京都工芸繊維大学

氏　　名	まつもと　まき **松本　真希**
学位(専攻分野)	博　士（学術）
学位記番号	博甲第 1047 号
学位授与の日付	令和 4 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科　設計工学専攻
学位論文題目	**LED 照明光がヒトの精神生理状態に及ぼす影響評価に基づく夜間就寝前光環境制御手法の検討**
審査委員	(主査)教授　小山恵美 教授　仲　隆介 教授　芳田哲也

論文内容の要旨

本研究は、日中作業時および夜間就寝前において、より適切な光環境要件を明らかにするため、青色励起・紫色励起白色 LED（Light Emitting Diode；発光ダイオード）を光源として日常的な室内照明条件を設定した実験室内の光環境がヒトの精神生理状態に及ぼす影響を評価し、それらの結果に基づいて、夜間就寝前に適する光環境制御手法を検討することを目的とした。本研究の結果、青色励起 LED はヒトの精神生理状態に好ましくない影響を及ぼす可能性が昼夜ともにみられたことから、視覚を介さない光の覚醒・緊張方向の生理作用の大きさは短波長成分量だけでは予測できないこと、日中作業時および夜間就寝前の光環境として、紫色励起 LED を用いる方がヒトの精神生理状態に対してより親和性があり、さらに、夜間就寝前の光環境としては、光量と相関色温度を連携して漸減させる光環境制御を数十分の調光時間で施した紫色励起 LED 照明条件がより有効であることを新規に明らかにした。

申請論文の主要部は 6 章から構成されており、以下に各章の概要を示す。

第 1 章「序論」では、本研究の背景として現代日本における睡眠問題と光環境の変遷との関係性に着目し、視覚を介さない光の覚醒・緊張方向の生理作用についての先行研究をレビューし、未解決の研究課題を整理して、本研究の意義と目的を明確にした。

第 2 章「日中作業課題時に LED 光環境が及ぼす精神生理的影響の検討」では、日中作業時における光環境として、昼白色相当の蛍光ランプ・青色励起 LED・紫色励起 LED の照明環境が作業中の精神生理状態や作業パフォーマンスに及ぼす影響を比較評価し、より優れた作業パフォーマンスに寄与する光環境要件を検討した。その結果、覚醒水準は、分光分布から光受容細胞刺激値を試算した紫励起条件最大という予想通りの結果にはならず、青色励起条件で最大となり、また、パフォーマンスと状態不安との相関が青色励起条件のみでみられたことから、パフォーマンスや精神生理状態の安定性という点では、紫励起条件の方が望ましいことが示唆された。

第 3 章「夜間就寝前の LED 光環境が及ぼす精神生理的影響の検討」では、夜間就寝前に、照度および相関色温度が一定の定常光 LED 照明を用いた場合の、光曝露中やその後の睡眠中に及ぼす精神生理的影響を評価し、夜間就寝前光環境としてより適切な光環境要件を検討した。白熱電

球を対照条件として、昼白色相当および電球色相当の青色励起・紫色励起 LED という計 5 条件で比較評価した。その結果、短波長成分量が相対的に多い高相関色温度条件は低相関色温度条件に比べ、光曝露中の深部体温の低下が抑制され、起床後の主観的睡眠感のスコアも低くなるという、精神生理状態に好ましくない影響を及ぼしていることが示唆された。一方で、睡眠に対する好ましくない影響は、短波長成分量の多かった紫色励起昼白色条件よりも青色励起昼白色条件の方が大きくなり、短波長成分に関する光学特性だけでは睡眠への影響は評価しきれず、励起光の種類や長波長成分量の違いも考慮する必要があることが示唆された。

第 4 章「日中の LED 光環境が仮眠に及ぼす影響の検討」は、第 2 章および第 3 章の補助的研究として行なった。LED 照明が日中の眠気に及ぼす影響と、日中の仮眠においても夜間睡眠と同様の傾向がみられるのかについて検討し、短波長成分に関する光学特性だけでは生理的な影響を評価しきれないという同様の結果が得られた。

