

自然風による非定常換気に関する研究

縦シャフトを設置した高層建物モデル対象とした換気性状

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)

指導教員 赤林 佐藤 将太
伸一 教授

- 1 研究目的
- 2 数値流体解析の概要
- 3 LES解析結果
- 4 換気量の算出結果
- 5 まとめ

研究目的

近年、建物の低炭素化、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1つとして自然換気が用いられている。

研究目的

近年、建物の低炭素化、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1つとして自然換気が用いられている。

自然換気は夏季の夜間や中間季に、外部風・室内外の温度差を利用して換気を行うことで、冷房や機械換気に必要なエネルギー消費量の削減が期待でき、オフィスビルや公共施設等に採用されている。

自然換気量の算出には時間平均圧力差が用いられており、外部風の変動により生じる圧力変動は考慮されていないのが現状である。

研究目的

自然換気量の算出には時間平均圧力差が用いられており、外部風の変動により生じる圧力変動は考慮されていないのが現状である。

自然換気の場合には、**開口で生じる圧力差の時間平均値がほぼ0でも、圧力変動を考慮することで、ある程度の換気量**^{文1)}を確保できる可能性がある。

文1) 赤林、有波ら「風速変動を考慮した自然換気・通風性能評価手法の提案：LESによる住宅の自然換気・通風性状に関する研究 その2」日本建築学会環境系論文集、2016年

研究目的

一方、高層建築では屋上面に生じる負圧を利用した縦シャフトによる換気が利用される事が多く、屋上面の圧力変動を考慮した換気量の検討も必要であると考えられる。

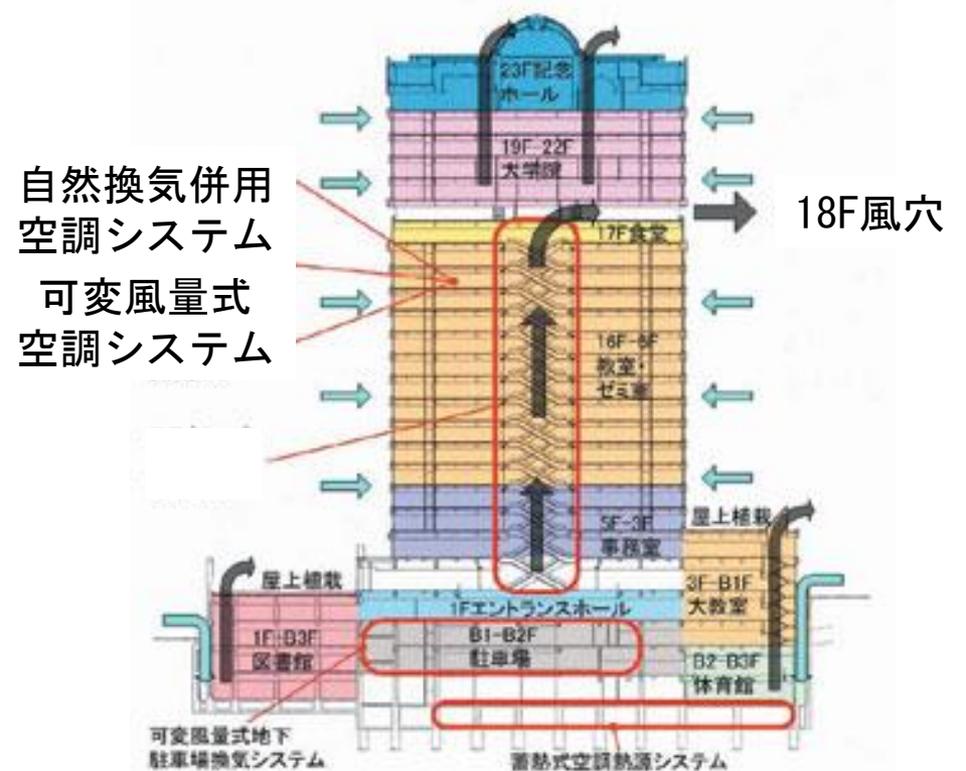


図 高層建築における自然換気（実例：明治大学リバティタワー）

引用 <https://www.meiji.ac.jp/koho/academeprofile/activity/environmental/libertytower/libertytower.html>

研究目的

本研究では、単体及び複数建物モデルを対象とし屋外風による風速、風圧の時刻変動をLarge-Eddy Simulation（以下:LES）を用いて解析し、算出された壁面・屋上面の圧力変動データから風圧係数の時刻データおよび平均値を算出する。

研究目的

本研究では、単体及び複数建物モデルを対象とし屋外風による風速、風圧の時刻変動をLarge-Eddy Simulation（以下:LES）を用いて解析し、算出された壁面・屋上面の圧力変動データから風圧係数の時刻データおよび平均値を算出する。

算出された風圧係数を基に建物内に縦シャフトを設置したモデルを対象に開口間の圧力差を算出し、換気量の計算を行う。

研究目的

本研究では、単体及び複数建物モデルを対象とし屋外風による風速、風圧の時刻変動をLarge-Eddy Simulation（以下:LES）を用いて解析し、算出された壁面・屋上面の圧力変動データから風圧係数の時刻データおよび平均値を算出する。

算出された風圧係数を基に建物内に縦シャフトを設置したモデルを対象に開口間の圧力差を算出し、換気量の計算を行う。

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、風圧変動による自然換気量を定量的に評価することを目的とする。

- 1 研究目的
- 2 数値流体解析の概要
- 3 LES解析結果
- 4 換気量の算出結果
- 5 まとめ

表 1 LES解析case

解析case	建物モデル
モデルA 単体	モデルA-1
モデルB 2棟	モデルB-1 モデルB-2
モデルC 4 × 4棟	モデルC-1
	モデルC-2
	モデルC-3
	モデルC-4
	モデルC-5
	モデルC-6
	モデルC-7
	モデルC-8
	モデルC-9
	モデルC-10
	モデルC-11
	モデルC-12
モデルC-13	
モデルC-14	
モデルC-15	
モデルC-16	

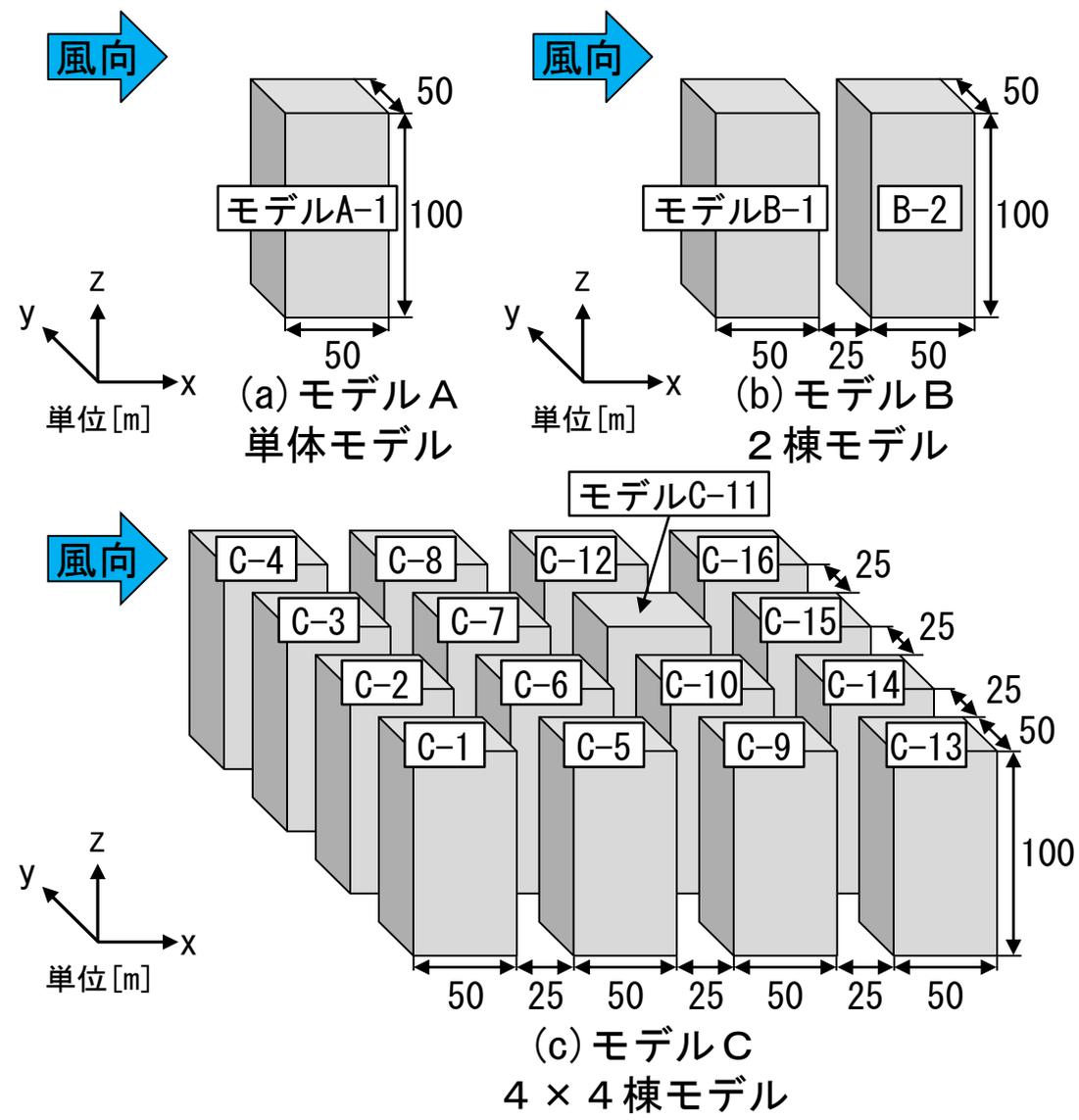
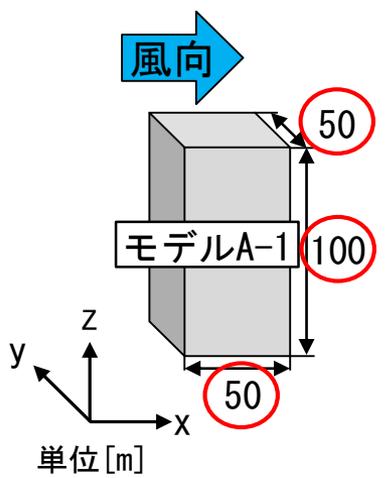
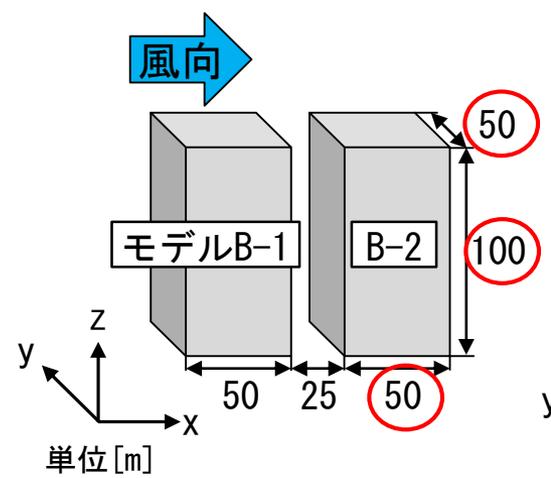


図 1 解析対象モデル

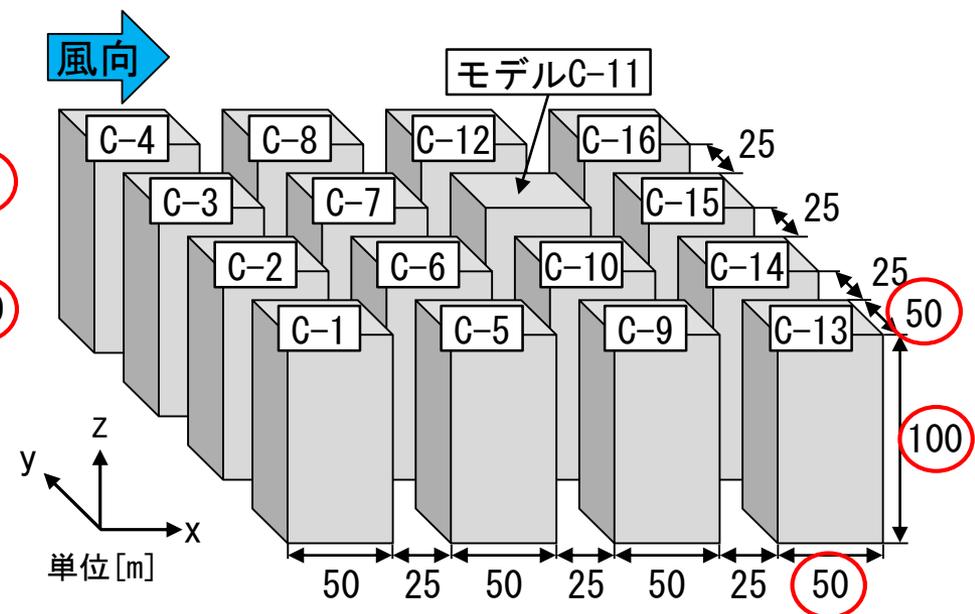
建物モデルは、50 [m] (x) × 50 [m] (y) × 100 [m] (z) とする。



(a) モデルA
単体モデル



(b) モデルB
2棟モデル

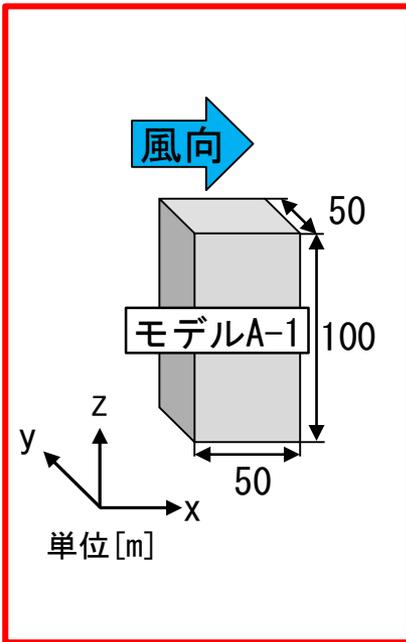


(c) モデルC
4 × 4 棟モデル

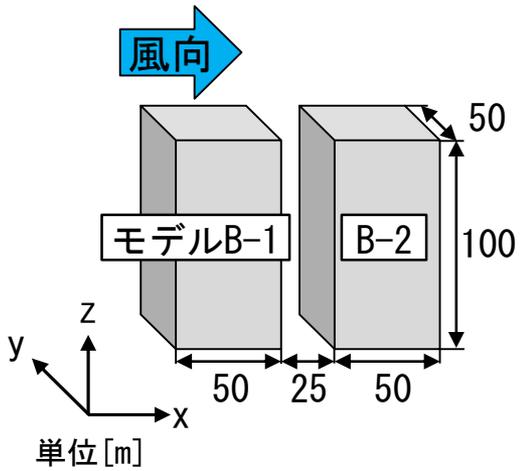
図 1 解析対象モデル

数値流体解析の概要 解析対象建物

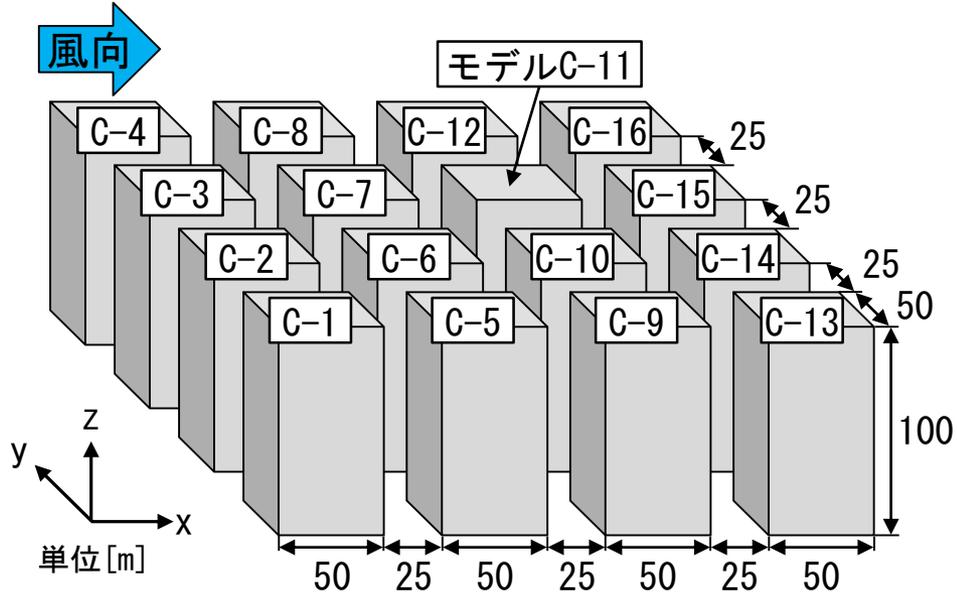
モデルAは建物モデルを1棟(モデルA-1)配置する。モデルBは風上側(モデルB-1)と風下側(モデルB-2)に建物モデルを風向に対して直列に配置し、風上側建物モデルと風下側建物モデルの隣棟間隔は25[m]である。



(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

図1 解析対象モデル

数値流体解析の概要 解析対象建物

モデルAは建物モデルを **1棟 (モデルA-1)** 配置する。モデルBは**風上側 (モデルB-1) と風下側 (モデルB-2)** に建物モデルを**風向に対して直列に配置し**、風上側建物モデルと風下側建物モデルの隣棟間隔は**25 [m]** である。

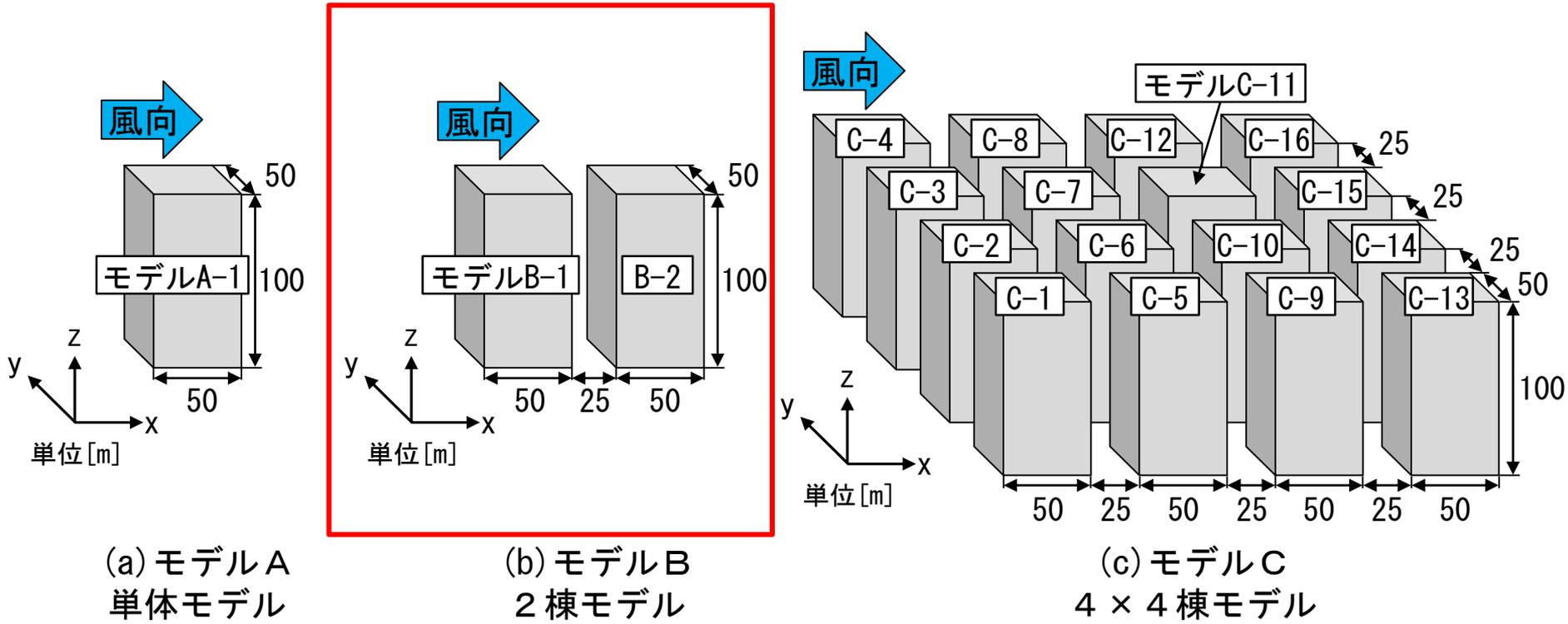
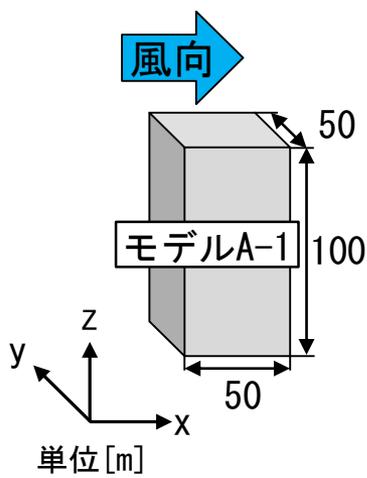


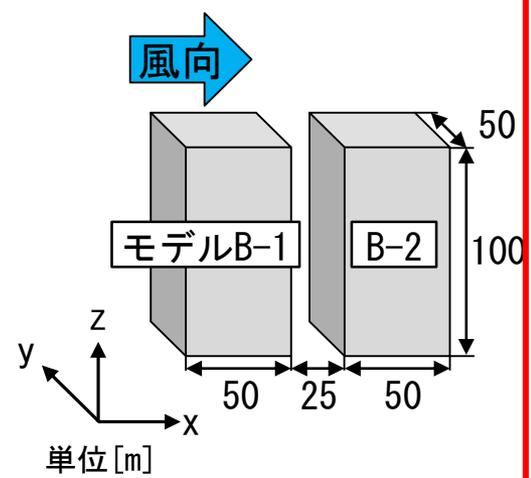
図1 解析対象モデル

数値流体解析の概要 解析対象建物

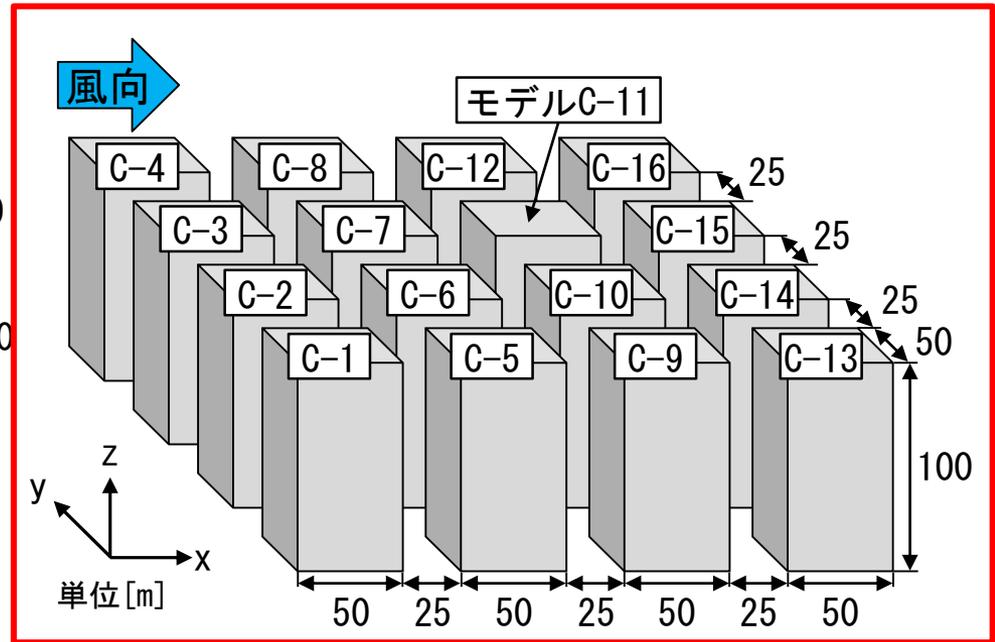
モデルCは建物モデルを **4 × 4 棟に整列配置** (モデルC-1 ~ モデルC-16) し、市街地を模擬したモデルとし、各建物モデルの隣棟間隔は **xy方向ともに25[m]** である。



