

実大室内空間を対象とした PIV測定法に関する研究

空気清浄機を対象としたPIV測定とCFD解析

田村 優莉奈

指導教員 有波 裕貴 助教



研究目的

研究目的

近年、建物の高気密化により**室内環境調整設備**の重要性が高まっている。

研究目的

近年、建物の高気密化により室内環境調整設備の重要性が高まっている。

2003年以降、建物には**24時間換気システム**の設置が義務付けられているが、建物全体を換気経路とする**全般換気**では、塵埃や花粉、ウィルス、臭いなどの**汚染質**が室内に拡散される。

研究目的

近年、建物の高気密化により室内環境調整設備の重要性が高まっている。

2003年以降、建物には24時間換気システムの設置が義務付けられているが、建物全体を換気経路とする全般換気では、塵埃や花粉、ウィルス、臭いなどの汚染質が室内に拡散される。

汚染質は拡散する前に速やかに除去することが望ましいため、住宅やオフィスにおいては**空気清浄機**が利用されている。

研究目的

建築環境工学分野では、**室内空間の一部**を対象とした気流測定や濃度による空気清浄機の性能評価は多く行われている。

研究目的

建築環境工学分野では、室内空間の一部を対象とした気流測定や濃度による空気清浄機の性能評価は多く行われている。

しかし、**実大の室内空間全体**を対象とした気流の測定を行った例や、**汚染質を最も効率的に除去**することのできる**空気清浄機の設置位置**についての検討は少ない。

研究目的

本研究では、空気清浄機を設置した場合の**室内気流の測定**を行い、**空気清浄機周辺**の**気流性状**を把握する。



写真 空気清浄機

研究目的

本研究では、空気清浄機を設置した場合の室内気流の測定を行い、空気清浄機周辺の気流性状を把握する。

その後、CFD※¹解析 (RANS※²) を用いて測定結果をもとに**対象空間をモデル化し、室内気流・濃度の解析**を行う。



写真 空気清浄機

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

※2 レイノルズ平均モデル (Reynolds-Averaged Navier-Stokes simulations) を用いて解析する手法。

研究概要

実験概要

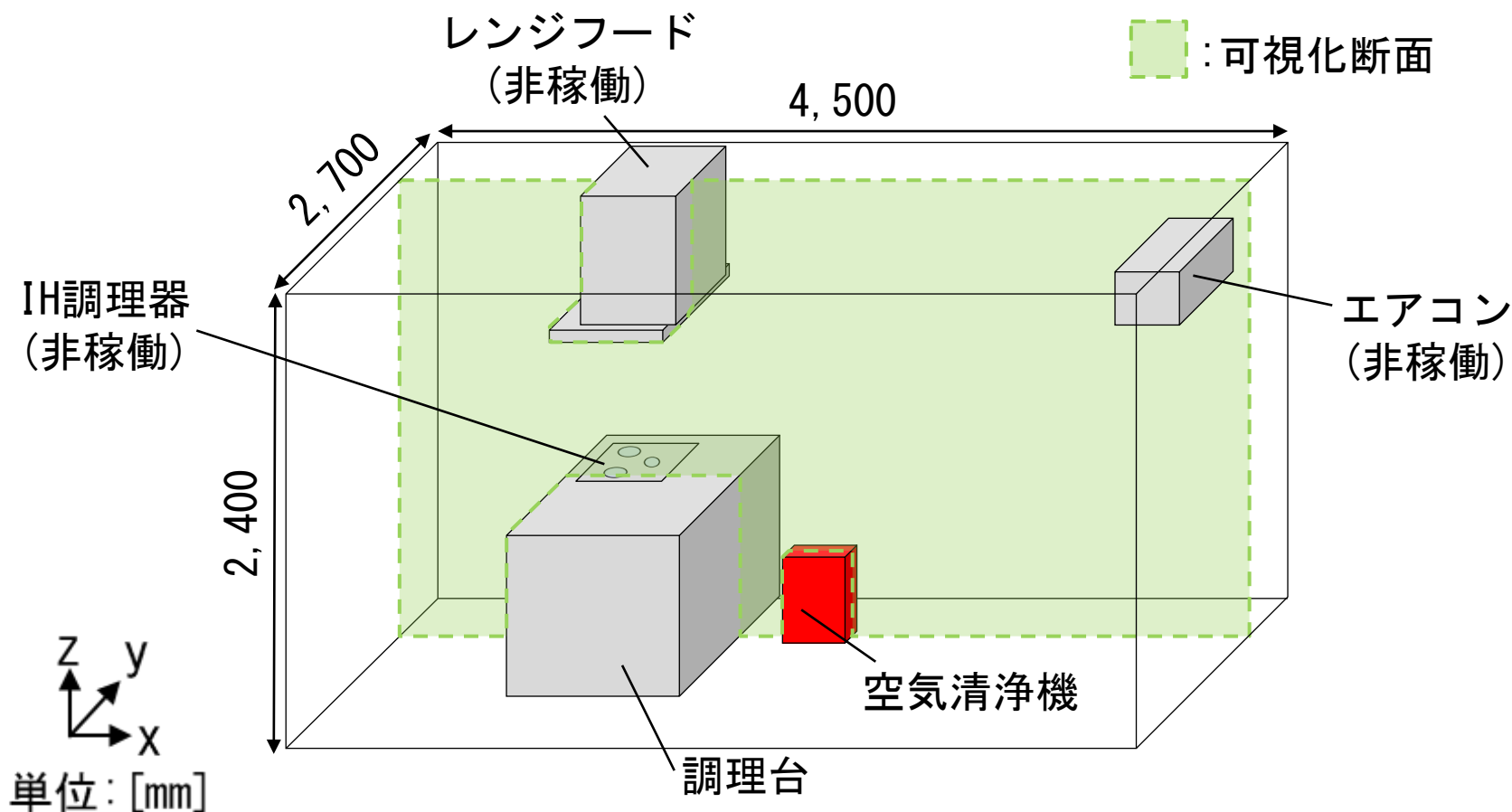


図 1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

測定対象は4,500 [mm] (幅) × 2,400 [mm] (高さ) × 2,700 [mm] (奥行) の住宅のダイニングキッチンを模擬した実験室とし、空気清浄機を設置する。

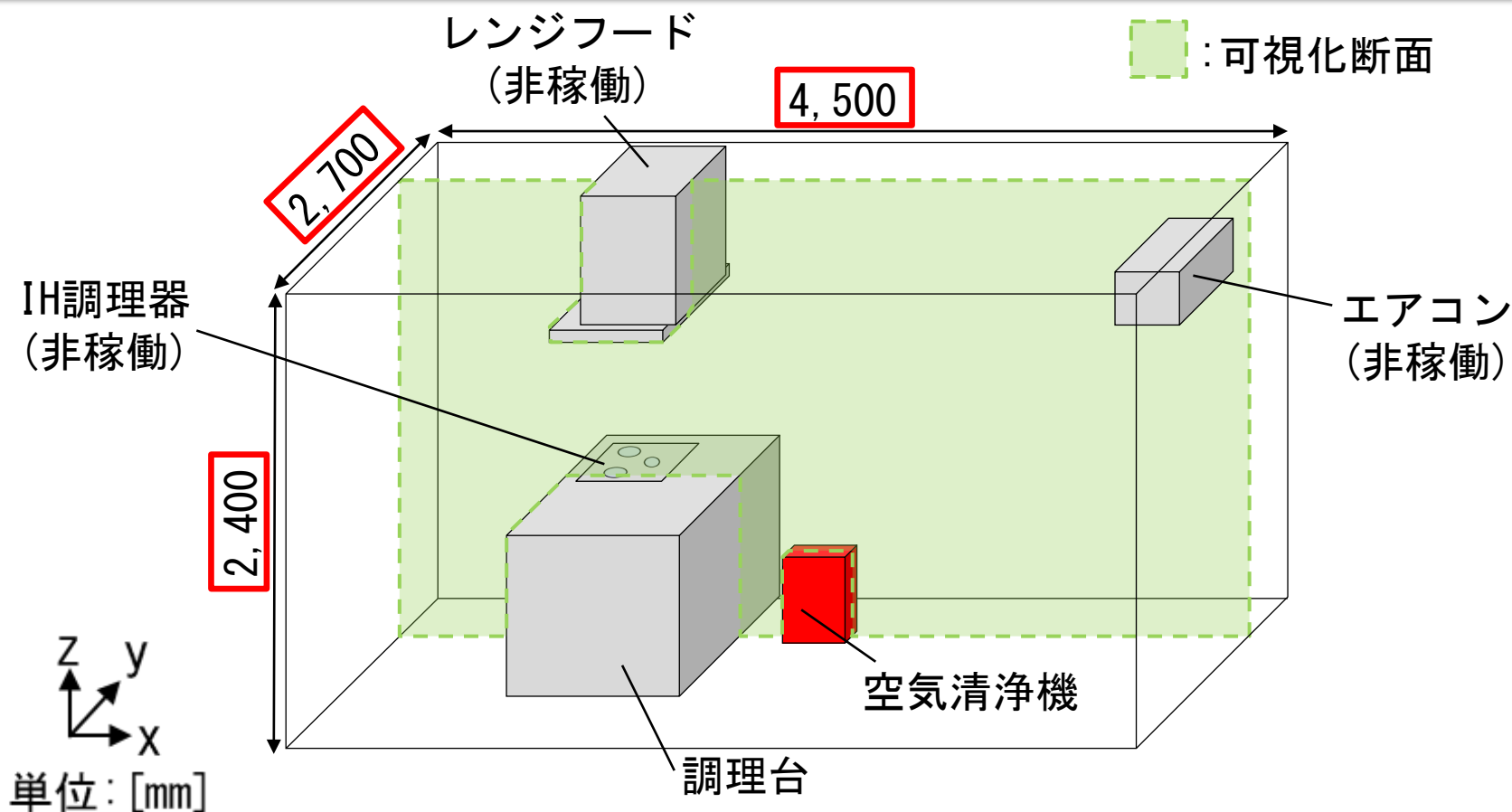


図 1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

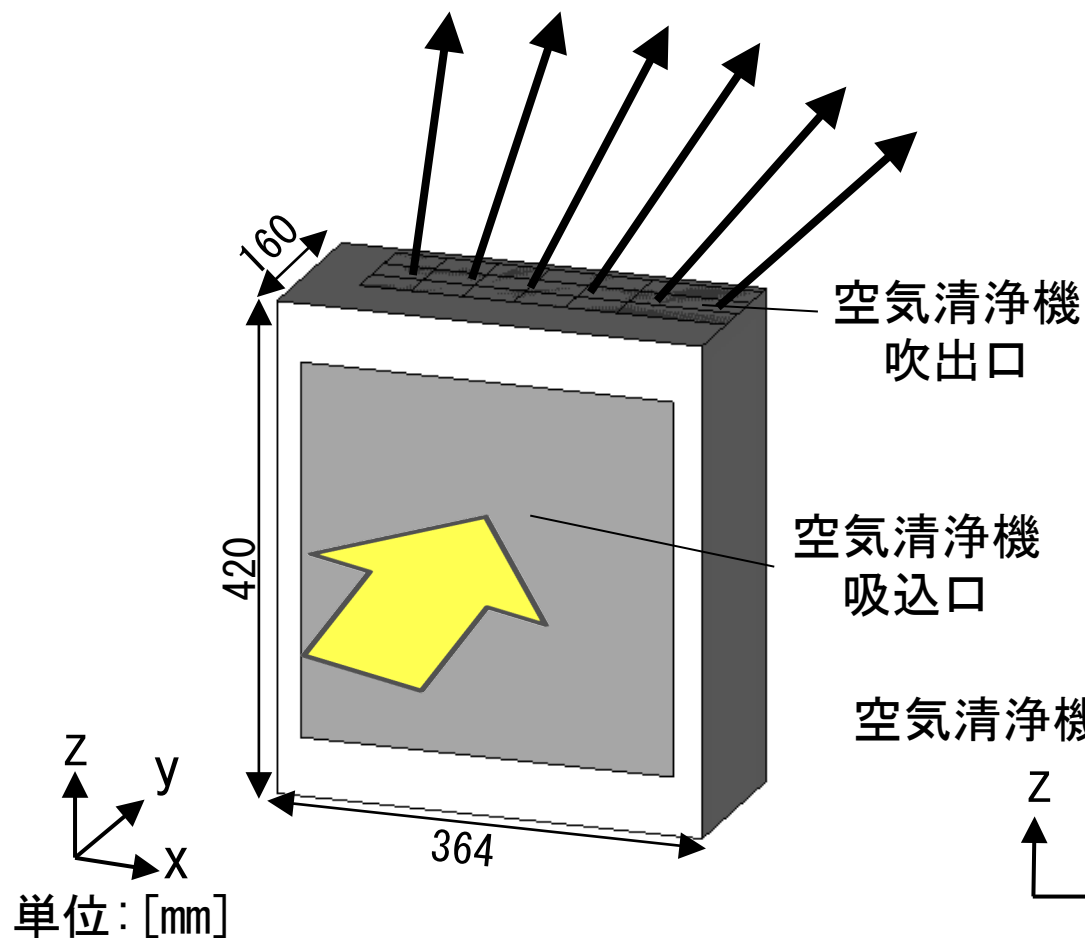


図2 空気清浄機の概要

風速 [m/s] 0.0 3.0 6.0

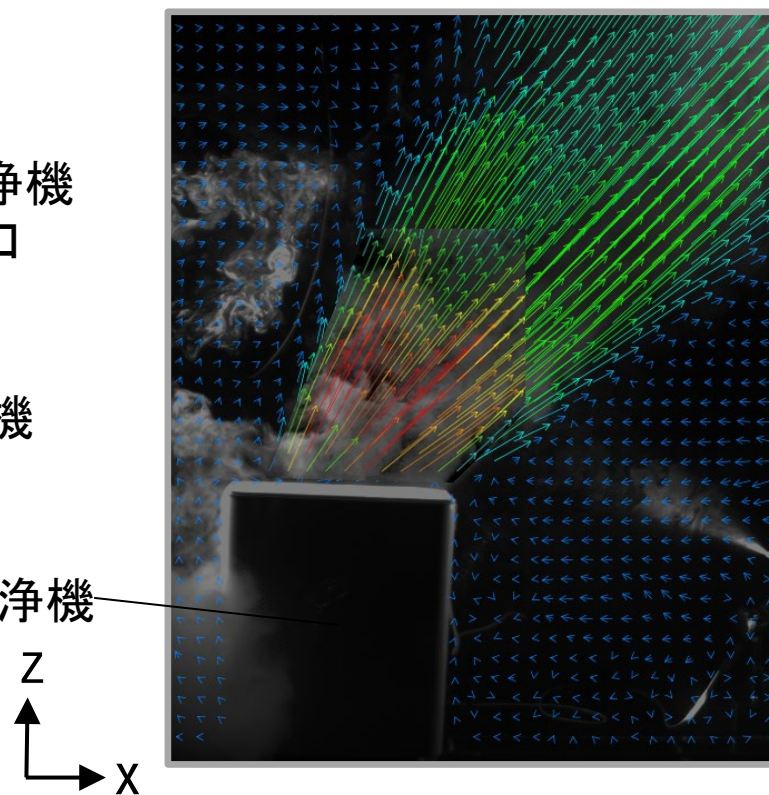



図 PIV測定結果

実験概要

空気清浄機は**前面**から吸い込み、**上部**から**放射状かつ斜め**に吹き出す。

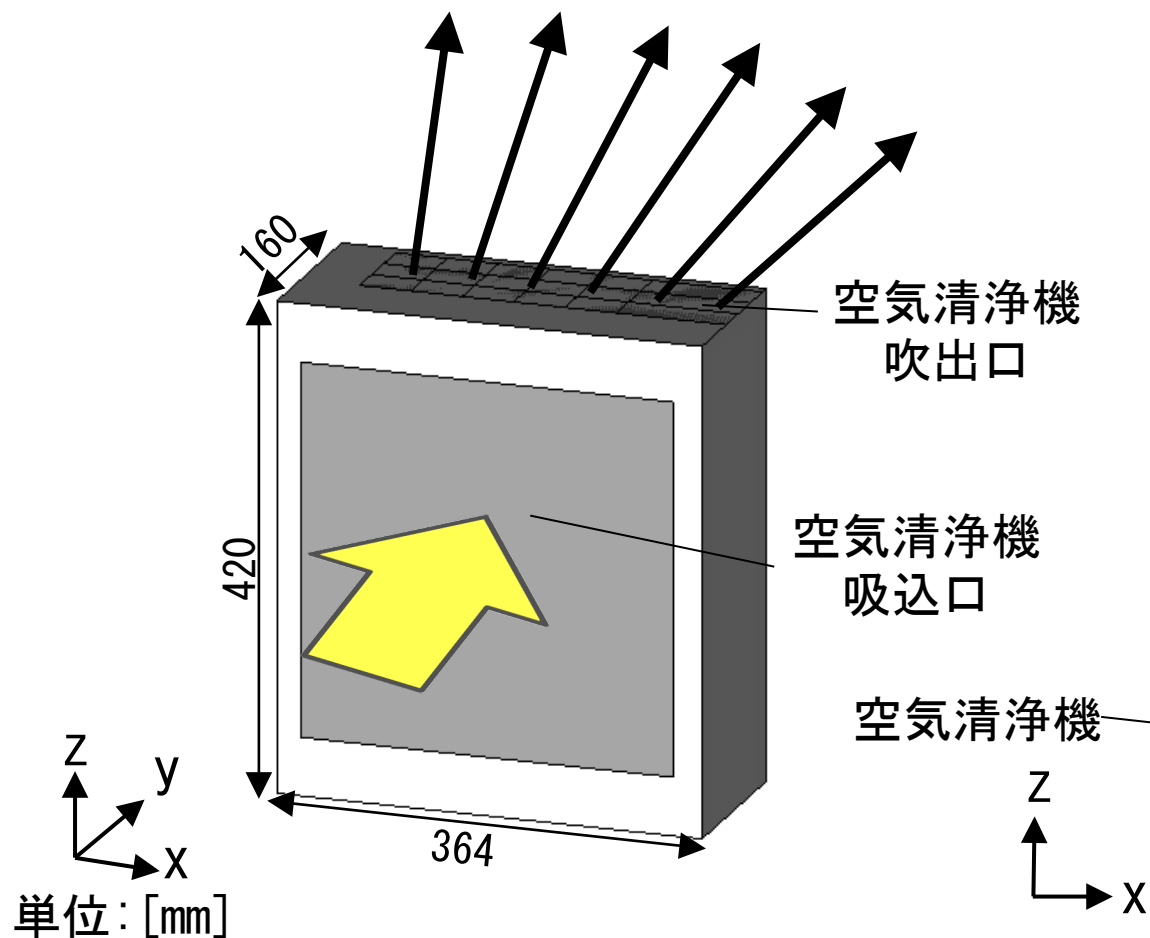


図 2 空気清浄機の概要

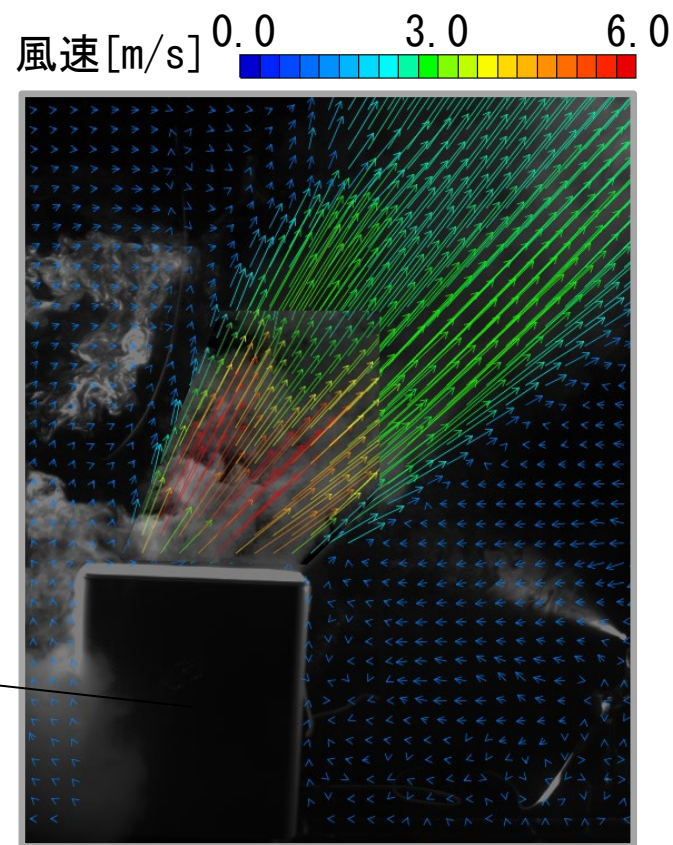



図 PIV測定結果

表 2 測定機器の仕様

カメラ	カメラA	工業用カメラ× 6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])	
	カメラB	工業用カメラ× 2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])	
	カメラC	Photron FASTCAM SA3× 1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])	
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W× 2台
		出力：2[W]	DPGL-2W× 7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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面

