

平成 29 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：平成 29 年度

課題番号：173005

研究課題名（和文）：ウインドキャッチャーの有効利用を目的とした建物近傍の通風ポテンシャル評価に関する研究

研究課題名（英文）：Evaluation of Cross Ventilation Potential Around Buildings for Efficient Using Wind Catcher

研究代表者：遠藤 智行

交付決定額（当該年度）： 200,000円

※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

近年、地球温暖化等の環境問題により、省エネルギー意識の気運が高まり、建設業界においても運用時のエネルギー消費量を抑制するため、環境共生技術が必要とされている。特に、自然換気を取り入れる気運が高まっているが、風力換気は屋外風の影響を大きく受け、都市部の密集市街地では、隣棟間の建物壁面に接線方向の卓越風が吹き、壁面開口部から効率よく室内へ風を取り入れることが困難である。そのため、ウインドキャッチャー(以下、WC)を用いた手法が検討されている¹⁾。WCは、壁面近傍接線方向動圧(以下、 P_t)をWCにより静圧に転換し、開口部周辺の内外圧力差により、室内への気流を取り入れる(図1)。しかし、WCによる P_t の静圧転換及び開口部に作用する壁面風圧力(以下、 P_w)への変換効率や建物壁面近傍風速が持つ換気駆動力のポテンシャルの評価手法は未だ構築されていない。また、中間期や夏季の夜間に積極的に自然換気を取り入れることや夏季の熱負荷除去や冬季の断熱効果が期待されるダブルスキン(以下、DS)を設置することも環境共生技術である。DSは、季節によりその機能が変わり、夏季はDSが室内の日射負荷を軽減し、さらにDS上部と下部を開放することにより、DS内の熱だまりを排気し、熱負荷除去をする。対し、冬期はDS上部と下部を閉め切ることにより、DSが室内に断熱効果を与える。中間期においては、DS内の温度差により、自然換気効果を得る。これまで中間期におけるDSを利用した換気駆動力は、温度差によるものが主力と考えられていたが、実現象においてDSに風力が作用した場合、DSを利用した風力換気を行えることが期待される。しかし、ダブルスキン建築における効果的な自然換気量予測手法は構築されていない。本年度はWCの変換効率や建物壁面近傍風速が持つ換気駆動力のポテンシャルの評価手法を構築する為、単純形状建物の建物壁面近傍風速と単純形状建物のWC有無の風圧係数分布のそれぞれについて風洞実験とCFD解析を行った。また、先行研究¹⁾では単純形状建物(以下、221モデル)にDSが付属したモデル(以下、DS付属モデル)を用いて、DSの流入面・流出面を閉鎖したシールドモデルの風圧係数分布および、DS流入面・流出面を開放したモデルのDS内インナースキンにおける風圧係数分布について明らかにし、DSを利用した風力換気効果の可能性について知見を得るこ

とができているため、本年度は、各風向角の DS 内気流形状および通風量について CFD 解析にて検討を行った。

2. 研究の方法

2-1. 風洞実験及び CFD による風圧係数分布変化の検討

2-1-1. 背景・目的

風力換気は屋外風の影響を大きく受け、都市部の密集市街地では、隣棟間の建物壁面に接線方向の卓越風が吹き、壁面開口部から効率よく室内へ風を取り入れることが困難である。そのため、ウインドキャッチャー(以下、WC)を用いた手法が検討されている。WC は、壁面近傍接線方向動圧(以下、 P_t)を WC により静圧に転換し、開口部周辺の内外圧力差により、室内への気流を取り入れる(図 1)。しかし、WC による P_t の静圧転換及び開口部に作用する壁面風圧力(以下、 P_w)への変換効率や建物壁面近傍風速が持つ換気駆動力のポテンシャルの評価手法は未だ構築されていない。本報と次報ではその変換効率や建物壁面近傍風速が持つ換気駆動力のポテンシャルの評価手法を構築する為、単純形状建物の壁面近傍風速と単純形状建物 WC 設置時(以下 WC 付属モデル)の風圧係数分布のそれぞれについて風洞実験と CFD 解析を行った。本報では WC 設置時の風圧係数分布について、CFD 解析の妥当性の有無について検証を行った、次報では、WC による P_t から風圧力への変換効率について検討を行う。

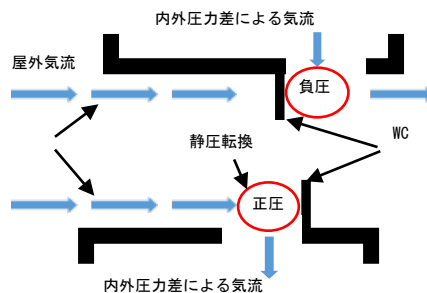


図 1 ウインドキャッチャーの概念

2-1-2. 風洞実験概要

風洞装置は東京工芸大学にある、室内回流式エッフェル型風洞を用いた。風圧測定に用いた模型は幅・奥行・高さが 200 mm・200 mm・100 mm の模型を用いた。図 2 に風圧模型の測定箇所、図 3 に風圧測定模型を示す。アプローチフローは市街地を想定した、1/4 乗のべき乗則に従った。WC の有無の 2Case を測定し、各 Case で風向角 $0^\circ \sim 180^\circ$ の 22.5° 刻みで 9 風向の風圧測定を行った。

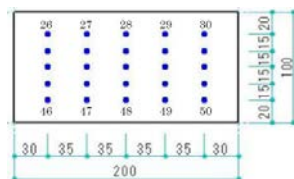


図 2 風圧模型測定箇所(立面図)

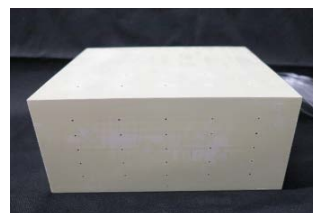


図 3 風洞模型写真

2-1-3.CFD 解析概要

WC 付属モデルは幅:奥行:高さの比率を 2:2:1 とした単純形状建物(以下 221 モデル)の風上側に幅:奥行:高さが 0.05:0.4:0.2 の WC を設置した。また、G.L.から WC 下部までの高さは 0.4 とした(図 4)。CFD 解析には、OpenFOAM ver2.0.1 を用いた。WC 付属モデルを含む解析領域は、幅:奥行:高さが 12:16:5 とした(図 5)。乱流モデルは SSTk- ω モデルを用い、境界条件は数値風洞床面に Z₀型壁関数、対象建物壁面には、対数則壁関数を適用した。移流項の離散化スキームは QUICK、計算アルゴリズムには SIMPLE 法を用いた。計算の妥当性を確認する為、既往研究²⁾の 221 モデルの計算を実施し、良好な結果が得られたことを確認した。風向角は 0°、45°、90°、135°、180° で検討した。表 1 に検討 Case、表 2 に解析条件を示す。

表 1 検討 Case¹⁾

風向角 0°	風向角 45°	風向角 90°	風向角 135°	風向角 180°

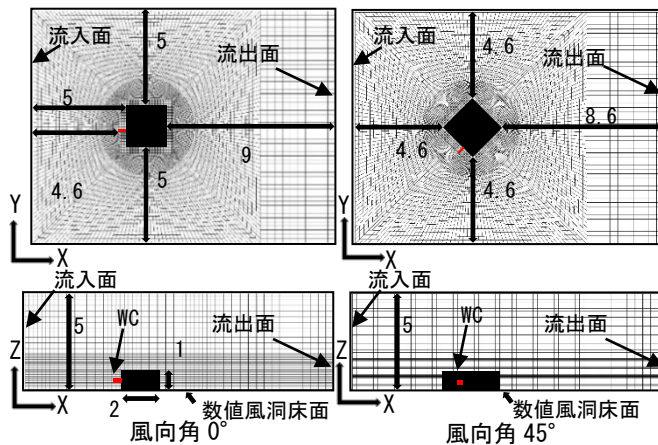


図 5 解析領域および対象建物(上:平面、下:立面)

表 2 解析条件

CFD コード	OpenFOAM ver2.0.1
解析領域	3次元空間
流入条件	1/4 葉のべき葉則
流出条件	自由流出
壁面条件	床面:Z ₀ 型壁関数 対象建物対数則壁関数 その他:Slip 条件
乱流モデル	SSTk- ω モデル
差分スキーム	QUICK
計算アルゴリズム	SIMPLE

2-1-4.実験結果・解析結果

各風向角における風洞実験結果と CFD 解析結果を図 6 に示す。風洞実験では測定点の関係上、WC 設置面の中央部分の風圧係数分布を示している。

2-1-5.考察

風向角 0° では、風洞実験結果と CFD 解析結果は概ね一致している結果となった。また、風向角 0° の場合 WC 設置面が風上側に位置するため、WC による通風量増加効果はあまり期待できない可能性があるが、通常開口による通風効果が期待できる可能性がある結果となった。風向角 45° の場合、風上側においては概ね分布は一致しているが、CFD 解析値の方が若干、負圧が小さくなっている。WC の風上側では流入を促進する効果を得られ、WC の風下側では流出を促進する効果が得られる事がわかる。これらを使い分ける事で、効果も大きくなる。風向角 90° の場合でも分布、数値共に、概ね一致しており、はく離やよどみ点も概ね再現されていることがわかる。風向角 135°、180° においては風洞値でもあまり分布は見られないが、

