

実オフィスに導入した知的照明システムにおける消費電力の計測

The measurement of electric power consumption in the Intelligent Lighting Systems introduced in the office of a company

三木 光範*1

Mitsunori Miki

今宮 久夫*2

Hisao Imamiya

廣安 知之*3

Tomoyuki Hiroyasu

吉見 真聡*1

Masato Yoshimi

*1 同志社大学理工学部

Department of Science and Engineering, Doshisha University

*2 同志社大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Doshisha University

*3 同志社大学生命医科学部

Department of Life and Medical Sciences, Doshisha University

We have proposed an intelligent lighting system that offers required illuminance to specified locations. The intelligent lighting system introduced in the office of a company, it is not easy to measure the electric power consumption used only in the intelligent lighting area. We have to calculate the electric power consumption from the signal control the brightness of the lighting fixture. However, the calculated electric power consumption becomes wrong when the lightings are turned off by the electric switch at the wall. In that case we have to detect such situation from the illuminance values measured by the illuminance sensors. This mechanism is introduced in the intelligent lighting systems in an actual office and the correct electric power consumption can be measured.

1. はじめに

近年、使用者や環境に合わせてシステムを自律的に制御し、人間の負荷を軽減する知的なシステムの開発が行われている。そのような中、我々は個別に明るさ（照度）を提供することで知的生産性の向上と消費電力量の削減を実現する知的照明システムの研究を行っている [三木 07]。現在、知的照明システムは実用化に向けて実オフィスにおける実証実験を行っている [三菱地所（株）09]。そこで、東京都内の実オフィスに導入した知的照明システムの稼働状況の確認を行うリモートシステムおよび膨大な量のユーザの操作情報やセンサ情報の可視化を行うシステムを構築した。

実オフィスに導入した知的照明システムの消費電力の計測は、そのエリアのみの消費電力を計測する機器を設置することができないことも多く、そうした場合には照明に送る調光信号の値から消費電力を計測する。しかしながら、調光制御中に壁スイッチで消灯した場合、正しく消費電力を求めることができない。このため、本研究では現在照度を基に照明電源の切断の判定を考え、正しい消費電力の算出方法を提案する。

2. 知的照明システム

2.1 導入した知的照明システム

知的照明システムは、複数の照明器具と複数の照度センサをネットワークに接続することで構成される。知的照明システムでは、オフィスワーカーが机上のパソコンから目標の明るさ（目標照度）を設定するだけで、照明やセンサ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、任意の場所に任意の照度を提供することができる。現在、実証実験用の知的照明システムが三菱地所（株）大手町ビルディングのあるオフィスに導入されており、既存の照明と知的照明システムの比較を行い、オフィスワーカーが実際に求める照明環境の傾向と、消費電力量の削減効果の実証実験を行っている

連絡先: 今宮久夫, 同志社大学大学院,
京都府京田辺市多々羅都谷 1-3,
0774-65-6924, himamiya@mikilab.doshisha.ac.jp

[三菱地所（株）09]。図1に導入した知的照明システムの構成を示す。

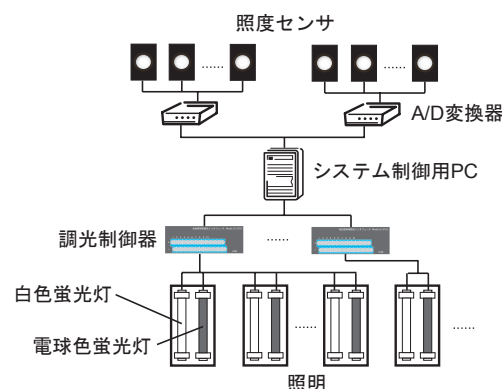


図1: 導入した知的照明システムの構成

2.2 ログデータ

三菱地所（株）大手町ビルディングに導入されている知的照明システムは、稼働状況の解析のためにユーザの操作情報とセンサ情報を出力している。これらを、ログデータと呼ぶ。実証実験には、詳細な時系列データが必要になる。そのため、以下のログデータを1分毎に出力している。なお、照明は、白色蛍光灯2管、電球色蛍光灯1管を1台として、合計12台用いている。また、照度センサは合計15台用いている。

