

平成 25 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：室内環境

研究期間：H25 ～ H26 [平成 26 年度も研究継続]

課題番号：132007

研究課題名（和文）： ウインドキャッチャーによる通風性能向上に関する研究

研究課題名（英文）： Improvement of cross-ventilation by the wind catcher

研究代表者： 倉渕 隆

交付決定額（当該年度）： 800,000 円

1. 研究の目的

夏期の温度上昇に対応するパッシブな温熱環境改善手法として通風の有効利用が着目されており、個別の検討手法としての CFD は発達している反面、計画初期段階での活用できる設計資料はほとんど整備されていないのが現状である。特に、住宅における冷房負荷削減のためには、自然通風を有効利用できる適切な開口部の設計計画が重要であるが、屋外風の地域性や建物周辺状況などにより、通常の開口部のみでは通風の効果的な利用が困難な場合が少なくない。このような場合、既往研究¹⁾では隣棟間を開口部に対し接線方向に流れる気流を活用するウインドキャッチャー(以下 WC)を設置することが有効としている(図 1.1)。そこで、本研究では風洞実験と CFD 解析を用いて、グロス建蔽率の異なる市街地を想定し、WC による隣棟間気流の利用可能性評価手法の確立と、片側開口居室における壁面風圧・居住域平均風速・通風量への影響を把握し、WC の効果的な配置計画に資する資料の収集を目的とする。

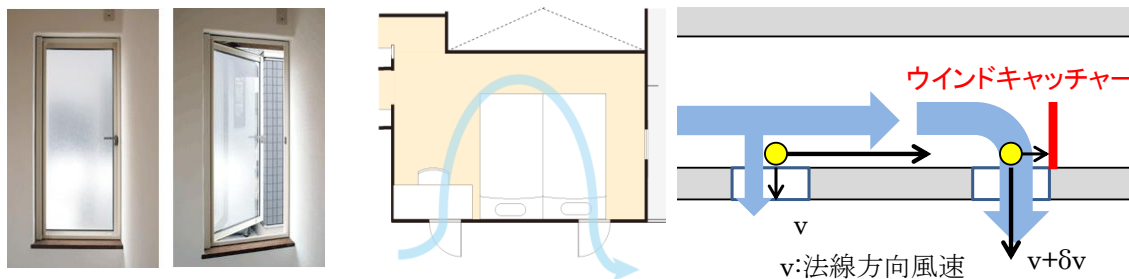


図 1.1 ウインドキャッチャー 概念図

2. 研究の方法

本年度は標準問題住宅モデルの縮尺模型を使用し、密集市街地を再現するために周辺位ダミー模型を配置し風洞実験を行った。壁面風圧、居住域平均風速と通風量を測定することで、片側開口居室における壁面風圧・居住域平均風速・通風量への影響を検討した。また、CFD 解析を行い、CFD の再現性を検討するとともに、WC の効果に関する検討を行った。

風洞実験概要

風洞実験は東京工芸大学環境系エッフェル型風洞を用いて、図 2.1 に示す宇田川の標準問題²⁾を想定した住宅を模擬した 1/40 模型を使用した。模型軒高を基準高さ(Z_0)とし、接近流の軒高風速(V_0)に基づく動圧を基準動圧とした。接近流は市街地を想定した 1/4 乗則に従うプロフィールとし、周辺なしと周辺あり(図 2.2)の条件で、模型壁面の風圧を閉切り室内圧とシールドモデルの開口位置圧の 2 種類で測定した。居住域平均風速は無指向風速計を用いて図 2.3 の位置で測定した。測定風向角は $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$ とし周辺なしでは 45° 刻みの 8 風向、周辺ありでは 90° 刻みの 4 風向とした(図 2.4)。開口率は一定とし、使用する WC の長さは実寸法で 700mm (模型サイズで 17.5mm)を基準とした。

