

両ケースとも、流れ場は室全体としては  $0.2\text{m/s}$  以下の静穏状態である。咳の吐出速度が  $22\text{m/s}$  程速いが、吐出された後この速度が急激に下がっていく。室内流れ場に比べ、吐出気流は速度が遥かに大きいので、周辺の空気が引っ張られて、吐出気流に巻き込まれる。吐出気流は約  $1.0\text{m/s}$  の風速で対面の人の顔に衝突し、その一部が頭を越えて、再び後ろの壁に衝突し、壁の近傍に循環流を生成する。また、ケース1の場合、室の上部に大きな循環量生成される。ケース2の場合、空調の吹出気流と咳の吐出気流との衝突のため、室内上部に大きな循環流が生成できず、空調の下に小さい循環流が観える。

### B. 濃度場 (図 4.3.3)

濃度解析の結果を図 4.3.4 に示す。ケース1とケース2において、定常に吸気している人体の鼻位置でのエアロゾル濃度がそれぞれ  $0.56$ 、 $0.59$  である。ケース1の場合、咳の吐出方向が空調の吹出方向と一致しているため、咳によるエアロゾルの濃度拡散がケース2の場合より速い。また、室内空気に混合された咳のエアロゾルは室内上部空間の大循環流により、より効率に室外に排出

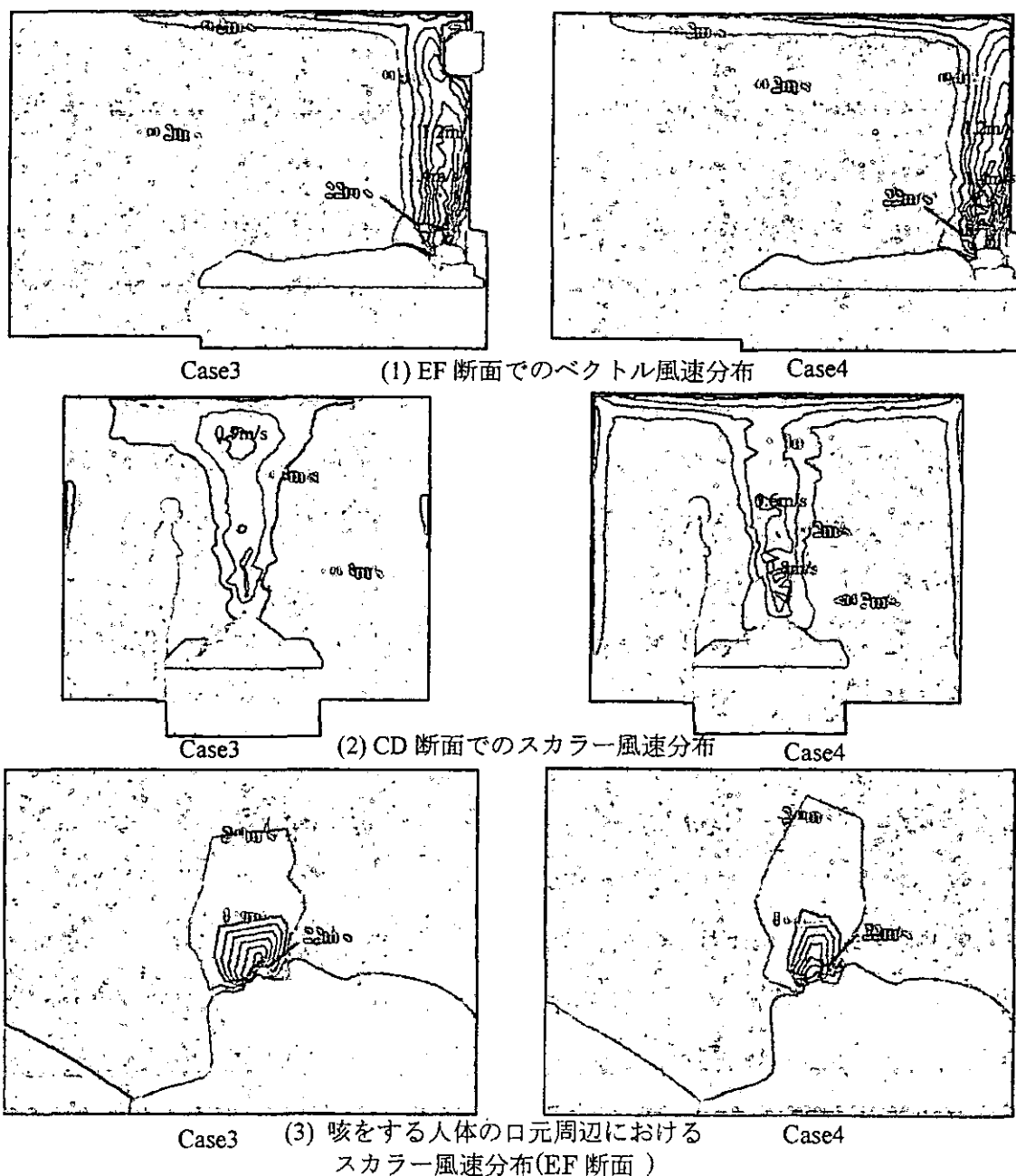


図 4.3.4 病室の場合での風速分布

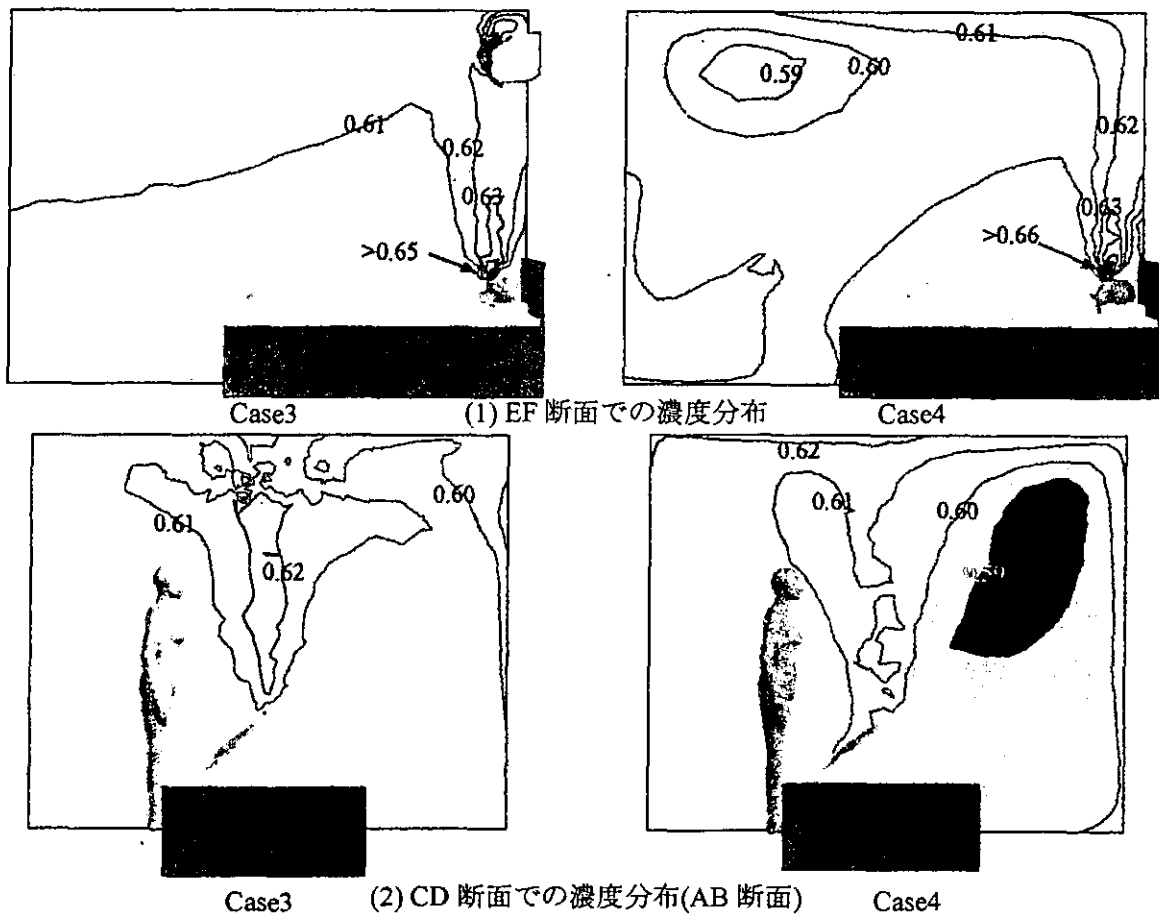


図 4.3.5 病室の場合での濃度分布

されるため、室全体にエアロゾル濃度がケース 2 より小さい。また、両ケースとも、吸気する人体の後ろの壁近傍に循環流があるため、エアロゾル濃度が比較的に大きい。

(2) 病室の場合 (ケース 3 と 4)

A. 流れ場 (図 4.3.4)

両ケースとも、流れ場は室全体としては  $0.2\text{m/s}$  以下の静穏状態である。咳の吐出気流が上昇しながら、速度が急激に下がっていく。図 4.3.4 の(1)に示すように、中央断面 EF において、ケース 3 の場合、空調の吹出気流と咳の吐出気流と衝突し、弱い吹出気流が吐出気流に巻き込まれ、すぐ上部の吸込口から排出される一方、咳の吐出気流が室内へよっている様子を観える。ケース 4 の場合、空調が咳の吐出気流への影響はほとんど観られない。

B. 濃度場 (図 4.3.5)

定常に吸気する人体の鼻位置でのエアロゾル濃度に関し、ケース 3 の場合がケース 2 に比べてやや小さいが、大きな差がなく両方とも約  $0.61$  である。また、ケース 3 の場合、咳の気流が空調の吹出口で空調の吹出気流と衝突するため、咳によるエアロゾルが室内に拡散され、EF 断面と CD 断面での濃度分布がケース 4 よりやや大きい。

4. 3. 4 まとめ

1) 本節は、静穏環境における待合わせ室と病室をモデル化し、定常の咳と吸気の仮定で、CFD 解析により人体から定常吐出されるエアロゾル汚染質の人体周辺濃度を検討した、また、空調と咳をする人体の位置関係が咳による室内エアロゾル汚染質の濃度分布に与える影響も検討した。

- 2) 待合わせ室の場合、空調反対側の人体が咳をすると、室内全体的にエアロゾル濃度が大きい。
- 3) 病室の場合、空調の掛け場所に関わらず、室内全体的にエアロゾル濃度がほとんど変わらない。

