

タブレット UI をセンシング対象とした 色光制御システムの提案

奥西 亮賀¹ 間 博人² 本谷 陽¹ 富吉 佑季² 三木 光範²

概要: 近年, 情報技術の爆発的な普及によるユビキタス社会の発展に伴い, 個人にあった環境を個別制御する技術に注目が集まっている. その中でも照明環境に着目し, 任意の環境に任意の照明環境を提供する技術について考える. 照明環境を制御するには大きく分けて明るさを制御するものと色光を制御するものの2つが考えられる. 我々は色光を制御することで様々な場面・場所に, 任意の色光を提供する色光制御システムを考える. 色には足し合わすと黒に近づく補色と呼ばれる特性があり, この補色特性を利用することによって色光を制御を行う. 我々は入力した色光とともに補色の色が出力されるタブレット UI を設計し, その UI を印刷した用紙をビジョンセンサでセンシングすることで任意の色光を制御する色光制御システムを提案する. 本研究では, 提案システムの UI を設計・開発し, 提案システムを構築した. 提案システムにおける精度検証を行うため, 目標の色光環境が実現可能かどうかの検証を行った.

Color-Lighting Control by Sensing a Tablet UI

RYOGA OKUNISHI¹ HIROTO AIDA² YO MOTOYA¹ YUKI TOMIYOSHI² MITSUNORI MIKI²

1. はじめに

近年, 情報技術の爆発的な向上により, ユビキタス社会の促進が広がっている. また, ユビキタス社会の発展に伴って, 個人にあった環境を個別に提供する技術に注目が集まっている [6]. また, 知的生産性の向上を図る研究は数多く行われており, その中で物理的環境が知的生産性に影響を与えることが分かってきている. 物理環境としてオフィスワークの知的生産性に影響を与えるものは室内の光環境, 空気環境, 温熱環境, 音環境, 空間環境などが挙げられ, 関連研究も行われている [1], [2], [4], [5], [7]. これらの環境の中でも, 天井照明やタスクライトなどを制御することで, 任意の環境に合った照明環境を提供することができる技術に注目が集まっている [3].

照明には大きく分けて蛍光灯照明と LED 照明の2つが

ある. 蛍光灯照明は白色や昼白色などの数パターンの色光表現となるが, LED 照明では蛍光灯照明と違い, 赤・青・緑などの LED を連動させて調光することによって様々な色光を表現することが可能である. 様々な色光を表現することによって, 任意の場所・場面に適した光環境を提供することが可能となる. このように任意の場所・場面を想定した場合, 予め固定された調光パターンにおける色光制御ではなく, 任意の場所・場面に任意の色光制御を行うことが重要であることが考えられる.

LED 照明を正確に制御する際の問題点としては同一部屋内の照明を個別で制御する場合, 昼光や他の照明などの外乱の影響によってユーザが要求した色光が提供されないことが挙げられる. この問題を解決する手法としては, カラーセンサを用いて色光をセンシングし, フィードバック制御を行う手法が考えられる. しかし, 色光をセンシングするためにカラーセンサを用いた場合, ユーザがインタフェースとセンサの両方を持ち歩かなければならない点やフィードバック制御のためにセンサを大量に配置し, 各センサと各照明の位置関係を取得する必要がある点などの導入・運用面での負担が考えられる.

¹ 同志社大学大学院理工学研究科, 京都府 Graduate School of Science and Engineering, Doshisha Univ, 1-3 Tataramiyakodani, Kyotanabe-shi Kyoto, 610-0394, Japan.

² 同志社大学理工学部, 京都府 Department of Science and Engineering, Doshisha Univ 1-3 Tataramiyakodani, Kyotanabe-shi Kyoto, 610-0394, Japan.

