

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23657172

研究課題名(和文)非視覚的影響からみた夜間のLED照明における短波長(青色)エネルギー配分の評価

研究課題名(英文)Evaluation on short-wave energy (blue) of LED light sources at night from a viewpoint of non-visual effects

研究代表者

安河内 朗 (Yasukouchi, Akira)

九州大学・芸術工学研究科(研究院)・教授

研究者番号：20136568

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではLEDの青(B)、緑(G)、赤(R)からなる混色照明における非視覚的影響について、瞳孔の対光反射及び夜間のメラトニン分泌抑制から評価し、非視覚的影響に対する混色LED光の全エネルギーおよび青色エネルギーへの各々の依存性を評価することを目的とした。その結果、メラトニン分泌抑制への影響の程度は、光源の全エネルギーそのものよりも青色光エネルギーの光源に含まれる程度に大きく依存することが認められた。また今回の研究により、照明光の非視覚的作用を検討するには光の物理量のみではなく瞳孔反応のような生体側の個体差も併せて検討する必要性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the impact of the red, green, and blue components of polychromatic light-emitting diode (LED) on non-visual effects, i.e., pupillary response and nocturnal light-induced melatonin suppression, and evaluated the impact dependence on the blue-part energy of polychromatic LED light as well as the total LED energy. It was found that, regardless of total light energy, the secretion of melatonin was suppressed greatly depending on how the light source had a blue component. This study suggests that it is necessary to investigate individual variability of physiological responses, such as pupillary response, in addition to the physical properties of the light source.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・応用人類学

キーワード：生理人類学 非視覚的影響 LED メラトニン分泌抑制 混色光

1. 研究開始当初の背景

近年 LED 照明の開発と普及により、生活に利用される光の波長構成を自由に変わることが出来るようになった。しかしその一方で、白色 LED をつくるには青色 LED の使用は必須であることから通常の LED 照明には青色エネルギー成分が多く含まれ、メラトニン分泌抑制への影響の大きさが懸念されている。

また、光の非視覚的影響に関して、人工照明光によるメラトニン分泌の抑制やそのリズム位相への影響を検討する数多くの研究がある。これらの報告には、メラトニン分泌抑制のアクションスペクトルが 460 nm あたりの短波長域であることが示され、青色光がメラトニン分泌抑制を含む非視覚的影響に最も強く作用することがわかっている。しかし、単色光による実験結果を単純に混色光に置き換えることが出来ない。そのため、混色光における各色光の非視覚的影響への貢献度を検討する必要がある。

2. 研究の目的

3 年間で実施される本研究では、今後照明の省エネルギー政策で重要な存在となる LED 照明に注目し、まだ具体的な検証に至っていない青色エネルギーを含む LED 混色光の非視覚的影響を検討した。混色 LED 光によるメラトニン分泌抑制への影響のうち、特に短波長(青)エネルギーへの依存性、及びその青色単独依存性と混色光の全エネルギー依存性との関係を心理的評価と併せて検討した。

3. 研究の方法

23 年度は、青(B)、緑(G)、赤(R)からなる混色の LED 照明による心理的負担の少ない演色性の照明光を選定し、メラトニン分泌抑制度(MLS)への影響について、混色光に含まれる青色エネルギー絶対値への依存性を検討した。

以下は、LED 照明光源の具体的条件である。

(a) 5000K で演色性を一定範囲 (Ra:90) に保持できる最小の青色エネルギー成分を条件とした RGB の混色 LED を設定し、この RGB のエネルギー配分を一定に保持したまま照度条件 dim light, 60 lx, 300 lx, 600 lx でそれぞれ刺激する。この条件下の混色光の全エネルギーおよび混色光に含まれる青色エネルギー絶対値のメラトニン分泌抑制(MLS)、及び瞳孔の対光反射への影響をみる。

(b) (a)の照度条件 300 lx、600 lx のそれぞれの混色光に含まれる青色エネルギーを B300、B600 とし、他に 60 lx の B 単色 LED 光(60B)を加えた 3 条件下の B 単色光による MLS 及び瞳孔の対光反射への影響をみる。これにより混色光における青色エネルギーへの依存性、及び(a)条件を含む混色光全放

