

可視化手法を用いた室内気流分布の 測定法に関する研究

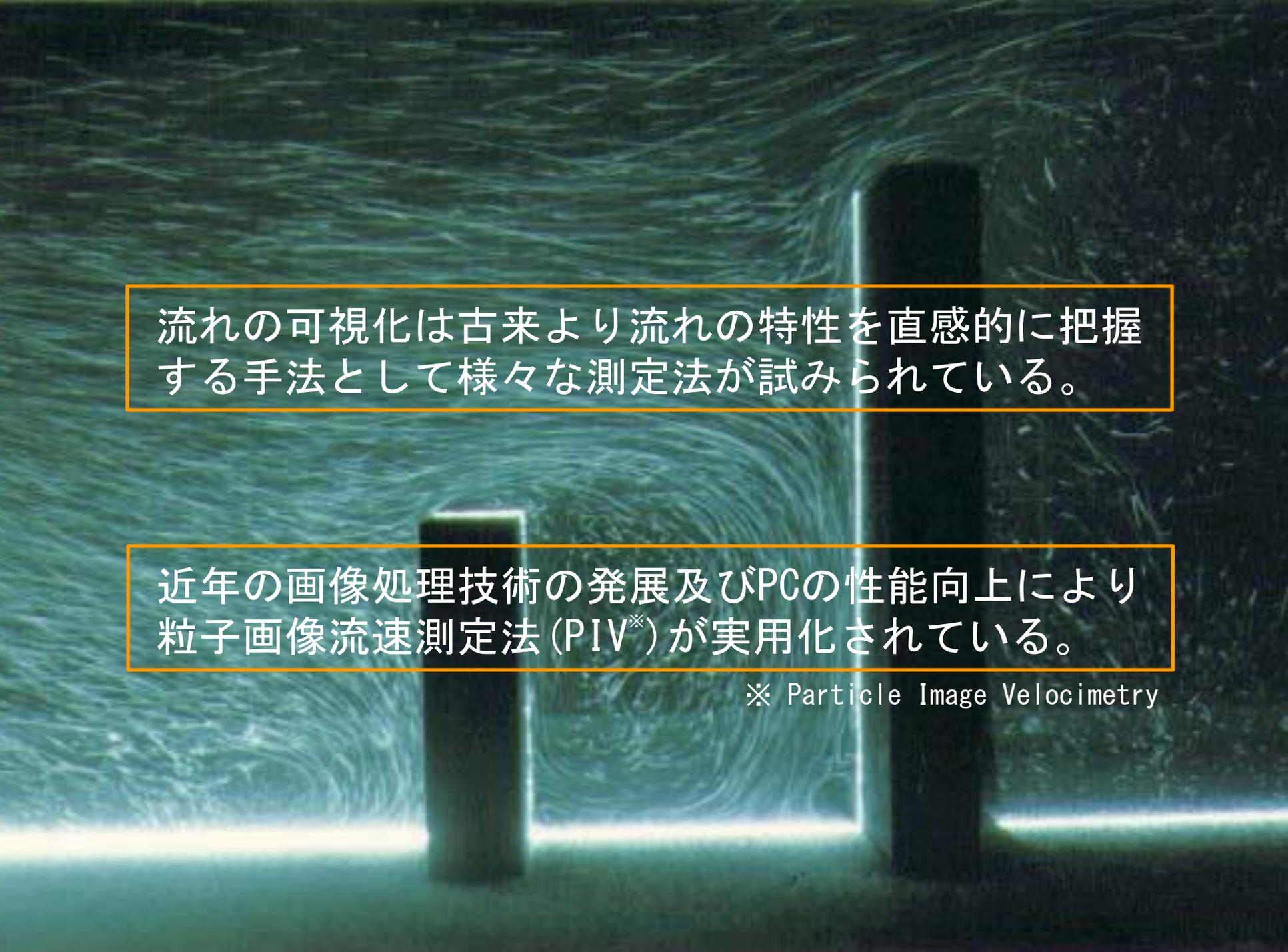
-PIVを用いた通風時及び空調吹出気流の測定-

指導教員

大久保肇

赤林伸一教授



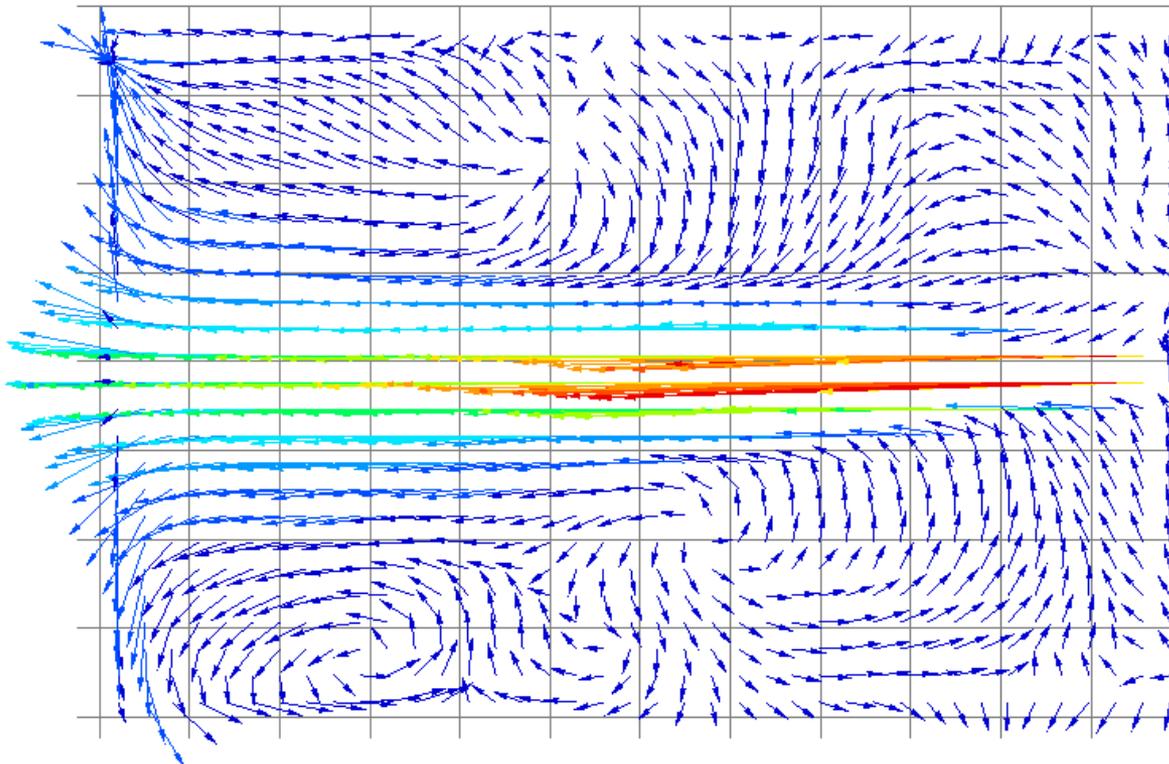


流れの可視化は古来より流れの特性を直感的に把握する手法として様々な測定法が試みられている。

近年の画像処理技術の発展及びPCの性能向上により粒子画像流速測定法(PIV[※])が実用化されている。

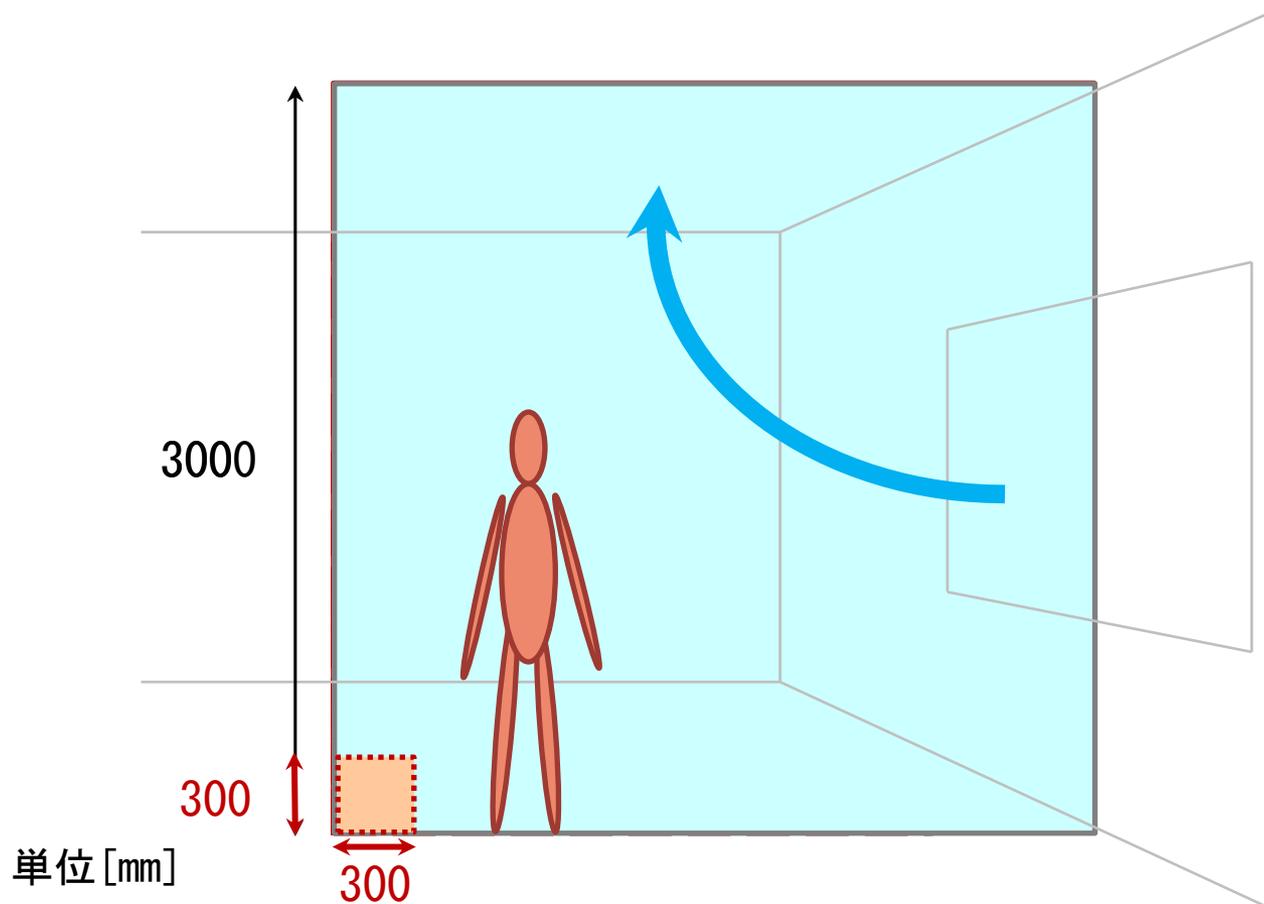
※ Particle Image Velocimetry

研究背景



この手法は、流れに非接触で空間的に多数の位置で同時に気流速度情報を得られる利点がある。

研究背景



現在一般的に利用されているPIVシステムは比較的狭い範囲を対象としており、実大の室内気流分布をPIVで実測した例はない。

研究目的

本研究では、風洞内における縮尺模型内部を対象とした**非定常気流分布の可視化**を行い、**通風時における気流性状の把握**を行う。

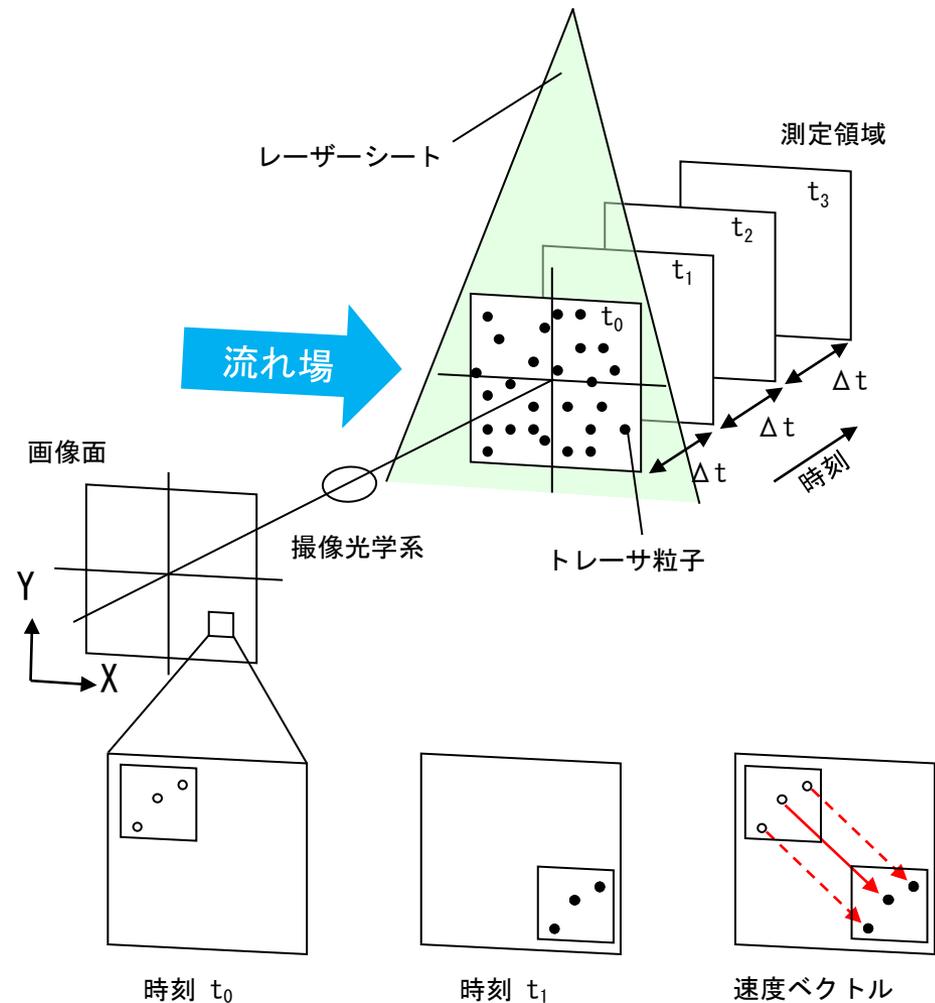
実大空間において無翼型扇風機や有翼型扇風機、天井埋め込み型空調機を対象として**定性的な流れの可視化**及び**PIVによる定量的な流速ベクトルの測定**を行い気流性状の特性を把握し、CFD^{※1}等で**流体解析を行う際の参考データを得る事**を目的とする。

※1 Computational Fluid Dynamics (数値流体力学)

PIVの概要

PIVは流れの中に微細なトレーサ粒子^{※2}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速度ベクトルを推定する方法の総称である。

※2 トレーサにはスモークジェネレーターで発生させた難燃性のスモークを使用する。



PIVの概要

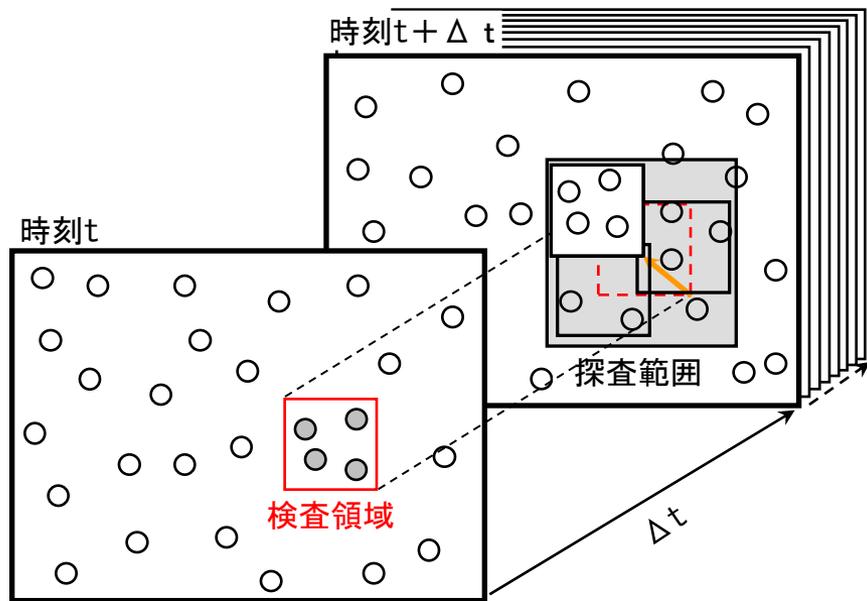


図 PIVの概要

本研究で用いたPIVシステムは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ことで流速ベクトルを算出する。

