

外98-14

早稲田大学大学院理工学研究科

## 博士論文概要

### 論文題目

加圧式床吹出し  
居住域空調方式  
の研究

申請者

平山 昌宏

Masahiro Hirayama

1998年7月  
(西暦)

これからの日本の機能的事務室では、良好な居住環境とOA化による冷房熱負荷や配線類を考慮して二重床とパーテーションとが多用されよう。二重床を給気チャンバーとして利用し、吹出し気流がパーテーションの影響を受けにくい空調方式として、注目を集めているのが床吹出し空調方式である。床吹出し空調方式は欧洲では各種の方法が採用されているが、日本では大型建物に多い加圧式と、個別運転に優れていることからファンユニット式が多い。

しかし、床吹出し空調方式は空調空気を床面から吹出すため、冷房運転時には居住域の垂直温度差が大きくなるという基本的問題を抱えている。さらに、床吹出し口が床面各所に配置されることが長所でもあり短所でもある。適正に設計されて良好な居住域空調が行われた場合でも、レイアウト変更などで床吹出し口が下肢空間や什器の下などに位置した場合の温度分布や吹出し気流の問題、さらに居住者近傍の床面各所から吹出される気流を考慮した熱的快適性の評価法、さらに空調空気を床面から吹出すことから粉塵濃度などに関する疑問も多い。

このような背景のもとに、制御性と経済性に優れている加圧式について、熱的快適性から垂直温度差を制御し、居住者への温熱的配慮とレイアウトの自在性に優れた1対1式二重床を用いた「加圧式床吹出し居住域空調方式」を考案し、実験と実際に採用している機能的事務室における実測とによって研究を行った。

本論文は、機能的事務室の熱的特性と快適な温熱環境とを考慮した加圧式床吹出し居住域空調方式を、経済的且つ省工法で行うための合理的設計と施工、さらに運転制御や運用管理に関するもので、6章から構成されている。以下に各章の要旨とその成果について記述する。

### 第1章「序論」

床吹出し空調方式の国内外の従来と現状の研究を整理し、これらを評価することにより、本論文の位置づけを行って研究目的を明確にした。

従来の研究は、欧洲で用いられている床吹出し口やその気流特性に類似した床吹出し口を用いた実験や実施建物の報告に関するものが多く、加圧式やファンユニット式などのシステムの特性に関する配慮が欠けていた。加圧式でもその漏気を考慮したものではなく、床吹出し空調方式の特長である居住域空調を行った場合の熱的快適性を満たし、循環空気量を最小限にして経済性を求めるものや、空調域高さの制御に関するもの、レイアウトの自在性や、床吹出し口シャッターのパーソナル制御の状況などに関する研究は極めて少ない。

この様な状況から、吹出し気流の制御性と経済性に優れた加圧式で居住域空調を行う場合に、目標とする垂直温度差に応じられ、気流のパーソナル制御性に関する研究、漏気防止とレイアウトの自在性に優れた二重床に関する研究、空調域高さを簡易に計算できる研究などが必要であることを示した。

### 第2章「加圧式床吹出し居住域空調方式の床吹出し口の特性」

床吹出し空調方式が広く普及している欧洲の床吹出し口の気流特性は冷・暖房

兼用を想定したものと考えられ、熱負荷密度が高く、冷房要求から機器仕様が決まり、経済性を要求される日本の機能的事務室などに適したものではなく、冷房運転時には居住域垂直温度差が大きくなり、快適な空調が実現したとはいえない状況であった。

そこで、200mmφ溝形旋回流式床吹出し口を用いた加圧式床吹出し居住域空調方式の冷房運転時に、居住域の垂直温度分布に影響を及ぼす要因として、吹出し角度、二重床からの漏気率、供給温度差の3つをとり上げ、実験室と機能的事務室での実測から、それらを変数として垂直温度差と供給温度差との関係を、吹出し角度と二重床からの漏気率について示し、それらが相互に関連する制御目標を定めるための図表を作成した。

これにより、居住域で許容される2℃などの垂直温度差を与えるれば、二重床からの漏気率を25%以下として、吹出し角度や供給温度差、同時に空調空気循環量を求めることができる。

一方、従来の床吹出し口付属の風量調節シャッターは、絞ると吹出し気流速度が小さくなり、床吹出し空調方式の長所であるパーソナル性が全体の垂直温度分布を悪化させる原因にもなっていた。そこで、床上から簡単に操作でき、床吹出し口の溝形開口部をON-OFF状に動作するシャッターを考案し、パーソナル操作が全体の温熱環境に影響しないようにした。

