

## Ⅱ 人体から発生する汚染質の高効率な除去のための給気・排気方法に関する研究

### 第1章 研究の背景と目的

### 第2章 数値流体解析の方法

### 第3章 数値流体解析の結果

#### 3.1 感染者の位置を固定する場合の解析結果

##### 3.1.1 基準条件

##### 3.1.2 吸込口を天井面で水平方向に移動させた条件

##### 3.1.3 吸込口を鉛直方向に移動させた条件

#### 3.2 感染者の位置を固定しない場合の解析結果

##### 3.2.1 吸込口が天井面にある条件と下げた条件

##### 3.2.2 吸込口を分散配置した条件

##### 3.2.3 吹出口が在室者の直上にある条件

### 第4章 まとめ

## Ⅱ 人体から発生する汚染質の高効率な除去のための給気・排気方法に関する研究

### 1. 研究の背景と目的

居室で発生したウイルスや臭気などの汚染物質は、換気により除去される。汚染物質の濃度を低く抑えるためには、換気量を増やす必要があるが、空調による消費エネルギーの増大を招く。換気量を最小に抑えつつ、換気目的を達成し、空調による消費エネルギーを抑えることが、コロナ禍以降、喫緊の課題となっている。

本研究では、オフィスや教室など複数人が共有する室内空間を想定し、人体から発生する汚染質（特にウイルス）の濃度を効率良く下げる換気方法を検討する。数値流体解析により、換気効率の高い給気と排気の方法（給気口、排気口の位置、向き）を探索し、適切な換気方法を提案することを目的とする。

計算条件（変数）は以下の通りである。

- ・吸込口の位置（天井面で水平方向に移動、天井から吊り下げるとして鉛直方向に移動させる）
- ・吹出口の位置（在室者に直接風が当たる配置とそうでない配置）

以下の条件については固定的に扱う。

- ・温度条件（中間期を想定し、等温とする）
- ・室内の人の着席位置、人数、活動量（椅座位）

### 2. 数値流体解析の方法

執務中の12人が机に向かって座っている室（床面積52m<sup>2</sup>、高さ3m）を対象として、数値流体解析を行い、室内の気流分布、汚染質の濃度分布を定常状態について計算する。対象室の立体図と平面図を図2.1、図2.2に示す。什器は机のみを考慮した。

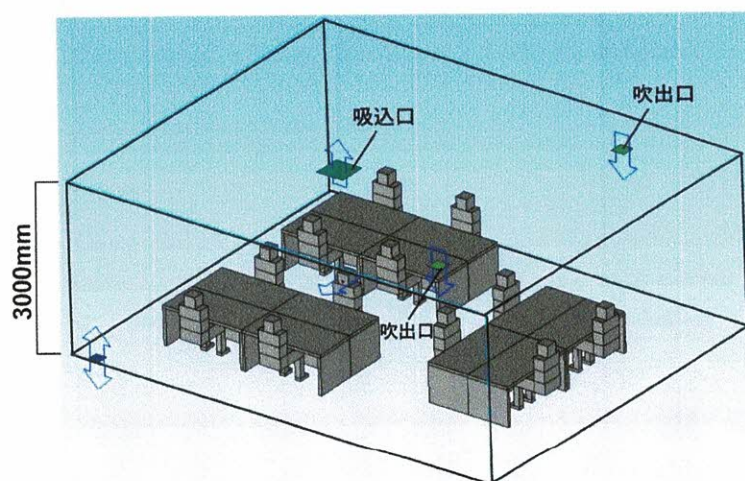


図 2.1 対象室の立体モデル

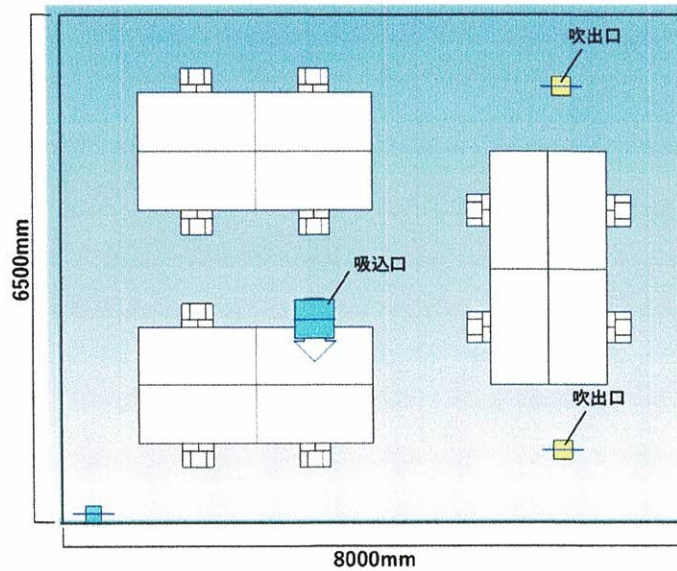


図 2.2 対象室の平面図

換気に関して、給気口（吹出口）・排気口（吸込口）が天井面に設けられた第 1 種換気（強制給排気）を想定し、風量を  $240\text{m}^3/\text{h}$  と指定し、対応する風速を吹出口、吸込口にそれぞれ与えた（表 2.1 に具体的な開口面積、風向・風速を示す）。換気量は、建築基準法で定められた一人当たりの換気量  $20\text{m}^3/\text{h}$  とした。中間期を想定し、等温条件とした。

室内気流の解析については、 $k-\varepsilon$  の乱流モデルを用い、流体力学の基礎方程式を、SIMPLE 法（1 次精度風上差分）を用いて数値的に解いた。基本的な空間分割幅は  $25\text{mm}$  とし、感染者の口付近のメッシュ幅は  $4\text{mm}$  とした。メッシュの総数は約 1000 万である。解析は流体解析ソフトウェア STREAM を用いて行った。

本研究では、室内の在室者から呼気によりウイルスが発生することを想定し、室内におけるウイルス濃度分布、平均濃度から評価を行う。人体モデルは椅座位時を想定し、口の高さは床から高さ  $1\text{m}$  とした（図 2.3）。Wells ら<sup>1)</sup>の定義を用い、人を感染させるのに必要な病原体数を  $1\text{ quanta}$  とし、感染者の呼気によりウイルスが発生し続けると考える。呼気から出る大部分の粒子の直径は  $1\mu\text{m}$  以下で、エアロゾルとして空気中を浮遊し<sup>2)</sup>、ウイルスは呼気中のエアロゾルに付着していると考えられるため<sup>3)</sup>、本研究では対流のみを想定しウイルスの拡散性状を求める。感染者一人当たりの  $\text{quanta}$  発生量は COVID-19 の標準的な値  $14\sim 48\text{ quanta}/\text{h}$ <sup>4)</sup>とされていることから、 $48\text{ quanta}/\text{h}$  とする（表 2.1）。

室において発生するウイルスの完全混合を仮定した場合、室の平均ウイルス濃度は以下の室のウイルス量の収支式(1)から定常状態において式(2)のように変形できる。

$$\frac{dC}{dt} = Q\{C_o(t) - C_i(t)\} + M \quad (1)$$

$$C_i = C_o + \frac{M}{Q} \quad (2)$$

ただし、 $C_i(t)$ は室内の平均ウイルス濃度[quanta/m<sup>3</sup>]、 $C_o(t)$ は外気のウイルス濃度[quanta/m<sup>3</sup>]、 $Q$ は換気量[m<sup>3</sup>/h]、 $M$ は室内のウイルス発生量[quanta/h]、 $t$ は時間[h]である。

本研究では、CFD解析で求められた室内平均濃度と、完全混合を仮定した場合の室内平均濃度を比較する。本研究では、換気量(240m<sup>3</sup>/h)とウイルス発生量(48quanta/h)は固定して与えるので、外気のウイルス濃度を0と考えて、(2)式を適用すると、完全混合を仮定した場合の室内平均ウイルス濃度は0.2quanta/hと求められる。

表 2.1 解析条件

壁	速度境界層	対数則
口	大きさ	25×20 mm
	呼吸量 <sup>注1)</sup>	0.45 m <sup>3</sup> /h
	quanta 発生量	48 quanta/h
吹出口 (2つ) <sup>6)</sup>	大きさ	240×240 mm
	風量	120 m <sup>3</sup> /h
	風向	鉛直下向き
	風速の大きさ	0.58m/s
吸込口 (1つ)	大きさ	500×500 mm
	風量	240 m <sup>3</sup> /h
	風向	鉛直上向き
	風速の大きさ	0.27m/s

