

[推薦文]

本論文は、地域冷暖房施設が排出するCO₂の抑制を目的とし、熱の需要に合わせて24時間あたりのCO₂排出量を最小とする熱源の運転計画を探索する手法について検討したものである。

はじめに機械学習による熱需要予測モデルについて感度解析を行い、必要な説明変数と予測精度を明らかにし、つぎにプラントを構成する全ての熱源機器単体のエネルギー消費量モデルについて予測精度を確認するとともに、プラント全体を対象とした消費エネルギーの予測精度も確認している。そして、各時刻における熱源の負荷率を設計変数とし、遺伝的アルゴリズムによる最適化を試みた結果、目的関数の設定に応じて、合理的な運転計画を導けることを示している。

本論文の主たる評価点は、以下のとおりである。

- 1) 熱需要に適した負荷予測手法を決定するため、深層学習を用いた二種類のモデルの構築、および重回帰分析による精度の比較を行っている。一つは、時間の経過に従い予測対象が推移する問題に対して再帰型ニューラルネットワーク(RNN)を用いて、対象時刻の需要を目的変数として作成している。もう一つは予測値需要量が増加する変化をRNNを用いた日単位の積算熱需要の予測と、需要家の運用変化や負荷形態の変化に対してニューラルネットワークを用いた日積算熱量の各時刻への配分の予測を組み合わせ各時刻の需要を予測している。両モデルの予測値を比較した結果、実際の値の付近で上下に不安定な値を示した前者に対し、後者の予測値は、なだらかな丘状に予測する傾向があり、最適運転計画における運用を見据えた需要予測であることを踏まえて、後者のモデルを負荷予測する手法として適していると総合的に判断している。
- 2) 熱源システムのモデルは、オブジェクト指向の概念で構築し、機器ごとにオブジェクト化することで、機器の更新や新設に際して柔軟に対応可能となっている。消費エネルギーを算出するモデルのほか、エネルギー収支の計算に必要な高圧蒸気と中圧蒸気の変換効率モデル、STLに付属する放熱熱交換器の熱交換効率モデル、STLの蓄熱槽効率モデルを作成している。200ある全てのモデルを組み合わせ、プラント全体の消費エネルギー量予測時の精度は相関係数0.99を超えており、十分にプラント全体のエネルギー消費量の傾向を捉えていることを確認している。
- 3) 最適化計算での目的関数は、24時間あたりのCO₂排出量を最小とするパターンと、24時間あたりのCO₂排出量および電力ピーク調整対象である13時から16時までの電力量のパレート最適解としたパターンの2つを行っている。非線形を含む混合整数計画問題であるため設計変数が多いことから、メタヒューリスティクスである遺伝的アルゴリズムを採用している。最適化計算の結果として、目的関数に従った最適化が行われていることが確認されており、本論文の手法を用いることで地域冷暖房の熱源における運転計画を導出できることを示している。

以上のように、本論文は、機械学習による熱需要予測モデルおよびプラントのエネルギー消費量予測モデルと遺伝的アルゴリズムを組み合わせることで、地域冷暖房施設のCO₂削減に寄与する最適な運転計画を導くことが可能であることが示されている。

よって、本論文は空気調和・衛生工学会賞論文賞に値するものと認められる。