

戸建住宅を対象とした通風シミュレーション結果のデータベースに基づく 通風可能性評価に関する研究

竹本 優貴¹・竹林 英樹^{1*}

¹工学研究科建築学専攻

キーワード： 戸建住宅、自然通風、CFD、換気回数

様々な開口パターンを有する実際の戸建住宅モデルを対象として、CFD シミュレーションを実施し、データベースを作成することで、簡易な通風性能の検討が可能となるシステムの構築を目指す。更に、建築計画の初期段階において通風利用による室内温熱環境の改善を簡易に提案する方法について考察する。また、データベースの分析を通して、通風性能を向上させる重要なパラメータを提示することで、自然通風を積極的に採用する住宅の新たな設計指針としての利用を検討する。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る。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い。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。

1. はじめに

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。本研究では、モデル住宅の開口面積や配置をパラメトリックに変化させるのではなく、様々な開口パターンを有する実際の典型的な戸建住宅モデルを対象として、出来るだけ多くのCFDシミュレーションを実施し、データベースを作成することで、住宅設計の段階で個別のシミュレーションを実施することなく通風性能の検討が可能となるシステムの構築を目指す。このデータベースを用いて、建築計画の初期段階において通風利用による室内温熱環境の改善を簡易に提案する方法について考察する。また、データベースの分析を通して、通風性能を向上させる重要なパラメータを提示することで、自然通風を積極的に採用する住宅の新たな設計指針としての利用を検討する。

2. 評価の枠組み

既往の研究¹⁾より、可感気流による体感温度低下効果より、通風による排熱効果が大幅に大きいことが示されている。従って、本研究でも室内温熱環境改善効果を排熱効果（換気回数）によって評価する。実際に想定される換気回数は、既往の研究²⁾の方法に従って求める。実換気回数の求め方をFigure 1に示す。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する。これら3つの指標をそれぞれ掛け合わせることで、実換気回数を求めることができる。なお、本研究は建物性能指標の作成を目的とし、基準風速3.8m/sで周辺建蔽率0%の場合の換気回数を求める。

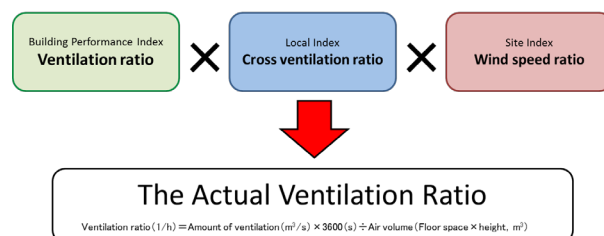


Fig.1 How to calculation the actual ventilation ratio

3. 室内気流分布の計算

3. 1 計算の概要

2階建て戸建住宅12プランを対象として数値計算を行った。計算対象一覧をTable 1、計算領域をFigure 2、例としてプラン1の解析対象モデルをFigure 3に示し、計算条件をTable 2に示す。

解析には、RANSモデル系の標準k-ε乱流モデルを用いた。計算領域は詳細領域と周辺領域に分けて設定し、詳細領域の格子間隔は、100mm×100mm×100mmを基準とし、開口部の形状や大きさを再現するために、最小のメッシュ幅を60mmとし、周辺領域は徐々に広がる不等間隔とした。開口部は網戸の設置を考慮し、開口率70%とした。全96パターン（12プラン×8風向）の計算結果で開口部の風速を算出した。

Table1. Calculation target list

Plan number	Total floor area (m ²)	The entrance orientation	The roof shape	The stairs in the living room	The stairs position
1	117.0	S	hip roof	nonexistence	NE
2	117.0		gable roof	nonexistence	NW
3	118.8		gable roof	existence	E
6	125.5		hip roof	existence	N
13	117.0	EW	hip roof	nonexistence	N
14	118.0		gable roof	existence	N
15	118.5		gable roof	nonexistence	N
17	122.0		hip roof	existence	C
22	116.0	N	gable roof	nonexistence	W
23	116.0		hip roof	nonexistence	N
24	116.5		hip roof	existence	C
26	122.5		gable roof	existence	E

