

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

平成 27 年 3 月

一般社団法人 照 明 学 会

The Illuminating Engineering Institute of Japan

本委員会の活動は、特定非営利活動法人ＬＥＤ照明推進協議会（JLEDS）からの活動費支援を受けた受託研究「屋外環境下でのＬＥＤ照明のグレアの調査・研究」として実施されたものです。

もくじ

1. 概要	・・・	1
1.1 研究の背景		
1.2 研究計画		
1.3 委員構成		
1.4 委員会実績		
2. 文献調査	・・・	5
3. 屋外環境における不快グレアおよび顔の視認性に対する評価実験	・・・	6
3.1 実験概要		
3.1.1 目的		
3.1.2 期間と実験環境		
3.1.3 評価刺激		
3.1.4 実験条件		
3.1.5 被験者		
3.2 光学測定		
3.2.1 測定要領		
3.2.2 測定結果		
3.3 周辺視による不快グレア主観評価実験		
3.3.1 評価方法		
3.3.2 評価結果		
3.3.3 考察		
3.4 中心視による不快グレア主観評価実験		
3.4.1 評価方法		
3.4.2 評価結果		
3.4.3 考察		
3.5 グレア評価モデルの検討		
3.5.1 データ分析方法		
3.5.2 結果と考察		
3.6 顔の視認性評価実験		
3.6.1 データ分析方法		
3.6.2 結果		
3.6.3 視認性評価のための輝度指標		
3.6.4 まとめ		
4. 不快グレアおよび顔の視認性に対する相関色温度の影響実験	・・・	44
4.1 実験概要		

4.1.1	目的	
4.1.2	期間と実験環境	
4.1.3	光源	
4.1.4	実験条件	
4.1.5	被験者	
4.2	光学測定結果	
4.2.1	測定要領	
4.2.2	測定結果	
4.3	周辺視による不快グレア主観評価実験	
4.3.1	データ分析方法	
4.3.2	結果と考察	
4.4	中心視による不快グレア主観評価実験	
4.4.1	データ分析方法	
4.4.2	結果と考察	
4.5	顔の視認性評価実験	
4.5.1	データ分析方法	
4.5.2	結果と考察	
4.5.3	まとめ	
4.6	街路環境評価実験	
4.6.1	データ分析方法	
4.6.2	結果と考察	
5.	あとがき	・・・ 80
	付録 1. 成果発表一覧	・・・ 81
	付録 2. 文献リスト	・・・ 83
	付録 3. 光学測定データ	・・・ 97

1. 概要

1.1 研究の背景

LED 光源の高出力化、長寿命化、低価格化が進み、省エネ政策の推進も追い風となって LED 照明の普及は近年目覚ましい勢いである。LED 照明は、カラーLED を用いた文字表示だけでなく、高出力白色光源が実用的な価格となり、公園・広場・街路、道路・トンネル、建築外構など、多くの屋外環境で使用されるようになった。屋外環境では相関色温度 5000K 程度の LED が最も多く利用されているが、LED 照明の特徴の一つとして色光設定の自由度があり、低色温度（3000K 程度）や高色温度（8000K 程度）のモジュールを装備した照明器具も商品化されている。

一方、LED 照明は、見る方向によって従来光源より不快グレアが大きいのが短所だと言われている。屋外環境では、GR や TI 値によりまぶしさを数値化する方法や、発光部の輝度値を制限する方法で不快グレアの抑止を図っている。しかしながらこれらの基準は、電球や蛍光灯および HID ランプなど発光部の輝度分布が比較的均一な単一光源の照明器具を対象として決められたもので、微小かつ高輝度な複数の LED モジュールから構成され発光部の輝度分布が不均一になる照明器具に必ずしも適切であるとは限らない。このため LED 照明にも適応可能な不快グレア評価の指針が要望されている。

1.2 研究計画

より良い光環境を形成するためには、不快グレアを適切に評価できることが望ましいが、現在、歩行者空間で LED 照明器具の不快グレアを評価する基準がない。そのため本委員会は、屋外照明環境で使用する LED 照明器具の不快グレアを評価するための知見を得ることを目的に、2012 年度から 2015 年度にかけて 3 年間活動した。

初年度は、関連文献の調査および屋外で主観評価実験を行った。屋外の主観評価実験では、これまで主流であった水銀ランプと蛍光灯を光源とする防犯灯と、発光部の輝度分布の異なる 5000K の LED 防犯灯 5 種を用いてグレアを定量的に計量し、グレアを評価するための有用なデータを取得した。

2 年目は、屋内に街路歩行環境を想定した空間を作成し、色温度を変数にした主観評価実験を実施して、色温度とグレア評価の関係、および色温度が視認性や環境評価に与える影響を検討した。

3 年目は、2012 年以降に発表された関連文献を調査し文献リストを更新した。また、本委員会が主催して実施した 2 つの実験から得たデータを活用して、防犯照明の目的の一つである歩行者の顔の視認性評価や色温度と視環境の関係、およびグレアを可視化するための解析を行った。

1.3 委員構成（敬称略）

委員長	阿山みよし	宇都宮大学
幹事	岩田三千子	摂南大学
幹事	江湖俊介	岩崎電気（株）
幹事	森 星豪	パナソニック（株）エコソリューションズ社（2014.3 まで）
委員	斎 尚樹	（株）因幡電機製作所
	井上容子	奈良女子大学
	岩崎浩暁	パナソニック（株）エコソリューションズ社（2014.4 から）
	木村能子	スタンレー電気（株）
	京藤伸弘	（株）GS ユアサ
	久保千穂	豊田合成（株）
	小池輝夫	スタンレー電気（株）（2013.6-2014.3）
	小平恭宏	コイト電工（株）
	佐藤元久	（株）高速道路総合技術研究所
	土井 正	大阪市立大学 （2014.3 まで）
	豊田敏裕	静岡県工業技術研究所
	中村芳樹	東京工業大学
	服部宏明	星和電機（株）
	原 直也	関西大学
	東 洋邦	東芝ライテック（株）
	望月悦子	千葉工業大学
Obs.	吉崎昭朗	LED 照明推進協議会（JLEDS 事務局）
Obs.	魚住拓司	JLEDS 技術委員会委員（岩崎電気（株））
Obs.	松井俊成	JLEDS 技術委員会委員（パナソニック（株））

1.4 委員会実績

第1回委員会（2012.6.22）

- ・委員会発足の目的と意義について
- ・フィールド実験の実施計画について
- ・話題提供：屋外照明における不均一な発行部の不快グレア評価 森幹事

第2回委員会（2012.8.10）

- ・話題提供：屋内グレア委員会の成果報告 原委員
- ・フィールド実験実施計画の具体化
- ・JLEDS からの研究助成について

◎フィールド実験実施（2012.10.16-19）

第3回委員会（2012.10.19）

- ・フィールド実験の実施手順の修正について
- ・フィールド実験における光学測定データについて

第4回委員会（2012.12.17）

- ・文献調査の実施について
- ・フィールド実験の実施報告1（被験者の個別データ）
- ・フィールド実験の実施報告1（周辺視評価に関して）
- ・フィールド実験の実施報告1（中心視評価に関して）

第5回委員会（2013.2.27）

- ・文献調査の進捗報告
- ・フィールド実験の実施報告2（被験者の個別データ）
- ・フィールド実験の実施報告2（周辺視評価に関して）
- ・フィールド実験の実施報告2（中心視評価に関して）
- ・全国大会シンポジウムの実施計画

第6回委員会（2013.6.7）

- ・2013年度の活動方針について
- ・話題提供：屋内LED照明の不快グレア評価方法の動向 東委員
- ・2013年度の実験計画について

◎屋内実験実施（2013.7.24-25）

第7回委員会（2013.8.19）

- ・2014年度の活動について
- ・全国大会シンポジウムについて
- ・CIE2014大会について
- ・日中韓カンファレンスについて
- ・電気設備学会 全国大会の参加報告
- ・色温度可変グレア実験について

第8回委員会（2013.12.6）

- ・色温度可変グレア実験の進捗報告
- ・2012年度実験のデータ解析について 井上委員
- ・話題提供：照明光の分光学的特徴が不快グレアに与える影響 豊田委員

第9回委員会（2014.2.17）

- ・公開研究会（研究事例報告）
 - ・白色 LED 光源の不快グレア評価 田代知範氏
 - ・グレアに及ぼす背景輝度の効果とコントラスト・プロファイル 中村委員
 - ・色温度の異なる LED 照明下での街路環境評価 岩田委員
- ・JLEDS 報告書について

第10回委員会（2014.7.14）

- ・2014 年度の活動について
- ・活動成果のまとめについて
- ・文献の追加調査について
- ・JCIE セミナーの実施計画について
- ・話題提供：実効輝度を用いた実空間の視認性予測手法に関して 池上陽子氏

第11回委員会（2014.9.24）

- ・実効輝度を用いた解析報告
- ・2013 年度実験の光環境の再測定について
- ・JCIE セミナーの実施計画の進捗報告

第12回委員会（2014.12.25）

- ・解析の進捗報告
- ・文献調査の進捗報告
- ・報告書作成について

（文責；江湖）

2. 文献調査

2010 年から 2014 年に発表された屋外を対象にしたグレア研究を中心に文献調査を行った（一部屋内も含む）。文献リストを付録 2 に示す（計 119 件）。新しい光源である LED に着目した研究が非常に多く、また、研究内容も多岐な分野にわたっている。研究で取り上げられたキーワードの一覧を以下に示す。

グレアの種類	: 不快グレア、減能グレア（直視グレア、視機能低下グレア）
分野	: 屋外、屋内、トンネル、防犯灯、自動車、オフィス、昼光（窓）、住宅
対象者	: 歩行者、運転者、執務者、居住者、高齢者、ロービジョン者
光源	: LED、蛍光灯、HID、水銀灯、ハロゲンランプ、白熱電球 照明パラメーター：輝度分布、不均一、輝度均斉度、薄明視、光源の分光分布、色温度、順応輝度（背景輝度）、位置指数（ポジションインデックス）、窓面の輝度、配光、鉛直面照度、顔面鉛直面照度、法線照度、輝度比、器具高さ、発光部サイズ、光源配列、観測位置
評価時の視線方向	: 水平視（周辺視）、直視（中心視）
評価	: 画像測光、等価光幕輝度、BCD 輝度、視認性、GR、TI、好ましき、UGR、BGI、CGI、PGSV、VCP
その他	: 照明制御、明滅光（フリッカー）、片頭痛、眼球運動

（文責；東）

3. 屋外環境における不快グレアおよび顔の視認性に対する評価実験

3.1 実験概要

3.1.1 目的

本研究委員会は、夜間の屋外環境において、人々が安全で円滑な活動を送るのに適した光環境を提供するために必要な知見を得ることを目的としている。

東日本大震災以降、屋外に設置される照明器具は、節電効果を期待して LED 化が急速に進んでいる。しかしながら LED 照明は、HID 光源などを利用する従来の照明器具よりもグレアを感じやすいことが指摘されている。グレアは歩行者に不快感を与えるだけではなく、視認性を低下させ安全性を阻害する可能性がある。このため人々が安全で円滑な活動を送るためには、グレアを規制するための技術的な指標を明らかにする必要がある。

街路に設置される LED 照明器具のグレアを軽減するためには、グレアと心理物理量との関係を明らかにすることが不可欠である。ここでは照明器具のグレアが物の見え方に及ぼす影響の程度を主観的に評価するフィールド実験を行い、その結果を元にグレア評価法や顔の視認性について検討したので以下に報告する。

3.1.2 期間と実験環境

平成 24 年 10 月 16 日～19 日に、因幡電機製作所奈良工場内において主観評価実験（以下、フィールド実験と言う）を実施した。実験場所の平面図と写真を図 3.1-1 と図 3.1-2 に示す。実験環境は、敷地内に幅員 5 m の生活道路を作成し、図 3.1-3 に示す照明柱に照明器具（以下、評価刺激と言う）を設置して構成した。

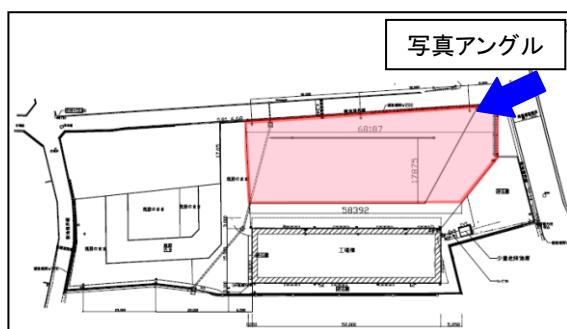


図 3.1-1 実験場所平面図



図 3.1-2 実験場所写真

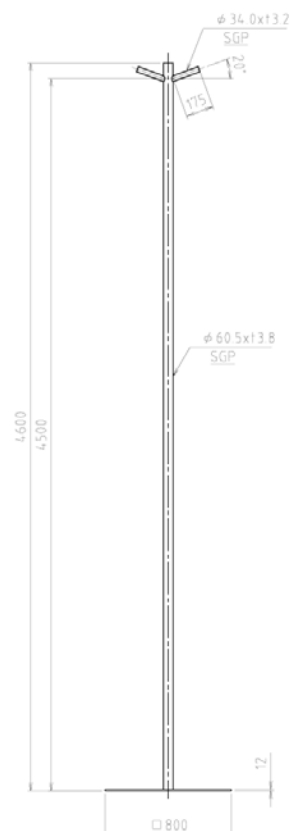


図 3.1-3 照明柱

3.1.3 評価刺激

評価刺激は、表 3.1-1 に示すように、従来光源 2 種（HF100X、FHT57）と白色 LED 5 種から構成され、防犯灯の一般的な設置高さである地上 4.5m に設置した。

表 3.1-1 評価刺激

No.	評価刺激の概要		
Light-1	HID 防犯灯 (HF100X)	4200lm	3900K
Light-2	蛍光ランプ防犯灯 (FHT57 形)	4300lm	4800K
Light-3	Light-5 20° 拡散板付	—	5000K
Light-4	Light-5 80° 拡散板付	—	5000K
Light-5	40VA LED 防犯灯	2000lm	5100K
Light-6	Light-5 を高出力点灯	3000lm	5100K
Light-7	Light-5 を低出力点灯	1000lm	5200K

※ 相關色温度は実測値を記す

なお Light-1 から Light-7 に示した評価刺激は、グレア評価が「ひど過ぎる」から「感じない」まで分散するよう配慮して選定した。また LED 照明器具のグレア評価が、モジュールのつぶつぶ感に影響するとの指摘もあるため、発光面が比較的均一な輝度分布になるよう評価刺激の外側に、拡散角特性の異なる 2 種類のレンズ拡散板（20°、80°）（以下、20° 拡散板、80° 拡散板と言う）を装着して評価させた。なおレンズ拡散板は、艶のある面を内側にして評価刺激の外側に両面テープを利用して固定した。

評価刺激の外観写真を図 3.1-4 と図 3.1-5 に、レンズ拡散板のイメージ写真を図 3.1-6 に示す。



図 3.1-4 HID 防犯灯



図 3.1-5 蛍光ランプ・LED 防犯灯

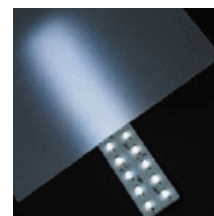


図 3.1-6 レンズ拡散板

3.1.4 実験条件

グレア評価のための指針の多くは、照明設備を直視しない周辺視によるものである。しかしながら照明設備を直視した場合のグレアが問題になることも無視できない。このため本実験では、被験者の視線を水平に保ち視野周辺部に光源装置がある場合（以下、周辺視実験と言う）と、光源装置を直視する場合（以下、中心視実験と言う）の2条件でグレアを評価させた。

グレアは、一般に次に示す4つの要素に左右されるといわれている。

- 順 応：目が順応している輝度が低いほどグレアが著しい
- 輝 度：対象の輝度が高いほどグレアが著しい
- 立体角：光源の見かけの大きさが大きいほどグレアが著しい
- 仰 角：光源が視野の中心近くに位置するほどグレアが著しい

このうち、本実験では「輝度」「立体角」「仰角」の変化がグレアに及ぼす影響を実験変数とした。グレアは視覚的順応レベルと対象（光源装置）の輝度の差が大きいほど問題になりやすいと言われているが、本実験は住宅街の歩行者と車が共存する生活道路を想定して行うこととしたため、順応を実験変数から除外した。なお照度レベルは、表 3.1-2 に示す照明学会・技術基準 JIEC-006¹⁾ に掲載されている推奨照度のうち、水平面照度視と半円筒面照度（または鉛直面照度）が併記された最も暗い環境である 5lx とした。なお照明学会は、2014 年 11 月に JIEC-006 を廃止し、照明学会・技術規格 JIES-010²⁾ を頒布した。その際に表 3.1-2 に示した照明基準は、「夜間の使用が中」と「夜間の使用が小」の照度レベルが1段階ずつ引き上げられた。

表 3.1-2 JIEC-006 歩行者のための屋外公共照明基準

場 所 の 分 類		推奨照度 (lx)	
使用状況 他	周囲の明るさ	水平面照度 E _h	半円等面照度または鉛直面照度 E _{sc} E _v
夜間の使用が大	明 る い	20	4
	中 程 度	15	3
	暗 い	10	2
夜間の使用が中	明 る い	10	2
	中 程 度	7.5	1.5
	暗 い	5	1
夜間の使用が小	明 る い	7.5	1.5
	中 程 度	5	1
	暗 い	3	—

周辺視実験と中心視実験において、被験者がグレアを評価した観測位置について説明する。

(ア) 周辺視実験

被験者の視線を水平に固定する周辺視実験では、図 3.1-7 に示す A～F の 6 か所の観測位置からグレアを評価させた。これにより観測位置ごとに、評価刺激の見かけの大きさ（立体角； $0.000057\text{sr} \sim 0.0015\text{sr}$ ）および評価刺激の視野中心からの離角（仰角； $5^\circ \sim 40^\circ$ ）が異なる評価対象を被験者に提示した。

(イ) 中心視実験

評価刺激を直視させる中心視実験では、図 3.1-7 の A、C、D、E、F の 5 か所を観測位置とし、評価刺激の見かけの立体角を実験変数とした。

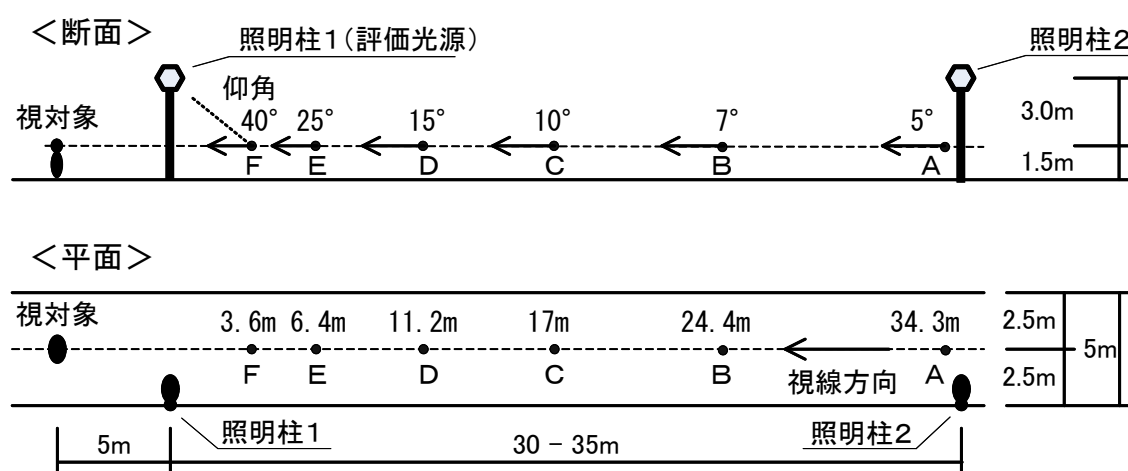


図 3.1-7 照明器具と観測者の位置関係

3.1.5 被験者

被験者には、表 3.1-3 に示す両眼視力 0.7 以上を有する（矯正視力可）21 名を用いた。また、普段の生活様式を把握するため、次の簡単なアンケート調査を実施した。

表 3.1-3 被験者属性

	20 才代	30 才代	40 才代	50 才代	60 才代	合計
男性	5	3	3	－	1	12
女性	6	1	－	2	－	9

<アンケート>

設問 1：お住まいはどのような地域ですか？

設問 2：普段、暗くなってから外出されますか？

設問 3：暗くなってから外出される場合、どのようなところによく出かけますか？

また、外出される場合の手段は何ですか？

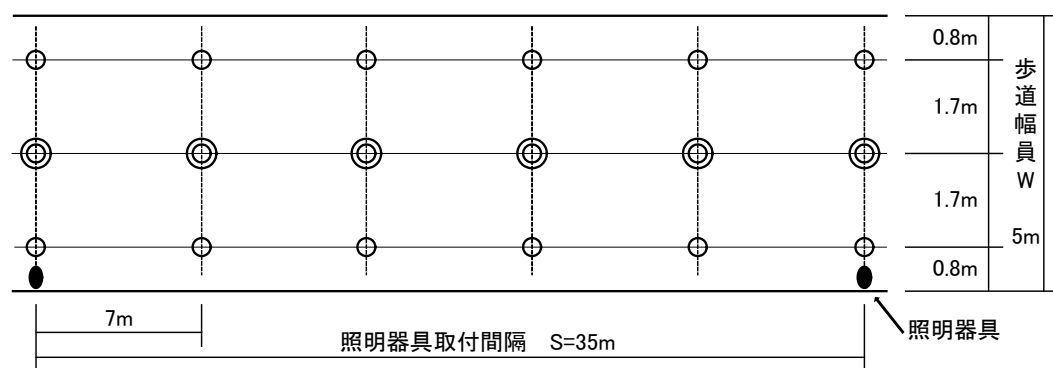
3.2 光学測定

実験環境の照度レベルが設定値に近似することと、被験者の観測位置における視環境を把握することを目的に光学測定を実施した。

3.2.1 測定要領

(1) 実験環境の把握

実験環境の明るさとして設定した水平面照度 5lx と鉛直面照度 1lx を満たしていることを確認するために、路面照度と路面上 1.5m の鉛直面照度を測定した。照度測定点は図 3.2-1 に示すとおりで、“照明学会・技術基準 JIEC-006¹⁾” に準拠して決めた。鉛直面照度の測定は前後方向とし、水平面照度の均斉度は測定結果より 4 点法により算出した。



注記) ○、◎：水平面照度測定点、◎：鉛直面照度測定点

図 3.2-1 照度測定点

(2) 観測位置の視環境把握

観測位置の視環境を把握するため、各観測位置（A～F の 6 ポイント）において、路面上 1.5m の被験者視線方向の輝度分布と眼前照度を測定した。なお、輝度分布は表 3.2-1 に示す仕様の写真測光システムを用いて測定し³⁾、これらの測定結果を基に表 3.2-2 に示す輝度値を算出した⁴⁾。また眼前照度は、周辺視実験では鉛直面照度（ E_v ）を、中心視実験においては光源方向の法線面照度（ E_n ）を測定した。

表 3.2-1 写真測光の仕様

カメラ	Canon EOS Kiss X4
レンズ	SP AF10-24mm F/3.5-4.5 Di II （測定時 10mm）
画角	67° × 67°
画像サイズ	3072 × 3072 pixel
解像度	1.31 分/pixel
輝度測定範囲	0.005 - 3,490,000 cd/m ²

表 3.2-2 輝度分布から求めた値

Lmax	照明器具発光部分の最大輝度 cd/m^2
Lave10	照明器具発光部分(最大輝度の 1/10 以上の部分)の平均輝度 cd/m^2
Lave100	照明器具発光部分(最大輝度の 1/100 以上の部分)の平均輝度 cd/m^2
L20	被験者視線方向の 20° 視野の平均輝度 cd/m^2
L40	被験者視線方向の 40° 視野の平均輝度 cd/m^2
Lvl	グレア光による等価光幕輝度 cd/m^2
Lve	反射光による等価光幕輝度 cd/m^2

3.2.2 測定結果

(1) 実験環境の把握

測定結果を表 3.2-3 に示す。また測定結果の詳細は【 付録 3. 光学測定データ 】に示す。

表 3.2-3 実験エリアの照度実測値

	Light-1 と Light-2	Light-3 と Light-4	Light-5 と Light-6	Light-5 と Light-7
水平面照度	7.0	6.0	9.8	6.0
鉛直面照度1	3.1	2.0	5.0	2.0
鉛直面照度2	3.9	2.8	3.2	3.0

(2) 観測位置の視環境把握

輝度分布の一例を図 3.2-2 に示す。表 3.2-2 に示した輝度分布から得た値や、眼前照度の測定結果は【 付録 3. 光学測定データ 】に示す。

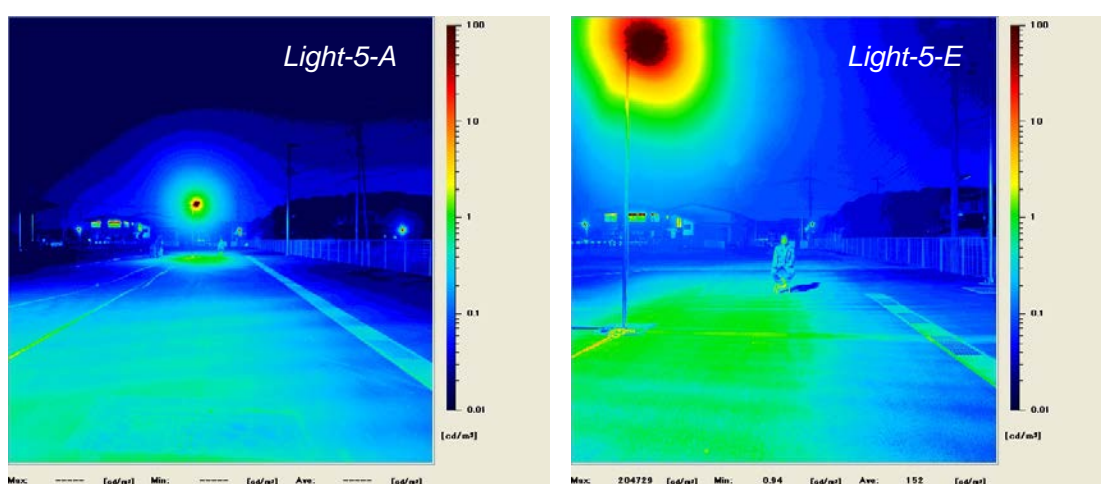


図 3.2-2 輝度分布の一例

3.3 周辺視による不快グレア主観評価実験

3.3.1 評価方法

被験者には、図 3.3-1 に示す評価スケールを用いて、視線を水平に固定した状態でグレアを評価させた。またその時、前方に設置する視対象（人の顔）を観測させて、図 3.3-2 に示す評価スケールで視認性を評価させている。これはグレア評価の際に、視線が評価刺激に向かわないようにするためのタスクである。

これら 2 つの主観評価は、観測位置 A から F の順に行った。なお評価刺激は、ランダムに提示して評価させる方が望ましいが、本実験では限られた時間内により多くの評価データを得ることを優先したため、表 3.1-1 に示した順に（Light-1 から Light-7 へと）被験者に提示した。主観評価実験の様子を図 3.3-3 に示す。



図 3.3-1 グレアの評価スケール

顔の特徴(目・鼻・口)

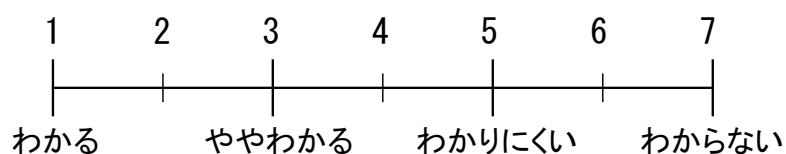


図 3.3-2 視認性の評価スケール



(実験開始前の説明の様子)



(評価の様子)

図 3.3-3 主観評価実験の様子

3.3.2 評価結果

主観評価は表 3.1-3 に示した 21 名を被験者に実施したが、このうち 2 名の評価結果が特異であったため除外して解析を進めることとした。なお、除外した理由は次の通りである。

除外者 1：すべての提示条件において、全くグレアを感じていない。

除外者 2：グレア評価の大小が、他の被験者と逆転しており、評価言語の序列を勘違いした可能性が高い。

次に、被験者 19 名の評価データが概ね正規分布していることを確認できたので、被験者 19 名の平均値を用いて解析を進めることとした。

まず、図 3.3-4 にグレア評価と観測距離の関係を示す。図より観測位置 A から E までは、評価刺激に近づくほどグレアが増していることが分かる。ただし観測位置 F のグレアが小さいのは、視界からグレア源である評価刺激が外れたことに起因する。また、評価刺激ごとにグレアの程度が異なることも確認できる。特にまぶしいと評価されたのは LED モジュールがグローブ越しに見える LED 防犯灯 (Light-5 と Light-6) であった。次にまぶしいと評価されたのは蛍光ランプ防犯灯 (Light-2) で、発光面の輝度分布が比較的均一な HID 防犯灯 (Light-1) とレンズ拡散板を付加した LED 防犯灯 (Light-3・Light-4) が続く。光束量を定格の 1/2 に低下させた LED 防犯灯 (Light-7) のグレア評価は Light-3・Light-4 と同程度だった。これらの結果は LED モジュールがグローブ越しに見える LED 防犯灯は、発光面の輝度分布が比較的均一に発光する防犯灯と比較して、9 段階のグレア評価スケールで概ね 1.5 程度まぶしいと評価されたことを示している。

次に図 3.3-5 に評価得点の標準偏差と観測距離の関係を示す。この図は、発光面の輝度分布が比較的均一な HID 防犯灯 (Light-1) やレンズ拡散板を付加した LED 防犯灯 (Light-3・Light-4) に比較して、LED モジュールがグローブ越しに見える LED 防犯灯 (Light-5 と Light-6) の評価にばらつきが大きいことを示している。

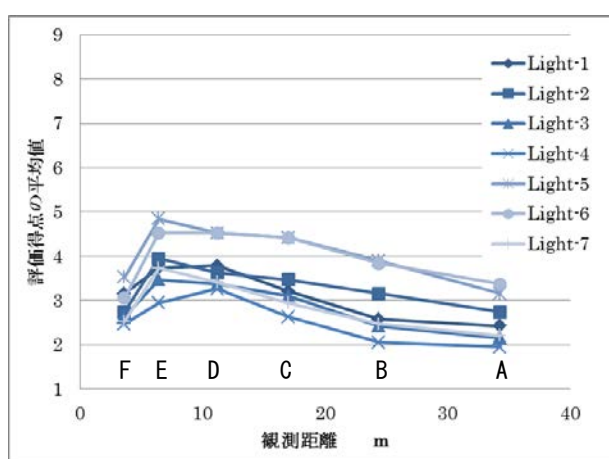


図 3.3-4 グレア評価と観測距離の関係

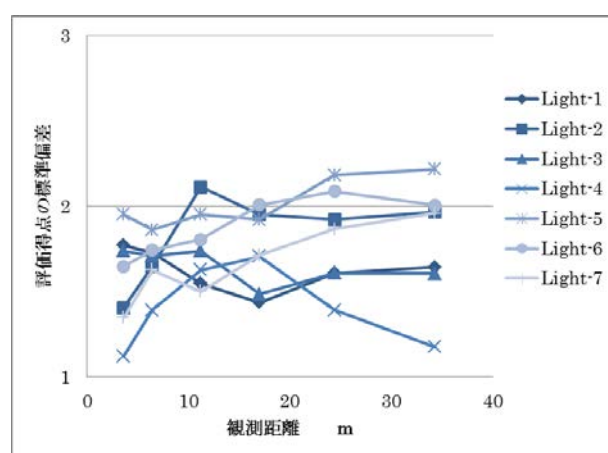


図 3.3-5 評価誤差の傾向

次に、グレア評価の結果と眼前照度（Ev）との関係を図 3.3-6 に示す。Light-1 以外は相関が低いことが確認された。これより被験者の明るさ順応を示す指標と考えられる眼前照度のみで周辺視による不快グレアを説明することは難しいことが分かる。

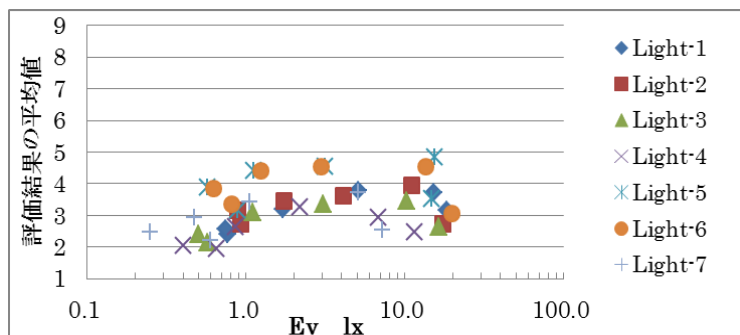


図 3.3-6 グレア評価と眼前照度の関係

表 3.3-1 グレア評価とEV の関係

評価刺激	相関係数 R^2
Light-1	0.567
Light-2	0.051
Light-3	0.275
Light-4	0.286
Light-5	0.099
Light-6	0.005
Light-7	0.152
全データ	0.120

3.3.3 考察

グレア評価に寄与する測光量を特定することを目的に、L20、L40、Leq、Lv1、GR、Lmax、Lave10、Lave100（表 3.2-2 参照）らとグレア評価の関係を図示する。

視線中心からの円形視野内平均輝度が被験者の順応レベルを表していると仮定し、20° 視野の平均輝度（L20）や 40° 視野の平均輝度（L40）を算出して評価結果との関係を図示（図 3.3-7 と図 3.3-8）した。その結果グレア評価と円形視野内平均輝度との相関が低いことが分かった。

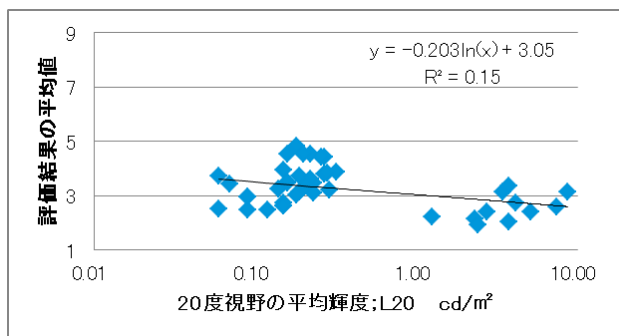


図 3.3-7 グレア評価とL20 の関係

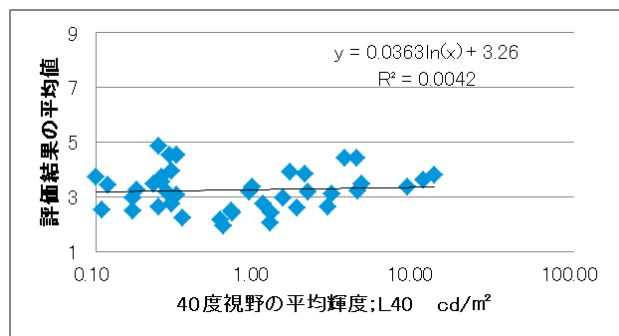


図 3.3-8 グレア評価とL40 の関係

図 3.3-4 に示したように、評価刺激ごとにグレア評価の傾向は異なる。評価刺激間のグレア評価の違いが、統計的に意味があるかについて t-検定により検証した結果、有意水準 1%で次の 2 グループに大別できることを確認した。

グループ 1) 発光面の輝度分布が比較的均一に発光する従来光源（Light-1・Light-2）と
レンズ拡散板を付加した LED 防犯灯（Light-3・Light-4）

グループ 2) LED モジュールがグローブ越しに見える LED 防犯灯（Light-5・Light-6・Light-7）

この傾向に配慮して、現行の屋外投光照明のグレア評価指標であるGR（グレアレイティング）の算出に使用される等価光幕輝度とグレア評価結果との関係について考察する。

$$GR = 27 + 24 \log (Lv1 / Lve^{0.9}) \quad \dots \dots \dots 1 \text{ 式}$$

ただし $Leq = Lv1 + Lve$

図 3.3-9 から図 3.3-11 に図示した布置図から、LED モジュールがグローブ越しに見える LED 防犯灯は、発光面の輝度分布が比較的均一に発光する防犯灯に比較して、実験に用いた評価スケールで 1.5 程度グレアが大きく（まぶしく）なると読み取れる。これは図 3.3-4 に示した傾向と一致する。また、発光面の輝度分布が比較的均一に発光する防犯灯の方が、データの相関が強いことが分かった。

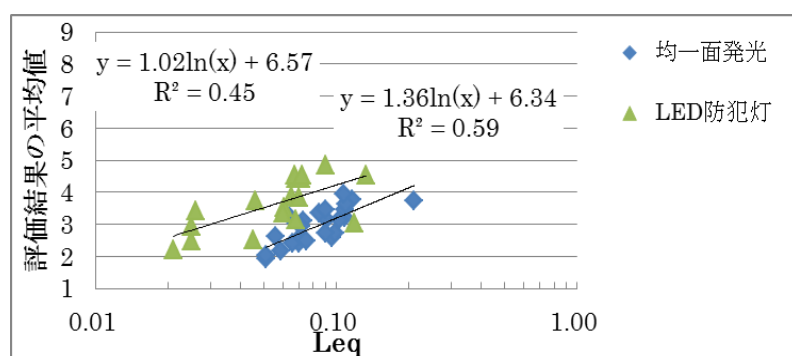


図 3.3-9 グレア評価と等価光幕輝度(Leq)の関係

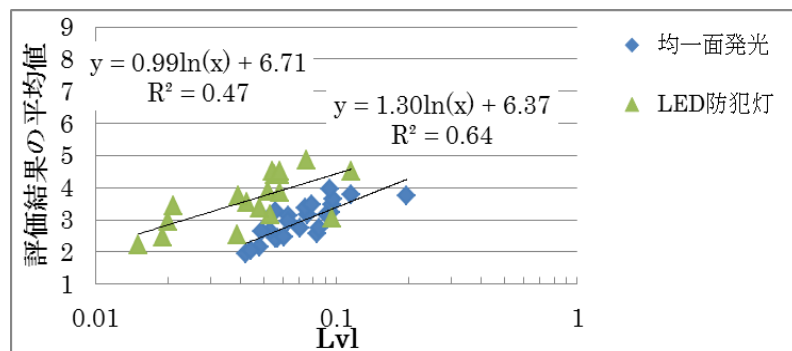


図 3.3-10 グレア評価と等価光幕輝度(Lv1)の関係

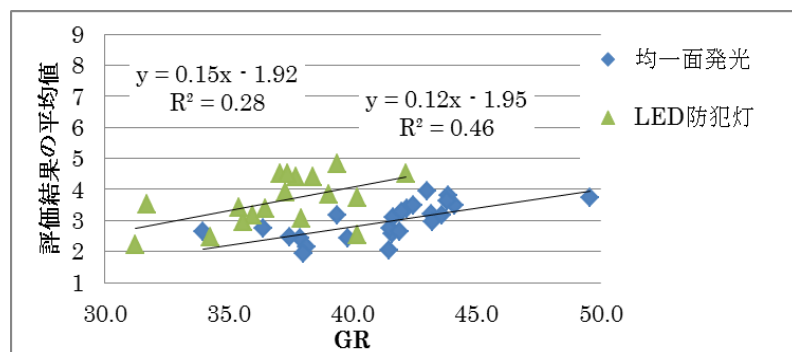


図 3.3-11 グレア評価とGRの関係

次に、グレア評価と評価刺激の輝度値との関係を考察する。評価刺激の最大輝度値（Lmax）は、図 3.3-12 に示すように強い相関関係が見られた。これは“3.1.4 実験条件”に紹介したグレアの4つの要素の一つである「対象の輝度が高いほどグレアが著しい」に一致する。そして図からは、例えば最大輝度値 45,000cd/m² 防犯灯の場合、グレア評価は“3：ややまぶしい”と読み取れる。

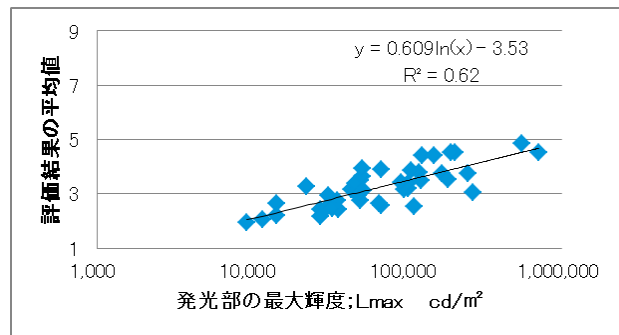


図 3.3-12 グレア評価と Lmax の関係

次に評価刺激の平均輝度とグレア評価の関係を考察するが、照明器具発光部の見掛けの面積が、照明器具本体やグローブの面積とは異なることには配慮する必要がある。先述の“歩行者のための屋外公共照明基準¹⁾”には、照明器具のグレア規制値（表 3.3-2）と共に2式が定義されている。2式によると照明器具発光部分の見掛けの面積は、最大輝度の 1/10 以上の部分から求めるとある。ところが CIE31⁴⁾ には最大輝度の 1/100 以上の部分から求めるよう説明されている。ここではそれぞれの方法で求めた照明器具発光部の平均輝度（本報では Lave10、Lave100 という）とグレア評価との関係を図 3.3-13 と図 3.3-14 に描いた。その結果、図中に示すように共に強い相関関係が見られた。

表 3.3-2 照明器具のグレア規制（取付高さ 10m未満のもの）

鉛直角 85 度以上の輝度	20,000cd/m ² 以下		
照明器具の高さ	4.5m未満	4.5m～6.0m	6.0m以上
鉛直角 85 度以上の光度	2,500cd	5,000cd	12,000cd

$$L = I_{85} / A \quad \dots \dots \dots 2 \text{ 式}$$

ただし、

L : 照明器具の鉛直角 85 度方向の平均輝度 (cd/m²)

A : 照明器具発光部分(最大輝度の 1/10 以上の部分)の見掛けの面積 (m²)

I₈₅ : 照明器具の鉛直角 85 度方向の光度 (cd)

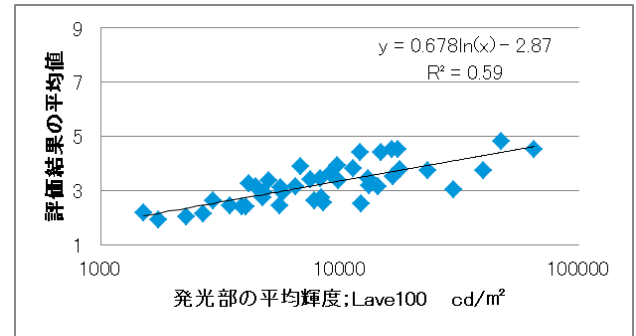
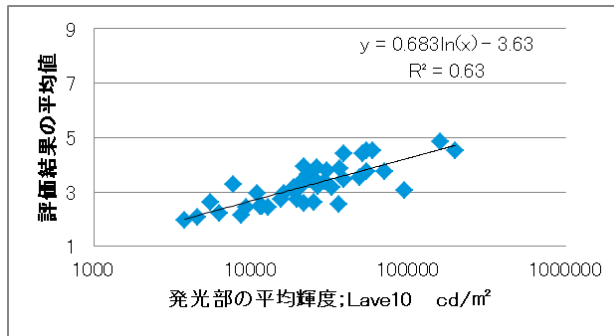


図 3.3-13 グレア評価と Lave10 の関係 図 3.3-14 グレア評価と Lave100 の関係

周辺視実験からは、次の 1 から 3 に示す知見が得られ、不快グレアを軽減した光環境を構築するための基礎的な資料を得ることができた。

1. LED モジュールがグローブ越しに見える LED 防犯灯は、発光面の輝度分布が比較的均一に発光する防犯灯と比較してまぶしいと感じる。その差は、9 段階のグレア評価スケールで、概ね 1.5 程度。
2. LED モジュールがグローブ越しに見える LED 防犯灯のグレア評価は、発光面の輝度分布が比較的均一に発光する HID 防犯灯やレンズ拡散板を付加した LED 防犯灯に比較して、個人差が大きい。
3. 発光面の輝度分布に依存せずにグレア評価と強い相関が確認できた物理量は、次の 3 つであった。

- Lmax 照明器具発光部分の最大輝度 cd/m^2
- Lave10 照明器具発光部分(最大輝度の 1/10 以上の部分)の平均輝度 cd/m^2
- Lave100 照明器具発光部分(最大輝度の 1/100 以上の部分)の平均輝度 cd/m^2

(文責 ; 江湖)

参考文献

- 1) 照明学会・技術基準 JIEC-006 (1994) 歩行者のための屋外公共照明基準
- 2) 照明学会・技術規格 JIES-010 (2015) 歩行者の安全・安心のための屋外照明基準
- 2) http://www.iwasaki.co.jp/product/products_data/quapix/
- 3) Glare And Uniformity in Road Lighting Installations, CIE31 (1976)

3.4 中心視による不快グレア主観評価実験

3.4.1 評価方法

中心視実験では、評価刺激を3秒間直視したときのグレアの程度を、周辺視実験と同じ評価スケールを用いて評価させた。なお観測位置は、図3.1-7示したA、C、D、E、Fの5カ所である。主観評価実験の様子を図3.4-1に示す。



図 3.4-1 主観評価実験の様子

3.4.2 評価結果

主観評価は表3.1-4に示した21名を被験者として実施したが、すべての提示条件において全くグレアを感じていないと回答した1名を除外して解析を進めることにした。

次に、被験者20名の評価データが概ね正規分布していることが確認できたので、被験者20名の平均値を用いて解析を進めた。

まず、図3.4-2にグレア評価と観測距離の関係を示す。周辺視の評価結果と異なり、評価刺激に近づくほどグレアを強く感じたことが読み取れる。評価刺激ごとの特徴に着目すると、特にまぶしいと評価されたのは、発光面の輝度分布が比較的均一なHID防犯灯(Light-1)とLEDモジュールがグローブ越しに見えるLED防犯灯(Light-5とLight-6)であった。次にまぶしいと評価されたのは蛍光灯防犯灯(Light-2)で、レンズ拡散板(20度)を付加したLED防犯灯(Light-3)と光束量を定格の1/2に低下させたLED防犯灯(Light-7)が続き、最もグレアを感じないのはレンズ拡散板(80度)を付加したLED防犯灯(Light-4)であった。すなわち、周辺視評価とは異なり、LEDモジュールがグローブ越しに見えるLED防犯灯(Light-5とLight-6)と発光面の輝度分布が比較的均一に発光する防犯灯(Light-1とLight-2)が同程度のまぶしさと評価されている。

図3.4-3に評価得点の標準偏差と観測距離の関係を示す。観測距離が短い場合(11.2m以下)は、防犯灯の種類に関わらず、ほとんどの観測者がグレアを感じており評価者間のバラツキが小さい。しかし観測距離が長く(17m以上)になると、グレアの感じ方に個人差が大きくなる傾向が表れた。LEDモジュールがグローブ越しに見えるLED防犯灯(Light-5とLight-6)は、評価のバラツキが非常に大きく、発光面の輝度分布が比較的均一に発光する防犯灯(Light-1とLight-2)が続き、レンズ拡散板(80度)を付加したLED防犯灯(Light-4)は評価のバラツキが非常に小さい。

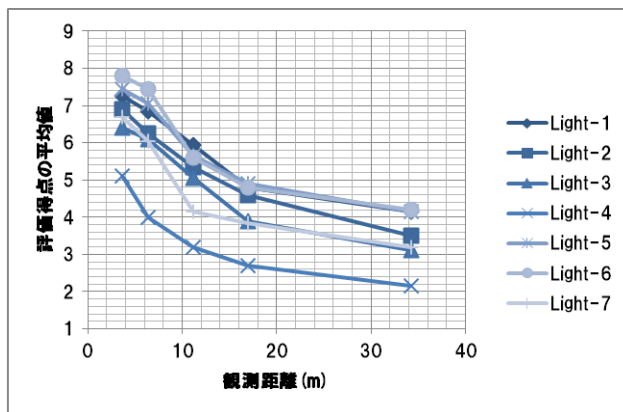


図 3.4-2 グレア評価と観測距離の関係

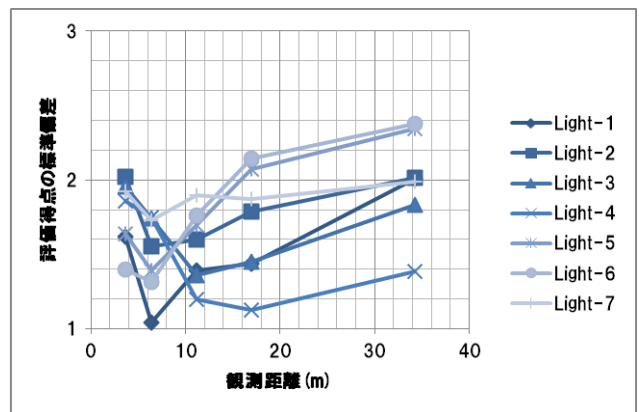


図 3.4-3 評価誤差の傾向

グレア評価の結果と評価刺激（光源）方向の照度との関係を図 3.4-4 に示す。評価刺激ごとに布置図を見ると、グレア評価値と評価刺激（光源）方向は強い相関関係が見られる。しかし全体では相関があまり高いことが確認された。評価刺激（光源）方向は被験者の明るさ順応を示す指標と考えられるが、単独でグレアを説明することが難しいことを示している。

