

粒子画像流速測定法 (PIV) を用いた室内気流測定に関する基礎的研究 その7 縮尺室内模型を対象とした最適なトレーサの選定

正会員 ○富岡誠子*1 同 赤林伸一*2 同 坂口 淳*3
同 大久保肇*4 同 有波裕貴*5

模型実験 PIV 気流速度分布 トレーサ粒子

1 研究目的

前報(その6)では、風洞内での単純住宅通風モデルを対象とした PIV 測定において、より良好な連続した可視化画像の取得と高精度の PIV 測定手法の検討を行った。

本報(その7)では、既報(その1~2)で使用した縮尺室内模型を対象として、実験装置の性能向上と新たなトレーサの選定により、模型実験における PIV 測定精度の向上の検討を行うことを目的とする。

2 PIV 測定の概要

2.1 PIV 測定の概要

表1に PIV 測定のパラメータを、表2に実験装置の仕様^{*1}を示す。測定対象は、給気口及び排気口が設置された典型的な室内を再現した縮尺 1/10 の縮尺室内模型であり、室内において風速が速い部分と循環流が形成されることを意図して作成されている。又、室内模型は、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。

2.2 実験条件

給気口及び排気口はそれぞれ模型上部から給気口 A、B、C、排気口 D、E、F とし、本研究では、case1 (給気口は B、排気口は E) 及び case2 (給気口 C、排気口は D) の2つの case で実験を行う。給気ダクト内には、ハニカムメッシュで作成された整流板と絞り及び DC ファンを設置し、模型内部に整流した空気を送風する。給気口からの風速^{*2}の調整は DC ファンに接続する DC 電源の電圧を調整して行う。

2.3 可視化手法の概要

レーザは出力 1 W と 2 W の2台を同時に使用する。出力 2 W のレーザを可視化測定領域全体に照射し、レーザシー

表1 PIV 測定のパラメータ

測定対象領域	600mm×400mm
画像サイズ	1024pixel×768pixel
測定時間	14.5sec
測定間隔	2ms(500fps)
検査領域	31pixel×31pixel
探査範囲	±16pixel×±16pixel

表2 実験装置の仕様^{*1}

Camera	ハイスピードカメラ Photron FASTCAM SA3 (1024pixel×768pixel, 500fps, シャッタースピード:S=1/3000)
Laser	DPGL-2W LD振起Nd:YAG/YVO ₄ レーザ 波長532nm, 出力2W 0~30kHzで変調可能な連続光 G1000 LD振起Nd:YAG/YVO ₄ レーザ 波長532nm, 出力1W 0~10kHzで変調可能な連続光
SoftWare	カメラ制御 Photron FASTCAM Viewer ver. 3341 PIV解析 Flow-Expert ver1.12

トの端部では相対的に暗くなるため、出力 1 W のレーザを比較的粒子密度の濃い給気口付近に照射することで、可視化測定領域全体を均一に可視化する。又、本研究においてシーディングに用いるトレーサ粒子は炭酸水酸化マグネシウムの白色粉末を使用する。

3 測定結果

図3に case1 (給気口 B、排気口 E) における PIV 測定結果^{*3}を、図4に case2 (給気口 C、排気口 D) における PIV 測定結果^{*3}を示す。

3.1 case1 (給気口 B、排気口 E)

給気口直後は風速 3.7m/s 程度、流れ場の主流部分は風速 3.0 ~ 3.8m/s 程度の比較的速い気流が観察される。又、排気口直近は風速 0.9m/s 程度、X=550 ~ 575mm、Z=150 ~ 250mm の排気口付近は風速 1.8m/s 程度の気流が観察される。全体的な分布としては、X=350 ~ 600mm 付近では概ね上下対称の風速 0.1 ~ 0.5m/s 程度の渦が形成されている。又、X=0 ~ 200mm、Z=0 ~ 150mm 付近においても風速 0.1

