

# 実大室内空間モデルを対象とした PIV 解析に関する基礎的研究

## 冷暖房時を対象とした PIV 測定

渡邊 美紅 指導教員 有波 裕貴 助教

### 1 研究目的

近年、流れの可視化に画像解析を融合させた粒子画像流速測定法 (PIV) <sup>文1)</sup> が実用化されている。PIV は流れの中に微細なトレーサ粒子を混入させて、シート状レーザで可視化し、撮影した可視化画像を解析することで、流体の速度ベクトルを算出する手法である。既往の研究<sup>文2)</sup> では、解析時のフレーム間隔を変化させて PIV 解析を行い、それぞれ算出された風速ベクトルを選択して合成することで、様々な気流速度が混在する等温の実大室内空間 (約 3 [m] × 3 [m]) を対象とした PIV 解析手法の検討を行った。

本研究では、家庭用エアコンが設置された実大室内空間モデルを対象に、冷暖房時における流れの可視化及び PIV 解析による定量的な風速ベクトルの算出を行い、実大室内空間の気流性状の把握と解析手法の検討を行う。

### 2 研究概要

**2.1 実験概要:** 図 1 に対象とする室内空間の概要を、表 1 に実験 case を示す。実験は 2,900 [mm] (幅) × 2,600 [mm] (高さ) × 2,900 [mm] (奥行き) の実験用チャンバーを対象とし、1つの壁面は透明なアクリル板で作成されている。PIV 測定対象は部屋の中心の鉛直断面 (y=1,450 [mm]) とする。エアコンの吹出風向は case1 で風向 1 (水平面から下向き 30°)、case2 で風向 6 (水平面から下向き 62°) とする。空調条件は冷房、暖房とする<sup>※1)</sup>。実験時は空調機と蓄熱材を用いてエアコンの吸込・吹出温度差を一定とした状態で PIV 測定を行う。

**2.2 測定概要:** 表 2 に測定機器の概要を、表 3 に PIV 測定パラメータを示す。レーザは複数台設置し、照射断面を一致させる。トレーサには難燃性のスモークを使用し、室内を周回するダクトとエアコン吸込口から

スモークの供給を行う。得られた可視化画像の解析には FlowExpert ver.1.2.13 を用いる。撮影時のフレーム間隔による解析 (8 [msec]) と、PIV 解析時にフレームをスキップさせた解析 (16、32、48 [msec]) を行う<sup>※3)</sup>。

### 3 実験結果

**3.1 最適と考えられる風速ベクトルの選択方法:** 図 2 に最適と考えられる風速ベクトルの選択方法を示す。解析フレーム間隔を変化させた場合、解析フレーム間隔とキャリブレーション値と探査領域により解析可能風速の範囲が変化する。複数の解析フレーム間隔において解析可能風速が重複している範囲で風速が算出された場合には検査領域の移動量が最も少ないベクトルを選択することで、より信頼性のある最適な風速ベクトルとなると考えられる。

**3.2 平均風速ベクトル分布:** 図 3 に平均風速ベクトル分布を示す。

(1) case1-1 (風向 1、冷房): 風速はエアコン吹出部分中心で約 1.1 [m/s]、吹出部分以外で約 0.1 ~ 0.3 [m/s] となる。吹出気流に対して室の上部では概ね下降気流となる。下部では小さな渦が形成される。

(2) case1-2 (風向 1、暖房): 風速はエアコン吹出部分中心で約 1.3 [m/s]、吹出部分以外で約 0.1 ~ 0.3 [m/s] となる。吹出気流は x=2,100 [mm] 付近から室の上部に拡散し、室の下部では複雑な気流分布となる。

(3) case2-2 (風向 6、暖房):

風速はエアコン吹出部分中心で約 1.5 [m/s]、吹出部分以外で約 0.1 ~ 0.5 [m/s] となる。吹出気流に対して室の上部では小さな渦が形成される。

表 1 実験 case

実験case	吹出風向 (風向角)	空調条件
case1	case1-1	冷房
	case1-2	暖房
case2	case2-1	冷房
	case2-2	暖房

表 2 測定機器の概要

カメラ	Photron FASTCAM SA3		
レーザ	出力: 3 [W]	DPGL-3W × 2台	LD励起: YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ 波長: 532 [nm]
	出力: 2 [W]	DPGL-2W	
	出力: 1 [W]	G1000	
スモークジェネレータ	DAINICHI PORTA SMOKE PS-2002 × 2台		
解析ツール	カメラ制御	Photron FASTCAM View ver. 4.0.2.1	
	PIV解析	FlowExpert ver. 1.2.13	

