

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12679

研究課題名(和文)人間の照明認識モデルに基づいた採光と調和する快適な人工照明デザインに関する研究

研究課題名(英文)A study on comfortable artificial lighting design that harmonizes with daylighting based on a model of human perception of lighting

研究代表者

石田 泰一郎 (Ishida, Taiichiro)

京都大学・工学研究科・教授

研究者番号：90232305

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、自然採光が存在する空間において、採光による光と人工照明が全体として調和して感じられる照明光の条件を明らかにすることを目的とする。研究1では採光が存在する模型空間を用いた視覚心理実験を行なった。その結果、快適な光の空間的な分布は、採光面、天井面、室奥面が拡散光源であると想定したときの照度分布の合成によって記述できることを示した。研究2ではより多様な採光と人工照明を想定した実験を行った。その結果、研究1と同様に快適な光の空間分布は3つの照度分布の合成で表現できることを示した。研究3では複数の照明の色の効果について基礎的な実験を行い、照明色の空間分布による視覚印象を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自然光と人工光を利用して快適な照明環境を作り出すことは、今日の照明分野の重要な課題の一つである。本研究の成果は、採光と人工光を併用する空間において、調和した光の環境を設計するための具体的な方法につながるものである。採光空間における人間の照明認識モデルを提案する学術的な新規性と照明設計の基礎を提供する社会的な有用性を有する成果といえる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to examine harmonious lighting condition produced by daylighting and artificial lighting in an indoor space. Firstly, we conducted an experiment using a model space with daylighting. The results showed that the spatial distribution of comfortable light adjusted by the subjects can be described by a composition of three distributions of illuminance in a room produced by diffusing lights from each of three surfaces of the window side wall, the ceiling, and the back side wall. In experiment 2 we set several window and artificial light condition to test variety of lighting conditions. The results showed that, as in experiment 1, the spatial distribution of comfortable light can be described by the composition of three illuminance distributions. In experiment 3, we examined effects of combination of lighting colors on visual impression of the lighting in the room.

研究分野：建築光環境工学

キーワード：照明 採光 調和感 光環境 色光 照明デザイン 視覚 知覚

1. 研究開始当初の背景

照明は私たちの生活や活動を支える重要な環境要素である。生活環境に存在する光は人間に様々な形で作用し多様な感性を生み出している。例えば、空間の明るさ感、活動感、開放感、温冷感などである。人々の生活や活動に相応しい豊かな光環境を実現するためには、空間の光を人がどのように認識し、どのような感性が導かれるのか、光環境と人間の関係を理解する必要がある。

今日の照明技術に目を向けると、新しい光源である LED 照明技術はめざましい発展を続けている。LED は発光効率の高さのみならず、小型で軽量であること、調光と調色の自由度の高さ、デジタル制御が可能であることなどユニークな特徴を有している。LED 光源の特徴を活かした照明設計の方法の探求が照明分野における重要な課題の一つといえる。

本研究課題では自然採光を有する空間における照明デザインに着目した。自然光の有効活用は、消費エネルギー抑制のみならず、人々の健康や快適性の側面からも、その重要性が認識されている。本研究課題では自然採光を有する空間における採光と調和する人工照明のあり方を検討する。すなわち、その空間において採光と人工光が調和しているように人間が感じる光の状態であり、人間の光の認識に関わる問題といえる。本研究の学術的な問いは、自然採光を有する空間において、採光と人工照明が調和していると人間が感じる時、人間はその空間の光がどのように構成されていると認識しているのかということである。その答えを探究することによって、人間の感性を考慮した照明デザインに実証的な根拠を提供し、自然採光を活かした新しい照明デザインの方法を提案する。

