

# 数値シミュレーションによる 戸建住宅の通風性状に関する研究

隣接する2棟の単純住宅モデルを対象とした  
LES (Large Eddy Simulation) 解析

指導教員

中島 昭紀  
赤林 伸一 教授

既往の研究<sup>文1~2)</sup>では、LES解析により様々な開口条件における**単体の単純住宅モデル**で通風性状の検討を行ってきた。

本研究では、通風が得にくいとされる市街地を想定し、**単純住宅モデルを2棟隣接して配置させ、隣棟間隔が通風性状へ及ぼす影響**を検討する。

更に、開口部に風力換気促進装置(ガイドベーン)を設置した場合の解析を行う。**室内外の通風性状及び通風量を比較し、ガイドベーンの効果**を定量的に評価する事を目的とする。

文1) 赤林・坂口・富永・有波・本田 「LESによる住宅の通風性状(その1)標準k- $\epsilon$ モデルとLESによる住宅の通風性状の比較」日本建築学会学術講演梗概集、2013年

文2) 赤林・坂口・富永・有波・本田 「LESによる住宅の通風性状(その2)同一壁面に複数の開口部を有する単純住宅モデルの気流性状に関する研究」日本建築学会学術講演梗概集、2013年

表 1 解析case

解析case	case1-1	case1-2	case2-1	case2-2	case3-1	case3-2
単純住宅モデル	A棟x2	A棟x2	B棟x2	B棟x2	C棟x2	C棟x2
隣棟間隔[mm]	100	200	100	200	100	200

解析対象は、一辺300[mm]の立方体の単純住宅モデルとする。

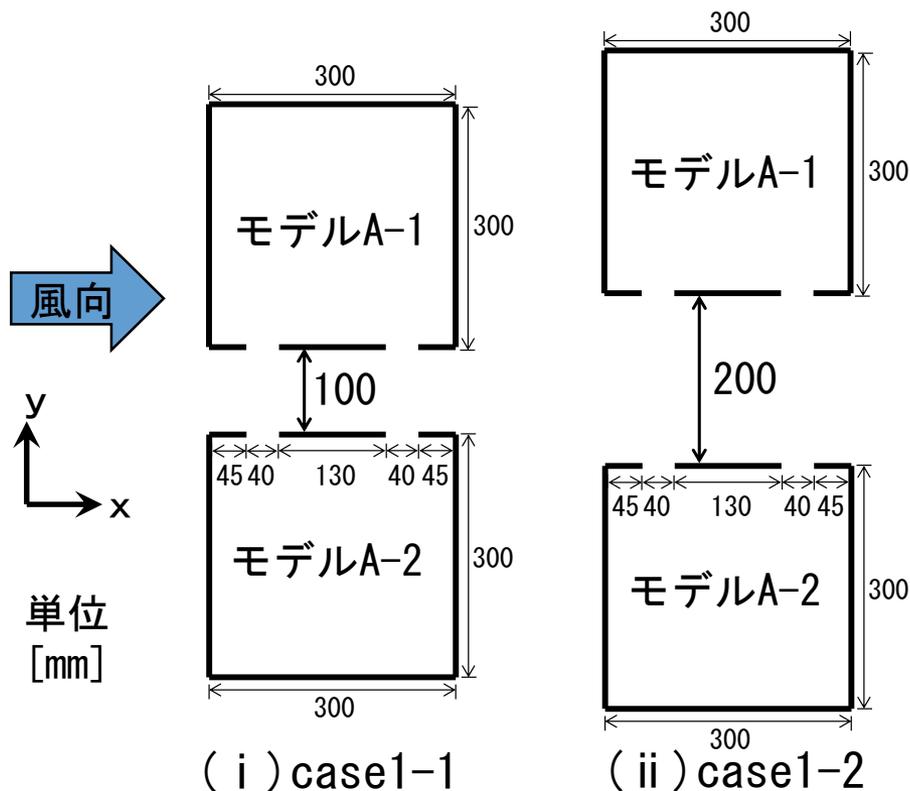


図 解析対象モデル平面図

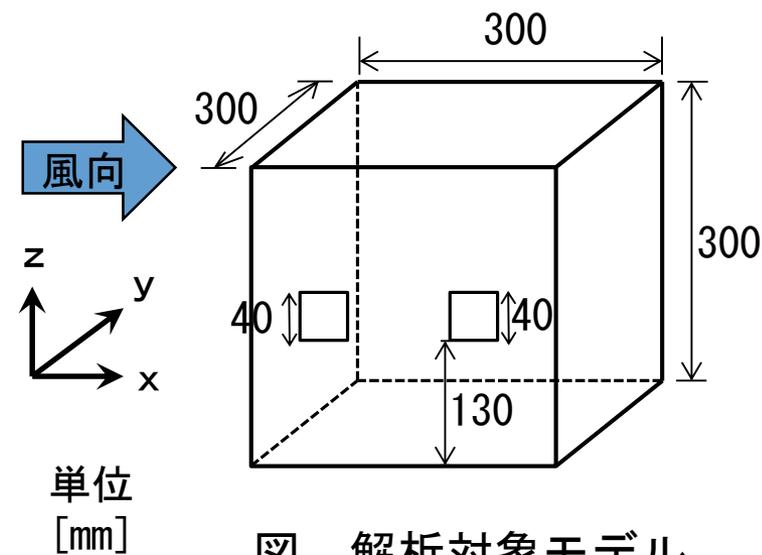


図 解析対象モデル (case1-1, 1-2)

表 1 解析case

解析case	case1-1	case1-2	case2-1	case2-2	case3-1	case3-2
単純住宅モデル	△棟↘↗	△棟↘↗	□棟↘↗	□棟↘↗	○棟↘↗	○棟↘↗

隣接する2住戸において向かい合う壁面に、それぞれ一辺40[mm]の開口を壁面中央部に2箇所設ける。

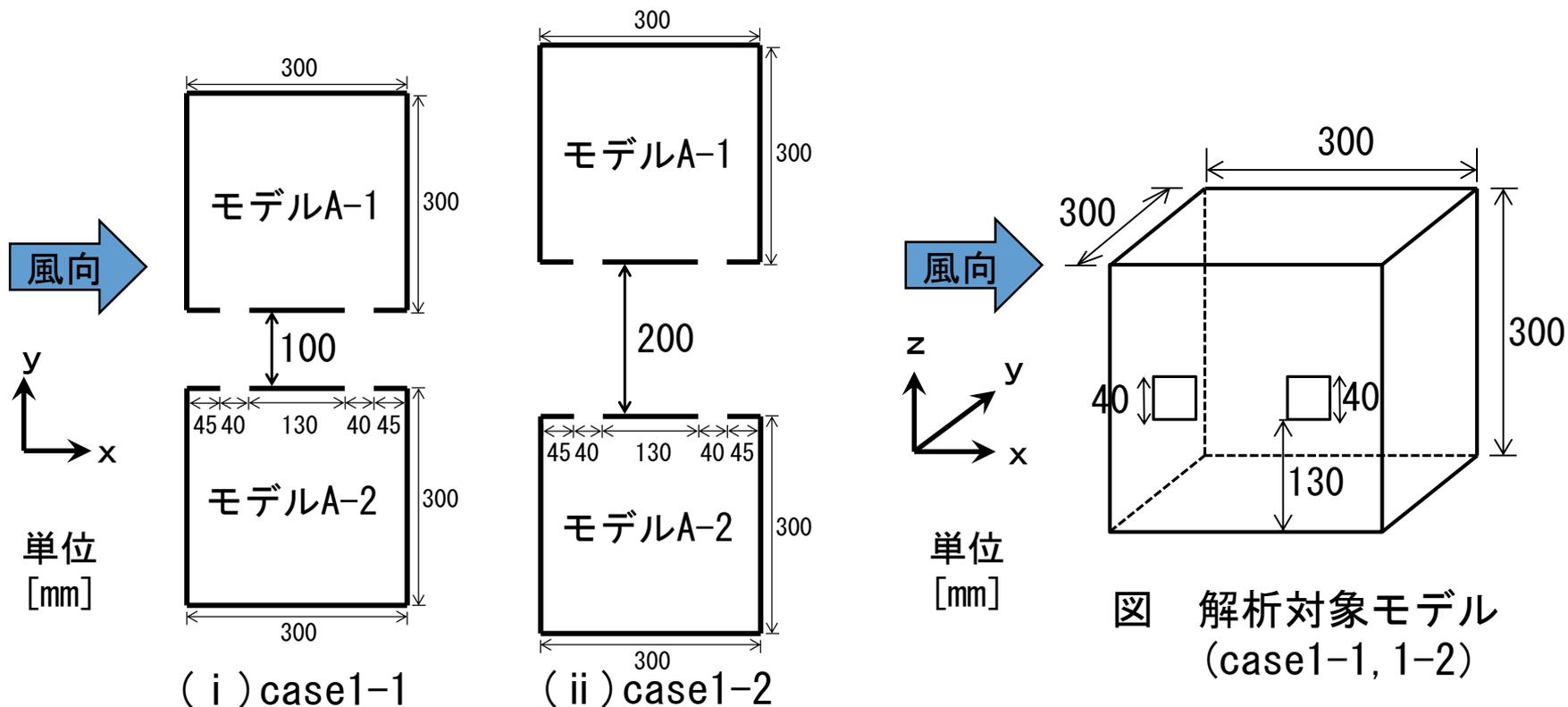


図 解析対象モデル平面図

表 1 解析case

解析case	case1-1	case1-2	case2-1	case2-2	case3-1	case3-2
単純住宅モデル	A棟x2	A棟x2	B棟x2	B棟x2	C棟x2	C棟x2
隣棟間隔[mm]	100	200	100	200	100	200

隣棟間隔は、case1-1, 2-1, 3-1では100[mm]、case1-2, 2-2, 3-2では200[mm]とする。

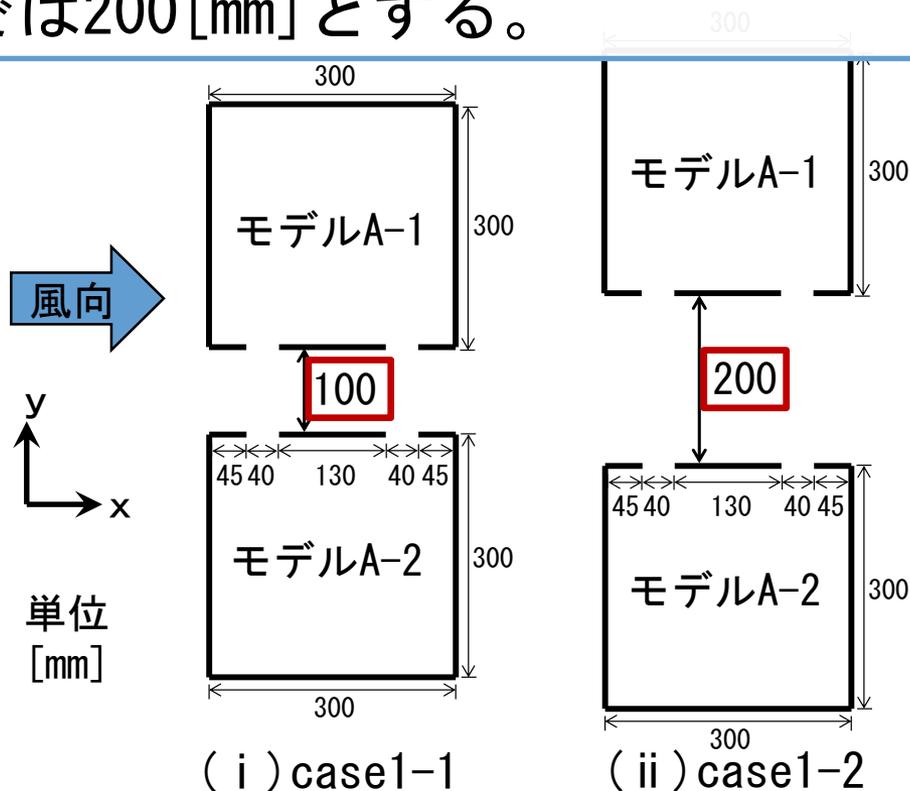


図 解析対象モデル平面図

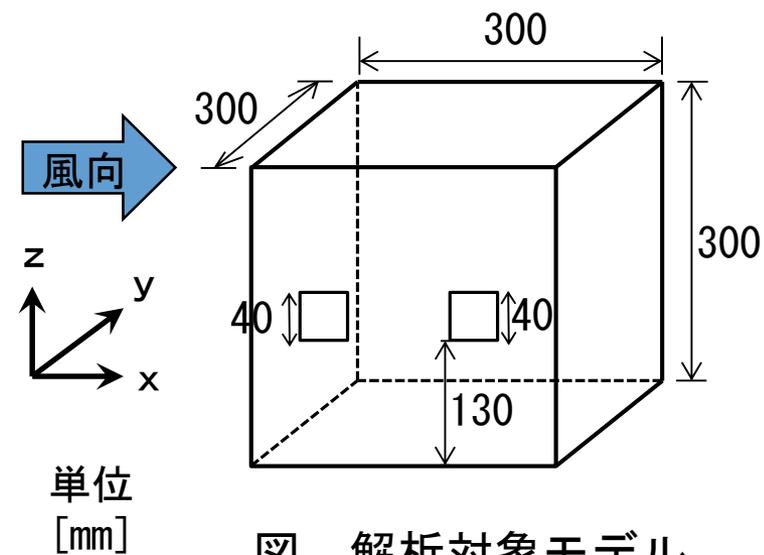


図 解析対象モデル (case1-1, 1-2)

