

ユーザの生体情報を用いた照明システムのユーザインタフェース

三木 光範^{*1} 木田 清香^{*2} 廣安 知之^{*1}

User interface of the smart lighting system using user's biological information

Mitsunori Miki,^{*1} Kiyoka Kida^{*2} and Tomoyuki Hiroyasu^{*1}

Abstract – In our previous researches, we have proposed an intelligent lighting system which provides the necessary illuminance to desired locations. In this research, we constructed a new lighting control system which uses the facial recognition technology, motion and biological information of users during exercise. We verified the effectiveness of the system using facial recognition. In addition, The experiments on the user interface of a lighting system for the exercise with an aerobike were carried out, and the luminance and color control of the lighting is found to be effective for maintaining proper exercise.

Keywords : intelligent lighting system, illuminance, facial recognition, exercise, biological information

1. はじめに

近年、様々な機器やシステムにおいて、システム自身が使用者や環境を感知し、環境に最も適した制御を行い人間の負荷を軽減する知的化が行われている^[1]。

そのような中、照明システムにおいても知的化が進んでおり、三木らは知的照明システムの研究を行っている^[2]。知的照明システムでは、移動可能な照度センサに要求照度を設定するだけで、各照明が自律的に動作し、任意の場所に任意の明るさを提供することができる。これにより、無駄な点灯を少なくし省エネルギーを図ると同時に個別照度を実現し、オフィス環境における知的生産性の向上を目指している。

一方、近年光色が生体に与える影響が注目されており、三木らは光色を制御する調色用照明システムの開発を進めている^[3]。このように、オフィス環境において個別の照度や光色を利用する試みなど、これまで均一の照度や単一の照明光(白色光)が良いとされてきた照明環境が大きく変わろうとしている。

本研究では、ユーザの状況をセンシングし、その状況に応じて環境を変更する知的環境システムとして、ユーザの顔画像や脈拍、運動量などの情報を基に照明制御を行うシステムを提案する。

2. 知的照明システムとは

2.1 知的照明システムの概要

知的照明システムとは、複数の照明器具をネットワークに接続し、それぞれの照明器具の協調動作によって

ユーザの要求を満たすシステムである。知的照明システムでは、ユーザが照度センサに目標照度を設定するだけで、照明や照度センサの位置情報を必要とすることなく、自動的に有効な照明を判断し、適切な場所に適切な照度を提供することができる。

2.2 知的照明システム概念に基づく調色照明システム

調色照明システムは、光色が生体に与える影響に注目し、RGBの3種類の照明を用いて光色を制御する。調色照明システムでは、任意の場所に任意の色を提供することを目的として、自律分散制御アルゴリズムにより部屋の雰囲気制御を行う。

3. ユーザインタフェース(UI)による光度制御

3.1 生体情報による照明制御の必要性

第2.1節で説明したように、知的照明システムでは、複数の照明をネットワークに接続しており、それらの個別制御が可能となるため、様々なUIを用いることでもユーザの意図に細かく沿った光度制御を行うことができる。以下に示すのは、これまで我々が開発した制御方法の一部である。

- ジェスチャを用いた照明制御
3D モーションセンサから取得した加速度を用いて簡単なジェスチャを認識し、照明の光度制御を行う。
- タッチパネルや携帯電話を用いた照明制御
部屋の照明配列をグラフィック表示し、制御したい照明を選択して光度を与える。インターネットの利用により、遠隔地からでも制御が可能である。

このように、UIを用いることで、ユーザの意図や仕事の内容に応じて自由で細かな点灯パターンを容易に実現することが可能となる。

*1: 同志社大学 工学部

*2: 同志社大学大学院 工学研究科

*1: Department of Engineering, Doshisha University

*2: Graduate School of Engineering, Doshisha University

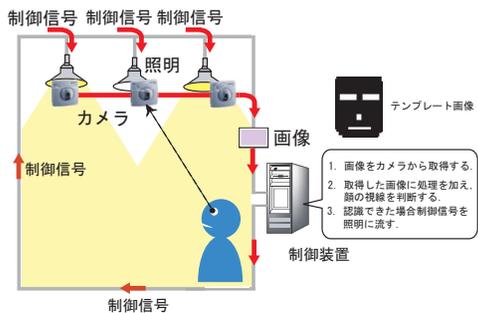


図1 顔画像を用いた照明コントロールシステムの概念図

Fig.1 The concept of a lighting control system using facial image

本研究では、従来のシステムとは異なり、システムがユーザ側の状況を判断し、その状況に応じて、環境を操作するシステムを提案する。

4. 顔画像を用いた照明コントロール

ユーザの意図や動きを把握する手段として、脳波や筋電位などの情報を用いることは、直感的な操作が可能になるなど、非常に有効であると考えられる。しかし、人間の情動は複雑に絡み合っているため、現段階ではユーザの望む情報だけを取得するのは難しい。本章では、それらの類似したユーザインタフェースとして、照明を見つめることで照明の点灯を操作できるシステムの提案を行う。