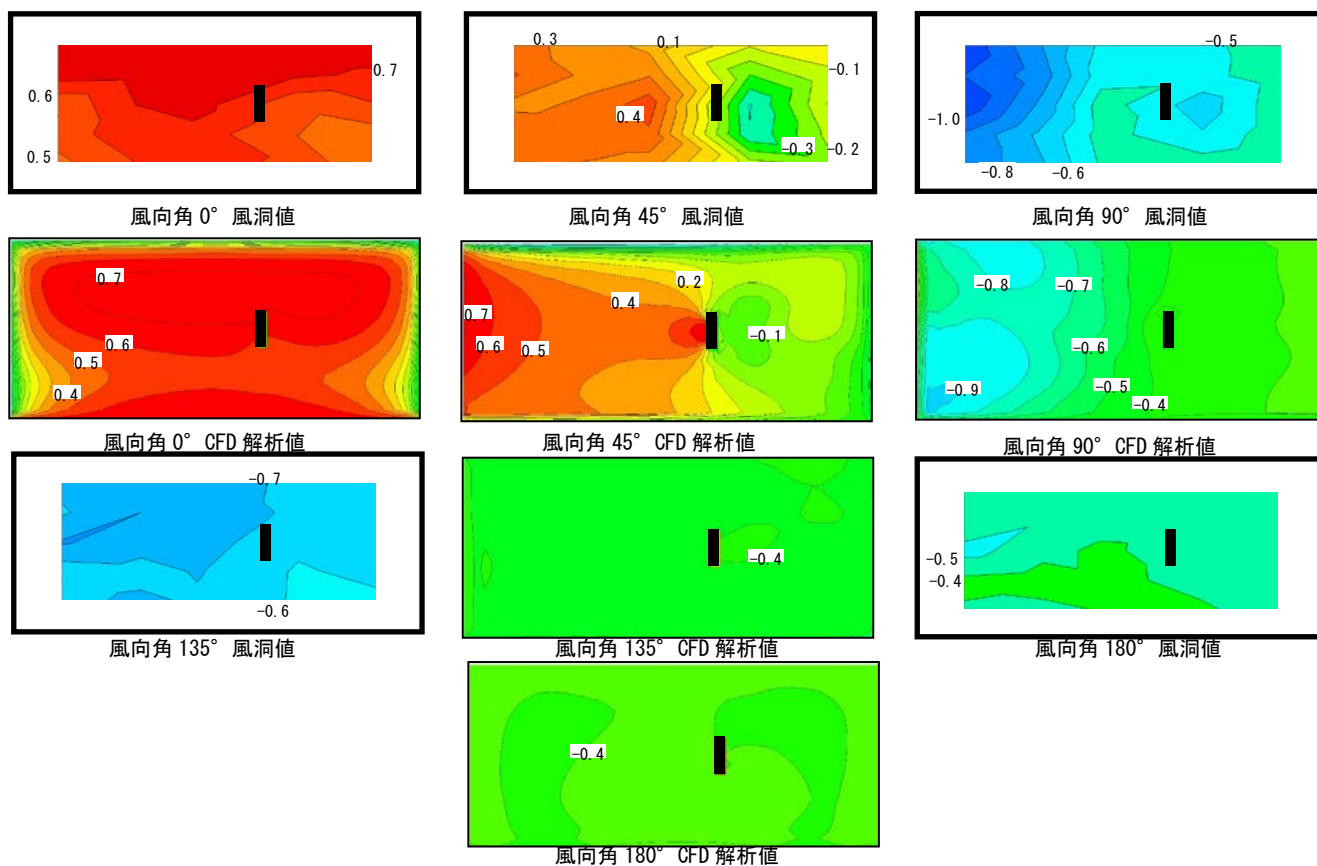


図6 風圧係数分布

CFD 解析値でも風洞値と同様にあまり見られなかった。風向角 135° においては全体的に 0.3 程度高い結果となってしまった。

2-2. 建物壁面近傍風速及びウインドキャッチャーによる変換効率の検討

2-2-1. 背景・目的

密集市街地では室内へ風を取り入れることが困難であり、ウインドキャッチャー(以下、WC)手法が有効な手段であると考えられている。前節では風圧係数分布について CFD 解析の妥当性の有無について検証を行った。本節では風洞実験と CFD 解析により、単純形状建物における建物壁面近傍風速を取得し、比較を行う。また、風圧力 P_w 、壁面接線方向動圧 P_t より、 P_t が WC 設置時に P_w (WC 設置時の風圧)へ変換される変換効率の算出を行う。

2-2-2. 風洞実験概要

風洞装置は東京工芸大学にある、室内回流式エッフェル型風洞を用いた。建物壁面近傍風速測定に用いた模型は幅:奥行:高さが 200 mm:200 mm:100 mmの模型を用いた。風速測定点を図 7 に示し、その他の条件は、前報に従う。なお風速測定には、スプリットファイバーフィルムプローブ(DANTEC 社 55R55)を用いた。

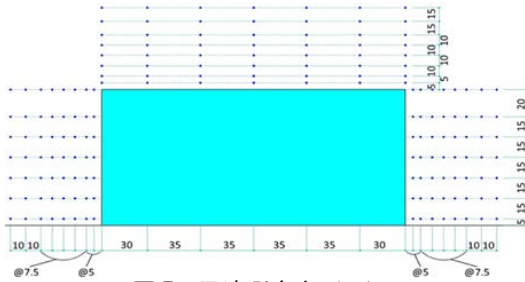


図7 風速測定点 (mm)

2-2-3.CFD 解析概要

2-1-3と同様である。

2-2-4.建物壁面近傍風速の考察

図8～13に壁面から5mmの距離における壁面接線方向風速コンター図及び風速ベクトルの風洞実験値とCFD解析値を示す。図8、9は風向角 0° における壁面接線方向風速であり、全体的に風速が大きい分布となった。また、風洞とCFDで同様の流れ場となっていることを確認した。図10、11は風向角 90° における壁面接線方向風速であり、CFD値では風上側で風洞値より大きな値が出ており、はく離による影響が見られる。また、壁面から近いいため乱れが大きくなっている。図12、13は風向角 180° における壁面接線方向風速であり、CFD値の方が全体的にやや風速が高い分布となっているが、流れ場の形状は風洞実験結果によく似たものとなっていることを確認した。全体的に風上側のはく離や建物下方の渦の影響を受ける場所でCFD値と風洞値に違いが見られている。このような場所の風洞値を取得するためには、測実間隔をもっと細かく設定する必要がある。

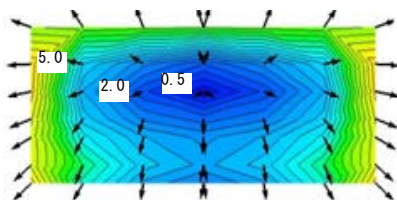


図8 風向角 0° 風洞値壁面風速

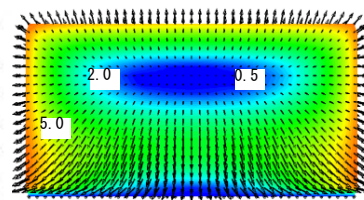


図9 風向角 0° CFD値壁面風速

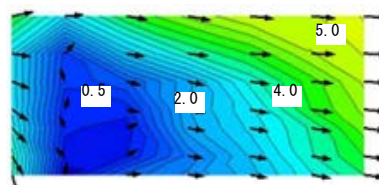


図10 風向角 90° 風洞値壁面風速

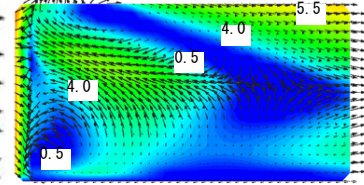


図11 風向角 90° CFD値壁面風速

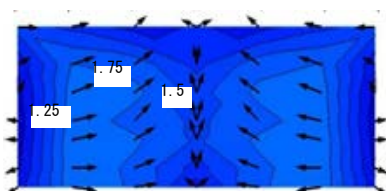


図12 風向角 180° 風洞値壁面風速

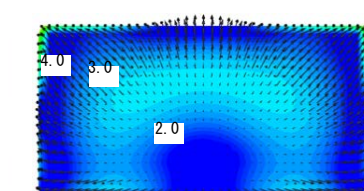


図13 風向角 180° CFD値壁面風速

2-2-5.変換効率の検討

変換効率の算出式を式(1)に示し、各風向角のWC設置時の変換効率[%]を表4と表5に示す。変換効率を検討した case は表3に示す 0° ~180° までを 45° 刻みした 5case とした。風洞値における変換効率の高かった風向角 45° と変換効率の低かった風向角 135° の風圧係数分布の風洞実験結果と CFD 解析結果を図14~18にそれぞれ示す。風洞実験では測定点の関係上、WC設置面の中央部分のみの風圧係数分布を示す。

$$\text{変換効率}[\%] = \frac{P_w - P_w'}{P_t} \times 100 \quad (1)$$

P_w' = WC 設置後壁面風圧力 P_w = WC 設置前壁面風圧力 P_t = WC 設置前壁面接線方向動圧

表3 変換効率検討 Case



表4 風洞値の変換効率

変換効率 (%)				
0°	45°	90°	135°	180°
13.74	80.99	15.26	2.50	5.70

表5 CFD値の変換効率

変換効率 (%)				
0°	45°	90°	135°	180°
11.74	122.91	3.38	-42.96	3.03

2-2-6.変換効率の考察

表4、5に風洞値とCFD値の変換効率を示す。風向角が0°、180°の変換効率は、風洞値とCFD値を比べて見ると概ね数値が一致しており、ある程度の妥当性が見られた。風向角が90°の変換効率は、大きく数値は離れていないが、はく離による流れ場の影響を受けていると考えられる。風向角が45°の変換効率は、CFD値が約40%高くなっていた。この時の風圧係数分布を確認すると図16の風上面のはく離の影響を受ける場所での風圧係数がCFD値では大きく、 P_w' と P_w の差も風洞値に比べて大きなものとなっている。風向角が135°の変換効率は、風洞値が約3%に対し、CFD値が約-43%と変換効率が大幅に負の値へ移行した。CFD解析では、風圧係数がWC設置後に大幅に小さくなり、流出を促進させる方向に過大評価している。これも、はく離の影響による負圧に風洞値とCFD値で大きな違いが見られている。

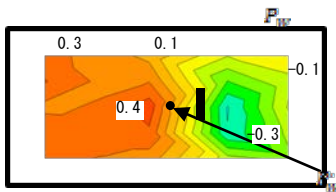


図 15 風向角 45° 風洞値 WC 有無風圧係数分布

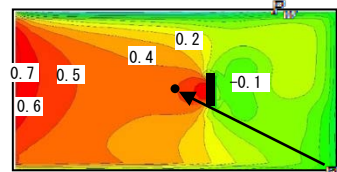
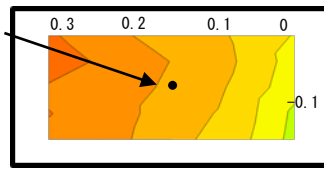


図 16 風向角 45° CFD 値 WC 有無風圧係数分布

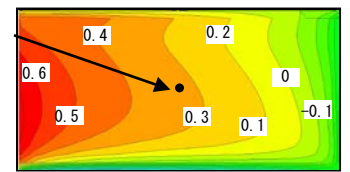


図 17 風向角 135° 風洞値 WC 有無風圧係数分布

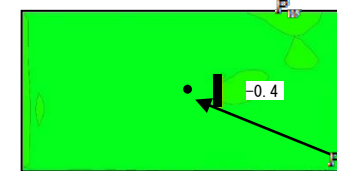
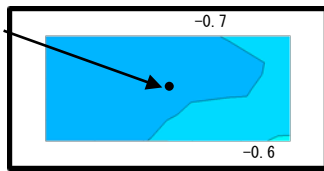


図 18 風向角 135° CFD 値 WC 有無風圧係数分布図

【参考文献】

- 1)小林,遠藤,倉淵:ウインドキャッチャーによる通風量増加効果の予測手法に関する研究 その1CFD による隣棟間風速の予測精度の検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.783-784, 2014
- 2)持田,村上,近藤,土田:改良 k-ε モデルを用いた低層建物モデル壁面圧力の数値解析, 生産研究 48 巻 2 号, pp13-17, 1966,2

2-3.ダブルスキンの風力換気効果による通風量に関する基礎的検討

2-3-1.背景及び目的

近年、地球温暖化等の環境問題が注目され、省エネルギーへの気運が高まっている。建築分野においても、環境共生技術や高効率設備を取り入れる事例が増加している。中間期や夏季の夜間に積極的に自然換気を取り入れることや夏季の熱負荷除去や冬季の断熱効果が期待されるダブルスキン(以下、DS)を設置することも環境共生技術である。自然換気は、換気駆動力を温度差や風力とし、自然現象を利用した技術である。DS は、季節によりその機能が変わり、夏季は DS が室内の日射負荷を軽減し、さらに DS 上部と下部を開放することにより、DS 内の熱だまりを排気し、熱負荷除去をする。対し冬季は、DS 上部と下部を閉め切ることにより、DS が室内に断熱効果を与える。中間期においては、DS 内の温度差により自然換気効果を得る。これまで中間期における DS を利用した換気駆動力は、温度差によるものが主力と考えられてきたが、実現象において DS に風力が作用した場合、DS を利用した風力換気を行えることが期待される。自然換気は外部風向の影響が大きく、効果的な自然換気をするためには設計段階から高精度な予測手法をする必要がある。しかし、ダブルスキン建築における効果的な自然換気量予測手法は構築されていない。

