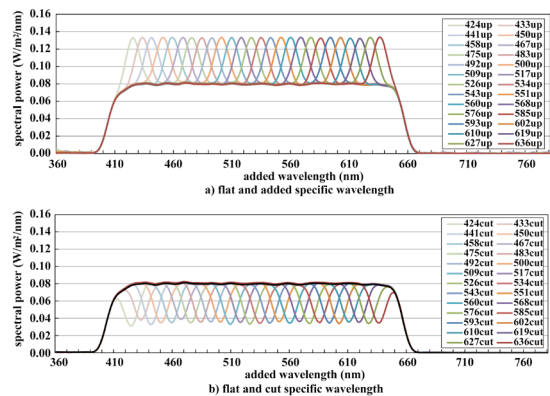


図2 照明条件

異なるイメージのメイクを施した肌を視対象として同様の実験を実施した。

(3)片頭痛をもつ在室者にとって好ましい照明条件に関する検討

実験は図3に示す実大空間で実施した。アンビエント照明として天井面に色温度 2700K、および 5000K の LED ダウンライトを 9 灯ずつ設置し、コントローラーにより調光可能とした。タスク照明として床面から 1750mm の高さにペンダントライトを設置し、コントローラーにより調光可能とした。ペンダントライトには 2700K、および 5000K の LED ダウンライトを、直径 340mm のシェードの中に 3 灯ずつ入れたものを使用した。本実験では、調整法とカテゴリー評価による主観評価実験を行った。

次に、同空間内の天井中央に色温度可変白色 LED 照明を 24 灯、赤・青・緑の三色可変有彩色 LED 照明を 10 灯設置し、調整法および評定尺度法による好ましさを、および SD 法による印象を評価させた。被験者は 20 代の女性で、国際頭痛学会・頭痛分類委員会が策定する診断基準に基づいた頭痛問診アンケート（獨協医科大学神経内科辰元宗人医師による問診）を行い、片頭痛をもつ者 15 名、片頭痛をもたない者 15 名の計 30 名とした。

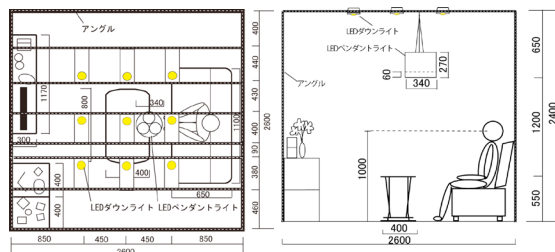


図3 実大空間

4. 研究成果

(1)調理・食事行為に関する検討

いずれの照明条件においても、加熱が進むにつれて平均明度値が低下する傾向がみられた。また、加熱が進むにつれて u^* 値が低下する傾向がみられた。照明条件 2900 の場合、加熱開始後 6 分までに u^* 値が大きく低下する傾向がみられ、6 分以降は v^* 値が大きく低下する傾向がみられた。 $L^*u^*v^*$ 空間における色度値の軌跡から算出した色度値の変化量は、照明条件 6300-W において変化量が最も小さく、照明条件 2900 において変化量が最も大きかった。以上の結果から、照明条件が異なると各加熱調理段階における色度値が異なることが示された。

焼き加減の程度に対する評価値が「4:焼けている」以上の回答率を用いて各照明条件を比較すると、加熱時間が 9 分、12 分、14 分の時、照明条件ごとの回答率に大きな差が見られた(図4)。これより、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。また、5000K 及び 7000K の照明条件における焼き加減のわかりやすさの評価値は、3000K の条件下における評価値よりも高かった。なお、調理経験の多い被験者は、調理経験の少ない被験者よりも、評価値が高い傾向が見られ、特に 7000K の照明条件下において、調理経験の多い被験者の評価値が高い傾向が示された。

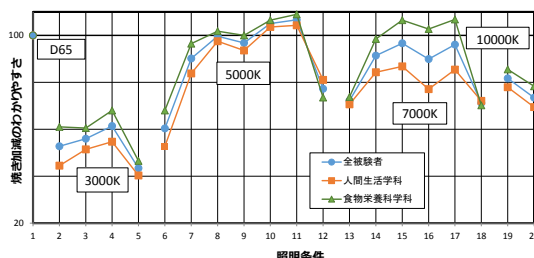


図4 「焼けている」以上の回答率

調理品を視対象とした実験では、サラダでは各評価項目において 7000RGBW の条件が最も評価の高い照明であり、天ぷらでは「照明の好ましさ」と「見た目のおいしさ」の項目で 3000K の条件が高いことが示された。また、ビーフシチューの「見えの自然さ」は「見た目のおいしさ」に影響することが示唆され、ほうれん草スープの「見た目のおいしさ」は、高色温度の条件で評価が高いことが明らかとなった。

