

知的照明システムにおけるパッシブ型照度計の開発

木田 清香[†], 三木 光範^{††}, 廣安 知之[‡]

[†] 同志社大学大学院 ^{††} 同志社大学工学部 [‡] 同志社大学生命医科学部

我々は、仕事内容や個人の好みに応じて任意の場所に任意の照度および光色を提供する知的照明システムの研究開発を行っている。この知的照明システムは、その高い実用性から実際のオフィスへの導入が検討されている。しかし、実用化にあたっては、利用者がそれぞれ携帯する照度計のコストに関する課題がある。本研究では照度の測定方法に着目し、天井に設置したビデオカメラから取得する画像を用いてリアルタイムに照度測定を行うパッシブ型照度計を開発する。そして、知的照明システムの照度計測にパッシブ型照度計を用い、従来のアクティブ型照度計と同様の精度を示すことを確認する。

Development of Passive-Type-Illuminance Sensor for the Intelligent Lighting System

Kiyoka KIDA[†], Mitsunori MIKI^{††}, and Tomoyuki HIROYASU[‡]

[†] Graduate School of Engineering, Doshisha University

^{††} Department of Knowledge Engineering and Computer Sciences, Doshisha University

[‡] Department of Life and Medical Sciences, Doshisha University

In our previous researches, we have proposed the intelligent lighting system which provides the necessary illuminance to desired locations according to the content of work and the favor of the individual. We have already built the intelligent lighting system in an actual office, and have confirmed the validity. Then, because of the high practicality of the intelligent lighting system, the introduction of this system to some office rooms of big companies is scheduled. However, there is a problem with the cost of illuminance sensors that users carry respectively. In this research, we focus on the measuring method of the illuminance, and have developed the passive-type-illuminance sensor by using the image acquired from the video camera set up with the ceiling area lighting. The experiment on the intelligent lighting system with the passive-type-illuminance sensor was carried out, and the proposed method is found to be effective.

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うことで人間の負荷を軽減する知的化が行われている¹⁾。

これまで知的化が遅れていた照明システムにおいても、使用者の様々な要求に対応する点灯パターンの実現や、使用電力量の削減といった観点から知的化が進み始めている。その一例として、セルフコントロールシステム²⁾が挙げられるが、このシステムは固定式の照度計を用いて照明を区分ごとに制御する方法を用いており、任意の場所に任意の照度を提供することが困難である。

個人ごとに仕事に最適な照度および光色を実現することで、照明環境の改善ならびに大幅な省エネルギーが実現できる³⁾。これを実現するシステムとして、著者らは知的照明システムの研究を行っ

ている⁴⁾。このシステムは、蛍光灯、照度計、照明制御装置および電力計が1つのネットワークに接続され、照明の光度を決定する分散最適化アルゴリズムにより各照明が制御される。このシステムについては実機による動作実験も行われ、その高い性能と実用性が実証されている⁴⁾。しかし、実用化までにはいくつかの課題が残っている。その1つは、各個人が携帯するネットワーク照度計の大きさおよびコストである。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照度測定を行うパッシブ型照度計を提案する。

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⁴⁾。知的照明システムでは、ユーザが照度計に目標照度を設定するだけで、照明や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照度を提供することができる。図 1 に知的照明システムの構成を示す。

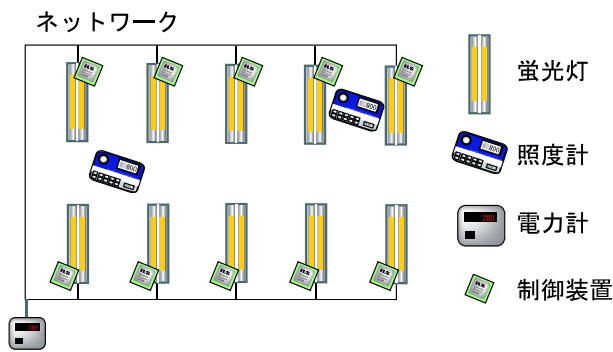


図 1: 知的照明システムの構成

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)⁴⁾ 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 パッシブ型照度計

