特集論文

セキュリティと照明設備の省エネルギー連携

桑原直樹* 近藤純司†
小早川浩之** 星野一郎††
安田晃久***

Lighting Control System using Human Location Data for Energy Saving

Naoki Kuwahara, Hiroyuki Kohayakawa, Akihisa Yasuda, Junji Kondo, Ichiro Hoshino

要　旨

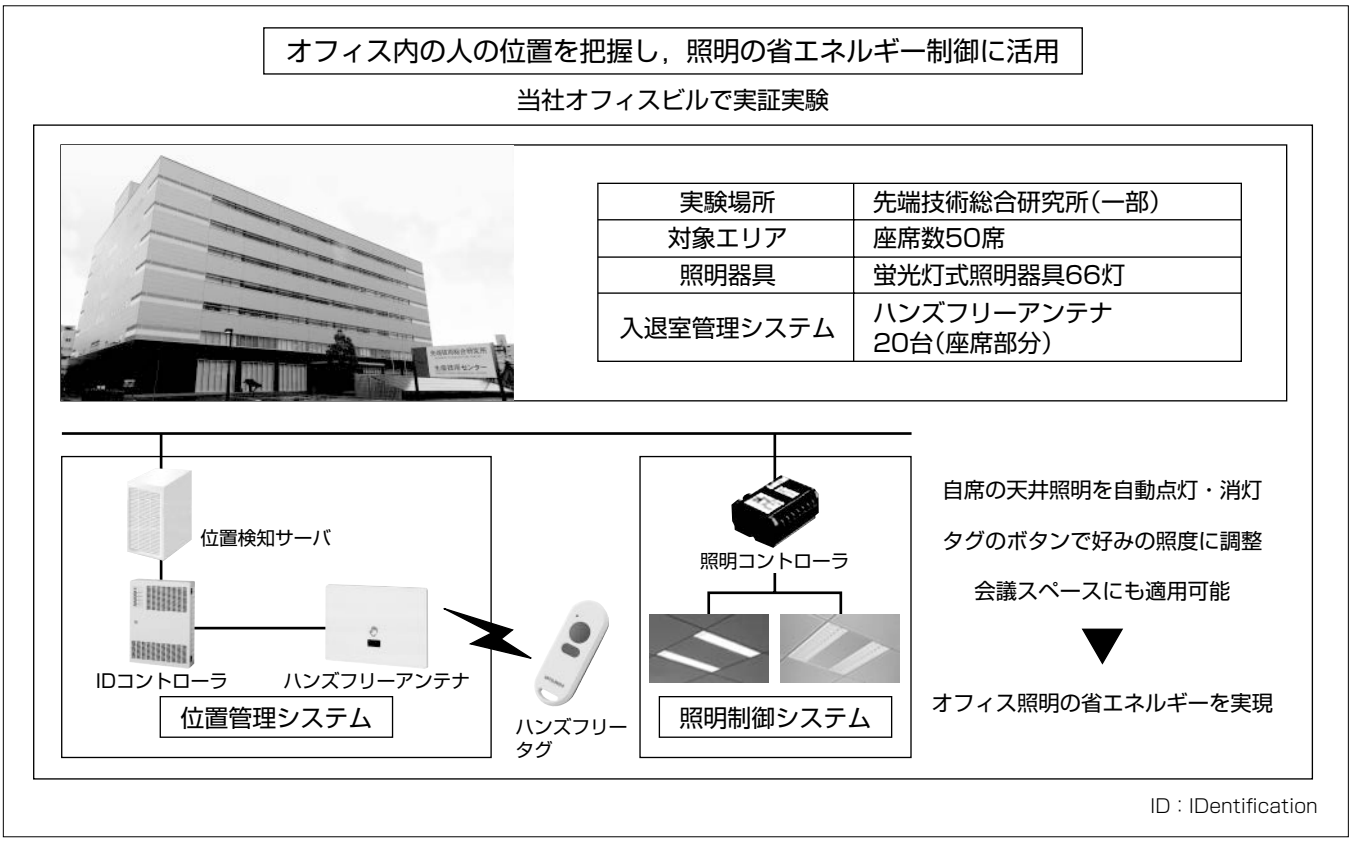
CO_2削減，電力不足への対応が社会的な課題となっている。そのような課題に対し，三菱電機ではセキュリティを核とした，オフィスビルや工場向けの省エネルギーソリューションの提案を行っている。本稿ではその一つであるセキュリティと照明設備との連携システムについて述べる。