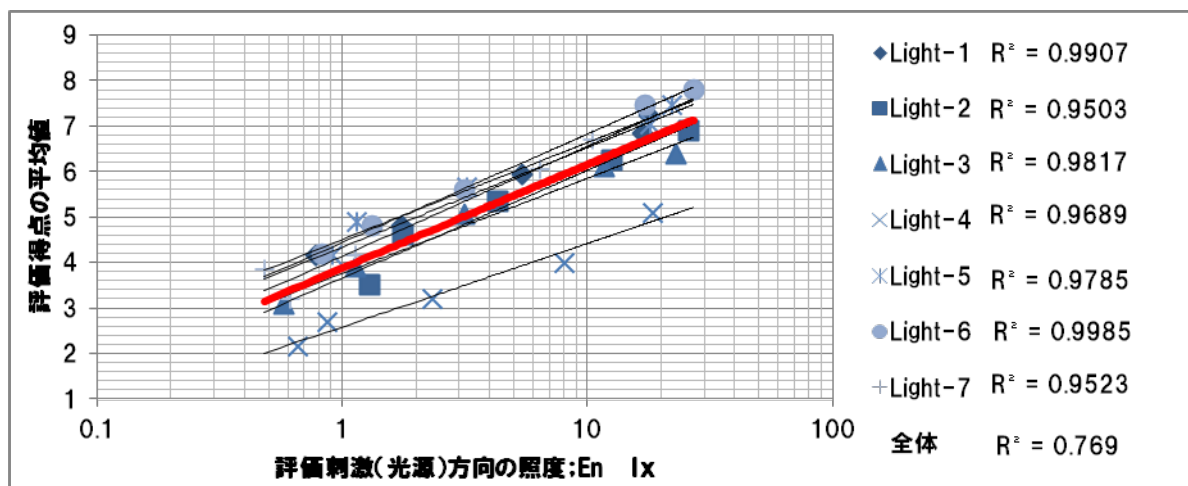


図 3.4-4 グレア評価と評価刺激（光源）方向の照度との関係

3.4.3 考察

グレア評価と評価刺激（光源）方向の照度が、全評価刺激ではあまり相関が高くないということは、グレア評価が発光面の輝度分布に影響していると考えられる。

そこで、発光面の輝度分布の均斉度に応じて評価刺激を分類した結果、評価刺激（光源）方向の照度が同程度の場合、従来光源（Light-1, 2）と比較して、均斉度が低いLED モジュールがグローブ越しに見える LED 防犯灯（Light-5, 6, 7）は実験に用いた評価スケールで 0.5 程度グレアが大きくなり、レンズ拡散板（80 度）を付加することで均斉度を高くした LED 防犯灯（Light-4）は 1.5 程度グレアが小さくなることが読み取れる（図 3.4-5）。つまり、LED モジュールがグローブ越しに見える LED 防犯灯は、発光面の輝度分布が比較的均一に発光する防犯灯と比較して、2.0 程度グレアが大きくなる。これは図 3.4-3 で示した傾向と一致する。

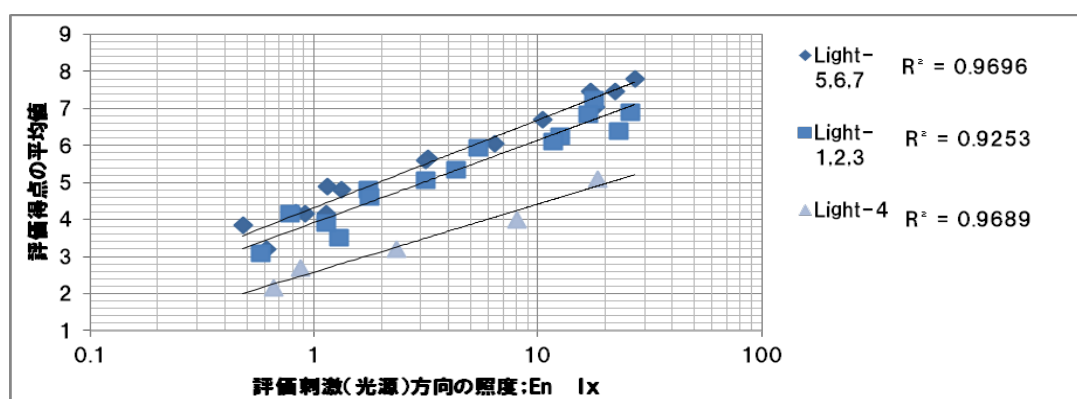


図 3.4-5 グレア評価と評価刺激(光源)方向の照度との関係

次に、グレア評価に寄与する測光量を特定することを目的に、グレア評価と L_{max} 、 L_{ave10} 、 L_{ave100} などとの関係を描いた（図 3.4-6～図 3.4-8）。グレア評価は、 L_{max} 、 L_{ave10} 、 L_{ave100} のいずれとも相関があるが、 L_{ave100} との間に最も強い相関が見られた。なお各図から 9 段階評価で“5 点：まぶしい”と評価された輝度値を読み取ると、 L_{max} は $60,000 \text{ cd/m}^2$ 、 L_{ave10} は $20,000 \text{ cd/m}^2$ 、 L_{ave100} は $8,000 \text{ cd/m}^2$ となる。

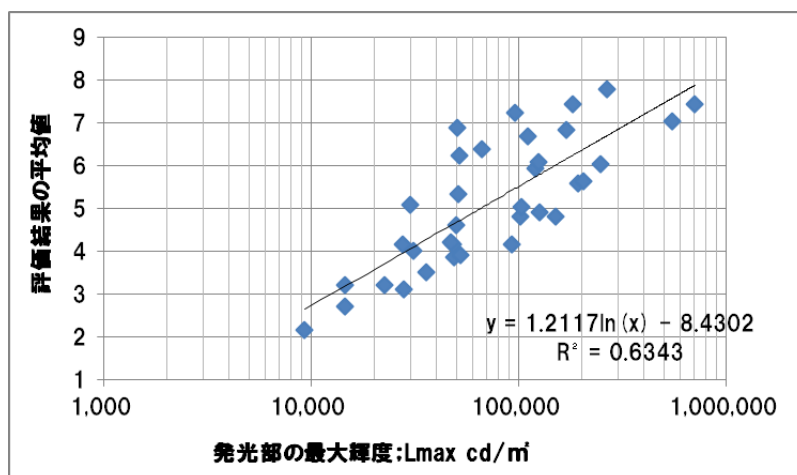


図 3.4-6 グレア評価と L_{max} との関係

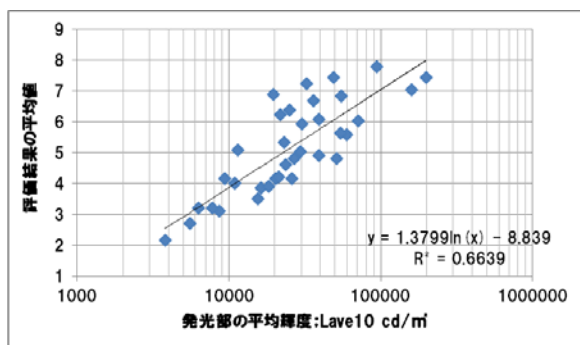


図 3.4-7 グレア評価と Lave10 との関係

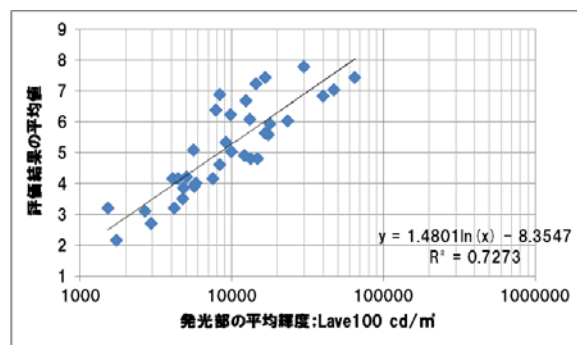


図 3.4-8 グレア評価と Lave100 との関係

地上 4.5m 程度の高さに設置される防犯灯は、「鉛直角 85 度以上の輝度 20,000cd/m² 以下」がグレア規制値と考えられている（表 3.3-2 参照）。そこで仰角 5 度で観測した際（観測位置 A）のグレア評価と Lave10 との関係を描いた（図 3.4-9）。Light-1 の Lave10 は、Light-5 の半分以下の 9,000cd/m² 程度だが、グレア評価値は共にほぼ 4 程度である。また Light-1 は、Light-3 と同程度の輝度値であるがグレア評価値は高い。このように、実験で得たグレア評価値と測定値との関係には、バラつきが大きいことを把握する必要がある。

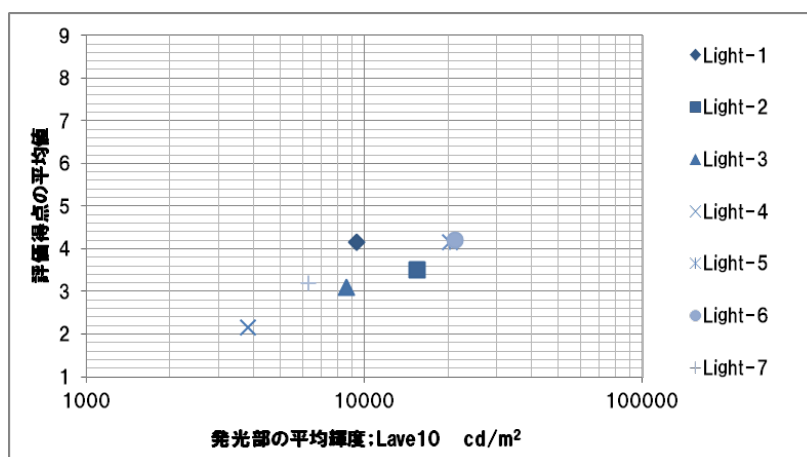


図 3.4-9 グレア評価と Lave10 との関係(評価刺激別)

以上、LED 照明を直視して不快グレアを評価する中心視実験からは、以下の知見が得られた。

1. 同一器具では防犯灯方向へ顔を向けた眼前照度との相関が高いことが確認できた。
2. LED モジュールがグローブ越しに見える LED 防犯灯は、発光面の輝度分布が比較的均一に発光する防犯灯と比べて、9 段階のグレア評価スケールで 2.0 程度グレアを強く感じる事が分かった。
3. 周辺視の場合と同様に、中心の場合もグレア評価は L_{max} , Lave10, Lave100 と相関がある。

(文責；江湖)

光源を直視した場合の不快グレアは、光源の大きさ、光源輝度、背景輝度の三つパラメータを組み合わせることで評価できることがわかっている。一方、光源が視野周辺にある場合、これに視線方向からのずれの大きさを、ポジション・インデックスなどのような形でパラメータとして加える必要がある。したがって、まずは直視グレアをできるだけ客観的、正確に推定できるようにになれば、周辺視によるグレアについては、それを周辺視に適用できるように、パラメータを追加し、修正、変形していけばよいと考えられる。そこでここでは、不均一な光源のグレア評価を検討する基礎として、光源を直視した場合のグレア評価モデルの構築を試みる。

既に述べたように、不快グレアの程度は、既往研究の結果から、光源の大きさ、光源輝度、背景輝度の三つパラメータを組み合わせた評価式となることが分かっているが、実際の照明環境の光源についてこの三つのパラメータの値を客観的に求めようとすると、大きな困難を伴う。従来の光源を利用した照明器具であっても、実際の照明器具では反射板やシェードがあり、どの範囲をグレア光源とするかの判断に困ることがしばしばで、そのため、光源の大きさ、光源輝度が明確に決められないというのが実態である。さらに背景輝度については、光源を除いた眼前の鉛直面照度から輝度均一と考えて推定することが多いが、現実の背景はとても均一とはいえないし、光源を除くという操作も客観的に行うことは難しい。このような潜在的に抱えていた問題が、光源がLEDになることによって顕在化してきたというのが正しい認識であろう。

(1) コントラスト・プロファイル法と CA 図

[illegible]

-9.79E-06	-0.00022	-0.00167	-0.0032	-0.00167	-0.00022	-9.79E-06
-0.00022	-0.00626	-0.03534	-0.0563	-0.03534	-0.00626	-0.00022
-0.00167	-0.03534	-0.06548	0.062483	-0.06548	-0.03534	-0.00167
-0.0032	-0.0563	0.062483	0.57284	0.062483	-0.0563	-0.0032
-0.00167	-0.03534	-0.06548	0.062483	-0.06548	-0.03534	-0.00167
-0.00022	-0.00626	-0.03534	-0.0563	-0.03534	-0.00626	-0.00022
-9.79E-06	-0.00022	-0.00167	-0.0032	-0.00167	-0.00022	-9.79E-06

グレア光源と背景を含んだ対数輝度画像が、仮に図 3.5-1 のように、光源内でも、背景でも分布をもっているとする。このような場合、一つのピクセルで視対象や背景を代表させることはできないため、ある範囲の平均を求めて光源輝度と背景輝度を求めることになるが、この範囲を客観的に決めることが難しい。コントラスト・プロファイル法は、この範囲を重み付けとともに客観的に提示する方法ともいえる。

コントラスト・プロファイル法では、まず、図 3.5-2 に示すような重み付けのマトリックスを用意する。このマトリックスは、特定の空間周波数の輝度変化のみを変調せずに通過させる N-filter と呼ばれる理想的なバンドパスフィルタを、とても粗い精度で近似し、それを空間領域に示したものである。このマトリックスの全ての値を足し合わせればほぼゼロになり、平均値によらず変化量だけが検出されるようになっている。中央の 1 ピクセルに注目すると、その値は約 0.57、その他の領域の合計は -0.57 となり、このマトリックスを対数輝度画像に畳み込むと、中央のピクセルと背景との輝度比の 0.57 倍が算出される。一方、中央の 3×3 の部分に注目すると、その値を足し合わせれば約 0.56 となり、中央の 3×3 の領域を対象とした場合は、背景との輝度比の 0.56 倍が算出される。N-filter を高い精度で近似すると、中央の正の領域の積分が 1、その他の領域の積分が -1 になり、この中央領域と背景との輝度対比がそのまま算出され、検出対象サイズがこの中央領域のサイズとして定義される。このサイズを、図 3.5-2 のマトリックスで近似した場合に適用すると、約 2.12 ピクセルのサイズとなる。すなわち、コントラスト・プロファイル法では、視対象のサイズを、検出対象サイズとして定義し、それに対応したマトリックスを対数輝度画像に畳み込むことにより、その視対象と背景の輝度比が算出される。

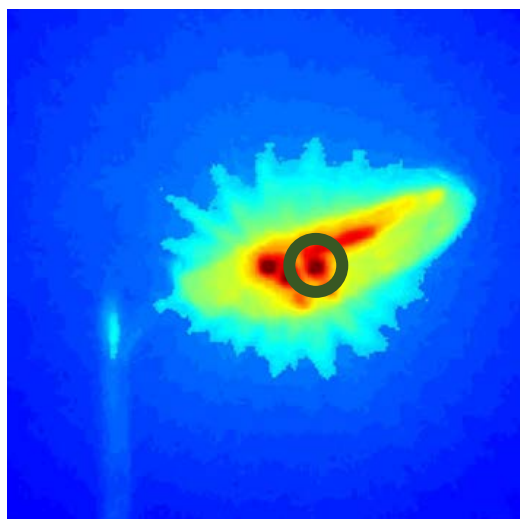


図 3.5-3 解析対象輝度画像

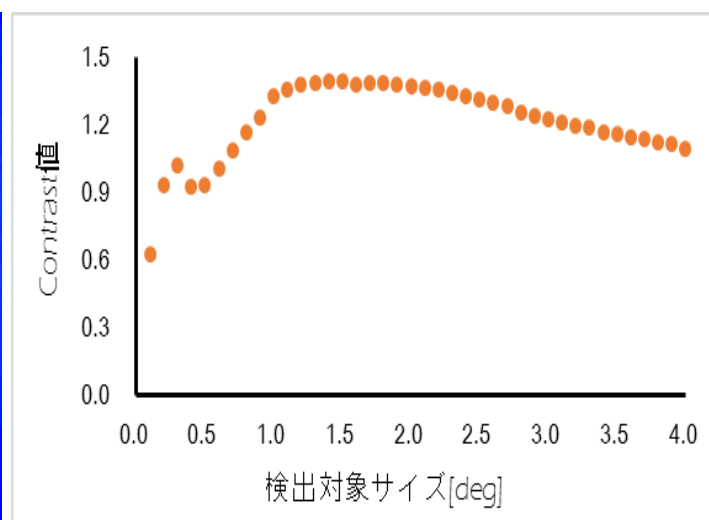


図 3.5-4 コントラスト・プロファイル

このような計算を、画像内のある一点（図 3.5-3 に示す照明器具輝度画像の黒丸で囲った最大輝度をもつ点）に対して、検出する視対象サイズを順次変化させて行くと、図 3.5-4 のようなグラフが得られる。このグラフは、対象と背景の輝度コントラストが、検出対象サイズの関数として表現されることを示しており、コントラスト・プロファイルと呼ばれる。このコントラスト・プロファイルを見ると、二つのピークがあることがわかる。このピークは、対応するサイズの対象が周囲から分離されて見える状態を表しており、この照明器具の中に、小さな光源として見える大きさ（0.3deg）のグレア源が存在し、さらに照明器具全体（1.5deg）として検出されるグレア源も存在することを示している。

このような計算を、マトリックスを平行移動させながら画像の全ての点について計算すると図 3.5-5 のような輝度コントラスト画像を作成することができる。輝度コントラスト画像は、輝度画像上のすべてのピクセルについて、そのピクセルを中心とした視対象と背景との間の輝度コントラスト値を求めたもので、この図をみることで、その光源がどのような小光源から構成されているかが判断でき、そしてその小光源の位置は、空間的な変化のピークの位置で

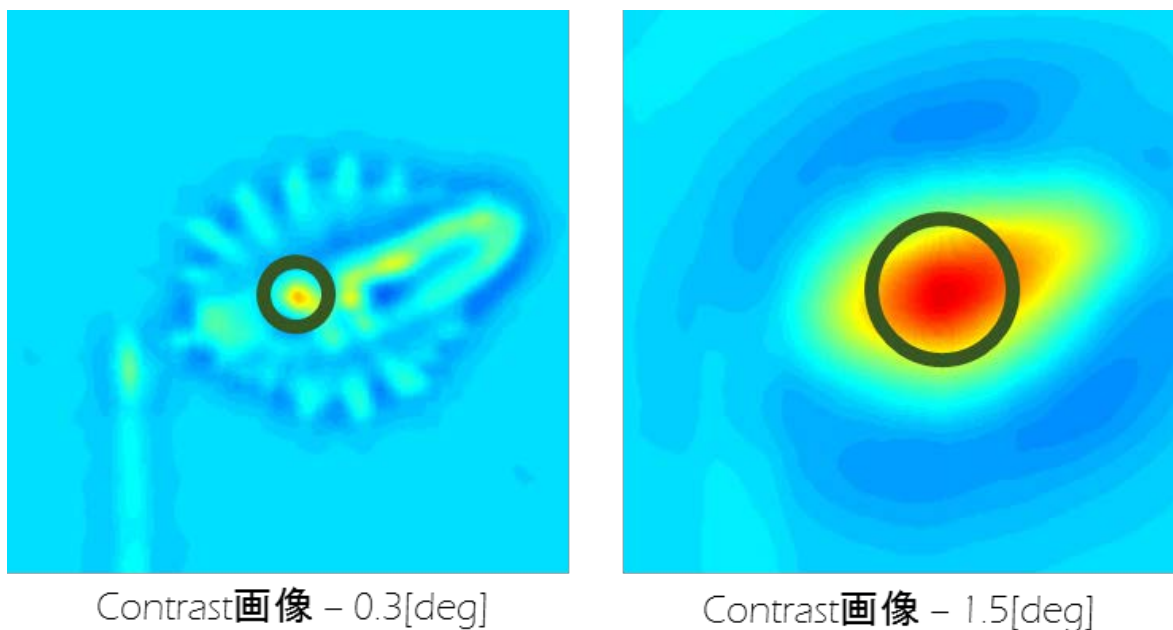


図 3.5-5 輝度コントラスト画像

1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49
1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49
1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49
1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49
1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49
1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49
1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49	1/49

図 3.5-6 平均化フィルタ

定義できる。コントラスト・プロファイル法では、輝度コントラストの値が、検出サイズの領域（周波数領域）でも空間領域でもピークをもつ位置を、光源の位置と定義し、そのときの検出サイズを光源サイズとする。

一方、光源輝度の効果は、次に図 3.5-6 に示すような、図 3.5-2 と同じサイズの平均化マトリックスを対数輝度画像に畳み込んだ画像を別途作成し（対数輝度平均画像）、輝度コントラスト画像で光源の位置として検出された位置における、対数輝度の平均値を用いて表現する。

このように、コントラスト・プロファイル法では、光源の輝度に対応する対数輝度平均値、光源と背景との対比に対応する輝度コントラスト値、光源サイズに対応する検出対象サイズ値、という三つの値によって、不快グレアの程度を推定する。具体的には、図 3.5-8 に示すような、検出対象サイズ毎に示された CA 図（contrast - average 図、輝度評価グラフと呼ばれることもある）に、不快グレアの程度が等グレア曲線（コンター）として示される。

(2) CA 図を用いた不快グレアの推定

筆者らの研究室では、図 3.5-7 に示すような刺激を提示し、均一背景の下での均一光源の「グレアを感じ始める」、「グレアが気になると感じ始める」、「グレアが不快だと感じ始める」条件を被験者実験により求め（被験者 6 名）、また、視野内均一輝度についても、同様な三条件を求めた（ここでは実験データの詳細は割愛するが、今後学会発表する予定である）。その結果、図 3.5-8、3.5-9 に示すような等グレア曲線（感じ始める、気になると感じ始める、不快であると

感じ始める) が得られた。なお、この CA 図の等グレア曲線は、理想的な輝度画像 (図 3.5-7 の条件が完全に再現された輝度画像、Matlab で作成) に適用できるものである。

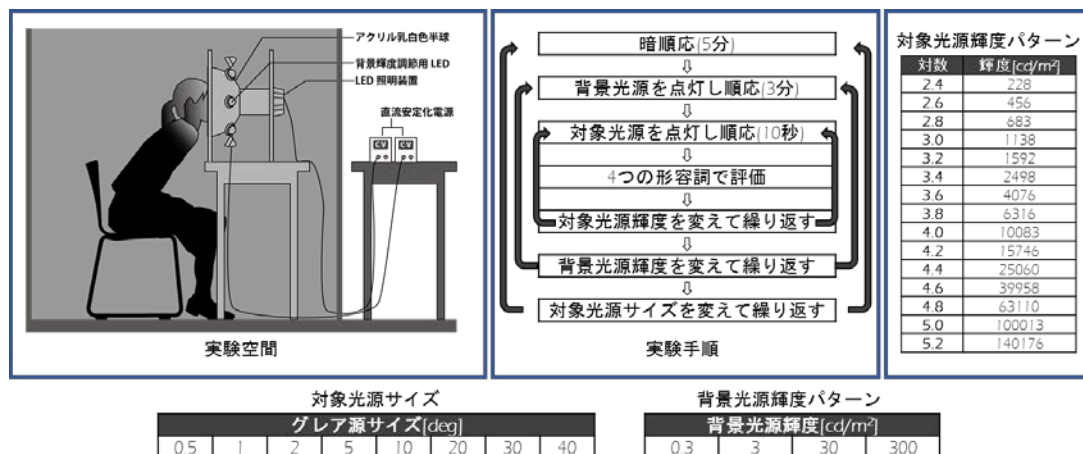


図 3.5-7 東工大で行った被験者実験

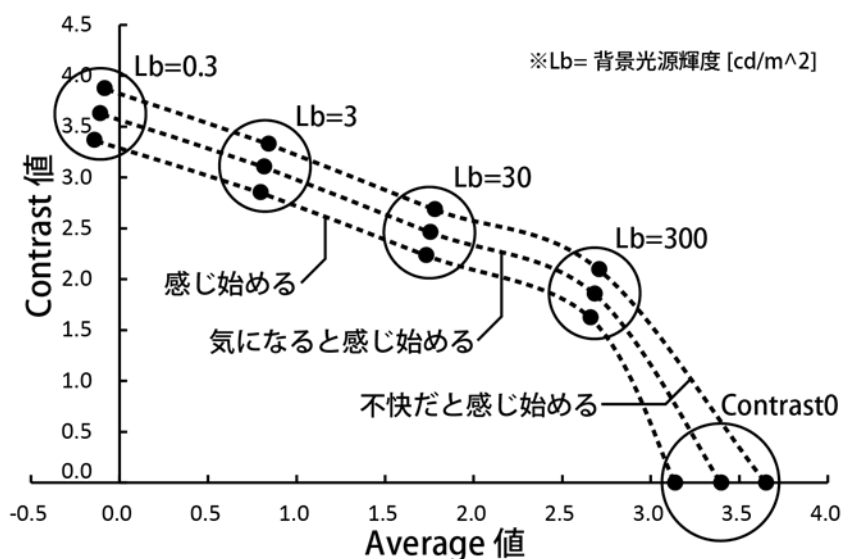


図 3.5-8 CA 図上での等グレア曲線(5 deg の場合)

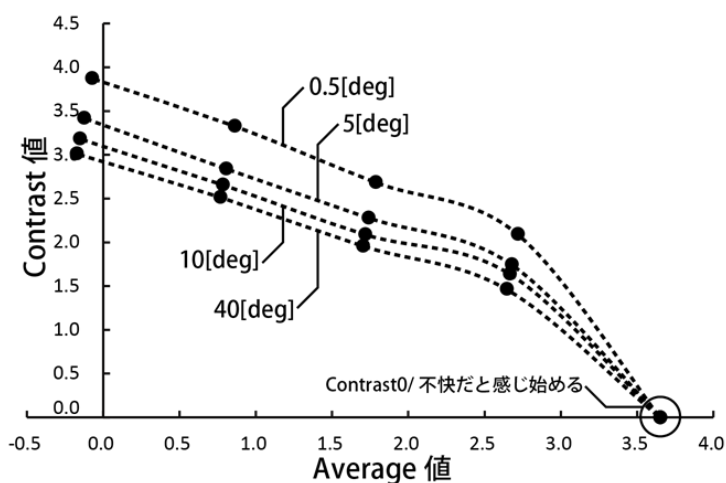


図 3.5-9 「不快だと感じ始める」CA 図(0.5,5,10,40 deg)

(3) コントラスト・プロファイル法を使った測定輝度画像の分析

ここでは、本章で報告する実験条件のうち、距離 D の輝度画像のみを分析することとする。これは、コントラスト・プロファイルの計算を行うには、グレアを評価する照明器具が画像の中央付近にあり、さらに、小さな LED 光源が検出できるような測定解像度が必要であるからである。

図 3.5-10~12 に照明器具 5 について、検出視対象サイズを視角 0.1 度から 1.6 度まで変化させながら求めた輝度コントラスト画像を示す。図より分かるように、光源内の小さなグレア源は、検出サイズの小さいもので検出されていることが分かり、さらに光源全体としてのグレア源は検出サイズの大きい輝度コントラスト画像で検出されている。したがってこれらの値を CA 図にプロットすることにより、グレアの程度が推定できる。

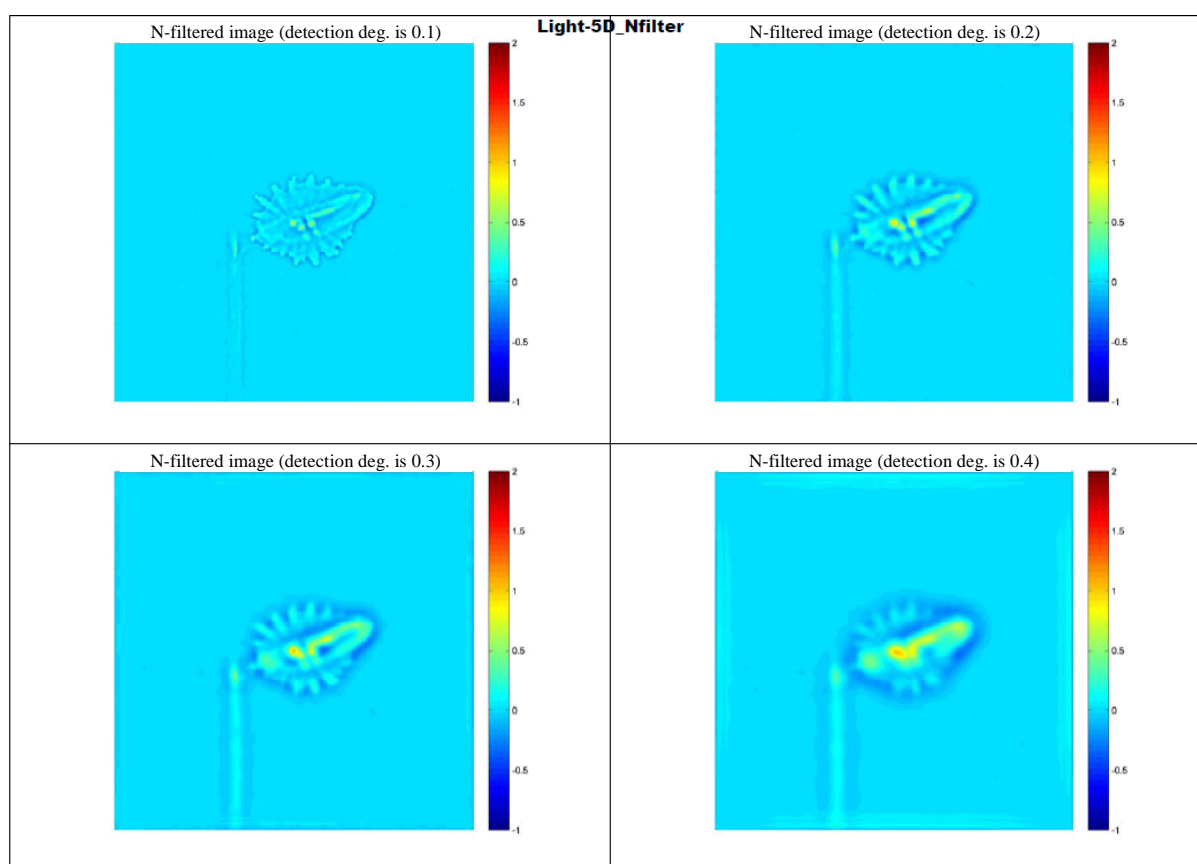


図 3.5-10 照明器具5の輝度コントラスト画像(1)

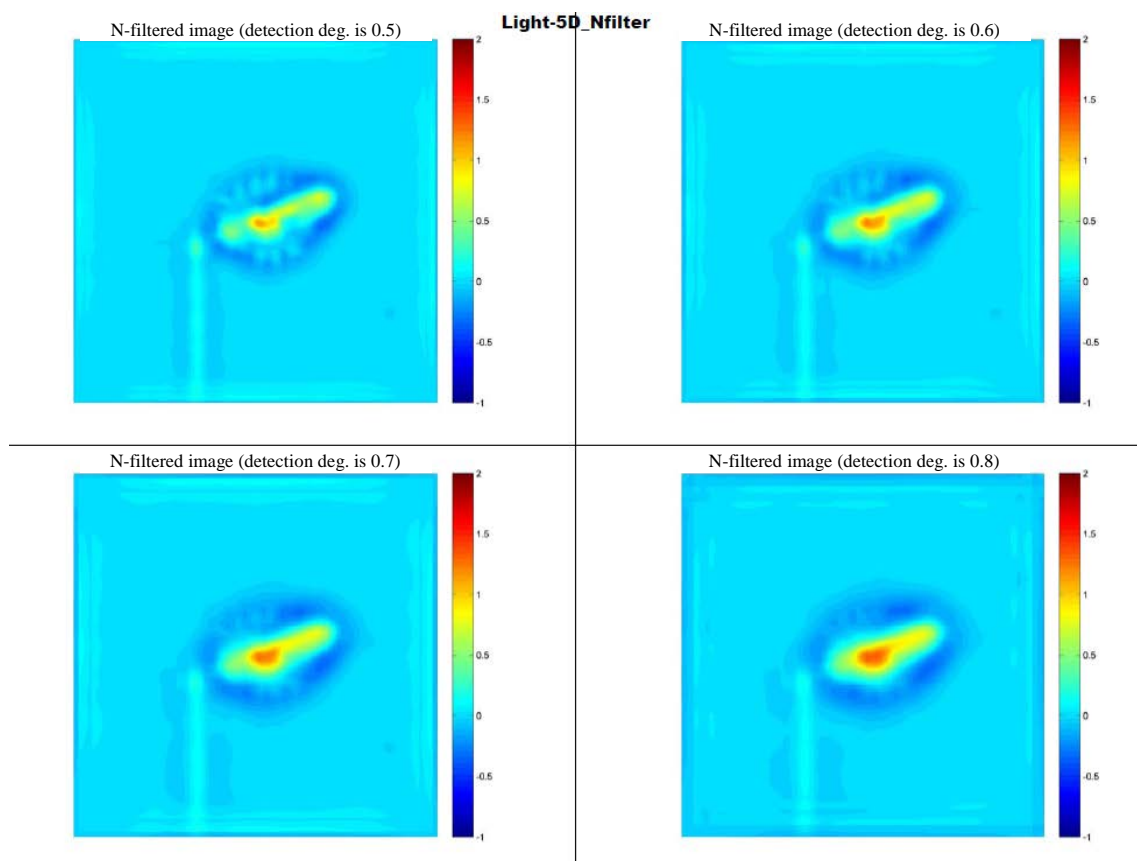


図 3.5-11 照明器具5の輝度コントラスト画像(2)

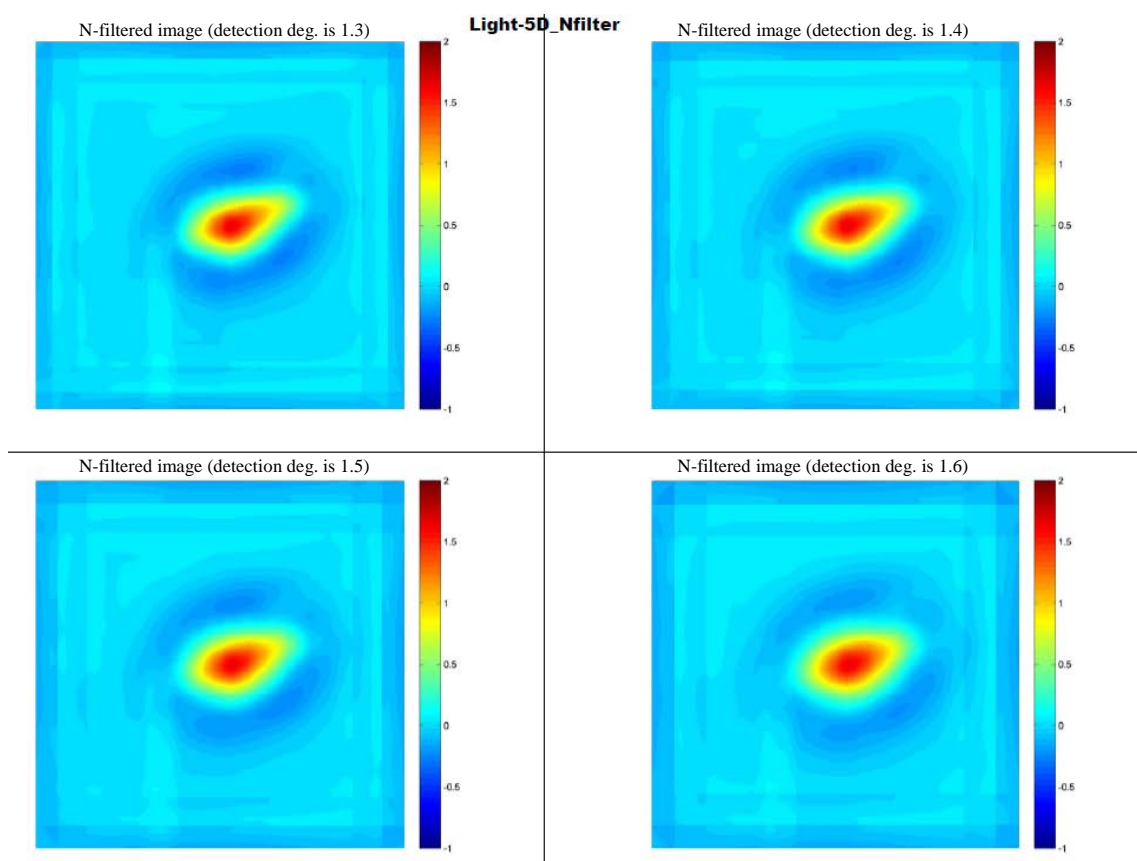


図 3.5-12 照明器具5の輝度コントラスト画像(3)

(4) 輝度画像測定システムの特徴を反映した補正

どのように精度の高い輝度画像測定システムでも、理想的な輝度画像を得ることができない。通常は、

1) レンズフレア

明るい光源にカメラを向けると、レンズ面や鏡胴で有害光が反射し暗部に光が漏れる現象

2) ゴースト

レンズフレア的一种で、レンズ面で複雑に反射を繰り返した光が画像として写ったもの

3) MTF (Modulation Transfer Function)

レンズ性能を評価する指標の1つで、レンズの結像性能を知るために被写体の持つコントラストをどの程度忠実に再現出来るかを空間周波数特性として表現したもの

などの影響を受ける。現在のところ、輝度画像測定システムの特徴を定量的に表現する方法に合意があるわけではなく、今回利用した輝度画像測定システムの特徴は、残念ながら提供されていない。筆者の研究室で行った実験条件を、今回利用した輝度画像測定システムで撮影して、その測定システムの特徴を入れた CA 図を作成すればよいが、それは今後の課題としたい。

今回の輝度画像は画角が約 66.8 度と広く、画像幅は 3072 ピクセルであるのに対し、照明器具の画像内のサイズは 50 ピクセルから 100 ピクセル、器具内の小さな光源は 10 ピクセル程度の大きさであり、このサイズの輝度変化は相当減衰して測定されているはずである。ここでは残念ながらこの効果を定量的に扱うことができないため、照明器具全体を検出するサイズ (1.6deg 付近) の輝度コントラストについては、照明器具 2 を用い (他の検出サイズでグレア源が検出されないようであった)、このグレア評価が検出サイズ 1.6deg で推定されるグレア評価と一致するように補正することとした。一方、器具内の小光源の輝度コントラストは、小光源がグレアとして検出される照明器具 6 の検出サイズ 0.3deg のグレア推定値で補正できるとした。照明器具のトータルとしてのグレアは、照明器具 6 の場合、表 3.5-1 に示すように、三つのグレア光源から構成されるが、複数のグレア源の効果を加味する関数がまだ得られていないため、ここでは、検出サイズ 0.3deg のグレア推定値が実験での主観評価と一致するように補正している。すなわちここでは、最大のグレアによってその照明器具のグレア評価が決まるというロジックとなっている。実際には複数のグレアが加算されて全体としてのグレアは上昇すると考えられるが、これは今後の課題としたい。

このように、輝度画像の分析結果を補正し、理想的な輝度画像より算出された図 3.5-8、3.5-9 に示された等グレア曲線をつかって、グレアの程度を定量的に検討することとした。実際にはフレアの影響などで対数輝度平均も上昇すると考えられるが、ここでは考慮していない。

3.5.2 結果と考察

前出の方法で、各照明器具のグレア光源を検出し、測定システムの特徴を反映した補正を行い、理想的な条件の CA 図より、そのグレアの程度を定量的に推定することとした。図 3.5-13 に分析した輝度画像を示す。

まず、画像各点について、検出サイズの領域 (周波数領域) でピークを持つかどうかで光源となる可能性があるかどうかを分析した。一方空間領域については、計算が複雑になるため、画像を見てチェックすることとした。照明器具 5 について、分析によりグレア光源が検出され、そのグレアの程度を画像として示した結果を図 3.5-14 に示す。

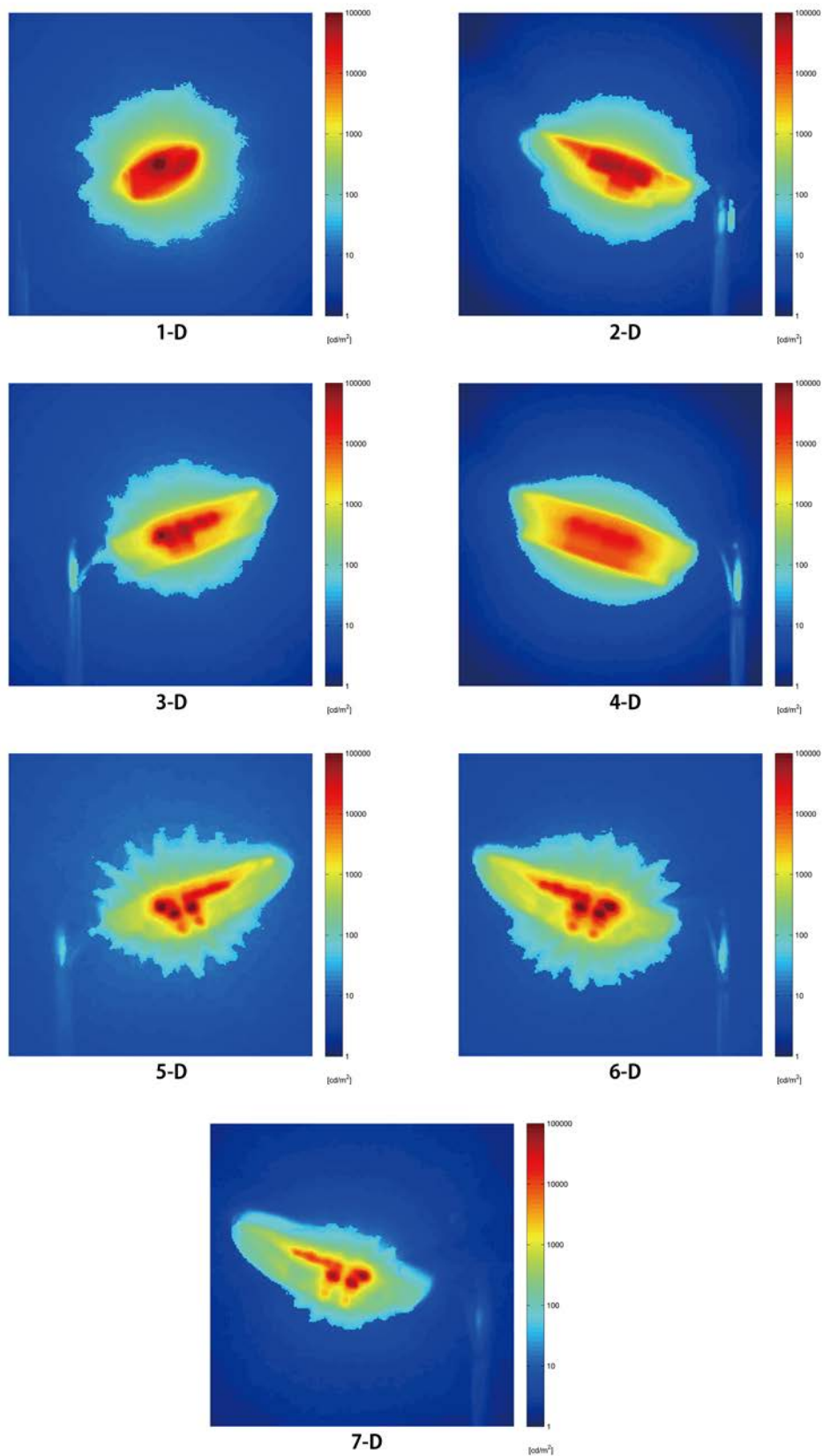


図 3.5-13 各照明器具の D の位置での測定輝度画像

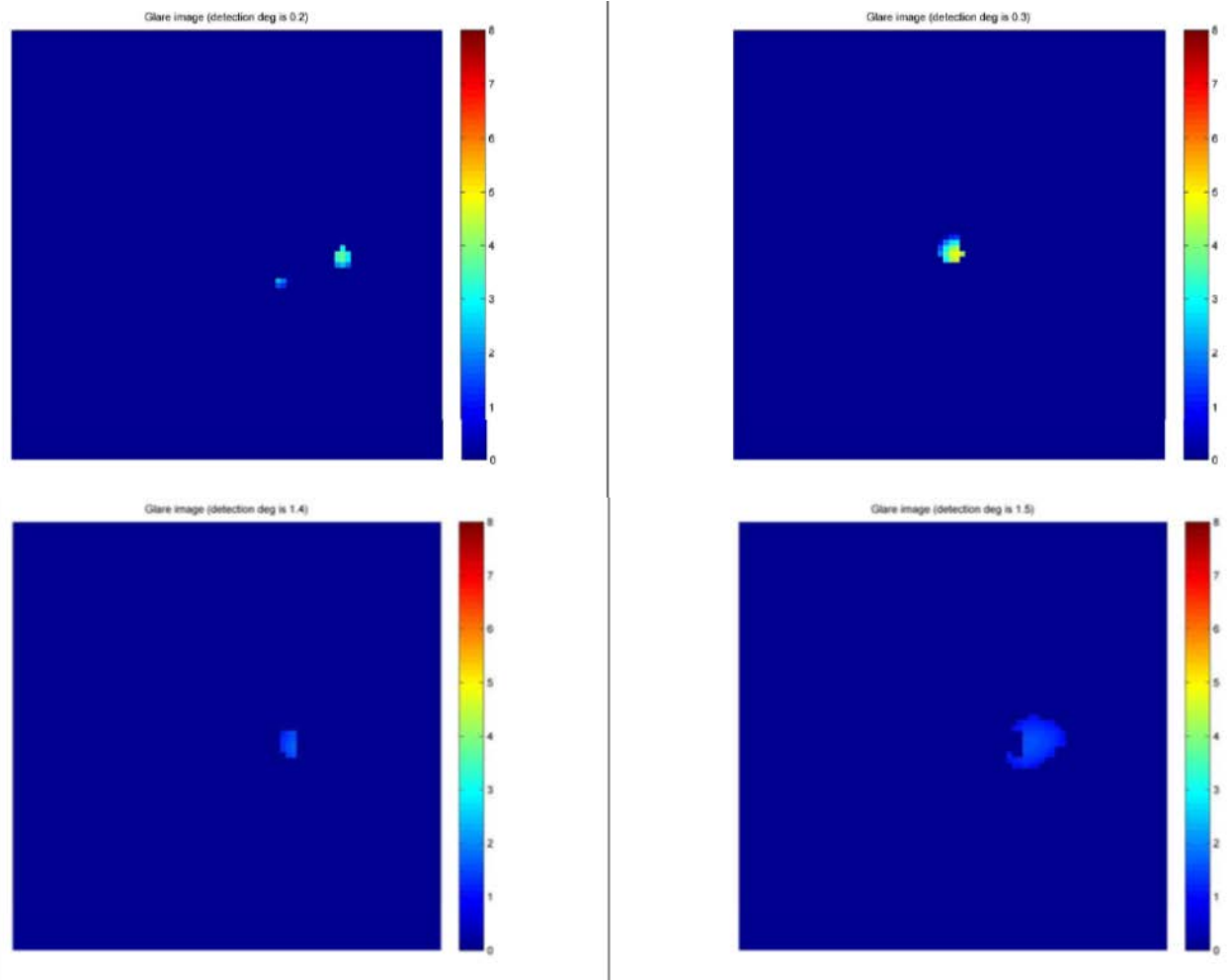


図 3.5-14 照明器具5のグレア光源と CA 図を用いたグレア推定値

表 3.5-1 各照明器具のグレア推定表

照明器具	検出サイズ(deg)	グレア推定値	主観評価値
1-D	1.5	6.03	5.95
2-D	1.6	5.35	5.35
3-D	1.5	4.15	5.05
4-D	1.7	5.29	3.2
5-D	0.2	4.72	5.65
	0.3	5.95	
	1.5	2.55	
6-D	0.2	5.22	5.6
	0.3	5.60	
	1.6	3.49	
7-D	0.2	3.49	4.15
	0.3	3.66	
	1.5	1.33	

