

# 調光待機移行による省エネルギー型人体センサ付き照明

## Energy-Saving Lighting System with Human Detection Sensor and Dimmed Standby

三枝 浩和\* ・ 菅原 洋\* ・ 加藤 潤一\*\* ・ 笹川 知宏\*\* ・ 山本 真史\*\*  
Hirokazu Saegusa Hiroshi Sugawara Jun-ichi Kato Tomohiro Sasakawa Masafumi Yamamoto

施設バックヤード用の人体センサ付き照明システムにおいて、高出力で高効率な「FHF63 高周波点灯専用形蛍光ランプ」の採用と、従来フル点灯していた人検知後の点灯保持時間内を2分割して、前半は人検知時と同じ明るさで点灯し、後半は調光待機させることにより、明るさが同等の従来品と比較して35%の省エネルギーを実現した。

また、ON/OFFタイプと段階調光タイプとの切替や明るさ切替機能を付加することで、利便性と快適性も向上している。

A lighting system with a human detection sensor designed for a facility's backyard has achieved 35% greater energy conservation compared with the previous product of the same brightness by adopting a high-output high-efficiency FHF63 high-frequency fluorescent lamp with a high-output, high-efficiency characteristic and turning the light on when detecting humans followed by a dimmed standby in the second half of the set lighting time.

The added function of switching between ON/OFF control and stepped dimming, and brightness selection provides increased convenience and comfort.

### 1. ま え が き

1997年12月に第3回気候変動枠組条約締約国会議(COP3)で京都議定書が採択され、地球環境保護への取り組みは国際的な最重要課題の一つとして推進されている。2008年7月にはG8北海道洞爺湖サミットも開催され、世界全体の温室効果ガスの排出量を2050年までに50%削減することで合意され、地球温暖化防止の声がますます高まりつつある。

このような背景のなか、事務所やビルディングで電力消費の30%以上を占める照明用電力を削減しながらも快適な照明環境を実現するため、当社では「セルコン」シリーズと「Wエコ」シリーズを展開してきた。「セルコン」シリーズでは各種センサ技術を活用し、「Wエコ」シリーズでは高出力で高効率な「FHF63 高周波点灯専用形蛍光ランプ」(以下、「G-Hf 蛍光ランプ」と記す)と専用インバータとの組合せにより従来のFHF32 高周波点灯専用形蛍光ランプ(以下、FHF32形と記す)定格出力型の2灯分の光束を1灯で達成することによって、省エネルギーや省資源を図りながら快適な照明環境を実現している。

今回、「G-Hf 蛍光ランプ」、初期照度補正、および人体センサと連動する新たに開発した点灯時動作制御を組み合わせることで、従来FHF32形の人体センサ付き2灯用器具(定格出力型)と比較して35%の省エネルギーが可能な照明システムを実現したので報告する。

### 2. 人体センサ付き照明システムの課題

施設のバックヤード(通路、倉庫、給湯室、リフレッシュルームなど)における照明器具の消忘れ防止のため、人体センサと連動させた自動点滅式の器具が普及している。しかし、点滅が頻繁に繰り返されることによりランプ寿命が短くなる懸念があるため、人検知から非検知に変わった後(以下、人不在時と記す)の点灯保持時間の適切な設定が必要である。この点灯保持時間は、省エネルギーを優先して短くするとランプ点滅が頻繁に発生するため、ある程度長く設定されている。しかし、この点灯保持中の電力消費は無駄となることが多いため、これを改善することが省エネルギー性向上の課題である。

また従来のバックヤード用の人体センサ付き照明器具の制御方式には、人不在時に消灯させるON/OFFタイプと

\* 照明事業本部 施設・屋外照明事業部 Industrial & Exterior Lighting Division, Lighting Manufacturing Business Unit

\*\* 照明事業本部 照明基幹デバイス総合部 Lighting Devices Development & Manufacturing Division, Lighting Manufacturing Business Unit

