

昼光利用時の窓面輝度と照明における省エネルギー性の関係

外村 篤紀

Atsuki TONOMURA

1 はじめに

現在、オフィスビルにおける照明の消費電力量は、オフィスビル全体の約 24 % を占めている¹⁾。今日まで昼光利用に関する研究は多くなされており、昼光利用により大幅な省エネルギー効果が得られることが分かっている²⁾。気象状況に応じて自動でブラインドを制御するシステムも開発されており、高い省エネルギー効果と眺望性を得られることが示されている。しかしながら、より多くの眺望性を得ようとする、窓面の輝度がより高くなるため執務者に不快感を与え、知的生産性が低下する恐れがある。

近年では、執務者の好みに応じて個別照度環境を提供する照明制御システムの開発が行われており、個別照度環境を提供することで大幅な省エネルギー効果を達成し、かつ執務者の快適性および知的生産性が向上することが分かっている。

そこで本研究では、昼光利用時の窓面輝度と照明の省エネルギー性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、昼光利用していないときと昼光利用時の被験者の選好照度を比較することにより、執務者の視的快適性を考慮した昼光利用による省エネルギー性について検討した。

2 昼光利用

2.1 昼光利用の有効性

18 世紀後半の産業革命以降、人口爆発や化石燃料の大量消費により大気中の二酸化炭素濃度は年々増加する傾向にあり、地球の温暖化は加速的に進行している。そこで近年、地球温暖化への対策として自然エネルギーの利用による CO₂ の排出量削減が求められている。再生可能エネルギーの中でも太陽エネルギーは最もエネルギー量が多く、かつ地域偏在性がないため、太陽エネルギーを有効に活用することにより地球温暖化防止へ大きく貢献できると考えられる。中でも、昼間の明るさを室内に取り入れることにより、人工照明によるエネルギー消費量の削減をすることができる昼光利用が、オフィスビルにおける省エネルギー手法として注目されている。また、人工照明による消灯・減光は照明発熱による冷房負荷の削減も期待できるため、昼光利用による省エネルギー効果は高いとされている。

2.2 昼光利用の課題

昼光利用は、照明の省エネルギー性向上においては有効な手法である。しかし、室内の熱環境や光環境のエネルギー的側面のみを対象とした研究が多く、執務者の視環境に着目した研究は少ない。昼光利用は窓面の明るさを上昇させるため、窓面の明るさと室内の明るさの明暗比が大きくなり、執務者にとって室内が暗く見える原因となる。そ

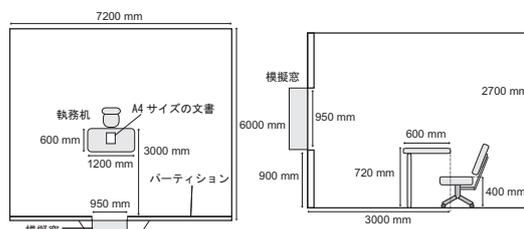


Fig.1 実験環境の平面図 (左) と側面図 (右)

のため、昼光利用の有効性評価は照明における省エネルギー性だけでなく、執務者の視的快適性を考慮する必要がある。

3 窓面輝度と選好照度の関係

3.1 実験環境

実験環境を Fig. 1 に示す。実験室には縦 950 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。模擬窓は 32 W の昼白色蛍光灯 16 本で構成されており、表面は乳白色の亚克力板で覆った。模擬窓面の輝度 (以下、窓面輝度) は、PC による制御に加え、亚克力板を覆う白色の模造紙の枚数を変えることにより 20 cd/m²~12000 cd/m² の範囲で調節可能とした。天井照明はグリッド型 LED 照明 12 台を用いた。天井照明は机上面に置いたスマートフォンのシークバーを操作することで 90 段階で一括調光することができ、机上面照度は 120 lx~1200 lx の範囲で調節可能である。机上面は白色であり、机上面照度の測定にはデジタル照度計 ANA-F11 を用いた。なお、Fig. 3 に示すパーティションは可動式であり、必要に応じて左右に移動させることで模擬窓の光を完全に遮断し、昼光の有無両方のオフィス環境を模擬的に実現できる。実験参加者は、眼疾患を有さない 20 代前半の学生 3 名である。

3.2 実験方法

被験者は実験室に入室後、の位置に着席し 10 分間待機する。この間、机上面照度は 750 lx で一定に保たれている。待機後、被験者は 10 分間 A4 サイズの文書を黙読する。このとき、LED 照明のみが点灯しており、模擬窓の照明は消灯している。作業中、被験者はスマートフォンのユーザインタフェースを操作することにより、天井照明を自由に調光し、快適と感じる値に何度でも調光できる。作業後、照度計を用いて机上面照度を測定した。このときの机上面照度を被験者の基準照度と呼称する。基準照度は、昼光利用していないオフィスにおける被験者の選好照度を意味する。その後、被験者は基準照度に 5 分間順応する。被験者が基準照度に順応した後、模擬窓の照明を点灯させ、