また、色光制御におけるUIを考える場合、PCおよびタブレットなどの情報端末を用いることが考えられる。一般的な色光制御システムでは、ユーザインタフェース (UI) から入力された色光の制御信号を制御PCへと送信することで制御を行う。しかし、この制御システムを用いる場合、専用のアプリケーションを用いてインタフェースへの入力する必要やネットワーク接続によるサーバとの通信を行う必要がある。そこで、我々は任意の場所・場面に適した任意の色光を正確に制御し、ネットワークを介さずに操作可能なUIを用いた色光制御システム (Color-Lighting Control by Sensing a Tablet UI: CLC/SUI) を提案する。CLC/SUIではビジョンセンサ、フルカラーLED照明および制御PCを同一ネットワーク上に接続することで構成する。UIとしてタブレット端末を用いるが、タブレット端末は同一ネットワークに繋げる必要はない。

CLC/SUIの制御はビジョンセンサを用いて印刷したタブレット端末の画面をセンシング対象として定期的に制御PCへと画像を送信する。その送信された画像から色情報を抽出することで、その値を元にフィードバック制御を行い、これを繰り返し行うことで目標の色光環境を実現する。本研究では提案システムであるCLC/SUIを構築し、UIを元に任意の色光環境が実現可能であるかどうかの検証実験を行った。

2. 色光と補色特性

色光とは、可視光スペクトル内の波長を持った人の感性にとって色のある光のことである。また、補色特性とは任意の色に対して逆の色相を持った色のことであり、この2色を足し合わせることで黒色になるものである。補色特性の簡単な例を挙げると、赤・青・緑の色の3原色を足しあわせると黒色になることが有名であり、実際には黄色と紫色、ピンク色と緑色などが補色関係の色である。

フルカラーLED照明にはそれぞれ原色が存在し、その原色の可視光スペクトルとの相対強度として表すことができる。SHRAP製フルカラーLED照明の相対強度の値を記したグラフを図1に示す。

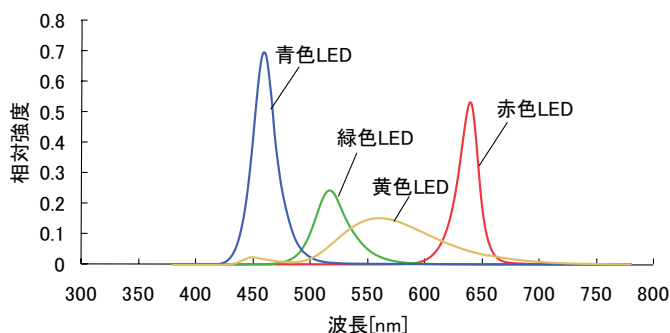


図1 フルカラーLED照明における可視光スペクトル

3. CLC/SUI

3.1 CLC/SUIの概要

CLC/SUIは任意の場所に任意の色光を提供するシステムである。CLC/SUIではビジョンセンサ、フルカラーLED照明および制御PCを同一ネットワーク上に接続することで構成する。UIとしてタブレット端末を用いるが、タブレット端末は同一ネットワークに繋げる必要はない。CLC/SUIのシステム構成図を図2に示す。

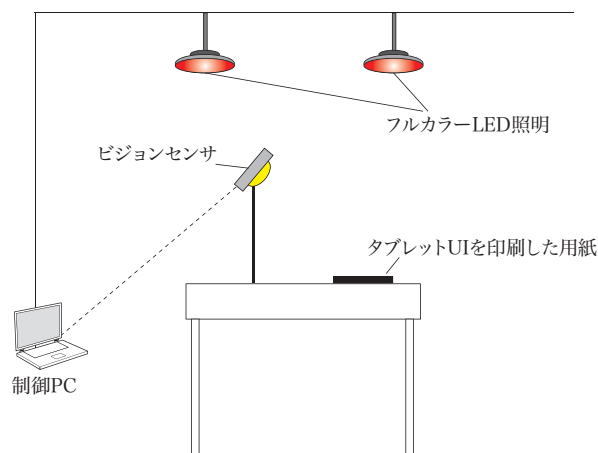


図2 CLC/SUIのシステム構成図

3.2 CLC/SUIのUI

CLC/SUIでは2章で前述した補色特性を利用してタブレット端末のUIを設計する。そのため、CLC/SUIのUI画面には、大きく分けてユーザが色光を選択する部分、選択された色光を表示する部分および補色関係にある色を表示する部分の3つの要素が存在する。CLC/SUIのUI画面において、目標の色光に赤を入力した場合のUIを図3に、緑を入力した場合のUIを図4に示す。

