

審査の結果の要旨

氏名 樋山 恭助

本論文は「CFD解析とマクロモデル解析を融合したシミュレーション手法の開発と建築環境デザイン」と題して、CFD解析により得られる室内の3次元の気流、熱や汚染質の空間分布情報をフローネットワークモデルに合理的に反映し、精度の高い建物内の空気流動シミュレーション、汚染質輸送シミュレーション、熱移動シミュレーションを構築するものである。本論文はこのための基礎的な検討を行い、特に室内における非定常な熱や汚染質の3次元輸送の過渡応答を反映する高度なフローネットワークモデルを提案している。これは室内における熱や汚染質の3次元の空間分布性状や時間応答がその輸送性状に大きな感度を持つ建物内の汚染質、熱輸送を、実務的な解析時間で高度に最適化するための必須の技術になるものと言える。本論文は、開発されたフローネットワークモデルが建築環境デザイン実務において、従来に比べ高度な室内環境設計を可能とすることを明らかにしている。

本論文の構成は以下の通りである。

第1章及び第2章では、本論文の導入として現在の建築環境デザインにおいて求められているシミュレーション技術を概観したうえで、本研究の動機付けを行っている。近年、本研究と同様の研究目的のもと、本研究とは別の手法により回路網解析等のマクロモデル解析、及びCFD解析といったこれまでに別々に発展してきたシミュレーションモデルを複合させたシミュレーション技術の開発が進められている。第2章ではこの技術に関しても言及しており、本研究の他研究に対する優位性等、研究の位置づけを明確にしている。

第3章では、大規模な開口を設置することで積極的に自然換気を行っている建築物を対象に、自然通風量の変化予測に対する解析精度を向上させる手法の提案を行っている。この計算手法は、CFD解析により導かれた流れ場情報をマクロモデル解析における係数や数式に反映させることで、開口から室内に流入した気流がもつ運動エネルギーを通風の駆動力として考慮させている。ここでは、「高温多湿地域にお

ける環境負荷削減のための提案型集合住宅」を対象としたケーススタディを行うことで、この計算手法の適性を実証している。

第4章では、気流による3次元的な濃度輸送を考慮した、建物内における濃度輸送シミュレーションの実現を目的として、CFD解析により室内気流による濃度輸送を計算し、その情報を基にした濃度応答計算法と換気回路網解析を組み合わせる手法の提案を行っている。この手法を用いると、数回のワークステーションによる準備計算のみによって、PCによっても非常に短い計算時間で3次元CFD解析とほぼ同精度の濃度輸送シミュレーションが可能であることを示している。

第5章では、濃度発生を入力としてセンサー位置の濃度応答を計算する第4章の順問題とは逆に、センサー情報から濃度発生情報を同定する逆問題を解くため、応答係数を用いた発生源を同定する連立方程式の定式化と、最適化と同様のアプローチによる発生源候補の絞り込み手法を示している。

第6章では、第4章で定義した「濃度応答係数」を熱場に応用し、空調や内部発熱、壁貫流熱等を含む個々の冷・温熱源の入力に対応した室内の特定の位置における空気温度の変化を迅速に計算する手法「熱応答計算法」を提示している。この手法の有用性を検証するため、本手法を空調制御シミュレーションや3次元温度分布を考慮した動的熱負荷計算に適用したケーススタディを行っている。このケーススタディで示されている現象の再現には、通常では膨大な量のCFD解析を要し、多大な計算負荷を必要とする。それに対し本計算法を用いることで、同じ計算対象を高速に、しかもPCによって再現可能であることが示されている。

最後に第7章では、本論文の結論をまとめ、今後の課題を示している。

以上を総括するに、本論文は、室内に形成される3次元的な熱や汚染質濃度などの環境変数の空間分布とその時間応答を考慮した高度なシミュレーションツールを提案しており、建物内の熱や汚染質の輸送性状に関して、これらが大きな感度を持つことが一般的である、従来に増して省エネルギー的、かつ高い環境水準を達成する高度な建築環境設計の実現に対し、大きく貢献することが期待される。これらシミュレーションツールが実際の建築環境設計実務に使用されるには、実用レベルに耐えられる労力、計算量で多数の最適化検討を行えることが求められる。本論文は開発されたシミュレーションツールがこの条件を十分満たすことを、ケーススタディを通じて検証している。本論文は建物内の熱や汚染質の輸送に関わる建物環境設計に大きく貢献するものであり、建築環境工学の発展に寄与するところ大である。

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。