

同一壁面上に2開口を設けた単純住宅モデルを対象とした  
風洞実験による通風時の気流分布に関する研究

指導教員

小林海斗  
赤林伸一教授



# 研究目的

住宅における通風は我が国では古来より中間季及び夏季において身近な環境調整手法の一つである。通風の有効性は様々な手法で定性的な評価がされている。

しかし、通風現象は建物周辺、室内の気流速度及び壁面の全圧分布が複雑に影響を及ぼし合う非定常の流体現象であるため、現象の構造の解明が困難である。

# 研究目的

流体现象の解析手法の一つに粒子画像流速測定法 (PIV: Particle Image Velocimetry) が挙げられる。

この手法は、**流れに非接触で多数の空間位置で同時に気流速度情報**を得られる利点があり、有力な流れの解析手法の一つとして利用されている。

既往の研究<sup>文1, 2)</sup>では、実大室内空間をPIV測定する基礎段階として、通風時の室内外気流及び扇風機や空調機の吹出気流等を対象としたPIV測定を行い気流性状を明らかにしている。

文1) 赤林・坂口他「粒子画像流速測定法 (PIV) を用いた室内気流測定に関する基礎的研究その6」  
日本建築学会大会学術講演梗概集、2013年

文2) 赤林・坂口他「粒子画像流速測定法 (PIV) を用いた室内気流測定に関する基礎的研究その3」  
日本建築学会大会学術講演梗概集、2012年

# 研究目的

本研究では、単純住宅モデルを対象に通常、**通風が得られにくい**とされる同一壁面上に2開口を設けた場合のPIV測定を行い、**室内外における気流性状を定量的に評価、把握**することを目的とする。

# PIV測定の概要

表 1 測定装置の仕様

Camera	ハイスピードカメラPhtonon FASTCAM SA3 (1024pixel × 1024pixel, 500fps)	
Laser	DPGL - 3W	LD励起Nd:YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ(連続光) 波長532nm, 出力3W
	DPGL - 2W	LD励起Nd:YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ(連続光) 波長532nm, 出力2W
	G1000	LD励起Nd:YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ(連続光) 波長532nm, 出力1W
SoftWare	カメラ制御	Phtonon FASTCAM Viewer ver. 3. 3. 8
	PIV解析	Flow - Expert ver1. 25

表 2 測定・解析パラメータ

測定対象領域	680mm × 680mm
画像サイズ	1024pixel × 1024pixel
測定時間	16sec
測定間隔	2ms (500fps)
検査領域	19pixel × 19pixel
探査範囲	±16pixel × ±16pixel

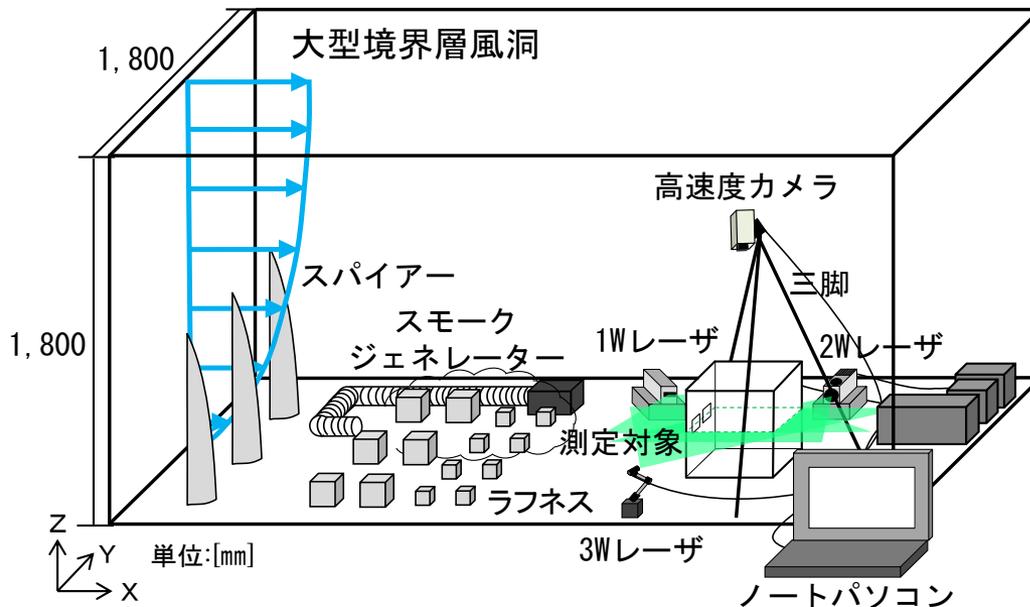


図 1 測定装置の概要

測定は断面が1800mm × 1800mmの大型境界層風洞内<sup>※1</sup>で行い、風洞内の基準風速は5 m/sとする。測定対象は単純住宅モデルとし、一辺が300mm、開口部が40mm × 40mmの立方体の縮尺模型を使用する<sup>※2</sup>。

- ※1 測定には新潟工科大学所有の大型境界層風洞を用いる。
- ※2 既往の研究と比較して、より寸法精度の高い縮尺模型を使用する。

# PIV測定の概要

表 1 測定装置の仕様

Camera	ハイスピードカメラPhtonon FASTCAM SA3 (1024pixel × 1024pixel, 500fps)	
Laser	DPGL - 3W	LD励起Nd:YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ(連続光) 波長532nm, 出力3W
	DPGL - 2W	LD励起Nd:YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ(連続光) 波長532nm, 出力2W
	G1000	LD励起Nd:YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ(連続光) 波長532nm, 出力1W
SoftWare	カメラ制御	Phtonon FASTCAM Viewer ver. 3. 3. 8
	PIV解析	Flow - Expert ver1. 25

表 2 測定・解析パラメータ

測定対象領域	680mm × 680mm
画像サイズ	1024pixel × 1024pixel
測定時間	16sec
測定間隔	2ms (500fps)
検査領域	19pixel × 19pixel
探査範囲	±16pixel × ±16pixel

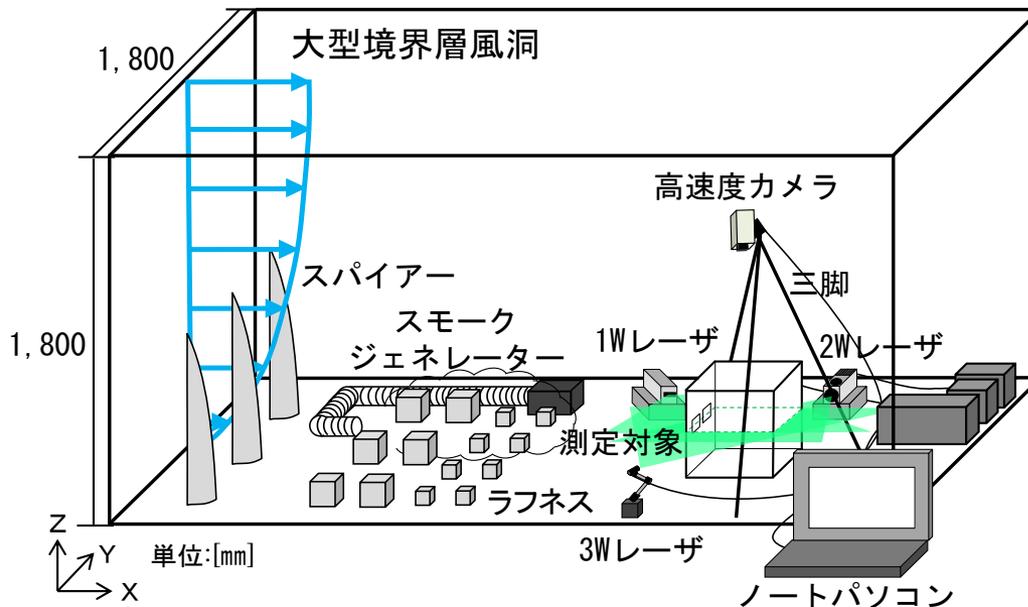


図 1 測定装置の概要

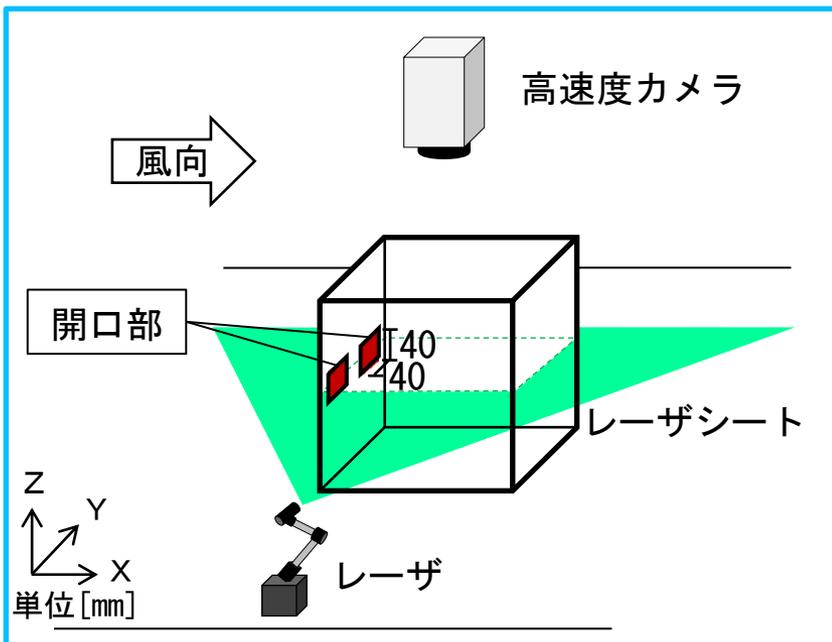
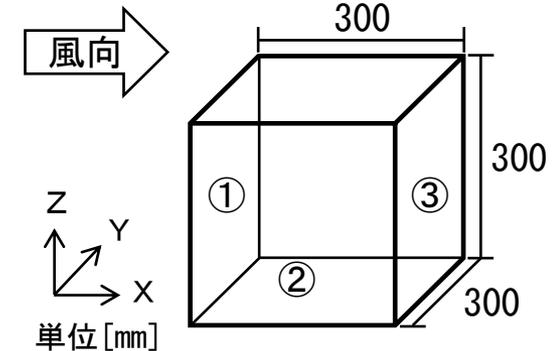
トレーサ粒子には難燃性のスモークを使用し、各測定caseでダクトを取り付けたスモークジェネレーターを風上側に設置してシーディングを行う。

