

# 温度差を考慮した自然風による非定常換気に関する研究

縦シャフトを有する高層建物モデルの換気性状

山崎 真梨  
指導教員  
有波 裕貴 助教



# 研究目的

# 研究目的

近年、建物の省エネルギーを目的とし、室内環境の快適性を保ちながら、自然エネルギーを有効利用する手法の一つとして自然換気が用いられている。

自然換気を利用することで冷房使用頻度を低下させ、冷房用エネルギーの削減が見込まれるため、オフィスビルや公共施設等に採用されている。

本研究では、既往の研究<sup>文1)</sup>においてLarge-Eddy Simulation(以下:LES)により算出された壁面及び屋上面風圧係数の時系列データを用い、室内外温度差による圧力差と風力による圧力差が同時に作用した場合の換気量の計算を行う。

文1) 王、赤林、有波:「風力による非定常換気に関する研究 その3 単体と複数の縦シャフトを設置した高層建物モデルを対象とした換気性状」、空調衛生学会学術講演梗概集、2021年

## 研究目的

合計した平均圧力差及び瞬時圧力差による換気量を比較・検討することで、風圧変動及び室内外温度差による自然換気性状を明らかにすることを目的とする。

# 数値解析の概要

# 数値解析の概要

建物モデルは、 $50\text{ [m]} (x) \times 50\text{ [m]} (y) \times 100\text{ [m]} (z)$  とする。建物モデル内に $4.0\text{ [m]} (幅) \times 4.0\text{ [m]} (奥行) \times 80\text{ [m]} (高さ)$  の縦シャフトを設置する。

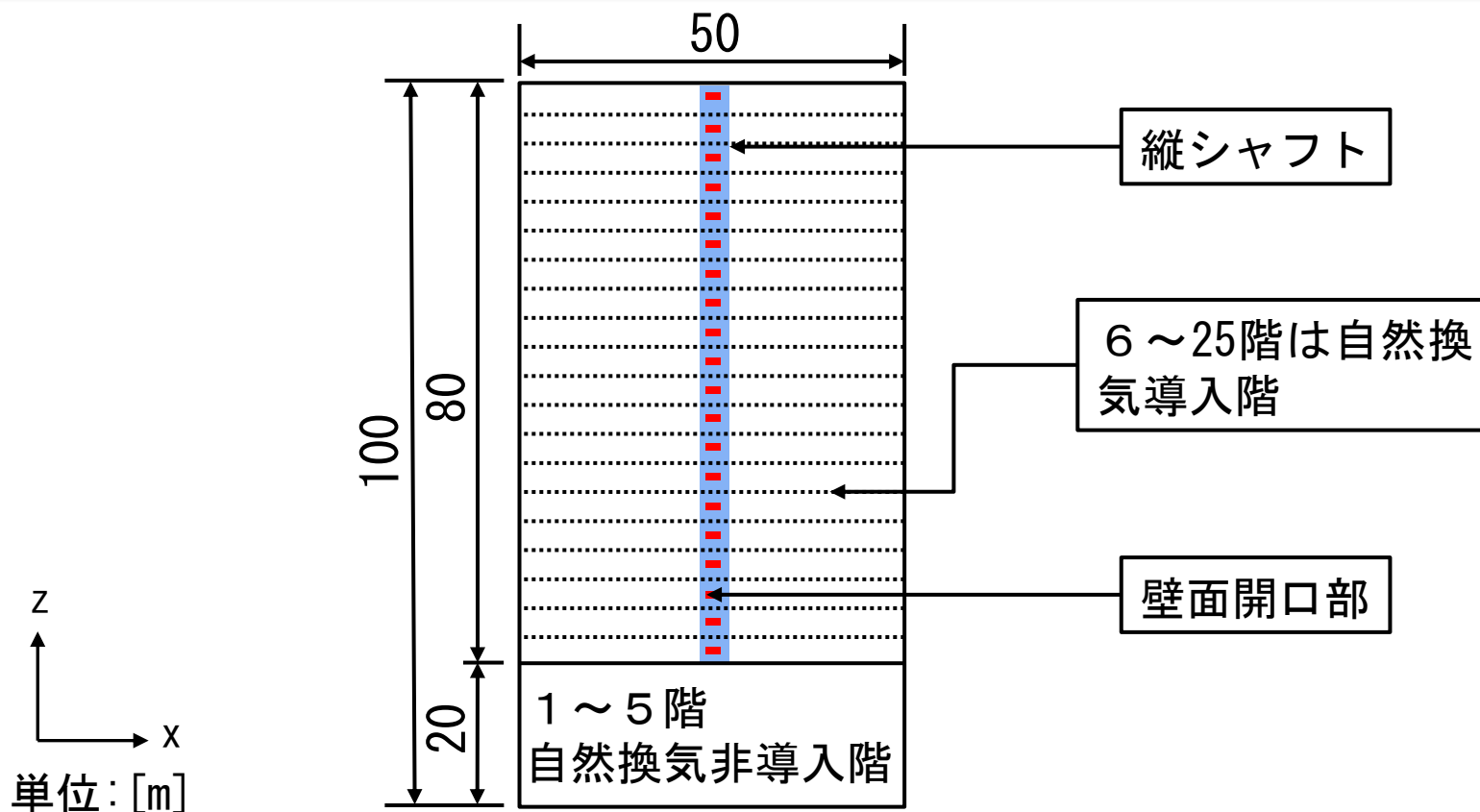
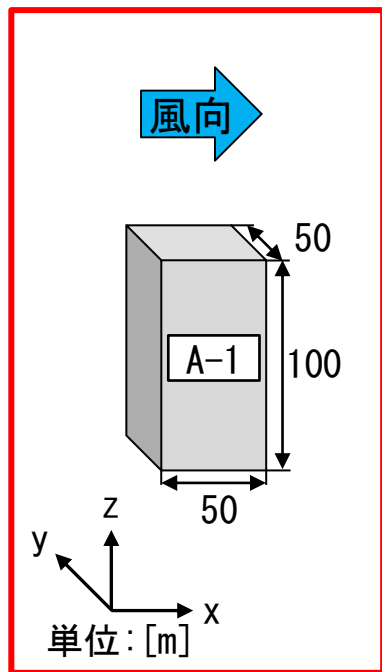


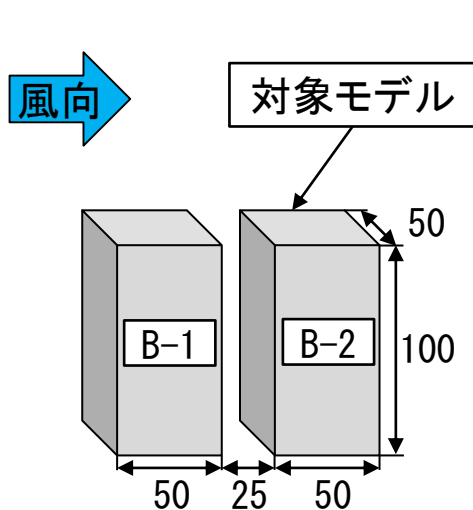
図 建物モデル(断面)

# 数値解析の概要

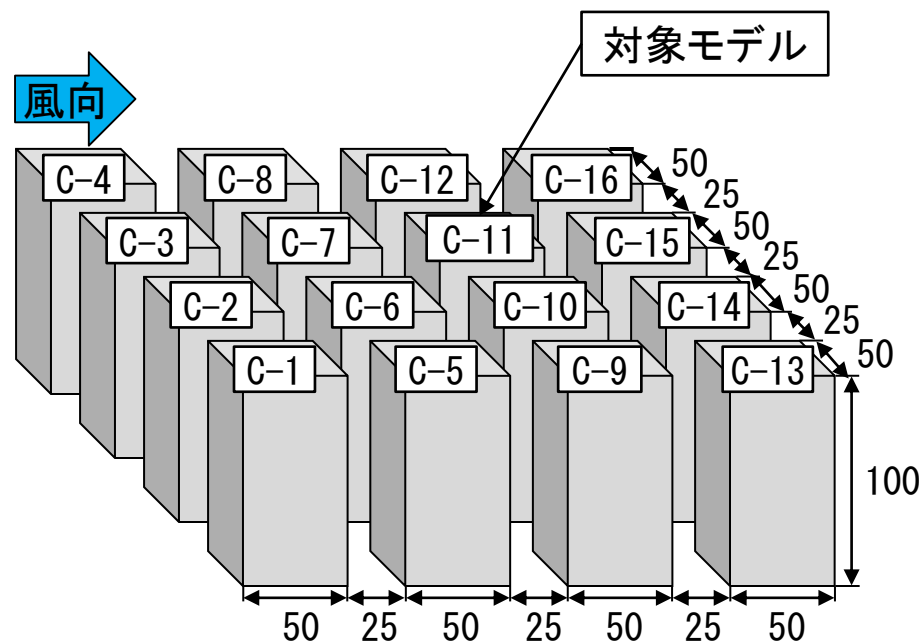
モデルAは建物単体、モデルBは風向に対して2棟を直列に配置し隣棟間隔は25[m]とする。