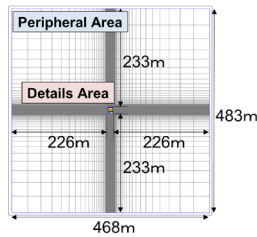


Fig.2 (a) Calculation domain

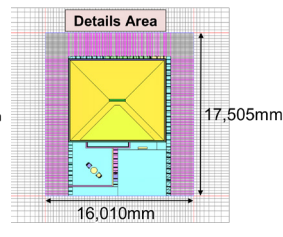


Fig.2 (b) Details domain

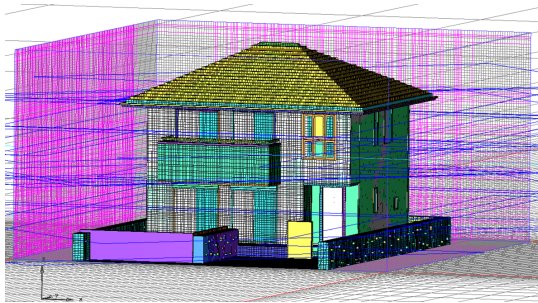


Fig.3 Analysis object model (plan 1)

Table2. CFD analysis condition

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

3. 2 計算結果と考察

計算結果のコンター・ベクトル図の例をFigure 4と5に示す。中心に平面図、周囲に8風向の計算結果を示す。開口部において、風が室内から流出する場合の風速を一で表記する。プラン3では、2階で明確な通風輪道が形成され、特に通風状態が良い。各方向にそれぞれ大きな開口

があり、そこから風が流出入している。

4. 建物形状および開口条件と換気回数の関係

4. 1 概要

開口部の流出入風速から各プランの換気回数を求め、建物形状と換気回数との関係を考察する。風向別換気回数や開口面積のほか、住宅の玄関位置や階段位置などの影響も考察する。

