

数値シミュレーション(LES)による 住宅の通風性状に関する研究

窓にガイドベーンを設置した場合の換気・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)

指導教員 赤林 安達 郁弥
伸一 教授

- 1 研究目的
- 2 数値流体解析の概要
- 3 数値流体解析結果
- 4 換気・通風性能評価手法の概要
- 5 換気・通風性能評価結果
- 6 まとめ

研究目的

我が国では古来より、換気による室内温度低下及び気流感による在室者の体感温度低下効果をもたらす**自然通風**が広く利用されている。

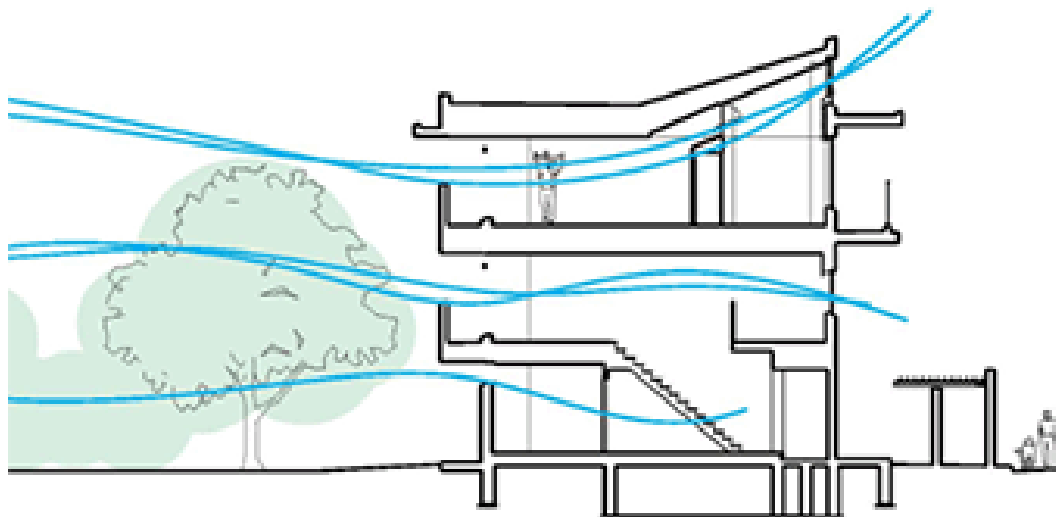


図 自然通風イメージ

研究目的

近年では気候変動の要因の一つと考えられる二酸化炭素の排出量削減要請により住宅などの民生部門においても空調負荷の低減等の更なる省エネルギー化が求められており、自然通風を利用することで中間期等の冷房負荷軽減が期待されている。

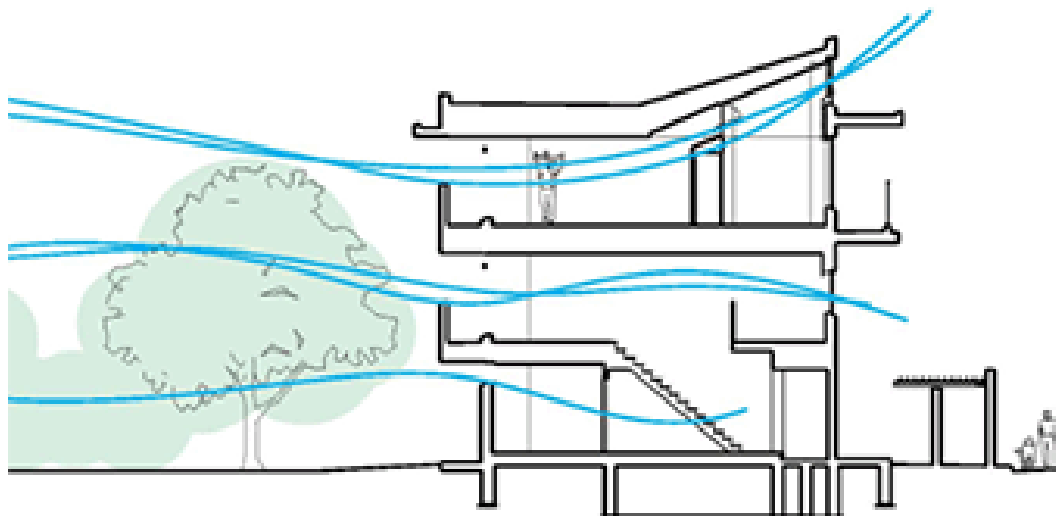


図 自然通風イメージ

研究目的

一方、現在の日本の主要都市では、**市街地の密集化**が進んでいる。住宅同士の隣棟間隔が狭くなる傾向があり屋外自然風の利用が困難となり、気流が室内に十分に流入しない可能性がある。



図 市街地密集化の一例

研究目的

そこで、市街地における住宅が自然通風を有効的に利用するための**ガイドベーン**(風力換気促進装置:GV)を窓に設置し、住宅の隣棟間を流れる気流を室内へ取り込むための設置方法を検討する。

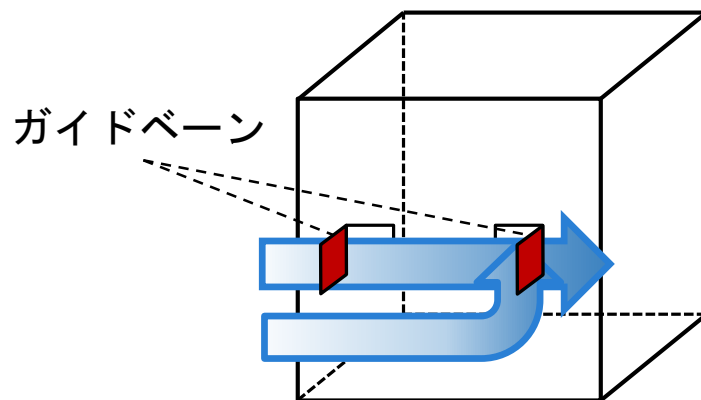


図 ガイドベーンの気流誘引効果

研究目的

自然通風は建築環境工学の分野において多くの研究がなされている。建物の自然換気・通風性能の評価に関しては数値流体解析 (CFD) を用いて定常状態の流体現象を再現する Reynolds Averaged Navier-stokes Simulation (以:RANS) が多く使用されている。

しかし、時間平均的な解析手法であるRANSでは、絶えず変動する自然風の気流性状を正確に評価できず^{文1)}、流入・流出が同一壁面の開口で生じる場合等の通風性状を把握することが困難である。

文1) 赤林・有波・富永・坂口・高野・本田「LESによる戸建住宅の通風性状に関する研究(その1) 標準k- ϵ モデルとLESによる住宅の気流性状の比較」日本建築学会学術講演梗概集、2014年

研究目的

自然通風は建築環境工学の分野において多くの研究がなされている。建物の自然換気・通風性能の評価に関しては数値流体解析 (CFD) を用いて定常状態の流体現象を再現する Reynolds Averaged Navier-stokes Simulation (以:RANS)

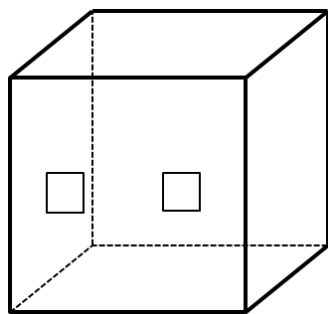
そこで、流体現象の時間的変動の解析が可能な Large-Eddy Simulation (以下:LES) を用いた研究が近年行われている。

しかし、時間平均的な解析手法であるRANSでは、絶えず変動する自然風の気流性状を正確に評価できず^{文1)}、流入・流出が同一壁面の開口で生じる場合等の通風性状を把握することが困難である。

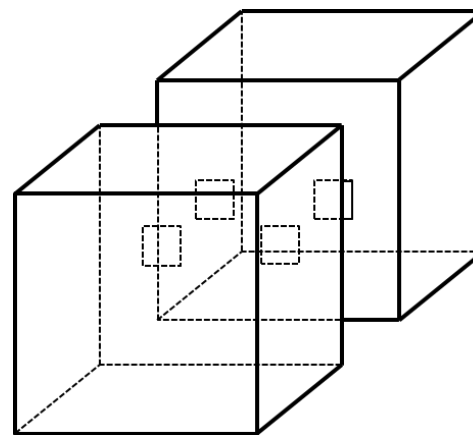
文1) 赤林・有波・富永・坂口・高野・本田「LESによる戸建住宅の通風性状に関する研究(その1) 標準k-εモデルとLESによる住宅の気流性状の比較」日本建築学会学術講演梗概集、2014年

研究目的

既往の研究では非定常解析が可能なLESを用いて、風向に対し平行な同一壁面上に2つの開口を有する単純住宅モデルを対象に単純住宅モデルを単体で配置した場合および市街地を想定して2棟隣接して配置した場合の室内外の気流性状の比較を行っている。



(i) 単体で配置した場合

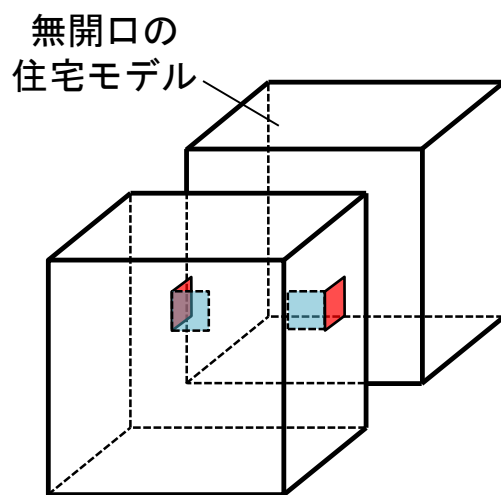


(ii) 2棟隣接して配置した場合

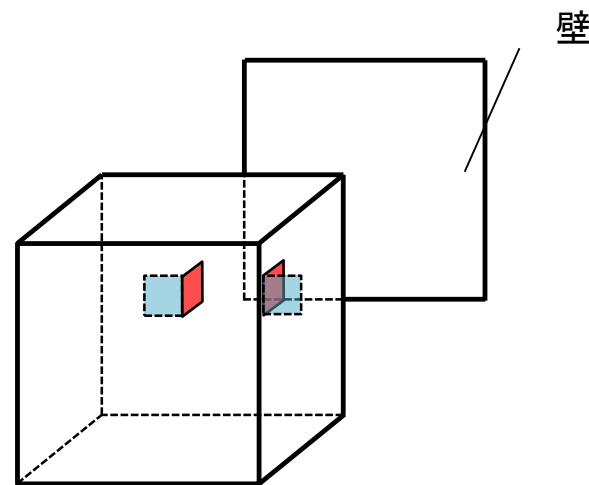
図 単純住宅モデル

研究目的

本研究ではLESを用いて、既往の研究と同様の単純住宅モデルを対象に隣接建物を**無開口の住宅モデル**とした場合、**壁**とした場合の解析を行う。



(iii) 無開口の住宅モデル
を隣接して配置した場合



(iv) 壁を隣接して配置した場合

図 単純住宅モデル

研究目的

また、既往の研究により開発された新鮮空気の室内への到達深度を考慮した新たな換気・通風性能評価手法^{文2)}を適用することにより、既往の研究で検討した単純住宅モデル単体の場合及び2棟隣接して配置した場合と比較することで建物周囲条件の影響、GVによる換気効果及び隣棟間隔が換気性能に与える影響を定量的に評価する事を目的とする。

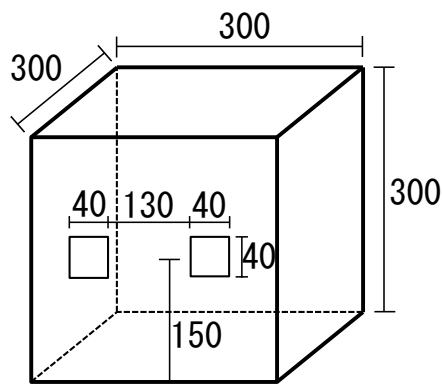
文2) 高野・赤林・富永・坂口・有波「LESによる戸建住宅の通風性状に関する研究(その2) 風速変動を考慮した自然換気・通風性能評価手法の提案」日本建築学会学術講演梗概集、2014年

- 1 研究目的
- 2 数値流体解析の概要
- 3 数値流体解析結果
- 4 換気・通風性能評価手法の概要
- 5 換気・通風性能評価結果
- 6 まとめ

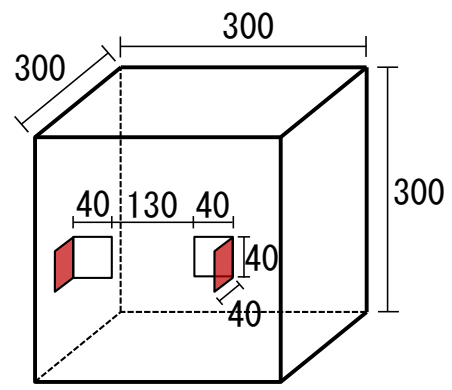
2.1 解析対象

表 1 解析case

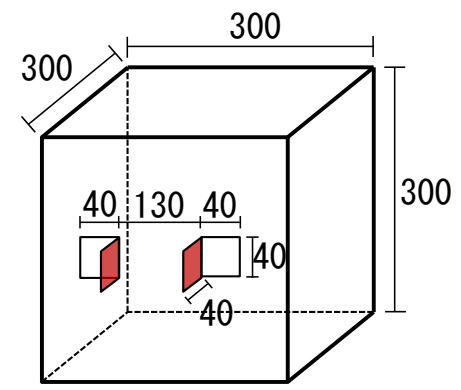
解析case		単純住宅モデル	GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
			風上側開口	風下側開口		
case1	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)				壁	100
	case1-2(b)					200
case2	case2-1(a)	B棟	風上側	風下側	無開口の住宅モデル	100
	case2-1(b)					200
	case2-2(a)				壁	100
	case2-2(b)					200
case3	case3-1(a)	C棟	風下側	風上側	無開口の住宅モデル	100
	case3-1(b)					200
	case3-2(a)				壁	100
	case3-2(b)					200



(a) A棟



(b) B棟



(c) C棟

図 1 解析対象モデルの概要

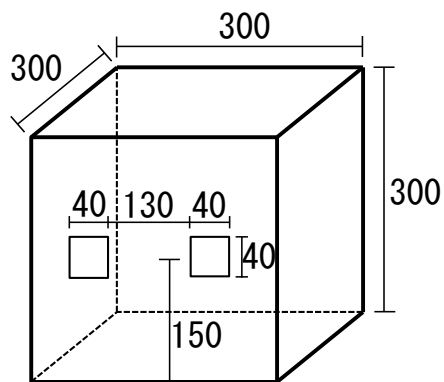
2.1 解析対象

表 1 解析case

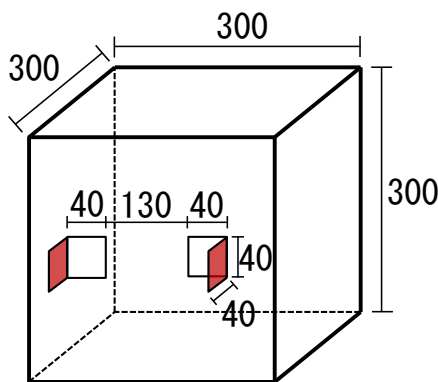
解析case		単純住宅モデル	GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
			風上側開口	風下側開口		
case1	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)				壁	100
	case1-2(b)					200

解析対象は、一辺300[mm]の立方体の単純住宅モデルとし、風向に対して平行な壁面に、40[mm]（高さ）×40[mm]（幅）の開口を2箇所設ける。

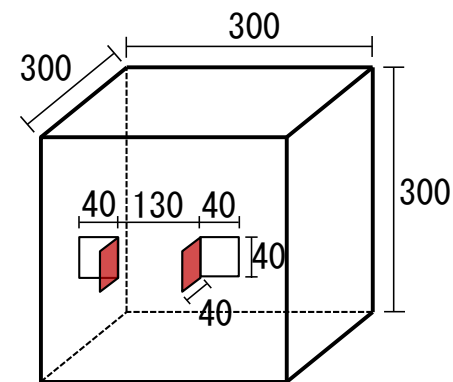
case3	case3-2(a)	C棟	風上側開口あり	風下側開口あり	壁	100
	case3-2(b)					200



