

第八波にむけた感染拡大抑止のための 「富岳」飛沫シミュレーション

理化学研究所計算科学研究センター チームリーダー
神戸大学大学院システム情報学研究科 教授
坪倉 誠
富岳コロナ対策プロジェクト飛沫感染グループ

東京都モニタリング会議
2022年12月1日

マスクの効果

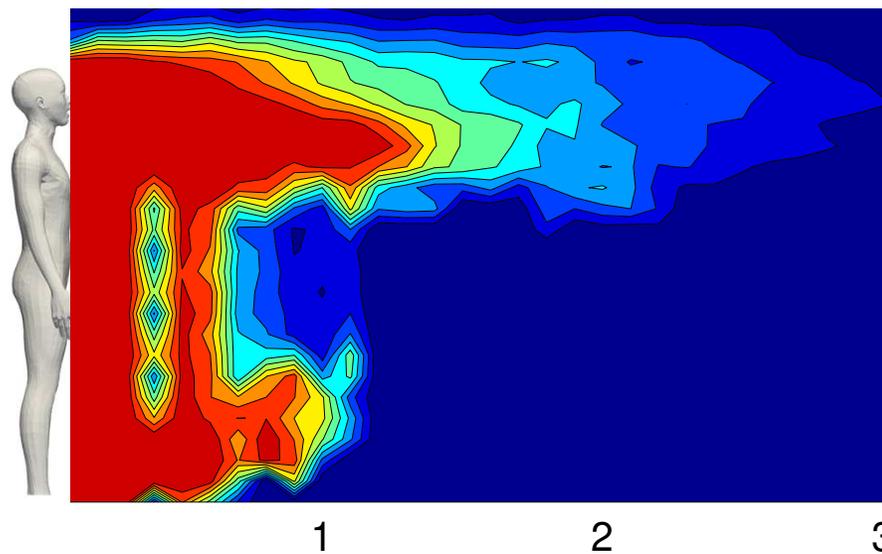
感染者の周りの感染リスクとマスクの効果

- 15分間感染者と接触した場合の感染確率(%)
 - マスクを装着することで漏れ出る飛沫量を1/3程度に抑えると共に、飛散距離を減らすことができる

Time: 0.25 s

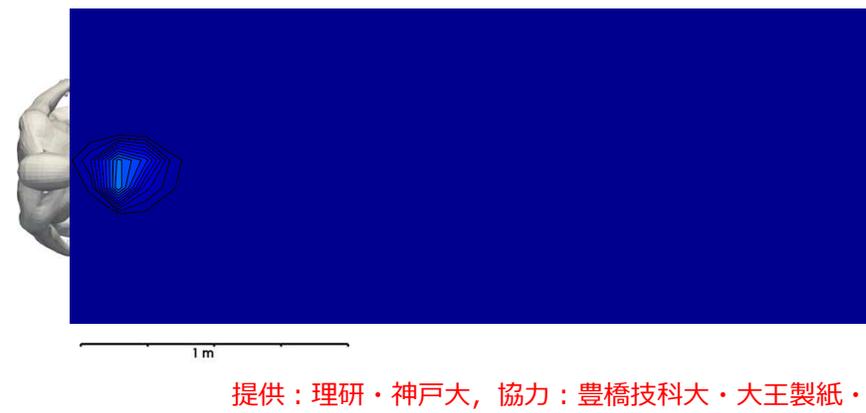
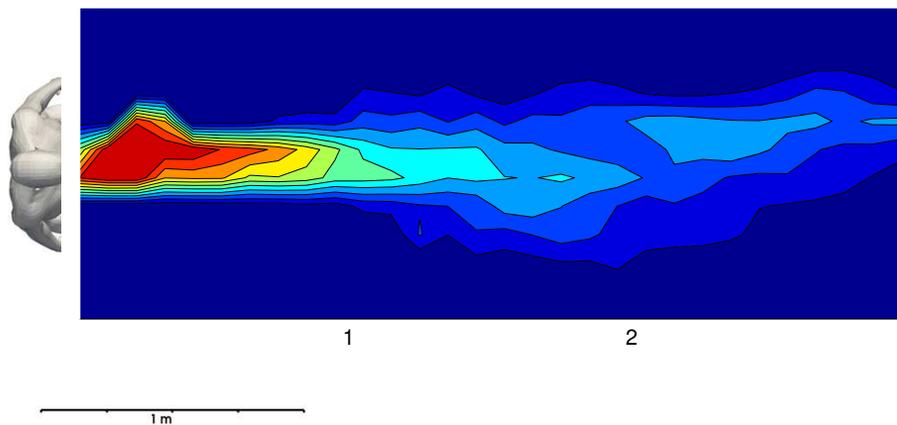
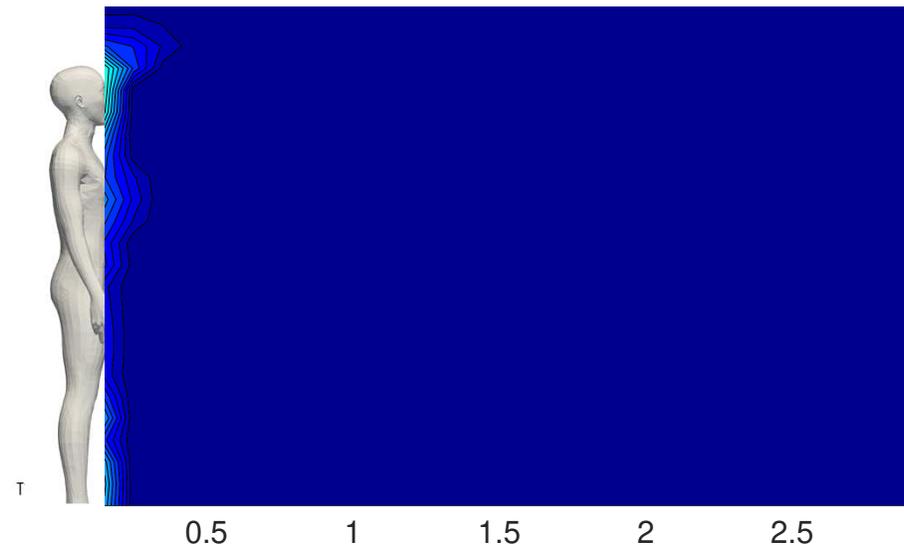
マスク無し時

