

色温度と照度が与える生理・心理機能への影響

—集中課題と創造性課題を用いた検討—

Effects of color temperature and illuminance on Physiological and Psychological Function

—A study of a concentration task and a creative task—

キーワード: 色温度、照度、脳波、自律神経系、唾液コルチゾール、time production、創造性

人間生活工学研究室: 高橋 洵子

■Abstract: In this study, We examined the influence of illumination and color temperature on creative task and concentration task to clarify the physiology and the psychology function on human. The result is the most suitable color temperature and illumination based on task variation. In concentration task, performance improved under illumination of 5000 K and 750 lx. At this time, subjects' arousal level was measured by means of Electroencephalography (EEG). It was found that color temperature of 3000 K is suitable in divergent thinking task. The coefficient of correlation between blood pressure and Keywords was insignificant. In convergent thinking, original high performance were found in 5000 K.

■背景

快適なオフィスの環境に照明の色温度及び照度は欠かせない要素である。光の性質がヒトに生理的影響を与える。高色温度・高照度光で α 波帯域率の減少を促し、高い覚醒水準を誘発すると報告されている^{[1], [2]}。白っぽい光では、自律神経の興奮が亢進することが示唆されている^[3]。また、低色温度、低照度ではタスクパフォーマンスを低下させる^[2]。実際のオフィスでは、作業は多様化している。アイデア創出のような作業や計算や確認など、様々な業務が存在する。先行研究では、暗算課題が多く用いられており、創造的な作業を想定した光環境の評価に関する報告は、ほとんどない。

■目的

研究では、暗算課題と時間推定を組み合わせた集中課題と創造性課題を使用した。異なる種類のタスクを用いて、8 条件の照度と色温度がヒトに与える影響について、心理的・生理的側面から明らかにし、考察を行うことを目的とした。

■方法

・被験者

被験者は、健康な男性 8 名(平均 23 歳)であった。各被験者に、実験 7 日前から実験終了まで、23:30 から 7:30 までの睡眠を守るように指示し、前日からアルコール・カフェインの摂取を禁じた。実験で用いた照明の照度と色温度の 8 条件を表 1 に示した。

・計測項目

実験中は継続して生理指標の測定を行った。脳波(α 波帯域率: $\alpha / (\alpha + \beta)$)、AAC: α 波減衰係数)、脈波(加速度脈波)、心拍変動性(交感神経活動指標: LF/HF、副交感神経活動指標: HF/(LF+HF))、血圧(収縮期血圧、拡張期血圧)、唾液コルチゾールを生理指標とした。また、単純加算タスク、立方体計数タスク、180 秒の time production を行い、これら 3 つのタスクを集中課題とした。創造的な作業を想定したタスクとして、永井らの論文^[4]を参考にし、アイデアの発散と収束(創造性課題 20 分間)を被験者に課した。例えば、「時計」「ギター」から「健康用品」のアイデアを出す問題である。はじめの 10 分間は、2 つのキーワードから連想できるキーワードを列挙させ、そのキーワード数を評価項目とした。次に、キーワードを取捨選択し、それらを合成し、ひとつのアイデアとした。アイデアは、3 つの異なる職業に従事する 9 名(デザイナーを含む)が実用性と独創性について、5 段階評価した。ま

た、実験終了後に、主観的眠気:KSS(Kwansei Gakuin Sleepiness Scale)、主観評価(集中力/すがすがしき/やる気/頭がさえている/眼の疲れ/アイデアの出しやすさ/落ち着き/リラックス)を VAS(Visual Analog Scale)法を用いて評価を行った。

・実験の流れ

被験者は照明実験室(RGB 蛍光灯インバータ制御)に入室し、標準条件(5000 K, 750 lx)で電極装着後、5 分間安静にし、条件(表 1)を変え、集中課題 1 回目、創造性課題、集中課題 2 回目を行った(図 1)。

・統計処理

得られたデータは、照度 750 lx 条件(条件 3/4/5)、色温度 5000 K 条件(条件 1/4/7)の 3 条件、全 8 条件、2/4/6/8 条件ごとに、統計処理した。条件と時間を要因とした二元配置反復測定分散分析と、条件もしくは時間を要因とした一元配置反復測定分散分析を行った。有意水準を 5% に設定し、Holm 法で多重比較を行った。さらに、生理指標とタスクパフォーマンス、主観評価の関係をみるため、各時間において相関分析を行った。すべての図において、+を $p < 0.1$ 、*を $p < 0.05$ 、**を $p < 0.01$ と示す。