(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

図 1 解析対象モデル

数値流体解析の概要 解析条件

LES解析における各長さ、時間は実スケールで示す。本研究では汎用数値流体解析ソフトSTREAM ver. 13を使用する。subgrid scaleモデル(SGSモデル)はDynamic 型Smagorinskyモデルを使用し、等温で解析を行う。壁面境界条件には壁面对数則を用いる。流入変動気流はドライバー領域※¹により作成する。

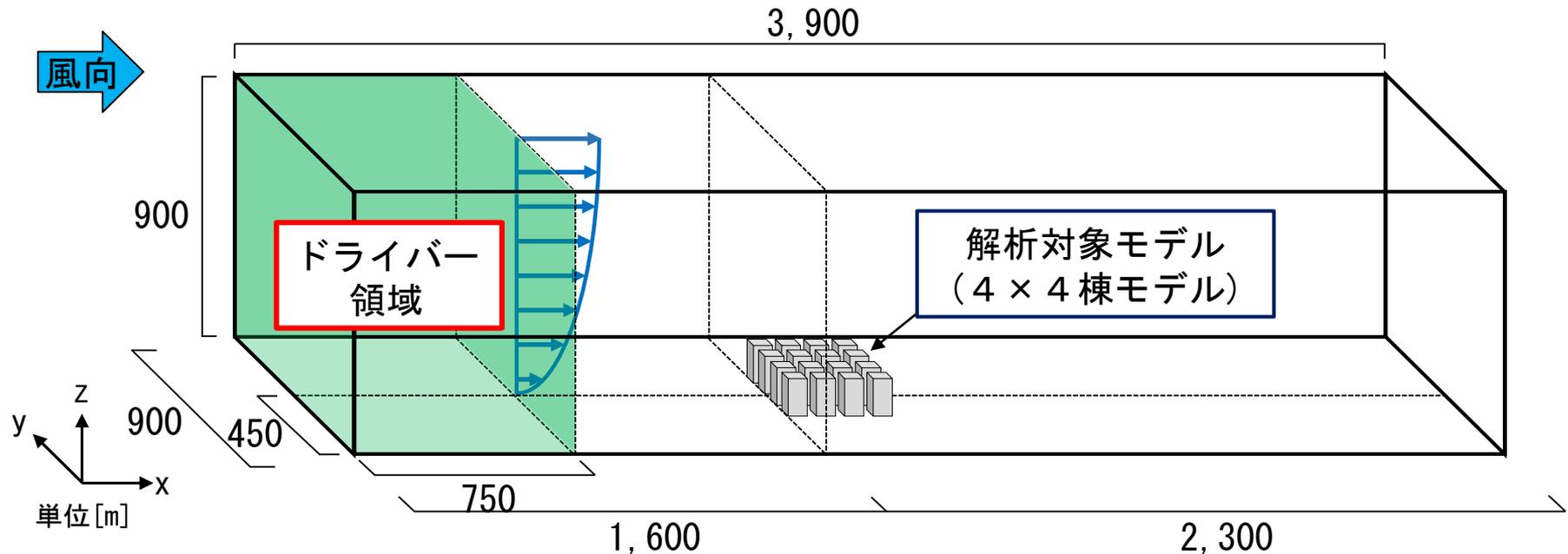


図2 解析対象領域

※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。

解析開始からの経過時間を t とし、解析開始後 $t = 2,000$ [s] までを流入変動気流作成のための **プレ解析** とし、 $t = 2,000 \sim 5,000$ [s] までの計 $3,000$ [s] 間を **本解析** の結果として用いる。基準流入プロファイルは市街地を想定し、 $U \propto Z^{1/4}$ (U :流速、 Z :高さ) とする。

表 2 LES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]			
解析対象領域	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-Wenegl	
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]			
解析領域メッシュ数	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		

風圧係数の算出に用いる基準動圧は、建物の影響がなく、解析 case によって鉛直方向の風速の変化がない上空 ($x=750$ [m]、 $y=450$ [m]、 $z=800$ [m]) の平均風速 (5.6 [m/s]) を 1/4 乗則を基に軒高 ($z=100$ [m]) に換算した風速を基準風速として、(1) 式を用いて算出する。風圧係数は (2) 式を用いて、LES により算出した壁面圧力を基準動圧で除すことで算出する。

基準動圧の算出式

$$p_{v0} = \frac{1}{2} \rho v_0^2 \text{ [Pa]} \quad \dots (1)$$

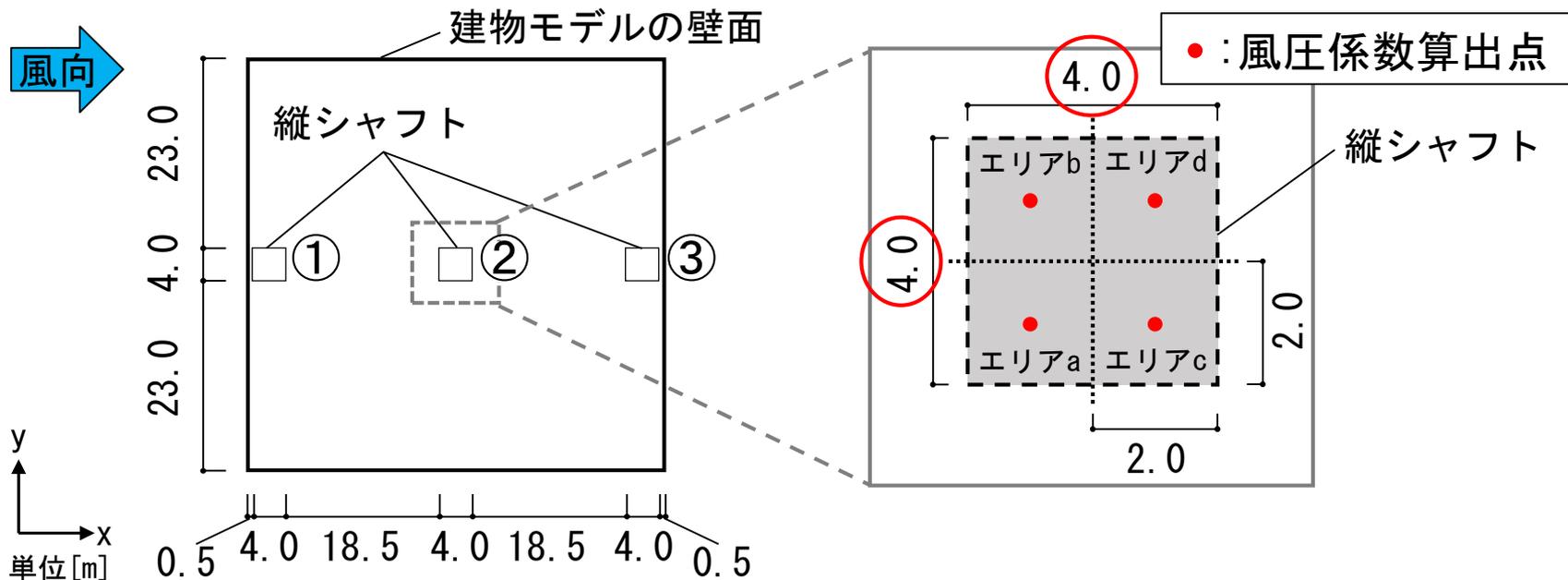
風圧係数の算出式

$$C_p = \frac{P_w}{P_{v0}} \quad \dots (2)$$

p_{v0} : 基準動圧 [Pa] ρ : 空気密度 [kg/m³] v_0 : 基準風速 [m/s]
 C_p : 風圧係数 [-] P_w : 壁面圧力 [Pa]

数値流体解析の概要 開口部の位置と面積

縦シャフトの屋上開口部は、4.0[m] (幅) × 4.0[m] (奥行)とし、流量係数 α は0.6[-]とする。



(1) 風上、中央、風下の
3ヶ所の屋上開口部の位置

(2) 開口部の分割方法

図3 縦シャフトの位置

数値流体解析の概要 開口部の位置と面積

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20[m])の風上、風下及び風向と平行な壁面中心(地上22[m])から4[m]毎に25階まで設置する。

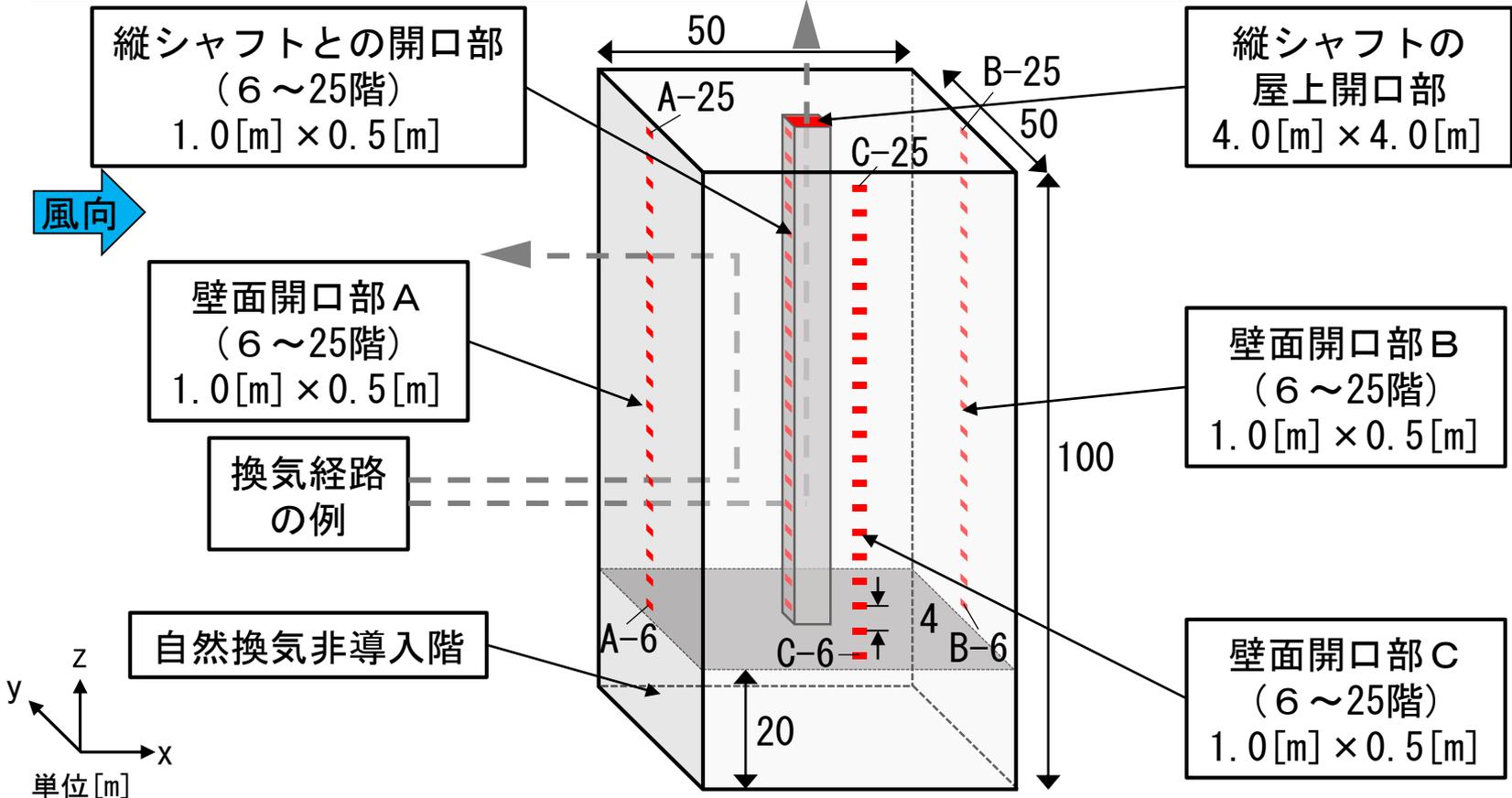


図4 建物モデルの開口部位置と面積

数値流体解析の概要 開口部の位置と面積

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) × 0.5[m] (高さ) とし、流量係数 α は 0.6[-] とする。

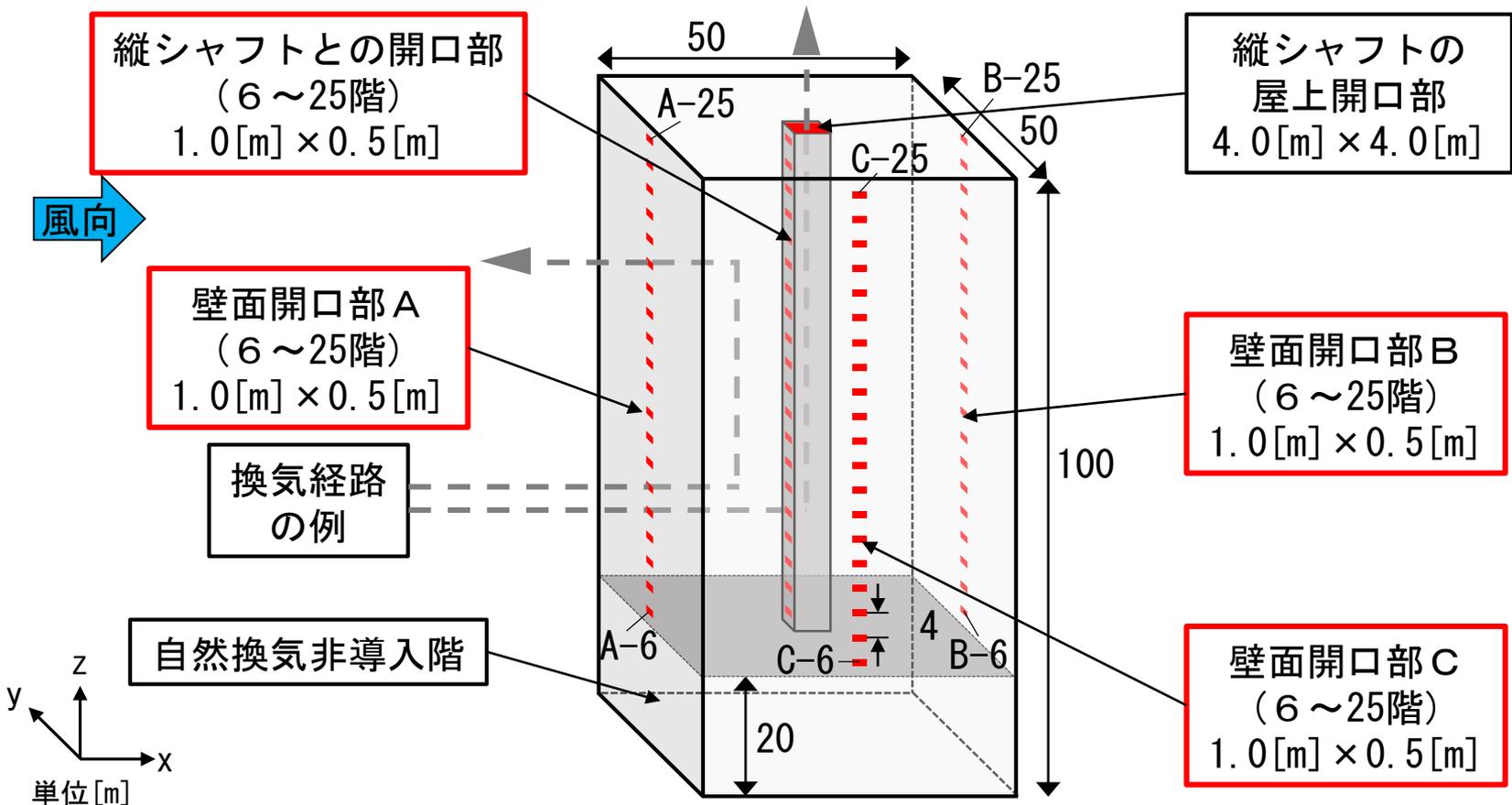


図4 建物モデルの開口部位置と面積

表 3 換気量の計算条件

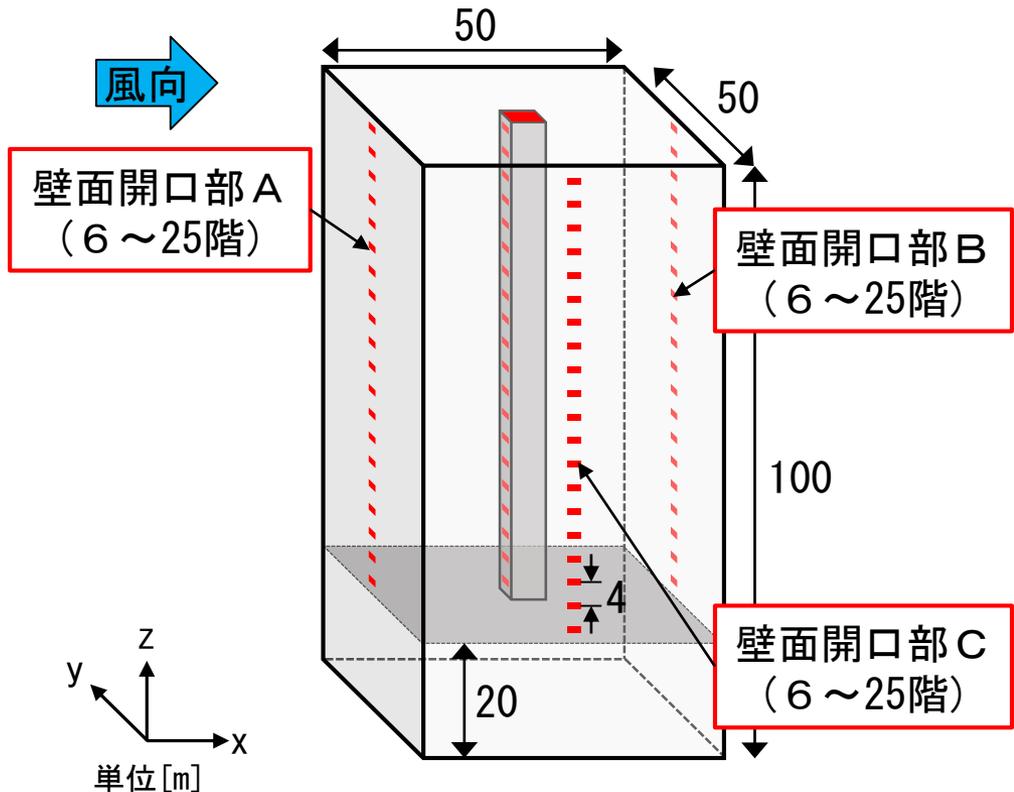
Case		開放する 壁面開口部	開放する 縦シャフト	開口部の面積
case1	case1-1	風上側壁面の 開口部を 開放した場合 (壁面開口部 A)	①	<ul style="list-style-type: none"> ・ 壁面開口部及び 縦シャフトとの開口部 1.0[m] × 0.5[m] ・ 縦シャフトの 屋上開口部 4.0[m] × 4.0[m]
	case1-2		②	
	case1-3		③	
case2	case2-1	風下側壁面の 開口部を 開放した場合 (壁面開口部 B)	①	
	case2-2		②	
	case2-3		③	
case3	case3-1	風向と平行な壁面の 開口部を 開放した場合 (壁面開口部 C)	①	
	case3-2		②	
	case3-3		③	

数値流体解析の概要 換気量の算出方法

case1は風上側壁面の開口部 A を開放した場合、case2は風下側壁面の開口部 B を開放した場合、case3は風向と平行な壁面の開口部 C を開放した場合とする。

表 3 換気量の計算条件

Case	開放する壁面開口部	開放する縦シャフト	開口部の面積
case1	case1-1	①	・壁面開口部及び縦シャフトとの開口部 1.0[m] × 0.5[m] ・縦シャフトの屋上開口部 4.0[m] × 4.0[m]
	case1-2	②	
	case1-3	③	
case2	case2-1	①	
	case2-2	②	
	case2-3	③	
case3	case3-1	①	
	case3-2	②	
	case3-3	③	



縦シャフト①～③をそれぞれの計算条件で1ヶ所のみ開放し、表1に示す各建物モデルに対して計9条件の換気計算を行う。

表3 換気量の計算条件

Case	開放する壁面開口部	開放する縦シャフト	開口部の面積
case1	case1-1	①	・壁面開口部及び縦シャフトとの開口部 1.0[m] × 0.5[m]
	case1-2	②	
	case1-3	③	
case2	case2-1	①	・縦シャフトの屋上開口部 4.0[m] × 4.0[m]
	case2-2	②	
	case2-3	③	
case3	case3-1	①	
	case3-2	②	
	case3-3	③	

