

執務者およびデスクが移動するオフィス環境における 天井マーカを用いた知的照明システム

Intelligent Lighting System Using Ceiling Markers in the Office where Office Workers and Desks Move

高谷 友貴[†]
Yuki Takaya

三木 光範^{*}
Mitsunori Miki

富岡 亮登[†]
Ryoto Tomioka

山下 俊樹[†]
Toshiki Yamashita

間 博人^{*}
Hiroto Aida

1. はじめに

著者らはオフィスにおける執務者の快適性向上と照明の消費電力削減を両立する知的照明システムの研究・開発を行っている¹⁾。執務者およびデスクの移動が発生するオフィス(以下、デスク移動型オフィス)において知的照明システムを動作する場合、執務者の位置を推定し、執務者に近い照明である近傍照明を特定する必要がある。従来、我々は照明を特定の点灯パターンで点灯することで近傍照明を特定していたが、特定に2分程度の時間を要した。そこで本研究では、デスク移動型オフィスにおいて、近傍照明を約3秒で特定する手法を提案する。

2. 知的照明システム

2.1. 知的照明システムの概要

知的照明システムは、複数の調光可能な照明器具、照明制御装置、各執務者が机上面に置く照度センサ、および電力計を1つのネットワークに接続することで構成する。各照明の光度を執務者に感知されない範囲でランダムに変化させ、目標照度を実現しつつ消費電力を最小化する照明光度を探索する。また、近傍照明を優先的に制御することで、より高速に最適な点灯パターンを実現する。

2.2. 執務者およびデスクが移動する環境における知的照明システム

我々はワークシーンに合わせて執務者およびデスクの位置を自由に変更できるデスク移動型オフィスに知的照明システムを導入した。デスク移動型オフィスでは、執務者の位置が固定でないため、デスクレイアウトを変更するたびに屋内位置推定によって執務者の位置を推定し、近傍照明を特定する必要がある。

そこで我々は、デスク移動型オフィスにおいて近傍照明を特定する手法として、行列探索手法を考案した²⁾。行列探索手法は照明を特定の点灯パターンで点灯し、照度センサが取得する照度の変化量から執務者の位置推定を行い、近傍照明を抽出する手法である。しかし、行列探索手法は照明台数の増加に従って近傍照明抽出にかかる時間が増加する。例えば照明台数100台のオフィスでは近傍照明抽出に約2分程度を要する。そこで我々は近傍照明抽出にかかる時間が照明台数に依存しない新たな知的照明システムを提案する。



Fig.1 専用照度センサ (iPod touch) と外付け照度センサ (Lumu)

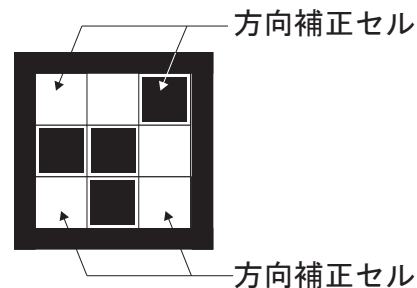


Fig.2 天井マーカ (一例)

3. 天井マーカを用いた知的照明システム

3.1. 天井マーカを用いた知的照明システムの概要

デスク移動型オフィスにおいて知的照明システムを動作させる際、我々は外付け照度センサである Lumu を接続した iPod touch を専用照度センサとして用いている。実際に使用した専用照度センサ (ipod touch) と外付け照度センサ (Lumu) を Fig.1 に示す。提案手法では、前もってオフィスの天井に設置されたマーカを専用照度センサに搭載されるフロントカメラによって撮影することで執務者の位置を推定し、近傍照明を特定する。

3.2. 天井マーカを用いた位置推定

提案手法で用いる天井マーカの一例を Fig.2 に示す。天井マーカは撮影方向を補正するための方向補正セルおよび情報セルから構成される。天井マーカでは四隅のセルを方向補正セルとして確保し、これらのセルを用いてマーカ撮影時における専用照度センサの方向を補正する。また、方向補正セル以外のセルは情報セルとして使用し、マーカ固有の ID を示す。例えば、Fig.2 に示すような 3×3 セルの天井マーカの場合、情報セルは5個であるため、合計で 2^5 枚すなわち 96 枚の天井マーカを作成できる提案手法では天井マーカを設置し、それらを専用照度センサに搭載されるカメラで撮影することで執務者の位置を推定する。撮影した画像から執務者の位置を推定する手法は以下の通りである。

* 同志社大学理工学部

[†] 同志社大学大学院

1. 事前に天井の任意の位置にマーカを設置しておく。
2. 机上面に設置した専用照度センサのフロントカメラで天井面を撮影する。
3. 撮影画像上にマーカを認識した場合、マーカ中心点の画像上の位置とマーカの示す ID を取得する。マーカを認識できなかった場合は再度撮影を行う。
4. 撮影画像の中心点を天井面における専用照度センサの直上点とし、直上点とマーカの中心点との撮影画像上における相対位置を算出する。
5. 項目 4) で算出した撮影画像上の相対位置を、あらかじめ求めておいた係数を掛けることによって実環境の尺度における相対位置に変換する。
6. 項目 5) で求めた実環境における相対位置と、マーカ ID に応じたマーカ位置情報を足し合わせることで実環境における専用照度センサの位置を算出する。