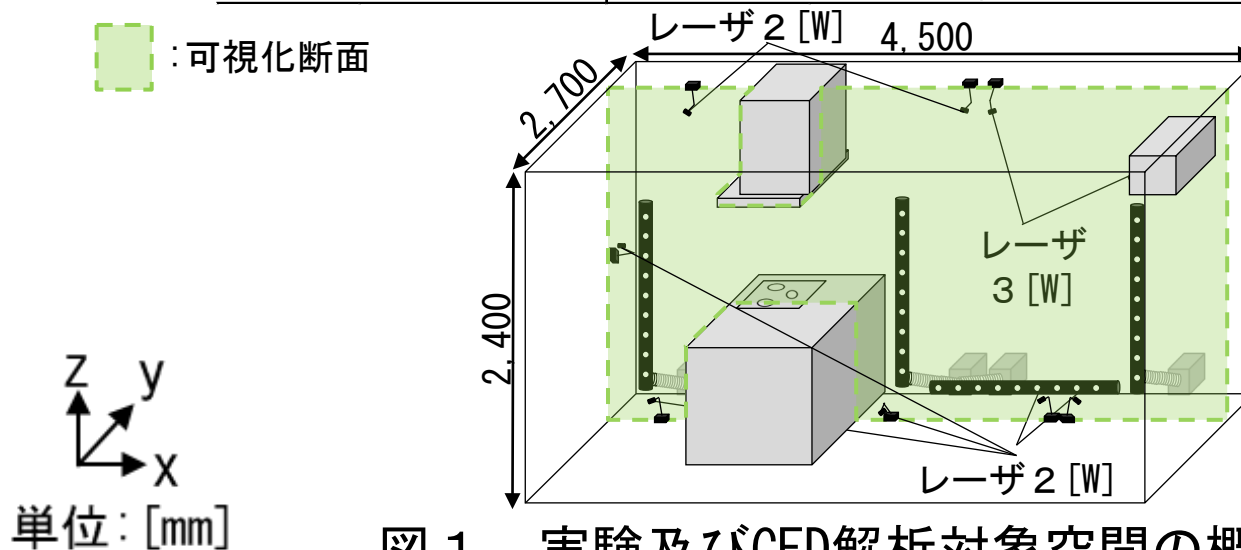



図 1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

可視化には**連続光レーザー 9 台** (3 [W] × 2、2 [W] × 7) 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 × 6 台 (1,920[pixel] × 1,200[pixel]、125[fps])	
	カメラB	工業用カメラ × 2 台 (720[pixel] × 540[pixel]、375[fps])	
	カメラC	Photron FASTCAM SA3 × 1 台 (1,024[pixel] × 1,024[pixel]、1,000[fps])	
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3 [W]	DPGL-3W × 2 台
		出力：2 [W]	DPGL-2W × 7 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 ver. 1.2.13		

 : 可視化断面


 単位：[mm]

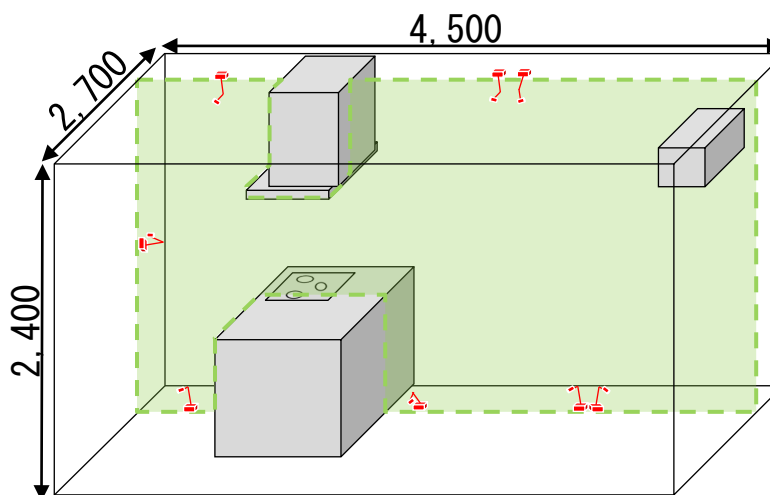



図 1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

可視化には連続光レーザー 9 台 (3 [W] × 2、2 [W] × 7) 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 × 6 台 (1,920[pixel] × 1,200[pixel]、125[fps])	
	カメラB	工業用カメラ × 2 台 (720[pixel] × 540[pixel]、375[fps])	
	カメラC	Photron FASTCAM SA3 × 1 台 (1,024[pixel] × 1,024[pixel]、1,000[fps])	
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3 [W]	DPGL-3W × 2 台
		出力：2 [W]	DPGL-2W × 7 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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面

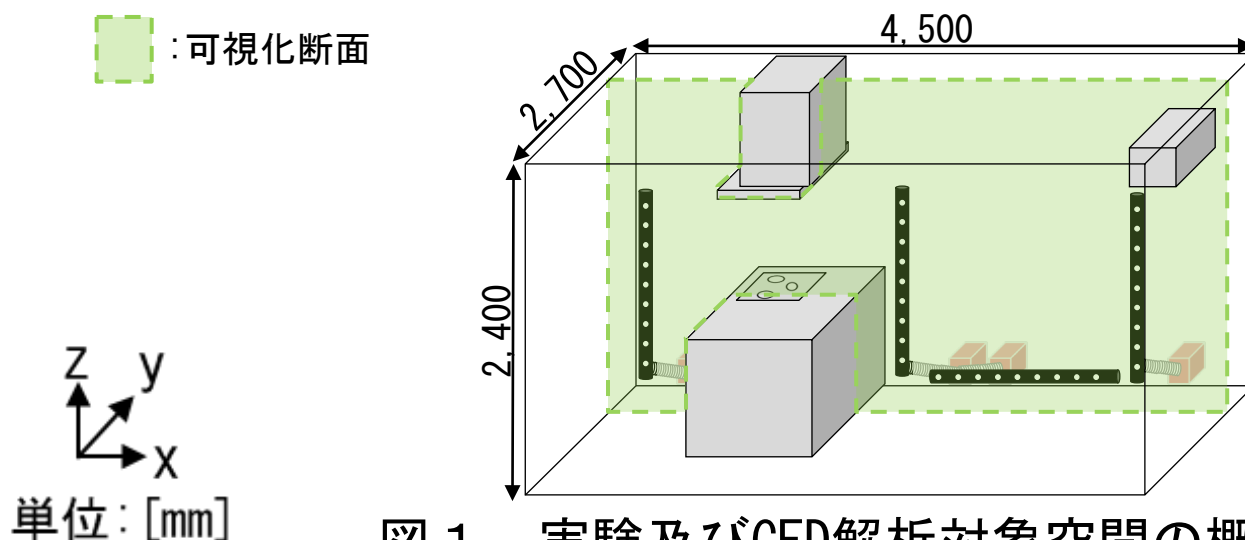



図 1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

カメラは計9台使用し、カメラA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

カメラ	カメラA	工業用カメラ×6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])	
	カメラB	工業用カメラ×2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])	
	カメラC	Photron FASTCAM SA3×1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])	
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W×2台
		出力：2[W]	DPGL-2W×7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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面

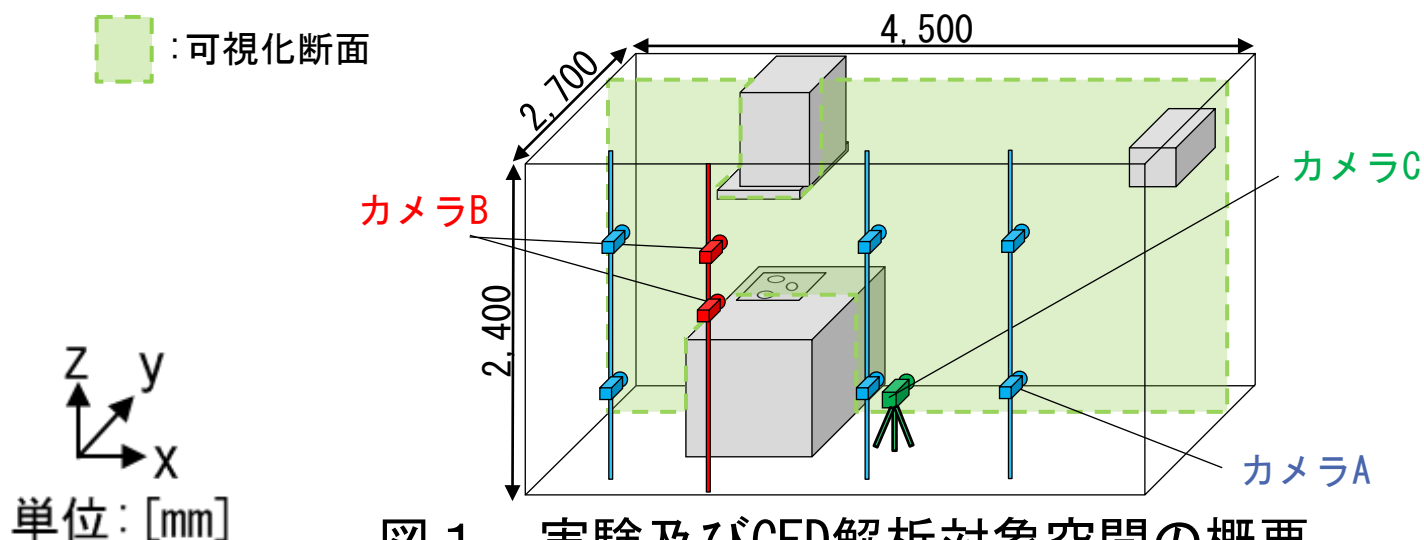



図1 実験及びCFD解析対象空間の概要

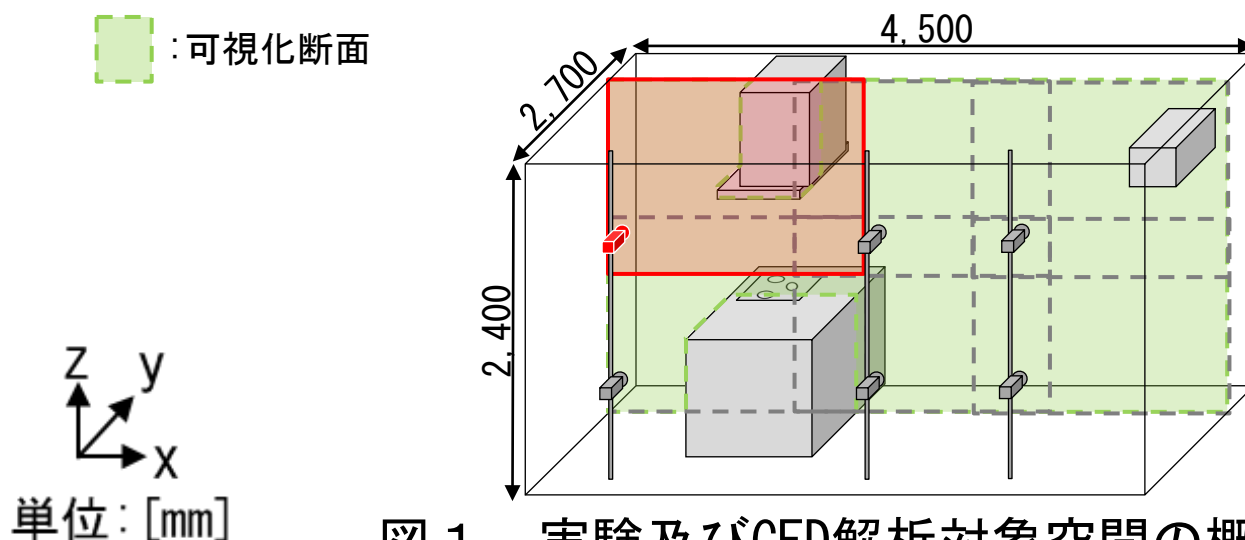
実験概要

カメラは計9台使用し、**カメラA**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

カメラ		カメラA	工業用カメラ×6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])
		カメラC	Photron FASTCAM SA3×1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W×2台
		出力：2[W]	DPGL-2W×7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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面



単位：[mm]


図1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

カメラは計9台使用し、**カメラA**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

カメラ		カメラA	工業用カメラ×6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])
		カメラC	Photron FASTCAM SA3×1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W×2台
		出力：2[W]	DPGL-2W×7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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面

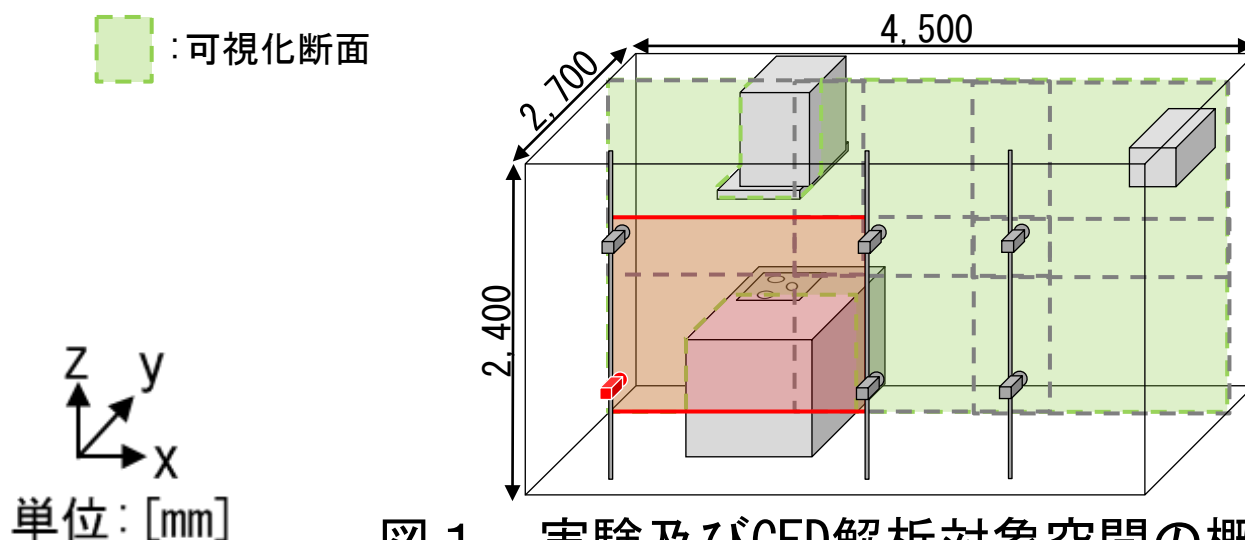



図1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

カメラは計9台使用し、**カメラA**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

カメラ		カメラA	工業用カメラ×6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])
		カメラC	Photron FASTCAM SA3×1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W×2台
		出力：2[W]	DPGL-2W×7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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面

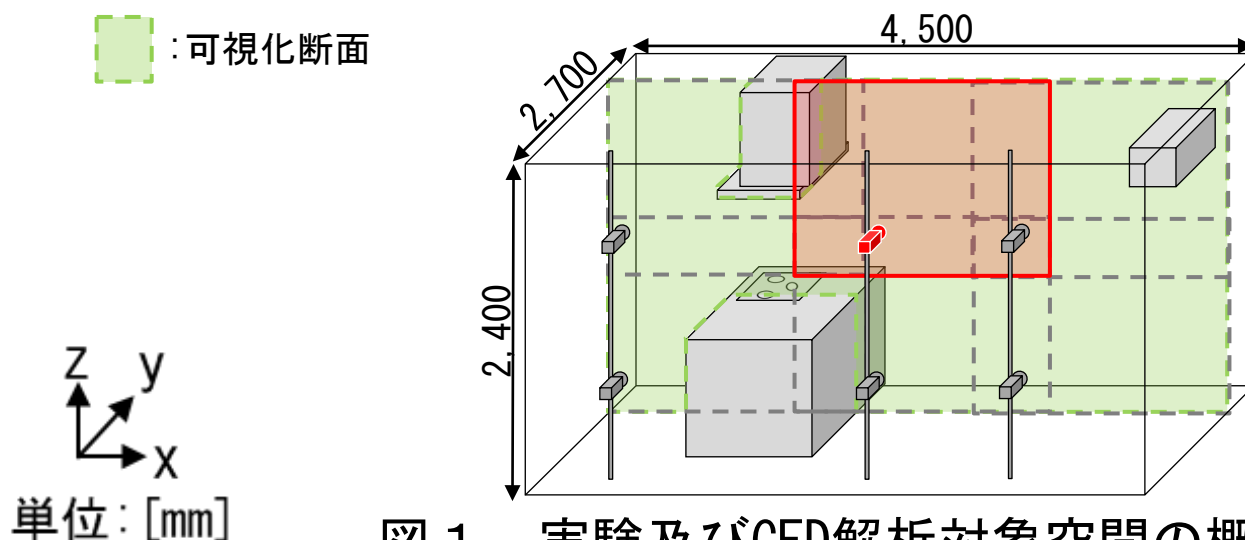



図1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

カメラは計9台使用し、**カメラA**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

カメラ		カメラA	工業用カメラ×6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])
		カメラC	Photron FASTCAM SA3×1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W×2台
		出力：2[W]	DPGL-2W×7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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面

