

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 27 日現在

機関番号：32407

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04812

研究課題名（和文）実用化に向けた昼光設計支援のための性能評価マトリックス指標の確立

研究課題名（英文）Establishment of matrix of indices evaluating performance to support daylighting design for practical application

研究代表者

伊藤 大輔 (Ito, Daisuke)

日本工業大学・建築学部・准教授

研究者番号：10567978

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：簡易なわかりやすい昼光装置の選択・設計支援のために昼光利用時の省エネルギー性能を示しこれまでに提案された視環境性能評価指標（不快グレア）を実用化することを目的とし実験や数値計算を行った。その結果、以下の知見を得た。1秒間隔の昼光データより直射日光を含めても大きな変動は少ない。昼光利用時、高性能ガラスでは人工照明の性能よりもエアコンの性能の方が消費エネルギーに対して影響が大きい傾向があった。輝度分布を用いた配光測定装置の精度検証を行った。さらに拡散面となる窓面や光ダクトの配光データを得た。鉛直面照度から不快グレアを評価する手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで昼光装置の選択・設計には専門的な知識や高度なシミュレーションを要する必要があった。その為、昼光を詳細に検討することは専門家以外では困難であった。本研究により短時間の変動や人工照明とエアコンの観点から昼光利用時の消費エネルギーについて検討することによって、設計時に昼光利用時に留意する点を示すことが出来た。さらに窓面の配光や鉛直面照度によるグレア評価によって昼光利用時の質を簡易的に予測することが出来るようになった。

研究成果の概要（英文）：Experiments and calculations were conducted to demonstrate the energy-saving performance of daylighting equipment and to put the previously proposed visual environment performance evaluation index (uncomfortable glare) into practical use in order to support simple selection and design of daylighting equipment. As a result, the following findings were obtained. (1) Daylight data at 1-second intervals shows little significant fluctuation, even when direct sunlight is included. (2) When using daylight, the performance of air conditioners tended to have a greater impact on energy consumption than the performance of artificial lighting in the case of high-performance glass. (3) The accuracy of the light distribution measurement device using luminance distribution was verified. In addition, luminance distribution data for window surfaces and light ducts, which are diffuse surfaces, were obtained. (4) A method for evaluating discomfort glare from vertical illuminance was proposed.

研究分野：建築環境工学

キーワード：建築光環境 昼光 省エネルギー 気象データ 不快グレア 簡易指標

### 1. 研究開始当初の背景

昼光利用は照明用エネルギーの削減方法の一つだが、直達日射(直射日光)の室内への入射は過度の熱取得による冷房負荷の増加や、過度な明るさや変動などの視的不快感の原因となり、遮蔽や制御が必要である。近年では空調負荷の削減や視環境の向上を目的として、様々な機能性窓ガラスやブラインド等の昼光利用装置の利用も進んでいる。直射日光の室内への入射は過度の熱取得による冷房負荷の増加や、不快グレアの原因となるため、一般に昼光装置は「直射日光を遮蔽しつつ利用する」という性能を有するものが多いが、近年では直射日光をコントロールして適度に取り入れる昼光利用装置も開発されている。従来の昼光照明の評価指標としては「昼光率」、窓の光学特性値としては「可視光透過率」がある。「昼光率」では直射日光を除外し、天空光のみを扱っているが、昼光照明では直射日光の遮蔽と間接光としての導入が重要であり、昼光装置の効果を評価できない。また、一般的に窓の光学特性値として「可視光透過率」が用いられることが多い。しかし、可視光透過率は室内に入射する光の量のみの評価であり、不快グレアや明るさ感といった光環境の質の評価には室内の照度・輝度分布の予測が不可欠である。設計時に室内照度分布・輝度分布を予測するには照明シミュレーションが有効である。人工照明については、国内外の照明メーカー各社が照明器具の配光データ(IES ファイル)を提供しており、フリーの照明計算ソフト(例えばDIALuxなど)が提供されている。それらシミュレーションソフトを用いて昼光照明の設計を行えば便利だが、現状では昼光利用装置をモデル化しなければならない。しかし、ブラインド等の遮蔽装置をモデル化するのは極めて煩雑な作業となる。特にファブリックブラインドなどに関しては、モデル化自体が不可能と言える。これらの理由により、昼光利用装置を設計・選択を目的とするような昼光照明のシミュレーションはほとんど行われていないのが現状である。