可視化手法の概要

表 1 実験装置の仕様

Camera	ハイスピードデジタルCCDカメラK-2	
Laser	JLC DPGL-2 W	LD振起Nd:YAG/YVO ₄ レーザー 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 レーザー 波長532nm、出力1W、0~10kHzで変調可能な連続光
Soft Ware	カメラ制御	Ditect k-II Soft Ware
	PIV解析	Flow-Expert ver1.11

表 2 PIV測定のパラメータ

画像サイズ	640pixel × 480pixel
測定時間	10s
測定間隔	5ms(200fps)
検査領域	23pixel × 23pixel(縮尺模型及び扇風機) 33pixel × 33pixel(天井埋め込み型空調機)
探査範囲	±10pixel × ±10pixel(縮尺模型及び扇風機) ±15pixel × ±15pixel(天井埋め込み型空調機)

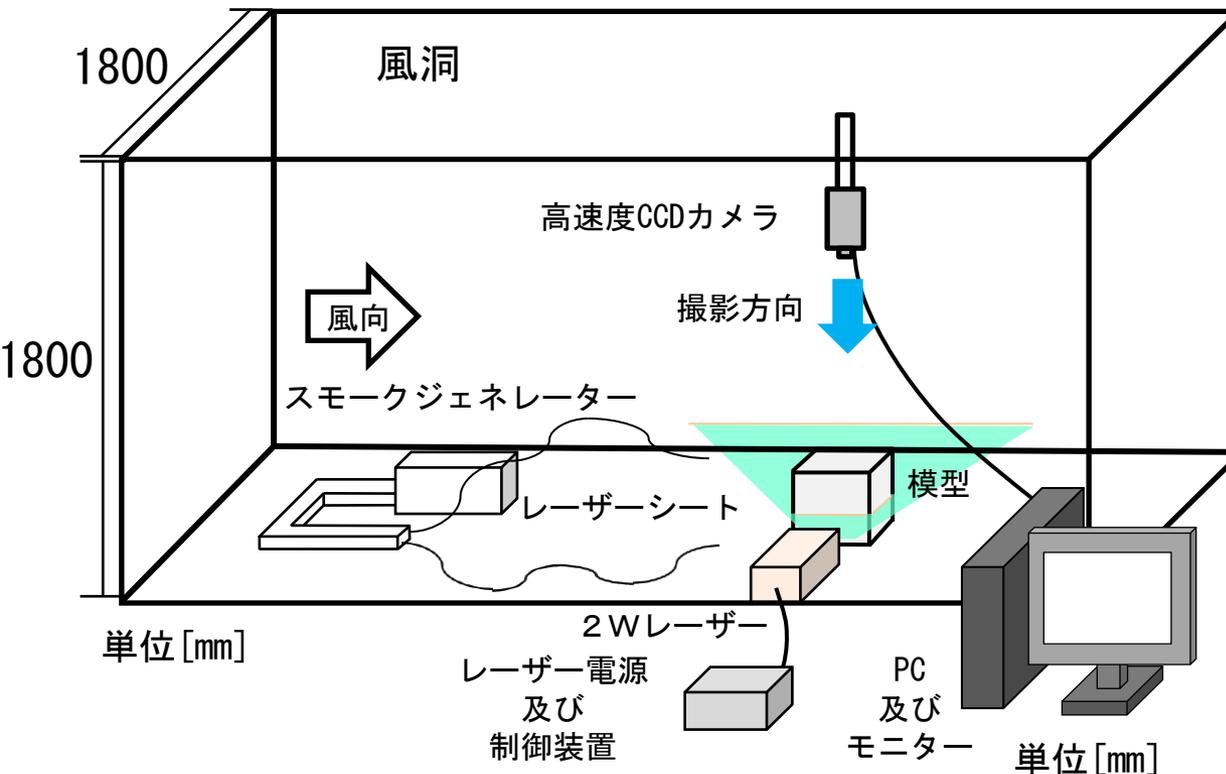
表 3 測定可能最大流速

測定対象	フレームレート [fps]	測定間隔 [ms]	キャリブレーション値 [pixel/mm]	測定可能最大流量[m/s]			
				探査範囲[pixel]			
				5	10	15	20
縮尺模型	200	5	0.6699	0.67	1.34	2.01	2.68
扇風機	200	5	1.5789	1.58	3.16	4.74	6.32
空調機	200	5	0.7407	0.74	1.48	2.22	2.96

可視化手法の概要

表3 測定可能最大流速

測定対象	フレームレート [fps]	測定間隔 [ms]	キャリブレーション値 [mm/pixel]	測定可能最大流量[m/s]			
				探査範囲[pixel]			
				5	10	15	20
縮尺模型	200	5	0.6699	0.67	1.34	2.01	2.68
扇風機	200	5	1.5789	1.58	3.16	4.74	6.32
空調機	200	5	0.7407	0.74	1.48	2.22	2.96



