

平成 26 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：室内環境
研究期間：H25～H26 [平成 26 年度で終了]
課題番号：133010
研究課題名（和文）：
画像流速測定法(PIV)を用いた室内気流測定に関する研究
研究課題名（英文）：
Study on the Measuring Method of the Indoor Air Flow by PIV
研究代表者：赤林伸一
交付決定額（当該年度）：700,000 円

※平成 26 年度で終了となる研究課題は最終成果報告書となりますので、下記項目について詳細な報告をお願いします。

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用していただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

1. 研究の目的

住宅における通風利用は我が国古来の環境調整手法の一つである。しかし、外部風を主たる駆動力とする通風現象は極めて複雑な流体現象であるため、気流性状の構造を詳細に解明することが困難である。一方、室内環境においても発熱体である人体の表面及び周囲の流れ場は、その複雑な形状ゆえに詳細な気流性状を正確に把握することが困難である。

本研究では、単純住宅モデルを対象として、大型境界層風洞を用いた通風時の室内外気流に関する実験結果を報告する。更に、住宅モデル2棟を隣接させて配置し、隣棟間を通過する気流を効率的に室内へ誘引するための風力換気促進装置(ガイドベーン)を各開口部に設置した場合の可視化及びPIV解析を行い、市街地における住宅の室内外気流性状の特性を把握する。

更に、人工気候室において、実大サイズの発熱人体模型(サーマルマネキン)を設置した場合のPIV測定を行う。人工気候室の室内温度及び風速を変化させて人体周囲の気流のPIV測定を行うことで、熱上昇流を考慮した人体周辺の気流性状の特性を把握し、実大スケールにおけるPIV測定及び数値解析の基礎資料とすることを目的とする。

2. 研究の方法

2.1 単純住宅モデルを対象とした通風性状のPIV測定

2.1.1 実験対象建物の概要

実験対象建物は同一壁面上に40mm×40mmの2開口を設けた、一辺が300mmの単純住宅モデル2棟とする。モデルは厚さ3mmの透明なアクリル板で作成されている。

2.1.2 実験caseの設定条件

表1に実験条件を、図1に実験対象モデルの概要を示す。2棟の単純住宅モデルの開口を設けた壁面を正対させ、風向に対して並列に設置してガイドベーンの有無、取付け位置の異なる計3パターンの開口条件で可視化及びハイスピードカメラによる撮影を行う。

実験条件は、ガイドベーンを取り付けない場合(case1)、ガイドベーンを風上側開口部の風上側と風下側開口部の風下側に取り付けた場合(case2)、ガイドベーンを風上側開口部の風下側と風下側開口部の風上側に取り付けた場合(case3)の3つのcaseとする。また各caseにおいて対象モデルの隣棟間隔を100mmとする場合と、200mmとする場合の2条件、更にcase2、case3ではガイドベーンの長さを40mmとする場合と20mmとする場合の2条件を設定し、計10caseの実験を行う。

表1 実験条件

	実験 case	ガイドベーンの取付位置		ガイドベーン のサイズ[mm]	隣棟間隔 [mm]
		風上側開口部	風下側開口部		
case1	1-1	無し	無し	-	100
	1-2				200
case2	2-1	風上側	風下側	40	100
	2-2				200
	2-3			20	100
	2-4				200
case3	3-1	風下側	風上側	40	100
	3-2				200
	3-3			20	100
	3-4				200

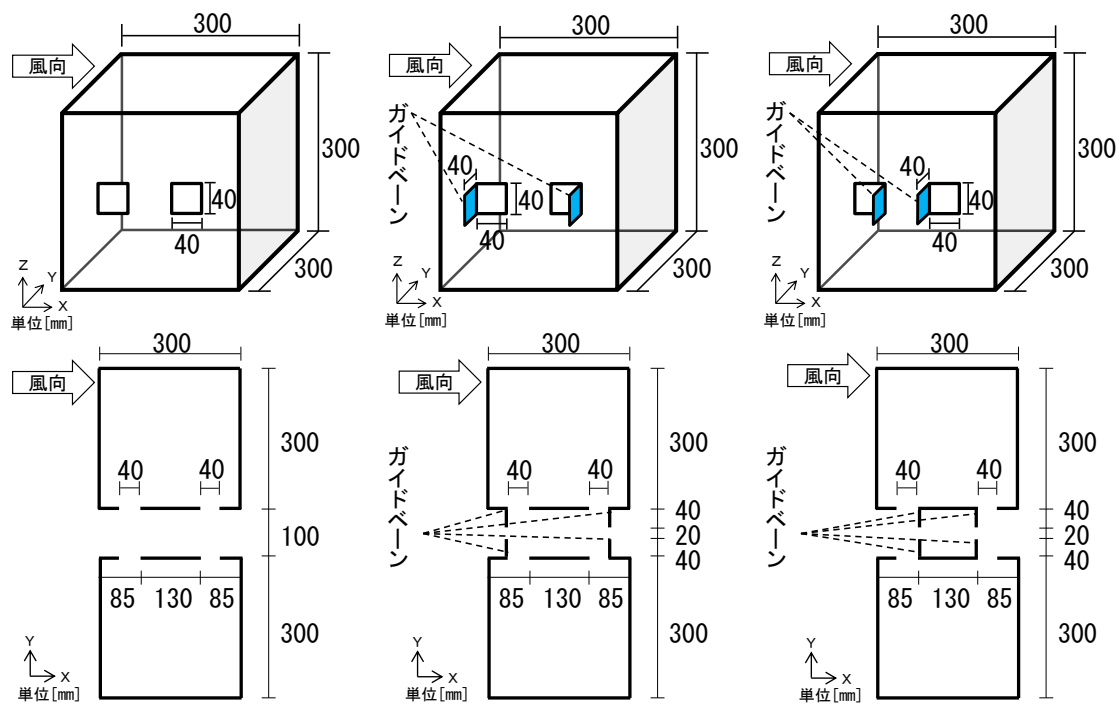


図 1 実験対象モデルの概要

2.1.3 実験機器の概要

表 2 に実験機器の詳細を示す。可視化には出力 1W、2W、3W のシート状レーザ 3 台を同時に使用し、レーザ 3 台の照射断面を一致させ、3W のレーザに対向する位置に 1W と 2W のレーザを設置することで実験対象領域全体をほぼ均一な輝度分布にして実験を行う。カメラはハイスピードカメラ Photron FASTCAM-SA3 を、得られた可視化画像の PIV 解析には Flow-Expert ver1. 2. 10 を使用する。