表 3 PIV 測定パラメータ

対象断面	鉛直断面 (y=1,450 [mm])				
画像サイズ [pixel]	1,024 × 1,024				
キャリブレーション値 <sup>※4)</sup> [mm/pixel]	2.95				
対象領域 [mm]	2,600 × 2,900				
撮影時のフレーム間隔 [fps] ([msec])	125 (8)				
シャッタースピード [sec]	1/125				
解析時のフレーム間隔 [msec]	8	16	32	48	
検査領域 <sup>※5)</sup> [pixel]	26 × 26				
探査領域 <sup>※6)</sup> [pixel]	±16				
解析可能風速 <sup>※7)</sup> [m/s]	1 [pixel]あたり	0.37	0.18	0.09	0.06
	最大風速	5.90	2.95	1.48	0.98

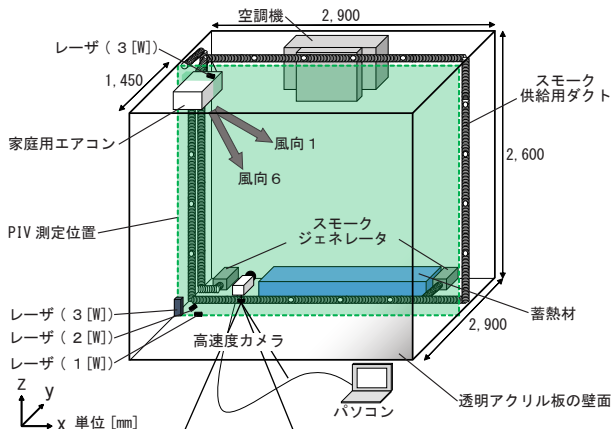


図 1 対象とする室内空間の概要

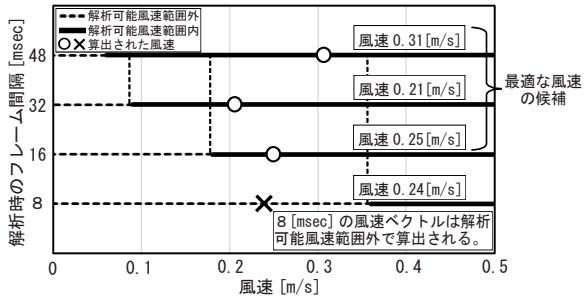
3.3 最適と考えられる風速が選択された解析フレーム間隔の空間分布：図4に最適と考えられる風速が選択された解析フレーム間隔の空間分布<sup>\*8</sup>を示す。case1-1(風向1、冷房)では、風速が比較的遅い渦の中心付近で局所的にフレーム間隔48[msec]が選択される。case1-2(風向1、暖房)では、吹出気流周辺や吹出気流下部の風速

の変動が比較的大きい部分でフレーム間隔32、48[msec]が選択される。case2-2(風向6、暖房)では、吹出気流周辺でフレーム間隔32、48[msec]が選択される。また、室内の領域によって各caseで最適と考えられる風速が選択された解析フレーム間隔の空間分布は異なる。

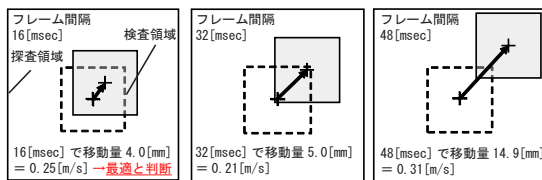
#### 4 まとめ

- ①約3[m]×3[m]程度の空間を対象に非等温時におけるPIV測定方法の検討を行った。
- ②冷暖房時では渦の中心部分や吹出気流付近、風速の変動が大きい部分で解析フレーム間隔の長いベクトルが選択される傾向がある。
- ③冷暖房時では下降気流や上昇気流が生じ、小さな渦が形成される。

最適と考えられる風速ベクトルの選択方法  
①各フレーム間隔において解析可能風速外の風速ベクトルを除外する(図2(a))。  
②各フレーム間隔において風速ベクトル算出時の移動量を比較する(図2(b))。  
③最小の移動量で算出された風速ベクトルを最適と判断する。



(a) 解析可能風速外のベクトルの削除



(b) 風速ベクトルの算出に用いられた移動量の比較

図2 最適と考えられる風速ベクトルの選択方法

#### 注釈

- ※1 エアコン吸込・吹出の温度差は冷房、暖房でそれぞれ20[°C]、30[°C]である。
- ※2 実験チャンパー内の初期温度は、冷房では約45[°C]、暖房では約0[°C]に設定する。
- ※3 風速の遅い気流場ではフレームをスキップさせ、解析時のフレーム間隔を長くすることで粒子群の移動の把握が正確となり、1時刻目の画像パターンと相関の高い画像が2時刻目の画像パターンから得られると考えられる。
- ※4 撮影画像の画素と実際の距離との換算係数であるキャリブレーション値は、撮影断面に校正用のプレートを設置し、実際の距離が画像上で認識できる画像を撮影し、求める。
- ※5 輝度分布を比較する範囲。
- ※6 検査領域の輝度分布と類似性の高い領域を探索する範囲。
- ※7 解析可能風速はフレーム間隔8[msec]、探索領域±2[pixel]とした場合、最小値で2.95[mm/pixel](キャリブレーション値)÷8[msec]×1[pixel]=0.37[m/s]、最大値で2.95[mm/pixel](キャリブレーション値)÷8[msec]×2[pixel]=0.74[m/s]となる。
- ※8 計測点毎に風速ベクトルが最適として選択された解析フレーム間隔のうち最も多く選択されたフレーム間隔を表示している。

