

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 8 月 29 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04087

研究課題名(和文) LEDスポーツ照明グレアの実用的指針の提案とグレアメカニズム解明への展開

研究課題名(英文) Development of practical index for predicting glare degree from LED sports lighting toward elucidation of glare mechanism

研究代表者

岩田 利枝 (Iwata, Toshie)

東海大学・工学部・教授

研究者番号：80270627

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：スポーツ施設にも照明のLED化が加速しているが、視線の動きの激しい競技では照明のまぶしさ(グレア)が懸念される。LEDは微小面積の高輝度部分を持つため、輝度測定が難しくその精度検証を行った。11の体育館で実測・被験者実験を行い、LEDと従来光源で輝度(1%タイル値)およびグレア評価に差はないことを示した。光源を直視するグレアでは、従来の室内照明用グレア評価指標と同じパラメータで予測できることを示した。眼の焦点が視対象にありその後ろに光源がある場合には、視差角をパラメータの1つとできることを示した。さらに視線の動きに伴う順応輝度変化がグレア評価に与える影響について明らかにした。

研究成果の概要(英文)：LED lighting technology has been used in sports facilities. Some LED retrofit projects, however, have been the target of complaints due to glare being in the line of sight of the players. Since LED light has high luminance within a small area, the precision of luminance image systems were tested. The field measurement and subjective experiments in 11 gymnasiums show no difference in luminance (1% tile value) and in glare evaluation between LED and conventional lights. When the subjects look at luminaire directly, the glare degree can be predicted by the parameters used in the existing glare index. When the subject's focal point is on the viewing target and there is a glare source behind the viewing target, the parallax angle between the glare source and the focal point can be one of the parameters for glare prediction. Moreover, the change in adaptation luminance caused by the movement of the line of sight has shown to have an effect on glare evaluation.

研究分野：建築環境・設備

キーワード：スポーツ照明 グレア 輝度 LED 体育館 被験者実験 目の焦点 順応輝度

1. 研究開始当初の背景

照明のLED化が加速し、スポーツ照明も学校施設などの比較的中規模な競技場を中心にLED照明が普及しつつある。さらに近年、高出力LED照明の開発が進み、大規模競技施設においてもLED照明への置き換えが行われるようになった。LEDは視方向によって極端な高輝度となり、視線の動きの激しいスポーツ照明ではまぶしさ(グレア)が懸念される。実際にLED化したスポーツ施設ではグレアへのクレームも多いという。オリンピック・パラリンピックを控え、健全なスポーツ照明環境の確保が急務となり、照明学会では「LEDスポーツ照明の直視グレアに関する研究委員会」(H26年9月~H28年3月、委員長は研究代表者岩田)を立ち上げた。しかし、この委員会ではスポーツ照明の急激なLED化に追いつくため、LEDスポーツ照明の実用的指針の暫定的提案を優先課題とし、グレアメカニズムの解明や包括的評価方法の開発はその後の問題とした。

JIS「スポーツ照明基準」では「運動競技は動的及び空間的であり、あらゆる場面でグレアを完全に防止することは困難」とした上で、各競技施設に対してGR(グレア指標)の許容できる上限値を決めている。GRは、視線は概ね水平としているため、今LED照明で問題とされているグレアには対応できない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、従来照明(HIDランプ)とLED照明を用いた体育館における光環境とグレア評価の実態を把握し、グレアの程度に関わる物理量を抽出することにある。また、得られた結果を基に、スポーツ照明の特徴を考慮したグレアの予測方法を開発することを目指した。

3. 研究の方法

研究全体は、大きくは「(I)実態把握・スポーツ照明グレア簡易予測方法提案」と「(II)競技時グレアの特徴(視線にある視対象と光源の視距離の違い、視線移動に伴う順応輝度変化)の解明」の2つに分けられる。

(I)では以下の研究成果に示す(1)輝度分布測定方法の検証~(4)体育館の照明環境評価になる。特に(1)は研究計画時には予想していなかった部分で、国際的にも扱われてこなかった微小高輝度部の輝度測定の精度検証に関わっている。

