

入退室管理－照明連携省エネルギー制御システム － 密集度定量化による照明制御技術 －

安田 晃久[†] 金子 洋介[†] 鶴川 達也[†] 北上 眞二[†]

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所[†]

1. はじめに

2005 年の京都議定書発効を契機に国内外で省エネルギー化に対する機運が高まりつつある。しかし、国内においては業務部門（主にオフィス業務）での CO₂ 排出量削減が他部門と比べて進んでおらず、問題となっている。また、業務部門は今後の CO₂ 排出量拡大が予想される事から、一層の取り組み強化が求められている。

この様な状況に対し、著者らはオフィスビルに設置された照明の消費電力量削減を目的とする「入退室管理－照明連携省エネルギー制御システム」を開発し、オフィスビルの CO₂ 排出量削減に取り組んでいる。

本稿ではこの照明制御技術について述べる。

2. 入退室管理－照明連携省エネルギー制御システム

2.1. システム構成

一般に、オフィスビルの消費電力量は「空調」、「照明」、「コンセント」で占められており、中でも最も割合の高いものが「照明」である^[1]。そのため、照明の省エネルギー化がオフィスビルに求められている。

照明の消費電力量を削減するため、人の居る場所を明るく、居ない場所を暗くする際、在席者の検知用途で人感センサが利用されるケースが多い。しかし、人感センサはコストが嵩むため、容易に導入する事が出来ないという問題がある。

そこで、筆者らはオフィスビルのセキュリティシステムとして既に導入が進んでいる入退室管理システムを在席者把握のための手段として活用し、照明機器と連携させる事で、導入コストを抑えつつ、動態による照明制御が実現するシステムを開発した (図 2-1) ^[2]。

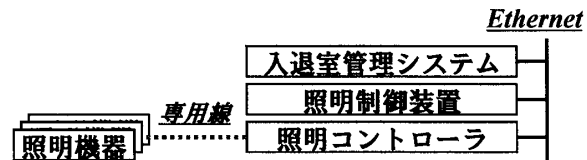


図 2-1 システム構成図

2.2. 課題と目的

筆者らは図 2-1 のシステムを利用し、入退室イベントに応じて在席者近傍に位置する照明群を規定した調光率で照らす、という制御を実施した。しかし、この方法では在席者毎に調光率を制御するため、在席者が多数密集すると過剰照度となり、在席状況に応じた調光率の最適化が難しいという課題があった。

そこで、在席者の変動に応じて室内の在席者密集領域を特定するアルゴリズムを考案し、当該アルゴリズムを照明制御装置に組み込む事で、密集領域に最適な調光率を与え、更なる省電力化を実現する事を目的とした。

3. 密集度定量化と照明制御

3.1. グラフ理論によるネットワークモデル

まず、本稿では座席毎の密集具合を指し示す指標値を「密集度」と定義する。即ち、密集度の高い座席が存在する場合、周囲には在席者が多いという事を意味する。

室内の密集領域を特定するためには物差しとして密集度の定量化が必要であるが、筆者らは以下の理由からグラフ理論によるモデル化と、その指標値による定量化を行う事とした。

- 入退室イベント毎に時事刻々と変動する室内在席者の分散状態は複雑系と呼ばれる分野に帰着するボトムアップの事象であり、複雑系の分野ではその様な事象に対してグラフ理論でのアプローチが一般的である。
- 座席をノード (点)、密集性 (在席者間の近傍性) をエッジ (線) で表現すれば、系の振る舞いをグラフモデルで表現可能である。
- エッジを密集性として表現しているため、密

THE ENERGY-SAVING CONTROL OF LIGHTING SYSTEM USING PEOPLE'S ENTERING/LEAVING INFORMATION

[†]Akihisa Yasuda, Yosuke Kaneko, Tatsuya Tsurukawa, Shinji Kitagami
Mitsubishi Electric Corporation

集度の定量化指標値にはノード (座席) 毎に算出したクラスタリング係数 (グラフモデルにおいてクラスタ性を表す指標値) を利用する事が出来る。

グラフモデルのネットワーク生成手法として、現実世界に即したモデルを表現するために Barabási-Albert モデル (BA モデル) [3] を適用した。但し、BA モデルはエッジの付け替えを行わない、言わば系の定常状態を表現したモデルとなっており、本稿で対象としている様な動態をモデル化するには適していないと思われる。