### 2. 研究の目的

簡易なわかりやすい昼光装置の選択・設計支援のために昼光利用時の省エネルギー性能を示しこれまでに提案された視環境性能評価指標を実用化することを目的とした。本研究の独自性は昼光の測定から各昼光利用装置の物性値の測定、省エネルギー性能、視環境性能評価指標(不快グレア)の見直しといった昼光測定から室内の光環境評価までを一貫して行うことである。このことにより本研究で得られた知見は昼光の変動に対応した昼光装置の選択・設計支援の一助となる。

### 3. 研究の方法

本研究は大きく分けて以下の4テーマについて行った。

- (1) 昼光の短時間変動の把握
- (2) 窓面の放射光束比が照明及び空調負荷に与える影響
- (3) 窓面の配光曲線測定方法の精度検証と窓面配光曲線の取得
- (4) 鉛直面照度を用いた対比-総量グレアの算出

個々の実験や解析方法については研究成果に示す。(1)により昼光の変動を把握し、(2)により現状における昼光利用の省エネルギーの可能性を示す。(3)により窓面の配光曲線データを取得し簡易的にシミュレーションを行うことが可能となる。さらに(4)でグレアを簡易的に評価できるようになる。

### 4. 研究成果

#### (1) 昼光の短時間変動の把握

近年では昼光制御技術の向上などから、天空光だけでなく直射日光も導入するといった採光方法も開発されている。直射日光を適切に利用するためには昼光の変動を把握する必要がある。しかし、短時間の昼光変動を検討している研究は少ない。そこで、本研究では昼光の短時間変動を把握することを目的とし、昼光照度を1秒間隔で測定したデータを用いて昼光の短時間変動を明らかにした。

使用するデータは埼玉県行田市の気象観測ステーション(図1)で測定された法線面直射日光照度( $E_d$ )、グローバル照度( $E_g$ )、天空光照度( $E_s$ )の1秒間隔のデータである。2019年9月1日から2020年8月31日の1年間の太陽高度5度以上のデータを使用した。年間の $E_g$ と $E_s$ の変化比の出現率を図2に示す。大きな変動を変化比10以上・0.1以下、中程度の変動を3以上10未満・0.1を超え0.3以下とした。 $E_g$ と $E_s$ 共に大きな変動と中程度の変動は非常に少なく、 $0.3 < E_2/E_1 < 3.0$ での変動が共に99%を超えている。



図1 気象観測ステーション

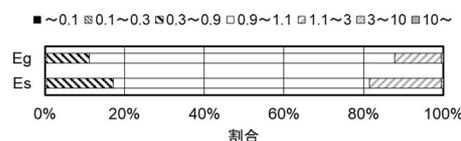


図2 年間の各変化比の出現割合

(2) 窓面の放射光束比が照明及び空調負荷に与える影響

昼光利用時の日射熱取得による冷房負荷増大を抑制する為に、地域や方位、用途毎に最適な開口部を設計選択する必要がある。その対策として、波長選択性が高い建築用窓ガラス製品が開発されている。光と熱を総合的に評価する指標の一つに放射光束比を提案する。本研究では、建築用窓ガラスを通過した日射の放射光束比(以下、開口部の放射光束比)を明らかにすることを目的とし、建築用窓ガラスの光学特性値の調査および開口部の放射光束比のシミュレーションを行った。

放射光束比 LPR は、全放射エネルギーに対する光束の割合とする。日射における放射光束比は日射量に対する照度の割合で求めることができる。開口部の放射光束比 LPR<sub>w</sub> は式 1 で求めることができる。熱取得は透過成分だけでなく、ガラスに吸収され室内に再放射される成分も加えている。定常かつ JIS 等で規定されている日射の分光分布を用いた場合、開口部の放射光束比 LPR<sub>w</sub> は簡易的に式 2 で求めることができる。開口部の放射光束比を算出するには可視光透過率や日射熱取得率が必要となる。そこで、市販されている建築用窓ガラスの光学特性値の調査を行った。ガラスのサンプルは、ガラスメーカー 2 社のカタログ値より引用し、計 7 種類 661 製品とした。図 1 にガラスの日射熱取得率と可視光透過率の関係を示す。可視光透過率と日射熱取得率を比較したところ、熱線反射板ガラスは日射熱取得率の方が高く、Low-E 複層ガラスは可視光透過率の方が高い製品が多い。

