

# 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

## THE INTERRELATION BETWEEN A WINDOW SCREEN'S ABILITY TO LOWER LUMINANCE AND IT'S ABILITY TO PERMIT A CLEAR VIEW OF OUTSIDE SCENERY

中村芳樹\*, 小林茂雄\*\*, 乾 正雄\*\*\*, 近藤友洋\*\*\*\*, 大澤政嗣\*\*\*\*\*  
*Yoshiki NAKAMURA, Shigeo KOBAYASHI, Masao INUI,  
Tomohiro KONDOH and Masatsugu OSAWA*

Venetian blinds, pull-down screens, light-blocking films, and other sunlight screening devices used with windows not only reduce the amount of sunlight that enters a room and lower the luminance of outside, but can also obstruct the view of outside scenery. In this research we have therefore quantitatively expressed the luminance-reducing properties and transparency of screening devices that are superimposed on outside scenery. First, methods for quantifying the screening properties of screening devices were examined, after which we used these screening properties to predict changes in the luminance distribution of outside, which enable us to enhance screening device transparency. We then created a method for deciding on the desired characteristics for a screening device with the right combination of transparency and luminance-reducing properties for a given window.

Keywords : transparency, luminance-reducing property, sunlight screening device, scenery, window  
透視性, 輝度抑制性能, 日射遮蔽装置, 景観, 窓

### 1. はじめに

一般的なオフィスの窓には、直射日光を遮るため、ベネシアンやパーティカルといったブラインドが取り付けられていることが多い。直射日光の入射は、視環境や熱環境からみても、あるいはエネルギー的に考えても好ましいものではないと考えられているから、直射日光を遮るためのブラインドなどといった遮蔽装置は、現在のオフィスでは必要不可欠であるといつてよいだろう。

このような遮蔽装置は太陽からの直射を遮ることがその主な役割であり、そういう意味では、窓から直射日光が入射する可能性のない時間帯には不必要なものである。ところが現実のオフィスでは、窓から直射日光が差さない時でもブラインドが下ろされたままであることが多く、この傾向はオフィスのオートメーション化の進展とともに顕著になってきている。オートメーション化されたオフィスで頻繁に行われるCRT画面に向かった作業では、直接、あるいは間接のグレアが問題となり、窓がそのよ

うなグレアを引き起こす原因となるのである。そのため窓のブラインドは、窓の輝度を抑制するために一日中下ろされたままになっている。直射日光を遮るための装置は、窓の輝度を抑制するという役割をも担わされているのである。

窓の機能は、光、熱、音、空気、水、火、視線といったさまざまな作用因子を考え、それらの透過/遮断という二つの機能からとらえる必要があると考えられている(文献2)。このうち視線の透過は、視覚情報・眺め・開放感と密接に関連しており、これらがオフィスの快適性に大きな影響を及ぼすことは間違いない。たとえばButler(文献3)らは、オフィスで働く人々のほぼ全員が窓の必要性を感じ、80%の人が外の景色を見たいから窓が必要であると答えた、という結果を得ている。窓の機能から考えれば、視線の透過を確保することの重要性は明らかであり、ブラインドを一日中下げていることは、このような窓の機能を失ってしまうことにつながっているの

本論文の一部は日本建築学会大会(1994.9)において発表した。(参考文献1)

- \* 東京工業大学人間環境システム専攻 助教授・工博
- \*\* 東京工業大学人間環境システム専攻 助手・工修
- \*\*\* 武蔵工業大学建築学科 教授・工博
- \*\*\*\* トーソー株式会社商品開発本部 主事
- \*\*\*\*\* ㈱システック環境研究所 主任

Assoc. Prof., Dept. of Built Environment, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.  
Research Assoc., Dept. of Built Environment, Tokyo Institute of Technology, M. Eng.  
Prof., Dept. of Architecture, Musashi Institute of Technology, Dr. Eng.  
Manager, Research & Development Dept., Toso company  
Senior Researcher, Systech Environment Laboratory

ある。

視環境という側面から考えてみると、オフィスのブラインドには、直射日光を遮断し、窓面の輝度を下げ、視線を遮る、という三つ側面があると考えられる。そしてこれらのうち最後の側面は、窓の機能から考えると好ましいものではない。しかしここで筆者らは、窓面に装着するスクリーンのようなものを用いれば、窓面輝度の抑制と視線透過の確保は原理的に両立可能なのではないだろうか考えた。そこで、スクリーンの目が十分細かく光が重畳されたように見えるスクリーンを想定し、まず遮光装置の輝度抑制性能を検討してその定量的な表現を試み、つづいてその透視性能について検討し、景観を対象とした透視性能の定量的表現を提案した。そして最後に、両機能が両立する可能性を探ることを試みた。ここではそれらの結果を報告する。

## 2. スクリーンの輝度抑制性能

### 2.1 従来の遮光性能の表現

遮蔽装置の遮光性能の規格として、日本工業規格 (JIS L105) におけるカーテンの遮光性試験方法がある。この規格は、カーテン又はカーテン用生地 of 遮光性能を一定の条件のもとで評価する試験方法であり、A法、B法の2通りの試験方法が用いられている。