## 4. 4 病室における排気口位置の違いによる清浄度

### 4. 4. 1 検討目的と解析対象流れの概要

#### 1) 検討目的

近年、SARS のみならずウィルスの病院内感染が大きい問題となり、空気からの感染についてもあらゆる対策が提案されている。病院ではウィルス及び汚染源を保持している患者から呼出される呼気を速やかに病室外へ排出することが重要である。4床の一般病室（図 4.4.1 参考）において、排気口位置の違いによる室内清浄度に関して CFD 解析を行う。病室には4人の患者がベッドで就寝しており、排気口位置の違いによる患者それぞれの呼吸領域における空気質を評価し、病室における適切な排気口の位置を提案することを目的とする。

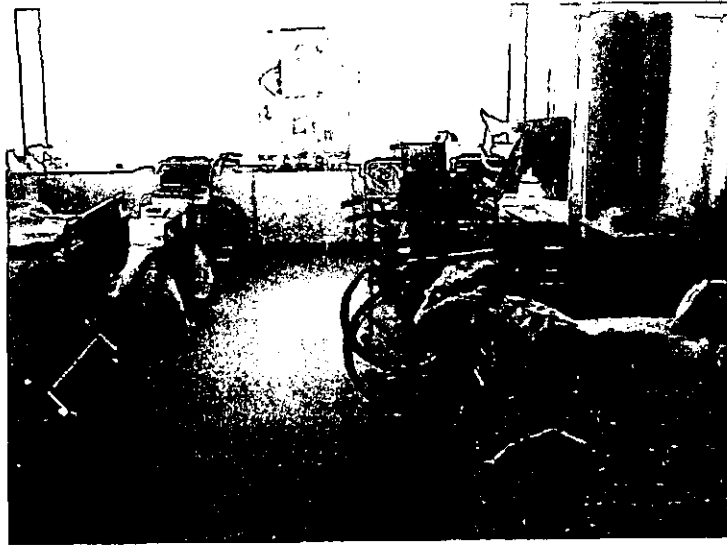


図 4.4.1 4床の一般病室

#### 2) 解析対象流れの概要

##### ①一般病室に関する基準

空調便覧<sup>7)</sup> 第2編 環境計画 表 3.45 清浄度クラスと換気条件 (HEAS-02) の参考

(1)最小換気回数[回/h] - 外気量 : 2

- 全風量 : 6

(2)1人当たり外気取り入れ量 :  $30\text{m}^3/\text{h}$

##### ②対象空間

(1)病室寸法 (図 4.4.2 参考) :  $6\text{m}$  (幅)  $\times 5\text{m}$  (奥行き)  $\times 3\text{m}$  (高さ) =  $90\text{m}^3$  (体積)

(2)全風量 :  $90\text{m}^3/\text{h} \times 7$  回/h (最小換気回数より多く想定) =  $630\text{m}^3/\text{h} = 0.175\text{m}^3/\text{s}$

(3)吹出口 (SA) - 寸法 :  $0.4\text{m} \times 0.4\text{m} = 0.16\text{m}^2$

(4)排気口 (EA) - 寸法 :  $0.4\text{m} \times 0.4\text{m} = 0.16\text{m}^2$

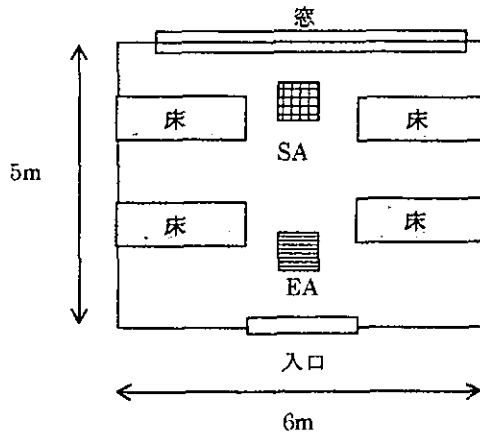
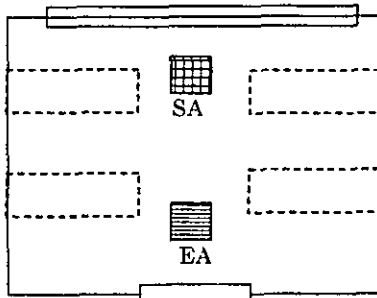
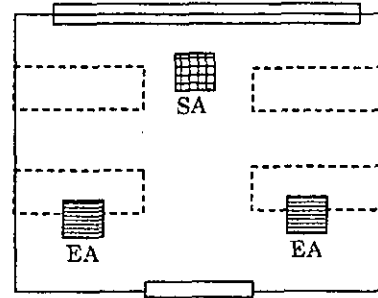


図 4.4.2 想定病室

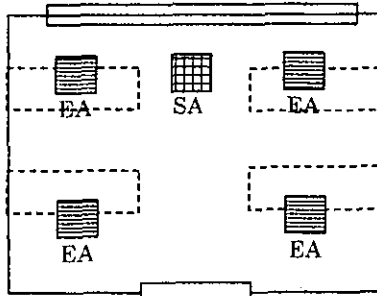
③解析ケース



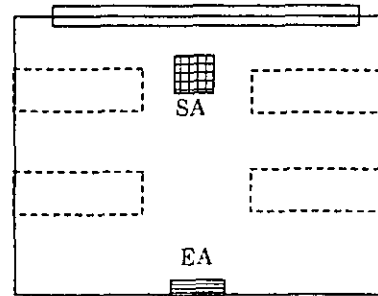
(1)Case1 (天井排気口 1 個、基本条件)



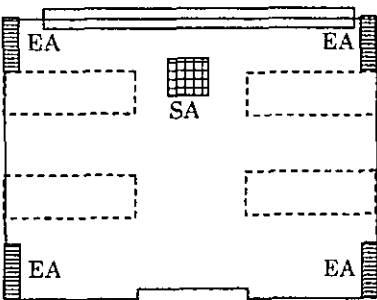
(2)Case2 (天井排気口 2 個)



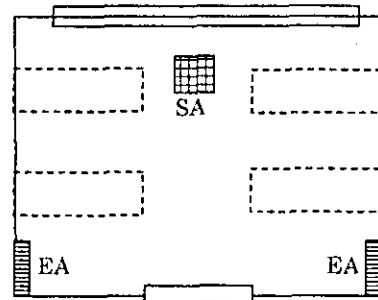
(3)Case3 (天井排気口 4 個)



(4)Case4 (床近傍排気口 1 個)



(5)Case5 (床近傍排気口 2 個)



(6)Case6 (床近傍排気口 4 個)

Case1 の天井に排気口 1 個設置を基本ケースとして排気口 2 個と 4 個を天井または床面近傍に設けて解析を行う。Case1～3 は天井排気、Case4～6 は床近傍排気方式である。全ケースにおいて吹出口の位置及び風量は同様であり、排気口の寸法も同様である。

#### 4. 4. 2 流れの数値シミュレーションの概要

##### 1) 解析メッシュ

解析において流れ場の対称性を考慮し、図 4.4.2 に示した対象空間の半分のみを解析を行う (図 4.4.3 参考)。メッシュの空間分割は約 64 万要素、固体面分割は約 6.5 万要素に分割されている。排気口は、Case1 が排気口 1、Case2 が排気口 2、Case3 が排気口 2 と 3、Case4 が排気口 4、Case5 が排気口 5、Case6 が排気口 5 と 6 を使用して解析を行う。

下記のシミュレーション結果は A-A'断面から D-D'断面の結果を示す (図 4.4.4 参考)。

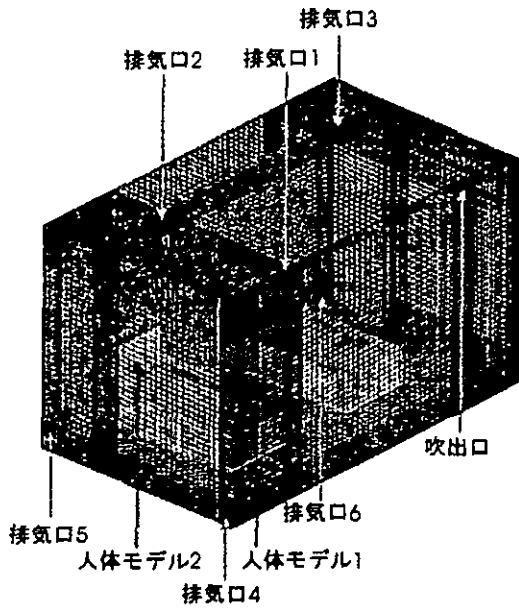


図 4.4.3 解析メッシュ

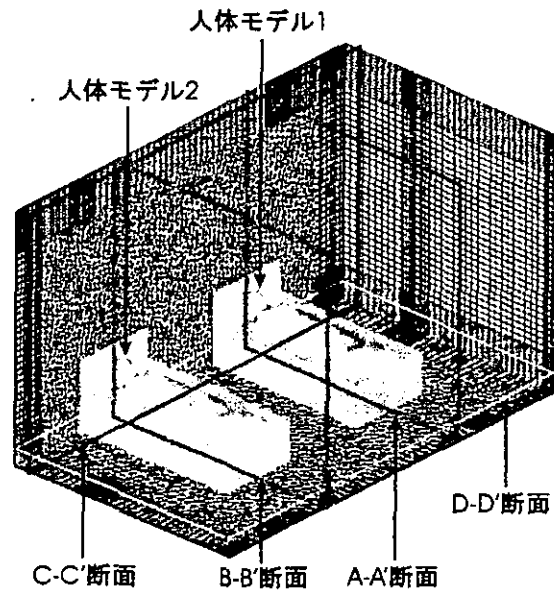


図 4.4.4 断面概要

##### 2) CFD モデル及び境界条件の概要

流れ場解析は商用の CFD 解析ソフト Star-CD の標準 k-ε モデルを用いて行う。k-ε 方程式移流項には Star-CD の MARS スキームを用い、定常解を算出する。

境界条件は解析空間が半分であることを考慮する。詳細は表 4.4.1 に示す。吹出口の風速及び風量は全ケースで同様である。排気口はその数によりそれぞれの排気口に対する排気速度と風量が異なる。人体は定常呼吸を仮定する。呼吸は口から行い、就寝時の 0.7met の活動量に対する呼吸量  $36 \text{ l/min}$  を考慮し、定常呼吸量は  $14.4 \text{ l/min}$  の  $2.4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  に設定する。人体の発熱は 0.7met 時の対流熱伝達量を  $33.3 \text{ W/人}$  と仮定し、図 4.4.5 に示すように頭、枕、布団に分布をつけて与える。放射熱伝達量の方は周辺壁に  $1 \text{ W/m}^2$  で与える。

