

原著論文

## 色相およびトーンを変化させた色光における生理的・心理的影響

山下 真裕子\*, 山田 逸成\*\*, 安田 昌司\*\*\*

\* 滋賀県立大学人間看護学部, \*\* 滋賀県立大学工学部, \*\*\* 滋賀県立大学地域産業連携センター

### Psychological and Physiological Effects of Colored Lights for Change of Hues and Tones

Mayuko YAMASHITA\*, Itsunari YAMADA\*\* and Masashi YASUDA\*\*\*

\* School of Nursing, University of Shiga Prefecture

\*\* Department of Electronic Systems Engineering, School of Engineering, University of Shiga Prefecture

\*\*\* Collaborative Research Center, University of Shiga Prefecture

**Abstract :** Psychological and physiological effects of 18 kinds of colored lights were examined using a liquid crystal display in a dark environment ( $< 0.1$  lx). The colored lights were characterized with the tones with various lightness and saturation, i.e., the colors named 'dark', 'deep', 'vivid', 'bright', 'light', and 'pale' in the Practical Color Co-ordinate System conditions. To investigate psychological and physiological effects, we used electroencephalography and a simple questionnaire. Subjective evaluations of 'comfort', 'relaxation', 'awakening', 'tension', and 'anxiety' were conducted using a five-level psychological preferences evaluation. Electroencephalographic and psychological evaluations revealed that the bright tone had a good effect for relaxation. Colored lights with 'dark' or 'deep' tone enhanced the degrees of tension and anxiety. As regards red and blue lights, 'vivid' tone with highest saturation enhanced the degrees of awakening.

**Keywords :** colored light, tone, psychological and physiological effects

#### 1. 緒言

色光環境が人の生理心理機能に与える影響に関する研究は数多く行われ、赤色に交感神経の活性化、緑色に感情的反応の鎮静、青色に自律神経の鎮静効果を有することが明らかにされている [1-5]。しかし、色および色光は明度や彩度によってさらに詳細に分類され、それらは視覚的に明らかな差異が認められているにもかかわらず、トーン（明度・彩度）別のより詳細な生理的・心理的影響は十分に検討されていない。そこで本研究では、明所時と比べて視感度の高い暗視野において、トーンにより分類された様々な色データにおける生理的・心理的影響を検討する。現代社会はストレス社会といわれ、うつ病や心身症などのストレスに関連した疾患は増加の一途を辿り、時代のニーズとして、より一層癒し効果への要求が高まっている。本研究により、視覚情報の差異が与える影響を定量的に評価することが出来れば、視覚情報の特徴を効果的に取り入れた快適な空間の設計、構築が可能となる。それにより、増加しつつあるストレス関連疾患の患者をはじめ、ストレスに起因する心身の不定愁訴を抱える人々に対し、病院や企業、教育現場、地域社会において癒し効果の高い快適空間を提供することは、ストレスの低減およびメンタルヘルスの維持・向上に寄与できると考える。

#### 2. 研究目的

これまで色光の光源としてランプやLEDを使用して心理・生理的影響を調べられているが [1-4, 6, 7]、そのよう

な光源では色光の明度や彩度の制御が困難であった。本研究では、視感度の高い暗視野において様々な色光を発することが可能な液晶ディスプレイを光源とし、Red, Green, Blueの3色相におけるトーンを変化した各色光の心理的・生理的影響を調べ、各データの相関についても検討する。

#### 3. 研究方法

##### 3.1 対象

被験者は、A大学に在籍する20～22歳の学生16名で、事前に口頭および書面により説明を行い、同意を得た学生とした。事前に過去の色覚異常の指摘の有無について確認を行った。さらに実験後、実際の色データをディスプレイ上で確認しながらRed, Green, Blueそれぞれのdark, deep, vivid, bright, light, paleの6パターンに対する感想やコメントを聴取したその内容から、明らかな色覚異常は認められないと判断した。また食事による影響を除くため、実験前2時間は飲食を避けるように指示した。

