

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：82626

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23860073

研究課題名（和文）光の波長による日中覚醒作用の心理的・神経生理的評価に関する研究

研究課題名（英文）Psychological and neurophysiological investigation of the effects of light wavelengths on human alertness during daytime

研究代表者

岡本 洋輔（OKAMOTO YOSUKE）

独立行政法人産業技術総合研究所・健康工学研究部門・産総研特別研究員

研究者番号：80612184

研究成果の概要（和文）：日中における暴露光の波長（色）が覚醒・認知に与える影響について検討した。異なる波長の光に暴露した条件下で認知課題を遂行しているときの脳波・脳磁界を解析した結果、短波長（青色）の光に暴露されているときには、他の波長の光に暴露されているときよりも認知処理に係る大脳活動が大きく変化した。これは、日中における青色光への暴露は認知処理機構に影響を与えることを示している。

研究成果の概要（英文）：The effects of light wavelengths on cognitive processes during daytime were investigated. EEG and MEG responses during cognitive tasks were measured under exposures to lights with different wavelengths. The results showed that short-wavelength (blue) light modulates the brain activity related to cognition. This suggests that exposure to short-wavelength light during daytime affects cognitive processes.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築環境・設備

キーワード：光環境，波長，覚醒度，認知，大脳活動

## 1. 研究開始当初の背景

これまで、照明器具として主に白熱灯や蛍光灯が用いられてきたが、現在、LEDが次世代の照明器具として普及しつつある。普及拡大には、LEDの高効率化、低価格化とともに、LEDの利点を活かした新しい光環境の提案や、生体に対する安全性の確保が求められている。LEDの利点としては、高効率、長寿命に加え、高視認性、調光・調色の高自由度、高

時間応答性、デザインの高自由度などが挙げられる。これらの利点の中で、LEDが単一波長光源であるためその組み合わせによって光の波長構成を比較的自由に操作できるという調色の自由度の高さに着目し、その有効な利用法についての検討を行うことで、快適な生活環境の創造に貢献したい。

## 2. 研究の目的

光はその波長成分（色）によって生体に与える影響が異なる。例えばこれまで、主観的眠気、反応時間などの心理反応やメラトニン分泌量、深部体温、心拍数、脳波などの生理反応の計測によって、緑色光や暗闇と比較して青色光への暴露は覚醒度を向上させることが明らかにされている。夜間覚醒作用においては、青色光に対して感度が高く、かつ脳の多くの器官への神経投射経路を持つ一部の網膜神経節細胞が重要な役割を果たしていると考えられている。一方、夜間以外の時間帯における光の波長成分による生理作用については不明な点が多い。そこで本実験では、夜間以外の時間帯において、光の波長成分が人間の覚醒度、さらには認知に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

(1) 本実験では、早朝における光の覚醒作用について検討した。早朝において光の波長成分が異なる光に暴露したときの主観的眠気と脳波の計測を行った。光刺激は、短波長（青色）光、長波長（赤色）光を用いた2条件と光刺激がない（暗闇）条件の計3条件とした。実験は朝7時から開始し、実験時間は1時間とした。実験は12分間の暗闇条件から始まり、その後の48分間は青色光暴露条件または赤色光暴露条件、あるいは暗闇条件とした。実験中に2.5分間の脳波計測を計7回行った。脳波計測中は被験者には固視点を注視してもらった。主観的眠気測定は脳波測定区間以外で計4回行った。光刺激条件間での比較を行い、光の波長成分が覚醒度に与える影響について検討した。

(2) 本実験では、昼（12～16時頃）において光の波長が認知に与える影響について検討した。昼に波長成分の異なる光への暴露中に認知課題を課し、課題遂行中の脳波を計測した。光刺激は、短波長（青色）光、中波長（緑色）光、長波長（赤色）光を用いた3条件と光刺激がない（暗闇）条件の計4条件とした。認知課題として聴覚オドボール課題を用いた。1 kHzの音刺激を標準刺激、2 kHzの音刺激を逸脱刺激とし、標準刺激と逸脱刺激の出現頻度はそれぞれ80%と20%とした。被験者には逸脱刺激に対してボタン押しを求めた。実験は10分間の暗闇条件から始まり、その後の約30分間は短波長、中波長、長波長光暴露条件、あるいは暗闇条件とした。実験セッション中に課題遂行区間を5区間設けた。各課題遂行区間において、各音刺激に対する反応時間を計測するとともに、各音刺激に対する脳波を加算平均し、事象関連電位を計測した。光刺激条件間での比較を行い、