CFD 解析概要

(1) 解析モデル

風洞実験と同一の図 2.5 に示す解析モデルを使用し、解析対象風向角は $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$ (45° 刻み)の 8 風向とし、周辺ありではさらに $\pm 22.5^{\circ}, \pm 67.5^{\circ}$ を加えた 12 風向とした。CFD 解析結果からはベクトル平均風速が得られるため、Popiolek³⁾らの提案による換算を用い、スカラー平均風速に換算した。

(2) 境界条件

CFD に用いた乱流モデルは Durbin リミタ($\alpha=0.8$)を組み込んだ改良型 k- ϵ モデルとした。周辺なしでは全域、周辺ありでは対称領域について CFD 解析を行った。流入条件として全域計算では風洞実験より測定したアプローチフローを、サイクル境界では 1/4 乗則に基づく質量流量を用いた。

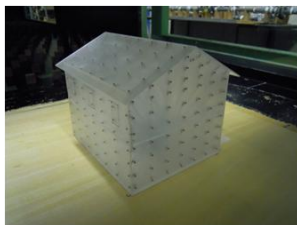


図 2.1 実験用縮尺模型

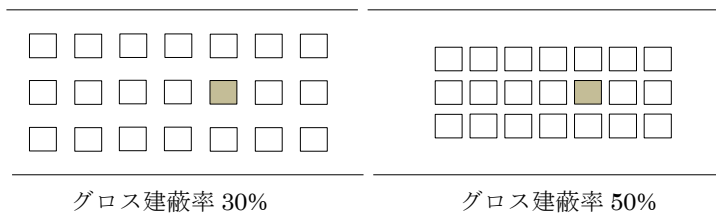


図 2.2 模型配置

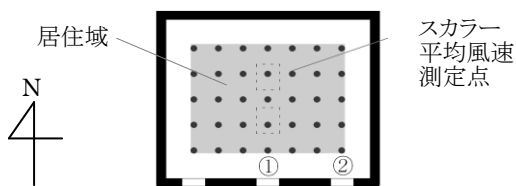


図 2.3 解析モデル平面図

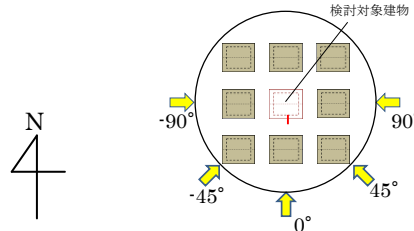


図 2.4 解析風向

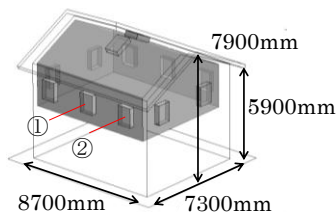


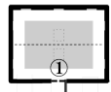
図 2.5 CFD 解析モデル

3. 研究成果

異なるグロス建蔽率における風圧係数の検討

表 3.1 に検討ケースを示す。図 3.2 より周辺建物の有無によらず開口部位置において風圧係数 C_p に関する実験値と CFD との対応は良好である。図 3.3 より周辺なしでは、WC の有無により変化がみられる風向角は -45° と 45° のケースに限られる。一方、周辺ありでは多くの風向角で風圧係数に変化がみられた。これは周辺建物により隣棟間に流れる風が壁面に沿う気流に変化するためである。また、WC 周辺の気流は図 3.4 のように、風上側では風を壁面へ向かう気流に変化するのに対し、風下側では剥離流となるため、グロス建蔽率が高く、隣接建物と近いほど接線方向の風になりやすく、WC による風圧係数変化が広い範囲の風向角でみられたと考えられる。

表 3.1 検討ケース

	case0	case0.5	case1	case2	case3	case4	 WC 配置
WC 長さ(mm)	0	350	700	1400	2100	2800	
WC 高さ(mm)	1200						
開口位置	①(1200×700, 開口率 0.016)						
WC 位置	右図						
建蔽率	30%, 50%						

