# 街区の空間特性に基づく戸建住宅の通風可能性評価

Potential assessment of cross ventilation in detached house based on urban block characteristics

竹林 英樹\*<sup>1</sup> 竹本 優貴\*<sup>1</sup> 福岡 孝則\*<sup>1</sup> 足立 裕司\*<sup>1</sup> 板倉 浩二\*<sup>2</sup> 埴淵 晴男\*<sup>2</sup> Hideki Takebayashi Yuki Takemoto Takanori Fukuoka Yuji Adachi Koji Itakura Haruo Hanibuchi

\*<sup>1</sup> 神戸大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Kobe University
\*<sup>2</sup> 積水ハウス株式会社 Sekisui House Ltd.

Corresponding author: Hideki TAKEBAYASHI, thideki@koube-u.ac.jp

#### ABSTRACT

The relationship between the housing arrangement, adjacent building interval and the average ventilation ratio which is a location indicator of ventilation is analyzed intended for modeled residential district. The difference of ventilation ratio between windward and leeward side houses which is occurred in the case of aligned arrangement, is reduced when the adjacent building interval increases or it becomes a staggered arrangement. In the real housing estates, characteristics of the ventilation ratio are generally consistent with the calculation results in the modeled residential district, since the housing arrangement pattern is similar to the modeled residential district. However, the ventilation ratio may change greatly due to a slight difference of open space and building form in the neighborhood. Local impact by the housing arrangement and district characteristics is also necessary to be taken into account.

キーワード:通風,住宅,気候資源,住宅街区

Key Words: Cross ventilation, Detached house, Climate resource, Residential area

## 1. はじめに

著者らは既往研究において、大阪市の都心部を対象として街区の空間特性が街路空間の風通し環境に及ぼす影響を分析し、街区のグロス建蔽率や建物高さのばらつきと街路空間の風通し環境の関係を明らかにした(1). 既往研究では外部空間の温熱環境改善の観点より街路空間の風通し環境を解析の対象としたが、本研究では住宅街区における住宅内の通風利用の可能性について検討する.

中間期,夏期において通風を利用することは,省エネルギーを図りつつ,室内温熱環境を改善することに有効である。通風利用による室内温熱環境改善効果に関する研究は数多く行われており<sup>(2),(3)</sup>,可感気流による体感温度低下効果より,排熱効果が大幅に大きいことが赤林ら<sup>(2)</sup>により明らかになっている。本研究においても室内温熱環境改善効果を排熱効果(換気回数)により評価する。実際に想定される換気回数についても,赤林ら<sup>(4)</sup>の方法に従って算出する。具体的には,建物性能指標に周辺建蔽率 0%で基準風速の場合の換気回数,立地指標に周辺の建蔽率などの街区の空間特性に応じた平均通風量比,地域指標に WRF(weather Research and Forecasting Model)の計算結果を用いた地域風速を設定し,これらの指標を掛け合わせて実換

気回数が求まるものとする.本研究では以下の2点に注目 して検討を行う.

①実在住宅のプランをベースに, 開口面積や主風向と建物性能指標である換気回数の関係を分析する.

②モデル化した住宅街区を対象として,隣棟間隔や住宅の 配置と立地指標である平均通風量比の関係を分析する.

なお、地域指標である地域風速については、WRFの計算結果より抽出して用いることとする.

①については、既報で報告した(๑). 具体的には次の知見が得られた. 実在住宅モデルを対象として、有効開口面積と平均換気回数の関係を考察したところ、各方位に開口面積が大きく取られている場合は、明確な通風輪道が形成され換気回数が大きくなった. 主風向側の開口部の面積が増加すると換気回数が増加するが、南側開口面積と換気回数には関係が確認されなかった. 全てのプランで南側開口面積が大きく、十分に大きな換気回数となるためである. 玄関方位などのプランによる影響より、地域の主風向による影響が大きいと考察された. 本報では②について報告する.

なお、一般財団法人建築環境・省エネルギー機構<sup>(6)</sup>の「自立循環型住宅への設計ガイドライン」においては、自然エネルギー活用技術の1つとして昼光利用などともに自然風が位置づけられ、直接的な自然風取り込み手法、間接的な

自然風取り込み手法,屋根面を利用した自然風取り込み手法,温度差換気の利用手法,室内通風性能向上手法の5つの手法が説明されている.著者ららも既報において,実在住宅のプランをベースに,開口面積や主風向と建物性能指標である換気回数の関係を分析し、上述の通り実在住宅の自然風取り込み実態を明らかにした.