表 2 実験機器の詳細

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 波長532nm, 出力3W 0 ~ 30kHzで変調可能な連続光
	DPGL-2W	LD励起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励起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. 3. 3. 8
	PIV解析	Flow-Expert ver1. 25

2.1.4 実験及び解析条件の詳細

表3にPIV解析のパラメータを、図2に風洞内における実験装置の概要を示す。実験は1,800mm×1,800mm×16,000mmの大型境界層風洞内で行う。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0.9414mm/pixelである。ハイスピードカメラのフレームレートは500fpsに設定し、1回の実験の撮影時間は11秒である。本実験ではトレーサに難燃性のスモーク(DAINICHIPORTA SMOKE PS-2002、粒径:数10 μ m)を使用し、風上側の可能な限り気流場に影響が生じない位置にダクト付スモークジェネレータを設置し、シーディングを行う。

実験時の風洞内の基準風速は基準高さ1.0mで5.0m/sに設定する。PIV解析は、2時刻の画像間での局所的な濃度パターンの類似性を相互相関により求め、そのピーク位置から移動量を定める直接相互相関法により風速ベクトルを算出する。

表3 PIV解析のパラメータ

画像サイズ	860pixel×860pixel
キャリブレーション値	0.9414mm/pixel
測定対象領域	800mm×800mm
測定時間	11sec
測定間隔	2ms(500fps)
検査領域	15pixel×15pixel
探査範囲	±9pixel×±9pixel

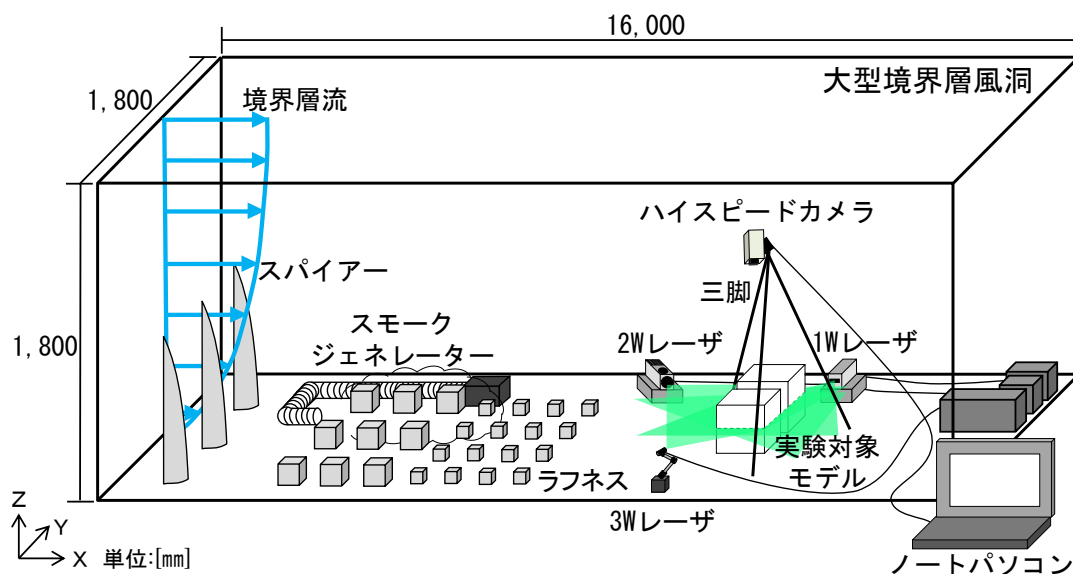
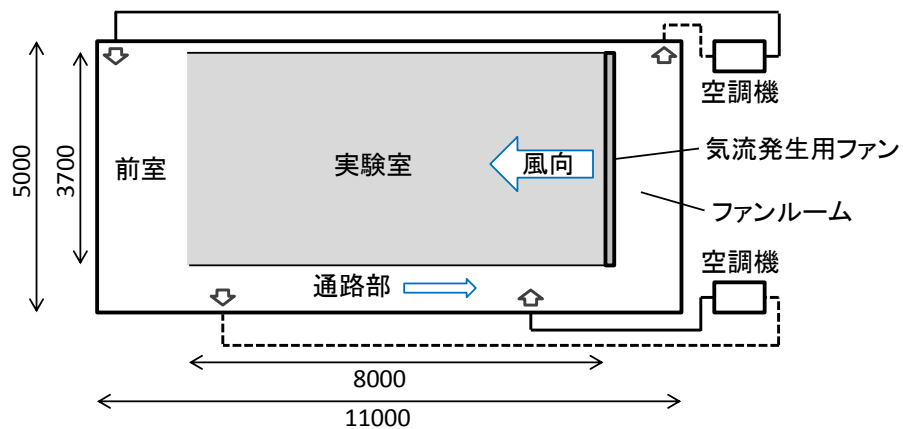


