

# 中小建物向け照明省エネ制御システムの開発

佐藤 和浩 小林 勝広 多井 慶史  
(技術研究所) (建築事業本部) (建築事業本部)

## Development of Building Energy Management System for Reducing Energy Consumption by Lighting Systems

by Kazuhiro Sato, Katsuhiko Kobayashi and Keishi Tai

### Abstract

Under the revised energy conservation law, owners of small- and medium-sized buildings, such as office buildings, are required to implement measures to improve energy management and conservation. We have developed an energy conservation method based on an occupancy sensor for lighting systems in ordinary buildings. We tested the method in actual buildings to verify its effectiveness.

### 概要

改正省エネ法により「事業者単位」のエネルギー管理が義務化され、オフィスビルなどの中小建物を多数所有する事業者も新たな義務の対象となり、より効果的な省エネ措置の実施が急務となった。筆者らは、一般執務室における照明設備の省エネ手段として人感センサを用いた省エネ制御手法を考案し、実施設における実証実験により省エネ効果を検証した。

### § 1. はじめに

地球温暖化防止に関する京都議定書の目標を確実に達成するため、改正省エネ法が平成 22 年度から実施される。改正により「事業者単位」のエネルギー管理を義務づけられることになった。これにより、オフィスビルなどの中小建物を多数所有する事業者も新たな義務の対象となり、効果的な省エネ措置の実施が急務となった。事務所ビルにおける照明設備の省エネルギー手法としては、①照明器具の高効率化、②初期照度補正制御、③昼光利用、④人感センサによる減光・消灯制御、⑤スケジュール制御による一斉消灯などが挙げられる。当社技術研究所においては、PHS 位置情報システム<sup>1),2)</sup>と連携した省エネ制御を導入し、残業時間帯における照明・空調消し忘れ制御などにより、年間 10%程度の消費エネルギー削減効果を確認している。PHS 位置情報を活用した省エネ手法は有効ではあるが、事業所 PHS の導入が前提条件となるため、適用施設が限定的であった。前述の省エネ手法の内、人感センサによる人検知情報と連動して照明を制御する仕組みは、廊下やトイレなどの共用部での利用が一般的となっており、一般執務室での活用については導入効果が不明確な

め、あまり進んでいないのが現状である。そこで、更なる省エネ実現のため執務室への適用を視野に入れ、基本となる照明制御手法を定め、実証実験によりその省エネ効果および執務環境での留意点を明確にした。本稿では、人感センサを用いた省エネ照明制御手法および実施設における実証実験について記す。

表-1 一般的な照明省エネ手法

	省エネ手法(事務所)	概要
①	照明器具の高効率化	H型蛍光灯などへの更新により効率向上
②	初期照度補正制御 (タイマ式、明るさセンサ式)	初期照度の明る過ぎる無駄を軽減
③	昼光利用 (照度センサ、ブラインド制御)	明るさセンサによる照度一定制御
④	人感センサによる 減光/消灯制御	在/不在情報に連動した調光制御
⑤	スケジュール制御による 一斉消灯制御	ビル管理システムなど上位システムによるスケジュール制御

### § 2. 照明省エネ制御手法

執務室における照明制御の要件は、作業性、利便性、快適性を損なわない省エネ制御の実施であ

ることから、以下のように制御内容を定めた。

就業時間内においては、不在検知エリアに対し、照明の調光率を下げる減光制御を実施する。周囲の視環境への影響に配慮し、消灯制御までは行わないものとする。調光制御エリアは、より狭いほど効果が期待できるが、室内の動線や什器の配置などを十分考慮した計画が必要である。就業時間外では、不在エリアは退社と判断できるため、消し忘れによる無駄を省く目的で消灯制御を実施する。この消灯制御エリアは、グループや部・課単位など、ある程度まとまった範囲に設定することが利便性と効果の点で望ましいが、リニューアルを除き初期段階での想定が困難なため、運用後に設定変更が容易な仕組みとする。

人感センサを用いた設備連動制御の考え方を図-1に示す。人感センサにて個別に調光制御する区画をそれぞれエリアA,C,Eとする。これらエリアA,C,Eをグループ-1とし、就業時間外の消し忘れ制御は、このグループに属する全てのエリア不在となる条件で実行する。同様に、空調の消し忘れ制御もこの不在条件に連動して実行する。