1 m



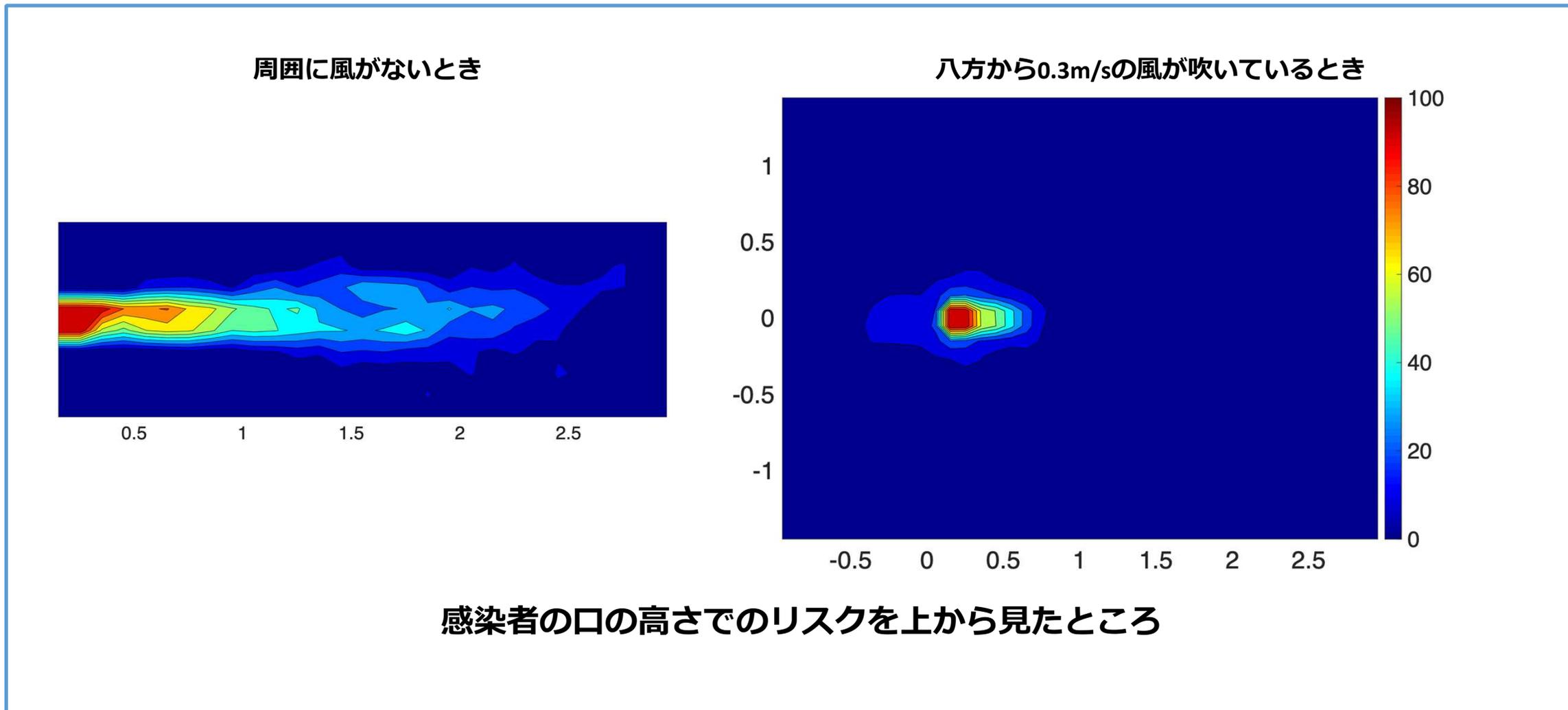
Time: 0.50 s

マスク装着時



感染者の周りの感染リスクとマスクの効果

- 感染者の周りの気流（0.3m/sを考慮）を考慮した場合
 - 気流の拡散効果により、風がない場合と比較して、相対的にリスクは低くなる

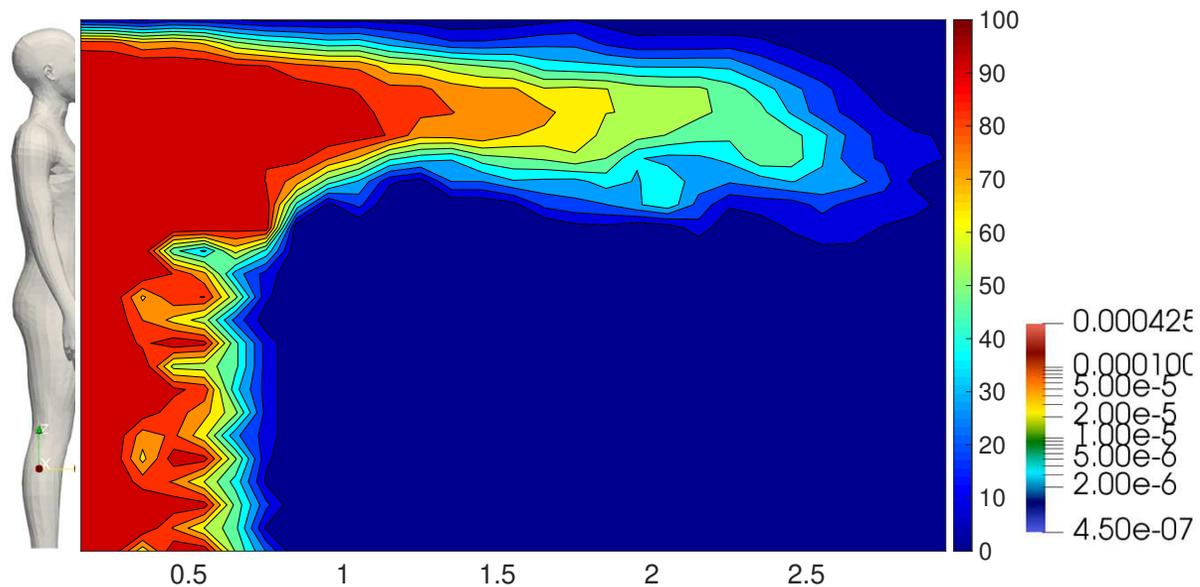


- 湿度の影響

- 湿度が低下するとエアロゾル化する飛沫が増え、感染者周りの相対的なリスクが増加する

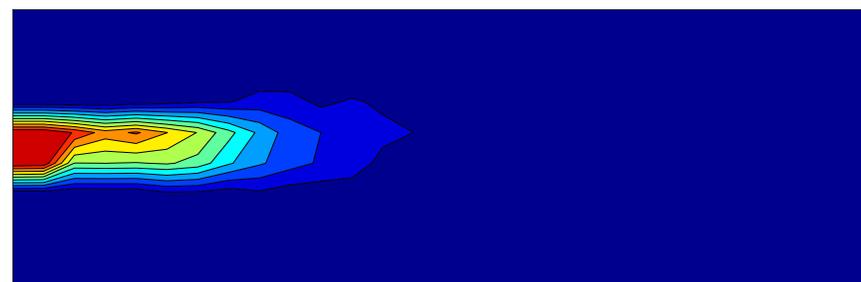
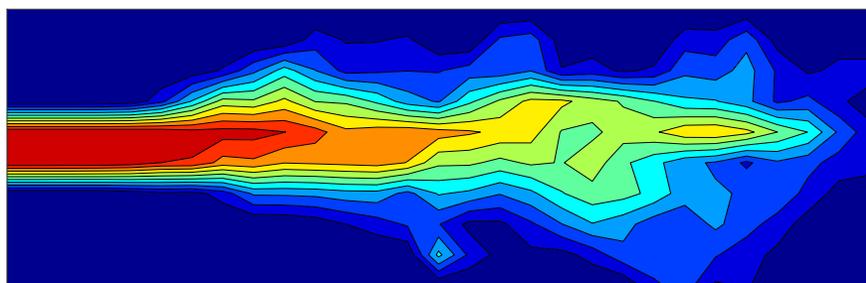
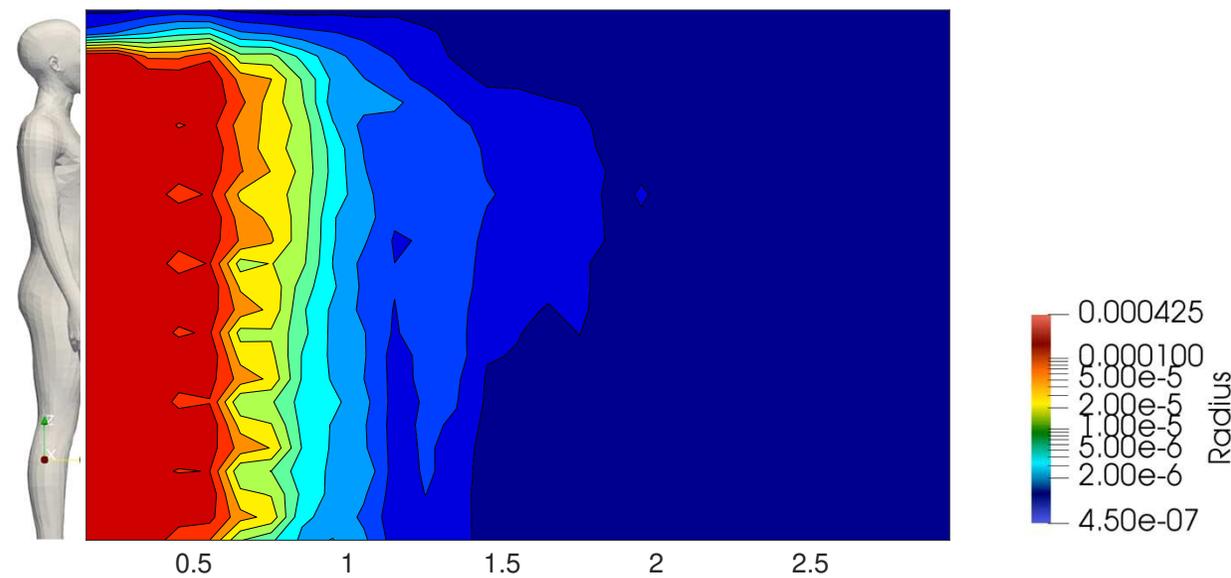
10%

Time: 0.25 s



100%

Time: 0.25 s



マスクと顔の隙間の影響

- 不織布マスクのノーズフィッター（鼻の金具）の効果
 - 隙間を付けることで、捕集効率が2～3割低下する

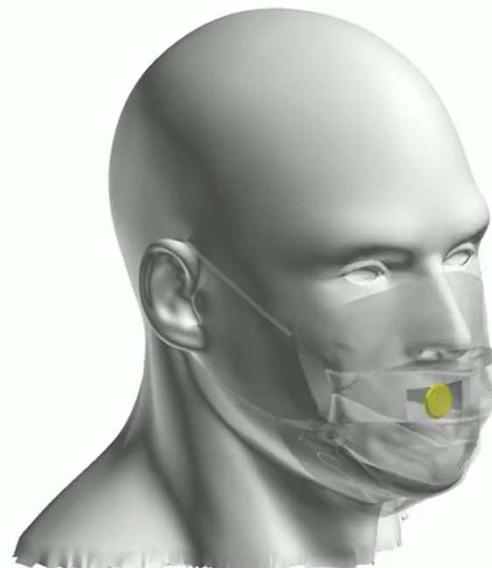
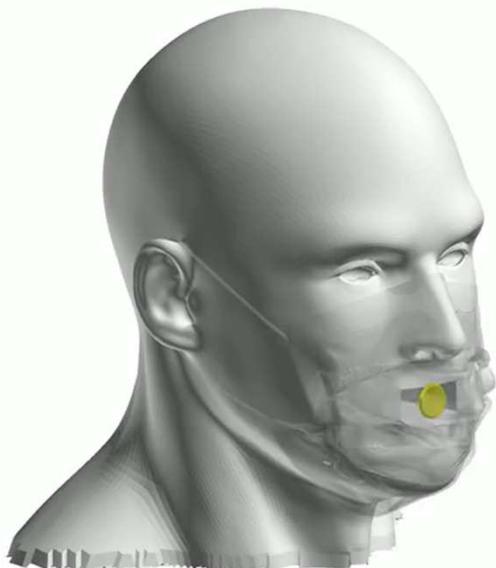
[タイトフィット]

金具を鼻の形状に沿って変形させて装着する。目元は概ねマスクと接触している。

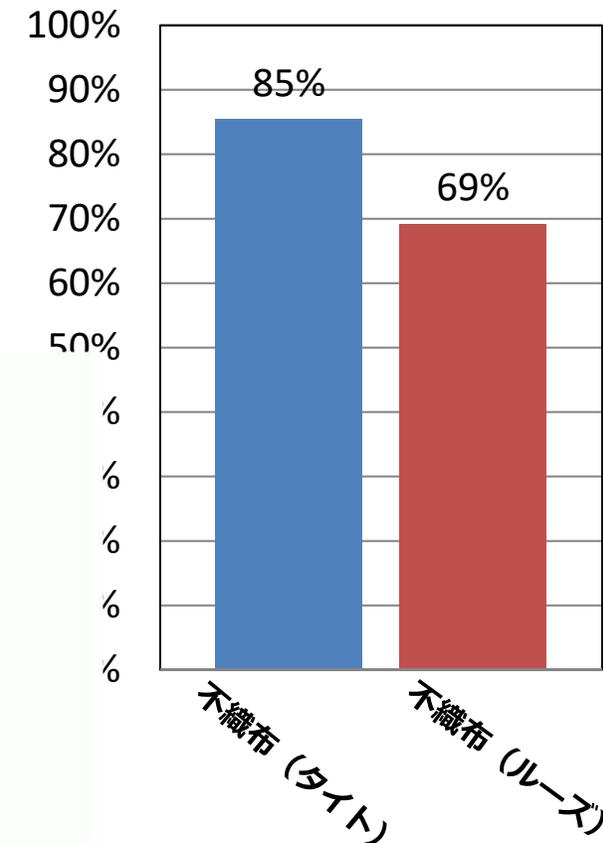


[ルーズフィット]

金具を鼻に沿って折り曲げずにそのまま装着する。



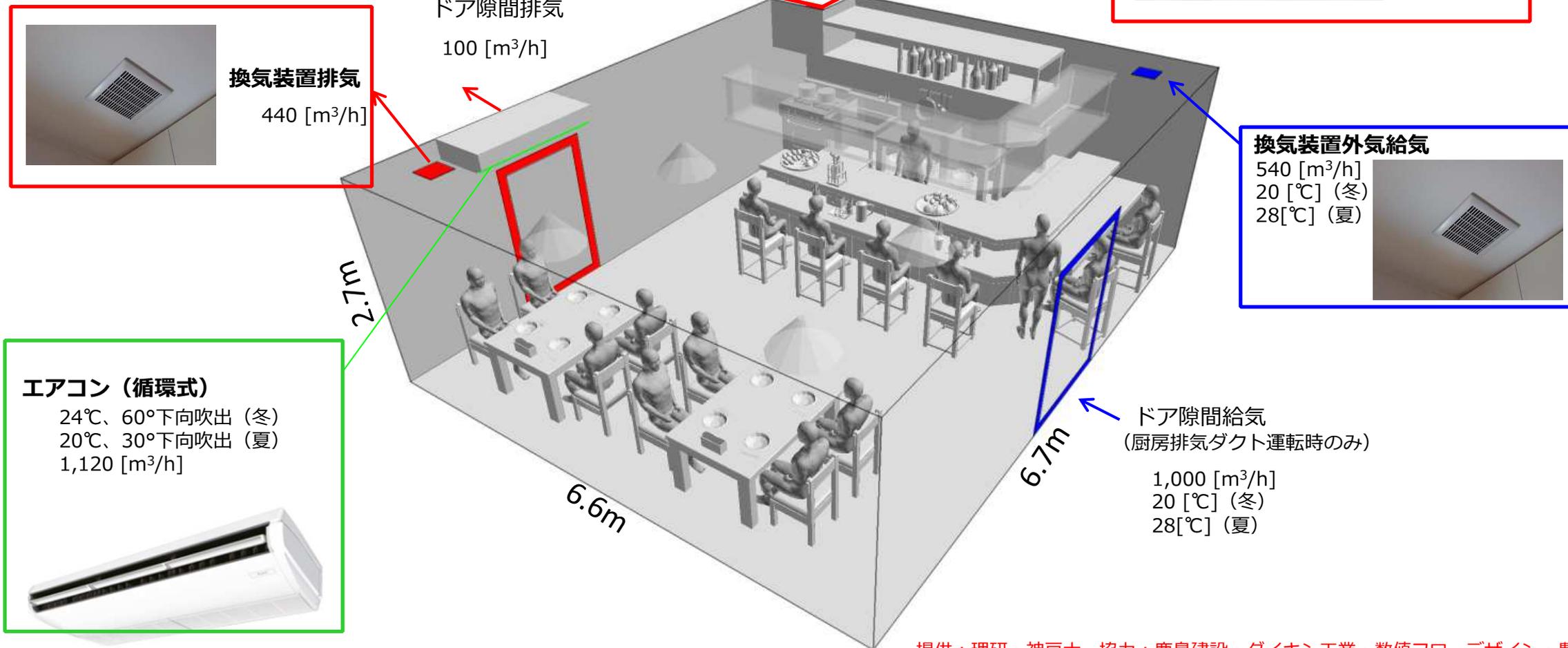
飛沫の捕集効果(個数)



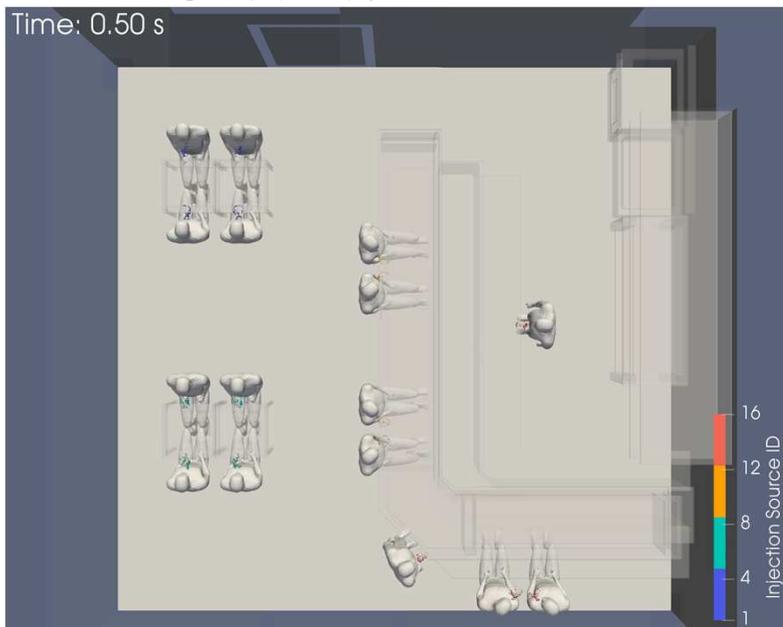
小規模店舗におけるリスク低減対策

16人程度が入る小型の店舗を想定

- 室内に**1名の感染者**が滞在するとして**在室者1名の感染確率**を求める
- 滞在時間は**1時間**で感染者は**30分間大声**で話していることを想定
- 全員マスクは装着していない