先行研究¹⁾では、単純形状建物(以下、221 モデル)に DS が付属したモデル(以下、DS 付属モデル)を用いて、DS の流入面・流出面を閉鎖したシールドモデルの風圧係数分布および、DS 流入面・流出面を開放したモデルの DS 内インナースキンにおける風圧係数分布について明らかにし、DS を利用した風力換気効果の可能性について知見を得ることができているため、本研究では、各風向角の DS 内気流性状および通風量について CFD 解析にて検討を行った。

2-3-2.研究概要

・対象建物

DS 付属モデルは、幅(X)：奥行(Y)：高さ(Z)の比率を 2：2：1 とした 221 モデルの風上側に、幅(X)：奥行(Y)：高さ(Z)の比率 2：0.2：1 の DS を設置した。また G.L.から DS 流入面までの高さ比率は 0.2 とした(図 19)。

・解析概要

本 CFD 解析は、OpenFOAM ver2.0.1 を用いた。DS 付属モデルを含む解析領域は、幅(X)：奥行(Y)：高さ(Z)の比率を 12：16：5 とした(図 20)。流入面は、中層市街地を想定し、基準高さ(軒高 10m)に 7[m/s]が吹く自然風を模擬した 1/4 乗のべき法則に従うものとし、流出面は自由流出とした。乱流モデルは、壁面近傍の境界層内では $k-\omega$ モデルが適用され、境界層外では $k-\epsilon$ モデルが適用される SST $k-\omega$ モデルを用いた。境界条件は、数値風洞床面に流入面から対象建物までのアプローチフローを保持するため粗度係数 Z_0 を初期条件として設定できる Z_0 型壁関数を用い、対象建物壁面を対数則壁関数、その他の面には Slip 条件を適用した。移流項の離散化スキームには風上側に重みづけしている二次精度の QUICK を用い、計算アルゴリズムには SIMPLE 法を用いた。風向角は DS が設置されている面が風上側にある場合を 0° とし、そこから反時計回りに 45° 、 90° 、 135° 、 180° で検討した。表 6 に検討ケース、表 7 に解析条件を示す。

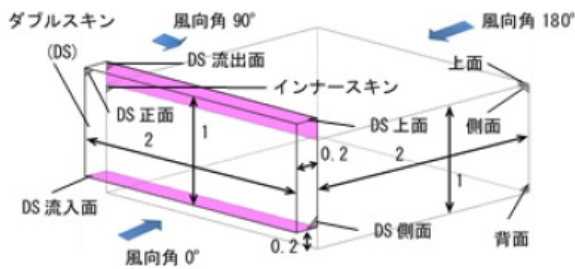


図 19 ダブルスキンモデルの概要

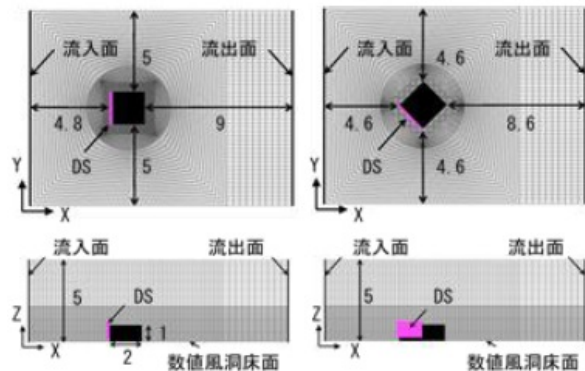


図 20 解析領域

表 6 CFD ケース

検討 Case	建物 Type	風向角	幅(X)：奥行(Y)：高さ(Z)
Case1	DS 付属モデル	0°	建物 2：2：1 DS 2：0.2：1
Case2		45°	
Case3		90°	
Case4		135°	
Case5		180°	

表 7 計算条件

CFD コード	OpenFOAM ver2.0.1
解析領域	幅(X) : 奥行(Y) : 高さ(Z) = 12 : 16 : 5
流入条件	1/4 乗のべき法則
流出条件	自由流出
壁面条件	数値風洞床面 : Z_0 型壁関数 対象建物壁面 : 対数則壁関数 その他の面 : Slip 条件
乱流モデル	SST $k-\omega$ モデル
差分スキーム	QUICK
計算アルゴリズム	SIMPLE 法
その他	上記以外の境界条件に関しては デフォルト値を採用

2-3-3.解析結果

既報では Case1、2、5 の DS 流入面・流出面を閉鎖した場合の建物全体の風圧係数分布図および DS 流入面・流出面の風圧係数分布図、DS 流入面・流出面を開放した場合の DS 内インナースキン風圧係数分布図を記したが、本報では Case1~5 までの DS 流入面・流出面を閉鎖した場合の建物全体の風圧係数分布図、DS 流入面・流出面を開放した場合の DS 内風速ベクトル図を Fig.21-28 に示す。また DS の換気駆動力に影響すると考えられる、Case1~5 の DS 流入面と流出面の平均風圧係数差を表 8、DS 内の通風量を表 9 に示す。

Case1 (風向角 0°)

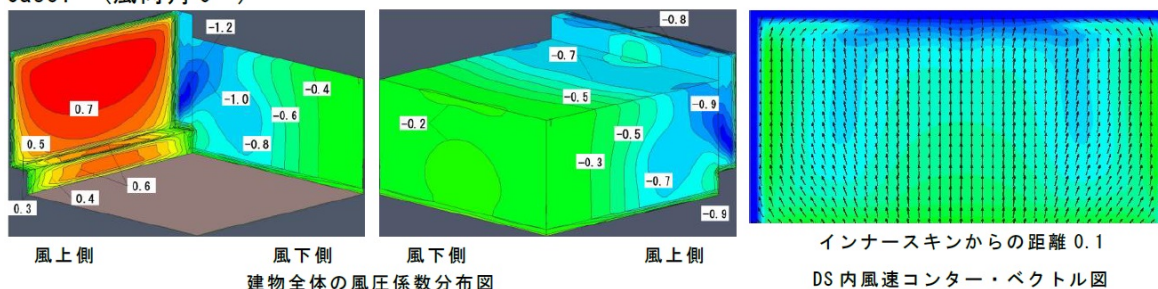


図 21 DS 流入出面閉鎖時の建物全体の風圧係数分布及び DS 流入出面を開放時の DS 内風速ベクトル(case1)

Case1(風向角 0°)は、DS が風上側に位置し、DS 正面で最も高い正圧分布となり、DS 上部および流出面ははく離の影響により負圧分布となった。DS 流入面と流出面の平均風圧係数差は 1.049[-]となった。DS 内は、流入面から流出面に流れ、DS 内全体で概ね一定の風速となった。通風量は 29,232[m³/h]、換気回数は 73.1[回/h]となり、DS 内全体で風力換気効果が期待できる。

Case2 (風向角 45°)

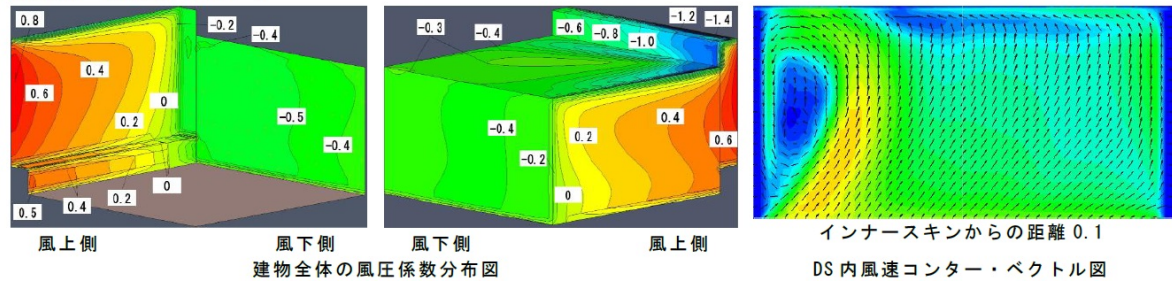


図 22 DS 流入出面閉鎖時の建物全体の風圧係数分布及び DS 流入出面を開放時の DS 内風速ベクトル(case2)

Case2(風向角 45°)は、DS 角部が風上側となり風圧係数が最も高く、DS 流入面も同様に、風上側が大きい正圧分布となった。流出面では、はく離により風上側が最も大きい負圧分布となり、DS 流入面・流出面の平均風圧係数差は全 Case の中で最も大きく 1.171[-]となった。しかし DS 内では、流入面風上側から強い風速が流入し、風上側中腹部で渦が形成された。DS 内全体で同等の風力換気効果を得られない懸念がある。通風量は 24,480[m³/h]、換気回数は 61.2[回/h]となった。

Case3 (風向角 90°)

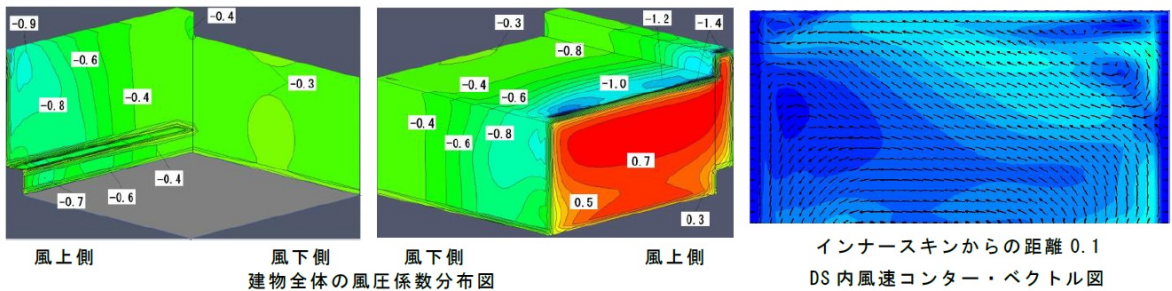


図 23 DS 流入出面閉鎖時の建物全体の風圧係数分布及び DS 流入出面を開放時の DS 内風速ベクトル(case3)

Case3(風向角 90°)は、DS 側面および建物側面が風上側にあり、最も高い正圧分布となった。また DS 上面および建物上面ではく離により最も大きい負圧分布となった。DS 流入面と流出面の平均風圧係数差は、0.034[-]となり全検討 Case の中で最も小さくなった。通風量も 3,312[m³/h]、換気回数は 8.28[回/h]となり最も小さい。DS 内は流入面・流出面がはく離域にあるため、気流があまり流入していない。しかしある程度の風力換気効果は期待できる。

Case4 (風向角 135°)