4.1 提案システム

提案システムは、天井の照明に設置した WEB カメラから取得した画像を基に、顔画像の有無をテンプレートマッチングにより判断し、照明の点灯、消灯を行う。提案システムの概念図を図1に示す。

4.2 提案システムの照明制御

提案システムの処理の流れを以下に示す。

1. テンプレート画像を用意する
2. カメラから画像を取得する
3. 顔の領域を抽出するために HSV 色空間を用いて肌色を抜き出す
4. 抽出画像を白黒濃淡画像に変換し、2 値化を行う
5. 雑音除去を行う
6. テンプレート画像との類似率を計算する
7. 評価を行う
8. 類似率が 70% に満たなかった場合、処理 2 に戻る
9. 処理 2-7 の処理を一定時間繰り返し、連続して顔を認識した場合に照明の ON, OFF を行う
10. 連続して認識できなかった場合、処理 2 に戻る

4.3 システムの動作確認

提案システムを用いて、カメラが組み込まれた照明を真上に見た場合、斜めから見た場合では、類似率はそれぞれ 71.29%, 56.97% であった。このことから、

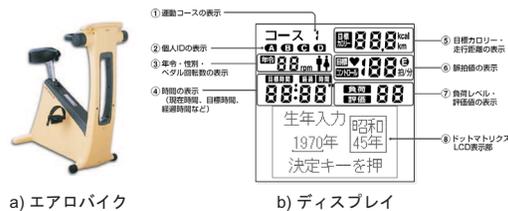


図2 実験に用いたエアロバイク

Fig.2 The aerobike used in the experiments

真上を見た場合は類似率は閾値である 70% を超えることが分かった。また、部屋の壁を見つめた場合や真下を向いている場合では、取得画像の肌色面積が低く、肌色抽出部分が雑音除去で全て除去された。

これらの結果により、提案システムでは、カメラを見つめた場合と見つめなかった場合を明確に区別できていることが分かる。しかし、認識率をさらに上げるためには、今後は別の手法の検討が必要である。

5. 光色が運動時の生体に及ぼす影響の検証

5.1 光色が生体に及ぼす影響

これまでに、光色が生体に及ぼす影響に関する研究は、数多く行われている^[4]。光色による生体への影響は、既往研究によって結果が異なるが、その影響は生理的影響と心理的影響の2つに大分される。以下にそれぞれの影響について得られている知見を示す。

- 生理的影響
 - － 赤色系では血圧が上昇し、脈拍も速くなる
 - － 青色系では血圧が低下し、脈拍も遅くなる
- 心理的影響
 - － 赤色光では時間が過大評価され、緑や青色光では時間が過小評価される
 - － 暖色系では体感温度が上昇、寒色系では低下する

5.2 運動時に光環境が及ぼす影響の検証実験

本実験では、運動時においても、第 5.1 節で挙げた光色の及ぼす影響と同様の影響があるかを検証する。実験は、調色照明システムを用いることで雰囲気異なる光環境を作り出し、それぞれの光環境下において運動を行うものとする。なお、運動にはジム等で利用されるエアロバイクを用いる。図2に本実験で用いるエアロバイクを示す。

図2のエアロバイクは COMBI WELLNESS 社製であり、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センサー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。また、ユーザの性別、年齢を登録し、ペダルの負荷レベルを設定したり、目標消費カロリー、目標心拍数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。これらの情報は全て図 2-b の表示パネルにより確認できる。

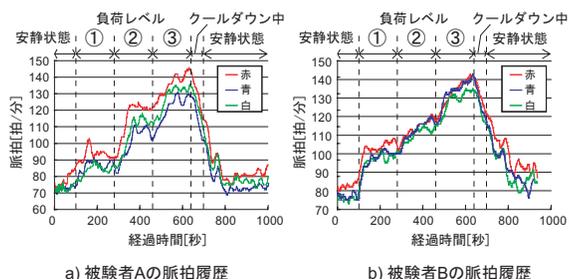


図3 脈拍の履歴
Fig. 3 History of pulse

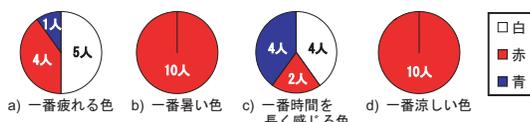


図4 色に関するアンケート結果
Fig. 4 Result of questionnaire about colors

運動は、エアロバイクを用いて9分間行うものとし、時間の経過と共に3段階で負荷レベルを上げる。そして、9分の運動後には、負荷レベルを徐々に下げ、脈拍を調整させるクールダウンを1分間行う。実験では、運動の際の脈拍を計測することにより、光色が生理的に影響があるのかを検証する。また、運動後にアンケートを実施し、アンケート結果に基づき心理的影響についても検証を行う。これにより、光環境が生体を与える影響を検証する。

