

オフィスにおける執務者の視野内輝度分布の制御に関する研究

楠本 真弘

Masahiro KUSUMOTO

1 はじめに

オフィスにおける照明の消費電力は、オフィス全体の約 40 % を占めており¹⁾、その主な改善案として昼光利用とタスク・アンビエント照明方式 (Task and Ambient Lighting, 以下 TAL) が挙げられる。昼光利用は、窓を通して昼光を室内に導入することであり、昼光を照明として利用することで人工照明の消費電力を削減することができる。TAL は、室内の照明を作業領域のためのタスク照明と周辺環境のためのアンビエント照明とに分けた照明方式であり、タスク照明によって作業領域に十分な明るさを与え、アンビエント照明によって周辺に必要最小限の明るさを与えることで、照明の消費電力を削減することができる。

一方、昼光利用時には窓面の明るさが高くなるため、視野内における明るさ分布の不均一性による視環境の悪化が懸念される。また、TAL においては作業領域を周辺より局部的に明るく照らすため、机上面の明るさ分布は不均一となる。机上面における明るさ分布の均一性が低いと目の疲労が多くなることが報告されている。これらが原因で、両方の改善案とも普及しているとはいえない。

そこで我々は、執務者の視野内の明るさの分布を制御する必要があると考え、視野内における窓および机上面の明るさに着目し、それらを制御することを目的として研究を行った。窓の明るさに関する研究では、執務者の快適性を考慮した最適な窓面輝度を検討した。机上面の明るさに関する研究では、TAL における机上面の明るさの均一性を向上するため、新しいコンセプトのタスクライトを提案し、その有用性を検討した。

2 執務に最適な窓面輝度の検証実験

2.1 執務者が窓に正対している場合

本実験では、昼光利用時の窓面輝度と照明の省エネルギー効果の関係を明らかにすることを目的として被験者実験を行った。実験では、窓に正対した実験参加者が、昼光を利用していない時および昼光時の窓面輝度 (5 パターン) において、紙面作業をしながらマウスのホイール操作により天井照明を自由に調光することで選好照度を決定した。昼光利用していない時の選好照度を基準照度と呼称する。実験室には縦 1000 mm、横 950 mm の、オフィスにおける窓を模擬した面光源装置 (以下、模擬窓) を床上 900 mm の高さに設置した。

全実験参加者の基準照度と各窓面輝度における選好照度の差およびその差から昼光による机上面照度の増分を引いた値 (天井照明による机上面照度の増加量) の平均値を Fig. 1 に示す。Fig. 1 より、窓面輝度の上昇に比例して選好照度および天井照明による机上面照度の増加量も上昇することが分かった。よって、人工照明によるエネルギー消費量が増加するので、昼光利用することにより省エネルギー効果は得られないと言える。

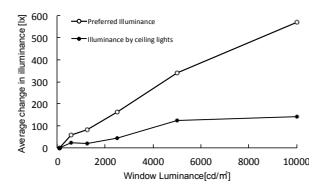


Fig. 1 Average of change in illuminance

2.2 執務者が窓側において窓に背をむけている場合

本実験では、オフィスの窓側において窓に背を向けた VDT 作業をしている実験参加者の最大許容窓面輝度 (許容できる窓面輝度の最大値) を求めた。実験参加者は、模擬窓から 1500 mm 離れた位置に設置されている机に窓に背を向けて座り VDT 作業を行った。VDT 作業中、机上面に設置されたロータリー式の調光器を用いることで模擬窓面輝度を調節し最大許容窓面輝度を決定した。

その結果、全実験参加者の最大許容窓面輝度の平均値は 1714 cd/m^2 であった。先行研究において、太陽位置に応じて自動でスラット角を制御する自動制御ブラインド (白色) を用いた場合の窓面平均輝度の測定データが示されているが²⁾、そのデータによると日中の窓面輝度はおおよそ $2000 \sim 4000 \text{ cd/m}^2$ である。そのため、日中の窓面輝度が約 1714 cd/m^2 以下になるよう窓面輝度を制御する必要がある。

3 タスクライトの新しいコンセプト

3.1 反射型タスクライトの概要

反射型タスクライトの概要図を Fig. 2 に示す。反射型タスクライトは、LED 光源から机上空間にある反射板に対して光を照射し、その反射板による拡散反射光で作業領域を照らすというタスクライトの方式である。既存のタスクライトとの主な違いは、タスクライトを光源と反射板に分離させた点である。反射板の機能としては照射された光を反射することのみであるため、軽量かつ薄い

素材を用いることができ、かつそれを支えるアームを細くすることができる。反射面に高効率の拡散反射率を有する素材を用いることで、反射板のサイズが小さく、かつLED光源の個数が少なくても均斉度を高めることができる。これによって、既存のタスクライトにおける問題点は解決することができると考えられる。

