

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

実大室内チャンバー及び教室を対象とした 空調気流性状のPIV測定

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 井上 翔太
裕貴 助教

流体の速度ベクトル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**^{文1)}(以下**PIV**)が挙げられる。

PIVは流れの中に微細なトレーサ粒子を混入させてレーザシートで可視化し、その断面の動画をデジタルカメラで撮影することで、微粒子群の移動距離と撮影間隔から速度ベクトルを算出する手法であり、**流れに非接触で複数の位置で同時に気流速度情報を得る事ができる。**

既往の研究^{文2)}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] に拡大し、等温条件において複数台のカメラを用いて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。

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

本研究では家庭用エアコンが設置された**実大室内チャンバー** (5,000 [mm] × 2,200 [mm]) において**家庭用エアコンの空調条件** (送風(等温)、暖房、冷房) を変化させた場合の**気流の可視化撮影**を行い、PIV解析手法を検討する(実験①)。

また、**測定対象空間**を天井カセット型エアコンが2台設置された**実際の大学の教室** (9,130 [mm] × 3,000 [mm]) に**拡大**し、等温条件において**エアコンの風向**を変化させた場合の**気流の可視化撮影**を行い、PIV解析手法を検討する(実験②)。

実験条件 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

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し、1つの壁面は撮影の為、透明なアクリル板で作成する。



図 測定対象空間の様子 (実験①)

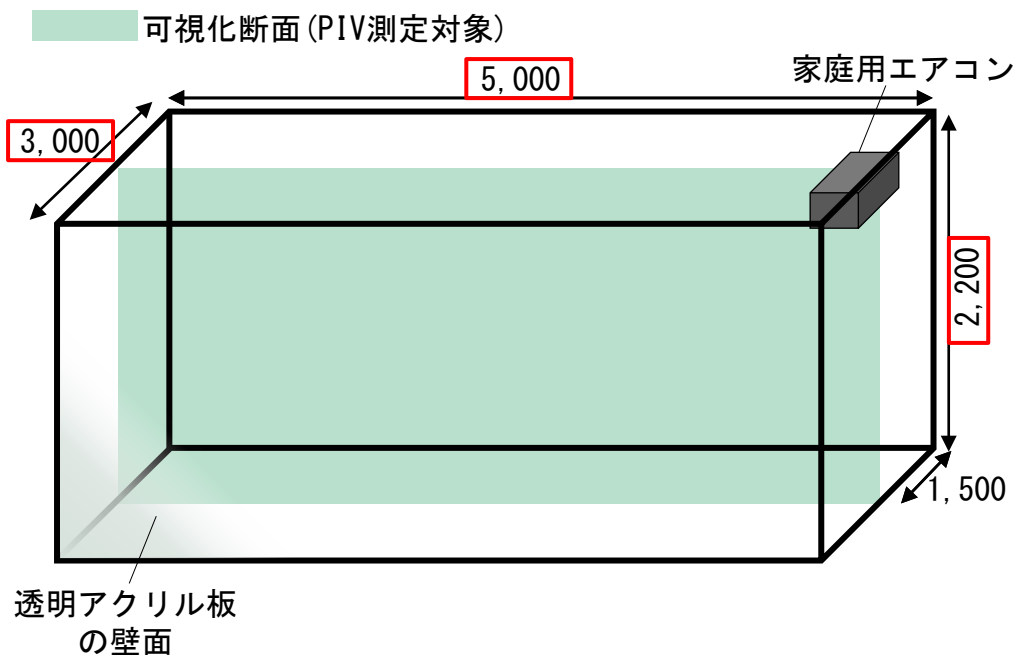


図 1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

実験条件 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

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し、1つの壁面は撮影の為、透明なアクリル板で作成する。



図 測定対象空間の様子 (実験①)

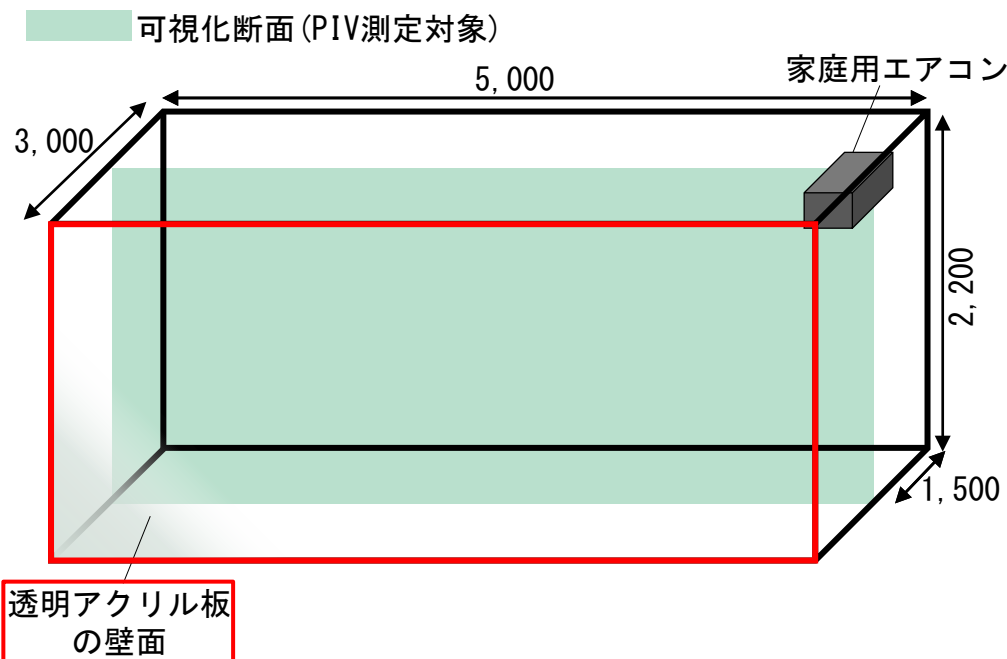


図 1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

実験条件 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

向かって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case1では送風運転(等温)、case2では冷房運転(設定温度:16[°C])、case3では暖房運転(設定温度:30[°C])を行う。

表 1 実験case (実験①)

実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
case1	送風 (等温)	風量 3	風向 2 (水平面から 下向き19[°])
case2	冷房		
case3	暖房		

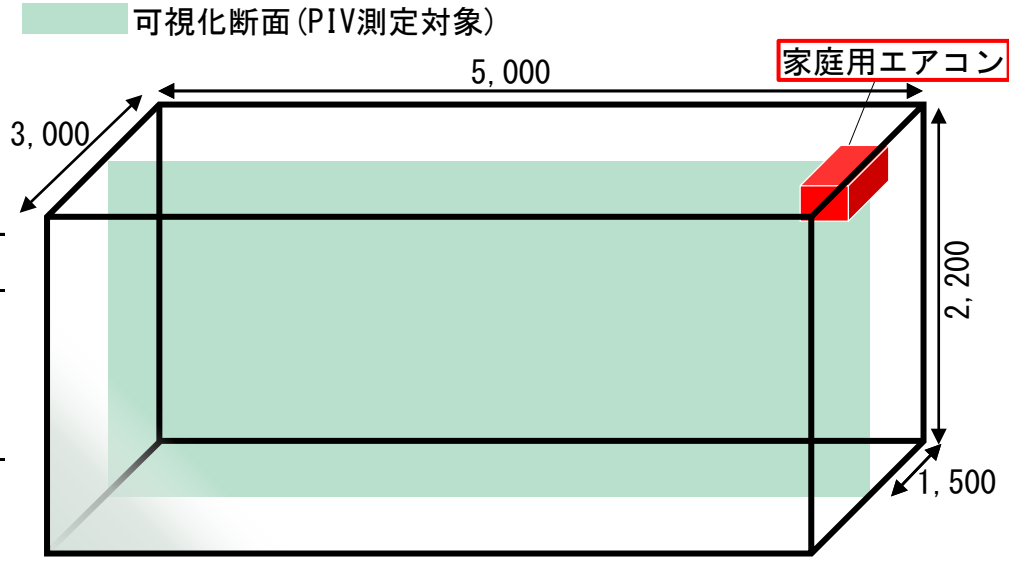


図 1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

実験条件 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

向かって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 **case1** では **送風運転 (等温)**、case2では冷房運転 (設定温度: 16[°C])、case3では暖房運転 (設定温度: 30[°C]) を行う。

表 1 実験case (実験①)

実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
case1	送風 (等温)		風向 2
case2	冷房	風量 3	(水平面から 下向き 19[°])
case3	暖房		

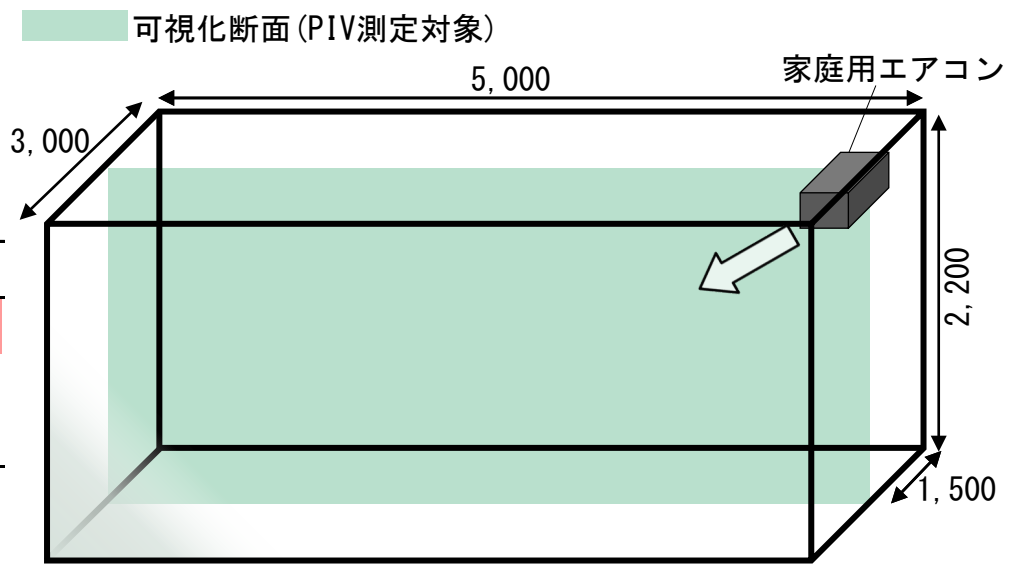


図 1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

実験条件 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

向かって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case1では送風運転(等温)、case2では冷房運転(設定温度:16[°C])、case3では暖房運転(設定温度:30[°C])を行う。

表 1 実験case (実験①)

実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
case1	送風 (等温)		風向 2
case2	冷房	風量 3	(水平面から 下向き19[°])
case3	暖房		

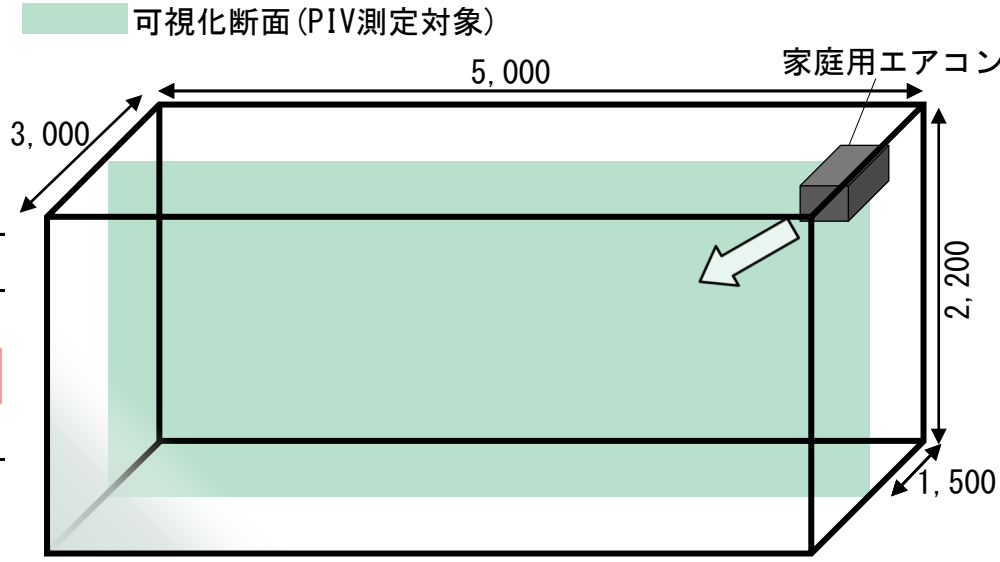


図 1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

実験条件 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

向かって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case1では送風運転(等温)、case2では冷房運転(設定温度:16[°C])、**case3では暖房運転(設定温度:30[°C])**を行う。

表 1 実験case (実験①)

実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
case1	送風 (等温)	風量 3	風向 2 (水平面から 下向き19[°])
case2	冷房		
case3	暖房		

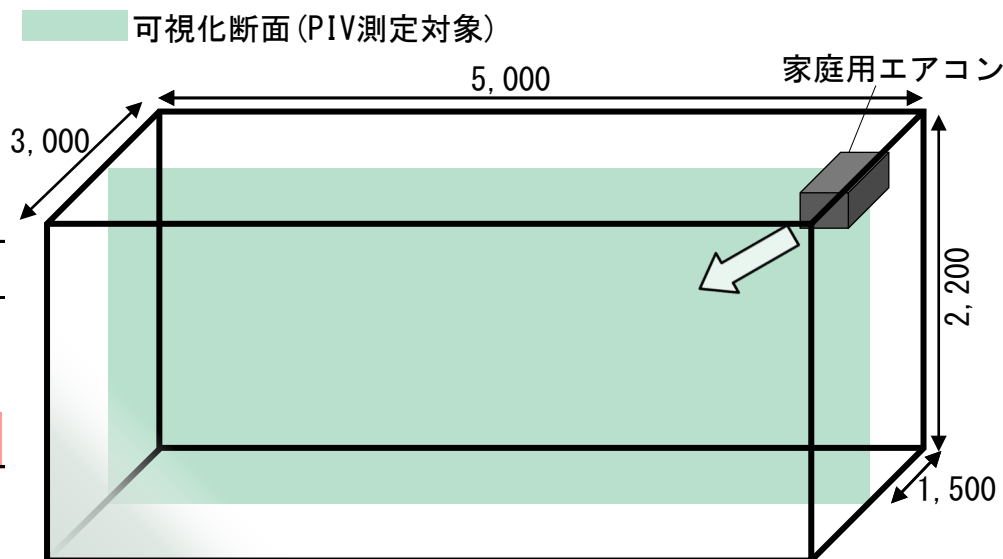


図 1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

表 2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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	スモーク ジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)	
	スモーク ジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)	
解析ツール	FlowExpert ver. 1. 2. 13		

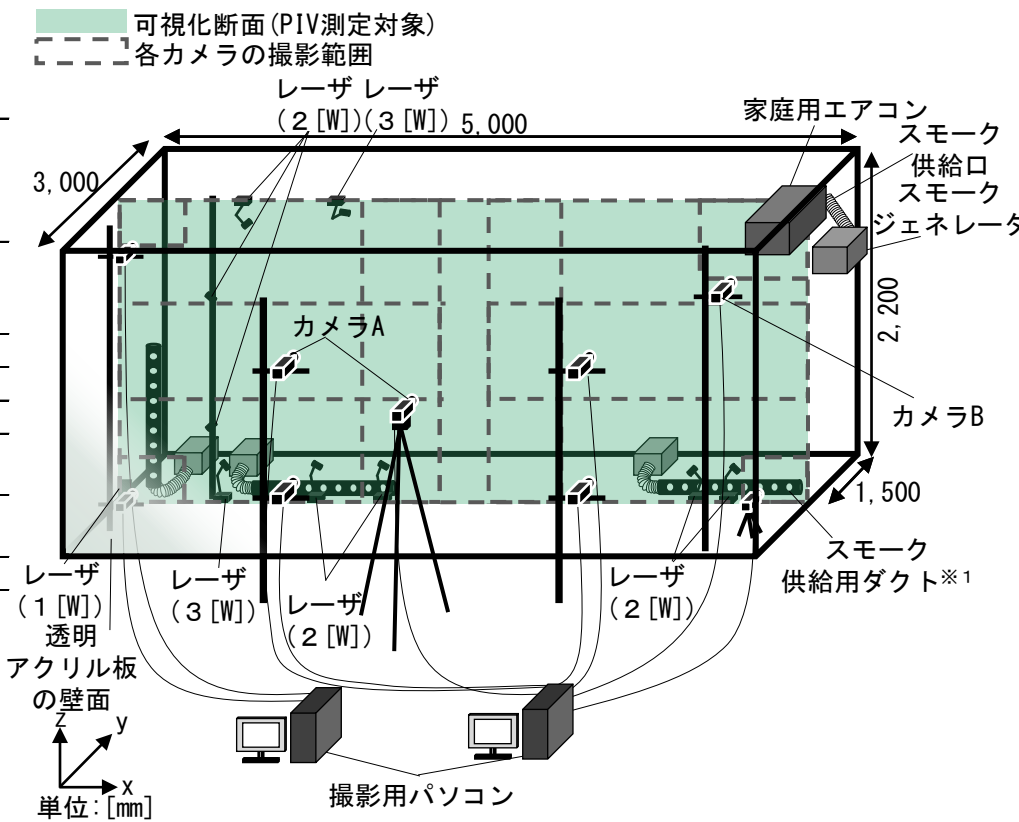


図 1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

※ 1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]であり、φ8の穴が100[mm]間隔で空いている。

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

可視化には連続光レーザ10台 (3 [W] × 2、2 [W] × 7、1 [W] × 1) とスモークジェネレータ①4台を用いる。

表 2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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 (実験①×4台、実験②×2台)	
	スモーク ジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)	
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13		

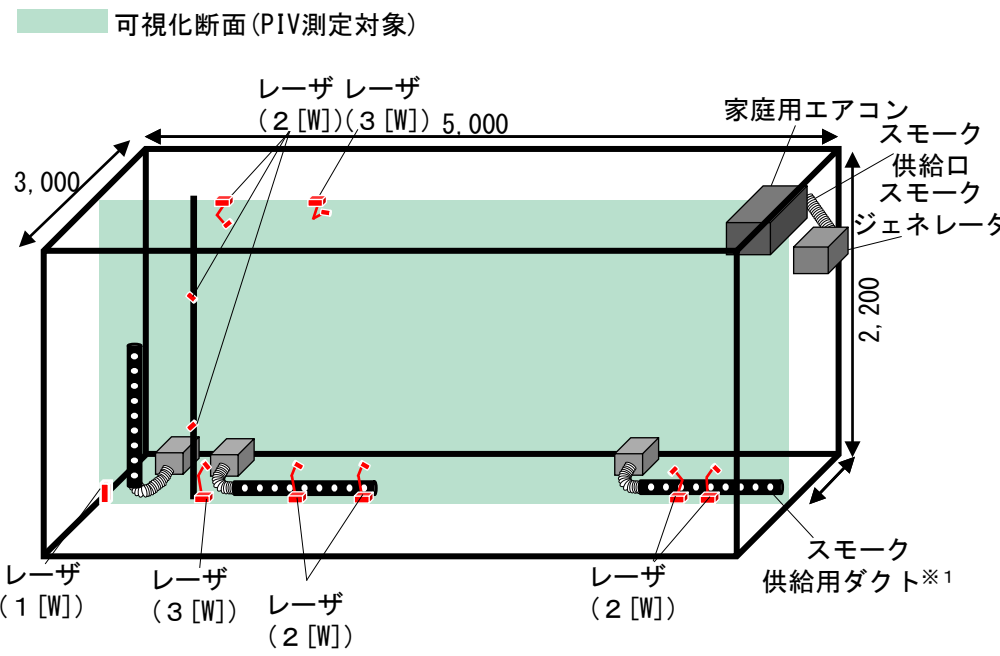


図 1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

※ 1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]であり、φ8の穴が100[mm]間隔で空いている。

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

可視化には連続光レーザー10台 (3 [W] × 2、2 [W] × 7、1 [W] × 1) とスモークジェネレータ①4台を用いる。

表 2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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	スモークジェネレータ① Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台) スモークジェネレータ② Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)
	解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13

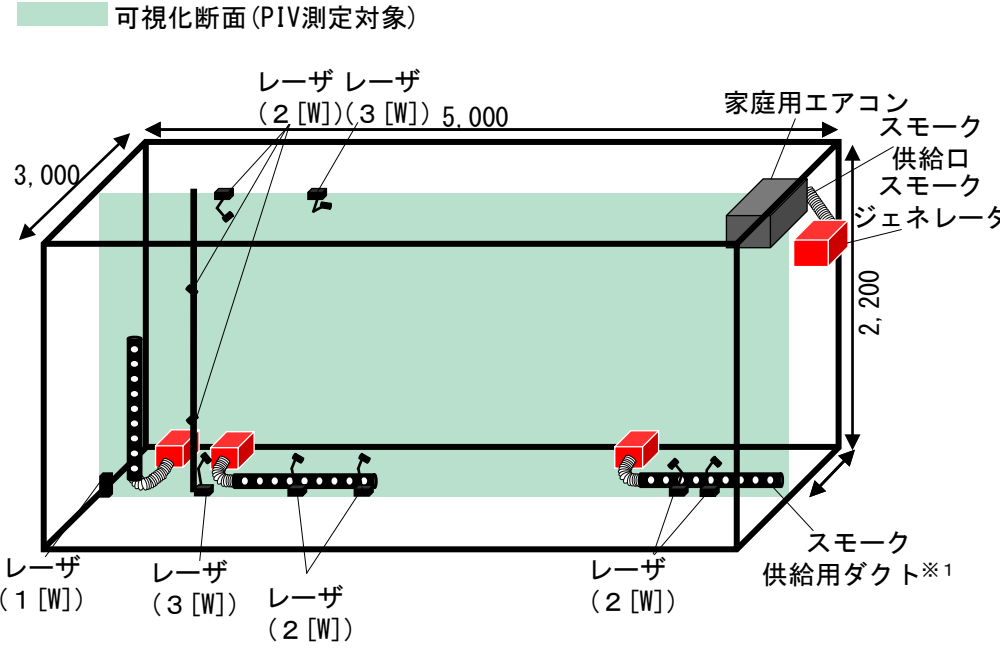


図 1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

※ 1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]であり、φ8の穴が100[mm]間隔で空いている。

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

10台のレーザーはそれぞれの照射断面を一致させるように配置する。

表 2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 :	出力 : 3 [W]	DPGL-3W × 2 台
	YAG/YVO ₄ レーザー	出力 : 2 [W]	DPGL-2W × 7 台
	波長 : 532[nm]	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 (実験①×4台、実験②×2台)	
	スモーク ジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)	
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13		

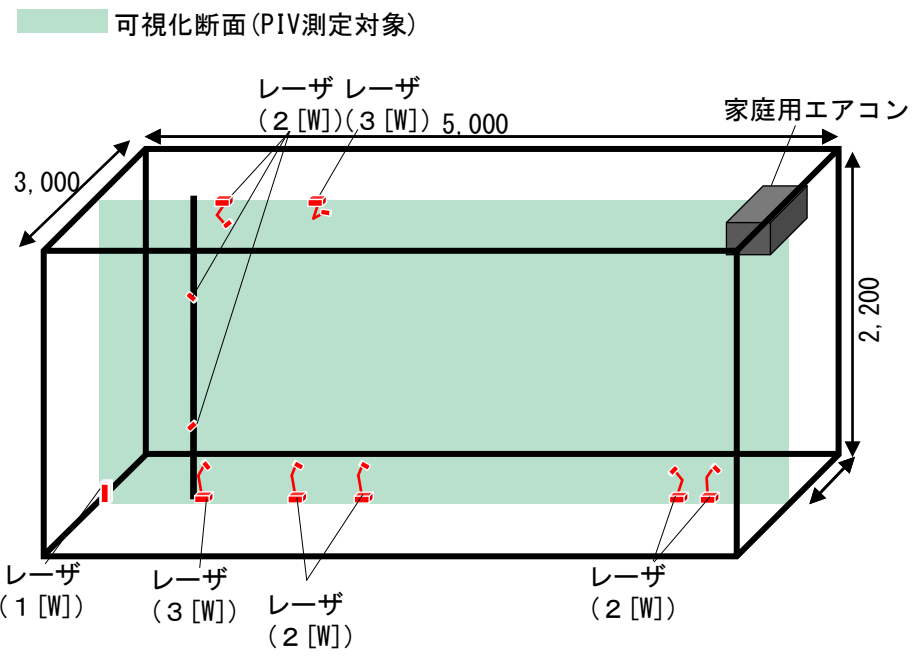


図 1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

1台のスモークジェネレータはエアコン吸込口に設置する。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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	スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)	
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)	
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13		

可視化断面 (PIV測定対象)

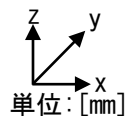
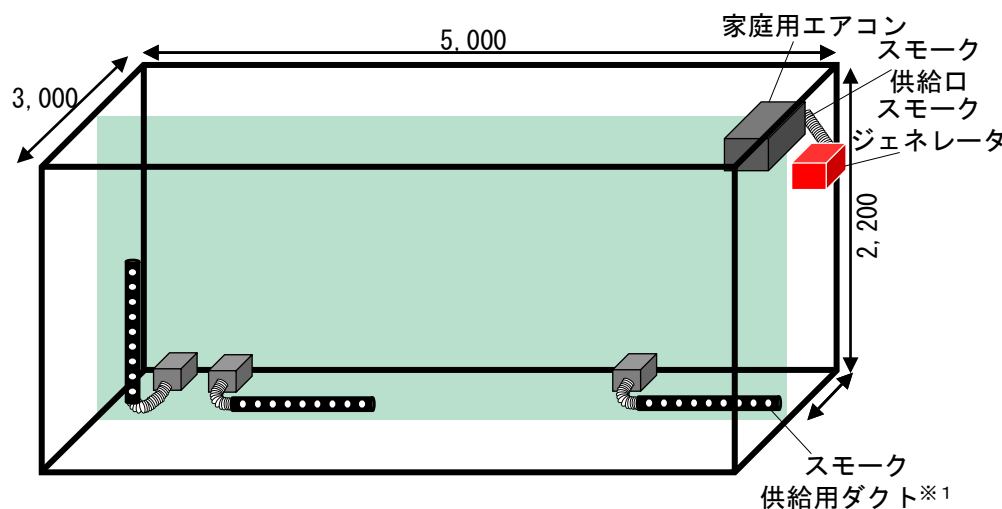


図1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

※1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]であり、φ8の穴が100[mm]間隔で空いている。

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

また、3台のスモークジェネレータは床面に設置し、スモーク供給用ダクト※1を接続することでシーディングを行う。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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	スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)	
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)	
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13		

可視化断面 (PIV測定対象)

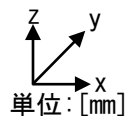
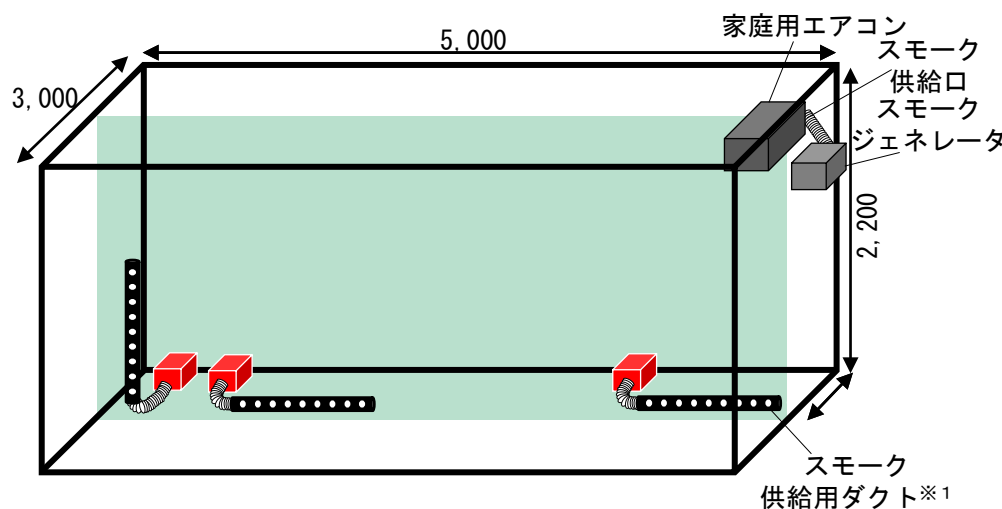


図1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

※1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]であり、φ8の穴が100[mm]間隔で空いている。

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

2種類のカメラを計9台使用し、カメラA(125[fps])は測定対象断面を5分割するように5台配置する。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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	スモーク ジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)
	スモーク ジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13	

