

# 実大室内空間を対象とした PIV測定法に関する基礎的研究

障害物及びエアコンの風向を  
変化させた場合のPIV測定・解析

新潟大学大学院自然科学研究科環境科学専攻  
社会基盤・建築学コース(建築系)

指導教員 有波 本多 丈逸  
裕貴 助教

# 研究目的

# 研究目的

流体の速度分布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。

既往の研究<sup>文2)</sup> では、実大室内空間を対象として測定範囲を **5,000 [mm] × 2,200 [mm]** に拡大し、様々な気流速度が混在する室内空間のPIV解析手法の検討を行った。

本研究では測定対象空間において**障害物**及び**エアコンの吹出風向**を変化させた場合の可視化・PIV解析を行う。

また複数のカメラで測定対象空間を分割して可視化・PIV解析した結果の**合成手法**及び**誤ベクトルの補正**に関する検討を行う。

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) 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4 マルチレーザ・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

# 実験条件

表 1 実験case

	障害物	風向
case1	机を模擬した箱	水平から 下向き51[°]
case2	机	
case3	机+ マネキン (着席)	水平から 下向き22[°]
case4		

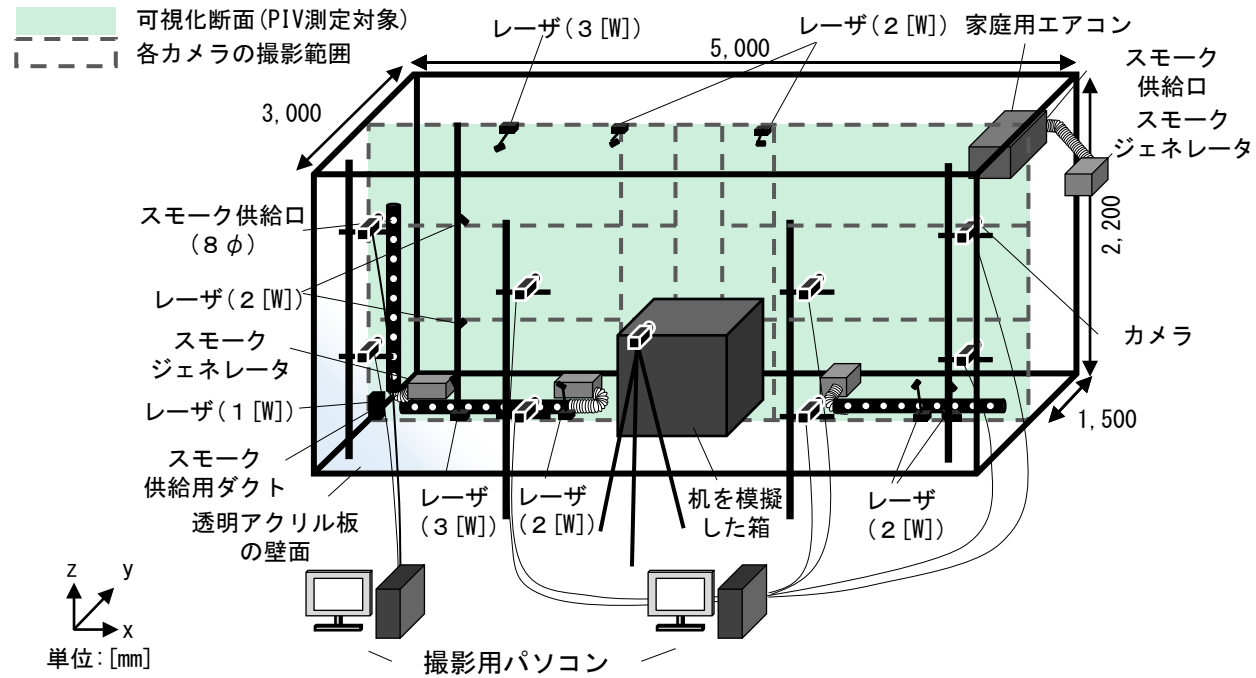


図 1 対象とする室内空間の概要 (case1)

測定対象は5,000 [mm] (幅) × 2,200 [mm] (高さ) × 3,000 [mm] (奥行き) の実大室内空間を模擬したチャンバーとする。

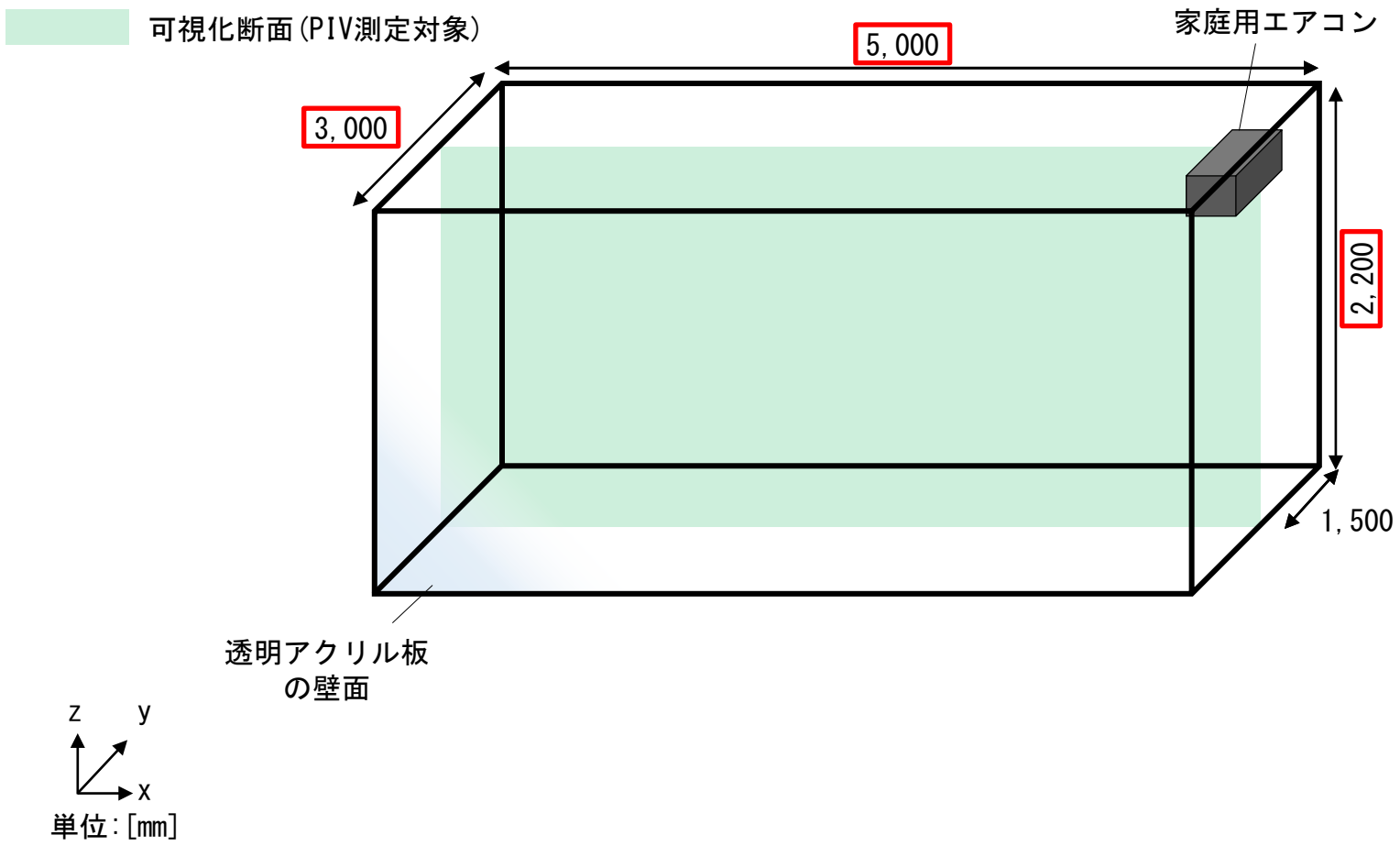


図 1 対象とする室内空間の概要

1つの壁面は室外からの撮影の為に透明なアクリル板で作成されている。

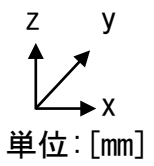
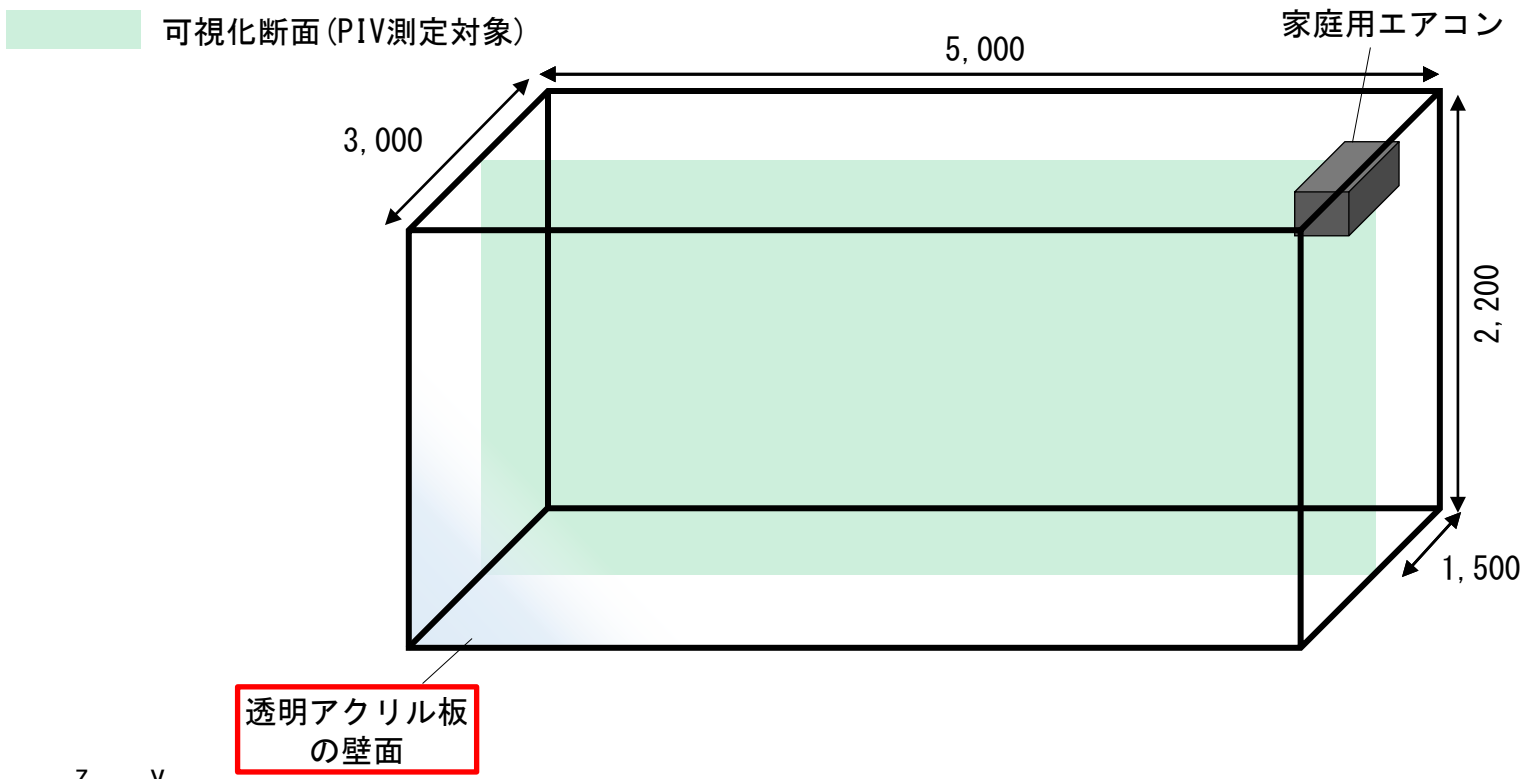


図 1 対象とする室内空間の概要

チャンバー右壁面上部に**家庭用エアコン**が設置されており、実験時には等温で**送風運転**(風量 5)を行う。

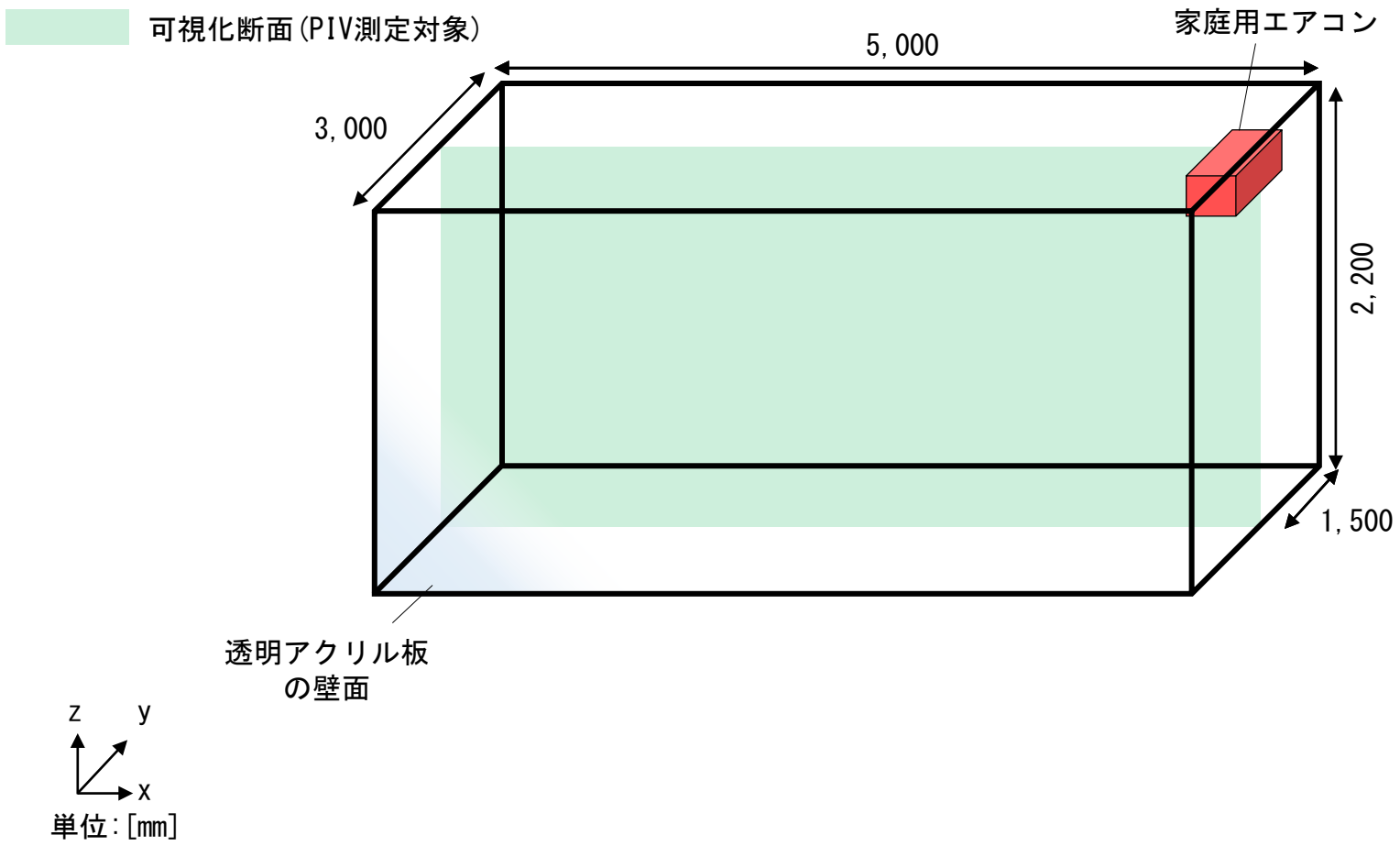


図 1 対象とする室内空間の概要



設置する障害物は、case1では測定断面中央部に机を模擬した箱、case2では机、case3、case4では机とマネキン(着席)とする。

表 1 実験case

	障害物	風向
case1	机を模擬した箱	水平から下向き51[°]
case2	机	
case3	机+マネキン(着席)	水平から下向き22[°]
case4		

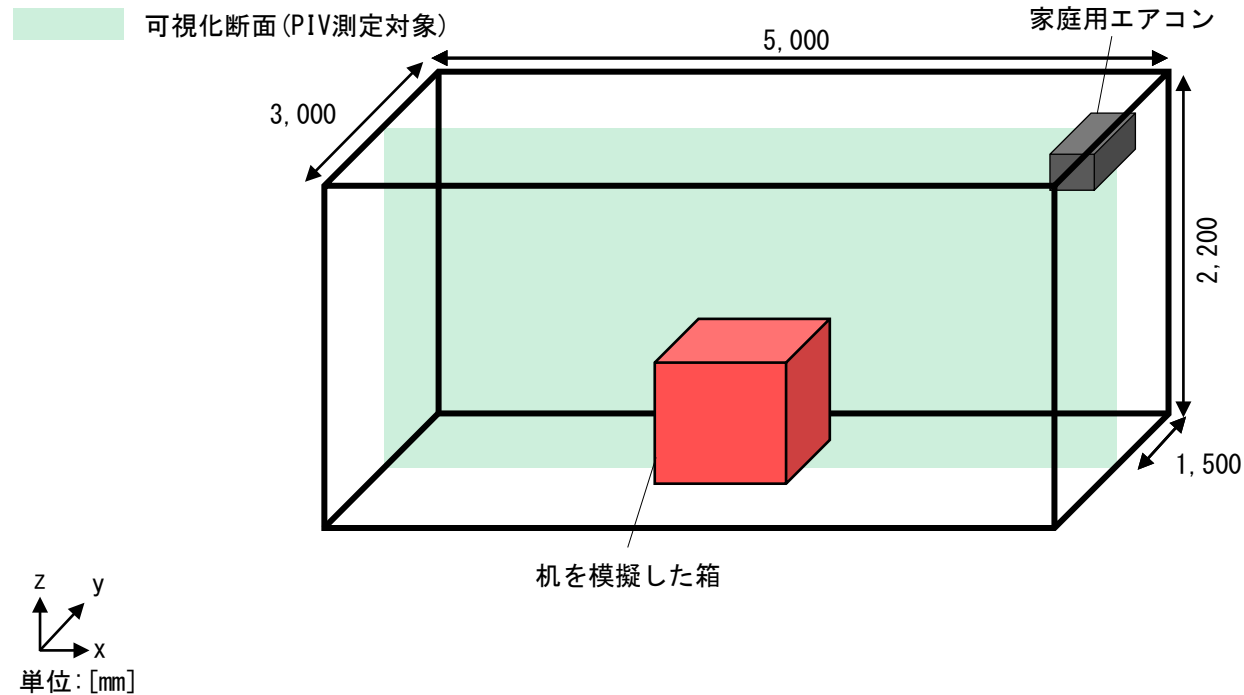


図 1 対象とする室内空間の概要 (case1)

設置する障害物は、case1では測定断面中央部に机を模擬した箱、case2では机、case3、case4では机とマネキン(着席)とする。

表 1 実験case

	障害物	風向
case1	机を模擬した箱	水平から下向き51[°]
case2	机	
case3	机+マネキン	水平から下向き22[°]
case4	(着席)	

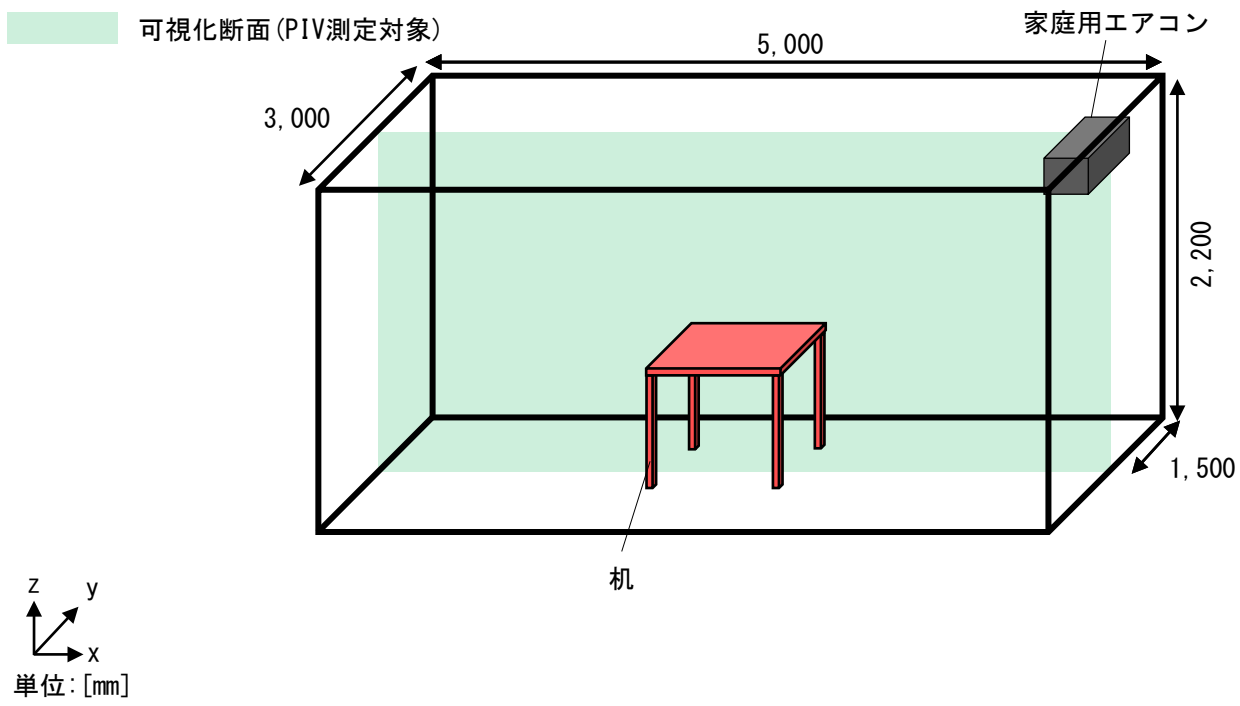


図 1 対象とする室内空間の概要 (case2)