測定対象は一辺300mm、開口部が40mm×40mmの立方体の縮尺模型を用いる。

開口部を風上、風下側に設けた場合と、風向に対して左右に設けた場合の2つのケースで行う。

ダクトを取り付けたスモークジェネレーターを風上側に設置してシーディングを行う。

図 単純住宅通風モデルの実験装置の概要

可視化手法の概要

表 3 測定可能最大流速

測定対象	フレームレート [fps]	測定間隔 [ms]	キャリブレーション値 [mm/pixel]	測定可能最大流量[m/s]			
				探査範囲[pixel]			
				5	10	15	20
縮尺模型	200	5	0.6699	0.67	1.34	2.01	2.68
扇風機	200	5	1.5789	1.58	3.16	4.74	6.32
空調機	200	5	0.7407	0.74	1.48	2.22	2.96

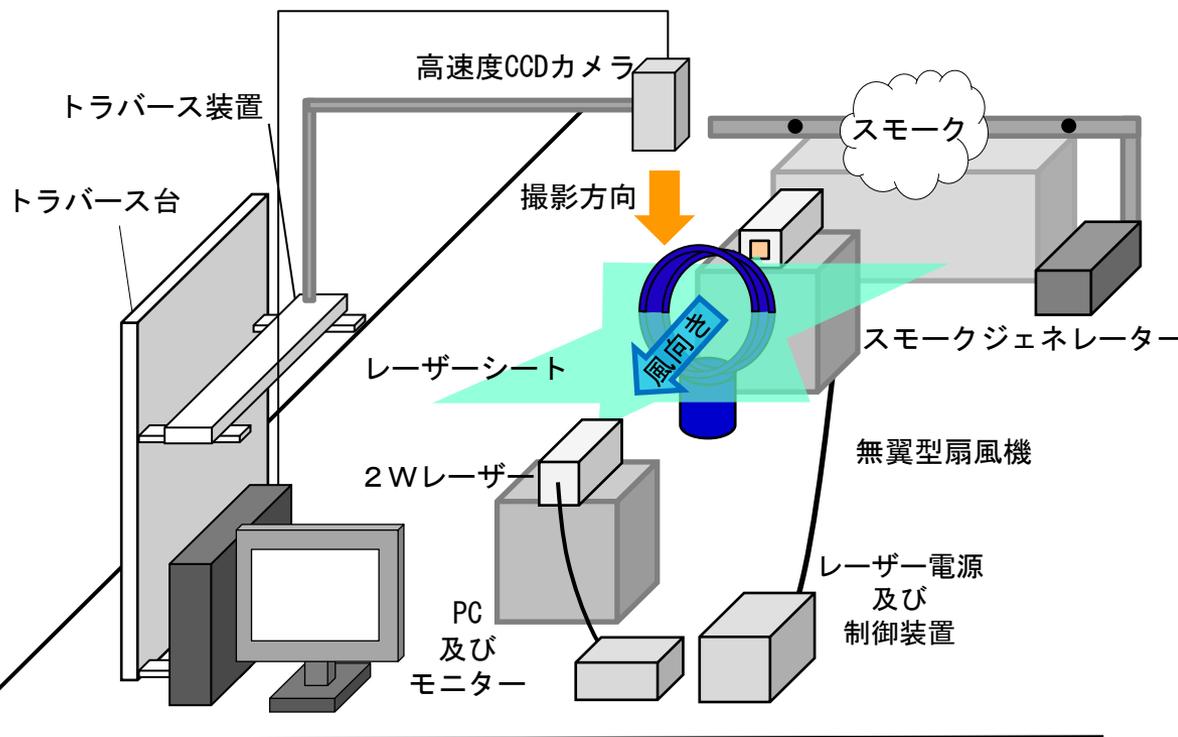


図 1 扇風機の実験装置の概要

測定対象と2台のレーザーは正対させて設置をする。

高速度CCDカメラをトラバースに設置することで上部から水平断面を対象に測定を行う。

広範囲にトレーサを拡散できるダクトを取り付けたスモークジェネレーターを測定対象の後方に設置してシーディングを行う。

可視化手法の概要

表 3 測定可能最大流速

測定対象	フレームレート [fps]	測定間隔 [ms]	キャリブレーション値 [mm/pixel]	測定可能最大流量[m/s]			
				探査範囲[pixel]			
				5	10	15	20
縮尺模型	200	5	0.6699	0.67	1.34	2.01	2.68
扇風機	200	5	1.5789	1.58	3.16	4.74	6.32
空調機	200	5	0.7407	0.74	1.48	2.22	2.96

測定対象は4方向天井カセット型エアコンとし、エアコンの風速は弱風に設定する。

2台のレーザーは正対させて設置し、上方に向けて測定対象に照射する。

吸気口と吹出口に同時にシーディングのできるダクトを取り付けたスモークジェネレーターによってシーディングを行う。

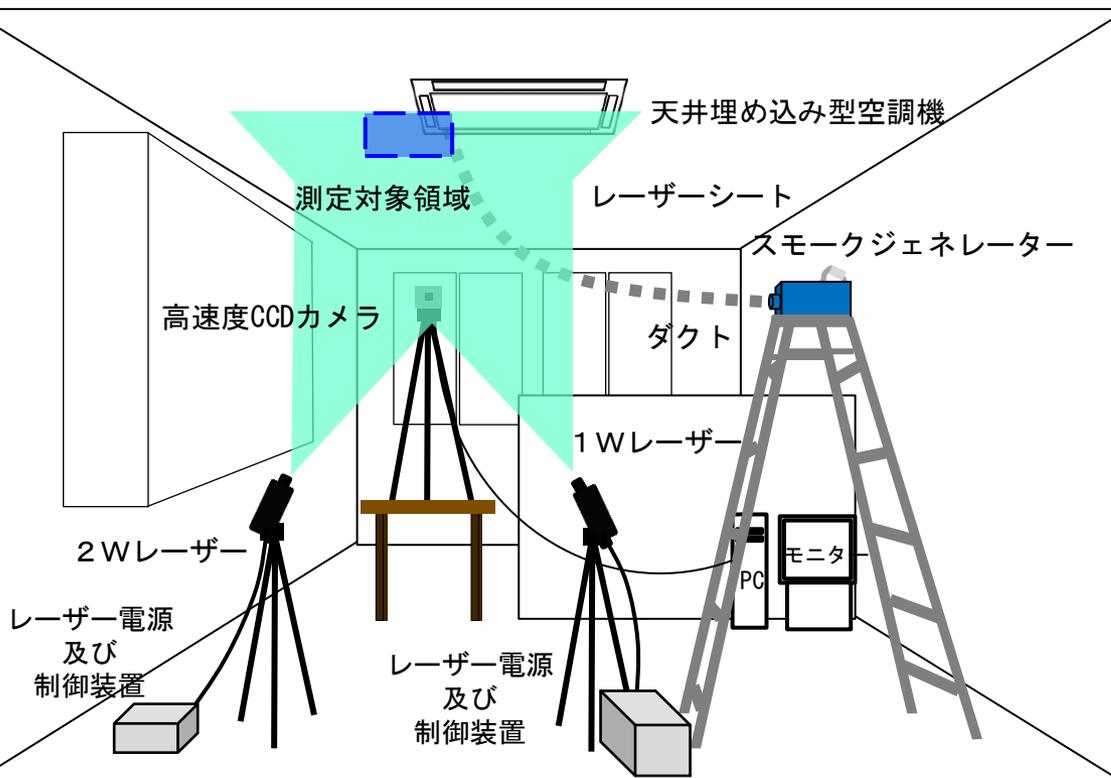
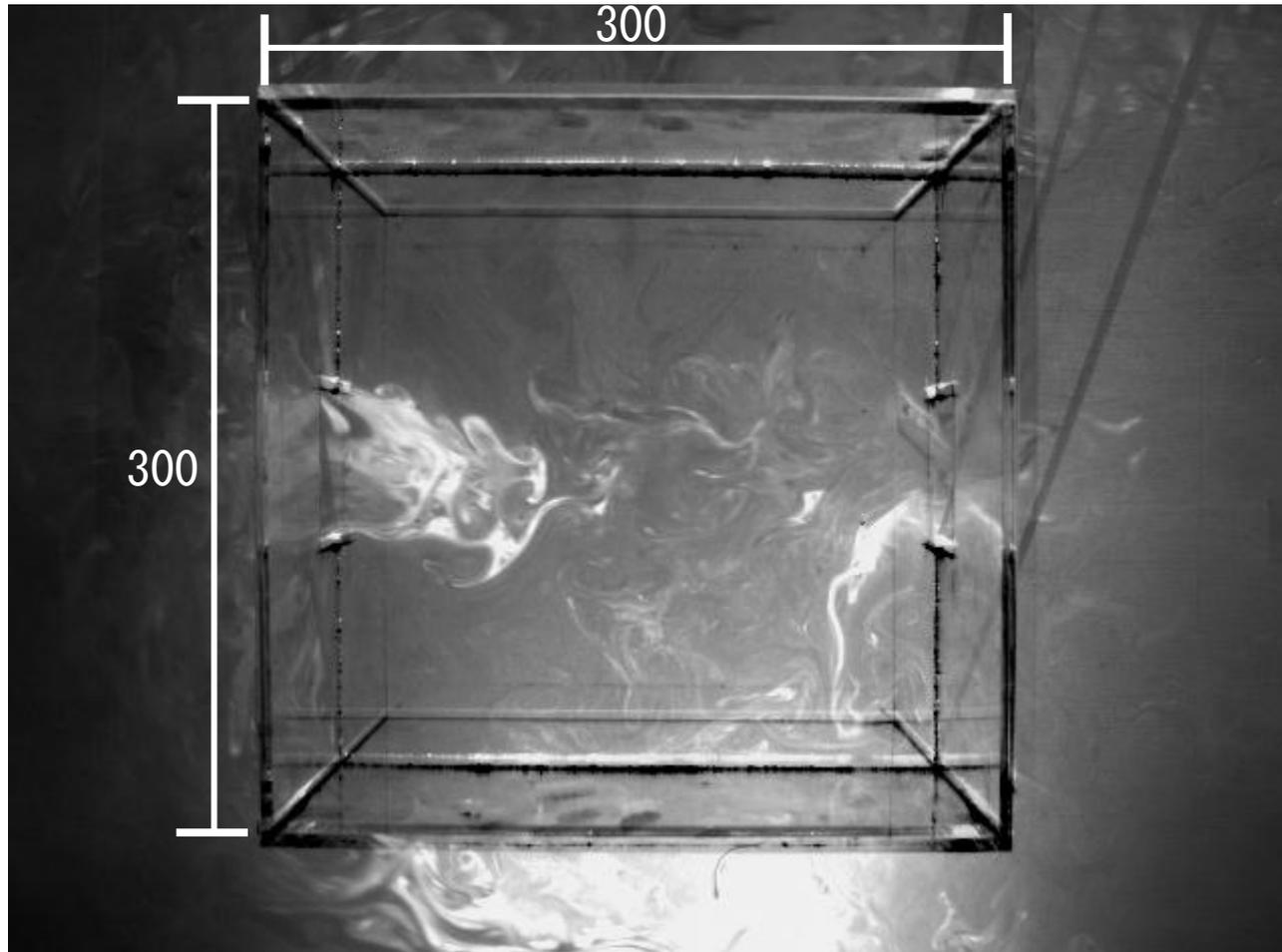


