

## 複数開口を有する室を対象とした風の乱れによる室内換気効果の検討

建築都市デザイン学科 2280090027-5 黒川 玲嗣  
(指導教員 小林知広)

### 1. はじめに

現在、居室への機械換気装置の設置が義務化されているが、省エネルギー及び快適性の観点からは、自然換気が有効と考えられる。居室の自然換気を促進するためには複数開口を設けることが重要となる。その場合、風圧係数差が小さいと平均風速に基づく換気量算定値は小さくなるが、実際には乱れの影響により換気が行われていると考えられる。単一開口を対象とした乱れによる換気効果については、これまでに山中ら<sup>文1)</sup>や加藤ら<sup>文2)</sup>により検討が行われているが、複数開口で風圧係数差が小さい場合の換気効果についてはあまり明らかにされていない。そこで本研究では、2 開口を有する室の換気効果を評価する。研究対象は、対面する 2 つの開口を有する室とし、乱れの影響を実際の換気効果を表す Purging Flow Rate<sup>文3)</sup> (以降 PFR) により横風時の換気効果を評価する。評価手段として、CFD の非常計算による Particle Tracing<sup>文4)</sup> を用いる。本論文では風圧係数差のない 2 開口を有する室を対象とし、単一開口と比較検討を行う。また、既往の研究<sup>文1)</sup>で提唱された単一開口の通気量概算式と算出した PFR を比較し、2 開口を有する室の換気効果の検討及び評価を行うことを目的とする。

### 2. 研究概要

#### 2.1 解析対象

本研究では、風洞における縮小模型実験を想定した CFD 解析を行う。検討対象は外寸 200 mm 角で 2 開口 (2 mm 厚) を持つ立方体模型を室モデルとし、図 1 に示す幅 1m、高さ 1m、長さ 3.2m の解析領域の流路の床面に設置したが、まずはメッシュの検討を行うため、本章では開口を設けないモデルを用いた解析を行う。

#### 2.2 解析概要

メッシュ数の異なる条件を 3 パターン設定した。図 2 に室モデル周辺のメッシュを示す。解析は乱流モデルに標準 k-ε モデルを用いて計算を行った後、その結果を初期条件として LES を用いて計算を行った。計算時間間隔は 0.0005[s] とし、計算開始後の 2000time step (1.0s) を標準 k-ε モデルからの移行期間とみなして計算結果を破棄し、その後の 20000time step (10.0s) を本計算とした。流入境界に関しては、Smirnov<sup>文5)</sup> の手法を用いて変動風を与えた。表 1 に解析手法をまとめて示す。ここで壁面境界条件は、No Slip と Werner-Wengle の 2 層モデルで比較し検討を行う。

表 1 CFD 解析の概要

CFD Code		Fluent 13.0
Turbulence Model		Large Eddy Simulation (Smagorinsky-Lilly Model)
Algorithm		Implicit method (SIMPLE)
Discretization Scheme for Advection Term		Central Difference
Time Step		0.0005s
Transition Term		2000+20000time step
Boundary Condition	Inlet	Smirnov's method (Based on k and ε)
	Outlet	Gauge Pressure: 0[Pa]
	Walls	No Slip/Warner&Wengle
Smagorinsky Coefficient		0.1
Total Number of Grid		Case1:282,548 Case2:225,792 Case3:128,952