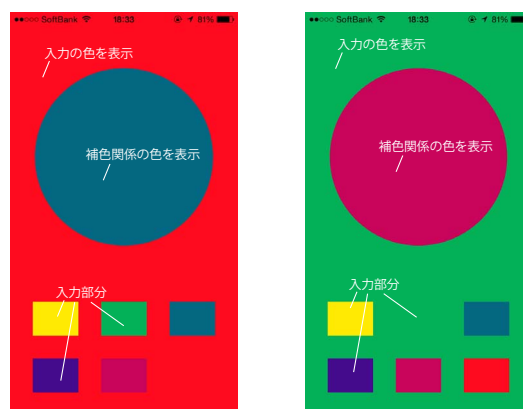


図3 CLC/SUIのUI (赤) 図4 CLC/SUIのUI (緑)

このUIを印刷した用紙をインタフェースとして利用することで、補色関係にある色を表示する部分を常に黒色に近づくフィードバック制御が可能となる。

3.3 CLC/SUIの制御アルゴリズム

CLC/SUIの制御は、ビジョンセンサを用いて印刷したタブレット端末のUIをセンシング対象として定期的に制御PCへと画像を送信し、その送信された画像から色情報を抽出することで、その値を元にフィードバック制御を行い、これを繰り返し行うことで目標の色光環境を実現する。CLC/SUIでは目標の色光探索を行うために、焼きなまし法(SA)を利用した。SAで用いた目的関数を式(1)に示す。

$$f_i = G^2 B^2 + R^2 B^2 + R^2 G^2 R G B \quad (1)$$

R:赤要素の値, G:緑要素の値, B 青要素の値

CLC/SUIは式(1)で形式化した目的関数を最小化するように制御を行うことで、目標の色光を実現する。

次に、制御アルゴリズムについて述べる。CLC/SUIでは目標の色光を実現するために、各LED要素ごとにSAを用いて最適化を行う。また、CLC/SUIの制御の流れを以下に示す。

- (1) LEDの色光をランダムで点灯
- (2) ユーザがUIを操作し、目標の色光を選択
- (3) タブレット端末のUIを印刷し、ビジョンセンサの範囲内に設置
- (4) ビジョンセンサがUI画像を取得
- (5) 画像解析を行い、色情報を抽出
- (6) (4)の色情報を元に目的関数を算出
- (7) ビジョンセンサがUI画像を取得
- (8) 画像解析を行い、色情報を抽出
- (9) 目的関数を算出し、評価値が改善している場合(3)へ
- (10) 評価値が悪化した場合は前の色光へ戻し、(3)へ

上記の動作を1ステップとし、LED照明における各色の要素に対して、制御を行う。これを繰り返し制御することで、ユーザの目標の色光を制御することができる。

4. 評価

4.1 実験概要

CLC/SUIを用いた場合における目標の色光環境の実現について検証する。検証実験は、3.2節で前述したUIを用いて、CLC/SUIが目標の色光環境を探索し、色光環境を提供するLED照明の点灯比率およびビジョンセンサでのRGB値を確認する。

4.2 実験環境

検証実験は同志社大学香知館知的システム創造環境実験室で行う。使用機器は、赤・青・緑・黄の4色の光源を調光可能なSHARP製フルカラーLED照明29台、ビジョンセンサ1台、制御PC1台およびタブレット端末のUIを印刷した用紙を用いて行う。入力された色光は緑とした。そ

