

屋外歩行者空間における LED 照明の不快グレアに関する指針

屋外環境における LED 照明器具のグレアに特化した照明指針作成委員会

もくじ	i
まえがき	ii
委員構成	iii
1. 背景	1
2. 適用範囲	1
3. 用語及び定義	2
4. 指針策定の根拠	2
5. 不快グレア抑制のための指針	3
6. おわりに	3
<補足資料> (参考)	4
参考文献	5

まえがき

日本における観測史上最大の東日本大震災が 2011 年 3 月に発生し、津波による甚大な被害と、その後の電力不足に伴う計画停電の実施や節電目標により、不適切な消灯に起因する劣悪な視環境が出現したことは、照明関係者の記憶にあるところである。一方、地球環境問題も後押しとなり、省エネルギー効果が見込まれる LED 照明のへ期待が高まった。LED 光源の技術はさらに進歩して、高出力化、長寿命化、低価格化が進み、生活の至るところに加速度的に普及した。屋内だけでなく、公園、広場、街路、道路、トンネルなど、屋外環境でも LED 照明の利用が拡大した。しかし、屋外の LED 照明は、見る方向によって従来光源より眩しいとの批判の声が聞かれた。中でも街路に設置する LED 照明は、路面照度を確保しつつ、設置間隔を広げてより遠くまで路面と鉛直面の照度を確保することが性能上求められ、不均一で過剰な発光部を持つ照明器具が多く出回った。これが、グレアの原因につながったことを指摘せざるを得ない。

従来の屋外照明は、電球、蛍光灯、HID ランプなど、発光部の輝度分布が比較的均一であった。照明学会の技術規格 JIES-010「歩行者の安全・安心のための屋外照明基準」(2014) は、このような器具を対象に示されている。グレア評価についても、GR (Glare Rating) や TI (Threshold Increment) 値で評価し、輝度値を制限するといった方法しか見当たらない。高輝度部があつて不均一な輝度分布を持つ LED 照明には、適用が不向きであるといえる。

そのような状況の中、2012 年度から 3 年間、照明学会「屋外環境における LED 照明器具のグレアに関する研究調査委員会」において、LED 照明の不快グレアに関する知見を得ることを目的に、世界に先駆けて実験を行って検討した。その結果を「屋外環境における LED 照明器具のグレアに関する研究調査委員会報告書、JIER-124 (2016)」に示している。「屋外歩行者空間における LED 照明の不快グレアに関する指針」は、主としてこの JIER-124 で得られた研究成果をもとに、「不快グレア抑制のための指針」を示した。本指針によって、街路における LED 照明の短所が克服され、次の世代へと受け継がれていくことを願う。

最後に、本指針作成においては、「屋外環境における LED 照明器具のグレアに特化した照明指針作成委員会」委員各位には、多大な協力を得た。ここに記して心より感謝を申し上げる。

平成 29 年 12 月

一般社団法人 照明学会

屋外環境における LED 照明器具のグレアに特化した照明指針作成委員会

委員長 岩田三千子

委員の構成

委員長	岩田三千子	摂南大学 理工学部 住環境デザイン学科
幹事	江湖俊介	岩崎電気（株）新技術開発部
	戸田雅宏	東芝ライテック（株）照明電材事業本部
委員	秋月有紀	富山大学 人間発達科学部 人間環境システム学科
	伊藤納奈	産業技術総合研究所 情報・人間工学領域 研究企画室
	齋 尚樹	（株）因幡電機製作所 照明事業部
	岩崎浩暁	パナソニック（株） エコソリューションズ社
	京藤伸弘	（株）GS ユアサ ライティング事業部 製造部
	小平恭宏	コイト電工（株）研究部
	服部宏明	星和電機（株）社会システム部 企画推進本部
	原 直也	関西大学 環境都市工学部 建築学科

1. 背景

LED 照明の普及が進む中、屋外街路に設置される LED 照明には発光部に輝度が高い部分があり不均一なものが存在する。これらは、発光部の輝度分布が均一な場合よりも強い不快グレアを引き起こすことが指摘されている¹⁻⁸⁾。特に、夜間の公園や街路などの屋外歩行者空間では順応輝度が低いので、比較的低い光源輝度でも不快グレアを感じやすい。よって、屋外歩行者空間における LED 照明の不快グレア対策は非常に重要な課題であるといえる。

現行の街路照明のグレア規制については、照明学会・技術規格 JIES-010(2014)「歩行者の安全・安心のための屋外照明基準」⁹⁾の中で、GR、光度、発光部輝度などの値が示されている。しかし、ここで示されている不快グレア規制は、HID ランプや蛍光ランプなどを対象に作成されており、LED 照明に適用可能であるかどうかについては、第 II 部の資料編において、

屋外街路に設置される LED 照明器具には、LED モジュールの極端に高輝度な部分がグローブ越しに見えるものがある。それらの輝度分布形状は、従来の拡散性の高い器具と大きく異なる。よって、従来のグレア評価規制を LED 照明器具に適用することは不適切かもしれない（一部、省略）。