注1) 呼吸量<sup>5)</sup>は、感染者のみに与えており、感染者以外の在室者は呼吸をしていないと仮定している。

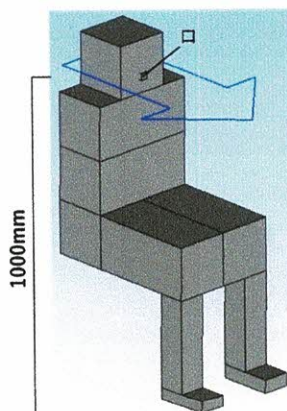


図 2.3 人体モデル (椅座位、矢印は呼気方向)

基準条件においては、吹出口は2か所とし、机のない部分に向かって真下に吹き出す条

件とした。一方、吸込口は1か所とした。また、在室者12人のうち、吸込口の直下にいる特定の1人が感染者である場合を想定し（図2.4）、その者から発生したウイルスを換気により効率よく除去する手法を検討した。その検討にあたり、吸込口の位置を水平方向・鉛直方向に移動させた場合の解析も行った（表2.2）。

一方、在室者12人それぞれが感染者である場合を想定した解析を行い（12種類の解析を行った）、発生する全ウイルスに対して換気により効率よく除去する手法を検討した。その検討にあたり、吸込口の位置が表2.2のCase 1、Case 3-bと同様の場合、さらに、吸込口を分散配置した場合（室換気量は $240\text{m}^3/\text{h}$ と同じになるように、吸込口1つあたりの寸法は同じで吸込み空気量を $80\text{m}^3/\text{h}$ 、風速 $0.09\text{m/s}$ と与える）と、吹出口が在室者の直上にある場合（室換気量は $240\text{m}^3/\text{h}$ と同じになるように、吹出口1つあたりの寸法は同じで吹き出し空気量を $80\text{m}^3/\text{h}$ 、風速 $0.38\text{m/s}$ と与える）の解析を行なった（表2.3）。

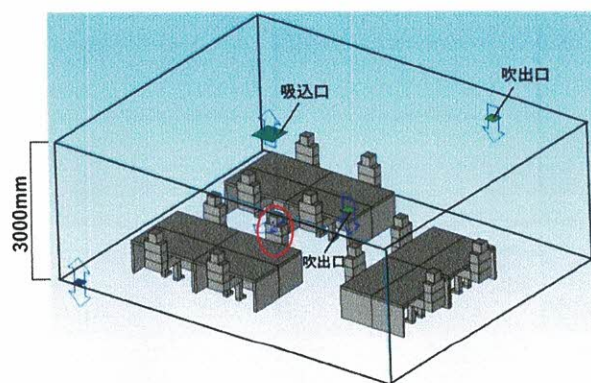
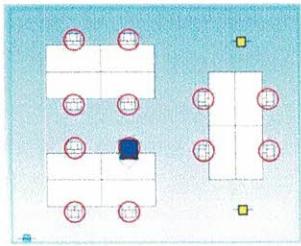
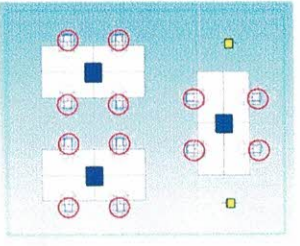
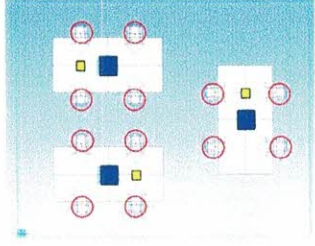


図 2.4 感染者1人の位置（赤丸、吸込口の直下）

表 2.2 感染者を固定した時の解析条件（イラストは室の平面で、赤丸が感染者、青枠が吸込口を示す）

基準ケース	吸込み口を水平方向に移動		吸込口を鉛直方向に移動	
	感染者の背後 0.5m	感染者の背後 3.5m	床面からの高さ 2.4m	床面からの高さ 1.8m
Case 1	Case 2-a	Case 2-b	Case 3-a	Case 3-b

表 2.3 感染者を固定しない時の解析条件（イラストは室の平面で、赤丸が感染者（各解析では、1人だけが感染とする）、青枠が吸込口、黄枠が吹出口を示す）

吸込口1つ		吸込口を分散配置		吹出口を在室者の直上に配置 (吸込口は分散配置)	
吸込口高さ 床面上3m (天井面)	吸込口高さ 床面上1.8m	吸込口高さ 床面上3m (天井面)	吸込口高さ 床面上1.8m	吸込口高さ 床面上3m (天井面)	吸込口高さ 床面上1.8m
Case 4-a	Case 4-b	Case 5-a	Case 5-b	Case 6-a	Case 6-b
					

### 3. 数値流体解析の結果

#### 3.1 感染者の位置を固定する場合の解析結果

##### 3.1.1 基準条件

基準条件である吸込口が感染者の直上にある場合（Case 1）の、室内の各断面（断面位置を図 3.1 に示す）における気流分布とウイルスの濃度分布を図 3.2~3.6 に示す。

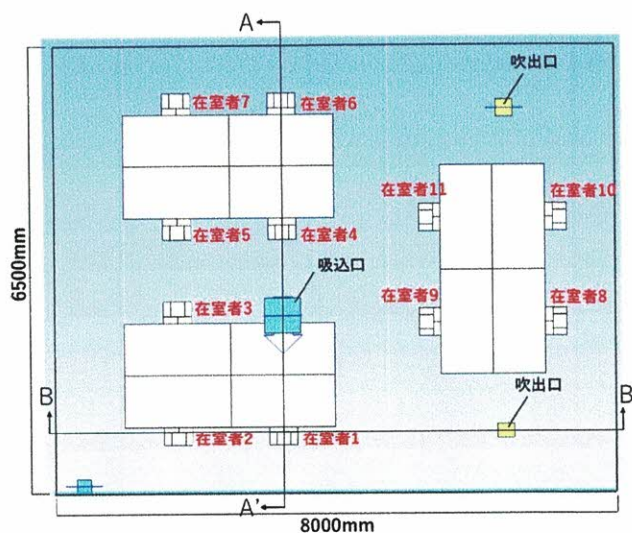


図 3.1 吸込口の位置（Case 1）と在室者の位置、結果の断面位置

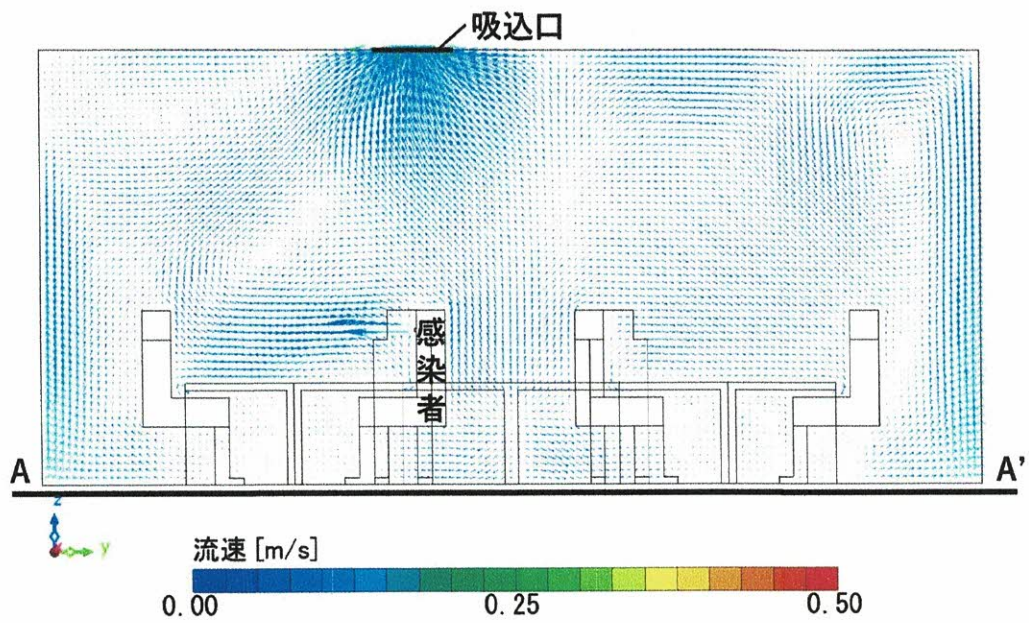


図 3.2 感染者の口と吸込口を切る断面 (A-A') における気流分布 (Case 1)