図 3.5-14 を見ると、照明器具 5 では、検出サイズ 0.2deg で二つのグレア光源が検出されている。一方検出サイズ 1.4 と 1.5 については、非常に近い位置にそれぞれグレア源が検出されているが、これは一つの光源であると判断できる。

このような分析により、各照明器具のグレア評価を推定した結果を表 3.5-1 に示す。照明器具 1、2、3 については、器具内の小光源はグレア光源とはいえないという結果になり、照明器具 6、7 については、それぞれ三つの光源から構成されるという結果となった。なお、照明器具 5 のみ、検出サイズ 0.2deg で二つの光源が検出されているため（グレア推定値は高い方のみ示してある）、正確には照明器具 5 では四つのグレア光源が検出されていることになる。なお、器具のグレア推定値は、検出された光源の最大グレアで決まるという簡単なモデルとしてある。

前項で説明したような補正しているため、主観評価との相関は高くなっているが、照明器具 4 のみが主観評価と大きく異なっている。これは、図 3.5-13 の輝度画像を比較すればわかるように、照明器具 1、2、3 の器具内での小光源が、グレア光源として検出されていないことによる。グレア光源は、輝度コントラストがピークを持つだけでなく、対数輝度平均の値と合わせて CA 図を用いて推定され、「感じられる」以下の評価のピークについてはグレア光源と判定されない。照明器具 1、2、3 と照明器具 4 の違いは、そのような低い程度のグレアであっても加算されることで全体のグレア評価に影響を与える、と考えると説明できると思われる。今後の検討が必要である。

今後、可能なら、CA 図を作成した理想的な輝度条件の輝度分布を、今回利用した輝度画像測定システムで測定し、その結果を用いて推定したいと考えている。

（文責；中村）

参考文献；

- 1) 中村芳樹：光環境における輝度の対比の定量的検討法；照明学会誌、Vol. 84, No. 8A, pp. 522-528, 2000 年

3.6 顔の視認性評価実験

3.6.1 データ分析方法

夜間街路での視認性確保は、安全上・防犯上の観点から極めて重要である。特に対向者などの顔の見えは、防犯上の観点から極めて重要である。視認性を高めるには視対象輝度・背景輝度という適正光量の確保が照明要件としての優先事項となる。そこで、本節では夜間屋外での街路照明下における人の顔のわかりやすさ評価のための輝度指標について検討する。

まず、不快グレア評価と顔のわかりやすさ評価の関係について概観する。次いで、顔のわかりやすさへの年齢の影響を検討した上で、ランプ種類、観察位置（視距離）、および照度計によって実測された眼前鉛直面照度と顔のわかりやすさの関係を検討する。更に、前章までの主な輝度指標（ E_v 、 L_{max} 、 L_{ave100} 、 L_{eq} 、 L_{v1} ）に加えて、視野中心部分の輝度 $L_{1.5}$ 、光源による実効輝度 L_{es} 、注視点の実効輝度 $L_e^{1)}$ を用いて、これら指標間の相関、ならびに顔のわかりやすさ評価との対応関係を調べ、輝度指標を絞る。その上で、視対象の輝度、輝度指標、顔のわかりやすさの関係を調べることで、防犯灯下における顔の視認性評価指標について検討する。

本節で新たに算出した輝度を以下に記す。いずれも、写真測光法で得た輝度分布をもとに、評価対象の顔の中心を視野中心として、算出している。尚、観察位置 F については A～E とは異なる写真測光法であるため、下記の輝度に関連する検討項目では観察位置 F は対象外としている。

(1) $L_{1.5}$ ：視野中心 1.5 度の範囲の平均輝度

(2) 顔の背景輝度（表 3.6-3）：視野中心 1.5 度の範囲の顔を除いた平均輝度。

ランプ 1・2・3・4 では、それぞれ観察位置別に求めたところ、位置による規則性が認められないため、全観察位置の輝度をランプ毎に平均した値を用いる。

ランプ 5・6・7 では、ランプ毎に観察位置 A から D の平均、観察位置 E、観察位置 F の 3 つの値を観察位置に応じて使い分けている。

(3) 顔の各部位の輝度（表 3.6-3）：

顔の各部位の平均輝度をランプ別・観察位置別に求めたうえで、ランプ毎に視対象輝度は観察位置に依らず一定であると考え、全観察位置の輝度を平均している。

(4) L_e ：注視点の実効輝度

視野内の各要素による注視点への実効輝度の合計である。算出には式 1²⁾ を用いている。要素は画素を単位とし、要素輝度＝画素輝度、要素立体角＝画素の立体角である。実効輝度は視野中心での散乱まで考えているという点が等価光幕輝度 L_{eq} とは異なるが、視野内の各点からの散乱光を積算しているという点は L_{eq} と考え方を一にしている。

(5) L_{es} ：光源による注視点の実効輝度

光源輝度＝ L_{ave100} 、光源の立体角＝ $L_{max}/100$ 輝度領域の立体角 として、式 1 により求めている。

$$L_e = \sum (\exp^{10.011 - 379.60} + \exp^{-3.136 - 2.851\theta}) \cdot \omega(\theta, \varphi) \cdot A(\theta, \varphi) \cdot L(\theta, \varphi) \cdot \dots \cdot (1)$$

ここで、

$\omega(\theta, \varphi)$ ：要素の立体角

$A(\theta, \varphi)$ ：位置指数（＝方位指数）

$L(\theta, \varphi)$: 要素の輝度
 θ : 離角 ($0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$)
 φ : 方位角 ($-180^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$ 0° = 真上)

尚、本節ではランプの特徴を示すために、各ランプを以下のように表記する。

表 3.6-1 ランプの表記

No.	表記	No.	表記
Light 1	HID	Light 5	LED2000
Light 2	HFL	Light 6	LED3000
Light 3	LED20°	Light 7	LED1000
Light 4	LED80°	-	-

3.6.2 結果

3.6.2.1 不快グレアと視認性

§ 3.3、§ 3.4 に示すように、眼前鉛直面照度が上昇するに従い不快グレア評価値は上昇する。また、後述するように、眼前鉛直面照度が上昇するに従い概ね視認性も上昇するため、今回の実験では不快グレア評価と顔の分かりやすさには相関がある。

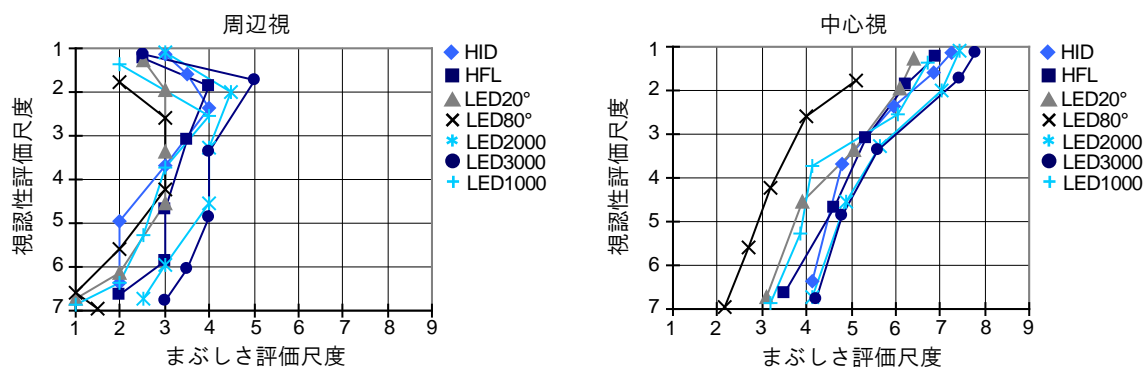


図 3.6-1 顔の視認性と不快グレア(ランプ別)

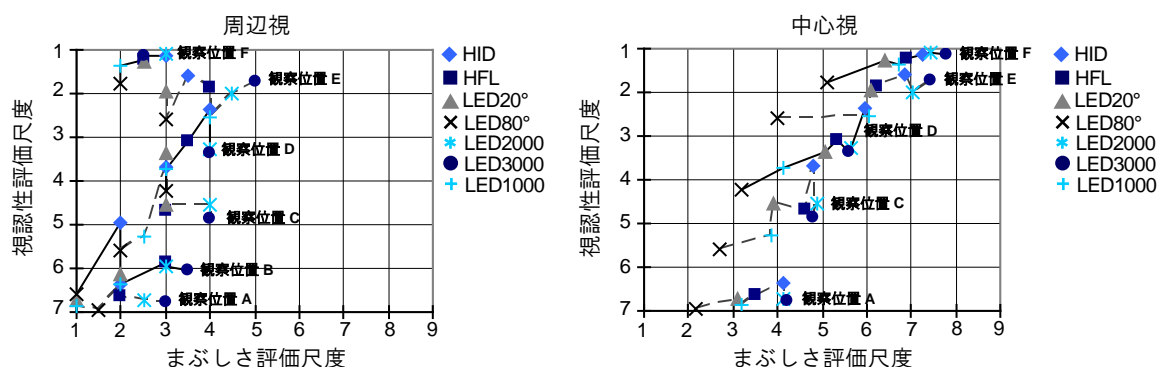


図 3.6-2 顔の視認性と不快グレア(観察位置別)

図 3.6-1 に顔の分かりやすさと不快グレアの関係をランプ別に平均値を用いて示す。今回の実験環境では、何れのランプに於いても中心視で眩しいほど顔が分かりやすいという結果が得られている。周辺視の場合は、光源が視線から大きく離れグレア評価が低下する観察位置 F (仰

角 40°) を除くと、中心視と同様に眩しいほど分かりやすいという関係がある。光源に近づいていくことによる不快グレアの上昇と、視対象が大きくなることによる視認性の向上に高い相関があるといえる。

図 3.6-2 に図 3.6-1 の関係を観察位置別に示す。何れの観察位置に於いても、中心視、周辺視ともに、ばらつきはあるが、眩しいほど分かりやすいという傾向が認められる。ランプによる不快グレアの違いと、ランプによる視対象輝度の違いに相関があると考えられる。

以上より、実験に用いた街路照明器具の場合は、発光部が減能グレア源になることによる視認性低下よりも、明るい光源による視認性向上の方が勝っていると言える。これは主として、照明器具が、周辺視での不快グレア (<5.0) の生じにくいものであったことに起因している。

3.6.2.2 年齢

顔の分かりやすさの評価結果を、20 代 (11 名) と 30 代以上 8 名 (30 代 3 名、40 代 3 名、50 代 2 名) の 2 群に分け、図 3.6-3 に年齢群別平均値を、図 3.6-4 に標準偏差を示す。

観察位置 A (視距離 39.3m) では、観察距離が遠いため、何れのランプの場合も年齢にかかわらず分かりにくい、分からないと評価されるため、年齢群による差は無い。その他の条件では、HFL と LED20° で 30 代以上の方が評価値が低い (分かりやすい) 傾向があるが、概ね 20 代の評価値が低い (分かりやすい)。ただし、標準偏差は図 3.6-4 に示すように大きく、有意水準 10% 以下の有意差があるのは、(LED1000、観察位置 B、危険率 8.8%) の 1 条件のみである。年齢差よりも同一年齢層内での個人差の方が大きい結果である。以後の検討では被験者 19 名の平均値を用いる。

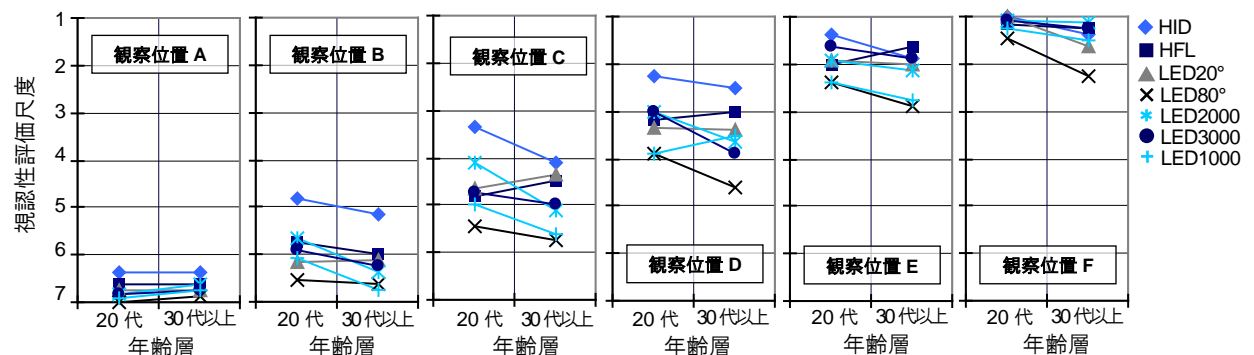


図 3.6-3 顔の視認性と年齢

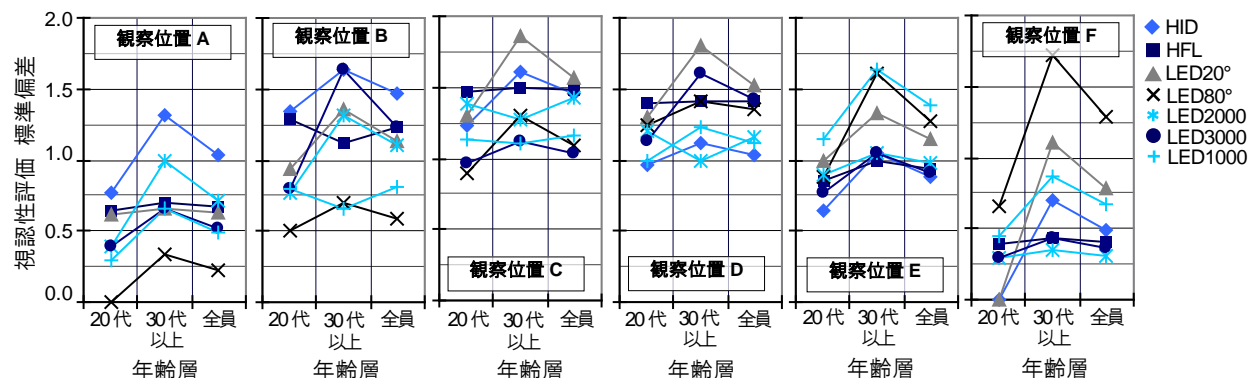


図 3.6-4 視認性評価値の標準偏差

3.6.2.3 ランプ種類

図 3.6-5 にランプ種類と顔の分かりやすさ評価との関係を観察位置別に示す。評価平均値は、観察位置 F (視距離 8.6m) では 1.0 から 1.3 (分かる) おいて分布し、観察位置 E (視距離 11.4 m) では 1.4 から 2.4 (わかる～ややわかる)、観察位置 D (視距離 16.2m) では 2.3 から 4.0 (ややわかる)、観察位置 C (視距離 22.0m) では 3.4 から 5.5 (ややわかる～わかりにくい)、観察位置 B (視距離 29.4m) では 4.8 から 6.6 (わかりにくい～わからない) 観察位置 A (視距離 39.3m) では 6.4 から 7.0 (わからない) である。

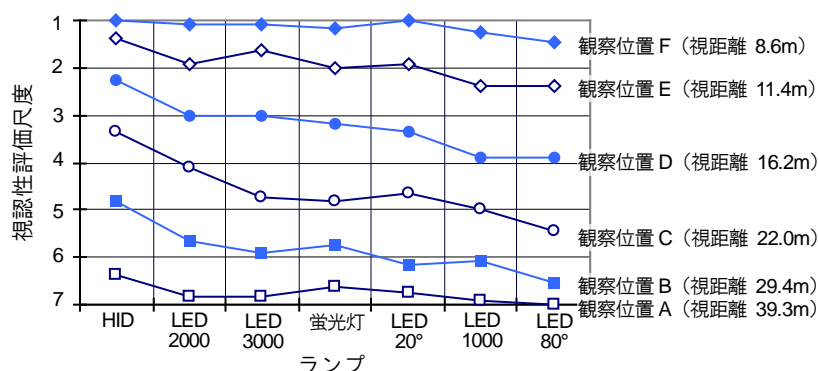


図 3.6-5 顔の視認性とランプ

HID ランプは、何れの観察位置においても、最も評価値が低い (分かりやすい)。評価値が高い (分かりにくい) のは LED80° と LED1000 である。残り 4 種のランプ (HFL、LED20°、LED2000、LED3000) の大小関係は観察位置によって異なる。これら観察位置別評価値には、順応輝度、ランプによる眼球内散乱光、および視対象輝度のランプによる違いが影響している。

3.6.2.4 眼前鉛直面照度

照度計による実測値である眼前鉛直面照度 E_v と顔の分かりやすさの関係を検討する。 E_v は現場において測光が容易であり、汎用されるため、 E_v の示すところを明らかにしておく。

図 3.6-6 に観察位置と眼前鉛直面照度 E_v の関係を示す。観察位置が視対象から離れるほど、 E_v が低下するが、最も遠い観察位置 A (視距離 39.3m) では、後方の防犯灯の E_v への影響が大きくなり、 E_v が観察位置 B (視距離 29.4m) と同等かそれ以上になっている。

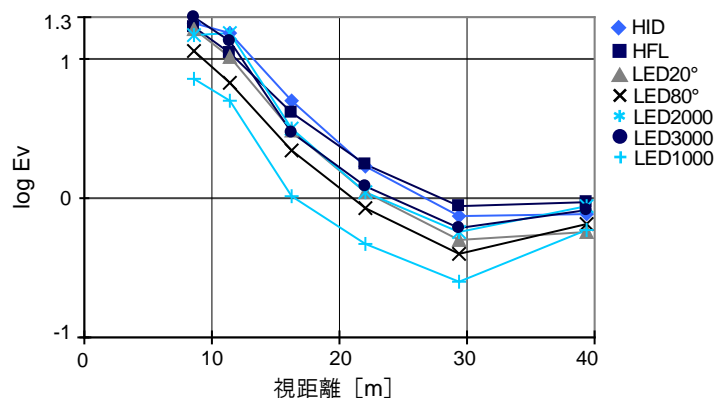


図 3.6-6 観察位置と眼前鉛直面照度 E_v (ランプ別)

図 3.6-7 に顔の分かりやすさと眼前鉛直面照度 E_v の関係を、ランプ別を示す。表 3.6-2 に相関係数を示す。何れのランプについても、後方の防犯灯が E_v に影響する観察位置 A を除くと、 E_v が高いほど評価値が低い（分かりやすい）という傾向がある。ランプ別の相関係数は 0.94～0.98、全ランプで 0.95 と高い。 E_v は観察位置によって変化し、観察位置によって視対象寸法（顔の大きさ）が変化するため、図 3.6-8 に示すように、ランプ別の場合 E_v が視対象寸法（顔の大きさ）の指標となっている為である。ここでの顔の大きさは、顔の横寸法をいう。

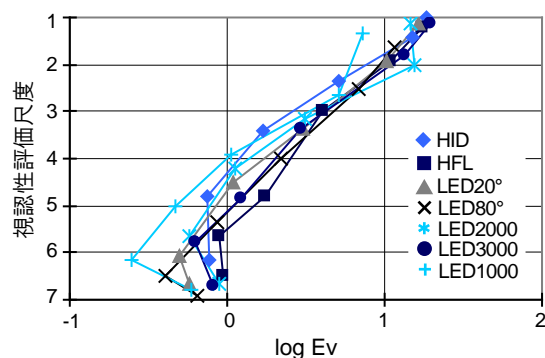


図 3.6-7 顔の視認性と眼前鉛直面照度 E_v (ランプ別)

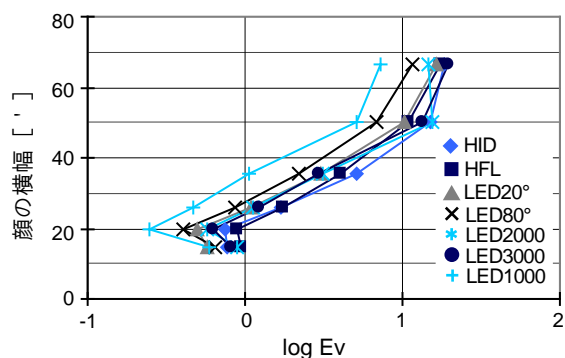


図 3.6-8 眼前鉛直面照度 E_v と顔の大きさ

表 3.6-2 眼前鉛直面照度 E_v と視対象寸法（顔の横幅）の関係（ランプ別相関係数）

HID	HFL	LED20°	LED80°	LED2000	LED3000	LED1000
0.96	0.98	0.98	0.97	0.94	0.97	0.94
0.95						

図 3.6-9 に顔の分かりやすさと E_v の関係を、観察位置別（＝視対象の大きさ別）に示す。観察位置別の相関係数は 0.39～0.90（表 3.6-6）と必ずしも高くはないが、何れの観察位置についても、 E_v が高いほど評価値が低い（分かりやすい）という傾向がある。観察位置別の場合、視対象輝度（顔の輝度）と順応輝度のランプによる違いが顔の分かりやすさに影響する。

表 3.6-3 に顔の各部の輝度を示す。表 3.6-4 に E_v と各部位の輝度との相関係数を示す。一例として、図 3.6-10 に、肌の輝度と E_v との関係を観察位置別に示す。 E_v と視対象輝度の相関は必ずしも高くはないが（表 3.6-4）、何れの観察位置についても、 E_v が高いランプほど視対象輝度が高い（図 3.6-10）という傾向がある。

以上より、眼前鉛直面照度 E_v が高いほど概ね評価値が低い（分かりやすい）理由として、視対象輝度の上昇が E_v の上昇に伴う目の感度の低下を補完していることが考えられる。即ち、 E_v は視対象輝度の指標となっているといえる。尚、全結果での E_v と顔の分かりやすさの相関は高く、相関係数 0.95（表 3.6-6）である。

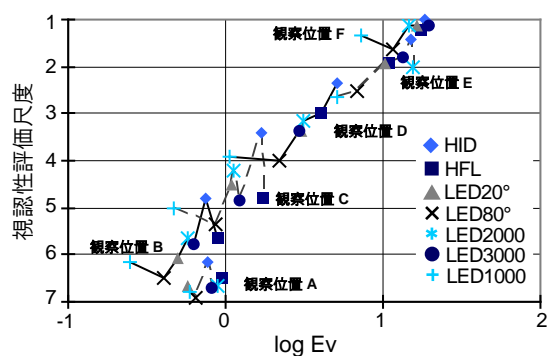


図 3.6-9 顔の視認性と眼前鉛直面照度 E_v (観察位置別)

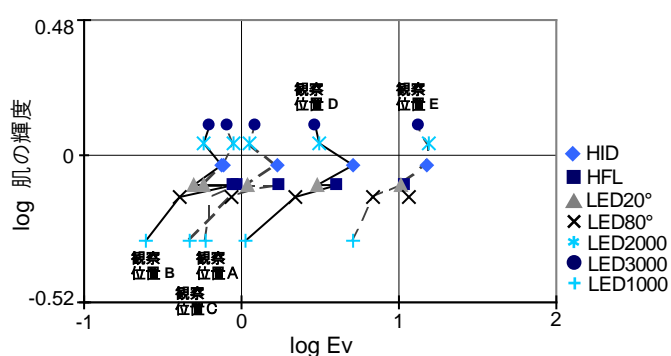


図 3.6-10 肌の輝度と眼前鉛直面照度 E_v

表 3.6-3 視対象輝度(肌、口、目、背景)

No.	光源の種類	肌	口	眼	顔周辺の背景	
					観察位置 A-D	観察位置 E
1	HID	0.92	0.78	0.96	0.13	
2	HFL	0.78	0.60	0.71	0.16	
3	LED20°	0.78	0.68	0.82	0.10	
4	LED80°	0.70	0.49	0.74	0.12	
5	LED2000	1.1	0.85	1.0	0.16	0.31
6	LED3000	1.3	1.0	1.3	0.20	0.34
7	LED1000	0.50	0.37	0.52	0.075	0.15

表 3.6-4 眼前鉛直面照度 E_v と顔の輝度の関係(部位別、観察位置別相関係数)

観察位置(視距離 m)	肌	眼	鼻	口	顔の周辺
A(39.3m)	0.63	0.48	0.55	0.56	0.81
B(29.4m)	0.68	0.59	0.66	0.71	0.78
C(22.0m)	0.66	0.59	0.66	0.70	0.74
D(17.2m)	0.67	0.62	0.69	0.73	0.69
E(11.4m)	0.89	0.84	0.91	0.94	0.47

3.6.2.5 視距離(観察位置)

図 3.6-11 に顔の分かりやすさと視距離の関係を示す。視距離が長いほど顔の分かりやすさが低下している。図 3.6-12 に示すように、視距離が長いほど顔の見かけの大きさが小さくなるのが主たる原因であると考えられる。各観察位置での顔の大きさ(縦×横)は、F 92'×66'、E 69'×50'、D 49'×35'、C 36'×26'、B 27'×19'、A 20'×15'、である。

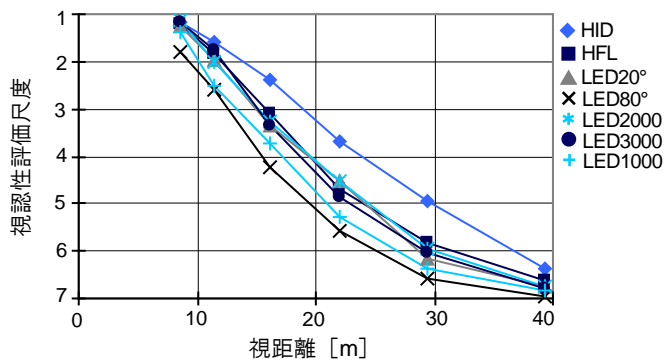


図 3.6-11 顔の視認性と視距離

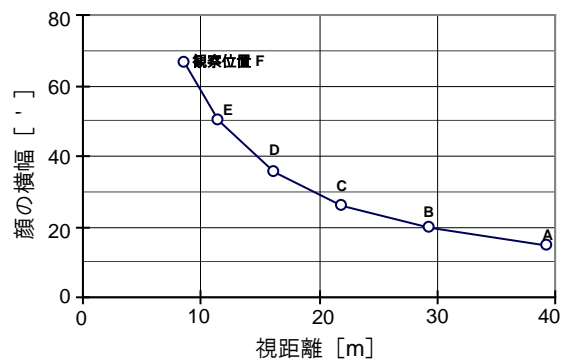


図 3.6-12 顔の大きさと視距離

図 3.6-11 には、視距離の影響だけでなく、ランプおよび観察位置による眼前鉛直面照度 E_v の影響が含まれている。視距離が長いほど E_v は低下するため、順応輝度も低下していると考えられる。尚、視対象輝度（表 3.6-3）は視距離に関係なくランプ毎に一定である。順応輝度が低下すれば目の感度（視認能力）は高くなるが、視対象の見かけの大きさの影響（図 3.6-12）の方が、順応輝度の影響より大きいといえる。

図 3.6-13 に、眼前鉛直面照度 E_v 別に、視距離の影響を示す。図中の数値は E_v の実測値である。図中のプロット（□ ○）は、顔の視認性と眼前鉛直面照度 E_v の関係（図 3.6-9）を基に推定した $E_v=0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16 \text{ lx}$ の場合の顔の分かりやすさ評価値であり、直線はそれらの回帰直線（等眼前鉛直面照度線）である。視対象輝度の影響が残されているが、概ね視距離（視対象の大きさ）の影響を示している。視距離約 4~7m の変化が、 E_v が半減（または倍増）することに相当している。観察位置に近いほど視距離の対 E_v 効果は大きい。

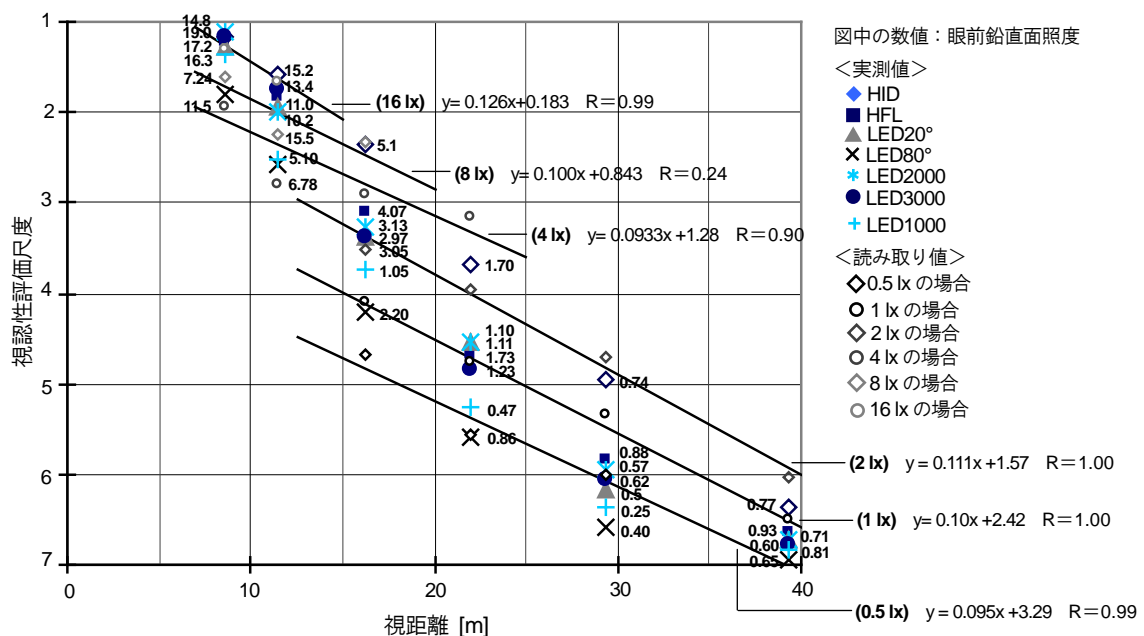


図 3.6-13 顔の視認性と視距離

3.6.3 視認性評価のための輝度指標

3.6.3.1 各種輝度指標

図 3.6-14 に各輝度指標と顔の分かりやすさとの関係を、光源をパラメータとして示す。尚、輝度指標ではないが、照度計による実測値である顔面鉛直面照度 E_v についても併記している。

図 3.6-14(b)～(e) は不快グレアとの相関が認められた輝度指標との関係であり、図 3.6-14(f)～(i) は 3.6 節で新たに算出した評価指標との関係である。図 3.6-14(a)～(e) には、各ランプについて、A～F の 6 箇所の観察位置での結果を示している。図 3.6-14(f)～(i) には A～E の 5 箇所の結果を示している。

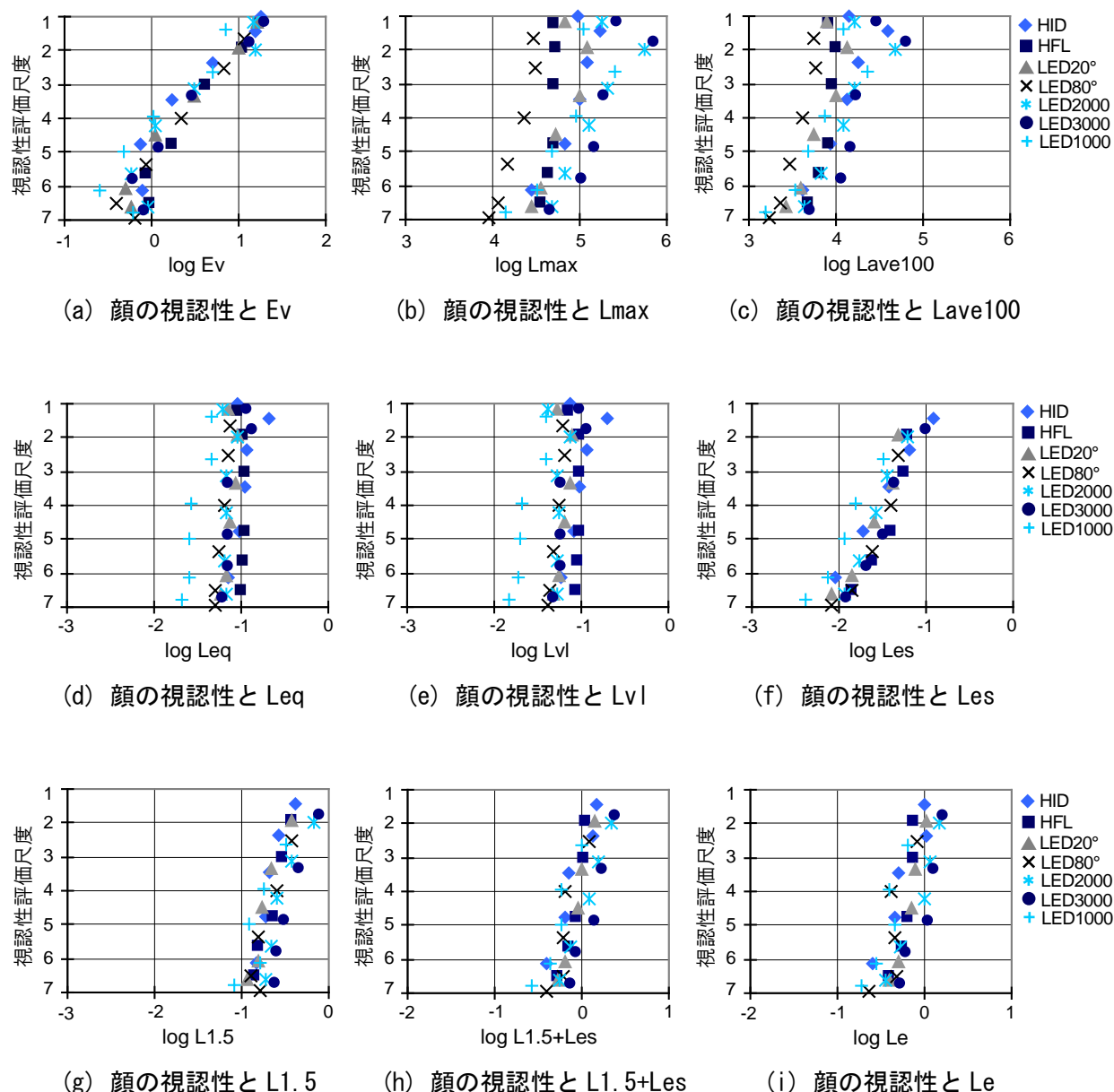


図 3.6-14 顔の視認性と輝度指標

ランプ種類を問わず顔の分かりやすさ変化に伴う指標値の変化が最も大きいのは E_v であり (図 3.6-14(a))、次いで Les である (図 3.6-14(f))。また、この 2 者の顔の分かりやすさとの関係はランプ種類による違いが他の指標に較べて小さい。 L_{max} と L_{ave100} は類似した傾向を示

しており、ランプによって指標値とその変化幅が大きく異なる（図 3.6-14(b)、図 3.6-14(c)）。Leq と Lvl も類似した傾向を示しており、何れのランプに於いても指標値の変化幅が小さく、LED1000 の指標値が他のランプに較べて小さい（図 3.6-14(d)、図 3.6-14(e)）。L1.5 も指標値の変化幅が小さいが、ランプによる指標値の差が Leq や Lvl に較べて小さい（図 3.6-14(g)）。Les の値が L1.5 に対して小さいため、L1.5 と L1.5+Les は同様の傾向を示し、指標値の変化幅ならびにランプによる違いが小さい（図 3.6-14(g)、図 3.6-14(h)）。Le は、傾向は L1.5+Les に類似しているが、ランプ種類による差が L1.5+Les に較べやや大きく、指標値も大きい（図 3.6-14(h)、図 3.6-14(i)）。表 3.6-5 に輝度指標間の相関係数を示す。

顔の分かりやすさは、視距離（視対象の大きさ）によって異なる。そこで、評価指標としての有効性を把握するために、表 3.6-6 に観察位置別に各指標と顔の分かりやすさとの相関係数を示す。評価値が飽和する観察位置 A と観察位置 F での相関は概ね低い。また、観察位置 D や観察位置 E において、Ev、Leq、Lvl、Les、Le との相関係数がやや高いものの、全体的に相関が高いとはいえない。ランプによって視対象輝度（表 3.6-3）が異なることが原因であると考えられる。このため、次項で視対象輝度を考慮して、輝度指標の検討を行う。

表 3.6-5 輝度指標の関係(相関係数)

指標	Lmax	Lave100	Leq	Lvl	Les	L1.5	L1.5+Les	Le
Ev	0.57	0.70	0.53	0.50	0.88	0.85	0.88	0.74
Lmax		0.57	0.32	0.37	0.66	0.79	0.79	0.81
Lave100	—		0.57	0.56	0.83	0.87	0.88	0.86
Leq	—	—		0.99	0.75	0.57	0.61	0.59
Lvl	—	—	—		0.77	0.56	0.60	0.59
Les	—	—	—	—		0.85	0.89	0.86
L1.5	—	—	—	—	—		1.00	0.85
L1.5+Les	—	—	—	—	—	—		0.87

表 3.6-6 顔の視認性と各輝度指標の関係(観察位置別相関係数)

観察位置(視距離 m)	Ev	Lmax	Lave100	Leq	Lvl	Les	L1.5	L1.5+Les	Le
A (39.3m)	0.39	0.45	0.57	0.49	0.48	0.30	0.018	0.038	0.087
B (29.4m)	0.67	0.28	0.76	0.63	0.60	0.51	0.53	0.57	0.21
C (22.0m)	0.55	0.62	0.67	0.54	0.52	0.43	0.30	0.33	0.12
D (17.2m)	0.86	0.44	0.75	0.76	0.78	0.73	0.36	0.46	0.75
E (11.4m)	0.90	0.28	0.49	0.96	0.95	0.90	0.42	0.54	0.54
F (8.6m)	0.64	0.60	0.60	0.32	0.26	—	—	—	—
全距離	0.95	0.62	0.73	0.43	0.41	0.90	0.81	0.84	0.78

3.6.3.2 防犯灯下における顔の視認性評価指標の検討

Ev/π、Leq、Lv1、Les、L1.5+Les、Le について、防犯灯下における顔の視認性（目鼻立ちの分かりやすさ）の評価指標（＝順応輝度指標）として検討する。Ev は現場での測光が容易であるため検討に加える。Lv1、Les は光源による眼球内散乱光の影響を評価している。Leq、Le は光源を含む視野全体からの眼球内散乱光の影響を評価している。Leq は $1.5^\circ \leq \theta \leq 115^\circ$ （ θ は離角）であるのに対し、Le は $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ であり、注視点要素の散乱まで考慮している。

評価指標としての必要条件是、顔の分かりやすさ評価との間にランプ種類に依存しない関係が成立することである。

図 3.6-15 に顔の分かりやすさ、順応輝度指標、顔の輝度差の関係を示す。肌と背景の輝度差に応じて、各部位の輝度差も変化していると考えられるため、検討には肌と背景の輝度差を用いる。また、大きさの効果は輝度差の効果に置き換え、大きさの要素を取り除いている。大きさの効果の輝度差への変換は、観察位置 D（視距離 16.2m）を基準とし、式 3 を用いている。

$$C' / Co = (S / So) \quad \dots \dots \dots (2)^{3)}$$

$\Delta L' / \Delta Lo = C' / Co$ と考え、

$$\Delta L' = \Delta Lo \times (S / So) \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここで、

So、Co、 ΔLo ：観察位置 D（視距離 16.2m）における、顔の大きさ、輝度対比、輝度差

S：視対象の大きさ、C'：大きさによって補正した輝度対比、

$\Delta L'$ ：大きさによって補正した輝度差

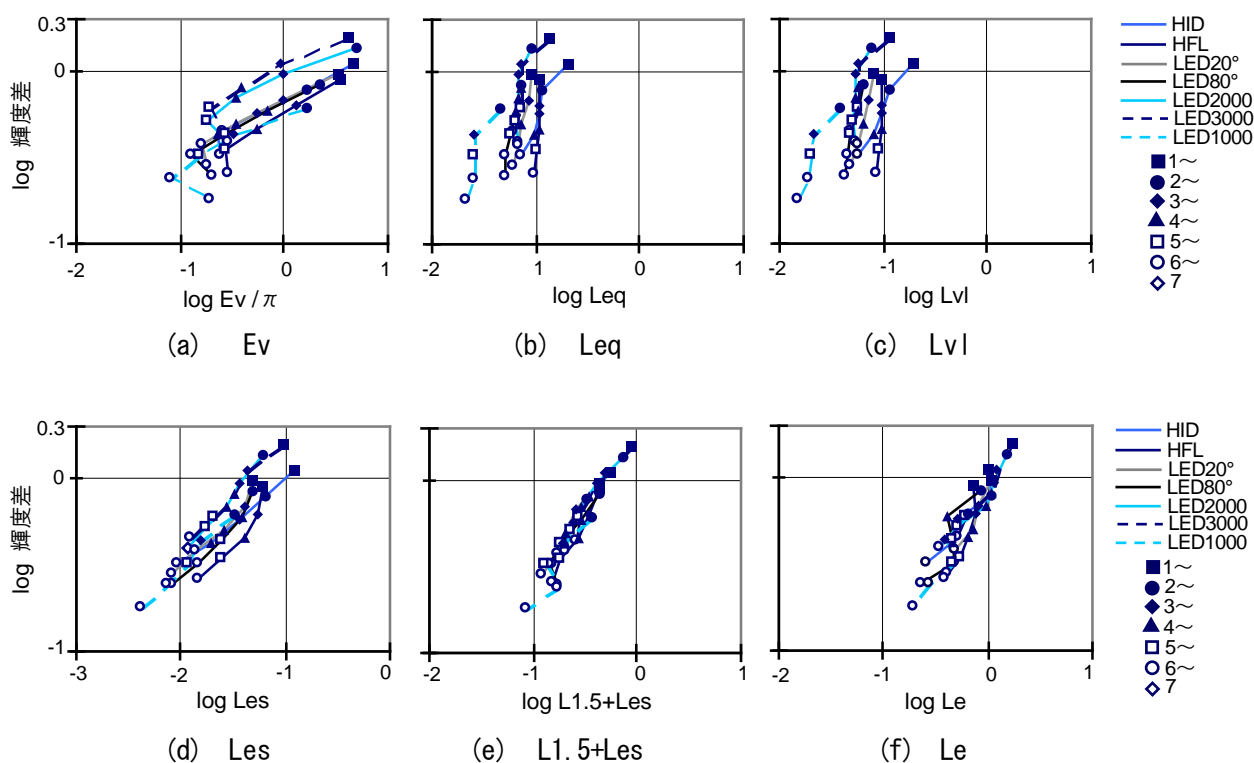


図 3.6-15 輝度指標と輝度差および顔の視認性との関係(ランプ別)

Ev、Leq、Lv1、Les は、ランプ種類による違いが大きいため、指標としての要件を満たしていない。特に、Leq、Lv1 についてランプによる違いが大きい。Le は Les に較べてランプ間の差

は小さいが、分かりにくい側の評価で指標値にばらつきがある。L1.5+Les にはランプによるばらつきが無い。L1.5 \gg Les であり、L1.5 にランプによる差が小さいためである。そのため、散乱光の多い環境下 (L1.5 \ll Les) では、Le と同程度のばらつきが生じると考えられる。

図 3.6-15 に示した結果について、評価カテゴリー毎に輝度差および指標値を平均したものを図 3.6-16 に示す。図中に併記した輝度差弁別閾値曲線は、直径 9.5 分の円形視標 (= 観察位置 D における目の大きさに相当) のものである⁴⁾。この曲線から、より上方にある条件ほど、即ち、視対象の輝度差が輝度差弁別閾値より大きいほど、顔が分かりやすいことになる。この関係を満たすのは Leq、Lv1、L1.5+Les、Le である。

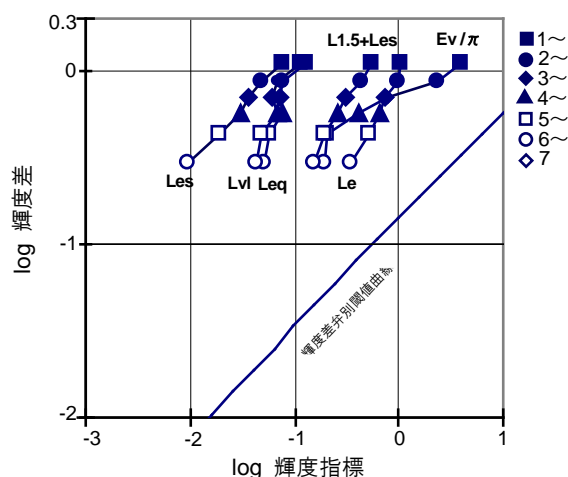


図 3.6-16 輝度指標と輝度差および顔の視認性との関係(ランプ平均)

以上より、今回の照明環境と測光法においては、視認性評価のための順応輝度指標として有効なのは L1.5+Les であり、次いで Le である。ただし、写真測光法による輝度分布にはカメラの散乱特性が影響するため、測光方法が変われば有効な輝度指標が変わる可能性がある。測光方法や評価指標については更なる検討が必要である。

3.6.4 まとめ

- 1) 周辺視での不快グレアが高々まぶしい程度の防犯灯の場合は、減能グレアよりも、明るいことによる視認性向上の方が勝ると考えられる。
- 2) 顔の分かりやすさ評価は、年齢差よりも同一年齢層内での個人差の方が大きい。評価平均値でみると、蛍光ランプと 20° 拡散板付 LED を除いて、20 代より 30~50 代の方が顔の分かりやすさ評価が低い、有意差は無い。
- 3) 今回の実験環境では、眼前鉛直面照度 E_v が視対象寸法もしくは視対象輝度の指標となり、 E_v と顔の分かりやすさ評価には、観察位置別、ランプ別、ともに相関が見られる。
- 4) 今回の実験環境では、視距離約 4~7m の変化が、眼前鉛直面照度が半減 (または倍増) することに相当し、観察位置が近いほど視距離の対 E_v 効果は大きい。
- 5) 今回の測光法では実効輝度が有効な輝度指標であるが、写真測光法とそれに対応する有効な視認性評価指標については、検討を要する。

(文責 ; 井上)

【参考文献】

- 1) 伊藤克三, 野口太郎, 井上容子:実効輝度による視認問題の統一的解明, 照明学会誌, 第 72 卷, 第 6 号, pp.324-331, 1988.6
- 2) Ikegami, yoko, Inoue, youko, Hara, naoya:STUDY ON EVALUATION METHOD OF VISIBILITY BY EFFECTIVE LUMINANCE FOR WHICH VARIOUS VISUAL FACTORS IS CONSIDERED, 7th Lighting Conference of China, Japan and Korea PROCEEDINGS, p.41, 2014.8
- 3) 井上容子,秋月有紀:個人の視認能力を考慮した明視環境評価法の提案-無彩色視対象に対する相対視力を導入した等読みやすさ評価図の適用方法-, 照明学会第 35 回全国大会講演論文集, pp.190-191, 2002.8
- 4) 井上容子:4032 輝度差弁別閾値曲線の標準化 : 20 歳代前半の場合, 日本建築学会近畿支部研究報告集 計画系, 第 31 卷, pp.121-124, 1991.5

4. 不快グレアおよび顔の視認性に対する相関色温度の影響実験

4.1 実験概要

5000K 程度の LED が最も多く利用されているが、LED 照明の特徴の一つとして色光設定の自由度があり、低色温度(3000K 程度)や高色温度(8000K 程度)も実用化されている。そうした背景を受け、2013 年度は街路歩行環境を想定した空間に於いて色温度を考慮した主観評価実験を実施し、色温度とグレア評価の関係、及び色温度が視認性や環境評価に与える影響を検討した。2014 年度は前年度に取得できなかった光源部の輝度分布データ測定し、再実験に光源部の輝度とグレア評価の関係、及び光源輝度が視認性や環境評価に与える影響を検討した。

4.1.1 目的

街路に設置される LED 照明器具に起因するグレアを軽減するには、「グレアの計量方法」と「配光の制限方法」を明らかにすることが不可欠であると考える。ここでは、実験室実験を通して昨年度と同様に照明器具のグレアが物の見え方に及ぼす影響の程度を主観的に評価し、その結果を元に色温度を考慮した「グレアの計量方法」と「配光の制限方法」について検討することを目的とする。