と問題提起しているが、

「グレアの計量方法と配光の制限方法など、LED 照明器具の特性を考慮した検討が必要である」

と指摘するのみに留まっている。

これに対し、本指針は、発光部の輝度分布が不均一な街路照明により生じる不快グレア規制の指針を示すものである。

2. 適用範囲

この指針は、屋外歩行者空間において、対向する歩行者や自転車、段差、表出物などの視認性を向上させ、通行上、防犯上の安全性を確保することを目的として設置する LED 照明に適用する。

3. 用語及び定義

この指針で用いる主な用語及び定義は、JIS Z 8113 によるほか、次による。

3.1 街路照明

主に歩行者交通のために街路（市街地の道路）に設置される照明。

3.2 グレア評価値（Glare Rating）, GR

1994年に国際照明委員会（CIE）が屋外運動競技及び広場照明施設のために規定した不快グレア評価方法に基づく値。

注記 1 GRの詳細は、CIE112を参照。

3.3 発光部の平均輝度 L_{ave10} , L_{ave100}

画像測光より得られた発光部の最大輝度 L_{max} の 1/10 以上、あるいは 1/100 以上の輝度値を有する画素を対象に算出した平均輝度を L_{ave10} あるいは L_{ave100} という。

4. 指針策定の根拠

照明学会では「屋外環境における LED 照明器具のグレアに関する研究調査委員会（2013-2015）」を設置し、JIES-010（2014）の中で示されている規制を、発光部の輝度分布が不均一な LED 照明の不快グレア評価に適用する際には修正する必要があることを示唆した¹⁰⁾。以下に、そこに示されている具体的な研究成果の内容を記す。

- ① 発光部の輝度分布が不均一な照明器具は、比較的均一なものよりも強い不快グレアを引き起こす（図 3.3-11¹⁰⁾参照）。
- ② GR は、発光部の輝度分布が不均一な照明器具の不快グレアを過小評価する傾向にある（図 3.3-11¹⁰⁾参照）。
- ③ 不快グレアを強く感じる方向は、照明器具の鉛直角 85 度方向ではなく 60～80 度の範囲にある（図 3.1-7 および 図 3.3-4¹⁰⁾参照）。
- ④ 不快グレアは、歩行者の眼前照度 E_{eye} や等価光幕輝度 L_{vl} よりも、画像測光より得られた発光部の最大輝度 L_{max} や平均輝度 L_{ave10} （あるいは L_{ave100} ）と強い相関がある（図 3.3-6～14¹⁰⁾参照）。
- ⑤ 1 分/pixel 程度の分解能で輝度分布を測定したときに、 L_{ave10} が 100,000 cd/m² になると「まぶしい」と感じる者が半数に達する（図 3.3-13¹⁰⁾参照）。
- ⑥ 過去には相関色温度がグレアに影響するという報告がある¹¹⁻¹⁴⁾ものの、光源の相関色温度の影響は明確ではない。

5. 不快グレア抑制のための指針

前項で述べた指針策定の根拠に従い、屋外歩行者空間における LED 照明の不快グレア規制に関する指針を以下に示す。

1. 発光部の輝度分布をできる限り均一にすることが重要な対策法である。
2. 発光部に極端に高輝度な部分が存在する場合は、GR のみならず、目標とする不快グレア評価水準を個別・具体的に設定して、平均輝度 (L_{ave10} など) を抑制する必要がある。

(参考) 文末の<補足資料>に、関連する主観評価実験の結果を参考として紹介している。

3. 不快グレアを強く感じる照明器具の鉛直角 60～80 度方向の光度を抑制することが一つの対策法である。

6. おわりに

「歩行者の安全・安心のための屋外照明基準 (JIES-010)」では、不快グレアを抑制するための規制値として光度の上限値を示しているが、「屋外環境における LED 照明器具のグレアに関する研究調査委員会」は、照明器具発光部の不均一な輝度分布が不快グレアに影響を及ぼすことや照明器具の鉛直角 60～80 度方向の光度を抑制することの重要性を指摘し、JIES-010 の基準では不十分であることを明らかにした。従って、本指針では、目標とする不快グレアの水準に応じて、発光部の輝度分布から算出する平均輝度 (L_{ave10} など) との関係で抑制する方法を指針として示した。

しかしながら、輝度分布測定についてはまだ課題があり、現在、別の委員会で並行して検討が行われている。視環境評価のための画像測光の推奨方法が明示されるまでは、画像測光だけでなくスポット輝度計などで光源部の輝度を測定することが望ましい。

本来、屋外歩行者空間の不快グレアは、光源を区別することなく評価すべきである。しかし、現時点ではその評価基準の確立には至っていない。引き続き日進月歩に進化する技術に合わせて有用な知見を得て、街路照明についての不快グレアの評価基準の確立を目指す必要があることをここに追記する。

<補足資料> (参考)

外乱光の少ない場所に幅員 5m の生活道路を模した空間を作り, テスト光を高さ 4.5m, 35m 間隔に設置し, 図 1 の評価水準を用いて実施された主観評価実験の結果を紹介する.



