窓スクリーンの輝度抑制の予測

窓スクリーンを用いた室内視環境の評価法に関する検討 その3

CALCULATION OF LUMINANCE CONTROLLED
BY WINDOW SCREENStudy on the evaluation method for the indoor visual environment
by window screens Part 3

伊藤大輔*, 岩田利枝**, 望月悦子***

Daisuke ITOH, Toshie IWATA and Etsuko MOCHIZUKI

In order to choose a proper type of window screen for windows under different conditions, it is required to predict visual discomfort caused by the screen. The purpose of this study is to propose a method for determining optimum optical properties of window screens to provide acceptable visual environment. The effects on the screen luminance of the openness factor of the fabric, the transmittance of the yarn and outside condition are examined. A computer simulation is conducted by using the Expanded AMeDAS weather data and the results shows luminance distribution on the screens and annual glare possibility.

Keywords: Window Screens, Simulation, Direct Sunlight, Skylight, Optical properties, Luminance

窓スクリーン, シミュレーション, 直射日光, 天空光, 光学特性, 輝度

1. はじめに

筆者らは本論文その1¹⁾、その2²⁾に示したように窓面の日射遮蔽装置の一つとして窓スクリーンの性能に関する研究を行ってきた。スクリーンに求められる主な視環境性能としては、「室内明るさの確保」「窓面不快グレアの抑制」「外部景観の見え方の保持」の3つが考えられる。これらはスクリーン装着前後の輝度および輝度分布から評価することができる。スクリーンのこれらの性能に対する定量的な評価を行うためには、スクリーン表面の輝度および輝度分布を算出しなければならない。

本論文その1では中村ら³⁾、奥田ら⁴⁾の研究を参考に、直射日光も考慮したスクリーンの光学特性値(空隙率、繊維部分透過率、繊維部分反射率)の測定方法を示した¹⁾。また、その2では「JIS L1055-1987 カーテンの遮光性試験方法」のA法の装置を利用し、スクリーンの空隙率、スクリーン繊維部分の透過率の簡易測定方法を提案している²⁾。さらに、スクリーンの光学特性値を用いて求めたスクリーン表面輝度と実測値とを比較し、予測精度の検討を行い、直射日光が当たる場合でも15%程度の誤差範囲であったことを示している²⁾。

これまで窓スクリーンは、JIS法による遮光率²⁾を参考に意匠的

な面から選択されることが多く、スクリーンの「室内明るさの確保」「窓面不快グレアの抑制」「外部景観の保持」といった視環境性能についての検討は十分ではなかった。スクリーンの視環境性能を予測する方法がなかったこともこの一因である。

中村ら³⁾は直射日光を含めない条件で、輝度抑制と外部の透視性という点から選択のアルゴリズムを提案した。本論文では、直射日光を含めた条件で、視環境性能に基づいたスクリーン選択方法をより具体的に示すことを目的としている。スクリーンの光学特性値と外部環境条件がスクリーンの視環境性能に与える影響を検討した上で、スクリーンの輝度分布について年間シミュレーションを行った。

2. 空隙率、繊維部分透過率がスクリーン表面輝度に与える影響

2.1 スクリーン輝度算出方法

先に述べた「室内明るさの確保」「窓面不快グレアの抑制」「外部景観の見え方の保持」といった視環境性能を確保するためには、異なったそれぞれの要件を満たさなければならない。それぞれの要件は、「室内明るさの確保」は昼夜ともスクリーン表面輝度が低くなりすぎないこと、「窓面不快グレアの抑制」はスクリーン表面輝度が高くなりすぎないこと、「外部景観の見え方の保持」は外部景観

本論文は、2005年度照明学会ならびに第4回ヤングウェブフォーラム講演予稿集において発表した内容をもとに、加筆、修正を加えたものである。

* 東海大学連合大学院理工学研究科 博士課程・修士(工学)

Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Tokai University Unified Graduate School, M. Eng.