当社では，入退室管理システムの通行情報を利用し，入室時に自席周辺の天井照明を点灯し，退室時に消灯することで照明の消費電力を削減する照明制御システムの開発を行っている。このシステムでは，入室後の人の位置がわからないことが課題であり，室内の人の位置を把握することで更なる消費電力の削減が期待できる。

当社のハンズフリー入退室管理システムは，ID認証に無線式タグを用い，タグを持った人がアンテナに近づくだけで認証する。この仕組みを応用し，室内に点在させた，アンテナでタグを捕捉することによって人の位置を把握する位置管理システムを新たに開発し，照明制御システムに適用した。タグを自席付近で検知したときには，照明制御システムが作業用の照度となるよう自席周辺照明を点灯し，それ以外のときは照度を落とすことで消費電力を抑制する。スポット点灯は快適性を損なうため，自席上だけでなく周辺の照明器具も点灯するよう調光制御する。

この照明制御システムを評価するため，当社オフィスビルで実証実験を実施した。その結果，照明の消費電力を54%削減し，快適性も多数のユーザーから不満なしとのアンケート回答を得た。

今後，更なる省エネルギー性能向上に向けた課題に取り組み，このシステムの早期実用化を目指す。



セキュリティと照明設備の省エネルギー連携

入退室管理システムを応用した位置管理システムと照明制御システムとを連携させ，オフィス照明の消費電力量を削減する実証実験を当社オフィスビルで実施した。室内に点在するアンテナが，認証用の無線式タグを検知し，人の位置を管理する。この情報を使って，自席周辺にいるときには自席の天井照明を点灯し，離席時には照度を落とす（退室時には消灯）。

*トータルセキュリティー事業推進部　**環境ファシリティー営業推進部　***情報技術総合研究所　†先端技術総合研究所　††稲沢製作所

1. まえがき

当社では，ビルや工場，公共施設等における顧客の様々な課題に対して，ブランド名“DIGUARD(ディガード)”を冠し，セキュリティを核にしたソリューションの提供を行っている。今回，その一つである，セキュリティと照明設備との省エネルギー連携システムの取組みについて述べる。

近年，省エネ法や東京都条例の改正を背景にオフィスビルにおける省エネルギー対策の重要性が増している。とりわけ，東京電力福島第一原子力発電所の事故以降，電力不足は深刻な社会問題となっており，限られた電力での生産・サービスの維持・向上に向け，オフィスにおける節電対策は喫緊の課題となっている。

節電・省エネルギーへの対策として，LED(Light Emitting Diode)照明やインバータ制御機器等の低消費電力型機器の導入が考えられるが，並行して，無駄な電力消費を減らすことが重要である。そこで当社では，“誰が”“何処に”といった人の位置情報を使って，照明や空調設備における無駄な稼働を抑制し，節電・省エネルギーを図るシステムの開発を行っている。

本稿では，㈱三菱地所設計と共同発案した，照明設備との連携システムについて述べる。まず，ビル内の人の位置を把握する位置管理システムと，位置情報を活用した照明制御システムについて述べ，これらの連携システムに対する実証実験及びその評価結果について述べる。

2. 位置管理システム

ビル内で，人の位置を知ることができれば様々なサービスに活用できる。例えば，本稿で述べる消費電力の削減やセキュリティの強化，サイネージを始めとするロケーションベースサービス(LBS)の提供，災害時の安否確認にも活用できる。これまでも，入退室管理システムでは在室情報としてビル内の人の位置を管理してきたが，部屋の中の人の位置がわからないことが課題であった。当社では，無線式タグを用いたハンズフリー(HF)入退室管理システム[1]が，アンテナに近づくだけでタグを認証することに着目し，室内に点在させたアンテナでタグを捕捉することで人の位置を把握する位置管理システムを新たに開発した(**図1**)。このシステムは入退室用と同じタグを使用するため，ユーザーに新たな負担を強いることなく位置検知が可能である。HF入退室管理システムとの違いを**表1**に示す。入退室管理システムが出入口という“点”で通行を管理するのに対し，位置管理システムでは複数のアンテナに跨(またが)った“面”で管理する点が異なっている。また，位置管理システムの場合には，アンテナで検知できない，又は複数のアンテナで同時検知してしまうといった課題がある。そこで，一定時間以上検知されなければ離席とみなすタイムアウト処理や，複数のアンテナで多重検知した場合に位置を推定する処理等を実装した。

