



実大室内空間を対象とした
PIV測定法に関する研究

自然対流型暖房機を対象としたPIV測定

指導教員

有波

裕貴

中村 優哉

助教

研究目的

研究目的

流体の速度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。

研究目的

流体の速度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は熱線風速計等による測定法とは異なり、**非接触で同一面の速度情報を複数の位置において同時に測定することが可能な手法である。**

研究目的

実大室内空間の測定を目的として、既往の研究^{文2)}ではこれまで $300[\text{mm}] \times 300[\text{mm}]$ 程度であった測定範囲を $5,000[\text{mm}] \times 2,200[\text{mm}]$ に拡大し、複数台のカメラを用いて家庭用エアコンによる空調気流(強制対流場)を対象に室内空間のPIV測定手法の検討を行った。

研究目的

実大室内空間の測定を目的として、既往の研究^{文2)}ではこれまで $300[\text{mm}] \times 300[\text{mm}]$ 程度であった測定範囲を $5,000[\text{mm}] \times 2,200[\text{mm}]$ に拡大し、複数台のカメラを用いて家庭用エアコンによる空調気流(強制対流場)を対象に室内空間のPIV測定手法の検討を行った。

本研究では、**自然対流型暖房器具であるオイルヒーター**を稼働させた場合のPIV測定を行い、温度差によって発生する**自然対流による室内気流性状**の測定手法を検討する。

研究概要

研究概要

■ : 可視化断面 (PIV測定対象)

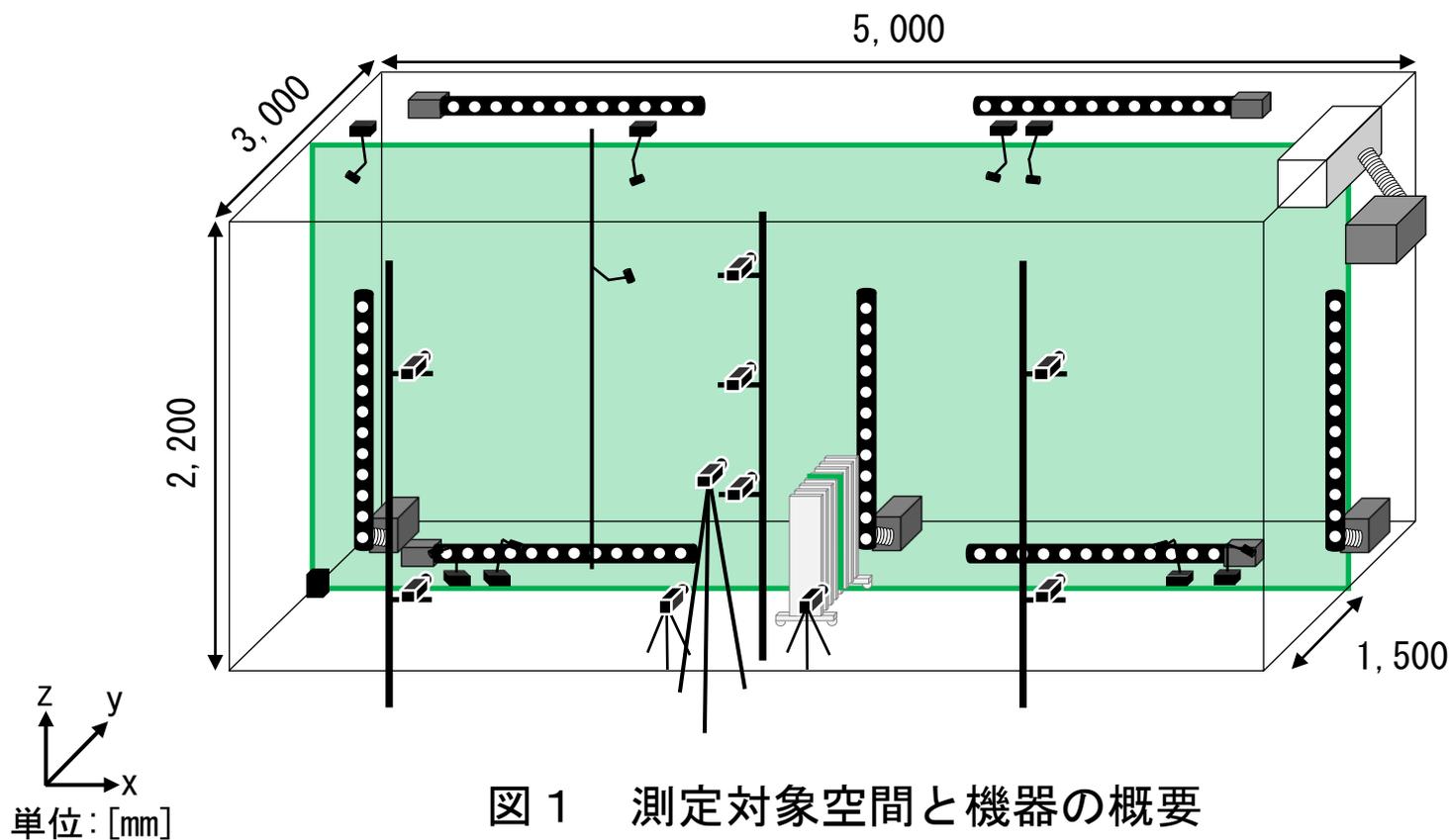
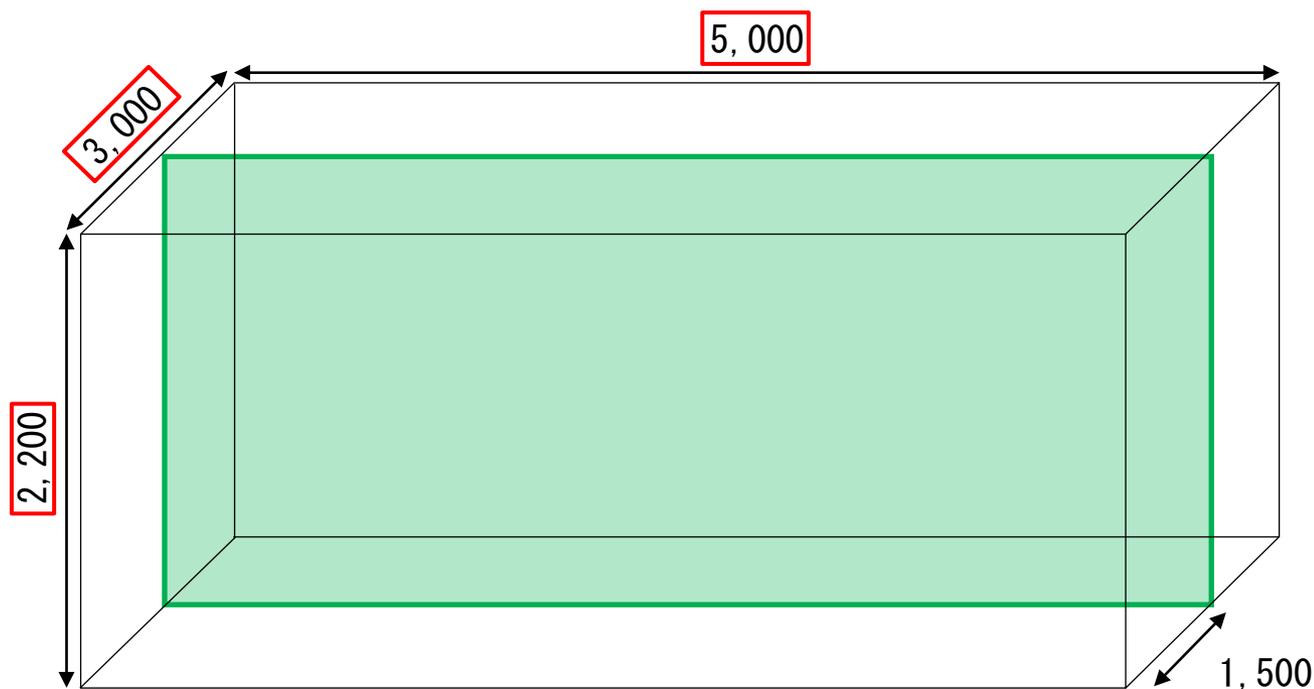


図1 測定対象空間と機器の概要

研究概要

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する。

■ : 可視化断面 (PIV測定対象)



z
y
x
単位: [mm]

図1 測定対象空間と機器の概要

研究概要

室中央にはオイルヒーター（消費電力 1,200 [W]、245 [mm]（幅）× 630 [mm]（高さ）× 415 [mm]（奥行））が、室右上部には家庭用エアコンが設置されている。

■ : 可視化断面 (PIV測定対象)

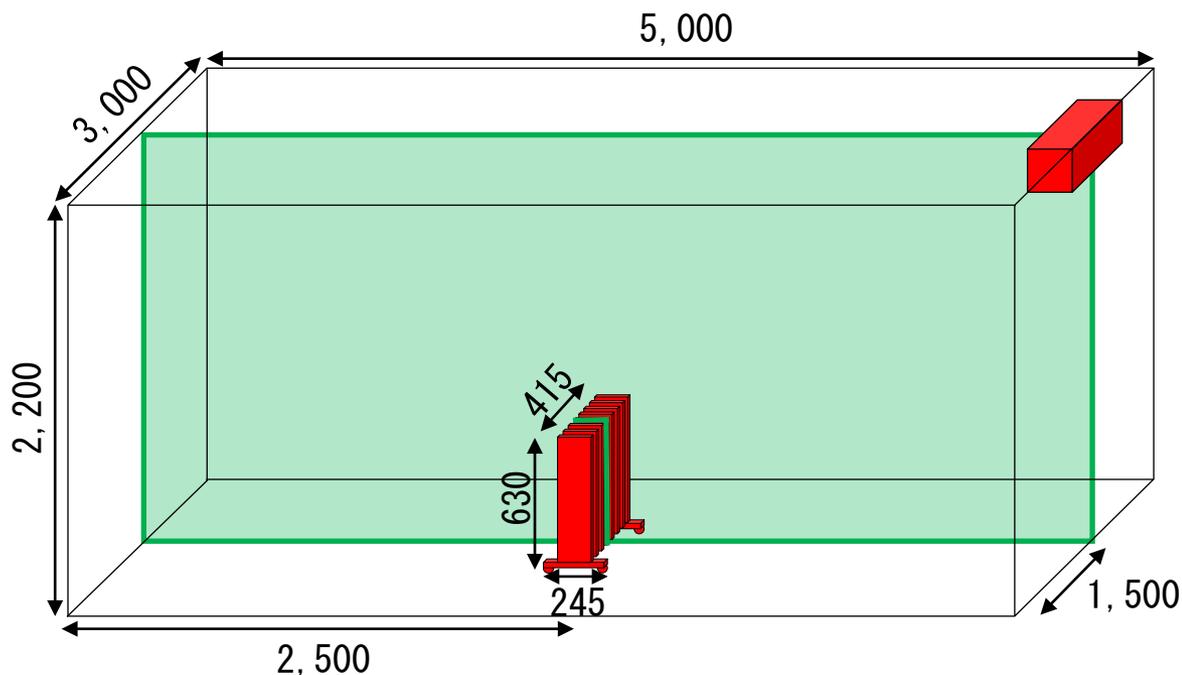


写真 実験に使用するオイルヒーター

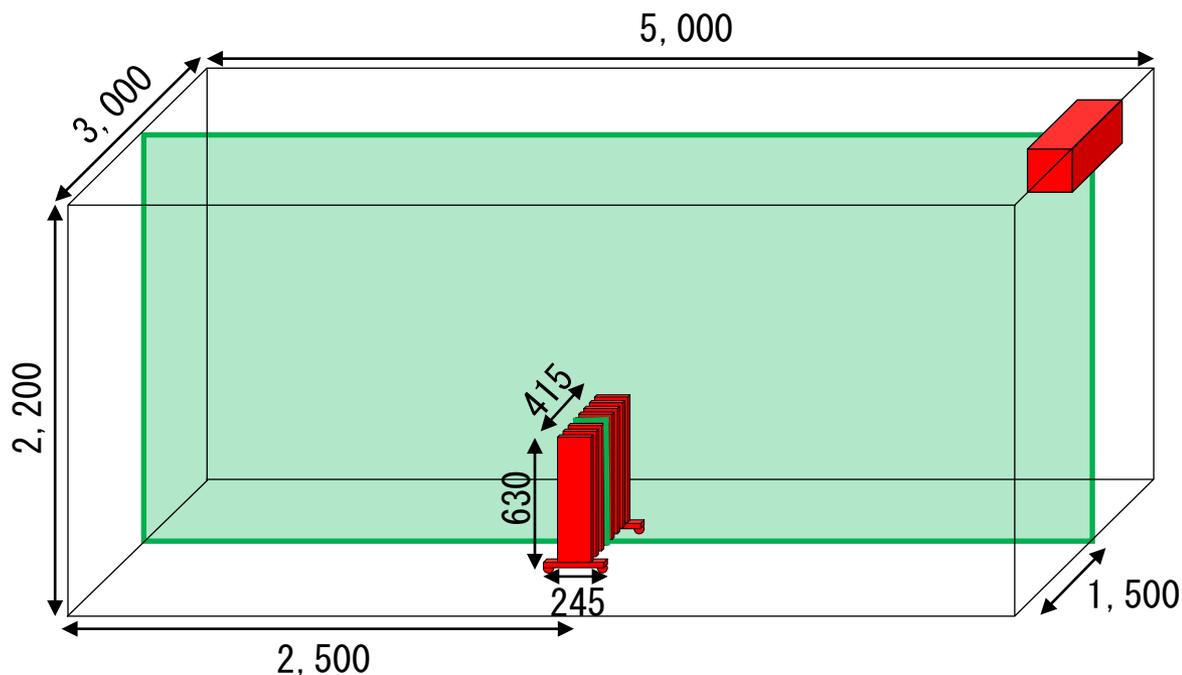
図 1 測定対象空間と機器の概要

単位: [mm]

研究概要

稼働時のオイルヒーターは設定[強]とし、稼働時のエアコンは送風運転(冷房30[°C])、風量1(5段階)、風向3(5段階)とする。

■ : 可視化断面(PIV測定対象)



z
y
x
単位:[mm]



写真 実験に使用するオイルヒーター

図1 測定対象空間と機器の概要

研究概要

表 1 実験case

実験case	オイルヒーター	エアコン
case1	稼働[強]	停止
case2	設置しない	送風運転(冷房30[°C]) 風量 1 (5段階) 風向 3 (5段階)
case3	停止	
case4	稼働[強]	

■ : 可視化断面 (PIV測定対象)

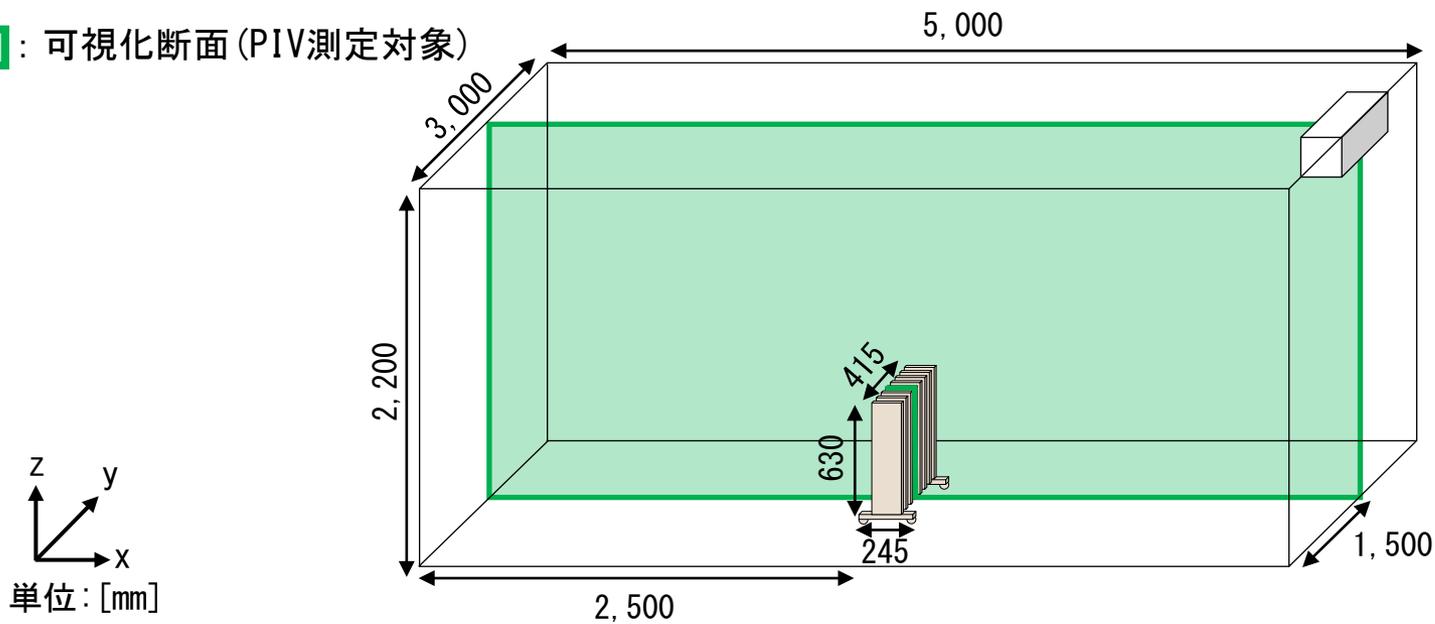


図 1 測定対象空間と機器の概要

研究概要

case1では**オイルヒーターを稼働させ、エアコンを停止させる。**

表 1 実験case

実験case	オイルヒーター	エアコン
case1	稼働[強]	停止
case2	設置しない	送風運転(冷房30[°C]) 風量 1 (5段階) 風向 3 (5段階)
case3	停止	
case4	稼働[強]	

■ : 可視化断面 (PIV測定対象)