表 1. 色温度と照度の実験条件

		色温度			
		2000 K	3000 K	5000 K	7000 K
照度	1000 lx			条件 1	条件 2
	750 lx		条件 3	条件 4	条件 5
	300 lx		条件 6	条件 7	
	100lx	条件 8			

▼10:00または15:00に実験開始(被験者内で統一)

標準光源		標準光源		条件光曝露		
電極装着	安静	KSS	計測①	安静	計測②	集中課題1回目
条件光曝露						
計測③	創造性課題 発散的思考	収束的 思考	計測④	集中課題2回目	計測⑤	KSS・主観評価

図 1. 実験のタイムテーブル

■結果

・脳波

集中課題 2 回目後の 5000 K 条件では、1000 lx よりも 300 lx、750 lx が有意に高かった(図 2)。集中課題 2 回目後の 750 lx 条件における多重比較では、条件間に有意な差はなかった。

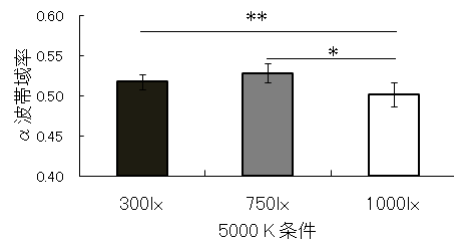


図 2. 集中課題 2 回目後の 5000 K 条件における α 波帯域率

・加速度脈波

一元配置分散分析において、2000 K/ 100 lx、3000 K/ 750 lx、5000 K/ 1000 lx、7000 K、1000 lx の 4 条件で時間の主効果が有意であった。多重比較では、有意差はみられなかった。

・血圧

集中課題 2 回目後では、750 lx 条件で 5000 K が 7000 K より有意傾向で高かった。5000 K では、単純加算タスクにおいて 1 回目よりも 2 回目で、正答数と回答数が増え、タスクにより負荷を受け、収縮期血圧が上昇した。

・コルチゾール

多重比較による条件間の有意差はなかった。5000 K/750 lx 条件以外で時間経過による減少があった。

・集中課題

5000 K/1000 lx 条件、3000 K/750 lx 条件、5000 K/750 lx 条件、7000 K/750 lx 条件の回答数と正答数では、集中課題 1 回目よりも集中課題 2 回目のパフォーマンスが有意もしくは有意傾向に向上した。単純加算タスクの回答数、正答数、エラー率において、条件間に有意差はなかった。立方体計数タスクの 7000 K/750 lx 条件の回答数と正答数では、集中課題 1 回目よりも集中課題 2 回目のパフォーマンスが有意に向上した。一方、3000 K/750 lx 条件では、集中課題 1 回目よりも集中課題 2 回目で、エラー率が増加した。

・創造性課題

キーワード数と実用性の評価指標では条件間の有意差はなかった。独創性の評価について、2/4/6/8 条件間での多重比較の結果、5000 K/750 lx 条件が 7000 K/1000 lx 条件と 2000 K/100 lx 条件よりも、独創性の評価が高かった(図 3)。また、同一色温度を平均した独創性の合計得点の比較において、5000 K 条件平均値が 3000 K 条件平均値と 7000 K 条件平均値よりも高い傾向を示した。

拡張期血圧の変化(標準化)とキーワード数(標準化)の相関分析の結果、有意な負の相関($r=-0.28$)があった。また、創造性課題後の α 波帯域率は、主観評価の「落ち着き」と負の相関($r=-0.31$)があり、「落ち着き」を感じると、 α 波帯域率が小さくなる、つまり覚醒していた。

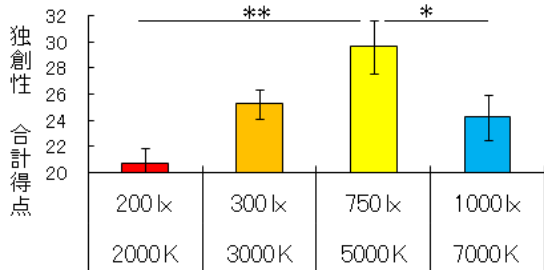


図 3. 独創性の合計得点

・主観評価

主観的眠気は、照度が高いほど変化量は小さく、眠気が増加しにくかった。主観評価では、「リラックス」「落ち着き」の項目が高色温度より低色温度において大きかった(図 4)。「眼の疲れ」の項目では、5000 K より 7000 K で得点が高かった。

