

[別紙 2]

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 大野 茂

本論文は、室内温熱環境設計を「与えられた制約条件下における設計目標達成のための最適化問題」と捉え、特に「空間の温度分布を考慮した室内温熱環境の最適化」という複雑かつ限定された問題において、その最適解を最小の計算回数と探索時間で得る手法の開発とその検証を目的としている。そのため、設計最適化プロセスを(1) 実験、解析、計算、予測等による検討段階(2) 検討結果の評価、判定段階(3) 解が設定条件を満足するまでの与条件変更段階の3段階に区分整理し、各段階における諸問題それぞれにおいて、従来の建築設計や建築設備設計に見られない新しい概念に基づく手法を導入し、合理的に最適解を求める手法を開発、提案、検証している。

本論文の構成は第1章の序論を含め、全6章よりなる。

第2章では設計最適化プロセスの「(1) 実験、解析、計算、予測等による検討段階」における課題を検討している。ここでは実験とシミュレーションを組み合わせて、精度を保ちつつ、汎用性と設計効率を向上させる従来にない新しい方法論として「数値室内気候実験室」を開発し、その基本モデルの概念と有効性を示している。具体的には、室内温度分布の存在を前提としたCFD解析手法と、室内均一拡散状態を前提とした従来の動的空調システム解析手法を接続することにより、実際に存在する空調システム実験室を、その空調システムや実験室内温度分布を包含してコンピュータ上に再現している。この手法の開発により、従来困難であった熱源などの空調設備システムの時間応答、制御特性を考慮した室内の精密な温度の空間分布、時間変動を予測し、その制御性状を検討するシステム解析を可能としている。また同システムの精度と有効性を、空調システム技術の大きな課題の一つである混合ロスの問題に適応し、明らかにしている。

第3章では設計最適化プロセスの「(2) 検討結果の評価、判定段階」における課題を検討している。ここでは、遺伝的アルゴリズム(GA)などの最適化手法を導入するとともに、その際、室内の分布性状を解析するためのCFD解析の計算量が莫大になることからその低減法を検討し、実用的な最適化探査法を開発している。CFD解析の計算量の低減法としては、擬似線形化手法を導入している。これは温熱環境形成寄与率(CRI1)という指標を用いるもので、流れ場における温度形成を線形近似してCFD解析に比べ簡易な室内環境解析を行うもので、第1次近似としては十分使用可能なことを明らかにしている。

また最適化探査の過程に、従来の研究では比較的軽視されている設計実務における意思決定システムを組み込み、設計者の視点を重要視した「設計プロセスの階層構造を考慮した条件変更手法」を提案している。具体的には「(3) 予条件変更段階」において効率的な条件変更を行うため、空調設計の実際的なプロセスを洗い出してこれを整理し、基本計画段階、実施設計段階、施工段階でそれぞれどのような判断が求められ、現実的に何が変更可能な境界条件で、何が変更困難な制約条件かを、6階層に区分整理している。これは最適化探査の過程で境界条件の変更優先順位や重み付け検討の際に有効となるものである。この手法のフィージビリティスタディとして冬期の室内温熱環境を例に、階層構造を考慮した最適な空調条件の検討を行い、その有用性を明らかにした。

第4章では第3章で提案した室内環境最適化手法を、より実際の設計行為に近い形で検討し、その問題点と有用性を検討している。具体的には、実際の室内空調で問題となる空調制御に用いるセンサーの位置とその設定温度に関して、その最適化を試み、開発された手法の有効性と適用性を明らかにしている。論文では、最適解として得られたセンサー位置の他、最適解の近傍解についても、制御対象とする室内温度の代表性について考察した結果を示している。

第5章では設計最適化プロセスの「(3) 予条件変更段階」において重要となる感度解析の課題に関して、検討を行っている。この感度解析は、目標となる設計を実現するために必要となる条件の変更の程度を適格に与えるものとなることが期待される。論文では実施の設計例に対して、この感度解析を行い、その精度、信頼性を解析、検討している。論文ではそのような見地から、大空間ドームの実測と解析を行い、温熱環境形成寄与率(CRI 1およびCRI 3)の指標を用いて大空間における吹き出し口の熱的勢力範囲を確認し、吹き出し口や各熱負荷要素の感度解析を行っている。これらの検討結果は、今後の類似の設計で最適解探査を行う際、探査法がGAであればパラメータのふり幅間隔の調整、探査法が予測システムのフィードバックによる逆解析システムであれば、設計条件を修正する際のふり幅調整に、直ちに有効な資料となっている。

第6章では、全体のまとめを行い、各章で得られた知見をまとめ、総括的な結論を述べている。

以上を要約するに本論文では、設計最適化プロセスの各段階において、(1) 従来にない新しい環境解析の方法論として「数値室内気候実験室」を開発し(2) 設計実務の視点を取り入れ、設計の階層構造を考慮した予条件変更プロセスを提示し(3) 遺伝的アルゴリズム(GA)を温熱環境最適化に活用するため、温熱環境形成寄与率(CRI 1)を用いた簡易計算の有効性を明らかにし(4) 大空間温熱環境最適化における感度解析の基礎的資料を整備している。これらはいずれも、室内温熱環境の最適化、特に温度分布のある空間の温熱環境最適化を従来に増して、より迅速・正確に行うための有効なツールや概念であり、今後の応用範囲も極めて広く、建築環境工学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。