

## 審査の結果の要旨

氏名 王立

本論文は、「室内環境の分布性状を反映する建物のエネルギーと空気質の期間シミュレーションに関する研究」と題して、「高品質の室内環境を省エネルギーに実現する建物設計」という課題の解決の一助をなす。室内では、外部からあるいは室内で生じる空調熱負荷の変動に加えて、空調機器の発停制御や容量制御により、室内の温熱環境や空気質は空間的にも時間的にも大きく変動する。論文は、これらの変動に対応し、建物全体でのエネルギー使用、温熱快適性、空気質で構成した全体像を評価するために、室内環境の空間分布性状を反映し、時間的にも変動する長期の建物のエネルギー使用と室内空気質の期間シミュレーションという実務な分析手法を開発し、期間の建物のエネルギー使用と、室内各所での PMV (Predictive Mean Vote) で評価される温熱環境や匂い若しくは健康影響物質などの空気質の累積確率密度を評価する手法を開発している。開発した評価手法を、省エネルギーと温熱快適性を極限まで追求した潜熱分離空調の一つである液冷空調システムを採用するオフィス建物に適用し、提案した手法の有用性を明らかにしている。

先にも述べたように、室内の温熱環境や空気質は空間的にも時間的にも大きく変動する。従来、空調される室内環境とシステムエネルギーの予測は、建物内の熱や物質の輸送を、ノード点を結ぶ 1 次元の輸送のネットワークにモデル化したものにより、夏期や中間期などの期間の時間変動性状を解析することが一般的であった。こうした手法は、ノード点やネットワークモデル全体での保存則は満たすものの、ノード点から各ノード点に至る各 1 次元輸送に関して、その室内ノードの値を一律に同じ値を引用する。室内ノード点から各ノード間の輸送量をより正確に評価するには、室内の温度や物質などの空間分布を考慮し、室内ノード点の値を一律に同じと仮定せず、温度などの室内空間分布を考慮して、各ノード点に至る輸送量を算出する際の室内ノード点の値を補正することが必要となる。一方、室内やすべての輸送経路に関して、その支配方程式を数値的に解く CFD (Computational Fluid Dynamics) は、ネットワークモデルのモデル化の影響がない分、精度の高い予測を可能とするが、シミュレーションを実行する際の計算コストがネットワークモデルに比べけた違いに高く、実行できたとしても、条件設定は代表的な条件に限られ、実務で必要とされる多様な条件や、多様な外界条件、時間的な空調制御による条件変化などに対応する期間シミュレーションの実施は、極めて難しい。空調におけるエネルギー使用量を期間で、より精度よく評価するためには、前者のネットワークモデル

におけるノード点の値を各輸送量評価毎に補正する方法が、以前から検討されている。これは、後者の CFD において条件別の感度解析を行い、この感度を補正量に反映するものである。本論文は、この方法を、空調エネルギー使用計算のみならず、建材からの揮発性有機物放散による空気汚染や、建材や人体から発生する臭気による空気汚染に、拡張し、室内温熱快適性と空気質を建材の吸脱着効果まで考慮し、統合的に室内の空気質分布、温熱快適性分布の時間変動を夏期や冬期、中間期などの期間で評価する手法を開発し、その実用性を示した。

論文は、まず既往の研究のレビューを行い、既往研究において不十分と考えられる点を整理し、室内空調・換気システムの評価のための建物全体でのエネルギー使用、温熱快適性、空気質の全体像を評価するために、室内環境の空間分布性状を反映し、時間的にも変動する長期の建物のエネルギー使用と室内温熱快適性及び空気質の期間シミュレーションを可能とする実務な分析手法を開発した。またこのシミュレーションで出力される膨大なデータを整理する指標として、期間の室内各所での PMV で評価される温熱環境、匂いによる不快感や揮発性化学物質などの空気質を各室内空間地点ごとにその累積確率密度で評価する手法を提案した。

次に、開発したシミュレーション手法の有用性、汎用性を明らかにするために、実験や技術資料などにより、省エネルギーと温熱快適性を極限まで追求した潜顕熱分離空調の一つである液冷空調システムを対象として、その性能変動及び空調・換気システムの制御システムをモデル化した。そして、液冷空調システムを採用したオフィス建物を対象として、個々の空調機器に関わる発停制御、空気質向上に関わる容量制御、及びセンシング位置を考慮することで、全冷房期間における在室者全員の温熱快適性、在室者の座席周辺での空気質の分布性状、及びエネルギー使用量を計算した。その上で、液冷空調システムを採用するオフィスルームにおける健康で快適且つエネルギー効率の高い空調方式を検討するとともに、開発したシミュレーション手法の有効性を確認した。

本論文は、室内の温熱、空気質環境を、建物、空調・換気システム、居住者の空調利用条件を考慮して、総合的に省エネルギーで快適な室内環境を実現するための、汎用的な評価システムを開発し、その有用性を検証したもので、建築室内環境分野への寄与は極めて大きい。

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。