3.3. 照明台数と近傍照明抽出時間の関係

行列探索手法では近傍照明抽出を行うたびに、特定の連続点灯パターンで天井照明を点灯する必要がある。また、照度センサの取得値が安定するまでに約 4 秒の調光待機時間を設けているため、照明台数が増加すると近傍照明抽出に多くの時間がかかってしまう。例えば、照明台数が 100 台のオフィスでは 80 秒程度必要であるのに対し、照明台数が 400 台のオフィスでは 160 秒程度必要である²⁾。一方、提案手法では天井に設置されたマーカを撮影するだけで執務者の位置推定および近傍照明抽出を行うことができるため、照明台数に関係なく常に数秒で近傍照明の抽出が可能である。

4. マーカサイズとマーカ認識率の検証

提案手法において、天井マーカのサイズが大きいとオフィスの景観を損なう可能性がある。そのため、提案手法を実オフィスに導入する場合、天井マーカを小さくする必要はある。しかし、天井マーカが小さすぎると撮影画像からマーカを認識できず、位置推定ができない場合が発生する。そこで、本研究では様々な大きさのマーカを作成し、専用照度センサに搭載されるカメラによって認識可能なマーカサイズの検討を行う。本実験では天井マーカとして 3 × 3 マスのマーカを使用し、1 セルあたり 2 cm 四方から 1 cm 四方まで 0.2 cm ずつ、合計 6 種類のマーカを使用する。また、照明には SHARP 社製 LED 照明 (最大点灯光度 2306 cd) を用いる。マーカ撮影は照度が 50, 100, 200, 300, 500, 700, 900 lx の各照度環境下において 10 回ずつの合計 70 回行う。

実験を行なった結果、セルの大きさが 1 辺あたり 1.4 cm よりも大きければどの照度環境下でも 100% の確率でマーカの認識が可能であった。この時、撮影画像内におけるセルの大きさは 1 辺あたり 65 pixel であった。それに対し、セルの大きさが 1 辺あたり 1.4 cm 未満のマーカにおけるマーカ認識率は 40% 程度であった。0.2 cm の差でマーカ認識率が大きく異なるのは、撮影画像内においてそれぞれのセルを識別できない場合が多数発生したためであると考えられる。また、セルの大きさが 1 辺あたり 1.4 cm 未満のマーカにおいて認識が成功する場合と

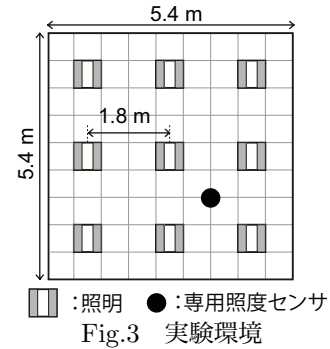


Fig.3 実験環境

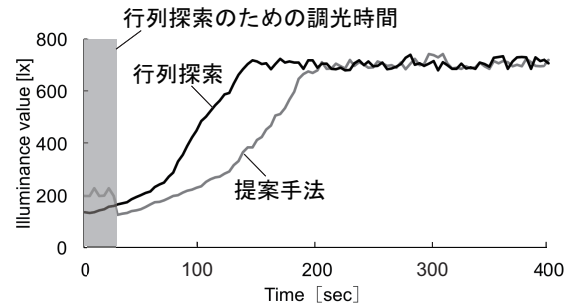


Fig.4 照度収束実験結果

失敗する場合が存在したが、これはマーカ撮影時にピン트가正しく合わなかったために撮影画像がボケてしまい、それぞれのセルを識別できなかったためであると考えられる。以上のことから、撮影画像内においてセルの大きさが 1 辺あたり 65 pixel 以上であれば撮影時にピン트가ずれた場合でも正しくマーカ認識が可能であるといえる。

5. 照度収束時間比較実験

提案手法を用いた知的照明システムの有効性を明らかにするため、照度収束実験を行った。また、比較対象として従来の行列探索手法による照度収束実験も行った。本実験は Fig.3 に示すような、照明 9 灯を用いて模擬的にオフィスを再現した環境で行う。また、天井マーカは照明 2 灯間につき 1 枚設置した。さらに、専用照度センサは Fig.3 に示す位置に配置した机上面に設置し、天井から机上面までの距離は 1.9 m とする。

実験結果を Fig.4 に示す。Fig.4 より、提案手法を用いることで近傍照明抽出にかかる時間を削減することができ、行列探索手法と比較して、照度収束にかかる時間を約 40 秒削減できることがわかる。本実験では照明数が 9 灯と少ないため、提案手法と行列探索手法による照度収束時間の差は数十秒程度と小さいが、行列探索では照明台数が増加すると近傍照明抽出にかかる時間も増加するため、より大規模な環境で実験を行うとより大きな差が生じると考えられる。

参考文献

- 1) 三木光範. 知的照明システムと知的オフィスコンソーシアム. 人工知能学会, Vol. 22, No. 3, pp. 399-410, 2007.
- 2) Hisanori Ikegami, Shohei Matsushita, Mitsunori Miki, Hiroto Aida. An extraction of influential lightings for illuminance sensors in large office. *International Conference on Artificial Intelligence*, pp. 561-567, 2014.