351 ルームエアコンディショナの吹出し気流が室内空間に及ぼす影響

～家具配置の影響～

The Effect of Air Flow of Room Air Conditioner on Living Space

～The Effect of Furniture Arrangement～

○学 飯塚 大介 (東電大院)

永盛 真希 (東電大)

山下 秀文 (東電大)

正 国吉 光 (東電大)

Hiroyuki IIZUKA, Graduate School of Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama-machi, Hikigun, Saitama

Masaki NAGAMORI, Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama-machi, Hikigun, Saitama

Hidefumi YAMASHITA, Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama-machi, Hikigun, Saitama

Hikaru KUNIYOSHI, Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama-machi, Hikigun, Saitama

Key Words : Room Air Conditioner, Air Flow, Furniture Arrangement, Missenard Sensible Temperature

1. はじめに

ルームエアコンディショナは室内空間内で快適に生活する上で欠かせない機器であるが、家庭内における消費電力の約 25% を占めており、省エネルギー化が求められている⁽¹⁾。また、居住空間内における不均一な温度分布、吹出し気流の直撃による居住者の不快感が問題となっている⁽²⁾。

本研究ではルームエアコンディショナの吹出し気流に着目し、室内空間の速度、温度を求める。これにより吹出し気流の特性を解明し、快適な居住空間を少ないエネルギーで形成することを目指している。

これまでに、著者ら⁽³⁾が 1/8 縮小模型により冷房吹出し気流の基本的な特性(速度、温度差、角度、位置)を示した。本報では家具を想定した家具モデルを配置することにより実際の居住空間に近づけ、縮小率 1/4 の模型実験と CFD による数値解析から冷房時における家具配置による影響を調べた。

2. 相似則の緩和⁽⁴⁾

模型実験において相似則を完全に満たすことは困難であり、無次元数の導入などの相似則の緩和が必要となる。本研究では非等温熱流体に関わるアルキメデス数 Ar を一致させて実験を行い、吹出し主流部と室内気流のパターンおよび温度の経時変化に相似性を得ている。

3. 実験システム

本研究では 8 畳間を想定した縮小率 1/4 モデルルーム ($W=900$, $L=900$, $H=600$ mm) において、壁掛け式ルームエアコンディショナの冷房時を想定した模型実験を行う(図 1)。流れ場を可視化するために、ウォータミストを混入した気流を吹出し、LLS 法を用いて可視化する。実験により得た可視化画像を PIV によって解析し、流向・風速を得る。温度場可視化では T 型熱電対を用い、すね・腰・肩高さに相当する($H_m=60, 220, 370$ mm)3 水平面を測定した。実験結果を実際の室内状態に置換え、ミスナールの式⁽⁵⁾を用いて体感温度 T_{EM} を求めた。快適性の評価は居住空間における風速と温度差、体感温度の各要素に目標値を設け、室内快適性評価値 LAV (5 点満点)で表した。CFD による数値解析においても同様の室内空間を再現し、 LAV を用いて評価を行っている。

4. 実験条件

家具配置による影響を調べるために吹出し速度 $V=0.8$ m/s、吹出し角度 $\theta=55^\circ$ (水平を 0° とする)、温度差 $\Delta T=-4$ K、偏心 $s_z=0$ mm、家具配置なしの条件を基準条件と

し、家具配置時と比較する。配置する家具は一人掛けソファ(ソファ A)、二人掛けソファ(ソファ B)、テーブル、テレビ台の 4 種類とし、室内中心とテーブルの中心を合わせて配置し、テーブルからソファ I、II を 90mm 離し吹出し口対向壁面にテレビ台を配置する(図 2)。この配置状態をパターン 1 とし反時計回りに 90° 、 180° 回転させた状態をパターン 2、パターン 3 とした。また、CFD による数値解析を用いて家具の寸法を Y 方向に ± 25 mm ずつ変更し(家具高さ $\Delta H=\pm 25$ mm)、家具高さによる居住空間への影響を評価する。

5. ミスナールの体感温度

本研究では快適性の評価方法の一つとして体感温度を用いる。この体感温度 T_{EM} はミスナールの体感温度(1)式より求めることが出来る。模型実験で得られた V_m と温度変化 ΔT_m をそれぞれ実際の室内における速度 V と温度変化 ΔT に換算する。境界条件として室内静止気流速度 $V_0=0.1$ m/s、室内初期温度 $T_0=304$ K、および湿度 $RH=55\%$ と設定し、 V は定常状態における値を用いた。

$$T_{EM}=37-\frac{37-T}{0.68-0.0014 \times RH+\frac{1}{1.76+1.4 \times V^{0.75}}}-0.29 \times T \times \frac{1-RH}{100} \quad (1)$$