1. ログデータの出力年月日時分
2. 各照明の白色蛍光灯の点灯光度（12台分）
3. 各照明の電球色蛍光灯の点灯光度（12台分）
4. 各オフィスワーカーの目標照度（15台分）
5. 各照度センサの現在照度（15台分）

オフィスワーカー1人につき照度センサが1台設置されているため、目標照度および現在照度は、オフィスワーカーのデスクの数だけ出力されている。また、白色光度および電球色光度は、

照明の台数分だけ出力されている。なお、ここでの光度は、照明器具直下方向の光度のことである。

この5種類のログデータが1分毎に出力され、1日毎に新たなファイルが作成される。このログデータを利用することで、システムの稼働状況を確認することが可能である。消費電力量に関しては、用いた照明器具の白色光度および電球色光度と消費電力の関係を実験で明らかにし、そのデータを基に各照明の白色光度および電球色光度から消費電力を計算する。

3. ログデータの取得方法

遠隔地における知的照明システムのログデータを取得するためには、システム制御用 PC にアクセスする必要がある。しかし、セキュリティの関係で直接アクセスすることはできない。そのため、社内のネットワークとは別にグローバル IP をもつ独立回線を新たに設置し、リモートシステムを構築した。外部ネットワークを介してシステム制御用 PC にアクセスを行うことで、ログデータの取得が可能になる。

4. ログデータの可視化

知的照明システムの稼働状況を詳細に確認するためには、フロアにおいての照明、照度センサ、および窓の位置関係が必要になる。これは、どの照度センサに対してどの照明が点灯しているのか、外光の影響を受ける照度センサはどこなのかを把握するためである。そのため、実際のオフィスの平面図を用いて視覚化を行った。図2にオフィスの平面図における照明、照度センサ、および窓の位置関係を示す。

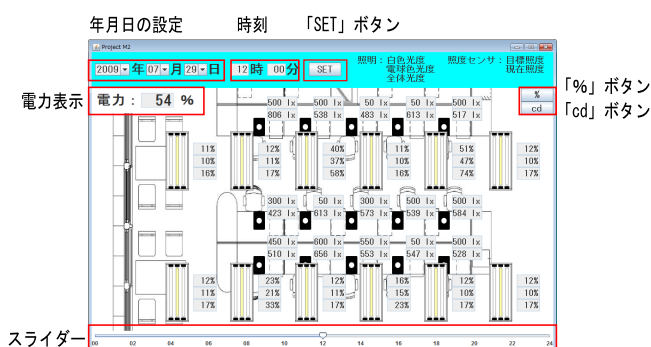


図2: オフィスの平面図における照明、照度センサ、および窓の位置関係

ログデータの可視化を行う手段として、画像、グラフ、そして表などが挙げられる。知的照明システムの稼働状況の確認を行う際に管理者が最も入手したい情報は、各照明の光度と各照度センサの照度の数値であると考えられる。図3に光度と照度の可視化を示す。ここでの白色光度の数値は、白色蛍光灯1管の数値を表示している。そのため、実際の白色蛍光灯の数値は2倍したものとなる。



図3: 光度と照度の可視化

図3での全体光度とは、白色光度と電球色光度の総和である。全体光度を表示することで、1台の照明がどの程度の割合で点灯しているかを確認できる。光度に関しては、「%」と「cd」の単位切り換えを行うことが可能である。照度センサについては、目標照度および現在照度を表示することで、収束状況の確認が容易になる。また、図2のスライダーを動かすことで、任意の時間の状況を確認することができる。

上記の機能を使うことで、稼働状況を1分毎に確認することが可能になった。しかし、1日の稼働状況を確認することは容易ではない。そこで、各照明の光度、各照度センサの照度の履歴、そして消費電力(横軸:時刻、縦軸:光度、照度、および消費電力)を表示する機能を追加した。グラフ化を行うことにより、1日の稼働状況を確認することが容易になった。

