

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 05 月 31 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010 年～2012 年

課題番号：22360241

研究課題名（和文）通風気流予測における領域分割法を用いた住宅室内気流構造と体感冷却効果の解明

研究課題名（英文）Study on the indoor airflow pattern and thermal comfort under cross ventilated situation of residential building by using domain decomposition technique

研究代表者

倉渕 隆 (Kurabuchi Takashi)

東京理科大学工学部第一部建築学科・教授

研究者番号：70178094

研究成果の概要（和文）：

住宅において良好な通風環境を確保するためには、設計時に通風利用の可能性を予め把握し、通風性能が良好となる開口部配置等の最適化を行う事が望ましい。これには住宅建設地域によらない設計上の普遍的な配慮と同時に、建設地域固有の環境について配慮する必要がある。居住空間には、室内環境に影響する物理的要素が多く存在する。これらの要素を正確に把握することが、室内環境を評価・予測するために極めて重要である。このような観点から平成 22 年度より大きく分けて 4 つの研究を行った。

1. 通風性能予測に関する研究
2. 通風性能を評価する指標とし風速比を提案
3. 通風気流による人体の冷涼感予測
4. 有風時の clo 値と対流熱伝達率の把握

これらの成果として以下を得ることができた。

- ・水平速度分布による領域分割法の予測精度向上
- ・通風性能評価指標として風速比の有用性
- ・通風気流による人体の冷涼感評価方法
- ・有風時の clo 値の低下を確認

研究成果の概要（英文）：

We mainly did four kinds of studies.

1. Study on prediction in cross-ventilation performance
2. Evaluation of cross-ventilation performance of various opening conditions
3. Prediction method of cooling sensation due to breezing airflow driven by cross-ventilation
4. Study on the convective heat transfer coefficient and thermal resistance of clothing under cross ventilation

These main results are shown below.

- ・Modification of inflow boundary conditions based on coupled simulation results showed some effect to improve reproduction accuracy of cross-ventilated indoor airflow structures.
- ・The results showed that, generally speaking, the wind velocity ratio value C can be determined uniquely for each opening case, almost regardless of the location or time slot, and confirmed the validity of the method of evaluating cross-ventilation performance which uses the wind velocity ratio C and ignores locality.
- ・From the results of the cooling effect of cross-ventilation airflow had on the occupants, we also found that it is possible to perform relatively high-accuracy prediction by

using numerical thermal mannequin with decoupled CFD technique.

- In the case of clothing with high breathability, thermal resistance of clothing decreased by 10-20% at a wind speed of 0.5 m/s, 20% at a wind speed of 1 m/s, and 30-40% at a wind speed of 2 m/s.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
22年度	9,300,000	2,790,000	12,090,000
23年度	2,100,000	630,000	2,730,000
24年度	2,400,000	720,000	3,120,000
年度			
年度			
総計	13,800,000	4,140,000	17,940,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境-設備

キーワード：自然通風，CFD解析，領域分割法，全域計算法，ウインドキッチャー，風洞実験，OpenFOAM，天窗

1. 研究開始当初の背景

夏季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数値シミュレーション(CFD)は発達している反面，計画段階で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。

2. 研究の目的

本研究では開口条件の相違による通風効果の違いが簡易的に検討可能な通風気流予測の「領域分割法」を実測・実験データとの比較に基づき整備する。次に同手法を用いた系統的CFD解析を実施し，得られた通風データベースの分析により，通風気流速度比(風速比)に着目した設計資料の整備を行う。また通風環境下における冷却効果の測定にサーマルマネキンを用いて実施するとともに，領域分割法を併用した数値サーマルマネキンによる居住者の熱損失量の推定を行い，既往の室内温熱環境予測手法を通風環境に適用する場合の改良法に関して検討を行う。