更に、出力の異なる3台のレーザを同時に使用し、レーザ3台の可視化対象断面を一致させて測定を行う。

# 測定条件

表3 測定条件

	測定 case	開口部	開口数	撮影断面	カメラの画角の中心
case1	1-1	①	2	水平	対象モデルの中心
	1-2	①	2	水平	開口部を有する面の中心
case2	2-1	②	2	水平	対象モデルの中心
	2-2	②	2	水平	開口部を有する面の中心
case3	3-1	③	2	水平	対象モデルの中心
	3-2	③	2	水平	開口部を有する面の中心



(a) 測定case1

図2 測定caseの詳細

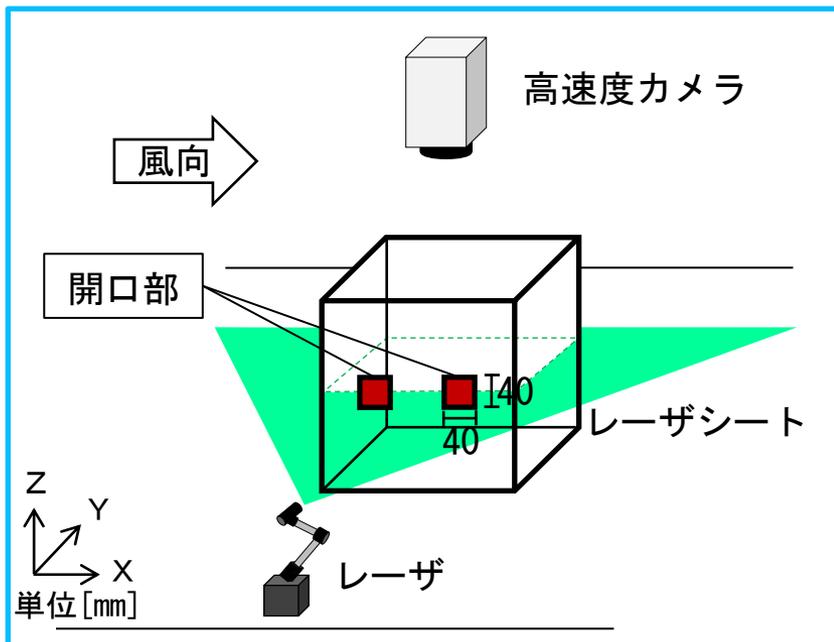
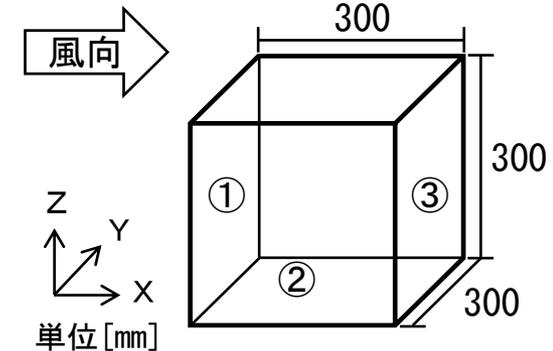
開口部は同一壁面上に2箇所設け、対象モデルに対する風向及びカメラの配置を変化させ、以下のcaseで測定を行う。

- ・ 開口部を対象モデルの風上壁面上に設けた場合 (case1)
- ・ 開口部を風向に対して平行な壁面上に設けた場合 (case2)
- ・ 開口部を対象モデルの風下壁面上に設けた場合 (case3)

# 測定条件

表3 測定条件

	測定 case	開口部	開口数	撮影断面	カメラの画角の中心
case1	1-1	①	2	水平	対象モデルの中心
	1-2	①	2	水平	開口部を有する面の中心
case2	2-1	②	2	水平	対象モデルの中心
	2-2	②	2	水平	開口部を有する面の中心
case3	3-1	③	2	水平	対象モデルの中心
	3-2	③	2	水平	開口部を有する面の中心



(b) 測定case2

図2 測定caseの詳細

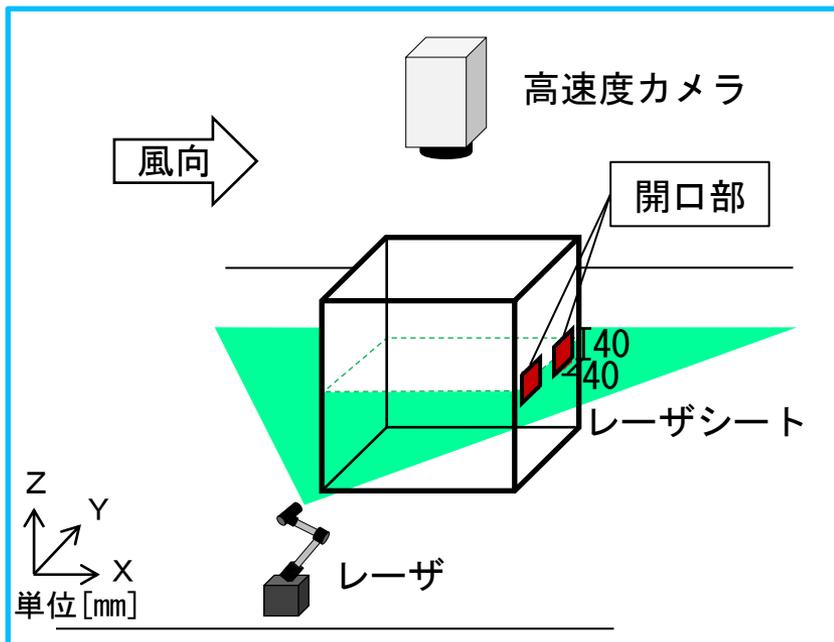
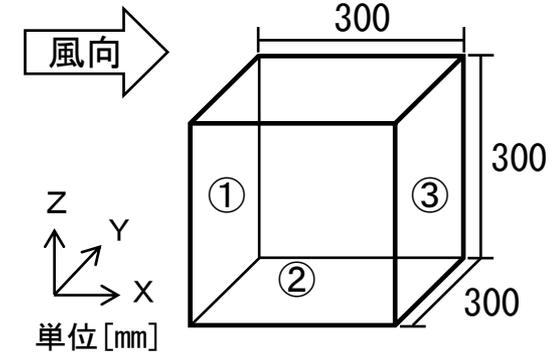
開口部は同一壁面上に2箇所設け、対象モデルに対する風向及びカメラの配置を変化させ、以下のcaseで測定を行う。

- ・ 開口部を対象モデルの風上壁面上に設けた場合 (case1)
- ・ 開口部を風向に対して平行な壁面上に設けた場合 (case2)
- ・ 開口部を対象モデルの風下壁面上に設けた場合 (case3)

# 測定条件

表3 測定条件

	測定 case	開口部	開口数	撮影断面	カメラの画角の中心
case1	1-1	①	2	水平	対象モデルの中心
	1-2	①	2	水平	開口部を有する面の中心
case2	2-1	②	2	水平	対象モデルの中心
	2-2	②	2	水平	開口部を有する面の中心
case3	3-1	③	2	水平	対象モデルの中心
	3-2	③	2	水平	開口部を有する面の中心



(c) 測定case3

図2 測定caseの詳細

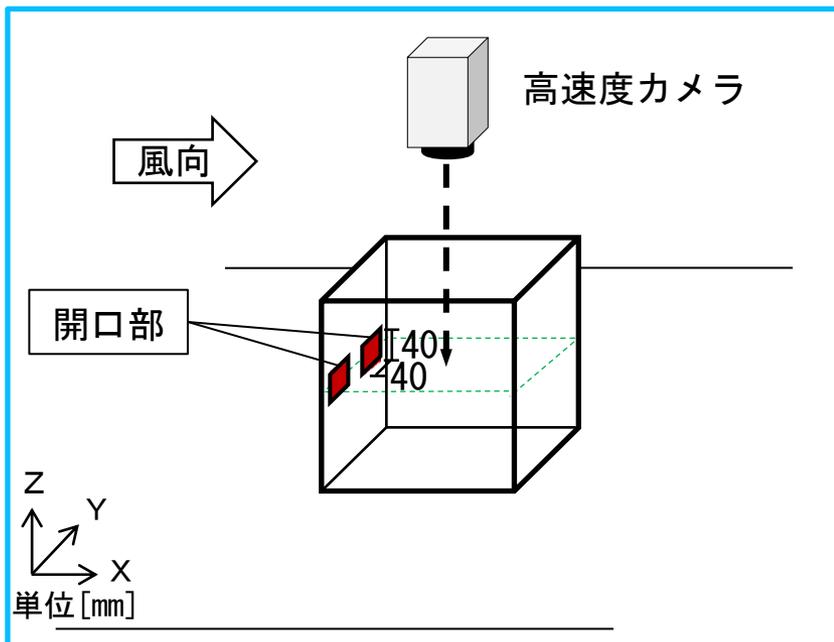
開口部は同一壁面上に2箇所設け、対象モデルに対する風向及びカメラの配置を変化させ、以下のcaseで測定を行う。

- ・ 開口部を対象モデルの風上壁面上に設けた場合 (case1)
- ・ 開口部を風向に対して平行な壁面上に設けた場合 (case2)
- ・ 開口部を対象モデルの風下壁面上に設けた場合 (case3)

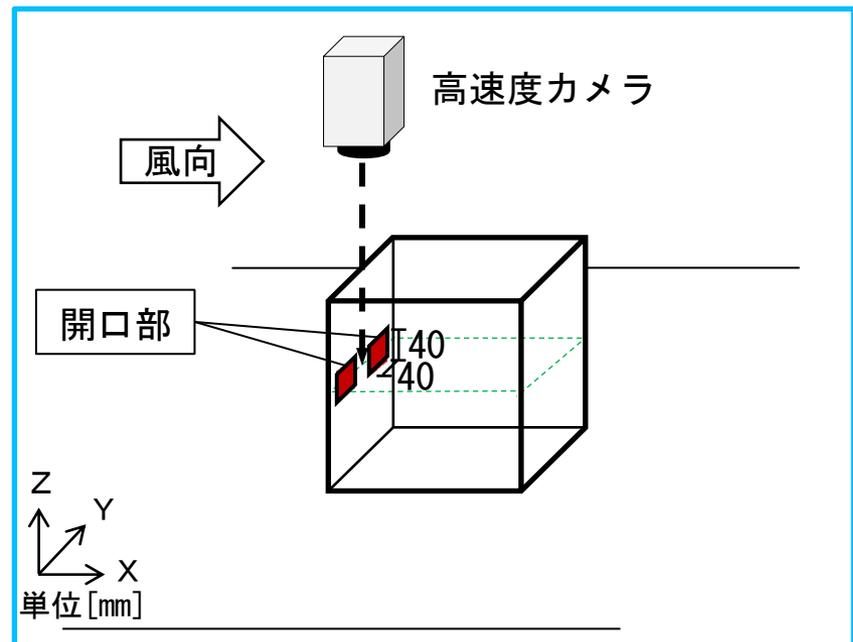
# 測定条件

更に、各測定caseで以下の測定を行う。

- ・ カメラの画角の中心と対象モデルの中心を一致させる場合 (case1-1, 2-1, 3-1)
- ・ カメラの画角の中心とモデルの開口部を有する壁面の中心を一致させる場合 (case1-2, 2-2, 3-2)