(a) A棟



(b) B棟



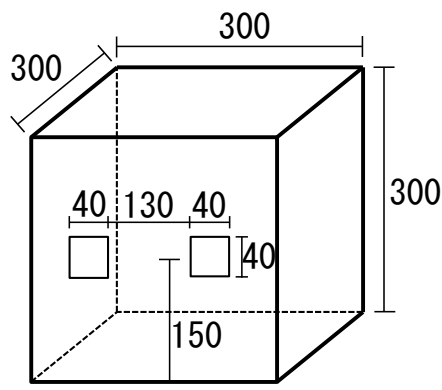
(c) C棟

図 1 解析対象モデルの概要

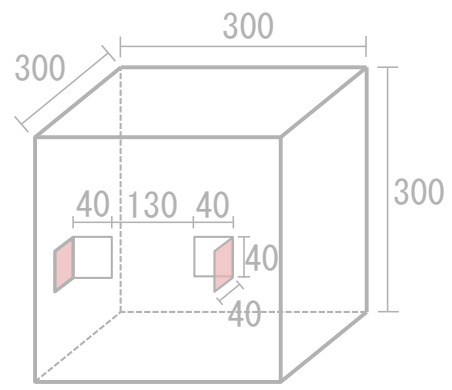
2.1 解析対象

表 1 解析case

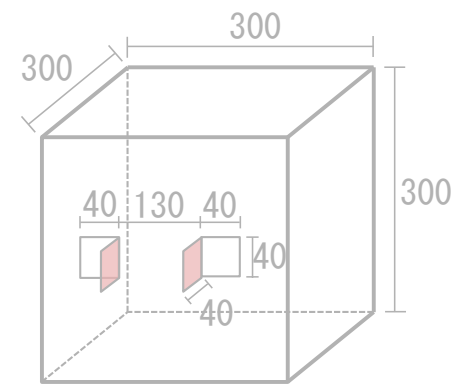
解析case		単純住宅モデル	GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
			風上側開口	風下側開口		
case1	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)				壁	100
	case1-2(b)					200
case2	case2-1(a)	B棟	風上側	風下側	無開口の住宅モデル	100
	case2-1(b)					200
	case2-2(a)				壁	100
	case2-2(b)					200
case3	case3-1(a)	C棟	風下側	風上側	無開口の住宅モデル	100
	case3-1(b)					200
	case3-2(a)				壁	100
	case3-2(b)					200



(a) A棟



(b) B棟



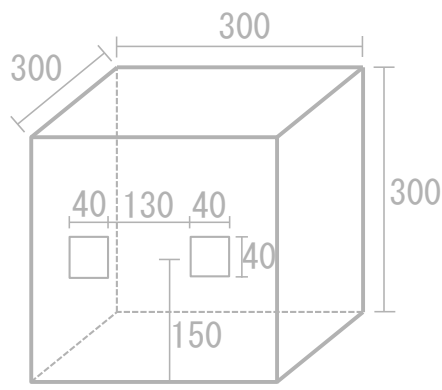
(c) C棟

図 1 解析対象モデルの概要

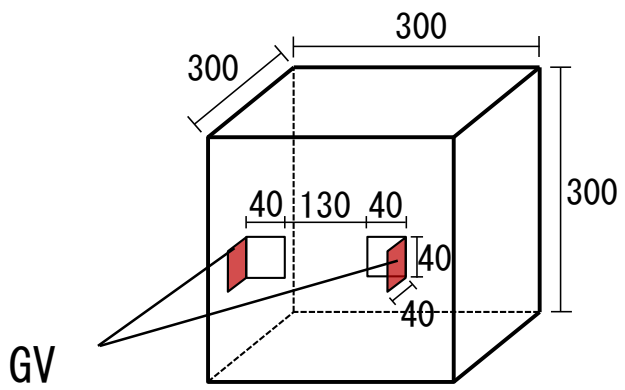
2.1 解析対象

表 1 解析case

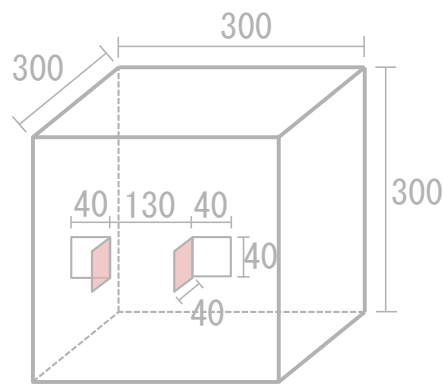
解析case		単純住宅モデル	GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
			風上側開口	風下側開口		
case1	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)				壁	100
	case1-2(b)					200
case2	case2-1(a)	B棟	風上側	風下側	無開口の住宅モデル	100
	case2-1(b)					200
	case2-2(a)				壁	100
	case2-2(b)					200
case3	case3-1(a)	C棟	風下側	風上側	無開口の住宅モデル	100
	case3-1(b)					200
	case3-2(a)				壁	100
	case3-2(b)					200



(a) A棟



(b) B棟



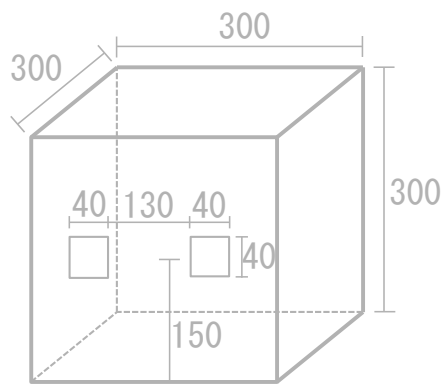
(c) C棟

図 1 解析対象モデルの概要

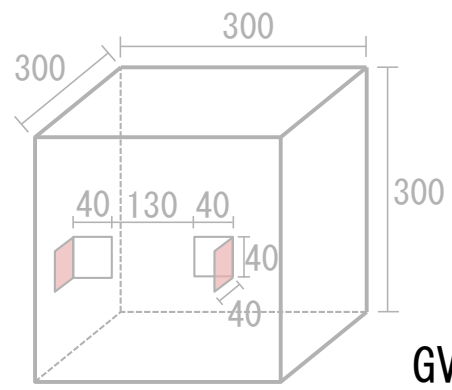
2.1 解析対象

表 1 解析case

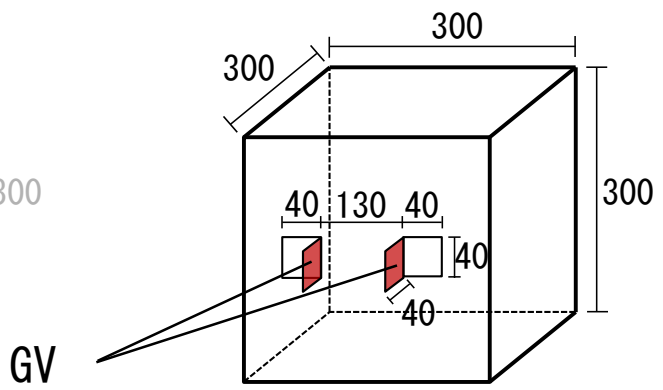
解析case		単純住宅モデル	GV設置位置		建物周囲条件	隣棟間隔 [mm]
			風上側開口	風下側開口		
case1	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)				壁	100
	case1-2(b)					200
case2	case2-1(a)	B棟	風上側	風下側	無開口の住宅モデル	100
	case2-1(b)					200
	case2-2(a)				壁	100
	case2-2(b)					200
case3	case3-1(a)	C棟	風下側	風上側	無開口の住宅モデル	100
	case3-1(b)					200
	case3-2(a)				壁	100
	case3-2(b)					200



(a) A棟



(b) B棟



(c) C棟

図 1 解析対象モデルの概要

2.1 解析対象

表 1 解析case

解析case		単純住宅モデル	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	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)				壁	100
	case1-2(b)					200
case2	case2-1(a)	B棟	風上側	風下側	無開口の住宅モデル	100
	case2-1(b)					200
	case2-2(a)				壁	100
	case2-2(b)					200
case3	case3-1(a)	C棟	風下側	風上側	無開口の住宅モデル	100
	case3-1(b)					200
	case3-2(a)				壁	100
	case3-2(b)					200

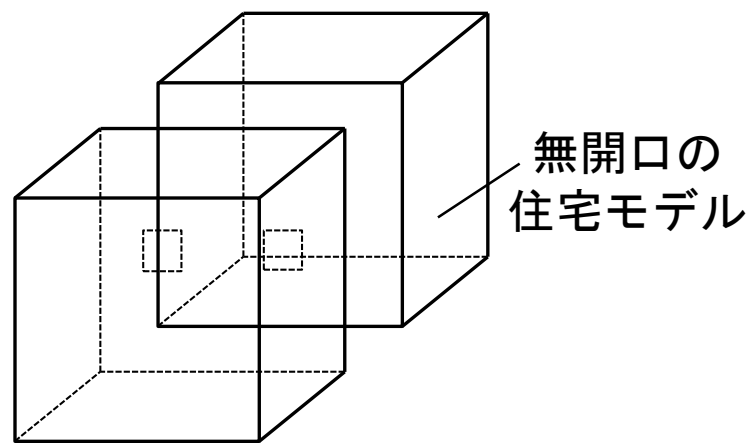


図 無開口の住宅モデルの場合

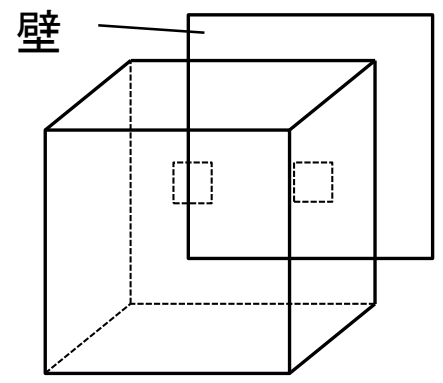


図 壁の場合

2.1 解析対象

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

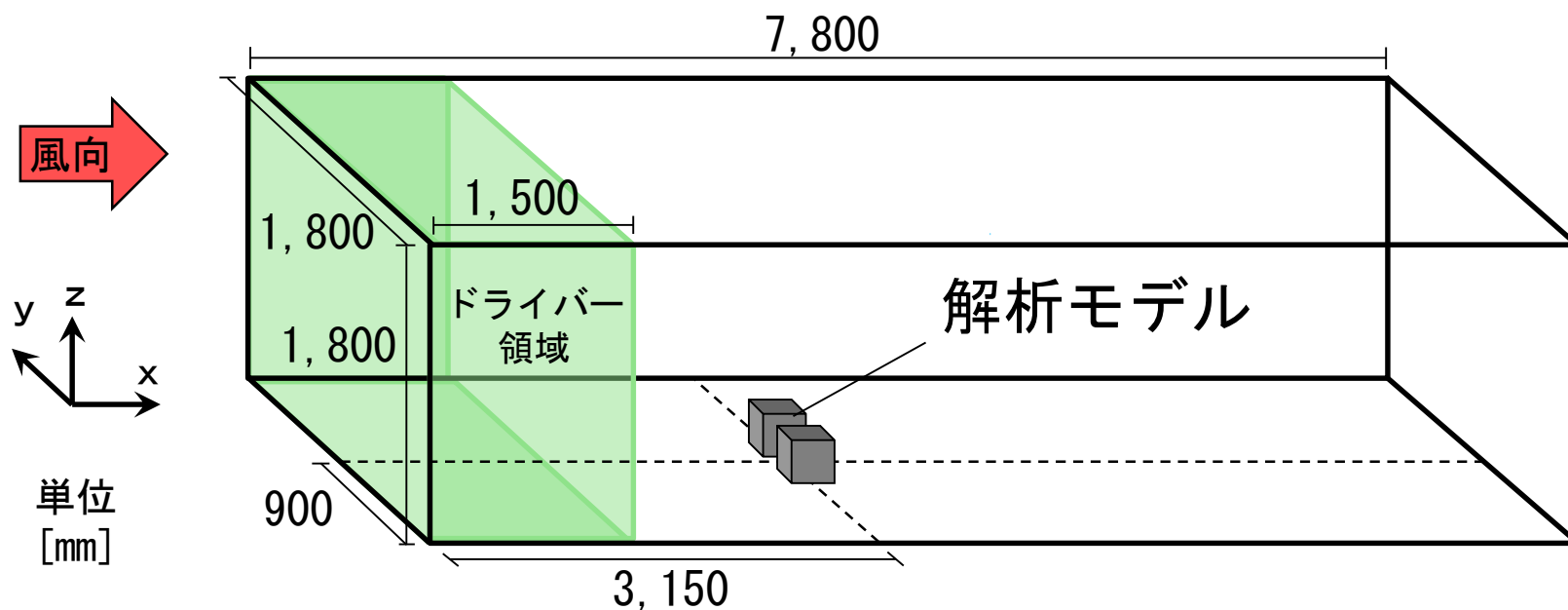


図2 解析領域

2.2 LES解析条件

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 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	
解析時間t	プレ解析	t=0~2.6[s]	
	移行期間	t=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	隣棟間隔100 [mm]	211 (x) × 208 (y) × 97 (z)=4, 257, 136	
	隣棟間隔200 [mm]	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. 11を使用する。

2.2 LES解析条件

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 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	
解析時間t	プレ解析	t=0~2.6[s]	
	移行期間	t=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	隣棟間隔100 [mm]	211 (x) × 208 (y) × 97 (z)=4, 257, 136	
	隣棟間隔200 [mm]	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 LES解析条件

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 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	
解析時間t	プレ解析	t=0~2.6[s]	
	移行期間	t=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	隣棟間隔100 [mm]	211(x) × 208(y) × 97(z)=4, 257, 136	
	隣棟間隔200 [mm]	211(x) × 209(y) × 97(z)=4, 277, 603	

壁面境界条件にはWerner-Wengel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. 11 ユーザーズガイド基礎編」2011年7月 pp2-45

2.2 LES解析条件

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 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	
解析時間t	プレ解析	t=0~2.6[s]	
	移行期間	t=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	隣棟間隔100 [mm]	211 (x) × 208 (y) × 97 (z)=4, 257, 136	
	隣棟間隔200 [mm]	211 (x) × 209 (y) × 97 (z)=4, 277, 603	

基準とする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。

2.2 LES解析条件

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 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	
解析時間t	プレ解析	t=0~2.6 [s]	
	移行期間	t=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	隣棟間隔100 [mm]	211 (x) × 208 (y) × 97 (z)=4, 257, 136	
	隣棟間隔200 [mm]	211 (x) × 209 (y) × 97 (z)=4, 277, 603	

LES解析では、ドライバ領域を設け、流入変動気流を作成し、対象とする解析caseに対して変動気流を流入させて解析を行う。

- 1 研究目的
- 2 数値流体解析の概要
- 3 数値流体解析結果
- 4 換気・通風性能評価手法の概要
- 5 換気・通風性能評価結果
- 6 まとめ

3.1 LES解析結果

平均風速比分布は基準流入プロファイルとほぼ同様である。

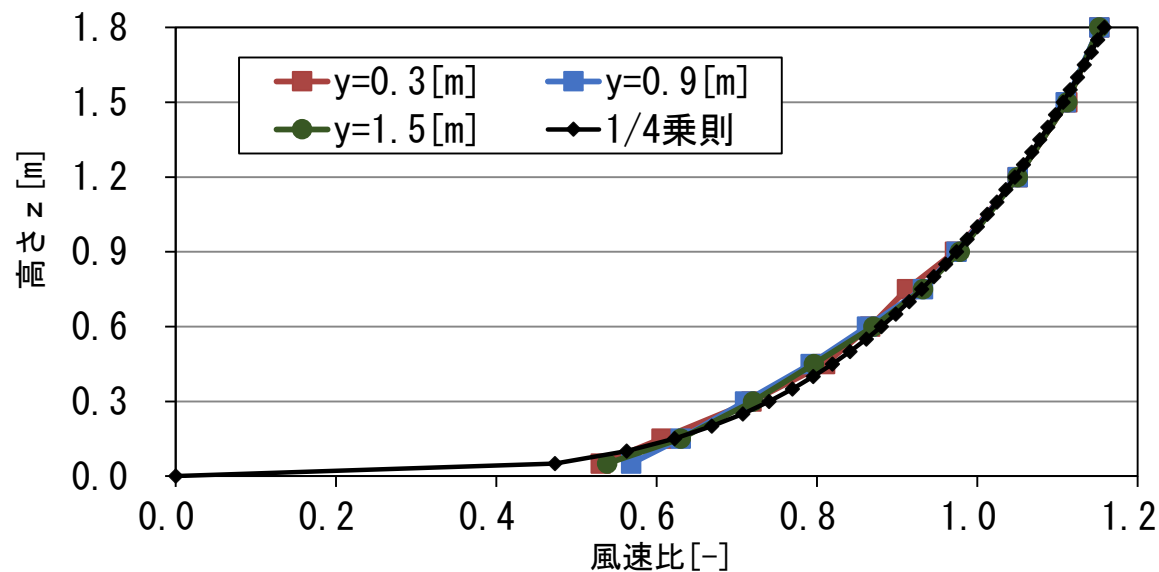


図3 流入変動気流の平均風速比分布
(ドライバー領域下流端部 : $x=1,500$ [mm])

