

PIVによる室内気流模型を対象としたシーディング手法の検討及び測定結果

小柳克成
指導教員 赤林伸一教授

1 研究目的

室内環境を計画する上で、気流や温度等の居住空間内における分布性状は極めて重要であり、住宅モデルを対象とした数値流体解析やレーザによる可視化によりその性状は徐々に明らかにされてきている。気流の可視化画像をPIV^{*1}解析する手法は、多数の空間位置で同時に気流速度情報を得られる利点があるが、煙等を用いて測定対象範囲全体に適切なシーディングを行う必要がある。このため、実際の室内気流場全体を詳細に把握することは極めて困難であり、実大の室内空間における気流分布をPIVで定量的に評価した例はない。

本研究では、実大室内空間においてPIV測定をする基礎段階として、既往の研究^{x1)}と同じ室内気流模型を対象として、トレーサ粒子の汎用性や実験装置の性能向上を図り、より良好な可視化画像の取得及び高精度のPIV測定を行う。更に、人体や家具を模擬した縮尺模型を配置してPIV測定を行うことで気流性状を把握し、より現実的な実大室内空間におけるPIV測定の基礎資料を得ることを目的とする。

2 PIV測定の概要

表1に実験装置の仕様を、表2にPIV解析のパラメータを示す。測定対象は、給気口及び排気口が設置された室内を再現した縮尺1/10の室内気流模型^{*2}とし、室内の気流は、排気ファンをインバータで制御し給気口での風速を4.5m/s^{*3}とする。トレーサ粒子には炭酸水酸化マグネシウムの白色粉末（粒径40 μ m程度、既往の研

表1 実験装置の仕様

Camera	ハイスピードカメラ Photron FASTCAM SA3	
Laser	DPGL-3W	LD励起Nd:YAG/YVO ₄ レーザ（連続光） 波長532nm, 出力3W
	DPGL-2W	LD励起Nd:YAG/YVO ₄ レーザ（連続光） 波長532nm, 出力2W
	G1000	LD励起Nd:YAG/YVO ₄ レーザ（連続光） 波長532nm, 出力1W
SoftWare	カメラ制御	Photron FASTCAM Viewer ver. 3.3.8
	PIV解析	Flow-Expert ver1.25

表2 PIV解析のパラメータ

測定対象領域	400mm×600mm
画像サイズ	615pixel×923pixel
測定時間	16sec
測定間隔	2ms(500fps)
検査領域	35pixel×35pixel
探査範囲	±15pixel×±15pixel

究では金属粉末)を使用する。光源には出力の異なる3台のレーザを同時に使用し、出力3Wのレーザを可視化測定領域全体に、出力1Wと2Wのレーザを相対的に暗い模型端部に照射する。

3 実験条件

3.1 開口位置を変化させた場合のPIV測定(実験1)

図1に実験装置の概要を、表3に各実験caseの開口条件を示す。開口は、それぞれ模型上部から給気口A、B、C、排気口D、E、Fとする。給気口及び排気口的位置を変化させた4つのcaseで鉛直断面の測定を行う。

3.2 室内に模型を設置した場合のPIV測定(実験2)

図2に実験装置の概要を示す。開口は、Dを給気口、Fを排気口とする。測定対象室内には縮尺1/10の机1脚、椅子1脚、椅子に腰をかけた人体モデル^{*4}1体を設置し、より実物に近い空間を再現する。模型は、開口と同一の鉛直断面上に設置し、鉛直断面の測定を行う。

4 解析結果

4.1 開口位置を変化させた場合のPIV測定(実験1)

図3に実験1(case2)におけるPIV解析結果を示す。

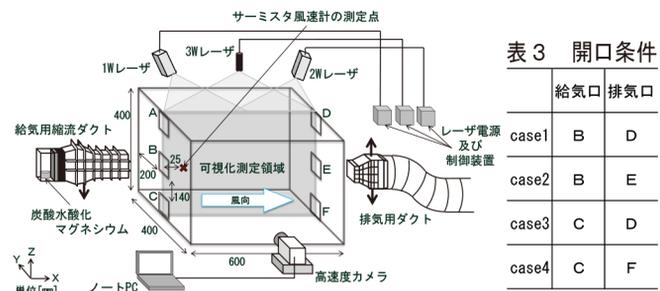


図1 実験装置の概要(実験1)