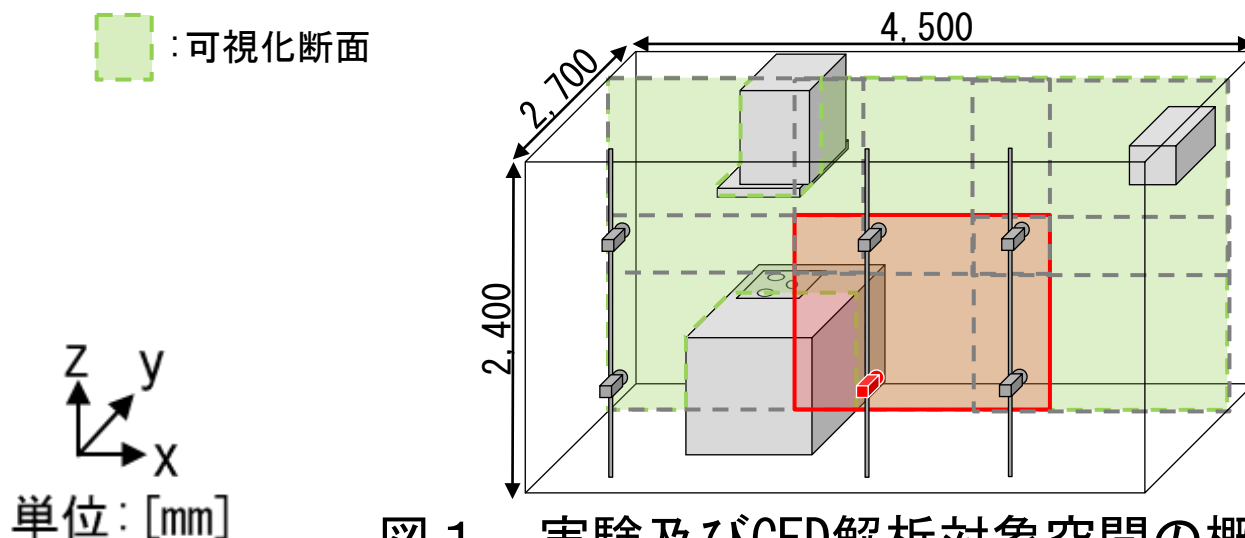



図1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

カメラは計9台使用し、**カメラA**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

カメラ		カメラA	工業用カメラ×6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])
		カメラC	Photron FASTCAM SA3×1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W×2台
		出力：2[W]	DPGL-2W×7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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面

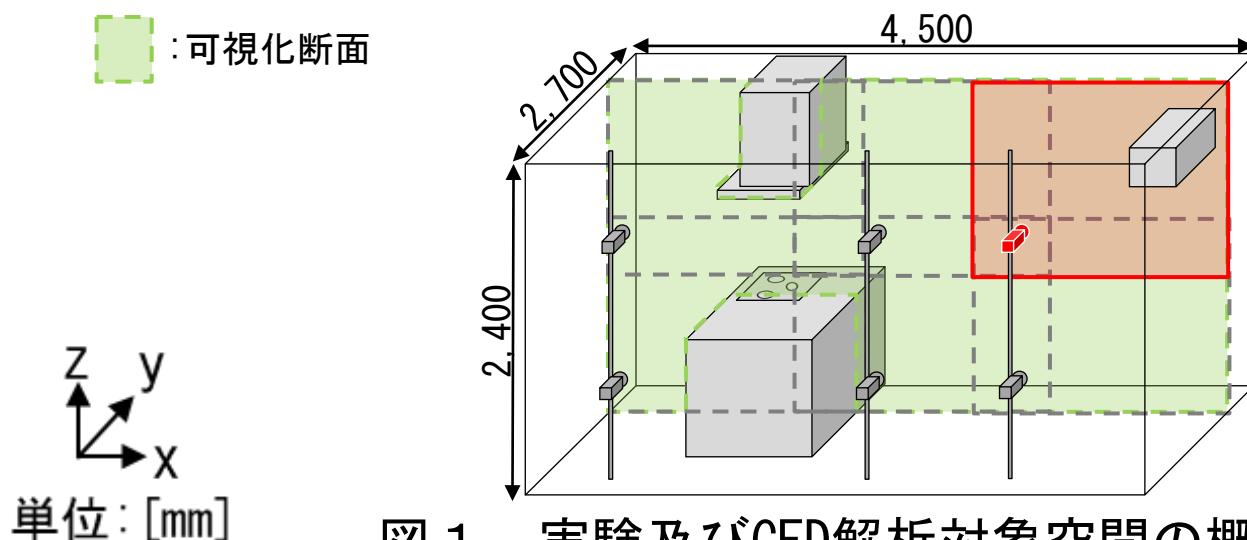



図1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

カメラは計9台使用し、**カメラA**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

カメラ		カメラA	工業用カメラ×6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])
		カメラC	Photron FASTCAM SA3×1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W×2台
		出力：2[W]	DPGL-2W×7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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面

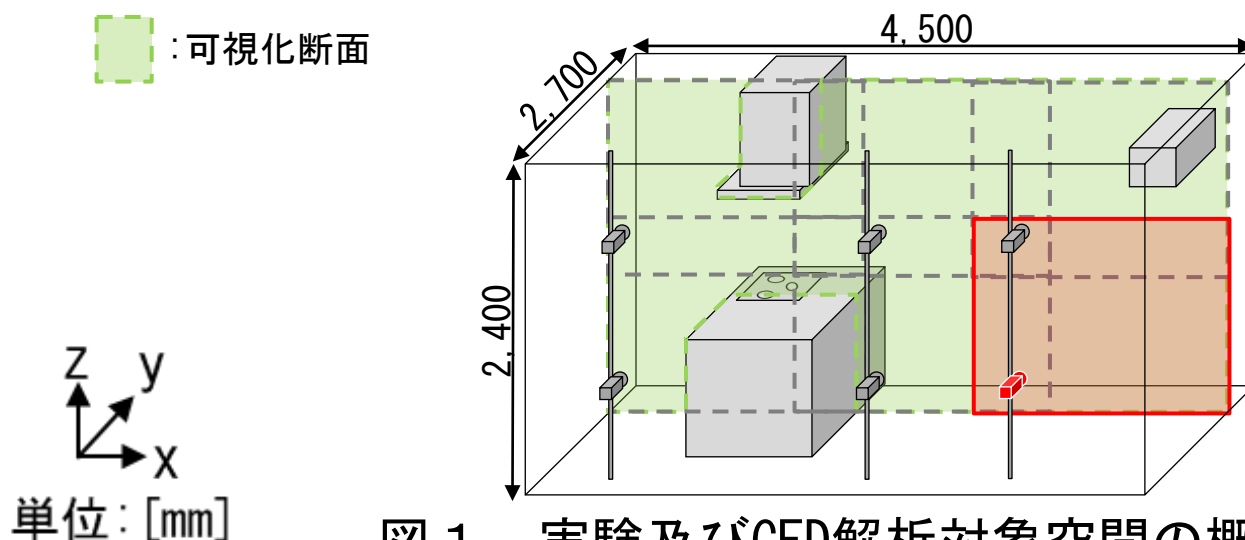



図1 実験及びCFD解析対象空間の概要

カメラBはカメラAの死角となる部分を撮影するために2台配置する。

表2 測定機器の仕様

カメラ	カメラA	工業用カメラ×6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])	
	カメラB	工業用カメラ×2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])	
	カメラC	Photron FASTCAM SA3×1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])	
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W×2台
		出力：2[W]	DPGL-2W×7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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面


 単位：[mm]

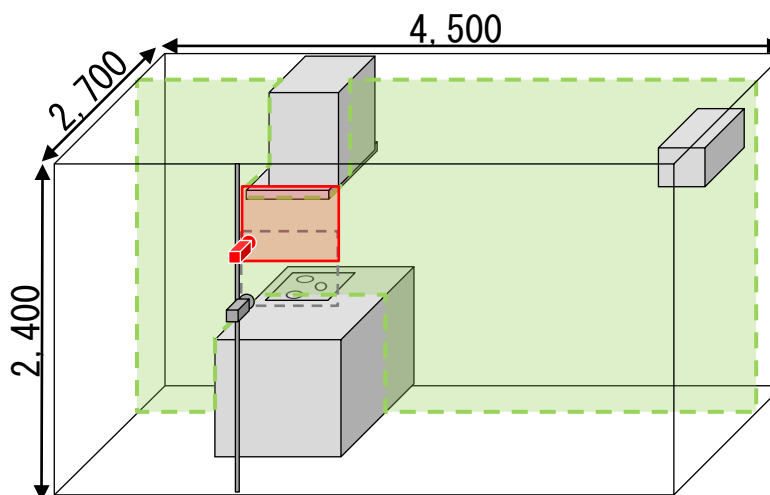



図1 実験及びCFD解析対象空間の概要

カメラBはカメラAの死角となる部分を撮影するために2台配置する。

表2 測定機器の仕様

カメラ	カメラA	工業用カメラ×6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])	
	カメラB	工業用カメラ×2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])	
	カメラC	Photron FASTCAM SA3×1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])	
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W×2台
		出力：2[W]	DPGL-2W×7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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面


 単位：[mm]

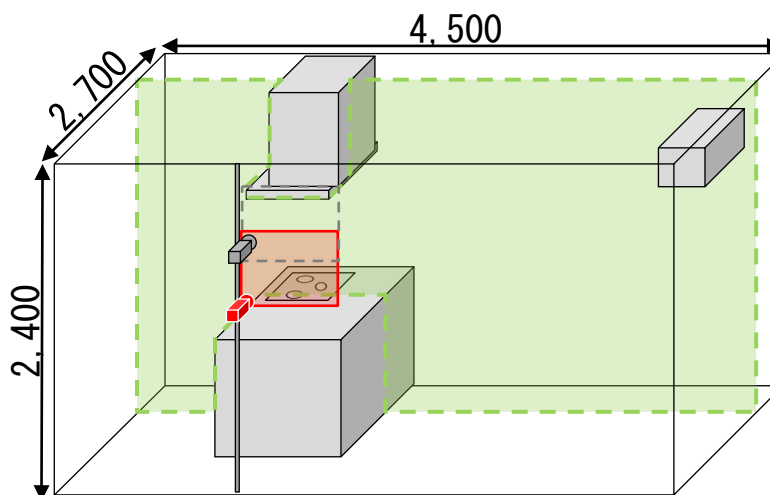



図1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

カメラCは空気清浄機の吹出口を詳細に撮影するために接近して1台配置する。

表2 測定機器の仕様

カメラ		カメラA	工業用カメラ×6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])
		カメラC	Photron FASTCAM SA3×1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W×2台
		出力：2[W]	DPGL-2W×7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 ver. 1.2.13	

 : 可視化断面


 単位：[mm]

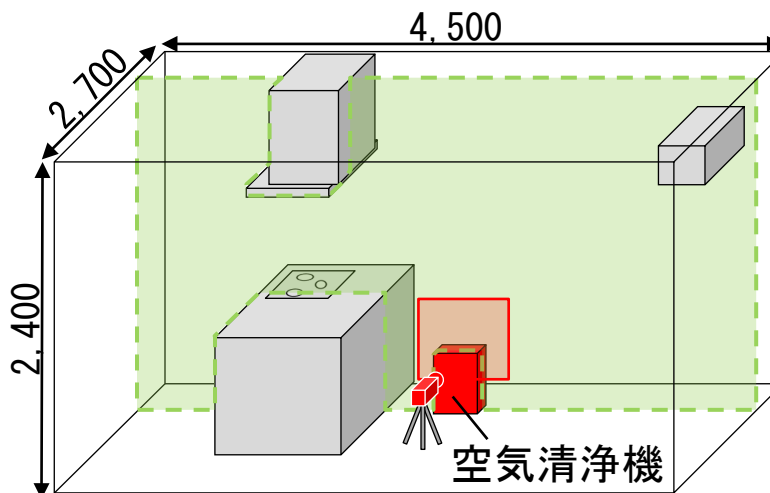



図1 実験及びCFD解析対象空間の概要

実験概要

気流性状の解析には、流れの可視化及び時系列的に連続な速度情報を取得可能な**粒子画像流速測定法**^{文1)} (以下、PIV)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×6台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])	
	カメラB	工業用カメラ×2台 (720[pixel]×540[pixel]、375[fps])	
	カメラC	Photron FASTCAM SA3×1台 (1,024[pixel]×1,024[pixel]、1,000[fps])	
レーザー	LD励起： YAG/YVO4レーザー	出力：3[W]	DPGL-3W×2台
		出力：2[W]	DPGL-2W×7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 ver. 1.2.13		

 : 可視化断面

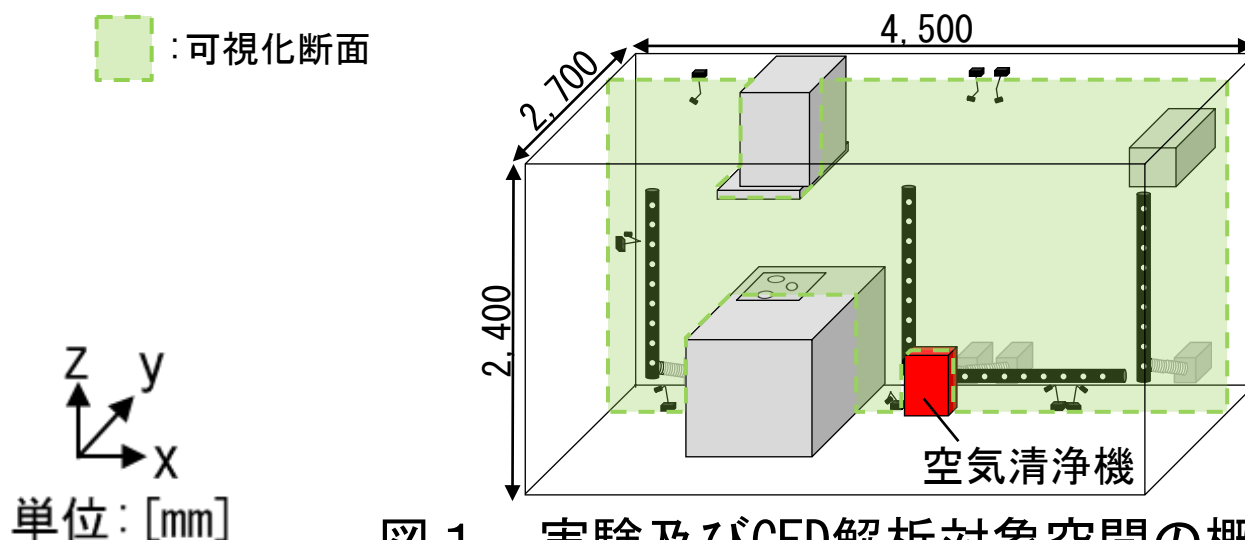
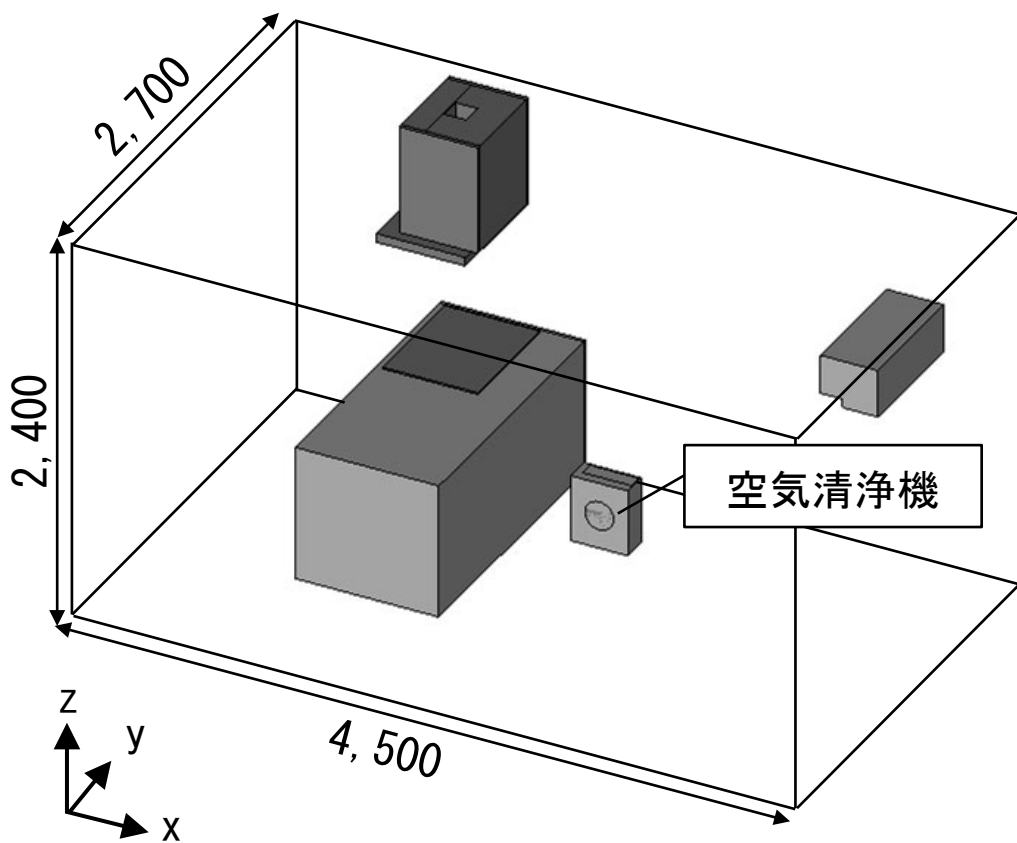


図1 実験及びCFD解析対象空間の概要

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

解析概要



単位：[mm]

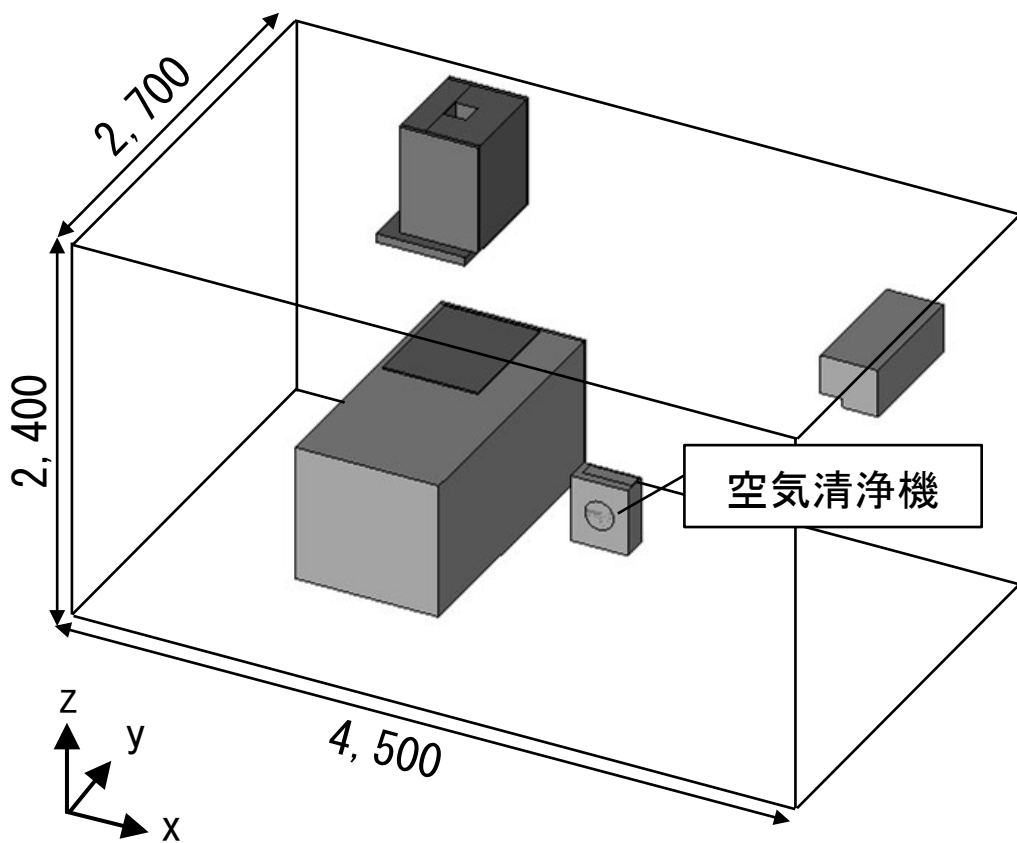
図 CFD解析モデル

表4 CFD解析条件

計算コード	ソフトウェアクレイドルSTREAM ver. 2022						
乱流モデル	標準k-εモデル						
解析要素数	232(x) × 191(y) × 140(z) = 6,203,680						
流入境界条件	吹出	風量	強		弱		
		風速[m/s]	x成分	z成分	x成分	z成分	
		1	a	1.01	2.53	0.51	1.27
			b	2.41	6.04	1.21	3.02
			c	1.01	2.53	0.51	1.27
		2	a	1.27	2.42	0.63	1.21
			b	3.02	5.76	1.51	2.88
			c	1.27	2.42	0.63	1.21
		3	a	1.51	2.27	0.75	1.14
			b	3.59	5.42	1.80	2.71
			c	1.51	2.27	0.75	1.14
		4	a	1.73	2.11	0.87	1.05
			b	4.13	5.02	2.06	2.51
			c	1.73	2.11	0.87	1.05
		5	a	1.94	1.92	0.97	0.96
			b	4.62	4.57	2.31	2.29
			c	1.94	1.92	0.97	0.96
		6	a	2.03	1.64	1.02	0.82
			b	4.85	3.90	2.42	1.95
			c	2.03	1.64	1.02	0.82
		流出境界条件	吸込	表面圧力[Pa]	0		
		移流項精度	QUICK				