3. 研究の方法

第二章 領域分割法の予測精度向上に関する検討

住宅の通風性能の把握のためには，開口条件を様々な設定した系統的検討が必要となるが，建物周辺気流の計算と，室内気流計算を分けて実施する領域分割法は計算効率の観点で有効な手段である。以下では，領域分

割法の予測精度向上のための検討を実施する。

風洞実験を宇田川による住宅用標準問題に基づく縮尺 1/40 の住宅模型を使用した。住宅の2階部分を検討対象とし，天窗2ヶ所を含む12ヶ所に床面積の0.03倍の開口部を配置した。風洞実験では，居住範囲の5×7点において無指向風速計による室内スカラ風速分布を測定した。全開口部のうち2カ所を開口する条件とし3ケースに分類される開口部の組み合わせについて，22.5°間隔で16風向について測定した。

CFD解析に関して，建物外周部と室内を一括して解析する全域計算法と，領域分割法を適用した。領域分割法は，建物外周部のみをシールド条件で解析し，口部相当位置の計算結果に局所相似モデルを適用して通風量を求め，入流境界条件を設定して室内気流のみを別途解析する二段階計算法である。開口部相当位置の風圧力に基づく通風量と接線方向風速が，開口部に一様に流入風速の境界条件を設定する。

第三章 風速比に関する検討

風洞実験に関しては第一章と同様の結果を用いているので省く。気象条件と風速比に関する検討として検討対象住宅モデルの周辺に建物がない状況を想定し，各風向角に関するCFD解析結果及び実験結果から得られた居住域平均風速と開口部通過風速 Q/A に基づき，標準年夏期(6~8月)の各地域と時間帯の風配と軒高さの風向別平均風速によって加重平均をすることにより，各地域の気象条件を考慮した居住域平均風速と開口部通過

風速を算出した。

第四章 実住宅における開口条件による通風性能に関する検討

実住宅モデルにおける CFD を用いた検討を行うために、稠密な市街地に建つ実験住宅での実測結果との比較により、CFD の整合性を評価した。

実験住宅において実測を行った。25 点(床上 1,100mm)で無指向性風速計により風速分布を測定し居住域平均風速とすると同時に、超音波風速計を南窓開口面内に 5 点設置し、開口部通過風速ベクトルを測定した。開口ケースは南窓-東窓、南窓-北窓(北扉経由)、南窓-天窗の 3 ケースとし、各ケース 30 分間 0.5 秒間隔で測定した。また棟上 2m にある屋上風向風速計で外部条件を把握すると同時に、以下に示す解析は全て屋上風速を用いて基準化している。更に実測に対応する CFD 解析を行ったが、一般に CFD により算出されるベクトル平均風速は、実測において測定したスカラー平均風速より小さくなることが知られているため、Popiolek らが提唱するベクトル・スカラー換算式の妥当性を検証した上でこれを用いた。検討対象建物を中心に 150m 四方を市街地として再現し、 $-45^{\circ} \sim 45^{\circ}$ (22.5° 刻み)の範囲を解析対象風向とした。流出入境界条件にはサイクル境界を用いて流入条件に $1/4$ 乗則に基づく質量流量を与え、また Durbin リミタ ($\alpha=0.8$) を組み込んだ改良型 $k-\epsilon$ モデルを用いた。

第五章 通風気流により人体の得る冷涼感に関する検討

実測は第四章と同様に実験住宅にて行った。東南の角部屋を解析対象室としており、室内 9 か所の測定点(床上高さ 1,100mm)において、超音波風速計を用いて風速ベクトルを測定した。また、検討対象建物の棟の中央部(GL から 10.76m)に屋上風向風速計が設置されており、これにより測定された屋上風向風速を解析結果と一致させることで、実測と解析結果の比較の前提としている。窓開口ケースは南窓-天窗開口、南窓-東窓開口、及び解析対象室の北扉と階段室の北窓を開放する南窓-北窓開口の 3 ケースで、各ケース 30 分間、0.1 秒間隔で測定を行った。また、サーマルマネキンの設置位置を 2 ケース変えて同様に測定した。屋外風向の安定した 10 秒間のデータを平均してそのケースにおける屋上風向風速及び室内気流ベクトルとしている。また CFD 解析における市街地再現範囲は、検討対象建物を中心とする 150m 四方を市街地として再現し、さらにその周辺に 1,200m 四方の領域を作成することで解析領域とした。検討対象建物の周辺状況は、航空写真及び現地調査より把握した。検討対象建