2. 研究の目的

本研究課題では、自然採光が存在する空間において採光と人工光が調和した光環境をデザインするための方法の開発を目指すものである。それによって、照明の機能性を高めつつ、人間の光環境に対する心理的な側面を考慮した照明デザインに実証的な根拠を提供すると共に、照明認識モデルに基づいた考察から新しい照明デザインを作り出す道を拓くことを目指すものである。光環境に対する人間の視覚認識を科学的に理解し、それを工学的に応用しようとする学術的独自性の高い位置付けの研究といえる。また、空間に分布する物理的な光そのものではなく、物理的に存在する光を捉えて人間が認識した光に基づいて、新たな光環境デザインの可能性を探しようとする本研究のアプローチは、優れて創造性に富むものと考えている。

3. 研究の方法

研究 1: 採光調和照明の成立条件を検討するために、模型空間を用いた視覚心理実験を行なった。模型空間には開口から拡散光が入射し、それによって自然採光を模型空間内に再現する。実験条件として開口の形状 3 通りと表面輝度 3 段階を設定した。また人工照明として天井に独立に調光可能な 3 区分の面光源を設置した。被験者は模型空間内の光(採光と天井光)が調和して感じられるように、3 区分の天井照明の輝度をそれぞれ調整した。

研究 2: 模型空間の窓の条件、調光可能な天井照明の条件を増やすことによって、より一般的な室内の採光と人工照明を設定し、採光調和照明のモデルの適用範囲を確認する実験を行った。窓の条件は形状 8 条件と窓面輝度 2 条件により全 16 条件設定した。天井面の照明は 5 区分に増やし、より自由度が高い照明の調整が可能になるようにした。



実験模型空間の照明設定の例

研究3：採光と人工光が調和するための照明の色の条件について基礎的な研究を実施した。実験では異なる色温度の光源によって形成される室内表面の色度分布が、空間の視覚的印象評価に与える影響を調べた。実験は室内空間模型を用いて、模型天井の奥側と中央に照明を設置した。照明の色温度条件は2800K、3500K、4500K、6500K、12000Kであり、奥側照明と中央照明それぞれ5通りの色温度条件の組み合わせで25条件を設定した。視覚的印象の評価項目は、明るさ、暖かさ、広さ、快適性、活動性の5項目を採用した。

4. 研究成果

研究1：被験者が調整した快適な光分布には顕著な違いがみられたが、光の空間的な分布に着目すると、それらは次の3つのパターンに大別できることが示唆された。

- (1) 採光による光分布の形状を維持する形で窓際を室奥より明るくするパターン
- (2) 室全体をほぼ均一に明るくするパターン
- (3) 窓際よりも室奥を明るくするパターン

結果の分析では、採光窓側が高照度となる照度分布、床面全体がほぼ一定となる照度分布、室奥側が高照度となる照度分布の3つの照度分布関数を設定した。そして被験者が調整した快適な光分布をこれらの照度分布関数の合成で表現することを試みた。その結果、快適な光分布はこれらの照度分布関数の線形和で良好に記述できることが明らかになった。

