

1. 目的

通風は、外部の風という自然エネルギーのみを利用して室温・体感温度を低下させる夏期の有用な環境調整手法であり、通風を有効に利用することで、夏期～中間期の冷房負荷・換気動力を削減して省エネルギーを図ることが可能になると考えられる。通風は、外部風が室内に流入し、建物及び人体から熱を奪って室外へ流出するという単純な手法であり、その定性的な有効性は生活の知恵として経験的に広く認められている。しかし、通風の及ぼす効果は定量的には未解明な部分が多く、効果が不明瞭なまま定性的に設計されているのが現状である。これは、外部風の特徴として風向風速の大きな変化があげられ、それに伴い通風駆動力や室内の気流場が刻々と変化することから、室内温熱環境に及ぼす定量的な効果を把握することが難しく、定量的な評価に基づく通風設計手法が確立されていないためである。この通風効果の定量的な不明瞭さという問題は、都市化・過密化に伴うプライバシー、防犯、騒音、空気質汚染といった諸問題とともに、通風の利用を妨げる一因となっていると考えられる。通風の及ぼす効果を定量的に把握することで、積極的な通風利用を設計時から採り入れることが可能となり、居住者に通風利用を意識づけることから夏期・中間期の快適性の向上、冷房使用時間の削減が期待される。

当課題は、国土交通省総合技術開発プロジェクト「エネルギー・資源の自立循環型住宅・都市基盤整備支援システムの開発」の一環として行っているものであり、通風空間の定量的な設計・評価手法を確立することを最終の目標として、実験、実測、数値解析を通して通風環境の性状の定量的な把握を行っている。

2. 通風環境について

通風を有効に利用するためには、外部風を建物内部に効果的に導入する計画が必要になる。通風利用時には開口部を大きく開け放つイメージから、外界から室内までを一体とした連続的な開放空間として通風空間をとらえる向きがあるが、通風環境を定量的に把握するためには、スケールに応じてそれぞれの特徴を把握することが有効であると考えられる。外界、建物周辺、開口部、室内、といった4つのレベルに分け、それぞれの特徴について検討が行われるのが一般的である。外界レベルでは所在地の温湿度、風向風速等の気象条件、建物周辺レベルでは、周辺建物によって複雑に形成される気流が建物外皮に通風の駆動力として作用する風圧を表す風圧係数、開口部レベルでは、開口部の風の通りやすさを表す流量係数、室内レベルでは室内気流性状、が代表

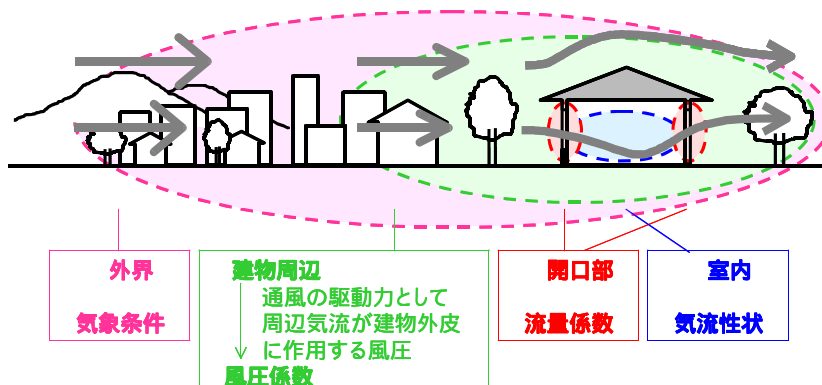


図1 通風環境のスケール

的な検討対象となる。通風の良否は室内レベルで判断されるが、外部風の影響をとカスケード状に受けるため4つのレベルでの検討が必要となる。

以上の通風環境の4つのレベルのうち、当課題では、通風実験用風洞の実験結果を中心に、流量係数及び室内気流性状についての検討を報告する。

3. 通風実験用風洞の概要

建築研究所通風実験用風洞に、幅5.4m×奥行5.4m×高さ3mの実大建物モデルを設置し、通風環境の実験を行っている(図2)。これまでに、建物モデル対角位置に幅860mm×高さ1,740mmの開口を設けたケースを中心に、三次元超音波風速計(Kaijo DA-600他)を用いた室内外の風速分布と微差圧計を用いた壁面、屋根面、室内床面の風圧分布を詳細に測定し、室内外の気流性状を把握している^{1), 2)}。