(a) 測定case1-1

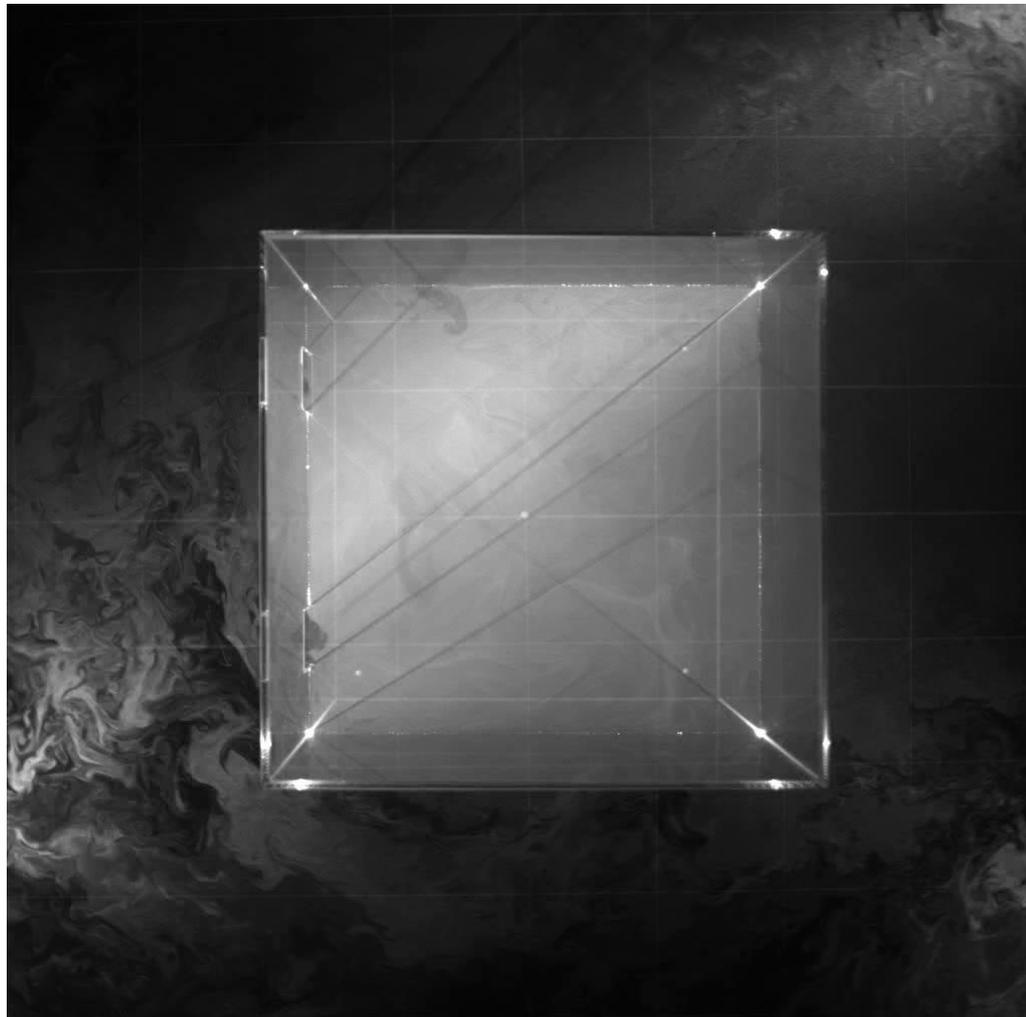


(b) 測定case1-2

図2 測定caseの詳細

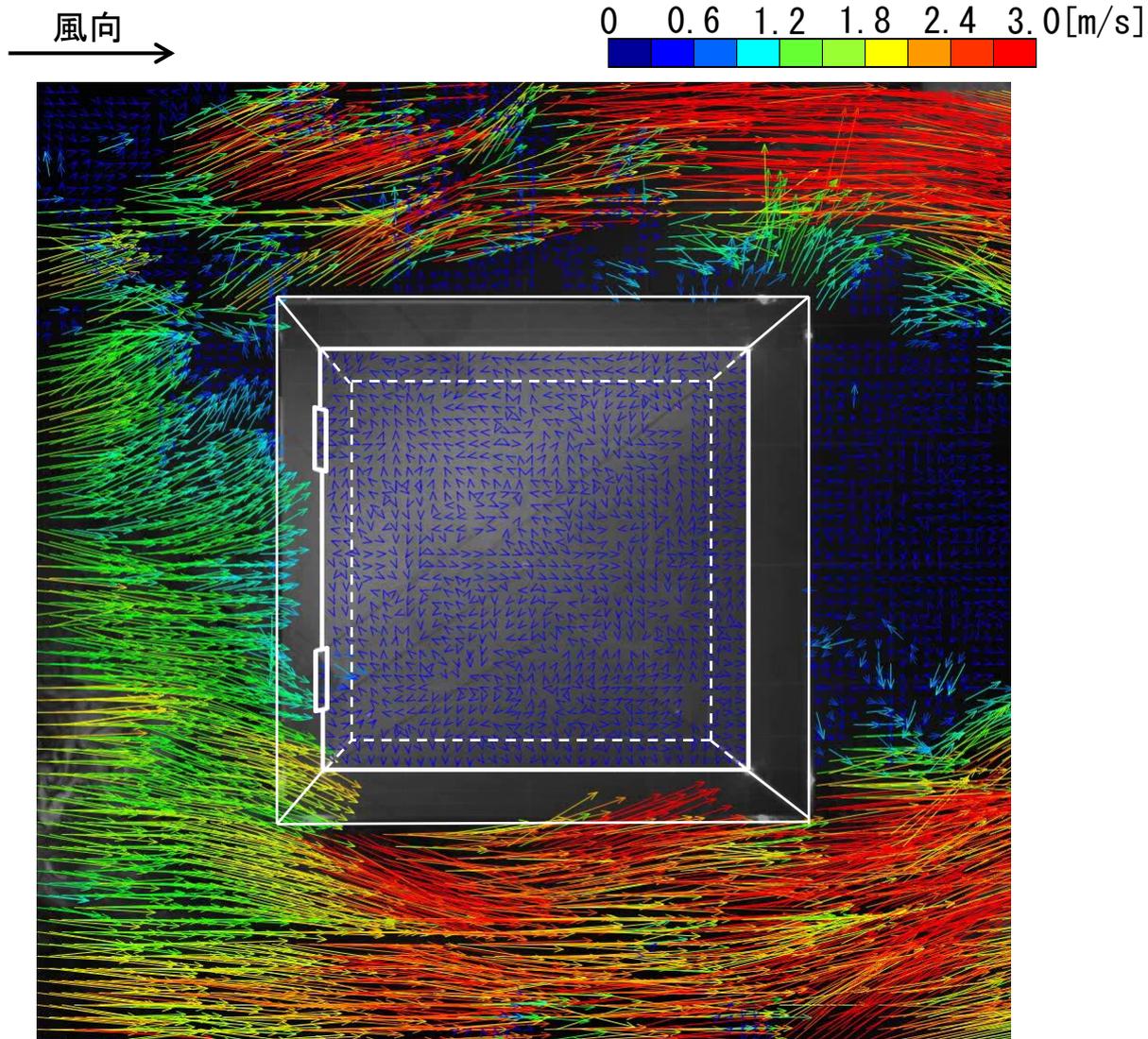
# 解析結果 (case1-1)