3.1 LES解析結果

室内の平均風速比分布※¹は、開口の中心 ($z=150$ [mm]) の水平断面であり、基準高さ 1.0 [m] における風速 5.0 [m/s] で基準化した風速比として示す。室内の風速比は**室外の5倍の長さ**として表示する。換気回数はモデルの縮尺を $1/10$ として実大に換算して示す。

※¹ 瞬時風速比分布における t は解析開始後の経過時間である。

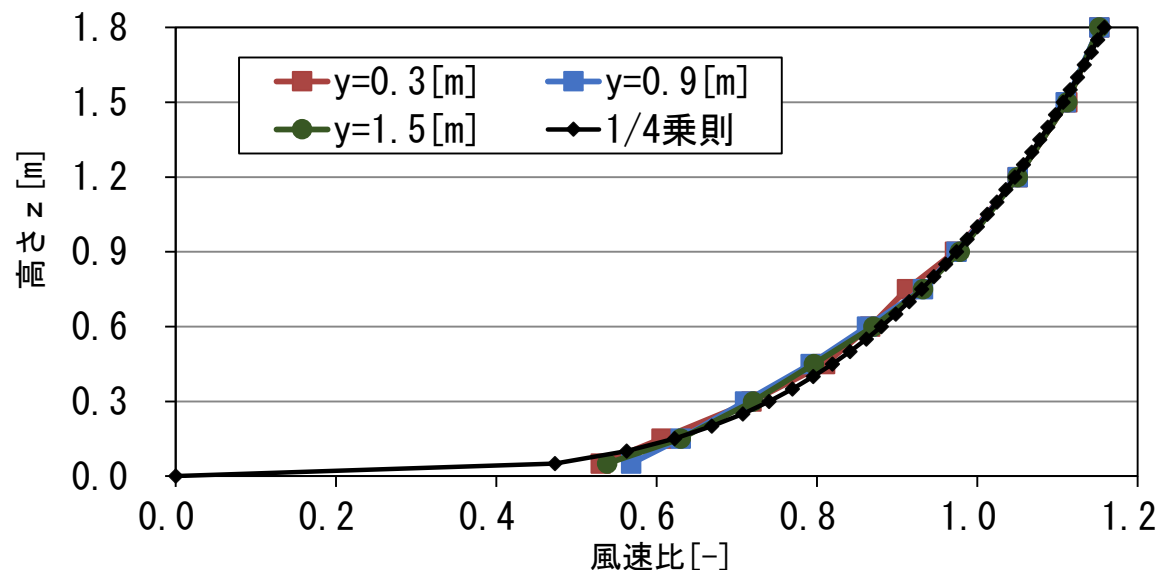
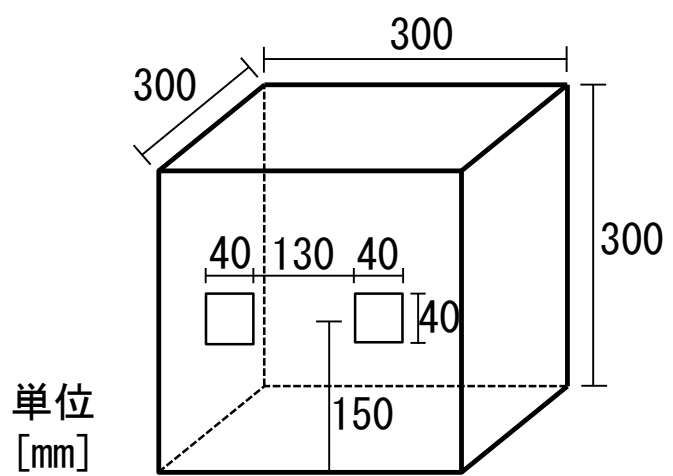


図3 流入変動気流の平均風速比分布
(ドライバー領域下流端部: $x=1,500$ [mm])

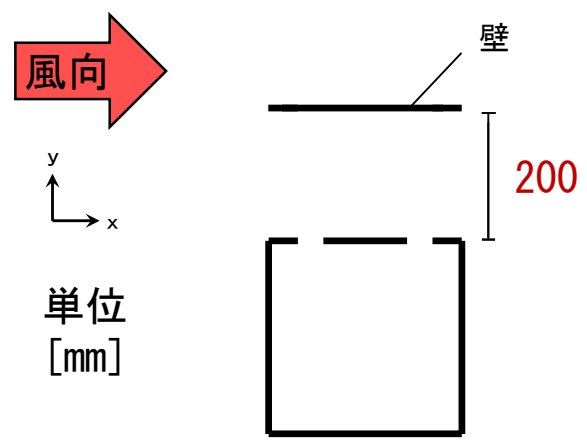
3. 1 LES解析結果: case1-2 (b)

表 1 解析case

解析case		単純住宅モデル	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	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)					100
	case1-2(b)				壁	200
case2	case2-1(a)	B棟	風上側	風下側	無開口の住宅モデル	100
	case2-1(b)					200
	case2-2(a)				壁	100
	case2-2(b)					200
case3	case3-1(a)	C棟	風下側	風上側	無開口の住宅モデル	100
	case3-1(b)					200
	case3-2(a)				壁	100
	case3-2(b)					200



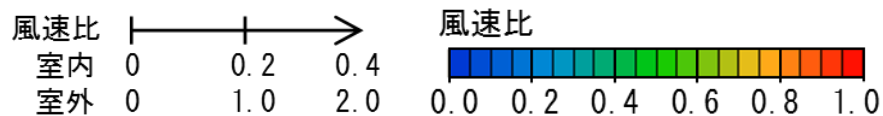
(1) A棟



(2) case1-2 (b) 配置

図 単純住宅モデルの概要

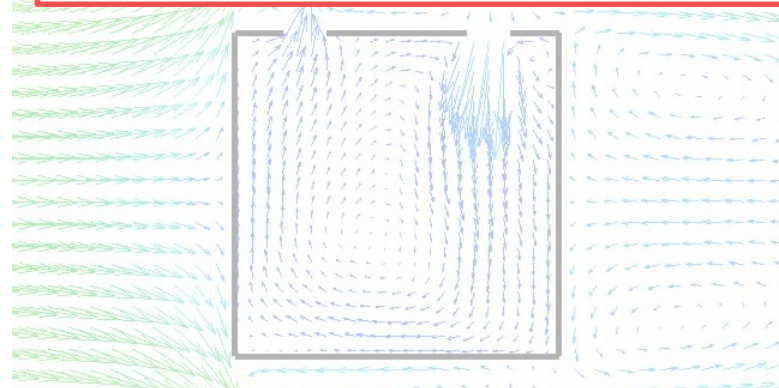
3.1 LES解析結果: case1-2 (b)



壁



気流は風下側開口において左右に振動するように流入し、風上側開口から風速比0.2程度で流出する。

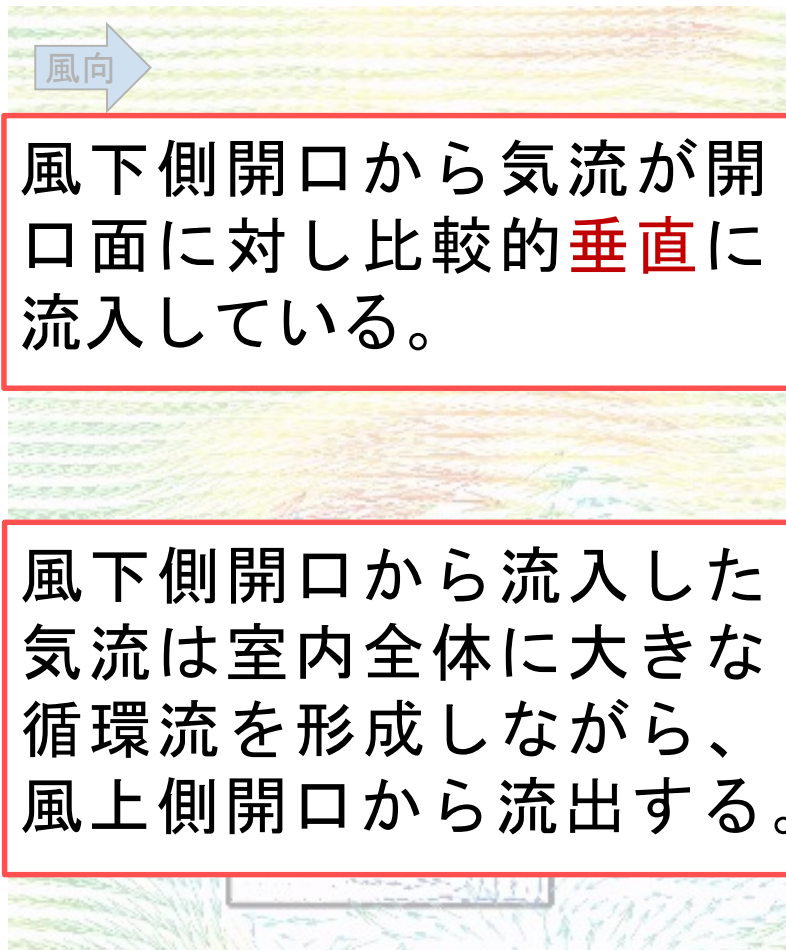


動画 室内外瞬時風速比分布

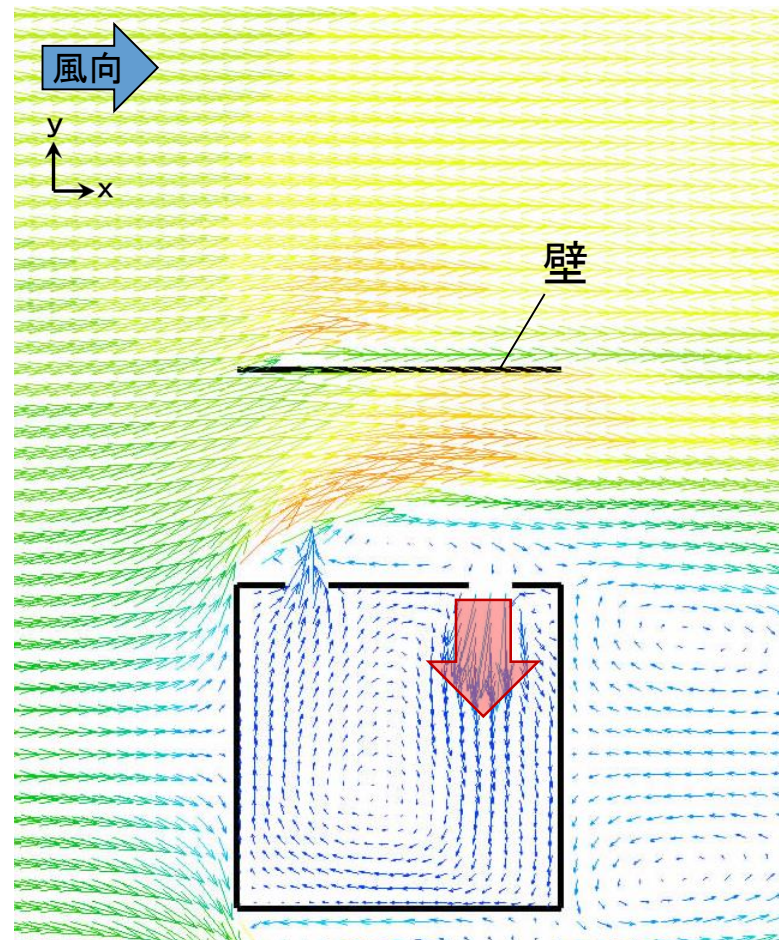
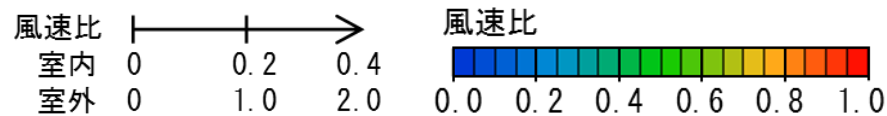
(b) 平均風速比分布

図7 case1-2 (b) の室内外風速比分布

3.1 LES解析結果: case1-2 (b)



動画 室内外瞬時風速比分布



(b) 平均風速比分布

図 7 case1-2 (b) の室内外風速比分布

3.2 LES解析結果:2-1 (b)

表 1 解析case

解析case		単純住宅モデル	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	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)				壁	100
	case1-2(b)					200
case2	case2-1(a)	B棟	風上側	風下側	無開口の住宅モデル	100
	case2-1(b)				住宅モデル	200
	case2-2(a)				壁	100
	case2-2(b)					200
case3	case3-1(a)	C棟	風下側	風上側	無開口の住宅モデル	100
	case3-1(b)					200
	case3-2(a)				壁	100
	case3-2(b)					200

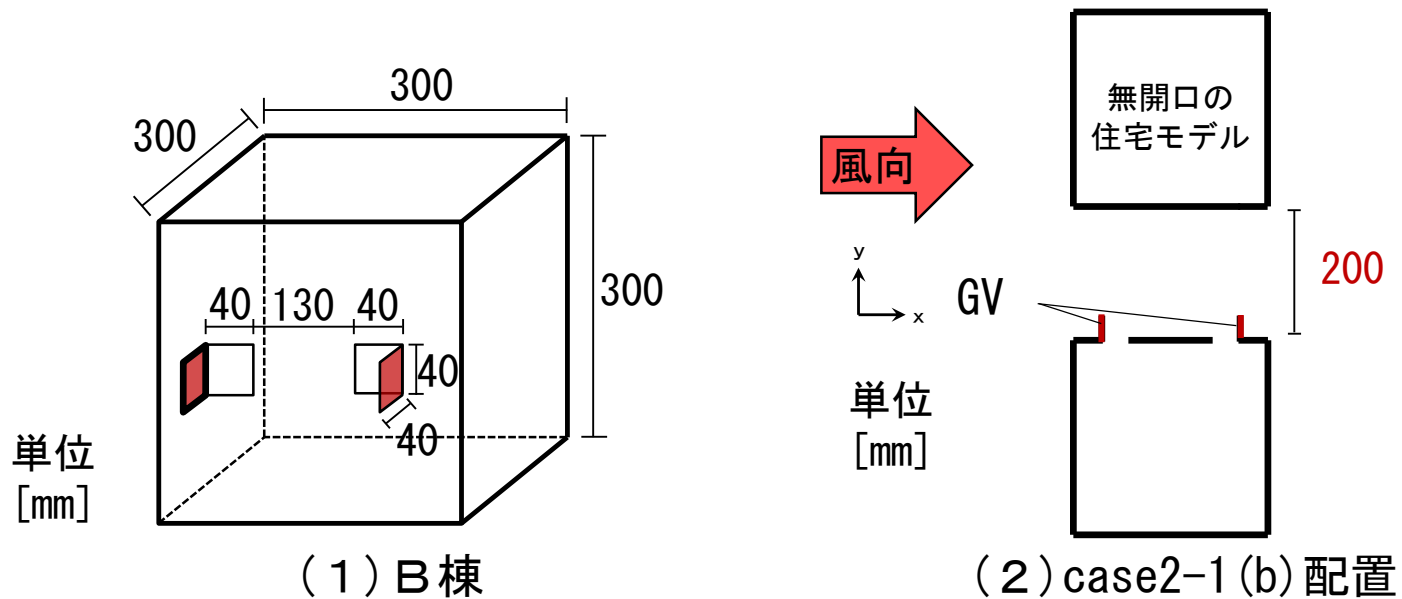
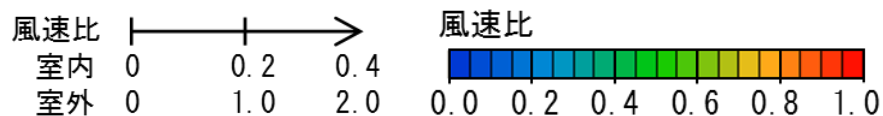


図 単純住宅モデルの概要

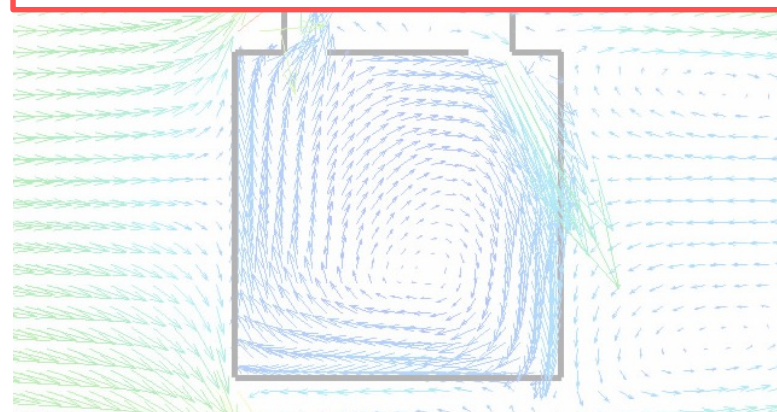
3.2 LES解析結果:2-1 (b)