##### 3.2 実験環境

明所と暗所で人間の色光に対する見え方は変化し、暗視野では2倍以上の感度となることから [8]、本研究では、視感度を効果的に高められるように0.1 lx以下の暗室を用意した [9]。実験室内は壁面および床面がアイボリー色の色彩環境であり、被験者とディスプレイの距離は50cmに設定した。物理的ストレスによる影響を回避するため、室温は18～22℃、湿度は40～60%に設定した。被験者はパソコンで制御した広色域液晶ディスプレイから表示される色光を注視し、呈示刺激による心理的影響を検討した (図1)。

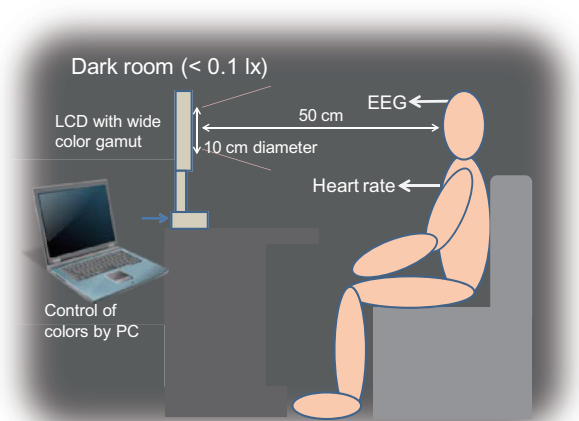


図1 実験環境

### 3.3 呈示刺激

日本色研配色体系 (Practical Color Co-ordinate System: PCCS) [10] とは、明度と彩度を「トーン」という概念でまとめ、「色相」と「トーン」の二系列で色彩調和の基本系列を表す表示方法である (図2)。PCCSは24色相をさらに明度 (図2の縦軸)・彩度 (横軸) を基準に有彩色の12色と無彩色の5色に分類されている。本研究ではPCCSの分類のうち3色相である赤 (2:R), 緑 (12:G), 青 (18:B) (以後、各色相を Red, Green, Blue と表記), さらに明度では中明度と高明度を、彩度では中彩度と高彩度にあたる dark, deep, vivid, bright, light, pale の6パターン18種類を選択した。呈示刺激はディスプレイ上に、PCCSのカラーカードを参考に類似した18種類の色光をランダムに各10秒間表示した。残像効果を回避するため、各刺激間のインターバルは10秒とし、インターバル時はディスプレイ上には何も表示せず、極力刺激のない環境を整えた。なお、本研究で用いた各色光の輝度、色度は輝度色度計を用いて測定した。その結果を図3に示す。図3に示すように、Red, Green, Blue いずれにおいても、vivid が外側に位置し、彩度が高いこと、そして pale が最も内側に位置していることから図2との相関が確認されたため、本研究ではそれぞれをPCCS同様に dark,

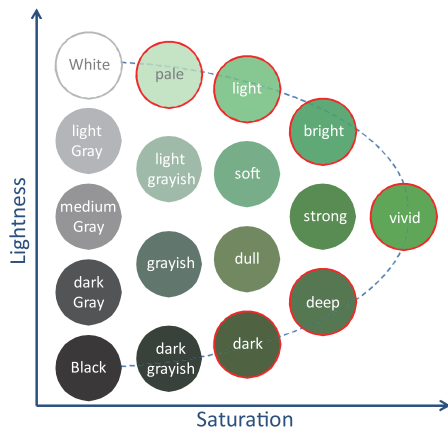


図2 PCCSのトーン図

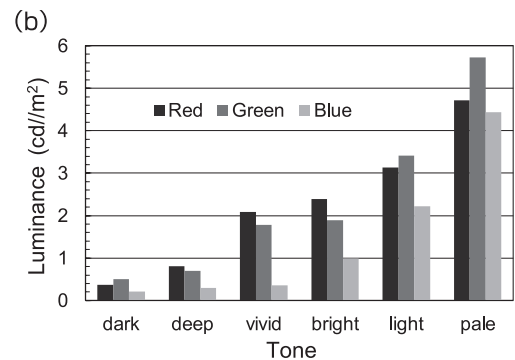
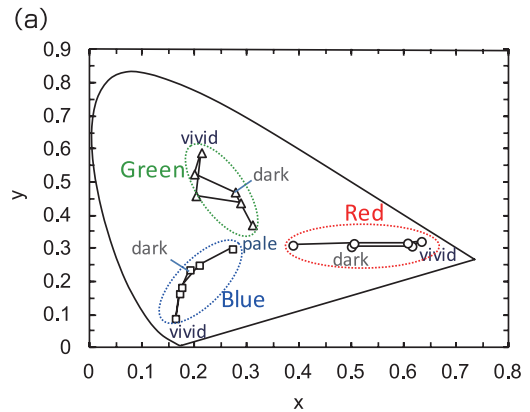