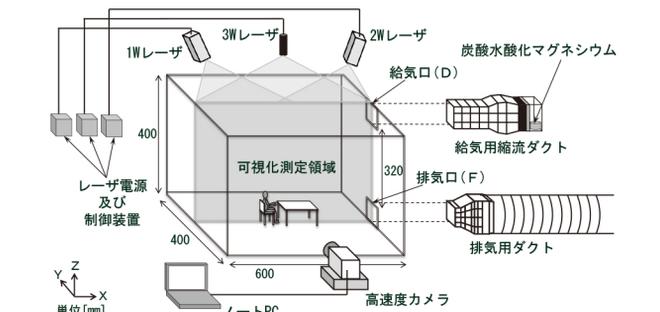


図2 実験装置の概要(実験2)

図3 (a) では、給気口直後において気流の流入風速は 4.2m/s 程度、流れ場の主流部分では風速 4.5m/s 程度となり、設定給気風速とほぼ一致する。給気口から流入した気流は、拡散しながら排気口へ向かい風速 2.3m/s 程度で室外に排出される。X=250 ~ 600mm において、Z=200mm を軸として上下対称の気流分布となり、室内隅部では風速 0.1 ~ 0.3m/s 程度の上下対称の渦を形成する様子が観察される。しかしながら、給気口側 X= 0 ~ 300mm の壁面近傍では上下対称の気流分布とならない。

図3 (b) では、乱れの強さは、渦の中心では 200% を超えるが、その周囲では 40% 程度と小さい。又、X= 0 ~ 400mm、Z= 0 ~ 100mm では 200% を超える。

既往の研究で使用したトレーサ粒子（金属粉末）と比較して、本研究で使用した炭酸水酸化マグネシウムは、人体や実験機器への影響が少なく、良好な可視化画像及び PIV 解析結果を取得することが出来る。

4.2 室内に模型を設置した場合の PIV 測定（実験 2）

図4 に実験 2 における PIV 解析結果を示す。図4 (a) では、給気口から風速 3.8m/s 程度で流入した気流は、減速しながら反対側壁面へ進み、壁面に沿って床面まで下降する。X= 0 ~ 150mm、Z= 0 ~ 250mm 付近では風

速 0.1 ~ 0.3m/s 程度の渦が形成される。

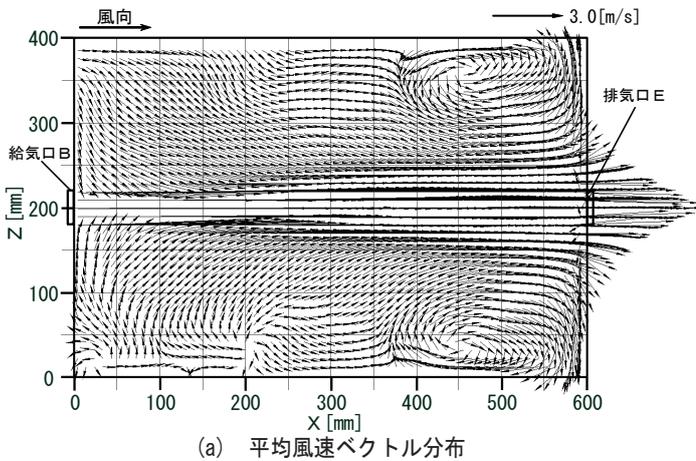
図4 (b) では、設置した模型の影響で、机の端部の X=240mm、Z=70mm において、椅子の下部から人体モデルの正面を斜め上向きに上昇する気流と机の下部を通り排気口へ向かう気流を形成する様子が観察される。

5 まとめ

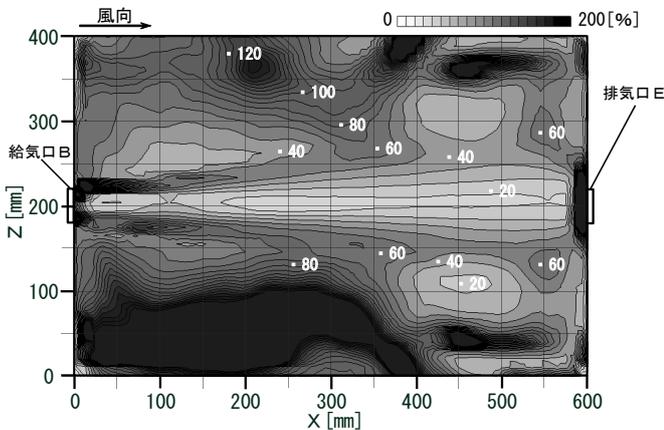
①実験 1 (case2) では、ほぼ上下対称のベクトル分布となる。X=350 ~ 600mm 付近では風速 0.1 ~ 0.3m/s 程度の上下対称の渦が形成される。

