

数値シミュレーションによる戸建住宅の通風性状に関する研究

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

中島 昭紀
指導教員
赤林 伸一 教授

1 研究目的

既往の研究^{文1~2)}では、LES 解析により様々な開口条件における単体の単純住宅モデルで通風性状の検討を行ってきた。本研究では、通風が得にくいとされる市街地を想定し、単純住宅モデルを 2 棟隣接して配置させ、隣棟間隔が通風性状へ及ぼす影響を検討する。更に、開口部に風力換気促進装置 (ガイドベーン) を設置した場合の解析を行う。室内外の通風性状及び通風量を比較し、ガイドベーンの効果を定量的に評価する事を目的とする。

2 研究概要

2.1 解析対象：図 1 に解析対象モデルの概要を、表 1 に解析 case を示す。解析対象は一边 300[mm] の立方体の単純住宅モデルとする。隣接する 2 住戸において向かい合う壁面に、それぞれ一边 40[mm] の開口を壁面中央部に 2 箇所設ける。開口の間隔は 130[mm] とする。隣棟間隔は case1-1, 2-1, 3-1 では 100[mm]、case1-2, 2-2, 3-2 では 200[mm] とする。case2-1, 2-2 では風上側開口部の風上側と風下側開口部の風下側に、case3-1, 3-2 では風上側開口部の風下側と風下側開口部の風上側に、一边 40[mm] のガイドベーンを、壁面に対して垂直に取り付ける。

2.2 解析条件：表 2 に LES 解析条件を示す。本研究における LES 解析には汎用数値流体解析ソフト STREAM ver. 10 を使用する。SGS モデルは Dynamic 型 Smagorinsky モデルを使用し、等温で解析する。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]、 $v=3.0$ [m/s]、 $w=3.0$ [m/s] とし、与える。LES 解析ではまず、ドライバー領域^{*1}を設け開口がない 2 棟の単純住宅モデルで流入変動気流を作成する為のプレ解析^{*2}を行う。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^{*2}を行い、室内気流分布及び開口付近における気流性状の検討を行う。

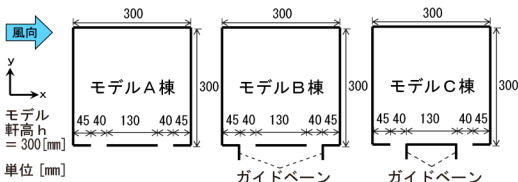


図 1 解析対象モデル平面図

3 解析結果

3.1 プレ解析の結果：図 2 に流入変動気流の高さ方向の平均流速分布を示す。平均流速は、1/4 乗則を基準とする流入プロファイルと同様である。ドライバー領域下流端部 ($x=1,500$ [mm]) での基準高さ ($z=1,000$ [mm]) における基準流速は 5.0 [m/s]、モデル軒高 ($z=300$ [mm]) における平均流速は 3.57 [m/s] である。

3.2 case1-1 の解析結果：図 3 に case1-1 の流速ベクトル分布^{*3}を示す。瞬時流速分布では、各モデルの風下側開口から交互に気流が $2.0 \sim 4.0$ [m/s] 程度で流入する。流入した気流は内壁面に沿ってモデル室内に大きな循環気流を形成する。平均通風量^{*4}は 5.04 [m³/h] である。

3.3 case1-2 の解析結果：図 4 に case1-2 の流速ベクトル分布を示す。瞬時流速分布では、流出する気流により渦が形成される。各モデルで風下側開口から気流が流入し室内に大きな循環気流を形成し風上側開口から流出する。平均通風量は 6.14 [m³/h] である。

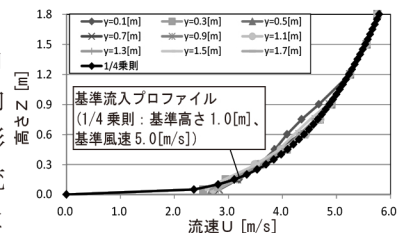


図 2 流入変動気流の平均流速分布

表 1 解析 case

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

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

3.4 case2-1の解析結果：図5にcase2-1の流速ベクトル分布を示す。瞬時流速分布では、各モデルの風下側開口から気流が2.5[m/s]程度で流入し、風上側開口から流出する。モデルの隣棟間では渦が生じ、複雑な気流場が形成される。平均通風量は5.51[m³/h]である。

3.5 case2-2の解析結果：図6にcase2-2の流速ベクトル分布を示す。瞬時流速分布では、各モデルで、気流が風下側開口から3.5[m/s]程度で流入している。平均通風量は7.87[m³/h]である。

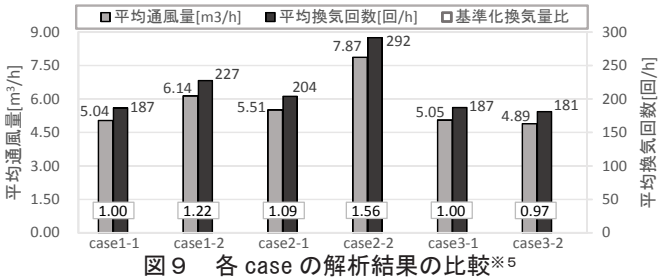
3.6 case3-1の解析結果：図7にcase3-1の流速ベクトル分布を示す。瞬時流速分布では、モデルC-2で風下側開口から気流が流入し、開口を有する内壁面に沿って風上側開口から流出している。平均通風量は5.05[m³/h]である。

3.7 case3-2の解析結果：図8にcase3-2の流速ベクトル分布を示す。瞬時流速分布では、各モデルで、風上側開口付近で渦が形成され、気流の流入出が同一開口面で生じている。平均通風量は4.89[m³/h]である。

