

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 20 日現在

機関番号：12501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23657169

研究課題名（和文） 時間感覚は光の波長によって変化するのか？

研究課題名（英文） Can wavelength of light affect time perception ?

研究代表者

勝浦 哲夫 (KATSUURA TETSUO)

千葉大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：00038986

研究成果の概要（和文）：本研究は、光と時間感覚に関する基礎的な研究として、青（波長：470 nm）、緑（505 nm）、黄（590 nm）、赤（660 nm）の単波長光曝露中の時間感覚と事象関連電位 P300 を測定し、時間感覚と中枢神経機能水準の関連を検討したものである。時間産出タスクで得られた 180 秒の産出時間に及ぼす単波長光の主効果は有意であり、赤色光の産出時間は青色光での産出時間より有意に短いことが明らかとなった。また、P300 振幅に有意な主効果が認められ、赤色光の P300 振幅は青色光より有意に大きいことが示された。

研究成果の概要（英文）：We measured the effects of monochromatic light (blue, green, yellow and red) on the time perception and the P300 event related potential to clarify the relationship between the time perception and the central nervous function. The main effect of the color of monochromatic light on the 180-s produced time interval was significant. The 180-s produced time interval in the red-light condition was found to be significantly shorter than that in the blue-light condition. The main effect of the monochromatic light condition for the P300 amplitudes was significant. The P300 amplitude in the red-light condition tended to be larger than that in the blue-light condition.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：生理人類学

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，時間感覚，単波長光，発光ダイオード，産出時間，事象関連電位 P300

### 1. 研究開始当初の背景

数秒から数分の時間経過の感覚，すなわち時間感覚は様々な心理生理的要因，たとえば，年齢 (Espinosa-Fernandez, et al., 2003; Gunstad, et al., 2006)，性 (Espinosa-Fernandez, et al., 2003)，時刻 (Kuriyama, et al., 2005)，性周期 (Morita, et al., 2005) などによって影響されることが報告されている。

我々は，先行研究 (Katsuura, et al., 2007) で青色光と赤色光の環境下で90秒と180秒を産出する時間産出タスクを実施した。その結

果，90秒産出時間には色光による有意な効果は認められなかったが，180秒産出時間では全ての被験者で青色光より赤色光で産出時間は短くなった。青色光で平均 $199.0 \pm 54.4$  s，赤色光で $163.2 \pm 50.4$  sとなり，赤色光で有意 ( $p < 0.05$ ) に短くなった (図1)。また，同時に測定した事象関連電位（外的あるいは内的な事象に関連して生じる脳の電位変動）P300の頂点潜時が，青色光で平均 $332.6 \pm 20.2$  ms，赤色光で $322.2 \pm 26.6$  msとなり，赤色光で有意 ( $p < 0.05$ ) に短くなった (Katsuura, et al., 2007)。

一般にP300頂点潜時は覚醒水準に依存することが知られており、この研究で事象関連電位のP300の頂点潜時が赤色光暴露時に青色光より有意に短いことから、赤色光暴露時に覚醒水準が高いことが示唆され、それが時間経過時計を早くしたものと考えられる。こうした体内の概日時計や時間経過時計は私たちの進化の過程で重要な役割を担ってきたものと思われる。時間感覚に関する研究は生理人類学的な観点からも大変意義深いテーマであると考えられる。

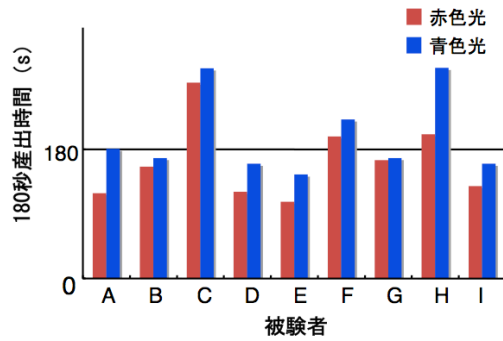


図1. 青色光と赤色光環境における各被験者の180秒産出時間 (Katsuura, et al., 2007)

## 2. 研究の目的

先行研究で、ヒトの脳には2種類の体内時計があることが示唆されている (Morell, 1996)。光は中枢神経系にも影響を与えるので、光によって時間感覚が変化することは十分に考えられることである。本研究は、光と時間感覚に関する基礎的な研究として、青、緑、黄、赤など多種類の単波長光環境における時間感覚を測定し、同時に音刺激を用いたオドボールタスクによる事象関連電位を測定し、時間感覚と中枢神経機能水準の関連を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) 被験者: Farnsworth Munsell 100 Hue Test で色覚が正常であることを確認した被験者 (日本人を主体とするアジア人; 平成23年度に20名, 平成24年度に20名) を用いて実験を行った。本報告では、実験条件が統一されている平成24年度の20名の結果に基づいてまとめた。被験者の身体的特徴 (平均±SD) は、年齢: 26±3.7歳, 身長: 173±6.17 cm, 体重: 69±6.9 kgであった。なお、本実験は千葉大学大学院工学研究科生命倫理審査委員会の承認を得たものである。

