

# パッシブ型色彩照度計を用いた知的照明システムの提案

江見 明彦  
Akihiko EMI

## 1 はじめに

近年、オフィスにおける、オフィスワーカーの快適性および知的生産性の向上に注目が集まっている。オフィス環境を改善することにより、知的生産性が向上すると報告されている<sup>1)</sup>。また、オフィス環境のうち、特に光環境に着目した研究では、執務に最適な光環境を個人ごとに提供することがオフィス環境の改善に有効であることが明らかとなっている<sup>2)</sup>。

このような背景から、著者らは、任意の場所に任意の明るさを提供することで、執務者の快適性を実現する照明システム（以下、知的照明システム）の研究・開発を行っている<sup>3)</sup>。知的照明システムを実オフィスに導入した結果、その高い性能と実用性が実証された<sup>3)</sup>。一方で、各個人が携帯するネットワーク色彩照度計に関する新たな課題が生まれている。具体的に、大きさ、電源、有線ケーブルおよび導入コストであり、これについては、ワイヤレス方式でネットワークに接続できるカードサイズの安価な色彩照度計の開発を進める必要があるが、それとは別に新たな方式で各場所の色度と照度を計測するシステムの開発も必要となる。そこで、本研究では色度と照度の測定方法に着目し、天井に設置したカメラから取得する画像を用いて色度および照度測定を行うパッシブ型色彩照度計を提案する。

## 2 知的照明システム

### 2.1 知的照明システムの概要

Fig. 1 に知的照明システムの構成を示す。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<sup>3)</sup>。知的照明システムでは、ユーザが色彩照度計に目標照度と目標色度設定するだけで、照明や色彩照度計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色度と照度を提供することができる。

### 2.2 知的照明システムの制御アルゴリズム

知的照明システムでは、制御装置を搭載した照明器具が集中制御器を持たずに、自律的な光度調節を行う自律分散制御アルゴリズムを用いている。このアルゴリズムは、山登り法 (Hill Climbing : HC) という汎用最適化手法に設計変数の近傍設計メカニズムを組み込んだ、適応的近傍アルゴリズム (Adaptive Neighborhood Algorithm using Correlation Coefficient : ANA/CC)<sup>3)</sup> である。各知的照明機器は他の知的照明機器の情報を得ることなく、ネットワークに流れる照度情報および使用電力量に基づ

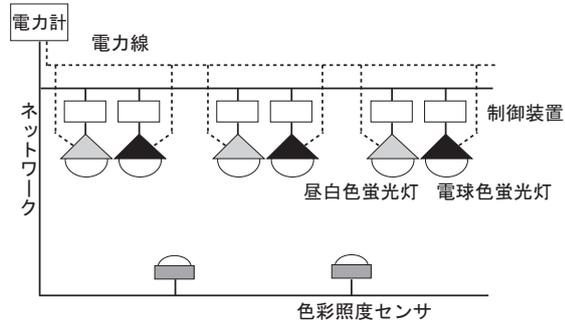


Fig.1 知的照明システムの構成

き、自身の動作に対する有効性を学習する。そして、知的照明システム全体で照度の制約条件を満たしつつ、使用電力量の最小化が行えるような光度を決定する。

## 3 パッシブ型色彩照度計

### 3.1 画像処理による照度の測定

ハードウェアで机上面照度の測定を行うのではなく、画像処理を用いて測定する手法は、すでに木田氏らによって提案されている<sup>4)</sup>。ビデオカメラから取得した画像には、各ピクセルに 256 階調の RGB 値が存在する。木田氏は、その RGB 値が撮影場所の明るさによって変化することを利用し、あらかじめ作成した照度測定用の反射板を、天井から撮影したカメラ画像から検出し、その場所のグレースケール値 (画像工学における輝度) を基に照度を算出した。パッシブ型照度計を市販のアクティブ型照度計と比較した結果、パッシブ型照度計は知的照明システムに用いることが可能な性能であった (Fig. 2)。これにより、色度を計測することはできないが、大きさ、電源、有線ケーブルおよび導入コストの問題をすべて解決できた。

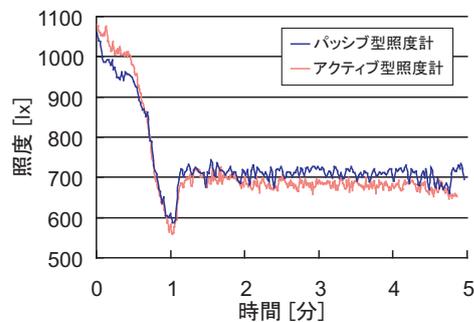


Fig.2 パッシブ型照度計の性能

### 3.2 画像処理による色度の測定

木田氏の提案 (3.1) ではビデオカメラから得られる R, G, B の値に重み付けをして、明暗情報のみのグレースケール画像に変換することにより、比視感度 (人間の目が波長ごとに光を感じ取る強さの度合を表す) を考慮しており、色の情報について活かしきれていない。本研究では、パッシブ型の照度計測にとどまらず、色度も考慮するシステムの構築を目指す。

