

過去 10 年間、情報ネットワーク及びセンサーの低廉化に伴い、建築に各種センサーを設置し、これをもとに、建築の運用管理する技術が急速に普及してきた。この技術の流れを踏まえるなら、エネルギーマネジメントは機器の運転・制御やエネルギー流量、温熱環境等に関するデータを常時モニタリングすることによって確実化、精密化される可能性があるが、モニタリングデータの種類・量が増大すると管理者の業務負担能力の限界を超えてしまうという問題が生ずる。本論文は、こうした背景を踏まえ、多種大量のモニタリングデータのクラスター化と構造化により、エネルギーマネジメントの効率化や確実化の可能性を高めることを目的としている。

第 2 章では、研究の社会的背景や既往研究の状況をふまえつつ、本論文の対象となるモニタリングシステムの構成、計測項目、導入事例について整理している。

第 3 章では、本論文の主たるケーススタディ対象である P 施設(約 30,000 m²の展示施設、会議施設、宿泊施設を併設した複合施設)の管理にかかわる情報である図面、機器台帳と、モニタリングシステムのデータとの関係を整理するとともに、各ステークホルダーの要求項目と計測項目との関係について分析している。

第 4 章では、主たるケーススタディ対象である P 施設においてモニタリングシステムからデータ収集可能な 1032 点の計測ポイントを特定したうえで、これら環境系、エネルギー系、運転系、その他の 4 つのグループに分類している。

第 5 章においては、前章でまとめた 1032 点の計測点から得られたデータのうち分析対象を 539 個の計測ポイントに絞り込んだうえで、これらの 1 分間隔測定データの 1 日平均を代表値として計算したデータ相互の相関係数をもとに、539×539 のマトリックスを構成した。

第 6 章では、前章で得たマトリックスを対象に、P 施設における計測点のクラスター化による構造化が試みられている。具体的には、①計測ポイント(センサー)が同じ種類であること、②計測ポイント間の相関が高いこと(正・負を含む)③設置位置がほぼ同じか、同様の条件であると判断されること。という 3 つの条件に一致するセルをまとめることによってクラスター化を実行した。そのうえで、クラスター間の相関係数の中で、正負の絶対値の高いものを抽出し、リスト化することにより、各系内部の構造化(環境系と環境系、エネルギー系とエネルギー系、運転系と運転系)と、系間の構造化(環境系とエネルギー系、環境系と運転系、エネルギー系と運転系)を試みた。その結果、例えば、環境系の外気温度、外気湿度に対しエネルギー系のほとんどの計測ポイントは正の相関を持つこと、運転系の空調関連計測及び設定ポイントは、エネルギー系の空調関連温度の計測ポイントと正の相関を持つことから設定値のとおり正しく稼働していることが推測できること、特定箇所の室内温度に対し、特定空間の給水量、空調関連温度が負の相関を持つが、運営方法が異なるためと推測されること、など構造化によりモニタリングシステムの挙動を分析するうえで参考となる知見が得られることを示している。

第 7 章では、第 4 章から第 6 章に適用した相関係数をもとにした構造化による分析手法を展示施設 1 ヲ所(計測ポイント数 174)、オフィス施設 1 ヲ所(計測ポイント数 168)に適用し、その手法の他種施設への適用可能性について検討がなされている。各種計測ポイントのデータによる相関分析は、3 施設間で同様の連動の仕方を示すこと、個々の部分構造は施設の規模・種類によらず、特定の組み合わせのクラスター群から構成され、同様の相関関係でまとめることを予想することができることなどが示されている。

第 8 章では、本研究の分析事例を一般的な建築施設に適用し、IoT 等今後の技術の発展に備えるために考慮すべきこと、及び蓄積されたモニタリングデータを事後的に分析する本研究の手法をリアルタイムのモニタリングに応用することの可能性について考察している。クラスター化による構造化をもとにすれば、事後的には計測ポイント数の縮約の可能性が検討できる可能性があるとともに、季節変動や、建築内の不定期のイベント開催の影響評価など、本研究が基盤にした相関係数の安定性や、計測ポイントの分類におけるコーディングについては検討の余地があることが示されている。

以上のように、本論文の主内容は、全計測ポイントを「環境系」、「エネルギー系」、「運転系」、「その他」の 4 つに大きく分けたうえで、空間・位置の同一(類似)性の制限内ではほぼ同様の値の変動を示すもの(相関の強いもの)をまとめてクラスター化し。さらに、各クラスター間の相関を分析することにより、全データの中で連動して変動するクラスター群を抽出する手法の提案とその検証を中核としている。

その手法が、一定条件のもとで有効であることについて、本論文が最小限の論証性があることについては、審査員の間で合意が見られた。但、その手法の提案と限られた件数のケーススタディによる検証のみで十分な業績と評価することには躊躇する意見も提出された。しかしながら、単に建築環境工学上の知見の新規性だけでなく、膨大な運用データを地道に整理することによって建築ライフサイクル・マネジメントにかかわる後続研究に貴重ながかりを提供しているという点を加味し、本論文は博士(工学)の学位請求論文として最低限の水準に達していると評価することを審査の最終結論とすることにした。よって、本論文を博士(工学)の学位請求論文として合格と認める。