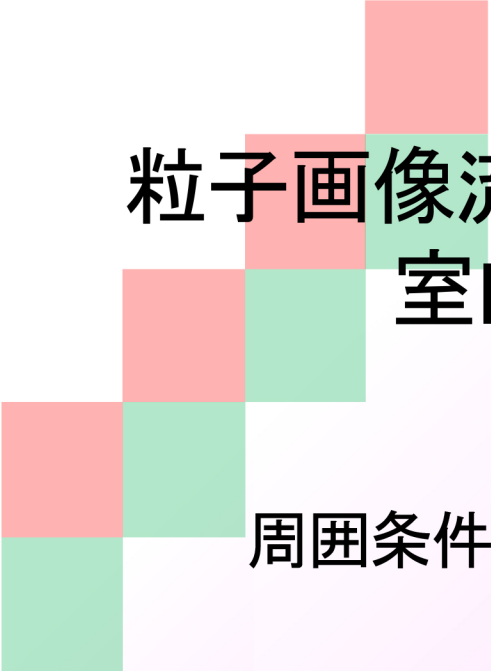




粒子画像流速測定法 (PIV) を用いた 室内外気流性状に関する基礎的研究

周囲条件を変化させた場合の通風時の室内外気流性状

指導教員

吉弘 崇滉
赤林 伸一 教授



市街地の住宅では**高密度化**が進んでおり、**自然通風を十分に得ることは困難**になりつつある。しかし、風通しの良し悪しは住宅性能の一つであり省エネルギーに関しても重要な要素である。

窓を開放した時の室内外気流性状を把握することは、**計画的かつ効率的**に自然通風を行い、**快適な室内環境を形成**する上で重要である。



本研究では風向に対して平行な同一壁面上に2つの開口を持つ住宅モデルを対象に大型境界層風洞^{注1)}を用いた**流れの可視化**及び**粒子画像流速測定法 (PIV)**による解析を行う。

PIV (Particle Image Velocimetry) 解析



流れの中に微細なトレーサ粒子を混入させ、その動きを動画として撮影し、個々の微粒子あるいは微粒子群の**移動距離**と**撮影間隔**から**速度ベクトル**を推定する方法の総称である。

注 1) 新潟工科大学所有 (1,800 [mm] (幅) × 1,800 [mm] (高さ) × 16,000 [mm] (長さ))。



研究目的

開口部に**ガイドベーン**（風力換気促進装置：GV）を設置した住宅モデルの周囲に、**開口を閉鎖した住宅及び壁^{注2)}**を配置し、**GV, 建物周囲条件が住宅モデル内外の気流性状に与える影響**を検討することを目的とする。



図 ガイドベーン

注2) 300[mm] (高さ) × 300[mm] (幅) × 3[mm] (厚さ) のアクリル板を使用する。



解析case

表 1 解析case

解析case		GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
		風上側開口	風下側開口		
case1	1-1 (a)	なし		壁	100
	1-1 (b)				200
	1-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	1-2 (b)				200
case2	2-1 (a)	風上側	風下側	壁	100
	2-1 (b)				200
	2-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	2-2 (b)				200
case3	3-1 (a)	風下側	風上側	壁	100
	3-1 (b)				200
	3-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	3-2 (b)				200

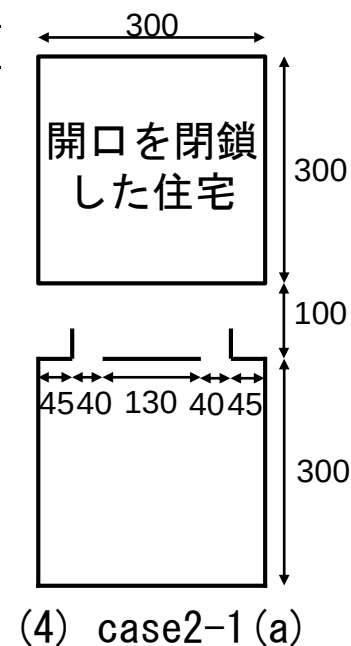
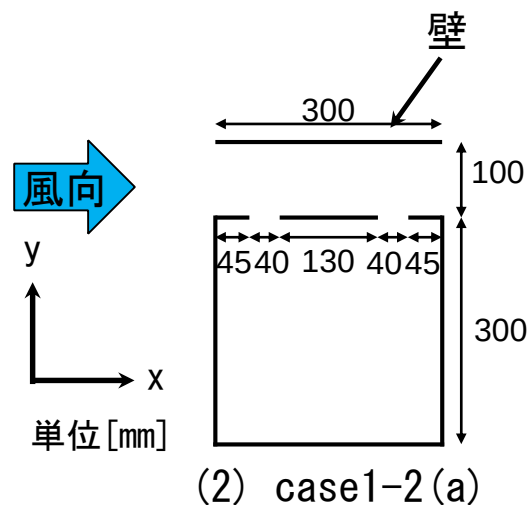
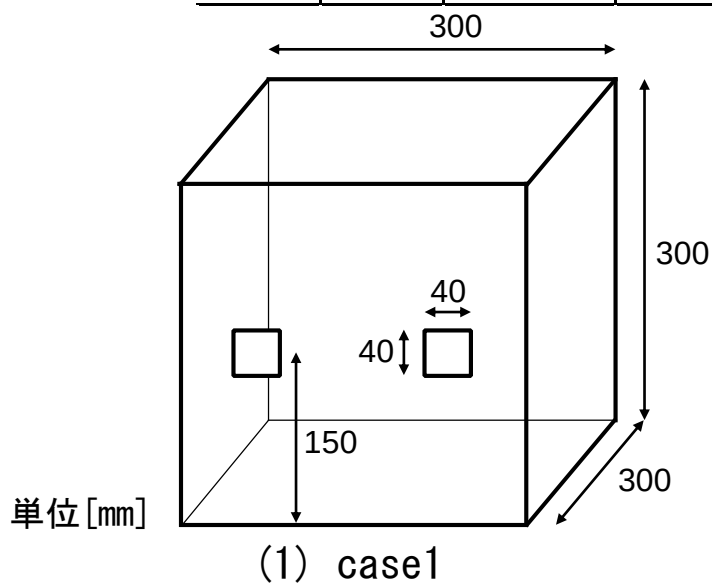


図 1 住宅モデルの概要



解析case

表 1 解析case

解析case		GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
		風上側開口	風下側開口		
case1	1-1 (a)	なし		壁	100
	1-1 (b)				200
	1-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	1-2 (b)				200

住宅モデルは一边**300** [mm] の立方体とする。

case3	2-2 (a)	風下側	風上側	開口を閉鎖した住宅	100
	2-2 (b)				200
	3-1 (a)			壁	100
	3-1 (b)				200
	3-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	3-2 (b)				200

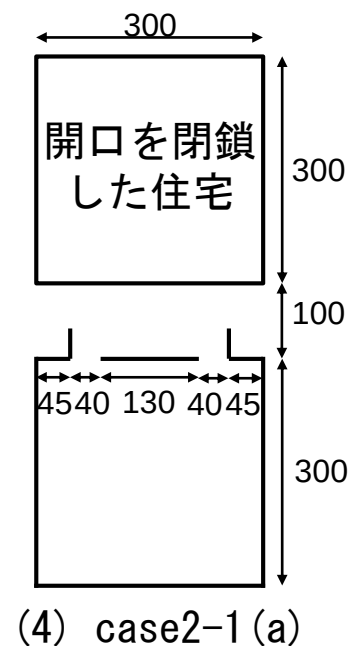
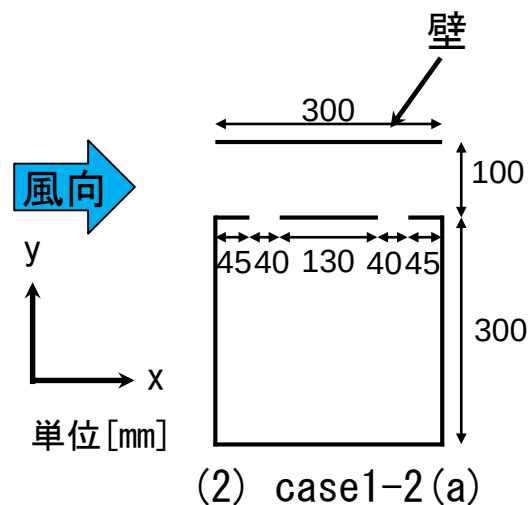
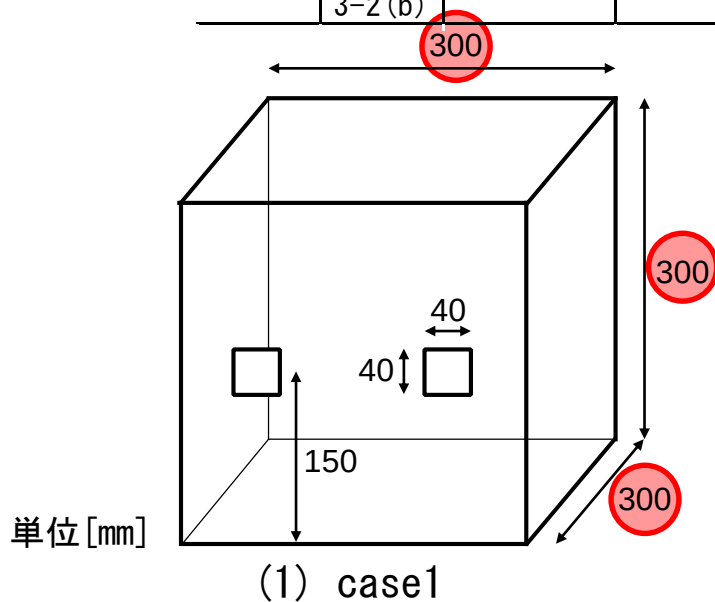


図 1 住宅モデルの概要



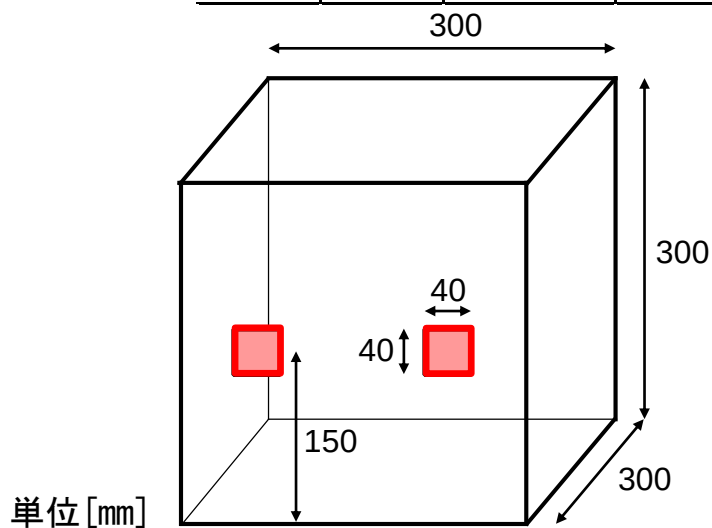
解析case

表 1 解析case

解析case		GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
		風上側開口	風下側開口		
case1	1-1 (a)	なし		壁	100
	1-1 (b)				200
	1-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	1-2 (b)				200

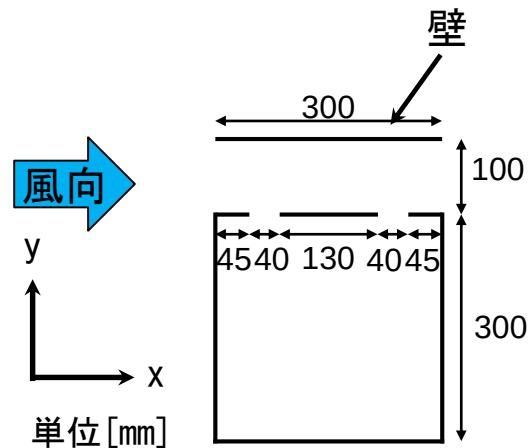
風向に平行な同一壁面に**一辺40** [mm] の開口を **2** 箇所設ける。case1ではGVは設置しない。

case3	3-1 (a)	風下側	風上側	壁	100
	3-1 (b)				200
	3-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	3-2 (b)				200



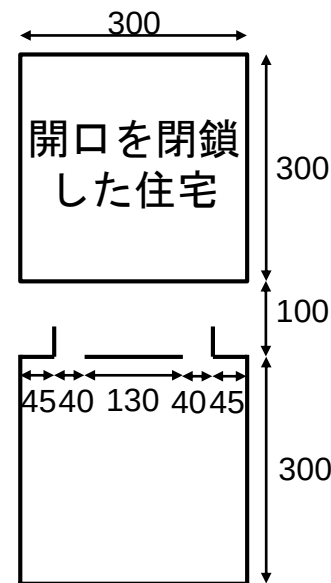
単位 [mm]

(1) case1



単位 [mm]

(2) case1-2 (a)



(4) case2-1 (a)

図 1 住宅モデルの概要



解析case

表 1 解析case

解析case		GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
		風上側開口	風下側開口		
case1	1-1 (a)	なし		壁	100
	1-1 (b)				200
	1-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	1-2 (b)				200

case2では風上側開口部の風上側と風下側開口部の風下側に設置する。

case3	3-1 (a)	風下側	風上側	壁	100
	3-1 (b)				200
	3-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	3-2 (b)				200

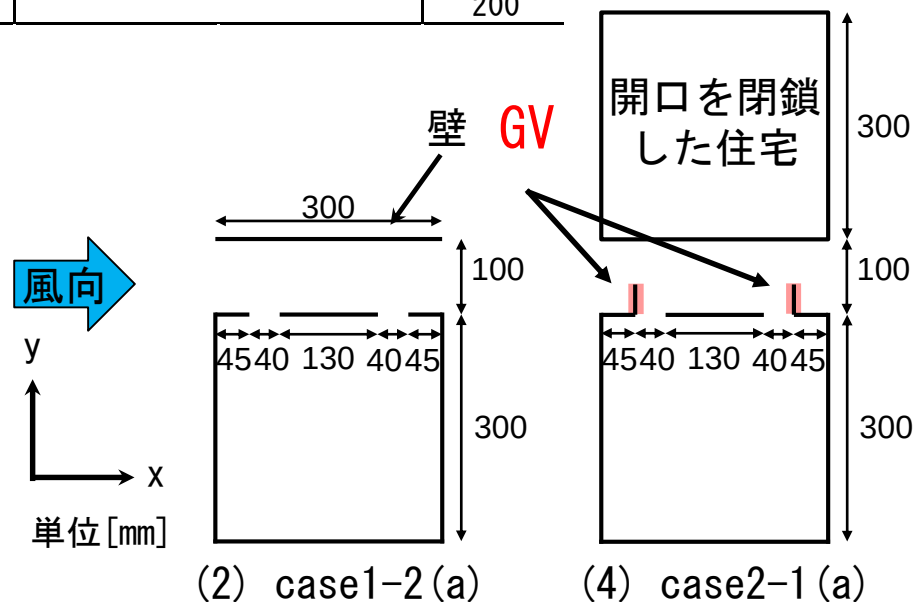
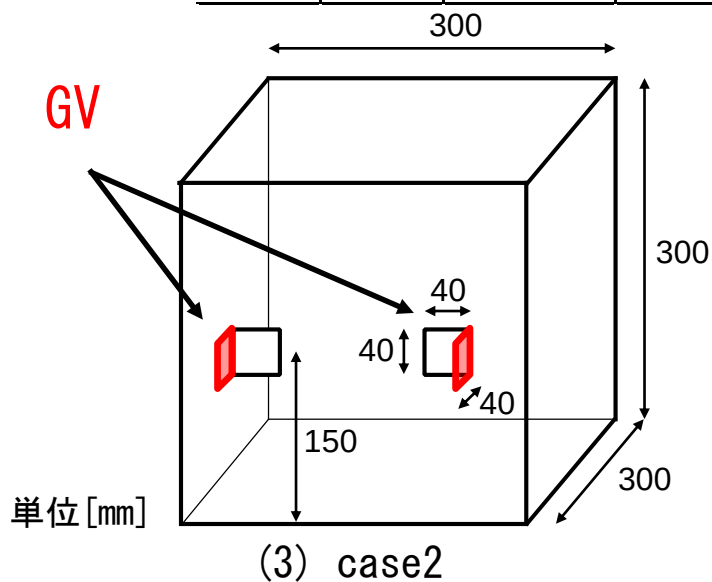


