

学 位 論 文 題 名

室内温熱環境支援ツールと温感分布を考慮した
温熱環境設計法に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文の目的は、室内温熱環境設計方法論の確立に資することである。すなわち既往の単純な室内温湿度設定手法に代わり、室内温熱環境の高度な質と省エネルギー性の双方を同時に満たす温熱環境設計方法論を提案することである。このためには、コンピュータ設計支援ツールは必須である。その立場から、既往のコンピュータ支援ツールの機能と特性を比較検討し、温熱環境設計支援ツールの備えるべき条件を明確化すると共に、普遍性をもつ検証方法の提案を行った。具体的な適用対象モデルとして、ニーズの多い事務所ビルを選定し、既往の単純な室内温湿度設定手法に代わり、室内温熱環境の高度な質と省エネルギー性の双方を同時に満たす温熱環境設計方法論の有効性を示した。

第1章では、先ず、既往の研究成果を考察するとともに、研究の目的と背景について述べた。ここでは地球環境問題における省エネルギー策のあり方を述べ、地球温暖化防止の観点から、より一層の省エネルギー策が求められると同時にエネルギー有効利用の観点から快適性と省エネルギーという時には相反する課題について従来の温度湿度を一定とする設計法では限界があり、新しい観点からの設計法を考える必要性があることを述べた。また、建設会社での実務設計者による記述式アンケートを実施し、実務設計者が望み、必要とする支援ツールについて考察した。本章の後半は、上記の背景を踏まえ、既往の研究成果から数多く開発され利用されている動的熱負荷計算プログラムについて、時系列型と逐次型の演算法の特徴を比較検討した。さらに、実物のモデル化の過程においては系のつながりが明確に認識できる逐次型演算法が優れていることを論じた。また、従来の仕様規定設計から室内温熱環境を考慮した性能規定設計への要望に対し、温感分布算出のため不可欠な人体熱収支モデルに関する既往の研究の成果をまとめた。

第2章では、コンピュータ支援ツールの現状について分析を行った。ここでは特に、実務設計で支援ツールとして優れた特徴を持つ逐次演算系の支援プログラムを取り上げ、さらに実物とモデルの一対一対応の取り扱いに優れたモデル化の方法である回路網系の三プログラムについてその特徴を分析し、これからの支援ツールとしては、SAPLOプログラムが優れた機能を備えていることを論じた。次に、簡単な一室モデルでの具体的な支援シミュレーションを用い、支援過程の有効性を明確化した。

第3章では、演算過程での精度の比較結果をまとめた。そこではプログラムの内部アルゴリズムの面からではなく、実務での利用を前提とし、利用の過程で得られる情報から演

算精度を検証するブラック・ボックス法による検証方法を提案した。検証の過程では理論演算が可能な2状態値モデルを用い、建築での動的シミュレーションで問題となる局部時定数の違い、演算時間刻み幅が推移行列に及ぼす影響について検討した。

次いで、理論値と伸展テイラー法による演算結果の比較、後退差分法、ルンゲ・クッタ法について局部時定数と演算精度の関係について検証した。その結果、伸展テイラー法の演算結果は理論解とよく一致することを示した。また、実務適用の観点から本質を失わないRC造の中間階での事務室モデルを取り上げ、年間シミュレーションにより伸展テイラー法での演算と後退差分での演算結果を比較検討した。その結果、伸展テイラー法による逐次型数値演算は利用者にとってはその演算時間を含め十分実用に適用可能であることを明らかにした。また、本章の最後では、筆者も開発に参加したNETS、および、松浦の開発によるSAPLOの二つの代表的な回路網系プログラムを取り上げ、同一の物性値、同一の分割モデルを用い、単室モデルでの外気温度と室内発熱のステップ入力に及ぼす室温、壁体、家具等の温度応答について検討した。その結果、両者の演算結果はかなりのよい精度で一致することを明らかにした。

第4章では、室内環境の品質を規定する温感分布を求める上で不可欠な人体等価回路モデルについて検討した。実務適用の観点からはPMV指標が優れた指標として適用できることを論じた。次いで、本論文で適用する人体等価回路モデルについて説明した。また、実測データを用い、快適方程式や温感計測器の実測値と人体等価回路モデルの演算値の比較検証を行った。その結果、本論文で用いた人体等価回路モデルの演算値は快適方程式から算出されるPMV値や実測値とよく一致することを示した。

第5章は、前章までの検討結果を踏まえ、事務所モデルの基準階での冷房時の空調を主体的に取り上げ、これからの室内温熱環境設計について提案した。ここでは、先ず、従来の温度湿度を一定条件とする動的負荷計算や空調方式の問題点を取り上げ、空調エリア全体の快適環境を形成する上でのエネルギー消費が性能設計につながることを論じた。

次いで、シミュレーションにより、従来の室内温湿度一定の設計条件は快適な室内温熱環境が得られない状況を具体的に示した。空調エリア全体を快適環境とするためには、人体等価回路モデルを用い、空調機器を制御することによって、室内環境の高度な質と正確なエネルギー消費の比較が可能であることを明らかにした。そして、従来の室内温湿度一定とする空調計画に代わる室内温感分布を考慮した新しい概念の空調計画法を提案した。

