

# 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 模擬人体を移動させた場合の室内気流性状

田中 謙 指導教員 有波 裕貴 助教

## 1 研究目的

非接触で気流速度を測定する手法として、粒子画像流速測定法<sup>文1)</sup>(以下 PIV<sup>※1)</sup>が挙げられる。既往の研究<sup>文2)</sup>では、これまで 300[mm] × 300[mm] 程度であった測定範囲から、実大室内空間の測定を目的として 5,000[mm] × 2,200[mm] 程度に測定範囲を拡大し、家庭用エアコンが設置された実験用チャンバーにおいて等温時の気流性状の測定を行った。

本研究では、実験用チャンバーを対象に模擬人体(パネル<sup>※2)</sup>及びマネキン)を移動させ、PIV 測定を行う。流れの可視化及び PIV による定量的な風速ベクトルの解析を行い、実大室内空間における人体周辺の気流性状の把握を目的とする。

## 2 研究概要

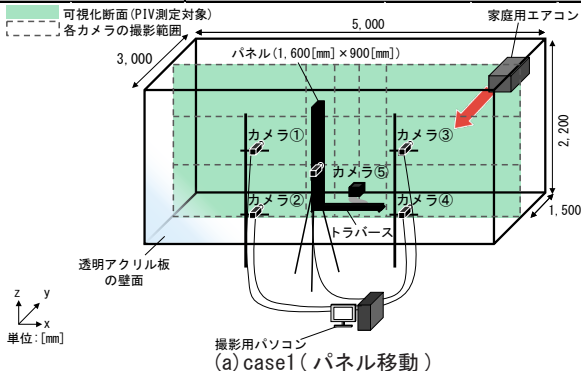
2.1 実験概要：図 1 に対象とする室内空間の概要、表 1 に実験 case を示す。実験用チャンバーは 5,000[mm] (幅) × 2,200[mm] (高さ) × 3,000[mm] (奥行き) であり、1つの壁面は撮影のため透明なアクリル板で作成されている。PIV 測定対象はチャンバーの中心の鉛直断面 (y=1,500[mm]) とする。右側壁面上部には家庭用エアコンが設置されており実験時は送風運転 (風向角：水平下向き 51[°]、設定風量 5) を行う。チャンバー中央に設置したパネル及びマネキンはトラバースを用いて 1,000[mm] の直線レールを 4 秒で一往復 (最大速度 : 0.5[m/s]) させる。

表 1 実験 case

実験 case	移動物体	エアコン
case1-1	パネル	停止
case1-2		稼働
case2-1	マネキン	停止
case2-2		稼働

表 2 測定機器の概要

カメラ	工業用カメラ × 5 台 (1,920[pixel] × 1,200[pixel]、125[fps])	
レーザー	出力: 3 [W]	DPGL-3W × 2 台
	出力: 2 [W]	DPGL-2W × 7 台
	出力: 1 [W]	DPGL-1W × 1 台
LD 励起	YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ 波長: 532[nm]	
スモークジェネレータ	Antari FOG MACHINE Z-1200 II × 4 台	
解析ツール	FlowExpert Ver. 1.2.13	



(a) case1 (パネル移動)

2.2 PIV 測定の概要：表 2 に測定機器の概要を示す。レーザーは複数台設置し、照射断面を一致させる。シーリングには、スモークジェネレータを複数台使用する。スモークの供給は、チャンバー内に設置したダクトとエアコンの吸込口から行う。流れの中にスモークを混入させて、シート状レーザーで可視化し、同期されたカメラ 5 台で撮影することで可視化画像を取得する。測定対象領域全体を 5 分割し、それぞれの範囲に対して 1 台ずつカメラを配置する。得られた可視化画像の PIV 解析には FlowExpert ver.1.2.13 を用いる。

2.3 PIV 測定パラメータ：表 3 に PIV 測定パラメータを示す。PIV のキャリブレーション値<sup>※3)</sup>は 1.19[mm/pixel] である。実大室内空間では風速の速い部分と遅い部分が混在するため、測定対象領域内で適切な PIV 解析条件が異なる可能性がある。そのため、全てのカメラにおいて、解析時のフレーム間隔を変化させて PIV 解析を行い<sup>※7)</sup>、その中から最適な風速ベクトルを選択する<sup>※8)</sup>。