これまで開発してきた知的照明システムでは、アクティブ型の照度計を用いていた。この方式では、装置の大きさ、ネットワークへの接続方式および電源などに関していくつかの課題がある。このための研究開発は極めて重要であるが、それとは別にこれらの課題を全て克服できるパッシブ型の照度計の研究開発も重要である。そこで本章では、画像処理を用いて照度測定を行う手法を提案する。

3.1 画像処理による照度測定

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。パッシブ型照度計は、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 (輝度) を基に照度を算出する。なお、RGB 値からのグレースケールの算出は式 (1)⁵⁾ を用いて行う。

$$0.29891 * R + 0.58661 * G + 0.11448 * B \quad (1)$$

3.2 グレースケール値と照度の関係の検討

システムを構築するにあたり、照度差の影響が最も顕著に出る反射板の色およびカメラの絞り値 (F 値) の検討を行い、照度と撮影画像のグレースケール値の関係式を予備実験により算出する。実験に使用するデジタルカメラは、F 値の設定が可能なものを用いる。撮影する反射板は拡散反射率の高いフェルト生地を用い、色は黒、ダークグレー、グレー、白の 4 色である。用いる反射板のイメージ図を図 2-a に示す。また、実験環境はホワイトボードおよびデジタルカメラを地面に垂直に設置し、その間隔は知的照明システム実験室の天井およびデスクの間隔と同様とする。実験環境のイメージ図を図 2-b に示す。撮影部分の照度はホワイトボードに平行に設置するタスクライトのみで調節し、その照度は約 100 [lx] から 900 [lx] までとし、その範囲内の約 100[lx] 間隔で撮影を行う。

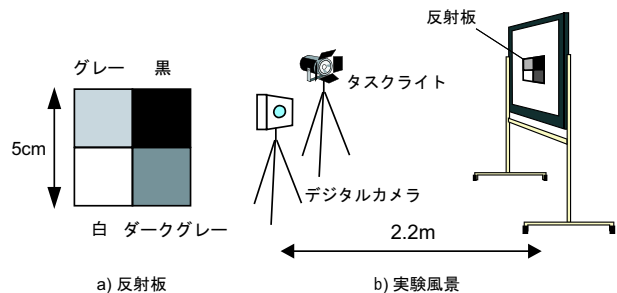
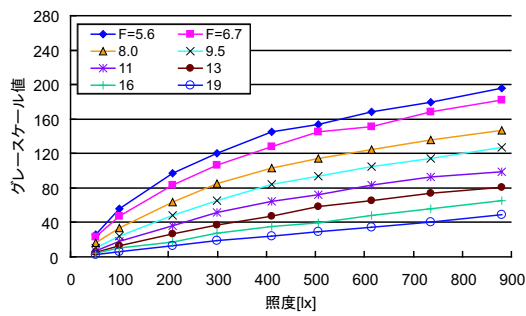


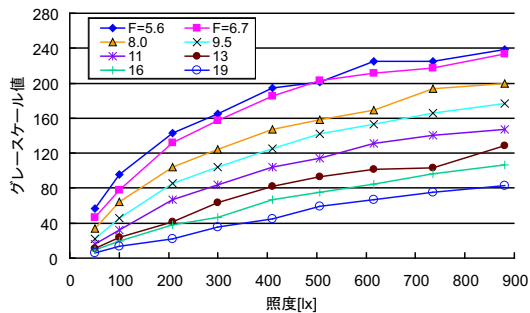
図 2: 実験のセッティング

図 3 に、反射板がダークグレー、グレーおよび白の場合における、実験で得た各 F 値での照度およびグレースケール値の関係を示す。なお、反射板が黒の場合では、環境を変えても、そのグレースケール値に大きな変化がなかった。

