

# 歩道におけるセンサー照明の調光形態が 明るさ感に及ぼす評価分析

山口 剛志<sup>1</sup>・窪田 陽一<sup>2</sup>・深堀 清隆<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 埼玉大学大学院理工学研究科博士前期課程環境制御工学専攻  
(〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255, E-mail:05KH017@post.saitama-u.ac.jp)

<sup>2</sup>正会員 工博 埼玉大学大学院理工学研究科環境制御工学専攻  
(〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255, E-mail:y1kubota@env.gse.saitama-u.ac.jp)

<sup>3</sup>正会員 博士(学術) 埼玉大学大学院理工学研究科環境制御工学専攻  
(〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255, E-mail:fukahori@post.saitama-u.ac.jp)

最近では、省エネルギーの観点から時間帯によって光源の出力を抑えることを目的とした人感センサーによって制御された照明が普及しつつある。しかし、これらの照明技術は屋内での利用がほとんどであり、街路空間に導入されている例は少ない。そこで本研究では街路空間において人感センサーによって制御された光環境の変化が利用者にも与える影響を3DCGによるアニメーションを用いた通行疑似体験を利用して調べた。その結果、利用者は光源の出力の変化が大きいものを明るいと感じ、その変化の仕方についても瞬間的に変化するものが明るいと評価している。また、制御された光源が利用者から遠すぎても効果的ではなく、効率よく明るさの評価を得ているものは変動する光源と利用者との距離が20(m)のものとなった。

**キーワード:** センサー照明, 明るさ感, 視認性, 光の変化

## 1. 研究の背景

近年、街路照明を整備する上で、器具のデザイン性や消費エネルギーに加え、光害への対応が問われるようになってきている。光害とは、自然界の動植物や人間の諸活動への障害となる人工照明による光の害であり、不必要な範囲、方向への漏れ光が問題となる。平成10年3月には環境庁より、「光害対策ガイドライン～良好な照明環境のために～」<sup>1)</sup>が策定、発行され、関心が高まっている。今後、多くの自治体による制度的な施策も展開されると考えられる。

また、照明空間に対する光源からの放射される光の量が削減されれば、更なる光害の軽減となることは明白である。また、直接的に省エネルギーにもつながる。そのため、街路の利用状況に合わせて照明状態を変化させるセンサー制御による街路照明が有効であると考えられる。本研究では、近年センサー照明についての研究を行っている。高橋らの研究<sup>2),3)</sup>によれば、センサー制御された街路照明の導入に対していくつかの条件の下で評価実験を行っている。本研究ではこれらの研究を基礎として、評価に与える要因をより明確にすることを目的としている。そのため、光源の出力方法や変化する光源の距離などの条件に着目している。

## 2. 研究の目的

街路照明に人感センサーによる制御を導入し、人が通行していないときに、減光・消灯することを考える。センサー制御された街路の照明環境は、減光・消灯のレベル、点灯のタイミングなど制御の方法によって様々であり、また、人間の通行によって時間的に変化する。

本研究では、この照明環境を利用者がどのように感じ、どのような制御方法が利用者にとって快適なのかを探ることを目的とする。

## 3. センサー制御の特徴

### (1) センサー制御導入の利点

#### a) 省エネルギー

センサー自体の消費エネルギーは小さく、利用者のいない時間帯では必要とされない街灯の電力を大幅に削減することが可能である。

#### b) 光害の軽減

「光害対策ガイドライン」で示されている対策に加えて、センサー導入により空間に放射される光の量を削減することができることから、より根本的な光害の軽減対

策になる。

#### c) 防犯性の向上

センサーを導入することによって、検知された範囲では周囲に比べて明るくなることから、比較的遠くからでも人の存在に気がつくことができる。また、検知される側についても自分の存在が検知されているという心理的効果から、防犯性が向上するものと考えられる。

#### d) 出会い頭の事故防止

人を検知した街灯は周囲より明るく点灯することから、比較の見通しのきかない交差点などでは交差点進入歩行者を視認するよりも先に、その存在を認識することができる。これにより歩行者に対して注意が向き、事故防止につながることを期待される。

### (2) センサー制御導入の問題点

#### a) 静止した状態だと検知されない

検知されてからある一定時間経過すると、被検知者が静止した状態であるとセンサーに認識されず、センサーと連動した街灯の光源が減光したり、消灯したりする。

#### b) 検知・非検知の判断のみ

センサーには検知・非検知の判断のみで、被検知者の進行方向を認識することができないために利用者の進行方向に対応するようにセンサーを制御しようとする隣接したほかのセンサーと連動させなければ困難である。また、この制御方法では複数の利用者存在する場合は難しいと考えられる。