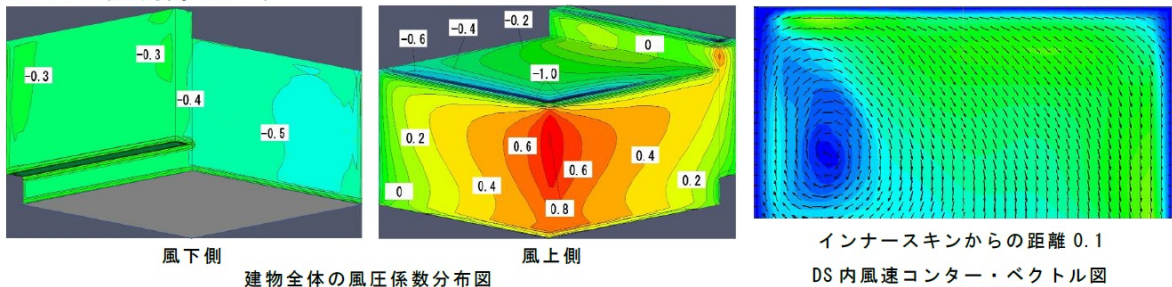


図 24 DS 流入出面閉鎖時の建物全体の風圧係数分布及び DS 流入出面を開放時の DS 内風速ベクトル(case4)

Case4(風向角 135°)は、建物後方角部が風上側となり最も高い正圧分布となり、建物・DS上面風上側で大きい負圧分布となった。平均風圧係数差は-0.419[-]となり、DS内は流出面風上側から流入し、風上側下部で渦が形成されていることから、想定風力換気経路が逆経路となっている。通風量は 27,504[m³/h]、換気回数は 68.8[回/h]となった。

Case5 (風向角 180°)

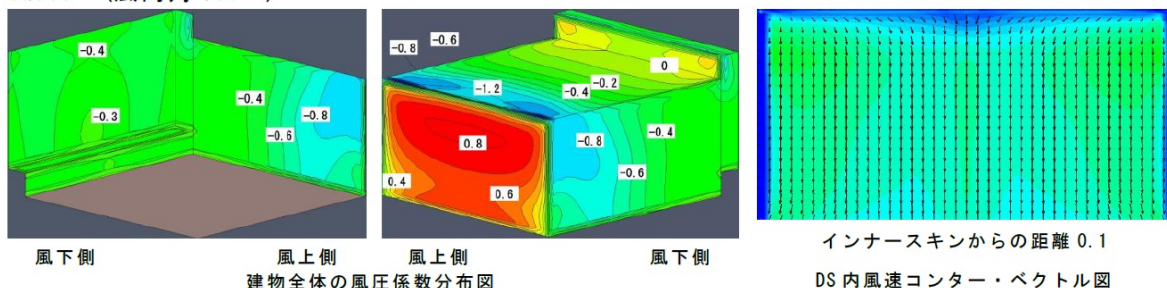


図 25 DS 流入出面閉鎖時の建物全体の風圧係数分布及び DS 流入出面を開放時の DS 内風速ベクトル (case5)

Case5(風向角 180°)は、建物背面が風上側にあり、最も風圧係数が高くなった。また建物上面で最も大きい負圧分布となった。平均風圧係数は-0.388[-]となり、Case4 同様 DS 内で流出面と仮定していた面から流入し、流入面から流出している。通風量は 34,182[m³/h]、換気回数は 85.3[回/h]となり、全検討 Case で最も大きくなった。

表 8 流入面と流出面の平均風圧係数

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
平均風圧係数差(流入面-流出面)	1.049	1.171	0.034	-0.419	-0.388

表 9 DS 内の通風量

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
通風量 [m ³ /h]	29,232	24,480	3,312	27,504	34,128
換気回数 [回/h]	73.1	61.2	8.28	68.8	85.3

【参考文献】

1) 田中英、遠藤智行:ダブルスキン建築における風力換気による効果に関する研究—CFD 解析によるダブルスキン内風圧係数分布—、日本建築学会学術講演梗概集 D-2 環境工学 II、PP795-796

3. まとめ

本年度は風洞実験、CFD 解析を実施した結果、以下に示す知見を得た。

1) 風向角 0°、90°、180° の様な流入面に垂直・平行な面は風洞値と CFD 解析値は分布、数値共に概ね一致しており、ある程度の妥当性があると考えられる。風向角 45°、135° の様な流入面と垂直・平行でない場合では分布は概ね一致するもののはく離の影響が再現しきれず、風洞値と比較すると数値が若干、異なる結果となってしまった為、今後も検討する必要がある。

また、WC の長さの違いや、開口部位置の違いによる WC 効果および変換効率の比較を行っていく必要がある。

2) 壁面接線方向風速では、風向角が 0° 、 180° の様な流入面に垂直な面では分布、ベクトル共に近い値であり、概ね一致していたため、ある程度の妥当性が見られた。風向角が 90° の様な平行な面では、はく離の影響により乱れた流れ場となっていた。変換効率では、壁面接線方向風速と同じく 0° 、 180° では概ね数値が一致していたが、 45° 、 90° 、 135° では、はく離の影響により、分布や数値が一致していない風向角があったため、今後も検討する必要がある。今後は計算精度を高めながら、WC の長さの違いや、開口部位置の違いによる変換効率の比較を行っていく必要がある。

3) DS 付属モデルを用いて、風圧係数分布および DS 内通風量・換気回数から DS を利用した風力換気効果について検討を行った。DS が風上側にある Case1, 2 では、DS 流入面・流出面の平均風圧係数差が大きく、通風量・換気回数も多い。DS が風下側にある Case4, 5 では、DS 流入面・流出面と仮定した面が反転したが、通風量・換気回数は多い。DS 正面がアプローチフローと平行となる Case3 では、流入面・流出面がはく離域となり、通風量・換気回数が比較的減少した。しかし風力換気効果が期待できないほどの減少量ではない。これらより、DS を利用した風力換気効果は大いに期待できる。今後は室内モデルの作成をし、通風量や気流性状等を検討する。また DS 内に衝立を設置した Case やアウトースキンに屋外風を直接取り込むための開口部を設置した Case 等の検討も行っていく必要がある。

4. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2 件)

田中 英, 遠藤 智行: ダブルスキンの風力換気効果による通風量に関する基礎的検討, 第 52 回空気調和・冷凍連合講演会, 論文 No. 20, CD-ROM, 2018. 4

平本透也, 田中 英, 遠藤智行: ウィンドキャッチャーを用いた通風量増加手法に関する研究, 第 52 回空気調和・冷凍連合講演会, 論文 No. 21, CD-ROM, 2018. 4

5. 研究組織

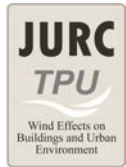
(1) 研究代表者

遠藤 智行 関東学院大学 建築・環境学部 教授

(2) 研究分担者

1. 野中 俊宏 (株式会社 LIXIL・企画推進室・博士 (工学))
2. 田中 英 (ダイダン株式会社 修士 (工学))
3. 滝澤 正玄 (横浜国立大学・環境情報学府・大学院生)
4. 水谷 国男 (東京工芸大学・工学部・教授)
5. 倉渕 隆 (東京理科大学・工学部・教授)

6. 鳴海 大典 (横浜国立大学・環境情報研究院・准教授)
7. 高橋 泰斗 (関東学院大学・工学研究科・大学院生)
8. 平本 透也 (関東学院大学・工学研究科・大学院生)
9. 千葉 和希 (関東学院大学・工学研究科・大学院生)



東京工芸大学・風工学研究拠点・研究集会（2018年3月2日）のご案内

**ウインドキャッチャーの有効利用を目的とした
建物近傍の通風ポテンシャル評価に関する研究**

近年、地球温暖化が進行している影響で省エネルギー性の向上が必要とされています。住宅における冷房負荷低減や室内の快適性を向上させる為に通風を得ることは有効な手段であり、省エネルギー性も向上します。しかしながら、都市部の密集した市街地等の住宅では通常開口では十分な通風を得る事が困難な事も少なくありません。そのような場合において、通風性能を向上させる手法の一つとして、ウインドキャッチャー(以下 WC)やダブルスキン(以下 DS)といった手法が挙げられます。通風は開口部に作用する風圧力の差が換気駆動力になります。WCを用いる場合、壁面接線方向の気流をせき止め、その動圧を風圧に変換するという力学的構造上、壁面風圧力と壁面近傍接線方向動圧が WC についての換気駆動力となりうると考えられます。しかし、接線方向動圧の開口部風圧への変換効率や、建物近傍風速の持つ換気駆動力ポテンシャルの評価手法は未だ明らかになっていません。また、DS の場合、設計時は温度差換気による効果を主に考えられ、DS に風が衝突した際には風力も換気駆動力になりますが、DS 建築の効果的な自然換気量予測手法は構築されていません。そこで、本研究集会では壁面近傍の風速の測定と WC 設置有無ごとの開口部風圧測定や CFD 解析を行い、建物近傍気流の動圧と WC による通風量増加効果の関係性を検討した研究を紹介します。今後、WC や DS といったパッシブ手法を建物に取り入れる際の基礎的な研究内容であり、他の様々な研究成果も共有・議論を深めたいと考え、研究集会を開催致しました。皆様の積極的な参加、活発な議論を心よりお待ちしております。

と き： 2018年3月2日（金）15:15~16:45

ところ： 東京理科大学 森戸記念館

東京都新宿区神楽坂 4-2-2

東京メトロ東西線／有楽町線／南北線／都営地下鉄大江戸線・飯田橋駅

B3 出口から徒歩 5 分

JR 線・飯田橋駅 西口改札から徒歩 6 分

<http://www.tus.ac.jp/info/access/kagcamp.html>

問合先： 東京工芸大学 工学部建築学科 准教授 張 偉栄

電話：046-242-9548 E-mail：w.zhang@arch.t-kougei.ac.jp

東京工芸大学風工学研究拠点 研究集会
ウインドキャッチャーの有効利用を目的とした
建物近傍の通風ポテンシャル評価に関する研究
プログラム

15:15-15:20

開会挨拶, 趣旨説明

遠藤 智行 (関東学院大学 准教授)

15:20-15:35

壁面近傍風速の通風ポテンシャルについて

高橋 泰斗 (関東学院大学)

15:35-15:50

粒子画像流速測定法(PIV)による壁面近傍風速の測定法について

千葉 和希 (関東学院大学)

15:50-15:55

休憩

15:55-16:10

ダブルスキンを利用した風力換気効果について

田中 英 (関東学院大学)

16:10-16:25

ドライアイスを発生源とした室内自然換気量の測定法に関する研究

長友 集 (東京工芸大学)

16:25-16:45

討論およびまとめ

壁面近傍風速の通風ポテンシャルについて

関東学院大学 高橋 泰斗

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

風工学研究拠点・研究集会 2018/03/02

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

近年、自然換気を取り入れる気運が高まっている
しかし、風力換気は屋外の影響を大きく受け密集市街地では、
隣棟間の建物壁面に接線方向の卓越風が吹く

風工学研究拠点・研究集会 2018/03/02

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

これにより、壁面開口部から効率よく風を取り入れる事が困難
ウインドキャッチャー(以下WC)が有効な手段のひとつ

風工学研究拠点・研究集会 2018/03/02

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

WCを風下に設置した場合
壁面近傍接線方向動圧(以下 P_t)を静圧に転換し、室内へ流入

P_t : 壁面近傍接線方向動圧 P_R : 室内圧 P_W : 建物に作用する風圧力

風工学研究拠点・研究集会 2018/03/02

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

WCを風上に設置した場合
はく離により負圧が発生し、屋外へ流出

P_t : 壁面近傍接線方向動圧 P_R : 室内圧 P_W : 建物に作用する風圧力

風工学研究拠点・研究集会 2018/03/02

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

- WCによる P_t の静圧転換
- 静圧が開口部へ作用する
壁面風圧力へ変換される変換効率
- 建物壁面近傍接線方向風速が持つ
換気駆動力ポテンシャルの評価手法