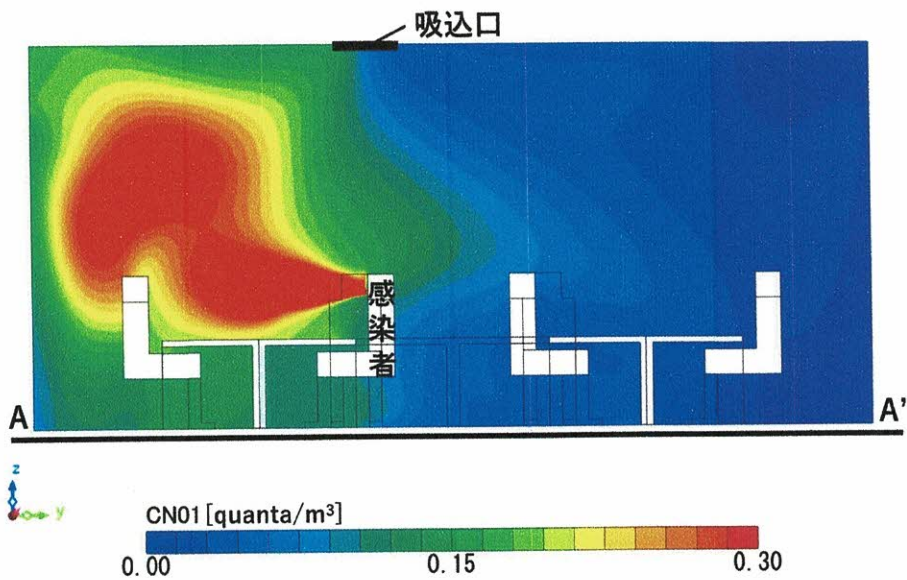


図 3.3 感染者の口と吸込口を切る断面 (A-A') におけるウイルス濃度分布 (Case 1)

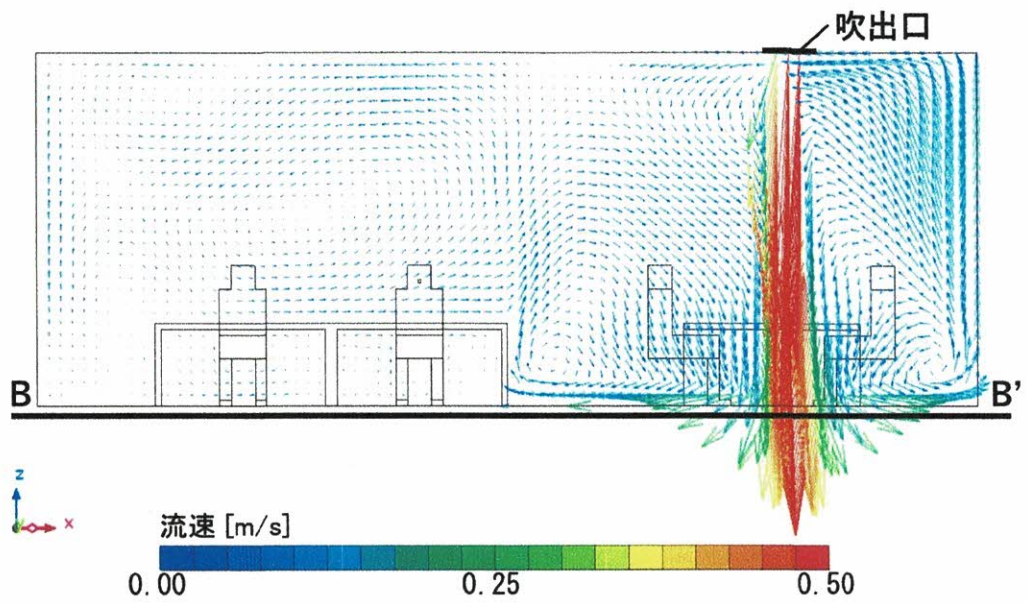


図 3.4 吹出口を切る断面 (B-B') における気流分布 (Case 1)

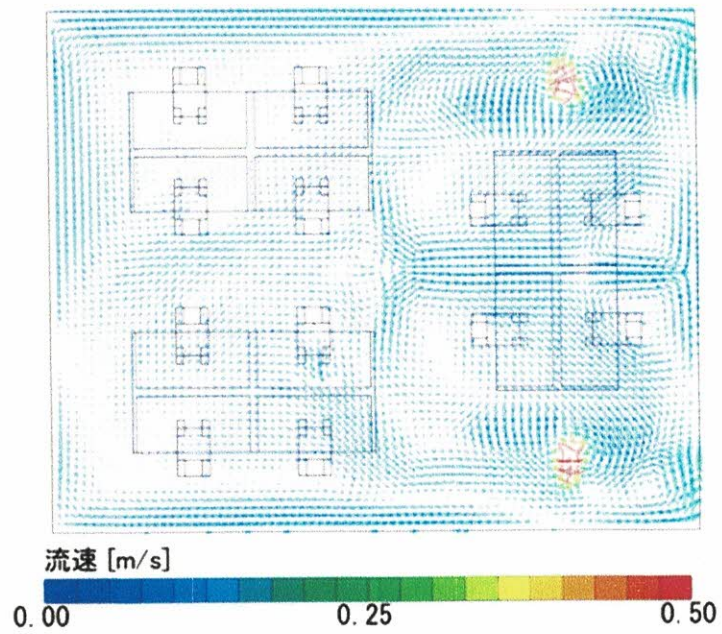


図 3.5 床面上 1 m (口の高さ) における気流分布 (Case 1)



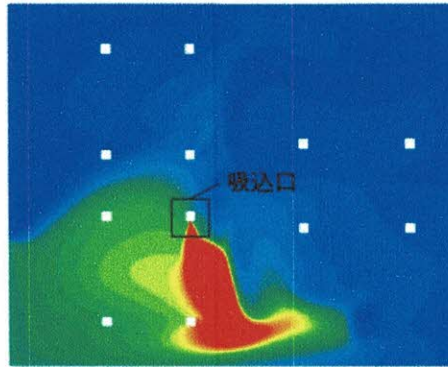


図 3.6 床面上 1m (口の高さ) におけるウイルス濃度分布 (Case 1)

感染者からの呼気気流は水平方向に流れ、向かいに座っている在室者 1 に向かっている (図 3.2)。呼吸域の気流は静穏である (図 3.5) が、最終的に天井面にある吸込口へ空気は流れている (図 3.2)。感染者から発生したウイルスは呼気の気流に伴う対流により、対面の在室者に比較的高い濃度で到達している (図 3.3)。感染者がいるエリアでは気流が静穏であるため、室全体にウイルスは拡散せず、感染者付近の在室者 1～3 以外の在室者では濃度が低い (図 3.6)。また、鉛直下向きの吹き出し気流は、床面に衝突後、机の側面や壁面へ流れ、呼吸域を乱していない (図 3.4)。

### 3.1.2 吸込口を天井面で水平方向に移動させた条件

吸込口を感染者の背後に 0.5m 水平移動させた場合 (Case 2-a)、吸込口を感染者の背後に 3.5m 水平移動させた場合 (Case 2-b) の、それぞれの室内の各断面 (断面位置を図 3.1 に示す) における気流分布とウイルスの濃度分布を図 3.7～図 3.12 に示す。

