

LES (Large-Eddy Simulation) による 住宅の通風性状に関する研究

－隣接する２棟の住宅を対象とした自然換気・通風性能評価－

新潟大学大学院 自然科学研究科 環境科学専攻
社会基盤・建築学コース(建築系)

坂口真悟

指導教員 赤林伸一 教授



1. 研究目的

1. 研究目的

近年、増加傾向にある住宅やオフィスビル等の民生部門の冷房用エネルギー消費を削減する手法として**自然通風**が注目されている。

自然エネルギーを用いた居住環境調整手法の一つである通風は、**換気による室温低下効果**や**在室者への可感気流による体感温度の低下効果**をもたらし、中間期や夏季の夜間等での積極的な利用が期待される。

1. 研究目的

建物の自然換気・通風性能の評価に関する数値解析では、建物の室内外の気流性状を把握するため主にReynolds Averaged Navier-stokes Simulation(**RANS**)を使用した時間平均的な解析が行われ、**定常状態**の流体現象の再現が多数行われている。

実際の自然環境下では**外部風が絶えず変動**し、それに応じて室内通風性状も変化するため、定常解析による自然換気・通風性能評価では必ずしも実現象を評価できていない。

1. 研究目的

建物の自然換気・通風性能の評価において、**接近流の変動を考慮した**実現象により近い現象を**再現**することは**極めて重要**と考えられる。

近年、Personal Computerの高性能化に伴って流体现象の**時間的变化**を得ることが可能な**非定常の解析手法**が実用化されており、建物や街区周辺の非定常流体现象の予測技術としてLarge-Eddy Simulation(以下**LES**)を用いた研究が行われ始めている。

1. 研究目的

本研究では**LES解析**を用いて、通風が期待できないと考えられる、風向に対して平行な1つの壁面上に2つの開口を有する単純住宅モデルを対象とし、住宅モデルを**単体で配置**した場合と市街地を想定して**2棟隣接させて配置**した場合について、単純住宅モデルの室内外**気流性状**の把握及び開口部における**換気量**の算出を行う。

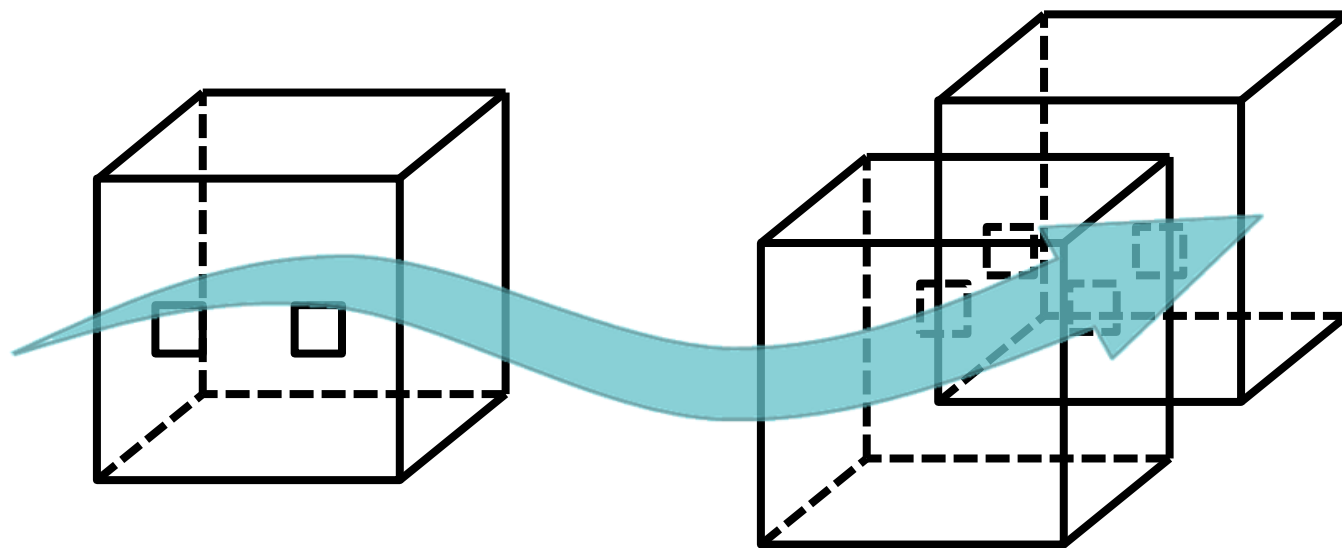
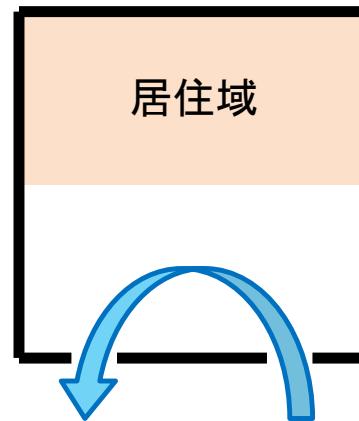


図 解析対象モデルの概要

1. 研究目的

更に、流入した**新鮮外気**が十分に室内居住域に到達せずに**ショートサーキット**して流出する可能性を考慮して、流入気流が室内全体の換気に**実質的に寄与する割合**を把握し、LES解析で算出した住宅モデルの換気量に適用する。

非定常気流場における単純住宅モデルの**自然換気・通風性能**を**定量的に評価**することを目的とする。



ショートサーキット

図 ショートサーキットのイメージ

2. LES解析概要

2.1 解析対象

解析領域は風洞を模擬し、
 $7,800[\text{mm}]$ (長さ) $\times$ $1,800[\text{mm}]$ (高さ) $\times$ $1,800[\text{mm}]$ (幅) とする。

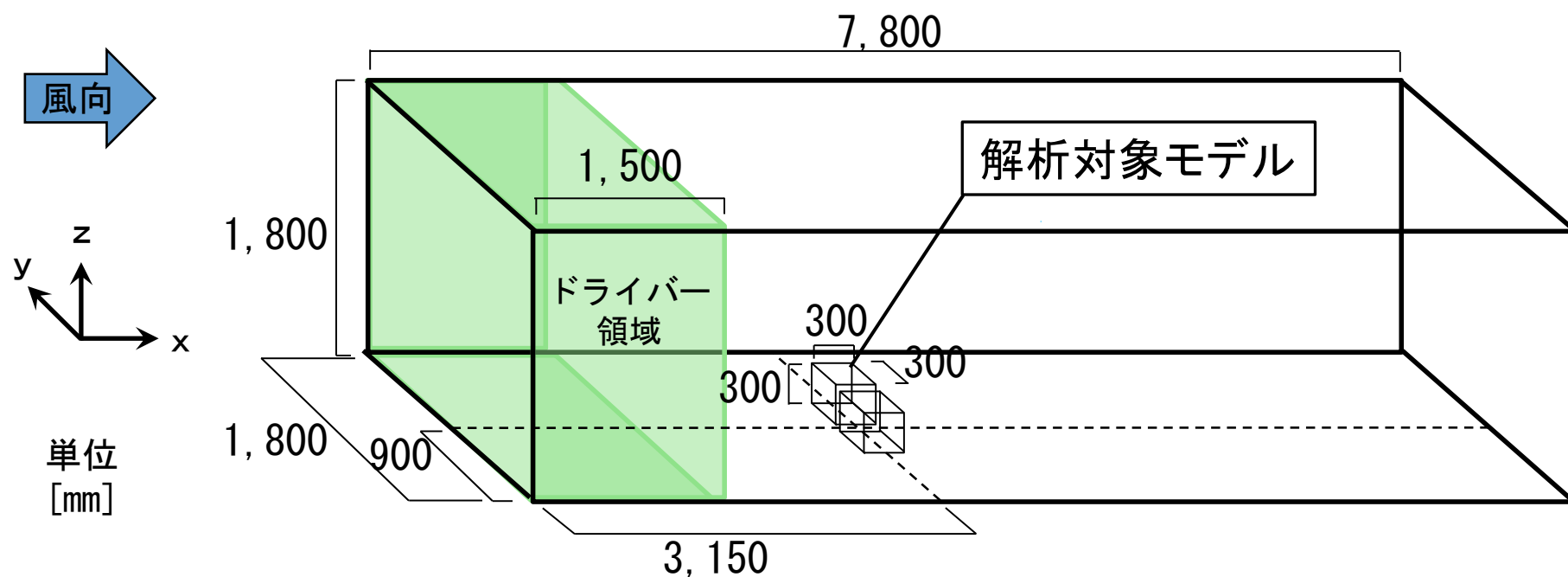


図1 解析領域

2.1 解析対象

解析対象は、**一辺300[mm]の立方体**の単純住宅モデルとする。

風向に対して平行な壁面に、**一辺40[mm]の開口**を、**2箇所**設ける。

開口の中心は**地表面から高さ150[mm]**の位置とし、**開口の間隔は130[mm]**とする。

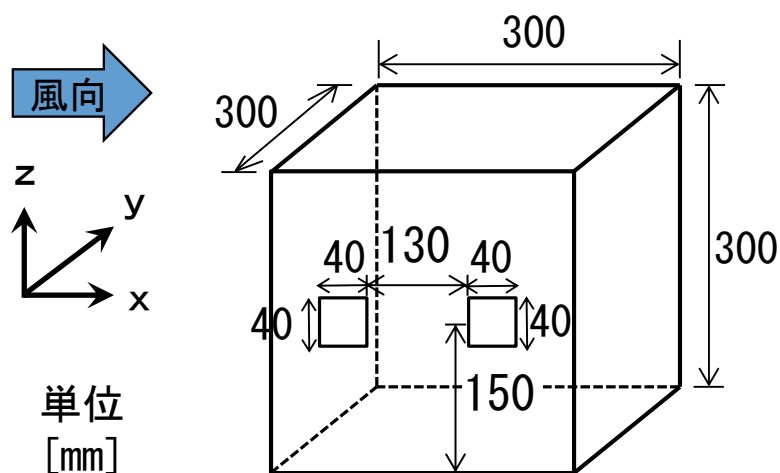


図2 単純住宅モデルの概要

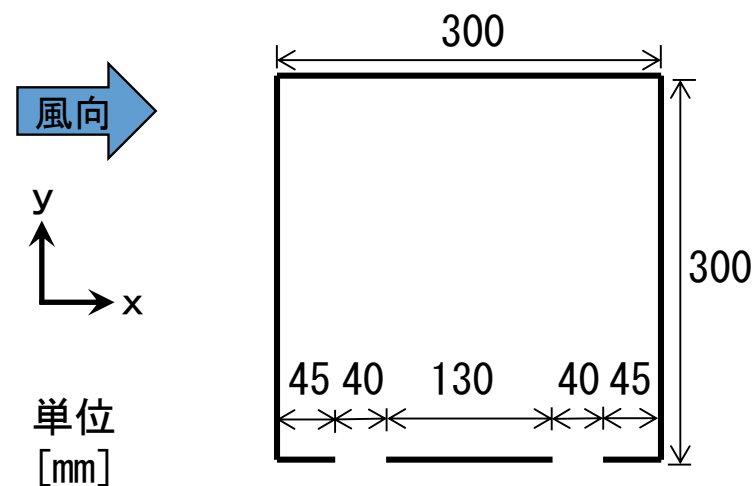


図 単純住宅モデル平面

2.1 解析対象

表 1 解析case

解析case	配置条件	隣棟間隔 [mm]
case1	単体	-
case2	2 棟	100
case3		200

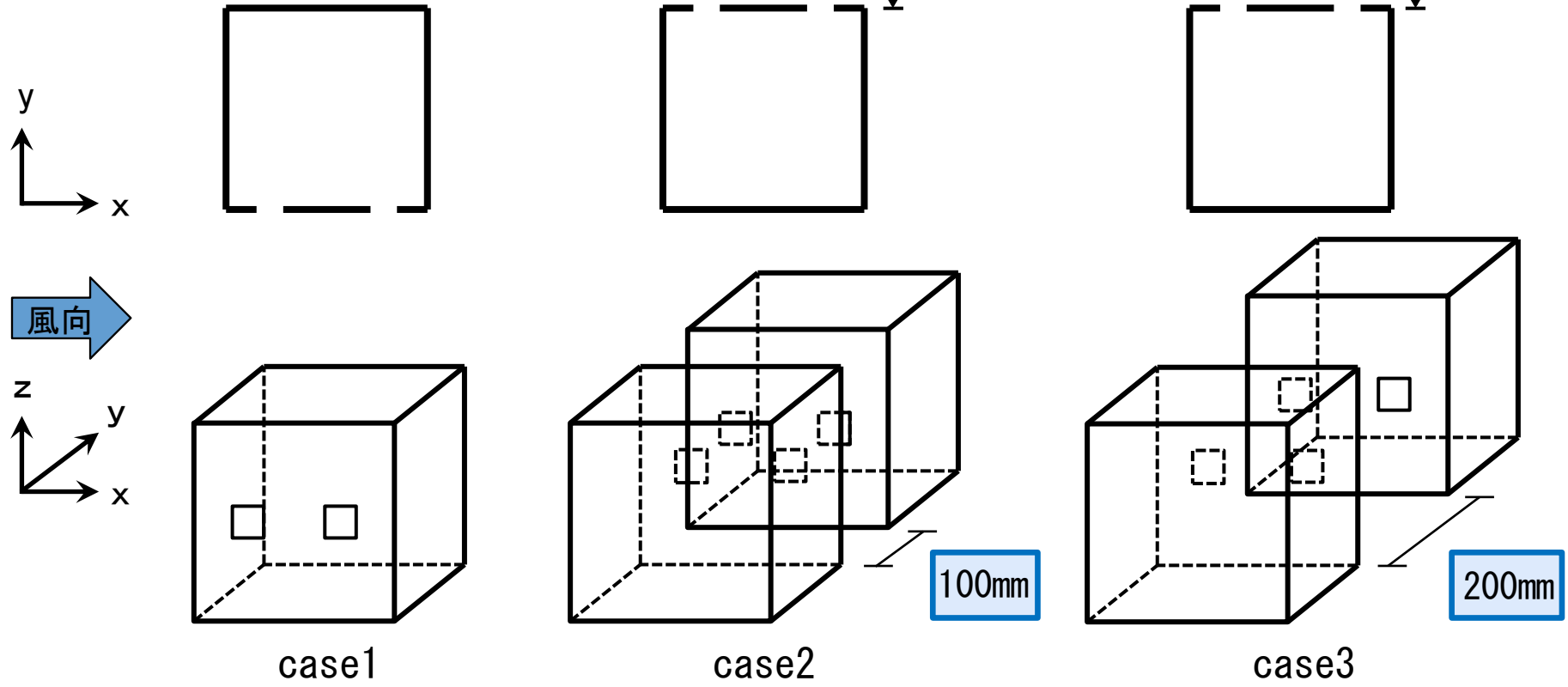


図 解析case

2.2 解析条件

表 2 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 ²]		
境界条件	流入	1/4乗則 (基準高さ1.0 [m] で風速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
		流体と接する全ての面	
部品面			
解析時間t	プレ解析 : t=0~2.6 [s]、移行期間 : 2.6~4.6 [s] 本解析 : t=4.6~14.6 [s]		
時間刻み Δt	6.5 × 10 ⁻⁵ [s]		
温度	等温		
最小メッシュ幅	0.005 [m]		
解析領域メッシュ数	case1	210 (x) × 148 (y) × 117 (z) = 3,636,360	
	case2	211 (x) × 208 (y) × 97 (z) = 4,257,136	
	case3	211 (x) × 209 (y) × 97 (z) = 4,277,603	

LES解析には汎用数値流体解析ソフト**STREAM ver. 10**を使用する。

2.2 解析条件

表 2 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 ²]		
境界条件	流入	1/4乗則 (基準高さ1.0[m]で風速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
		流体と接する全ての面 部品面	
解析時間t	プレ解析 : t=0~2.6[s]、移行期間 : 2.6~4.6[s] 本解析 : t=4.6~14.6[s]		
時間刻み Δt	6.5 × 10 ⁻⁵ [s]		
温度	等温		
最小メッシュ幅	0.005[m]		
解析領域メッシュ数	case1	210 (x) × 148 (y) × 117 (z) = 3,636,360	
	case2	211 (x) × 208 (y) × 97 (z) = 4,257,136	
	case3	211 (x) × 209 (y) × 97 (z) = 4,277,603	