射照度(全エネルギー)への依存性をみる。

刺激光は、RGB のエネルギー配分を制御できるように製作し、光刺激呈示は高精度の光刺激曝露を実現させるためボックス内の照明光を被験者が覗く方法を採用した。

被験者には実験 1 週間前からリズムを調整させる。実験 1 日目、被験者は 20:00 から 25:00 まで実験室内の dim light 下で過ごさせ、21:00 から 25:00 まで 30 分毎に唾液採取しメラトニン分泌増加開始時刻(DLMO)の測定に備えた。25:00 から 90 分間予め計画された照明条件に曝露させ、曝露前後の唾液採取から MLS を評価した。その後消灯し入眠、翌朝 8:30 に起床し、その後再度 25:00 まで dim light 下で過ごさせ、第 1 日目と同様にして MLS を測定し、また DLMO からリズム位相を評価した。

24 年度以降は、混色光における青色エネルギーの絶対値と相対値のメラトニン分泌抑制度(MLS) 及び瞳孔の対光反射への影響を検討した。以下は 24 年度の LED 照明光源の具体的条件である。

(c) 照明光の全エネルギー一定下の青色エネルギー相対値の影響

23 年度の(a)条件における光源(D50)の分光分布を基準に 300 lx のエネルギー一定のもとで、混色光における青色エネルギー相対値を変えて MLS への影響をみる。このとき、D50 の緑色エネルギー(G)を一定に保持し、青色エネルギーを変化させた分赤色エネルギー(R)を調整して全エネルギーを一定に保持する。

被験者へのリズム調整は 23 年度と同じである。また各被験者 1 条件に要する実験スケジュールも同じである。

以下は 25 年度の LED 照明光源の具体的条件である。

(d) G,R エネルギー一定下の青色エネルギー絶対値の影響

D50 の 300 lx における G,R エネルギーを一定に保持し、青色エネルギーの絶対値のみを(c)条件と対応させて変え、MLS への影響をみる。

被験者へのリズム調整は 23 年度と同じである。また各被験者 1 条件に要する実験スケジュールも同じである。

4. 研究成果

本研究では LED 照明に注目し、青色エネルギーを含む LED 混色光の非視覚的影響を検討した。23 年度では特に LED 光源のメラトニン分泌抑制、及び瞳孔の対光反射に対する影響について混色光における青色エネルギー絶対値への依存性を検討した。照明の混色条件は、5000K で一定の演色性を保持できる最小の青色エネルギーを基本に、RGB のエネルギー

一配分を一定に保持したまま 60 lx, 300 lx, 600 lx の混色光源とした。一方単色の青色光として先の混色光 300 lx, 600 lx のそれぞれに含まれる青色エネルギーを抽出したものを B300、B600 とし、他に 60 lx の青単色光(60B)を加えた 3 条件とした。被験者は男子大学生 8 名であった。混色光の 300 lx と 600 lx は青単色光の B300 と B600 よりエネルギー量は大きい青色エネルギーは同じである。放射照度に対するメラトニン分泌量 (ML) の関係を見ると、混色光に含まれる青色放射照度に対する ML の関係は有意な負の相関関係であった。これに対して青色単色放射照度に対する ML の関係は有意傾向にとどまった。

24 年度及び 25 年度においては、混色光の全エネルギーを一定にしたときの青色エネルギー相対値の影響(c 条件)と、緑・赤のエネルギーを一定にしたときの青色エネルギー絶対値の影響(d 条件)をみた。c 条件の結果では、光の全エネルギーが一定であれば青色エネルギーが多いほどメラトニン分泌量は小さくなった。また d 条件においても、緑・赤が一定であれば青色エネルギーが多いほどメラトニン分泌量は小さくなる傾向があった。しかし c と d の条件間の比較において、青・緑一定下の赤色エネルギーの変化に対してはメラトニン分泌量に差はみられなかった。

光の総エネルギーに着目した場合、メラトニン抑制率と瞳孔 1 cm²あたりで補正した放射照度の間には正の相関関係の傾向(p<0.1)にとどまった。これに対し、青色光の放射照度のみに着目した場合、メラトニン抑制率と瞳孔 1 cm²あたりの放射照度の間には有意な正の相関関係(p<0.05)がみられた。更に緑色光の放射照度のみに着目した場合、メラトニン抑制率と瞳孔 1 cm²あたりの放射照度の間には有意な正の相関関係(p<0.05)がみられた。青色光、緑色光の 2 回帰直線間の共分散分析を実施したところ、回帰直線間の傾きに差はなかった。回帰直線間の高さを検定した結果、青色光と緑色光の間には有意な差(p<0.05)があり、青色光の方が緑色光よりも直線は高いことが示された。また、赤色光エネルギーのみに着目した場合、メラトニン抑制率と瞳孔 1 cm²あたりの放射照度の間には相関は見られなかった。

