

# 実大室内空間を対象としたPIV測定法に関する研究 自然対流型暖房機を対象としたPIV測定

中村 優哉 指導教員 有波 裕貴 助教

## 1 研究目的

流体の速度を可視化画像から解析する手法として、粒子画像流速測定法<sup>文1)</sup>(以下PIV)が挙げられる。PIVは熱線風速計等による測定法とは異なり、非接触で同一面の速度情報を複数の位置において同時に測定することが可能な手法である。

実大室内空間の測定を目的として、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を5,000[mm]×2,200[mm]に拡大し、複数台のカメラを用いて家庭用エアコンによる空調気流(強制対流場)を対象に室内空間のPIV測定手法の検討を行った。

本研究では、自然対流型暖房器具であるオイルヒーターを稼働させた場合のPIV測定を行い、温度差によって発生する自然対流による室内気流性状の測定手法を検討する。

## 2 研究概要

2.1 実験条件：図1に測定対象空間と機器の概要、表1に実験caseを示す。測定対象は5,000[mm](幅)×2,200[mm](高さ)×3,000[mm](奥行)の実大室内空間を模擬したチャンバーとする。室中央にはオイルヒーター(消費電力1200[W]、245[mm](幅)×630[mm](高さ)×415[mm](奥行))が、室右上部

表1 実験 case

実験case	オイルヒーター	エアコン
case1	稼働[強]	停止
case2	設置しない	送風運転(冷房30[°C]) 風量1(5段階) 風向3(5段階)
case3	停止	
case4	稼働[強]	

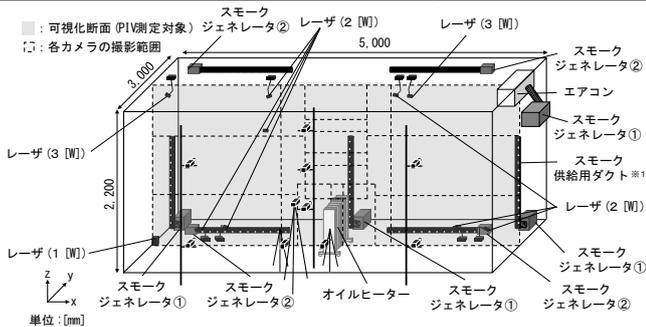


図1 測定対象空間と機器の概要

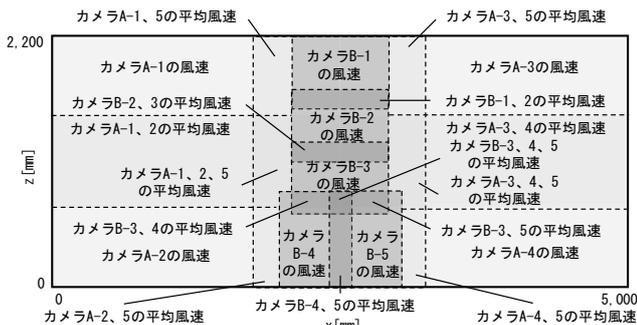


図2 可視化断面のカメラ配置とPIV解析結果の合成方法

には家庭用エアコンが設置されている。オイルヒーター稼働時は設定[強]とし、エアコン稼働時は送風運転(冷房30[°C])、風量1(5段階)、風向3(5段階)とする。case1ではオイルヒーターを稼働させ、エアコンを停止させる。case2ではオイルヒーターを設置せず、エアコンを稼働させる。case3ではオイルヒーターを停止させ、エアコンを稼働させる。case4ではオイルヒーター、エアコンともに稼働させる。

2.2 実験概要：表2に測定機器の仕様、表3にPIV測定パラメータを示す。PIV測定対象断面はy方向の中心鉛直断面(y=1,500[mm])とする。可視化には連続光レーザを10台、2種類のスモークジェネレータを計8台用いる。10台のレーザはそれぞれの照射断面を一致させるように配置する。スモークジェネレータ①はエアコン吸込口に1台、床面に3台設置、スモークジェネレータ②は床面に2台、天井に2台設置し、スモーク供給用ダクト<sup>\*1</sup>を接続することでシーディングを行う。カメラは計10台使用し、カメラAは測定対象断面を5分割するように5台配置、カメラBはオイルヒーター付近の気流を詳細に撮影するため接近して5台配置する。撮影時間は10秒間と

表2 測定機器の仕様

カメラ	カメラA	工業用カメラ×5台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
	カメラB	工業用カメラ×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[fps])
レーザ	LD励起: YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ 波長: 532[nm]	出力: 3[W] DPGL-3W×2台
		出力: 2[W] DPGL-2W×7台
		出力: 1[W] G1000×1台
スモークジェネレータ	スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II×4台
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13	