4.1.2 期間と実験環境

実験は平成 25 年 7 月 24 日、25 日の 2 日間にて実施し、パナソニック(株) エコソリューションズ社大阪本社内にある照明環境評価室(図 4.1-1)を利用して行った。実験室にはカラーコンバージョンフィルターにより色温度を変化させた 7 種類の LED 防犯灯を 4.5m 高さに設置し、生活道路の雰囲気が出るように、実験路側壁にはブロック塀やレンガ塀、生垣を模して作製した壁紙や疑似葛を設置した。図 4.1-2 に実験の状況を示す。



図 4.1-1 評価空間



図 4.1-2 実験状況

主観評価実験の観測位置と照明の位置は、図 4.1-3 に示す通りである。

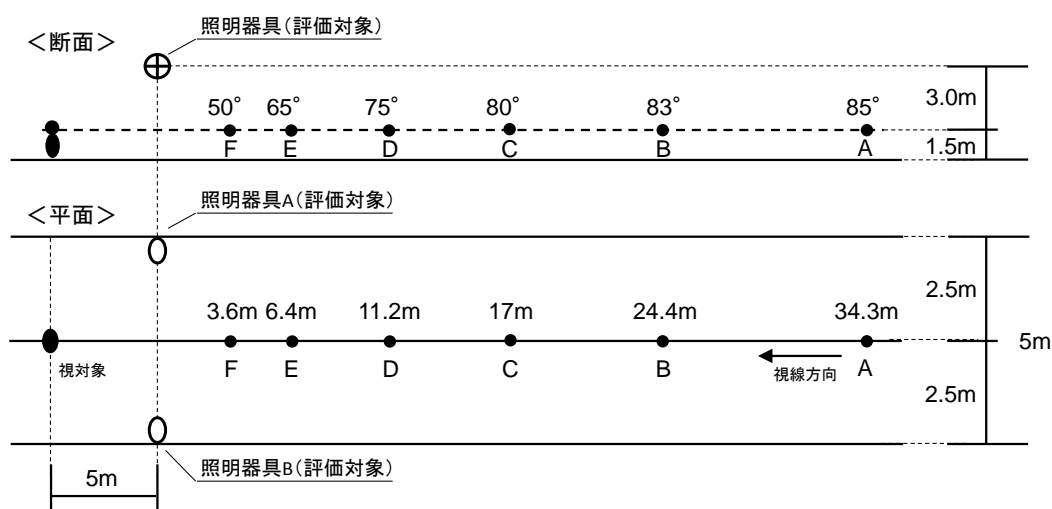


図 4.1-3 照明器具と観測者の位置関係

4.1.3 光源

4.1.3.1 光源

実験は周囲壁面を暗幕で覆った暗室にて実施する。使用する光源装置は、2800K と 5100K の LED 照明器具(図 4.1-4)に加え、それらの器具にカラーコンバージョンフィルターを適用した 7 種類の色温度(表 4.1-1)とした。図 4.1-5 と図 4.1-6 は、光源の色温度違いにおける発光部の状況を示す。尚、光源は街路灯の一般的な設置高さである地上 4.5m に設置し、背景には街路空間の雰囲気を出すために図 4.1-7 に示すような模型を構築した。



図 4.1-4 光源の外観



図 4.1-5 光源の発光部(5100K)



図 4.1-6 光源の発光部(12000K)

表 4.1-1 光源の条件

No.	光源の概要	相関色温度
Light-1	LED 街路灯 2800K	2800K
Light-2	LED 街路灯 2800K + B2 フィルター	3100K
Light-3	LED 街路灯 2800K + B4 フィルター	3800K
Light-4	LED 街路灯 5100K	5100K
Light-5	LED 街路灯 5100K + B2 フィルター	6300K
Light-6	LED 街路灯 5100K + B3 フィルター	8200K
Light-7	LED 街路灯 5100K + B4 フィルター	12000K

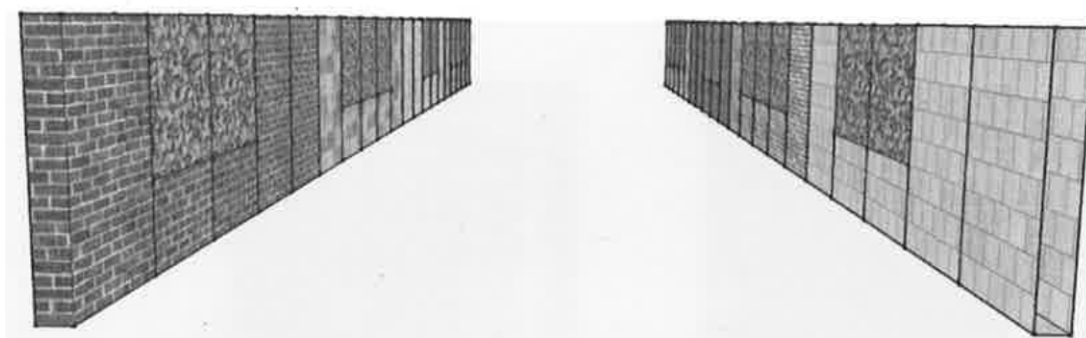


図 4.1-7 背景模型

4.1.3.2 照度設定

一般的に、グレアは次の 4 要素に左右されるといわれている。

- ① 順 応：目が順応している輝度が低いほどグレアが著しい
- ② 輝 度：対象の輝度が高いほどグレアが著しい
- ③ 立体角：光源の見かけの大きさが大きいほどグレアが著しい
- ④ 仰 角：光源が視野の中心近くに位置するほどグレアが著しい

本実験では実験環境として生活道路を想定することから、「順応」については実験変数から除外し、「輝度」「立体角」「仰角」の変化がグレアに及ぼす影響を主に検証した。グレアは視覚的順応レベルと対象(光源装置)の輝度差が大きいほど問題になりやすい。そこで、照度レベルは表 4.1-2 の JIS Z9111-1988「道路照明基準」や、表 4.1-3 に示す日本防犯設備協会発行の「防犯照明ガイド」を参考に平均路面照度が 1 lx, 2 lx, 3 lx, 5 lx となるように設定し、色温度ごとに 3～4 条件の計 25 条件にて実験を行った。

表 4.1-2 JIS Z 9111「道路照明基準」

夜間の歩行者交通量	地域	照度 [lx]	
		水平面照度	鉛直面照度
交通量の多い道路	住宅地域	5	1
	商業地域	20	4
交通量の少ない通路	住宅地域	3	0.5
	商業地域	10	2

表 4.1-3 防犯照明ガイド

	水平面照度(平均値)	鉛直面照度(最小値)
クラス A	5 lx	1 lx
クラス B	3 lx	0.5 lx

4.1.4 実験条件

本実験では被験者の視線を水平に固定した場合の不快グレア(周辺視グレア)と、光源を直視した場合の不快グレア(直視グレア)の2種類を検討する。

周辺視グレア評価実験では、図 4.1-8 に示す D～F の3ヶ所の観測位置からグレアを評価させる。これにより観測位置ごとに光源の見かけの大きさ(立体角)や光源の視野中心からの離隔(仰角)条件が異なる評価対象を被験者に提示する。

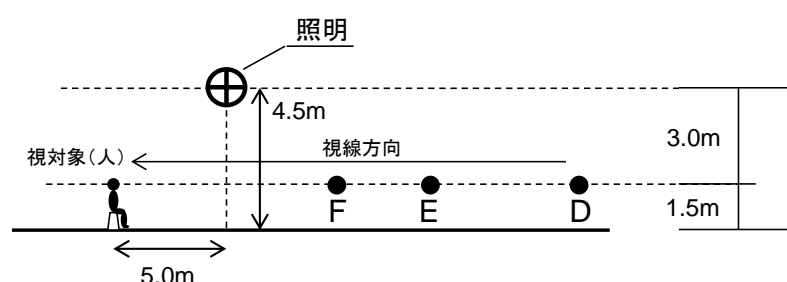


図4.1-8 周辺視実験の評価方法と評価者の観測位置

光源を直視させる中心視実験では、図 4.1-9 に示す C～F の4ヶ所の観測位置からグレアを評価させることとし、見かけの立体角を実験変数とした。観測位置と観察距離、仰角は表 4.1-4 に示す通りである。

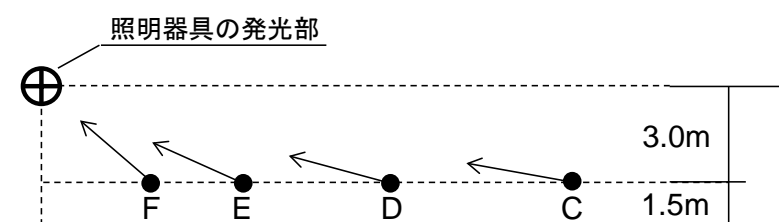


図4.1-9 中心視実験の評価方法と評価者の観測位置

表 4.1-4 光源と評価者の観測位置との関係

観測位置	観察距離(m)	仰角(度)
C	17	80
D	11.2	75
E	6.4	65
F	3.6	50

主観評価については、中心視実験は「まぶしさ」の1種類、周辺視実験は「まぶしさ」の他に、「顔の特徴（目・鼻・口）」、「街路空間の明るさ」、「不安感」、「色の見え」、「照明光の温冷感」、「雰囲気」、「照明は街路に適切か」の8種類にて行った。各主観評価項目では、図 4.1-10～図 4.1-17 に示す7～9 段階の評価スケールを用いて評価させた。

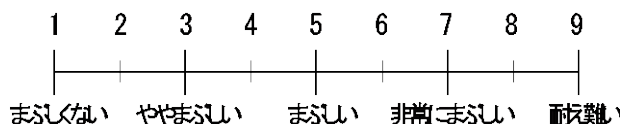


図 4.1-10 「まぶしさ」評価スケール

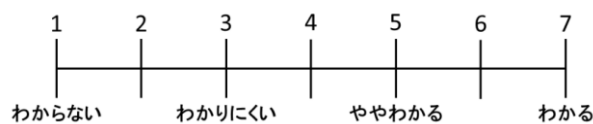


図 4.1-11 「顔の特徴(目・鼻・口)」評価スケール



図 4.1-12 「街路空間の明るさ」評価スケール

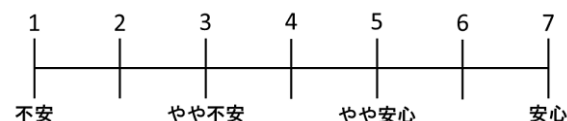


図 4.1-13 「不安感」評価スケール

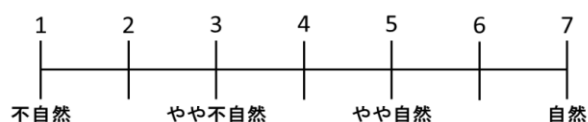


図 4.1-14 「色の見え」評価スケール

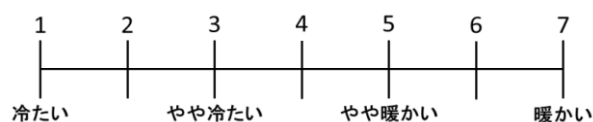


図 4.1-15 「照明光の温冷感」評価スケール

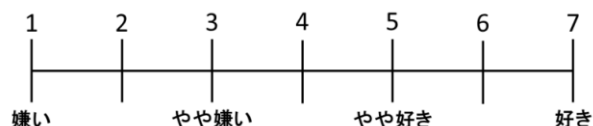


図 4.1-16 「雰囲気」評価スケール

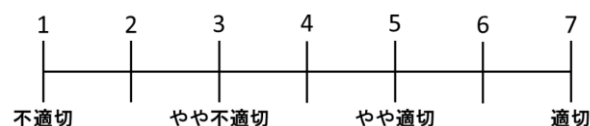


図 4.1-17 「照明は街路に適切か」評価スケール

4.1.5 被験者

評価実験では 20 代の学生 23 名(男性 6 名、女性 17 名)が参加した。光源は被験者毎にランダムに提示して評価させる方が望ましいため、4 種類の異なる順番にて光源を提示することとした。尚、評価は被験者を 5 人から 6 人の 4 グループに分け、グループごとに光源をランダムに提示して行った。

被験者の立ち位置、性別、視力別に、評価に有意差が認められるかを、一元配置分散分析(有意水準 5%)により検定したところ、被験者の立ち位置、及び性別については、すべての評価に有意な差は認められなかった。

視力別については、顔の特徴評価に有意差が多く認められ、地点別に有意差が認められた条件の割合は、D 地点 14/25、E 地点 24/25、F 地点 25/25 であった。

被験者は 20 代の学生、男性 6 名、女性 17 名の計 23 名であるが、視力は 1.0 が 4 名、1.5 が 14 名、2.0 が 4 名、2.5 が 1 名であった。矯正具別では裸眼が 3 名、メガネが 11 名、コンタクトレンズが 9 名であった。周辺視によるグレア評価では女性 2 名、中心視によるグレア評価では女性 1 名が全くグレアを感じていないことから、これらを分析対象から除外した。

4.2.1 測定要領

はじめに、色彩照度計 CL-200(コニカミノルタ)を使用し、路面の水平面照度 E_h と相関色温度 T_k 、及び 1.5m 高さの眼前鉛直面照度 E_v を測定した。計測点は図 4.2-1 に示す通りである。さらに、二次元色彩輝度計 CA-2500(コニカミノルタ)を使用し、路面上 1.5m 高さにて測定した被験者視線方向の輝度分布と、光源の輝度分布を得た。



表 4.2-1 に各実験条件での視対象の顔面鉛直面照度、平均路面照度、平均鉛直面照度、平均
 相関色温度の測定結果を示す。こちらの結果からでは水平面照度の分布形状が不明であるため、
 逐点での照度測定結果を図 4.2-2～図 4.2-25 に示す。縦軸は逐点での水平面照度を示す。横軸の
 丸付きの数字(①～⑤)は各々の測定地点を示し、①は視対象から最も離れている地点、⑤が視
 対象に最も近い地点の測定結果を示す。飾りなしの数字(1～3)は測定地点を示し、被験者から
 見て左端が 1、真ん中が 2、右端が 3 となっている。データを見ると、器具直下方向の照度が最
 も高く、あとは距離が離れるに従ってなだらかに照度が下がっていくことが分かる。また、器
 具に通電する電流値が上がるに従い、照度レベルが上がる様子が見て取れる。

表 4.2-1 照度・相関色温度の測定結果一覧

設定値			実測値			
基本器具	フィルター	電流 (A)	視対象の 顔面鉛直面照度 (lx)	平均路面照度 (lx)	平均鉛直面照度 (lx)	平均相関色温度 (K)
2800K	なし	0.26	13.0	8.5	4.2	2800
2800K	なし	0.17	8.1	5.9	2.8	2800
2800K	なし	0.10	5.1	3.6	1.6	2800
2800K	なし	0.05	2.5	1.8	0.8	2800
2800K	B2	0.31	9.8	6.9	3.0	3100
2800K	B2	0.23	7.4	5.3	2.4	3100
2800K	B2	0.16	5.4	3.9	1.6	3100
2800K	B2	0.08	2.7	2.0	0.9	3100
2800K	B4	0.36		4.3		3800
2800K	B4	0.24	4.2	2.9	1.5	3800
2800K	B4	0.12	2.2	1.6	0.7	3800
5100K	なし	0.26	19.3	10.0	5.6	5100
5100K	なし	0.17	14.0	7.0	3.5	5100
5100K	なし	0.10	7.2	4.0	2.1	5100
5100K	なし	0.05	4.1	2.2	1.2	5100
5100K	B2	0.39	14.8	10.3	5.6	6300
5100K	B2	0.25	10.2	7.0	3.4	6300
5100K	B2	0.16	6.5	4.6	2.4	6300
5100K	B2	0.08	3.4	2.4	1.2	6300
5100K	B3	0.33	10.1	6.8	4.0	8200
5100K	B3	0.20	6.4	4.4	2.3	8200
5100K	B3	0.10	3.1	2.2	1.2	8200
5100K	B4	0.40	9.2	5.7	2.9	12000
5100K	B4	0.24	5.3	3.6	1.8	12000
5100K	B4	0.12	3.0	1.9	1.0	12000

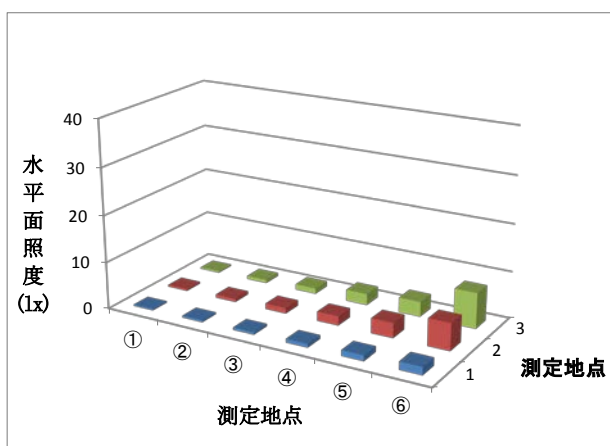


图 4.2-2 路面照度(2800K 平均照度 1.8lx)

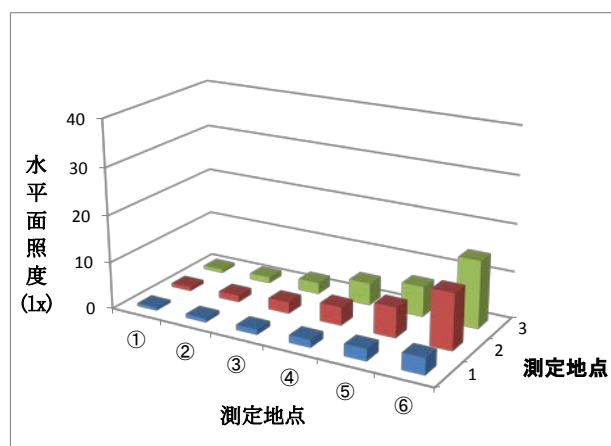


图 4.2-3 路面照度(2800K 平均照度 3.6lx)

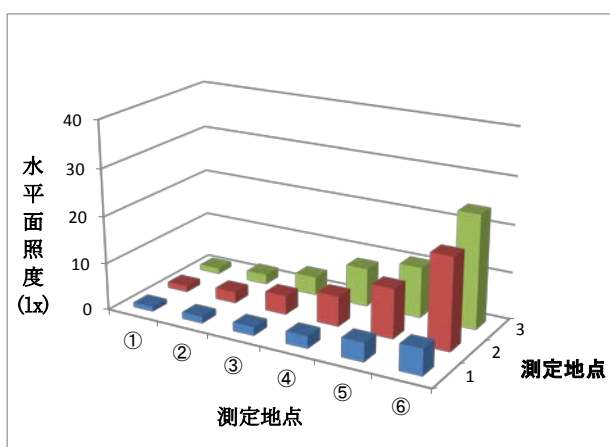


图 4.2-4 路面照度(2800K 平均照度 5.9lx)

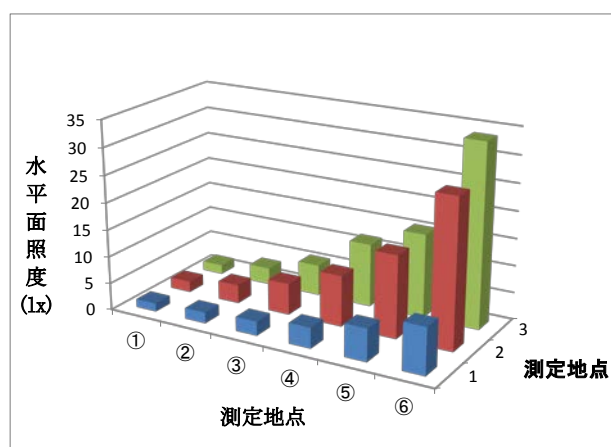


图 4.2-5 路面照度(2800K 平均照度 8.5lx)

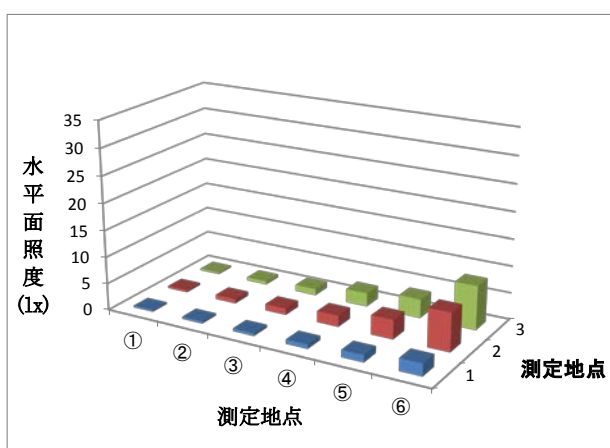


图 4.2-6 路面照度(3100K 平均照度 2.0lx)

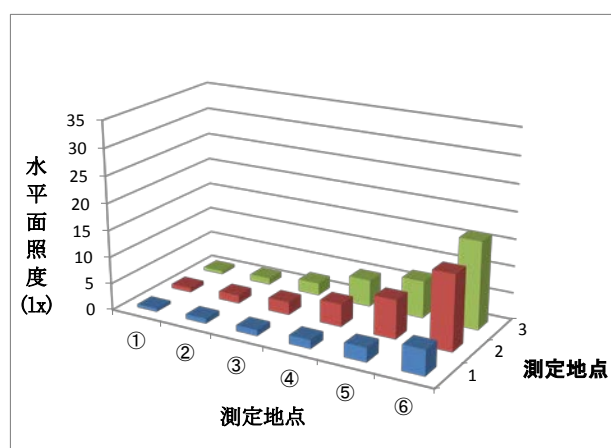


图 4.2-7 路面照度(3100K 平均照度 3.9lx)

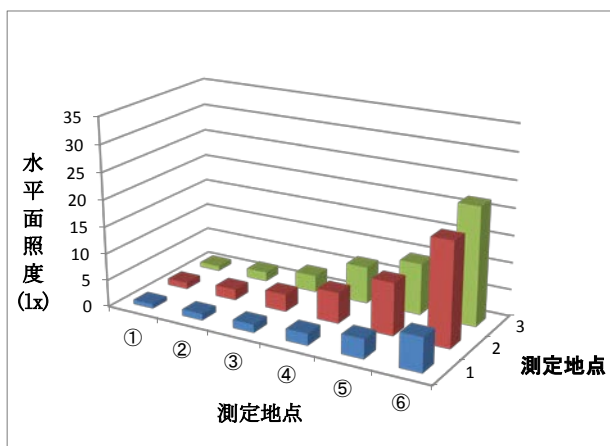


图 4.2-8 路面照度(3100K 平均照度 5.3lx)

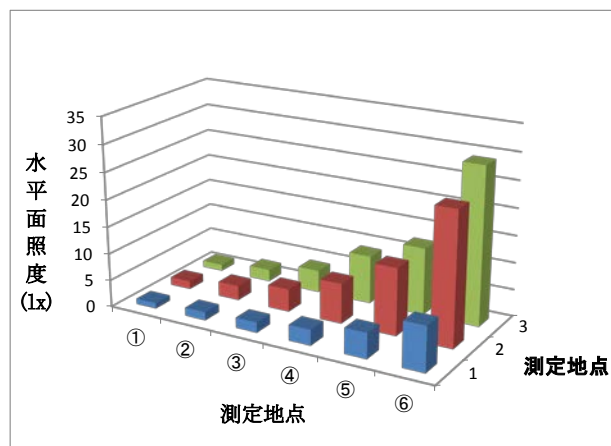


图 4.2-9 路面照度(3100K 平均照度 6.9lx)

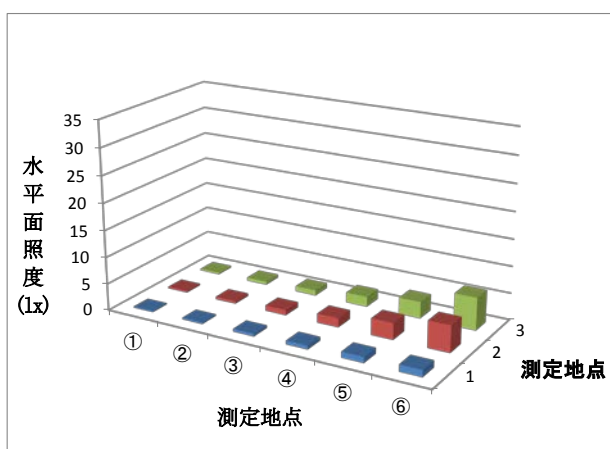


图 4.2-10 路面照度(3800K 平均照度 1.6lx)

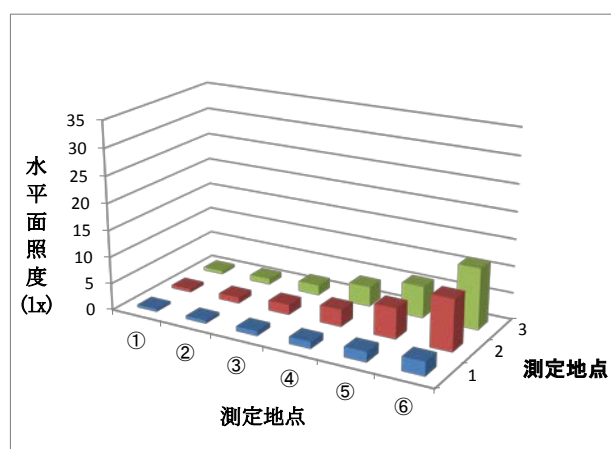


图 4.2-11 路面照度(3800K 平均照度 2.9lx)

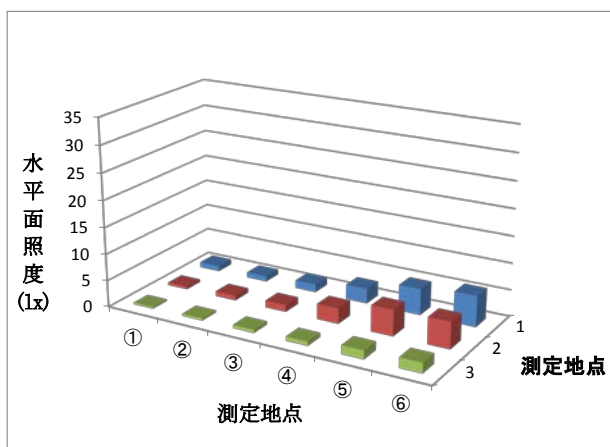


图 4.2-12 路面照度(5100K 平均照度 2.2lx)

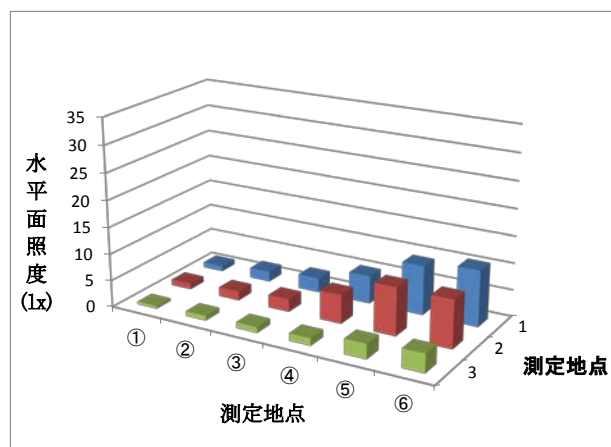


图 4.2-13 路面照度(5100K 平均照度 4.0lx)

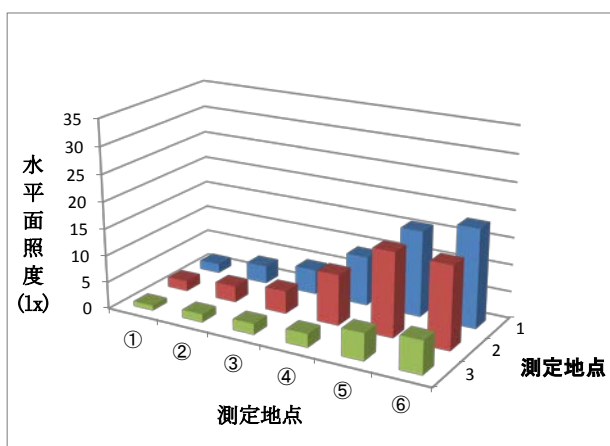


图 4.2-14 路面照度(5100K 平均照度 7.0lx)

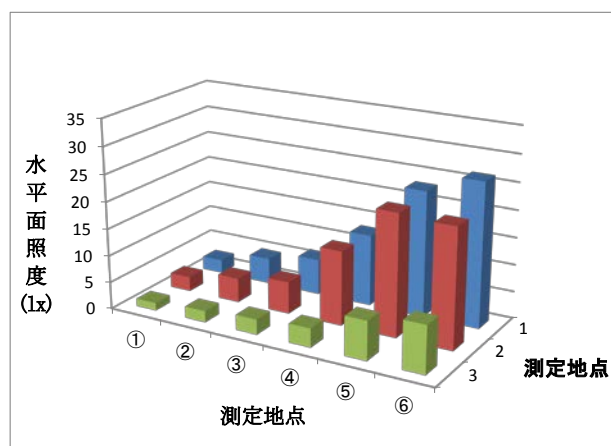


图 4.2-15 路面照度(5100K 平均照度 10.0lx)

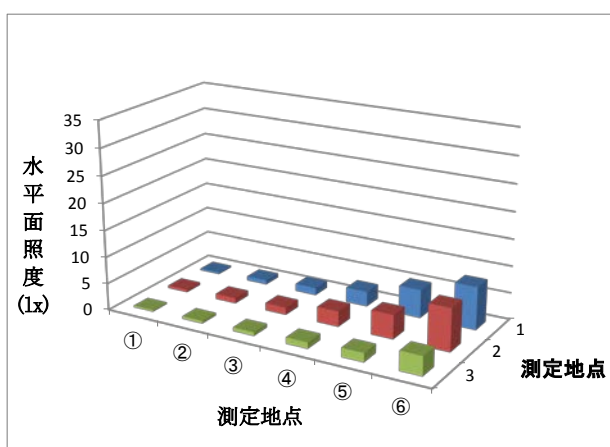


图 4.2-16 路面照度(6300K 平均照度 2.4lx)

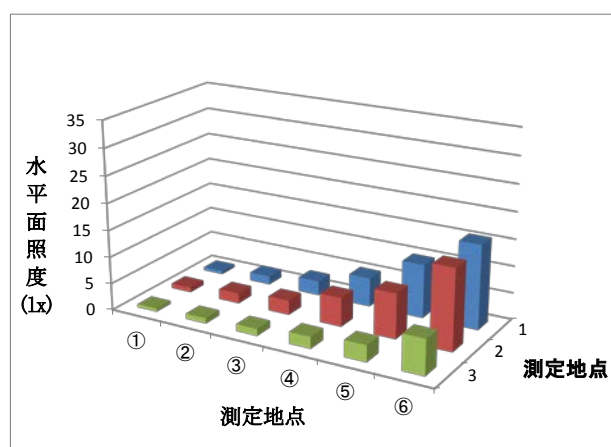


图 4.2-17 路面照度(6300K 平均照度 4.6lx)

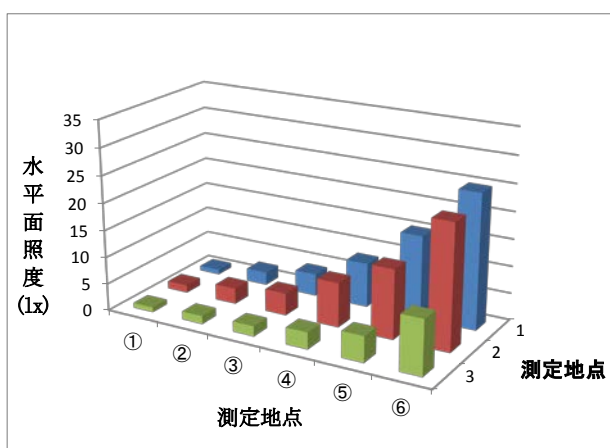


图 4.2-18 路面照度(6300K 平均照度 7.0lx)

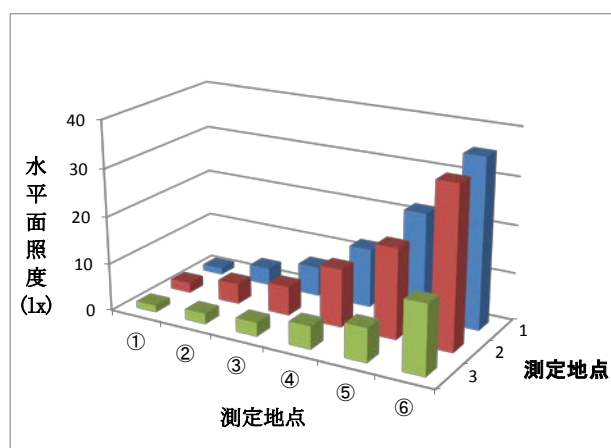


图 4.2-19 路面照度(6300K 平均照度 10.3lx)

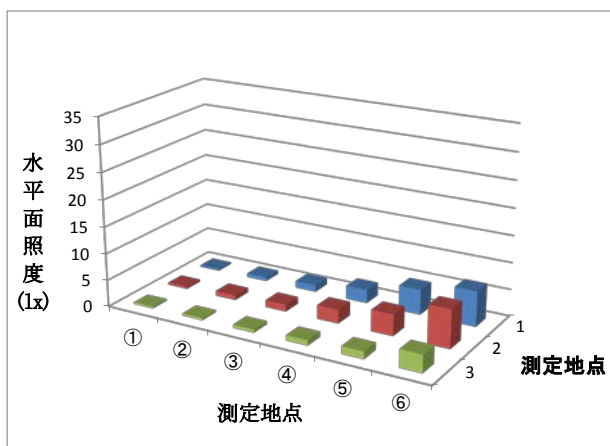


图 4.2-20 路面照度(8200K 平均照度 2.2lx)

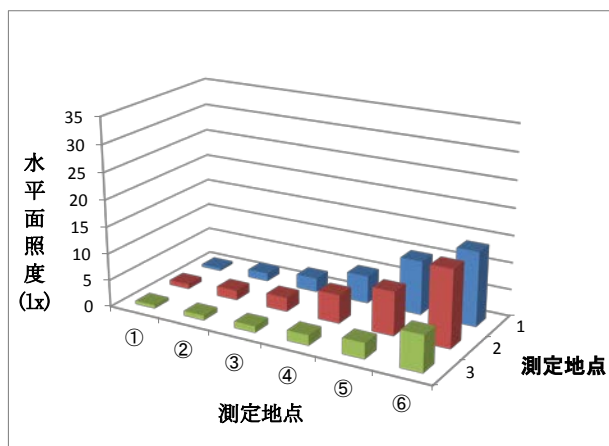


图 4.2-21 路面照度(8200K 平均照度 4.4lx)

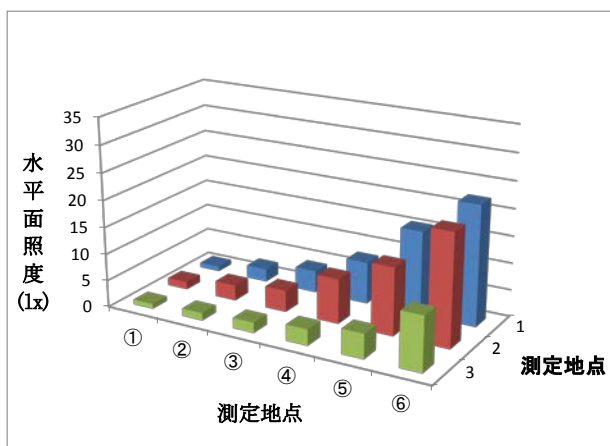


图 4.2-22 路面照度(8200K 平均照度 6.8lx)

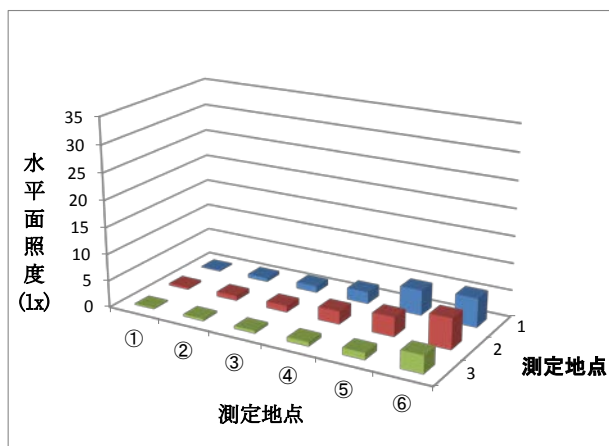


图 4.2-23 路面照度(12000K 平均照度 1.9lx)

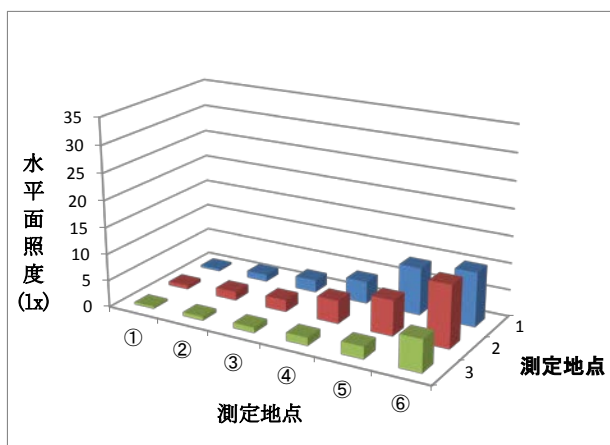


图 4.2-24 路面照度(12000K 平均照度 3.6lx)

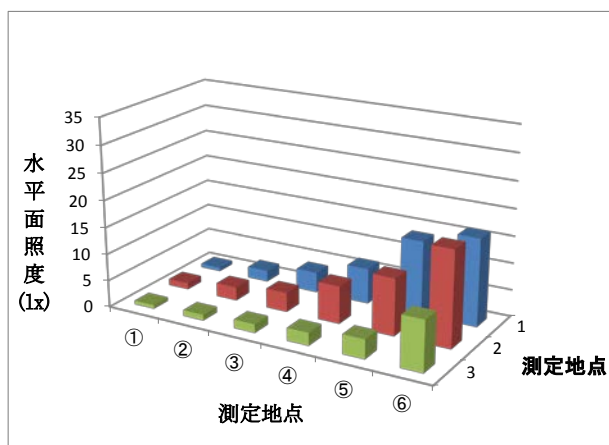


图 4.2-25 路面照度(12000K 平均照度 5.7lx)

(文責；岩崎)

4.3 周辺視による不快グレア主観評価実験

4.3.1 データ分析方法

周辺視による不快グレア主観評価と測光量との関係を調べるため、被験者の眼前鉛直面照度及び、光源の発光部輝度分布から算出される評価指標と、視線を視対象に向けたとき(水平視時)の不快グレア主観評価値との相関を調べた。輝度分布から算出する指標には様々な提案がなされているが、ここでは従来より提案がなされている光源の最大輝度(L_{max})、最大輝度の 1/10 の輝度領域内の平均輝度(L_{ave10})、最大輝度の 1/100 の輝度領域内の平均輝度(L_{ave100})に加え、輝度積分値、有効グレア輝度と主観評価との関係も調べた。

4.3.2 結果と考察

図 4.3-1～図 4.3-6 に、周辺視による不快グレア主観評価結果と各々の測光量との関係を、光源の色温度をパラメータとして示す。縦軸は不快グレアの主観評価値、横軸はそれぞれの評価指標の対数スケールを示している。表 4.3-1 は周辺視による不快グレアと各評価指標との相関係数を光源の色温度別に示したものである。これらの図を見ると、周辺視における不快グレア評価では、すべての条件に於いて「まぶしい」(評価値 5)未満であったことがわかる。

眼前鉛直面照度と不快グレアの関係をみると、両方の指標間に線形的な関係があることがわかり、全色温度を合わせた条件での相関係数は 0.918 と高い値を示した。光源の色温度別に見た場合、色温度 3100K で 0.966 という最大値を示し、最小値は 8200K で 0.872 だった。また、光源の色温度の違いによるグレア感の差は見られず、すべての色温度条件に於いて、ほぼ同一線上に評価結果が集まる結果となった。

一方、輝度分布から算出される指標と周辺視における不快グレア評価値は、照度に比べて線形的な関係が崩れる傾向にあることがわかる。すべての色温度を合わせた条件で輝度分布から算出される指標と不快グレアの相関係数をみると、どの指標も 0.9 以下となっており、眼前鉛直面照度よりも低い相関係数となっていることがわかる。また、輝度分布から算出される指標を用いた場合も、光源の色温度違いによるグレア感の差は見られなかった。全色温度の条件で、 L_{max} 、 L_{ave10} 、 L_{ave100} との各々の指標と、不快グレア評価値の相関係数を調べた結果、 L_{max} で 0.874、 L_{ave10} で 0.872、 L_{ave100} で 0.883 となり、 L_{ave100} が最も強い相関を示した。一方で、輝度積分値と有効グレア輝度は、不快グレア主観評価値との相関が輝度積分値で 0.821、有効グレア輝度で 0.852 となり、各々強い相関は得られているが、輝度分布から簡易的に計算される L_{max} 、 L_{ave10} 、 L_{ave100} と比較して低くなる結果となった。また、これらの 2 指標と不快グレア評価値との関係を見ると、輝度積分値及び有効グレア輝度ともに横軸がおおよそ 1.7 の値を示すときに 2 つのグループに分離する特徴があった。

結果より、周辺視グレアは輝度分布から算出される評価値よりも、眼前鉛直面照度との相関が高いことがわかった。眼前鉛直面照度は鉛直面照度であるため、光源が発する光度に $\cos\theta$ が掛かったものである。その結果、あらゆる方向成分を持つ光度がすべて水平方向の成分に変換されるため、水平視時に中心窩へ向かう光の量を評価した方が不快グレアとの相関が高くなると考える。

また、光源の色温度違いで不快グレアの主観評価値に差が出なかったが、一般的には高色温度の光源のほうが低色温度光源に比べて眼球内散乱が生じやすく、不快なグレアを生じやすいと考えられている。本実験ではその差が認められなかったが、これは不快グレアの主観評価値がすべて「まぶしい」(評価値 5)未満であったため、色温度違いによるグレア感の差が生じなかったと考える。即ち、防犯灯の輝度レベルに於いては、光源の色温度を下げることによる不快グレアの緩和効果が得られないと考える。

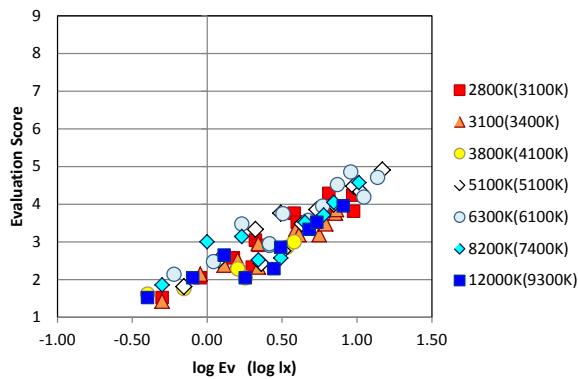


図 4.3-1 眼前鉛直面照度と周辺視グレアの関係

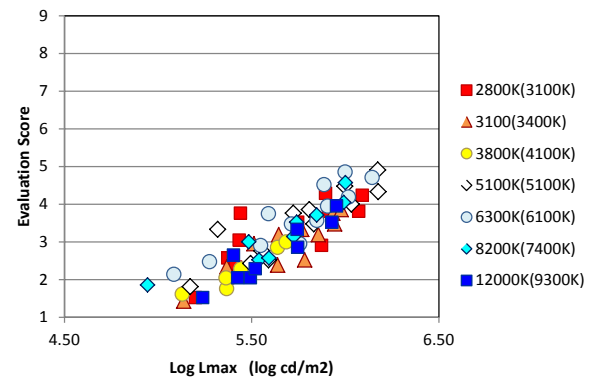


図 4.3-2 最大輝度と周辺視グレアの関係

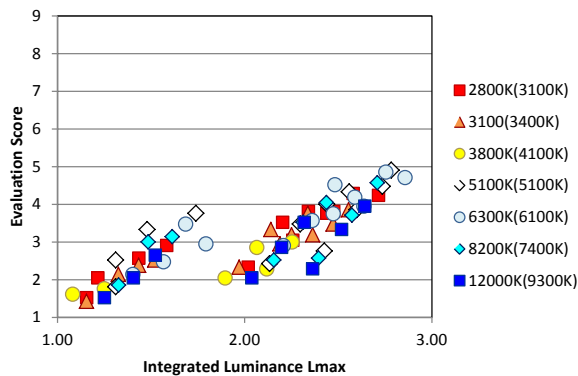


図 4.3-3 輝度積分値と周辺視グレアの関係

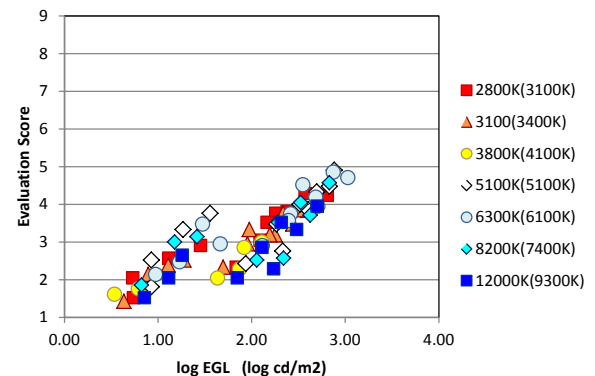


図 4.3-4 有効グレア輝度と周辺視グレアの関係

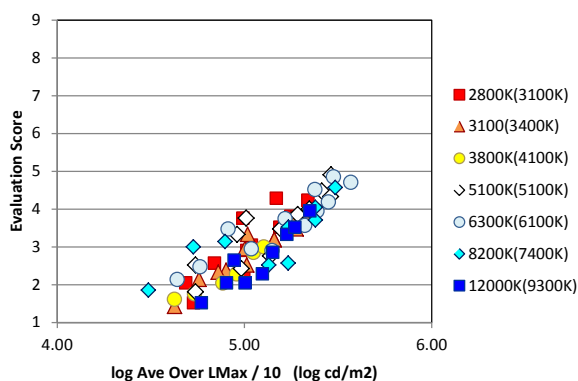


図 4.3-5 Lave10 と周辺視グレアの関係

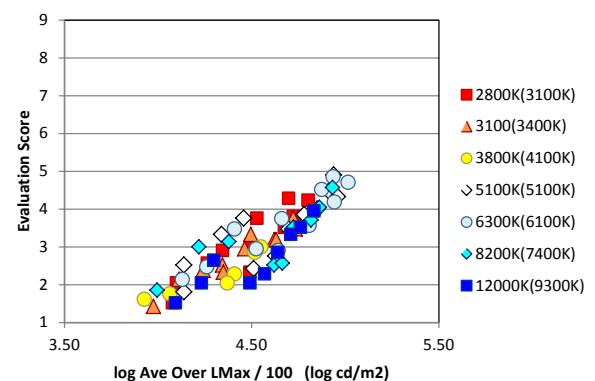


図 4.3-6 Lave100 と周辺視グレアの関係

表 4.3-1 周辺視による不快グレアの主観評価値と各評価指標との関係(色温度別相関係数)

相関色温度	眼前照度	最大輝度	輝度積分値	有効グレア輝度	Lave10	Lave100
2800K	0.956	0.810	0.918	0.930	0.882	0.912
3100K	0.966	0.894	0.920	0.945	0.956	0.969
3800K	0.945	0.956	0.875	0.893	0.963	0.917
5100K	0.939	0.888	0.737	0.781	0.890	0.848
6300K	0.928	0.901	0.896	0.908	0.914	0.910
8200K	0.872	0.915	0.702	0.744	0.779	0.788
12000K	0.912	0.935	0.781	0.818	0.934	0.876
全色温度	0.918	0.874	0.821	0.852	0.872	0.883

(文責；岩崎)

4.4 中心視による不快グレア主観評価実験

4.4.1 データ分析方法

中心視による不快グレア主観評価と測光量との関係を調べるため、被験者の眼前鉛直面照度及び、光源の発光部輝度分布から算出される評価指標と、視線を光源に向けたとき(直視時)の不快グレア主観評価値との相関を調べた。輝度分布から算出する指標は、周辺視の実験条件と同様、Lmax、Lave10、Lave100、輝度積分値、有効グレア輝度を用いた。