設置する障害物は、case1では測定断面中央部に机を模擬した箱、case2では机、**case3、case4では机とマネキン(着席)**とする。

表 1 実験case

	障害物	風向
case1	机を模擬した箱	水平から下向き51[°]
case2	机	
case3	机+マネキン(着席)	水平から下向き22[°]
case4		

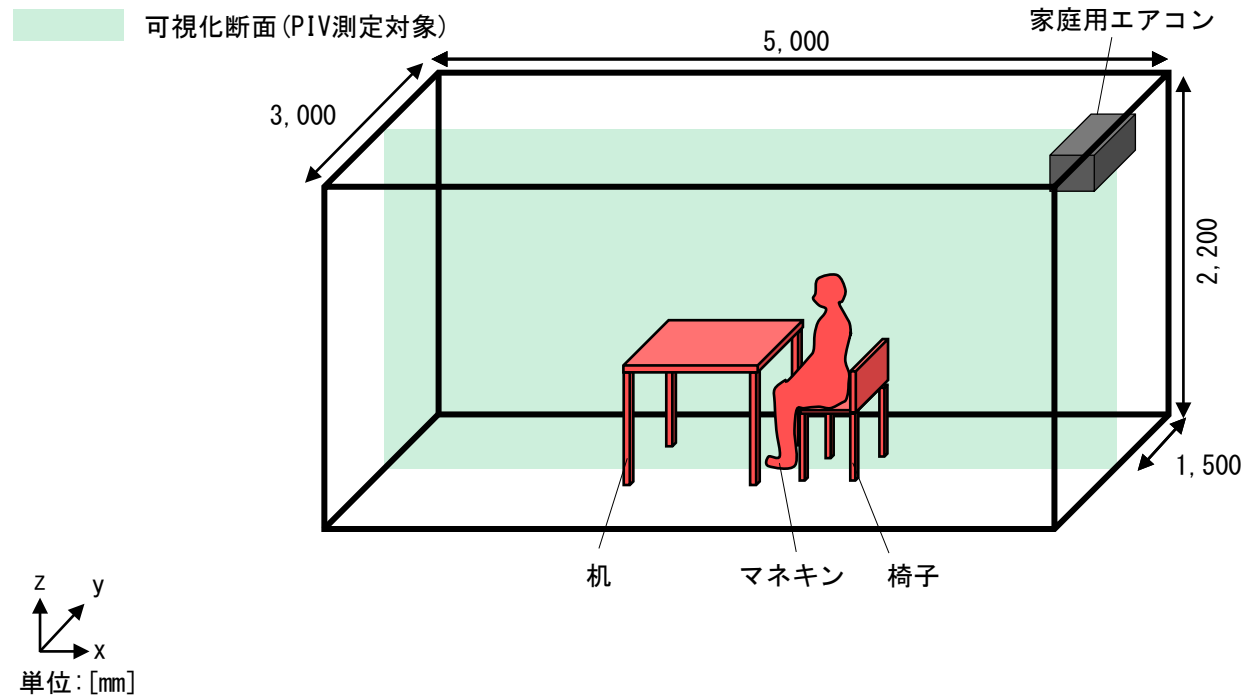
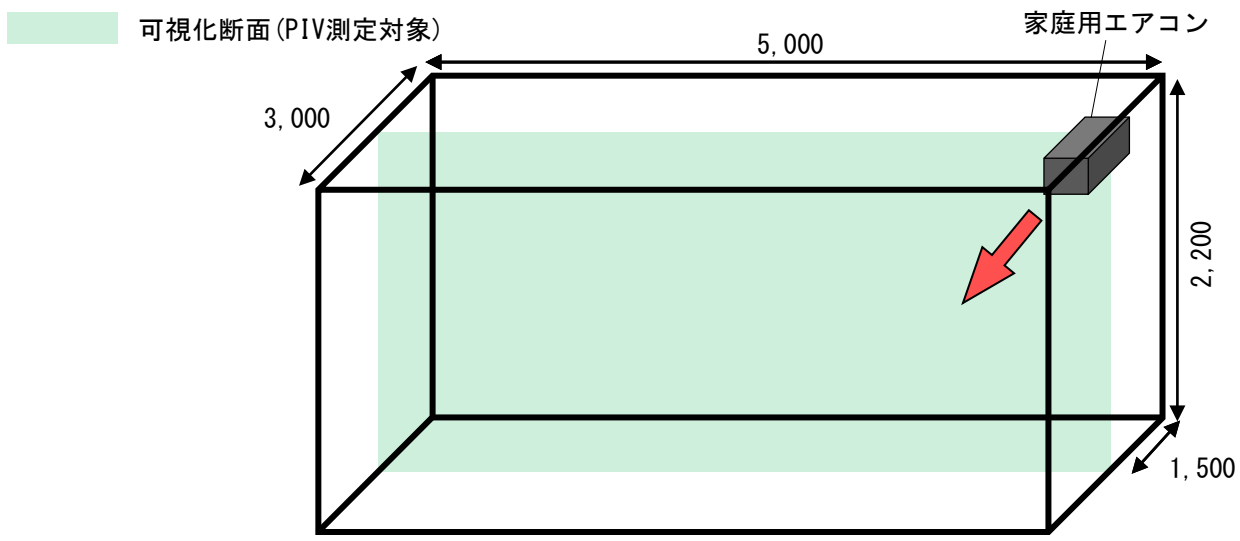


図 1 対象とする室内空間の概要 (case3、case4)

風向はcase1～case3では水平から下向き51[°]、case4では水平から下向き22[°]とする。

表 1 実験case

	障害物	風向
case1	机を模擬した箱	水平から下向き51[°]
case2	机	
case3	机+マネキン(着席)	
case4		水平から下向き22[°]



z  
y  
x  
単位: [mm]

図 1 対象とする室内空間の概要 (case1～case3)

風向はcase1～case3では水平から下向き51[°]、case4では水平から下向き22[°]とする。

表 1 実験case

	障害物	風向
case1	机を模擬した箱	水平から下向き51[°]
case2	机	
case3	机+マネキン(着席)	
case4		水平から下向き22[°]

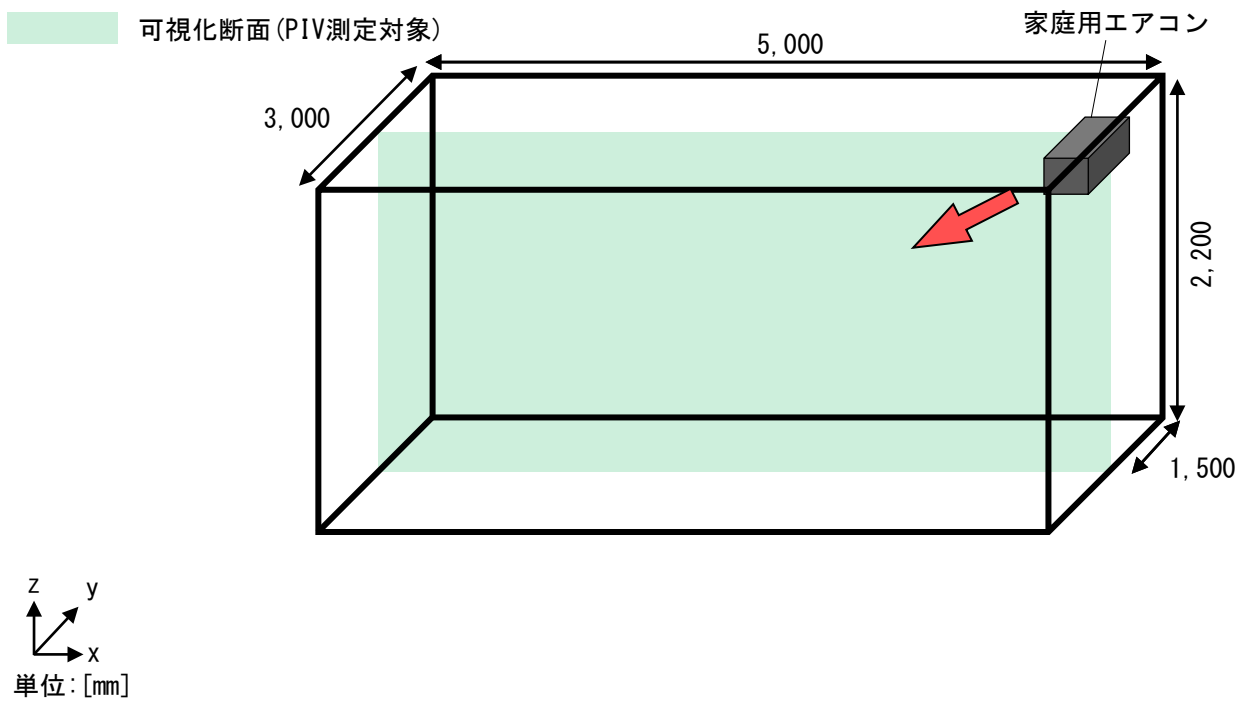


図 1 対象とする室内空間の概要 (case4)

# 実験概要

## 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×4台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])
レーザー	LD励起： YAG/YVO <sub>4</sub> レーザー 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		Antari FOG MACHINE Z-1200 II × 4台	
解析ツール		FlowExpert ver1.2.13	

## 表3 PIV測定パラメータ

カメラ	カメラA				カメラB-3				カメラB-1、B-2、B-4				
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 [mm/pixel]	1.19				1.15				0.64				
対象領域[mm]	2,284×1,428				828×621				461×346				
撮影時のフレーム間隔 [fps]	125				375								
シャッタースピード[sec]	1/125				1/375								
検査領域[pixel]	36×36				37×37				66×66				
探査領域[pixel]	±28				±10				±17				
解析時のフレーム間隔 [msec]	8.00	16.0	32.0	48.0	2.67	5.33	10.7	16.0	2.67	5.33	10.7	16.0	
解析可能風速 [m/s]	最大風速	4.17	2.08	1.04	0.69	4.30	2.16	1.08	0.72	4.10	2.04	1.02	0.68
	最小風速	0.15	0.07	0.04	0.03	0.43	0.22	0.11	0.07	0.24	0.12	0.06	0.04

PIV測定対象断面はy方向の室中央とし、レーザ10台(3[W]×2、2[W]×7、1[W]×1台)とスモークジェネレータ4台を用いる。

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×4台 (720[pixel]×540[pixel]、375[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	Antari FOG MACHINE Z-1200 II × 4台	
解析ツール	FlowExpert ver1.2.13	

表3 PIV測定パラメータ

カメラ	カメラA	カメラB-3	カメラB-1、B-2、B-4										
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 [mm/pixel]	1.19	1.15	0.64										
対象領域[mm]	2,284×1,428	828×621	461×346										
撮影時のフレーム間隔 [fps]	125	375											
シャッタースピード[sec]	1/125	1/375											
検査領域[pixel]	36×36	37×37	66×66										
探査領域[pixel]	±28	±10	±17										
解析時のフレーム間隔 [msec]	8.00	16.0	32.0	48.0	2.67	5.33	10.7	16.0	2.67	5.33	10.7	16.0	
解析可能風速 [m/s]	最大風速	4.17	2.08	1.04	0.69	4.30	2.16	1.08	0.72	4.10	2.04	1.02	0.68
	最小風速	0.15	0.07	0.04	0.03	0.43	0.22	0.11	0.07	0.24	0.12	0.06	0.04

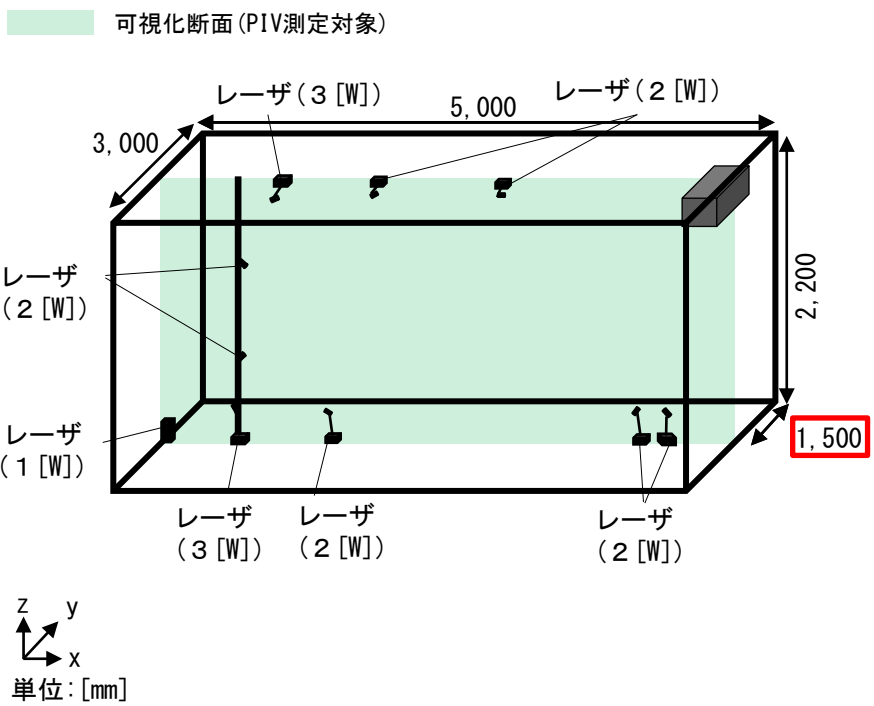


図1 対象とする室内空間の概要(case1)



PIV測定対象断面はy方向の室中央とし、**レーザ10台 (3 [W] × 2、2 [W] × 7、1 [W] × 1台)**とスモークジェネレータ4台を用いる。

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×4台 (720[pixel]×540[pixel]、375[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	Antari FOG MACHINE Z-1200 II × 4台	
解析ツール	FlowExpert ver1.2.13	

表3 PIV測定パラメータ

カメラ	カメラA	カメラB-3	カメラB-1、B-2、B-4
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 [mm/pixel]	1.19	1.15	0.64
対象領域 [mm]	2,284×1,428	828×621	461×346
撮影時のフレーム間隔 [fps]	125	375	
シャッタースピード [sec]	1/125	1/375	
検査領域 [pixel]	36×36	37×37	66×66
探査領域 [pixel]	±28	±10	±17
解析時のフレーム間隔 [msec]	8.00 16.0 32.0 48.0	2.67 5.33 10.7	16.0 2.67 5.33 10.7 16.0
解析可能風速 [m/s]	最大風速	4.17 2.08 1.04 0.69	4.30 2.16 1.08 0.72 4.10 2.04 1.02 0.68
	最小風速	0.15 0.07 0.04 0.03	0.43 0.22 0.11 0.07 0.24 0.12 0.06 0.04

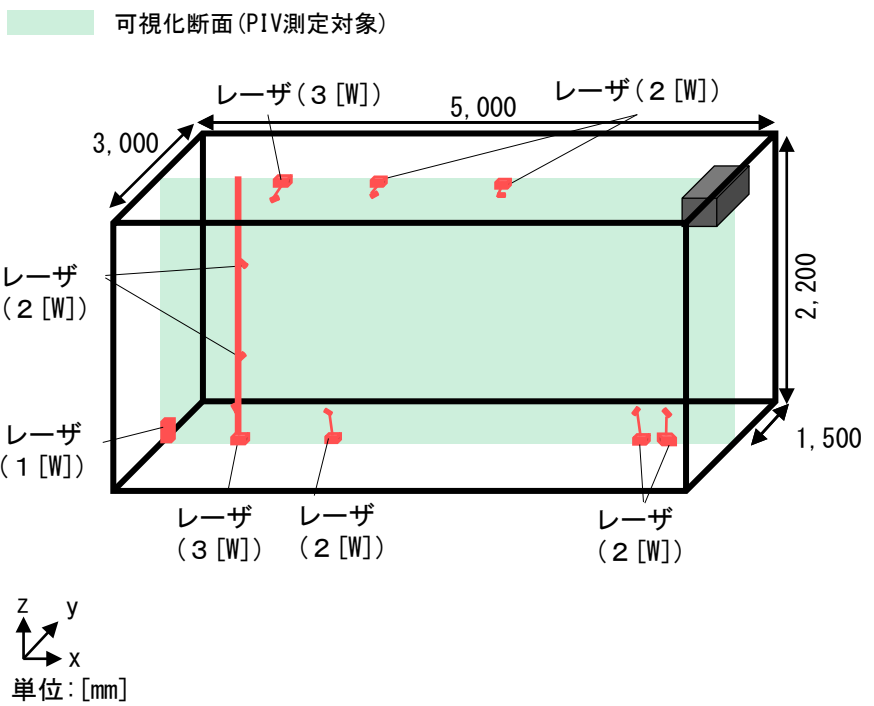


図1 対象とする室内空間の概要 (case1)

PIV測定対象断面はy方向の室中央とし、レーザ10台(3[W]×2、2[W]×7、1[W]×1台)とスモークジェネレータ4台を用いる。

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×4台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])	
	出力: 3[W]	DPGL-3W×2台	
レーザ	LD励起: YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ 波長: 532[nm]	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	Antari FOG MACHINE Z-1200 II × 4台	
解析ツール	FlowExpert ver1.2.13		

表3 PIV測定パラメータ

カメラ	カメラA	カメラB-3	カメラB-1、B-2、B-4										
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 [mm/pixel]	1.19	1.15	0.64										
対象領域 [mm]	2,284×1,428	828×621	461×346										
撮影時のフレーム間隔 [fps]	125	375											
シャッタースピード [sec]	1/125	1/375											
検査領域 [pixel]	36×36	37×37	66×66										
探査領域 [pixel]	±28	±10	±17										
解析時のフレーム間隔 [msec]	8.00	16.0	32.0	48.0	2.67	5.33	10.7	16.0	2.67	5.33	10.7	16.0	
解析可能風速 [m/s]	最大風速	4.17	2.08	1.04	0.69	4.30	2.16	1.08	0.72	4.10	2.04	1.02	0.68
	最小風速	0.15	0.07	0.04	0.03	0.43	0.22	0.11	0.07	0.24	0.12	0.06	0.04

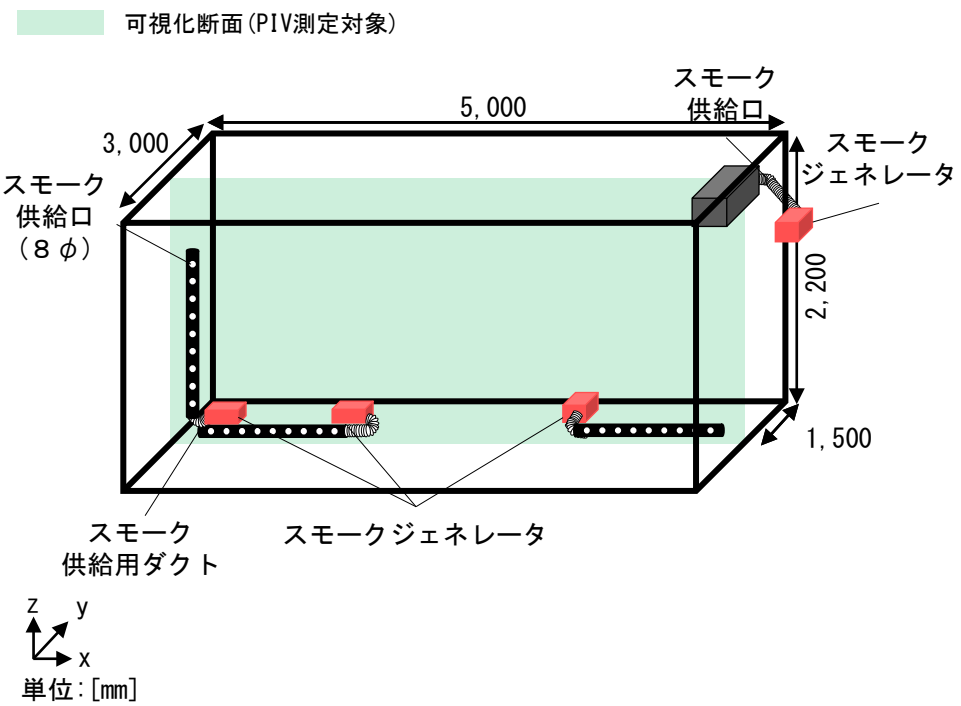


図1 対象とする室内空間の概要(case1)

カメラは9台(カメラA×5、カメラB×4台)使用し、カメラAは測定対象断面の中央部分を撮影するように1台設置し、4台は測定断面全体を分割するように設置する。

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×4台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])	
レーザー	LD励起： YAG/YVO <sub>4</sub> レーザー 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	Antari FOG MACHINE Z-1200 II × 4台		
解析ツール	FlowExpert ver1.2.13		

表3 PIV測定パラメータ

カメラ	カメラA	カメラB-3	カメラB-1、B-2、B-4
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 [mm/pixel]	1.19	1.15	0.64
対象領域[mm]	2,284×1,428	828×621	461×346
撮影時のフレーム間隔 [fps]	125	375	
シャッタースピード[sec]	1/125	1/375	
検査領域[pixel]	36×36	37×37	66×66
探査領域[pixel]	±28	±10	±17
解析時のフレーム間隔 [msec]	8.00 16.0 32.0 48.0	2.67 5.33 10.7 16.0	2.67 5.33 10.7 16.0
解析可能風速 [m/s]	最大風速	4.17 2.08 1.04 0.69	4.30 2.16 1.08 0.72 4.10 2.04 1.02 0.68
	最小風速	0.15 0.07 0.04 0.03	0.43 0.22 0.11 0.07 0.24 0.12 0.06 0.04

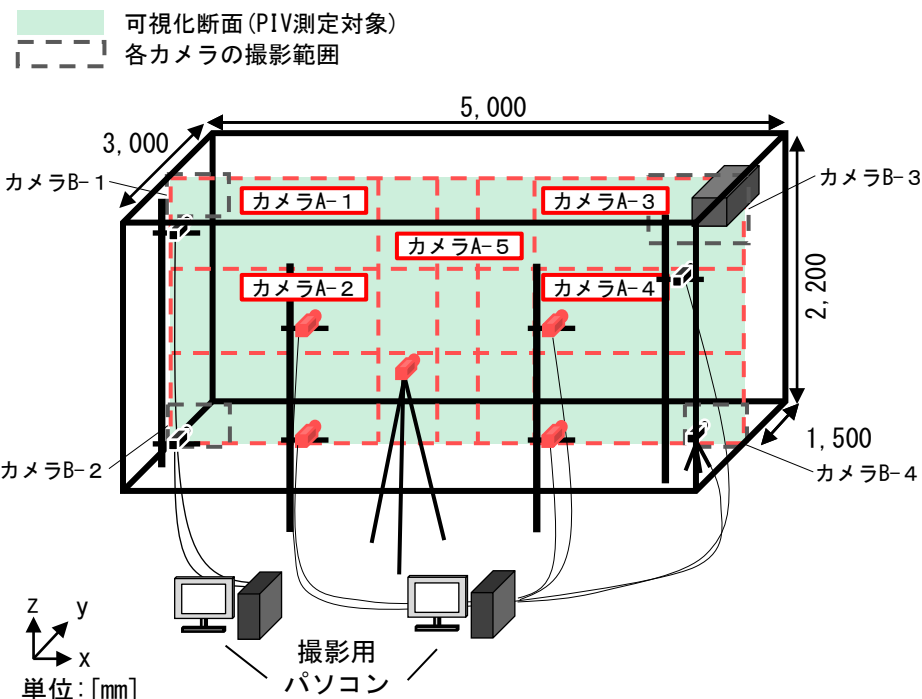


図1 対象とする室内空間の概要

**カメラBはエアコン吹出部分、またはチャンバー隅角部を詳細に撮影するためそれぞれ設置する。**

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×4台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])	
レーザー	LD励起： YAG/YVO <sub>4</sub> レーザー 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	Antari FOG MACHINE Z-1200 II × 4台		
解析ツール	FlowExpert ver1.2.13		