4. 2 算出結果と考察

4.2.1 開口面積と換気回数の関係

各プランの方位別開口面積をFigure 6に示す。南側開口面積は、プラン3とプラン22を除いて、非常に大きく、東・西・北側開口面積は全てのプランで小さい。

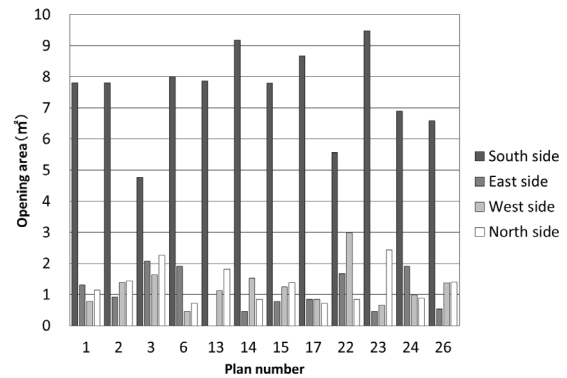


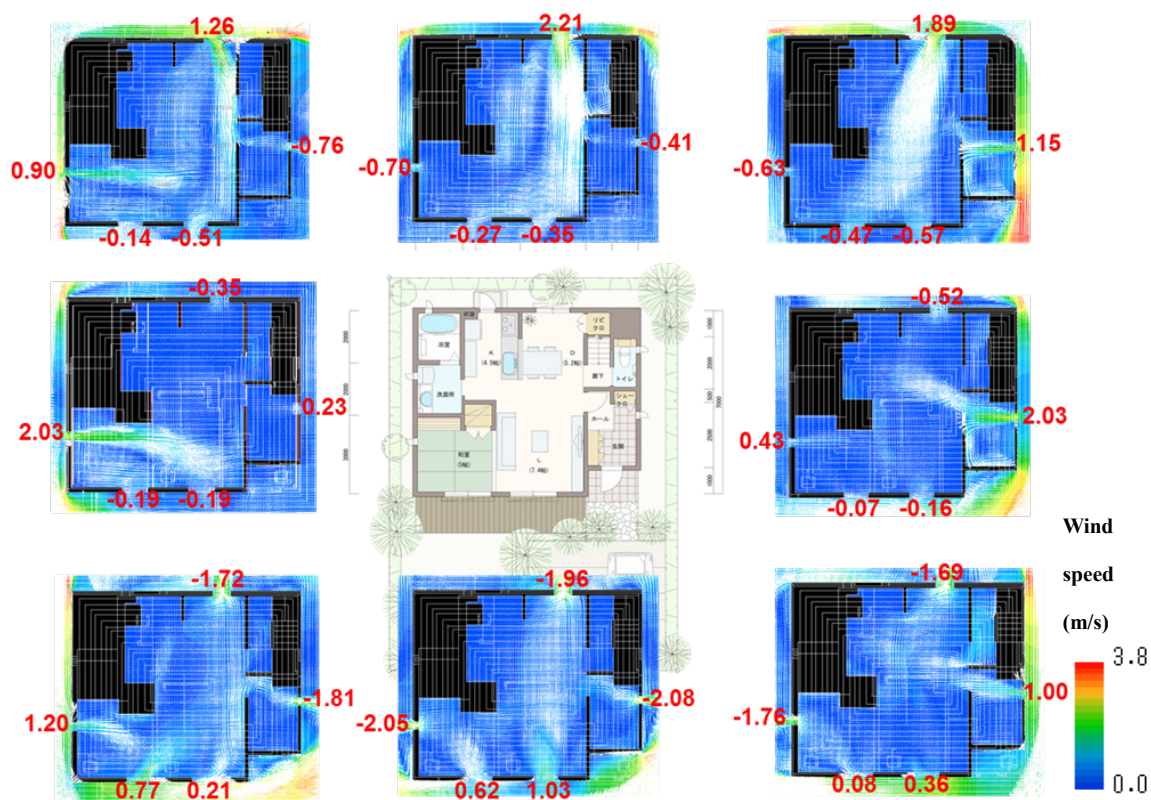
Fig.6 Opening area of each plan

単位床面積当たりの有効開口面積と平均換気回数の関係をFigure 7に示す。有効開口面積は流量係数 $\alpha=0.65$ として計算した。平均換気回数は、各プランの8風向の換気回数の平均値である。