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

2.2 解析条件

表 2 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 ²]		
境界条件	流入	1/4乗則 (基準高さ1.0[m]で風速5.0[m/s])	
	流出	自然流出	
		Ymin, Ymax, Zmax面	フリースリップ
	壁境界	Zmin面	拡張型 Werner-Wengle
		流体と接する全ての面	
		部品面	
解析時間t	プレ解析 : t=0~2.6[s]、移行期間 : 2.6~4.6[s] 本解析 : t=4.6~14.6[s]		
時間刻み Δt	6.5 × 10 ⁻⁵ [s]		
温度	等温		
最小メッシュ幅	0.005[m]		
解析領域メッシュ数	case1	210 (x) × 148 (y) × 117 (z) = 3,636,360	
	case2	211 (x) × 208 (y) × 97 (z) = 4,257,136	
	case3	211 (x) × 209 (y) × 97 (z) = 4,277,603	

壁面境界条件にはWerner-Wengle型の境界条件を三層モデルに拡張した条件式^{文3)}を用いる。

文3) 株式会社ソフトウェアクレイドル「STREAM ver.10 ユーザーズガイド 基礎編 2011年7月 pp2-45

2.2 解析条件

表 2 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 ²]		
境界条件	流入	1/4乗則 (基準高さ1.0[m]で風速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
		流体と接する全ての面	
部品面			
解析時間t	プレ解析 : t=0~2.6[s]、移行期間 : 2.6~4.6[s] 本解析 : t=4.6~14.6[s]		
時間刻み Δ t	6.5 × 10 ⁻⁵ [s]		
温度	等温		
最小メッシュ幅	0.005[m]		
解析領域メッシュ数	case1	210 (x) × 148 (y) × 117 (z) = 3,636,360	
	case2	211 (x) × 208 (y) × 97 (z) = 4,257,136	
	case3	211 (x) × 209 (y) × 97 (z) = 4,277,603	

解析メッシュ数は、表の通りとし、対象モデル1辺300 [mm] を60分割、開口面1辺40 [mm] を8分割し、最小メッシュ幅は5 [mm] とする。



2.2 解析条件

表 2 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 ²]		
境界条件	流入	1/4乗則(基準高さ1.0[m]で風速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
		流体と接する全ての面	
部品面			
解析時間t	プレ解析 : t=0~2.6[s]、移行期間 : 2.6~4.6[s] 本解析 : t=4.6~14.6[s]		
時間刻みΔt	6.5 × 10 ⁻⁵ [s]		
温度	等温		
最小メッシュ幅	0.005[m]		
解析領域メッシュ数	case1	210(x) × 148(y) × 117(z) = 3,636,360	
	case2	211(x) × 208(y) × 97(z) = 4,257,136	
	case3	211(x) × 209(y) × 97(z) = 4,277,603	

LES解析における初期乱流場は変動成分として各流速成分の振幅を $u=1.0$ [m/s] (X成分)、 $v=3.0$ [m/s] (Y成分)、 $w=3.0$ [m/s] (Z成分) として与える。

2.2 解析条件

LES解析ではまず、解析領域の上流部分に**ドライバー領域**※1を設け、開口がない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**を行う。プレ解析は計算開始後 $t = 0 \sim 2.6[s]$ までとする。

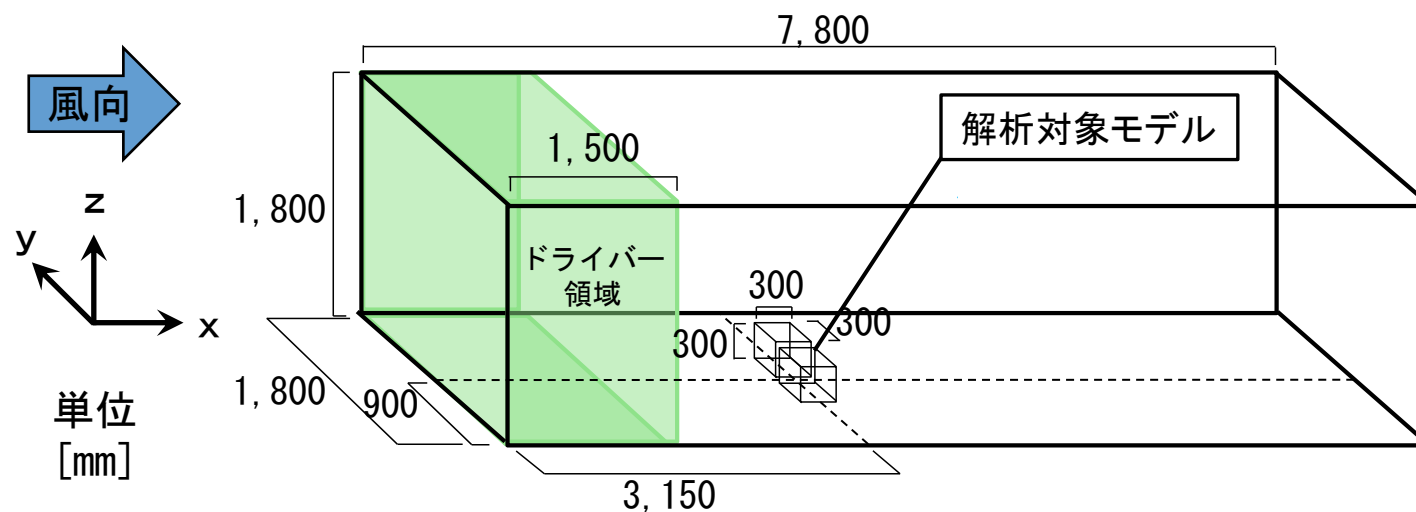
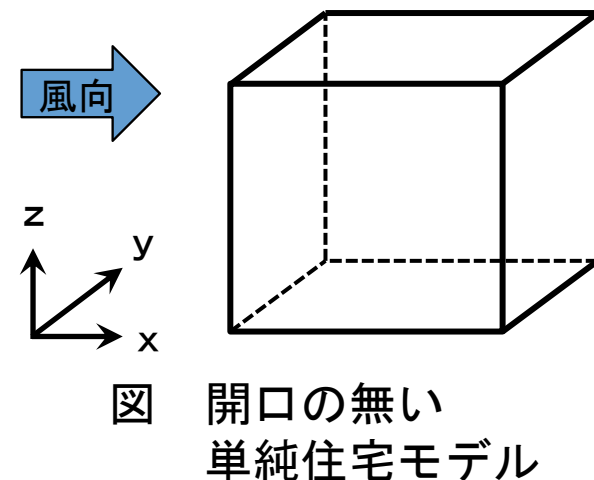


図1 解析領域

※1 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。

2.2 解析条件

LES解析ではまず、解析領域の上流部分に**ドライバー領域※¹**を設け、開口がない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**を行う。プレ解析は計算開始後 $t = 0 \sim 2.6[s]$ までとする。

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**を行い、**室内**及び**開口付近**における**気流性状**の検討を行う。

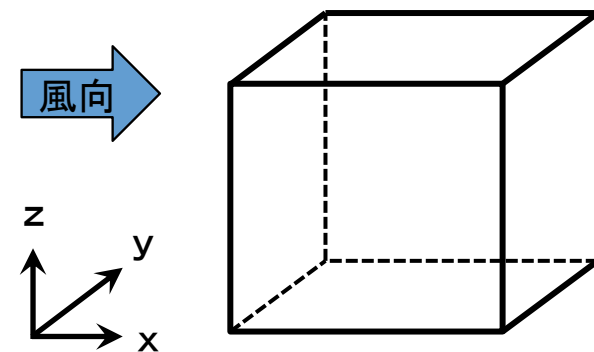


図 開口の無い
単純住宅モデル

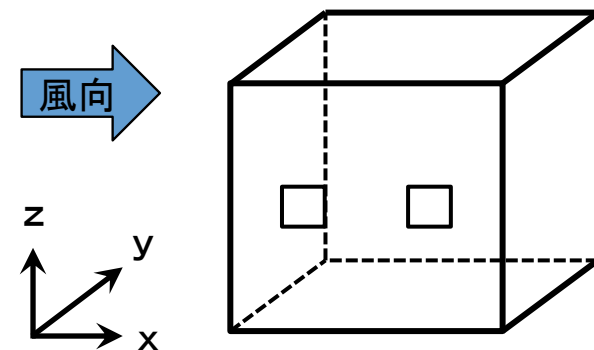
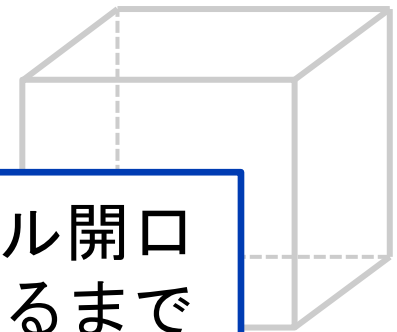


図 開口を有する
単純住宅モデル

※1 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。

2.2 解析条件

LES解析ではまず、解析領域の上流部分にドライバー領域※1を設け、開口



$t = 2.6 \sim 4.6[s]$ までの2.0[s]間は、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する。

単純住宅モデル

次に、開口を有する単純住宅モデル

$t = 4.6 \sim 14.6[s]$ までの計10[s]間を本解析の結果とし、通風性状及び通風量の評価対象として用いる。

図 開口を有する
単純住宅モデル

※1 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。

2.2 解析条件

流入変動気流の作成には、片岡ら^{文4)}の方法を用い、ドライバー領域下流端部の風速の変動値のみを上流端部にリサイクルする。基準とする流入プロファイルは市街地を想定して $U \propto Z^{1/4}$ (U : 流速、 Z : 高さ) とする。

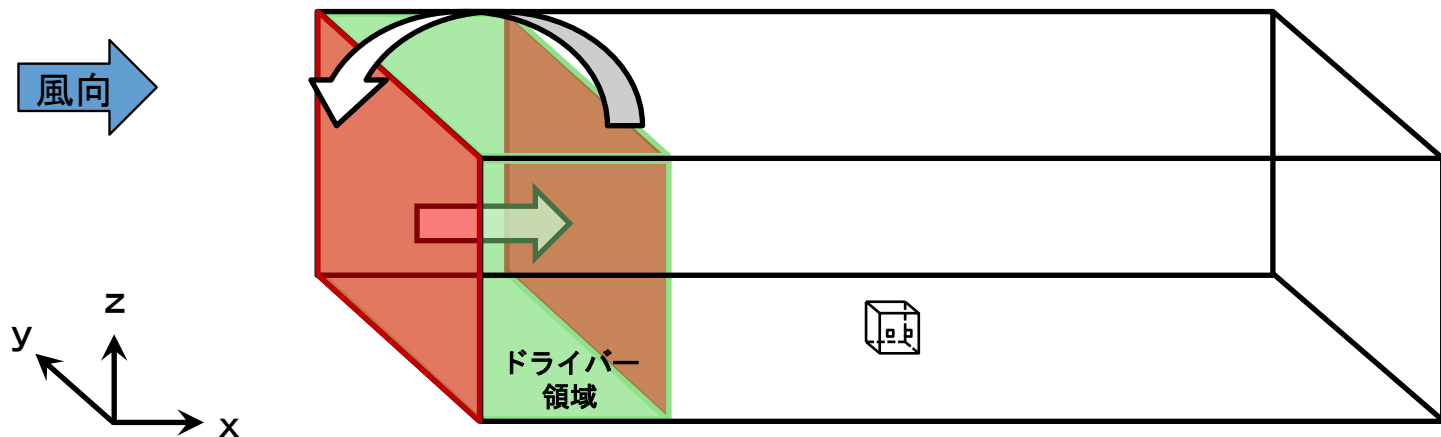


図 流入変動気流の作成方法

文4 片岡、水野 「流入変動風を用いた三次元角柱周りの気流解析」 日本建築学会計画系論文集、1999年

3. 数値流体解析結果

3.1 流入変動気流の平均流速分布

3.1 流入変動気流の平均流速分布

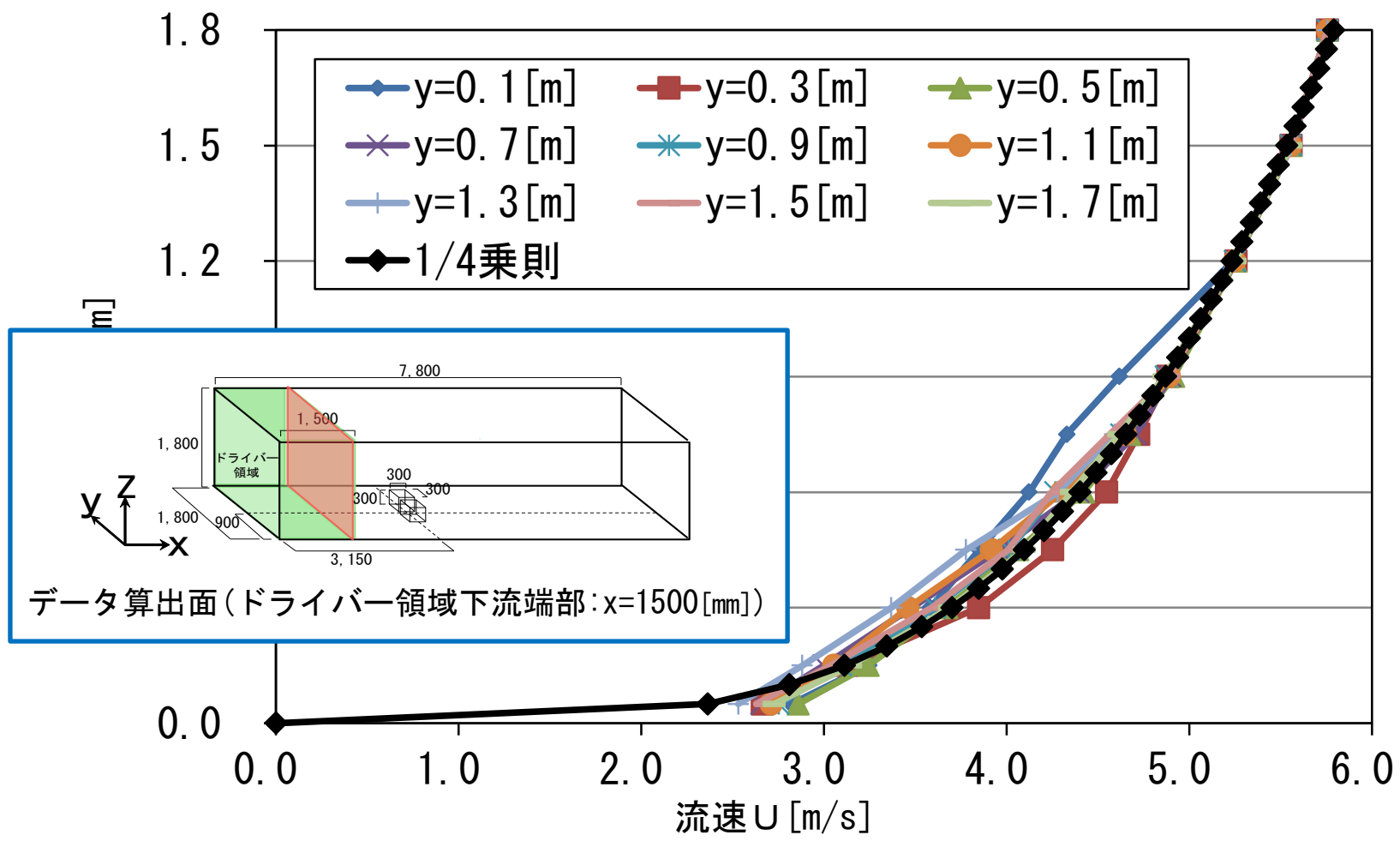
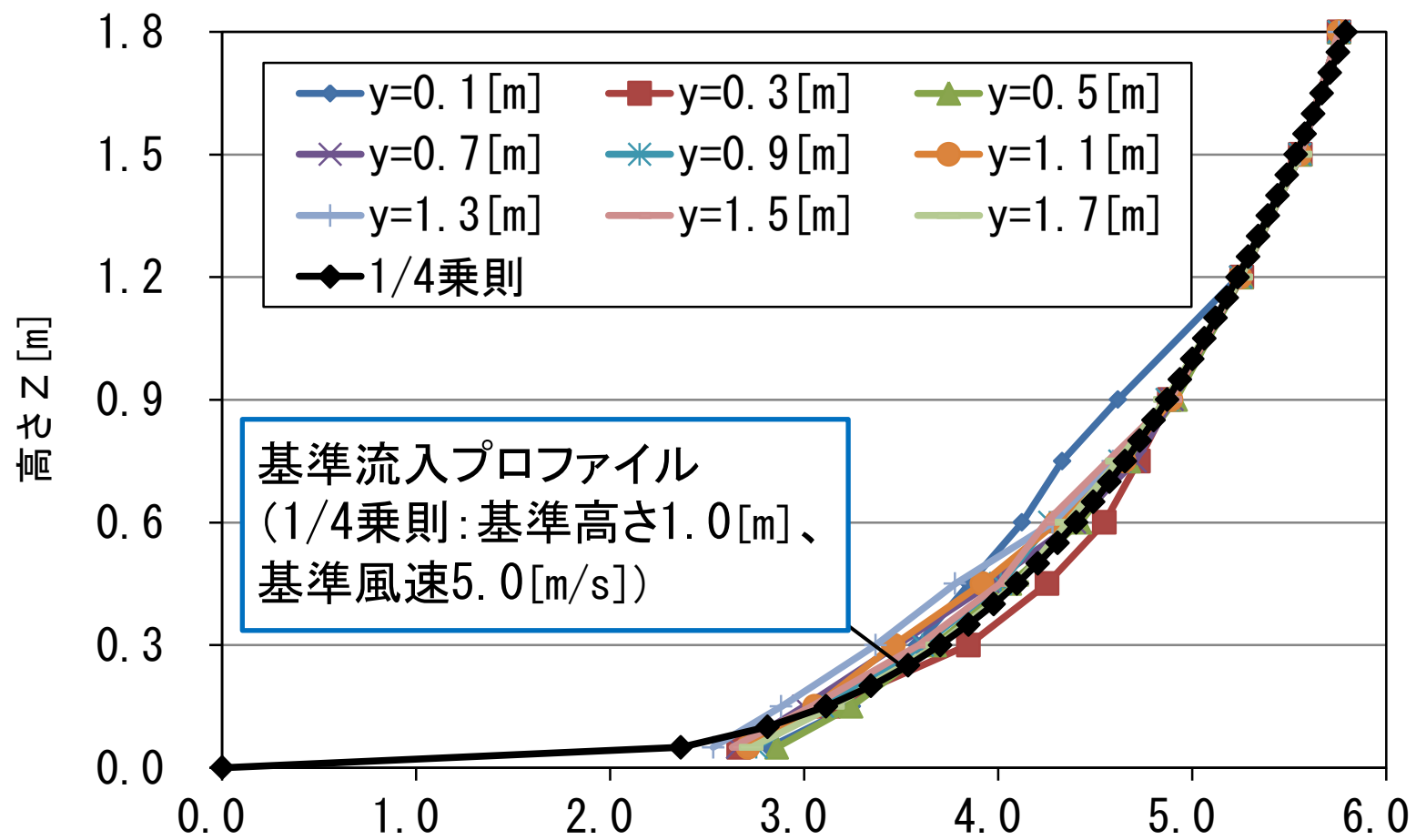