2.4 PIV 解析結果の合成方法：図 2 に PIV 解析結果の合成方法を示す。各カメラの撮影範囲には、重複する領域が存在する。重複する領域では、各測定点毎に算出された風速成分を平均して PIV 解析結果を合成する。

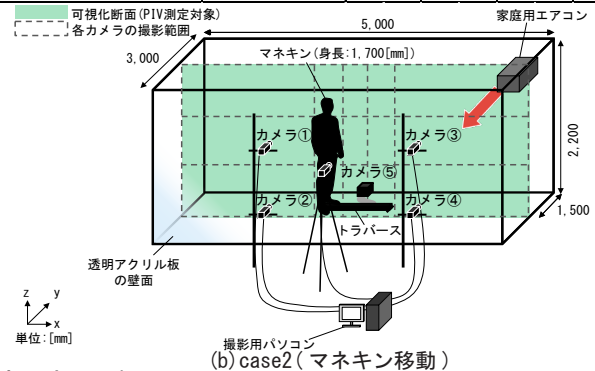
## 3 実験結果

3.1 実大室内空間の気流性状：図 3 に瞬時風速ベクトル分布を示す。

(a) case1-1 (エアコン停止、パネル移動)：室中央付近では移動するパネルに引き込まれ、風速約 1.0[m/s] の

表 3 PIV 測定パラメータ

対象断面	鉛直断面 (y=1,500[mm])				
画像サイズ[pixel]	1,920 × 1,200				
キャリブレーション値 <sup>※3)</sup> [mm/pixel]	1.19				
対象領域[mm]	5,000 × 2,200				
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				
検査領域 <sup>※4)</sup> [pixel]	32 × 32				
探査領域 <sup>※5)</sup> [pixel]	±28				
解析時のフレーム間隔[msec]	8	16	32	48	
	最大風速	4.170	2.080	1.040	0.690
解析可能風速 <sup>※6)</sup> [m/s]	最小風速	0.149	0.074	0.037	0.025



(b) case2 (マネキン移動)

図 1 対象とする室内空間の概要

気流が生じる。パネル後流域の上部では定常的な渦が形成される。

(b) case1-2 (エアコン稼働、パネル移動): エアコン吹出部分で 1.3 ~ 2.0[m/s] の風速が算出される。case1-1 と比較してパネル後方では気流が引き込まれる範囲はパネルの上下方向に大きくなる傾向がある。また室中央付近の気流は風速約 1.0[m/s] で移動するパネルに引き込まれる。移動中はパネル後流域の上部で定常的な渦が形成される。

(c) case2-1 (エアコン停止、マネキン移動): 室中央付近では移動するマネキンに引き込まれ、風速約 0.5[m/s] の気流が生じる。気流を引き込む範囲はパネルの場合と比較して小さくなる傾向がある。またマネキンの移動範囲以外では物体の移動による定常的な気流はほとんど発生せず、風速 0.1 ~ 0.3[m/s] の複雑な気流分布となる。

(d) case2-2 (エアコン稼働、マネキン移動): エアコン吹出部分で 1.3 ~ 2.0[m/s] の風速が算出される。マネキン後方において気流が引き込まれる範囲は概ね上半身のみとなり、他のケースと比較して小さくなる傾向

がある。エアコンによる気流は室の左側壁面下部付近で風速約 0.3[m/s] となり、室全体を循環する気流分布となる。

#### 4 まとめ

① case1 (パネル移動) では、室中央付近の気流がパネルに引き込まれ、パネル後流域の上部で風速約 1.0[m/s] の定常的な渦が形成される。エアコンを稼働した場合、エアコンの気流はパネルによって遮られ、パネルの前後で気流分布が大きく変化する。

② case2 (マネキン移動) では、室中央付近の気流がマネキンに引き込まれ、マネキン後流域の上部で風速約 0.5[m/s] の小さな渦が形成される。エアコンを稼働した場合、マネキンが気流を引き込む範囲は小さいため、室全体を循環する気流が形成される。

③ case2 (マネキン移動) の場合、case1 (パネル移動) と比較して気流を引き込む範囲が小さいため、障害物として部屋の気流に与える影響は小さい。

#### 注釈

- ※1 PIV: Particle Image Velocimetry の略称。流れの中に微細なトレーサ粒子を混入させ、その動きを動画として撮影し、個々の微粒子あるいは微粒子群の移動距離と撮影間隔から流体の速度ベクトルを算出する方法の総称。
- ※2 移動物体の気流を把握するための基礎的な実験として、単純形状であるパネルを用いる。また厨房における局所排気装置の直接捕集率測定法 JSTM V 6201 ではパネルを用いて人の移動による影響を与えている。
- ※3 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様に撮影して求める。
- ※4 輝度分布を比較する領域の画素数。
- ※5 検査領域の輝度分布と類似性の高い領域を探索する画素数。±28[pixel] の場合、検査領域の上下左右に 28[pixel] 加算した領域を探索領域とする。
- ※6 解析可能風速は撮影フレーム間隔 8 [msec]、探索領域 ±28[pixel] とした場合、最小値は 1.19[mm/pixel] (キャリブレーション値) ÷ 8 [msec] × 1 [pixel]=0.149[m/s]、最大値は 1.19[mm/pixel] ÷ 8 [msec] × 28[pixel]=4.180[m/s] となる。
- ※7 風速の違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。
- ※8 解析可能風速の範囲内において相関係数の最も高い風速ベクトルを選択する。