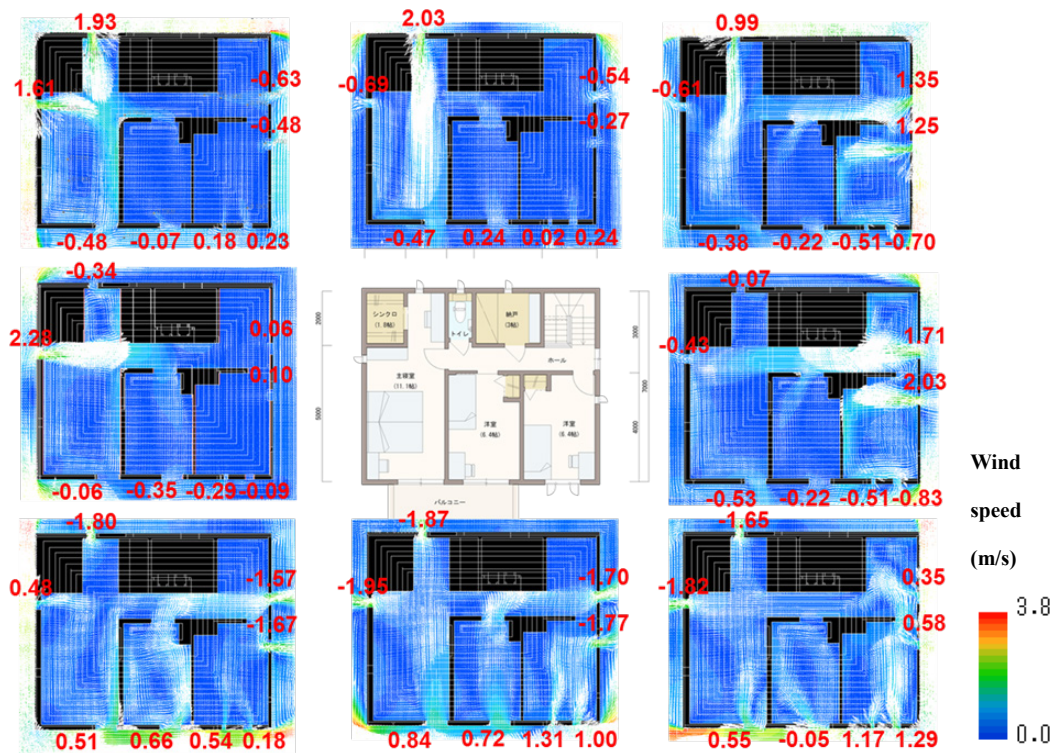
単位床面積当たりの有効開口面積の増加に伴い、平均換気回数も増加するが、大きな相関はみられない。決定係数の値が小さい理由は、プラン3の平均換気回数が有効開口面積に対して大きいためであると考えられる。

プラン3とその他のプランの平均値の、延べ床面積と各開口面積の比較、風向別換気回数の比較をTable 3に示す。プラン3の南側開口面積はその他のプランの平均値より小さく、東側・西側・北側開口面積は大きい。各階の開口面積は、1階は小さく、2階は大きい。プラン3の風向別換気回数は、風向N・NE・E・NWでその他のプランの平均値よりかなり大きい。プラン3の平均換気回数が大きい理由は、2階の北側・東側開口面積が大きいためであると考えられる。

東西南北の主風向側の開口面積と換気回数の関係をFigure 8に示す。換気回数は住宅全体での平均換気回数である。東側開口面積が増加すると風向Eの換気回数が増加する。同様の関係が、西側開口面積と風向Wの換気回数、北側開口面積と風向Nの換気回数にもみられる。しかし、南側開口面積と風向Sの換気回数には関係がみられない。

