

フルカラーLED 照明制御技術の開発と色光に対する人間の主観的評価

三木 光範^{*1} ○鈴木 真理子^{*2}
吉見 真聡^{*3}

キーワード：照明，色度図，許容領域，照明システム，視環境，主観的評価

1. はじめに

近年、オフィスなど執務空間において快適性や知的生産性を向上させる環境に関する研究が盛んに行われており、なかでも光環境がその大きな要因となることが報告されている¹⁾。このような背景から、我々は個々のオフィスワークに合わせて個別の照明環境を提供する照明システムを提案している²⁾。また、その一方で、色光が生体に与える影響も広く注目を集めている研究であり³⁾、知的生産性向上にも大きく寄与するものと考えられる。そこで、本研究報告では、オフィスにおける色光の有効性を調べるため、執務をする際に許容できる色光の強さについて調べる実験を行った結果および、色光環境において、長時間の執務または飲食をした際の主観的評価を調べる実験を行った結果について報告する。実験に際して、フルカラーLEDを用いて、自由に彩度を設定できる照明システムを構築した。

2. 執務する際に許容できる色光環境

2.1. 任意の彩度を実現する照明システム

本研究報告で開発した照明システムは、赤 (R)、緑 (G)、青 (B) および黄色 (Y) から成るフルカラーLED 照明を用いた、任意の彩度を実現する照明システムである。白色光に色光を徐々に足していくことで、設定した色の彩度を徐々に増加させていく。色度図上の彩度変化を図1に示す。

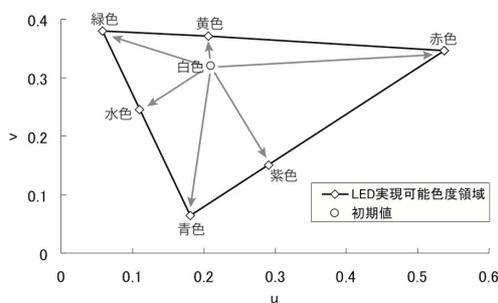


図1 色度図上での彩度変化

構築したシステムを用い、様々な色について、ワーカが

長時間執務を行うことができる色の強さを調べ、uv 色度として色度図上に当てはめることで色度図上における許容領域を得た。開発したシステムは、フルカラーLED29 灯、制御用PC、色彩照度計で構成される。図2-(a)にLED の配置、図2-(b)に構築した実験環境を示す。

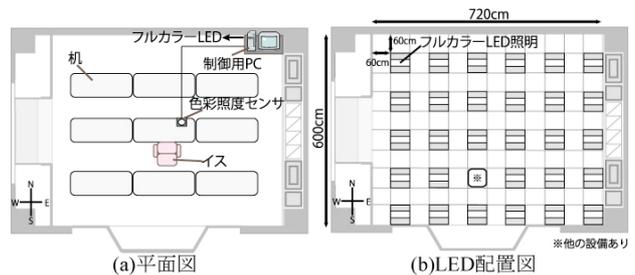


図2 実験環境

2.2. 実験概要

ワーカが不快に感じることなく、執務を行うことができる色光環境を調べるため、構築システムを用いて、20 代前半の大学生男女9 名を対象に被験者実験を行った。実験概要を図3に、実験手順を図4に示す。

実験期間	2010年7月20日～8月23日	
実験場所	同志社大学理工学部 知的オフィス環境創造システム実験室 (グリッド天井, 内装は白色)	
被験者	大学生および大学院生 男女9名 (21～23歳)	
照明条件	光色	赤色, 緑色, 青色, 黄色, 水色, 紫色 (フルカラー LED 照明)
	照度	800, 600, 400 lx
室温	約25℃～26℃	

図3 実験概要

初期条件	執務	レスト	執務	レスト	執務	レスト
白色光 (800 lx) 15分	色光環境 (設定照度 800 lx) 約1～30分	白色光 (600 lx) 5分	色光環境 (設定照度 600 lx) 約1～30分	白色光 (400 lx) 5分	色光環境 (設定照度 400 lx) 約1～30分	白色光 (800 lx) 5分
各色光について実験する						

図4 実験手順

実験中は、被験者は執務 (主にパソコン作業) を行い、長時間執務する際に許容できる限界の色光であると判断した場合、挙手により実験担当者に知らせる。よって、本実験では、許容できる限界の色光と判断した色光環境下において実際に長時間の執務を行っていない。