図 2 天井埋め込み型空調機の実験装置の概要

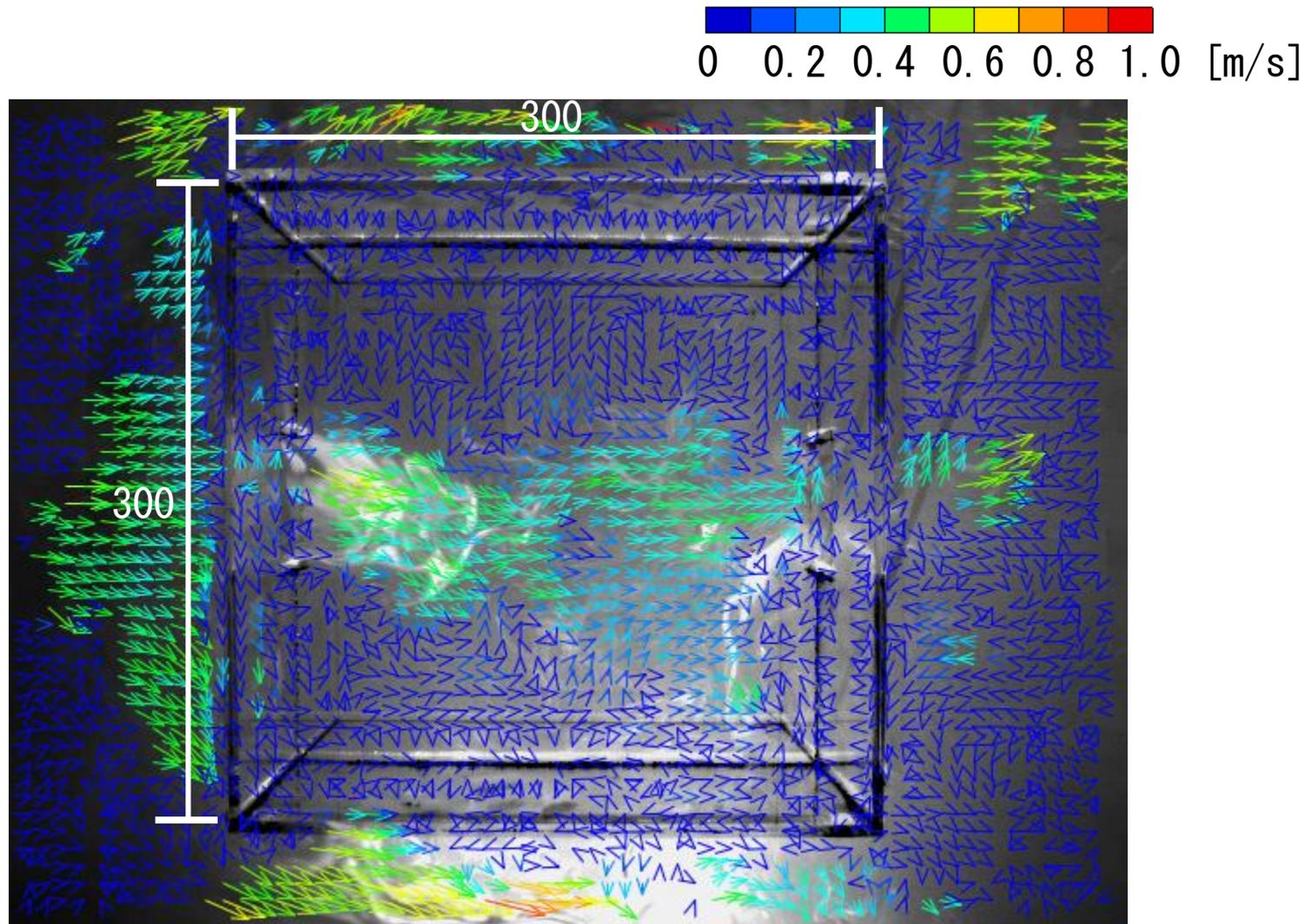


(a) 可視化動画

単位 [mm]

図3 単純住宅通風モデルの水平断面におけるPIV測定結果

測定結果

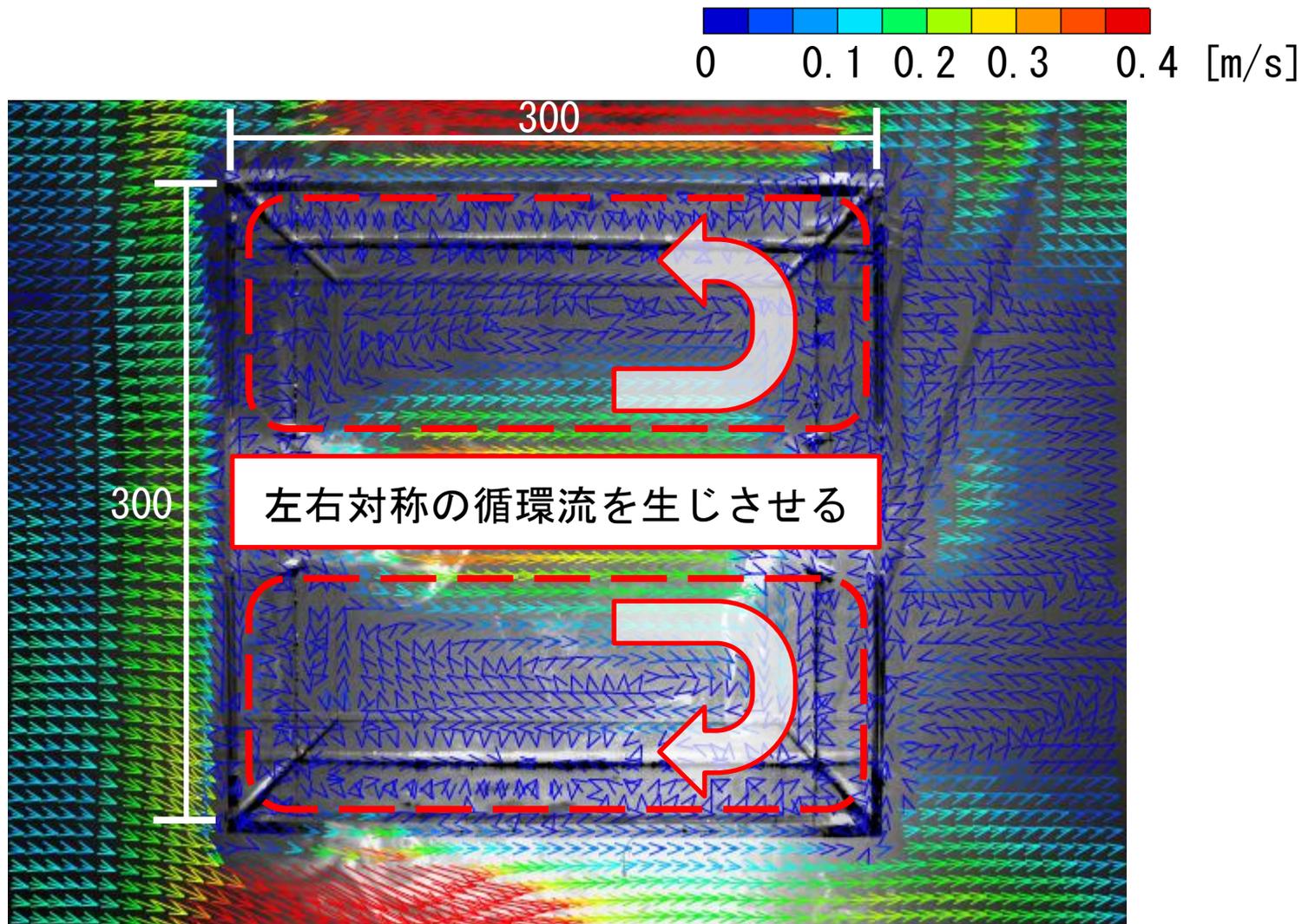


(b) PIV解析による風速ベクトル

単位 [mm]