解析概要

CFD解析領域は実験と同様の寸法とする。



単位：[mm]

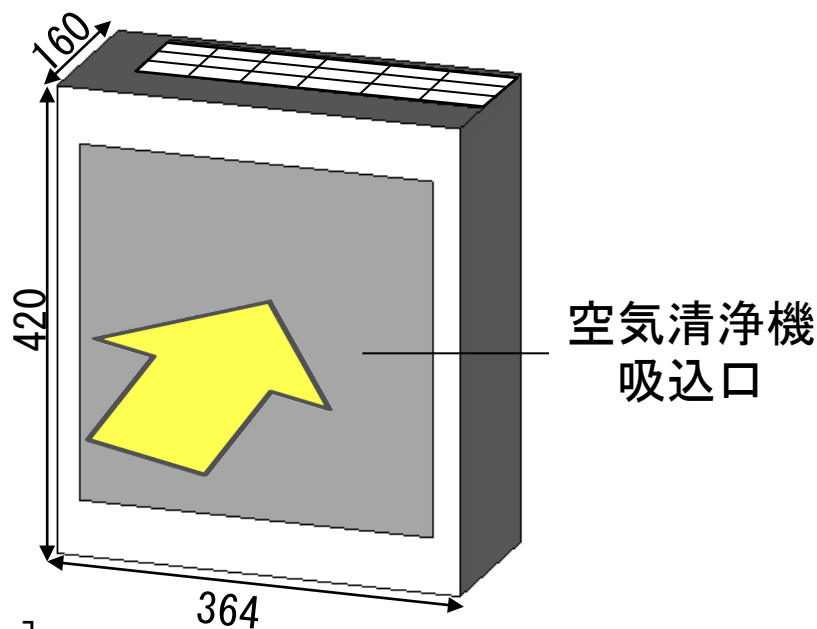
図 CFD解析モデル

表4 CFD解析条件

計算コード	ソフトウェアクレイドルSTREAM ver. 2022						
乱流モデル	標準k-εモデル						
解析要素数	232(x) × 191(y) × 140(z) = 6,203,680						
流入境界条件	吹出	風量	強		弱		
		風速[m/s]	x成分	z成分	x成分	z成分	
		1	a	1.01	2.53	0.51	1.27
			b	2.41	6.04	1.21	3.02
			c	1.01	2.53	0.51	1.27
		2	a	1.27	2.42	0.63	1.21
			b	3.02	5.76	1.51	2.88
			c	1.27	2.42	0.63	1.21
		3	a	1.51	2.27	0.75	1.14
			b	3.59	5.42	1.80	2.71
			c	1.51	2.27	0.75	1.14
		4	a	1.73	2.11	0.87	1.05
			b	4.13	5.02	2.06	2.51
			c	1.73	2.11	0.87	1.05
		5	a	1.94	1.92	0.97	0.96
			b	4.62	4.57	2.31	2.29
			c	1.94	1.92	0.97	0.96
		6	a	2.03	1.64	1.02	0.82
			b	4.85	3.90	2.42	1.95
			c	2.03	1.64	1.02	0.82
		流出境界条件	吸込	表面圧力[Pa]	0		
		移流項精度	QUICK				

解析概要

空気清浄機の吸込口は流出面とする。空気清浄機の吹出口は流入面とし、長辺方向6分割、短辺方向3分割し、各面においてPIVで求めた吹出気流（風速x成分・z成分）を与える。



単位：[mm]

図2 空気清浄機の概要

表4 CFD解析条件

計算コード	ソフトウェアクレイドルSTREAM ver. 2022						
乱流モデル	標準k-εモデル						
解析要素数	232(x) × 191(y) × 140(z) = 6, 203, 680						
流入境界条件	吹出	風量	強		弱		
		風速[m/s]	x成分	z成分	x成分	z成分	
		1	a	1.01	2.53	0.51	1.27
			b	2.41	6.04	1.21	3.02
			c	1.01	2.53	0.51	1.27
		2	a	1.27	2.42	0.63	1.21
			b	3.02	5.76	1.51	2.88
			c	1.27	2.42	0.63	1.21
		3	a	1.51	2.27	0.75	1.14
			b	3.59	5.42	1.80	2.71
			c	1.51	2.27	0.75	1.14
		4	a	1.73	2.11	0.87	1.05
			b	4.13	5.02	2.06	2.51
			c	1.73	2.11	0.87	1.05
		5	a	1.94	1.92	0.97	0.96
			b	4.62	4.57	2.31	2.29
			c	1.94	1.92	0.97	0.96
		6	a	2.03	1.64	1.02	0.82
			b	4.85	3.90	2.42	1.95
			c	2.03	1.64	1.02	0.82
		流出境界条件	吸込	表面圧力[Pa]	0		
		移流項精度	QUICK				

解析概要

空気清浄機の吸込口は流出面とする。空気清浄機の吹出口は流入面とし、長辺方向6分割、短辺方向3分割し、各面においてPIVで求めた吹出気流（風速x成分・z成分）を与える。

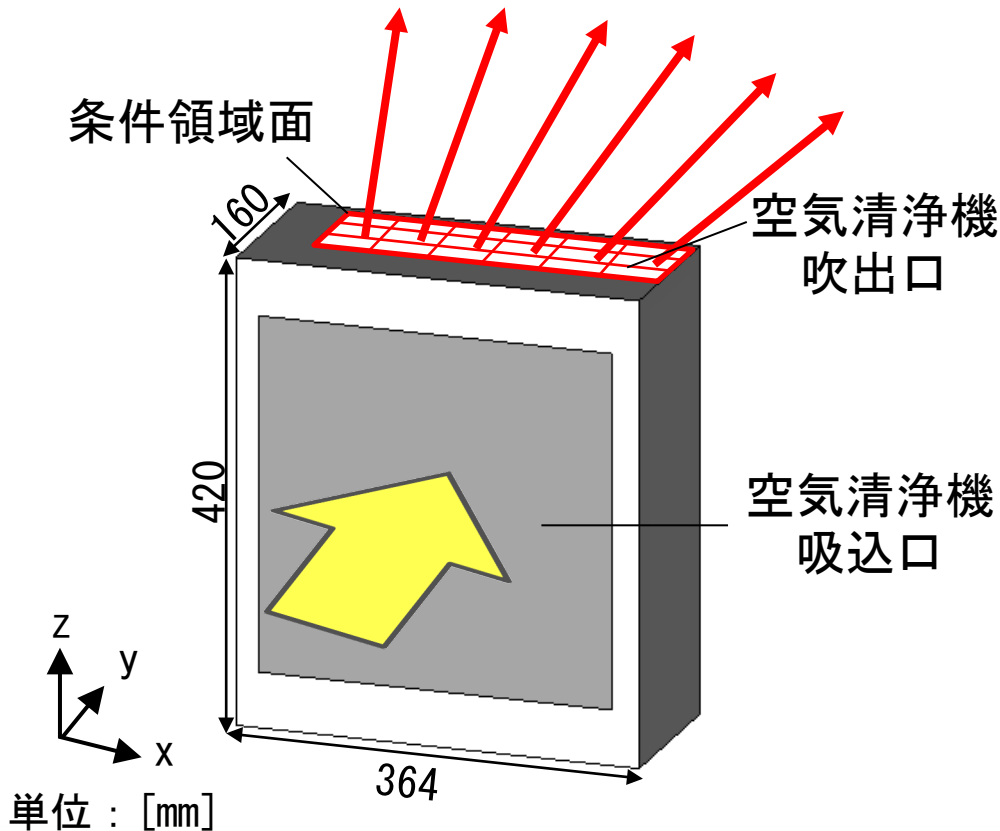


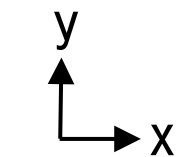
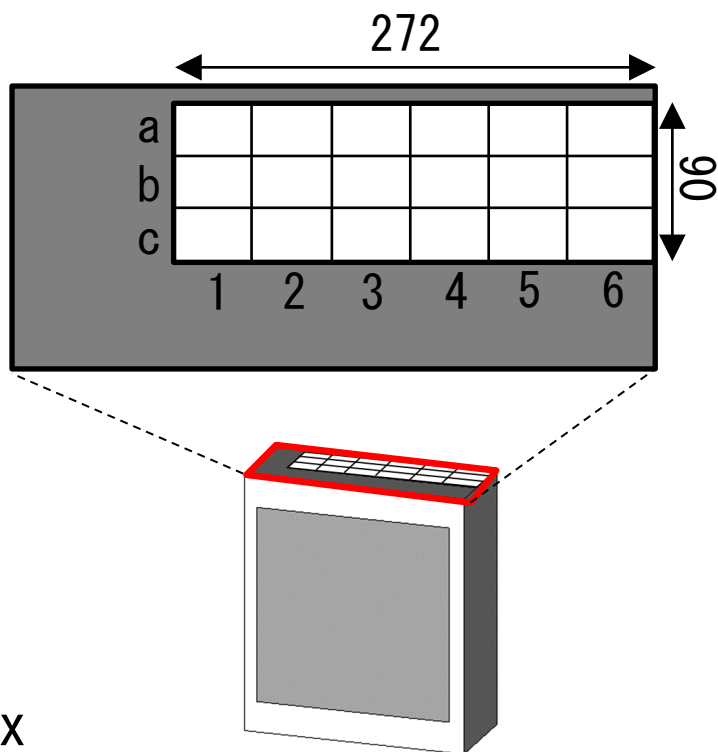
図2 空気清浄機の概要

表4 CFD解析条件

計算コード	ソフトウェアクレイドルSTREAM ver. 2022						
乱流モデル	標準k-εモデル						
解析要素数	232(x) × 191(y) × 140(z) = 6,203,680						
流入境界条件	吹出	風量		強		弱	
		風速[m/s]	x成分	z成分	x成分	z成分	
		1	a	1.01	2.53	0.51	1.27
			b	2.41	6.04	1.21	3.02
			c	1.01	2.53	0.51	1.27
		2	a	1.27	2.42	0.63	1.21
			b	3.02	5.76	1.51	2.88
			c	1.27	2.42	0.63	1.21
		3	a	1.51	2.27	0.75	1.14
			b	3.59	5.42	1.80	2.71
			c	1.51	2.27	0.75	1.14
		4	a	1.73	2.11	0.87	1.05
			b	4.13	5.02	2.06	2.51
			c	1.73	2.11	0.87	1.05
		5	a	1.94	1.92	0.97	0.96
			b	4.62	4.57	2.31	2.29
			c	1.94	1.92	0.97	0.96
		6	a	2.03	1.64	1.02	0.82
			b	4.85	3.90	2.42	1.95
			c	2.03	1.64	1.02	0.82
		流出境界条件	吸込	表面圧力[Pa]	0		
		移流項精度	QUICK				

解析概要

空気清浄機の吸込口は流出面とする。空気清浄機の吹出口は流入面とし、**長辺方向 6 分割**、**短辺方向 3 分割**し、各面においてPIVで求めた吹出気流（風速x成分・z成分）を与える。



単位：[mm]

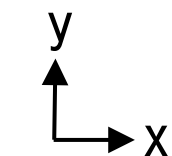
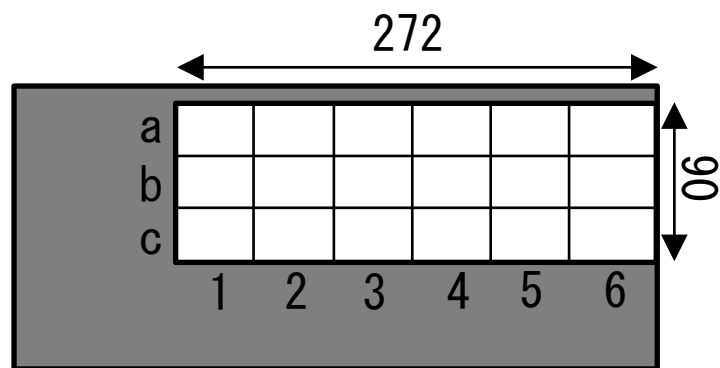
図 2 空気清浄機の概要

表 4 CFD解析条件

計算コード	ソフトウェアクレイドルSTREAM ver. 2022						
乱流モデル	標準 k-ε モデル						
解析要素数	232(x) × 191(y) × 140(z) = 6, 203, 680						
流入境界条件	吹出	風量		強	弱		
		風速[m/s]	x成分	z成分	x成分	z成分	
		1	a	1.01	2.53	0.51	1.27
			b	2.41	6.04	1.21	3.02
			c	1.01	2.53	0.51	1.27
		2	a	1.27	2.42	0.63	1.21
			b	3.02	5.76	1.51	2.88
			c	1.27	2.42	0.63	1.21
		3	a	1.51	2.27	0.75	1.14
			b	3.59	5.42	1.80	2.71
			c	1.51	2.27	0.75	1.14
		4	a	1.73	2.11	0.87	1.05
			b	4.13	5.02	2.06	2.51
			c	1.73	2.11	0.87	1.05
		5	a	1.94	1.92	0.97	0.96
			b	4.62	4.57	2.31	2.29
			c	1.94	1.92	0.97	0.96
		6	a	2.03	1.64	1.02	0.82
			b	4.85	3.90	2.42	1.95
			c	2.03	1.64	1.02	0.82
		流出境界条件	吸込	表面圧力[Pa]	0		
		移流項精度	QUICK				

解析概要

空気清浄機の吸込口は流出面とする。空気清浄機の吹出口は流入面とし、長辺方向6分割、短辺方向3分割し、各面においてPIVで求めた吹出気流（風速x成分・z成分）を与える。



単位：[mm]

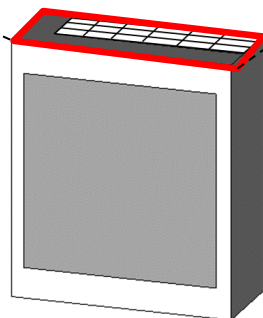
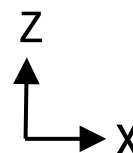


図2 空気清浄機の概要

空気清浄機



風速 [m/s] 0.0 3.0 6.0

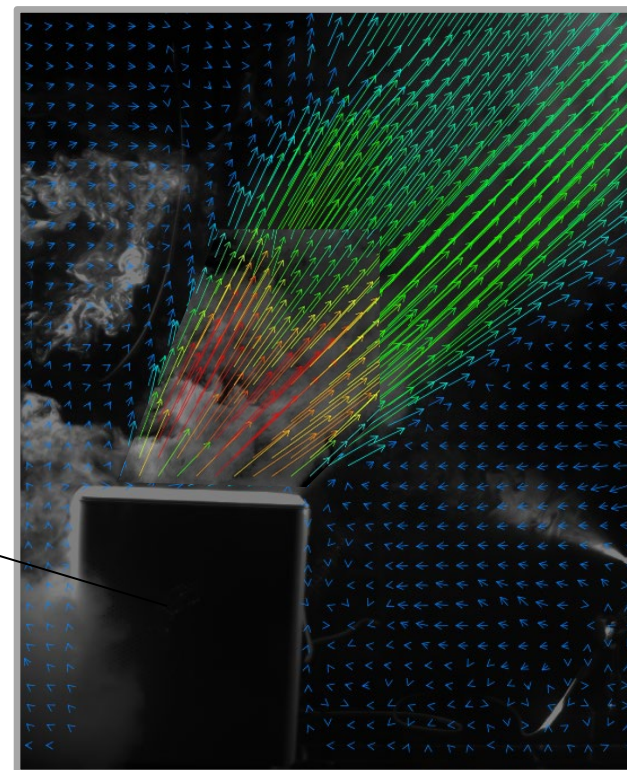


図 PIV測定結果

実験及びCFD解析case

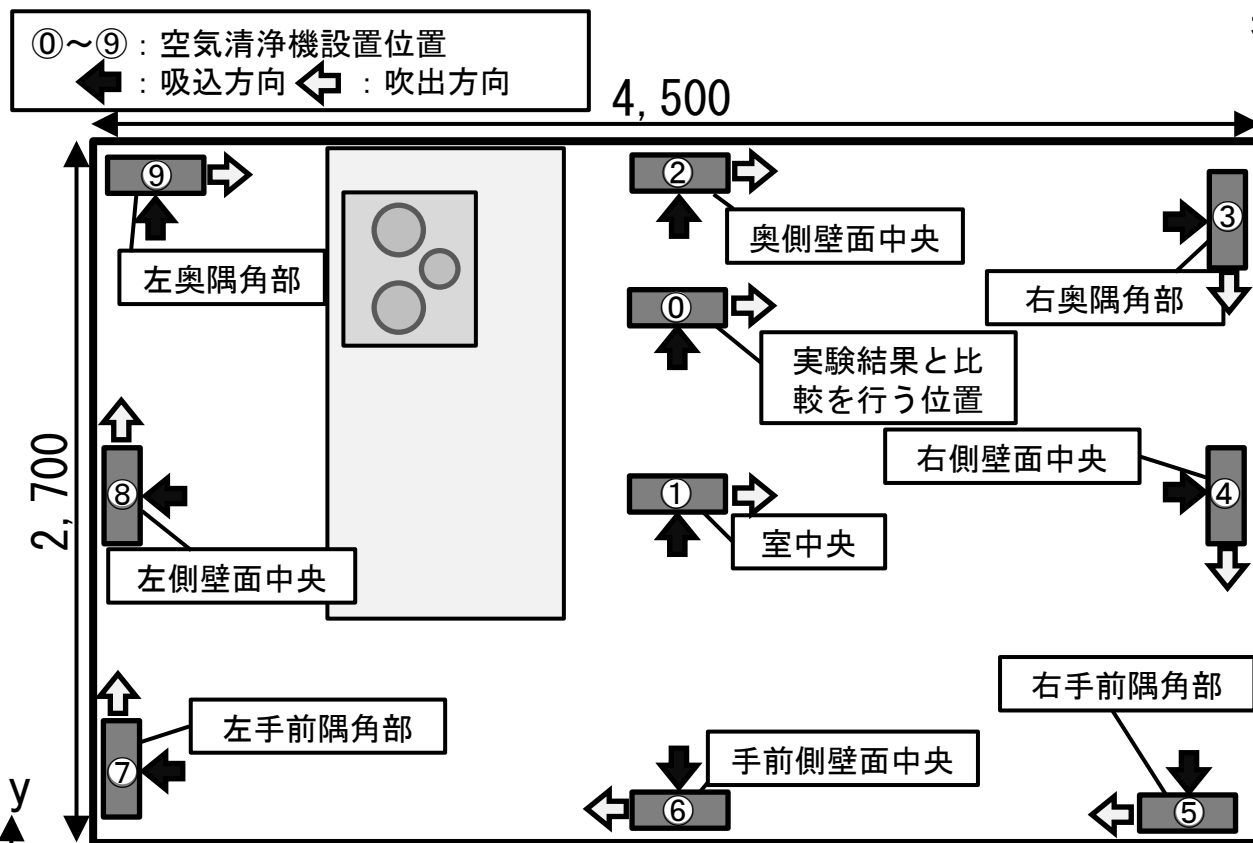


図3 空気清浄機の設置位置

表1 実験及びCFD解析case

case		設置位置 (図3参照)	風量設定
case0	case0-1	①	強
	case0-2		弱
case1	case1-1	②	強
	case1-2		弱
case2	case2-1	③	強
	case2-2		弱
case3	case3-1	④	強
	case3-2		弱
case4	case4-1	⑤	強
	case4-2		弱
case5	case5-1	⑥	強
	case5-2		弱
case6	case6-1	⑦	強
	case6-2		弱
case7	case7-1	⑧	強
	case7-2		弱
case8	case8-1	⑨	強
	case8-2		弱
case9	case9-1	⑩	強
	case9-2		弱