** 東海大学情報デザイン工学部 教授・博士(工学)

Prof., School of Information and Design Engineering, Tokai University, Dr. Eng.

*** 千葉工業大学工学部建築都市環境学科
助教(専任)・博士(工学)

Assistant Prof., Department of Architecture & Civil Engineering, Chiba Institute of Technology, Dr. Eng.

図1. 対象点の輝度と屋外平均輝度

図2. 光学特性別の窓スクリーン装着前後の輝度比 $Lso/Lo(\alpha)$
(図中 A/P は $Evo/\pi / Lo(\alpha)$)

装着前後の輝度比 [-]

■ 0-0.1	■ 0.1-0.2
■ 0.2-0.3	■ 0.3-0.4
■ 0.4-0.5	■ 0.5-0.6
■ 0.6-0.7	■ 0.7-0.8
■ 0.8-0.9	■ 0.9-1
■ 1-1.1	■ 1.1-1.2
■ 1.2-1.3	■ 1.3-1.4
■ 1.4-1.5	■ 1.5-1.6
■ 1.6-1.7	■ 1.7-1.8

の輝度比をスクリーン上に保持されていることである。

いずれの性能を評価するためにもスクリーン表面輝度、および輝度分布の予測が必要である。

室内側のある観測点から見た各点のスクリーン輝度は以下の式より予測される¹⁾²⁾³⁾。これはスクリーンの繊維部分が均等拡散透過性であると仮定している。

$$Ls = Lo(\alpha) \cdot \eta(\alpha) + Evo/\pi \cdot \tau \cdot (1 - \eta(\alpha)) + Evi/\pi \cdot \rho \cdot \tau \cdot (1 - \eta(\alpha)) \quad (1)^{2,3}$$

Ls : スクリーン表面輝度 [cd/m^2]

α : 窓面の法線と視線の成す角度 [deg]

$Lo(\alpha)$: α における屋外景観輝度 [cd/m^2]

$\eta(\alpha)$: α における空疎率 [-]

Evo : 屋外からスクリーンに入射する照度 [lx]

τ : スクリーン繊維部分の透過率 [-]

Evi : 室内からスクリーンに入射する照度 [lx]

ρ : スクリーン繊維部分の反射率 [-]

ここではスクリーンの効果を明確にするために窓ガラスはないものとした。(1)式の第1項は屋外からスクリーンの空隙部分を通る光であり、第2項は屋外から入射した光がスクリーン繊維部分を拡散透過する光であり、第3項は室内から入射した光がスクリーン繊維部分を拡散反射する光である。第3項はスクリーンが必要になるような場合には外からの光である第1項および第2項と比較して小さくなる。

また屋外光環境の変動の影響を大きく受けるのは第1項、第2項である。ここでは屋外光環境の違いによるスクリーンの光学特性が表面輝度に与える影響の変化を明らかにする。そこで(1)式から第3項(室内からの反射分)を除いた次式により検討を行う。

$$Lso = Lo(\alpha) \cdot \eta(\alpha) + Evo/\pi \cdot \tau \cdot (1 - \eta(\alpha)) \quad (2)$$

Lso : 屋外光によるスクリーン表面輝度 [cd/m^2]

α : 窓面と視線の成す角度 [deg]

$Lo(\alpha)$: α における屋外景観輝度 [cd/m^2]

$\eta(\alpha)$: α における空疎率 [-]

Evo : 屋外からスクリーンに入射する照度 [lx]

τ : スクリーン繊維部分の透過率 [-]