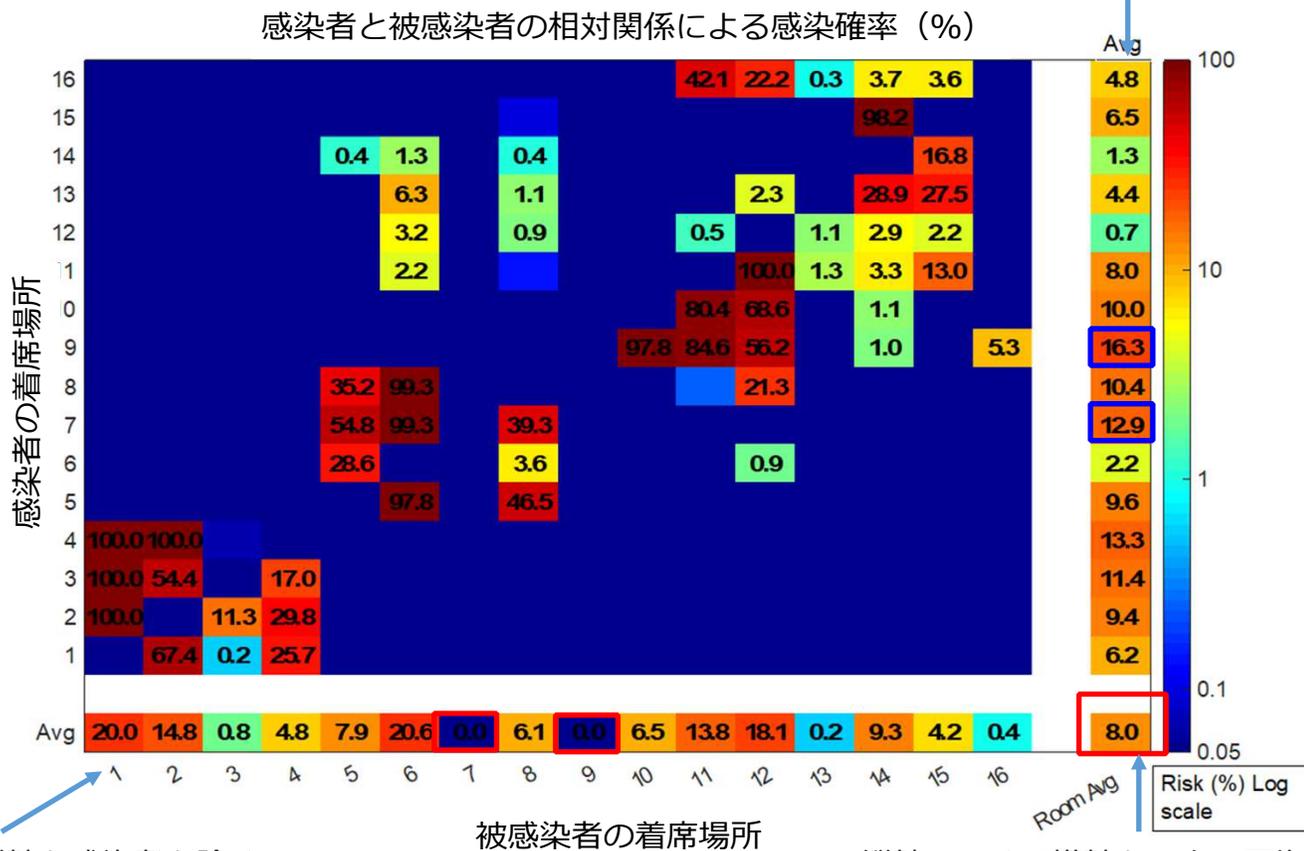
● 感染リスクマップの見方



着席場所の番号



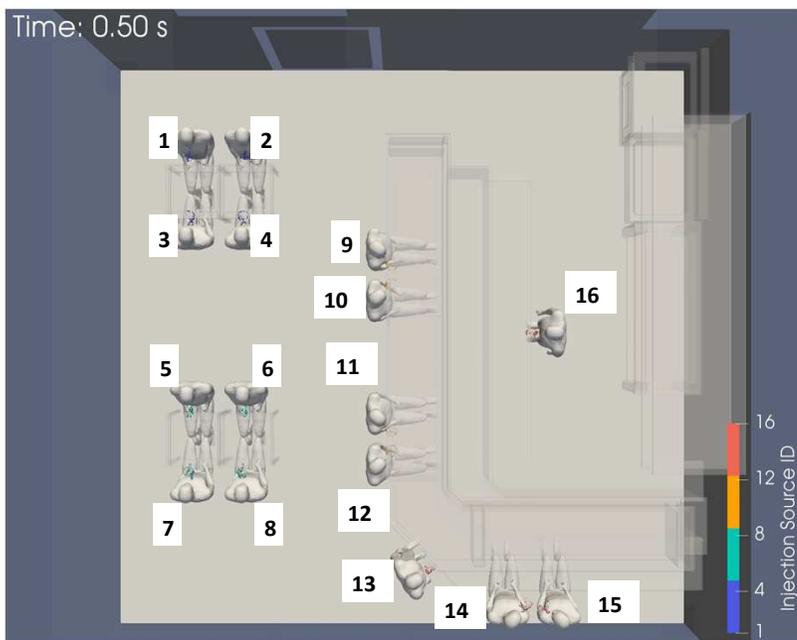
横軸を感染者を除く15人で平均した値
感染者がそこに座った場合の感染確率
を表す



縦軸を感染者を除く
15人で平均した値
健康者がそこに座っ
た場合の感染確率を
表す

縦軸もしくは横軸を16人で平均した値
部屋全体の感染リスクを表す。
これに16をかければ、1名の感染者が1~
16の全ての場所で同じ確率で着席した場
合の、新規感染者の数を表す。

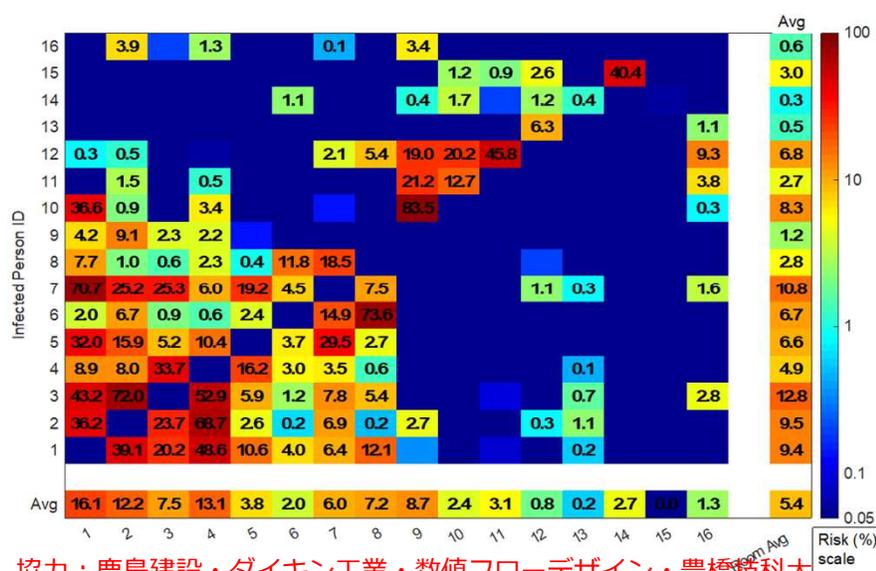
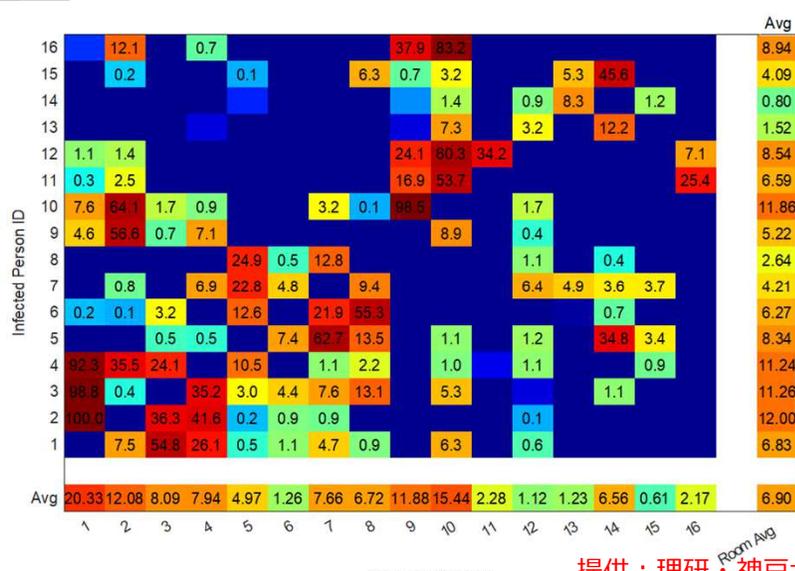
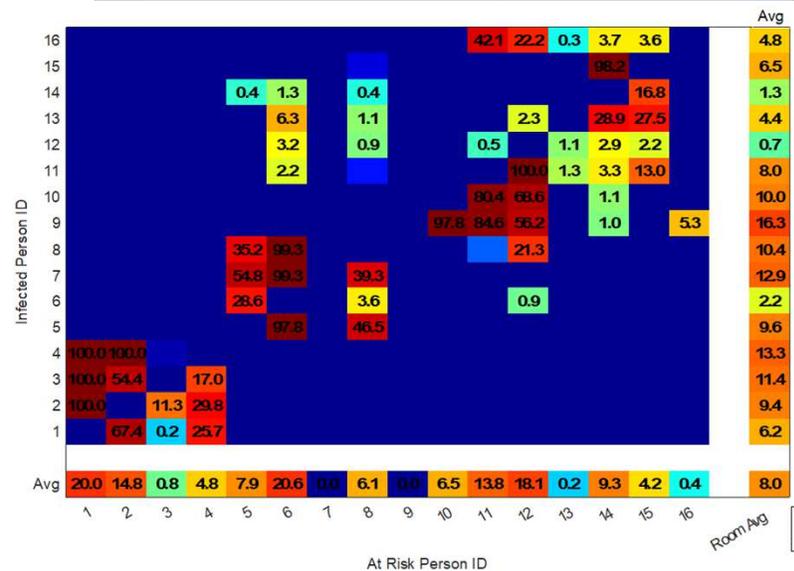
機械換気



機械換気+エアコン



機械換気+キッチンダクト+エアコン

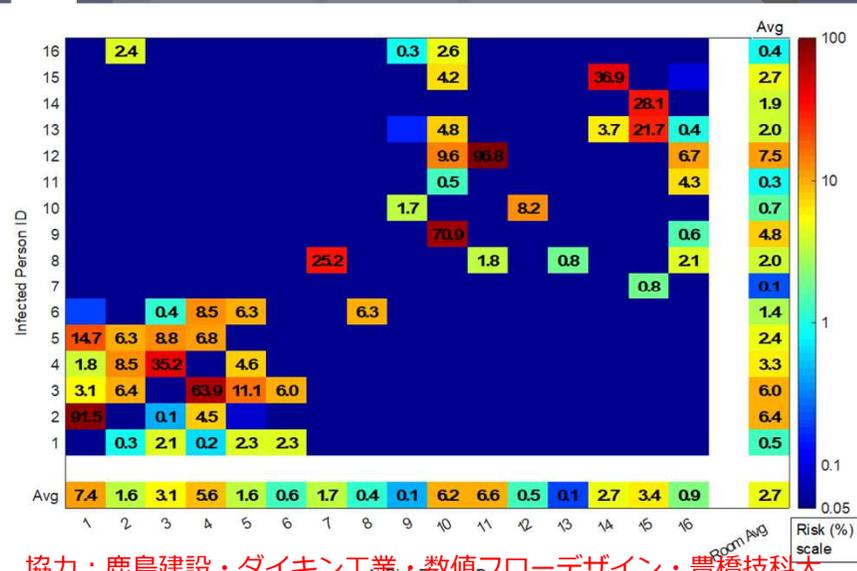
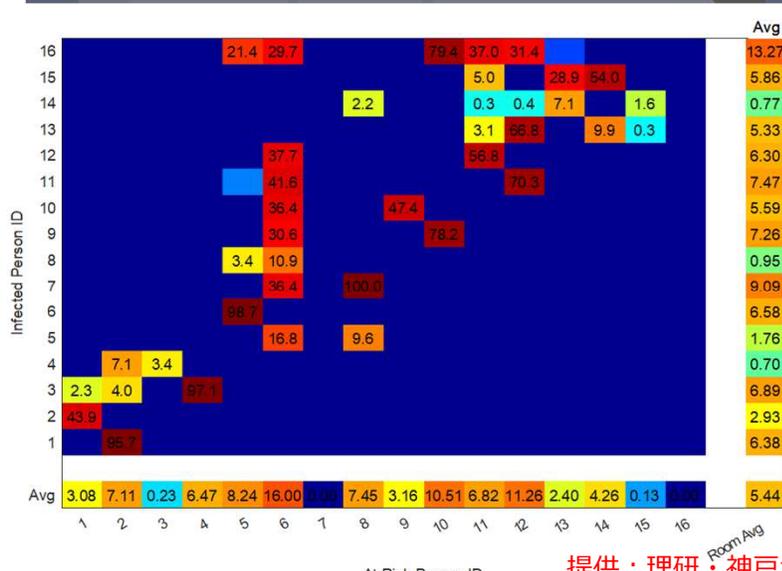
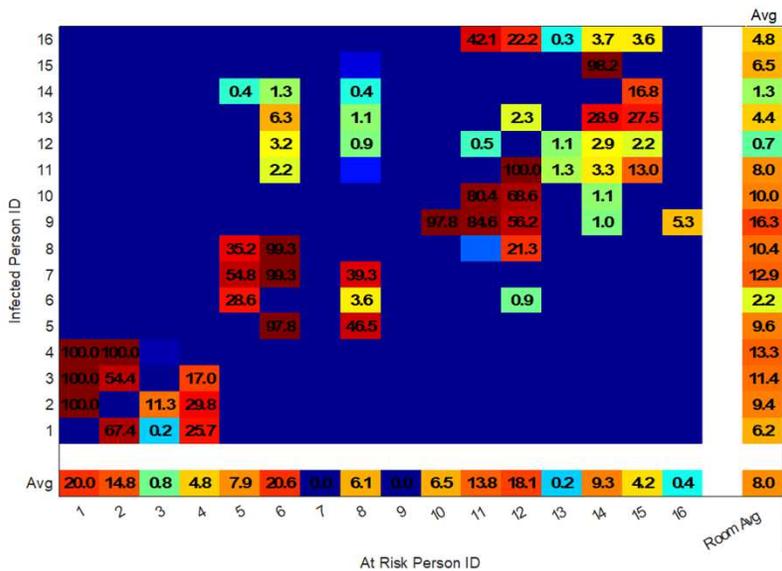
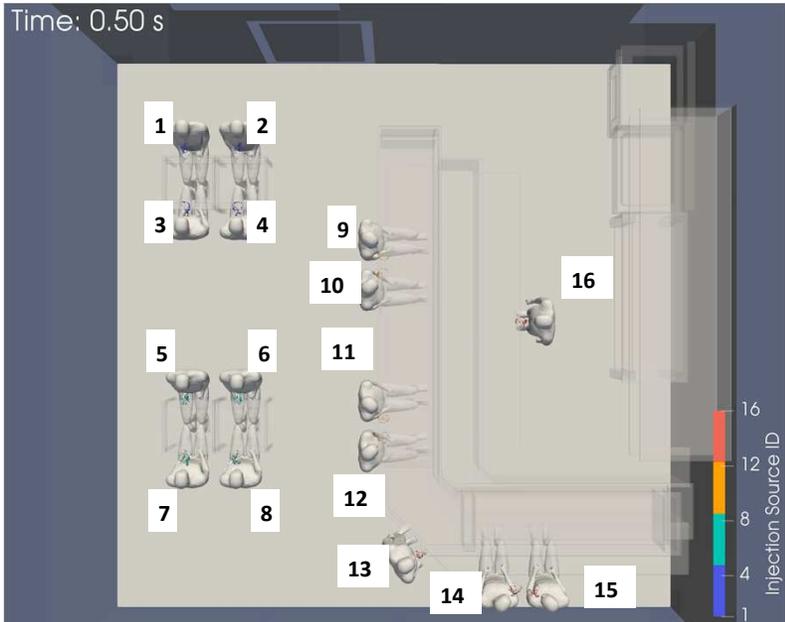