表 3 PIV測定パラメータ

カメラ	カメラA	カメラB-3	カメラB-1、B-2、B-4
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 [mm/pixel]	1.19	1.15	0.64
対象領域 [mm]	2,284×1,428	828×621	461×346
撮影時のフレーム間隔 [fps]	125	375	
シャッタースピード [sec]	1/125	1/375	
検査領域 [pixel]	36×36	37×37	66×66
探査領域 [pixel]	±28	±10	±17
解析時のフレーム間隔 [msec]	8.00 16.0 32.0 48.0	2.67 5.33 10.7 16.0	2.67 5.33 10.7 16.0
解析可能風速 [m/s]	最大風速	4.17 2.08 1.04 0.69	4.30 2.16 1.08 0.72 4.10 2.04 1.02 0.68
	最小風速	0.15 0.07 0.04 0.03	0.43 0.22 0.11 0.07 0.24 0.12 0.06 0.04

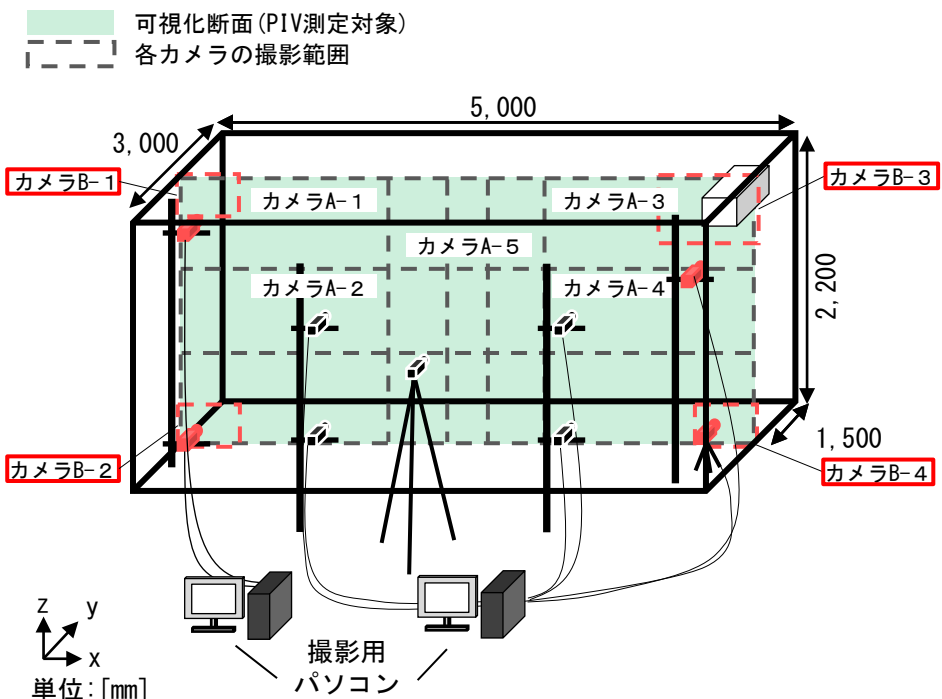


図 1 対象とする室内空間の概要

# PIV解析、補正、画像合成の手順

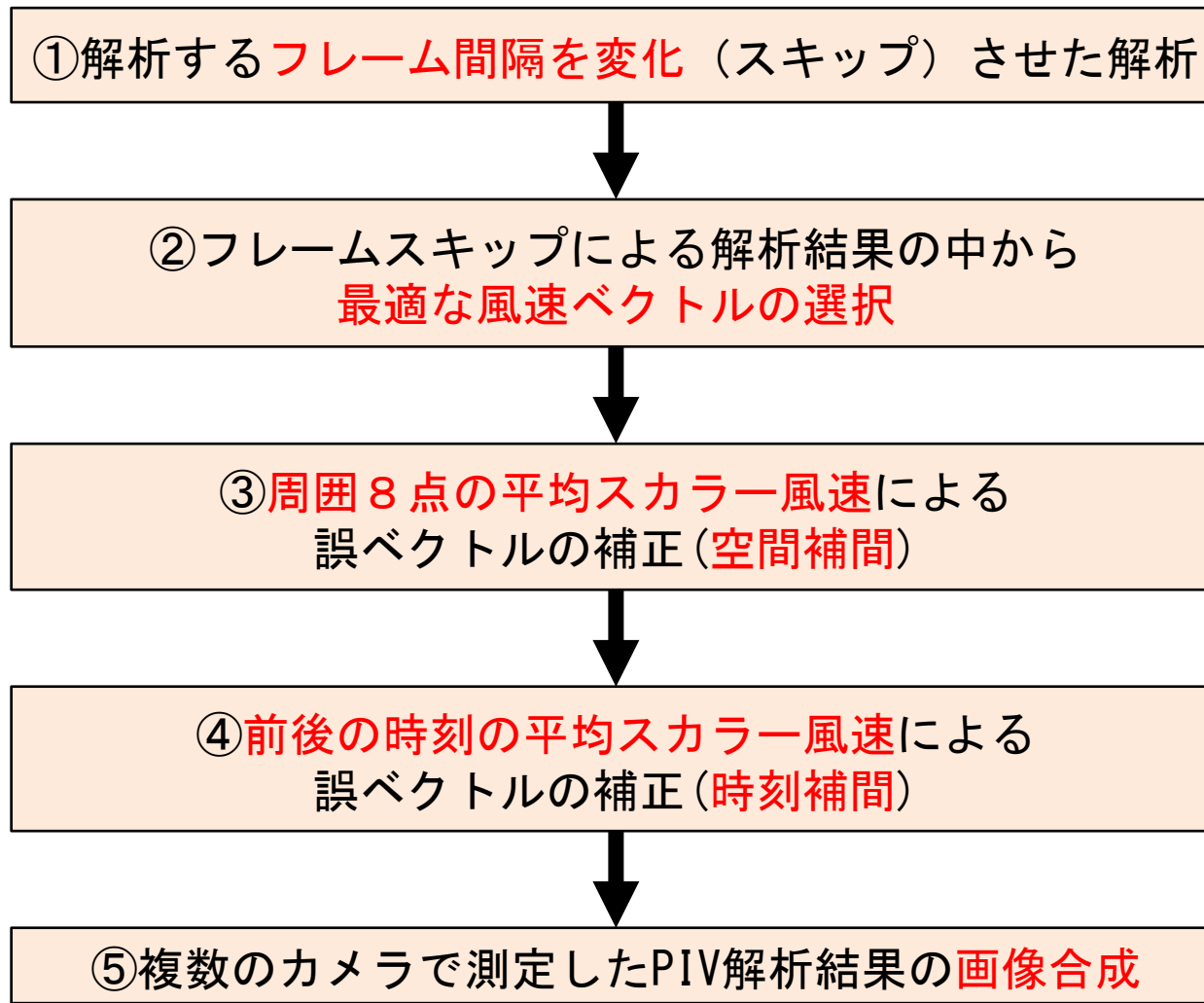


図2 PIV解析、補正、画像合成のフロー

PIV解析では**キャリブレーション値**と解析対象とする2時刻画像の**フレーム間隔**によって算出できる**風速範囲**が**変化する**。

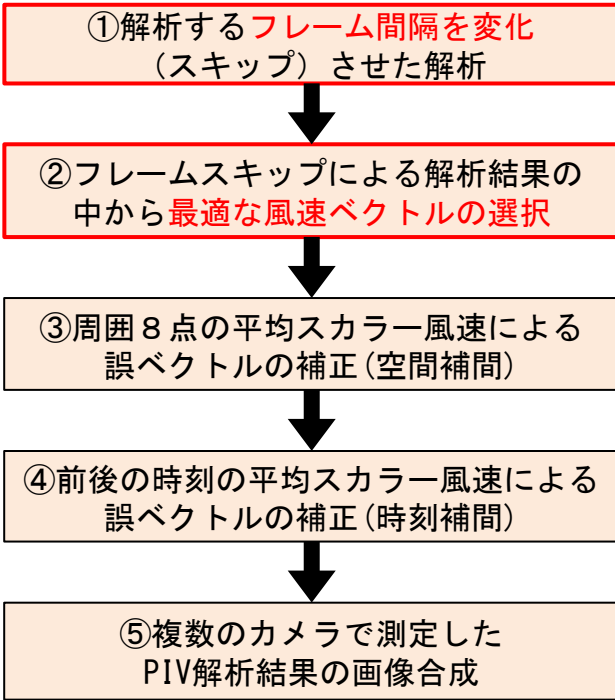


表3 PIV測定パラメータ

カメラ	カメラA				カメラB-3				カメラB-1、B-2、B-4				
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 [mm/pixel]	1.19				1.15				0.64				
対象領域 [mm]	2,284 × 1,428				828 × 621				461 × 346				
撮影時のフレーム間隔 [fps]	125				375								
シャッタースピード [sec]	1/125				1/375								
検査領域 [pixel]	36 × 36				37 × 37				66 × 66				
探査領域 [pixel]	±28				±10				±17				
解析時のフレーム間隔 [msec]	8.00	16.0	32.0	48.0	2.67	5.33	10.7	16.0	2.67	5.33	10.7	16.0	
解析可能風速 [m/s]	最大風速	4.17	2.08	1.04	0.69	4.30	2.16	1.08	0.72	4.10	2.04	1.02	0.68
	最小風速	0.15	0.07	0.04	0.03	0.43	0.22	0.11	0.07	0.24	0.12	0.06	0.04

図2 PIV解析、補正、画像合成のフロー

そこで、解析する際の**フレーム間隔を変化**（スキップ）させて解析を行い、その中から**最適な風速ベクトルを選択する**※1。

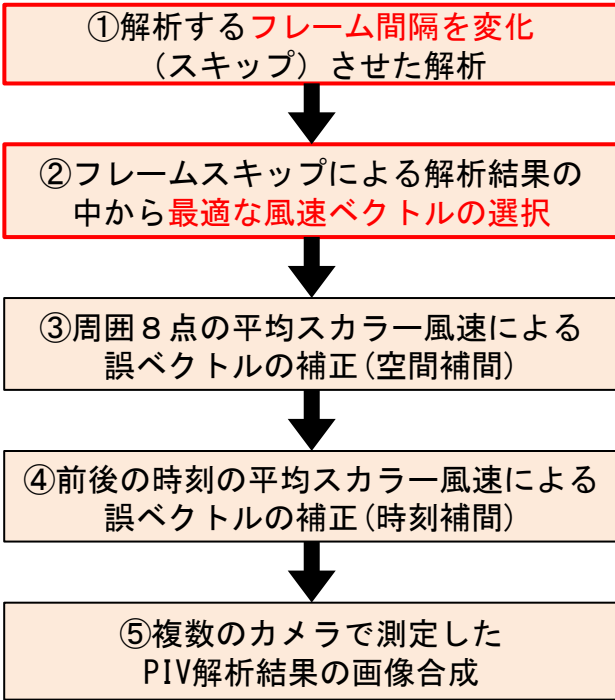


表3 PIV測定パラメータ

カメラ	カメラA				カメラB-3				カメラB-1、B-2、B-4				
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 [mm/pixel]	1.19				1.15				0.64				
対象領域 [mm]	2,284 × 1,428				828 × 621				461 × 346				
撮影時のフレーム間隔 [fps]	125				375								
シャッタースピード [sec]	1/125				1/375								
検査領域 [pixel]	36 × 36				37 × 37				66 × 66				
探査領域 [pixel]	±28				±10				±17				
解析時のフレーム間隔 [msec]	8.00	16.0	32.0	48.0	2.67	5.33	10.7	16.0	2.67	5.33	10.7	16.0	
解析可能風速 [m/s]	最大風速	4.17	2.08	1.04	0.69	4.30	2.16	1.08	0.72	4.10	2.04	1.02	0.68
	最小風速	0.15	0.07	0.04	0.03	0.43	0.22	0.11	0.07	0.24	0.12	0.06	0.04

図2 PIV解析、補正、画像合成のフロー

※1 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。



## 表 1 実験・解析case

	障害物	風向	8近傍計測点平均による補間対象	前後フレーム平均による補間対象		障害物	風向	8近傍計測点平均による補間対象	前後フレーム平均による補間対象												
case1-1	机を模擬した箱 (900[mm] × 900[mm] × 900[mm])	水平から 下向き 51[°]	補間しない	補間しない	case3-1	机+ マネキン (着席)	水平から 下向き 51[°]	補間しない	補間しない												
case1-2			周囲8点の 平均スカラー風速 に対して0.2倍以上 又は1.8倍以上	前後の時刻における 平均スカラー風速 に対して5倍以上	case3-2			周囲8点の 平均スカラー風速 に対して0.2倍以上 又は1.8倍以上	前後の時刻における 平均スカラー風速 に対して5倍以上												
case1-3					case3-3					0.4倍以上 又は1.6倍以上	3倍以上	case3-4	3倍以上								
case1-4					case3-4									0.6倍以上 又は1.4倍以上	2倍以上	case3-5	2倍以上				
case1-5					case3-5													補間しない	5倍以上	case3-6	補間しない
case1-6					case3-6																
case1-7			case3-7	0.6倍以上 又は1.4倍以上	2倍以上			case3-8	3倍以上												
case1-8			case3-8							補間しない	5倍以上	case3-9	2倍以上								
case1-9			case3-9	0.4倍以上 又は1.6倍以上	3倍以上			case3-10	5倍以上												
case1-10			case3-10							0.6倍以上 又は1.4倍以上	2倍以上	case3-11	補間しない								
case1-11			case3-11	補間しない	5倍以上			case3-12	5倍以上												
case1-12			case3-12							0.4倍以上 又は1.6倍以上	3倍以上	case3-13	3倍以上								
case1-13			case3-13	0.6倍以上 又は1.4倍以上	2倍以上			case4-1	2倍以上												
case2-1	机	水平から 下向き 51[°]	補間しない			補間しない	case4-1			水平から 下向き 22[°]	補間しない	補間しない									
case2-2			周囲8点の 平均スカラー風速 に対して0.2倍以上 又は1.8倍以上	前後の時刻における 平均スカラー風速 に対して5倍以上	case4-2	周囲8点の 平均スカラー風速 に対して0.2倍以上 又は1.8倍以上	前後の時刻における 平均スカラー風速 に対して5倍以上														
case2-3					case4-3			0.4倍以上 又は1.6倍以上	3倍以上		case4-4	3倍以上									
case2-4					case4-4								0.6倍以上 又は1.4倍以上	2倍以上	case4-5	2倍以上					
case2-5					case4-5												補間しない	5倍以上	case4-6	補間しない	
case2-6					case4-6																0.4倍以上 又は1.6倍以上
case2-7			case4-7	0.6倍以上 又は1.4倍以上	2倍以上	case4-8	3倍以上														
case2-8			case4-8					補間しない	5倍以上		case4-9	2倍以上									
case2-9			case4-9	0.4倍以上 又は1.6倍以上	3倍以上	case4-10	補間しない														
case2-10			case4-10					0.6倍以上 又は1.4倍以上	2倍以上		case4-11	5倍以上									
case2-11			case4-11	補間しない	5倍以上	case4-12	3倍以上														
case2-12			case4-12					0.4倍以上 又は1.6倍以上	3倍以上		case4-13	2倍以上									
case2-13			case4-13	0.6倍以上 又は1.4倍以上	2倍以上																

本研究では任意の時刻及び測定点のPIV解析結果に対して **周囲の空間の速度情報**、前後時刻の速度情報を参照する補間による誤ベクトルの補正方法の検討を行う。

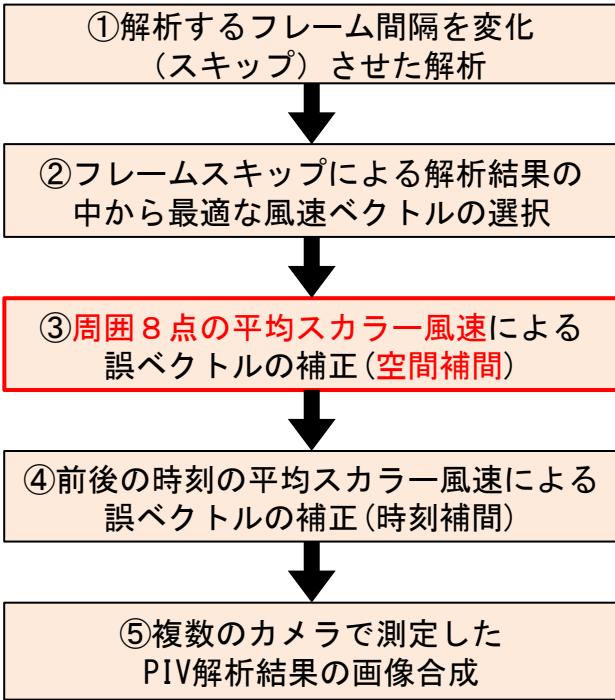


表1 代表的な実験・解析case

	障害物	風向	8近傍計測点平均による補間対象	前後フレーム平均による補間対象
case1-1	机を模擬した箱 (900[mm] × 900[mm] × 900[mm])	水平から下向き 51[°]	補間しない	補間しない
case1-2				
case1-3			周囲8点の平均スカラー風速に対して0.2倍以上 又は1.8倍以上	前後の時刻における平均スカラー風速に対して5倍以上
case1-4				3倍以上
case1-5				2倍以上
case1-6			0.4倍以上 又は1.6倍以上	補間しない
case1-7				5倍以上
case1-8				3倍以上
case1-9			0.6倍以上 又は1.4倍以上	2倍以上
case1-10				補間しない
case1-11				5倍以上
case1-12			補間しない	3倍以上
case1-13				2倍以上

図2 PIV解析、補正、画像合成のフロー

本研究では任意の時刻及び測定点のPIV解析結果に対して周囲の空間の速度情報、**前後時刻の速度情報**を参照する補間による誤ベクトルの補正方法の検討を行う。

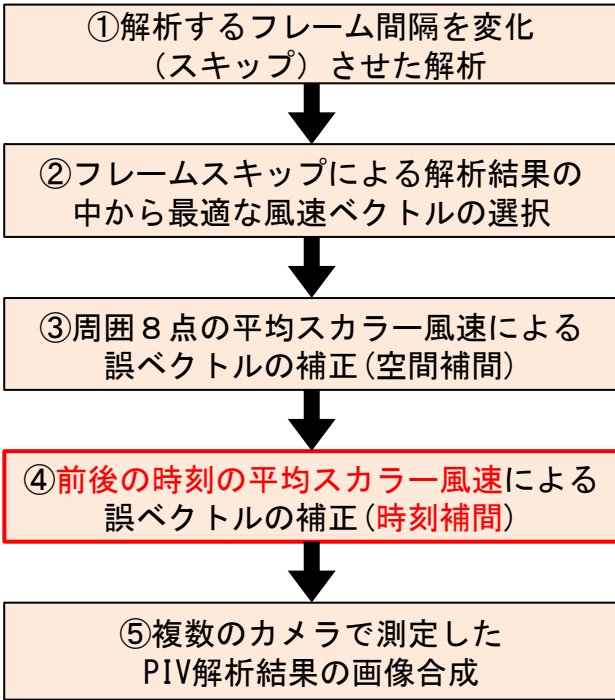


表1 代表的な実験・解析case

	障害物	風向	8近傍計測点平均による補間対象	前後フレーム平均による補間対象
case1-1	机を模擬した箱 (900[mm] × 900[mm] × 900[mm])	水平から下向き 51[°]	補間しない	補間しない
case1-2				
case1-3			周囲8点の平均スカラー風速に対して0.2倍以上 又は1.8倍以上	前後の時刻における平均スカラー風速に対して5倍以上
case1-4				3倍以上
case1-5				2倍以上
case1-6				補間しない
case1-7				5倍以上
case1-8			0.4倍以上 又は1.6倍以上	3倍以上
case1-9				2倍以上
case1-10				補間しない
case1-11			0.6倍以上 又は1.4倍以上	5倍以上
case1-12				3倍以上
case1-13				2倍以上

図2 PIV解析、補正、画像合成のフロー

まず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は**周囲8点の各風速成分の平均風速**※<sup>2</sup>により補間する(空間補間)。

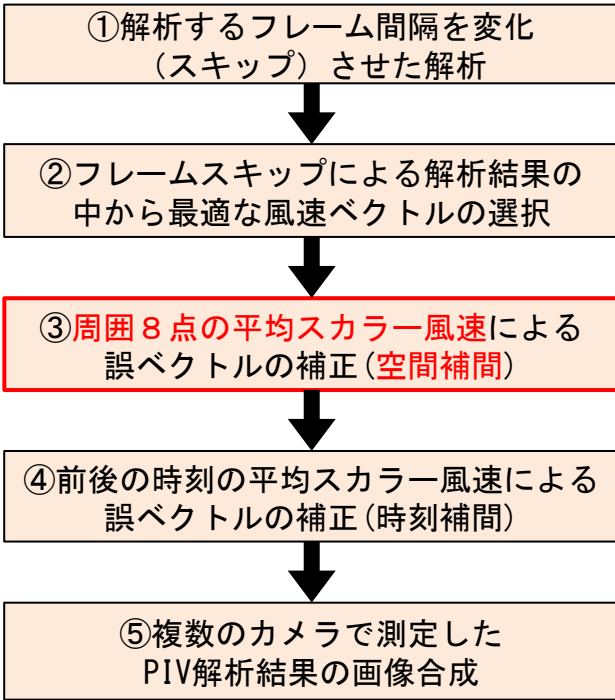


図2 PIV解析、補正、画像合成のフロー

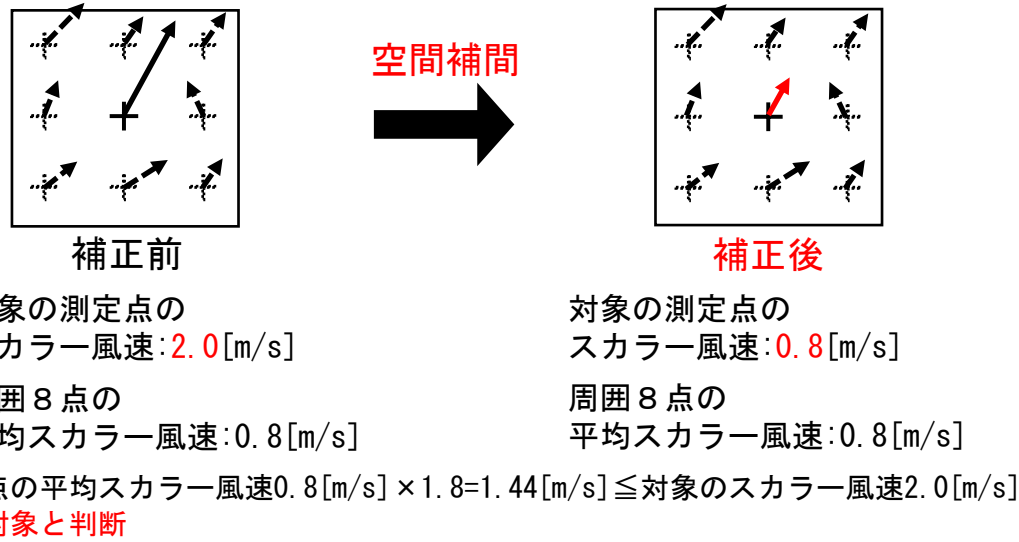


図3 PIV解析結果における誤ベクトルの補間による補正方法

※<sup>2</sup> 平均する周囲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5倍以内のベクトルとし、5倍以上のベクトルは平均に含めない。