図 1 住宅モデルの概要



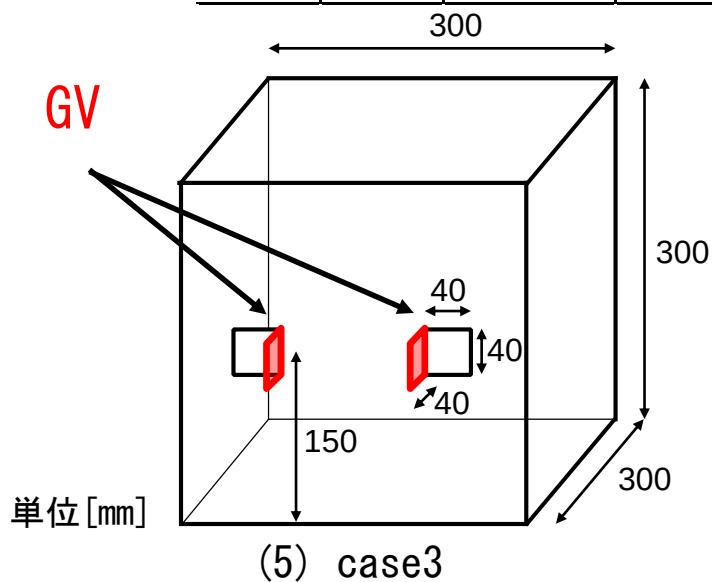
解析case

表 1 解析case

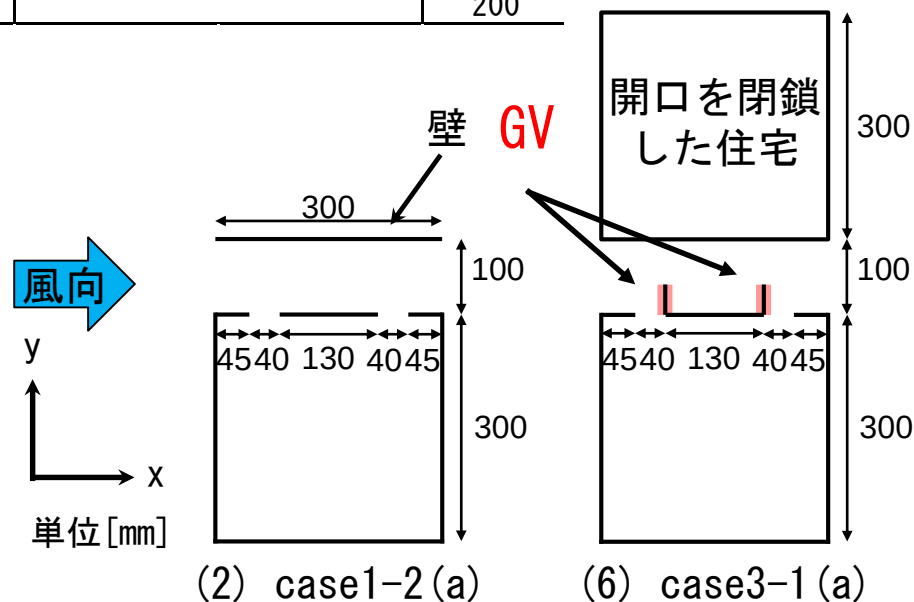
解析case		GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
		風上側開口	風下側開口		
case1	1-1 (a)	なし		壁	100
	1-1 (b)				200
	1-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	1-2 (b)				200

case3では風上側開口部の風下側と風下側開口部の風上側に設置する。

case3	3-1 (a)	風下側	風上側	壁	100
	3-1 (b)				200
	3-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	3-2 (b)				200



(5) case3



(2) case1-2 (a)

(6) case3-1 (a)

図 1 住宅モデルの概要



解析case

表 1 解析case

解析case		GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
		風上側開口	風下側開口		
case1	1-1 (a)	なし		壁	100
	1-1 (b)				200
	1-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	1-2 (b)				200

GVの寸法は開口部と同一とし開口面に垂直に取り付ける。

case3	3-1 (a)	風下側	風上側	壁	100
	3-1 (b)				200
	3-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	3-2 (b)				200

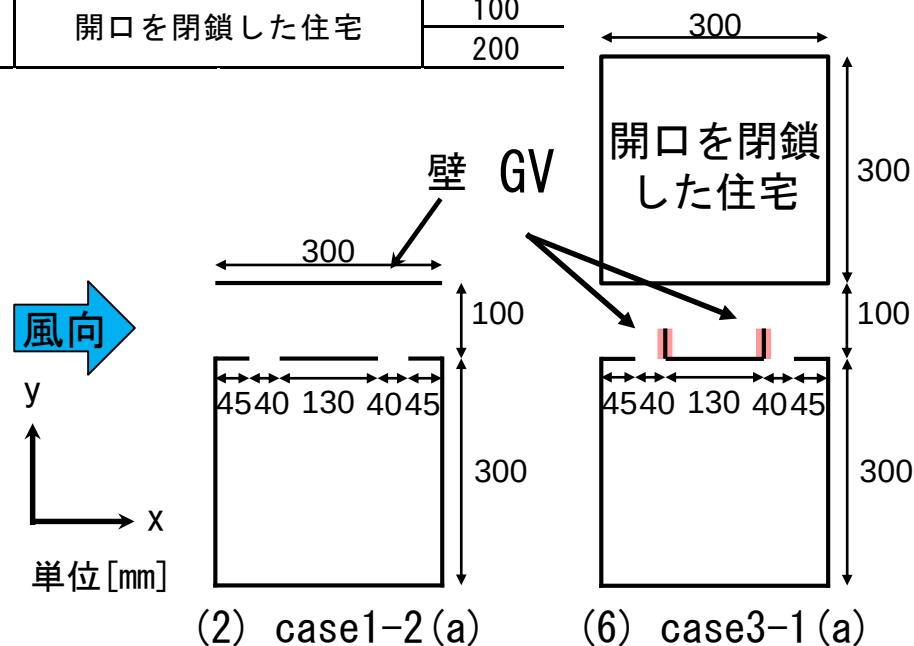
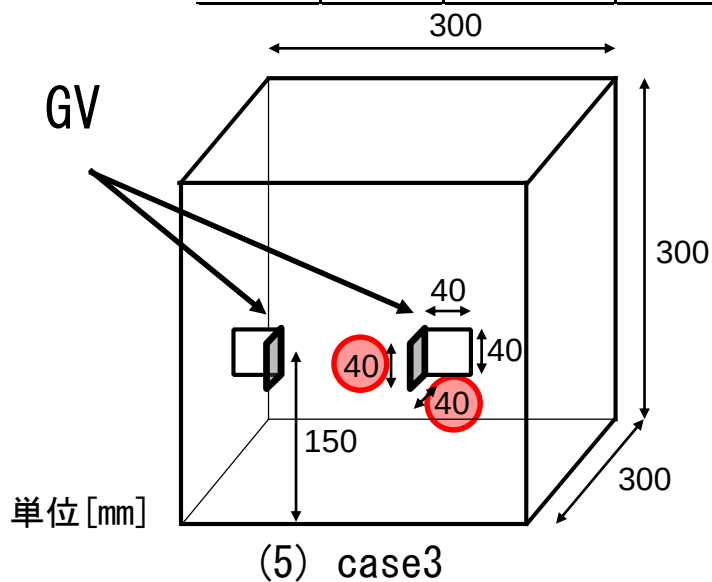


図 1 住宅モデルの概要

表 1 解析case

建物周囲条件は開口を閉鎖した住宅及び壁を隣接して設置した場合とする。

(6) case3-1 (a)

図 1 住宅モデルの概要



解析case

表 1 解析case

解析case		GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
		風上側開口	風下側開口		
case1	1-1 (a)	なし		壁	100
	1-1 (b)				200
	1-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	1-2 (b)				200

隣棟間隔は100 [mm] 及び200 [mm] とする。

case3	2-2 (a)	風下側	風上側	開口を閉鎖した住宅	100
	2-2 (b)				200
	3-1 (a)			壁	100
	3-1 (b)				200
	3-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	3-2 (b)				200

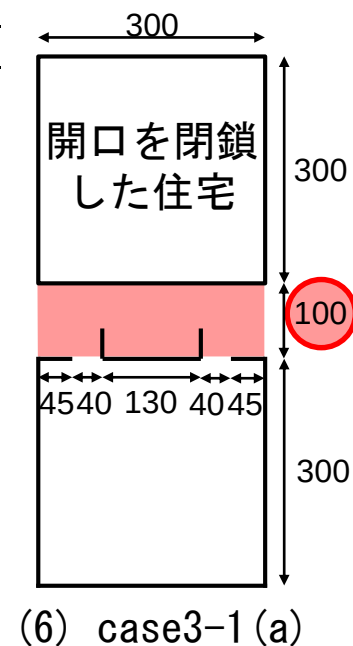
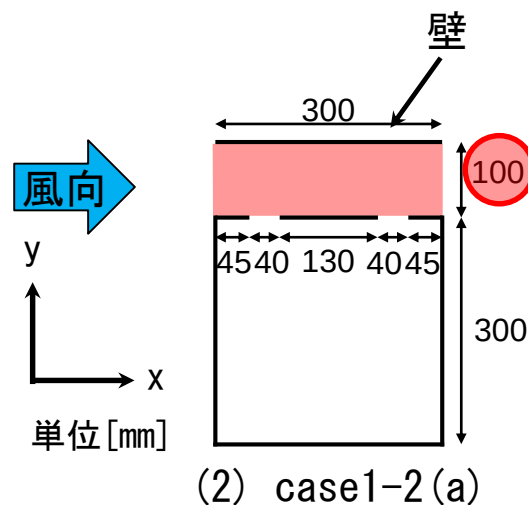
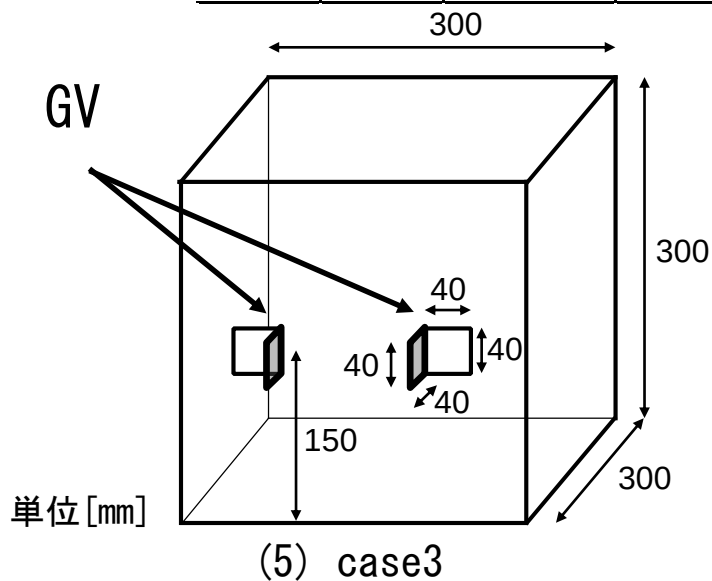


図 1 住宅モデルの概要



解析case

表 1 解析case

解析case		GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
		風上側開口	風下側開口		
case1	1-1 (a)	なし		壁	100
	1-1 (b)				200
	1-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	1-2 (b)				200

測定対象断面は床面から高さ150 [mm] の開口部中心の水平断面とする。

case3	3-1 (a)	風下側	風上側	壁	100
	3-1 (b)				200
	3-2 (a)			開口を閉鎖した住宅	100
	3-2 (b)				200

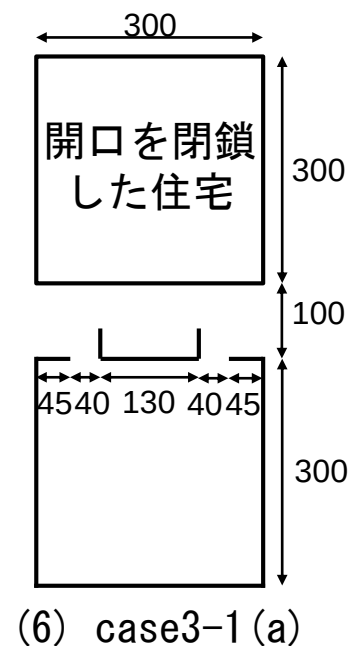
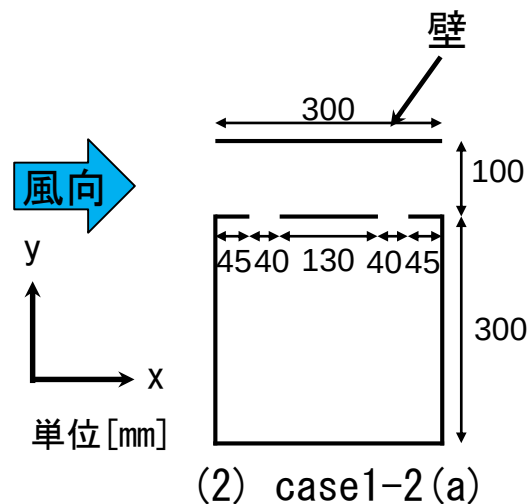
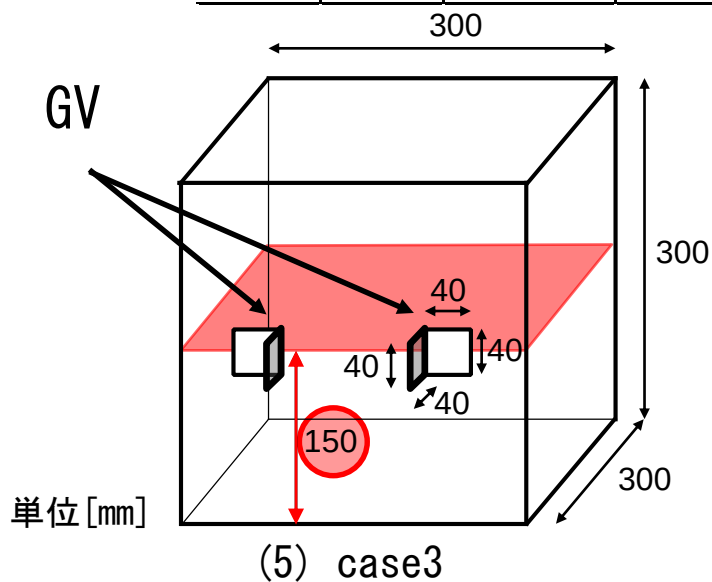