パーティションの効果

機械換気

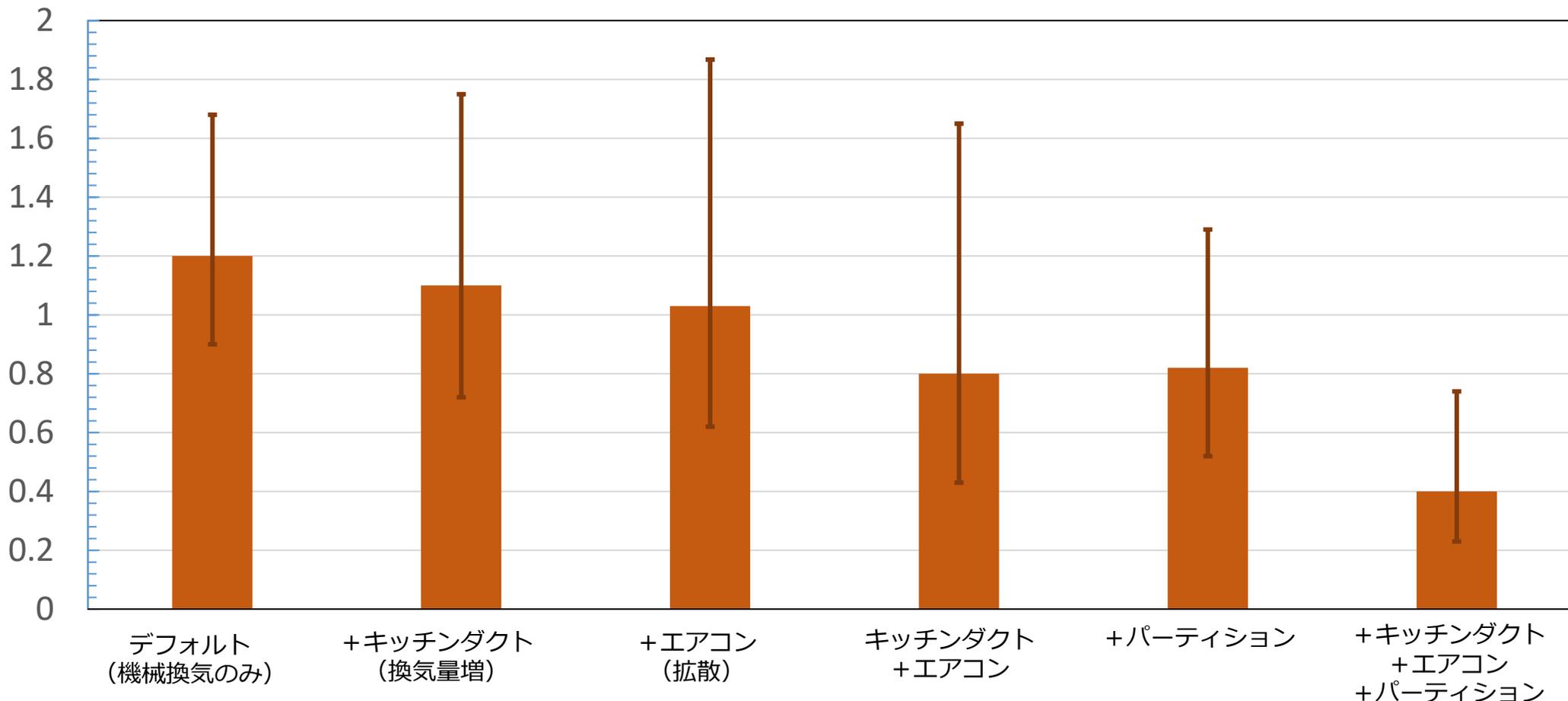
機械換気+パーティション

機械換気+キッチンダクト+エアコン+パーティション



各種リスク低減対策の効果

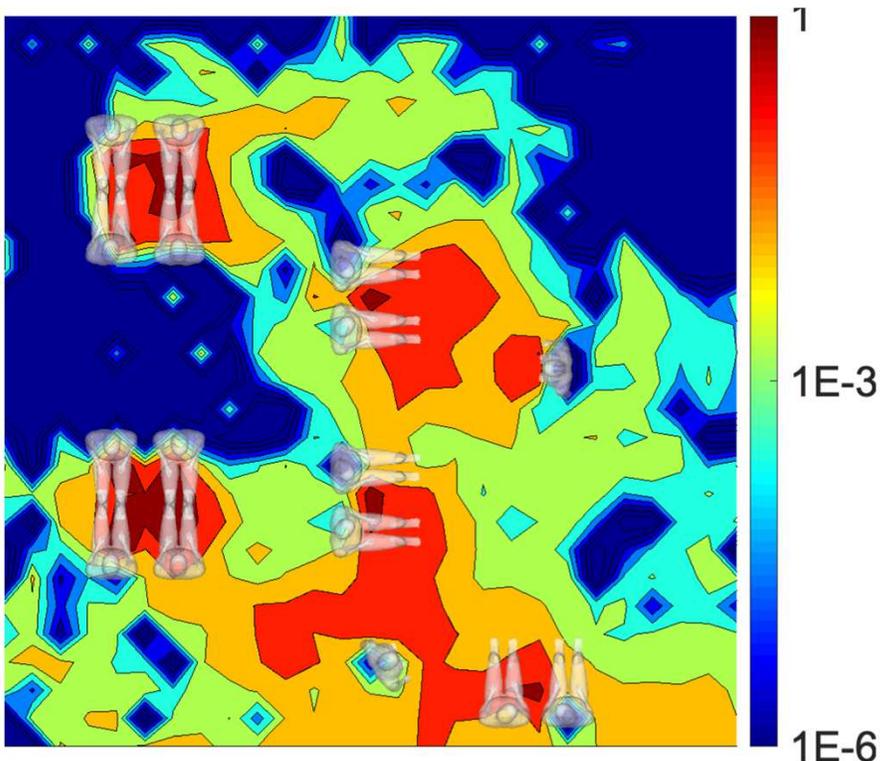
- 1名の感染者（どこかの席に同じ確率で着席）と1時間同席した場合、この店から発生する新規感染者数（人）



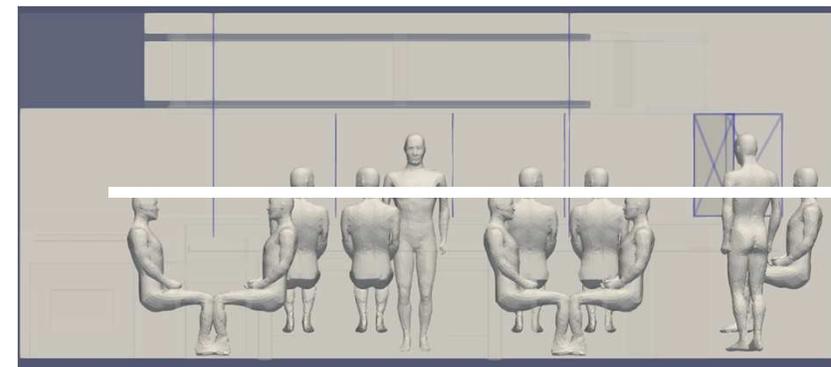
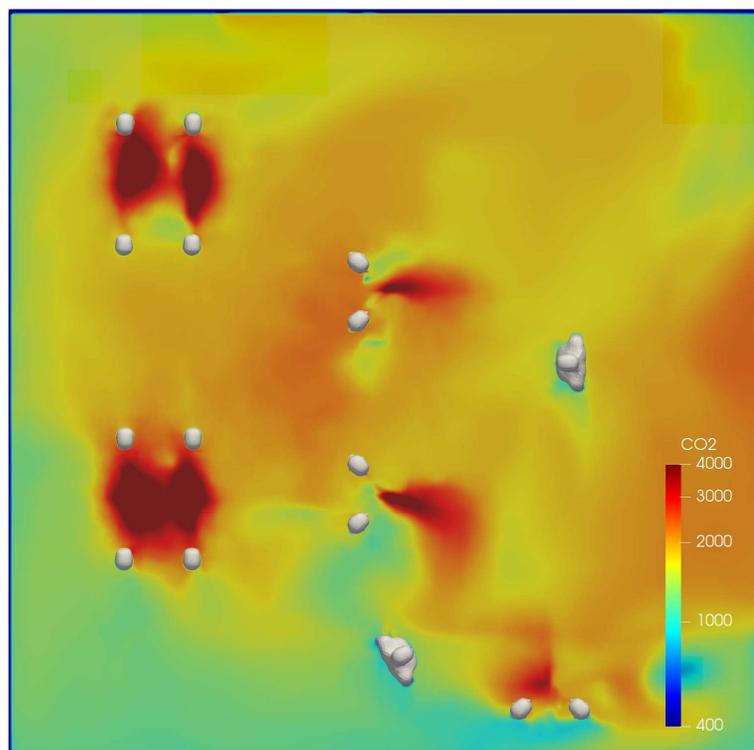
通常の換気状態に対して、キッチンダクトやパーティションを**併用**して対策をすることで、感染リスクを三分の一程度まで減らすことが出来る

- 飛沫濃度（左）と呼吸や会話に伴う二酸化炭素の発生（右）（床高さ1.25m）

空間の飛沫濃度の分布 (mg/m³)



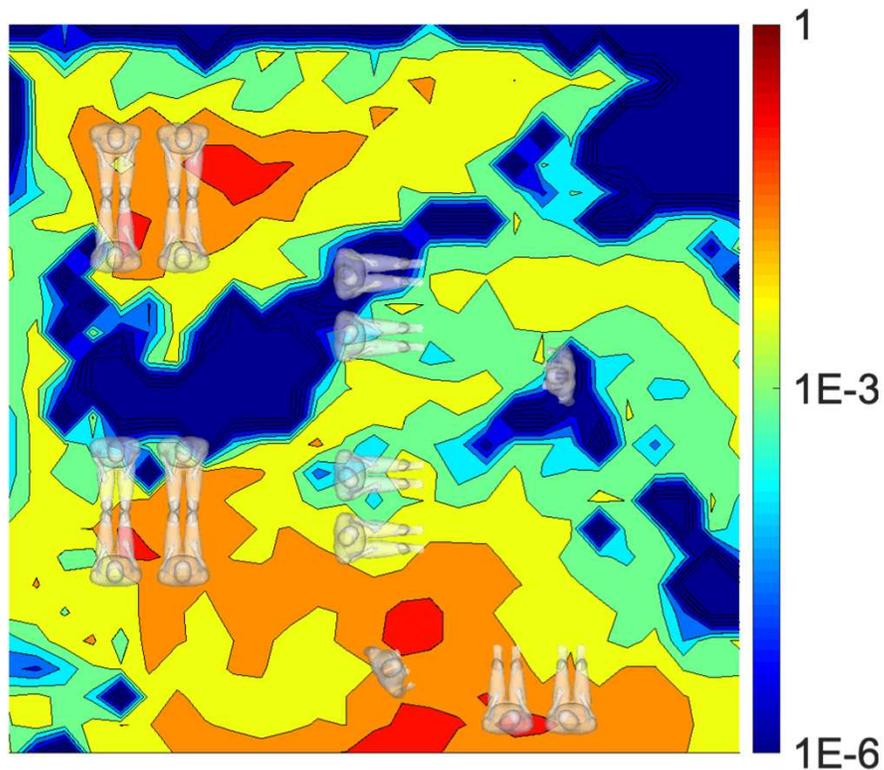
居室内のCO₂の分布 (ppm)



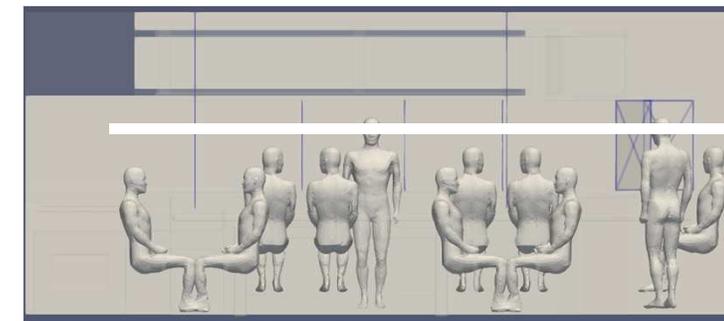
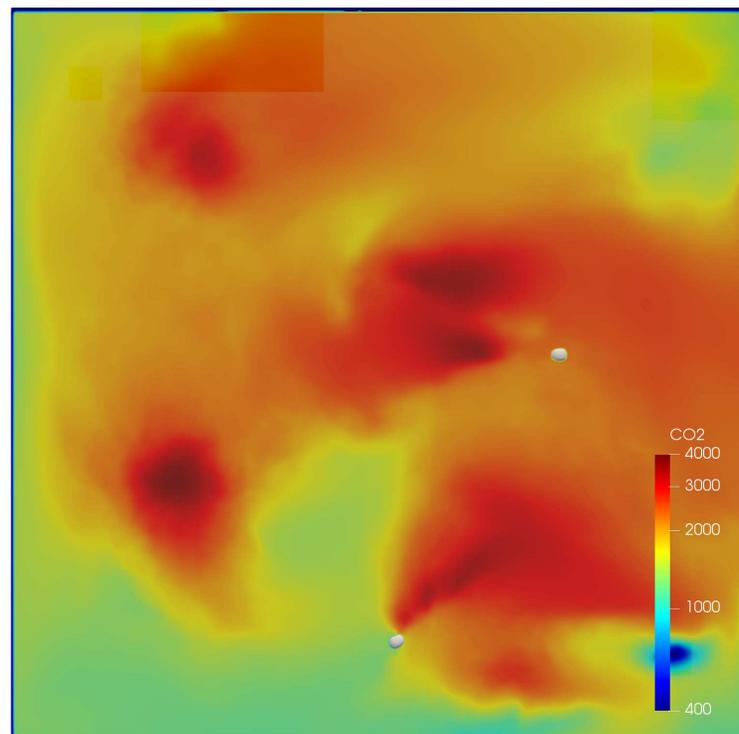
飛沫・エアロゾルによる感染リスクを簡易に評価するためには、二酸化炭素濃度計が有効
 二酸化炭素濃度は室内で不均一に分布するので、複数の濃度計を設置することが重要

- 飛沫濃度（左）と呼吸や会話に伴う二酸化炭素の発生（右）（床高さ1.25m）

空間の飛沫濃度の分布 (mg/m³)



居室内のCO₂の分布 (ppm)

