

照明の色温度と壁の配色の組み合わせによる 室内光環境の違いがヒトの生理的機能に及ぼす影響

Effects of different indoor photic environments determined by the combinations of lighting color temperature and wallpaper color on human physiological responses

非会員 ○佐藤 信吾（北海道大学） 正会員 李 相逸（北海道大学）
非会員 桶谷 康祐（北海道大学） 非会員 李 スミン（千葉大学）
正会員 濱田 靖弘（北海道大学）

Shingo SATO*¹ Sang-il LEE*¹ Kosuke OKETANI*¹ Soomin LEE*² Yasuhiro HAMADA*¹

*¹ Hokkaido University *² Chiba University

Light at night has been known to disrupt the body clock and cause various health risks. In this study, we investigated the effects of combinations of wallpaper color and lighting color temperature on human physiological responses such as pupillary light reflex (PLR) and heart rate variability. In the results, the PLR could be affected by the wallpaper color; the magnitude of the effects depends on the color temperature of lighting. Our results indicate that the combination of light with low color temperature and a green-colored wall is recommendable as a condition that affects the body clock less without much decay of illuminance.

1 背景と目的

ヒトの脳内には体内時計（視交叉上核）が存在し、光の明暗サイクルに同調することで、生理現象（体温、ホルモン分泌など）は約24時間周期で変動する。この1日を周期とした変動をサーカディアンリズム（概日リズム）という。現代では、人工照明の普及や夜間勤務の増加などにより、夜間に光を浴びる機会は増えている。それに伴う概日リズムの乱れが睡眠障害、高血圧、糖尿病などの健康問題の一要因となっていることが報告されている。そのため、室内の光環境の改善は現代における重要な研究テーマとなっている。

これまでの研究では照明の特徴に焦点を絞ったものが多いが、屋内の光環境では、照明に加え、壁や床からの反射光も重要なファクターであることが考えられる。昨年の本研究室の研究により、室内の壁の配色を変えることで、体内時計への影響を軽減できる可能性が示唆された。また、先行研究により、室内の照明の色温度を低くすることで、メラトニンの分泌抑制を軽減できることが報告されている¹⁾。本研究では、反射光に着目し、照明の波長成分と壁の配色の組み合わせによる室内の光環境の違いがヒトの生理的機能（瞳孔の対光反応、自律神経系、主観評価）に与える

影響を明らかにすることを目的とした。

2 研究方法

健康な男子大学生14名（22.0±1.0歳）が実験に参加した。光源は、調光可能なLED照明（HH-CC1485A、Panasonic社）を実験室の天井に設置し、低色温度（2500 K、暖色光）と高色温度（5500 K、白色光）の2条件にした。被験者は照明の真下に位置し、机の前に座ってもらった。机の上に壁（900×900 mm）を設置し、被験者の顔面から約60 cm離れるようにした。壁の配色条件は、黒、白、赤、青、緑の5色とした。机からの光反射による影響を抑えるため、机の表面は黒色にした。各条件の光測定値（被験者の目の位置で測定）を表1に示す。

表-1 各条件における m-lux と照度、色温度

壁色	黒		白		赤		緑		青	
照明	暖色	白色	暖色	白色	暖色	白色	暖色	白色	暖色	白色
m-lux	5.16	12.20	14.28	32.13	5.39	12.41	8.54	17.63	7.85	19.52
照度 (lx)	67	69	174	178	88	81	119	127	79	81
色温度 (K)	2552	5591	2612	5742	1854	3834	2888	5050	2743	9217

実験では、薄暗い光環境（＜30 lx、壁なし）に2～3分間曝露した後に瞳孔径の測定を行い(baseline)、その後光条件（照明点灯＋壁呈示）に5分間曝露した後の瞳孔径測定と主観評価（眼精疲労、印象評価）を

行った。この流れを1セットとし、光条件ごとに繰り返した。照明の色温度条件は被験者ごとにランダムに呈示した。また、各色温度での壁色の呈示準は、最初と最後は必ず黒と白を呈示し、2番目～4番目の3色はランダムに呈示した。

3 結果と考察

本研究で設けた各条件の予想刺激量 (m-lux 基準) を高い順で並べると、白壁>青壁>緑壁>赤壁>黒壁となっていた。この結果より、瞳孔の対光反射の結果と必ずしも一致するわけではなく、予測値には限界があることが示唆された。