表 4.4.1 境界条件

空調	吹出口	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>U_{in}=1.094 \text{ m/s}</math></li> <li>• 寸法: <math>0.2 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}</math></li> <li>• 乱流強度: 0.1</li> <li>• <math>T_{in}=24^\circ \text{C}</math></li> <li>• 風量: <math>0.0875 \text{ m}^3/\text{s}</math></li> <li>• 体表長さスケール: 0.02</li> </ul>	
	排気口	Case1 (EA1 個)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>U_{out,1}=1.1 \text{ m/s}</math></li> <li>• 寸法: <math>0.2 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}</math></li> <li>• 風量: <math>0.088 \text{ m}^3/\text{s}</math></li> </ul>
		Case2 (EA2 個)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>U_{out,2}=0.55 \text{ m/s}</math></li> <li>• 寸法: <math>0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}</math></li> <li>• 風量: <math>0.088 \text{ m}^3/\text{s}</math></li> </ul>

		Case3 (EA4 個)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>U_{out,2&amp;3}=0.275\text{m/s}</math></li> <li>• 寸法: <math>0.4\text{m}\times 0.4\text{m}</math></li> <li>• 風量: <math>0.044\text{m}^3/\text{s}</math></li> </ul>
		Case4	Case1 と同様
		Case5	Case2 と同様
		Case6	Case3 と同様
	換気回数 (名目換気時間)	全ケースで 7 回/h (約 8.6 分/回)	
人体モデル <sup>5)</sup>	定常呼出	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>U_{in,mouth}=0.681\text{m/s}</math></li> <li>• 面積: <math>3.52254\text{E}-4\text{m}^2</math></li> <li>• 呼出量: <math>14.4\text{ l/min}=2.4\text{E}-4\text{m}^3/\text{s}</math></li> <li>→ 0.7met (就寝時) の呼吸量 <math>6\text{ l/min}</math> の定常呼出値</li> </ul>	
	発熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 対流熱伝達量 <math>33.8\text{W}/\text{人}</math> → 人体と布団に分割</li> <li>• 頭: <math>25\text{W}/\text{m}^2</math></li> <li>• 枕、布団中央: <math>20\text{W}/\text{m}^2</math></li> <li>• 布団端: <math>5\text{W}/\text{m}^2</math></li> </ul>	
表面	全表面: 一般化代数則 部屋の壁面: $1\text{W}/\text{m}^2$ → 2 人の放射熱伝達量分 ベッド: 断熱		

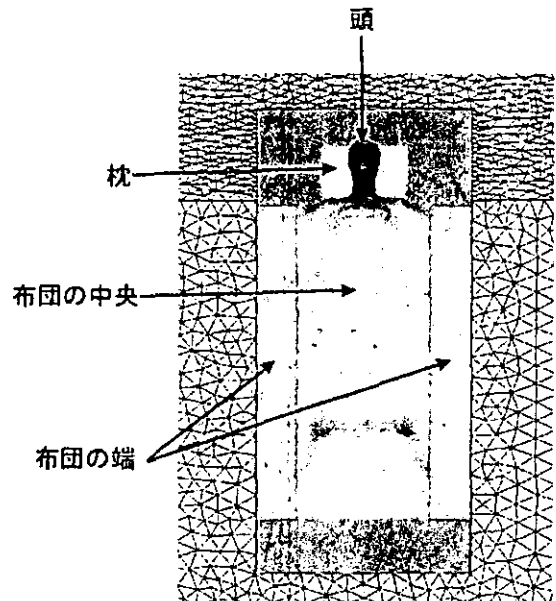


図 4.4.5 人体の対流熱伝達量の分布

### 3) 室内清浄度の評価指標

室内の空気清浄度の評価は、加藤らが提案した換気効率指標 SVEs<sup>8)</sup>(Scale for Ventilation Efficiencies)を用いて行う。

#### ①空気齢 (SVE3)

室内に導入された新鮮空気がある位置(点)に至るまでの平均時間を算出する。値(到達時間)は換気回数の逆数である名目換気時間に対する比で評価する。空気齢1は換気回数1回に対応する。

#### ②空気余命 (SVE6)

空気がある位置(点)を通過して室内から排出されるまでの平均時間を算出する。値(排気時間)は空気齢と同じく換気回数に対して評価する。空気余命1は換気回数1回に対応する。

#### ③呼気の濃度

ある人体モデルの口から呼出された空気濃度を1として、その他の人体モデルの呼吸慮域である顔周辺濃度を評価する。

#### 4. 4. 3 シミュレーション結果

##### 1) 各ケースにおける流れ場

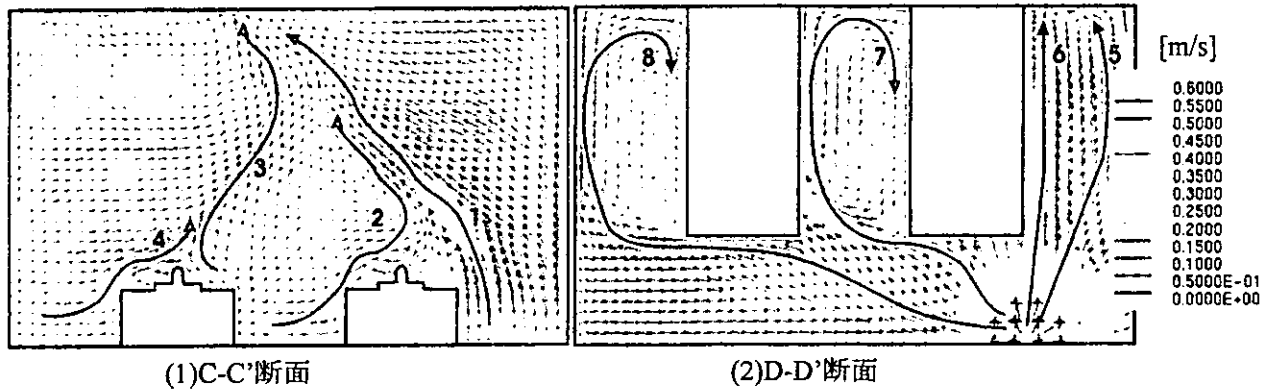


図 4.4.6 Case1 : 天井排気口 1 個

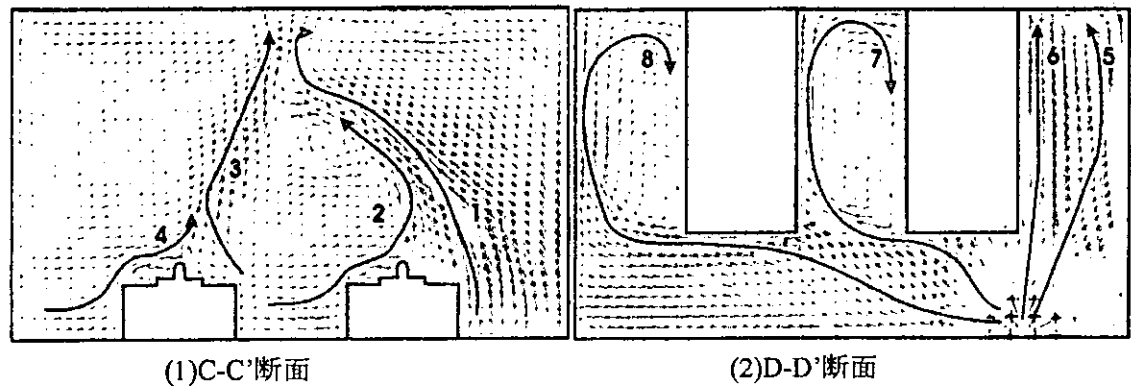


図 4.4.7 Case2 : 天井排気口 2 個

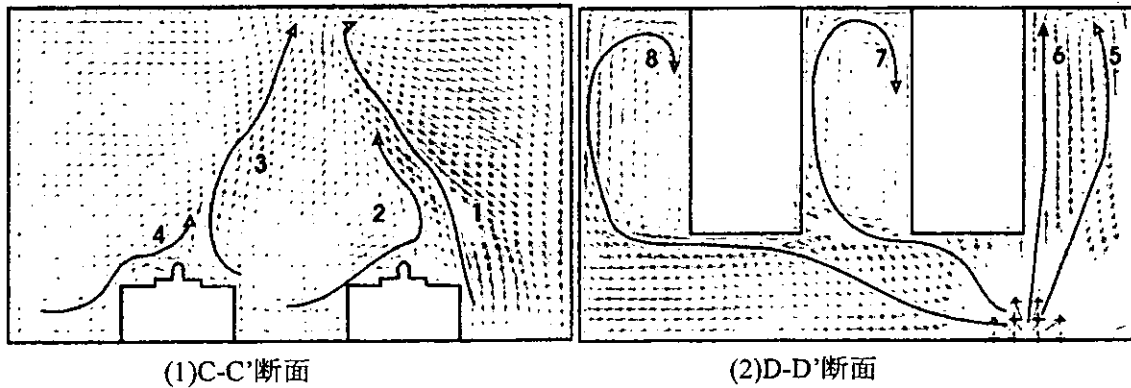


図 4.4.8 Case3 : 天井排気口 4 個

Case1~3 (図 4.4.6~8) において、C-C'断面で、右側の人体モデル 1 の周辺は人体発熱による熱上昇流より吹出口からベッド側の壁に衝突した上昇気流 (気流 1) が強く発達している。しかし、左側の人体モデル 2 の周辺は人体発熱による熱上昇流 (気流 3、4) が発達し、天井付近に上昇している。気流 1~3 はケースによりそれぞれが若干異なる。D-D'断面で吹出口から吹出された気流は床面のベッドの影響を強く受け、ベッドと壁の間に強い渦 (気流 5~8) が形成されている。Case1~Case3 での流れ場は明確な差異が見られなく、ほぼ同様な傾向となっている。