②実験 2 では、X= 0 ~ 150mm、Z= 0 ~ 250mm 付近で風速 0.1 ~ 0.3m/s 程度の渦が形成される。又、机の端部の X=240mm、Z=70mm において、椅子の下部から人体モデルの正面を斜め上向きに上昇する気流と机の下部を通り排気口へ向かう気流を形成する様子が観察される。

- ※1 Particle Image Velocimetry (粒子画像流速測定法)
- ※2 室内気流模型は、厚さ 8mm のアクリル板で作成されており、寸法は 600mm × 400mm × 400mm、両側面には 40mm × 40mm の給気口と排気口がそれぞれ 3ヶ所設置されている。給気口での風速はサーミスタ風速計により設定する。
- ※3 給気口での風速はサーミスタ風速計により設定する。
- ※4 実在空間における身長 170cm の人体を想定する。
- 文1) 赤林伸一, 大嶋拓也, 有波裕貴, 大久保肇, 楊曉韻, 坂口淳: 室内気流模型を対象としたシーディング手法の検討及び測定結果, 室内気流を対象とした PIV 計測に関する研究 その1, 日本建築学会環境系論文集, 第 690 号, pp631-638, 2013. 8

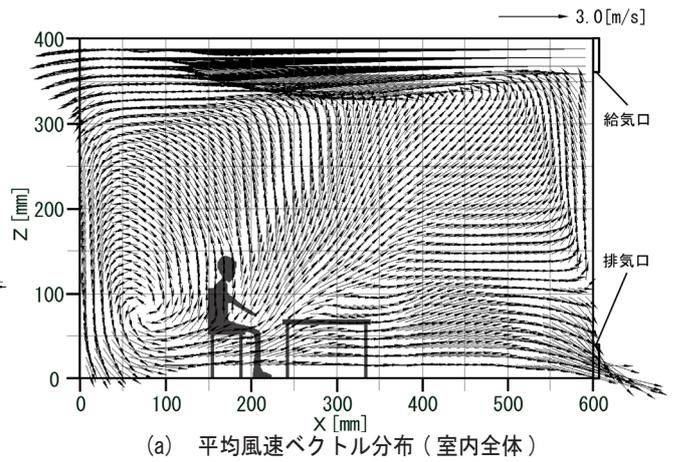


(a) 平均風速ベクトル分布

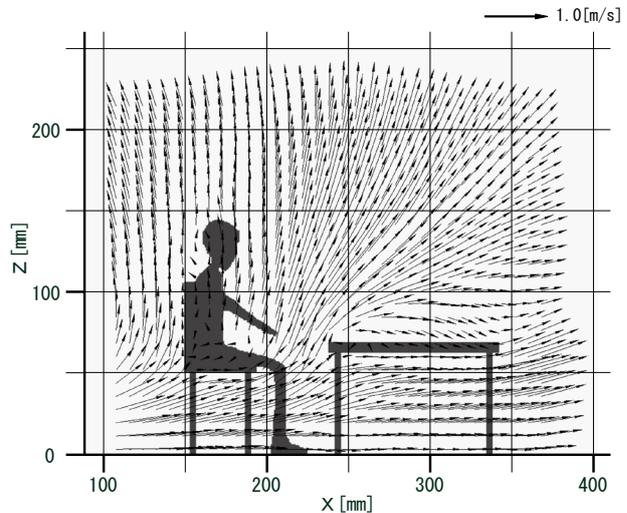


(b) 乱れの強さの分布

図3 実験 1 (case2) における PIV 解析結果



(a) 平均風速ベクトル分布 (室内全体)



(b) 平均風速ベクトル分布 (X=100 ~ 400mm、Z= 0 ~ 250mm 付近)

図4 実験 2 における PIV 解析結果