のため、CLC/SUIで用いるUIは図4を利用し、制御は色光が緑になるように行う。ビジョンセンサは色光の影響を最も与えるように、実験室の中心に配置し、UIからの高さは1mとした。実験環境の見取り図を図5に示す。図5の(a)は実験環境の平面図、(b)はLED配置図である。また、実験風景を図6に示す。

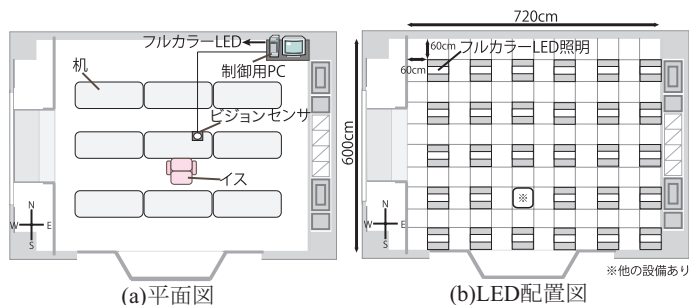


図5 実験環境

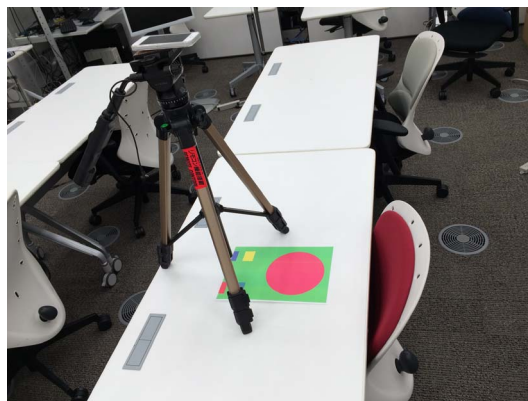


図6 実験風景

4.3 色光の実験

CLC/SUIを用いた場合における目標の色光への実現できるかどうかの検証実験を行った。検証実験におけるビジョンセンサの画像の色情報の履歴を図7に、フルカラーLEDの各色光の光度履歴を図8に示す。

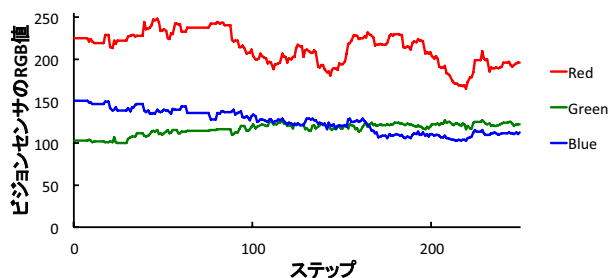


図7 ビジョンセンサのRGB履歴

図7を見るとわかるように、初期のRGB値は赤が大き

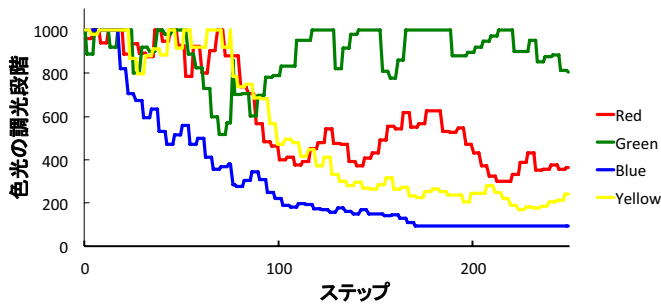


図 8 フルカラー LED 照明の色光履歴

いが、制御が進むに連れて、赤の値が低くなっていることがわかる。これは図 8 を見るとわかるように、色光の緑の値が高くなり、それ以外の値が低くなっているため、ビジョンセンサが取得する色情報に変化が起きていることがわかる。

また、図 7 は最後まで赤の値が大きいですが、3.2 節の図 4 を見るとわかるように、センシングする値は赤に近い値であることが影響していることが考えられる。

図 8 の制御では、80 ステップ前後を境に緑が大きく上がり、その他の色が小さくなっていることがわかる。これによって、目標の色光へと近づいたことが確認できる。しかし、色光環境の探索においては最適解を見つけることはできていない。そのため、今後もアルゴリズムの改善が必要であることが考えられる。