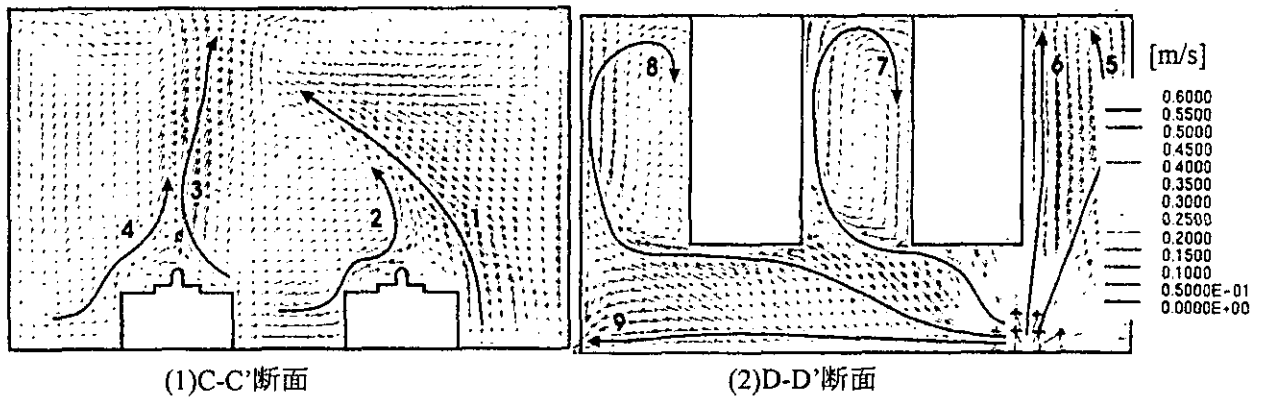


図 4.4.9 Case4 : 床近傍排気口 1 個

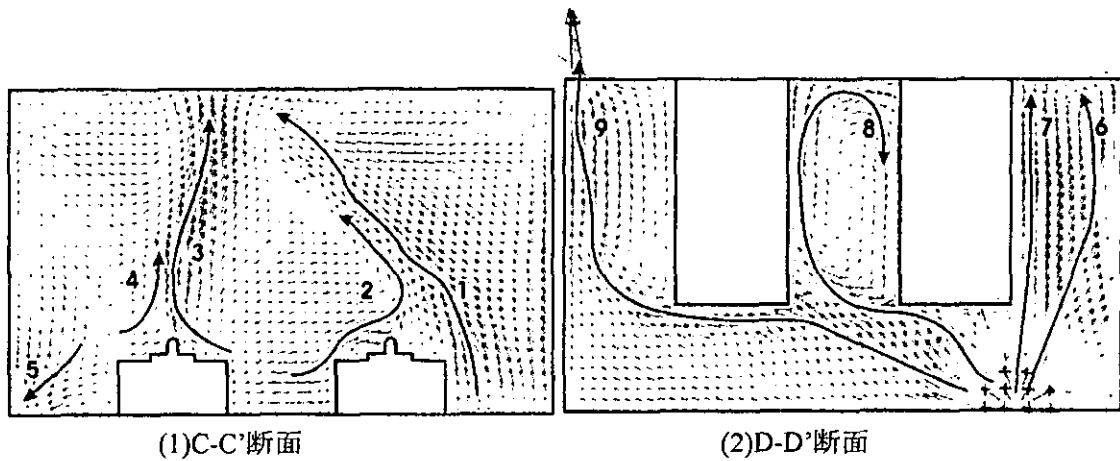


図 4.4.10 Case5 : 床近傍排気口 2 個

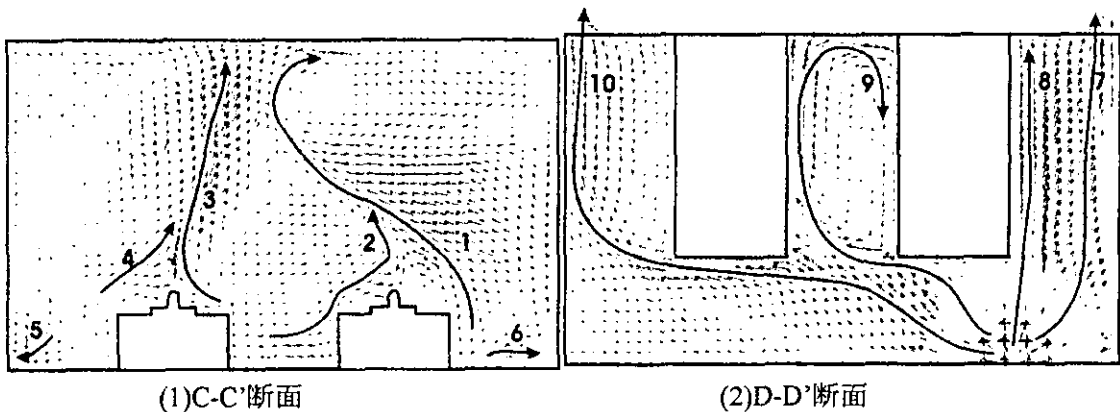


図 4.4.11 Case6 : 床近傍排気口 4 個

Case4~6 (図 4.4.9~11) において Case1~3 と同様に C-C'断面で、右側の人体モデル 1 の周辺は人体発熱による熱上昇流より吹出口からベッド側の壁に衝突した上昇気流 (気流 1) が強く発達している。しかし、左側の人体モデル 2 の周辺は人体発熱による熱上昇流 (気流 3、4) が発達し、天井付近に上昇している。気流 1~4 はケースによりそれぞれが若干異なる。D-D'断面では吹出口から吹出された気流はベッドの影響を強く受け、ベッドと壁の間に強い渦が形成されている。しかし、床面近傍に設けられた排気口の影響によりケース毎に多少気流速度が異なる。

全ケースにおいて吹出口から吹出された気流はベッドの影響により強いくせのある気流を形成し、ケースに係わらず同様な影響を与えている。その結果、排気口周辺以外ではほぼ同様な流れ

傾向を示している。

2) Case1 : 天井面の排気口 1 個

①空気齢 (SVE3)

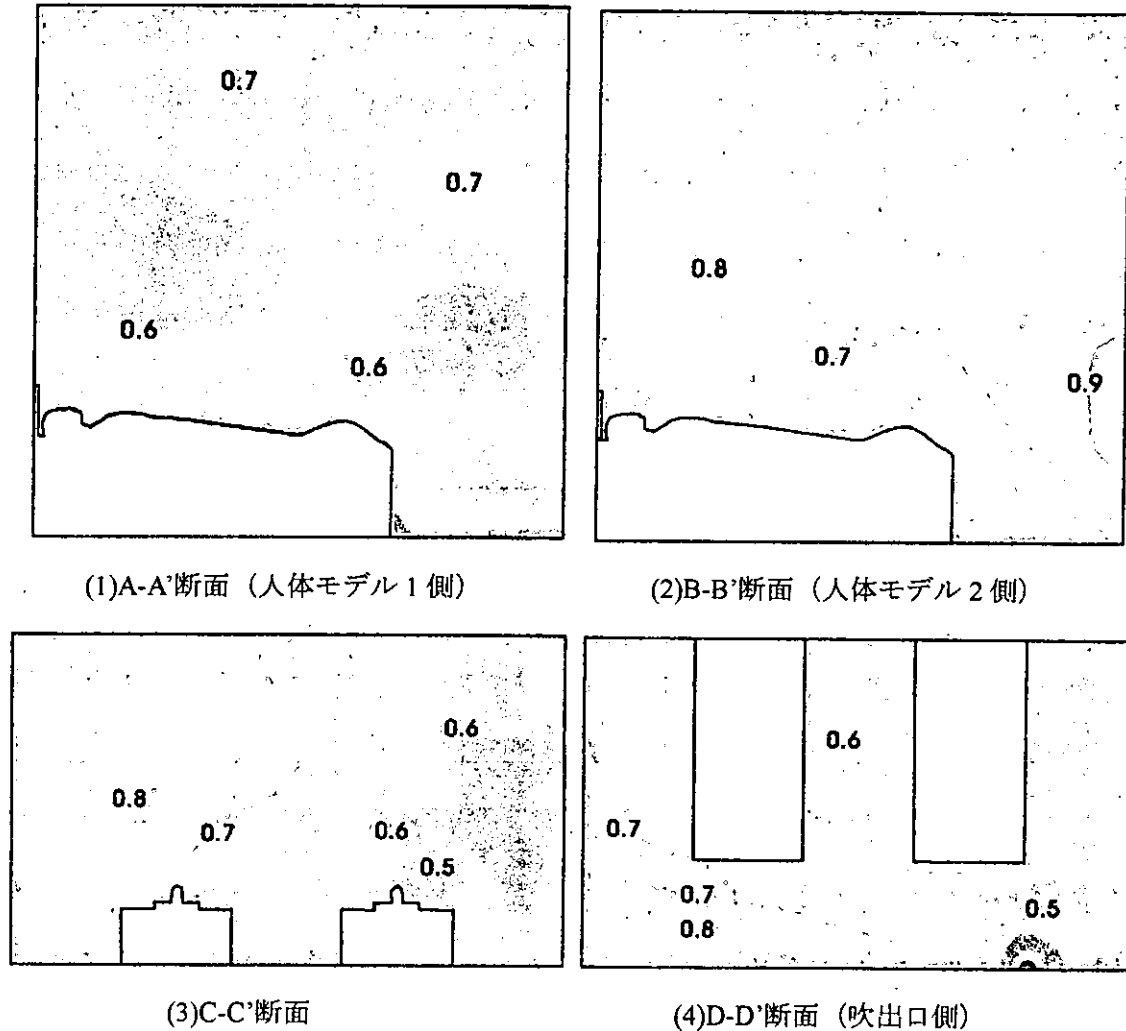


図 4.4.12 Case1 の空気齢 (SVE3)

吹出口から吹出される空気の空気齢[-] (SVE3) と到達時間[分]に対して検討する。A-A'断面の人体モデル 1 の頭周辺 (呼吸領域として想定) の空気齢は 0.6~0.7 (5.2~6 分) となり、B-B'断面の人体モデルは 0.7~0.8 (6~6.9 分) となっている。C-C'断面では、右側の人体モデル 1 が 0.5~0.6 (4.3~5.2 分)、左側の人体モデル 2 が 0.6~0.8 (5.2~6.9 分) の空気齢分布となっている。顔周辺 (顔の固体面メッシュに接している空間メッシュ) の平均空気齢は人体モデル 1 が約 0.61 (5.3 分)、人体モデル 2 が 0.68 (5.9 分) である。D-D'断面では、図 4.4.6 の気流 5~8 順に吹出口からの移動距離が短いため、その順に空気齢も若くなっている。

②空気余命 (SVE6)