無開口の
住宅モデル



風下側開口から気流が風速比0.4程度で流入し、室内壁面を沿う様に流れ、風上側開口から流出する。

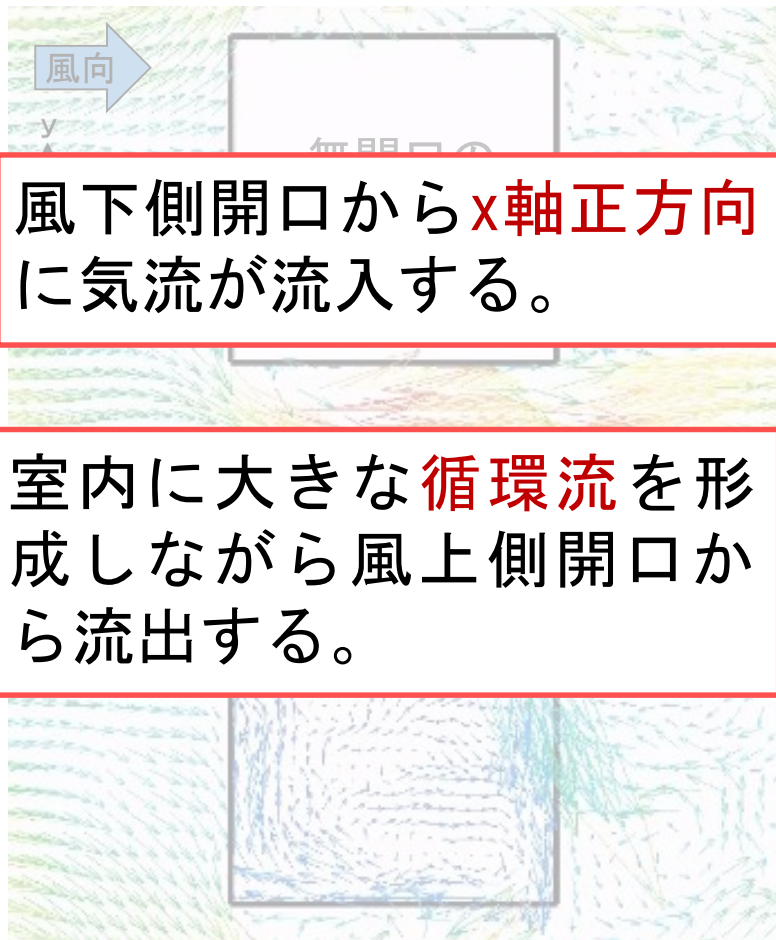


動画 室内外瞬時風速比分布

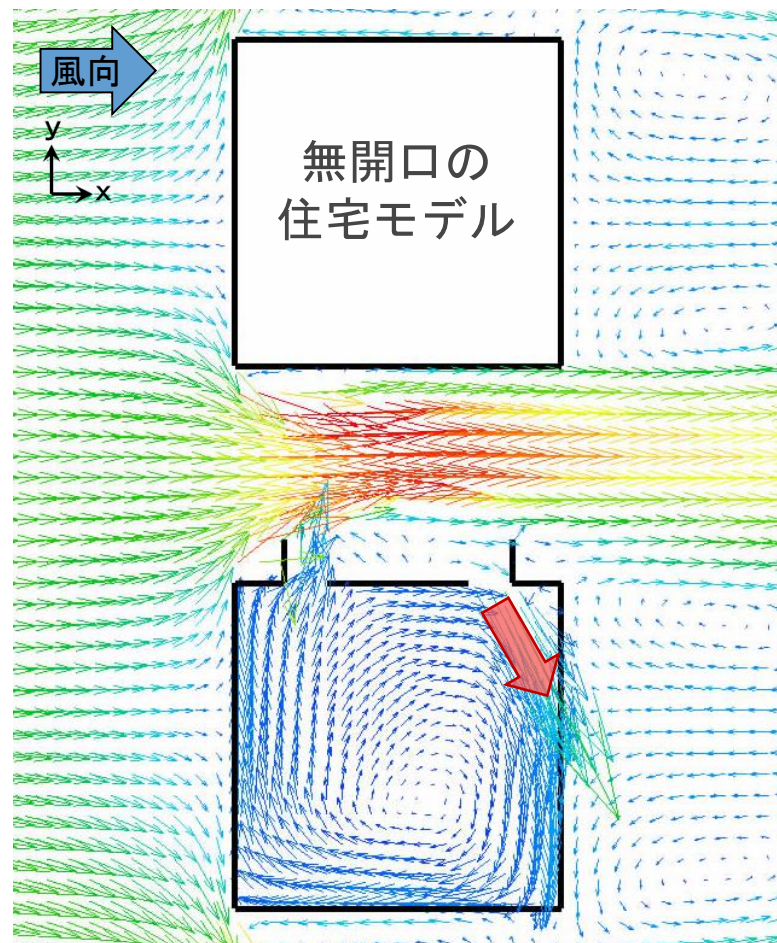
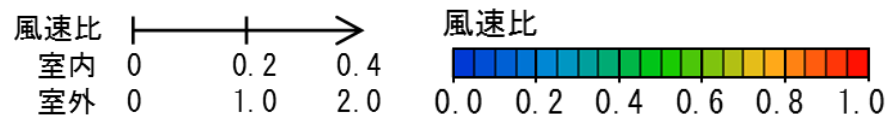
(b) 平均風速比分布

図9 case2-1 (b) の室内外風速比分布

3.2 LES解析結果:2-1 (b)



動画 室内外瞬時風速比分布



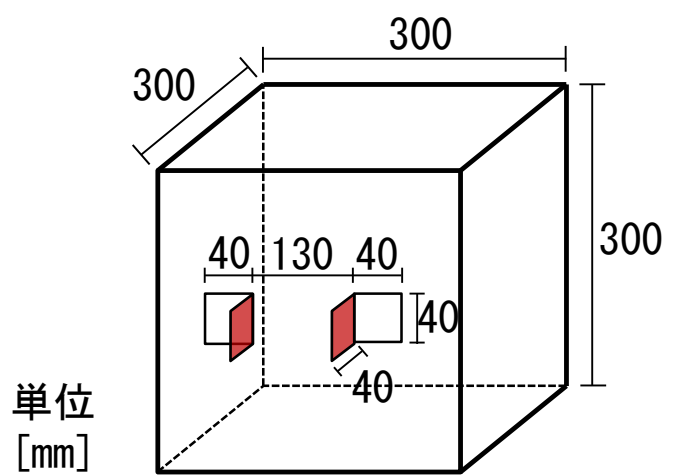
(b) 平均風速比分布

図9 case2-1 (b) の室内外風速比分布

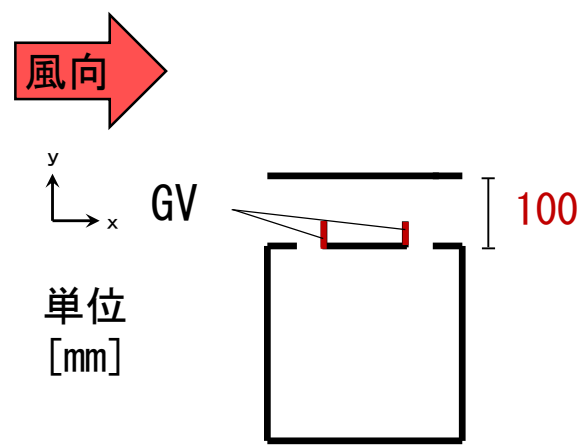
3.3 LES解析結果: case3-2(a)

表 1 解析case

解析case		単純住宅モデル	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	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)				壁	100
	case1-2(b)					200
case2	case2-1(a)	B棟	風上側	風下側	無開口の住宅モデル	100
	case2-1(b)					200
	case2-2(a)				壁	100
	case2-2(b)					200
case3	case3-1(a)	C棟	風下側	風上側	無開口の住宅モデル	100
	case3-1(b)					200
	case3-2(a)				壁	100
	case3-2(b)					200



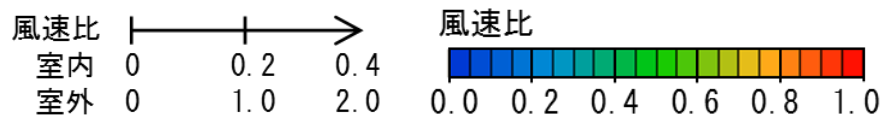
(1) C棟



(2) case3-2(a) 配置

図 単純住宅モデルの概要

3.3 LES解析結果: case3-2 (a)



壁



風向

風上、風下側の両開口部から気流が流入出する様子が見られる。

風上の両開口付近に渦が形成されており、複雑な気流場を形成している。

動画 室内外瞬時風速比分布

(b) 平均風速比分布

図14 case3-2 (a) の室内外風速比分布

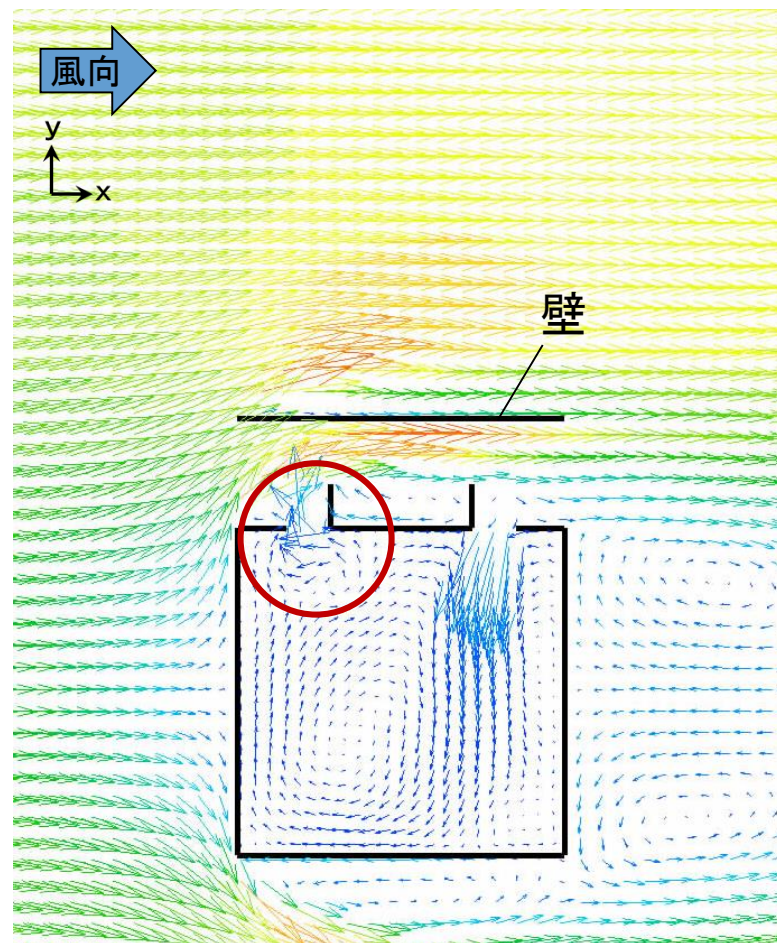
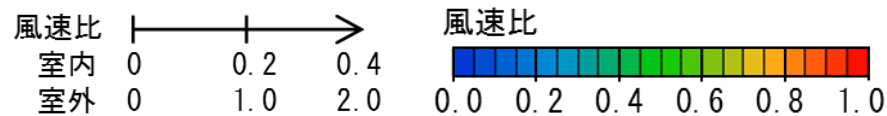
3.3 LES解析結果: case3-2 (a)



気流は風下側から開口面
に対し比較的垂直に流入
する。

風上側開口面に渦が形成
されており、気流の流入
出が同一開口面で生じる。

動画 室内外瞬時風速比分布



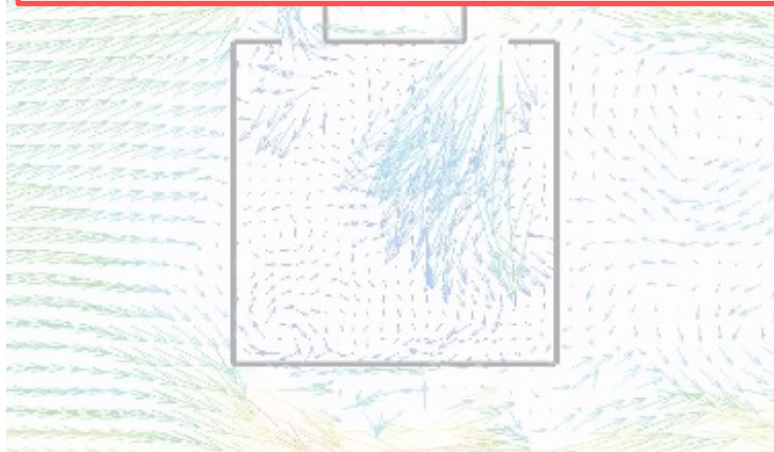
(b) 平均風速比分布

図14 case3-2 (a) の室内外風速比分布

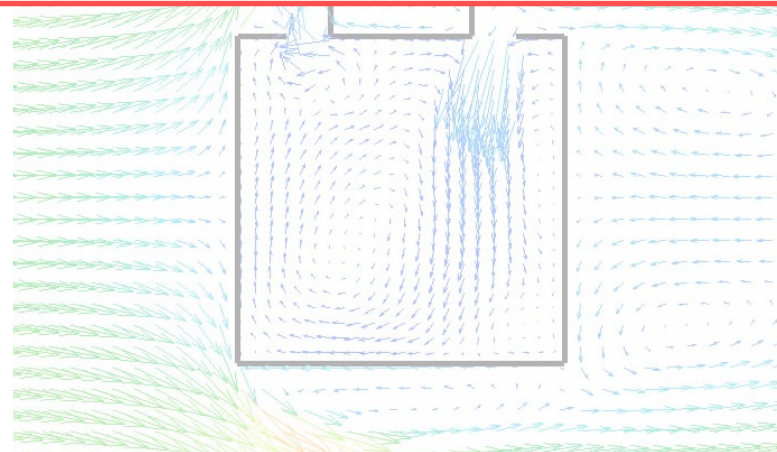
3.3 LES解析結果: case3-2 (a)



case3のGV設置位置では建物周囲条件及び隣棟間隔を変化させることで気流の流入出開口が変化する。



動画 室内外瞬時風速比分布



(b) 平均風速比分布

図14 case3-2 (a) の室内外風速比分布

- 1 研究目的
- 2 数値流体解析の概要
- 3 数値流体解析結果
- 4 換気・通風性能評価手法の概要
- 5 換気・通風性能評価結果
- 6 まとめ

4.1 評価手法の概要

換気・通風性能評価手法では、新鮮空気の室内到達深度を念頭に、質量、大きさの無い粒子を開口面から放出し、気流に追従させる解析を行う。

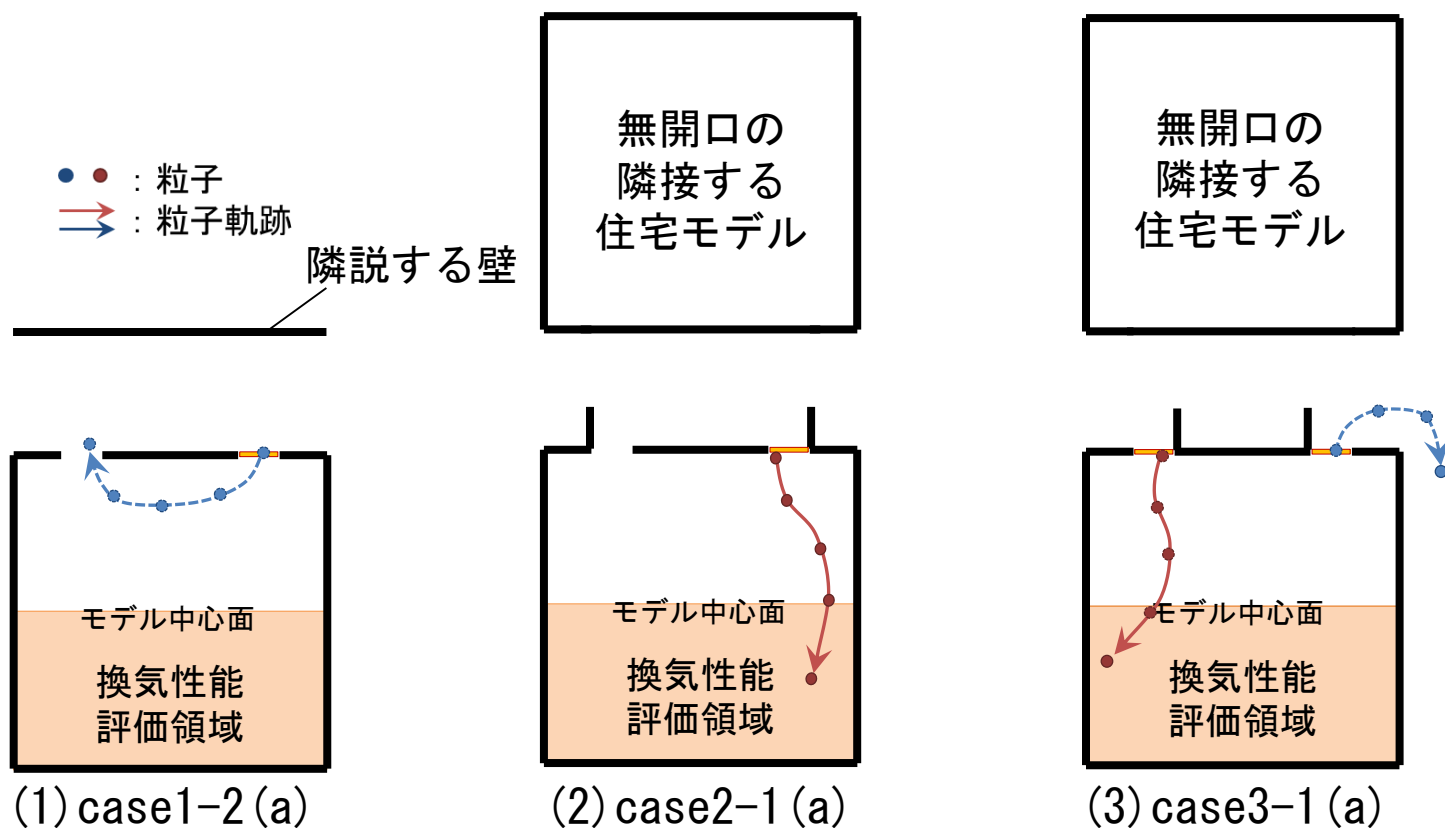


図16 建物周囲条件を考慮した換気・通風性能評価手法の概要

4.1 評価手法の概要

室内に流入した新鮮空気が居住域に到達せずに**ショートサーキット**する場合を考慮し、モデル中心面から開口を有する壁面と対向する壁面までを**換気性能評価領域**とする。