図 1 住宅モデルの概要



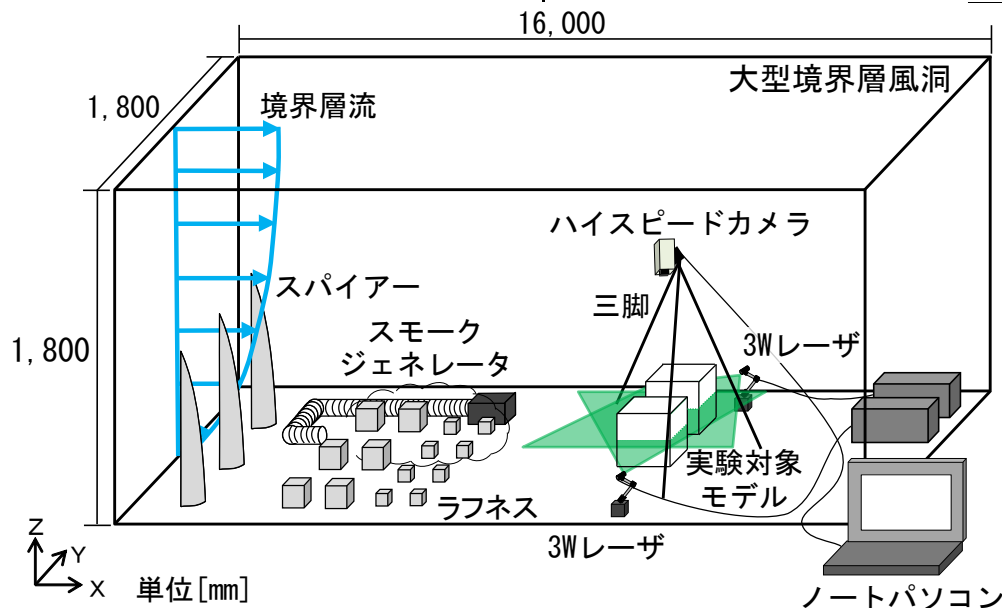
実験条件

表2 PIV測定パラメータ

測定断面	水平断面
画像サイズ[pixel]	1,024×1,024
キャリブレーション値 [mm/pixel]	0.735
測定対象領域[mm]	764×764
測定時間[sec]	22
測定間隔	4[ms] (250[fps])
検査領域[pixel]	15×15
探査領域[pixel]	±11×±11

表3 実験機器の仕様

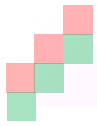
Camera	ハイスピードカメラ	Photron FASTCAM SA3
Laser	DPGL-3W	LD励起Ld:YAG/YVO ₄ レーザ 波長:532[nm] 出力:3[W]×2台
SoftWare	カメラ制御	Photron FASTCAM Viewer ver. 3.3.8
	PIV解析	Flow-Expert ver1.2.13.0



シーディングには難燃性のスモークを使用し、スモークジェネレータは風洞の風上側において可能な限り気流に影響を与えない位置に配置する。

接近流は $U \propto Z^{1/4}$ (U: 風速、Z: 高さ) の流入プロファイルを持つ。

図2 風洞内における実験装置の概要

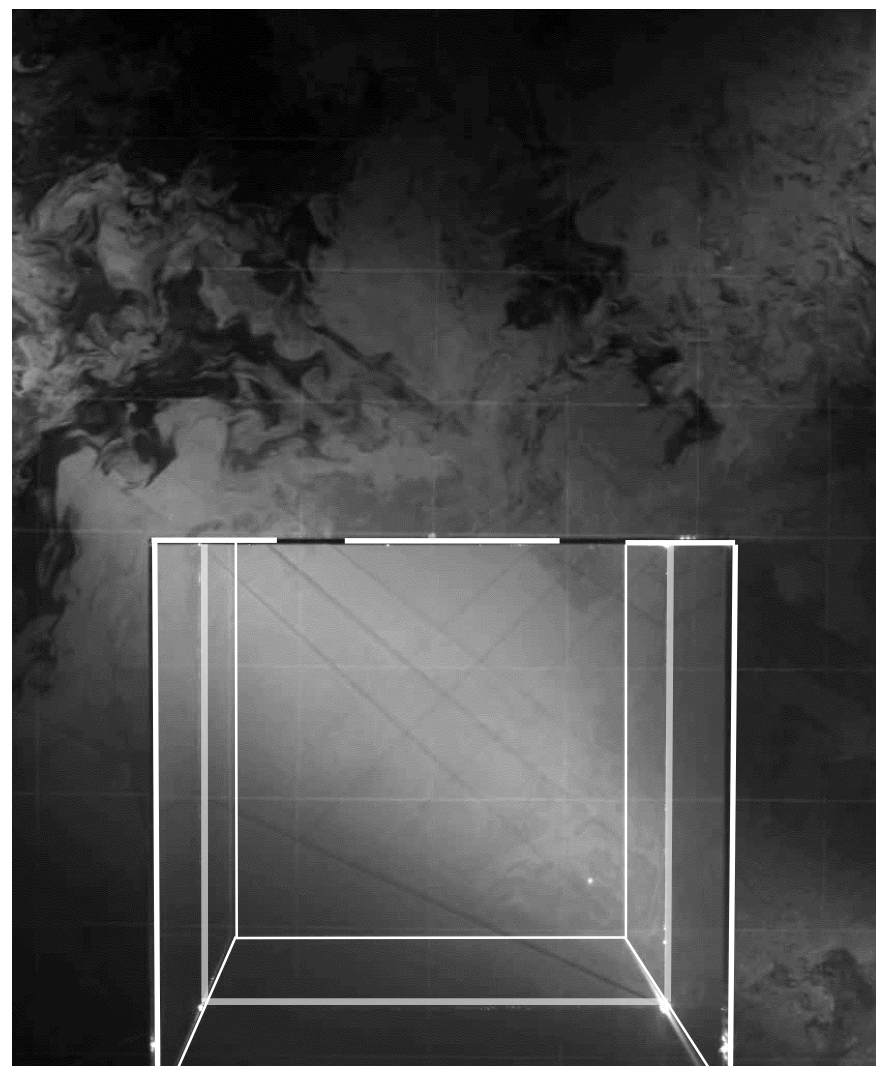


解析結果

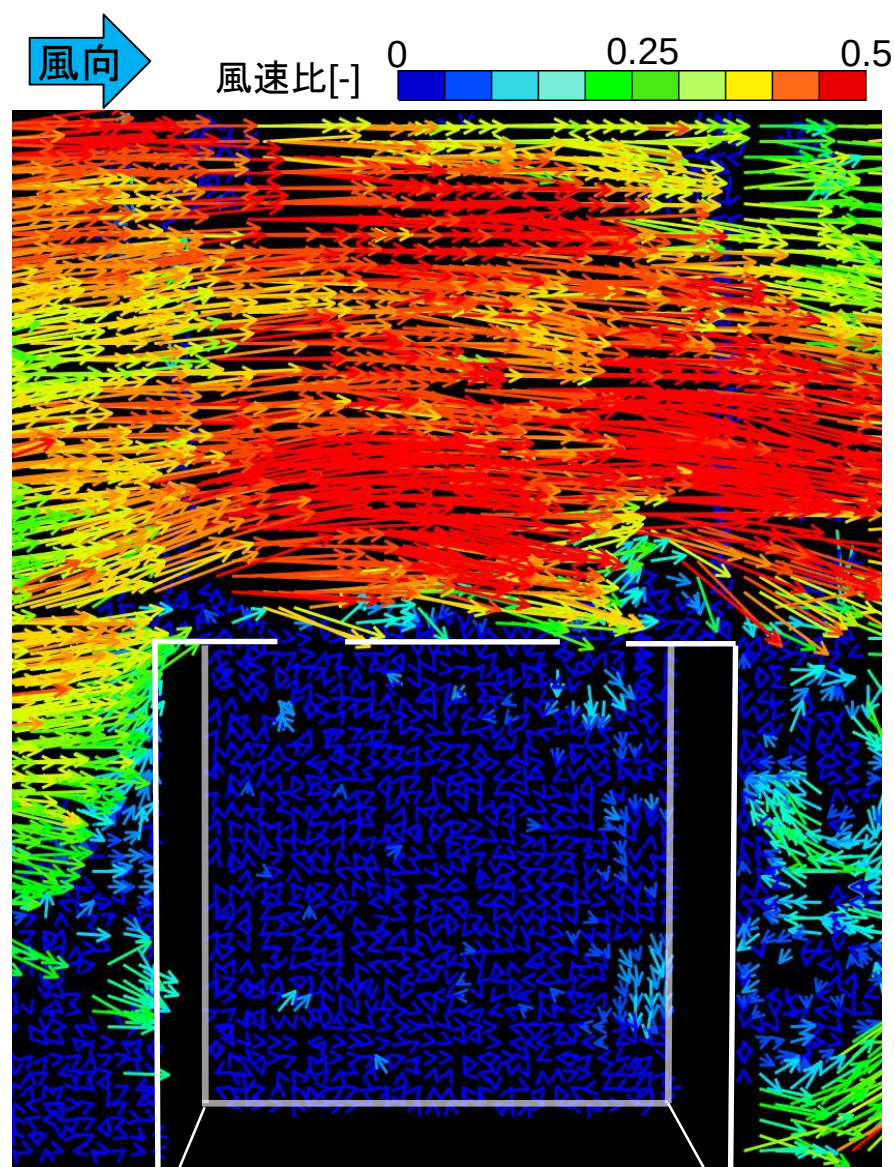
PIV解析結果は、風洞内の基準高さ1.0[m]の風速である基準風速3.0[m/s]に対する風速比として示す。各caseの平均風速比ベクトル分布の室内の風速比の長さは2倍として示す。



PIV解析結果 case1 (単体住宅モデル)



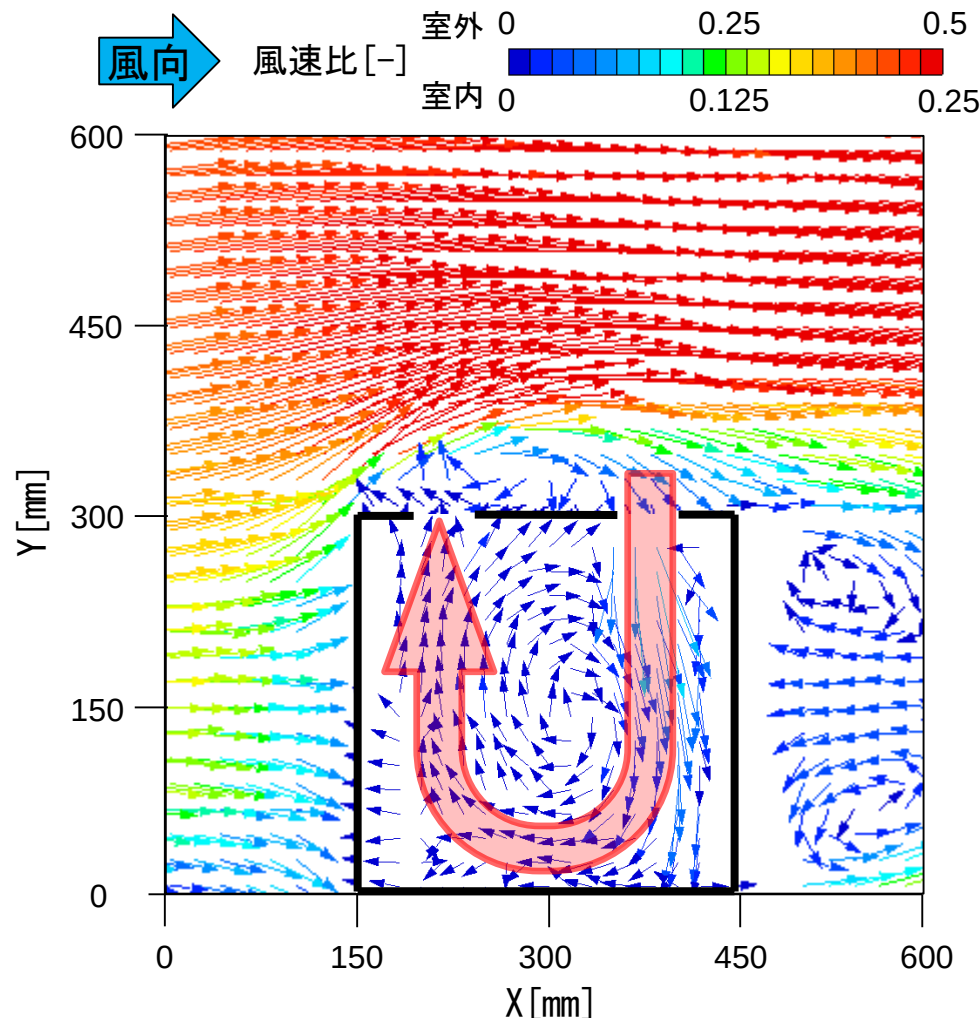
動画 case1 (単体) における可視化結果



動画 case1 (単体) におけるPIV解析結果



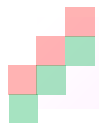
PIV解析結果 case1 (単体住宅モデル)



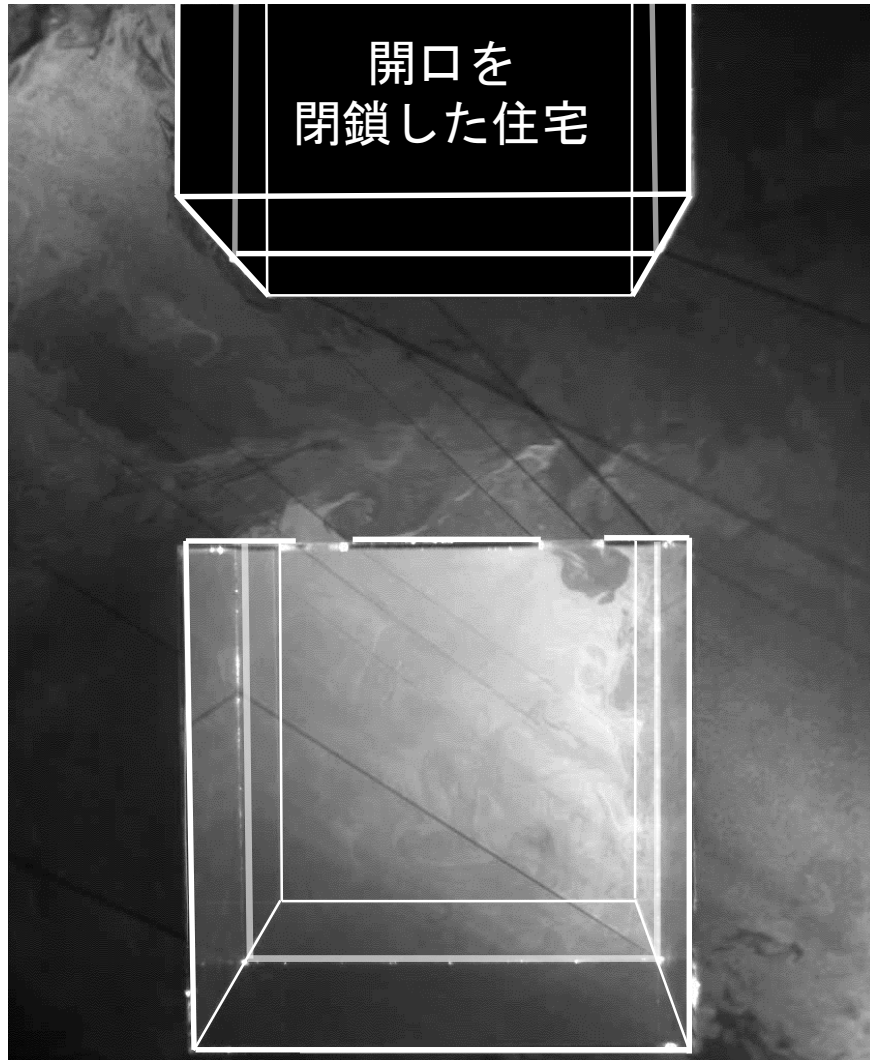
風下側開口部から流入し室内壁面を沿うように流れる循環流を形成し、風上側開口部から流出する。風下側開口部では**開口部に垂直方向**に流入する傾向がある。

(1) case1 (単体)