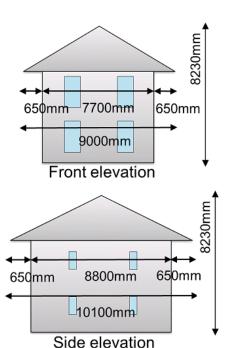
また、市街地内の風通し環境の評価についても多くの研究が行われており、加藤ら<sup>の</sup>は市街地の形態に応じた市街地内の風通し環境の評価方法を提示している。本報は、これら既往研究の考え方を踏襲し、住宅の配置と当該街区の住宅内の通風環境との関係を分析するものである。

## 2. 計算の概要

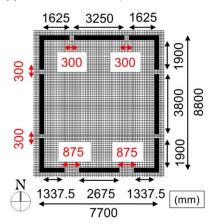
赤林ら"は単純住宅モデルを用いて,周辺建蔽率を段階的に変化させたときの建蔽率と平均通風量比の関係を求めた。また,住宅団地内の隣接する4つの単純住宅モデルを対象に,室内通風デグリーアワーを算出し,建物の配置計画や建蔽率との関係を求めた。本研究では,住宅団地の宅地計画における通風への配慮を想定し,隣棟間隔および住宅配置(整列と雁行配置)に注目して検討を行う。通風量比は建蔽率0%の場合の換気回数を基準として算出される。本研究では,住宅団地内での各住宅の通風量を考察対象とするため,基準換気回数で除す前の各住宅における換気回数を用いて評価する。

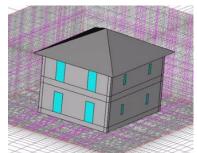
2 階建て単純住宅モデルを対象とする. 単純住宅モデル の概要と寸法を図 1,表 1 に示す. 既報(5)で対象とした 2 階建て戸建住宅 12 プランの寸法の平均に基づき決定した. 一般的な戸建住宅団地を想定し、住宅は5棟×2列を1ブ ロックとし, 団地内の道路幅は 6m とした. 東西に主要道 路を持つ住宅団地と、南北に主要道路をもつ住宅団地を対 象とする. 住宅団地モデルの寸法の例を図 2, 配置パター ンを表 2 に示す. 各住宅の敷地も既報(5)の戸建住宅 12 プ ランの玄関方位ごとの敷地面積より決定した. ただし、住 宅団地モデルの寸法や、単純住宅モデルの敷地寸法は住宅 団地モデルの配置パターンによっても変化する. 東西と南 北の隣棟間隔を 2m, 5m, 8m と変化させ, 雁行配置の場合 は東西(南北)に移動させる距離を変化させた. 隣棟間隔 を変化させる場合は解析対象領域以外の住宅団地モデルも 同様に変化させ、雁行配置に変更する場合は、解析対象領 域のみ変化させた.

計算領域の例を図3に示す.計算条件を表3に示す.計算領域や開口部の設定方法も既報(5)を踏襲した.住宅の配置に対称性がある場合はN,NW,S,SW,Wの5風向,対称性が見られない場合はE,N,NE,NW,W,S,SE,SW,Wの8風向で計算を行った.詳細領域内部の住宅団地を解析対象領域とし,各単純住宅モデルに立地箇所に応じて①~⑩の番号を割り当てた.



(a) 立面図(上:南面,下:東・西面)





(b) 平面図(上) とパース(下) 図1 単純住宅モデルの概要

表1 単純住宅モデルの寸法

parameters	the average of 12 plans	the simple model
total floor space (m2)	118.7	135.5
width (m)	7.7	7.7
depth (m)	8.8	8.8
height (m)	8.2	8.2
opening area of south side (m <sup>2</sup> )	7.5	7.5
opening area of east side (m <sup>2</sup> )	1.1	1.2
opening area of west side (m2)	1.2	1.2
opening area of north side (m <sup>2</sup> )	1.3	1.2
total opening area (m²)	11.1	11.1

