

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：12101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656300

研究課題名(和文) 居住環境の防犯・防災・交通安全のための統合型夜間照明に関する研究

研究課題名(英文) Study on integrated night lighting for crime prevention, disaster prevention and traffic safety in residential areas

研究代表者

金 利昭 (KIN, TOSHIAKI)

茨城大学・工学部・教授

研究者番号：40205050

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 690,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、防犯・防災・交通安全の三者を統合した夜間照明の計測技術と夜間照明システムを提案することを目指したものである。まず、現在の夜間照明の問題点として、住宅団地における多くの生活道路は照明基準を上回らないこと等を明らかにした。次に、中間照明を取り入れた新しい照明システムを提案し、実験によって照度と視認性が改善されることを確認した。最後に、現在の照度計・輝度計を代替するデジカメ「明るさ」計測システムの開発を試みたが、カメラ機器に内蔵されているメーカー独自の明るさ計測システムが秘匿となっていることなどにより、利用可能性を予想するにとどまった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to clarify the relationship of visibility and illuminance in residential areas. For this purpose, firstly the survey of illuminance and installation of street lighting situation is carried out, secondly the experiment on the visibility and illuminance was carried out. As a result, the following findings were obtained. (1) Even in a good living environment, the illuminance is below the lighting standard. (2) There are places with low illuminance and places with high illuminance, so the uniformity is not achieved in all areas. (3) Even more than the lighting standard, there are places where visibility is not ensured. Based on these findings, we think that it is necessary to review the evaluation methods of street lighting and lighting standard including a review of the measurement technique.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学 ・ 土木計画学・交通工学

キーワード：街路照明 光環境 照度 照明基準 視認性 防犯 交通安全 住宅地

1. 研究開始当初の背景

夜間照明は日常的に防犯と交通安全の両面から極めて重要である。加えて緊急災害時の避難や救援活動でも夜間照明の不備が危機を左右する。しかし現実の多くの道路、特に住宅団地の生活道路では夜間照明の本数自体が少ないために暗く、安全・安心なまちづくりにとって大きな課題となっている。

これまでの筆者らの防犯研究によって、街路照明や防犯灯の照度値は交通量と地域区分のみで設置基準が定められているために明るさの評価尺度としては曖昧であり、異なった管理者による整備の不整合など管理運用面は脆弱であることがわかっている。交通安全面では、2008年の道路交通法改正により自転車が原則車道走行となったが、高齢者や子供の利用が多い自転車や歩行と自動車では通行帯や速度が一致せず、夜間照明の主目的が自動車交通流を対象としていることから、結果として夜間における交通事故を発生させる原因となっていることが推測される。

近年では蛍光灯よりも長寿命で経済的なLED照明への転換が進められている。LED照明は指向性が強くグレアや照射範囲が狭いことなどにより設置する場所に注意する必要があるが、2011年に追加されたLED防犯灯に対する照度基準ではこれらに対して十分応えるものとはなっていない。また、防災面から見た夜間照明整備はこれまで一切考えられてなかったが、停電時や大規模災害時に位置情報を提供できるバッテリー内蔵型の夜間照明が登場し、これまでにない役割を持つ夜間照明が少しずつ整備されている。

既存研究では、防犯照明に関する研究として照明学会の野口(1988)、宮前(1989)、日本建築学会の小林(2003)に部分的な研究がある。一方交通安全の面からは近年交通事故分析が精力的に行われたが、直接夜間照明に着目した研究は皆無である。夜間照明に関する交通分野の成果として照明学会と交通工学研究会の共同研究として進められた「市街地交差点の交通視環境に関する調査報告(2007)」がある。しかし自動車・交差点中心の検討であり歩行者・自転車・単路は主対象ではない。