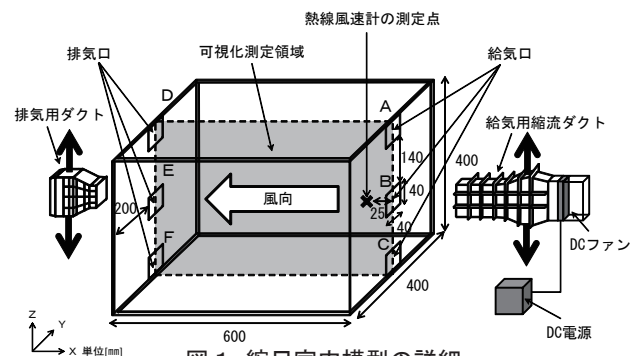


図1 縮尺室内模型の詳細

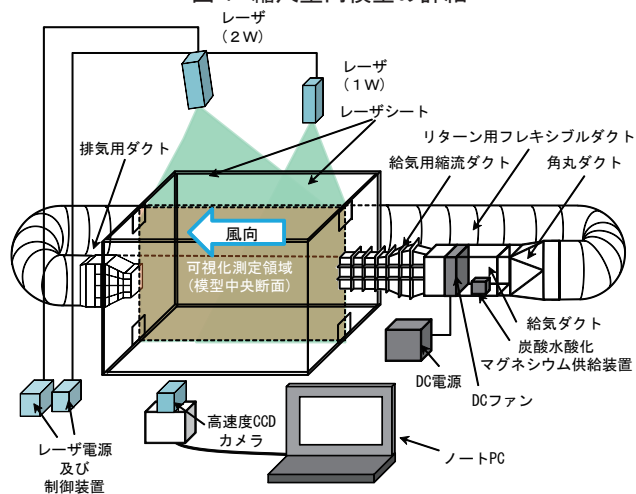


図2 実験装置の概要

Basic Study on the Measuring Method of the Indoor Air Flow by PIV
Part 7 Study on the Most Suitable Tracer Particles of PIV
for a Room Model

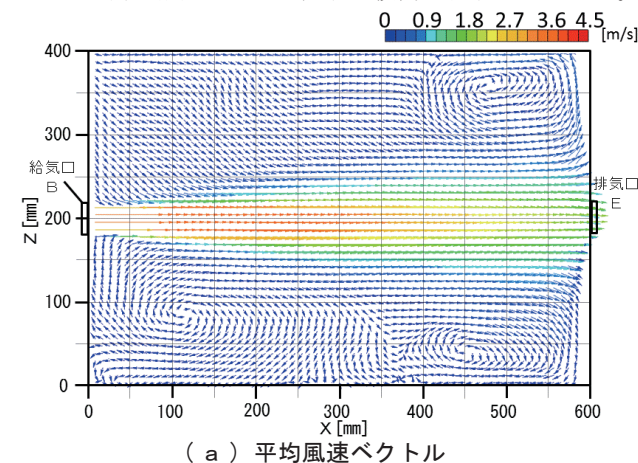
TOMIOKA Seiko, AKABAYASHI Shin-ichi,
SAKAGUCHI Jun, OKUBO Hajime, ARINAMI Yuki

～0.3m/s程度の渦を形成しているが、 $X=0\sim200\text{mm}$ 、 $Z=250\sim400\text{mm}$ 付近において渦は観察されず、上下対称の分布にはならない。乱流エネルギーは、給気口付近において $1.2\text{m}^2/\text{s}^2$ 程度、排気口付近で $0.3\text{m}^2/\text{s}^2$ 程度となる。

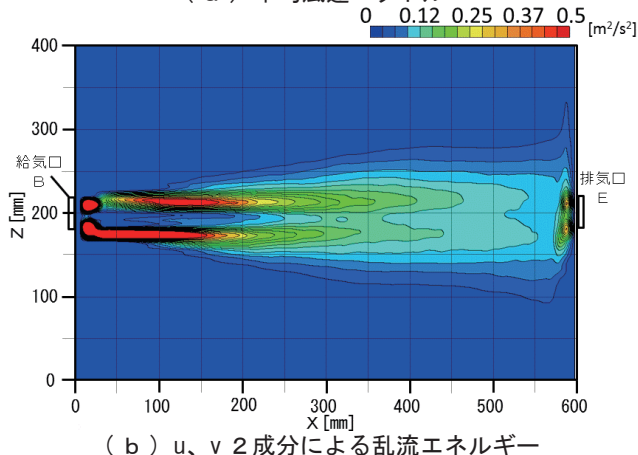
3.2 case2 (給気口C、排気口D)

給気口直後は風速3.5m/s程度、流れ場の主流部分はcase1と同様に風速3.0～3.8程度の比較的速い気流が観察される。気流は徐々に減速しながら風速1.5m/s程度で $X=550\sim600\text{mm}$ 、 $Z=0\sim100\text{mm}$ 付近の排気口壁面に衝突し、排気口に向かう上向きのベクトルを形成する。更に、排気口では風速1.0m/s程度で気流が排気され、排気されなかった気流が模型全体に風速0.1～0.5m/s程度の循環流を形成する様子が観察される。乱流エネルギーは、給気口付近において $1.5\sim1.8\text{m}^2/\text{s}^2$ 程度、流れ場の主流が衝突する排気口壁面では $0.3\text{m}^2/\text{s}^2$ 程度となる。

本研究のシーディングに用いたトレーサである炭酸水酸化マグネシウムは、既報(その1～2)の模型実験において比較的良好な測定結果を取得することが可能な金属パウダーに比べ、人体に無害で扱い易く、測定結果も概ね金属パウダー使用時と同等の結果が得られた。しかしながら、給気口付近の風速では熱線風速計の測定結果と一致せず、排気口付近も比較的遅い風速となっている。今後は炭酸水酸化マグネシウムをトレーサとして使用した場合の給気口及び排気口付近の測定精度の向上に関する検討を行う予定である。