表 2 解析対象の住宅の配置パターン

East-west main road			North-south main road				
aligned arrangement		adjacement building interval		P 1		adjacement building interval	
		East-West	South-North	aligned arrangement		East-West	South-North
	case A-1	2m	2m	case B-1		2m	2m
	case A-2	2m 5m		case B-2	2m	5m	
case A-3		2m	8m	case B-3		2m	8m
case A-4		5m	2m	case B-4		5m	2m
	case A-5	5m	5m	case B-5		5m	5m
	case A-6	5m	8m	case B-6		5m	8m
	case A-7	8m	2m	case B-7		8m	2m
case A-8		8m	5m	case B-8		8m	5m
case A-9		8m	8m	case B-9		8m	8m
staggered arrangement		adjacement b	uilding interval			adjacement building interval	
		East-West	South-North			East-West	South-North
case A-10	South side houses shifted to 3.5m east	5m	5m	case B-10	West side houses shifted to 6.05m north	2m	2m
case A-11	South side houses shifted to 5.5m east	2m	2m	case B-11	West side houses shifted to 6.05m north	5m	2m
case A-12	South side houses shifted to 5.5m east	2m	5m	case B-12	West side houses shifted to 7.55m north	2m	5m
case A-13	South side houses shifted to 7.0m east	5m	5m	case B-13	West side houses shifted to 7.55m north	5m	5m
case A-14	North side houses shifted to 3.5m east	5m	5m	case B-14	East side houses shifted to 6.05m north	2m	2m
case A-15	North side houses shifted to 5.5m east	2m	2m	case B-15	East side houses shifted to 6.05m north	5m	2m
case A-16	North side houses shifted to 5.5m east	2m	5m	case B-16	East side houses shifted to 7.55m north	2m	5m
case A-17	North side houses shifted to 7.0m east	5m	5m	case B-17	East side houses shifted to 7.55m north	5m	5m

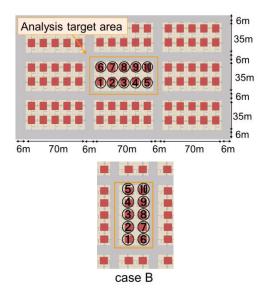


図 2 住宅団地モデルの寸法の例 (上:東西主要道路,下:南北主要道路の場合の番号)

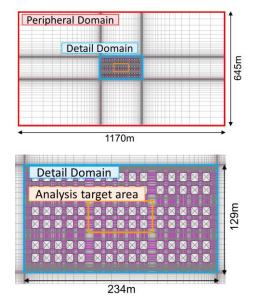


図3 計算領域(上)と詳細領域(下)

表 3 計算条件

Simulation software		STREAM ver.8 and ver.9		
Turbulence model		Standard k−ε model		
Boundary La ground	Inlet	Power low (reference height 17.2m, wind speed 3.8m/s)		
	Outlet	Natural inflow and outflow		
	Lateral			
	Upper	free-slip		
	ground surface			
	Wall	Generalized log low		
	Opening	Pressure drop model : aperture ratio 70%		
Flat terrain categories		Ⅲ (power low index a=0.20)		
Convergence criteria of residual		10 <sup>-4</sup>		
Wind direction		N, E, S, W, NE, NW, SE, SW		

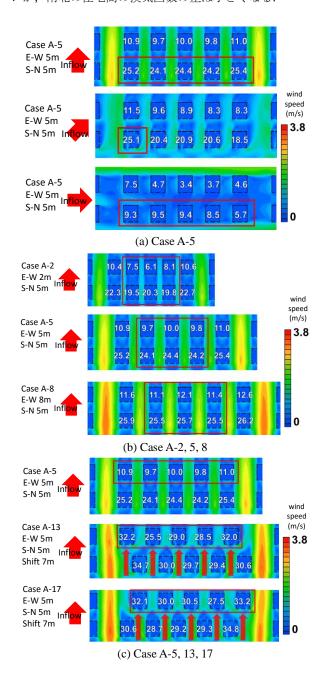
# 3. 計算結果と考察

計算結果の風速コンター図の例を図4に示す。各住宅上に示した数値は換気回数である。(a) Case A-5 の東西の住宅(例えば①と⑤)では同じ換気回数になるはずであるが、必ずしも同じにはならず、この程度の誤差を含んでいる。主要道路が東西の場合の標準的な住宅団地モデルでは、主要道路上で風速が大きくなり、開口が主要道路に面している住宅や風上側の住宅において風がよく流入する。流入風向が45度(風向SW、風向NW)の場合、風上側の角地の住宅で特に風が流入する。東西・南北の隣棟間隔を広げると、住宅間に風の道が形成され風速が大きくなる。雁行配置にすると、整列配置の際に生じていた風の道に相当する箇所に住宅が位置するため、風下側の住宅でも風上側の住宅同様に風が流入する。南北主要道路の場合も、東西主要道路の場合と同様の傾向が確認される。

立地箇所別の平均換気回数(全ての風向での平均)を図5に示す。東西主要道路の場合、角地、すなわち、南側住宅の①と⑤,北側住宅の⑥と⑩の換気回数が比較的大きい。南側住宅(①~⑤)の換気回数は、北側住宅(⑥~⑩)より全体的に大きい。雁行配置にすることで南側住宅と北側住宅の換気回数の差が減少し、全体的に大きくなる。南北主要道路の場合も、角地、すなわち、西側住宅の①と⑤,

東側住宅の⑥と⑩の換気回数が比較的大きい.西側住宅(① ~⑤)と東側住宅(⑥~⑩)の換気回数にほとんど差はない.