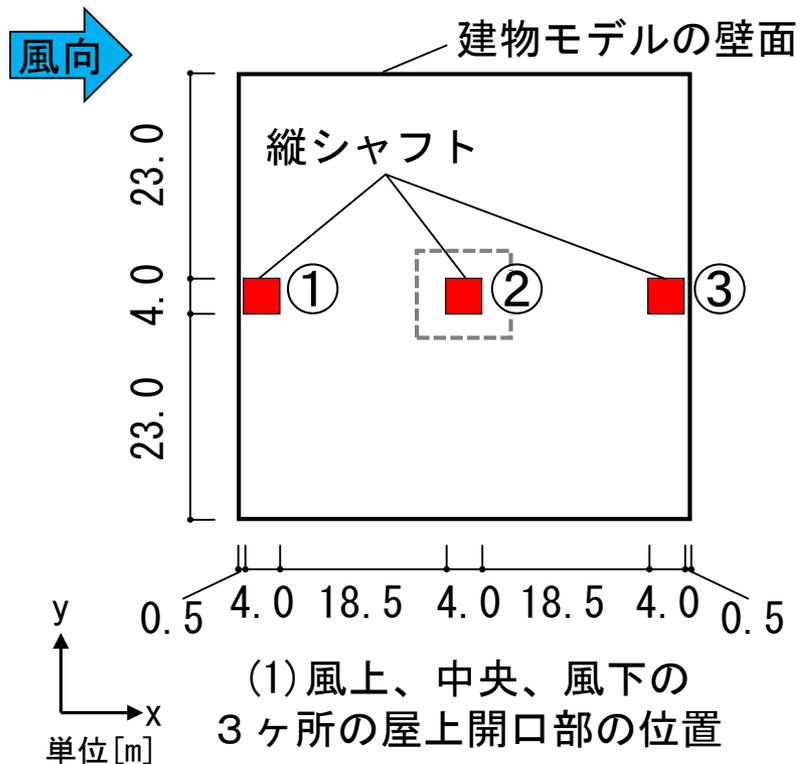


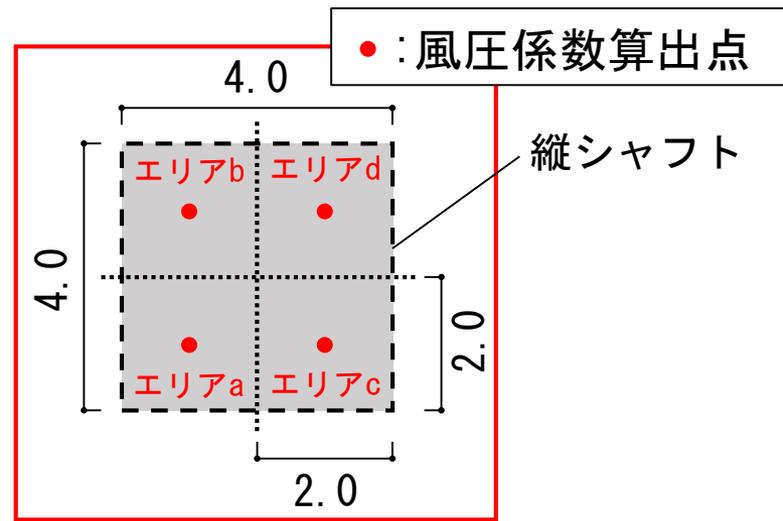
図3 縦シャフトの屋上開口部

数値流体解析の概要 換気量の算出方法

壁面開口部では中心点、屋上開口部では **4分割**※² (エリア a ~ d) したそれぞれの中心点の風圧係数を用いて換気計算を行う。

表3 換気量の計算条件

Case	開放する壁面開口部	開放する縦シャフト	開口部の面積
case1	case1-1	①	・壁面開口部及び縦シャフトとの開口部 1.0[m] × 0.5[m]
	case1-2	②	
	case1-3	③	
case2	case2-1	①	・縦シャフトの屋上開口部 4.0[m] × 4.0[m]
	case2-2	②	
	case2-3	③	
case3	case3-1	①	風向と平行な壁面の開口部を開放した場合 (壁面開口部 C)
	case3-2	②	
	case3-3	③	



(2) 開口部の分割方法

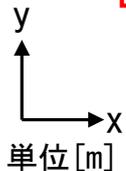


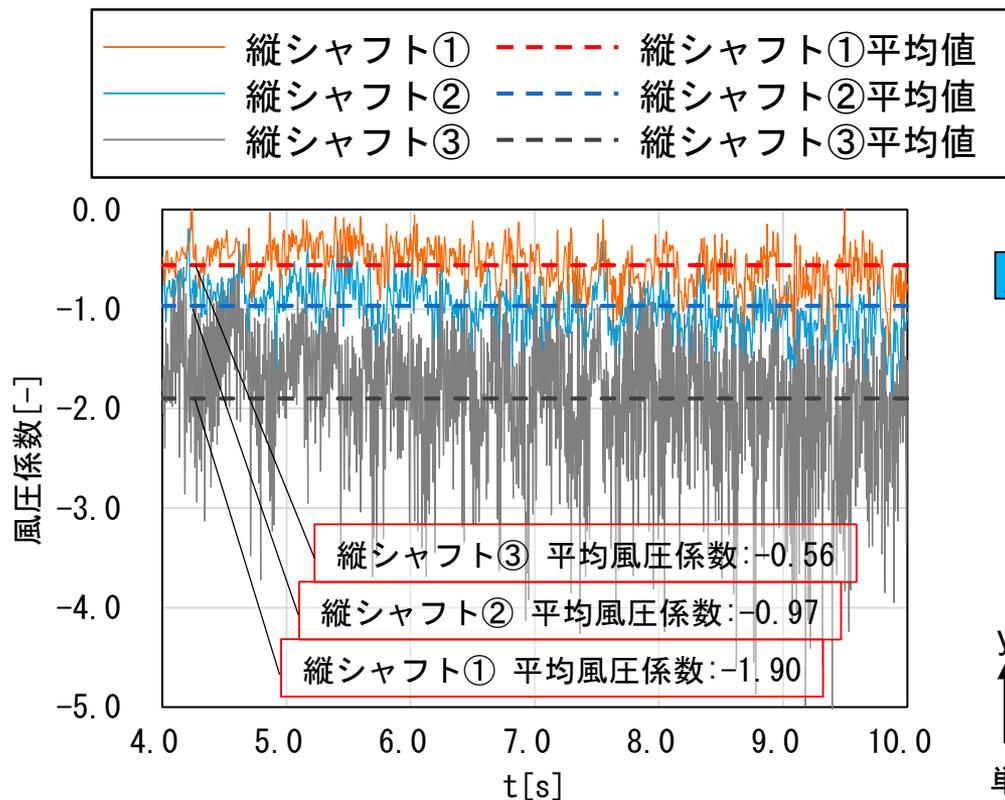
図3 縦シャフトの屋上開口部

※2 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。

- 1 研究目的
- 2 数値流体解析の概要
- 3 **LES解析結果**
- 4 換気量の算出結果
- 5 まとめ

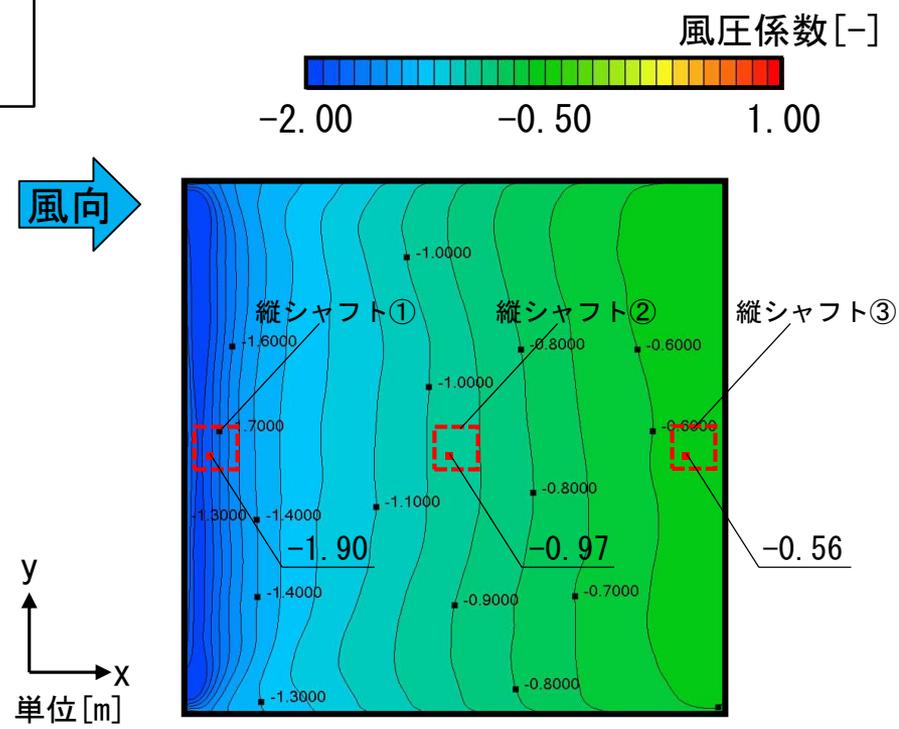
LES解析結果 屋上開口部の風圧係数(モデルA-1)

モデルA-1の屋上開口部における平均風圧係数は縦シャフト①で-1.90、縦シャフト②で-0.97、縦シャフト③で-0.56となる。



(1) モデルA-1(単体)

図5 屋上面時系列風圧係数(エリアa中心)

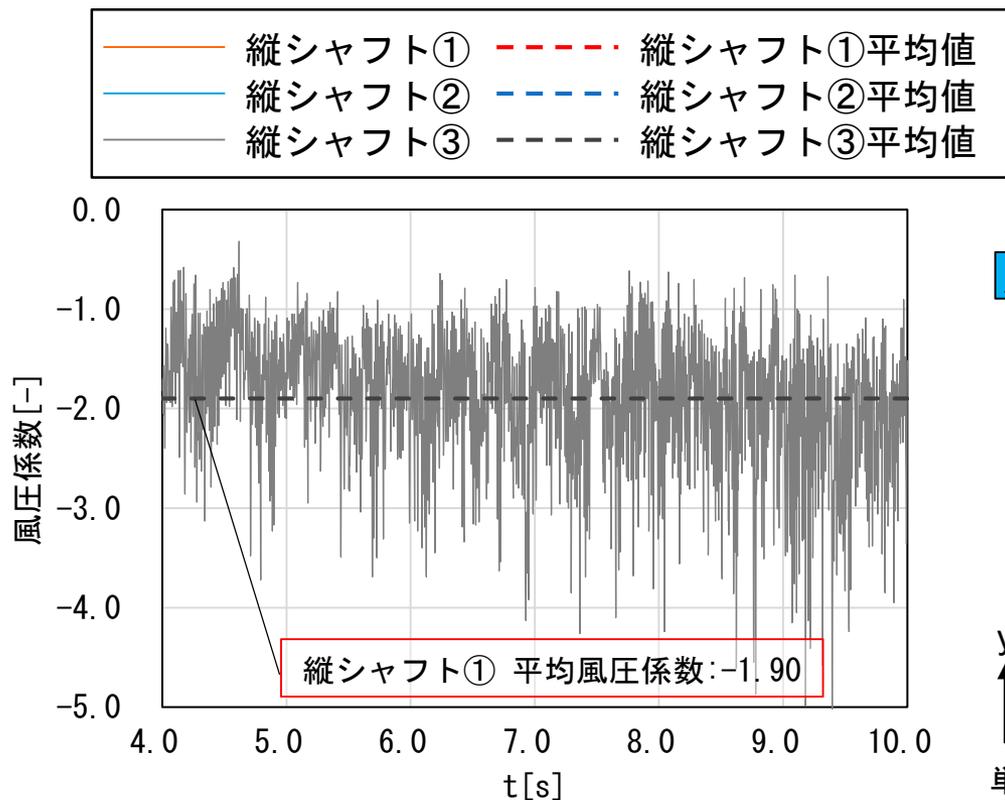


(1) モデルA-1(単体)

図6 屋上面平均風圧係数分布

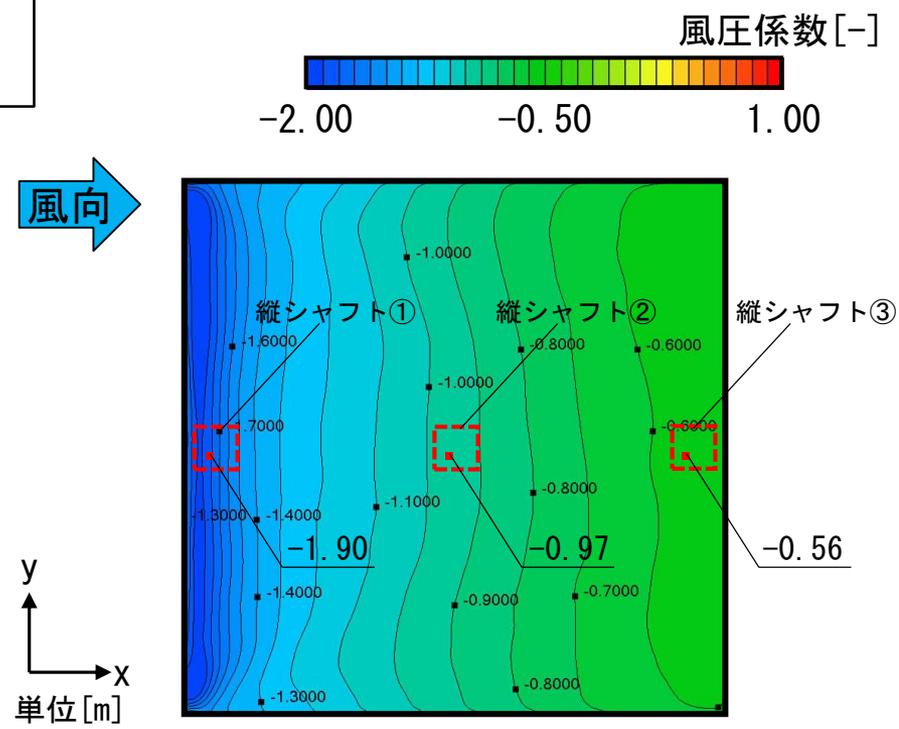
LES解析結果 屋上開口部の風圧係数(モデルA-1)

最も風上側に存在する縦シャフト①の風圧係数は瞬時的に-4.00程度の負圧が生じることがあり、縦シャフト②、③の風圧係数に比較して変動が大きい。



(1) モデルA-1(単体)

図5 屋上面時系列風圧係数(エリアa中心)

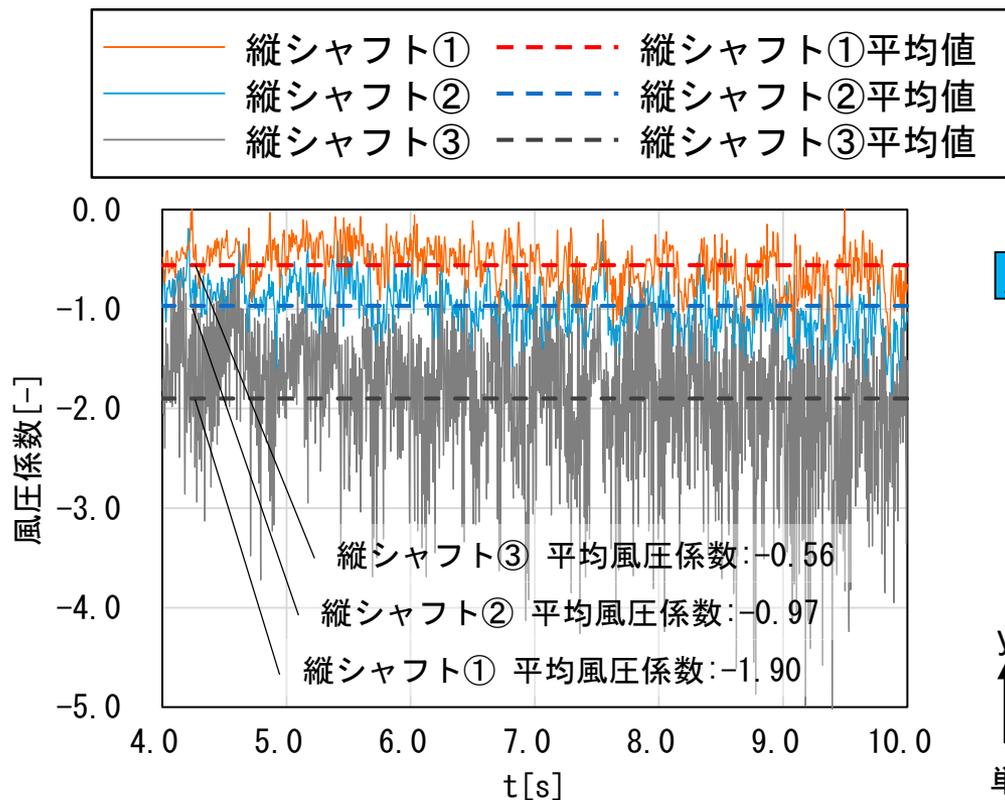


(1) モデルA-1(単体)

図6 屋上面平均風圧係数分布

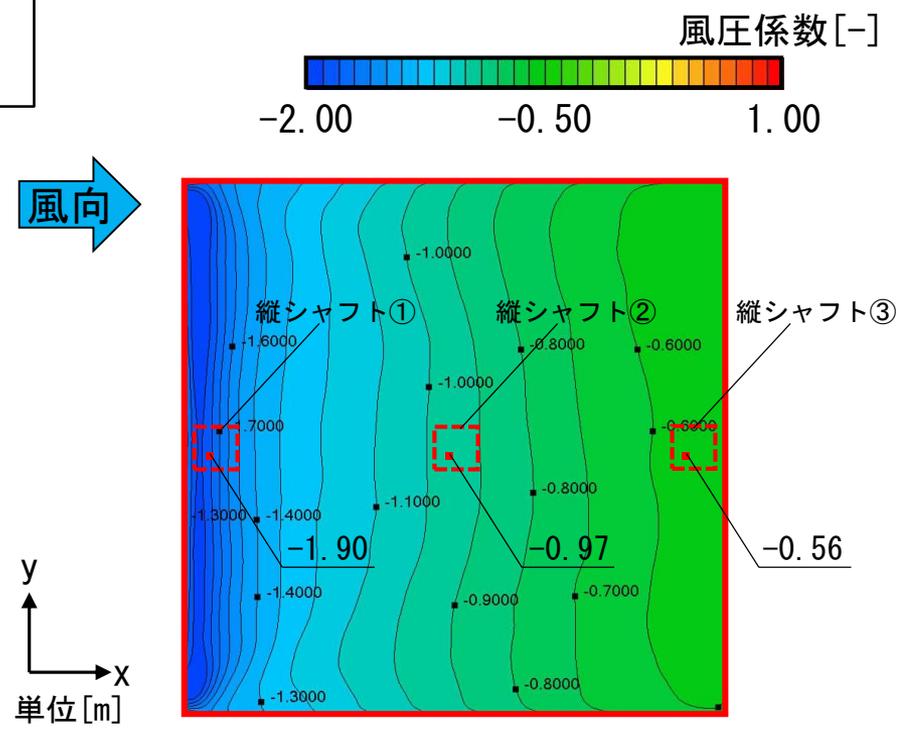
LES解析結果 屋上開口部の風圧係数(モデルA-1)

モデルA-1における屋上面の風圧係数分布は、風上側から風下側に向かって負圧が小さくなる。



(1) モデルA-1(単体)

図5 屋上面時系列風圧係数(エリアa中心)

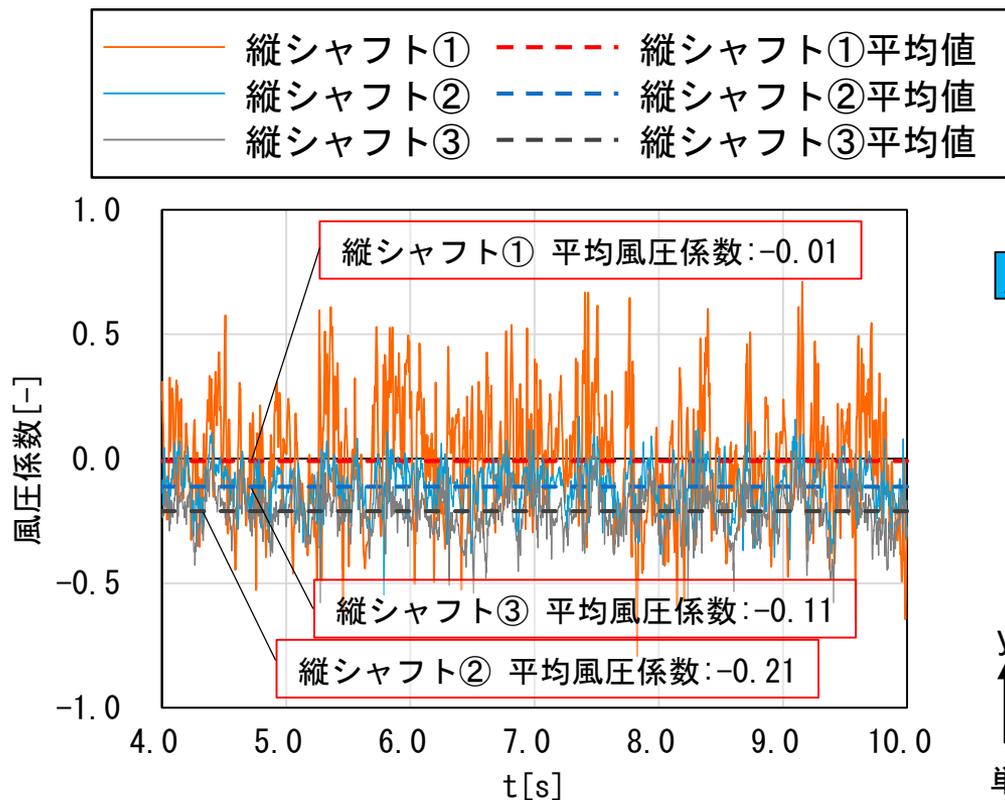


(1) モデルA-1(単体)

図6 屋上面平均風圧係数分布

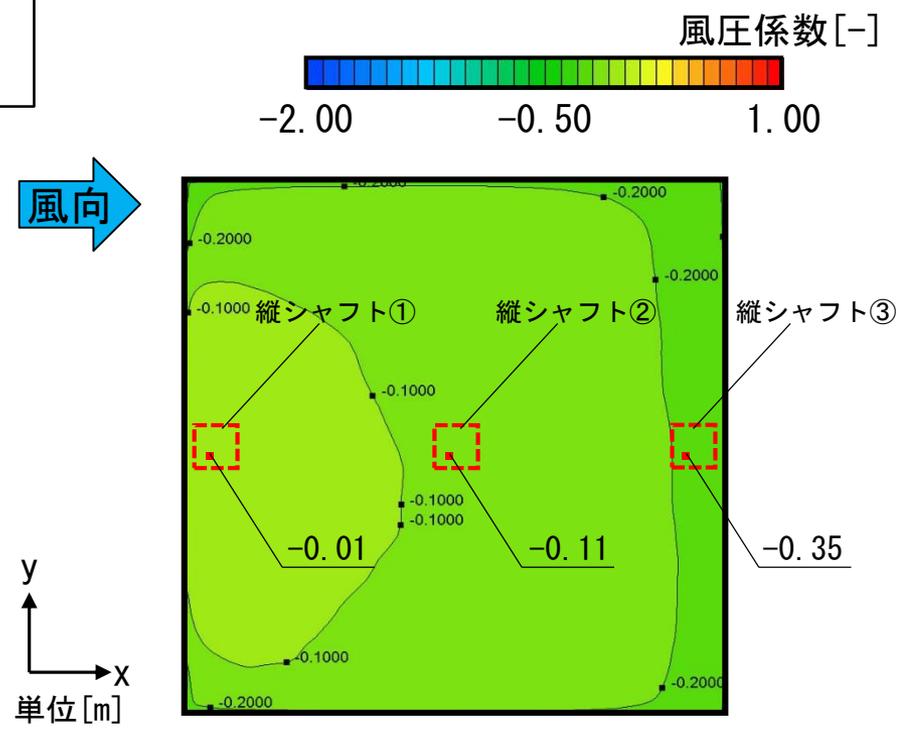
LES解析結果 屋上開口部の風圧係数(モデルB-2)