2.3. 実験結果

設定照度 600 lx での全被験者の色度図上における色光の許容領域を図 5 に示す。図 5 より、各被験者によって、許容できる色度領域には個人差がみられた。設定照度 400 lx および 800 lx においても同様の結果が得られた。また、各被験者における照度別の許容領域は、主として 3 パターンの特徴が見られた。特定の色が許容できない場合があり、色によって許容できる領域は大きく異なることがわかった。

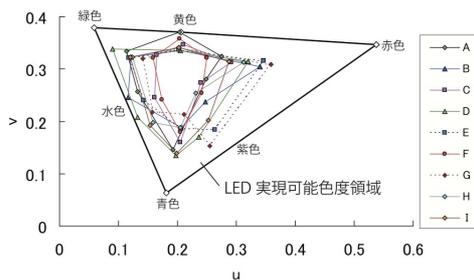


図 5 600 lx における全被験者の許容領域

また、実験終了後に調査した各被験者の執務をする際に好きな色光、および嫌いな色光を図 6 に示す。図 6 において、好きな色光にはさまざまな色が選択されたが、赤色を選択した被験者はいなかった。嫌いな色光としては 9 名中 5 名の被験者が紫色を選択し、寒色系の色を選択した被験者はいなかった。

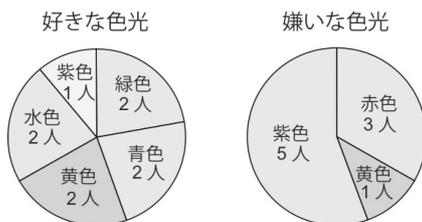


図 6 好みの色光

3. 異なる作業における色光の主観評価

3.1. 実験概要

2 章で行なった実験においては、長時間の執務を行なう際に許容できる色光の強さを短時間で判断した。そのため、実際に長時間の執務をした際には、色光によるストレスが蓄積される可能性、また、色光に慣れる可能性が考えられる。そこで、2.3 節で得られた許容水準最大の色光環境において、長時間執務を行なう実験（実験 A）を行なった。また、作業内容によって、色光の主観的評価が異なる可能

受付番号：H31

性があるため 4)、同一色光環境下において、飲食を行なう実験（実験 B）を行なった。実験 A の実験環境を図 7-(a) に、実験 B の実験環境を図 7-(b) に示す。

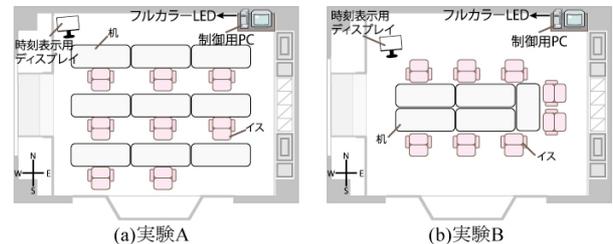


図 7 実験 A および B の実験環境

実験概要を図 8 に示す。被験者は、20 代前半の大学生および大学院生男女 8 名とし、机上面照度 600 lx において、緑色、青色、黄色、水色、紫色および橙色の 6 色について実験を行なった。ここで、赤色を除いたのは、図 6 での赤色の評価が悪く、執務に不向きであると考えたからである。また、カフェ等で用いられる電球色として馴染みのある橙色については、長時間執務をするのに適している可能性が考えられるため、実験する色に追加した。実験に使用した色光は、2.3 節で得られた色度を実現する信号値を制御用 PC からフルカラー LED 照明器具に送信することで実現した。実験で用いた 6 色の色度を表 1 に示す。

実験期間	2010 年 11 月 2 日～2011 年 2 月 4 日
実験場所	同志社大学理工学部 知的オフィス環境創造システム実験室 (グリッド天井、内装は白色)
被験者	大学生および大学院生 男女 8 名 (21～23 歳)
照明条件	光色 橙色、緑色、青色、黄色、水色、紫色 (フルカラー LED 照明)
照度	600 lx
室温	約 21℃～23℃

図 8 実験概要

表 1 実験で用いた色度

	緑色	青色	黄色	水色	紫色	橙色
u	0.098	0.193	0.208	0.111	0.266	0.319
v	0.337	0.142	0.371	0.242	0.188	0.363

実験の手順を図 9 に示す。被験者は、まず実験空間において、白色蛍光灯 600 lx の環境で安静にした。次に、色光に対する短時間での印象と、長時間の印象は異なることを検証するため、第一印象の評価を行なった。被験者は 5 秒