(a) モデルA  
単体モデル



(b) モデルB  
2棟モデル



(c) モデルC  
4 × 4 棟モデル※1

図1 解析対象モデル

※1 グロス建ぺい率は約38[%]である。

# 数値解析の概要

モデルAは建物単体、モデルBは風向に対して2棟を直列に配置し隣棟間隔は25[m]とする。

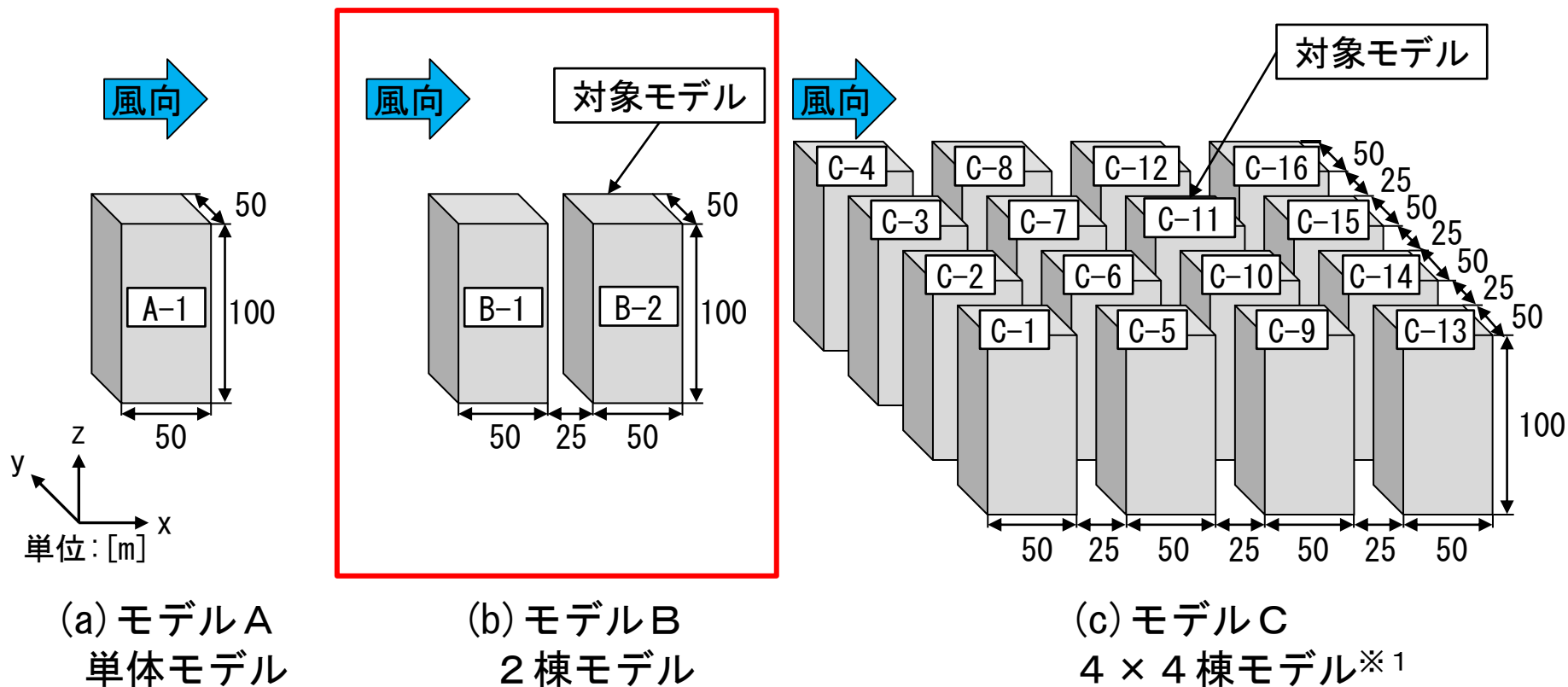


図1 解析対象モデル

※1 グロス建ぺい率は約38[%]である。



# 数値解析の概要

**モデルC**は市街地を模擬して **4 × 4 棟に整列配置**し、各建物モデルの隣棟間隔はxy方向共に **25 [m]**とする。

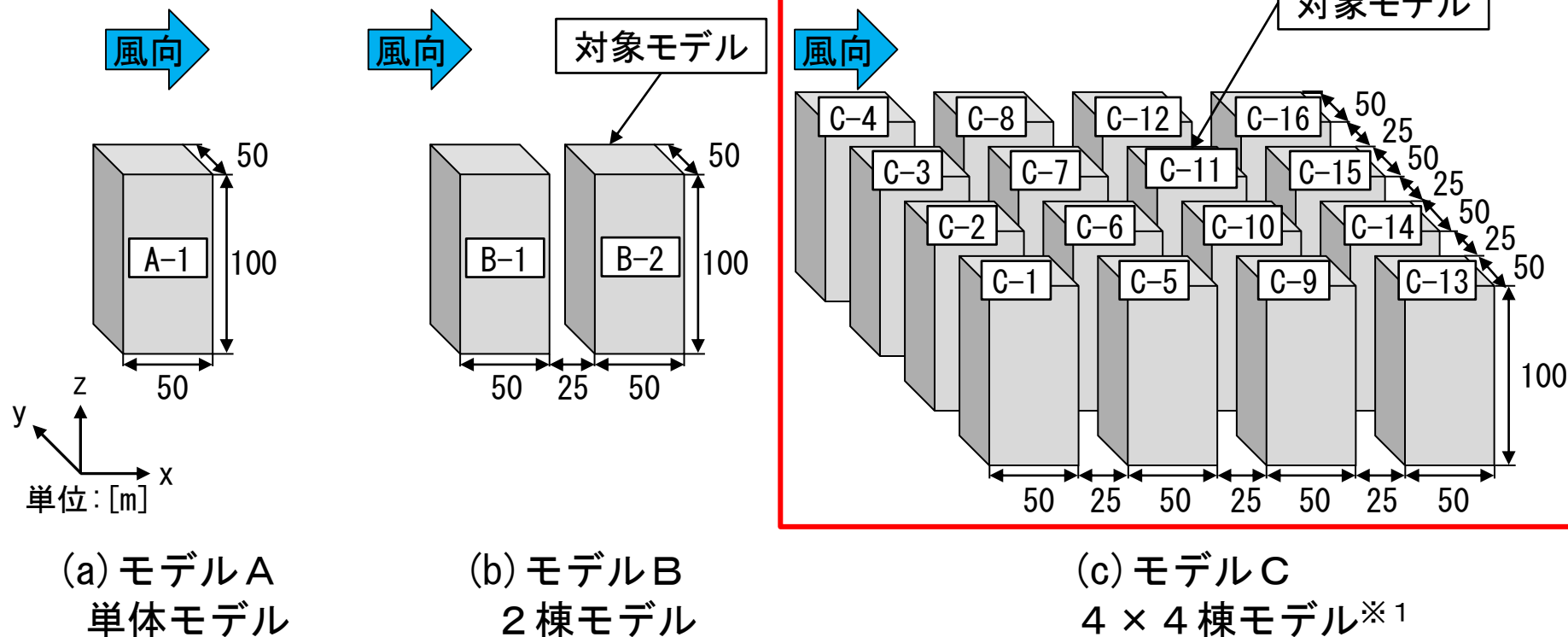
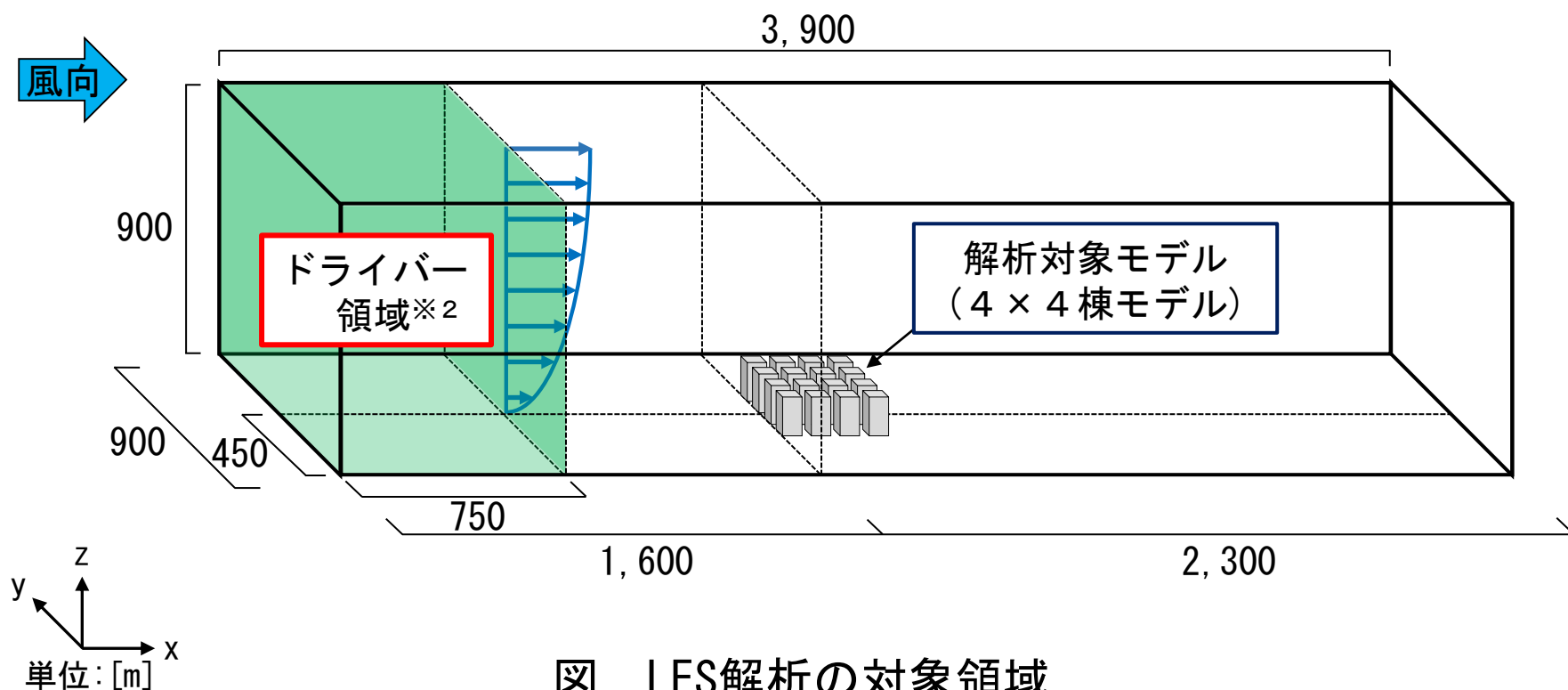


図1 解析対象モデル

※1 グロス建ぺい率は約38[%]である。

# 数値解析の概要

図にLES解析の対象領域を示す。



※2 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。

# 数値解析の概要

SGSモデルはDynamic型Smagorinskyモデルを使用し、等温で解析を行っている。解析開始からの経過時間を $t$ として、解析開始後 $t=2,000\sim 5,000$  [s]までの計 $3,000$  [s]間を本解析の結果として用いた。

表 LESの解析条件

SGSモデル	Dynamic型Smagorinskyモデル		
解析対象領域	3,900 (x) × 900 (y) × 900 (z) [m]		
	建物モデル	50 (x) × 50 (y) × 100 (z) [m]	
境界条件	流入	ドライバー領域で流入変動気流を作成する	
	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-Wengel
流体と接する全ての面			
解析時間 $t$	プレ解析 : $t=0\sim 2,000$ [s]、本解析 : $t=2,000\sim 5,000$ [s]		
瞬時データサンプリング間隔	1.0 [s]		
温度	等温		
最小メッシュ幅	0.2 [m]		
解析対象メッシュ数	単体モデル	260 (x) × 197 (y) × 103 (z) = 5,275,660	
	2棟モデル	355 (x) × 197 (y) × 103 (z) = 7,203,305	
	4 × 4棟モデル	482 (x) × 220 (y) × 103 (z) = 10,922,120	

