

学 位 論 文 の 要 旨

氏名

木下泰斗

学位論文題目

ブラインドを考慮した窓グレーディング部の光学特性および日射熱取得の計算法に関する研究

本論文は、窓としての採光性能・断熱性能・遮熱性能をより精度良く評価することを可能とすることを目的として、板ガラスと付属遮蔽物の組み合わせで構成される窓ガラス中央部に着目し、板ガラス・付属遮蔽物・それらの組み合わせでの光学性能と熱性能の計算による評価方法をまとめたものである。

第1章では、序論として本研究の背景と目的を述べ、関連する既往の研究を概説して本研究の位置付けを述べる。

第2章では、薄膜なしガラス、薄膜付きガラス、合わせガラス、複層ガラスの多重反射を考慮した分光特性計算法を詳述し、薄膜なしガラス、薄膜付きガラス、合わせガラスの一部の品種の分光特性測定結果から作成したガラスの表面反射率と内部透過率、薄膜の透過率と反射率、中間膜の内部透過率の基礎データを示した。また、構成する板ガラス層数が任意の合わせガラスや複層ガラスの多重反射計算においては逐次計算が必要となるため、これに対応した計算プログラムを示した。さらには、各種規格に基づく板ガラスの光学特性の計算法を整理した。ここで提案した計算法と各種素材の基礎データを用いることで、薄膜なしガラス、薄膜付きガラス、合わせガラス、複層ガラスなど任意の品種、構成、板厚を組み合わせた板ガラスの分光特性および光学特性の計算が可能となる。

第3章では、任意の入射角での板ガラスの分光透過率と分光反射率の理論的計算法について整理し、この計算法に基づいて各種板ガラスの入射角度別の可視光特性（可視光透過率、可視光反射率）および日射特性（日射透過率、日射反射率）を算定した結果を示した。また、これらを整理するために導入した規準化透過率と規準化反射率の定義を示し、板ガラス品種分類ごとに可視光特性および日射特性の規準化透過率と規準化反射率の入射角特性を表す近似式を提案した。ここで提案した可視光特性と日射特性の入射角特性の計算法を用いることで、住宅や建築物の暖冷房負荷計算や照明負荷計算を行う際に入力条件として必要となる窓ガラスの日射熱取得率や可視光透過率を窓の向きと太陽位置の関数として扱うことが可能となる。

第4章では、窓の日射遮蔽の手段として多く用いられているベネシャンブラインドについて、遮熱性能の評価に必要な日射に対する光学特性（透過率，反射率）を総合的および定量的に求めるためのブラインド光学特性の計算法を整理した。この計算法の主な特徴は、スラット材の反射性状と入射日射の種類によってブラインドの光学特性を4つのタイプに分類し、スラット材形状を有限の微小要素に分割して計算して、それらを合成することで総合的な光学特性を求めることができる点である。

第5章では、板ガラスとブラインドを組み合わせた窓としての光学特性の計算方法について、板ガラスのような直進透過や正反射の性状だけでなく、ブラインドのようにあらゆる方向へ透過や反射をする場合の性状についても詳細に解析できる多重反射計算法を提案し、この計算法による光学特性の解析結果と従来の簡易計算法による解析結果を比較した。ここで提案した詳細計算法では、窓面の透過光と反射光の方向分布を求めることができ、窓面を透過する日射による室内の日射量分布や照度分布を精度良く予測するための窓面境界条件として利用することができる。

第6章では、日射熱取得率の定義と基礎計算式を示し、各種規格に規定されている表面熱伝達係数、中空層熱コンダクタンス、換気熱伝達などの計算法と境界条件を整理した。さらに、種々の窓ガラス構成での熱回路網モデルとその熱平衡式を作成した。レースカーテンやブラインドのように面材の開口から自然に空気が流通する場合には、温度状態に応じた通気量および対流と放射による熱伝達の挙動を把握する必要がある。これに関する実験や数値解析による多くの既往研究の概要を示し、数値計算によるブラインド周りの対流熱伝達評価の可能性を確認するために実施したブラインド周りの熱流体解析結果の一例を示した。