A法は、現在我が国の関係業界などで使われているいくつかの方法を調査した結果に基づいて規定されたもので、ハロゲン電球を光源として、図1に示すように試験片、照度計等を配置し、試験片で遮ったときと遮らないときの照度を用いて次のように遮光率を定義する。

$$\text{遮光率 (\%)} = (1 - it/io) \times 100$$

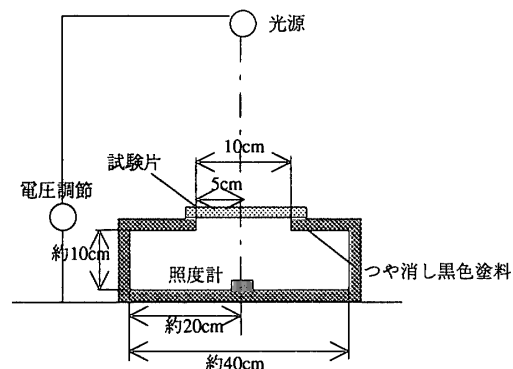


図1 JIS・A法による遮光率測定

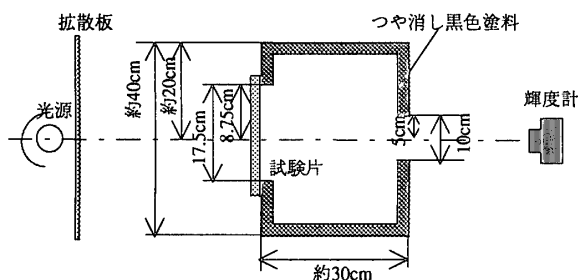


図2 JIS・B法による遮光率測定

- it 試験片を装着したときの照度 [lx]
- io 試験片を装着しないときの照度 [lx]
- 測定条件 10000 [lx] (光源照度)

一方B法は、米国のAATCC Test Method 148 - 1984 Light Blocking Effect of Curtain Materialsに準拠したものであり、図2のように白熱電球を光源として、試験片で遮ったときと遮らないときの輝度を測定し、その輝度の違いによって次式のように遮光率を算出する。

$$\text{遮光率 (\%)} = (1 - it/io) \times 100$$

- it 試験片を装着したときの輝度 [cd/m<sup>2</sup>]
- io 試験片を装着しないときの輝度 [cd/m<sup>2</sup>]

表1および図3は、数種のスクリーン (ガラス繊維等の糸を図4のように織り込んだもの) の遮光率を、両方法によって測定した結果である。図を見ればわかるように、照度測定によるA法の遮光率よりも輝度測定によるB法の遮光率の方が高い値となる傾向を示し、その差はスクリーンの色が明るいほど、糸の密度が高いほど顕著となっている。スクリーン装着時にはスクリーン全体が光

表1. 測定結果

スクリーン	色	スクリーン密度	A法遮光率	B法遮光率
A	白	疎	44.20%	51.63%
B	白	中	51.22%	70.57%
C	白	密	63.90%	83.70%
D	薄グレー	疎	47.10%	56.07%
E	薄グレー	中	56.48%	72.30%
F	薄グレー	密	66.60%	80.52%
G	濃グレー	疎	52.80%	58.96%
H	濃グレー	中	63.50%	71.56%
I	濃グレー	密	73.70%	80.00%
J	黒	疎	55.90%	59.78%
K	黒	中	70.70%	72.89%
L	黒	密	79.80%	82.15%

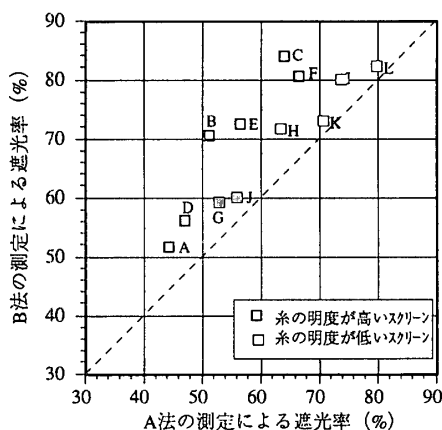


図3 A法、B法の測定結果の比較

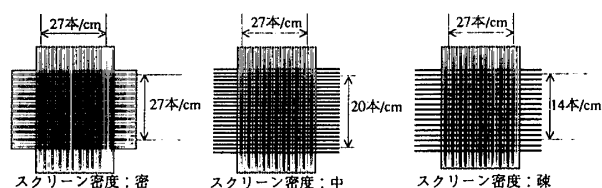


図4 スクリーン詳細

源からの光を受ける。そしてそのため、スクリーン全体を通して織り込まれた糸自体の輝度が高くなることになるが、A法のように照度を測定する場合、光源の立体角部分の光だけではなくその周囲のスクリーンの糸を透過した光も受光し、その結果、その分測定値が高くなることになる。

B法を用いた遮光性能の測定は、窓面輝度の抑制性能を把握するという本研究の目的にある程度合致していると考えられる。しかしながらA法とB法で測定値が異なることからわかるように、スクリーンが光を受けた状態では、スクリーンを構成している糸自体も、その色の明度に対応した輝度を持つ。そしてその輝度の値は、透過特性だけではなく、反射特性との関連も高いことは明らかで、輝度の正確な予測のためには、現在のB法では不十分であるということになる。