以上より、今後の夜間光環境を整備していく上では防犯・交通安全・防災を統合的に考えることが重要であり、そのための照明機器と整備指針を開発することが課題と考える。

2. 研究の目的

以上のような経緯を踏まえて、本研究では住宅団地における夜間光環境の実態の把握を行い照明機器の整備と指針に関する問題点と

課題を明らかにし、防犯・交通安全・防災に配慮した夜間照明の提案を図ろうとするものである。具体的な目的は以下三点である。

- (1) 防犯・交通安全・防災の三者から現在の住宅団地における夜間照明の問題・課題を明らかにする。
- (2) 防犯・交通安全・防災統合型夜間照明システムを考案し、その有効性の評価を行う。
- (3) 夜間の明るさを測るために、現在の照度計・輝度計を代替するデジタルカメラ「明るさ」計測システムの開発を試みる。

3. 研究の方法

- (1) 夜間照明の指針・設置基準とその運用状況を、資料収集や照明関連企業へのヒアリング調査と、照度と視認性の関係を把握する検証実験により整理し、問題点と課題を明らかにする。
- (2) 統合型夜間照明システムとして照度と視認性の向上を目指した中間照明を提案し、実験道路にてその効果の測定を行う。
- (3) デジタルカメラを測定機器として利用し、実験道路において夜間照明による道路環境の明るさ・暗さを表現するための計測手法を検討する。

4. 研究成果

(1) 夜間照明の問題点と課題の把握

資料収集と照明関連企業へのヒアリング調査から以下の結果が得られた。

照明に関する基準として用いられている照度値は目安にすぎず拘束力がないため、この基準を満足するのは東京23区を含め僅か数市に留まり、その他は照明に関する基準に準わずに独自に設置基準を設けているか、または設置基準を定めていない。

照度に関する基準において照度値は交通量と地域区分のみで分けられており住宅地や公園、田畑などの多様な沿道環境に対応できていない。

照度測定方法に厳密な規定が無いため、測定者が異なる場合には同一条件であるにもかかわらず測定結果が異なるなど計測精度に問題がある。

照明に関する基準「防犯灯の照度基準」における「照明の効果」は、何をもち挙動を分かるとするのか、その判断水準が曖昧である。

続いて、夜間照明の設置及び維持管理の状況と照度環境を把握し、現場の住宅地における問題点と課題を明らかにすることを目的として、2012年7月に茨城県にある比較的住環

境が整備された住宅団地で夜間照明の設置数の把握と水平面と鉛直面の照度測定を行った。調査の結果を以下に示す。

住宅団地全体の平均水平面照度は2.7lx、最小鉛直面照度は0.0lxとなり照明に関する基準を満足しないことが明らかとなった。対象道路総延長と夜間照明数から求めた夜間照明の設置間隔はおよそ35.1mとなった。

住宅団地の道路を39本に区分し一方の起点から他方の終点までの区間照度分布図を作成した。一例を図1に示す。図1では基準値を上回る照度が得られている夜間照明付近と、上回らない夜間照明間の中間地点が交互に生じジグザグした照度の分布となっているが、同様な分布が39区分の内34区分で見られ、夜間照明の設置間隔の長さが基準値を満足できない一因であると推

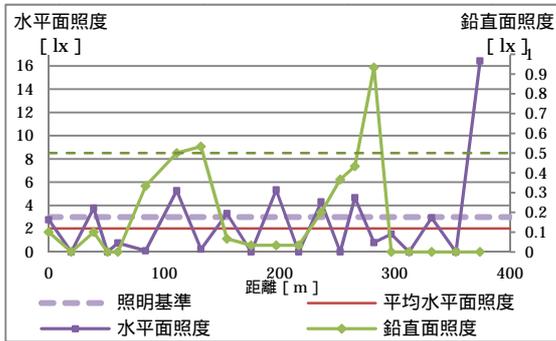


図1 道路区間における照度分布

表1 道路区分の特徴による分類

	不連続型(大)	不連続型(中)	連続型	単発型	夜間照明設置間隔 距離不連続型	水平面照度 不連続型
分布例						
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 道路照明が高照度 交通量の多い交差点を含む 	<ul style="list-style-type: none"> 夜間照明設置間隔が一定しない 	<ul style="list-style-type: none"> 夜間照明設置間隔の平均が25.9m 比較的良好な均斉 	<ul style="list-style-type: none"> 夜間照明設置間隔が長く平均が45.6m 	<ul style="list-style-type: none"> 夜間照明設置間隔が一定しない 	<ul style="list-style-type: none"> 照度値が一定しない