物の東南角部屋を解析対象室としているため、検討対象建物に南から正対する風向を 0° (S)として $337.5^{\circ} \sim 45^{\circ}$ (SSW~SE)の範囲の屋外風向を解析対象風向とした。レイヤーメッシュにより壁面第一セル寸法の管理を行うことで、検討対象建物の形状を精確に再現した。また解析領域のメッシュ形状は、検討対象建物と隣接建物 5 棟及び解析対象室をマルチブロック法にて作成し、計算分解能を確保した上で必要計算量の圧縮を図った。

第六章 通風及び扇風機環境下における人体周りの対流熱伝達率と clo 値に関する検討

サーマルマネキン(以下、マネキンと記す。)を椅座状態で配置し、風速とマネキンの着衣状態を変えた実験を行った。着衣状態は裸体・Tシャツ(Tシャツ・短パン・下着)・スウェット(上下スウェット・Tシャツ・靴下・下着)・CoolBiz ジャケット有り(ジャケット・長袖 Y シャツ・Tシャツ・ズボン・靴下・下着)・CoolBiz ジャケット無し L サイズ(半袖 Y シャツ・Tシャツ・ズボン・靴下・下着)・CoolBiz ジャケット無し XL サイズ(半袖 Y シャツ・Tシャツ・ズボン・靴下・下着)の 6 パターンとした。測定項目は空気温度・壁面温度・風速・マネキン顕熱損失量・マネキン皮膚表面温度である。空気温度は設置したポール位置において 10 点、壁面温度は各壁面において 2~5 点、風速 5 点(高さ 100, 600, 900, 1,100, 1,600mm)測定した。マネキンの発熱条件はコンフォート制御としたが、これは快適時の人体放熱モデルとして、マネキン表面からの顕熱損失量 Q_t [W/m^2]と皮膚表面温度 θ_s [$^{\circ}C$]が、ある条件を満たすように制御する方法である。

第七章 CFD コードによる解析結果への影響に関する検討

221 モデルを用いて CFD 解析を行った。解析領域に検討対象建物を設置し、2 種類の CFD コードを用いて解析を行う。平均速度・ $k-\epsilon$ に関する流入プロファイルは、CFD 結果と比較する実験(第二章での風洞実験)に基づくものを用いた。また、収束条件について事前に検討し、十分厳しい判定条件を設定している。

第八章 グロス建蔽率による通風性への影響に関する検討

住宅の 1/50 縮尺模型を用いて、周辺建物無しの条件とグロス建蔽率 30%, 50%の条件で風洞実験を行った。検討対象住宅の 1 階南側に位置するリビングを居住域と想定した。開口位置は 4 パターンとし、Case1~3 では南窓(S1)の流入開口サイズの開口率(通風経路として想定した 1 階の床面積に対する流入開口面積の比)が 0.026, 0.05 となる 2 種類、

Case4 では南窓 (S2) のウィンドキャッチャーの有無の2種類で全8ケースの測定を行った。居住域平均風速の測定風向は周辺建物無しの条件では $0^{\circ}\sim 337.5^{\circ}$ (22.5° 刻み) の16風向, グロス建蔽率 30%, 50%の条件では $0^{\circ}\sim 315^{\circ}$ (45° 刻み) の8風向とした。通風量の測定風向は $-90^{\circ}\sim 90^{\circ}$ (45° 刻み) の5風向を測定風向とした。またCFD解析条件として周辺建物無しの風洞実験を想定した。解析対象風向は $0^{\circ}\sim 337.5^{\circ}$ (22.5° 刻み) の16風向とする。CFDに用いた乱流モデルはSST k- ω モデルとした。流入条件として風洞実験より測定したアプローチフローを用いた。