(a) 平均風速ベクトル



(b) u, v 2成分による乱流エネルギー

図3 case1 (給気口B、排気口E)におけるPIV測定結果

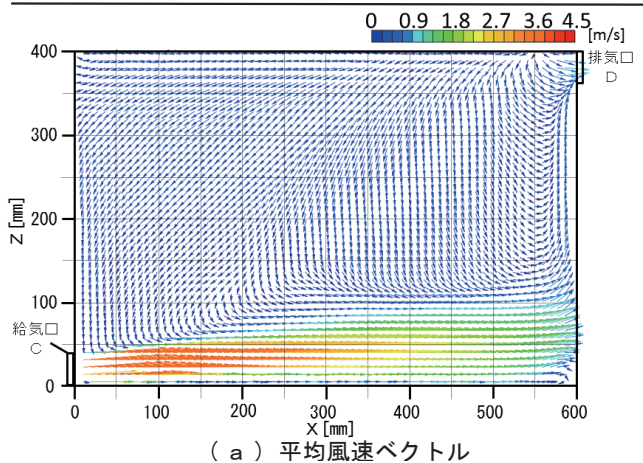
4 結論

- ① case1 は、給気口直後は風速3.7m/s程度、流れ場の主流部分は風速3.0～3.8m/s程度の比較的速い気流を形成する。
- ② case1 において $X=350\sim600\text{mm}$ 付近では概ね上下対称の風速0.1～0.5m/s程度の渦が形成される。しかしながら、 $X=0\sim200\text{mm}$ においては上下対称の渦は観察されない。
- ③ case2 は、給気口直後は風速3.5m/s程度、流れ場の主流部分はcase1と同様に風速3.0～3.8程度の比較的速い気流が観察される。
- ④ case2 において、排気口では風速1.0m/s程度で気流が排気される。又、排気されなかった気流が模型全体に風速0.1～0.5m/s程度の循環流を形成する様子が観察される。
- ⑤ 炭酸水酸化マグネシウムはトレーサとして扱い易いが、模型実験において給気口及び排気口付近の風速が熱線風速計と一致しない傾向がある。

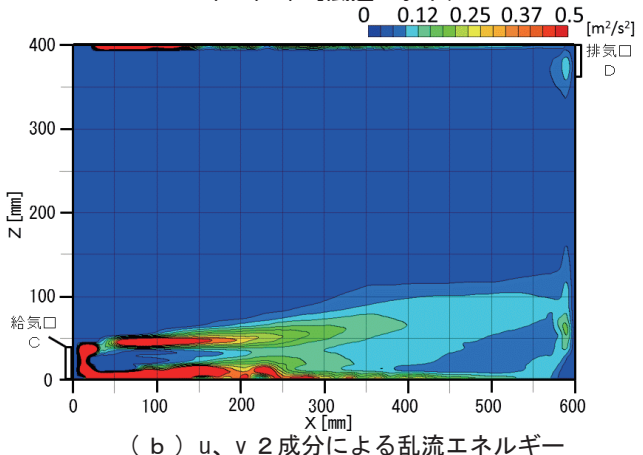
- ※1 既報(その1～2)との実験装置の相違は、高速度カメラをカトウ光研ハイスピードCCDカメラk-IIからPhotron FASTCAM SA3とし、測定パラメータを解像度 $640\times480[\text{pixel}]$ から $1024\times768[\text{pixel}]$ に、撮影速度を200[fps]から500[fps]に、露光時間を5[ms]から0.3[ms]に向上した。給気風速は4.4m/sで測定を行う。
- ※2 本研究のPIV解析は直接相互相関法を用い、周囲8近傍の平均値との速度差が99%以上の条件を満たすベクトルを誤ベクトルとして削除する。

【参考文献】

- 1) 赤林・坂口他「粒子画像流速測定法(PIV)を用いた室内気流測定法に関する基礎的研究 その1～2」日本建築学会大会学術講演梗概集、2011年
- 2) 赤林・坂口他「粒子画像流速測定法(PIV)を用いた室内気流測定法に関する基礎的研究 その3～5」日本建築学会大会学術講演梗概集、2012年



(a) 平均風速ベクトル



(b) u, v 2成分による乱流エネルギー

図4 case2 (給気口C、排気口D)におけるPIV測定結果

*1 新潟大学工学部建設学科 技術職員
 *2 新潟大学大学院自然科学研究科 教授 工学博士
 *3 新潟県立大学国際地域学部国際地域学科 教授 博士(工学)
 *4 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生
 *5 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生 修士(工学)

*1 Technical Staff Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Niigata Univ.
 *2 Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.
 *3 Prof., Faculty of International Studies and Regional Development, Department of International Studies and Regional Development, University of Niigata Prefecture, Dr. Eng.
 *4 Graduate Students, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.
 *5 Graduate Students, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., M. Eng.