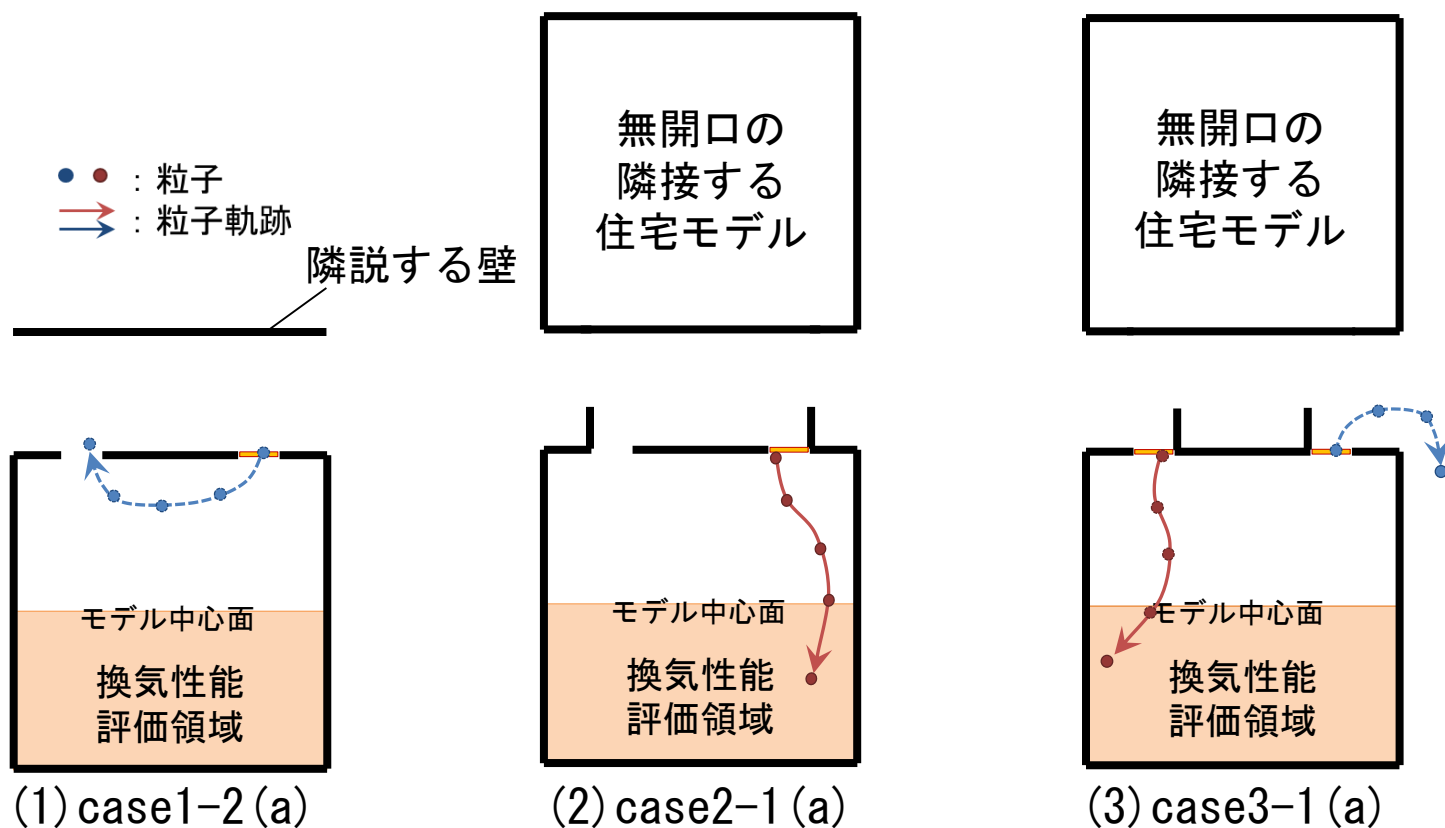


図16 建物周囲条件を考慮した換気・通風性能評価手法の概要

4.1 評価手法の概要

開口面から放出した粒子の位置追跡により、室内に流入した空気の内、換気に実質的に寄与する風量を把握することで換気・通風性能評価を行う。

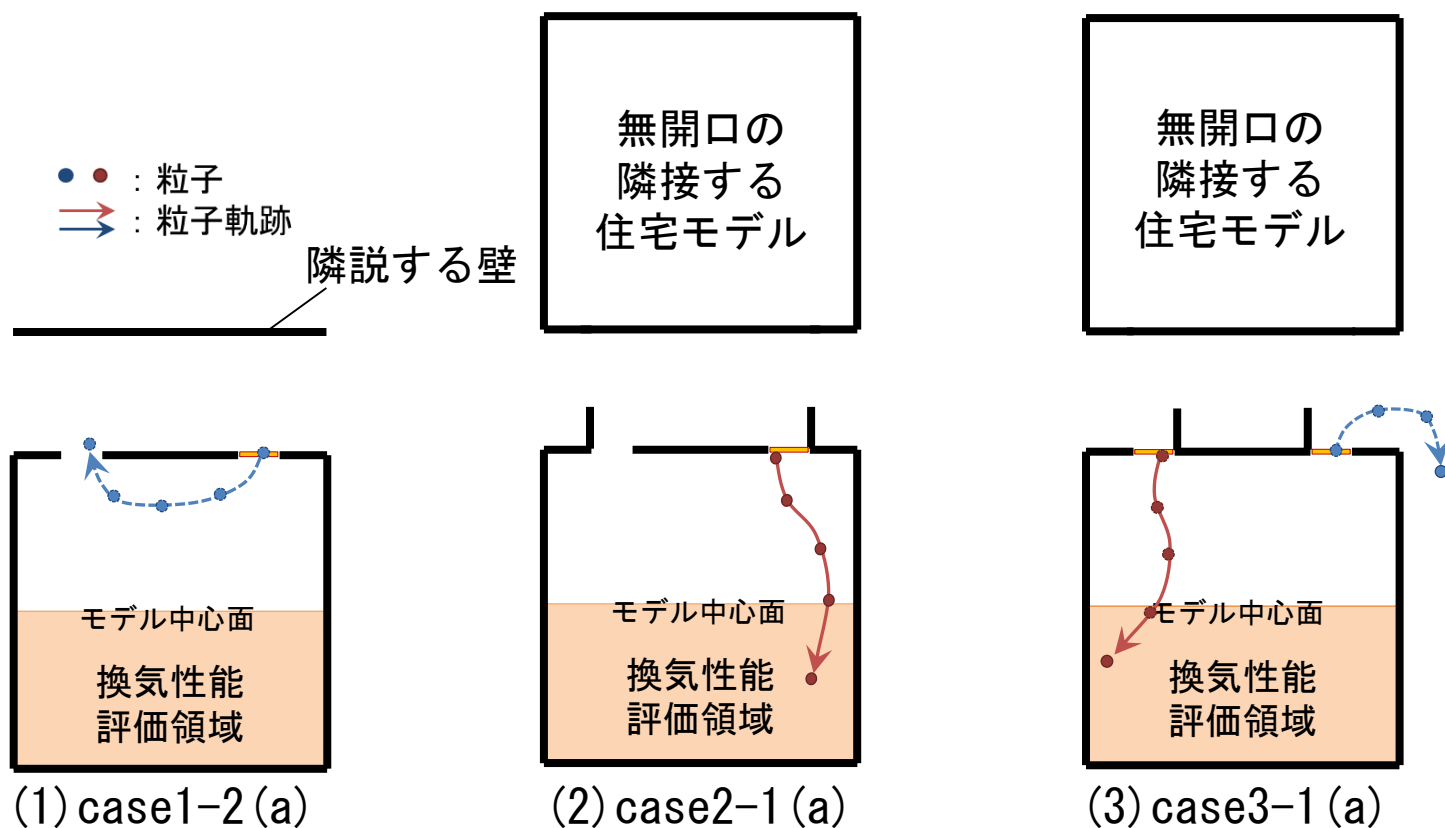


図16 建物周囲条件を考慮した換気・通風性能評価手法の概要

4.1 評価手法の概要

粒子放出間隔は開口面の流入方向の流速成分の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]間放出する。

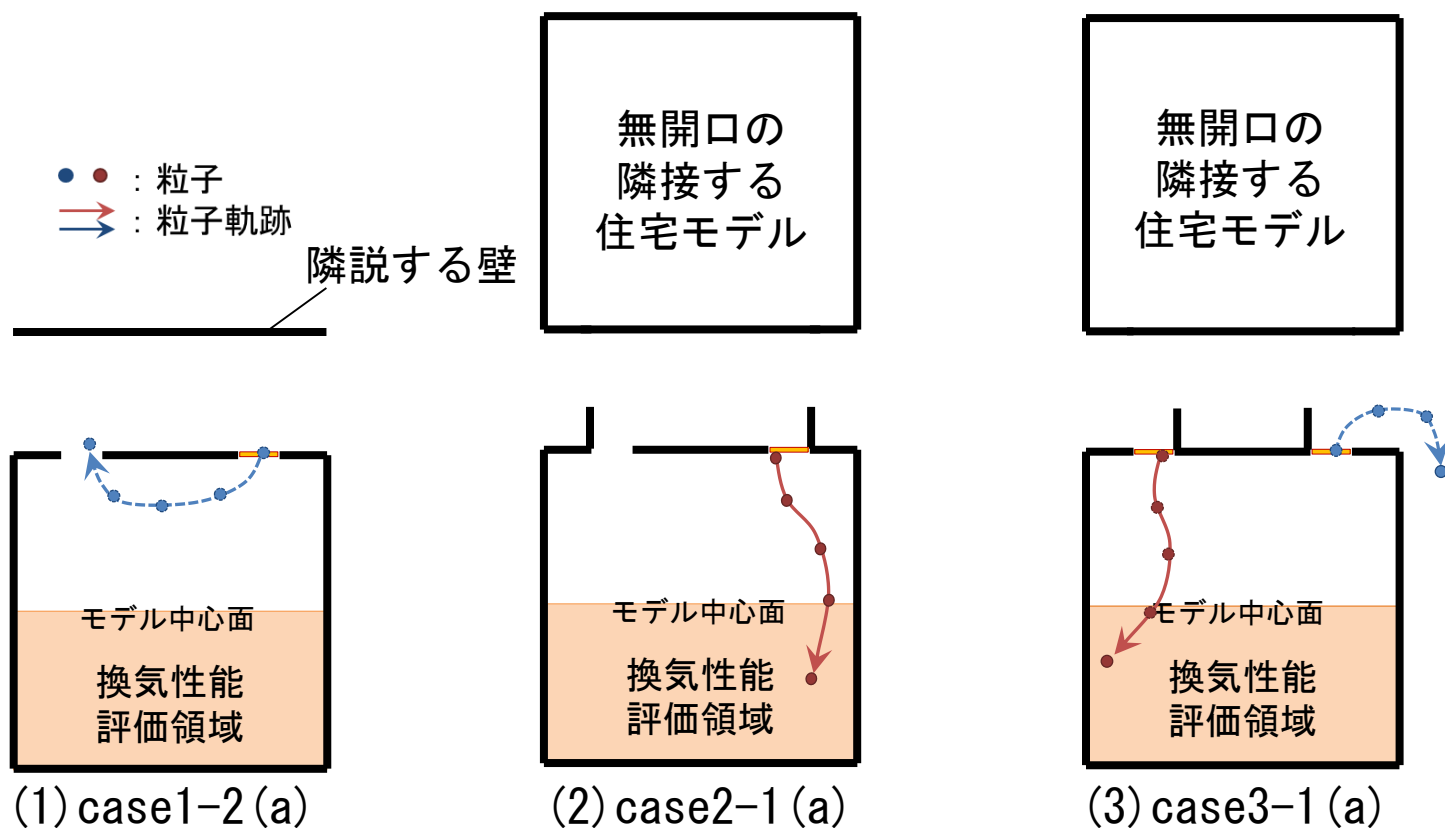


図16 建物周囲条件を考慮した換気・通風性能評価手法の概要

4.3 有効換気量比の算出方法

表3 有効換気量比の算出方法

$$i = (n_r/n_{in}) \times 100[\%] \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$Q_e = Q \times i \times 1/100 [\text{m}^3/\text{h}] \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$r = Q/Q_o [-] \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

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

i : 到達率[%]

n_r : 到達粒子数[個]

n_{in} : 流入粒子数[個]

Q_e : 有効換気量[m³/h]

Q : 換気量[m³/h]

r : 換気量比[-]

Q_o : 基準caseの換気量[m³/h]

r_e : 有効換気量比[-]

Q_{eo} : 基準caseの有効換気量[m³/h]

4.3 有効換気量比の算出方法

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) から式 (1) より到達率 (i) を算出する。

表3 有効換気量比の算出方法

$$i = (n_r / n_{in}) \times 100 [\%] \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$Q_e = Q \times i \times 1/100 [\text{m}^3/\text{h}] \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$r = Q / Q_o [-] \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

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

i : 到達率 [%]

n_r : 到達粒子数 [個]

n_{in} : 流入粒子数 [個]

Q_e : 有効換気量 [m^3/h]

Q : 換気量 [m^3/h]

r : 換気量比 [-]

Q_o : 基準caseの換気量 [m^3/h]

r_e : 有効換気量比 [-]

Q_{eo} : 基準caseの有効換気量 [m^3/h]

4.3 有効換気量比の算出方法

LES解析結果で算出した各caseの粒子放出タイミング毎の換気量 (Q) と到達率 (i) から式 (2) より有効換気量 (Q_e) を算出する。

表3 有効換気量比の算出方法

$$i = (n_r/n_{in}) \times 100[\%] \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$Q_e = Q \times i \times 1/100 [m^3/h] \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$r = Q/Q_o [-] \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

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

i : 到達率[%]

n_r : 到達粒子数[個]

n_{in} : 流入粒子数[個]

Q_e : 有効換気量 [m^3/h]

Q : 換気量 [m^3/h]

r : 換気量比 [-]

Q_o : 基準caseの換気量 [m^3/h]

r_e : 有効換気量比 [-]

Q_{eo} : 基準caseの有効換気量 [m^3/h]

4.3 有効換気量比の算出方法

既往の研究^{文2)}で算出した基準caseの換気量を Q_0 、有効換気量を Q_{e0} として、各caseの基準化を行い、式(3)より換気量比(r)を、式(4)より有効換気量比(r_e)を算出する。

文2) 高野・赤林・富永・坂口・有波「LESによる戸建住宅の通風性状に関する研究(その2) 風速変動を考慮した自然換気・通風性能評価手法の提案」

表3 有効換気量

$$i = (n_r / n_{in}) \times 100 [\%]$$

$$Q_e = Q \times i \times 1/100 [m^3/h]$$

$$r = Q / Q_0 [-]$$

$$r_e = Q_e / Q_{e0} [-]$$

i : 到達率 [%]
 n_r : 到達粒子数
 n_{in} : 流入粒子数
 Q_e : 有効換気量
 Q : 換気量 [m^3/h]
 r : 換気量比
 Q_0 : 基準caseの換気量
 r_e : 有効換気量比
 Q_{e0} : 基準caseの有効換気量