調光待機させる段調光タイプの2種類あったが、設置後でもこれらの機能を切り替えられるように改善することが課題である。

さらに省エネルギーの観点から、設置後に明るさを切り替えられる機能を搭載することも課題である。

### 3. 点灯制御

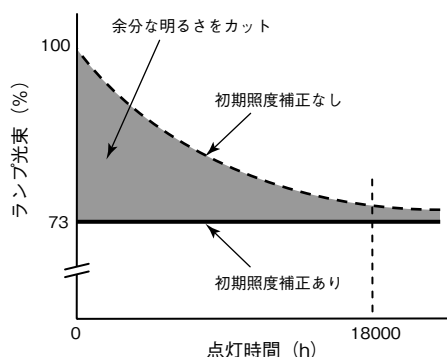
開発する人体センサ付き照明システムの点灯制御の設計コンセプトは次の4点である。

- (1) 初期照度補正機能の付加
- (2) 点灯保持時間の適正化
- (3) 点灯保持時間の動作変更
- (4) 利便性向上のための動作モードの付加

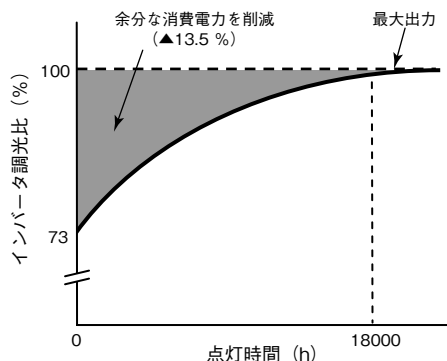
#### 3.1 初期照度補正機能の付加

一般的にランプ光束は図1(a)に示すように点灯時間の経過とともに低下する特性があることから、照明器具はランプの寿命末期(ここでは18000h相当)でも必要照度を確保するため、点灯初期には必要以上の明るさが出ている。したがって、累積点灯時間に応じたランプの調光で余分な明るさをカットすれば、消費電力の削減が可能となる。

そこで、高出力で高効率な「G-Hf 蛍光ランプ」を採用するとともに、この初期照度補正機能を付加する。



(a) ランプ光束減退特性



(b) ランプ供給電力制御特性

図1 初期照度補正による省エネルギー

#### 3.2 点灯保持時間の適正化

人不在時の点灯保持時間を適切に設定することにより、

無駄な電力消費を抑える。点灯保持時間の設定は以下の手順で行う。

- (1) 点灯保持時間と点滅回数の実態調査の実施
- (2) 最適点灯保持時間の設定
- (3) ランプ、インバータの点滅性能の確認

点灯保持時間は、省エネルギー重視で短く設定するとランプ点滅が頻繁となるため、最低でもランプ寿命の低下を招かない程度に長く設定する必要がある。そこで、対象となる施設バックヤードの実態調査を行い、実際の点灯保持時間と点滅回数の関係を確認する。図2に示す結果から、点灯保持時間が3分以上であれば1日の点滅回数と点灯保持時間が比例関係となり、3分未満では点滅回数は急激に増加してランプ寿命の低下を招くおそれがあることがわかる。したがって、点灯保持時間を3分と設定し、この場合の1日の点滅回数は20回となる。