図3 実験で用いた色光の (a) 色度図と (b) 輝度図

deep, vivid, bright, light, pale と表記する。なお用いた色光は前に呈示した色光による影響を防ぐため、各色光の輝度は  $10 \text{ cd/m}^2$  未満とした。

### 3.4 評価指標

#### 3.4.1 生理的指標

大脳機能の評価指標として脳波、自律神経系の評価指標として心拍数を採用した。脳波は、本器の5つの中心周波数 ( $\theta$  波  $5.0 \pm 1.0 \text{ Hz}$ ,  $\alpha 1$  波  $7.5 \pm 0.5 \text{ Hz}$ ,  $\alpha 2$  波  $10.0 \pm 1.0 \text{ Hz}$ ,  $\alpha 3$  波  $12.5 \pm 0.5 \text{ Hz}$ ,  $\beta$  波  $22.0 \pm 8.0 \text{ Hz}$ ) を用い、データ解析には同脳波計用解析ソフト・パルラックスIIを用いた。解析対象脳波は  $\alpha 1$  波,  $\alpha 2$  波,  $\alpha 3$  波,  $\beta$  波とし、解析には各10秒間の視覚刺激暴露中の1秒毎の各脳波の分布率 (単位時間あたりの各脳波の電圧を合計し百分率で表したもの) の平均値を算出して用いた。心拍数は視覚刺激暴露中の1秒毎に測定された値の平均値を算出して用いた。

#### 3.4.2 主観評価

心理的な解析も行うため、不安感、緊張感、快適性、覚醒度、リラックス感の5項目について「とても感じた-全く感じなかった」の5段階のリッカート法を用い、得点が高いほど項目に対する印象を強く感じていることを示すものとした。

### 3.5 倫理的配慮

本研究はA大学、研究に関する倫理審査委員会の承認を受けて行った。研究対象者に対して、研究の意義、目的、方法、予測される結果や危険などについて、文書ならびに口頭によ

## 色相およびトーンを変化させた色光における生理的・心理的影響

り十分な説明を行った。研究対象者へは、この内容を理解したうえで同意書への署名を依頼した。

### 3.6 統計処理

本研究では、データ取得に成功した16名を分析対象とした。それぞれの視覚刺激毎の主観評価、心拍数、脳波の分布率の変化について、呈示刺激を要因とした反復測定による一元配置の分散分析を用いて検討した。有意差が認められたものに関しては、Bonferroni法による多重比較を行った。さらに、心理的効果の検討結果を基に、Red, Green, Blueそれぞれの6パターンを、dark, deepで構成した明度低群とvivid, bright, light, paleで構成した明度高群に分類し、心拍数、脳波の各帯域に対する分布率の平均値、主観評価による得点をt検定を用いて検討した。なお、検定は両側検定を用いて $p < 0.05$ を有意とした。また、全ての統計処理にはStatistical Package for the Social Science (SPSS) ver.19.0 J for Windowsを使用した。

## 4. 結果

### 4.1 研究参加者の属性

対象者16名の平均年齢は21.4 (SD 0.73) 歳で、全員が男性であった。また、全被験者は色覚異常やてんかんの既往はなく、体調は普通～良好の状態であった。

### 4.2 呈示刺激における生理的効果の検討

Red, Green, Blueそれぞれのdark, deep, vivid, bright, light, paleの6種類における呈示刺激を曝露した際の生理的反応、主観評価における心理的効果を検討するため、それぞれの曝露時間中の各脳波の分布率および心拍数の平均値を算出し、呈示刺激を要因とした反復測定による一元配置の分散分析を用いて検討を行った。