$$LPR_w = \frac{K_m \int_{0.38}^{0.78} V(\lambda) I(\lambda) \tau_v(\lambda) d\lambda}{\int_0 I(\lambda) \tau_i d\lambda + \frac{\alpha_i}{\alpha_i + \alpha_o} \int_0 I(\lambda) a(\lambda) d\lambda} \quad \text{式 1}$$

$$LPR_w = LPR_i \times \tau_v / \eta \quad [\text{lm/W}] \quad \text{式 2}$$

$K_m$ : 最大視感度 [lm/W] (=683),  $\lambda$ : 波長 [μm],  $V(\lambda)$ : 標準比視感度 [-],  $\phi(\lambda)$ : 分光放射束 [W/m<sup>2</sup>·μm],  $I(\lambda)$ : 分光日射量 [W/m<sup>2</sup>·μm],  $E$ : 照度 [lx],  $I$ : 日射量 [W/m<sup>2</sup>],  $\tau_v(\lambda)$ : 分光可視光透過率 [-],  $\tau_i(\lambda)$ : 分光日射透過率 [-],  $\alpha_i$ : 室内側表面熱伝達率 [W/m<sup>2</sup>·K],  $\alpha_o$ : 屋外側表面熱伝達率 [W/m<sup>2</sup>·K],  $a$ : 日射吸収率 [-],  $\tau_v$ : 可視光透過率 [-],  $\eta$ : 日射熱取得率 [-]

年間の気象データを用いて、開口部の放射光束比を求めた。使用したデータは行田市にて測定された 2018 年 9 月 1 日から 2019 年 8 月 31 日、8 時から 16 時の 1 分毎の全天日射量とグローバル照度である。図 4 に放射光束比の年間累積頻度を示す。開口部の放射光束比は、A(透明)は日射とほぼ同等の数値となり、B(熱線吸収)は 80lm/W での出現割合が多く、C(Low-E 複層)は 140~160lm/W での出現割合が多い。

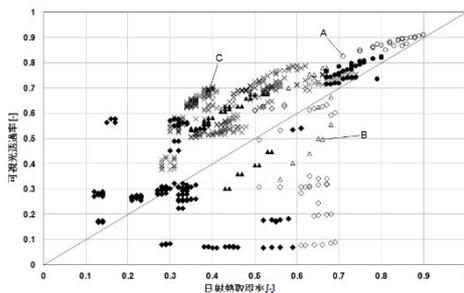


図 3 ガラスの日射熱取得率と可視光透過率の関係

種類	製品数	厚さ (mm)	凡例
透明	23	2-19	
熱線吸収	14	5-12	
熱線反射	48	6-19	
透明複層	50	12-36	
熱線吸収複層	30	18-28	
熱線反射複層	152	18-28	
Low-E 複層	344	18-41	x

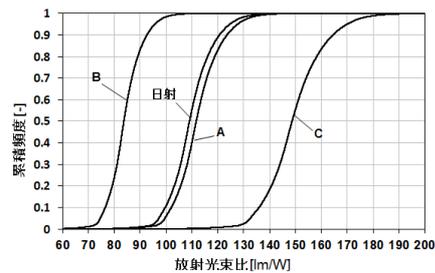


図 4 開口部の放射光束比の年間累積頻度

市販されている照明およびエアコン性能を把握するために各主要メーカーの 2020 年のカタログの調査を行った。照明については電球型 LED とシーリングライトを対象として、それぞれ 3 社について、発光効率(固有エネルギー消費効率)の調査を行った。エアコンは 6 社の冷房と暖房 COP について調査を行った。電球型 LED、シーリングライトともに 100 から 120lm/W の製品が最も多かった。発光効率は最も高い製品で 174.3lm/W であった。冷房 COP、暖房 COP は 1.5 から 10.6 の範囲であり、推奨量数が多い製品の COP が高い。