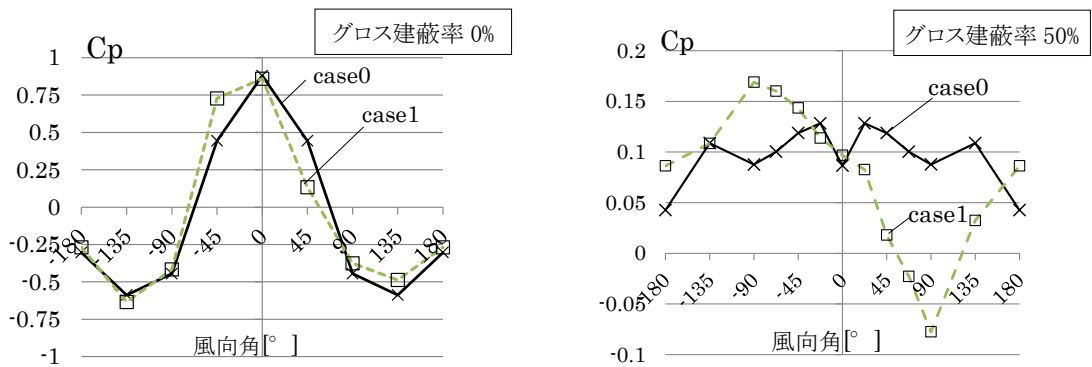
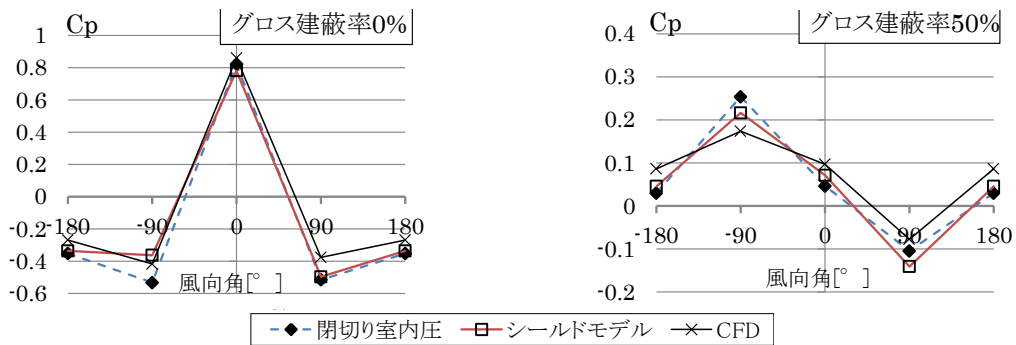


図 3.3 WC による風圧係数の変化

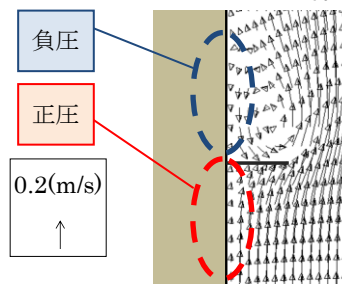


図 3.4 WC まわりの気流分布

グロス建蔽率別、建物周辺気流性状

CFDによりWCなしの条件において、図3.5に示す位置で隣棟間風速を検討した。軒高風速を基準とした隣棟間に流れる開口部接線方向風速と法線方向風速の割合をグロス建蔽率ごとに検討した(図3.6は45°の場合)。法線方向の風速はほぼ0となるのがわかる。一方、接線方向風速はグロス建蔽率が大きい場合でも法線方向に比べれば一定の気流が流れていることが確認できる。ここで、対象建物壁面から隣棟中間地点までの接線方向平均風速に基づく動圧を基準動圧で割った値を隣棟間動圧係数 P_{wc} とする。図3.7に各グロス建蔽率、各風向角での隣棟間動圧係数の変化を示す。 $\pm 45^\circ \sim \pm 90^\circ$ で大きなWC効果が期待できる。グロス建蔽率の増加とともに、隣棟間動圧係数は減少するが、グロス建蔽率50%では増加している。これは隣棟間中央部での開口部接線方向風速(図3.8)が、グロス建蔽率50%では30%、40%に比べ増加するためである。