3. 照明制御システム

3.1 位置情報を活用した照明制御システム

ビル内オフィス専用部で，照明の消費電力は40%にも達する[2]ことから，無駄な点灯を減らすことは非常に重要である。しかしながら通常のオフィス照明の場合，天井照明を複数の就業者で共有するため，周囲への配慮などから消灯をためらうケースも少なくない。また，消し忘れる場合もある。このため，人の在／不在に応じてシステムが照明を自動制御することが望ましい。自動制御の例として省電センサを用いたシステムが実用化されているが，センサが人の在／不在を適切に検知できないことも多く，適用場所は共用部に限られる。そこで当社では，入退室管理システムの通行情報を活用し，入室時は自席周辺の天井照明を点灯し，退室時に消灯することで照明の消費電力を削減する照明制御システムの開発を行ってきた[3]。このシステムについては，評価実験で消費電力の削減効果があることが確認され，“三菱ビル設備オープン統合システムFacima BA-system”[4]のオプション機能として製品販売を行っている。今回，室内での人の位置を把握することで消費電力を更に削減することを狙い，入退室管理システムに代えて位置管理システムを適用した。

位置管理システムは，タグがどのアンテナエリア内にあるかを常に管理している。その状況に変化があった場合には，変化があったタグのIDとアンテナの場所を照明制御システムに連絡する。アンテナの場所が入口であった場合(入室の場合)には，自席付近の照明を低照度で点灯する(**図2**)。自席付近のアンテナであった場合には，作業可能な照度となるように自席付近の照明器具を点灯する。また，

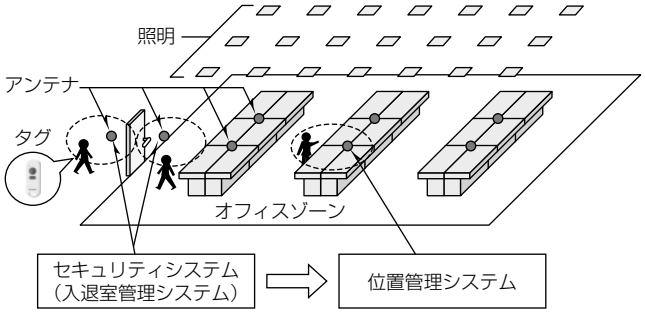


図1．位置管理システム

表1．HF入退室管理システムとの比較

	HF入退室管理システム	位置管理システム
目的／主機能	扉に対する通行管理	ID別の位置管理
アンテナ設置場所	出入口付近	室内に点在
検知漏れ／多重検知対策		タイムアウト処理，位置推定処理，ほか

自席付近以外のアンテナで検知された場合には低照度に落として点灯する(出口にあるアンテナの場合は消灯)。入室時や離席時には，多少の省エネルギー効果を犠牲にしても安全性を重視し，低照度で点灯する。

3.2 調光制御

このシステムでは，机上面照度が目標値となるよう座席周辺の照明器具に対し調光率を設定する。この際，目標の机上面照度を得るために各周辺照明器具に設定する調光率は，座席ごとにシステム導入前に事前計算し，固定パターン化したものを用いる。これは計算リソースの少ない組み込み機器への実装を想定したためである。

続いて，調光率パターンの求め方について述べる(**図3**)。パターンは計算機上でパラメータを変化させ，最適解を求めることで導出する。座席から有効半径内にある照明器具を抽出し，各器具に対する調光率を変えて，机上面照度が目標範囲内に収まるパターンの中から，消費電力が最少となるものを最適なパターンとして採用する。この際，調光率には上限を設けている。これによって，快適性を損なう座席上だけのスポット照明を避けることができ，周辺照明も含めた点灯となる。なお，これらのパターン導出の計算で，照明の消費電力は照明器具の特性カーブと調光率とから，照度については逐点法(点光源の光度から計測対象面積を通過する光束量を求める方法)を用いて計算する。