昼光利用時の消費エネルギーの数値計算を行った。使用するデータは拡張アメダス気象データの東京の標準年とした。小さいオフィスを想定し窓面の放射光束比は 80lm/W と 130lm/W の 2 条件とした。日射熱取得率は 0.3 とし可視光透過率は窓面の放射光束比より算出した。照明は机上面照度に応じて調光できるものとし、設定照度から昼光による机上面照度を差し引いた値を削減量とした。図 5 に計算結果を示す。ここでの消費電力は照明電力とエアコンの電力を合わせたものである。条件 1 では発光効率が高くなるほど、消費電力が低くなる傾向がみられるが、窓面の放射光束比が高い条件 2 では昼光照度が高くなるため、発光効率の影響はほとんどなかった。

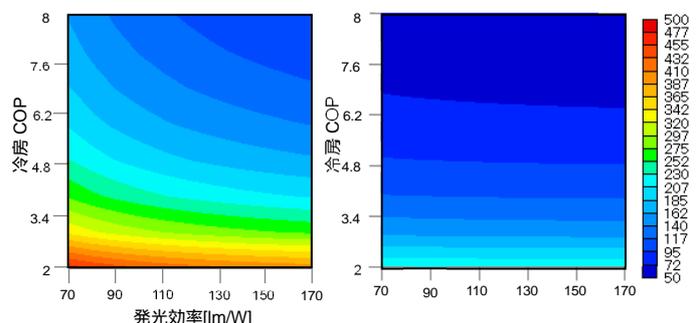


図 5 開口部の放射光束比の年間累積頻度

### (3) 窓面の配光曲線測定方法の精度検証と窓面配光曲線の取得

建築の光環境を計画する場合に、シミュレーションを用いることは有効である。日光シミュレーションは人工照明に比べ、気象データ入手や日除けをモデル化するため簡単に行うことはできない。日光シミュレーションの簡易化のシミュレーションを用いた方法が提案された。しかし、日光は刻一刻と太陽位置が変動するため、JISによる測定方法を用いることができない。そこで窓面の配光曲線測定として、短時間で測定が可能である輝度分布を用いた方法が開発されたが、精度は十分に検証されていない。そこで、本研究では光源の条件を増やし、輝度分布を用いた窓面の配光曲線測定の精度を明らかにすることを目的とした。

図6に配光測定装置、図7に断面図を示す。配光測定装置の寸法は900mm×900mm×420mmの発泡スチロールに半径400mmの半球をくり抜いた形である。輝度分布測定システムを設置するため、中心に直径80mmの穴と蓋側の中心には光源用の直径75mmの穴が空いている。測定装置内部は、反射を防ぐために光沢のない黒色で塗られている。測定装置内の中心から幅20mmの白線(反射率87%)が、8方向に張り付けてある。その白線には、約10°毎に20mm×20mmの測定点があり、それ以外の箇所は黒体処理されている。鉛直角0°から10°はカメラ設置部のため測定することはできない。輝度分布測定システムにはNikon D7500の一眼レフカメラに魚眼レンズを取り付けたものを使用する。鉛直角毎の反射率を明らかにするため測定を行った。輝度分布測定システムから見た各鉛直角の測定点の入射角を想定し、測定した。輝度計を用いて測定した白線部の輝度と、測定点の照度を用いて反射率の補正值を求めた。補正した反射率を図8に示す。鉛直角が低くなるにつれて、補正した反射率も徐々に低くなった。人工照明として、ダウンライトを用いる。図9に配光曲線使用したダウンライトの仕様を示す。光源条件は、配光角が狭角、広角の場合の2条件と配光曲線に歪みがある場合の計3条件とした。これらのダウンライトは、JIS法に基づいて測定された配光データが照明メーカーより公開されている。図10に本方法で求めた光度とJIS法の光度の関係を示す。ここでは一例として、白線の上部と下部の結果を示す。各条件において精度良く測定できている。

