

〔推薦文〕

本論文は、強化学習による土壤熱交換システムの最適運用制御則の確立を目的とし、実在建物に導入されている土壤熱交換システムを対象に、汎用制御シミュレータにより構築した方策ベース強化学習アルゴリズムであるPPO (Proximal Policy Optimization) を用いて、省エネ性能の確保と結露発生の抑制を両立させた制御則の構築及びその有効性を検証したものである。

ZEBを達成するための要素技術の一つとして、土壤熱交換システムが挙げられ、これにより予冷・予熱した外気を導入することで空調負荷を削減するものである。筆者らは、土壤熱交換システムに対し、内部での流れ場の解析において計算負荷を低減した非定常数値解析手法の検討やシステムの予冷・予熱効果の有効性検討、システム内部での結露発生と真菌増殖による空気質汚染の関連性について検討している。これら省エネと空気質汚染リスクの低減を両立した最適制御手法については種々検討されており、複雑な境界条件に対しては強化学習による手法の検討があるが、土壤熱交換システムに強化学習を適用した研究事例は少なく、その検証も十分には行われていない。

そこで本論文においては、実在建物に導入されている土壤熱交換システムを対象に方策ベース強化学習アルゴリズムの一つであるPPOを用いて、省エネ性能の確保と結露発生抑制を両立させた制御則の構築及びその検証を、土壤熱交換システムの長期性能予測が可能な解析結果を強化学習の環境として、PPOによる学習を実施した。その際外気負荷低減及び結露発生を空気質汚染リスク低減の最大化を強化学習の目的として学習したところ、本研究で用いたPPOにおいては、年間での外調機顕熱負荷を低減することが可能で、7-9月の期間でのシステム内結露発生を大幅に抑制することができる制御手法結果を得ることができた。また、他の手法と比較しても、PPOは高い制御性能を発揮することを示した。本研究で提案したPPOを用いた制御により、省エネ性と空気質汚染の抑制を両立させて運用制御の可能性を示したものであり、複雑な諸条件の中、両者相反する条件を制御するための手法として示したことに大きな特徴を有する。

以上のように、本論文で提案されたPPOによる土壤熱交換システムの運用制御については、機械学習を用いた制御の可能性を示したものであり、ZEBを達成しながら、室内空気質の向上も念頭に入れ、安定した地中熱利用を進める上でも有用な知見を提供していることから、今後の最適運用手法の一つとして大きく寄与する成果と考えられる。

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。