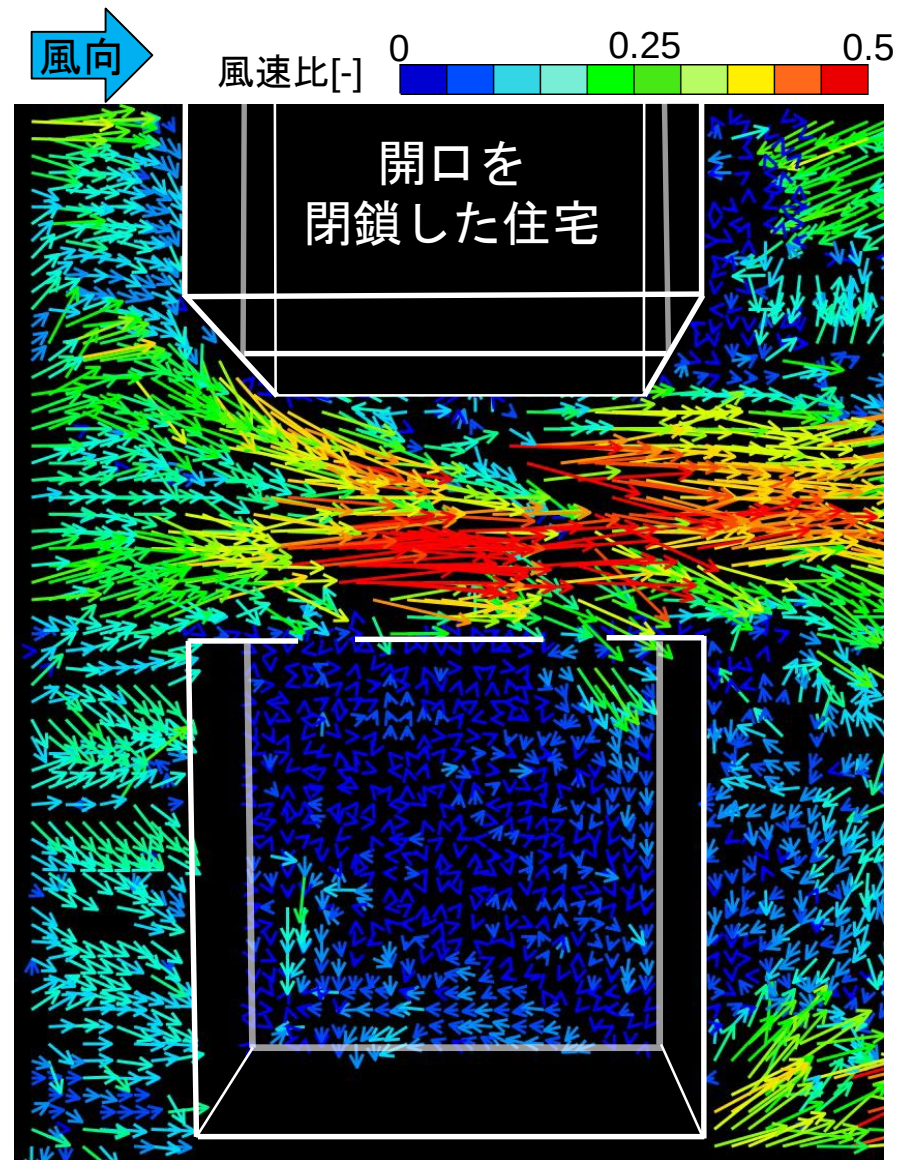
図3 各caseの単体住宅モデルの平均風速比ベクトル分布



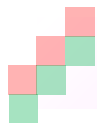
PIV解析結果 case1-1 (b)



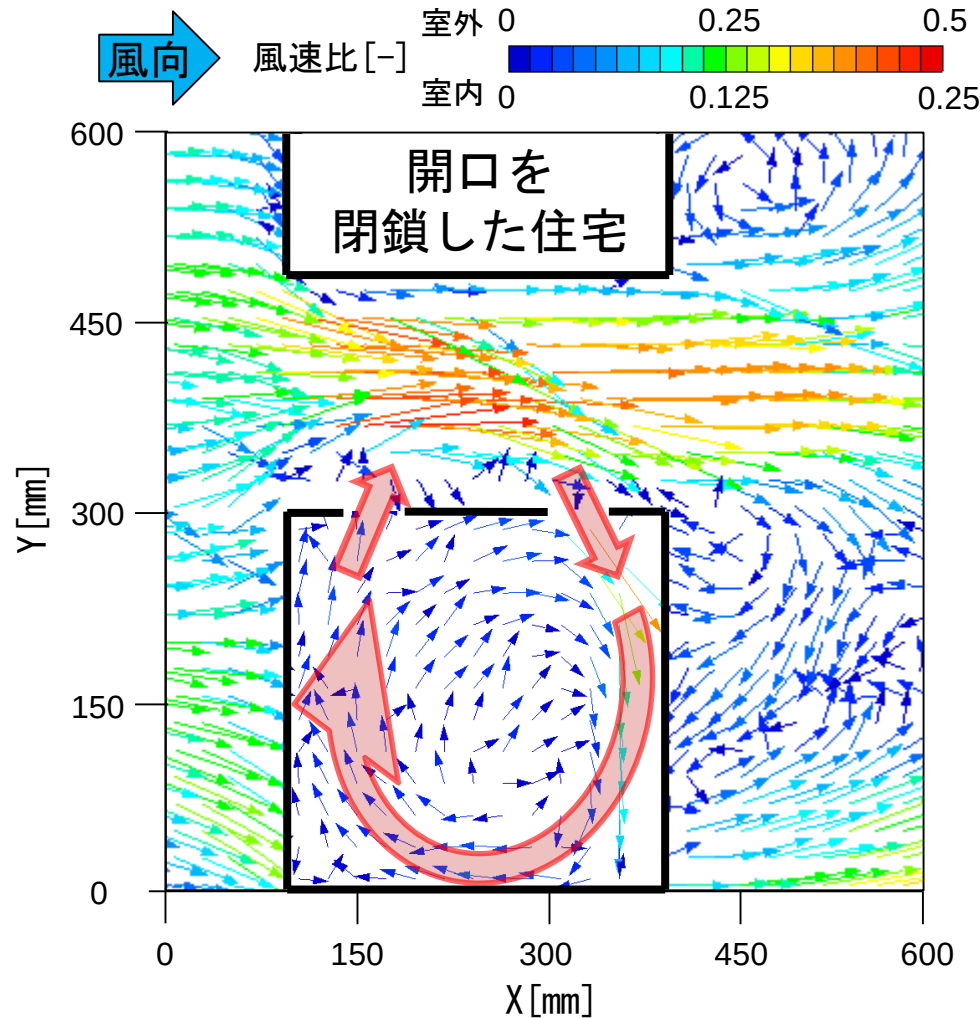
動画 case1-1 (b) における可視化結果



動画 case1-1 (b) におけるPIV解析結果



PIV解析結果 case1-1 (b)



(2) case1-1 (b)

図4 case1の平均風速比ベクトル分布

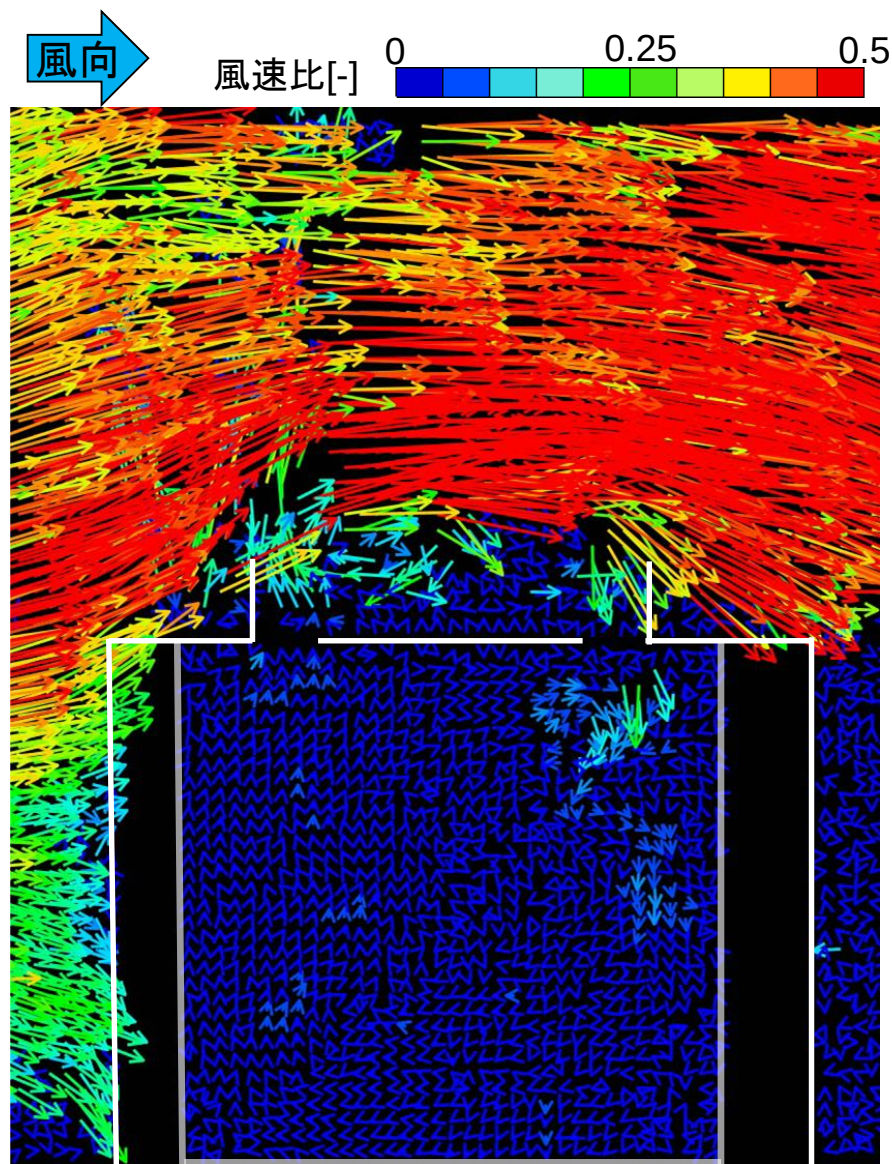
風速比0.2程度で室内風下側壁面に沿うように流入し、風速比0.05程度で流出する。
壁を配置した場合と比べ流入気流の風速比は大きくなり、隣棟間隔100[mm]の場合と比べ開口付近の流入気流の風速比は大きくなる。



PIV解析結果 case2(単体住宅モデル)



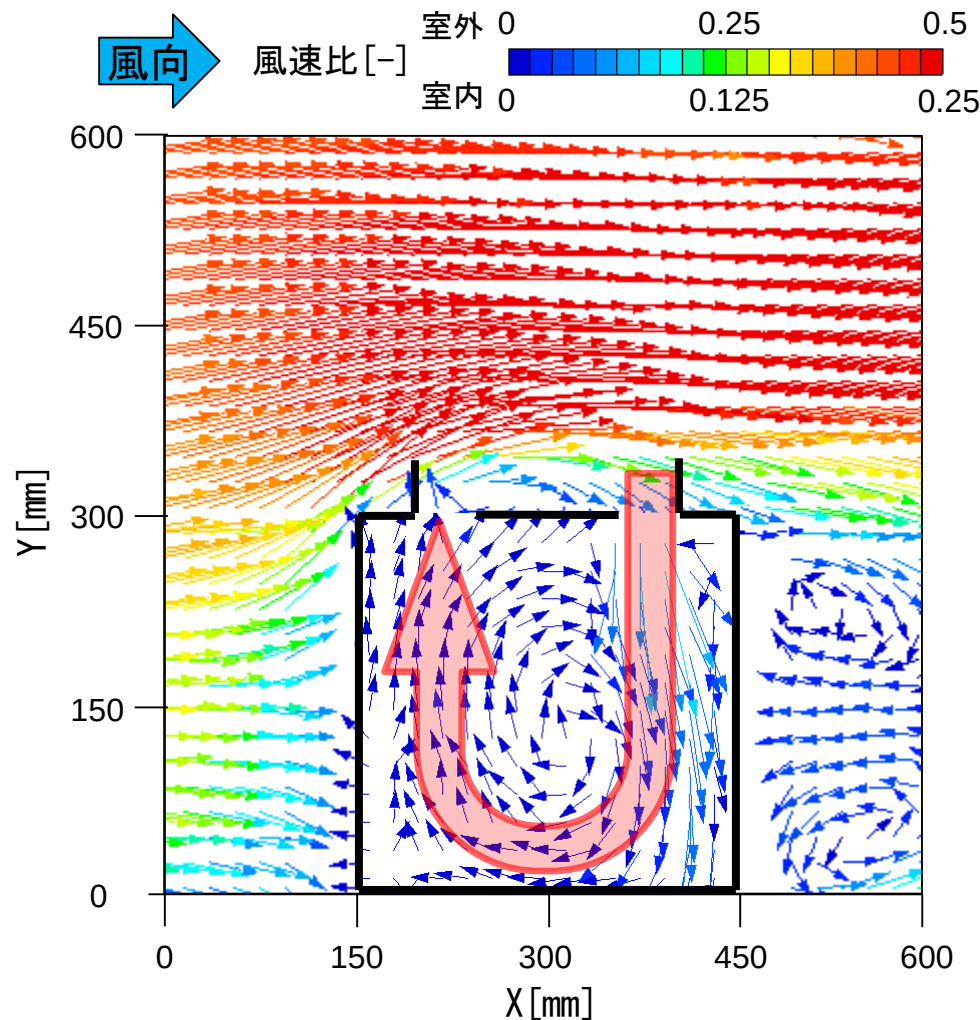
動画 case2(単体)における可視化結果



動画 case2(単体)におけるPIV解析結果



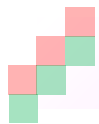
PIV解析結果 case2 (単体住宅モデル)



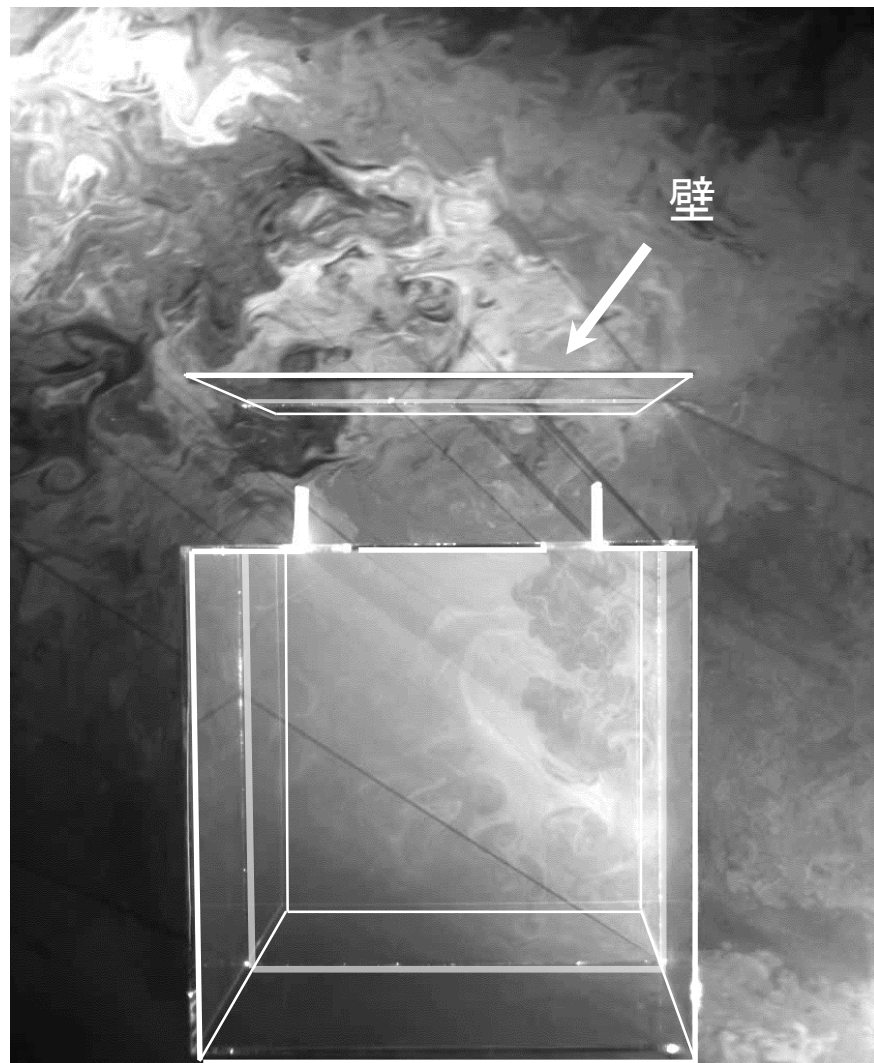
風下側開口部から流入し室内壁面を沿うように流れる循環流を形成し、風上側開口部から流出する。case1と同様に、風下側開口部では開口部に**垂直方向**に流入する傾向がある。