## 2.2 スクリーン装着時の窓面輝度の予測

カーテンなどの糸を編み込んだスクリーンの輝度は、それを構成する糸の隙間を透過した外部の光と、糸自体を透過した光、糸に反射した光によって決まると考えられる。そしてこの糸の透過・反射特性は、スクリーンの隙間の大小と独立したものであり、均等拡散を仮定すれば、その量は糸に当たる照度に依存する。したがって、窓にスクリーンを装着した状態の輝度を正確に予測するためには、スクリーン装着前の外部景観の輝度だけでなく、スクリーンの反射・透過特性を把握した上で、屋外からスクリーンに入射する照度と、屋内から入射する照度を測定する必要がある。そこで、図5のような窓周りの光環境を想定し、スクリーン装着時の窓面輝度の予測式を立てると次式のようになる。

$$L = \alpha L_{外} + \beta (1 - \alpha) \frac{1}{\pi} E_{外} + \gamma (1 - \alpha) \frac{1}{\pi} E_{内} \quad \dots \text{式1}$$

$\alpha$  : スクリーンの空隙率

$\beta$  : スクリーンに外部から入射した光の透過率

$\gamma$  : スクリーンに内部から入射した光の反射率

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の値は、スクリーン周りの光環境、すなわち、外部景観の輝度 ( $L_{外}$ )、屋外から入射する照度 ( $E_{外}$ )、屋内から入射する照度 ( $E_{内}$ ) を独立に変化させた測定条件の下で、スクリーンの輝度 ( $L$ ) を測定することによって算出できる。ここでは、外部の輝度 ( $L_{外}$ ) を 170、2600、6500 [ $cd/m^2$ ] の三段階、外部からの照度 ( $E_{外}$ ) をそれぞれの輝度に応じて二段階 (たとえば外部輝度 6500 [ $cd/m^2$ ] の場合は 1200 [ $lx$ ] と 11400 [ $lx$ ])、また内部からの照度 ( $E_{内}$ ) は 550、900、1400 [ $lx$ ] の三段階に変化させ、さまざまなスクリーンの各係数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  の値を回帰分析を用いて算出したところ、表2に示すような結果となった。表の $R^2$ の値を見れば、この三つの係

数でスクリーン輝度がほぼ完全に予測できていることがわかる。またここでは、 $\beta$ と $\gamma$ に相関関係が生じている。 $\beta$ と $\gamma$ の値はスクリーンを構成する糸の色と素材によって決まると考えられ、この場合素材が同一のスクリーンを測定したためこのような結果となったと考えられる。

また実際には、素材が同一のスクリーンであっても、 $\alpha$ の値はスクリーンと視線がなす角度によって異なる。これは、糸の空隙率が、視線の角度と糸の厚さ、隙間の間隔などによって変わるからであるが、本研究では窓面をほぼ正面から見る場合に限定して、スクリーンを斜に見る場合は扱っていない。

算出された各係数を使ってスクリーン輝度を予測した値と、実際の窓面に装着したスクリーンの輝度を測定した値を対応させてみた結果が表3である。測定条件は快晴であった。表からわかるように、非常に高い精度で輝度を予測することができた。

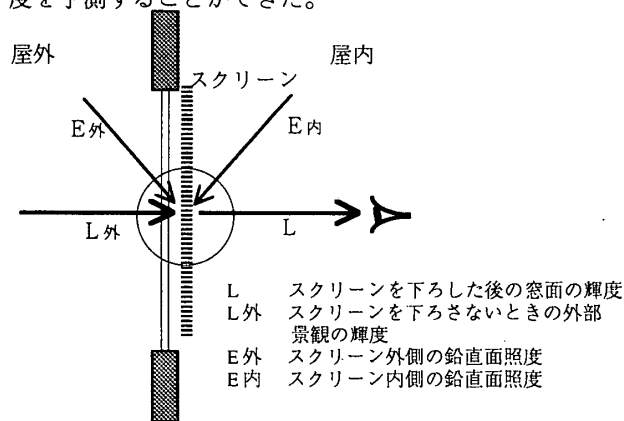


図5 スクリーン周りの光環境の概念図

表2  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の回帰結果

スクリーン	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$R^2$
A	0.413	0.469	0.505	0.999
B	0.287	0.384	0.609	0.999
C	0.153	0.364	0.544	0.998
D	0.432	0.398	0.496	0.999
E	0.271	0.330	0.505	0.999
F	0.187	0.302	0.497	0.999
G	0.411	0.146	0.186	0.996
H	0.271	0.184	0.202	0.983
I	0.197	0.115	0.194	0.999
J	0.403	0.116	0.056	0.996
K	0.271	0.040	0.062	0.999
L	0.179	0.061	0.054	0.998

表3 スクリーン装着時の窓面輝度の予測

スクリーン	$L_{外}$ ( $cd/m^2$ )	$E_{外}$ ( $lx$ )	$E_{内}$ ( $lx$ )	$L$ 実測値 ( $cd/m^2$ )	$L$ 予測値 ( $cd/m^2$ )
A	4030	7020	442	2260	2322
B	3910	7030	461	1850	1799
C	3850	8010	480	1470	1446
D	3590	7040	450	1930	2098
E	4200	7670	506	1780	1783
F	3920	8580	515	1420	1470
G	4160	8050	502	1980	1949
H	3930	8230	490	1360	1439
I	4170	7790	504	987	1076
J	4240	7700	488	1850	1884
K	4180	7790	482	1260	1210
L	4030	7540	469	822	847

### 2.3 輝度抑制性能の定量的表現

スクリーンの輝度抑制性能を明らかにするために、まず、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の効果について検討を行った。