表3 PIV測定パラメータ

カメラ	カメラA	カメラB							
	PIV解析手法	直接相互相関法							
対象断面	鉛直断面(y=1,500[mm])								
カメラ1台の画像サイズ[pixel]	1,920×1,200	720×540							
キャリブレーション値 <sup>*2</sup> [mm/pixel]	1.25	1.15							
対象領域[mm]	2,400×1,500	828×621							
撮影時のフレーム間隔[fps]	125	125							
シャッタースピード[sec]	1/125	1/125							
検査領域[pixel]	40×40	32×32							
探査領域[pixel]	±13	±10							
解析時のフレーム間隔[msec]	8.00	16.0	32.0	48.0	8.00	16.0	32.0	48.0	
解析可能風速[m/s]	最小風速	0.156	0.078	0.039	0.026	0.144	0.072	0.036	0.024
	最大風速	2.03	1.02	0.51	0.34	1.44	0.72	0.36	0.24

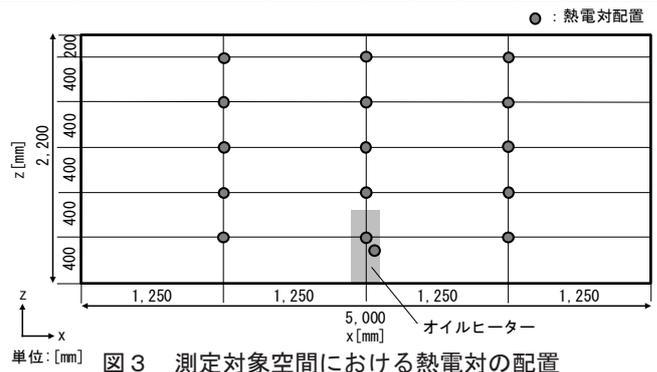


図3 測定対象空間における熱電対の配置

し、PIV 解析には FlowExpert ver.1.2.13 を使用する。

PIV 解析ではキャリブレーション値<sup>\*2</sup>と解析対象とする2時刻間のフレーム間隔によって算出できる風速範囲が変化する。そのため、既往の研究<sup>文3)</sup>で検討を行った撮影時のフレーム間隔とスキップしたフレーム間隔で最適な風速ベクトルの選択<sup>\*3</sup>を行う。その後、既往の研究<sup>文2)</sup>で検討を行った補間方法<sup>\*4</sup>を用いて各測定点のPIV 解析結果を補正する。

図2に可視化断面のカメラ配置と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。カメラAが重複する領域ではPIV 解析結果を各測定点で平均して合成を行う。カメラBの撮影範囲ではカメラBのPIV 解析結果を各測定点で使用する。

図3に測定対象空間における熱電対の配置を示す。PIV 測定と同時に空間の温度分布の測定を行う。温度測定にはT型熱電対とデータロガーを用いる。熱電対は測定対象断面の300[mm]後方に15箇所、オイルヒーター表面に1箇所の計16箇所設置し、1秒間隔で10秒間測定する。

### 3 実験結果

図4に各 case における平均風速ベクトル分布、図5に各 case における平均温度分布を示す。

(1) case1 (オイルヒーター表面温度 116.6[°C]、室平均温度 30.5[°C]) : 温度差により、オイルヒーター上部に風速約 0.5[m/s] の上昇気流が生じる。天井まで到達した気流は左右に分かれ、室左上と室右上の空間で渦を形成する。室下部の隅角部では、オイルヒーターの上昇気流による影響はほとんどない。また、測定点で最大

2.8[°C] の温度差が生じる。

(2) case4 (オイルヒーター表面温度 88.7[°C]、室平均温度 29.0[°C]) : エアコン吹出部分で風速約 1.3[m/s] となり、オイルヒーターに約 0.5[m/s] で衝突する。オイルヒーターに衝突した気流は約 0.4[m/s] で上昇し、天井に到達する。その後左右に分かれ、左側では室左上の空間で循環流を形成し、右側ではエアコンの吹出気流に誘引される。また、測定点で最大 2.2[°C] 差の温度差が生じる。

### 4 まとめ

- ① case1 ではオイルヒーター上部に風速約 0.5[m/s] の上昇気流が生じ、室左右の上部で渦を形成する。
- ② case4 ではオイルヒーターによって発生する上昇気流がエアコン気流の影響により左側へと向かう。
- ③ case1 ではオイルヒーター直上に上昇気流が発生するが、case4 ではエアコン気流の影響によって、上昇気流が室左側へと向かう。