4. 研究成果

第二章 領域分割法の予測精度向上に関する検討

領域分割法を用いた通風性能の予測精度向上に関して開口部流入条件の観点から検討を行った。その結果、領域分割法に鉛直、水平方向に分布を与える事で特に対応の悪かったCase3で予測精度の向上に繋がる事がわかった。

第三章 風速比に関する検討

標準的な住宅モデルにおいて、領域分割法を利用したCFD解析を行い、風洞実験結果と比較することでその整合性を確かめると共に、主に開口部配置をはじめとする、様々な設計条件が室内気流に与える影響について検討した結果、以下の知見を得た。

- ・風速比は住宅建設地域・通風利用時間帯別の気象条件、及び周辺建物の有無に影響されず、概ね開口部配置と流入開口率により一意に決定される。
- ・天窓を含む開口部の組み合わせでは、風速比が最も大きくなり、旋回流により風速の大きい領域が室全体に広がる気流構造から、通風効果の高い開口部配置であることが確認された。このことから、風速比により通風効果を評価することの妥当性が示された。
- ・流入開口率が大きくなると風速比も大きくなるが、その変化量は開口部配置によって異なる。一方全般的な室内気流構造は流入開口率に影響されないことを確認した。
- ・実験値との比較により領域分割法を利用したCFD解析の室内気流予測の精度を確認した結果、上記の知見に関して実験値と計算値で同様の傾向を示した。ただし特に天窓を含む開口組み合わせにおいてC値の過大評価が確認され、流入開口率が大きくなると過大評価の度合いは大きくなった。
- ・開口部配置及び流入開口率と風速比について関係式を求め、開口部配置、流入開口率、

及び通風量から居住域風速を把握し、通風時の温熱環境予測や、工学的見地から通風性能設計をすることの可能性が示された。

第四章 実住宅における開口条件による通風性能に関する検討

実験住宅実測と対応するCFD解析、風洞実験と対応するCFD解析の結果を基に、開口条件や周辺条件が通風性能に及ぼす影響に関して検討を行った結果を示した。本章で得られた知見は以下の通りである。

- ・周辺市街地の有無が風速比に影響するかを確認するため風洞実験を行い、対応するCFD解析を行うことで前提としてのCFD精度を検証した。結果として、既往研究で宇田川モデルを用いて精度検証を行ってきた風洞実験と対応するCFDに関して、実住宅モデルについてもCFDで精度良く再現可能であることが示された。
- ・実住宅モデルにおいても、CFDを用いて精度良く気流予測が可能であることが示された。また今回の街区に関しては、サイクル境界モデルを用いることで計算負荷を低減しつつより精度の良い解析が可能であることが確認された。
- ・流出開口位置は室の気流性状に大きく関わらないため、室の風速比は流入開口位置に影響される。
- ・流入開口率が大きくなることで、実測・実験、CFDを問わず全てのケースで風速比が大きくなることを示した。
- ・概ねのケースで流入開口数が増えることで風速比が大きくなったが、天窓開口ケースでは逆の現象を示したため、更なる検討を要する。
- ・周辺市街地の有無は屋外気流性状及びそれに従う室内気流性状の構造に影響を与えるが、結果として算出される風速比は周辺市街地の有無に関わらず一致し、周辺市街地があったとしても、風速比の風向角によらない一定性は保持される。
- ・既往研究に示された流入開口率と風速比の関係式を更に発展させ、流入開口率のみをパラメータとした関係式を導き、簡潔かつ定量的に通風性能を評価する指標を示した。