その結果、まずRedについては、PCCSの6パターン別で心拍数 [F(5, 75) = 0.691,  $p = 0.632$ ]、脳波の分布率 [ $\alpha 1$ 波: F(5, 75) = 0.791,  $p = 0.560$ ,  $\alpha 3$ 波: F(5, 75) = 1.067,  $p = 0.386$ ,  $\beta$ 波: F(5, 75) = 0.756,  $p = 0.585$ ] において分布率に有意な差は認められなかったが、脳波 $\alpha 2$ 波がRedのvividにおいて有意な分布率の高い結果が得られた [F(5, 75) = 2.696,  $p = 0.028$ ]。続いてGreenについて同様に検討したところ、心拍数 [F(5, 75) = 1.570,  $p = 0.179$ ]、脳波の分布率 [ $\alpha 1$ 波: F(5, 75) = 1.469,  $p = 0.211$ ,  $\alpha 2$ : F(5, 75) = 1.983,  $p = 0.092$ ,  $\alpha 3$ 波: F(5, 75) = 0.241,  $p = 0.943$ ,  $\beta$ 波: F(5, 75) = 0.456,  $p = 0.807$ ] において、各値に顕著な差は見られなかったが、dark, deepといった明度の低いものよりvivid, bright, light, paleといった明度の高いものの方が $\alpha 2$ 波の分布率が高い傾向がみられた。さらにBlueについて検討したところ、心拍数 [F(5, 75) = 1.207,  $p = 0.314$ ]、脳波の分布率 [ $\alpha 1$ 波: F(5, 75) = 0.604,  $p = 0.697$ ,  $\alpha 2$ : F(5, 75) = 0.653,  $p = 0.660$ ,  $\alpha 3$ 波: F(5, 75) = 0.900,  $p = 0.486$ ,  $\beta$ 波: F(5, 75) = 0.403,  $p = 0.845$ ] において各値に顕著な差は見られなかったが、

Green同様、明度の低いものより明度の高いものの方が $\alpha 2$ 波の分布率が高い傾向がみられた (図4)。

### 4.3 呈示刺激における心理的効果の検討

それぞれの呈示刺激に対する心理的効果について検討を行った。まず、Redのdark, deep, vivid, bright, light, paleの6種類別に快適性、リラックス感、覚醒度、緊張感、不安感 (図では各々Comfort, Relaxation, Awakening, Tension, Anxietyと表示) について検討した。その結果、快適性 [F(5, 75) = 3.482,  $p = 0.007$ ]、リラックス感 [F(5, 75) = 11.711,  $p < 0.001$ ]、覚醒度 [F(5, 75) = 4.296,  $p = 0.002$ ]、緊張感 [F(5, 75) = 5.439,  $p < 0.001$ ]、不安感 [F(5, 75) = 11.345,  $p < 0.001$ ] 全てにおいて有意差を認め、不安感、緊張感は明度が高まるほど低下し、リラックス感は明度が高まるほど増加する傾向が認められた。一方、快適性はbrightが有意に高く、覚醒度はvividが有意に高い結果が得られた (図5(a))。続いてGreenについて同様の検討を行ったところ、快適性 [F(5, 75) = 7.182,  $p < 0.001$ ]、リラックス感 [F(5, 75) = 12.346,  $p = 0.004$ ]、緊張感 [F(5, 75) = 9.543,  $p < 0.001$ ]、不安感 [F(5, 75) = 13.894,  $p < 0.001$ ] において有意差を認め、Redと同様、不安感、緊張感は明度が高いほど低下し、リラックス感は明度が高いほど増加する傾向が認められた。一方、快適性はvivid, brightが最も高く、覚醒度はpaleが最も高い結果が得られた (図5(b))。さらにBlueについて同様の検討を行ったところ、快適性 [F(5, 75) = 7.489,  $p < 0.001$ ]、リラックス感 [F(5, 75) = 9.248,  $p < 0.001$ ]、覚醒度 [F(5, 75) = 2.487,  $p = 0.039$ ]、緊張感 [F(5, 75) = 7.260,  $p < 0.001$ ]、不安感 [F(5, 75) = 13.289,  $p < 0.001$ ] の全てに有意差を認め、Red, Green同様、不安感、緊張感は明度が高まるほど低下し、リラックス感は明度が高いほど高まる結果が得られた。一方、Red同様、快適性はbrightが最も高く、覚醒度はvividが最も高い結果が得られた (図5(c))。