4.4.2 結果と考察

図 4.4-1～図 4.4-6 に、中心視による不快グレア主観評価結果と各々の測光量との関係を、光源の色温度をパラメータとして示す。縦軸は主観評価値、横軸はそれぞれの評価指標の対数スケールを示している。表 4.4-1 は中心視による不快グレアと各評価指標との相関係数を光源の色温度別に示したものである。これらの図を見ると、中心視における不快グレアは、「耐えきれない」と「非常にまぶしい」の間(評価値 8)未満であったことがわかる。

眼前鉛直面照度と不快グレアの関係を見ると、周辺視での不快グレアの結果と同様に、両方の指標間で線形関係があることがわかる。全色温度を合わせた条件での相関係数は 0.965 と非常に高い値を示し、直視時の不快グレアを眼前鉛直面照度で十分に評価できることが分かる。中心視での不快グレア評価に於いても、光源の色温度の違いによるグレア感の差は見られず、すべての色温度条件に於いて、ほぼ同一線上に評価結果が集まる結果となった。

周辺視での不快グレア評価の場合、輝度分布から算出される指標との関係は眼前鉛直面照度よりもやや相関が低くなることを示した。一方で、中心視における不快グレア評価値と輝度指標との相関を調べたところ、眼前鉛直面照度よりも相関が高い指標があることがわかる。

最も相関が良かったのは有効グレア輝度であり、その値は 0.974 と非常に強い相関を示すことがわかる。最大輝度から簡易的に算出される Lmax、Lave10、Lave100 についても、すべてに於いて相関係数 0.94 以上の強い相関を示している。しかしながら、輝度分布から算出される指標を用いた場合であっても、光源の色温度の違いによるグレア感の差は見られなかった。

結果より、中心視での不快グレアは眼前鉛直面照度のみならず、輝度分布から算出される指標を用いても十分に妥当性の高い評価ができることが分かった。その評価指標は、有効グレア輝度が最も有効であることを示しており、簡易計算で導かれる Lmax、Lave10、Lave100 でも十分に中心視での不快グレアを評価するにたる指標であることを示している。

測定方法が規格化されている照度計とは異なり、写真測光法による輝度分布測定手法はまだ標準化が進んでおらず、解析結果に再現性があるかどうかについては常に疑問が付きまとう。しかし、少なくとも測定器の設定や使用するレンズが同じであれば、相対的に評価することは可能であり、測定手法が標準化された機材で得られる評価結果とほぼ同精度の評価ができることが明らかとなった。

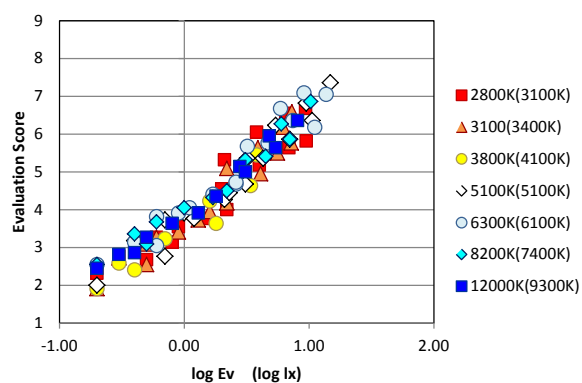


図 4.4-1 眼前鉛直面照度と中心視グレアの関係

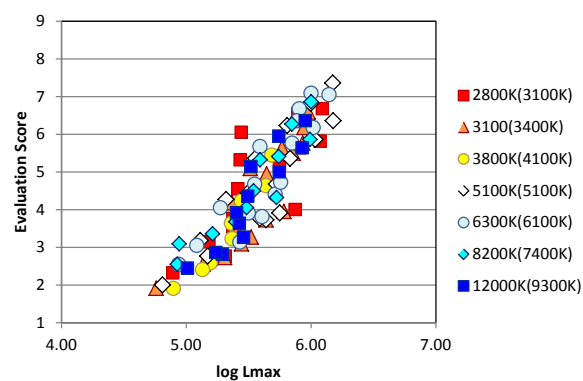


図 4.4-2 最大輝度と中心視グレアの関係

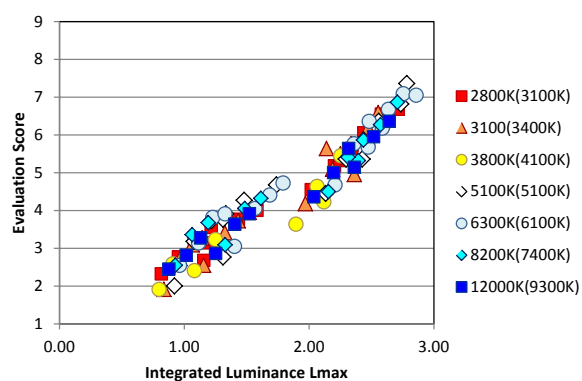


図 4.4-3 輝度積分値と中心視グレアの関係

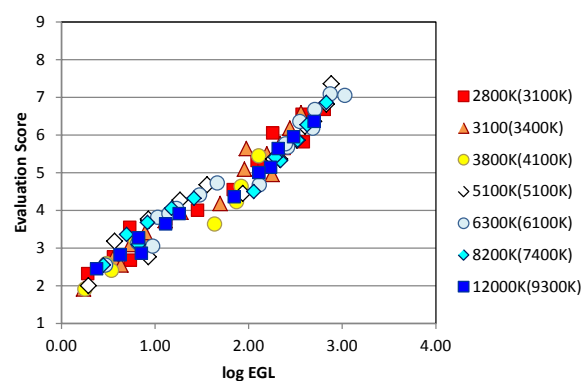


図 4.4-4 有効グレア輝度と中心視グレアの関係

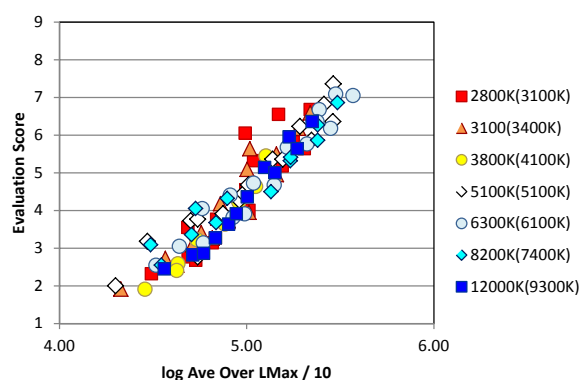


図 4.4-5 Lave10 と中心視グレアの関係

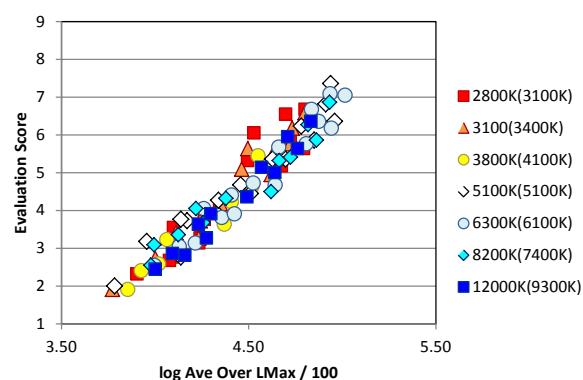


図 4.4-6 Lave100 と中心視グレアの関係

表 4. 4-1 中心視による不快グレアの主観評価値と各評価指標との関係(色温度別相関係数)

相関係数	眼前照度	最大輝度	輝度積分値	有効グレア輝度	Lave10	Lave100
2800K	0.948	0.805	0.986	0.980	0.903	0.941
3100K	0.970	0.879	0.965	0.978	0.952	0.975
3800K	0.964	0.967	0.948	0.957	0.983	0.963
5100K	0.972	0.895	0.953	0.967	0.964	0.968
6300K	0.969	0.905	0.969	0.981	0.971	0.973
8200K	0.981	0.930	0.959	0.972	0.967	0.969
12000K	0.989	0.931	0.979	0.988	0.983	0.983
全色温度	0.965	0.890	0.963	0.974	0.949	0.963

(文責；岩崎)

4.5 顔の視認性評価実験

4.5.1 データ分析方法

夜間街路での対向者などの顔の視認性確保は、防犯上の観点からも極めて重要であり、照度や輝度という光量に関してだけでなく、雰囲気形成の重要要因である照明光色温度の視認性との関わりについても検討が必要である。そこで、本節では夜間屋外での街路照明下における、人の顔のわかりやすさへの光源色温度の影響を検討する。まず、照度計による実測値である眼前鉛直面照度 E_v 、および写真測光法から得た輝度分布をもとに算出した各種輝度指標と顔の視認性における色温度の影響を調べる。次いで、不快グレアと顔の視認性における色温度の影響について検討する。さらに、眼前鉛直面照度 E_v を用いて、視対象輝度（視対象顔面鉛直面照度 E_o ）、および視対象の大きさ（観察位置）の影響を考慮した上で、 E_v と顔の視認性との色温度の影響を検討する。

4.5.2 結果と考察

4.5.2.1 各種評価指標（輝度・照度）

図 4.5-1～図 4.5-6 に、眼前鉛直面照度 E_v 、および各種輝度指標と顔の分かりやすさ評価との関係を光源の色温度をパラメータとして示す。縦軸は主観評価値、横軸はそれぞれの評価指標（輝度又は照度）の対数値である。各評価指標の値が上昇するに従い評価値も上昇している。表 4.5-1 に、顔の分かりやすさと各評価指標との相関係数を光源の色温度別に示す。相関係数は何れの色温度についても高いが、視対象の大きさや視対象輝度の異なる条件が混在しているため、相関があることが評価指標としての有効性を示すものではない。

尚、何れの評価指標においても、高色温度評価値より低色温度評価値の方が概ね図中上方に分布しており、低色温度では高色温度より高い視認性が得られる傾向がある。

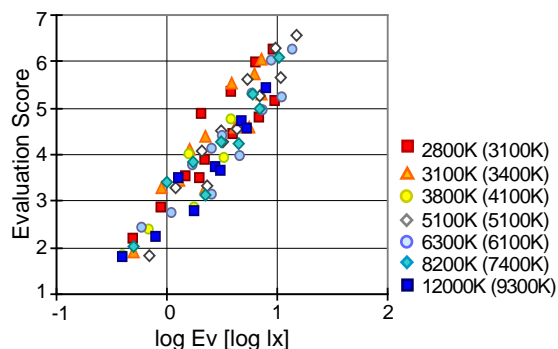


図 4.5-1 顔の視認性と眼前鉛直面照度 E_v

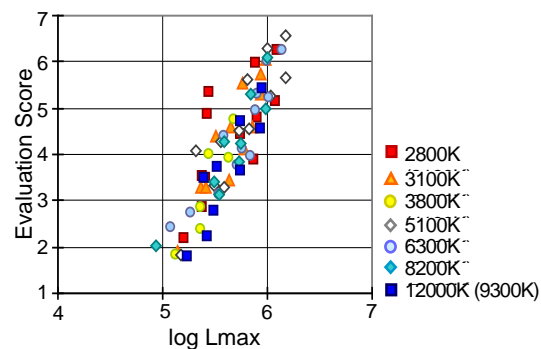


図 4.5-2 顔の視認性と最大輝度 L_{max}

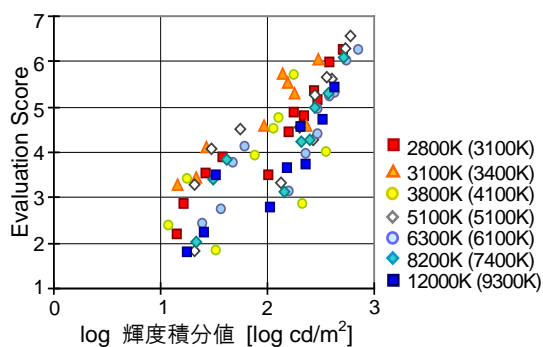


図 4.5-3 顔の視認性と輝度積分値

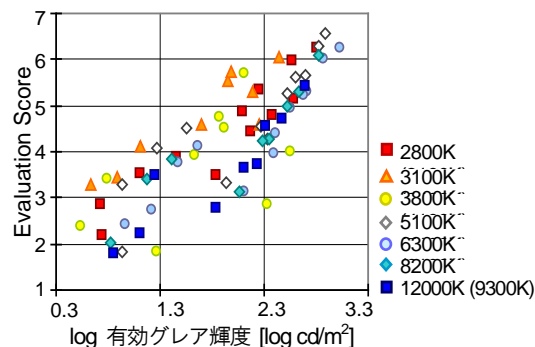


図 4.5-4 顔の視認性と有効グレア輝度

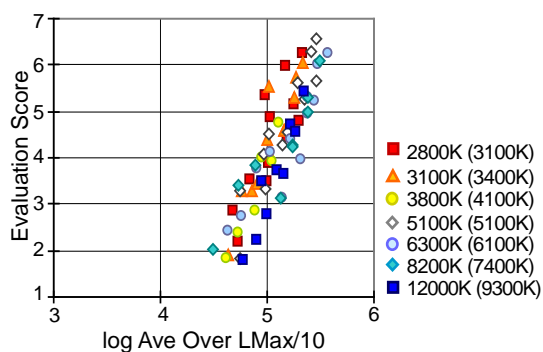


図 4.5-5 顔の視認性と Lave10

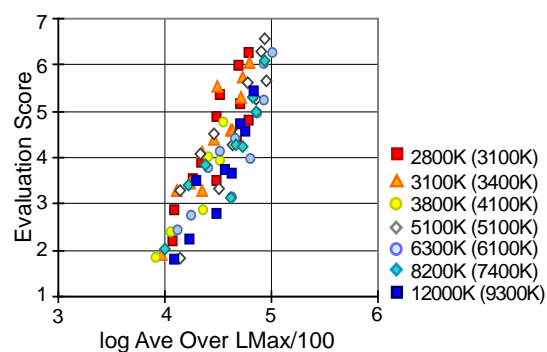


図 4.5-6 顔の視認性と Lave100

表 4.5-1 顔の視認性と各評価指標の関係(色温度別相関係数)

光源色温度	Ev	Lmax	輝度積分値	有効グレア 輝度	Lave10	Lave100
2800 K	0.907	0.728	0.943	0.936	0.830	0.870
3100 K	0.920	0.906	0.871	0.896	0.926	0.927
3800 K	0.911	0.918	0.942	0.941	0.968	0.930
5100 K	0.966	0.892	0.849	0.877	0.931	0.905
6300 K	0.930	0.921	0.886	0.900	0.909	0.896
8200 K	0.942	0.617	0.858	0.882	0.897	0.886
12000 K	0.958	0.898	0.885	0.907	0.956	0.921
全色温度	0.929	0.872	0.865	0.878	0.864	0.867

4.5.2.2 不快グレアと顔の視認性

§ 4.3、§ 4.4 に示すように、各評価指標の値が上昇するに従い、不快グレア評価値は上昇する。また、前節に示すように、各評価指標の値が上昇するに従い視認性も上昇する。図 4.5-7 に、顔の分かりやすさと不快グレアの関係を色温度別に示す。図に示すように、今回の色温度実験では、中心視および周辺視ともに、何れの条件に於いてもまぶしいほど見やすいという結果が得られている。このことより、実験に用いた街路照明器具は周辺視での不快グレアが比較的生じにくい光源であることが主な原因となり、発光部が減能グレア源になることによる視認性低下よりも、明るくなることによる視対象輝度の上昇による視認性向上の方が勝っていると言える。

また、図 4.5-7 において、低色温度評価値より高色温度評価値の方が概ね図中下方に分布しており、顔の分かりやすさと不快グレアの関係に色温度の影響が認められる。この傾向を分かりやすく示すために、図 4.5-7 に示した結果を、高色温度群（5100K～12000K）と低色温度群（2800K～3800K）の2群に分けて図 4.5-8 に示す。図に見るように、まぶしさ感が等しい場合、低色温度の方が人の顔が分かりやすい傾向にある。言い換えると、顔の分かりやすさが同じ場合は、高色温度の方がまぶしく感じる傾向がある。

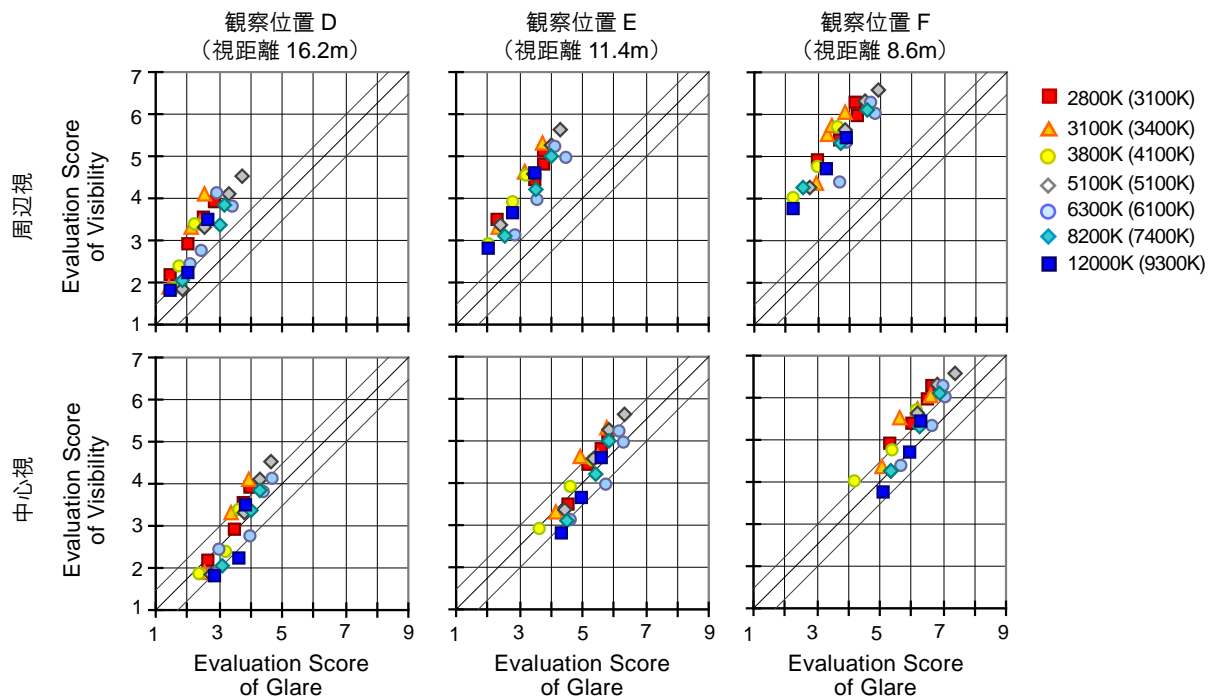


図 4.5-7 顔の視認性と不快グレア

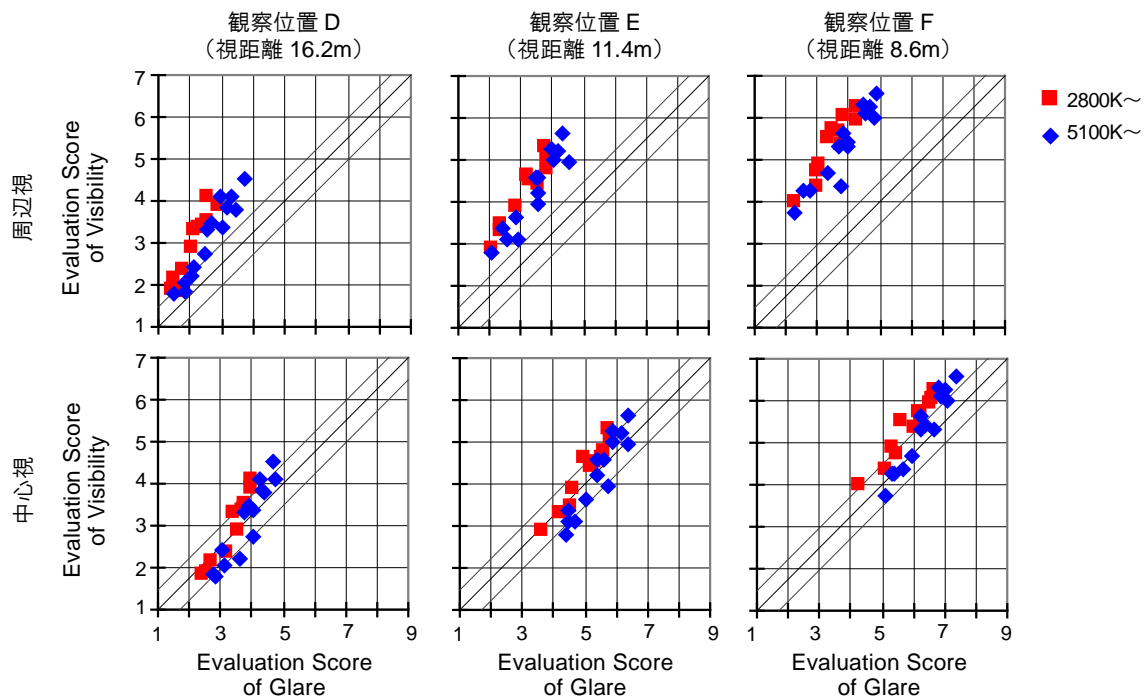


図 4.5-8 顔の視認性と不快グレア(高色温度群と低色温度群)

4.5.2.3 眼前鉛直面照度および視距離

図 4.5-9 に、顔の分かりやすさと眼前鉛直面照度 E_v の関係を、視距離別、色温度別に示す。視距離が長くなるほど顔の見かけの大きさが小さくなるため、視距離が長いほど評価値が低下する。観察位置 F (視距離 8.6 m) では、顔の分かりやすさ評価の平均値は 3.5 から 6.6 (分りにくい～分かる) に分布し、観察位置 E (視距離 11.4 m) では 2.8 から 5.7 (分りにくい～

～やや分かる)、観察位置 D (視距離 16.2 m) では 1.8 から 4.5 (分からない～分りにくい) である。各観察位置 (視距離) での顔の大きさ (縦×横) は、F で約 92'×66'、E で 69'×50'、D で 49'×35'である。

また、何れの条件に於いても、眼前鉛直面照度 E_v が高くなるに従い評価値は上昇する。表 4.5-2 に顔の分かりやすさと E_v の相関係数を色温度別、視距離別に示す。何れの視距離、色温度に於いても、顔の分かりやすさと E_v の相関は非常に高い。これは、器具種を変化させた § 3.6 の屋外実験の場合とは異なり、この色温度実験では同一の器具を用いて、光源の輝度を調節することで E_v を変化させているため、 E_v と視対象鉛直面照度 E_o の間に極めて高い相関があり (図 4.5-10、表 4.5-3)、 E_v が高くなる (順応輝度が上昇する) ことに正比例して視対象輝度も上昇するためである。即ち、 E_v の上昇による目の感度低下よりも視対象の輝度差の増加が勝っているためである。

図 4.5-10 に、眼前鉛直面照度 E_v と視対象鉛直面照度 E_o の関係を、視距離別、色温度別に示す。 E_v と E_o の間には極めて高い相関がある。表 4.5-3 に、 E_v と E_o の相関係数を色温度別、視距離別に示す。色温度別、視距離別の相関係数は 0.993 以上である。全色温度でも相関は高く、相関係数は 0.97～0.99 である。

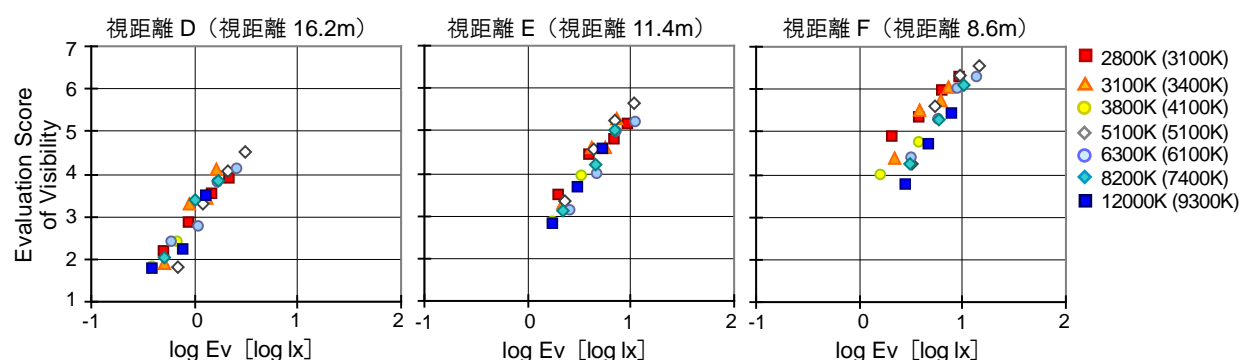


図 4.5-9 顔の視認性と眼前鉛直面照度 E_v

表 4.5-2 顔の視認性と眼前鉛直面照度 E_v の関係 (色温度・観察位置別相関係数)

光源色温度	観察位置 D	観察位置 E	観察位置 F
2800 K	0.998	0.988	0.998
3100 K	0.971	0.969	0.967
3800 K	1.000	1.000	1.000
5100 K	0.979	0.989	0.961
6300 K	0.963	0.986	0.989
8200 K	0.978	0.999	1.000
12000 K	0.930	1.000	0.998
全色温度	0.953	0.959	0.893

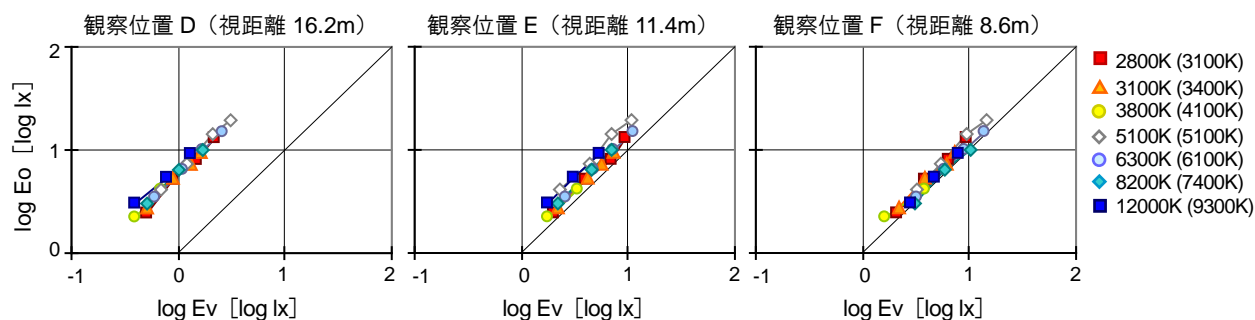


図 4.5-10 眼前鉛直面照度 E_v と視対象顔面鉛直面照度 E_o

表 4.5-3 眼前鉛直面照度 E_v と視対象顔面鉛直面照度 E_o の関係(色温度・観察位置別相関係数)

光源色温度	観察位置 D	観察位置 E	観察位置 F
2800 K	0.998	0.996	0.997
3100 K	0.998	1.000	0.993
3800 K	1.000	1.000	1.000
5100 K	0.998	0.995	0.996
6300 K	0.999	0.999	1.000
8200 K	0.998	1.000	0.997
12000 K	0.996	1.000	1.000
全色温度	0.990	0.971	0.982

図 4.5-9 にみられるように、高色温度評価値より低色温度評価値の方が概ね図中上方に分布しており、顔の分かりやすさと E_v の関係に色温度の影響が認められる。この傾向を分かりやすく示すために、図 4.5-9 に示した結果を、高色温度群(5100K~12000K)と低色温度群(2800K~3800K)の2群に分けて図 4.5-11 に示す。視距離が短くなるほど色温度による差が明瞭になっており、低色温度の方が、顔の分かりやすさ評価が高い傾向がある。

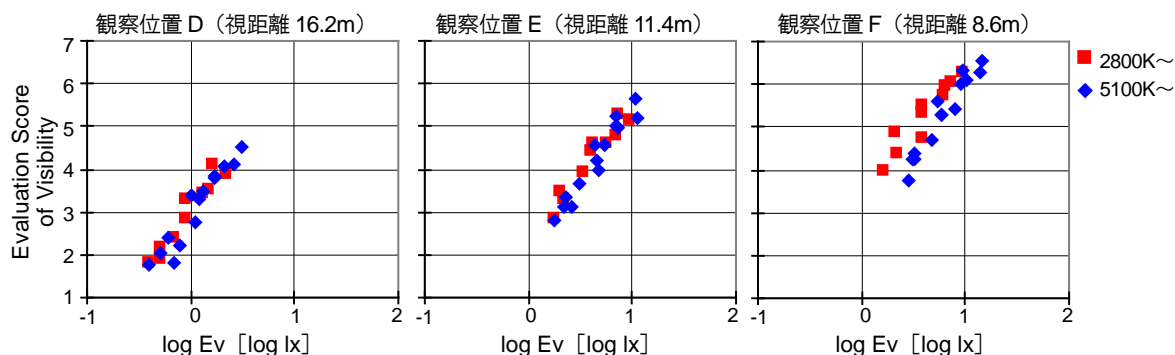


図 4.5-11 顔の視認性と眼前鉛直面照度 E_v (高色温度群と低色温度群)

4.5.2.4 照明光の色温度

図 4.5-12 に、顔の分かりやすさと色温度の関係を視距離別に示す。図中のプロット (□) は評価の平均値、数値は眼前鉛直面照度 E_v の実測値である。また、プロット (×) は、顔の視認性と眼前鉛直面照度の関係 (図 4.5-9) より読み取った $E_v=1.0, 2.0, 4.0, 8.0$ lx の場合の顔の分かりやすさ評価値であり、直線はそれらの回帰直線 (等眼前鉛直面照度線) である。

前節で示したように、今回の実験では E_v と視対象輝度には概ね色温度に依存しない相関がある (図 4.5-11) ため、 E_v が等しい場合は、色温度に依らず、視対象輝度も等しい。そのため、図 4.5-12 に挿入した等眼前鉛直面線は視対象輝度の影響はないと考えて良い。

以上より、色温度実験では、照明光が高色温度の方が、顔の分かりやすさがやや低下する傾向にあり、視距離が短いほど色温度による評価の違いが認められているといえる。

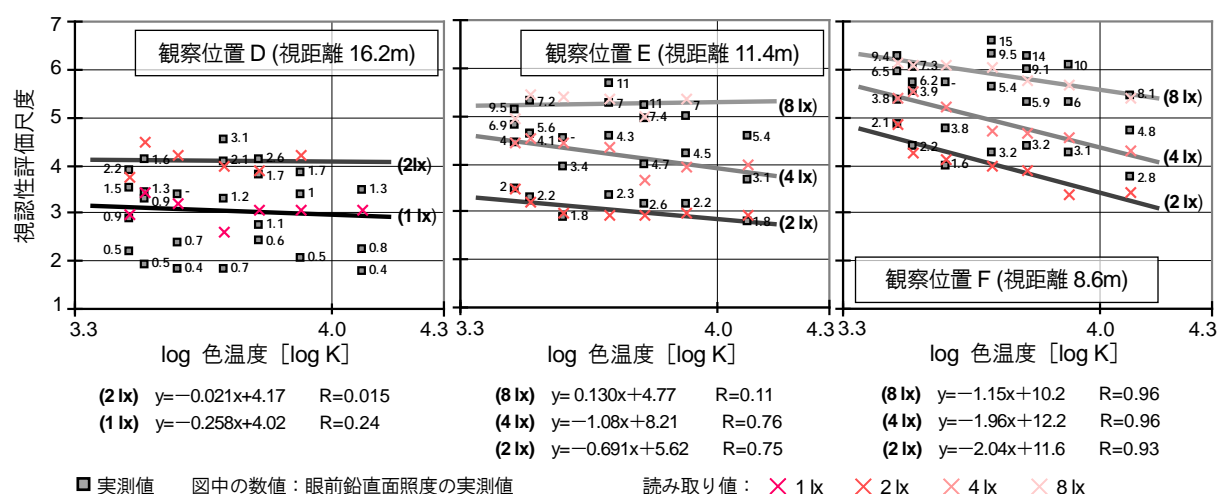


図 4.5-12 顔の視認性と色温度 K

4.5.3 まとめ

- 1) 色温度実験においても、周辺視での不快グレアが比較的生じにくい光源が用いられたため、屋外実験 (§ 3.6) と同様に、不快グレアと顔の分かりやすさ評価に高い相関が認められ、減能グレアよりも、グレア源による視対象輝度の上昇による視認性向上の方が勝っている。
- 2) 顔の分かりやすさが等しい場合、低色温度光源の方が、不快グレア評価が低くなる傾向がある。
- 3) 視距離が短い場合、顔の分かりやすさ評価への色温度の影響が認められ、低色温度の方が分かりやすい傾向があるが、視距離が長くなると色温度の影響は認められない。
- 4) 顔の見え方の評価指標として、特に、光源輝度を調節する際の顔の視認性の予測指標として、眼前鉛直面照度は有効ではあるが、色温度の影響まで、統一的に説明することはできない。

(文責；井上)

4.6 街路環境評価実験

4.6.1 データ分析方法

街路空間の各評価項目の主観評価と測光量との関係を調べるため、被験者の眼前鉛直面照度及び、光源の発光部輝度分布から算出される評価指標と、視線を視対象に向けたとき(水平視時)の街路空間の主観評価値との相関を調べた。輝度分布から算出する指標は、グレアのデータ分析方法と同様、最大輝度値、Lave10、Lave100、輝度積分値、有効グレア輝度を用いた。

4.6.2 結果と考察

4.6.2.1 街路空間の明るさ

図 4.6-1～図 4.6-6 に、街路空間の明るさ評価と各々の測光量との関係を、光源の色温度別に示す。縦軸は主観評価値、横軸はそれぞれの評価指標の対数スケールを示している。表 4.6-1 は、主観評価値と測光量より算出される指標の相関係数を、光源の色温度別に示したものである。

7 段階の評価指標で、「暗い」と「明るい」の境界である評価 4.0 に着目する。図 4.6-1 に示す眼前鉛直面照度と街路空間の明るさ評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.760 であった。その中でも、6300K の決定係数が 0.907 と最も高かった。また、線形近似曲線より眼前鉛直面照度が $0.32 \log \text{lx}$ 以上で、街路空間の明るさ評価は「明るい」側に感じられており、被験者眼前鉛直面照度が高くなるに従って、評価も高くなることがわかる。

図 4.6-2 に示す最大輝度値と街路空間の明るさ評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.734 であった。その中でも、3800K の決定係数が 0.971 と最も高かった。また、線形近似曲線より最大輝度値が $5.56 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、街路空間の明るさ評価は「明るい」側に感じられており、最大輝度値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-3 に示す輝度積分値と街路空間の明るさ評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.534 であった。その中でも、6300K の決定係数が 0.832 と最も高かった。また、線形近似曲線より輝度積分値が $1.86 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、街路空間の明るさ評価は「明るい」側に感じられており、輝度積分値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-4 に示す有効グレア輝度と街路空間の明るさ評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.586 であった。その中でも、6300K の決定係数が 0.854 と最も高かった。また、線形近似曲線より有効グレア輝度が $1.66 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、街路空間の明るさ評価は「明るい」側に感じられており、有効グレア輝度値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-5 に示す Lave10 と街路空間の明るさ評価の関係より、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.650 であった。その中でも、3100K の決定係数が 0.891 と最も高かった。また、近似曲線より Lave10 の値が $1.90 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、街路空間の明るさ評価は「明るい」側に感じられており、Lave10 の値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-6 に示す、Lave100 と街路空間の明るさ評価の関係より、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.654 であった。その中でも、3100K の決定係数が 0.857 と最も高かった。また、近似曲線より Lave100 の値が $0.99 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、街路空間の明るさ評価は「明るい」側に感じられており、Lave100 の値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

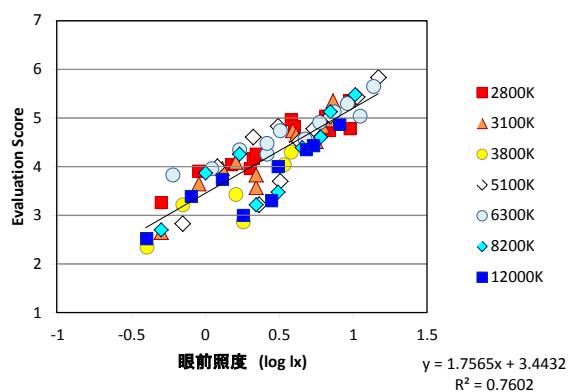


図 4.6-1 街路空間の明るさと眼前鉛直面照度との関係

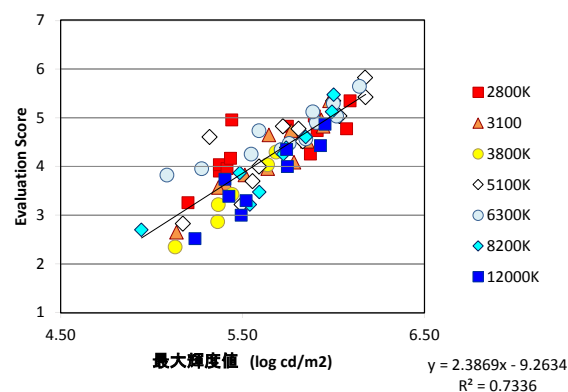


図 4.6-2 街路空間の明るさと最大輝度との関係

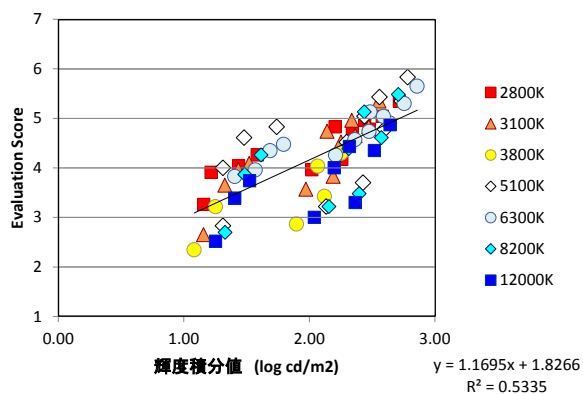


図 4.6-3 街路空間の明るさと輝度積分値との関係

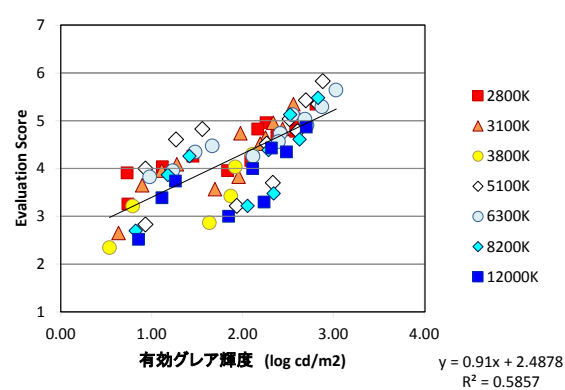


図 4.6-4 街路空間の明るさと有効グレア輝度との関係

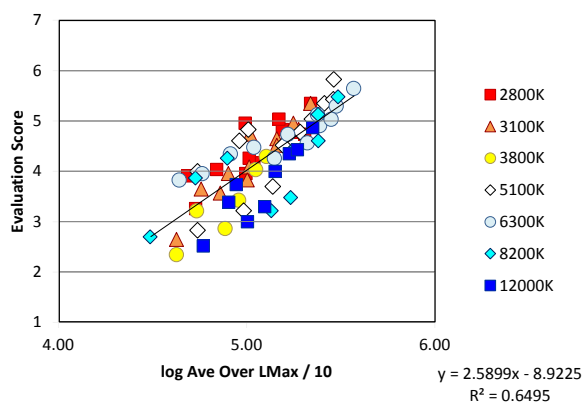


図 4.6-5 街路空間の明るさと Lave10 との関係

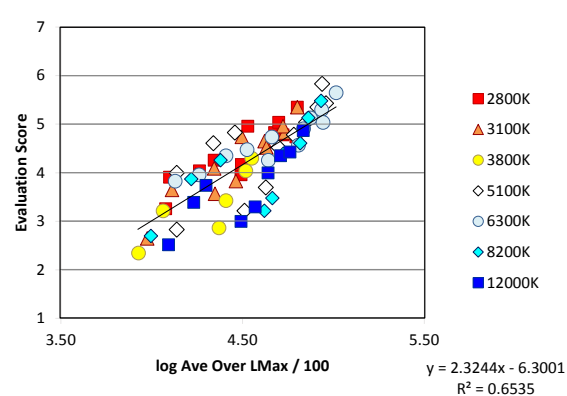


図 4.6-6 街路空間の明るさと Lave100 との関係

表 4.6-1 街路空間の明るさ評価と各評価指標との相関係数

相関色温度	眼前照度	最大輝度	輝度積分値	有効グレア輝度	Lave10	Lave100
2800K	0.868	0.619	0.781	0.793	0.703	0.766
3100K	0.859	0.881	0.690	0.757	0.891	0.857
3800K	0.758	0.971	0.608	0.638	0.819	0.694
5100K	0.770	0.745	0.384	0.453	0.660	0.573
6300K	0.907	0.832	0.832	0.854	0.871	0.855
8200K	0.717	0.840	0.431	0.495	0.556	0.569
12000K	0.770	0.837	0.532	0.594	0.819	0.697
全色温度	0.760	0.734	0.534	0.586	0.650	0.654

4.6.2.2 不安感

図 4.6-7～図 4.6-12 に、不安感評価と各々の測光量との関係を、光源の色温度別に示す。縦軸は主観評価値、横軸はそれぞれの評価指標の対数スケールを示している。表 4.6-2 は、主観評価値と測光量より算出される指標の相関係数を、光源の色温度別に示したものである。

7 段階の評価指標で、「やや安心」の評価 5.0 に着目する。図 4.6-7 に示す眼前鉛直面照度と不安感評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.693 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.914 と最も高かった。また、線形近似曲線より眼前鉛直面照度が $0.87 \log \text{lx}$ 以上で、不安感評価は「安心」側に感じられており、被験者眼前鉛直面照度が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-8 に示す最大輝度値と不安感評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.696 であった。その中でも、3800K の決定係数が 0.948 と最も高かった。また、線形近似曲線より最大輝度値が $5.96 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、不安感評価は「安心」側に感じられており、最大輝度値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-9 に示す輝度積分値と不安感評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.457 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.800 と最も高かった。また、線形近似曲線より輝度積分値が $2.70 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、不安感評価は「安心」側に感じられており、輝度積分値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-10 に示す有効グレア輝度と不安感評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.501 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.820 と最も高かった。また、線形近似曲線より有効グレア輝度が $2.75 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、不安感評価は「安心」側に感じられており、有効グレア輝度値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-11 に示す Lave10 と不安感評価の関係より、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.548 であった。その中でも、3100K の決定係数が 0.841 と最も高かった。また、線形近似曲線より Lave10 の値が $5.37 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、不安感評価は「安心」側に感じられており、Lave10 の値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-12 に示す Lave100 と不安感評価の関係より、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.540 であった。その中でも、3100K の決定係数が 0.780 と最も高かった。また、近似曲線より Lave100 の値が $4.86 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、不安感評価は「安心」側に感じられており、Lave100 の値が高くなるに従って、評価も高くなることがわかる。

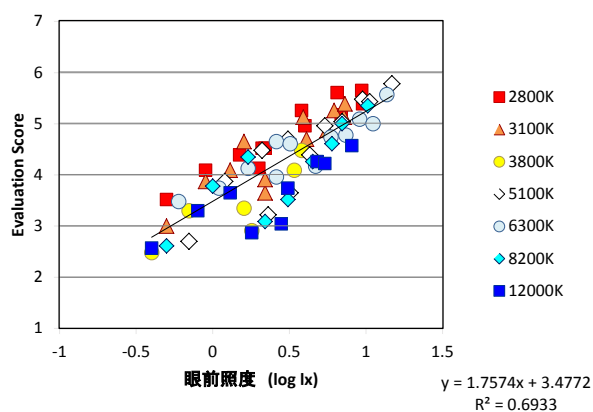


図 4.6-7 不安感と眼前鉛直面照度との関係

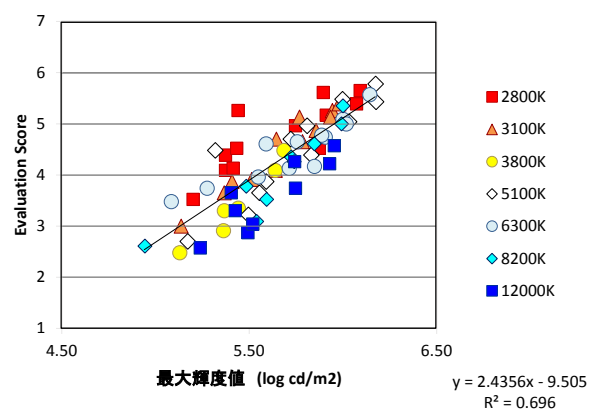


図 4.6-8 不安感と最大輝度との関係

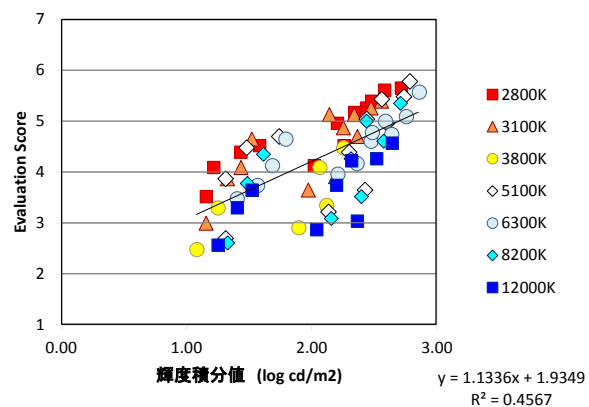


図 4.6-9 不安感と輝度積分値との関係

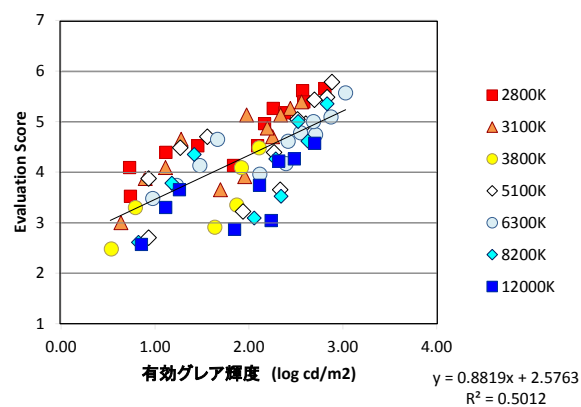


図 4.6-10 不安感と有効グレア輝度との関係

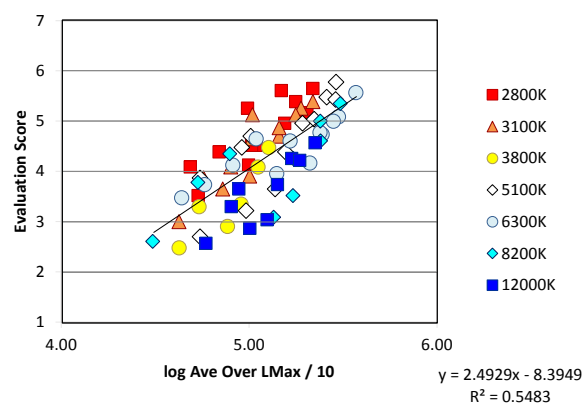


図 4.6-11 不安感と Lave10 との関係

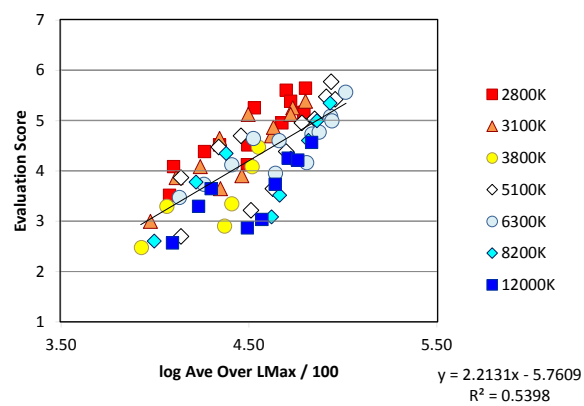


図 4.6-12 不安感と Lave100 との関係

表 4.6-2 不安感評価と各評価指標との相関係数

相関色温度	眼前照度	最大輝度	輝度積分値	有効グレア輝度	Lave10	Lave100
2800K	0.914	0.666	0.800	0.820	0.719	0.778
3100K	0.793	0.936	0.582	0.659	0.841	0.780
3800K	0.721	0.948	0.539	0.571	0.770	0.633
5100K	0.811	0.767	0.450	0.519	0.715	0.632
6300K	0.842	0.818	0.714	0.743	0.775	0.756
8200K	0.703	0.852	0.418	0.483	0.548	0.555
12000K	0.690	0.775	0.452	0.512	0.745	0.615
全色温度	0.693	0.696	0.457	0.501	0.548	0.540

