23 空調機吹出噴流の室内気流分布に及ぼす影響の評価

(第1報, トレーサ追跡による可視化と定量計測の適用)

ダイキン工業(株)機械技術研究所 三宅邦彦[○], 木下欽治郎, 鳥越邦和

Variation of air flow distribution in the room with air jet angle, air flow rate and inlet air temperature from the outlet of air conditioner

(1st. Report, Air flow distribution measurement
by means of a particle tracing method)

by Kunihiro MIYAKE^{*}, Kanjiro KINOSHITA^{*} and Kunikazu TORIKOSHI^{*}

Experiments were performed to evaluate the variation of air flow distribution in the room with air jet angle, air flow rate and inlet air temperature from the outlet of air conditioner for improving the human comfort.

In a present study, measurement for visualizing air flow and for evaluating the air flow distribution in the room were made of by using a particle tracing method. Air flow visualization was carried out by using TV camera and then air flow distribution was evaluated with image processing based on tracer particles image data recorded by TV camera. The good agreements between the air flow distribution data obtained using the hot wire anemometer and that evaluated from the present tracer particles image processing method were obtained within the present experiment range.

1. 緒言

近年、業務用空調機において室内機の設置は室内での省スペース性を重視して、天井に吊るしたり(天吊形)、埋設する(天埋形)方式が多くとられる傾向にある。このような形式の室内機では天井面より空気を吹き出すため、暖房時での上下温度差や温風が直接人体に当たることによる不快感(ドラフト)が課題となり、暖房時の快適性向上を図る技術開発が追求されている。従来この課題に対して室内機吹出口からの温風を十分な風速で下向きに吹き出すことによって、温風を床付近まで到達させ上下温度差を改善する試みがい^{(1)~(3)}くつかなされている。豊田らは天吊形室内機において水平吹出口のほかに下吹出口を設け室内機内部のペーンにより下吹出口からも十分な風量の温風を吹き出す試みを行い、また^{(2),(3)}名和らは噴流の壁付着効果を利用した吹出口により同様な効果をねらっている。しかしながら、上述の研究ではいずれも実機の吹出風速域で室内の風速・温度分布の測定を行っており、下向きに比較的高風速で吹き出した場合、室内機近傍の居住者にドラフト感を与えることが多くなる可能性がある。従って、快適性の観点からはドラフト感の少ない低速温風による暖房が望まれるが、従来研究としては、低風速域における室内気流、温度分布の計測を行なった例は余り見当たらない。

本研究は天吊形室内機を対象とし、下向き吹出の場合について、吹出風速が実機の吹出風速域より低い場合の気流分布を可視化とトレーサ追跡による定量計測により測定することを行なったものである。実験は模型室内に実機を想定した室内機を取付け、吹出口角度を45°, 60°, 吹出風速を0.45m/s~2.08m/s, そして吹出空気温度を40.2℃~57.5℃の範囲で行なった。

*Mechanical Engineering Laboratory, Daikin Industries Co., Ltd, Osaka, Japan

2. 実験装置および方法

図1に実験装置の概要を示す。

模型室1は幅1600mm, 高さ800mm, 奥行き1200mmで、床面積が約17 m²の部屋を1/3に縮小したもので天井面に2.5~3馬力程度の天井形空調機を想定した室内機模型2を設置している。ヒーター3で温度調節された空気は模型室内に吹き出されたのち、ファン4により排気される。気流の可視化は吹出温度および吸込温度が一定になったことを確認したのち、メタアルデヒド・トレーサを注入して行なった。

図2に可視化撮影および風速分布の測定に用いた計測システムを示す。可視化撮影は模型室のガラス面側に設置したCCDカメラに

Fig. 1 Experimental Apparatus

Fig. 2 Experimental set up for flow visualization and schematic diagram of image processing system

より行なった。風速分布の測定は

VTRに記録した可視化画像から一定の時間間隔で連続する4画像を選び画像処理装置に入力したのち、大型計算機に転送し、連続する4画像上の同一トレーサを追跡することにより測定した⁽⁴⁾。また、模型室内の温度分布はφ0.1 mm銅-コンスタンタン熱電対を移動させることによって測定した。可視化撮影、風速分布および温度分布の測定はいずれも模型室の中央断面について行なった。