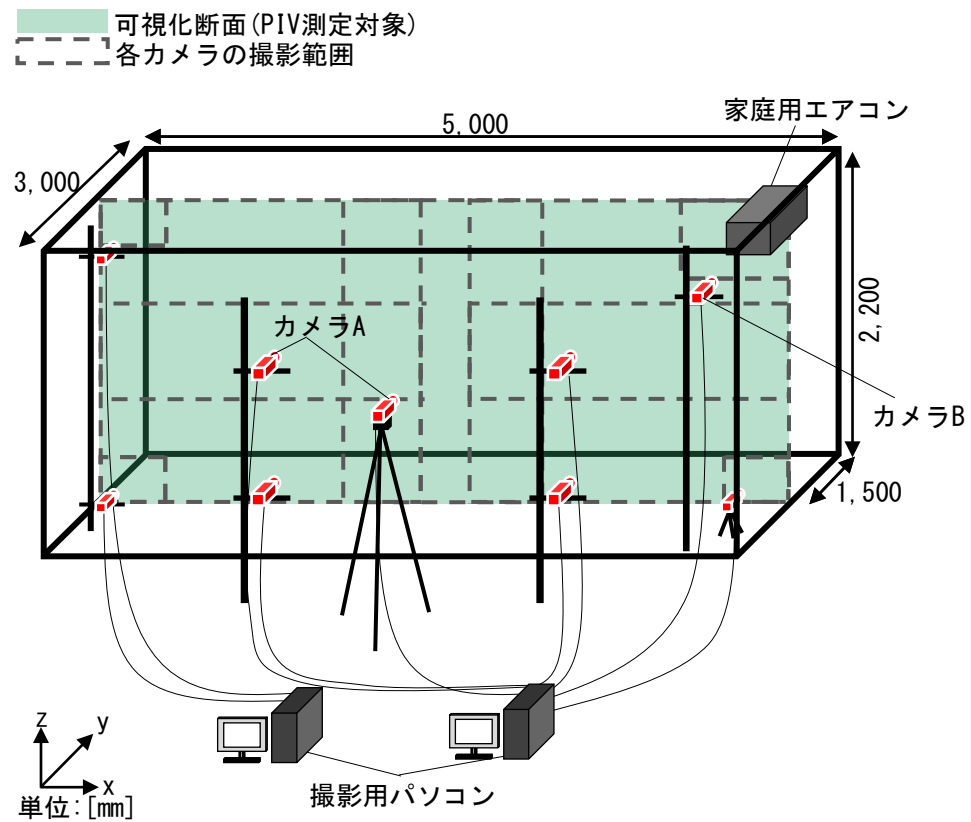


図1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

2種類のカメラを計9台使用し、カメラA(125[fps])は測定対象断面を5分割するように5台配置する。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ		カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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		スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

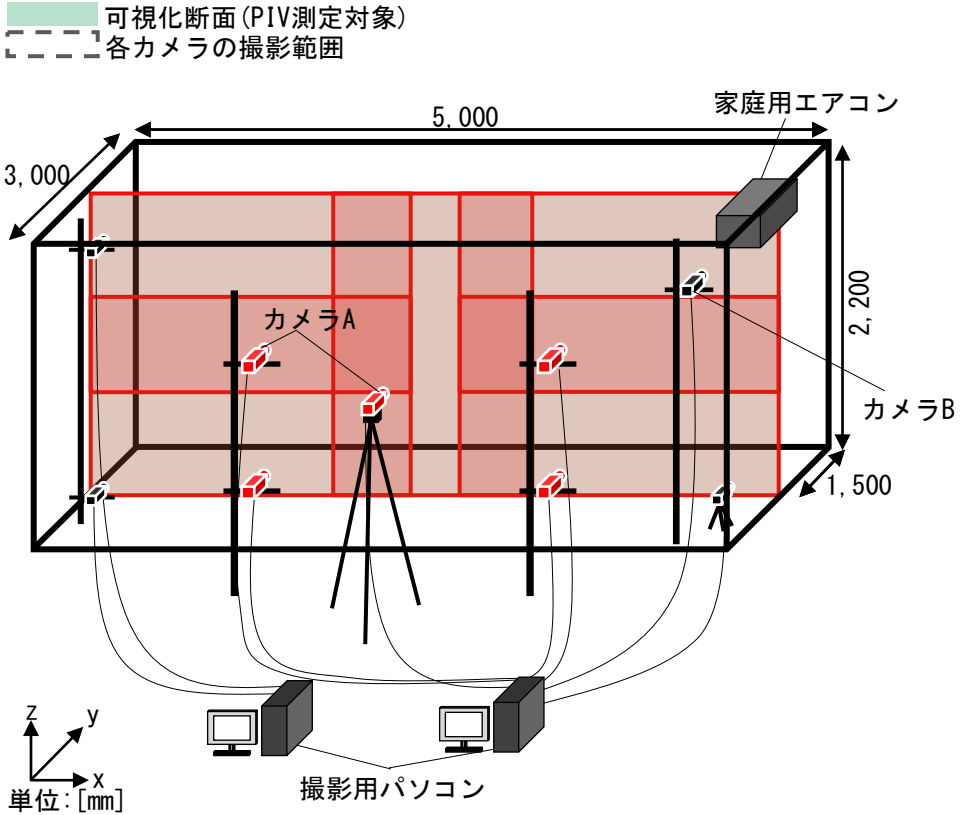


図1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

カメラB (375 [fps]) はエアコン吹出部分及びチャンバー隅角部を詳細に撮影するため4台を可視化断面に接近して配置する。

表 2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ		カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 :	出力 : 3 [W]	DPGL-3W × 2台
	YAG/YVO ₄ レーザー	出力 : 2 [W]	DPGL-2W × 7台
	波長 : 532 [nm]	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 (実験①×4台、実験②×2台)
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

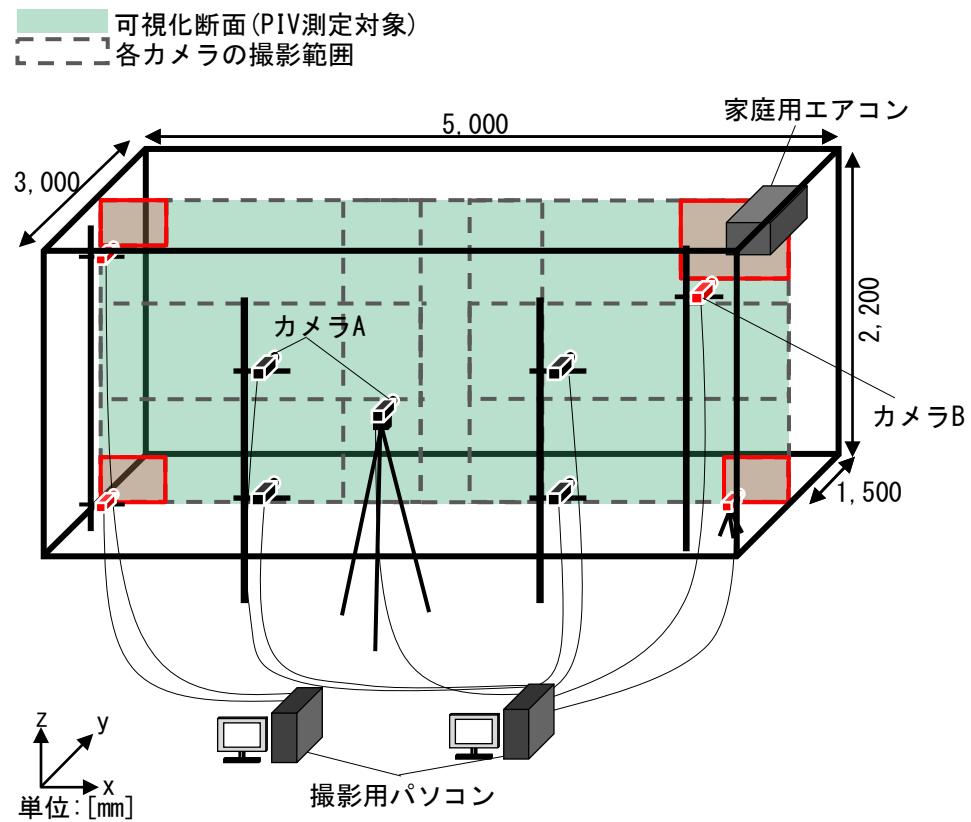


図 1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

撮影時間は10秒間とし、PIV解析にはFlowExpert ver1.2.13を使用する。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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	スモークジェネレータ① Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)
		スモークジェネレータ② Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)
解析ツール	FlowExpert ver. 1. 2. 13	

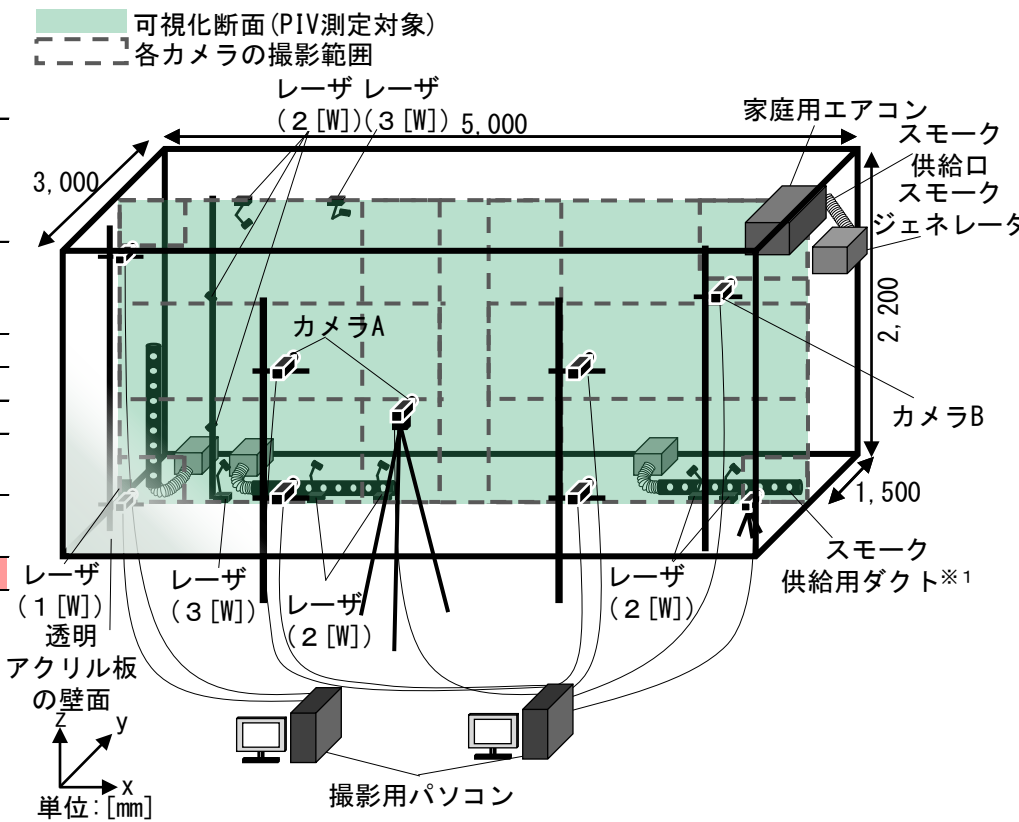


図1 測定対象空間と機器の概要 (実験①)

※1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]であり、φ8の穴が100[mm]間隔で空いている。

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

PIV解析ではキャリブレーション値※²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**。

表3 PIV測定パラメータ (実験①)

カメラ	カメラA				カメラB-1				カメラB-2、B-3、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※ ² [mm/pixel]	1.19				1.15				0.64				
対象領域 [mm]	2,285 × 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]	最小風速	0.149	0.074	0.037	0.025	0.431	0.216	0.108	0.072	0.24	0.12	0.06	0.04
	最大風速	4.17	2.08	1.04	0.69	4.3	2.16	1.08	0.72	4.1	2.04	1.02	0.68

※2 撮影画像間隔と実際の距離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。

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

そのため、既往の研究^{文3)}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の解析を行う。**

表3 PIV測定パラメータ (実験①)

カメラ	カメラA				カメラB-1				カメラB-2、B-3、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 ^{※2} [mm/pixel]	1.19				1.15				0.64				
対象領域 [mm]	2,285 × 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]	最小風速	0.149	0.074	0.037	0.025	0.431	0.216	0.108	0.072	0.24	0.12	0.06	0.04
	最大風速	4.17	2.08	1.04	0.69	4.3	2.16	1.08	0.72	4.1	2.04	1.02	0.68

※2 撮影画像間隔と実際の距離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。

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

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

解析した4つのフレーム間隔で**最適な風速ベクトルの選択**※3を行う。

表3 PIV測定パラメータ (実験①)

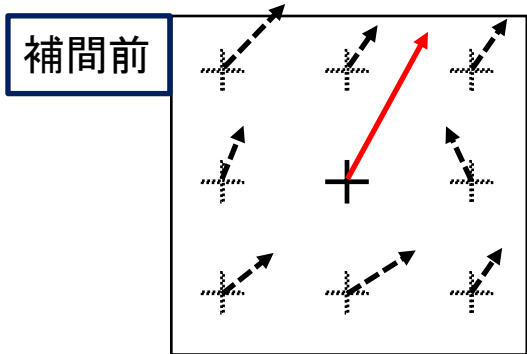
カメラ	カメラA				カメラB-1				カメラB-2、B-3、B-4				
PIV解析手法	直接相互相関法												
対象断面	鉛直断面 (y=1, 500 [mm])												
カメラ1台の画像サイズ [pixel]	1,920 × 1,200				720 × 540								
キャリブレーション値※2 [mm/pixel]	1.19				1.15				0.64				
対象領域 [mm]	2,285 × 1,428				828 × 621				461 × 346				
撮影時のフレーム間隔 [fps]	125				375								
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]	最小風速	0.149	0.074	0.037	0.025	0.431	0.216	0.108	0.072	0.24	0.12	0.06	0.04
	最大風速	4.17	2.08	1.04	0.69	4.3	2.16	1.08	0.72	4.1	2.04	1.02	0.68

※2 撮影画像間隔と実際の距離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。

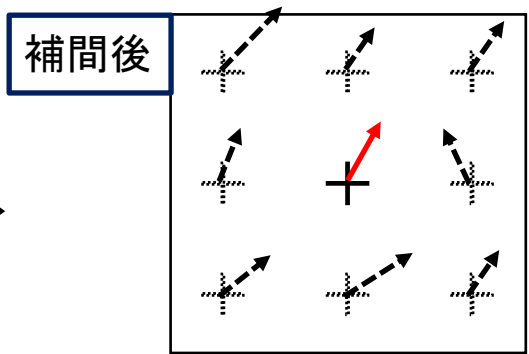
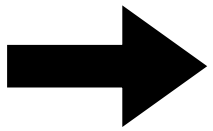
※3 解析可能風速の範囲内にあるフレーム間隔を選択する。解析可能風速が重複している範囲で複数のフレーム間隔で風速が算出された場合には相関係数の最も高いベクトルを選択する。

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

その後、既往の研究^{文2)}で検討を行った補間方法^{※4}を用いて各測定点のPIV解析結果を補正する。



対象の測定点のスカラー風速: 2.0 [m/s]
 周囲8点の平均スカラー風速: 0.8 [m/s]



対象の測定点のスカラー風速: 0.8 [m/s]

- ・対象の測定点のスカラー風速が周囲8点の平均スカラー風速の160 [%]以上または40 [%]以下で補間する場合
 周囲8点の平均スカラー風速 $0.8 \text{ [m/s]} \times 1.6 = 1.28 \text{ [m/s]} \leq$ 対象のスカラー風速 $2.0 \text{ [m/s]} \rightarrow$ 補間対象と判断

(a) 周囲8点の平均スカラー風速による補間 (空間補間)

図 PIV解析結果における誤ベクトルの補間による補正方法^{文2)}

※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。なお、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。

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

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

各カメラの撮影範囲には重複する領域が存在する。

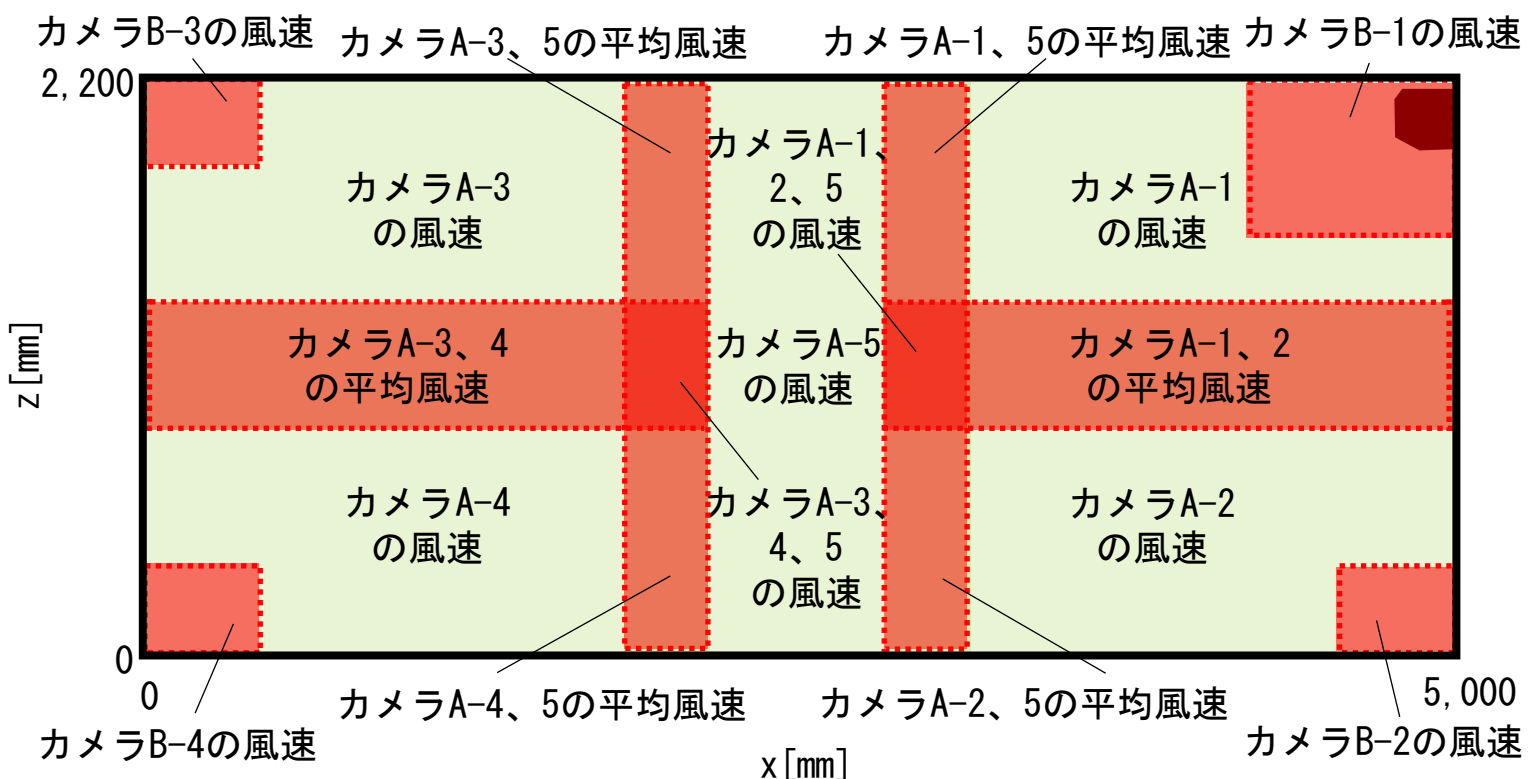


図 2 可視化断面のカメラ配置とPIV解析結果の合成方法 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

まずカメラAの重複する領域ではPIV解析結果を各測定点で平均して合成を行う。

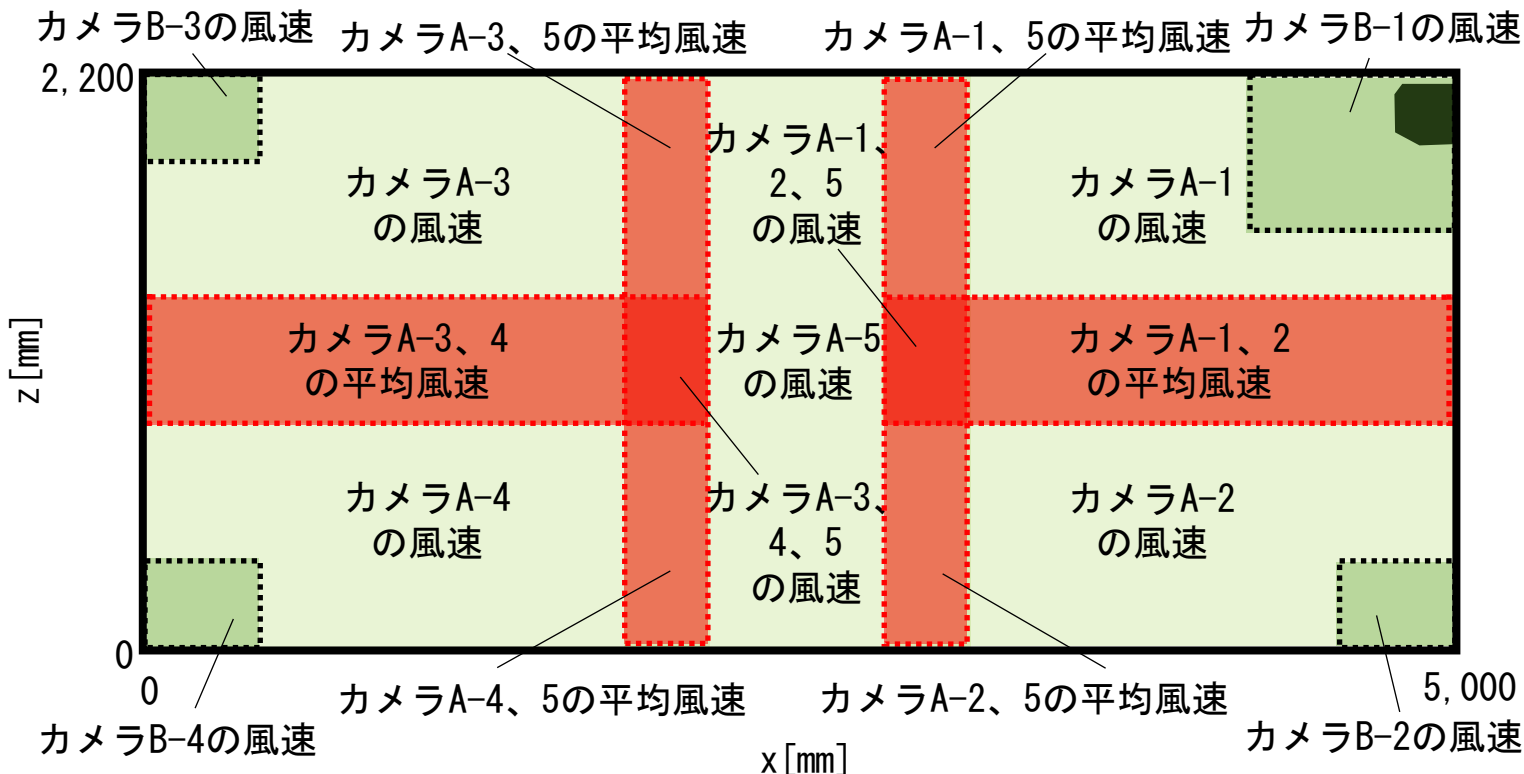


図2 可視化断面のカメラ配置とPIV解析結果の合成方法 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

その後、カメラBの撮影範囲ではカメラBのPIV解析結果により各測定点の値を置換する。

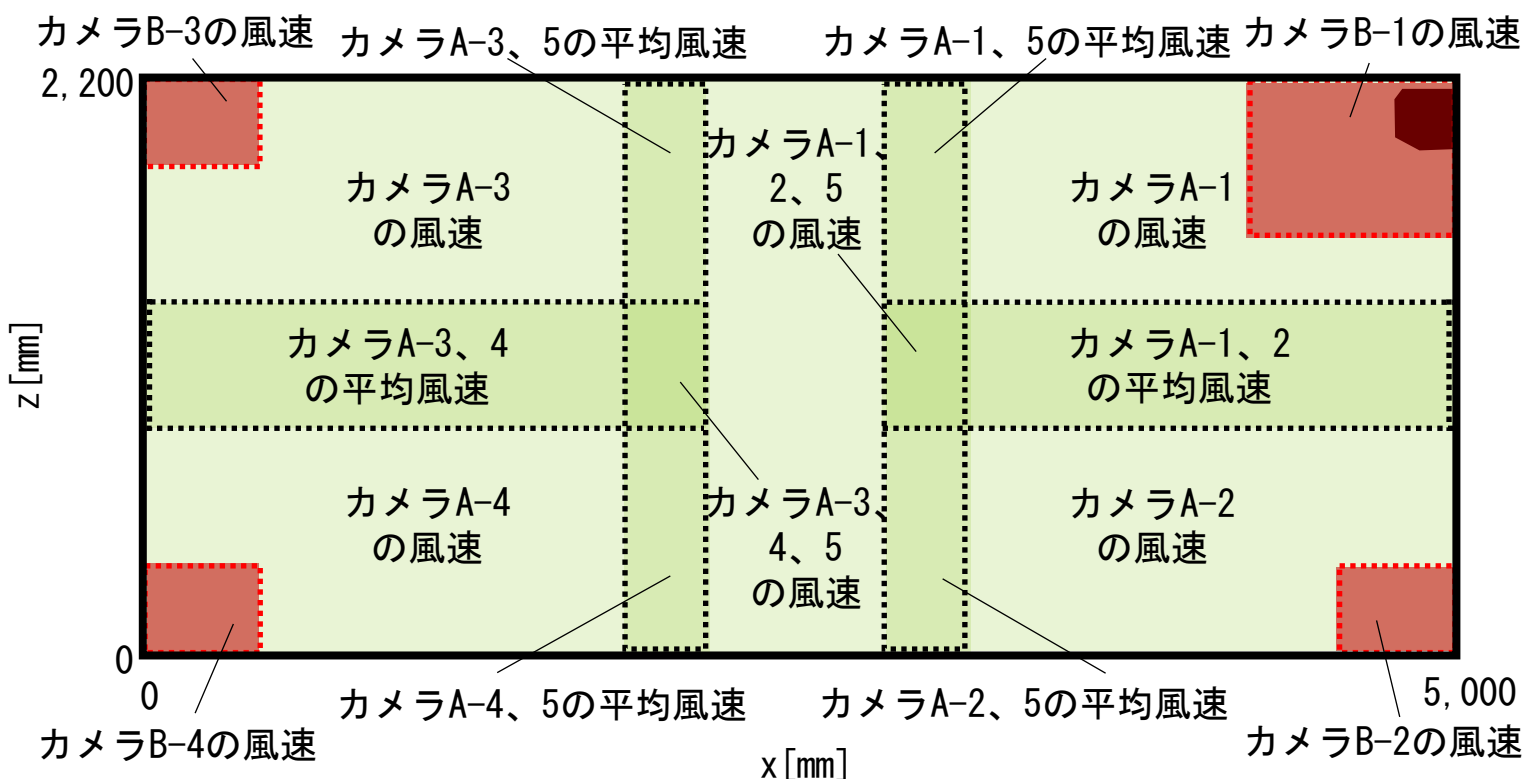


図2 可視化断面のカメラ配置とPIV解析結果の合成方法 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