未だに分かっていない

風工学研究拠点・研究集会 2018/03/02

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

そこで、風洞実験により
壁面近傍接線方向風速分布・風圧係数分布を取得し、
ウインドキャッチャーによる効果の確認

風工学研究拠点・研究会 2018/03/02

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

実験概要

風洞施設

東京工芸大学構内にあるエッフェル型風洞

アプローチフローには1/4乗のべき法則を用いた

風工学研究拠点・研究会 2018/03/02

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

模型概要

壁面近傍風速測定用模型 風圧測定用模型

幅: 200mm 奥行き: 200mm 高さ: 100mm

風工学研究拠点・研究会 2018/03/02

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

壁面近傍接線方向風速測定点

平面図

風工学研究拠点・研究会 2018/03/02

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

立面図

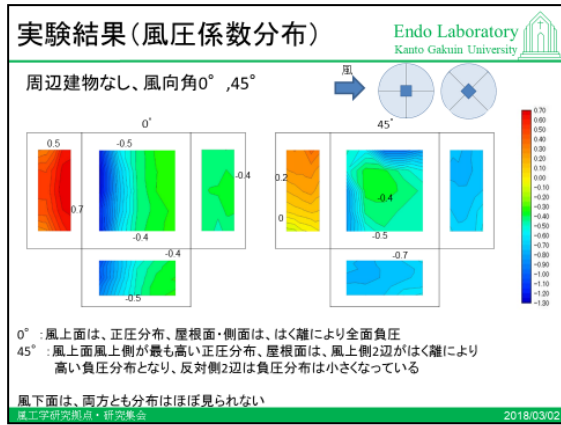
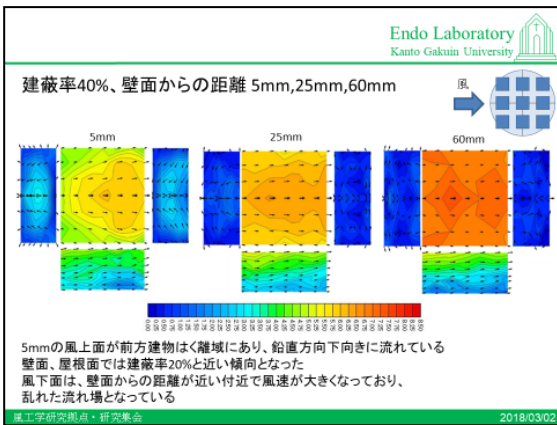
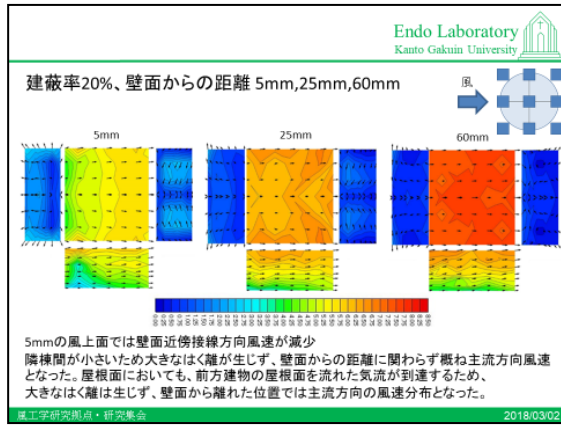
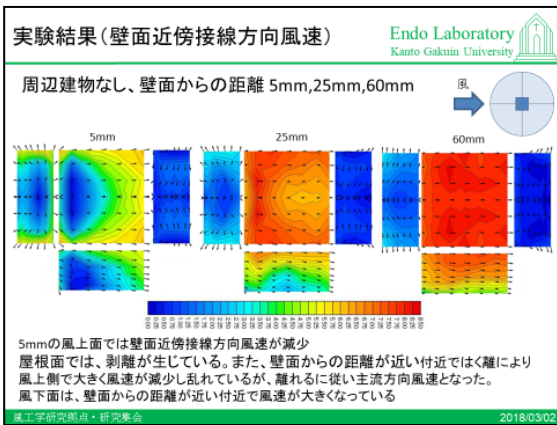
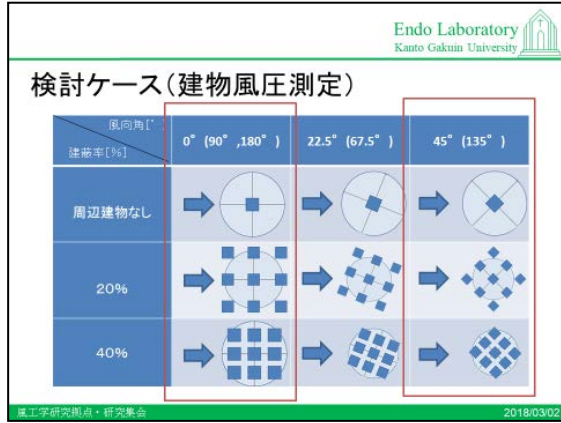
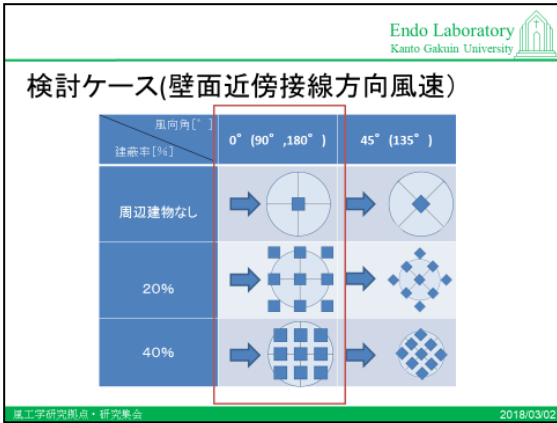
風工学研究拠点・研究会 2018/03/02

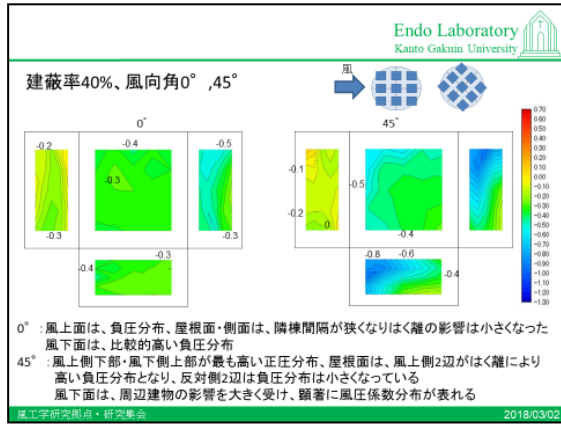
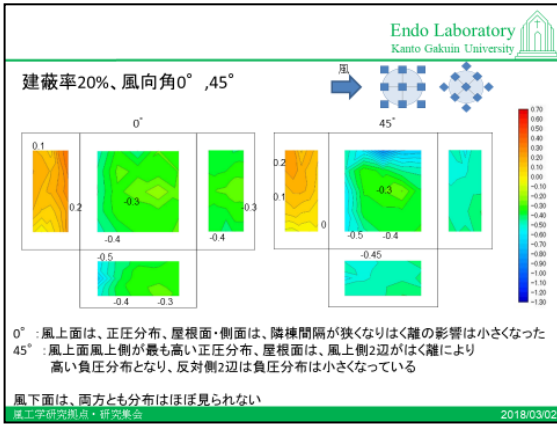
Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

建物風圧測定点

平面図 立面図

風工学研究拠点・研究会 2018/03/02





Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

変換効率の検討

静圧が開口部へ作用する
壁面風圧力へ変換される変換効率の換算式

$$\text{変換効率}[\%] = \frac{P'_{w} - P_w}{P_t} \times 100$$

P'_{w} : WCあり風圧力 P_w : WCなし風圧力 P_t : 壁面近傍接線方向動圧

2018/03/02

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

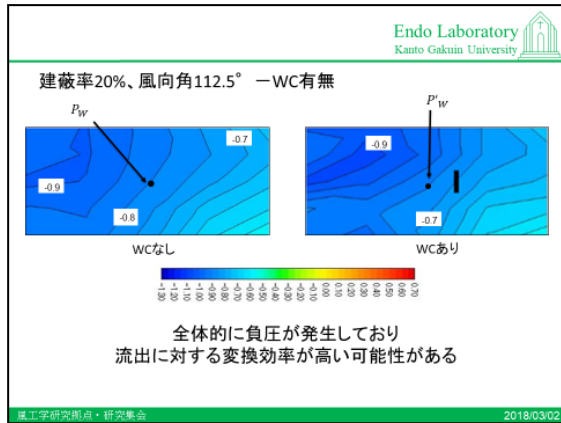
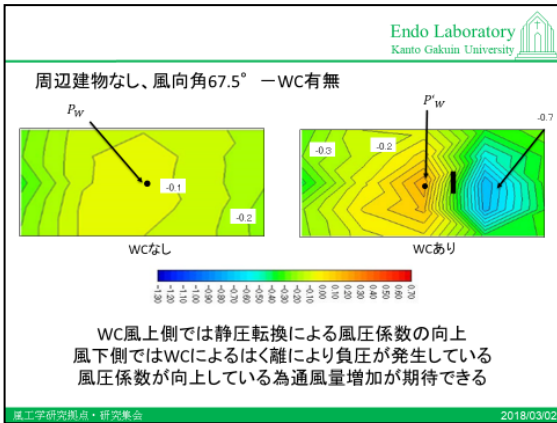
実験結果(変換効率)

周辺建物なし、建蔽率20%、建蔽率40%の
各風向角のWC設置時の変換効率[%]

変換効率	0°	22.5°	45°	67.5°	90°	112.5°	135°	157.5°	180°
周辺建物なし	13.74	35.98	80.99	84.74	15.26	2.63	2.50	7.83	5.70
建蔽率20%	7.62	29.23	24.78	41.89	35.41	-57.00	-11.50	-4.36	2.54
建蔽率40%	9.14	45.85	71.32	7.81	81.35	12.37	13.71	71.37	-2.57

建蔽率や風向角によってWCによる通風効果が期待できない可能性もある

2018/03/02



まとめ

風洞実験により、壁面近傍接線方向風速分布および風圧係数分布、WCIによる変換効率を取得した

建蔽率や風向角によって大きく分布傾向が異なった
特に壁面から近い位置ではその傾向が大きく、壁面から離れるに従い主流風速が支配的となった

WCによる変換効率においては、建蔽率や風向角によらず、風上側ではWC効果により**流入の変換効率**が向上
風下側でははく離による流れ場の乱れにより、**流出に変換効率**が向上する傾向にある結果となった

今後の計画

今後は、WCの長さの違いや開口部位置の違いによるWCの効果および変換効率の検討を行っていく

ご清聴、ありがとうございました

PIVによる壁面近傍風速の取得について

関東学院大学 遠藤研究室
千葉和希

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

東京工芸大学風工学研究拠点 研究会 2018/3/2

背景目的

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

背景として壁面近傍風速の取得において熱線風速計を用いた計測が现阶段で最も正確に風速の取得を行える計測手法のため重宝されている

デメリット
データの取得に当たり膨大な時間や手間がかかってしまう.....