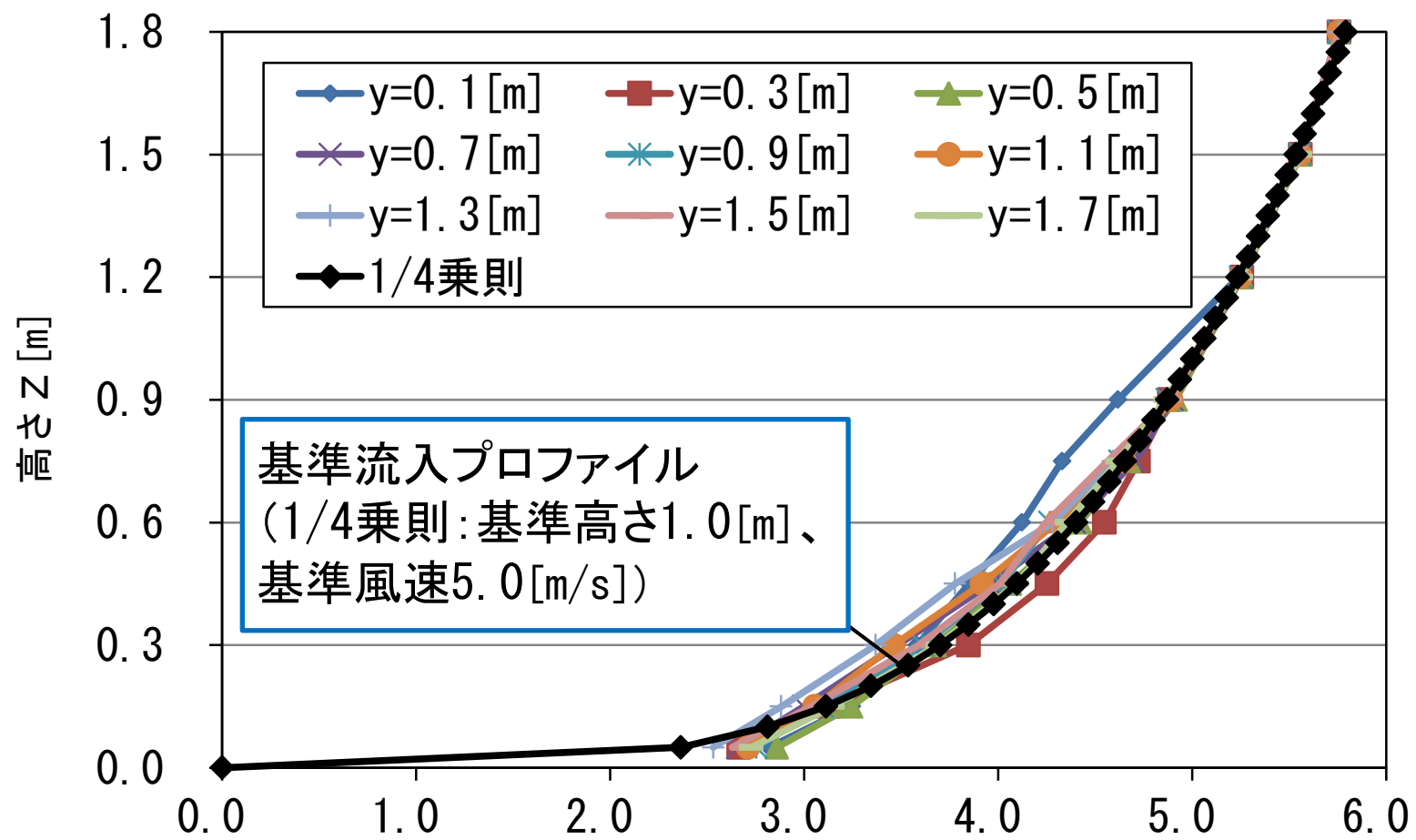
図4 流入変動気流の平均流速分布 (case2)
(ドライバー領域下流端部: $x=1500$ [mm])

3.1 流入変動気流の平均流速分布



平均流速は基準とした $U \propto Z^{1/4}$ (U : 流速、 Z : 高さ) の
流入プロファイルとほぼ同様である。

3.1 流入変動気流の平均流速分布



モデル軒高 (Z=300 [mm]) における平均流速は3.57 [m/s] である。

3. 数値流体解析結果

3.2 case1 (単純住宅モデル：単体)

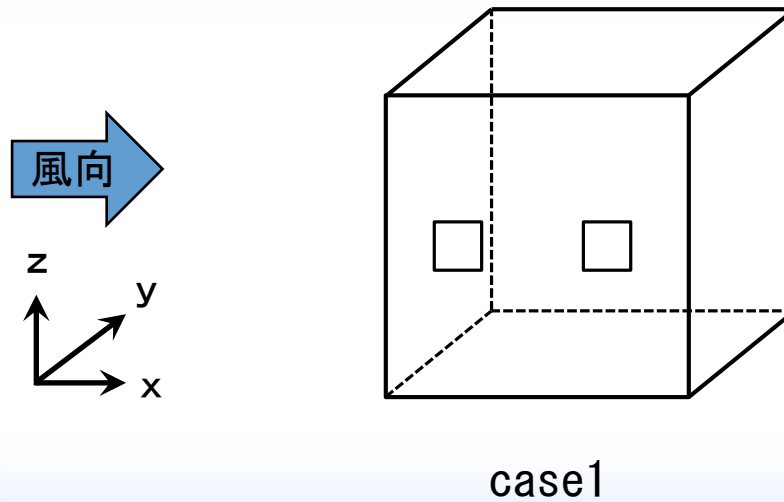
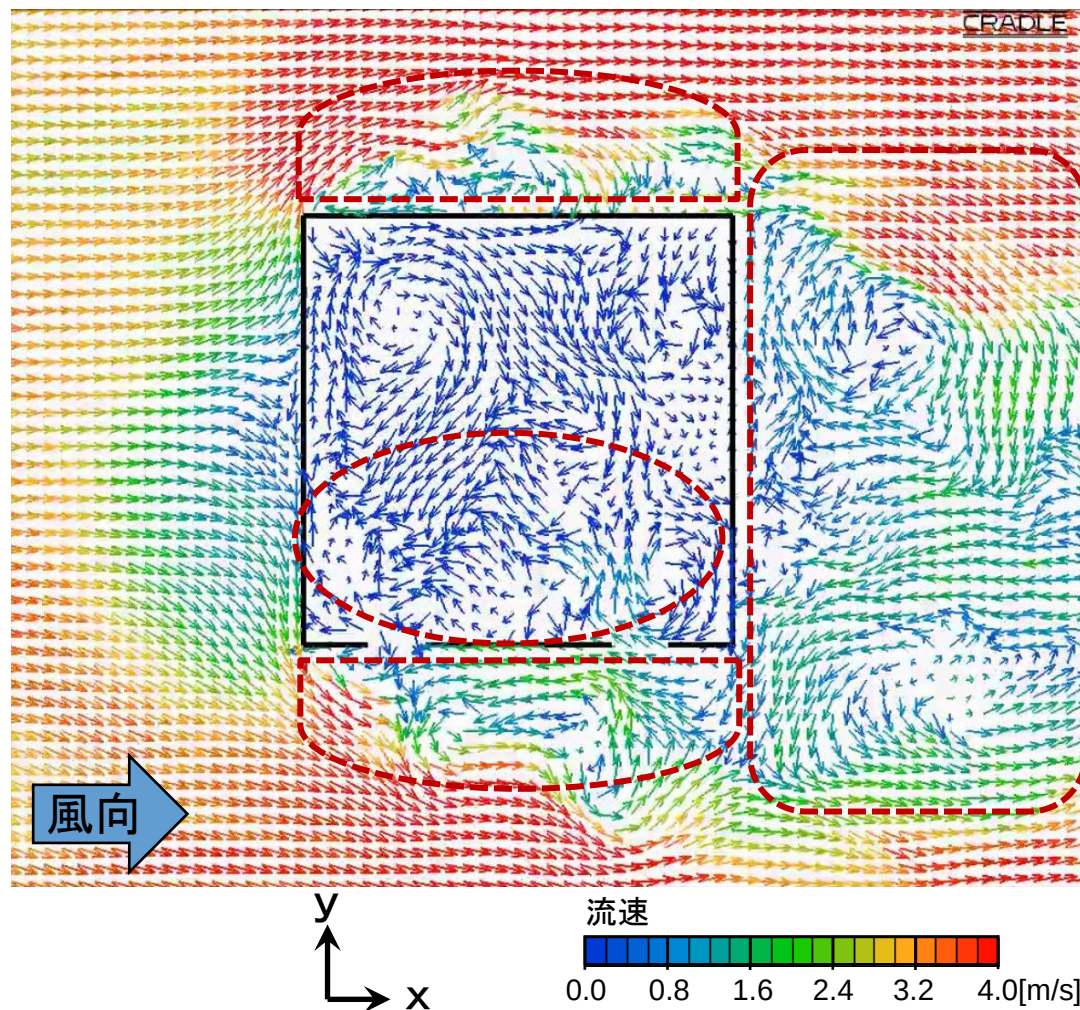


図 解析対象モデル

3.2 case1 (単純住宅モデル：単体)



住宅モデルの角で剥離により生じた渦が発達しながら外壁面に沿って流れる。

モデル後流域は複雑な気流性状となる。

開口を持つ壁面付近で流速の大小や風向の変化が大きい。

図 case1 瞬時流速ベクトル分布※2

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

3.2 case1 (単純住宅モデル：単体)

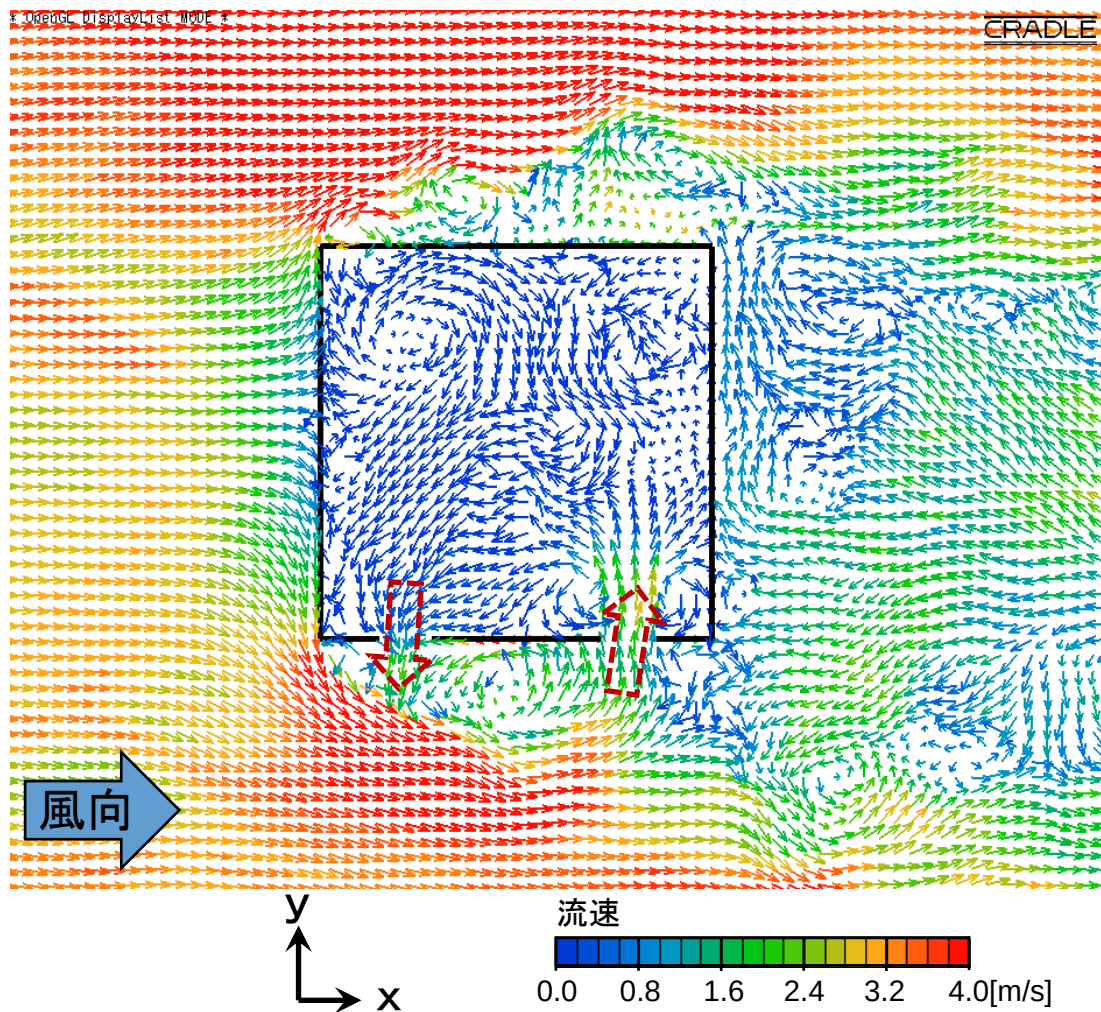


図5(a)では剥離の渦により風下側開口から流入して風上側開口から流出する気流性状となる。

図5(a) case1 瞬時流速ベクトル分布※² ($t=9.913[s]$)