(2)肌の見えに関する検討

「自然さ」評価では、593nm~627nm の波長成分を付加した条件は、517nm~560nm の波長成分を付加した条件より高い評価が得られ、「活気」評価では、585nm~636nm の波長成分を付加した条件は、500nm~576nm の波長成分を付加した条件より高い評価が得られた。「品性」評価では、467nm の波長成分を付加した条件は、517nm~551nm の波長成分を付加した条件より高い評価が得られ、「好ましさ」評価では、585nm~636nm の波長成分を付加した条件は、517nm~560nm の波長成分を付加した条件より高い評価が得られた。一方、534nm の波長成分を付加した照明光は、肌の見えを悪くすることが示された。なお、「自然さ」「活気」「品性」「健康」「親和性」と「好ましさ」との評価結果について、重回帰分析を行なったところ、肌の見えの好ましさは、「自然さ」「活気」「品性」の 3 項目を用いて説明可能であることが示された。

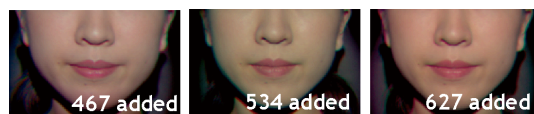


図5 人物モデルの視対象画像

(3)片頭痛をもつ在室者にとって好ましい照明条件に関する検討

図6に、カテゴリー評価による「明るさ」

「さ」の評価と顔面鉛直面照度の関係を、片頭痛無し 20 名の平均値で示す。「明るさ」評価では、タスク照明のみの条件 (TA 比=1:0) において明るさ評価がやや低くなるものの、TA 比の違いによる評価の著しい差は見られず、顔面鉛直面照度の対数にほぼ比例して評価が高いことがわかる。「好ましさ」評価においては、いずれの色温度条件においても顔面鉛直面照度が 100lx から 300lx の条件において好ましさ評価が高く、それを超える光量になると好ましさ評価がやや低いことがわかる。

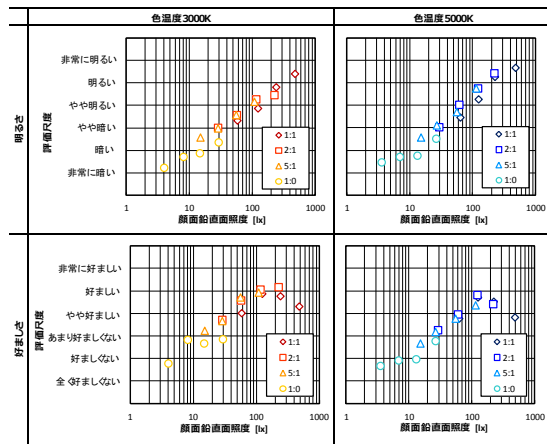


図6 「明るさ」「好ましさ」評価結果

印象評価結果の被験者 30 名の評価平均値を用いて、因子分析 (主因子法、バリマックス回転) を行った結果、3つの因子を抽出した。図4に因子得点分布図を示す。片頭痛の有無に関わらず、照度が高いほど活動性が高く、色温度が低いほど休息性が高いことがわかった。また、色温度が 3600K、及び 5500K の条件で顔面鉛直面照度が 400lx、600lx の時、片頭痛をもつ人は片頭痛をもたない人比べて、親和性が低いことが示された。

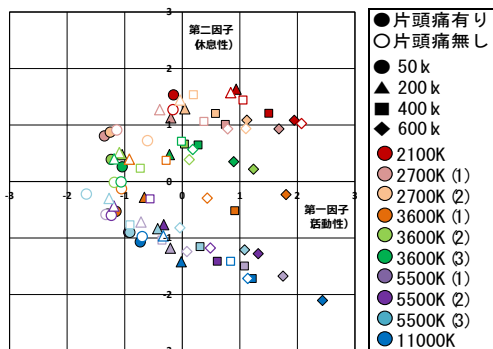


図7 印象評価における因子分析結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① Shino Okuda and Katsunori Okajima, Effects of spectral component of light

on appearance of skin of women's face with make-up, Journal of Light & Visual Environment, 全文査読有り, 40 号, pp.20-27, 2016

- ② Shino Okuda, Katsunori Okajima and Carlos Arce-Lopera, Visual palatability of food dishes in color appearance, glossiness and convex-concave perception depending on light source, Journal of Light & Visual Environment, 全文査読有り, 39 号, pp.1-7, 2015
- ③ Akari Kagimoto, Shino Okuda, Muneto Tatsumoto, Katsunori Okajima and Koichi Hirata, Preferable illuminance under LED lighting for migraineurs aiming to relax, Proceedings of IEA 2015, 全文査読有り, 2015
- ④ Shino Okuda, Akari Kagimoto, Muneto Tatsumoto, Katsunori Okajima and Koichi Hirata, Preferable lighting conditions for migraineurs to relax in room, Proceedings of CIE2014, abstract 査読有り, pp.716-719, 2014
- ⑤ Akari Kagimoto, and Shino Okuda, Preferable color of wall and lighting in dining room for migraineurs, Proceedings of AIC2013, abstract 査読有り, pp.1265-1268, 2013