4. 実験と評価

4.1 実証実験

先に述べた照明制御システムに対する評価のため，関西地区にある当社先端技術総合研究所の事務所棟の一画で実証実験を行った。実験環境諸元を**表2**に示す。照明器具66台，50名で実施し，机上面照度は在席時500ルクス，離席時は200ルクスとした。今回の実験では，エリア内にある一部会議室にもこのシステムを導入した。また，作業に応じて照度調整を可能とするため，タグに付属したボタンで照度変更できるようにした。実証実験システムを**図4**に示す。位置管理システムは，アンテナとコントローラ，位置検知サーバで構成している。位置検知サーバは，タグの位置を管理し，変化があれば照明制御サーバへ伝える役割を持つ。照明制御サーバは，タグの移動に併せて調光制御パターンを選択し，BACnet(注1)通信で照明器具に対するコマンドを発行し調光制御を行う。

(注1) BACnet：インテリジェントビル用ネットワークのための通信プロトコル規格。米国冷暖房空調工業会(ASHRAE)の登録商標である。

4.2 評価結果

4.2.1 消費電力

この実験での調光制御のコマンド履歴から計算した消費電力量推移を**図5**に示す。プロットは1日当たりの推定消費電力量である。参考のため，通常運用(その日の最初の入室時刻から最終の退出時刻まで一律70%の調光率で全照明を点灯)した場合の推定消費電力量も同時に示した。この照明制御アルゴリズムを用いた場合の平均は35.0kWh，通常運用の場合では平均76.5kWhであった。出張や就業時間等，職場環境に応じて人の在／不在状況は変動するため一概に評価することは難しいが，この実験環境では照明の

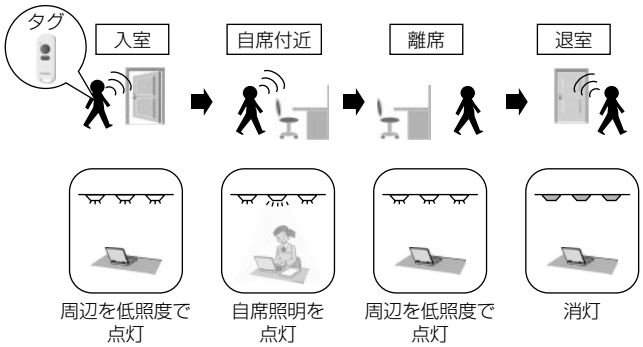


図2．位置管理システムと連携した照明制御

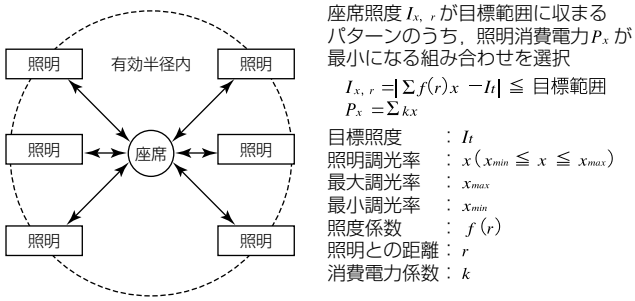


図3．調光率パターンの導出

表2．実験環境諸元

実験期間	2011年7月1日～
ビル形態	オフィスビル
対象座席数	50席＋会議室2室
照明器具数	66台
アンテナ数	20個(座席部分だけ)
業務形態	研究部門
勤務時間	8:30～17:00(残業あり)
照明スケジュール制御	昼休み消灯(12:30～13:00)
目標机上面照度	500ルクス(在席時) 200ルクス(離席時)