2.2 窓スクリーン装着前後の輝度比

屋外の光環境は(2)式中の窓スクリーンがないときの視点の輝度

Lo とスクリーンに入る鉛直面照度 Evo である。ここでは相対的な傾向を明らかにするために、スクリーン装着前後の輝度比によって検討を行う。

$$Lso/Lo(\alpha) = \eta(\alpha) + Evo/\pi / Lo(\alpha) \cdot \tau \cdot (1 - \eta(\alpha)) \quad (3)$$

$$= \eta(\alpha) + k \cdot \tau - k \cdot \tau \cdot \eta(\alpha) \quad (3)'$$

ここで $k = Evo/\pi / Lo(\alpha)$

図1に対象点の輝度と屋外平均輝度を示す。 k は対象点の輝度に対する屋外平均輝度の大きさを示していると考えることができ、この論文では「Average / Point」と呼び、 A/P で示す。

(3)式および(3)'式のその他の記号については(2)式と同じである。(3)式からもわかるように、輝度比は $A/P=1$ で $\tau \times \eta(\alpha) \ll 1$ とすると $Lso/Lo(\alpha) = \eta(\alpha) + \tau$ となり、 A/P がこれより小さい場合は空疎率 $\eta(\alpha)$ の影響を大きく受け、大きい場合は繊維部分の透過率 τ の影響が大きくなる。 $A/P > 1/\tau$ となると、空疎率 $\eta(\alpha)$ に因らずスクリーン装着後の輝度はスクリーン装着前の輝度以上となる。これらの関係を表すため、図2に一例として $A/P=1/3$ 、1、3 の場合の装着前後の輝度比を光学特性値別に示した。

2.3 窓スクリーン装着後の輝度

2.2で検討したような比となる実際の条件について輝度値で検討を行った。表1に示す4条件を想定し計算を行った。CASE ①②③は図2の(A)にCASE ④が(C)にあたる。

図3にスクリーン表面輝度と空疎率 $\eta(\alpha)$ の関係(CASE ①)を示す。 A/P が 6.4×10^{-5} であるCASE ①は空疎率の影響が大きく、空疎率 $\eta(\alpha)$ が同じであれば、繊維部分の透過率 τ に因らずスクリーン表面輝度は等しい。この場合、スクリーン表面輝度を下げするためには、空疎率を小さくしなくてはならない。太陽部分の輝度を $10000 cd/m^2$ 以下に下げするためには空疎率を約 0.0001 以下にする必要がある。

図4にスクリーン表面輝度と空疎率 $\eta(\alpha)$ の関係(CASE ②③④)を示す。CASE ②、③は A/P を 6.4×10^{-1} と同じ値としたが、CASE ③の曲線はCASE ②を下方に平行移動した形となり、輝度の絶対値は異

表1. 計算条件

CASE	想定 直射	視点	Lo [cd/m^2]	E_v [lx]	A/P
①	あり	太陽	1.0×10^8	20000	6.4×10^{-5}
②	あり	天空	10000	20000	6.4×10^{-1}
③	なし	天空	5000	10000	6.4×10^{-1}
④	あり	建物	1000	20000	6.4

図3. スクリーン表面輝度と空隙率 (CASE ①)

図4. スクリーン表面輝度と空隙率 (CASE ②③④)

なっている。CASE ④は繊維部分の透過率が大きい($\tau_f=0.2$)場合、空隙率 $\eta(\alpha)$ が大きくなるほどスクリーン表面輝度は低くなるが、装着前の輝度 10^3 より大きい値となる。

3. スクリーン表面輝度のシミュレーション方法

3.1 シミュレーション目的

実際の天空状態によるスクリーン輝度を検討するために気象データを用いてシミュレーションを行った。

3.2 シミュレーション条件

表2にシミュレーション条件を示す。拡張アメダス気象データ1981-2000⁶⁾より東京の標準年のデータ(全天日射量、直射光強度、全天空照度、傾斜面照度、太陽方位角、太陽高度)を用いた。シミュレーションは就業時間帯である8:00～17:00について1時間毎に行った。窓方位、対向建物別に適切なスクリーンの選択方法を明らかにするために窓方位3条件(東、南、北)について計算を行った。部屋のモデルを図5に示す。目線より上部を天空部分、下部を対向建物部分とした。表3に使用した計算モデルを示す。