そこで、密集性の重要なファクタである座席間の距離に着目し、BA モデルに距離の概念を導入した「エッジ数と距離のトレードオフ」[4] からネットワークを生成する事とした。

3.2. 密集度定量化手法

ネットワーク生成手順と定量化の具体的手法を以下に示す。なお、各ノードには事前に 2 次元座標が与えられているものとし、またネットワークも初期化 (構築) されているものとする。

- ① 入退室イベントを発生させた座席 (ノード) の全てのエッジを一旦切断する。
- ② ①の座席ノードの一定半径内にある周囲ノードから任意に 1 つを選択し、エッジで繋げる。接続の際、全ノード数を n 、ノード i のエッジ数を k_i 、入退室ノードとの距離を r_i 、全ノード間の最大距離を r_{max} とすると、
$$\left(\frac{k_i}{\sum k} \right) \times \left(\frac{r_i}{r_{max}} \right) \times \alpha$$
 の値が最大となるノードを選ぶ。ここで、 α は揺らぎを示す [0, 1] のパラメータである。
- ③ 入退室イベントが入室であった場合、在席による密集性を表現するためエッジを複数本張る (②の操作を複数回繰り返す)。
- ④ ③の処理後、グラフ中の全てのノードでクラスタリング係数を算出する。
- ⑤ クラスタリング係数の閾値を予め設け、各ノードのクラスタリング係数が閾値を超えた場合、これを密集ノードと特定する。

3.3. 照明制御方法

密集ノード特定後、以下の方法で制御を行う。

- ① 密集ノードの最近傍照明を特定する。
- ② 室内照明から密集ノードの机上面照度を算出し、机上面照度の基準値と比較して最近傍照明の調光率の下げ幅を決定する。

- ③ 更に、密集ノードと接続している周囲のノード群 (これが即ち密集領域を意味する) についても別途規定した閾値以上のクラスタリング係数を持つノードを選択する。
- ④ ③の周囲ノードについても密集ノードと同様に、各ノードの机上面照度を考慮しながら最近傍の照明を制御する。

3.4. シミュレーション結果

密集度定量化による省電力効果を検証するため、1 日の入退室情報を用いた照明制御シミュレーションを実施した結果、制御無しの場合と比較して 32.5% の電力量を削減した (図 3-1)。なお、図 3-1 の瞬間電力とは、照明 1 本毎に調光率から算出した電力値を室内全体の照明で総和した値である。また、制御無しの場合は常に 70% の調光率とした。

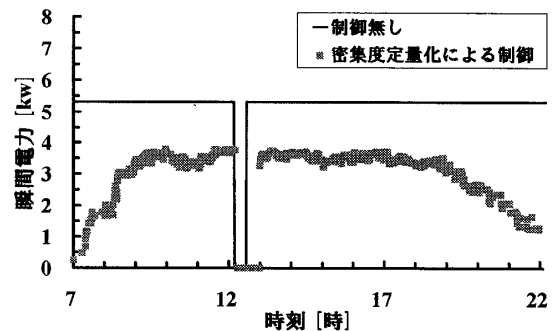


図 3-1 1 日当たりの瞬間電力の比較

4. 結論

- ・ グラフモデルによる在席者の密集度定量化手法を提示した。
- ・ 本稿提示手法を照明制御システムへ適用した結果、制御無しの場合と比較して、照明の消費電力量の約 32% 程度が削減可能とのシミュレーション結果を得た。

参考文献

- [1] ECCJ, オフィスビルの省エネルギー, http://www.eccj.or.jp/office_bldg/01.html
- [2] 金子洋介, 入退室管理 - 照明連携省エネルギー制御システム, Vol.83, No.9, 三菱電機技報 (2009)
- [3] Albert-László Barabási & Réka Albert., "Emergence of scaling in random networks", Science 286 509-512 (1999)
- [4] 安田晃久, 大橋弘忠, 陳昱, "冗長性を考慮したトレードオフ生成ネットワーク", IPSJ 122 pp.5-8 (2003)