(2) case2 (単体)

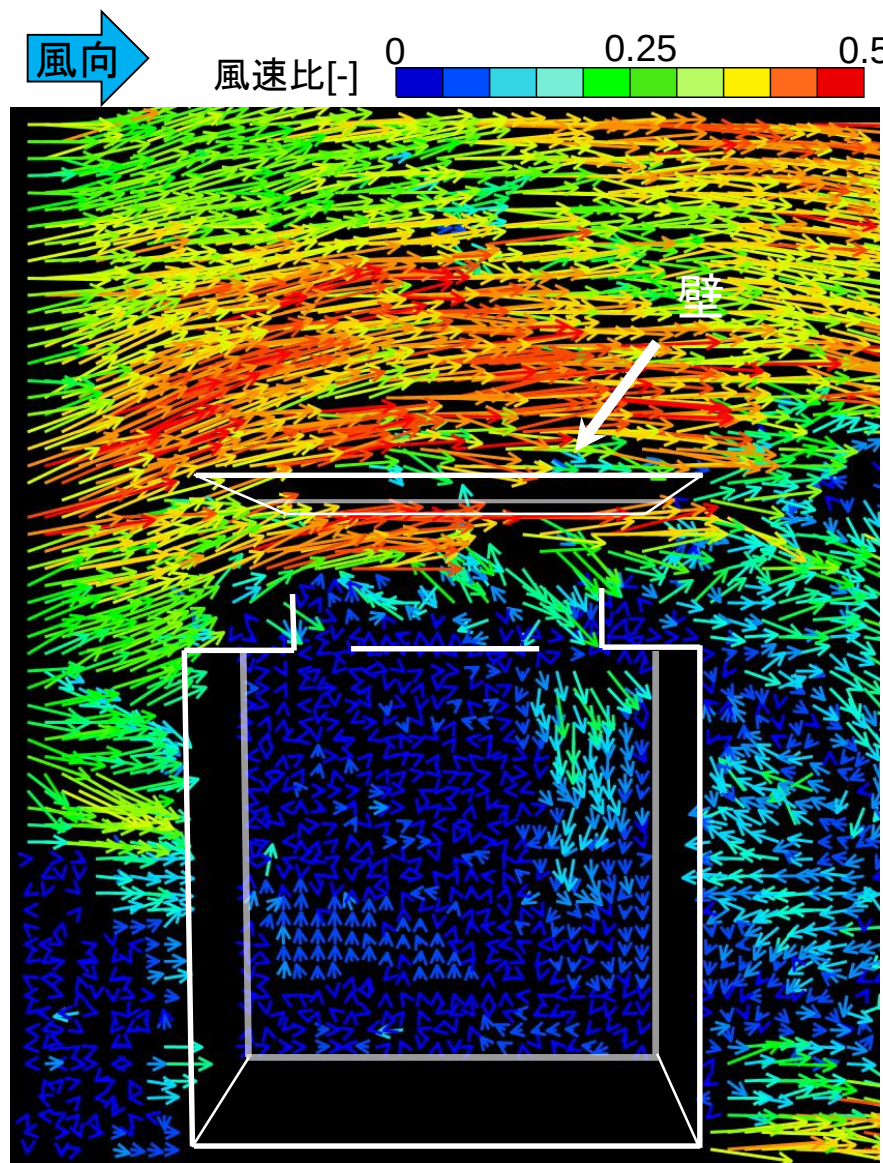
図3 各caseの単体住宅モデルの平均風速比ベクトル分布



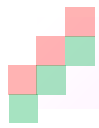
PIV解析結果 case2-2 (a)



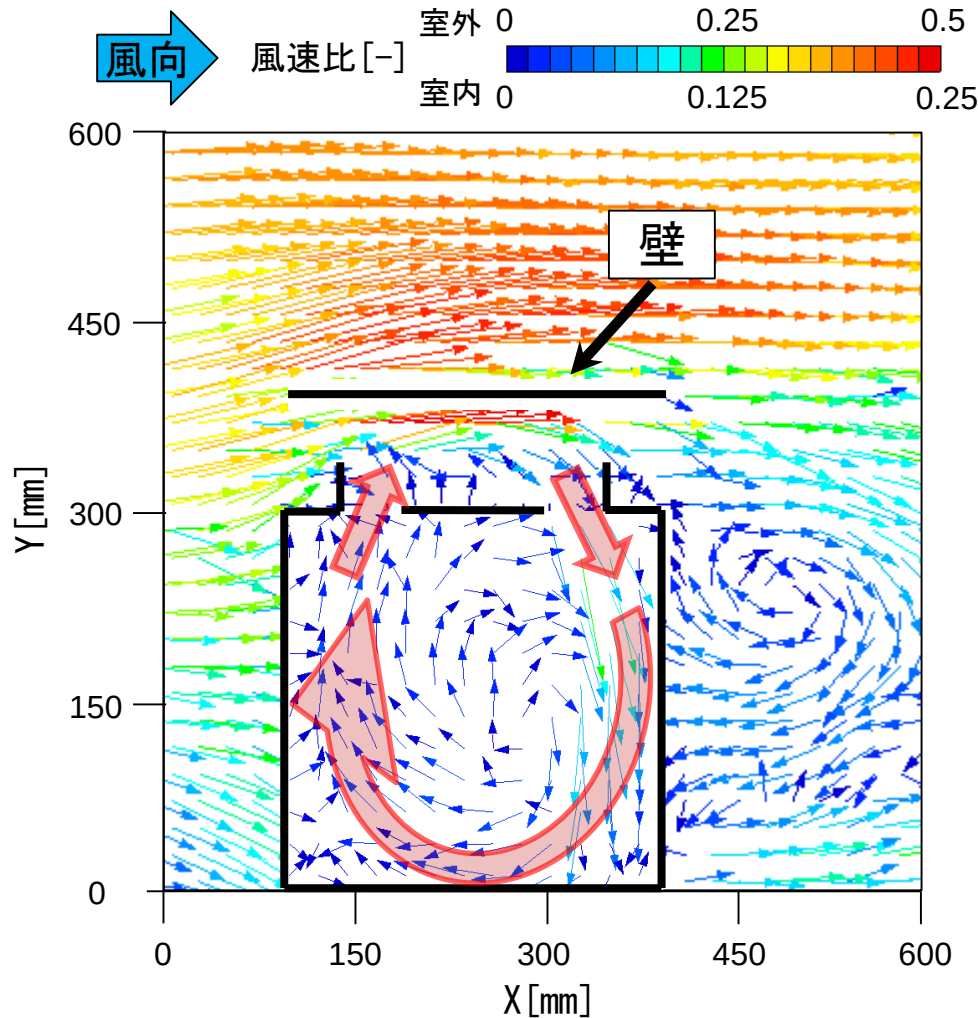
動画 case2-2 (a) における可視化結果



動画 case2-2 (a) におけるPIV解析結果



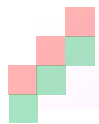
PIV解析結果 case2-2 (a)



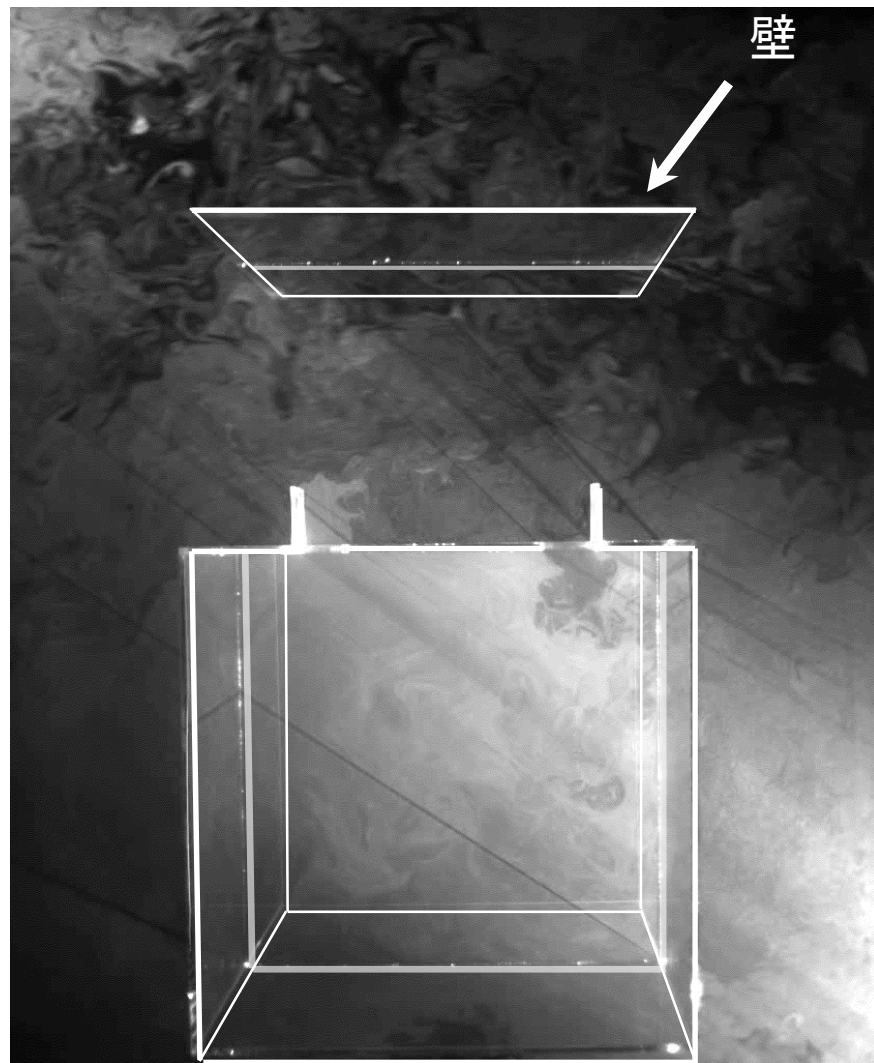
(3) case2-2 (a)

図5 case2の平均風速比ベクトル分布

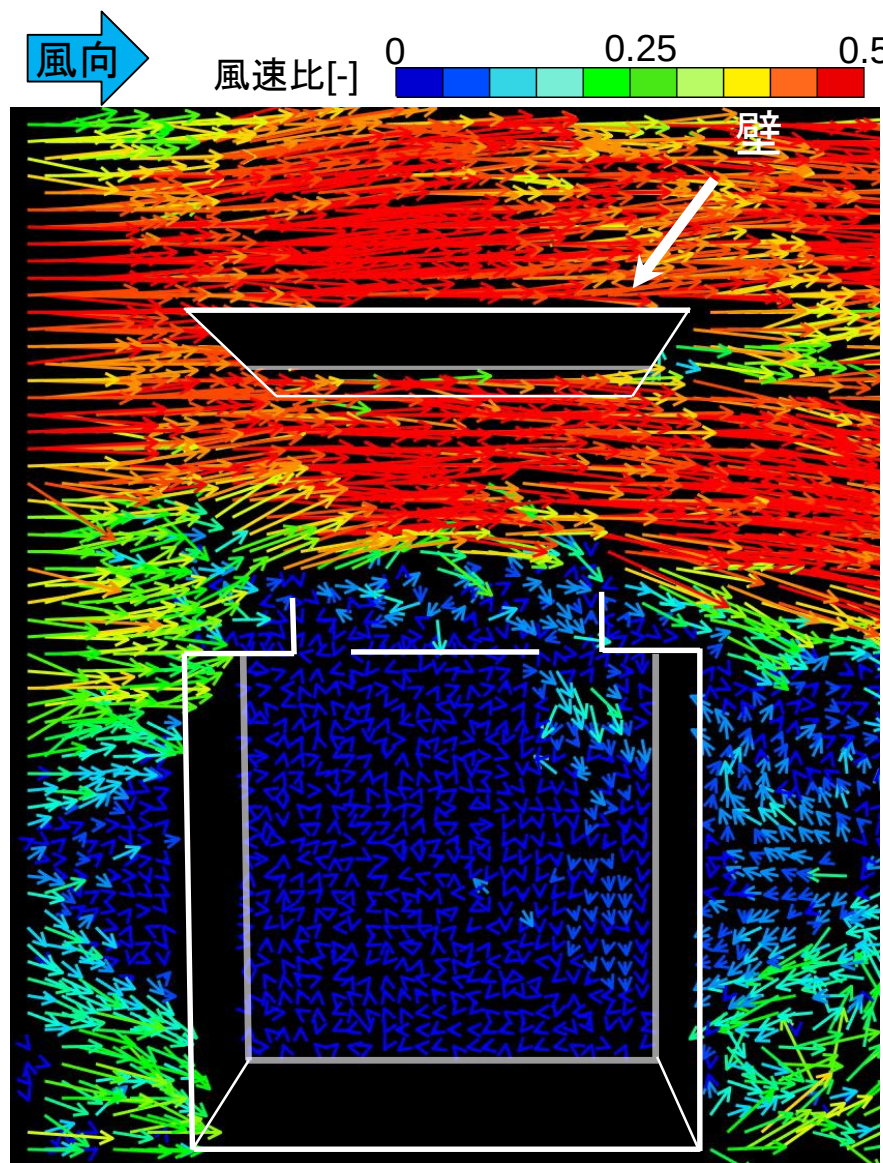
風速比0.15程度で流入し、室内風下側壁面に沿うように風速比0.05程度で流出する。
風下側開口部における開口面に対して、比較的垂直方向に流入する傾向がある。



PIV解析結果 case2-2 (b)