間与えられた色光環境について印象評価を行ない、各色の第一印象評価終了後、60分間の作業を行なった。作業内容は、実験 A では執務、実験 B では飲食を行なった。被験者は、与えられた色光環境が不快であると感じた場合は、作業をやめ、作業をやめた時間をアンケート用紙に記述する。ここでの時間は、実験室内のディスプレイに表示してあるものとした。

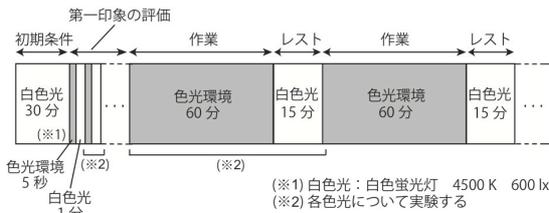


図9 実験手順

3.2. 実験結果

実験 A での第一印象評価として、長時間の執務ができると思うかアンケート調査を行なった。アンケート結果を図10に示す。図10より、水色および青色については、執務できると答えた被験者が多かった。緑色、橙色および紫色については執務できないと答えた被験者が多かった。

実験 A における全被験者の許容時間を図11に示す。図11より、被験者 C, D および E は全ての色光環境で60分間の執務を行なうことができた。他の被験者については、特定の色光について、許容時間が短く、紫色および緑色については、許容時間は30分以下であった。また、被験者 H は、全ての色について許容時間が10分以下であり、色に関係なく、執務空間においては、色光環境を好まない人がいることがわかった。

各色についての実験終了後に、与えられた色光環境において執務がしやすかったかアンケート調査を行なった。結果を図12に示す。図12より、緑色については執務がしにくかったと応えた被験者が多く、もっとも評価が高かった色は橙色であった。第一印象の評価において、もっとも評価の低かった紫色については、実験終了後のアンケート結果では、質問に対して「どちらでもない」を選択した被験者が多く、悪い評価は得られなかった。また、第一印象の評価が低かった橙色については、実験終了後のアンケート結果では、もっとも評価が高かった。以上のことから、短時間での色光の印象と、長時間での印象は異なることが実

証された。

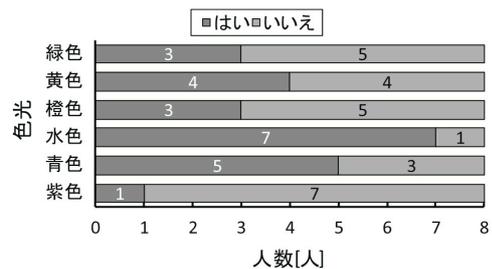


図10 実験 A における第一印象評価

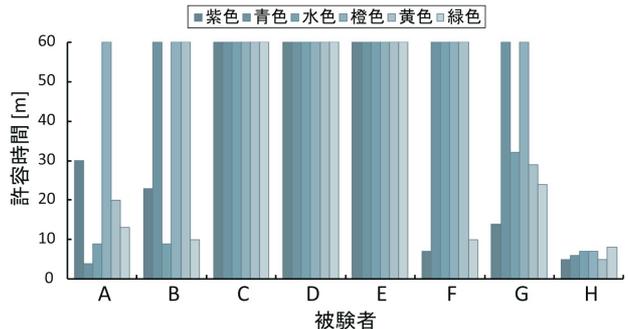


図11 全被験者の許容時間 (実験 A)

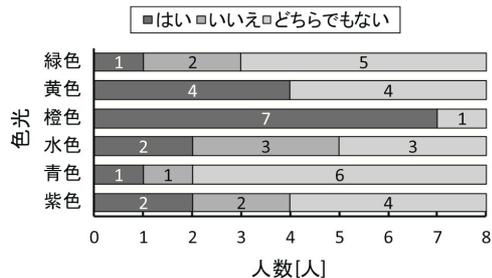


図12 実験 A における作業終了後の印象評価

実験 B での第一印象評価として、長時間の飲食ができると思うかアンケート調査を行なった。結果を図13に示す。図13より、緑色と紫色については、執務を行なった際と同様に、飲食ができないと答えた被験者のほうが多かった。しかし、橙色については、全被験者が長時間の飲食をすることができると答えた。

次に、実験 B における全被験者の許容時間を図14に示す。図14より、8名中5名が全ての色光環境において、60分間の作業を行なうことができた。被験者 A, F および H については、特定の色についての許容時間が短かったが、橙色および黄色については、全被験者が60分間の作業を行なうことができ、橙色については第一印象の評価と一致している。紫色および緑色については、第一印象の評価では、それぞれ7名および6名が長時間の飲食ができないと