なお、被験者は健康な大学生10名で、実験の手順は被験者によってランダムに決定する。

5.3 実験結果および考察

図3に被験者A,Bの脈拍の履歴を、図4に実験後に全ての被験者に対して行ったアンケートの結果を示す。

まず、生理的影響について述べる。図3-aより、被験者Aでは、すべての光色において脈拍の変化履歴はほぼ等しいが、その値が赤色、白色、青色の順に高いことが分かる。なお、この被験者Aの実験順序は、赤色、青色、白色であり、実験の疲れが脈拍の変化に影響しているとは考えにくい。この結果より、被験者Aに関しては、第5.1節で述べた光色の影響が確認できる。一方、図3-bより、被験者Bは、運動中の各光色において脈拍の履歴が重なっており、色による差が見受けられない。

次に、心理的影響について述べる。図4-aより、一番疲れる色の回答では、白、赤の順に多いことが確認でき、青色光では疲れを感じる被験者が少ないことが確認できる。また、図4-bと図4-dの結果から、全ての被験者が最も暑く感じる色は赤、涼しく感じる色は青と回答したことが確認できる。この結果より、光色の心理的影響である体感温度の差異は優位であることが確認できる。また、図4-cの結果より、被験者によ

て時間の感じ方が異なることが確認でき、光色による時間的感覚の差を示す回答を得られず個人差があることが確認できる。

6. 脈拍および運動量を用いた照明コントロール

第5章で光色が運動時の生体に及ぼす影響について検証を行った結果、生理的影響よりも心理的影響の方が強い影響を及ぼすことが分かった。

そこで、運動者に対して心理的な作用を与えるような照明制御を検討し、運動時の状態を表す指標の一つである生体情報を用いて、光度や光色を制御する照明制御システムを提案する。提案システムでは、照明を情報伝達のツールとして捉え、照明制御により効率的な運動を行えるように運動者に運動状態を通知する。なお、その副次的な効果として、光色を与える生理的な影響を期待する。

6.1 提案システムの概要

提案システムでは、赤、青、白の3色の照明を用いて、運動者の運動状態に応じて、照明の光度、および光色を制御する。これにより、トレーニングなどの運動において運動効果の向上、疲労度の軽減、モチベーションの維持、継続性を目指す。なお、一般に効率的な運動を行うためには、ある程度以上の脈拍を保ちつつ運動を行う有酸素運動が良いとされている。このため、提案システムでは、生体情報の一つである脈拍を運動の優劣を測る指標(運動状態)として扱い、脈拍により照明制御を行う。なお運動状態の判断は、(1)式、および(2)式に基づき行う。

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

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

ここで、最高心拍数とは、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ことをいい、一般的に(1)式により算出される^[5]。本システムでは、最高心拍数の60~70%を最適な脈拍値、すなわち最も効率的な運動状態である有酸素運動と定義する。

6.2 提案システムの照明制御

提案システムでは、図2のエアロバイクのイヤースンサから取得した脈拍により運動状態の判断を行い、運動状態に応じて照明の光度および光色を制御する。以下に照明制御の詳細について述べる。

● 運動量による光度制御

有酸素運動時には一定のペースで運動を続ける必要がある。そこで、最適なペダル回転数を60[回転/分]と定め、その基準に近づくほど白色蛍光灯の光度が高くなるよう設定する。つまり、ペダルを早く漕いでも遅く漕いでも部屋が暗くなる。

以上のような光度制御を行うことにより、運動者が自身の運動ペースを視覚的に意識させることが可能である。これにより、効果的な運動を行うための適切

な運動量で運動するよう心掛けるといった効果が期待できる。また、適切な運動量がキープできないと減光するため、ゲーム感覚が持て、運動に対するモチベーション向上を図れると考えられる。

● 脈拍による光色制御

運動者の脈拍が最高心拍数の 30 %未満であれば赤色蛍光灯のみを 100 %の光度で点灯させ、運動者の脈拍が 30 ~ 55 % 内にあれば光度を 100 ~ 60 %の間で線形に対応した比率で点灯させる。また、脈拍が最高脈拍値の 60 ~ 70 %の場合は、白色蛍光灯のみを点灯させる。脈拍がこの値を越えれば、脈拍が上がり過ぎて過剰な運動状態にあるため、ただちに脈拍を下げるよう青色の蛍光灯を 100 %で点灯する。