また年間点灯時間を3000時間(250日/年、12時間点灯/日)としてランプ寿命の18000時間を点灯寿命に換算すると、以下の計算から6年相当となる

$$\text{点灯寿命} = 18000 \text{ 時間} \div 3000 \text{ 時間/年} = 6 \text{ 年相当}$$

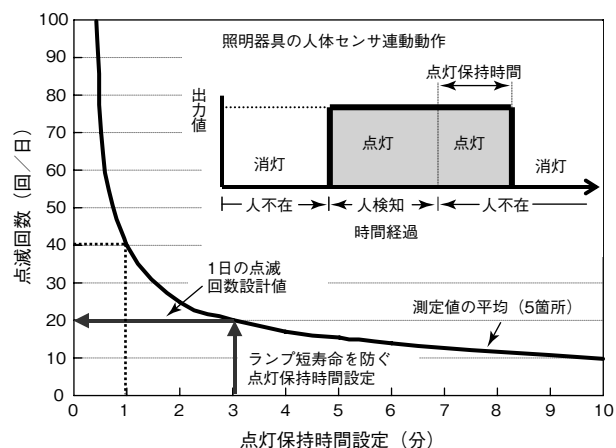


図2 点灯保持時間と点滅回数の実態調査

ランプ寿命の低下を招かない1日当りの点滅回数は20回であることから、点灯寿命の6年に相当する点滅回数は以下の計算から3万回となる。したがって、点滅寿命はこの点滅回数よりも多くする必要がある。

$$\begin{aligned} \text{点滅寿命} &= 20 \text{ 回/日} \times 250 \text{ 日/年} \times 6 \text{ 年相当} \\ &= 3 \text{ 万回} \end{aligned}$$

筆者らは「G-Hf 蛍光ランプ」と専用インバータとの組合せによるランプ点滅寿命を測定し、点滅回数が3万回以上あることを確認している。これにより、点灯保持時間を3分と設定すればランプ寿命の低下を招かないといえる。

### 3.3 点灯保持時間の動作変更

従来品は、点灯保持時間においてランプを通常点灯させていた(図3(a))。開発品では、点灯保持時間を通常点灯させる保持時間Aと調光待機させる保持時間Bに2分割している(図3(b))。

ここで、保持時間Aは人が居るにもかかわらず、調光待機へ移行して視環境を損なわないようにするための点灯保持時間をいい、保持時間Bは保持時間A経過後でランプ寿命の低下を招かないための点灯保持時間をいう。

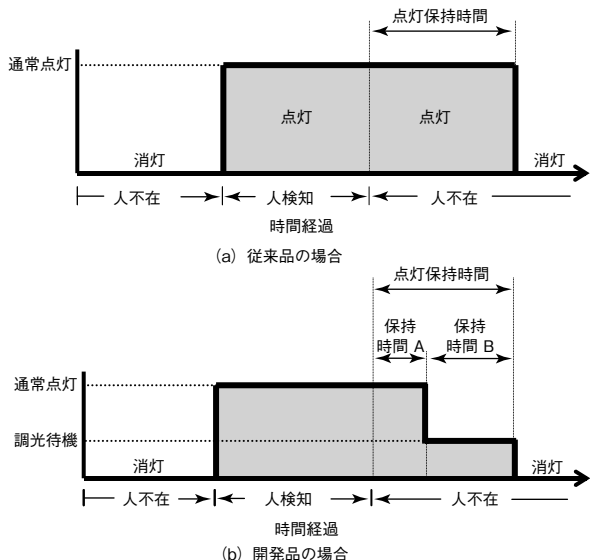


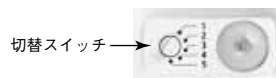
図3 点灯保持時間の役割

保持時間Aは、図2における点滅回数が急増する部分の時間の値から、1分と設定する。この時間は短いほど省エネルギー効果は向上するが、短くし過ぎると人が居るにもかかわらず調光待機へ移行して視環境を損なう可能性があることから、この値は妥当といえる。また保持時間Bは、ランプ寿命の低下を招かないための点灯保持時間3分から保持時間Aを引いた残り時間の2分とする。

