

平成 26 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 年度 ～ H26 年度 [平成 26 年度で終了]

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：倉瀨 隆

交付決定額（当該年度）： 630,000 円

※平成 26 年度で終了となる研究課題は最終成果報告書となりますので、下記項目について詳細な報告をお願いします。

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用させていただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

1. 研究の目的

住宅における冷房負荷削減や室内の快適性向上のために通風の利用は有効な手段である。しかし、密集した市街地に建つ住宅では通常の壁面開口では十分な通風を得るのが困難であることも少なくない。そういった場合に通風性能を向上させる方法の一つとして、隣棟間に流れる気流を活用するウインドキャッチャー(以下 WC) の使用が挙げられる(図 1)。既往研究では WC 設置時の風圧係数予測手法が示されているが、WC 設置時の通風量の予測に必須の流量係数について十分な検討がなされていない(式 1)。また、通風量の予測精度改善のため開口部に作用する接線方向動圧の影響を考慮して流量係数を変化させる局所相似モデルが提案されているが、WC への適用性について検討されていない。そこで、本研究では風洞実験と流れの数値シミュレーション(以降「CFD」)解析を用いて、WC 設置時の流量係数の把握と局所相似モデルの適用性について検討し、WC 設置時の通風量予測の精度を向上させることを目的とする。

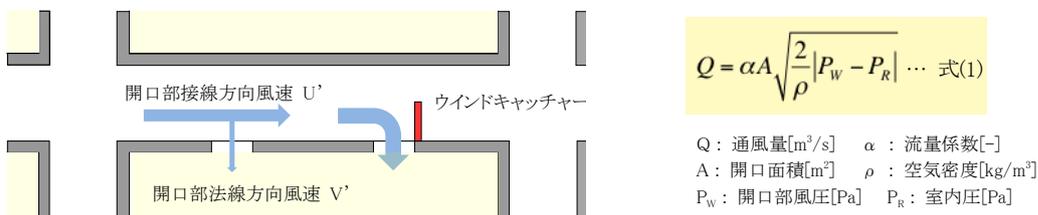


図 1 ウインドキャッチャー模式図

2. 研究の方法

平成 25 年度と同様に標準問題住宅モデルの 1/40 縮尺模型(図 2)を用いて、ウインドキャッチャー設置時の壁面風圧係数と通風量を測定することで WC 設置時の流量係数を把握し局所相似モデルへの適用を試みた。平成 25 年度の風洞実験では主に片側開口居室の場合を想定して測定を行ったが、今年度は対面開口と隣接開口の開口ケースも加えて検討を行った(図 3)。測定風向角は $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ の 4 風向とした(図 4)。周辺建物の密集度はグロス建蔽率で整理し、30%と 50%の条件で実験を行った。壁面の風圧係数は平成 25 年度の結果から、多点圧力測定で測定した風圧と壁面の開口のみを開放したときの室内圧(以降「閉切り室内圧」)は良好な対応を示していたため、今回壁面開口の風圧力は閉切り室内圧とした。また、通風量は壁面開口を 2 箇所開放し、トレーサーガス(C_2H_4)を用いて測定した。CFD との整合性確認のため、スプリットフィルムプローブを使用して周辺気流と隣棟間風速の測定も行った。

流量係数の検討は WC を設置した開口ケースにおいて、閉切り室内圧測定における開口部の風圧係数差と単純開口部での流量係数 $\alpha=0.67$ を用いて算出した通風量(以降この算出方法を「 $\alpha=0.67$ 固定通風量」とする)と、定常発生法で測定した通風量(以降「実験通風量」)を比較することにより行う。

局所相似モデルへの適用の検討の際、まず CFD でチャンバーモデル(図 5)を作成し、WC 設

置の有無による開口のパラメータを把握した。検討ケースは WC なしとありの場合でそれぞれ流入・流出の 4 ケースとした。室外領域の流入条件として inlet(1)から一様流を設定し、室内領域のチャンバー流量は inlet(2)から流量を段階的に変化させて設定した。寸法と速度の基準は WC 長さ、inlet(1)での一様流入速度とする。式(1),(2),(3)を用いて流量係数 α とチャンバー内の室内圧 P_R を開口部接線方向動圧 P_t で基準化した無次元化室内圧 P_{R^*} を算出し、 α と P_{R^*} の関係について検討した。