風向 →



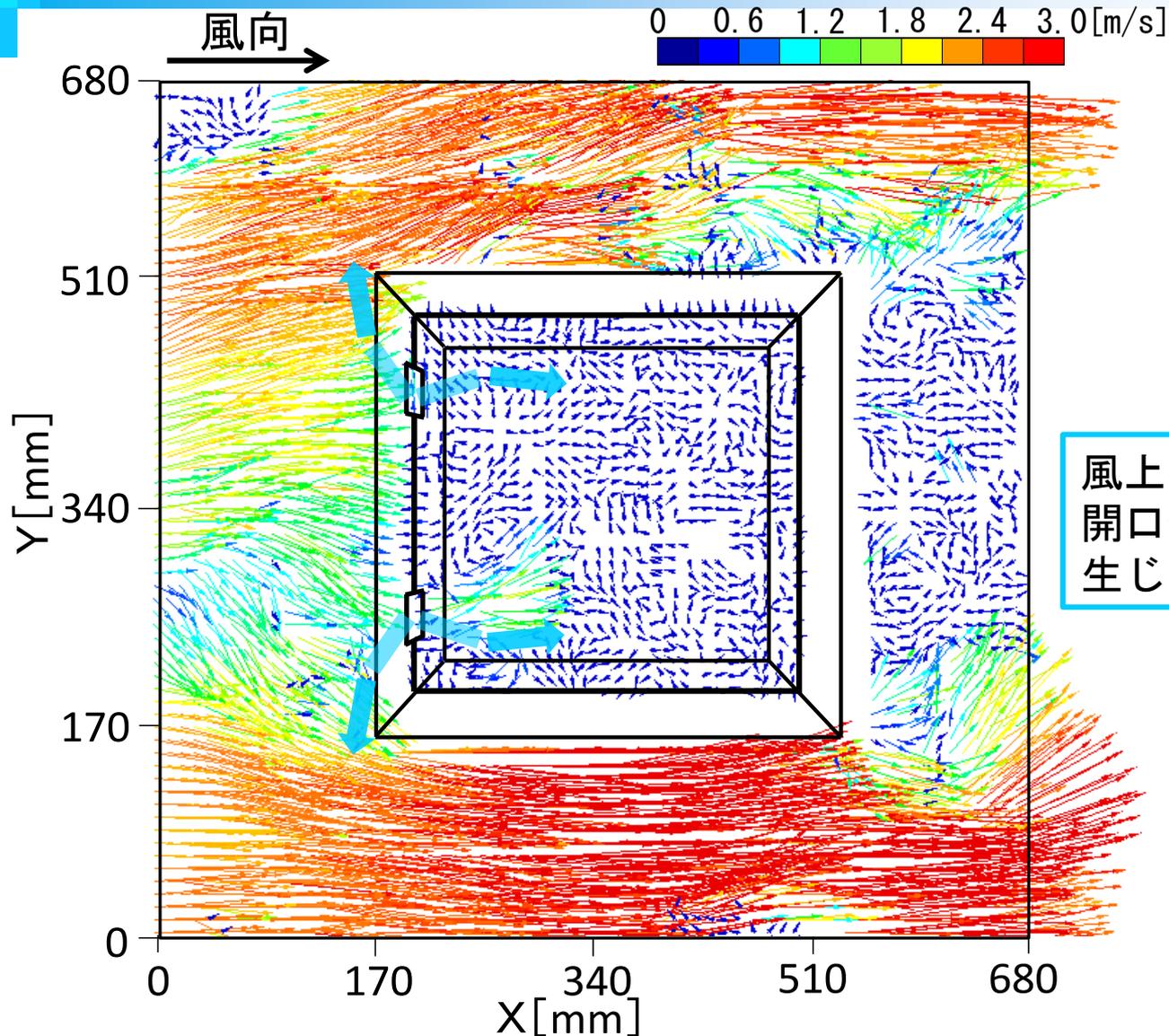
動画 case1-1における可視化動画

# 解析結果 (case1-1)



動画 case1-1におけるPIV解析結果

# 解析結果 (case1-1)

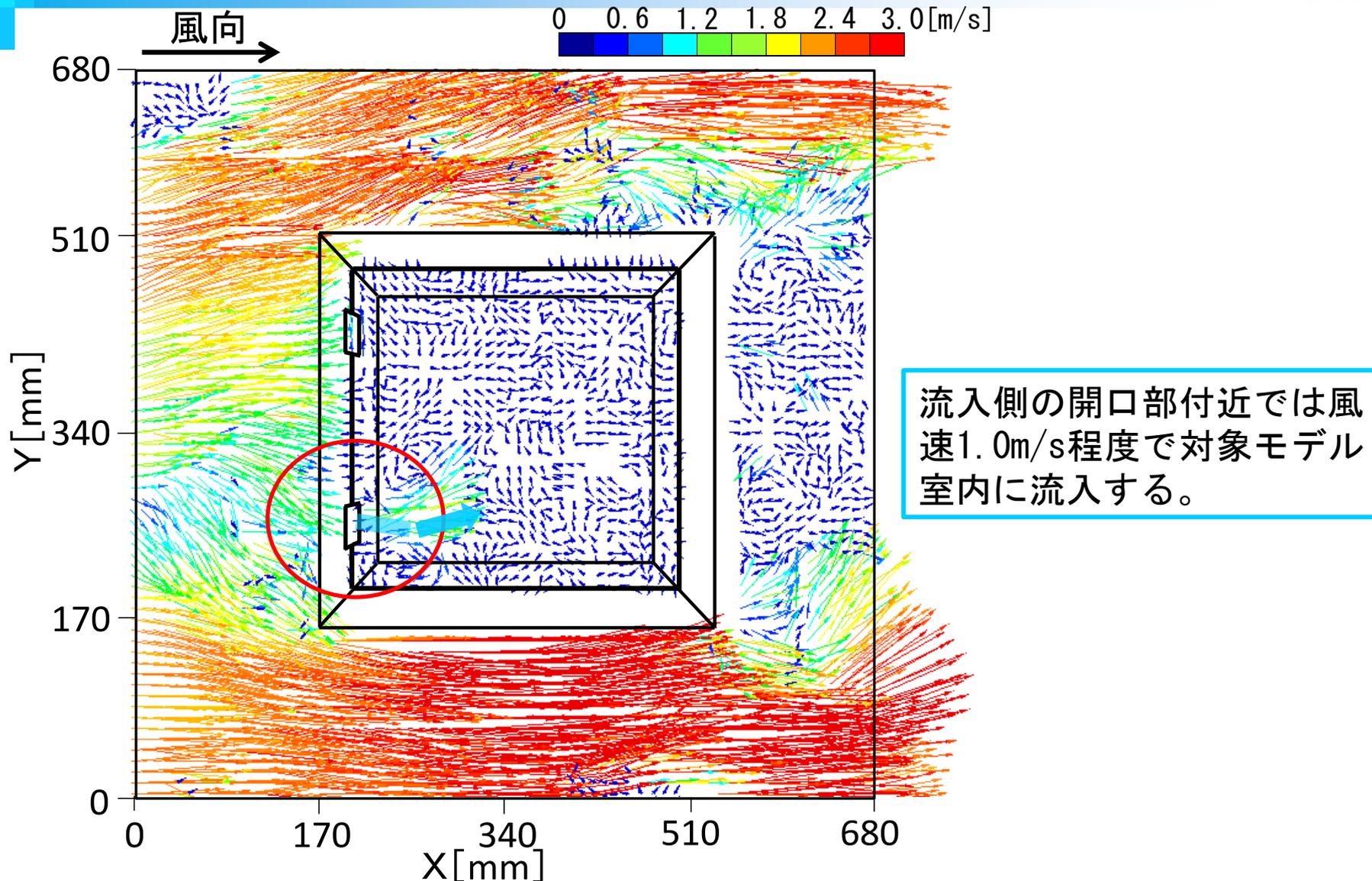


風上壁面上に設けた2つの開口部から気流の流入出が生じる様子が観察される。

(a) case1-1における瞬時風速ベクトル

図3 PIV解析結果 (水平断面: case1-1)

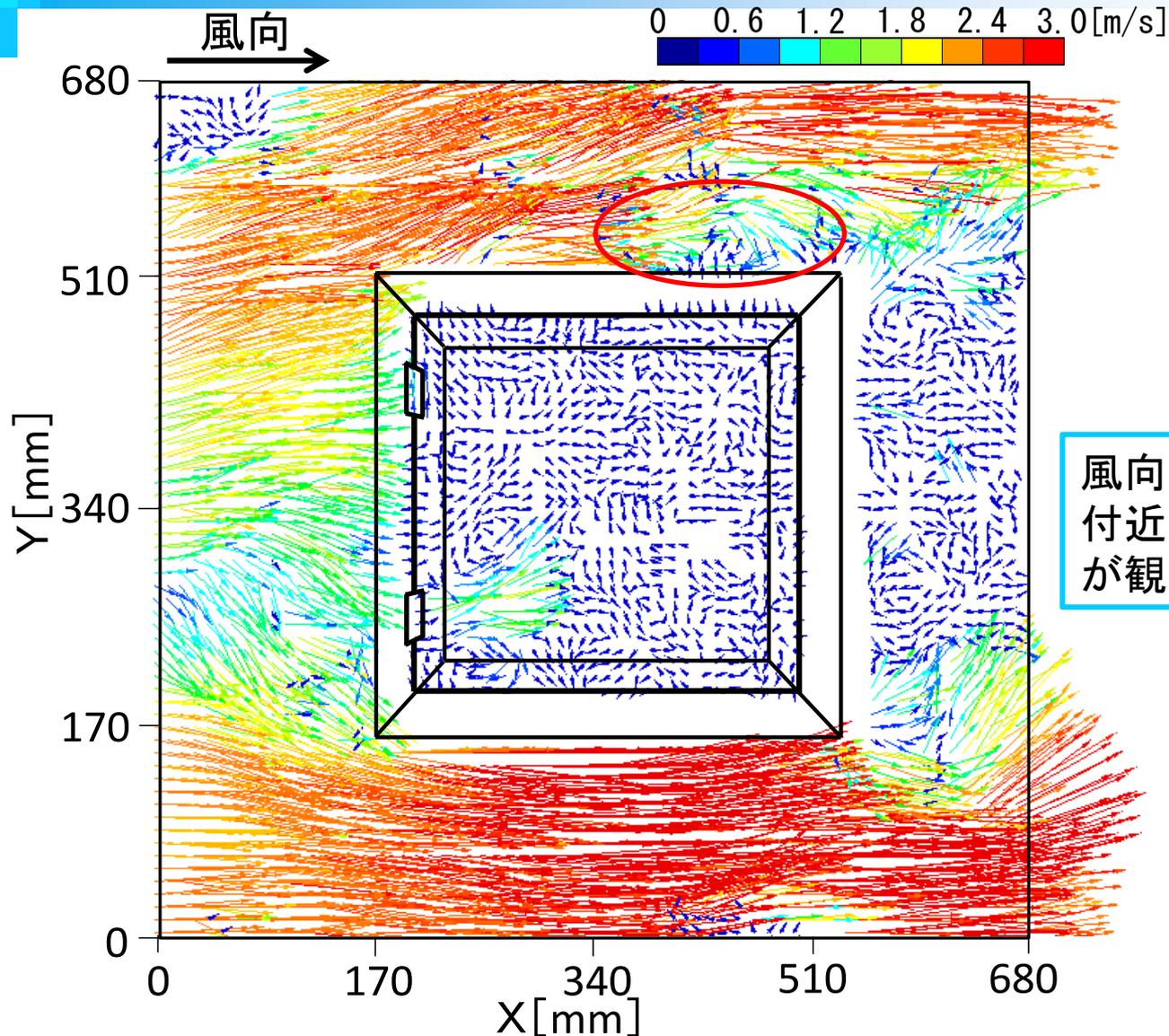
# 解析結果 (case1-1)



(a) case1-1における瞬時風速ベクトル

図3 PIV解析結果 (水平断面: case1-1)