実験住宅を用いて窓面の配光分布を用いた日光シミュレーションの精度検証を行った。実験住宅から実測値用の床面照度を測定し、計算値と実測値を比較する。測定は2021年10月と12月の晴天日であった10月28日と29日、12月15日に行った。窓面条件として、透過率の低い障子紙(障子紙A)、透過率の高い障子紙(障子紙B)の2条件で測定した。測定項目は、窓面輝度分布と床面照度分布、室内の輝度分布、直射日光照度、天空光照度、グローバル照度である。一例として、12月15日の配光曲線を図11に示す。厚い障子紙Aは縦方向、横方向ともに均等に拡散されているため配光は広がっている。薄い障子紙Bは縦方向が直射日光の影響により、太陽高度となる鉛直角の光度が高くなっており、横方向の光度は低くなっていることから、拡散性はAよりも小さいことが分かる。床面照度の測定値と計算値の比較を行った。大きさや反射率は実験に使用した部屋を再現した。配光曲線は点光源を想定しているため、窓面のような大面積の光源の適用性を検討しなければならない。そこで、窓面を光源とし、その光源を分割させた場合についても計算した。光源数を1、4、9点の3条件とした。図12に12月15日の実測値と測定値の比較を示す。障子紙Aは全体を通して実測と同程度であり、障子紙Bは全体を通して計算値は実測値の9割程度となった。いずれの条件も精度よく計算することができた。さらに採光装置として光ダクトの配光測定も行っている。配光曲線が測定できる条件は限られているが、輝度分布を用いた配光測定装置により窓面の配光を測定することが出来た。

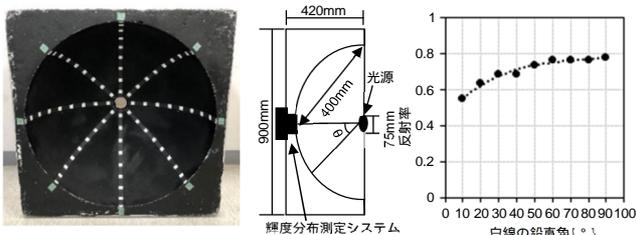


図6 測定装置 図7 断面図 図8 鉛直角毎の反射率

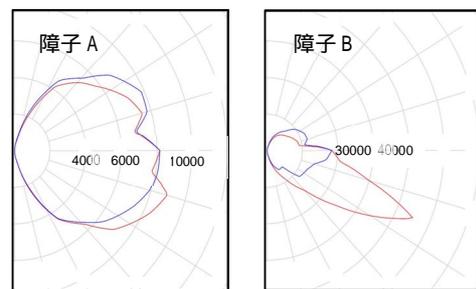


図11 窓面の配光曲線(12月15日 11時)

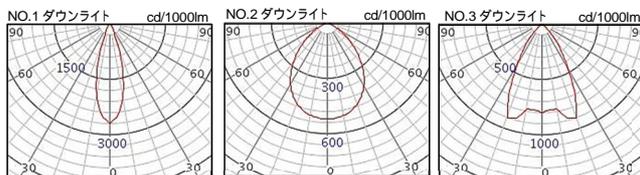


図9 ダウンライトの配光曲線

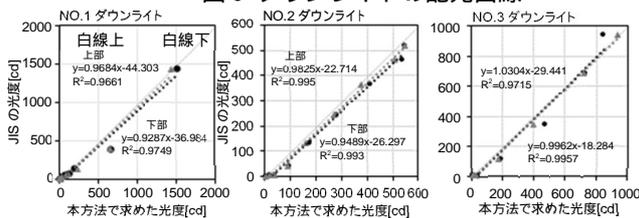


図10 本方法で求めた光度とJIS法の光度の比較

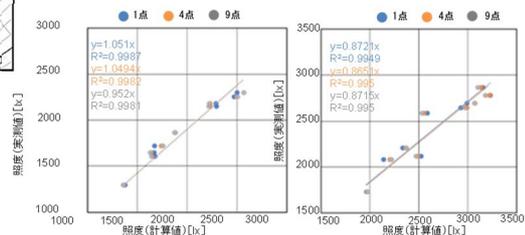


図12 床面照度の本手法における実測値と測定値の比較

#### (4) 鉛直面照度を用いた対比-総量グレアの算出

昼光利用時、窓面輝度が高くなると不快グレアが発生することがあるため、オフィスでは実務者が不快グレアを感じないように配慮する必要がある。日本建築学会環境規準(AIJES-L0003-2018)では岩田らによって提案されたPGSV<sup>(1)2)</sup>が不快グレア評価の指標として用いられており、オフィス環境でPGSVが1.2を超えないように制御することが推奨されている。不快グレアは、窓面輝度が高い場合に背景輝度との対比によって発生する対比グレアと、目に入る光の総量が増えることで発生する総量グレアがある。基本的に対比グレアが評価に用いられるが、厳密に評価するには対比グレアと総量グレアの両方を検証し、大きい値を取った方を評価に用いる。総量グレアは測定が容易な鉛直面照度で評価できるが、対比グレアは光源と背景の輝度が評価に必要なになる。しかし、輝度の測定は一般的な実務者には困難である。そこで、対比グレア評価に必要な背景輝度を光源輝度の関数で表し、鉛直面照度にまとめることで照度による対比グレア評価が可能だと考えた。本研究では、鉛直面照度を用いて対比-総量グレアを評価する方法を明らかにすることを目的として、鉛直面照度による対比-総量グレア評価式の提案と複数のオフィスで実測調査を行った。