3.8 各caseの比較：図9に各caseの解析結果の比較^{※5}を示す。各caseを比較すると、case2-2の通風量が最も多くcase1-1に対して1.56倍である。case3-1, 3-2ではガイドベーンが逆に換気を阻害している。

4 まとめ

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



- ※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 計算開始後t=0~2.6[s]までをプレ解析、t=2.6~4.6[s]はモデル開口部を開放してから室内気流分布が形成されるまでの移行期間としてデータを破棄し、t=4.6~14.6[s]までの計10.0[s]間を本解析の結果とする。
- ※3 開口の中心(z=150[mm])の水平断面における流速分布である。
- ※4 平均通風量は、各モデルの開口面における瞬時流入流出量の積算値を、サイクル数で除する事により平均化し算出する。
- ※5 基準化換気量比とは、各caseの平均通風量をcase1の平均通風量で除した値である。
- 文1) 赤林・坂口・富永・有波・本田「LESによる住宅の通風性状(その1) 標準k-εモデルとLESによる住宅の通風性状の比較」日本建築学会学術講演梗概集、2013年
- 文2) 赤林・坂口・富永・有波・本田「LESによる住宅の通風性状(その2) 同一壁面に複数の開口部を有する単純住宅モデルの気流性状に関する研究」日本建築学会学術講演梗概集、2013年

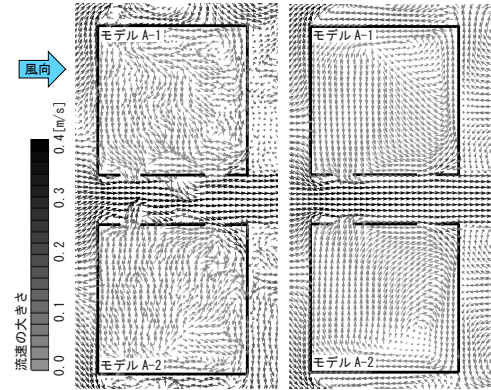


図3 case1-1の流速ベクトル分布^{※3}

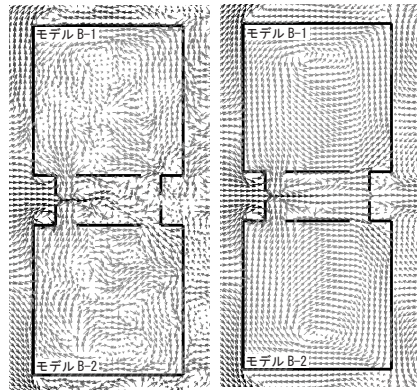


図5 case2-1の流速ベクトル分布^{※3}

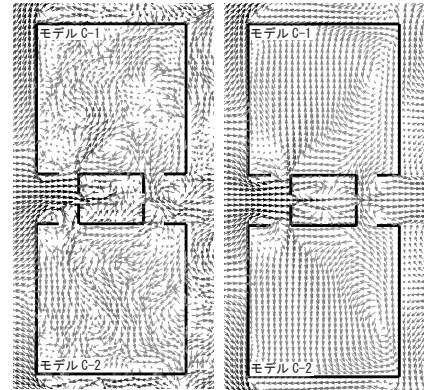


図7 case3-1の流速ベクトル分布^{※3}

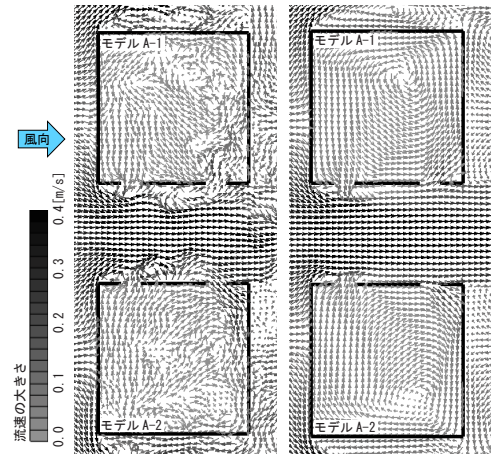


図4 case1-2の流速ベクトル分布^{※3}

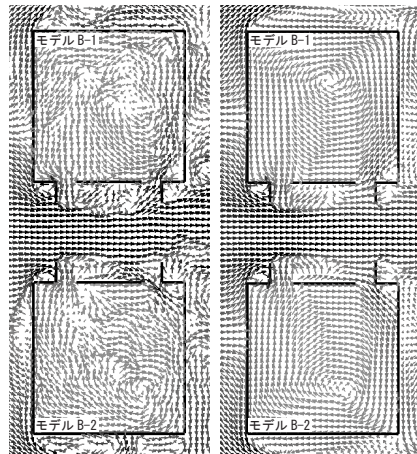


図6 case2-2の流速ベクトル分布^{※3}

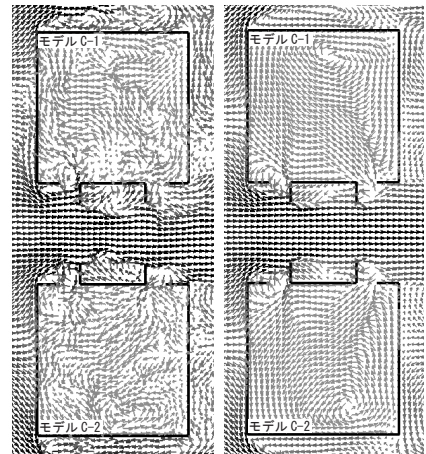


図8 case3-2の流速ベクトル分布^{※3}