(2) 実験条件: 実験は気温25°C, 相対湿度50%に設定した人工気象室で行った。被験者は、内部に設置された発光ダイオード (LED) の均質な光が直径21 cmの開口部から放射される積分球 (直径45 cm) に顔面を向けて椅子に座った。被験者は青色光 (ピーク波長: 458 nm), 緑色光 (503 nm), 黄色光 (591 nm), 赤色

光 (659 nm) の各単波長光を暴露された (図2)。被験者の眼の位置で実測した各単波長光の放射照度は50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 程度に統一した (表1)。

(3) 実験手順: 光暴露の最初の26分間は、被験者は開口部から約30 cm離れた位置で顔を積分球に向け、椅子に座り安静にした。その

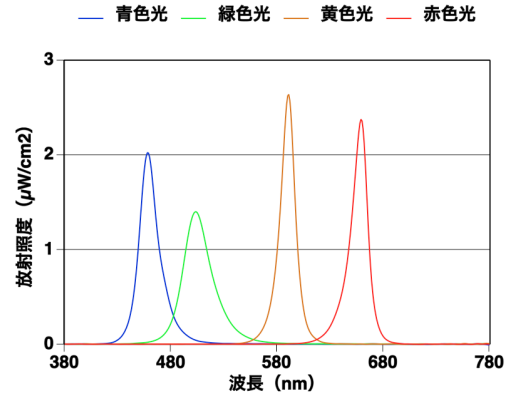


図2. 各単波長光の分光スペクトル

表1. 各単波長光の特性

	青色光	緑色光	黄色光	赤色光
ピーク波長 (nm)	458	503	591	659
半値全幅 (nm)	19	28	14	16
放射照度 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	49.9	49.9	50.2	50.1
光子密度 ( $10^{12}$ photons/ $\text{cm}^2/\text{s}$ )	116.2	127.9	148.9	165.2
照度 (lx)	27.9	160.7	258.5	32.4

後、被験者は全視野に条件光が入るように顔を積分球の開口部に近づけ、積分球内部の注視点を26分間見つめた (図3)。その間、被験者はオドボールタスク、180秒の時間産出タスクと主観評価を行った (図4)。実験時刻は1000 h-1200 h, 1300 h-1500 h, または1500 h-1700

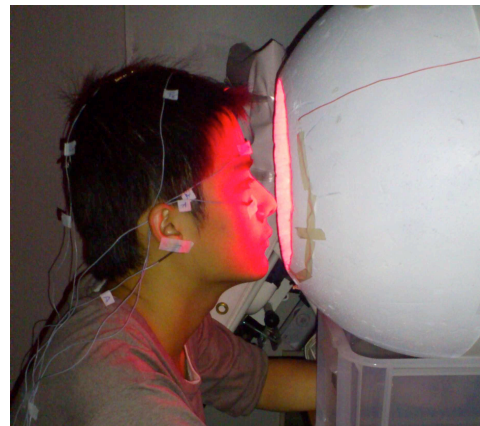


図3. 積分球と被験者

hのいずれかに行った。同一被験者の4つの単波長光条件の実験は異なる日の同一時刻帯に行った。4つの単波長光条件を実施する順番は

被験者間でカウンターバランスを取った。実験は6月から7月に実施した。

(4) オドボールタスク：標準刺激（1000 Hz, 70 dB SPL）と標的刺激（2000 Hz, 70 dB SPL）の2種類の音刺激を8:2の比率でヘッドフォンを用いて呈示した。被験者は標的刺激が呈示された時に出来るだけ早くボタンを押すように教示された。タスク中の脳波をFz, Cz, Pz 部位から耳朶を基準とする単極導出で測定した。バンドパスフィルターは0.032-30 Hzに設定し、サンプリング周波数1000 Hzでデータ収録システム（MP150, BIOPAC Systems）に取り込んだ。事象関連電位はアーチファクトを含まない脳波データを25回以上加算平均し求めた。潜時250~500 msの最大陽性波をP300波形とした。P300は4名の被験者で得られず、16名のデータを用いて解析した。

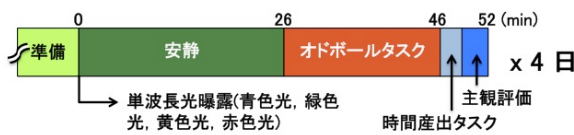


図4. 実験手順

(5) 時間産出タスク：オドボールタスクの後に180秒の時間産出タスクを行った。被験者は表示部分を隠したストップウォッチを持ち、実験者の合図でスタートボタンを押し、180秒が経過したと感じた瞬間にストップボタンを押した。実測された時間は実験者が読み取り、被験者にフィードバックは与えなかった。