※² 開口の中心 ($z=150[\text{mm}]$) の水平断面における流速分布である。

3.2 case1 (単純住宅モデル：単体)

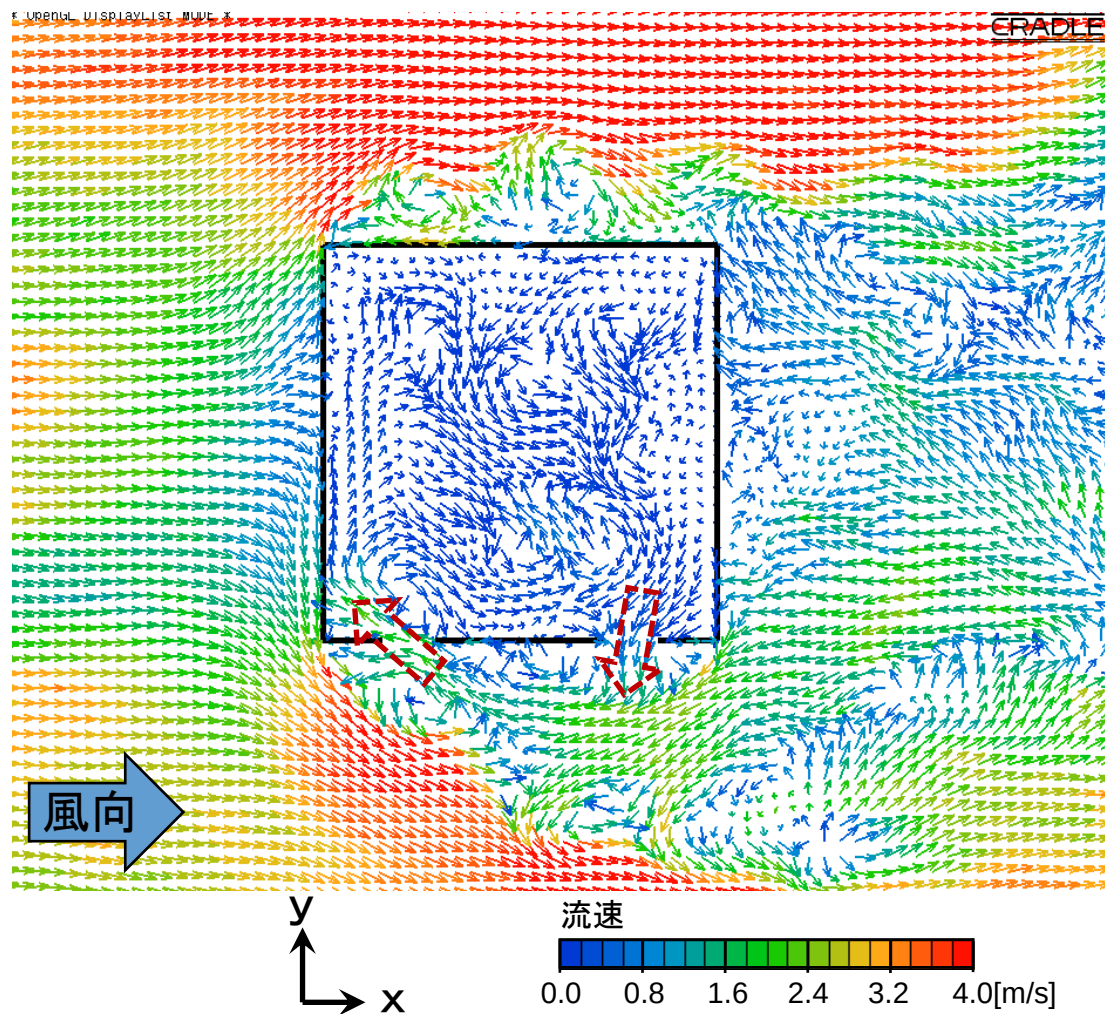


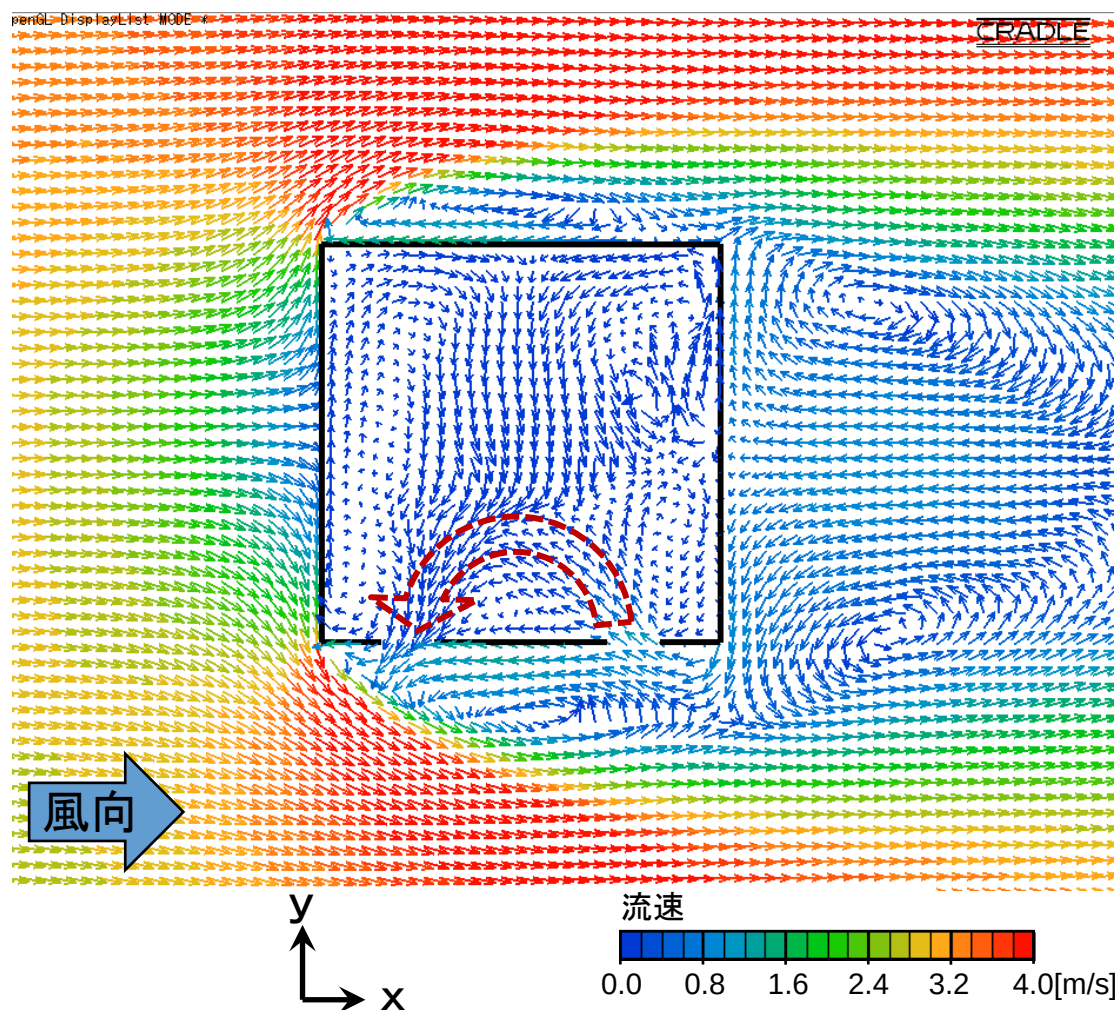
図5(a)では剥離の渦により風下側開口から流入して風上側開口から流出する気流性状となる。

図5(b)では住宅モデル後流からの逆流の影響により、風上側開口から流入して風下側開口から流出する気流性状となる。

図5(b) case1 瞬時流速ベクトル分布※² (t=7.870[s])

※² 開口の中心 (z=150[mm]) の水平断面における流速分布である。

3.2 case1 (単純住宅モデル：単体)



風下側開口から流入した気流が、開口を有する内壁面に沿って流れ、風上側開口から流出する。

平均換気量※3
3.17[m³/h]

平均換気回数
117[回]

図5(c) case1 平均流速ベクトル分布※2

※2 開口の中心 (z=150[mm]) の水平断面における流速分布である。
※3 平均換気量は、各モデルの開口面における瞬時流入出量の積算値をサイクル数で除すことにより平均化し、算出する。

3. 数値流体解析結果

3.3 case2 (単純住宅モデル：2棟[隣棟間隔100mm])

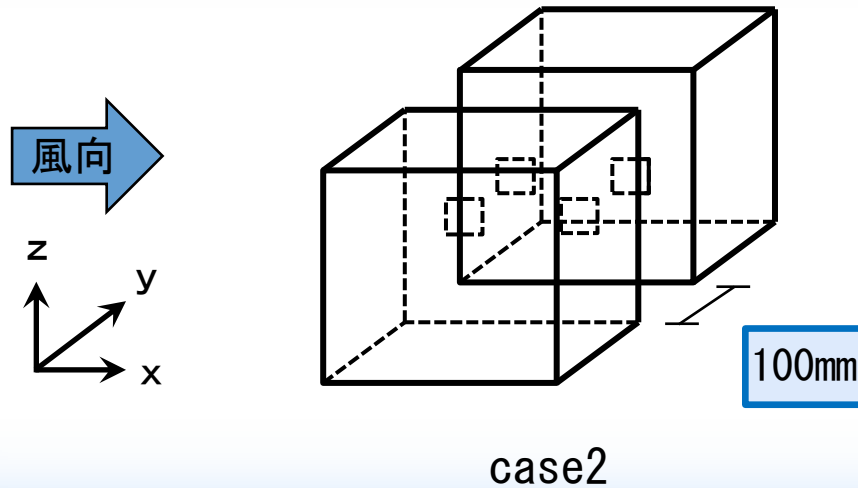
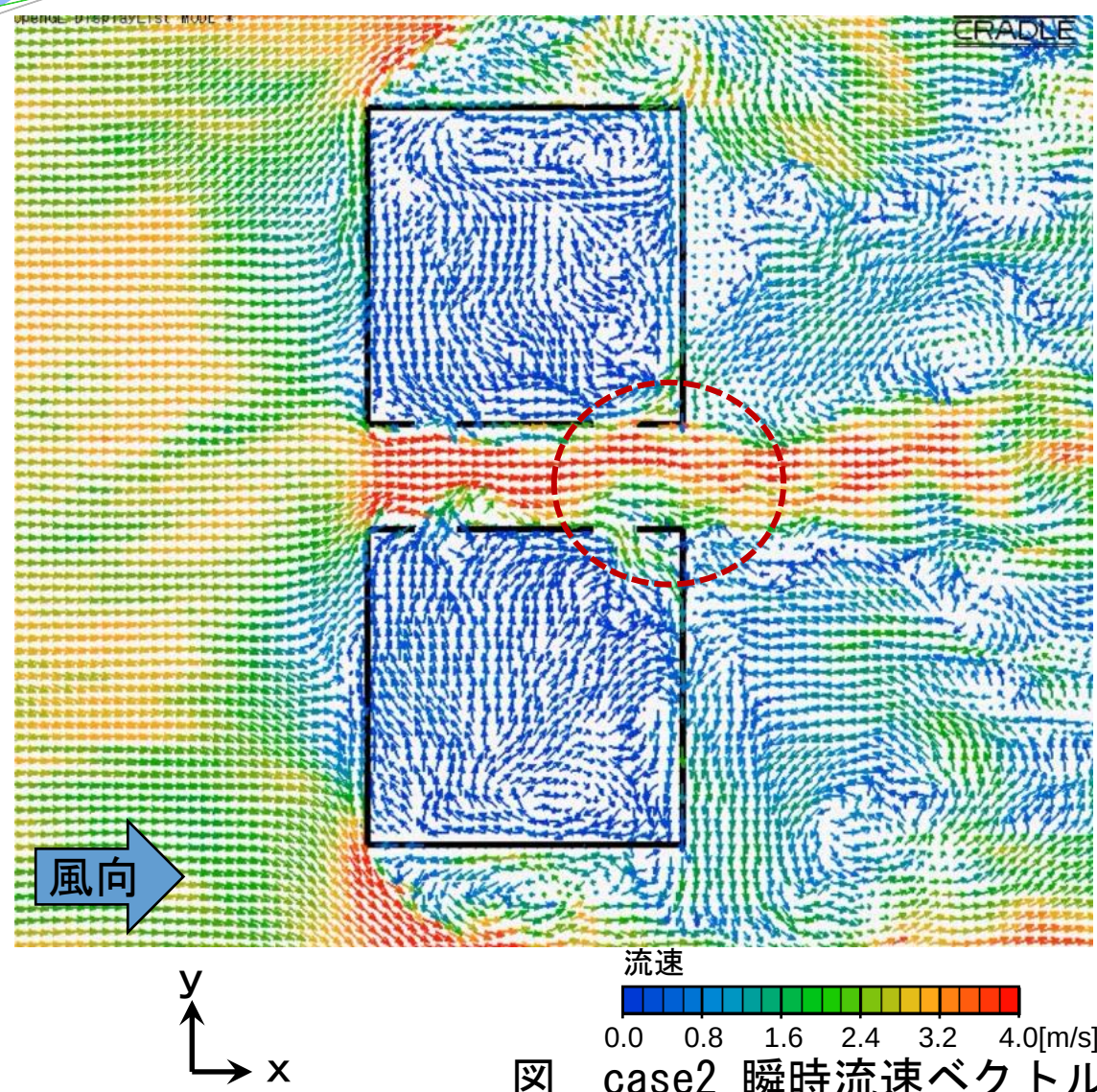


図 解析対象モデル

3.3 case2(単純住宅モデル：2棟[隣棟間隔100mm])

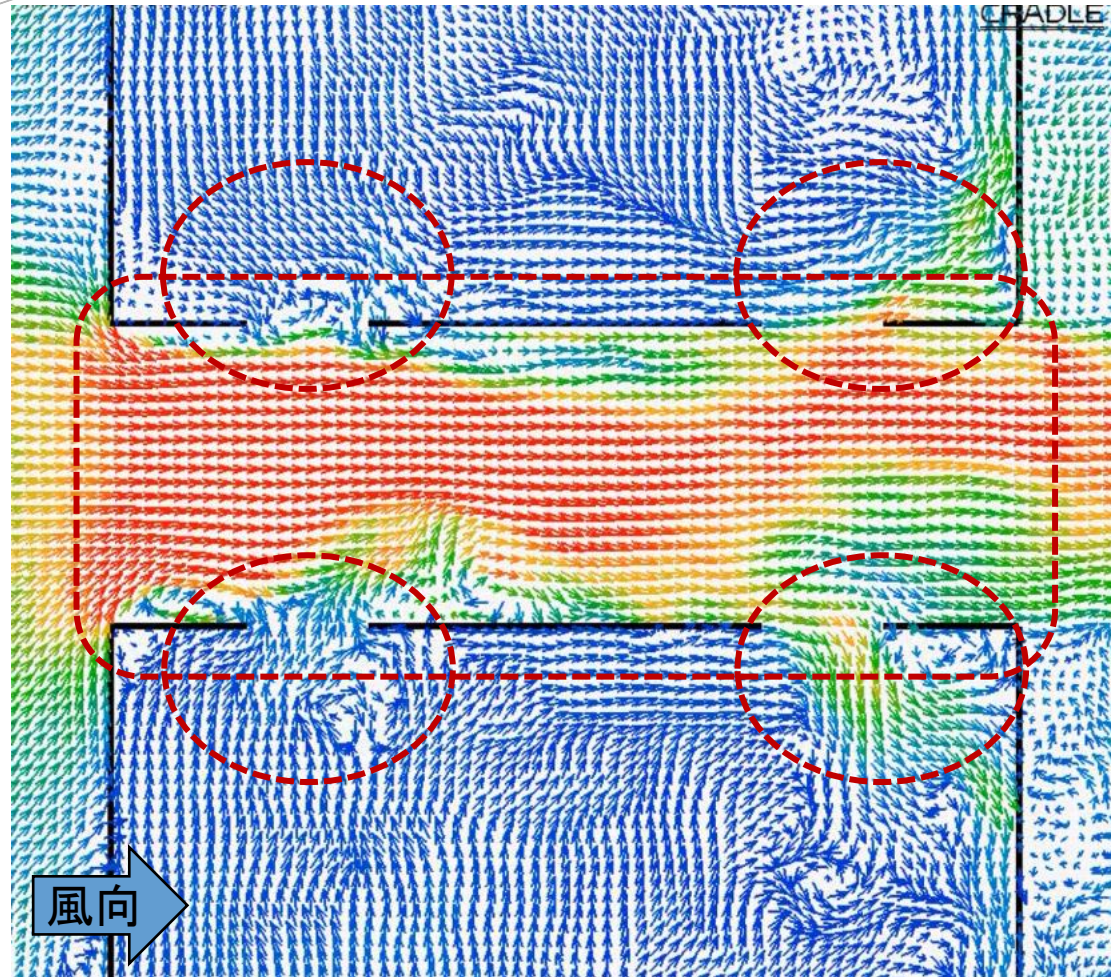


隣棟間に**縮流**が生じて
流速が速くなり、モデル後流域からの逆流は生じない。

図 case2 瞬時流速ベクトル分布※2

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

3.3 case2(単純住宅モデル：2棟[隣棟間隔100mm])