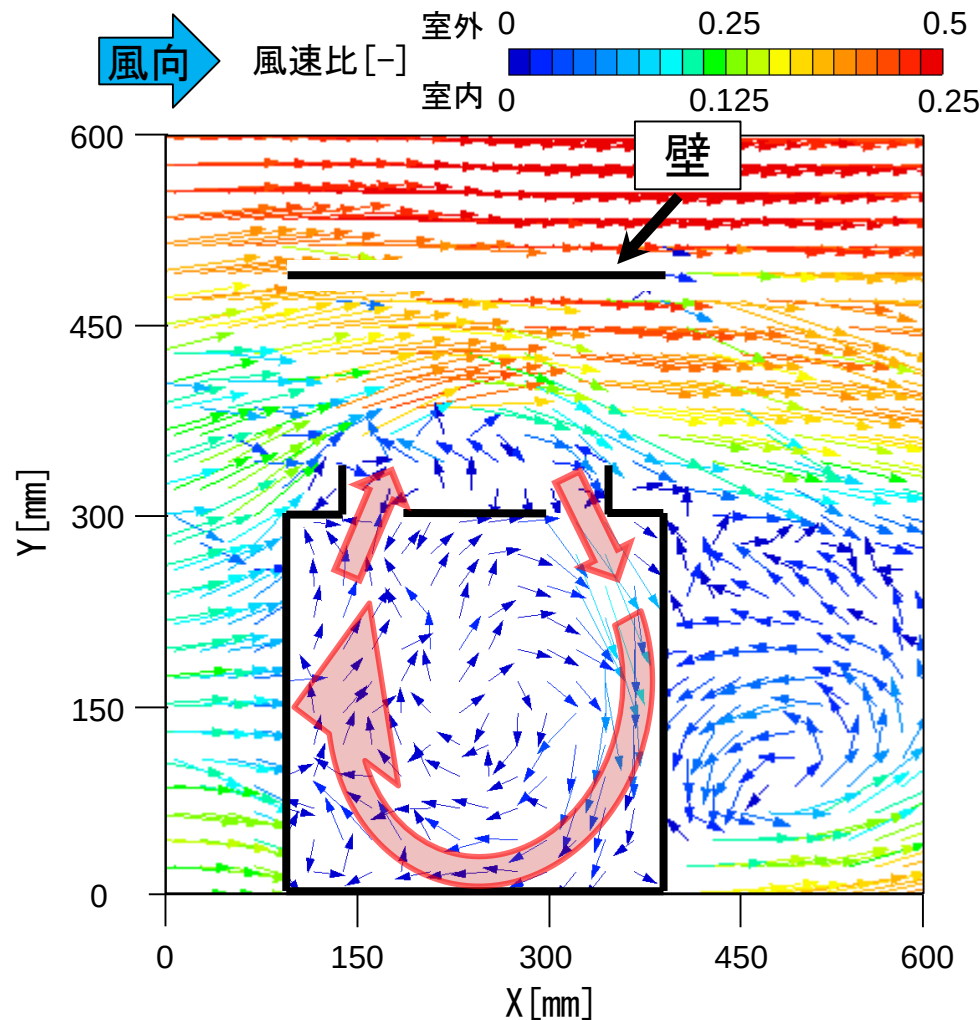
動画 case2-2 (b) における可視化結果



動画 case2-2 (b) におけるPIV解析結果



PIV解析結果 case2-2 (b)



(4) case2-2 (b)

図5 case2の平均風速比ベクトル分布

風速比0.1程度で室内風下側壁面に沿うように流入し、風速比0.05程度で流出する。

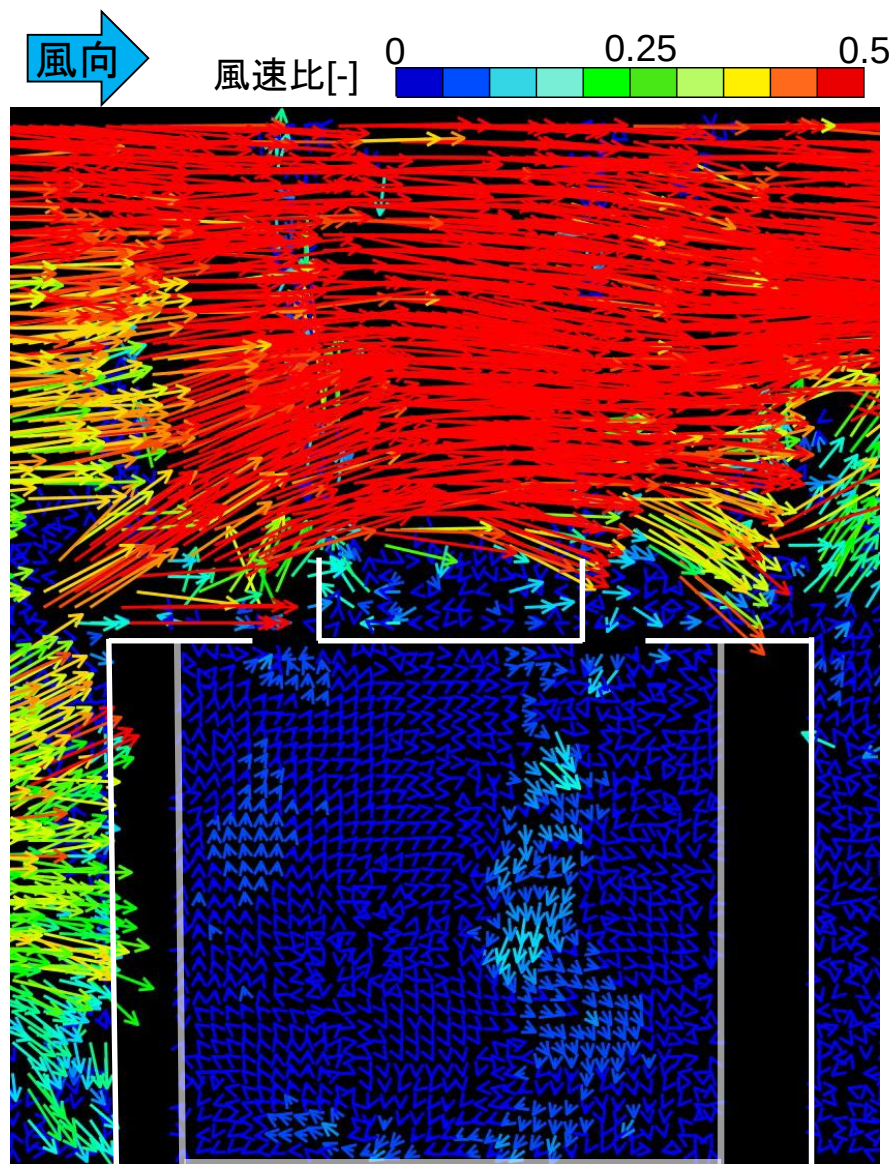
隣棟間隔100 [mm]と比較して室内内部まで流入する気流の風速比は小さい傾向がある。



PIV解析結果 case3(単体住宅モデル)



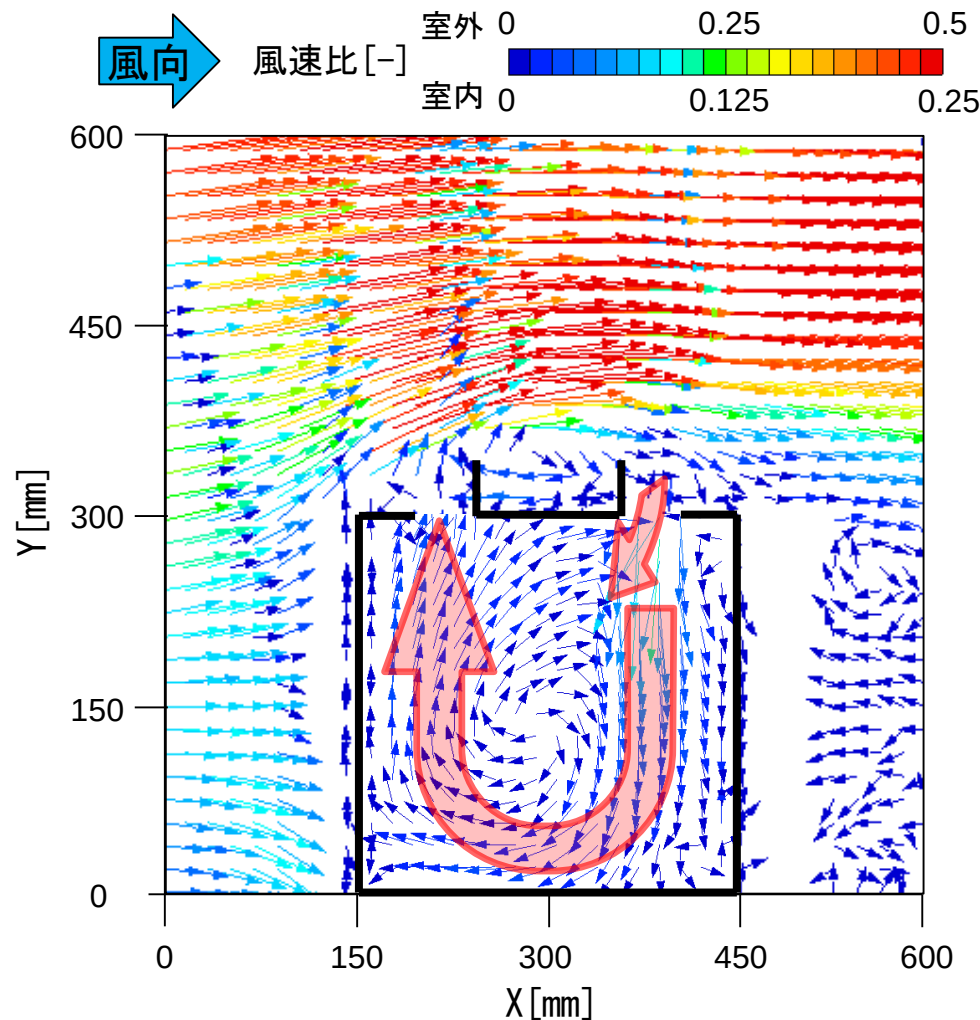
動画 case3(単体)における可視化結果



動画 case3(単体)におけるPIV解析結果



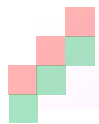
PIV解析結果 case3 (単体住宅モデル)



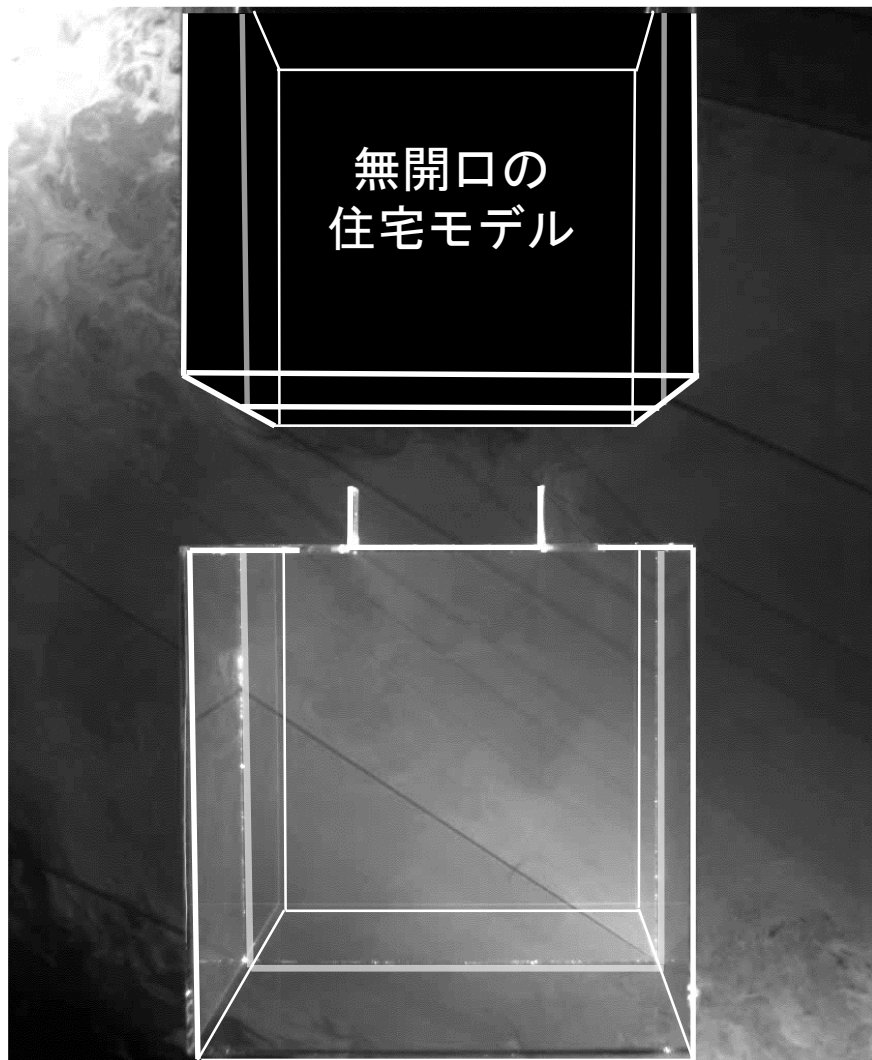
風下側開口部からGVを回り込むように流入し室内壁面を沿うように流れる循環流を形成し、風上側開口部から流出する。

(3) case3 (単体)

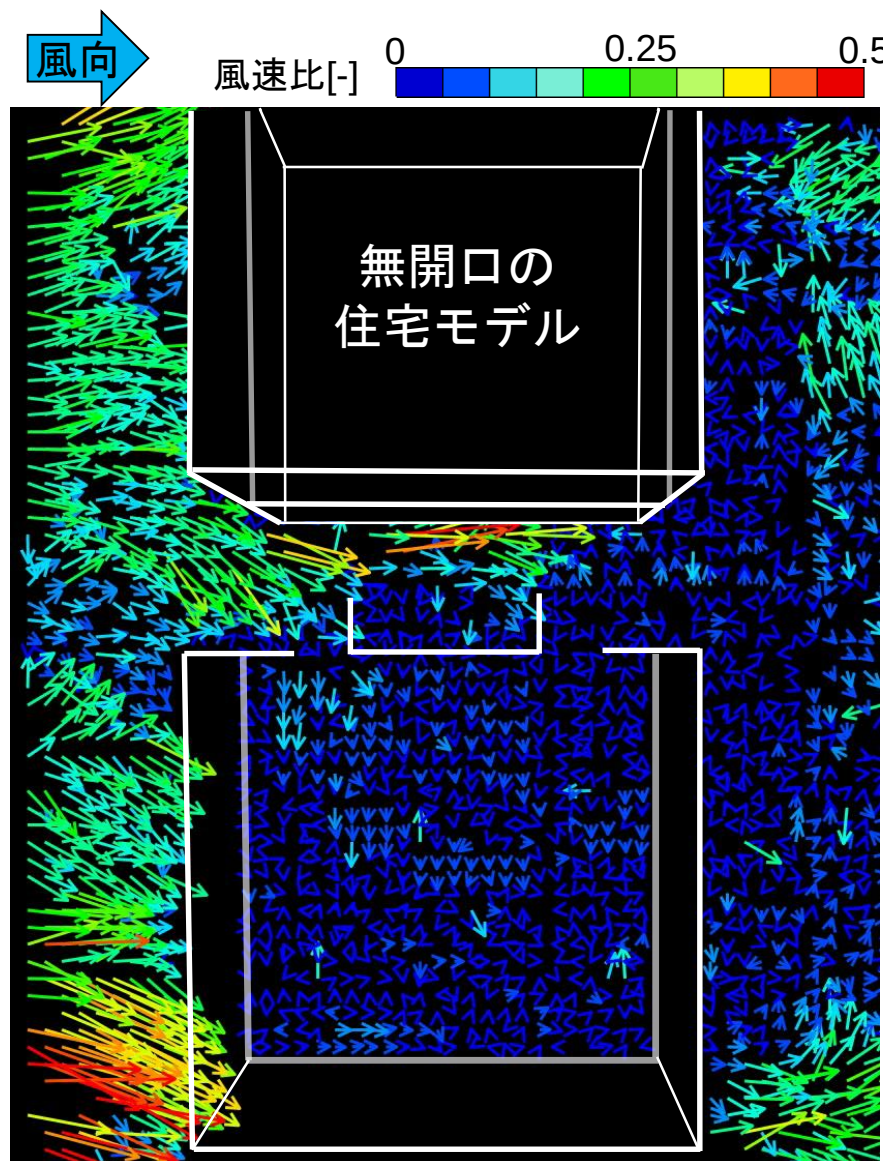
図3 各caseの単体住宅モデルの平均風速比ベクトル分布



PIV解析結果 case3-1 (a)