第7章では、窓の熱的なエネルギー性能を評価する際に必要となる窓の期間積算日射熱取得について、窓の日射熱取得率の入射角特性と年間の1時間ごとの日射量データを用いた詳細計算と、窓面方位と地点の緯度と暖房期間および冷房期間の積算水平面全天日射量と日照率を変数とする簡易計算の結果の比較を行い、簡易計算が詳細計算と同程度の結果が得られることを確認した。気象データとして用いた期間積算水平面全天日射量と日照率は比較的入手しやすいため、ここで提案した簡易計算法は毎日毎時の日射量のような詳細な気象データが整備されていない地点についても適用が可能となるという利点がある。

第8章では、結論として本研究で得られた検討結果および知見をまとめた。さらに今後の研究によって解決すべき課題を整理し、展望を述べた。

論文審査の要旨

| | | | |
|------|-----------|-------|-------|
| 報告番号 | 理工研 第300号 | 氏名 | 木下 泰斗 |
| 審査委員 | 主査 | 曾我 和弘 | |
| | 副査 | 徳富 久二 | 松村 和雄 |
| | | 二宮 秀典 | 赤坂 裕 |

学位論文題目

ブラインドを考慮した窓グレージング部の光学特性および日射熱取得の計算法に関する研究
(A study on the calculation methods for optical properties and solar heat gain of glazing with blind)

審査要旨

提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は、窓としての採光性能・断熱性能・遮熱性能をより精度良く評価するために、板ガラスと付属遮蔽物の組み合わせで構成される窓ガラス中央部に着目し、板ガラス・ブラインド及びそれらの組み合わせを考慮した光学性能と熱性能の計算による評価方法をまとめたもので、全8章より構成される。

第1章は、序論である。第2章では、薄膜なしガラス・薄膜付きガラス・合わせガラス・複層ガラスなど任意の品種・構成・板厚の組み合わせによる板ガラスの分光特性および光学特性の計算法を提している。

第3章では、任意の入射角での板ガラスの分光透過率・分光反射率の理論的計算法について整理し、板ガラス品種分類ごとに可視光特性（可視光透過率・可視光反射率）・日射特性（日射透過率・日射反射率）の規準化透過率・規準化反射率の入射角特性を表す近似式を提案している。

第4章では、窓の日射遮蔽の手段として多く用いられているベネシャンブラインドについて、日射遮蔽性能の評価に必要な日射に対する光学特性（透過率、反射率）を総合的・定量的に求めることを目的として、ブラインド光学特性の計算法を整理している。

第5章では、板ガラスとブラインドを組み合わせた窓としての光学特性の計算方法として、詳細な多重反射計算方法を提案している。この計算による光学特性の結果と従来の簡易計算法による結果を比較し、提案した計算法の有効性を明らかにしている。

第6章では、日射熱取得率の定義と基礎計算式を示し、各種規格に規定されている表面熱伝達係数、中空層熱コンダクタンス、換気熱伝達などの計算法と境界条件を整理している。

第7章では、窓の熱的なエネルギー性能を評価する際に必要となる窓の期間積算日射熱取得について、毎日毎時の気象データを用いた詳細計算と、窓面方位・地点・期間積算水平面全天日射量・日照率を変数とする簡易計算法を検討し、簡易計算が詳細計算の結果をうまく再現することを確認している。

第8章は、結論である。以上本論文はブラインドを考慮した窓グレージング部の光学特性および日射熱取得を計算する手法を提案し、その計算法の有効性を明らかにした。これは窓の採光性能・断熱性能・遮熱性能の適正な評価に大きく寄与する。よって、審査委員会は博士（工学）の学位論文として合格と判定する。