図3 単純住宅通風モデルの水平断面におけるPIV測定結果

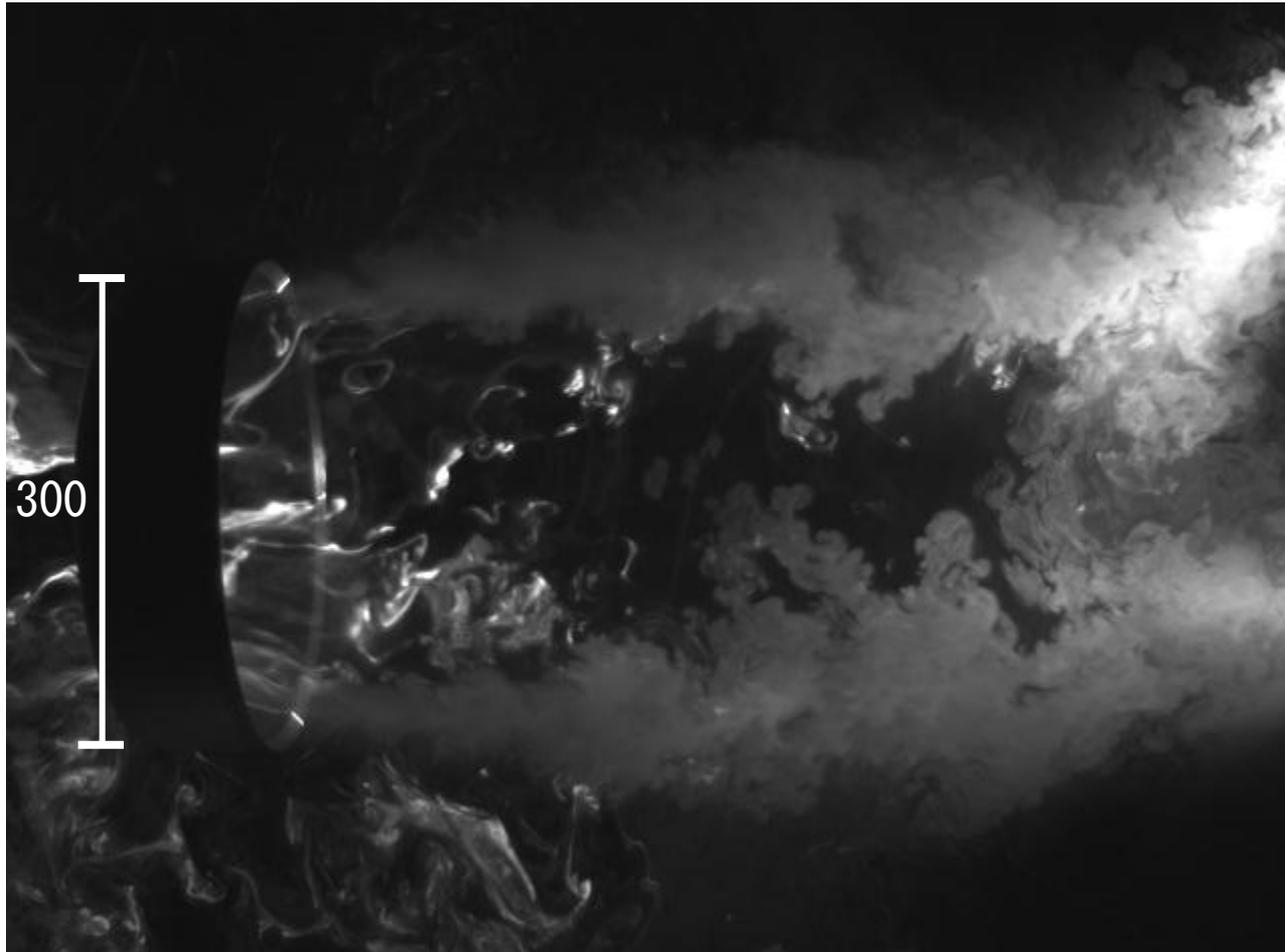
測定結果



(c) PIV解析による平均風速ベクトル

単位 [mm]

図3 単純住宅通風モデルの水平断面におけるPIV測定結果



(a) 可視化動画

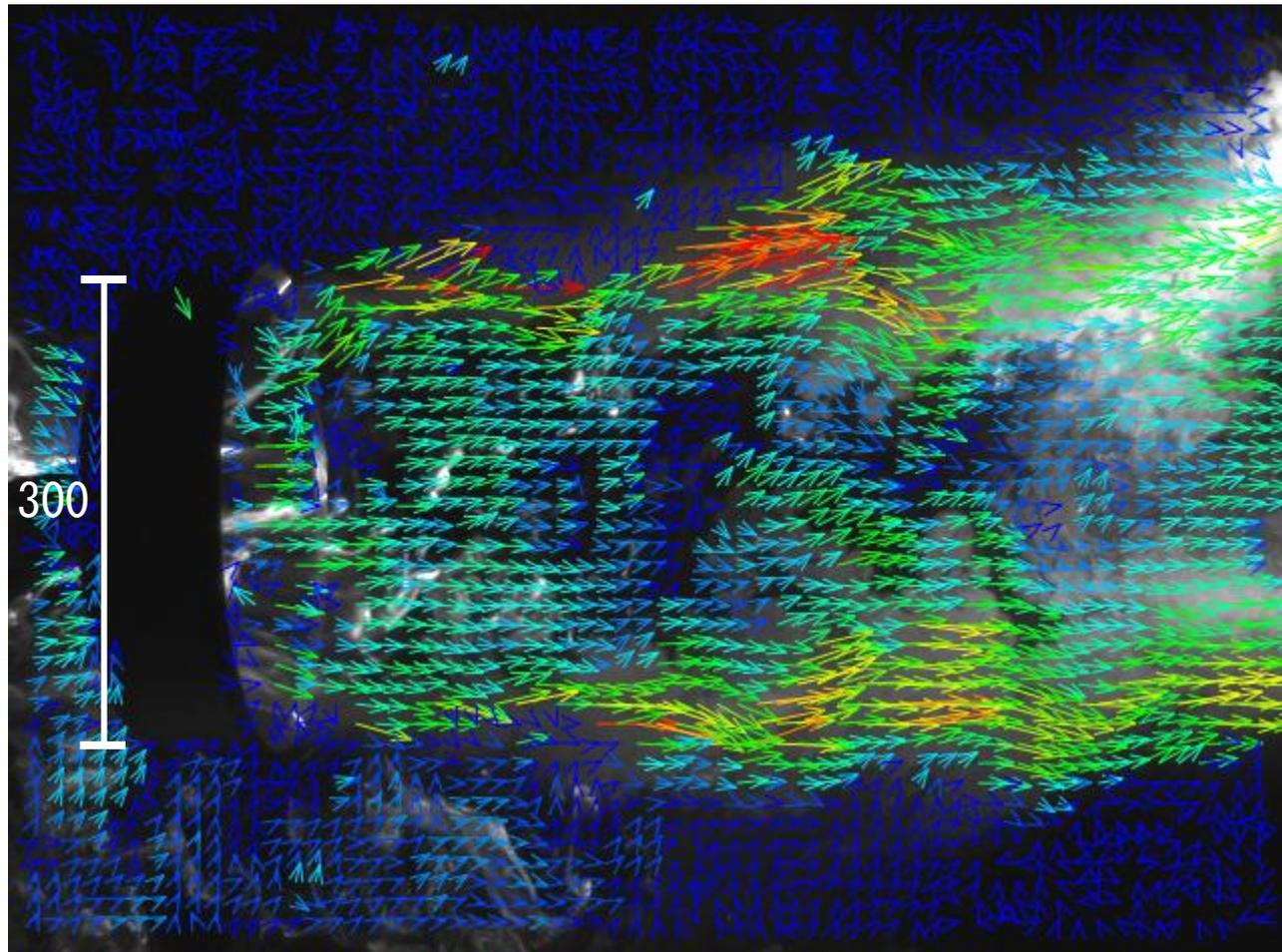
単位 [mm]

図4 扇風機の水平断面におけるPIV測定結果(無翼型扇風機)

測定結果



0 0.4 0.8 1.2 1.6 2.0 [m/s]

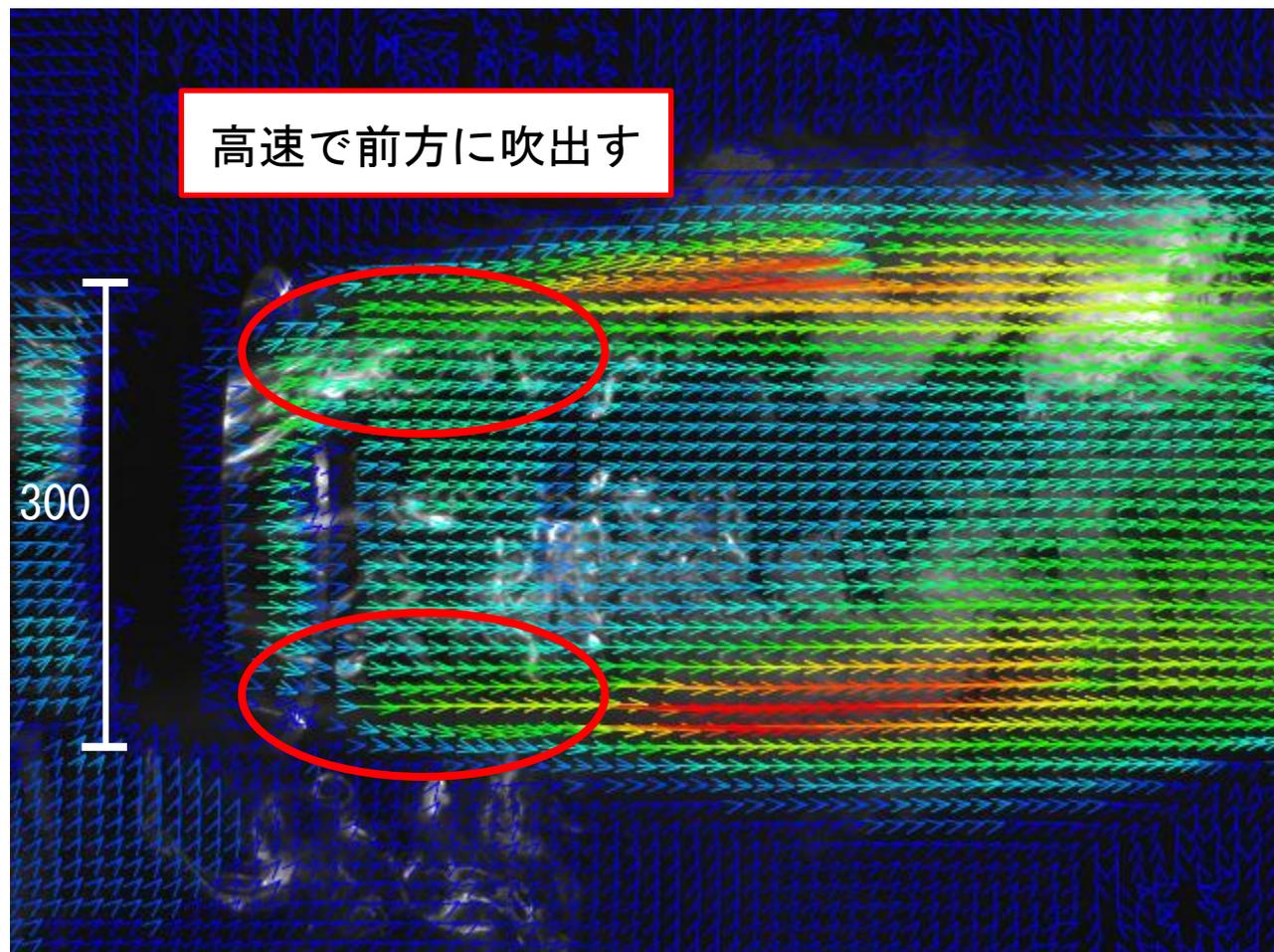


(b) PIV解析による風速ベクトル

単位 [mm]

図4 扇風機の水平断面におけるPIV測定結果(無翼型扇風機)