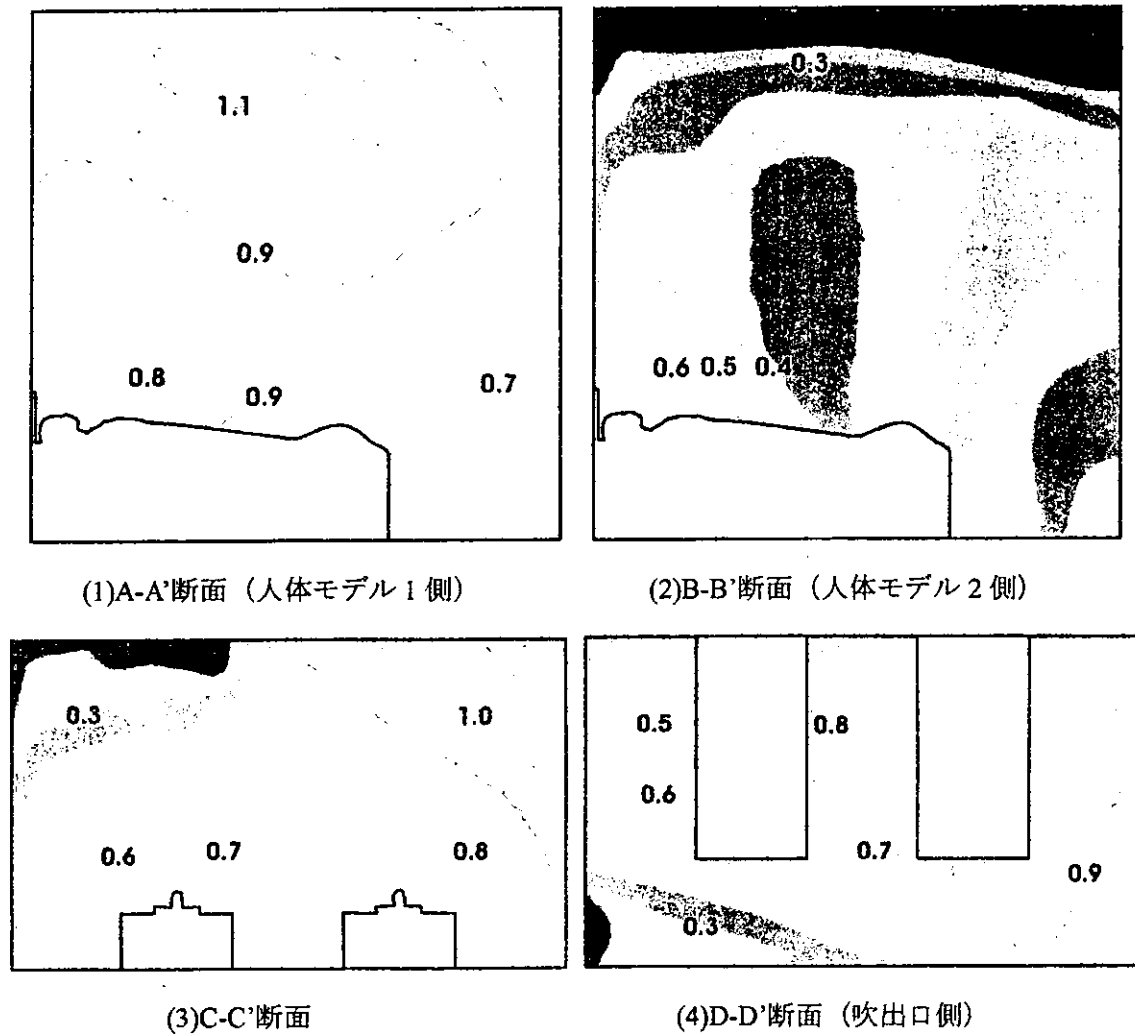


図 4.4.13 Case1 の空気余命 (SVE6)

排気口 1 (図 4.4.3 参考) から排出される空気の空気余命[-] (SVE6) と排気時間[分]に対して検討する。A-A'断面の人体モデル 1 の頭周辺の空気余命は 0.7~0.8 (6~6.9 分) となり、B-B'断面の人体モデルは 0.5~0.7 (4.3~6 分) となっている。C-C'断面では、左側の人体モデル 2 が右側の人体モデル 1 より天井の排気口から上流側になっているため、人体モデル 2 の周辺は低い空気余命となっている。顔周辺の平均空気余命は人体モデル 1 が約 0.74 (6.4 分)、人体モデル 2 が 0.58 (5 分) で、人体モデル 2 が人体モデル 1 に比べてより空気余命が小さい値となっている。左右人体モデルの頭周辺空気の排気時間は 1.4 分程度差がある。D-D'断面で、天井の排気口影響が壁に沿って床近傍まで達しているため、排気口から遠いほど空気余命が高くなっている。

3) Case2 : 天井面の排気口 2 個

①空気齢 (SVE3)

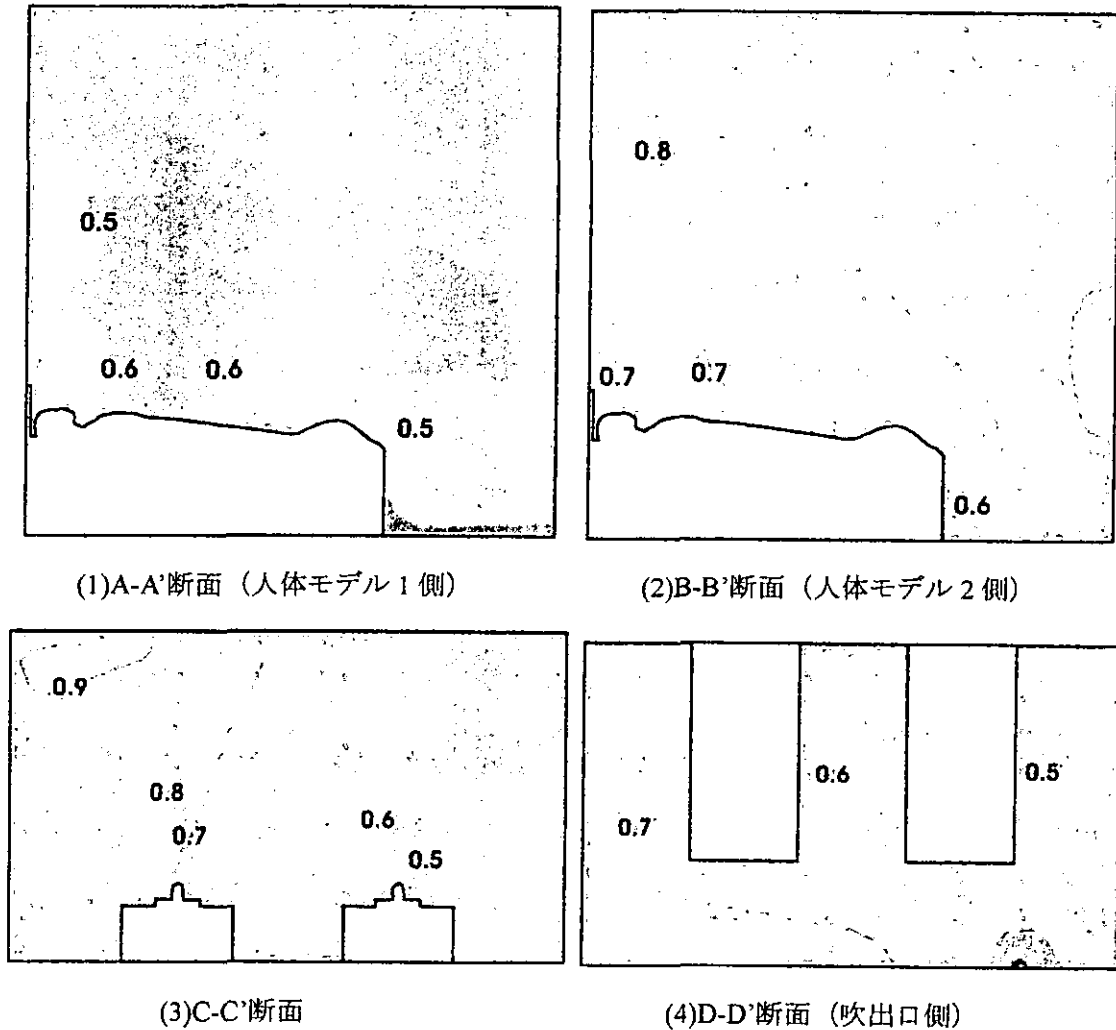


図 4.4.14 Case2 の空気齢 (SVE3)

A-A'断面の人体モデル1の頭周辺の空気齢は0.5~0.6(4.3~5.2分)となり、B-B'断面の人体モデルは0.7~0.8(6~6.9分)となっている。C-C'断面では、右側の人体モデル1が0.5~0.6(4.3~5.2分)、左側の人体モデル2が0.6~0.8(5.2~6.9分)の空気齢分布となっている。顔周辺の平均空気齢は人体モデル1が約0.58(5分)、人体モデル2が0.67(5.8分)である。吹出口側のD-D'断面では、Case1と同様に吹出口から近い空間ほど若い空気齢となっている。空気齢に関してはCase1とほぼ同じ傾向や値を示している。

②空気余命 (SVE6)