空調連動制御	空調ゾーン-1	空調ゾーン-2	空調ゾーン-3
グループ消灯制御	グループ-1	グループ-2	グループ-3
人感センサによるローカル調光制御	I17A I17C I17E	I17B I17D I17F	I17G I17I I17K

図-1 人感センサ連動制御

### § 3. 実証実験

#### 3.1 施設概要

執務室の例として、清水建設技術研究所本館(写真-1)を用い、一般執務室1フロアの約半分(床



写真-1 実験施設

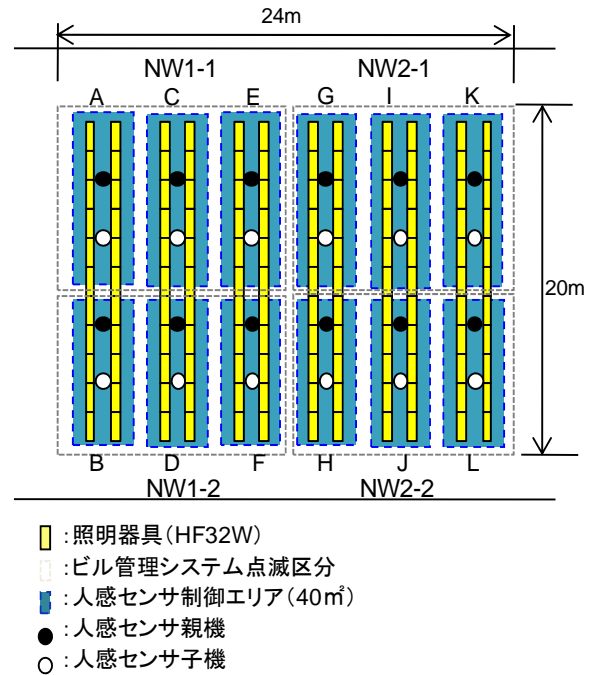


図-2 人感センサの配置と制御エリア

面積: 480 m<sup>2</sup>) のエリアを使用して実証実験を行った。

照明器具、人感センサの配置および人感センサによる制御エリア、点滅区分を図-2示す。実験エリア内のE,F,K,Lは、書棚が置かれ、研究員の資料置場となっており、その他が執務スペースとして利用されている。

個人の執務スペースは、一部ローパーティションで囲われ、机ごとに補助照明が設けられているが、本実験への影響はない。

人感センサによる調光制御エリア(A~L)として、事務机8脚分に当たる約40 m<sup>2</sup>を設定した。A,C,Eなどの隣接する3つのエリアを併せて1点滅区分とし、手元スイッチおよびビル管理システ

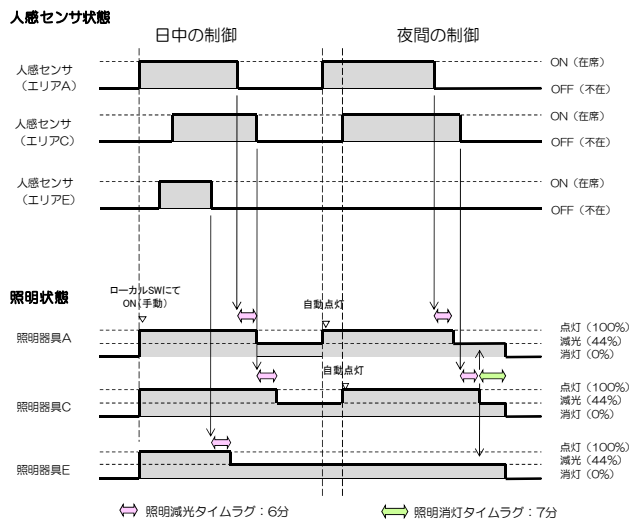


図-3 人感センサによる制御ロジック

ムから発停できるよう変更した。

人感センサによる連動制御ロジックを図-3に示す。平日の昼間(7:00~19:00)は、調光制御エリア内が不在になってから6分後に減光制御(調光率44%)するよう設定した。減光状態にて人を検知した場合は、調光率100%へ即時復帰する。夜間(19:00~翌7:00)は、1つの点滅区分を構成する3つの調光制御エリアがすべて減光状態となつてから、7分経過後に当該点滅区分に対し、消灯制御を実施するものとした。復帰操作は、手元スイッチにより手動で行うものとし、不要な点灯を抑止するよう配慮した。今回実験を行った施設では、以前から省エネを目的として、スケジュール制御により昼休みの一斉消灯(12:00~13:00)および消し忘れ制御として、20:00から2時間刻みで計3回一斉消灯を実施しており、本実験時も同様の消灯制御を行った。