風下側モデルB-2の屋上開口部における平均風圧係数は**縦シャフト①**で-0.01、**縦シャフト②**で-0.11、**縦シャフト③**で-0.21となる。



(2) モデルB-2(2棟の風下側)

図5 屋上面時系列風圧係数(エリアa中心)

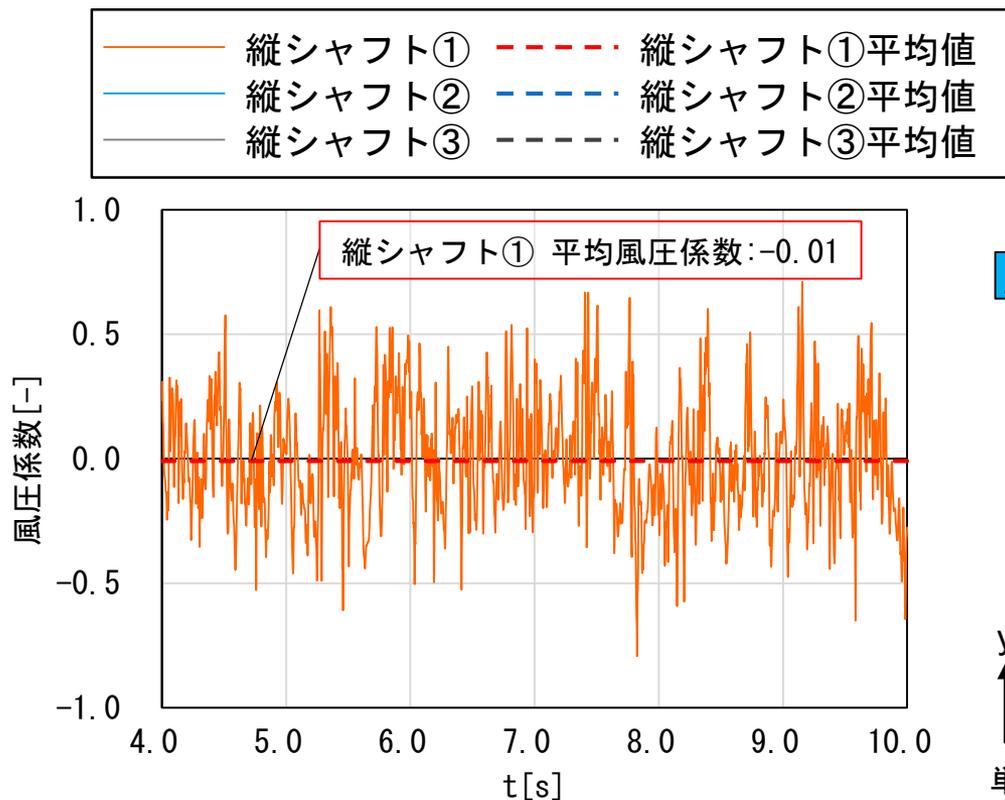


(2) モデルB-2(2棟の風下側)

図6 屋上面平均風圧係数分布

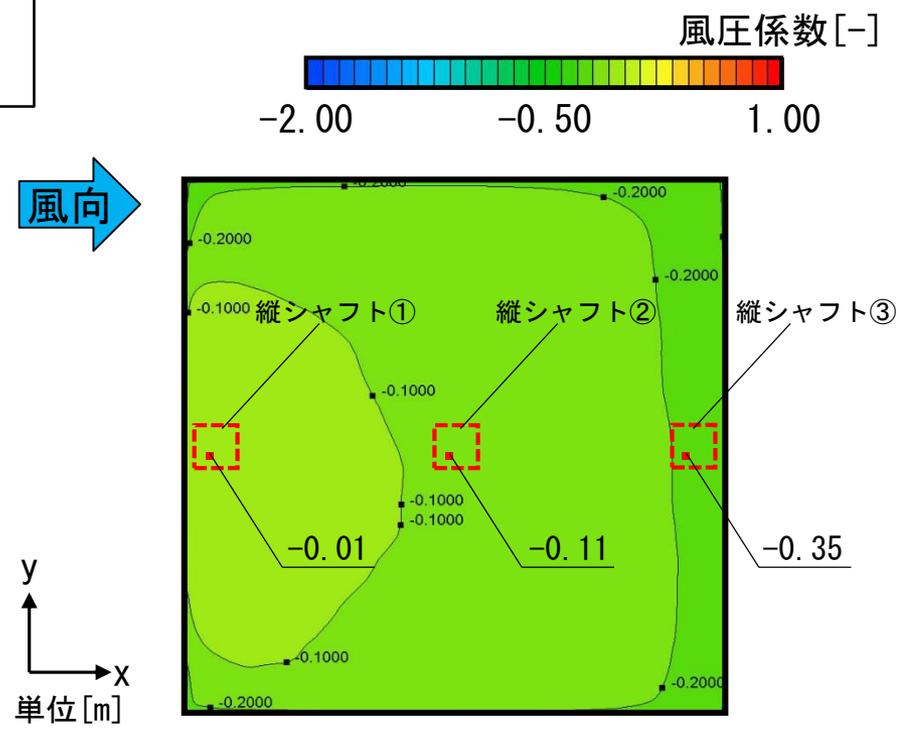
LES解析結果 屋上開口部の風圧係数(モデルB-2)

モデルA-1と同様に風上側の縦シャフト①の風圧係数は風下側の縦シャフトに比較して変動が大きい傾向がある。



(2) モデルB-2(2棟の風下側)

図5 屋上面時系列風圧係数(エリアa中心)

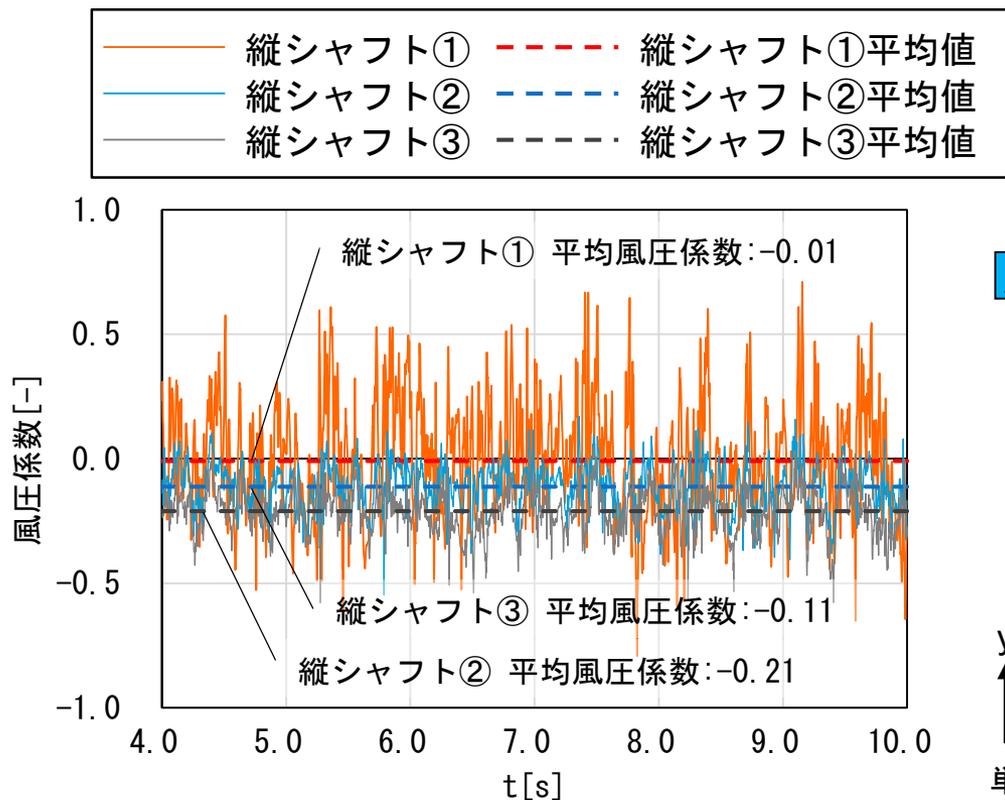


(2) モデルB-2(2棟の風下側)

図6 屋上面平均風圧係数分布

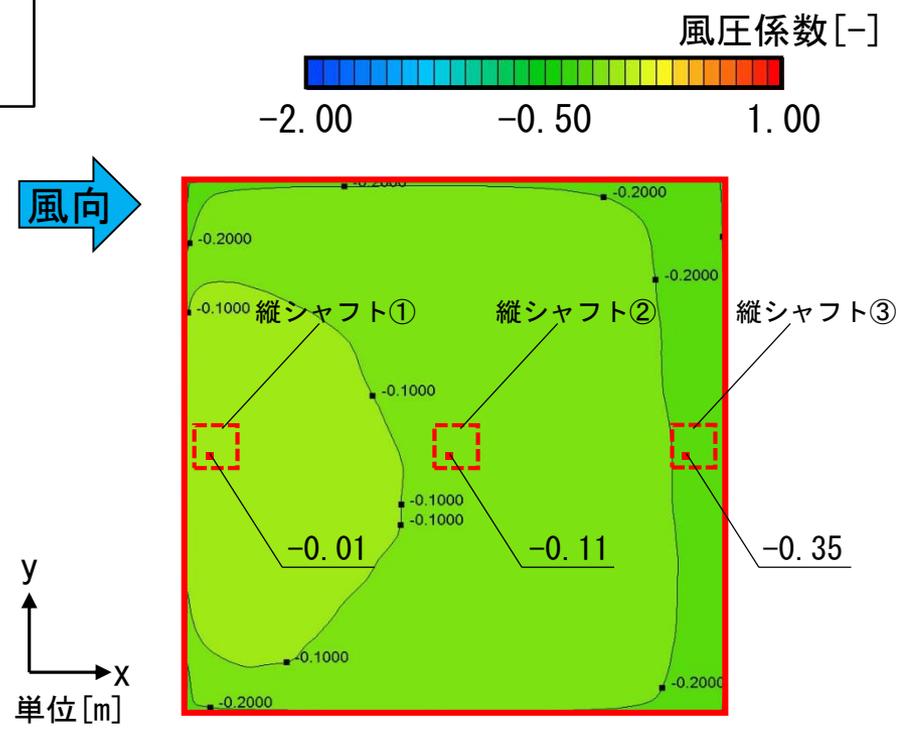
LES解析結果 屋上開口部の風圧係数(モデルB-2)

風下側モデルB-2では、モデルA-1に比較して屋上面の平均風圧係数の分布が小さい。風上側の縦シャフト①に比較して、風下側の縦シャフト③の風圧係数は負圧が大きくなる。



(2) モデルB-2(2棟の風下側)

図5 屋上面時系列風圧係数(エリアa中心)

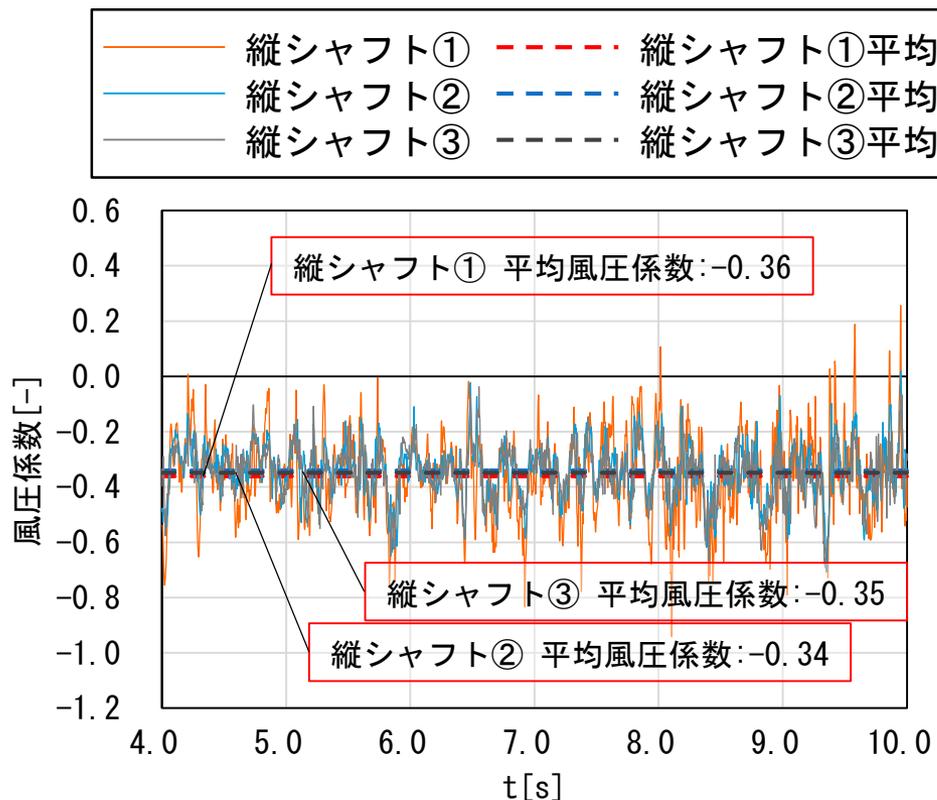


(2) モデルB-2(2棟の風下側)

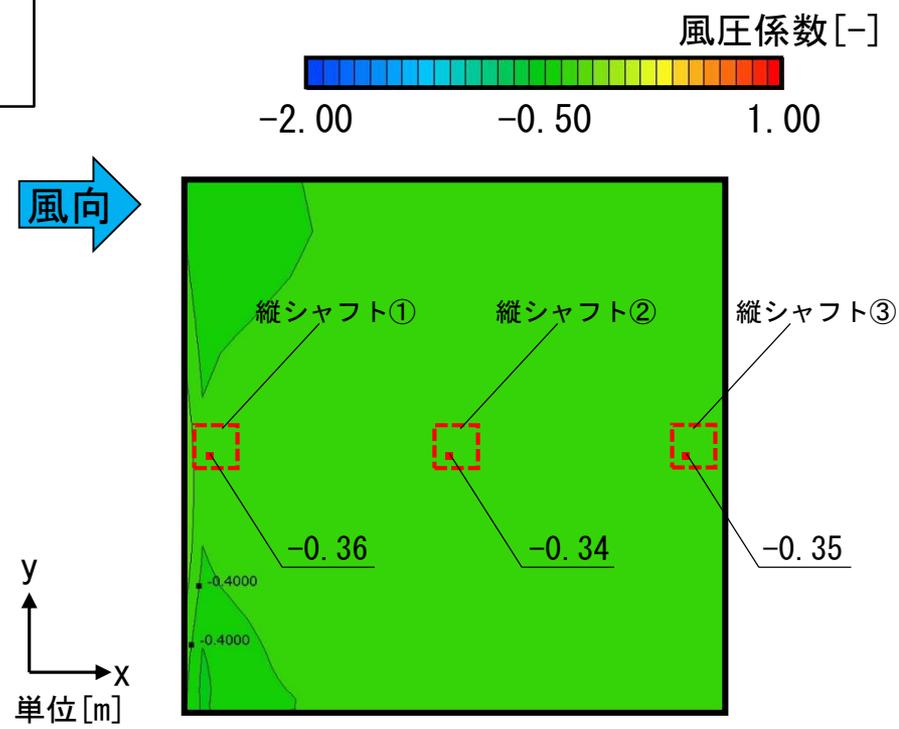
図6 屋上面平均風圧係数分布

LES解析結果 屋上開口部の風圧係数(モデルC-11)

風上から2列目以降(モデルC-5~C-16)の屋上面風圧係数分布はほぼ同様である。モデルC-11の屋上開口における平均風圧係数は縦シャフト①で-0.36、縦シャフト②で-0.34、縦シャフト③で-0.35となる。



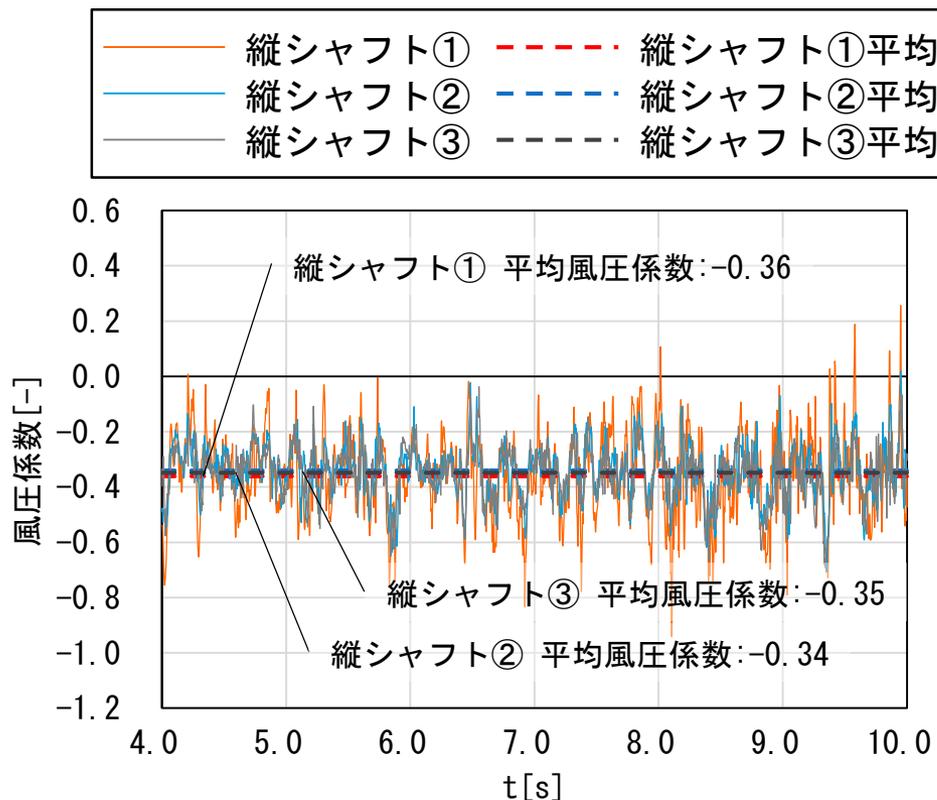
モデルC-11(4×4棟の風上から3列目)
 図 屋上面時系列風圧係数(エリアa中心)



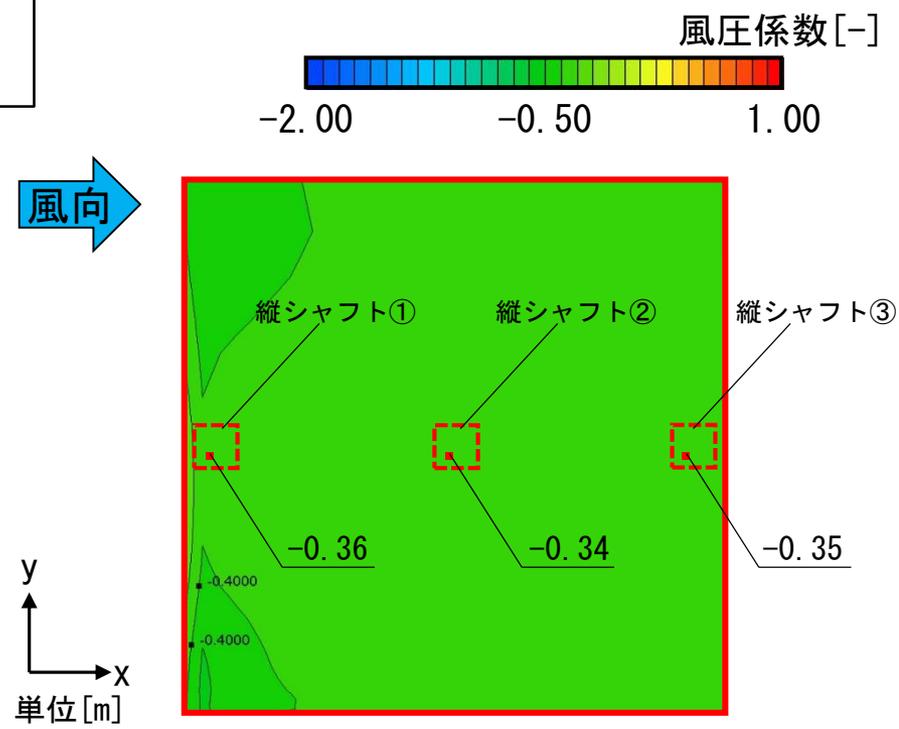
(3) モデルC-11(4×4棟の風上から3列目)
 図6 屋上面平均風圧係数分布

LES解析結果 屋上開口部の風圧係数(モデルC-11)

モデルA-1、B-2に比較して屋上面の平均風圧係数分布が極めて小さく、風上側の縦シャフト①と風下側の縦シャフト③で平均風圧係数の差は0.01程度である。



モデルC-11(4×4棟の風上から3列目)
 図 屋上面時系列風圧係数(エリアa中心)



(3) モデルC-11(4×4棟の風上から3列目)
 図6 屋上面平均風圧係数分布

- 1 研究目的
- 2 数値流体解析の概要
- 3 LES解析結果
- 4 換気量の算出結果
- 5 まとめ

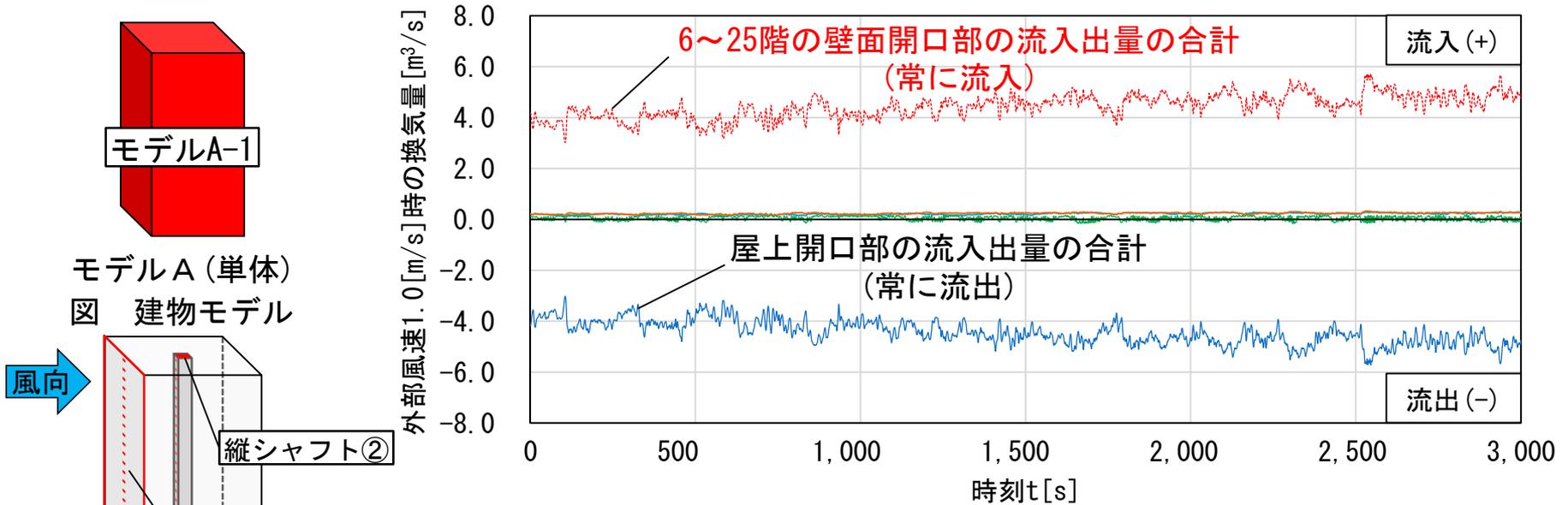
換気量の算出結果

換気量は軒高 ($z=100$ [m]) の風速 (3.3 [m/s]) で除すことにより外部風速 1.0 [m/s] 時の換気量で示す。建物に対して流入する量を正 (+)、流出する量を負 (-) とする。