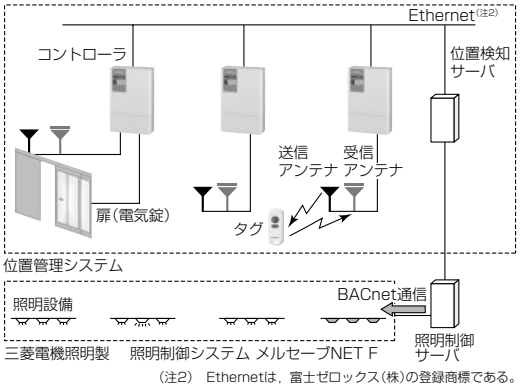


図4．実証実験システム

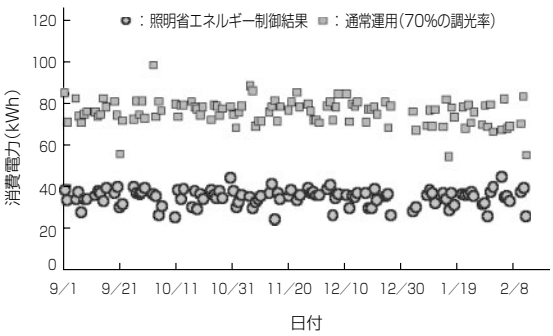


図５．消費電力の比較

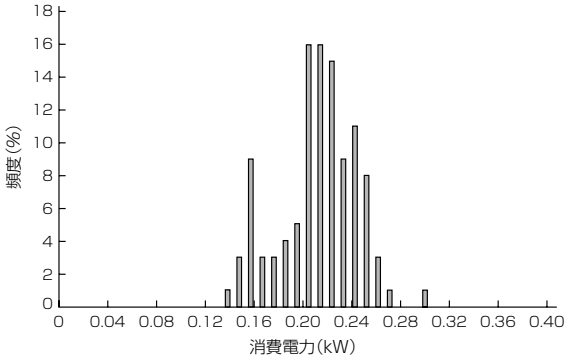


図６．１人当たりの単位時間消費電力の頻度分布

消費電力に対し54%の削減効果があった。

次に，１人当たりの消費電力について考察する。**図６**は，**図５**の１日当たりの消費電力を総在席時間で除した値の頻度分布グラフである。0.21～0.26kWの範囲に全体の75%が集中しており，これが実験環境における１人当たりの単位時間の消費電力量である。この照明制御アルゴリズムでは単位時間当たりの消費電力の変動は少ないと予測されたが，反して，消費電力の低い0.16kWのところにもピークが見られた。これは，在室者の座席が近いなどの理由で効率良く照明設備を使えていたものと推定される。言い換えると，座席配置の工夫などによって，更に消費電力を削減できる可能性があることを示していると考える。

4.2.2　快　適　性

このシステムでは，照明がまばらに点灯するため，快適性についてのユーザーアンケートを実施した。その結果，照度に関しては“特に不満なし”との回答が約80%に達した。照明がまばらに点灯することについては“省エネルギーへの積極貢献”との前向きな意見も多く聞かれた。

4.2.3　机上面照度

調光制御のコマンド履歴から，逐点法を使って各座席の机上面照度を算出した。自席付近に居る際の，机上面照度の時間分布を**表３**に示す。91%が500～750ルクスの間で推移しており，安定して照度を得られていることがわかった。机上面照度は平均642ルクスであり，目標の500ルクスを28%超過した。これは今回の調光制御では固定パターンを用いたため，隣席に対する照明機器の影響を考慮していないことが原因である。これについては，隣席照明の影響を考慮したパターンを準備することで改善できる見通しである。

表３．点灯時の机上面照度の時間分布

照度(lx)	～400	400	500	600	700	800	900	1,000～
時間分布(%)	0	3	20	40	32	6	0	0

5. 今後の課題

今回の実験では，室内の人の位置管理を活用することで照明の消費電力を削減できることがわかった。しかしながら，職場環境によって消費電力の削減幅は変動するため，個々のオフィス環境での削減効果を予測する仕組みが必要である。当社では，効果を事前見積りするシミュレーション技術開発に取り組んでいるとともに，その精度を検証するための実験も進めている[(5)(6)]。

6. む　す　び

無線式タグを用いた位置管理システムと，その省エネルギー応用システムとして照明設備との連携システムについて述べた。今後，このシステムの実用化を目指すとともに，空調設備などへも展開し，ビル全体の消費電力を削減していくことで，省エネルギー社会へ貢献していく所存である。

参 考 文 献

(1) 星野一郎，ほか：ハンズフリー入退室管理システム，三菱電機技報，**86**，No.8，469～472（2012）
(2) オフィスビルのエネルギー消費の特徴，(財)省エネルギーセンター
http://www.eccj.or.jp/office_bldg/01.html
(3) 金子洋介，ほか：入退室管理－照明連携省エネ制御システム，三菱電機技報，**83**，No.9，551～554（2009）
(4) 渡邊啓嗣，ほか：三菱ビル設備オープン統合システム“Facima BA-system”，三菱電機技報，**83**，No.9，547～550（2009）
(5) 「オフィスビル省エネシミュレーション技術」を開発，三菱電機2011年2月16日付ニュースリリース
http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2011/0216-c.html
(6) 「オフィスビル省エネシミュレーション技術」を適用した省エネ実証評価を開始，三菱電機2011年6月30日付ニュースリリース
http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2011/0630-a.html