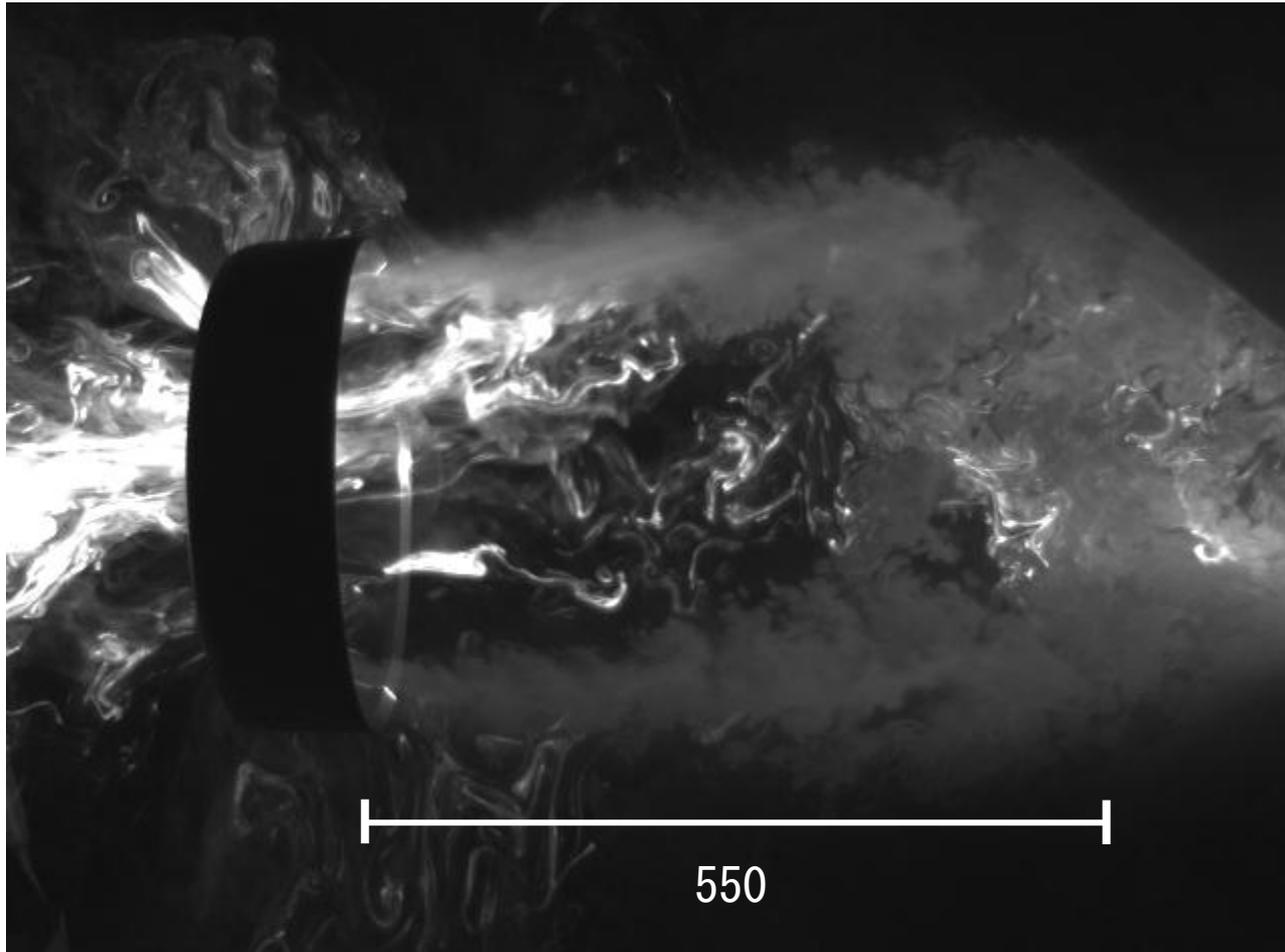
測定結果



(c) PIV解析による平均風速ベクトル

単位 [mm]

図4 扇風機の水平断面におけるPIV測定結果(無翼型扇風機)



(a) 可視化動画

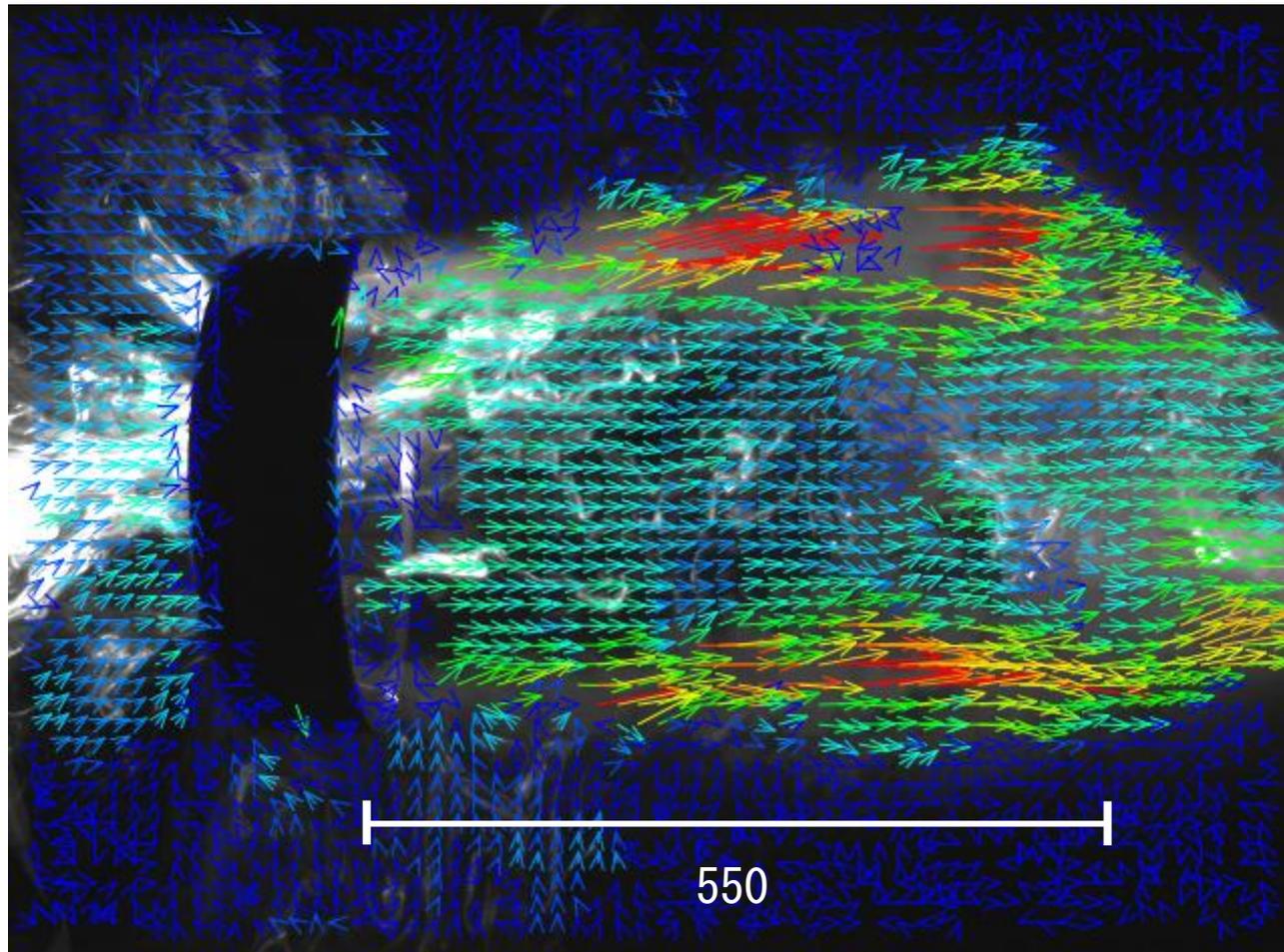
単位 [mm]

図 扇風機の後方部を映した水平断面におけるPIV測定結果(無翼型扇風機)

測定結果



0 0.4 0.8 1.2 1.6 2.0 [m/s]

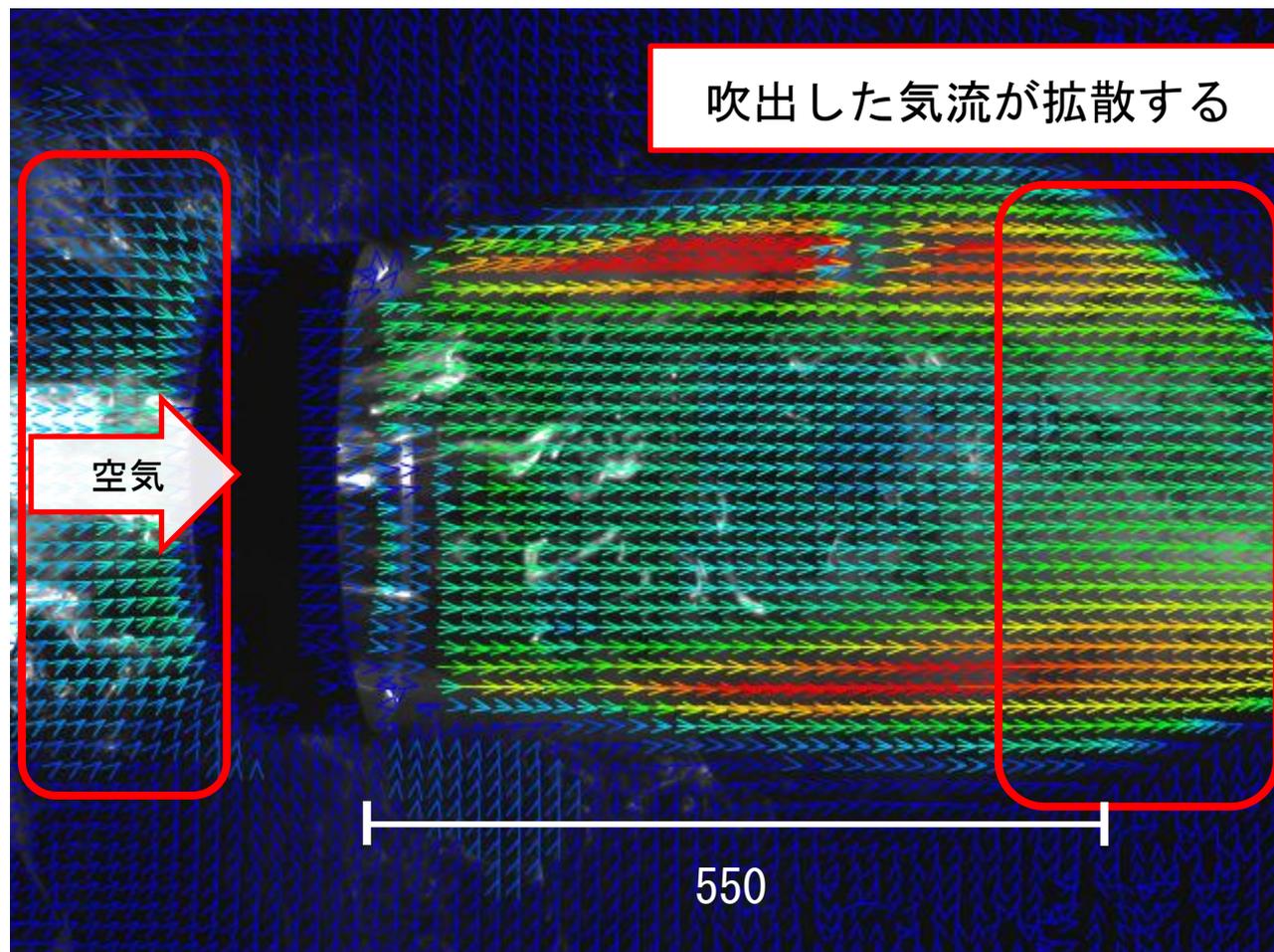


(b) PIV解析による風速ベクトル

単位 [mm]