測した。これら道路区間の照度の連続性について、照度と夜間照明設置間隔距離に着目して分類したところ、表1のような6パターンに分けることができた。また、対象地域は、条例によって防犯灯は原則既存支柱に設置しなければならず、設置間隔を短くすることや中間を補間するような補助灯を設置することは難しい。さらに設置間隔がおよそ35mである場合に基準値を満足するために求められる光源は蛍光灯よりも費用が掛かる高圧水銀ランプ100W相当となり現実的でない。対象住宅団地の住環境は良好で高い整備水準であることから、他の住宅団地でも同様に基準値を上回らない環境であることが考えられる。

対象住宅団地では2007年に同様の照度測定調査が行われていることから比較を行った。夜間照明総数は10本増加していたが、平均水平面照度は住宅団地全体の場合0~23%低下、防犯灯のみの場合9~31%低下していると推定され、この原因として光源の経年劣化および蛍光灯カバーの汚れによるものが考えられた。照度の分布については、両調査における同じ道路区間の多くで同様なジグザグした分布で均斉はとれておらず、およそ5年の間での夜間照明環境としての大きな変化は見られなかった。

一方で調査協力者からは「同じ照度値をられた」「防犯灯の照度基準」にある照度

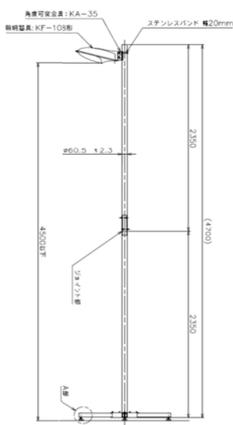


図2 仮設式防犯灯



図3 実験の様子

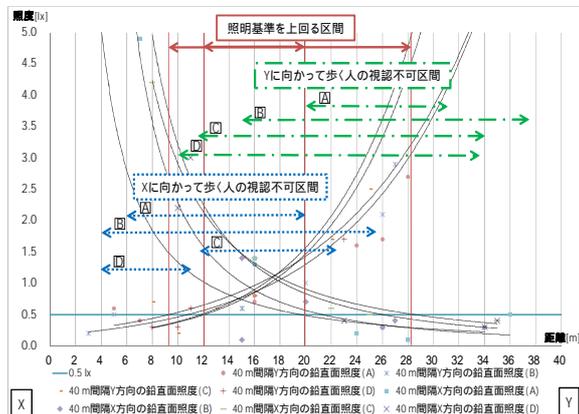


図4 鉛直面照度と視認不可区間(40m)

値とその照度値のときに得られるとされる照明の効果が一致していないことを示唆しているのではないかと推測した。

この不一致の原因を探るため、照度と視認性の関係を明らかにすることを目的として、茨城大学構内の屋外に設定した実験道路において仮設式防犯灯を用いた検証実験を行った(図2, 3)。実験道路は幅を2.5 m, 仮設式防犯灯を道路の長さ方向の両端に1本ずつ設置する単純な構造(道路長さ=夜間照明の設置間隔)とした。実態調査に基づき夜間照明の設置間隔を30mと40mの2つを設定した。光源は32Wと42Wと57Wを用い、光源の取り付け高さを4.0mと4.7mの2つを設定し、これらを組み合わせた8パターンの環境で水平面と両方向の鉛直面照度、視認性の測定を行った。視認性について、「防犯灯の照度基準」にある照明の効果「4 m先の歩行者の拳動・姿勢などがわかる」は何をもって拳動としわかると判断するのかが不明瞭となっているため、何がどう見えれば十分な明るさであると言えるのかを具体的に示す必要がある。そこで本研究における実験では照明の効果の判断を、相手が目が見え、相手が持つ図が何なのかわかる、の二つで行うものとし、どちらもわかった場合を視認性があると判断した。照度測定の結果を以下に示す。