第五章 通風気流により人体の得る冷涼感に関する検討

実測との比較により、通風環境下にあるサーマルマネキンの顕熱損失量がCFDを用いて的確に予測できるかの検討を行った。結果として、局所的に再現精度が不足している部位も見られたものの、全般的には実測とCFDは良い対応を示し、CFDによる数値サーマルマネキンを用いることで、人体が通風により得る冷涼感がある程度評価することが

可能であるという知見を得ることができた。

第六章 通風及び扇風機環境下における人体周りの対流熱伝達率とcloに関する検討

様々な着衣状態のサーマルマネキンを用いて、一様通風環境及び扇風機環境下におけるclo値と人体周りの対流熱伝達率を算出した。

- ・有風時ではどの着衣状態においてもclo値の低下を確認でき、風速0.5m/sのとき1~2割、風速1.0m/sのとき2~3割、風速2.0m/sのとき3~4割程度低下することが分かった。
- ・人体周りの対流熱伝達率を算出した結果、着衣状態による対流熱伝達率の違いはなかった。
- ・人体周りの対流熱伝達率は、PMV計算プログラムで用いられる計算式よりも小さい値となり、回帰式を求めた結果、 $\alpha c = 10.32v^{0.52}$ となった。
- ・扇風機時におけるclo値を算出した結果、扇風機設定によるclo値の違いはほとんどなかった。
- ・扇風機時における人体周りの対流熱伝達率を一様通風環境下に置き換えると、強設定では通風時2m/s以上、中設定では約1.8m/s、弱設定では約1.5m/s、強（首振り）設定では約0.8m/s、弱（首振り）設定では約0.5m/sと同様の結果となった。

また超音波風速計を用いて一様通風環境下における長さスケールの算出を試みた。

- ・各測定点における乱流エネルギー、長さスケール、粘性散逸率を算出した結果、吹出口からの距離の累乗の近似式で表すことができ、理論値-1.2, +0.4, -2.2と近い結果となった。

第七章 CFDコードによる解析結果への影響に関する検討

CFDを通風気流予測に適用する場合の流入プロファイルの保存の重要性と、各種乱流モデルを風圧係数予測・通風現象予測に適用した際の得失が把握された。全般的には、SST k- ω モデルは、他の乱流モデルに比べ問題となる欠点が少なく、風圧予測・通風現象予測に適した乱流モデルであるといえる。

第八章 グロス建蔽率による通風性への影響に関する検討

- ・「通風性能が高い」とされる住宅と特に通風性能に配慮されていない住宅を比較し、その性能を把握すると共に、その通風効果について検討を行った。その結果、通風性能が良いとされる住宅では特に、Case3においては旋回流を発生させるような天窓配置を取る事で風速比を向上させることが出来ると分かった。
- ・周辺建物なし、グロス建蔽率30%、50%での

実験結果による比較を行った。その結果、居住域平均風速に関して周辺建物なしに比べ周辺建物ありになる事でグロス建蔽率30%ではCase1, Case2において50%以上減少するのに対し、Case3の天窓ケースでは40%以下である。また、グロス建蔽率50%ではCase1, Case2においては70%以上減少するのに対し、Case3の天窓ケースでは60%以下と減少率が小さいことから、その有効性が確認された。また、風速比はCase2の1/2開口での対応が悪いものの、周辺建物の有無に関わらず概ねケース毎に一意に決定されることが確認された。

- ・ウインドキャッチャーの効果について周辺建物の無い条件と周辺建物の有る条件で検討を行った。その結果、周辺建物がある条件では開口部付近で開口面の接線方向の気流が発生しやすい風向角において、ウインドキャッチャーの効果により居住域平均風速が増加することがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Kumiko TSURUTA, Takashi KURABUCHI, and Yuma KOUCHI : Domain decomposition technique applied to the evaluation of cross-ventilation performance for various opening conditions of a building, The International Journal of Ventilation, Volume 10 Number 2, pp.147-154, 2011.9, 査読有
- ② Keiko SATO, Takashi KURABUCHI, Takeshi OGASAWARA, Masaaki OHBA, Shizuo IWAMOTO, Nobumi SAHASHI and Seigo IKEHARA : A study on the convective heat transfer coefficient and thermal resistance of clothing under cross ventilation, The International Journal of Ventilation, Volume 10 Number 2, pp.155-162, 2011.9, 査読有