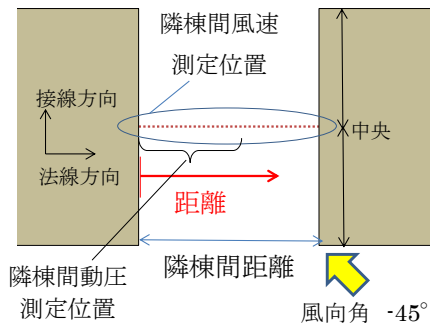


図 3.5 隣棟間風速・動圧 測定位置

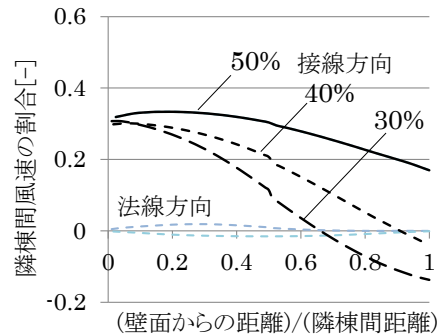


図 3.6 隣棟間風速変化

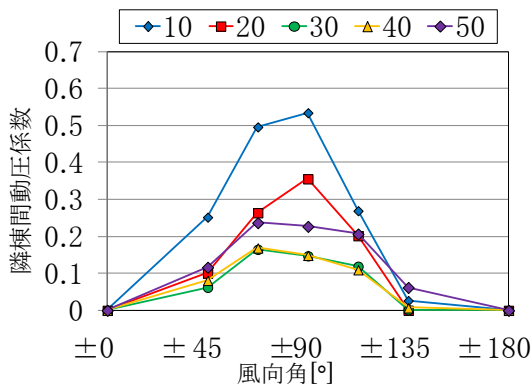


図 3.7 隣棟間動圧係数変化

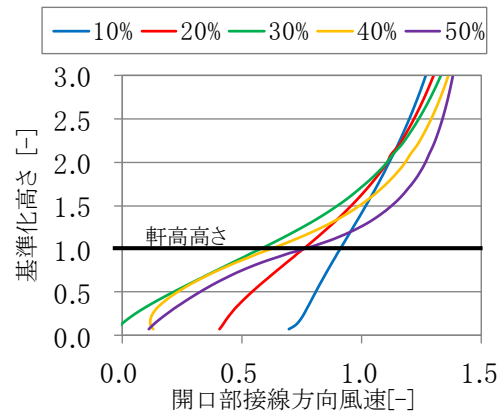


図 3.8 隣棟間中央部の風速変化

WC 長さ と 風圧係数増加に関する検討

隣棟間動圧係数が建物の風圧係数の増加にどれだけ影響するかを検討した。ここで、WCによる風圧係数増加分を隣棟間動圧係数で割った値を風圧係数変換率 R_{wc} とする。図3.9に図3.7の風向角45°、90°における隣棟間距離で基準化したWC長さに対する風圧係数変換率を示す。これにより、風圧係数変換率はWC長さにも依存していることがわかる。次に、WC設置時の開口部風圧係数 $C_{p_{wc}}$ の予測式を式1に示す。気象データより対象地域の卓越風向と卓越風速を把握し、1/4乗則より軒高風速に換算する。卓越風速と検討建物のグロス建蔽率より図3.7から隣棟間動圧係数 P_{wc} を取得する。図3.9よりWC長さを検討し、風圧係数変換率 R_{wc} を取得する。対象建物の開口部風圧係数 C_p を把握していれば、式1を用いてWC設置時の開口部風圧係数 $C_{p_{wc}}$ の予測が可能となる。