図6は、 $\beta$ と $\gamma$ を一定とした場合の、 $\alpha$ とスクリーン装着前後の輝度の関係を示している。 $\alpha$ の値が小さくなるほど、スクリーン装着後の輝度は外部の輝度によらず一定となる傾向が見られる。 $\alpha$ の値が小さい、すなわち空隙率が低いと、スクリーンを構成する糸自体の張る視角の割合が大きくなることから、スクリーン輝度は糸自体の輝度に近づいていくことになる。外部輝度が544 [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]の時、スクリーン装着後の輝度が $\alpha$ の値によらず等しくなっているが、これは糸自体の輝度と外部の輝度が一致したためである。外部輝度がこの値を超えると、スクリーン装着後の輝度は糸の輝度から離れて行くが、これは相対的に糸自体の輝度より外部の輝度の影響が強くなるためである。

図7は、 $\alpha$ と $\beta$ を一定とした場合の、 $\gamma$ とスクリーン装着前後の輝度変化の関係を示す。この場合、反射率 $\gamma$ の値が高いほど、スクリーン装着後の輝度は外部の輝度によらず一定となる傾向が見られるが、これは、スクリーンの反射率が高いほど、相対的に糸自体の輝度の影響が外部の輝度の影響よりも強くなることによる。

このようにスクリーン装着後の輝度は、スクリーンを構成する糸と糸の隙間から望まれる外部の輝度と、糸自体の輝度とに分けて考えればよい。前者は $\alpha$ と外部輝度を掛け合わせることで表現できる。しかしながら後者は、 $\beta$ 、 $\gamma$ の値と外部照度、内部照度によって決まり、外部輝度の値では決まらない。そしてこのため、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の値だけではその輝度抑制性能を定量的に表現することはできず、外部輝度、外部照度、内部照度が与えられてはじめて輝度抑制性能を示すことができるということになる。したがってスクリーンの輝度抑制性能は、窓面の外部鉛直照度、内部鉛直照度を仮定した上で、たとえば、外部輝度6000 [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]を2000 [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]に下げることができる、といったような表現を取ることになる。

外部照度、内部照度を仮定した場合、スクリーンの輝度抑制性能は図6、7のように表されるが、これらの図から明らかなように、その性能は $\alpha$ の大きさ、言い換えれば織り込む糸の間隔と、 $\beta$ 、 $\gamma$ の大きさ、言い換えれば糸の明度との組み合わせによって変化させることができる。このことは、織り込む糸の間隔をある程度あけても、それに見合った糸の明度を低くすることで輝度を下げることができることにつながり、そしてそのようなスクリーンでは、外部景観の輝度を下げかつ外部景観の眺望を確保できるという可能性がある。そこでつぎに、スクリーンの景観透視性能について検討することにした。

### 3. スクリーンの景観透視性能

#### 3.1 スクリーンなどの透視に関する既往の研究

窓面に装着するスクリーンなどの透視性に関連した研究としてはまず、スクリーンなどを取り付けることによる室内雰囲気への影響を扱ったものがいくつかあげられる。例えば、北浦（文献4）は透明感や開放感といった「透かしの効果」を組子の見付幅を変数とした実験により把握しており、小泉ら（文献5）は障子を透過した光が作り出す「落ち着き」を入射光の性質によって捉えている。これらでは、いずれも、スクリーンが装着されることによって室内空間の雰囲気が改善されることを指摘している。

一方、プライバシー保護を目的とした視覚的遮蔽効果や、逆に眺望確保を目的とした視覚的透視効果の定量化を試みた研究には、たとえば遮蔽装置の空隙率を用いた実験（文献6）、室内側と室外側の照度を用いた実験（文

スクリーン装着後の輝度・L ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )

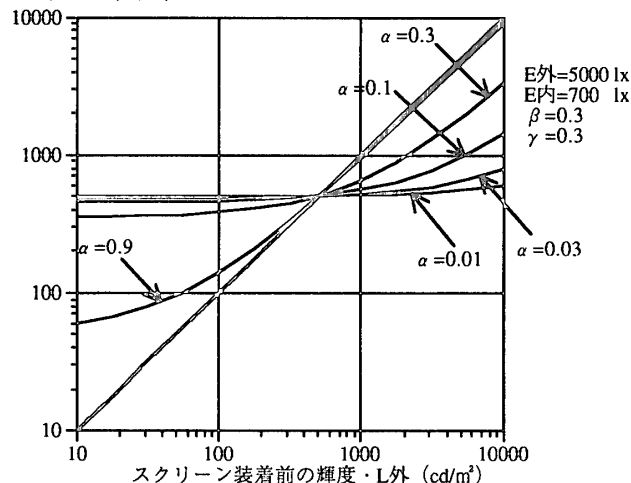


図6  $\alpha$ とスクリーン装着前後の輝度変化の関係

スクリーン装着後の輝度・L ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )

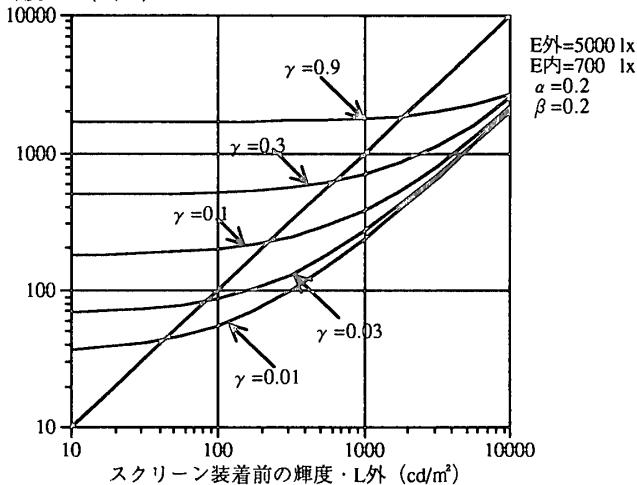


図7  $\beta$ とスクリーン装着前後の輝度変化の関係

献7、8)、室内外の照度と遮蔽装置の透過率を用いて実験した例(文献9)などがある。しかしこれらの研究では、様々な透視実験に基づいて透視性能を予測しているものの、輝度という視点が不足しているために、それらの結果を輝度抑制性能と対応させることはできない。