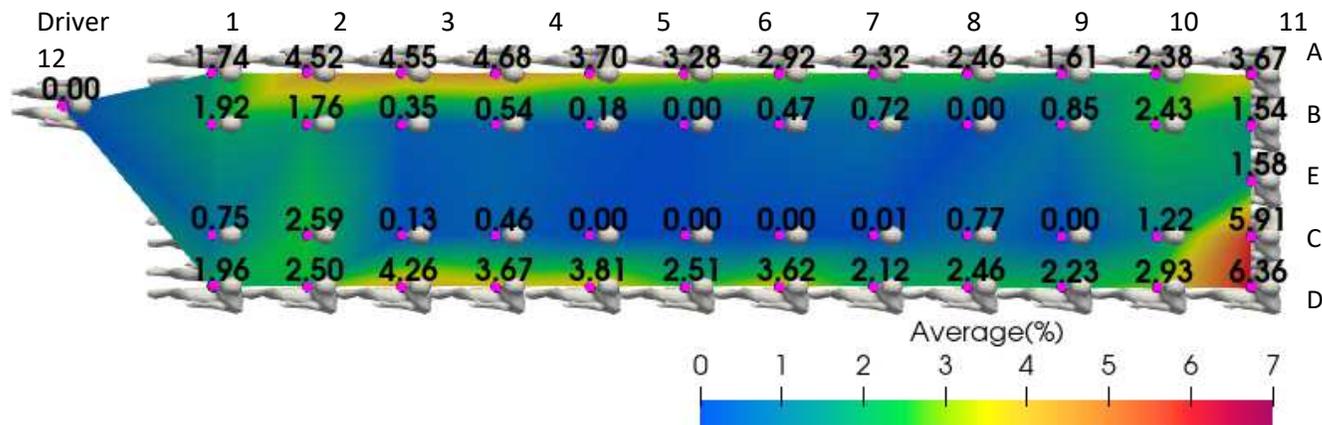


飛沫・エアロゾルによる感染リスクを簡易に評価するためには、二酸化炭素濃度計が有効
 二酸化炭素濃度は室内で不均一に分布するので、複数の濃度計を設置することが重要

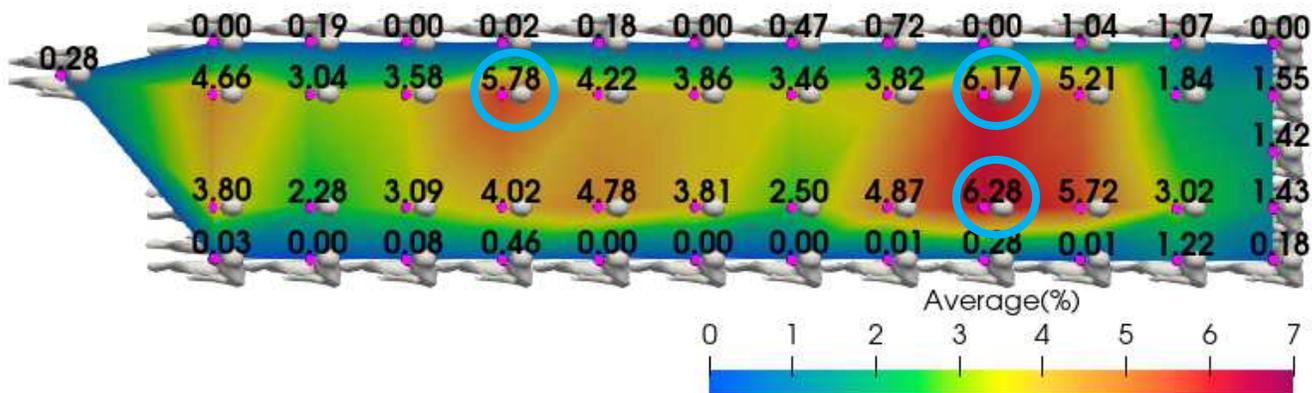
公共交通機関におけるリスク低減対策

- 一名の感染者が乗車し、大声で会話した際の感染リスク評価（1時間乗車）

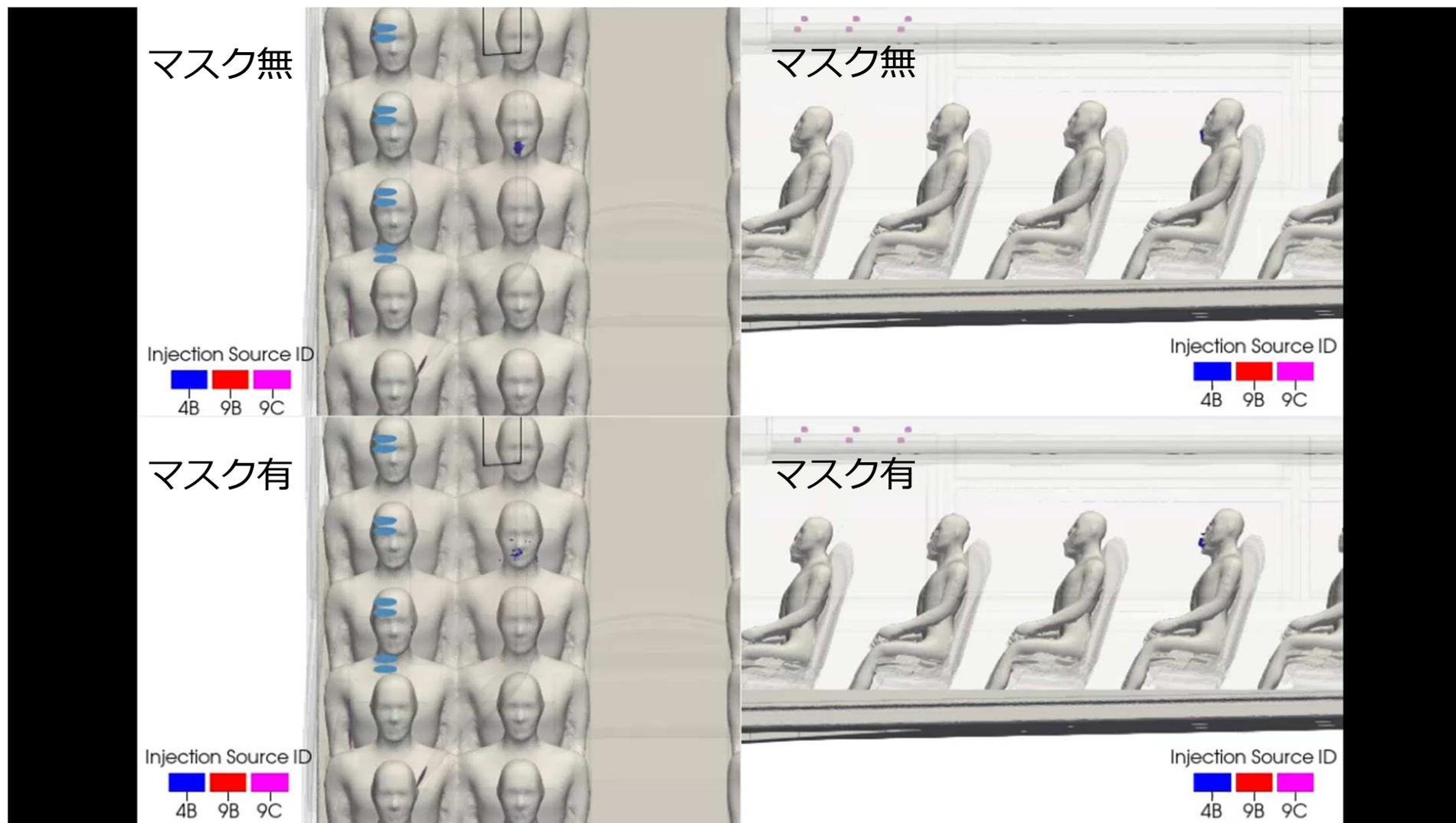
感染者が一名乗車した場合の各座席の感染確率



一名の感染者がその場所に座った際にリスクの高い場所

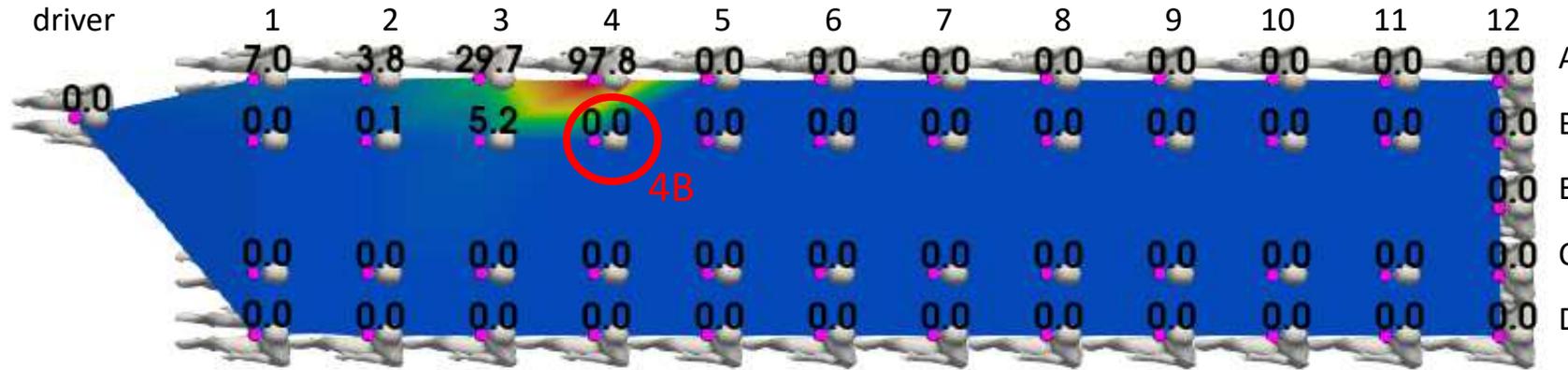


- 4Bに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)



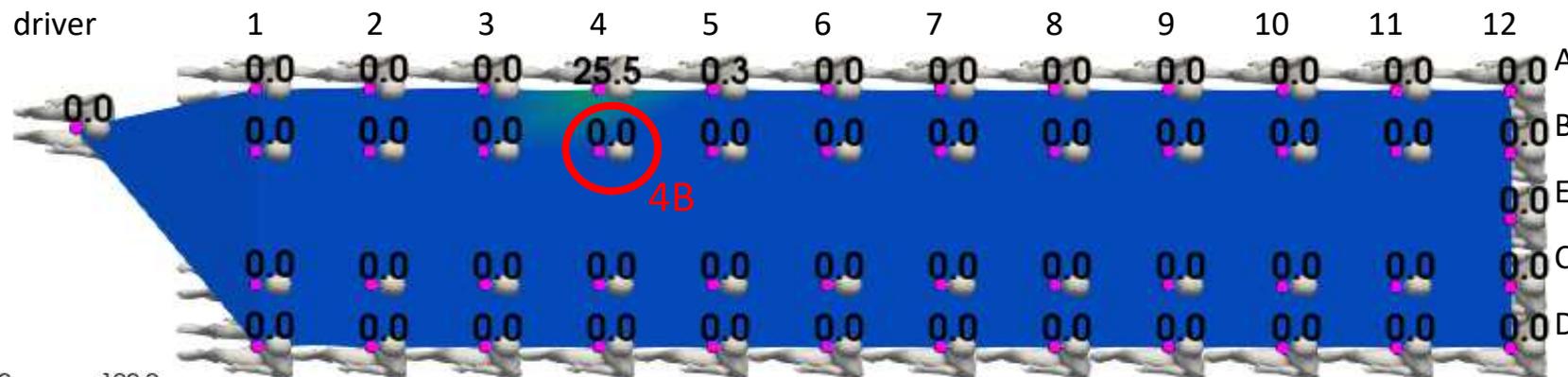
- 4Bに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)

マスク無



7.0	3.8	29.7	97.8	0
0	0.1	5.2	感染者	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