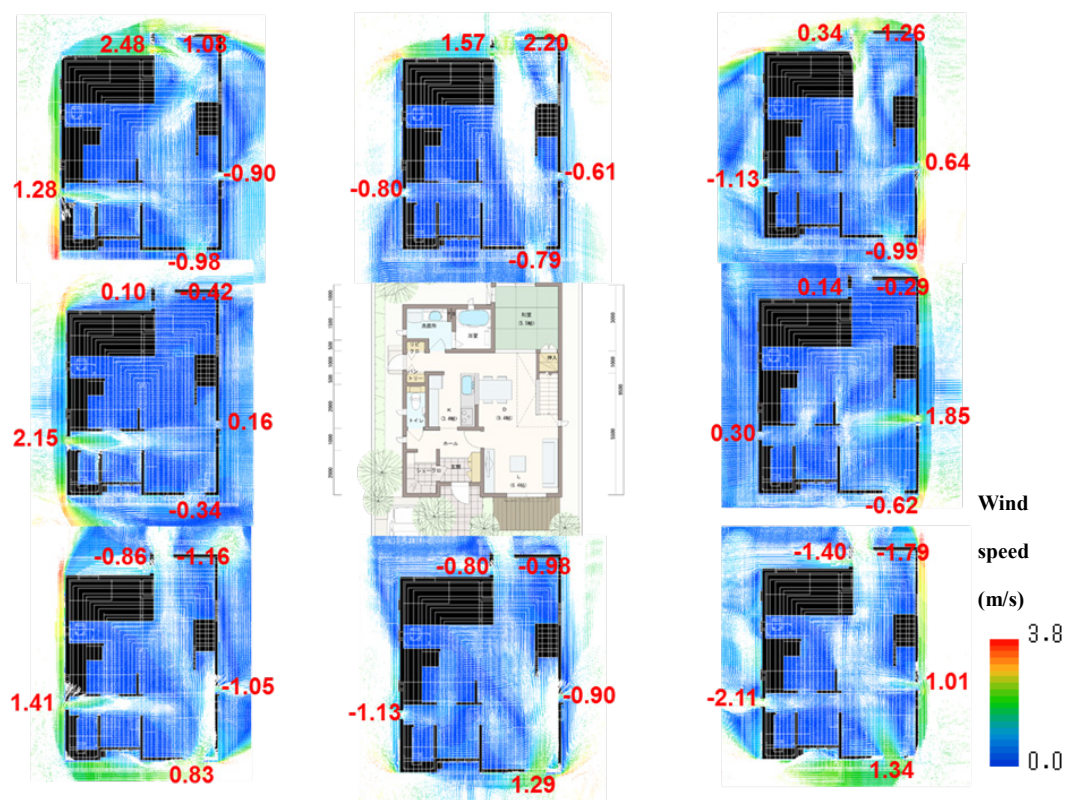


(a) FL+1.5m (1F)

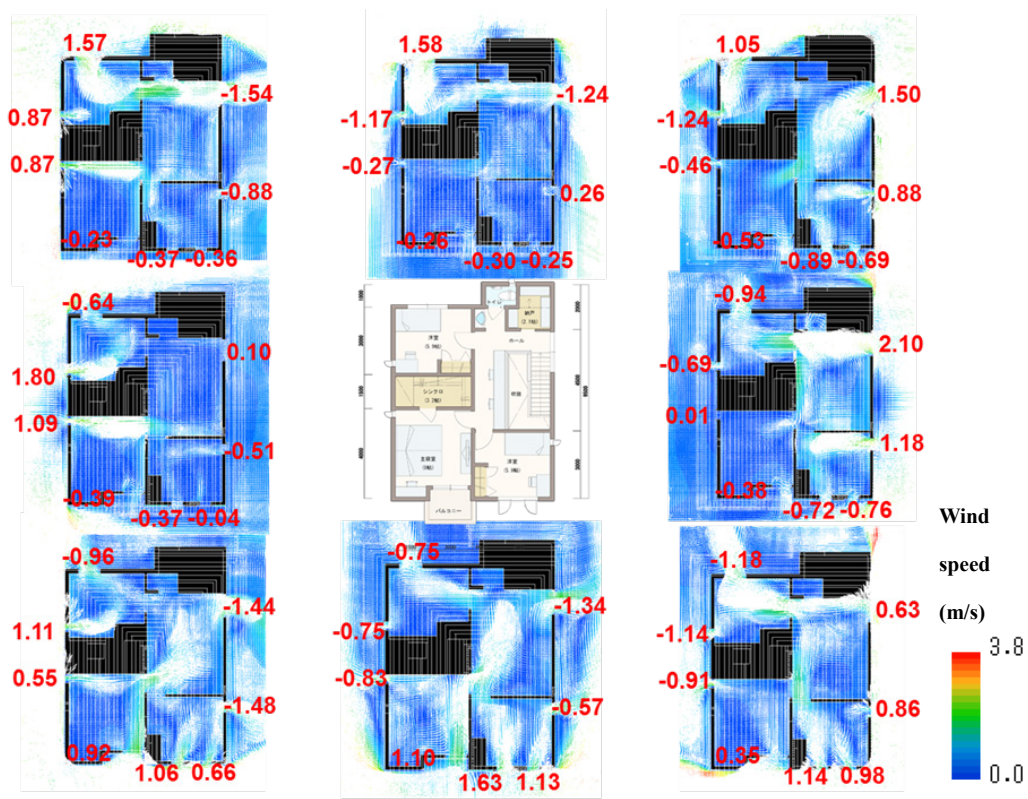


(b) FL+1.5m (2F)