図2 風洞内における実験装置の概要

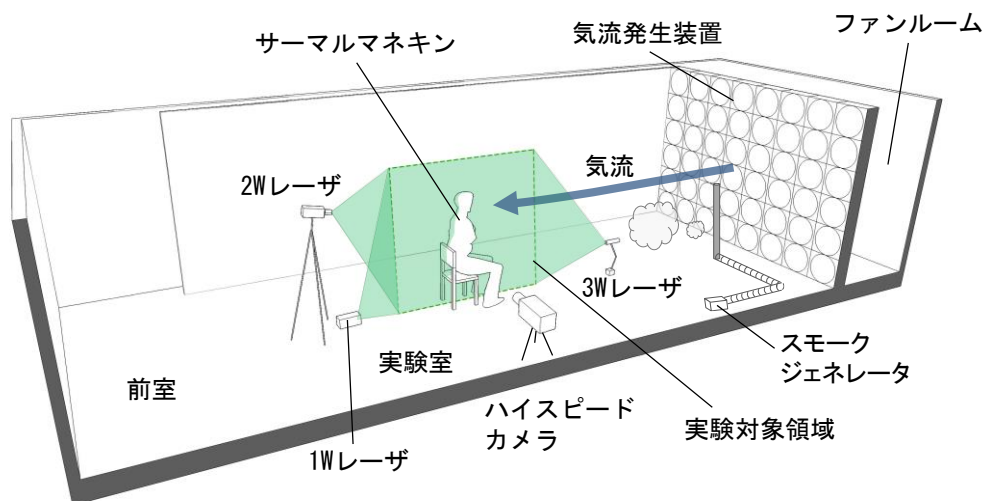
2.2 サーマルマネキンを対象とした人体周りの気流性状のPIV測定

2.2.1 実験対象の概要

図3に実験装置の概要を、図4に実験対象のサーマルマネキンを示す。実験は幅約5,000mm×長さ約11,000mm×高さ約3,000mmの人工気候室内で行う。人工気候室の室内温度は20～35℃まで0.5℃毎に設定が可能であり、内部は幅約3,700mm×長さ約8,000mm×高さ約2,700mmの実験室と、前室及びファンルームで構成されている。気流発生装置はACモータ駆動のプラグファン48台で構成され、インバータによる回転数制御で風速の制御を行う。風速は0.1～2.7m/sの範囲で設定が可能である。発生させた気流はファンルームから前室に向かって流れた後、通路部を通りファンルームに戻る回流式である。実験対象は身長170cmの人体を模擬したサーマルマネキンとし、表面温度を30℃に設定し、椅子に腰掛けさせた状態で実験を行う。なお、体表面でのレーザ光の反射を抑えるためサーマルマネキンは黒いTシャツ、タイツを装着している。



(a) 人工気候室平面



(b) 実験装置の詳細

図3 実験装置の概要

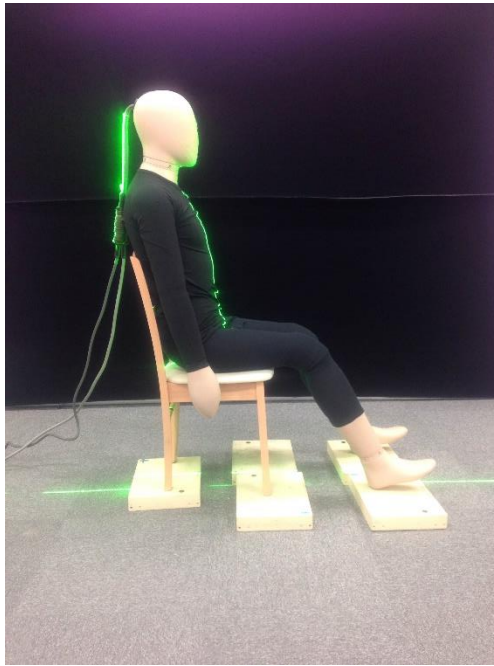


図4 実験対象のサーマルマネキン

2.2.2 実験 case の設定条件

表4に実験 case の詳細を示す。気流の可視化実験時の人工気候室の室内空気温度は、人体模型表面温度(30℃)より低い20℃(温度差-10℃)、人体模型表面温度と等温の30℃(温度差±0℃)、人体模型表面温度より高い35℃(温度差+5℃)の3条件とする。それぞれの室内温度設定条件において周囲風速を1.0m/sに設定した場合と、気流発生装置を停止させ周囲風速を0.0m/sに設定した2つの case で測定し、合計6caseの実験を行う。

表4 実験 case の詳細

実験case		室内温度[℃]	模型表面温度[℃]	風速[m/s]	
case1	1-1	20	30	1	
	1-2	30			
	1-3	35			
case2	2-1	20		30	0
	2-2	30			
	2-3	35			

2.2.3 実験機器の概要

表5に実験機器の概要を示す。レーザは出力1W、2W、3Wの3台を同時に使用し、シート状レーザ3台の照射断面を一致させ、3Wのレーザをサーマルマネキン正面に設置し、後方に1Wと2Wのレーザを設置することで実験対象領域全体をほぼ均一な輝度分布にして実験を行う。カメラはハイスピードカメラ Photron FASTCAM-SA3 を、得られた可視化画像の PIV 解析には Flow-Expert ver1.2.10 を使用する。

表5 実験機器の概要

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 波長532nm, 出力3W 0~30kHzで変調可能な連続光
	DPGL-2W	LD励起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励起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.3.3.8
	PIV解析	Flow-Expert ver1.25

2.2.4 実験及び解析条件の詳細

表6に実験・解析パラメータを示す。ハイスピードカメラのフレームレートは case1(周囲風速1.0m/s)では250fps、case2(周囲風速0m/s)では60fpsに設定する。1回の可視化実験の撮影時間は、case1で22秒、case2で45秒である。トレーサには難燃性のスモーク(粒径:数10 μ m)を使用し、風上側の可能な限り気流場に影響が生じない位置にダクト付スモークジェネレータを設置してシーディングを行う。なお、人体周囲の風速を0m/sとしたcase2ではトレーサが可視化測定領域に達することなくスモーク吐出部周辺に滞留するため、実験開始以前に風速0.15m/sの気流を発生させ、トレーサを実験対象近傍までシーディングした後、気流発生装置を停止させてから撮影を行う。なお、本研究のPIV解析は直接相互相関法を用いる。乱れの強さの算出には式(1)を用いる。

$$u_{i,mrs} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (\tilde{u}_{i,k} - U_i)^2}{N}} \div U_i \quad (1)$$

i :測定位置 k :時刻

N :データ数 U_i :平均流速 $\tilde{u}_{i,k}$:瞬時流速

表6 実験・解析パラメータ

実験case	case1	case2
実験風速	1.0m/s	0m/s
測定対象領域	1700mm×1700mm	
画像サイズ	1024pixel×1024pixel	
キャリブレーション値	1.6935mm/pixel	
測定時間	22sec	45sec
測定間隔	4ms(250fps)	17ms(60fps)
検査領域	15pixel×15pixel	13pixel×13pixel
探査範囲	±5pixel×±5pixel	±5pixel×±5pixel

