

センサー付照明の導入による街路照明の効率的あり方に関する研究

Performance evaluation of illumination environment of urban street with sensor-controlled lighting

窪田陽一^{1*}、深堀清隆²、高橋靖³、松村明子⁴

Yoichi Kubota¹, Kiyotaka Fukahori², Osamu Takahashi³, Meiko Matsumura⁴

^{1,2,3} 埼玉大学大学院理工学研究科環境制御工学専攻

Department of Environmental Science and Human Engineering, Saitama University

⁴ 東電設計株式会社

Tokyo Electric Power Service Co. Ltd.

Abstract

Introducing sensor-controlled lighting is one of the effective measures to save energy consumption. Although this is often used in internal spaces of the building, there are few cases utilized for urban street. This study aims to clarify the effect of sensor lighting on the energy consumption and psychological effect on pedestrians. The result of psychological experiment implies most of the alternatives with sensor-control are not preferred due to the lack of brightness. However, some alternatives with both sensor-control and not controlled lighting are equivalent level of three psychological factors to the alternatives with not controlled lighting and they consume less energy. In addition, the result of factor analysis provides the information to control the design elements of lighting apparatus in order to balance the psychological requirements of pedestrians and energy saving.

1. はじめに

近年、都市街路空間の夜間の光環境を整備する上で、周辺住民、動植物、天文観測などに対する光害や、省エネルギーへの対応が問われてきている。一方、人感センサーによる照明の制御は、大規模オフィスなどでは導入が進みつつあり大幅な省エネルギー効果が期待されている。又、門柱灯やポーチ灯などに人感センサーが組み込まれるケースがあるが、これは電気料金の節約以外に防犯性の向上といった効果も得られる。このようなセンサー照明を街

路照明に適用した場合にも同様に省エネルギーや防犯性の効果が期待されるが、本研究はセンサー照明の設置要因を様々に変化させた場合に得られるこれらの効果を定量的に評価することを目的とする。しかし、照明とセンサーの配置や制御の仕方によっては、歩行者の移動に応じて光環境が大きく変化することが想定されるため、現行の基準との整合性や光環境の動的変化が歩行者に与える心理的影響など新たに生じる問題点への検討が必要である。

これらの問題を検討するには視覚的検証を行うために実際にこういった施設をつくり、多くのパターンを用いた実験を行うという方法があるが、センサーによる光制御の方式を様々に変化させてその効果を検討するのは困難である。そこで、本研究で

* 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255
電話：048-858-3551 FAX：048-858-9197
Email：y1kubota@post.saitama-u.ac.jp

は3次元コンピュータグラフィクス(3DCG)を利用することで、様々な制御要因の効果を再現し問題点の評価を行う。

センサー照明を導入した街路空間の物理的条件は、センサーと照明の配置や制御の仕方を考慮した様々なモデルとして表現される。本研究では、3DCGでこれらのモデルを作成し、①照度分布や各視点における輝度分布の測定、②視覚評価実験による歩行者の心理的反応の計測、③各設計条件下での消費エネルギーの算出を行う。その結果から各モデルの比較を行うことで光環境性能を評価し、望ましいセンサー照明形態を模索する。

2. センサー照明の導入による利点と問題点

本研究で考えるセンサー照明とは、街路に人感センサーを連続的に配置し、利用者の通行にあわせて街路照明を調光制御するというものである。人感センサーには大きく分けて、自らが発した赤外線を読み取るアクティブ方式と、周辺の温度分布の変化を読み取るパッシブ方式の2つがあるが、後者は比較的検知範囲も広く、温度差の小さいものは検知しないため、街路に用いるのに適していると考えられる。

街路に導入した場合の利点としては、

- ①省エネルギーがはかれる
 - ②光害が軽減できる
 - ③防犯性の向上が見込まれる
 - ④出会い頭の事故防止が見込まれる
- 等が考えられ、問題点としては
- ①静止していると検知されない
 - ②検知・非検知の判断しかできない(移動方向の判断ができない為、前方のみの制御は不可能)
 - ③検知範囲の形状が扇形(Fig. 1)であり配置に配慮が必要である
 - ④一般的にセンサー1個当たりの検知範囲が照明1灯当たりの照明範囲よりも狭いため照明柱以外へのセンサーの配置を必要とする場合も考えられる。
 - ⑤センサーによる制御に適したランプ(点滅・調光

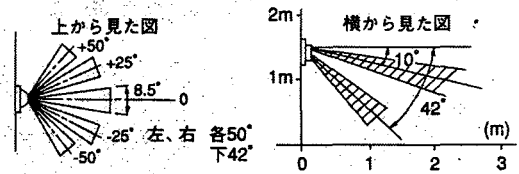


Fig.1 一般的なパッシブセンサーの検知範囲
(出典; TOSHIBA; 東芝配線器具インターホン 2001)