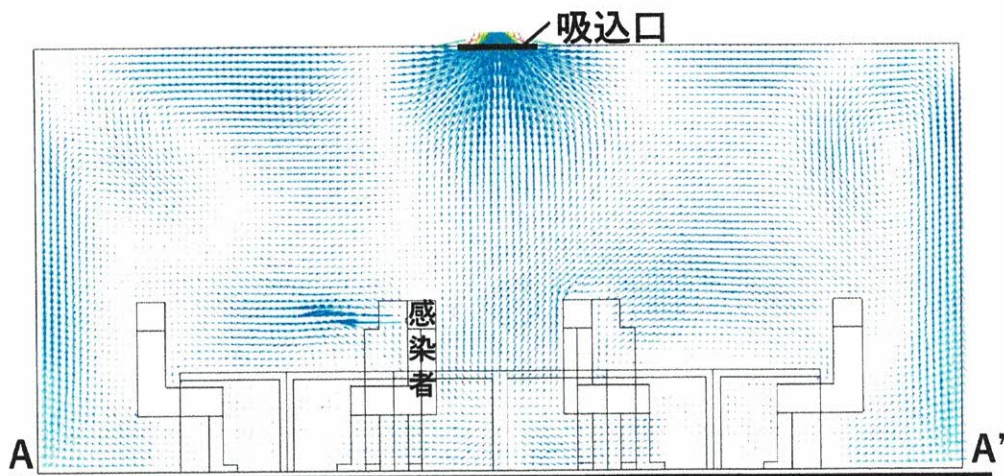


図 3.7 感染者の口と吸込口を切る断面 (A-A') における気流分布 (Case 2-a)

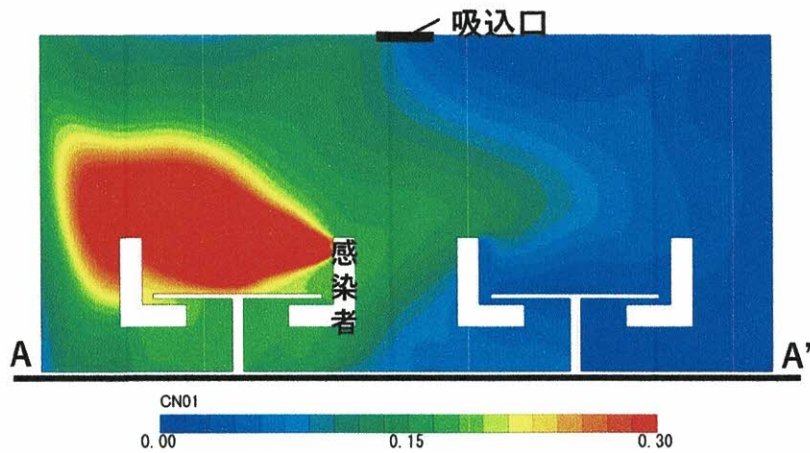


図 3.8 感染者の口と吸込口を切る断面 (A-A') におけるウイルス濃度分布 (Case 2-a)

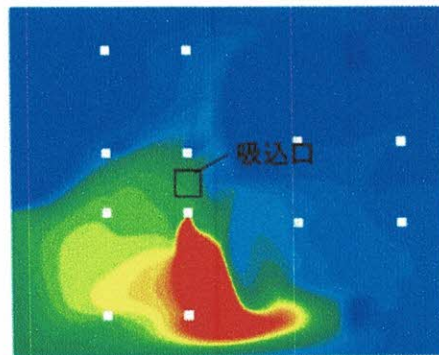


図 3.9 床面上 1m(口の高さ)におけるウイルス濃度分布 (Case 2-a)

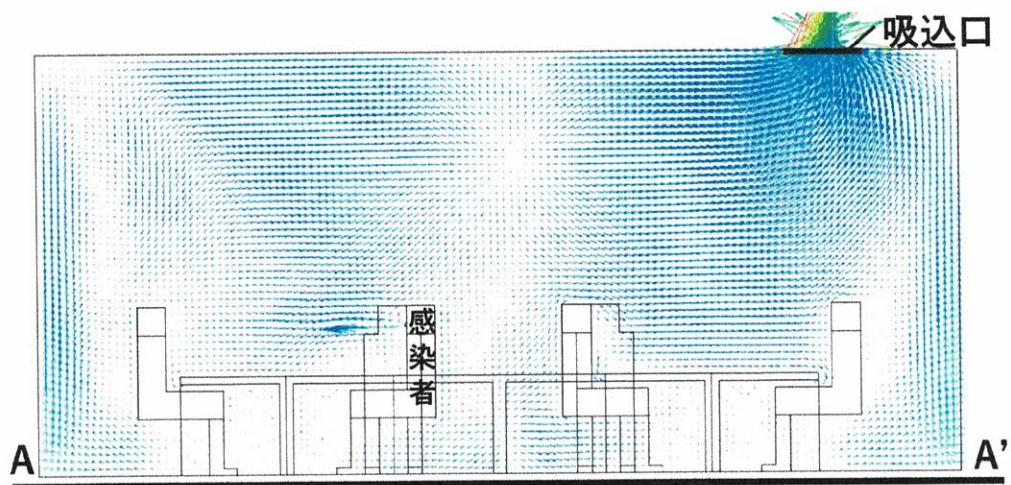


図 3.10 感染者の口と吸込口を切る断面 (A-A') における気流分布 (Case 2-b)

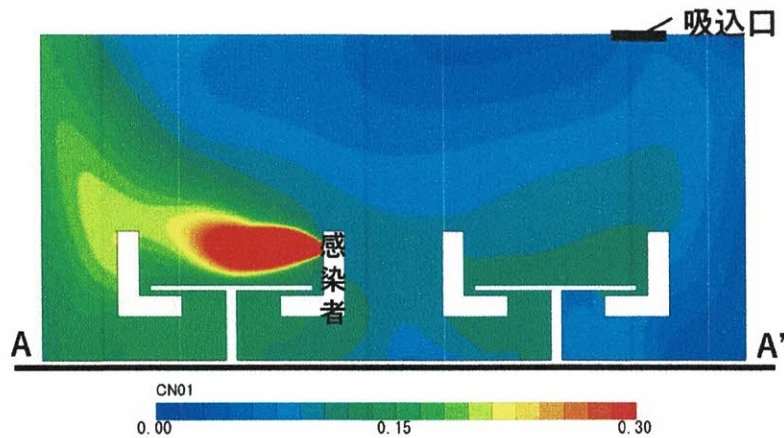


図 3.11 感染者の口と吸込口を切る断面(A-A')におけるウイルス濃度分布 (Case 2-b)

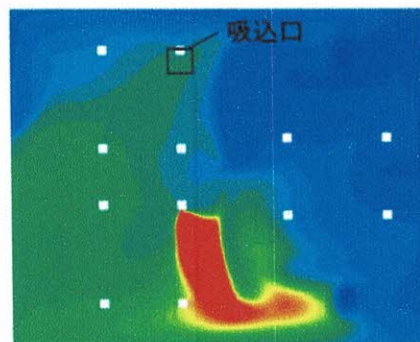


図 3.12 床面上1m(口の高さ)におけるウイルス濃度分布 (Case 2-b)

吸込口を感染者の背後に 0.5m 水平移動させた場合 (Case 2-a)、Case 1 よりも感染者から発生したウイルスは室の上部ではなく、呼吸域に滞留しやすくなっている (図 3.8、図 3.9)。これは、天井面にある吸込口が感染者から離れたことで、感染者の直上で天井へ向かう気流が減少したためである (図 3.7)。吸込口を感染者の背後に 3.5m 水平移動させた場合 (Case 2-b)、口の高さの断面におけるウイルス濃度が全体的に他のケースよりも高いことがわかる (図 3.11、図 3.12)。呼気方向と反対側、かつ離れたところに吸込口がある場合、発生したウイルスは直接吸込口に向かうことはなく (図 3.10)、室全体に拡散して到達することが考えられる。

吸込口が感染者の直上にある場合 (Case 1)、吸込口を感染者の背後に 0.5m 水平移動させた場合 (Case 2-a)、吸込口を感染者の背後に 3.5m 水平移動させた場合 (Case 2-b) の、室平均ウイルス濃度と各在室者の口周辺(0.5×0.5×0.25m)の平均ウイルス濃度を、それぞれ図 3.13 に示す。

