

# スマートフォンと天井マーカを用いたオフィスにおける執務者の位置推定手法 および知的照明システムへの応用

山口 浩平

Kohei YAMAGUCHI

## 1 はじめに

著者らは、オフィスにおいて各執務者が要求する個別の照度を最小の消費電力で実現する知的照明システムの研究・開発を行っている<sup>1)</sup>。東京都二子玉川ライズ・オフィス8階のカタリストBAに、実オフィスにおいて初となるスマートフォンを照度センサとして用いた知的照明システムを導入した。カタリストBAは、キャスター付きの机を執務者が自由に移動させることができ、執務内容や気分に応じて執務場所を選択できるコワーキングスペースである。

各執務者に個別の光環境を提供するためには、照度センサに大きな影響を与える照明（照度センサ近傍照明）を把握する必要がある。しかしながら、現在の照度センサ近傍照明の抽出手法は時間がかかることや、実環境では抽出失敗が頻繁に生じることなどから、改善を望む執務者の意見が多い。また、照明抽出を開始してから執務者の要求する明るさ（目標照度）を実現するまでの時間がかかることも課題として挙げられている。

そこで本研究では、これらの問題を解決する手法として、天井に複数のマーカを設置し、机上面に設置したスマートフォンのフロントカメラでマーカを撮影することにより、現在位置の取得および照度センサ近傍照明の抽出を行う手法を提案する。

また、スマートフォンと天井マーカを用いた位置推定手法を用いることにより、高精度なスマートフォンの位置推定が可能となり、スマートフォンの位置情報を基に照度を算出することが可能となった。照度を算出できるようになったことで、これまで固定席でしか構築されていなかったシミュレーション型知的照明システムが実現可能となり、瞬時に目標照度を満たすことができる。

本研究では、移動席におけるシミュレーション型知的照明システムについても検証を行う。

## 2 現在の照度センサ近傍照明抽出手法

照度センサ近傍照明の抽出手法として、現在は、照明を縦と横の1列ごとのグループとし、各照明グループの光度を順に変更したときの照度センサの取得値の変化幅から照度センサに近い照明4灯を抽出する手法（以下、行列探索手法）を用いている。

しかしながら、行列探索手法は照明台数に応じて照

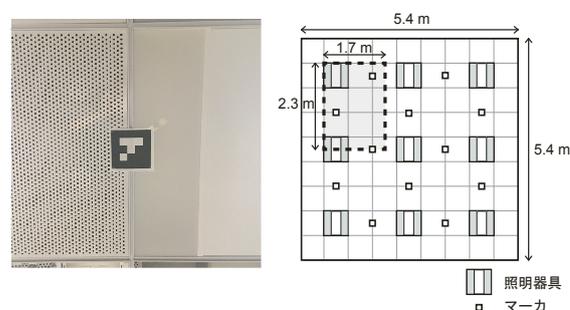


Fig. 1 天井マーカおよびマーカの設置間隔

度センサ近傍照明抽出までの時間がかかり、カタリストBAにおいては40秒程度を要する。この抽出時間に対し、システムの正常動作に不安を感じる執務者が多く、より高速な照度センサ近傍照明抽出手法が必要である。

本研究ではこれらの問題を解決する手法の一つとして、天井に複数のマーカを設置し、机上面に設置したスマートフォンのフロントカメラでマーカを撮影することにより、現在位置の取得および照度センサ近傍照明の抽出を行う手法を提案する。

## 3 天井マーカを用いた照明抽出手法の提案

スマートフォンの机上面位置を推定するシステムを構築した。Fig. 1に天井に設置したマーカおよびマーカの設置間隔を示す。また、Fig. 1の破線で囲んだ部分は、机上面に置いたスマートフォン内蔵カメラの、天井面における撮影可能範囲を示す。スマートフォンには、現在カタリストBAで使用されているiPod touchを用いた。Fig. 1に示すマーカの設置間隔であればスマートフォンをどの位置の机上面に設置しても、少なくとも一つのマーカを画角内に捉えることができることを確認した。

利用者は、執務を始める際や席を移動した際、スマートフォンを机上面に設置し天井面の撮影を行う。撮影した画像から、各マーカに割り振られたIDおよび、マーカとスマートフォンとの相対位置が求められることで、スマートフォンの部屋内における位置を算出する。

マーカ直下、0.3 m、0.6 mおよび0.9 mの机上面において合計80回位置推定を行ったときの位置推定誤差をFig. 2に示す。最大6 mm程度の精度で位置推定が可能であることが確認できた。なお、照明の点灯光度による推定誤差の変化は見られなかった。知的照明システ