4.6.2.3 色の見え方

図 4.6-13～図 4.6-18 に、色の見え方評価と各々の測光量との関係を、光源の色温度別に示す。縦軸は主観評価値、横軸はそれぞれの評価指標の対数スケールを示している。表 4.6-3 は、主観評価値と測光量より算出される指標の相関係数を、光源の色温度別に示したものである。

7 段階の評価指標で、「やや自然」の評価 5.0 に着目する。図 4.6-13 に示す眼前鉛直面照度と色の見え方評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.560 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.829 と最も高かった。また、線形近似曲線より眼前鉛直面照度が $1.27 \log \text{lx}$ 以上で、色の見え方評価は「自然」側に感じられており、被験者眼前鉛直面照度が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-14 に示す最大輝度値と色の見え方評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.570 であった。その中でも、3800K の決定係数が 0.881 と最も高かった。また、近似曲線より最大輝度値が $6.24 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、色の見え方評価は「自然」側に感じられており、最大輝度値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-15 に示す輝度積分値と色の見え方評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.320 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.723 と最も高かった。また、近似曲線より輝度積分値が $3.43 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、色の見え方評価は「自然」側に感じられており、輝度積分値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-16 に示す有効グレア輝度と色の見え方評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.354 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.723 と最も高かった。また、近似曲線より有効グレア輝度が $3.67 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、色の見え方評価は「自然」側に感じられており、有効グレア輝度値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-17 に示す Lave10 と色の見え方評価の関係より、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.392 であった。その中でも、3100K の決定係数が 0.723 と最も高かった。また、近似曲線より Lave10 の値が $5.70 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、色の見え方評価は「自然」側に感じられており、Lave10 の値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-18 に示す Lave100 と色の見え方評価の関係より、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.386 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.697 と最も高かった。また、線形近似曲線より Lave100 の値が $5.23 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、色の見え方評価は「自然」側に感じられており、Lave100 の値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

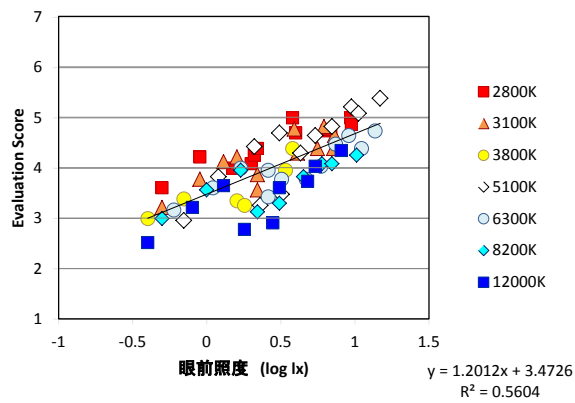


図 4.6-13 色の見え方と眼前鉛直面照度との関係

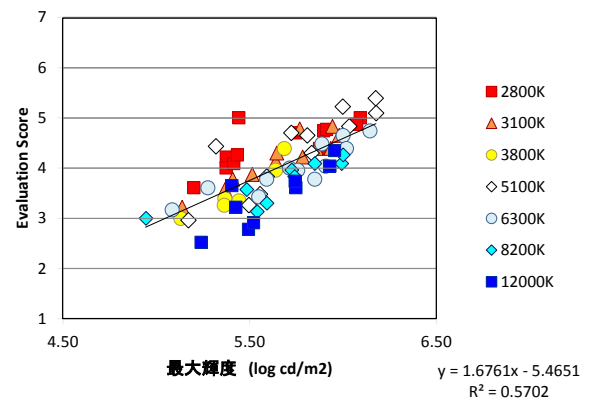


図 4.6-14 色の見え方と最大輝度との関係

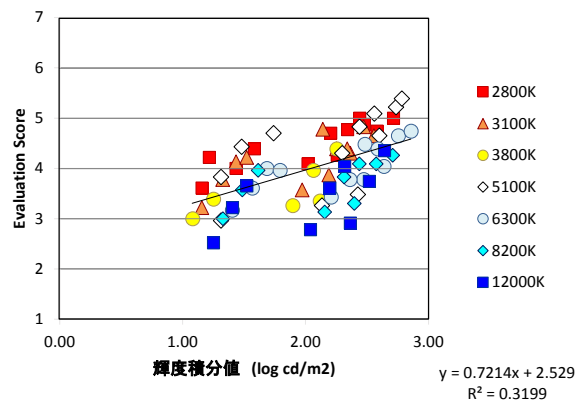


図 4.6-15 色の見え方と輝度積分値との関係

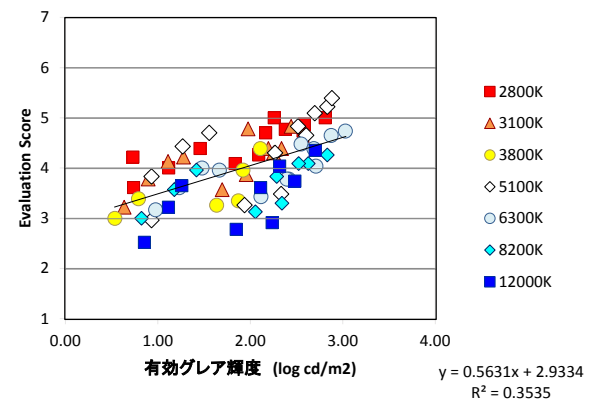


図 4.6-16 色の見え方と有効グレア輝度との関係

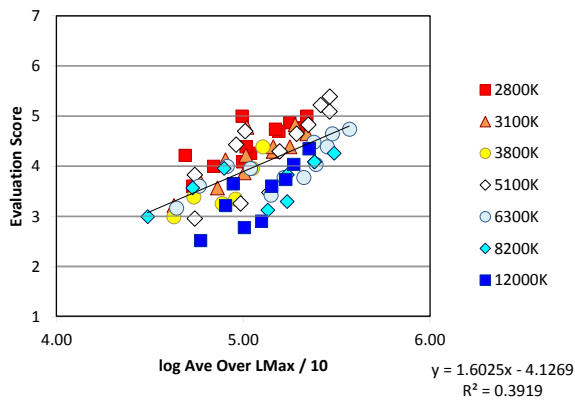


図 4.6-17 色の見え方とLave10との関係

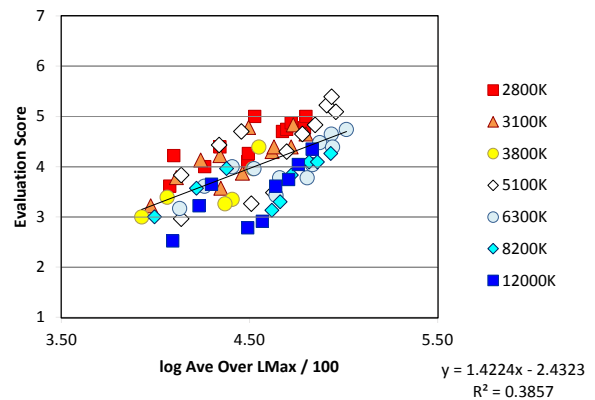


図 4.6-18 色の見え方とLave100との関係

表 4.6-3 色の見え方評価と各評価指標との相関係数

相関色温度	眼前照度	最大輝度	輝度積分値	有効グレア輝度	Lave10	Lave100
2800K	0.829	0.590	0.723	0.732	0.635	0.697
3100K	0.679	0.865	0.503	0.566	0.723	0.664
3800K	0.699	0.881	0.489	0.522	0.722	0.587
5100K	0.746	0.717	0.367	0.436	0.644	0.559
6300K	0.766	0.797	0.549	0.589	0.647	0.652
8200K	0.582	0.765	0.305	0.364	0.427	0.432
12000K	0.615	0.729	0.349	0.411	0.668	0.533
全色温度	0.560	0.570	0.320	0.354	0.392	0.386

4.6.2.4 照明光の温冷感

図 4.6-19～図 4.6-24 に、照明光の温冷感評価と各々の測光量との関係を、光源の色温度別に示す。縦軸は主観評価値、横軸はそれぞれの評価指標の対数スケールを示している。表 4.6-4 は、主観評価値と測光量より算出される指標の相関係数を、光源の色温度別に示したものである。

7 段階の評価指標で、「やや冷たい」と「やや暖かい」の境界である評価 4.0 に着目する。図 4.6-19 に示す眼前鉛直面照度と照明光の温冷感評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は、低色温度の光色の場合で 0.609、高色温度の光色の場合で 0.512 だった。低色温度の光色では、3100K の決定係数 0.796、高色温度の光色では 5100K の決定係数 0.720 が最も高かった。また、線形近似曲線より、低色温度の光色は眼前鉛直面照度が $-0.75 \log lx$ 以上で照明光の温冷感評価が「暖かい」側、高色温度の光色は $1.82 \log lx$ 以下で照明光の温冷感評価が「冷たい」側に感じられており、被験者眼前鉛直面照度が高くなるに従って評価も高くなることわかる。

図 4.6-20 に示す最大輝度と照明光の温冷感評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は、低色温度の光色の場合で 0.575、高色温度の光色の場合で 0.533 だった。低色温度の光色では、3100K の決定係数 0.768、高色温度の光色では 5100K の決定係数 0.533 が最も高かった。また、線形近似曲線より、低色温度の光色は最大輝度値が $4.78 \log cd/m^2$ 以上で照明光の温冷感評価が「暖かい」側、高色温度の光色は $6.63 \log cd/m^2$ 以下で照明光の温冷感評価が「冷たい」側に感じられており、最大輝度値が高くなるに従って評価も高くなることわかる。

図 4.6-21 に示す輝度積分値と照明光の温冷感評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は、低色温度の光色の場合で 0.477、高色温度の光色の場合で 0.249 だった。低色温度の光色では、3100K の決定係数 0.738、高色温度の光色では 6300K の決定係数 0.464 が最も高かった。また、線形近似曲線より、低色温度の光色は輝度積分値が $0.32 \log cd/m^2$ 以上で照明光の温冷感評価が「暖かい」側、高色温度の光色は $4.46 \log cd/m^2$ 以下で照明光の温冷感評価が「冷たい」側に感じられており、輝度積分値が高くなるに従って評価も高くなることわかる。

図 4.6-22 に示す有効グレア輝度と照明光の温冷感評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は、低色温度の光色の場合で 0.512、高色温度の光色の場合で 0.290 だった。

低色温度の光色では、3100K の決定係数 0.779、高色温度の光色では 6300K の決定係数 0.519 が最も高かった。また、線形近似曲線より、低色温度の光色は有効グレア輝度が $-0.36 \log \text{cd/m}^2$ 以上で照明光の温冷感評価が「暖かい」側、高色温度の光色は $4.93 \log \text{cd/m}^2$ 以下で照明光の温冷感評価が「冷たい」側に感じられており、有効グレア輝度が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-23 に示す Lave10 と照明光の温冷感評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は、低色温度の光色の場合で 0.581、高色温度の光色の場合で 0.348 だった。低色温度の光色では、3100K の決定係数 0.877、高色温度の光色では 5100K の決定係数 0.655 が最も高かった。また、線形近似曲線より、低色温度の光色は Lave10 の値が $4.38 \log \text{cd/m}^2$ 以上で照明光の温冷感評価が「暖かい」側、高色温度の光色は $6.19 \log \text{cd/m}^2$ 以下で照明光の温冷感評価が「冷たい」側に感じられており、Lave10 の値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-24 に示す Lave100 と照明光の温冷感評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は、低色温度の光色の場合で 0.566、高色温度の光色の場合で 0.354 だった。低色温度の光色では、3100K の決定係数 0.850、高色温度の光色では 6300K の決定係数 0.604 が最も高かった。また、線形近似曲線より、低色温度の光色は Lave100 の値が $3.67 \log \text{cd/m}^2$ 以上で照明光の温冷感評価が「暖かい」側、高色温度の光色は $5.70 \log \text{cd/m}^2$ 以下で照明光の温冷感評価が「冷たい」側に感じられており、Lave100 の値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

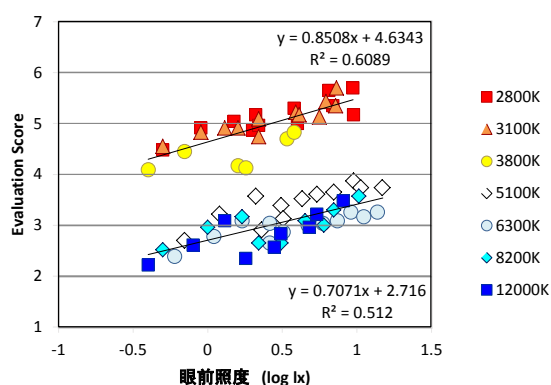


図 4.6-19 照明光の温冷感と眼前鉛直面照度との関係

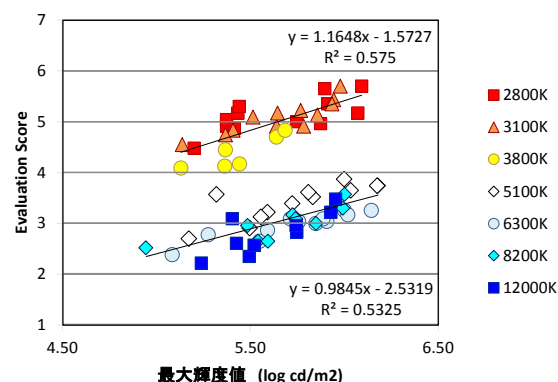


図 4.6-20 照明光の温冷感と最大輝度との関係

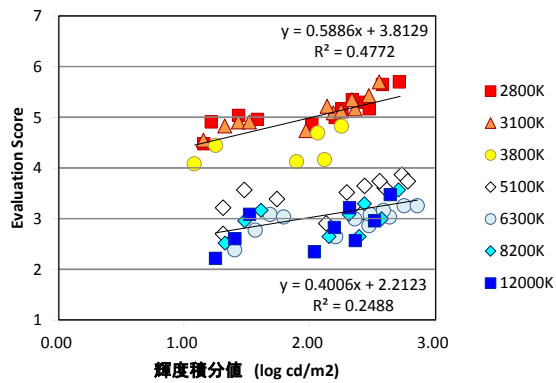


図 4.6-21 照明光の温冷感と輝度積分値との関係

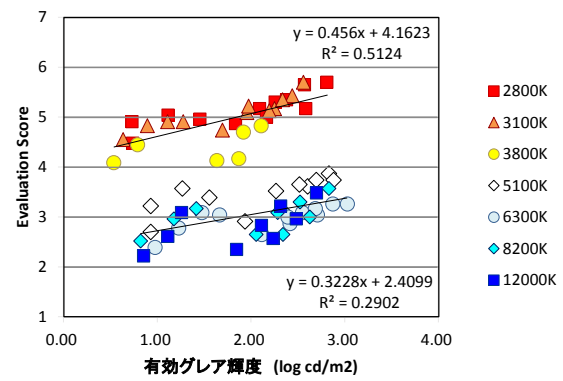


図 4.6-22 照明光の温冷感と有効グレア輝度との関係

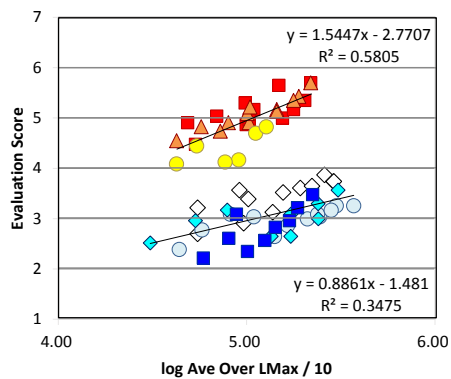


図 4.6-23 照明光の温冷感と Lave10 との関係

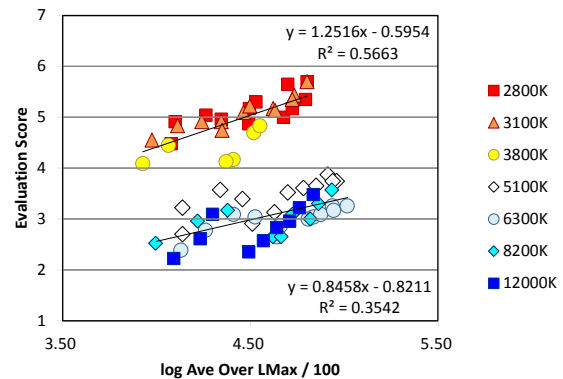


図 4.6-24 照明光の温冷感と Lave100 との関係

表 4.6-4 照明光の温冷感評価と各評価指標との相関係数

相関色温度	眼前照度	最大輝度	輝度積分値	有効グレア輝度	Lave10	Lave100
2800K	0.703	0.473	0.690	0.670	0.542	0.607
3100K	0.796	0.768	0.738	0.779	0.877	0.850
3800K	0.466	0.746	0.228	0.262	0.469	0.338
5100K	0.720	0.649	0.398	0.468	0.655	0.575
6300K	0.699	0.862	0.464	0.519	0.596	0.604
8200K	0.502	0.684	0.227	0.282	0.341	0.358
12000K	0.584	0.639	0.323	0.380	0.618	0.481
2800K	0.609	0.575	0.477	0.512	0.581	0.566
3100K						
3800K						
5100K	0.512	0.533	0.249	0.290	0.348	0.354
6300K						
8200K						
12000K						

4.6.2.5 雰囲気

図 4.6-25～図 4.6-30 に、街路空間の雰囲気評価と各々の測光量との関係を、光源の色温度別に示す。縦軸は主観評価値、横軸はそれぞれの評価指標の対数スケールを示している。表 4.6-5 は、主観評価値と測光量より算出される指標の相関係数を、光源の色温度別に示したものである。

7 段階の評価指標で、「やや好き」の評価 5.0 に着目する。図 4.6-25 に示す、眼前鉛直面照度と雰囲気評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.313 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.720 と最も高かった。また、線形近似曲線より眼前鉛直面照度が $1.63 \log \text{lx}$ 以上で、雰囲気評価は「好き」側に感じられており、被験者眼前鉛直面照度が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-26 に示す最大輝度値と雰囲気評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.339 であった。その中でも、3100K の決定係数が 0.852 と最も高かった。また、線形近似曲線より最大輝度値が $6.48 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、雰囲気評価は「好き」側に感じられており、最大輝度値が高くなるに従って、評価も高くなることがわかる。

図 4.6-27 に示す輝度積分値と雰囲気評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.141 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.596 と最も高かった。また線形近似曲線より輝度積分値が $4.27 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、雰囲気評価は「好き」側に感じられており、輝度積分値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-28 に示す有効グレア輝度と雰囲気評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.157 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.607 と最も高かった。また、線形近似曲線より有効グレア輝度が $4.75 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、雰囲気評価は「好き」側に感じられており、有効グレア輝度値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-29 に示す Lave10 と雰囲気評価の関係より、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.175 であった。その中でも、3100K の決定係数が 0.707 と最も高かった。また、線形近似曲線より Lave10 の値が $6.07 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、雰囲気評価は「好き」側に感じられており、Lave10 の値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-30 に示す Lave100 と雰囲気評価の関係より、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.163 であった。その中でも、3100K の決定係数が 0.627 と最も高かった。また、線形近似曲線より Lave100 の値が $5.68 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、雰囲気評価は「好き」側に感じられており、Lave100 の値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

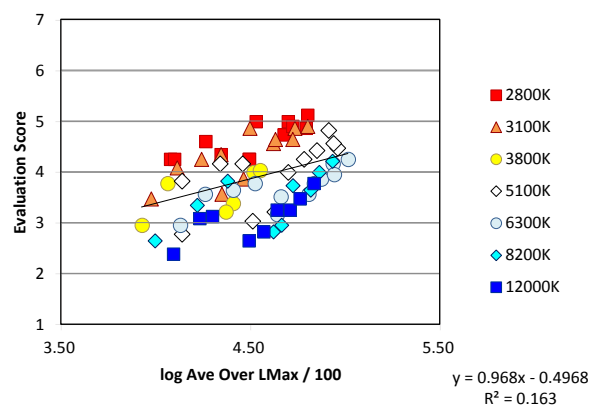
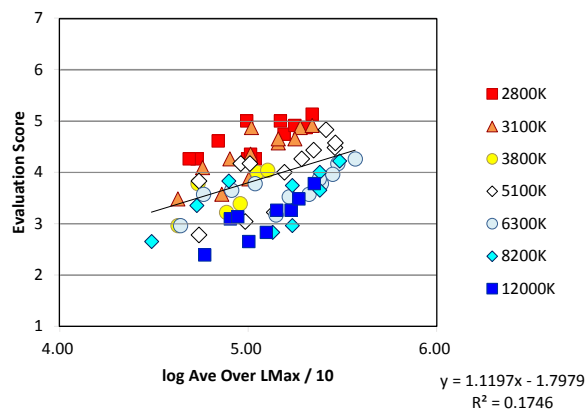
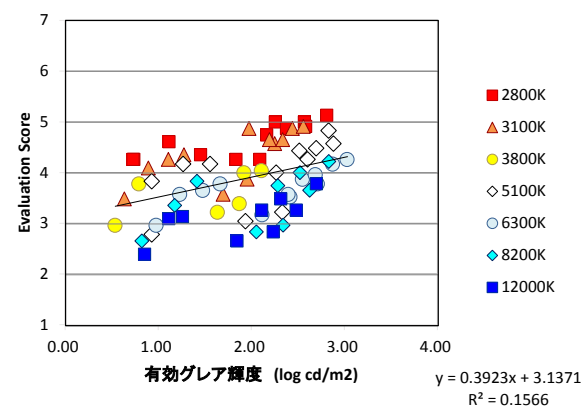
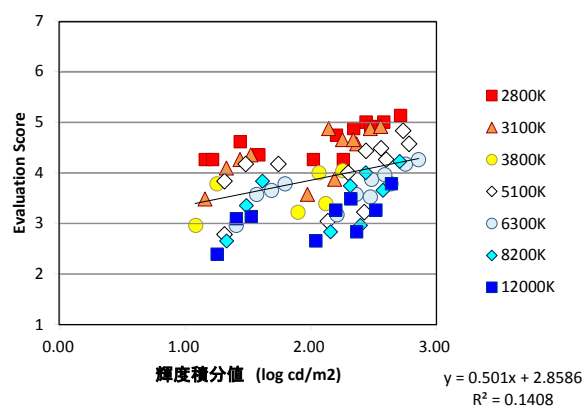
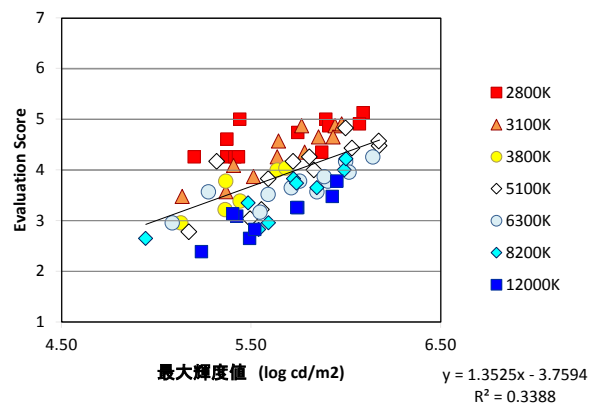
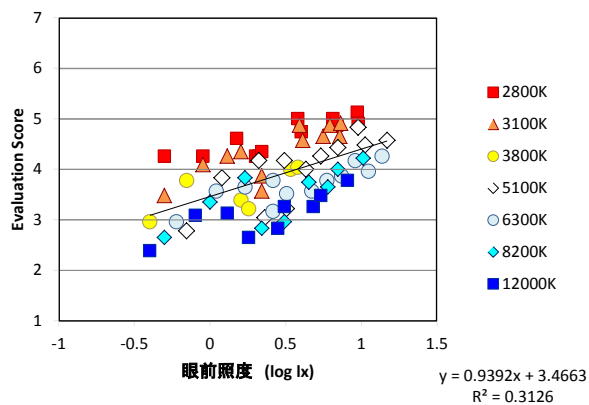


表 4.6-5 雰囲気評価と各評価指標との相関係数

相関色温度	眼前照度	最大輝度	輝度積分値	有効グレア輝度	Lave10	Lave100
2800K	0.720	0.469	0.596	0.607	0.531	0.597
3100K	0.643	0.852	0.440	0.509	0.707	0.627
3800K	0.485	0.795	0.266	0.300	0.495	0.379
5100K	0.626	0.633	0.280	0.343	0.532	0.453
6300K	0.695	0.759	0.475	0.515	0.573	0.571
8200K	0.543	0.745	0.252	0.312	0.379	0.394
12000K	0.642	0.761	0.389	0.452	0.703	0.566
全色温度	0.313	0.339	0.141	0.157	0.175	0.163

4.6.2.6 照明は街路に適切か

図 4.6-31～図 4.6-36 に、照明は街路に適切か評価と各々の測光量との関係を、光源の色温度別に示す。縦軸は主観評価値、横軸はそれぞれの評価指標の対数スケールを示している。表 4.6-6 は、主観評価値と測光量より算出される指標の相関係数を、光源の色温度別に示したものである。

7 段階の評価指標で、「やや適切」の評価 5.0 に着目する。図 4.6-31 に示す眼前鉛直面照度と照明は街路に適切か評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.626 であった。その中でも、6300K の決定係数が 0.845 と最も高かった。また、線形近似曲線より眼前鉛直面照度が $0.99 \log \text{lx}$ 以上で、照明は街路に適切か評価は「適切」側に感じられており、被験者眼前鉛直面照度が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-32 に示す最大輝度値と照明は街路に適切か評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.638 であった。その中でも、3800K の決定係数が 0.941 と最も高かった。また、線形近似曲線より最大輝度値が $6.04 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、照明は街路に適切か評価は「適切」側に感じられており、最大輝度値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-33 に示す輝度積分値と照明は街路に適切か評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.386 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.772 と最も高かった。また、線形近似曲線より輝度積分値が $2.93 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、照明は街路に適切か評価は「適切」側に感じられており、輝度積分値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-34 に示す有効グレア輝度と照明は街路に適切か評価の関係について、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.429 であった。その中でも、2800K の決定係数が 0.774 と最も高かった。また、線形近似曲線より有効グレア輝度が $3.03 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、照明は街路に適切か評価は「適切」側に感じられており、有効グレア輝度値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-35 に示す Lave10 と照明は街路に適切か評価の関係より、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.484 であった。その中でも、6300K の決定係数が 0.756 と最も高かった。また、近似曲線より Lave10 の値が $5.47 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、照明は街路に適切か評価は「適切」側に感じられており、Lave10 の値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

図 4.6-36 に示す Lave100 と照明は街路に適切か評価の関係より、線形近似曲線による全色温度の決定係数は 0.478 であった。その中でも、6300K の決定係数が 0.754 と最も高かった。また、

近似曲線より Lave100 の値が $4.97 \log \text{cd/m}^2$ 以上になると、照明は街路に適切か評価は「適切」側に感じられており、Lave100 の値が高くなるに従って評価も高くなることがわかる。

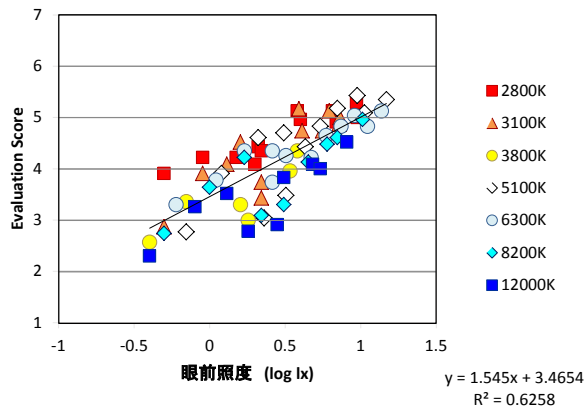


図 4.6-31 照明は街路に適切かと眼前鉛直面照度との関係

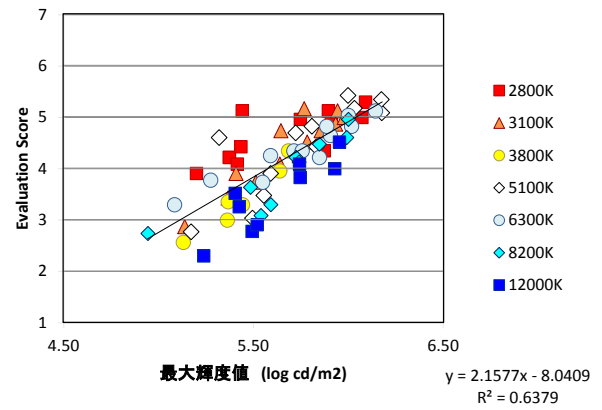


図 4.6-32 照明は街路に適切かと最大輝度との関係

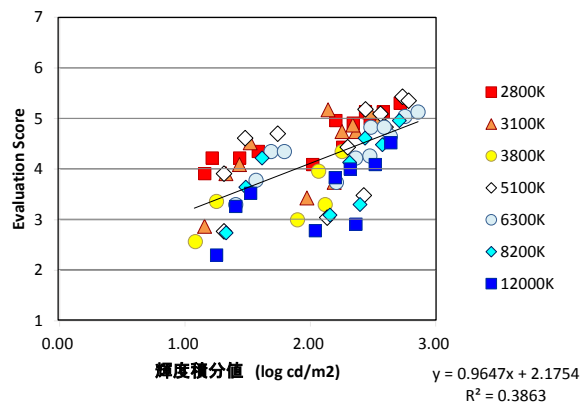


図 4.6-33 照明は街路に適切かと輝度積分値との関係

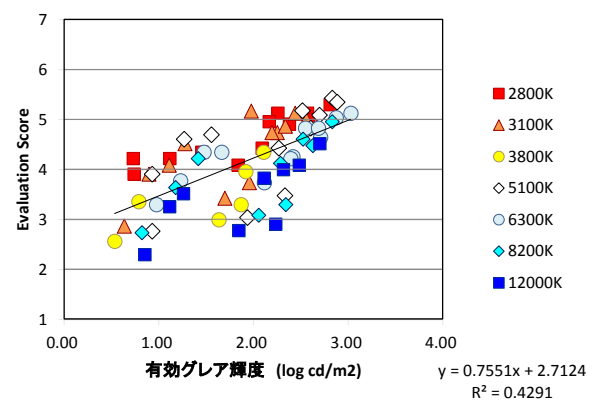


図 4.6-34 照明は街路に適切かと有効グレア輝度との関係

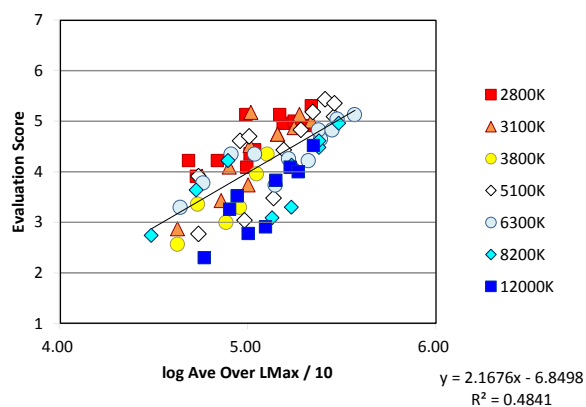


図 4.6-35 照明は街路に適切かと Lave10 との関係

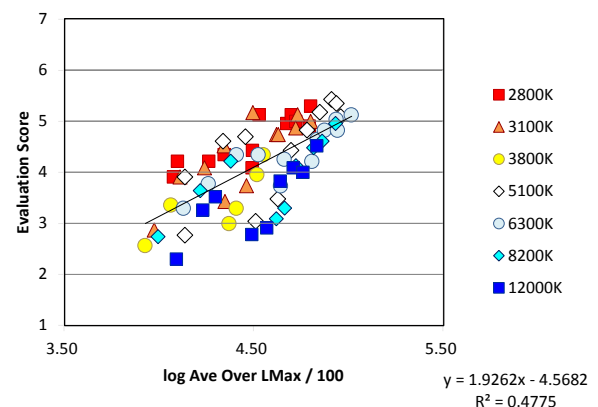


図 4.6-36 照明は街路に適切かと Lave100 との関係

表 4.6-6 照明は街路に適切か評価と各評価指標との相関係数

相関色温度	眼前照度	最大輝度	輝度積分値	有効グレア輝度	Lave10	Lave100
2800K	0.823	0.565	0.772	0.774	0.661	0.731
3100K	0.703	0.873	0.497	0.568	0.740	0.678
3800K	0.708	0.941	0.513	0.546	0.746	0.612
5100K	0.698	0.674	0.343	0.412	0.614	0.530
6300K	0.845	0.894	0.659	0.703	0.756	0.754
8200K	0.655	0.816	0.380	0.443	0.506	0.514
12000K	0.695	0.780	0.459	0.519	0.747	0.625
全色温度	0.626	0.638	0.386	0.429	0.484	0.478

(文責；岩田)

5. あとがき

本委員会では、照明関連企業10社、7大学、1公立研究所から研究者・技術者が集まって屋外環境におけるLED照明器具のグレア評価と各種測光値との関係解明を目指し、大規模な屋外評価実験、屋外での光学測定、屋内大暗室での実験、各年度でのデータ解析、そしてグレア評価モデルの検討を行った。単一機関では到底成し遂げられなかった活動である。本委員会は3年間にわたりJLEDSから研究助成を受け、それにより2012年度は屋外実験、2013年度は屋内実験、そして2014年度は評価式確立のための検討会が遂行できた。

1年目の屋外実験においては、当初予定していた独立行政法人の研究施設が不適合となり、急遽因幡電機製作所の工場を提供していただけることとなった。屋外実験における大きな課題であるポールの調達も解決できた。水銀ランプ、蛍光灯、そして5種類のLEDら計7種類の防犯灯を4.5mの高さに設置し、20代から60代までの被験者19名での不快グレア評価および人の顔の視認性評価実験を遂行した。2年目は相関色温度の影響を詳しく調査することを目的とし、天候に左右されない安定した条件下で実験を実施する為に、パナソニックの屋内照明実験施設をお借りすることになった。1年目も2年目も摂南大学と奈良女子大学は多数の学生を被験者として派遣して下さった。慎重に測光項目を選定したつもりであったが、データ解析を始めると不足する項目があることがわかり、種々苦心して再測定を行った。これらすべてにおいて、本委員会の関係企業・大学からの器具や測定機器の提供があり、そして委員のマンパワーが発揮され、本成果につながった。

高齢者は若年者より眩しさを感じやすいといわれるが、我国は4人に1人が65才以上という超高齢化社会である。そのような社会的背景からか、我が国では早くからLED照明の不快グレアが問題視され、様々な検討が行われてきた。本委員会の活動をはじめとして、我が国では世界に先んじて価値あるデータが各社各大学等で蓄積されており、日本からの不快グレア評価指標発信のポテンシャルは十分である。本研究の成果を幅広い分野に向けて発表していくことが肝要である。

本委員会では、1年目の実験結果をまとめた頃から委員有志による学会発表を行ってきた。国内だけでなく、国際照明委員会のエキスパートシンポジウムや日中韓照明コンファレンスなどでも発表し、国際的にも注目された。LEDのような不均一光源の不快グレア評価は、国際照明委員会でも重要課題であり、本年7月の第28回大会にも多数の関連発表があるとのことである。本委員会の活動に基づく、または関連する発表は11件が採択された。付録1に、これまでおよび受理済みの本委員会の成果発表一覧を示す。

本報告書は3年間の活動の集大成であり、参考文献リストも含む貴重な資料である。LED器具の研究開発に関連する各方面で活用していただければ幸いである。

委員長 阿山みよし

謝辞

本研究はJLEDSより委託を受け、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」において実施された。JLEDS及び当委員会関係者に対し、ここに記して謝意を表する。

付録 1 成果発表一覧

1. 平成 25 年度照明学会全国大会シンポジウム「グレアレスな LED 防犯照明に向けて」
III-1～5 論文集 CD-ROM, 2013.9.5 (名古屋市)
2. 岩田ほか, フィールド実験による LED 街路照明のグレア評価 その 2 中心視による器具のグレア評価, 2013 年 (第 31 回) 電気設備学会全国大会講演論文集, pp.295-296, 2013.9.3 (堺市)
3. 片岡ほか, フィールド実験による LED 街路照明のグレア評価その 1 周辺視による器具のグレアと顔の視認性評価, 2013 年 (第 31 回) 電気設備学会全国大会講演論文集, pp.293-294, 2013.9.3 (堺市)
4. Mori et al., The discomfort glare improvement methodology of LED street lights, The 6th CJK Lighting Conference, OR-15, 2013.8.23 (Gwangju)
5. Kohko et al., Glare of LED Lighting in Outdoor Environment, CIE2014, PP77, 2014.4.25(Kuala Lumpur)
6. Iwata et al., Visibility Evaluation for Face of Person Standing Under LED Street Lighting Environment, CIE2014, PP08, 2014.4.25(Kuala Lumpur)
7. 岩田ほか, 屋外 LED 照明の色温度が歩行者評価に及ぼす影響その 2 視認性および街路環境の主観評価, 2014 年度日本建築学会大会 (近畿) 2014.9. (神戸市)
8. 江湖ほか, 屋外環境のグレア評価に与える色温度の影響, 2014 年度日本建築学会大会 (近畿) 2014.9. (神戸市)
9. Ayama et al., Discomfort glare of LED street lights with different correlated color temperatures, (to be presented in the CIE2015)
10. Iwata et al., Appearance of human face and atmosphere of environment under LED street lights of different correlated color temperature, (to be presented in the CIE2015)
11. Nakamura et al., Prediction of discomfort glare of a non-uniform light source by use of its luminance image, (to be presented in the CIE2015)

付録2 文献リスト

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
1	Adaptation luminance, Visibility, Luminance Threshold, Directionality, Age	Fundamental study on adaptation luminance in visual field with complex luminance distribution: directionality of adaptation luminance increase	複雑な輝度分布視野における順応輝度に関する基礎的研究:順応輝度増加量の方位性	2009	Yoko IKEGAMI, Youko INOUE, Naoya HARA	Proceedings of the 6th Lux Pacifica pp.17-20	安全な生活空間の計画には、視認性の確保、すなわち実際の複雑な輝度分布視野における順応輝度の予測が必要である。眼球内散乱特性に基づいた順応輝度の予測法を提案するための一連の研究であり、本報では高輝度面の方位と順応輝度増加量の関係を高輝度面の視野内の位置、背景輝度を変化させて検討している。被験者は若齢者10名、高齢者5名である。方位の影響は、高輝度面が視野周辺にある場合に見られ、上方より下方で順応輝度増加量が大きく、その傾向は高齢者に顕著であることを示している。
2	グレア評価/輝度差	The Adaptation of Daylight Glare Probability to Dynamic Metris in a Computational Setting	グレア評価のためのDaylight Glare Probability(DGP)を用いたコンピュータによる動的解放	2009	Kleindienst,S.A. and Andersen,M.	Proceedings of the Lux Europa, pp.451-458	従来のグレア評価方法を用いて多方向や通年変化などの評価を行う場合、データが膨大なことから評価に時間がかかり精度不十分となる課題がある。筆者らはDaylight Glare Probability(DGP)を用いたコンピュータ解法を開発し、従来不十分であった輝度差に起因するグレア評価の計算精度向上を実現した。本論文ではモデルケースを用い、従来手法による評価結果と比較しながら、開発手法のその他課題についても詳細に論じている。
3	不快グレア/空間周波数/位置	Subjective Impression of Discomfort Glare from Sources of Non-Uniform Luminance	不均一輝度光源からの不快グレアの主観的な印象	2009	Eble-hankins,M.L. and Waters,C.E.	LEUKOS, Vol.6, No.2, pp.51-77	本論文では、空間周波数と位置によるグレア認識の関係を明らかにすることを目的とした実験を行った。被験者の後方から左右に2条件で照射し、どちらがグレアを感じるか判断させる実験を行い、空間周波数の周波数変化や観察位置の移動、回転などの関連性を分析した。その結果、空間周波数と位置の2つが作用するとき、グレアを認識することが示された。
4	Effective luminance, Visibility, Visual acuity, Age, Luminance distribution	EVALUATION METHOD OF VISIBILITY BY EFFECT LUMINANCE CONSIDERED INDIVIDUAL VISUAL ABILITY:THE INFLUENCE OF AGE AND VISUAL ACUITY ON INTRAOCULAR SCATTERING LIGHT	人の属性を考慮した実効輝度による視認性評価法: 眼球内散乱光への年齢と視力の影響	2010	IKEGAMI Yoko, INOUE Youko, HARA Naoya	3rd Lighting Symposium of China, Japan and Korea PROCEEDINGS, pp.71-74	眼球内散乱光を考慮した実効輝度を用いることで視認性が保証された適切な視環境設計を行うことができるため、グレア源などの過剰な光を除去することが設計段階で可能になり、エネルギー削減につながる。実効輝度による視認性予測精度向上のために、年齢と視力の眼球内散乱光への影響を検討している。被験者は両眼視力0.1〜1.5以上の20代15名と、視力0.8〜1.2の70歳前後5名である。中心高近傍の散乱源に対して年齢の影響はなく、若齢者は視力が低いと眼球内散乱光量が多くなる。周辺視野の場合は高齢者は、同視力の若齢者より散乱光量が多い、散乱源の方位の影響は年齢層で異なる。
5	season, color temperature, illuminance, individual variation, brightness, comfort	STUDY ON INDIVIDUAL VARIATION IN IMPRESSION OF LIGHTING CONSIDERING SEASON	季節を考慮した照明の印象の個人差に関する研究	2010	Kyoko Ishida, Youko Inoue, Hironobu Uchiyama	3rd Lighting Symposium of China, Japan and Korea PROCEEDINGS, pp.247-250	照明学会誌,Vol.95,No.8A,2011年, pp.439-445のダイジェスト版
6	discomfort glare, glare sensitivity, LED, elderly people, luminous efficiency, brightness	Evaluation of Glare from Color LEDs for Young and Elderly	LEDに対する眩しさ感の年齢差に関する研究	2010	木村能子, 阿山みよし	照明学会誌, Vol.94, No.2, pp.120-123	LEDによる不快グレアの年齢差をとそのメカニズムを解明するために、著者らの先行研究である15名の若年者による6種類(赤2種類・緑・青・燈・白)のLEDを用いた不快グレア実験と同様の実験を8名の高齢者に対して実施し、それらの結果を基に検討している。暗黒背景で視野角1°の呈示刺激を中心視で観察した場合、光色が青、緑、燈のLEDに対して若年者は高齢者よりも不快グレアを感じやすい。赤、白のLEDでは年齢差は見られない。両年齢層において、青のLEDは他色より低輝度で不快グレアが生じる。不快グレアの年齢差の原因は、水晶体の透過率の加齢変化および明るさ感度の加齢変化では充分に説明できない。
7	discomfort glare, luminance mapping, digital cameras, interior lighting	The Use of Luminance Mapping in Developing Discomfort Glare Research	不快グレア検出法の開発における輝度分布画像の利用	2010	Michael HIRNING, Steve COYNE, Ian COWLING	Journal of Light & Visual Environment The Illuminating Engineering Institute of Japan, Vol.34, No.2, pp.101-104	太陽光が入射している場合の室内輝度分布画像を用いて、著者らが提案するデジタルカメラによる不快グレア検出法の妥当性を述べている。修正ハイダイナミックレンジ(HDR)画像の輝度分布データから、平均背景輝度の100倍以上の画素をグレア源と仮定し、その輝度、立体角、位置、数、背景輝度からDGIを算出したところ高い値を示すことから、提案手法はグレア源が小さい場合に実空間の不快グレア探索を将来的に可能するとしている。
8	街路,配光	The Challenging Trade-Off in Functional Outdoor Lighting Installations	照明の質と効率:道路照明における新たな試み	2010	Gontard, I. S. and Demirdes, H.: Energy Efficiency vs. Lighting Quality	Proceedings of CIE 2010, , pp.68-74	本研究では、LEDを用いた街路照明器具の配光と、街路空間の印象との関係を調査している。街路空間として、広い公園内の通路および建物に囲まれた狭い街路の2か所を対象とした。いずれの場合においても、広い範囲を照明できる配光が好まれるというアンケート結果を得た。しかし通路の周囲の照明強度は低くてもよいと述べており、照射範囲と消費エネルギーのトレードオフのバランスを検討していく必要があると述べている。
9	不快グレア,輝度分布	Evaluation of Discomfort Glare Caused by Different Light Distribution of LEDs	LEDの異なる光配置による不快グレア評価	2010	Tashiro,T., Kimura,T., Kohko,S., Ishikawa,T. and Ayama,M.	Proceedings of CIE 2010 "Lighting Quality and Energy Efficiency", pp.488-491	白色LED光源は、長寿命や高効率などの特徴を活かして、さまざまな用途に普及しているが、従来光源に比べグレアを与える問題がある。本論文は、LEDに対する不快グレア評価と光を構成する測光量との定量的関係について述べている。空間的輝度分布の異なるLED光源を用いて主観評価実験を行った結果、ある領域内における輝度の積分値が、空間的輝度分布の異なる光源のための不快グレア評価の適切なインデックスの候補であることが示された。