(II)は(5)光源距離と注視距離の差異とグレア、(6)グレア評価の時差列分析に述べるように実験室実験により理論的分析を行った。

4. 研究成果

(1) LEDスポーツ照明の輝度分布測定システムの精度検証

LEDは発光部が小さく、特に高い位置に光源が設置されることが多いスポーツ照明では、微小な高輝度部分を正確に測定すること

が求められる。現在用いられている7種類の輝度分布測定システムの精度について検討し、本研究で用いるシステムの選択とその制度の把握を行った。

線指標の空間周波数(視角1度当たりにある線の数)とコントラスト(輝度対比)との関係は図1に示すようになり、解像度が低いと細かい輝度分布が正確に測定できない。本実測・実験では、光源の輝度分布測定には狭角(画角28°、解像度0.0048 deg/pixel)、視野内輝度分布測定には広角(画角76°、解像度0.0127 deg/pixel)を用いることとした。

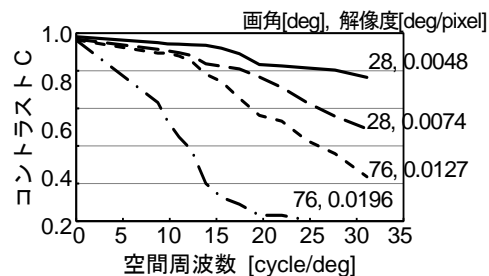


図1 空間周波数とコントラストの関係

(2)体育館の光環境実態把握

①方法

2015年から2016年にかけて、表1に示す11件の体育館(LED照明6件、HID照明5件)で光環境実測と被験者実験を実施した。

表1 実測・実験を行った体育館一覧

施設規模(m)	M	To1	T	K	S	O	Ha	Y	E	Ho	To2
天井高(m)	16.5	13.2	14.3	15.6	7.6	11.0	12.9	12.7	14.3	8.1	6.4
照度(lx) <sup>a</sup>	1495	1002	733	726	292	477	1196	1138	756	390	561
実験年月	2015/11	2016/11	2015/11	2015/11	2015/12	2015/12	2015/12	2016/12	2015/8	2016/8	2016/12
被験者数	24	19	11	15	20	16	10	16	11	13	18
競技区分 <sup>b</sup>	I		II		III		I		III		
光源	LED						HID				

a: 照度は床面平均値、b: 区分I: 観客のいる国際、国内、地域全体又は特定地域における最高水準の運動競技会。最高水準のトレーニング。区分II: 観客のいる地域全体又は特定地域における一般的な運動競技会。高水準のトレーニング。区分III: 観客のいない特定地域の運動競技会、学校体育又はレクリエーション活動。一般のトレーニング

②結果

仰角0°、45°、90°の視野別に図2に示すような輝度分布を取得し、解析を行った。区分Iの体育館ではLED、HIDとも仰角90度では視野内の上位1%タイルの輝度が10<sup>5</sup>cd/m<sup>2</sup>を超えるところが見られた。

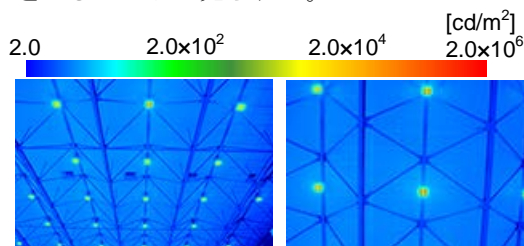


図2 体育館 To1 の45°、90°の輝度分布画像

光源の違いについては 1%タイル値を用いた検定の結果、いずれの区分でも LED と HID に輝度に差は見られなかった。競技区分の違いについては、LED 体育館では区分 I>II>III でそれぞれ有意(1%)に高く、HID 体育館では区分 I>III で有意(1%)に高くなった。

### (3) 競技中の光源直視回数測定

#### ① 方法

視対象が小さいため照明を直視する可能性が高い競技としてバドミントンを取り上げ、競技中に照明を直視する回数をアイマークレコーダー (NAC EMR-9) を用いて測定した。8 名の被験者について、ラリーが続いた 1 分間の天井面に視線を向ける頻度を求め、その中で照明を直視した回数を解析ソフト (d-Factory) を用いて算出した。

#### ② 結果

天井に視線を向ける頻度は 7.8 (±2.8) 回/分で、照明に視線が行く頻度は 6.5 (±4.1) 回/分となった。最大では 1 分間に 15 回、視線上に照明器具があることが示された。

### (4) 体育館の照明環境評価 (現場実験)

#### ① 実験方法

競技中に照明が視野に入り生じる問題としては、ターゲットの視認性の低下、グレアによる不快感の発生などが考えられる。バドミントンを対象として、図 3 に示すように、視対象となるシャトルの後ろに照明が入るように配置し、評価を行った。被験者の目線高さは床から 1,200 mm とし、見上げ角 (視線仰角) は 40°、60°、80° の 3 条件とした。