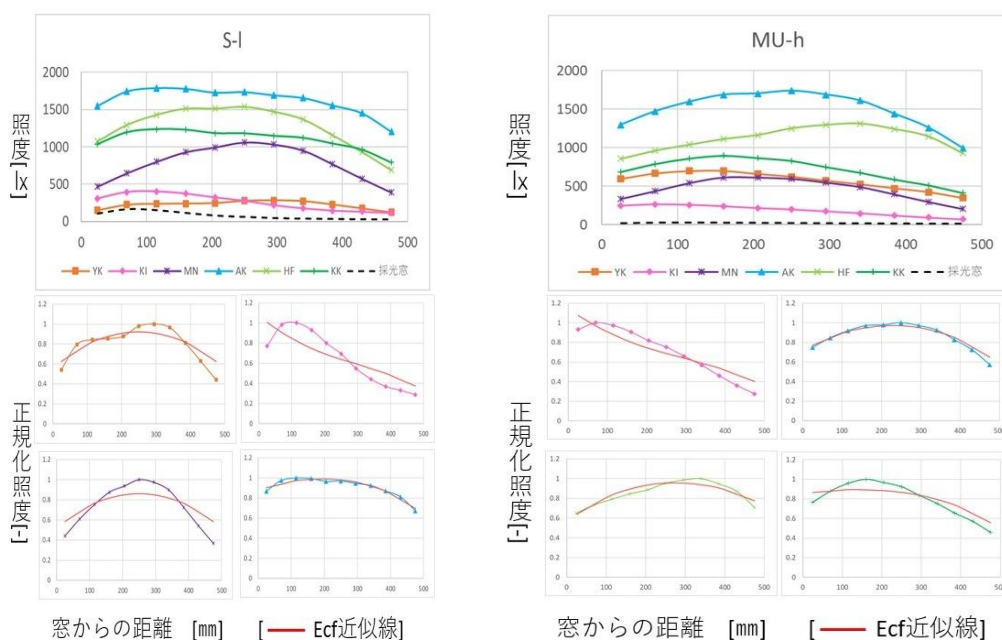
この3つの分布形を、窓側の壁面、天井面、奥側の壁面の全体が拡散光源面と考えた場合の、室内の照度分布形で代表させ、その重ね合わせによって「快適な光分布関数 (Ecf)」を以下のように定義する。

$$E_{cf} = aE_w + bE_c + cE_b$$

E_w, E_c はそれぞれ窓壁、天井全体を発光面としたときの床面中央線上の点に対する立体角投射率の分布を、最大値を1として正規化したものである。これらは室形状によって決定される分布形であるため、 E_{cf} の体系的な適用を可能にする。 E_b は E_w を左右対称になるように反転させた分布とする。 a, b, c は各分布形の係数とし、 $a+b+c=1$ とする。

研究2：結果は室中央線上の照度分布を用いて考察する。16条件に対する6人の被験者の調光結果を、それぞれ最大照度を1として正規化し、得られる形状の分布に対して E_{cf} により近似を行った。下図は結果の一例である。

それぞれ、3つの分布形の割合となる係数値(a, b, c)と、各測定点の正規化照度と近似値の差の二乗和(残差量)を得た。近似結果は、残差量が8割以上の条件で0.1以下となり、概ね E_{cf} による近似が成立した。これは窓面積や窓形状、窓の位置によらず適用された。分布形の特徴としては、窓面積が大きいとき、窓面輝度が高いときには、窓からの光分布形に近い分布になる傾向があり、 a の値が他の条件に比べて高くなる場合が多くみられた。窓面積が小さい、窓面輝度が低い場合には、低照度を選択した場合には窓からの分布形に近い分布や谷型の分布も見られた。高照度を選択した場合には山型が主流であった。



研究3：実験の結果，6500K を含む照明の組み合わせ条件で室空間は明るく評価された。照明光の色温度は暖かさの評価に明確な影響を与えており，低色温度の照明光は暖かい評価を与えた。また，3500K，4500K を含む照明条件で快適な評価が得られた。明るさ感については壁面の色度分布が上下で逆転すると，同じ色温度の組み合わせであっても印象評価は異なったものになることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 鈴木雄大, 石田泰一郎
2. 発表標題 照明光による壁面の色度分布が空間の視覚的印象に与える影響
3. 学会等名 日本色彩学会関西支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木雄大, 石田泰一郎
2. 発表標題 2種の照明光色による室内の色度分布が空間の視覚的印象に与える影響
3. 学会等名 日本色彩学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鬼頭秋帆, 石田泰一郎
2. 発表標題 室内の採光状況を活かした人工照明による快適な光分布の検討
3. 学会等名 照明学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akiho Kito, Taiichiro Ishida
2. 発表標題 Comfortable Light Distribution in a Room Produced by Artificial Lighting with Daylighting from a Window
3. 学会等名 The 5th Asia Color Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------	---------