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
10	採光断熱壁、輝度、不快グレア、明るさ、被験者実験	EXPERIMENTAL STUDY ON LUMINANCE IN THE DAYTIME OF TRANSLUCENT THERMAL INSULATION WALLS FOR DETACHED HOUSES	実大模擬壁を用いた戸建住宅用採光断熱壁の昼間の壁面輝度に関する研究	2011	北谷幸恵, 鈴木大隆, 岩田利枝, 木原幹夫	日本建築学会環境系論文集第76巻, 第661号, pp.221-229	従来の窓とは異なる新たな採光手法として、可視光を拡散透過し外壁同等程度の断熱性能を有する採光断熱壁の開発を目指し、採光壁に求められる壁面輝度等の要件を評価実験結果に基づいて抽出している。被験者は20代～60代の21名である。採光壁の面積、距離、立体角、採光面の数を変化させグレア感、明るさ感を評価している。結果はPGSVとは一致しないが、約0.5以上で正の相関があり、グレアを感じ始める壁面輝度は採光壁の立体角が0.30～1.18srの範囲では2600～4000cd/m ² 程度となり立体角が大きいくほど低くとなると推定されることなどが示されている。
11	season, color temperature, illuminance, individual variation, brightness, comfort	The Effect of Season on Impression of Lighting : Part 1 Within- and between-subject variation	季節の違いが光環境評価に及ぼす影響 その1 -個人内誤差と個人間誤差-	2011	石田享子, 井上容子, 内山寛信, 倉田純一	照明学会誌, Vol.95, No.8A, pp.439-445	季節による日照条件の変化はヒトの生体リズムや感性に影響していると考えられる。適正照明環境の季節差を検討するに先立ち、光環境評価の個人内誤差と個人間誤差への季節の影響を照度と色温度を変化させて検討している。被験者は女子学生27～31名である。評価項目は明るさ感、まぶしさ感、快適感、くつろぎ感である。季節によって誤差の出現は異なるが、何れの評価も個人内誤差より個人間誤差の方が大きく、まぶしさ感については、顔面鉛直面照度500～1000lxで個人間誤差が大きいことを示している。
12	makeup, task performance, annoyance of shadow, washstand, lighting position	Appropriate Washstand Lighting for Applying Makeup	化粧行為に適した洗面化粧ユニット照明の設置位置に関する検討	2011	奥田紫乃, 山口サヤカ, 原直也, 岩井彌	照明学会誌, Vol.95, No.11, pp.711-717	住宅の洗面化粧ユニットの照明効果への光の方向や拡散・指向性の影響を検討している。洗面化粧ユニットに取り付けるランプの種類・色温度、位置、顔面鉛直面照度を変数として、女子大学生が実際にベースメイクとポイントメイクを行いながら評価した結果をもとに、顔の明るさ、顔のわかりやすさ、照明器具のまぶしさ、不快感などを検討している。まぶしさに関しては、顔面鉛直面照度が高い方が、また点灯位置が下方の方がよりまぶしく感じると結論づけている
13	security lighting, light pollution, glare, senile cataract, aging, wasted light, upward light output ratio	Experiment to Evaluate Visibility with Street Luminaires with Different Upward Light Output Ratios and the Use of Calculated Veiling Luminance to Determine Contrast Performance	上方光束制御の異なる街路照明器具による視認性評価実験および等価光幕輝度算定に基づく考察	2011	Michiko IWATA, Shigemi UCHIDA	Journal of Light & Visual Environment The Illuminating Engineering Institute of Japan, Vol.35 No.1 pp.42-54	器具の配光の高齢者・ロービジョン者ならびに光害への影響を明らかにするために、対象の見え方や街路の印象を評価している。被験者は若齢者23名であり、白内障疑似体験ゴーグルを用いて高齢者としても行う。街路を想定した実物大実験路を体育館内に設け、照明器具の上方光束比、視対象の鉛直面照度を変化させて実験を行う。上方光束がない場合の方が空間をまぶしく感じ、上方光束がある場合には空間を明るく感じる。これら条件による見え方の違いを、等価光幕輝度を用いて分析し、高齢者については更なる検討が必要であると述べられている。【照明学会誌, Vol.92, No.8A, pp.455-463, 2008の英訳】
14	daylight, artificial lighting, ease of performing activity, spatial evaluation, living room	The Influence of Daylight and Artificial Lighting in the Morning on Ease of Activities and Spatial Evaluations in Living Room	朝方の居間における活動のしやすさと空間評価への昼光・人工照明の影響	2011	Michiko KUNISHIMA, Masako MIYAMOTO	Journal of Light & Visual Environment The Illuminating Engineering Institute of Japan, Vol.35, No.2, pp.108-116	朝の室内環境で昼光と人工照明を効果的に利用し、省エネ推進に資するため、昼光の照度変化が人工照明の必要性や空間の印象に及ぼす影響を検討している。被験者は高齢者12名、若齢者15名。疑似採光装置を用いて、明るさ感やグレアをはじめとする空間の印象、活動のしやすさ、人工照明点灯の必要性を評価させ、人工照明が必要となる昼光照度とそれの場合の印象評価値を求めている。グレアに関しては、室内平均照度100 lx以上で若齢者は高齢者よりグレア感が高く、平均照度450 lx以上でグレアを感じはじめることを示している。
15	昼光照度、輝度分布、昼光のグレア、指向性、輝度対比	Daylighting Metrics Based on Illuminance, Distribution, Glare and Directivity	照度、輝度分布、グレア、指向性に基づく昼光照明手法	2011	Cantin,F. and Dubois,M-C.	Lighting Research and Technology, Vol.43, pp.291-307	モントリオールにある南西面と北西面にそれぞれ開口部をもつ2つのオフィスを例に、RADIANCEとDAYSIMを用いてシミュレーションを行い、昼光照度、輝度分布、昼光のグレア、指向性について比較評価している。シミュレーション結果より、南西面に開口部をもつ室は机上作業時に、北西面に開口部をもつ室はVDT作業時に夕方グレアを生じる可能性があるため日よけ装置が必要となること、また過度な輝度対比を抑えるために家具の仕上げを明るくすることを提案している。さらに、グレアや過度な輝度対比をもたらす可能性のある過剰な昼光導入を防ぐために、昼光率ではなく有効昼光照度UDIによる評価が適切であることを提案している。
16	Discomfort glare, Subjective experiment, Luminous color, Peripheral vision	Proceedings of the 4th Lighting Conference of China, Japan and Korea, pp.341-342	周辺視における青色光に対するグレア感に関する被験者実験	2011	Mochizuki,E., Iwata,T., Itoh,D. and Tokura,M.	Subjective Experiment on Glare Sensitivity Caused by Blue Light at Peripheral Vision [Proceedings of the 4th Lighting Conference of China, Japan and Korea, pp.341-342]	従来の不快グレアに関する実験や既存の不快グレア評価式は、グレア源の分光分布を考慮していないものが多いが、分光分布によるグレアの違いも指摘されつつある。本実験では、光色による周辺視でのグレアの違いを確認した。結果、白色光によるグレアと同様、青色光でも視線より下に光源がある場合の方が、上にある場合よりもまぶしさを感じやすく、視線より下に青色光源がある場合は、水平方向の位置による有意差が確認された。
17	Season, Correlated colour temperature, Brightness glare Comfort, Relaxation	Study on Lighting for the Relaxation-Influence of the Season and the Correlated Colour Temperature of Lamp-	くつろぎのための照明－季節差と色温度効果－	2011	Ishida,K., Inoue,Y. and Uchiyama,H.	Proceedings of the 4th Lighting Conference of China, Japan and Korea, pp.351-354	日本における昼光暴露照度の季節差は著しく、また色温度による照明効果の違いに関する報告は多い。くつろぎのための適正照度に関する研究の一環として、これら2者を影響変数とし、照明光の光量評価(明るさ、まぶしさ)、質評価(快適感)、目的別評価(くつろぎ)について検討している(N=27～31)。明るさには季節・色温度差はなく、まぶしさには色温度差があり、快適感・くつろぎ感には両者による差異があり、共通適正範囲は約10～30 lxであることを示している。
18	LED light sources, glare, luminance, uneven light-emitting parts, quantification	Quantification of Glare Levels of Street Lighting Fixtures Using LED Light Sources	LED光源を用いた街路照明器具のグレアレベル定量化	2011	Mori, T.	Proceedings of the 4th Lighting Conference of China, Japan and Korea, pp. 92-95	照明学会が規定している街路照明を対象とした歩行者のまぶしさの評価するグレア評価指標は、高輝度かつ微小な白色LEDを複数個配置した不均一な発光部をもつ照明器具に対して必ずしも適切な規定であるとは限らない。そこで、実際にまぶしくないLED照明器具を開発するために、発光部の輝度分布測定結果からグレアレベルを定量化する方法を考案し、実際の器具のグレアレベルを容易に算出できるようにした。

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
19	LED,high luminance,glare,daylight colors,incandescent colors	Study of LED Diffusion Capabilities and the Effects of Brightness and Glare in Daylight Color and Incandescent Color Instances	LED光源の拡散性の違いによる明るさおよび眩しさの比較検討ー昼光色と電球色の場合ー	2011	Ishigami,Y. and Iwata, M.	Proceedings of the 4th Lighting Conference of China, Japan and Korea, pp.307~308	LEDは、従来の照明環境に変わる新しい光源として期待されている。しかし、LEDは高輝度な点光源であり、グレアを感じる危険性が高いことが問題とされている。本論文は、粒状態のLED照明と拡散状態の照明での被験者実験について述べている。拡散状態と粒状態が同じ明るさに感じる条件を求めたところ、粒状態の輝度が拡散状態よりも0.4~0.7倍低くなっており、粒状態のほうが拡散状態よりも明るく感じられるという結果が得られた。
20	LED road lamp,direct glare,light distribution	Optical Design of LED Road Lamps with Nonsymmetrical Light Distribution	非対称配光を持つLED道路灯の光学設計	2011	Cheng, M., Zhao, U., Cao, F., Zhang, Y., He, X., Li, D. and Zou, N.	Proceeding of the 4th Lighting Conference of China, Japan and Korea, pp.82~87	道路照明器具の設計において、平均路面輝度や輝度均斉度などと同様に直接グレアを減少させることは、最も重要な課題の1つである。本論文は、長方形の配光パターンであり光度のビーム角を減少させたタイプの器具設計を行った。視機能低下グレアは、アルファルト路面(R3テーブルの場合)は相対閾値増加(%)が50%減少し、アルファルト路面(R1テーブルの場合)は25%減少する結果が得られた。
21	くつろぎ/まぶしさ	Study on Lighting for the Relaxation —Influence of the Season and the Correlated Color Temperature of Lamp—	くつろぎのための照明に関する研究ー季節並びに色温度の影響ー	2011	Ishida,K., Inoue,Y. and Uchiyama,H.	Proceedings of the 27th Session of the CIE South Africa 2011, pp.1110~1115	くつろぎ空間の照明を提案するため、季節(夏期・冬期)ならびにランプの色温度(3000K・6700K)の光環境評価への影響を検討している。検討照度範囲は0.5~2000 lxである。明るさ感は照度との相関が高く、色温度の影響が認められる。まぶしさ感は色温度の影響が認められ、快適感とくつろぎ感は季節と色温度の影響が認められる。まぶしさ感の変化に伴い快適感やくつろぎ感も変化する。季節や色温度に関わらず、全条件に共通する適正照度範囲は約10~30 lxである。
22	不快グレア	Discomfort Glare Evaluation to White LEDs with Different Spatial Arrangement	異なる空間配置の白色LEDの不快グレア評価	2011	Tashiro,T., Kimura-Minoda,T., Kohko,S., Ishikawa,T. and Ayama,M.	Proceedings of the 27th Session of the CIE South Africa 2011, pp.583~588	LED光源は、長寿命や高効率などの特徴を活かしてさまざまな用途に普及しているが、事前のグレア予想が適切でないという問題がある。本論文は、空間的に輝度分布の異なる白色LED光源を用いた主観評価実験を行い、その結果から新しい不快グレア評価式の提案を行っている。実験より得られた評価値と提案式による計算値を比較した結果、LEDの不快グレアの程度は輝度積分値を用いたUGRグレア評価式で十分に予測できることがわかった。
23	直視グレア/不均一/輝度分布		屋外照明における不均一な発光部の不快グレア評価	2011	森星豪	照明学会全国大会	高輝度かつ微小な白色LEDを複数個配置した不均一な発光部の照明器具を用いて、発光部輝度、発光部の均斉度、発光部サイズ、背景輝度、観測距離をパラメータとして、発光部を直視するグレア評価実験を行い、不均一な発光部がグレアの心理評価に与える影響を検討し、グレア制限レベルを算出した。
24	不快グレア/VDT		VDT作業の視作業性と輝度分布の関係	2011	青木俊樹, 中村芳樹	照明学会全国大会	VDT作業に対し、全照照明とタスク&アンビエント照明(TAL)を比較した。モニタ前の紙面観察で光の充足感やグレアの境界を評価した。背景のNB値(明るさ感尺度値)とモニタのNB値との関係は全照照明では差が無いのに対し、TALでは背景のNB値が低くなるとモニタのNB値が上がる。個人差が大きいのが、65%の評価において背景のNB値による必要なモニタのNB値の式は光量の充足とグレア境界で一致する関係性を示した。
25	減能グレア		国立西洋美術館における自然光利用の可能性-(その2)被験者実験による反射グレアの検討ー	2011	田中千博, 赤荻弘樹, 浦谷宗太郎, 吉澤望	照明学会全国大会	スポットライトと自然光の光量バランスが変化したときの反射グレアの有無について模型実験をした。自然光の割合が増えるほど評価が悪くなり、絵画の反射率の影響が大きいが、最も評価の悪かった茶系の条件では自然光の光量がスポットライトを超えると50%の人が気になると回答した。
26	グレア 実態調査 評価 実験 街路照明	Study on Adaptation Luminance in Visual Field Under Complex Luminance Distribution — The Field Survey on Glare —	複雑な輝度分布視野の順応輝度に関する研究ーグレアの実態調査ー	2011	池上陽子, 工藤瑠美, 井上容子	照明学会全国大会	安全性の確保からグレアの除去は重要な課題であるとして、その実態を明らかにするため、実空間でのグレア調査している。観光地、大学、住宅地を対象としてグレア源を抽出し、グレア指数を求めている。主なグレア源は昼では太陽、夜では街路灯・自販機が多く、グレア源の位置は視野上方の左側がやや多く、離角15°以下が大半を占め、住宅地では周辺輝度が低いと光源輝度が低くてもグレア源となっているなどの実態を紹介している。また、住民にはグレアとしての認識が低い事を指摘している。更に、現場でのグレア評価実験を行い、グレア源を除去することで、標示物の視認性が向上することを明らかにしている。
27	不快グレア/分光分布		周辺部不快グレアに関する基礎研究	2011	村田正徳, 岩田利枝	照明学会全国大会	分光分布によるグレアへの影響としてs錐体の周辺視への寄与を確かめるため、白熱電球・青色LED・白色LEDで比較実験を行った。白熱電球に比べ、LEDの方が周辺視でグレア感が大きかった。

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
28	不快グレア/自動車/視認性		運転時の視認性が不快グレアに及ぼす影響	2011	佐野一賢, 喜多靖, 溝上陽子, 矢口博久	照明学会全国大会	対向車のヘッドランプを想定して、LED光源を使い、ランドルト環の視認性が不快グレアの評価に影響するか調べた。色温度が低い4300Kではランドルト環の反射率が高いとまぶしさを感じにくく、反射率の低い条件で正答率が低かった。5200Kでは反射率の影響がなかった。
29	不快グレア/評価方法/瞳孔		瞳孔変化を用いた対比－総量グレアの評価に関する研究	2011	長吉謙輔, 岩田利枝	照明学会全国大会	昼光利用の場合の不快グレア評価方法として瞳孔変化の特性を用い、不快グレアの対比効果と総量効果の変移点を明確にする。均一視野、不均一視野での実験結果から立体角0.1srでは輝度比を大きくすると瞳孔が小さくなり、輝度比－2から－1までは対比効果で、－0.5では総量効果で評価している。立体角1srでは総量効果のみで評価している。瞳孔変化が大きい人が不快グレアに敏感とは言えなかった。
30	不快グレア/分光分布		LEDからの不快グレアの視覚的機構に関する一考察	2011	浅野翔平, 藤田剛志, 明石行生	照明学会全国大会	周辺視野に種々の分光分布のグレア光源を提示した場合の不快グレアの程度を評価した。シアン、ホワイト、アンバーを使った許容できる限界のまぶしさの評価の結果、短波長側に多くのエネルギーを持っている光源の方がまぶしさを感じやすい傾向があることが明らかになった。シアンは偏み角に関わらずグレアが高く、ホワイトとアンバーは偏み角が大きくなるとグレアが低下した。
31	不快グレア/VDT/高齢者		周辺視野のグレア光源が高齢者の視作業性に及ぼす影響	2011	中野真里菜, 川端美貴, 明石行生, 菅野晋	照明学会全国大会	高齢者のVDT作業を想定したグレア光源の影響を調べた。グレア光源の前においたモニタ上の視票に対する反応時間とグレア感評価から、グレア光源の輝度、視票の偏み角の増加に伴い反応時間に遅れが生じた。また視野内のグレア光源をさばくともまぶしく感じなくても視作業性は低くなる傾向が若齢者よりも強いことがわかった。
32	LED/明るさ/主観評価/中心視/グレア/拡散/配列	Study on the Brightness of LED Lighting Diffuseness –Case of Daylight and Incandescent Colors	拡散性状の異なるLED照明の明るさ感比較－昼光色と電球色の場合－	2011	奥村綾野, 石上雄太, 岩田三千子	照明学会全国大会	拡散カバーを装備しないLED照明と装備したLED照明の明るさの感じ方の違いについて、視角10度の両者のLED照明を直視して検討した。光源は昼光色と電球色の2種類、明るさは3段階、LEDチップの間隔は4, 6, 8[cm]の3種類とし、計18実験条件とした。
33	グレア,周辺視,青色光		周辺視における青色光に対するグレア感度	2011	望月悦子, 岩田利枝, 伊藤大輔, 戸倉三和子	照明学会全国大会	周辺視におけるグレアに対する分光分布の影響を被験者実験により確認した。被験者は810 mm離れた位置から視野装置の中心を注視し、視線を固定したまま、視野中心の基準光源(白色光, 8000 cd/m2)と視野周辺部の評価光源(青色光)のグレアの程度をME法で比較評価した。結果、白色光と同様に、青色光でも視線より下に光源がある場合の方が、上にある場合よりもまぶしさを感じやすかった。視線より下に青色光源がある場合は、水平方向の位置によるグレア感度に違いが見られ、分散分析の結果からも有意差(p<0.05)が確認された。
34	不快グレア/評価方法		LED素子を配列した光源の不快グレアに関する等価輝度	2011	原直也, 長谷川早苗	照明学会全国大会	7種類の輝度分布を持つLED照明の不快グレアを20代と60代の被験者で評価した。実験から求めた等価光源輝度をUGR式に適用し、補正UGR値を算出したところ、まぶしさの予測精度が高く、適用が可能である。
35	不快グレア、片頭痛、白色LED、白色蛍光灯、電球色		片頭痛患者における不快グレアの検討	2011	相場彩子, 辰元宗人, 江田哲也, 石川智治, 阿山みよし, 平田幸一	照明学会全国大会	片頭痛患者は光過敏性があり、眩しさを感じやすいと言われている。60名の片頭痛患者と35名の健常者で、電球色蛍光灯、白色蛍光灯、白色LEDの眩しさ評価実験を行った。白色蛍光灯では900cd/m ² 以上、白色LEDでは750cd/m ² 以上で、片頭痛患者が健常者より有意に不快グレア評価が高い結果となった。
36	LED,グレア,直視		屋内LED照明の不快グレア評価技術の開発－直視評価の検討－	2011	古賀翔大, 東洋邦, 小谷朋子	照明学会全国大会	JISで規定されている屋内照明環境の不快グレア評価法は視線が水平視であり、光源を直視したときの評価法はない。そこで、直視の不快グレア評価方法を開発するファーストステップとして、FL照明環境下とLED照明環境下でのまぶしさの主観評価結果と、既往研究で使用されている方法(窓面からの不快グレア評価方法、DGI, PGSV, V, mean/median)との比較を行った。その結果、例えばDGIは相関係数が0.70となった。

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
37	LED,グレア,UGR		屋内LED照明の不快グレア評価技術の開発ーLED照明下でのUGRと主観評価の関係ー	2011	東洋邦, 古賀翔大, 小谷朋子	照明学会全国大会	不快グレアに配慮した照明設計をする際は、現在UGRを用いる。しかし、UGRはLED照明が普及する前に開発された評価方法のため、LED照明への適用性は不明な点が多い。そこで、LED照明でのUGRの適用性を確認するため、被験者実験を行った。その結果、LED照明下でのUGR(設計値)と不快グレアの程度(主観評価)とのばらつきは、FL照明下と比べ大きくなることが示された。実験結果から、UGRを用いてLED照明環境の設計をする際は注意が必要があることがわかった。
38	グレア/等価光幕輝度		道路におけるデジタル測光の可能性	2011	江湖俊介, 山田哲司	照明学会全国大会	写真測光法によりグレア計測が可能かを検討している。グレアレンズを用いたアナログ測光値との比較データを示し、実用上問題が生じないレベルで等価光幕輝度が計測できることを示している。
39	不快グレア/窓/屋外景観		室内から見た屋外景観の不快グレア	2011	安田真弓, 加藤洋子, 中村芳樹	日本建築学会大会学術講演梗概集	屋外景観の輝度分布が窓からの不快グレアに及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、窓から見える景観の平均輝度と輝度分布の組み合わせ75条件について、被験者10名による評価を行った。景観はプロジェクトによる示すである。輝度分布によってグレア評価は異なり、グレアの程度は、輝度分布画像から求められる明るさ尺度値NBが視野内に占める領域の割合によって推定できるとしている。
40	不快グレア/LED/周辺視		LED光源を用いた周辺視の不快グレア評価に関する研究	2011	村田正徳, 長吉謙輔, 岩田利枝, 伊藤大輔	日本建築学会大会学術講演梗概集	周辺視による青色光の不快グレアについて、被験者20名を用いて調整法と比較法の2つの実験により評価した。グレア源の立体角は0.002 sr、基準光源の輝度は1,600 cd/m ² で、光源には2種類のLEDを用いた。基準光源(白熱電球)よりもテスト光源(LED)の方がまぶしいと回答した被験者の割合は、テスト光源が白色LEDの場合よりも青色LEDの場合の方が高く、周辺視では青色光の方が白色光よりもグレアを感じやすいという結果を得ている。
41	不快グレア/LED/周辺視		LEDの不快グレア軽減のための機構モデルの構築	2011	明石行生	日本建築学会大会学術講演梗概集	各視細胞の感度がピークとなる波長に最大出力をもつ3種類のLED(シアン、ホワイト、アンバー)を用いて、S錐体と桿体のグレアへの寄与を明らかにした上で、不快グレアの機構モデルを提案することを試みている。グレア源の位置4条件(視線中心を0°として、偏角5°、10°、20°)と光色によるBCD(快と不快の境界)輝度の違いを、被験者(27名、19～25歳)を用いて検討している。ホワイトとアンバーは偏角が大きくなるにつれBCD輝度が上昇するのに対し、シアンは偏角によらずBCD輝度はほぼ一定で、他の2種類の光源よりもBCD輝度が低く、いずれの位置でも有意差が確認された。シアンの場合、視野周辺部にグレア源の位置がずれても、まぶしさは低下しない可能性が考えられる。
42	輝き/LED/輝度画像		輝度画像を用いた小光源の輝きの程度の予測	2011	菅野普, 中村芳樹	日本建築学会大会学術講演梗概集	LEDによる輝きの程度の定量的な予測方法を検討している。光源の大きさ11条件、光源輝度5条件、光源と背景の輝度比5条件を組み合わせた185条件について、被験者10名を用いて評価している。被験者の評価結果に対応するよう、輝度分布画像における視点中心からの径による重みづけ係数を重回帰分析により求め、輝度分布画像から輝き評価値を求める方法を提案している。
43	グレア/照度/規制値	Comparison Between the CIE and LITG Method for Minimizing Obtrusive Glare Caused by Bright Luminaires in the Field	CIEとLITGの屋外照明器具による障害光(グレア)規制値の比較	2011	Walkling,A. and Schierz,Ch.	Proceedings of the 27th Session of the CIE South Africa 2011, pp.139-143	CIE150で示されている光度に基づく屋外照明器具の障害光の規制値を、LITGの輝度規制値を光度に換算したものと比較し、両者間に有意差があることを確認している。これはLITGの輝度規制値は、観測者と照明器具との距離が加味されるのに対し、CIE150の光度規制では観測距離が加味されないことによるものとしている。この論文では、CIE150の光度規制値をLITGの輝度規制値に改訂することを提案している。
44	不快グレア/Guth位置指数/Wavelet変換/グレア画像	GENERATION OF DISCOMFORT GLARE IMAGE USING WAVELET TRANSFORM	ウェーブレット変換を使用した不快グレア画像の生成	2011	Susumu SUGANO, Yoshiki NAKAMURA	Proceedings of the 27th Session of the CIE South Africa 2011, pp.286-293	単純な方法で不快グレア指数を計算することは非常に有効である。この背景は、私たちはGuthの位置指数の導入により輝度画像を用いて、グレア計算システムを改善した。分析の結果、次の3点が分かった。1番目は、明るさ変化と不快グレアは非線形である。2番目は、ある値より低い明るさでは、不快グレアに影響がなかった。最後は、大規模なサイズ差異の影響が全く小さかったということである。この最後の調査結果は、グレア評価のためのウェーブレット変換分解のレベルが明るさ評価用のそれより小さいことを連想させました。最後に、私たちは、不快グレア画像から不快グレア方程式を得ました。
45	不快グレア/光学的感度/網膜メカニズム	Spectral Sensitivity and Additivity of Discomfort Glare Under Street and Automotive Lighting Conditions	道路と自動車の照明の下での不快グレアの光学的感度と加算性	2011	Bodrogi, P., Wolf, N., Khanh, T.Q	Proceedings of the 27th Session of the CIE South Africa 2011, pp.338-344	試験装置(グレアブース)を用いて光源の分光分布の不快グレア認識への影響とその視覚メカニズムを研究したものである。不快グレアの絶対感度値を6人の被験者から求め、短、中、長波長感受性メカニズムを分析した。光学的感受性の絶対値と相関値とも観測者の変動性が大きかった。

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
46	減能グレア/コントラスト/LED	A Comparison between Different Light Sources Induced Glare on Perceived Contrast	コントラスト認識する際の光源の違いによるグレア比較	2011	Iacomussi, P., Rossi, G., Rossi, L.	Proceedings of the 27th Session of the CIE South Africa 2011, pp.557-566	LED光源を用いた道路・トンネル照明に減能グレア制限の必要条件の調査のため、2つの異なる光源(電球とLED)での影響を比較するものである。25人の被験者でLCDディスプレイを用いて実験を行った。結果としてグレアの影響はLEDの方が低い背景輝度の逆シエルト視において良好であることを除いては実質的に両光源で同等である。
47	不快グレア/窓	HOW TO AVOID GLARE FROM TRANSLUCENT FAÇADES?	半透明のファサードからグレアを回避する方法	2011	Barbara Matusiak	Proceedings of the 27th Session of the CIE South Africa 2011, pp.653	建築部門の省エネルギーの必要性は大きくなっている。ファサードにおいて、ノルウェーでは窓の大きさを小さくすることが最も有効である。しかし、利用者は窓越しの景色や室内に太陽光が入るなど視覚的な快適性を期待している。相反する目的を満足する方法として半透明のファサードを検討する。透過性と断熱性を持たせている新素材が開発されているためノルウェーのリサーチカウンシルで半透明ファサードプロジェクトが進められている。色覚異常のない20歳から70歳の(半数が矯正視力)幅広い被験者で実施している。主観評価として窓の明るさ評価と不快グレアの評価、定量評価としてタスク処理時間(携帯電話のSMSを読む速さ)樹木がグレア低減の可能性を研究している。これらはノルウェーのオスロに3年以内に建設予定の新しい国立図書館のためである。
48	ブラインド制御/不快グレア/スラット角度	View Contract and Illuminance Distribution Provided by Blind Control for Glare-Gree Daylit Environment	グレアのない昼光環境のためのブラインド制御による視認観察と照度分布	2011	Nagayoshi, K., Itoh, D., Iwata, T.	Proceedings of the 27th Session of the CIE South Africa 2011, pp.747-750	窓からの不快グレアを防ぐためにPGSVIに基づいたブラインド制御のフローを提案した。本論文で提案したフローは数値シミュレーションに基づいており、不快グレアの許容値20%を保持可能となるよう、正面からの距離の影響、スラット長と幅の比、スラット角度に対する反射率を求めたものである。
49	不快グレア/昼光/輝度分布画像/DGP/PGSV/L _{mean} /L _{median}	ASSESSMENT OF DISCOMFORT GLARE FROM WINDOWS WITH VENETIAN BLINDS USING LUMINANCE DISTRIBUTION IMAGES	ベネシアンブラインドのある窓面の輝度分布画像を用いた不快グレア評価	2011	Iwata, T., Osterhaus, W., Itoh, H.	Proceedings of the 27th Session of the CIE South Africa 2011, pp.751-757	2009年のLighting Quality & Energy Efficiencyでの発表に引き続き、輝度分布画像を用いた3つの昼光グレア指標、Daylight Glare Probability(DGP), Predicted Glare Sensation Vote(PGSV), 輝度平均値と中央値の比(L _{mean} /L _{median})の検討を行っている。反射率の異なるブラインドを用いて総量効果と対比効果について比較した結果、DGPは対比効果を過小評価し、L _{mean} /L _{median} は相対評価しかできないなどの知見を示している。
50	グレア/昼光/読書	The Analysis of Daylight Glare Factors for Prnted-Text Reading	印刷文字を読むための昼光グレアファクター分析	2011	Li, S.-Y., Chen, Y.-C.	Proceedings of the 27th Session of the CIE South Africa 2011, pp.841-845	質問票と探索的因子分析を用いて印刷文字を読むための昼光グレアファクターの相関要素を調査したものである。結果として4グループ(主観的心理学的状態、本のおもしろさの程度、環境条件、認知心理学的状態)に分けることができ、主観的心理学的状態が最も重要なアトリビュートであって現在のグレアモデルを修正する主たる要因である。最も重要な調整要素としては窓のカーテンの使用である。
51	減能グレア/防眩シールド/屋外照明	CALCULATION OF ANTI-GLARE SHIELDS BETWEEN COLLATERAL COMMUNICATIONS	平行した交通網間の防眩シールドの計算	2011	Gasparovsky,D. Smola,A. Janiga,P.	Proceedings of the 27th Session of the CIE South Africa 2011, pp.1208-1217	グレアは、道路交通において事故などの主な経済的損失のひとつである。自動車と鉄道のヘッドライトは交通におけるグレア源であると確認されている。論文は、ドライバーの視認性と自動車や鉄道(ヨーロッパの一般的な駐車場)のヘッドライトを考慮した測光とに基づいた境界条件を考慮して防眩シールドの方程式を導き出すことに注力している。たとえば、2010年に計画された特別な道路のシールド計算やサポートするソフトウェアも論文内に提供している。
52	Discomfort glare, color LED, Brightness matching, Flicker photometry	Evaluation of Discomfort Glare from Color LEDs and Its Correlation with Individual Variations in Brightness Sensitivity	色LEDの不快グレア評価と明るさ感度の個人差の関係	2011	Takako Kimura-Minoda, Miyoshi Ayama	Color Research & Application, Vol.36, No.4, pp.286-294.	不快グレア評価は個人差が大きいと言われている。青、緑、アンバー、赤3色、白のLEDの不快グレア評価実験と、明るさマッチング及びフリッカー分光感度を行い、それらの関係を検討した。明るさに色メカニズムの寄与が大きい被験者の方がグレアを感じやすい傾向がみられた。
53	LED luminaire, discomfort glare rating, luminance distribution, equivalent luminance, UGR	Study on Discomfort Glare Rating of the Luminaire with LED Array	LED素子を配列した光源の不快グレアに関する研究	2012	原直也, 長谷川早苗	照明学会誌, Vol.96, No.2, pp.81-88	LED素子を配列した光源のグレア評価法を、発光面均一3条件、不均一4条件を基に検討している。LED照明器具発光面の大きさ・位置は一定で、背景輝度は均一である。被験者は20代6名と6代6名である。評価項目は発光面の目障りさ、まぶしさ、不快さである。発光面の輝度分布勾配が緩やかなほど、あるいは平均輝度が低いほど不快グレア評価は低く、UGR式に等価光源輝度係数(不快グレアが等しい均一光源の輝度)を導入し、これによる日本人の補正UGRが、20歳代の実験結果とほぼ一致することを示している。
54	Mesopic vision, cone, rod, photometry, systems, reaction time, target position, glare	Effects of Target Positions on Purkinje Effect	視票の提示位置がブルキンエ効果に及ぼす影響	2012	中川慶子, 明石行生, 有松孝之, 京藤伸弘	照明学会誌, Vol.96, No.11, pp.752-760	視標の偏心角15°で開発された薄明視測光システムの適応範囲を、グレア源の有無について検討している。被験者は若齢者15~17名である。使用ランプのS/P比は0.53~1.79である。視点を固視させ、2秒間呈示される視標の検知時間を測る。視標は水平方向-20~20°に呈示され、視標輝度0.036~3.6cd/m²である。グレア源の有無に関わらず、視標の水平方向-20~20°であれば、S/P比が高い照明空間で視標検知時間が短く、ランプの明所視効率が同じ場合、S/P比の高い光源によって薄明視レベルでの周辺視野の視作業性を向上出ると結論付けている。

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
55	discomfort glare, glare sensitivity, LED, elderly people, luminous efficiency, brightness	Evaluation of Glare from Color LEDs for Young and Elderly	LEDに対する眩しさ感の年齢差に関する研究	2012	Takako KIMURA-MINODA, Miyoshi AYAMA	Journal of Light & Visual Environment The Illuminating Engineering Institute of Japan, Vol.36, No.2, pp.59-63	照明学会誌,Vol.94, No.2, 2010年, pp.120-123 の英訳
56	street lighting, mesopic vision, scene brightness, spectral power distribution	The Effect of Spectral Power Distribution on the Perception of Scene Brightness in Nighttime Lit Streets	街路照明の分光特性が空間の明るさに及ぼす影響	2012	白倉公隆, 明石行生, 斎藤孝	照明学会誌, Vol.96, No.5, pp.259-271	街路照明計画に資するために、薄明視レベルでの空間の明るさ感に光源の分光分布が影響することを確認したうえで、空間の明るさ知覚のメカニズムを明らかにすることを目的としている。1/50街路模型で白、青、黄の光色下で明るさ感の比較を行うと、プルキンエ現象が生じS/P比が高い青で明るさ感が高いが、既往研究と比べS錐体の寄与が小さく、メカニズム解明には更なる検討が必要であるとしている。フィールド実験は、配光などを整えた工場敷地内と、公道で行い、前者では模型実験と同様、短波長放射を多く含む光源は明るさ感が向上する半面、グレアを感じやすくなる傾向が示され、薄明視輝度で明るさ感が予測される可能性を示唆している。
57	大面積グレア光源, 認知効率	Rodriguez, R.G. and Pattini, A.: Effects of a Large Area Glare Source in Cognitive Efficiency and Effectiveness in Visual Display Terminal Work	大面積グレア光源がVDT作業における認知資源と認知効率に与える影響	2012	Rodriguez, R.G. and Pattini, A.	LEUKOS, Vol.8, No.4, pp. 283-299	ICTの普及は今日のVDT作業者に更なる精神的な負担を与えており、グレアはオフィス作業における視覚的なストレッサーになっている。本研究では大面積グレア光源がVDT作業者の認知資源の量と認知効率に対して負の影響を与えるという仮説を検証した。異なる照明条件下において、RTLXで複雑作業に要する認知資源の量を、RSTのワーキングメモリスパンで認知効率を測定した。RTLXは疲労作用に敏感であったが、グレア光源によって生じる認知効率の変動を予測するには不十分なことなどがわかった。
58	不快グレア		複数の色温度を用いた光源の不快グレア評価	2012	大江一彰, 齋藤大輔, 入倉隆, 高橋宏	照明学会全国大会	複数の色温度のLED素子を混合した光源と単一の色温度のLED素子を使用した光源のBCD輝度に違いはなかった。
59	不快グレア/予測式		周辺遮蔽物が不快グレア評価に与える影響に関する研究	2012	谷口智子, 岩田利枝, 伊藤大輔	照明学会全国大会	窓面のグレア予測方法として、PGSV(大光源のための不快グレア指標)を計算するために必要な窓面平均輝度についてブラインド部分とスラットから見える天空部分からなることに加え、周辺建物や庇、それらの影を考慮できるようにした。
60	グレア 眼球内散乱光 方位性 ポジションインデックス 高齢者	Study on Adaptation Luminance in Visual Field Under Complex Luminance Distribution -The Comparison between the Directionality of the Scattering Light and the Position Index of Discomfort Glare-	複雑な輝度分布視野の順応輝度に関する研究—眼球内散乱光の方位性と不快グレアポジションインデックスの比較—	2012	池上陽子, 井上容子, 原直也	照明学会全国大会	視認性評価には順応輝度の推定が必須であり、その予測には実効輝度が有効である。本報では、実効輝度関数の定量化を目的として、グレア源による順応輝度増加量の方位性を視認実験に基づいて明らかにし、その傾向は不快グレアのポジションインデックスと同じであることを示している。若齢者では横±下±上であり、高齢者は下部と横部との間に差がない。離角が大きいほど方位間の比が大きくなり、離角が同じであれば高齢者は若齢者より方位間の比が大きい。
61	不快グレア		LEDからの不快グレアの視覚的機構モデルの提案	2012	浅野翔平, 明石行生	照明学会全国大会	閾値輝度(BCD)のモデル式を提案した。不快グレアの評価にはH-K効果(Helmholtz-Kohlrausch効果)を考慮する必要があり、s錐体だけでなく桿体も影響を及ぼしている。式は光源の分光放射輝度、錐体の分光感度、桿体の分光感度、H-K効果による補正係数、錐体の寄与率からなる。
62	LED/明るさ/主観評価/中心視/グレア/配列	Study on the Brightness Perception for Lay out Distance of LED Elements	LED素子の配列間隔が明るさ知覚に及ぼす影響	2012	岩田三千子, 石上雄太, 奥村綾野	照明学会全国大会	視角5度の円内に高輝度なLED素子が8種類の条件で等間隔に配列したつづつぶ状のものと、拡散カバーをかけたものとの明るさ比較を、昼光色、電球色の2種類の色温度で行った。同じ平均輝度ではLED素子が並んだ光源のほうが拡散光源より明るく感じ、つづの間隔が狭いほど拡散光と同じ明るさ評価に近づくことが分かった。
63			輝度分布の異なる白色LED光源の不快グレア評価	2012	田代智範, 木村能子, 川野辺祥子, 江湖俊介, 石川智治, 阿山みよし	照明学会全国大会	この研究は評価刺激の不均一性を変数に、不快グレアの主観評価を行い、不均一性に影響されないグレア評価式の提案を目指している。HDR画像から輝度分布データを構築して有効グレア輝度(輝度積分値を光源領域相当の面積で除算した値)を求めている。この値を用いた修正UGR式を提案している。

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
64	LED,グレア,グレア分類		屋内LED照明の不快グレア評価技術の開発ーLED照明のグレア分類の検討ー	2012	古賀翔大, 東洋邦, 小谷朋子	照明学会全国大会	JIS C 8106で規定されている照明器具のグレア分類は器具発光面の平均輝度によりグレアを評価するため、発光面の輝度分布が考慮されていない。そこで、グレア分類のLED照明器具への適用性を検討した。実験結果、FL照明器具と比べてLED照明器具は、グレア分類が同じでも主観評価にばらつきがあることがわかった。また、その結果は輝度均斉度が影響していることもわかった。
65	LED,グレア,輝度,均斉度		屋内LED照明の不快グレア評価技術の開発ー器具発光面の輝度均斉度が主観評価に与える影響ー	2012	東洋邦, 古賀翔大, 小谷朋子	照明学会全国大会	器具発光面の輝度均斉度が不快グレアの程度(主観評価)に与える影響について、男女各10名を対象にした被験者実験によって調べた。実験はLED照明器具が3台設置された環境で行われ、主観評価は水平視と直視について行われた。その結果、水平視と直視のどちらも、器具発光面の輝度均斉度が異なると、平均輝度が同じであっても、主観評価が異なることが示された。
66	不快グレア/生理評価		眩しい光に対する不快感の評価	2012	西口尚希, 小室直輝, 本村英樹, 神野雅文	照明学会全国大会	光に対する快適さの客観的定量的評価方法として、眩しい光に対する不快感を脳の前頭野のヘモグロビン濃度の計測で評価できるか検証した。不快と感じるLED光に対し、被験者9人が共通して右46野の活性化が見られ、評価できる可能性がある。
67	LED,グレア,評価	屋内LED照明の不快グレアに関する最近の研究動向	屋内LED照明の不快グレアに関する最近の研究動向	2012	東洋邦	照明学会全国大会 分科会シンポジウム	白色LEDは、その発光効率向上に伴い、全般照明器具の光源としても広く利用されるようになりつつある。しかし白色LEDを用いた器具は既存器具と異なる点があり、特に発光面の輝度が大きく異なる。ここでは、発光面の輝度に関する屋内不快グレアの主な研究(2000年以降)について紹介されている。
68	不快グレア/輝き/LED/中心視/周辺視/輝度画像		小光源の輝きの予測評価法に関する研究	2012	笹部和代, 中村芳樹	日本建築学会大会学術講演梗概集	小光源による輝き、まぶしさ、快・不快の感覚の評価関係について、背景輝度、光源輝度、光源の大きさ、位置の異なる全847条件について、被験者8名を用いて検討している。中心視では、輝きとまぶしさの評価は線形関係にあり、まぶしさのみ快・不快評価と負の相関関係が確認された。周辺視では、視点に対し光源が鉛直上にある方が、斜上、水平にある場合よりも、輝き、まぶしさとも感じにくく、両評価の間に有意差が確認された。中心視の評価結果を用いて、複雑な輝度分布視野において輝きを予測する画像作成モデルを提案している。
69	不快グレア/トンネル/中心視/周辺視/LED	Discomfort glare evaluation of the LED tunnel lighting fixtures	トンネル照明器具の不快グレア評価	2013	中嶽 和子, 森 星豪, 伊東 勇人	照明学会全国大会	この研究では、トンネル照明の実空間を模擬した照明環境を構築し、従来光源Hf蛍光灯とLEDとのグレア比較評価実験を実施している。実験からグレア評価値と観測位置及び、発光部輝度の関係と中心視のグレア評価値とMoriが開発したグレア算出値の関係を求めている。その結果、周辺視より中心視、HfよりLEDがグレア評価としては高く、発光部輝度によるよりは、Moriが開発したグレア算出値の方がグレア評価値との相関が高いことが確認されている。
70	不快グレア/片頭痛/自動車/LED		片頭痛患者におけるブレーキランプの不快グレア	2013	梶山 直子, 辰元 宗人, 江田 哲也, 金子 昌子, 小林 正自 阿山 みよし, 平田 幸一	照明学会全国大会	片頭痛患者は、光の刺激により片頭痛発作が起こることがある。本件は、近年自動車のテールランプがLED化されてきていることから、3パターン(LEDブレーキランプにより片頭痛患者と健康者の不快グレアを調査した。アンケート調査は、学生被験者(男性19, 女性234)からブレーキランプ(LED、ハロゲン)の写真を提示し、不快グレア経験の回答を得た。LEDの方がハロゲンランプより眩しさを感じ、片頭痛疑い者も方が健康者より眩しく感じる傾向を得た。視認実験では、3×3, 5×5, 9×9(均一発光面)の3種類を片頭痛患者15, 健康者14で実施した。結果、均一発光面に比べてマトリックス状発光は眩しく感じられた。均一発光面のブレーキランプは目に優しい交通視環境の提供に寄与すると考えられる。
71	不快グレア/分光分布/LED		照明光の分光学的特徴が不快グレアに与える影響ー等色照明下でのグレア評価ー	2013	豊田 敏裕, 鈴木 敬明, 志智 亘, 船井 孝, 真野 毅	照明学会全国大会	LEDや有機ELに代表される個体照明光源の急速な普及に伴い眩しさが問題となっている。従来光源と個体照明光源の分光特性に着目した眩しさを主観評価実験を行った。分光が異なる2, 3の単色光により同一な輝度・色度を5種類設計した(約18000cd/m ² ・D65)。これに広帯域の分光特性1種類の6種類の分光特性群で実験した。被験者は色覚正常な40代の男性1名で実施した結果、上位2種類の分光特性に着目すると500nm付近の成分を有しており、不快グレアの評価と相関する傾向が見られた。今後は、年齢、性別の違いによる評価を進める必要がある。
72	減能グレア/輝度分布/画像測光		減能グレアの影響を考慮した視認性画像測光に関する研究	2013	加藤 洋子, 中村 芳樹	照明学会全国大会	視環境設計において、視認性は作業性や安全性を検討する上で重要である。本報では、視覚系の多重チャネルモデルに基づき、フィルタ関数Nを用いたフィルタリング処理によって輝度画像測光から周波数成分を抽出し、各空間周波数と平均輝度に応じた重み付け・合成・微分を経て視認性画像測光を作成した。また、減能グレア(光幕)の影響による視認性低下についても被験者実験を通して検討し、視対象とグレア光源のなす角度が小さくなるほど、またグレア光源の輝度が高くなるほど輝度差別閾は高くなる傾向を確認した。以上の実験より光幕量予測式を導入し、光幕量を加えた輝度画像測光を視認性画像測光に変換することで、減能グレアを考慮した視認性評価が可能になった。

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
73	減能グレア/輝度分布/画像測光		輝度画像測光を用いた減能グレア評価方法に関する研究	2013	山田 哲司、江湖 俊介、中村 芳樹	照明学会全国大会	視野内に減能グレアが発生した場合、視認性を確保するために余分な照明エネルギーが必要となるため、グレアを適切に評価することは省エネルギーの観点からも重要である。既往研究では、測定した輝度分布に等価光幕輝度を一律に加算しコントラストを低下させ、減能グレアの効果を取り入れた視認性画像測光を作成した。本報では、コンピュータ上で輝度画像測光に等価光幕輝度を加算した場合と加算しない場合を比較し、後者は等価光幕輝度が増加するにつれ視認性評価結果が増加したのに対し前者は一定の値をとったことを確認した。これにより、等価光幕輝度を一律に加算した輝度画像測光から出力される視認性画像測光は、減能グレアによる視認性の程度を定量的に評価できることを示した。
74	不均一/輝度分布		複雑な輝度分布視野の順応輝度に関する研究 ―実効輝度を用いた実空間の視認性予測手法―	2013	池上 陽子、井上 容子	照明学会全国大会	不均一輝度視野における視認性予測法の構築を目的とした研究である。中心窩への実刺激予測閾数である実効輝度閾数に、あらたに設計上の重要変数である年齢、散乱要素の方位・色(分光分布)を組み入れ、これの実空間における視認性予測の適用性を検討する。実験は全て両眼視による輝度差分別閾の測定である。提案閾数は散乱源の輝度・立体角あたりのものであり、離角(10°~90°)・方位角(0°~±180°)・光色(白、青、緑、赤)、年齢(被験者は21-33歳29名と66-72歳の5名)を変数としている。検証は、夜間の屋外での視認性評価(19~27歳16名、65~75歳9名)に基づく、視認性の指標である輝度差分別閾の予測精度は必ずしも高くはないが、実測値との相関はいくことから、適用方法の検討が継続される。
75	不快グレア/屋外/GR/輝度分布/画像測光		魚眼レンズを用いた全方位GR測定	2013	大嶋 航介、山田 哲司	照明学会全国大会	屋外スポーツ施設の不快グレアにはGRが用いられるが、測定するためにはグレアレンズが必要であった。また、実際の測定では、複数方向の測定する必要がある。この課題に対し、魚眼レンズを用いた写真測光法で輝度分布データを取得しGRを算出する方法を提案している。また、3方向の撮影画像測光に対して、変換・合成を行うことで全方位のグレア評価が可能であることを示している。
76	不快グレア/LED/輝度分布/G分類/輝度均斉度		屋内LED照明の不快グレア評価技術の開発 ―新グレア分類の適用性の検証―	2013	古賀 翔太、東 洋邦、小谷 朋子	照明学会全国大会	照明器具をグレア制限の程度によって分類する場合には、グレア分類を用いる。筆者らは、これまでに器具発光面の平均輝度を用いて評価するグレア分類では、器具発光面の輝度均斉度(以下、輝度均斉度)が異なる器具を適切に評価できない場合があることを示し、輝度均斉度に応じてグレア分類を補正する新グレア分類を提案している。本発表では提案した新グレア分類が実験環境に依存している可能性があるため、前回とは異なるLED照明器具を用いて行った新グレア分類の適用性の検証結果を報告した。
77	不快グレア/窓/屋光/輝度分布		屋光利用における窓面と壁面の好ましい輝度対比に関する研究 その3- まぶしさと評価とコントラストバランスの許容範囲-	2013	水木祐太、加藤未佳、山口 秀樹、三木保弘、吉澤望	日本建築学会大会学術講演梗概集	本研究は執務室における屋光利用を考えるにあたり、良好な視環境となる窓面輝度と室内壁面輝度との対比の程度について検討している。実験では内装反射率の異なる複数の空間に対して、窓面輝度と壁面輝度を独立に調整し、視作業を行う環境として適切な輝度対比を被験者実験により検討した。適切な輝度対比の程度は内装反射率によって異なり、低反射率条件では高反射率条件に比べて、対比が小さくても適していることが判断される。またグレア評価との対応を検討したところ、多少のまぶしさを感じている場合でも、対比は適しているとの判断となることから、開口部周囲の設計において対比の好ましさの観点からの評価も検討すべきである。
78	視認性/減能グレア/安全性/生活空間		成年女性を対象とした視認性低下に関する実態調査 (その2) 直接グレアや反射グレアの実態	2013	上野貴子、池上陽子、井上 容子	日本建築学会大会学術講演梗概集	若齢者を対象として、減能グレアをはじめとする視認性低下の現状を把握し、視認性確保の重要性を示している。女子大学生236名に対する多肢選択と自由記述のアンケート調査である。約40%が視認性の低下により危険を感じ、約15%が怪我を経験している。危険・怪我の経験者は、未経験者より多くの視認性低下現象を体験している。ただし、危険感や怪我と視力の関係は明確ではない。視認性低下には光源輝度と視対象そのものの状態が原因になっている場合が非常に多い。特に、減能グレアが場所、時間帯に関わらずよく経験されていることを示している。
79	discomfort glare/ BGI/ DGI/ DGP/ UGR/ CGI/ PGSV/ SR/ VCP/ background luminance/ size/ position factor/ additivity/	Discomfort glare: What do we actually know?	不快グレア: 実際にわかっていることとはなんなのか?	2013	RD Clear	Lighting Research and Technology, Vol.45, pp.141-158	過去に提案されてきた不快グレアの式(BGI, DGI, DGP, UGR, CGI, PGSV, SR, VCP)を分析し、さらに、それらの式による不快グレアの予測値と実験値とのズレをみて、それぞれの式を評価している。その過程で不快グレアに影響を与える要素(背景輝度(順応)、光源のサイズ、光源数、光源位置)に関する議論も行っている。実験値はLuckishとGuth(L&G)が様々な実験条件で求めているBCD(Border between comfort and discomfort)が用いられており、不快グレアに影響を与える前述の各要素をパラメータとして条件を変化させ、算出される予測値と実験値を比較。どの式もあらゆる条件で実験値を十分に再現することはできず、現段階では不快グレア予測が不完全であることを述べている。
80	discomfort glare/ non-uniform/ BGI/ UGR/ CGI/ VCP	Evaluating discomfort glare from non-uniform electric light sources	不均一光源の不快グレアの評価	2013	H Cai and T Chung	Lighting Research and Technology, Vol.45, pp.267-294	この研究では、不快グレア評価方法であるUGR、CGI、BGI、VCPを不均一な輝度分布を有する光源の不快グレア評価に適用した場合の妥当性について、被験者を用いた主観評価結果と画像測光測光法による数値解析結果を比較することで検証している。検証の結果、画像測光測光による不快グレア評価は、不均一光源をピクセルレベルで分割して計算した場合、評価位置が特定の範囲内で、不快グレアの加法性および一部の評価式で可分性が確認されている。また、不均一光源の場合では、これらの不快グレア評価式を用いて画像測光測光による解析をすると、被験者(若齢者)の主観評価結果よりも、計算結果が大きくなってしまふことが報告されている。
81	spectral power distribution/ SPD/ LED/ short-wavelength-sensitive cones/ luminous surround	Effect of different coloured luminous surrounds on LED discomfort glare perception	周囲の光色がLEDの不快グレアにおよぼす影響	2013	K Sweater-Hickcox, N Narendran, JD Bullough, and JP Freyssinier	Lighting Research and Technology, Vol.45, pp.464-475	この研究では、LED照明器具を模して規則的に配置された白色LEDの周囲の光色を変えた場合の不快グレアについて、主観評価実験により検証している。実験結果は、白色LEDの周囲に光がない場合に対し、周囲に光を加えた場合の方が、不快グレアの主観評価が下がっていることを示している。このとき周囲の光色を青色にした場合、白色や黄色にした場合と比べ、不快グレアの減少効果が少なくなる。この結果を網膜の特性を考慮した不快グレア感度曲線VDF(λ)を用いて説明している。