$$C_{p_{wc}} = C_p + P_{wc} * R_{wc} \quad (1)$$

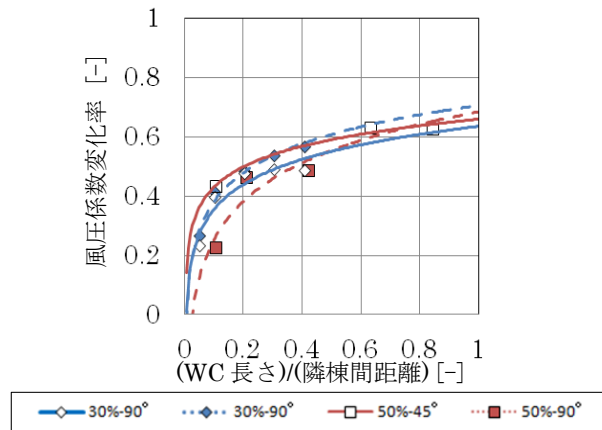
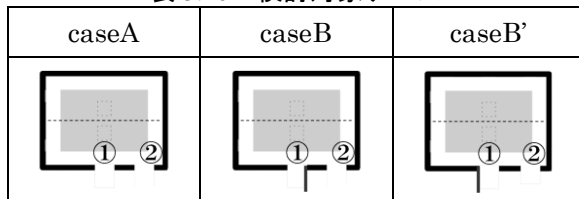


図 3.9 風圧係数変化率(WC 風上側)

居住域平均風速、通風量、風速比の検討

WC による風圧係数変化が室内気流に与える影響を検討する。検討ケースを表 3.10 に示す。図 3.12 より風速比 C (開口部通過風速に対する居住域平均風速の比率)はグロス建蔽率や WC の有無にほとんど影響を受けないことがわかる。図 3.13 より WC の設置位置は caseB のようにすると効果が大きいことがわかる。これは WC 風上側での正圧増加の影響が大きいためである。表 3.11 に流出入開口の変化を風向ごとに示すが、WC の配置により流入開口を制御することができる。図 3.14 に WC の有無による室内気流分布の変化を示す。これより、流入開口の変化と居住域平均風速 \bar{U} の大幅な上昇が確認できる。

表 3.10 検討対象ケース



※WC 長さ 700mm

表 3.11 流入開口の変化

case	風向角 [°]				
	-90	-45	0	45	90
caseA	①	①	②	②	①
caseB	△①	△①	②	▼②	▼②
caseB'	▼②	▼②	②	△①	△①