隣棟間隔別,立地箇所別平均換気回数を図6に示す.東西主要道路の住宅団地モデルの場合,東西の隣棟間隔を広げると,住宅間に風の道が形成されて風速は大きくなるが,換気回数は大きく増加しない.ただし,東西の住宅間の換気回数の差は小さくなる.雁行配置にすると,整列配置の場合に生じていた風上側と風下側の換気回数の差が小さくなる.また,東西隣棟間隔が5mの場合,南側と北側の住宅間で生じていた大きな換気回数の差はほぼ無くなり,大きな値となる.南北主要道路の住宅団地モデルの場合,南北隣棟間隔を広げると,角地の換気回数は大きく増加しないが,南北の住宅間の換気回数の差は小さくなる.



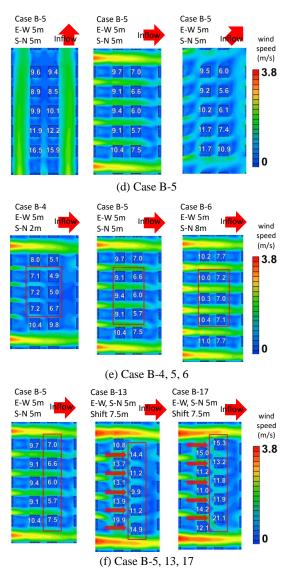
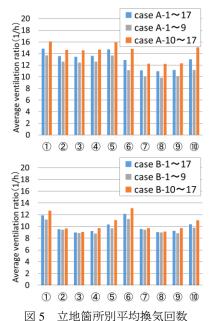


図4 計算結果の風速コンター図の例(高さ1.5m)



(上:東西主要道路,下:南北主要道路)

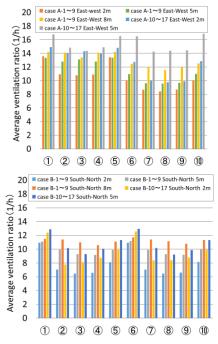


図 6 隣棟間隔,立地箇所別平均換気回数 (上:東西主要道路,下:南北主要道路)

## 4. 実街区における検討

典型的な新興住宅地である芦屋市内の住宅団地を対象として同様の検討を行った.解析対象モデルを図7に示す.住宅団地内の住宅を,単純住宅モデルに置き換えて計算を行い,換気回数を算出し,住宅団地モデルの計算結果と比較する.立地箇所に応じて選定した①~④の住宅を単純住宅モデルに置き換えたCasel~4の4パターンの実験を行った.計算条件などは住宅団地モデルの計算と同様である.

計算結果の風速コンター図の例を図8に示す. 芦屋市内の住宅団地は、典型的な新興住宅団地であり、住宅の形状のばらつきが少なく、住宅区画も整理されており、整列配置の住宅団地モデルに配置パターンが類似している. 解析対象領域の北と南に存在する道路沿いのオープンスペースから風が流入している.

風向別の換気回数を図9に示す.同様の隣棟間隔を持ち同じ立地箇所である,整列配置の住宅団地モデルの単純住宅モデルを比較対象として選定した. 芦屋市の立地箇所①の住宅では,風向0°の場合を除いて整列配置と同様である.風向0°の場合には南に存在する道路沿いのオープンスペースからの流入量が増加している.

実在の住宅団地においても、整列配置の住宅団地モデルに配置パターンが類似している場合には、計算結果の傾向と概ね一致する。ただし、周辺のオープンスペースやわずかな形態の違いにより、換気回数が大きく変化する場合もあるため、周辺の住宅配置や街区特性の局所的な影響にも配慮する必要がある。住宅団地内での住宅間の換気回数のばらつきが大きく、建蔽率などを手掛かりとして立地指標である平均通風量比を一律に抽出することは困難である.