そこで
「一度に二次元的な流れ場の取得が可能」とされているPIV(粒子画像流速測定法)を用いることで一種の代用法、または実現象の確認手法としてPIV手法が確立できるのではないだろうか

◀ 実用精度と測定法について検討 ▶

東京工芸大学風工学研究拠点 研究会 2018/3/2

実験概要

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

風洞実験概要

場所: 東京工芸大学厚木キャンパス
名称: 環境系風洞(エッフェル型)
測定断面: 幅1200mm高さ1000mm
最大風速: 0.5~18m/s
吹走距離: 14m
実験気流速度: 約7m/s
期間: 2018年2月7日(水)~2018年2月25日(日)

※今回は耐震工事期間内に実施



東京工芸大学風工学研究拠点 研究会 2018/3/2

実験概要

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University



実験対象221モデル



高速度カメラ



高出力レーザ

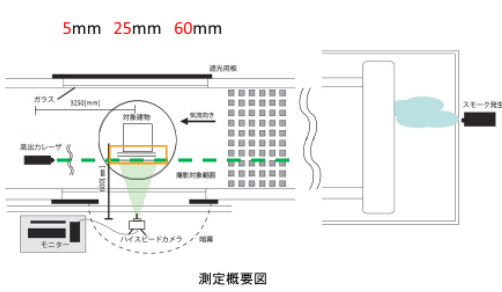
総画素数	1280 x 800
撮影速度フルフレーム	24~4000コマ/秒
最高撮影速度セグメントフレーム	60000コマ/秒
画素ピッチ	29 μm
センサーサイズ	25.6 x 16.0mm
最短露光時間	1 μs
感度 (ISO/ASA)	16000

東京工芸大学風工学研究拠点 研究会 2018/3/2

実験概要

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

5mm 25mm 60mm



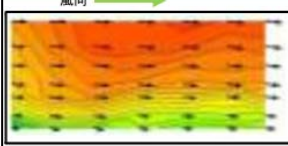
測定概要図

東京工芸大学風工学研究拠点 研究会 2018/3/2

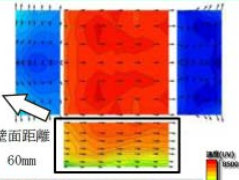
実験結果 壁面近傍60mm

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

風向 →

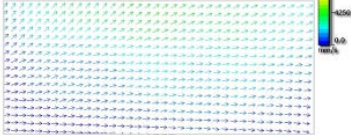


実測値



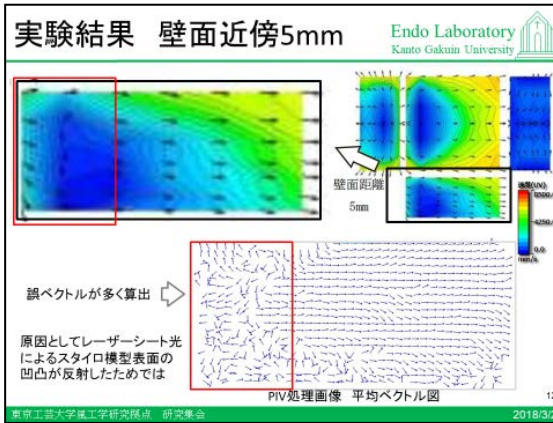
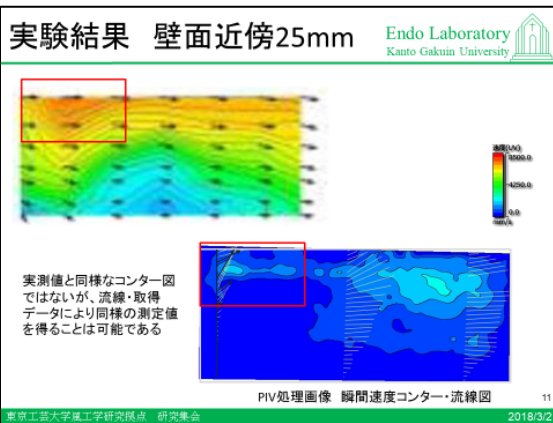
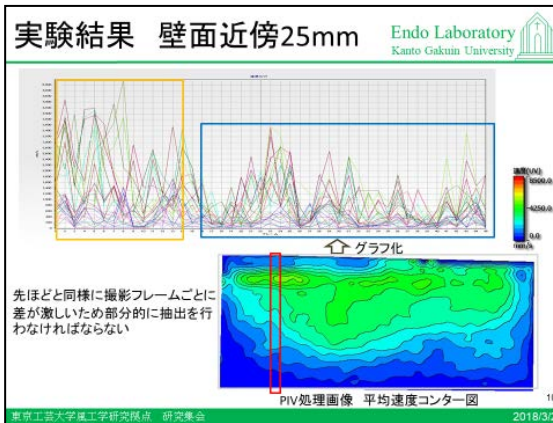
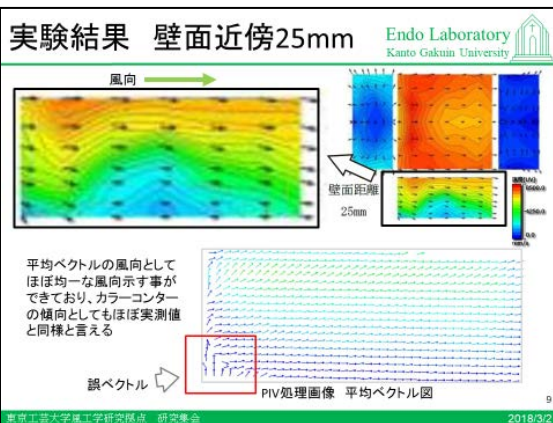
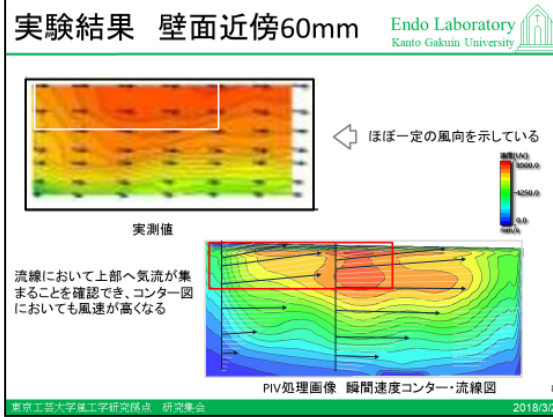
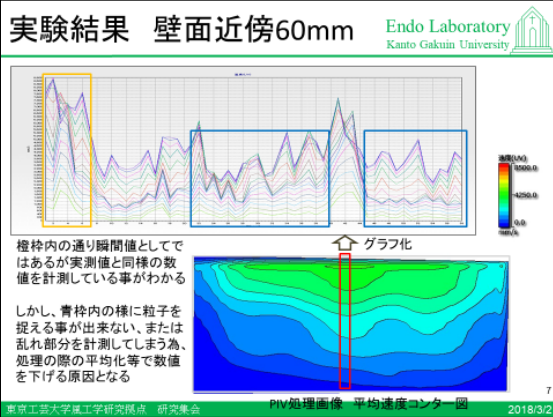
壁面距離
60mm

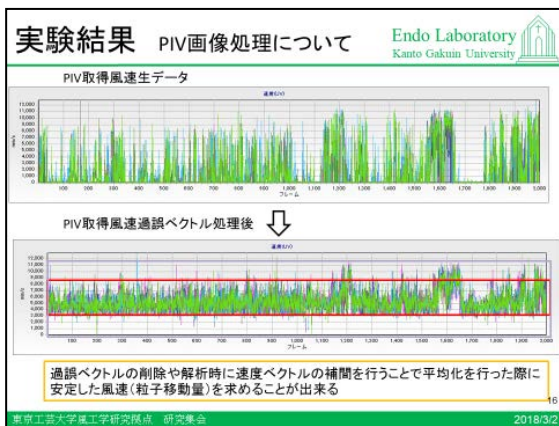
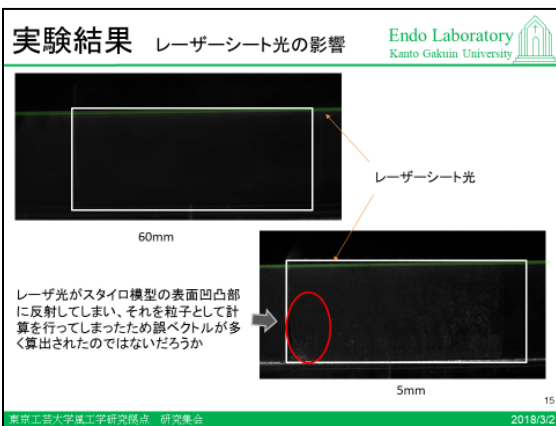
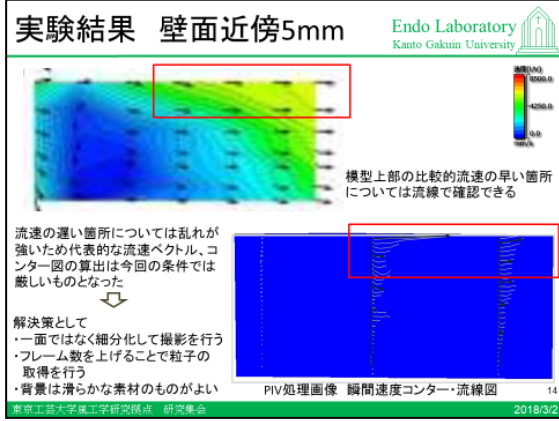
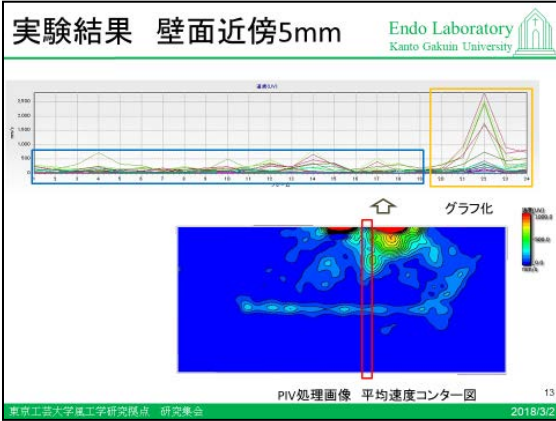
平均ベクトルの風向としてほぼ均一な風向を示す事ができており、横方向としてほぼ同様の分布となっている



PIV処理画像 平均ベクトル図
※PIV処理画像の速度ベクトルは均一表示

東京工芸大学風工学研究拠点 研究会 2018/3/2





考察

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

56点の壁面近傍風速の測定との比較であったため、PIV処理時には測定点(計算格子)を最低600点程度での解析で行わなければ精度の高いPIV処理を行えない

測定点数を下げてしまうと10 μ の粒子を10mm以上の測定格子内で追従することになり移動量が足りず誤ベクトルの算出となるため、測定対象風速と撮影フレーム数を考慮しなくてはならない。