PIV測定と同時に空間の**温度分布の測定**を行う。

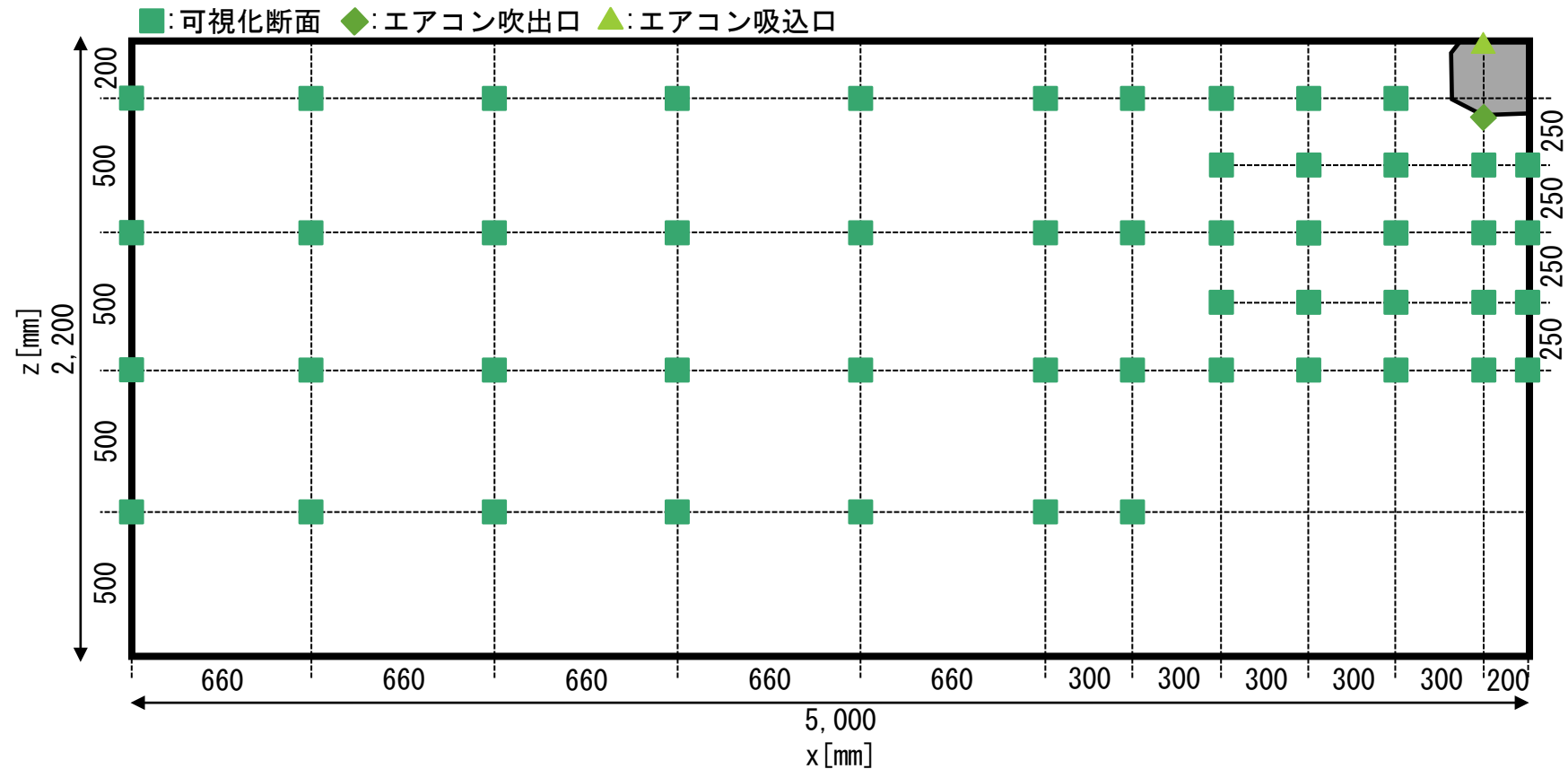


図3 測定対象空間における熱電対の配置 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

温度測定には **T型熱電対** と **データロガー** を用いる。

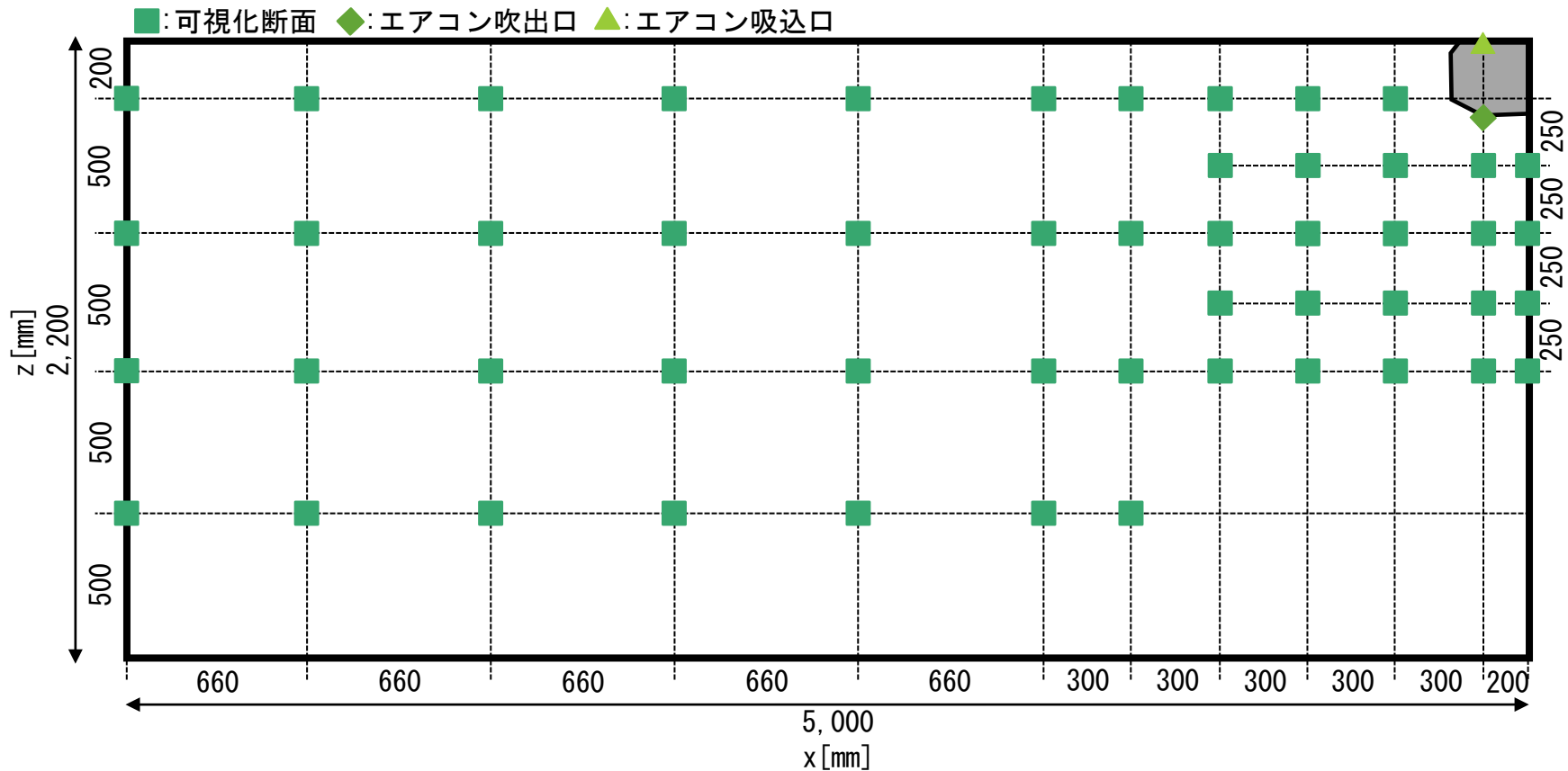


図3 測定対象空間における熱電対の配置 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

熱電対は測定対象断面全体に計51箇所、エアコン吹出口、吸込口にもそれぞれ1箇所設置する。

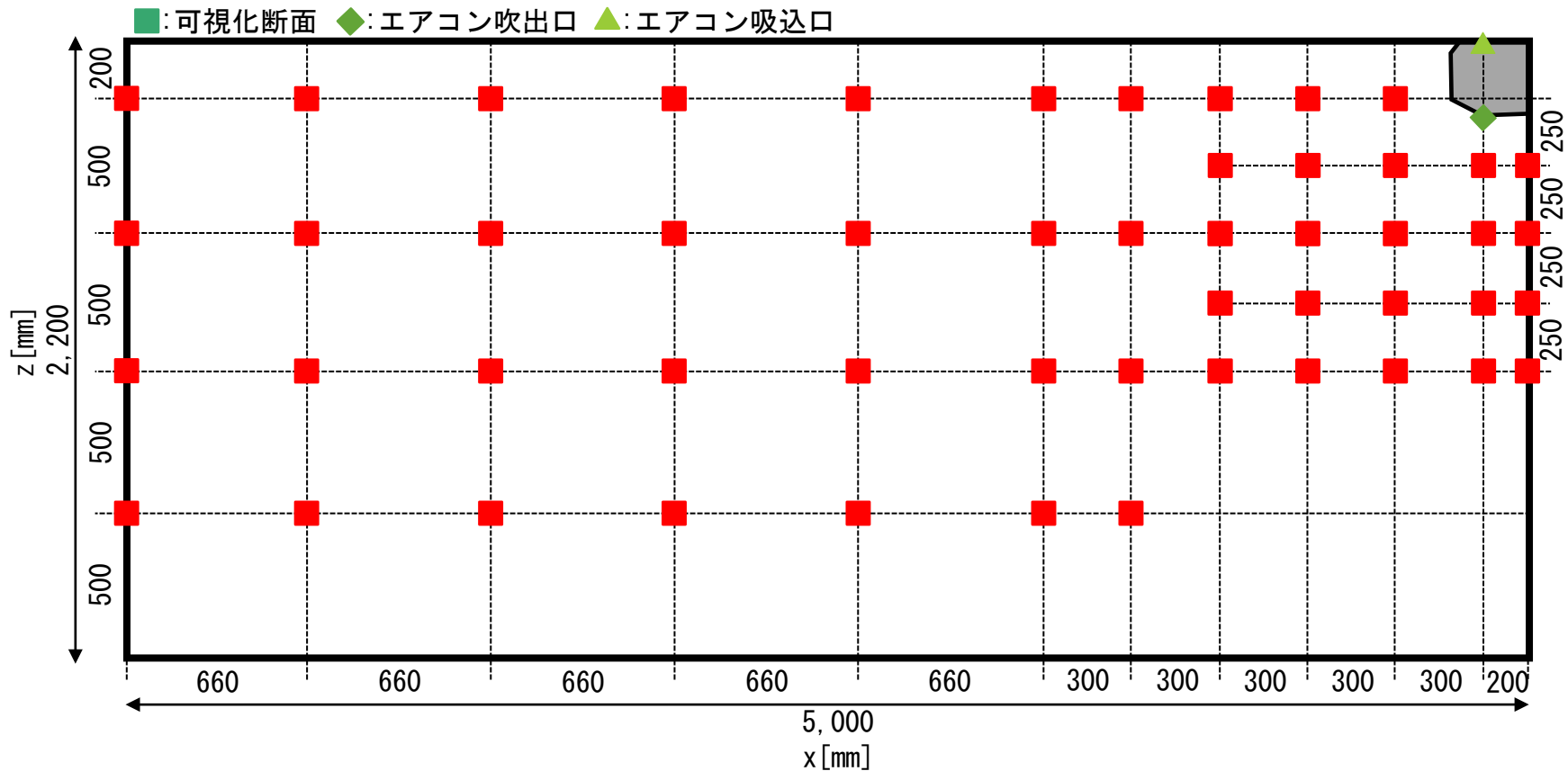


図3 測定対象空間における熱電対の配置 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

熱電対は測定対象断面全体に計51箇所、**エアコン吹出口**、**吸込口**にもそれぞれ1箇所設置する。

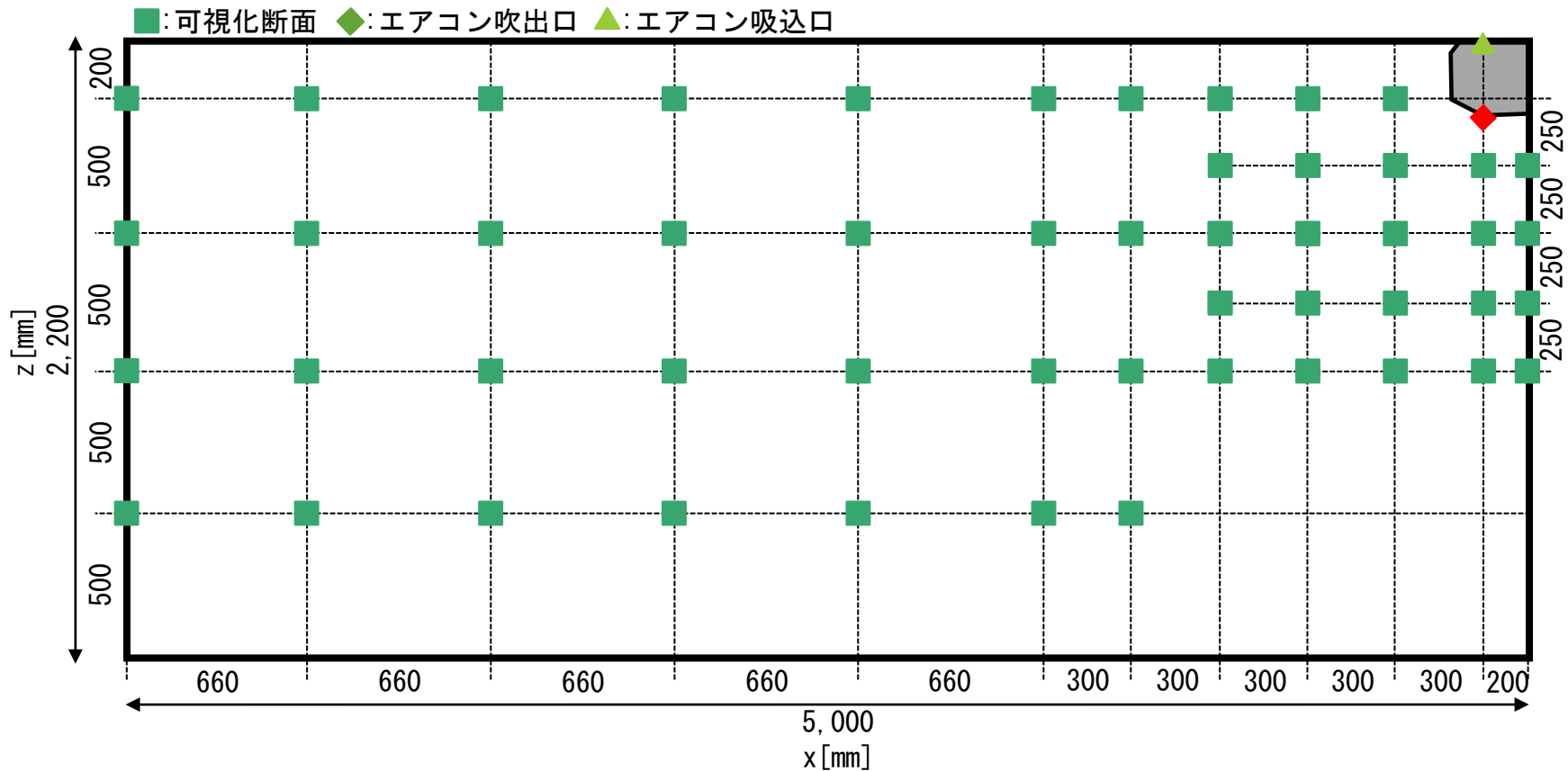


図3 測定対象空間における熱電対の配置 (実験①)

実験概要 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

熱電対は測定対象断面全体に計51箇所、エアコン吹出口、吸込口にもそれぞれ1箇所設置する。

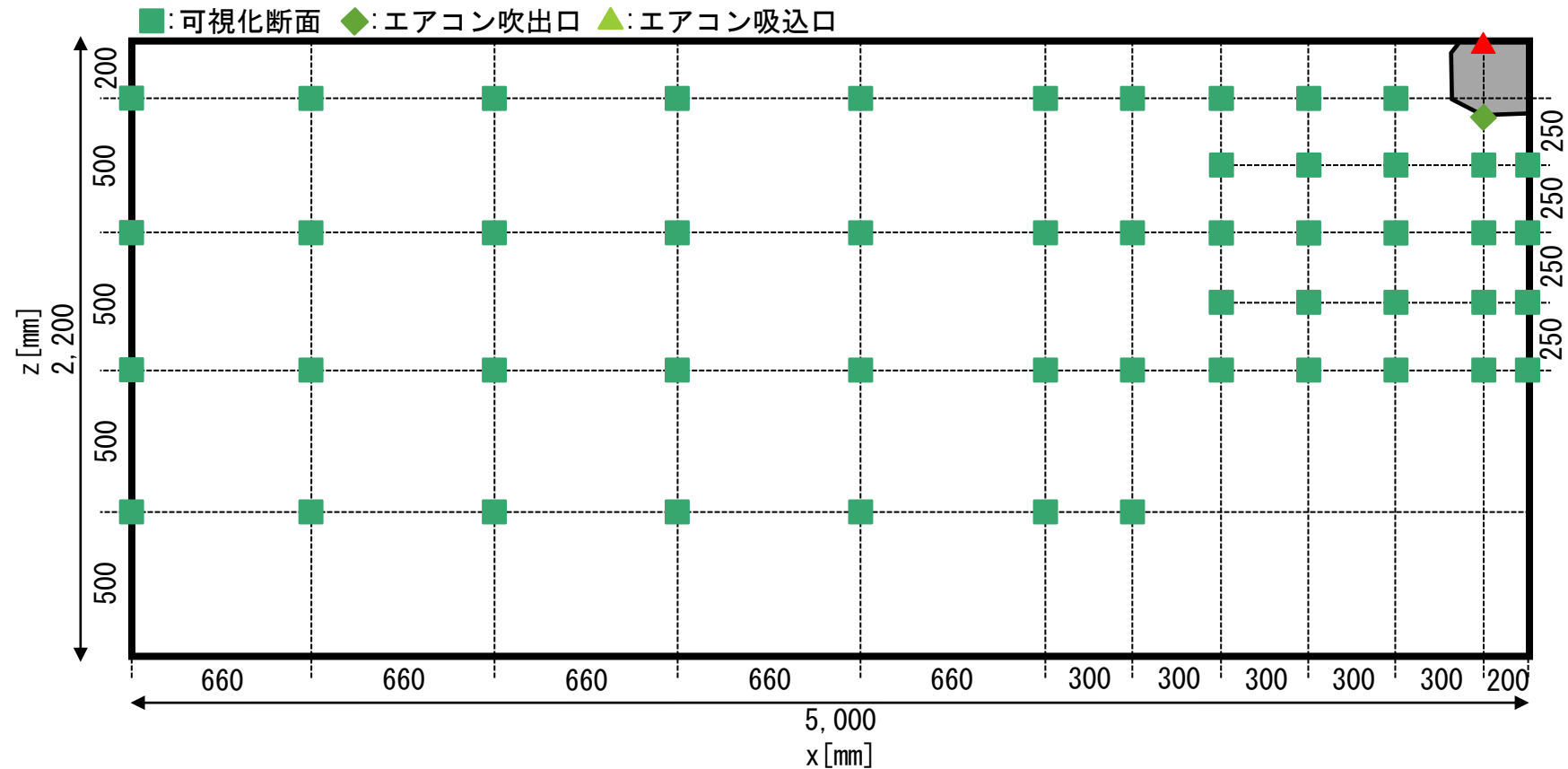


図3 測定対象空間における熱電対の配置 (実験①)

測定対象は9,130 [mm] (幅) × 3,000 [mm] (高さ) × 6,720 [mm] (奥行) の新潟大学工学部D棟207講義室とする。

表4 実験case (実験②)

実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
caseA	送風 (等温)	急	風向0 (水平面から下向き19[°])
caseB			風向2 (水平面から下向き34[°])
caseC			風向4 (水平面から下向き53[°])
caseD			スイング運転 (水平面から下向き19~53[°])

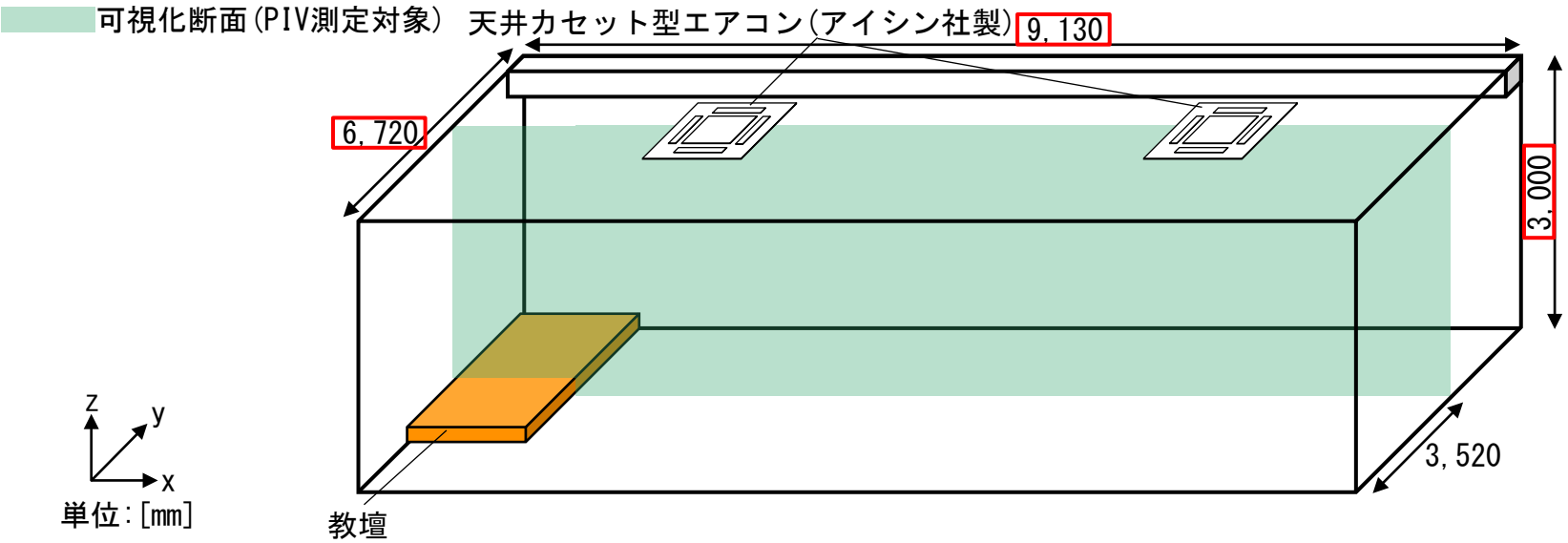


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

天井カセット型エアコンが2台設置されており、全ての実験caseで送風運転 (風量: 急) とする。

表4 実験case (実験②)

実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
caseA	送風 (等温)	急	風向 0 (水平面から下向き 19[°])
caseB			風向 2 (水平面から下向き 34[°])
caseC			風向 4 (水平面から下向き 53[°])
caseD			スイング運転 (水平面から下向き 19~53[°])

可視化断面 (PIV測定対象) 天井カセット型エアコン (アイシン社製) 9, 130

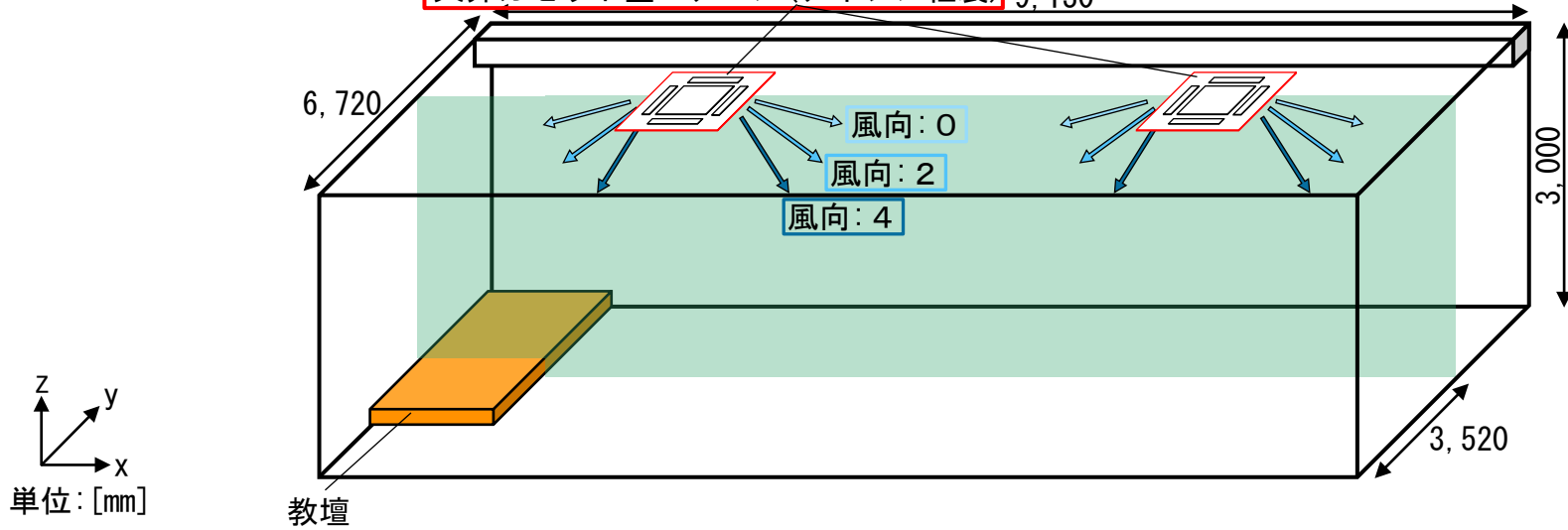


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

実験条件 (教室における等温条件での空調気流性状の測定 (実験②))

caseAは風向 0 (水平面から下向き19[°])、caseBは風向 2 (水平面から下向き34[°])、caseCは風向 4 (水平面から下向き53[°])、caseDはスイング運転とする。

表4 実験case (実験②)

実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
caseA	送風 (等温)	急	風向 0 (水平面から下向き19[°])
caseB			風向 2 (水平面から下向き34[°])
caseC			風向 4 (水平面から下向き53[°])
caseD			スイング運転 (水平面から下向き19~53[°])

可視化断面 (PIV測定対象) 天井カセット型エアコン (アイシン社製) 9, 130

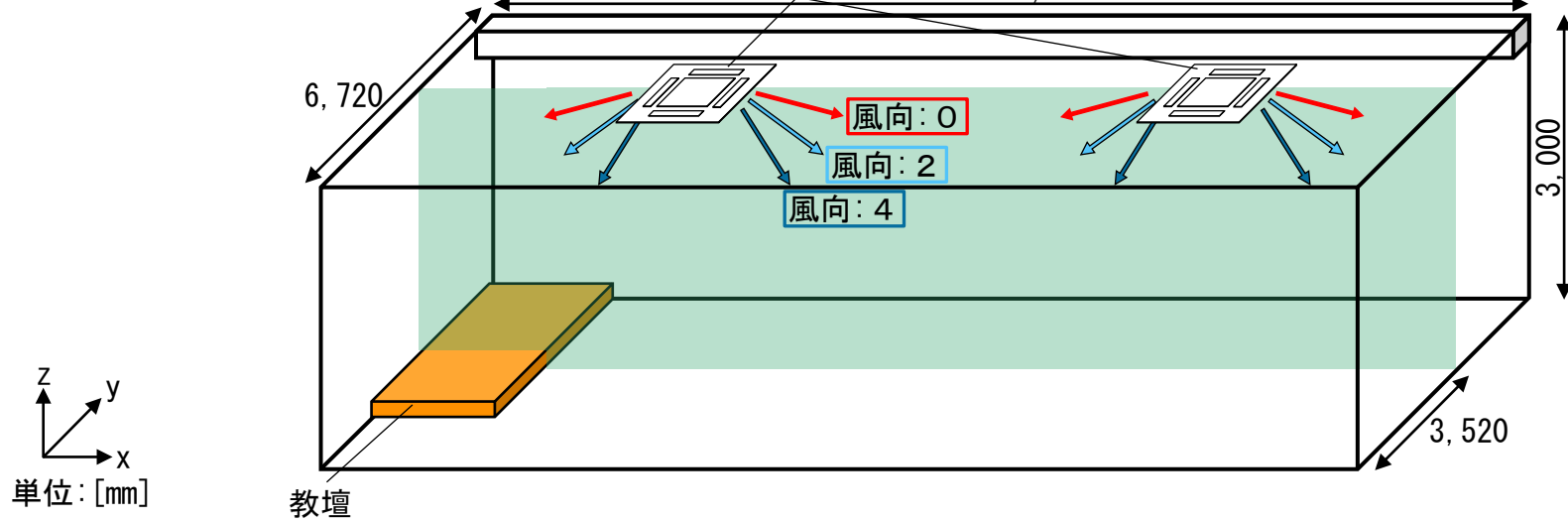


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

実験条件 (教室における等温条件での空調気流性状の測定 (実験②))

caseAは風向 0 (水平面から下向き19[°])、**caseBは風向 2 (水平面から下向き34[°])**、caseCは風向 4 (水平面から下向き53[°])、caseDはスイング運転とする。

表 4 実験case (実験②)

実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
caseA	送風 (等温)	急	風向 0 (水平面から下向き19[°])
caseB			風向 2 (水平面から下向き34[°])
caseC			風向 4 (水平面から下向き53[°])
caseD			スイング運転 (水平面から下向き19~53[°])

可視化断面 (PIV測定対象) 天井カセット型エアコン (アイシン社製) 9, 130

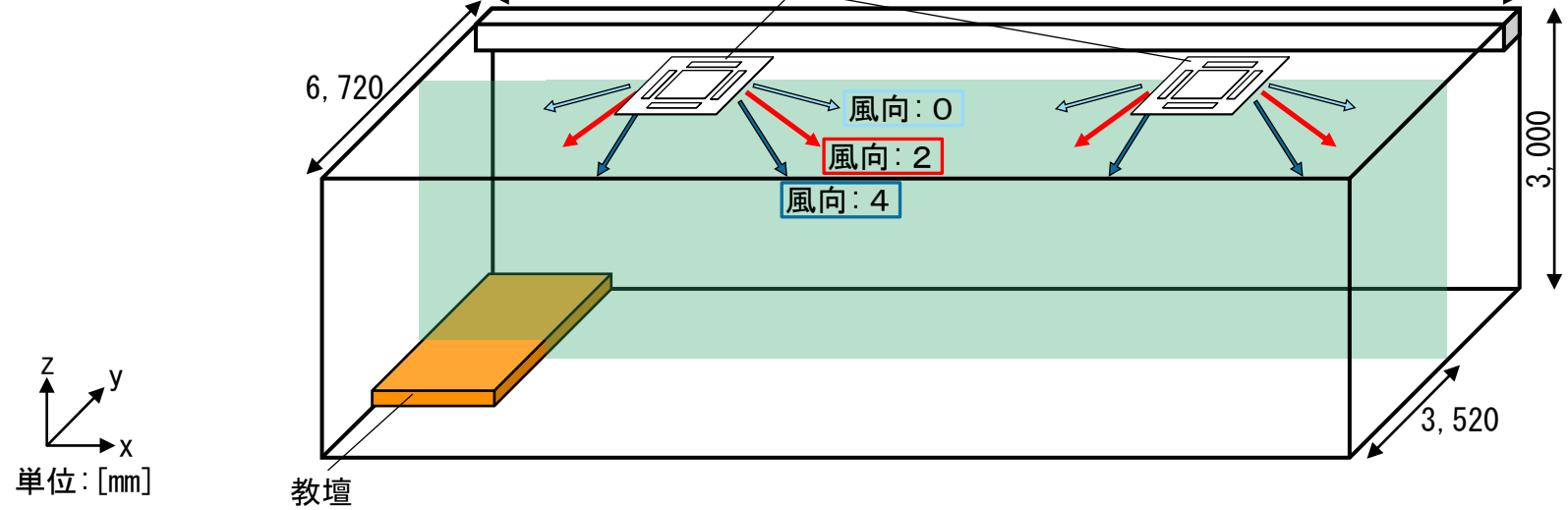


図 4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

実験条件 (教室における等温条件での空調気流性状の測定 (実験②))

caseAは風向 0 (水平面から下向き19[°])、caseBは風向 2 (水平面から下向き34[°])、**caseCは風向 4 (水平面から下向き53[°])**、caseDはスイング運転とする。

表4 実験case (実験②)

実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
caseA	送風 (等温)	急	風向 0 (水平面から下向き19[°])
caseB			風向 2 (水平面から下向き34[°])
caseC			風向 4 (水平面から下向き53[°])
caseD			スイング運転 (水平面から下向き19~53[°])