### 3.4 利便性向上のための動作モードの付加

開発品は、利用者が器具の設置時および設置後に運用状況に合わせて動作モードを変更できるように切替スイッチを設けている(図4)。

また、設置後に明るさを抑えたいニーズに対し、明るさ切替できるようにしている(設定番号4、5)。



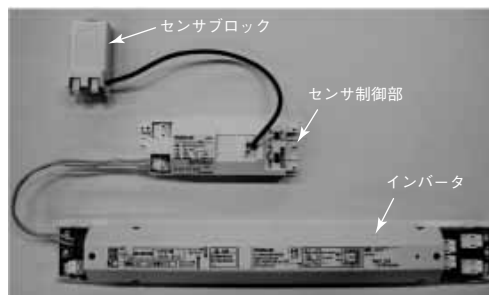
設定番号	明るさ	人不在になってからの動作	
1	明	ON/OFFタイプ	点灯保持(1分)→調光待機(2分)→消灯
2		段調光タイプ	点灯保持(1分)→調光待機
3		センサ切	連続点灯※初期照度補正機能付き
4	暗 明の50%	ON/OFFタイプ	点灯保持(1分)→調光待機(2分)→消灯
5		センサ切	連続点灯※初期照度補正機能付き

図4 五つの動作モード

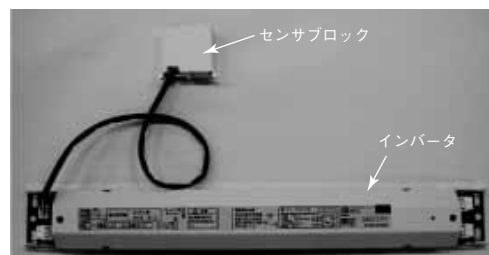
## 4. 開発品の概要と特徴

### 4.1 開発品の概要

従来の人体センサ付き照明システムは、センサブロック、センサ制御部、インバータで構成されている(図5(a))。開発した照明システムは、従来のセンサ制御部をインバータに内蔵されたハイブリッドIC(以下、HICと記す)に取り込むことで、コンパクト化とコストダウンを実現している(図5(b))。また、インバータ側に制御機能をもたせることによってON/OFFタイプと段調光タイプとの切替が可能となり、利便性向上だけでなく品種集約も実現している。



(a) 従来品



(b) 開発品

図5 人体センサ付き照明システムの比較

### 4.2 インバータの基本回路構成

図6に開発したインバータの基本回路構成を示す。基本回路は入力フィルタ回路、チョップ回路、インバータ回路、予熱回路、共振回路、およびこれらを制御する回路とで構成されている。