Fig.4 Calculation results (plan1)



(a) FL+1.5m (1F)



(b) FL+1.5m (2F)

Fig.5 Calculation results (plan3)

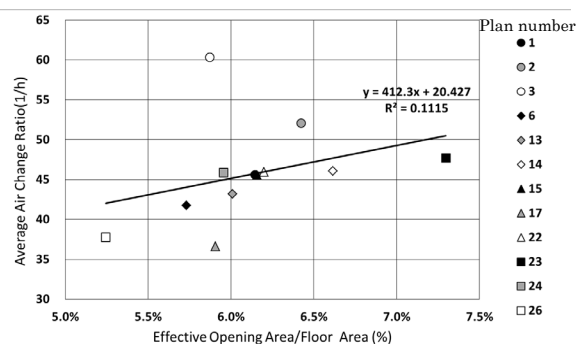


Fig.7 Relationship between effective opening area per unit floor area and average ventilation ratio

Table 3 (a) Comparison of total floor area and each opening area

Plan number	Total floor area (m ²)	Opening area (m ²)					1F	2F
		South side	East side	West side	North side	Total		
3	118.80	4.77	2.07	1.63	2.26	10.73	3.94	6.79
Average of the others	118.73	7.79	0.98	1.22	1.24	11.23	5.15	5.96

Table 3 (b) Comparison of ventilation ratio of each wind direction

Plan number	Ventilation ratio of each wind direction (1/h)							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
3	60.1	59.8	55.7	67.7	69.1	68.6	36.8	64.8
Average of the others	33.7	40.4	32.6	52.6	68.3	51.6	32.4	43.4

風向Sの換気回数は全体的に大きい。

Figure 8に示した開口面積と換気回数の関係をまとめてFigure 9に示す。東側・西側・北側開口面積は0~3m²に分布し、開口面積の増加に伴い換気回数が増加する。南側開口面積は4m²以上に分布し、開口面積が増加しても換気回数は変化しない。

同様に、主風向側の開口面積率と換気回数の関係をFigure 10に示す。東側・西側・北側開口面積率は0~7.5%に分布し、開口面積率の増加に伴い換気回数が増加する。南側開口面積率は14%以上に分布し、開口面積率が増加しても換気回数は変化しない。

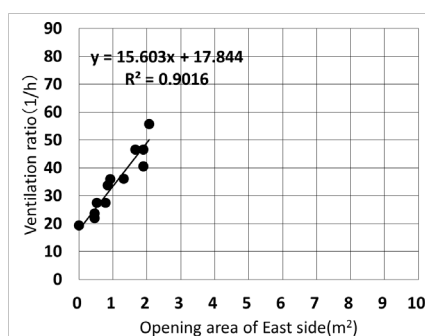
以上より、風向側の開口面積が増加すると、換気回数は増加するが、南側開口のような大きな開口面積では、全体的に大きな換気回数で頭打ちとなり、関係が見られないと考察された。

4.2.2 玄関方位と風向別換気回数の考察

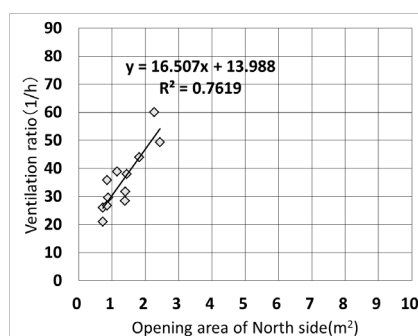
玄関方位と風向別換気回数の関係をFigure 11に示す。各プランをS、NとE・Wの玄関方位に分類し、換気回数を平均した。