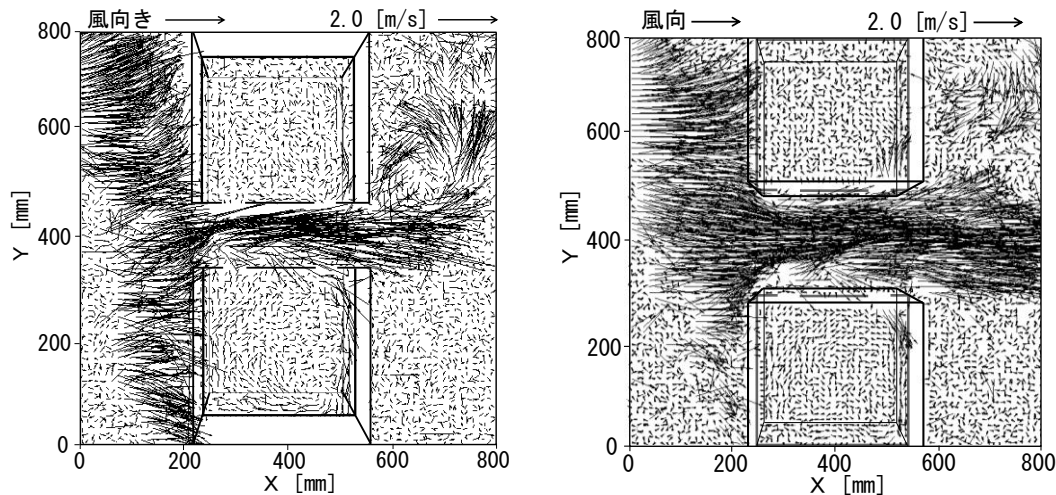
3. 研究成果

3.1 単純住宅モデルを対象とした通風性状のPIV測定結果

3.1.1 case1におけるPIV解析結果

図5に、case1におけるPIV解析結果を示す。case1では、どの実験条件でも隣接する2棟のモデルともに風下側開口部から気流が流入し、風上側開口部から気流が流出する。図5(a)では、気流が風速0.2~0.8m/s程度で室内に流入する。気流の平均流入風速は約0.5m/sである。更に、流入した気流が壁面内部に沿って室内を循環し、風上側開口部から風速0.1m/s程度で流出する。

図5(b)では、気流が風速0.5~1.6m/s程度で室内に流入する。気流の平均流入風速は約0.6m/sである。更に、流入した気流が壁面内部に沿って室内を循環し、風上側開口部から風速0.1m/s程度で流出する。



(a) case1-1における瞬時風速ベクトル分布 (b) case1-2における瞬時風速ベクトル分布

図3 case1におけるPIV解析結果

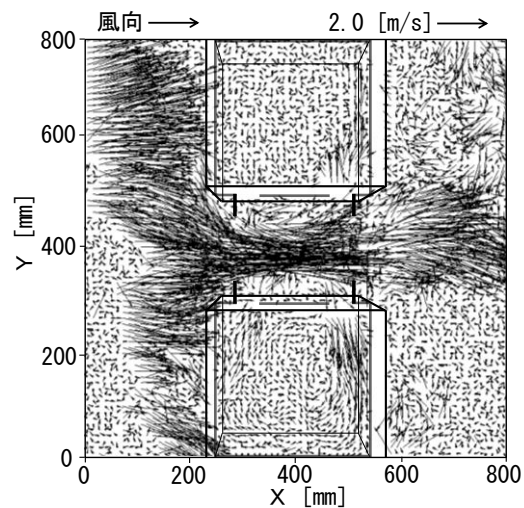
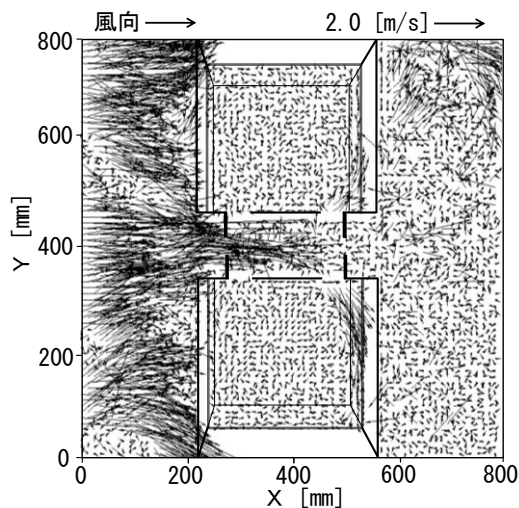
3.1.2 case2におけるPIV解析結果

図6に、case2におけるPIV解析結果を示す。case2でも、全ての実験条件で隣接する2棟のモデルともに風下側開口部から気流が流入し、風上側開口部から気流が流出する。図6(a)では気流が風速0.5~1.4m/s程度で室内に流入する。更に、流入した気流が壁面内部に沿って室内を循環し、風上側開口部から風速0.1~0.3m/s程度で流出する。気流の平均流入風速は約0.6m/sである。気流が流入する開口部の位置はcase1と同様となるが、隣棟間の開口部付近では極めて複雑な気流場が形成されている。

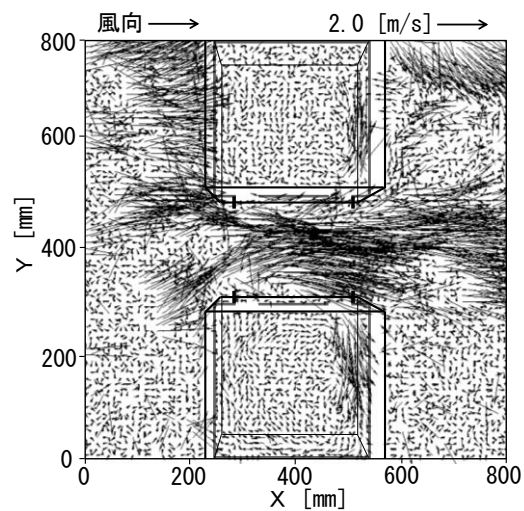
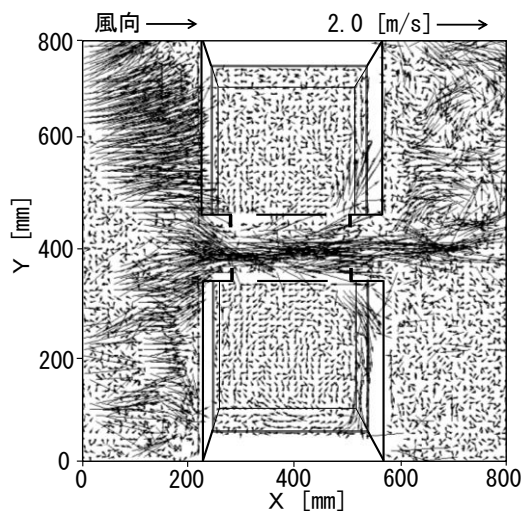
図6(b)では、気流が風速0.7~2.0m/s程度で変動しながら室内に流入する。気流の平均流入風速は約0.8m/sである。更に、流入した気流が壁面内部に沿って室内を循環し、風上側開口部から流出する様子が観察される。室内に流入する気流の平均風速は全ての実験caseの中で最も速い。