チョップ回路は商用電源を直流に変換し、入力電流波形

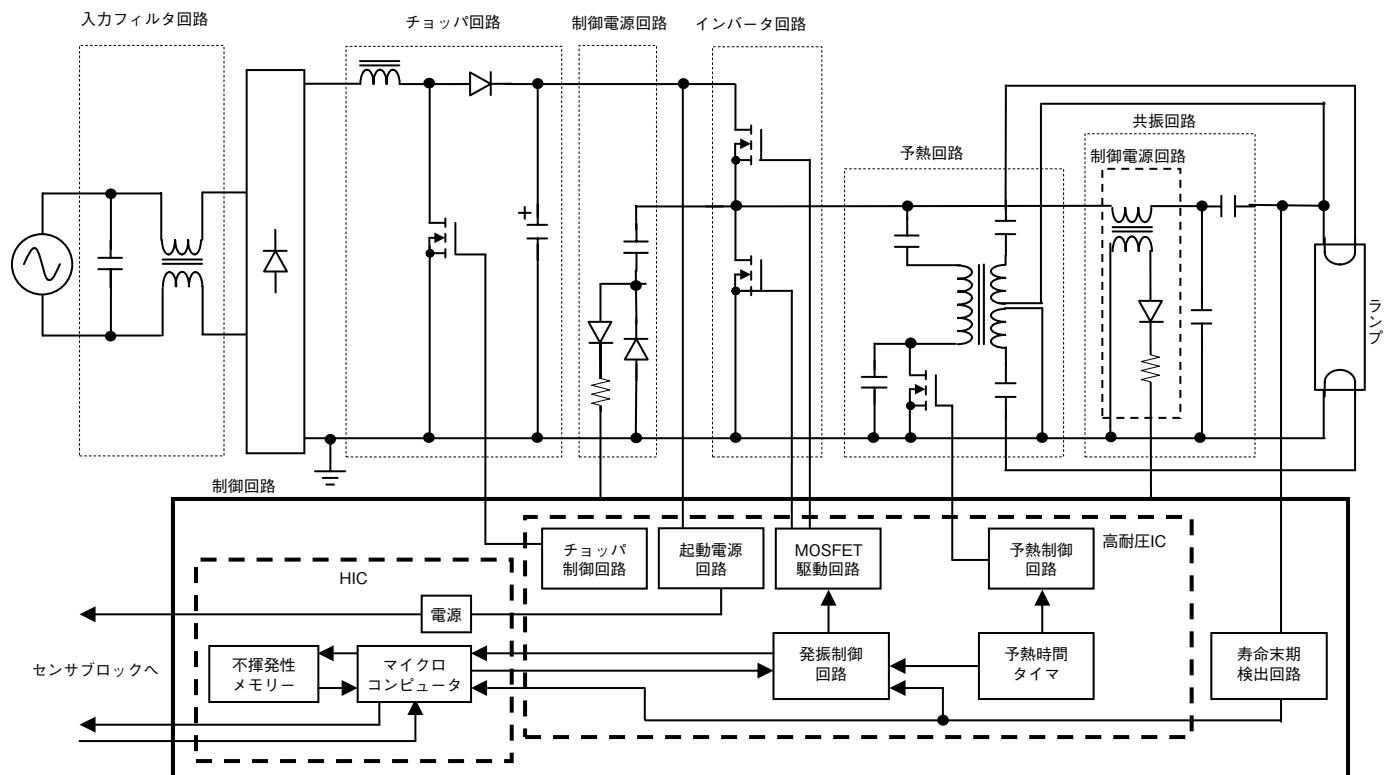


図6 インバータの基本回路図

を正弦波にして高調波の発生を抑制する。

インバータ回路はチョップ回路から出力される直流電圧をスイッチング動作により高周波電圧に変換する。この高周波電圧を共振回路で正弦波状にしてランプに供給し、予熱回路を介してランプのフィラメントに電流を供給する。

制御回路はチョップ回路とインバータ回路のスイッチング制御を行い、規定の明るさとなるようにインバータの出力を調節する。なお、この制御回路はチョップ回路とインバータ回路などの制御を行う高耐圧 IC、および初期照度補正制御と人体センサ付き照明器具としての点灯制御を行う HIC から構成されている。

### 4.3 点灯制御プログラム

初期照度補正機能と人体センサ付き照明器具としての点灯制御機能は、インバータに内蔵されているマイクロコンピュータと不揮発性メモリーから成る HIC で実現されており、その主要機能は以下のとおりである。

(1) 初期照度補正機能 (図 1)

マイクロコンピュータでランプの点灯時間をカウントし、累積点灯時間に応じてインバータ回路の出力を決定する。

(2) 点灯時間の計時、記憶、リセット機能

ランプの累積点灯時間を計時し、消灯前にメモリーに保存する。ランプが寿命になり交換すると自動的に点灯時間をリセットする。

(3) センサ制御機能 (ON/OFF タイプと段調光タイプ)

ランプ消灯時にセンサブロックから人検知信号が入力されるとランプを点灯させる。

また、センサブロックに設けられた切替スイッチに応じて以下の機能を選択できる。

- (a) ON/OFF タイプまたは段調光タイプの選択
- (b) 明るさの明/暗の選択

ランプの光出力を通常時 (FULL) または調光時 (DIM) に制御する。なお、調光時の消費電力は通常時の約半分となる。

- (c) センサ制御機能の入/切の選択

切替スイッチをセンサ切とすることで、電源 ON 時はつねにランプは初期照度補正による点灯状態となる。

### 4.4 センサブロックへの電源供給

センサブロックの電源は接続コネクタから供給される。点灯時はインバータ動作を利用した制御電源回路から電源供給できるが、消灯待機時はインバータが停止しているため電源供給できない。