その後、前後の時刻の平均スカラー風速に対して一定以上異なる場合は**前後の時刻の平均風速**で補間を行う**(時刻補間)**※3。

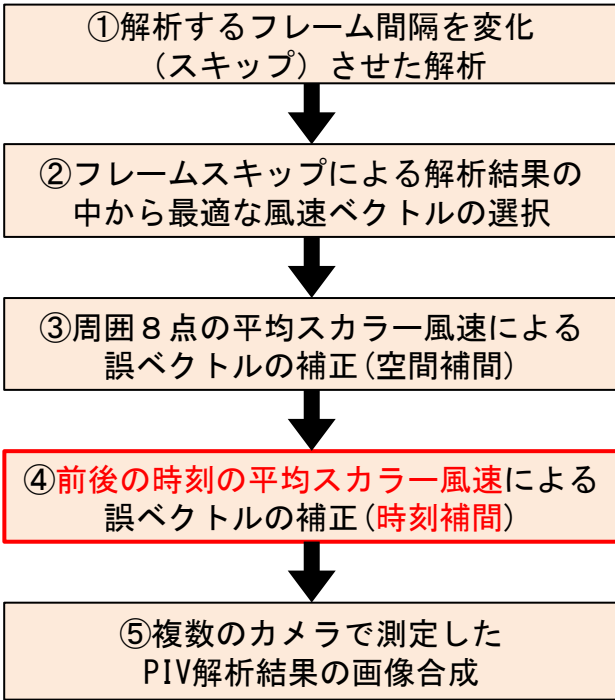
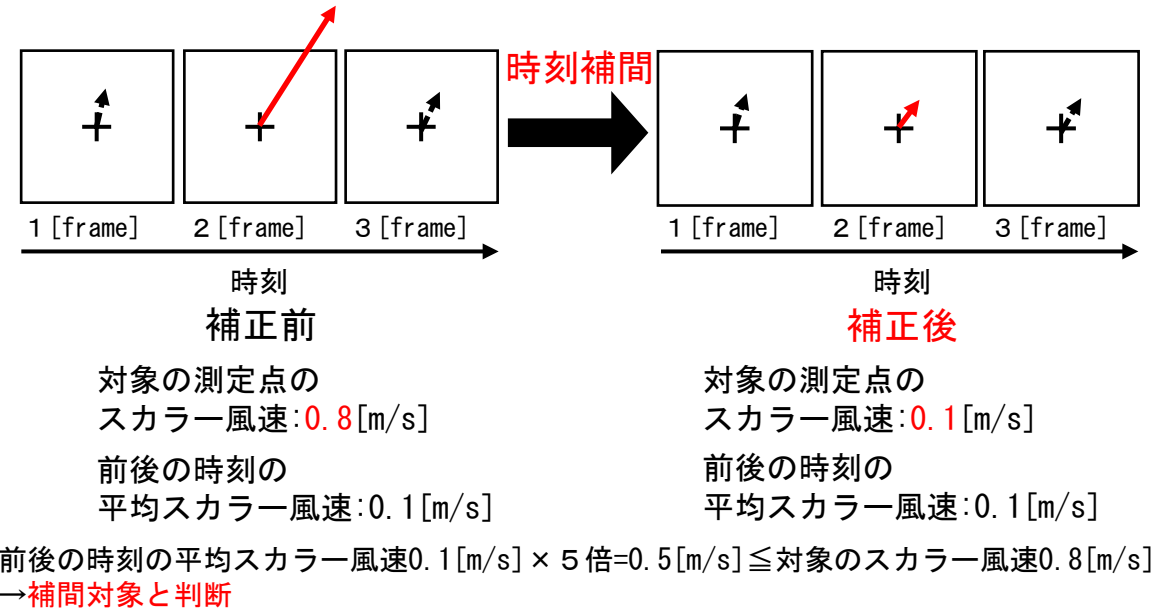


図2 PIV解析、補正、画像合成のフロー



(b) 前後の時刻の平均スカラー風速による補間(時刻補間)

図3 PIV解析結果における誤ベクトルの補間による補正方法

※3 補間対象となるベクトルが10[frame]以上連続している場合、時間平均風速で補間する。

本研究では**カメラA**の撮影範囲が重複する領域では、各カメラの同じ測定点において**算出された風速成分を平均すること**で解析結果を合成する。

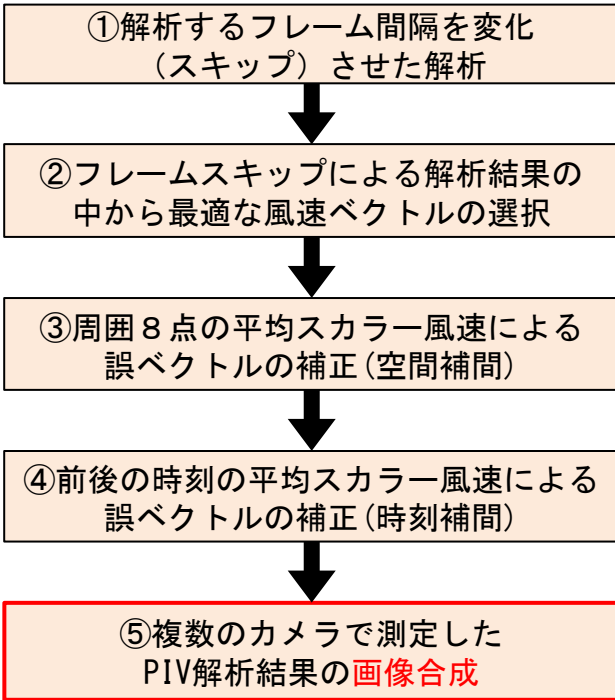


図2 PIV解析、補正、画像合成のフロー

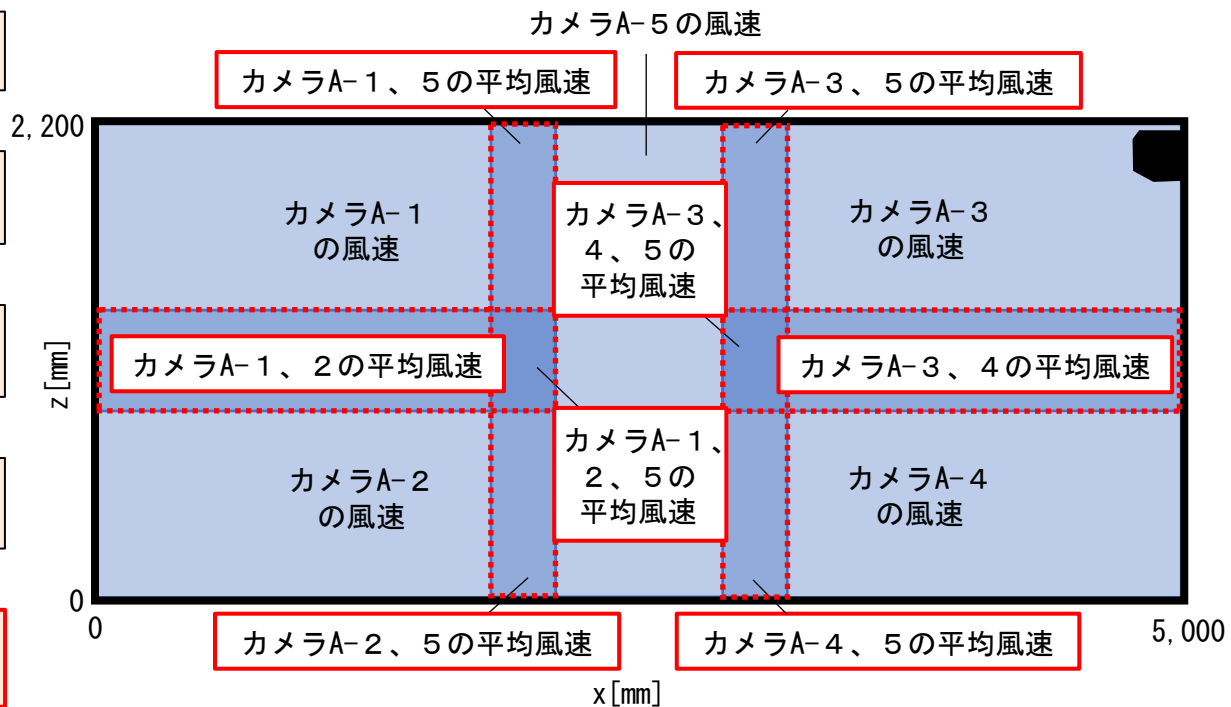


図4 可視化断面の各範囲におけるPIV解析結果の合成方法

また家庭用エアコンの近傍、チャンバー隅角部を撮影している**カメラBの範囲**では、**カメラBの解析結果のみ**を用いて合成を行う。

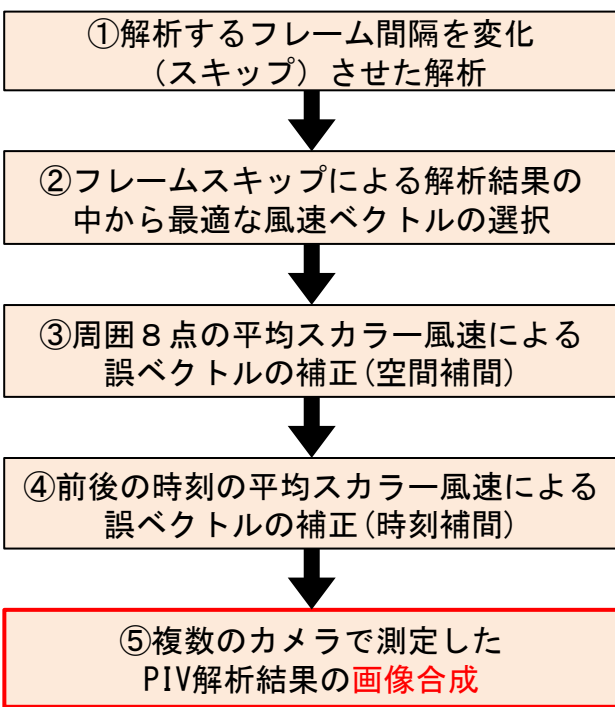


図2 PIV解析、補正、画像合成のフロー

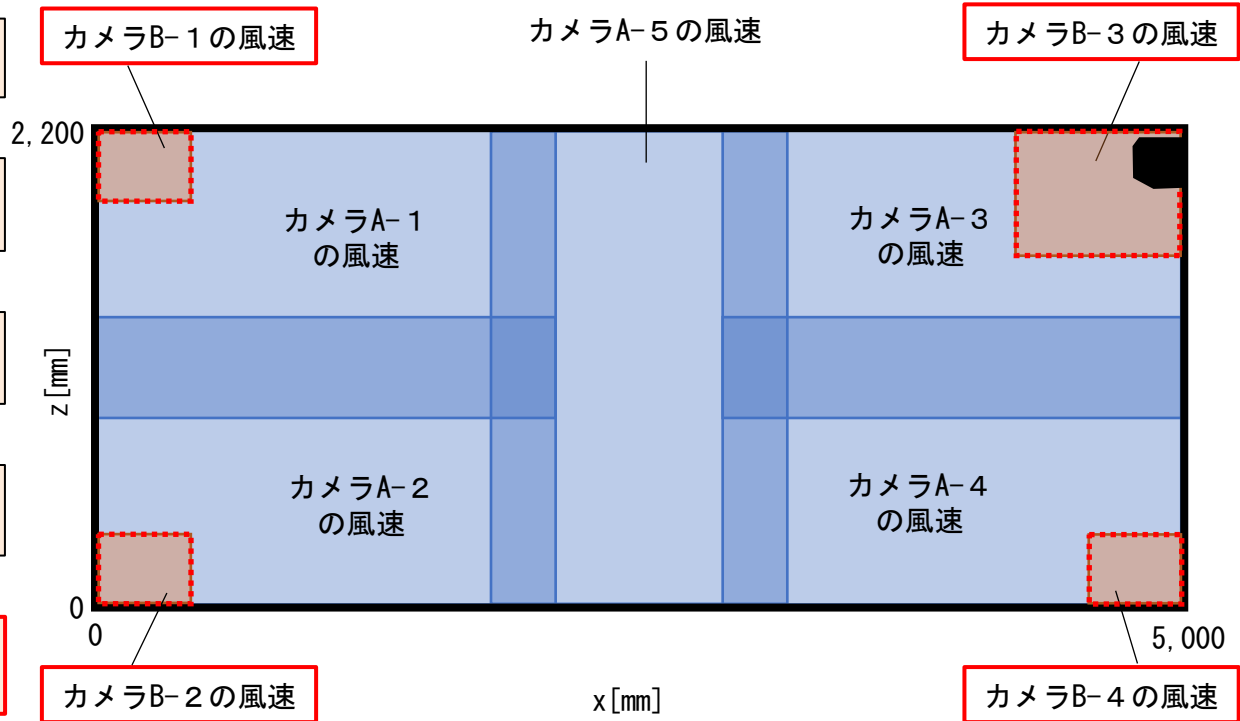
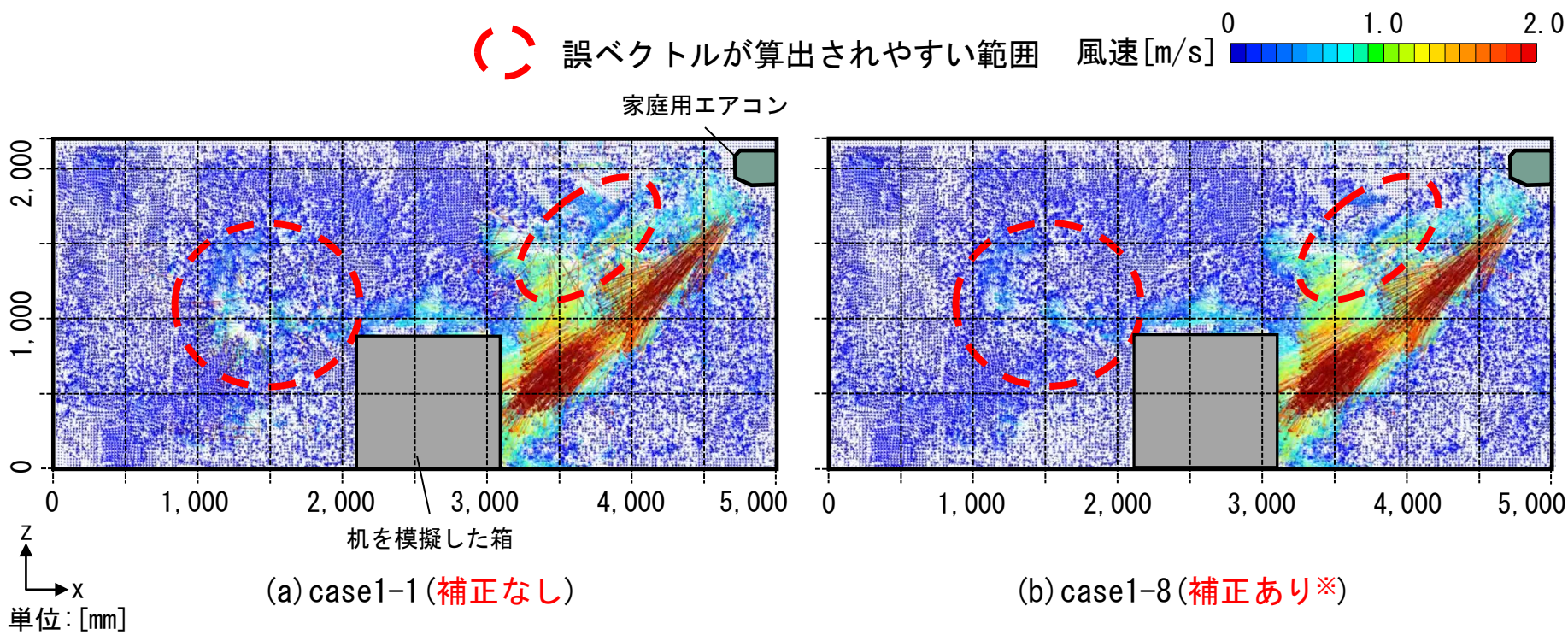


図4 可視化断面の各範囲におけるPIV解析結果の合成方法

# 実験結果





本研究では空間及び時刻補間のパラメータを変化させ、**風速ベクトルの補正状況及び補正率の比較**を行う。

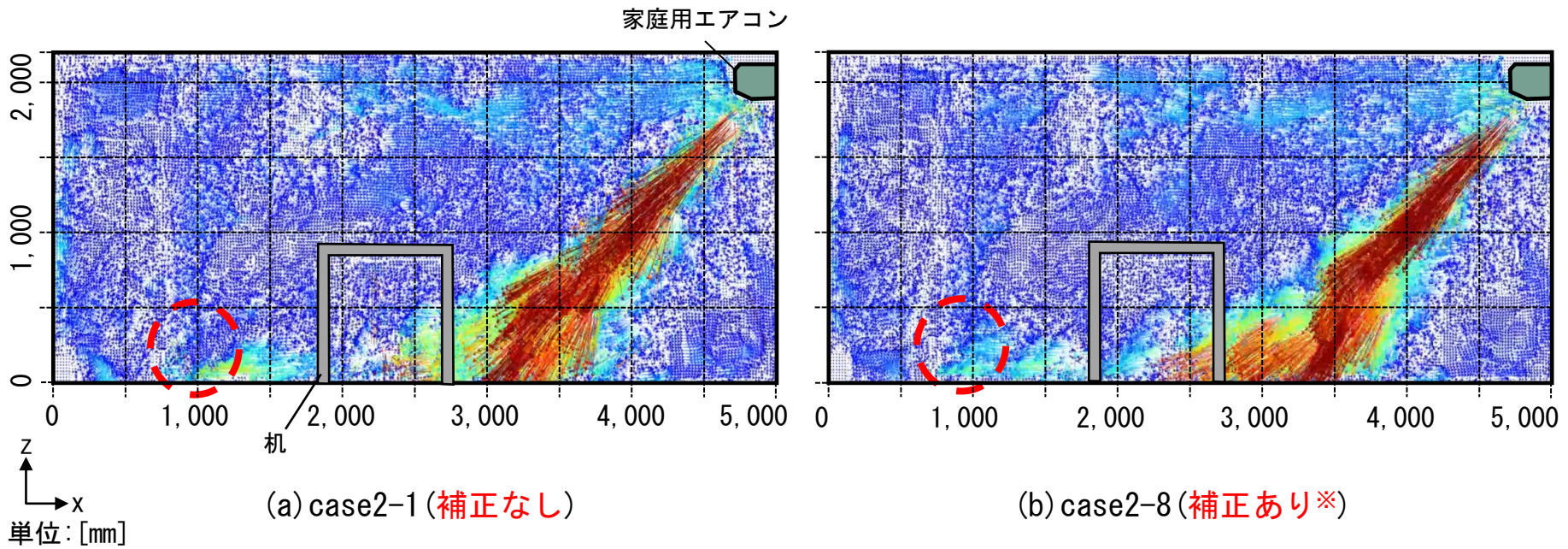


動画 風速ベクトル分布 (case1 (障害物: 机を模擬した箱、風向: 水平下向き51[°]))

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

補間の前後では、室内全体の気流分布に大きな変化はないが、**床面付近や壁面隅角部、エアコン吹出上部**に散見される周囲と比較して異常に速い風速ベクトルは誤ベクトルと考えられる。

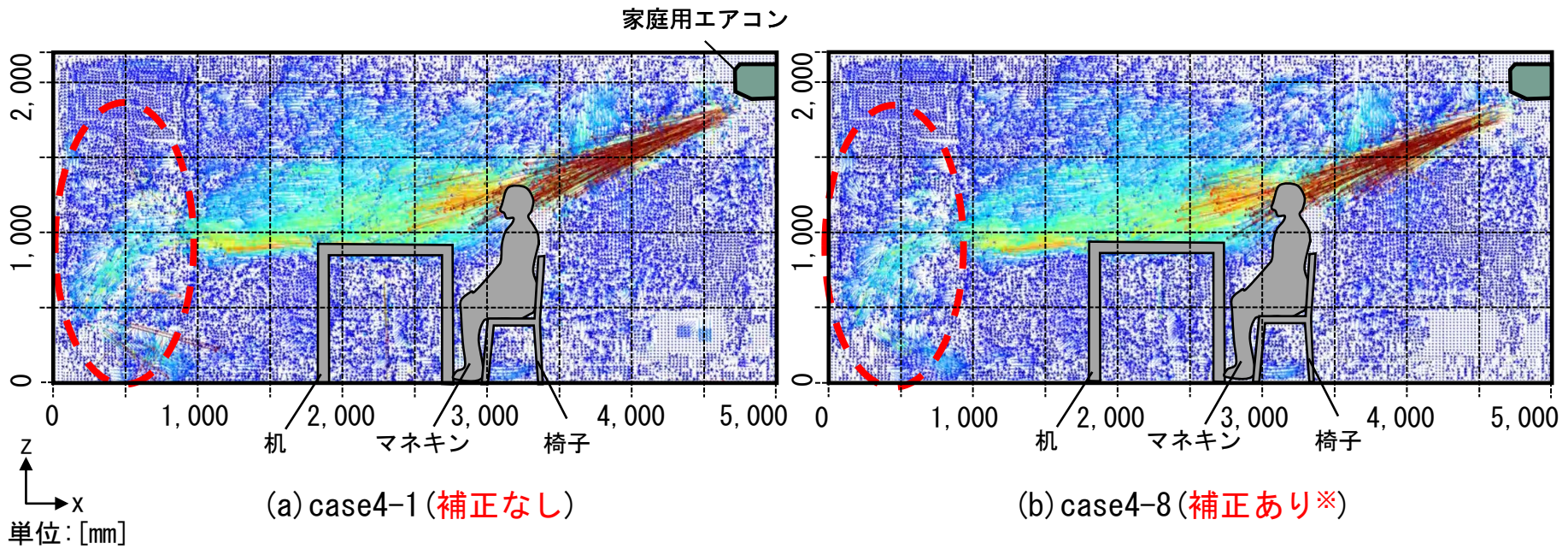
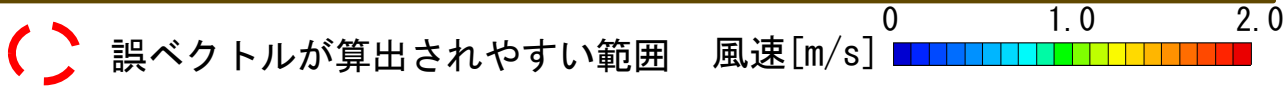