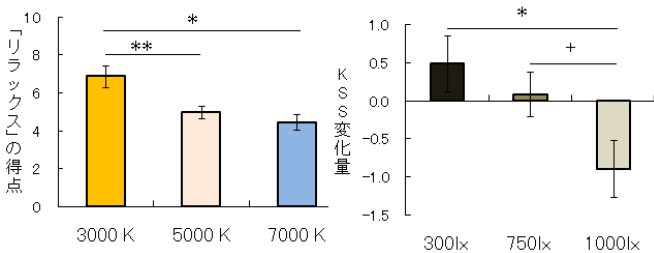


図 4. 「リラックス」の VAS 得点(左)と KSS 変化(開始時と終了時の差)(右)

■考察

集中課題において、タスクパフォーマンス向上のための照明として、色温度 5000 K 以上、750 lx 以上が適していると考えた。単純加算タスクでは、5000 K 条件と 750 lx 条件の回答数と正答数で、集中課題 1 回目よりも集中課題 2 回目のパフォーマンスが有意もしくは有意傾向に向上した。特に、立方体計数タスクのようにやや複雑な計算を含むタスクでは、1 回目よりも 2 回目のパフォーマンスが上昇した 7000 K/750 lx が適しているだろう。1 回目よりも 2 回目のパフォーマンスが上昇したことから、長時間の取り組みに向いているのかもしれない。また、加速度脈波の減少がなく、唾液コルチゾールの増加もなかったことから、循環器か免疫系にまで影響を及ぼすような生理的に過負荷な環境ではないことが示唆された。750 lx で α 波帯域率の減少があったことは、先行研究^[1]と一致し、覚醒状態を維持できる光環境だと推測される。また、立方体計数タスクの変化量と AAC の相関では、有意な正の相関があり、このことは、高い覚醒状態はパフォーマンスの上昇に関与することを示しているだろう。

創造性課題のタスクパフォーマンスの向上のための照明は、発散的思考と収束的思考で異なるものとなった。創出されたキーワード数と創造性課題後の拡張期血圧の相関では有意な負の相関があり、生理的にリラックスすることでキーワード数を増やす可能性を示した。また、創造性課題後の α 波減衰係数と主観評価の「アイデアの出しやすさ」の項目で有意な負の相関があり、リラックスしているとき、「アイデアの出しやすさ」を実感できる。本実験では、被験者に課題の成績のフィードバックを与えておらず、「アイデアの出しやすさ」は、おそらく、キーワード数を示しているものだと考えられる。つまり、リラックスすることで、キーワード数を増やし、アイデアを出したことを実感できた。主観評価の「リラックス」「落ち着き」は低色温度で得点が高かった。以上のことより、発散的思考課題では、色温度 3000 K が適していると考えられる。一方、収束的思考課題では、色温度 5000 K が適していると考えられる。独創性の評価が高く、加速度脈波の結果は、5000 K 条件では減少がなく、負荷のかからない条件であると思われる。

■まとめ

本研究では、集中課題と創造性課題を用いて照度と色温度がヒトの生理・心理機能へどのように影響するかを調べ、タスクの種類によって最適な色温度と照度が異なることを示した。集中課題では、色温度 5000 K かつ、照度 750 lx 以上でパフォーマンスの向上があった。このとき、加速度脈波とコルチゾールの評価による過度のストレスはなく、脳波の結果より覚醒状態であった。創造性課題での発散的思考課題では、3000 K が向いており、収束的思考課題では、5000 K が向いていた。独創性の評価では、5000 K において得点が高かった。発散的思考課題では、生理的なリラックスによって、創出するキーワード数を増やし、アイデアを出すことを実感した。主観評価の「リラックス」「落ち着き」は低色温度で得点が高く、リラックスできる低色温度が発散的思考に向いているだろう。本研究は、効率的なワークスタイルを考慮した照明デザインに応用でき、有用である。

■参考文献

[1]照度の覚醒度、自律神経活動に及ぼす影響, 道盛章弘ら, 照明学会全国大会講演論文集 30, p.185, 1997
 [2]色温度が覚醒度に与える影響: 生理指標、心理指標、行動能力指標による評価((7)視覚心理・視覚生理), 道盛章弘ら, 照明学会全国大会講演論文集 31, p. 220, 1998
 [3]快適な室内照明の研究—室内気候の影響も含めて, 佐藤方彦, 住宅総合研究財団研究年報 No.20, 1993
 [4]創造性概念生成プロセスにおける概念合成と差異性の役割—言語解釈タスクとデザインタスクの比較, 永井由佳里ら, 認知科学 Vol. 16, No. 2, 2009
 [5]色温度と照度がオフィスワークを想定したタスク中の生理・心理機能に与える影響, 高橋洵子ら, 人間工学会関東支部第 40 回大会, 2009