全8パターンで平均水平面照度は基準値を上回ったが最小鉛直面照度は基準値以下となった。仮設式防犯灯の下では高い照度が得られ、中間付近に近づくにつれ低くなり、実験道路長が40 mの場合は中心付近のおよそ10 m間が0.5 lx以下となった。

見え方と鉛直面照度に関する実験では1パターン4人の被験者で32サンプルが得られた。そのうちの31サンプルで4m先にいる相手が「見えない」となる視認不可区間が生じた。パターンごとの一人当たりの視認不可区間は最大で21.5 m, 最短で9.8 m, 実験道路長さに対する視認不可区間の割合は最大で53.8%, 最小で31.3%となった。視認不可区間はできる限り短い方が望ましいが、本実験の条件では実験道路のおよそ3分の1が4 m先の人物が見えない区間となることがわかった。

鉛直面照度と視認不可区間の関係を図4に示す。実験道路の0 m地点を[X]方向, 40 m地点を[Y]方向としたとき, パターンABCDにて得られた視認不可区間の発生位置と鉛直面照度の関係を進行方向別に表した。これは鉛直面照度と視認性は同じ位置でも進行方向によって異なっており、方向別に検

討することが重要であると考えたためである。両方向の鉛直面照度が共に0.5 lxを上回る区間は照明基準を上回る区間といえるが、この区間と重なるように視認不可区間が生じており、平均水平面照度と最小鉛直面照度が照明基準を上回る区間でも本実験の条件下において照明の効果が得られず4 m先の人物が見えないとなる場合があることがわかった。

視認不可区間は最も暗くなると考えられる仮設式防犯灯間中間付近ではなく、被験者が進む方向寄りにずれて位置することがわかった。被験者が進む方向に設置された防犯灯の光源によるグレアの影響によって対象が見えにくくなったことが原因であると考えられる。[X][Y]方向の視認不可区間にばらつきが見られるのは被験者の身長の違いによるグレアの発生位置や視力等の個人差、周辺環境の影響によると考えられる。

(2) 中間照明の提案とその有効性

住宅団地の調査および照度と視認性の実験の結果から、実際の光環境の整備は不十分であり照明に関する基準を満足せず、設置されている夜間照明間の中間付近は暗くそれと重なるように視認性が得られない区間が生じることが明らかとなった。そこで、夜間照明間の暗がり無くし視認性を確保することを目的とした中間照明の提案を行った。防犯灯は原則既存の支柱に設置とする条例があるように、費用の観点からも新規に支柱と夜間照明を取り付け中間における明るさを補完することは現実的でないため、中間照明は新規に支柱を設置する必要の無い形とした。実験道路と実験パターンについて表2に示す。屋外実験道路で照度測定と視認性の測定を行い、その効果を把握した。照度は各ライン1mごとに水平面と両方向の鉛直面照度を測定した。視認性については、4m先にいる(A)相手と目が見え、(B)相手が胸元で持つランドルト環(0.7)がわかると設定し測定を行った。視認性測定の被験者は自動車運転免許証を有する22歳男性2名である。実験道路の様子を図5に、水平面照度の測定の様子を図6に示す。照度測定の結果、以下のことが明らかとなった。

平均水平面照度はパターン3(+門灯)が最大で5.1 lxとなったが他は基準以下となった。各パターンにおいて最頻の照度値は、パターン1(仮設式防犯灯)は1.0 lx未満で全体の約52%, パターン2(+スポットライト)も1.0 lx未満で約42%, パターン3は1.0~1.9 lxで25%であった。