計算に用いたスクリーンの素材は既往の研究¹⁾で測定を行っているガラス繊維39%、PVC61%とした。入射角による空隙率 $\eta(\alpha)$ の変化を図6に示す。既往の研究では同一の素材では繊維部分の反射率と透過率には高い相関があることが示されている²⁾ので、図7に示すように本研究ではこの関係を用いた。よって、ここでの結果はスクリーンの光学特性値は空隙率と繊維部分の透過率によって表す。表4に計算に用いたスクリーン条件を示す。

表2. シミュレーション条件

気象データ	東京 標準年 ⁶⁾
計算時間帯	8:00～17:00 (1時間毎)
部屋表面積	幅32m(6.4m*5スパン)*奥行9.6m*高さ2.8m
窓の大きさ	幅6.4m*高さ2m*5スパン
窓方位	東、南、北
窓までの高さ	0.6m
視線の高さ	1.2m
室内平均反射率	40%
対向建物反射率	30%
スクリーン素材	ガラス繊維39% PVC61%
背景輝度	200cd/m ²

図5. 部屋モデルの平面図および窓の立体角

表3. 計算モデル

直散分離	Perez ⁷⁾
斜面天空照度	Perez ⁸⁾
発光効率式	Igawa-B ⁹⁾
天空状態の分類	天空指標 ⁹⁾
天空輝度分布	All Sky Model-L ¹⁰⁾

図6. 入射角による空隙率の変化

図7. 繊維部分の反射率と透過率の関係

表4. スクリーン条件

SCREEN	S1	S2	S3	S4
空隙率 [-]	0.1	0.1	0.02	0.02
透過率 [-]	0.2	0.04	0.2	0.04

3.3 シミュレーション方法

(1) 屋外輝度

スクリーン装着前の屋外輝度 L_o は外部景観の輝度により決定され、外部景観は天空部分と対向建物部分に大別することができる。

a. 天空輝度 天空輝度 L_{os} は主に大気透過率や天候によって変化する。曇天光の場合、天空輝度分布を一樣と仮定することができるが、青空光の場合は一樣ではなく、太陽周辺で高く、天球上で太陽と直角になる一周辺で最も低くなる。このような天空輝度分布を推定する方法がいくつか提案されている。ここでは天空輝度分布算出

モデルとして All Sky Model_L¹⁰⁾を使用した。各窓の天空部中央の輝度を代表値として用いた。

b. 対向建物輝度 対向建物輝度 L_{ob} は対向建物の壁面(あるいは地表面)の反射率と方位、周辺建物といった周辺条件、大気透過率、天候、太陽位置といった気象要因によって決定され、(4)式から求めることができる。

$$L_{ob} = E_{vb} / \pi \cdot \rho_g \quad (4)$$

L_{ob} : 対向建物輝度 [cd/m²]

E_{vb} : 対向建物に入射する照度 [lx]

ρ_g : 対向建物の反射率 [-]

(2) 屋外からスクリーンに入射する照度

屋外からスクリーンに入射する照度 E_{vo} は周辺条件と気象要因によって決定される。気象データより直射日光照度と斜面天空照度より算出した。

(3) 室内からスクリーンに入射する照度

内部から窓面に入射する照度 E_{vi} は取り入れられた昼光と人工照明によるものである。ここでは人工照明による照度は一定(300lx)とした。昼光による照度は屋外からのスクリーン表面輝度から光束発散度を求め、その間接照度として算出した((6)式)。

$$E_{vi} = E_{via} + E_{vid} \quad (5)$$

$$E_{vid} = \rho_i \cdot L_{vo} \cdot \pi \cdot S_w / S / (1 - \rho_i) \quad (6)$$

E_{vi} : 室内からスクリーンに入射する照度 [lx]