したがって、消灯待機時は高耐圧 IC 内部の起動電源用回路を使用してセンサブロックへ 5 V 電源を供給している。ただし、高耐圧 IC の起動 MOSFET の消費電力とインバータの待機電力削減を考慮し、消灯待機時はマイクロコンピュータをスリープさせて消費電力を抑えている。

また、人を検知したときに即時点灯させるため、ランプの先行予熱時間を従来品よりも短くしている (図 7)。先

先行予熱時間を短くした分は先行予熱電流を増加させることで、ランプの点滅寿命性能を確保している。

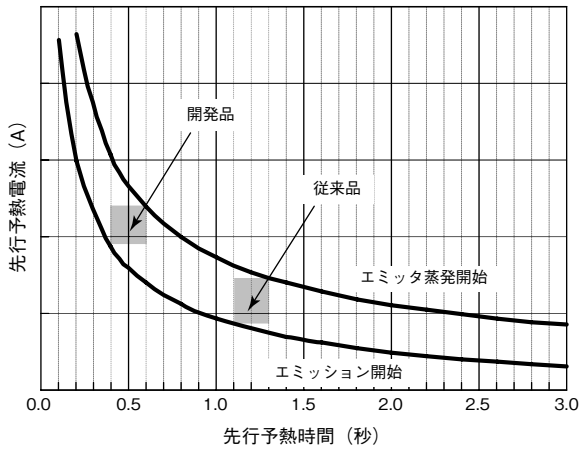


図7 先行予熱電流の設計範囲

#### 4.5 人体センサの検知性能

開発した人体センサ付き照明システムでは、図8に示すように人体センサをランプ近傍に配置している。人体センサには熱線センサを採用しており、ランプの点滅時の熱量変化をこのセンサが検出してしまふと、誤検出による点滅が繰り返される。このような誤動作を防止するため、人体センサはその検知範囲内に熱源となるランプが入らない位置に配置している。

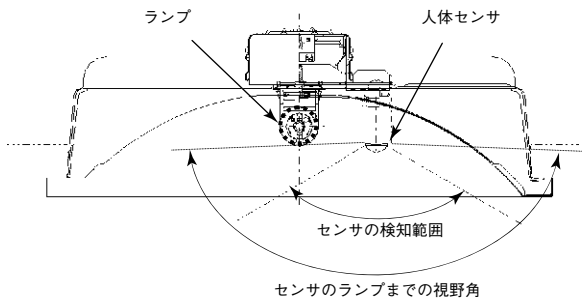


図8 器具断面

その効果を検証するため、器具を施工した状態でランプを点滅させたときの人体センサの信号波形を測定する。人体センサは本来デジタル信号を出力するが、ここでは熱量変化をアナログ電圧で出力するセンサ素子を用いて測定する。

その結果を図9(a)に示す。ランプを点滅させたときの熱量変化がセンサ電圧の閾値を越えると、人が居ると判断する。開発品は、ランプ点滅時でも波形はほとんど変わらず、その影響がほとんどないことがわかる。図9(b)に人体センサの位置を変えて点滅時の熱量変化を検知する場合の波形を示す。