 T_{EM} : ミスナールの体感温度 [$^\circ\text{C}$] T : 実際の室内における温度 [$^\circ\text{C}$] ただし $T=T_0+\Delta T$ RH : 実際の室内における相対湿度 [%] V : 実際の室内における気流速度 [m/s]

Fig.1 Model room

Fig.2 Furniture arrangement (pattern1)

6. 家具の配置が居住空間に及ぼす影響

温度分布が定常状態になる吹出し開始後の経過時間 $t_b=600s$ における居住空間の快適性を評価する。図3に各実験条件における解析断面 $S_{xy}=0mm$ (中央) の体感温度分布を示す。また、図中の室内快適性評価値 LAV は全5断面の平均値である。

(a) 家具の配置による影響

基準条件(家具なし)では吹出し気流が床面中央付近で衝突し対向壁面へ流れ天井へ上昇している。また、体感温度分布では気流が直撃している領域を中心として局部的に体感温度が低下する(図3 A部)。一方、気流が行き渡らない領域では体感温度が低下しにくい。 $S_{xy}=0mm$ では $LAV=2.2$ 点に対して $180mm$ では $LAV=4.0$ 点、 $360mm$ では $LAV=4.5$ 点と側壁面側に近づくほど LAV が高くなっている。これは側壁面側に近づくほど気流がより広がっていくため、気流分布および温度分布が均一になりやすいためである。

一方、家具を配置しても基本的な流れは基準条件と同様であり、体感温度分布も基本的な傾向は同様である。しかし、吹出し気流がテーブルに衝突することにより分散して居住空間内を広がっていく。そのため、 $S_{xy}=0mm$ において対向壁面側の腰・肩高さにも気流が行き渡り、体感温度が低下して、体感温度むらが最大で $2K$ 小さくなる(図3 B部)。また、吹出し気流が家具に当たり風速が減衰するため全てのパターンで LAV の風速の項目が高くなっている。よって、 $LAV=2.9\sim3.4$ 点と基準条件に比べて約 $37\sim55\%$ 向上した。居住空間全体では $LAV=3.9\sim4.2$ 点と基準条件に比べて約 $11\sim24\%$ 向上している。

家具配置パターンの違いによって、テーブルに衝突して分散した気流がパターン1ではテレビ台、パターン2、パターン3ではソファIIに衝突する。ソファIIに衝突すると気流がより分散しやすくなり、 $S_{xy}=0mm$ においてパターン2: $LAV=3.4$ 点、パターン3: $LAV=3.1$ 点とパターン1: $LAV=2.9$ 点に比べて約 $7\sim17\%$ 向上する。居住空間ではパターン1に比べて LAV が約 5% 向上している。

(b) 家具高さによる影響

家具高さ ΔH の違いによる影響を調べるためCFDによる数値解析を用いた。CFDによる数値解析の有効性は基準条件において確認済みである。

ΔH を変更した場合においても流れおよび体感温度分布の基本的な傾向は基準寸法と同様である。しかしテーブルの寸法の影響を受けて、 ΔH が大きいほど気流がテーブルに衝突した後で上昇しやすい(図3 C部, D部)。

すべてのパターンにおいて $S_{xy}=0mm$ における ΔH を変更した LAV の差は最大で 0.2 点とほぼ一致しており、居住空間全体の LAV においても最大の差は 0.2 点と大きく変動しない。したがって、家具の高さが居住空間の快適性に与える影響は小さい。

7. まとめ

家具モデルの配置を考慮することにより実際の居住空間に近づけ、冷房時における家具配置による影響を調べた。そして、以下の知見が得られた。

- (1) 家具を配置しても流れおよび体感温度分布の傾向は大きく変化しないが、家具を配置したほうが室内の体感温度むらと気流の直撃を軽減できる。
- (2) 家具を配置すると室内快適性評価値 LAV が基準条件に比べて約 $11\sim24\%$ 向上する。
- (3) 家具の高さは居住空間の快適性に対して大きく影響しない。

Fig.3 Effect of the furniture arrangement
($\theta=55^\circ, V=0.4m/s, s_z=0mm, \Delta T=-4K,$
 $V_0=0.1m/s, T_0=304K, RH=55\%$)

参考文献

- (1) ECCJ 省エネルギーセンター, 家庭の消費エネルギー ; <http://www.eccj.or.jp/qanda/household/qa01.html>.
- (2) 兵庫生活科学研究所, ルームエアコンの使用実態 ; <http://www6.ocn.ne.jp/~seiken/testrisa-ti/2004m3.htm>.
- (3) 増子・飯塚・平出・国吉, 縮小モデルによるルームエアコンディショナの気流に関する研究, 日本機械学会鳥取講演会論文集, No.65-2(2006-11), pp.99-100
- (4) 江守・Schuring, 模型実験の理論と応用, (1979), p.17-20・33・60・62, 技報堂.
- (5) 吉野他5名編, 気候学・気象学辞典, (1985), p.299, 二宮書店.