E_{via} : 人工照明による室内からスクリーンに入射する照度 [lx]

E_{vid} : 昼光照明による室内からスクリーンに入射する照度 [lx]

ρ_i : 室内平均反射率 [-]

L_{vo} : 屋外からのスクリーン表面輝度 [cd/m²]

S_w : 窓面積 [m²]

S : 室内表面積 [m²]

4. スクリーン表面輝度の時刻変化

晴天の代表日として5月9日の気象データ(平均天空指標 $S_i=1.7$)を用いて計算を行った。図8に5月9日のグローバル照度、天空照

度、各方位の鉛直面照度を示す。図9にA/Pの時刻変化を、図10にスクリーン装着前後の天空部輝度、対向建物部輝度の時刻変化を示す。天空部では時刻、窓方位に因らずスクリーン表面輝度はSCREEN1>S3>S2>S4の順となる。これは、晴天日の天空部のA/Pは直射日光の有無に関わらずほとんど変化しない(約0.6~1.5)ので、第2章で示した通り、空隙率 $\eta(\alpha)$ 、繊維部分の透過率 γ がスクリーン表面輝度に与える影響の大きさが変わらなかったためである。

一方、対向建物部では時刻、窓方位によって、スクリーン表面輝度が高いスクリーン条件の順は変化する。これは、直射日光が窓面に入射する時間帯と対向建物に入射する時間帯でA/Pが変化するためである。直射日光が窓面に入射する時間帯ではA/Pは大きくなり(約5~50)、直射日光が対向建物に入射する時間帯ではA/Pは小

図8. 計算に用いた気象データ

図9. 天空部と対向建物部のA/P時刻変化

図10. 天空部輝度、対向建物部輝度の時刻変化

図 11. スクリーン装着前後の輝度年間出現頻度

さくなる(約0.6~1.5)。直射日光が窓面に入射している時間帯(南面:8時~14時、東面:8時~12時、北面:17時)では繊維部分の透過率 γ が高い($\gamma=0.2$)S1、S3でスクリーン装着前の屋外輝度 $Lo(\alpha)$ よりスクリーン装着後の輝度 Ls のほうが高くなる。直射日光が入射していない時間帯(南面:15時、東面:12時~17時、北面:8時~16時)では天空部と同様に、スクリーン表面輝度はSCREEN1>S3>S2>S4の順となる。

5. スクリーン装着前後の輝度の年間出現頻度

図11に一例として東面の天空部輝度と対向建物部輝度の年間出現頻度を示す。視環境性能のうち「室内明るさの確保」「窓面不快グレアの抑制」は天空部と対向建物部輝度をそれぞれの形態係数(あるいは立体角)で重み付けした窓内平均輝度が関係する。「外部景観の見え方の保持」に関わるのは窓内あるいはスクリーン内の輝度比で、ここでは対向建物輝度/天空部輝度(Lob/Los)を用いて検討を試みる。 Lob/Los は図11中右上がりの直線群で示した。

スクリーンを装着していない場合は、年間の43.5%が天空部輝度が $10^{3.875}$ (7500 cd/m^2)以上となる。 Lob/Los は74%が0.5以下である。スクリーン装着後はS2,S4では天空輝度がほとんど $10^{3.375}$ (2370 cd/m^2)以下になっているが、S1,S3では $10^{3.5}$ (3160 cd/m^2)以上も見られた。また Lob/Los は望月らの研究結果を参考に70%の人が知覚できる輝度対比0.5(輝度比0.5)を目安に考えると、S1では41%、S2では31%の時間帯で地平線が知覚できるが、S3,S4では10%以下であった。

