

内96-34

早稲田大学大学院理工学研究科

# 博士論文概要

## 論文題目

**Research on Dynamic Heat Load Characteristics  
of Buildings Based on Weighting Factor Method**

重み係数法に基づく建築物の  
動的熱負荷特性に関する研究

申請者

夏令操

Ling-cao XIA

建設工学専攻 建築環境研究

1996年12月

建築物の中で使われる民生用エネルギーのおよそ半分が空気調和に使用されているという事実からしても、省エネルギーへ向けて空調技術に課せられた責任は重いと言わなければならない。本研究の主題である動的熱負荷特性に関する基礎的研究は、建築物の省エネルギーの設計を促進する役割を果たすことを目指して行ったものである。設計された建築物が意図された通りの省エネルギー性能を発揮することを確認するという目的に対しても、この動的熱負荷特性に関する研究成果が適用されると考えられる。したがってエネルギー問題の進展と共に動的熱負荷特性研究は今後さらに重要性を増していくに相違ないと思われる。

本研究は、日本、アメリカ、カナダなどの動的熱負荷計算の基本理論を活用し、重要要素としての輻射成分の配分比と家具の熱的遅れを考えた基本重み係数を提案し、理論式の構築と数値検証を行なったものである。

第1章は「序章」であり、建築物を線形的で時不変的なシステムとしてシミュレーションする場合に重み係数法に関連する熱取得、冷房負荷、間欠空調負荷と装置容量などの基本原理、および重み係数、熱取得の輻射成分の多重反射、室の熱容量による熱的遅れなどの基本概念を紹介した。本研究の目的として、動的熱負荷計算に対する日本で開発された独自の重み係数法及びアメリカ、カナダで推奨された伝達関数法を基に熱取得の輻射成分の室内各表面への配分比と基本重み係数についての研究をさらに展開する必要性を述べた。従来の日本の動的空調負荷計算プログラムの算法に家具の熱的遅れを加え、新たな重み係数を開発するとともに、日本の動的空調負荷計算プログラムの重み係数とアメリカ、カナダの伝達関数係数とを用いて熱取得から冷房負荷を計算し検証することを述べた。

第2章は「従来の研究と本研究の位置づけ」について述べた。1967年にカナダの Stephenson と Mitalas によって発表された動的熱負荷計算の基本理論である応答係数法に基づいて、空気調和・衛生工学会の専門委員会が1969年に動的熱負荷計算法の研究を始め、計算量を大幅に削減するなどの独自の多くの改良を加えた上で、1972年に日本の動的空調負荷計算プログラムを開発した。日本の独自の動的熱負荷計算法は任意に非定常に変動する条件下でも計算できるという非常に自由度の高いものであり、その応用範囲は極めて広いものである。一方、アメリカ、カナダでは1972年に動的熱負荷計算に関する伝達関数法という算法がASHRAE Handbookに発表され、1993年に登場したASHRAEの算法には家具の熱的遅れがすでに考慮されている。

本研究はこれらの成果を踏まえ、家具の熱的遅れを考え、輻射成分の配分比と基本重み係数の算定に取り組み、より合理的な重み係数を目指すこととした。

第3章は「空調負荷計算用重み係数における窓透過日射熱取得の配分比に関する研究」と題し、従来の室内各表面への輻射配分比に関する問題点を指摘し、室内に家具がない場合について窓透過日射熱取得の室内各表面への時変配分比の計算式を提示した。同時にこの時変の配分比と従来の空気調和・衛生工学会の暫定配分比とを用いて重み係数法によるブラインドを設けない窓からの日射による冷房負荷計算結果の比較を行った。

窓透過日射熱取得の室内各表面への配分比は時変であり、仮定条件を設定して時変の配分比の近似計算式を導出した。例として4種類の窓サイズの配分比を計算した結果、時変配分比と従来の暫定配分比との間には差が存在することがわかった。

従来の木村、Stephenson と Mitalas の提案した計算式に時変配分比と基本重み係数を加味して日射による冷房負荷の計算式を提示した。家具に対する重み係数の即時値が0.2であることを仮定し、3種類の室形状、3種類の窓サイズと3種類の窓方位に対して時変配分比と従来の暫定配分比とを用いた場合についてブラインドを設けない窓からの日射による冷房負荷を計算した結果、両者はほぼ等しくなることがわかった。

第4章は「家具の熱的遅れを考えたブラインドを設けない場合の窓透過日射による冷房熱負荷計算用重み係数に関する検討」と題し、日本、アメリカとスウェーデンの実用的な動的熱負荷計算方法を分析し、日本空気調和・衛生工学会制定のプログラムの中に家具の熱的遅れが考慮されていないという問題点を指摘し、日本の独自の重み係数方法に家具の熱的遅れを加えて新たな冷房負荷計算用重み係数を提案した。