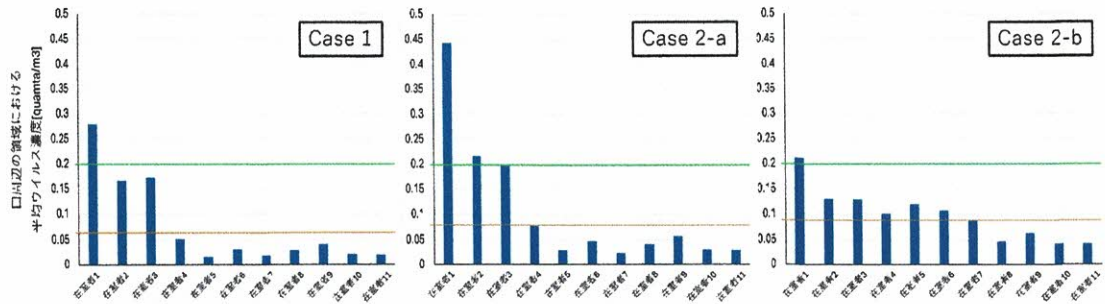


図 3.13 各 Case における各在室者の口周辺の平均ウイルス濃度（緑のラインは、完全混合を仮定した場合の、室におけるウイルスの収支式から算出した室の平均ウイルス濃度、オレンジのラインは、CFD で計算した室の平均ウイルス濃度）

室全体の平均濃度は全 Case で、完全混合を仮定した計算した値（緑線）の 32～47%と小さい。吸込口が感染者の直上にある場合（Case 1）、感染者付近以外の在室者へのウイルスの曝露が最も抑えられる。また、室の平均濃度も最も低い。吸込口を感染者の背後に 3.5m 水平移動させた場合（Case 2-b）、ウイルスがより広く分布していたため、在室者間のウイルス濃度の差が小さくなっている。

### 3.1.3 吸込口を鉛直方向に移動させた条件

吸込口を床面高さ 2.4m に鉛直移動させた場合（Case 3-a）、吸込口を床面高さ 1.8m に鉛直移動させた場合（Case 3-b）の、それぞれの室内の各断面（断面位置を図 3.1 に示す）における気流分布とウイルスの濃度分布を図 3.14～3.19 に示す。

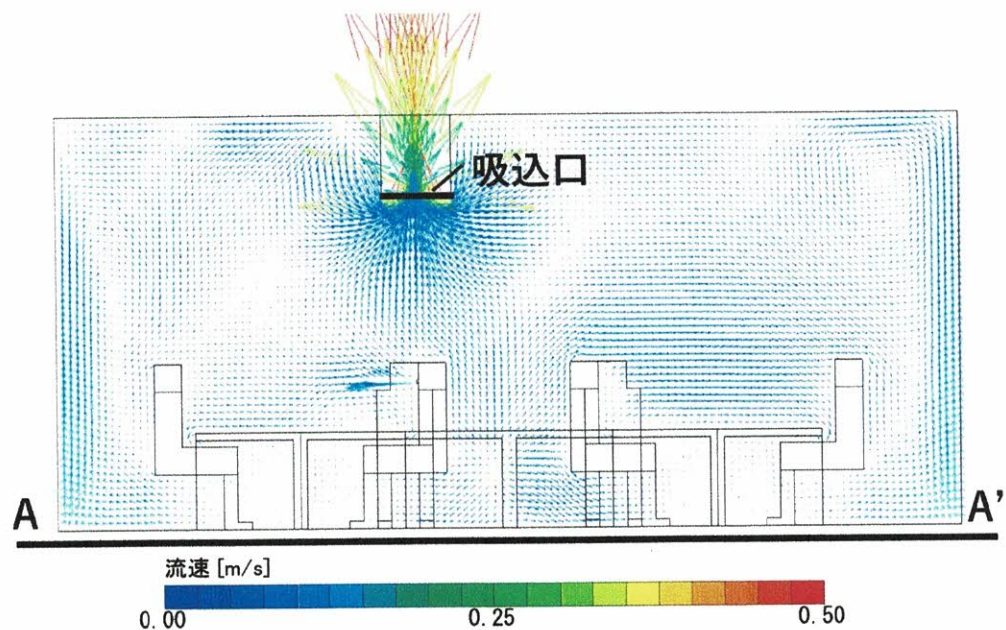


図 3.14 感染者の口と吸込口を切る断面（A-A'）における気流分布（Case 3-a）

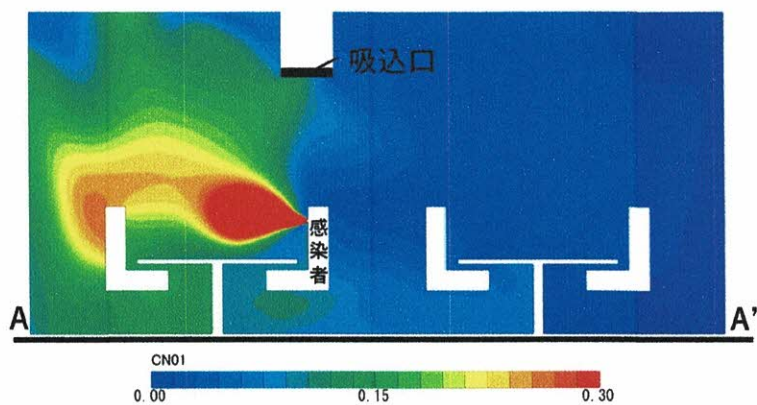


図 3.15 感染者の口と吸込口を切る断面 (A-A') おけるウイルス濃度分布 (Case 3-a)

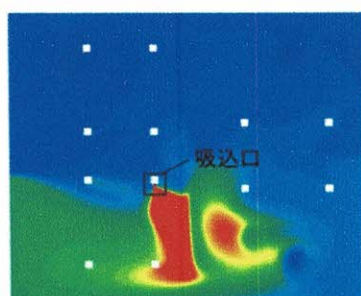


図 3.16 床面上 1m(口の高さ)におけるウイルス濃度分布 (Case 3-a)

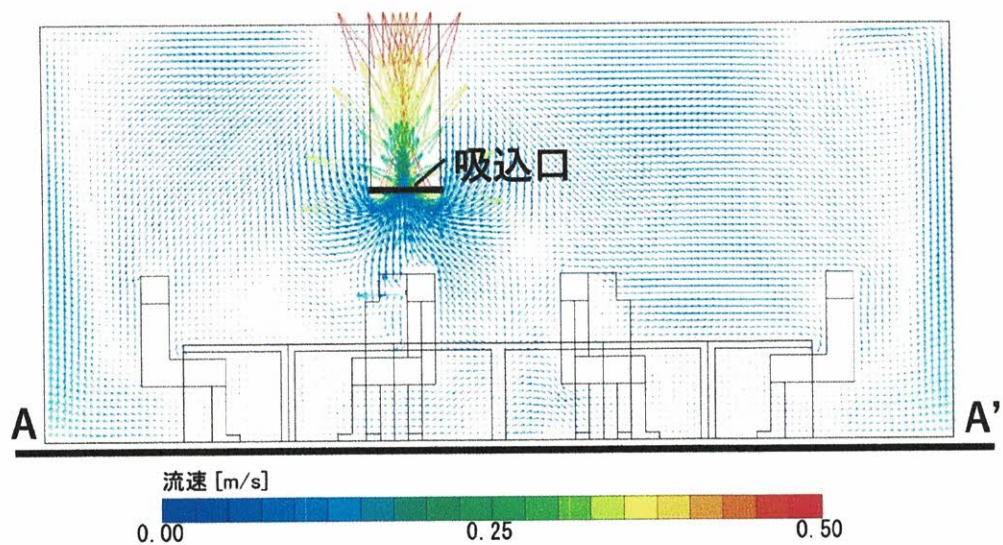


図 3.17 感染者の口と吸込口を切る断面 (A-A') における気流分布 (Case 3-b)

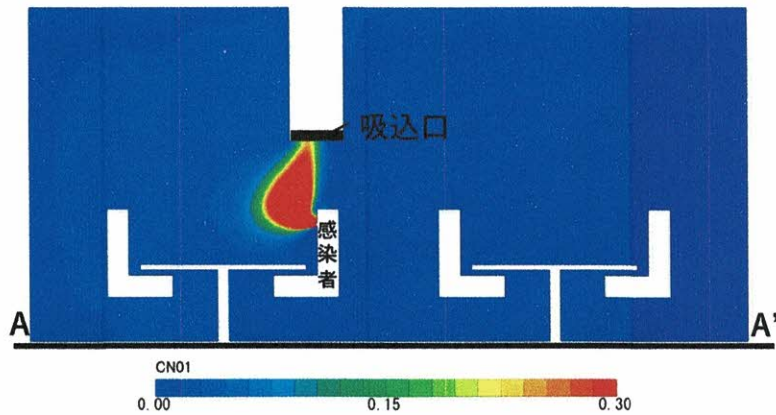


図 3.18 感染者の口と吸込口を切る断面(A-A')におけるウイルス濃度分布(Case 3-b)