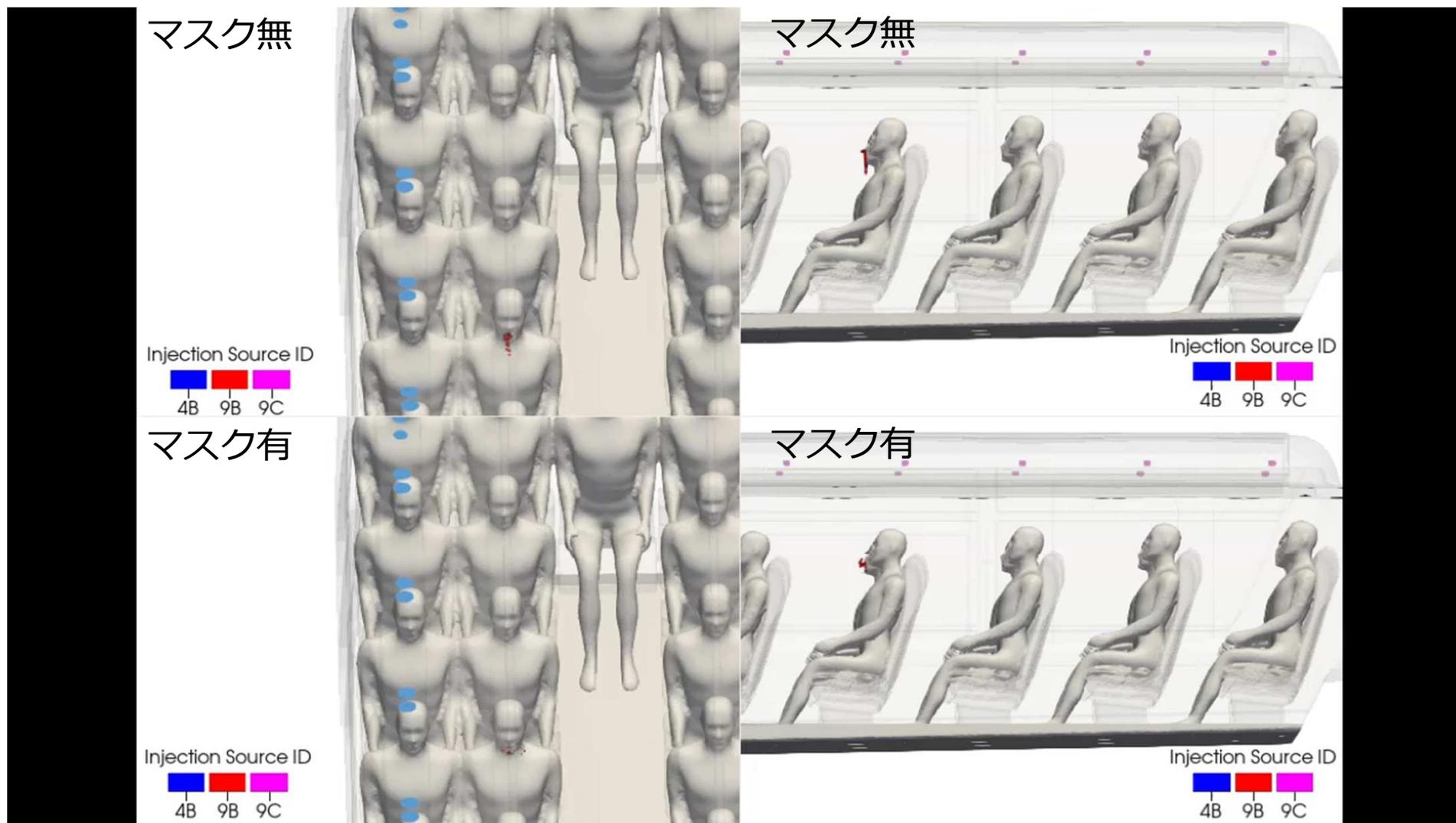
マスク有



0	0	0	25.5	0.3
0	0	0	感染者	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

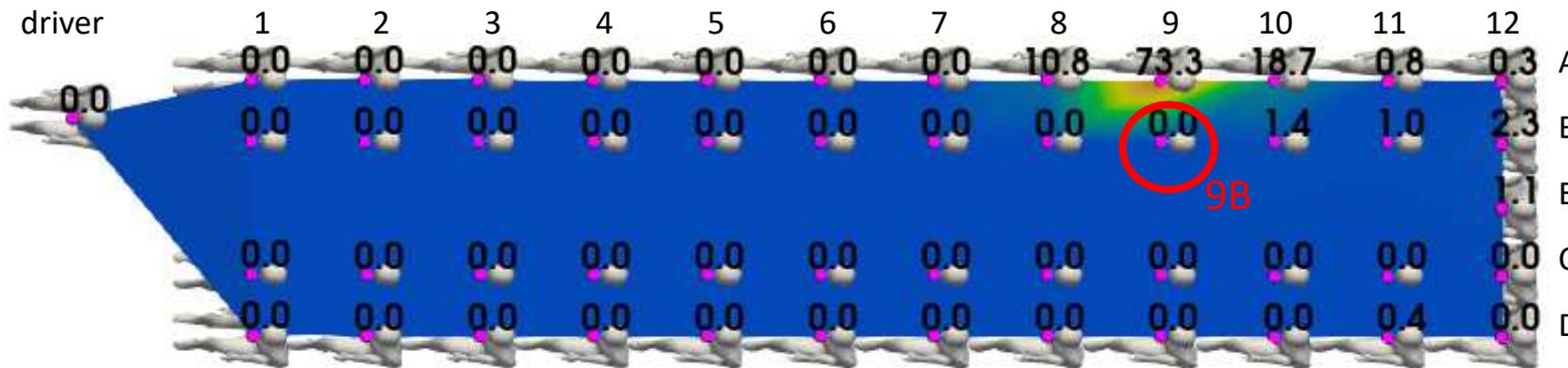


- 9Bに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)



- 9Bに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)

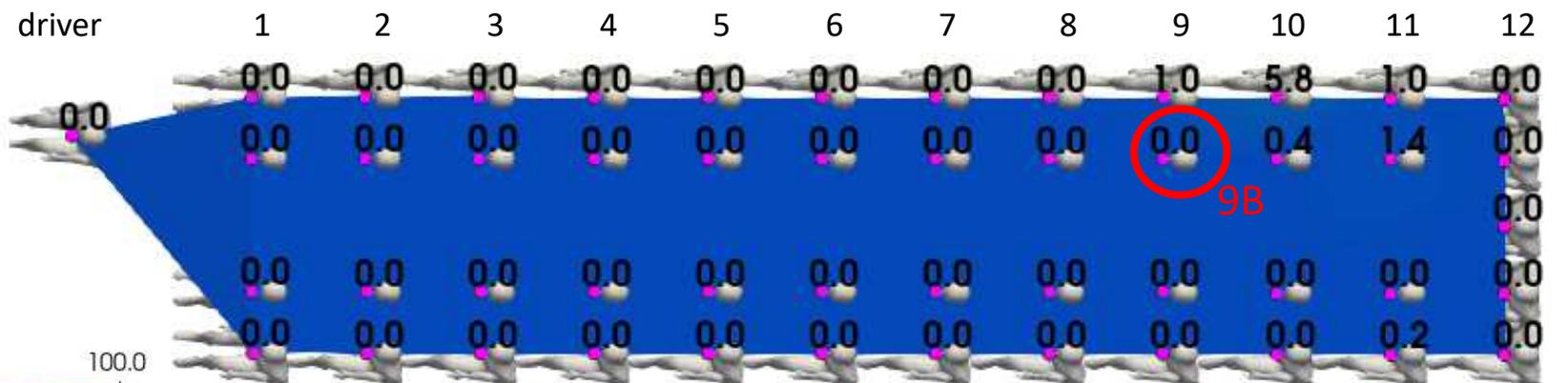
マスク無



10.8	73.3	18.7	0.8	0.3
0	感染者	1.4	1.0	2.3
				1.1
0	0	0	0	0
0	0	0	0.3	0



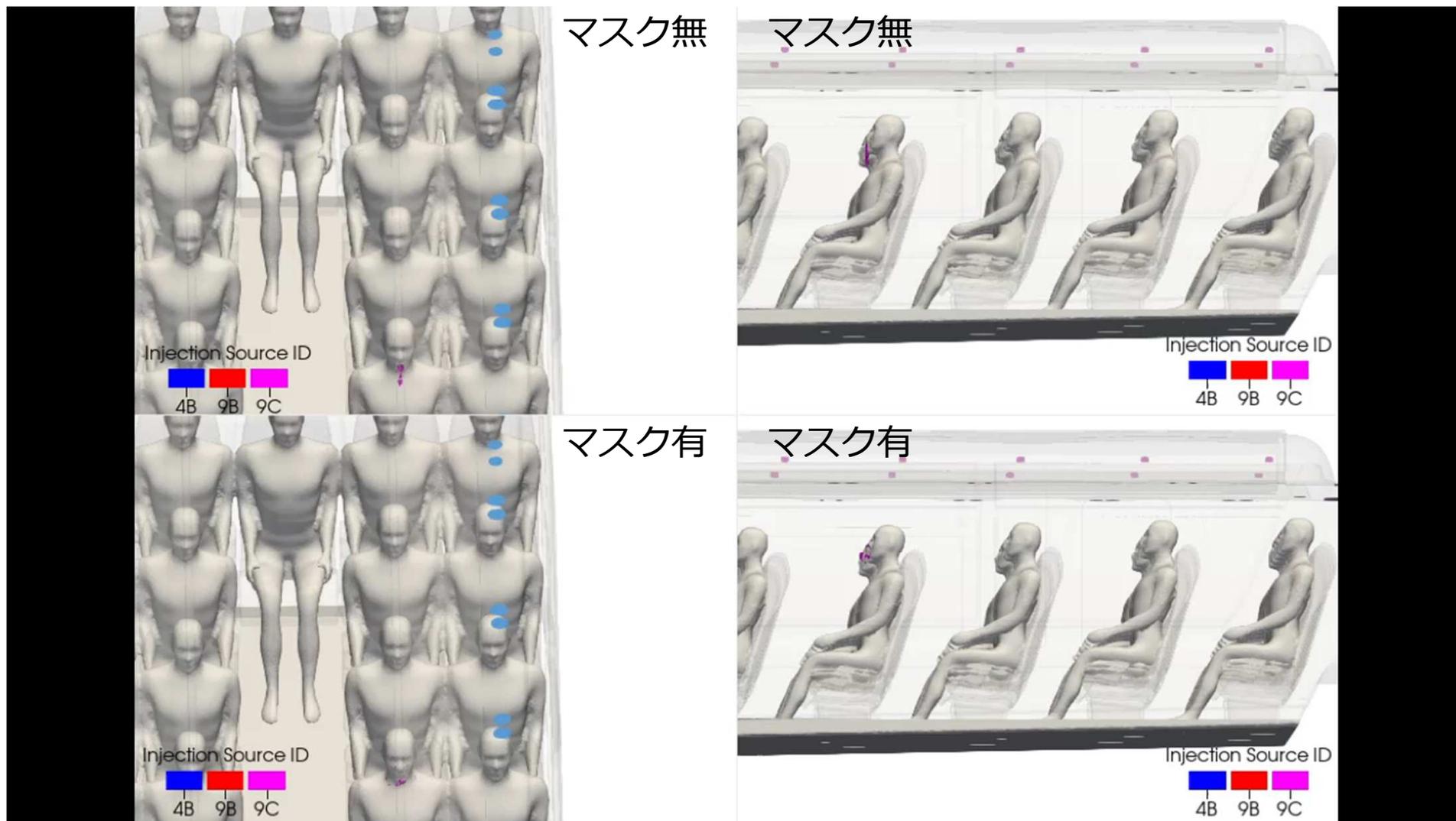
マスク有



0	1.0	5.8	1.0	0
0	感染者	0.4	1.4	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0.2	0

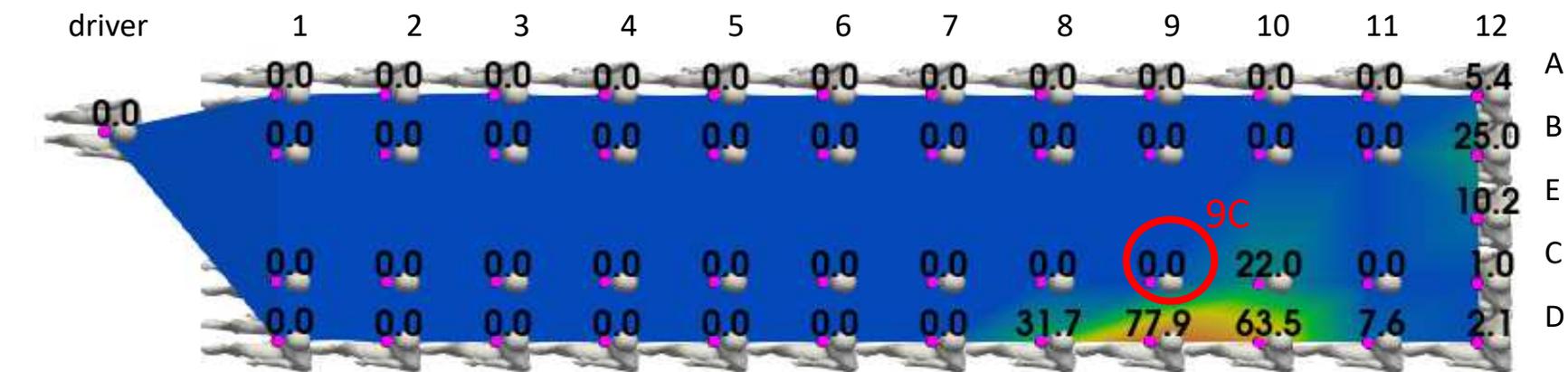


- 9Cに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)



- 9Cに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)