#### 注釈

- \*1 長さ 1,400[mm]、直径 60[mm] であり、φ 8 の穴が 100[mm] 間隔で空いている。
- \*2 撮影画像間隔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、撮影断面に校正用プレートを設置して実際の距離が画像上で認識できるように撮影して求める。
- \*3 解析可能風速の範囲内にあるフレーム間隔で算出された風速ベクトルを選択する。解析可能風速が重複している範囲で複数のフレーム間隔で算出された場合には相関係数の最も高いベクトルを選択する。
- \*4 対象とする測定点の風速がその周囲 8 点の平均スカラー風速に対して一定の範囲を超える場合に、周囲 8 点の平均風速により補間する。周囲 8 点の平均風速を求める際、平均化の対象とする周囲 8 点のベクトルはそれぞれ補間前の各点の時間平均ベクトルに対して 500[%] 未満のベクトルとし、500[%] 以上のベクトルは平均に含めない。

#### 参考文献

- 文1) 可視化情報学会編「PIV ハンドブック」、森北出版株式会社、2018年
- 文2) 赤林・有波「マルチレーザ・カメラを用いた PIV 測定・解析に関する研究 その1 実大室内空間を対象とした PIV 測定法に関する基礎的検討」、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2022年
- 文3) 小栗・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3 冷暖房時を対象とした PIV 測定」、日本建築学会学術講演梗概集、2021年

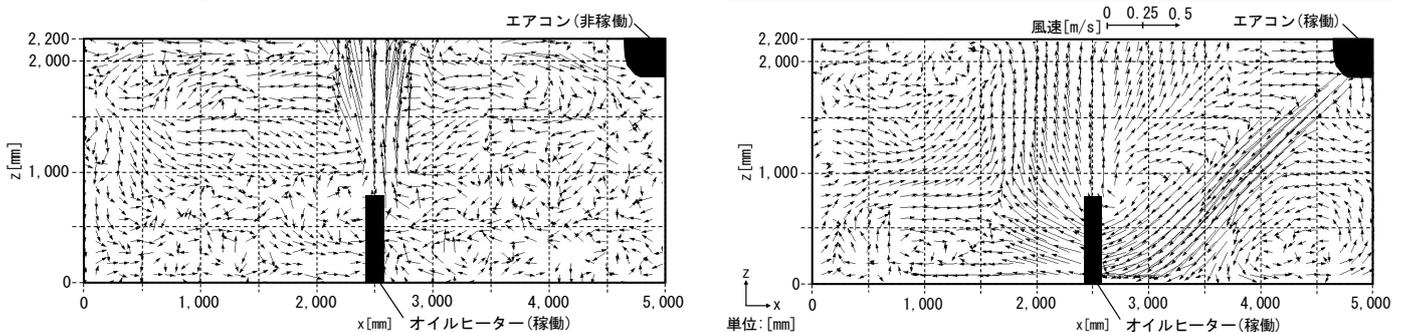


図4 各 case における平均風速ベクトル分布

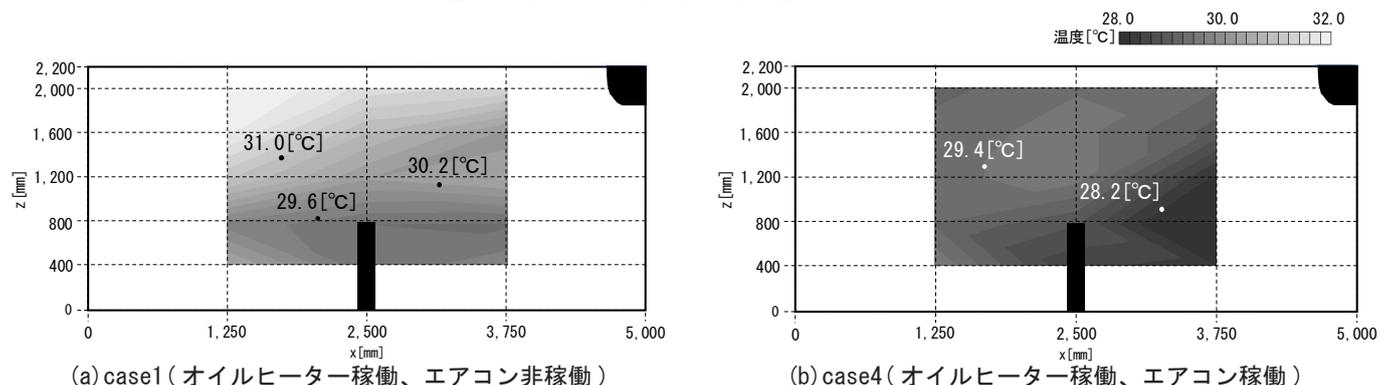


図5 各 case における平均温度分布