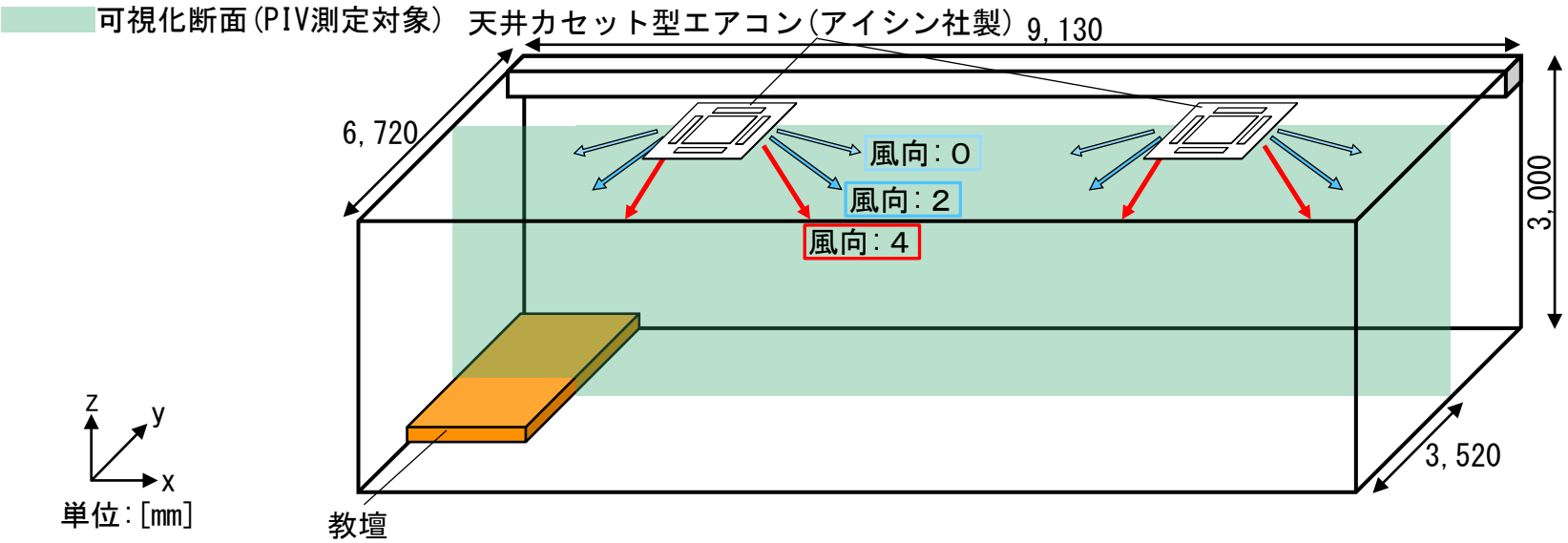


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

実験条件 (教室における等温条件での空調気流性状の測定 (実験②))

caseAは風向 0 (水平面から下向き19[°])、caseBは風向 2 (水平面から下向き34[°])、caseCは風向 4 (水平面から下向き53[°])、**caseDはスイング運転**とする。

表4 実験case (実験②)

実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
caseA	送風 (等温)	急	風向 0 (水平面から下向き19[°])
caseB			風向 2 (水平面から下向き34[°])
caseC			風向 4 (水平面から下向き53[°])
caseD			スイング運転 (水平面から下向き19~53[°])

可視化断面 (PIV測定対象) 天井カセット型エアコン (アイシン社製) 9, 130

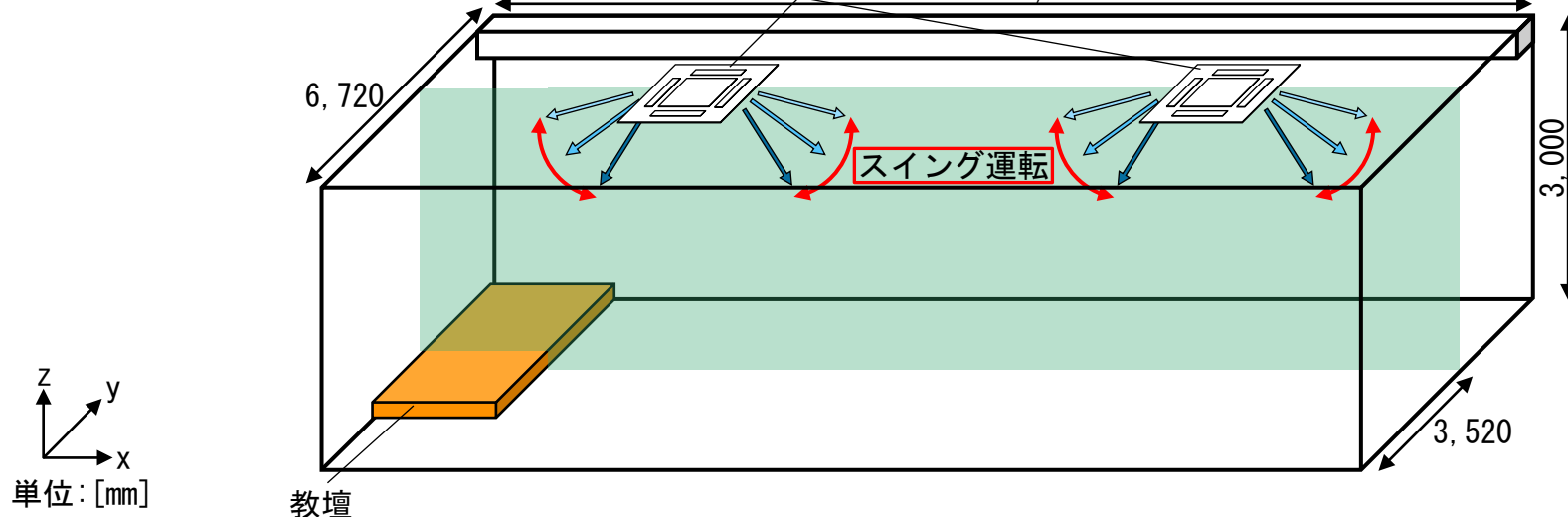


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

スイング運転は風向 0 ~ 4 の風向角の範囲 (水平面から下向き 19 ~ 53 [°]) を約10秒で一往復する。

表 4 実験case (実験②)

実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
caseA	送風 (等温)	急	風向 0 (水平面から下向き 19 [°])
caseB			風向 2 (水平面から下向き 34 [°])
caseC			風向 4 (水平面から下向き 53 [°])
caseD			スイング運転 (水平面から下向き 19 ~ 53 [°])

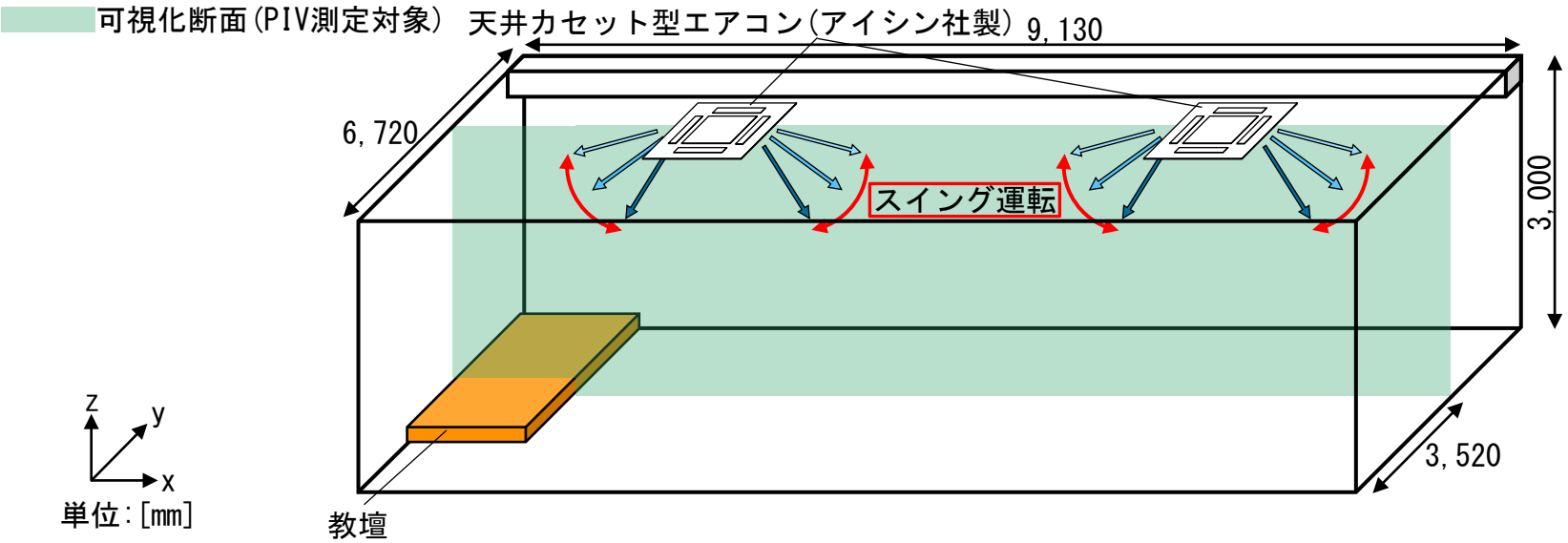


図 4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

実験概要 (教室における等温条件での空調気流性状の測定 (実験②))

表 2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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	スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)	
	スモークジェネレータ②	Officeck 400W FOG MACHINE (実験②×4台)	
解析ツール		FlowExpert ver.1.2.13	

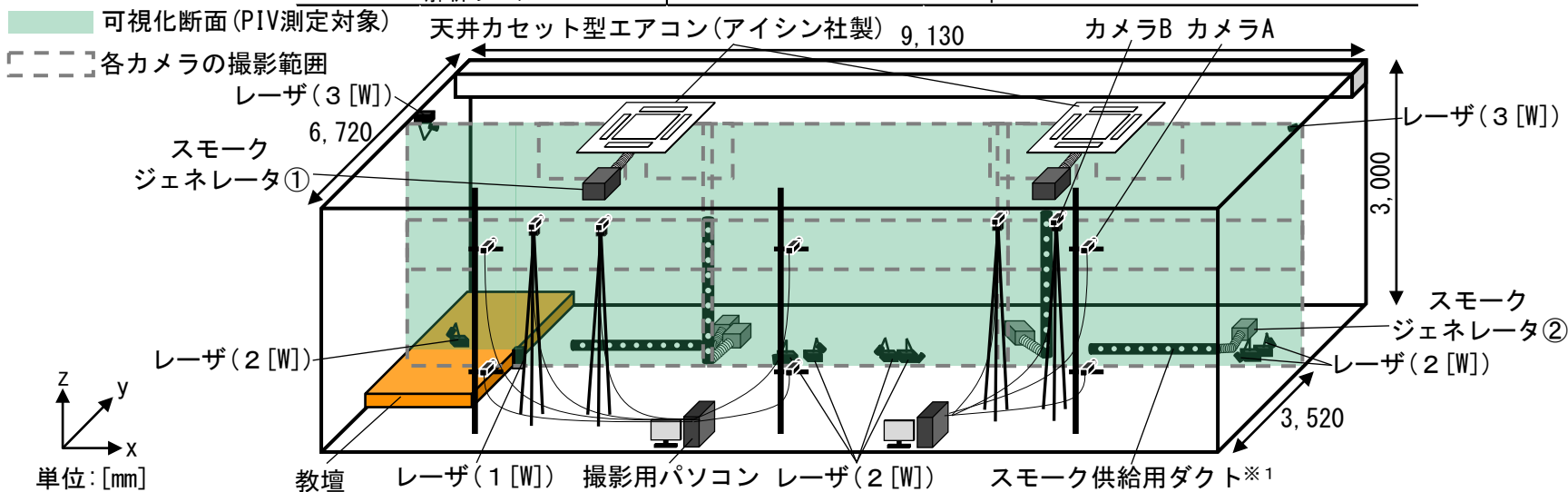


図 4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

※ 1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]であり、φ8の穴が100[mm]間隔で空いている。

可視化には連続光レーザー10台 (3 [W] × 2、2 [W] × 7、1 [W] × 1) と2種類のスモークジェネレータを計6台用いる。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験① × 5台、実験② × 6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 ₄ 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	スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験① × 4台、実験② × 2台)	
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験② × 4台)	
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13		

可視化断面 (PIV測定対象)

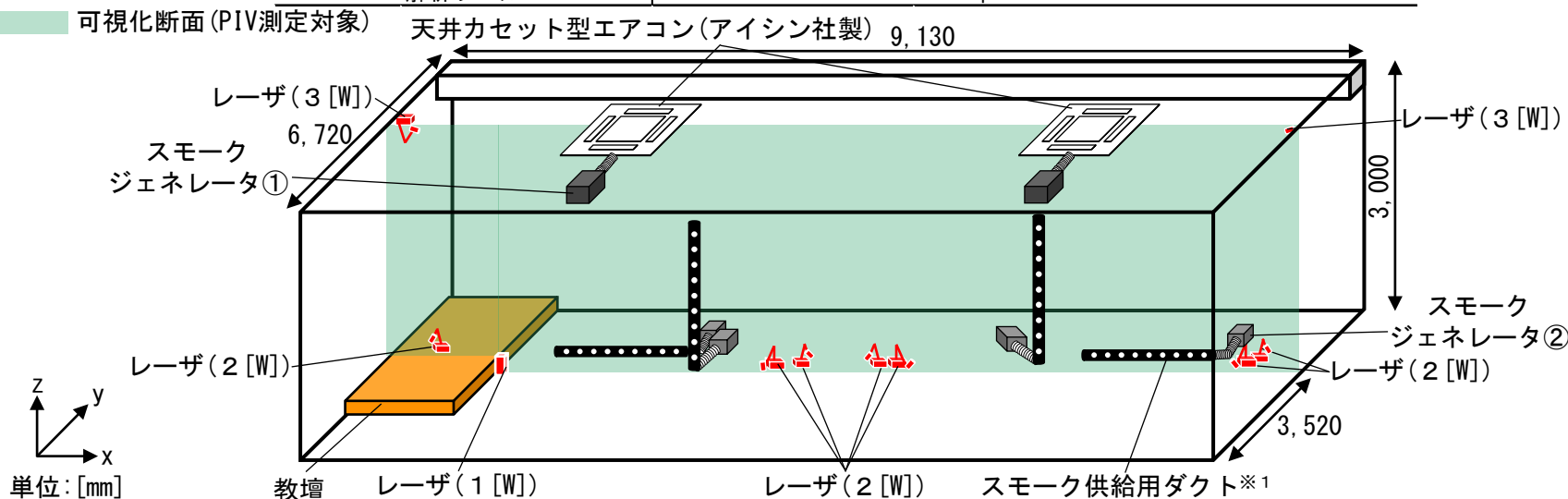


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

※1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]であり、φ8の穴が100[mm]間隔で空いている。

可視化には連続光レーザ10台 (3 [W] × 2、2 [W] × 7、1 [W] × 1) と2種類のスモークジェネレータを計6台用いる。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験① × 5台、実験② × 6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 ₄ 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 (実験① × 4台、実験② × 2台)	
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験② × 4台)	
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

可視化断面 (PIV測定対象)

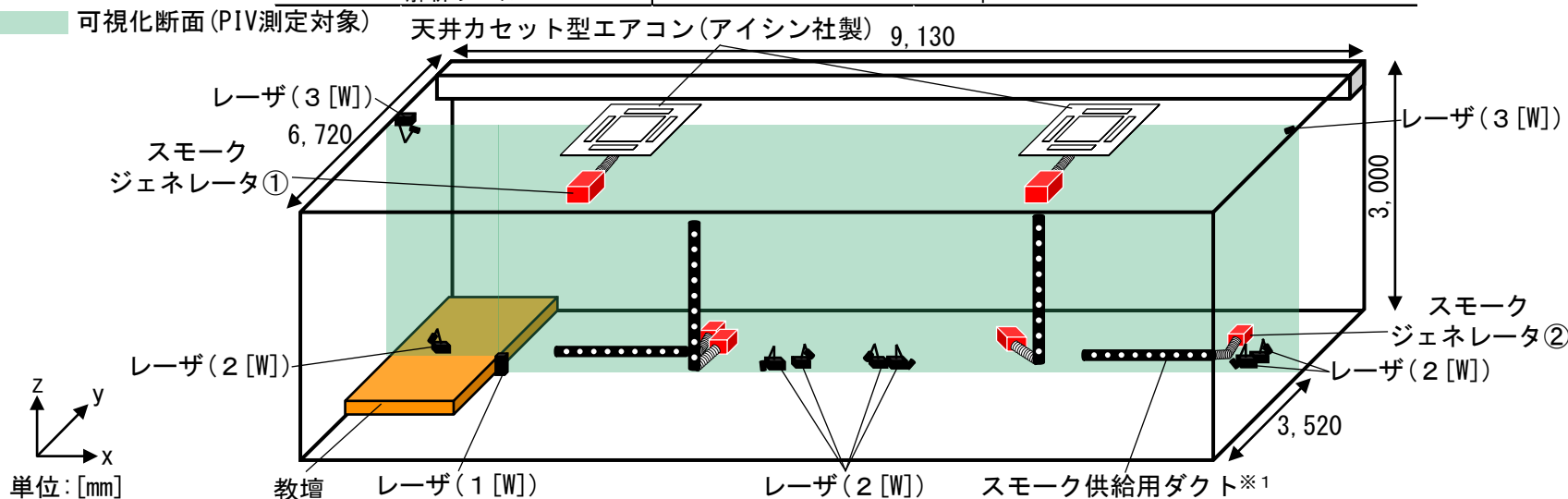


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

※1 長さ1,400 [mm]、直径60 [mm]であり、φ8の穴が100 [mm]間隔で空いている。

10台のレーザーはそれぞれの照射断面を一致させるように配置する。

表 2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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	スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)	
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)	
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13		

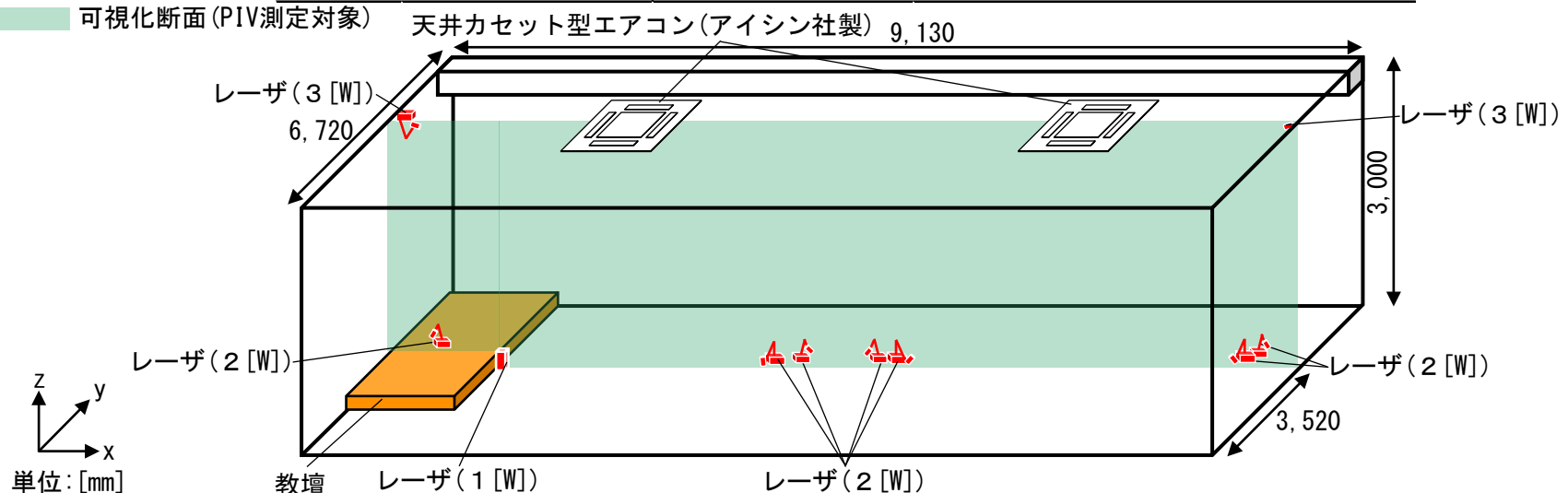


図 4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

スモークジェネレータ①はエアコン吸込口に1台ずつ設置する。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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		スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

可視化断面 (PIV測定対象)

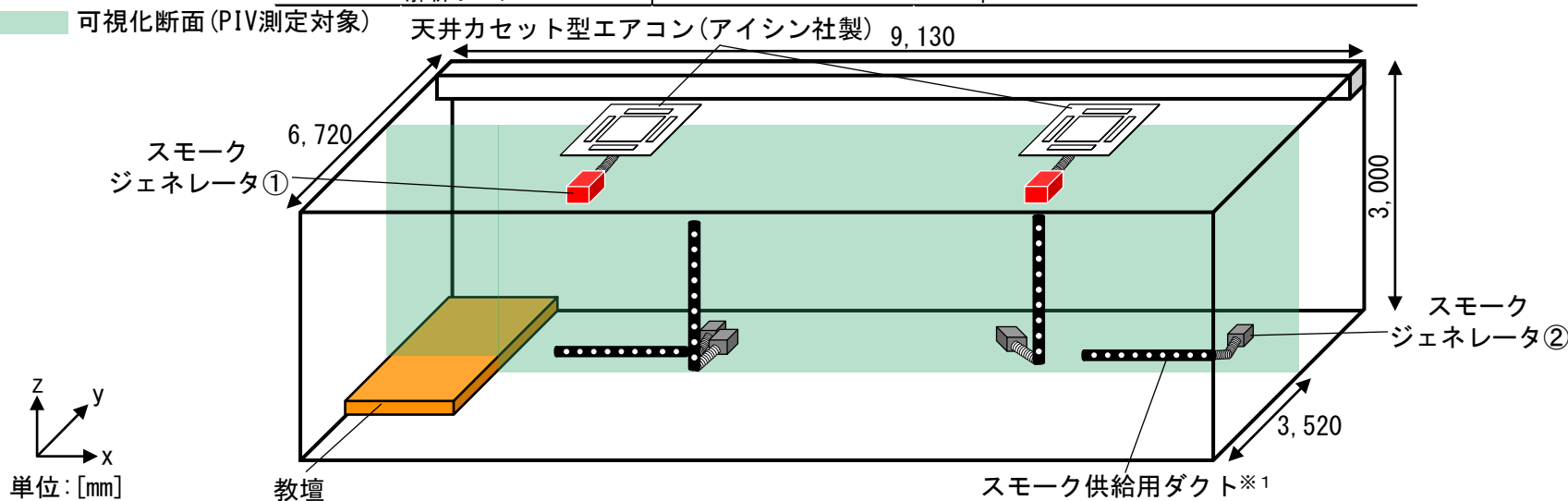


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

※1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]であり、φ8の穴が100[mm]間隔で空いている。

スモークジェネレータ②は4台とも床面に設置し、スモーク供給用ダクト※1を接続することでシーディングを行う。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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	スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)	
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)	
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

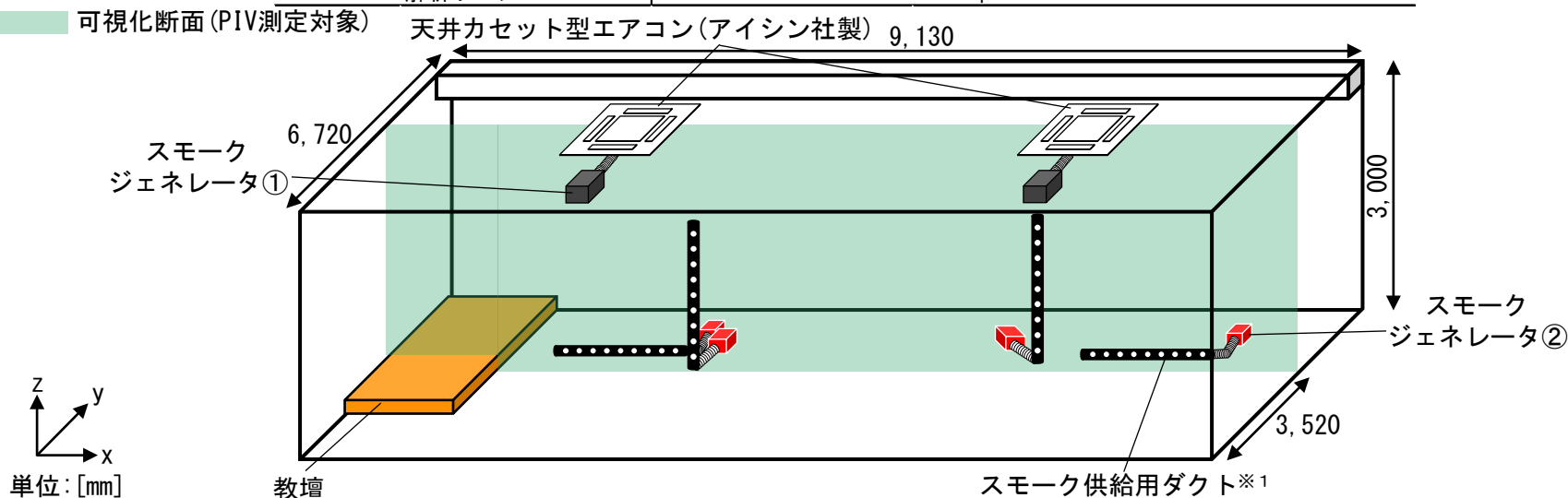


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

※1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]であり、φ8の穴が100[mm]間隔で空いている。

カメラは計10台を使用し、カメラA(125[fps])は測定対象断面を6分割するように6台配置する。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ		カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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		スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)
解析ツール		FlowExpert ver.1.2.13	

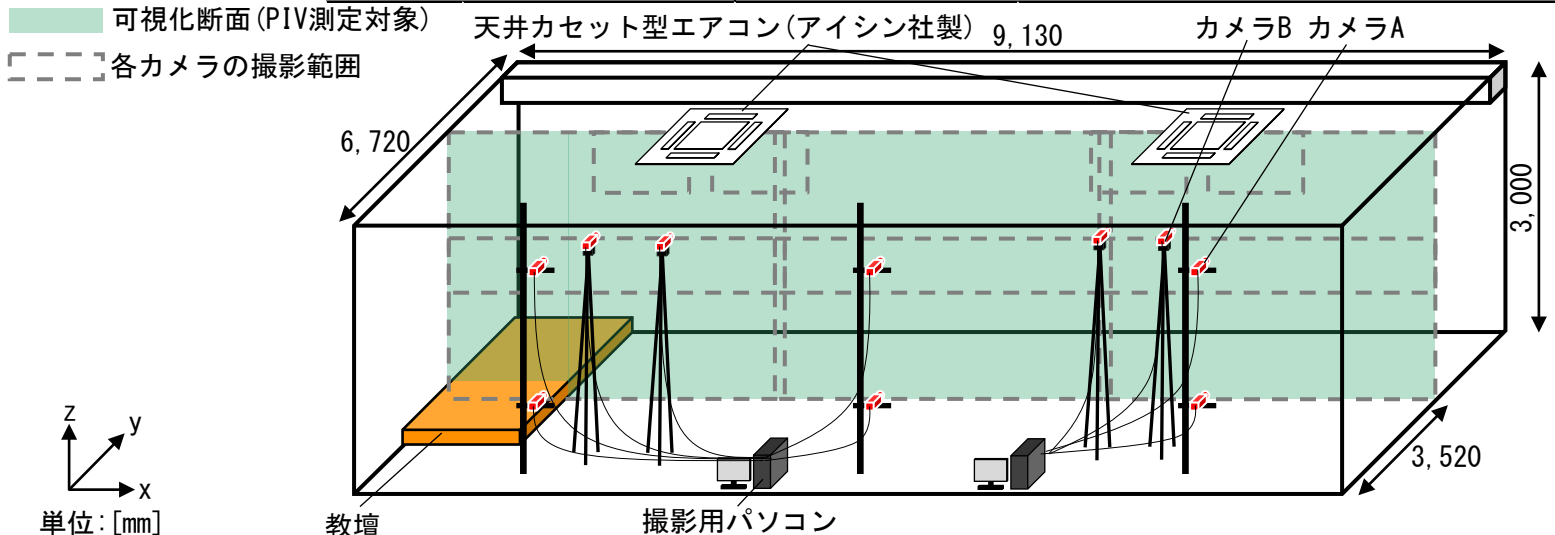


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

カメラは計10台を使用し、**カメラA(125[fps])は測定対象断面を6分割するように6台配置する。**

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ		カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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		スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