表 1 解析case

解析case		case1-1	case1-2	case2-1	case2-2	case3-1	case3-2
単純住宅モデル		A棟x2	A棟x2	B棟x2	B棟x2	C棟x2	C棟x2
隣棟間隔[mm]		100	200	100	200	100	200
ガイドベーン 設置位置	風上側開口	なし	なし	風上側	風上側	風下側	風下側
	風下側開口			風下側	風下側	風上側	風上側

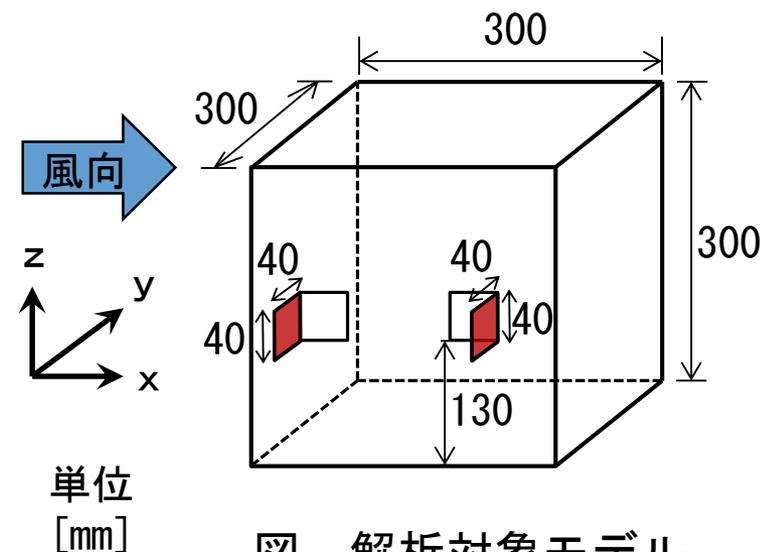
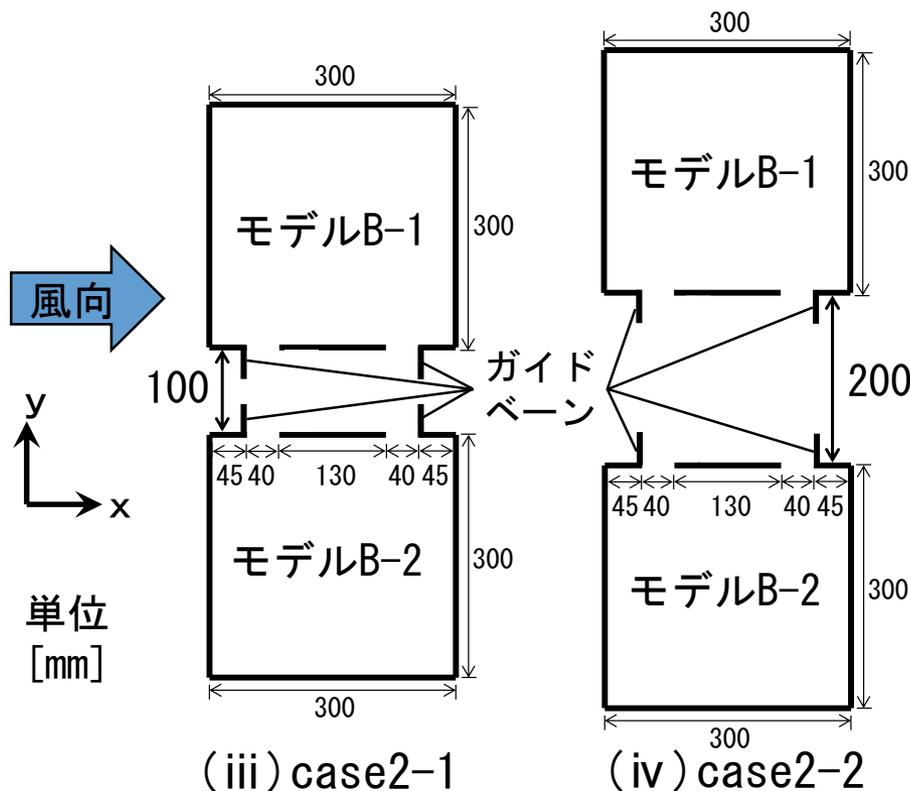


図 解析対象モデル (case2-1, 2-2)

図 解析対象モデル平面図

表 1 解析case

解析case		case1-1	case1-2	case2-1	case2-2	case3-1	case3-2
単純住宅モデル		A棟x2	A棟x2	B棟x2	B棟x2	C棟x2	C棟x2
隣棟間隔[mm]		100	200	100	200	100	200
ガイドベーン 設置位置	風上側開口	なし	なし	風上側	風上側	風下側	風下側
	風下側開口			風下側	風下側	風上側	風上側

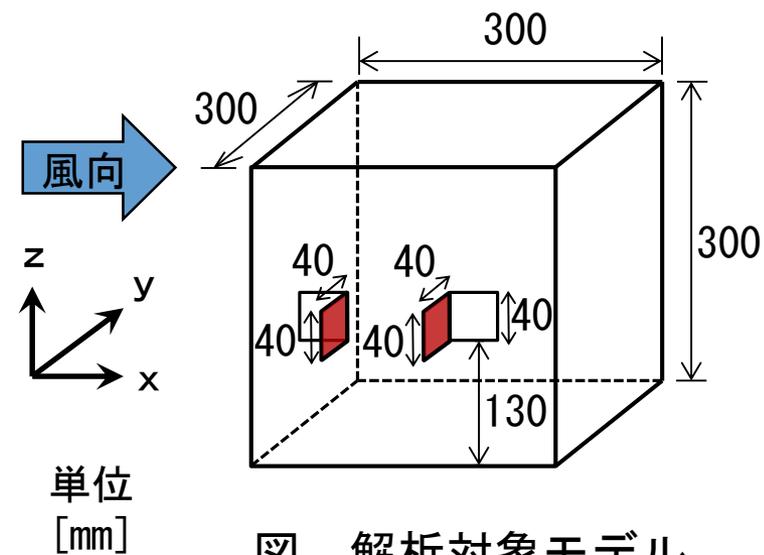
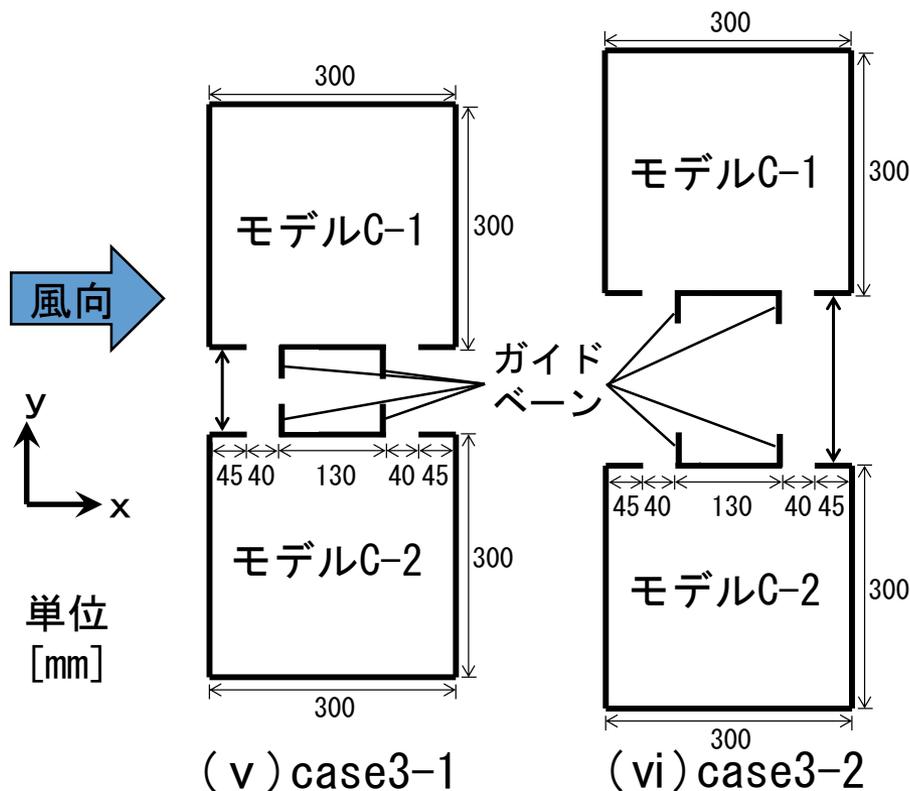


図 解析対象モデル (case3-1, 3-2)

図 解析対象モデル平面図

解析領域は、風洞を模擬し、  
7,800 [mm] (長さ) × 1,800 [mm] (高さ) × 1,800 [mm] (幅) とする。

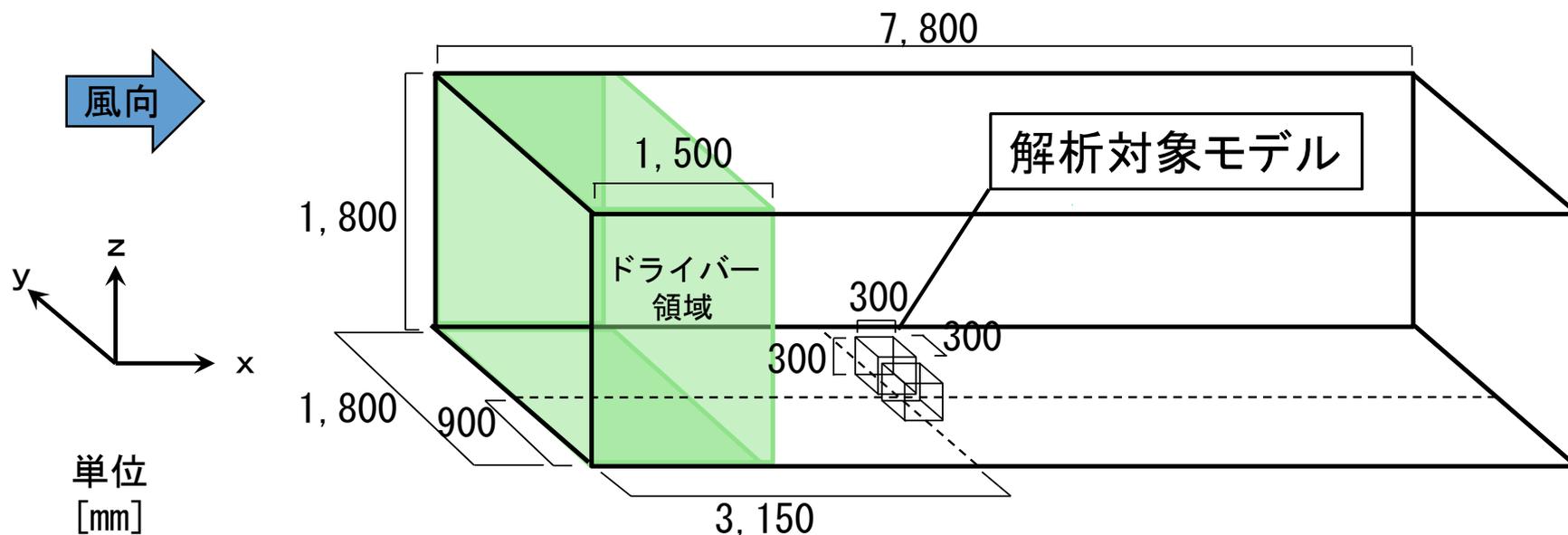


図 解析領域

## 表 2 LES解析条件

SGSモデル	Dynamic型 Smagorinskyモデル			
解析領域	7.8(x) × 1.8(y) × 1.8(z) [m]			
単純住宅モデル	0.3(x) × 0.3(y) × 0.3(z) [m]			
開口面積	0.04 × 0.04 = 0.0016 [m <sup>2</sup> ]			
境界条件	流入	ドライバー領域・境界層発達型 1/4乗則(基準高さ1.0[m]、風速5.0[m/s])		
	流出	自然流出		
	壁境界	Ymin, Ymax, Zmax面	フリースリップ	
		Zmin面	拡張型 Werner-Wengle	
部品面				
流体と接する全ての面				
解析時間 t	プレ解析 : t=0~2.6[s]	本解析 : t=4.6~14.6[s]		
時間刻み Δt	6.5 × 10 <sup>-5</sup> [s]			
温度	等温			
初期乱流場	変動成分	x方向1.0 [m/s]		
		y方向3.0 [m/s]		
		z方向3.0 [m/s]		
最小メッシュ幅	0.005 [m]			
解析領域メッシュ数	case1-1,2-1,3-1	211(x) × 208(y) × 97(z) = 4,257,136		
	case1-2,2-2,3-2	211(x) × 209(y) × 97(z) = 4,277,603		

