

論文の内容の要旨

論文題目「LED 照明への移行に伴う視環境変化と照明計画手法の検証」

学位申請者 篠原 奈緒子

キーワード：LED 視環境 輝度分布 グレア 被験者実験

照明器具の光源に LED 素子が用いられるようになった。LED 照明器具の急速な普及は省エネルギー化が目的であり、LED 照明器具の特徴の一つである高効率に着目された結果である。一方で従来照明器具の光源は四方に光が放射されるのに対して、LED 素子は 1 方向への光放射のため指向性が強く、視方向によっては極めて高輝度となることからグレアの発生が懸念される。

照明器具の LED 化により懸念されるグレアの発生については、様々な研究がなされている。屋内照明で一般的に用いるグレア指標である UGR は、従来の方法では LED 照明器具によるグレアは適切に評価できないため、発光部輝度を補正する方法が示されている。

照明器具の LED 化では、グレアの発生の懸念以外にも課題がある。近年では Human Centric Lighting や Well 認証に代表されるように、快適で健康な照明環境の創出に注目が高まっている。LED 照明器具の小型、高い制御性などの特徴を用いることで、快適で健康な付加価値の高い照明空間の提供に貢献できると考えられる。

本論文は、照明器具の光源の LED 化で懸念されるグレアの問題の解決と LED 照明器具の特徴を用いた照明計画手法が視環境に与える影響について検証することを目的とした。グレアの問題については、複数の LED 素子を組み合わせて大面積の発光部を構成し、また、直視する可能性の高い屋内スポーツ施設を対象に評価した。LED 照明器具の特徴を用いた照明計画手法が視環境に与える影響については、LED 照明器具の小型、長寿命という特徴を用いた照明計画手法について、グレアや印象に与える影響を検証した。合わせて視環境の把握のために必要となる輝度分布測定において、画像測光システムの性能の違いが測定結果に与える影響を検証した。

本論文は 7 章で構成されており、以下にその概略を説明する。

第 1 章は序論として、照明器具の光源が LED 素子に変わったことで発生した課題について述べ、本論文の意義を明らかにした。また、関連する研究について整理し、本論文の位置づけを示した。本論文の目的および構成について述べた。

第 2 章では、LED 照明器具の輝度測定について、画像測光システムの仕様の違いが測定結果に与える影響について示した。仕様の異なる画像測光システムの性能について比較し、画像の鮮鋭度に関係する結像特性を表現する MTF (Modulation Transfer Function) 特性の調査の必要性を示した。また、性能の異なる複数の画像測光システムを用いて同一の照明

器具の輝度分布を測定した結果、ヒトが視認できる視角 0.05° 程度 (空間周波数 10cpd 程度) の LED 照明器具の発光部の輝度分布測定では、空間周波数 10cpd でコントラスト 0.95 以上の画像測光システムの利用が必要だと判断した。

第 3 章では、複数の LED 素子を組み合わせて大面積の発光部を構成し、また、直視する可能性の高い屋内スポーツ施設の照明器具を対象として視環境把握を行った。LED 照明器具の施設 6 件、HID 照明器具の施設 5 件の計 11 件の屋内スポーツ施設を対象として、照度分布のほか視野内輝度分布、照明器具の発光部内輝度分布を測定した。ここで評価した LED 照明器具の施設は、従来の照明計画手法を踏襲して照明設計された施設である。視野内輝度分布および発光部内輝度分布は、仰角が大きいくほど輝度が有意に高くなった。また、発光部内輝度分布は LED 照明器具のほうが HID 照明器具に比べて有意に輝度が高かった。

第 4 章では、第 3 章で視環境把握を行った 11 件の屋内スポーツ施設において、被験者によるグレア評価実験を行った。仰角が大きいくほどグレアの程度は大きくなり、また、JIS 運動競技区分が高いほどグレアの程度は大きくなった。グレアの影響要因の抽出を試みた結果、特に、 $10,000\text{cd}/\text{m}^2$ 以上の部分の平均輝度がグレアに与える影響が大きく、 $10,000\text{cd}/\text{m}^2$ 以上の輝度の低減がグレアの程度の低下につながることを明らかにした。

第 5 章では、LED の特徴である小型、長寿命を用いた 1 台当たりの出力光束を低減して多灯配置した小型 LED 照明器具分散配置照明計画手法により照明設計された屋内スポーツ施設において、第 3 章、第 4 章で行った視環境計測とグレア評価実験を行った。被験者によるグレア評価結果は、小型 LED 照明器具分散配置照明計画は、第 4 章で評価した屋内スポーツ施設 (従来の照明計画手法を踏襲して設計された施設) に比べてグレアの程度が低く、小型 LED 照明器具分散配置照明計画はグレア低減に有効であることを示した。

第 6 章では、小型 LED 照明器具分散配置照明計画手法を、オフィスに適用した場合の視環境を評価した。従来の照明計画手法により照明設計されたオフィスと小型 LED 照明器具を多灯配置した照明計画手法により照明設計されたオフィスについて、光環境計測と被験者実験を実施した。小型 LED 照明器具分散配置型照明計画手法により照明設計されたオフィスは、明るさ感を向上させ、またグレアへの影響はないことを示した。

第 7 章では、本論文の結論を述べた。

以上に述べた通り、本論文では、照明器具の光源が LED 素子に変わったことにより懸念されるグレアの問題の解決と、LED 照明器具の特徴を用いた小型 LED 照明器具多灯配置型照明計画手法が視環境へ与える影響を検証した。LED 照明器具は従来照明器具と同様の照明計画手法により照明設計されるのが一般的であったが、LED 照明器具の特徴を用いた小型 LED 照明器具多灯配置型照明計画手法により設計することで、グレアの低減や明るさ感の向上など付加価値の高い照明環境の提供が可能と考えられた。

本論文では、小型 LED 照明器具を用いた照明計画手法により照明設計された屋内スポーツ施設およびオフィスを対象に検証したが、LED 照明器具の特徴を用いた照明計画は多岐にわたると考えられる。LED 照明器具の特徴を用いた付加価値の高い照明環境の普及に向けては、さらなる研究や評価が必要である。