

【学位論文審査の要旨】

現在、地球温暖化防止は喫緊の課題である。我が国における二酸化炭素排出量のうち、建築関係分野が占める割合は1／3以上と大きく、その1／2が業務用ビルからのものである。近年建築されるビルは、建築・設備ともに省エネが図られているが、既存ビルは数が多く性能も良くないため早急に省エネを図る必要がある。

また、同じ建築においても、運用方法によりエネルギー使用量と室内の快適性は大きく異なる。近年の大規模ビルにおいては BEMS (Building Energy Management System) が導入され、建物内の設備の稼働状態を把握・制御することによって省エネが図られているが、中小規模ビルではこのようなシステムがほとんど設置されていない。また、BEMS で制御されていても、運用方法が悪いと室内環境が快適ではなく、省エネにならない場合もある。

本論文で提案されたシステムは、既存の中小規模ビルを対象に、事務所ビルのエネルギー使用量の約1／2を占める空調機器を適切に制御することによって、在室者の快適性を損なうことなく省エネを図るものである。

本論文の主たる成果を以下に示す。

1. インターネットを用いて建物外部から制御を行う SaaS 型 BEMS (Software as a Service-type BEMS) を構築した。この BEMS では、建物内には小さなゲートウェイと各種センサー、信号線を設置すれば良く、また建物の規模や設備機器に応じて必要な機能を選択して最適化を図ることができ、比較的安価である。従って、今後既存ビルだけでなく、新築ビルにも採用される可能性が高い。
2. 事務所ビルの省エネを図るアクティブ空調制御システムを提案した。このシステムはビル用マルチエアコンを対象として、各室の使用スケジュール情報と在室者による手動空調 ON/OFF 情報を用いて、空調機を積極的に止めにいくことで、不在時の稼働や過冷房・過暖房を防ぐ。特に、室温や湿度、内壁の表面温度、在室者の代謝量、着衣量などの影響を総合したものとして在室者の空調 ON/OFF 行動を捉えていること、また、その ON/OFF 回数により自動的に空調稼働時間を変動させ、熱的快適性を損なわずに省エネを図ることは、特筆される。
3. アクティブ空調制御システムの有用性を示した。実在の中規模事務所ビルの1フロアで本システムを稼働させた結果、室内熱環境は快適範囲のボーダーライン付近に制御されるとともに、エネルギー使用量が大幅に削減された。例えば夏季は、手動空調 ON が行われた時の温熱環境指標 PMV (暑くも寒くもない=0, やや暖かい=1, 暖かい=2, 暑い=3) は 0.7~1.1 程度、業務時間の平均空気温度が 27℃程度で、エネルギー使用量は設置前に比べて 46%削減された。なお、この 46%のうち、20%は業務時間外の消し忘れ防止効果であり、残りの 26%が業務時間内の室内環境を適正化した結果と考えられた。すなわち、本システムは、無駄な消し忘れと過度の空調を防ぐ効果がある。
4. 本システムでは、在室者による空調 ON/OFF 回数に基づいて翌日の空調稼働時間を調

整するが、その動作変更をする閾値が重要であることを示した。冷房時については、毎日の1時間当たりの平均 ON 動作が1回未満であれば翌日は省エネ側、2回以上であれば稼働側、1～2回は変更なしとして比較的上手く制御されたが、暖房時についてはこの閾値を半分程度にする必要があるなど、閾値の検討を十分に行う必要があることを述べた。

5. 執務室のように複数の室内機がある場合、室内機を個別に制御することの必要性を述べた。対象ビルの執務室では、空調室内機を一斉に ON/OFF する場合とチドリ状に2系統に分けて制御したが、どちらの場合も、窓近くのゾーンと室奥のゾーンでは ON/OFF 回数が大きく違うことを示し、各室内機を個別に制御の方がより在室者の温熱要望に沿った制御となることを述べた。また、冬季は ON 要望と OFF 要望が混在することを示し、その対策として手動 OFF 操作を反映させた制御の必要性も述べた。

6. 本システムの制御の調整間隔が1日単位のため、急激な温度変化には対応できず、また、休日への対応も必要であることを明らかにした。この対策として、集計間隔を短くすること、天気予報を利用して予測制御をおこなう必要があることなどを述べた。

以上のように、本論文は、省エネルギー空調を行う場合の設備計画、室内環境、ならびに、人間の行動に関する建築学上の有益な知見と資料を提供し、建築学の今後の発展に寄与するところ大であるとともに、実際の空間における熱的快適性向上と地球温暖化防止に対する貢献が期待できる。

よって、本論文は博士（工学）の学位を授与するに充分値すると判断される。