3. 実験結果および考察

本実験で得られた吹出角度45°の場合の代表的な結果を図3~図5に示す。

図3(a)~(c)に吹出風速 $V=1.21 \text{ m/s}$ (吹出温度と吸込温度の差を実機と模型で同一とした場合の実機換算風速 2.10 m/s), 吹出温度 $T=57.6^\circ\text{C}$, アルキメデス数 $Ar=0.0077$ (ただし $Ar = g\beta\Delta T l / V^2$, g : 重力加速度, β : 体膨張率, ΔT : 吹出温度と吸込温度の差, l : 吹出口の幅) の場合の (a) 可視化による吹出噴流のパターン、(b) 模型室内の風速分布および (c) 温度分布を示す。ただし (b) には吹出噴流の挙動を明確にするために、吹出噴流域の速度ベクトルのみを図示している。同図(a), (b) において、吹出気流は下向き45°の方向に下降したのち、対向壁へ近づくにつれて若干水平方向に偏向するが、ほぼ床面付近にまで到達していることがわかる。また同図(c) から温度分布も吹出噴流のフローパターンおよび風速分布と定性的にほぼ同じ傾向を示し、床面付近まで温風が到達

していることがわかる。

図4に $V=0.81\text{m/s}$ （実機換算風速 1.40m/s ）， $T=54.8^\circ\text{C}$ ， $Ar=0.017$ の場合の実験結果を示す。同図(a),(b)において、吹出噴流は模型室中央付近から徐々に上昇し、対向壁では天井面に到達していることがわかる。また同図(c)から、温度分布も模型室の上半分に吹出温風による温度の高い領域が集中した形となり、床面側の領域には吹出温風が到達していないことがわかる。

図5に $V=0.64\text{ m/s}$ （実機換算風速 1.11m/s ）， $T=56.1^\circ\text{C}$ ， $Ar=0.030$ の場合の実験結果を示す。同図(a),(b)において、吹出噴流は吹出口直後で天井面に付着したのち、天井面付近に渦を形成して流れており、模型室の大部分はほとんど無風状態になっていることがわかる。また、同図(c)から温度分布も天井面の近傍のみに吹出温風による温度の高い領域が集中した形となり、他の領域には吹出気流がまったく到達していないことがわかる。

Fig. 3 Air flow distribution
at $V=1.21\text{m/s}$, $T=57.6^\circ\text{C}$

Fig. 4 Air flow distribution
at $V=0.81\text{m/s}$, $T=54.8^\circ\text{C}$

以上の結果から、本実験の範囲内では、 $Ar \leq 0.0077$ ならば吹出噴流が床面付近まで十分に到達することがわかる。しかしながら、 $Ar \geq 0.0077$ では Ar が大きくなるにしたがい、吹出噴流は上向きに偏向し、部屋の上部にのみ吹出温風による温度の高い領域が存在するようになる。したがって今後 $Ar \geq 0.0077$ において、吹出温度と室内温度の差を大きくすることなく、低風速の吹出噴流を床面付近まで到達させることができれば、更にドラフト感の少ない暖房を達成することができると考えられる。

4. 結 言

可視化とトレーサ追跡による定量計測を模型室内の気流分布の測定に適用し、吹出風速が実機の吹出風速域より低い場合の吹出噴流の挙動を調べた結果、以下の結論を得た。

(1) 本実験の範囲内では、下向きに気流を吹き出した場合でも、 Ar が大きくなるにしたがい、吹出噴流が床面に到達しにくくなり、天井面付近に高温の領域が形成されるようになる。

(2) 本実験条件では、現状の室内機形態で低風速による暖房を行なう際の温風が床面に到達する Ar の限界値は吹出口角度が 45° の場合で 0.0077 程度である。

5. 謝 辞

本実験を行なうに当たり、風速分布の定量計測に関して、大阪大学工学部環境工学科古川章教授、山口克人助教授、加賀昭和助手のご指導を頂いた。ここに記して謝意を表する。

6. 参考文献

- (1) 豊田・ほか3名, 冷凍, 61-709 (昭61), 1179
- (2) 名和・ほか3名, 機論, 48-430, B (昭57), 1084
- (3) 名和・ほか3名, National Technical Report, 30-5 (昭59), 690
- (4) 渡辺・ほか3名, 第15回流れの可視化シンポジウム, 7-26 (昭62), 301

(a) Flow visualization

(b) Velocity vectors distribution

(c) temperature distribution

Fig.5 Air flow distribution
at $V=0.64\text{m/s}$, $T=56.1^\circ\text{C}$