単位：[mm]

実験及びCFD解析case

空気清浄機の高さを**床上**とする。

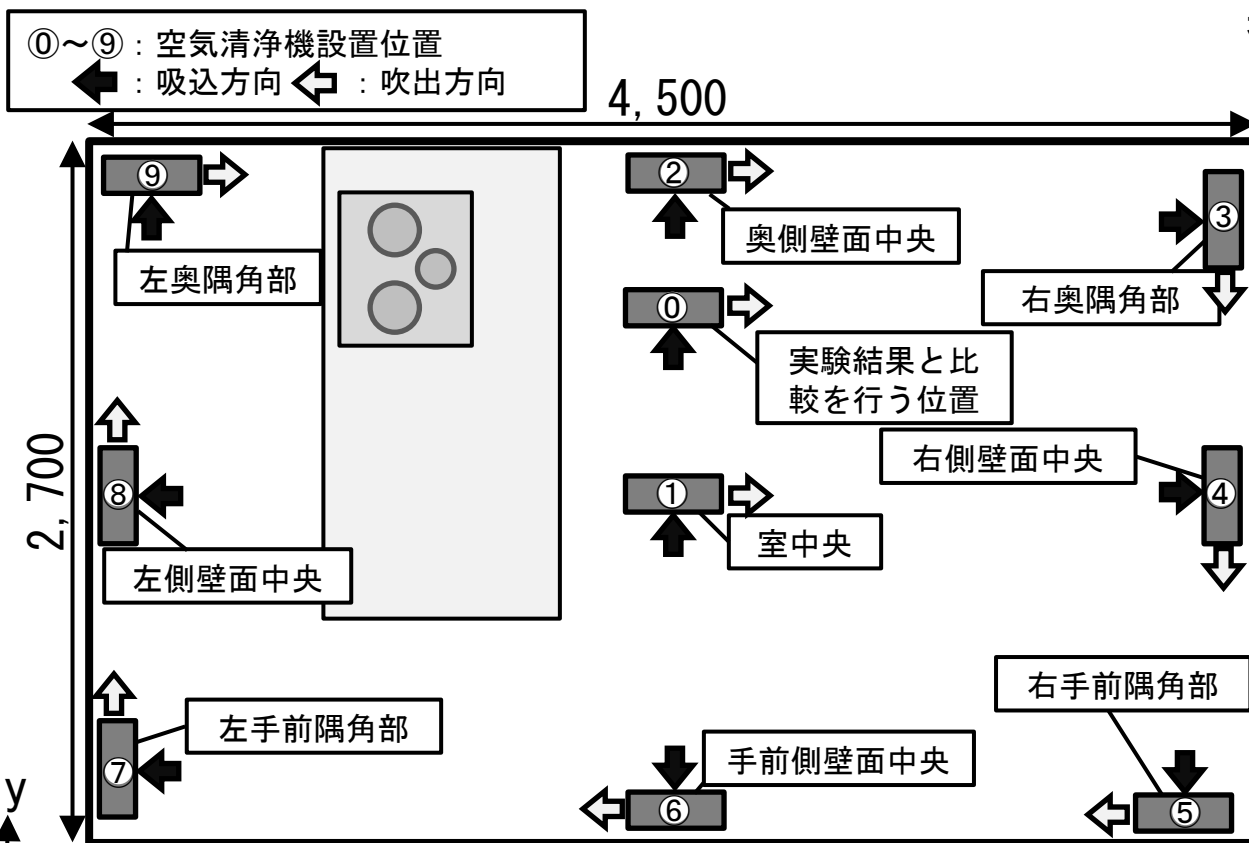


図3 空気清浄機の設置位置

表1 実験及びCFD解析case

case		設置位置 (図3参照)	風量設定
case0	case0-1	①	強
	case0-2		弱
case1	case1-1	②	強
	case1-2		弱
case2	case2-1	③	強
	case2-2		弱
case3	case3-1	④	強
	case3-2		弱
case4	case4-1	⑤	強
	case4-2		弱
case5	case5-1	⑥	強
	case5-2		弱
case6	case6-1	⑦	強
	case6-2		弱
case7	case7-1	⑧	強
	case7-2		弱
case8	case8-1	⑨	強
	case8-2		弱
case9	case9-1	⑨	強
	case9-2		弱

単位：[mm]

実験及びCFD解析case

空気清浄機の設置位置を、**case0は実験結果と比較を行うための位置とし**、case1は室中央、case2~9は各壁面の中央及び隅角部とする。

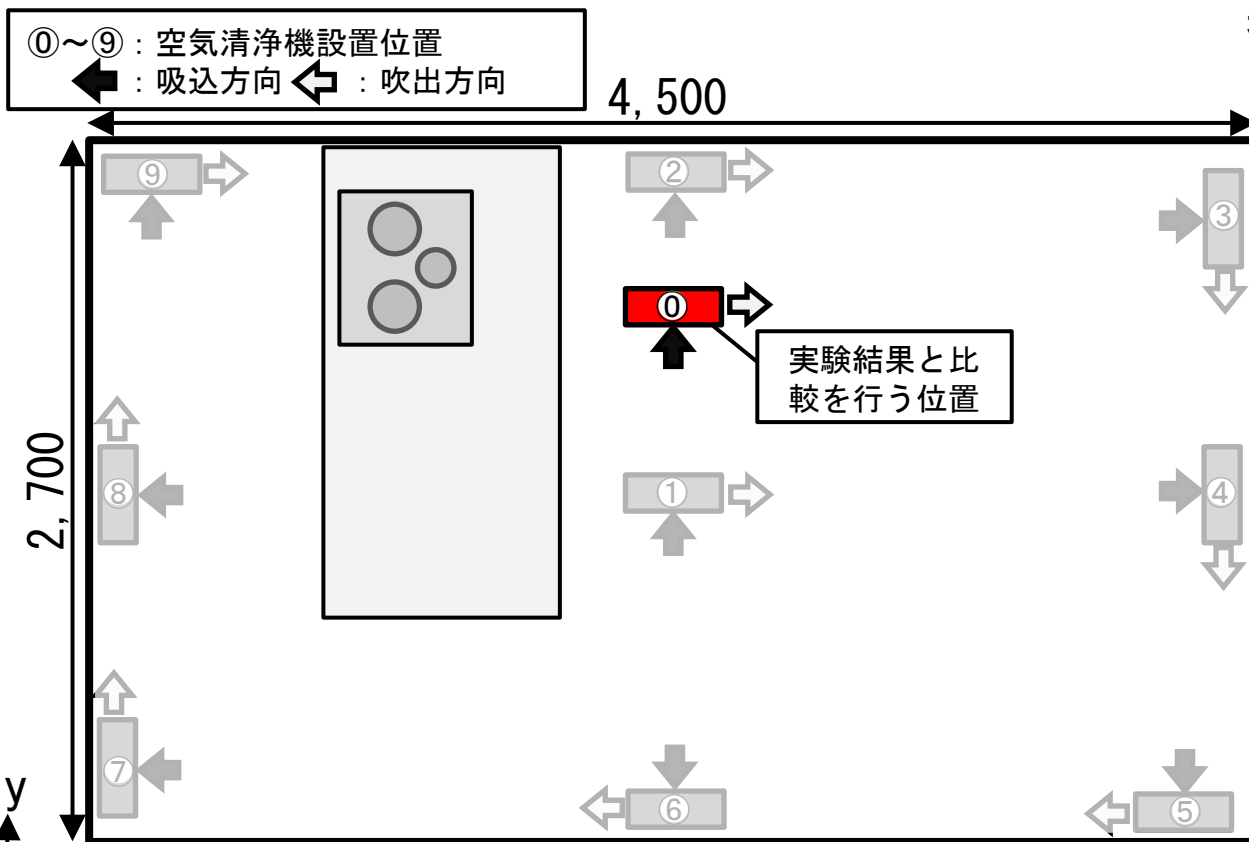


表 1 実験及びCFD解析case

case	設置位置 (図3参照)	風量設定
case0	case0-1	強
	case0-2	弱
case1	case1-1	強
	case1-2	弱
case2	case2-1	強
	case2-2	弱
case3	case3-1	強
	case3-2	弱
case4	case4-1	強
	case4-2	弱
case5	case5-1	強
	case5-2	弱
case6	case6-1	強
	case6-2	弱
case7	case7-1	強
	case7-2	弱
case8	case8-1	強
	case8-2	弱
case9	case9-1	強
	case9-2	弱

図 3 空気清浄機の設置位置

単位：[mm]

実験及びCFD解析case

空気清浄機の設置位置を、case0は実験結果と比較を行うための位置とし、**case1は室中央**、case2~9は各壁面の中央及び隅角部とする。

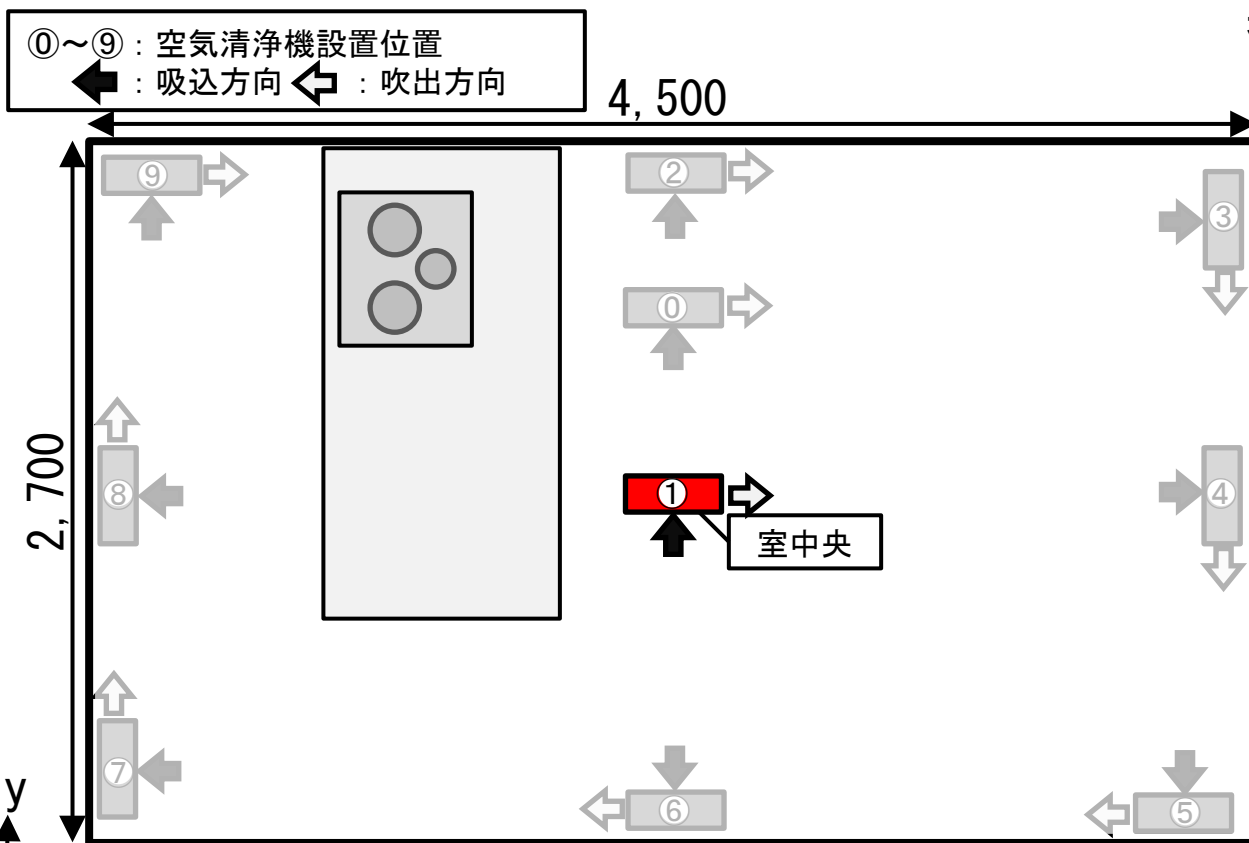


表 1 実験及びCFD解析case

case		設置位置 (図3参照)	風量設定
case0	case0-1	①	強
	case0-2		弱
case1	case1-1	①	強
	case1-2		弱
case2	case2-1	②	強
	case2-2		弱
case3	case3-1	③	強
	case3-2		弱
case4	case4-1	④	強
	case4-2		弱
case5	case5-1	⑤	強
	case5-2		弱
case6	case6-1	⑥	強
	case6-2		弱
case7	case7-1	⑦	強
	case7-2		弱
case8	case8-1	⑧	強
	case8-2		弱
case9	case9-1	⑨	強
	case9-2		弱

図 3 空気清浄機の設置位置

単位：[mm]

実験及びCFD解析case

空気清浄機の設置位置を、case0は実験結果と比較を行うための位置とし、case1は室中央、case2~9は各壁面の中央及び隅部とする。

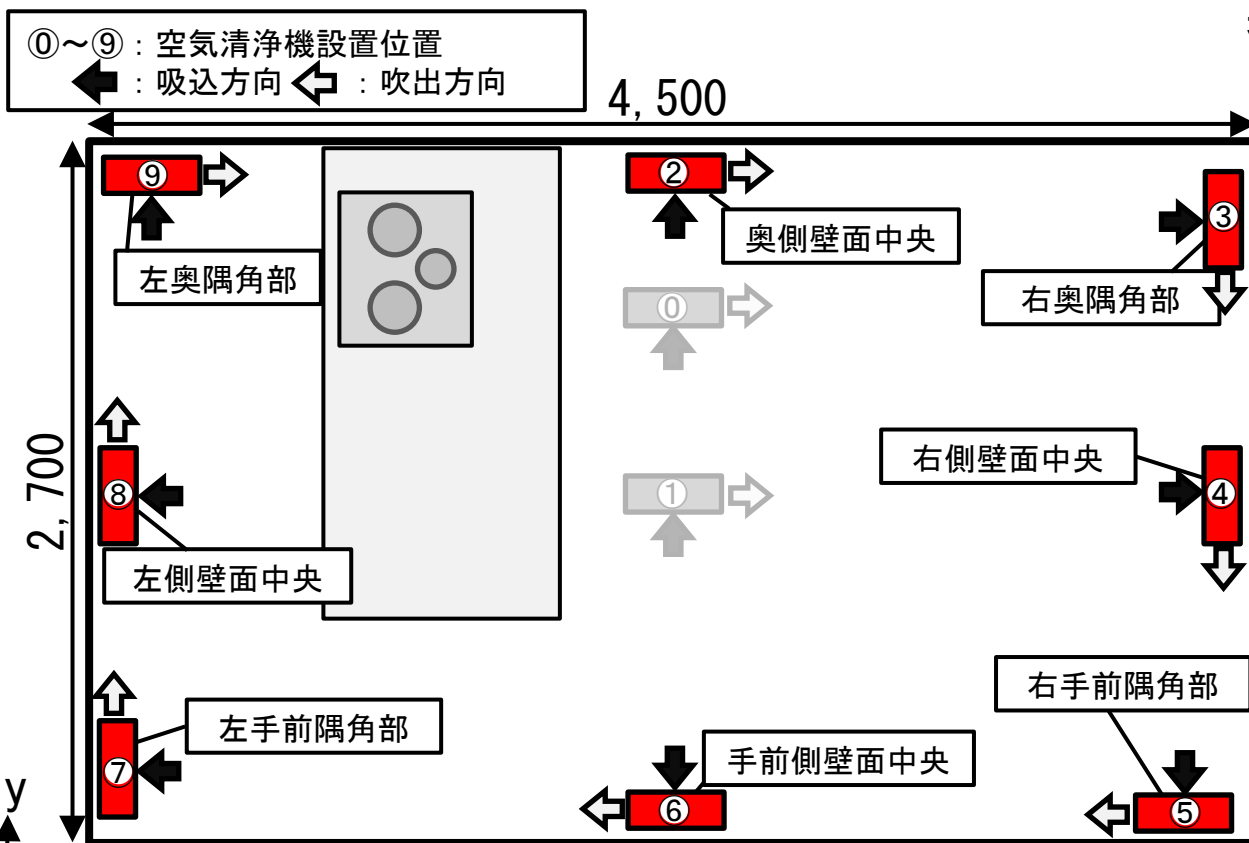


図3 空気清浄機の設置位置

表1 実験及びCFD解析case

case		設置位置 (図3参照)	風量設定
case0	case0-1	①	強
	case0-2		弱
case1	case1-1	①	強
	case1-2		弱
case2	case2-1	②	強
	case2-2		弱
case3	case3-1	③	強
	case3-2		弱
case4	case4-1	④	強
	case4-2		弱
case5	case5-1	⑤	強
	case5-2		弱
case6	case6-1	⑥	強
	case6-2		弱
case7	case7-1	⑦	強
	case7-2		弱
case8	case8-1	⑧	強
	case8-2		弱
case9	case9-1	⑨	強
	case9-2		弱

実験及びCFD解析case

各caseにおいて空気清浄機の風量は強、弱の2段階で行い、**強で276[m³/h]**、**弱で138[m³/h]** (相当換気回数約9.5[回/h]、約4.7[回/h])とする。