## 表 2 LES解析条件

SGSモデル	Dynamic型 Smagorinskyモデル			
解析領域	7.8(x) × 1.8(y) × 1.8(z) [m]			
単純住宅モデル	0.3(x) × 0.3(y) × 0.3(z) [m]			
開口面積	0.04 × 0.04 = 0.0016 [m <sup>2</sup> ]			
境界条件	流入	ドライバー領域・境界層発達型 1/4乗則(基準高さ1.0[m]、風速5.0[m/s])		
	流出	自然流出		
	壁境界	Ymin, Ymax, Zmax面	フリースリップ	
		Zmin面	拡張型 Werner-Wengle	
部品面				
流体と接する全ての面				
解析時間 t	プレ解析 : t=0~2.6[s]	本解析 : t=4.6~14.6[s]		
時間刻み Δt	6.5 × 10 <sup>-5</sup> [s]			
温度	等温			
初期乱流場	変動成分	x方向1.0 [m/s]		
		y方向3.0 [m/s]		
		z方向3.0 [m/s]		
最小メッシュ幅	0.005 [m]			

本研究におけるLES解析には汎用数値流体解析ソフト  
STREAM ver. 10を使用する。

## 表 2 LES解析条件

SGSモデル	Dynamic型 Smagorinskyモデル			
解析領域	7.8(x) × 1.8(y) × 1.8(z) [m]			
単純住宅モデル	0.3(x) × 0.3(y) × 0.3(z) [m]			
開口面積	0.04 × 0.04 = 0.0016 [m <sup>2</sup> ]			
境界条件	流入	ドライバー領域・境界層発達型 1/4乗則(基準高さ1.0[m]、風速5.0[m/s])		
	流出	自然流出		
	壁境界	Ymin, Ymax, Zmax面	フリースリップ	
		Zmin面	拡張型 Werner-Wengle	
部品面				
流体と接する全ての面				
解析時間 t	プレ解析 : t=0~2.6[s]	本解析 : t=4.6~14.6[s]		
時間刻み Δt	6.5 × 10 <sup>-5</sup> [s]			
温度	等温			
初期乱流場	変動成分	x方向1.0 [m/s]		
		y方向3.0 [m/s]		
		z方向3.0 [m/s]		

SGSモデル(Subgrid Scaleモデル)は、Dynamic型 Smagorinsky モデルを使用し、等温で解析する。

## 表 2 LES解析条件

SGSモデル	Dynamic型 Smagorinskyモデル		
解析領域	7.8(x) × 1.8(y) × 1.8(z) [m]		
単純住宅モデル	0.3(x) × 0.3(y) × 0.3(z) [m]		
開口面積	0.04 × 0.04 = 0.0016 [m <sup>2</sup> ]		
境界条件	流入	ドライバー領域・境界層発達型 1/4乗則(基準高さ1.0[m]、風速5.0[m/s])	
	流出	自然流出	
	壁境界	Ymin, Ymax, Zmax面	フリースリップ
		Zmin面	拡張型 Werner-Wengle
部品面 流体と接する全ての面			
解析時間 t	プレ解析 : t=0~2.6[s]	本解析 : t=4.6~14.6[s]	
時間刻み Δt	6.5 × 10 <sup>-5</sup> [s]		
温度	等温		
	x方向1.0 [m/s]		

LES解析ではまず、**ドライバー領域**※<sup>1</sup>を設け、開口がない2棟の単純住宅モデルで、流入変動気流を作成する為の**プレ解析**※<sup>2</sup>を行う。

※<sup>1</sup> ドライバー領域は、周期境界条件で変動気流流入境界条件を計算するために、建物風上側に設けた領域である。

※<sup>2</sup> 計算開始後 t = 0~2.6[s]までをプレ解析とする。

## 表 2 LES解析条件

SGSモデル	Dynamic型 Smagorinskyモデル		
解析領域	7.8(x) × 1.8(y) × 1.8(z) [m]		
単純住宅モデル	0.3(x) × 0.3(y) × 0.3(z) [m]		
開口面積	0.04 × 0.04 = 0.0016 [m <sup>2</sup> ]		
境界条件	流入	ドライバー領域・境界層発達型 1/4乗則(基準高さ1.0[m]、風速5.0[m/s])	
	流出	自然流出	
	壁境界	Ymin, Ymax, Zmax面	フリースリップ
		Zmin面	拡張型 Werner-Wengle
部品面			
	流体と接する全ての面		
解析時間 t	プレ解析 : t=0~2.6[s]	本解析 : t=4.6~14.6[s]	
時間刻み Δt	6.5 × 10 <sup>-5</sup> [s]		
温度	等温		
初期乱流場	変動成分	x方向1.0 [m/s]	
		y方向3.0 [m/s]	
		z方向3.0 [m/s]	

次に、開口を有する単純住宅モデルに対して作成した変動気流を流入させて**本解析**※<sup>2</sup>を行う。

※2 本解析開始後t=2.6[s]~4.6[s]はモデル開口部を開放してから室内気流分布が形成されるまでの移行期間としてデータを破棄し、t=4.6[s]~14.6[s]までの計10.0[s]間を本解析の結果とする。

# プレ解析の結果

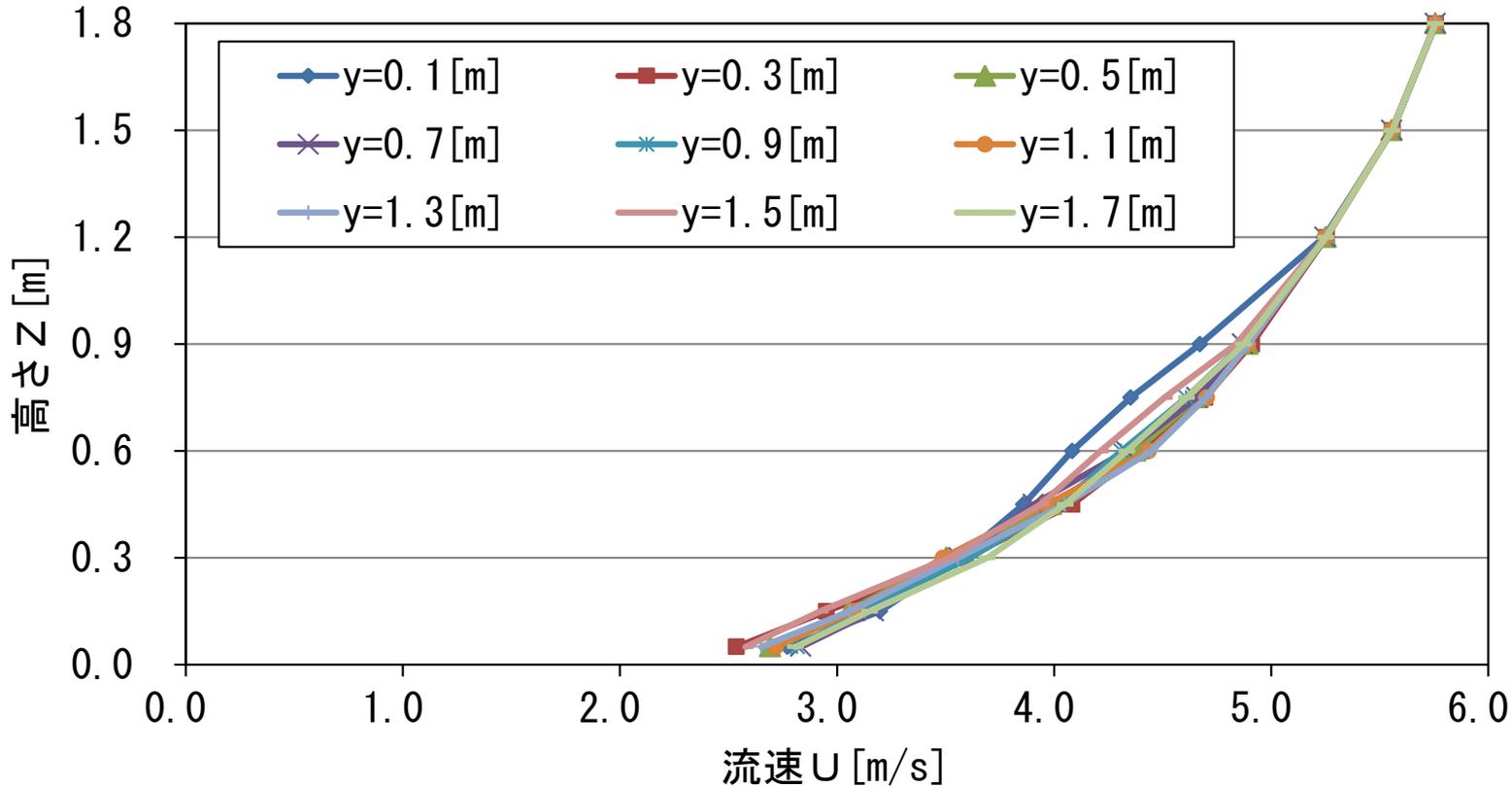
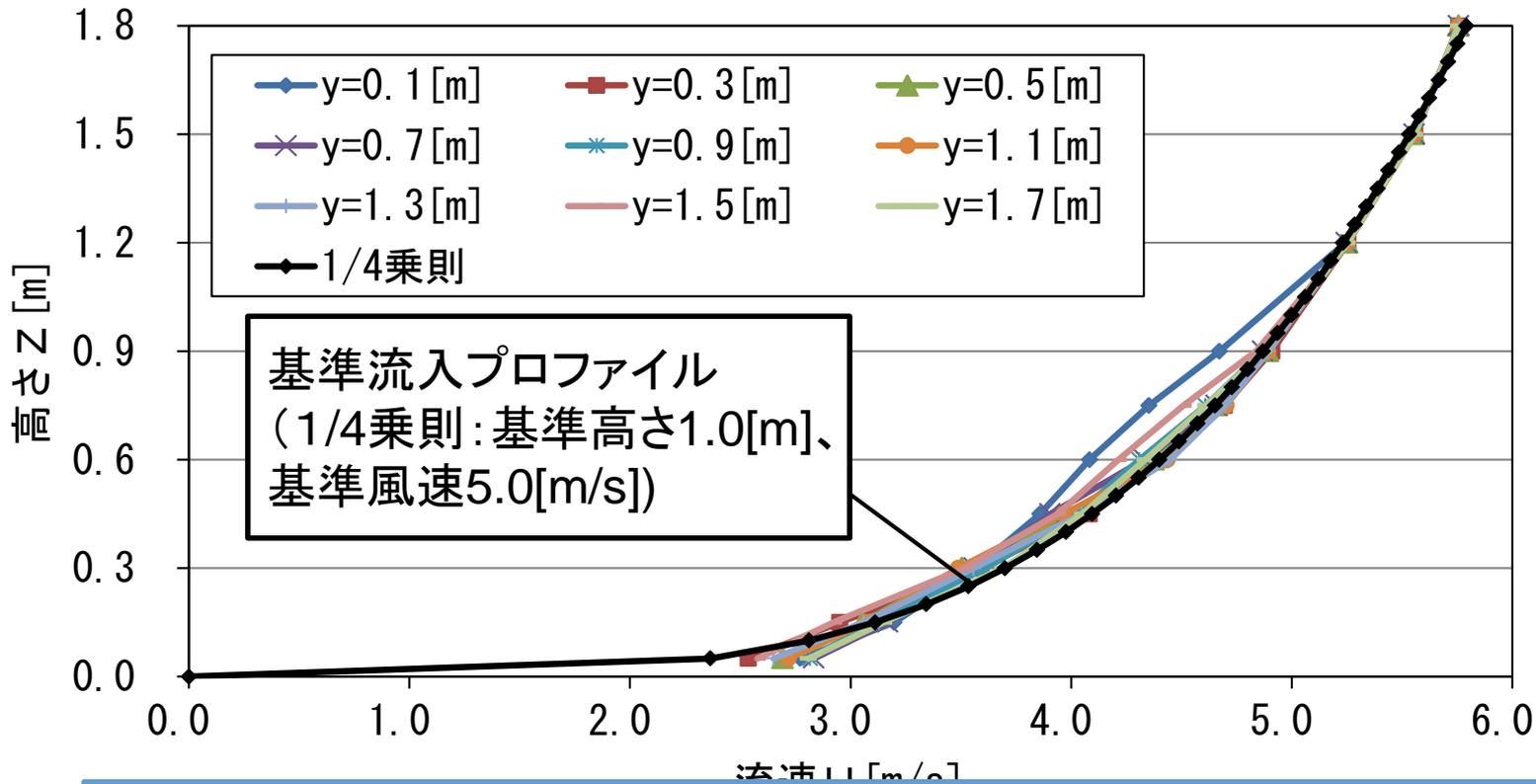