[学会発表] (計22件)

- ① Takashi KURABUCHI, Kumiko TSURUTA, Yuma KOUCHI, and Masaaki OHBA : Decoupled simulation of cross-ventilated indoor airflow of residential buildings, Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, PALENC 2010, (29, Sep. 2010, Hellenic Republic)
- ② Takeshi OGASAWARA, Takashi KURABUCHI, Hiroyuki SHIMIZU, and Keiko SATO : Evaluation of Convective Heat Transfer

- Coefficient for a Human Body Exposed to Airflow, 10th REHVA World Congress “Sustainable Energy Use in Buildings”, (9, May, 2010, Republic of Turkey)
- ③ Kenji TSUKAMOTO, Masaaki OHBA, Takashi KURABUCHI, Tomoyuki ENDO, and Toshihiko NONAKA : Building simulation on reduction of cooling loads for detach house in intermediate and raining seasons by cross-ventilation in Japan, Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, PALENC 2010, (29, Sep. 2010, Hellenic Republic)
- ④ 野中俊宏, 倉渕隆, 大場正昭, 遠藤智行, 塚本健二, 鶴田久美子, 鈴木駿輔, 森上伸也 : 領域分割法を用いた数値シミュレーションによる通風室内気流予測に関する研究 (その5) 開口の位置および開口率と室内気流性状に関する風洞実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(2010, 9, 9)
- ⑤ 鶴田久美子, 倉渕隆, 大場正昭, 遠藤智行, 塚本健二, 野中俊宏, 鈴木駿輔, 森上伸也 : 領域分割法を用いた数値シミュレーションによる通風室内気流予測に関する研究 (その6) 開口の位置および開口率と室内気流性状に関する風洞実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(2010, 9, 9)
- ⑥ Kumiko TURUTA, Takashi KURABUCHI, and Yuma KOUCHI : Domain decomposition technique applied to evaluation of cross-ventilation performance of various opening conditions of a building, Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, PALENC 2010, (29, Sep. 2010, Hellenic Republic)
- ⑦ Keiko SATO, Takashi KURABUCHI, Takeshi OGASAWARA, Nobumi SAHASHI, Seigo IKEHARA, Masaaki OHBA, and Shizuo IWAMOTO : A study on convective heat transfer coefficient and thermal resistance of clothing under cross ventilated situation, Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, PALENC 2010, (29, Sep. 2010, Hellenic Republic)
- ⑧ 鈴木駿輔, 倉渕隆, 大場正昭, 遠藤智行, 岩本静男, 塚本健二, 野中俊宏, 鶴田久美子 : 市街地に建つ戸建て住宅の通風時室内気流分布の予測改善法に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(2010, 9, 9)
- ⑨ 鈴木駿輔, 倉渕隆, 大場正昭, 遠藤智行, 岩本静男, 塚本健二, 野中俊宏, 鶴田久美子 : 市街地に建つ戸建て住宅の通風気流による冷涼感予測に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(2010, 9, 2)
- ⑩ 倉渕隆, 大場正昭, 遠藤智行, 岩本静男, 塚本健二, 野中俊宏, 鈴木駿輔, 高木洋平, 鶴田久美子 : 実測および数値シミュレーションによる風速比を用いた室内通風気流の冷却効果に関する研究 (その2) 市街地に建つ戸建て住宅の室内通風気流の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集(2010, 9, 9)
- ⑪ Nobummi SAHAGI, Takashi KURABUCHI, Takeshi OGASAWARA, Keiko SATO, Seigo IKEHARA, Masaaki OHABA and Shizuo IWAMOTO : A study on thermal resistance of clothing under cross ventilated situation, INDOOR AIR 2011, the 12th International Conference of the Indoor Air Quality and Climate, (5, Jun, 2011, United States of America)
- ⑫ Shunsuke SUZUKI, Takashi KURABUCHI, Takeshi OGASAWARA, Masaaki OHABA and Tomoyuki ENDO : Prediction method of cooling sensation due to breezing airflow driven by cross-ventilation in a detached house, Proceeding ROOMVENT2011, Paper number 147, (19, Jun, 2011, Norway)
- ⑬ 鈴木駿輔, 倉渕隆, 大場正昭, 遠藤智行, 岩本静男, 塚本健二, 野中俊宏, 高木洋平, 鶴田久美子 : 実測および数値シミュレーションによる風速比を用いた室内通風気流の冷却効果に関する研究 (その1) 市街地に建つ戸建て住宅の室内通風気流の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集(2011, 8, 23)
- ⑭ 高木洋平, 倉渕隆, 大場正昭, 遠藤智行, 塚本健二, 野中俊宏, 鈴木駿輔 : 領域分割法を用いた数値シミュレーションによる通風性能予測の精度向上に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(2011, 9, 14)
- ⑮ Takashi KURABUCHI, Shunsuke SUZUKI, and Masaaki OHBA : CFD analysis of cross-ventilation airflow and resultant cooling effect on thermal mannequin, HB2012 proceedings, Healthy Buildings 2012, 10th International Conference, 10A.1(8, Jul. 2012, Commonwealth of Australia)
- ⑯ 高木洋平, 倉渕隆, 大場正昭, 遠藤智行, 塚本健二, 野中俊宏, 山中悠己 : 領域分割法を用いた通風計算の精度向上に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(2012, 9, 12)
- ⑰ 三輪丁文, 倉渕隆, 大場正昭, 遠藤智行,