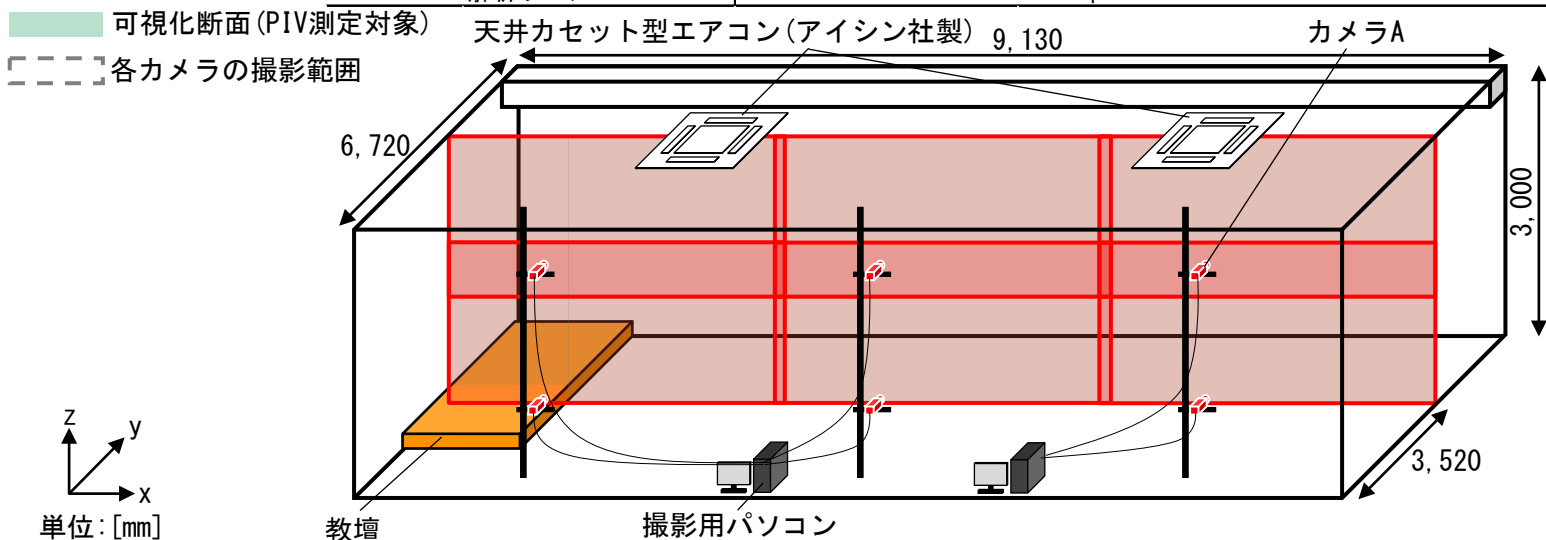


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

カメラB (375 [fps]) はエアコン吹出気流を詳細に撮影するため各吹出口に接近して4台配置する。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ レーザー 波長 : 532 [nm]	出力 : 3 [W] 出力 : 2 [W] 出力 : 1 [W]
		DPGL-3W × 2台 DPGL-2W × 7台 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 (実験①×4台、実験②×2台)
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13

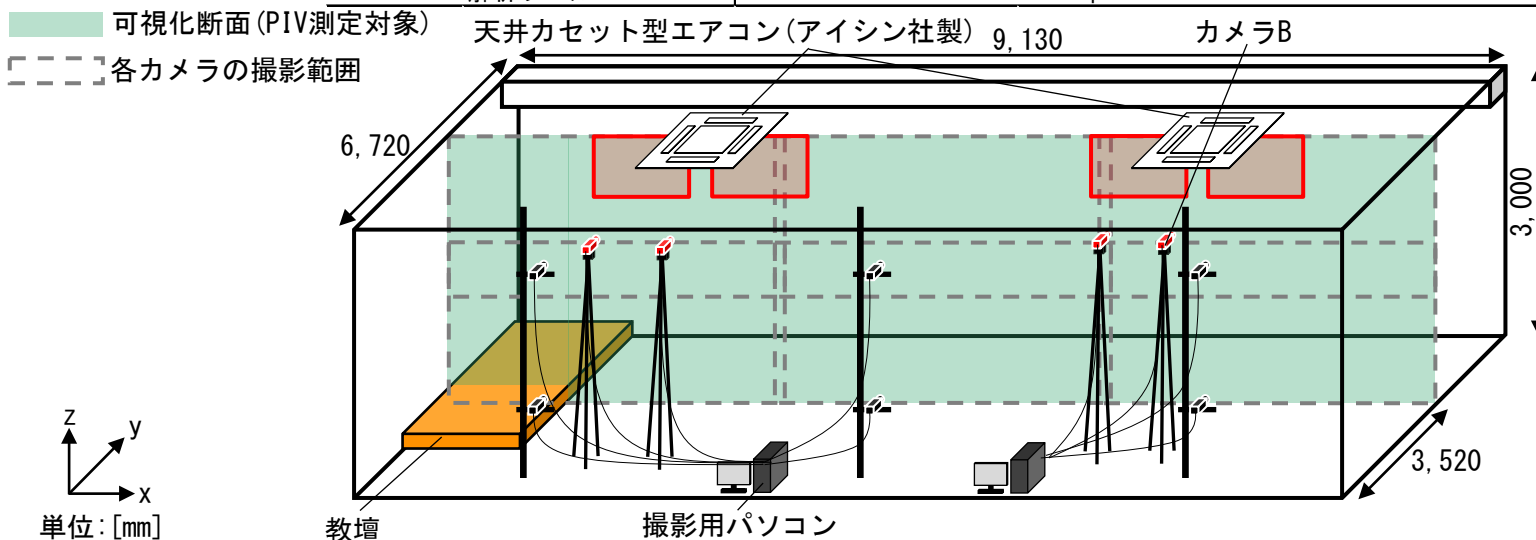


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

撮影時間は10秒間とし、PIV解析にはFlowExpert ver1.2.13を使用する。

表2 測定機器の仕様 (実験①、②)

カメラ	カメラA	工業用カメラ (実験①×5台、実験②×6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 ₄ 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	スモークジェネレータ①	Antari FOG MACHINE Z-1200 II (実験①×4台、実験②×2台)	
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE (実験②×4台)	
解析ツール		FlowExpert ver.1.2.13	

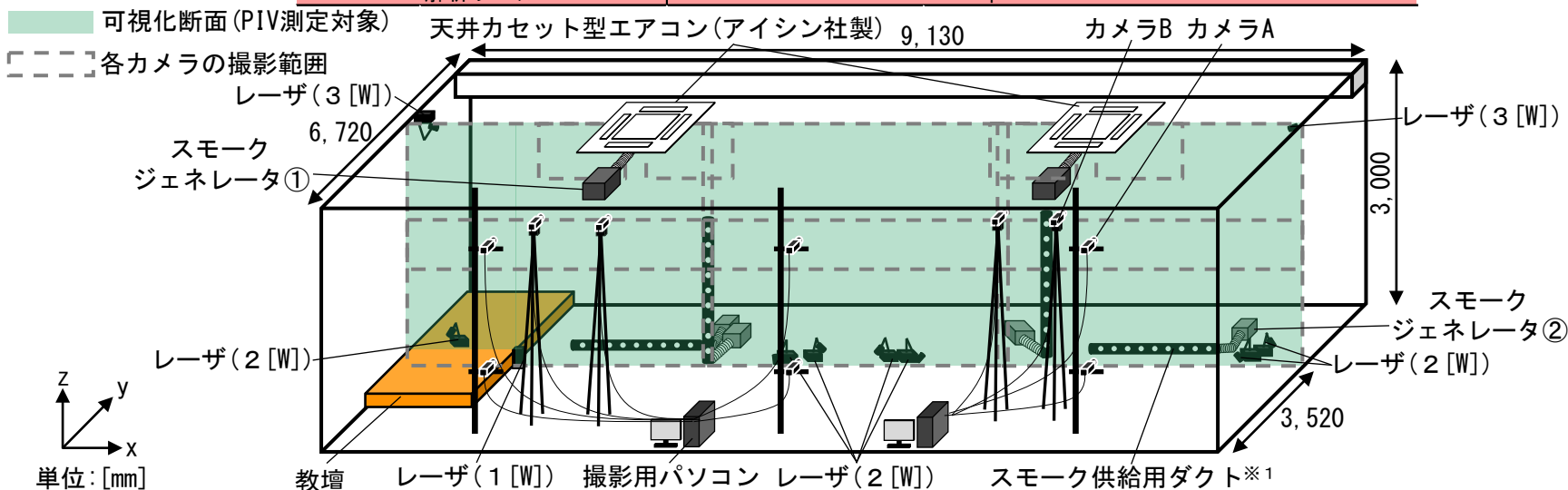


図4 測定対象空間と機器の概要 (実験②)

※1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]であり、φ8の穴が100[mm]間隔で空いている。

実験①と同様に撮影時のフレーム間隔とスキップしたフレーム間隔で解析を行い、4つのフレーム間隔で最適な風速ベクトルの選択※³を行う。

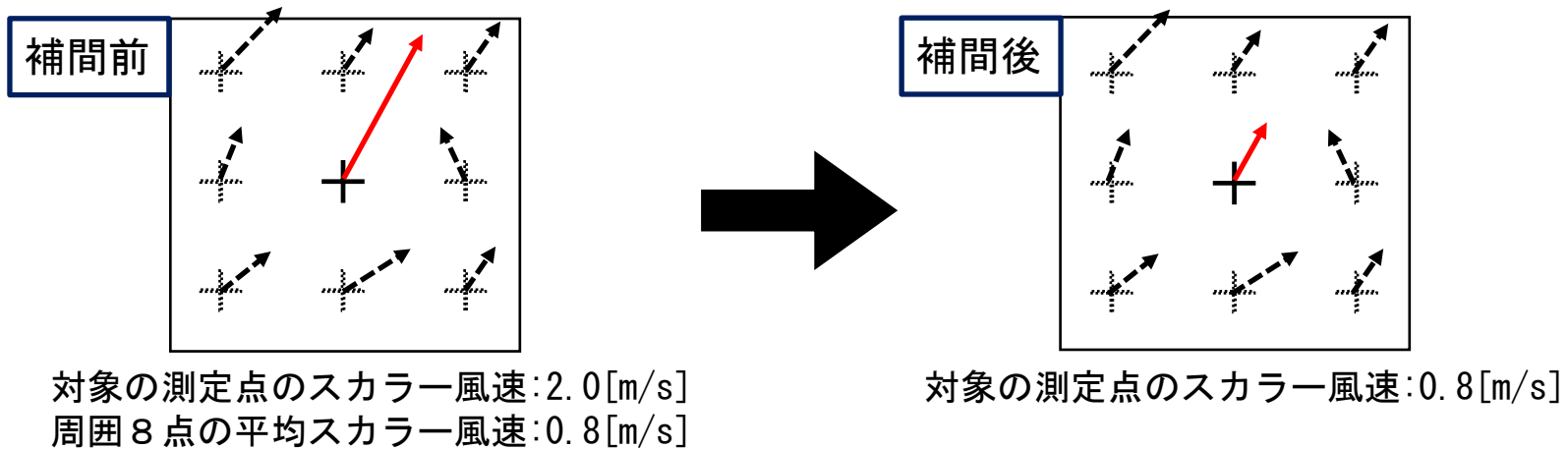
表5 PIV測定パラメータ (実験②)

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=3, 520 [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※ ² [mm/pixel]	1.59				1.15				
対象領域 [mm]	3,053 × 1,908				828 × 621				
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]	35 × 35				48 × 48				
探査領域 [pixel]	±21				±10				
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	
解析可能風速 [m/s]	最小風速	0.199	0.099	0.050	0.033	0.431	0.216	0.108	0.072
	最大風速	4.17	2.09	1.04	0.7	4.30	2.16	1.08	0.72

※² 撮影画像間隔と実際の距離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風速が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。

その後、既往の研究^{文2)}で検討を行った補間方法^{※4}を用いて各測定点のPIV解析結果を補正する。



- 対象の測定点のスカラ風速が周囲8点の平均スカラ風速の160[%]以上または40[%]以下で補間する場合
 $\text{周囲8点の平均スカラ風速} 0.8 [\text{m/s}] \times 1.6 = 1.28 [\text{m/s}] \leq \text{対象のスカラ風速} 2.0 [\text{m/s}] \rightarrow \text{補間対象と判断}$

(a) 周囲8点の平均スカラ風速による補間 (空間補間)

図 PIV解析結果における誤ベクトルの補間による補正方法^{文2)}

※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。なお、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。

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

各カメラの撮影範囲の重複する領域は実験①と同様の方法で解析を行う。

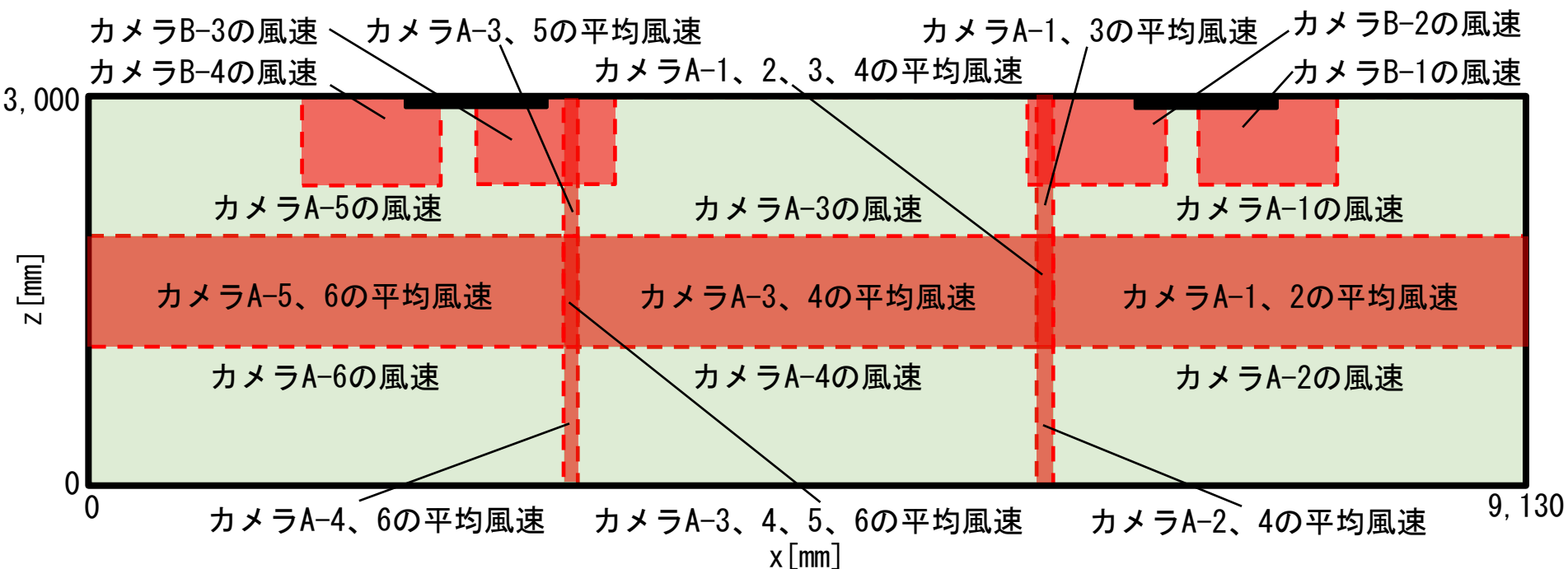
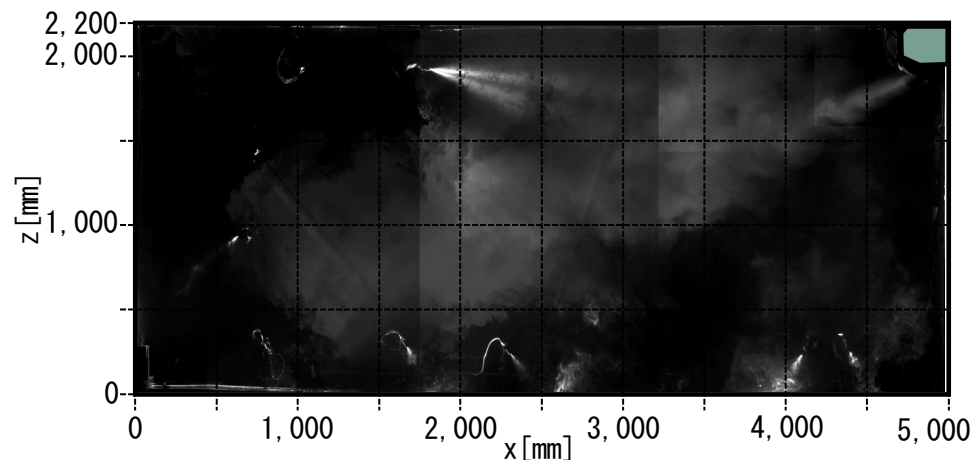


図5 可視化断面のカメラ配置とPIV解析結果の合成方法 (実験②)

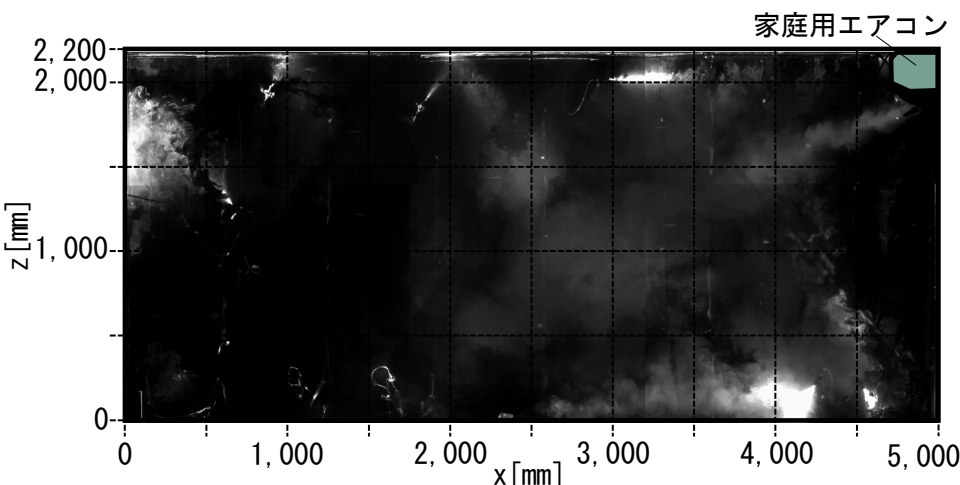
実験結果 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

表 1 実験case (実験①)

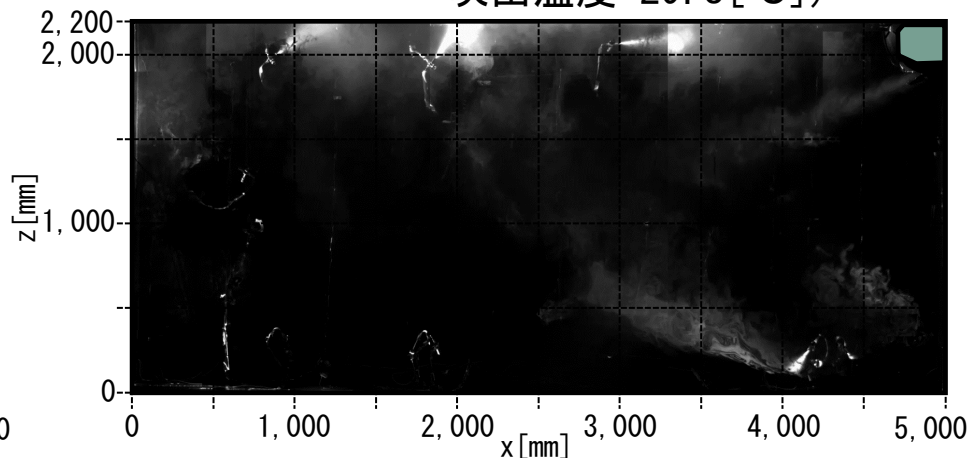
実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
case1	送風 (等温)	風量 3	風向 2 (水平面から 下向き19[°])
case2	冷房		
case3	暖房		



(a) case1 (等温、吸込温度:30.2[°C]、吹出温度:29.8[°C])



(b) case2 (冷房、吸込温度:27.3[°C]、吹出温度:14.0[°C])



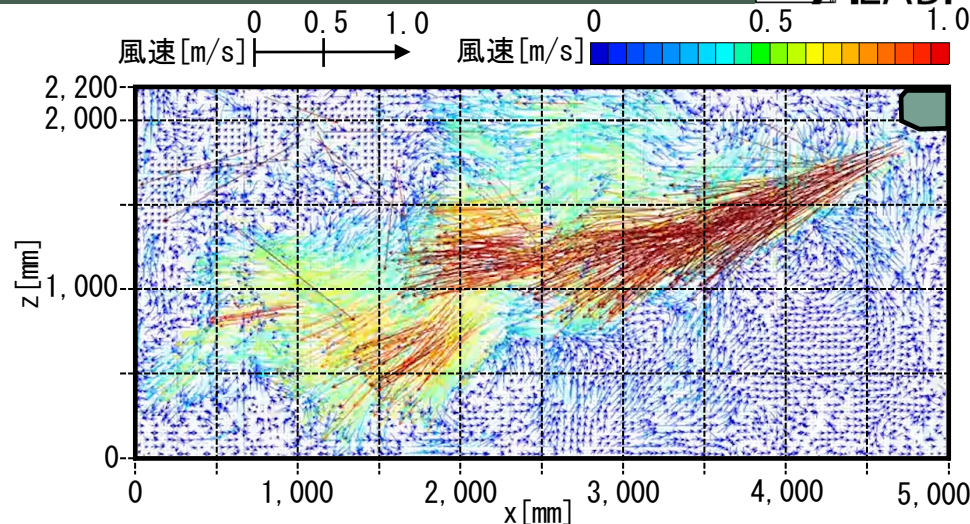
(c) case3 (暖房、吸込温度:31.9[°C]、吹出温度:49.7[°C])

動画 各caseにおける可視化結果 (実験①)

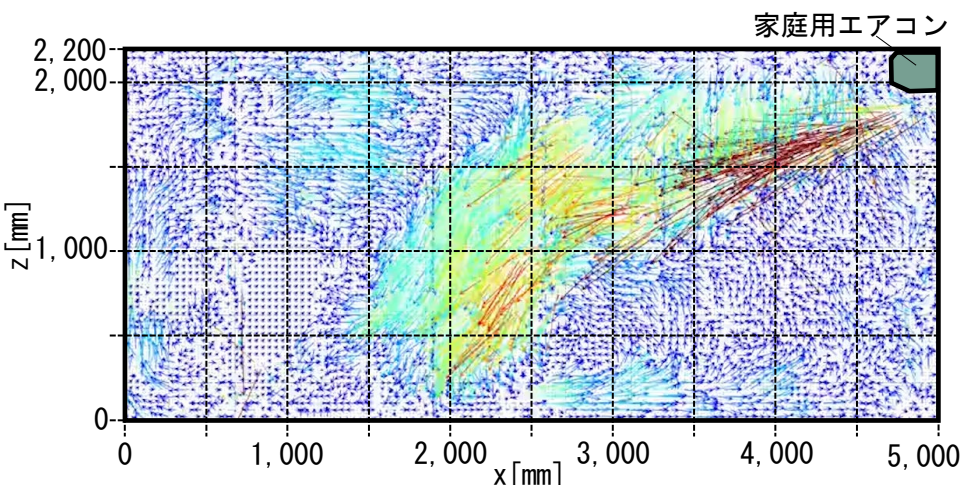
実験結果 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

表 1 実験case (実験①)

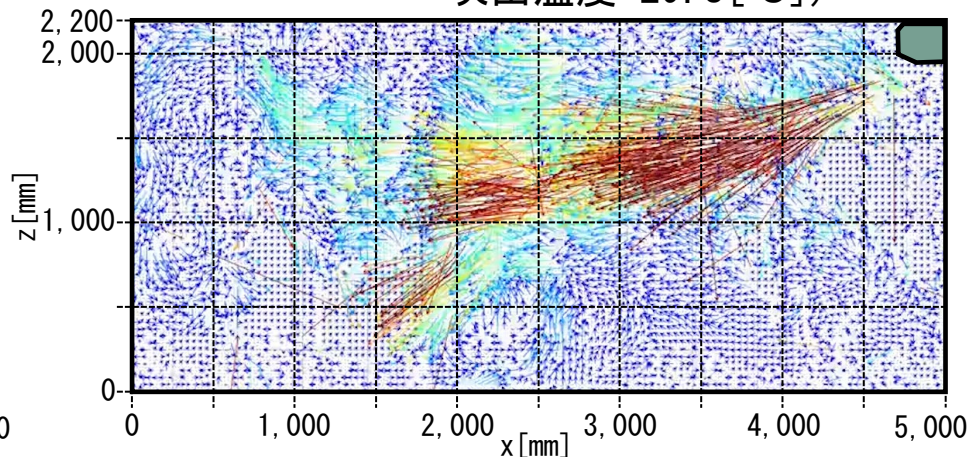
実験case	空調条件	循環風量	吹出風向 (風向角)
case1	送風 (等温)	風量 3	風向 2 (水平面から 下向き19[°])
case2	冷房		
case3	暖房		



(a) case1 (等温、吸込温度:30.2[°C]、吹出温度:29.8[°C])



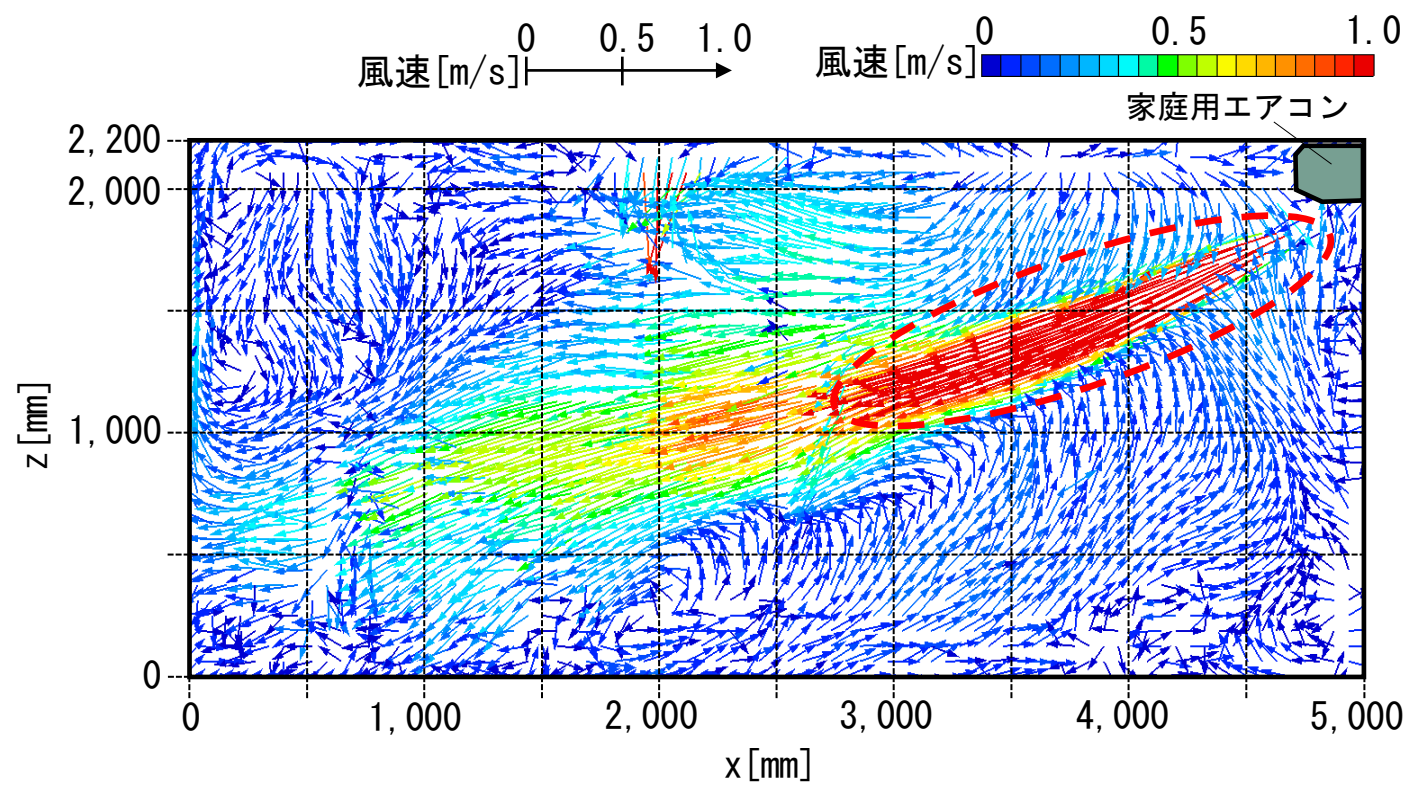
(b) case2 (冷房、吸込温度:27.3[°C]、吹出温度:14.0[°C])



(c) case3 (暖房、吸込温度:31.9[°C]、吹出温度:49.7[°C])

動画 各caseにおける解析結果 (実験①)