#### c) 一般的なセンサーの検知範囲が扇形

センサーによる検知範囲に空白を無くそうとする場合、センサーの配置は千鳥配列のような状態になり、道路の両端に設置することになる。また片側に配列しようとする場合、重なり合う部分が多くなり、無駄が増える。

#### d) センサーの検知範囲は照明範囲より狭い

街灯からの光はその光源から遠く離れた場所からでも見ることができるが、現在のセンサーではそこまで遠くのものまでは検知されにくい。つまり、人感センサーを灯具そのものに取り付けて利用することは困難である。

## 4. 評価モデルの設定

歩行者にとっての街路照明の性能は主に路面の平均照度で評価されている。しかし、センサー照明を導入した街路では異なった出力値の街路照明が同一空間に存在することや光環境が時間的に変化していることから、路面の平均照度では街路照明の評価を行うことは適していない。そのために、路面の平均照度で規定されている基準との比較検討も難しいと思われる。

そこで本研究では、既存の基準との整合より、センサー照明が導入された街路を通行した際に歩行者がみる映像によって評価を行うものとする。

センサー照明の性能評価を考えるにあたり、本研究では3次元コンピュータグラフィックス（以下3DCG）を用いるものとした。センサー照明の導入された街路は、制御の仕方、配置などによって様々なモデルが考えられ、実際にセンサー制御の街路を建設し、様々なモデルを検証することは難しいと考えられる。3DCGを用いることで様々なモデルを作成することが可能であり、歩行者の視線での評価映像を作り出すことも可能である。

### (1) 街路横断構成

モデル空間の街路として都市部補助幹線道路として標準横断構成<sup>4)</sup>が車道部は左右の路肩を含めて9(m)として、歩道部分に3.5(m)ずつの計16(m)とした。縁石の高さは15(cm)で歩道の高さは5(cm)のセミフラット形式<sup>5)</sup>としている。

### (2) 照明器具の配置・ランプの出力

照明器具の配置は道路照明施設設置基準<sup>6)</sup>を参考に照明器具の配置とランプの出力を設定した。ランプの明るさは光源から放出される光束(Im)によって決定される。光束は同じW数でもランプの性能によって異なった値になってしまう。光源の性能は日々進化していることから、本研究では特定のランプとするのではなく、照明の出力は光束で設定するものとする。

#### a) 車道照明

補助幹線道路の幅員Wは6(m)となっており、照明の取付け高さは幅員の1.1倍ないし1.7倍以上となっている。本研究では10(m)と設定し、1灯あたりの光源の光束F(Im)を求めるには以下の式を用いる。

$$\frac{F}{S} = \frac{WKL}{NUM}$$

補助幹線道路の場合、灯具の配列は片側配列または千鳥配列とされている。本研究では、片側配列として、配列による係数Nは1.0、灯具の間隔Sは幅員の3.5倍以下であるので20(m)と設定した。平均照度換算係数K( lx/cd/m<sup>2</sup>) はアスファルト路面の場合15となっている。基準輝度L(cd/m<sup>2</sup>) となっているのは補助幹線道路の場合0.7、照明率Uは0.3となっている。保守率Mは0.7としていることから、1灯当たりの光束Fを6000(Im) と設定した。

#### b) 歩道照明

幅員は補助幹線道路の標準横断構成から3.5(m)となっており、灯具の配列は片側配列とした。灯具光源の設置高さは現在利用されている防犯灯などの高さを考慮して5(m)と設定した。灯具の間隔は10(m)とし、光源の出力

表-1 人感センサーによって制御された光源の出力形式

形態番号	調光形態	光束			制御距離
		常時点灯	非検知時	検知時	
		lm			m
1	常時点灯	1250	-	-	-
2		2500	-	-	-
3		3750	-	-	-
4	センサ-制御(瞬間)	-	0	2500	20
5		-	0	2500	30
6		-	1250	2500	10
7		-	1250	2500	20
8		-	1250	2500	30
9		-	1250	3750	10
10		-	1250	3750	20
11		-	1250	3750	30
12		-	2500	3750	10
13		-	2500	3750	20
14		-	2500	3750	30
15		センサ-制御(変動)	-	0	2500
16	-		1250	2500	20
17	-		1250	3750	20
18	-	2500	3750	20	