### 3.2 システム構成

実験に用いたシステム構成を図-4に示す。既設の照明設備は、パナソニック電気株式会社製フル2線式リモコンシステムを採用しているため、実験用システムもこのインフラ上に構築するものとし、本仕様に合った制御機器により構成した。約40㎡のエリアを人感センサによる一つの制御単位とするため、人感センサは親機、子機構成とした。人感センサと連動した調光制御を行うため、制御単位毎に調光コントローラも新たに追加した。

人検知情報による調光制御を実現するために、人感センサ親機に対し、在/不在検知時の制御内容を各々設定した。人感センサの設置状況を写真-2に示す。

BACS (Building Automation and Control System, ビル管理システム) から発停および制御状態の監視ができるようインターフェース装置および管理ボ



写真-2 人感センサ設置状況

イントを追加した。また、前述した制御ロジックはBACSへ実装し制御状態が分かるよう監視画面を作成した(図-5参照)。BACSが収集した制御状態に関するデータは、データ解析に用いるためBEMS (Building and Energy Management System, ビルエネルギー管理システム)へ出力している。

本実験結果をBEMS画面にてグラフ化した例を図-6に示す。上部3つのグラフが各調光エリア

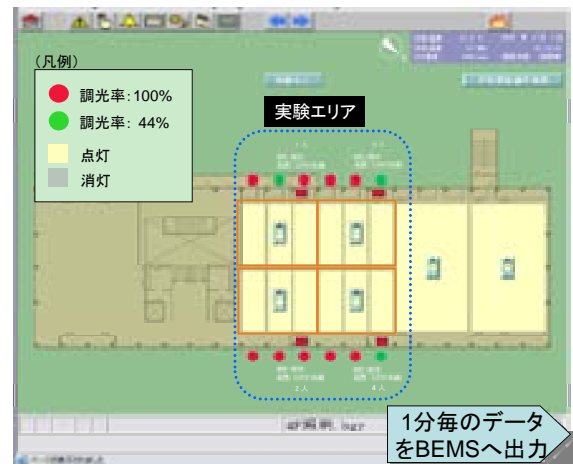


図-5 BACS画面例

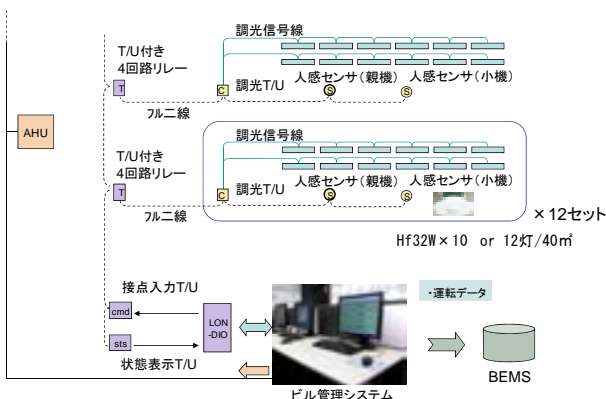


図-4 システム構成図

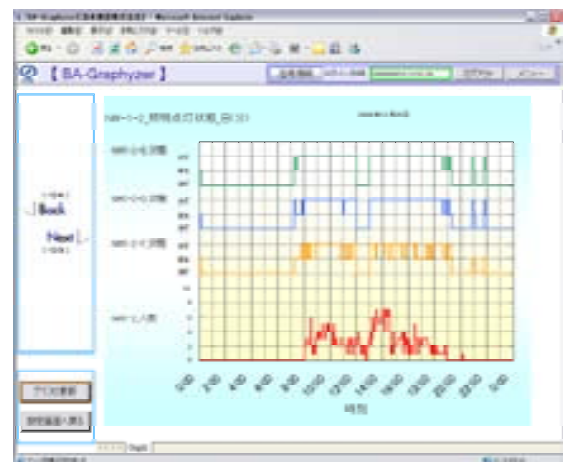


図-6 BEMS画面例

の照明制御状態を示し、最下部のグラフが当該エリア内に存在する人数を表している。この人数情報は、前述した PHS 位置情報により取得したデータを用いている。

### 3.3 実験パターン

実験は表-2に示すように、3通りの制御パターンについて行った。3.1で述べたスケジュール制御を停止し、無制御状態での実験を行った(パターン1)。次に、スケジュール制御を実施し(パターン2, ベンチマーク)、最後にパターン2に加え人感センサによる省エネ制御を実施し(パターン3-a, パターン3-b)、各々の消費電力量を比較した。データの取得期間は順に、①2008年9月末から10月初旬の5日間、②①の期間を除く2008年9月~11月の約3ヶ月間、③2008年12月~2009年1月の約2ヶ月間、2009年9月から11月である。パターン3-a終了後に、実験エリア内の被験者を対象としたアンケート調査を実施した。

