

オフィス空間を対象とした規準化居住域濃度の CFD 解析 (その 9) 什器モデルの有無が規準化居住域濃度予測精度に与える影響の検討

学生会員 ○小川 匠 (東京工芸大学)
 学生会員 菊池 世欧啓 (東京工芸大学)
 正会員 伊藤 一秀 (東京工芸大学)

1. はじめに

本報を含む一連の研究では、単純にモデル化したオフィス空間を対象として、各種の空調・換気システムを適用した場合の流れ場、温度場ならびに汚染質拡散場の CFD (計算流体力学) 解析を行い、居住域換気効率指標である規準化居住域濃度 C_n (居住域平均濃度と完全混合濃度の比) のデータベース構築を行ってきた。前報^{*)}までは、オフィス空間内の什器形状を再現せず、壁面・天井面のみで構成された最も単純な幾何形状を対象として解析を行っている。本報では、オフィス内の什器形状を再現した場合の、CFD 解析による規準化居住域濃度予測精度を検討し、さらに安全側となる規準化居住域濃度解析の幾何的な境界条件設定を検討する。

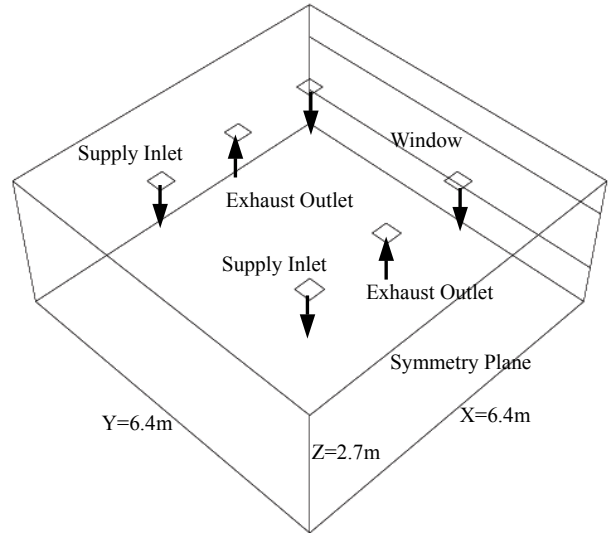
2. 解析対象オフィス

本研究で解析対象とするオフィス空間を図 1 に示す。室は幅 6.4m (X), 奥行 12.8m (Y), 高さ 2.7m (Z) と設定している。計算は対称性を考慮し Y 方向に関し半分の領域について行う (図 1 は計算領域のみ表示)。空調方式はオフィスの施工例を調査し、最も代表的なオフィスの空調方式である天井面に吹出口、吸込口が設置されたケースとする。吹出口形状はは 0.3m × 0.3m のノズル型である。図 1(1) に示す什器無しモデルでは、天井・床・壁面のみで構成された幾何形状とし、図 1(2) に示す什器有りモデルでは Partition で囲まれた机、机上面に設置された CRT ならびに直方体の人体モデルをオフィス内に設置し、一般的なオフィス什器をモデル化している。

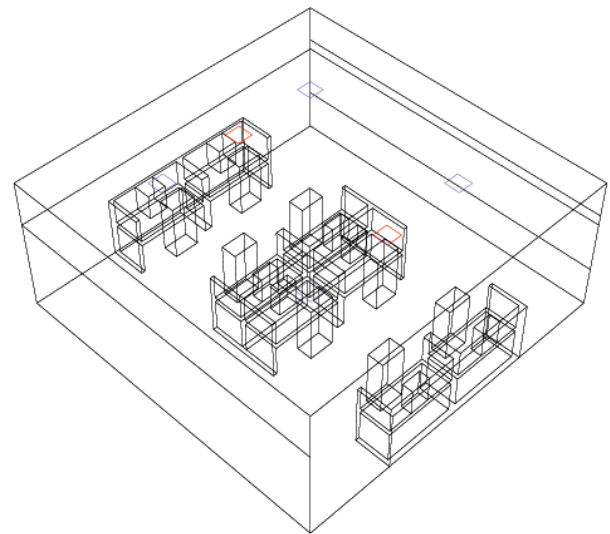
3. 解析ケースならびに計算条件

本解析ではオフィス内に設置された什器が流れ場、汚染質拡散場に与える影響を検討する点に目的がある。それ故、他の境界条件を簡略化し等温 (25℃) かつ定常状態を仮定する。また居住域を床面から 1.8m 領域と仮定する。計算条件を表 2 に示す。