# 解析結果 (case1-1)

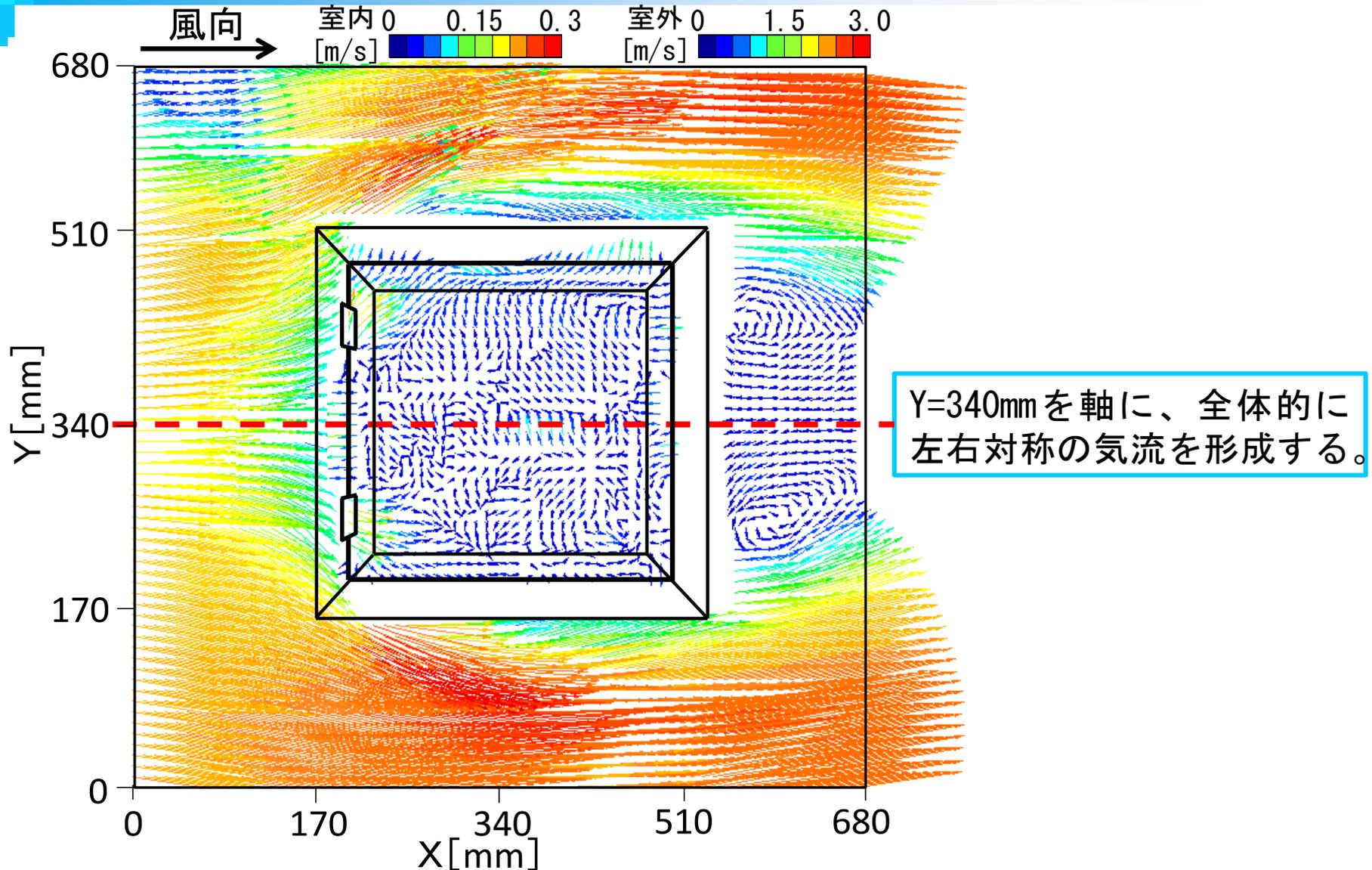


風向に対して平行な壁面の付近に渦が形成される様子が観察される。

(a) case1-1における瞬時風速ベクトル

図3 PIV解析結果 (水平断面: case1-1)

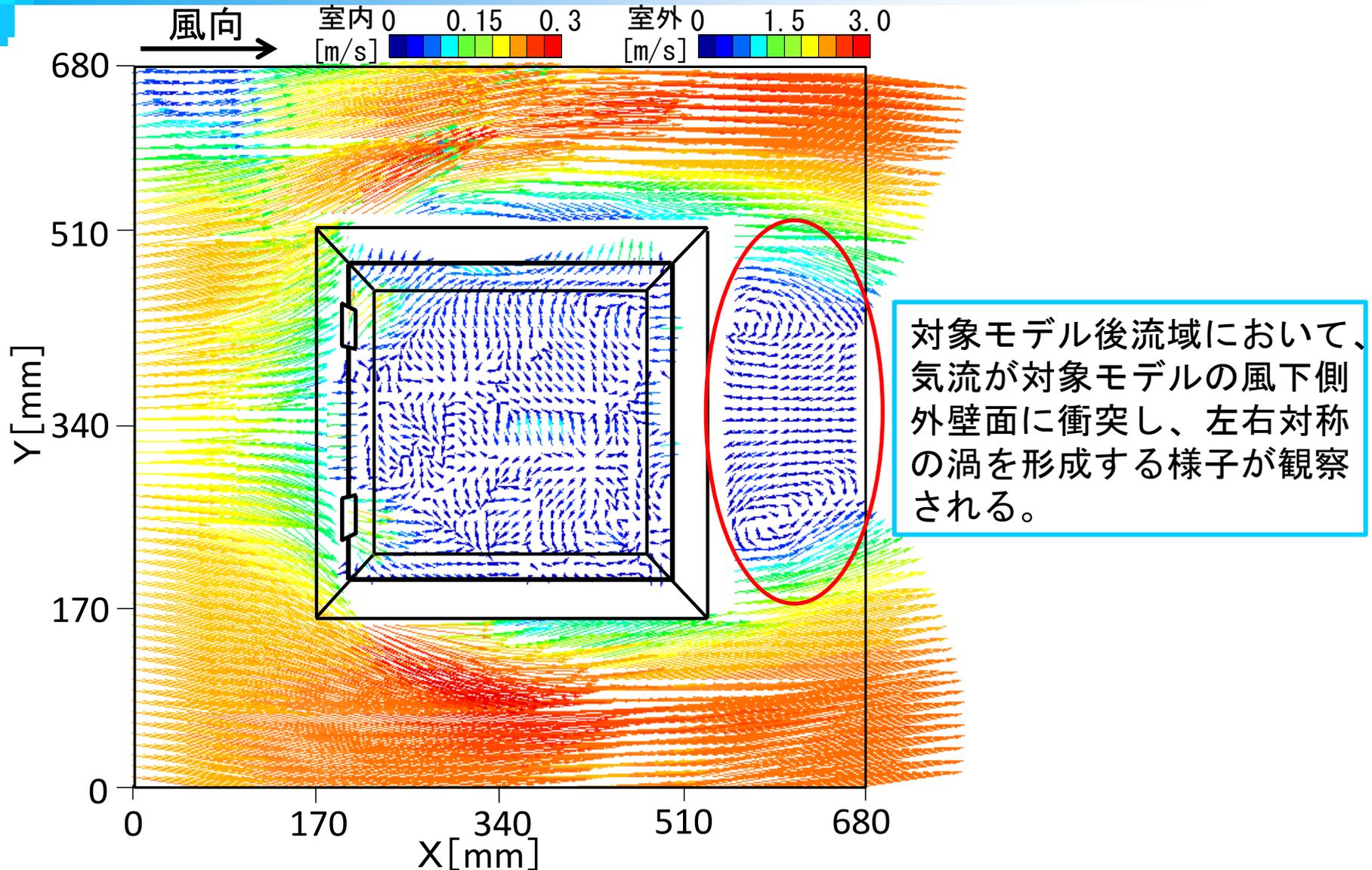
# 解析結果 (case1-1)



(b) case1-1における平均風速ベクトル

図3 PIV解析結果 (水平断面: case1-1)

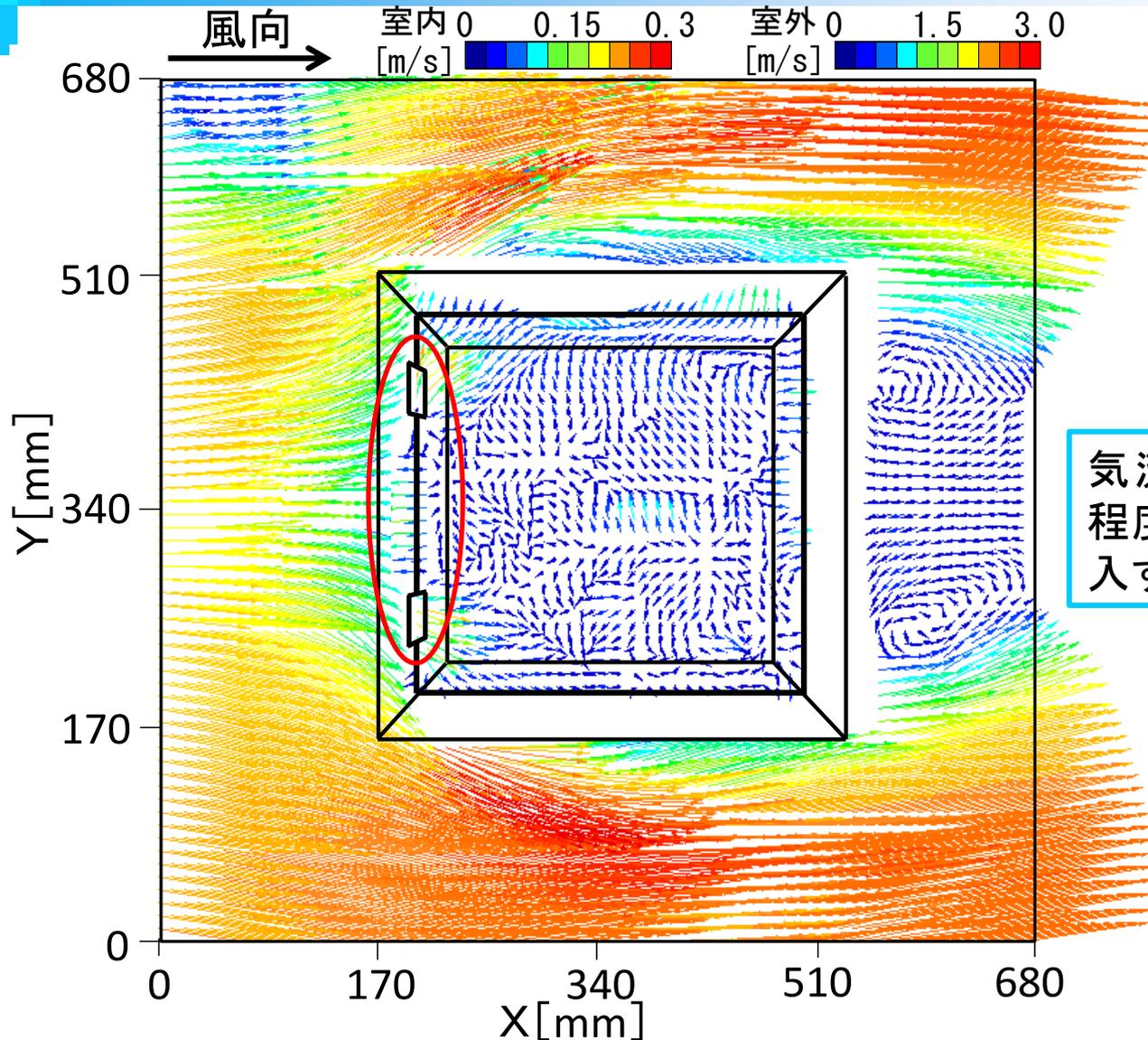
# 解析結果 (case1-1)



(b) case1-1における平均風速ベクトル

図3 PIV解析結果 (水平断面: case1-1)

