

# Validation of Optimal Light Environment During Exercise

Mitsunori MIKI\*\* , Shohei FUJIMOTO\* , Hisanori IKEGAMI\* , Yohei AZUMA\* and Hiroto AIDA\*\*

(Received September 24, 2013)

In this research, we describe the verification of color temperature and illumination optimal during exercise. Assuming the light environment of the training gym, we conducted subject experiments using the exercise bike. In addition, four-color full-color LED lighting units manufactured by Sharp were used and were verified to experiment with color temperature and illumination of any. From the experimental results, we revealed that the light environment preferred during exercise is unlike office environment. In addition, the color preference temperature revealed that it is varied by a person.

**Key words** : exercise, comfortable, preferred illuminance, preferred color temperature

**キーワード** : 運動, 快適性, 選好照度, 選好色温度

## 運動時における最適な光環境の検証

三木 光範, 藤本 祥平, 池上 久典, 東 陽平, 間 博人

### 1. はじめに

近年, オフィスなどの光環境では, 照度や色温度を変化させることで, より快適な環境を創造できることが報告されている<sup>1)</sup>. また, 人は青色の光環境下では, 明視性が良く, 活動性が低くなるのに対し, 赤色の光環境下では, 快感性が低く, 活動性が高くなることが知られている<sup>2)</sup>. このように, 光環境は人に様々な影響を与えることがわかっている.

また, 光環境の快適性は執務や食事などの目的によって異なる. このため, 人間の活動に応じて快適性は異なると考えられる. そこで我々は, 静かなオフィスと対照的である運動時の照明について調べた.

現在までに, 運動時の色彩が人に及ぼす影響について様々な研究が行われており, 色彩を変化させること

で運動パフォーマンスの向上につながるということが知られている. 例えば, 黄色の色彩条件では的当てによる制球力が高くなり, 赤色の色彩条件では制球力が著しく低くなることが報告されている<sup>3)</sup>. また走幅跳の跳躍場面において, 踏切板と踏切板標識の色が異なると, 踏切板までの距離が近く見えたり遠く見えたりなどの現象が生じることも報告されている<sup>4)</sup>.

これらの報告より, 光環境を改善する事で, 運動時における快適性の向上につながると考えられる. しかし, 現在までに, 色彩が運動時パフォーマンスに及ぼす影響については考慮されている一方, 照度及び色温度が運動パフォーマンスに及ぼす影響, 特にエクササイズバイクやルームランナーなどのトレーニングマシン利用時の最適な光環境に関する報告はされていない.

\* Graduate School of Engineering, Doshisha University, Kyoto, Telephone: +81-774-65-6921, Fax: +81-774-65-6716, E-mail: sfujimoto, hikegami, yazuma@mikilab.doshisha.ac.jp

\*\* Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto  
Telephone: +81-774-65-6930, Fax: +81-774-65-6796, E-mail: mmiki, haida@mail.doshisha.ac.jp

以上のことから、運動時の光環境において、照度と色温度を変化させることで、オフィス環境同様、より快適な環境を創造でき、運動効率の更なる向上が期待されるのではないかと考えられる。

そこで、本研究では、執務と運動時の光環境において快適と感じる光環境が異なることを明らかにした上で、照度と色温度が生体に及ぼす影響を考慮し、トレーニング等の運動を効率よく行える光環境の検証を行う。今回はトレーニング時の快適性を考慮する上で、特にエクササイズバイクを用いた運動に着目する。

## 2. 色温度に関する先攻研究

### 2.1 色温度

色温度とは、光の色を定量的な数値で表現する尺度であり、照明による光の色と同じスペクトルの光を完全黒体が放射する際のその黒体の温度  $K$ (ケルビン)を用いて光の色を表す。ここで、黒体とは、外部からの光を吸収し、かつ放射することが可能な物体で、吸収と放射が釣り合った平衡状態になっているものである。温度と発する光の色の特性が完全に一致し、温度を決めれば色が定まる物体である。この黒体が発する色と同じに見えるときの温度を色温度という。色温度は低いほど赤みがかかった色に、高いほど青白い色に近づく。