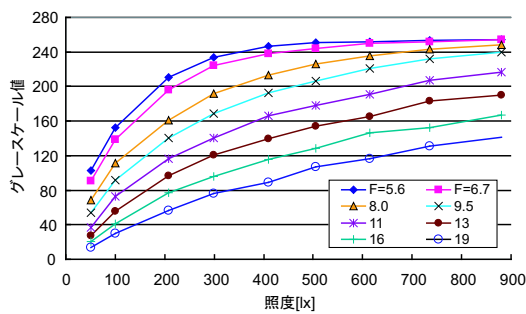
図 3 より、いずれの反射板でも、照度の増加に伴いグレースケール値も増加しているのが分かる。また、同照度の環境においては、F 値が増加するに



a) 反射板：ダークグレー



b) 反射板：グレー



a) 反射板：白

図 3: 照度によるグレースケール値の変化

従ってグレースケール値が減少することも確認できる。さらに、各反射板の色が薄い場合ほど、グレースケール値の変化幅が広がっているが、F 値が低い場合には低照度でグレースケール値が飽和状態になっていることが分かる。これらの結果から、適切な反射板の色および F 値を用いることで、幅広い照度環境においてもグレースケール値から照度を算出できると考えられる。

4 パッシブ型照度計を用いた知的照明システム

第 3 章では、画像処理を用いて照度の測定が行えることを確認した。本章では、既存の知的照明システムの照度測定を、パッシブ型照度計を用いて行う。システムを構築するにあたり、知的照明システム実験室の天井にビデオカメラを設置する。そして、机上の反射板の撮影をリアルタイムで行

い、照度およびグレースケール値の算出を行う。反射板の色は、第 3.2 項の実験において最も変化量が顕著に表れた白色を使用する。また、使用するビデオカメラは F 値の設定が行えるものとし、高照度でもグレースケール値が飽和せず変化量が最も大きい F 値を用いる。図 4-a に、天井に設置したビデオカメラを、図 4-b に机上の反射板の様子を示す。