#### 参考文献

- 文1) 可視化情報学会：「PIVハンドブック」、森北出版株式会社、2002年
- 文2) 本多・赤林ら：「実大室内空間モデルを対象としたPIV解析に関する基礎的研究 その2 フレーム間隔をパラメータとした解析」、日本建築学会学術講演梗概集、2021年

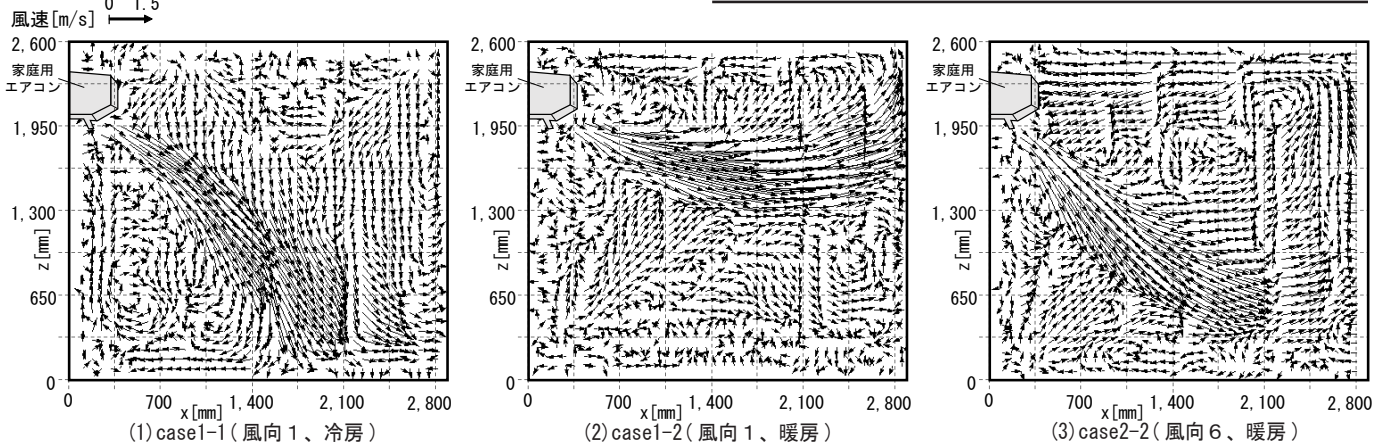


図3 平均風速ベクトル分布

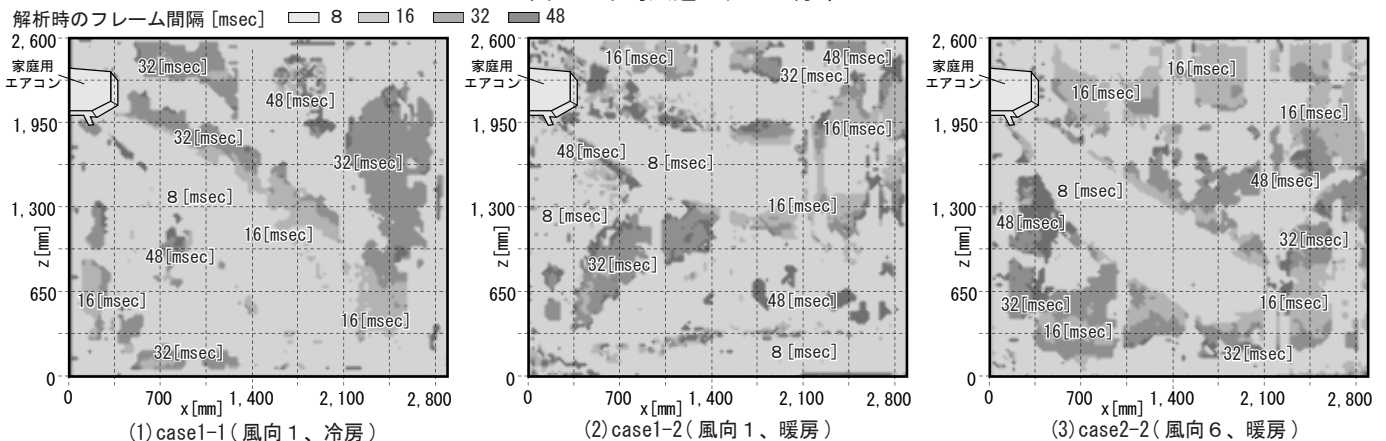


図4 最適と考えられる風速が選択された解析フレーム間隔の空間分布