以上より、本研究で用いた混色光源において、光源の全エネルギーそのものよりも光源に含まれる青色光の単独エネルギーの方がメラトニン分泌抑制への影響が明確であることが示された。また c, d 条件における混色光源においていずれの条件も緑色の単独エネルギーは一定であったにもかかわらず個人の瞳孔面積で補正するとメラトニン分泌抑制と有意な相関関係を示したことから、緑色エネルギーの影響を精査する必要性が示

されたと同時に、非視覚的影響に対する適切な光源の開発に生体反応の個体差も配慮する必要性が示された。

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 10 件)

1. Shigekazu Higuti, Akiko Hida, Sei-Ichi Tsujimura, Kazuo, Mishima, Akira Yasukouchi, Sang-il, Lee, Youhei Kinjo, Manabu Miyahira, Melanopsin gene polymorphism I394T is associated with pupillary light responses in a dose-dependent manner. PLoS ONE, 査読有, 03/2014
2. 安河内 朗、生理人類学における生理的多型性を中心としたキーワードの理解と問題点、日本生理人類学会誌、査読有、Vol.18、No.1、2013、45-47
3. Ishibashi K., Maeda T., Higuchi S., Iwanaga K., Yasukouchi A. Comparison of cardiovascular response to sinusoidal and constant lower body negative pressure with reference to very mild whole-body heating. J Physiol Anthropol, 査読有, 2012,31:30, doi:10.1186/1880-6805-31-30., Published: 24 November 2012
4. Kozaki T., Miura N., Takahashi M., Yasukouchi A., Effect of reduced illumination on insomnia in office workers. J Occup Health, 査読有, 54:331-335, 2012.
5. Fukuda Y., Higuchi S., Yasukouchi A., Morita T., Distinct responses of cones and melanopsin-expressing retinal ganglion cells in the human electroretinogram. J. Physiol. Anthropol. 査読有, 2012, 31:20 doi: 10.1186/1880-6805-31-20
6. 安河内 朗、生理人類学の動向 -第二報：環境適応研究の今後の取り組みへの試案-、日本生理人類学会誌、査読有、16 巻、2011、103-114
7. Abe D., Fukuoka Y., Muraki S., Yasukouchi A., Sakaguchi Y., Niihata S., Effects of load and gradient on energy cost of running. J. Physiol. Anthropol. 査読有、30 巻、2011、153-160 doi:10.2114/jpa2.30.153
8. T Kozaki, N Toda, H Noguchi, A Yasukouchi., Effects of different light intensities in the morning on dim light melatonin onset. J Physiol Anthropol. 査読有、30 巻、2011、97-102 doi:10.2114/jpa2.30.91
9. 安河内 朗、日本の生理人類学の動向

-第一報：日本生理人類学会を振り返って、日本生理人類学会誌、査読有、16巻、2011、59-66

10. T Kozaki, S Lee, T Nishimura, T Katsuura, A Yasukouchi. Effects of saliva collection using cotton swabs on melatonin enzyme immunoassay. *J Circadian Rhythms*. 査読有、9巻、2011, doi:10.1186/1740-3391-9-1

[学会発表](計 21 件)

1. Hiroki Noguchi, Naohiro Toda, Akira Yasukouchi, Qiong Nan, ECO-FRIENDLY COLOR TUNABLE LED OFFICE LIGHTING INCORPORATING CIRCADIAN PHYSIOLOGY. International Commission on Illumination, April 2013, Paris, France
2. Maeda Y., Takesue Y., Uenishi M., Yasukouchi A. Nocturnal non-visual effects of lighting condition in the simulated office. International Association of Physiological Anthropology, 8-10th August, 2013, Banff, Canada
3. Takesue Y., Maeda Y., Uenishi M., Yasukouchi A., Effects of lighting condition on task performance in the simulated office. International Association of Physiological Anthropology, 8-10th August, 2013, Banff, Canada
4. Tanaka S., Yasukouchi A. Effects of blue part of energy of polychromatic LED light on melatonin suppression. International Association of Physiological Anthropology, 8-10th August, 2013, Banff, Canada
5. Xie Q., Yasukouchi A., Effects of language culture on Figure Recognition. International Association of Physiological Anthropology, 8-10th August, 2013, Banff, Canada
6. Ishibashi K., Otaka M., Yoshida H., Higuchi S., Iwanaga K., Yasukouchi A. On spatial homogeneity of cerebral blood oxygenation in the frontal lobe area during sinusoidal lower body negative pressures. International Association of Physiological Anthropology, 8-10th August, 2013, Banff, Canada
7. S. Tanaka, H. Tajiri, T. Yano, A. Yasukouchi, Effects of short-wavelength of monochromatic and polychromatic LED light sources on pupillary responses. International Congress of Physiological Anthropology – Adapting to Life in