そこでまず、輝度抑制性能と対応させるために、窓にスクリーンを装着することによって窓前景観の輝度分布がどのように変化するかを検討し、つづいて、そのような輝度分布の変化に対して透視性能がどのように変化するかを明らかにするため、被験者を用いた心理実験を行うことにした。

### 3.2 スクリーン装着による景観輝度分布の変化

スクリーン装着前後の輝度分布の変化を定量的に検討する一つの有効な方法として、輝度分布の空間周波数領域での変化をとらえるという方法が考えられる。たとえば羽根幅の広いベネシャンブラインドなどで隙間から向こうが見えるような場合には、空間周波数の組成が変化することは明らかであろう。しかしながら、ここで対象としているような景観がスクリーンと一体となって見えるような場合には、基本的には一点一点の輝度がどのように変化するかをとらえればよい。

ここで輝度分布の変化は、透視性能との関連を得るために検討する必要がある、最終的には、スクリーンを装着する前に見えていたものが、スクリーン装着後にどの程度見えなくなるかを定量的に表現できることが必要となる。したがって輝度分布の変化は、明視との関係を念頭に置いて表現されなければならない。

明視についてはこれまで多くの研究の蓄積があり、ものが見えるか見えないかを定める主要な条件は、明るさ、対比、大きさ、時間の四つであるとされ、明視の4条件として広く知られている。スクリーンを装着するような場合大きさや時間は変化しないわけで、ここでは明るさと対比を考えればよい。

まず明るさについては、窓面平均輝度の変化を検討すればよいと考えられるが、これは既に求めた予測式(式1)を用いて算出することができる。そして視力との関係を考えてとき明るさは対数で表現されることが通例であることを考えると、スクリーンを装着する前と後の輝度比を求めればよいと考えられる。そこでここでは、窓面平均輝度のスクリーン装着前後の輝度の比を、輝度分布の変化を表す特徴量の一つとして採用することにした。

対比については、通常、輝度対比として定量的に表現されることが多い。この輝度対比はふつう、背景輝度の方が高い場合、背景輝度と視対象輝度との間の差を背景輝度で割ったものが使われる。しかしここで問題としているような景観においては、視対象と背景を分離することはできない。そこでここでは景観内の任意の2点間の

輝度比を考え、その輝度比がどれだけ保存されているかを表す以下のような輝度比保存率を考えることにした。

$$\text{輝度比保存率} \quad P = \frac{L_{i1}/L_{i2}}{L_{o1}/L_{o2}} \quad \dots \text{式2}$$

$L_{o1}, L_{o2}$ : スクリーンを下ろさない時の窓面任意点の輝度 ( $L_{o1} > L_{o2}$ )

$L_{i1}, L_{i2}$ : スクリーンを下ろした時の  $L_o$  に対応する点の輝度

$L_{i1}, L_{i2}$ の値は、輝度予測式(式1)により計算されることになる。つまり、

$$L_{i1} = \alpha L_{o1} + \beta(1-\alpha)\frac{1}{\pi} E_{外} + \gamma(1-\alpha)\frac{1}{\pi} E_{内} \quad \dots \text{式3}$$

$$L_{i2} = \alpha L_{o2} + \beta(1-\alpha)\frac{1}{\pi} E_{外} + \gamma(1-\alpha)\frac{1}{\pi} E_{内} \quad \dots \text{式4}$$

となる。

ここでもう一度図6、7を使って、スクリーンの輝度抑制性能を表す  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  の係数と輝度比の変化との関係を検討する。

図には、右上がり45度の直線が描かれているが、この直線はスクリーン装着前と装着後の輝度が等しい場合を示している。そしてこの直線を平行移動したような関数関係があれば、任意の二点間の輝度比は完全に保存され、直線ではあるが勾配が変化したような場合は、輝度比の変化は指数関数として表される。ところがスクリーンを装着した効果は、図より明らかなように、簡単な関数関