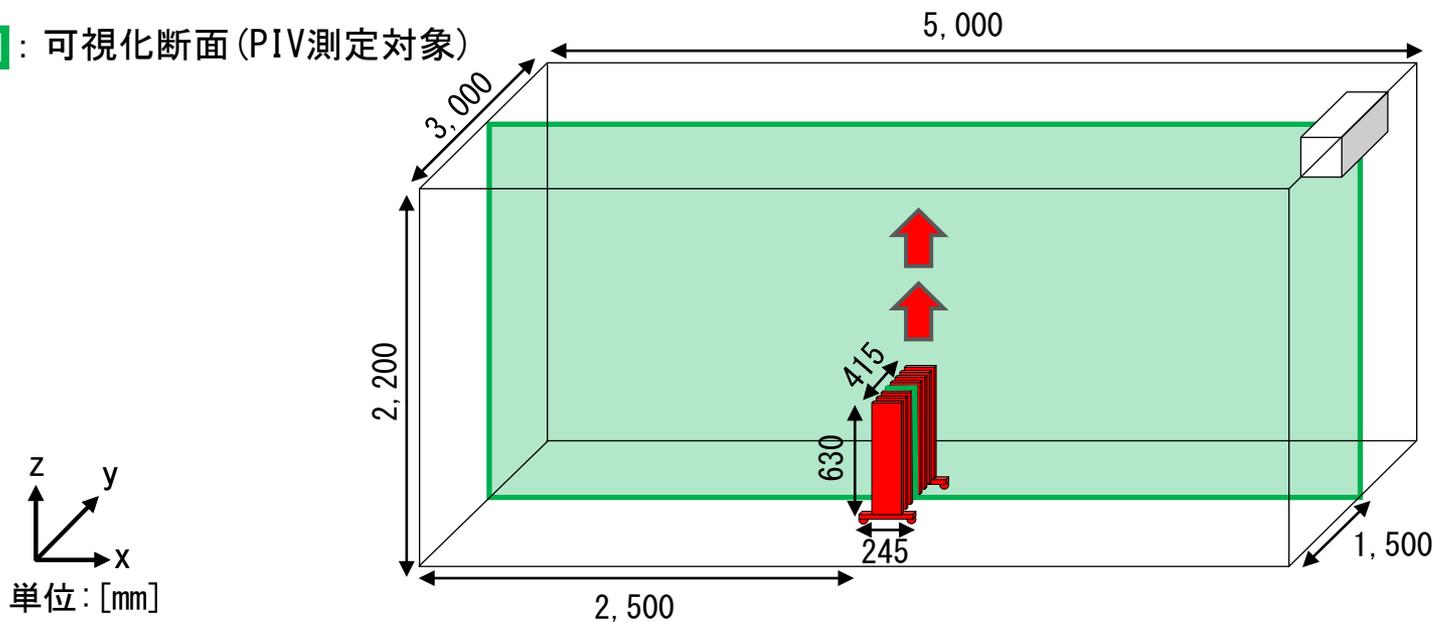


図 1 測定対象空間と機器の概要

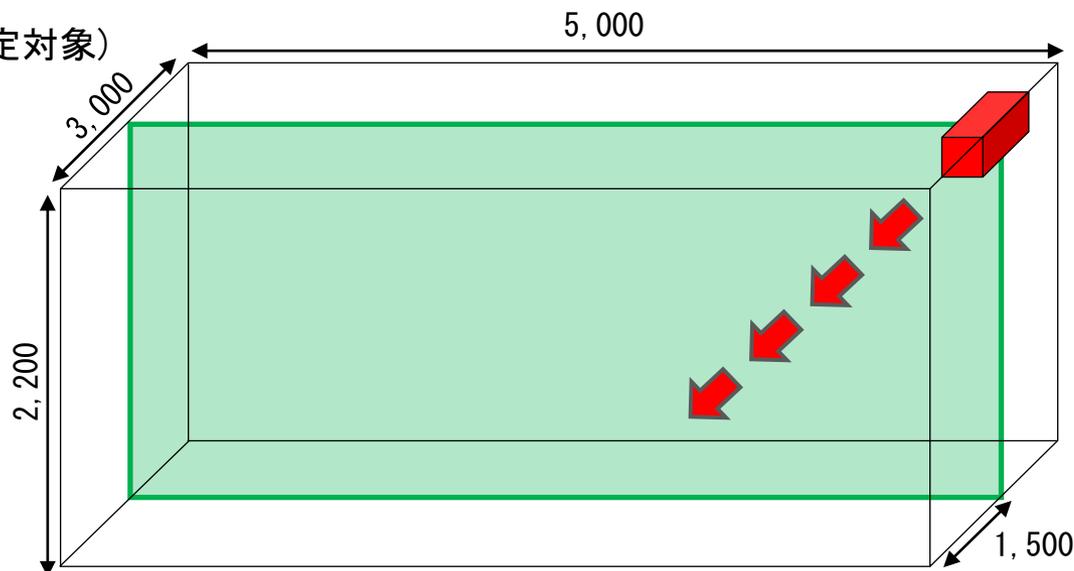
研究概要

case2では**オイルヒーターを設置せず、エアコン稼働させる。**

表 1 実験case

実験case	オイルヒーター	エアコン
case1	稼働[強]	停止
case2	設置しない	送風運転(冷房30[°C]) 風量 1 (5段階) 風向 3 (5段階)
case3	停止	
case4	稼働[強]	

□ : 可視化断面 (PIV測定対象)



単位: [mm]

図 1 測定対象空間と機器の概要

研究概要

case3ではオイルヒーターを停止し、エアコンを送風運転させる。

表 1 実験case

実験case	オイルヒーター	エアコン
case1	稼働[強]	停止
case2	設置しない	送風運転(冷房30[°C]) 風量 1 (5段階) 風向 3 (5段階)
case3	停止	
case4	稼働[強]	

□ : 可視化断面 (PIV測定対象)

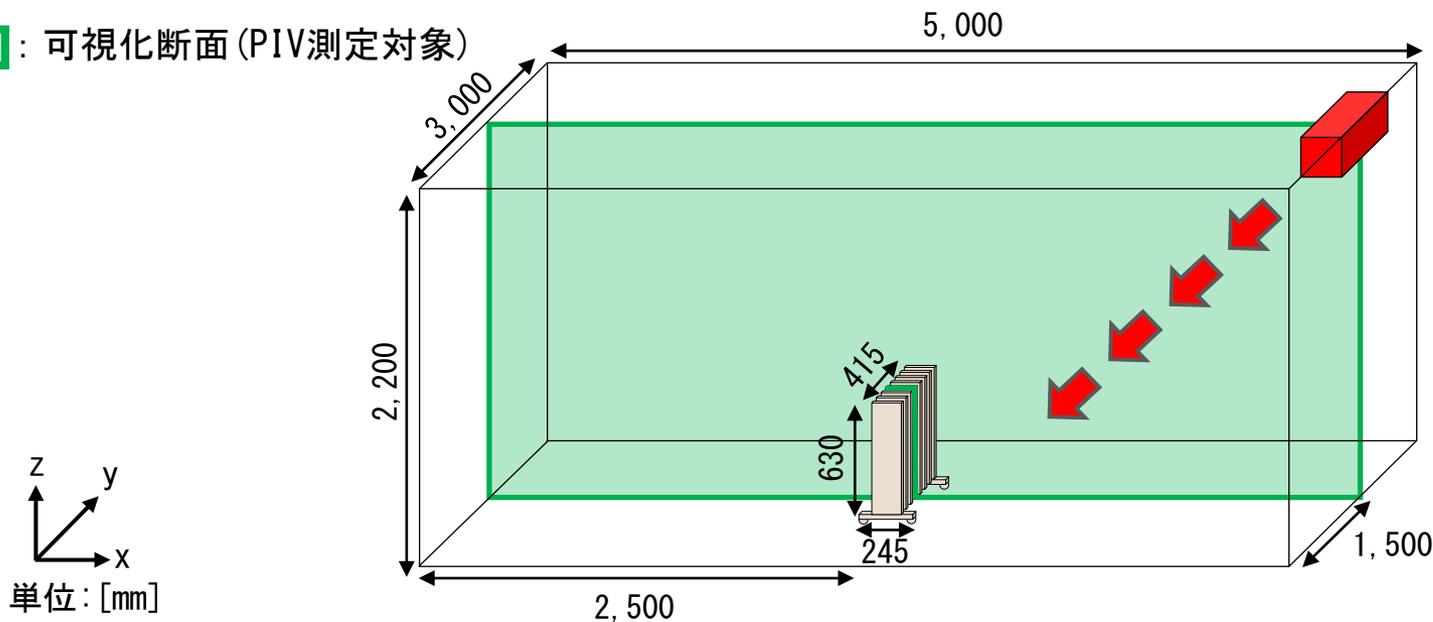


図 1 測定対象空間と機器の概要

研究概要

case4では**オイルヒーター、エアコンともに稼働させる。**

表 1 実験case

実験case	オイルヒーター	エアコン
case1	稼働[強]	停止
case2	設置しない	送風運転(冷房30[°C]) 風量 1 (5段階) 風向 3 (5段階)
case3	停止	
case4	稼働[強]	

■ : 可視化断面 (PIV測定対象)

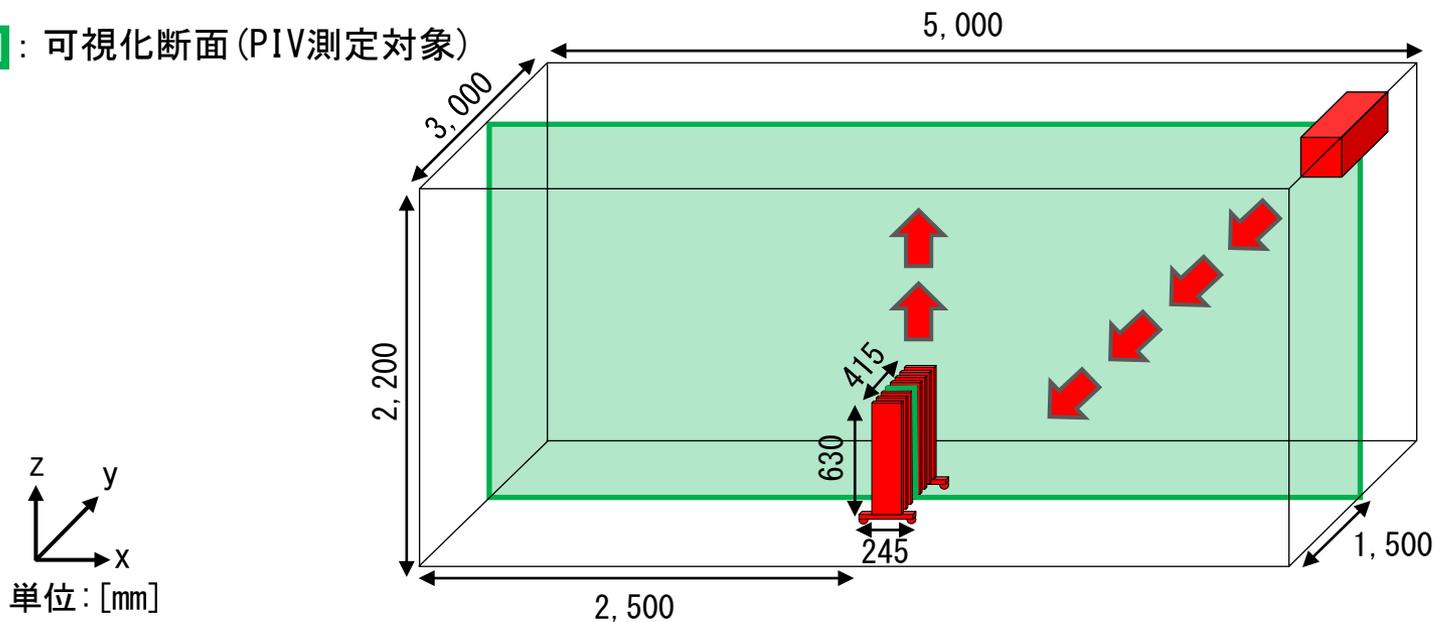


図 1 測定対象空間と機器の概要

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× 5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ× 4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE× 4台
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13		

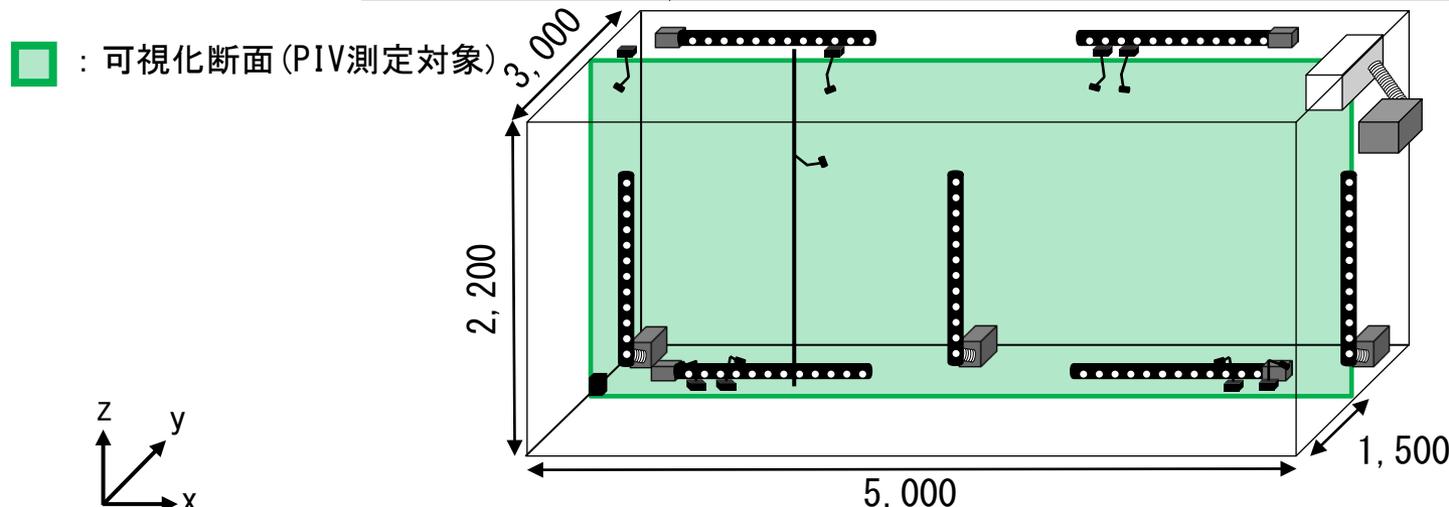


図 1 測定対象空間と機器の概要

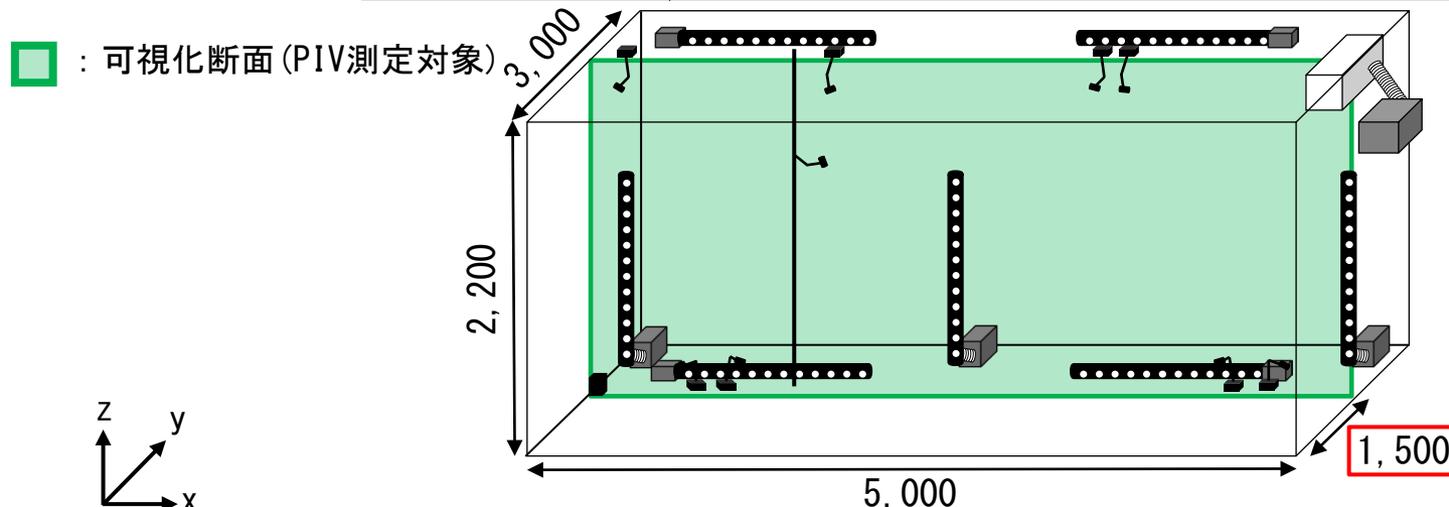
z
 y
 x
 単位：[mm]

研究概要

PIV測定対象断面はy方向の中心鉛直断面 ($y=1,500$ [mm]) とする。

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× 5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ× 4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE× 4台
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13		



単位：[mm]

図 1 測定対象空間と機器の概要

研究概要

可視化には**連続光レーザー10台**、2種類のスモークジェネレータを計8台用いる。

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×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台	
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台	
解析ツール	FlowExpert ver. 1. 2. 13		

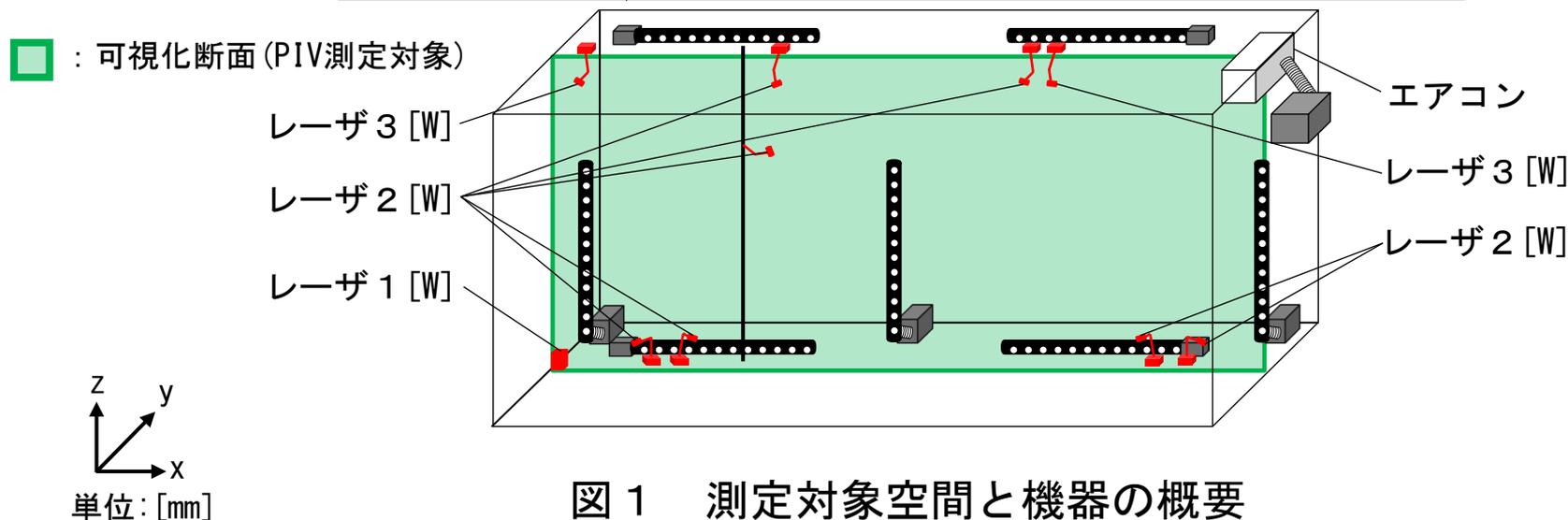


図 1 測定対象空間と機器の概要

研究概要

可視化には連続光レーザー10台、2種類のスモークジェネレータを計8台用いる。

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×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13	