# 解析結果 (case1-1)

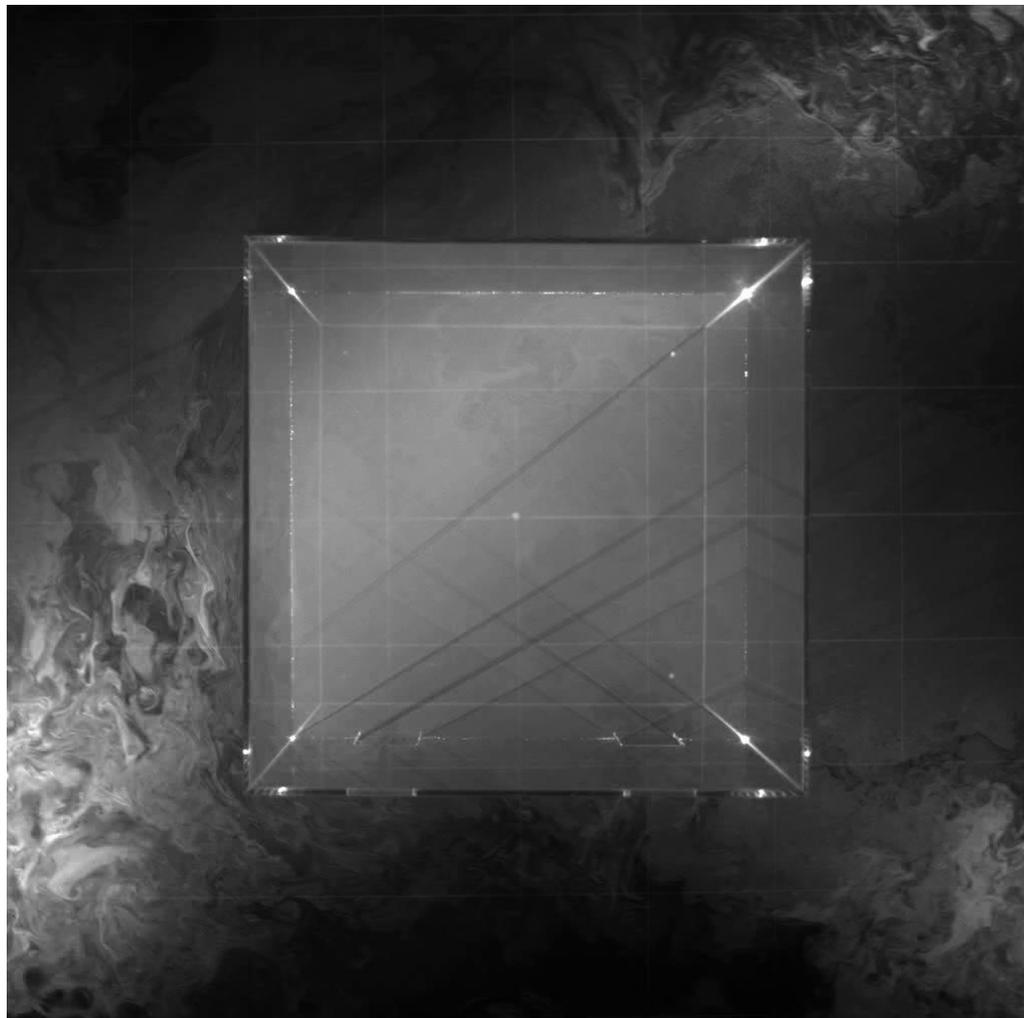


気流は風速0.05~0.15m/s程度で対象モデル室内に流入する。

(b) case1-1における平均風速ベクトル  
 図3 PIV解析結果 (水平断面:case1-1)

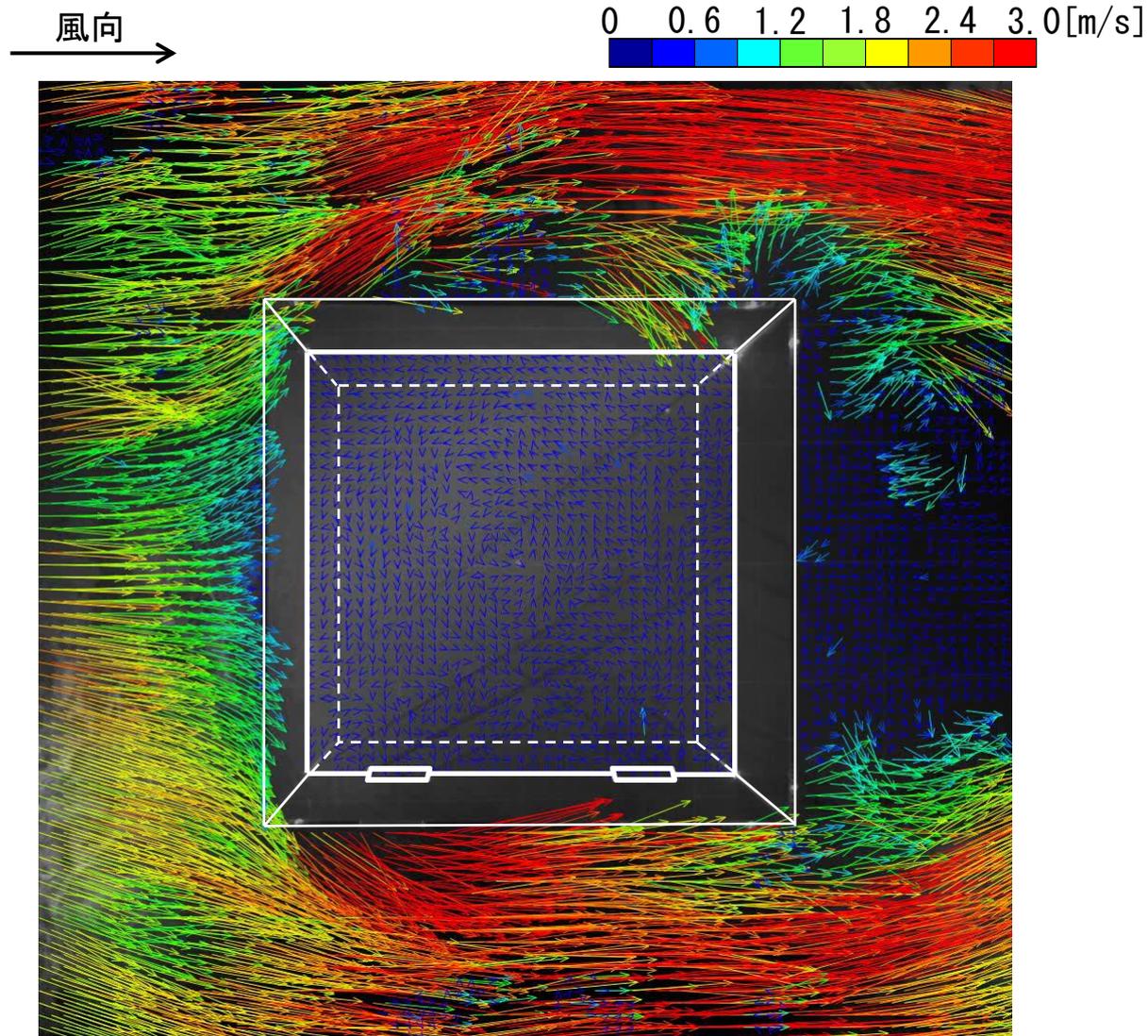
# 解析結果 (case2-1)