4. 流量係数

2.で開口部レベルの代表的な検討指標としてあげた流量係数は、開口部を通過する風の通りやすさを示す係数であり、実開口面積のうち、どの程度の面積が通風に有効であるかの比として表される。

通常の換気・通風計算では、流量係数は一定値として扱われる(通常開口部で0.6程度)。しかし、以前から開口近傍の気流性状により流量係数が変化するとされており、換気・通風量計算時の誤差の一要因となっていた。建築研究所では、流量係数の変化を実大モデルを用いた一連の研究^{1), 3)}で検討しており、変化要因の検討の結果、開口面を通過する風向が流量係数を変化させる最大の要因となっていることが判ってきている。

流量係数 α は次式で表される。

$$\alpha = \frac{|Q|}{A\sqrt{2(P_w - P_i)/\rho}} = \frac{|Q|}{AV\sqrt{C_{pw} - C_{pi}}} \dots(1)$$

ここで、 Q は通過流量[m³/s]、 A は開口面積[m²]、 P は圧力[Pa]、 C_p は風圧係数[-](添字w:外壁面、i:室内)、 V は基準風速(=3.0m/s)である。測定では開口面内48点の通過風速を測定し、面積積分することで通過風量を算定し、壁面圧力を開口閉鎖時の開口位置での壁面風圧、室内圧力を床面圧力で代表させて算定する。

図3に、単純矩形形状(幅860mm×高さ1,740mm, 壁圧100mm)の流量係数を開口面の風向 θ_{xyz} (図4で定義)で示す。開口面に垂直に流入出する時に流量係数が大きく(抵抗が小さく)、開口面に平行になるほど($\theta_{xyz}=90^\circ$ に近づくほど)流量係数が小さくなる(抵抗が大きくなる)傾向を示している。しかし、流入側は図中に挿入した余弦曲線に比較的良く一致している反面、流出側($\theta_{xyz}=90^\circ \sim 180^\circ$)ではばらつきが大きいという違いが

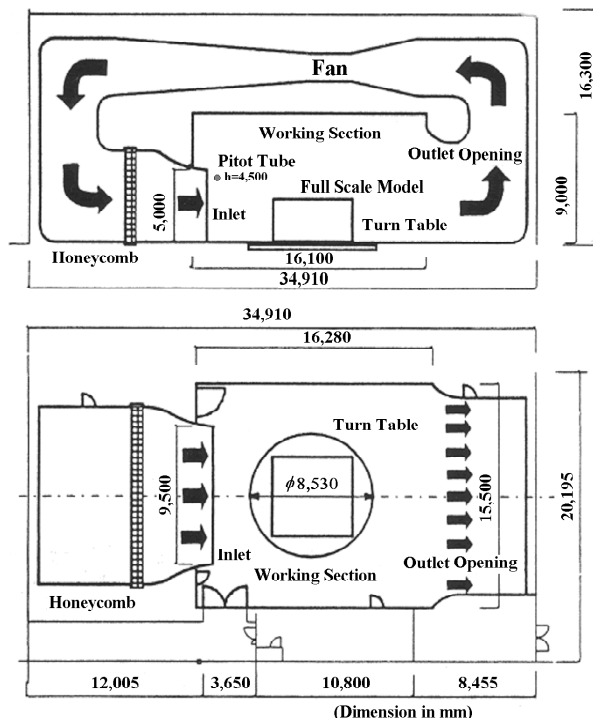


図2 通風実験用風洞(上:断面,下:平面)

あり、風向以外の变化要因の存在が示唆されている。流出側は流出した気流による影響があるものと考えられ、今後検討を重ねる予定である。

市販されている引違窓サッシ(図5、腰窓：幅1.69m×高さ1.17m)で測定した流量係数の水平面風向 θ_{xy} による変化を示す(図6)。矩形開口と同様の傾向を示すものの、流入時($\theta_{xy}=-90^\circ \sim 90^\circ$)に非対称な変化を示す。これは、窓サッシの形状の非対称性によるものと考えられる。すなわち、流入角 $\theta_{xy}<0^\circ$ ではサッシ枠Aが抵抗として働き、流入角 $\theta_{xy}>0^\circ$ では2枚の障子端部の段差Bが抵抗を小さくすると考えられる。

5. 室内気流性状^{1), 4)}

通風空間では、流速の速い領域(通風輪道、主流域等と呼ぶ)と、その周辺の流速の比較的遅い領域が現れ、気流速のむらが非常に大きな空間になっている。通風時に最も重要となるのは人の快適性「涼感」であり、気流速による影響が大きい。一方、建物全体から熱を除去する排熱に関しては、通風による室内の混合性状が大きく影響を及ぼすことになる。通風実験風洞に設置した実大モデルでは、これまでに気流速分布の測定、可視化実験、トレーサーガス減衰法による濃度測定を行っている。