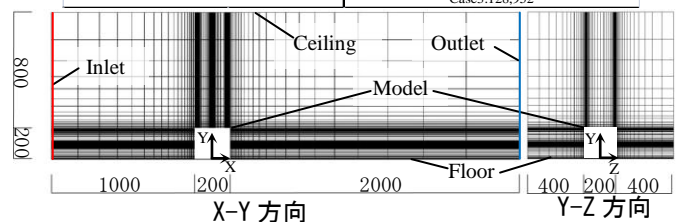


図 1 解析領域

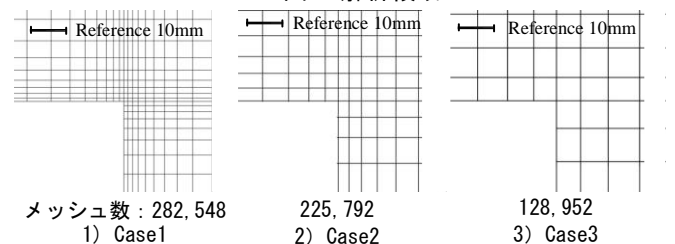


図 2 メッシュの検討

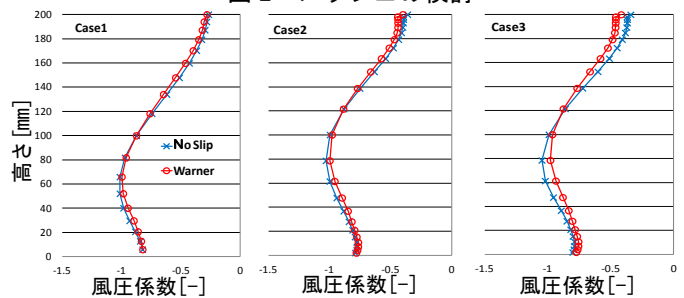


図 3 CFD 解析手法の検討

#### 2.3 結果と考察

室モデルの側面における水平方向の中央ラインで風圧係数の比較を行う。図 3 に Case1~Case3 の No Slip と Werner-Wengle を比較した結果を示す。Case3 においては、両者に大きな差が見られるが、Case1、Case2 では差があまり見られない。このことから、これらの条件では粘性低層の中まで格子分割がなされていると推察される。したがって、ここでは Case1 の No Slip が最も適切なメッシュ分割と判断し、次章以降の CFD による検討はこの手法を用いて解析を行う。

### 3. CFDによる換気効果の検証

#### 3.1 解析概要

2.2 で示した解析手法を使用して、開口がある場合の本計算を行う。解析パラメータとして開口寸法(L)を図4に示す5条件設定した。また、総計算時間はCaseAで40.0s、CaseBで35.0s、CaseCで20.0s、CaseDで10.0s、CaseEで12.0sとした。本研究ではPFRを用いて室内換気効果を評価する。ここで、PFR(排出換気量)は、局所領域で実質的に汚染質を希釈、排除するのに有効な換気空気の流れ量、即ち汚染質の排出効率を示すものである。PFRは局所領域内での汚染質発生量と平均濃度を用いて次のように定義される。

$$PFR = q_p / C_p \quad \text{注2)}$$

PFRを求めるためParticleを発生させる際、粒子は室モデル内で発生するものとし、発生数は1/2000秒ごとに表2に示す座標を組み合わせた室内計27ヶ所から発生させた。(単位時間あたり54,000個)

表2 粒子発生点座標 [mm]

X	-66	0	66
Y	33	100	166
Z	-66	0	66

#### 3.2 結果と考察

図5に各条件におけるParticle数とPFRを示す。また、図6に既往の研究<sup>文1)、注1)</sup>で示されている単一開口での通気量概算値と本研究で算出したPFRを比較した結果(a)と、単一開口と2開口でPFRを比較した結果(b)を示す。(a)から、既往の研究と比較して約2倍の値が得られた。この原因の1つとしてアプローチフローの乱れの性状が異なるという点が考えられる。このため今後は外部風の乱流強度等をパラメータとして、室内の換気効果に及ぼす影響を明らかにすることが必要と言えらる。(b)を比較すると、両者に大きな差が見られないことから開口面積が同じであれば、単一開口と風圧係数のない2開口で同程度の換気効果が得られることがわかった。