換気量の算出結果 時系列換気量の算出結果(モデルA-1)

風上側壁面の開口部Aと縦シャフト②の開口部を開放した場合、壁面の圧力に対して屋上面の負圧が大きいため、**瞬時換気量はどの時刻であっても殆どの階で壁面の開口部Aから流入する。**

----- 壁面開口部の流入出量 ——— 屋上面開口部の流入出量
——— 6階壁面開口部の流入出量 ——— 15階壁面開口部の流入出量 ——— 25階壁面開口部の流入出量



(1) case1-2(モデルA-1)

図7 モデルA-1(単体)の壁面開口部(6~25階の合計)及び屋上面開口部の流入出量時系列データ※3

図 開放する開口部

※3 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。

換気量の算出結果 時系列換気量の算出結果(モデルA-1)

ただし、25階の壁面開口部では流出する時刻もある。

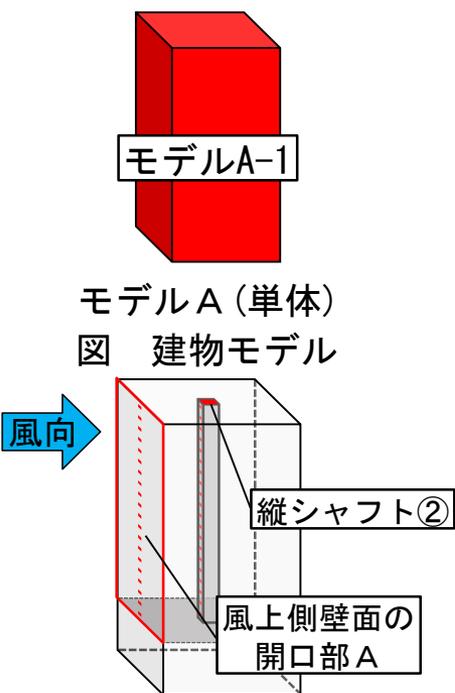
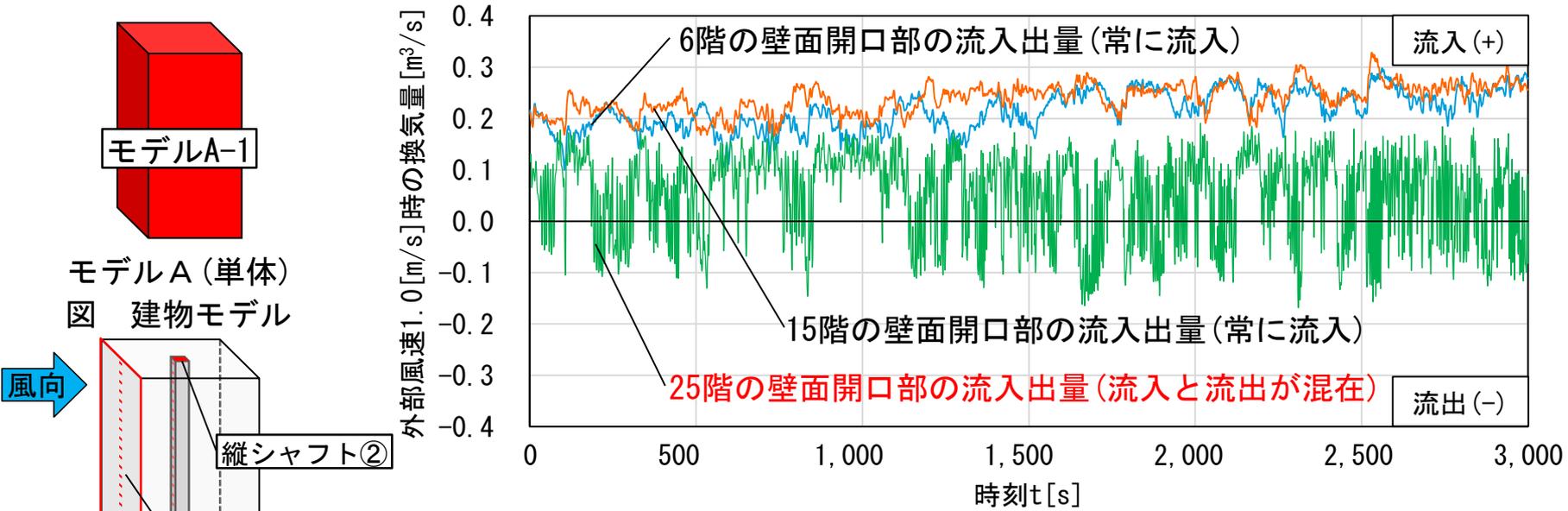
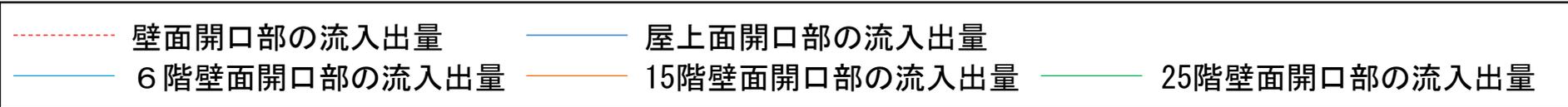


図 開放する開口部

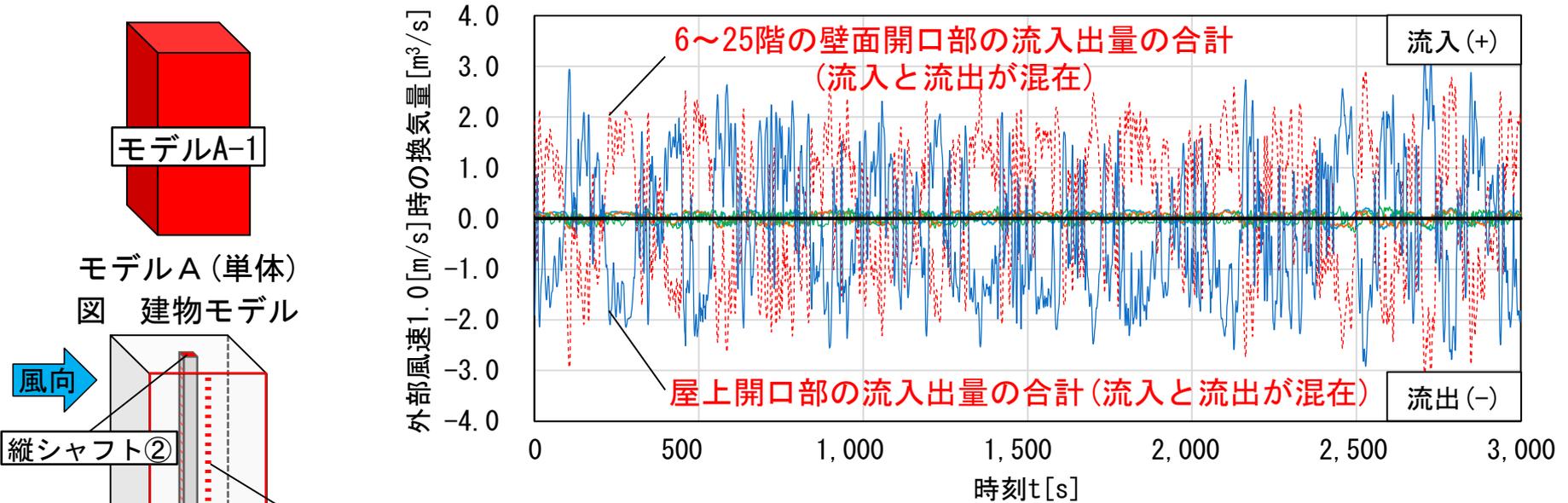
※3 瞬時風圧係数を用いて各時刻ごとに算出した流入出量とする。

(1) case1-2(モデルA-1)
 図8 モデルA-1(単体)の壁面開口部(6、15、25階)の
 流入出量時系列データ※3

換気量の算出結果 時系列換気量の算出結果 (モデルA-1)

風向と平行な壁面の開口部Cと縦シャフト②の開口部を開放した場合、瞬時換気量は壁面の開口部Cから流入する時刻と屋上面の開口部から流入する時刻が同程度であり、

- 壁面開口部の流入出量
- 屋上面開口部の流入出量
- 6階壁面開口部の流入出量
- 15階壁面開口部の流入出量
- 25階壁面開口部の流入出量



(2) case3-2 (モデルA-1)

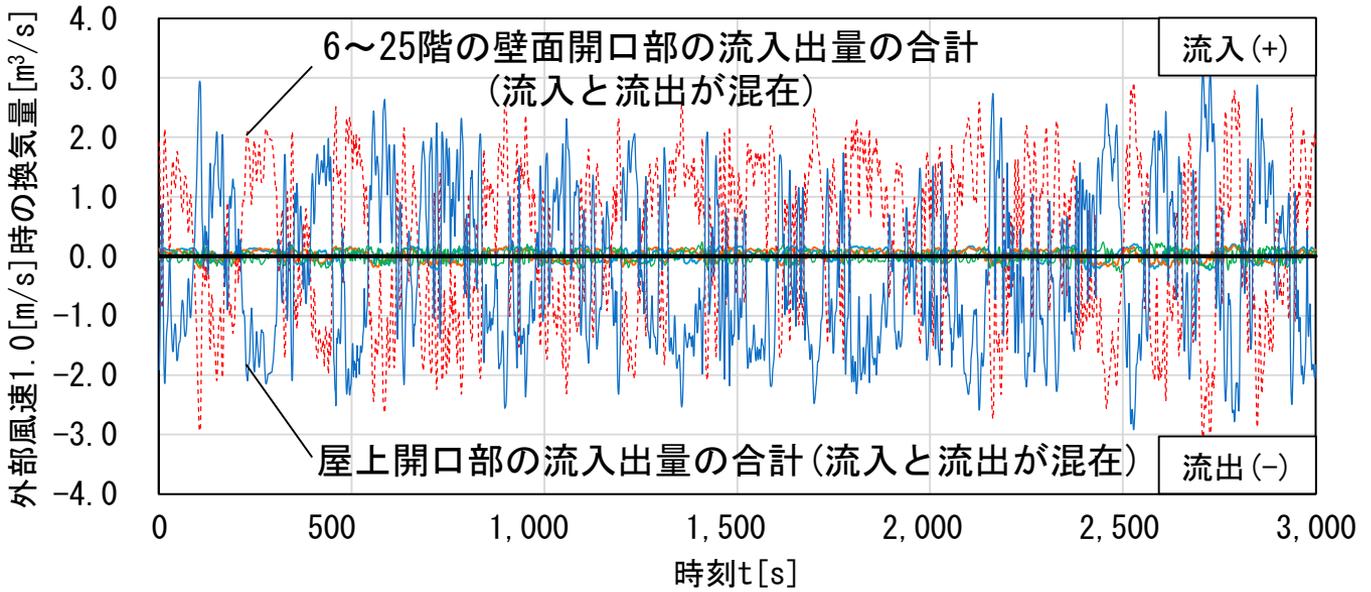
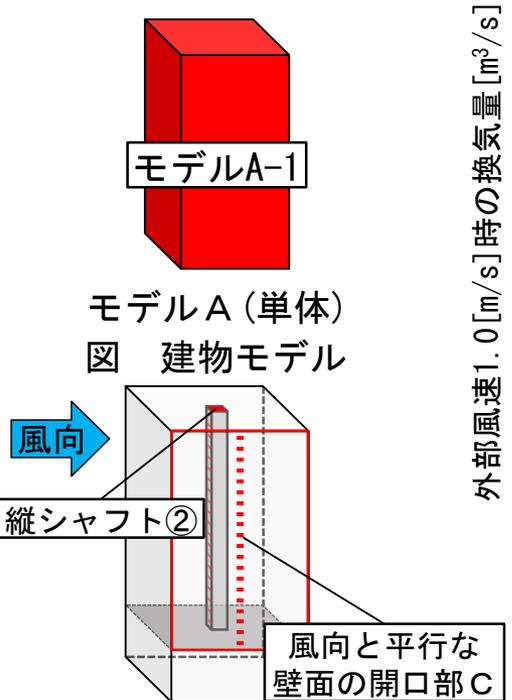
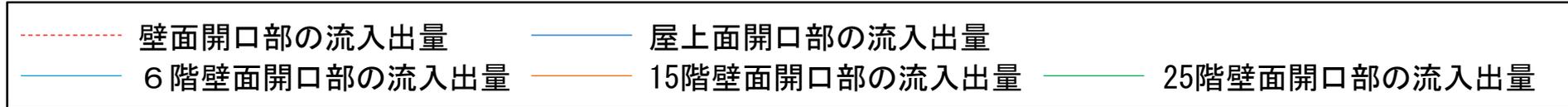
図7 モデルA-1(単体)の壁面開口部(6~25階の合計)及び屋上面開口部の流入出量時系列データ※3

図 開放する開口部

※3 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。

換気量の算出結果 時系列換気量の算出結果 (モデルA-1)

流入側となる開口部の位置が頻繁に変化する。



(2) case3-2 (モデルA-1)

図7 モデルA-1(単体)の壁面開口部(6~25階の合計)及び屋上面開口部の流入出量時系列データ※3

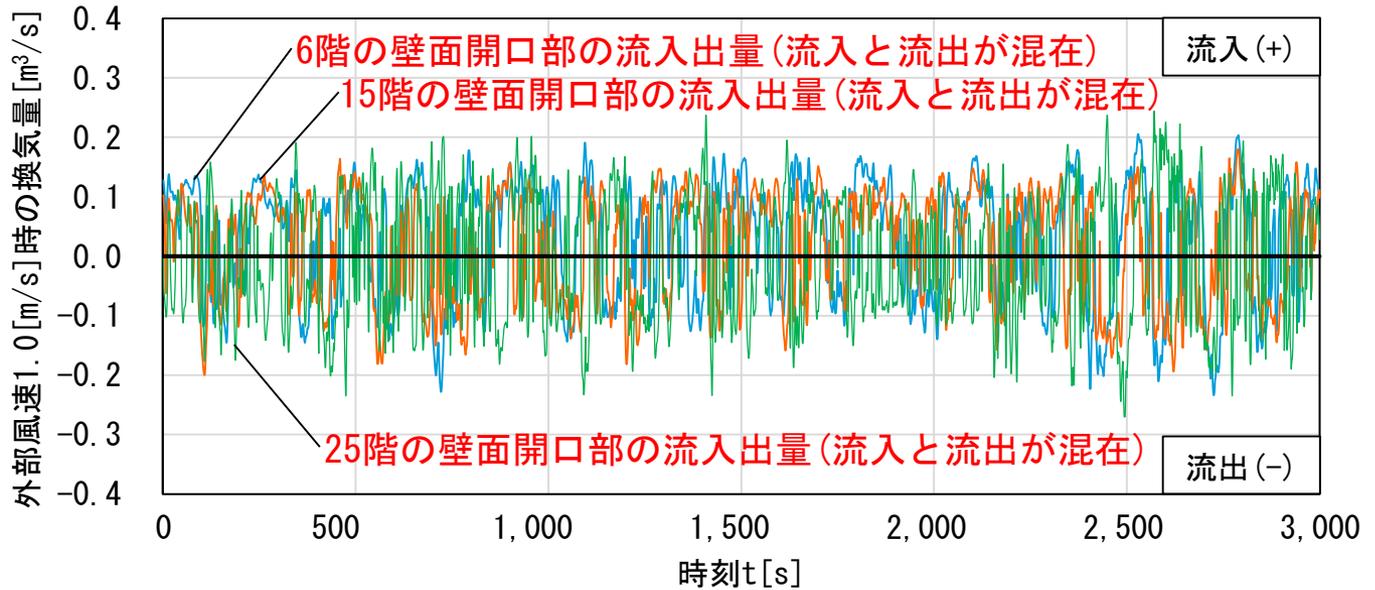
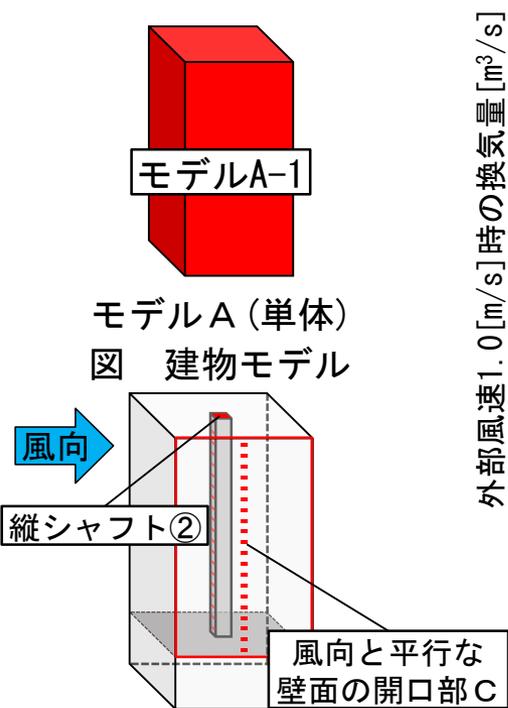
図 開放する開口部

※3 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。

換気量の算出結果 時系列換気量の算出結果 (モデルA-1)

壁面開口部Cの位置では屋上面の開口部と同様に剥離域が存在し、負圧が大きい傾向があるため、瞬時的な圧力差が生じることで6、15、25階で流入側となる開口部の位置が頻繁に変化する。

----- 壁面開口部の流入出量 ——— 屋上面開口部の流入出量
——— 6階壁面開口部の流入出量 ——— 15階壁面開口部の流入出量 ——— 25階壁面開口部の流入出量



(2) case3-2 (モデルA-1)

図8 モデルA-1(単体)の壁面開口部(6、15、25階)の流入出量時系列データ※3

図 開放する開口部

※3 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。

換気量の算出結果 時系列換気量の算出結果 (モデルB-2)

風上側壁面の開口部Aと縦シャフト②の開口部を開放した場合、瞬時換気量はほとんどの時刻で屋上面の開口部から流入するが、壁面の開口部Aから流入する時刻もある。

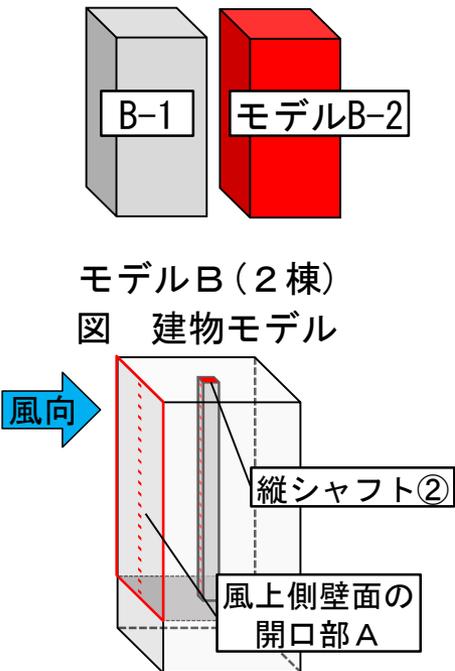
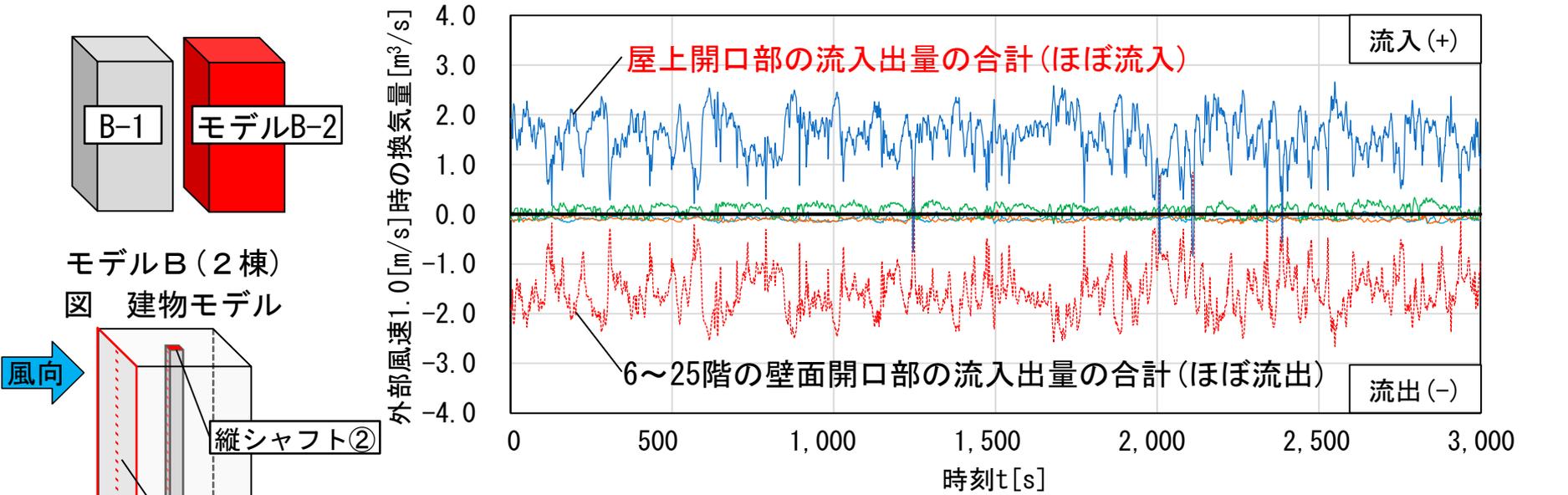
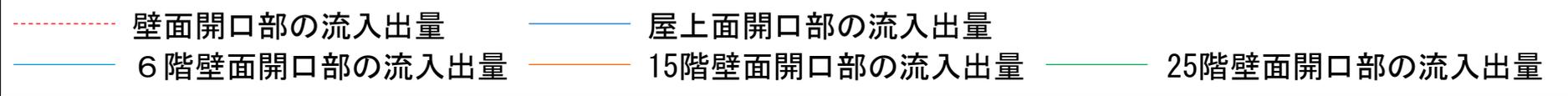