 誤ベクトルが算出されやすい範囲
 風速 [m/s]




動画 風速ベクトル分布 (case2 (障害物: 机、風向: 水平下向き51[°]))

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

**周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下又は1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間を行った場合、補間の前後で室内全体の気流分布に大きな変化はないが、周囲と比較して明らかな誤ベクトルが減少している。**



動画 風速ベクトル分布 (case4 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平下向き22[°]))  
 ※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

# 実験結果 各caseにおける補正率の比較

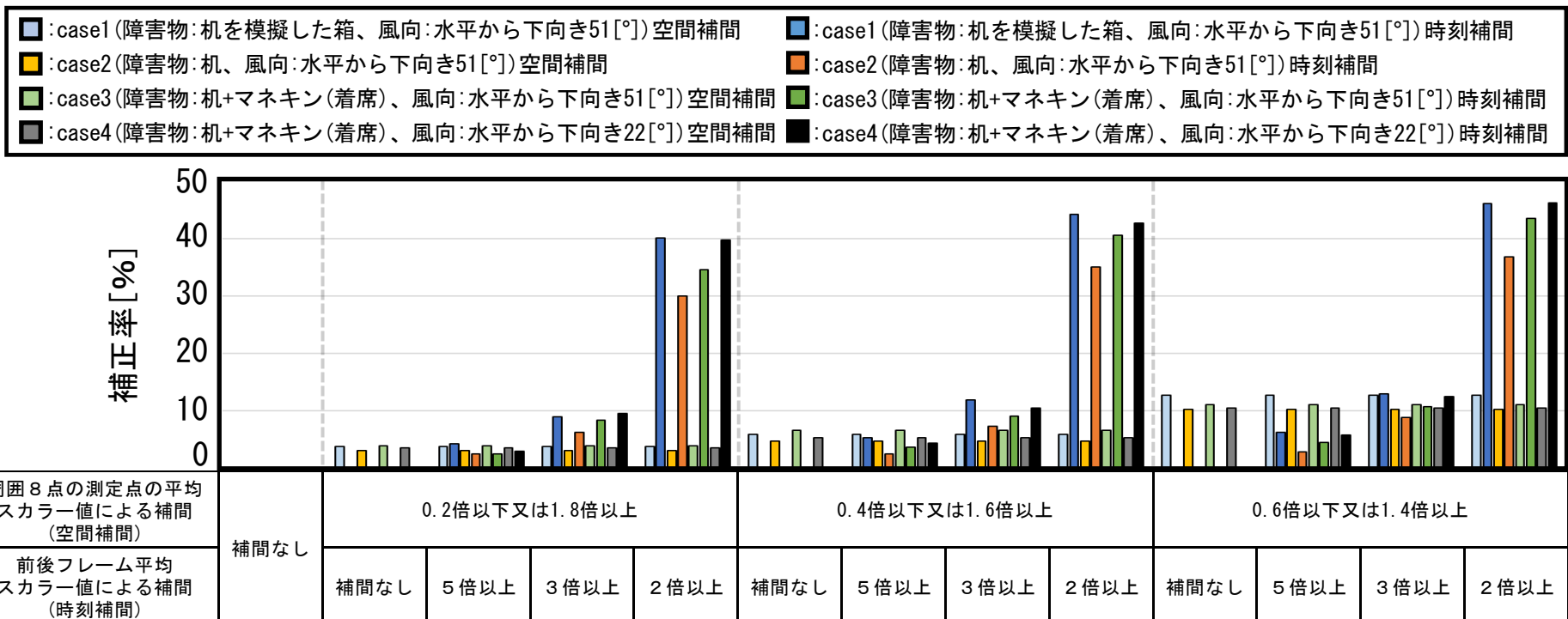


図5 各caseにおける補正率※4

※4 補正率は補間された測定点数をベクトルが算出された測定点数で除したものである。空間補間の場合は最適な風速ベクトルの選択後、周囲8点の測定点の平均スカラー風速によって補間された測定点数、時刻補間の場合では前後の時刻の平均スカラー風速によって補間された測定点数で補正率を算出する。

**周囲8点の測定点の平均スカラー風速の0.4倍以下又は1.6倍以上で補間を行うと、全てのcaseで5 [%]程度の補正率となる。**

- : case1 (障害物: 机を模擬した箱、風向: 水平から下向き51[°]) 空間補間
- : case1 (障害物: 机を模擬した箱、風向: 水平から下向き51[°]) 時刻補間
- : case2 (障害物: 机、風向: 水平から下向き51[°]) 空間補間
- : case2 (障害物: 机、風向: 水平から下向き51[°]) 時刻補間
- : case3 (障害物: 机+マネキン(着席)、風向: 水平から下向き51[°]) 空間補間
- : case3 (障害物: 机+マネキン(着席)、風向: 水平から下向き51[°]) 時刻補間
- : case4 (障害物: 机+マネキン(着席)、風向: 水平から下向き22[°]) 空間補間
- : case4 (障害物: 机+マネキン(着席)、風向: 水平から下向き22[°]) 時刻補間

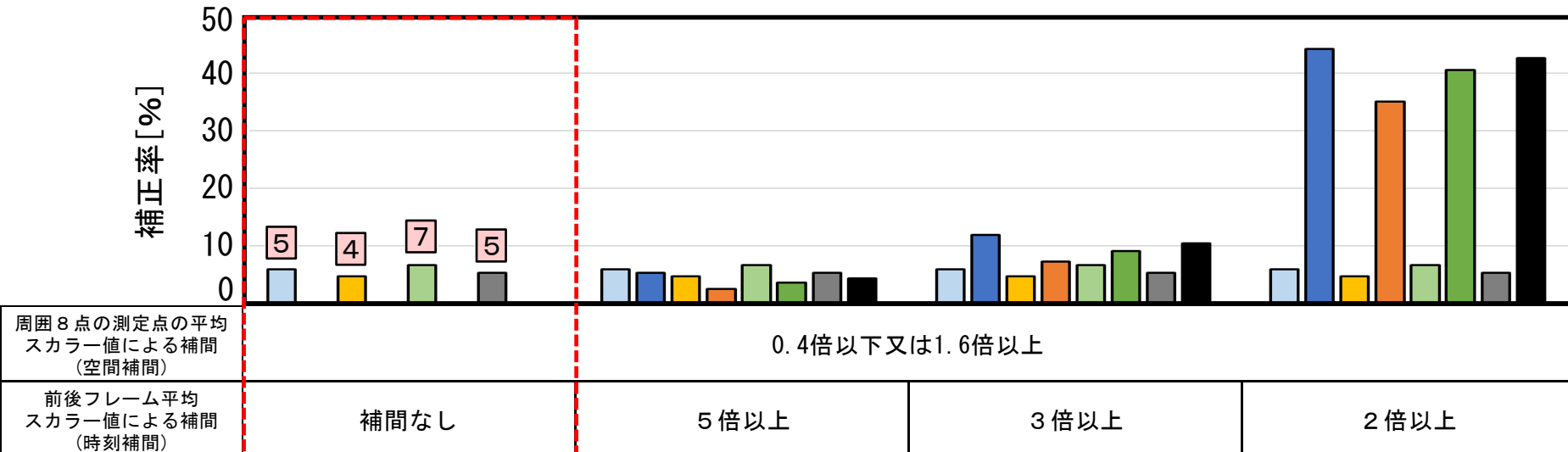


図5 代表的なcaseにおける補正率※4

※4 補正率は補間された測定点数をベクトルが算出された測定点数で除したものである。空間補間の場合では最適な風速ベクトルの選択後、周囲8点の測定点の平均スカラー風速によって補間された測定点数、時刻補間の場合では前後の時刻の平均スカラー風速によって補間された測定点数で補正率を算出する。

前後の時刻の平均スカラー風速の2倍以上で補間を行うとcase1、case3、case4で40[%]、case2で30[%]を超過する補正率となる。

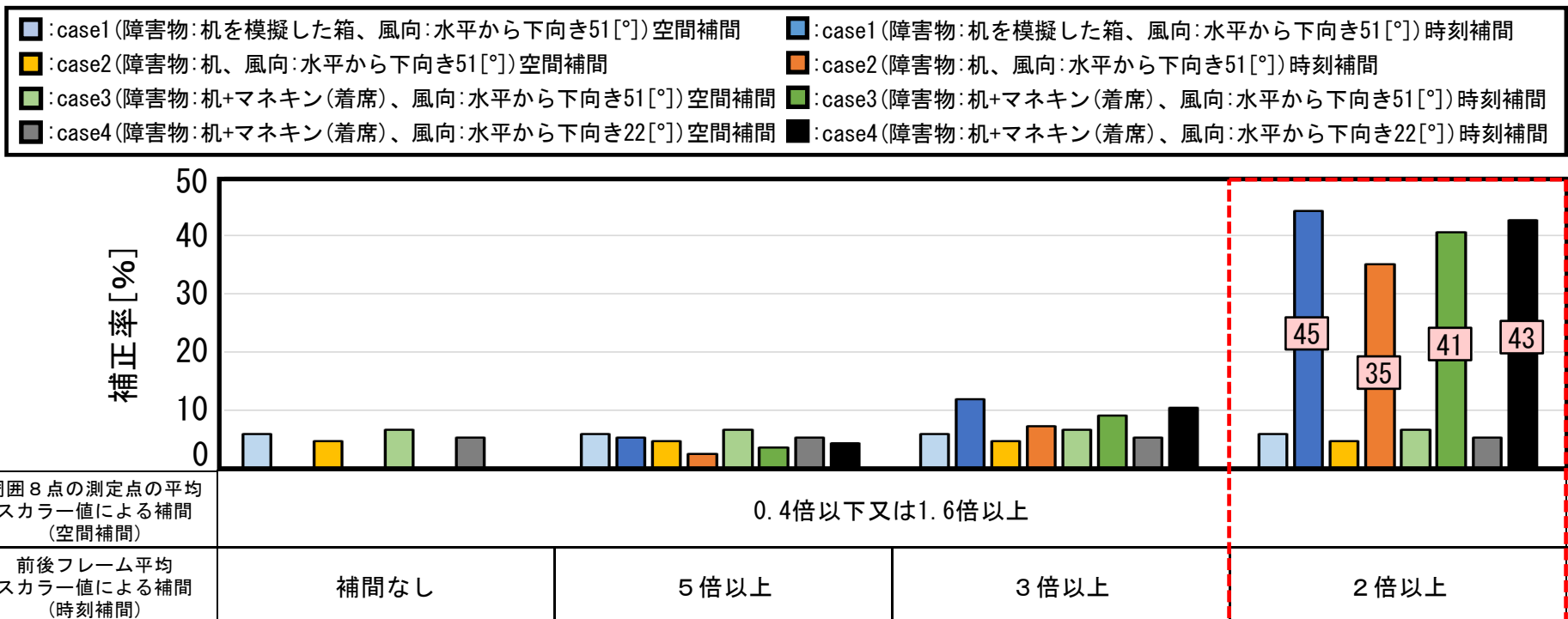
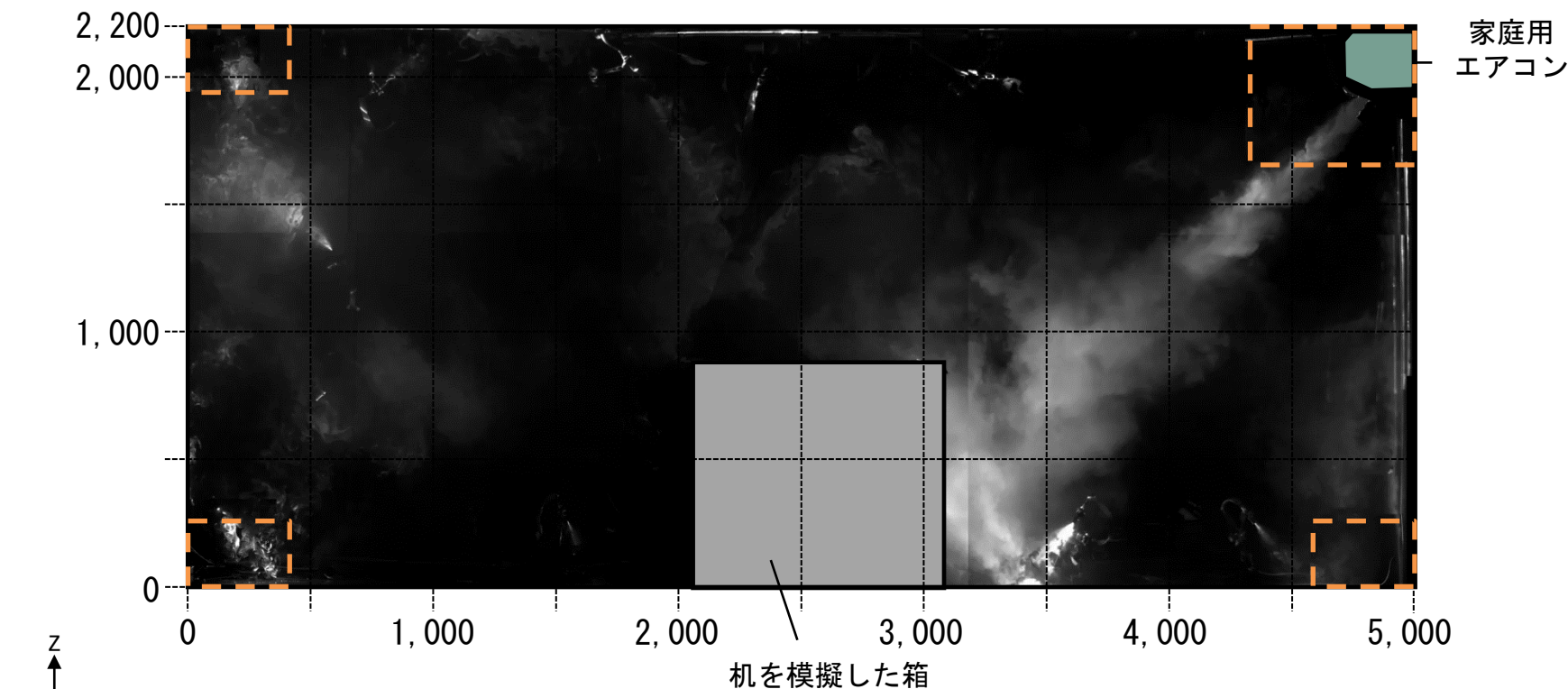


図5 代表的なcaseにおける補正率※4

※4 補正率は補間された測定点数をベクトルが算出された測定点数で除したものである。空間補間の場合では最適な風速ベクトルの選択後、周囲8点の測定点の平均スカラー風速によって補間された測定点数、時刻補間の場合では前後の時刻の平均スカラー風速によって補間された測定点数で補正率を算出する。

# 各caseの気流性状 case1 (障害物:机を模擬した箱、風向:水平から下向き51[°])

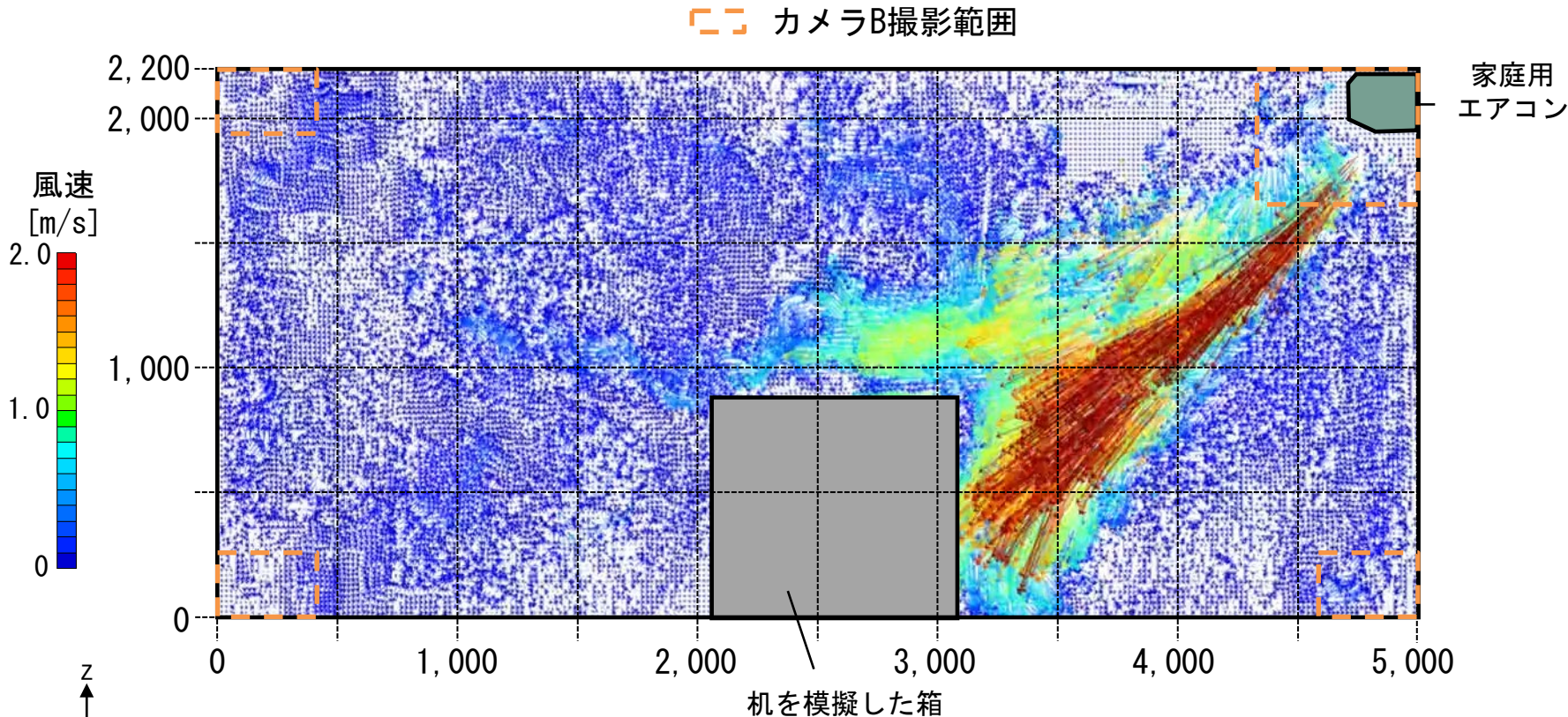
カメラB撮影範囲



(a) case1 (障害物:机を模擬した箱、風向:水平から下向き51[°])

動画 可視化結果

# 各caseの気流性状 case1 (障害物: 机を模擬した箱、風向: 水平から下向き51[°])



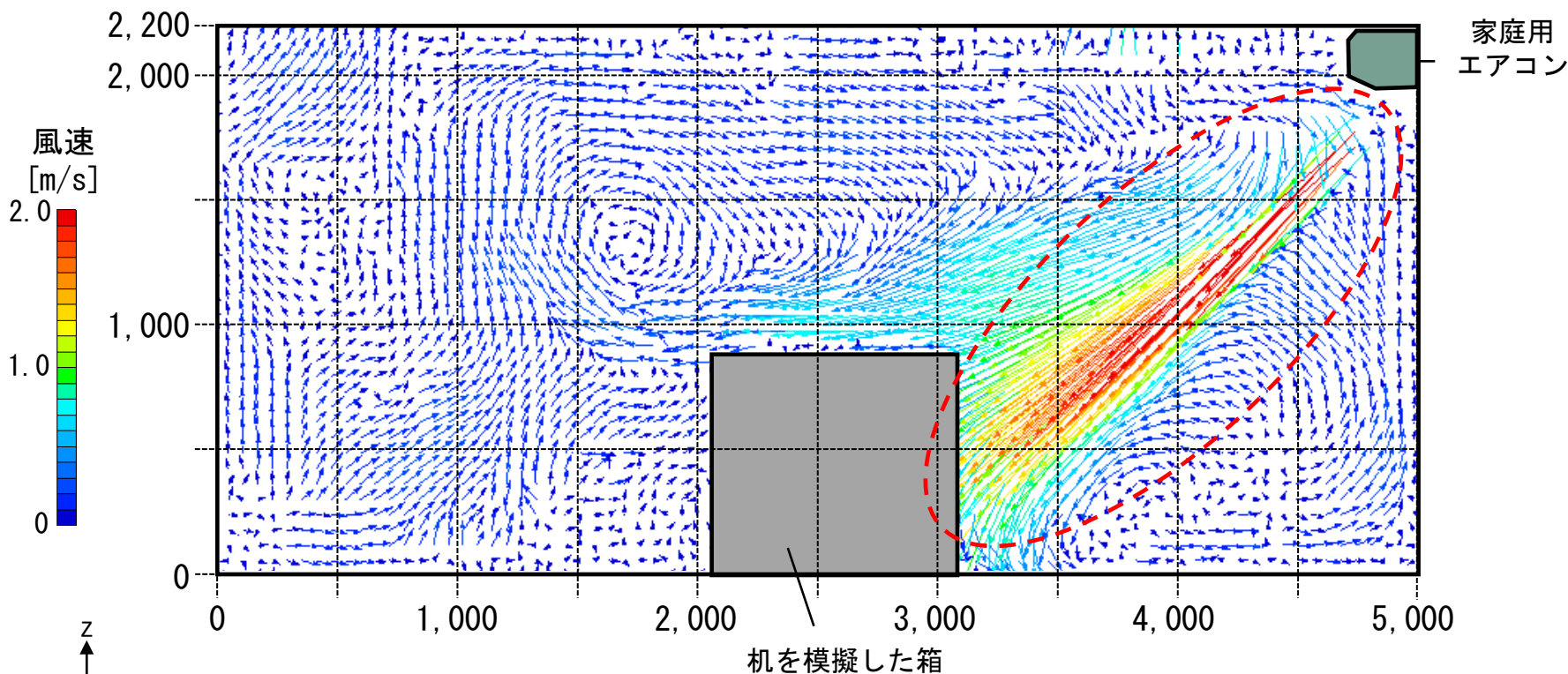
(a) case1-8 (障害物: 机を模擬した箱、風向: 水平から下向き51[°])