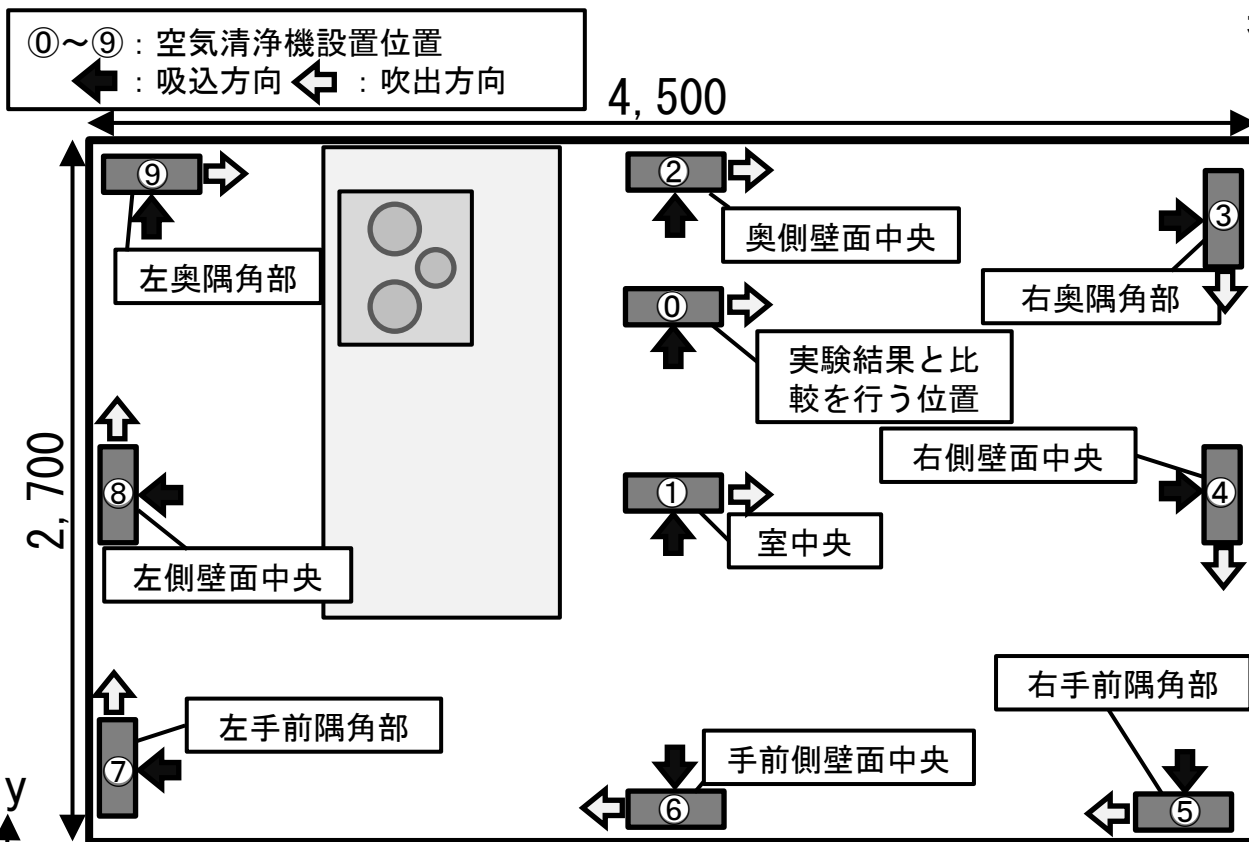


図3 空気清浄機の設置位置

表1 実験及びCFD解析case

case		設置位置 (図3参照)	風量設定
case0	case0-1	①	強
	case0-2		弱
case1	case1-1	①	強
	case1-2		弱
case2	case2-1	②	強
	case2-2		弱
case3	case3-1	③	強
	case3-2		弱
case4	case4-1	④	強
	case4-2		弱
case5	case5-1	⑤	強
	case5-2		弱
case6	case6-1	⑥	強
	case6-2		弱
case7	case7-1	⑦	強
	case7-2		弱
case8	case8-1	⑧	強
	case8-2		弱
case9	case9-1	⑨	強
	case9-2		弱

単位:[mm]

実験及びCFD解析case

実験はcase0-1で行い、実験結果を用いてCFD解析モデルを作成する。

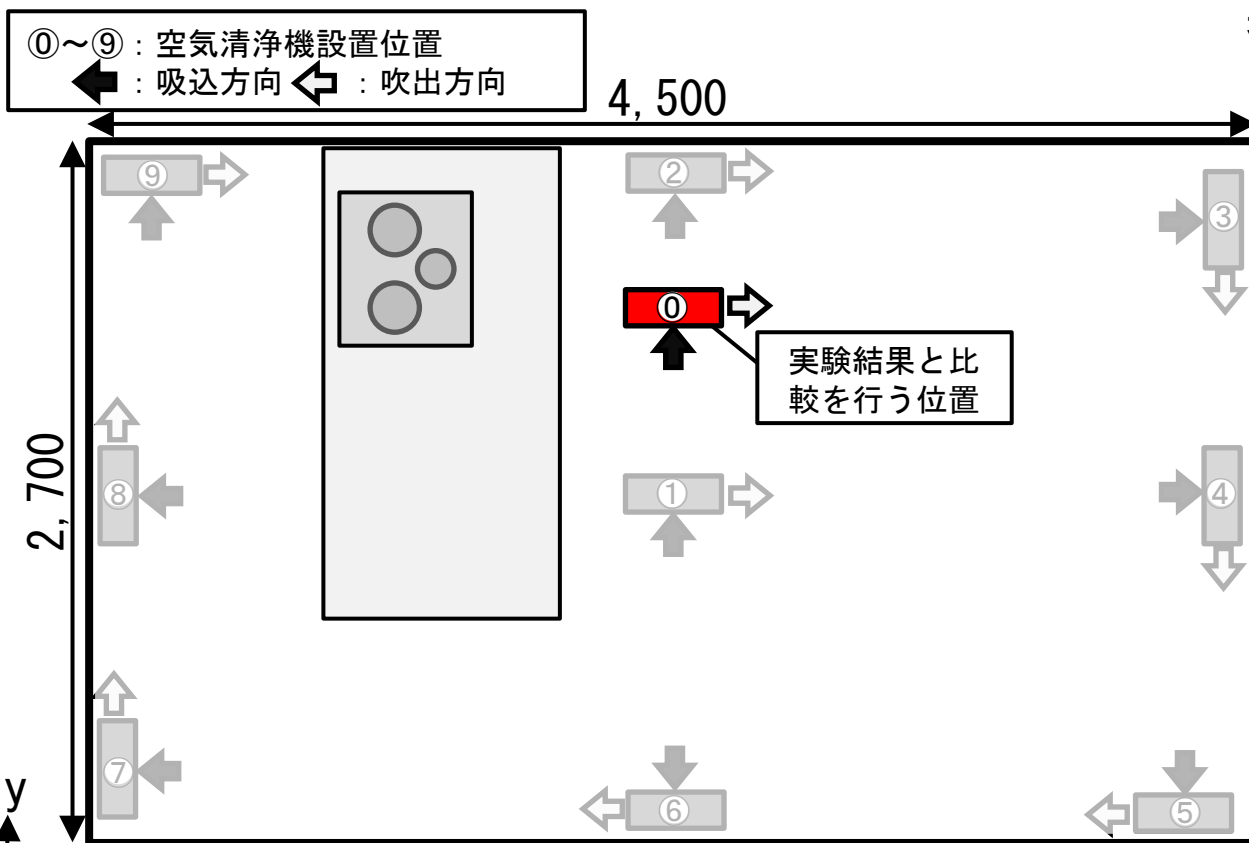


表 1 実験及びCFD解析case

case	設置位置 (図3参照)	風量設定
case0	case0-1	強
	case0-2	弱
case1	case1-1	強
	case1-2	弱
case2	case2-1	強
	case2-2	弱
case3	case3-1	強
	case3-2	弱
case4	case4-1	強
	case4-2	弱
case5	case5-1	強
	case5-2	弱
case6	case6-1	強
	case6-2	弱
case7	case7-1	強
	case7-2	弱
case8	case8-1	強
	case8-2	弱
case9	case9-1	強
	case9-2	弱

図 3 空気清浄機の設置位置

分析方法

本研究では、空気交換効率^{文2)}を用いて**空気清浄機の効果を**評価する。

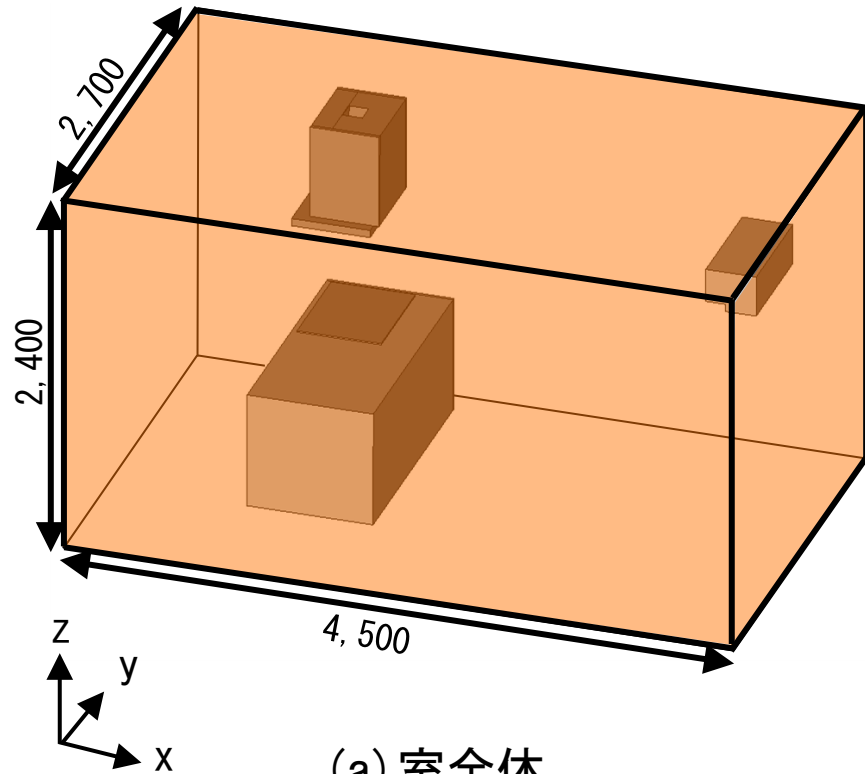
文2) 村井ら：「動的定常濃度法を用いた空気清浄機設置位置による換気効率評価に関する研究」、日本建築学会大会学術講演梗概集、2024年

分析方法

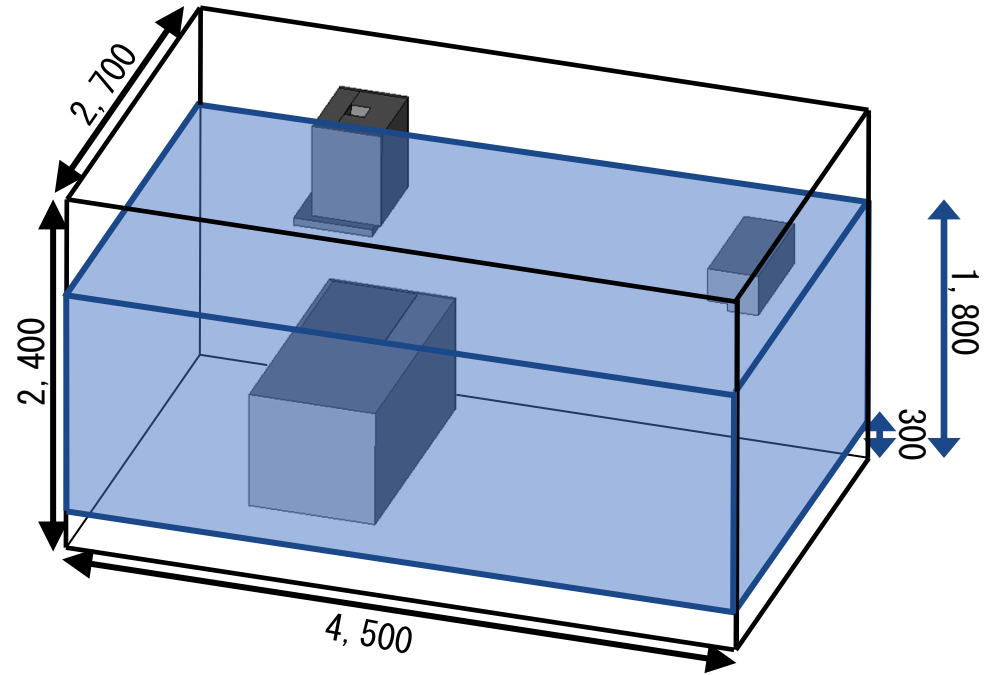
本研究では、空気交換効率^{文2)}を用いて空気清浄機の効果を評価する。

空気交換効率とは、任意の領域の空気がどのくらい速く入れ替わるかを示す尺度で、名目換気時間の半分を室の平均空気齢で除した値であり、完全混合の場合は0.5[-]となる。

$$\text{空気交換効率}[-] = \frac{\text{名目換気時間}[\text{s}] \times 1/2}{\text{室の平均空気齢}[\text{s}]}$$



(a) 室全体

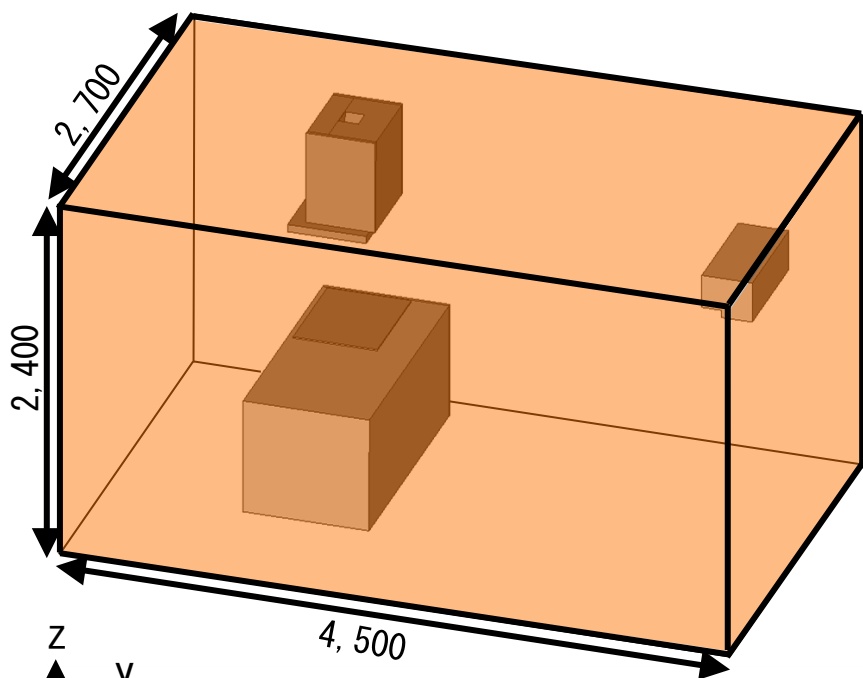


(b) 居住域

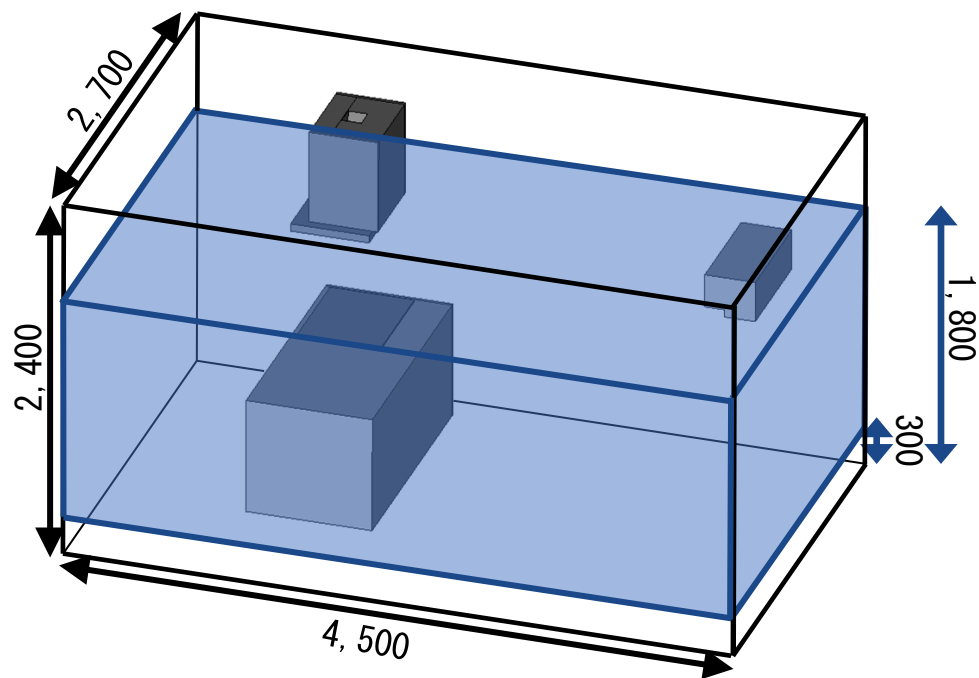
単位：[mm]

図 空気交換効率の計算対象領域

本研究では、空気交換効率の計算対象領域を**室全体**または**居住域**(床上300~1,800[mm])とする。



(a) 室全体

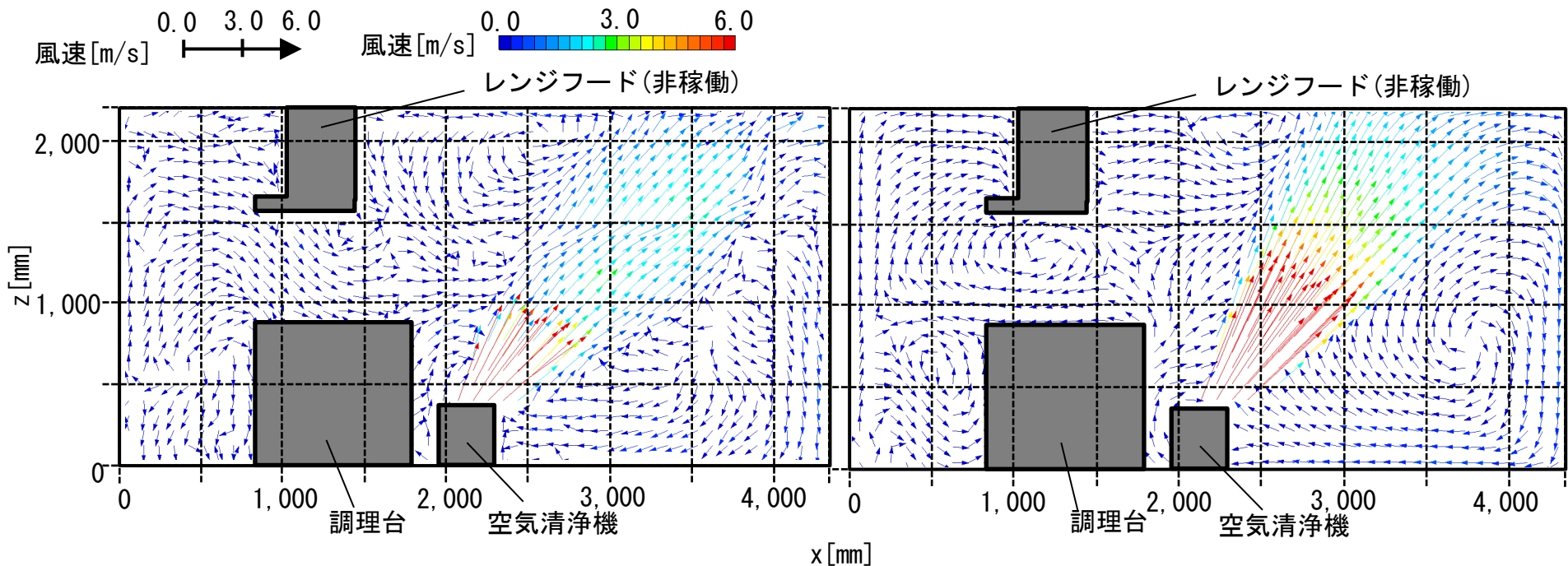


(b) 居住域

単位 : [mm]