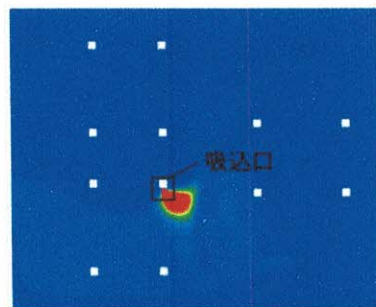


図 3.19 床面上1m(口の高さ)におけるウイルス濃度分布 (Case 3-b)

吸込口を床面高さ 2.4m に鉛直移動させた場合 (Case 3-a)、Case 1 と同様に、感染者から発生したウイルスは呼気の気流に伴う対流により、向かい側に座る在室者に到達している (図 3.14) が、吸込口がウイルス発生側に近づいたため、滞留が多少解消され、濃度が Case 1 よりも低くなっている (図 3.15)。また、感染者の背後にウイルスが分布する範囲も狭まっている (図 3.16)。吸込口を床面高さ 1.8m に鉛直移動させた場合 (Case 3-b)、感染者からの呼気気流は向かいに座る人へ向かわず、直接吸込口へ向かっている (図 3.17)。それに伴い、感染者から発生したウイルスも直上の吸込口に向かっており (図 3.18)、拡散せず、局所的に除去できている (図 3.19)。

吸込口が感染者の直上にある場合 (Case 1)、吸込口を床面高さ 2.4m に鉛直移動させた場合 (Case 3-a)、吸込口を床面高さ 1.8m に鉛直移動させた場合 (Case 3-b) の、室平均ウイルス濃度と各在室者の口周辺(0.5×0.5×0.25m)の平均ウイルス濃度を、それぞれ図 3.20 に示す。

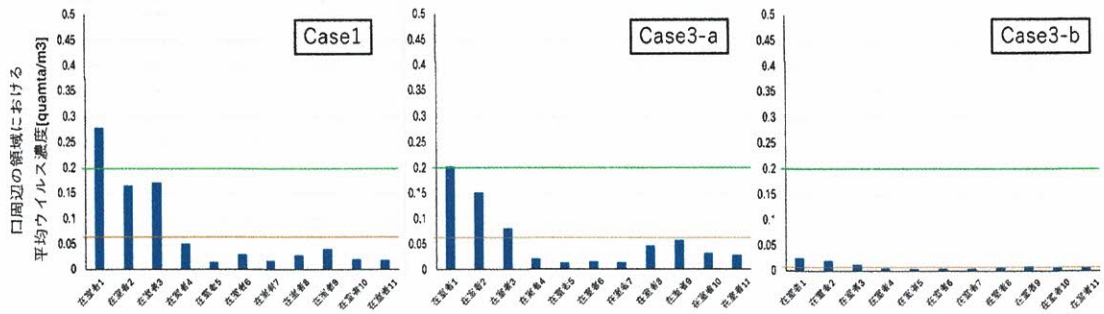


図 3.20 各 Case における各在室者の口周辺の平均ウイルス濃度（緑のラインは、完全混合を仮定した場合の、室におけるウイルスの収支式から算出した室の平均ウイルス濃度、オレンジのラインは、CFD で計算した室の平均ウイルス濃度）

室の平均ウイルス濃度を比較すると、Case 3-a は Case 1 とほとんど変わらないが、Case 3-b は完全混合を仮定した値の約 5% と小さくなる。このことと、ウイルス濃度分布（図 3.18、図 3.19）から case 3-b は発生したウイルスが室に拡散する前に吸込口に回収されるため、全体的に濃度が低く抑えられると言える。

### 3.2 感染者の位置を固定しない場合の解析結果

#### 3.2.1 吸込口が天井面にある条件と下げた条件

3.1 節で、12 人の在室者のうち、特定の 1 人が感染者であると想定し、その人の直上、床面高さ 1.8m に吸込口がある場合（Case 3-b）に、最も室内の平均ウイルス濃度が低くなることを示した。そこで、感染者が他の位置にいる場合にも、同様な効率でのウイルス除去が可能かを調べるため、在室者 12 人がそれぞれ独立の感染者であると想定した場合の解析（表 2.3 の Case 4-a, Case 4-b）を行なった。各感染者の位置を図 3.21 に示す。各感染者から発生したウイルスの室平均濃度を図 3.22 に示す。

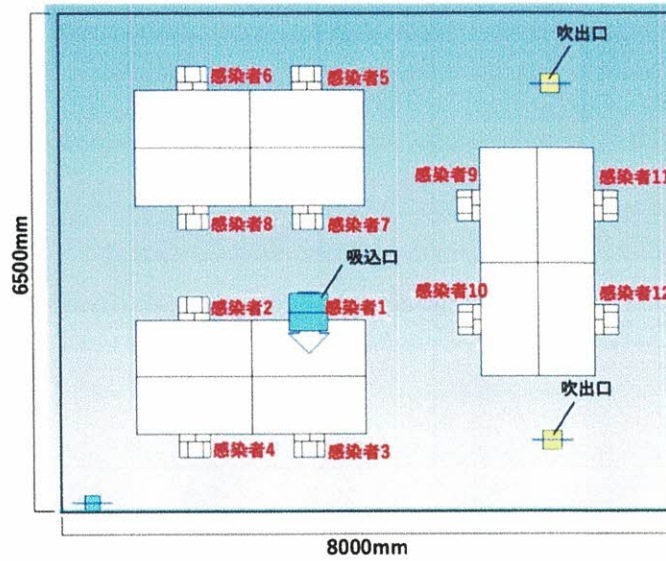


図 3.21 対象室の平面図と感染者の配置

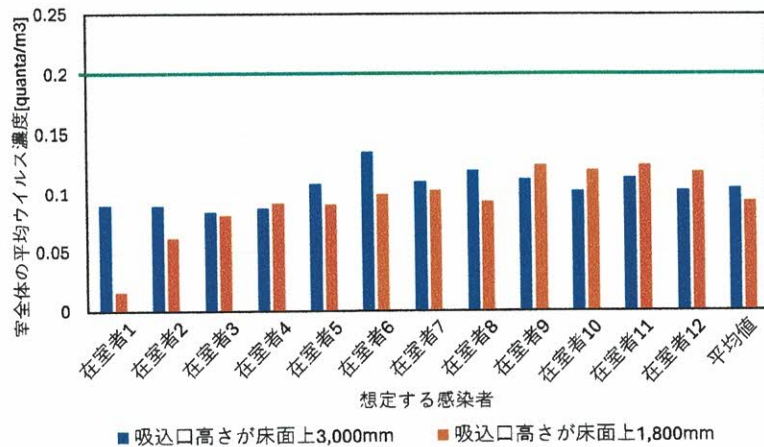


図 3.23 吸込口高さが床面上 3m にある場合(Case 4-a)、床面上 1.8m にある場合(Case 4-b)の、各感染者から発生したウイルスの室平均濃度とそれらの平均濃度 (緑のラインは、完全混合を仮定した場合の室の平均ウイルス濃度)

3.1 節で示した感染者が特定の 1 人であった時の室平均ウイルス濃度は、図 3.22 における在室者 1 の値に対応している。それ以外の在室者を感染者と仮定した場合 (在室者 2~在室者 12) のウイルスの室平均濃度は、図 3.22 より、在室者 1 が感染者と仮定した場合の値よりも大きな値となっており、吸込口高さの違いによってあまり変わっていない。全体としては、吸込口高さが床面上 1.8m の場合の方が、その吸込口の直下で発生するウイルス (感染者 1 や感染者 2 に由来するウイルス) の室平均濃度が低い傾向が見られる。これより、吸込口を鉛直下向きに移動させることによる、ウイルスの除去効率の上昇は、吸込口が離れると見込めないと言える。また、室の平均ウイルス濃度は、完全混合を仮定した計算した値(緑