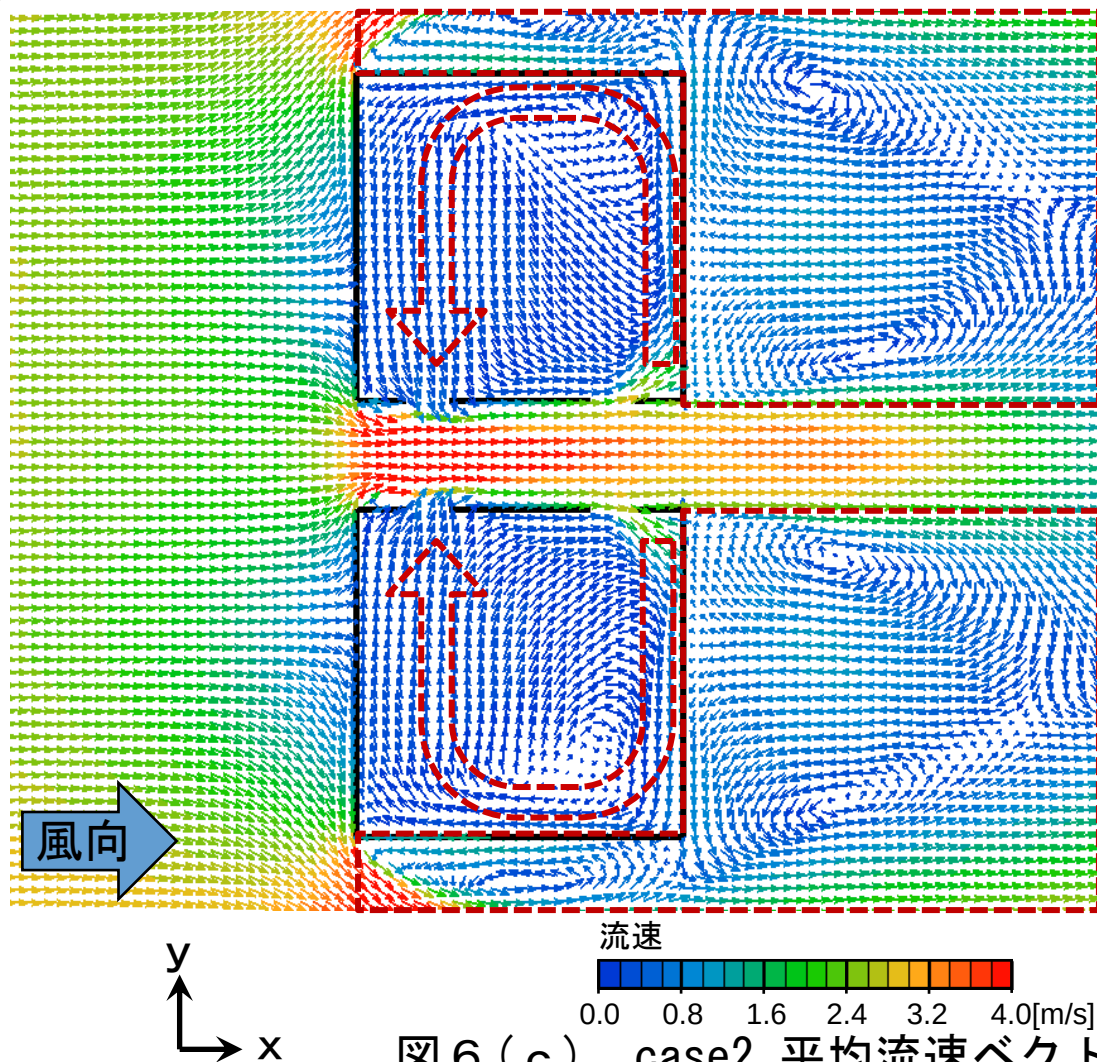


2棟のモデルが相互に影響し合い、隣棟間の気流は **y 方向** に振動しながら流れるため、各モデルでの **流入出の強弱** が交互に生じる。

図 case2 瞬時流速ベクトル分布(隣棟間拡大)※2

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

3.3 case2(単純住宅モデル：2棟[隣棟間隔100mm])



モデル側面と後流域では、剥離により渦を形成している。

室内全体で大きな循環気流を形成している。

平均換気量※³
5.04[m³/h]

平均換気回数
186[回/h]

図6(c) case2 平均流速ベクトル分布※²

※² 開口の中心(z=150[mm])の水平断面における流速分布である。

※³ 平均換気量は、各モデルの開口面における瞬時流入出量の積算値をサイクル数で除すことにより平均化し、算出する。

3. 数値流体解析結果

3.4 case3 (単純住宅モデル：2棟[隣棟間隔200mm])

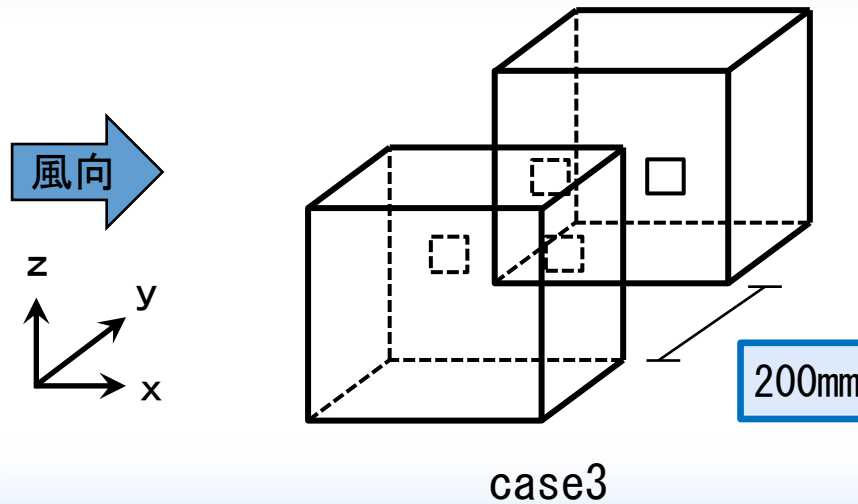
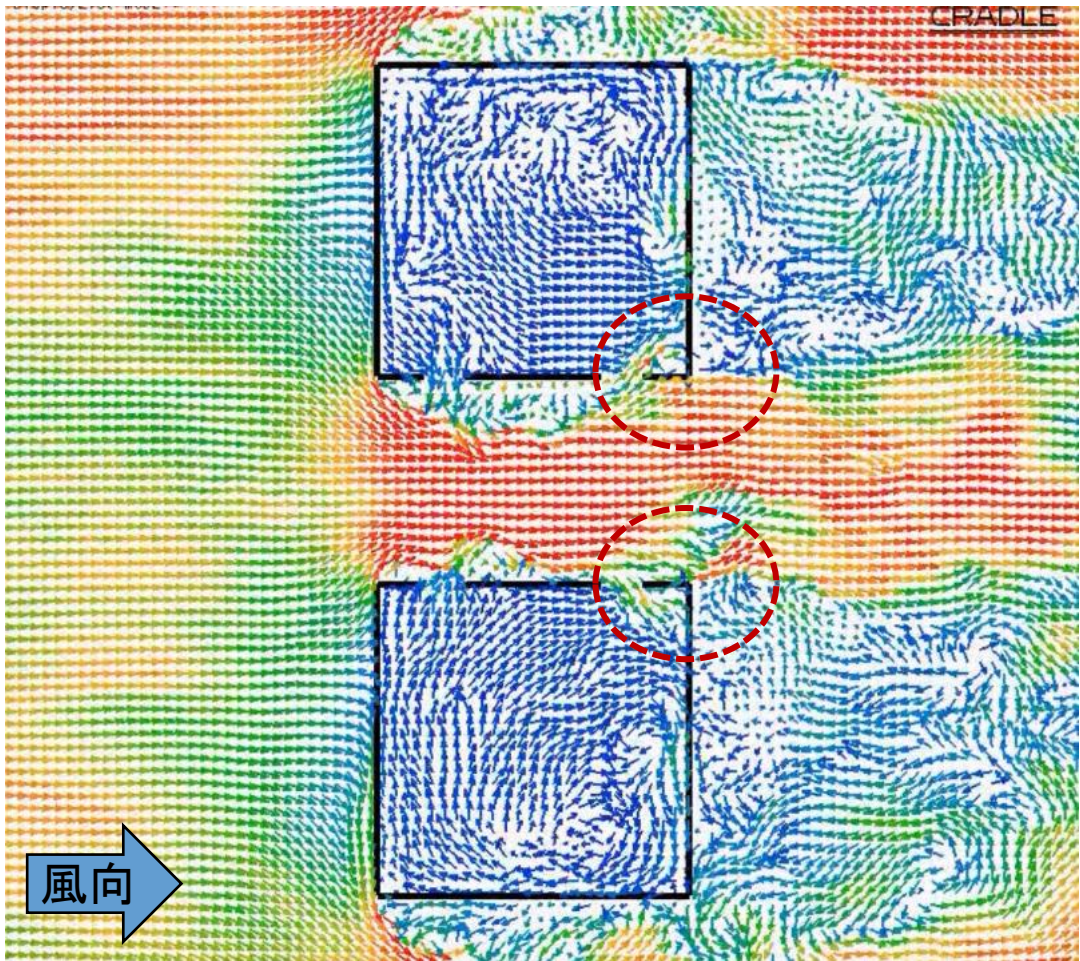


図 解析対象モデル

3.4 case3 (単純住宅モデル：2棟[隣棟間隔200mm])



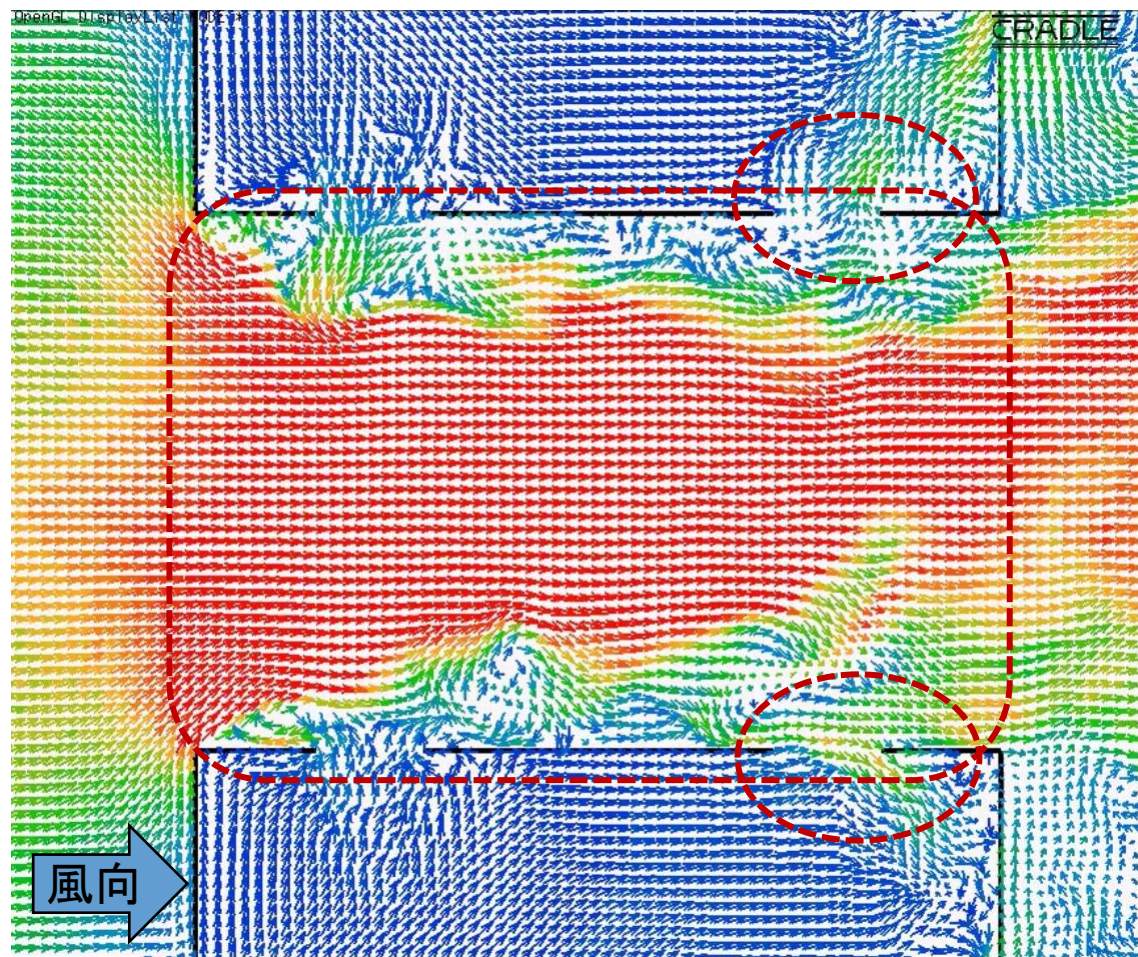
隣棟間に**縮流**が生じて
流速が速くなり、モデル後流域からの逆流は生じない。



図 case3 瞬時流速ベクトル分布※2

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

3.4 case3(単純住宅モデル：2棟[隣棟間隔200mm])