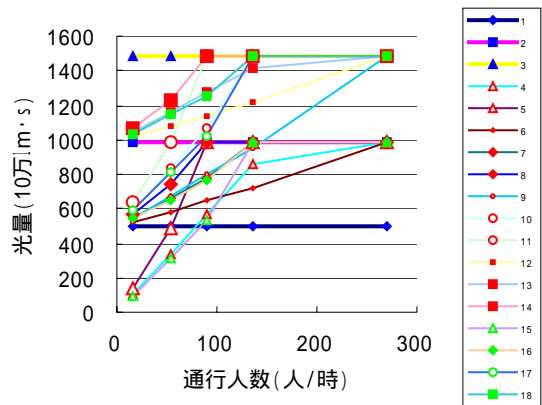


図-1 各形態の通行人数の変化による消費エネルギーの変化

表-2 歩行者のための屋外公共照明基準 (照明学会推奨照度)

場所の分類		推奨照度(lx)
使用状況	周囲の明るさ	水平面照度
夜間の使用が大	明るい	20
	中程度	15
	暗い	10
夜間の使用が中	明るい	10
	中程度	7.5
	暗い	5
夜間の使用が小	明るい	7.5
	中程度	5
	暗い	3
階段 急なスロープ	明るい	20
	中程度	15
	暗い	10

形式は人感センサーによって制御するものとする。利用者を人感センサーが検知し、歩道照明が点灯した場合の出力値を検知時出力とし、利用者がいない状態で減光または消灯している出力値を非検知時出力とする。この出力は3段階に設定しており、組み合わせによって評価に与える要因が非検知時の環境なのか、検知時の環境なのか、または光の変化量が関係するのを確認できるように設定している。利用者を検知した際にその存在にตอบสนองする照明器具までの距離を制御距離とする。また、光環境の変化が利用者にどのような影響を及ぼすのかを調べるために光の変化に利用者の検知とともに光の強さが変化する「瞬間」と歩行者を感知して3秒かけて光が強くなる「変動」を設けた。その一覧を表で示す(表-1)。そして、比較検討するために常時点灯のモデルを作成した。常時点灯のモデルの路面のソフト内の計算した平均照度は出力値が3750(lm)のときは18.40(lx)となり、2500(lm)のときが13.54(lx)。そして、1250(lm)のときが10.64(lx)となっている。これは現行の基準(表-2)の各段

階に合わせたものである。

### 5. 3DCG画像の設定

先に述べた条件を設定した街路をCG制作ソフトを用いて作成した。構成要素の材質について本実験で重要な材質は、「反射率」「鏡面反射光レベル」「光沢」である。ソフト付属のテクスチャから、この表の値から大きく外れないものを選んでモデル空間を作り出す。周辺環境は一般化を考え、両端に高さ1(m)の花壇と1(m)の生垣を設置した。花壇の側面にはスケール感を持たせるためにレンガのテクスチャを用いる。また、実際の街路での利用を考えて、対面歩行者の見易さを評価するものとして前方から近づいてくる身長約170(cm)の人体モデルを設定した。

### 6. アニメーション画像の設定

センサー付街灯が連続的に配置されたところを通過するとき、その照明環境は歩行者の通行の状態によって変化を起こす。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を行うことは難しい。そこで本研究では作成したモデルの中を通過するアニメーションを作成し、これを被験者に提示する方法で視覚評価実験を行うこととした。

作成した3DCGの中に通行する歩行者の目線にカメラを設置し、そのカメラを移動させることで街路空間のアニメーションを作成し、被験者に通行疑似体験を行ってもらう。このとき、カメラの高さは歩行利用者の身長を考

慮に入れて、路面から1.5(m)の高さに設定した。位置は歩道中央とし、カメラの移動速度は1.5(m/s)とした。この条件で移動時間を20秒間として30(m)の通行疑似体験用アニメーションを作った。また、映像は1秒間に30枚の画像で構成されている。

## 7.各評価モデルの消費エネルギー

センサー照明の大きな利点として重要な項目である消費エネルギーを算定する。センサー照明を導入した街路は通行量によって消費エネルギーが変わるため、通行人数別に算出した。

消費エネルギーはW数と点灯時間によって決まるが、ランプの性能によって同じW数であっても明るさが異なる場合があるために、モデルのランプ出力と同様にW数ではなく、光束(lm)を用いて、この光束と点灯時間をもって消費エネルギー(lm・s)に代用する。この値をグラフ化したものが図-1である。図中にある凡例の番号は表-1に示された各調光形態の番号である。