図2 流入変動気流の平均流速分布  
(ドライバー領域下流端部: $x=1500$  [mm])

# プレ解析の結果



平均流速は、1/4乗則を基準とする流入プロファイルと同様である。

case1-1 (ガイドベーンなし、隣棟間隔100[mm])

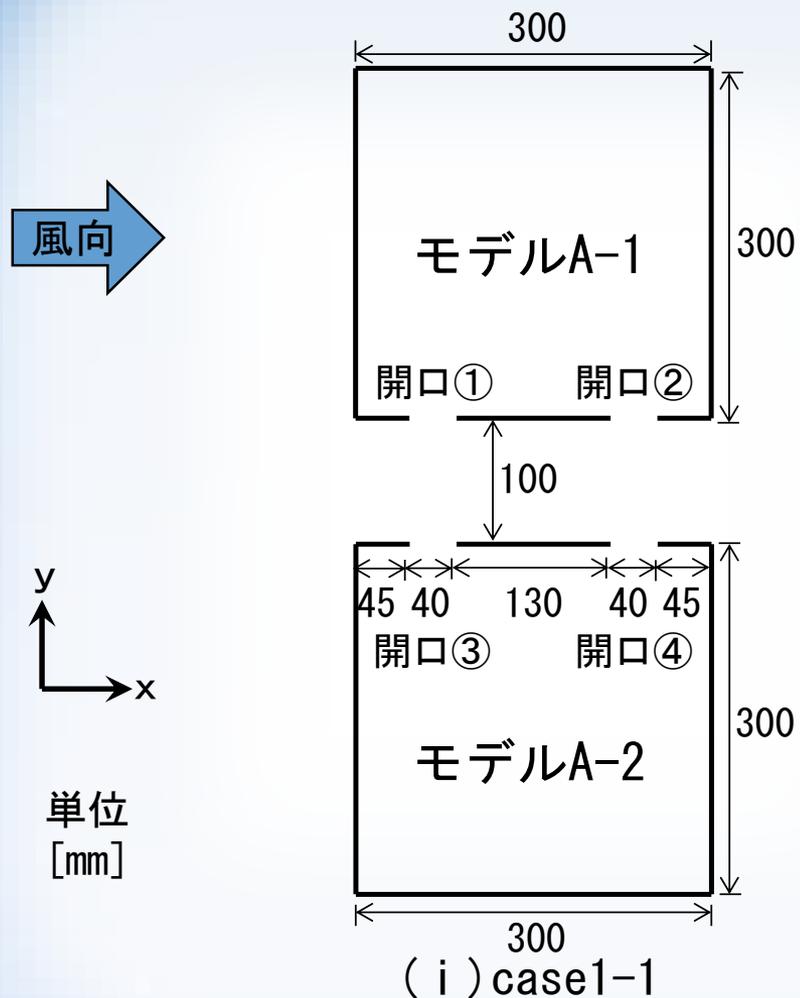
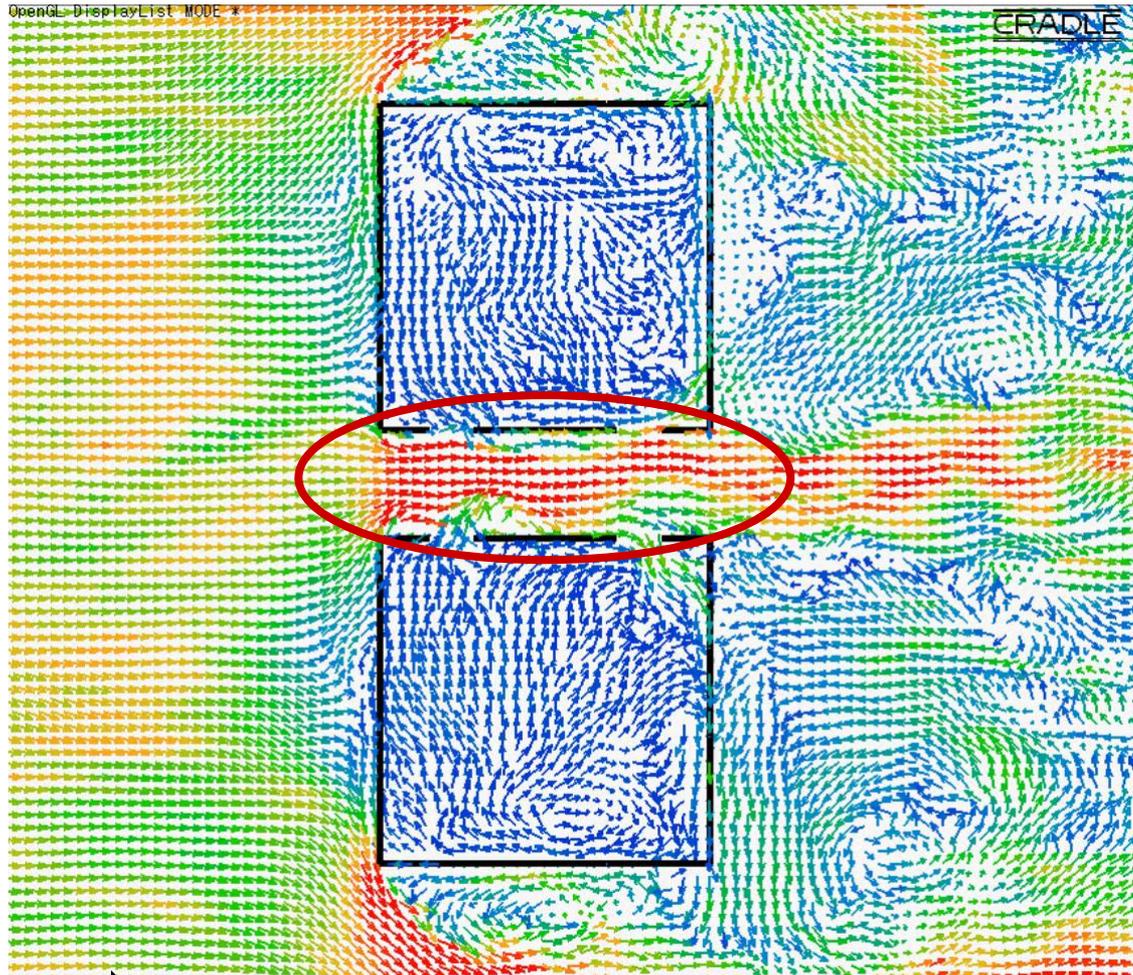