しかし、今回の風洞設備における高速カメラによる撮影条件がある程度のスモークの追従の撮影可能なフレーム数、レンズにおけるF値の調整等の条件により2000コマでの撮影を行ったが、スモークの噴出量の増加により今回と同様の条件で撮影枚数を上げてより精度の高い数値が取得可能であると考え。

2018/3/2

考察

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

約7m/sにおいても気流の可視化、PIV解析が可能であることから今後においてはスモークの濃度を上げることや撮影フレーム数の細かな調整によりより詳細な取得が可能である

撮影背景により精度の高い解析を行えない場合があるため考慮が必要である

実現象として可視化手法により気流を捉えることは可能だが今回の測定値との比較においてカラーバーの細分化数や平均化する際の誤ベクトル削除等の条件の違いはあるが、ある程度のPIV処理ソフトを使用した結果比較を行うことは可能である

測定を行った数値を同じ条件下でコンター図や速度ベクトル図で作成を行えば実測値と同様のものを作成可能とみる

2018/3/2

まとめ

撮影を行ったものの煙の量や気流の波により変化が大きくなってしまうことがある。

そのためスモークの状態や撮影フレーム数に合わせた適切な流れを撮影し、また適切な処理を行うことでベクトル(風向)の取得が可能である。

可視化手法のみならずデータの取得手法としてPIV手法は一定以上の確かな数値を得ることが可能である。

19

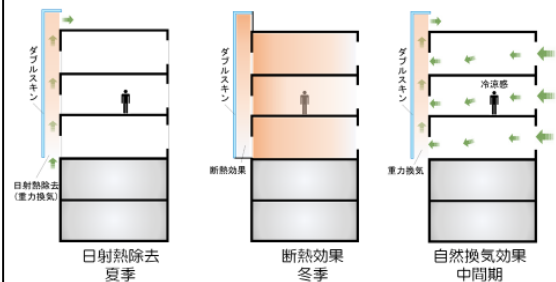
ご清聴ありがとうございました

20

ダブルスキンを利用した 風力換気効果について

関東学院大学 ○田中 英
遺藤智行

■ダブルスキン(以下、DS)は季節によりその機能が変わる



■ダブルスキン(以下、DS)は季節によりその機能が変わる

■中間期の自然換気について注目する

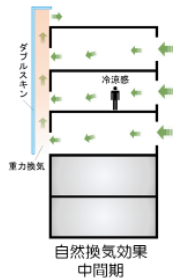
■DSの自然換気駆動力は、

温度差換気 + 風力換気

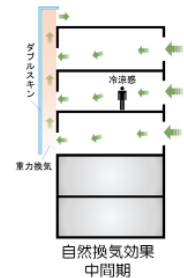
■しかし、DSの自然換気設計は、
温度差換気のみを考慮することが多い

■風力換気がDSの自然換気に及ぼす影響
について未だ明らかにされていない

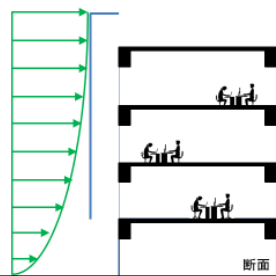
温度差換気 + 風力換気
相乗効果? 相殺効果?



■そこで本研究は、
DSの風力換気のみを対象に
CFD解析を行う

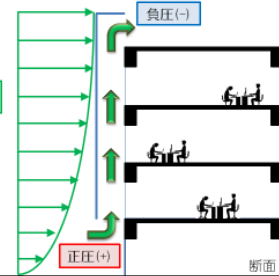


DSに風が当たった場合



DSに風が当たった場合

1. DS内の風力換気



研究手法

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

DSに風が当たった場合

1. DS内の風力換気

2. 室内の風力換気

断面

2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 6

研究手法

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

DSに風が当たった場合

1. DS内の風力換気

2. 室内の風力換気

断面

2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 7

研究手法

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

評価方法は、DSの流入面と流出面の平均風圧係数差にて行う。

1. DS内の風力換気

(流入面-流出面)風圧係数差

風圧係数差(大)⇒換気効果(大)
風圧係数差(小)⇒換気効果(小)

断面

2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 8

解析概要

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

DS付属モデル

- 建物 幅：奥行：高さ=2：2：1
- DS 幅：奥行：高さ=2：0.2：1
- 流入面および流出面は鋭め切り

解析領域

- 建物上方：4
- 建物前方：4.8 側面：各5 後方：9

2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 9

解析概要

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

計算条件	
CFDコード	OpenFOAM ver.2.0.1
流入条件	1/4乗のべき法則
流出条件	自由流出
壁面条件	数値風洞床面：Zo型壁関数 対象建物：対数測壁関数 その他：Slip条件
乱流モデル	SSTk- ω モデル
差分スキーム	QUICK
計算アルゴリズム	SIMPLE法
その他	上記以外の境界条件に関してはデフォルト値を採用

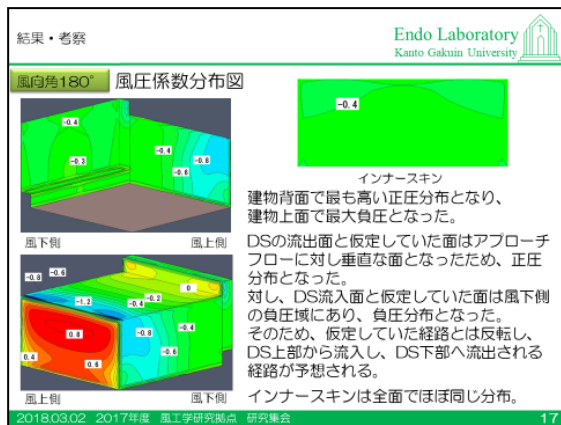
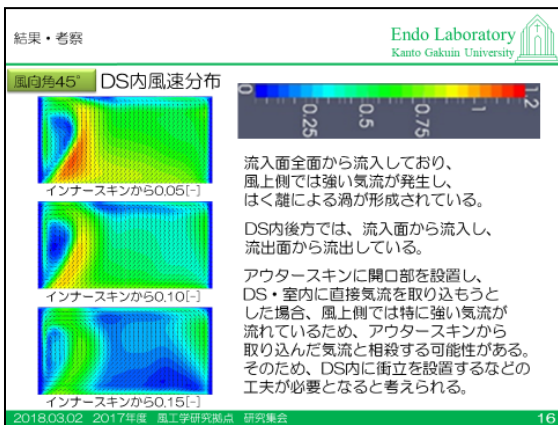
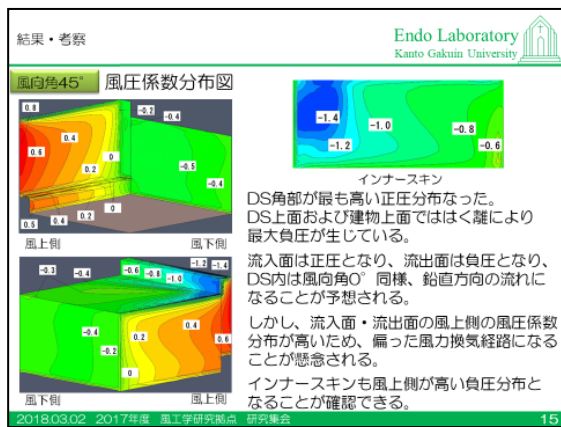
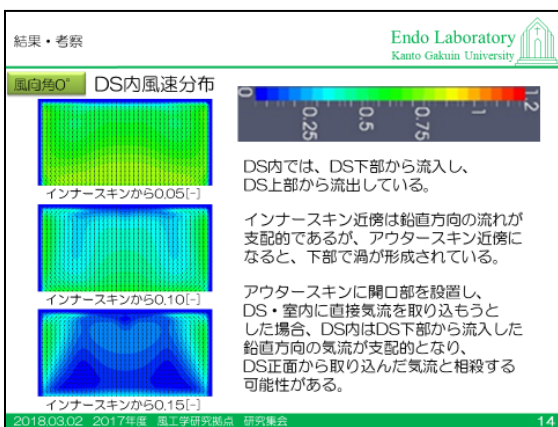
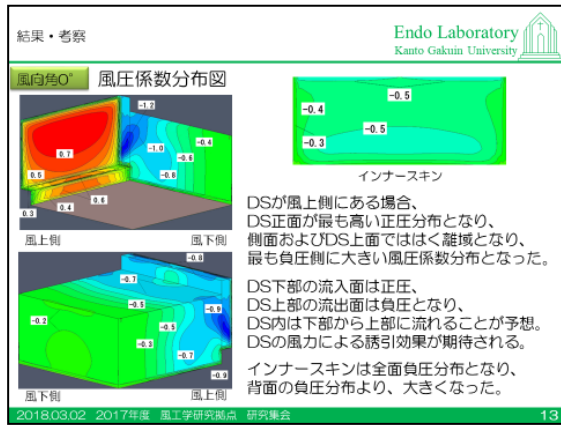
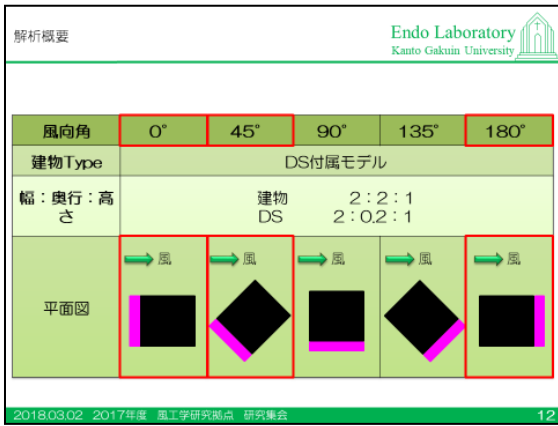
2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 10

解析概要

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

風向角	0°	45°	90°	135°	180°
建物Type	DS付属モデル				
幅：奥行：高さ	建物 2：2：1 DS 2：0.2：1				
平面図					

2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 11



結果・考察

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

風向角180° DS内風速分布

インナースキンから0.05[-]
インナースキンから0.10[-]
インナースキンから0.15[-]

流出面と仮定していた面から流入し、流入面と仮定していた面から流出している。温度差換気とは反対方向の流れとなるためDS内で相殺する可能性がある。アウトースキンに近づくに従い、アウトースキンに沿った強い流れとなった。DSが風上側にある場合、DSから室内に風を取り込むことを考えていたが、DSが風下側にある場合、DSは室内から風を流出させることを考える。アウトースキンとインナースキンの風圧係数分布にほぼ差がないため、アウトースキンに開口部が設置されている場合、開放しない方がDS内の流れを阻害しないと考えられる。

2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 18

結果・考察

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

流入面と流出面の平均風圧係数差

風向角	0°	45°	90°	135°	180°
平均最大風圧係数差	1.049	1.171	0.034	0.293	0.099

- DS流入面と流出面の平均風圧係数差が最も大きかったのは、風向角45°の1.171[-]であった。
- これはDS流出面の風上側はくさびが大きいためである。平均風圧係数差は大きくなっているものの、風上側に偏った換気経路になる可能性があり、同じDS内であっても、均一な換気駆動力・換気効果を得ることは困難だと考えられる。
- 風向角90°では、風圧係数差が0.03[-]程度であり、最も小さい差となった。
- これはDS流入面および流出面ともにはくさびによる負圧域にあるため、双方が相殺し、DSを利用した風力換気効果が小さくなったと考えられる。