## 8.通行疑似体験の評価実験

人感センサーで制御された街灯が連続的に配置されたところを通過するとき、その照明環境は歩行者の通行の状態によって変化を起こす。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を行うことは難しい。そこで本研究では作成したモデルの中を通過するアニメーションを作成した。利用者によって変化する光環境の評価は被験者に3DCGによって作成されたアニメーション画像を提示する方法で視覚評価実験を行うことにした。利用者によって変化する光環境には視覚評価が重要であると考えられる。また、様々な制御形態を評価してもらい、利用者によどのような影響をあたえるかを明らかにすることが目的である。

センサー制御による照明環境の変化の尺度化には一対比較法を用いた。アニメーション映像を2つずつ提示し、「明るさ感」「(対面歩行者の)見易さ」「光の変化」について優劣を判断してもらった。

### (1) アニメーションの提示方法

プロジェクターを用いて、スクリーンにアニメーション画像を投影して被験者に評価をしてもらう。映像評価をしてもらう際に、夜間街路での状態と同様にするために暗順応の時間を10分間設けた。人が光を見たときに明るさを感じるのはその見たものの輝度で決定される。そ

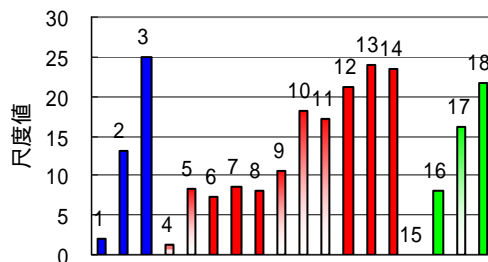


図-2 「明るさ感」尺度値(番号は表-1の形態番号を示す)

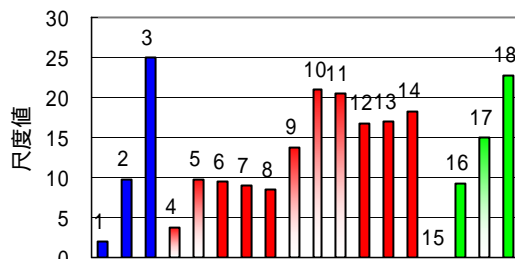


図-3 「見易さ」尺度値

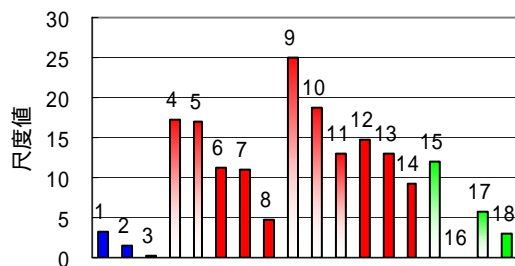


図-4 「光の変化」尺度値

こでスクリーンに投影される映像はCGソフト内で求めた輝度と一致するように調整を行った。

### (2) 実験方法

作成した評価モデルごとに20秒のアニメーションを作成し、2つずつ提示する。全てのモデルに対して総当りの一対比較を行う。約35分間のビデオにした評価映像を作成し、休憩を挟んで2パターンずつ評価してもらう。評価映像ごとに適当な評価がされているかを検討するために全てのパターンについて同じ映像の組み合わせを混入した。この組み合わせに対して被験者には認識されないようにしてある。実験についての事前説明の際に映像が人感センサーによって制御された街路であり、光環境が変化すること、必ず対面歩行者が来ることを説明する。また、評価についての誤解のないように説明を行う。実験手順は、映像を2つ見てもらい、その後で10秒間の回

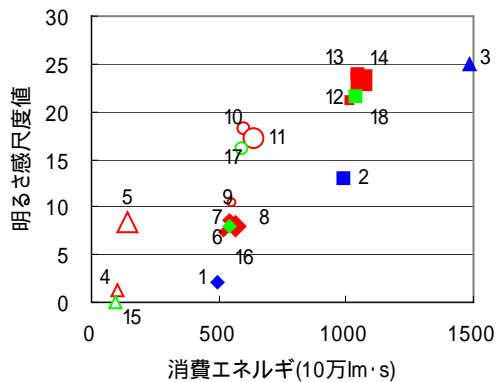


図-5 「明るさ感」と消費エネルギーの関係

答時間の間に3つの質問に答えてもらう。質問は、2つ1組の映像で、はじめに見た映像が後に見た映像よりも明るいのか、対面歩行者は見易いか、光の変化に気がつくかの3つである。回答は か×でももらい、同程度は無しとしている。