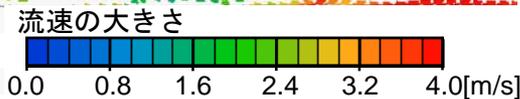
図 解析対象モデル平面図



隣棟間を流れる気流は、  
風向に対し左右に振動  
しながら流れる。

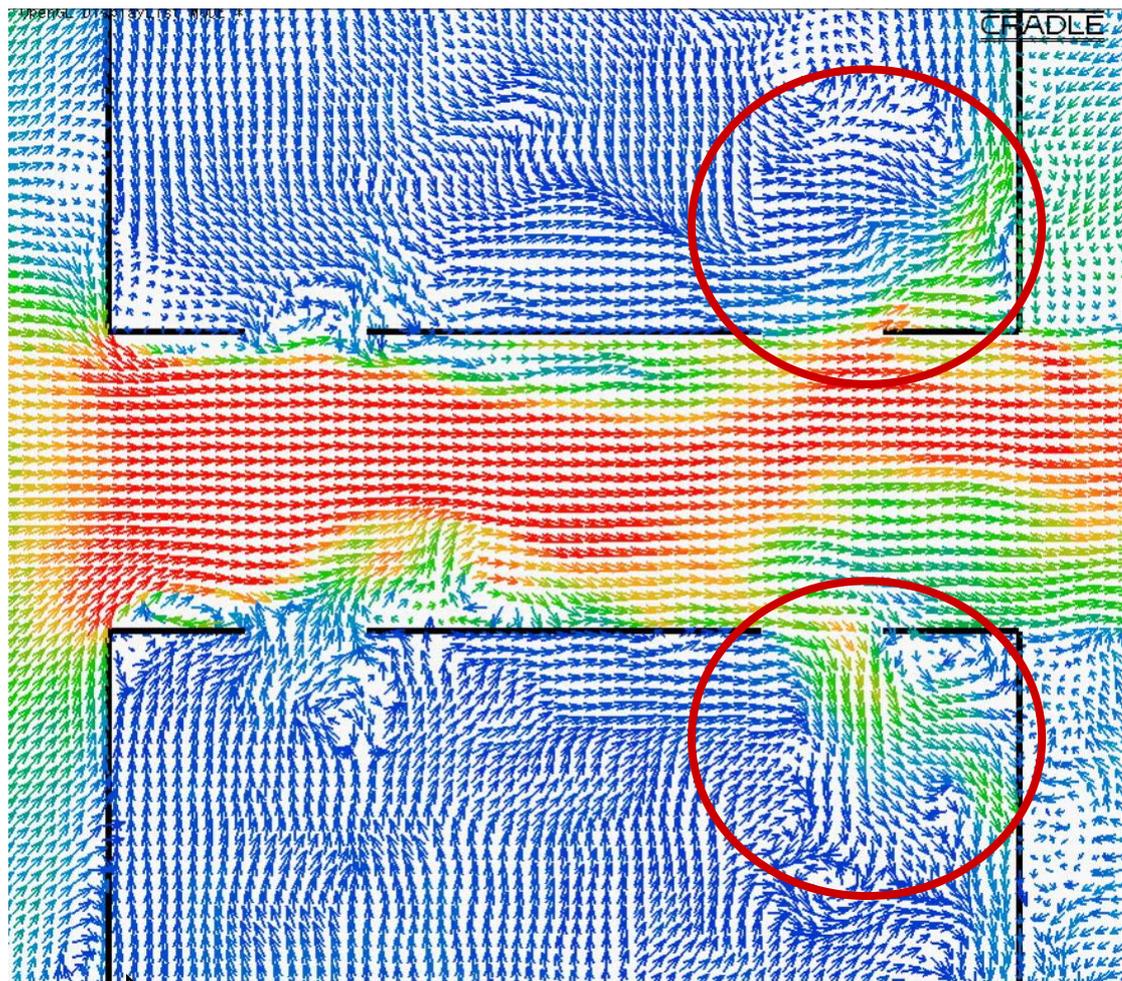


Cycle: 108094  
Time : 7.000



## 動画 case1-1室内外流速ベクトル分布※3

※3 開口の中心 ( $z=150$ [mm]) の水平断面における流速分布である。  
流速分布におけるTimeは、解析開始後の経過時間を示す。



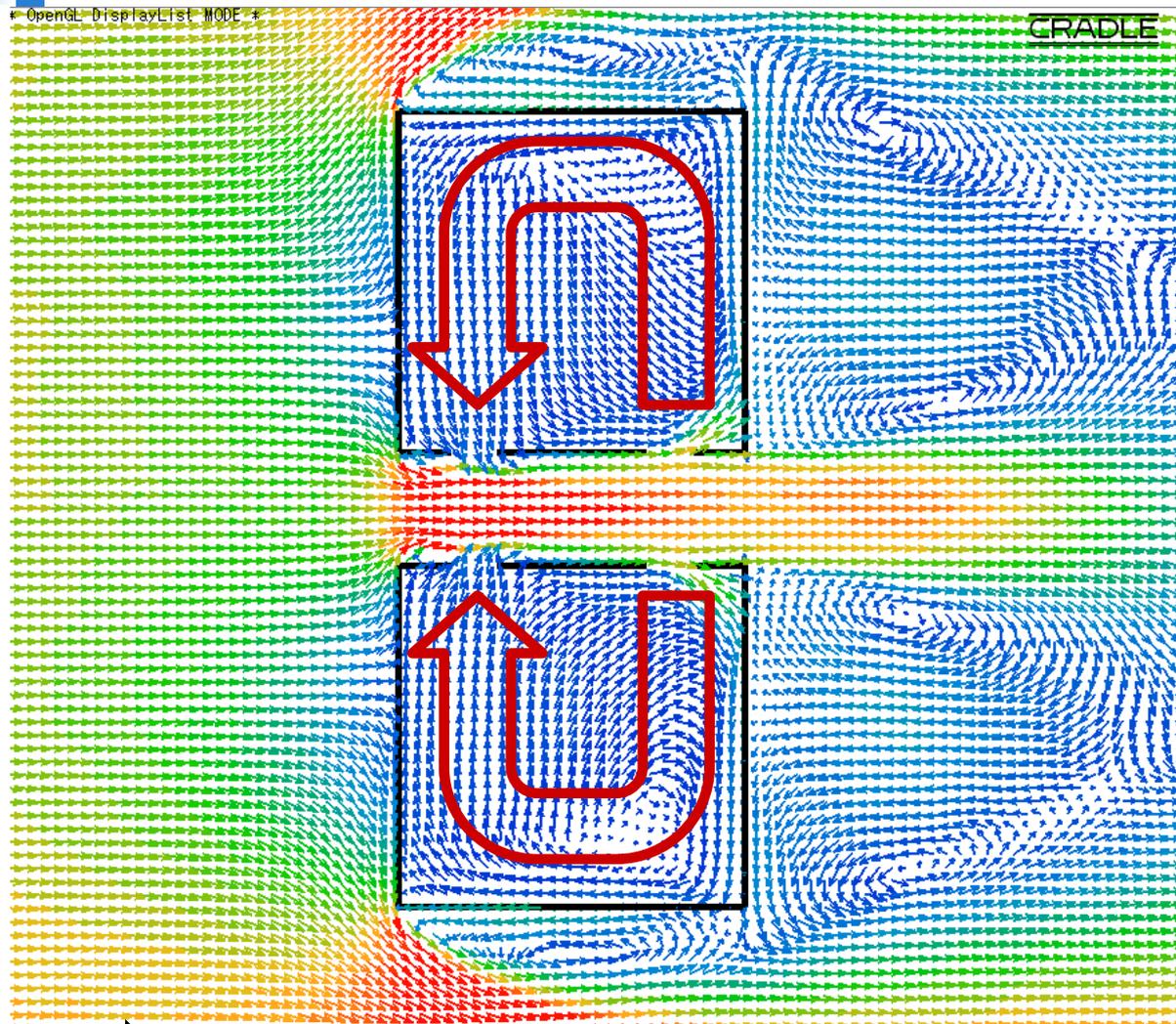
各モデルに流入する気流は、**変動気流**により流速の大小が交互に変化する。

2.0~4.0[m/s]程度で流入している。

動画 case1-1室内外流速ベクトル分布<sup>※3</sup>(隣棟部拡大)

※3 開口の中心(z=150[mm])の水平断面における流速分布である。流速分布におけるTimeは、解析開始後の経過時間を示す。

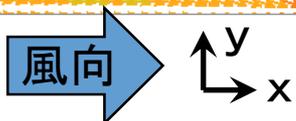
# 解析結果 ガイドベーンなし、隣棟間隔100[mm](case1-1)



室内全体で大きな循環気流を形成している。

平均通風量は、  
5.04 [m<sup>3</sup>/h] である。

平均換気回数は、  
186 [回/h] である。



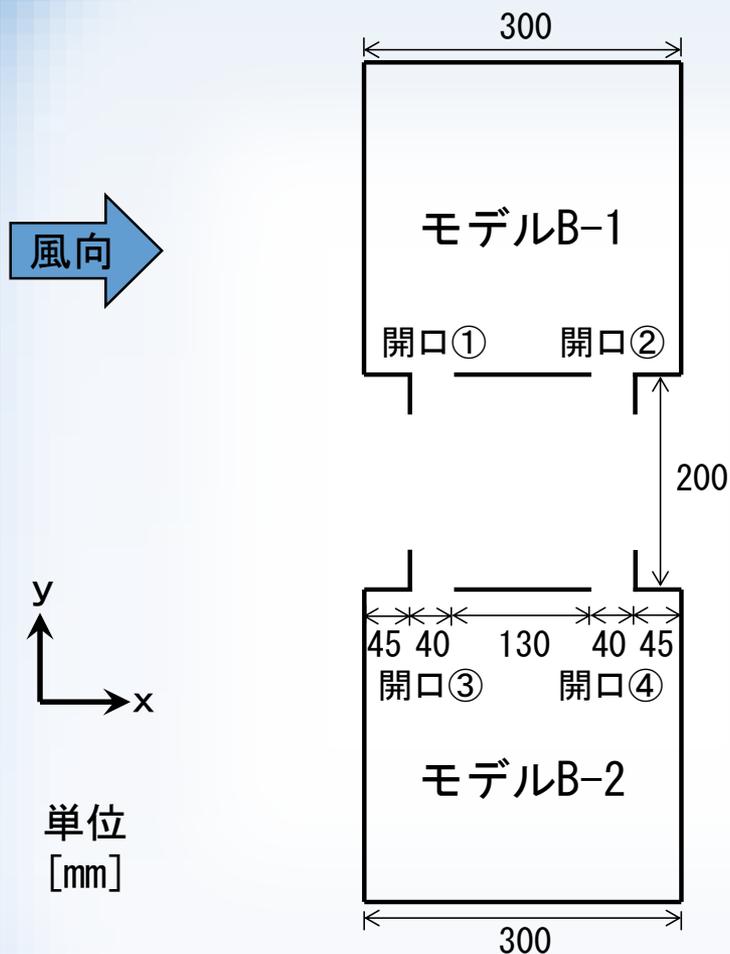
Cycle: 225017  
Time: 14.600



図3 case1-1室内外平均流速ベクトル分布※3

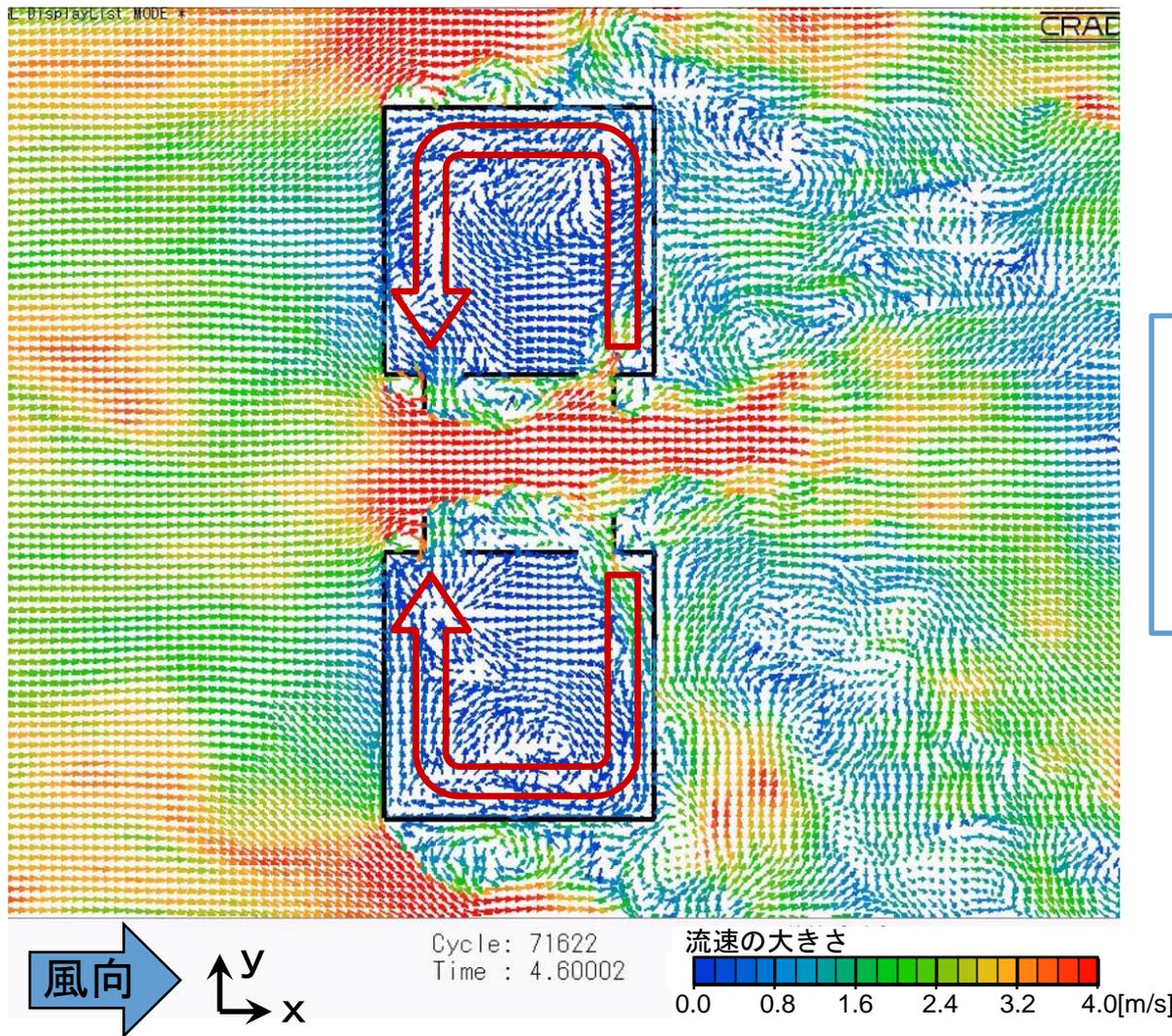
※3 開口の中心 (z=150[mm]) の水平断面における流速分布である。

case2-2 (ガイドベーン設置、隣棟間隔200[mm])