# 数値解析の概要

壁面開口部及び縦シャフトの各階における開口部は、6階(地上22[m])から25階まで4[m]毎に設置する。

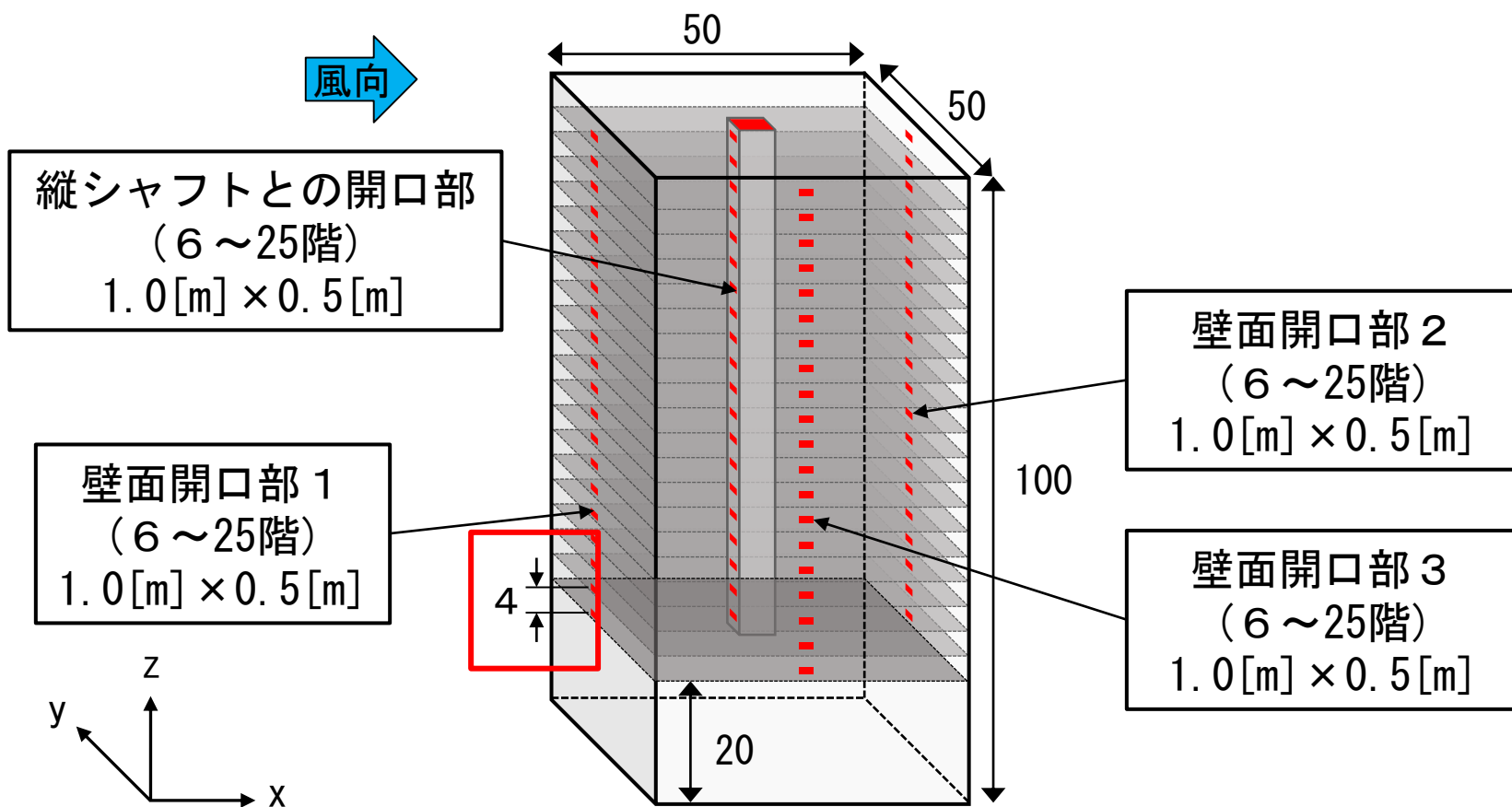


図2 建物モデルの開口部位置

# 数値解析の概要

各壁面開口部及び縦シャフトの各階における開口部の大きさは  
 $1.0[m]$  (幅)  $\times$   $0.5[m]$  (高さ) とし、流量係数  $\alpha$  は  $0.6[-]$  とする。