□ : 可視化断面 (PIV測定対象)

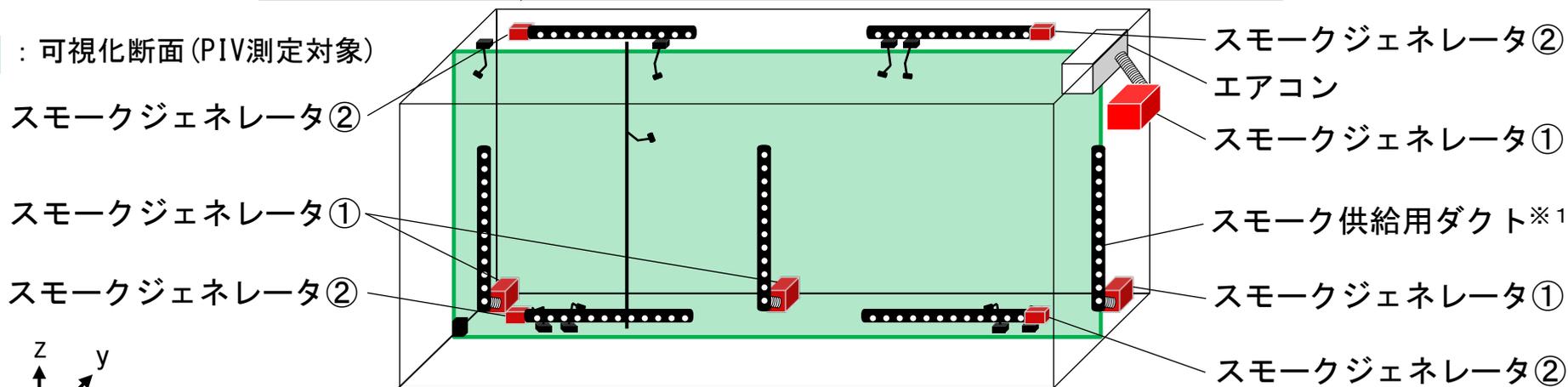


図1 測定対象空間と機器の概要

※1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]の円形ダクトであり、φ8[mm]の穴が100[mm]間隔で開いている。

研究概要

10台のレーザー（3 [W] × 2、2 [W] × 7、1 [W] × 1）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

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 × 5台 (720[pixel] × 540[pixel]、125[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 × 4台	
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE × 4台	
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13		

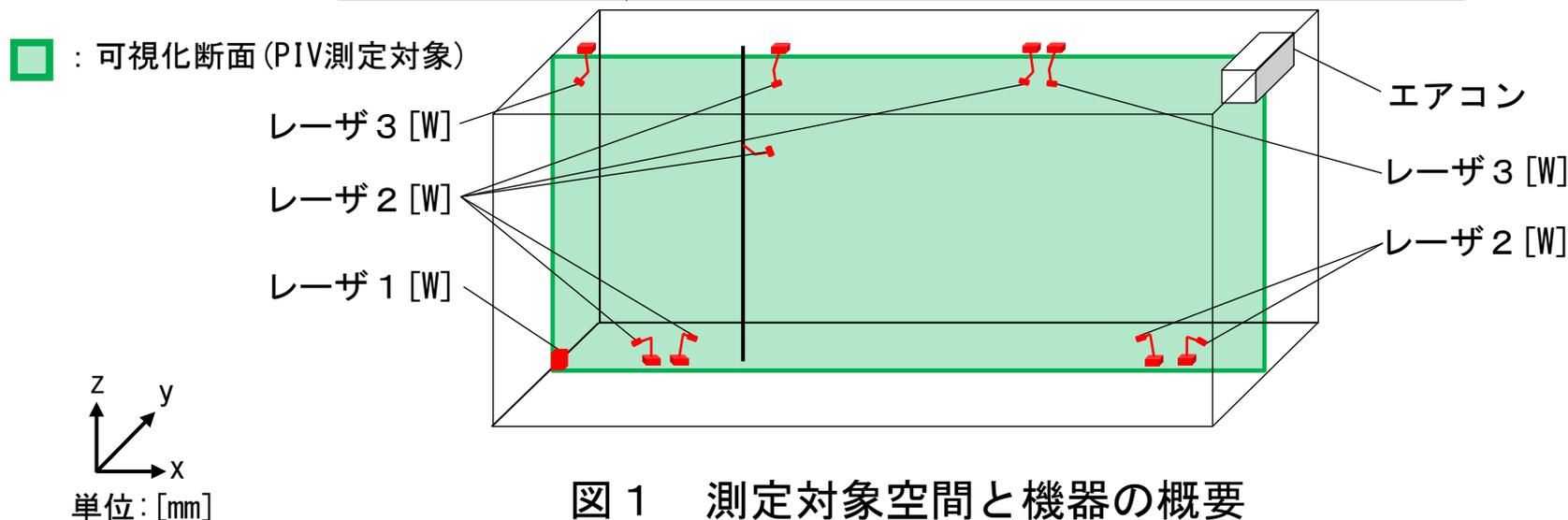


図 1 測定対象空間と機器の概要

スモークジェネレータ①はエアコン吸込口に1台、床面に3台設置する。

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×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台	
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台	
解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13		

■：可視化断面(PIV測定対象)

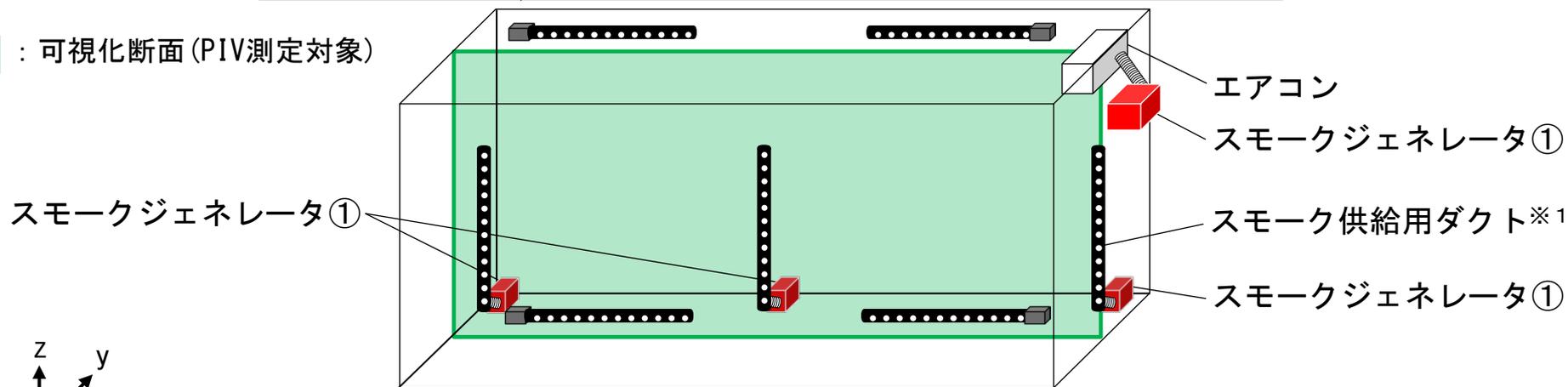


図 1 測定対象空間と機器の概要

単位：[mm]

※1 長さ1,400[mm]、直径60[mm]の円形ダクトであり、φ8[mm]の穴が100[mm]間隔で開いている。

研究概要

スモークジェネレータ②は床面に2台、天井に2台設置し、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。

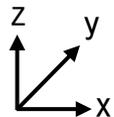
表 2 測定機器の仕様

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×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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 スモークジェネレータ②	Antari FOG MACHINE Z-1200Ⅱ×4台 Officek 400W FOG MACHINE×4台
	解析ツール	FlowExpert ver. 1.2.13	

■：可視化断面(PIV測定対象)

スモークジェネレータ②

スモークジェネレータ②



単位：[mm]

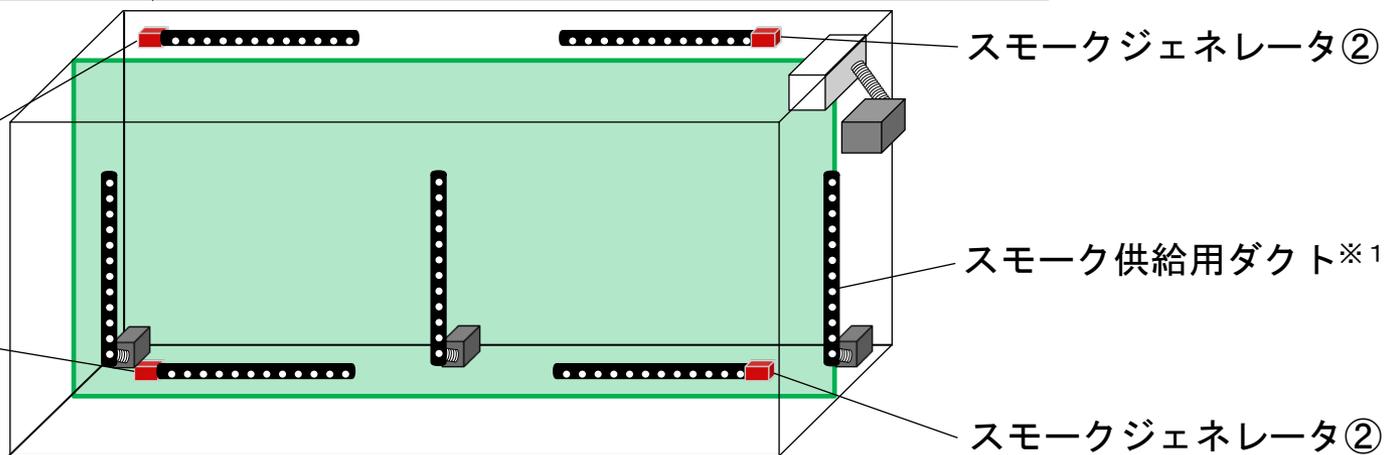


図 1 測定対象空間と機器の概要

※¹ 長さ1,400[mm]、直径60[mm]の円形ダクトであり、φ8[mm]の穴が100[mm]間隔で開いている。

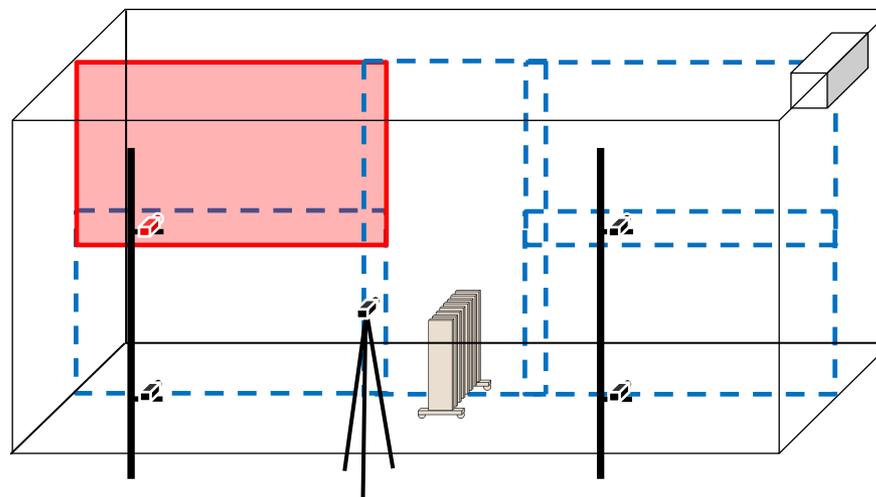
研究概要

カメラは計10台使用し、**カメラA**は測定対象断面を**5分割**するように**5台配置**、カメラBはオイルヒーター付近の気流を詳細に撮影するため接近して**5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×5台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

 : カメラAの撮影範囲



z
y
x
単位：[mm]

図1 測定対象空間と機器の概要

研究概要

カメラは計10台使用し、**カメラA**は測定対象断面を**5分割する**
ように5台配置、カメラBはオイルヒーター付近の気流を詳細
に撮影するため接近して5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×5台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

 : カメラAの撮影範囲

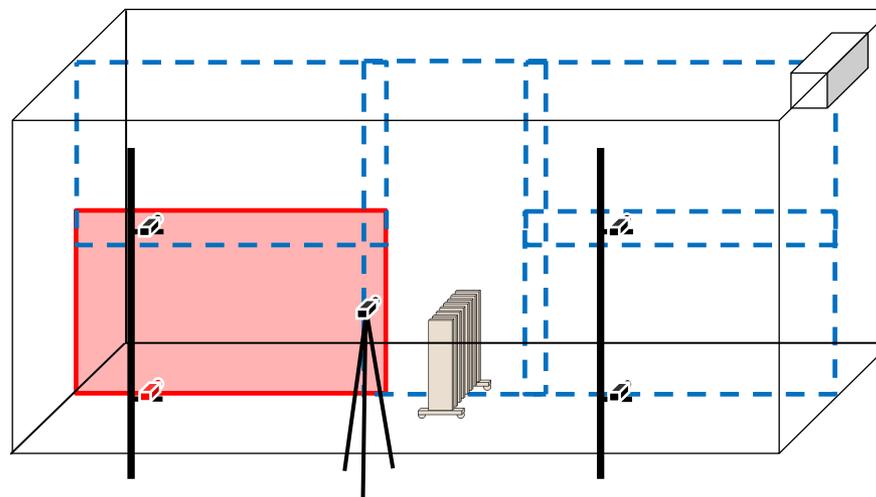


図1 測定対象空間と機器の概要

z
y
x
単位：[mm]

研究概要

カメラは計10台使用し、**カメラA**は測定対象断面を**5分割する**
ように5台配置、カメラBはオイルヒーター付近の気流を詳細
に撮影するため接近して5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×5台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

 : カメラAの撮影範囲

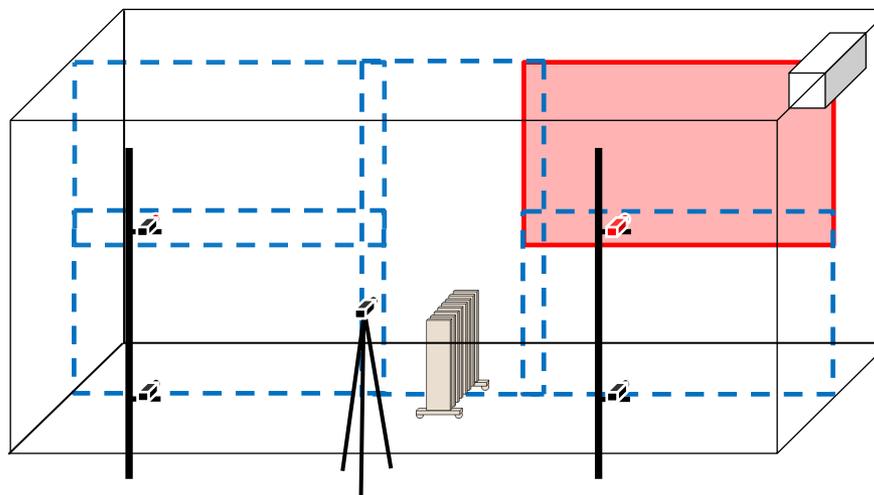


図1 測定対象空間と機器の概要

z
y
x
単位：[mm]

研究概要

カメラは計10台使用し、**カメラA**は測定対象断面を**5分割する**
ように5台配置、カメラBはオイルヒーター付近の気流を詳細
に撮影するため接近して5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×5台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

 : カメラAの撮影範囲

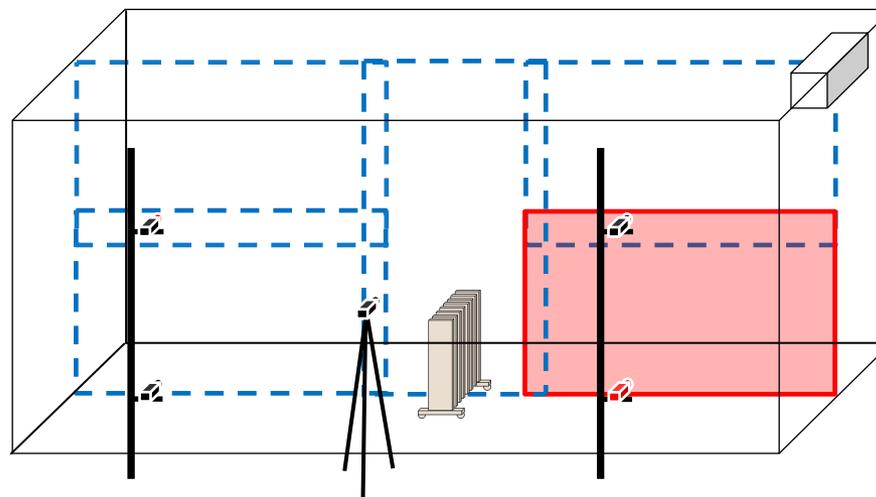


図1 測定対象空間と機器の概要

z
y
x
単位: [mm]

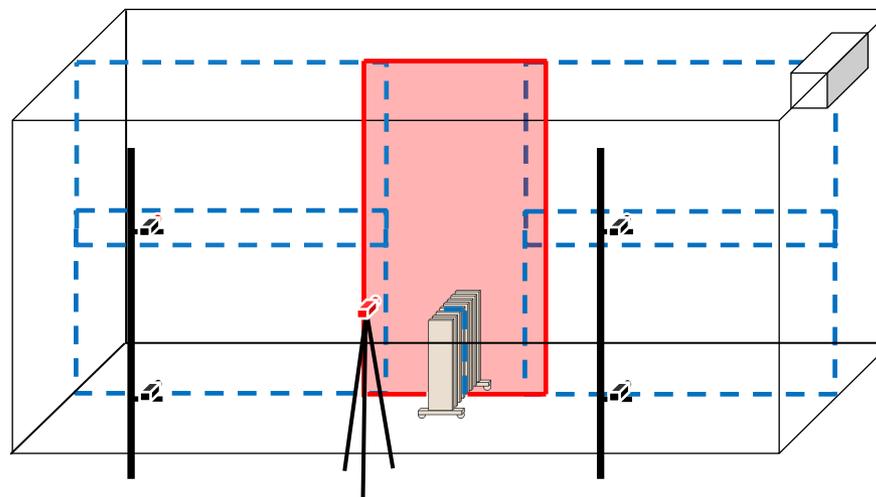
研究概要

カメラは計10台使用し、**カメラA**は測定対象断面を**5分割**するように**5台配置**、カメラBはオイルヒーター付近の気流を詳細に撮影するため接近して5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×5台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