(iv) case2-2

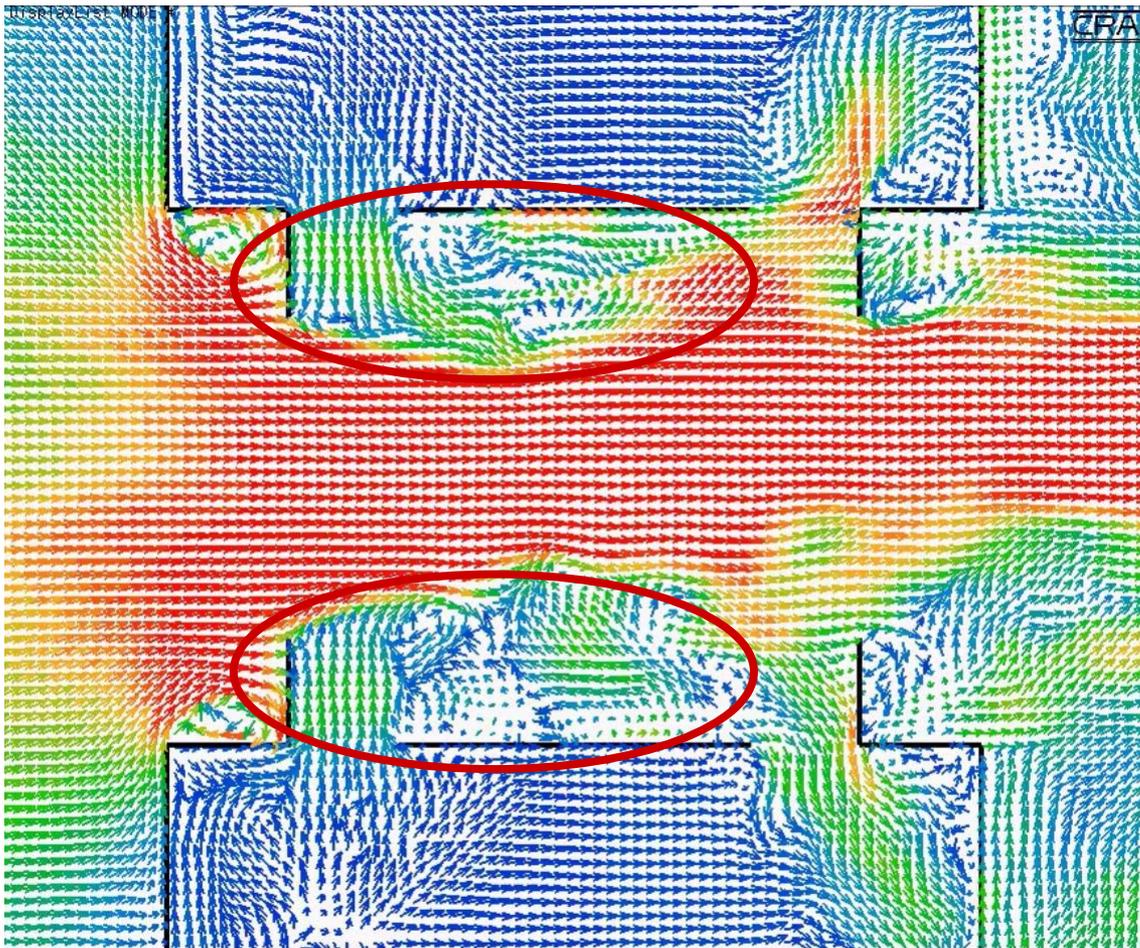
図 解析対象モデル平面図



風下側開口側から流入した気流は、内壁面に沿って風上側開口から流出している。

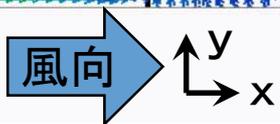
## 動画 case2-2室内外流速ベクトル分布※3

※3 開口の中心 ( $z=150$ [mm]) の水平断面における流速分布である。流速分布におけるTimeは、解析開始後の経過時間を示す。

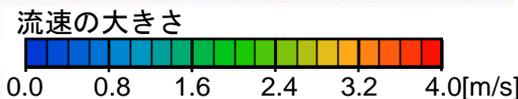


風上側開口から流出する気流により、渦が形成される。

各モデルで風下側開口から2.4~3.5[m/s]程度で流入している。

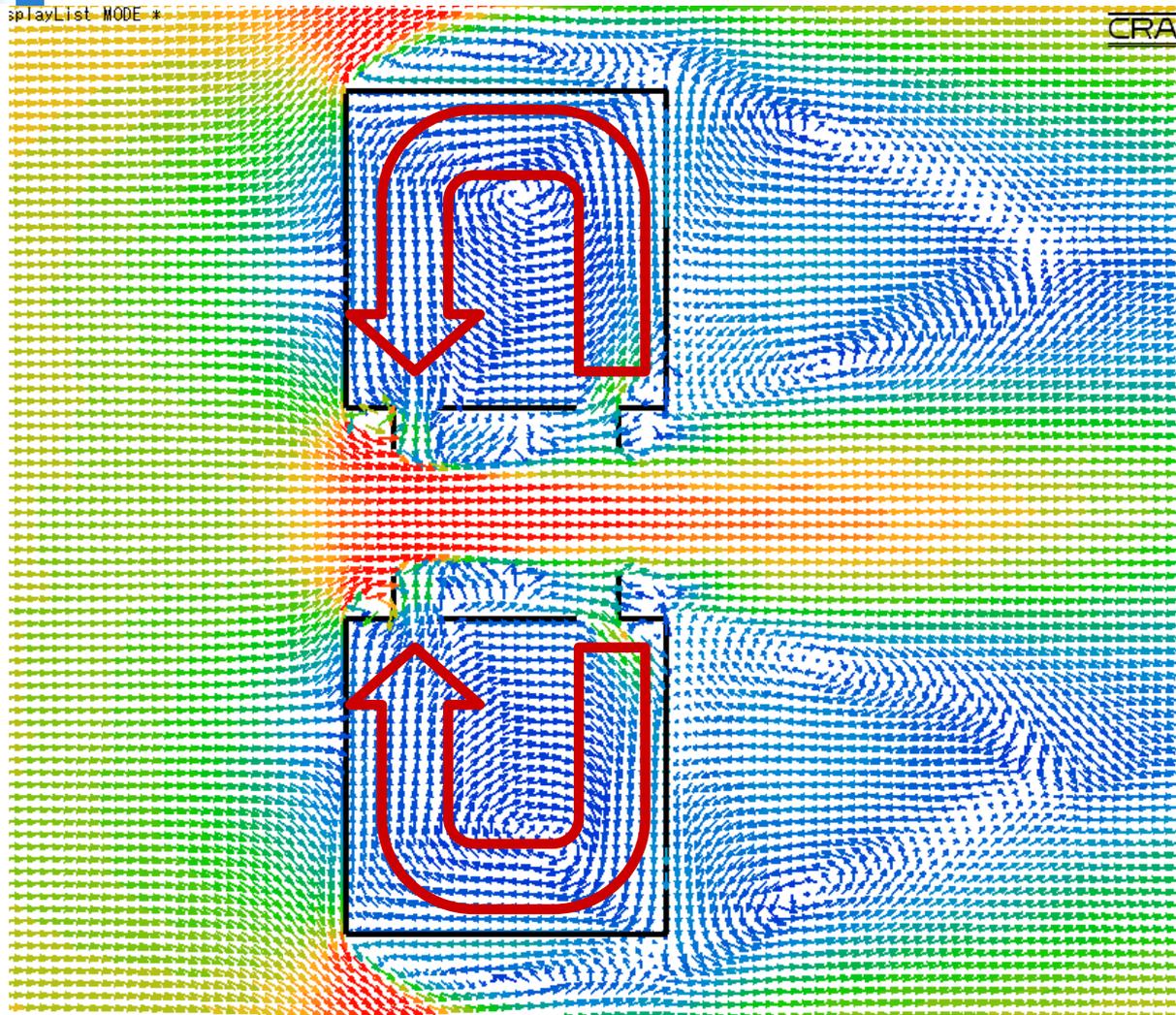


Cycle: 71622  
Time: 4.60002



動画 case2-2室内外流速ベクトル分布<sup>※3</sup>(隣棟部拡大)

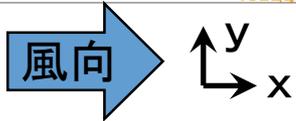
※3 開口の中心 (z=150[mm]) の水平断面における流速分布である。  
流速分布におけるTimeは、解析開始後の経過時間を示す。



室内全体で大きな循環気流を形成している。

平均通風量は、 $7.87 [m^3/h]$ である。

平均換気回数は、 $292 [回/h]$ である。



Cycle: 225488  
Time: 14.60001

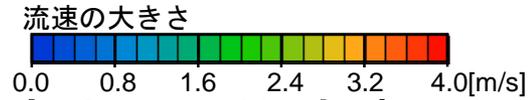
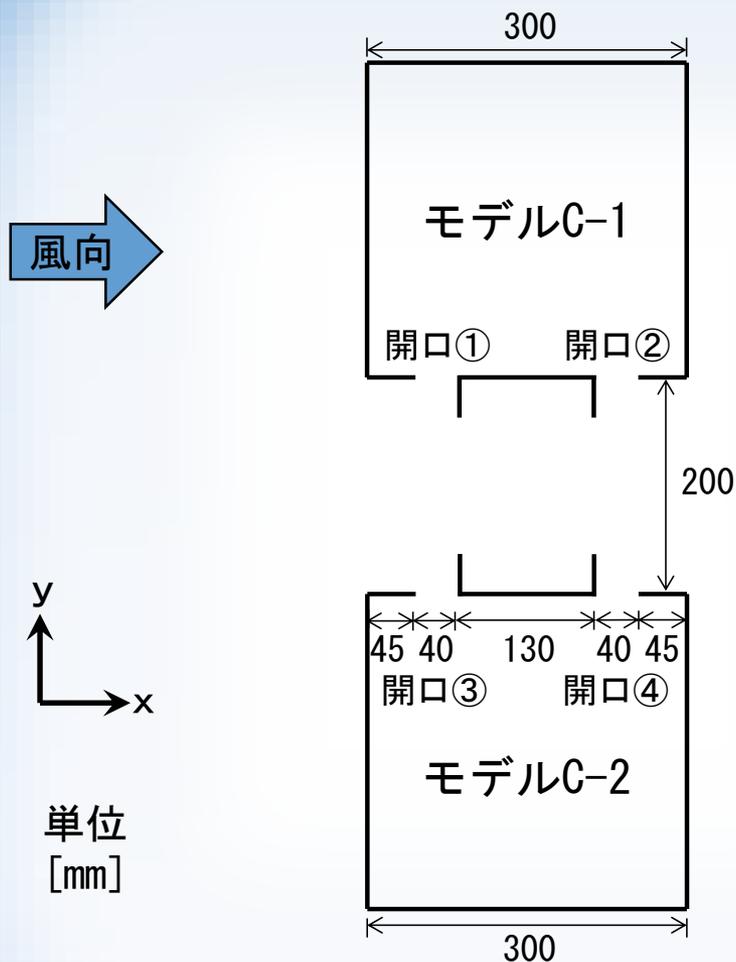


図6 case2-2室内外平均流速ベクトル分布※3

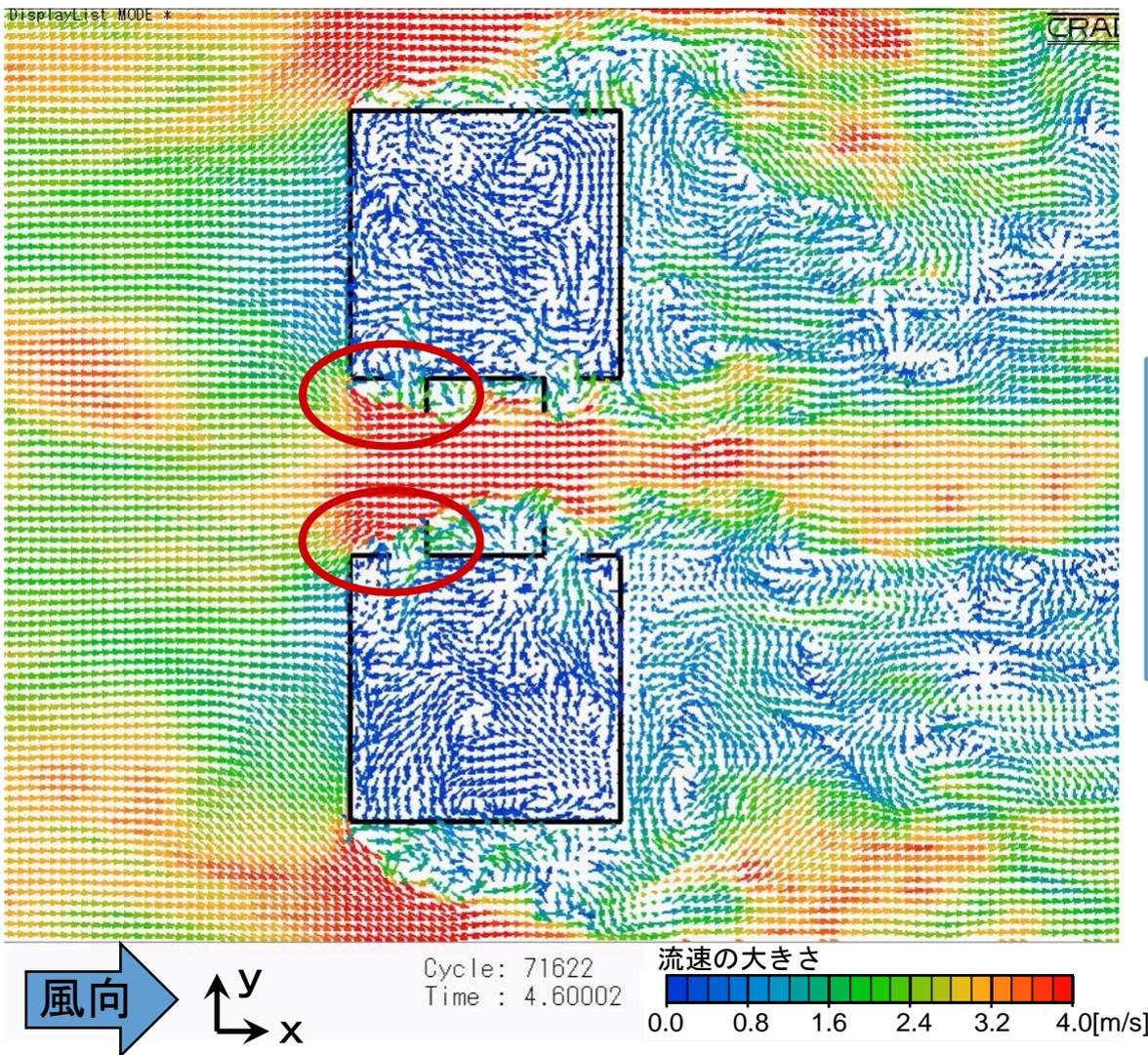
※3 開口の中心 (z=150[mm]) の水平断面における流速分布である。

case3-2 (ガイドベーン設置、隣棟間隔200[mm])