光の波長成分の課題処理に対する影響を検討した。

(3) 本実験では、昼（14～16時頃）において光の波長が認知に与える影響について検討した。昼に波長成分の異なる光への暴露中に認知課題を課し、課題遂行中の脳磁界を計測した。光刺激は、短波長（青色）光と中波長（緑色）光の2条件とした。認知課題として作業記憶課題の一種である聴覚スタンバーク課題を用いた。聴覚刺激として日本語の単語音声を用いた。まず4つの単語音声（記憶刺激群）を聴いてもらい（記憶の符号化）、その後に呈示される単語音声（検索刺激）が先に呈示された単語群に含まれていたかどうかを判断（記憶の検索）してもらった。実験は10分間の暗闇条件から始まり、その後の約30分間は青色光暴露条件または緑色光暴露条件とした。光刺激は被験者の正面のスクリーン全体に投射し、課題遂行中はスクリーン上の固視点を注視してもらった。音声刺激はイヤチューブを通じて被験者の両耳に呈示した。実験セッション中に課題遂行区間を3区間設けた。これまで、聴覚スタンバーク課題遂行中に記憶の符号化が行われているときにはアルファ帯域の事象関連同期が、記憶の検索が行われているときにはアルファ帯域の事象関連脱同期が起きることが報告されている。そこで、課題遂行時に計測した脳磁界反応のアルファ帯域の事象関連同期・脱同期について解析し、暴露光の波長条件間での比較を行うことで、波長成分が作業記憶課題の処理に与える影響について検討を行った。

## 4. 研究成果

(1) 光暴露中に計測された脳波の各帯域におけるパワーの時間的変化を求めた。その結果、後頭部付近で計測した脳波のアルファ波の強度が、短波長光と長波長光に暴露した場合に、暴露開始後約30分後から暗闇条件と比較して有意に小さくなった。大脳活動の低周波成分の強度は主観的眠気と正の相関を持つと考えられることから、本結果は早朝における短波長光と長波長光への暴露によって眠たさが抑制されたことを示唆している。

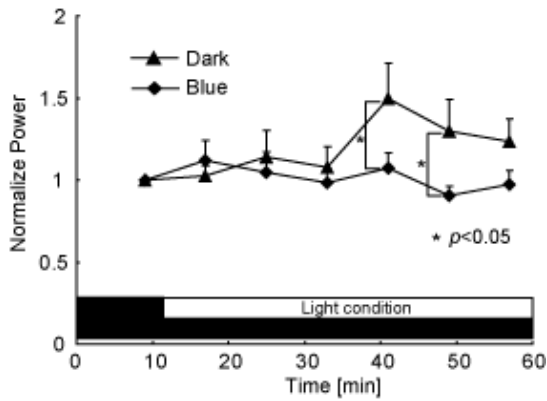


図 1. 青色光暴露条件と暗闇条件における後頭部での正規化アルファ波強度

(2) 課題の音刺激呈示後約 300 ms に生じる事象関連電位のピーク (P300) について解析を行った。短波長光、中波長および長波長光条件下での聴覚オドボール課題遂行中の P300 振幅の時間的変化を求めた。その結果、短波長光条件下で課題遂行中に得られた P300 振幅は暗闇条件下で得られたものと比較して、光暴露開始後約 5-20 分の間で有意に増大した。一方、他の光条件 (中波長光、長波長光) 下で課題遂行中に得られた P300 振幅には暗闇条件下で得られた P300 振幅との違いは見られなかった。これまで、P300 振幅の大きさは注意資源の量を反映すると考えられていることから、本結果は、他の波長光及び暗闇と比較して、短波長光暴露時には認知課題に向けられる選択的注意が増加することを示唆している。