隣棟間では、**中央部の気流の変動**は比較的**少なく**、**開口部付近のみ**で気流が乱れている。

そのため、各モデルでの**流入流速の強弱**はcase2と比較して**穏やか**である。

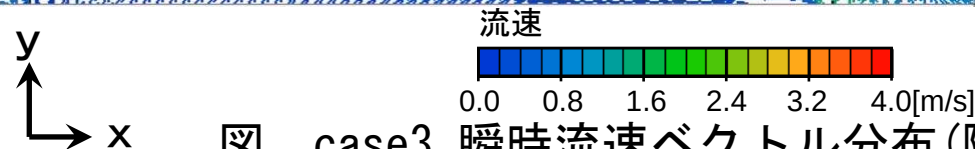
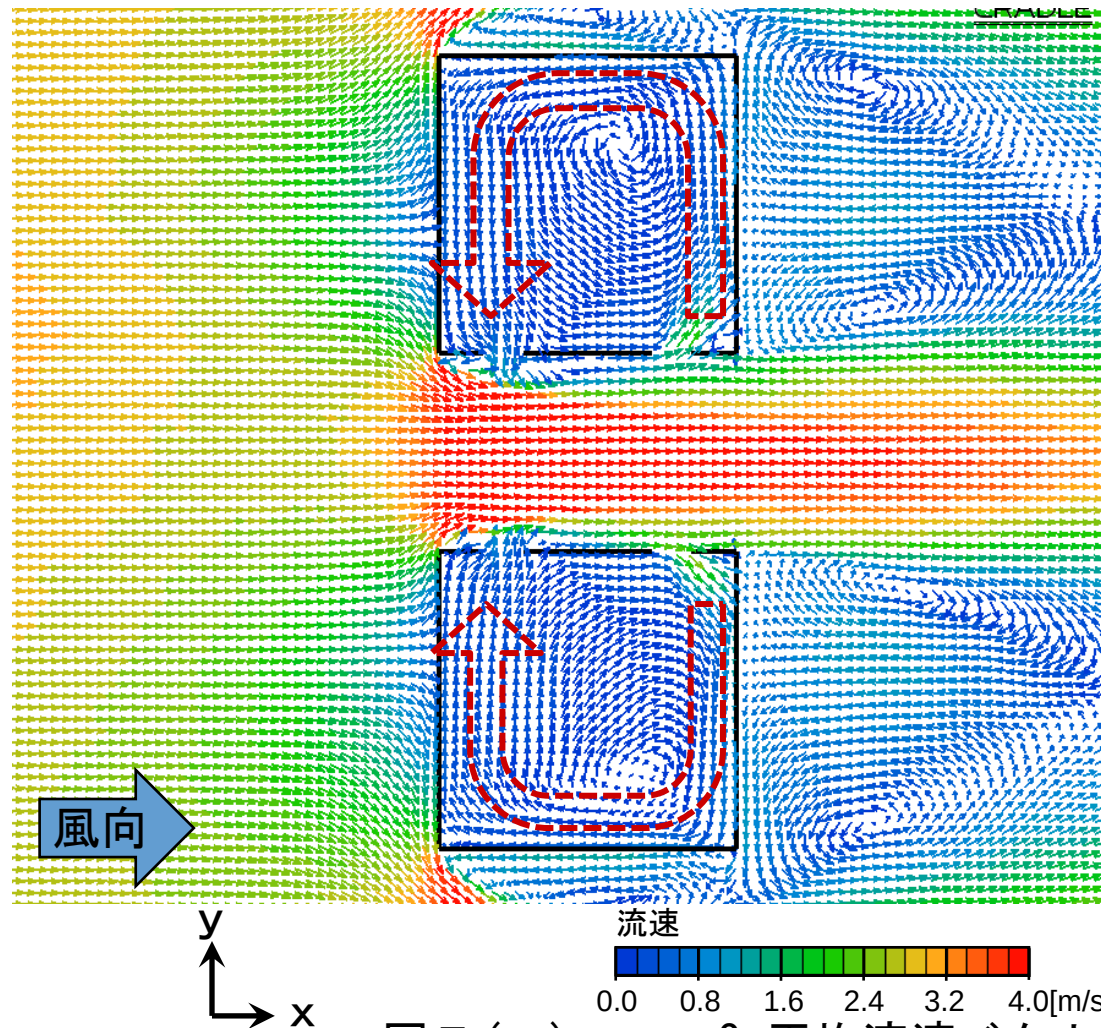


図 case3 瞬時流速ベクトル分布(隣棟間拡大)※2
※2 開口の中心 ($z=150$ [mm]) の水平断面における流速分布である。

3.4 case3(単純住宅モデル：2棟[隣棟間隔200mm])



室内全体で大きな循環気流を形成している。

平均換気量※3
6.14[m³/h]

平均換気回数
227[回/h]

図7(c) case3 平均流速ベクトル分布※2

- ※2 開口の中心(z=150[mm])の水平断面における流速分布である。
- ※3 平均換気量は、各モデルの開口面における瞬時流入出量の積算値をサイクル数で除すことにより平均化し、算出する。

4. 自然換気・通風性能評価手法の概要

4.1 換気性能評価領域の概要

LES解析結果を用いて、質量・大きさの無い粒子を開口部から放出し、気流に追従させる解析を行う。

開口部から住宅モデル内に流入した粒子が十分に居住域に到達せずにショートサーキット^{文5)}する場合を考慮し、換気性能評価領域を住宅モデル中心軸から開口がある壁面と対向する壁面までと定義する。

文5) 太田・近藤「CFD解析による換気・空調気流のショートサーキット率の算定」
空気調和・衛生工学会論文集、2009年

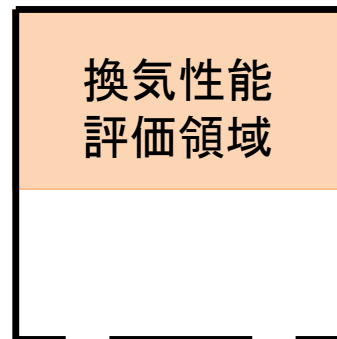


図 解析対象モデル平面

4.2 各解析caseの粒子放出方法

粒子放出間隔は開口面の流入方向の流速成分の**スペクトル解析**により求めた**ピーク周波数**から決定し、粒子を1つの開口部から**0.5[s]毎に100個**ずつ等間隔で計**10[s]**間散布する。

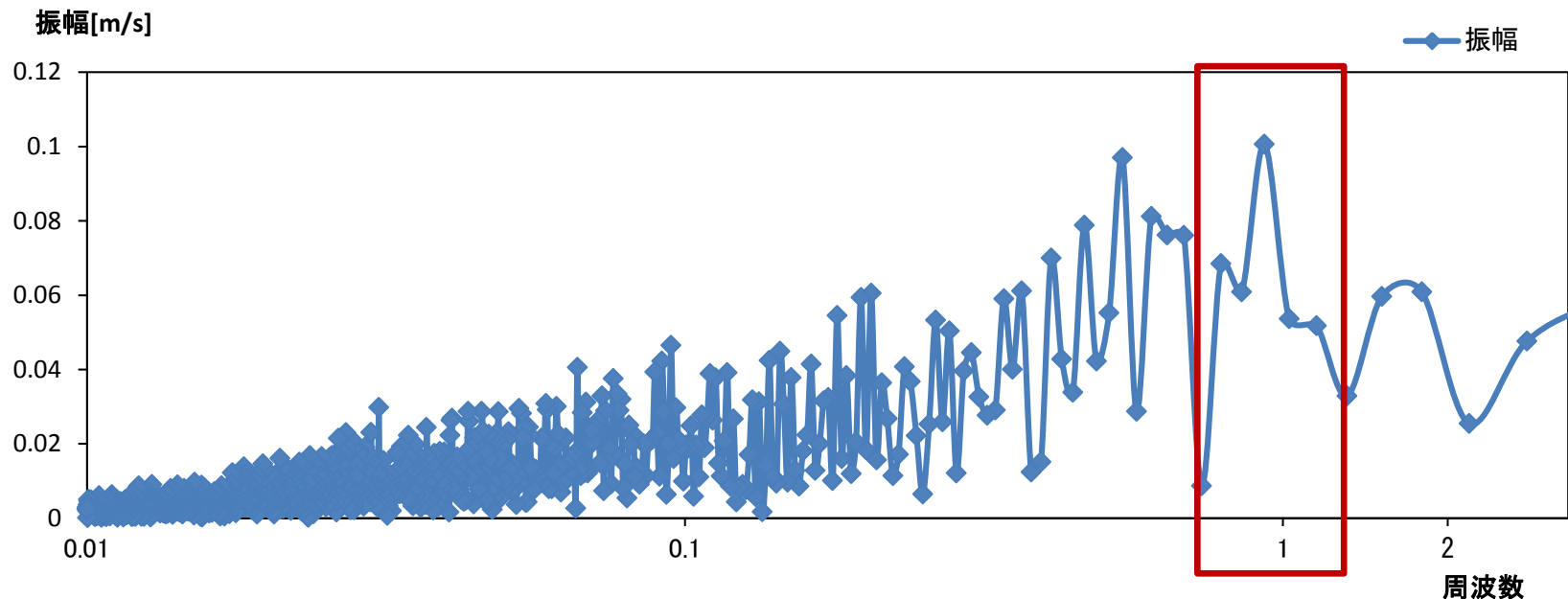
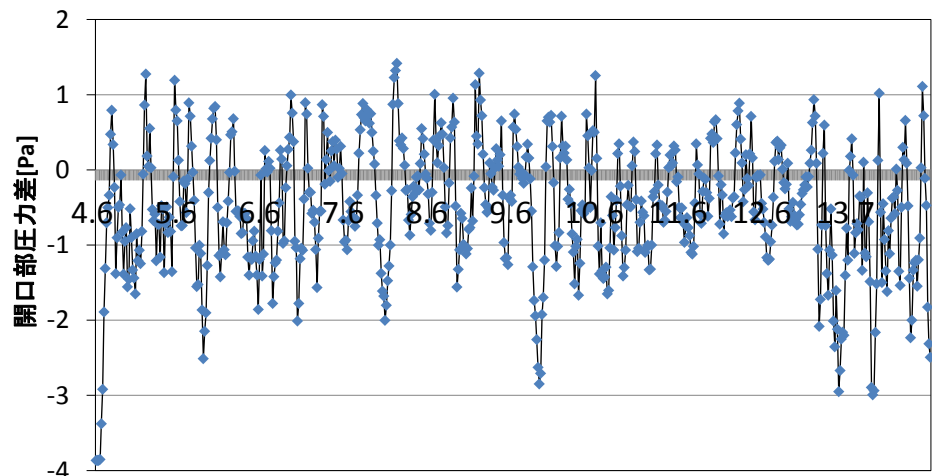
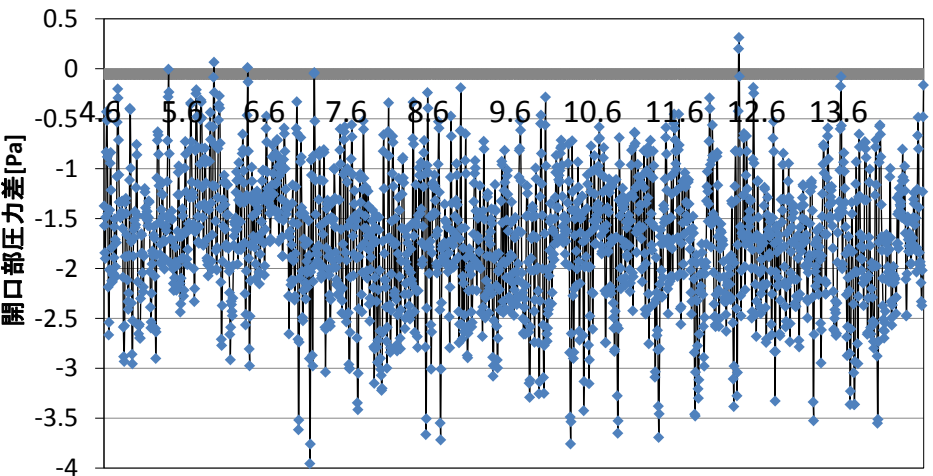


図 スペクトル解析

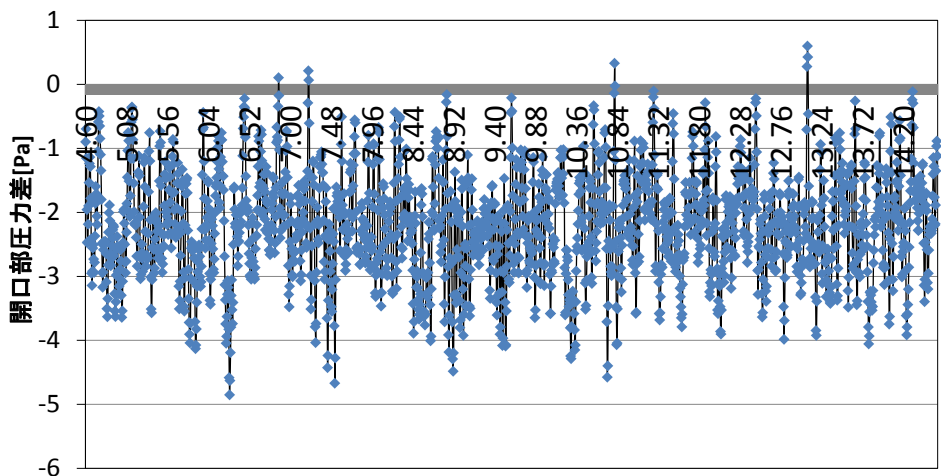
4.2 各解析caseの粒子放出方法



(a) case1



(b) case2



(c) case3

図 開口部圧力差の推移（風上側開口圧力-風下側開口圧力）

4.2 各解析caseの粒子放出方法

粒子放出を行う開口面はLES解析結果の気流性状により判断する。

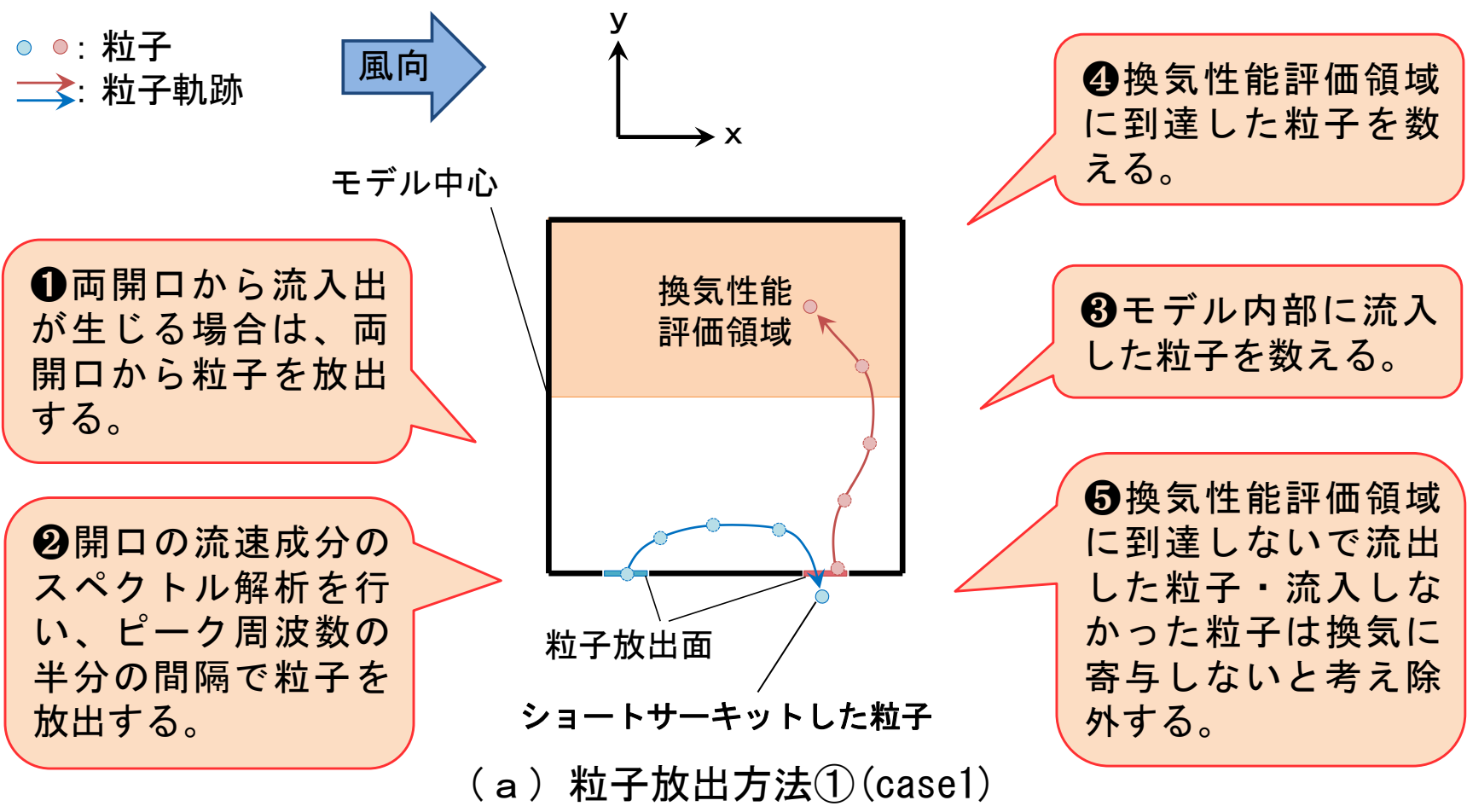
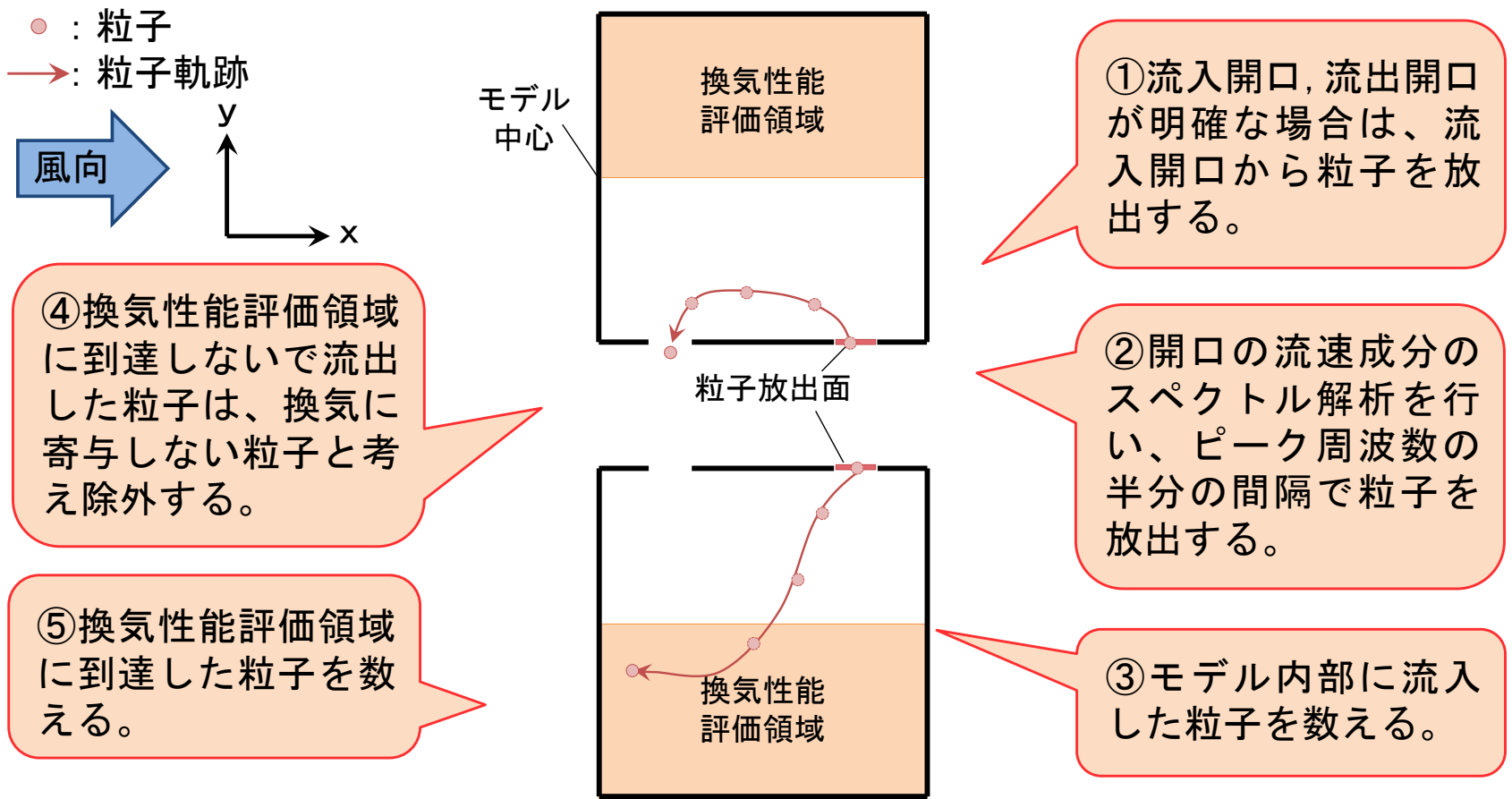