Asian Mega-cities. Conference Proceedings, P19, 2012.9.2-5, Beijing, China

8. 謝倩、安河内朗：言語文化が図形認知に及ぼす影響。日本人間工学会九州・沖縄支部第 33 回大会、人類働態学会西日本支部第 37 回大会合同開催大会、福岡
9. 安河内朗、南瓊、戸田直宏、野口公喜：日中の照度色温度可変照明制御がパフォーマンスおよびサーカディアンリズムに及ぼす影響。第 45 回照明学会全国大会、2012 (9.6-8)、山口
10. 南瓊、戸田直宏、野口公喜、安河内朗：オフィスワークを想定した作業に対する照度、色温度可変制御の生体影響。日本人間工学会、2012、福岡
11. 安河内朗、小崎智照、伊奈深雪、矢野峻朗、Hu Hung-Lieh, Chiang Ya-Hui, Lu Chien-Chun：試作 LED 照明の生理機能に及ぼす非視覚的影響。日本生体医工学会、2012、福岡
12. 向江秀之、安河内朗：ステアリング模擬操作への微少振動付与の効果-パイロットスタディ-。日本生理人類学会第 66 回大会、2012、長崎
13. 南瓊、戸田直宏、野口公喜、安河内朗：オフィスの照度可変制御が精神作業、覚醒水準、及び主観に及ぼす影響について。日本生理人類学会第 66 回大会、2012、長崎
14. A Yasukouchi, T Kozaki, M Ina, T Yano, Hung-Lieh Hu, Chiang, Chien-Chun Lu, A little effect of LED light source on nocturnal melatonin suppression. The 4th International Conference on Human-Environment System, 2011.10.3-6, Sapporo, Japan
15. I H Susilowati, A Yasukouchi, Cognitive characteristics of Japanese elderly drivers. 日本生理人類学会第 64 回大会、2011.6.11-12、福岡
16. 福田裕美、辻村誠一、樋口重和、安河内朗、森田健、メラノプシン網膜神経細胞節細胞と錐体の網膜電図における光応答性の違い、日本生理人類学会第 64 回大会、2011.6.11-12、福岡
17. 矢野峻朗、伊奈深雪、安河内朗、Hung-Lieh Hu, Ya-Hui Chiang, Chien-Chun Lu, 夜間の LED 照明及び蛍光灯の色温度がメラトニン濃度及び DLMO に及ぼす影響、日本生理人類学会第 64 回大会、2011.6.11-12、福岡
18. 小崎智照、浅田晴之、上西基弘、牧島満、高橋正也、安河内朗、実オフィスにおける異なる照明がオフィスワーカーの覚醒と睡眠に与える影響、日本生理人類学会第 64 回大会、2011.6.11-12、福岡
19. 矢野峻朗、犬塚優、田尻弘範、田中冴季、安河内朗、Hung-Lieh Hu, Ya-Hui Chiang, Chien-Chun Lu, 夜間の照明光

源の違いが精神作業及びその後の睡眠に与える影響、日本生理人類学会第 64 回大会、2011.6.11-12、福岡

20. 田尻弘範、小崎智照、浅田晴之、上西基弘、牧島満、高橋正也、安河内朗、自然光の経時変化に対応した照明システム環境の評価、日本生理人類学会第 64 回大会、2011.6.11-12、福岡
21. 石橋圭太、前田享史、岩永光一、安河内朗、全身加温が起立性循環調節の過渡応答に及ぼす影響、日本生理人類学会第 64 回大会、2011.6.11-12、福岡

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安河内朗 (Akira Yasukouchi)

九州大学・大学院芸術工学研究院・教授

研究者番号：20136568

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：