(6) 主観評価：被験者は各単波長光曝露の最後に「覚醒度」「リラックス」「不快感」「明るさ」「好感度」について主観的な感覚をVAS法で評価した。

(7) 統計解析：単波長光の効果を見るために各測定指標に対して一元配置反復測定分散分析を行った。有意な主効果が認められたときは、各単波長光条件間の多重比較検定

(Bonferroni法)を行った。有意水準は0.05とした。

#### 4. 研究成果

各単波長光条件で得られた180秒産出時間の結果を図5に示した。各単波長光条件で得られた180秒産出時間は、青色光（平均±SD）で213.7 ± 49.0 s、緑色光で196.8 ± 49.4 s、黄色光で193.6 ± 46.8 s、赤色光で179.1 ± 42.0 sであった。単波長光条件の主効果は有意（ $p = 0.013$ ）であった。多重比較検定の結果、赤色光条件の180秒産出時間は青色光条件より有意（ $p = 0.002$ ）に短いことが明らかになった。この結果は我々の以前の研究

(Katsuura, et al., 2007) の結果と一致している。

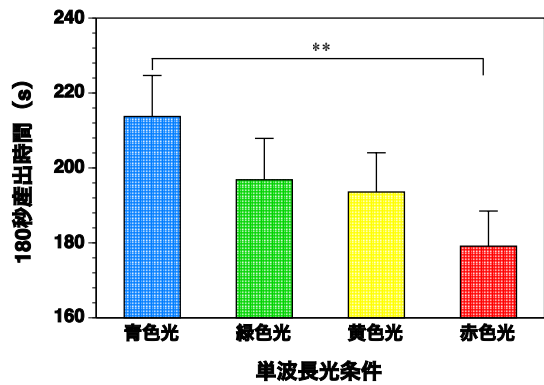


図5. 各単波長光条件における180秒産出時間（平均値±標準誤差）\*\* $p < 0.01$

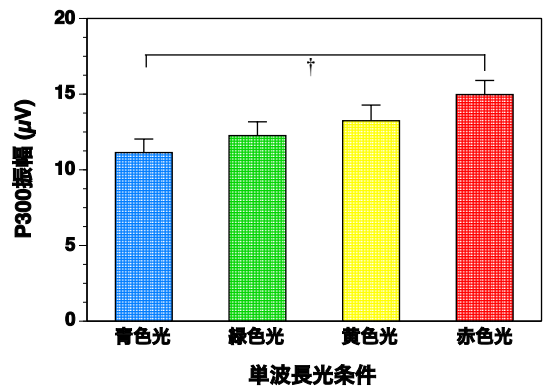


図6. 各単波長光条件におけるP300振幅（平均値±標準誤差）† $p < 0.1$

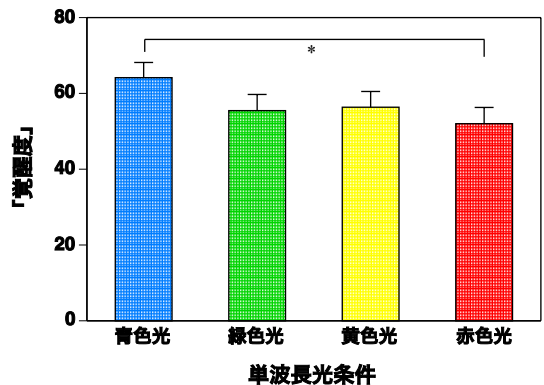


図7. 各単波長光条件における主観評価「覚醒度」（平均値±標準誤差）\* $p < 0.05$

事象関連電位P300の頂点潜時に対する単波長光条件の主効果は有意でなかったが、Fz部位で導出されたP300振幅については有意（ $p = 0.038$ ）な主効果が認められた。赤色光条件のP300振幅（15.0 ± 4.2 μV）は青色光条件の振幅（11.1 ± 4.0 μV）より短い有意傾向（ $p = 0.081$ ）が得られた（図6）。我々の以前の研究（Katsuura, et al., 2007）ではP300振

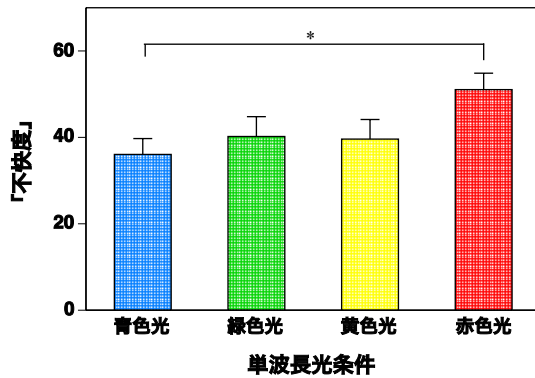


図8. 各単波長光条件における主観評価「不快度」(平均値±標準誤差) \* $p < 0.05$

幅に有意な色光の影響を見出すことは出来なかったが、赤色光のP300頂点潜時が青色光より有意に短いことが示された。一般に、P300頂点潜時が短いこと、P300振幅が大きいことはどちらも大脳皮質の活動水準が高いことを示すとされている(Koshino, et al., 1993)。

