

# 論文の和文要旨

論文題目	オフィスビルにおける空調設定スケジュールの進化型多目的最適化
氏 名	太田 恵大

オフィスビルにおける消費エネルギーの削減が求められている。総消費エネルギーのおよそ三割が空調設備によるものであるため、その運用の改善に期待が集まっている。消費エネルギーを左右するのは、空調の温度設定である。しかし、温度設定による消費エネルギーの削減は、室内環境の悪化とオフィスワーカーの快適性の低下を伴う。そのため、オフィスの快適性を維持しながらエネルギー消費量を削減できる空調設備の運用方法が求められる。通常、ビルの空調設定は、過去の実績値と気象予報などの情報から、ビル管理者によって経験的に決定される。これに対して、空調設定スケジュールを最適化手法によって決定する手法が研究されている。従来法では、室内快適性や消費エネルギーの数理モデルを用いた単一目的最適化による温度設定が利用されてきた。しかし、数理モデルでは、オフィスビルにおける様々な要素の複雑な相互作用を表現することが難しい。また、単一目的の最適化では、室内快適性や消費エネルギーといった複数の関心事を適切に重み付けして単一の評価値にすることに難しさがある。

本論文では、オフィスの空調の設定温度スケジュールを多目的に最適化する方法論を提案し、その効果を検証することを目的とする。提案手法では、消費エネルギーと室内快適性の両方を最適化する設定温度スケジュールを進化計算によって探索する。まず、(1) オフィスビルの一室に対して、空調設定温度スケジュールの室内快適性と消費エネルギーを評価する数理モデルを構築して多目的最適化する数理モデル最適化法を提案する。実験の結果、提案法が室内快適性と消費エネルギーのトレードオフを考慮した多様な設定温度スケジュールを獲得できることを示す。数理モデル化の手続きをビル全体に適用する場合、異なる特性を持つ室・熱負荷・設備機器のモデルとその相互関係を考慮した室内快適性・消費エネルギーを評価するモデルをビルの各部屋に対して作成しなければならず、正確な数理モデル化が困難になる。そこで、(2) 様々な要素が複雑に相互作用するビル全体に対して、ビルシミュレータを用いて設定温度スケジュールの室内快適性と消費エネルギーを評価するシミュレーション最適化法を提案する。実用的なスケジュール探索のため、最適化対象とするビルにZEB設計ガイドラインに示される一般的なオフィスビルを標的とし、

建築分野で利用されるEnergyPlusによるシミュレーションを実行する。実験の結果、オフィスビル全体に対するシミュレーション最適化において、従来の一定温度を設定するスケジュールや単一目的最適化して得られた設定温度スケジュールより、提案法が室内快適性と消費エネルギーの両面で良好な設定温度スケジュールを獲得できることを示す。また、代表的な多目的進化計算法であるNSGA-II, NSGA-III, MOEA/D-DE, OMOPSOの4手法による探索性能の比較を行い、ビル空調設定スケジュールのシミュレーション最適化においてOMOPSOが最も良好な設定温度スケジュール集合を獲得できることを示す。

最適な設定温度スケジュールには、外気温が影響を及ぼす。本論文における方法論では、最適化の開始時点における外気温予報を入力する。外気温予報には、誤差が含まれる。外気温の予報値と実際の値に誤差があると、最適化によって得られた設定温度スケジュールが最適にならない恐れがある。これに対して、(3)外気温予報誤差を考慮した目的関数を追加することにより、外気温の変動に対して頑健な設定温度スケジュールを獲得するロバスト最適化法を提案する。実験の結果、時々刻々と変化する不確定な気象の変化に対して、消費エネルギーと室内快適性の変化量を抑制できる設定温度スケジュールを獲得できることを示す。また、シミュレーション最適化は、ビル全体などの大規模な建造物が対象であっても、数理モデルを構築する必要がなく、ブラックボックスとして最適化できる。しかし、一つひとつの設定温度スケジュールのシミュレーション評価に時間を要するため、最適化に時間がかかる。この問題を解決して最適化時間を短縮するため、(4)計算負荷が高いビルシミュレータの代わりに、時系列予測が可能な長短期記憶リカレントニューラルネットワークによる計算量の少ない代理評価器を用いるサロゲート最適化法を提案する。実験の結果、実用的な設定温度スケジュール集合を獲得する最適化プロセスを高速化できることを示す。

本研究の成果は、個々のオフィスビルの管理者に対して、室内快適性と消費エネルギーのバランスを考慮した空調の設定温度スケジュールを提供可能にすることにとどまらず、社会における省エネルギー化、環境保護、健康促進に与える影響も期待される。