解析ケースは表 1 に示すとおり、3 ケース設定する。Case1 はオフィス内に什器モデルを設定しない基本ケース、Case2 は居住域に仮想的な運動量 Sink Term (流体抵抗) を設定したケース、Case3 は Partition で囲



(1) 什器モデル無し (Case1, Case2)



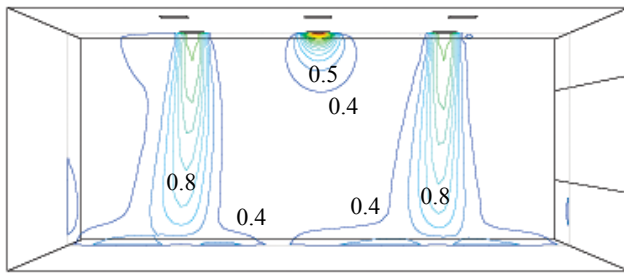
(2) 什器モデル有り (Case3)
 図 1 解析対象オフィス

表 1 解析ケース

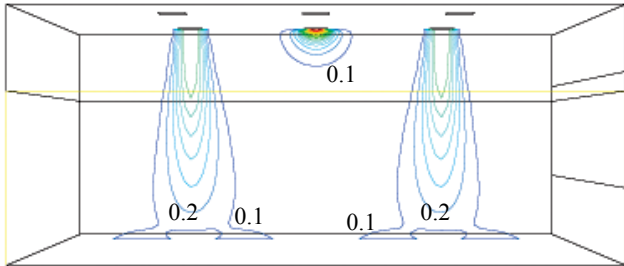
解析ケース	幾何条件
Case1	空間内に什器は設置せず
Case2	居住域に均質なポーラスメディアを設定
Case3	Partition、机、CRT、人体モデルを設置

表 2 計算条件

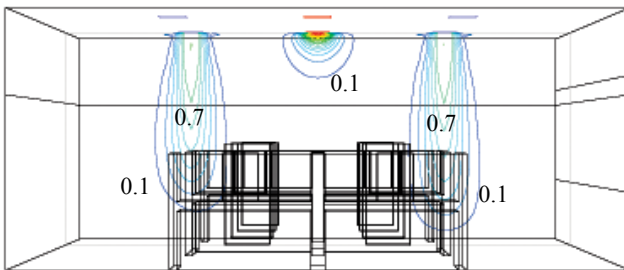
メッシュ	Case1, 2, 3 共に 175,260mesh
乱流モデル	低 Re 型 k - ε モデル (Abe-Nagano model)
流入境界	$U_{in}=0.85\text{m/s}$, $k_{in}=3/2(U_{in} \times 0.05)^2$, $C_{\mu}=0.09$ $\epsilon_{in}=C_{\mu} \cdot k_{in}^{3/2} / l_{in}$ l_{in} は吹出し幅の 1/7
流出境界	U_{out} = 質量保存, k_{out} = free slip, ϵ_{out} = free slip
壁面境界	no slip
汚染質	Passive Contaminant を仮定 汚染質は空間一様発生 (SVE3 解析と同義)



(1) Case1 (m/s)

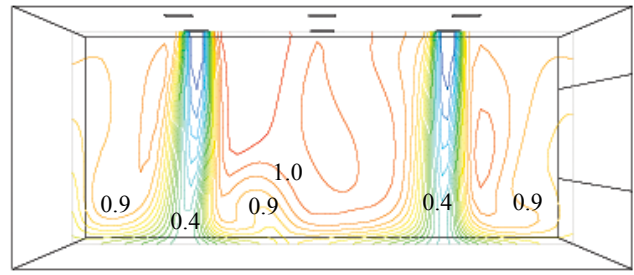


(2) Case2 (m/s)