最終試験結果の要旨

| | | | |
|--|-----------|-------|-------|
| 報告番号 | 理工研 第300号 | 氏名 | 木下 泰斗 |
| 審査委員 | 主査 | 曾我 和弘 | |
| | 副査 | 徳富 久二 | 松村 和雄 |
| | | 二宮 秀與 | 赤坂 裕 |
| <p>平成21年1月23日12時50分から行われた学位論文発表会において、審査委員を含む約20名の前で学位論文の内容が説明され、その後、以下に示すような質疑応答が行われた。いずれについても満足すべき回答を得ることができた。</p> <p>〔質問1〕 窓方位による補正係数Fvの回帰式は日本の地点での計算結果から作成しているが、海外の地点についてもそのまま適用可能か？</p> <p>〔回答〕 回帰式のパラメータに、地点の緯度と日照率、窓面の方位角と傾斜角、地表面反射率を選んでいるので、緯度や方位角や傾斜角と補正係数の関係はおそらく海外の地点についても成り立つと思いますが、未確認です。海外の気象データを使って、一度確認しておくことが必要です。</p> <p>〔質問2〕 ガラスの汚れなどによる光学特性の変化は考慮しているのか？</p> <p>〔回答〕 本論文では汚れによる光学特性の変化は扱っていません。ガラスは安定した材料ですので材料特性が経年変化することはありませんが、実際には清掃頻度によっては汚れの付着によって透過率と反射率の低下、吸収率の増加が起こることは指摘されています。光熱性能や省エネ性能の問題だけでなく、窓ガラスが日射を受けて熱応力が発生して破損する可能性を設計時に判断する際にも、そのようなことを考慮することが必要である場合もあります。</p> <p>〔質問3〕 斜入射光学特性の近似式は、太陽電池の発電効率の評価に利用できるか？</p> <p>〔回答〕 入射角度が大きいところでは反射率が急増するため、太陽電池の発熱効率が低下すると考えられます。太陽電池パネルに普通の板ガラスが使用されているならば、太陽電池パネルの日射の透過率と反射率から日射吸収率を求めるために、本論文の斜入射光学特性の近似式が適用できると考えられます。なお、板ガラス表面の反射率を抑えるために、ガラス表面に低反射薄膜を施したものやガラス表面に微細な凹凸加工を施したものなども製品化されていますので、これらを用いることで太陽電池発熱効率の向上させることも可能だと考えられます。</p> <p>〔質問4〕 稲沼らによるブラインド周りの熱伝達モデルではどのように日射熱取得率を算定するのか？</p> <p>〔回答〕 稲沼モデルではブラインド表面とブラインド近傍の空気との間の対流熱コンダクタンスを同定し、空気移動量もパラメータとして伝熱モデルを作成しています。よって、このモデルでの日射熱取得の計算は、ブラインドとその周辺の温度を詳細に計算してから、室内への熱伝達量から算定する必要があります。対照的に、省エネ基準解説書の方法や上乘らの方法では、ガラスと遮蔽物の中空層の熱コンダクタンスまたは熱抵抗を設定していますので、これをJISやISOの計算式に直接用いて日射熱取得率を計算することが可能になっています。</p> <p>〔質問5〕 いくつかの規格に記載されている中空層の対流熱コンダクタンスの計算方法を紹介して比較しているが、中空層厚みが変わると対流熱コンダクタンスの変化はどのようになるのか？</p> <p>〔回答〕 JISR3107・ISO10292の方法で中空層の幅と対流熱コンダクタンスとの関係を求めたことがあります。これによると、中空層が厚くなると対流熱コンダクタンスが小さくなります。中空層のガスの種類によりますが、その効果は中空層幅約20mm以上ではほとんど一定になるという結果を得ています。</p> <p>以上のことから審査委員会は、申請者が博士課程の修了者としての学力ならびに見識を有するものと認め、博士（工学）の学位を与えるに足る資格を有するものと判定した。</p> | | | |