野中俊宏：建築モデルの風圧係数と通風現象のCFDによる予測精度に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集(2012, 9, 12)

- ⑱ 山中悠己，倉渕隆，大場正昭，遠藤智行，塚本健二，野中俊宏，高木洋平：市街地に建つ戸建住宅の開口条件による通風性能に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集(2012, 9, 12)
- ⑲ 山中悠己，倉渕隆，大場正昭，遠藤智行，塚本健二，野中俊宏，高木洋平：市街地に建つ戸建住宅の開口条件による通風性能に関する研究，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(2012, 9, 5)
- ⑳ Yuuki YAMANAKA, and Takashi KURABUCHI : Cross-ventilation performance with variable opening condition in a detached house located in urban area, CLIMA 2013 11th REHVA World Congress & 8th International Conference on IAQVEC, (18, Jun. 2013, Czech Republic)
- ㉑ 織田貴之，倉渕隆，大場正昭，塚本健二，野中俊宏，山中悠己：市街地に建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, 8, 30, 発表予定)
- ㉒ 滝澤正玄，倉渕隆，大場正昭，塚本健二：戸建て住宅の通風性能予測・比較改善に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集(2013, 8, 30, 発表予定)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

倉渕 隆 (Kurabuchi Takashi)
東京理科大学工学部第一部建築学科・教授
研究者番号：70178094

(2) 研究分担者

小笠原 岳 (Ogasawara Takeshi)
明星大学理工学部・准教授
(H22, H23)
研究者番号：30516232
遠藤 智行 (Endo Tomoyuki)
関東学院大学工学部・准教授
(H22)
研究者番号：90385534
李 時桓 (Lee Shiwan)
東京理科大学工学部・嘱託助教
(H24)
研究者番号：60624997

(3) 連携研究者

遠藤 智行 (Endo Tomoyuki)
関東学院大学工学部・准教授
(H23)
研究者番号：90385534