表-2 実験パターン

実験	省エネ制御	運転パターン	備考
パターン1	無制御	スケジュール停止	消忘れ記憶のため
パターン2	ビル管理システムによる夜間一斉消灯 (20:00, 22:00, 24:00時)	通常運用	ベンチマーク
パターン3-a	人感センサによる省エネ制御 ビル管理システムによる夜間一斉消灯 (20:00, 22:00, 24:00時)	今回実験 減光率:44%	昼・減光 夜・消灯
パターン3-b	同上	今回実験 減光率:77%	同上

## §4. 省エネ効果検証

実験対象エリアの照明消費電力量は、各調光エリアの点灯状態から求めた消費電力量により算出した。具体的には、照明の点灯状態を1分毎にモニタリングし、100%点灯、減光、消灯状態における各々の消費電力を累積し、1時間当たりの消費電力量として算出した。

### 4.1 スケジュール制御

図-7に実験パターン1, 2のグラフを示す。グラフの縦軸は、対象エリア内の照明全ての100%点灯状態における消費電力量を基準(100%)として、これに対する消費電力量の割合を表している。パターン2による24時間当たりの積算電力量の削減率は、2%程度と低かった。これは、パターン1

の場合においても、帰宅時に座席周辺が不在であれば消灯する習慣が、ある程度定着していることによると思われる。

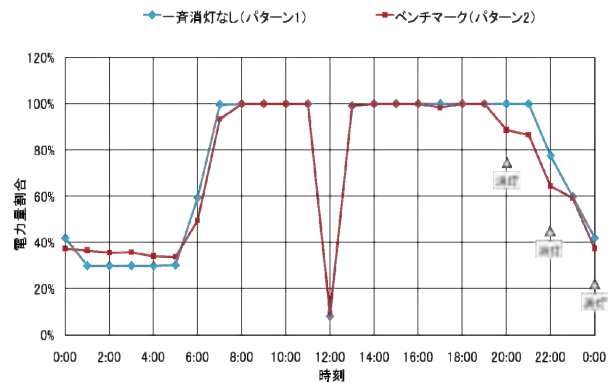


図-7 電力量割合 (スケジュール制御)

### 4.2 人感センサ制御

#### 4.2.1 実験対象エリア全体 (パターン3-a)

実験対象エリア全体について、人感センサによる制御を実施した場合とベンチマークとを比較した結果を図-8に示す。24時間当たりの積算電力量の削減率は、約28%となった。これは、前述したように、エリアE,F,K,Lは書架として利用されており、通行量が極端に少ないため、終日減光する頻度が高く、削減量の大半を占めるためと考えられる。

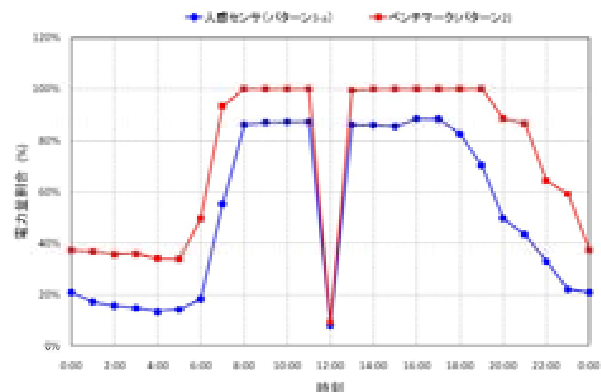


図-8 電力量割合 (エリア全体)