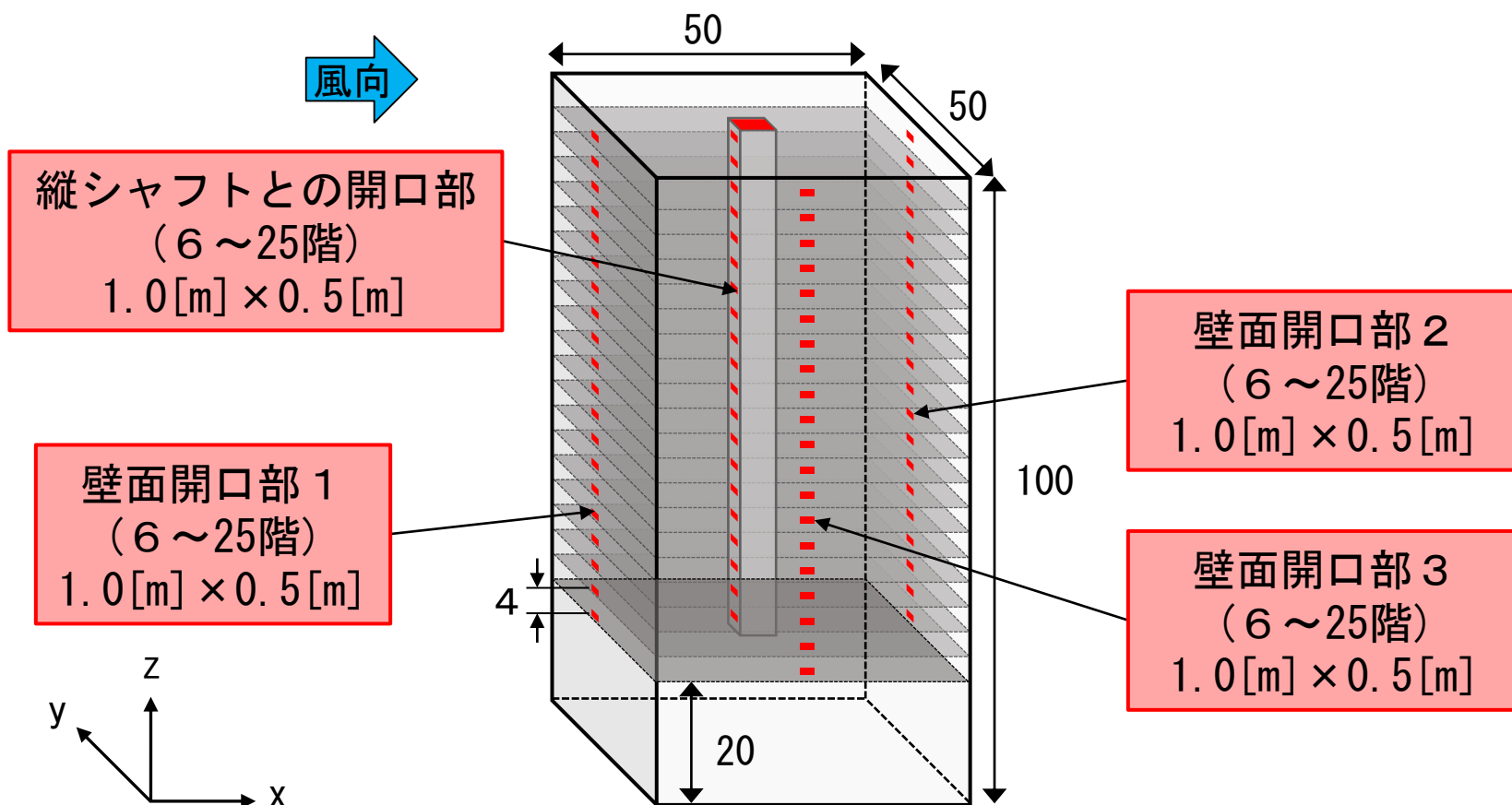


図2 建物モデルの開口部位置

縦シャフトの屋上開口部※<sup>4</sup>は4.0[m] (幅) × 4.0[m] (奥行) とする。

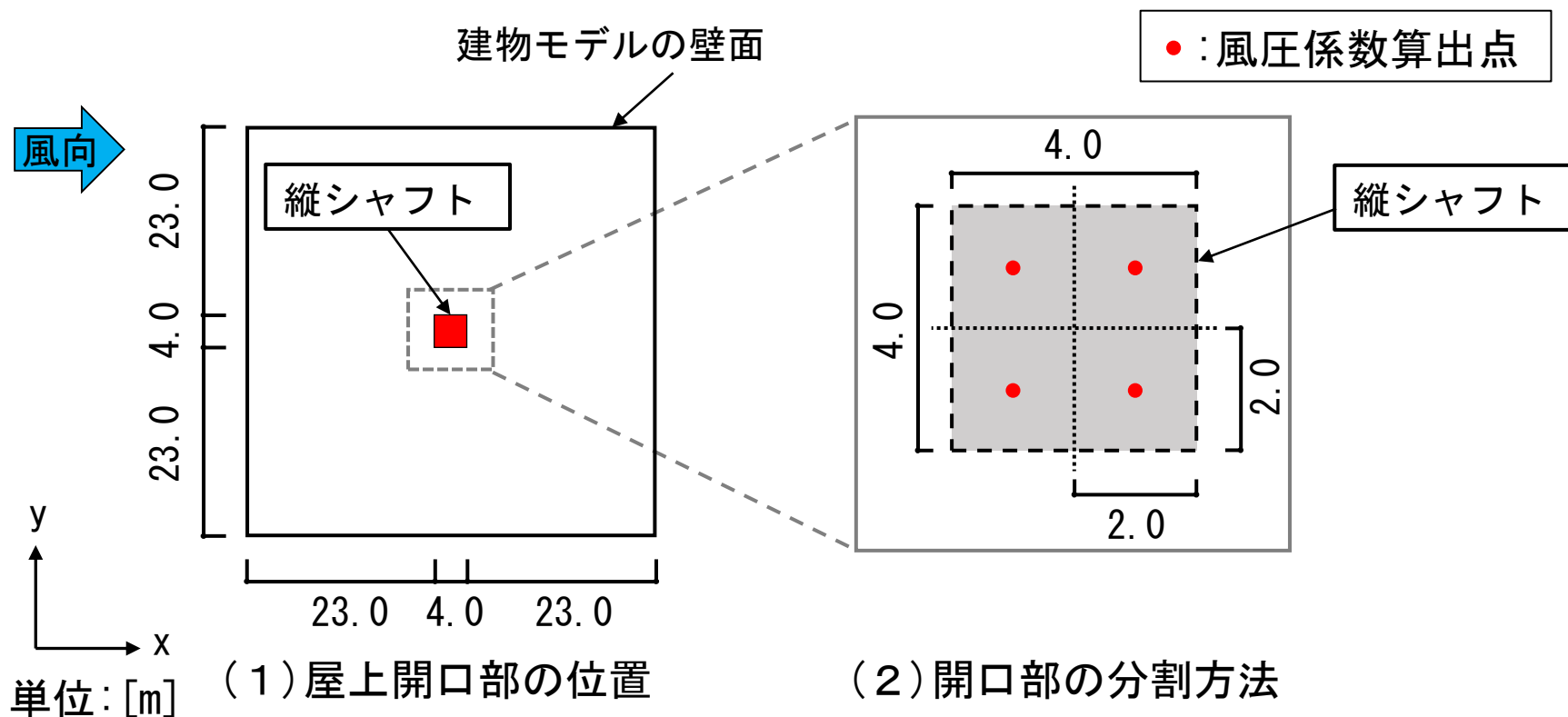


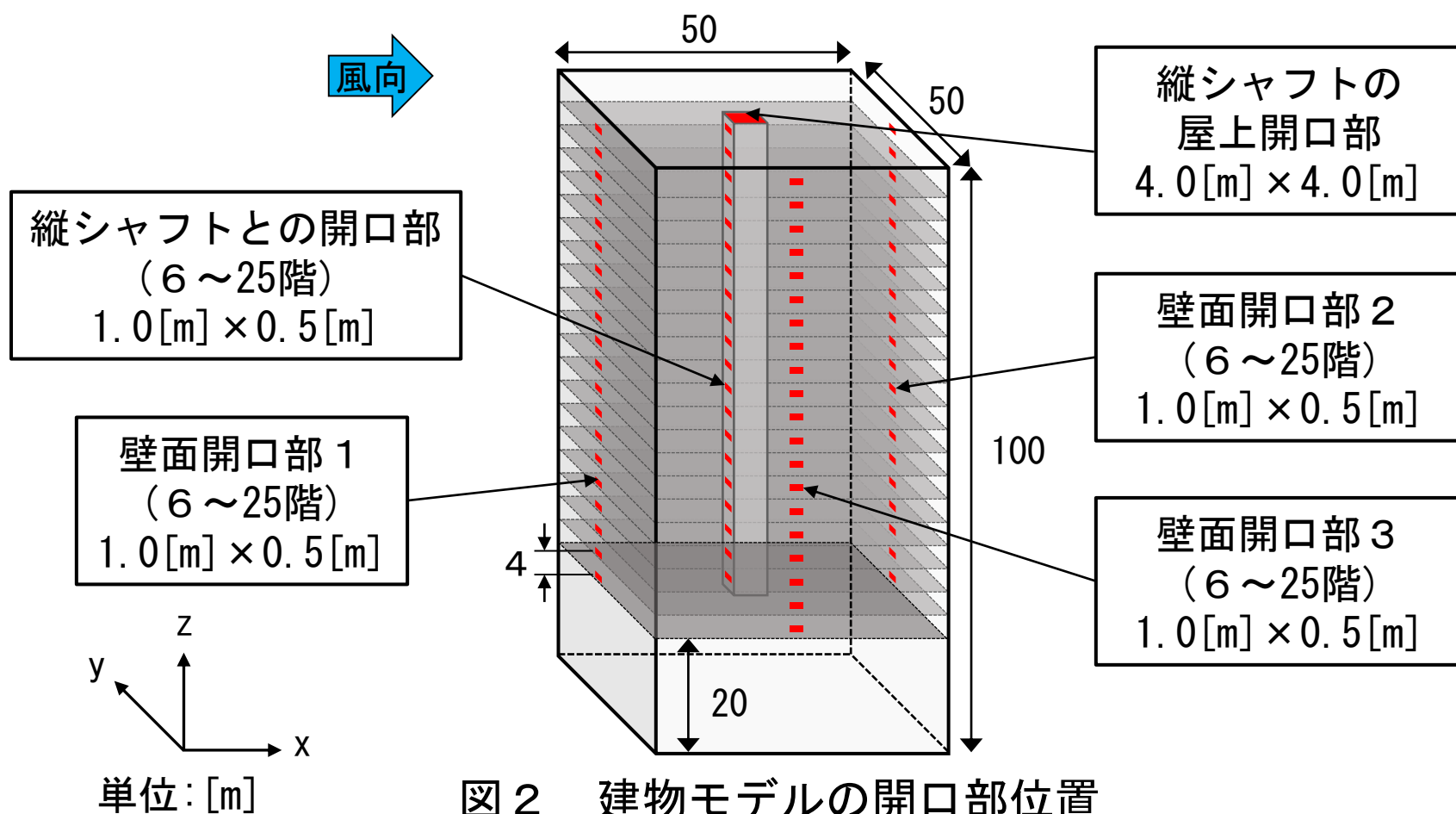
図3 縦シャフト※<sup>3</sup>の屋上開口部の配置と風圧係数算出点

※3 縦シャフトの各階との開口部は1.0[m] (幅) × 0.5[m] (高さ)、開口の流量係数 $\alpha$ は0.6[-]とする。

※4 屋上面では同一開口面内に圧力分布が生じる箇所があるため、開口面を4分割して風圧係数を算出する。

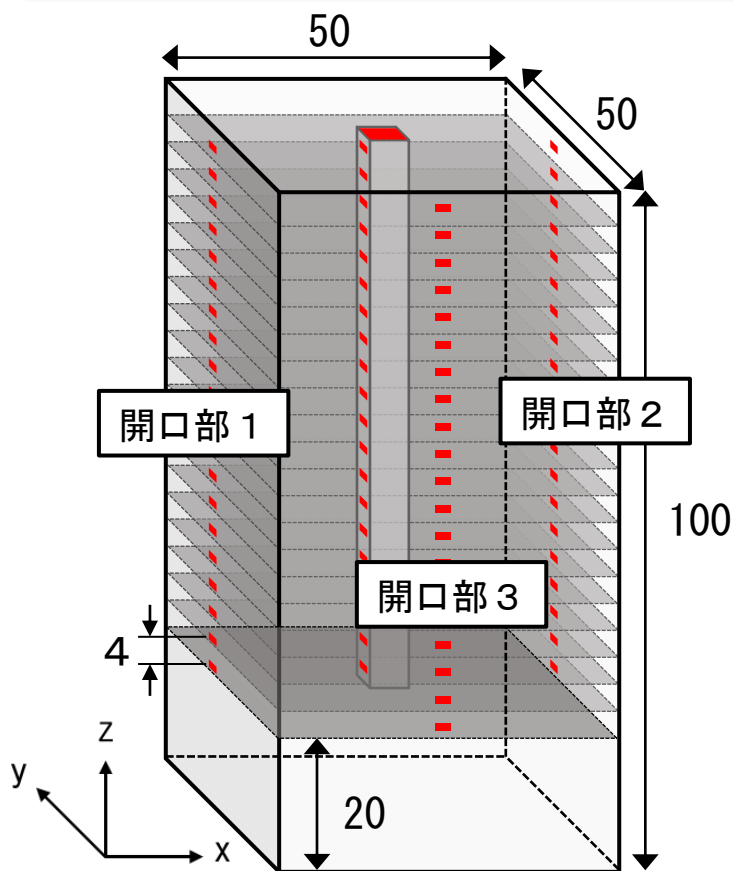
# 数値解析の概要

モデルA、B、Cの壁面開口部1、2、3をそれぞれの計算条件で1方向ずつ開放する。



# 数値解析の概要

設定する温度条件は室温25[°C]・外気温15[°C]（中間期）、室温27[°C]・外気温35[°C]（夏季）、室温20[°C]・外気温0[°C]（冬季）の3パターンとする。



単位：[m]

図 建物モデル

表 1 換気量の計算case

計算case		温度[°C]			壁面開口条件
		室内	室外	温度差 (室内-室外)	
case1	case1-0	20	20	0(等温)	壁面開口部 1 を開放した場合
	case1-1	25	15	10	
	case1-2	27	35	-8	
	case1-3	20	0	20	
case2	case2-0	20	20	0(等温)	壁面開口部 2 を開放した場合
	case2-1	25	15	10	
	case2-2	27	35	-8	
	case2-3	20	0	20	
case3	case3-0	20	20	0(等温)	壁面開口部 3 を開放した場合
	case3-1	25	15	10	
	case3-2	27	35	-8	
	case3-3	20	0	20	