動画 風速ベクトル分布 (補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。



case1 (障害物:机を模擬した箱、風向:水平下向き51[°])では、エアコン吹出部分の中心で風速は約2.5[m/s]となり、吹出気流は風速約2.0[m/s]で箱右側面に到達する。

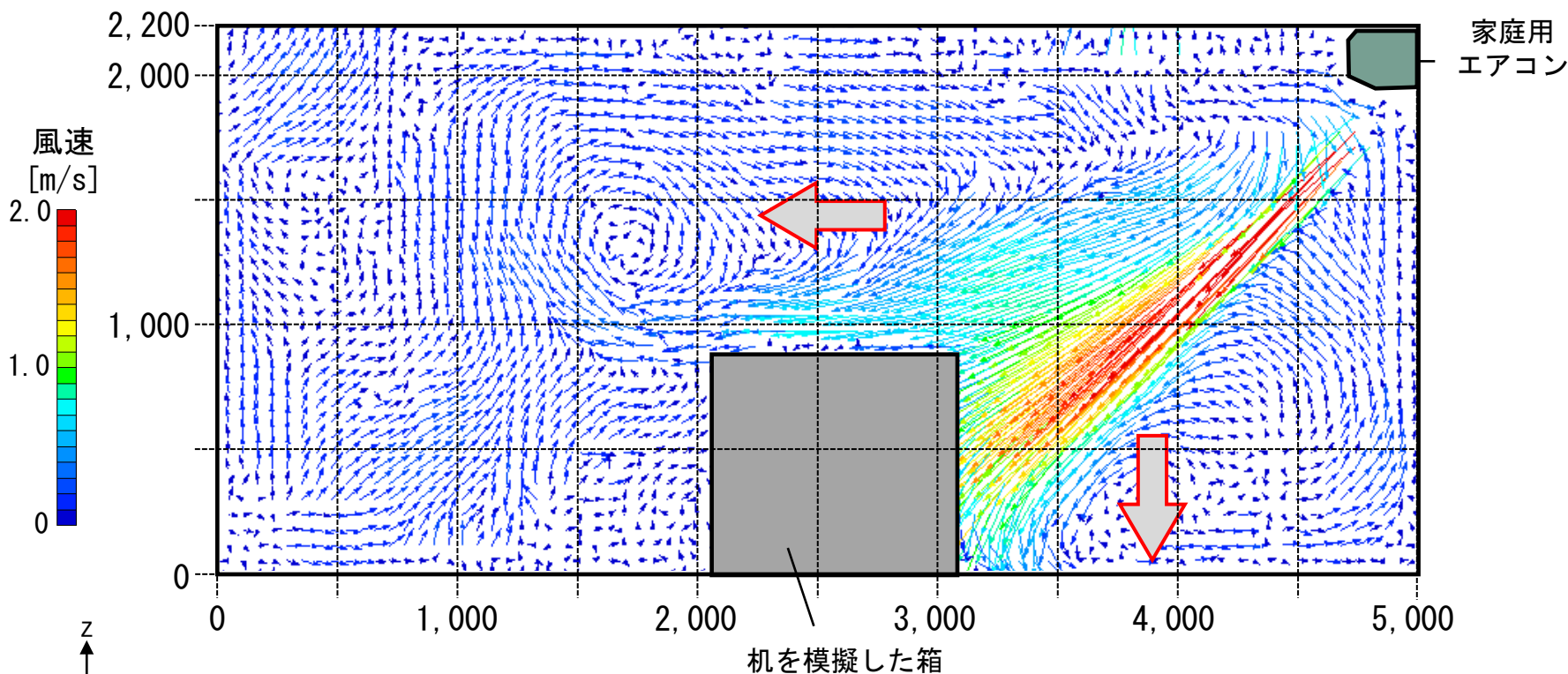


(a) case1-8 (障害物:机を模擬した箱、風向:水平から下向き51[°])

図6 平均風速ベクトル分布 (補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

箱右側面付近では吹出気流が風速0.5~1.0[m/s]で箱上部とチャンバー床面に分かれる。

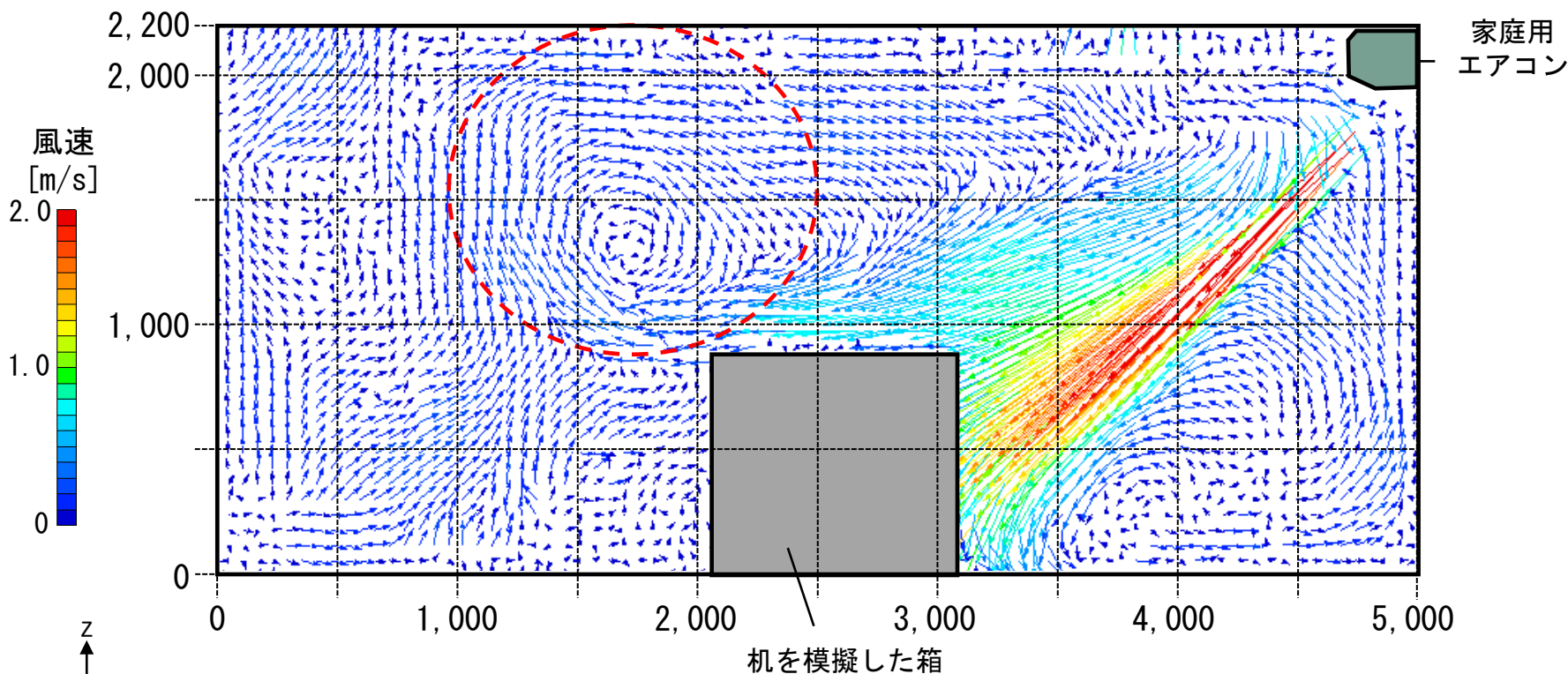


(a) case1-8 (障害物: 机を模擬した箱、風向: 水平から下向き51[°])

図6 平均風速ベクトル分布 (補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

**箱上部**の気流はチャンバー左下隅角部からの気流と合流し**箱左上**付近で**循環流**を形成する。

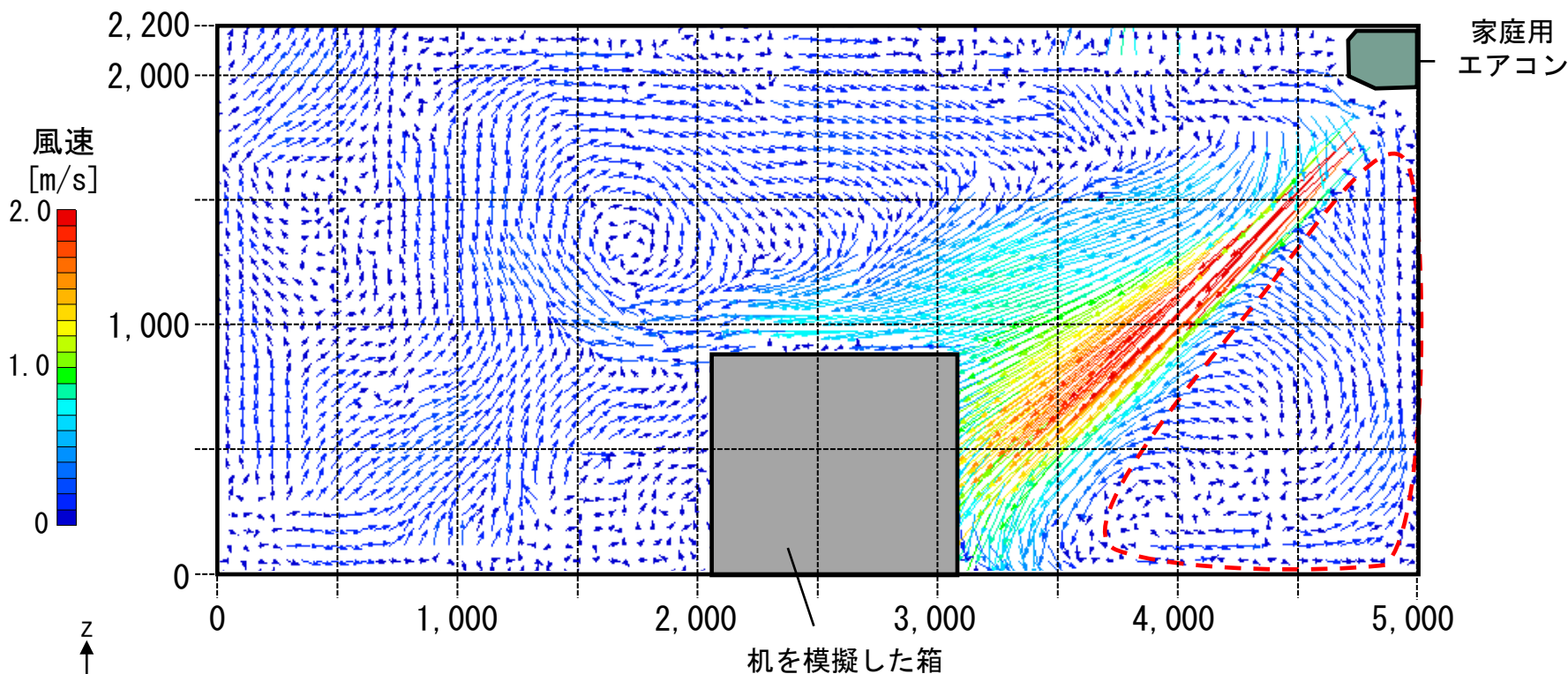


(a) case1-8 (障害物: 机を模擬した箱、風向: 水平から下向き51[°])

図6 平均風速ベクトル分布 (補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

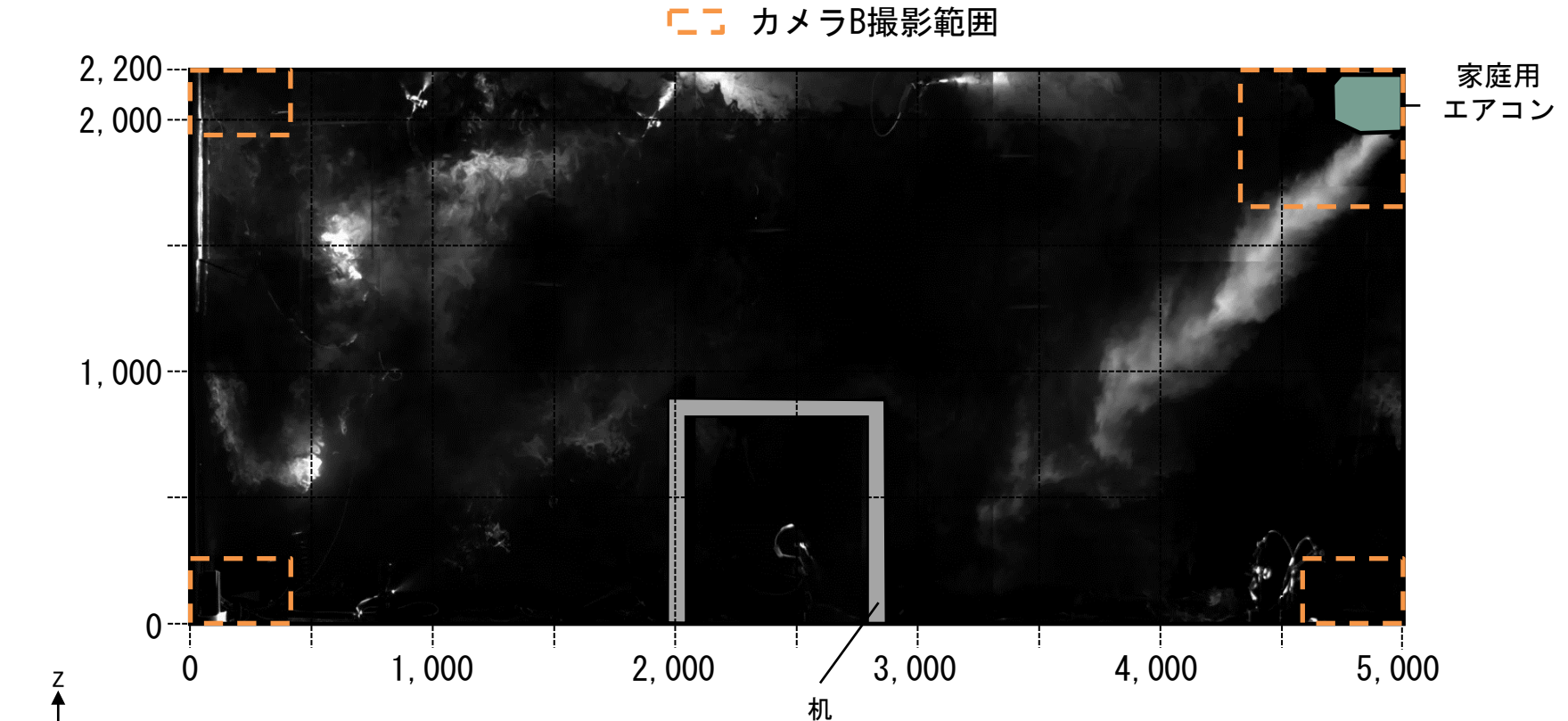
**チャンバ床面の気流はチャンバ右壁面に沿って風速0.1~0.5[m/s]で循環流を形成する。**



(a) case1-8 (障害物: 机を模擬した箱、風向: 水平から下向き51[°])

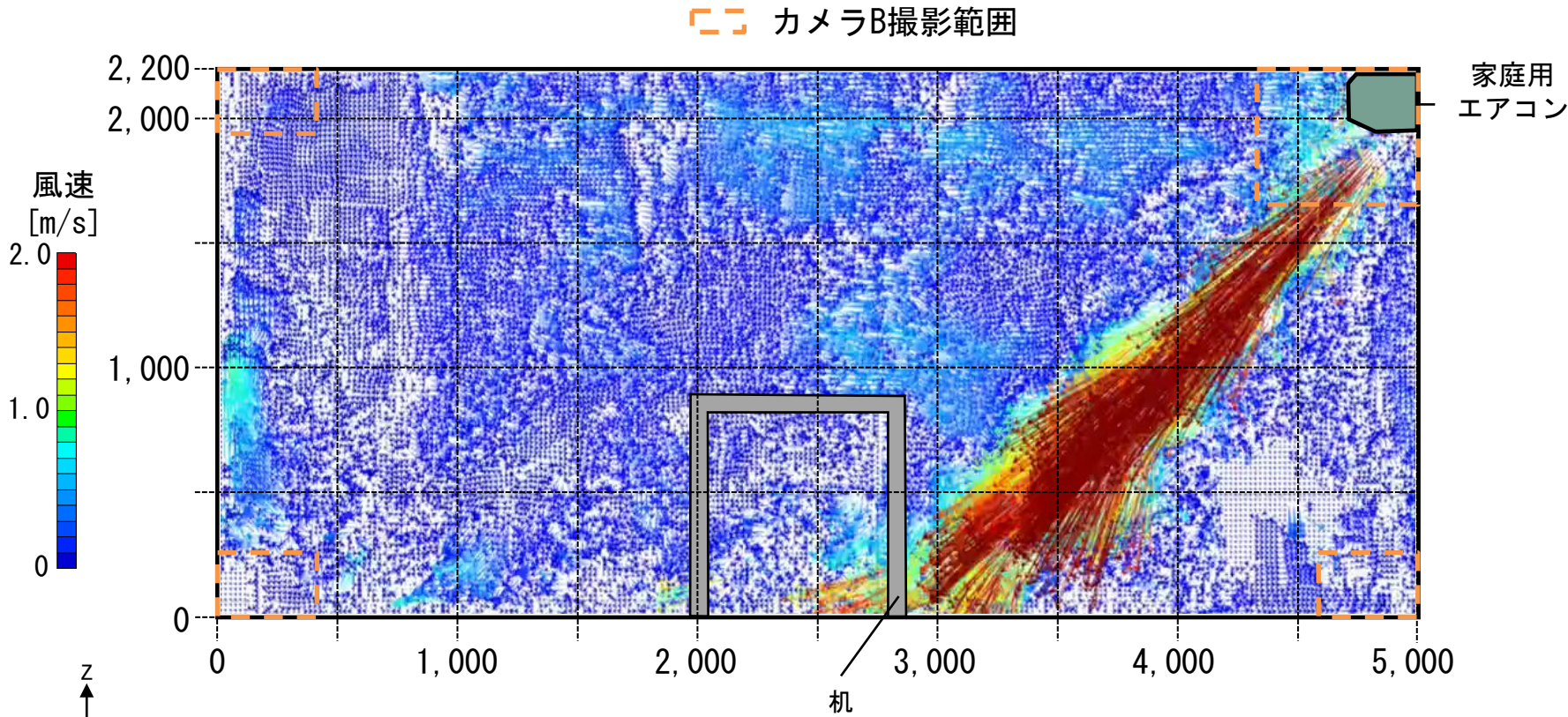
図6 平均風速ベクトル分布 (補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。



(b) case2 (障害物:机、風向:水平下向き51[°])  
動画 可視化結果

# 各caseの気流性状 case2 (障害物:机、風向:水平から下向き51[°])

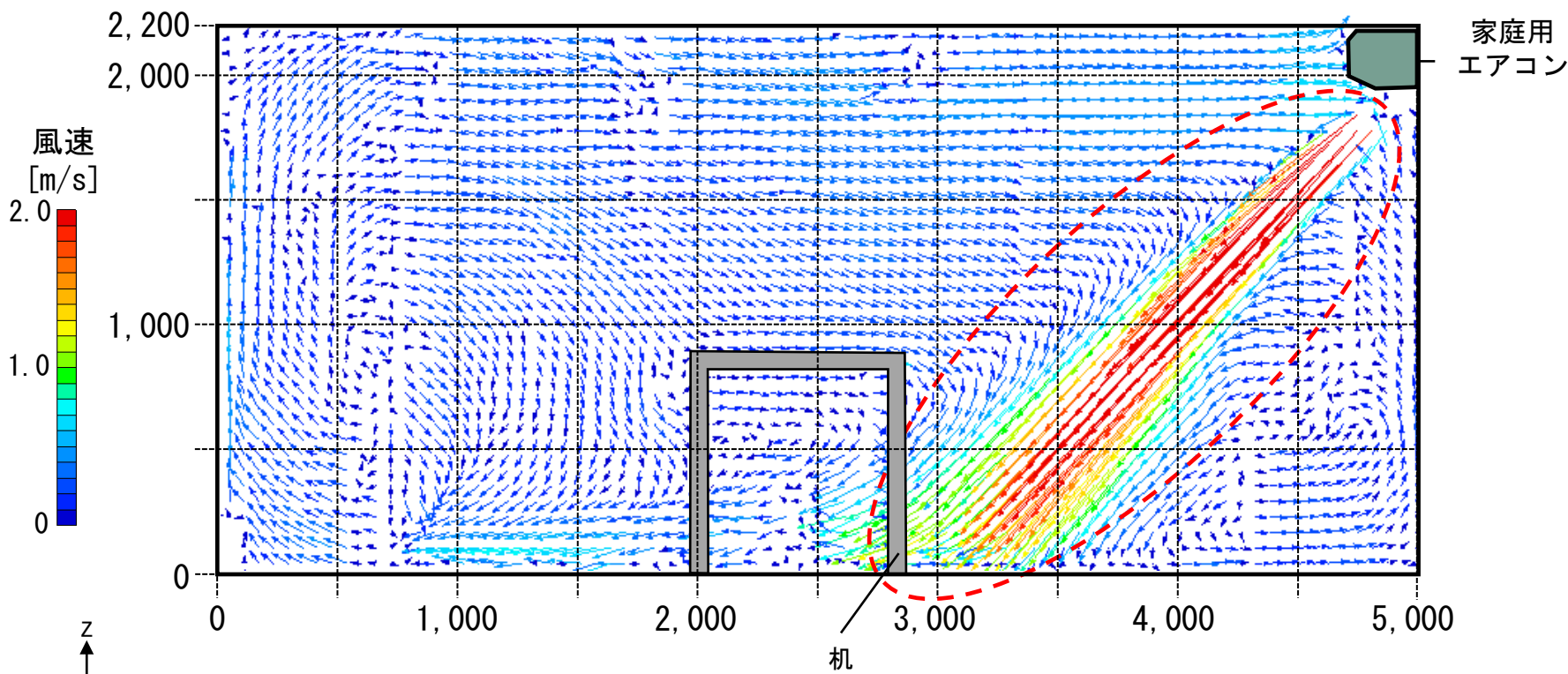


(b) case2-8 (障害物:机、風向:水平下向き51[°])