パターン 1 と 2 に有意差はみられなかった (> .05) . 最小鉛直面照度はどれも 0.01lx となり基準値以下であった . 鉛直面照度はパターン 3 が最も高照度となり , 1.0 ~ 2.4lx が多く得られ実験道路全体の 50% 以上を占めていた (図 7) . パターン 1 と 2 を比較すると水平面照度では差が見られなかったが , 鉛直面照度では 0.5lx 未満が占める割合に顕著な差がみられ , パターン 1 では 0.5 lx 以下となる地点が全体の約 50% を占めたがパターン 2 は約 30% でありパタ

ーン 2 の方が道路全体としてより高い鉛直面照度を得られていることがわかった (< .05) . 同様の結果は鉛直面照度西向きの場合でも得られた . 以上の結果から , パターン 1 の仮設式防犯灯のみの場合とパターン 2 の中間照明のスポットライトを比較すると , 水平面照度に差は見られなかったが鉛直面照度で差が見られ実験道路全体では中間照明を用いた方がより高い鉛直面照度を確保できることがわかった . パターン 3 の門灯は得られる照度値が最も高いことが

表 2 実験道路と実験環境

道路環境	実験道路延長 (防犯灯設置間隔) 40 m , 幅員 5 m , 道路両側と中心ラインをそれぞれ「工場側」「中央」ラインとし , ライン上 1m ごとにマーキングし測定する地点とした (123 地点)		
パターン	1	2	3
設定環境	防犯灯のみ	防犯灯+中間照明 (スポットライト)	防犯灯+中間照明 (門灯)
設定条件	蛍光灯防犯灯、コンパクト形蛍光灯 42W x 2 灯、取付高 4.7m、工場側ラインの 0m、40m の外側 0.5m 地点に設置	2 灯タイプ (1000lm x 2) x 2 灯を 20% で点灯、取付高 4.5m、防犯灯支柱に設置、光源は実験道路中心地点を狙い点灯	蛍光灯防雨防湿ブラケット x 3 灯、取付高 0.93m、実験道路 10m・20m・30m 地点の工場側ライン外側約 1m 地点に壁を設けてそこに設置、取り付けた壁はアルミ製、高さ 1.05m、幅 1.82m
想定環境	住宅地における一般的な生活道路の照明環境を想定 防犯灯間隔は 40m	既存の支柱に設けることを想定 新規に支柱を必要としないため設置の際に大きな費用が掛からない	住宅にあるエクステリア照明を用いて中間地点を補完することを想定した中間照明



図 5 実験道路



図 6 水平面照度測定の様子

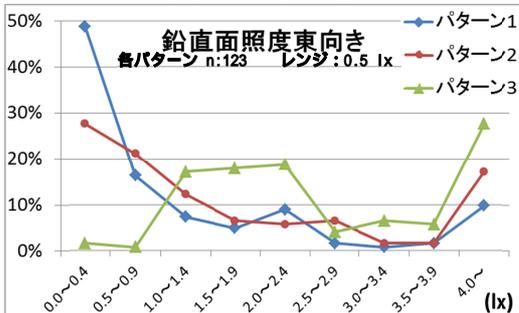


図 7 鉛直面照度値の相対度数

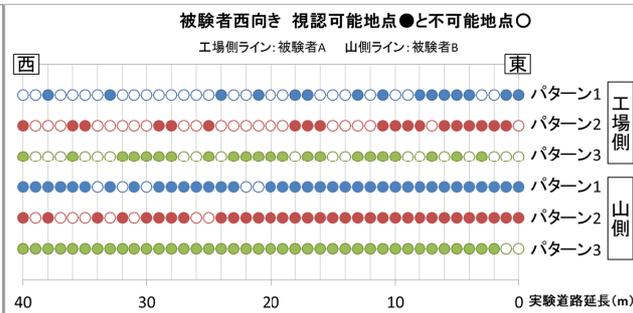


図 8 実験道路における視認可能地点と不可能地点

わかった。

視認性測定時に確認した事項の両方が見えた地点（視認可能地点）を で、一方で見えなかった地点（不可能地点）を で示したパターンおよびライン別の結果を図8に示す。この図から全パターンで不可能地点が生じることがわかった。