 : カメラAの撮影範囲



z
y
x
単位：[mm]

図1 測定対象空間と機器の概要

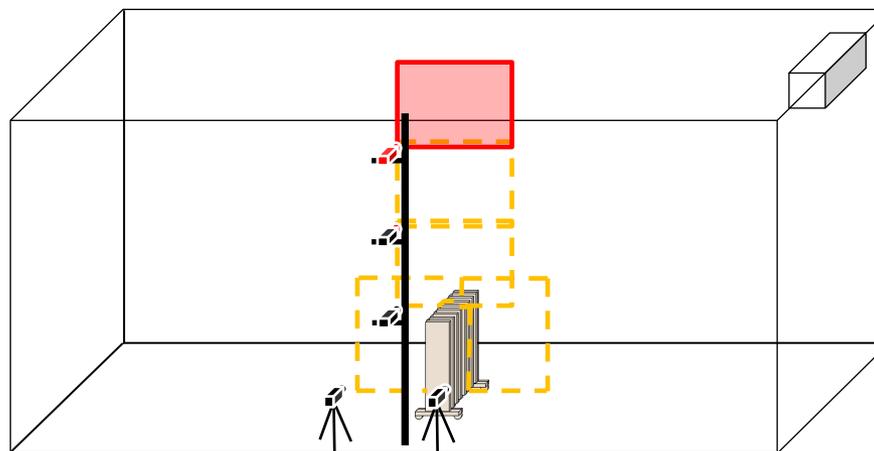
研究概要

カメラは計10台使用し、カメラAは測定対象断面を5分割するように5台配置、**カメラB**はオイルヒーター付近の気流を詳細に撮影するため**接近して5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×5台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

 : カメラBの撮影範囲



z
y
x
単位：[mm]

図1 測定対象空間と機器の概要

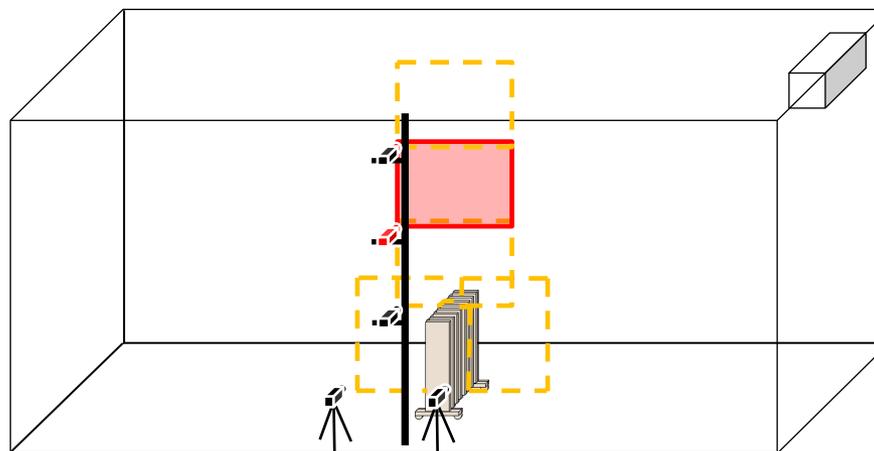
研究概要

カメラは計10台使用し、カメラAは測定対象断面を5分割するように5台配置、**カメラB**はオイルヒーター付近の気流を詳細に撮影するため**接近して5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×5台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

 : カメラBの撮影範囲



z
y
x
単位：[mm]

図1 測定対象空間と機器の概要

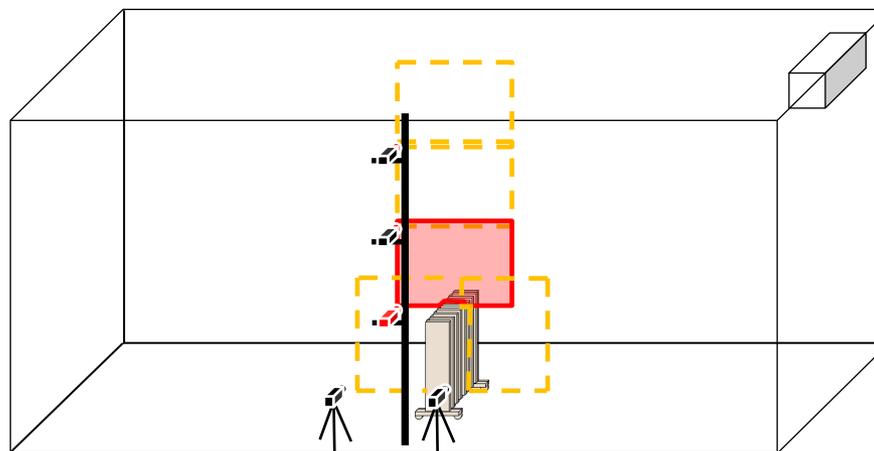
研究概要

カメラは計10台使用し、カメラAは測定対象断面を5分割するように5台配置、**カメラB**はオイルヒーター付近の気流を詳細に撮影するため**接近して5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×5台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

 : カメラBの撮影範囲



z
y
x
単位：[mm]

図1 測定対象空間と機器の概要

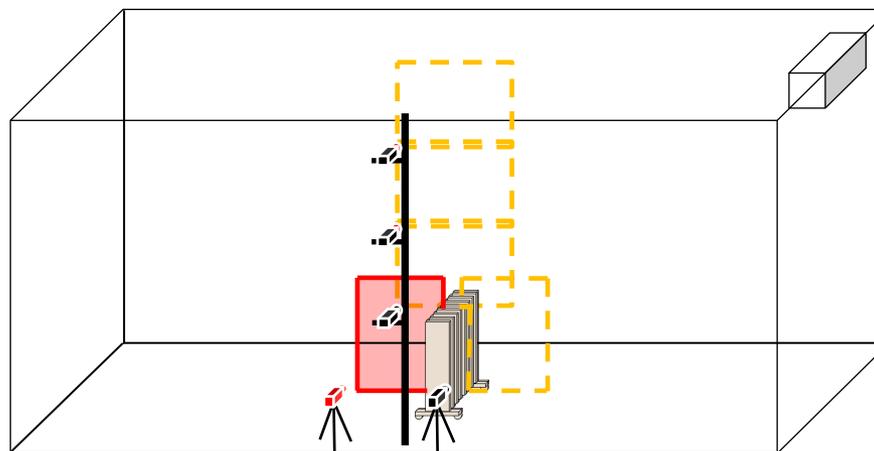
研究概要

カメラは計10台使用し、カメラAは測定対象断面を5分割するように5台配置、**カメラB**はオイルヒーター付近の気流を詳細に撮影するため**接近して5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×5台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

 : カメラBの撮影範囲



z
y
x
単位：[mm]

図 1 測定対象空間と機器の概要

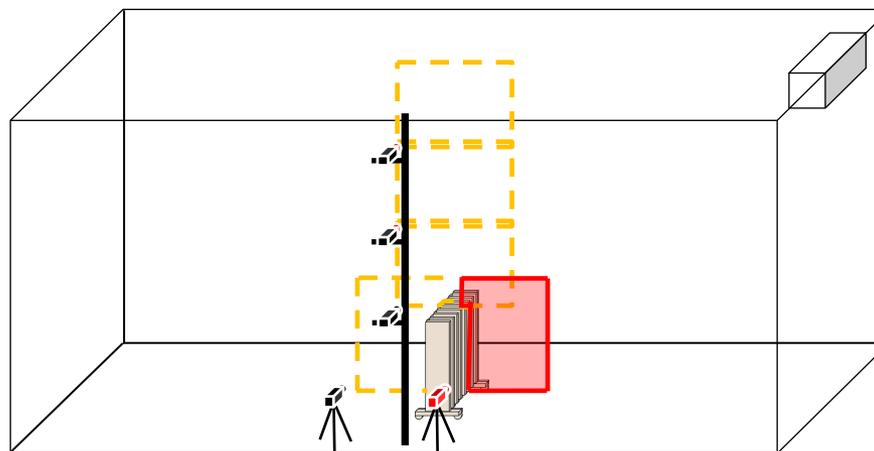
研究概要

カメラは計10台使用し、カメラAは測定対象断面を5分割するように5台配置、**カメラB**はオイルヒーター付近の気流を詳細に撮影するため**接近して5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×5台 (1,920[pixel]×1,200[pixel]、125[fps])
		カメラB	工業用カメラ×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台
		スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

 : カメラBの撮影範囲



z
y
x
単位：[mm]

図1 測定対象空間と機器の概要

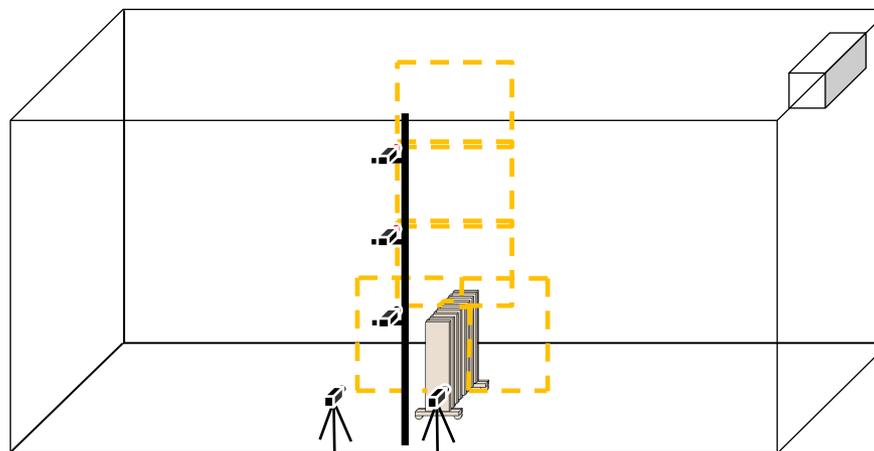
研究概要

撮影時間は10秒間とする。PIV解析にはFlowExpert ver. 1.2.13を使用する。

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×5台 (720[pixel]×540[pixel]、125[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-1200Ⅱ×4台	
	スモークジェネレータ②	Officek 400W FOG MACHINE×4台	
解析ツール		FlowExpert ver. 1.2.13	

 : カメラBの撮影範囲



z
y
x
単位：[mm]

図1 測定対象空間と機器の概要

表3 PIV測定パラメータ

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=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]		1.25				1.15			
対象領域 [mm]		2,400 × 1,500				828 × 621			
撮影時のフレーム間隔 [fps]		125				125			
シャッタースピード [sec]		1/125				1/125			
検査領域 [pixel]		40 × 40				32 × 32			
探査領域 [pixel]		±13				±10			
解析時のフレーム間隔 [msec]		8.00	16.0	32.0	48.0	8.00	16.0	32.0	48.0
解析可能 風速 [m/s]	最小風速 [m/s]	0.156	0.078	0.039	0.026	0.144	0.072	0.036	0.024
	最大風速 [m/s]	2.03	1.02	0.51	0.34	1.44	0.72	0.36	0.24

※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。

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

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=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. 25				1. 15				
対象領域 [mm]	2, 400 × 1, 500				828 × 621				
撮影時のフレーム間隔 [fps]	125				125				
シャッタースピード [sec]	1/125				1/125				
検査領域 [pixel]	40 × 40				32 × 32				
探査領域 [pixel]	± 13				± 10				
解析時のフレーム間隔 [msec]	8. 00	16. 0	32. 0	48. 0	8. 00	16. 0	32. 0	48. 0	
解析可能 風速 [m/s]	最小風速 [m/s]	0. 156	0. 078	0. 039	0. 026	0. 144	0. 072	0. 036	0. 024
	最大風速 [m/s]	2. 03	1. 02	0. 51	0. 34	1. 44	0. 72	0. 36	0. 24

※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。

研究概要

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

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=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. 25				1. 15				
対象領域 [mm]	2, 400 × 1, 500				828 × 621				
撮影時のフレーム間隔 [fps]	125				125				
シャッタースピード [sec]	1/125				1/125				
検査領域 [pixel]	40 × 40				32 × 32				
探査領域 [pixel]	± 13				± 10				
解析時のフレーム間隔 [msec]	8. 00	16. 0	32. 0	48. 0	8. 00	16. 0	32. 0	48. 0	
解析可能 風速 [m/s]	最小風速 [m/s]	0. 156	0. 078	0. 039	0. 026	0. 144	0. 072	0. 036	0. 024
	最大風速 [m/s]	2. 03	1. 02	0. 51	0. 34	1. 44	0. 72	0. 36	0. 24

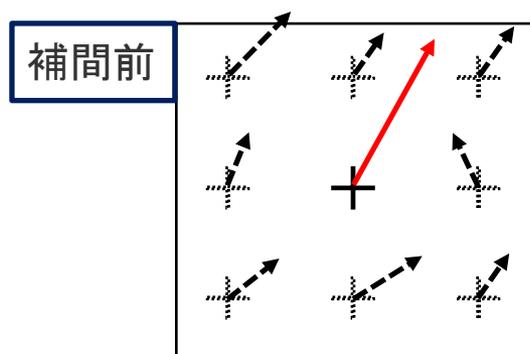
※2 撮影画像間隔と実際の距離の換算係数であるキャリブレーション値は、撮影断面に校正用プレートを設置して実際の距離が画像上で認識できるように撮影して求める。

※3 解析可能風速の範囲内にあるフレーム間隔で算出された風速ベクトルを選択する。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。

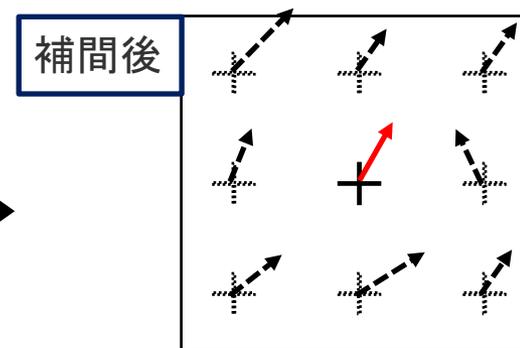
文3) 小栗・赤林ら「実大室内空間モデルを対象としたPIV解析に関する基礎的研究 その3 冷暖房時を対象としたPIV測定」、日本建築学会学術講演梗概集、2021年

研究概要

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。周囲8点の平均風速を求める際、平均化の対象とする周囲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