# 数値解析の概要

換気回路網計算ソフトCOMISを用いてLES解析で得られた各開口部及び屋上開口部の風圧係数※と室内外温度を設定し、換気量の計算を行う。

表 1 換気量の計算case

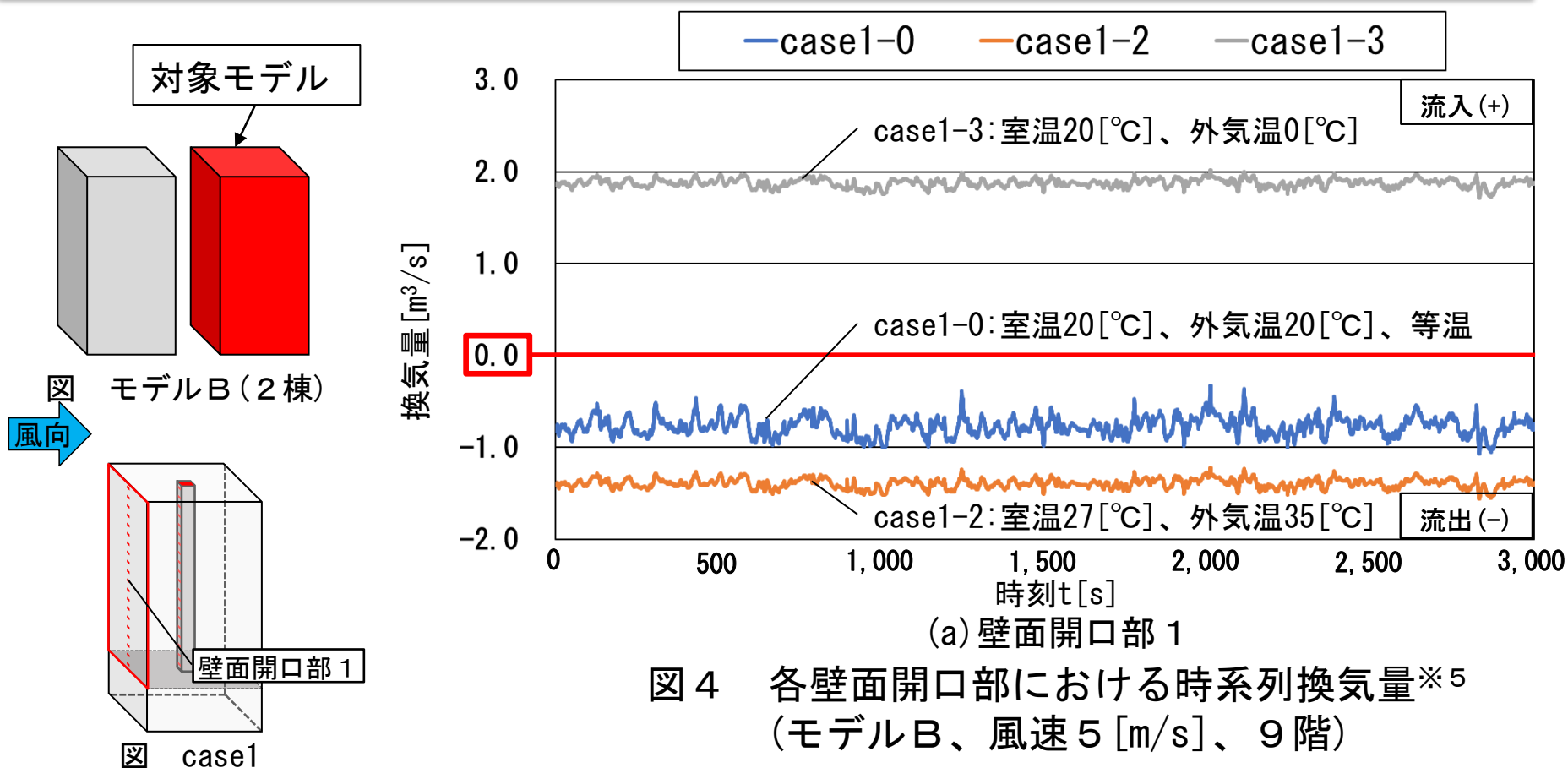
計算case		温度[°C]			壁面開口条件	風速
		室内	室外	温度差 (室内-室外)		
case1	case1-0	20	20	0(等温)	壁面開口部 1 を開放した場合	基準風速 (軒高、地上100[m]) を 1、3、5、10 [m/s] とする
	case1-1	25	15	10		
	case1-2	27	35	-8		
	case1-3	20	0	20		
case2	case2-0	20	20	0(等温)	壁面開口部 2 を開放した場合	
	case2-1	25	15	10		
	case2-2	27	35	-8		
	case2-3	20	0	20		
case3	case3-0	20	20	0(等温)	壁面開口部 3 を開放した場合	
	case3-1	25	15	10		
	case3-2	27	35	-8		
	case3-3	20	0	20		

※ 風圧係数には瞬時風圧係数と時間平均風圧係数を用いる。

# 解析結果

# 時系列換気量の算出結果

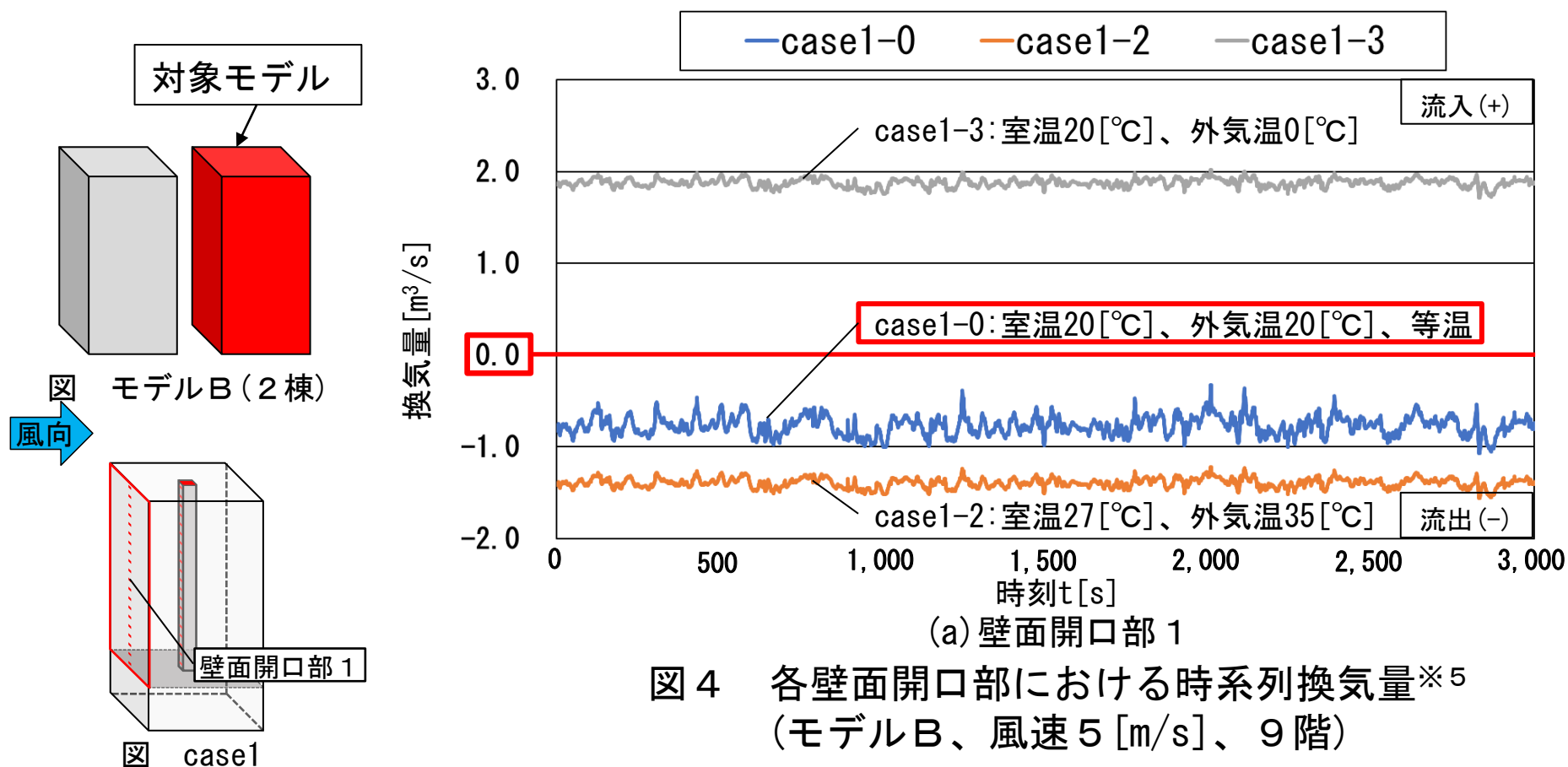
代表caseとしてモデルB、9階、基準風速（基準高さ：軒高・地上100[m]）5 [m/s] の場合の換気量を示す。壁面開口部に対して流入する量を正 (+)、流出する量を負 (-) とする。



※5 瞬時風圧係数を用いて各時刻ごとに算出した流入出量とする。

# 時系列換気量の算出結果

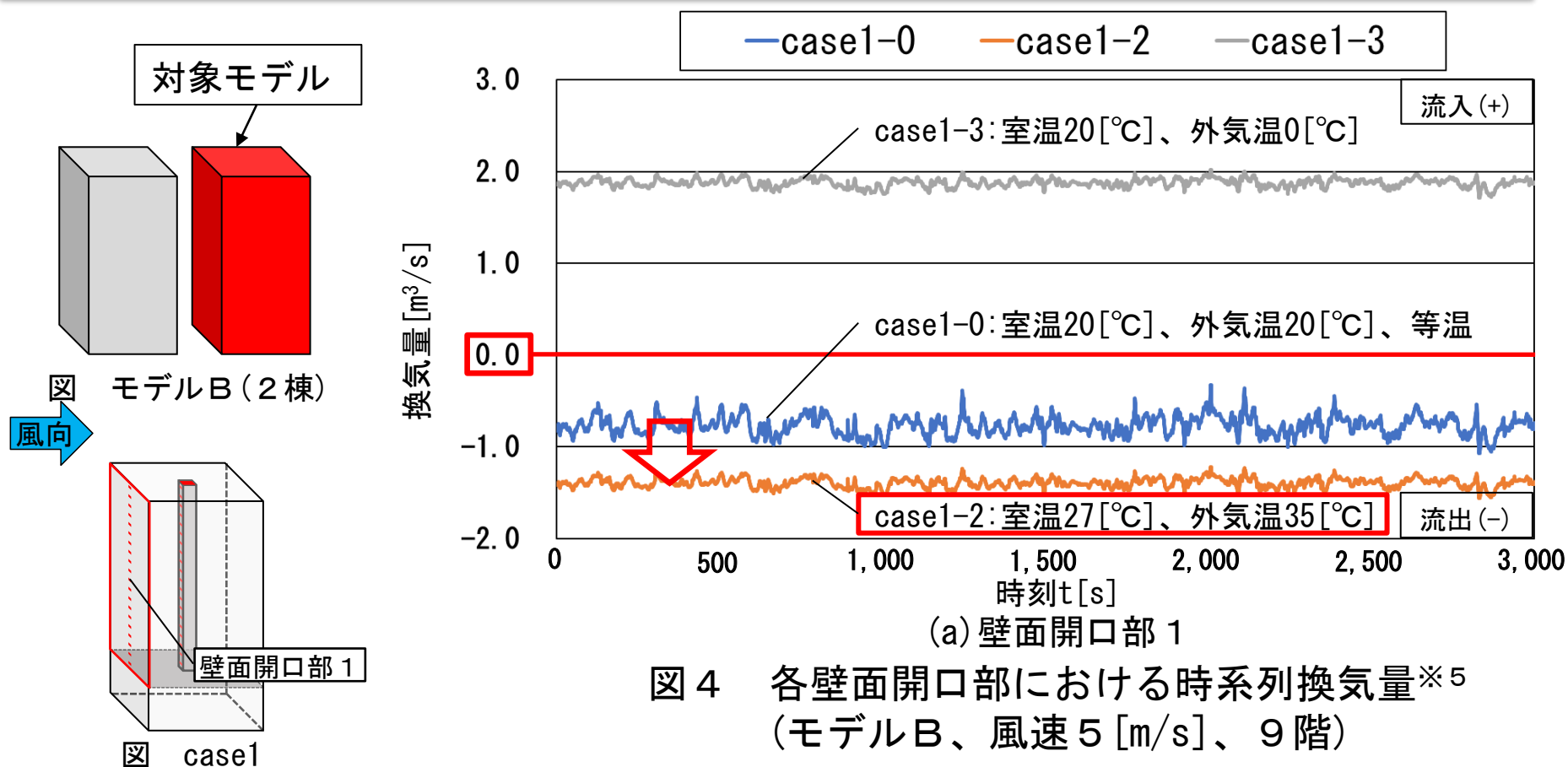
壁面開口部 1 を開放した場合、等温では瞬時換気量は常に壁面開口部から流出する。



