

論文の内容の要旨

論文題目「オフィス空間における視的快適性に基づく昼光制御に関する研究」

学位申請者 谷口 智子

キーワード：昼光利用、オフィス、ブラインド制御、実用化、視的快適性

我が国における全エネルギー使用量の約 30%は建築に関わるものであり、照明によるエネルギー使用量はそのうちの約 20%と大きな割合を占めている。昼光の利用は、照明用消費電力の削減に貢献することができ、オフィスを中心に昼光照明が推奨されている。さらに昼光照明は、1日の多くの時間を屋内で過ごす現代人に対して生理・心理的に必要不可欠であるということが報告されている。

しかし、昼光は量的な過不足や変動、極端な対比などを伴うため、これらを制御することが求められる。効果的な昼光照明を行うためには、昼光の制御装置の選択や制御方法が重要となる。昼光の制御装置は大きく、外付けと内付け、また可動式と固定式に分けられ、建物の形状や用途によって選択される。オフィスの昼光制御に求められる性能には、直射日光の遮蔽、窓からのグレアの抑制、昼光の照明としての利用、眺望の確保、不快な変動の抑制といった要素があり、これらはトレードオフの関係にある。また、各要素が季節や時刻、オフィス内の座席位置によって変化する。これらから、オフィスビルでは可動式昼光装置の 1 つである水平型ベネシャンブラインドが最も多く利用されており、近年はこれを自動制御する方法が提案されている。

しかし、実際のオフィスビルでは自動ブラインドを制御する場合、様々な問題が発生し効果的な運用が難しい。現在の自動ブラインドでは、緯度・経度・日時などからブラインドのスラット角度を制御しているため、昼光が量的に過剰な場合に不快なまぶしさが発生する。さらに、自動ブラインドのゾーニング方法や制御インターバルの決定方法に関する問題も残されている。執務者の視的快適性および知的生産性の低下を防ぐには、自動ブラインドを含む昼光装置の制御方法に関するこれらの問題を解決することが必要である。

そのため本論文は、視的快適性に基づく昼光装置の制御方法を開発し、提案した制御方法のオフィス空間への実用化方法および応用方法について検討を行った。

本論文は 8 章で構成されており、以下に各章ごとの概略を示す。

第1章は序論として、オフィス空間の昼光照明に関わる既往の研究をまとめた。特に直射日光の遮蔽と利用を考えた窓装置の制御方法について分析し、執務者の視的快適性に基づく制御を目指した本研究の新規性を確認し、研究目的を明確にした。

第2章では、不快グレア予測指標を用いた自動ブラインドのスラット角の実用的制御方法を提案し、アルゴリズムおよび詳細な計算方法を示した。提案したアルゴリズムは窓面情報、屋外照度、日時、執務者の在席位置分布、屋外周辺情報などを入力情報として、不快グレア予測指標を計算し、不快グレアが許容される最小スラット角に制御するものである。執務者の在席位置分布、屋外周辺情報を組み込んだことで効率のよい制御を可能にした。この制御方法による照明用電力削減効果を年間気象データを用いて検証し、さらにブラインドを通して見える屋外眺望に対する執務者の満足度を試算した。東京の南向き窓では、一般的オフィスで評価位置を窓から2.5mと想定したとき、不快グレア抑制制御をした場合でも夏季で40%、冬季で50%程度の満足度が得られることを示した。

第3章では、大空間オフィスで提案した制御方法を用いるために必要となる制御ゾーニングの最適化に関する提案を行った。数値計算により執務者の在席位置分布に応じた制御ゾーンの決定方法を示し、実際の空間における被験者実験でこの決定方法の有効性を示した。

第4章では、不快な窓面輝度変動を抑制するために必要となる制御インターバルに関する検討を行った。まず、1分間隔で測定した6カ月間の気象データを用いた数値解析により、窓面輝度およびスラット角の変化を求めた。次に屋外照度の変動による変化とスラット切り替えによる変化の成分を分け、スラット切り替え時の急激な窓面輝度変化の出現頻度を求めた。制御インターバルの違いが窓面輝度の変化に与える影響を明らかにした。

第5章では、第4章で検証した窓面の輝度変化に対する執務者の不快感を定量化し、それを軽減するための窓面輝度変化速度の最適化に関する検討を行った。人工窓を用いた被験者実験を行い、窓面輝度変化に対する不快感とそのときの許容度を評価した。実験の結果、条件によって異なるが、窓面輝度変化が 1800cd/m^2 のときスラットの開閉速度が 20deg/s 程度で不快感の評価がピークとなり、それ以上速くても遅くても評価は下がることを確認した。さらに、窓面輝度変化に対する不快感の評価値と許容度の関係についても明らかにした。窓面輝度変化に対する不快感に影響するパラメーターを抽出し、窓面輝度変化速度の決定方法の制御フローを提案した。

第6章では、特殊ブラインドの一つである角度変化型ブラインドを取り上げ、第2章で示した計算方法を適用させた場合の計算精度について検討した。特殊ブラインドを用いた場合の昼光による天井面照度の計算値と実測値は一致し、特殊ブラインドに本研究で示した計算方法が適用可能であることを示した。

第7章では、不快グレア抑制制御のログデータを用いて、側窓および天窗等の複数の窓からの昼光照度の予測方法を示し、昼光連動型のアンビエント照明制御方法を提案した。さらに、気象データによるアンビエント照明の年間調光率を算出し、提案したアンビエント照明制御方法を用いた場合の照明用電力削減効果についても明らかにした。

第8章では、本論文の結論を述べるとともに本研究における将来の展望についてまとめた。

以上に述べた通り、本論文では不快グレア予測指標を用いた自動ブラインドのスラット角の実用的アルゴリズムを提案し、それにより執務者の視的快適性を確保しつつ、屋外眺望を確保し照明用電力を削減することを可能にしている。さらに、提案した制御方法を実空間で用いるための制御のゾーニングやインターバルおよびスラットの開閉速度について検討を行った。提案アルゴリズムの応用例も示すことで、ブラインド制御の実用化に関わる問題の解決を図った。本論文で示した考え方は、ベネシャンブラインドに限らず、ロールスクリーンや調光ガラスなどの昼光装置にも拡大することができる。本論文の成果は、照明用電力の削減だけでなく、執務者の視的快適性の維持・向上に寄与することができ、社会への貢献度は高いと考えられる。