デジタルカメラの CCD や CMOS イメージセンサは、入射光量に対して線形な応答を示す電気信号が発生し、R, G, B のカラーフィルタによって 3 種類のセンサ応答として記録される。一方、人間が知覚する色は、CIE 三刺激値 X, Y, Z, あるいはそれらから算出される色空間によって表せられるが、イメージセンサと人の眼では分光感度特性が異なるため、3 種類のセンサ応答 (Fig. 4) と三刺激値 (Fig. 3) は一致しない。

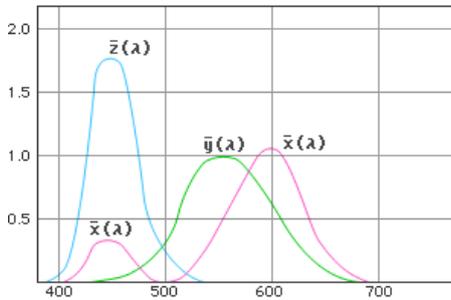


Fig.3 人間の眼に対応する分光感度 (等色関数)

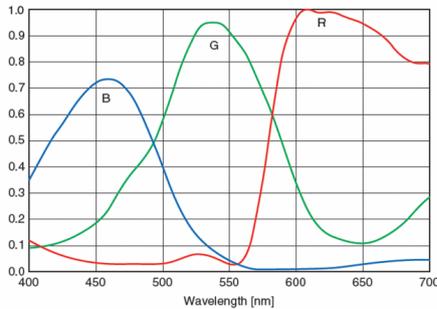


Fig.4 カラーデジタルカメラの分光感度の例

通常、被写体となる物体の分光反射率は、カメラの入力バンド数 3 を越える次元の情報量を持つが、その場合センサ応答から被写体測色値への 1 対 1 の線形変換が成り立たなくなる。そのため重回帰分析に基づくセンサ応答から被写体測色値への変換が広く用いられている<sup>5) 6)</sup>。他にも 4 バンド以上の撮影によってこの問題を解決する手法も提案されているが<sup>7)</sup>、専用の撮影装置を要し、システム構築が容易でないため、本研究では、重回帰分析に基づくセンサ応答から被写体測色値への変換を用いる。

知的照明システムは、色温度の異なる 2 種類の照明の点灯割合によって机上面に届く光の分光分布 (机上面色

度) を変える (Fig. 1)。被写体の分光反射率は変化しないので、照明や外光による被写体の色度の変化を机上面色度の変化と捉えることができる。また、照明と被写体とカメラの位置関係によってカメラに入射光量が変わってしまうことを防ぐため、パッシブ型色彩照度計に用いる被写体には拡散反射版を用いる。

### 4 今後の展望

カメラから得られる画像の色空間は、sRGB, adobeRGB, および xvYCC など、機種によって違いがあるため、それを考慮する必要がある (Fig. 5)。

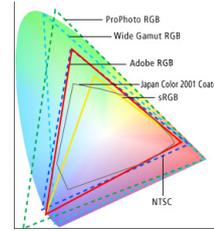


Fig.5 さまざまな色空間

カメラ内で、センサ出力値から汎用的な色空間に変換された画像を用いることで容易にシステムを構築できる。しかし、民生用のカメラでは、計測を目的として作られていないため、ピクセルから得られる階調値が非線形変換される場合があり、得られる色度に誤差が起こる原因になる。知的照明システムにおいて、任意の色度を実現させるために必要な測定精度を得られなかった場合、センサ出力の生の値である RAW 画像を用いた計測を検討する。

### 参考文献

- 1) 大林史明, 富田和宏, 河内美佐服部瑠子, 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. ヒューマンインターフェースシンポジウム, Vol. 1, No. 1322, pp. 151-156, 2006.
- 2) Neil H. Eklund Peter R. Boyce and S. Noel Simpson. Individual lighting control: task performance, mood, and illuminance. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, Vol. 29, pp. 131-142, 2000.
- 3) 三木光範. 知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム. 人工知能学会, Vol. 22, No. 3, pp. 399-410, 2007.
- 4) 木田清香, 三木光範, 廣安知之. 知的照明システムにおけるパッシブ型照度計の開発. 情報処理学会, No. 85, pp. 5-8, 2008.
- 5) Tony Johnson. Methods for characterizing colour scanners and digital cameras. *Displays*, Vol. 16, No. 4, pp. 183-191, 1996.
- 6) Luo M.R. and Rhodes P.A. Hong, G. A study of digital camera colorimetric characterization based on polynomial modeling. *Color Res.*, Vol. 26, pp. 76-84, 2001.
- 7) Francis Schmitt, Hans Brettel, Jon Y. Hardeberg, and Jon Yngve Hardeberg. Multispectral imaging development at enst. In *Chiba University*, pp. 50-57, 1999.