

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 松本 隆志

本論文は、「空間分布を考慮した熱負荷・エネルギーシミュレーションに関する基礎的研究」と題し、室内温熱環境形成寄与率（CRI）の概念を用いて、建物内の冷房・暖房などの温熱環境調整の基礎となる期間の熱負荷を算出する建物の熱負荷・エネルギーシミュレーションを合理的に行うための基礎研究を行ったものである。冷房、暖房は、室内空気を所定の温度に調整するものであるが、室内は一般に熱負荷要素、空調制御要素の空間的配置に対応して温度分布が生じる。冷房や暖房は室内の居住者を対象に行われるので、室内空間の一部であるこの居住者が占有する居住域が所定の温度に調整されれば冷房や暖房は一応の目的を遂げる。すなわち冷房、暖房に要する熱エネルギーの室内投入量は、この室内での温度分布を考慮して算出することが合理的になる。本論文は室内気流の数値シミュレーション解析を基礎として室内の熱負荷要素、空調制御要素による室内各点の温度への影響を評価する室内温熱環境形成寄与率（CRI）を利用して、合理的に年間や期間の室内空調熱負荷算出する熱負荷・エネルギーシミュレーション手法を開発し、その有用性をモデル室内に適応して考察・検証したものである。本論文の新規性は、既往研究として以前に開発されていた室内環境における各熱源の熱的構造を評価するCRIを、室内空気の完全混合を仮定して室内の空気温度が均一な条件で期間や年間の熱負荷・エネルギーシミュレーションを簡易に行う方法に付加することで、室内の温度分布を考慮して精度良く期間や年間の熱負荷や空調投入エネルギー量を実用的に評価する手法を開発した点にある。

第1章では、本論文の目的とその研究背景を述べている。従来の室内気流の数値シミュレーション手法（CFD）と熱負荷計算の統合に関する既往研究との比較を通じて、今回提案する空間分布を考慮できる熱負荷計算モデル（以下「CRI-ES」モデルと呼ぶ）の特長についてまとめている。第2章では、研究の背景となるCFDと熱負荷計算手法、ならびに温度場の空間分布構造を示すCRI（温熱環境形成寄与率）と、それを用いた温度予測式に関する基礎理論を整理している。第3章では、本論文で提案する統合手法「CRI-ES」モデルの理論とその解析フローを提案している。この方法は、室内気流による室内の熱輸送に関し、定常流れ場を仮定し、温度場の線形性を仮定する。室内の各熱負荷要素ごとに熱負荷・エネルギーシミュレーションにおける接点を仮定し、CRIを利用して室内空間内の熱輸送を評価し、熱負荷・エネルギーシミュレーションを解くことで、空間分布情報を考慮した熱負荷・エネルギーシミュレーション（ES）を可能とする。この方法は室内の熱輸送を担う流れ場の定常性を仮定するため、これを満たさない場合の対応が必要となる。論文では室内の流れ場に関し、代表性があると思われる数ケース仮定し、対応するCRIの線形補完を利用して対応する手法を導入しており、空調と自然換気を利用するハイブリッド空

調システムの教室を例としてその有用性を確認している。また本論文の方法はCRIの特性として熱負荷・エネルギーシミュレーションは室内の熱輸送に関し準定常を仮定する。この仮定は、熱負荷・エネルギーシミュレーションの時間間隔を1時間程度以上とすれば、同じく実例に十分対応し、この仮定が大きな誤差要因とならないことを確認している。

第4章では、1質点にて室温を代表させた従来の熱負荷計算と本計算モデルとの違いを把握するために、同一換気風量・同一負荷のもと、「空間の大きさ」や「排気口の位置」の違いが熱負荷計算に与える影響を考察している。

第5章では、ケーススタディとして、2つの異なる空調方式をもつ教室に対して「CRI-ES」モデルを適用した計算事例を紹介し、その実用性を検証している。

第6章では本研究の全体のまとめを行っており、本研究の成果と今後の課題が総括されている。

以上、本論文は室内気流による室内の熱輸送性状をCRIを用いて表現することにより、室内の熱輸送を考慮しない従来の熱負荷・エネルギーシミュレーション手法に大きな変更を加えることなく、これを考慮できるように結合する統合手法「CRI-ES」モデルの理論を整理し、その解析フローを提案し、CRI-ESモデルと従来の熱負荷計算結果の比較考察をしている。ケーススタディとして、2つの異なる空調方式をもつ室内に対してCRI-ESモデルを適用して計算し、この解析事例を通じて室内の空間分布を考慮する熱負荷・エネルギーシミュレーション手法の有用性を示している。また、従来の手法との比較検討により、計算コストも従来とほとんど変わらず有用な解析が可能であることを確認している。CRIという概念を用いることで、従来の熱負荷・エネルギーシミュレーション手法にはない室内の熱輸送、温度の空間分布を考慮した熱負荷・エネルギーシミュレーションを可能にするという着想は独創的であり、実際にプログラム化して検討したものととして、新規性のある論文と評価される。シミュレーションに要する計算コストも従来とほとんど変わらず、既存の汎用プログラムを活用できるという点でも極めて実用性の高い手法であると考えられる。提案された手法は、先進的な空調方式による省エネルギー評価などにおいて利用価値が高いものであり、今後の建築環境工学の分野における熱負荷・エネルギーシミュレーションツールの開発および発展に大きく寄与するものと期待できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。