1階の換気回数は、風向がWとNWの場合には、玄関方位による差はほとんど無い。他の風向の場合には、玄関方位SがN、E・Wより大きい。

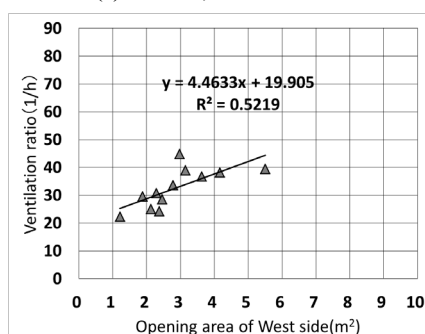
2階の換気回数は、風向がSE、S、SWの場合には、玄関方位E・W、NがSより大きい。風向がWとNWの場合には、玄関方位E・WがN、Sより大きい。



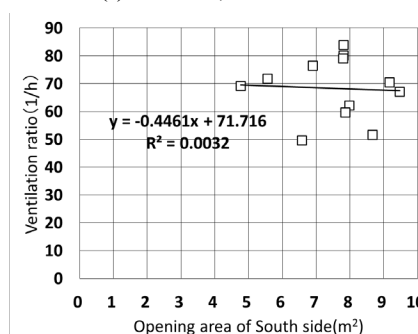
(a) East side, Wind direction E



(c) North side, Wind direction N



(b) West side, Wind direction W



(d) South side, Wind direction S

Fig.8 Relationship between opening area of wind direction side and ventilation ratio

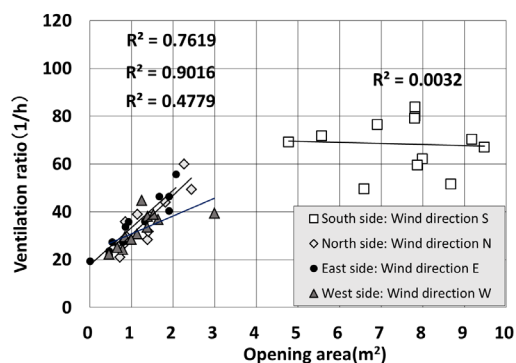


Fig.9 Relationship between opening area of wind direction side and ventilation ratio

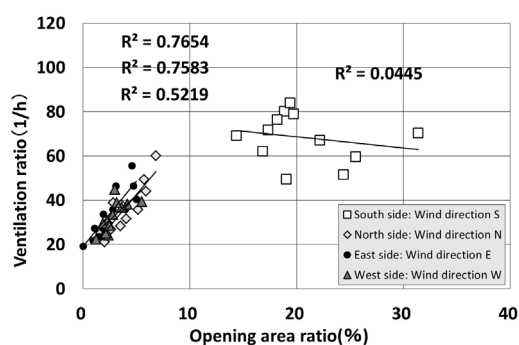


Fig.10 Relationship between opening area ratio of wind direction side and ventilation ratio

1 階と 2 階の合計換気回数は、玄関方位による顕著な傾向はみられない。玄関方位によらず、風向が S の場合に最も大きく、SE、SW の順に大きい。

全てのプランにおいて、主風向が南側の場合に換気回数が相対的に大きい。玄関方位別では、1 階と 2 階で違いがある。1 階と 2 階の合計換気回数では玄関方位による傾向は確認されなかった。

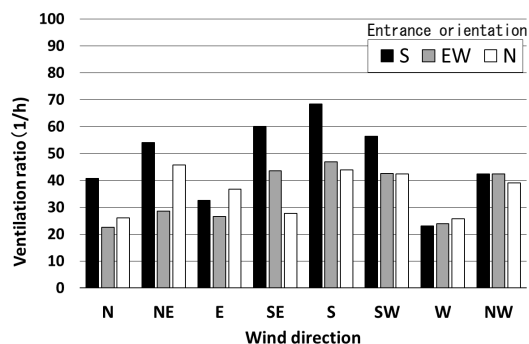
5. 結論

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。プラン 3 のように、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。