### 2.2 色温度と照度が人に与える影響

光環境における色温度に関する研究は現在までに数多く行われている<sup>5, 6, 7, 8</sup>。

井関らは照明の色温度の違いが体温調節に及ぼす影響について検証し、高温曝露中の照明の色温度が曝露後の熱放出量に影響を及ぼし、低色温度光で熱放出が抑制されることを明らかにした<sup>9</sup>。また、中村らは気温が色温度の好ましさに及ぼす影響について検証し、低気温時には低色温度、高気温時には高色温度とすることで、空間の好ましさを向上できる可能性を示唆した<sup>10</sup>。そして、光の色温度が人に影響を与えることをはじめて科学的に明らかにしたとされているKruithofによる快適な照度と色温度の組み合わせの研究がある<sup>11</sup>。Kruithofによると、Fig.1に示すように、低照度では低色温度が快適であり、高照度では高色温度が快適であることが報告されている。

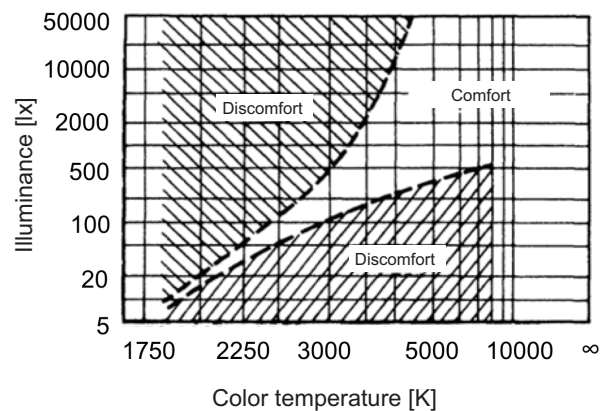


Fig. 1. Effect of illuminance and color temperature of lighting (Modification from Kruithof<sup>11</sup>) and Nakamura<sup>12</sup>).

また、色温度と照度に関する先攻研究として、高橋の研究がある<sup>13</sup>。高橋の研究では、10の具体的な生活場面を設定し、各場面において照明の色温度と照度とを組織的に操作し、その心理的評価についての検討を行った。高橋の研究結果によると、「雑誌を読む」「読書をする」「勉強をする」「掃除をする」などの認知的な情報処理活動、あるいは身体的な活動を主体とする生活場面では、色温度、照度ともに高い照明環境の評価が高かった。これは、これらの生活場面では、視覚的な情報が明確に取得できる、明るい活動的な照明環境が求められたためだと考えられる。一方、「休息を取る」「仮眠する」「テレビを見る」などの身体的にも認知的にも活動が抑制され、比較的リラックスすることが主体となる生活場面では、色温度、照度ともに低い照明環境が高い評価を得た。これは、これらの生活場面では、活動性を抑制し、心理的なくつろぎ感や暖かさを与える照明環境が求められたためだと考えられる。このように、生活場面において、快適な照度と色温度の組み合わせは変わることが分かる。

そこで、本研究では、運動時における快適な光環境領域を明らかにする。そして、ダイエットやエクササイズなどを行う運動時の光環境においても、照度と色温度を変化させることで、快適な環境の実現ができる