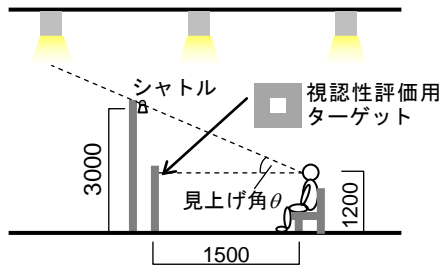


図 3 評価対象と被験者の位置

被験者を指定の位置に着席させ、視対象のシャトル (背景に照明) に視線を向けて 2 秒間注視させた後、視距離 1,500 mm に設置されたターゲット (1.5 m 先の高さ 3.0 m にあるシャトルを見上げたときシャトルの大きさを想定、背景は各体育館内壁面の平均反射率に設定) に視線を移してもらい、照明のグレア (気にならない～耐えきれないの 5 段階)、シャトルの視認性 (見えない～よく見えたの 5 段階)、ターゲットの視認性 (見えない～よく見えたの 5 段階) を評価させた。続いて、同じ手順で照明を 2 秒間直視した後に、グレアとターゲットの視認性を評価させた。最後にバドミントンをプレーする体育館の照明環境として許容できるか否かを評価させた。被験者の評価位置で視点を中心とした輝度

分布 (画角 28 度) を測定した。

各体育館の実験日、被験者数は表 1 中に併記した。平均年齢 19~22 歳、合計 162 名の被験者が実験に参加した。

#### ② 実験結果

グレア評価およびターゲットの視認性について、シャトル有と無の場合には有意な差はみられなかった。

体育館照明環境としての許容度の決定要因を明らかにするため、シャトル有の場合のグレア、シャトルの視認性、ターゲットの視認性、シャトル無の場合のグレア、ターゲットの視認性の 5 項目についての被験者評価中央値を説明変数として、判別分析を行った。表 2 に示すように、シャトル無のグレアが照明環境の許容度に最も影響していた。

各体育館のシャトル無の場合のグレア評価の結果を、図 4 に一例として視線仰角 40° と 80° の場合について示す。ノンパラメトリック検定の結果、仰角 (40°、60°、80°) による有意差が確認された。有意差検定の結果を図中に併記した。体育館 S を除き、どの体育館も仰角が大きいほど照明のグレアを感じやすい。光源種類 (LED、HID) によるグレア評価の有意差はなく、これは前節で述べた輝度の結果と一致した。一方、JIS 競技区分については前節の視野内輝度の 1%タイル値では区分 I>II>III であったが、グレア評価では有意差はなかった。

表 2 照明環境許容度への影響の大きさ (判別分析結果)

説明変数	判別係数	
	シャトル有	シャトル無
シャトル視認性	0.19	
グレア	-0.30**	-0.55**
ターゲット視認性	0.07	0.37**

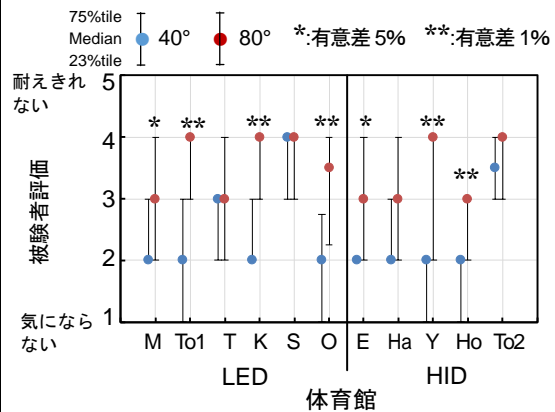


図 4 照明のグレア評価 (シャトル無)

シャトル無の場合のグレア評価について物理量による予測を行った。光源輝度、光源の立体角、背景輝度などを、光源と考える輝度範囲を複数段階 (1,000 cd/m<sup>2</sup> 以上、10,000 cd/m<sup>2</sup> 以上など) 設定して変数群を作成し、予測精度が高い変数を重回帰分析によって抽出した。輝度 10000d/m<sup>2</sup> 以上の部分を光源とした光源平均輝度  $L_s$ [cd/m<sup>2</sup>] とその立体角  $\omega$ [sr]、輝度 1000 d/m<sup>2</sup> 以下の部分を背景とした背景平均輝度  $L_b$ [cd/m<sup>2</sup>] (いずれも対数値)