第 5 章「夕暮れの光変化を模した夜間就寝前の漸減光環境制御が及ぼす精神生理的影響の検討」では、夜間就寝前に、夕暮れの光変化を模した、光量と相関色温度を連携して低下させる漸減光環境制御を施した青色励起・紫色励起 LED 照明を用いた場合の、光曝露後の睡眠中に及ぼす精神生理的影響を評価した。また、第 3 章結果と比較考察を行ない、夜間就寝前光環境としてより適切な光環境要件を検討した。その結果、短波長帯域に関する光学特性からは、漸減光環境制御を施した各 LED 条件が白熱電球定常条件（第 3 章の実験と同じ対照条件）よりも視覚を介さない生理作用が大きいと予想された。しかし、白熱電球定常条件と漸減光環境制御を施した LED 条件間では、照明条件による主効果がみとめられなかったため、それらの睡眠状態に大きな差がないことが示された。一方、先行実験で評価した定常光 LED 条件と比較した場合は、漸減光環境制御を施した LED 条件の方が、終夜の睡眠段階出現割合でより安定した睡眠状態を示す傾向や、起床時の主観的睡眠感が良好であるという結果が得られた。さらに、入眠のプロセスの円滑さを評価すると、白熱電球定常条件と紫色励起 LED 条件で、より自然な相関関係を示す傾向が示唆された。

第 6 章「総括」では、第 2 章から第 5 章の研究で実施した実験によって得られた結果および考察を総括し、今後の展望を述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、睡眠と覚醒を主体とする生活の質向上を図るため、近年普及の著しい LED 照明環境がヒトに及ぼす視覚を介さない覚醒・緊張方向の生理作用に着目し、日中作業時および夜間就寝前にヒトの精神生理状態に対してより好ましい光環境の光学特性や制御手法についての未解明の要件を探求することを目的とし、光の生理作用の大きさが短波長成分量だけでは予測できず励起光によっても差異がみられることや、夜間就寝前には光量と相関色温度を連携して漸減させる調光制御が有効である、といった光環境要件の一端を新規に明らかにしたものである。

光環境の先行研究では、照明の明るさや相関色温度に着目したものが主流で、LED 照明の励起光の違いに着目した研究や夜間就寝前に光量と相関色温度を漸減制御させてヒトの状態を客観評価した研究が極めて少なく、また、夜間就寝前の光環境がヒトにもたらす影響の評価ではメラト

ニン分泌の評価が主流で、深部体温や脳波などの生体信号を計測して睡眠状態を客観評価した研究も極めて少ない。したがって、生体信号の計測評価に基づいて、ヒトの精神生理状態にとって好ましい影響をもたらすと考えられる光環境要件を検討し、励起光の違いや漸減調光の利点を示唆している点が、学術的新規性を有し、社会的にも意義深い。

最後に、研究全体を通して、実生活を想定した光環境条件において、睡眠と覚醒についての主観的・客観的指標を総合的に計測評価し、これまで未解明であった LED 照明環境および制御手法に関する要件の一端を明らかにしたことは、照明制御技術への貢献にとどまらず、夜間睡眠や昼間覚醒時のより好ましい精神生理状態の実現につながり、ひいては生活の質の向上が期待できるため、本研究は学術的かつ社会的価値を有するものであると評価できる。

本論文の内容は、次の査読を経た論文 3 報（うち 2 報は申請者が筆頭著者）を基礎としている。

1. 宮本ゆりか，松本真希，前田美穂，小山恵美 : 昼白色光環境下での日中作業課題中における精神生理状態の評価 －蛍光ランプ，青励起 LED，紫励起 LED の比較－．人間生活工学，20 巻，2 号，pp. 24-32，2019 （掲載済）
2. 松本真希，小山恵美 : LED 照明に着目した夜間就寝前光環境の検討．睡眠と環境（Sleep and Environments），16 巻，1 号，2022 （掲載決定済）
3. 松本真希，小山恵美：夕暮れの光変化を模した夜間就寝前漸減光環境が睡眠に及ぼす精神生理的影響．時間学研究（TIME STUDIES），第 13 号，2022 （掲載決定済）