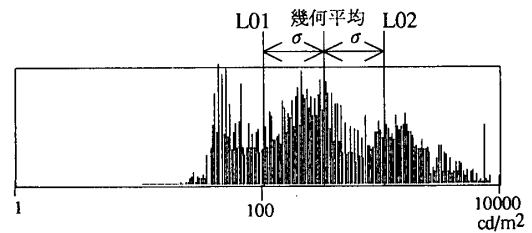


図8 景観の輝度ヒストグラムの例

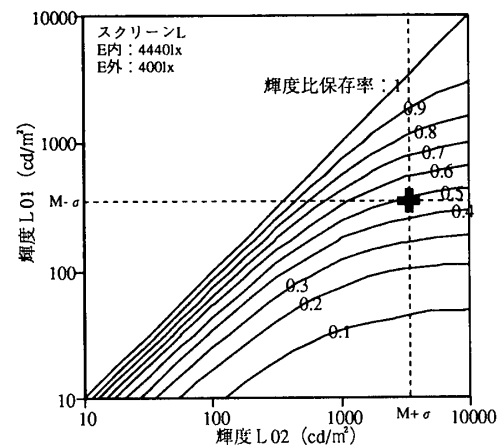


図9. 景観の輝度と輝度比保存率

係とはならない。スクリーンの種類はもちろん、輝度比を考える2点の輝度の絶対値を特定しなければ、輝度比がどのように変化するかを検討できない。

景観の輝度分布は一般に複雑であり、景観を代表するような2つの輝度値を簡単に特定することはできない。たとえば実際の輝度分布は図8に示すような輝度ヒストグラムを持つが、ここで輝度の範囲が10 [cd/m<sup>2</sup>] ~ 10000 [cd/m<sup>2</sup>] の範囲にあるとして、その景観を黒のスクリーン ( $\alpha : 0.179, \beta : 0.061, \gamma : 0.054$ ) を通して見た場合 (E外=4440lx, E内=400lx)、輝度比保存率は、図9のコンターで示されているように、考える2点の輝度の絶対値によって変化する。景観を代表するような2つの輝度値を理論的には抽出することはできないが、ここでは一つの方法として、景観の輝度ヒストグラムを取り、対数軸上での平均輝度 (M) と標準偏差 ( $\sigma$ ) を算出し、輝度比を考える二つの輝度を  $M - \sigma, M + \sigma$  とし、輝度比保存率を計算することにした。

### 3.3 景観透視性の心理評価実験

スクリーンを通して見えるものが、ここで考えているような景観ではなく紙に書かれた文字のようなものの場合、その見え方は背景輝度とコントラストの強さによってほぼ説明できると考えられる。前章で述べたような方法によれば、スクリーンを装着したことによる効果は定量的に算出することができるわけだが、したがってこの場合、その見え方は十分な精度で予測することができる。しかし景観を考えるとそうではない。その視対象は漠然としており、このような予測はほぼ不可能である。そこでここではある程度条件を絞って、景観の見え方が現象としてどのように変化するかを探るための評価実験を行うことにした。

実験では、図10に示すような輝度の制御が可能な人工窓面装置を用い、景観が印刷された透過性フィルムを窓面に取り付けて、高輝度の安定した景観を得た。景観には、都会の街並みが印刷されている人工景観と山並みが印刷されている自然景観の、輝度分布の異なる2種類を用いている。景観、遮蔽装置、窓面輝度等の実験条件は表4に示すような24条件であり、遮蔽装置の透過・反射特性を表5に示す。遮蔽装置として用いたスクリーンとフィルムは全て景観と遮蔽装置が重畳して見えるものである。また、この装置は現実の景観における輝度の出現範囲が再現可能となっており、例えば人工景観、高輝度の場合、空の部分の輝度が7230 [cd/m<sup>2</sup>] と、現実の最も輝度が高い状態がほぼ再現されている。

実験では各被験者に景観の総合的な透視性を評価させた。各実験条件で被験者は、まず遮蔽装置を装着する前の景観を10秒間眺め、つづいて窓面に遮蔽装置が装着されるとすぐ、景観が透視できる度合いを、装着する前の見え方を100としたときの数値 [%] として答えさせた。

被験者は大学院生20名、内男性16名女性4名であり、矯正視力は平均1.18、0.6~2.0の範囲であった。

表6に実験結果を示す。心理実験の結果得られた透視性能の評価データ (透視率) はそれほど個人差がなく、平均値で検討することが可能であると判断できたので、幾何平均を用いて透視率としてある。

図11は遮蔽装置の装着前後の平均輝度の比と、透視率との関係である。図より明らかなように相関は全く見られない。一般に明るさと透視率はある程度の相関があるのではないかと考えられるが、ここで実験変数として採用したスクリーンの場合では、たとえば糸の明度が高いと平均輝度は上がる反面、景観の輝度比が保存されなく

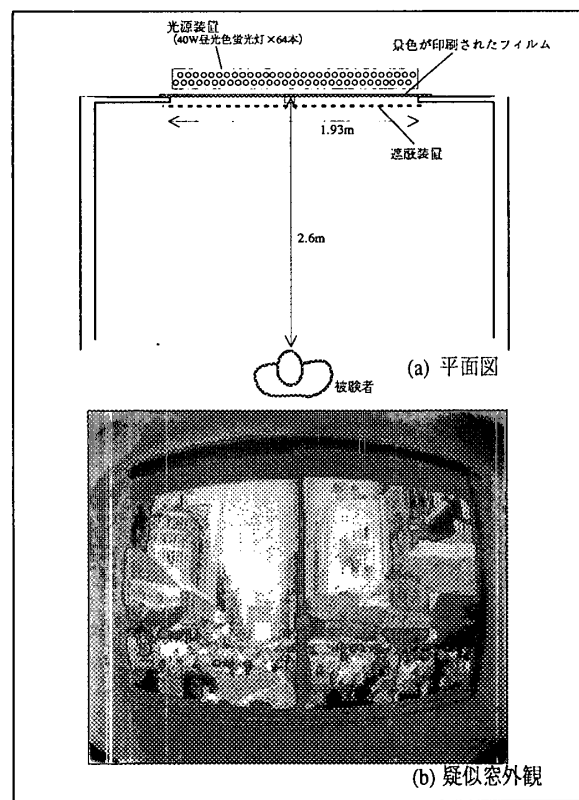


図10 実験室の概要

表4 実験条件

景観	自然景観, 人工景観	2種類
景観平均輝度	自然景観: 1000, 3200 (cd/m <sup>2</sup> ) 人工景観: 1800, 5600 (cd/m <sup>2</sup> )	各2種類
遮蔽装置	スクリーン (黒, グレー, 白) フィルム (濃, 薄)	3 2
室内照明	あり (窓鉛直面400lx)	
合計		20条件