4.4 考察

上記の結果から CLC/SUI を用いて、目標の色光へと近づいたことがわかった。しかし、より高い精度で色光を制御する必要がある場面を考えると最適な色光を探索するアルゴリズムの改良が必要である。

実環境での提供を考えた場合にも、最適解を探索する速度を高速化するアルゴリズムの選定が必要である。また、本実験ではビジョンセンサを UI の 1 m 上に設置したが、天井に設置するなどのユーザの邪魔にならない場所からのセンシングの必要がある。

5. 結論と今後の展望

本研究では任意の場所・場面に適した色光環境を提供するための色光制御システムである CLC/SUI を提案した。CLC/SUI では、ビジョンセンサを用いて UI の色情報を抽出し、その値を元にフィードバック制御を繰り返し行うことで、目標の色光環境を実現する。著者らは CLC/SUI で用いる UI を設計・開発し、CLC/SUI を構築した。UI では色の補色特性を利用するために、目標の色を表示する部分、補色の色を表示する部分およびユーザが色を入力する部分の 3 種類の要素を設計した。構築した CLC/SUI を用いた場合、目標の色光環境が実現可能かどうかの検証実験

を行った。検証実験の結果、目標の色光環境へと近づく制御が確認できた。

また、今後の展望について考える。1 つ目の課題としては、より高い精度での色光環境を実現する必要がある場面を想定した場合、ビジョンセンサを用いた画像解析の精度向上および最適な色光探索アルゴリズムの精度向上が必要であることが考えられる。この課題点の解決方法として、前者の画像解析はパラメータ設定を細かい値で行うことで解決できる。後者の探索アルゴリズムは、探索空間が多変数における最適化アルゴリズムを導入することで解決できる。2 つ目の課題としては、目標の色光を実現するまでに時間がかかる点である。実環境への導入を考えた場合、ユーザが色光を入力してから実現するまでの時間を高速化することが必要であると考えられる。この課題の解決方法として、最適化解を実センサデータとシミュレータでの計算の両方を用いて計算することで高速化が可能であると考えられる。

参考文献

- [1] C.B. Dorgan, C.E. Dorgan, M.S. Kanarek, and A.J. Willman. Health and productivity benefits of improved indoor air quality. *ASHRAE Trans 98(1A)*, pp. 658–665, 1998.
- [2] W. Fisk and A. Rosenfeld. Estimates of improved productivity health from better indoor environments. *Indoor Air Vol. 7*, pp. 158–172, 1997.
- [3] M.Miki and T.Hiroyasu and K.Imazato. Proposal for an intelligent lighting system, and verification of control method effectiveness. *Proc IEEE CIS*, pp. 520–525, 2004.
- [4] D.P. Wyon, W. Fisk, and S. Rautio. Research needs and approaches pertaining to the indoor climate and productivity. *Healthy Buildings 2000 Workshop Summaries*, pp. 1–8, 2000.
- [5] 西川雅弥, 西原直枝, 田辺新一. タスク照明の個人制御が知的生産性に与える影響に関する研究. 日本建築学会環境系論文集, Vol. No. 603, pp. 101–109, 2006.
- [6] 大林史明, 富田和宏, 服部瑤子, 河内美佐, 下田宏, 石井裕剛, 寺野真明, 吉川榮和. オフィスワークのプロダ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 -. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006, Vol. 1, No. 1322, pp. 151–156, 2006.
- [7] 多和田友美, 村上周三, 伊香賀俊治, 亀田健一, 内田匠子, 三枝隆晴, 小倉悠. 4050 室内環境と知的生産性・空調負荷の評価: (その 1) 実オフィスにおける温熱環境と作業効率の被験者属性別の検討 (環境工学). 研究報告集 I, 材料・施工・構造・防火・環境工学, Vol. No. 78, pp. 601–604, 2008.