図6(c)では、気流が風速0.6~1.8m/s程度で変動しながら室内に流入する。気流の平均流入風速は約0.7m/sである。又、流入した気流が壁面内部に沿って室内を循環し、風上側開口部から風速0.1~0.3m/s程度で流出する。又、後流域では対象モデル隅角部での剥離による渦と、隣棟間を流れる気流に誘引された渦が形成されている様子が観察される。

図6(d)では、気流が風速0.5~2.2m/s程度で変動しながら室内に流入する。気流の平均流入風速は約0.6m/sである。更に、流入した気流が壁面内部に沿って室内を循環し、風上側開口部から風速0.1~0.2m/s程度で流出する。



(a) case2-1 における瞬時風速ベクトル分布 (b) case2-2 における瞬時風速ベクトル分布



(c) case2-3 における瞬時風速ベクトル分布 (d) case2-4 における瞬時風速ベクトル分布

図6 case2 における PIV 解析結果

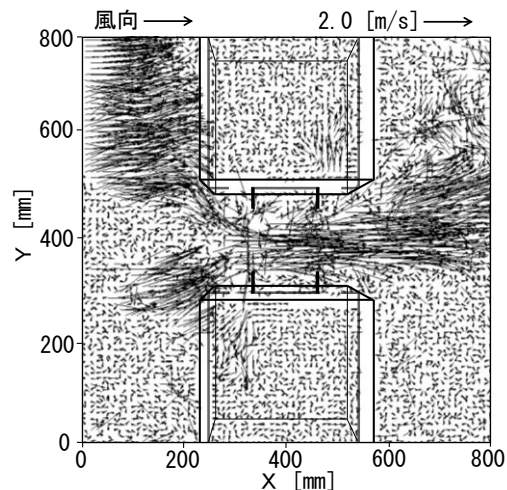
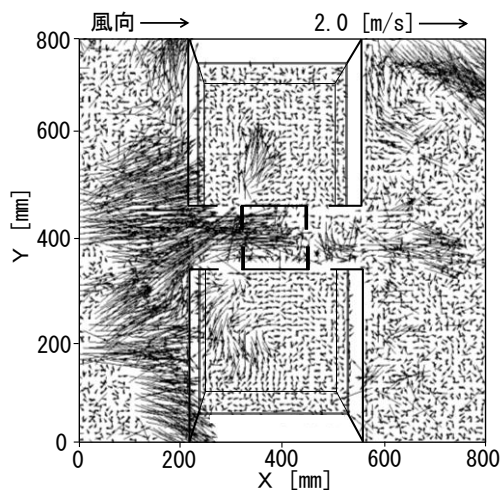
3.1.3 case3 における PIV 解析結果

図7に、case3 における PIV 解析結果を示す。図7(a)では、隣接する2棟のモデルともに風上側開口部から気流が風速 $0.4 \sim 1.6 \text{ m/s}$ 程度で振動しながら室内に流入し、風下側開口部から風速 0.1 m/s 程度で流出する。気流の平均流入風速は約 0.5 m/s である。流入する気流は両モデルで異なる指向性を持ち、case1,2 と異なり壁面内部に沿って室内を循環する様子は見られない。

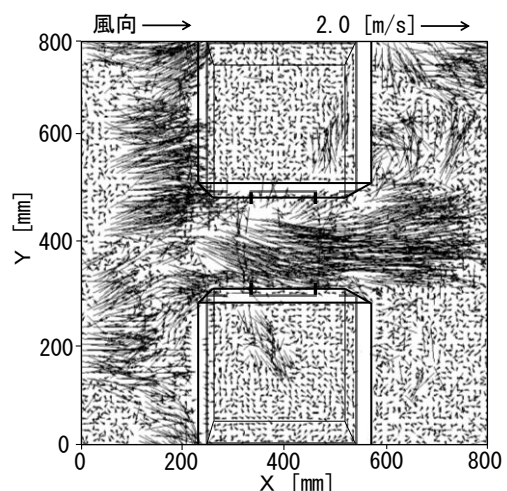
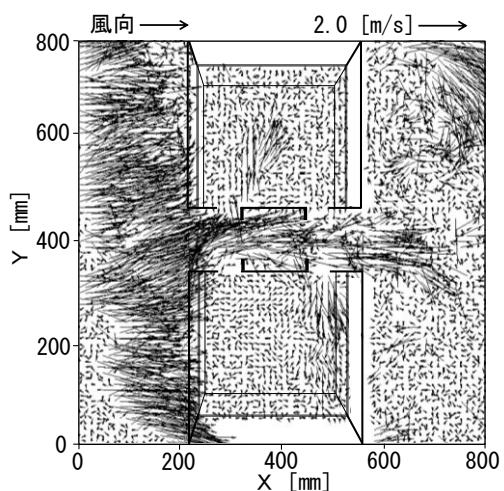
図7(b)では、case3-1 と異なり、隣接する2棟のモデルともに風上側開口部と風下側開口部の両方の開口部から気流が交互に流入出する様子が観察される。気流の流入方向は時間的に変化し、室内で複雑な気流場を形成する。流入する気流風速は $0.3 \sim 1.3 \text{ m/s}$ 程度であり、流出する気流風速は 0.1 m/s 程度である。気流の平均流入風速は約 0.3 m/s である。

図7(c)では、case3-2 と同様、隣接する2棟のモデルともに風上側開口部と風下側開口部の2つの開口部から気流が交互に流入出する。室内へ流入する気流風速は $0.3 \sim 1.9 \text{ m/s}$ 程度であり、気流の流入方向は時間的に変化する。室内から流出する気流風速は 0.1 m/s 程度である。また、気流の平均流入風速は約 0.3 m/s である。