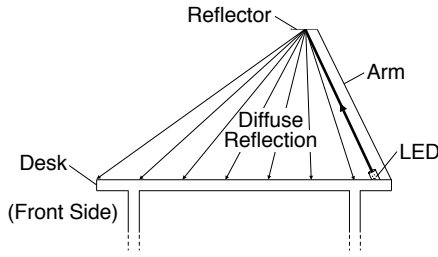


Fig. 2 Concept diagram of reflecting task light

3.2 反射型タスクライトの均斉度評価実験

本研究では反射型タスクライトのプロトタイプを製作し、その均斉度（対象領域における明るさの均一性の評価指標）を既存のタスクライトと比較した。実験装置の前面図を Fig. 2 に、側面図を Fig. 3 に示す。反射板は、寸法が (W) 100 mm × (D) 100 mm × (T) 2 mm、重量が 17.2 g の板を用い、反射面には拡散反射率 95 % の白色顔料を塗装した。

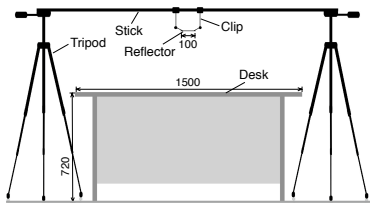


Fig. 3 Front view

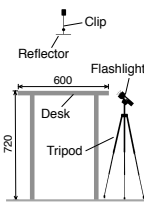


Fig. 4 Side view

クリップの水平方向の位置および三脚の高さを変えることで、机上空間における反射板の位置を変えることができる。均斉度は、作業領域における最小照度に対する平均照度の比で示される。平均照度は、対象とする領域を等面積に分割し単位区域ごとの平均照度を求め、その相加平均値を算出することで求められる。平均照度の算出式を式 (1) に示す。

$$E_a = (1/4MN)(\sum E_c + 2 \sum E_s + 4 \sum E_i) \quad (1)$$

E_a : 平均照度 [lx], M : 縦辺の数, N : 横辺の数
 E_c : 隅点照度 [lx], E_s : 辺点照度, E_i : 内点照度

JIS によって、作業領域における均斉度は 0.7 以上、作業近傍における均斉度は 0.5 以上と定められている。本実験では、Fig. 5 のように均斉度を測定する領域として 4 つのサイズ (S1~S3: 作業領域, S4: 作業近傍) を定義し、それぞれの領域における均斉度を評価した。反射型タスクライトと既存のタスクライトの均斉度を比較する際

には、両方とも光源の中心を机上面の中心にくるように水平に設置し、光源の高さはそれぞれ 400, 500, 600 mm の 3 パターンについて測定した。

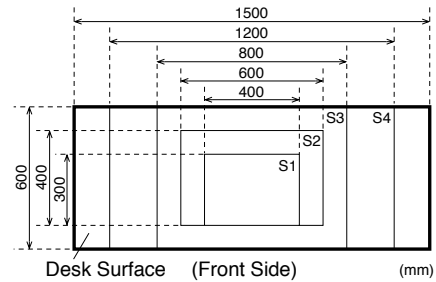


Fig. 5 Working areas on the desk

3.3 実験結果

反射型タスクライト (RTL) と既存のタスクライト (CTL-1~3) の均斉度を Fig. 5~Fig. 7 に示す。反射型タスクライトの均斉度は、全ての作業領域において既存のタスクライトの均斉度より高いことがわかった。また、反射板および光源をそれぞれ 2 つ使用し、それらを机中央から左右対称に配置した場合における均斉度が JIS の基準を達成できるか検証した。そのうち、JIS 基準を満たした均斉度を Fig. 8 に示す。なお、±

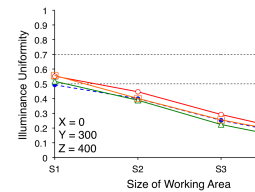


Fig. 6 Height: 400 mm

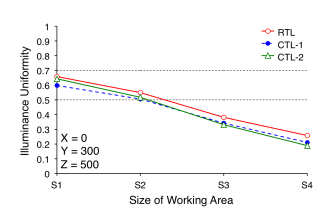


Fig. 7 Height: 500 mm

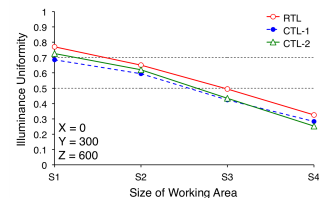


Fig. 8 Height: 600 mm

4 結論

本実験により、日中の窓面輝度は現在の自動制御ブラインドによるものより低く制御する必要性があるといえる。そのため、ブラインドの裏面に反射率の低い色を使用することや調光ガラスによる窓面輝度の制御が考えられる。また、反射型タスクライトを用いることで、既存のタスクライトの均斉度およびデザインの問題を解決することができた。

参考文献

- 財団法人エネルギーセンター, <http://www.eccj.or.jp/office/bldg/01.html>.
- 笹島, 井上ほか. 日射遮蔽手法が熱・光・眺望性に及ぼす影響: その 2 ブラインド仕様による窓面輝度および視環境. 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 431-432, 2009.