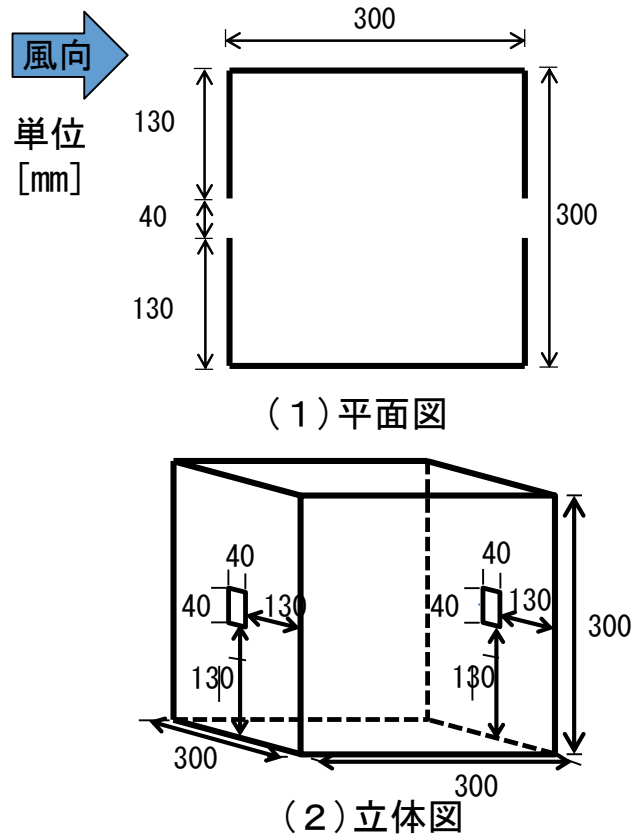


図17 基準caseの概要

4.3 有効換気量比の算出方法

既往の研究^{文2)}で算出した基準caseの換気量を Q_0 、有効換気量を Q_{e0} として、**各caseの基準化**を行い、式(3)より換気量比(r)を、式(4)より**有効換気量比(r_e)**を算出する。

文2) 高野・赤林・富永・坂口・有波「LESによる戸建住宅の通風性状に関する研究(その2) 風速変動を考慮した自然換気・通風性能評価手法の提案」日本建築学会学術講演梗概集、2014年

表3 有効換気量比の算出方法

$$i = (n_r/n_{in}) \times 100[\%] \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$Q_e = Q \times i \times 1/100 [m^3/h] \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$r = Q/Q_0 [-] \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

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

i : 到達率[%]

n_r : 到達粒子数[個]

n_{in} : 流入粒子数[個]

Q_e : 有効換気量[m³/h]

Q : **換気量**[m³/h]

r : 換気量比[-]

Q_0 : 基準caseの換気量[m³/h]

r_e : **有効換気量比**[-]

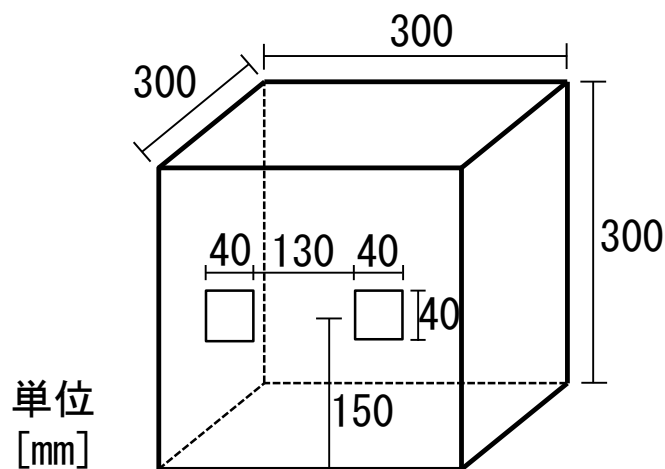
Q_{e0} : **基準caseの有効換気量**[m³/h]

- 1 研究目的
- 2 数値流体解析の概要
- 3 数値流体解析結果
- 4 換気・通風性能評価手法の概要
- 5 換気・通風性能評価結果
- 6 まとめ

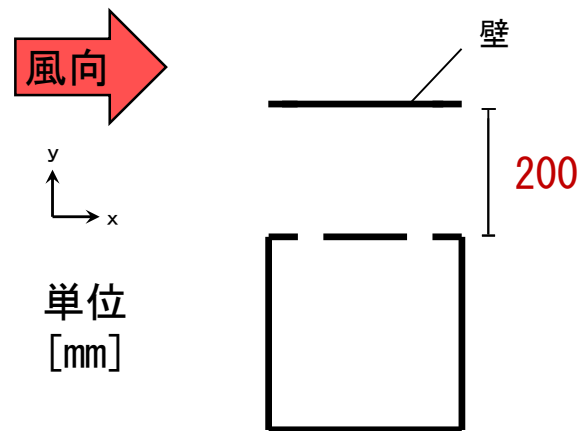
5.1 換気・通風性能評価結果: case1-2 (b)

表 1 解析case

解析case		単純住宅モデル	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	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)				壁	100
	case1-2(b)					200
case2	case2-1(a)	B棟	風上側	風下側	無開口の住宅モデル	100
	case2-1(b)					200
	case2-2(a)				壁	100
	case2-2(b)					200
case3	case3-1(a)	C棟	風下側	風上側	無開口の住宅モデル	100
	case3-1(b)					200
	case3-2(a)				壁	100
	case3-2(b)					200



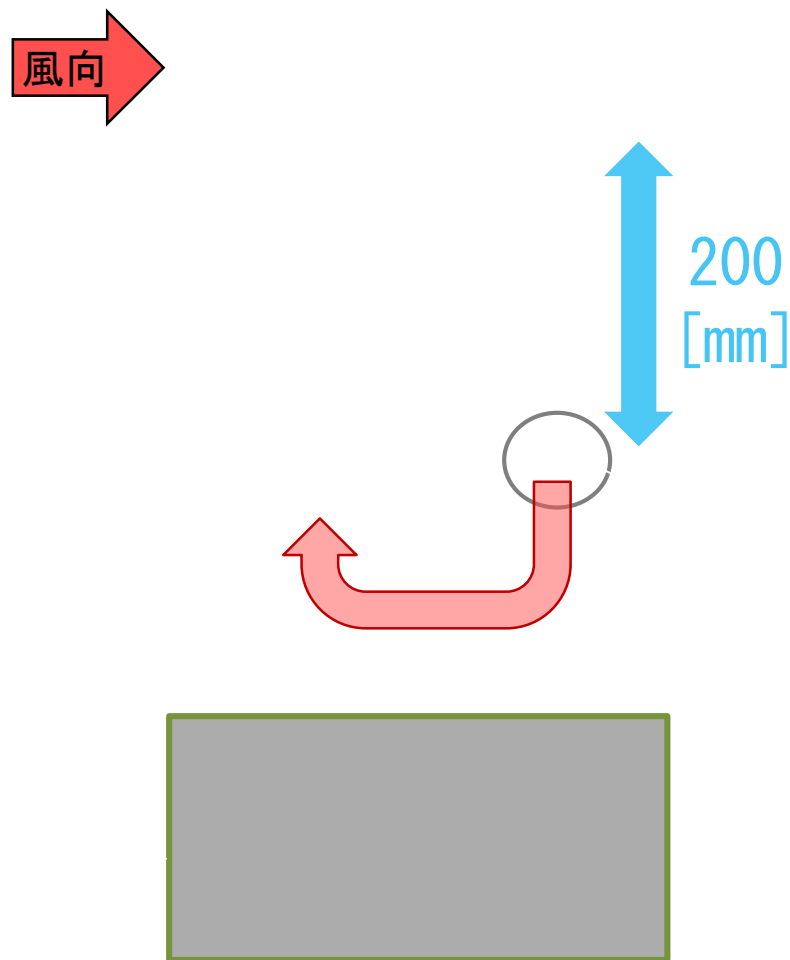
(1) A棟 立体図



(2) case1-2(b) 配置図

図 単純住宅モデルの概要

5.1 換気・通風性能評価結果: case1-2 (b)



放出された粒子は室内を循環せず換気性能評価領域に到達する前にショートサーキットする。

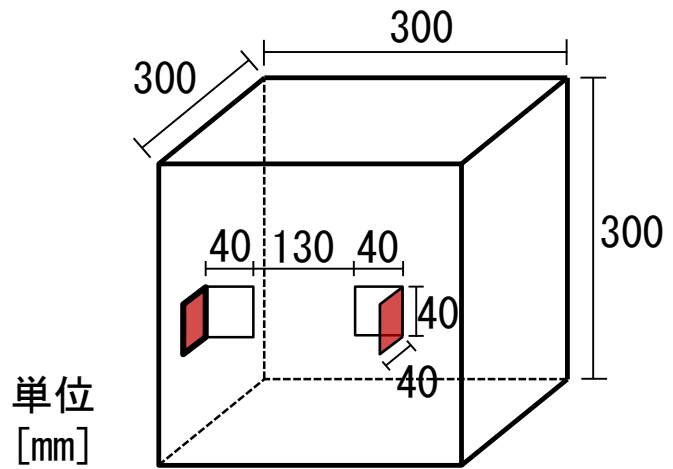
到達率 : 73.9 [%]
有効換気量比: 0.35 [-]

動画 case1-2 (b) 粒子放出結果

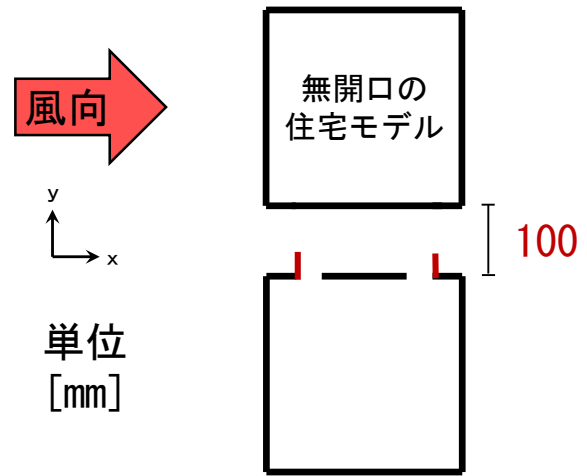
5.1 換気・通風性能評価結果: case2-1 (a)

表 1 解析case

解析case		単純住宅モデル	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	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)				壁	100
	case1-2(b)					200
case2	case2-1(a)	B棟			無開口の住宅モデル	100
	case2-1(b)		風上側	風下側	壁	200
	case2-2(a)					100
	case2-2(b)					200
case3	case3-1(a)	C棟	風下側	風上側	無開口の住宅モデル	100
	case3-1(b)					200
	case3-2(a)				壁	100
	case3-2(b)					200



(1) B棟 立体図



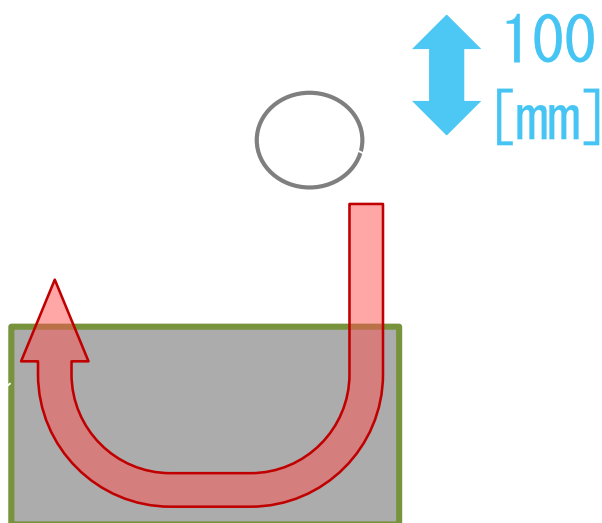
(2) case2-1(a) 配置図

図 単純住宅モデルの概要

5.2 換気・通風性能評価結果: case2-1 (a)



放出された粒子は室内壁面を沿うように流入し、室内を循環する。



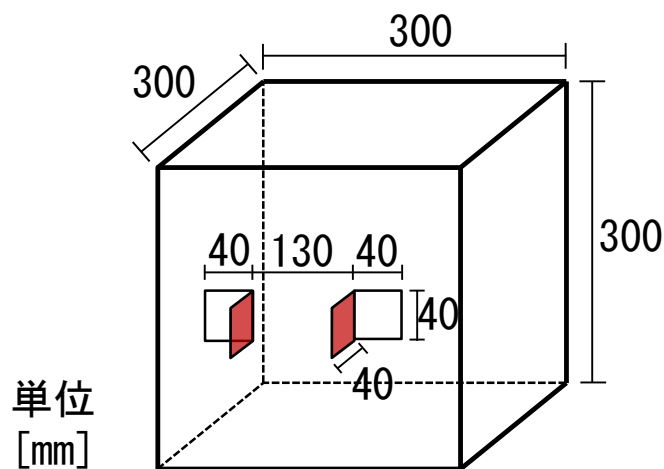
到達率 : 98.0 [%]
有効換気量比: 0.72 [-]

動画 case2-1 (a) 粒子放出結果

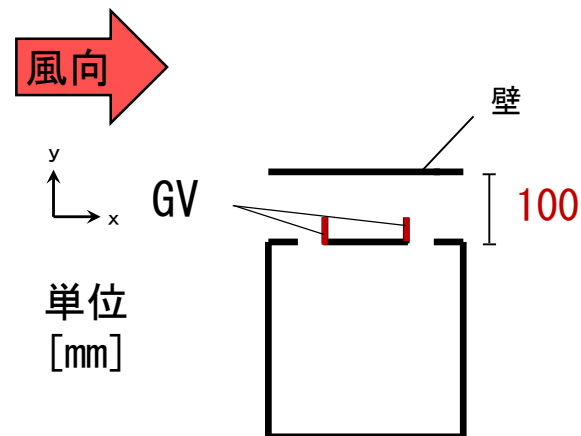
5.3 換気・通風性能評価結果: case3-2(a)

表 1 解析case

解析case		単純住宅モデル	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	case1-1(a)	A棟	なし		無開口の住宅モデル	100
	case1-1(b)					200
	case1-2(a)				壁	100
	case1-2(b)					200
case2	case2-1(a)	B棟	風上側	風下側	無開口の住宅モデル	100
	case2-1(b)					200
	case2-2(a)				壁	100
	case2-2(b)					200
case3	case3-1(a)	C棟	風下側	風上側	無開口の住宅モデル	100
	case3-1(b)					200
	case3-2(a)				壁	100
	case3-2(b)					200



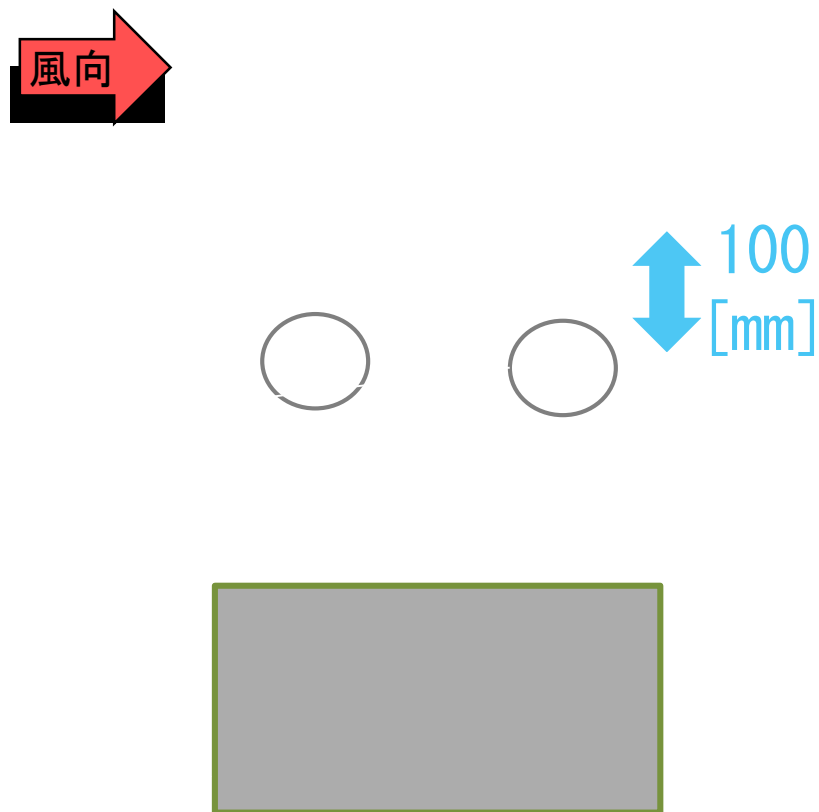
(1) C棟 立体図



(2) case3-2(a) 配置図

図 単純住宅モデルの概要

5.3 換気・通風性能評価結果: case3-2 (a)