のではないかと考え、その検証を行う。

### 3. 運動時における快適な照度と色温度の検証

#### 3.1 実験概要

本研究で提案する照明制御システムを開発するにあたり、運動時における快適な照度および色温度の検証を行う。検証には健康な男子5名、女子5名の計10名の被験者を用いた。被験者にはエクササイズバイクを用いて、エクササイズバイクのディスプレイに表示される脈拍値を見ながら運動時の最適な脈拍数を保つように運動してもらう。その際、この状況で照明の照度や色温度を変化させ、最も快適と感じた環境を選択する。ここで、運動時の最適な脈拍数とは、運動強度を高めてもそれ以上心拍数が高まらない上限の心拍数である最高心拍数の60~70%であり、最高心拍数は一般的に男性の場合、式(1)で、女性の場合、式(2)で求められる<sup>15)</sup>。運動強度とは、運動する本人の身体能力の基準、自分にあつた量の運動を数値で表現したものである。この範囲の心拍数で運動することで、ダイエット運動やジョギングなどの軽めの運動を効率よく行えるとされている。

$$\text{男性：最高心拍数} = 220 - \text{年齢} \quad (1)$$

$$\text{女性：最高心拍数} = 210 - \text{年齢} \quad (2)$$

#### 3.2 実験環境

実験では、赤(R)、緑(G)、青(B)および黄色(Y)から成るフルカラー(SHARP製特別試作品)LED照明を用いて異なる照度と色温度を作り出し、それぞれの環境下において運動を行う。Fig.2に本実験風景を示す。

本研究では、オフィス環境の色温度である4200 K、5000 K、太陽光の色温度である6000 K、そして涼しげな印象を受ける7500 Kおよび8500 Kの計5つの色温度に対し、それぞれ500 lxから3000 lxまで500 lx刻みで計6つの照度の光環境を用意した。各色温度に対し、被験者の好みの照度になるまで被験者の要望に沿って照度を変更した。なお、各色温度の実験手順はランダムである。また、照度の計測位置は実験に用いた高さ70 cmの机の上に色彩照度系を置き計測した。以降、照度はこの部屋の机上面の照度とする。運

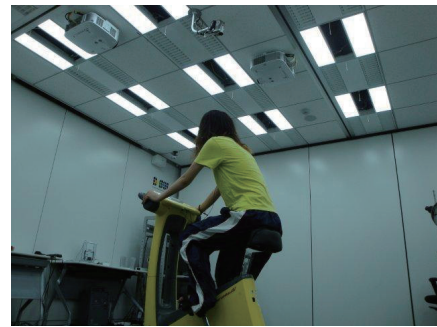


Fig. 2. Experimental landscape.

動にはスポーツジム等で利用されるエクササイズバイクを用いる。エクササイズバイクはコンビウェルネス社製であり、Fig.2の実験風景に示すものである。PCと接続することにより1分間当たりのペダル回転数やイヤースンサで取得する脈拍などのデータがリアルタイムで取得することができる。エクササイズバイクでは、ユーザの性別、年齢を設定したりすることで、個人に合わせたトレーニングを行うことができる。

#### 3.3 実験結果

今回は男性5名、女性5名の計10名の被験者で実験を行った。それぞれの色温度に対する選好照度を表した結果をFig.3~7に示す。

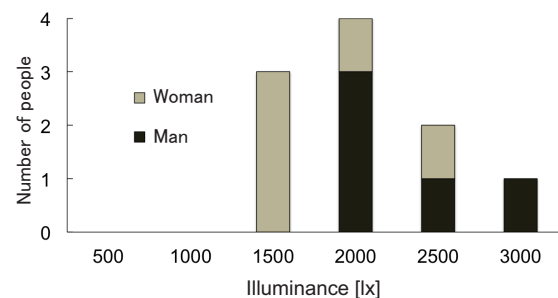


Fig. 3. Preference illuminance(4200K).