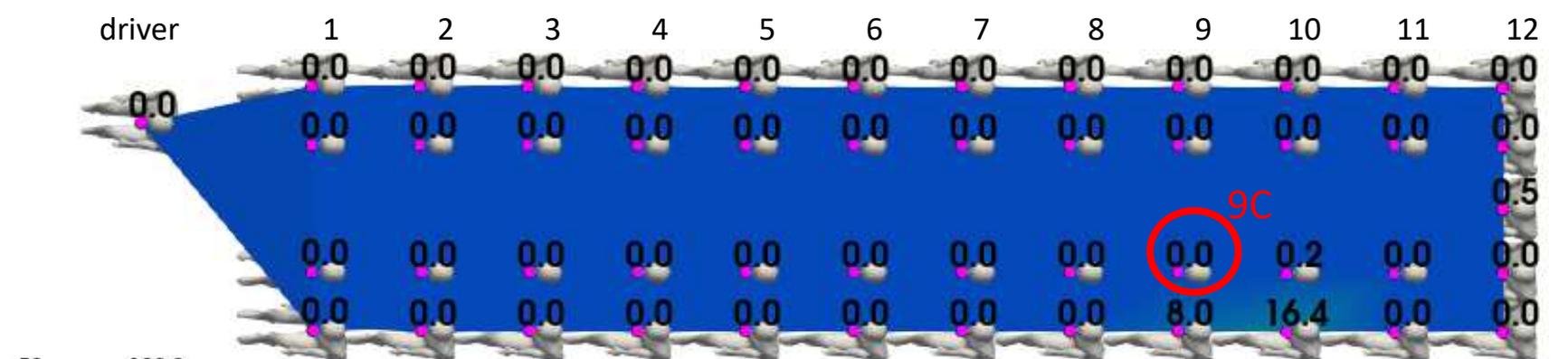
マスク無



0	0	0	0	5.4
0	0	0	0	25.0
				10.2
0	感染者	22.0	0	1.0
31.7	77.9	63.5	7.6	2.1



マスク有



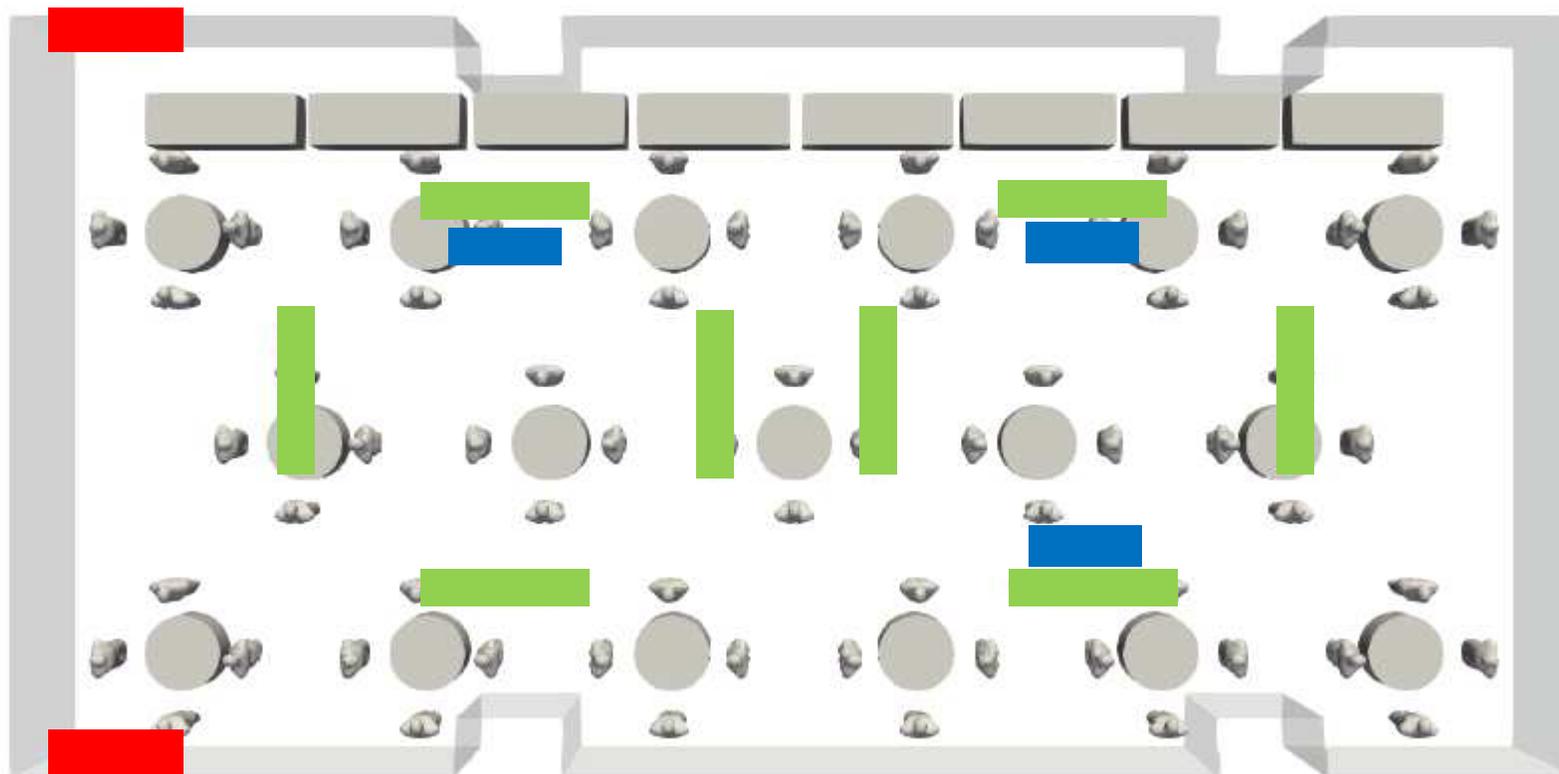
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
				0.5
0	感染者	0.2	0	0
0	8.0	16.4	0	0



宴会場におけるリスク低減対策

評価対象とした実在宴会場（帝国ホテル・舞の間）

- 縦×横×高さ = 17.4m×8.5m×2.8m, 68人収容時を想定



- 還気ダクト (2ヶ所)
- 給気ダクト (8ヶ所)
- 排気ダクト (3ヶ所)

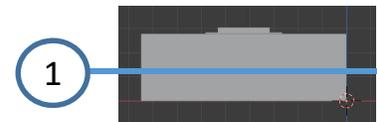
境界名	個数	1つあたり風量 [m ³ /h]	total風量 [m ³ /h]	制気口長辺 [m]	制気口短辺 [m]	吹出風速 [m/s]	吹出温度 [°C]
給気ダクト	8	525	4200	1.5	0.08	1.215	20.55
還気ダクト	2	1350	2700	1.2	0.2	1.563	-
排気ダクト	3	500	1500	1	0.1	1.389	-

室内の空気が換気によって浄化されていく様子

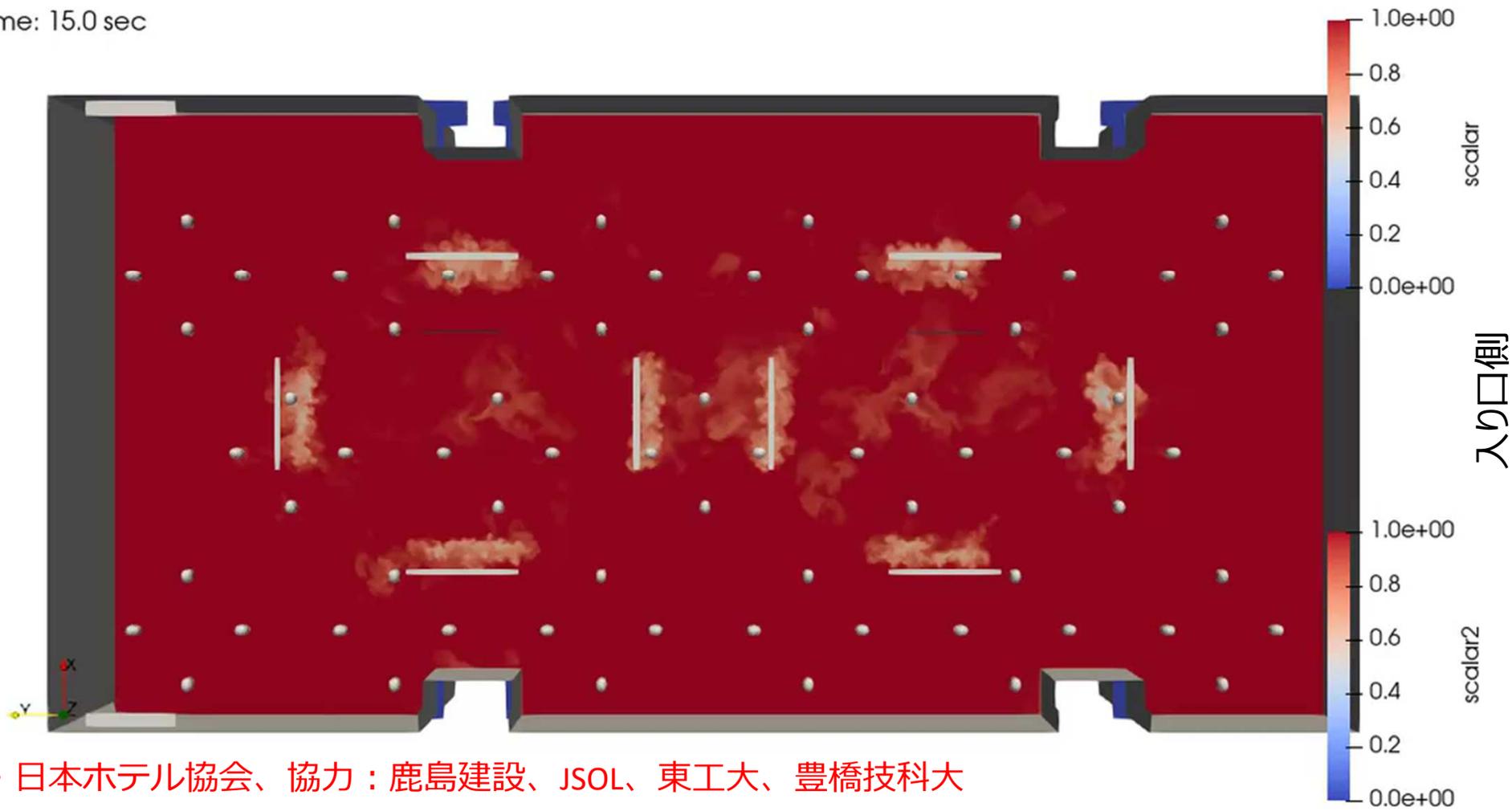
● 高さ1.55m（口の高さ）での換気の様子

- 仮想的に汚れた空気（赤）で室内を満たし、室内空気が浄化される様子を観察
- 平均すると一時間で3～4回空気が入れ替わる
- 場所により大きな優劣は見当たらず、良好な換気が維持されている

Time: 15.0 sec



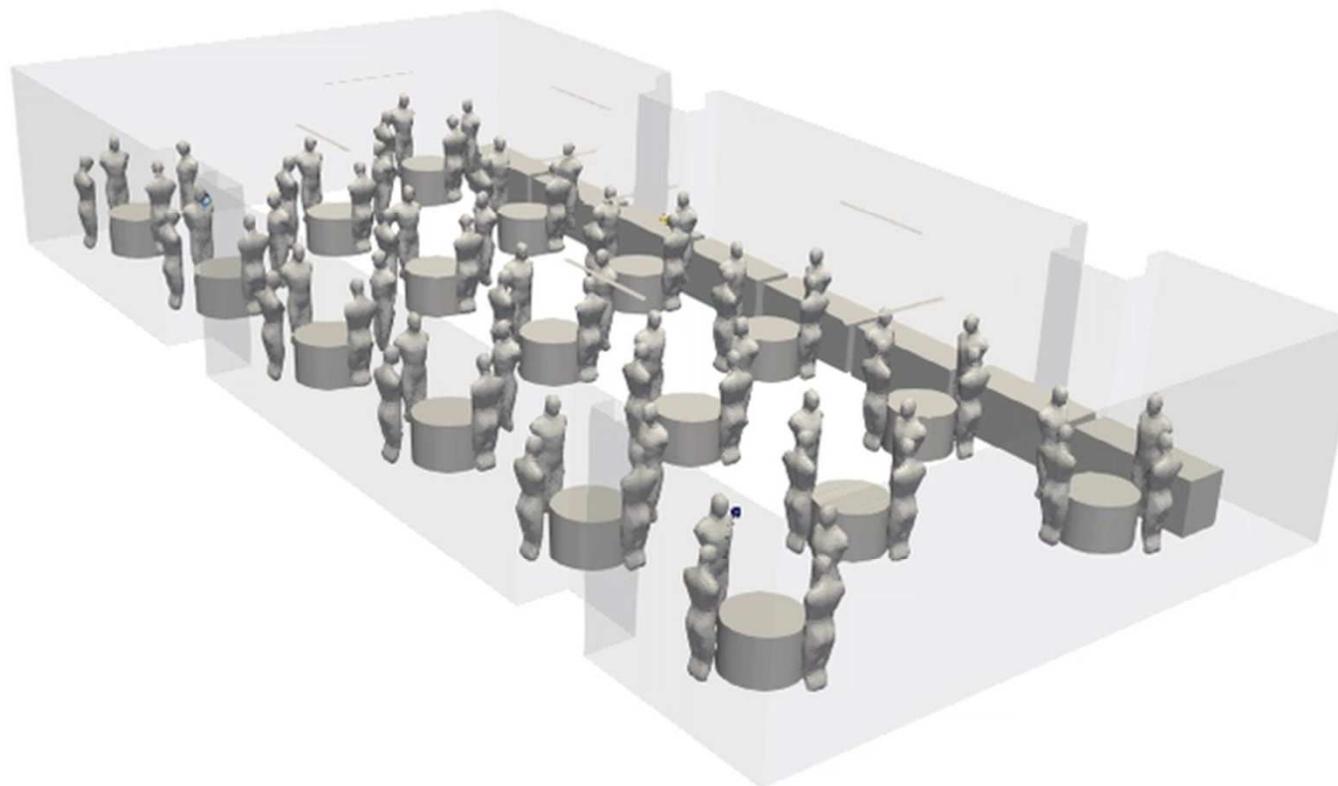
Z=1.55m断面



マスクをしない状態で会話した場合の飛沫飛散の様子

- 感染させる確率の比較的高い場所3か所を選び飛沫を可視化
 - 感染者のテーブル上で高濃度のエアロゾルが滞留する（室内換気が良好なため、10mを越えて遠方に届くことはあまりなく、リスクはテーブル上に限定される）

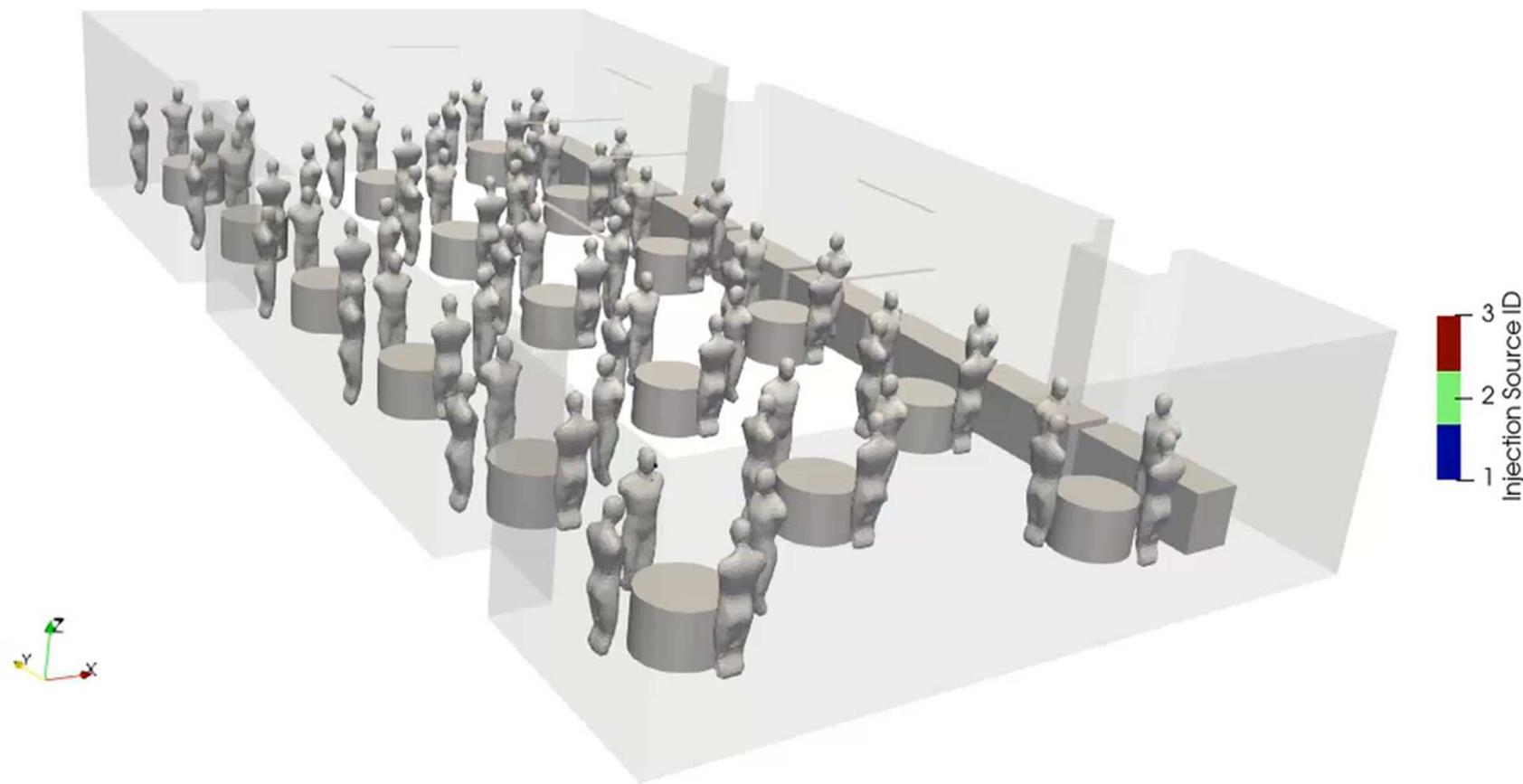
Time: 0.0 sec



感染者がマスクを装着した場合の飛沫飛散の様子

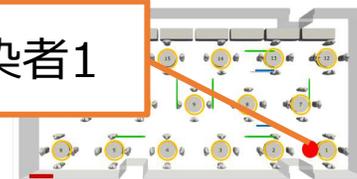
- マスク装着により発生する飛沫が数分の一に減少する
- 漏れ出た飛沫はマスクにより感染者の顔の周辺に漂い、体温により天井側に運ばれていく
- 一部のエアロゾルは周囲の人に到達するが、含まれるウイルスが少ないため、リスクは相対的に低い