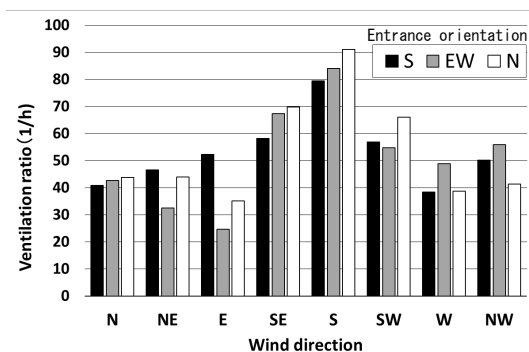
主風向側の開口部の面積が増加すると換気回数が増加するが、南側開口面積と換気回数には関係が確認されなかった。全てのプランで南側開口面積が大きく、十分に大きな換気回数となるためである。

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。

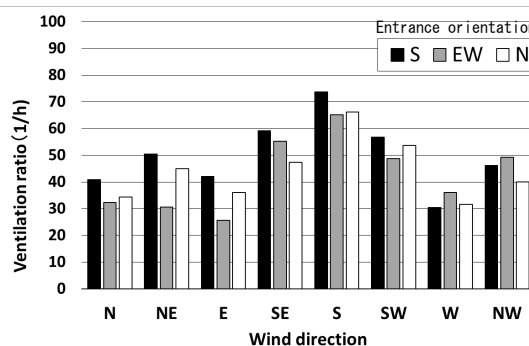
〔謝辞〕 本研究は神戸大学持続的住環境創成（積水ハウス）寄附講座の平成 25 年度研究費を受けて実施したものである。本研究を実施するにあたってご協力頂いた積水ハウス株式会社の角本茂氏、板倉浩二氏、埴淵晴男氏に感謝の意を表します。



(a) 1F



(b) 2F



(c) Total of 1F and 2F

Fig.11 Ventilation ratio of each entrance orientation and each wind direction

References

- 1) J. Sakaguchi, S. Akabayashi, A. Hosono, S.Kubo, "Study on the Evaluation of Cross Ventilated Detached House : Part 15-16", Summaries of technical papers of annual meeting Architectural Institute of Japan, pp.753-756 (2007)
- 2) S. Akabayashi, Y. Sasaki, J. Sakaguchi, Y.Tominaga, "Study on of the Evaluation Method of a Cross Ventilated Building Performance, J. Environ. Eng., AIJ, No.568, pp.49-56, Jun.(2003)

Study on Evaluation of Cross Ventilation Probability Based on Simulation Results for Detached House

Yuki TAKEMOTO¹, Hideki TAKEBAYASHI¹

¹*Graduate School of Engineering, Department of Architecture*

Key words: Detached House, Cross ventilation, CFD, ventilation ratio

Cross ventilation in the detached house is effective for the improvement of the indoor thermal environment in the warmer period with less energy consumption. In this study, instead of changing the parameters such as arrangement and area of openings in the model house, CFD simulations are carried out for several typical detached house models with various opening patterns. We propose the method for the improvement of indoor thermal environment by cross ventilation at the architectural planning stage by using the calculation results database. In addition, through the analysis of the calculation results database, we consider about the primary parameters to improve the cross ventilation performance.

The CFD simulations are carried out for 12 detached houses with two-story under the conditions that building coverage ratio is 0 %, inflow wind speed is 3.8 m/s and directions are N, E, S, W, NE, NW, SE, SW. The relationship between the average ventilation ratio and the effective opening area is analyzed. Ventilation ratio is increased in the case that the ventilation circuit is formed in the house and the opening area facing to the main wind direction is large. However, the relationship between the ventilation ratio and the opening area facing to the south side is not confirmed, because the south side opening area is much larger in all objective typical detached house models. In the typical detached houses with large southern side opening area, ventilation ratio is larger in the case of the southern wind. It is also confirmed that the influence on the ventilation ratio by the main wind direction is greater than that by the stairs position and the entrance orientation.