※5 瞬時風圧係数を用いて各時刻ごとに算出した流入出量とする。

# 時系列換気量の算出結果

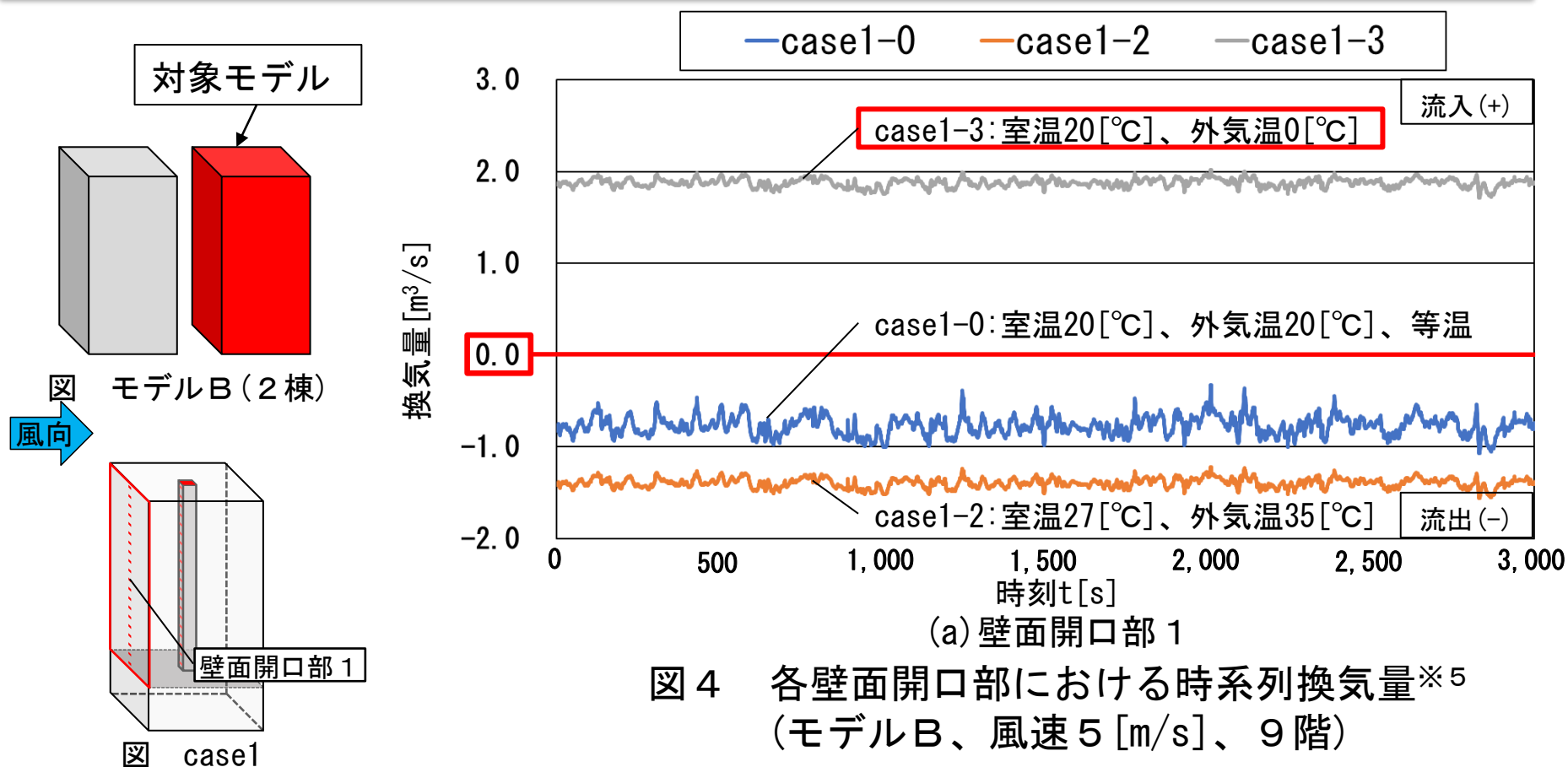
室温27[°C]、外気温35[°C]では室内外温度差による圧力差に外部風による圧力差が加算され、等温時と比較して換気量が増加する。



※5 瞬時風圧係数を用いて各時刻ごとに算出した流入出量とする。

# 時系列換気量の算出結果

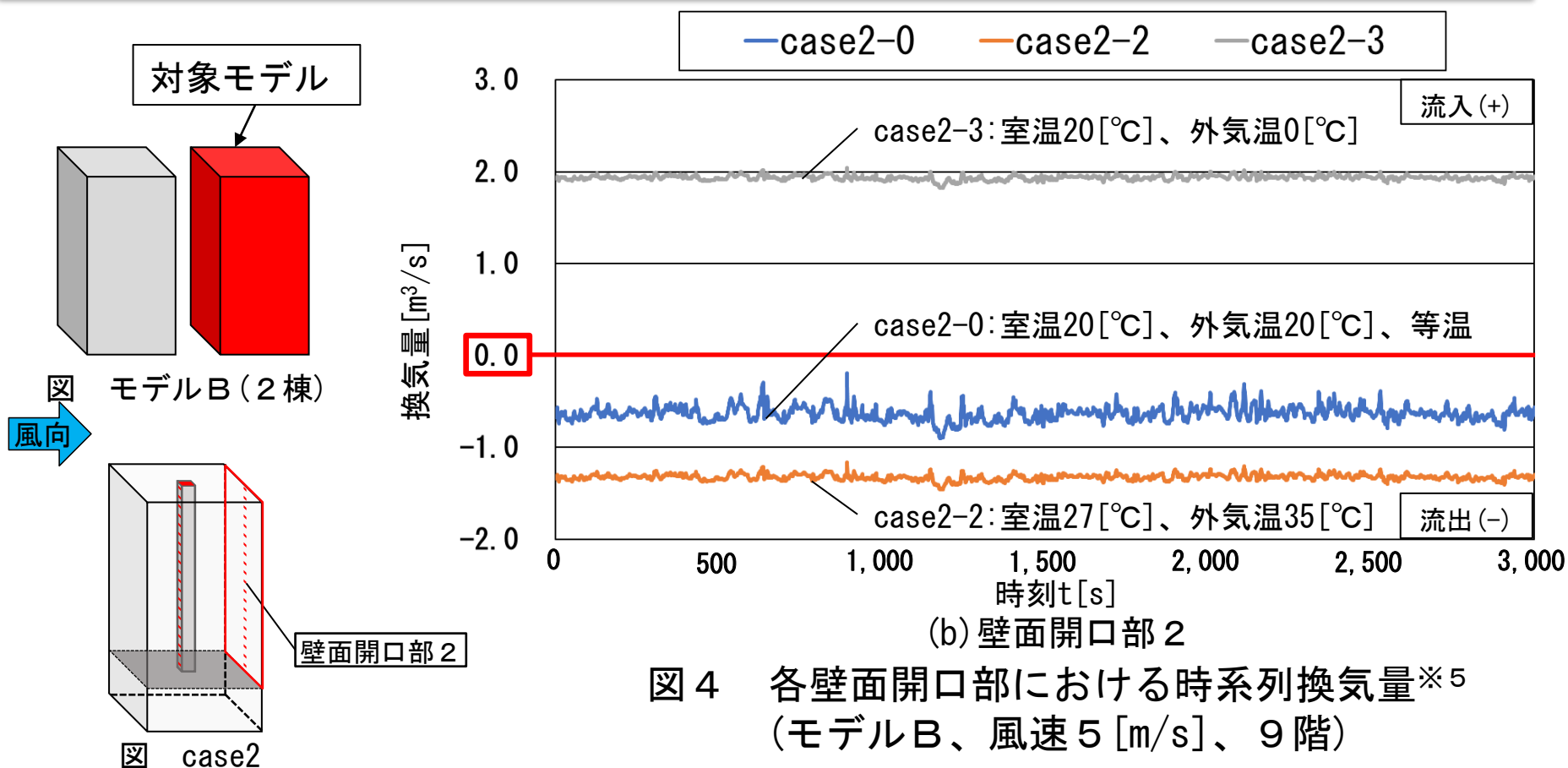
室温20[°C]、外気温0[°C]では室内外温度差と外部風によって生じる圧力差が逆向きであり、温度差による圧力差が相対的に大きいいため壁面開口部から気流が流入する。