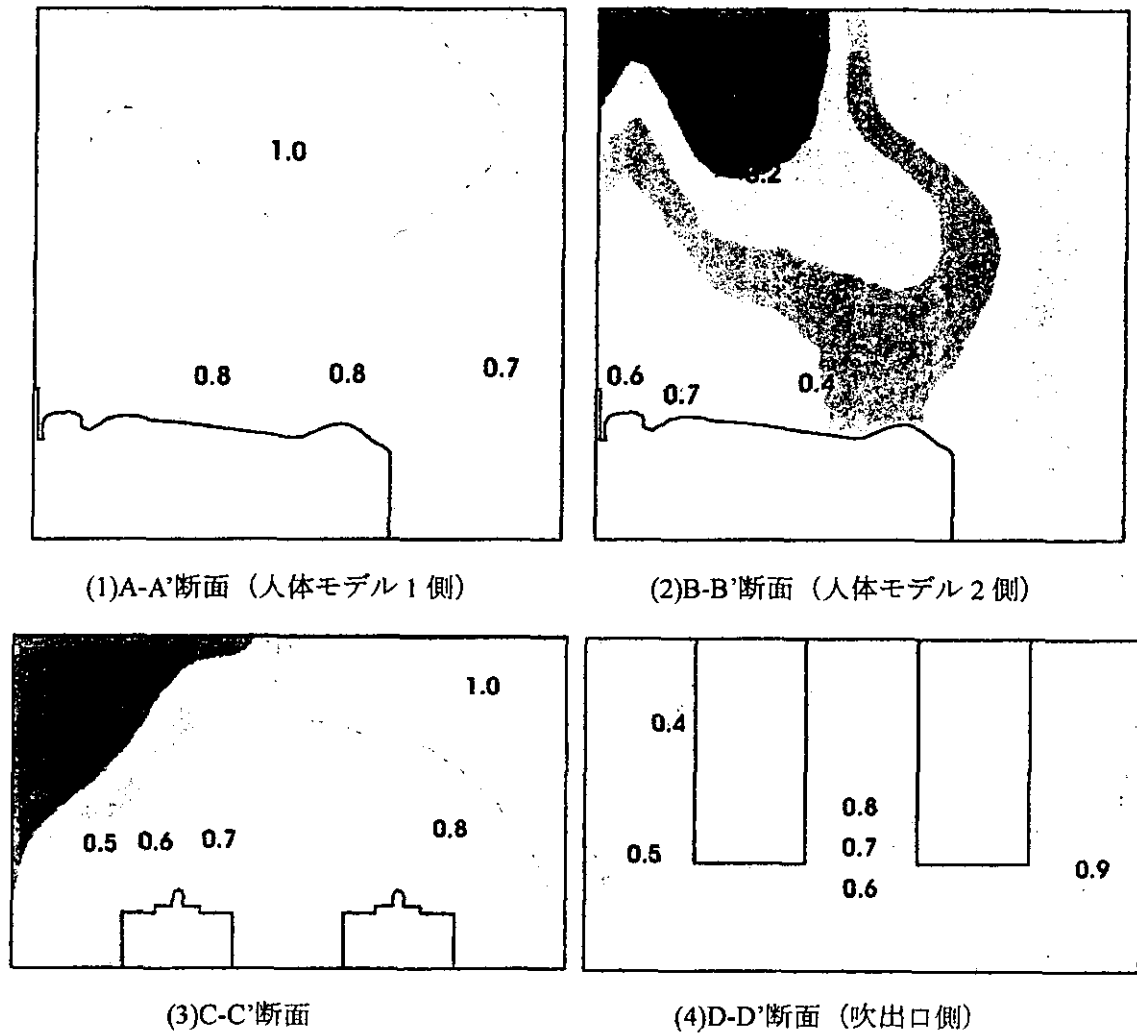
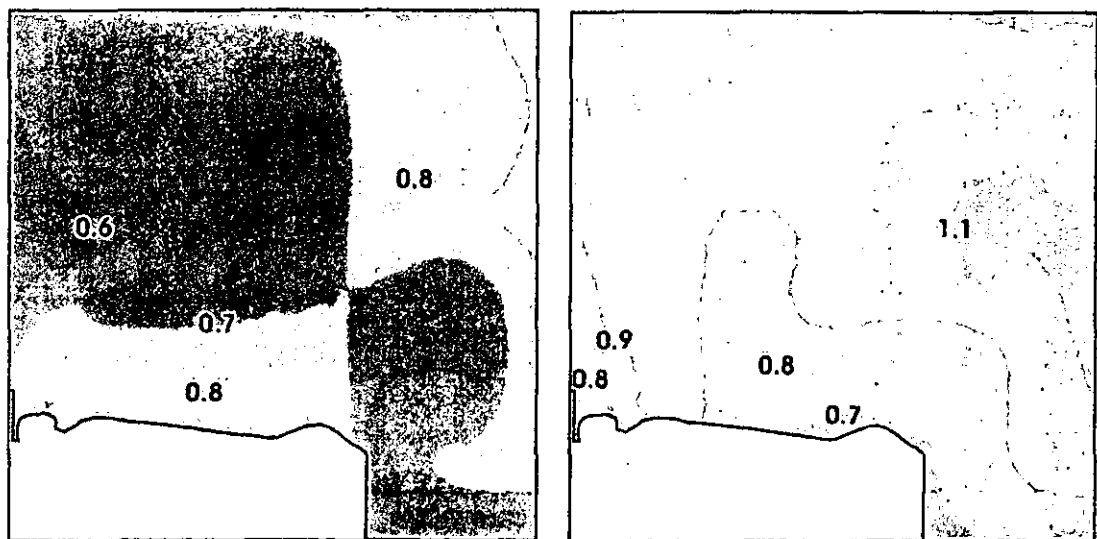


図 4.4.15 Case2 の空気余命 (SVE6)

排気口 2 (図 4.4.3 参考) から排出される空気の空気余命[-] (SVE6) と排気時間[分]に対して検討する。A-A'断面の人体モデル 1 の頭周辺の空気余命は 0.7~0.8 (6~6.9 分) となり、B-B'断面の人体モデルは 0.5~0.7 (4.3~6 分) となっている。C-C'断面では、人体モデル 2 が人体モデル 1 より排気口から上流側であるため、低い値となっている。人体モデル周辺の空気余命は Case1 と大きい差異がない。右側の人体モデル 1 が 0.7~0.8 (6~6.9 分)、左側の人体モデル 2 が 0.6~0.7 (5.2~6 分) の空気余命分布となっている。顔周辺の平均空気余命は人体モデル 1 が約 0.77 (6.6 分)、人体モデル 2 が 0.65 (5.6 分) である。左右人体モデルの頭周辺空気の排気時間は 1 分程度差があり、Case1 に比べて 0.4 分の差異が減少している。D-D'断面で、人体モデル 2 ベッドの左側以外では Case1 の結果とほぼ同様の空気余命となっている。

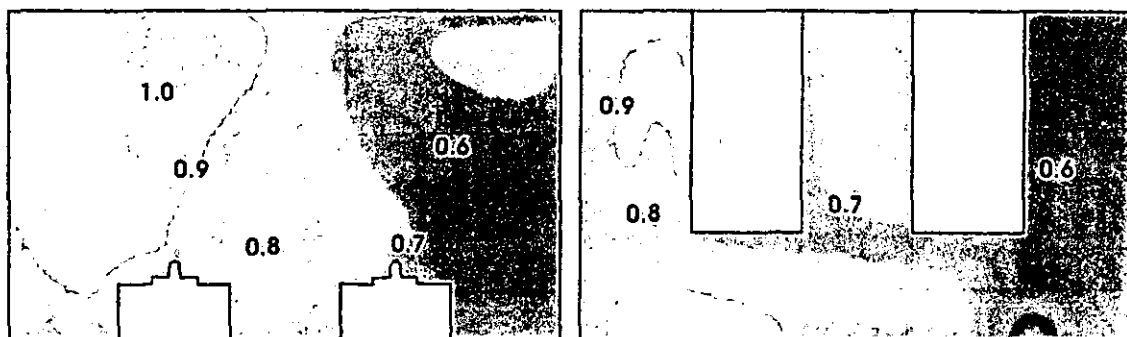
4) Case3 : 天井面の排気口 4 個

①空気齢 (SVE3)



(1)A-A'断面 (人体モデル 1 側)

(2)B-B'断面 (人体モデル 2 側)



(3)C-C'断面

(4)D-D'断面 (吹出口側)

図 4.4.16 Case3 の空気齢 (SVE3)

A-A'断面の人体モデル 1 の頭周辺の空気齢は 0.7~0.8 (6~6.9 分) となり、B-B'断面の人体モデルは 0.8~0.9 (6.9~7.7 分) となっている。C-C'断面では、右側の人体モデル 1 が 0.6~0.8 (5.2~6.9 分)、左側の人体モデル 2 が 0.8~0.9 (6.9~7.7 分) の空気齢分布となっている。顔周辺の平均空気齢は人体モデル 1 が約 0.73 (6.3 分)、人体モデル 2 が 0.8 (6.9 分) である。D-D'断面で、空気齢の傾向としては Case1 と 2 と同様であるが、空気齢の値が全般的に 0.1 (0.9 分) 程度高い。

②空気余命 (SVE6)