6. スクリーン装着時の不快グレア年間出現頻度

不快グレア抑制を目的とした最適な窓スクリーンの選択を行うため、窓スクリーンの光学特性別に不快グレアの年間出現頻度を

算出した。

大きい光源の不快グレアの評価式には人工窓を用いた実験によって得られたグレア感予測式Predicted Glare Sensation Vote(PGSV)¹¹⁾があり、近年、窓面のグレア指標としてブラインドの自動制御に用いられている¹²⁾。しかしPGSVでは輝度分布が考慮されておらず、現在制御に用いられているのは窓をグレア源、人工照明を背景とする暫定的な方法である。ここではスクリーン天空部表面輝度 Los とスクリーン対向建物部表面輝度 Lob の立体角重み付け平均した値を光源輝度とした。

図12にスクリーン装着前の不快グレア累積出現頻度、図13にスクリーン光学特性値別に不快グレア年間出現頻度を示す。PGSV2.0以上を不快とすると、設定した8時から17時の時間帯で北面では不快な時間帯が出ていない(図12)。しかし、北面でスクリーンをかけたときに不快な時間帯が出ているのは、視野内には太陽がないが窓に直射日光が当たっている時間があることによる(図13)。

図 12. スクリーン装着前の不快グレア年間出現頻度

図 13. 空隙率、透過率別年間不快グレア出現頻度

方位別に最適なスクリーンを検討すると、例えば不快となる時間頻度を2%以下(週50時間の勤務時間として、1日12分以下)とする場合、北面>東面>南面の順に選択できるスクリーン光学特性範囲が広い。このように窓方位別に、不快グレアが起る頻度に基づいたスクリーンの光学特性を選択することが可能である。

7. 結論

視環境性能に基づいたスクリーン選択方法を示すことを目的として、スクリーンの光学特性値と外部環境条件がスクリーンの視環境性能に与える影響を検討した上で、スクリーンの輝度分布について年間シミュレーションを行い、以下の知見を得た。

- (1) 空隙率と繊維部分透過率がスクリーンの表面輝度に及ぼす影響は対象点の輝度に対する屋外平均輝度の大きさ「Average / Point=A/P」によって異なり、これが大きいと繊維部分の透過率の影響が大きくなり、小さいと空隙率の影響が大きくなる。
- (2) 太陽が視野内にある場合その部分の輝度を10000cd/m²以下に下げたためには空隙率を約0.0001以下にしなければならない。
- (3) 晴天日には直射日光が窓面に入射する時間帯と対向建物に入射する時間帯でA/Pが変化するため、対向建物部では時刻、窓方位によって、スクリーン表面輝度が高くなるスクリーンの光学特性条件が変化する。
- (4) スクリーンの空隙率と繊維分透過率別に年間輝度および天空部地表部の輝度比の頻度および不快グレアの頻度を示した。

スクリーンを装着する窓面方位、大きさや対向建物状況、さらに求められる視環境性能(明るさ、グレア、景観の重要度)によって最適なスクリーンの光学特性は異なり、本論文で示したような方法で、最適スクリーンを選択あるいは設計することが可能になる。

しかし、本論文ではスクリーン繊維部分を均等拡散と仮定しており、拡散性状については検討が必要である。また、本論文では不快グレア、景観の見え方については現在発表されている研究成果を暫定的に用いている。現在、より信頼できる指標を目的に研究中である¹⁴⁾¹⁵⁾。一方、熱性能に関しても研究が進んでいる¹⁶⁾。これらを総合すれば、意匠面だけではなく環境性能を基本とした窓スクリーンの選択が可能となる。そのためには空隙率(開口率)、透過率、反射率等のデータが必要であり、将来的にはスクリーン毎にそれらが提供されることが望まれる。

注

- 注1) この方法ではスクリーン表面輝度の予測ができないことは引用文献1)~3)で示している。
- 注2) 本論文ではその1、その2を通じ、繊維部分を均等拡散と仮定しているが、繊維部分は必ずしも均等拡散に限らない。その場合は透過率ではなく透過係数(入射する照度に対してある方向に出る輝度)で示した方が正確である⁹⁾。しかし、本論文は一連の論文のその3に当たるので、前2報との整合性を考え(1)式は前2報と同じものを用いている。