## 9. 評価実験の結果

被験者によって得られた回答結果から、「明るさ感」、「(対面歩行者の)見易さ」、街路の「光の変化」それぞれの尺度値を求める。評価モデルごとに一対比較をおこなっているため、回答結果から勝敗表を作成する。その勝敗表から被験者人数の21人で割り、確率に変換する。この確率が正規分布するとして考え、モデルごとの尺度値を算出する。この結果を見易くするために評価項目ごとにグラフ化したのが図-2, 3, 4である。グラフ内の数字は各評価モデルの形態番号である(表-1参照)。

これをみると「明るさ感」と「見易さ」は同じような傾向となる。これにより、この「明るさ感」と「見易さ」の間には相関関係が存在すると考えられる。通行疑似体験による評価の際、被験者から対面歩行者までの路面が明るければ、対面歩行者に対して十分、認知することができる。それに対して、この空間が暗ければ対面歩行者を十分に捉えることができず、そのことが「明るさ感」への影響があると考えられる。それと比較して「光の変化」の項目では、他の2項目とは明らかに違うグラフの分布になっている。「明るさ感」「見易さ」の尺度値は光源の出力の増加に伴って大きくなっているのに対して、「光の変化」の尺度値は出力の増加に対して大きくなってはいえない。これは、「光の変化」が他の評価項目である「明るさ感」「見易さ」とは影響される要因が異なると考えられる。

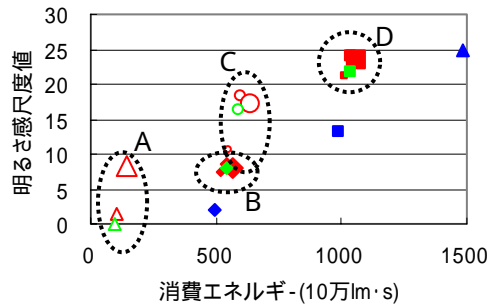


図-6-(a) 「明るさ感」と消費エネルギーの関係

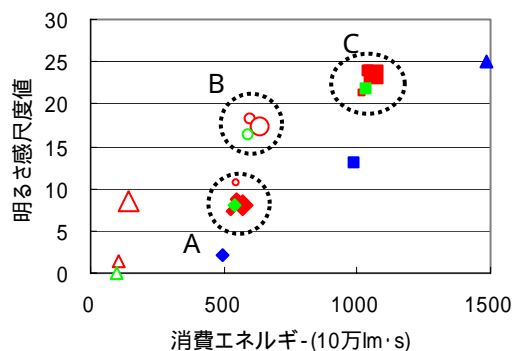


図-6-(b) 「明るさ感」と消費エネルギーの関係

## 10. 評価実験の考察

各評価モデルでは実験結果から街路の評価の中心となる評価項目である「明るさ感」と消費エネルギーの関係について考えていく。以後、1時間当たりの街路利用者が16人の場合を使って考察する。

### (1) 「明るさ感」と消費エネルギー

まず、消費エネルギーと「明るさ感」の関係をみるために、横軸を消費エネルギー、縦軸を明るさ感尺度値としてグラフ化する(図-5)。このとき、グラフ内の数字は表-1の形態番号に対応している。また、グラフ内で左にいくほど消費エネルギーは小さく、上にいくほど評価が高くなる。そのため、グラフ内で左上にあるが効率のよい調光形態ということがいえる。調光形態の決定要因である、制御距離、光源の出力について考察する。

#### a) 制御距離の違い

図-6-(a)の破線で囲まれたA, B, C, Dは制御距離が違うだけで他の条件は同じである。各々破線の中をみていくと、左右へのずれがあまりみられない。つまり、制御距離はこの場合消費エネルギーに影響を与えないことになる。しかし、制御距離を長くすると利用者が多くなった場合、常時点灯と差がない状態になりやすいの

