

放射状壁面噴流を用いた準置換換気方式空調における 室内温度分布及び気流分布の基礎的性状

建築都市デザイン学科 2280070009-8 宇佐美 亮太
(指導教員 小林知広)

1. はじめに

室内の居住域を対象とした空調方式は、非居住域の空調制御条件の緩和ができるため、省エネルギー性の観点から有効と考えられる。そのような効率的な空調方式の1つとして置換換気方式¹⁾(Displacement Ventilation、以降 DV 方式)が考えられるが、DV 方式は低温低速で給気を行うため、大きな熱負荷があればその周辺で気流が上昇して水平方向に温度分布が生じるという問題点がある。

一方、DV 方式と同様に上下温度分布を形成し、水平方向の分布が生じにくい方式として、床面付近に設置したダクトから鉛直下向きに給気する方式 (Impinging Jet Ventilation 方式、以降 IJV 方式) が提案されている^{2,3)}。

また、IJV 方式は冬期の暖房にも適用できる可能性を有することも利点の一つと考えられるが、DV 方式と IJV 方式で室内熱環境の違いはこれまで十分に解明されていない。

そこで本研究では、実験により IJV 方式の温度分布及び気流分布の基礎性状を明らかにするとともに、DV 方式との差異を把握することを目的とする。また、将来的に CFD を用いてケーススタディを行うために等温場での解析を行い実験結果との比較により解析手法の検討を行う。

2. 実験概要

2.1. 実験室による室内温度測定概要

実験は 2013 年 1 月 7 日～1 月 24 日に行った。図 1 に示す実験室に半円筒型の IJV 吹出口 (図 2) の下端が床上 600mm 位置となるように設置して空調を行い、吹出口付近の風速分布及び室内全体の温度分布を測定した。実験条件としては吹出温度・吹出風量を変化させて計 7 条件の測定を行った (表 1)。ここでは夏期の冷房時を想定し、天井に設置された照明 (90W×8) に加え、人体からの発熱を想定したブラックライト (60W×32) を設置し、空調開始後定常状態となったところで図 3 のプロットで示す位置の鉛直温度分布を測定した^{註)}。なお、ブラックライトはブルームの広がりが見立てたシリンダーの上部と同じ広がりになるように高さ 500mm の位置に設置した⁴⁾。また吹出口を取換え、DV 方式においても表 1 に示す 7 条件で温度測定を行った。

2.2. 吹出口周辺の風速測定概要

床面衝突噴流の基礎的な気流性状を確認するため、I 型熱線流速計 (日本カノマックス, 251R-75 型 ϕ μ m タング

ステン) を用いて、等温場・風量 400CMH においての吹出口周辺の風速を測定する。測定点は図 4 に示す吹出面の 17 点、吹出口直下の X=64mm における風速の鉛直分布