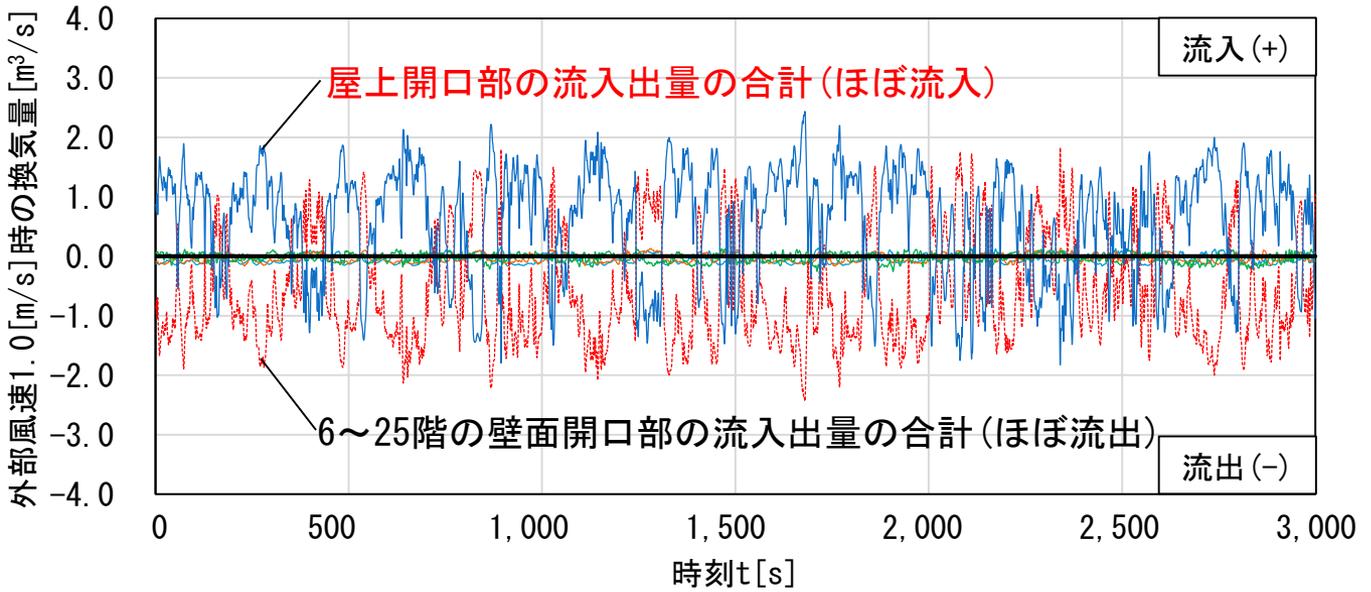
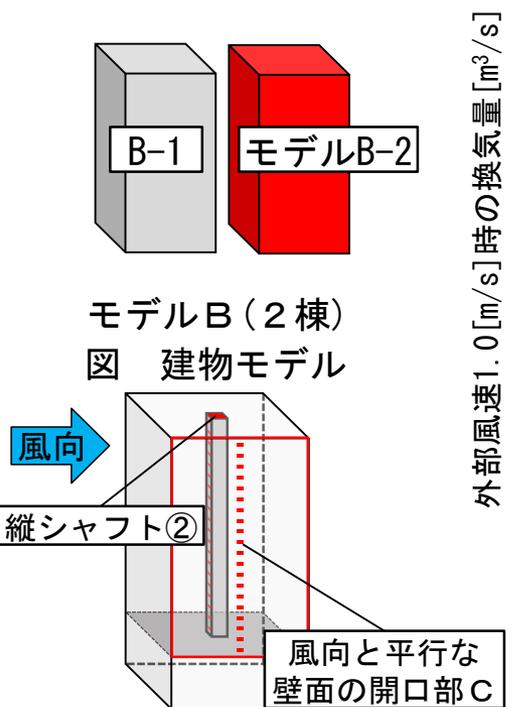
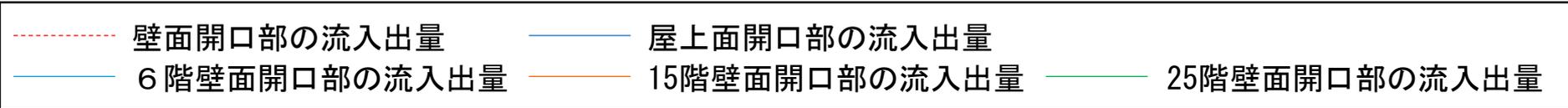
図 開放する開口部

※3 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。

(1) case1-2 (モデルB-2)
 図9 モデルB-2(2棟)の壁面開口部(6~25階の合計)及び屋上面開口部の流入出量時系列データ※3

換気量の算出結果 時系列換気量の算出結果 (モデルB-2)

風向と平行な壁面の開口部Cと縦シャフト②の開口部を開放した場合、瞬時換気量はcase1-2と異なり、屋上面の開口部から流入する時刻が7割程度、



(2) case3-2 (モデルB-2)

図9 モデルB-2(2棟)の壁面開口部(6~25階の合計)及び屋上面開口部の流入出量時系列データ※3

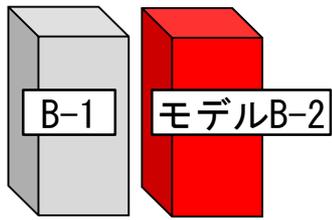
図 開放する開口部

※3 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。

換気量の算出結果 時系列換気量の算出結果 (モデルB-2)

壁面の開口部から流入する時刻が3割程度となり、流入側となる開口部の位置が頻繁に変化する。

----- 壁面開口部の流入出量 ——— 屋上面開口部の流入出量
——— 6階壁面開口部の流入出量 ——— 15階壁面開口部の流入出量 ——— 25階壁面開口部の流入出量



モデルB (2棟)
図 建物モデル

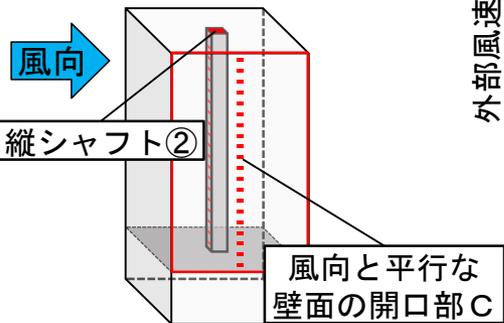
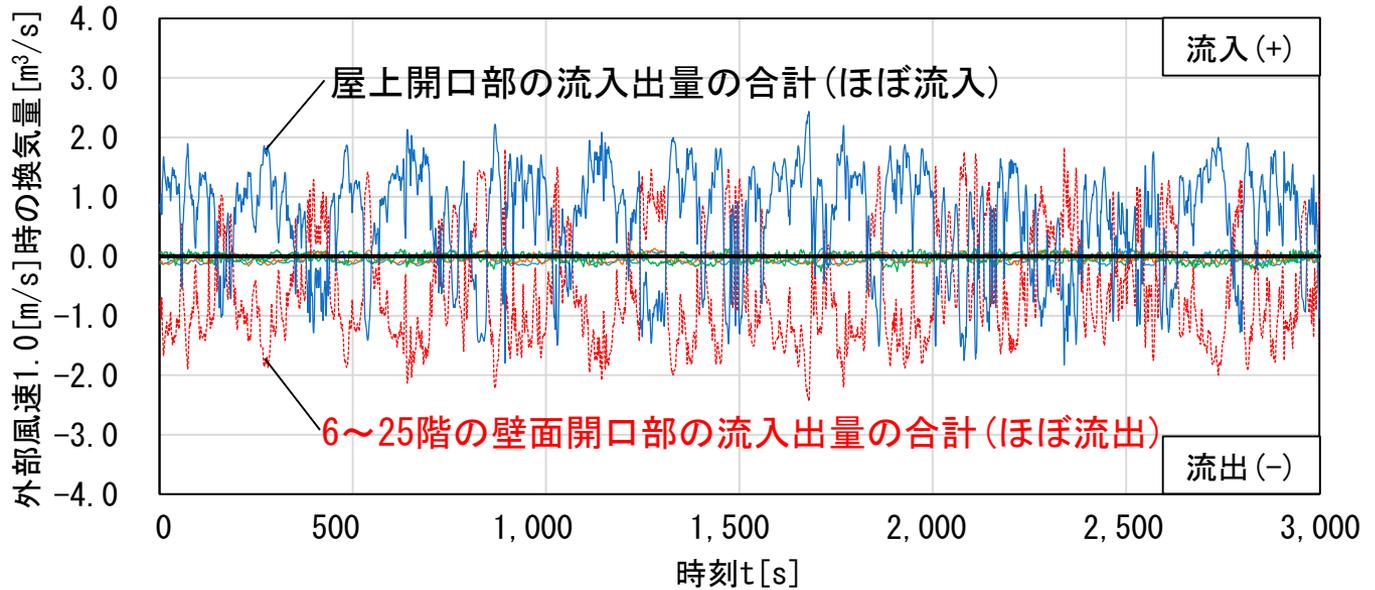


図 開放する開口部



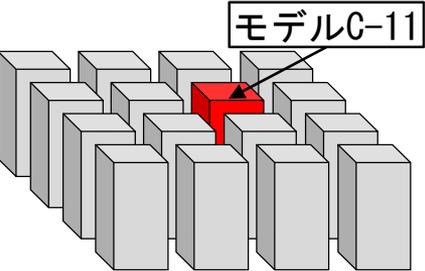
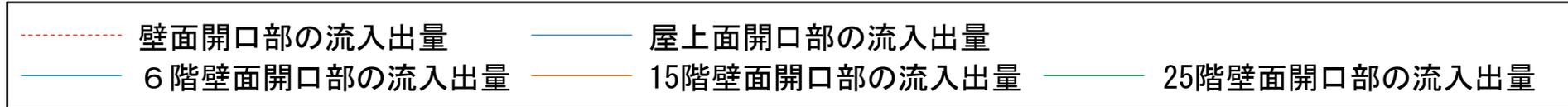
(2) case3-2 (モデルB-2)

図9 モデルB-2(2棟)の壁面開口部(6~25階の合計)及び屋上面開口部の流入出量時系列データ※3

※3 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。

換気量の算出結果 時系列換気量の算出結果 (モデルC-11)

風上側壁面の開口部Aと縦シャフト②の開口部を開放した場合、瞬時換気量は屋上面の開口部から流入する時刻が8割程度、



モデルC (4 × 4 棟)
図 建物モデル

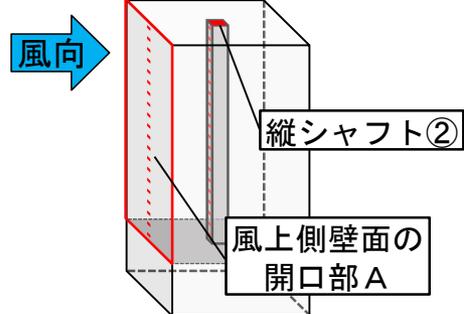
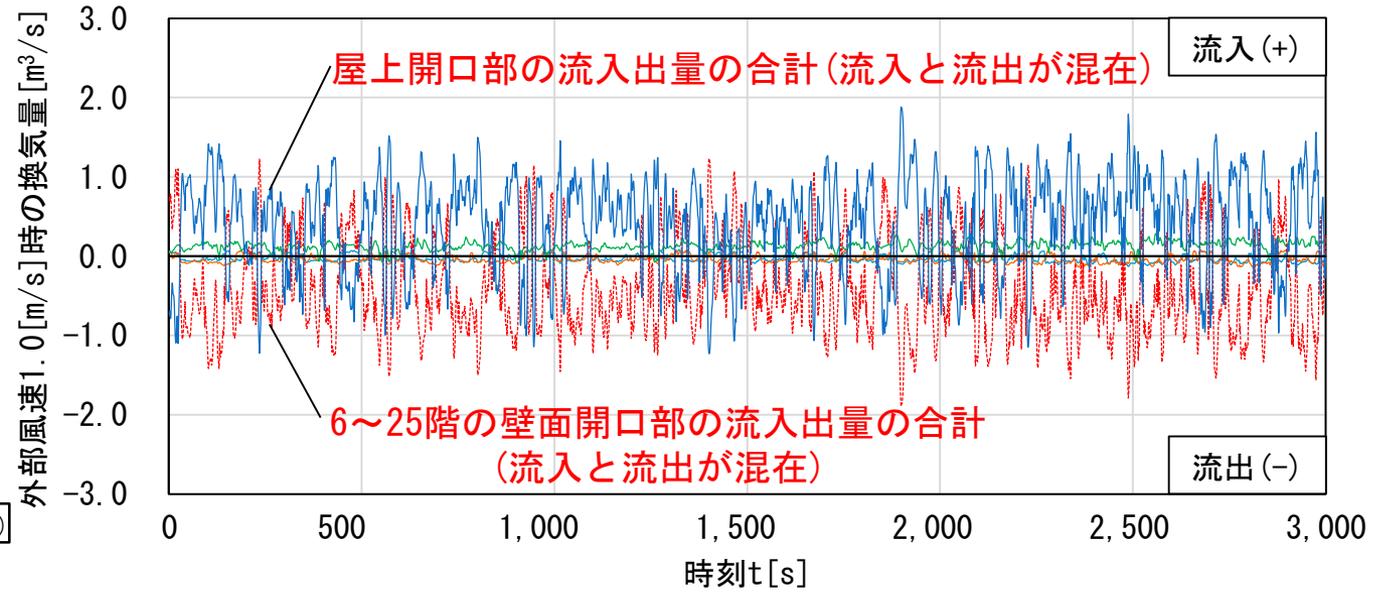


図 開放する開口部

※3 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。

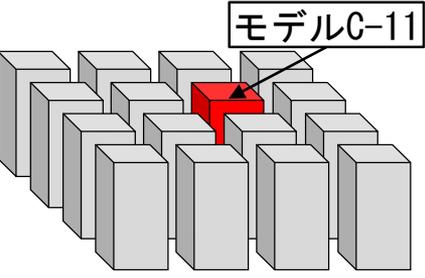
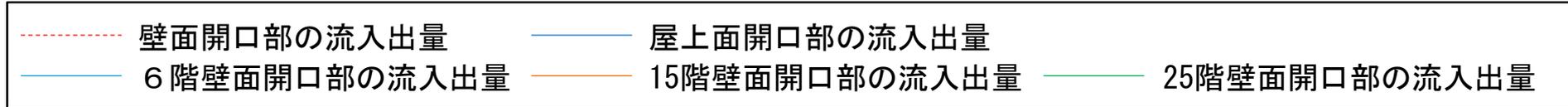


(1) case1-2 (モデルC-11)

図10 モデルC-11 (4 × 4 棟) の壁面開口部 (6 ~ 25階の合計) 及び屋上面開口部の流入出量時系列データ※3

換気量の算出結果 時系列換気量の算出結果 (モデルC-11)

壁面の開口部から流入する時刻が2割程度となり、流入側となる開口部の位置が頻繁に変化する。



モデルC (4 × 4 棟)
図 建物モデル

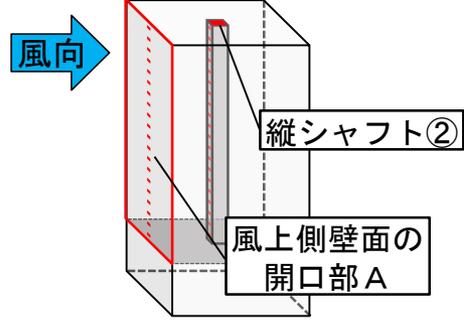
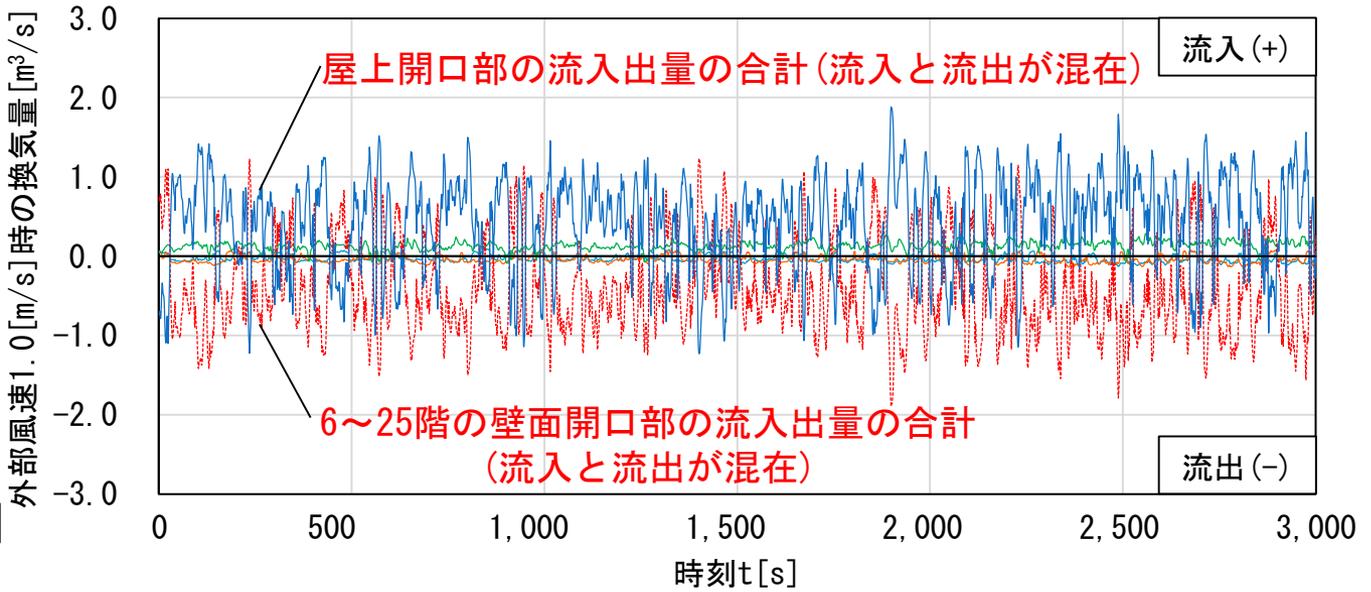


図 開放する開口部



(1) case1-2 (モデルC-11)

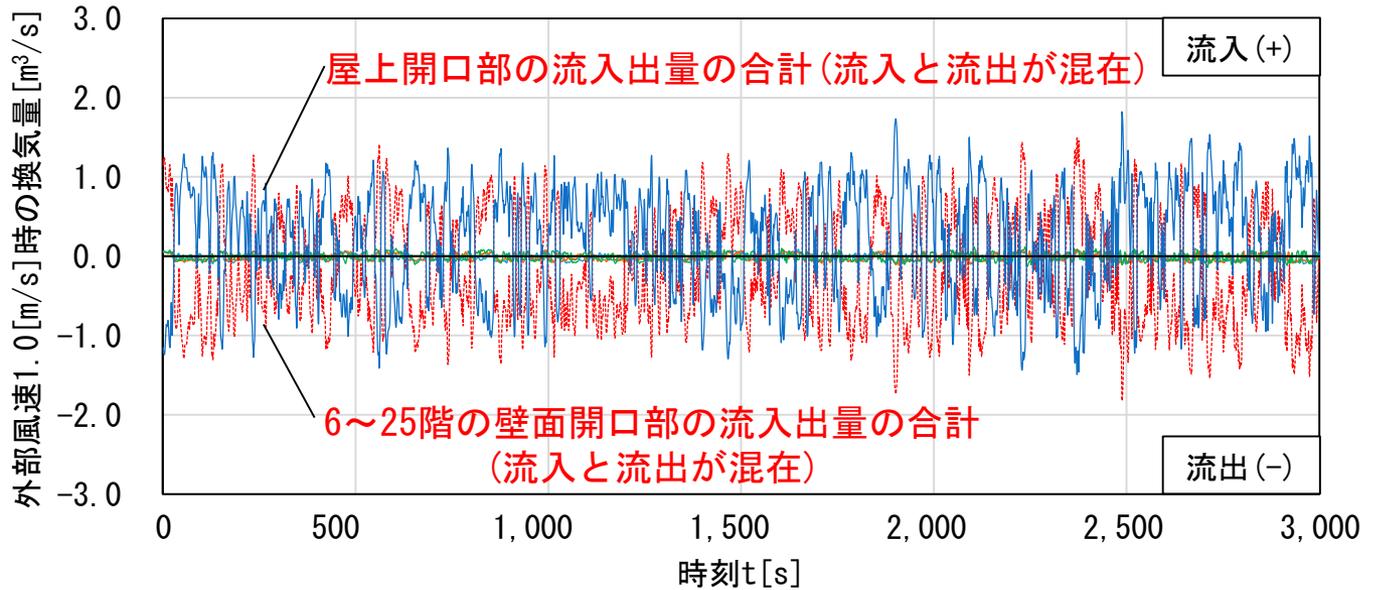
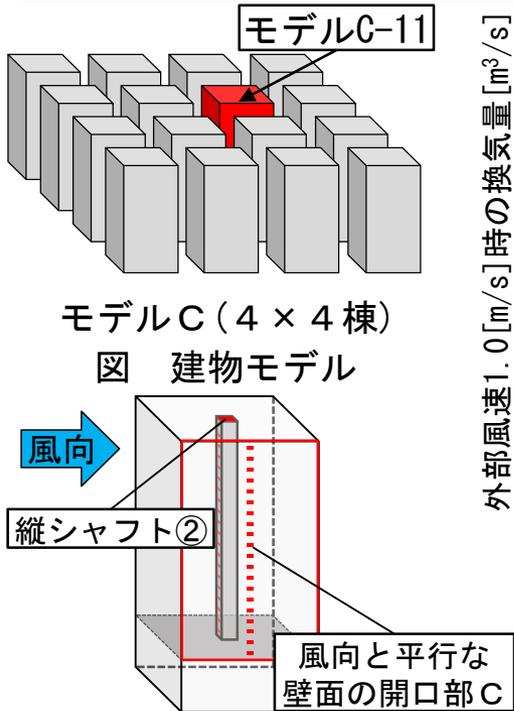
図10 モデルC-11 (4 × 4 棟) の壁面開口部 (6 ~ 25階の合計) 及び屋上面開口部の流入出量時系列データ※3

※3 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。

換気量の算出結果 時系列換気量の算出結果 (モデルC-11)

風向と平行な開口部Cと縦シャフト②の開口部を開放した場合、瞬時換気量は壁面の開口部と屋上面の開口部から流入する時刻が同程度となり、流入側となる開口部の位置が頻繁に変化する。

----- 壁面開口部の流入出量 — 屋上面開口部の流入出量
— 6階壁面開口部の流入出量 — 15階壁面開口部の流入出量 — 25階壁面開口部の流入出量



(2) case3-2 (モデルC-11)