図 扇風機の後方部を映した水平断面におけるPIV測定結果(無翼型扇風機)

測定結果



(c) PIV解析による平均風速ベクトル

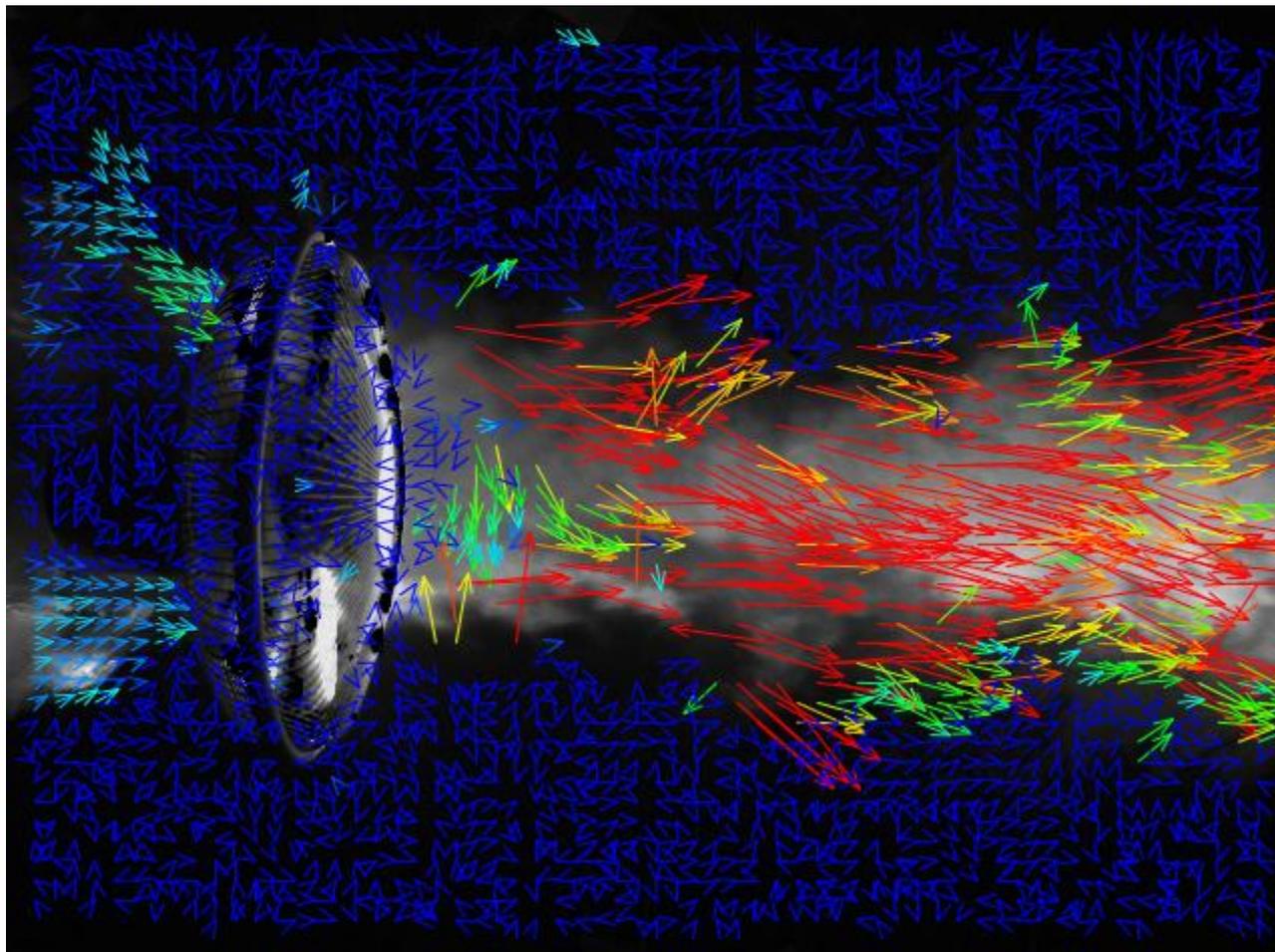
単位 [mm]

図 扇風機の後方部を映した水平断面におけるPIV測定結果(無翼型扇風機)



(a) 可視化動画

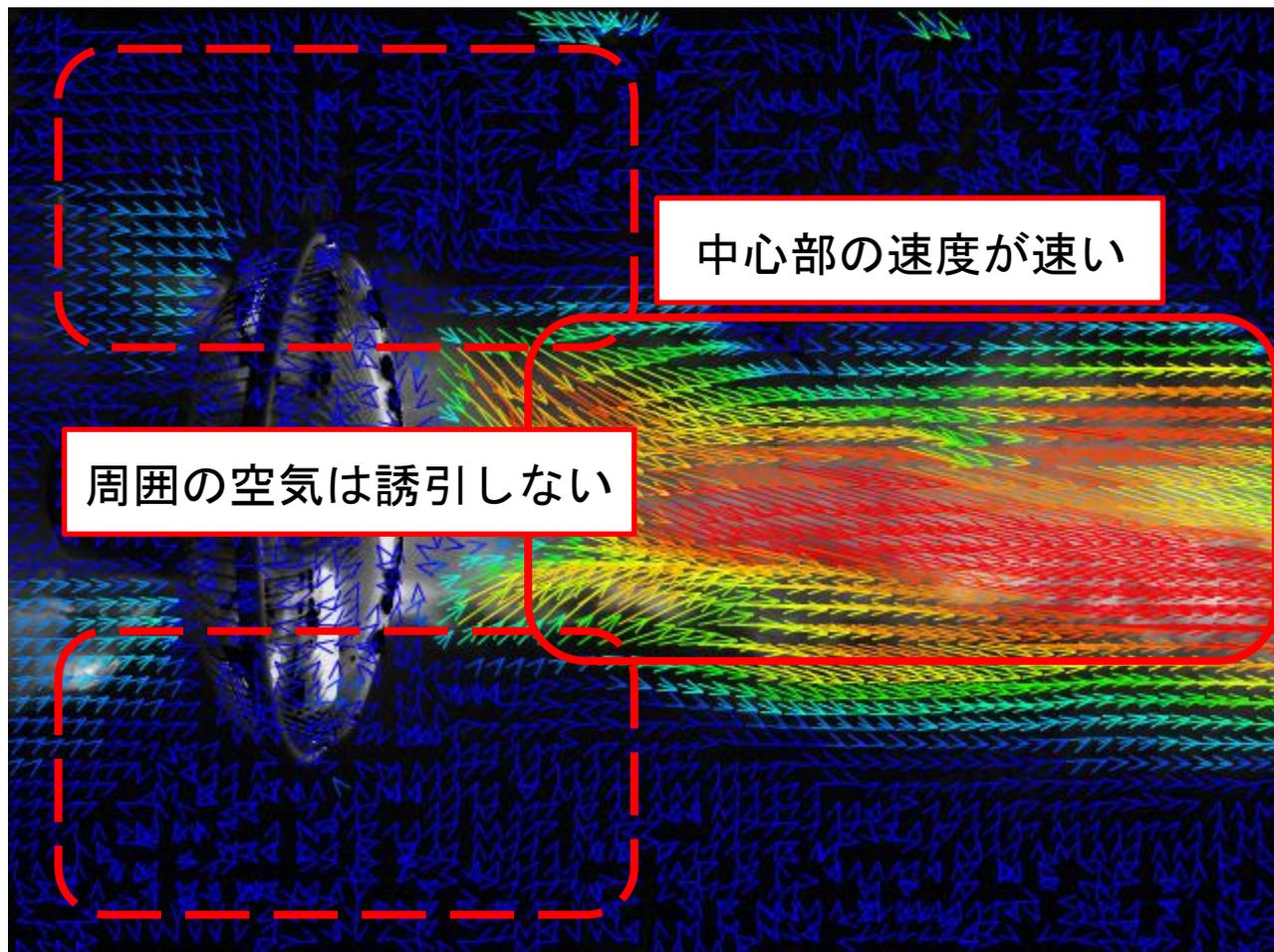
図4 扇風機の水平断面におけるPIV測定結果(有翼型扇風機)



(b) PIV解析による風速ベクトル

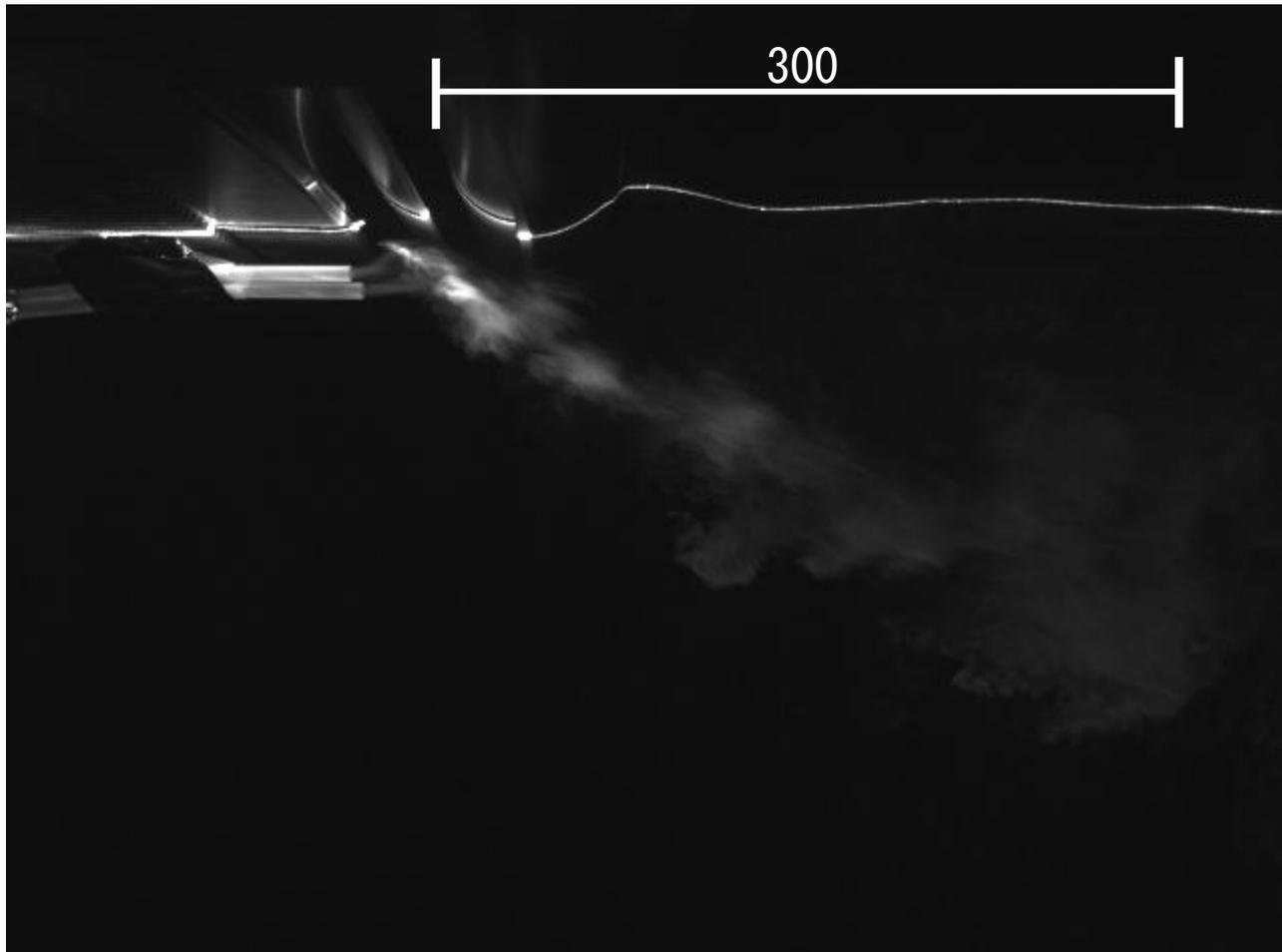
図4 扇風機の水平断面におけるPIV測定結果(有翼型扇風機)