2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 19

結果・考察

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

DS内の通風量および換気回数

風向角	0°	45°	90°	135°	180°
通風量[m ³ /h]	29,232	24,480	3,312	27,504	34,128
換気回数[回/h]	73.1	61.2	8.28	68.8	85.3

- アプローチフローは基準高さ(軒高)に7[m/s]の風を設定している。
- DS内の通風量が最も多かったのは、風向角180°の34,128[m³/h]だった。DS流入面・流出面の風圧係数差とは異なり、DSが風下側にある場合の通風量が増加した。
- DSが風上側にある場合においても、通風量・換気回数は確保されている。
- 風向角が90°の場合、平均風圧係数差はほぼ0であったが、通風量・換気回数は比較的小さいものの風力換気は多少なりとも行われている。

2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 20

まとめ

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

- DSを利用した風力換気効果をCFDにより解析し、以下の知見を得た。

風圧係数分布について

- DSが風上側にある風向角0°、45°の場合、風圧係数差が1.1~1.2[-]程度あり、換気駆動力が大きい。
- DSがアプローチフローと平行になる風向角90°の場合、風圧係数差が0.03[-]程度であり、最も小さい差となった。
- DSが風下側にある風向角135°、180°の場合、風圧係数差が0.1~0.3[-]程度あり、換気駆動力は小さい。また、当初想定していたDS内風力換気経路とは、反対となった。

2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 21

まとめ

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

- DSを利用した風力換気効果をCFDにより解析し、以下の知見を得た。

DS内風速分布について

- 風向角0°、180°では、DS内の風速が概ね同等であり、インナースキンのどの位置においても同等の風力換気効果が期待される。
- 風向角90°では、流入面・流出面がともにくさび域となり、負圧分布となる。若干流入面の風圧係数の方が負圧側に大きいため、流出面から流入し、流入面から流出している。しかし流出面において、風上側の風圧係数が負圧側に大きいため、風上側から若干流出している。
- 風向角45°では流入面風上側、風向角135°では流出面風上側から風がDS内に流入し、DS内風上側にはくさびによる渦を形成している。流入面・流出面の風圧係数分布から懸念されていた、風上側に偏った風力換気経路となり、インナースキンの位置による風力換気効果のばらつきが懸念される。
- 風向角0°、45°の場合、流入面から流入し、流出面から流出しているため、温度差換気との相乗効果が期待される。
- 風向角90°、135°、180°の場合、想定風力換気経路とは反対となり、温度差換気と相殺する可能性がある。

2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 22

まとめ

Endo Laboratory
Kanto Gakuin University

- DSを利用した風力換気効果をCFDにより解析し、以下の知見を得た。

DS内の通風量および換気回数について

- DSが風上側および風下側にある場合、概ね同等の風力換気による通風量・換気回数を得られた。
- しかしDSが風上側にある場合、温度差換気との相乗効果が期待されるものの、DSが風下側にある場合、温度差換気と相殺する流れとなることが想定される。
- DSがアプローチフローと平行の場合、平均風圧係数差はほぼ0だったものの、通風量・換気回数はある程度は確保できており、多少の風力換気効果は期待できる。

2018.03.02 2017年度 風工学研究拠点 研究会 23

今後の計画について、以下に記す。

- 本研究ではCFDにより、DS付属モデルの解析を行ったが、
今後は風洞実験にて風圧係数や通風量・換気回数取得・検討を行っていく。
- 本DS付属モデルは、室内を作成していないため、
今後は室内を有するモデルを作成し、DSを利用した風力換気効果が室内に及ぼす影響について検討を行っていく。
- またDS内に衝立を設置したり、アウトースキンに開口部を設けた場合の室内への影響およびその開口部のウィンドキャッチャー効果が室内に及ぼす影響について検討を行っていく。
- DSを利用した風力換気のみを解析対象としているため、従来の主力である温度差換気との解析を行い、相乗効果・相殺効果の検討を行っていく。
- DSを利用した風力換気的设计指針を構築していく。

以上で発表を終わります。

ドライアイスを発生源とした室内自然換気量の測定法に関する研究

東京工芸大学工学研究科 張研究室
長友集

研究背景

◆ 室内空気環境と建物の省エネルギーの両立のため、中間期において自然換気の導入が有効な方法の一つと考えられる。

- ✓ 風力と浮力による内外差圧が不安定
 - ✓ 開口部やすき間も多数存在する
- 自然換気量の測定はそれほど容易ではない。



研究背景

◆ 最も一般的な測定法として、トレーサガス等の特定の気体を室内に発生させ、室内におけるトレーサガスの濃度を測定することで換気量を計算する方法がある。

ストレーサガスを用いた単室の換気量測定法については空気調和・衛生工学会規格の SHASE-S 116-2011の規定があるが



デメリットとして、

- ✓ 発生源であるトレーサガスのコストが高く
- ✓ 一定発生の場合、扱いの難しい発生量を制御する装置が必要になる

研究背景

◆ 安価で入手しやすい、ドライアイスを生発源とした自然換気法を提案した。



共同研究者のPok Chengらは、ドライアイスの温度が約-70℃であり、室内温度と大きい温度差があるため、室内環境における±5℃範囲の空気温度変動がこの温度差に比べ、無視できる程度と考えられるので、一定発生源と見なしている。

しかし、室内環境において、温度以外の要素もあり、ドライアイスの重量変化等も発生率にある程度影響を及ぼすと考えられる。

研究背景

既往研究: コストが高く、扱いづらいトレーサガスの代わりにドライアイスを用いた簡易的な測定方法を提案した

仮定: ドライアイスは非常に低温である為、室温との大きい温度差によって発生率はほぼ一定と見なされる

懸念: 異なる室内環境: 温度、湿度、気流
ドライアイスの量が変化した場合、発生率が変わるかはまだ明確でない

研究目的

目的:

ドライアイスの昇華によるCO₂の発生率変化を詳しく調べる

人工気候室

発生装置

- ①ドライアイスの量
- ②開口の大きさ

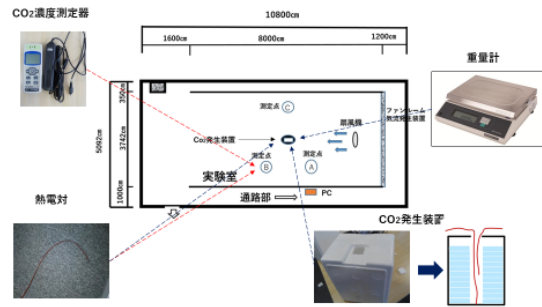
室内環境

- ①室内気流
- ②空気温度
- ③空気湿度

測定概要：対象室内

室内環境とドライアイスの昇華によるCO₂の発生率との関係を明らかにするため、東京工芸大学風工学研究センターの人工気候室にて実験を行った

測定概要：実験方法

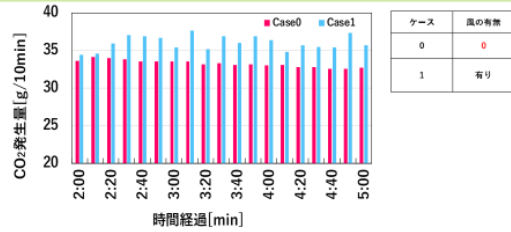


測定概要：ケースの設定

ケース0を全体の基準とし、パラメータごとに変更してケースを設定した。

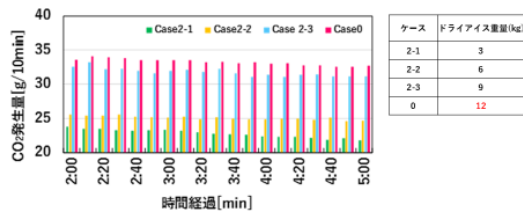
ケース	風の有無	ドライアイス重量(kg)	開口の大きさ(cm)	温度(°C)	湿度(%)
0	0	12	5	26	55
1	有り	12	5	26	55
2-1	0	3	5	26	55
2-2	0	6	5	26	55
2-3	0	9	5	26	55
3-1	0	12	10	26	55
3-2	0	12	15	26	55
4-1	0	12	5	16	55
4-2	0	12	5	30	55
5-1	0	12	5	26	45
5-2	0	12	5	26	65

測定結果：(1)室内気流



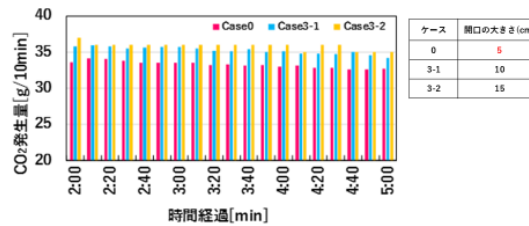
- ✓ 扇風機を使って気流を作ったので、気流が安定しにくいため、発生量が変動する結果になっていた。
- ✓ ケース1はケース0と比べてCO₂発生量が高くなっており、気流の影響で開口周りのCO₂濃度が低いいため、内外濃度差により、発生率が高いと考えられる。

測定結果：(2)ドライアイスの重量



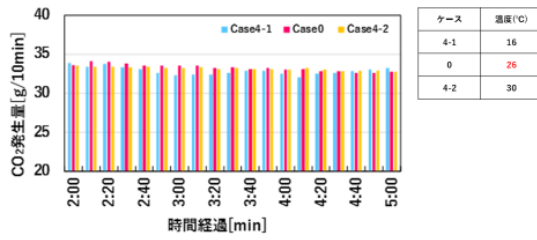
- ✓ ドライアイスの重量が大きいほどCO₂発生量大きい

測定結果：(3)開口の大きさ



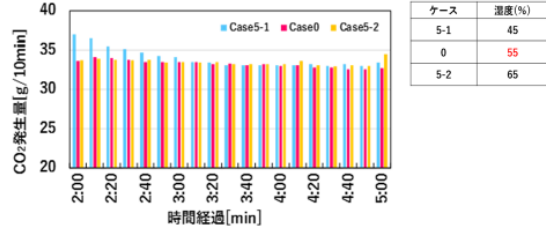
- ✓ ドライアイスの重量ほど大きな差は見られなかったが、開口の大きさがCO₂発生量に影響することがわかった

測定結果：(4) 空気温度



✓ CO₂発生量の値は、32~34g/10minと温度湿度差から見るとあまり大きな差が無く安定した状態だと考えられる。

測定結果：(5) 空気湿度



✓ 温度と同じく湿度の数値が変化してもCO₂発生量に影響がないと言える

まとめ

- ◆ ドライアイスの重量、発生装置の開口大きさ、室内環境(気流、温度、湿度)がCO₂の発生率に与える影響を定量的に把握することを目的とし、人工気候室にて実験を行い、その結果を報告する

以下の知見が得られた:

- (1) ドライアイス重量、開口部が大きいほどCO₂の発生率が大きい
- (2) (1)のため、すべてのケースでは、時間の経過とともに、CO₂発生率が徐々に減少している
- (3) 温度、湿度によってCO₂発生率はそれほど影響されない
- (5) 室内気流の影響は特定できなかった。今後は引き続き検討する必要がある

ご清聴ありがとうございました