以上より、トーンの異なる各色相のうち、Greenの覚醒度においてのみトーンの違いによる主観評価の平均値に有意差を認めなかったことが明白になったことは、本研究の目的を果たしているといえる。

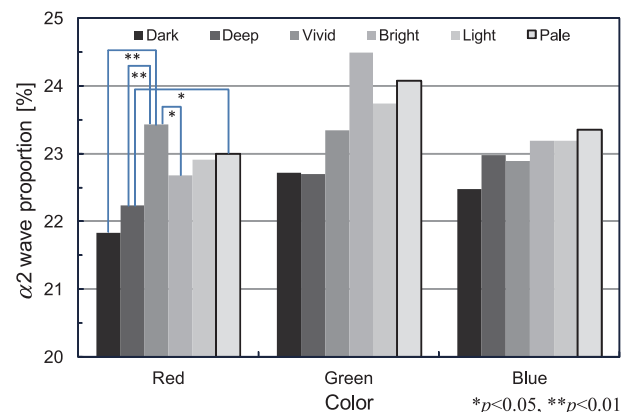


図4 色相別の $\alpha 2$ 波分布率

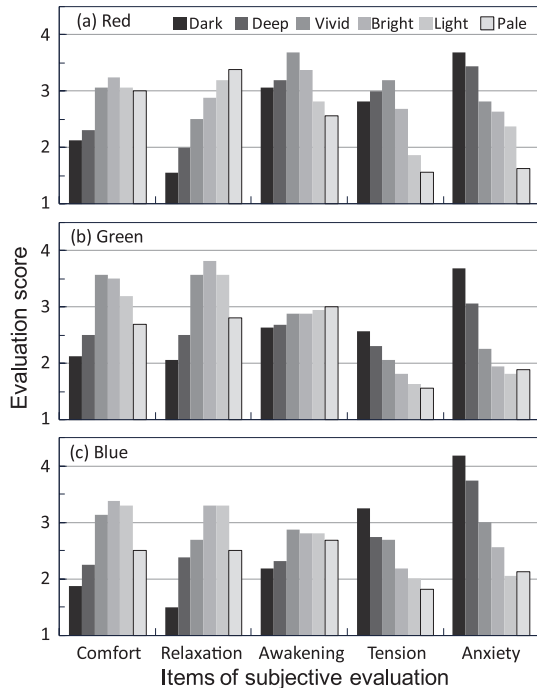


図5 トーン別主観評価の平均値

4.4 明度高低群別の生理的・心理的効果の検討

PCCSにおける分類を、明度が高い高明度群 (vivid, bright, light, pale) と、明度が低い低明度群 (dark, deep) に分類し、高低明度群における心拍数の平均値の差異についてt検定を用いて検討したところ、Red, Green, Blueともに心拍数に有意な差異は認められなかった。次に両群の各脳波の分布率について同様の検討を行った結果、Red, Green, Blue全てにおいて、高明度群が低明度群に比べて有意にα2波の分布率が高いという結果が得られた (表1)。

最後に、心理的効果について同様に検討した。その結果、快適性、リラックス感、緊張感、不安感において、高低明度群別で有意差を認め、高明度群は低明度群に比べて快適性やリラックス感が高く、不安感、緊張感が低かった (表2)。

5. 考察

本研究では色相に加え同色相内でのトーンを変化させた6パターン18種類を呈示刺激として設定し、それらの心理的影響について検討を行った。その結果、Redのvividはdark, deep, brightに比べて有意にα2波の分布率が高い結果が得られたが、Green, Blueについては心拍数、脳波の分布率共に有意差を認めなかった。α2波の有意性は心身がリ

表1 明度別α2波の分布率

	Hue	High lightness group		Low lightness group		p-value
		Mean	SD	Mean	SD	
α2	Red	23.01	2.326	21.84	2.297	0.027
	Green	23.92	2.931	22.71	2.399	0.041
	Blue	23.34	2.304	22.09	2.633	0.032