(vi) case3-2

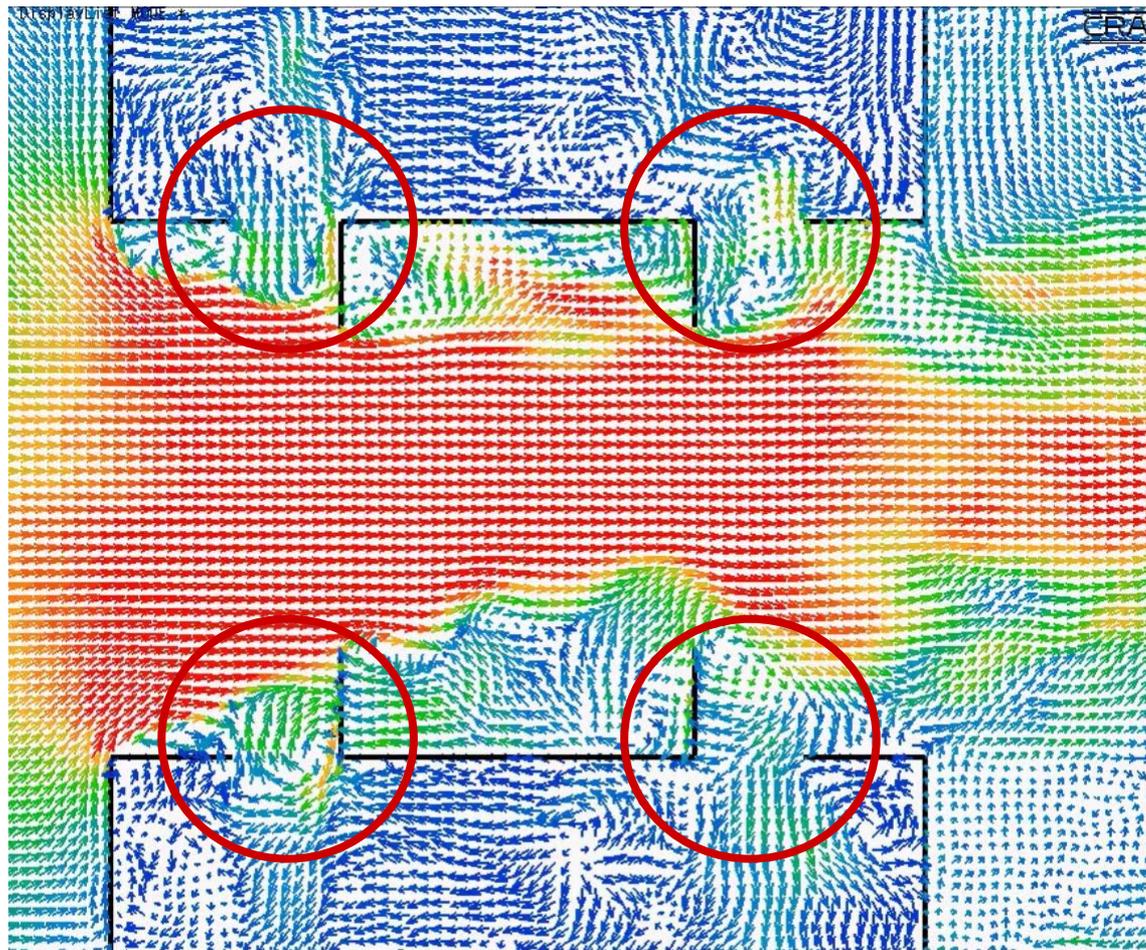
図 解析対象モデル平面図



外壁の隅角部で気流が剥離する為、風上側開口部付近で複雑な気流場が形成される。

## 動画 case3-2室内外流速ベクトル分布※3

※3 開口の中心 ( $z=150$ [mm]) の水平断面における流速分布である。流速分布におけるTimeは、解析開始後の経過時間を示す。



風上側開口付近では、  
渦が形成され、同一開口  
面で気流の流入出が  
同時に生じている。

風下側開口付近では、  
変動気流により気流の  
流入出が交互に生じる。



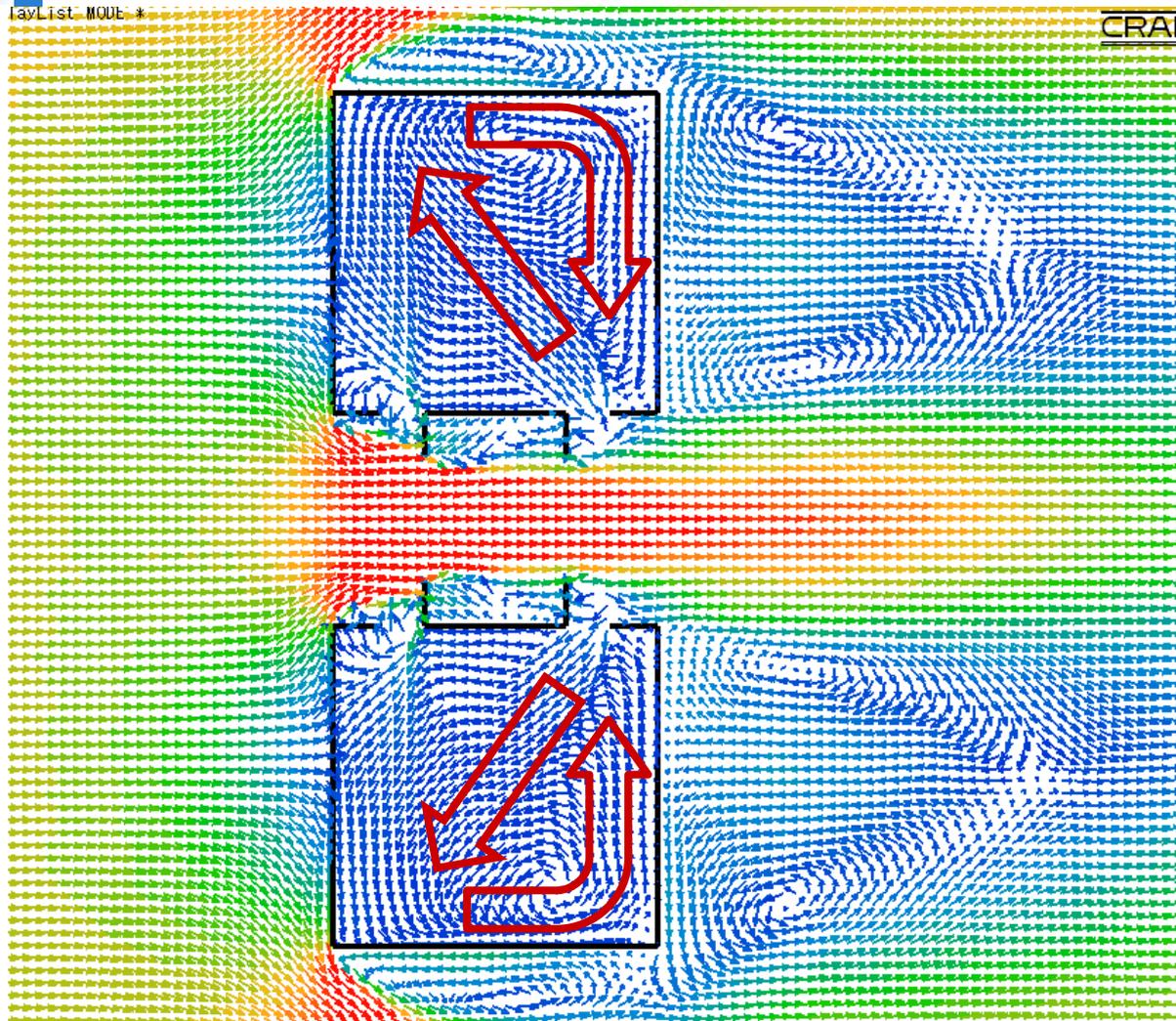
Cycle: 71622  
Time : 4.60002

流速の大きさ



動画 case3-2室内外流速ベクトル分布<sup>※3</sup>(隣棟部拡大)