動画 風速ベクトル分布 (補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

case2 (障害物:机、風向:水平下向き51[°])では、エアコン吹出部分の中心で風速は約3.0[m/s]となり、吹出気流は風速1.0~2.0[m/s]で床面付近に到達する。

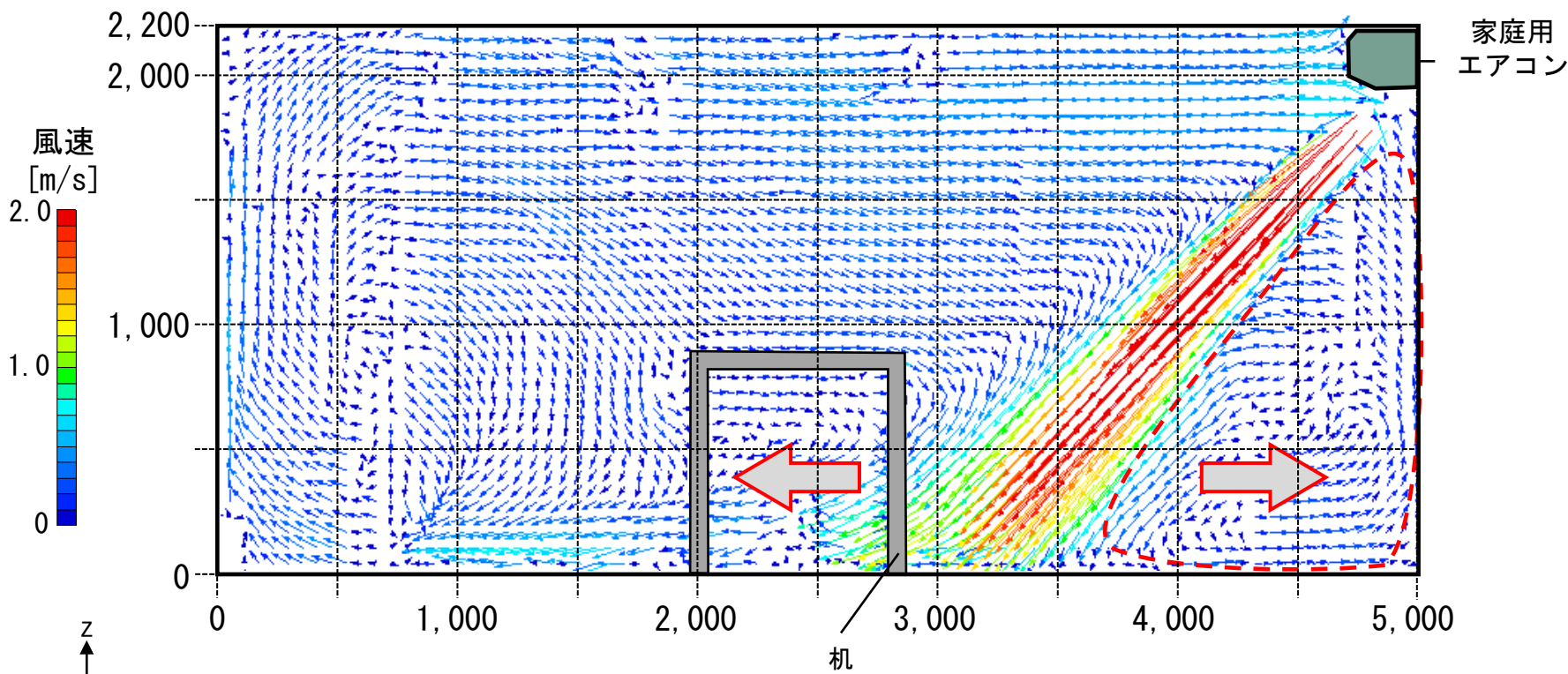


(b) case2-8 (障害物:机、風向:水平下向き51[°])

図6 平均風速ベクトル分布 (補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

床面付近では左右に吹出気流が分かれ、風速0.1~0.5[m/s]で壁面と天井面に沿ってエアコンに向かう循環流が形成される。



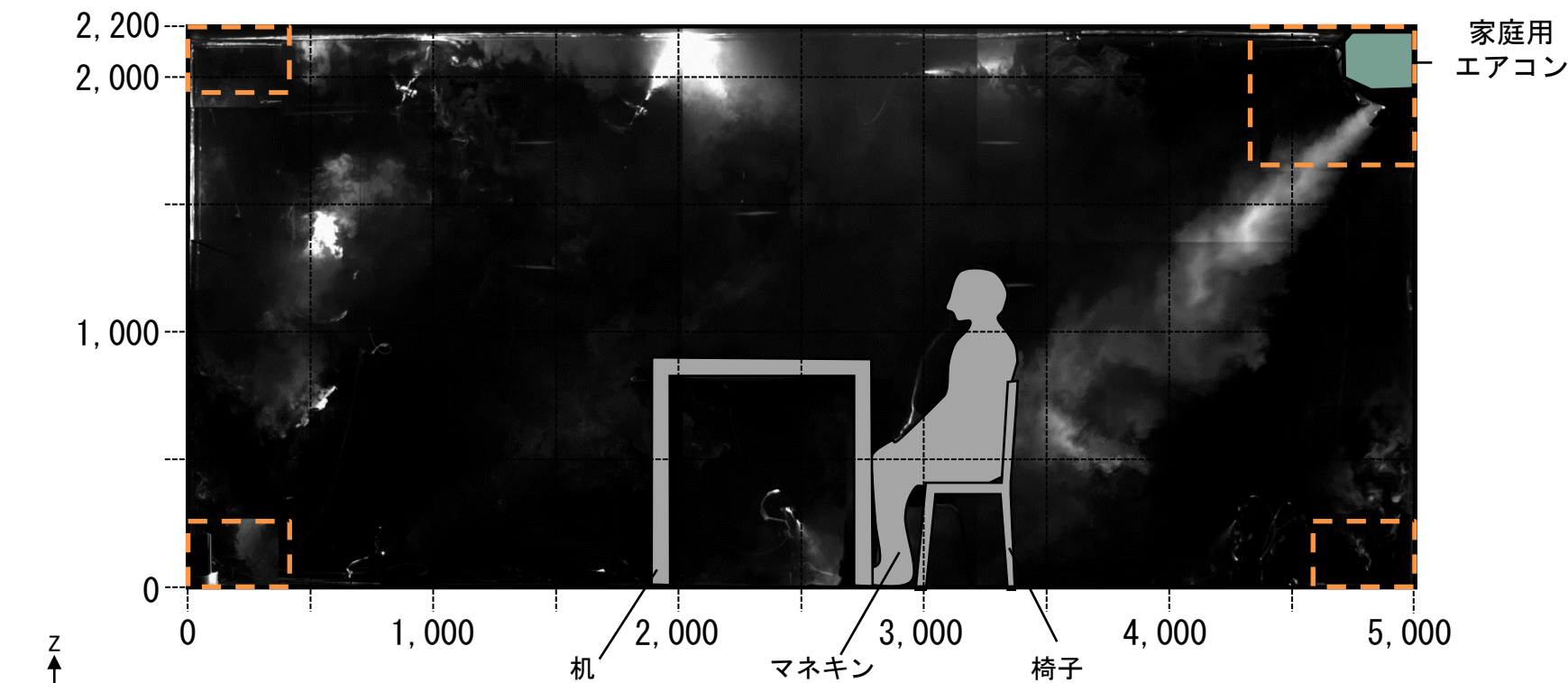
(b) case2-8 (障害物:机、風向:水平下向き51[°])

図6 平均風速ベクトル分布 (補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。



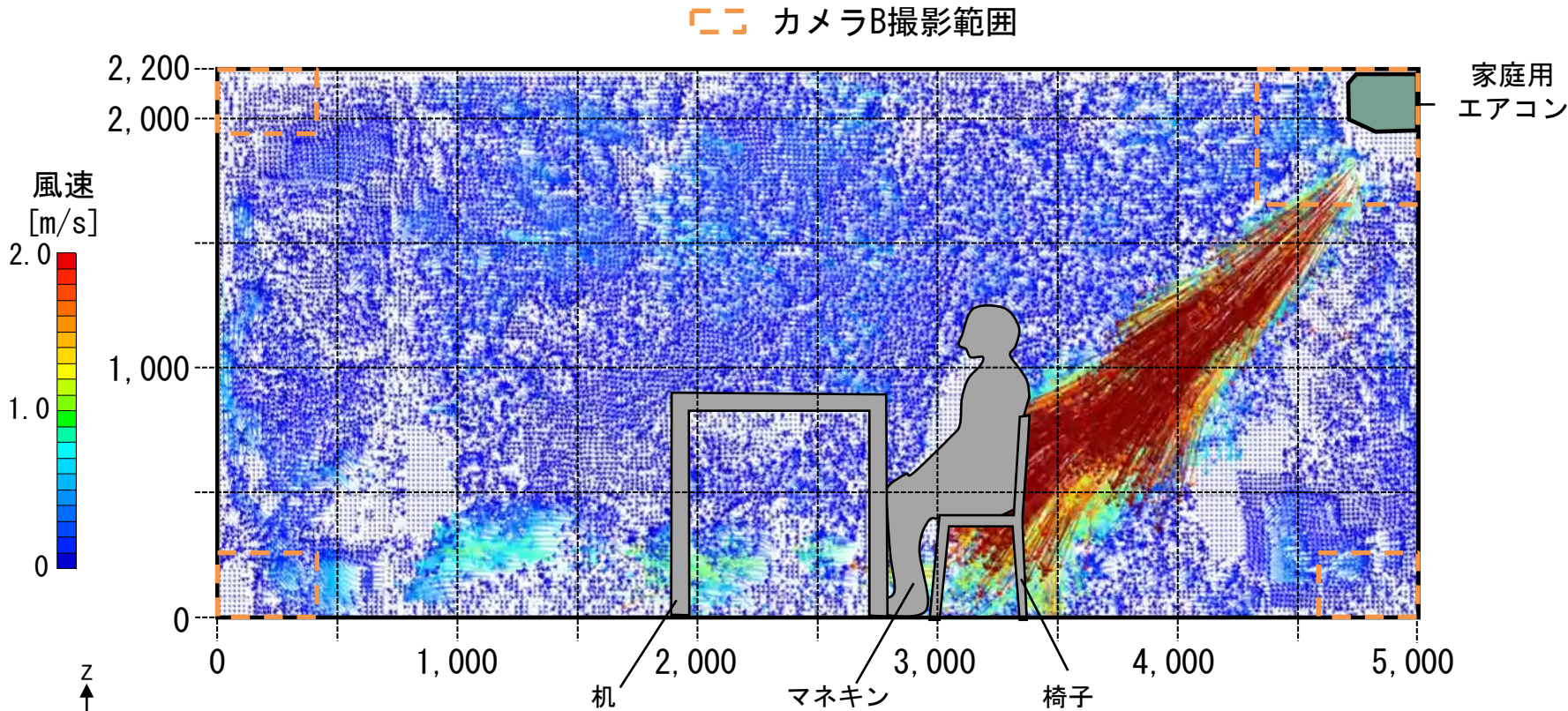
カメラB撮影範囲



(c) case3 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平から下向き51[°])

動画 可視化結果

# 各caseの気流性状 case3 (障害物:机+模擬人体(着席)、風向:水平から下向き51[°])

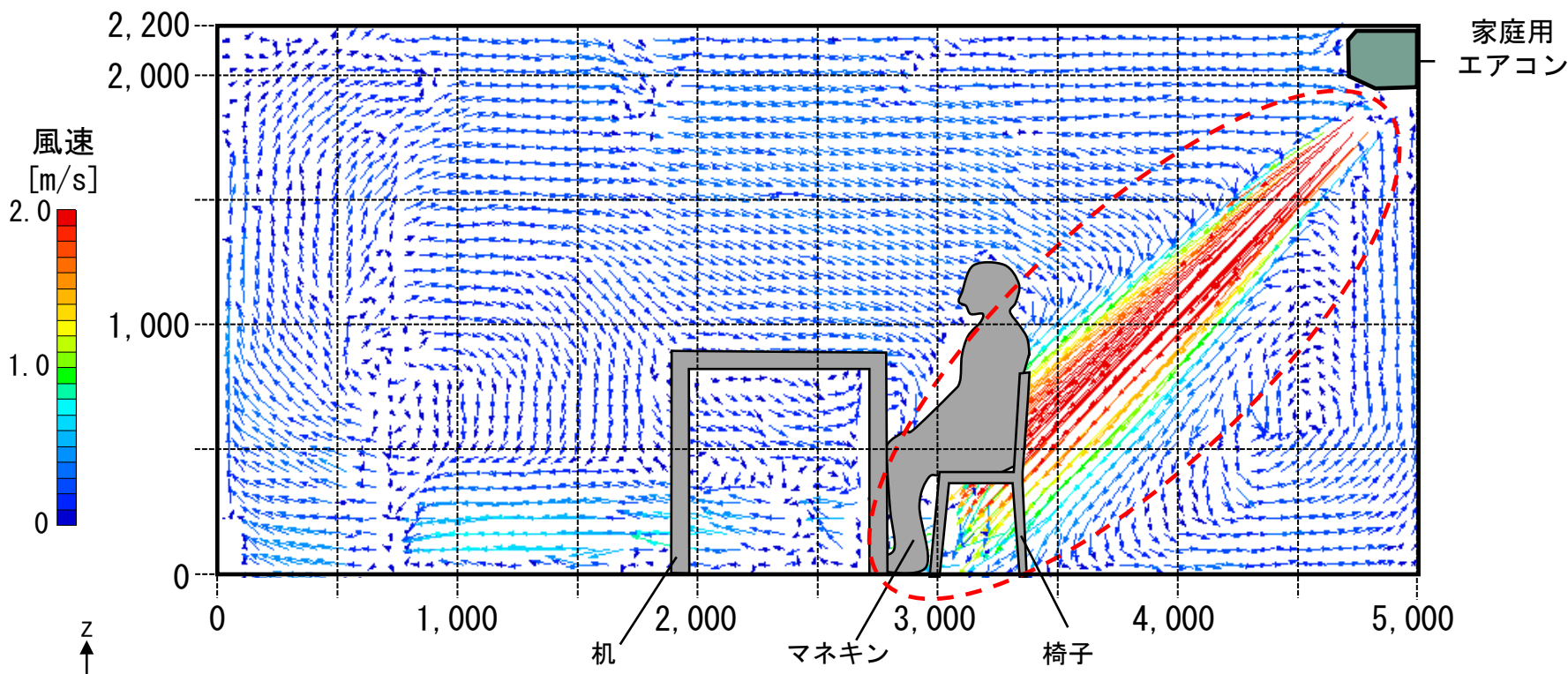


(c) case3-8 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平から下向き51[°])

動画 風速ベクトル分布(補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

case3 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平下向き51[°])では、エアコン吹出部分の中心で風速は約2.5[m/s]となり、吹出気流は風速1.0~2.0[m/s]で床面付近に到達する。

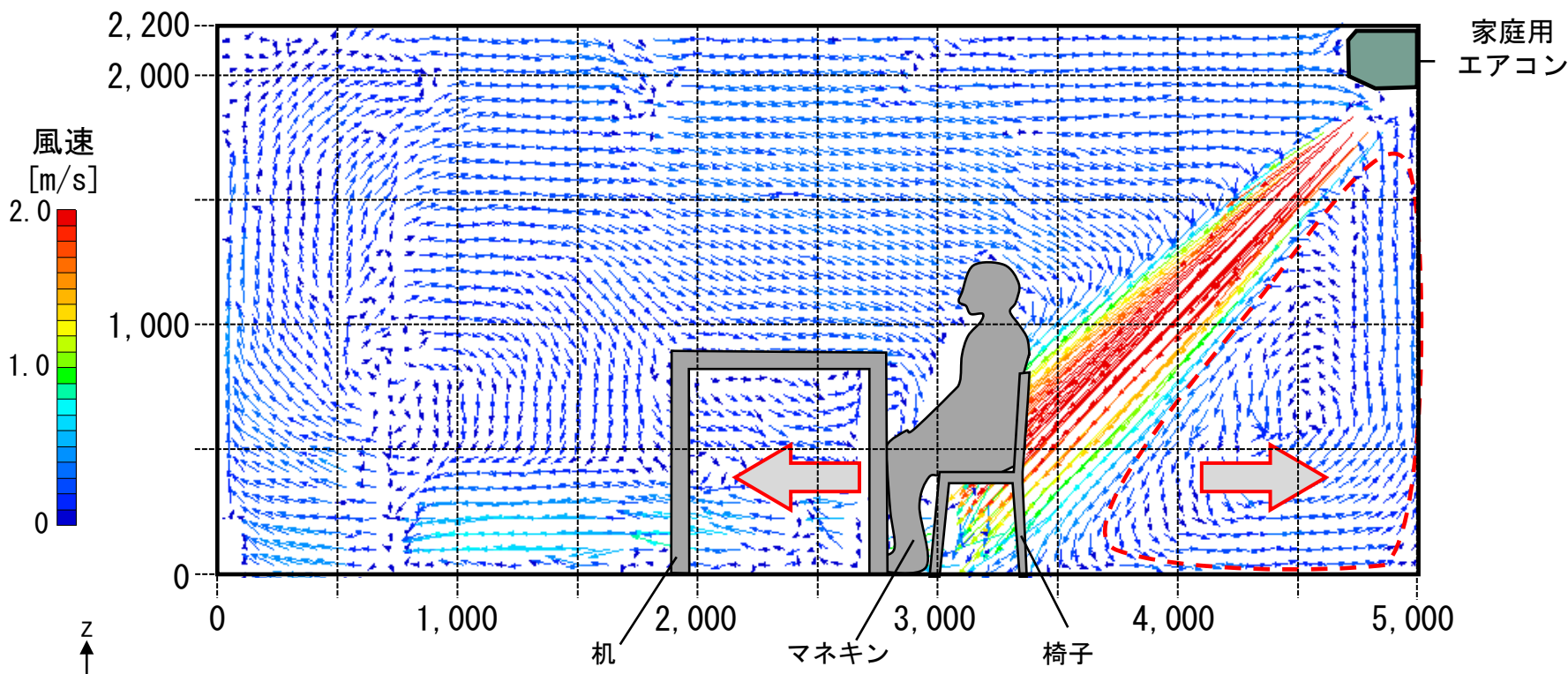


(c) case3-8 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平から下向き51[°])

図6 平均風速ベクトル分布(補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

床面付近では左右に吹出気流が分かれ、風速0.1~0.5[m/s]で壁面と天井面に沿ってエアコンに向かう循環流が形成される。

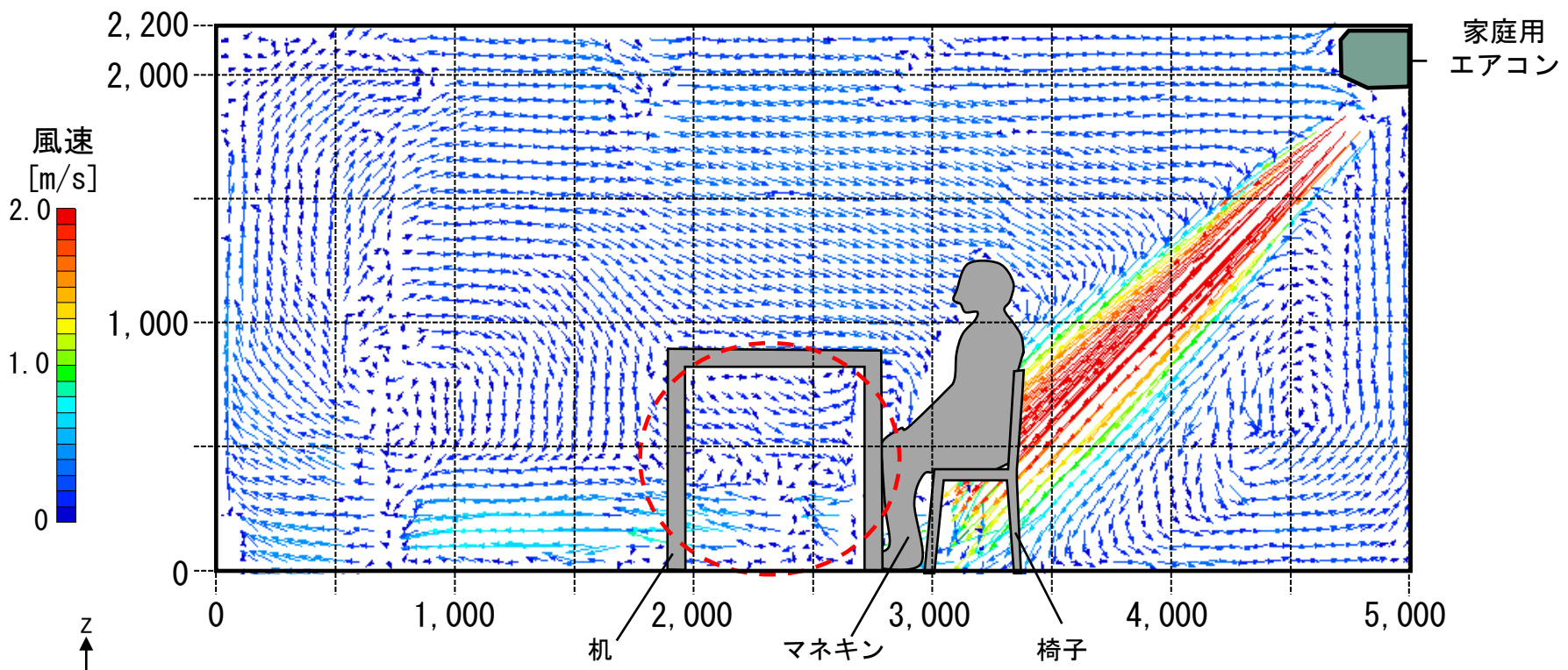


(c) case3-8 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平から下向き51[°])