線)の、約 47%と小さい。

### 3.2.2 吸込口を分散配置した条件

3.2.1 節で、在室者 12 人がそれぞれ独立の感染者であると想定した場合に、吸込口を呼吸域に下げた条件で、吸込口の直下で発生するウイルスを効率よく除去できていたことから、吸込口を室に 3 つ分散し設置した場合の解析 (表 2.3 の Case 5-a, Case 5-b) を行う。室の換気量は変えず、均等に流量を分散させて与えた (1 か所で 240m<sup>3</sup>/h の排気を行っていたところを、各箇所で 80m<sup>3</sup>/h 排気する)。その際の、吸込口の高さを床面上 3m (天井面)、床面上 1.8m にした時の、各感染者から発生するウイルスの室平均濃度を図 3.23 に示す。

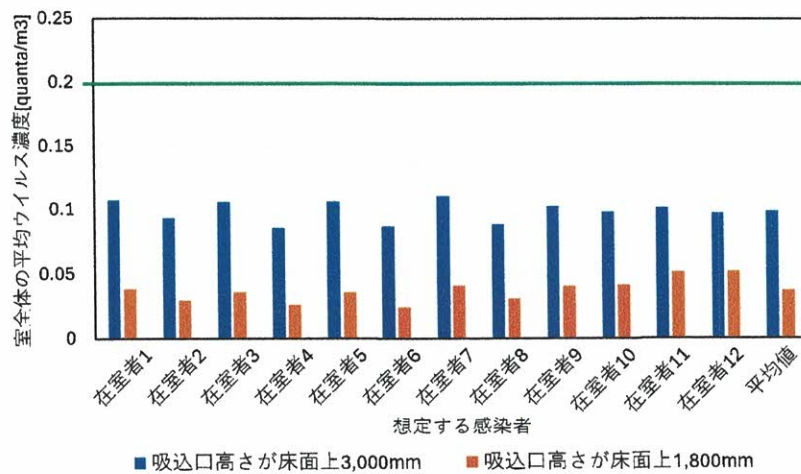


図 3.23 室内に 3 つ設けた吸込口高さが床面上 3m にある場合 (Case5-a)、床面上 1.8m にある場合 (Case5-b) の、各感染者から発生したウイルスの室平均濃度とそれらの平均濃度 (緑のラインは、完全混合を仮定した場合の室の平均ウイルス濃度)

図 3.22 の吸込口が室に 1 つである場合と比べて、全感染者の室平均ウイルス濃度は、吸込口が床面上 3m の場合にはあまり変わらないが、床面上 1.8m の場合には大きく低下している。また、室の平均ウイルス濃度は、3 つの吸込口高さが床面上 1.8m の条件において、完全混合を仮定した計算した値 (緑線) の約 20% と小さい。吸込口を 3 つ設けた場合、吸込口 1 つ当たりの吸込空気量は下がるが、ウイルスの発生源との距離を近くすることで、感染者の位置によらずウイルスを効率よく除去することが可能である。

### 3.2.3 吹出口が在室者の直上にある条件

実際の居室においては、換気や空調からの吹き出し気流が呼吸域の気流を乱すことが考えられる。そのことを考慮した上で、吸込口の鉛直高さを変えたウイルス除去効率の検討するため、吹出気流が在室者に当たるように室に吹出口を分散させた場合 (表 2.3 の Case 6-a, Case 6-b) の解析を行なった。全体の吹き出し流量を変えず、均等に流量を分散させて与

えた(各流量 80m<sup>3</sup>/h)。吸込口の高さを床面上 3m (天井面) にした時の、吹出口の位置の変更前後における各感染者から発生するウイルスの室平均濃度比較を図 3.24 に、吸込口の高さを床面上 1.8m にした時の、吹出口の位置の変更前後における各感染者から発生するウイルスの室平均濃度比較を図 3.25 に示す。

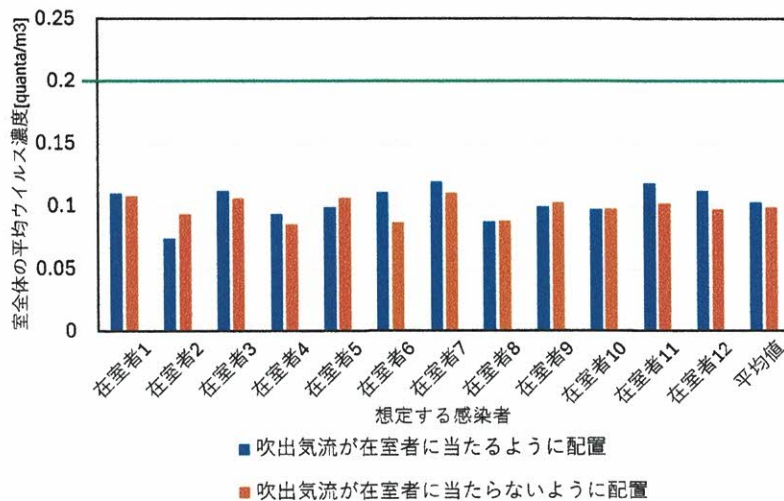


図 3.24 室内に 3 つ設けた吸込口高さが床面上 3m の場合における、吹出気流が在室者に当たるように吹出口の位置を変更する前と後の、各感染者から発生したウイルスの室平均濃度とそれらの平均濃度 (緑のラインは、完全混合を仮定した場合の室の平均ウイルス濃度)

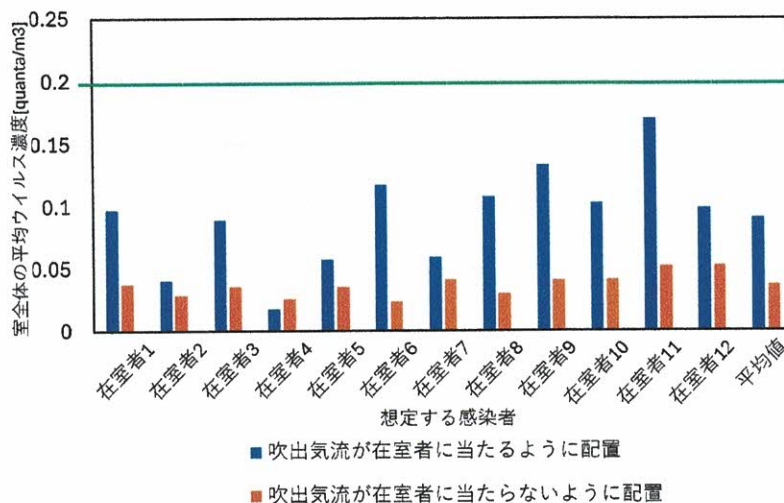


図 3.25 室内に 3 つ設けた吸込口高さが床面上 1.8m の場合における、吹出気流が在室者に当たるように吹出口の位置を変更する前と後の、各感染者から発生したウイルスの室平均濃度とそれらの平均濃度 (緑のラインは、完全混合を仮定した場合の室の平均ウイルス濃度)

吸込口高さが床面上 3m である場合、吹出口を 3 つに分散させ吹き出し気流が呼吸域を乱し

でも、各感染者から発生したウイルスの室平均濃度はほとんど変わらなかった(図 3.24)。一方で、吸込口高さが床面上 1.8m である場合、吹出口を 3 つに分散させ吹き出し気流が呼吸域を乱した条件の方が、全体として室のウイルス平均濃度は大きくなった (図 3.25)。しかし、完全混合を仮定し計算した室平均ウイルス濃度(緑線)の値の約 45%と依然として小さかった。吸込口高さが床面上 1.8m の場合における、呼吸域(床面上 1.06m)の流速の大きさの分布を、吹出口の位置の変更前後で、それぞれ図 3.26、図 3.27 に示す。