表2 明度別主観評価の平均値の比較

Items	Hue	High lightness group		Low lightness group		p-value
		mean	SD	mean	SD	
Comfort	Red	3.09	0.92	2.22	1.13	<0.01
	Green	3.23	0.99	2.31	0.97	<0.01
	Blue	3.08	0.93	2.06	1.01	<0.01
Relaxation	Red	2.98	0.98	1.78	0.75	<0.01
	Green	3.44	0.87	2.28	0.96	<0.01
	Blue	2.95	1.16	1.94	0.98	<0.01
Awakening	Red	3.11	0.91	3.13	0.83	0.933
	Green	2.92	0.80	2.66	0.83	0.139
	Blue	2.80	0.72	2.25	0.80	0.001
Tension	Red	2.33	1.02	2.91	1.06	0.013
	Green	1.77	0.71	2.44	0.88	<0.01
	Blue	2.17	0.88	3.00	1.16	<0.01
Anxiety	Red	2.36	1.04	3.56	1.11	<0.01
	Green	1.97	0.89	3.38	0.79	<0.01
	Blue	2.44	1.02	3.97	0.93	<0.01

ラックスした状態で集中力が高まっていることを示すものである [11, 12]。本来Redは覚醒度を高める効果を有する [5] ことから、最も高彩度のvividにおいて、α2波の分布率に影響を及ぼしたものと推察される。つまり、Redのvividは、覚醒度を高め、集中力を強化する作用を有することが示唆された。一方、Greenは個人間で差異がみられたことより、好み等による個人差が影響したものと考えられる。さらに本研究で呈示したBlueの6パターンは、Red, Greenと比較して低輝度であったことより、視覚刺激が隠微となり有意差が得られなかったと推察される。

さらに同様の呈示刺激による主観評価では、Red, Blueは快適性、リラックス感、覚醒度、緊張感、不安感すべてに有意差を認め、Greenでは覚醒度を除くすべてに有意差が認められた。すなわち、Red, Green, Blueに共通して認められた傾向として、darkやdeepは緊張感や不安感を強く感じる一方で、快適性やリラックス感、覚醒度を感じにくく、vivid, bright, light, paleは緊張感や不安感を感じにくく、快適性やリラックス感、覚醒度を感じやすい特性が見出された。つまり、Red, Green, Blueの色相別だけでなく同色相であっても、明度や彩度などによる詳細なパターン分類によって、人が感じる心理的効果に差異が認められる可能性が示唆された。換言すると、明度が高くなるにつれて、人々の快適性やリラックス感が高まる一方で、明度が低くなるにつれ、緊張感や不安感が高まる傾向がみられた。

Red, Green, Blue全てにおいて、高明度群が低群に比べて有意にα2波の分布率が高く、主観評価値との相関が得られた。つまり、vivid, bright, light, paleで構成された明度の高い呈示刺激はdark, deepで構成された明度の低い呈示刺激に比べて生理的、主観評価共にリラックス効果が得られる可能性が示唆された。

今回の実験対象者は男子大学生に限定したため、今後は性別や年齢層の異なる対象に対し、今回明らかとなった特性に類似性・共通性が認められるかなど更なる検討が必要であ

## 色相およびトーンを変化させた色光における生理的・心理的影響

る。また、同一の刺激の連続性や繰り返しによって刺激に対する反応は減衰・鈍化するという視覚刺激への馴化は、人の生理的・心理的反応の全般に見られる現象である。その現象には、刺激の強さ、大きさ（面積）、持続時間が関与し、中でも持続時間が最も大きな影響を与えることが指摘されている。本研究ではそれら色順応効果を極力回避するために視覚刺激時間の暴露時間を10秒と設定した。今回視覚刺激の差異による生理的・心理的反応の違いが明らかになったことから、本研究の刺激呈示方法は適切であったと考えられるが、今後は刺激呈示方法を変化させた際の生理的・心理的反応の違いについても詳細に検討する必要がある。しかし、同色相での明度、彩度の違いにより、異なった生理的・心理的影響を及ぼす可能性が示せた本研究結果は、暗視野における最適なディスプレイの表示色の基礎データとして活用できるほか、視覚情報の特徴を効果的に取り入れた危険認識への応用および快適な空間の設計、構築において一つの示唆になると考える。