Fig.2 実験風景

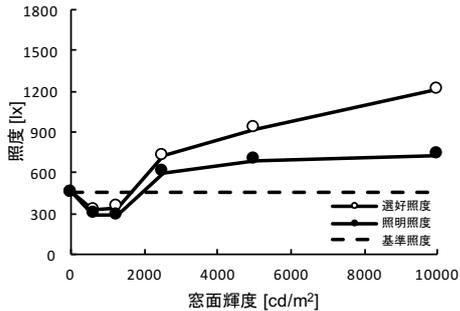


Fig.3 窓面輝度に対する選好照度と照明照度の関係 (被験者 A)

窓面輝度が 600 cd/m^2 になるように設定した。窓面輝度を設定した後、机上面照度が模擬窓による照度と天井照明による照度 (以下、照明照度) を足し合わせて基準照度になるように設定し、被験者は再び 10 分間作業し天井照明を調光する。作業後、模擬窓の照明を消灯させ、天井照明による机上面照度が基準照度になるように設定し、被験者は 5 分間基準照度に順応する。この手順を窓面輝度が $1250, 2500, 5000, 10000 \text{ cd/m}^2$ について繰り返す。実験風景を Fig. 2 に示す。

4 実験結果

各被験者の窓面輝度に対する選好照度と照明照度の関係をそれぞれ Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 に示す。

基準照度は昼光利用していない環境における選好照度であり、同じ環境下における照明照度と等しい。このため、照明照度が基準照度を上回る環境は、昼光利用しない環境と比較して照明におけるエネルギー消費が増加すると考える。

被験者 A および被験者 B において、窓面輝度が 2500 cd/m^2 以上では選好照度が基準照度より高いことがわかる。照明照度は、窓面輝度が $600 \text{ cd/m}^2 \sim 1250 \text{ cd/m}^2$ の範囲内では基準照度を下回り、その後上昇し続けた。したがってこの場合、窓面輝度が 1250 cd/m^2 以下の環境では昼光利用により省エネルギー効果を得ることができる。一方で、被験者 C においては窓面輝度が 600 cd/m^2 以上の時点から、選好照度および照明照度は基準照度を超えた。この場合、昼光利用すると照明におけるエネルギー消費

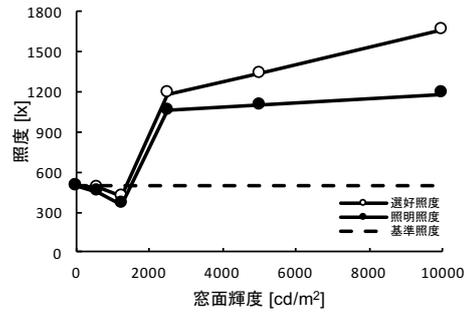


Fig.4 窓面輝度に対する選好照度と照明照度の関係 (被験者 B)

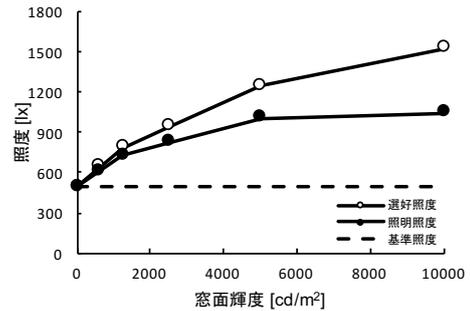


Fig.5 窓面輝度に対する選好照度と照明照度の関係 (被験者 C)

量が昼光利用していない場合と比べて増大すると考えられる。

5 結論と今後の研究方針

実験結果から、執務者によっては昼光利用しない場合より昼光利用する場合の方が照明におけるエネルギー消費が増大することがわかった。また、異なる執務者においては、窓面輝度が 1250 cd/m^2 以下のときは、昼光利用していないときより選好照度および照明照度が低くなるという結果を得た。この結果から、窓面輝度が 1250 cd/m^2 以下であれば昼光利用による省エネルギー性が得られる場合があることがわかった。

日本のオフィスは窓にブラインドを設置している場合が多い。このような場合、窓表面に高輝度領域と低輝度領域が現れる。今後の検証では、模擬窓にブラインドを設置し本実験と同じ手順で検証を行う。ブラインドを設置した模擬窓を用いて窓面輝度と選好照度の関係を明らかにすることで、昼光利用時の照明における省エネルギー性の限界を明らかにする。

参考文献

- 1) 財団法人省エネルギーセンター. オフィスビルの節電計画行動フォーマット, 入手先. <<http://www.meti.go.jp/setsuden/20110513taisaku/07.pdf>>.
- 2) 正土井, 三千子岩田, 芳一中根. 昼光利用照明における人工照明制御に関する研究: 実測昼光照明資料に基づく人工照明の点滅制御シミュレーション. 日本建築学会計画系論文報告集, No. 418, pp. 29-40, dec 1990.