参考文献

- 1) 望月悦子, 伊藤大輔, 岩田利枝:窓スクリーンを用いた室内視環境の評価法に関する検討 その1 スクリーンの空隙率, 透過率, 反射率の測定, 日本建築学会環境系論文集, 第575号, pp.21-26, 2004.1
- 2) Iwata, T., Itoh, D., Mochizuki, E.: Study on the evaluation method for the indoor visual environment by window screens, Part2 Development of a simplified method for measuring optical properties of solar screen materials, Journal of Environmental engineering, Architectural Institute of Japan, No.592, pp.1-8, 2005.6

- 3) 中村芳樹, 小林茂雄, 乾正雄, 近藤友洋, 大澤正嗣:窓面に装着するスクリーンの輝度抑制性能と景観透視性能, 日本建築学会計画系論文集, 第484号, pp.9-16, 1996.6
- 4) 奥田紫乃, 佐藤隆二, 松本宜孝:レースカーテンを通して見る視対象物の輝度算定法と算定に用いるレースカーテンの光学特性, 日本建築学会計画系論文集, 第529号, pp.17-22, 2000.3
- 5) 奥田紫乃, 佐藤隆二, 山中俊夫:レースカーテンを通した人の顔の見えやすさとそれに対応する明視要素についての検討, 日本建築学会計画系論文集, 第542号, pp.29-34, 2001.4
- 6) 社団法人日本建築学会:拡張アメダス気象データ1981-2000, 株式会社鹿児島TLO, 2005.8
- 7) R. Perez, P. Ineichen, E.L. Maxwell, R.D. Seals, A. Zelenka: Dynamic Global to Direct Conversion Models, ASHRAE Transactions Research Series, pp.154-168, 1992
- 8) R. Perez, P. Ineichen, R. Seals, J. Michalsky and R. Stewart: Modeling Daylight Availability and Irradiance Components from Direct and Global Irradiance, Solar Energy, Vol.44, No.5, pp.271-289, 1990
- 9) 井川憲男, 松澤朋子:天空状態の分類と発光効率, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), pp.295-298, 2005.9
- 10) Igawa, N., Koga, Y., Matsuzawa, Nakamura, H.: Models of Sky Radiance Distribution and Sky Luminance Distribution, Solar Energy, Vol.77, No.2, pp.137-157, 2004
- 11) Iwata, T., Tokura, M.: Examination of the limitations of predicted glare sensation vote (PGSV) as a glare index for a large source towards a comprehensive development of discomfort glare evaluation, International Journal of Lighting Research and Technology, Vol.30, No.2, pp.81-88, 1998
- 12) 例えば, 本間睦夫, 山根浩, 川瀬貴晴, 村上昌史:省エネルギーと環境、快適性を考慮した協調制御に関する研究, 日本建築学会大会学術講演集(北海道), pp.349-350, 2004.8
- 13) Mochizuki, E., Iwata, T.: Experimental study on the visibility of an outside view through a window screen, Proceedings of 10th European Lighting Conference LUX EUROPA, pp.162-164, 2005.9
- 14) 伊藤大輔, 岩田利枝, 及川晃一:景観の見え方保持に関する窓スクリーン性能評価, 第39回照明学会全国大会講演論文集, p.119, 2006.8
- 15) 伊藤大輔, 岩田利枝:背景輝度と対比グレア-総量グレア, 第39回照明学会全国大会講演論文集, p.127, 2006.8
- 16) 例えば, 加藤正宏, 武政祐一, 大和田淳, 八木崇:オフィスにおける窓システムの熱性能評価に関する研究、その7ローラスクリーンの熱性能測定および再現計算結果, 日本建築学会学術講演梗概集D-2, pp.1197-1198, 2006.9

(2006年9月10日原稿受理, 2007年1月18日採用決定)