Fig.3は色温度が4200 K時における選好照度を表した実験結果である。男性より女性の方が低照度を好む傾向が見られた。

Fig.4は色温度が5000 K時における選好照度を表した実験結果である。男女による選好照度の差は特に見てとることができなかった。

Fig.5は色温度が6000 K時における選好照度を表

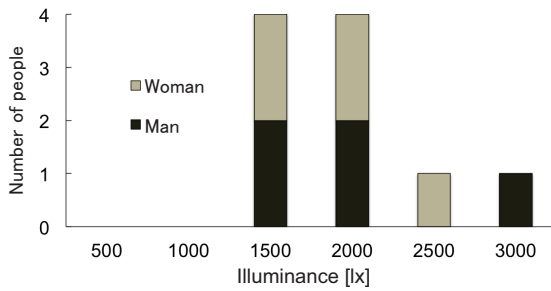


Fig. 4. Preference illuminance(5000K).

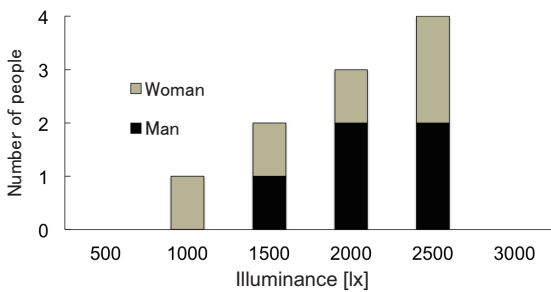


Fig. 5. Preference illuminance(6000K).

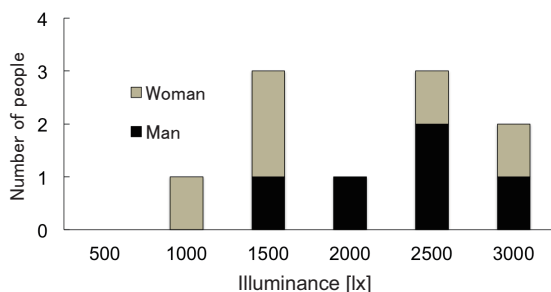


Fig. 6. Preference illuminance(7500K).

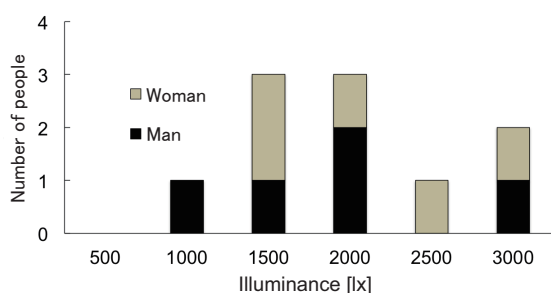


Fig. 7. Preference illuminance(8500K).

した実験結果である。男女による大きな差は見られなかったが、高照度を好む人が多かった。

Fig.6 は色温度が 7500 K 時における選好照度を表した実験結果である。女性は高照度と低照度を好む人の 2 つにわかれた。また男性は高照度を好む人が多かった。

Fig.7 は色温度が 8500 K 時における選好照度を表した実験結果である。選好照度にはばらつきがあり有意な差は見取ることができなかった。また、男女差による選好照度にも有意な差はなかった。

次に、本実験で用意した光環境の中で、運動時において最も快適だと感じた照度と色温度の結果を Fig.8 に示す。

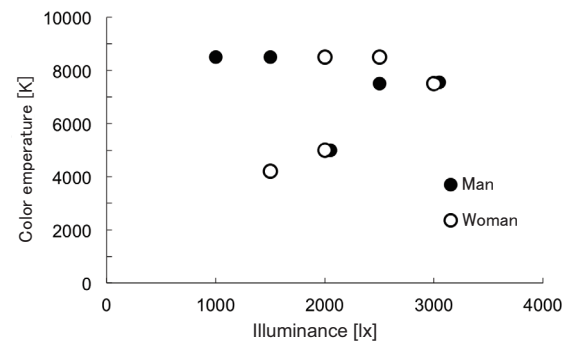


Fig. 8. Combination of color temperature and illuminance that subject felt the most comfortable.