#### 4.2.2 執務占有エリア (パターン3-a)

実験対象エリアから書棚占有部を除いた部分を執務占有エリアとし、この部分の消費電力削減効果を求めた。

図-9に執務占有エリアの電力量割合のグラフを示す。人感センサ制御による積算電力量の削減率は、24時間で15%、就業時間内(8:00~17:00)で5%、就業時間外(0:00~7:00, 18:00~24:00)では28%となった。就業時間内の削減効果は、会

議などにより在席者全員が席を外したことによる。また、就業時間外は在席率が低く、消灯制御の効果が高いことがわかる。

グラフには1点減区分(NW2-1)の在席率<sup>\*1</sup>を合わせて示した。グラフより、在席率が10%を下回ると消費電力量が半減する傾向が見られる。同様の傾向は他の点減区分でも確認された。

天井照明の場合、1人でもエリア内に存在すれば点灯するため、在席率と照明点灯割合との関連性を定量化するのは難しいが、今後も解析を継続し、その関連性を確認していく予定である。

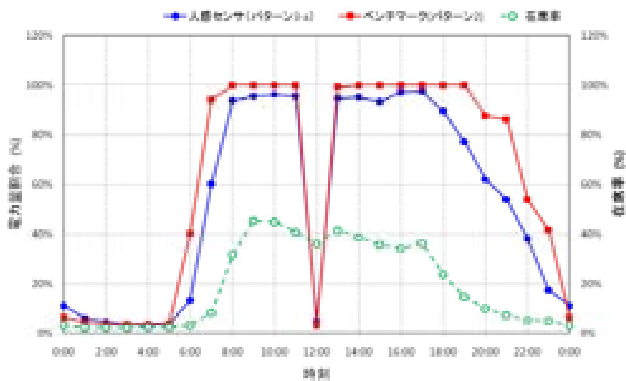


図-9 電力量割合と在席率 (調光率 44%)

#### 4.2.3 執務占有エリア (パターン 3-b)

上記実験直後に実施したアンケート調査では、執務作業中に「明るさのむら」、「明るさの変化」が気になるという意見が寄せられた(§6.参照)。そこで、急速な照度変化を緩和するため、減光時の調光レベルを1つ上げて77%に変更し、かつ切り替え時の時定数を緩やかにした上で、実験(パターン 3-b)を行った。

図-10に電力量割合のグラフを示す。人感センサ制御による積算電力量の削減率は、24時間で14%となり、パターン 3-aとあまり変わらない結果となった。就業時間内(8:00~17:00)で2%、就業時間外(0:00~7:00, 18:00~24:00)では30%

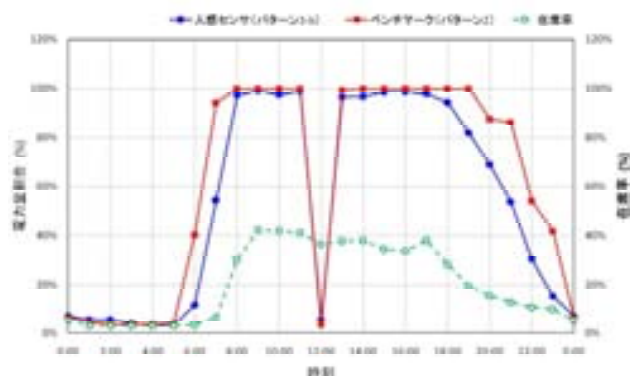


図-10 電力量割合と在席率 (調光率 77%)

となった。グラフから、この期間における在席率が比較的低かったことにより、同様な効果が得られたと考えられるため、在席率がほぼ等しい条件での比較検証を今後の課題とする。

## §5. 一般オフィスビルでの効果試算

実験により得られた執務空間における積算電力量削減率15%を用い、一般オフィスビルへ適用した場合の省エネ効果を求めた。

(財)省エネルギーセンターによる統計<sup>3)</sup>によると、延床面積20,000㎡未満のオフィスビルの消費エネルギー原単位は2,303MJ/㎡年である。さらに、その消費エネルギーの内訳によれば、照明は全体の21.3%を占めるため、照明の年間消費エネルギー量は490.5MJ/㎡年となる。