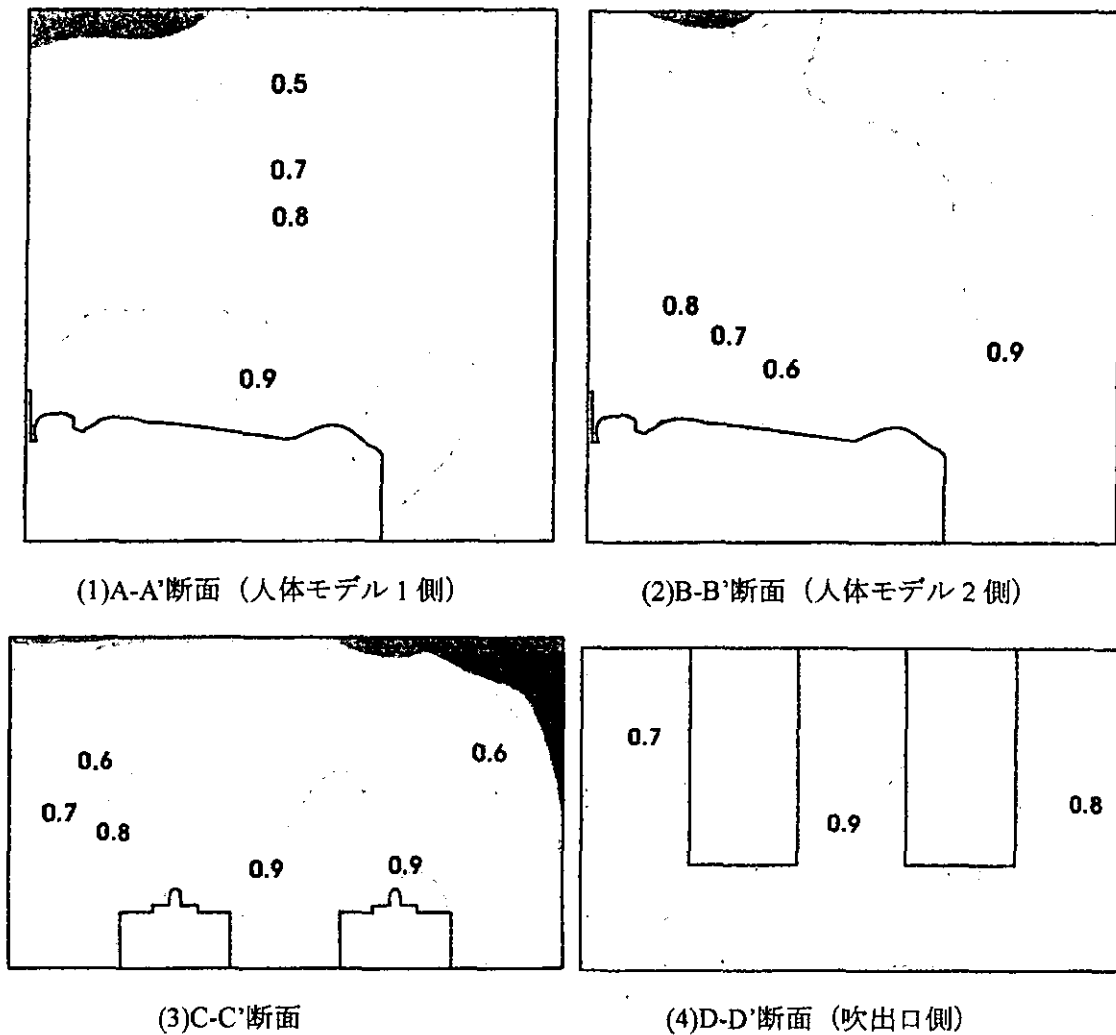


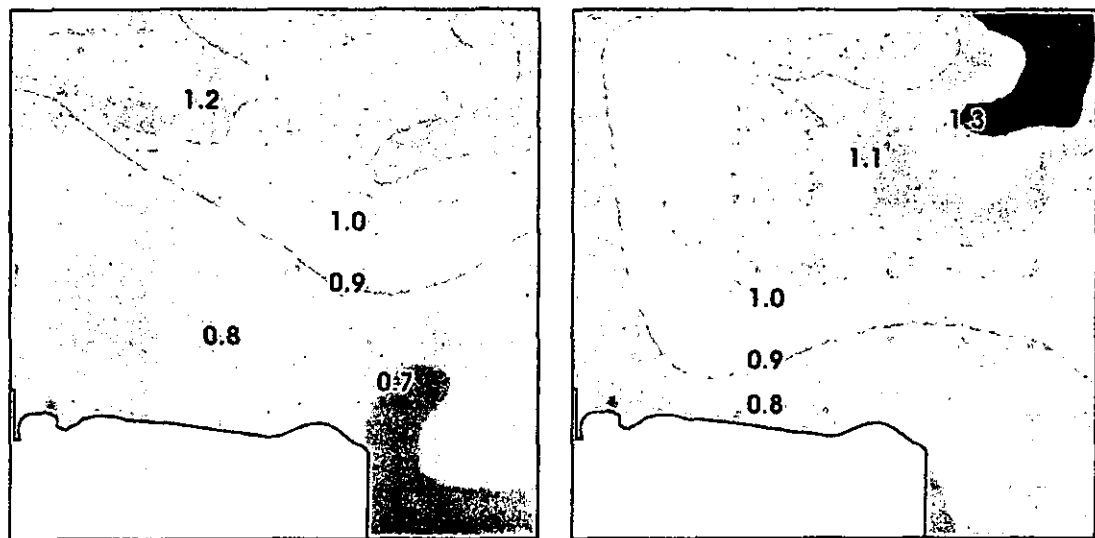
図 4.4.17 Case3 の空気余命 (SVE6)

排気口 2 と 3 (図 4.4.3 参考) から排出される空気の空気余命[-] (SVE6) と排気時間[分]に対して検討する。A-A'断面の人体モデル 1 の頭周辺の空気余命は 0.8~0.9 (6.9~7.7 分) となり、B-B'断面の人体モデルは 0.8~0.9 未満 (6.9~7.7 分) となっている。C-C'断面では、両人体モデルが排気口の上流側であるが、各排気口が分担する排気風量が Case1 と 2 に比べて少ないため、逆に両人体モデル周辺の空気余命が Case1 と 2 より高い。右側の人体モデル 1 と左側の人体モデル 2 が同様に 0.8~0.9 (6.9~7.7 分) の空気余命分布となっている。顔周辺の平均空気余命は人体モデル 1 が約 0.91 (7.8 分)、人体モデル 2 が 0.84 (7.2 分) である。左右人体モデルの頭周辺空気の排気時間は 0.6 分程度差である。D-D'断面で、Case1 と 2 に比べて全般的に高い空気余命となっている。これは排気口が天井に 4 つで分散され、各々の排気口において単体の排気口に対する排気力が減少し、室内全般的な換気効率が悪くなっている。



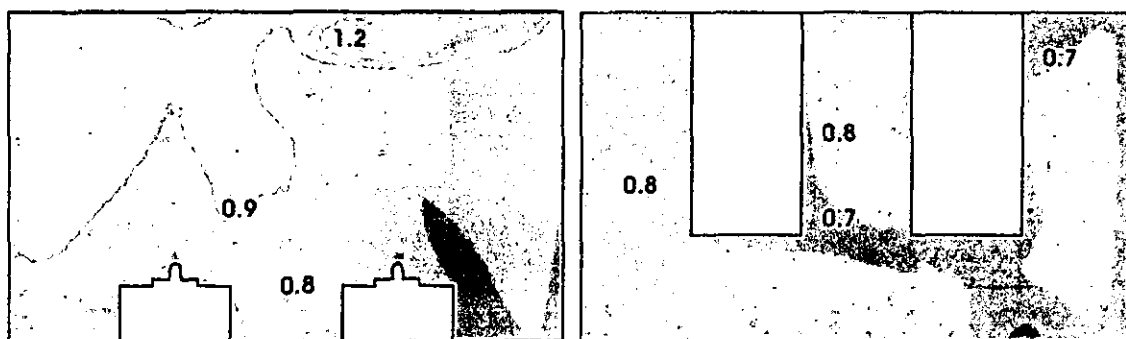
5) Case4 : 床面近傍の排気口 1 個

①空気齢 (SVE3)



(1)A-A'断面 (人体モデル 1 側)

(2)B-B'断面 (人体モデル 2 側)



(3)C-C'断面

(4)D-D'断面 (吹出口側)

図 4.4.18 Case4 の空気齢 (SVE3)

A-A'断面の人体モデル 1 の頭周辺の空気齢は 0.7~0.8 (6~6.9 分) となり、B-B'断面の人体モデルは 0.8~0.9 (6.9~7.7 分) となっている。C-C'断面では、右側の人体モデル 1 が 0.7~0.8 (6~6.9 分)、左側の人体モデル 2 が 0.8~0.9 (6.9~7.7 分) の空気齢分布となっている。顔周辺の平均空気齢は人体モデル 1 が約 0.76 (6.5 分)、人体モデル 2 が 0.8 (6.9 分) であり、Case3 の結果とほぼ同様である。Case4 は吹出口と排気口が同列上に存在するため、図 4.4.9 の気流 9 のように吹出口から吹出された空気が速やかに排気されている。従って、A-A'~C-C'断面で天井付近まで到達する空気が少なく、到達時間もかかる結果となっている。D-D'断面で、気流の流れパターンは Case1~3 と同様のため、空気齢も同様な傾向しめす。しかし、全般的な空気齢の値は高くなっている。

②空気余命 (SVE6)

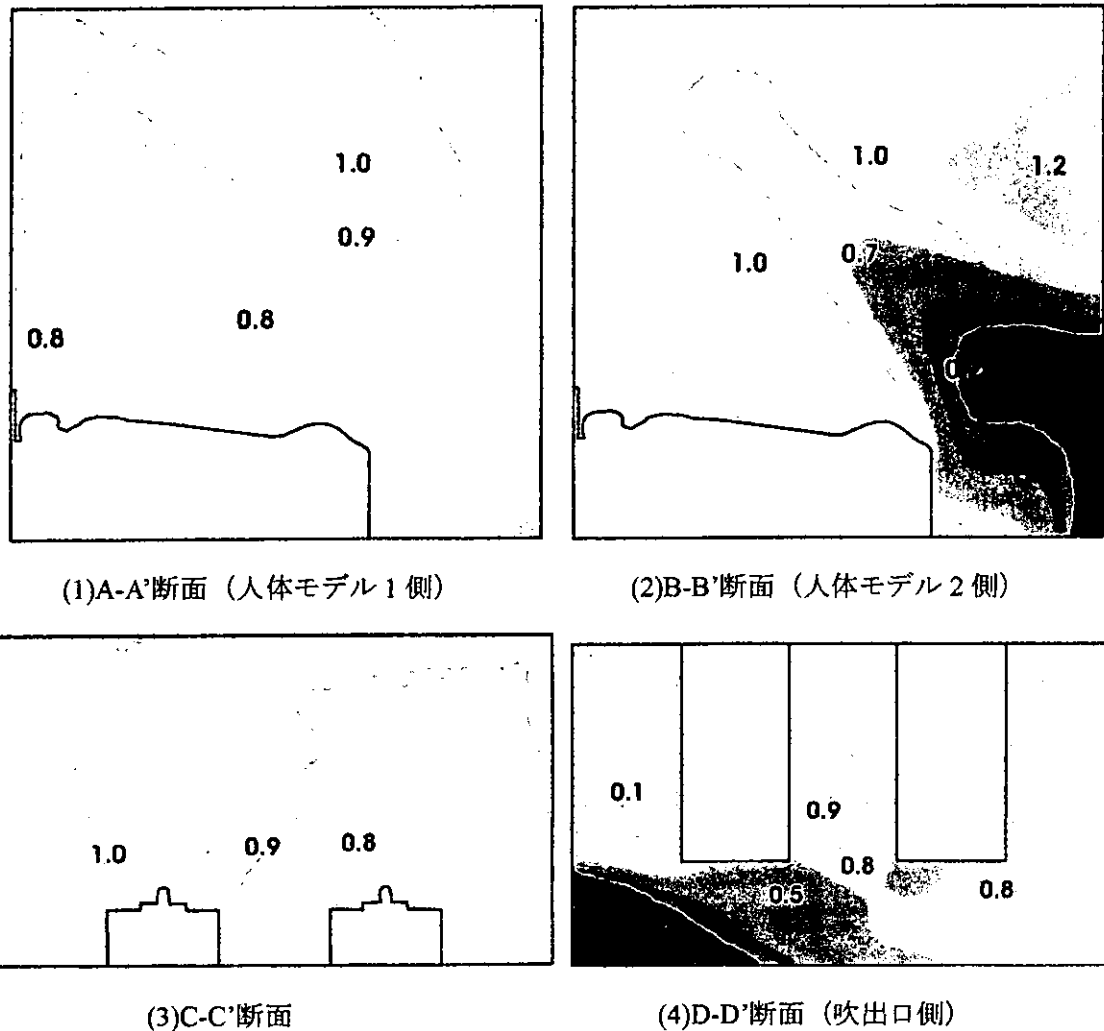


図 4.4.19 Case4 の空気余命 (SVE6)