表5 遮蔽装置の透過・反射特性

遮蔽装置	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
スクリーン 黒	0.187	0.073	0.050
スクリーン グレー	0.173	0.076	0.148
スクリーン 白	0.195	0.285	0.714
フィルム 濃	0.029	0.007	0.023
フィルム 薄	0.188	0.012	0.019

なるため、透視率と平均輝度比の間には相関がないという結果となったと考えられる。

一方、図12に示すように、輝度比保存率と透視率とは高い相関関係にある。回帰分析をしたところ、全体の分散の74%は輝度比保存率で説明できるという結果となった。そしてここで採用した輝度比保存率は、既に述べたように、平均と標準偏差を用いて便宜的に抽出したものであるが、かなり説明力が高いという結果となった。

この結果より明らかなように、スクリーンでは、織り込んだ糸の間隔が一定の（ $\alpha$ の値が等しい）場合、糸の色が暗い方が透視性能が高く評価される。そしてこれは、窓面輝度を抑制しかつ景観透視性能を確保することができることを示している。

表6 実験より得られた透視率

		自然景観 高輝度	自然景観 低輝度	人工景観 高輝度	人工景観 低輝度
フィルム	薄	87.25%	75.53%	75.50%	79.75%
スクリーン	黒	74.00%	65.00%	69.75%	73.95%
スクリーン	グレー	68.00%	61.50%	67.89%	64.00%
フィルム	濃	62.00%	52.37%	61.84%	70.25%
スクリーン	白	56.00%	52.25%	46.25%	63.00%

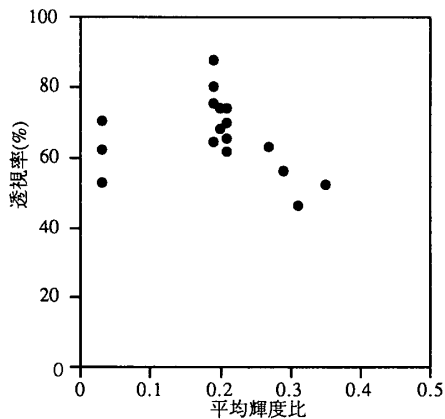


図11 透視率と平均輝度の比の関係

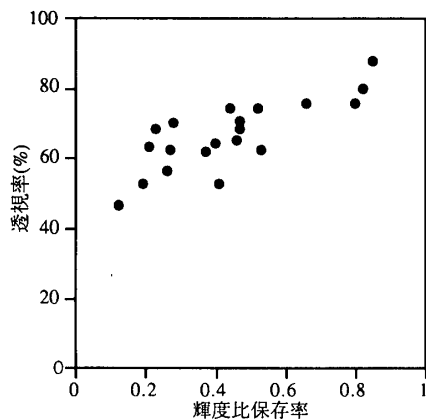


図12. 透視率と輝度比保存率の関係

表7 適正スクリーン選択のシミュレーション  
輝度抑制と透視性の条件

	遮蔽装置装着前	装着後
窓面最高輝度	6000 cd/m <sup>2</sup>	→ 3000 cd/m <sup>2</sup>
輝度分布		→ 透視性 80%
L 01	800 cd/m <sup>2</sup>	
L 02	4000 cd/m <sup>2</sup>	
E外	8000 lx	
E内	500 lx	

条件に合致するスクリーンの特性

$$\alpha = 0.438$$

$$16\beta + \gamma = 4.15 \quad (0.197 \leq \beta \leq 0.260, \quad 0 \leq \gamma \leq 1)$$

#### 4. スクリーンを使った窓面輝度の抑制と景観透視の確保

これまでの結果から、スクリーンを用いれば、窓面輝度を抑制し、かつ景観の透視性能も確保できることが明らかになった。実際のオフィスを想定した場合、オフィス環境の質的なレベルや、あるいは窓から見える景観の質によって、必要とされる景観の透視性能は異なるし、窓面輝度を抑制する必要性も、例えばそのオフィスでどの程度のVDT作業が行われるかによって異なってくる。そこで実際のオフィスでそのようなスクリーンを使うためには、設定された条件からスクリーンを選択するアルゴリズムを提案する必要がある。そこで次に、そのようなアルゴリズムの可能性を検討した。

既に示したように、輝度抑制の性能については定量的に表現されているため、透視性能を定量的に表現することができれば、様々な外部条件から必要とされるスクリーンの特性、すなわち $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の値を算出することができる。透視性能を定量化するためには図12に示す輝度比保存率と透視率との関係を回帰すればよいが、ここで注意しなければならないのは、回帰式において、保存率が100%の時は透視率100%、保存率が0のときは透視率が0となるように回帰した方が都合がよい。そこでこの2点を通ることを条件に回帰式を求めたところ、次のようになった ( $R^2 = 0.74$ )。

$$V = P^{0.425} \quad \dots \text{式5}$$

V：透視率

P：輝度比保存率

以上の式1~5を用いて、任意の窓面に対して、輝度の抑制の度合いと透視性の度合いを考慮したスクリーンの選択範囲を決定できる。たとえば、遮蔽装置装着前後の窓面最高輝度と透視性を決定すると、

$$\alpha = \frac{L_{抑} \times \left( V^{0.425} L_{02} - L_{01} \right)}{\left( V^{0.425} \times L_{02} - L_{01} \right) \times L_{外} - \left( V^{0.425} - 1 \right) \times L_{02} \times L_{01}} \quad \dots \text{式6}$$