縮瞳率を色温度 (2水準) と壁色 (5水準) を独立変数とした反復測定分散分析を行った結果、色温度と壁の配色の主効果がみられ (各 $p<0.01$)、両要因の交互作用が認められた ($p<0.05$)。多重比較 (Bonferroni 補正) の結果を図1に示す。

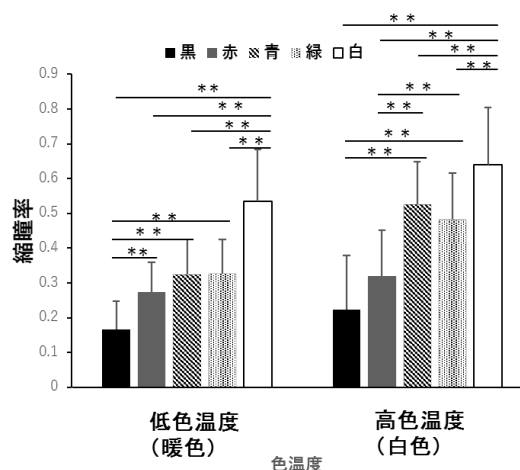


図1 瞳孔の縮瞳率 (n=13 mean+S.D., ** $p<0.01$)

縮瞳率は、色温度条件に関係なく白壁条件でもっとも大きく縮瞳した。色温度ごとにみると、低色温度条件では、赤、青、緑の壁条件間で縮瞳率に有意な差は認められなかった反面、高色温度条件では、赤壁に比べ、青、緑の壁の方で縮瞳率が有意に大きかった。

これらの結果を「高色温度+白壁」の条件を基準に検討すると、照明の色温度のみを変えると (つまり、低色温度+白壁) 縮瞳を約20%抑えられるのが、照明の色温度と壁色を変えることで (例えば、低色温度+緑壁) 瞳孔の縮瞳をさらに抑えられる (約50%) ことが確認された。

また、実際の夜間勤務の環境を考慮すると、体内時計への影響を軽減することに加え、同時に明るい光によって照度を確保することも必要であると考えられる。同様に「高色温度・白壁」の条件を基準として照度の値を比較する。縮瞳率に関しては、青壁と緑壁の間に瞳孔の縮瞳率の有意な差が認められなかったが、青壁の条件では、白壁の条件に対して照度は約55%減少している一方で、緑壁の条件では、照度の減少を約30%に抑えることができている (図2)。

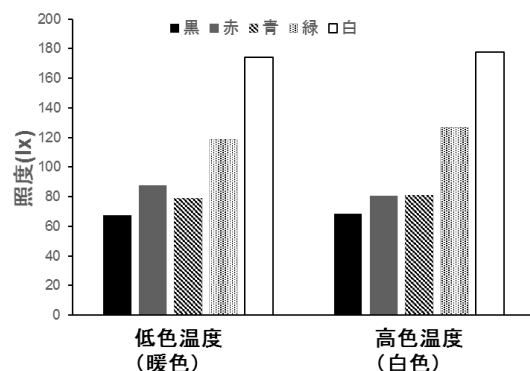


図-2 照度の比較

これらの比較の結果を踏まえ、照度を確保しながら、体内時計への影響を抑えられる組み合わせとして「低色温度・緑壁」の条件が有効であると考えられる。

また、瞳孔面積とメラトニン抑制率に正の相関があるという報告があり²⁾、本実験の結果から、光の非視覚的作用への影響低減には壁の配色と照明の色温度を組み合わせることは有効であると考えられる。今後は低色温度照明と緑、青壁などを組み合わせた光環境のメラトニン分泌の光抑制や生体リズムへの影響を検討した実験を行う必要がある。

参考文献

- 1) Lee, S., Matsumori, K., Nishimura, K., Nishimura, Y., Ikeda, Y., Eto, T., Higuchi, S.: Melatonin suppression and sleepiness in children exposed to blue - enriched white LED lighting at night, *Physiological Reports*, Volume 6, Issue 24 (2018)
- 2) Higuchi, S.: Inter-individual difference in pupil size correlates to suppression of melatonin by exposure to light, *Neuroscience Letters*, Volume 440, pp23-26 (2008)