その後、密集市街地を再現するために検討対象住宅の周囲に 9 つの周辺建物を設置したモデルを使用し、室内を含めた全域モデルと屋外のみを解析領域としたシールドモデルの 2 種類で解析を行った(図 6)。風洞実験と CFD 解析の整合性確認ののち、WC を設置した開口ケースごとに予測方法の異なる 3 種類の通風量について比較を行った。3 種類の予測法とは、全域モデルから得られた通風量(CFD 通風量)、シールドモデルから得られた壁面風圧と開口部接線方向動圧に局所相似モデルを適用して算出した通風量(局所相似モデル)、同じくシールドモデルによる壁面風圧と流量係数 $\alpha=0.67$ 固定で算出した通風量(α 固定計算)である。そのほか WC 設置位置の検討も CFD を用いて行った。

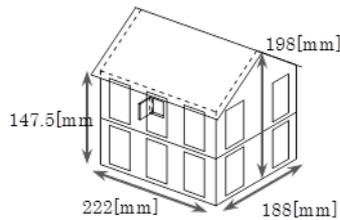


図 2 風洞実験模型

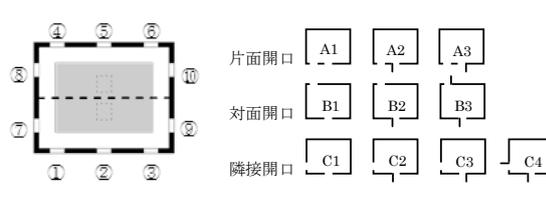


図 3 検討開口ケース

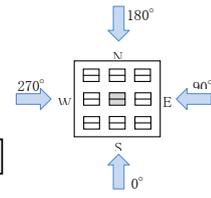


図 4 測定風向角

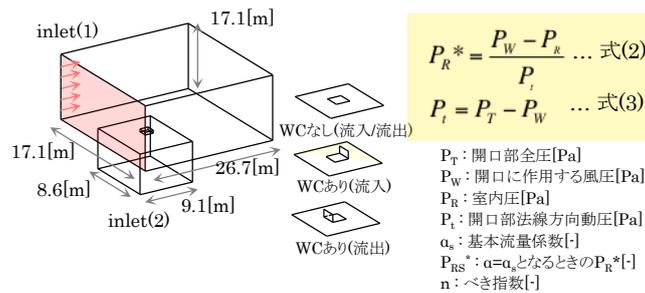


図 5 チャンバーモデル概要

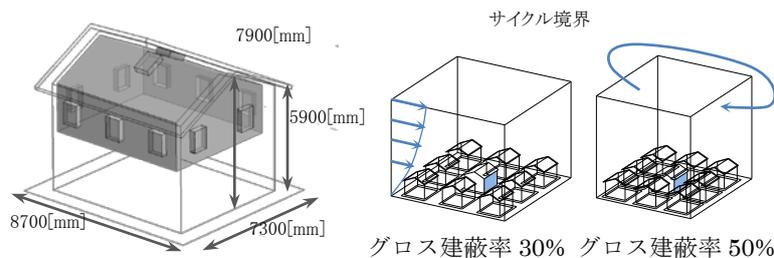


図 6 CFD 解析モデル

3. 研究成果

流量係数の検討 $\alpha=0.67$ 固定通風量と実験通風量を比較したものを図 7 に示す。風向角 $0^\circ, 180^\circ$ のような通風量が小さい場合、比較的差は小さいが、風向角 $90^\circ, 270^\circ$ のような通風量が多い場合に $\alpha=0.67$ 固定通風量が実験通風量を上回る傾向が見られた。これは風向角 $0^\circ, 180^\circ$ の場合に開口部接線方向の気流が弱く、流量係数は通常の開口部と変わらないためと考えられる。また、風向角 $90^\circ, 270^\circ$ の場合では開口部接線方向の気流が強く、WC による通風促進効果が得られると同時に、接線方向動圧が開口部周辺での圧力損失に影響する可能性が考えられる。よって、WC 設置時の通風量予測には、WC を設置する開口部の流量係数を把握することが重要であると考えられる。

チャンバーモデルによる流量係数の検討 式(3)を用いて開口部の全圧 P_R から開口部接線方向動圧 P_t を算出した場合の α と P_{R^*} の関係を示す(図 8)。WC ありとなしの場合で傾向は概ね一致したが、流出のケースでは開口部接線方向動圧 P_t の値が大きくなるため P_{R^*} が小さくなっている。これは開口部において流出気流と屋外気流が衝突することで流出気流の流路が狭められ、換気駆動力($=|P_R - P_w|$)に対する開口部接線方向動圧 P_t の値が過大評価されてしまうからだと考えられる。そこで、 P_t をアプローチフローの動圧とした場合の α と P_{R^*} の関係を検討した(図 9)。この場合、流入、流出どちらのケースにおいても WC ありとなしの場合で傾向は概ね一致している。また、チャンバー流量 0.3[-]における流入時の開口部周辺での圧力分布(図 10)と気流性状(図 11)を示す。WC ありとなしで開口部周辺での圧力分布、気流性状は概ね一致していることから、WC の有無によらず開口部の気流構造は変化しないことが考えられる。よって、WC ありの場合でも単純開口のパラメータ(表 1)を使用して検討を行うこととする。