5. 消費電力の計測

実オフィスに導入した知的照明システムの消費電力は、各照明の白色光度および電球色光度を基に計測を行っている。知的照明システムの消灯および点灯条件を以下に示す。

- 消灯条件
照明は光度値が、最小点灯光度かつ影響を及ぼす照度センサの目標照度が全て0(ユーザが離席)の場合に消灯を行う
- 点灯条件
照明は影響を及ぼす照度センサのうち、1つでも目標照度が設定された(目標照度が0でない)センサが存在する場合に点灯を行う

上記の条件を満たした場合、システム制御用 PC が照明を消灯および点灯の制御を行う。このため、消灯や点灯をオフィスワークが直接指示することなく、オフィスワークの離席および退席状況に応じて、照明は自動的に消灯および点灯する。壁スイッチで消灯すると、目標照度が0にならないまま現在照度が大きく低下し、システム制御用 PC は、照明を明るく点灯させるために高い光度値を送出する。しかし、実際の消費電力は0[W]であり、正しい消費電力を求めることができない。このため、壁スイッチで消灯した場合の消費電力を求める手法の検討が必要となる。そこで、現在照度の履歴を基に照明電源の切断の判定を行う手法を提案する。

提案手法は、全照度センサの現在照度の合計値を求め、この合計値が設定した閾値を越えなかった場合、消灯(照明の光度値を0とする)と判断する。閾値の設定に関して、考慮した点を以下に示す。

- 窓際の照度センサは外光の影響を受けるため、知的照明システムが点灯していなくても現在照度が高くなること
- 隣接に既存の照明があるため、知的照明でない照明の影響を受ける照度センサがあること
- 知的照明の光度が高くなっても、照度センサが紙媒体などで覆われている場合、影響度が低くなり現在照度が高くなること
- 知的照明システムは消灯制御を行った場合、照明器具は個別に消灯していくこと

閾値を低い値に設定すると、外光の影響や既存の照明の影響を受け、知的照明が消灯しているにも関わらず、点灯と判断してしまうことが考えられる。逆に閾値を高い値に設定すると、いくつかの照度センサが紙媒体などで覆われている場合、知的照明が点灯しているにも関わらず消灯と判断してしまうことが

考えられる。また、知的照明システムはオフィスワークの離席および退席状況に応じて、照明が自動的に消灯していくため、現在照度の合計値が低くなり、数台が点灯している状態でも消灯と判断してしまうことなどが考えられる。そのため、これらのことを考慮し、蓄積されたログデータの解析を行うことで、適切な閾値を設定した。図4に照度センサの目標照度および現在照度履歴を示す。

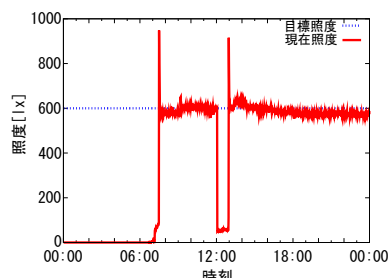


図4: 照度センサの目標照度および現在照度履歴

図4の現在照度の履歴では、0時から7時は照度が0[lx]となっていることが確認できる。また、急激に照度が上がっている部分がある。これは、知的照明システムは電源投入時に100[%]点灯して、その後、目標照度に収束するためである。また、12時から13時に関しては昼食時間のため、システム制御用PCが消灯を行い、省エネ効果を高めている。

図4での照度履歴の場合の消費電力の計測結果を従来および提案手法と比較を行う。図5に従来および提案手法の消費電力の計測結果を示す。なお、消費電力に関しては、照明に白色蛍光灯2管、電球色蛍光灯1管用いているため、最大値を150[%]としている。