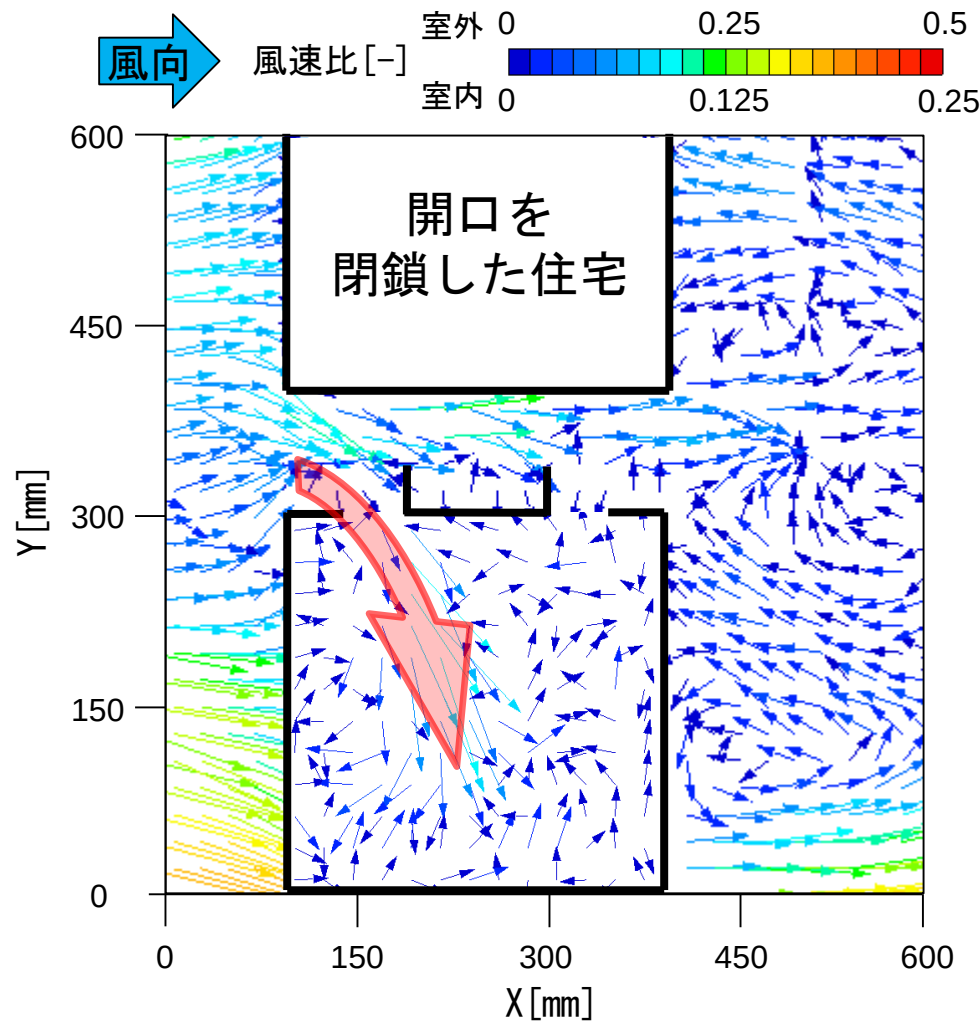
動画 case3-1 (a) における可視化結果



動画 case3-1 (a) におけるPIV解析結果



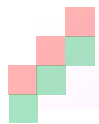
PIV解析結果 case3-1 (a)



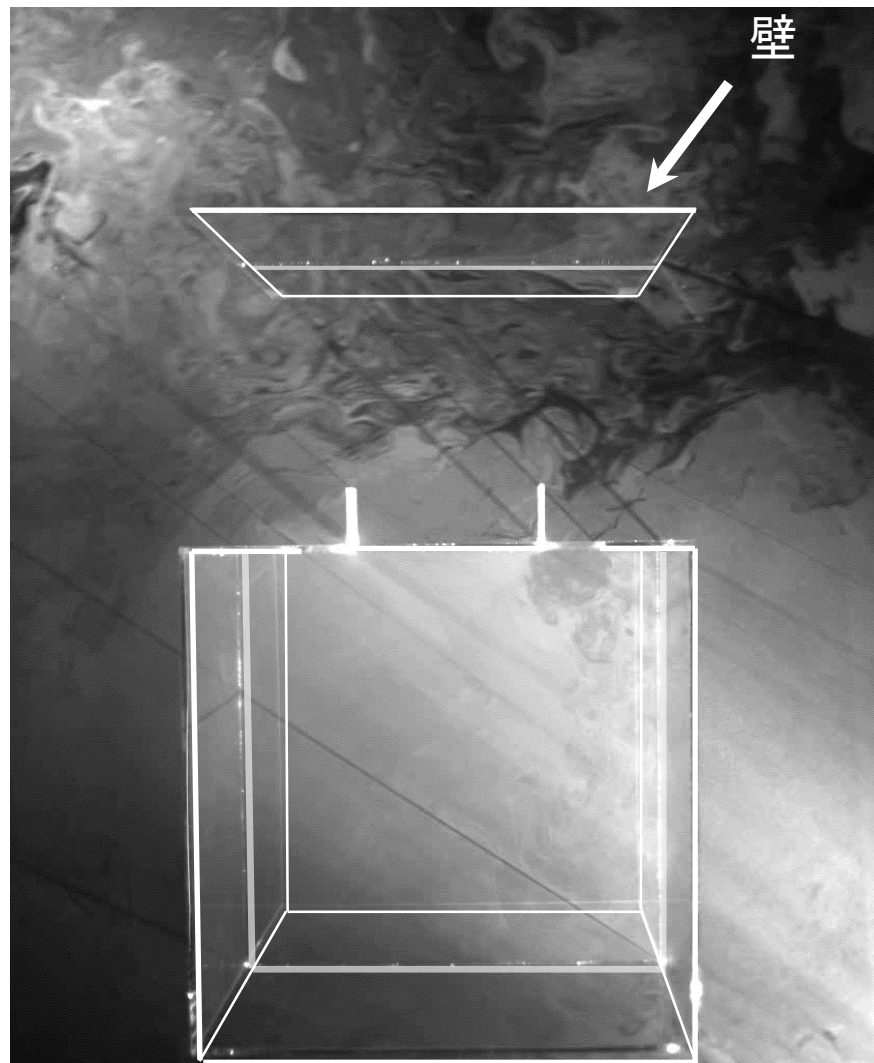
風上側開口部と風下側開口部から交互に気流が流入する。風下側開口部と比較して風上側開口部から風速比の大きい気流が流入する傾向があり、室内内部まで侵入し複雑な気流場を形成する。

(1) case3-1 (a)

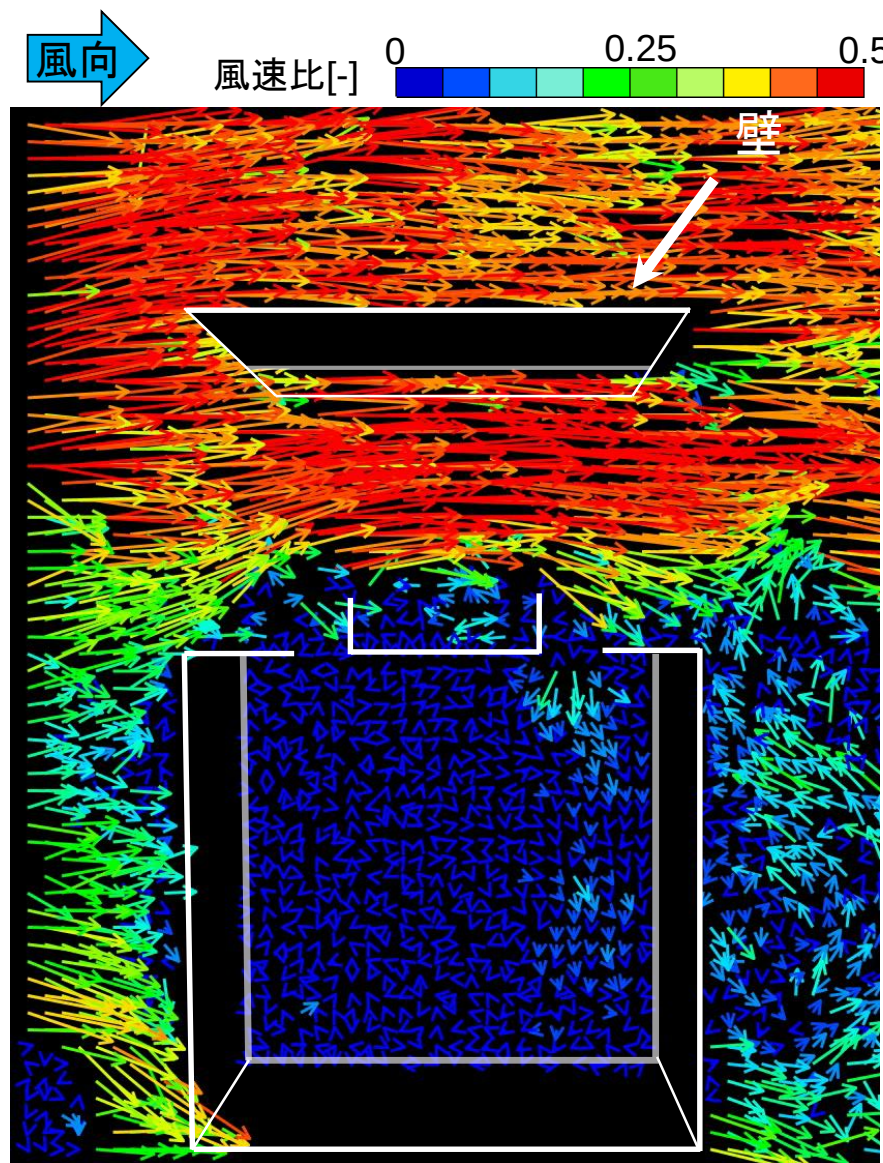
図 6 case3の平均風速比ベクトル分布



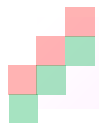
PIV解析結果 case3-2 (b)



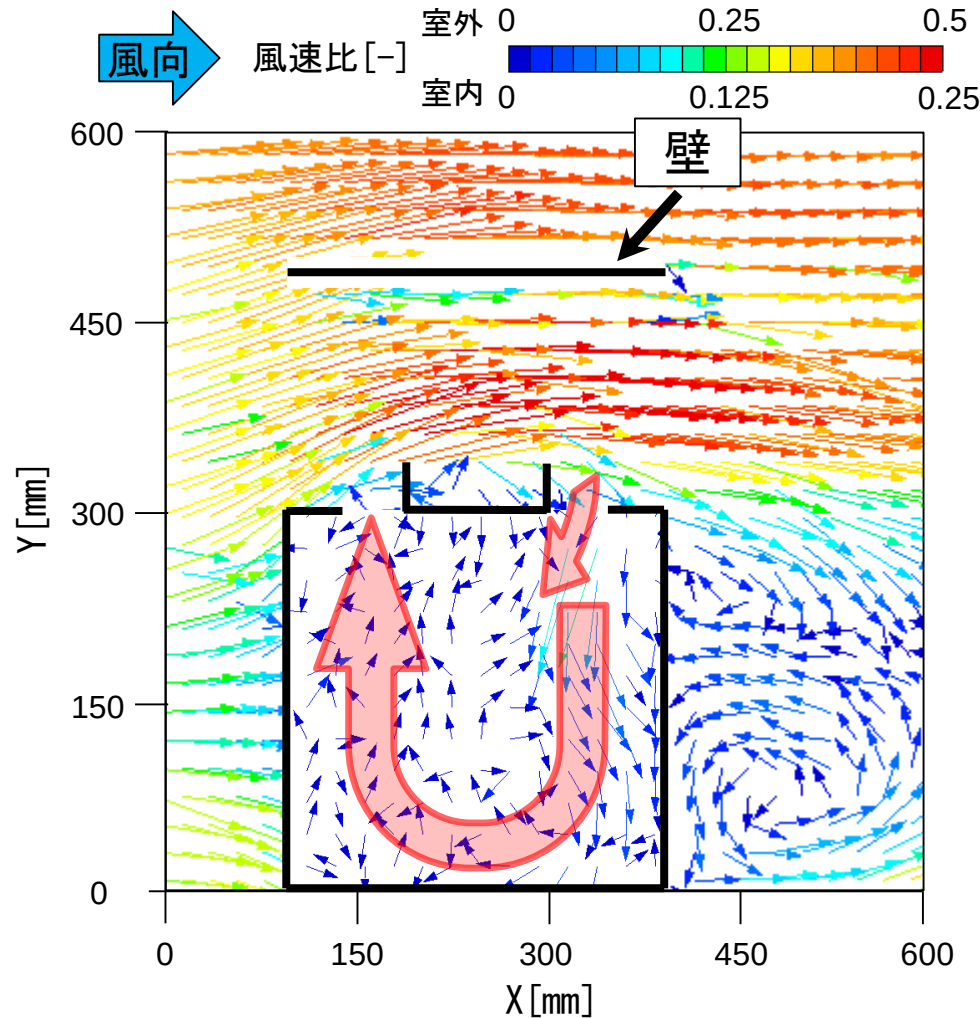
動画 case3-2 (b) における可視化結果



動画 case3-2 (b) におけるPIV解析結果



PIV解析結果 case3-2 (b)



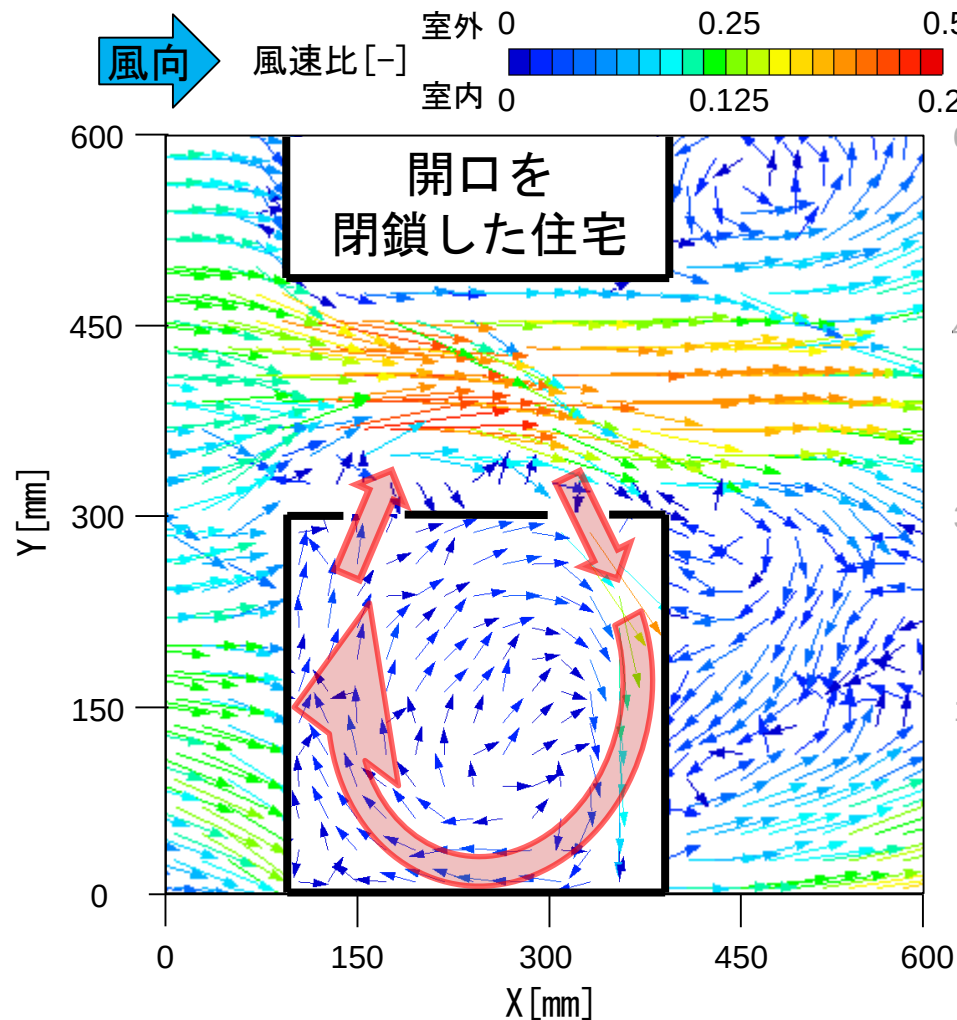
(4) case3-2 (b)