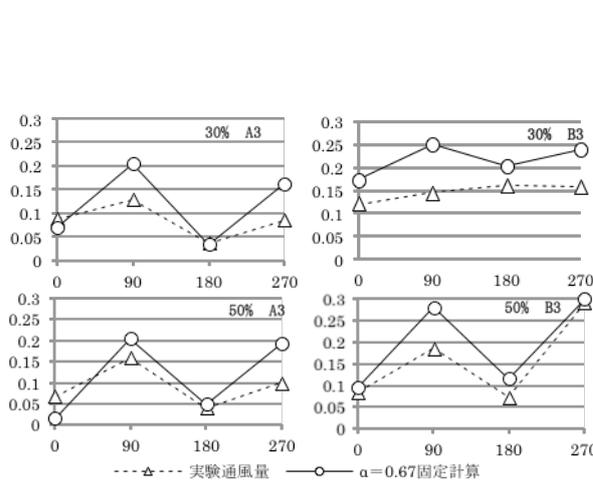


図 7 通風量比較

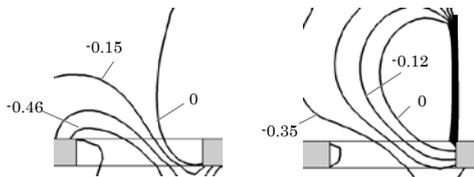


図 10 開口部圧力分布(チャンバー流量 0.3)

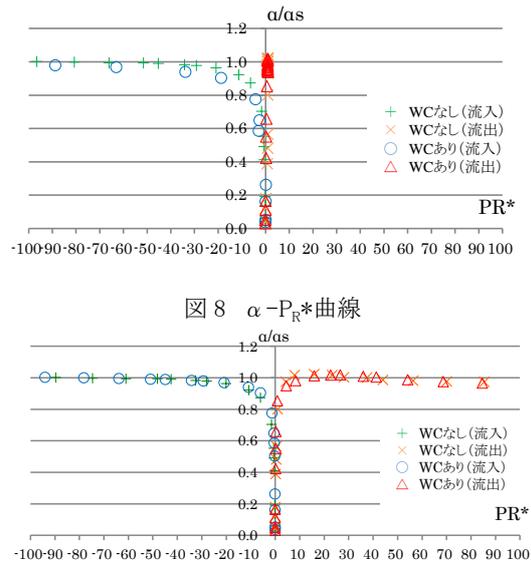
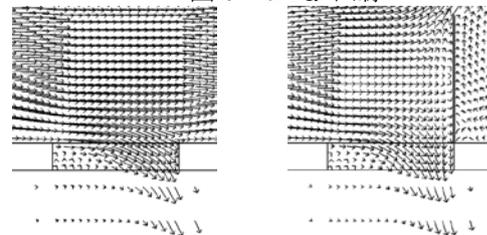


図 8 $\alpha - P_{R^*}$ 曲線

図 9 $\alpha - P_{R^*}$ 曲線



WCなし WCあり
図 11 開口部気流性状(チャンバー流量 0.3)

表 1 局所相似モデルパラメータ

	WC なし		WC あり	
	流入	流出	流入	流出
α_s	0.67	0.67	0.67	0.67
P_{R^*}	-2.89	3.17	-2.89	3.17
n	0.23	0.22	0.23	0.22

再現性の確認 風洞実験で測定した隣棟間中央での主流方向成分風速の鉛直方向分布を CFD 解析と比較した(図 12)。周辺建物による風速の低下が実験と対応していることから、建物周辺の気流を再現できているといえる。また、風洞実験での多点圧力計による風圧測定から求めた風圧係数を CFD 解析と比較した(図 13)。風向角 0°の南屋根において CFD 解析では負圧の過小評価が見られる。これは屋根上端での剥離流による負圧が過小評価されているためである。残りの壁面 4 面において実験と CFD 解析の壁面風圧係数が概ね一致していることから、CFD 解析によって実現象を再現できていると考えられる。

