

# 無線センサノードを用いた知的照明システムにおける 影響度計測の高速化に対するスケジューリング手法の提案

奥西 亮賀

Ryoga OKUNISHI

## 1 はじめに

近年、オフィスビルの消費エネルギーは年々増加傾向にあり、オフィスビルにおける省エネルギー化が望まれている。オフィスビルでは、照明による電力コストがビル全体の約 40% を占めており<sup>1)</sup>、照明に対する省エネルギー化は重要な課題である。この課題を解決する照明制御システムとして、筆者らは知的照明システムの研究開発に取り組んでいる。

一方、無線センサネットワークは、無線装置を内蔵した多数のセンサが相互に連携することで、実空間の情報の収集を可能とする技術であり、各センサノードにマイコンが搭載されているため、高度な制御が可能である。

知的照明システムでは、照明と照度センサの因果関係を表す影響度を予め測定し、その値を基に照明制御を行う。しかし、従来の影響度は、システム導入時に測定した値を使用し続けるため、オフィスのレイアウトを変更した場合に、再度計測を行わなければならない問題点やセンサノードの移動に対応できない問題点などがある。

そこで、本研究では、影響度計測におけるスケジューリング手法を提案し、影響度計測の高速化を行うことで、センサノードが移動した際に影響度を計測し直すことで、これらの問題を解決する手法を提案する。

## 2 知的照明システム

知的照明システムは、照明、照明制御装置、無線センサノードおよび電力センサから構成されており、これらのハードウェアを同一ネットワークで接続している。

知的照明システムでは、最適化手法を用いて照明の明るさ（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執務者の要求した照度を実現する。また、最適な点灯パターンの探索過程における照明の光度変化量と照度センサの照度変化量を基に、照明とセンサノードとの位置関係（影響度）を推定している<sup>2)</sup>。この影響度を用いて、各照明の光度変化を近傍によって決め、最適な点灯パターンを効率的に実現することが可能である。

## 3 影響度計測における

### スケジューリングを用いた高速化手法

#### 3.1 照明の光度変化における遅延

知的照明システムにおいて、照明制御によって光度変化を行い、その変化後の照度値を取得するまでには大きく分けて 2 つの遅延フェーズが存在する。1 つ目の遅延フェーズとして、制御 PC から制御命令が送信され、照

明が光度変化を行うまでの遅延。2 つ目の遅延フェーズとして、照明が光度変化し始めてから光度の値が上昇し、安定するまでの遅延がある。この 2 つの遅延フェーズを考慮して、照明の光度変化の制御をスケジューリングすることで、影響度計測を高速化することが可能である。

#### 3.2 スケジューリングを用いた影響度計測手法

照明制御に対するスケジューリングを用いた影響度計測手法を提案する。

従来の影響度計測手法では、照明を 1 灯ずつ光度変化させ、その影響度を計測していた。しかし、この手法では、オフィスのレイアウト変更およびセンサノードの移動などがあつた際に、影響度を計測し直すことに時間を要する問題があつた。そこで、照明の光度変化における遅延フェーズを考慮し、光度変化の間隔をスケジューリングすることで、影響度計測の高速化を実現する。

前述した遅延フェーズ 1 は照度変化が生じないため、遅延フェーズ 1 と遅延フェーズ 2 を同時に発生させた場合でも、影響度の値が悪化することはない。そのため、本手法で用いたスケジューリングでは、ある照明が遅延フェーズ 2 の際に、次に光度変化を行う照明が遅延フェーズ 1 の段階に移るように制御を行う。

## 4 提案手法の評価実験

### 4.1 実験概要

従来の影響度計測手法を用いた場合と提案手法を用いた場合における知的照明システムの照度収束状況の評価を行う。また、従来手法および提案手法における影響度計測時間の比較を行う。

評価実験は、調光可能な Panasonic 製の白色蛍光灯 15 灯、無線センサノード (MOTE Micaz<sup>3)</sup>)、Napica 照度センサ、制御 PC を用いて行った。実験場所は KC111 で行った。実験環境の平面図を Fig.1 に示す。

目標照度の設定は、センサノード A を 450 lx、センサノード B を 500 lx、センサノード C を 600 lx とする。また、1000 ステップ後 (2000 秒後) にセンサノード C の目標照度を 800 lx に変更し、照度収束実験を行う。なお、目標照度の  $\pm 50$  lx 以内に 50 ステップ以上収束した場合、目標照度収束完了とする。

### 4.2 実験結果

従来の影響度計測を行った場合における照度収束状況の推移を Fig.2 に、提案手法を用いた場合における照度収束状況の推移を Fig.3 に示す。また、従来手法を用いた場合における照度収束時の光度分布を Fig.4 に、提案