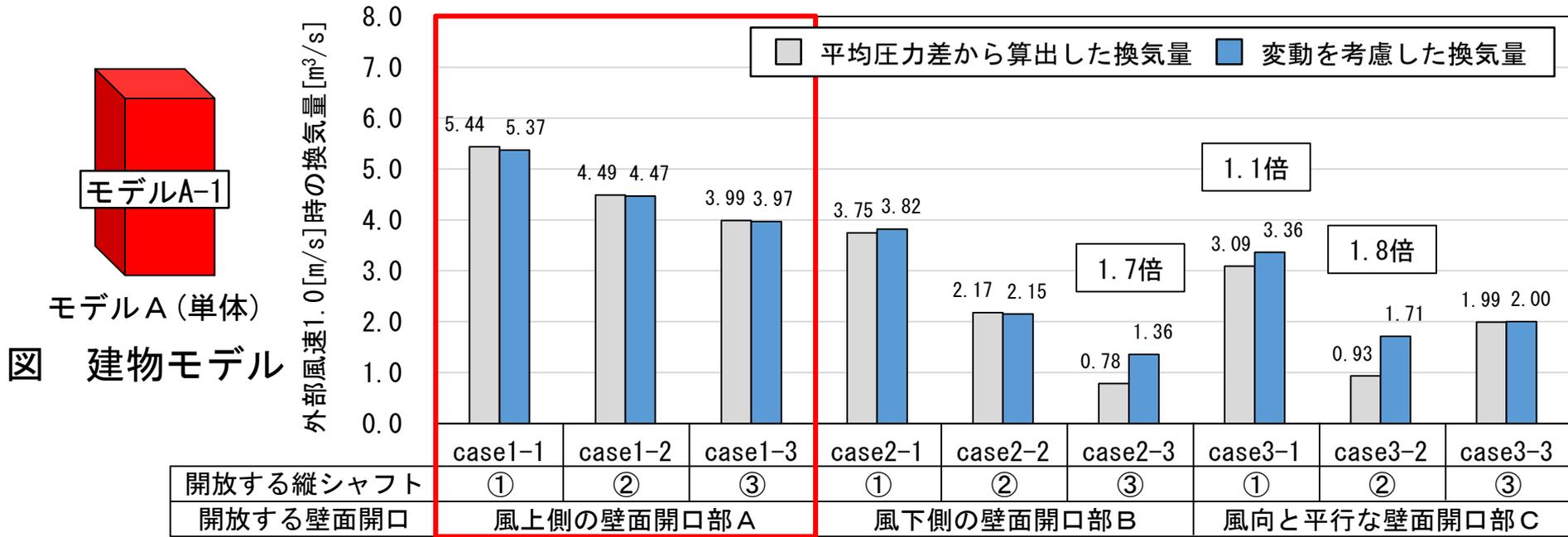
図10 モデルC-11(4 × 4 棟)の壁面開口部(6~25階の合計)及び屋上面開口部の流入出量時系列データ※3

図 開放する開口部

※3 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。

換気量の算出結果 変動を考慮した換気量(モデルA-1)

case1では、平均圧力差から算出した換気量は3.99~5.44[m³/s]、変動を考慮した換気量は3.97~5.37[m³/s]となる。流入側となる開口部の位置が時間的に変化しないため、平均圧力差から算出した換気量と変動を考慮した換気量に差はほぼ無い。



(1) モデルA-1 (単体)

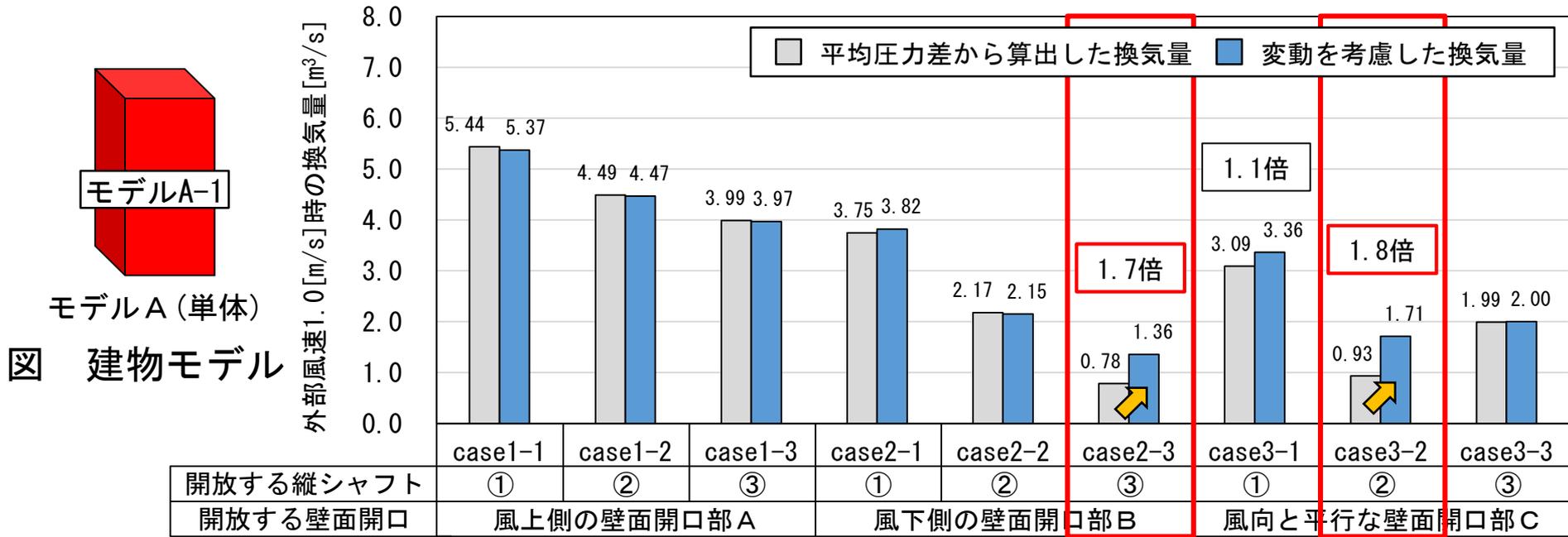
図11 平均圧力差から算出した換気量^{※4}と変動を考慮した換気量^{※5}の比較

※4 平均風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量とする。

※5 瞬時風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量の積算値を時間平均したものとする。

換気量の算出結果 変動を考慮した換気量(モデルA-1)

風下側の壁面開口部と縦シャフト③を開放したcase2-3、風向と平行な壁面開口部と縦シャフト②を開放したcase3-2で、平均圧力差から算出した換気量に比較して変動を考慮した換気量が約1.7~1.8倍となる。



(1) モデルA-1(単体)

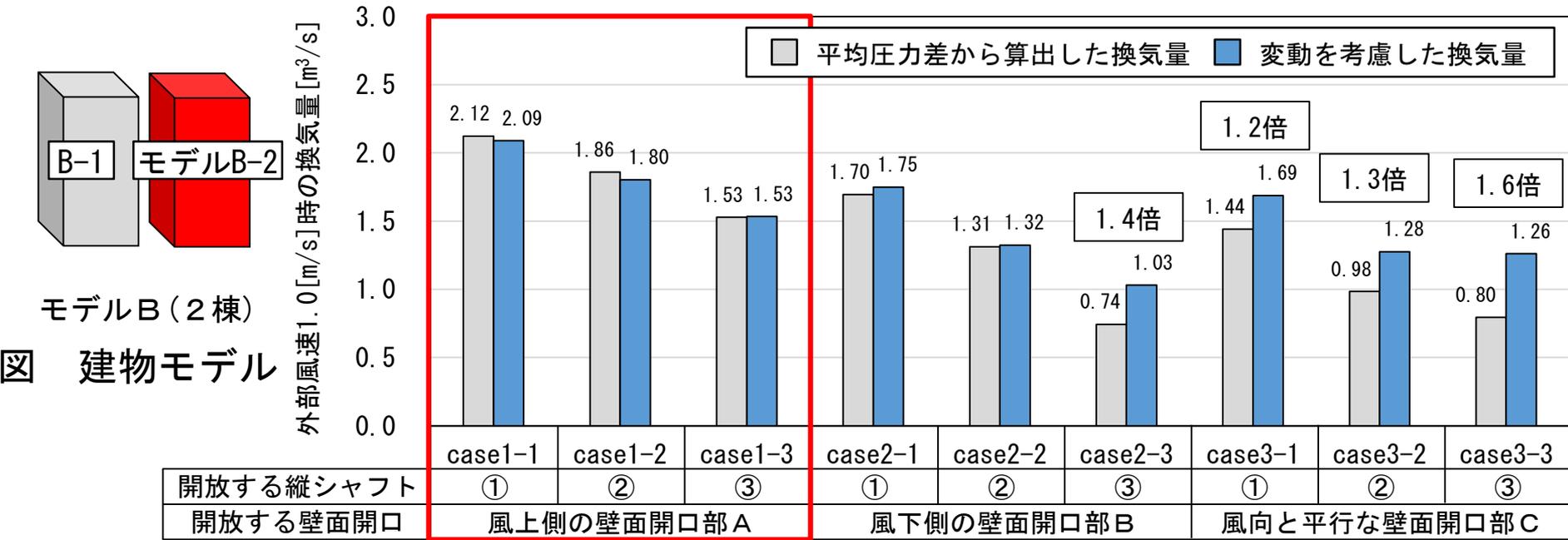
図11 平均圧力差から算出した換気量^{※4}と変動を考慮した換気量^{※5}の比較

※4 平均風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量とする。

※5 瞬時風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量の積算値を時間平均したものとする。

換気量の算出結果 変動を考慮した換気量(モデルB-2)

case1では、平均圧力差から算出した換気量は1.58~2.12[m³/s]、変動を考慮した換気量は1.53~2.09[m³/s]となる。どのcaseでも流入側となる開口部の位置が変化しないため、平均圧力差から算出した換気量と変動を考慮した換気量に差はほぼ無い。



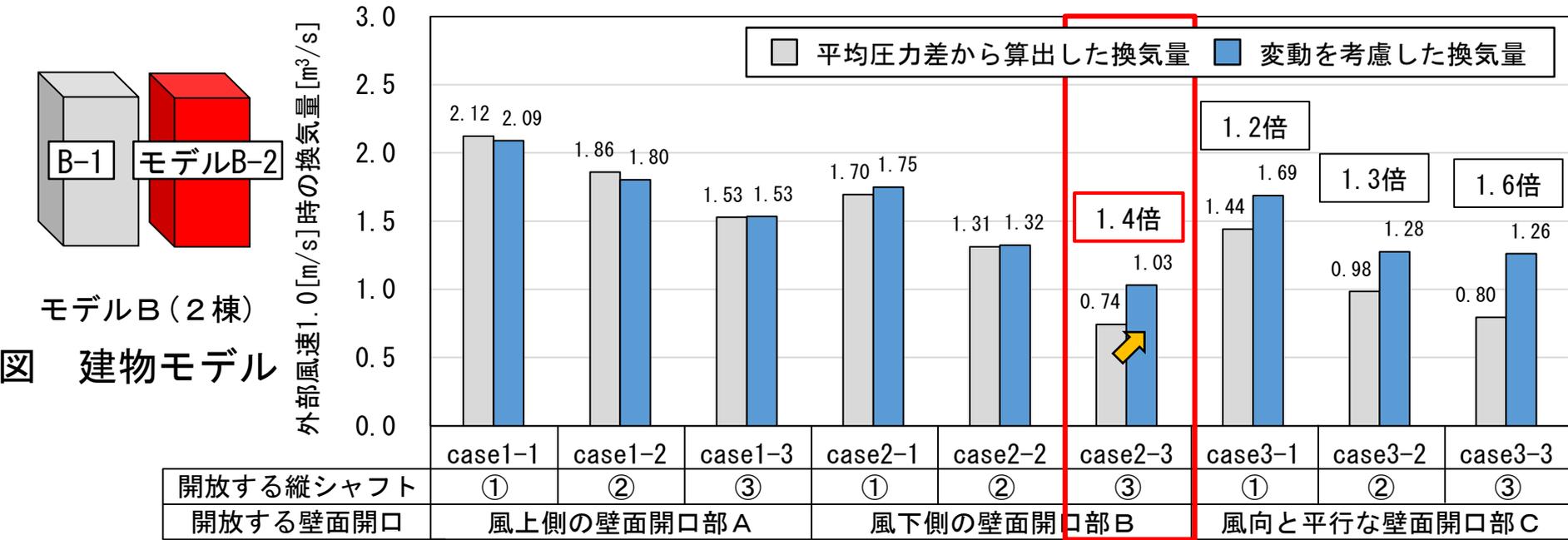
(2) モデルB-2(2棟)

図11 平均圧力差から算出した換気量^{※4}と変動を考慮した換気量^{※5}の比較

※4 平均風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量とする。
 ※5 瞬時風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量の積算値を時間平均したものとする。

換気量の算出結果 変動を考慮した換気量(モデルB-2)

case2では、縦シャフト③を開放した場合、平均圧力差から算出した換気量は0.74[m³/s]、変動を考慮した換気量は1.03[m³/s]となり、平均圧力差から算出した換気量に対して変動を考慮した換気量が約1.4倍となる。



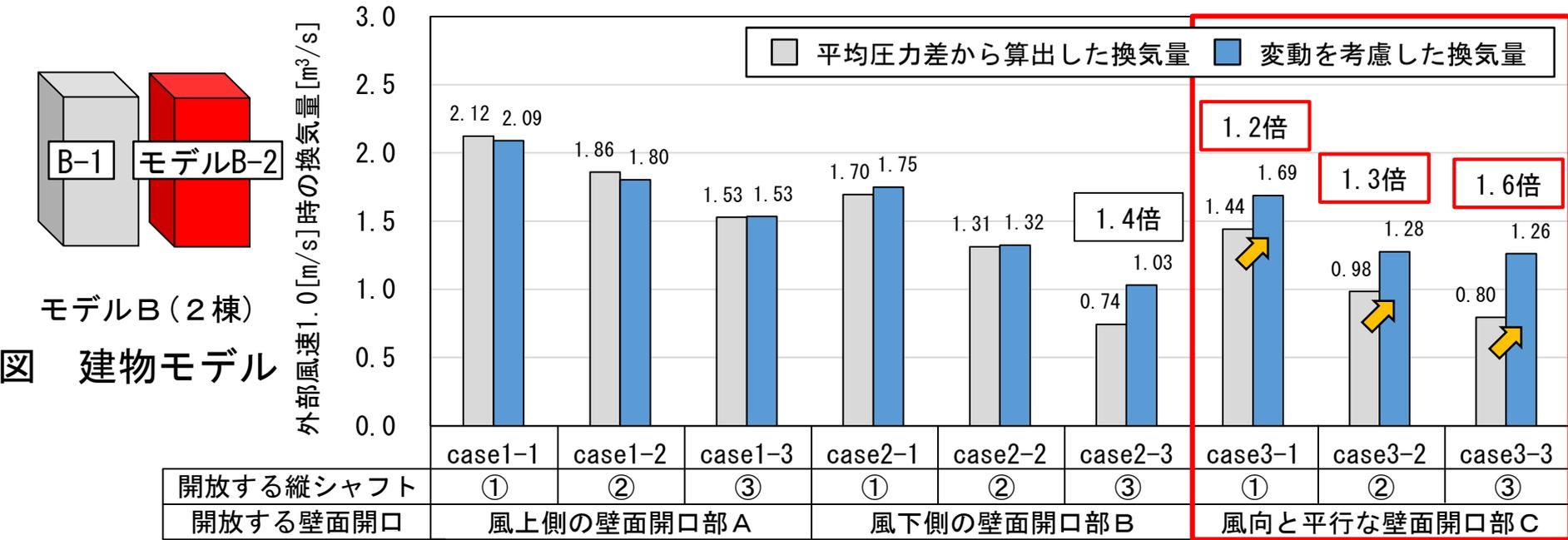
(2) モデルB-2(2棟)

図11 平均圧力差から算出した換気量^{※4}と変動を考慮した換気量^{※5}の比較

※4 平均風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量とする。
 ※5 瞬時風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量の積算値を時間平均したものとする。

換気量の算出結果 変動を考慮した換気量(モデルB-2)

case3では、平均圧力差から算出した換気量は0.80~1.44[m³/s]、変動を考慮した換気量は1.26~1.69[m³/s]となり、平均圧力差から算出した換気量に対して変動を考慮した換気量が約1.2~1.6倍となる。



(2) モデルB-2(2棟)

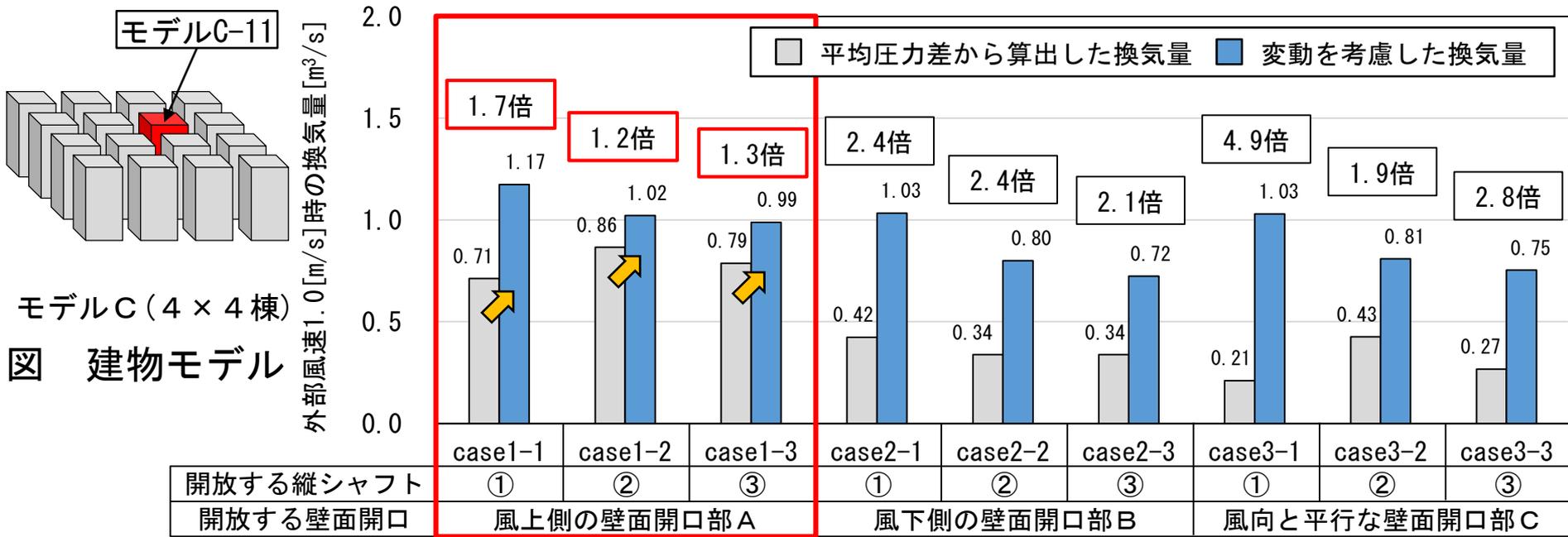
図11 平均圧力差から算出した換気量^{※4}と変動を考慮した換気量^{※5}の比較

※4 平均風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量とする。

※5 瞬時風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量の積算値を時間平均したものとする。

換気量の算出結果 変動を考慮した換気量(モデルC-11)

case1では、平均圧力差から算出した換気量は0.71~0.86[m³/s]、変動を考慮した換気量は0.99~1.17[m³/s]となり、平均圧力差から算出した換気量に対して変動を考慮した換気量が約1.2~1.7倍となる。



(3) モデルC-11 (4 x 4 棟)

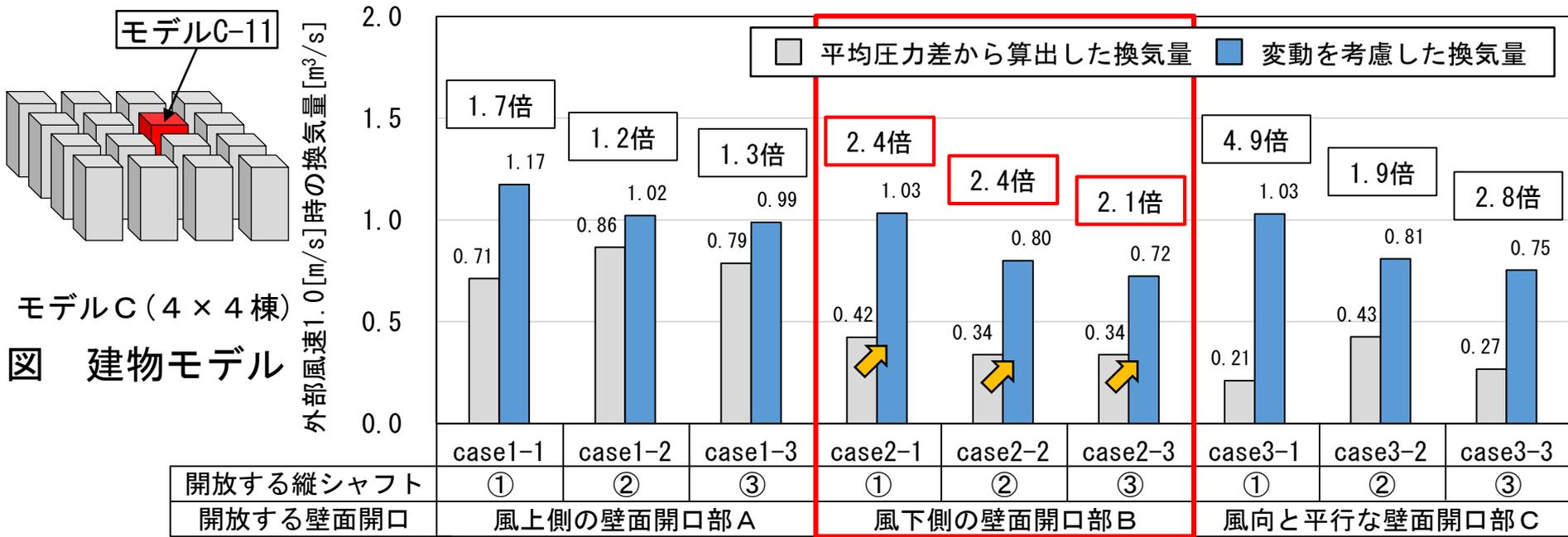
図11 平均圧力差から算出した換気量^{※4}と変動を考慮した換気量^{※5}の比較

※4 平均風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量とする。

※5 瞬時風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量の積算値を時間平均したものとする。

換気量の算出結果 変動を考慮した換気量(モデルC-11)

case2では、平均圧力差から算出した換気量は0.34~0.42[m³/s]、変動を考慮した換気量は0.72~1.03[m³/s]となり、平均圧力差から算出した換気量に対して変動を考慮した換気量が約2.1~2.4倍となる。



(3) モデルC-11 (4 × 4 棟)