Time: 0.0 sec

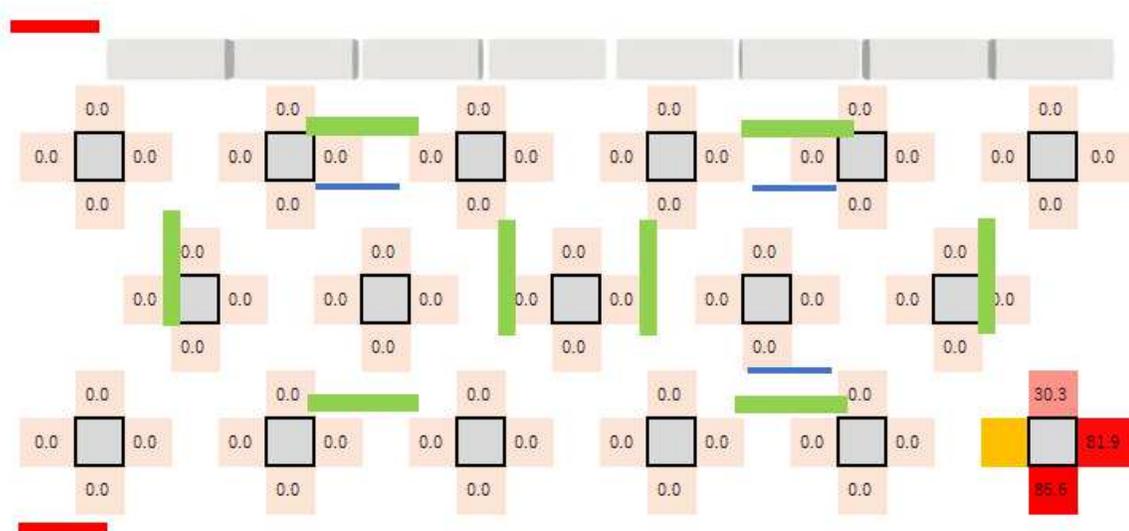


- 一時間、感染者と同席した場合の感染確率

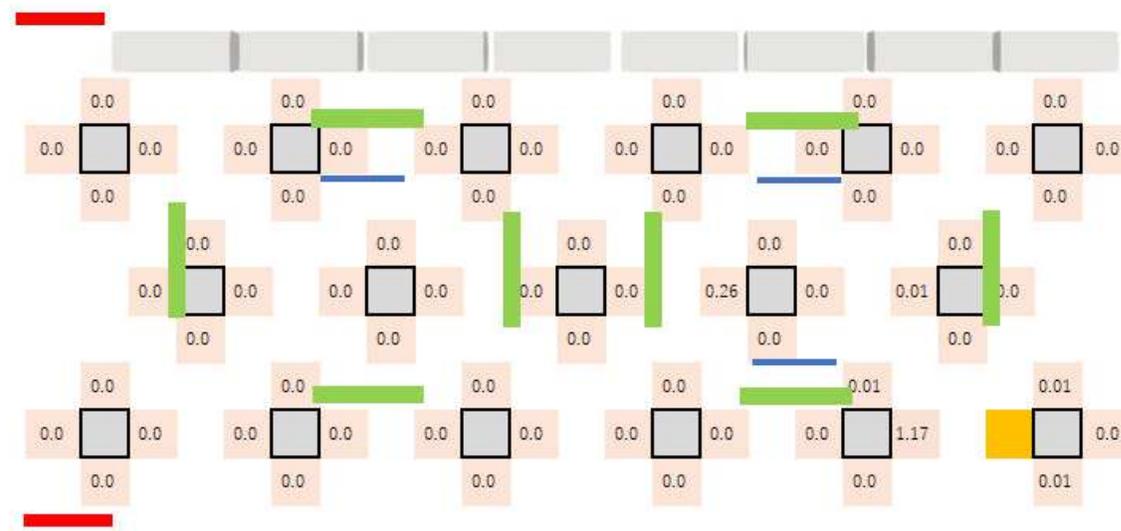
感染者1



感染者マスク未着用



感染者マスク着用



感染者が感染させる確率

感染者:マスク未着用
非感染者:マスク未着用



感染者が室内の人を感染させる確率(最大値): **85.6%**

感染者マスク未着用

感染者が感染させる確率

感染者:マスク着用
非感染者:マスク未着用



感染者が室内の人を感染させる確率(最大値): **0.01%**

感染者マスク着用

- 一時間、感染者と同席した場合の感染確率

感染者マスク未着用



感染者が感染させる確率

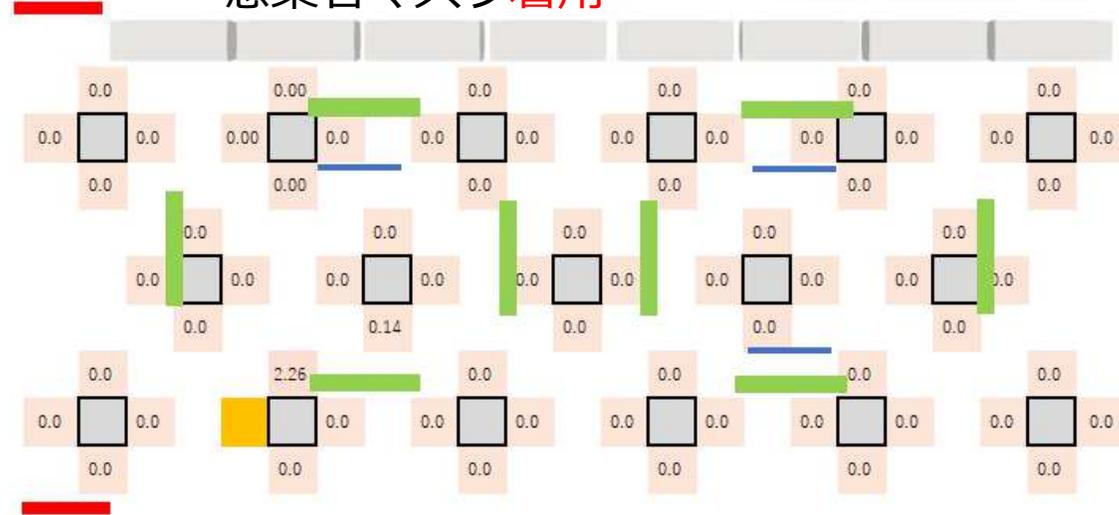
感染者:マスク未着用
非感染者:マスク未着用

感染確率低 感染確率高

感染者が室内の人を感染させる確率(最大値): 98.5%

感染者マスク未着用

感染者マスク着用



感染者が感染させる確率

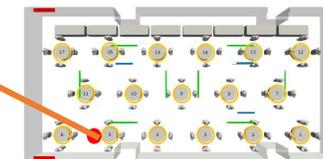
感染者:マスク着用
非感染者:マスク未着用

感染確率低 感染確率高

感染者が室内の人を感染させる確率(最大値): 2.3%

感染者マスク着用

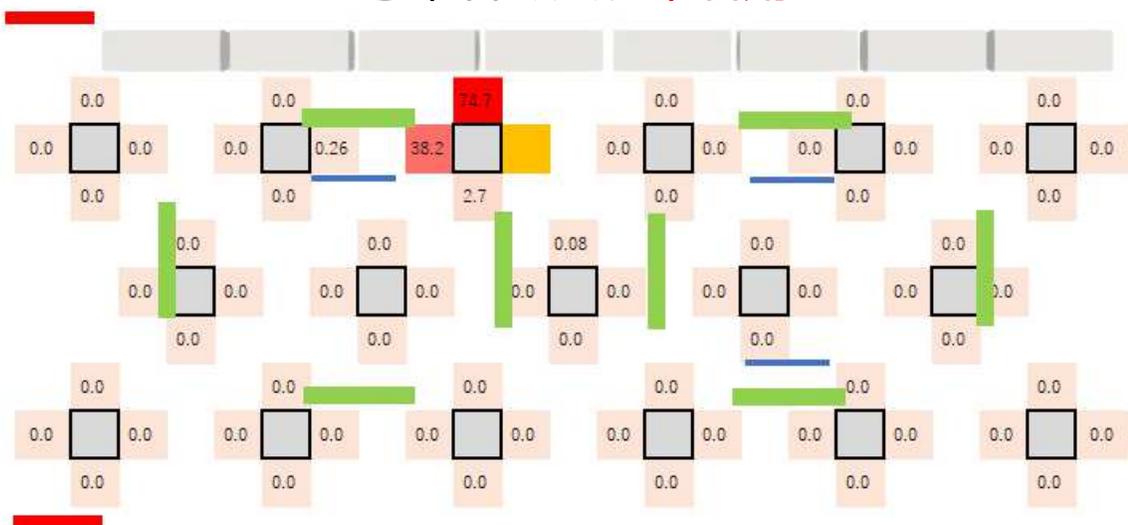
感染者2



マスク着用によるリスク低減の効果

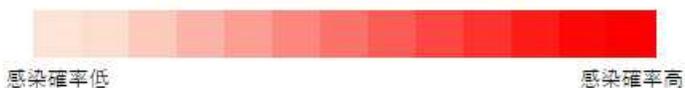
● 一時間、感染者と同席した場合の感染確率

感染者マスク未着用

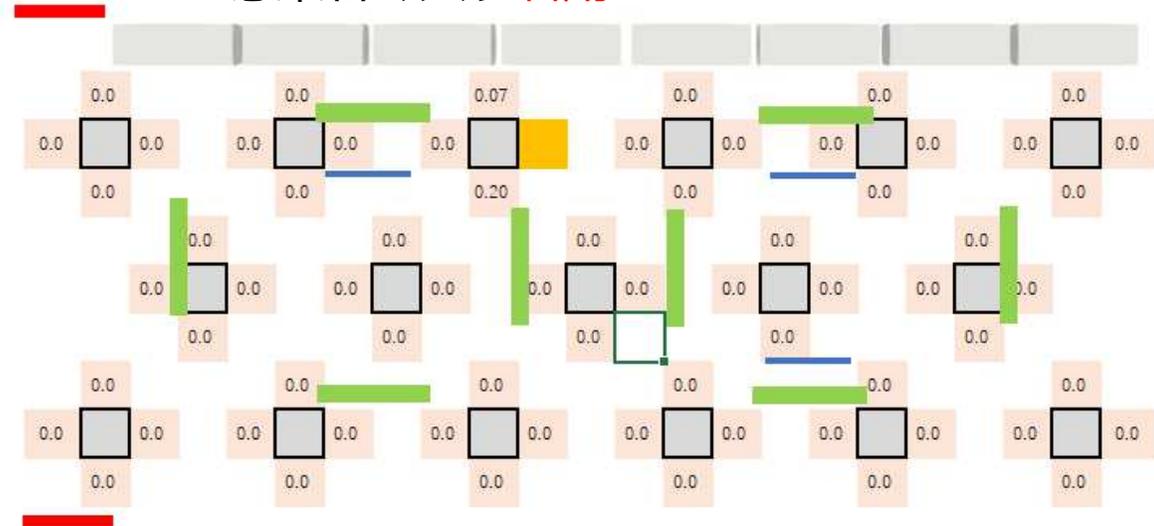


感染者が感染させる確率

感染者:マスク未着用
非感染者:マスク未着用

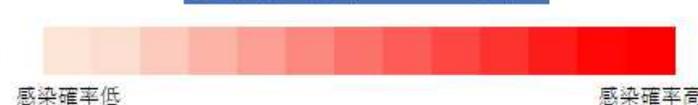


感染者マスク着用



感染者が感染させる確率

感染者:マスク着用
非感染者:マスク未着用



感染者が室内の人を感染させる確率(最大値): 74.7%



感染者が室内の人を感染させる確率(最大値): 0.2%

感染者マスク未着用

感染者マスク着用

まとめ

- マスクを装着する際は、顔との隙間をできるだけなくすることが大切
- 「手洗い・うがい」や室内の「換気」、人と人との距離や接触時間、マスクの装着等、複合的な観点から、持続的な無理のない対策をすることが必要
- キッチンでの換気扇やエアコンの稼働、さらにパーティションの設置で、店舗全体の感染リスクは三分の一程度まで下げることができる
- 観光バス等の長時間におよぶ接触かつ会話が伴う場合は、マスクの着用が有効
- 宴会場は、良好な換気により、リスクの範囲は感染者の周囲のみに絞られ、室内に感染させるリスクは低減する。
- そうしたことから、検温などにより、体調の悪い方の来場を未然に防ぐことや、適切な換気を行うことが大切。