答えたのに対し、60分間の作業ができなかった被験者は1名だけであった。

各色についての実験終了後に、与えられた色光環境において飲食がしやすかったかアンケート調査を行なった。結果を図15に示す。図15において、もっとも評価が高かった色は橙色であった。また、橙色および黄色については、飲食しにくかったと答えた被験者はいなかった。

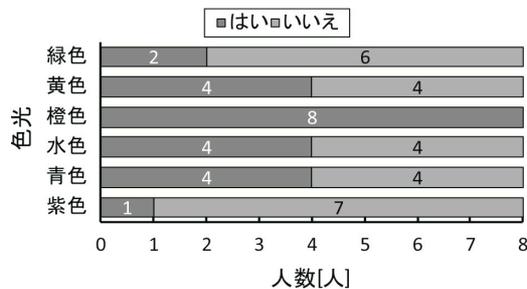


図13 実験Bにおける第一印象評価

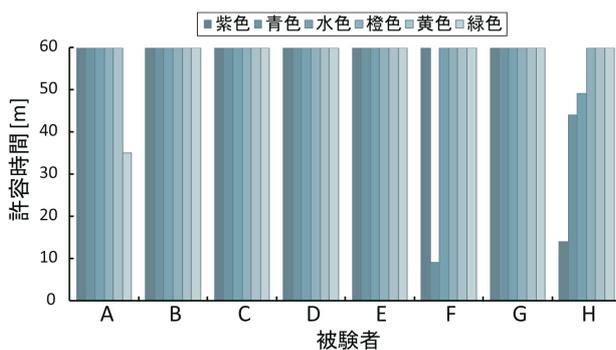


図14 全被験者の許容時間(実験B)

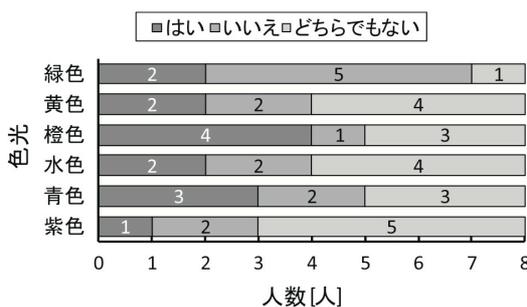


図15 験Bにおける作業終了後の印象評価

4. 考察

本研究では、オフィスなどの執務空間に色光を導入した際に、どのような影響があるかを検証するため、29台のフルカラーLED照明器具を用いて、部屋全体の空間における色光環境を調節し、不快と感じることなく執務ができる色

光環境について検討を行った。また、異なる作業内容について、色光の主観的評価を調べた。

構築した、色光の彩度を調節できるシステムを用いて被験者実験を行った結果、執務における色度図上における執務に関する許容領域には個人差があることや、色によって許容できる色とできない色があることがわかった。

執務をする際に許容できる限界の色光環境において、長時間作業を行なう実験では、短時間での印象と、長時間での印象は異なる場合があることがわかった。図12と図15を比較すると、黄色および橙色について、実験Bのほうが、作業しやすかったと答えた被験者が少なかった。緑色については、飲食しにくかったと答えた被験者が多かった。このことから、食べ物の見え方については、非常に大きな影響があることが考えられる。また、色光環境において実際に長時間作業する際に許容できる色であったとしても、印象が悪い色が存在することから、執務空間に色光を用いる際には、より慎重な色の選択が重要であると考えられる。

[参考文献]

- 大林史明, 富田和宏, 服部揺子, 河内美佐, 下田宏, 石井裕剛, 寺野真明, 吉川榮和: オフィスワークの生産クティビティ改善のための環境制御法の研究 - 照明制御法の開発と実験的評価 -, ヒューマンインターフェース, 2004
- 岩切一幸, 綿貫茂喜, 安河内朗, 柘原裕: 光源がその曝露中と曝露後にCNVの早期成分に及ぼす影響, 日本生理人類学会誌, Vol.2, No.3, pp.31-37, 1997
- 郭洋, 百瀬桂子, 齋藤美穂: 色光の生理的・心理的効果に関する研究, 日本色彩学会誌 31(SUPPLEMENT), p20-p21, 2007
- 佃光史, 福多桂子, 田村明弘: カラーライティングの心理効果と空間への応用性-RGB発光ダイオードを用いた室内実験-, 日本建築学会大会学術講演梗概集, p237-238, 2006

*1 同志社大学理工学部 教授 工博

*2 同志社大学 大学院生

*3 同志社大学理工学部 助教 工博