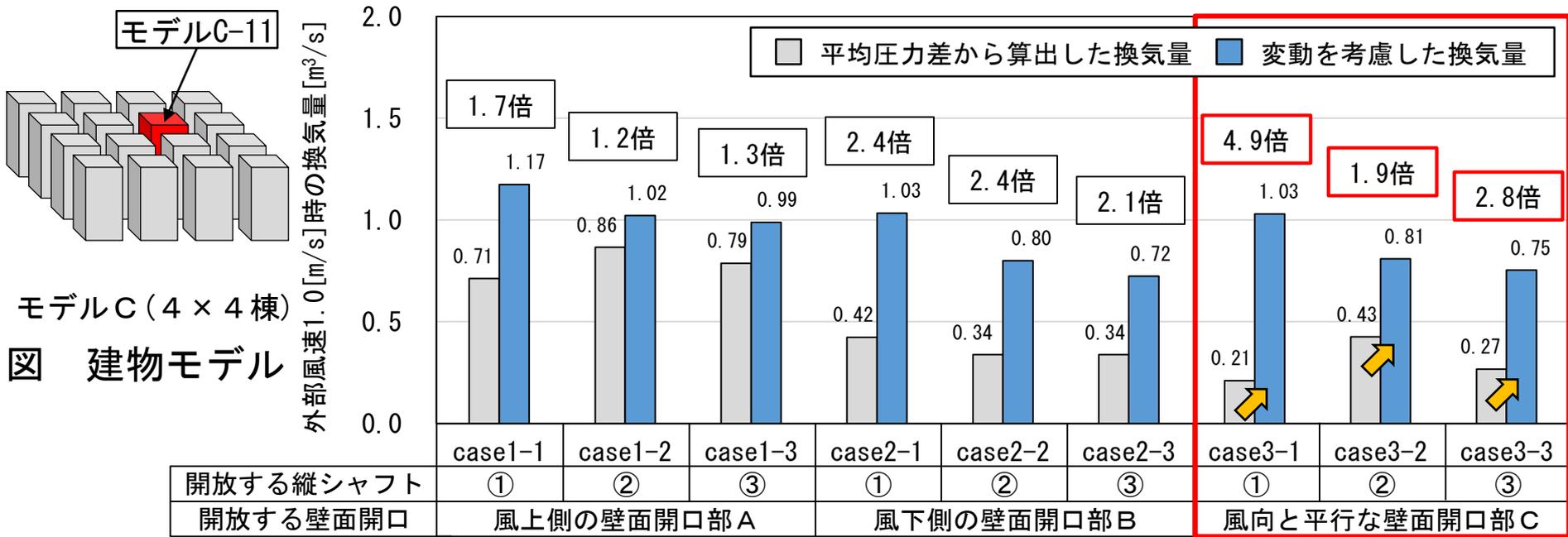
図11 平均圧力差から算出した換気量^{※4}と変動を考慮した換気量^{※5}の比較

※4 平均風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量とする。

※5 瞬時風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量の積算値を時間平均したものとする。

換気量の算出結果 変動を考慮した換気量(モデルC-11)

case3では、平均圧力差から算出した換気量は0.21~0.43[m³/s]、変動を考慮した換気量は0.75~1.03[m³/s]となり、平均圧力差から算出した換気量に対して変動を考慮した換気量が約1.9~4.9倍となる。



(3) モデルC-11 (4 × 4 棟)

図11 平均圧力差から算出した換気量^{※4}と変動を考慮した換気量^{※5}の比較

※4 平均風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量とする。
 ※5 瞬時風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量の積算値を時間平均したものとする。

換気量の算出結果 変動を考慮した換気量(モデルC-11)

モデルB-2、モデルC-11では変動を考慮することで平均圧力差から算出した換気量に比較して換気量が増加するが、**換気量の絶対値はモデルA-1に比較して少なくなる。**

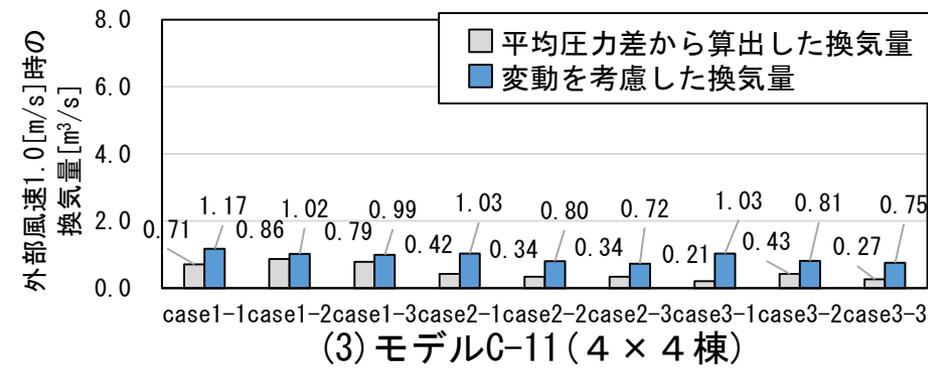
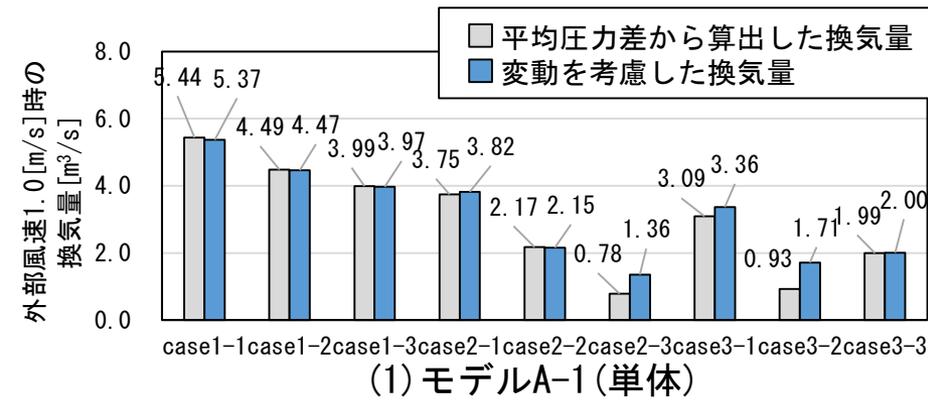
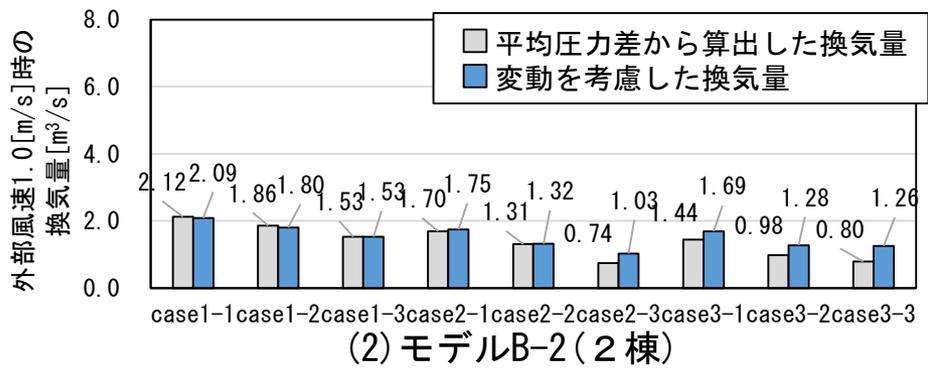
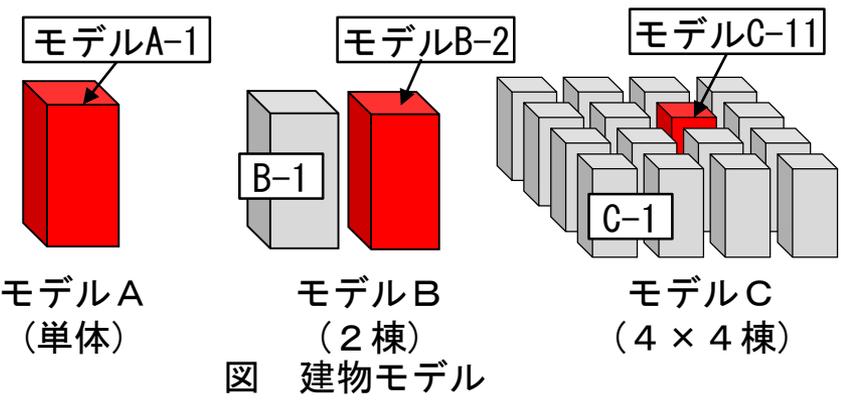
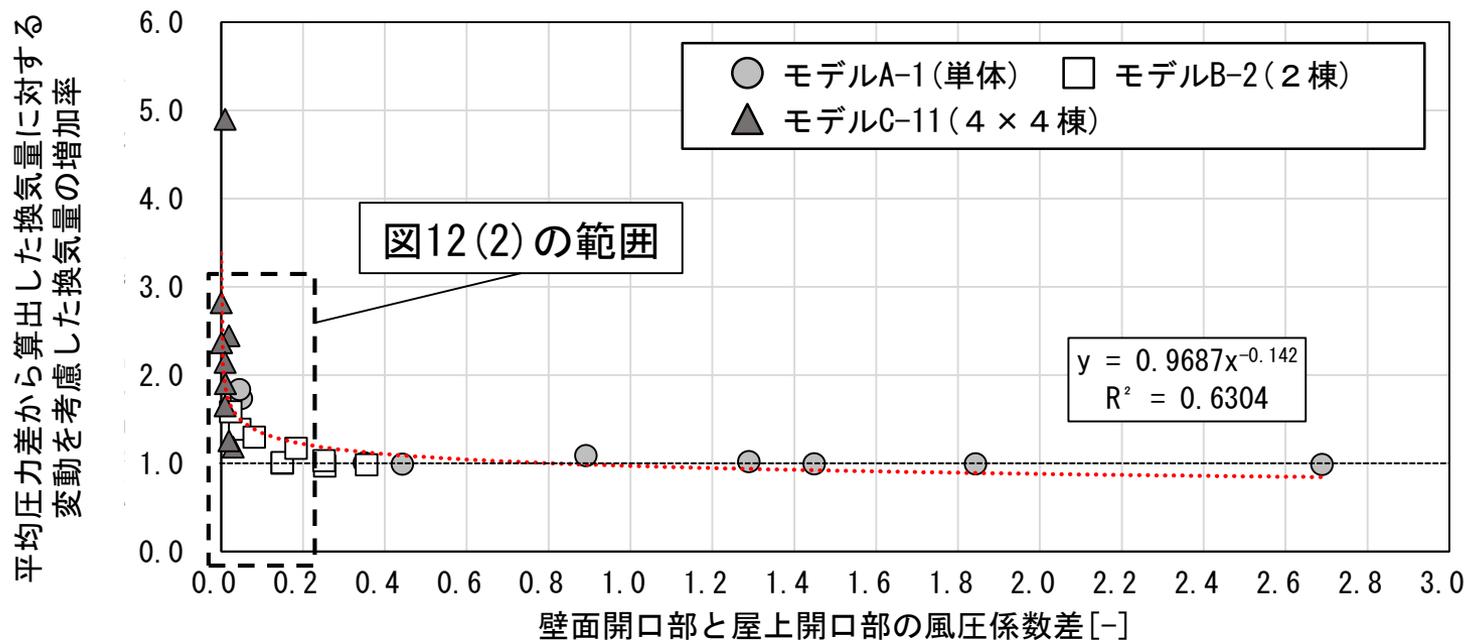


図11 平均圧力差から算出した換気量※4 と変動を考慮した換気量※5 の比較

※4 平均風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量とする。
 ※5 瞬時風圧係数を用いて算出した建物に対する流入量の積算値を時間平均したものとする。

換気量の算出結果 開口間の平均風圧係数差の関係

代表平均風圧係数差は各階開口部中心点と屋上面開口部（エリア a ~ d）中心点の風圧係数差の平均値とする。

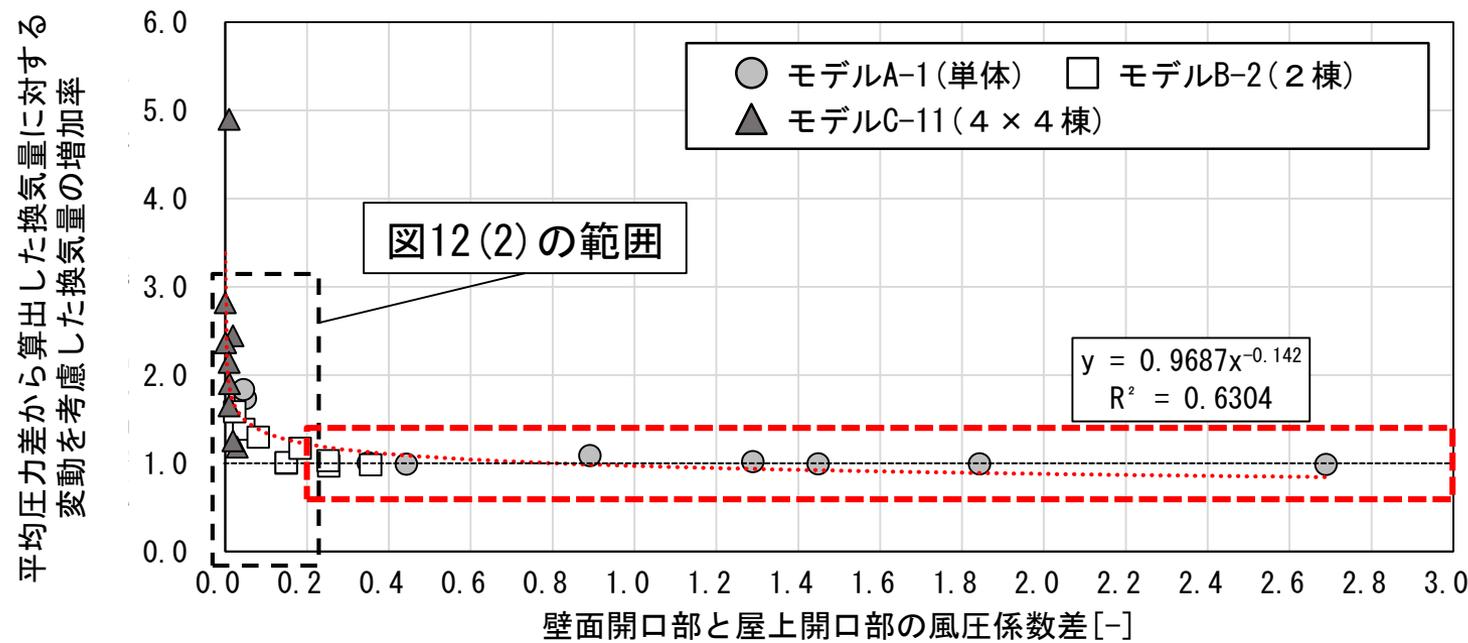


(1) 開口間の平均風圧係数差 (0~3.0[-])

図12 開口間の代表平均風圧係数差と換気量の関係

換気量の算出結果 開口間の平均風圧係数差の関係

平均風圧係数差が0.20以上の場合、平均圧力差から算出した換気量と変動を考慮した換気量は殆ど変わらない。



(1) 開口間の平均風圧係数差 (0~3.0[-])

図12 開口間の代表平均風圧係数差と換気量の関係

換気量の算出結果 開口間の平均風圧係数差の関係

平均風圧係数差が0.20以下の場合、変動を考慮した換気量は平均圧力差から算出した換気量の約1.1~4.8倍となる。

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増加率

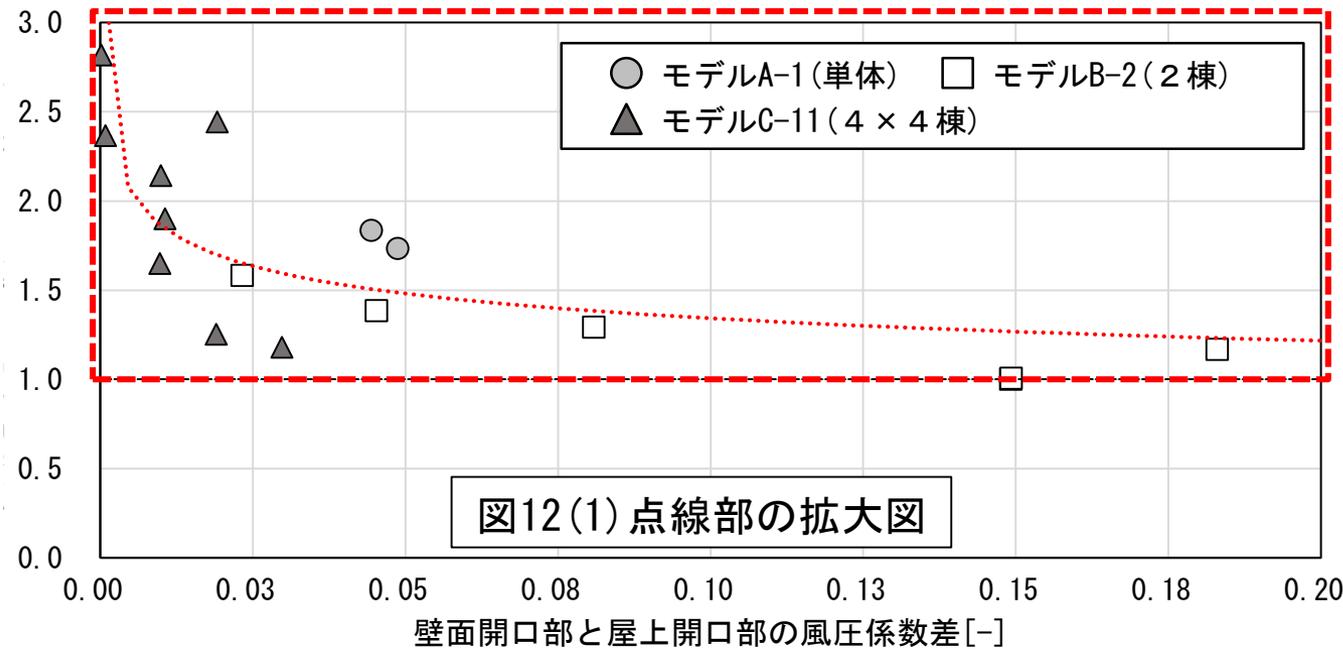


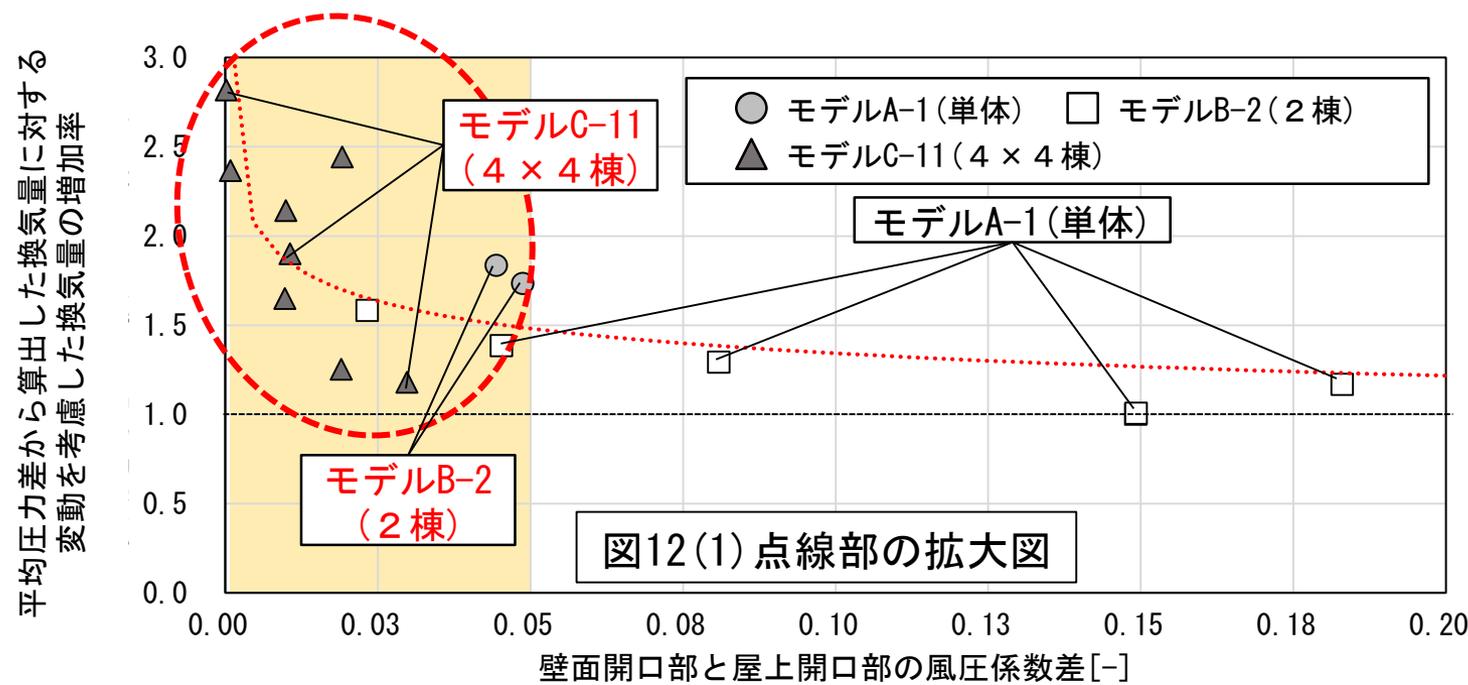
図12(1) 点線部の拡大図

(2) 開口間の平均風圧係数差 (0~0.20 [-])

図12 開口間の代表平均風圧係数差と換気量の関係

換気量の算出結果 開口間の平均風圧係数差の関係

モデルA-1では平均風圧係数差が0.20以上になる場合が多い。モデルB-2、C-11では平均風圧係数差が0.20以下となる場合が多いため、周辺に同じ程度の高さの建物が存在する場合、風圧変動を考慮して換気量を求める必要があると考えられる。



(2) 開口間の平均風圧係数差 (0~0.20[-])

図12 開口間の代表平均風圧係数差と換気量の関係

- 1 研究目的
- 2 数値流体解析の概要
- 3 LES解析結果
- 4 換気量の算出結果
- 5 まとめ

5.1 LES解析結果

- ①モデルA-1の屋上風圧係数は風上側で剥離域が存在するため、 $-1.75 \sim -1.90$ 程度となり、**風下側に比較して負圧が大きく、時間的な変動大きい。**
- ②モデルB-2の屋上風圧係数はモデルA-1に比較して風圧係数の分布が小さい。**モデルA-1と同様に、屋上面風上側の風圧係数の時間的な変動が大きい。**
- ③モデルC-11の屋上風圧係数はモデルA-1、B-2に比較して風圧係数の分布が極めて小さい。

5.2 時系列換気量の算出結果

- ①モデルA-1は、case1では、常に殆どの壁面開口部から流入するが、case3では**屋上の開口部から流入する時刻がある。**
- ②モデルB-2は、case1では**殆どの時刻で屋上の開口部から流入する。**
- ③モデルC-11は、**壁面の開口部と屋上の開口部から流入する時刻が同程度であり、流入側となる開口部の位置が頻繁に変化する。**

5.3 風圧変動を考慮した換気量

- ①モデルA-1では**case2-3、3-2**で、平均圧力差から算出した換気量に比較して変動を考慮した換気量が**約1.1~1.8倍**となる。
- ②モデルB-2では**殆どのcase**で平均圧力差から算出した換気量に比較して変動を考慮した換気量が増加し、**case2では約1.4倍、case3では約1.2~1.6倍**となる。
- ③モデルC-11では、**どのcaseでも**平均圧力差から算出した換気量に比較して変動を考慮した換気量が増加し、**約1.2~2.4倍となる場合が多い。**

5.4 平均風圧係数差と換気量の関係

- ①平均風圧係数差が**0.20以下**の場合、変動を考慮した換気量は平均圧力差から算出した換気量に比較して**約1.1~4.8倍**となる。**周辺に同じ程度の高さの建物が存在する場合、変動を考慮した換気量の検討が必要であると考えられる。**