△ 風圧係数増加による影響
▼ 風圧係数減少による影響

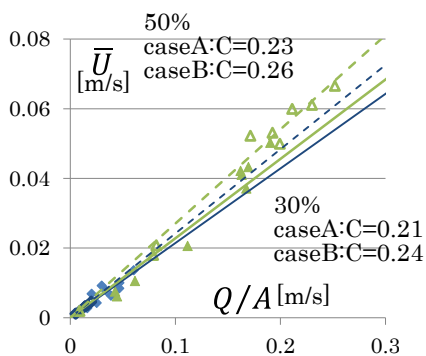


図 3.12 風速比 C の比較

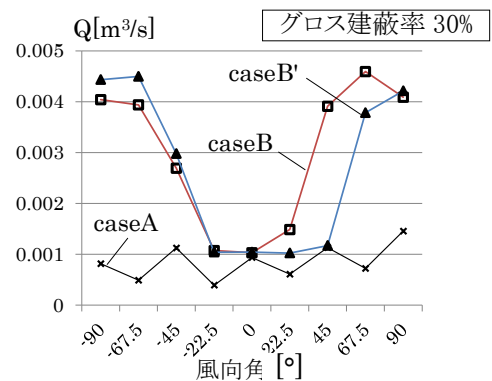


図 3.13 通風量 Q の比較

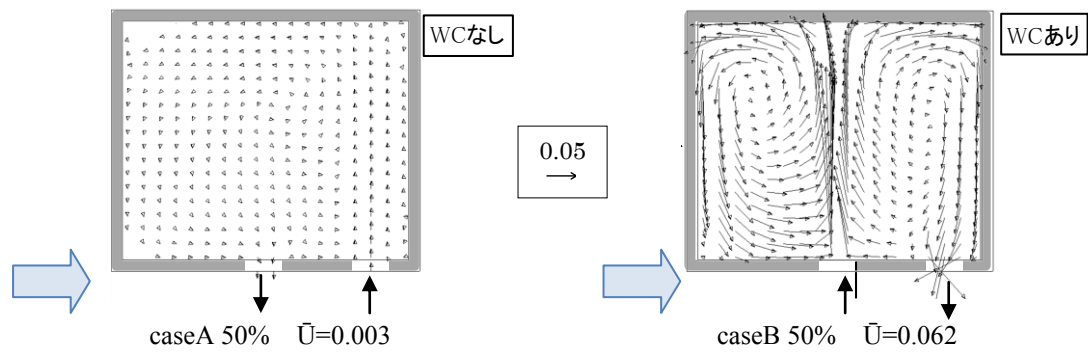


図 3.14 WCの有無による室内気流分布の変化

研究集会の開催

2014年3月1日に東京理科大学 森戸記念館で「ウインドキャッチャーによる通風性能向上に関する研究集会」を開催した。ウインドキャッチャーの通風性能評価を中心とした住宅・街区のパスブローリング手法の情報を提供し、今後の都市域住宅における通風性能の向上方法について議論した。

【参考文献】

- 1) 織田：市街地に立つ戸建住宅の通風性能向上に関する研究,日本建築学会大会学術講演梗概集,2013
- 2) 宇田川：標準問題の提案,日本建築学会環境工学委員会熱分科会第15回シンポジウム pp22-33,1985
- 3) Z.Popiolek, et al : Improvement of CFD predictions of air speed turbulence intensity and draught discomfort Indoor Air 2008, PaperID:718

4. 主な発表論文等

- (1) 織田 貴之、倉渕 隆、大場 正昭、塚本 健二、野中 俊宏、山中 悠己：市街地に立つ戸建住宅の通風性能向上に関する研究,日本建築学会大会学術講演梗概集,2013
- (2) 山中 悠己、倉渕 隆、大場 正昭、遠藤 智行、塚本 健二、野中 俊宏、織田 貴之：密集市街地に建つ住宅の通風性能向上に関する研究,空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集,2013
- (3) 織田 貴之、倉渕 隆、大場 正昭、塚本 健二、野中 俊宏、上岡 弘明：密集市街地に建つ戸建住宅のウインドキャッチャーを用いた通風性能向上に関する研究,日本建築学会大会学術講演梗概集,2014
- (4) 織田 貴之、倉渕 隆、大場 正昭、塚本 健二、野中 俊宏、上岡 弘明：密集市街地に建つ戸建住宅のウインドキャッチャーを用いた通風性能向上に関する研究, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集,2014
- (5) ODA Takayuki, KURABUCHI Takashi, LEE Sihwan : The Effects of Wind Catcher for Improving Cross-ventilation Performance, Roomvent2014

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 5 件)

[図書] (計 0 件)

[その他]

研究集会資料「ウインドキャッチャーによる通風性能向上に関する研究集会」

5. 研究組織

(1) 研究代表者

倉渕 隆 東京理科大学・工学部・教授

(2) 研究分担者

李 時桓 東京理科大学・工学部・助教
遠藤 智行 関東学院大学・建築環境学部・准教授
山中 悠己 東京理科大学・工学部・院生
織田 貴之 東京理科大学・工学部・院生
滝澤 正玄 東京理科大学・工学部・院生
小林 優人 関東学院大学・建築環境学部・大学院生
上岡 弘明 東京理科大学・工学部・卒研究生
菊池 翔平 東京理科大学・工学部・卒研究生
谷 由奈 東京理科大学・工学部・卒研究生
原田 雅教 東京理科大学・工学部・卒研究生
泉田 隆次郎 東京理科大学・工学部・卒研究生
鈴木 良司 東京理科大学・工学部・卒研究生
関 大成 東京理科大学・工学部・卒研究生
テイ トウヒ 東京理科大学・工学部・卒研究生
梯 洋貴 東京理科大学・工学部・卒研究生
堀 智朗 東京理科大学・工学部・卒研究生
日根野 翔太 東京理科大学・工学部・卒研究生
奥野 詩子 東京理科大学・工学部・卒研究生
大場 正昭 東京工芸大学・工学部・教授
塚本 健二 東京工芸大学大学院・工学研究科・特別研究員