※5 瞬時風圧係数を用いて各時刻ごとに算出した流入出量とする。

# 時系列換気量の算出結果

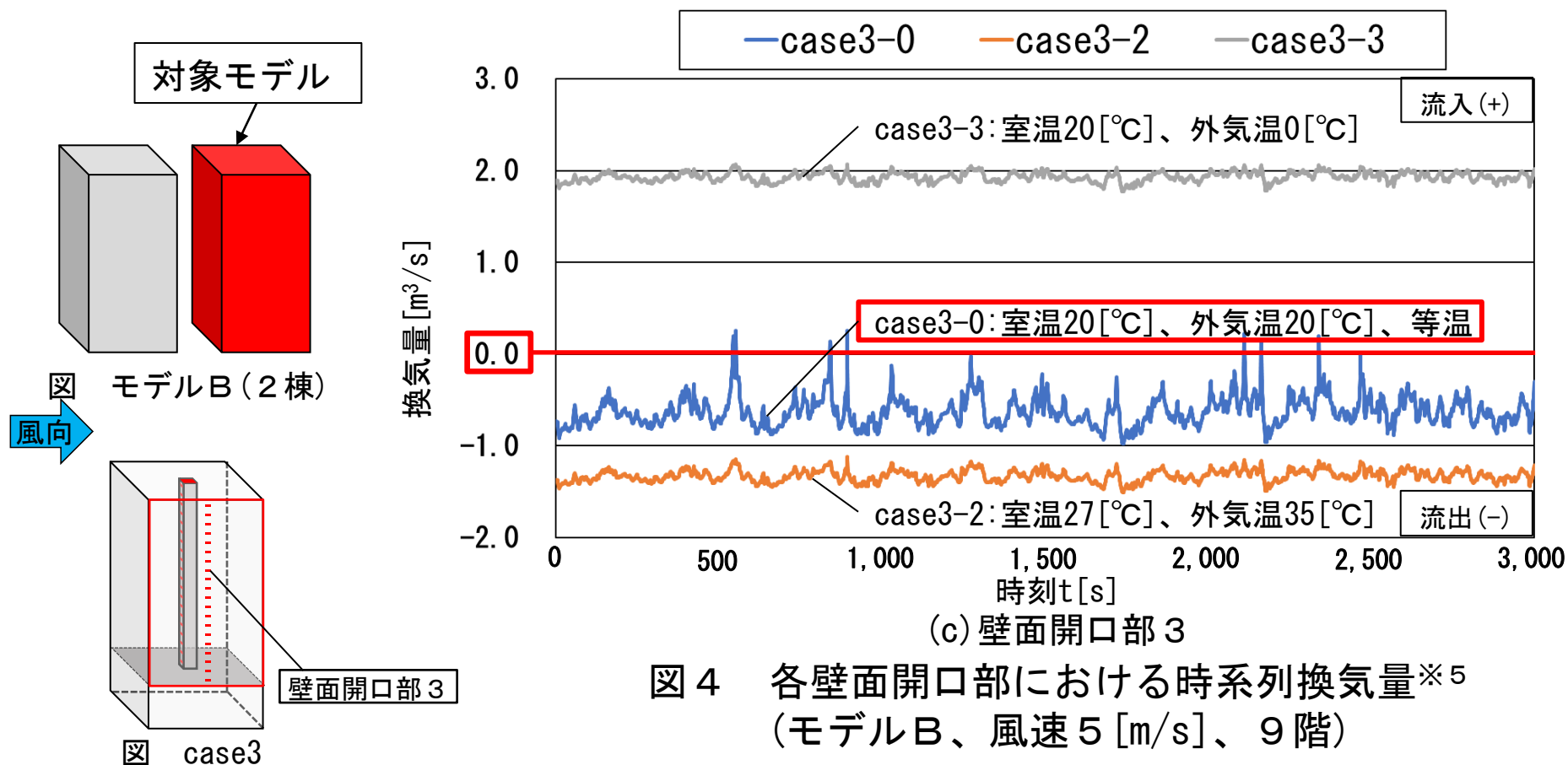
壁面開口部 2 を開放した場合、壁面開口部 2 は風下側にあるため外部風による影響が少なく、壁面開口部 1 と比較して換気量の変動が小さくなる。



※5 瞬時風圧係数を用いて各時刻ごとに算出した流入出量とする。

# 時系列換気量の算出結果

壁面開口部 3 を開放した場合、室温20[°C]、外気温20[°C]では壁面開口部から気流の流入出が生じる換気性状となる。

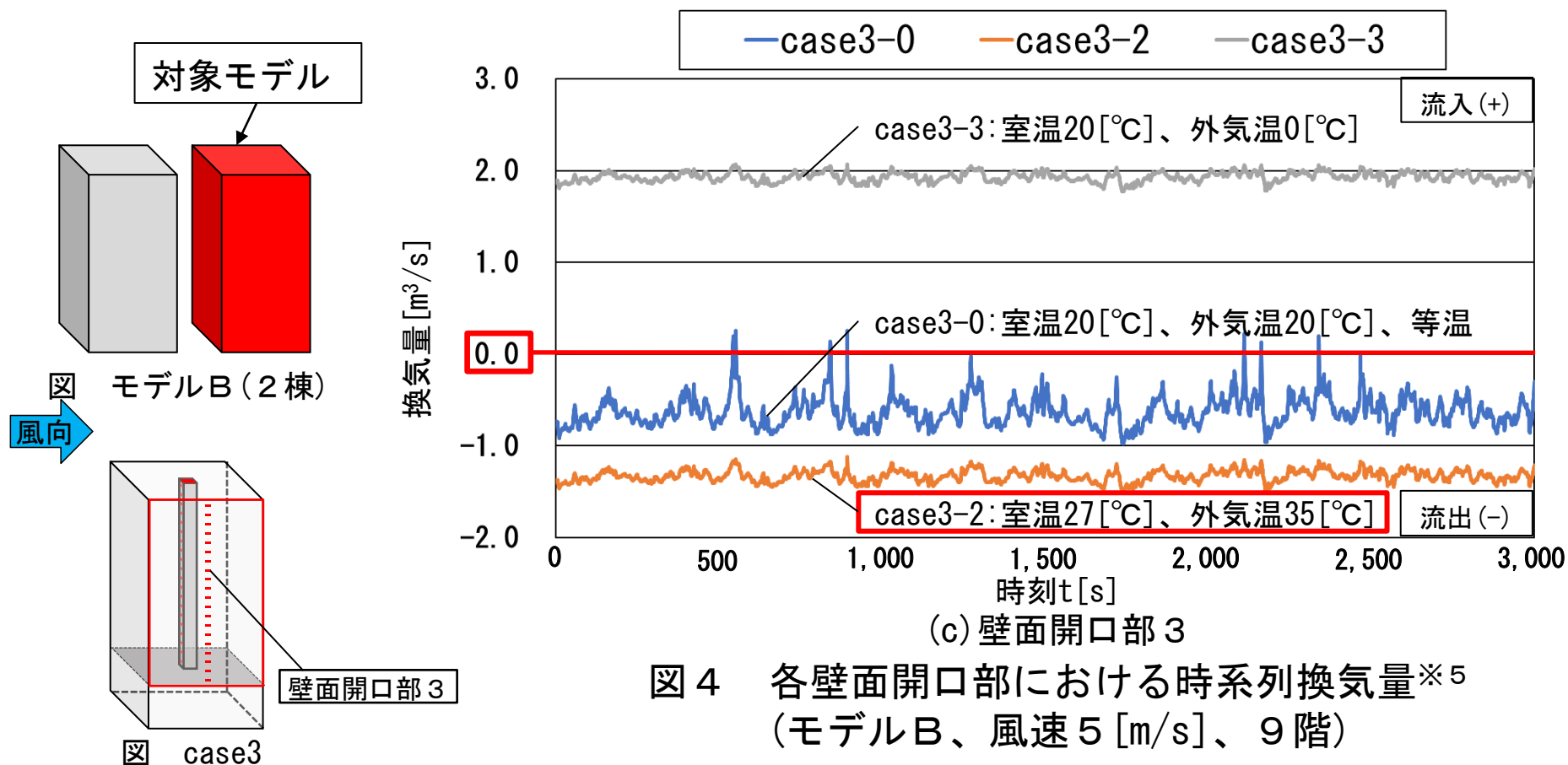


※5 瞬時風圧係数を用いて各時刻ごとに算出した流入出量とする。



# 時系列換気量の算出結果

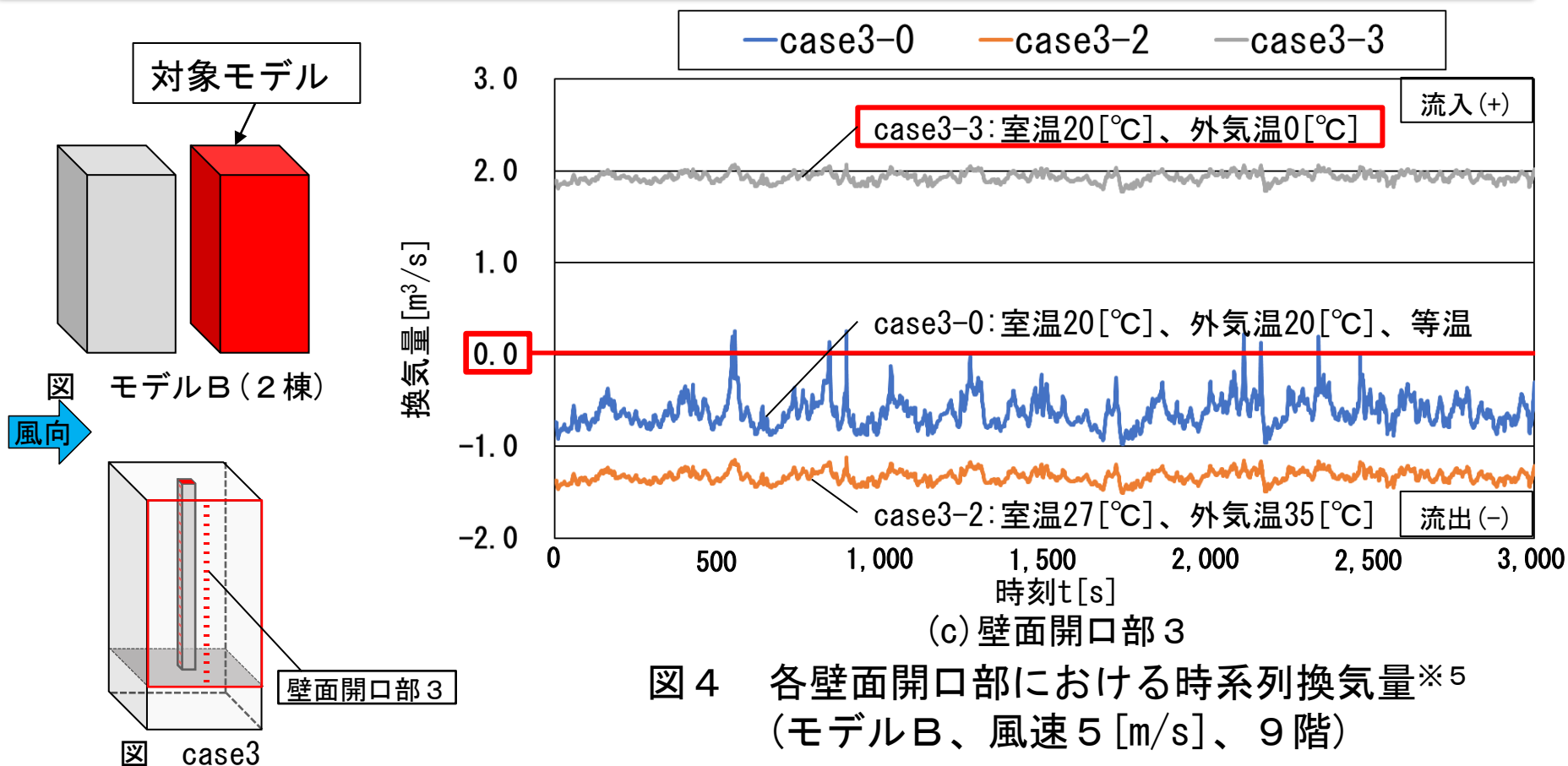
室温27[°C]、外気温35[°C]では常に壁面開口部から流出する。



※5 瞬時風圧係数を用いて各時刻ごとに算出した流入出量とする。

# 時系列換気量の算出結果

一方、**室温20[°C]**、**外気温0[°C]**では室内外温度差と外部風によって生じる圧力差が逆向きであり、温度差による圧力差が相対的に大きいいため、常に**壁面開口部から流入する**。