風向 →



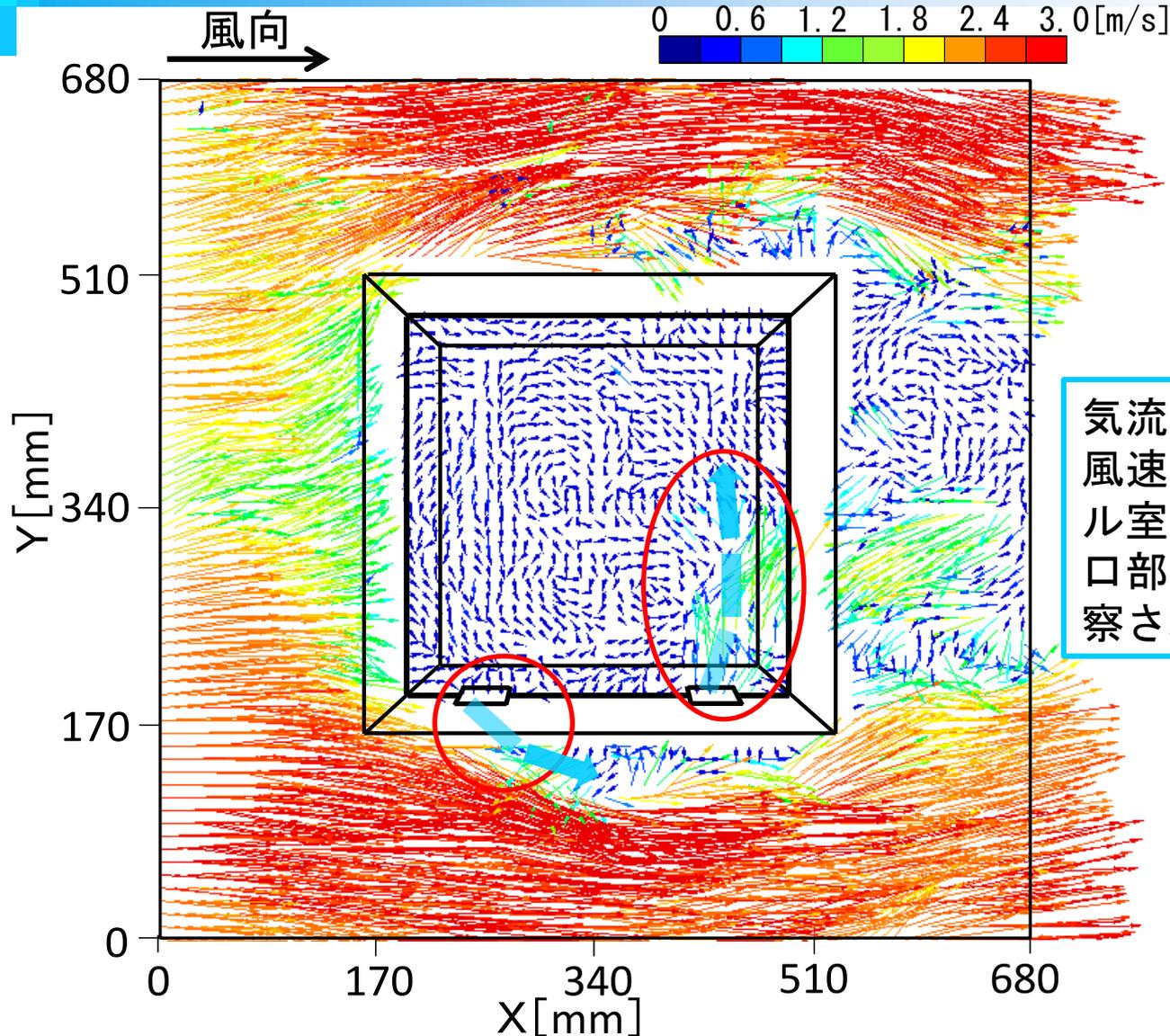
動画 case2-1における可視化動画

## 解析結果 (case2-1)



動画 case2-1におけるPIV解析結果

# 解析結果 (case2-1)

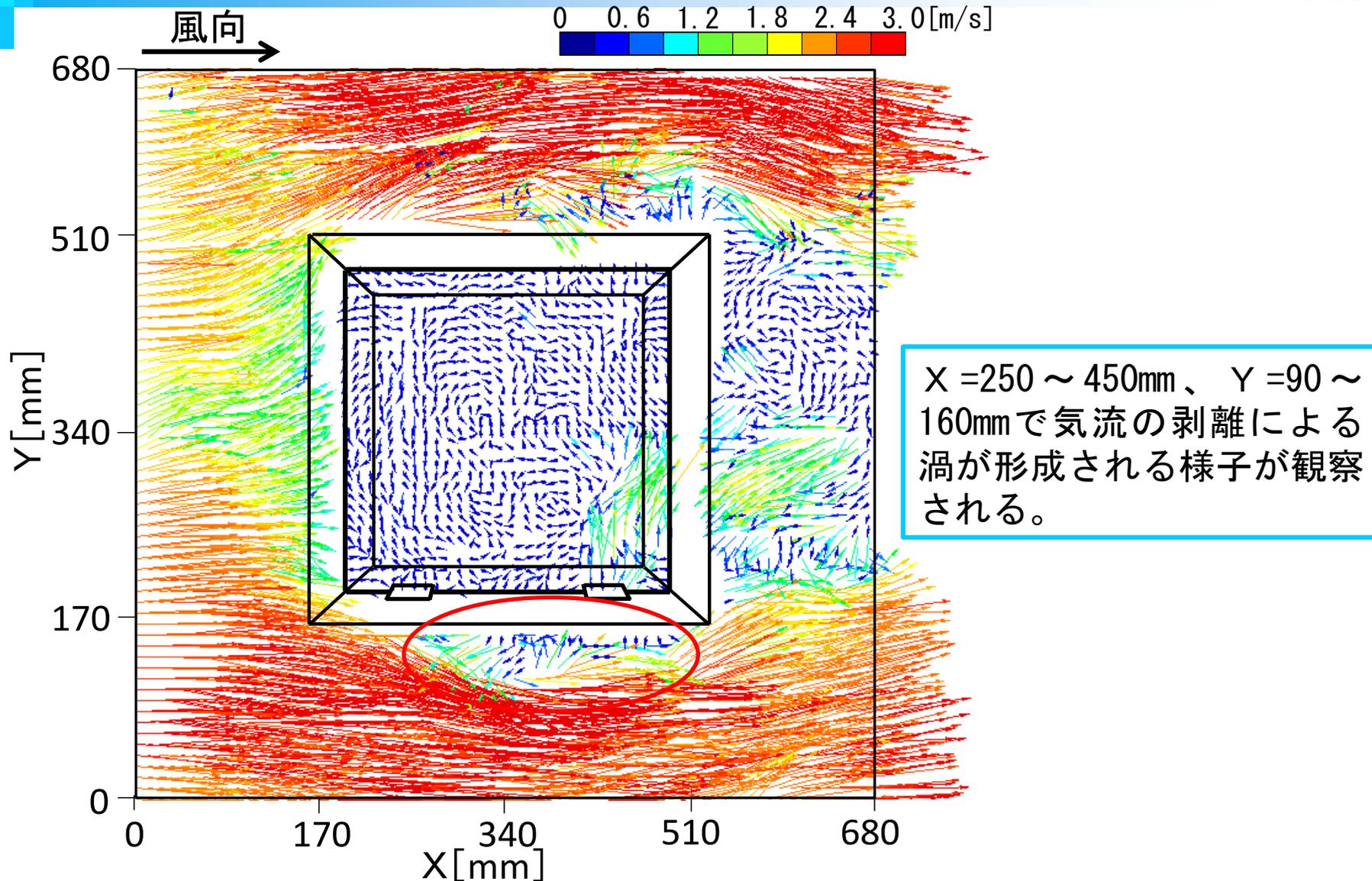


気流は風下側の開口部から風速1.5m/s程度で対象モデル室内に流入し、風上側開口部から流出する様子が観察される。

(a) case2-1における瞬時風速ベクトル

図4 PIV解析結果 (水平断面: case2-1)

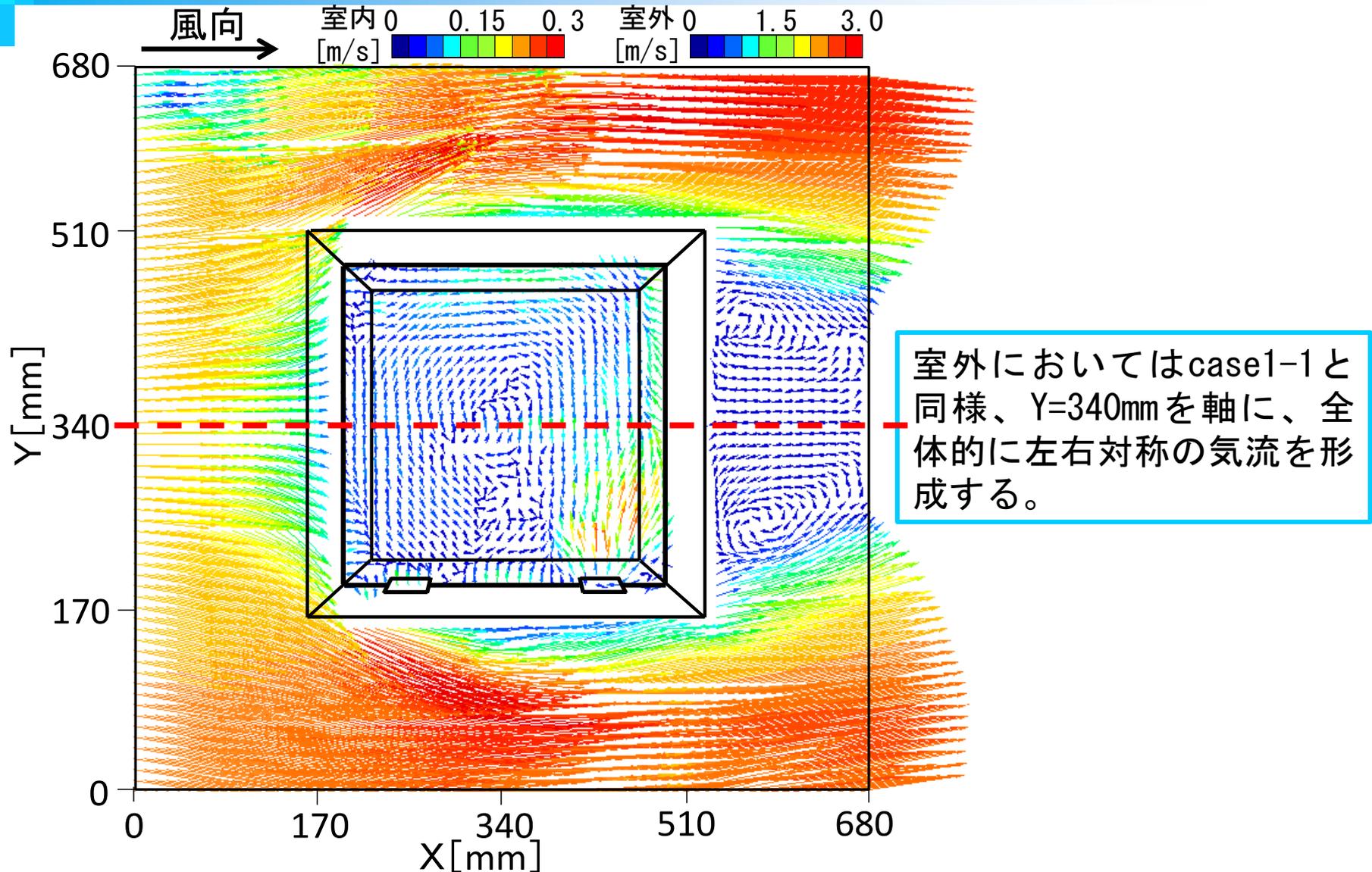
# 解析結果 (case2-1)



(a) case2-1における瞬時風速ベクトル

図4 PIV解析結果 (水平断面: case2-1)

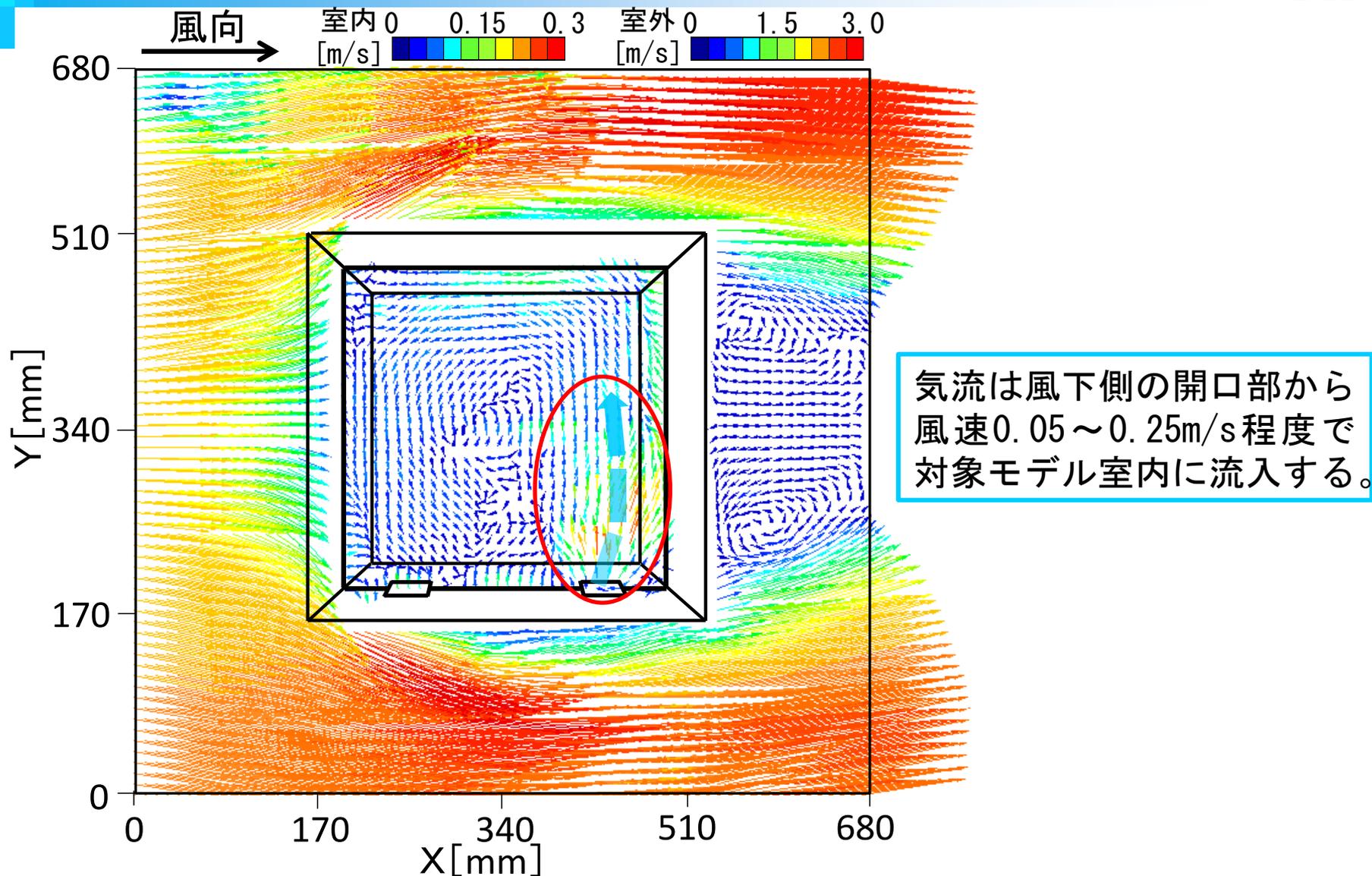
# 解析結果 (case2-1)