がグレア評価値の予測に有効であった。得られた重回帰式を式(1)に示す。抽出された変数は、室内照明の不快感指標 UGR に用いられる変数に等しいが、一般室内より輝度範囲が大きく、光源以外がすべて背景とならないところが異なっている。また  $L_s$ 、 $\omega$ 、 $L_b$  の係数の比は、UGR 中のこれらの係数比 (2:1:-1) と近い結果となった。

$$G = 2.2 \log L_s + 0.98 \log \omega - 1.2 \log L_b - 3.3$$

G:グレア評価 (1:気にならない~5:耐えきれない)、 $L_s$ :10000 $\text{d}/\text{m}^2$ 以上を光源とした光源平均輝度 $[\text{cd}/\text{m}^2]$ 、 $\omega$ :光源立体角 $[\text{sr}]$ 、 $L_b$ :1000  $\text{d}/\text{m}^2$ 以下を背景とした背景平均輝度  $L_b[\text{cd}/\text{m}^2]$

### (5)光源距離と注視距離の差異とグレア

球技スポーツなどにおいては競技者の視線はボールやシャトルなどの視対象を絶えず追うことになり、視対象注視時の視線方向に照明がある場合のグレアが問題になる。競技者は照明を直視するのではなく、視対象を注視した時のグレアであり、注視距離 (視点と視対象間の距離) と光源距離 (視点と照明間の距離) によってその程度は異なると考えられる。前節に示した現場実験では、シャトルを注視した場合 (シャトル有) と光源を注視した場合 (シャトル無) のグレア評価の差は体育館条件の違いから得られなかった。そこで注視距離と光源距離の関係がグレア評価に与える影響について明らかにすることを目的とした実験室実験を行った。

#### ①方法

被験者に均一輝度背景を呈示し順応させた後に、特定の距離にある点を注視させ、その視線方向にグレア光源を呈示した。不快グレアを評定尺度法と一対比較法により評価させた。

調光可能光源で内表面輝度をほぼ均一とした視野ボックス (奥行 885mm) の観察用開口部の対面に 1 辺 150mm の光源呈示用の正方形開口部を設け、調光可能な均一輝度発光面をハーフミラーの反射像として光源呈示用開口部から観察されるように配置し、被験者の視点位置から見た開口部全面を視野ボックス内と同輝度に調整し、均一背景輝度 3 水準 6、20、60 $\text{cd}/\text{m}^2$ を設定した。被験者は発光部の直径 14.5mm の COB 型 LED のグレア光源を、ハーフミラーと光源呈示用開口部越しに観察し、視点からグレア光源までの距離 (光源距離) は 4m、6m、8m の 3 水準設定した。光源輝度は背景輝度の 4000 倍とした。注視点は、被験者からグレア光源を中心とした半径 1.15 度の円周上の中心を挟む 2 点に砲弾型 LED を配置し、被験者に 2 光点の中心を注視するように指示した。

注視距離は、光源距離が 8m の時は、8、6、4、3、2m とし、6m の時は 6、4、3、2m、4m の時は 4、3、2m とした。グレア光源の呈示時間は 0.1 秒とした。被験者は 10 名 (20-23 歳) で、評定尺度、及び、一対比較の評価実験条件それぞれにつき 1 回ずつ評価した。評

定尺度は、まぶしさ、不快さの各 4 段階の評価カテゴリを用い、一対比較法では、継続的に 1 組 2 つの実験条件を呈示した後に、いずれが「ややまぶしい」、「まぶしい」、あるいは、「どちらとも言えない」でまぶしさを評価させた。

#### ②結果

評定尺度の結果としては 50 パーセントタイル値で、ややまぶしい~まぶしいの評価、やや不快~不快の評価が得られているが、概ね一対比較による結果と同様の傾向が見られた。ここでは評価の差異の検出力の高い一対比較法の結果について述べる。図 5 に各光源距離における注視距離とまぶしさ評価 (以下一対比較の分析結果の主効果) との関係を示す。同じ光源距離でも注視距離が異なるとまぶしさは異なり、同じ注視距離でも光源距離が異なればまぶしさは異なる。光源距離と注視距離の差が小さいと、光源を直視する状態となり、まぶしく評価されている。まぶしさ評価には注視距離と光源距離の組合せが影響すると考えられる。