普通ガラス窓にブラインドを設けない場合の重構造、中構造、軽構造の基準階のモデル室を想定し、家具を平板に置換し、石野らの家具の吸熱応答係数を用い、家具を含むモデル室の16元熱平衡式を連立して解くことによって、家具の熱的遅れを考える場合の基本重み係数を求める方法および基本重み係数と第3章で提案した窓透過日射の室内各表面への動的配分比の計算式で計算した日射熱取得の配分比とを組み合わせ家具の熱的遅れを考える場合の重み係数を計算する方法を示した。

従来の空気調和・衛生工学会の日射による負荷計算方法の中では、家具の熱的遅れが無視され、家具に吸収された単位パルス励振に対する基本重み係数の初値は1.0で与えられている。その結果、ブラインドを設けない場合の中構造に対する日射による冷房負荷を計算するにあたって家具に対する重み係数の即時値は0.2であり、重み係数の初値は0.3990である。本研究の中構造モデル室の計算結果によって、家具に吸収された単位パルス励振に対する基本重み係数の初値は0.2491となり、その結果家具に対する重み係数の即時値は0.0735となり、日射による負荷計算用重み係数の初値は0.2078となり、従来の学会の数値との間に差が大きく存在することがわかった。

本研究では、ASHRAEの室伝達係数と差分法に基づくスウェーデンのプログラムBRISの計算結果から換算した日射による負荷計算用重み係数を求めた結果、ASHRAE、BRISの数値と本研究の計算結果に比べると、日本空気調和・衛生工学会の重み係数の初値はほぼ2倍大きくなることがわかった。

第5章は「家具の熱的遅れを考えたブラインドを設ける場合の窓透過日射による冷房負荷計算用重み係数および貫流熱取得、人体熱取得と設備熱取得による冷房負荷計算用重み係数」と題し、日本とアメリカでのこの分野に関する計算方法の特徴を分析し、前章の研究成果を踏まえ、日本の動的空調負荷計算理論を基に家具の熱的遅れを考えた上で、基礎的な重み係数を計算し提案した。

直達日射が室内奥部まで到達する状況は執務に支障があり、ブラインドを降ろすのが一般的である。本研究では、家具を含むモデル室の16元熱平衡式を連立して解くことによって家具の熱的遅れを考えた基本重み係数を求めた。窓にブラインドを設ける場合には多くの日射が天井面に吸収されるので、室内各表面への日射熱取得の配分比は第4章と異なる値となった。輻射成分の配分比と基本重み係数とを合わせて家具の熱的遅れを考慮したブラインドを設ける場合の重み係数を計算する方法を示した。

従来の日本空気調和・衛生工学会のブラインドを設ける場合の日射による熱負荷計算方法では、家具に対する中構造の重み係数の即時値は0.2であり、重み係数の初値は0.4849であるが、本研究の中構造モデル室の計算結果によって、家具に吸収された単位パルス励振に対する基本重み係数の初値は0.2491となり、その結果家具に対する重み係数の即時値は0.0125となり、ブラインドを設ける場合の日射による負荷計算用重み係数の初値は0.2336となることがわかった。

本研究では、貫流熱取得、人体発熱、器具発熱の輻射成分の室内各表面への配分比を提示すると共に、配分比と基本重み係数とを合わせて家具の熱的遅れを考慮した貫流熱取得、人体発熱、器具発熱の輻射成分による負荷計算用重み係数を提案した。

第6章は「被土屋根の蒸発冷却効果の地域特性に関する研究」と題し、重み係数法による計算法の適用例として被土建築の熱的有効性の評価を試みた。被土建築は屋根の盛り土の大きな熱容量による恒温性と土表面からの蒸発冷却により室内の涼房を得ようとする自然エネルギー利用の建築形態の一つであるが、等しい屋根熱貫流率を持つ被土屋根と断熱屋根を想定し、土表面の熱平衡式と土の水分収支式を立て、日本全国34箇所の夏の代表晴天日についての被土屋根と断熱屋根の貫流熱取得の最大値と日積算値および日本全国66箇所の夏季3ヶ月間の被土屋根と断熱屋根の期間貫流熱取得をシミュレーションにより求めて比較した。この結果を基に被土屋根の蒸発冷却効果の地域特性を示すマップを作成した。

日本全国の被土屋根の蒸発冷却効果マップによって、北緯30-35度の間の九州地方、中国地方、四国地方、近畿地方では湿っている土表面からの蒸発冷却と大きな土壌の熱容量の恒温性により涼房効果が著しく表れた。北緯35-38度の間の中部地方、関東地方でも被土屋根の蒸発冷却効果が大きいことが明らかとなった。北緯38度以上の東北地方と北海道地方の場合は、屋根貫流熱取得が正となる期間が非常に短いことから、被土屋根の有効性と実用性は低くなった。

第7章は「総括結論」と題し、各章における結論を要約上で、本研究で行った動的熱負荷計算用重み係数を基に間欠空調負荷計算用の除去熱量重み係数の再確認を行う必要があることなどを中心に関連する研究分野を展望した。