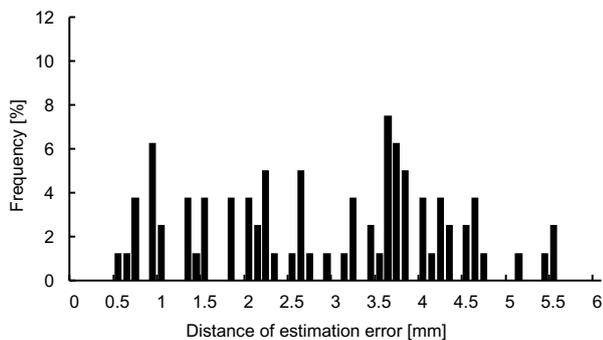


Fig. 2 位置推定の誤差

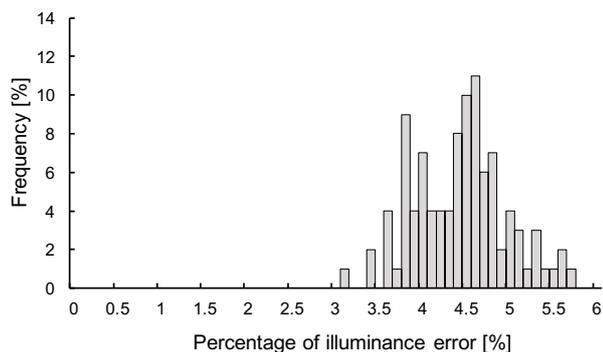


Fig. 3 算出照度の誤差率 (4 灯間)

ムでは推定位置から距離の近い順に 4 灯の照明を照度センサ近傍照明として抽出する。

#### 4 移動席におけるシミュレーション型知的照明システムの検証

スマートフォンの位置を高い精度で推定可能となったことにより、逐点法を用いることで任意の地点の照度を算出可能となった。逐点法を用いて算出した照度と実測照度の誤差を求める実験を行った。Fig. 1 に示す環境において、照度センサを照明 4 灯間の机上面に設置した。照明 9 灯をランダムな点灯パターン 100 通りで点灯し、その時の照度センサの実測照度と算出照度の比較を行った。算出照度を実測照度で除算した照度誤差率を Fig. 3 に示す。Fig. 3 から、人が感知できない照度差である 7 % 以内の誤差で照度算出可能であることを確認した。これにより、照明の光度とスマートフォンの位置情報を基に光度を算出するシミュレーション環境が構築可能となった。

シミュレーションを用いた知的照明システムの有効性を示す検証実験を行った。Fig. 4 に示す環境において、地点 A、B および C に照度センサ 3 台を机上面に設置し、目標照度をそれぞれ 700 lx、500 lx、300 lx とし知

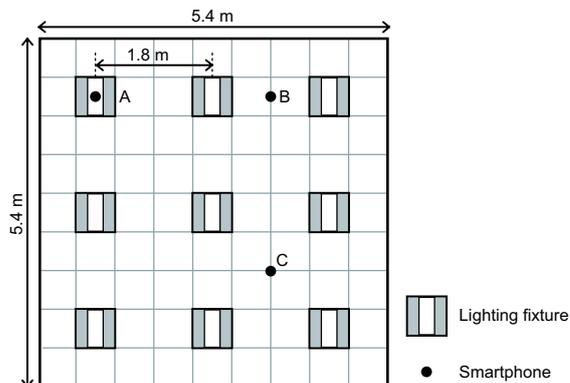


Fig. 4 検証実験の環境

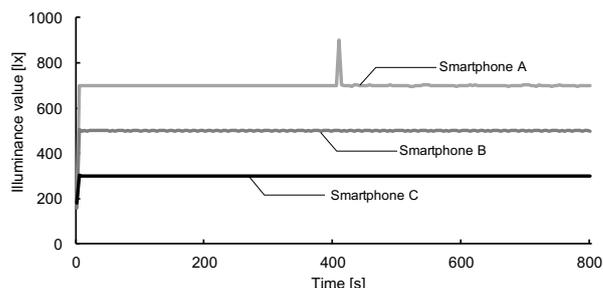


Fig. 5 シミュレーション型と従来手法の照度比較

的照明システムを動作させた。また動作開始から 400 秒時点で、照度センサの一つに外光を入射した。

各照度センサの照度履歴を Fig. 5 に示す。各照度センサは、天井マーカを撮影することでスマートフォンの位置推定を行った後、各スマートフォンに対し 1 回の照明制御で目標照度を実現している。この結果から、執務者の移動が発生する環境において提案手法を用いることにより、照度センサ近傍照明の抽出および目標照度の実現を短時間でやるシミュレーション型知的照明システムを構築し、個別照度を瞬時に実現することができた。

#### 5 結論と今後の展望

新たな近傍照明抽出手法として、スマートフォンのカメラとマーカを用いた手法を提案した。提案手法を用いて照度推定を行うことにより、移動席においてもシミュレーションを用いた知的照明システムを構築可能であることを示した。今後は、照度センサを用いない知的照明システムについて更なる検証を行い、執務者自身の所持するスマートフォンを利用可能な知的照明システムの実現を目指す。

#### 参考文献

- 1) 小野景子, 三木光範, 米澤基. 知的照明システムのための自律分散最適化アルゴリズム. 電気学会論文誌, C, 電子・情報・システム部門誌, Vol. 130, No. 5, pp. 750-757, 2010.