図8 風速変動を考慮した自然換気・通風性能評価手法

4.2 各解析caseの粒子放出方法

粒子放出を行う開口面はLES解析結果の**気流性状**により判断する。



(b) 粒子放出方法②(case2, case3)

図8 風速変動を考慮した自然換気・通風性能評価手法

4.2 各解析caseの粒子放出方法

case1では、風上, 風下側の両開口部から気流が流入出するため、両開口部から粒子を0.5[s]毎に100個ずつ、各棟に10[s]間で計4000個放出する。

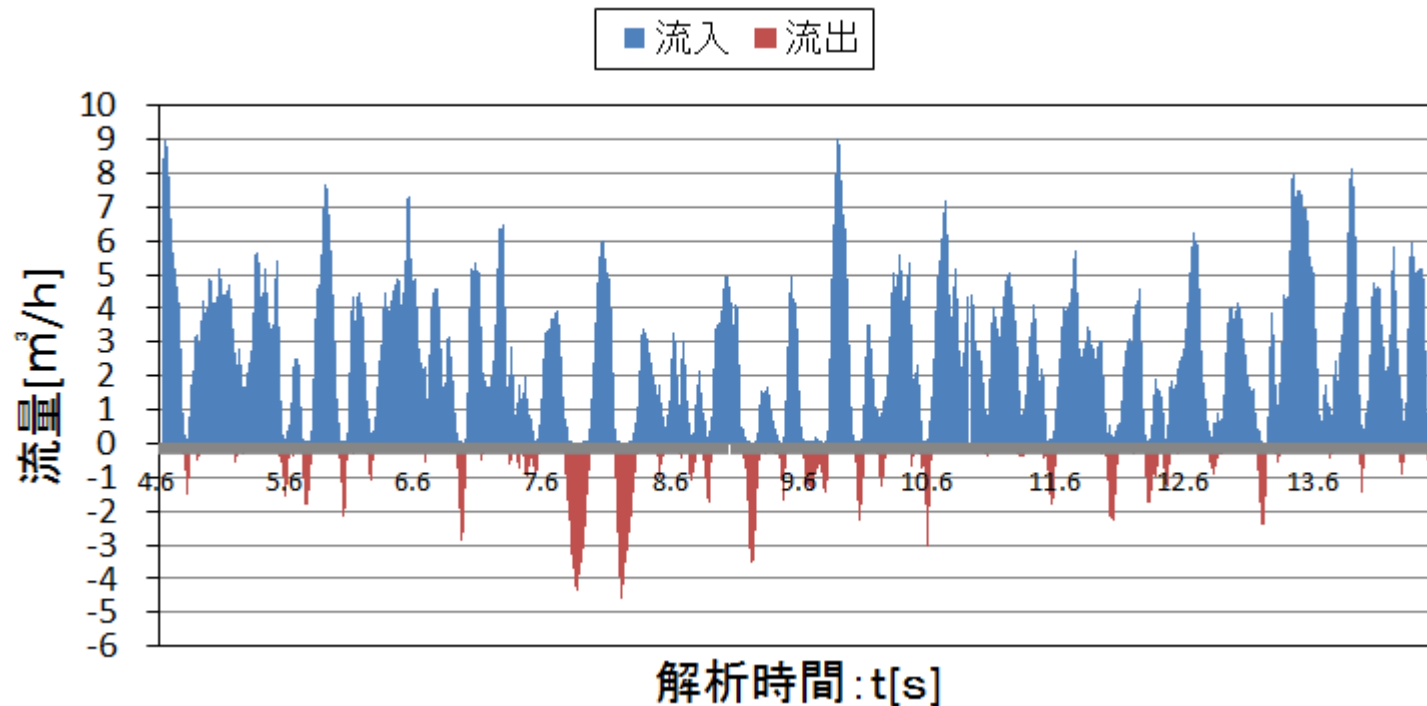


図 case1風下開口における瞬時流入出量

4.2 各解析caseの粒子放出方法

case2, case3では、風下側開口部からのみ気流が流入するため、各棟の風下開口部からのみ粒子を0.5[s]毎に100個ずつ、各棟に10[s]間で計2000個ずつ放出する。

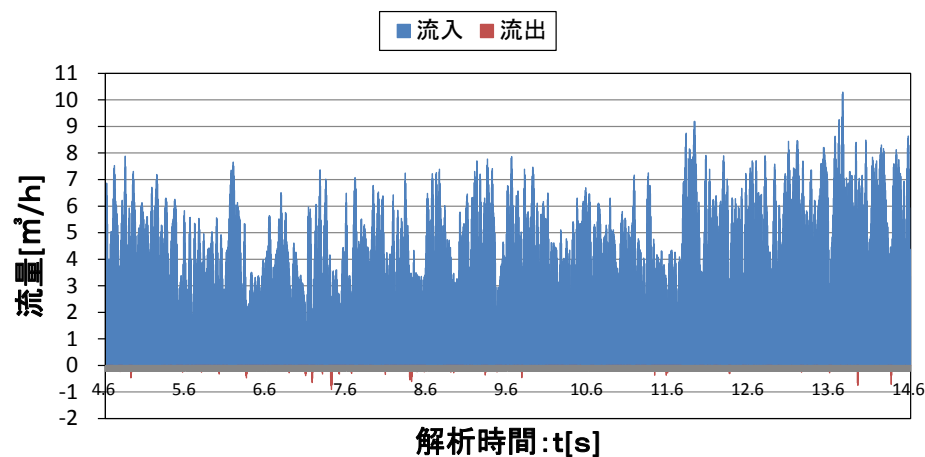


図 case2風下開口における瞬時流入出量

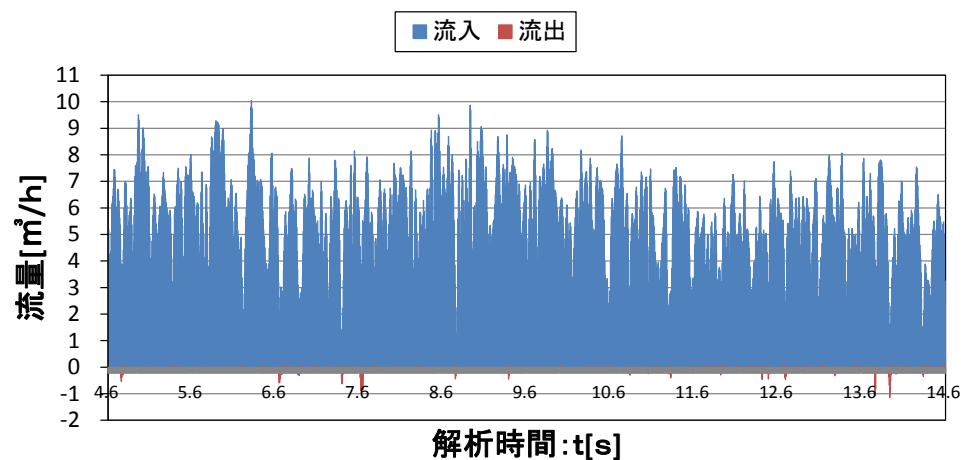


図 case3風下開口における瞬時流入出量

4.3 風速変動を考慮した有効換気量の算出方法

室内への**流入粒子数** (n_{in}) と換気性能評価領域への**到達粒子数** (n_r) から**到達率** (i) を算出する。

表 3 有効換気量比の算出方法

i	$= (n_r/n_{in}) \times 100[\%]$	・・(1)
Q_e	$= Q \times i \times 1/100[m^3/h]$	・・(2)
r	$= Q/Q_0[-]$	・・(3)
r_e	$= Q_e/Q_{e0}[-]$	・・(4)
Q_s	$= Q/(v \times A) [-]$	・・(5)
Q_{es}	$= Q_s \times r[-]$	・・(6)

i :到達率[%]
 n_r :到達数[個]
 n_{in} :流入数[個]

r :換気量比[-]
 r_e :有効換気量比[-]
 v :基準風速(5.0)[m/s]
 A :開口面積(0.0016)[m²]

Q :平均換気量[m³/h]
 Q_0 :case1の平均換気量[m³ /h]
 Q_e :有効換気量[m³/h]
 Q_{e0} :case1の有効換気量[m³ /h]
 Q_s :基準化換気量[-]
 Q_{es} :基準化有効換気量[-]

4.3 風速変動を考慮した有効換気量の算出方法

次に、LES解析結果で算出した各caseの平均換気量(Q)と到達率(i)から有効換気量(Q_e)を算出する。

表 3 有効換気量比の算出方法

$$i = (n_r/n_{in}) \times 100[\%] \quad \cdots(1)$$
$$Q_e = Q \times i \times 1/100[m^3/h] \quad \cdots(2)$$
$$r = Q/Q_0[-] \quad \cdots(3)$$
$$r_e = Q_e/Q_{e0}[-] \quad \cdots(4)$$
$$Q_s = Q/(v \times A) [-] \quad \cdots(5)$$
$$Q_{es} = Q_s \times r[-] \quad \cdots(6)$$

i :到達率[%]

n_r :到達数[個]

n_{in} :流入数[個]

r :換気量比[-]

r_e :有効換気量比[-]

v :基準風速(5.0)[m/s]

A :開口面積(0.0016)[m²]

Q :平均換気量[m³/h]

Q₀ :case1の平均換気量[m³ /h]

Q_e :有効換気量[m³/h]

Q_{e0} :case1の有効換気量[m³ /h]

Q_s :基準化換気量[-]

Q_{es} :基準化有効換気量[-]

4.3 風速変動を考慮した有効換気量の算出方法

また、各caseの有効換気量を**case1 (単体)**の有効換気量で基準化し、**有効換気量比 (re)**を算出する。

表 3 有効換気量比の算出方法

$$i = (n_r/n_{in}) \times 100[\%] \quad \cdots(1)$$
$$Q_e = Q \times i \times 1/100[m^3/h] \quad \cdots(2)$$
$$r = Q/Q_0[-] \quad \cdots(3)$$

$$r_e = Q_e/Q_{e0}[-] \quad \cdots(4)$$

$$Q_s = Q/(v \times A) [-] \quad \cdots(5)$$
$$Q_{es} = Q_s \times r[-] \quad \cdots(6)$$

i :到達率[%]

nr :到達数[個]

nin :流入数[個]

r :換気量比[-]

re :有効換気量比[-]

v :基準風速(5.0)[m/s]

A :開口面積(0.0016)[m²]

Q :平均換気量[m³/h]

Q0 :case1の平均換気量[m³ /h]

Qe :有効換気量[m³/h]

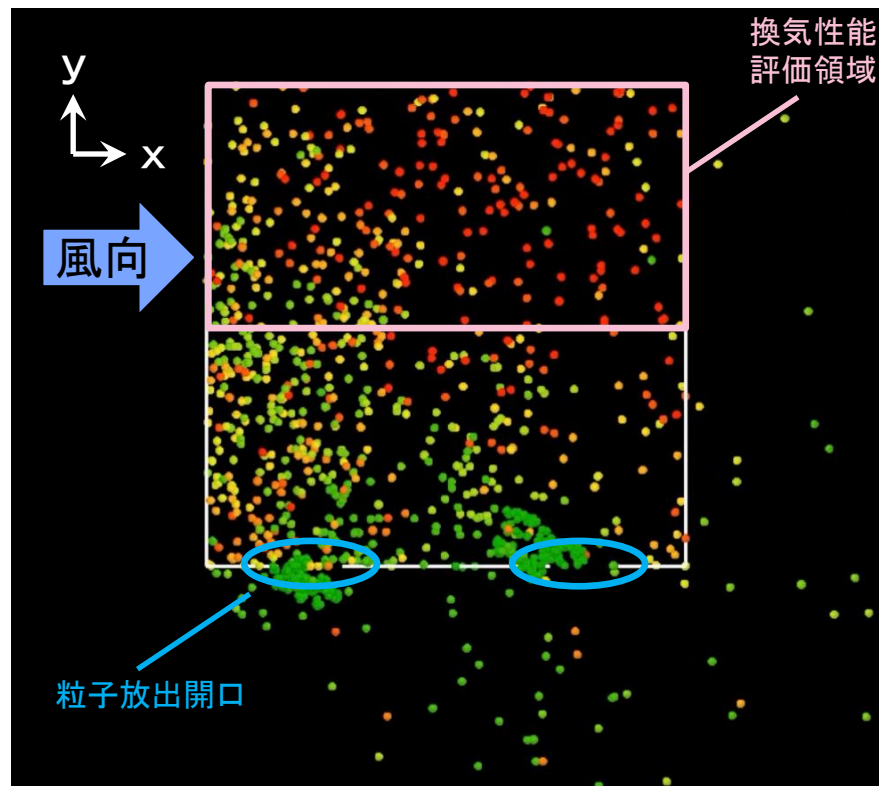
Qe0 :case1の有効換気量[m³ /h]