[学会発表] (計 21 件)

- ① Akari Kagimoto, Shino Okuda, Katsunori Okajima, Muneto Tatsumoto and Koichi Hirata, Unfavorable lighting conditions for migraineurs in a relax room. 9th CJK Conference, 2016
- ② 片山知砂、鍵本明里、奥田紫乃、増田真美、岡嶋克典、LED 照明条件の違いが加熱調理におけるハンバーグの見えに与える影響、照明学会全国大会、2016 年
- ③ 駒井香里、谷川由佳、奥田紫乃、岡嶋克典、化粧肌を好ましく見せる照明の分光条件の検討、2016 年
- ④ 谷川由佳、駒井香里、奥田紫乃、岡嶋克典、好ましい化粧肌の色に関する研究-20 代日本人女性を対象として-、日本色彩学会全国大会、2016 年
- ⑤ 鍵本明里、奥田紫乃、岡嶋克典、辰元宗人、平田幸一、片頭痛を有する在室者のくつろぎに適した照明条件、人間工学会第 57 回大会、2016 年
- ⑥ Shino Okuda, Kaori Komai, Yuka Tanigawa and Katsunori Okajima, Preferable lighting condition to improve appearance of women's facial skin with cosmetic foundation, CIE Symposium, 2016
- ⑦ Shino Okuda, Fascination of autumn foliage illuminated by illuminated by LED lighting, Visual Science of Art

- Congress, 2016
- ⑧ Akari Kagimoto, Shino Okuda, Katsunori Okajima, Muneto Tatsumoto and Koichi Hirata, Influence of LED lighting condition on the impression of relaxation room, 15th International Symposium on the Science and Technology of Lighting, 2016
 - ⑨ 奥田紫乃、岡嶋克典、LED 照明下における調理品の視覚的なおいしさ、第 67 回日本家政学会大会、2015
 - ⑩ Akari Kagimoto and Shino Okuda, Color measurement of meat in cooking under LED lighting with different spectral distribution, AIC2015, 2015
 - ⑪ Shino Okuda and Katsunori Okajima, Temporal variation of chromatic response during color adaption, Perception 44, 2015
 - ⑫ Akari Kagimoto, Shino Okuda and Katsunori Okajima, LED lighting conditions for appearance of cooked meat, Conference of China, Japan and Korea, 2015
 - ⑬ Shino Okuda and Katsunori Okajima, Effect of spectral distribution of light on appearance of face with make up, IFSCC2015, 2015
 - ⑭ Shino Okuda and Katsunori Okajima, Preferable LED lighting for visual palatability of food dishes, ARAHE2015, 2015 年
 - ⑮ 奥田紫乃、室内照明光の色温度が変化した際の色順応過程-白色壁面の色の見えによる測定-、日本建築学会大会、2015 年
 - ⑯ Akari Kagimoto, Risa Shiomi, Shino Okuda, Mami Masuda, Katsunori Okajima, Hideki Sakai and Hiroyuki Iyota, Color measurement of meat in cooking under LED lightings with different spectral distributions, AIC2015
 - ⑰ 奥田紫乃、岡嶋克典、照明光の分光条件が化粧顔の見えに与える影響、平成 26 年度照明学会全国大会、2014 年
 - ⑱ 塩見里彩、鍵本明里、奥田紫乃、酒井英樹、伊與田浩志、岡嶋克典、加熱調理による食肉の色彩変化、平成 26 年度電気関係学会関西連合大会、2014 年
 - ⑲ 鍵本明里、奥田紫乃、辰元宗人、岡嶋克典、平田幸一、片頭痛をもつ在室者に適したリビング空間の照明光色及び壁面色彩に関する検討、日本色彩学会全国大会、2014 年
 - ⑳ 鍵本明里、奥田紫乃、辰元宗人、岡嶋克典、平田幸一、片頭痛をもつ在室者に適した照明条件-LED 照明を用いたくつろぎ空間における検討、平成 25 年度照明学会全国大会、2013
 - ㉑ 江口寛子、奥田紫乃、料理を美しく見せる

照明条件に関する検討、平成 25 年度照明学会全国大会、2013

6. 研究組織

(1) 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

(2) 連携研究者

岡嶋 克典 (OKAJIMA, Katsunori)
横浜国立大学・環境情報研究院・教授
研究者番号：60377108

辰元 宗人 (TATSUMOTO, Muneto)
獨協医科大学・医学部・准教授
研究者番号：30296157