図 6 は図 5 の注視距離と光源距離の差異を視差角 $[\circ]$ (網膜上の光源と注視点の像のずれを表す角度)を用いて示したものである。視差角を用いることにより、注視距離と光源距離の差異がまぶしさ評価に及ぼす影響を光源距離によらず統一的に表すことができると考えられた。

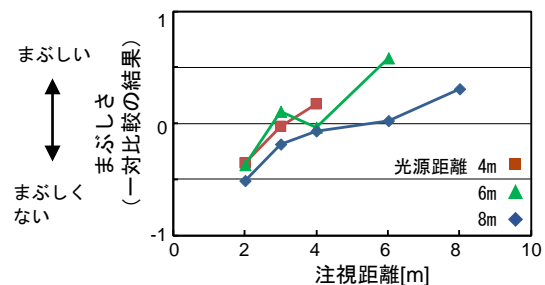


図 5 注視距離とまぶしさ

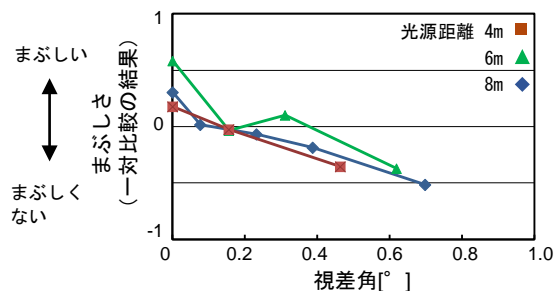


図 6 視差角とまぶしさ

### (6)グレア評価の時差列分析

スポーツ競技施設では競技者の視線の動きが大きい。ここでは競技者の感じるグレアを、競技者の視線移動の履歴との関係で評価する理論を構築することを目的に 2 種の実験を行った。

#### ①順応輝度一定時のグレア評価の変化実験

##### ・実験方法

実験条件を表4に示す。被験者は5分間暗順応後、スクリーンに提示された均一背景輝度を直視し、この背景輝度に十分順応する。輝度の異なるグレア光源がランダムな提示時間で示され、被験者は実験者が指定したタイミングでその不快グレアの程度を答える。

・実験結果

グレアの時系列評価を図7に示す。プロットしたデータは、6名の被験者の回答の中央値である。グレア光源輝度が高いほど、グレア光源サイズが大きいほど、背景輝度との対比が大きいほどグレア評価が高くなり、さらに、提示時間が長いほどグレア評価が高くなることからわかる。光源輝度、光源サイズ、背景との輝度対比の効果は、グレアに関する従来の多くの研究結果と同じであり、これらはおおよそ室内照明のグレア評価指標 UGR を利用することで表現できると考えられる。

表4 実験条件(順応輝度一定実験)

被験者	視覚機能に疾患のない20代男女6名
提示刺激用器具	LED ダウンライト
光源サイズ[deg]	0.1,1,10
提示輝度[cd/m <sup>2</sup> ]	15849, 25119, 39300
背景輝度[cd/m <sup>2</sup> ]	0.3, 30, 300
提示時間[sec]	0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16

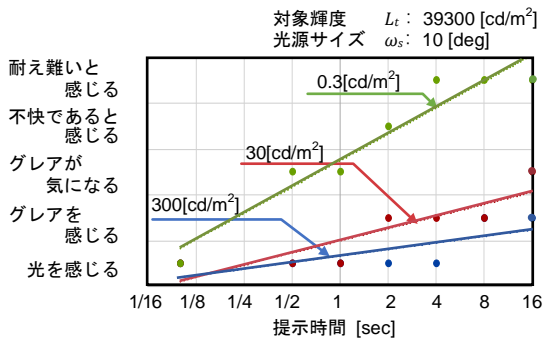


図7 順応輝度一定時のグレア源提示時間とグレア評価

②グレア評価の変化実験(順応輝度変化時)

・実験方法

実験では、背景輝度を変化させることによって被験者の眼の順応輝度を変化させた。実験条件を表5に示す。採用した背景輝度の変化パターンは、30→0.3cd/m<sup>2</sup>と30→300cd/m<sup>2</sup>の2種類で、変化後の背景輝度の提示時間を32、16、8秒と3種類に変化させた。

表5 実験条件(順応輝度変化実験)