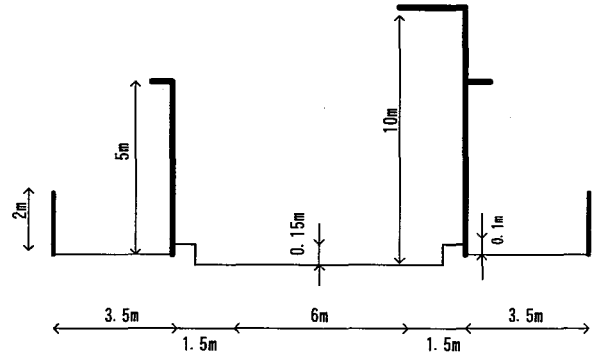


Fig.2 モデル街路の横断構成

Table 1 モデル一覧

No	制御形式	光束量			制御距離
		常時	非検知時	検知時	
		lm			m
1	全て センサ 制御	—	2500	5000	10
2		—	2500	5000	20
3		—	1250	5000	10
4		—	1250	5000	20
5		—	1250	2500	10
6		—	1250	2500	20
7	常時点灯 + センサ 制御	5000	2500	5000	10
8		5000	1250	5000	10
9		5000	1250	2500	10
10		2500	2500	5000	10
11		2500	1250	5000	10
12		2500	1250	2500	10
13		1250	1250	5000	10
14		1250	1250	2500	10
15	常時点灯	5000	—	—	—
16		2500	—	—	—
17		1250	—	—	—

に対応できる)が少ない、等が挙げられる。

3. 視覚評価実験

3.1 評価モデルの作成

評価モデルの横断構成は、都市部補助幹線道路の標準横断構成*1を用いた(Fig. 2)。本研究で考える歩道照明は、道路照明施設設置基準*2を参考にし、高さ5m、間隔10mとした。Autodesk VIZ4でセンサー照明の制御形式・光束量・制御距離の異なる街路モデルを3次元CGで作成した。また、比較のため

にセンサーを用いず常時点灯するモデルも含め計17のモデルを作成した (Table 1)。

3.2 視覚評価実験方法

センサー付照明が連続的に配置された街路を通過すると、その照明環境は、通行者の動きにあわせて変化していく。従って、従来の基準のように路面の平均照度といった数値での評価は出

来ない。そこで、本研究では作成したモデル中を歩行者が通過するアニメーションを作成し、これをプロジェクトで被験者に提示しある歩行区間での総合的な評価の計測を試みる。心理尺度として明るさ感、対面歩行者の視認性、歩行の快適性を設定し、歩行者が重視すると思われる空間性能を代表させることとする。センサー制御による照明環境の変化に対する知覚の尺度化にはサーストンの一対比較法を適用し、作成した評価モデルの映像を2つずつ提示して、被験者による優劣の判断を統計的に処理することで3つの心理尺度ついでの間隔尺度を得た。

3.3 実験結果

制御形式別に尺度値の分布状況を見ると、センサー制御のものがどの尺度においても全体的に低い数値を示す結果となった (Fig. 3)。このことから、一般的にはセンサー照明の街路への導入は心理的抵抗感があることがわかる。これは歩行者が空間に対する安心感を得るため比較的距離のある前方にまである程度の光量を求めること、センサー制御によって光が変動することが歩行中の落ち着きのなさを感じさせるなどの原因が考えられる。

しかし、モデルごとの総光束量を求め、それぞれの心理尺度値との関係を試みると、センサー照明のこれらの問題を補う意味でセンサー照明と常時点灯を混合した一部のモデルにおいては、センサー