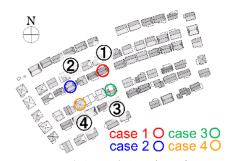


図7 実街区の解析対象モデル

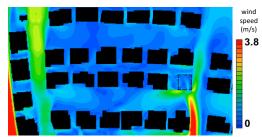
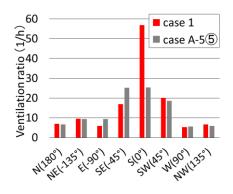
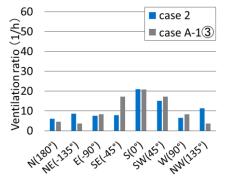
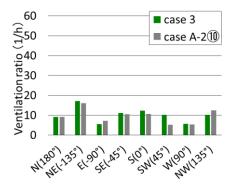


図 8 計算結果の風速コンター図の例 (高さ 1.5m, Case1, 風向 S)







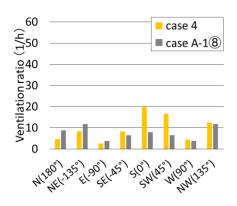


図9 風向別の換気回数(Case1~4)

## 5. 結論

本研究では、住宅街区における住宅内の通風利用の可能性について検討した。単純住宅モデルを用いた住宅団地モデルを対象として、隣棟間隔、雁行配置や角地などの立地条件が換気回数に及ぼす影響を考察した。標準的な住宅団地を想定すると、北、南の風向の場合には、風上側と風下側の換気回数の差が大きい。風向が住宅団地に対して 45度の場合には、風上側の角地の換気回数が大きい。西、東の風向の場合には、開口面積の大きい南側開口が道路に面しているため、南側の住宅の換気回数が大きい。隣棟間隔を大きくするか、雁行配置にすると、整列配置の場合に生じていた風上側と風下側の住宅間の換気回数の差が小さくなる。

以上より、従来の配置形態(整列)では南側と北側の住宅間の換気回数に大きな差が生じるが、隣棟間隔を広くするか、雁行配置にすると、住宅団地全体の通風状態が改善される。主風向に応じて換気回数が大きくなる場合とあまり変化しない場合があるため、対象地域の主風向に応じて配置の検討を行う必要がある。

建物個別の性能指標である換気回数は開口面積や主風向との関係に基づき整理され、地域指標である地域風速もメソスケールの気象モデル等により整理されるが、立地指標である平均通風量比は、住宅団地内での住宅間の換気回数にばらつきが大きく、建蔽率などを手掛かりとして一律に抽出することは困難である.風上、風下、角地、隣棟間隔、雁行配置、住宅団地モデルには表現されないオープンスペースなどの要因を考慮して評価する必要がある.

## 謝辞

本研究は神戸大学持続的住環境創成(積水ハウス)寄附 講座のプロジェクトの一環として実施したものである.本 研究を実施するにあたってご協力頂いた積水ハウス株式会 社の関係者に謝意を表します.

### 参考文献

- (1) 竹林英樹・山田俊明・森山正和,街区の空間特性が街路空間 の風通し環境に及ぼす影響,気候資源としての風の利用を目 的とした街路形態と街路空間の風通しの関係の分析 その 2, 日本建築学会環境系論文集,670(2011.12),pp.1087-1092.
- (2) 赤林伸一・坂口淳・細野淳美・佐藤英樹・久保俊輔,室内気流分布を考慮した通風性能評価に関する研究,室内通風デグリアワーを用いた戸建住宅の通風性能評価,日本建築学会環境系論文集,633(2008.11),pp.1261-1266.
- (3) 細井昭憲・澤地孝男・須永修通,確率モデルによる通風可能な時間数と省エネルギー効果の簡易推定法,自然通風に関する実測研究 その4,日本建築学会環境系論文集,605(2006.7),pp.79-85.
- (4) 赤林伸一・佐々木淑貴・坂口淳・富永禎秀, 通風性能の定量 的評価手法に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 568(2003.6), pp.49-56.
- (5) Yuki Takemoto, Hideki Takebayashi, Takanori Fukuoka, Hiroshi Adachi, Koji Itakura, Study on the Evaluation of Cross Ventilation Possibilities Based on the Simulation Results for Detached Houses, Journal of Heat Island Institute International, 9-2(2014), pp. 82-85.
- (6) 一般財団法人建築環境・省エネルギー機構,自立循環型住宅への設計ガイドライン, http://www.jjj-design.org/design/(2016年5月6日閲覧)
- (7) 加藤信介・石田義洋・黄弘・豊原寛明・澤地孝男・勝又済・石井儀光, 市街地の風環境の研究(その 1), Void の概念と 2 棟間モデルによる道路上の風速の検討, 日本建築学会大会学 術講演梗概集, D-2(2005.7), pp.823-824.
- (8) 川崎みなも・赤林伸一・坂口淳・山口遵,戸建て住宅団地の 配置計画と通風性能に関する研究,戸建住宅を対象とした通 風性能評価に関する研究 その 18,日本建築学会北陸支部研 究報告集,52(2009.7),pp.251-254.

(Received March 18, 2016, Accepted June 26, 2016)