以上のような運動状態と対応した光色制御を行うことにより、脈拍が低すぎる、あるいは高すぎるといった運動状態を運動者に通知する情報伝達、およびフィードバックの役割を持つ。

6.3 評価実験

本実験では、提案システムを用いた評価実験を行い、運動時における照明制御の有効性を検証する。実験は、照明制御のない従来通りのトレーニングと提案システムを利用したトレーニングの 2 種類のトレーニングを行う。なお、被験者は健康な大学生 14 名で、運動後、アンケートを実施する。また、実験前に実験に関する簡単な説明、および注意を行う。説明した内容は、「トレーニングを行う際には、最適な運動状態があること」、「表示パネル等を用いることで運動状態を意識すること」、および「提案システムの概要」である。

6.4 実験結果および考察

図 5 にアンケートの結果を示す。図 5-a より、疲労度に関しては従来トレーニングが 11 名と多く、白色では疲れやすいことがわかる。また、図 5-b,c,d,e より、全ての質問項目において提案システムの方が良い結果を得ており、モチベーションの維持が図れたことが確認できる。また、アンケートの自由記述から得られた結果を以下に示す。

- 従来トレーニング
 - ただペダルを漕ぐだけなので、疲れを感じる
 - とても淡白な印象があり、変化がなく単調
 - 表示ディスプレイがあるが、常に見ているわけではないので自分の状態を認識しづらい
 - 数値だけを見てもどれが自分に良い運動状態なのかわからない
- 提案システムを用いたトレーニング
 - 部屋の色が変わると単純な作業を繰り返しているという感覚が少し和らぐ
 - クールダウンの青い光が気持ちよく感じた
 - 自分の状態が把握でき、面白く運動ができた
 - 今の運動状態が良い状態であると分かると、頑張ろうという意識が持てた

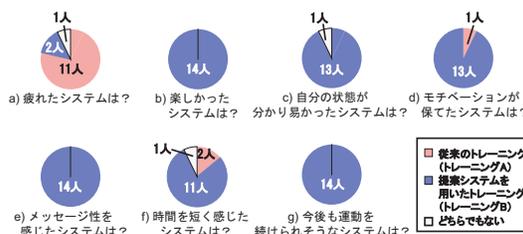


図 5 評価実験のアンケート結果

Fig. 5 Result of questionnaire about experimented system

7. まとめ

本報告では、システムがユーザの状況をセンシングし、その状況に応じて周りの環境を変化させる、新たな照明システムの提案を行った。

顔画像を用いて照明制御を行うシステムでは、照明を見つめているかどうかの判別を行って照明の ON, OFF を行った。現在の顔認識手法では、認識率があまり高くないという問題点があり、今後顔認識の手法を検討する必要がある。

また、運動時において光色が生体に及ぼす影響を調査し、その結果を元に効率的な運動が行えるように照明制御を行うシステムを検討した。運動時における影響は、心理的影響、および生理的影響について検証を行い、心理的影響では、赤色光は暖かい、青色光は涼しいという印象を与えており、赤色光、青色光のいずれもが体感温度に影響を与えることが分かった。また、生理的影響では、青色光に脈拍を下げる効果があることを確認できた。これらの光色が生体に与える影響、特に心理的影響を用い、運動効果の向上、疲労度の軽減などを目指し、生体情報を用いた照明制御システムを提案した。また、その有効性を検証した結果、照明がもたらすメッセージ性を確認し、従来のトレーニングより高い評価を得た。

参考文献

- [1] Miki,M., Kawaoka,T.: Design of Intelligent Artifacts:A Fundamental Aspects, Proc.JSME International Symposium on Optimization and Innovative Design(OPID97);(1997-9).
- [2] Miki,M., Imazato,K., Hiroyasu,T.: Proposal for an Intelligent Lighting System, and Verification of Control Method Effectiveness; Proc IEEE CIS, pp.520-525(2004).
- [3] 三木, 廣安, 芦辺: 照度と光色を個別分散制御する照明システム; 計測自動制御学会, 第 34 回知能システムシンポジウム講演論文集 (2007).
- [4] Gerard,R.: Differential effects of colored lights on psychophysiological functions; pp.340(1958)
- [5] Astrand,P., Ryhming,I.: A Nomogram for Calculation of Aerobic Capacity (Physical Fitness) From Pulse Rate During Submaximal Work; J Appl Physiol, Vol.7, No.2, pp.218-222(1954)