## 6. 結論

色光の種類、トーン別に分類された色データにおける心理的影響を検討することを目的に、20～22歳の学生16名を対象に実験を行った。その結果、Red, Green, Blue共通して、高明度群は低明度群に比べて脳波の $\alpha_2$ 波の分布率が有意に高く、主観的評価との相関が認められた。つまり高明度の色光は低明度に比べて快適性やリラックス感が高まる一方で、低明度の色光は緊張感や不安感が高まる傾向が認められた。

## 謝辞

色度測定および色を選択するにあたり、御協力を賜りました滋賀県立大学の畑中裕司准教授、色彩写真家の大向啓正氏に深く感謝いたします。また、本研究を遂行するにあたり、実験の被験者を快諾していただきました学生の皆様に心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] Noguchi H., Sakaguchi T.: Effect of illuminance and color temperature on lowering of physiological activity, J Physiol Anthropol Appl Human Sci, 18, pp.117-123, 1999.
- [2] Sugimoto S., Hataoka H.: Physiological effects of illuminance, Journal of light and visual environment, 10, 1, pp.15-20, 1986.
- [3] Kobayashi H., Sato M.: Physiological responses to illuminance and color temperature of lighting, Ann Physiol Anthropol, 11, 1, pp.45-49, 1992.
- [4] Yoto A., Katsuura T., Iwanaga K., Shimomura Y.: Effects of object color stimuli on human brain activities, J Physiol Anthropol, 26, pp.373-379, 2007.
- [5] O'Connor Z.: Colour psychology and colour therapy, Caveat emptor, Color Research Application, 36, 3, pp.229-234, 2011.
- [6] 三谷明美, 田中マキ子: 光刺激 (LED) によるリラクゼーション効果の検証, 山口県立大学学術情報3, pp.33-38, 2010.
- [7] Noguchi H., Sakaguchi T., Sato M.: Physiological effects of sudden change in illuminance during dark-adapted state. Appl Human Sci, 18, pp.109-114, 1999.
- [8] Katsuura T., Yasuda T., Shimomura Y., Iwanaga K.: Effects of monochromatic light on time sense for short intervals, J Physiol Anthropol, 26, 2, pp.95-100, 2007.
- [9] Poelman D., Avci N., Smet PF.: Measured luminance and visual appearance of multi-color persistent phosphors, Opt. Express, 17, pp.358-364, 2009.
- [10] Japan Color Research Institute: Practical Color Co-ordinate System, Japan Color Research Institute, 1964.
- [11] 志賀一雅: アルファ脳波の活用 創造性開発のために, 電子情報通信学会技術研究報告, 91, 360, pp.49-54, 1991.
- [12] 河野貴美子, 品川嘉也: 思考時 $\alpha$ 波は速波化する, 脳波と筋電図, 17, 2, p.132, 1989.



山下 真裕子 (非会員)

2008年 広島大学大学院保健学研究科修了, 保健学博士。広島大学病院, 医療法人社団更生会草津病院で看護師としての臨床を経て, 2009年 滋賀県立大学人間看護学部助教, 現在に至る。現在はうつ病患者への看護支援や, 精神障害者のセルフマネジメントサポートシステムの構築に従事。



山田 逸成 (非会員)

2000年 大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了。同年三洋電機株式会社入社。2008年 龍谷大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。同年産業技術総合研究所に入所。2010年より滋賀県立大学工学部助教。微細加工技術を利用した光学素子の研究開発に従事。博士(工学)。



安田 昌司 (正会員)

1980年 京都大学大学院工学研究科修了, 1995年 京都大学博士。三洋電機(株) 研究所長を経て, 2008年 滋賀県立大学教授, 現在に至る。専門は知能システム制御。応用として, 人間感覚計測応用技術, 遠隔ケアシステム, 非接触3D生体計測を開発。2008年 日本感性工学会技術賞, 2003年 システム制御情報学会産業技術賞。