図7(d)では、case3-2,3と同様、隣接する2棟のモデルともに風上側開口部と風下側開口部の2つの開口部から気流が交互に流入出する。室内へ流入する気流風速は0.4~1.5m/s程度であり、気流の流入方向は時間的に変化する。流出する気流風速は0.1m/s程度である。また、気流の平均流入風速は約0.5m/sである。



(a) case3-1 における瞬時風速ベクトル分布 (b) case3-2 における瞬時風速ベクトル分布



(c) case3-3 における瞬時風速ベクトル分布 (d) case3-4 における瞬時風速ベクトル分布

図7 case3 におけるPIV解析結果

3.2 サーマルマネキンを対象とした人体周りの気流性状のPIV測定結果

3.2.1 case1 (周囲風速 1.0m/s) における PIV 解析結果

図8に case1 における PIV 解析結果を示す。図8(a)、(b)、(c)のいずれの case においても、気流は測定対象領域内で緩やかに上昇する様子が観察され、各 case の体表面温度と空気温度の差の違いによる気流性状の差異は殆ど見られない。また、いずれの case においても、 $X=500\sim 800\text{mm}$ 、 $Z=600\sim 1100\text{mm}$ の人体模型胸部及び腹部の前方で、風速 $0.1\sim 0.3\text{m/s}$ 程度で気流が体表面に沿うようにして上昇する様子が観察される。更に、 $X=0\sim 300\text{mm}$ 、 $Z=500\sim 900\text{mm}$ の椅子の背もたれ後方で渦が形成される。

図8(d)では、乱れの強さは $X=1000\sim 1200\text{mm}$ 、 $Z=200\sim 500\text{mm}$ の模型の下腿部後方、 $X=0\sim 500\text{mm}$ 、 $Z=500\sim 1400\text{mm}$ の模型の頭部後方及び椅子の背もたれ後方で 200%を超える。なお、case1 では乱れの強さの分布においても各 case の差異は殆ど見られなかった。