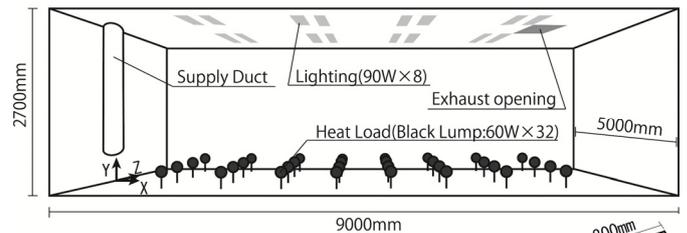


図 1 実験室実験の概要

表 1 測定ケース

	300CMH	400CMH	600CMH
18°C	case1	case6	
20°C	case4	case2	case5
22°C		case7	case3

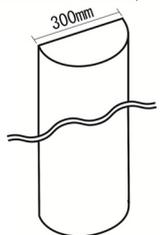


図 2 IJV 吹出口

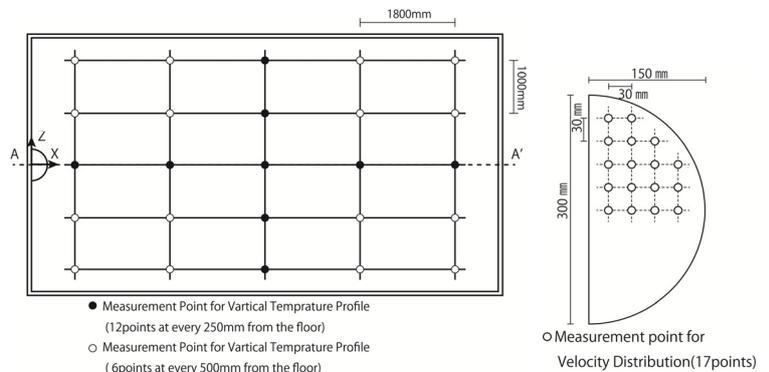


図 3 室内温度測定点

図 4 吹出面風速測定点

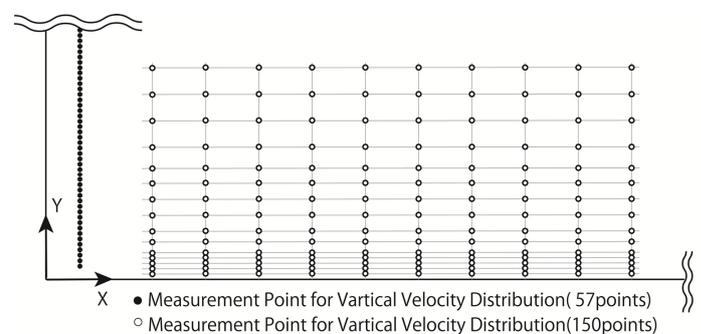


図 5 A-A' 断面における風速測定点

57点、X=200mm から 100mm 毎に高さ 400mm までの風速の鉛直分布 150 点 (15 点×10) とした。なお、サンプリング周波数は 1,000Hz で平均化時間は 30 秒とした。

3. 結果と考察

図 6 に IJV、DV 方式における室内温度分布 (case1~3) を示す。case1 では IJV と DV に大きな差異は見られず、どちらも室内で温度成層が形成されていることが確認できる。case3 では給気量が大きいためどちらの吹出方式においても鉛直方向の温度差が小さくなり温度成層が形成されにくいことがわかる。case2 においては DV では明確な温度成層が形成されているのに対して、IJV では上下方向の温度勾配が小さくなり温度成層が不明瞭になっていることがわかる。これらの結果から、IJV 方式は給気量が大きい場合には DV 方式と比較して温度成層が形成され難いことがわかった。

4. 測定結果と CFD 解析による等温場での精度検証

CFD では、前述の実験室を再現する。境界条件として吹出口は半円筒型の吹出面において 17 点の風速を与える。実験と同様に等温場、吹出風量を 400CMH、移流項の差分は QUICK、乱流モデルは標準 k-ε (SKE)、Kato-laundry 型修正 k-εモデル (LK-KE)、応力方程式モデル (RSM) を使用して解析を行う。

図 7 および図 8 に実験と CFD で得られた X=64mm と X=1000mm における風速と乱流エネルギー (k) の鉛直分布をそれぞれ示す。吹出口直下 (X=64mm) の風速の鉛直分布においては概ね良く一致していたが、X=1000mm の測定点では、測定結果と CFD に差異が見られる。

k の値については X=1000mm 位置では差異が見られるが RSM が実験結果と近い傾向を示した。解析結果は SKE に比べると他のモデルは測定結果に近似していた。

5. まとめ

IJV・DV とともに給気量が大きくなると温度成層が形成され難いが、DV 方式においてより明瞭な温度成層が確認された。また、室内の温度成層の発生状況や気流の基本的な性状の把握ができた。CFD 解析においては本研究で用いた乱流モデルでは RSM が最も実験とよく一致した。