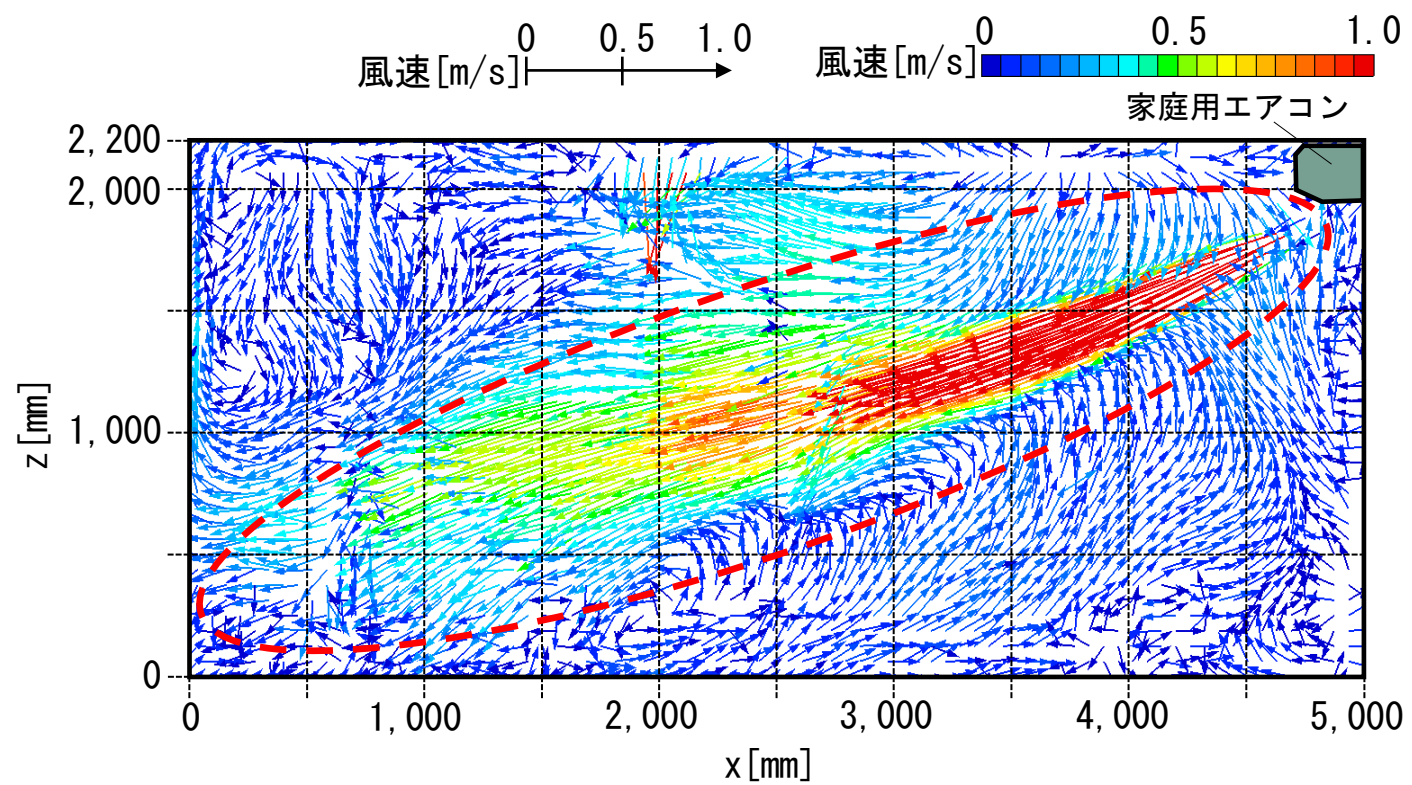
エアコン吹出部分中心での風速は約2.0[m/s]となる。



(a) case1 (等温、吸込温度:30.2[°C]、吹出温度:29.8[°C])

図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

その後、吹出気流は風速約0.5 [m/s] でチャンバ左下隅角部に到達し、左壁面を沿う気流と床面を沿う気流に分かれる。

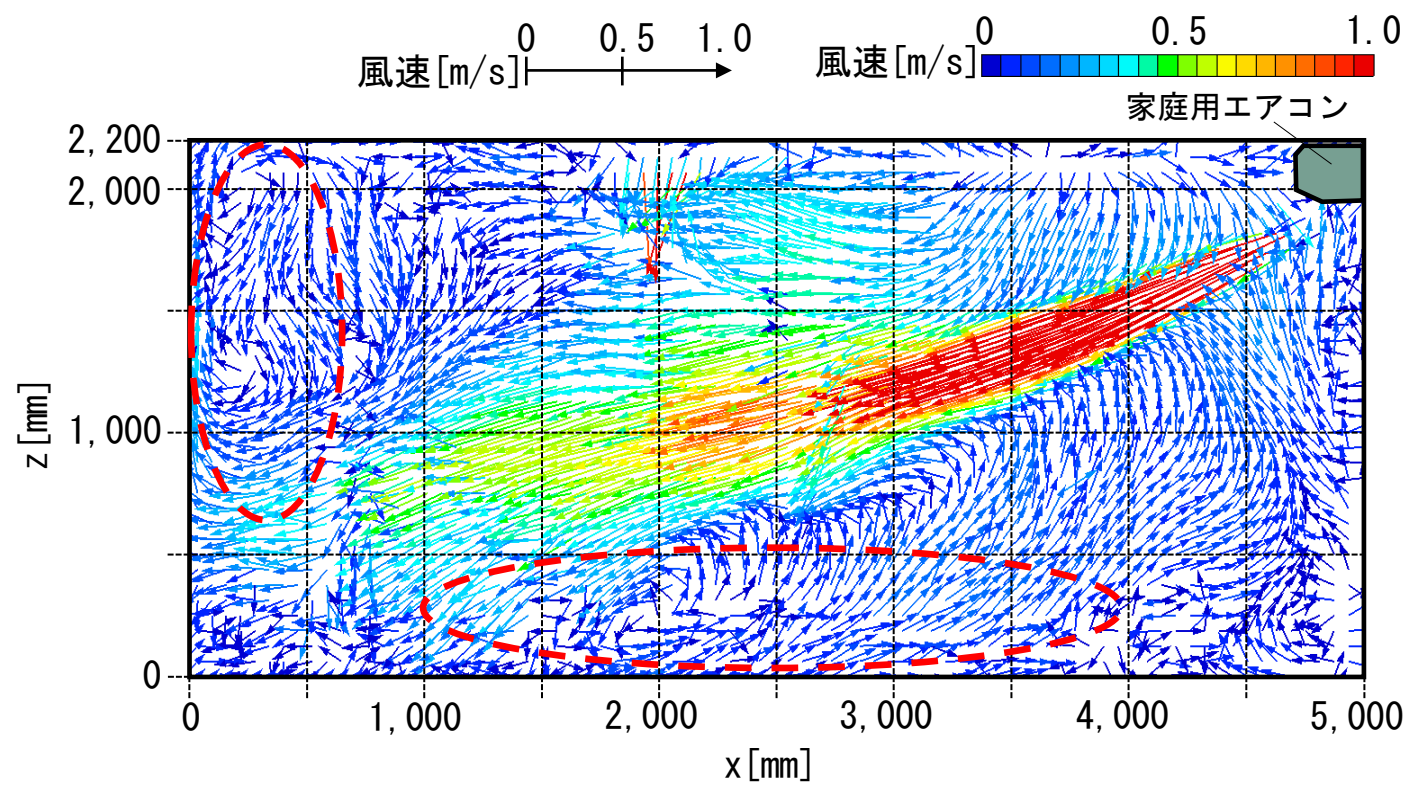


(a) case1 (等温、吸込温度:30.2 [°C]、吹出温度:29.8 [°C])

図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

実験結果 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

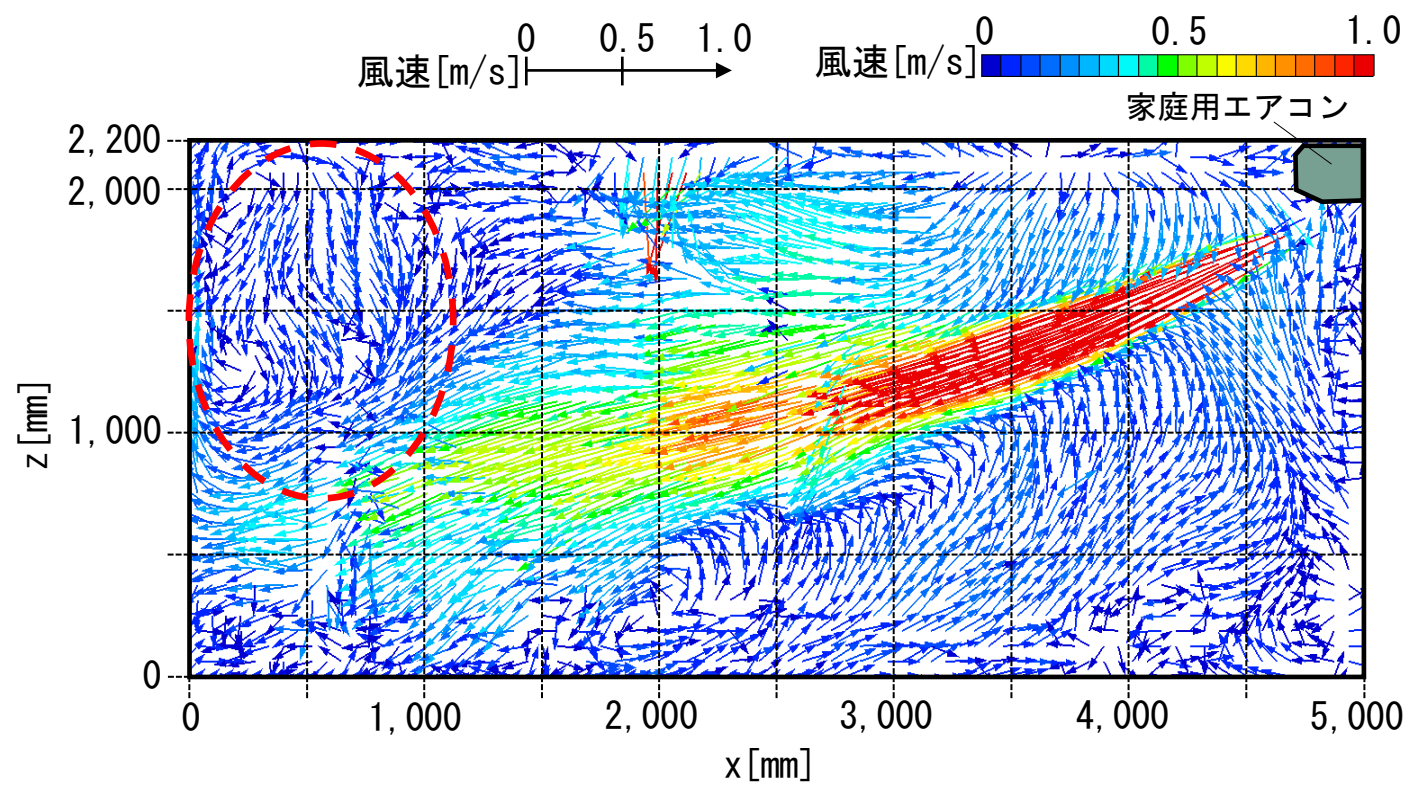
その後、吹出気流は風速約0.5 [m/s] でチャンバ左下隅角部に到達し、**左壁面を沿う気流**と**床面を沿う気流**に分かれる。



(a) case1 (等温、吸込温度:30.2[°C]、吹出温度:29.8[°C])

図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

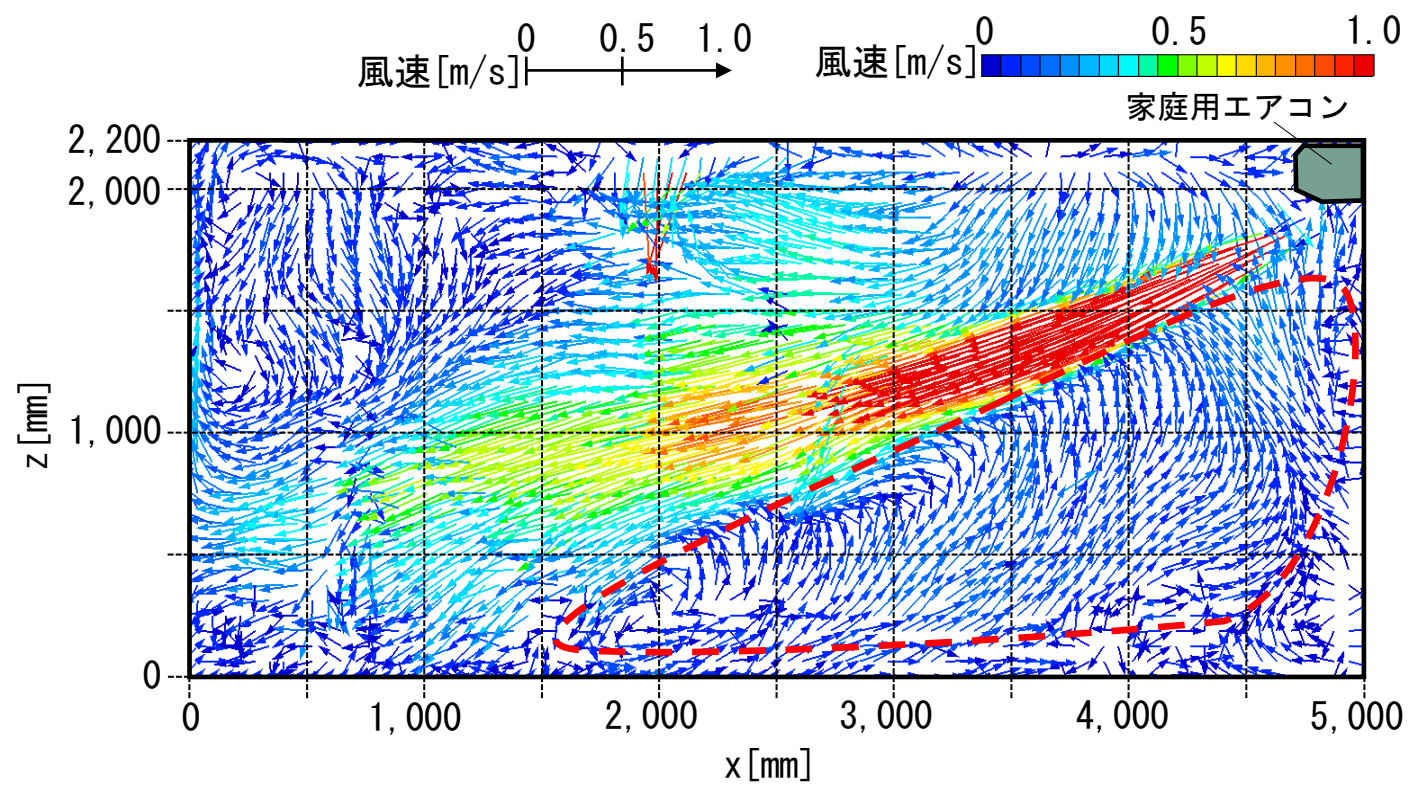
左壁面を沿う気流は左上隅角付近で小さな渦を形成する。



(a) case1 (等温、吸込温度:30.2[°C]、吹出温度:29.8[°C])

図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

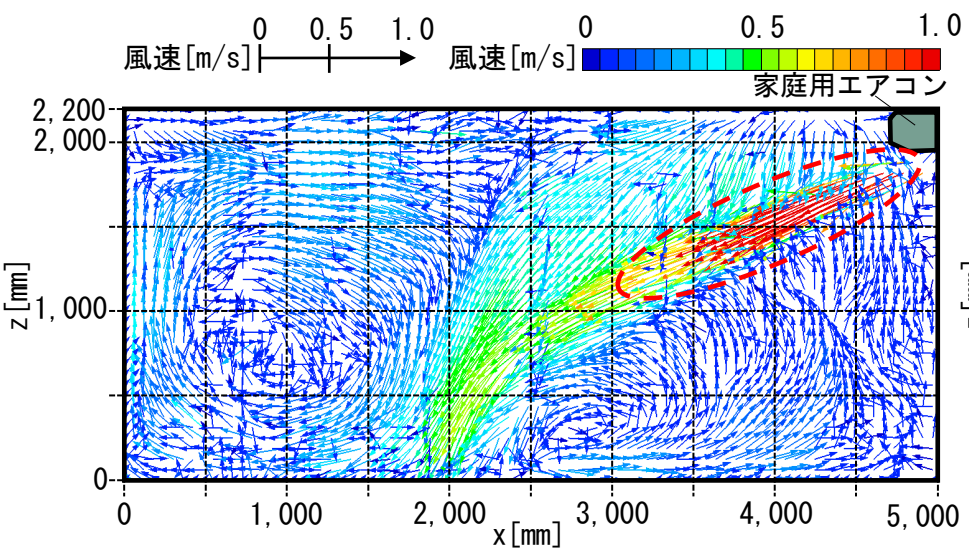
一方で床面を沿う気流はエアコン下部へ向かい、吹出気流に引き込まれるような循環流を形成する。



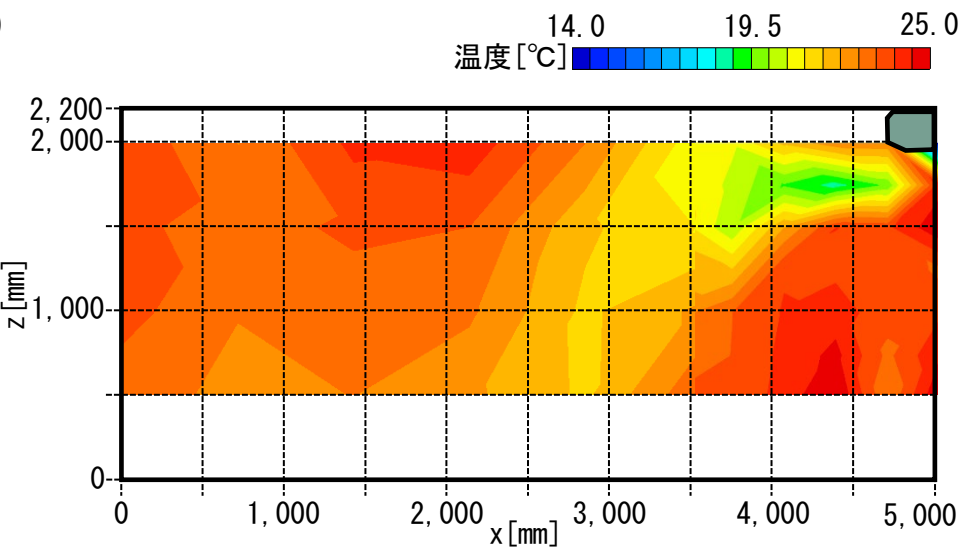
(a) case1 (等温、吸込温度:30.2[°C]、吹出温度:29.8[°C])

図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

エアコン吹出部分中心での風速は約1.5[m/s]、約14[°C]となる。



(b) case2 (冷房、吸込温度:27.3[°C]、吹出温度:14.0[°C])

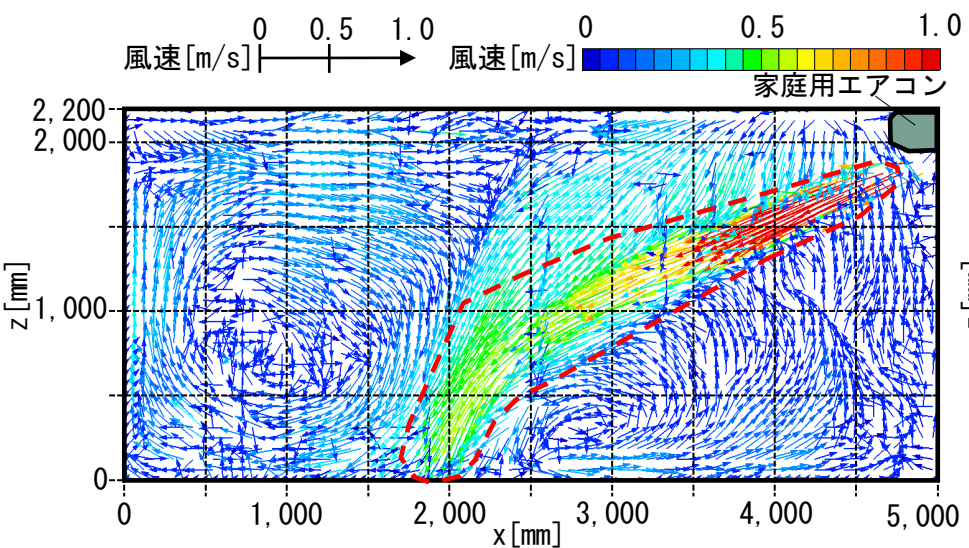


(a) case2 (冷房、吸込温度:27.3[°C]、吹出温度:14.0[°C])

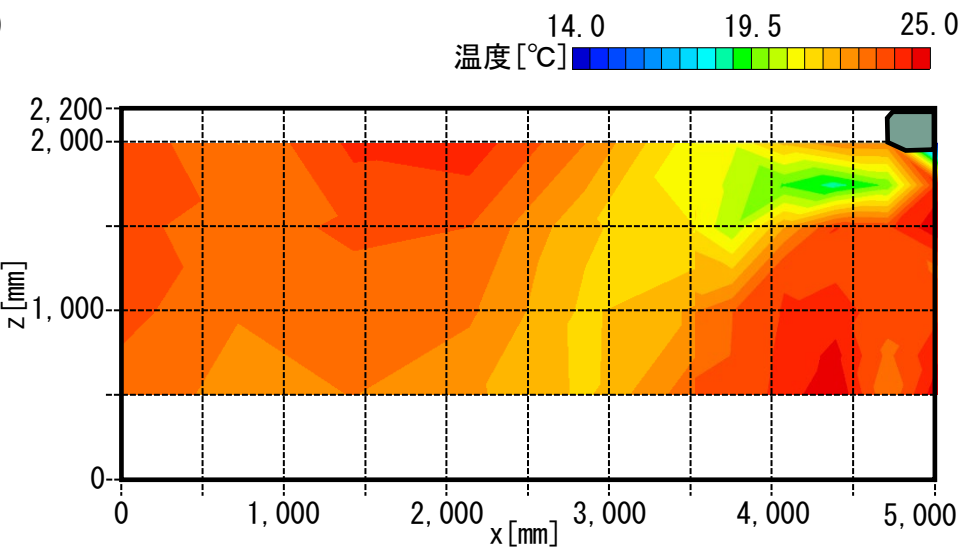
図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

図7 各caseにおける平均温度分布 (実験①)

その後、吹出気流はチャンバー中央付近で下降気流となり、風速約0.5 [m/s]、約22 [°C]で床面に到達する。



(b) case2 (冷房、吸込温度:27.3 [°C]、吹出温度:14.0 [°C])

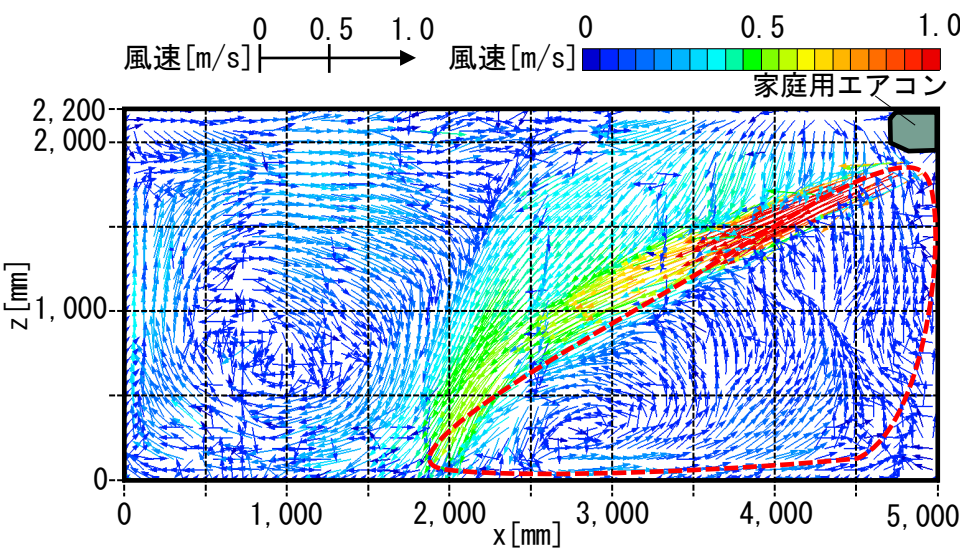


(a) case2 (冷房、吸込温度:27.3 [°C]、吹出温度:14.0 [°C])

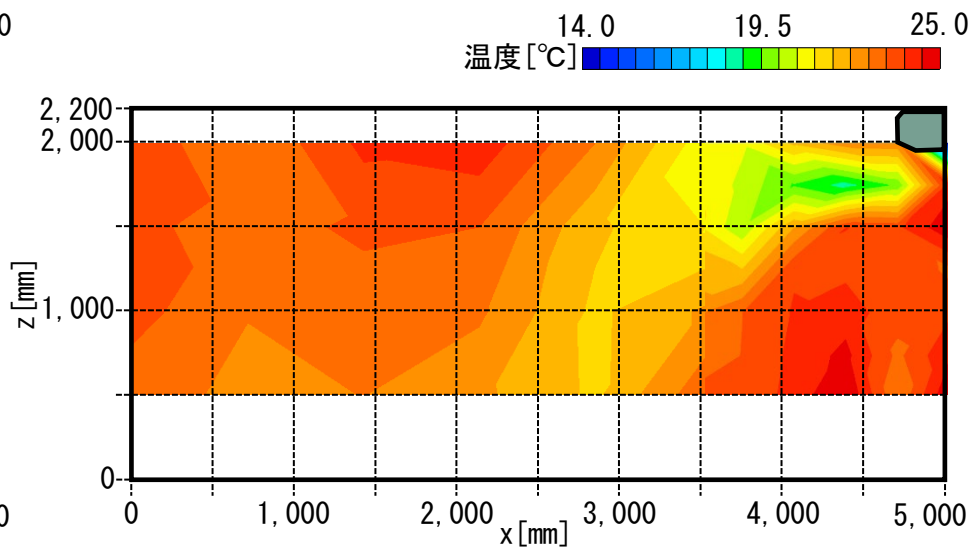
図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

図7 各caseにおける平均温度分布 (実験①)

到達した気流は床面付近で左右に分かれ、**エアコン下部**へ向かう気流は**吹出気流**に引き込まれるような循環流を形成する。



(b) case2 (冷房、吸込温度:27.3[°C]、吹出温度:14.0[°C])



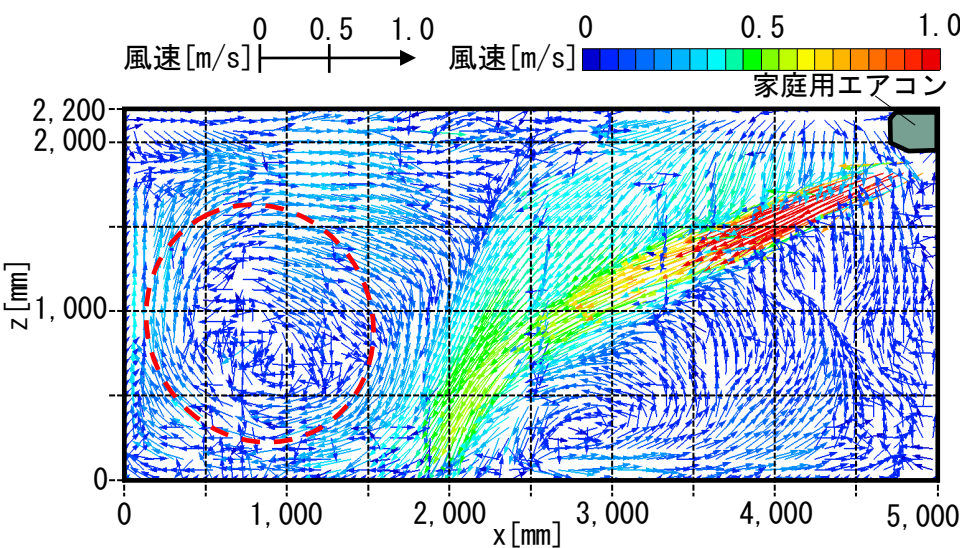
(a) case2 (冷房、吸込温度:27.3[°C]、吹出温度:14.0[°C])

図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

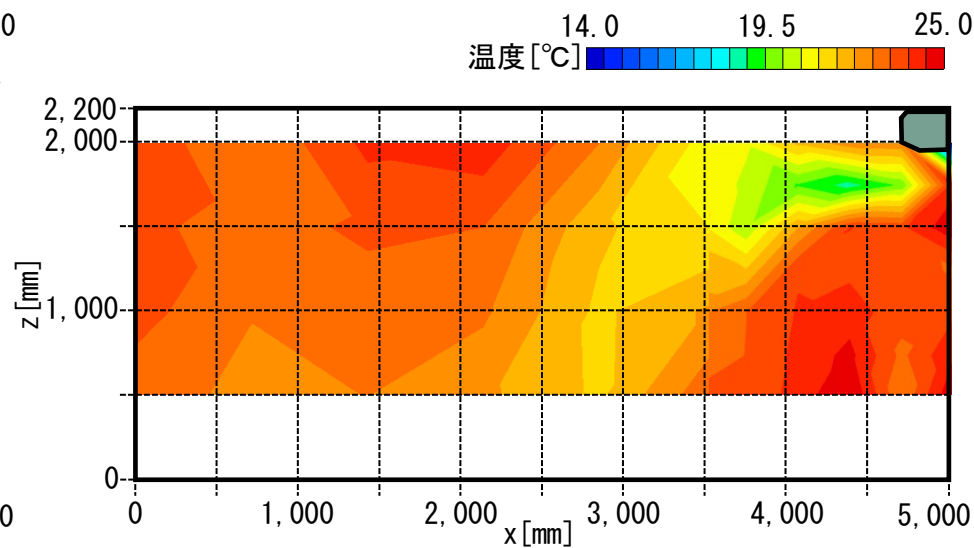
図7 各caseにおける平均温度分布 (実験①)

実験結果 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

また、床面付近から左下隅角部へ向かう気流は左壁面に沿って上昇し、 $x=750$ [mm]、 $z=750$ [mm] 付近を中心とした比較的大きな渦を形成する。



(b) case2 (冷房、吸込温度:27.3[°C]、吹出温度:14.0[°C])