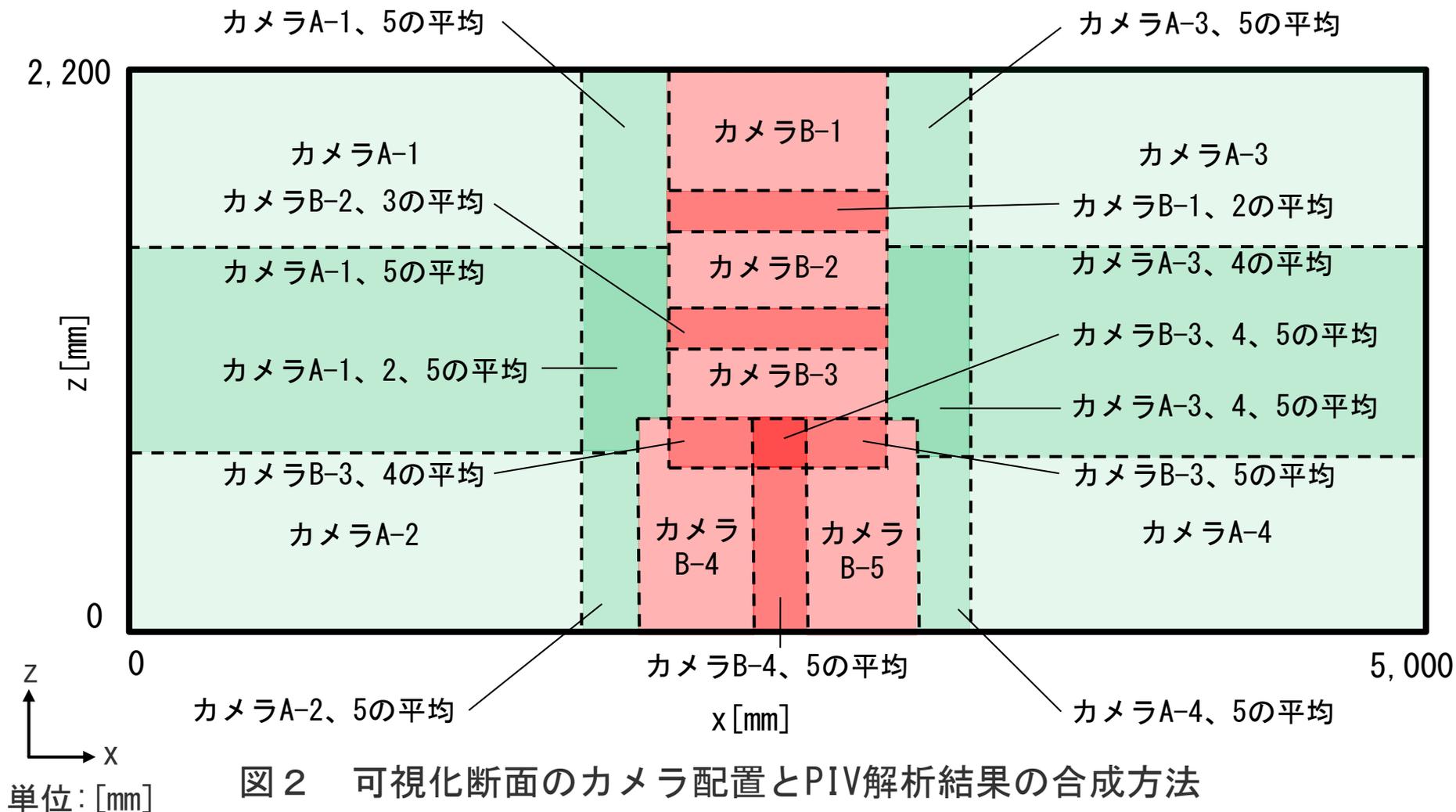


図2 可視化断面のカメラ配置とPIV解析結果の合成方法

実験概要

各カメラの撮影範囲には**重複する領域**が存在する。

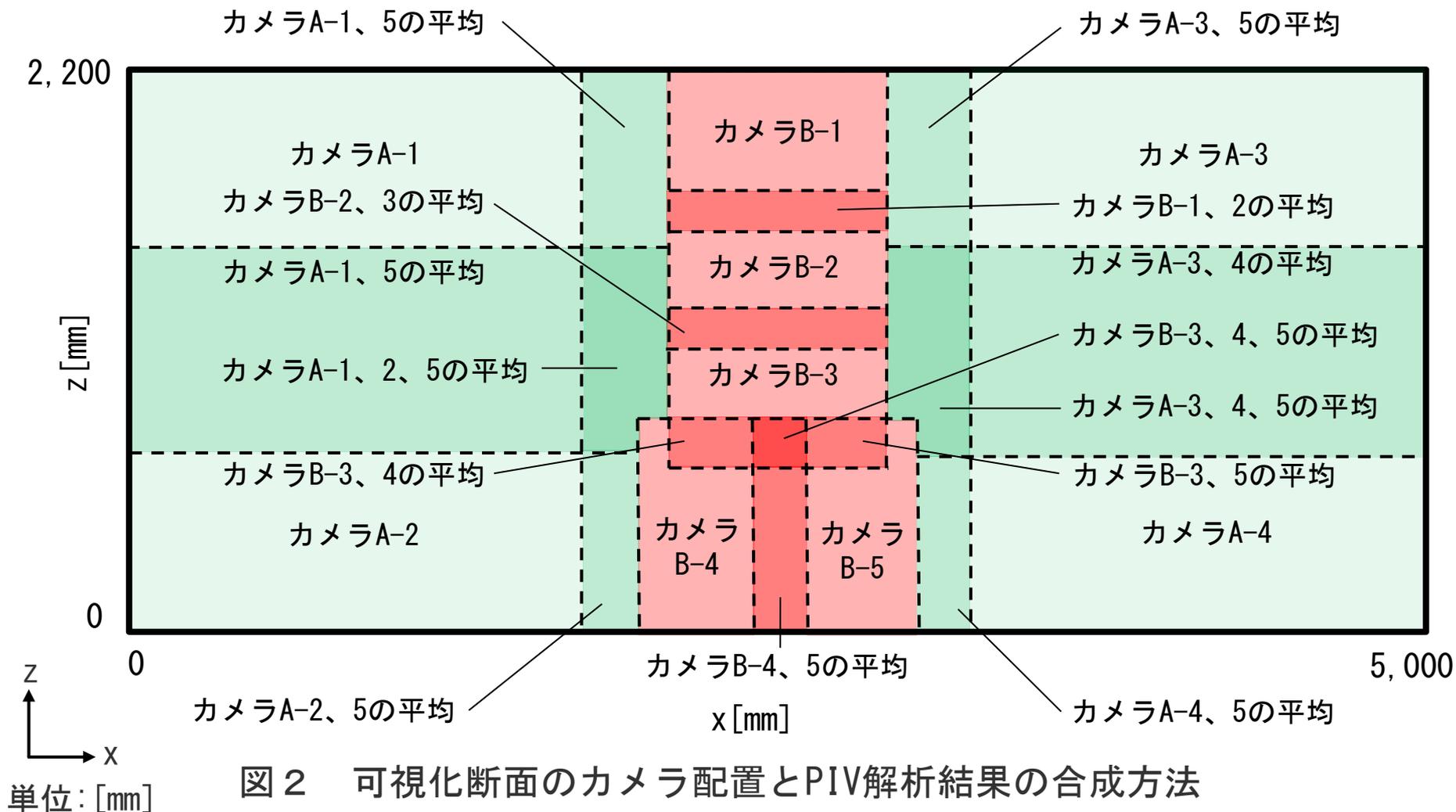


図2 可視化断面のカメラ配置とPIV解析結果の合成方法

実験概要

カメラAが重複する領域ではPIV解析結果を各測定点で平均して合成を行う。

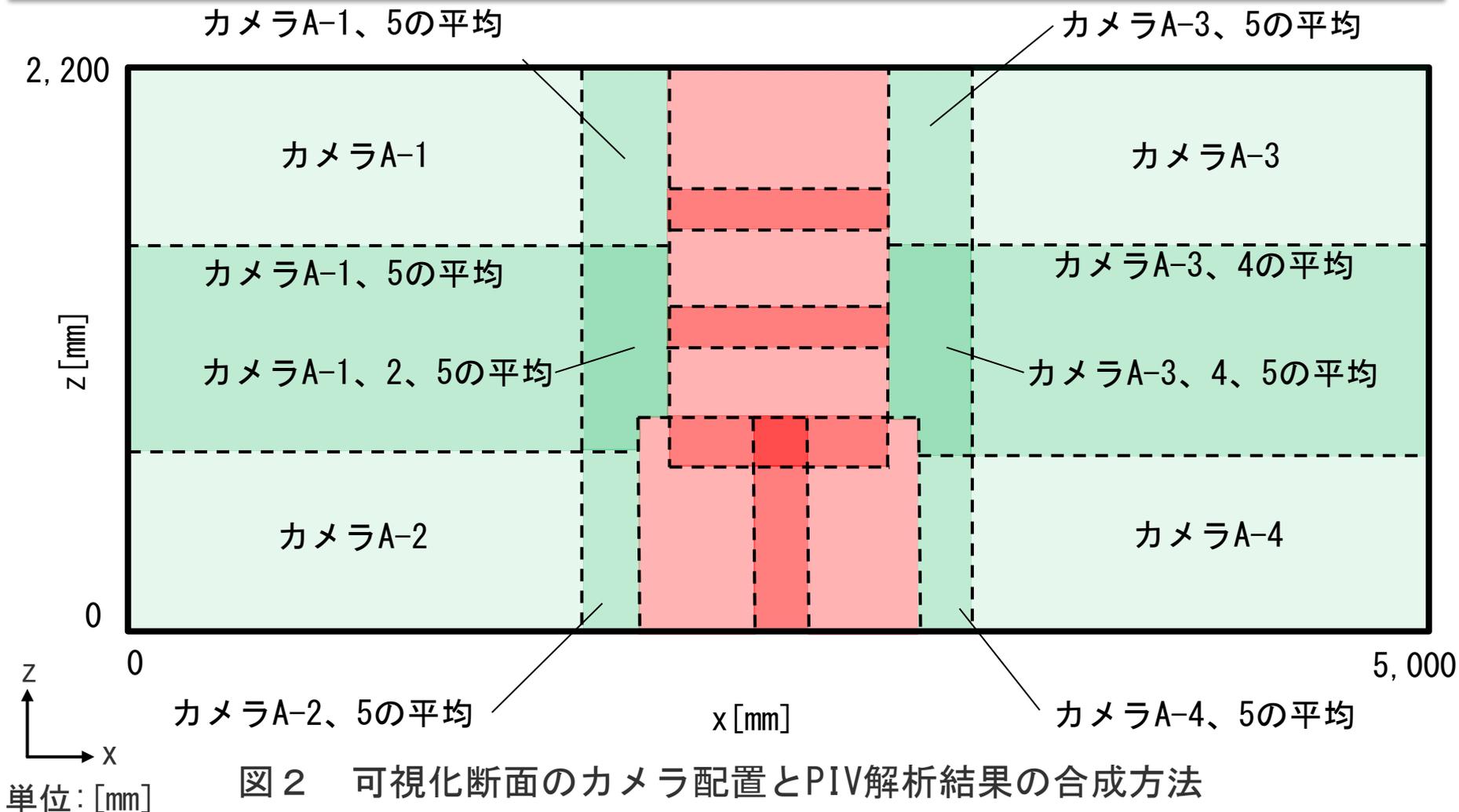
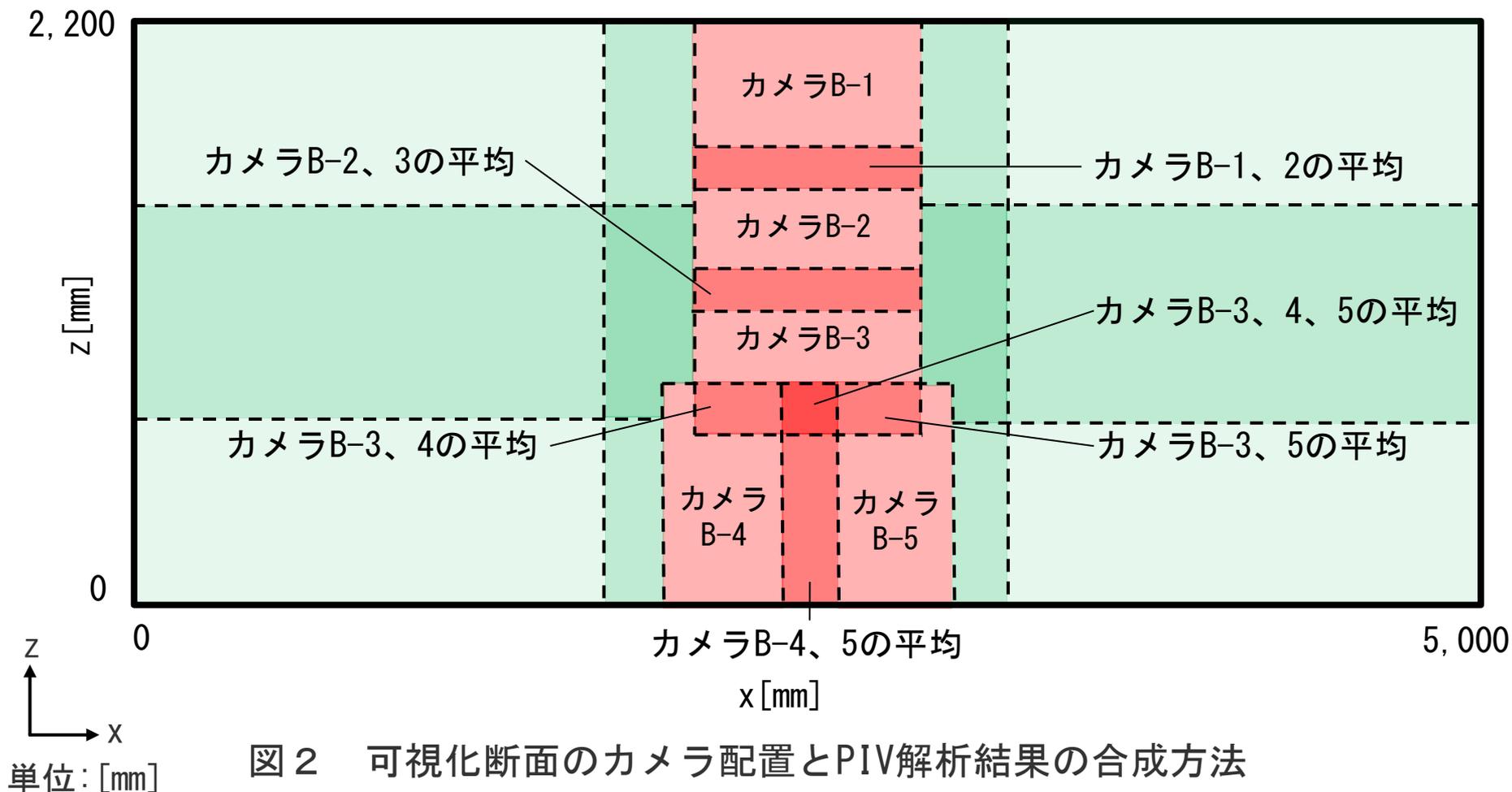


図2 可視化断面のカメラ配置とPIV解析結果の合成方法

実験概要

カメラBの撮影範囲ではカメラBのPIV解析結果を各測定点で使用する。



実験概要

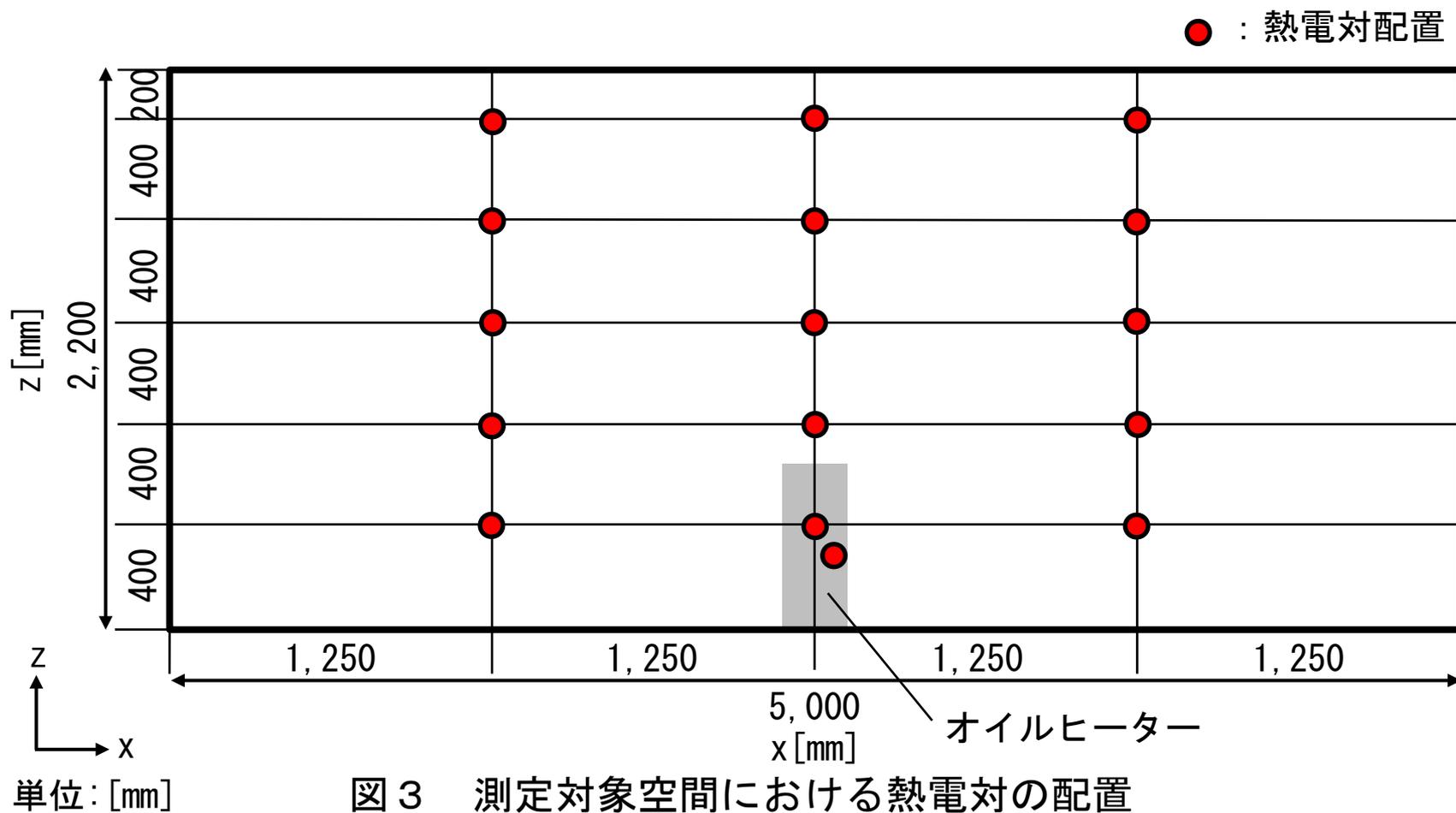
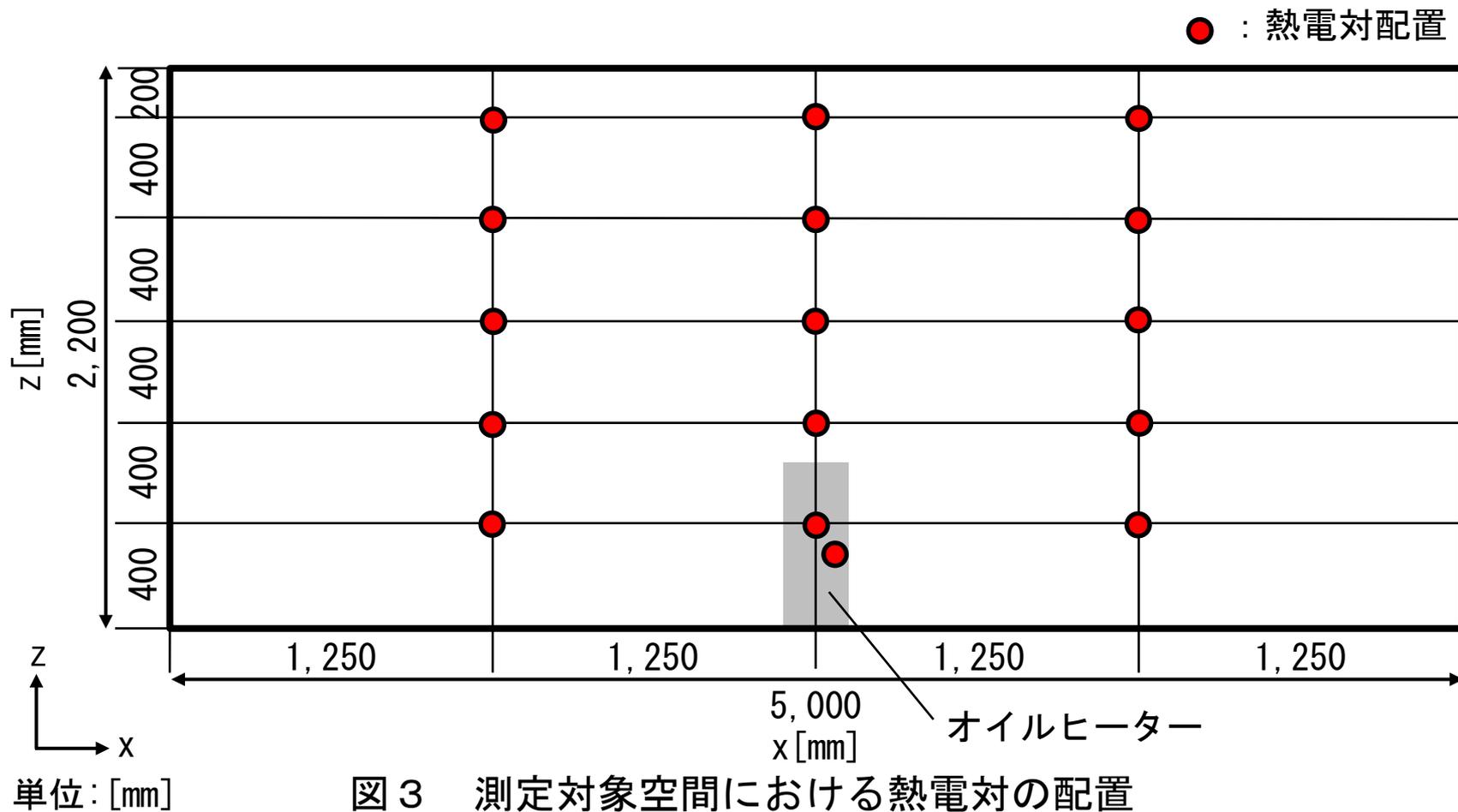