図 6 case3の平均風速比ベクトル分布

単体住宅モデルと同様な気流性状となり風速比**0.1程度**で流入し、風速比**0.05程度**で流出する。風下側開口部において**GVを回り込み**ながら流入する傾向がある。

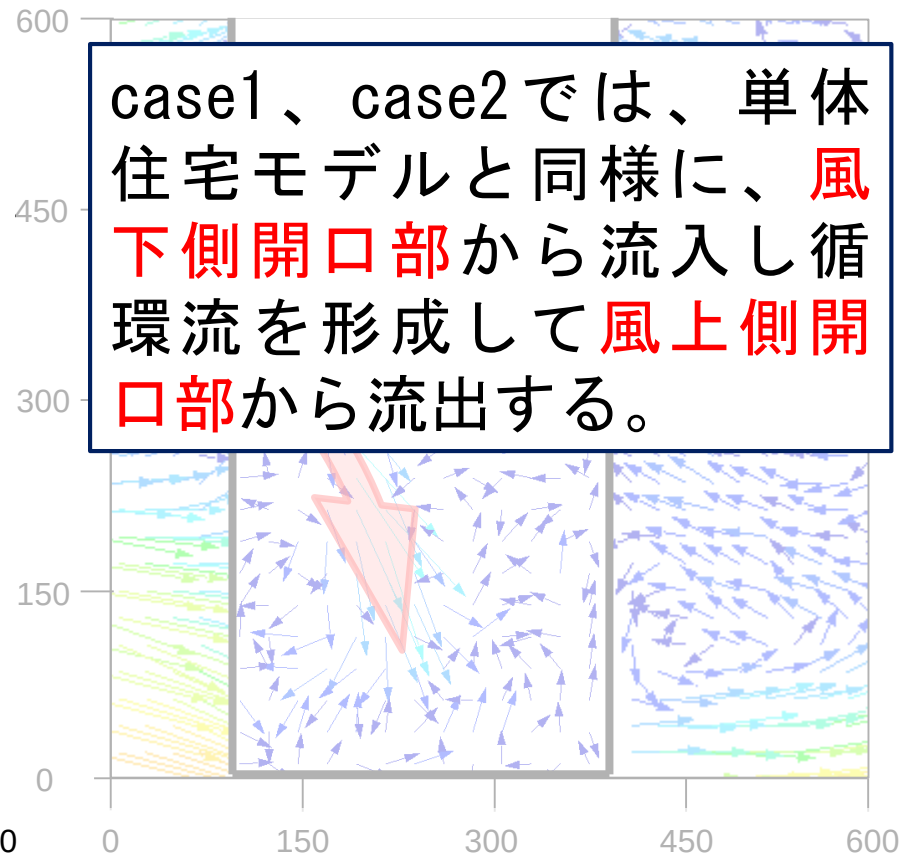


全体の比較



(2) case1-1 (b)

図4 case1の平均風速比ベクトル分布

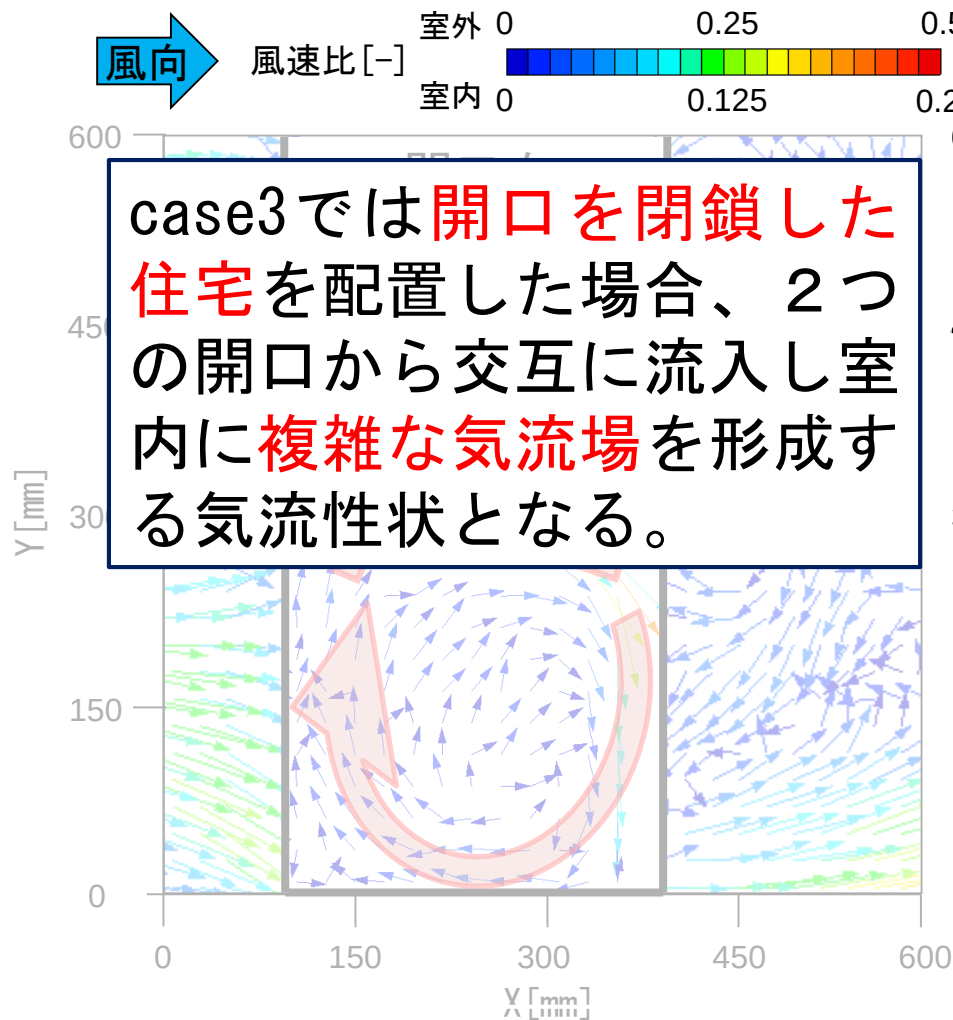


(1) case3-1 (a)

図6 case3の平均風速比ベクトル分布

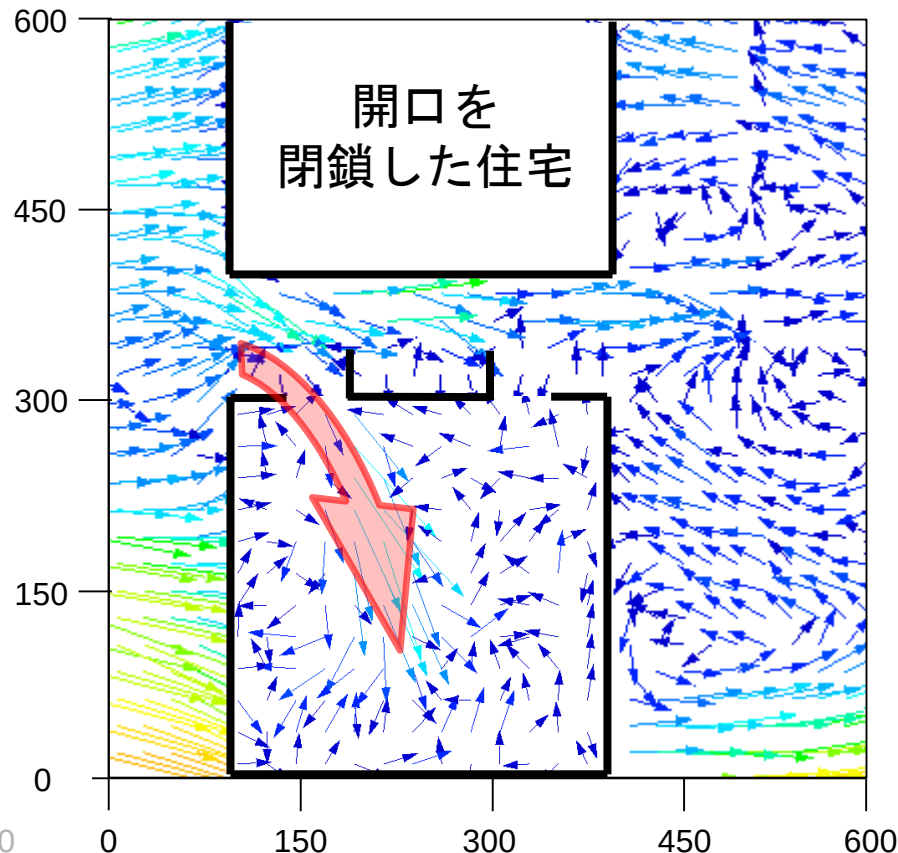


全体の比較



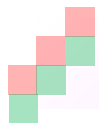
(2) case1-1 (b)

図4 case1の平均風速比ベクトル分布



(1) case3-1 (a)

図6 case3の平均風速比ベクトル分布



全体の比較

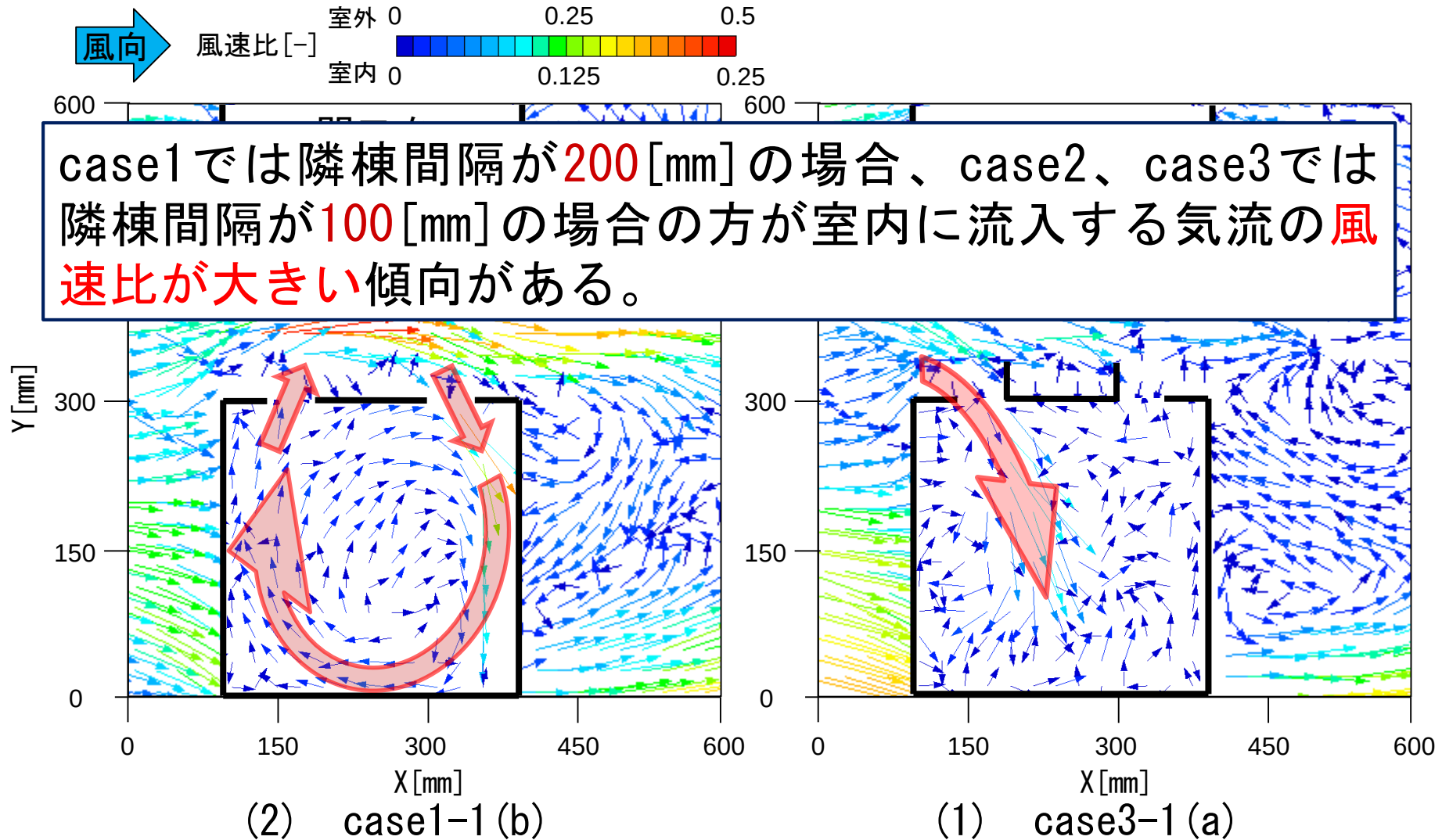


図4 case1の平均風速比ベクトル分布

図6 case3の平均風速比ベクトル分布

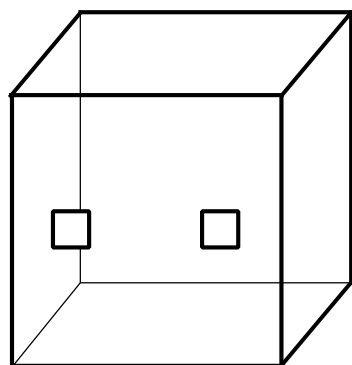


まとめ

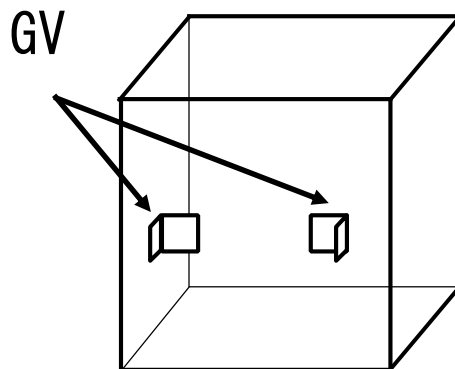
case1 : 風下側開口部から流入し室内全体に循環流を形成し、風上側開口部から流出する気流性状となる。

case2 : case1と同様な気流性状になる。

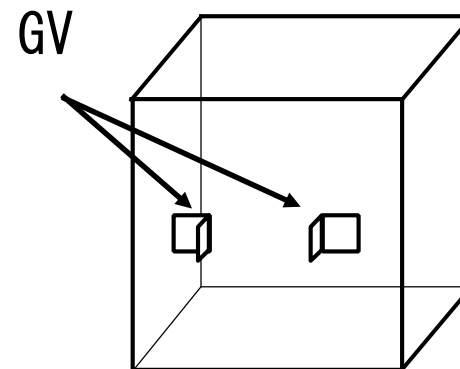
case3 : 壁を配置した場合、case1と同様な気流性状になるが、開口を閉鎖した住宅を配置した場合、風上側開口部と風下側開口部から交互に気流が流入し室内に複雑な気流場を形成する。



(1) case1



(3) case2



(5) case3

図 1 住宅モデルの概要