図 1 不快グレアの評価水準

図 2 に, 「歩行者空間における LED 照明の不快グレアに関する研究」¹⁵⁾の実験データ (実験 A) と屋外環境における LED 照明器具のグレアに関する研究調査委員会¹⁰⁾が実施した実験データ (実験 B) を示す. 図中の照明器具発光部の平均輝度 L_{ave10} は, 照明器具から 3.6m~34.3m 離れた 6 ヲ所 (鉛直角 50~85 度) から, 1 分/pixel 程度の分解能で測定した輝度分布を用いて算出している. なお, 両実験で評価された 14 種類のテスト光は, 発光部の輝度分布が比較的均一な LED 照明器具と不均一な LED 照明器具, および従来光源の照明器具で構成されている. 図 2 より, L_{ave10} が 20,000 cd/m^2 程度で「3: ややまぶしい」と評価され, 100,000 cd/m^2 程度のとき「5: まぶしい」と評価されることが分かる.

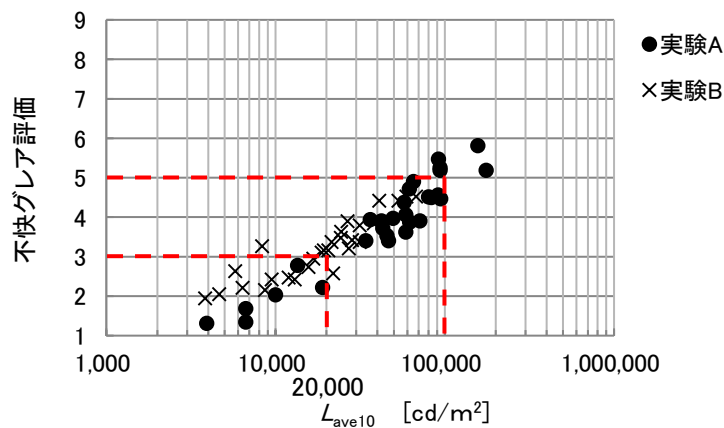


図 2 不快グレア評価と発光部平均輝度との関係

注) 図中のデータは, 1 分/pixel 程度の分解能で測定

※この<補足資料> (参考)は, 関連する主観評価実験の結果を紹介するものであり, 指針の一部ではない.

参考文献

- 1) 高橋宏ほか：複数の点光源による不快グレア，照学誌，Vol.87, pp.584-588 (2003).
- 2) T.Kasahara：Discomfort Glare caused by white LED light sources, Journal of Light & Visual Environment, Vol.30, No.2, pp.95-103 (2006).
- 3) C.Lee：A study on the estimation of discomfort glare for LED luminaires, The proceedings of the 26th CIE2007, pp.D3 33-36 (2007).
- 4) 田代知範ほか：実装密度が異なる白色 LED 光源の明るさ評価，照学誌，Vol.101, pp.469-473 (2017).
- 5) S.Kohko et al.：Discomfort Glare of White LED Sources of Different Spatial Arrangements., CIE2013, pp.627-633 (2013).
- 6) T.Tashiro et al.：Discomfort glare for white LED light sources with different spatial arrangements, Lighting Research & Technology, Vol.47, pp.316-337 (2015).
- 7) Y.Yang. et al.：Discomfort glare Caused by Non-uniform white LED Matrices, CIE2015, pp.393-399 (2015).
- 8) S.Kohko. et al.：Study on Evaluation of LED Lighting Glare in Pedestrian Zones, Journal of Light & Visual Environment, Vol.39, pp.15-25 (2015).
- 9) 照明学会：歩行者の安全・安心のための屋外照明基準, JIES-010 (2014).
- 10) 照明学会：屋外環境における LED 照明器具のグレアに関する研究調査委員会報告書, JIER-124 (2016).
- 11) 矢野正ほか：高齢者の不快グレア－光色との関係－，照学誌，Vol.77, No.6, pp.296-303 (1993).
- 12) Kimura T. et al.：Evaluation of discomfort glare from color LEDs and its correlation with individual variations in brightness sensitivity, Color research and application, Vol.36, Issue 4, pp.286-294 (2011).
- 13) 白倉公隆ほか：街路照明の分光特性が空間の明るさに及ぼす影響，照学誌，Vol.96, No.5, pp.259-271 (2012).
- 14) 謝明輝ほか：光色の違いがグレア感の評価と許容度に与える影響に関する研究，照学誌，Vol.89, No.11, pp.788-793 (2005).
- 15) 江湖俊介ほか：歩行者空間におけるLED照明の不快グレアに関する研究，照学誌，Vol.100, No.10, pp.449-454 (2016).