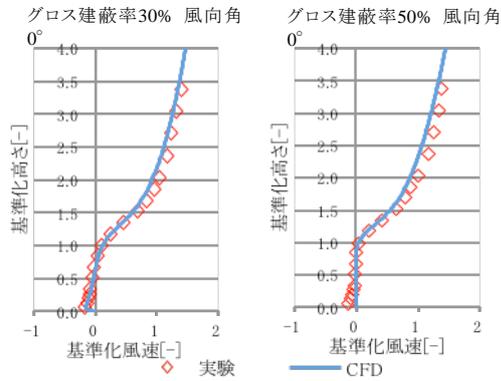


図 12 気流分布の再現

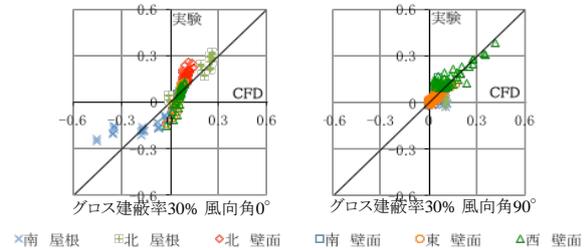


図 13 実験と CFD の風圧係数比較

設置開口部の流量係数 局所相似モデルによって算出された各開口ケースの流量係数を示す(表 2)。WC なしの A1 では流量係数が非常に小さく、WC ありの A2 や A3 では WC を設置した開口部①②ともに流量係数 α が 0.4 程度となっている。これは、WC を設置した開口部②において開口部の風圧係数が変化し、2 つの開口部の風圧係数差が大きくなったためであると考えられる。

表 2 開口部の流量係数

風向角 90°		流入開口		流出開口		基準化通風量[-]
30%	A1	0.010	①	0.012	②	1.08e-06
	A2	0.404	②	0.407	①	0.076
	A3	0.415	①	0.418	②	0.083
50%	A1	0.011	②	0.013	①	7.02e-07
	A2	0.381	②	0.384	①	0.077
	A3	0.414	①	0.419	②	0.100

局所相似モデルの適用性検討 WC を設置した開口ケースごとに予測方法の異なる 3 種類の通風量について比較を行った(図 14)。すなわち、全域モデルから得られた通風量(CFD 通風量)、シールドモデルから得られた壁面風圧と開口部接線方向動圧に局所相似モデルを適用して算出した通風量(局所相似モデル)、同じくシールドモデルによる壁面風圧と流量係数 $\alpha=0.67$ 固定で算出した通風量(α 固定計算)である。どの開口ケースにおいても、 $\alpha=0.67$ 固定で算出した場合は通風量を過大評価している。しかし、局所相似モデルを適用した場合は、Gross 建蔽率や風向角、WC の設置位置が変化しても比較的全域計算の結果と一致している。これは、どの開口ケースにおいても開口部の流量係数 α が 0.67 以下となり、局所相似モデルによって WC を設置した開口部の流量係数を再現できていると考えられる。このことから、局所相似モデルを用いることにより、WC を設置した場合の通風量を精度良く予測することが可能であることがわかった。

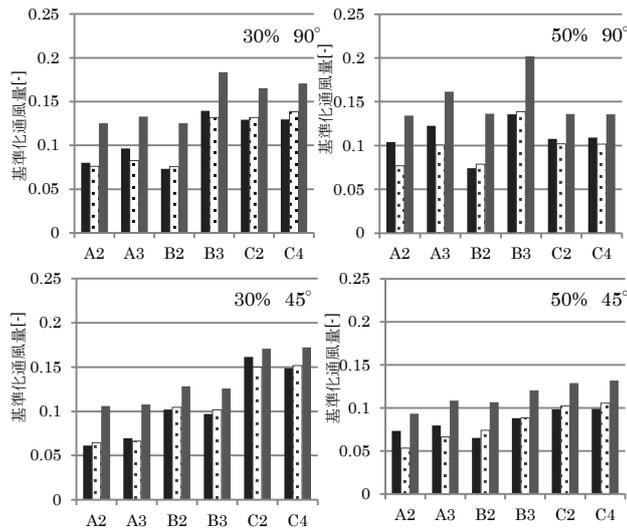


図 14 各予測方法の比較

WC 設置位置の検討 これまでの検討から B3 のケースのように対面する 2 つの開口部に WC を設置することで通風量の増加が期待できる。このことから同じ対面開口のケースで WC の設置数による比較をした場合、2 つの開口部に WC を設置すると居住域の風速も通風量も大きく増加することが確認できた(図 15)。次に、対面開口の WC 設置位置による室内気流の変化を検討した。検討する開口ケースは図 17 に示す 9 パターンとし、風向角は WC 効果が大きく得られる 90°において検討を行った。図 19 に各開口ケースの居住域平均風速を示す。居住域平均風速において、B3_1 や B3_5 のケースで風速が大きくなり、B3_2 や B3_7 のケースで風速が小さくなった。最も居住域平均風速が大きくなる B3_5 と小さくなる B3_1, B3_7 の室内気流分布を図 18 に示す。このとき、各開口ケースの通風量においてはあまり差が生じなかった。このことから、対面開口の場合、WC を設置する開口の位置関係を変化させることで、室内気流を変化させることが可能であることが確認できた。