※5 瞬時風圧係数を用いて各時刻ごとに算出した流入出量とする。

# 外部風と温度差による圧力差と換気量の比

外部風による圧力差と室内外温度差による圧力差が同程度かつ逆向きの場合、風圧変動によって壁面開口部から気流の流入出が生じる換気性状となるため換気量の比が増加する。

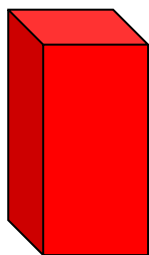


図 モデルA (単体)

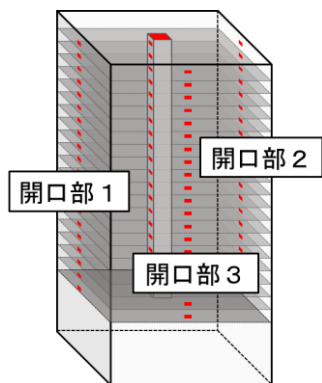


図 建物モデル

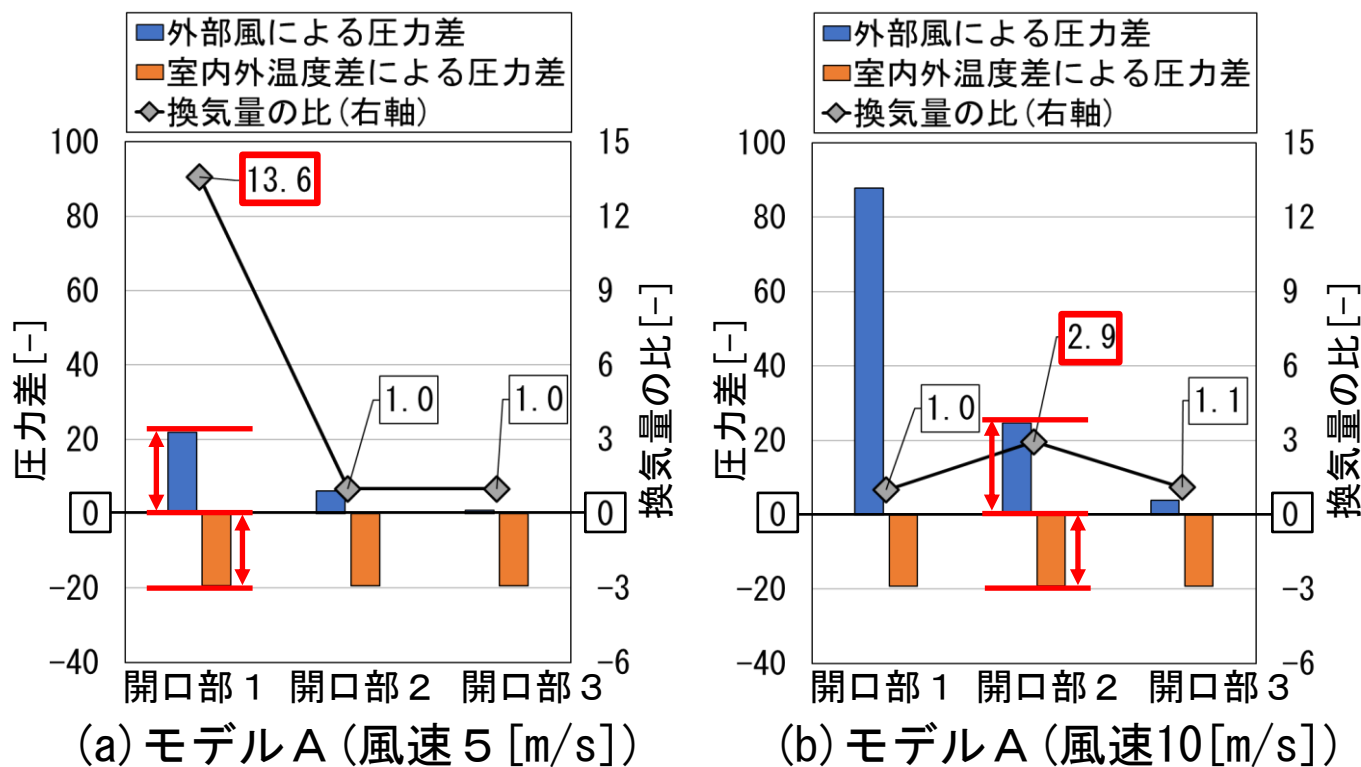


図5 外部風及び室内外温度差による圧力差と換気量の比※6

※6 換気量の比は時間平均圧力差から算出した換気量に対する変動を考慮した換気量の比である。変動を考慮した換気量は瞬時換気量の絶対値を積算し、時間平均した値である。

# 外部風と温度差による圧力差と換気量の比

周囲に同程度の高さの建物がある場合、風速 5 [m/s] と風速 10 [m/s] では室内外温度差による圧力差が支配的となる傾向があるため、全ての壁面開口部の換気量の比が 1.0 [-] となる。

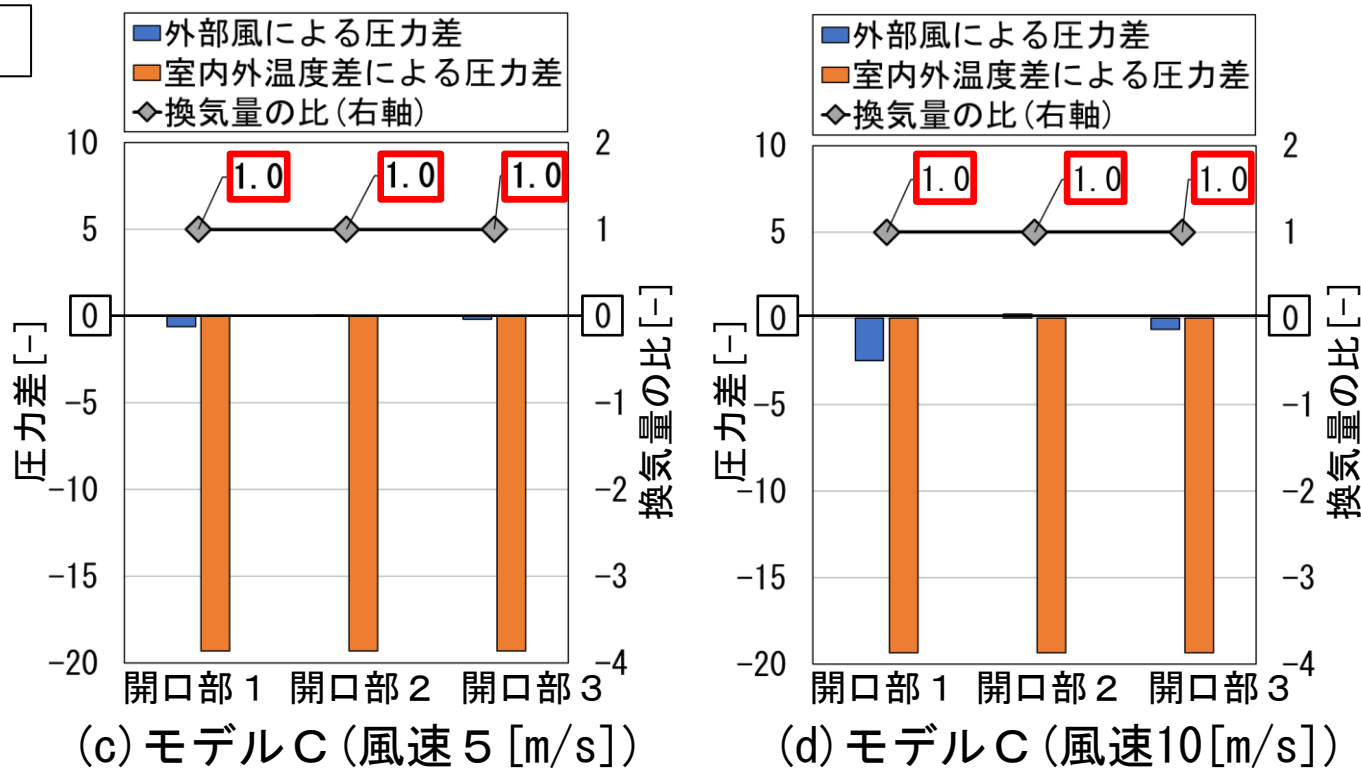
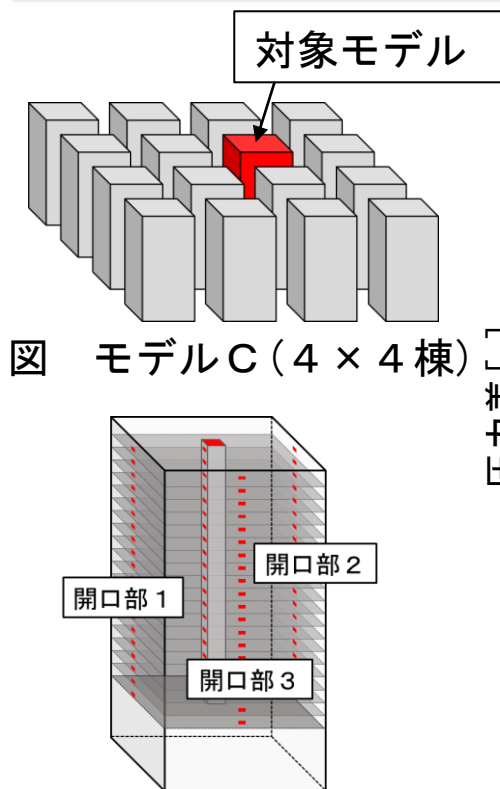


図 5 外部風及び室内外温度差による圧力差と換気量の比※6

※6 換気量の比は時間平均圧力差から算出した換気量に対する変動を考慮した換気量の比である。変動を考慮した換気量は瞬時換気量の絶対値を積算し、時間平均した値である。

# まとめ

- ① 室内外温度差を考慮した場合、平均圧力差から算出した換気量に対する変動を考慮した換気量の比は、外部風による平均圧力差と室内外温度差による圧力差が同程度で逆向きに生じた場合に大きくなる傾向がある。
- ② 周囲に同程度の高さの建物がある場合、外部風によって壁面で生じる圧力が小さくなるため、室内外温度差による圧力差の影響が大きい。