### 第3章「加圧式床吹出し居住域空調方式における二重床」

居住域空調を行う時に最適な吹出し角度18度の200mmφ溝形旋回流式床吹出し口を用いた場合に、垂直温度分布に影響を及ぼす要因として供給温度差と二重床からの漏気率をとり上げ、実測値などから垂直温度差と供給温度差との関係を二重床からの漏気率について示し、制御目標を定めるための図表を作成した。

これにより、床上1.7mと0.1mとの温度差を2℃以下とし、供給温度差が10℃であれば、二重床から許容される漏気率は全供給空気量の25%以下で漏気量では5m³/m²以下とする必要であることを示した。

一方、市販品の二重床からの漏気量は非常に多く、1対1式二重床で各床パネルのカーペット相互の隙間を許容漏気量に相当する0.25mmなどに安定して施工することは現状の製品や施工精度などから非常に難しいことがわかった。

そこで、ゴムパッキンや磁気シートなどを用いた施工精度に頼らない漏気防止形二重床を考案した。これを用いた実際の事務室では、漏気率と漏気量はほぼ所定の値以下に制御でき、垂直温度差も目標とした2℃以下となつた。

さらに、床吹出し口配置の自在性を増すために、床パネルの強度から許される偏芯した位置に開口を決め、約370mm以下毎に配置することが可能となり、居住者と床吹出し口との適切な離隔距離を確保できることを示した。

### 第4章「加圧式床吹出し居住域空調方式における空調域高さの制御」

従来は溝形旋回流形床吹出し口を用いた場合の空調域高さを精度良く計算する

ことができなかった。しかし、冷房時に居住域空調が行われている場合に、空調域上部とその上の高温層との境目に温度勾配が急激に変化する変曲点が見られ、空調域の最上部と見なすことができる事がわかった。さらに、同変曲点の高さにおける吹出し気流速度は測定例からほぼ  $0.25 \text{ m/s}$  程度になっていた。

そこで、床吹出し口からの気流速度の計算に、その摺鉢形気流形状にならって吹出し気流を独立した2つ以上に分割する吹出し噴流として扱い、それらの運動量を加算する方法を考案した。吹出し気流を2または3つに分割して計算した変曲点高さは、実測によるものとよく合致した。分割せずに1つで計算した高さが実際より高すぎ、4つに分割して計算した高さは低すぎることがわかった。

これにより、要求される空調域高さや吹出し温度差を設定することにより、吹出し角度や吹出し気流速度を簡易な計算で求めることができることを示した。

#### 第5章「加圧式床吹出し居住域空調方式における特徴的な特性に関する研究」

本空調方式は居住者近傍の床面から空調空気を吹出して居住域空調を行うことから、空調状態が天井方式と異なる。代表的な次の諸現象を実施物件や実験から把握し、長所を生かし、短所は設計的工夫で実用上対処できることがわかった。

すなわち、各所から吹出される空調空気温度は、空調区画の形状や空調機の配置などに影響されて異なるが、室内各部の温度分布は水平方向に拡散し、同一高さの各所の温度差は小さい。しかし、小部屋などの計画には、主気流方向を変えられる適度の有効高さをもつ二重床が望ましいことを示した。

また、年間冷房運転の事務室では床上から簡単に操作できる床吹出し口シャッターのうち、その約30%が操作されていた。冬季は夏季より開口率が低く、同シャッターが本空調方式のパーソナル制御に必要であることがわかった。

ビル管理法による粉塵濃度や粒子径  $1.0 \sim 100 \mu\text{m}$  の実施物件での比較では、本空調方式は天井方式より少ない。実験室での煙草の火を消して27分後の呼吸域における粉塵濃度の減衰状況でも、天井方式より約10%も小さかった。

菌類については、年間冷房運転されている実際の事務室における実測では、天井方式の事務室における吉沢らの「汚染レベルの現状値」などに比べて少なく、5年間の経年的変化も竣工当初より減少している状況で、良好な状況であった。

下肢空間の温熱環境では  $400 \text{ W}$  程度の機器を設けた場合に、床吹出し口から約  $80 \text{ m}^3/\text{h}$  の冷風吹出しで、ほぼ適切なる温熱状況を得られることがわかった。

夏季に実際の事務室で、冷水送水温度を  $7^\circ\text{C}$  から  $10^\circ\text{C}$  に変更した室内温度・湿度状態は良好であった。冷水の供給温度が  $7^\circ\text{C}$  と  $10^\circ\text{C}$  との場合の冷熱源の省エネルギー性を試算してみたところ、約  $14 \sim 17\%$  の省エネ効果があった。

最後に、実際の事務室でホワイトノイズを発生させ、隣室の床上での騒音値は天井方式と同等であった。

#### 第6章 総括結論

第5章までの研究で得られた知見を総括して本論文の結論とした。