図 空気交換効率の計算対象領域

PIV測定及びCFD解析結果



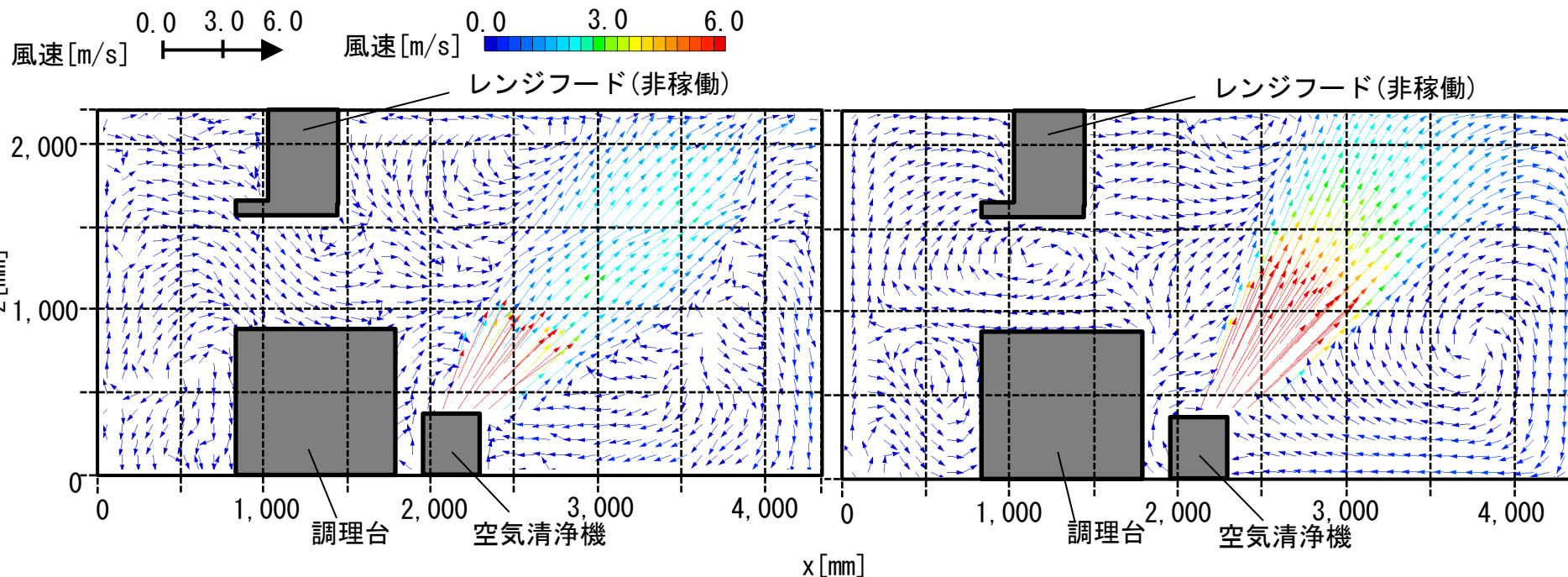
(a) PIV測定結果

(b) CFD解析結果

図4 PIV測定とCFD解析による風速分布 (case0-1)

PIV測定及びCFD解析結果

空気清浄機吹出部分の中心で風速約**6.5 [m/s]**となる。



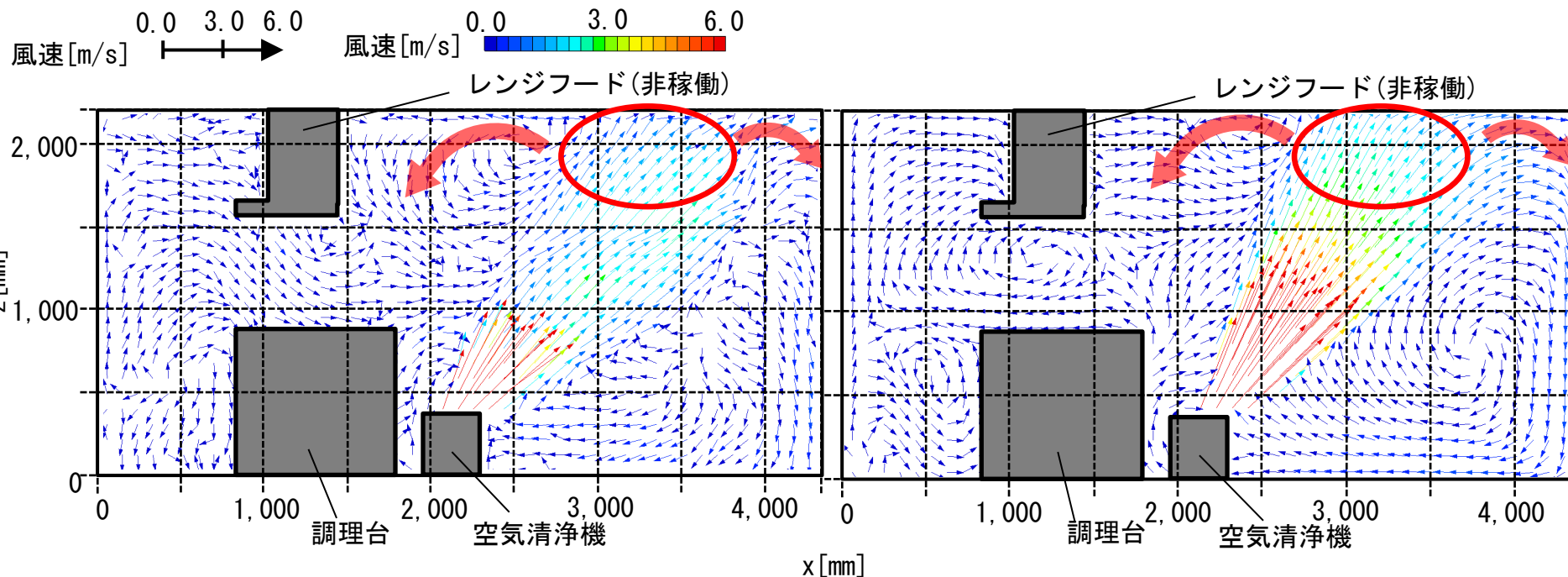
(a) PIV測定結果

(b) CFD解析結果

図4 PIV測定とCFD解析による風速分布 (case0-1)

PIV測定及びCFD解析結果

吹出気流は $x=3,500$ [mm] 付近で天井面に到達し、左右にわかれ、天井面に沿ってレンジフードの側面、右壁面へと流れる。



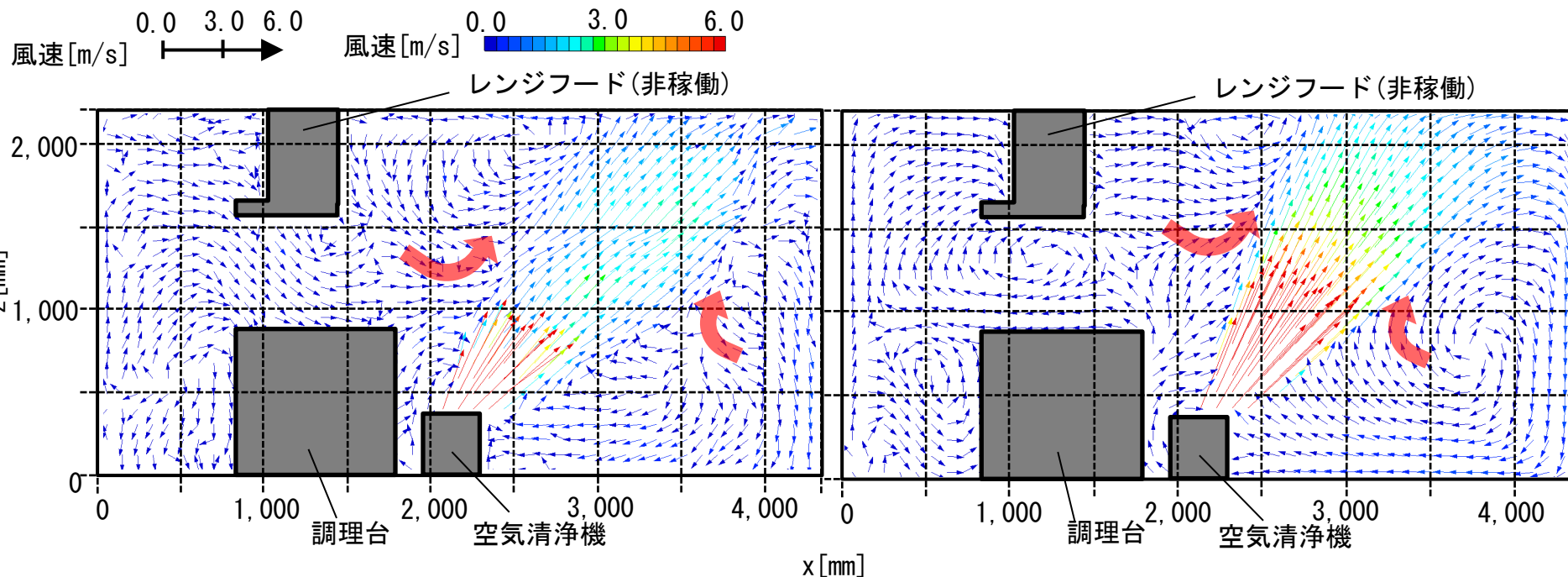
(a) PIV測定結果

(b) CFD解析結果

図4 PIV測定とCFD解析による風速分布 (case0-1)

PIV測定及びCFD解析結果

吹出気流の左側では反時計回りの、右側では時計回りの気流が生じ、吹出気流に誘引され循環流を形成する。



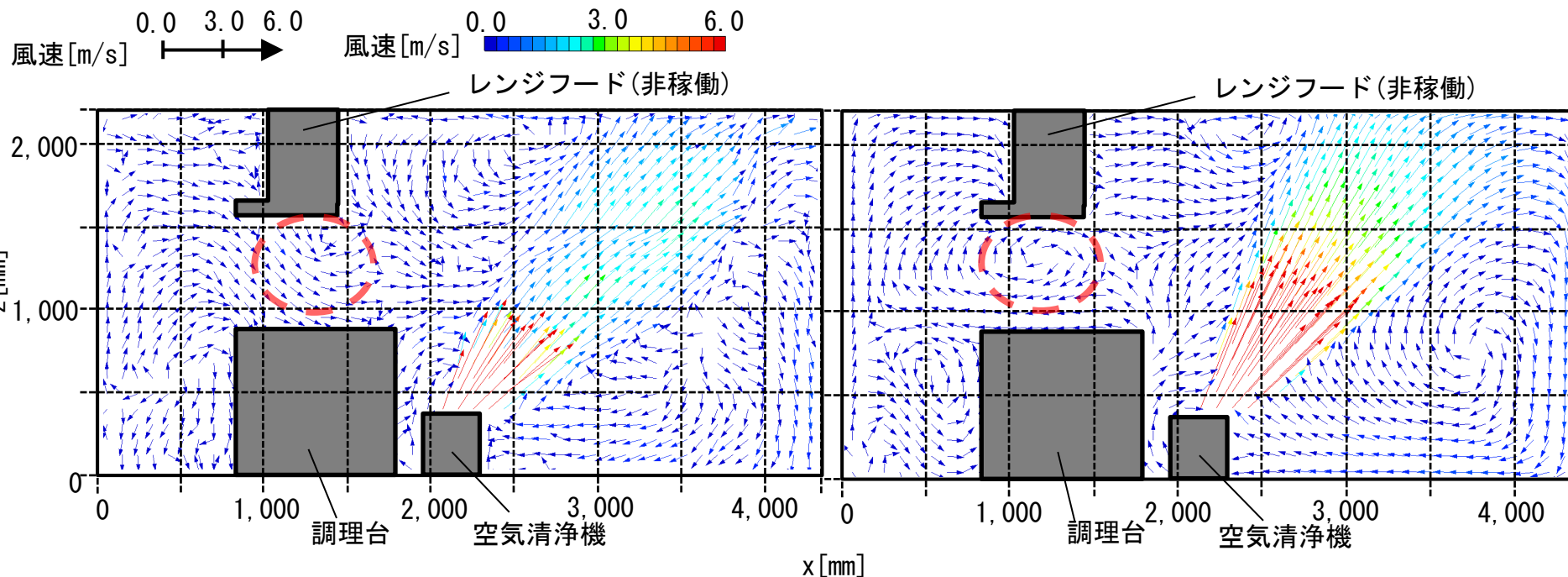
(a) PIV測定結果

(b) CFD解析結果

図4 PIV測定とCFD解析による風速分布(case0-1)

PIV測定及びCFD解析結果

CFD解析結果は、実験と比較するとレンジフード下部の気流が逆向きとなっているがその他の**室内全体の気流場は概ね同様**であると考えられる。



(a) PIV測定結果

(b) CFD解析結果

図4 PIV測定とCFD解析による風速分布 (case0-1)

各caseの空気交換効率の比較

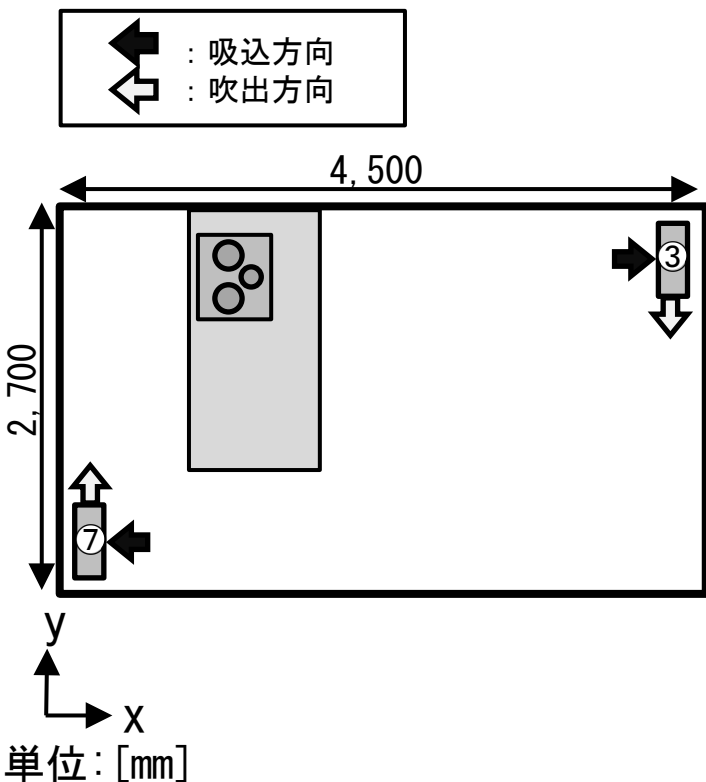


図 空気清浄機の設置位置 (case3、7)

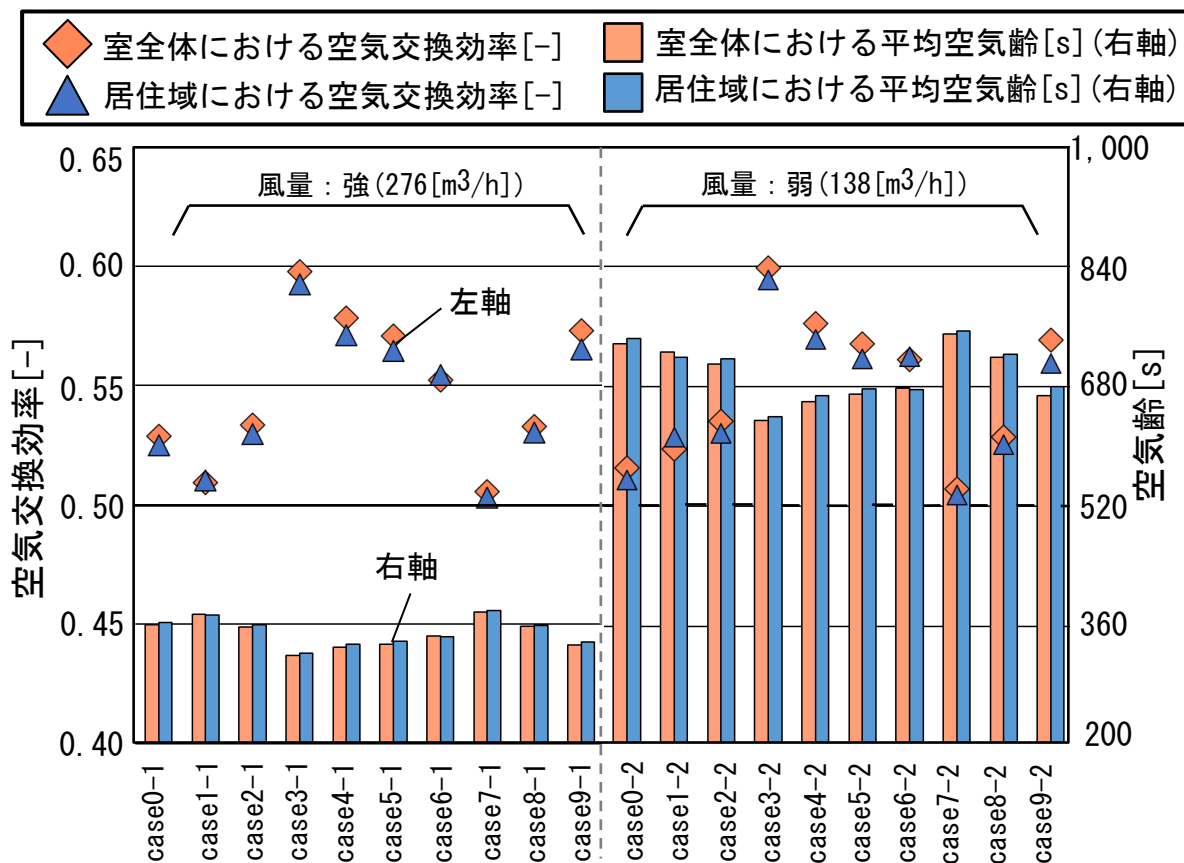


図5 各caseにおける空気交換効率 (CFD解析)