図7～図9に風向 0° 、図10～12に風向 45° の室内気流性状を示す。図7、10はモデル頂部から撮影した可視化画像(平面、床上1,190mm)であり、図8、11は気流分布と局所換気効率を重ねた図である。局所換気効率 ε_p はトレーサーガス減衰法によって求まる局所空気齢 $\bar{\tau}_p$ [s]と名目換気時間 τ_n [s]の比であり($\varepsilon_p = \tau_n / \bar{\tau}_p$)、 ε_p が大きい点ほど開口Aから流入した外気が平均的に速く到達することを示す指標である。図9、12は室内平均濃度減衰と各点の濃度減衰過程を示す。

風向 0° は、通風量が $8,200\text{m}^3/\text{h}$ (換気回数120回/h)と大きく、開口Aから開口Bへの通風輪道が顕著に表れるケースの一つである。このケースでは、輪道上の点b、c、dでは流速が大きいが、点gのような輪道から離れた場所では風速は小さくなる。また、流入空気の混合状況を表す局所換気効率(図8)及び濃度減衰過程(図9)からも、空間内の混合状態に大きな偏りが生じていることが分かる。

風向 45° は、通風量が $7,000\text{m}^3/\text{h}$ (換気回数100回/h)で風向 0° より小さく、開口Aからの流入気流がモデル中央の柱壁に衝突し2つに分かれる流れを示すケースである(図10、11)。このケースでは、偏りの小さな混合状況になっており(図11、12)、平均空気交

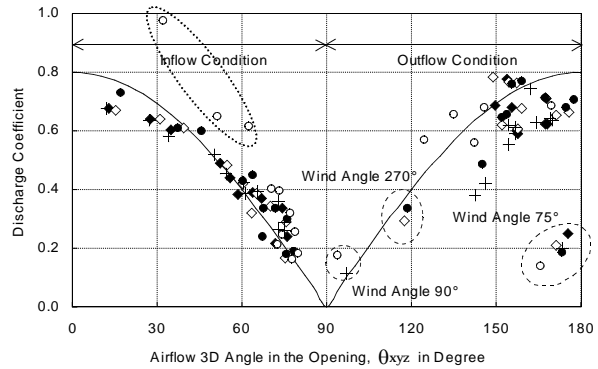


図3 矩形開口の流量係数と流入角度 θ_{xyz}

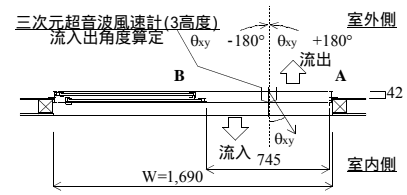
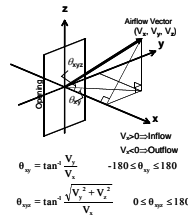


図4 流入角度 図5 引違サッシ断面

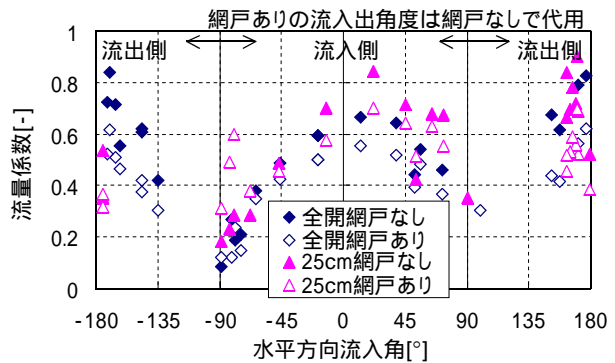


図6 引違サッシの流量係数と流入角度 θ_{xy}

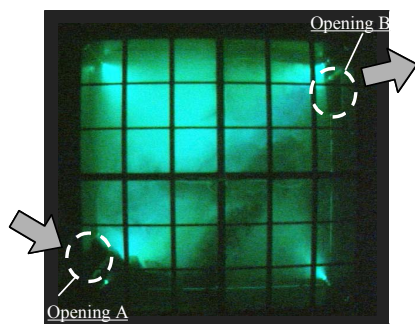


図7 可視化画像 (風向0°)