L<sub>外</sub> 遮蔽装置装着前の窓面最高輝度  
L<sub>抑</sub> 遮蔽装置装着後の窓面最高輝度

となる。そして式6を式1に代入すれば、 $\beta$ と $\gamma$ の関係が求められる。

表7には、一つの例として、筆者らの研究室の窓を想定した場合を示す。窓前の景観を測定したデータのうち比較的明るい場合を用い、装着後の条件として、窓面の最高輝度を3000 [cd/m<sup>2</sup>]、透視率を80%になるように設定した。計算の結果、必要とされるスクリーンの特性は $\alpha = 0.438$ 、 $16\beta + \gamma = 4.15$  ( $0.197 \leq \beta \leq 0.260$ ,  $0 \leq \gamma \leq 1$ )となり、表1,2のGやJ程度のスクリーン、すなわち糸の間隔が比較的広く、グレーの糸で織り込まれたスクリーンであることがわかる。

このようなシミュレーションを行うには、景観の輝度分布や窓の内外の鉛直面照度が必要となるが、実際には、輝度分布を簡単に測定することができない。輝度分布から導かれるシミュレーションに必要な条件は、景観の輝度分布を代表するような2点の輝度と、抑制する必要がある高い輝度である。高い輝度については、空を中心一般の輝度計を用いて測定すればだいたい可能であるが、2点の輝度は簡単に決定することができない。しかし便宜的な方法として、景観の大きな部分を構成する輪郭、たとえば山などのアウトライン部分で生ずる輝度変化を測定することによって、置き換えることができるのではないかと考えられる。また、現実の窓面輝度は常に変動していることから、何時の時点の窓面輝度を基礎とするかについても重要な課題である。これら点については、今後の検討課題としたい。

## 5. まとめ

本研究では、窓面に装着するスクリーンの窓面輝度抑制性能と景観透視性能について検討した。まず、スクリーンの輝度抑制性能を測定する方法を提案し、スクリーン装着時の窓面輝度の予測式を立てた。次に、スクリーン装着時の窓面輝度の変化を検討し、景観の透視性能との関連を心理実験を用いて明らかにした。そして最後に、景観透視性能の定量化と窓面輝度抑制性能の定量化によって、透視性と輝度抑制を考慮したスクリーンの選択方法のアルゴリズムを提案した。

オフィスの窓に取り付けられているベネシャンブラインドなどは、直射日光の遮蔽と、窓面輝度の抑制という二

つの機能を果たしている。そして本論文で検討したのは、窓面輝度を抑制しながら景観の透視性能を確保する可能性についてであり、現実のオフィスの窓で必要とされている機能である直射日光の遮蔽性能についてはここでは検討していない。本論文で扱ったスクリーンは、目が粗く太陽からの直射光を遮ることができないことから、別途日射遮蔽の機能を持つ装置が必要となることは明らかである。

現在の段階では、一つの理想的なブラインドの取り付け方として、太陽からの直射光はベネシャンブラインドのようなもので遮蔽し、直射光が入射しないような時間帯では、本論文で扱ったスクリーンなどによって輝度を抑制しつつ透視を確保するというような方法が提案できると考える。実際、省エネルギーとの関連から自動ブラインドを設置する場合が見られるようになったが、そのような場合には必ず、直射光が入射しない場合の取り扱いが問題となる。本研究で扱ったスクリーンを併用し窓面輝度を下げることができれば、直射光が入射しない時には、羽根を水平にしたり、ブラインドを巻き上げたりすることができるのである。

## 謝辞

本研究は、実験、解析全般を通して、当時大学院の学生であった窪谷直彦氏に御協力をいただいた。ここに記して深謝の意を表したい。

## 参考文献

- (1) 窪谷直彦、小林茂雄、中村芳樹、乾正雄：オフィスにおける窓面輝度抑制と眺望確保の関係 その2.日射遮蔽装置と透視性能の関係、日本建築学会大会学術講演集, pp279-280 1994
- (2) 日本建築学会編：昼光照明ハンドブック、P.6、1985
- (3) Butler, D.L. & Biner, P.M. (1989): Effects of setting on window preferences and factors associated with those preferences. *Environment and Behavior*, 21 (1), 17-31.
- (4) 北浦かほる：透かしにおける2つの視知覚タイプ、日本建築学会論文報告集, pp105-110 1995.4
- (5) 小泉隆、藤井俊洋、鈴木信宏：入射光の性質からみた落ち着きをもたらす透過光障子面のイメージと連結感及びその作り出し手法、日本建築学会論文報告集, pp117-123 1994.3
- (6) 奥田宗幸、小林祐子：透かしの視覚的心理効果に関する研究、日本建築学会大会学術講演集, pp619-620 1986
- (7) 中谷明男、関野哲：熱線反射ガラスの研究(その2)、日本建築学会大会学術講演集, pp205-206 1989
- (8) 関野哲、中谷明男：遮像用窓材の研究、日本建築学会大会学術講演集, pp211-212 1990
- (9) 茶谷正洋、永島亮太郎、石田美和、八木幸二、大野隆造、中村仁：視覚的遮蔽効果に関する研究(その1~2)、日本建築学会大会学術講演集, pp1681-1684 1983

(1995年10月9日原稿受理, 1996年2月13日採用決定)