図3 測定対象空間における熱電対の配置

実験概要

PIV測定と同時に空間の**温度分布の測定**を行う。温度測定にはT型熱電対とデータロガーを用いる。



実験概要

熱電対は測定対象断面に15箇所、オイルヒーター一表面に1箇所の計16か所設置し、1秒間隔で測定を行う。

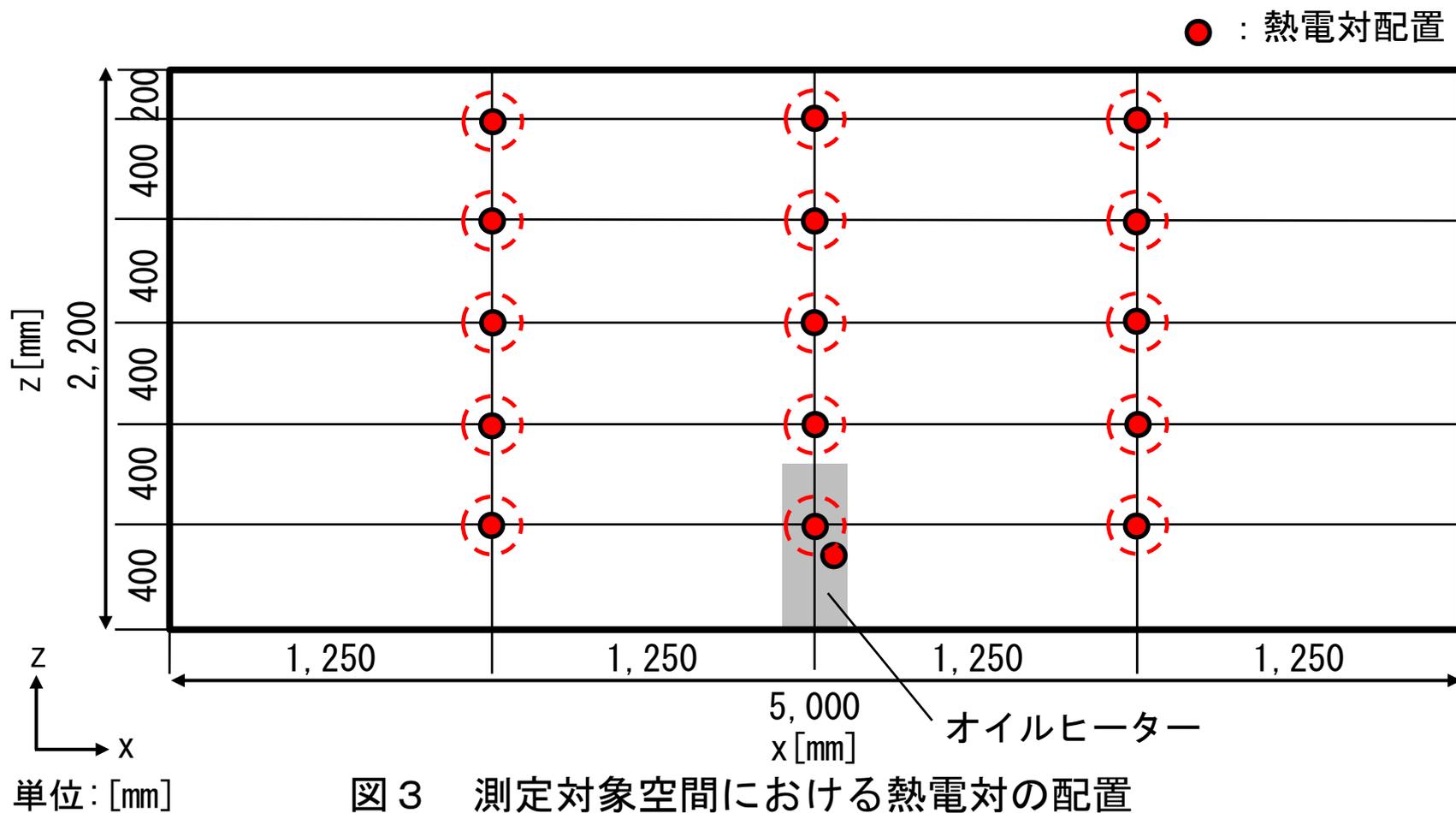
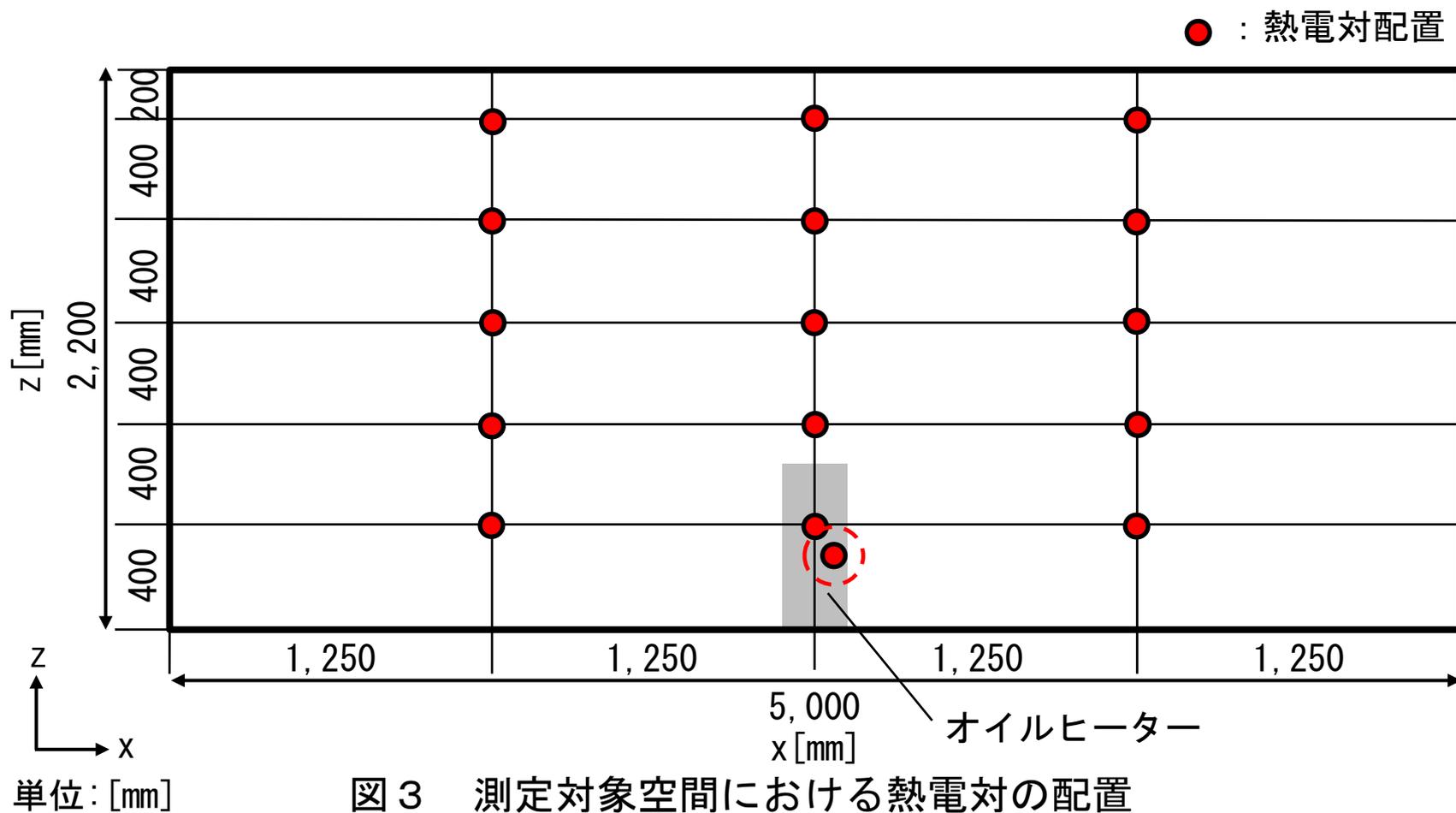


図3 測定対象空間における熱電対の配置

実験概要

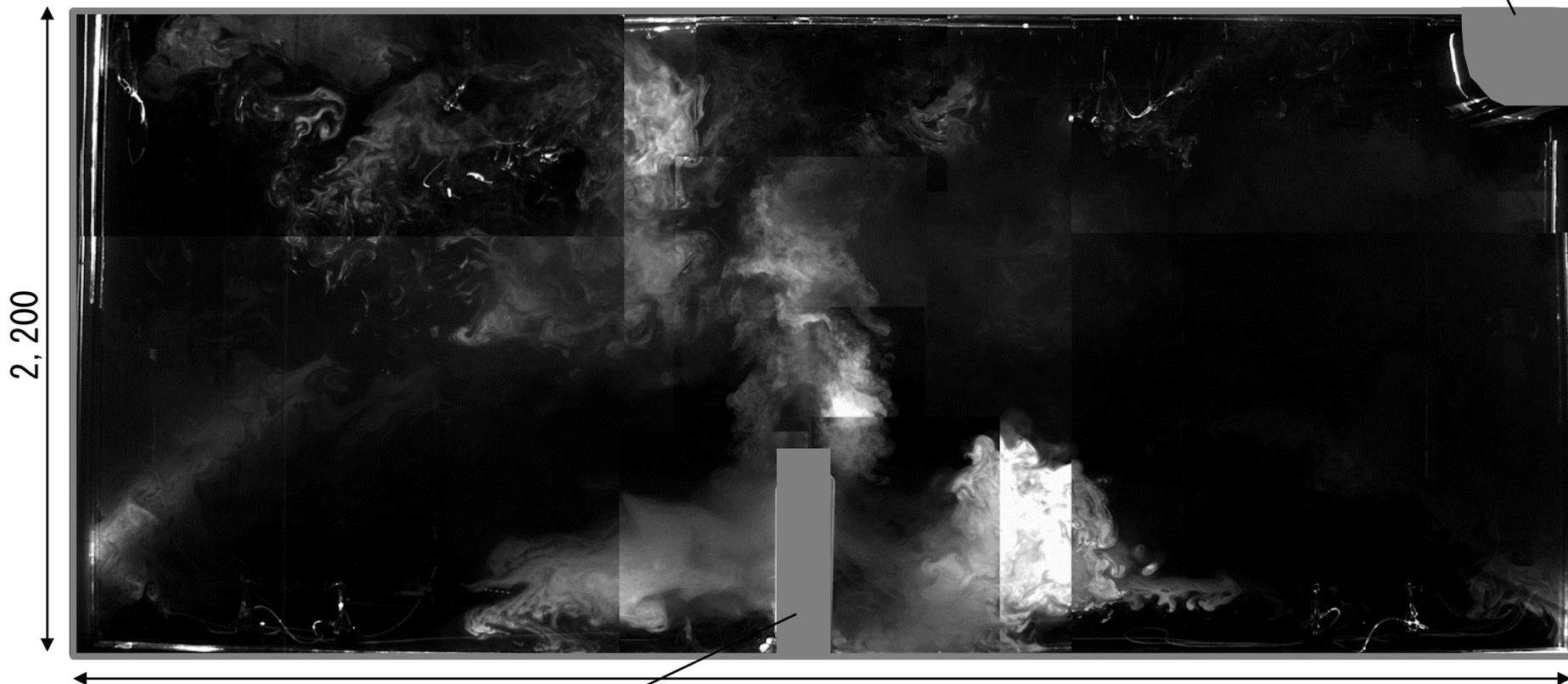
熱電対は測定対象断面に15箇所、**オイルヒーター表面に1箇所**の計16か所設置し、1秒間隔で測定を行う。



実験結果

実験結果：case1 (オイルヒーター稼働、エアコン非稼働)

エアコン (非稼働)

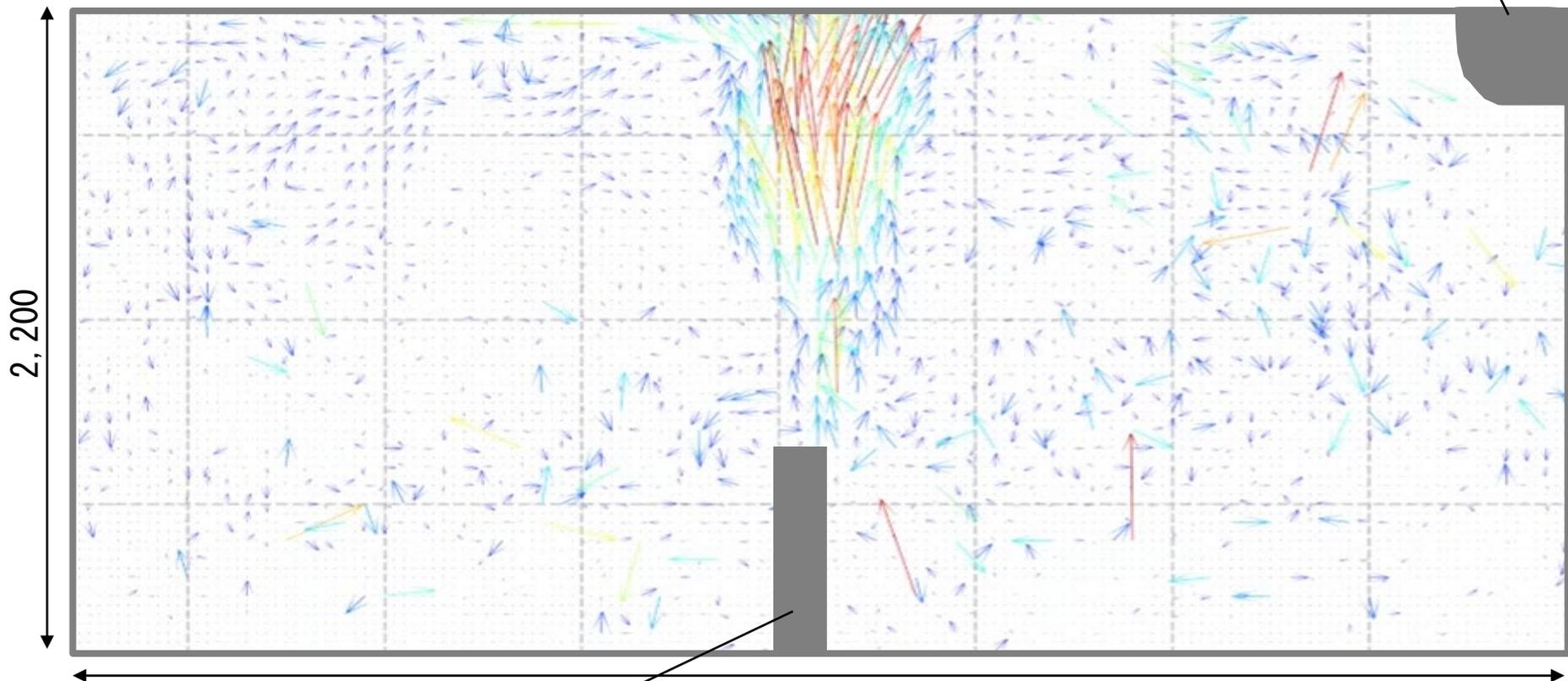
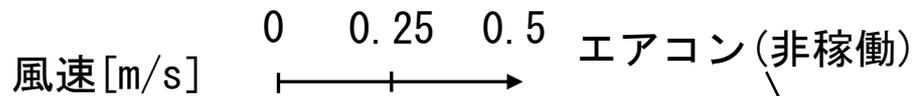


オイルヒーター (稼働) 5,000

動画 case1 (オイルヒーター稼働、エアコン非稼働) における可視化動画

z
↑
x
単位: [mm]

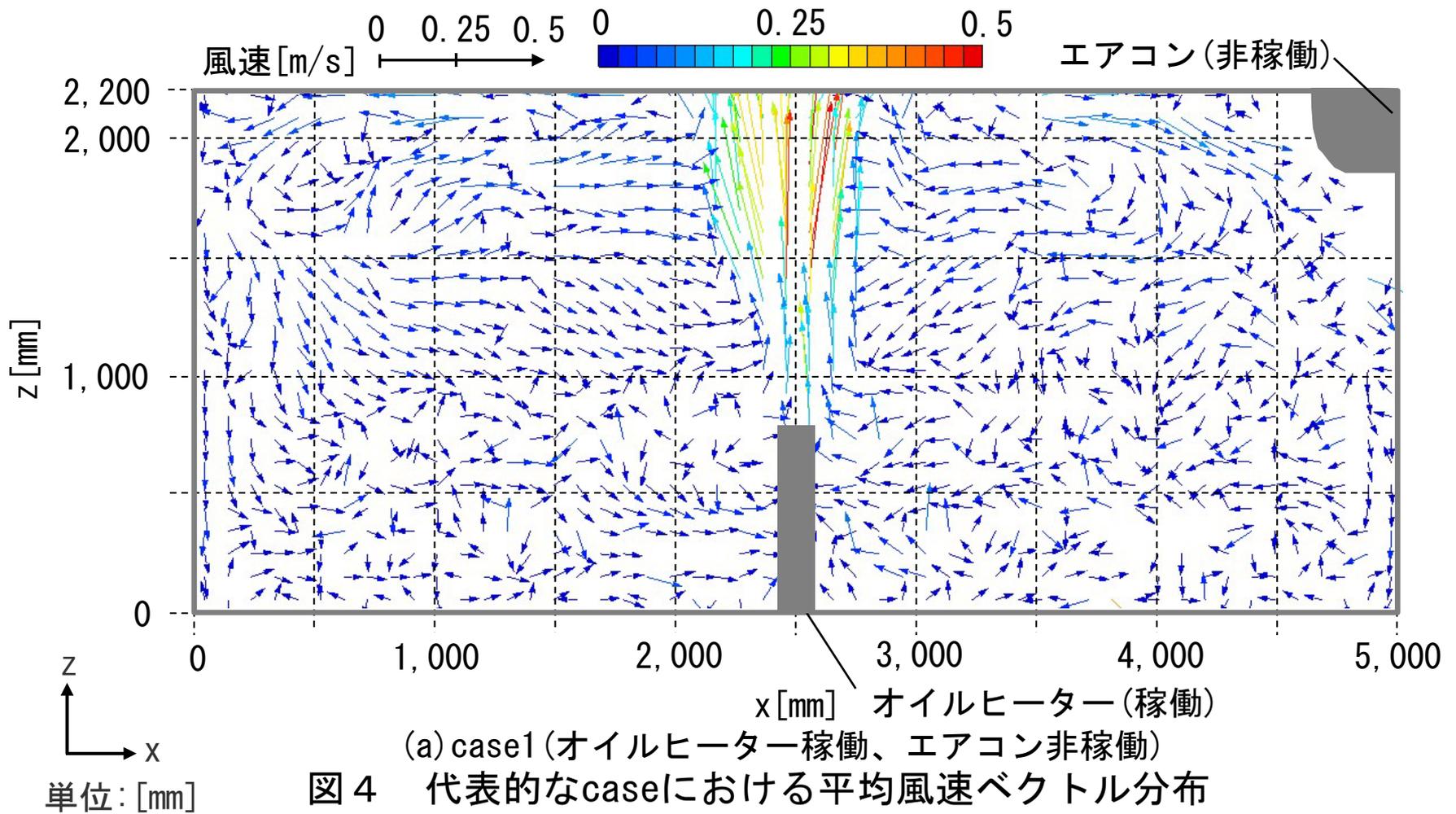
実験結果 : case1 (オイルヒーター稼働、エアコン非稼働)