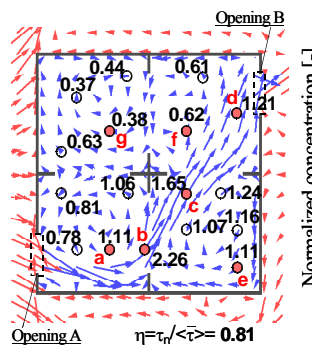


図8 気流分布と局所換気効率 $\epsilon_p(0^\circ)$

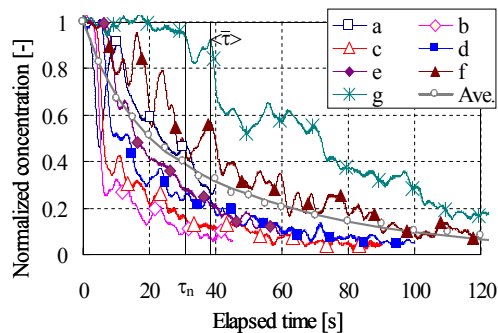


図9 濃度減衰 (風向0°)

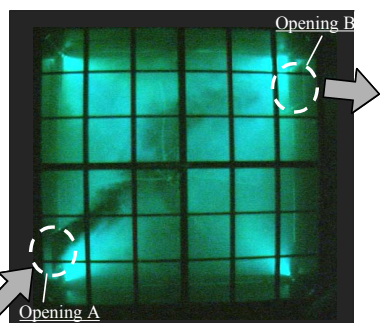


図10 可視化画像 (風向45°)

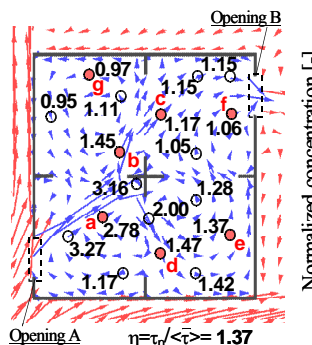


図11 気流分布と局所換気効率 $\epsilon_p(45^\circ)$

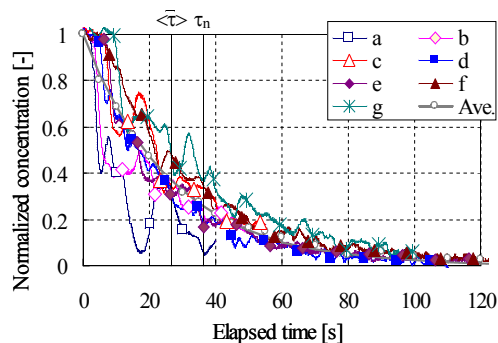


図12 濃度減衰 (風向45°)

換気率 η が1.37と部屋全体で押し出流れの様相を示し、換気量の多い風向0°より効果的に排出される結果となっている。

室内気流性状の検討の結果、通風輪道の明確な条件ほど室内の混合状況に偏りが生じること、流速分布を空間全体で見ると混合状況ほどの偏りは生じないことを確認している。

3. 結論

通風空間の定量的な評価・設計手法の確立を目指して、通風空間内外の性状の定量的な把握を行っている。開口部の流量係数が開口面の風向によって大きく変化することを示し、室内の気流性状と混合状況の関係を気流速分布とトレーサーガス減衰法から検討した。

4. 今後の課題

引き続き、通風環境の定量的な性状把握を進めるとともに、把握した性状に基づいた通風空間の評価法・設計手法を組み立てる必要がある。その際、最も問題になると考えられるのは、上記の4つのスケールのうちの 建物周辺レベルであり、壁面に作用し通風の駆動力となる風圧が、隣接建物及びその周辺状況によって大きく変わる点である。現在、自立循環総プロで当課題と平行して壁面風圧の測定実験を行っており、知見を蓄積しているところである。将来は、詳細な分析に基づく評価・設計手法だけでなく、簡便に通風空間を評価・設計できる実務者向けの手法を構築し、通風利用を促進させる必要があると考えている。

[参考文献]

- 1) 澤地他：住宅の通風設計および性能評価に関する研究 その1～21, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1999-2004
- 2) T. Sawachi et al., "Wind Pressure and Airflow in a Full-scale Building Model under Cross Ventilation", The International Journal of Ventilation, vol.2, No.4, pp.343-358, March 2004
- 3) T. Sawachi et al., "Predictability of the Discharge Coefficient for Inflow and Outflow Openings in Cross Ventilation", Proceedings of Roomvent2004, September 2004
- 4) S. Nishizawa et al., "Examination of the Space with Cross Ventilation by Tracer Gas Technique and Zoning Concept of the Space with Unevenness", Proceedings of Roomvent2004, September 2004