

【学位論文審査の要旨】

これまでの空調負荷想定では、オフィス建築のワークプレイス内の内部負荷（人体・照明・機器からの発熱負荷）は一様であることを前提としていた。しかしながら、近年、ワークプレイス形状の大型化・開放化が進むと同時にワークスタイルの多様化が進んでいる。また、ワーカー不在時に OA 機器や照明機器を OFF にする省エネ運用・制御が普及しつつあり、内部負荷はワーカーの局所的な在不在による影響を顕著に受け、その偏在化が加速してきている。

本論文では、まずいくつかのシナリオのもとでワークプレイスの内部負荷偏在化の程度を把握し、負荷偏在化が室内温熱環境や空調エネルギー消費に与える影響について推定した後、一般的な中央式空調である単一ダクト VAV システムで負荷偏在に追従可能な設計法・制御法を提案している。更に、パーティションに吹出口を設けたタスク空調システムを開発し、その基本性能を明らかにするとともに、実ビルに適用して快適性や換気効率での有効性を検証している。

本論文の主たる成果は以下のとおりである。

（１）制気口～可変風量装置（VAV）～空調機（AHU）といった従来の温度制御が行われる部分、空間スケールで 10m²～200m² 程度をアンビエント空調域、これより小さなスケール、数 m² から 10m² 程度で各個人を対象とした温度調整を目的とした部分をタスク空調域とし、それぞれの空間スケールで、負荷偏在化に対応し、適切な温熱環境と空調エネルギー消費低減の両立が可能な計画・設計の重要性を指摘した。

（２）一般的な座席配置で着席率別の在席パターンを組合せにより設定し、ワーカーの不在の組み合わせパターン数分の予測不快者率（その温熱環境に不満足を感じる人の割合）の計算を行い、その発生頻度分布を示す新しい評価手法を示した。例えば、在席率が 50% では不満発生頻度の割合は 10%程度だが、在席率 12.5%では 60%まで増大する。また、給気温度は在席率 12.5%で、25℃以上となる発生頻度の割合が凡そ 80%以上となる。これらから、外気が高湿となる夏期は予冷コイル等で除湿を確実に行うことが熱環境の適正化には必須であること等、定量的にその影響を明らかにした。一方、着目するスケールで必要風量が異なることや、省エネルギーの観点では在席率が低い場合、空気搬送のエネルギー消費の割合が高くなり、この部分での対策が有効であること等、最適容量設計における新しい考え方を示した。

（３）偏在化に追従可能な空調システムの構築に向けて新たな改善手法の提案とその効果を定量的に示した。①内部発熱は主に在席者数に比例する傾向となることから在席者数に応じた重み付けによる給気温度設定の最適化、②変風量方式の最小風量設定は不在ゾーン・ゾーンでの無駄な送風による搬送動力増を招いていることから、在不在で給気の ON/OFF を行う風量制御上の工夫、③風量制御のレンジを減方向・増方向に拡大し制御範囲を広げる工夫等、偏在化へ追従可能な具体的な改善策を示し、その定量的効果を示した。

また、空調機から可変風量装置、制気口へとスケールが小さくなるほど床面積当たりの給気風量設計原単位を大きくする“末広がり型”の容量設定法は不満足率の増大を抑え、同時にエネルギー消費の抑制が可能な内部発熱の偏在化に対して有効な設計手法であることを示した。

（４）加圧式床吹出空調システムを利用してパーティションに設置したタスク吹出口から給気を行う実用的なタスク空調方式を開発し、モックアップを用いた性能試験を実施した。気流・温度分布等の基本的特性把握の他、サーマルマネキンを用いて冷却効果を定量的に把握した。

（５）（４）で開発した方式を実建物に適用しその効果を検証した。また、執務者の行動特性の調査を行い、温熱感等の評価には移動による代謝量変化も加味すべきことを明らかにした。アンケート申告結果から、温冷感や快適感、知的生産性の観点から本システムの有効性を示した。換気効率の実測を行った結果、Melikov らにより有効とされたタスク空調の換気効率（ $\eta_p=0.38$ ）と同等となることを示した。

以上のように、本論文は、内部負荷の偏在化を考慮した中央式空調設備の性能評価法を提案するとともに、温熱快適性と省エネルギーを両立させるアンビエント空調およびタスク空調の設計法・制御法を具体的に示したものであり、その工学的有用性は極めて高いと評価できる。

よって、本論文は博士（工学）の学位を授与するに十分値すると判断できる。