一般的な実務者でも容易に測定できる鉛直面照度を用いて、対比-総量グレアを評価する方法を提案する。本研究では、日本建築学会環境規準で使用されているPGSVを用いることとする。対比グレアの評価式で任意の値となるような窓面輝度を求め(式3)、その時の窓面輝度と窓面の立体角投射率から鉛直面照度を算出することができる(式4)。総量グレアについては視野内平均輝度を鉛直面照度に直し式5より算出することが出来る。それぞれのGSVに任意の値を代入することによって、対比グレアと総量グレアの鉛直面照度閾値を求めることができる。両方を比較して低い方を評価に用いる。

$$L_{Sc} = \left[ \left\{ \frac{S_w \rho_{ave}}{(1-\rho_{ave}) \cdot S} \right\}^{(0.61-0.79 \log \omega)} \cdot 10^{GSV+8.2} \cdot \omega^{0.64} \right]^{\frac{1}{2.59+0.79 \log \omega}} \quad \text{式 3}$$

$$Ev_c = L_{Sc} \left\{ \pi \cdot \varphi + \frac{S_w \pi \rho_{ave}}{(1-\rho_{ave}) \cdot S} \right\} \quad \text{式 4}$$

$$Ev_s = 1270 \pi \left( \frac{GSV+0.57}{-GSV+3.3} \right)^{\frac{1}{1.7}} \quad \text{式 5}$$

$L_s$ : 窓面輝度[cd/m<sup>2</sup>],  $L_b$ : 背景輝度[cd/m<sup>2</sup>],  $S_w$ : 開口部面積[m<sup>2</sup>],  $\omega$ : 開口部立体角[sr],  $\varphi$ : 開口部立体角投射率[sr],  $\rho_{ave}$ : 内装平均反射率[-],  $S$ : 室内表面積[m<sup>2</sup>],  $L_{Sc}$ : 任意のGSV値となる窓面輝度[cd/m<sup>2</sup>],  $Ev_c$ : 対比グレアの任意のGSV値となる鉛直面照度[lx],  $Ev_s$ : 総量グレアの任意のGSV値となる鉛直面照度[lx], GSV: グレア感[-]

提案式の精度検証のために、首都圏内9件のオフィスで測定を行った。図13に鉛直面照度の計算値と測定値の比較を示す。本研究では人工照明の光束は考慮せず、昼光のみ扱った。ブラインド装着時では、概ね精度よく計算できた。

提案式の活用事例として、ここでは3章で実測したMKビルとMAビルを対象として鉛直面照度閾値を算出した。図14に窓面立体角と鉛直面照度による対比-総量グレアの関係を示す。任意のGSV値は日本建築学会環境規準1)で推奨されている1.2とした。また、海外でよく使用されているDGP(0.40)と窓から1m, 3m, 5m地点の窓面立体角測定結果を併記した。PGSVs(1.2)は目に入る光の総量を評価しているため窓面立体角に依らず、鉛直面照度閾値は3600lx程度になる。MKビルを見ると窓から5m(0.49sr)の部分でPGSVc(1.2)の鉛直面照度閾値は3200lx程度であり、対比グレアと総量グレアの差が小さいことが分かる。MAビルは窓から5m(0.28sr)の部分でPGSVc(1.2)の鉛直面照度閾値が1900lx程度となることから対比グレアによる評価が大きくなることが分かる。このように、提案式は建物の特性に対応させることができ、対比グレアと総量グレアを鉛直面照度で評価できるため、実務者でも容易に評価できる。