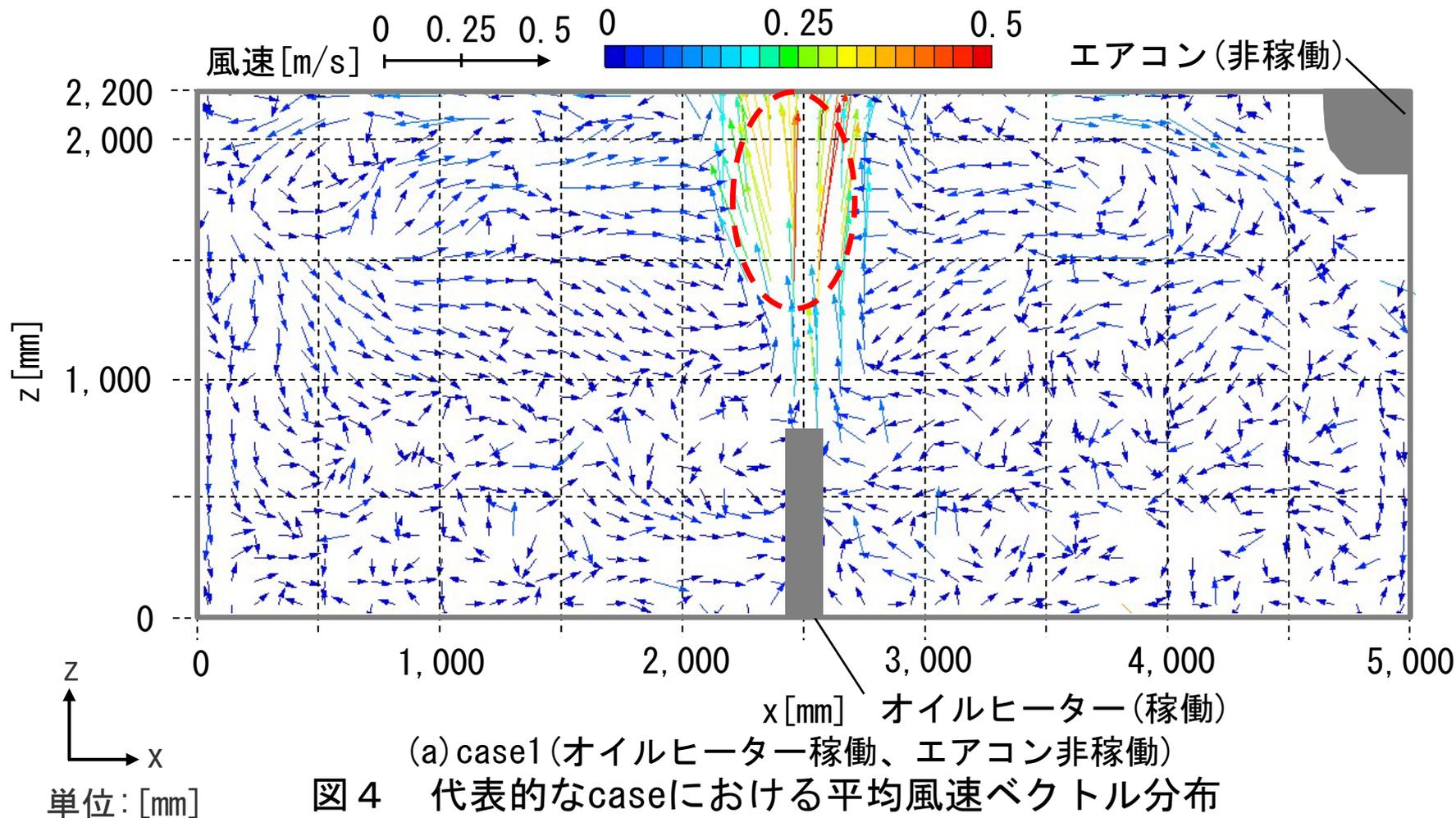
オイルヒーター (稼働) 5,000

動画 case1 (オイルヒーター稼働、エアコン非稼働) における解析動画

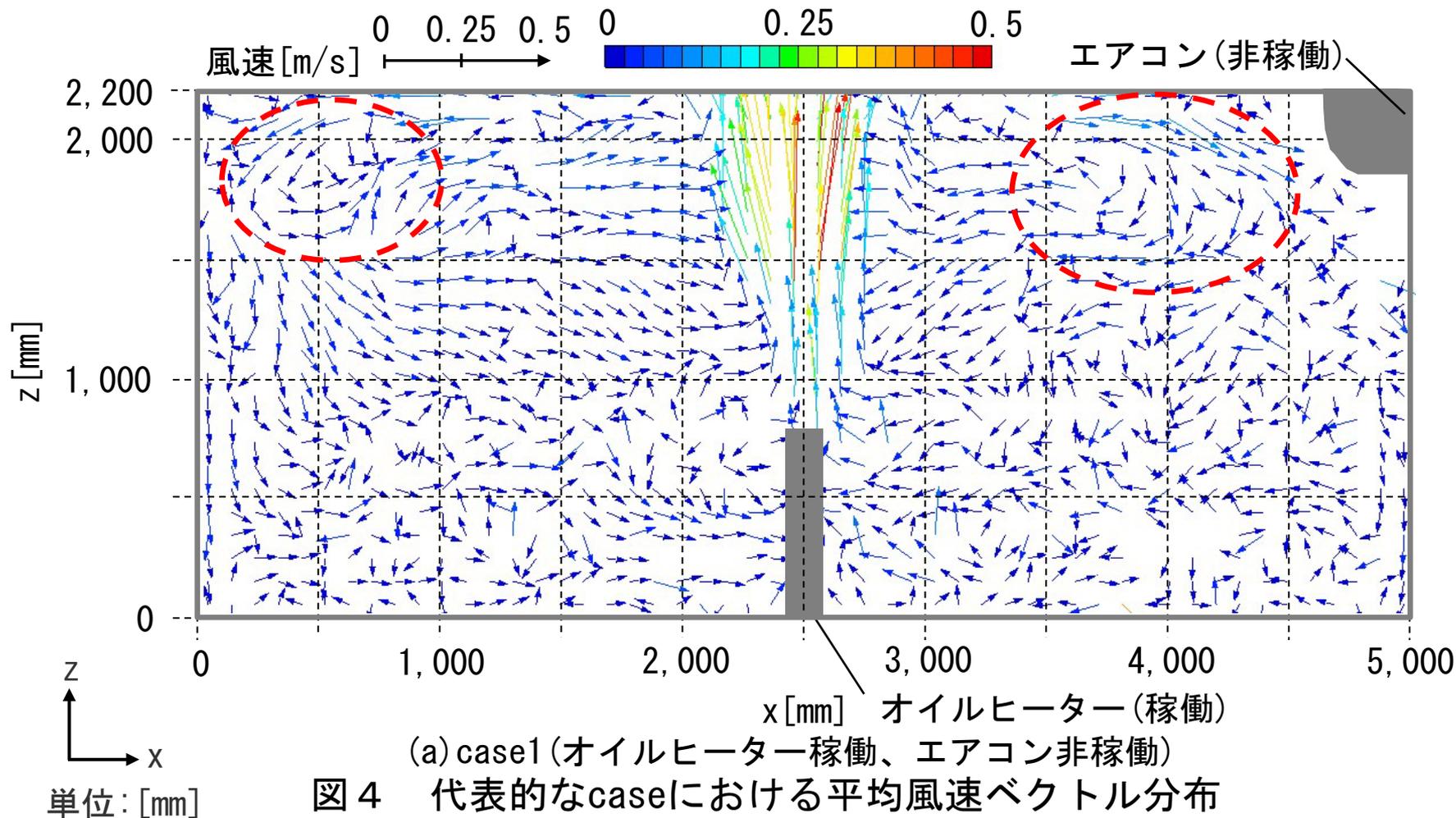
z
x
単位: [mm]



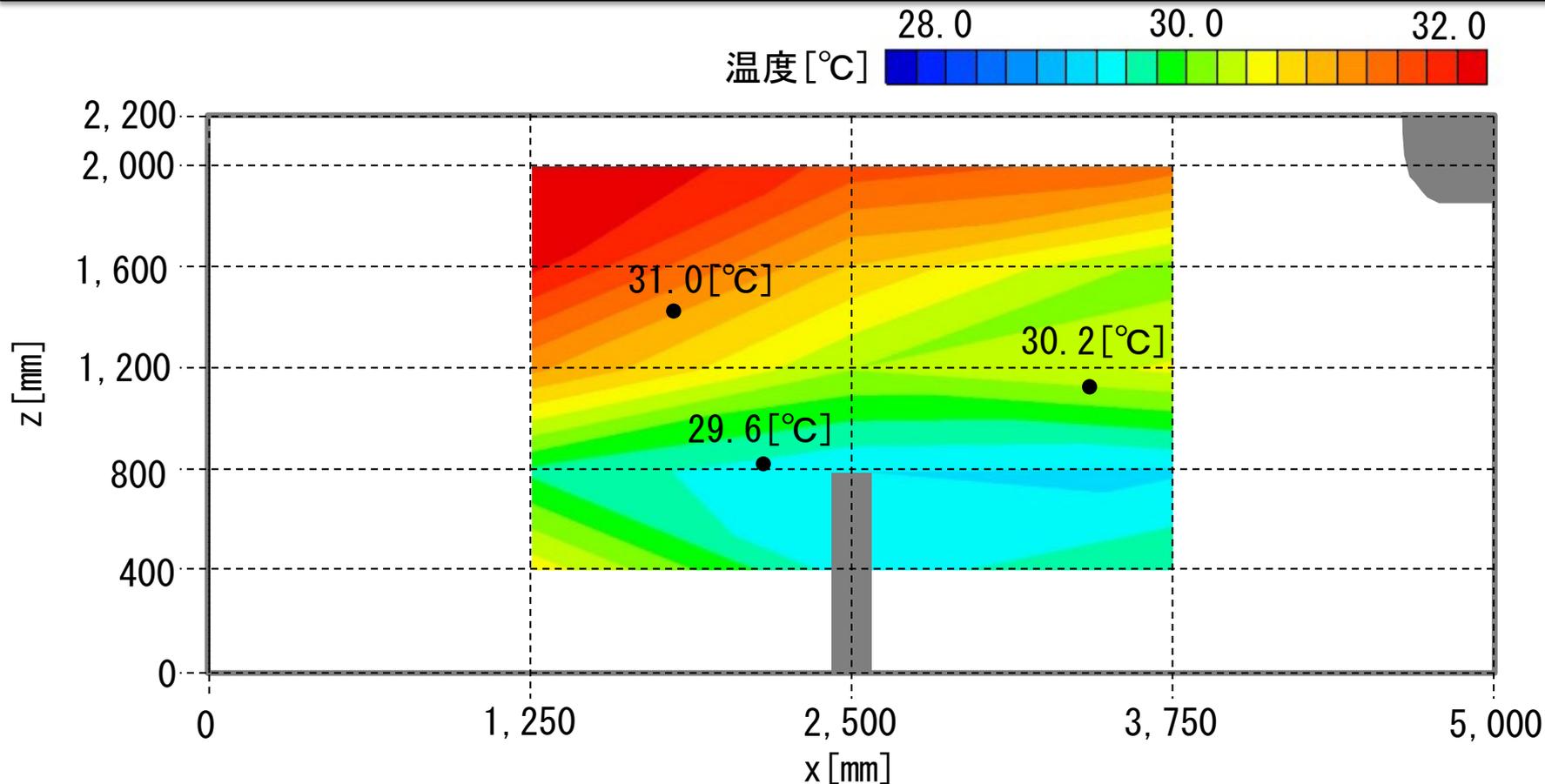
温度差により、オイルヒーター上部に風速約0.5 [m/s]の上昇気流が生じる。



天井に到達した気流は左右に分かれ、室左上と室右上の空間で渦を形成する。

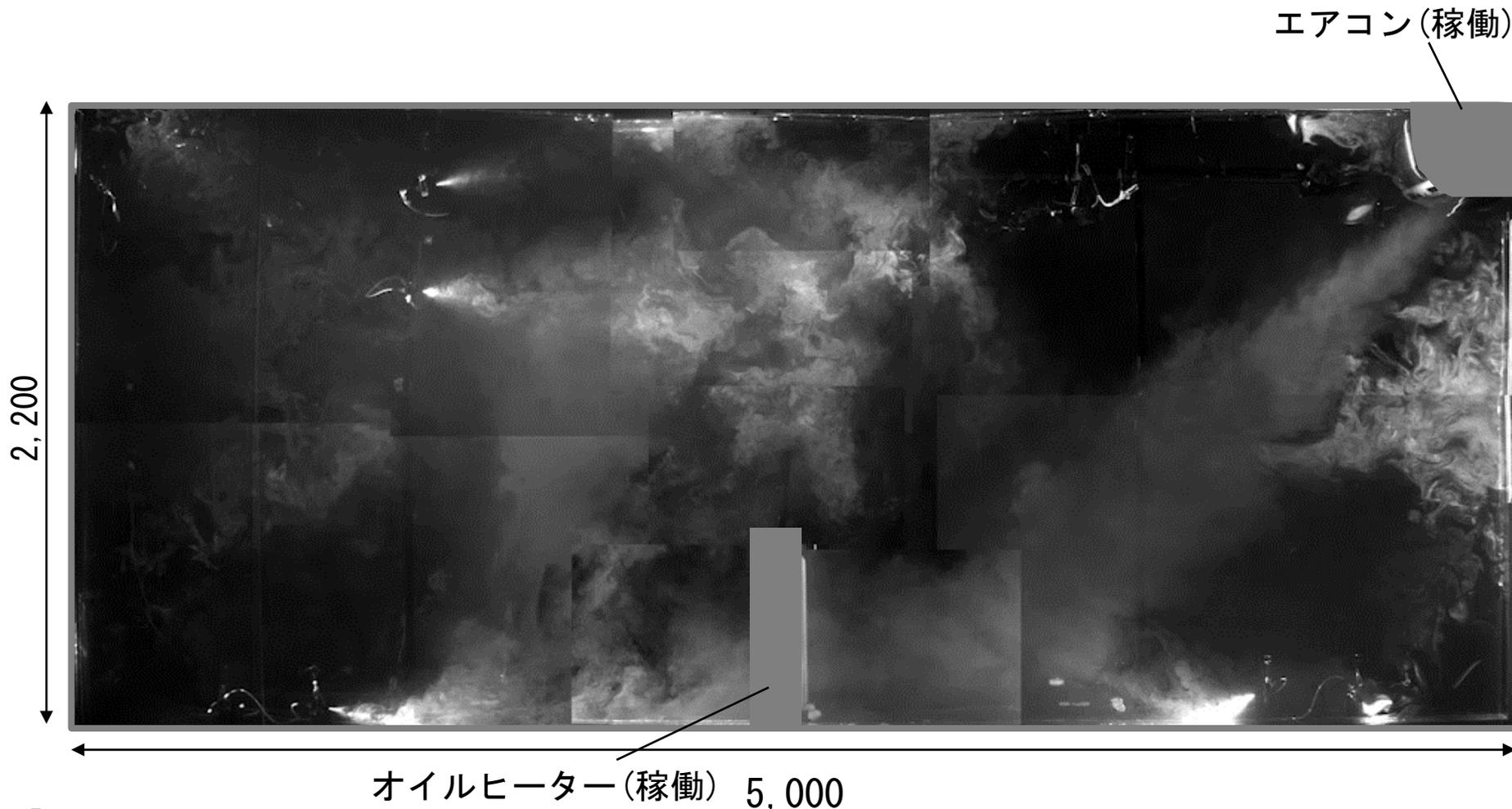


測定点上部 3 点 ($z=2,000$) と測定点下部 3 点 ($z=400$) の温度の平均値の差は $1.6[^\circ\text{C}]$ となる。



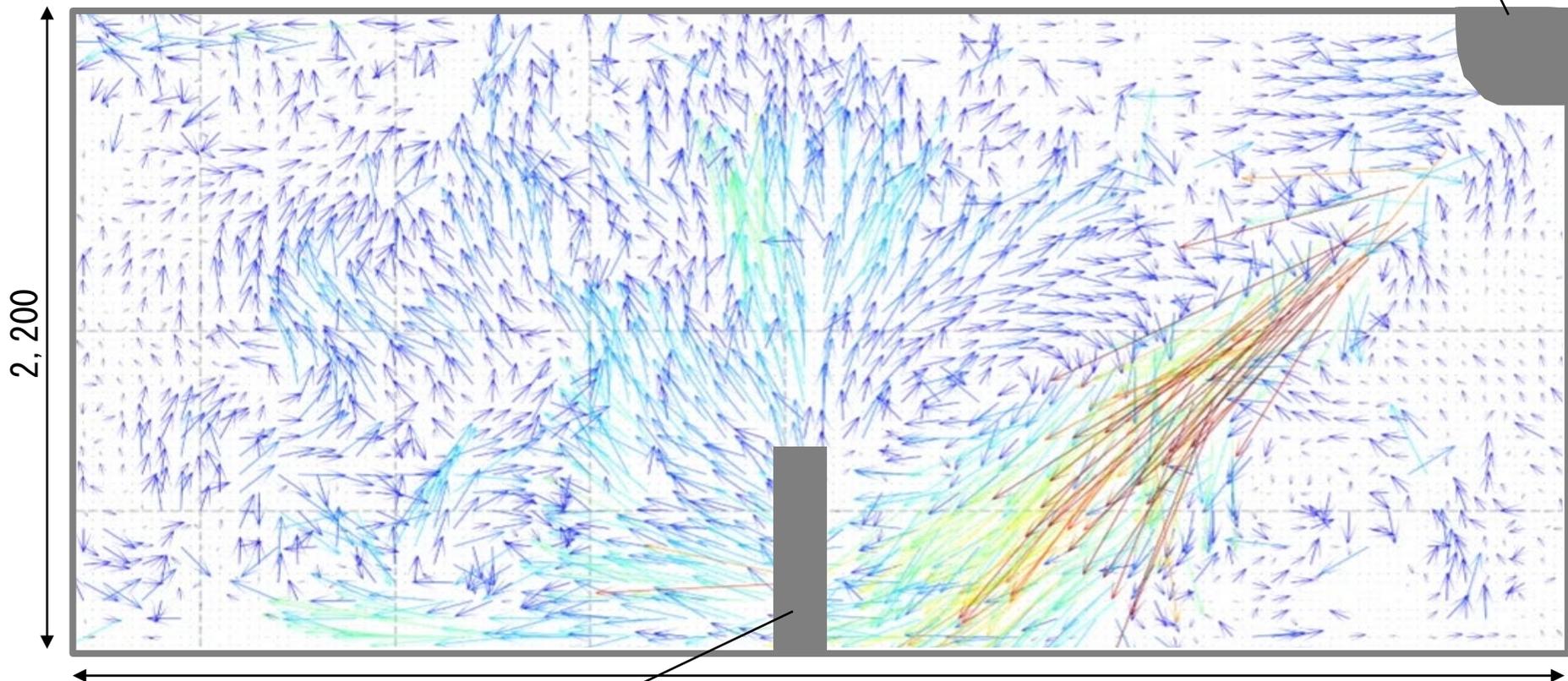
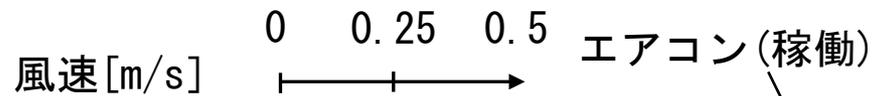
(a) case1 (オイルヒーター稼働、エアコン非稼働)