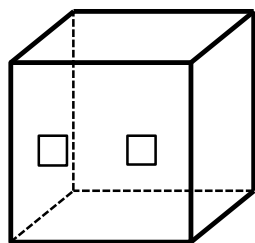
風上側, 風下側の両開口から粒子が室内に流入するため、動きが複雑である。

到達率 : 84.2 [%]
有効換気量比: 0.39 [-]

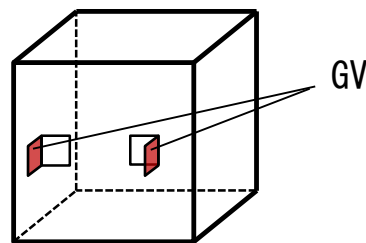
動画 case3-2 (a) 粒子放出結果

5.4 各caseの比較

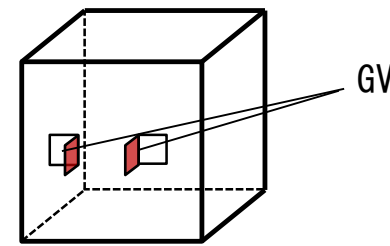
単体の場合の到達率が2棟を隣接配置した場合と比較して小さくなる傾向がある。



(1) A棟



(2) B棟



(3) C棟

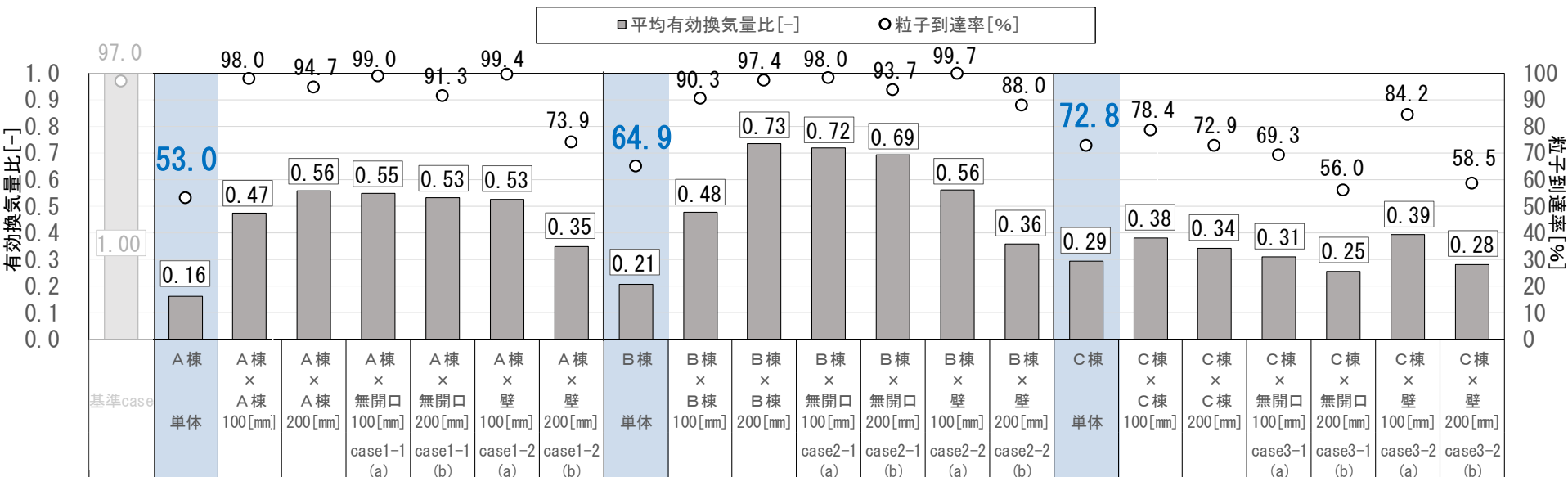
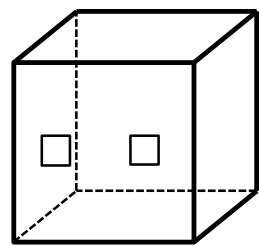


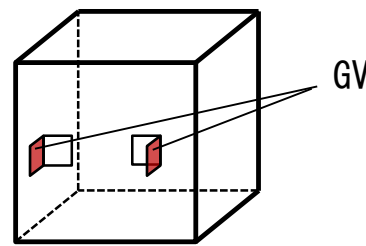
図19 各caseの換気・通風性能評価結果

5.4 各caseの比較

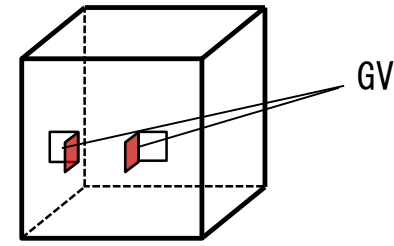
壁を隣棟間隔200[mm]で配置した場合、どの建物モデルでも到達率が他のcaseと比較して大きく低下する。



(1) A棟



(2) B棟



(3) C棟

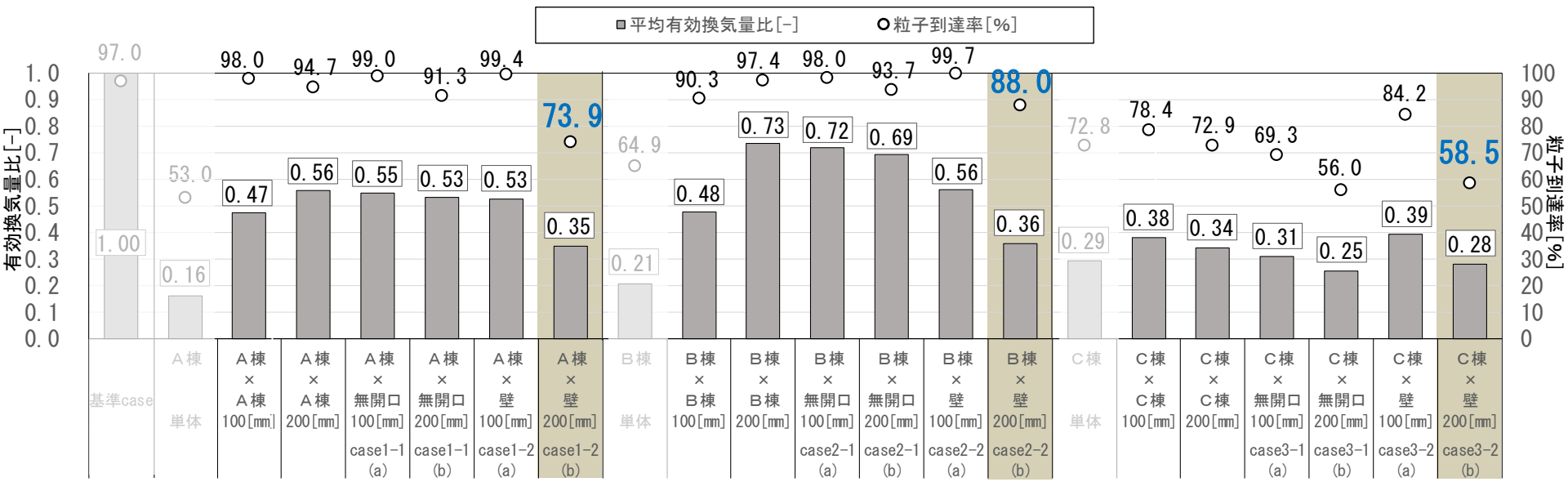
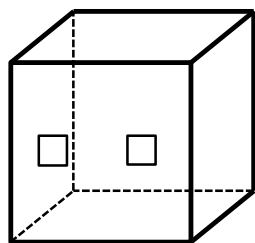


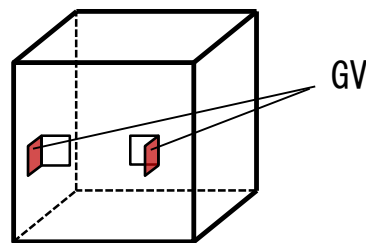
図19 各caseの換気・通風性能評価結果

5.4 各caseの比較

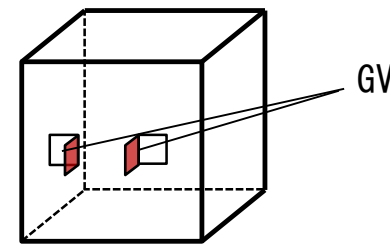
今回の解析caseでは隣棟間隔を変化させる場合に200[mm]よりも**100[mm]**の方が**到達率は大きい**傾向がある。



(1) A棟



(2) B棟



(3) C棟

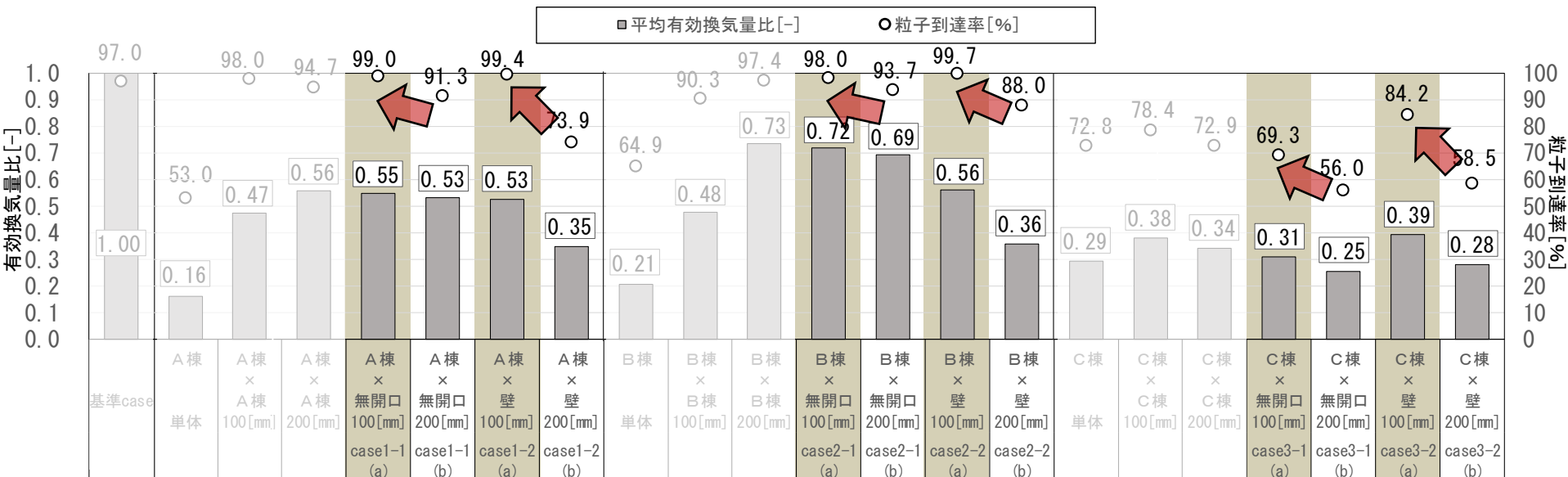
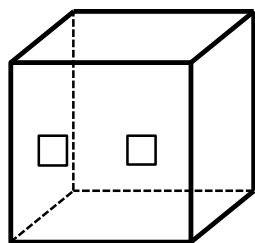


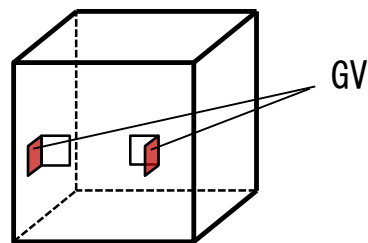
図19 各caseの換気・通風性能評価結果

5.4 各caseの比較

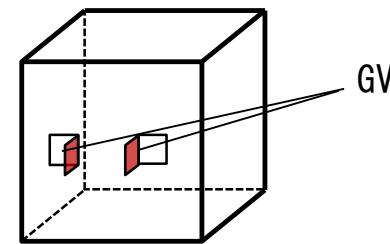
既往の研究の有開口の住宅モデルを隣接配置した場合では
隣棟間隔200[mm]の方が**有効換気量比**はほぼ同等以上となるのに対し、



(1) A棟



(2) B棟



(3) C棟

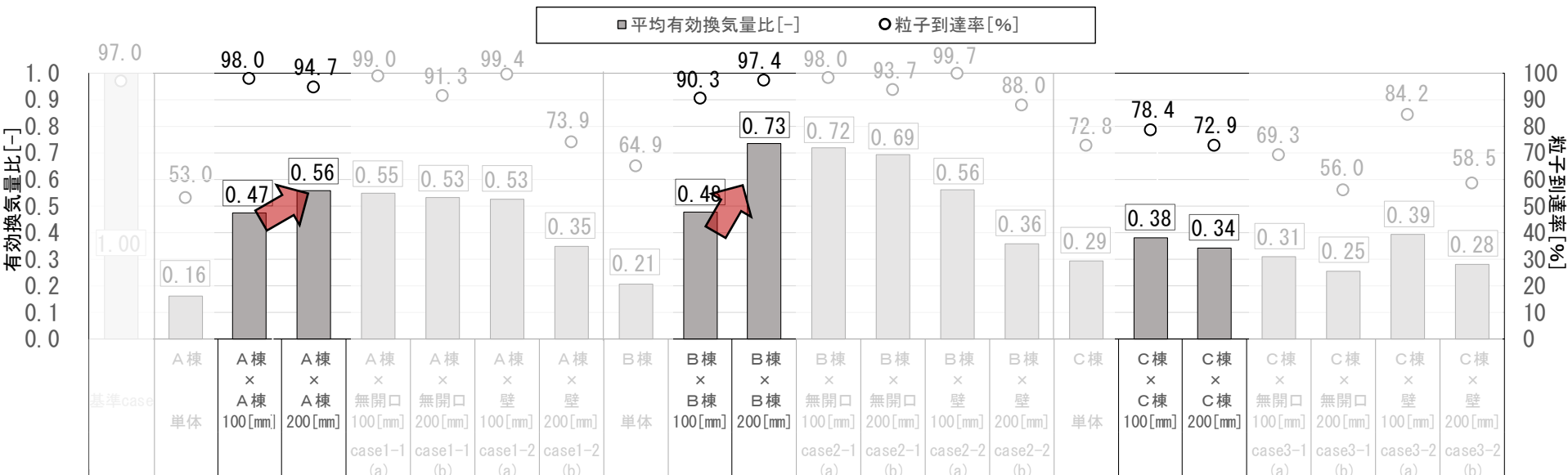
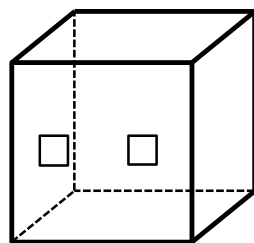


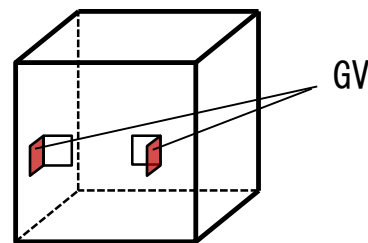
図19 各caseの換気・通風性能評価結果

5.4 各caseの比較

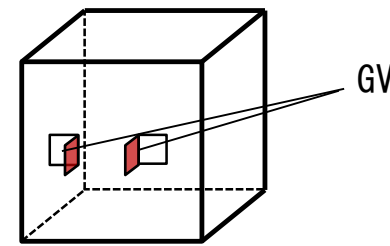
今回の解析caseでは隣棟間隔100[mm]の方が大きくなる。



(1) A棟



(2) B棟



(3) C棟

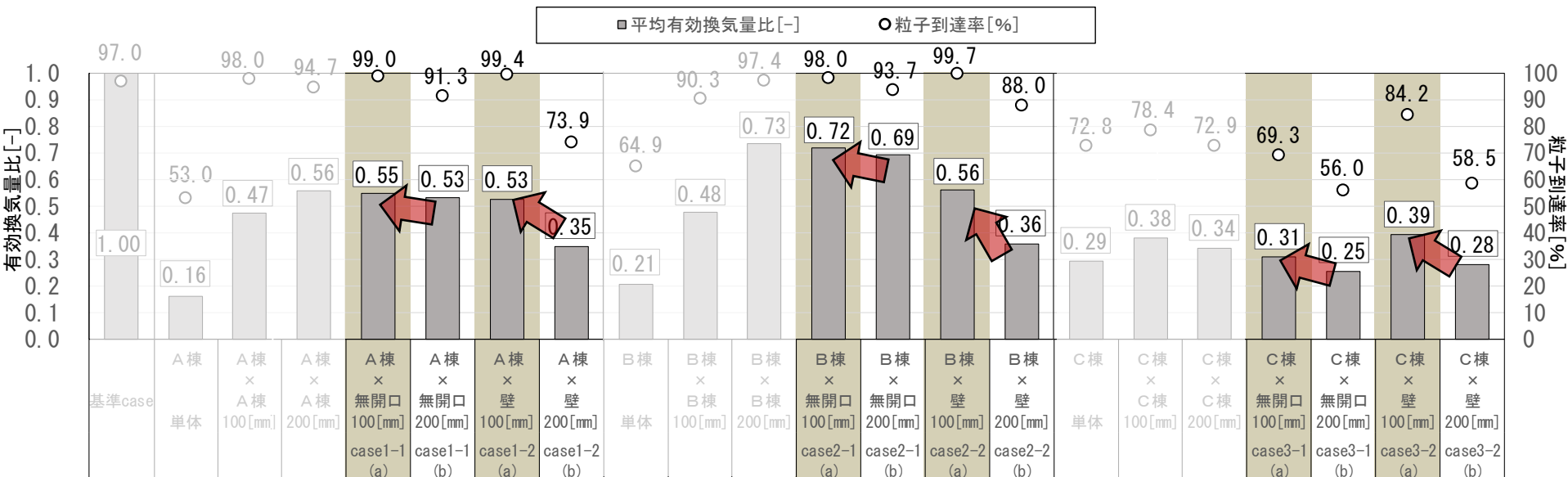
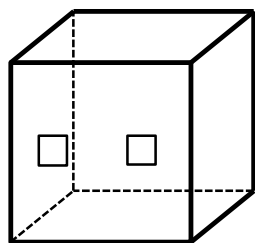