図6 平均風速ベクトル分布(補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

**机下部**では、床面を沿ってチャンバー左壁面に向かう気流とマネキン前面、机左上部から吹き込む気流によって**複雑な気流**が形成される。

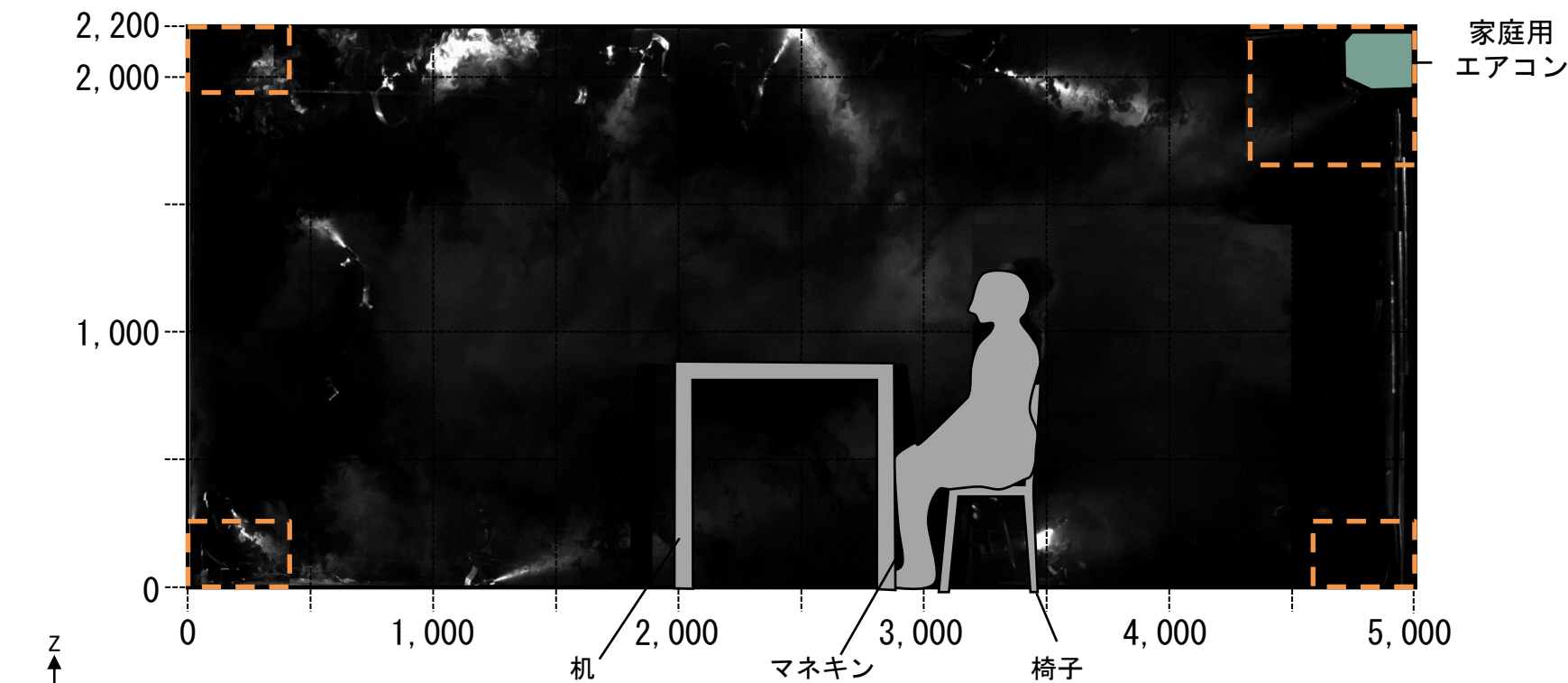


(c) case3-8 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平から下向き51[°])

図6 平均風速ベクトル分布(補正あり※)

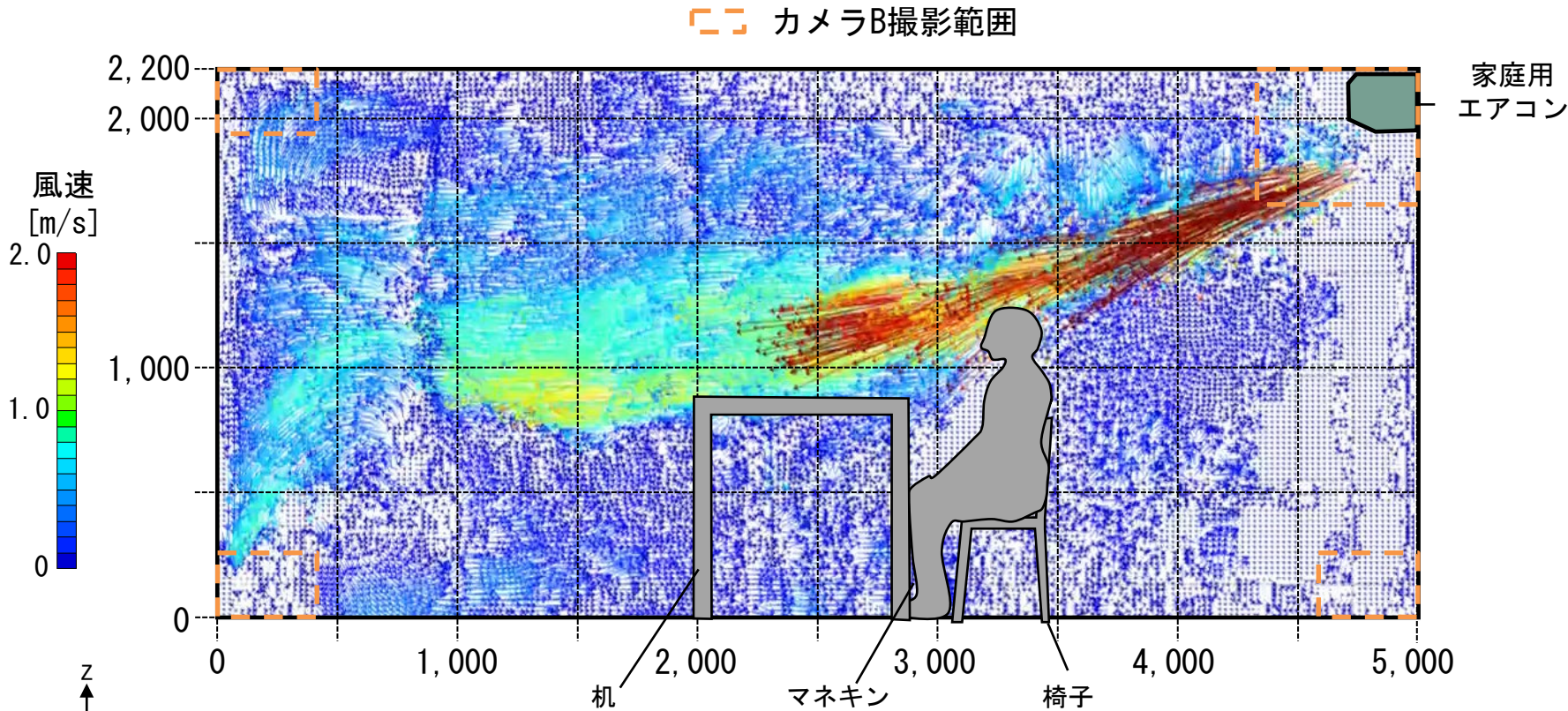
※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

カメラB撮影範囲



(d) case4 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平から下向き22[°])

動画 可視化結果

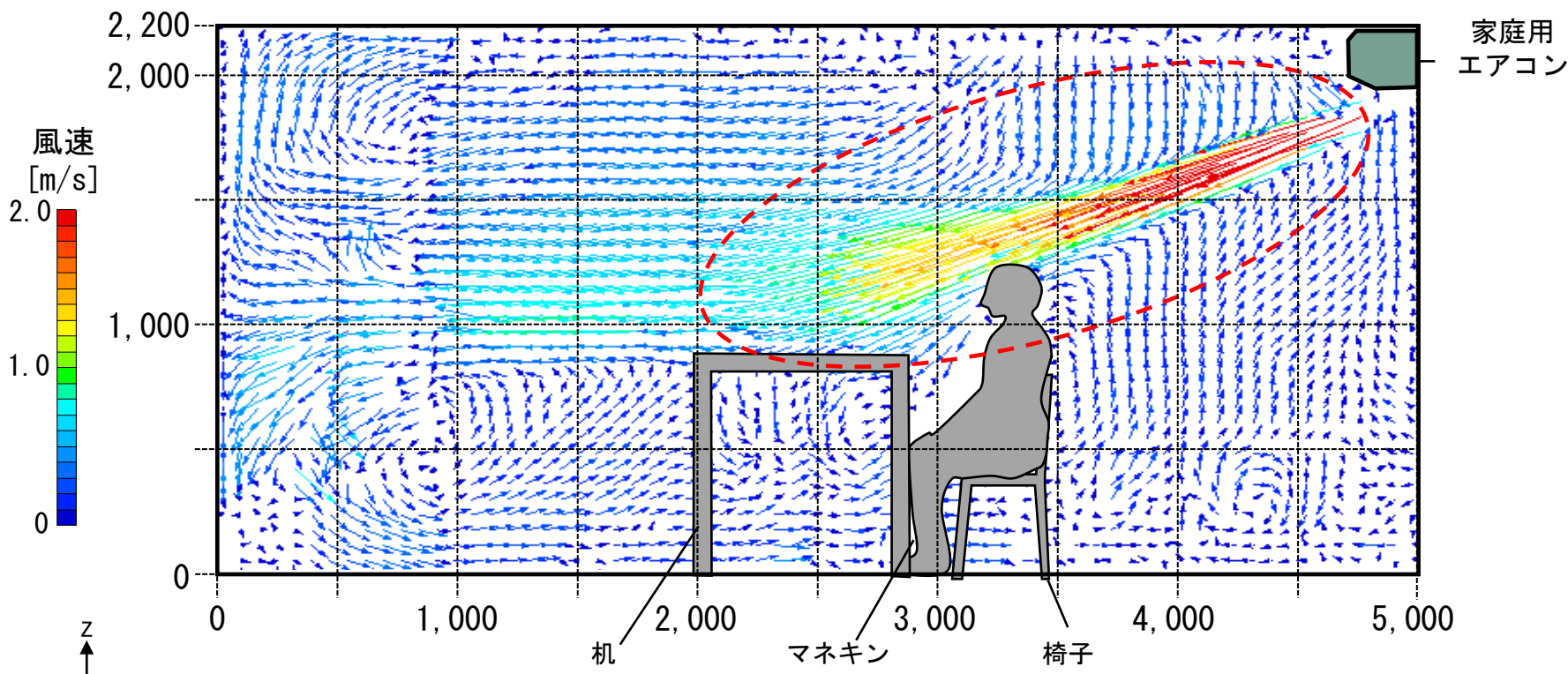


(d) case4-8 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平から下向き22[°])

動画 風速ベクトル分布(補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

case4 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平下向き22[°])では、エアコン吹出部分の中心で風速は約2.5[m/s]となり、吹出気流は風速約2.0[m/s]でマネキン頭頂部に到達する。



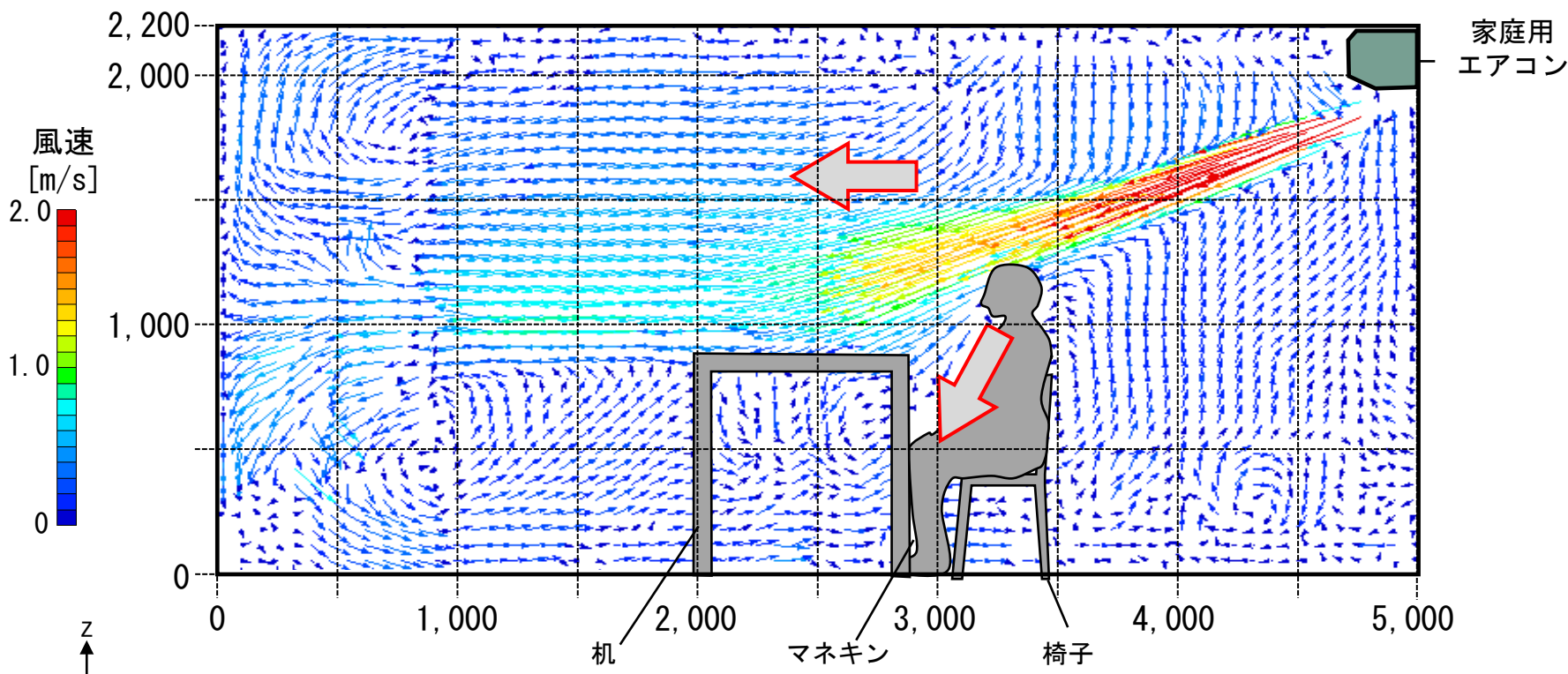
(d) case4-8 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平から下向き22[°])

図6 平均風速ベクトル分布(補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。



**マネキン頭頂部**では吹出気流が風速**0.3~1.0 [m/s]**で**机上部**と**マネキン前面**に分かれる。

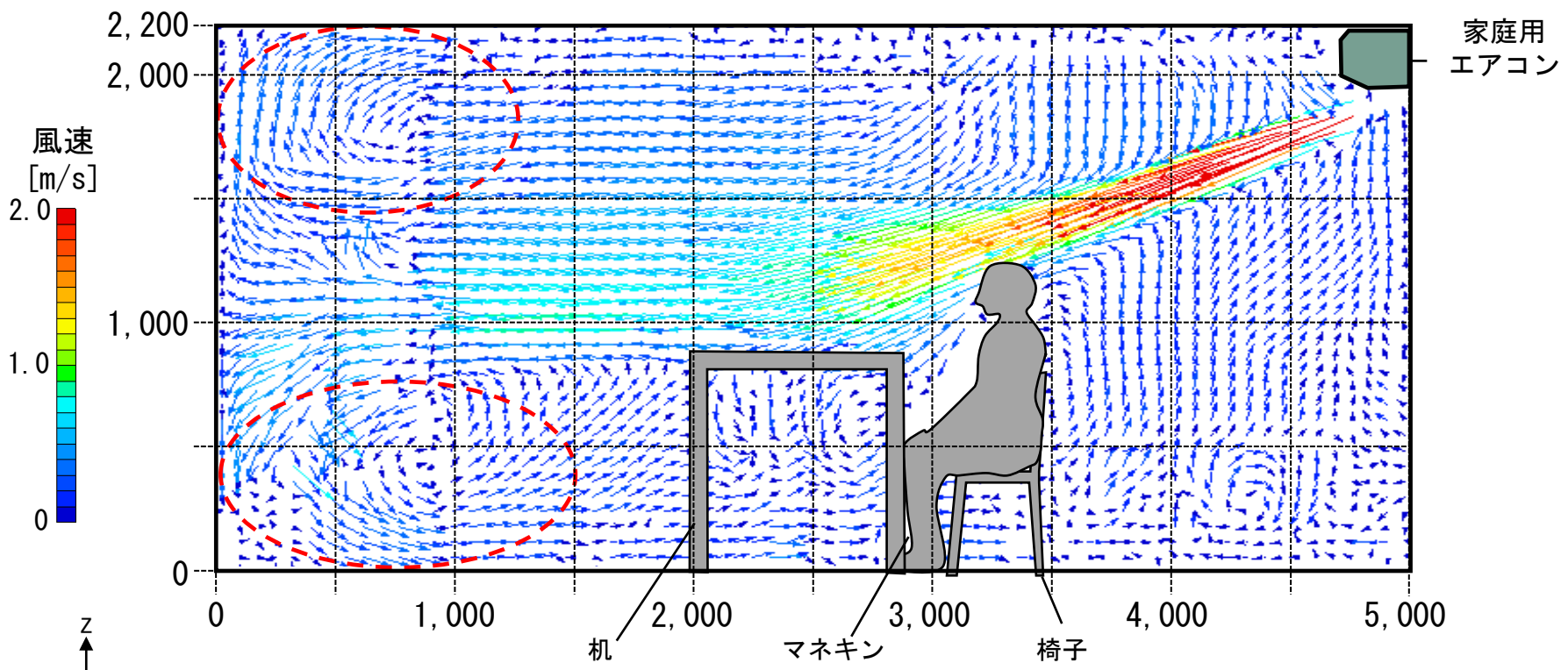


(d) case4-8 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平から下向き22[°])

図6 平均風速ベクトル分布(補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

**机上部の気流はチャンバー左側壁面に到達し、天井面と床面で風速約0.5[m/s]の渦を形成する。**

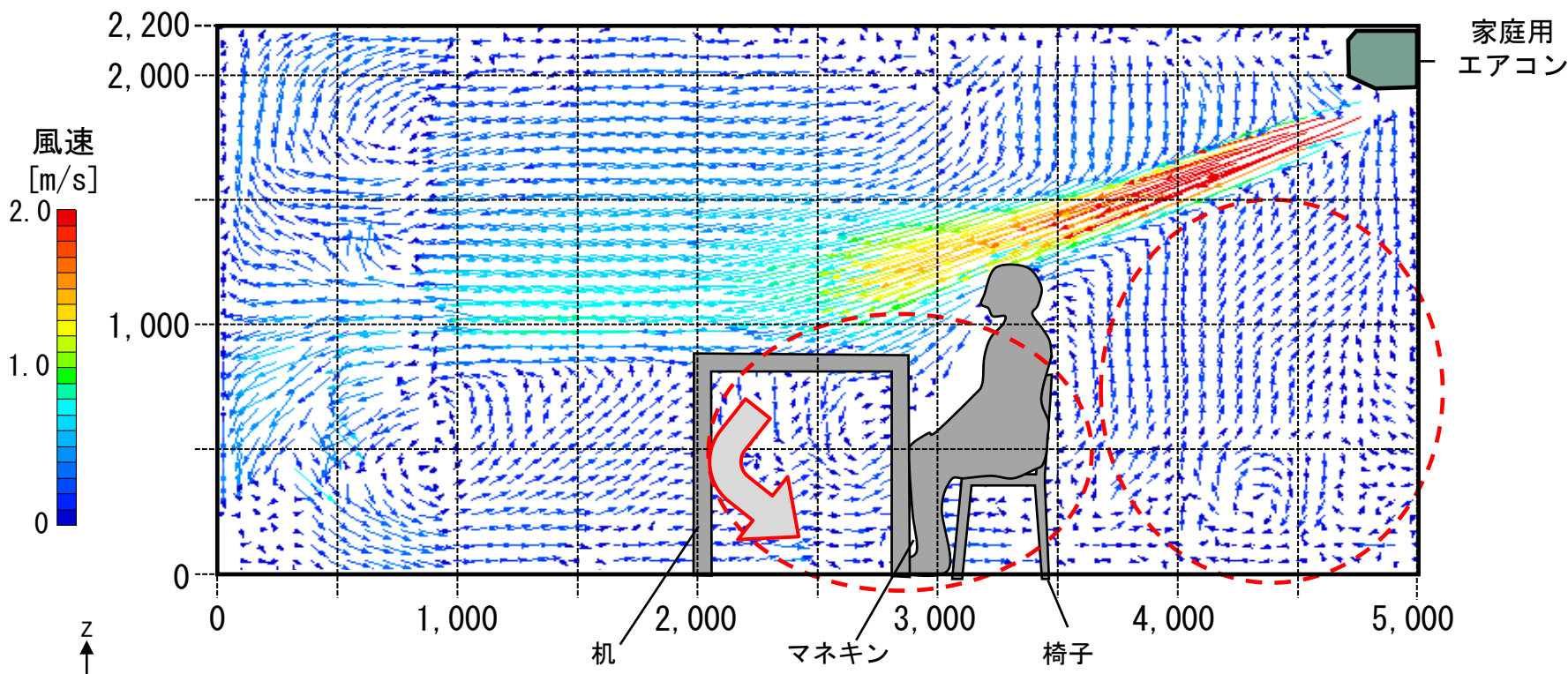


(d) case4-8 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平から下向き22[°])

図6 平均風速ベクトル分布(補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

**マネキン前面**の気流は机及び椅子の下を流れ、背部へ到達し、**チャンバー床面、右壁面に沿って吹出気流**に合流する。



(d) case4-8 (障害物:机+マネキン(着席)、風向:水平から下向き22[°])

図6 平均風速ベクトル分布(補正あり※)

※ 周囲8点の平均スカラー風速に対して0.4倍以下、1.6倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して3倍以上で補間。

- ① 今回の測定対象では、周囲 8 点の平均スカラー風速に対して 0.4 倍以下又は 1.6 倍以上・前後の時刻の平均スカラー風速に対して 3 倍以上の場合に補間を行う事が最も適当であると考えられる。
- ② 本研究で提案した風速ベクトルの補正・補間方法により室内全体の気流性状に大きな変化は生じないが、誤ベクトルと考えられるデータの補正を行うことが可能であると考えられる。
- ③ case1 (障害物: 机を模擬した箱) の場合、箱左上部で循環流を発生させる。case2 (障害物: 机)、case3 (障害物: 机+模擬人体) の場合、マネキンの有無によって机下部の気流性状が変化する。
- ④ case3 (風向: 水平から下向き  $51[^\circ]$ ) の場合、吹出気流は概ね室内を循環し、エアコン吸込に流れるが、case4 (風向: 水平から下向き  $22[^\circ]$ ) の場合、右壁面に到達した吹出気流は上下に分かれながら各所で複雑な気流を形成する。