今後の課題として、IJV 方式の冬期における暖房での室内温度分布・気流分布の基礎的性状の把握を行うとともに、CFD 解析における格子分割や、非等温場を対象として CFD 解析の精度の向上を図り、室内負荷の条件や空調吹出条件を変更した解析を行う必要がある。

注釈

注) 中央断面上においては鉛直方向に 250mm 間隔で 12 点、その他の測定点に 500mm 間隔を基本として Y=250mm も追加して 6 点とした。

参考文献

- 1) P. V. Nielsen : DISPLACEMENT VENTILATION –theory and design, Aalborg University, 1993
- 2) T. Karimipناه, H. B. Awbi : Theoretical and experimental investigation of impinging jet ventilation and comparison with wall displacement ventilation, *Building and Environment* 37, Issue 12, pp.1329-1342, 2002
- 3) H.Chen, B.Moshfegh : COMPARING k-ε MODELS ON PREDICTIONS OF AN IMPINGING JET FOR VENTILATION OF AN OFFICE ROOM, 2011
- 4) H. Skistad : Displacement ventilation, Research Studies Press, 1994

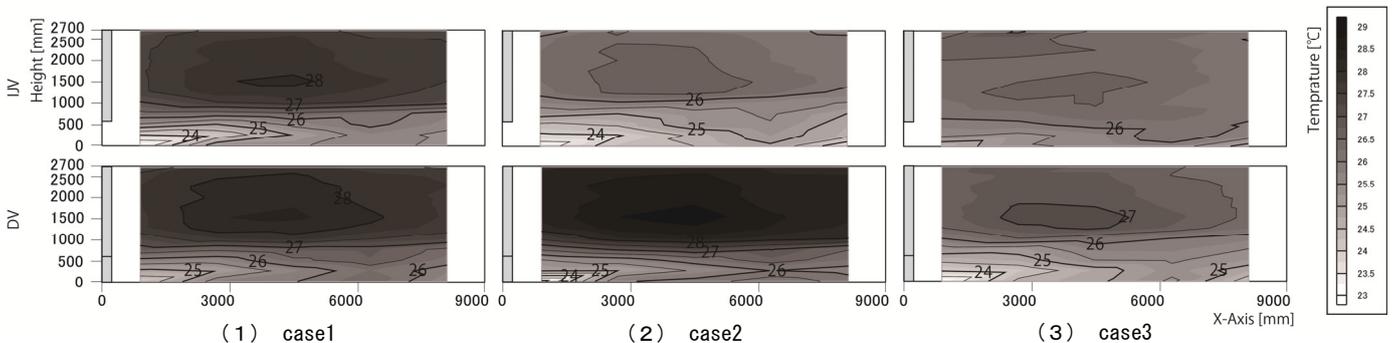
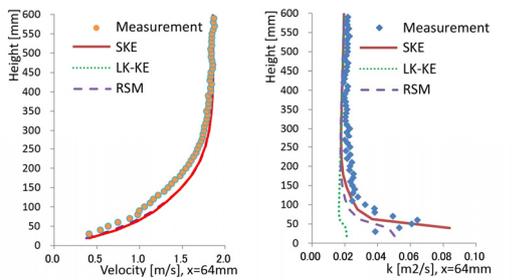
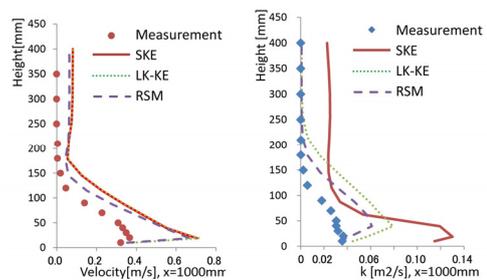


図 6 室内温度分布



(1) 風速分布 (2) 乱流エネルギーの分布

図 7 X=64mm における風速と k の値の比較



(1) 風速分布 (2) 乱流エネルギーの分布

図 8 X=1000mm における風速と k の値の比較