排気口 4 (図 4.4.3 参考) から排出される空気の空気余命[-] (SVE6) と排気時間[分]に対して検討する。A-A'断面の人体モデル 1 の頭周辺の空気余命は 0.8~0.9 (6.9~7.7 分) となり、B-B'断面の人体モデルは 1.0~1.1 未満 (6.9~7.7 分) となっている。C-C'断面では、右側の人体モデル 1 が 0.8~0.9 (6.9~7.7 分)、左側の人体モデル 2 が 1.0~1.1 未満 (8.6~9.5 分) の空気余命分布となっている。顔周辺の平均空気余命は人体モデル 1 が約 0.82 (7.1 分)、人体モデル 2 が 1.02 (8.8 分) である。左右人体モデルの頭周辺空気の排気時間は 1.9 分程度差である。D-D'断面で、人体モデル 2 の左側は空間的には排気口と隣接空間であるが、流れに関しては隅部となり空気余命も高くなっており、排気口からの空気余命の勾配が大きい。

6) Case5 : 床面近傍の排気口 2 個

①空気齢 (SVE3)

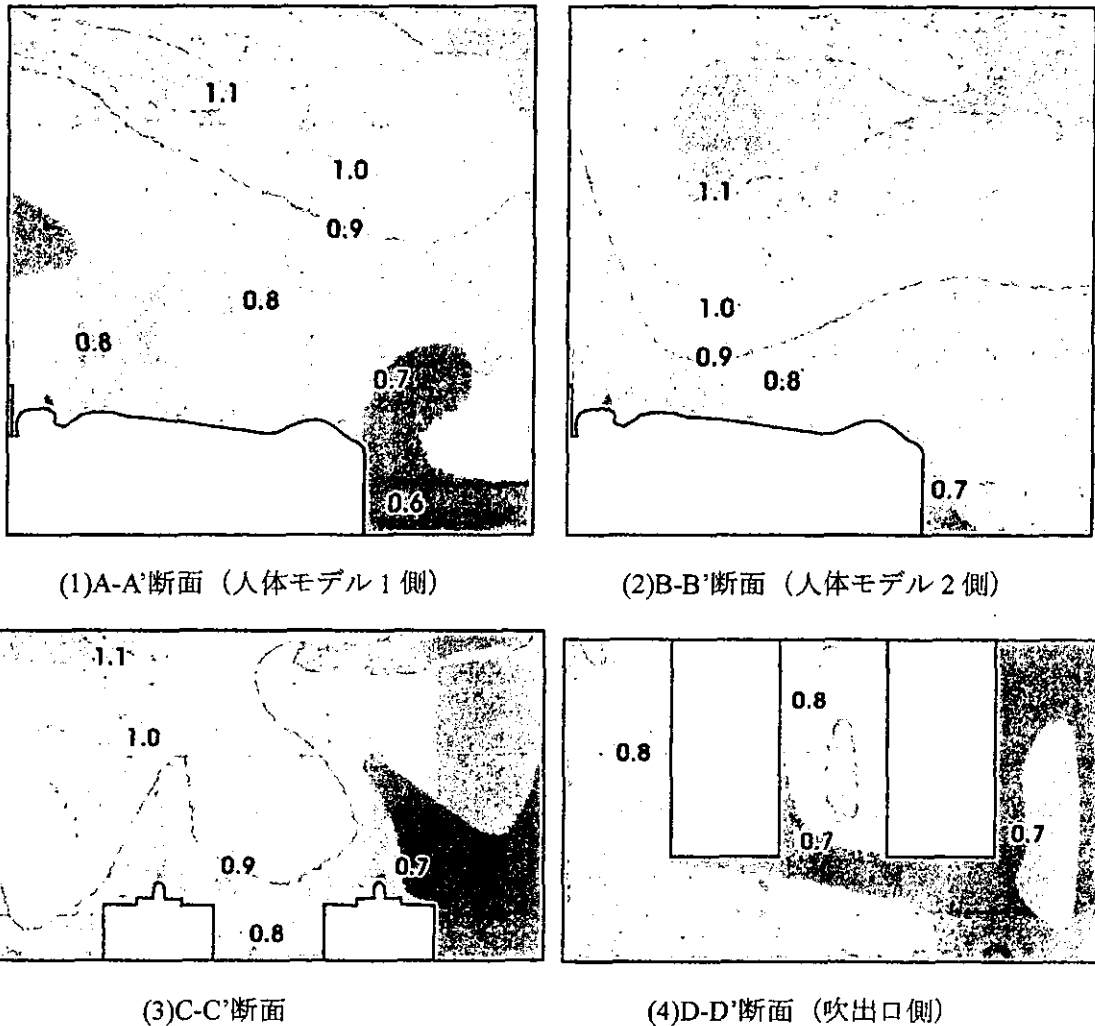


図 4.4.20 Case5 の空気齢 (SVE3)

A-A'断面の人体モデル1の頭周辺の空気齢は0.8~0.9未満(6.9~7.7分)となり、B-B'断面の人体モデルは0.8~0.9(6.9~7.7分)となっている。C-C'断面では、右側の人体モデル1が0.7~0.9(6~7.7分)、左側の人体モデル2が0.8~0.9(6.9~7.7分)の空気齢分布となっている。A-A'~B-B'断面の天井付近の空気齢はCase4とはその傾向や値が異なるが、顔周辺の平均空気齢において人体モデル1が約0.77(6.6分)、人体モデル2が0.82(7.1分)となり、Case4の結果とほぼ同様の値となっている。D-D'断面で、Case4と空気齢の傾向や値がほぼ同様である。

②空気余命 (SVE6)

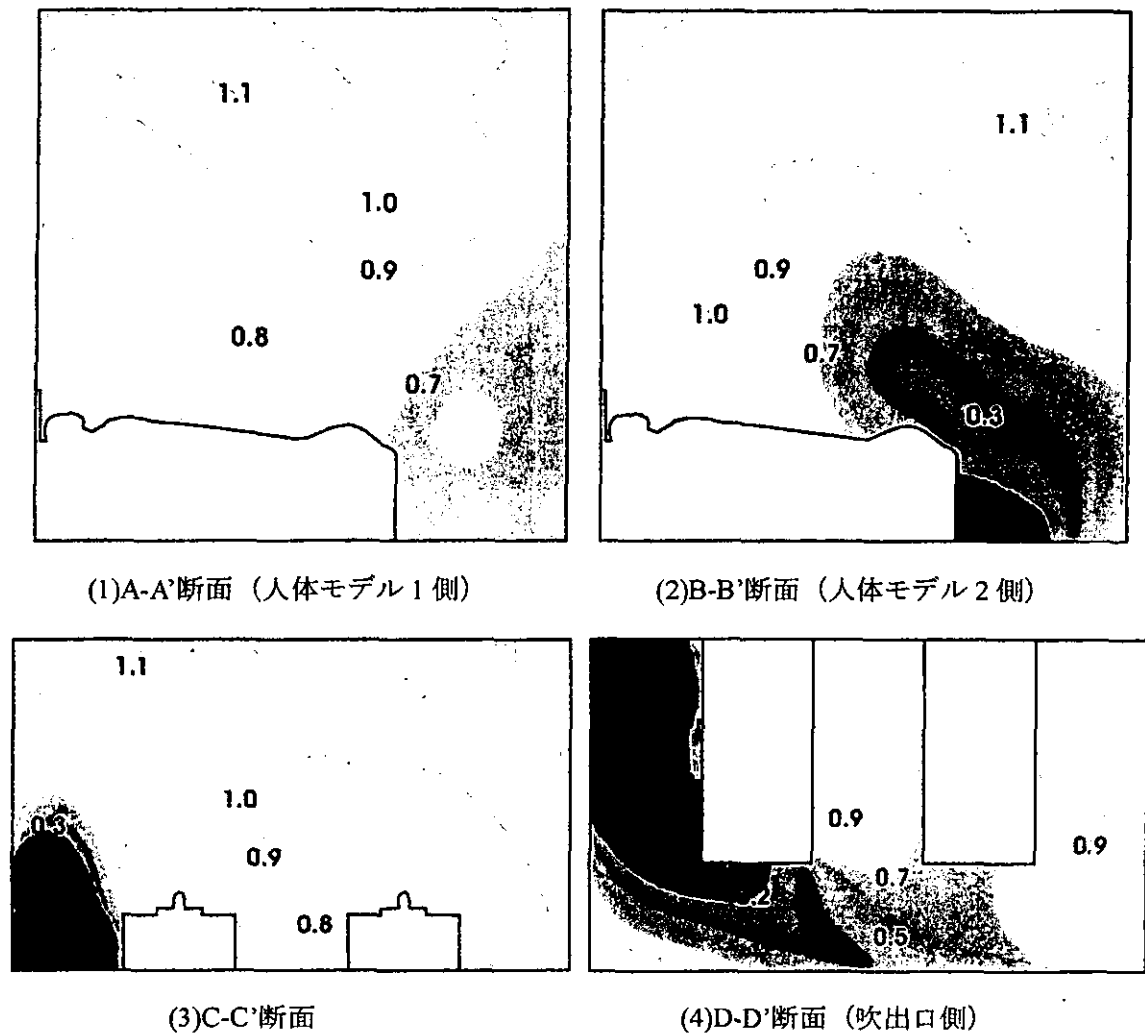


図 4.4.21 Case5 の空気余命 (SVE6)

排気口 5 (図 4.4.3 参考) から排出される空気の空気余命[-] (SVE6) と排気時間[分]に対して検討する。A-A'断面の人体モデル 1 の頭周辺の空気余命は 0.8~1.0 (6.9~8.6 分) となり、B-B'断面の人体モデルは 1.0~1.1 (6.9~7.7 分) となっている。C-C'断面では、人体モデル 2 の顔周辺は排気口に対して空間的には隣接しているが、流れに関しては隅部となり空気余命も高い値となっている。人体モデル 1 が 0.8~0.9 (6.9~7.7 分)、人体モデル 2 が 1.0~1.1 (8.6~9.5 分) の空気余命分布となっている。顔周辺の平均空気余命は人体モデル 1 が約 0.88 (7.6 分)、人体モデル 2 が 1.07 (9.2 分) である。左右人体モデルの頭周辺空気の排気時間は 1.6 分程度差である。D-D'断面で、図 4.4.10 の気流 9 の流れで吹出口から吹出された空気を速やかに排気されるため、気流 9 の流線上の空間においては空気余命が低い値となっている。