次に、応用として、ペリメータゾーンでの快適効果と省エネルギーの課題を取り上げ、室内環境の品質を一定とする条件のもと、定量的なエネルギー比較を行い、適正な建設構成部材の選定が省エネルギー、かつ快適であるという正確な評価が可能であることを示した。また、従来の空調計画では解析が困難であった室内発熱負荷分布が室内温熱環境に及ぼす影響についても検討し、温感分布を考慮した空調計画によって極めて定量的に解析が可能であり、リフォーム等における空調機器の更新の判断に対しても本法が設計支援データを与えることを示した。最後に、本法を用い、従来は冷房時には無視されることが多かった蓄熱負荷の課題に対し、曖昧であった方位別蓄熱負荷について定量的に明らかにし、冷房時でも暖房時と同様に蓄熱負荷の検討が重要であることを論じた。

第6章では、前章までの考察をまとめ、シミュレーションによる支援ツールのあり方を再構築し、本論文の結論と得られた知見について述べた。また、今後のコンピュータの発

展にあわせた支援ツールのあり方、およびこれからの実務設計においては、より一層の性能を重視した空調設計が必須のものになることを述べた。このためには空調エリア全体の快適性を考えた性能設計の方向が重要である。温感分布を考慮した温熱環境設計法によって得られる説得性のある設計データをもとに、意匠設計、構造設計、設備設計が一体となったコンカレント設計により、省エネルギー性と快適性に優れた建物が実現するものと思われる。

学位論文審査の要旨

主査	教授	落藤	澄
副査	教授	持田	徹
副査	教授	絵内	正道
副査	教授	工藤	一彦
副査	助教授	横山	真太郎

学位論文題名

室内温熱環境支援ツールと温感分布を考慮した

温熱環境設計法に関する研究

現在、地球環境問題が要請する省エネルギー性と建物本来の機能である快適性の双方を同時に満足する室内温熱環境設計の方法論の確立が求められている。本論文は、この重要な課題に対して、新しいコンピュータ設計支援ツールの導入と実用性の高い人体等価回路モデルによる温感分布評価の概念を取り込み、既往の単純な室内温湿度設定手法に代わり、室内温熱環境の高度な質と省エネルギー性の双方を同時に満たす温熱環境設計方法論を提案し、具体的事例に適用し、その有効性を明らかにしたものである。以下に各章の要旨を示す。

第1章では、研究の目的と背景について述べている。地球環境問題の観点から一層の省エネルギー策が求められると同時に、エネルギー有効利用の観点から快適性と省エネルギー性という時には相反する課題について、新しい観点からの設計法の必要性を述べている。また、実務設計者による記述式アンケートを実施し、実務設計者が必要とする支援ツールのあり方について明確にしている。

第2章では、コンピュータ支援ツールについて詳細な分析を行っている。特に、実務設計で支援ツールとして優れた特徴を持つ逐次演算系の支援プログラムを取り上げ、さらに実物とモデルの一対一対応の取り扱いに優れたモデル化の方法である回路網系のプログラムについてその特徴を分析し、これからの支援ツールとしては、SAPLO プログラムが優れた機能を備えていることを論じた。次に、簡単な一室モデルでの具体的な支援シミュレーションを用い、支援過程の有効性を明確化した。

第3章では、演算過程での精度の比較結果をまとめた。そこではプログラムの内部ア

ルゴリズムの面からではなく、実務での利用を前提とし、利用の過程で得られる情報から演算精度を検証するブラック・ボックス法による検証方法を提案した。検証の過程では理論演算が可能な2状態値モデルを用い、建築での動的シミュレーションで問題となる局部時定数の違い、演算時間刻み幅が推移行列に及ぼす影響について明らかにした。

理論値と伸展テイラー法による演算結果を比較し、後退差分法、ルンゲ・クッタ法について局部時定数と演算精度の関係について検証した。その結果、伸展テイラー法の演算結果は理論解とよく一致することを示した。また、実務適用の観点から本質を失わないRC造の中間階での事務室モデルを取り上げ、年間シミュレーションにより伸展テイラー法での演算と後退差分での演算結果を比較検討し、伸展テイラー法による逐次型数値演算は利用者にとってはその演算時間を含め十分適用可能であることを明らかにした。

第4章では、室内環境の品質を規定する温感分布を求める上で不可欠な人体等価回路モデルについて検討した。実務の観点からはPMV指標が優れた指標として適用できることを確認した。また、実測を行い、快適方程式からの算出値や温感計測器の指示値と人体等価回路モデルの演算値の比較検証を行い、環境および人体等価回路モデルの有効性を定量的に示した。

第5章では、以上の検討を踏まえ、事務所モデルの基準階での冷房時の空調を取り上げ、新しい概念に基づく室内温熱環境の設計法について提案した。ここでは、先ず、従来の温度湿度を一定条件とする動的負荷計算や空調の設計法の問題点を取り上げ、従来の室内温湿度一定の設計条件では快適な室内温熱環境が得られない状況を具体的に示した。次いで、空調エリア全体を快適環境とするためには、環境と人体を等価回路で表したモデルを用い、空調機器を制御することによって、はじめて室内環境の高度な質と正確なエネルギー消費の比較が可能であることを明らかにした。そして、従来の室内温湿度一定とする空調計画に代わる室内温感分布を考慮した新しい概念の空調計画法の提案を具体的事例と共に示した。

第6章では、前章までの考察をまとめ、シミュレーションによる支援ツールのあり方を再構築し、本論文の結論と得られた知見について述べた。また、今後のコンピュータの発展にあわせた支援ツールのあり方、およびこれからの実務設計においては、より一層の性能を重視した空調設計が必須のものになることを結びとしている。

これを要するに、著者は、室内温熱環境の高度な質と省エネルギー性の双方を同時に満たす温熱環境設計方法論とその有効性を具体的に示し、温熱環境工学、空気調整工学、建築環境学に対して貢献するところ大なるものがある。

よって、著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。