

## 博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 湯田 恵美  
学位 博士（工学）  
学位記番号 新大博（工）第 52 号  
学位授与の日付 令和 2 年 3 月 23 日  
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 2 項該当  
博士論文名 有機発光ダイオードを用いた照明色に対する生体作用の解析

論文審査委員

主査	教授・堀 潤一
副査	教授・前田 義信
副査	教授・飯島 淳彦
副査	教授・林 豊彦
副査	教授・大河 正志
副査	名誉教授・木竜 徹
副査	教授・早野 順一郎

### 博士論文の要旨

近年、生活環境においてヒトが様々な色の照明に曝される機会が増加し、生理学的機能に影響を与えている可能性が示唆されている。本論文では、様々な色の光への暴露が自律神経機能に与える影響を心拍変動解析によって評価した。赤・緑・青の色彩制御が可能な有機発光ダイオード(OLED: organic light emitting diode)から成る照明装置を作成し、呼吸数調節下で心電図と呼吸を連続測定した。心拍変動として、低周波数(LF)成分と高周波数(HF)成分のパワー、および両者のパワー比(LF/HF)について分析した。実験の結果、全ての色の照明は、暗条件に比べて HF 成分のパワーを減少させ LF/HF を増加させたが、青色の照明時には、赤色や緑色に比べて HF 成分のパワーの減少が大きく、消灯後の暗条件の間も持続した。HF 成分パワーの減少は、青色光のメラノプシン刺激性光子束密度に依存した。これらの結果から、青色 OLED 照明は、メラノプシン依存性の非イメージ形成性機能を介して、健常者の心臓迷走神経機能を抑制することが示唆された。

さらに、覚醒レベルの賦活作用を規定する因子がメラノプシン刺激性成分の絶対量か相対的な割合(光色)かを解明するため、青色 OLED 光よりも青色波長成分の絶対量が多く相対量が少ない白色 OLED 光、および青色波長成分の絶対量も相対量も少ない緑色 OLED 光の覚醒作用を比較した。その結果、青色の照明中は、緑色および白色に比べて、心拍数が高く HF パワーが低値を示した。また、精神運動覚醒検査による短時間睡眠と反応時間より、青色照明の方が緑および白色よりも覚醒の増加を示した。

以上の研究結果より、青色 OLED 照明は、自律神経および精神運動パフォーマンスから見た覚醒度の賦活作用を有し、その効果はメラノプシン刺激性成分の絶対量のみでなく、相対量とその規定因子となることが示された。この結果は、照明による生体機能の制御を実用化する上で有用な知見になるものと考えられた。

本論文の構成は以下のとおりである。第1章で、本研究の背景と目的について述べ、第2章で照明の生体作用について、第3章で照明の非イメージ形成性機能について説明している。第4章では自律神経の客観的評価法について、時間領域解析、周波数領域解析、そして非線形解析の3種類の方法を解説しており、第5章で覚醒度の客観評価法について説明している。第6章で、照明が心拍変動に及ぼす効果に関する研究成果について、第7章で、照明が自律神経及び精神運動覚醒度に及ぼす影響に関する研究成果について説明している。最後に、第8章で本研究成果をまとめるとともに、今後の研究の展望について言及している。

#### 審査結果の要旨

本論文は、生活環境においてヒトが様々な色の照明に曝される機会が増加している背景を踏まえ、様々な色の光への暴露が自律神経機能に与える影響を心拍変動解析によって評価した。赤・緑・青の色彩制御が可能な有機発光ダイオード(OLED: organic light emitting diode)から成る照明装置を作成し、呼吸数調節下で心電図と呼吸を連続測定し、心拍変動を算出した。実験の結果、全ての色の照明は、暗条件に比べて高周波数成分(HF)のパワーを減少させ低周波・高周波パワー比(LF/HF)を増加させたが、青色の照明時には、赤色や緑色に比べてHF成分のパワーの減少が大きく、消灯後の暗条件の間も持続した。これらの結果から、青色OLED照明は、メラノプシン依存性の非イメージ形成性機能を介して、健常者の心臓迷走神経機能を抑制することが示唆された。

さらに、覚醒レベルの賦活作用を規定する因子がメラノプシン刺激性成分の絶対量なのか相対的な割合(光色)なのかを解明した。青色波長成分の絶対量が多く相対量が少ない白色OLED光と比較して、青色OLED光の照明中は、心拍数が高くHFパワーが低値を示した。また、精神運動覚醒検査による短時間睡眠と反応時間より、青色照明の方が緑および白色よりも覚醒の増加を示した。以上の研究結果より、青色OLED照明は、自律神経および精神運動パフォーマンスから見た覚醒度の賦活作用を有し、その効果はメラノプシン刺激性成分の絶対量のみでなく、相対量とその規定因子となることが示された。

これらの研究成果は、照明による生体機能の制御を実用化する上で有用な知見になるものと考えられた。

よって、本論文は博士(工学)の博士論文として十分であると認定した。