Fig.8 に示すように、人によって好みの照度にはばらつきがある事がわかる。しかし、色温度の観点から見れば、高色温度を好む人と低色温度を好む人の 2 パターンにわかれ、太陽光の色温度である 6000 K を好む人はいなかった。また、男女による差も、大きく現れることはなかった。オフィスでは快適とされている色温度は 4500 K から 5500 K とされているが<sup>1)</sup>、運動時に快適とされる色温度は高色温度を好む人が多く、目的によって快適とされる光環境は異なることがわかる。

#### 4. むすび

本研究では、運動時において人が快適だと感じる色温度と照度について調査し、執務環境とでは快適と感じる光環境が異なることを明らかにした。運動時に快

適だと感じる照度については人によって様々であるが、色温度の観点から見れば高色温度、もしくは低色温度のどちらかを好む人が多く、太陽光の色温度を好む人はいなかった。

### 参 考 文 献

- 1) 戴倩穎, 井上学, 下村義弘, 岩永光一, 勝浦哲夫, "オフィス空間における照明色温度の日内変動が生理心理機能に与える影響", 日本生理人類学会誌, **5**, p.12-13, (2000).
- 2) 井上容子, 泊美穂, "色光の視覚心理生理的影響に関する検討-若齢者と高齢者の色・細部識別能力, 空間の印象, 心拍・血圧について-", 日本建築学会近畿支部研究報告集, 環境系, **47**, p.73-76, (2007).
- 3) 加藤蓉子, 和田壮生, 浅井泰詞, 阿部太輔, 熊川大介, 青葉貴明, 和田匡史, 松本高明, "色彩が水球選手の運動パフォーマンスに及ぼす影響", 体育科学, **57**, p.645, (2008).
- 4) 兄井彰, 和田友紀, "色彩の進出後退現象が運動パフォーマンスに及ぼす影響, 走幅跳の助走及び跳躍との関係", 体育学研究, **48**, p.541-553, (2003).
- 5) 垣鏑直, 茂吉雅典, 高田和之, "一定照度下における色温度の違いが心理・生理反応に及ぼす影響に関する実験的研究", 第12回生体・生理工学シンポジウム論文集, p.209-208, (1997).
- 6) 垣鏑直, 中村肇, 稲垣卓造, 堀越哲美, "心理・生理反応から評価した好みの色温度と室温の組み合わせに関する実験的研究: その1 照度が1500ルクスの場合の好みの色温度の季節差", 日本建築学会計画系論文集, **528**, p.67-73, (2000).
- 7) 大井尚行, 笠尾円, 高橋浩伸, "生活行為を想定した室内照度・色温度の好ましさに関する模型実験", 日本建築学会環境系論文集, **614**, p.87-92, (2007).
- 8) 石田享子, 井上容子, "壁面色彩とランプの色温度のくつろぎに求められる明るさへの影響 光天井の場合", 日本建築学会環境系論文集, **606**, p.9-14, (2006).
- 9) 井関隆行, 安河内朗, "高温曝露中および曝露後の照明の色温度の違いが体温調節に及ぼす影響", 日本生理人類学会誌, **5**, p.72-73, (2000).
- 10) 中村肇, "垣鏑直:気温が色温度の好ましさに及ぼす影響", 日本建築学会計画系論文集, **535**, p.1-7, (2000).
- 11) Kruithof, A.A. "Tubular Luminescence Lamps for General Illumination", Philips Technical Review, **6**, p.65-96, (1941).
- 12) 中村肇, "Is Kruithof's Curve Right?", 照明学会誌, **85**, p.793-795, (2001).
- 13) 高橋啓介, "照明の色温度と照度とが室内環境評価に及ぼす効果", 医療福祉研究, **2**, p.30-36, (2006).
- 14) 石路, 勝浦哲夫, 下村義弘, 岩永光一, "身体運動時の光源色温度がヒトの生理機能と主観評価に与える影響", 人間と生活環境, **15**, p.55-61, (2008).
- 15) エアロバイク情報館:  
<http://cliff-top.com/aerobikesinpakusuu.html>