被験者	視覚機能に疾患のない20代男女6名
提示刺激用器具	LED ダウンライト
光源サイズ[deg]	10
提示輝度[cd/m <sup>2</sup> ]	25119, 39300
提示時間[sec]	0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16
背景輝度[cd/m <sup>2</sup> ]	30→0.3, 30→300
背景輝度変化後時間[sec]	32, 16, 8

・実験結果

背景輝度を30cd/m<sup>2</sup>から0.3cd/m<sup>2</sup>に変化させたときの実験結果を図8に示す。背景輝度を変化させた後の経過時間毎に色分けし、そ

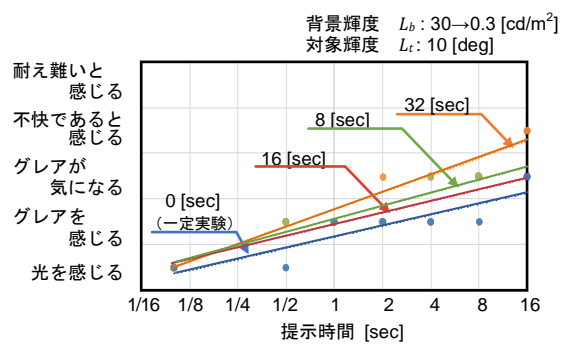


図8 背景輝度変化後経過時間ごとのグレア源提示時間とグレア評価

れぞれの回帰直線を示した。背景輝度が30cd/m<sup>2</sup>と一定であったときの実験の結果も、0秒として同様に示している。

この図を図7と比較しながら検討すると順応輝度の効果が読み取れる。図8に示された背景輝度を30cd/m<sup>2</sup>から0.3cd/m<sup>2</sup>に変化させ、それぞれ8、16、32秒後に評価を開始したグレア評価の時間推移を示す3直線は、図7の背景輝度0.3cd/m<sup>2</sup>の結果と、背景輝度30cd/m<sup>2</sup>の結果に挟まれていることが分かる。これは、これらの実験条件での被験者の順応輝度が、30cd/m<sup>2</sup>と0.3cd/m<sup>2</sup>の間にあるためと解釈できる。変化後時間が8秒と16秒では有意差はないが、32秒では、他の条件より増加勾配が大きい。

以上より、UGRで推定されるグレア評価の輝度条件(グレア源の輝度、光源の大きさ、背景輝度)が同じでも、グレア評価の時間推移は、グレア評価に至る輝度の時間履歴の影響を受け、その程度はグレア光源が提示された瞬間の順応輝度を用いて推定が可能である。

(7) 研究成果まとめ

本研究では微小高輝度部を10m以上の距離で測定する必要があり、現状ある輝度測定システムの精度検証を行った。国際的にも既往研究がなく、この成果は(一社)照明学会の『『視環境評価のための画像測光に関する学会指針』作成に向けた研究調査委員会』に引き継がれ、光源輝度測定方法の標準化などに展開している。実測・現場実験結果から簡易なスポーツ照明グレア予測法を提案し、設計指針を提供した。また、競技中のグレア評価については、注視点と光源の視差角、順応輝度変化といった従来にないパラメータを導入し、グレア研究に新しい方向を示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

- ① 篠原奈緒子：体育館照明のグレア評価 その1 光環境計測、照明学会誌102(4)、155-158, 2018(査読無)
- ② 望月悦子：体育館照明のグレア評価 その2 バドミントンを想定した主観評価、照明学会誌102(4)、159-162, 2018(査読無)
- ③ 中村芳樹、肥後周汰：不快グレア評価の

- 時系列分析、照明学会誌 102 (4) ,163-168, 2018 (査読無)
- ④ 原直也：グレア評価の現状と本委員会活動について、照明学会誌 102 (4) ,167-166, 2018 (査読無)
- ⑤ Taniguchi, T., Iwata, T., Shinohara, N. and Mochizuki, E., Study on glare during playing badminton in gymnasium using LED and HID floodlights, Proceedings of CIE Mid-term Meeting, 100-104, 2017, DOI 10.25039/x44.2017.OP14 (査読有)

[学会発表] (計 21 件)