図5 代表的なcaseにおける平均温度分布



動画 case4(オイルヒーター稼働、エアコン稼働)における可視化動画

実験結果 : case4 (オイルヒーター稼働、エアコン稼働)

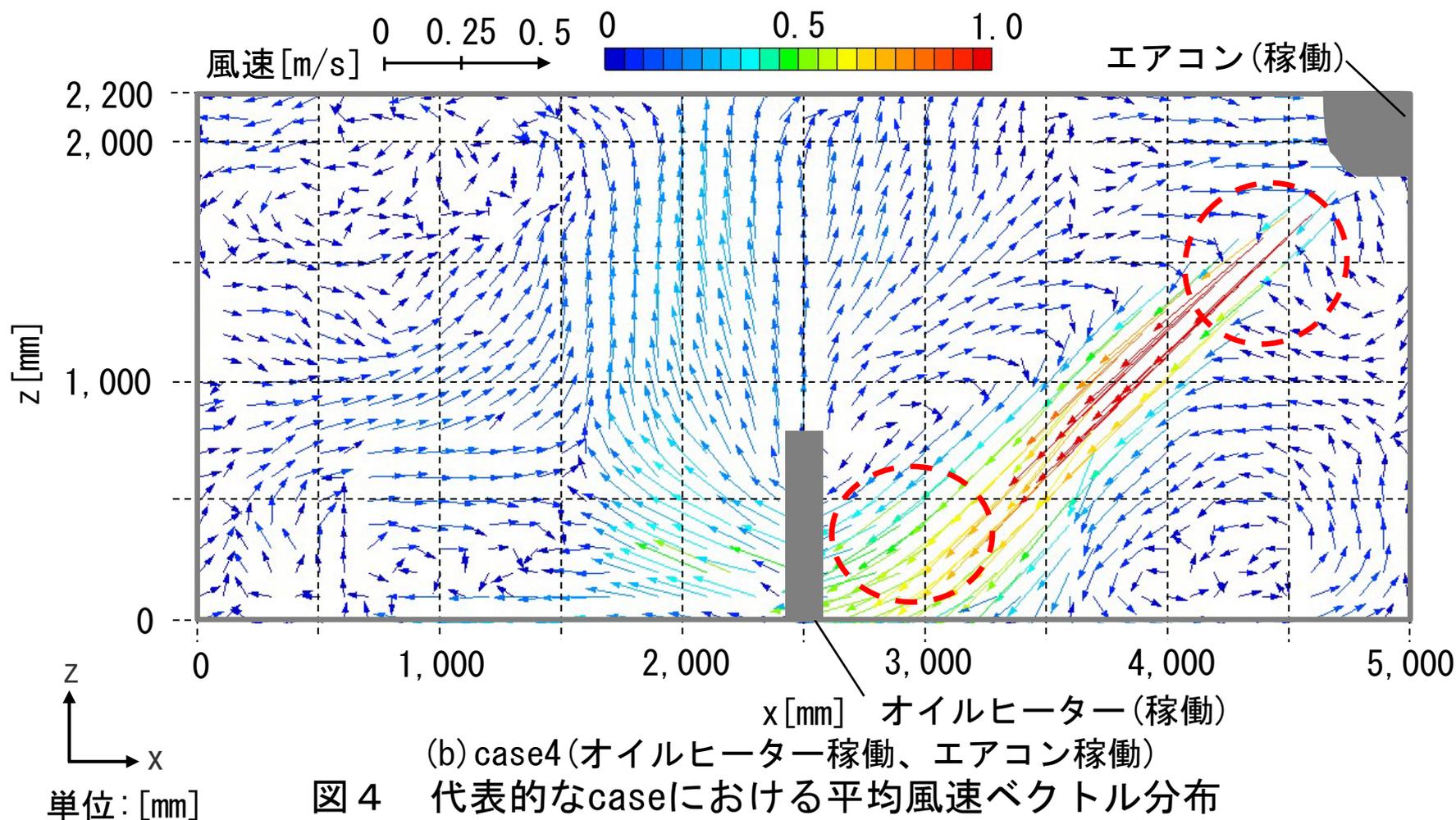


オイルヒーター (稼働) 5,000

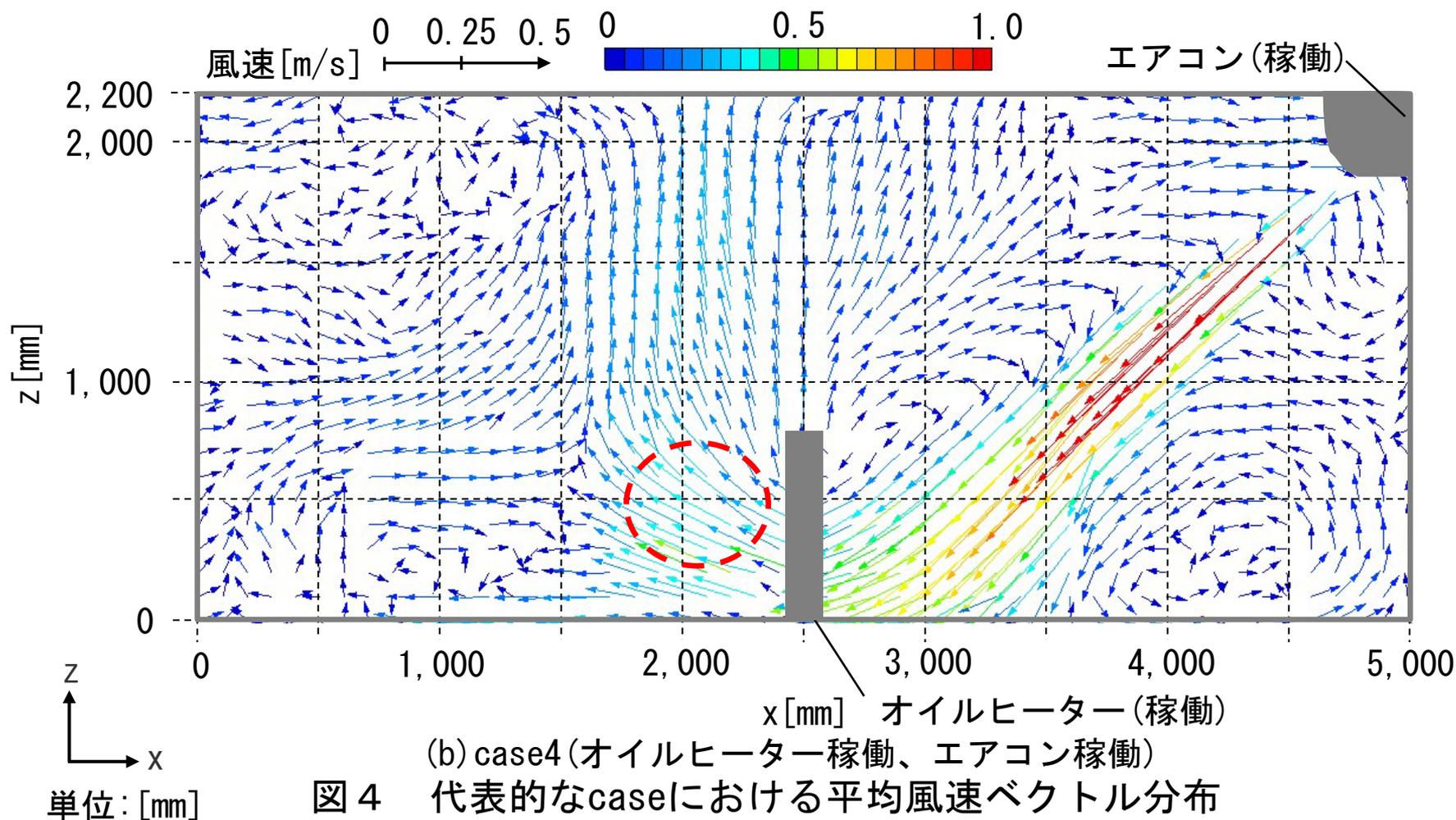
動画 case4 (オイルヒーター稼働、エアコン稼働) における解析動画

z
x
単位 : [mm]

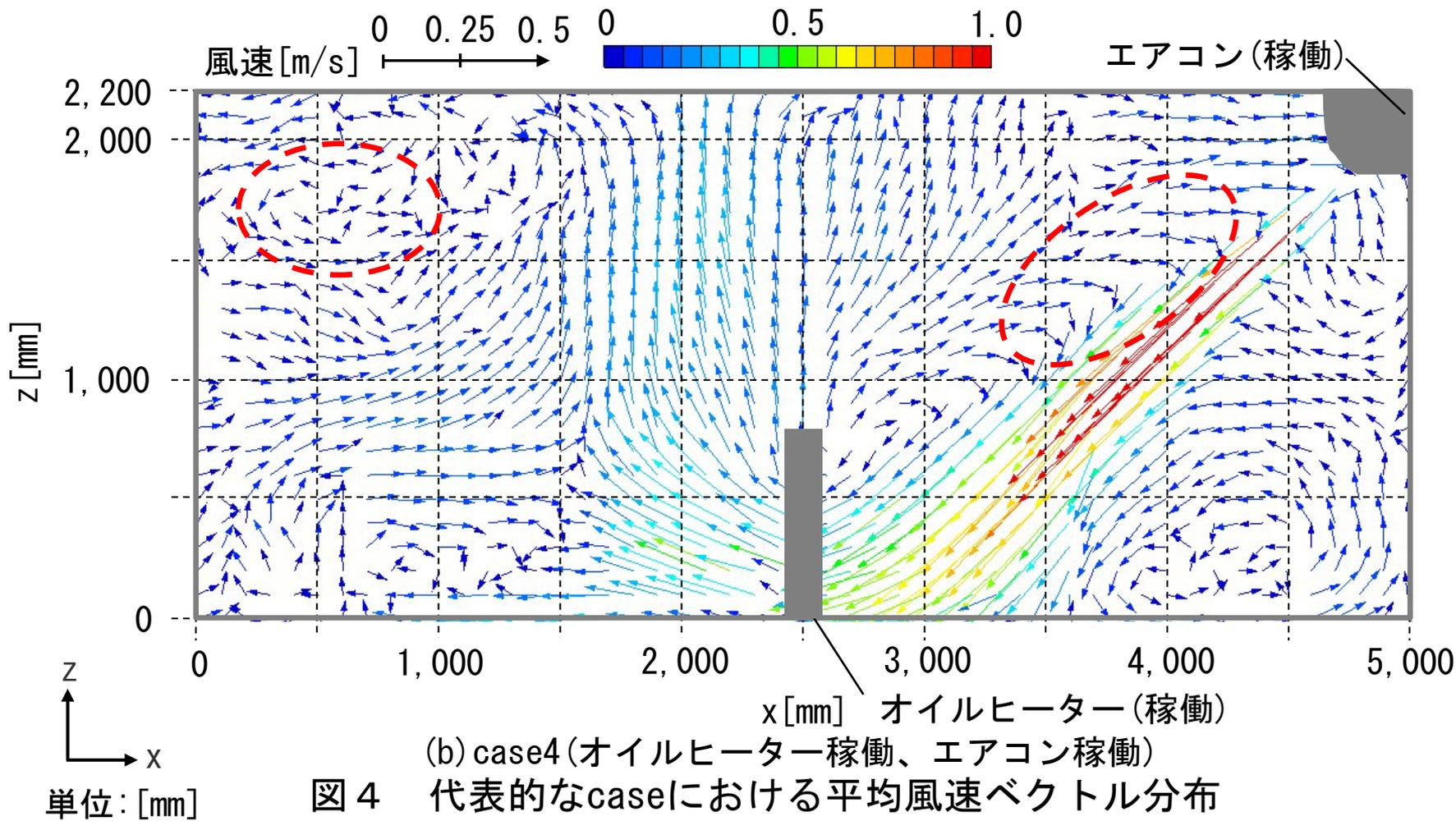
エアコン吹出部分で風速約1.3[m/s]となり、オイルヒーターに約0.5[m/s]で衝突する。



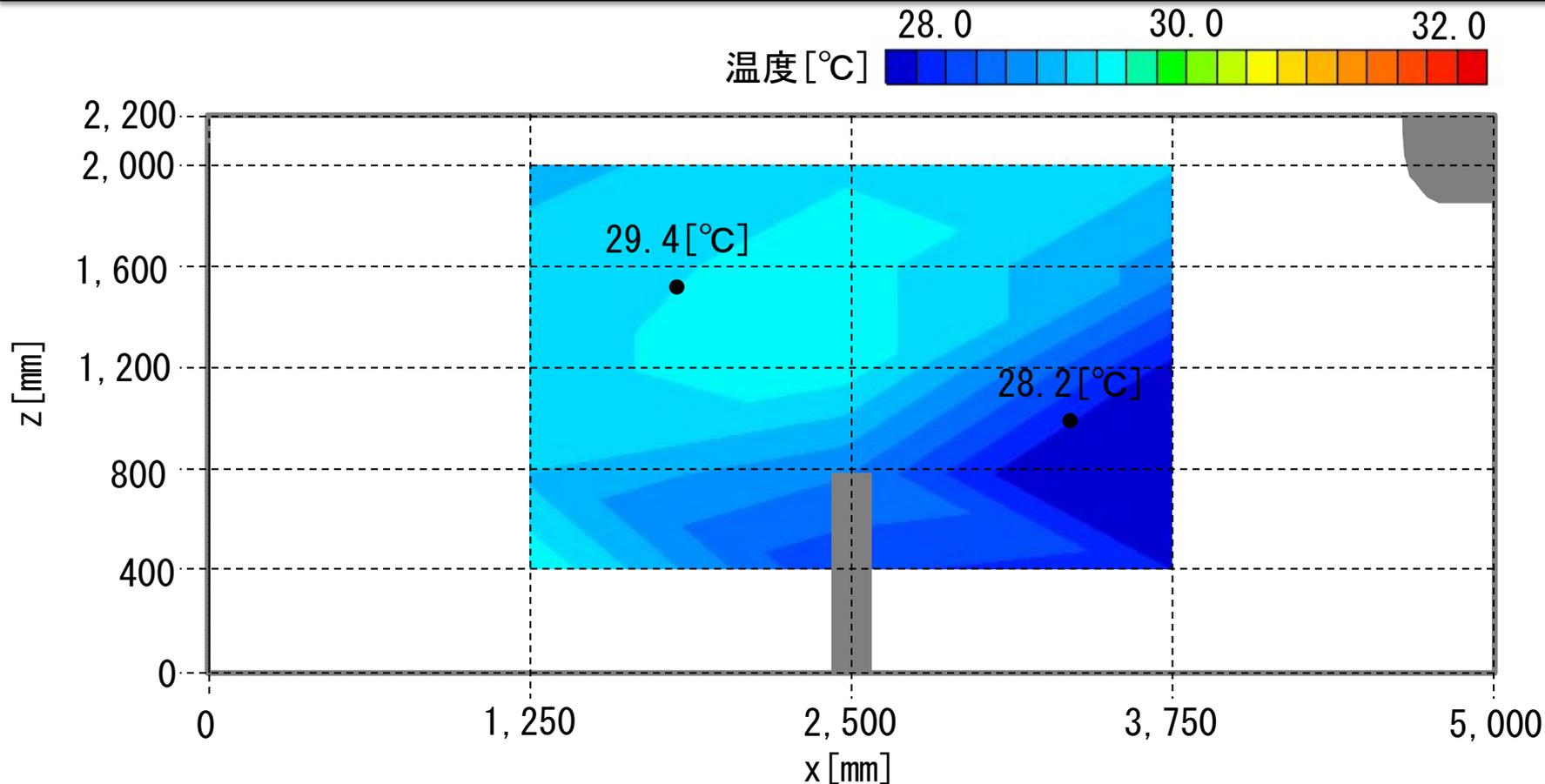
オイルヒーターに衝突した気流は約0.4[m/s]で上昇し、天井に到達する。



その後左右に分かれ、左側では室左上の空間で循環流を形成し、右側ではエアコンの吹出気流に誘引される。



測定点上部 3 点 ($z=2,000$) と測定点下部 3 点 ($z=400$) の温度の平均値の差は $0.4 [^{\circ}\text{C}]$ となる。



(b) case4 (オイルヒーター稼働、エアコン稼働)
図 5 代表的なcaseにおける平均温度分布

まとめ

- ① case1ではオイルヒーター上部に風速約0.5[m/s]の上昇気流が生じ、室左右の上部で渦を形成する。
- ② case4ではオイルヒーターによって発生する上昇気流がエアコン気流の影響により左側へと向かう。
- ③ case1ではオイルヒーター直上に上昇気流が発生するが、case4ではエアコン気流の影響によって、上昇気流が室左側へと向かう。