主観評価で得られた「リラックス」感、「明るさ」感には単波長光の有意な効果は認められなかったが、「覚醒度」は赤色光より青色光で有意 ( $p = 0.027$ ) に高く(図7)、「好感度」も同様に青色光で有意 ( $p = 0.002$ ) ことが示された。また、「不快度」は青色光より赤色光で有意 ( $p = 0.035$ ) に高いことが認められた(図8)。

Uedaら(2004)はコンピュータ画面の赤色、青色、白色の反射光を見ている被験者の脳活動をfMRI(機能的磁気共鳴画像法)と脳波を用いて測定した。その結果、Brodmannの17野(第一次視覚野)における活性度は赤>白>青の順に高く、後頭部の脳波β波も赤>白>青の順に高いことが示された。これらの知見は赤色光が青色光より大脳皮質の活動水準が高いことを示しており、本研究の結果と一致している。

赤色光曝露における高い脳活動は体内時計を加速するものと考えられる。Morell(1996)は短時間の時間間隔を測る体内時計(時間経過時計)が、線条体-皮質回路、すなわち前頭皮質と尾状核、被殻、黒質などの大脳基底核を含む神経回路にあることを示唆している。このことは大脳皮質の活動水準が時間経過時計に影響し得ることを意味している。詳細な機序は不明であるが、視覚経路(網膜-外側膝状体-第一次視覚野)が本研究で得られた知見に関与しているものと考えられる。

本研究で単波長光が時間感覚と大脳活動水準に影響することを明確に示すことができ、これらの反応には視覚経路が関与していることが示唆された。

#### 参考文献:

Espinosa-Fernandez L, Miro E, Cano M, Buela-Casal G: **Age-related changes and gender differences in time estimation.** *Acta Psychol (Amst)* 2003, **112**:221-232.

Gunstad J, Cohen RA, Paul RH, Luyster FS, Gordon E: **Age effects in time estimation: relationship to frontal brain morphometry.** *Journal of integrative neuroscience* 2006, **5**:75-87.

Kuriyama K, Uchiyama M, Suzuki H, Tagaya H, Ozaki A, Aritake S, Shibui K, Xin T, Lan L, Kamei Y, Takahashi K: **Diurnal fluctuation of time perception under 30-h sustained wakefulness.** *Neurosci Res* 2005, **53**:123-128.

Morita T, Nishijima T, Tokura H: **Time sense for short intervals during the follicular and luteal phases of the menstrual cycle in humans.** *Physiol Behav* 2005, **85**:93-98.

Katsuura T, Yasuda T, Shimomura Y, Iwanaga K: **Effects of monochromatic light on time sense for short intervals.** *Journal of physiological anthropology* 2007, **26**:95-100.

Koshino Y, Nishio M, Murata T, Omori M, Murata I, Sakamoto M, Isaki K: **The influence of light drowsiness on the latency and amplitude of P300.** *Clin Electroencephalogr* 1993, **24**:110-113.

Ueda Y, Hayashi K, Kuroiwa K, Miyoshi N, Kashiba H, Takeda D: **Consciousness and Recognition of Five Colors - Using Functional-MRI and Brain Wave Measurements -.** *J Intl Soc Life Info Sci* 2004, **22**:461-466.

Morell V: **Setting a biological stopwatch.** *Science* 1996, **271**:905-906.

#### 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)

[学会発表] (計2件)

- ① Tetsuo Katsuura, Ya-li Xia, Soomin Lee, Shimomura Yoshihiro, Naoshi Kakitsuba, Effects of different colors of monochromatic light on time perception, the 15<sup>th</sup> International Conference on Environmental Ergonomics, the Rydges Lakeland Resort, Queenstown, New Zealand, 15th February, 2013

- ② 寺井茉里奈, 李スミン, 下村義弘, 勝浦哲夫, 異なる色のLED照明環境における時間感覚について, 日本生理人類学会研究奨励発表会, 平成23年12月17日, キャンパスイノベーションセンター (東京)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

勝浦 哲夫 (KATSUURA TETSUO)  
千葉大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 00038986

### (2) 研究分担者

垣鏝 直 (KAKITSUBA NAOSHI)  
名城大学・理工学部・教授  
研究者番号: 30259874