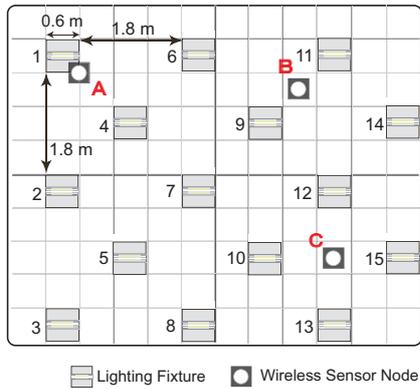


Fig.1 実験環境

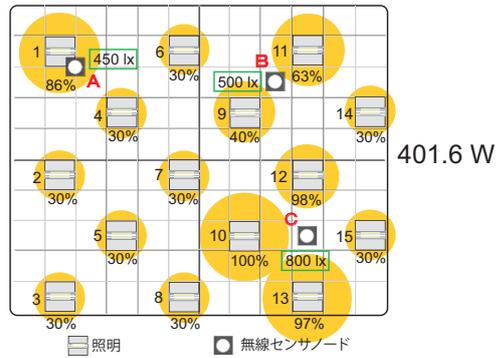


Fig.4 従来手法における照度収束時の光度分布

手法を用いた場合における照度収束時の光度分布を Fig.5 に示す。

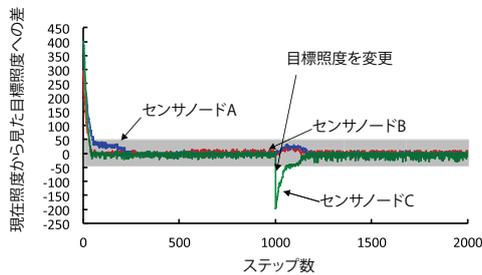


Fig.2 従来手法の照度収束履歴

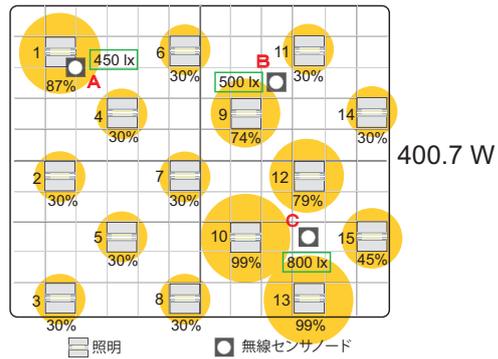


Fig.5 提案手法における照度収束時の光度分布

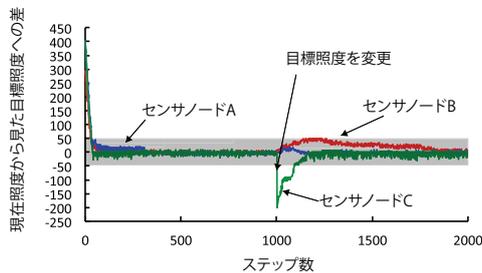


Fig.3 提案手法の照度収束履歴

Fig.2 および Fig.3 の結果を見ると従来手法と同様に、提案手法も照度収束範囲内に収束していることがわかる。また、目標照度変更後も目標照度へと収束していることがわかる。Fig.4 および Fig.5 を見ると、各センサー付近の照明が強く点灯することで、効率良く目標照度を満たしており、消費電力量にも従来手法と提案手法の間に差異がないと言える。

KC111 の環境下における従来手法と提案手法の影響度計測時間を比較した表を Tab.1 に示す。

Table1 従来手法と提案手法の影響度計測時間の比較

	従来手法	提案手法
計測時間 [s]	30.0	8.0

Tab.1 を見ると、提案手法を用いた場合では従来手法を用いた場合と比較し、約 4 倍の速度で影響度取得を行うことができた。

## 5 結論と今後の展望

本実験では、提案手法の影響度計測精度が従来手法と同等であることがわかった。また、提案手法を用いた場合では、従来の影響度計測手法と比較し、約 4 倍の高速化を実現できた。

しかし、本実験では予め照明の遅延を測定する必要がある。これは、自動で照明の遅延を測定するアプリケーションを本システムに導入することで、解決できると考えられる。また、影響度計測時にパケットロスが起こった際に、影響度の値が悪化することが考えられる。これは、パケットロスを検出し、パケットロスが起きた際に、もう一度照度値を送信する制御へと変更することで、対応できると考えられる。

## 参考文献

- 1) 財団法人省エネルギーセンター,  
<http://www.eccj.or.jp/office.bldg/01.html>.
- 2) S. Tanaka ら: An evolutionary optimization algorithm to provide individual illuminance in workplaces, Proc IEEE SMC, 941-947, 2009.
- 3) Crossbow MOTE - Wireless Sensor Networks MTSMDA Sensor Board Users Manual,  
<http://www.xbow.jp/mtsmdaj.pdf>