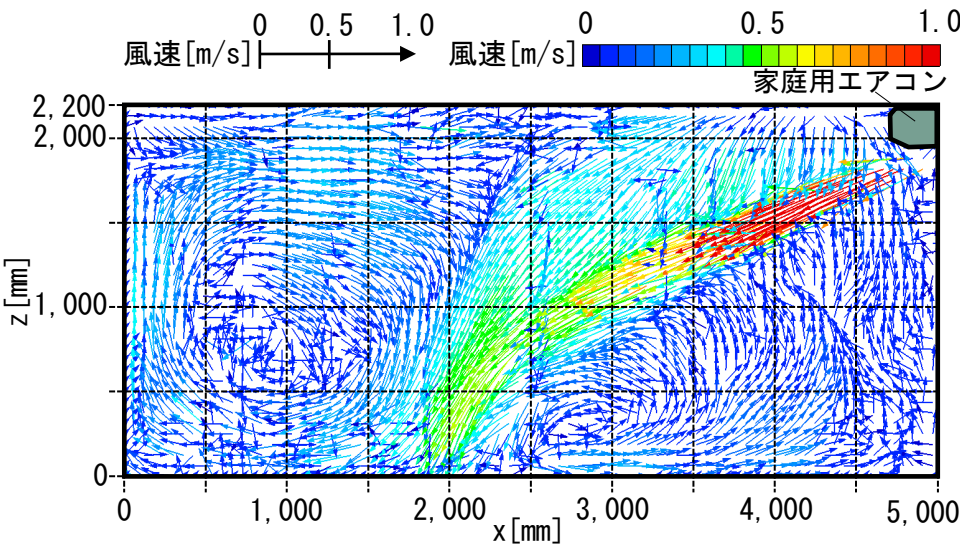


(a) case2 (冷房、吸込温度:27.3[°C]、吹出温度:14.0[°C])

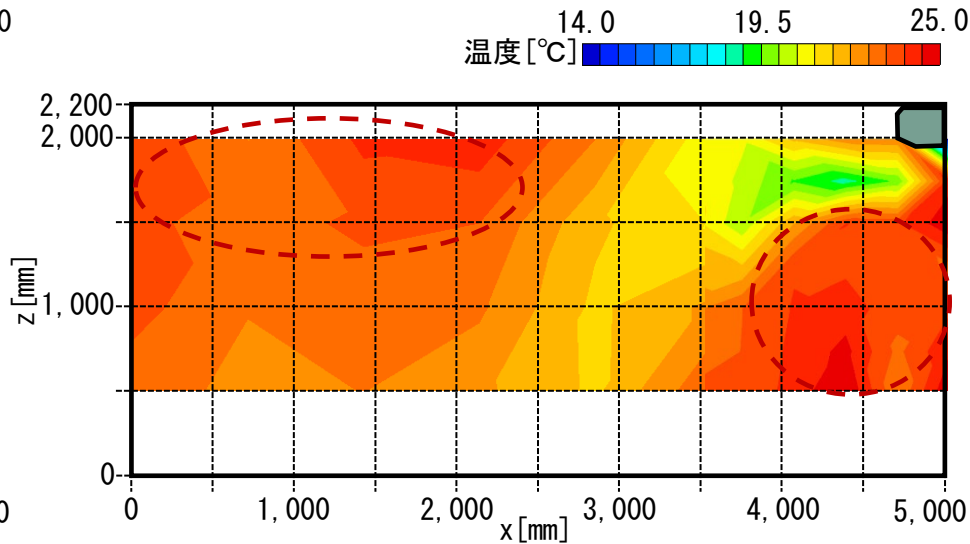
図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

図7 各caseにおける平均温度分布 (実験①)

エアコン下部から床面付近の範囲及びエアコンから離れた天井面において温度は比較的高くなる傾向がある。



(b) case2 (冷房、吸込温度:27.3[°C]、吹出温度:14.0[°C])

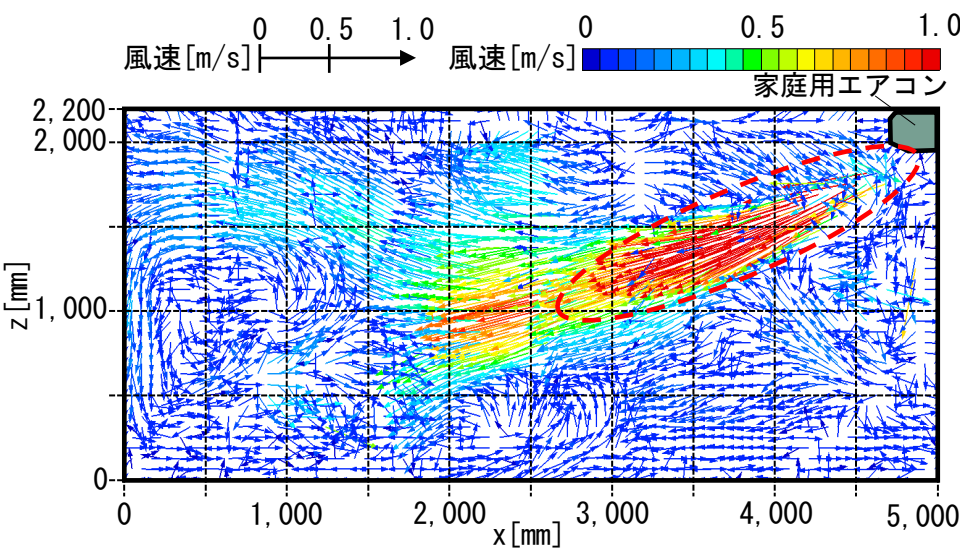


(a) case2 (冷房、吸込温度:27.3[°C]、吹出温度:14.0[°C])

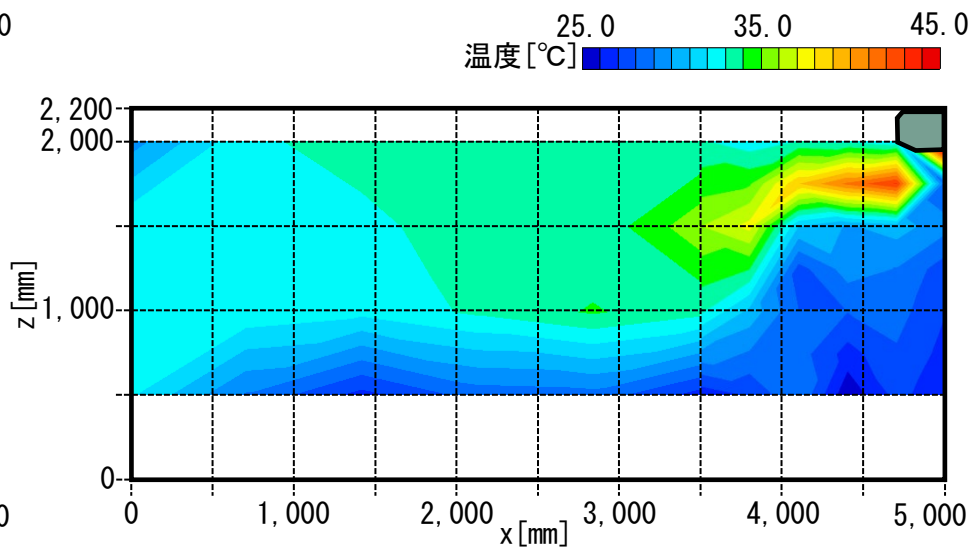
図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

図7 各caseにおける平均温度分布 (実験①)

エアコン吹出部分中心での風速は約2.0[m/s]、約50[°C]となる。



(c) case3 (暖房、吸込温度:31.9[°C]、吹出温度:49.7[°C])



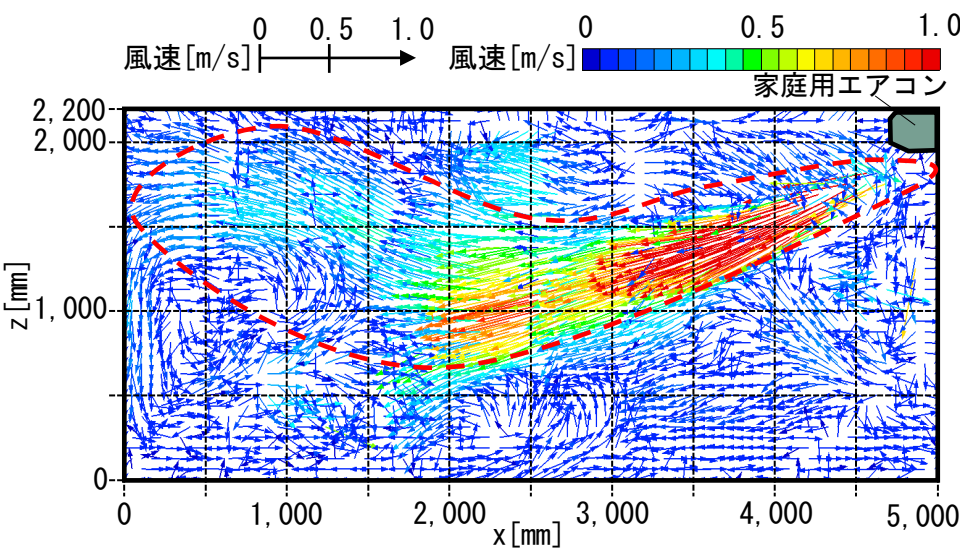
(b) case3 (暖房、吸込温度:31.9[°C]、吹出温度:49.7[°C])

図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

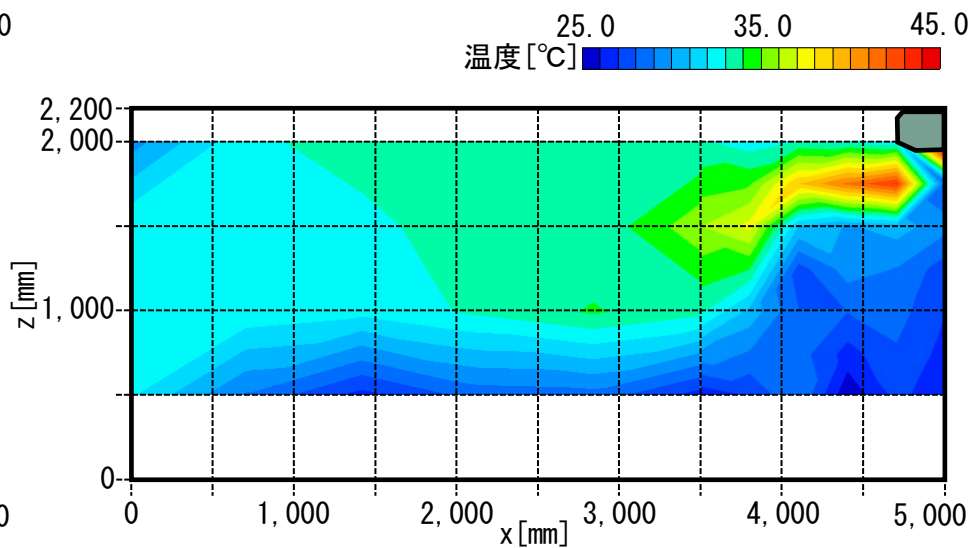
図7 各caseにおける平均温度分布 (実験①)

実験結果 (冷暖房時の空調気流性状の測定 (実験①))

その後、吹出気流はチャンバー中央付近で上昇する傾向があり、風速約0.3[m/s]、約32[°C]でチャンバー左上隅角部に到達する。



(c) case3 (暖房、吸込温度:31.9[°C]、吹出温度:49.7[°C])

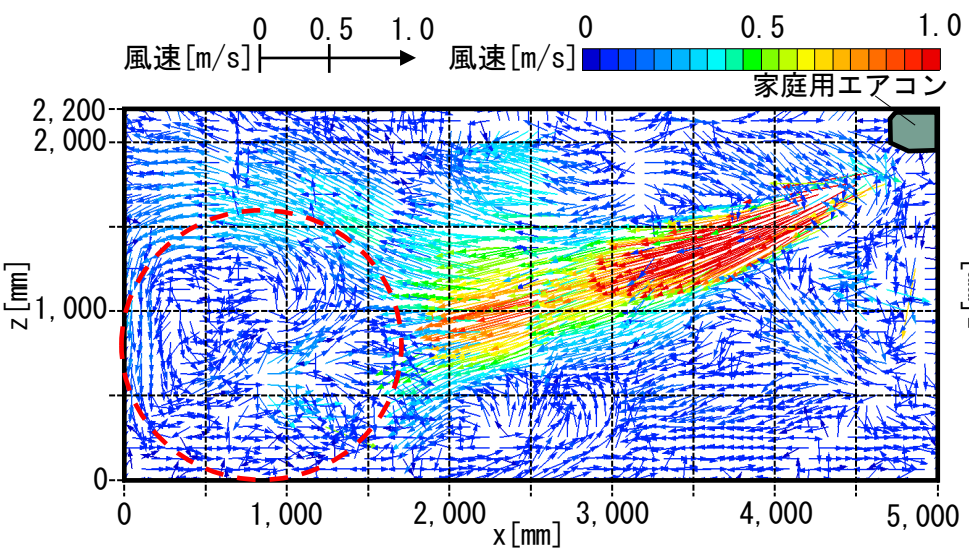


(b) case3 (暖房、吸込温度:31.9[°C]、吹出温度:49.7[°C])

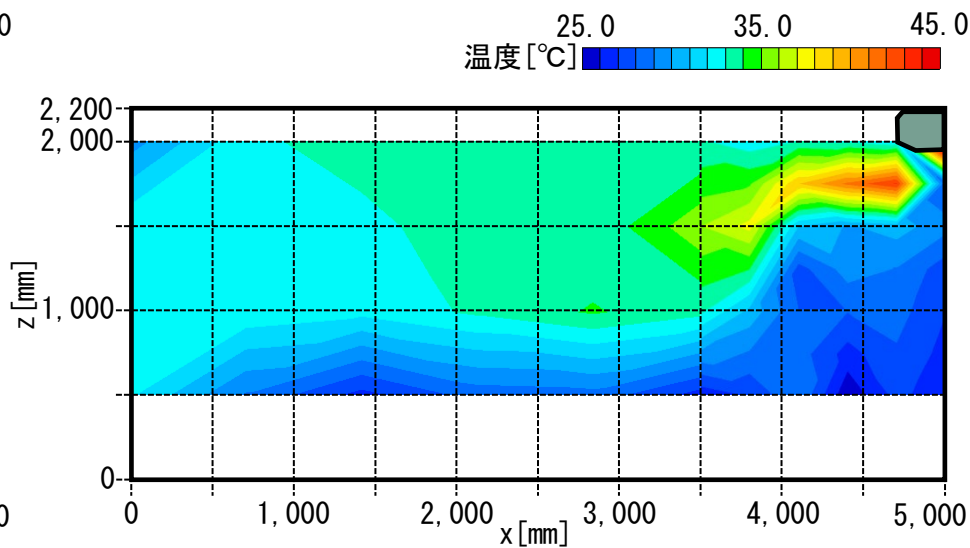
図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

図7 各caseにおける平均温度分布 (実験①)

到達した気流は壁面を沿い、床面に向かう循環流を形成する。



(c) case3 (暖房、吸込温度:31.9[°C]、吹出温度:49.7[°C])

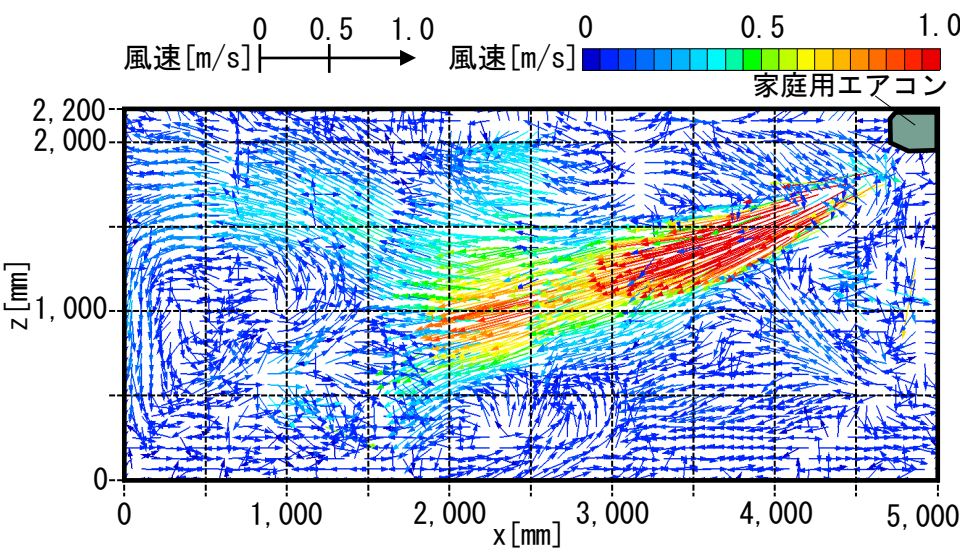


(b) case3 (暖房、吸込温度:31.9[°C]、吹出温度:49.7[°C])

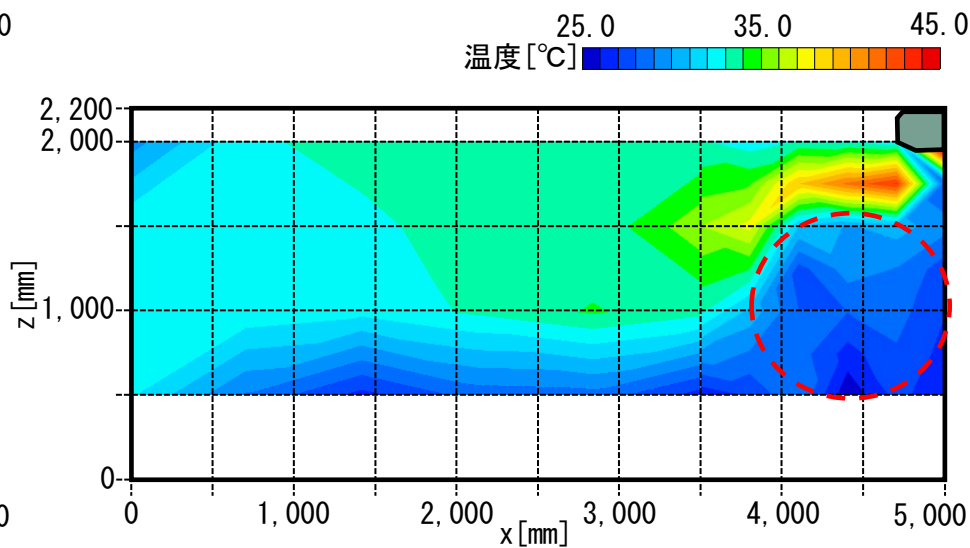
図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

図7 各caseにおける平均温度分布 (実験①)

エアコン下部から床面付近の範囲において温度が低くなる傾向がある。



(c) case3 (暖房、吸込温度:31.9[°C]、吹出温度:49.7[°C])



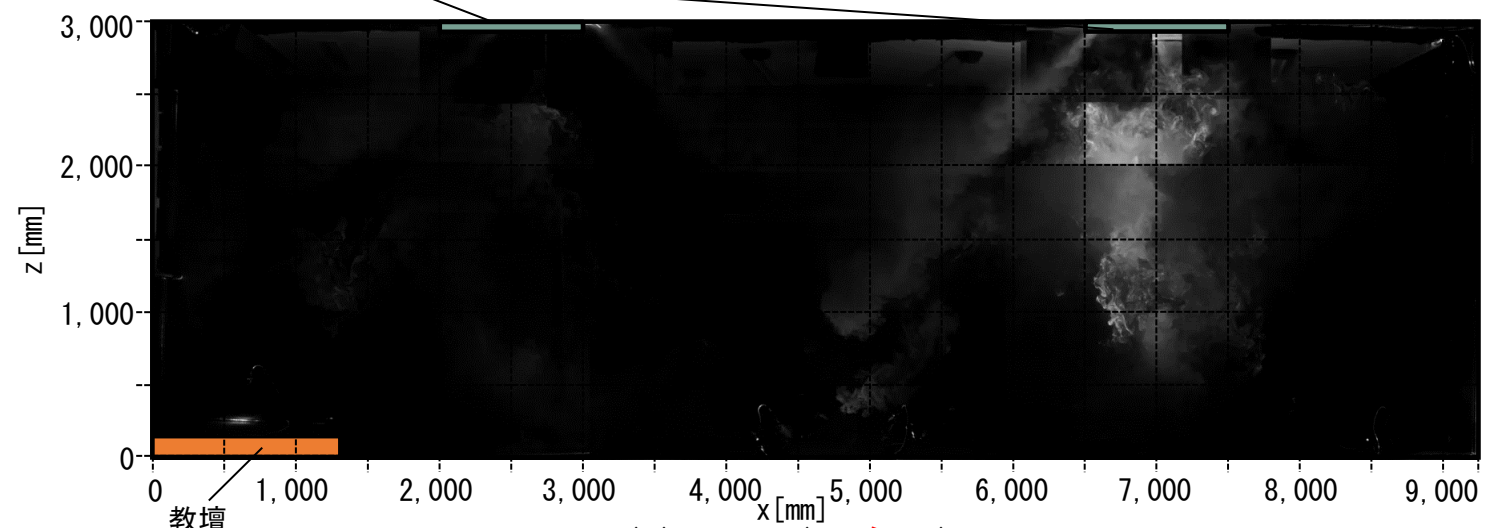
(b) case3 (暖房、吸込温度:31.9[°C]、吹出温度:49.7[°C])

図6 各caseにおける平均風速ベクトル分布 (実験①)

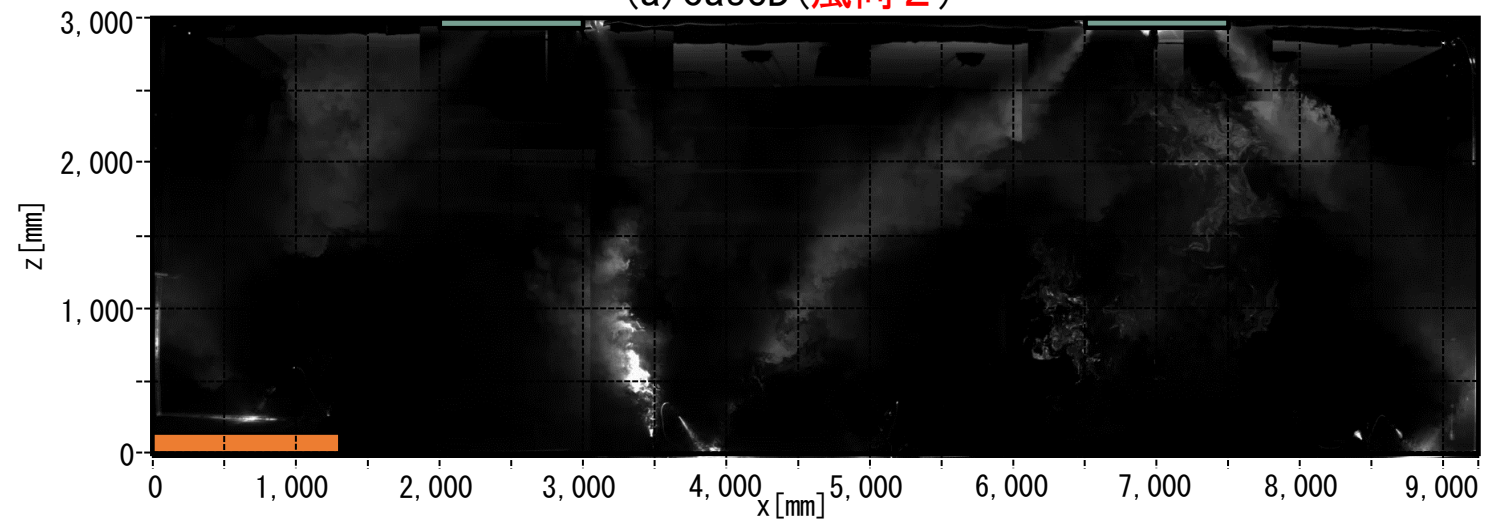
図7 各caseにおける平均温度分布 (実験①)

実験結果 (教室における等温条件での空調気流性状の測定 (実験②))

天井カセット型エアコン (アイシン社製)



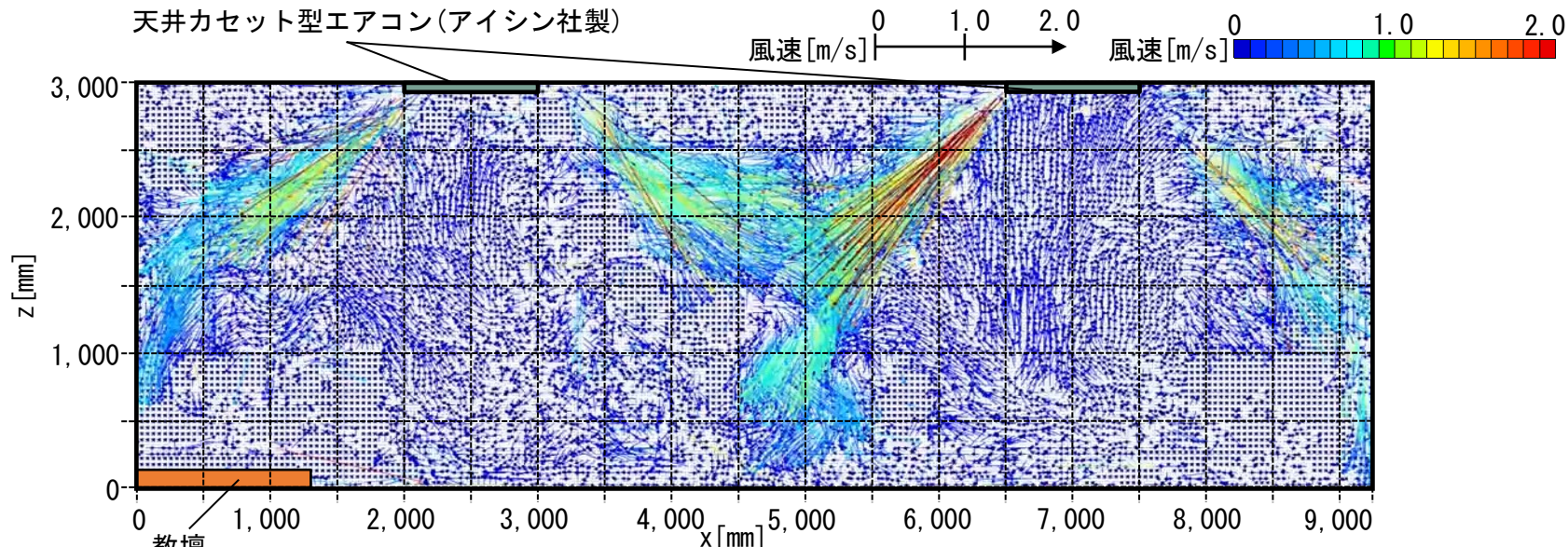
(a) caseB (風向 2)



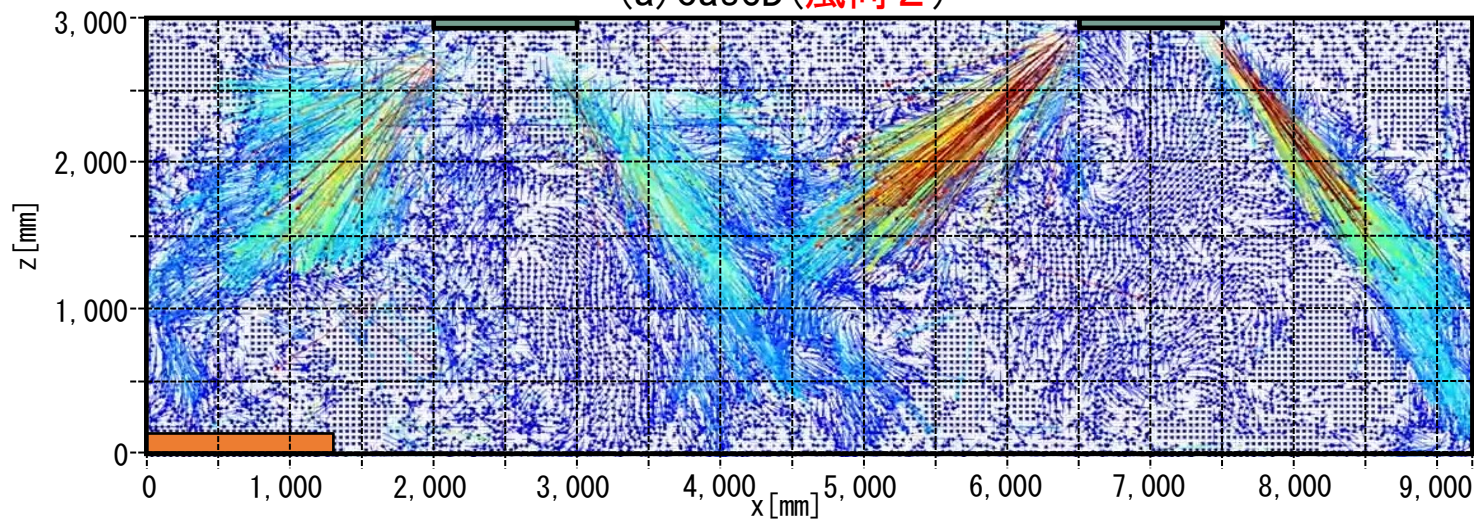
(b) caseC (風向 4)

動画 代表的なcaseにおける可視化結果 (実験②)

実験結果 (教室における等温条件での空調気流性状の測定 (実験②))



(a) caseB (風向 2)