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
82	discomfort glare/ disability glare/ mesopic/ LED	Influence of a Glare Sources Spectrum on Discomfort and Disability Glare under Mesopic Conditions	薄明視の条件下でグレア源のスペクトルが不快グレアと不能グレアに与える影響	2013	Niedling, M., Kierdorf, D. and Volker, S.	Proceedings of CIE Centenary Conference “Towards a New Century of Light”, pp. 340–347	光源のパワースペクトル分布が薄明視の下での不快グレアと不能グレアに与える影響について述べている。本研究では異なるスペクトルの範囲の影響を調べるために、狭いバンド幅によるグレア知覚を調べた。その結果、短波長の光が不快グレアを増加させることがわかった。しかし、不能グレアに対するスペクトル分布の影響を明らかにすることは出来なかった。
83	glare/ flicker/ LED	Flicker and Visual Comfort Evaluations of LED Panel Display	LED表示画面のフリッカーと快適感の評価	2013	Hsieh, P.H., Lin, M.W., Chang, E.C. and Chen, Y.C.	Proceedings of CIE Centenary Conference “Towards a New Century of Light”, pp. 435–441	本研究の目的は、高輝度LED表示による不快グレアを調査し、その原因となっているフリッカー周波数、画面輝度、画面サイズおよび画面周辺の照度の4つの重要な要因を調整することにより不快グレアを低減するための条件を示すことである。実験の結果、快適感には画面輝度、フリッカー周波数ならびに画面サイズに影響を受けたが、画面周辺照度の影響は受けなかった。また、フリッカー周波数は8Hz～16Hz付近を避けること、画面輝度は500cd/m ² ～1000cd/m ² が良いことなどの結論を得た。
84	preference/ LED/ glare/ color temperature	User Preferences in Indoor LED Lighting	屋内LED照明におけるユーザー嗜好について	2013	Elhaddad, A. I. M., Tetri, E. and Halonen, L.	Proceedings of CIE Centenary Conference “Towards a New Century of Light”, pp.742–751	小オフィス空間を再現し、LED照明環境下におけるユーザー嗜好が実験評価された。試験室の天井に設置された2台の直管形LED照明器具の光束および色温度が様々な調整された際の、明るさ、光色、グレア、演色性に関する満足度調査が、19名の被試験者に対し実施された。その結果、明るさとそれに伴う満足感には屋内照度基準値を上回るところにあることがわかった。また机上面は電球色より高い色温度が好まれること、調光器を取り付ける際には標準基準照度レベルを中央値とし光量減と共に光量増にも対応できるようにすべきと述べている。
85	画像測光/ 輝度分布/ 評価	Evaluation of Illumination Using Digital Photography	デジタル写真を用いた照明評価	2013	Sumec, S., Skoda, J., Krbal, M. and Baxant, P.	Proceedings of CIE Centenary Conference “Towards a New Century of Light”, pp. 1208–1215	本研究では、開発したデジタル写真を用いた照明評価用システム(LDA: Luminance Distribution Analyzer)を紹介した。このシステムは専用ソフトウェア、キャリブレーション用カメラ、そしてカードリーダーなどのアクセサリからなる。カメラレンズには特別な校正用V(λ)フィルターが直接組込まれており、カメラのセンサー感度を人間の目の特性に合わせている。ソフトウェア(LumiDISP)の性能を説明した後、実際のアプリケーションとして、グレア解析(CIE, 1995)、街路照明ならびにLED画面の測光の事例を紹介した。
86	等価光幕輝度/画像測光 測光	Glare Evaluation System Using Imaging Photometry	画像測光測光によるグレア評価システムについて	2013	Yamada, T. and Kouko, S.	Proceedings of CIE Centenary Conference “Towards a New Century of Light”, pp. 627–633	一般的にグレアは、眼球内散乱の程度を表す等価光幕輝度を測定することで求めることができる。この等価光幕輝度の測定には、グレアレンズといわれる特殊なレンズを輝度計に装着する必要がある。しかしながら、グレアレンズは現在入手することが困難である。本論文では、等価光幕輝度のデジタル画像測光測光ソフトを開発し、基礎実験により測定精度の確認をしている。また、実フィールドにて検証実験を行い、画像測光の解像度が測定結果に及ぼす影響についても考察している。
87	薄明視/S/P比/色温度/ 防犯灯/LED	Field Experiments of Street Lighting Using High S/P Ratio LEDs	実フィールドにおけるS/P比を高めたLED防犯灯の視環境評価実験	2013	Saito, T. and Akashi, Y.	Proceedings of CIE Centenary Conference “Towards a New Century of Light”, pp.966–970	薄明視環境下において、S/P比を高めたLED防犯灯の視環境を評価するためのフィールド実験を行った。実験には蛍光ランプ4200 K、LED5000 K、LED8000 Kを光源とした防犯灯を使用し、S/P比はそれぞれ1.47、1.65、2.07であった。主観評価実験から、S/P比の高いLED8000 Kが他の光源に比べて、空間が明るく見えるなど良好な結果を示し、このことから防犯灯を使用するような夜間の屋外環境では高S/P比の光源が有効であることを明確にした。
88	不快グレア/UGR/輝度 分布/周辺視/屋内 /LED/輝度均斉度	DEVELOPMENT OF EVALUATION FOR DISCOMFORT GLARE IN LED LIGHTING OF INDOOR WORK PLACE: THE EFFECT OF THE LUMINANCE DISTRIBUTION OF LUMINOUS PARTS ON SUBJECTIVE EVALUATION	屋内LED照明の不快グレア評価技術の開発:器具発光面の輝度均斉度が主観評価に与える影響	2013	Higashi, H., Koga, S., Kotani, T.	Proceedings of CIE Centenary Conference “Towards a New Century of Light”, pp. 648–656	器具発光面の輝度分布が照明環境の不快グレアの程度(以下、主観評価)に影響に与える影響を調べるため、被験者実験を行った。その結果、平均輝度が同じでも、輝度分布が異なると、周辺視と直視共に主観評価が異なることが示された。また、屋内照明環境の不快グレアの指標であるUGRの式に、器具発光面の輝度分布の情報を加え、修正した式を用いると、主観評価をUGRよりも小さいばらつきで評価できることも示された。
89	防犯灯/グレア/周辺視/ 中心視/輝度分布/LED	The Discomfort Glare Improvement Methodology of LED Street Lights	LED防犯灯の不快グレア評価法改善	2013	Mori, T	Proceedings of the 6th Lighting Conference of China, Japan and Korea, pp. 137–140	フィールド実験にてLED 防犯灯の不快グレアを9段階スケールにて評価した結果、以下の知見が得られた。周辺視では、LED モジュールがグローブ越しに見えるLED 防犯灯は発光面の輝度分布が比較的均一に発光する防犯灯よりも約1.5段階グレアを感じ、中心視では、約1.6～2.5 段階グレアを感じる。また、周辺視・中心視ともに、LED 防犯灯のグレア評価は、照明器具発光部分の最大輝度、最大輝度の1/10 以上(または1/100 以上)の部分の平均輝度と相関が高い。
90	色温度/ LED/ 屋外/ 低 色温度/HID	Evaluation to Low Color Temperature LED Plaza Illuminator	低色温度LED広場照明器具に対する評価	2013	Kitamura, S., Itsuki, H. et al.	Proceedings of the 6th Lighting Conference of China, Japan and Korea, pp. 264–265	屋外照明には、従来のHIDランプのような高色温度のLEDが多く用いられている。しかし、低色温度LEDは依然景観照明としては好まれている。本論文では、低色温度LEDを用いた駅前広場照明の見え方のアンケート調査を行った。調査の結果、「光源の色が好き」と「色が自然に見える」の評価値が高い結果であり、広場における低色温度LEDによる照明設計を提言している。

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
91	色温度/周辺視/屋内/LED/蛍光灯/輝度均斉度	DEVELOPMENT OF EVALUATION FOR DISCOMFORT GLARE IN LED LIGHTING OF INDOOR WORK PLACE: THE EFFECTS OF SPECTRAL DISTRIBUTION OF LIGHT SOURCES ON DISCOMFORT GLARE	屋内LED照明の不快グレア評価技術の開発:光源の分光分布が不快グレアに与える影響	2013	Higashi, H., Koga, S., Kotani, T.	Proceedings of the 6th Lighting Conference of China, Japan and Korea, pp. 93-94	光源の分光分布が不快グレアに与える影響を調べるため、一般的な照度レベル(300lx～1500lx)にて主観評価実験(周辺視)を行った。その結果、相関色温度3000K、5000K、6500Kの間に不快グレアの差異は見られなかった。また、5000Kの白色LED(青色LED+黄色蛍光体)と5000Kの3波長形蛍光灯の間に差異は見られなかった。この結果から、一般的な照度レベルにおいては、相関色温度や光源の違いは不快グレアに影響を与えないと考えられる。
92	周辺視/背景輝度/明るさ感		周辺視における背景輝度と明るさ感との関係	2014	小池 翼、綿貫 将、入倉 隆、高橋 宏	照明学会全国大会	幅広い背景輝度(1～100cd/m ²)の時の周辺視における空間の明るさ感を検討した。実験方法は、被験者に均一輝度半球面を用いて提示された背景輝度と周辺視野の基準光の輝度を同等の明るさに調整させた。結果は、鉛直下方向では、視線から遠ざかるにしたがって明るさ感度の増加が顕著で、多方向に比べ明るさ感度が高い傾向が見られた。また輝度比において背景輝度の違いによる明るさ感度の変化が見られなかった。さらに背景輝度が小さくなるにつれて周辺視の明るさ感度が上昇した。
93	明滅光/不快グレア/光色/周辺視/中心視/LED		明滅光の光色と呈示角度が不快グレアに及ぼす影響	2014	酒寄 純平、入倉 隆	照明学会全国大会	明滅光は誘目効果が高く、定常光より不快グレアを生じさせる研究結果から白色光を用いたものがほとんどであるため、有彩色光と提示角度関係に明らかにした。光源にLED(白色、赤色、青色)、提示角度(0°～30°)でグレア評価を9段階で実施した。結果は、赤色光において中心窩より周辺部の方がグレアを感じにくく、青色光において中心窩より周辺部の方がグレアを感じやすく、白色光は、あまり変化しないことが分かった。
94	不快グレア/UGR/輝度分布/周辺視/屋内/LED/HID/ハロゲンランプ		不快グレアとガラスの防眩性との関係	2014	小池 翼、綿貫 将、入倉 隆、高橋 宏	照明学会全国大会	フロントガラスによる不快グレアの抑制効果を明らかにするため、8色+無色のガラス(10種類)で不快グレアと防眩性の関係を実験した。実験はHID、ハロゲン、LEDの3種類の光源を4種類の透過率ガラスを通してグレア評価(de Boerの9段階グレア評価尺度)を行った。その結果、赤色系のガラスに対して不快グレアを感じにくいことから光源の短波長を吸収するガラスを用いることが有効であると考えられる。
95	減能グレア/実態調査		日常生活における視認性低下の実態～高輝度光源が標識物の見え方に及ぼす影響～	2014	上野 貴子、井上 容子、岩田 朋子、池上 陽子	照明学会全国大会	光源の映り込みや眼球内散乱光による視認性低下のない、安全で快適な視環境の計画法の提案を目的とし、日常生活における減能グレアの実態を把握する。実空間の視認性を評価し、グレアによりどの程度視認性が低下しているのかを明らかにする。各事例の評価者は若齢者9～13名である。評価対象は屋外で光源が視線に近い場合13事例と屋内で光源が視対象に映り込む場合4事例である。いずれの事例もグレア源の排除により視対象の見やすさが大きく向上する。評価視野に十分に順応すると、概ね見やすさは向上するが、グレアの排除による向上の方が格段に大きいことを示している。
96	不快グレア/赤色/LED/評価		赤色LED灯体による不快グレア評価	2014	船山 利幸、田代 知範、川野辺 祥子、木村 能子、江湖 俊介、石川 智治、阿山 みよし	照明学会全国大会	先行研究において、照明器具発光部の輝度分布が均一なもの不均一なものを統一的に説明することができる有効グレア輝度を提案した。この有効グレア輝度は、白色LEDを用いた実験から導出している。ここでは赤色LEDを用いて主観評価実験を行い、有効グレア輝度や眼前照度とグレア評価との関係を考察している。
97	減能グレア/輝度分布/画像測光		輝度画像測光を用いた減能グレア評価方法に関する研究～フィールド実験による検証～	2014	山田 哲司、江湖 俊介	照明学会全国大会	強い光が目に入射すると光幕が発生し、コントラスト下がり視認能力が低くなる。ここでは、写真測光により得た輝度分布データに等価光幕輝度の影響を加味することで、被写体の視認性を可視化する方法を提案している。
98	不快グレア/LED/輝度分布/UGR/輝度均斉度		屋内LED照明の不快グレア評価技術の開発～広い照明環境における検証実験～	2014	東 洋邦、古賀 翔太、小谷 朋子	照明学会全国大会	屋内LED照明の不快グレアはUGR(Unified Glare Rating)を用いて評価する場合、適切に予測できない場合がある。その問題を解決するため、UGRを算出する4つのパラメーターに照明器具の発光面の輝度均斉度を加えたことを特徴とする新評価方法(nUGR法)を開発してきた。しかし、nUGR法は比較的狭い環境で実施した主観評価結果を元に導いたものであるため、実環境に近い広い環境に適用できるかどうかは不明であった。そこで、nUGR法の広い環境への適用性を確認する実験を被験者100名に対して行った。その結果、nUGR法の有効性が示された。
99	不快グレア/LED/輝度分布/G分類/輝度均斉度		屋内LED照明の不快グレア評価技術の開発～新グレア分類の再検討～	2014	古賀 翔太、東 洋邦、小谷 朋子	照明学会全国大会	これまでに筆者らの開発したLED照明器具の特徴にも対応した新グレア分類は、背景輝度や設置台数などの環境因子が入った状態で導いたものであった。そこで再検討を行うため、環境因子を排除し、照明器具1台の暗室にて被験者実験を行った。本報告ではその実験結果の一部を紹介している。

グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
100	減能グレア/年齢/視環境計画/アンケート/実態調査		視認性低下に関する実態調査 ―若齢者と高齢者の比較―	2014	上野 貴子、井上 容子、岩田 朋子、池上 陽子	日本建築学会大会学術講演梗概集	減能グレアのない安全で快適な視環境計画法に関する研究の一環であり、高齢者と若齢者の視認性低下実態に関するアンケート調査である。調査項目は、視認性低下による危険感や怪我の経験や視認性低下の原因・視対象などである。回答者は若齢者478名、高齢者171名である。若齢者97%、高齢者91%と、ほぼ全員が視認性の低下を経験している。経験率には視力や外出頻度による差は認められない。昼間は太陽がグレア源となることも多いが、人工照明は昼夜を問わずグレア源となっており、減能グレア対策が未だ不十分であり、照明計画の改善が必要であることを示している。
101	不快グレア/色温度/LED照明/街路照明		屋外LED 照明の色温度が歩行者評価に及ぼす影響 その1 不快グレアへの影響について	2014	江湖俊介、阿山みよし、岩田 三千子、豊田敏裕、井上容子、片岡加奈恵	日本建築学会大会学術講演梗概集	色温度の異なる7種類の防犯灯(2800K、3100K、3800K、5100K、6300K、8200K、12000K)を用いて、色温度がグレア評価におよぼす影響を確認するため主観評価実験を実施している。実験は光源を直視する中心視と視線を水平にした周辺視で行い、いずれの視線でも顕著な色温度の影響を確認できなかったことを報告している。
102	glare/ display/ visual display terminal/ VDT/VDT task/ glare-sensitive	Tolerance of discomfort glare from a large area source for work on a visual display	ディスプレイ作業時の大面積光源によるグレアに対する許容	2014	RG Rodriguez and A Pattini	Lighting Research and Technology, Vol.46, pp.157-170	グレアに敏感な人と敏感でない人の2グループを対象に、グレア源輝度(模擬窓面と作業面の輝度対比)、光源の大きさ、作業面とグレア源間の目線の動きを実験条件として、カテゴリ―選択によるグレア評価を行っている。被験者はディスプレイに表示された文章を音読し、文末の単語記憶、スペルミスチェックをタスクとして行った後、グレア評価を行った。結果、グレアに敏感な被験者は、目線を作業面からグレア源に瞬時に動かした場合にグレア感が高く、グレア源輝度、グレア源の大きさ以外に目線の動きがグレア評価に有意に影響することが示された
103	lighting control/ lighting energy consumption/ daylight/ glare/ blind/ glare	Joint blind and light control for lighting energy reduction while satisfying light level and anti-glare requirements	照明レベルとグレア抑制への要望を満たしつつエネルギーを削減するブラインドと照明の連動制御	2014	I Din and H Kim	Lighting Research and Technology, Vol.46, pp.281-292	光の強度と器具のビーム角の2つをパラメータとして、ブラインドスラットに直射日光が完全に当たらないよう制御し、グレアを抑制しつつ、室内の要求照度を満たすよう人工照明を制御する方法を提案している。簡単なモデルを用いて窓面方位ごとにシミュレートした結果、提案の方法では器具のビーム角を固定した場合と比べ平均約30%、ビーム角とブラインドスラット角を固定した場合と比べ平均約35%省エネルギーになることを示している。
104	glare/ headache/ migraine/ driver/ vehicle lights/ LED	Symptoms of visual discomfort from automobile lights and their correlation with headache in night-time taxi drivers	夜間タクシードライバーの頭痛と自動車灯体起因する不快な視覚症状の関係	2014	J Salvaia, S Elias, and AJ Shepherd	Lighting Research and Technology, Vol.46, pp.354-363	ロンドンで夜間運転をしているタクシードライバー68名(男性67名、女性1名)に対して、自動車用LED灯体による視界のちらつき感、かすみ、二重の見え、不鮮明さ、不快感、減能、痛み、偏頭痛などに関するアンケートを実施している。評価対象がLED灯体かどうか判断する助けとして、回答者には事前にLED灯体について説明をしている。結果、赤色光と白色光、それぞれの色光に対して視覚症状を訴える2つのグループに分けられ、赤色光のグループが、よりグレアを感じていることが示されている。また、偏頭痛を持つドライバーは、よりグレアを感じていることを確認している。因子分析からも、偏頭痛の要因が運転によるストレス等よりも視覚症状からくることを示唆している。
105	LED/ discomfort glare/ effective glare luminance	Discomfort glare for white LED light sources with different spatial arrangements	空間配列が異なる白色LED光源に対する不快グレア	2014	T Tashiro, S Kawanobe, T Kimura-Minoda, S Kohko, T Ishikawa and M Ayama,	Lighting Research and Technology April 24, 2014	輝度分布に関わらず、不快グレアが説明できる評価式の提案を行っている。実験刺激には白色LEDを用い、視野角8.5度においてLEDの配列密度、配列サイズ、拡散度を変化させ不快グレア主観評価を行っている。実験は暗室で実施しており、背景輝度も変化させている。被験者はこれらの不快グレア評価値は眼前照度や平均輝度に代わって説明できる。輝度分布に重み付けをした有効グレア輝度という指標を導入。さらに、有効グレア輝度を用いたグレア評価式を提案している。
106	不快グレア/不均一/輝度分布/窓面の輝度/星光	EVALUATING DISCOMFORT GLARE FROM WINDOWS WITH NON-UNIFORM LIGHT DISTRIBUTION	不均一な光の分布を伴う窓からの不快グレアの評価	2014	Chung, T.M., Ng, R.T.H., Yao, C.	Proceedings of CIE 2014"Lighting Quality & Energy Efficiency" pp.314-323	この研究では、グレア評価指数としてのDGI, 新しい評価指数DGIN, 不快評価DGRで不均一な光の伴う窓からの不快グレアを評価する7つの実験を2か所のオフィスで実施している。HDR画像測光を用いて計算を行い、その加法性、除算性などを検討、主観評価95対象結果との関係性を比較したが、有効な加算性は認められず、主幹評価も過大評価していた。
107	不快グレア/ LED/ 眼球運動	A PILOT STUDY OF THE PHYSIOLOGICAL MECHANISM OF THE GLARE CAUSED BY LED BASED ON THE FLUCTUATION OF THE ELECTRO-OCULOGRAM	電気眼球運動図の変動に基いたLEDによるグレアの生理的メカニズムの予備研究	2014	Lin Y, Liu Y, Sun Y, Qiu J	Proceedings of CIE 2014"Lighting Quality & Energy Efficiency" pp.281-286	本論文はLED照明下のグレア調査の予備研究として10名の観測者でデボアスケール10により一連の照明状況下で評価したものである。グレア評価は電気眼球運動図(EOG)を用い0.001秒ごとの眼球位置を記録した。0.5秒間のグレアを見た後の眼球運動の平均速度はグレアに相関があることが判明した。観測者がグレアをより感じれば感じるほど、眼球の動きは速くなる。結論として眼球運動の平均速度とEOG変動によって特徴づけられるグレアの生理的メカニズムが存在する可能性が判明したことである。
108	Simultaneous measurements/ Temporal and spatial variations/ Glare/ Flicker	SIMULTANEOUS MEASUREMENTS OF GLARE AND FLICKER PROPERTIES OF ENVIRONMENTAL LIGHTINGS	環境照明のグレアとフリッカー特性の同時計測	2014	Pong, B.J., Hsu, S.W., Chung, T.Y., Wu K.N.,	Proceedings of CIE 2014"Lighting Quality & Energy Efficiency" pp.384-392	LEDによるビルボードやアSEMBル照明は眩しさとコントラストをもたらし、グレアやフリッカーといった不快なビジュアル体験を生じることがある。以前の研究では単純なパターンでのビルボードでそれぞれ個別に時間的かつ空間的な測定を行ったが、実際の照明環境はより複雑になってきており、同時測定が必要である。ここではフリッカーとグレア特性計測の新しい解析手法を提案し、さまざまな照明分布や表現のアSEMBルLED照明と照明LEDビルボードに対する新手法の課題を研究したものである。

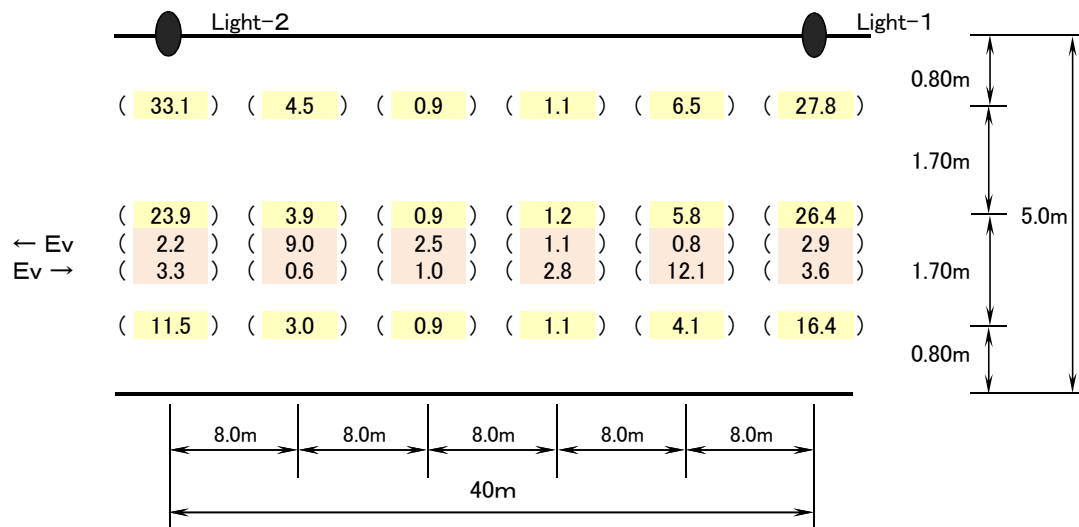
グレアに関する文献リスト

	キーワード	フルタイトル	フルタイトル(和訳)	When	Who	出典	要旨
109	Discomfort Glare/ Green Buildings/ Lumiance Mapping	A MODIFIED DISCOMFORT GLARE INDEX FOR GREEN BUILDINGS	グリーンビルのための改正不快グレア指標	2014	Hirning, M.B., Isoardi, G.L., Cowling, I.	Proceedings of CIE 2014 "Lighting Quality & Energy Efficiency" pp.726-336	本研究はプリズペーンの5つのグリーンビルで働く者から照明状況について493人からアンケートを取って不快グレアを調査したものである。勤務者の照明環境を把握するために輝度マップを用いて、アンケートは不快グレアに關係しそうな要素を評価する質問表で行った。本研究ではUGRに基き不快を受けた者の確率を計算する新しい指標UGP(Unified Glare Probability)を使用した。UGPはオーストラリアの労働者の人口統計を反映するものであり、この新指標は間仕切りのないグリーンビルに適用できる。
110	Discomfort Glare/ UGR/ LED/ Comparison Method	EVALUATION METHOD RESEARCH ON DISCOMFORT GLARE OF LED PRODUCTS	LED製品の不快グレアの評価手法研究	2014	Wu, Y., Hua, S.M., Zhang, W., Liu Q., Zhang, D.B., Xin, H.Z.	Proceedings of CIE 2014 "Lighting Quality & Energy Efficiency" pp.736-742	UGRで求めたグレア値では、人があるLED照明に対してこの値よりさらに不快を感じると思われることから、本研究では観測者による実験を行い、この観測者評価とUGRを比較し、観測者値がやはりUGR値より小さいことが判明した。そして輝度均斉度Uを新しいパラメータとするUGRの修正公式を導いた。
111	Outdoor Lighting/ Discomfort Glare/ LED	GLARE OF LED LIGHTING IN OUTDOOR ENVIRONMENT	屋外環境におけるLED照明のグレア	2014	Kohko, S., Ayama, M., Mori, T., Iwata, M., Itsuki, H., Kyoto, N., Inoue, Y., Mochizuki, E., Toyota, T., Hattori, H., Kimura, T., Kodaira, Y.	Proceedings of CIE 2014 "Lighting Quality & Energy Efficiency" pp.924-929	LED照明は不快グレアが大きいのが短所だと言われている。また、LED照明のグレアを従来の手法で評価しても適正な結果が得られないという課題がある。歩行者空間を想定した屋外で、LED器具を用いて主観評価実験を行い、グレア評価が発光部の輝度分布に影響を受けることや、評価刺激の最大輝度値や平均輝度値により、発光部の輝度分布に依存することなくグレア評価が説明できることを報告している。
112	Discomfort Glare/ UGR/ Luminance Map/ Luminance Camera/ Sub-divisibility	APPLICABILITY OF THE UNIFIED GLARE RATING AS ASSESSMENT OF DISCOMFORT GLARE SENSATION BASED ON LUMINANCE MAPS	輝度マップに基く不快グレア感覚の評価のための統一的なグレア評価レーティングの応用性	2014	Scheir, G.H., Hanselaer, P., Bracke, P., Deconinck, G., Ryckaert, W.R.	Proceedings of CIE 2014 "Lighting Quality & Energy Efficiency" pp.306-313	The Unified Glare Rating(UGR)は、屋内照明の不快グレアを評価する指標として使われている。UGRは均等拡散の光源を想定して開発されたため、光源の輝度に分布がある場合に適用できるかが疑問視されている。ここで、輝度画像測光上での光源はピクセルによって個々の光源、又はいくつかの方法によってあるグループとして捉えることができる。本報では、こういった光源の分割による差異を検討するため、UGRを全ての分割毎に計算し、均等拡散・非均等拡散の光源にUGRを適応させる妥当性について検討している。結論として、輝度画像測光から不快グレアを評価する場合、UGRは均等拡散面には有効であるが、均等拡散でない不快グレア源を評価する場合には疑問が残った。
113	Glare/ Luminance/ Digital camera/ HDR image	A GLARE DETECTION SYSTEM WITH A DIGITAL CAMERA FOR HUMAN CARE	ヒューマンケアのためのデジカメによるグレア検知システム	2014	Pei-Jung Wu, Jeng-Han Wu, Shiau-En Luo, Yi-Huai Xiao, Bao-Jen Pong, Shao-Wei Hsu,	Proceedings of CIE 2014 "Lighting Quality & Energy Efficiency" pp.380-383	デジタルカメラを用いて、異なるシャッタースピードで撮った写真は画像測光加工ソフトウェアを用いることによってHigh Dynamic Range(HDR) 画像測光に変換することができ、またHDR画像測光は専用のプログラムを使えば輝度画像測光に変換することができる。本報では、このデジタルカメラで撮る画像測光をベースとした輝度画像測光からGlare Rating(GR)画像測光に変換し、その妥当性を評価している。デジタルカメラのピクセル数では現実の輝度分布を完璧に表現できないこと、また周辺環境・撮影状況により評価が変化することを考慮できないという問題点を端を発するGR画像測光変換プログラムの不具合を検証するために、26名の被験者の協力を得てアンケート調査を行った。この研究によって、人々がLight Pollution(光害)に気付くことが容易になることが期待される。
114	視認性/拡散性/等価光幕輝度/LED/HID	Visibility Evaluation for Face of Person Standing under LED Street Lighting Environment	LED街路照明環境下における対向者の顔の視認性評価	2014	Iwata, M., Ayama, M. et al.	Proceedings of CIE 2014 "Lighting Quality and Energy Efficiency", pp.538-545	LED街路照明が歩行者の視認性に与える影響について、従来の照明と比較検討した結果、HID水銀灯の評価が最も高く、次いで、蛍光灯、2000 lm LED、3000 lm LED、20° 拡散板装着2000 lm LEDの4種の評価が高い、1000 lm LEDと2000 lm LEDに拡散角80°の拡散板を装着した2種は最も評価が低い。さらに、透過光幕輝度と視認性評価との関係はそれほど顕著ではないとしている。
115	視認性/安心感/明るさ/グレア/LED	Street Lighting Appreciated by Pedestrians: A Field Study	歩行者による道路照明の評価: 現場実験	2014	Romné, A. and Bodart, M.	Proceedings of CIE 2014 "Lighting Quality and Energy Efficiency", pp. 862-872	歩行者にとっての道路照明環境の質を評価できる指標を明らかにすること、また、その指標に関してLEDで照明された道路と高圧ナトリウムランプで照明された道路を比較することを目的に調査を行っている。視認性・安心感・明るさ・均一さ・グレアのないことが歩行者にとっては重要であり、いずれの評価項目についてもLED照明の方が高圧ナトリウムランプよりも好評価であった。
116	Discomfort Glare/ Evaluation Method	A Preliminary Study on the Evaluation Method of Discomfort Glare by Trespass Light	侵害光による不快グレア評価手法に関する予備的検討	2014	Yun-Ju Sim, Tae-Kyoung Ko, In-Tae Kim, An-Seop Choi	CJK Lighting Conference OR-10	侵害光による不快グレア評価を目的として既存のグレア評価式をレビューして一覧している。対象としたグレア評価式はDGI, PGSV, DGP, UGR, UGRsmall, GGRである。
117	Disability Glare/ Visibility/ Luminance threshold	Study Regarding Disability Glare Assessment Method Using Luminance Distribution Images	輝度分布画像測光を用いた減能グレア評価手法に関する研究	2014	Yamada Tetsuji	CJK Lighting Conference PT-11	輝度分布画像測光から算出した等価光幕輝度との関係をシミュレーションにより明らかにし、実環境における主観評価実験によってその結果を確認し、輝度分布画像測光を用いて減能グレアによる視認性の低下を評価できることを確認した。
118	Discomfort Glare/ UGR	Analysis of Discomfort Glare for Indoor Luminous Environment in Ship	船内照明環境における不快グレアの分析	2014	Sanghee Cho, Piljae Maeng, Youngmoon Yu, Sungmin Hong	CJK Lighting Conference PT-35	船内の複数の配光の照明による不快グレアを分析した。
119	Disability Glare/ Visibility	Actual Conditions of Disability Glare in the Daily Life	日常生活における減能グレアの実態	2014	Ueno, Takako, Inoue, Youko, Iwata, Tomoko, Ikegami, Yoko	CJK Lighting Conference PT-56	日常生活における減能グレアに関するアンケートによる調査研究である。

付録 3 光学測定データ

Light-1 : HID防犯灯(HF100X) と Light-2 : 蛍光灯防犯灯(FHT57形)

水平面照度 / 鉛直面照度



$$\begin{aligned} \text{平均路面照度} &= \frac{\sum [88.7] + 2 \sum [72.3] + 4 \sum [11.8]}{40} \\ &= 7.0 \quad \text{lx} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均鉛直面照度} &= \frac{\sum < 18.5 >}{6} \\ &= 3.1 \quad \text{lx} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均鉛直面照度} &= \frac{\sum < 23.4 >}{6} \\ &= 3.9 \quad \text{lx} \end{aligned}$$

平均路面照度 (lx)	7.0
平均路面照度×保守率 (lx)	4.4
平均鉛直面照度 (lx)	3.1
平均鉛直面照度 (lx)	3.9

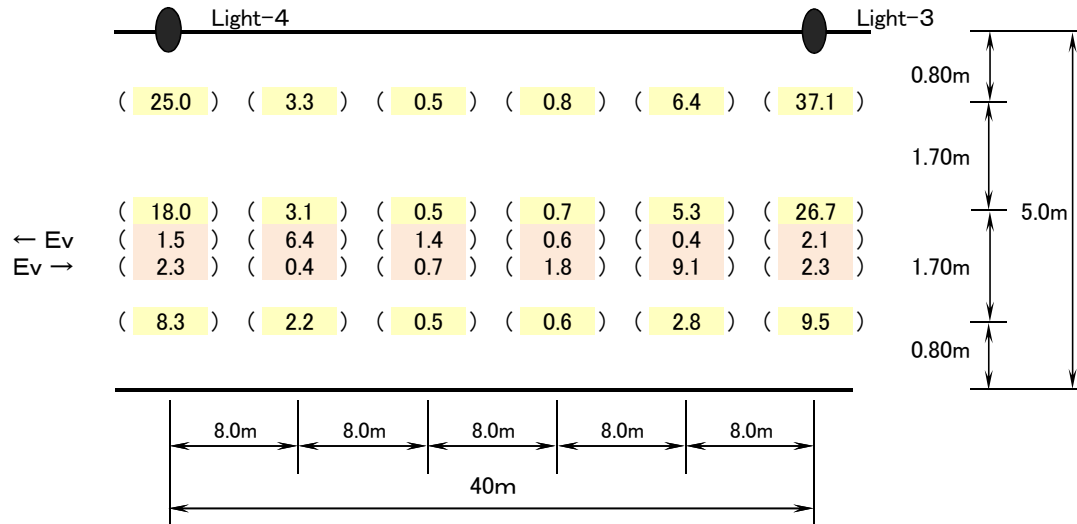
注 記

- 図中の数値は、測定照度値を示す。(単位:lx)
- 保守率は、次の通りとする。M= 0.63
- 鉛直面照度の測定高さは1.5m

測 定 日	2012年10月16日(火)
測定計器	
測 定 者	京藤、加藤、足立

Light-3 : LED防犯灯 2000lm + 20° 拡散板 と Light-4 : LED防犯灯 2000lm + 80° 拡散板

水平面照度 / 鉛直面照度



$$\text{平均路面照度} = \frac{\sum [79.8] + 2 \sum [61.7] + 4 \sum [9.7]}{40} = 6.0 \text{ lx}$$

$$\text{平均鉛直面照度} = \frac{\sum <12.3>}{6} = 2.0 \text{ lx}$$

$$\text{平均鉛直面照度} = \frac{\sum <16.7>}{6} = 2.8 \text{ lx}$$

平均路面照度 (lx)	6.0
平均路面照度×保守率 (lx)	3.8
平均鉛直面照度 (lx)	2.0
平均鉛直面照度 (lx)	2.8

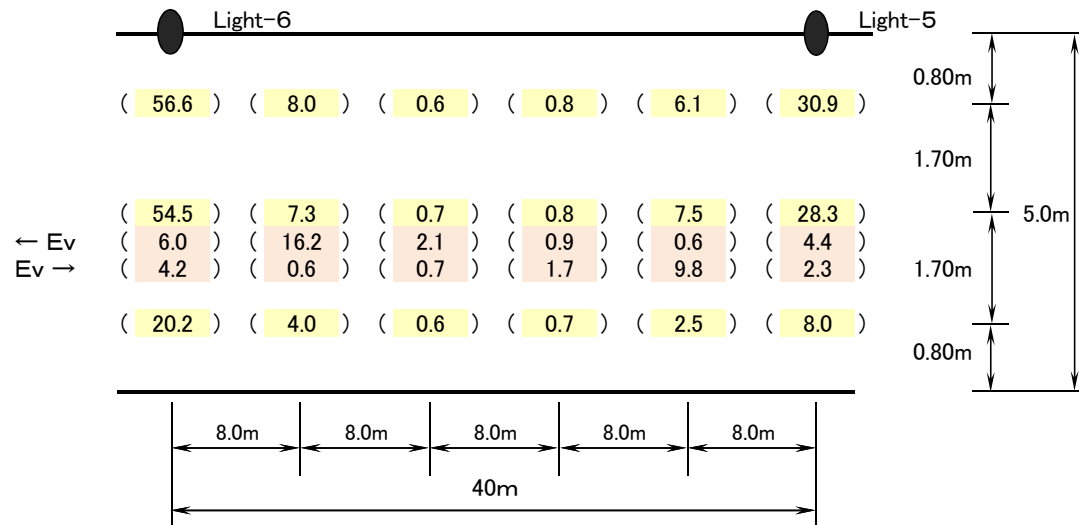
注 記

- 図中の数値は、測定照度値を示す。(単位:lx)
- 保守率は、次の通りとする。M= 0.63
- 鉛直面照度の測定高さは1.5m

測 定 日	2012年10月16日(火)
測定計器	
測 定 者	京藤、加藤、足立

Light-5 : LED防犯灯 2000lm と Light-6 : LED防犯灯 3000lm

水平面照度 / 鉛直面照度



$$\begin{aligned} \text{平均路面照度} &= \frac{\sum [115.7] + 2 \sum [106.1] + 4 \sum [16.3]}{40} \\ &= 9.8 \text{ lx} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均鉛直面照度} &= \frac{\sum <30.1>}{6} \\ &= 5.0 \text{ lx} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均鉛直面照度} &= \frac{\sum <19.2>}{6} \\ &= 3.2 \text{ lx} \end{aligned}$$

平均路面照度 (lx)	9.8
平均路面照度×保守率 (lx)	6.2
平均鉛直面照度 (lx)	5.0
平均鉛直面照度 (lx)	3.2

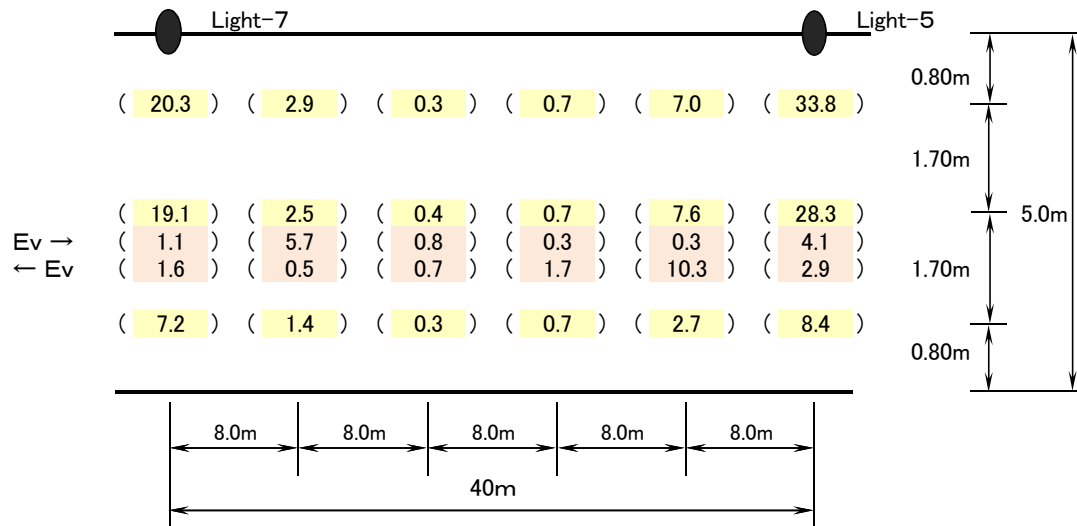
注 記

- 図中の数値は、測定照度値を示す。(単位:lx)
- 保守率は、次の通りとする。M= 0.63
- 鉛直面照度の測定高さは1.5m

測 定 日	2012年10月16日(火)
測定計器	
測 定 者	京藤、加藤、足立

Light-5 : LED防犯灯 2000lm と Light-7 : LED防犯灯 1000lm

水平面照度 / 鉛直面照度



$$\begin{aligned} \text{平均路面照度} &= \frac{\sum [69.8] + 2 \sum [63.4] + 4 \sum [11.2]}{40} \\ &= 6.0 \text{ lx} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均鉛直面照度} &= \frac{\sum <12.3>}{6} \\ &= 2.0 \text{ lx} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均鉛直面照度} &= \frac{\sum <17.7>}{6} \\ &= 3.0 \text{ lx} \end{aligned}$$

平均路面照度 (lx)	6.0
平均路面照度×保守率 (lx)	3.8
平均鉛直面照度 (lx)	2.0
平均鉛直面照度 (lx)	3.0

注 記

- 図中の数値は、測定照度値を示す。(単位:lx)
- 保守率は、次の通りとする。M= 0.63
- 鉛直面照度の測定高さは1.5m

測 定 日	2012年10月16日(火)
測定計器	
測 定 者	京藤、加藤、足立

被験者の視環境

照明器具	観測位置		目の順応状態					評価刺激(光源)の状態			
	記号	観測距離	L20	L40	Leq	Ev	En	Lmax	Lave10	Lave100	Lvl
Light-1 HID HF100X	A	34.3	2.74	0.72	0.070	0.77	0.78	27,600	9368	4064	0.057
	B	24.4	7.48	1.83	0.096	0.74	—	68,130	21679	8588	0.083
	C	17.0	0.29	4.40	0.108	1.70	1.75	101,630	26761	13297	0.095
	D	11.2	0.27	13.31	0.117	5.10	5.42	119,930	30191	17904	0.115
	E	6.4	0.19	0.26	0.210	15.17	16.73	168,520	54694	39885	0.195
	F	3.6	0.19	0.28	0.091	18.32	17.85	95,500	32550	14409	0.075
Light-2 蛍光灯 FHT57形	A	34.3	4.17	1.13	0.099	0.93	1.30	35,530	15521	4763	0.085
	B	24.4	8.71	2.16	0.103	0.88	—	43,850	18664	6541	0.091
	C	17.0	0.23	4.68	0.108	1.73	1.77	49,830	23725	8327	0.096
	D	11.2	0.22	11.43	0.109	4.07	4.29	51,150	23186	9113	0.097
	E	6.4	0.15	0.30	0.107	10.95	12.67	51,710	21683	9770	0.094
	F	3.6	0.15	0.30	0.090	17.22	25.85	50,240	19630	8361	0.070
Light-3 LED 2000lm 20° 拡散板	A	34.3	2.33	0.61	0.059	0.57	0.58	27,860	8649	2680	0.048
	B	24.4	5.13	1.27	0.066	0.50	—	36,350	12811	3918	0.056
	C	17.0	0.23	3.03	0.073	1.10	1.14	52,090	18391	5648	0.063
	D	11.2	0.21	9.04	0.085	3.05	3.15	102,410	29721	9915	0.074
	E	6.4	0.16	0.23	0.090	10.20	11.67	123,590	39108	13172	0.079
	F	3.6	0.15	0.25	0.071	16.33	23.07	65,990	25237	7875	0.053
Light-4 LED 2000lm 80° 拡散板	A	34.3	2.41	0.63	0.051	0.65	0.66	9,233	3801	1741	0.042
	B	24.4	3.77	1.24	0.051	0.40	—	11,740	4572	2277	0.044
	C	17.0	0.15	2.85	0.056	0.86	0.87	14,510	5563	2946	0.049
	D	11.2	0.14	0.18	0.064	2.20	2.34	22,480	7741	4173	0.056
	E	6.4	0.09	0.17	0.071	6.78	8.11	30,960	10955	5771	0.063
	F	3.6	0.09	0.17	0.075	11.51	18.50	30,060	11484	5589	0.061
Light-5 LED 2000lm	A	34.3	3.46	0.92	0.068	0.89	0.91	47,981	20366	4454	0.053
	B	24.4	0.32	1.65	0.065	0.57	—	68,176	26215	6868	0.052
	C	17.0	0.27	3.68	0.068	1.11	1.15	125,990	38947	12147	0.055
	D	11.2	0.22	0.32	0.067	3.13	3.23	204,730	54373	16545	0.054
	E	6.4	0.18	0.25	0.090	15.47	18.00	548,310	159057	47198	0.075
	F	3.6	0.16	0.26	0.060	14.81	22.26	182,600	49022	16686	0.042
Light-6 LED 3000lm	A	34.3	3.74	0.96	0.060	0.81	0.83	46,660	21225	5063	0.048
	B	24.4	0.28	2.05	0.070	0.62	—	105,810	36567	11356	0.058
	C	17.0	0.26	4.35	0.071	1.23	1.32	149,940	51029	14846	0.058
	D	11.2	0.20	0.32	0.072	2.97	3.16	192,330	59403	17500	0.058
	E	6.4	0.16	0.29	0.133	13.44	17.23	707,230	198303	64948	0.115
	F	3.6	0.18	0.32	0.119	19.71	27.10	264,750	94227	29906	0.096
Light-7 LED 1000lm	A	34.3	1.25	0.35	0.021	0.60	0.61	14,430	6308	1518	0.015
	B	24.4	0.12	0.71	0.025	0.25	—	32,900	11765	3467	0.019
	C	17.0	0.09	1.51	0.025	0.47	0.48	48,820	16259	4809	0.02
	D	11.2	0.07	0.12	0.026	1.05	1.13	91,900	26033	7539	0.021
	E	6.4	0.06	0.10	0.046	5.10	6.41	248,680	70994	23249	0.039
	F	3.6	0.06	0.11	0.045	7.24	10.50	110,910	36155	12334	0.039

注記) L20 :被験者視線方向の20° 視野の平均輝度
 L40 :被験者視線方向の40° 視野の平均輝度
 Leq :等価光幕輝度
 Ev :鉛直面照度
 En :評価刺激(光源)方向の照度
 Lmax :照明器具発光部分の最大輝度
 Lave10 :照明器具発光部分(最大輝度の1/10以上の部分)の平均輝度
 Lave100 :照明器具発光部分(最大輝度の1/100以上の部分)の平均輝度
 Lvl :グレア光による等価光幕輝度