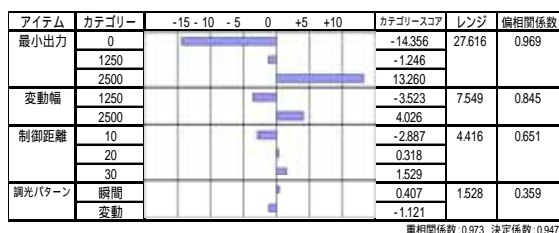


図-7 「明るさ感」と各アイテムの関係

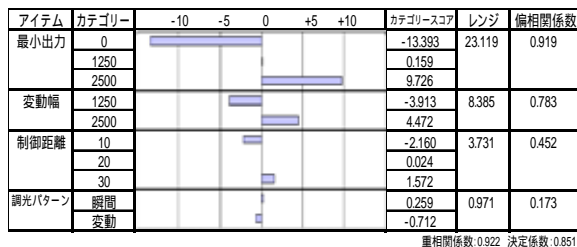


図-8 「見易さ」と各アイテムの関係

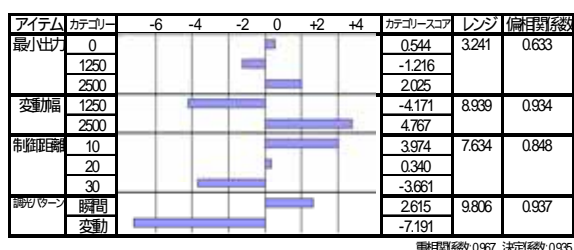


図-9 「光の変化」と各アイテムの関係

でその点に注意が必要である。また、破線で囲まれた中には上下にバラつきの大きいA, Cがみられるがこれは、変動幅が大きいものほどはっきりと出ている。つまり、変動幅が大きい場合、制御距離によって明るさ感の評価が大きく変わることを意味している。また、このときの評価の変わり方で、制御距離が10(m)から20(m)に変わったほうが10(m)から30(m)に変わったときよりもより評価の上がり方が急激なので20(m)の制御距離のものが最も効率が良いと考えられる。

b) 出力の違い

図-6-(b)の破線で囲まれたものはA, Bが非検知時の出力が等しく, B, Cは検知時の出力が等しい。このとき, AとBでは評価が大幅に上がるのに対してBとCでは消費エネルギーの増加に対する評価の向上が見られなかった。このことから, 非検知時の出力を抑えて, その分のエネルギーを検知時に利用した方が省エネ効果も期待でき, より明るさの評価も上昇すると考えられる。

(2) 林の数量化 類による影響要因の考察

「明るさ感」「見易さ」において最小出力の影響は大きいものになっている。最小出力が0, つまり歩道照明が点灯していない場合, 被験者は歩道空間を「暗い」「対面歩行者が見難い」と判断していると考えられる。

また, この調光形態の場合, 車道を挟んで反対側の歩道照明も点灯していないので他の制御方法に比べてより暗いと判断されるものと考えられる。つまり, 利用者がいない状況で歩道照明が完全に消灯している場合では通行者はあまりの暗さに快適性を損なうと考えられる。そのために完全消灯は有効な制御方法とはいえない。出力の光束が検知時と非検知時とで差がある場合, 全ての評価項目でその評価を上げる要因となっている。つまり, 人が明るさの変化が大きいと感じるほど明るくなったと錯覚すると考えられる。このことから変動幅を大きくすることは有効な制御方法であるといえる。また, 通行者が少ない街路の場合, 検知時の最大出力を大きくしても, 利用者が少ないことを考慮するとエネルギーの消費には直結せず, 省エネ効果も期待でき, かつ利用者に快適な街路空間を提供できるものと考えられる。また, 変動が大きいと点滅による不快感が利用者に生じると考えられるが, 既存研究<sup>3)</sup>におけるアンケートでは問題視されていない。次に, 制御距離についてだが, 各評価項目のうち「光の変化」を除いて制御距離が長くなっている方が評価を上げる要因となっている。しかしながら, 制御距離を長くすることは通行者があまり多くなくても街路照明を常時点灯と同じ状態にしてしまうことになり, センサー制御された照明としての利点がなくなってしまう。そのために, 制御距離を長くとした制御方法にするときは通行者が少ない街路で行うことが必要である。また, 光源のつきかたでも利用者には影響を与える光の変化に対して時間をかけて最大出力になる制御方法(調光パターン: 変動)では利用者に気づかれないで光を変化させることができる。しかし, この制御方法での省エネ効果はあまり期待することはできず, 評価を下げやすいことから一般街路への導入は難しいと考える。

(3) 制御距離による消費エネルギーへの影響

図-1から制御距離30(m)では90(人/時), 20(m)では135(人/時), 10(m)では270(人/時)で常時点灯と差が生じなくなる。これにより, 交通量によっては消費エネルギーが逆転する制御方法もある。このことから, センサー制御を導入する際には導入箇所の利用状況についての調査が不可欠となる。

1 1. 評価実験のまとめ

以上のことなどから評価を高める要因として考えられることは, 検知時の出力を大きくすることと変動幅を大きくすることである。また, 可能な限り, 非検知時の街路空間を明るくすることが同じ変動幅, つまり同じ消費