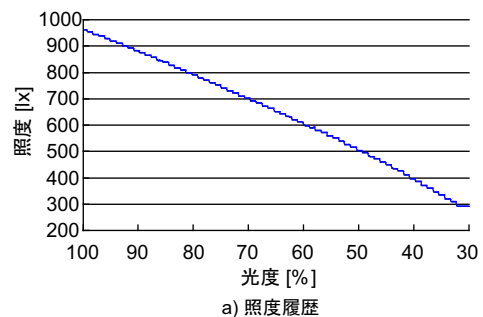


a) 天井に設置したビデオカメラ

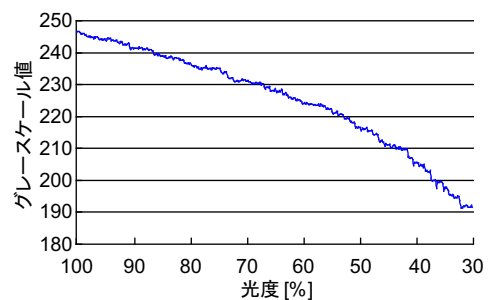
b) 机上に設置した反射板

図 4: パッシブ型照度計を用いた照度収束実験の実験設備

図 5 に、実験室の白色蛍光灯の光度を 100 % から 30 % まで 1 % ずつ減光した際の照度履歴およびグレースケール値の履歴を示す。



a) 照度履歴



b) グレースケール値履歴

図 5: 光度変化に伴う照度およびグレースケール値の変化履歴

図 5 の結果を基に照度およびグレースケール値の関係を求めた結果を図 6 に示す。

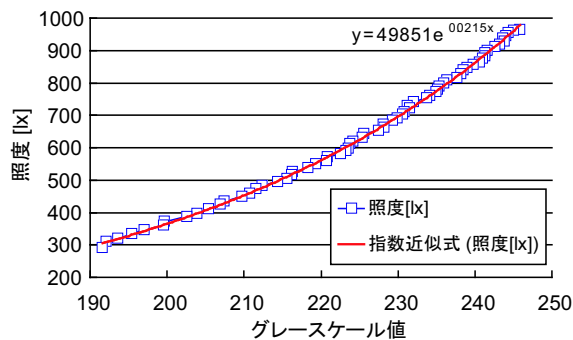


図 6: グレースケール値と照度の関係

図 6 に示すように、画像のグレースケール値および照度の関係を、指数関数を用いた近似式で表すことができる。得られた関係式を式 (2) に示す。

$$illuminance[lx] = 49851 * e^{0.0215} * grayscale \quad (2)$$

そこで、この式 (2) を基に照度の計算を行うパッシブ型照度計を用い、知的照明システムの収束実験を行う。パッシブ型照度計は図 7 に示す位置に配置し、目標照度は 700[lx] とする。

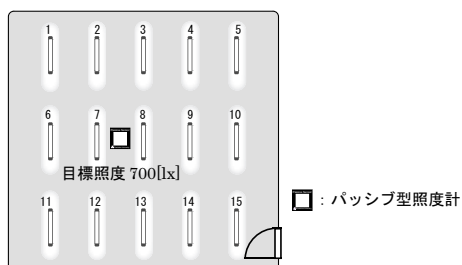


図 7: 収束実験環境

この照度収束実験の際に、パッシブ型照度計の隣に従来のアクティブ型照度計を設置し、その照度の履歴も併せて取得する。図 8 にパッシブ型照度計および従来のアクティブ型照度計の照度の履歴を示す。

図 8 に示すように、パッシブ型照度計の履歴が約 1 分で目標照度である 700[lx] へ収束していることが確認できる。また、パッシブ型およびアクティブ型照度計の照度履歴がほぼ一致している。これらのことから、開発したパッシブ型照度計で正しく照度測定が行え、既存の知的照明システムに利用できることが確認できた。

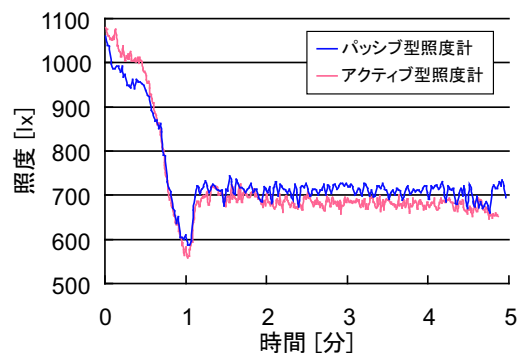


図 8: 収束実験の照度履歴

5 まとめ

本研究では、知的照明システムの実用化にむけた検討として、天井に設置したビデオカメラで撮影した反射板の画像を用いて照度測定を行うパッシブ型照度計の提案を行った。システムを構築するにあたり、照度変化に対して最も顕著に RGB 値が変化する反射板の検討を行い、白色のフェルト生地を用いた反射板が最も適していることが分かった。また、その反射板を用いた照度計測を既存の知的照明システムに組み込み、実験を行った。実験では反射板を規定の場所に設置し、その場所の照度が目標照度に収束することを確認した。このことから、画像処理を用いて照度の測定が行えることがわかった。

今度は、照度収束実験においてパッシブ型照度計を複数台用いた際の検討や、画像からパッシブ型照度計を検出するマッチング方法について検討する。また、照度だけではなく、光色の測定の実現可能性についても検討する。

参考文献

- 1) 三木光範. 進化する人工物. オーム社, 1999.
- 2) 鶴岡伸一他. センサを応用した省エネ照明システムの開発. 電気設備学会全国大会, pp.37-38, 1997.
- 3) Peter R. Boyce and Neil H. Eklund and S. Noel Simpson. Individual Lighting Control : Task Performance, Mood, and Illuminance. JOURNAL of the Illuminating Engineering Society. pp.131-142, Winter 2000.
- 4) 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
- 5) 井上誠喜, 八木伸行, 林正樹, 中須英輔, 三谷公二, 奥井誠人. C 言語で学ぶ実践画像処理. オーム社, p.105, 2001.