測定結果



(c) PIV解析による平均風速ベクトル

図4 扇風機の水平断面におけるPIV測定結果(有翼型扇風機)

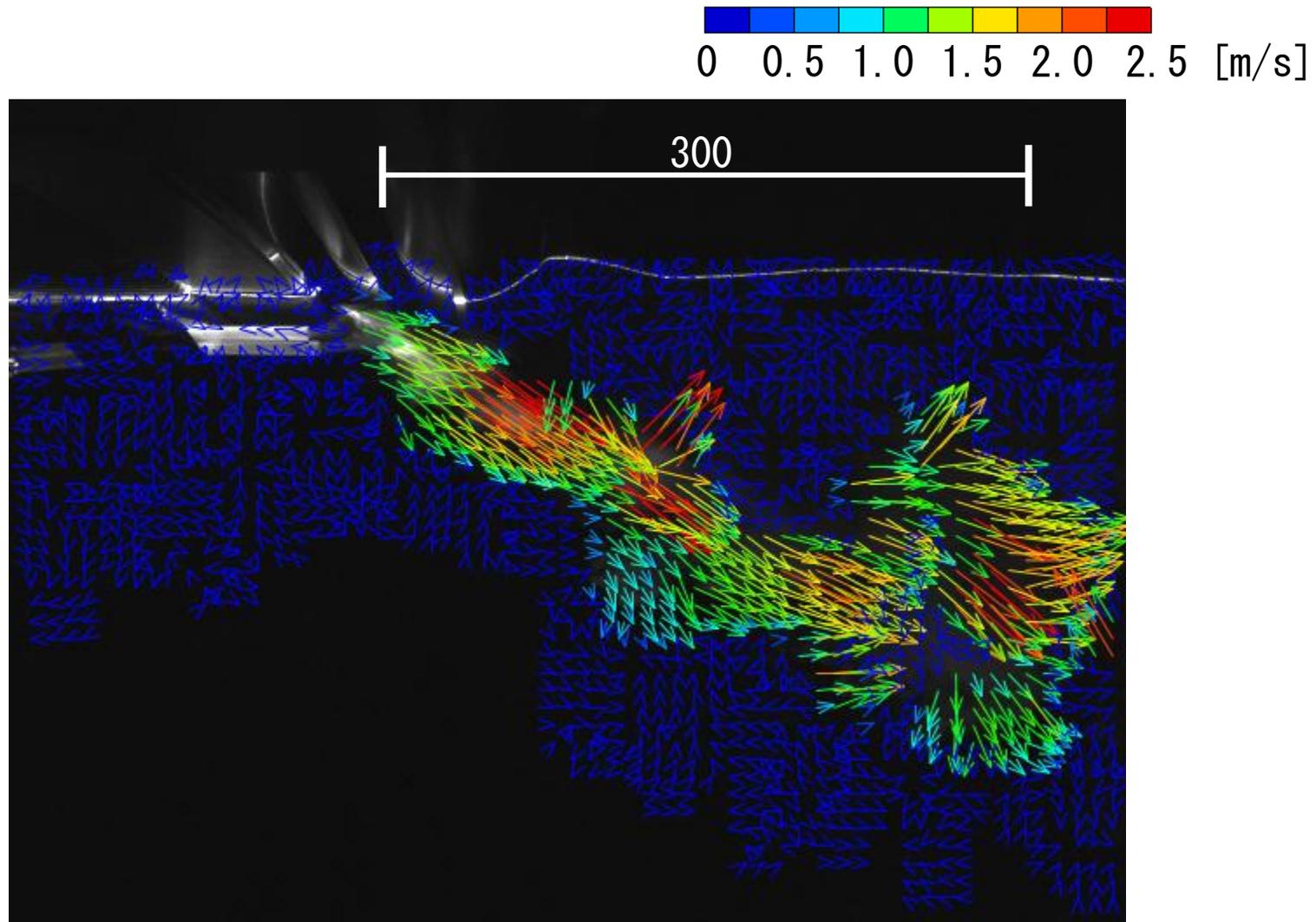


(a) 可視化動画

単位 [mm]

図5 天井埋め込み型空調機のPIV測定結果(吹出口中央部)

測定結果

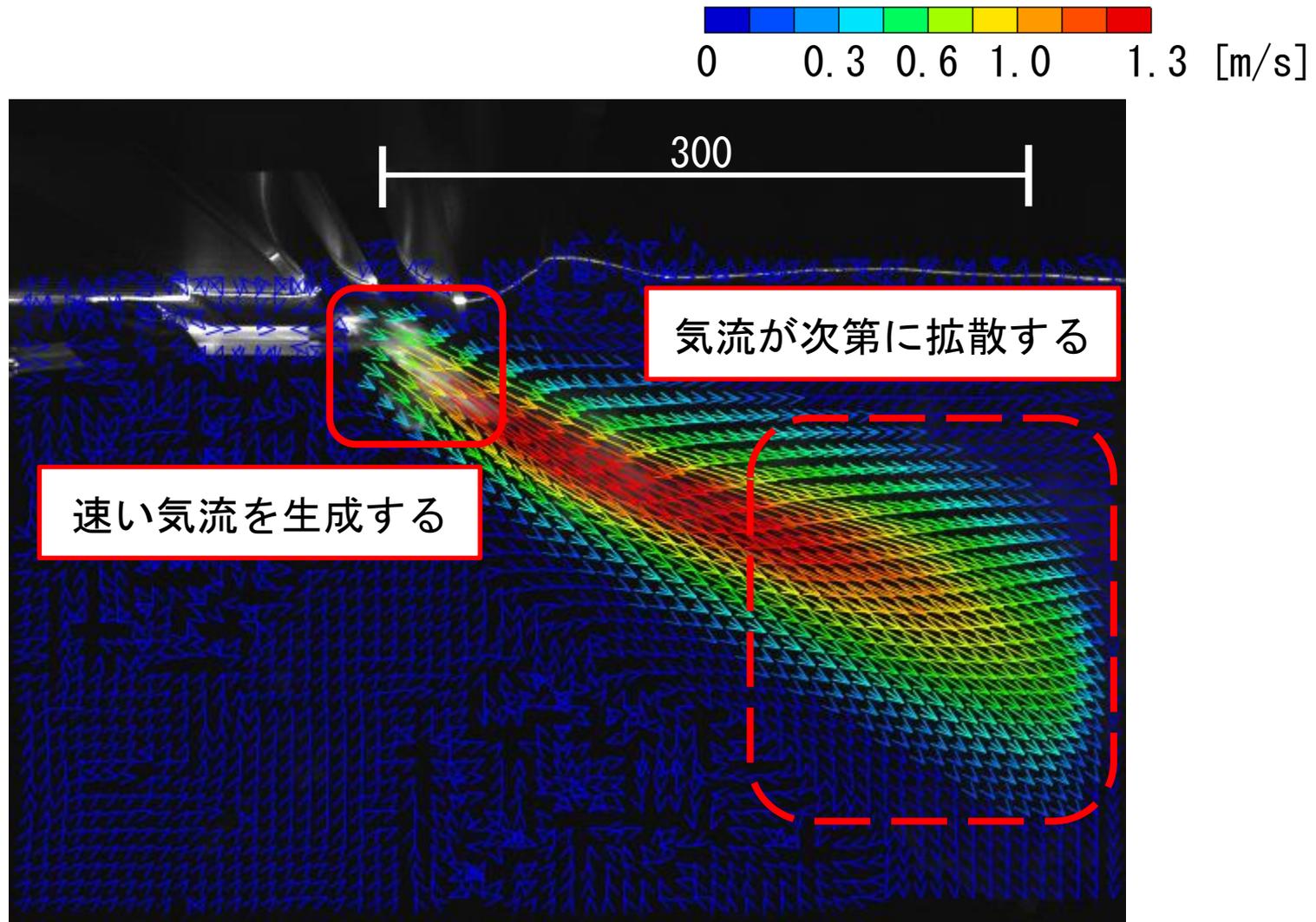


(b) PIV解析による風速ベクトル

単位 [mm]

図5 天井埋め込み型空調機のPIV測定結果(吹出口中央部)

測定結果



(c) PIV解析による平均風速ベクトル

単位 [mm]

図5 天井埋め込み型空調機のPIV測定結果(吹出口中央部)

まとめ

- ① 単純住宅通風モデルは、流れ場の中心部に風速 1 m/s 程度の比較的速い気流が生成される。また、開口部から排出されなかった空気が壁面を沿って拡散し、循環流を生じさせる。
- ② 無翼型扇風機は、吹出口から高速で空気を吹き出し、リング内部に負圧を発生させ、周囲の空気を誘引することで風量を増大させる。有翼型扇風機は、高速の回転翼により空気を送ることによって気流を生成する。
- ③ 天井埋め込み型空調機は、中央部の吸気口から空気を吸引し、風速 2.5 m/s 程度で吹出口から空気を吹き出す。吹出口付近の風速は比較的速く、拡散する様子は観察されない。