表-3 新たに提案するセンサー制御照明と従来の照明形式の比較

	出力 (lm)		間隔 (m)		光源高さ (m)		均斉度
	制御	補助	制御	補助	制御	補助	
A	2000		10		1.0		0.61
B	2000		10		0.5		0.41
C	2000	1250	10	20	1.0	1.5	0.67
従来照明	3750		10		5.0		0.89

エネルギーの増加で評価をさらに高くする要因であると考えられる。また、光環境の変化を大きくすることで人を実際よりも明るくなったと判断させることが可能である。そのためにも、光の強さが瞬間で変化する制御方法が有効であると考えられる。またこの人感センサーによる制御方法は歩道の利用頻度に大きく影響を受ける。そのために交通量の変化に応じた設定変更がより容易であることが重要であると考えられる。

## 1.2. 歩道へのセンサー照明の導入提案

本研究で求められた歩道空間での照明の特性を考慮に入れたセンサー制御照明のデザインを新たに提案したいと考える。従来の照明方法では、照明による均斉度を上げるために照明光源の設置高さを上げて街路全体の明るさの向上を図っている。本研究の結果を見ると被験者は遠くまで見渡せるほうが明るいと感じているものの制御距離の増加に対して、評価はそれほど大きく変化しているとはいえない。それは、被験者が街路の明るさ感を評価する際に、明るく照らされている部分（路面や壁面）の見かけの面積に注目していると考えられる。つまり、歩行者は従来の照明方法のように照明の高さを高くして街路空間に光を満たすことより、歩行する際に視線方向の光環境が明るいことを望んでいると考えられる。そこで新たに提案する照明方法として従来よく見られる高さ5(m)程度の歩道照明のものよりも低く設定し、出力を抑えることで消費エネルギーの抑制と歩行に必要な光環境を実現することを目的とする。右図に示す画像は本研究で用いた街路空間のモデルに新たに提案する照明方法と従来の照明方法のCG画像である。なおこれらの画像は印刷用に画像処理を行っている。図-13は現在街路に使われている照明器具をモデルとして表現したもので、歩道照明1つ当たりの光束は3750(lm)で、光源の高さは5(m)である。新たに提案する照明方法は照明1つ当たりの光束が従来の出力に比べて30%以上の削減を行っている。照明の高さを従来のものが路上から約5(m)に設定しているのに対して、今回提案した照明器具は路上約1mの高さに

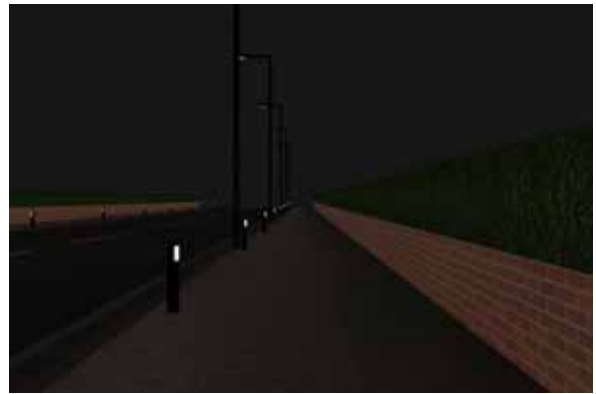


図-10 CG 画像 A (歩道の左側がセンサー照明)



図-11 CG 画像 B (歩道の右側がセンサー照明)

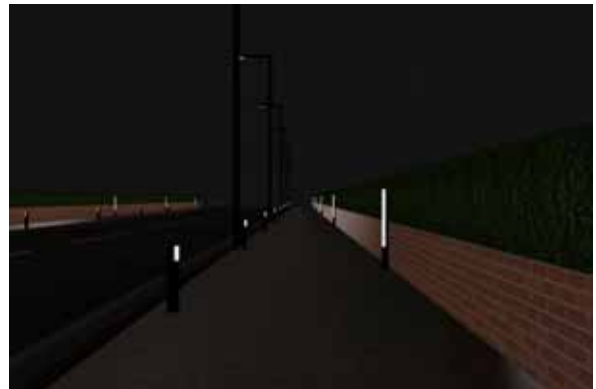


図-12 CG 画像 C (歩道の左側がセンサー照明、右側が補助照明)