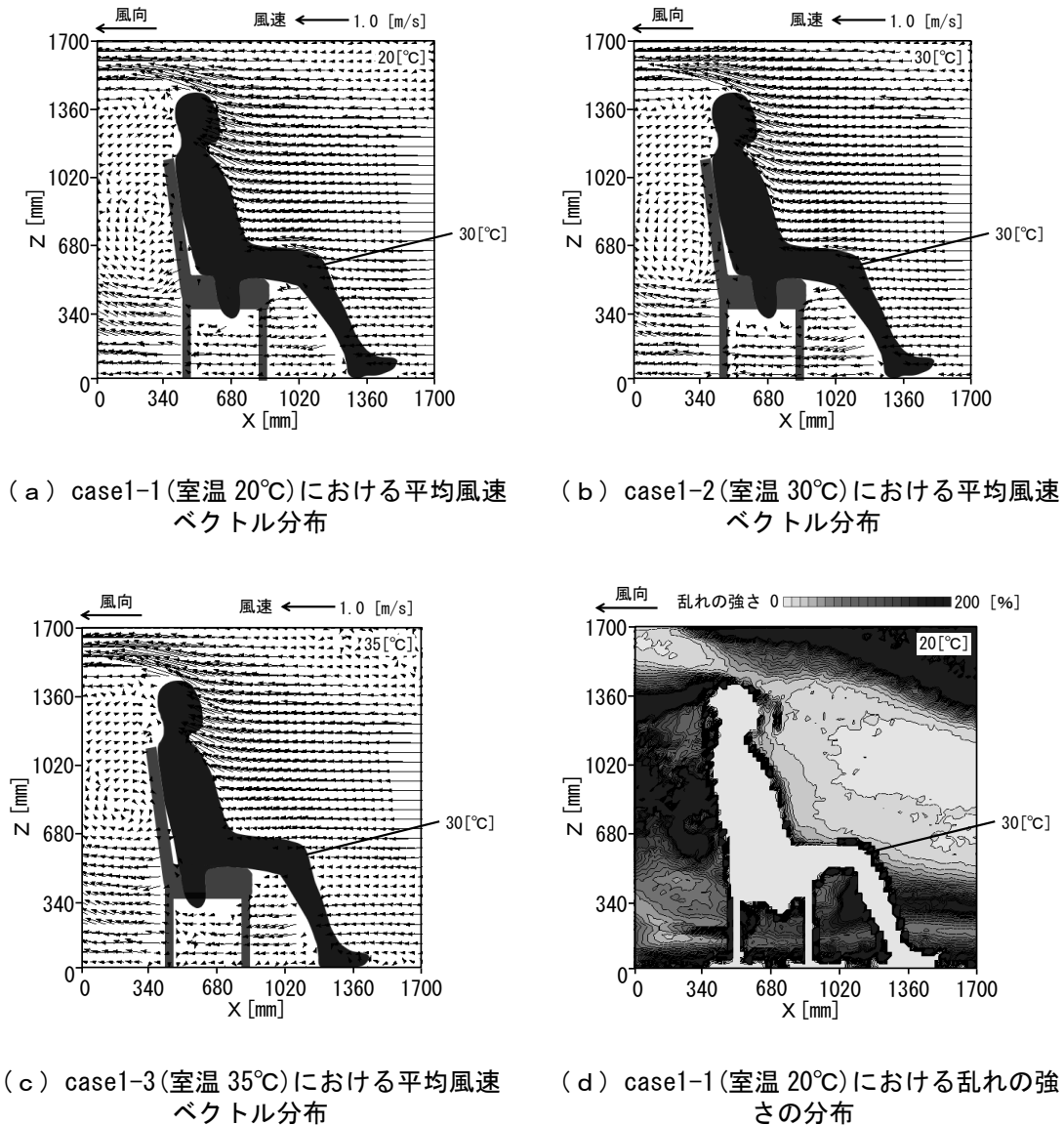


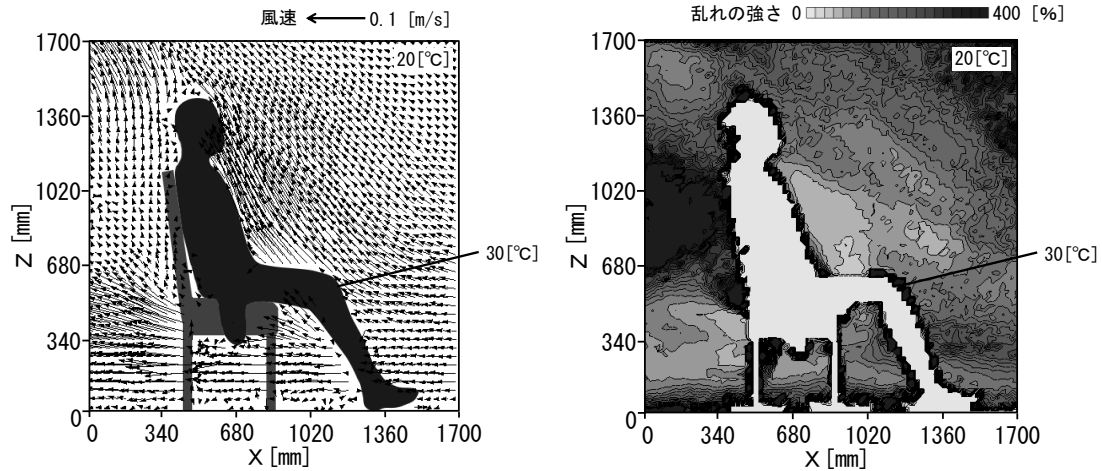
図8 case1 における PIV 解析結果

3.2.2 case2(周囲風速 0m/s)における PIV 解析結果

3.2.2.1 case2-1(室内温度 20℃)における PIV 解析結果

図 9 に case2-1 における PIV 解析結果を示す。図 9 (a) では、気流が測定対象領域全体で緩やかに上昇していることが観察される。また $X=500\sim 1000\text{mm}$ 、 $Z=600\sim 1200\text{mm}$ の人体模型正面において、体表面によって暖められたことによる熱上昇流が発生し、風速 $0.08\sim 0.15\text{m/s}$ 程度で胸部に沿って上昇する。更に、 $X=0\sim 400\text{mm}$ 、 $Z=500\sim 1700\text{mm}$ においても人体周囲の熱上昇流により気流が椅子の背もたれに沿って上昇する気流が観察される。

図 9 (b) では、乱れの強さは模型の上半身前方では比較的小さい値となる。 $X=0\sim 350\text{mm}$ 、 $Z=700\sim 1200\text{mm}$ の椅子の背もたれ後方では 400% を超える。



(a) case2-1(室温 20℃)における平均風速ベクトル分布

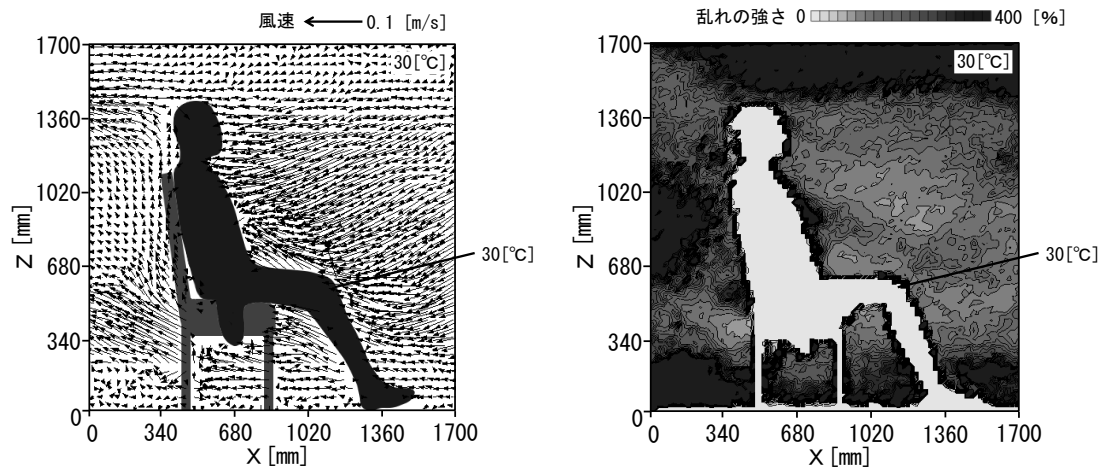
(b) case2-1(室温 20℃)における乱れの強さの分布

図 9 case1 における PIV 解析結果

3.2.2.2 case2-2(室内温度 30℃)における PIV 解析結果

図 10 に case2-2 における PIV 解析結果を示す。図 10 (a) では、 $X=800\sim 1700\text{mm}$ 、 $Z=700\sim 1400\text{mm}$ では気流が緩やかに下降する様子が観察される。体表面温度と空気温度が等温の場合、 $X=600\sim 800\text{mm}$ 、 $Z=600\sim 1100\text{mm}$ の人体模型正面において、気流が殆ど静止し、風速 $0.01\sim 0.03\text{m/s}$ 程度でわずかに胸部に沿って上昇する。また、 $X=0\sim 1700\text{mm}$ 、 $Z=1400\sim 1700\text{mm}$ において、気流がほぼ水平に生じている。更に、 $X=0\sim 400\text{mm}$ 、 $Z=500\sim 1700\text{mm}$ において、気流が椅子の背もたれに沿って緩やかに上昇する様子が観察される。

図 10 (b) では、乱れの強さは $X=0\sim 400\text{mm}$ 、 $Z=600\sim 1200\text{mm}$ の椅子の背もたれ後方で 400% を超える。



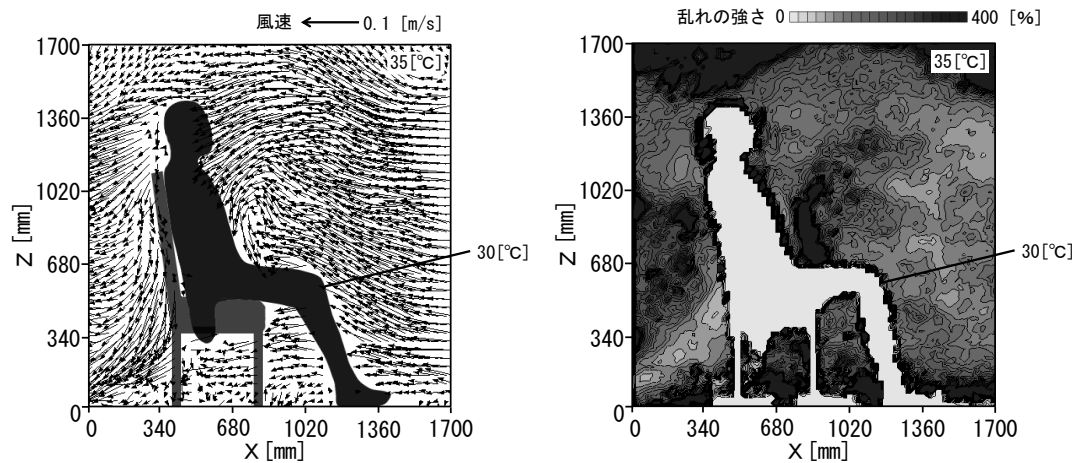
(a) case2-2(室温 30°C)における平均風速ベクトル分布 (b) case2-2(室温 30°C)における乱れの強さの分布