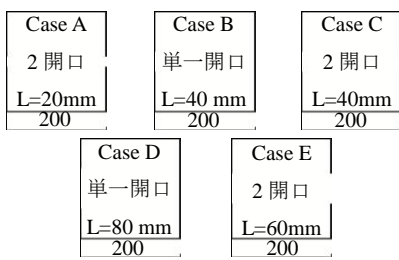


図4 開口条件

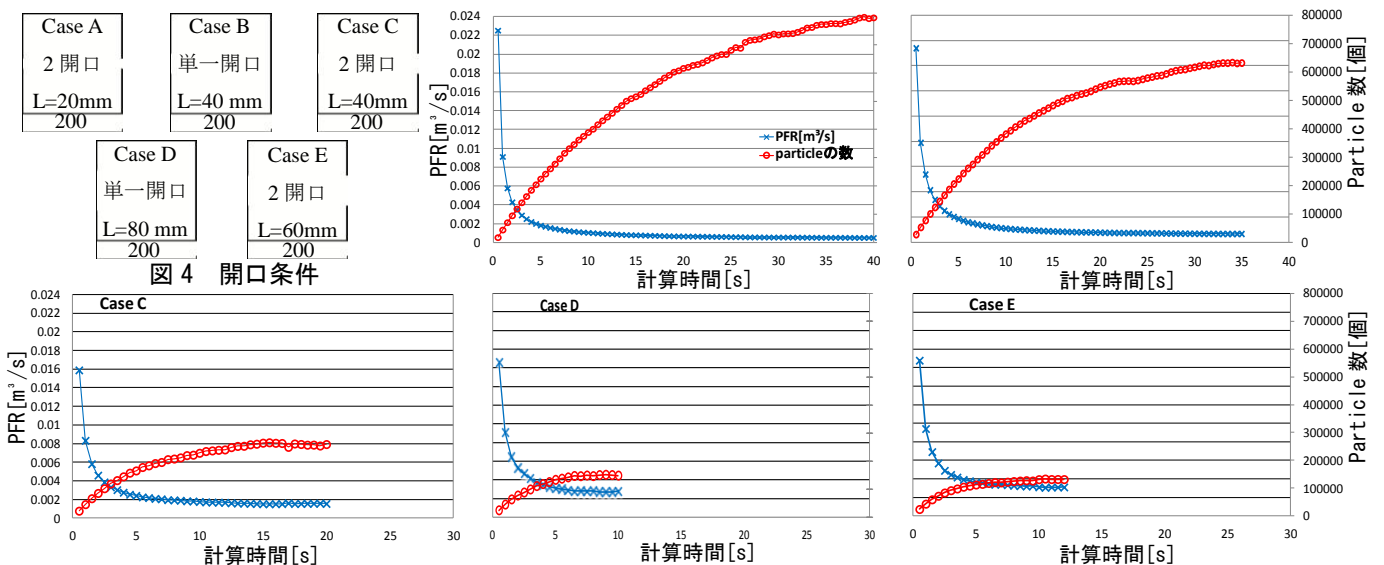


図5 Particle数及びPFRの時間変化

### 4. まとめ

本研究では、既往の研究の通気量概算値と本研究で算出したPFRの比較を行い、アプローチフローの乱れの性状の違いにより換気効果に大きな影響が現れた。また、開口面積が同じであれば単一開口と風圧係数のない2開口で同程度の換気効果が得られることがわかった。今後は外部風の乱流強度等をパラメータとして、室内の換気効果に及ぼす影響を明らかにすることが必要と言えらる。

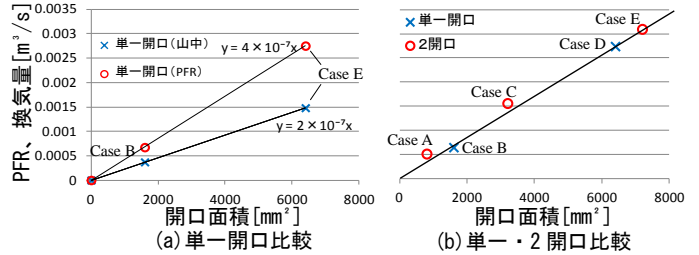


図6 概算式及びPFRによる室内換気量

注1) 通気量概算式:  $Q=0.036AU_L$

$Q$ : 通気量 [ $m^3/s$ ],  $A$ : 開口面積 [ $m^2$ ],  $U_L$ : 混合層外端風速 [ $m/s$ ]

ここでの混合層外端風速は高さ100mmの風速を使用

注2)  $q_p$ : 単位時間当たり対象領域P内で発生する汚染質量 [個/s]

$C_p$ : 対象領域の平均濃度 [個/ $m^3$ ]

文1) 山中俊夫他: 単一開口を持つ室の風力換気に関する研究—開口に沿う気流により形成される混合層に基づく換気現象—、日本建築学会計画系論文集、第517号、pp.37-43、1999.5

文2) 加藤信介他: 横風時における単一開口換気の特性に関する実験的研究、日本建築学会環境系論文集、第611号 pp.29-35、2007.1

文3) M.Sandberg&D.Etheridge: BUILDING VENTILATION Theory and Measurement, pp259-262, John Wiley&Sons Ltd,1966

文4) 伊藤一秀他: Particle TracingによるVisitation Frequency, Purging Flow Rateの基礎的解析、日本建築学会環境系論文集、第534号、pp41-48、2000.8

文5) A.Smirnov,et al: Random Flow Generation Technique for Large Eddy Simulations and Particle-Dynamics Modeling,Journal of Fluids Engineering,Vol.123,Issue2,pp359-371,2001.6