図-13 従来の照明方法

光源の位置を設定している。車道側に制御照明を設置する場合、自動車の利用者に対して低く設定された光源部分が直接視界に入らないように照明器具の配光を歩道方向になるように器具自体の設定を行っている。図-13は従来の照明方法のCG画像である。車道を含めた街路の明るさは歩道照明の光が車道側に関係しているために従来の照明方法のほうが優れていると考えることもできる。しかし、歩道空間に着目した場合、新たに提案した照明方法は歩行利用者にとって必要な空間を十分に照らしていると考えられる。CG画像A, B, Cはすべての条件で路面平均照度は15(lx)を上回っており、歩行者のための屋外公共照明基準(表-2)における利用頻度が大きい空間にも対応できると考えられる。また、従来のセンサー制御照明の場合利用者に対して「暗い」「点灯するタイミングがわかりにくい」などの問題点<sup>3)</sup>を含んでいた。その問題が生じる原因として従来の照明方法にセンサー照明を取り入れたためと考えられる。つまり、センサー制御に適した照明方法を行っていないことに問題があると考えられる。今回提案した照明方法はこれらのことを考慮に入れている。照明光源の位置を低くすることで歩行利用者にとって最も重要な路面の状態を明るくすることが可能となった。また、歩行利用者がいない状態であっても照明の光源の出力をすべて抑えるのではなく、ある程度の出力を行う。こうすることによって利用者がある場合、点灯する照明器具が事前に把握することができ、照明が点灯する際にも視線方向の照明の明るさが変化することによって街路への注意を削ぐことなく、安全性も保たれる。

#### (1)新たに提案した照明方法の利点

- 照明光源の高さを低くすることで出力を抑えても路面の明るさを確保できる。
- 利用者が必要と感じている場所のみを照らしている。
- 街路に光の斑ができることで、そこにリズムが生じて歩行が楽しくなる。
- 街路に使用される照明器具のコストが従来のものよりも安価になる。

#### (2)新たに提案した照明方法の問題点

- 均斉度が低下することで街路の障害物の早期発見の妨げになる。
- 照明光源が低くなることで自動車利用者と光源の距離が近くなる。そのため変化する光源に運転中に注意が向く可能性がある。
- 歩道照明の光源が利用者に近いために照明の発光体が視界に入り、グレアが生じる。
- 光源が低いために対面歩行者の表情を読み取れない。

#### (3)対策

以上のことが利点、問題点として挙げるができる。照明光源の高さを低くすることで照明光源の出力を抑えることができる代わりに光の斑が生じる。問題となるのはこの光の斑によって利用者にとって歩行に必要な障害物の早期発見を妨げる恐れがある。そこで、対策として従来の照明方法ではない「補助照明」を用いることで問題を解決することができると思う。補助照明の目的とその役割は以下のようにまとめられる。

- センサー制御照明のみで生じる光の斑の軽減。
- 人感センサーの非検知範囲の点灯。
- 利用者がいない状態での街路空間の光環境の維持。

人感センサー制御の照明と補助照明を組み合わせた照明環境は図-12のようになっている。このときに光源で消費されているエネルギーであるが、街路照明をセンサー制御とする最大の利点である省エネ効果を考慮に入れる必要がある。図-13で示した従来の照明方法による街路照明の消費エネルギーとの差は新たに提案する照明方法の最大の消費エネルギー時で約20%の削減が可能であり、利用者がいない場合では制御照明の出力を半分に落とすとしたとすると50%の削減ができる。また、補助照明の器具は鉛直面の照射を考慮した配光を想定すれば、対面歩行者の表情を読み取るのに十分な照度を確保できるものと考えられる。またこの場合、グレアについては問題にならない程度のレベルであると考えられる。このような照明形態であれば消費エネルギーを抑え、歩行利用者にとって快適な照明環境が提供できると考える。

#### 参考文献

- 1) 環境庁：光害対策ガイドライン～良好な照明環境のために～, 1997
- 2) Fukahori,K., Kubota,Y., Matsumura,M. and Takahashi,O.: Evaluation of Lighting Environment of Street with Sensor-controlled Lighting, *Proceedings of the 6TH International Symposium for Environment-behavior Studies*, pp.259-266, 2004
- 3) 高橋靖, 窪田陽一, 深堀清隆, 松村明子: センサ照明を導入した街路の光環境特性, 21世紀総合研究機構プロジェクト研究発表会ポスターセッション, 2003
- 4) 新谷洋二: 都市交通計画, 技報堂出版, 2003
- 5) 建設省: 重点整備地区における移動円滑化のために必要な道路の構造に関する基準, 1999
- 6) 社団法人 日本道路協会: 道路照明施設設置基準・同解説, 1980