式 3

式 4

式 5

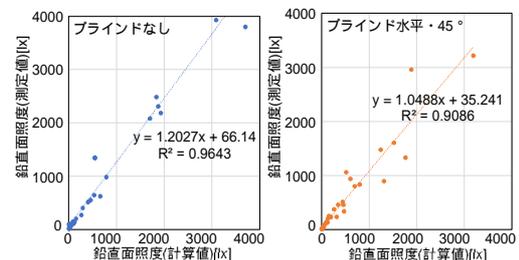


図13 鉛直面照度の計算値と測定値の比較

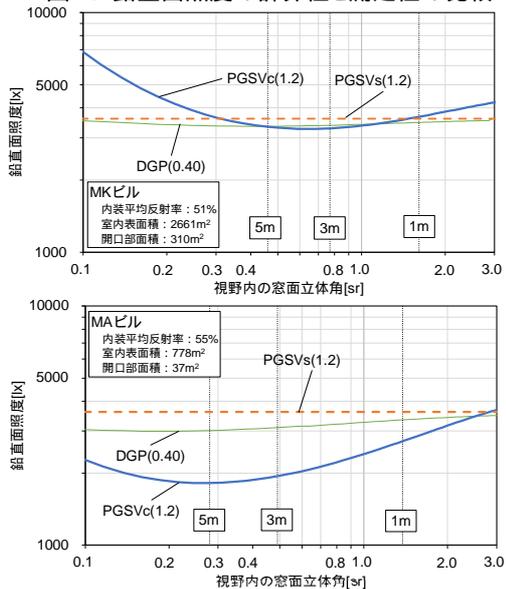


図14 提案式を用いた鉛直面照度閾値の一例

#### <引用文献>

- 1) TOKURA, M., IWATA, T., SHUKUYA, M. 1996. Development of a method for evaluating discomfort glare from a large source, Experimental study on discomfort glare caused by windows part 3, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering, 489, 17-25
- 2) Iwata, T., Sasaki, M., Mochizuki, E., Itoh, D. 2008. Evaluation of contrast glare and saturation glare by using average luminance of the visual field, Proc. of Balkan Light, 141-146.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 伊藤大輔
2. 発表標題 夏期における短時間測定データを用いた室内昼光環境の変化に関する数値計算
3. 学会等名 2022年度日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松岡大介
2. 発表標題 外皮及び室内環境実証のための木造実大 2 階建て実験住宅の紹介
3. 学会等名 2022年度日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中大貴、伊藤大輔、大木知佳子
2. 発表標題 内装反射率と窓立体角を用いた対比-総量グレア簡易判断指標の提案
3. 学会等名 一般社団法人照明学会 第44回東京支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村澗, 伊藤大輔
2. 発表標題 短時間測定データを用いた室内昼光環境に関する数値計算
3. 学会等名 一般社団法人照明学会 第43回東京支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石塚龍之介, 伊藤大輔, 松岡大介
2. 発表標題 実大空間での窓面配光を用いた昼光シミュレーションの精度検証
3. 学会等名 一般社団法人照明学会 第43回東京支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永福巧, 伊藤大輔
2. 発表標題 輝度分布配光測定装置を用いた光ダクトの配光に関する研究
3. 学会等名 一般社団法人照明学会 第43回東京支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小島美咲, 田口菜, 岩田利枝
2. 発表標題 昼光指標の実用性に関する検討
3. 学会等名 一般社団法人照明学会 第42回東京支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬谷昌斗, 伊藤大輔, 松岡大介
2. 発表標題 短時間測定データを用いた昼光の変動実態把握
3. 学会等名 一般社団法人照明学会 第42回東京支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daisuke Ito, Chikako Ohki
2. 発表標題 PROPOSAL FOR A METHOD OF EVALUATING CONTRAST GLARE AND SATURATION GLARE IN DAYLIT INTERIORS USING VERTICAL ILLUMINANCE AT THE EYE
3. 学会等名 the 30th Session of the CIE (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中大貴、伊藤大輔、大木知佳子
2. 発表標題 昼光利用時における鉛直面照度を用いた対比-総量グレア評価方法の提案
3. 学会等名 2023年度日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊藤大輔
2. 発表標題 注視点が窓面不快グレア評価に与える影響
3. 学会等名 2023年度日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	松岡 大介  (Matsuoka Daisuke)  (40808177)	ものづくり大学・技能工学部・教授    (32422)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	岩田 利枝  (Iwata Toshie)  (80270627)	東海大学・工学部・教授     (32644)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関