仮設式防犯灯間中間点である 20m 付近が最も暗くなると考えられるが、パターン 1 とパターン 2 では視認不可能地点は中間点付近ではなく被験者が進む方向寄りに若干ずれて多くが生じていることがわかった。この原因として進行方向にある光源のグレアや人影による見えにくさが影響していることが考えらる。同様の傾向は前の視認性と照度に関する実験でも生じており、これらの結果から、人の見え方を評価する際に照度値のみを用いて表現することは、照度が最も得られにくい位置と視認性の得られにくい位置に差異が見られることから合理性が無く有用性に問題があると考え。門灯を用いたパターン 3 では 10m という短い間隔で光源が設置されていたため他パターンのような偏りが見られなかったと考える。

以上から、中間照明を付属したときの効果を仮設式防犯灯のみの環境と比較した結果、スポットライトを用いた場合は鉛直面照度のみで改善が見られ、視認性は仮設式防犯灯が設置されている路側で 4 地点の増加が見られたが、一方の路側では 3 地点減少する結果となった。門灯を用いた場合は水平面と鉛直照度ともに改善が見られ、視認性が得られた地点は仮設式防犯灯が設置されている路側で 7 地点、一方の路側で 3 地点の増加が見られた。これより、中間照明を用いて照度と視認性を改善することが確認されその有効性が確認できた。また、門灯のような既存エクステリア照明を活用することが有効な方策の一つであることがわかった。

(3) デジタルカメラによる測定手法の開発

これまでの実験と調査の結果から、歩行者に対する明るさの基準は照度となっているが人の視覚を適切に表現しているとは言い難いことがわかった。そこで、実際に人間の目で見た情景や事象をデジタルデータとして記録できるデジタルカメラ（以下カメラ）を計測機器的に利用して、照明施設による道路の明るさ・暗さを計測・表現できるかを実験によって検証することを試みた。

ここでの測定手法は、照明による道路の地点毎の明るさの違いをカメラによって撮影した被写体の写り方・見え方の違いで判定する

のではなく、カメラが地点毎の明るさに応じて最適と判断してオートで撮影した撮影情報（カメラの制御情報）によって照明による道路の地点毎の明るさの違いを判定するものである。

実験を通して、カメラ自体は最低限の基準や精度についての必要条件は定められているが、ある程度の幅のある条件下で作られた各社各様の機能・精度を有しているため、測定機器として使用した場合にはその結果を定量的に比較分析することができないところに問題があることが明らかとなった。しかし、特定の地域や用途での利用においては、輝度の算出結果と輝度計による輝度値の比較分析をしておけば、カメラの利用も可能であると考えられる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 1 件）

松本隆太郎，金利昭，街路照明環境を再検討するための基礎的研究，照明学会誌，Vol.98，No.4，190-193，2014，査読有

〔学会発表〕（計 2 件）

松本隆太郎，金利昭，街路照明における照度と視認性に関する基礎的研究，第 48 回土木計画学研究発表会，2013.11.2，大阪市立大学

松本隆太郎，金利昭，街路照明環境を再検討するための基礎的研究 照度と視認性の関係，平成 25 年度照明学会全国大会，2013.9.6～7，名古屋大学

〔その他〕

茨城大学機関リポジトリホームページ
<http://ir.lib.ibaraki.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金利昭 (KIN TOSHIAKI)
茨城大学・工学部・教授
研究者番号：40205050

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携協力者

無し

(4) 研究協力者

荻津 修 (OGITSU OSAMU)
松本 隆太郎 (MATSUMOTO RYUTARO)