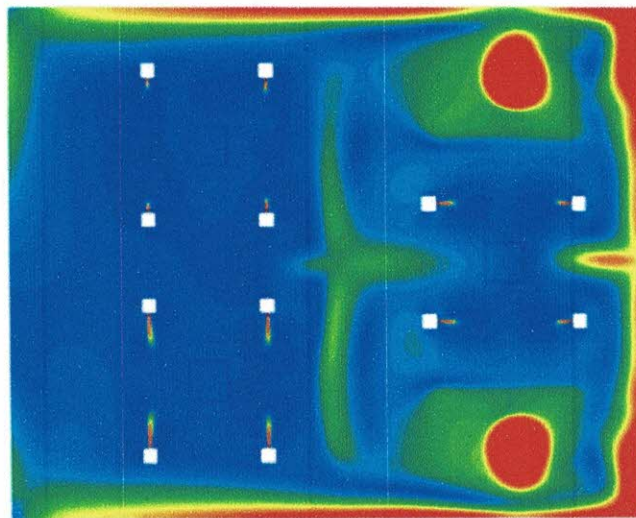


図 3.26 吸込口高さが床面上 1.8m で、吹出気流が在室者に当たるように吹出口の位置を変更する前における、呼吸域(床面上 1.06m)の流速の大きさ分布

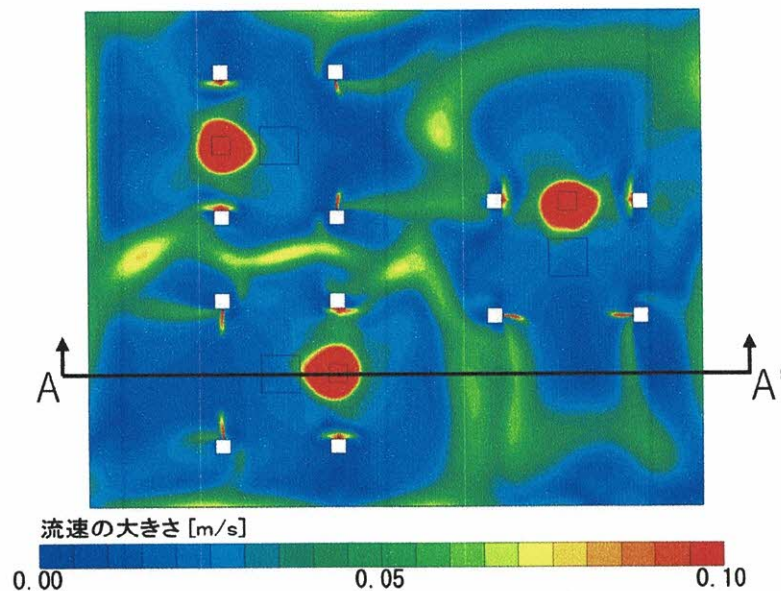


図 3.27 吸込口高さが床面上 1.8m で、吹出気流が在室者に当たるように吹出口の位置を変更した後における、呼吸域(床面上 1.06m)の流速の大きさ分布

吹出口の位置を変更する前（呼吸域の気流を乱さないように吹出口を配置）においては、人周辺の呼吸域の流速は約 0.01m/s と静穏である（図 3.26）。一方で、吹出口の位置を変更した場合においては、人周辺の呼吸域の流速は 0.05m/s と速くなり、気流場が乱れている（図 3.27）。吹出口と吸込口を通る鉛直断面（断面位置は図 3.27 参照）における気流分布を 図 3.28 に示す。

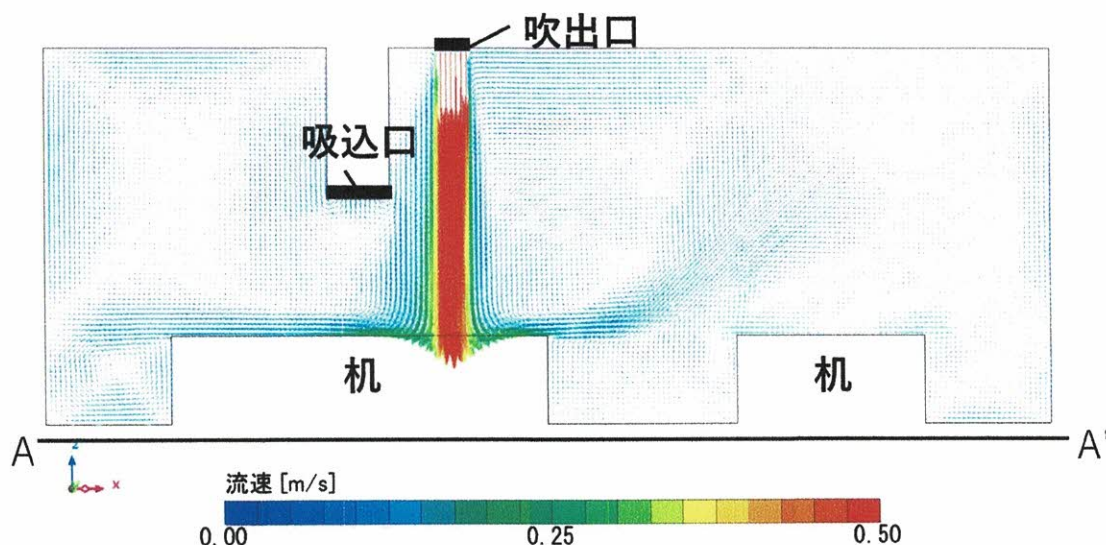


図 3.28 吸込口高さが床面上 1.8m で、吹出気流が在室者に当たるように吹出口の位置を変更した後の、A-A'断面（断面位置は一つ前の図を参照）における流速分布

吹き出し気流が机に衝突後、左右に流れ、吸込口の方向とは違う方向に流れていることがわかる（図 3.28）。つまり、吹き出し気流が呼吸域を乱すことで、発生したウイルスが広域に拡散し、吸込口への到達経路が長くなったため、全体として室のウイルス平均濃度が高くなったと考えられる（吹出口の位置を変更する前は、吸込口が床面上 1.8m にあることで、発生したウイルスが短い距離で吸込口に回収されていた）。また、同じ机の在室者においても吹出口側の在室者で発生したウイルスの方が、吹き出し気流の影響を受けやすく広域に拡散するため、室平均濃度は高くなっている（図 3.25）。

#### 4. まとめ

複数人（12 人）が共有するオフィス空間を想定し、人体から発生するウイルスを効率よく除去する換気方法を検討するため、天井面にある換気の吸込口（排気口）を水平方向と鉛直方向に移動させた場合、設置個数を増やした場合、吹出口（給気口）の位置を吹き出し気流が呼吸域に直接当たらないように設けた場合と直接当たるように設けた場合で、それぞれ数値流体解析を行い、室内の気流分布、ウイルスの濃度分布を求め、室内の平均ウイルス濃度を算出した。その結果、吸込口がその感染者の直上で、かつその設置高さが呼吸域に近

い条件において、発生したウイルスの拡散を抑え、効率よく吸込口で除去することを示した。また、在室者のそれぞれが感染者である場合を想定した解析では、全体の吸込空気量は変えずに吸込口を3つに分けて配置し、かつ吸込口高さを呼吸域に近くした条件で、全ウイルスの室平均濃度を低く抑えられることを示した。この時、全ウイルスの室平均濃度は、発生したウイルスの完全混合を仮定した計算値の20%程度と小さい値となった。一方で、吹き出し気流が呼吸域に直接当たるように吹出口を設けた条件では、ウイルスが広域に拡散し、吸込口への到達経路が長くなるため、全体として室平均ウイルス濃度が高くなった（ただし、完全混合を仮定した計算値の45%程度と小さい値ではあった）。

本研究では、典型的な執務空間をモデルとして、換気の吹出口を呼吸域を乱さない位置に設け、かつ吸込口を呼吸域の近く設けることで、呼吸域で発生するウイルスを広域に拡散することなく、効率よく除去可能であることの具体的な数値例を示した。また、検討したすべての条件において、発生したウイルスの室平均濃度は、完全混合を仮定した場合の室平均濃度よりも低い値となることを示した。

#### 参考文献

- 1)W.F. Wells, et al., 1955, Airborne contagion and air hygiene: An ecological study of droplet infections, American Journal of Clinical Pathology, 25(11), pp. 1301-1724
- 2)F. Patricia, et al., 2008, Influenza Virus in Human Exhaled Breath: An Observational Study, PLOS One, 3(7), pp. 5-10
- 3)Q. Hua, et al., 2009, Spatial Distribution of Infection Risk of SARS Transmission in a Hospital Ward, Building and Environment, 44(8), pp. 1651-1658
- 4)H. Dai, et al., 2020, Association of the infection probability of COVID-19 with ventilation rates in confined spaces, Building Simulation, 13(6), pp.1321-1327
- 5)M.J. Tobin, et al., 1983, Breathing Patterns, Chest Journal, 84(2), pp. 202-205
- 6) 空研工業株式会社のホームページ：  
[https://www.kuken.com/wp-content/uploads/2020/02/FukidashiSuikomi\\_20200226.pdf](https://www.kuken.com/wp-content/uploads/2020/02/FukidashiSuikomi_20200226.pdf)  
p. 44 (2024.6.27 検索)