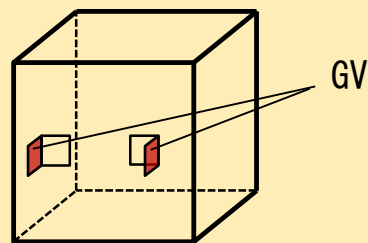
図19 各caseの換気・通風性能評価結果

5.4 各caseの比較

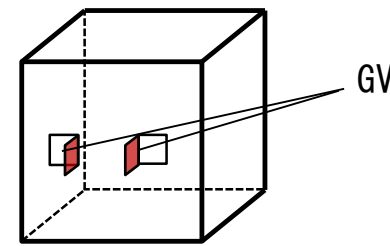
3 caseの中では**case2の有効換気量比**が全体的に大きい傾向となる。



(1) A棟



(2) B棟



(3) C棟

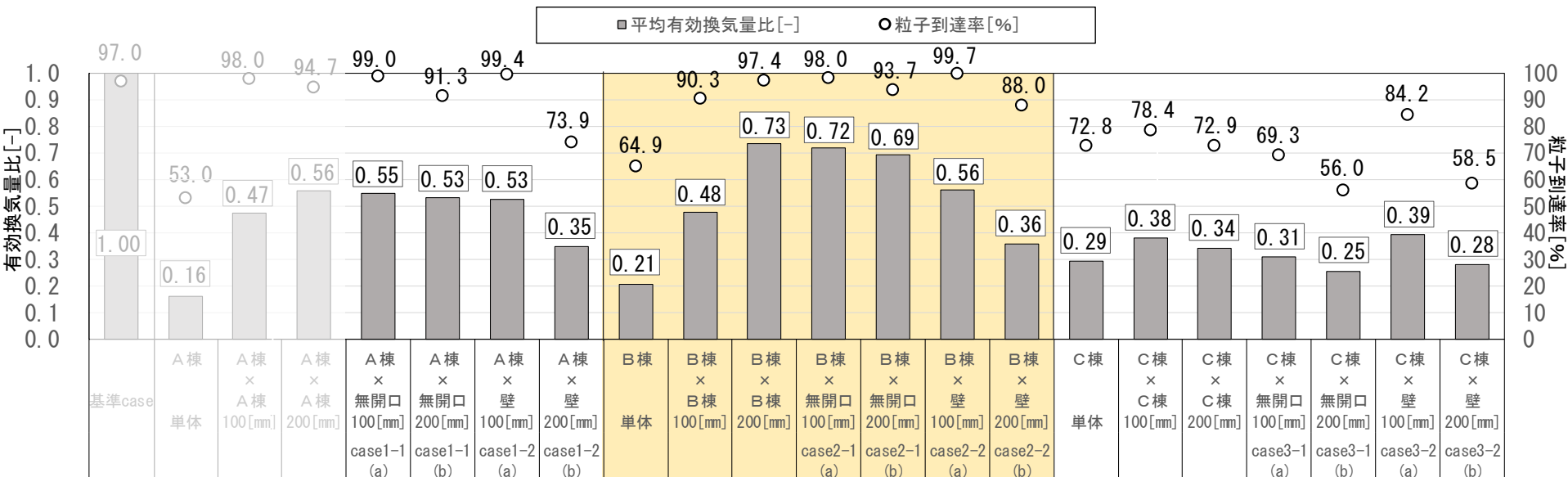


図19 各caseの換気・通風性能評価結果

5.4 各caseの比較

無開口の住宅モデル及び壁を配置した今回の解析caseの中ではB棟と無開口のモデルを隣棟間隔100[mm]で配置したcase2-1(a)で0.72、

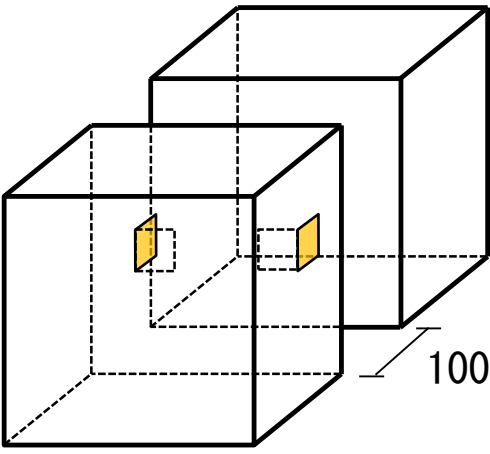


図 case2-1(a)

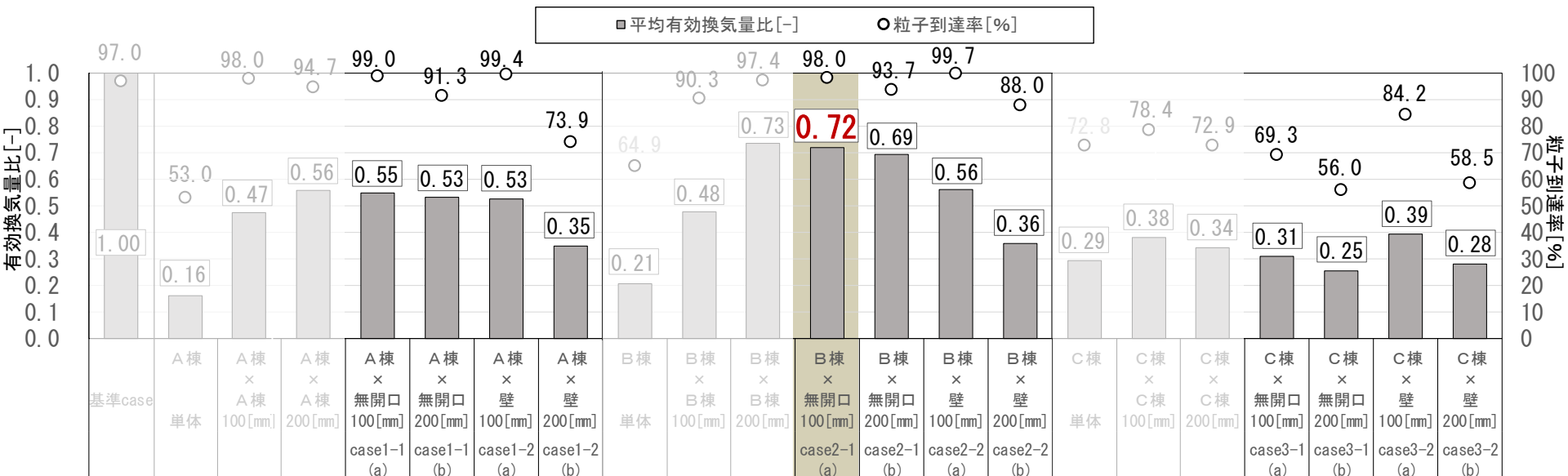


図19 各caseの換気・通風性能評価結果

5.4 各caseの比較

単体及び2棟の有開口の住宅モデルを配置したcaseを含めた全caseの中ではB棟2棟を隣棟間隔200[mm]で配置した場合のcaseが最も大きく**0.73**となる。

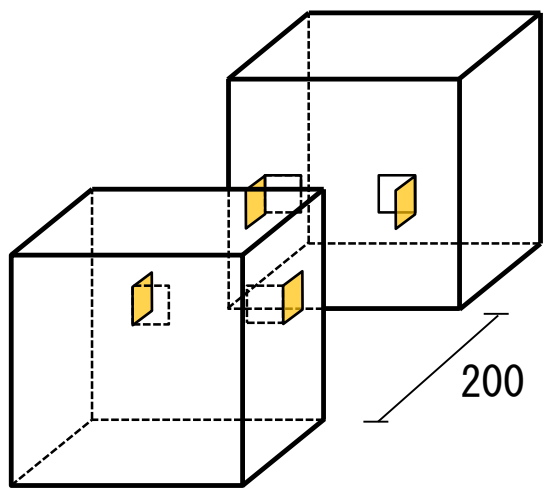


図 B棟×B棟

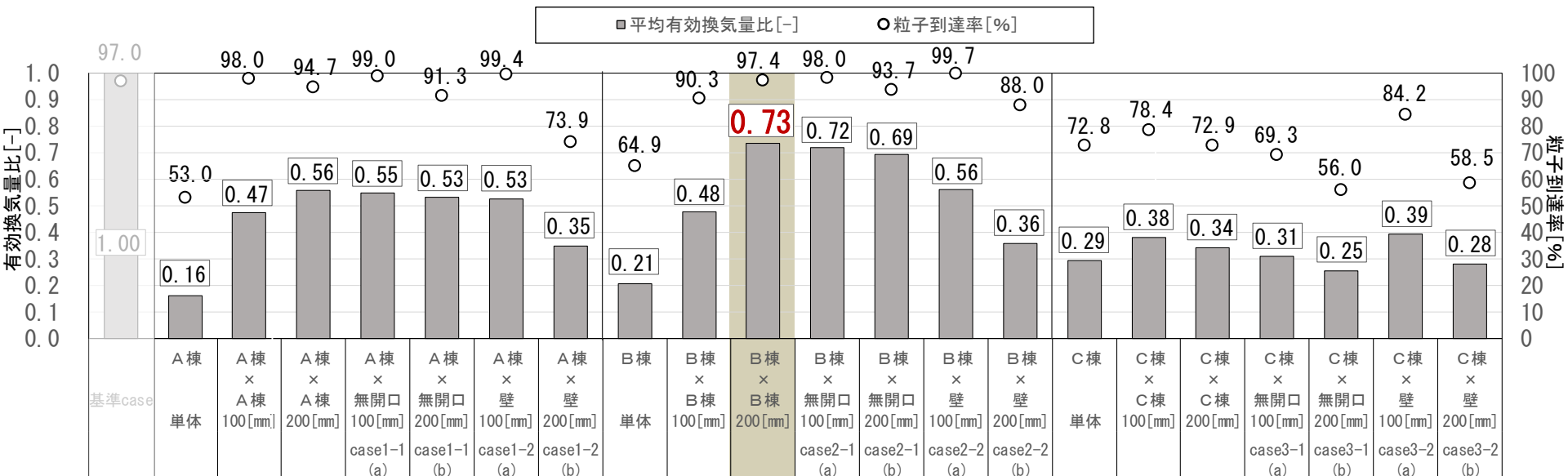
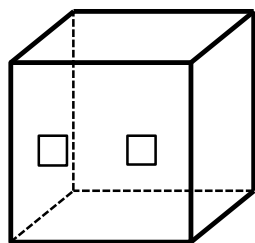


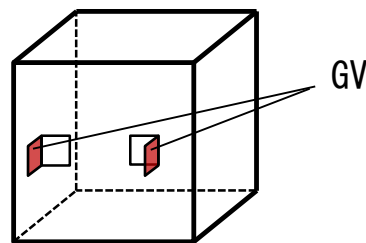
図19 各caseの換気・通風性能評価結果

5.4 各caseの比較

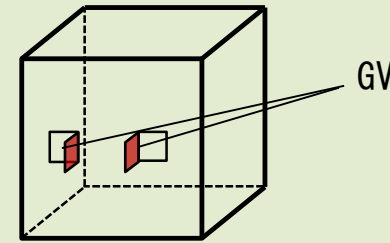
case3のGV設置位置ではcase1、case2に比較して有効換気量比が低く、GVが換気を阻害している。



(1) A棟



(2) B棟



(3) C棟

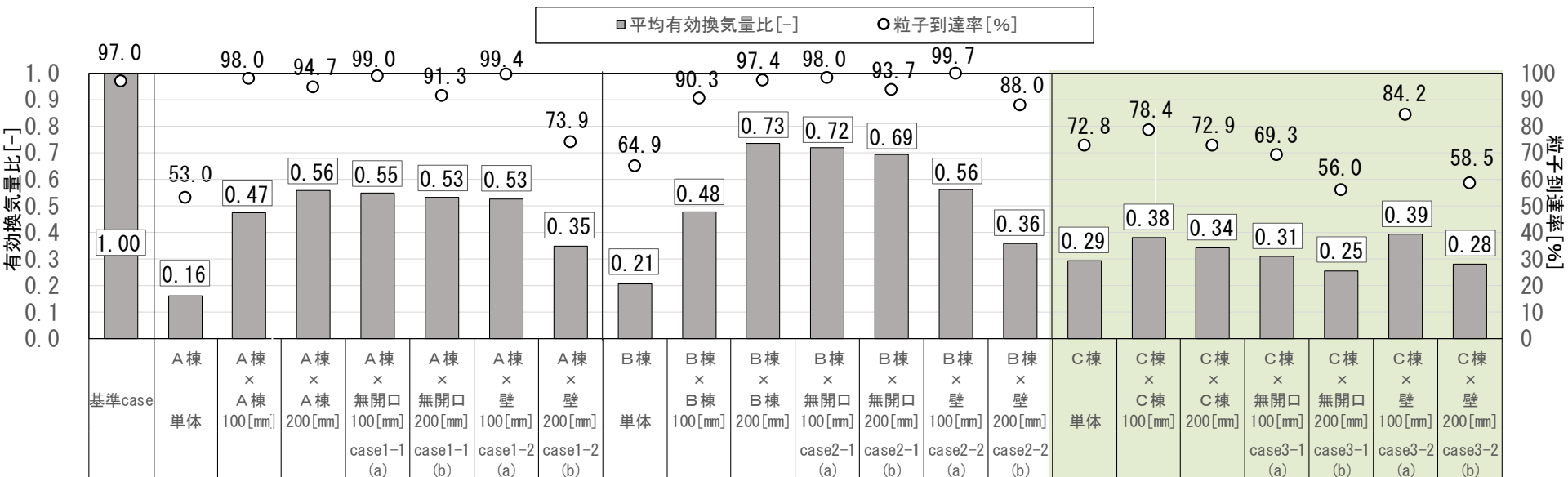


図19 各caseの換気・通風性能評価結果

- 1 研究目的
- 2 数値流体解析の概要
- 3 数値流体解析結果
- 4 換気・通風性能評価手法の概要
- 5 換気・通風性能評価結果
- 6 まとめ

まとめ

平均風速比分布の結果

- ①case1, case2ではどのcaseでも風下側開口から流入した気流は室内壁面を沿うように流れ、循環流を形成しながら、風上側開口から流出する。
- ②case3のGV設置位置では建物周囲条件及び隣棟間隔を変化させることで気流の流入出開口が変化する。
- ③case3の換気回数は、実大でおよそ17.2～18.6[回]となり、壁の場合と無開口の住宅モデルの場合で、ほぼ同様の値となる。

換気・通風性能評価の結果

- ①case1では、単体及びcase1-2(b)を除き、有効換気量比は概ね一定である。
- ②case2では、壁と無開口の住宅モデルを隣接して配置した場合で比較すると、壁を配置した場合の方が有効換気量比が小さくなる。
- ③case3では、有効換気量比ではcase1, case2と比較して全体的に値が小さくなり、建物周囲条件による大きな変化は見られず、換気性能は低い。
- ④今回の解析case の中ではcase2-1(a)で0.72、全caseの中ではB棟2棟を隣棟間隔200[mm]で配置した場合のcaseが最も大きく0.73となる。
- ⑤case3のGV設置位置ではcase1, case2に比較して有効換気量比が低く、GVが換気を阻害している。