人感センサ制御による消費電力削減割合を15%とした場合、年間電力削減量およびCO2削減量は、以下の通りとなる。

- ・年間電力削減量 : 20.4kWh/㎡年
  - ・CO2削減量 : 11.3kg-CO2/㎡年
- (CO2排出量算定係数 : 0.555kg-CO2/kWh<sup>4)</sup>)

## §6. 受容性評価 (アンケート結果の考察)

これまで、一般執務室において人感センサを用いた照明制御の活用があまり進んでいなかった理由の一つとして、不在エリアの減光、消灯制御による隣接する執務エリアへの影響があげられる。今回、本実験の被験者を対象としたアンケート調査を実施し、人感センサを用いた照明制御に対する受容性を評価した。

アンケート方法は、被験者35名を対象として、

表-3 執務環境に関するアンケート

総数12名	
質問	回答
1. 着席中にもかかわらず、自席の上の照明が暗くなることはあったか	あった:5人 なかった:6人 無回答:1人
2. 1であったと答えた方は、その頻度は	1時間に1~2回:2人 数時間に1~2回:1人 その他:2人
3. 隣のエリアの蛍光灯の明るさが変わるのには気になるか	気にならない:2人 夜気になる:1人 昼・夜とも気になる:7人 昼気になる:2人
4. 3で気になると答えた方は、その理由は	隣が暗い:4人 机上面の明るさが変わる:5人 その他:3人
5. 夜間、隣のブロックの照明が消えるのには気になるか	気になる:7人 気にならない:5人
6. 5で気になると答えた方は、その理由は	隣が暗い:2人 机上面が暗い:1人 机上面の明るさが変わる:3人 その他:3人
7. ベンチマークと比べて、今回実験の照明制御下での執務環境はいかがか	変わらない:3人 ベンチマークのほうが良い:3人 省エネならばかまわない:3人 その他:3人

電子メールにてアンケート用紙を送付し回収する形式とした。アンケート内容は、執務環境に関する7項目の質問（選択回答式）とその他意見・感想（自由記述式）の構成とした。

アンケート結果を表-3に示す。回答者数は、12名であった。照明制御下における執務環境の評価は、「制御しない場合と変わらない」もしくは、「省エネ目的なら構わない」とする回答が半数を占めた。一方、「明るさのむら」、「明るさの変化」が気になるという回答が多かった。特に減光頻度が高かった書棚エリアに隣接する座席の被験者は、満足度が低い結果となった。また、在席中に減光してしまう現象も確認された。実際の導入に際しては、執務室の動線を考慮した照明計画とし、人感センサの配置および検知エリアの設定についても、十分配慮する必要がある。

## § 7. おわりに

一般執務室において、人感センサを用いた照明制御手法による省エネ効果を実測し、その効果として照明消費電力量の約15%を削減できることを確認した。併せて、執務環境のアンケート調査を実施し、受容性評価および導入にあたっての留意点を確認できた。これらを基に、省エネソリューションの一つと位置付け、中小事務所ビルを中心に案件展開を図っていく。

今後は、更なる省エネが必要となるため、一般執務室へのLED照明の普及が進むと考えられる。LED照明は蛍光灯とは違い、より低い調光率まで制御できるため、照度のモニタリングと連動した、きめ細かな制御が可能となる。快適性を損なわない省エネ制御の実現のため、LED照明および執務環境の各種モニタリング情報と連動とした照明制御に関しても検討を進めていく所存である。

### <注>

※1 在席率は、エリア内の座席数（定員）に対する在席人数の割合とし、人感センサ制御実験期間の平均値を示す。在席人数は、PHS位置情報システムより取得したデータを用いた。

### <参考文献>

- 1) 五十嵐雄哉, 山本裕治: “構内 PHS ネットワークを利用した位置情報システム”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, pp. 1509-1510, 2004
- 2) 小林勝広 他: “PHS 位置情報を活用したビル制御システム”, 電気設備学会全国大会, 2004年9月
- 3) 財団法人省エネルギーセンター: “業務用ビルにおける省エネ推進のてびき 2009”, 2008年12月
- 4) 環境省 HP: 第II編温室効果ガス排出量の算定方法, <http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/manual/chpt2.pdf>, 2009年3月