※3 開口の中心 (z=150[mm]) の水平断面における流速分布である。  
流速分布におけるTimeは、解析開始後の経過時間を示す。



各モデルの風下側隅角部で循環気流を形成している。

平均通風量は、 $4.89 [m^3/h]$ である。

平均換気回数は、 $181 [回/h]$ である。



図8 case3-2室内外平均流速ベクトル分布※3

※3 開口の中心 (z=150[mm]) の水平断面における流速分布である。

# 各caseの比較

# 各caseの解析結果の比較

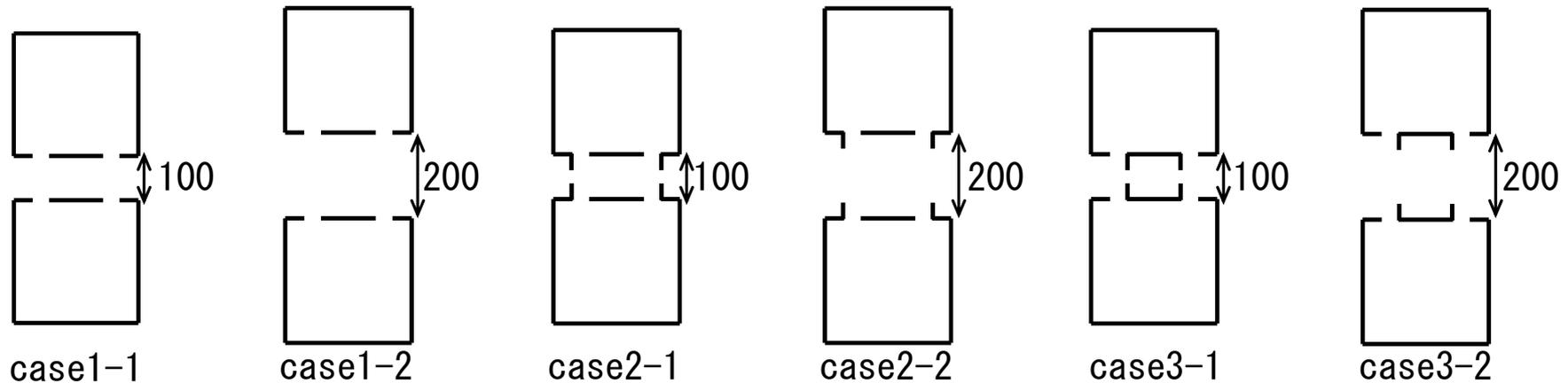


図 各caseの概要

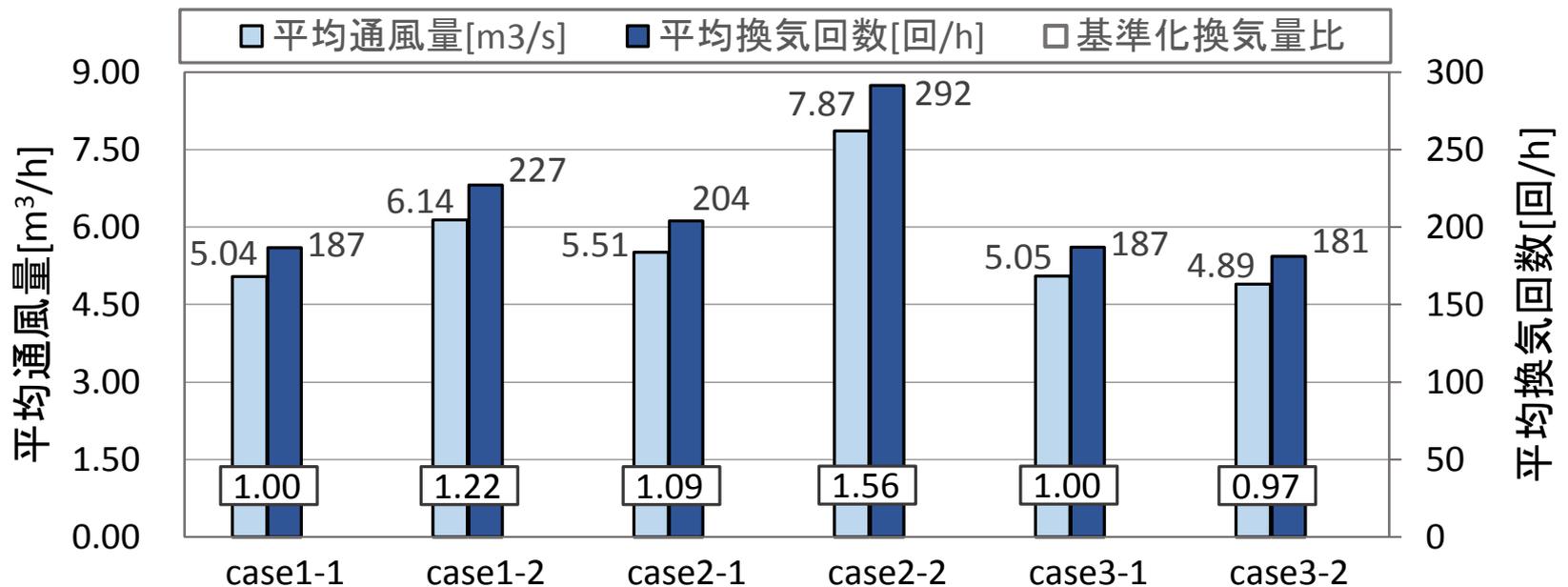
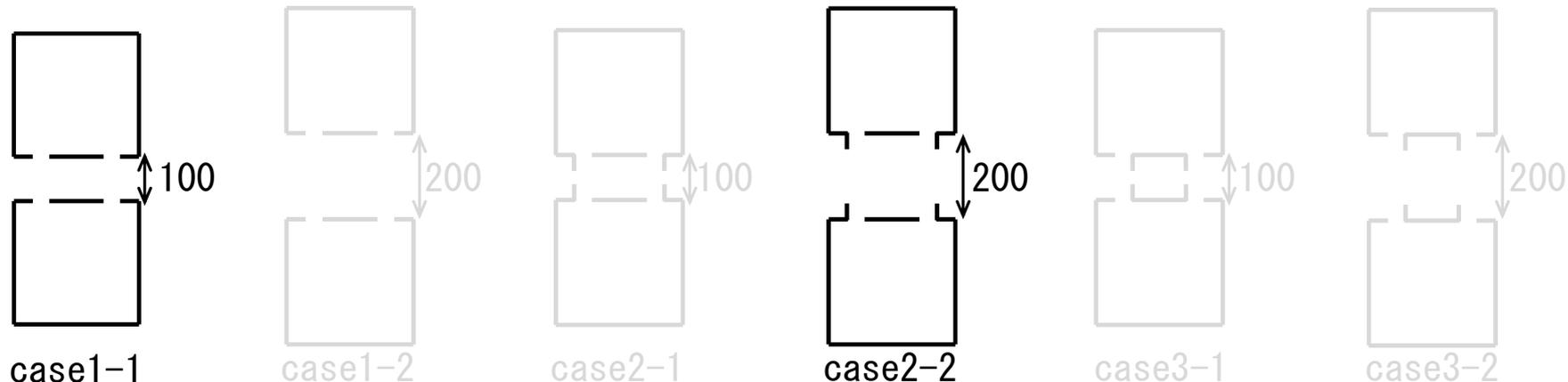


図9 各caseの解析結果の比較※5

※5) 基準化換気量比とは、各caseの平均通風量をcase1の平均通風量で除した値である。

# 各caseの解析結果の比較



case2-2の通風量が最も多く、case1-1に対して1.56倍である。

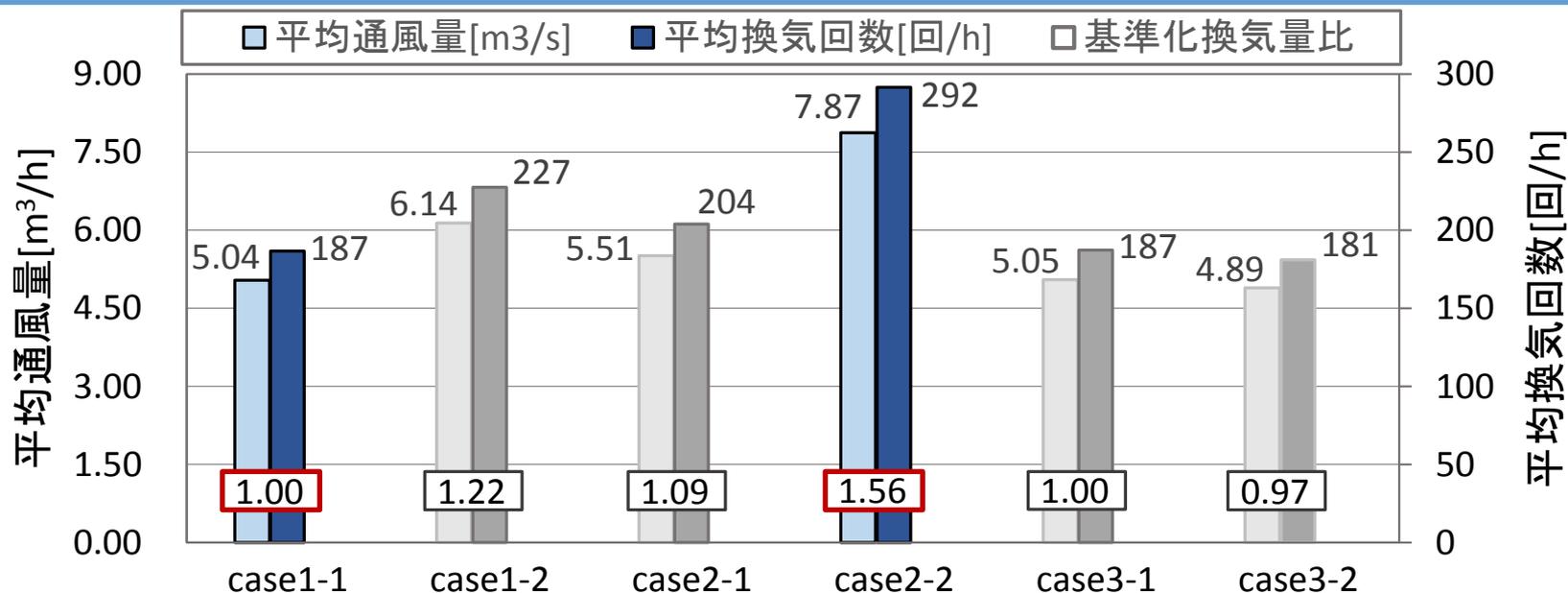
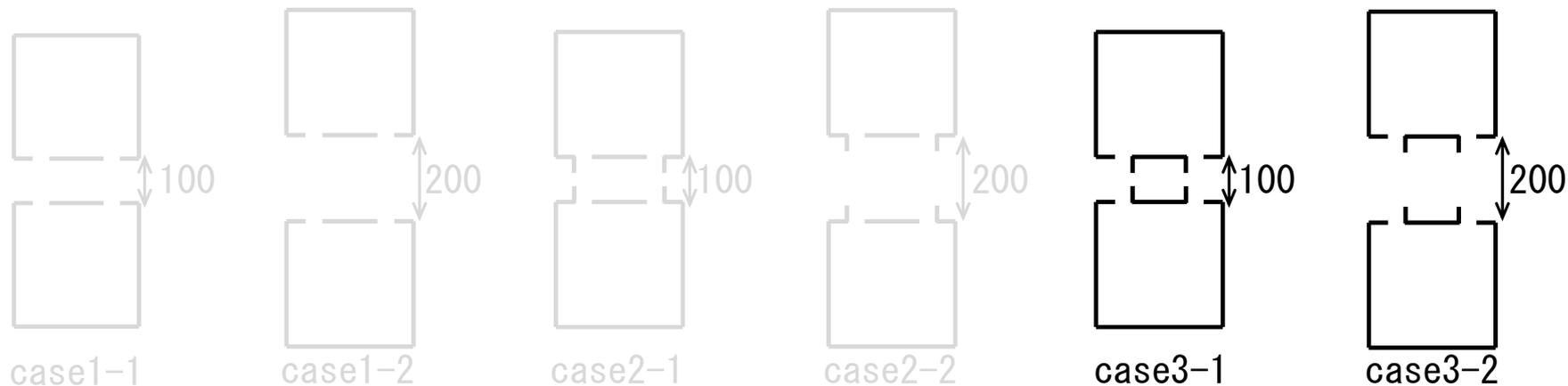


図9 各caseの解析結果の比較※5

※5) 基準化換気量比とは、各caseの平均通風量をcase1の平均通風量で除した値である。

# 各caseの解析結果の比較



case3-1, 3-2では、ガイドベーンが逆に換気を阻害している。

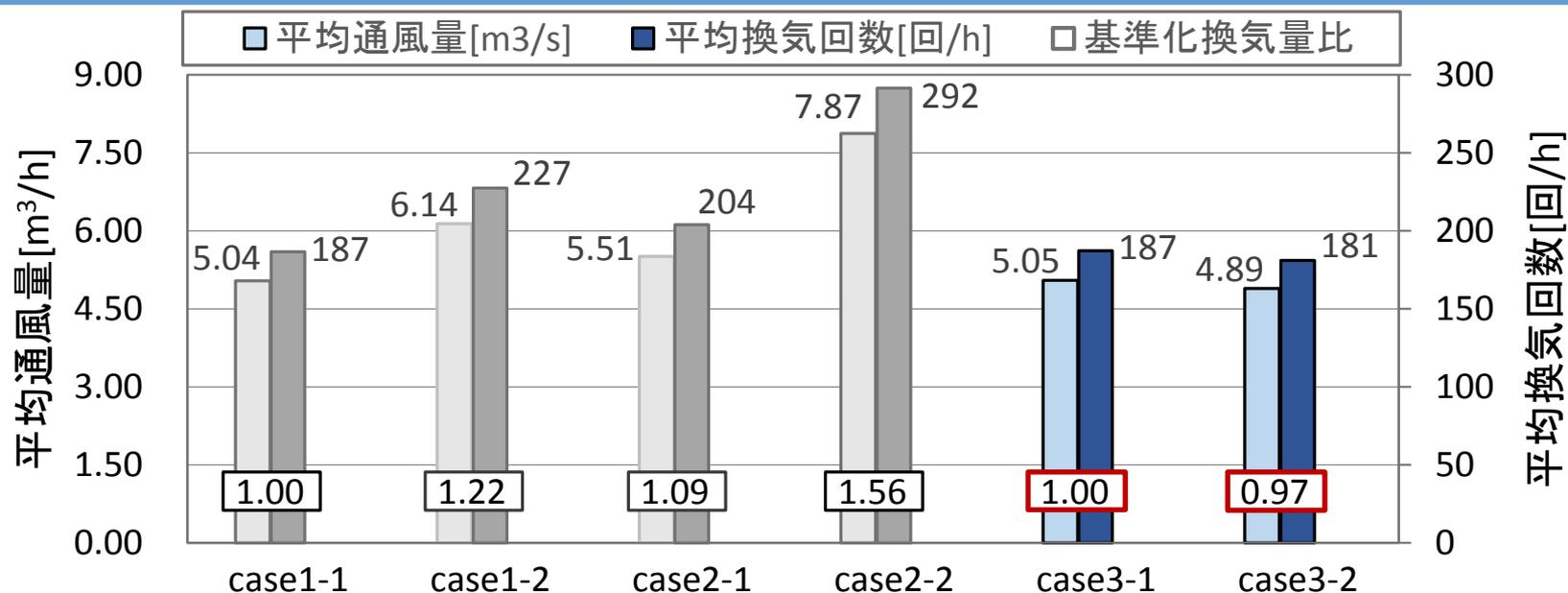


図9 各caseの解析結果の比較※5

※5) 基準化換気量比とは、各caseの平均通風量をcase1の平均通風量で除した値である。

- ① case2-1では、モデルの隣棟間で多数の渦が生じ、複雑な気流場が形成されている。
- ② case3-1, 3-2では、各モデルにおいて風上側開口付近で渦が形成されており複雑な気流場が形成されている。又、同一開口面で気流の流入出が同時に生じている。
- ③ 各caseを比較すると、case2-2の通風量が最も多く、case1-1に対して1.56倍である。