(b) case2-1における平均風速ベクトル

図4 PIV解析結果 (水平断面: case2-1)

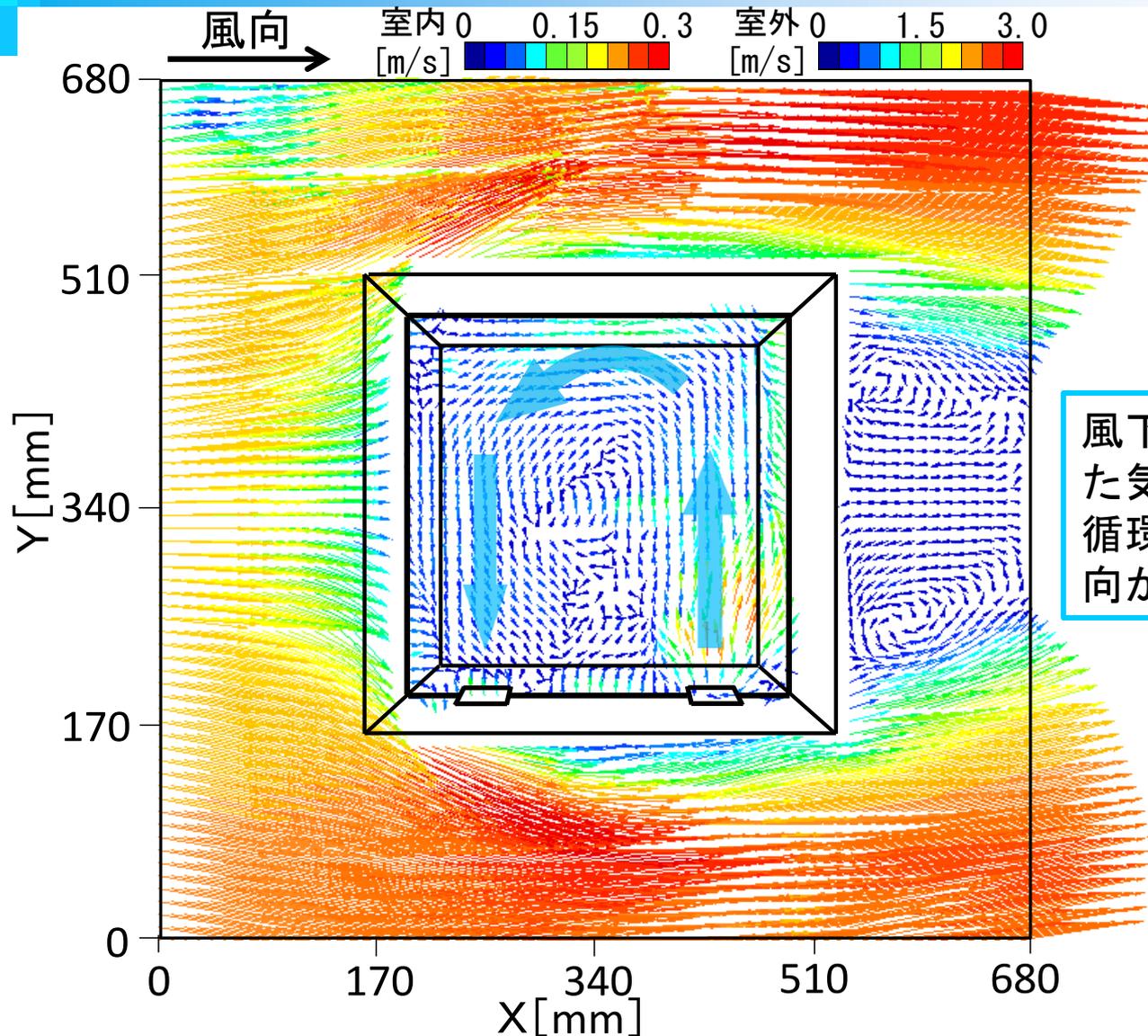
# 解析結果 (case2-1)



(b) case2-1における平均風速ベクトル

図4 PIV解析結果 (水平断面: case2-1)

# 解析結果 (case2-1)

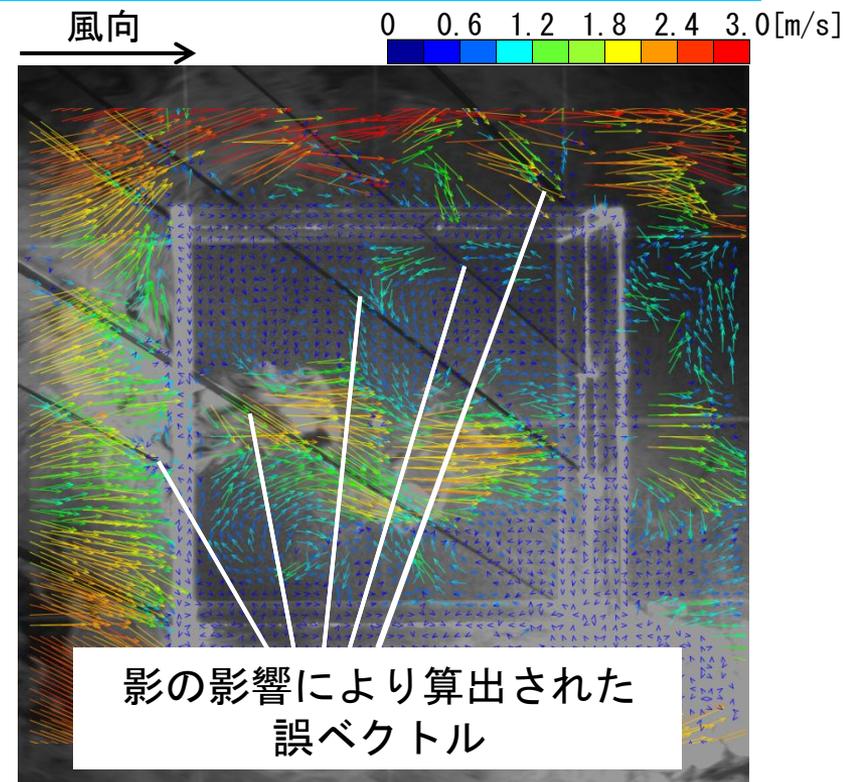
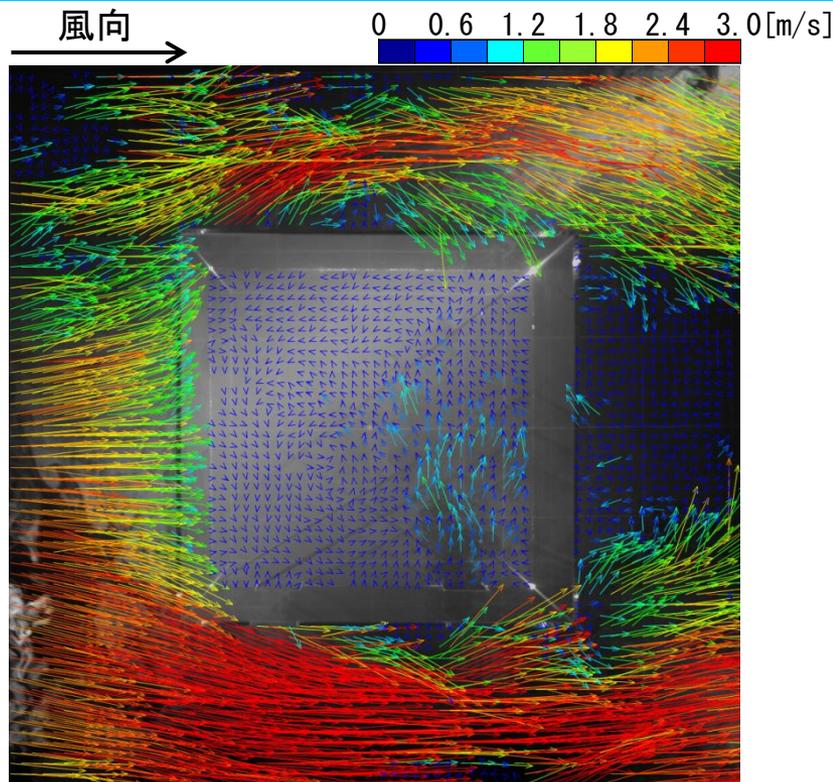


風下側の開口部から流入した気流が対象モデル室内を循環し、風上側の開口部へ向かう様子が観察される。

(b) case2-1における平均風速ベクトル  
 図4 PIV解析結果 (水平断面: case2-1)

# 測定結果

各測定caseにおいて、模型周辺から複数台のレーザで可視化したことにより、測定領域内で比較的均一な輝度値画像を取得することができる。又、模型壁面の接合部や開口部端部における屈折光による影は比較的薄く、測定結果に及ぼす影響は少ないと考えられる。



(a) レーザ3台を用いて取得した可視化画像 (b) レーザ1台を用いて取得した可視化画像  
 図 可視化画像(水平断面)

# まとめ

- ① case1において、風上壁面上に設けた両開口部から交互に気流の流入出が生じる様子が観察される。
- ② 対象モデル室外において、風向に対して平行な壁面付近に渦が形成される様子が観察される。
- ③ case2において、風上側からの気流が対象モデルに衝突し、開口部付近で剥離による渦を形成する。
- ④ 風下側の開口部から流入した気流が対象モデル室内を循環し、風上側の開口部へ向かう様子が観察される。