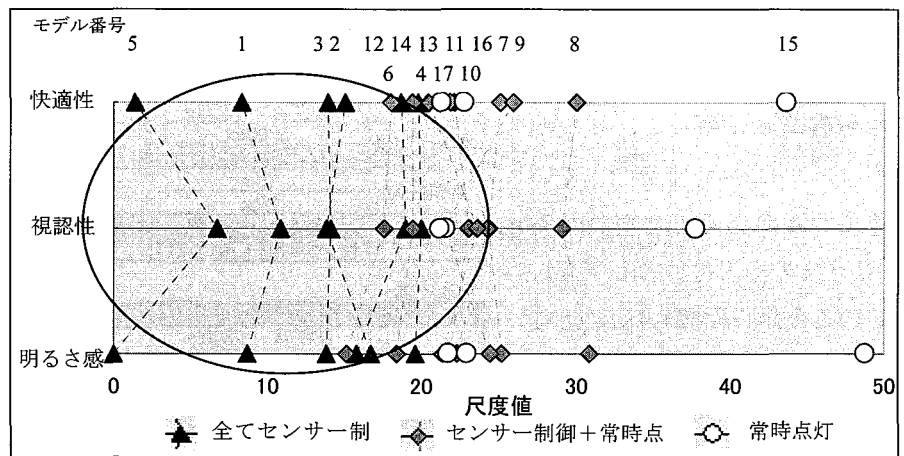


Fig. 3 制御形式別尺度値分布

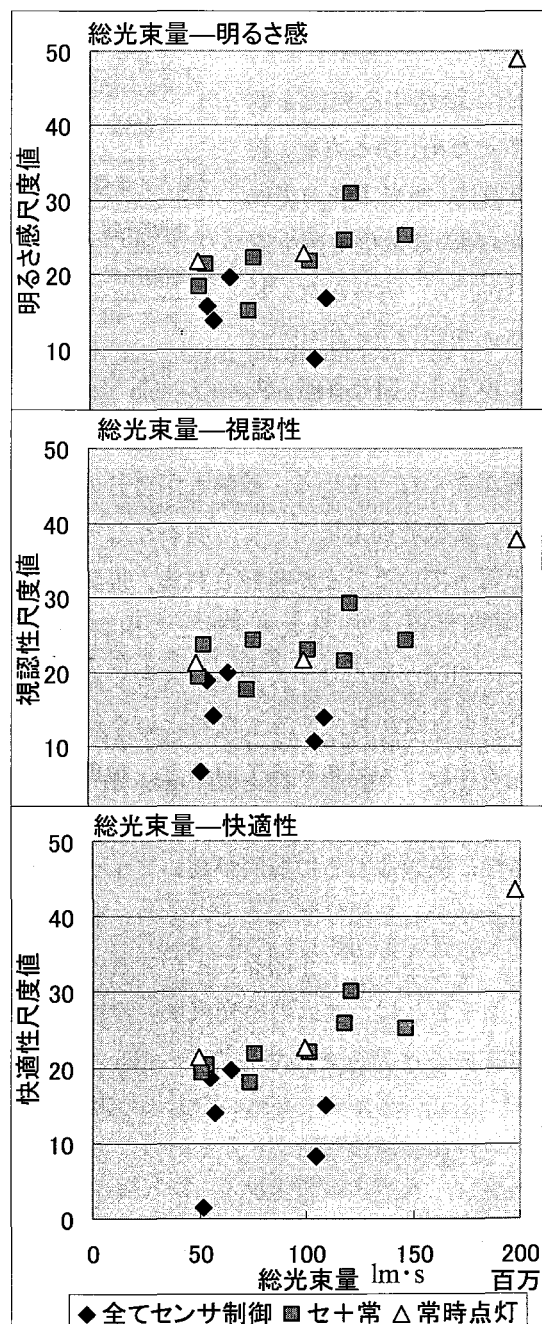


Fig. 4 総光束量 (16人/時) と心理尺度値の関係

を用いない常時点灯のモデルよりも総光束量が少ない、すなわち省エネルギーでありながら、比較的高い評価を受けているモデルがあることがわかる (Fig. 4 の楕円付近のモデル)。

このことから、制御方法によっては、利用者の心理に悪影響を与えずに、エネルギー効率の高いセンサー照明を導入することが可能であることがわかる。

続いてセンサー照明において各評価に影響する要因を明らかにするため、明るさ感、視認性、快適性、総光束量を従属変数とし、林の数量化Ⅰ類を適用した (Fig. 5)。明るさ感、対面歩行者の視認性、快適性について見てみると、明るさ感、快適性では、ほぼ制御距離、制御方式、最大光束数の順に相関が高くなっている。被験者が自分の直前だけでなく、比較的前方まで、より明るくなっていると感じていることが確認される。視認性においては、他者に比べて、最大光束数との相関が低く、変動幅との相関が高くなっており、大きく変動した方が、対面歩行者が見えやすくなるという傾向がみられる。総光束量の結果をみてみると、制御距離と制御形式の相関が低くなっている。これらは明るさ感、視認性、快適性ともに相関が高いアイテムであり、このアイテムを操作することにより、照明環境を確保し、省エネルギーを図ることができる。これに対応するモデルは、前述の総光束量一尺度値の関係で優れていると見込まれたものと一致している。

4. 結論と課題

街路空間へのセンサー照明の導入は消費電力を抑制する上で効果があることが確認されたが、同時



Fig. 5 制御要因が評価尺度に及ぼす影響 (林の数量化Ⅰ類による分析)

に明るさ感や歩行の快適性といった心理的尺度において問題があることが判明した。またセンサー照明と通常の照明を組み合わせることはこの問題を緩和するのにある程度の効果は期待できる。心理尺度を高めるには、歩行者の前方視野とくに非検知状態の空間における明るさを確保する必要がある。省エネルギーを保ちつつこれを実現するには、段階的に調光するなどより肌理の細かい制御法が必要であり、その効果を定量的に導くことが今後の課題である。また、輝度等の物理的な評価と併せ、現行の照明基準との関係や、動的に変動する光環境を規定するのに相応しい新しい照明基準についての検討も重要である。

参考文献

- [1] 新谷洋二編：“都市交通計画”，技報堂出版，1993
- [2] 社団法人日本道路協会編：“道路照明施設設置基準・同解説”，丸善，1980