Qs :基準化換気量[-]

Qes :基準化有効換気量[-]

5. 自然換気・通風性能評価結果

5.1 case1(単純住宅モデル：単体)



動画 case1粒子放出結果

開口に対して様々な角度で粒子が室内に流入する。

流入粒子は十分に拡散せずに約半分がショートサーキットしている。

散布粒子数: 4000個

流入粒子数: 2328個

到達粒子数: 1228個

到達率 : 52.7[%]

平均換気量 : 3.17[m³/h]

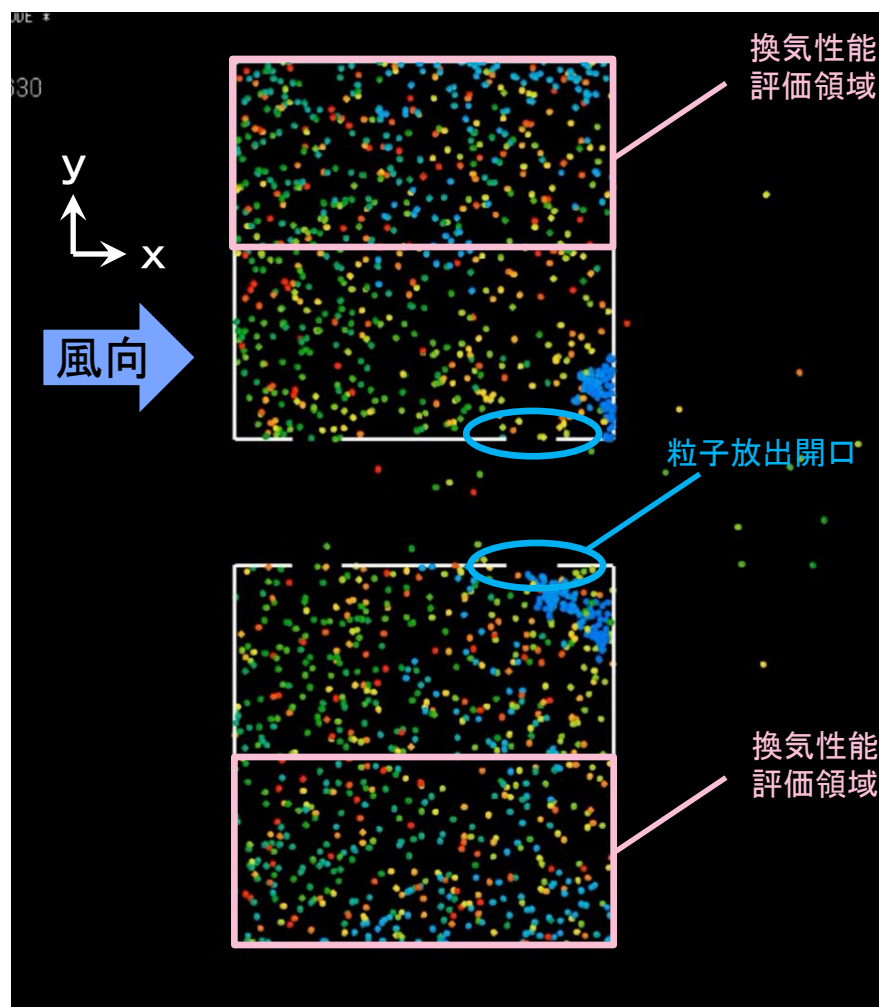
有効換気量 : 1.67[m³/h]

平均換気量比: 1[-] (基準値) ※ 4

有効換気量比: 1[-] (基準値) ※ 4

※ 4 平均換気量比, 有効換気量比は、各caseの平均換気量及び有効換気量をcase1の平均換気量及び有効換気量で除した値である。

5.2 case2(単純住宅モデル：2棟[隣棟間隔100mm])



動画 case2粒子放出結果

隣棟間では**縮流**が生じ、気流が押し出されるように流れるため、風下側開口から**内壁面に沿うように**粒子が室内に流入する。

散布粒子数：4000個

流入粒子数：3994個

到達粒子数：3913個

到達率 : 98.0[%]

平均換気量 : 5.04[m³/h]

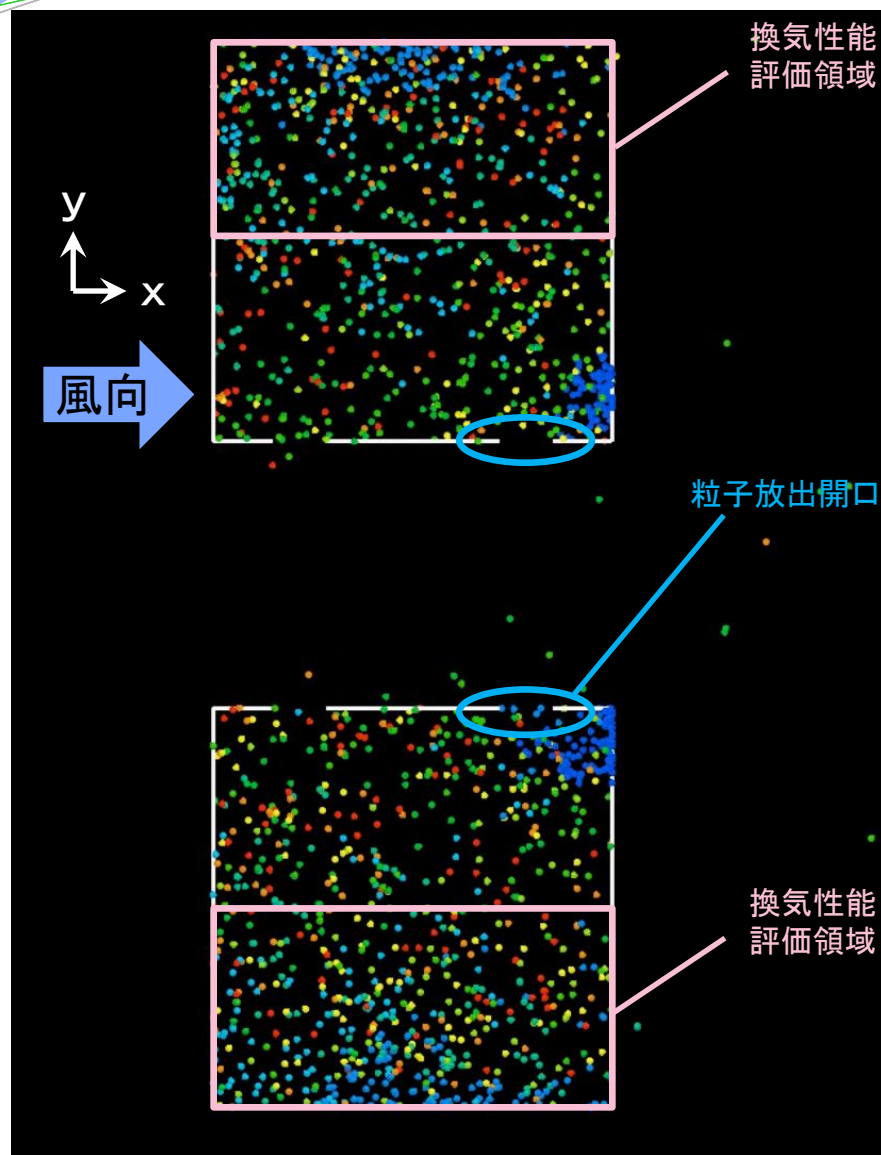
有効換気量 : 4.94[m³/h]

平均換気量比 : 1.59[-]※4

有効換気量比 : 2.95[-]※4

※4 平均換気量比, 有効換気量比は、各caseの平均換気量及び有効換気量をcase1の平均換気量及び有効換気量で除した値である。

5.3 case3(単純住宅モデル：2棟[隣棟間隔200mm])



動画 case3粒子放出結果

case2と同様に風下側開口から内壁面に沿うように粒子が室内に流入する。

散布粒子数:4000個
流入粒子数:3991個
到達粒子数:3779個
到達率 :94.7[%]

平均換気量 :6.14[m³/h]
有効換気量 :5.81[m³/h]
平均換気量比:1.94[-]※4
有効換気量比:3.47[-]※4

※4 平均換気量比, 有効換気量比は、各caseの平均換気量及び有効換気量をcase1の平均換気量及び有効換気量で除した値である。

6. 各case解析結果の比較

6. 各case解析結果の比較

case2はcase1の2.95倍、case3はcase1の3.47倍の有効換気量を得られる。また、case3はcase2の1.18倍の有効換気量を得られ、隣棟間隔を広げることで換気性能が向上する。

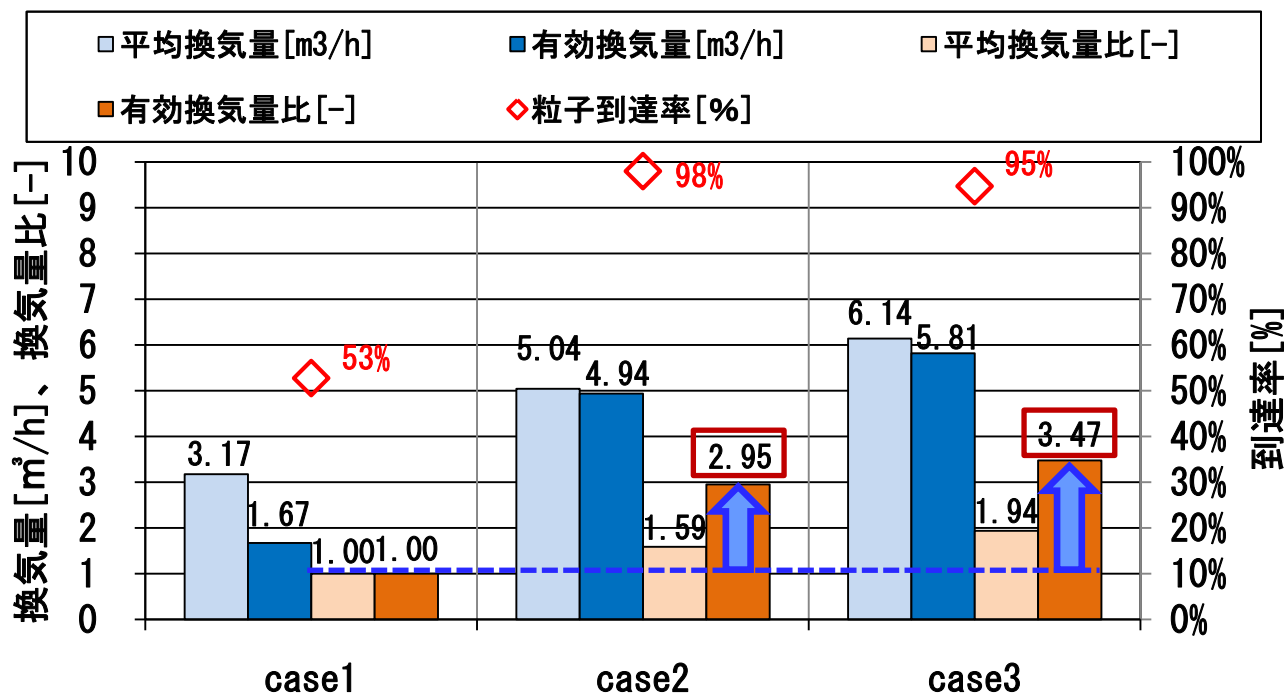


図12 各caseの自然換気・通風性能評価結果

6. 各case解析結果の比較

case1の**単体の場合**、流入出開口が定まらず風上側と風下側の両開口から気流の流入出が生じるため、**有効換気量比の変化の範囲が広い**。

隣接して**2棟配置する場合**では、隣棟間に外部風の縮流が生じ流速が速くなり、開口部付近の風向が一定となるため、**安定した有効換気量**を得られる。

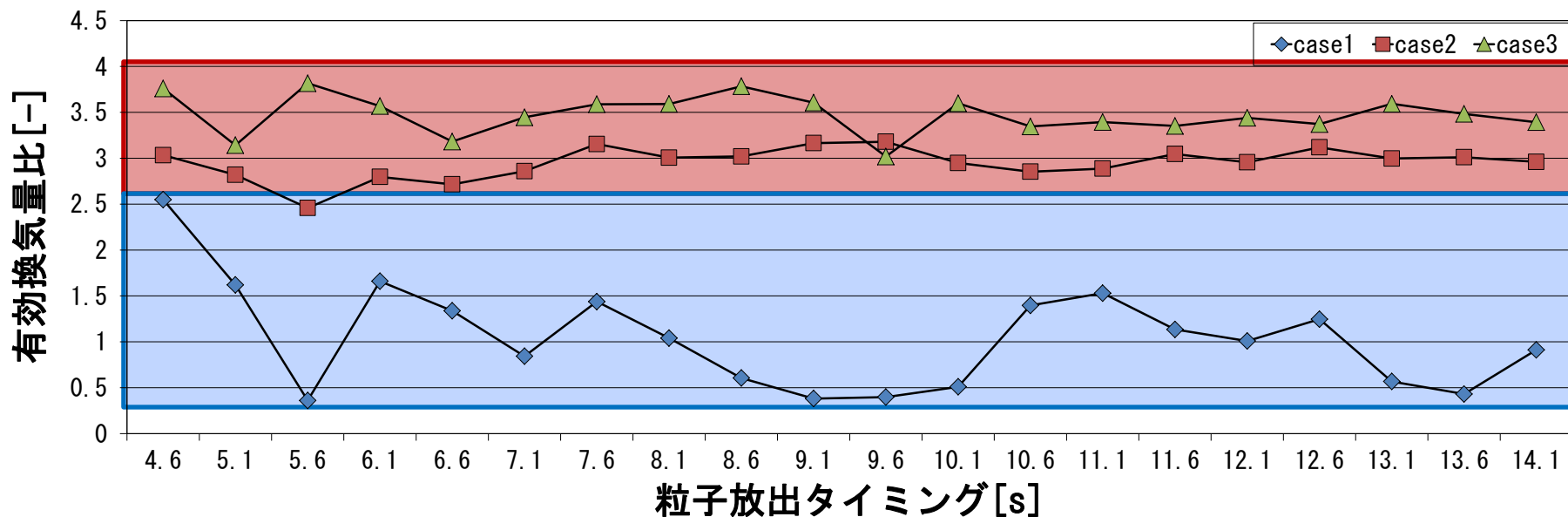


図13 各放出タイミングにおける有効換気量比の推移

7. まとめ

- ① 住宅モデルの角では剥離による渦が生じ、発達しながら側壁を流れる。また、後流域は複雑な気流性状となり、主風向とは逆に流れる気流場を形成する。
- ② case1では、瞬時では風上側開口と風上側開口の両開口から交互に気流が流入する。平均的には風下側開口から風上側開口に向かって気流が流入し、換気性能評価領域に十分に到達せずに風上側から流出する。到達率は52.7[%]となり、流入した気流の約半分がショートサーキットを形成する。平均換気量は3.17[m³/h]、有効換気量は1.67[m³/h]となる。
- ③ 住宅モデルを2棟隣接配置した場合では、隣棟間に縮流が生じて隣棟間の流速が速くなり、押し出されるように流れる。隣棟間を流れる気流は2棟の住宅モデルが相互に影響し合い、y方向に振動しながら流れるため、流入出の強弱が各モデルで交互に生じる。
- ④ case2では各モデルで室内に大きな循環気流を定常的に形成する為、到達率は98.0[%]となり、2棟にすることで換気性能が向上する。平均換気量は5.04[m³/h]、有効換気量は4.94[m³/h]となり、case1の2.95倍の有効換気量を得られる。
- ⑤ case3では各モデルで室内に大きな循環気流を定常的に形成し、到達率は94.7[%]となる。2棟の住宅モデルの相互の影響はcase2と比較して小さい。平均換気量は6.14[m³/h]、有効換気量は5.81[m³/h]となり、隣棟間隔を広げることで換気性能が向上する。case1の3.47倍、case2の1.18倍の有効換気量を得られる。