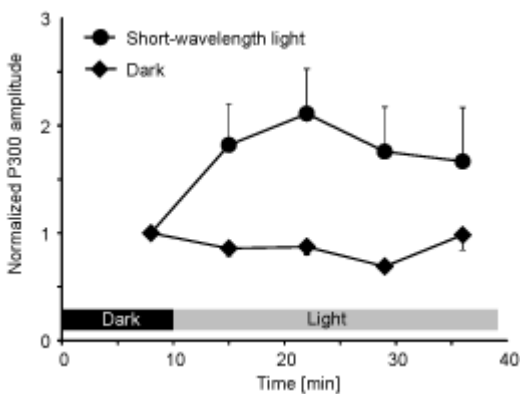


図 2. 青色光暴露条件と暗闇条件における正規化 P300 振幅

(3) 各音声刺激の呈示開始後に得られた脳磁界反応のアルファ帯域 (8-13Hz) のパワーを求め、音声刺激呈示前のアルファ帯域のパワーとの比を計算することで、事象関連同期・脱同期を求めた。光暴露時間の影響を検証するため、光暴露区間を光暴露後 0-10 分、10-20 分、20-30 分の 3 区間に分けて各区間における事象関連同期・脱同期を解析した。光暴露後 0-10 分と 10-20 分の区間においては、暴露光の波長成分による事象関連同期・脱同期の違いはみられなかった。光暴露後 20-30 分の区間では、聴覚スタンバーク課題中の記憶刺激群呈示 (記憶の符号化) 時にアルファ帯域の脳磁界活動が、中波長光条件と比較して短波長光条件で有意に大きくなった。検索刺激呈示 (記憶の検索) 時は、いずれの区間でも暴露光条件による事象関連同期・脱同期の違いはみられなかった。これまでの研究から、聴覚スタンバーク課題中の記憶符号化時に観察されるアルファ帯域の事象関連同期は、能動的な作業記憶の保持または聴覚刺激に対する注意を反映すると考えられている。よって本結果は、中波長光と比較して、短波長光への約 20-30 分間の暴露によって作業記憶の保持あるいは聴覚刺激に向けられる注意がより増強された可能性を示唆している。

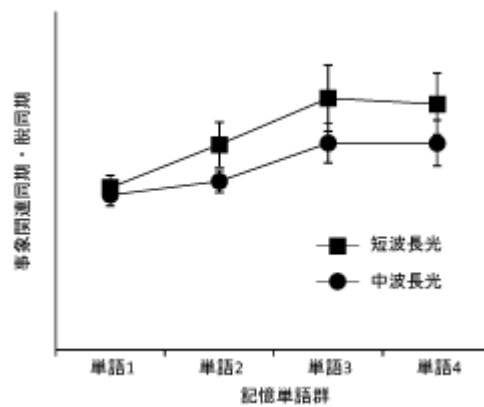


図 3. 記憶符号化時の事象関連同期・脱同期

## 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6件)

- ① Yosuke Okamoto, Seiji Nakagawa, Effects of daytime exposures of monochromatic lights on EEG during cognitive task. Proceedings of the 27th Symposium on Biological and Physiological Engineering, 査読無, CD-ROM, 2012, 217-218.
- ② Yosuke Okamoto, Mark Rea, Mariana Figueiro, Temporal dynamics of cortical activity for blue light exposure in the early morning, 第44回照明学会全国大会講演論文集, 査読無, CD-ROM, 2011, 154

〔学会発表〕(計6件)

- ① Yosuke Okamoto, Seiji Nakagawa, Effects of daytime exposures of monochromatic lights on EEG during cognitive task, 第27回 生体・生理工学シンポジウム, 2012年9月19日, 北海道大学(北海道)
- ② Yosuke Okamoto, Mark Rea, Mariana Figueiro, EEG activity during blue and red light exposures in the early morning, 18th international conference on biomagnetism, 2012年8月28日, Paris(France).
- ③ Yosuke Okamoto, Mark Rea, Mariana Figueiro, Temporal dynamics of cortical activity for blue light exposure in the early morning, 第44回照明学会全国大会, 2011年9月16日, 愛媛大学(愛媛県)

〔その他〕

ホームページ等

<http://staff.aist.go.jp/yos-okamoto/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岡本 洋輔 (OKAMOTO YOSUKE)

独立行政法人産業技術総合研究所・健康工学研究部門・産総研特別研究員

研究者番号: 80612184