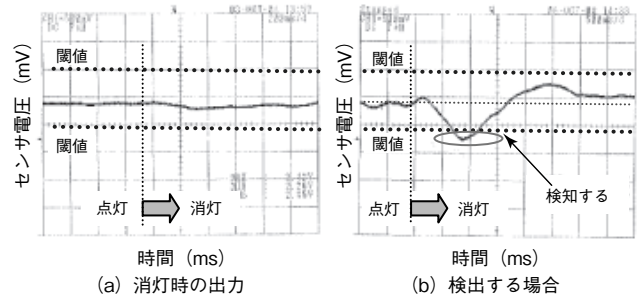


図9 ランプ点滅時のセンサ出力

#### 4.6 開発効果

従来品 (FHF32形, 定格出力型, 2灯用) と開発品 (「G-Hf 蛍光ランプ」, 定格出力型, 1灯用) とで同等の明るさで消費電力を比較した結果を図10に示す。

従来品の平均消費電力は,

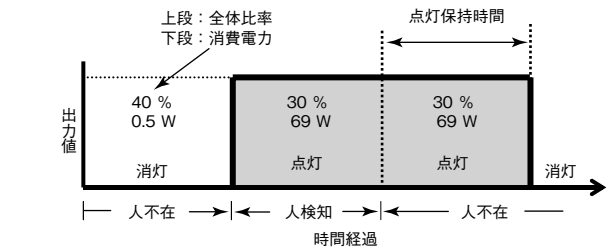
$$\{69 \text{ W} \times (0.3 + 0.3)\} + (0.5 \text{ W} \times 0.4) = 41.6 \text{ W}$$

開発品の平均消費電力は,

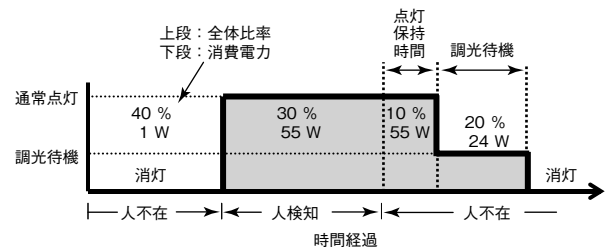
$$\{55 \text{ W} \times (0.3 + 0.1)\} + (24 \text{ W} \times 0.2) + (1 \text{ W} \times 0.4) = 27.2 \text{ W}$$

この結果から開発品の省エネルギー効果は35%であることがわかる。

また、ON/OFFタイプと段調光タイプとのモード切替機能や、明るさ切替機能を付加することで、利便性も大幅に向上している。



(a) 従来品の場合



(b) 開発品の場合

図10 消費電力の比較

## 5. あとがき

施設バックヤード用の人体センサ付き照明システムにおいて、高出力で高効率な「G-Hf 蛍光ランプ」の採用と、従来フル点灯していた人検知後の点灯保持時間内を2分割して、前半は人検知時と同じ明るさで点灯し、後半は調光

待機させることにより、明るさが同等の従来品と比較して35%の省エネルギーを実現した。

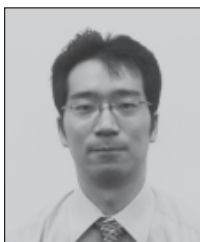
また、ON/OFFタイプと段調光タイプとの切替や明るさ切替機能を付加することで、利便性と快適性も向上した。

今後、より一層の省エネルギーや省資源を図りながら、さらに快適な照明環境を提供することで、環境負荷の低減に貢献していきたいと考えている。

#### \*参考文献

- 1) 植田 桂介, 光安 啓, 斉藤 清, 東 亨, 真鍋 由雄, 上田 隆: 環境配慮型次世代照明器具システム, 松下電工技報, Vol. 55, No. 3, p. 29-36 (2007)
- 2) 五島 成夫, 松田 真二, 斉藤 清, 山本 一雄: 「NaPiOn」センサ内蔵照明器具「シンプルセルコンNタイプ」の開発, 松下電工技報, No. 68, p. 80-85 (1999)

#### ◆執筆者紹介



三枝 浩和  
施設・屋外照明事業部



菅原 洋  
施設・屋外照明事業部



加藤 潤一  
照明基幹デバイス総合部



笹川 知宏  
照明基幹デバイス総合部



山本 真史  
照明基幹デバイス総合部