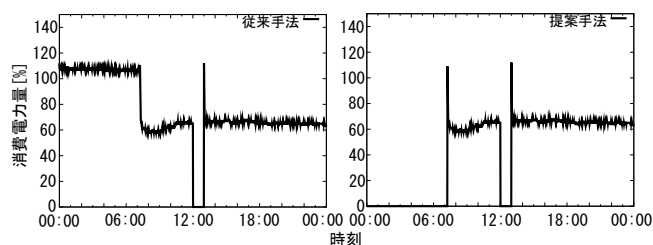


図5: 従来および提案手法の消費電力の計測結果

図5に示した従来手法の消費電力は、0時から7時の間は異常に高いことが分かる。これは、壁スイッチで消灯したためである。現在照度を基にした提案手法では、0時から7時の消費電力は0[W]となっており、正しい消費電力が計測できていることが確認できる。また、12時から13時に関しては、どちらも消費電力が0[W]となっている。このように決まった時間の消灯は、従来および提案手法は正しい消費電力を計測できるが、残業などもあり正確な退社時間が決まっていない場合の消灯に関しては、提案手法が有効であると言える。

図4で示した照度センサの目標照度および現在照度履歴は平日の照度履歴であり、照明の光度と外光を利用して目標照度に収束している。外光を利用することで、必要以上の点灯を抑え、消費電力の削減を実現している。しかし、休日の場合は、照度センサに影響を与えるのは外光のみとなる。全照度センサが外光の影響を受け、特に窓際の照度センサは、外光の影響を強く受けるため、現在照度が大きく上昇する。そのため、全照度センサの現在照度の合計値が高くなり、知的照明システムが

消灯しているのにも関わらず、点灯と判断してしまうことが考えられる。図6に外光のみの影響を受けた照度センサの目標照度および現在照度履歴を示す。

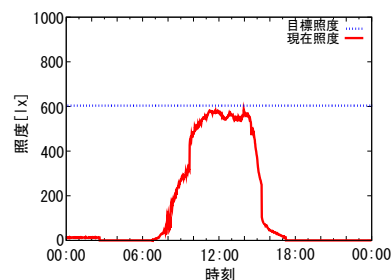


図6: 外光のみの影響を受けた照度センサの目標照度および現在照度履歴

図4で示した現在照度は小刻みに変動しているのに対して、図6で示した現在照度は徐々に上がり、徐々に下がっていることが分かる。これが外光のみの影響を受けた場合の現在照度履歴である。図6から外光のみで約600[lx]まで現在照度が上昇していることが分かる。これは窓際の照度センサの現在照度履歴であるが、窓から一番離れた照度センサでも現在照度が約200[lx]程度上昇する。この場合の従来および提案手法の消費電力の計測結果を図7に示す。

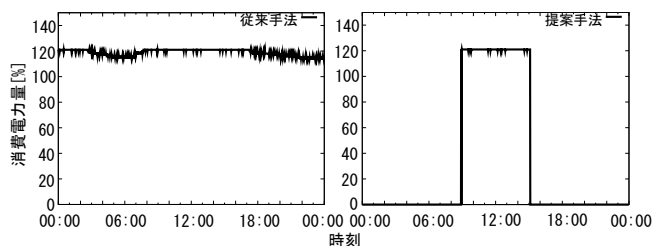


図7: 従来および提案手法の消費電力の計測結果

図7に示した従来手法の消費電力は常に約120[%]となっており、24時間点灯していることになっている。また、提案手法でも、9時から15時の間で点灯と判断してしまい、正しい消費電力を求めることができなかった。休日の外光のみの場合は、提案手法も外光の強い時間帯だけ正しい消費電力を求めることができないことが分かった。

6. まとめ

本研究では、照明電源の切断判定を照度センサの現在照度を基に行うことで、これまで計測することができなかった壁スイッチで消灯した場合の消費電力をほぼ正しく計測する手法を提案した。そして、提案する手法をログデータの可視化システムに組み込むことで、有効性の検証を行った。提案手法は、平日は正しい消費電力を求めることができたが、休日の外光のみの場合、外光が強い時間帯で点灯と判断してしまい、正しい消費電力を求めることができないことが分かった。そのため、新たな閾値の設定および新たな手法の検討が必要となる。

参考文献

- [三木 07] 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.
- [三菱地所(株) 09] 三菱地所(株) プレスリリース,
<http://www.mec.co.jp/j/news/pdf/mec090331.pdf>