#### 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、2018年
- 文2) 本多、赤林ら: 「実大室内空間を対象としたPIV解析に関する基礎的研究 その4 レーザ・マルチカメラによるPIV解析」日本建築学会学術講演梗概集、2022年

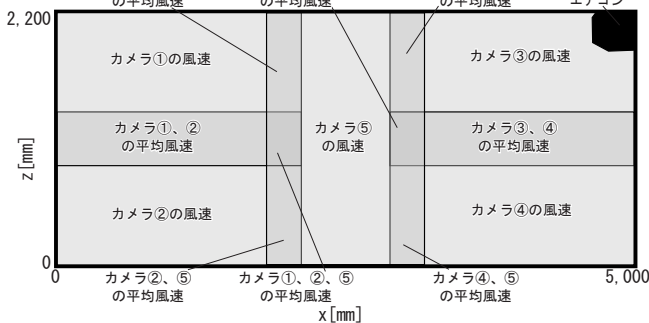
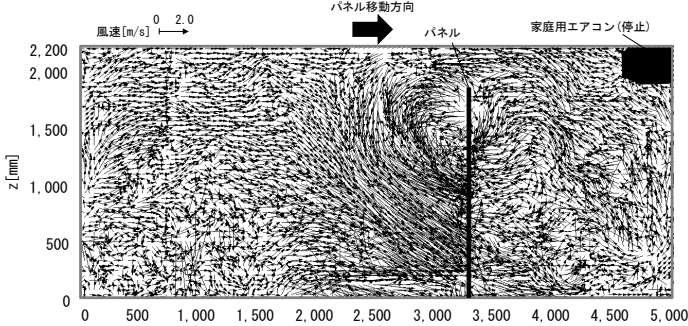
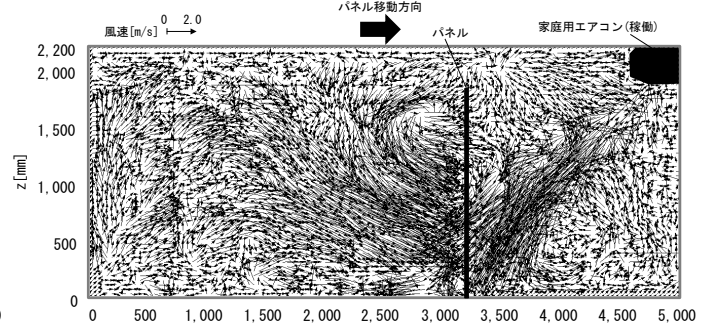


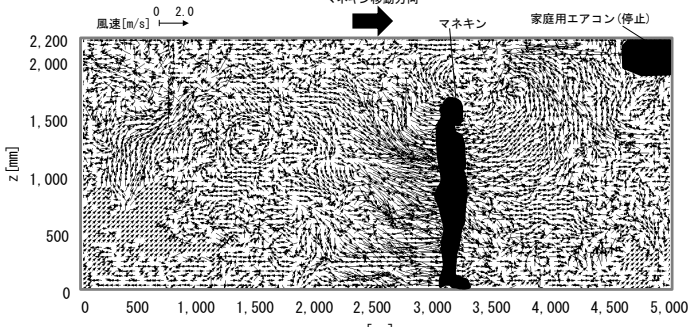
図2 PIV解析結果の合成方法



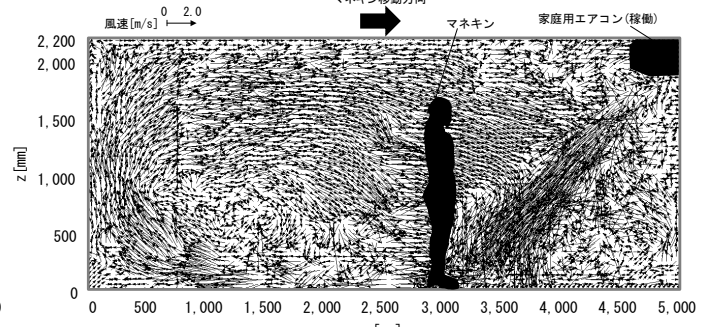
(a) case1-1 (エアコン停止、パネル移動)、t=5.94[s]



(b) case1-2 (エアコン稼働、パネル移動)、t=1.71[s]



(c) case2-1 (エアコン停止、マネキン移動)、t=5.94[s]



(d) case2-2 (エアコン稼働、マネキン移動)、t=1.71[s]

図3 瞬時風速ベクトル分布