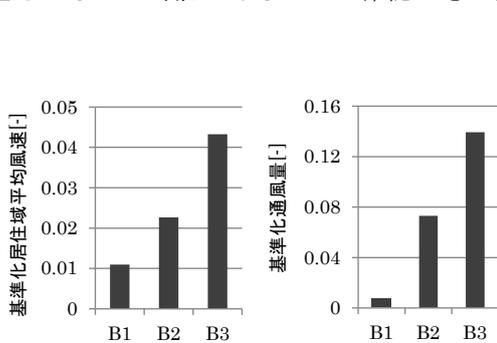


図 15 WC 設置数による比較(ケース B)

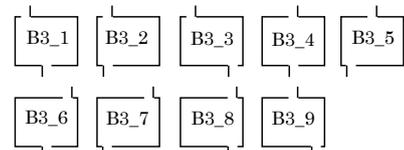


図 16 検討ケース

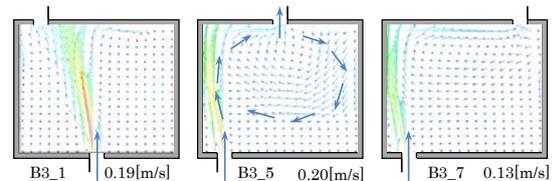


図 17 室内気流分布

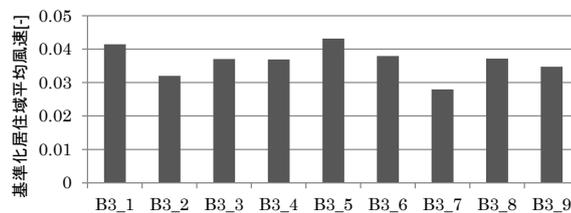


図 18 居住域平均風速

本研究成果は、2015年3月6日に東京理科大学 森戸記念館で開催した「ウィ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」にて報告された。研究集会では本研究の他、関連する研究として複数建物モデルによる建物周辺気流解析手法に関する研究報告等も行い、通風のさらなる有効利用について議論した。

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

1) 平野葵, 倉渕 隆, 水谷国男, 塚本 健二, 野中 俊宏, 上岡 弘明: 密集市街地に建つ住宅のウインドキャッチャーによる通風性能の評価手法に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2015.9(掲載予定)

2) 平野葵, 倉渕 隆, 水谷国男, 塚本 健二, 野中 俊宏, 上岡 弘明: 密集市街地に建つ住宅のウインドキャッチャーを用いた通風性能予測に関する研究, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2015.9(掲載予定)

[雑誌論文] (計 件)

[学会発表] (計 2 件)

[図書] (計 件)

[その他]

産業財産権, ホームページ等

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

遠藤 智行 (関東学院大学・建築環境学部・准教授)

李 時桓 (東京理科大学・工学部・助教)

滝澤 正玄 (東京理科大学・工学研究科・大学院生)

織田 貴之 (東京理科大学・工学研究科・大学院生)

上岡 弘明 (東京理科大学・工学研究科・大学院生)

小林 優人 (関東学院大学大学院・工学研究科・大学院生)

類家 涼司 (関東学院大学大学院・工学研究科・大学院生)

赤瀬 慶紀 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

井上 洋輔 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

内ヶ崎 拓真 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

川島 教城 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

五林 卓 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

平野 葵 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

渡邊 裕美子 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

鷹野 亮 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

長島 映璃 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

妙木 麻紋 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

小谷野 高弘 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

松坂 淳司 (東京理科大学・工学部・卒研究生)

大関 仁 (関東学院大学・工学部・卒研究生)

金丸 知美 (関東学院大学・工学部・建築学科 卒研究生)

木村 竜海 (関東学院大学・工学部・卒研究生)

久保 覚 (関東学院大学・工学部・卒研究生)

瀬川 輝 (関東学院大学・工学部・卒研究生)

野中 俊宏 (株式会社 LIXIL・総合研究所・新事業創造部)

水谷 国男 (東京工芸大学・工学部・教授)

張 偉栄 (東京工芸大学・工学部・准教授)

塚本 健二 (東京工芸大学院・工学研究科・特別研究員)