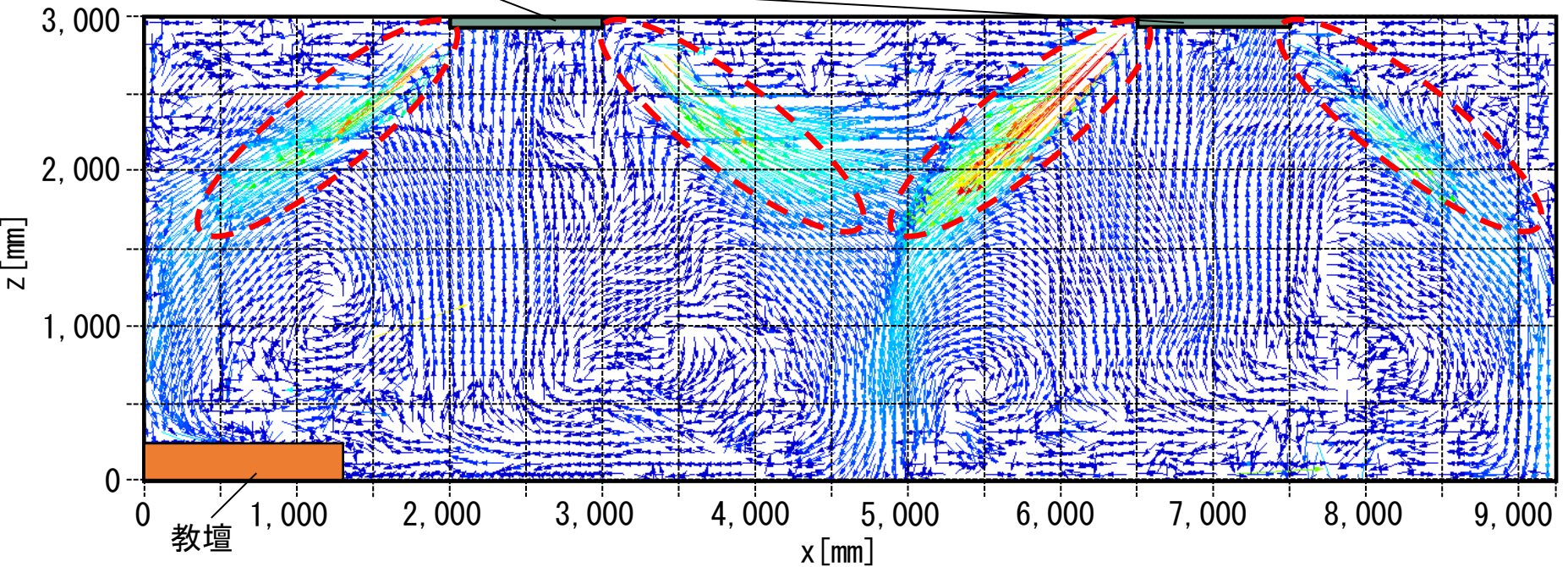
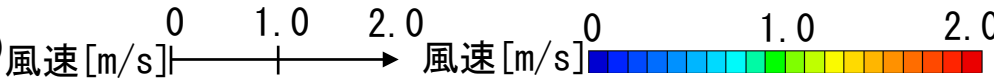


(b) caseC (風向 4)

動画 代表的なcaseにおける解析結果 (実験②)

エアコン吹出部分の中心で風速は1.0~2.0[m/s]となる。

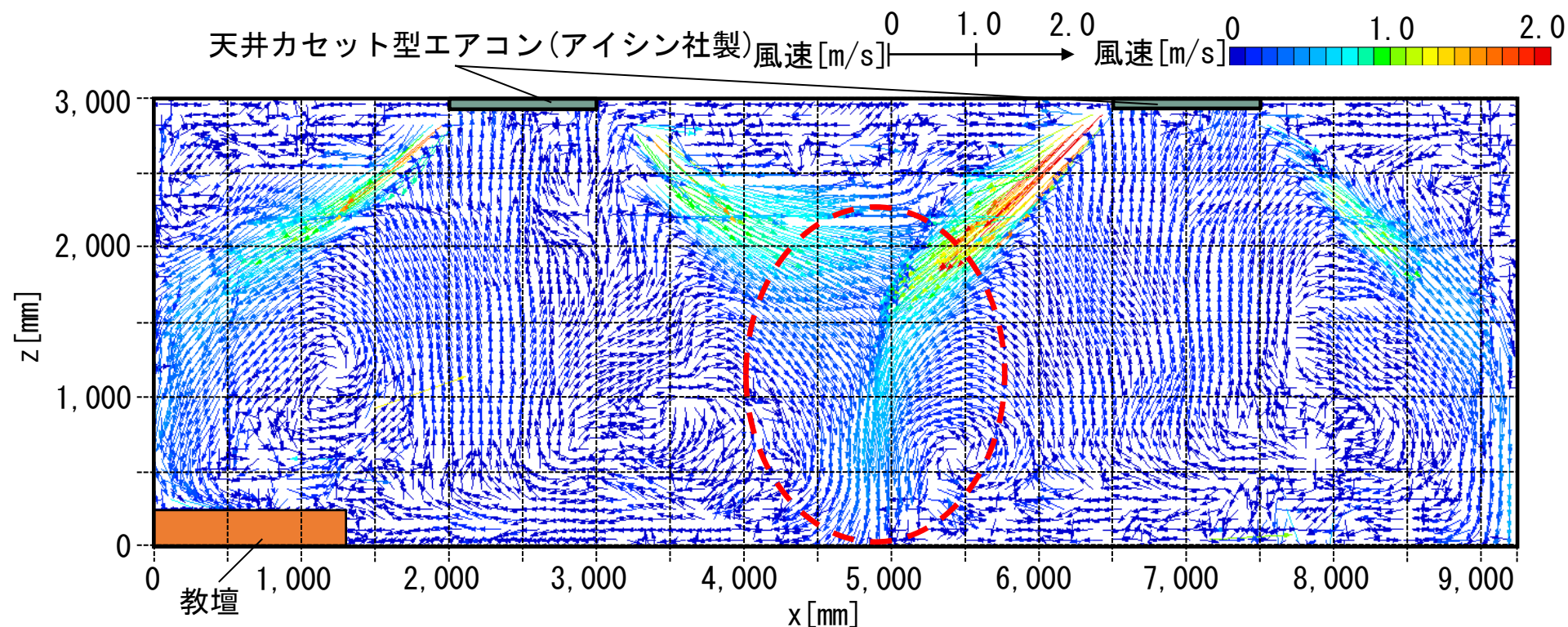
天井カセット型エアコン (アイシン社製)



(a) caseB (風向 2)

図 8 代表的なcaseにおける平均風速ベクトル分布 (実験②)

測定対象空間中央付近で **2つのエアコンの吹出気流が衝突**して風速約0.7[m/s]で **床面に到達**し、左右に分かれる。

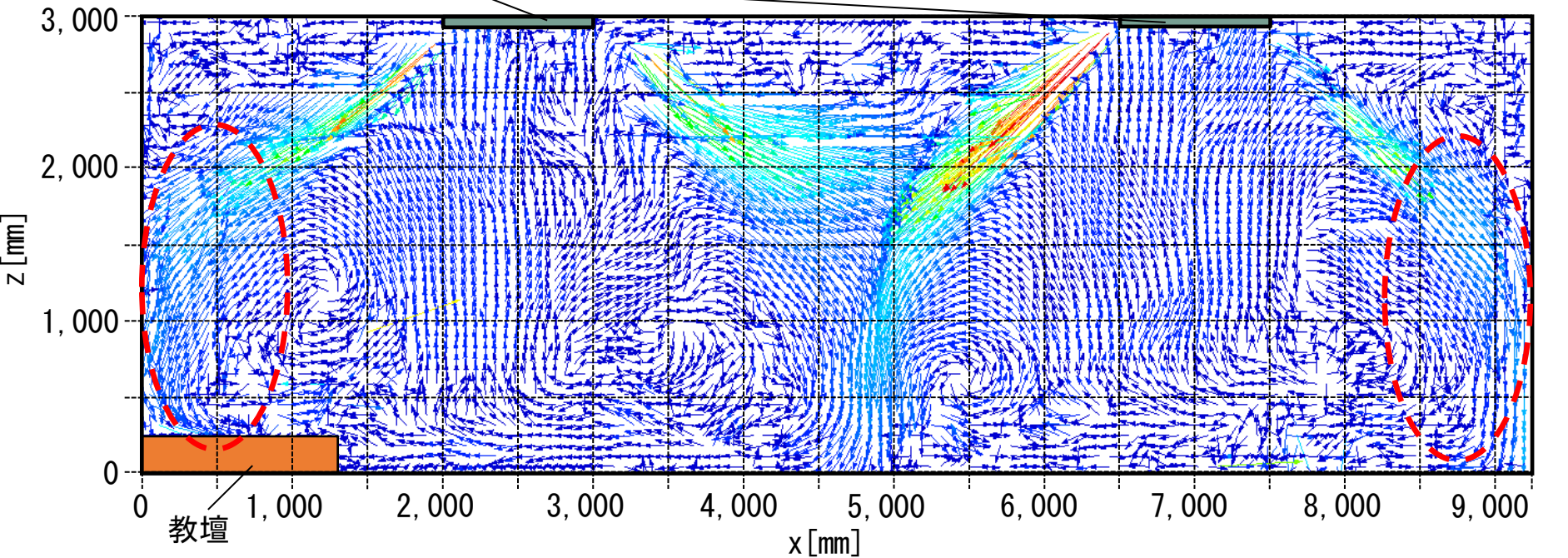


(a) caseB (風向 2)

図 8 代表的なcaseにおける平均風速ベクトル分布 (実験②)

また、左右の壁に到達した吹出気流は風速約0.7 [m/s] で壁面に沿って床面に到達する。

天井カセット型エアコン (アイシン社製) 風速 [m/s] 0 1.0 2.0 風速 [m/s] 0 1.0 2.0

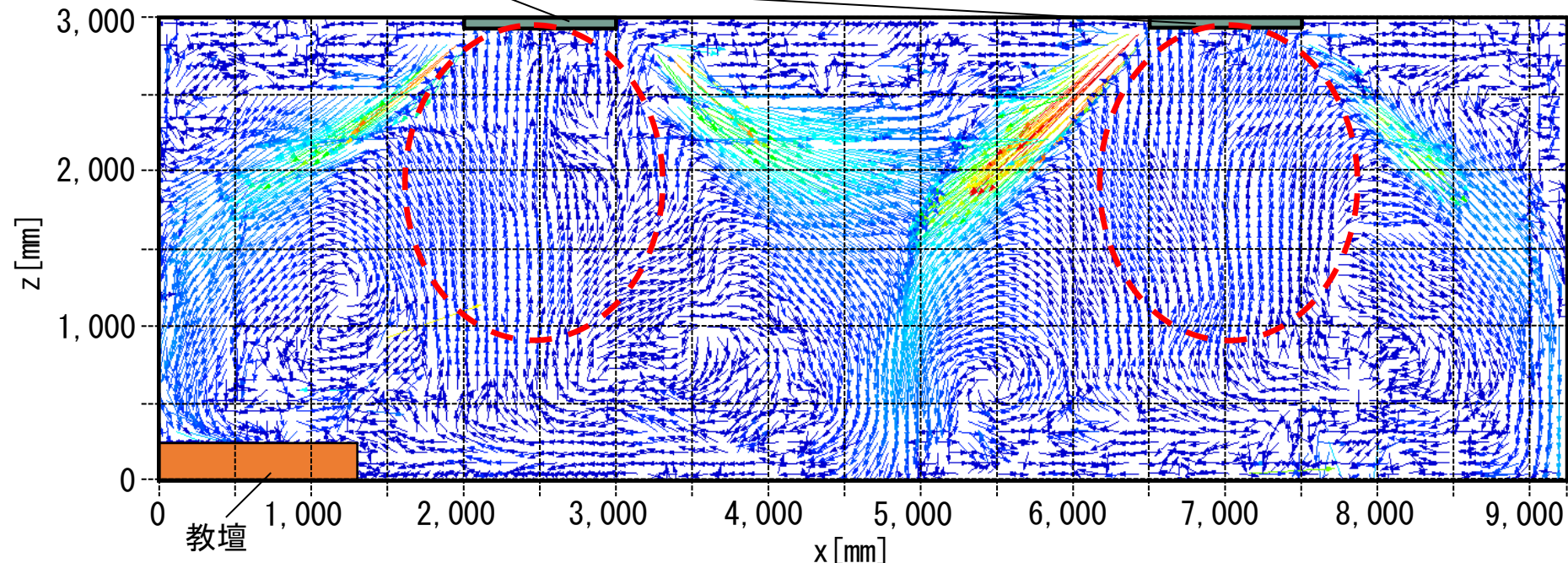


(a) caseB (風向 2)

図 8 代表的なcaseにおける平均風速ベクトル分布 (実験②)

エアコン下部では、測定対象空間中央の床面から流れた気流と左右の壁面からの気流が合流して床面付近から上昇し、**エアコン吸込口に到達する気流**が生じる。

天井カセット型エアコン (アイシン社製) 風速 [m/s] 0 1.0 2.0 風速 [m/s] 0 1.0 2.0

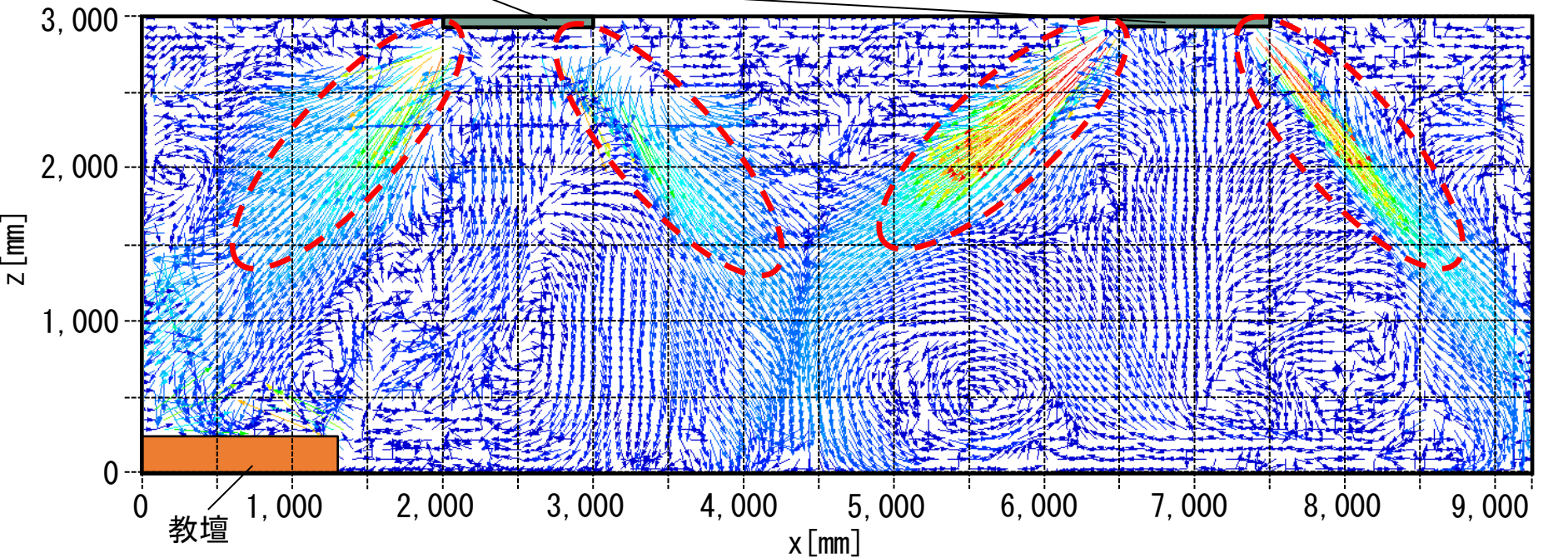


(a) caseB (風向 2)

図 8 代表的なcaseにおける平均風速ベクトル分布 (実験②)

エアコン吹出部分の中心で風速は1.4~2.0[m/s]となる。

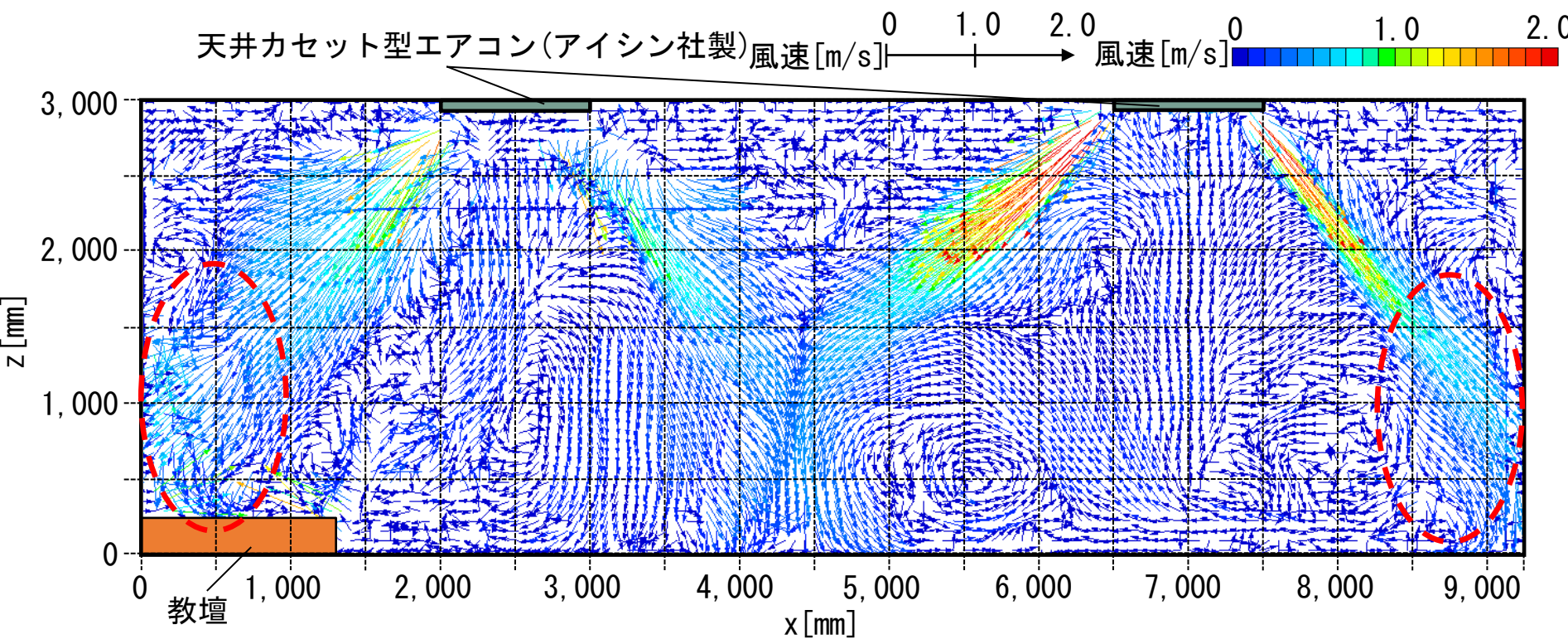
天井カセット型エアコン (アイシン社製) 風速 [m/s] 0 1.0 2.0 風速 [m/s] 0 1.0 2.0



(b) caseC (風向 4)

図 8 代表的なcaseにおける平均風速ベクトル分布 (実験②)

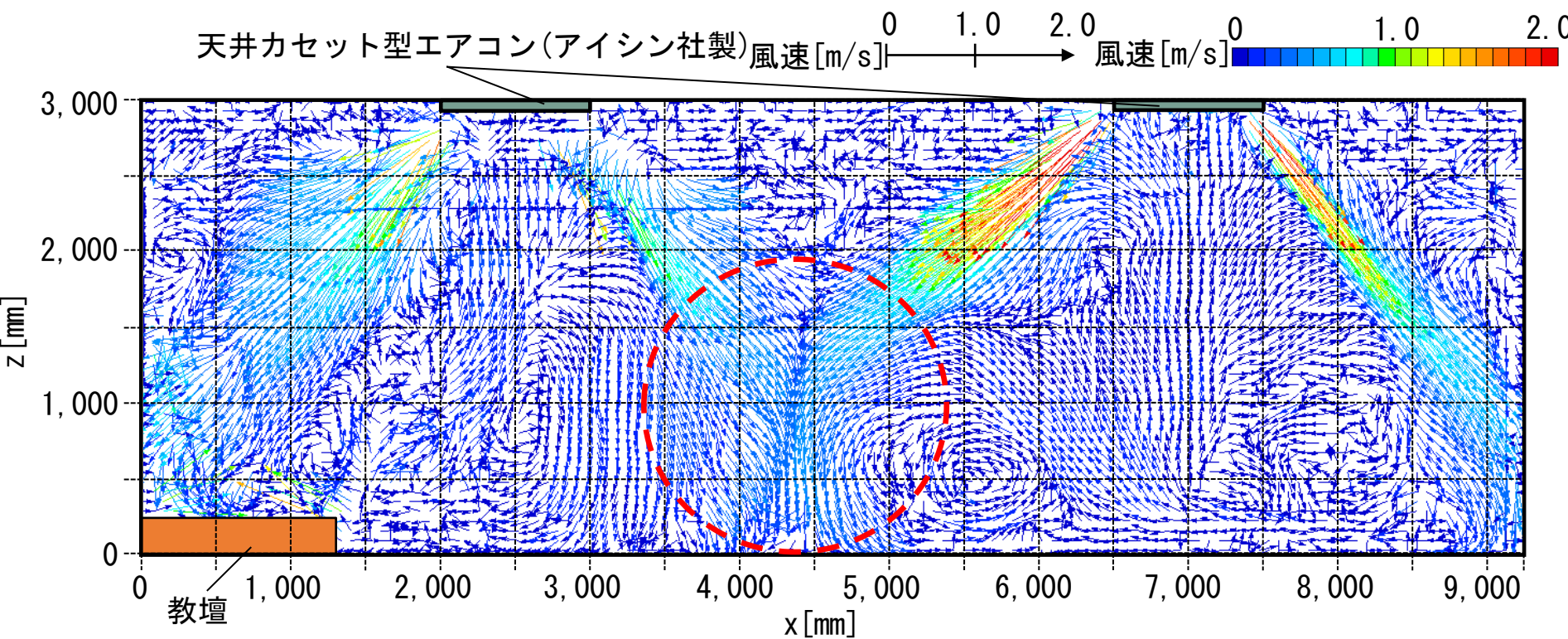
エアコンから壁面に向かう吹出気流は測定対象空間の隅角部に風速約0.7[m/s]で到達する。



(b) caseC (風向 4)

図 8 代表的なcaseにおける平均風速ベクトル分布 (実験②)

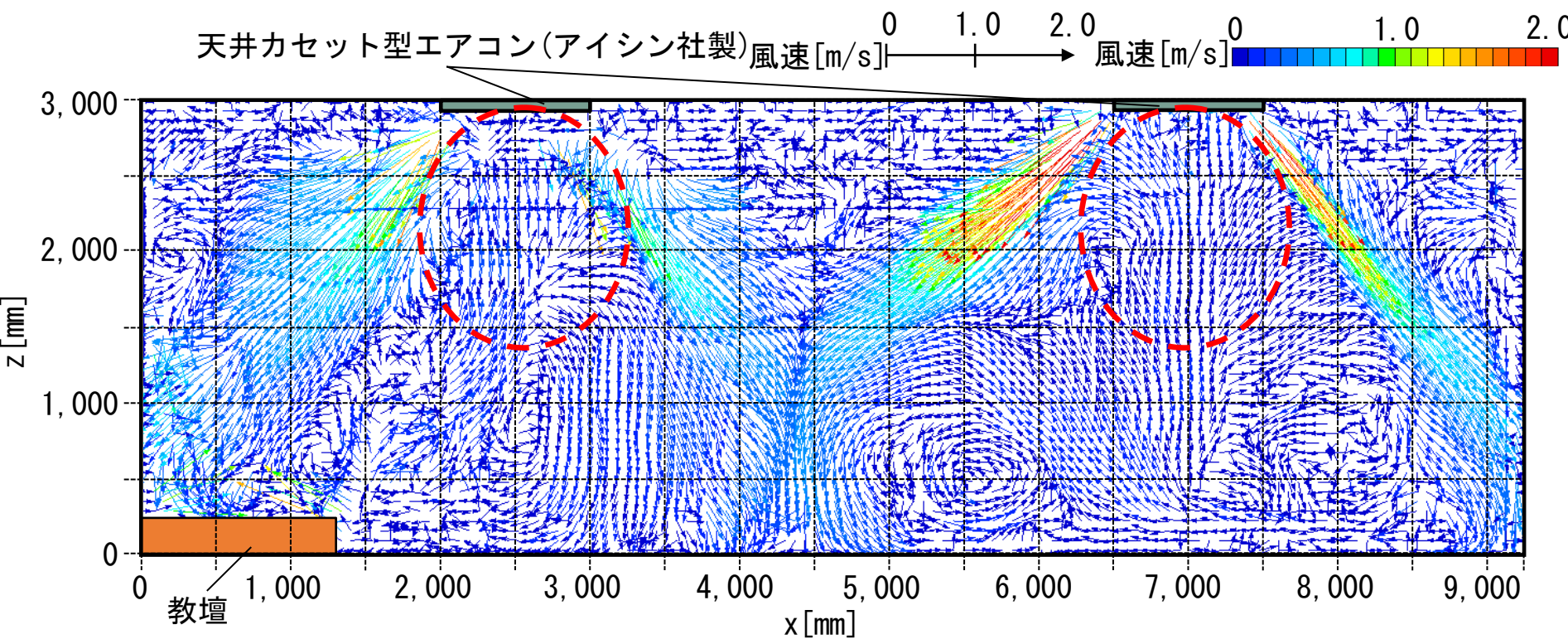
測定対象空間中央付近に向かう **2つの吹出気流は中央から床面にかけて衝突し、床面付近で左右に風速約0.6 [m/s] で流れる。**



(b) caseC (風向 4)

図 8 代表的なcaseにおける平均風速ベクトル分布 (実験②)

エアコン下部では風速約0.5 [m/s] でエアコン吸込口に引き込まれる気流が生じる。

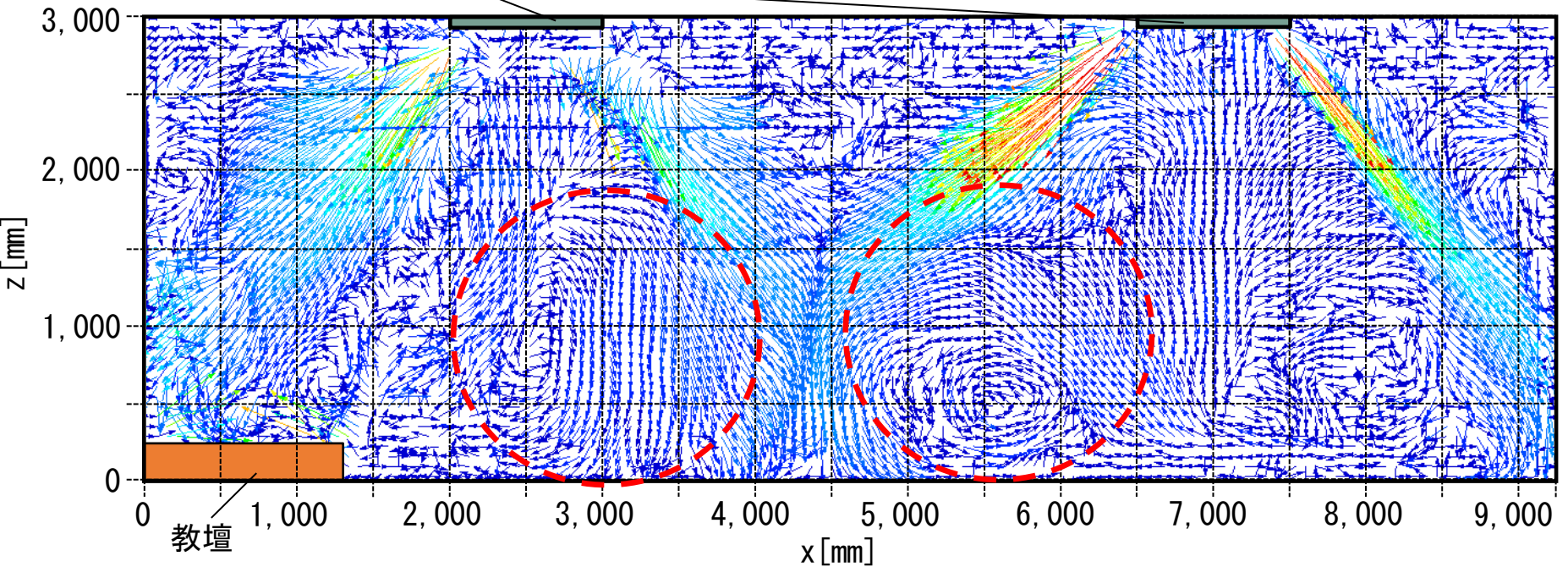


(b) caseC (風向 4)

図 8 代表的なcaseにおける平均風速ベクトル分布 (実験②)

測定対象空間中央の吹出気流下部では定常的な渦が形成される。

天井カセット型エアコン (アイシン社製) 風速 [m/s] 0 1.0 2.0 風速 [m/s] 0 1.0 2.0



(b) caseC (風向 4)

図 8 代表的なcaseにおける平均風速ベクトル分布 (実験②)

冷暖房時の空調気流性状の測定(実験①)

- ①各caseの吹出直後の気流分布は概ね同様となる。しかし、吹出気流はcase2(冷房)においてチャンバー中央付近で下降し、case3(暖房)において上昇する傾向がある。
- ②どのcaseでも室内に循環流及びエアコン吹出気流に引き込まれる気流が形成された。
- ③case2(冷房)、case3(暖房)ではエアコン下部から床面付近の範囲において、冷房時は温度が比較的高くなり、暖房時は温度が低くなる傾向がある。

教室における等温条件での空調気流性状の測定(実験②)

- ①caseB(風向2)、caseC(風向4)の吹出直後の気流は概ね一致し、中心で1.0~2.0[m/s]となる。また、左右の壁面に到達する吹出気流の位置は風向によって異なるが、到達する際の気流は約0.7[m/s]となる。
- ②どちらの実験caseでもエアコンの下部では床面から上昇し、エアコン吸込口に引き込まれる気流が生じる。
- ③caseB(風向2)、caseC(風向4)はそれぞれ吹出気流が壁面に到達する位置、測定対象断面中央で衝突する位置に違いはあるが、気流性状は概ね一致する。