- ① Hara, N., The influence of the distance between the light source and the gazing point on the discomfort glare in the central vision, The 16th International Symposium on the Science and Technology of Lighting, 2018. 6
- ② 原直也, 光源距離と注視距離の差異が中心視の不快グレアに及ぼす影響, 日本建築学会大会, 2018.9
- ③ 原直也, 中心視における光源距離と注視距離の差異が不快グレアに及ぼす影響, 照明学会全国大会, 2018.9
- ④ 篠原奈緒子, 岩田利枝, 谷口智子, 望月悦子, LED スポーツ照明の直視グレアに関する研究 その 4. 体育館の視野内光環境評価とグレア評価に関する考察, 照明学会全国大会, 2017.9
- ⑤ 肥後周汰, 中村芳樹, 不快グレアに及ぼす時間履歴の影響, 日本建築学会大会, 2017.9
- ⑥ 谷口智子, 篠原奈緒子, 岩田利枝, 望月悦子, スポーツ施設における照明のまぶしさ評価, 日本建築学会大会, 2017.9
- ⑦ 高田祐介, 肥後周汰, 中村芳樹, 提示時間と光源サイズによる不快グレア評価の変化, 照明学会全国大会, 2016.9
- ⑧ 二見賢, 篠原奈緒子, 岩田利枝, 谷口智子, 望月悦子, LED スポーツ照明の直視グレアに関する研究 その 1 高輝度測定システムの精度検証, 照明学会全国大会, 2016.9
- ⑨ 篠原奈緒子, 望月悦子, 岩田利枝, 谷口智子, 海宝幸一, LED スポーツ照明の直視グレアに関する研究 その 2. 体育館における光環境計測, 照明学会大会, 2016.9
- ⑩ 望月悦子, 岩田利枝他, LED スポーツ照明の直視グレアに関する研究 その 3. バドミントン競技時のグレアに関する被験者実験, 照明学会大会, 2016.9
- ⑪ 篠原奈緒子, 望月悦子, 岩田利枝他, LED スポーツ照明の光環境評価とグレア評価, 日本建築学会大会, 2016.8
- ⑫ Shinohara, N. Taniguchi, T., Mochizuki, E. and Iwata, T., Measurement of luminance distribution of LED floodlights, The 9th Lighting Conference of China, Japan, and Korea, 2016.8

- ⑬ Akiyama, Y., Iwata, T. et al., Study on threshold luminance between glare source and background, The 9th Lighting Conference of China, Japan, and Korea, 2016.8
- ⑭ Iwata, T. et al., Measurement of luminance distribution of sports lighting, CIE “Lighting Quality and Energy Efficiency Conference”, 2016.3
- ⑮ Mochizuki, E., Iwata, T., Subjective experiment on obtrusive glare in gymnasium, CIE “Lighting Quality and Energy Efficiency Conference”, 2016.3
- ⑯ Hara, N., Visual characteristics for evaluating the discomfort glare, CIE “Lighting Quality and Energy Efficiency Conference”, 2016.3
- ⑰ 増田大地, 谷口智子, 岩田利枝他, LED 投光器を用いたスポーツ施設の視環境評価、1. 高輝度光源測定システムの検証、第 38 回照明学会東京支部大会, 2015.11
- ⑱ 南澤勇輝, 谷口智子, 岩田利枝他, LED 投光器を用いたスポーツ施設の視環境評価、2. 体育館における光環境実測、第 38 回照明学会東京支部大会, 2015.11
- ⑲ 岩田利枝他, LED スポーツ照明の輝度分布測定, 照明学会全国大会, 2015.8
- ⑳ 原直也, 高輝度面の位置・大きさ・配列と不快グレア限界, 照明学会全国大会, 2015.8
- ㉑ Taniguchi, T., Iwata, T., Field measurement on luminance distribution of sports lighting, 8th Lighting Conference of CJK, 2015.8

[その他]

HP LED スポーツ照明グレアに関する研究  
<http://iwatalab.web.fc2.com/work-projects.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岩田 利枝 (IWATA, Toshie)  
 東海大学・工学部・教授  
 研究者番号：80270627

### (2) 研究分担者

中村 芳樹 (NAKAMURA, Yoshiki)  
 東京工業大学・環境・社会理工学院・教授  
 研究者番号：30189071

望月 悦子 (MOCHIZUKI, Etsuko)  
 千葉工業大学・創造工学部・教授  
 研究者番号：80458629

原 直也 (HARA, Naoya)  
 関西大学・環境都市工学部・教授  
 研究者番号：00330176

### (3) 研究協力者

篠原 奈緒子 (SHINOHARA, Naoko)