各caseの空気交換効率の比較

空気交換効率はこちらの風量でも、**case3**が最も高く**約0.59[-]**、**case7**が最も低く**約0.50[-]**となる。

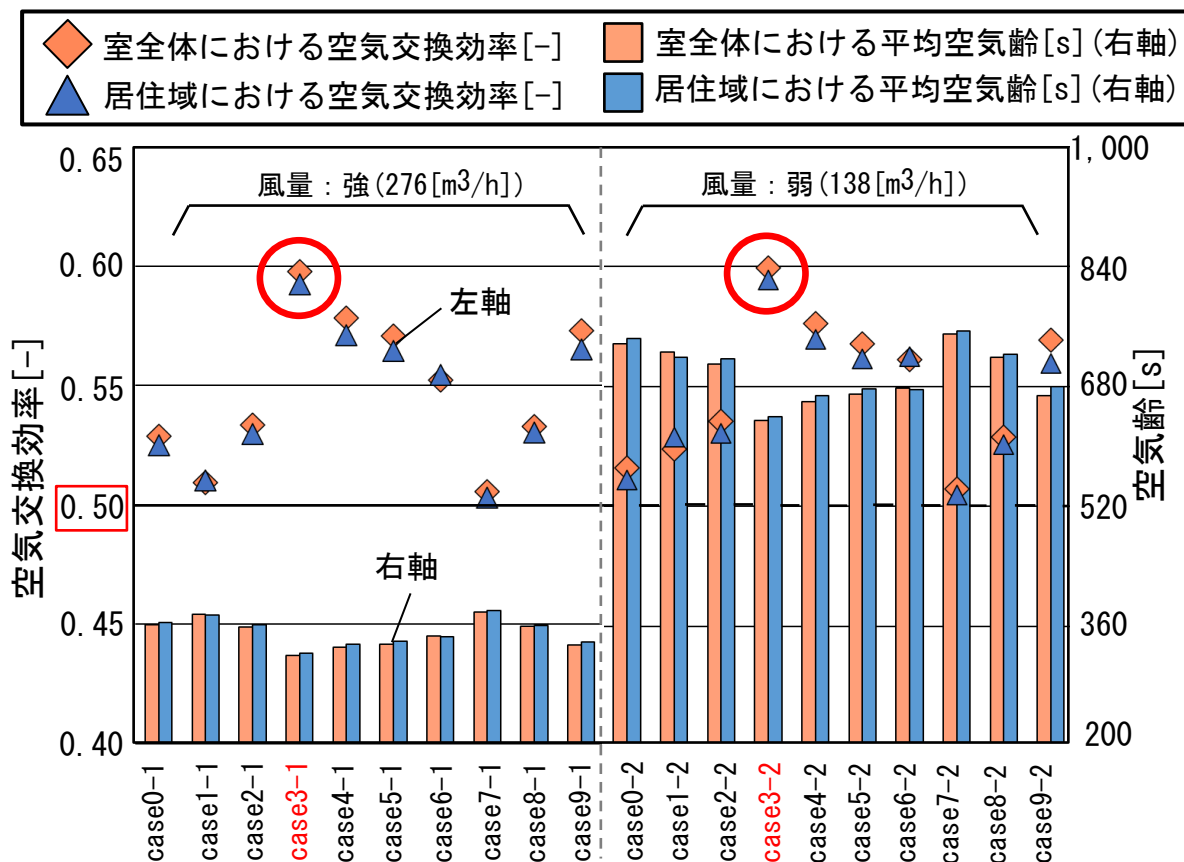
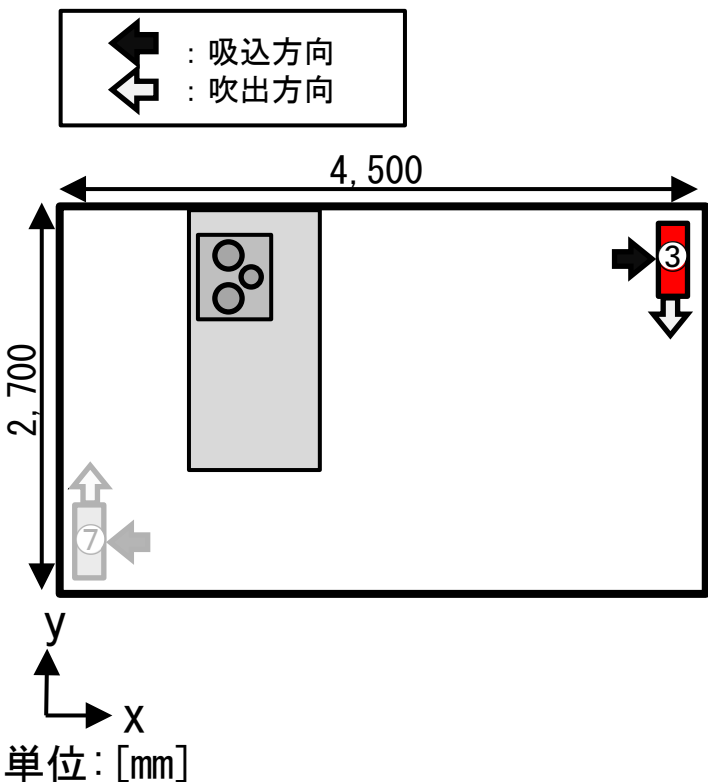


図 空気清浄機の設置位置 (case3、7)

図5 各caseにおける空気交換効率 (CFD解析)

各caseの空気交換効率の比較

空気交換効率はこちらの風量でも、case3が最も高く約0.59[-]、**case7が最も低く約0.50[-]**となる。

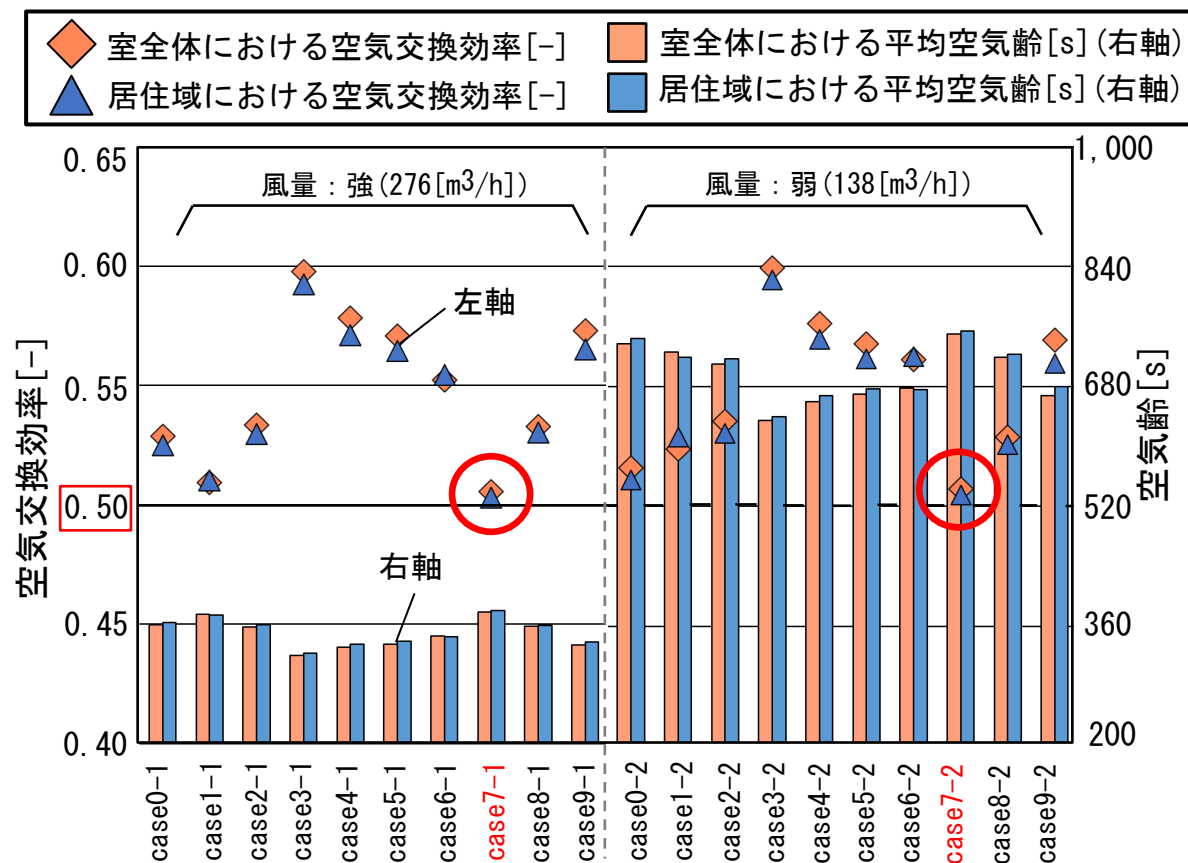
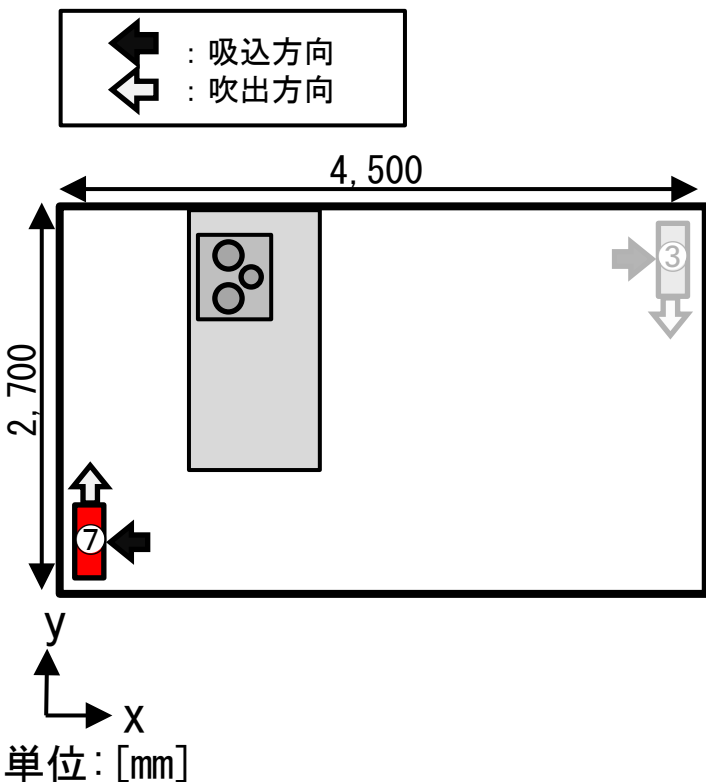
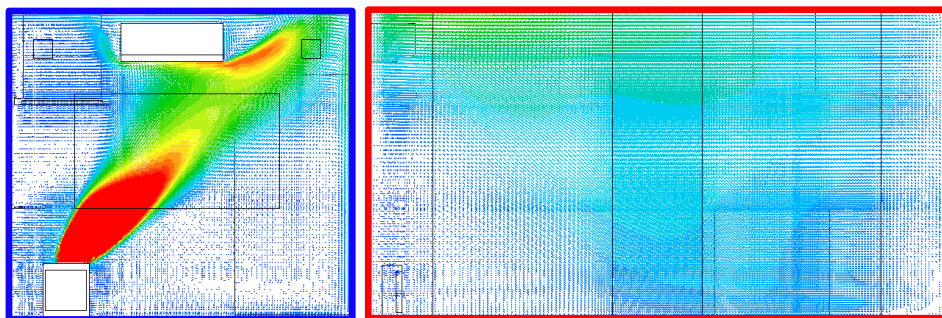
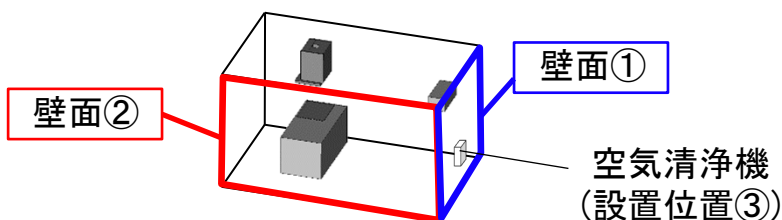


図 空気清浄機の設置位置 (case3、7)

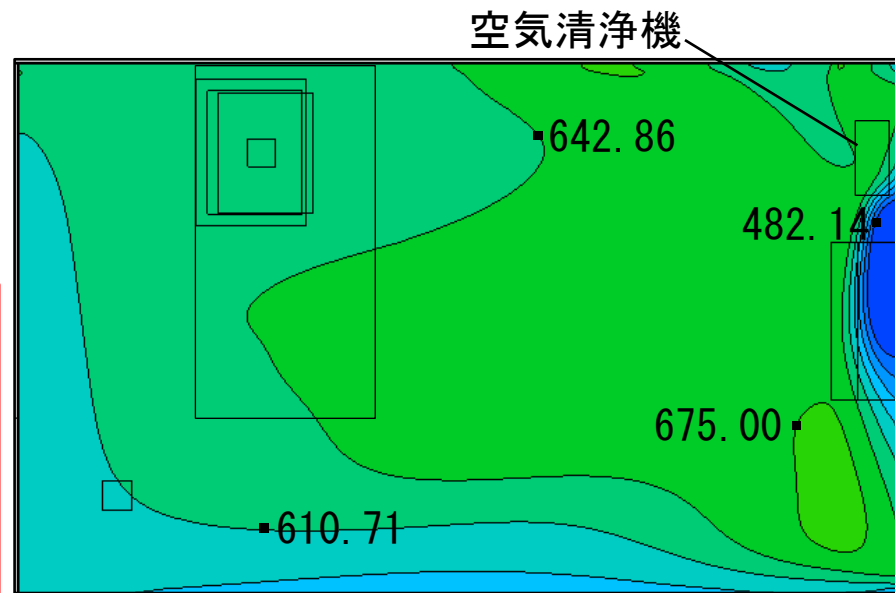
図5 各caseにおける空気交換効率 (CFD解析)

各caseの空気交換効率の比較



(a) 壁面①

(b) 壁面②



(b) case3-2

図 壁面付近の風速分布 (case3、CFD解析)

図 6 代表的なcaseにおける水平面空気齢分布 (CFD解析結果: z=1, 200 [mm])

各caseの空気交換効率の比較

case3は他のcaseと比べて空気清浄機の吹出気流が室内全体に循環しやすい配置であるため空気交換効率が高くなると考えられる。

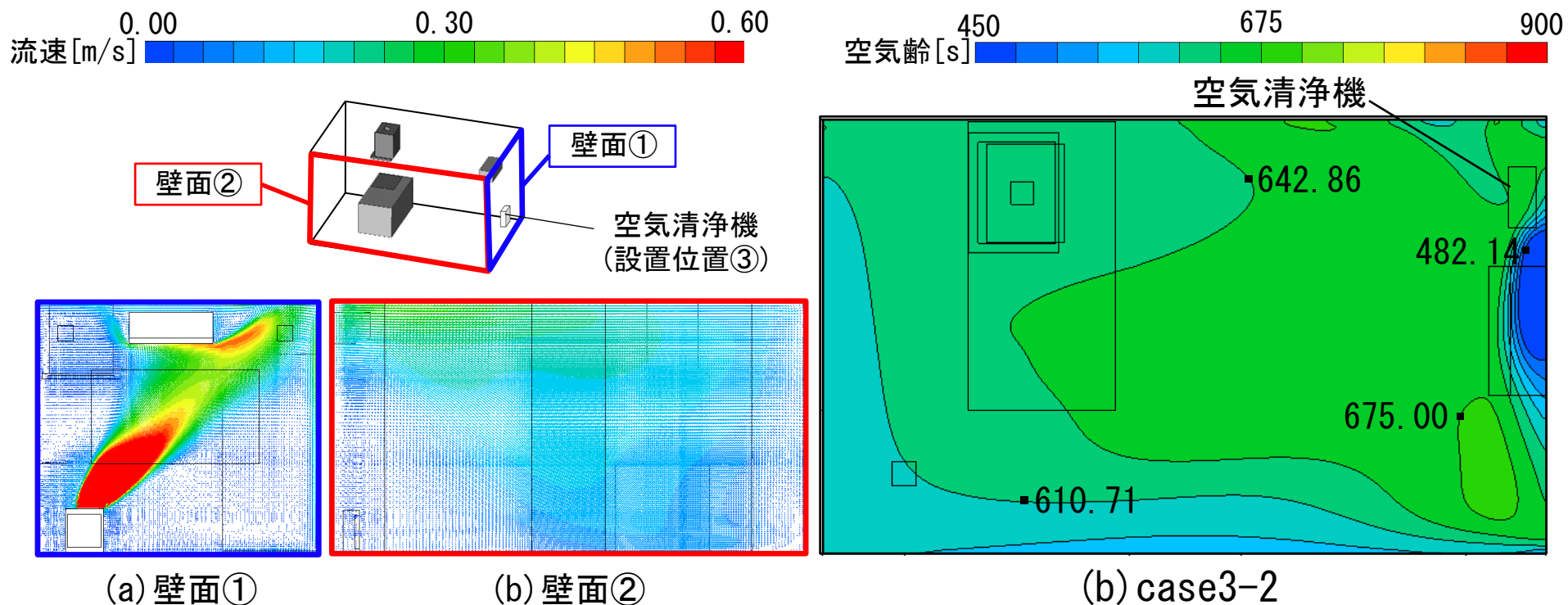


図 壁面付近の風速分布 (case3、CFD解析)

図 6 代表的なcaseにおける水平面空気齢分布 (CFD解析結果: z=1, 200 [mm])

各caseの空気交換効率の比較

一方でcase7は吹出気流がレンジフードに妨げられ、循環する気流が弱まるため空気交換効率が低下すると考えられる。

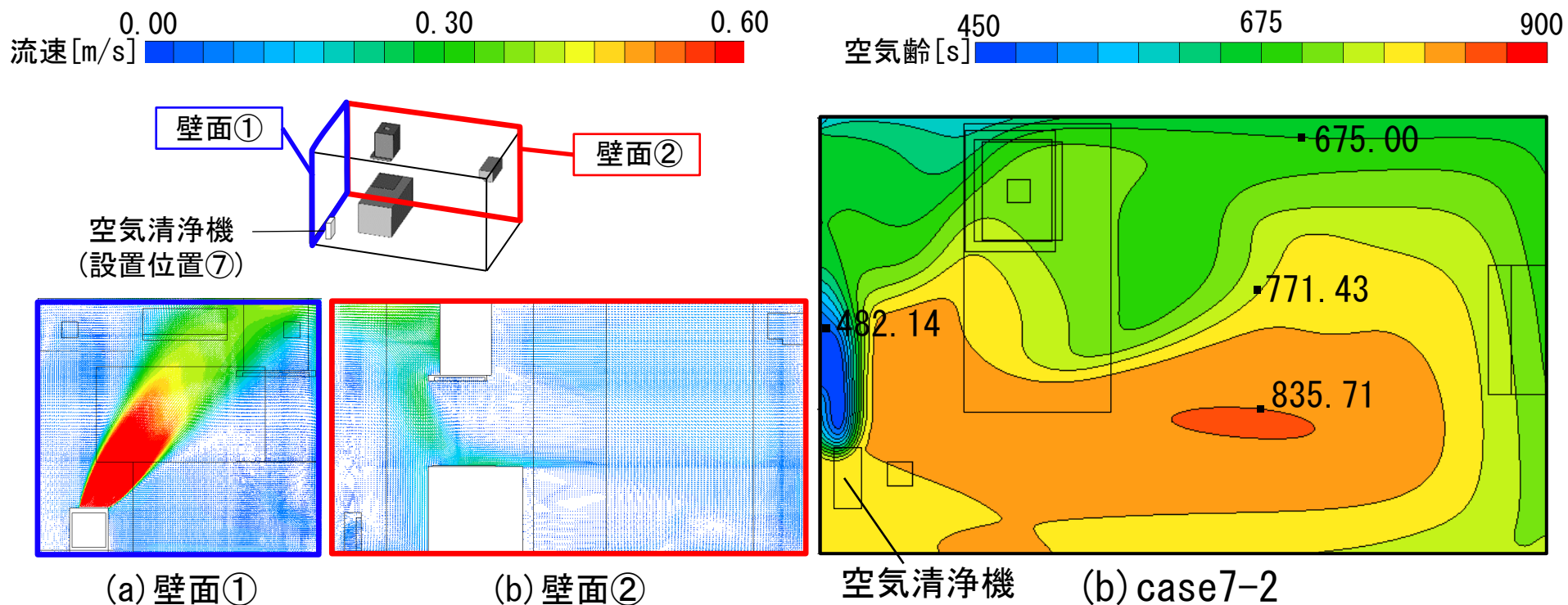


図 壁面付近の風速分布 (case7、CFD解析)

図 6 代表的なcaseにおける水平面空気齢分布 (CFD解析結果: z=1, 200 [mm])

まとめ

- ① 実験とCFD解析を比較すると、吹出気流が天井面に到達する位置や吹出気流の左右で生じる循環流は概ね同様となる。レンジフード下部の気流が逆向きとなっているが、その他の室内全体の気流場は概ね同様であると考えられる。
- ② CFD解析において、空気交換効率にはcase3が最も高く、case7が最も低くなる。空気清浄機の吹出気流が妨げられることなく、室内全体に循環しやすい配置が汚染質を効率的に除去できる設置位置であると考えられる。