図 10 case1 における PIV 解析結果

3.2.2.3 case2-3(室内温度 35°C) における PIV 解析結果

図 11 に case2-3 における PIV 解析結果を示す。図 11(a)では、 $X=0 \sim 800\text{mm}$ 、 $Z=0 \sim 1700\text{mm}$ の模型近傍では体表面で空気温度が低下し、風速 $0.01 \sim 0.08\text{m/s}$ 程度で気流が下降する。また、 $X=700 \sim 900\text{mm}$ 、 $Z=700 \sim 1000\text{mm}$ の模型正面において、風速 $0.01 \sim 0.04\text{m/s}$ 程度の渦が形成される。

図 11(b) では、乱れの強さは $X=700 \sim 900\text{mm}$ 、 $Z=650 \sim 1100\text{mm}$ の渦の周囲で 400%を超える。



(a) case2-3(室温 35°C)における平均風速ベクトル分布 (b) case2-3(室温 35°C)における乱れの強さの分布

図 11 case1 における PIV 解析結果

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

1. 大久保肇、赤林伸一、坂口淳、富永禎秀、富岡誠子、有波裕貴：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6 住宅モデルを対象とした通風時の気流分布の測定精度に関する風洞実験、日本建築学会学術講演梗概集、2013.8
2. 富岡誠子、赤林伸一、坂口淳、富永禎秀、大久保肇、有波裕貴：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、日本建築学会学術講演梗概集、2013.8
3. 有波裕貴、赤林伸一、坂口淳、高野康夫、小林海斗：粒子画像流速測定法(PIV)を用いた室内気流測定方法に関する基礎的研究 その6 縮尺室内模型を対象とした最適なトレーサの選定及び室内気流性状の測定結果、日本建築学会北陸支部研究報告集、2014.7
4. 有波裕貴、赤林伸一、坂口淳、高野康夫、小林海斗：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8 縮尺室内模型を対象とした室内及び人体模型周りの気流性状の解析結果、日本建築学会学術講演梗概集、2014.9
5. 赤林伸一、坂口淳、富永禎秀、有波裕貴、高野康夫、小林海斗：変動気流場における住宅の自然換気・通風に関する研究 その1 粒子画像流速測定法(PIV)による風速変動を含んだ通風現象の可視化及び測定結果、日本建築学会学術講演梗概集、2014.9
6. 小林海斗、赤林伸一、坂口淳、富永禎秀、高野康夫、有波裕貴：粒子画像流速測定法(PIV)を用いた室内外気流測定方法に関する基礎的研究 その7 隣接する2棟の単純住宅モデルに風力換気促進装置を設置した場合の気流性状の測定結果、日本建築学会北陸支部研究報告集、2015.7
7. 赤林伸一、水谷国男、坂口淳、有波裕貴、小林海斗：粒子画像流速測定法(PIV)を用いた室内外気流測定方法に関する基礎的研究 その8 サーマルマネキンを対象とした人体周りの気流性状の測定結果、日本建築学会北陸支部研究報告集、2015.7
8. 小林海斗、赤林伸一、坂口淳、有波裕貴、高橋大智：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9、日本建築学会学術講演梗概集、2015.9
9. 有波裕貴、赤林伸一、坂口淳、小林海斗、高橋大智：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10、日本建築学会学術講演梗概集、2015.9
10. 坂口淳、赤林伸一、水谷国男、有波裕貴、小林海斗、高橋大智：粒子画像流速測定法(PIV)を用いた室内外気流測定方法に関する基礎的研究 その11 サーマルマネキンを用いた人体周囲の気流性状の測定結果、日本建築学会学術講演梗概集、2015.9
11. 坂口淳、赤林伸一、富永禎秀、有波裕貴：非定常変動気流場における住宅の通風性状に関する研究 その1 対向する壁面に開口を設けた場合の単純住宅モデルを対象とした PIVとLESによる通風性状の比較、空気調和衛生工学会大会学術講演会論文集 2013.9
12. 有波裕貴、赤林伸一、坂口淳、富永禎秀：非定常変動気流場における住宅の通風性状に関する研究 その2 同一壁面に複数の開口を設けた場合の単純住宅モデルを対象とした PIVとLESによる通風性状の比較、空気調和衛生工学会大会学術講演会論文集 2013.9
13. 坂口淳、赤林伸一、高野康夫、有波裕貴：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3 縮尺室内模型を対象とした最適なトレーサの選定及び人体・家具モデルを配置した室内気流性状の測定結果、空気調和衛生工学会大会学術講演会論文集 2014.9
14. 赤林伸一、坂口淳、富永禎秀、有波裕貴、本田美穂、大久保肇：非定常変動気流場における住宅の通風性状に関する研究 その1 単純住宅モデルを対象とした PIVによる通風性状、可視化情報全国講演会講演論文集、2013.9

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 14 件)

[図書] (計 0 件)

[その他]

産業財産権、ホームページ等

5. 研究組織

(1) 研究代表者

赤林伸一 新潟大学大学院 自然科学研究科 教授

(2) 研究分担者

水谷国男 東京工芸大学 工学部建築学科 教授

坂口淳 新潟県立大学 国際地域学部国際地域学科 教授

佐藤英樹	三建設備工業	技術本部	
富岡誠子	新潟大学工学部	技術職員	
高野康夫	新潟大学大学院自然科学研究科		大学院生
有波裕貴	新潟大学大学院自然科学研究科		大学院生
大久保肇	新潟大学大学院自然科学研究科		大学院生
小林海斗	新潟大学大学院自然科学研究科		大学院生