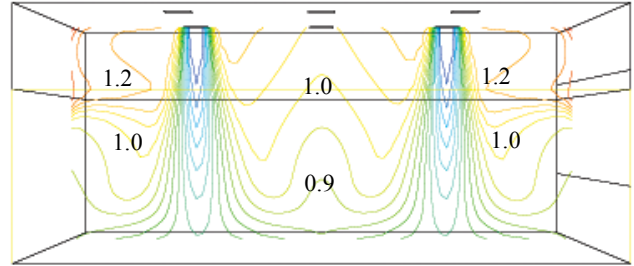


(3) Case3 (m/s)

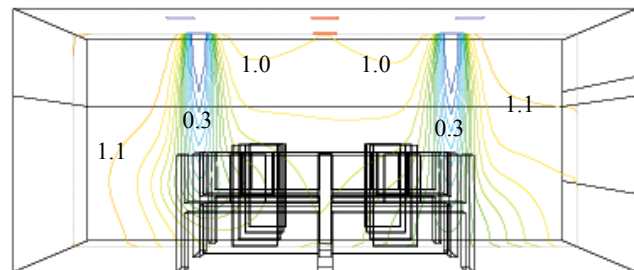
図2 流れ場(Velocity Magnitude)の解析結果



(1) Case1 (完全混合濃度で無次元化)



(2) Case2 (完全混合濃度で無次元化)



(3) Case3 (完全混合濃度で無次元化)

図3 汚染質拡散場の解析結果

まれた机、机上面に設置された CRT ならびに直方体の人体モデルの幾何形状を再現したケースである。Case2 の仮想的な運動量 Sink Term とは、居住域に仮想的なポーラスメディアを設定し運動量損失を意図的に与えたもので、本報では(1)式で与えている。

$$S_i = \frac{\mu}{\alpha} u_i + C_d \frac{1}{2} \rho |u_i| u_i \quad (1)$$

ここで α および C_d は均質なポーラスメディア内での Ergun 則を仮定し次式で与えている。

$$\alpha = \frac{D_p^2}{150} \cdot \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2} \quad (2) \quad C_d = \frac{3.5}{D_p} \cdot \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon^3} \quad (3)$$

4. 流れ場の解析結果

CFD による流れ場の解析結果を図 2 に、居住域平均風速の値を表 3 に示す。Case2 の居住域平均風速の値が Case3 の値に近くなっており、Case2 で与えた運動量 Sink Term が有効に機能しているといえる。Case1 の居住域平均風速は Case2, 3 の 2 倍程度のオーダーであり、幾何的に什器を再現せずに流れ場予測を行う際には(1)式を用いた評価を検討すべきであろう。

表3 居住域平均風速・規準化居住域濃度予測結果

	居住域平均風速	規準化居住域濃度 C_n
Case1	0.086 [m/s]	0.87 [-]
Case2	0.049 [m/s]	0.84 [-]
Case3	0.042 [m/s]	0.88 [-]

5. 汚染質拡散場の解析結果

CFD による流れ場の解析結果を図 3 に、規準化居住域濃度の値を表 3 に示す。流れ場の変化と比較し、 C_n の値は Case1~3 で大きく変化せず、3%程度の予測精度の差であった。

6. 結論

什器の幾何形状を再現せず、運動量 Sink Term を与えることで居住域平均風速の予測精度が向上する結果となった。本解析条件下では居住域平均濃度の予測精度は各 Case で差が生じない結果となった。今後、運動量 Sink Term の適切な与え方、ならびに換気システムを変化させた場合の検討を進める予定である。

参考文献

- [1] 菊池,高橋,小林,伊藤: オフィス空間を対象とした規準化居住域濃度に関する研究(第1報) 各種空調システムにおける流れ場・温度場・汚染質濃度場の CFD 解析: 日本建築学会計画系論文集, No. 562, 2002, pp 45-52