

室内環境におけるウイルス飛沫感染 の予測とその対策

課題責任者
理化学研究所／神戸大学 坪倉 誠

謝辞

本研究は以下の支援を受けて行っている。ここに謝意を表する。

- ・ 「新型コロナウイルス対策を目的としたスーパーコンピュータ「富岳」の優先的な試行的利用について」 (文部科学省/理研)
- ・ 「スマートライフ実現のためのAI等を活用したシミュレーション調査研究」 (内閣官房)
- ・ 「新型コロナウイルス感染症対応HPCI臨時公募 (課題番号hp200154) (東大Oakbridge-CX)」 (HPCI)

おねがい

本資料に含まれる図やアニメーションは、研究の主旨に沿った報道であれば自由に用いて頂いてかまいません。ただし利用する際は、媒体名と企画内容について、予め**理研計算科学研究センター広報申請フォーム**にて申請願います。

<https://krs2.riken.jp/m/fugaku-corona-dl-1126>

また、本研究に関する取材については、**理研計算科学研究センター広報**まで連絡をお願いします。

<https://krs2.riken.jp/m/media-form>

同一テレビ局内の別報道番組での動画等の再利用については、新たに許可を得る必要はありません。用いた場合の番組名と報道日時のみ、上記広報までご連絡下さい

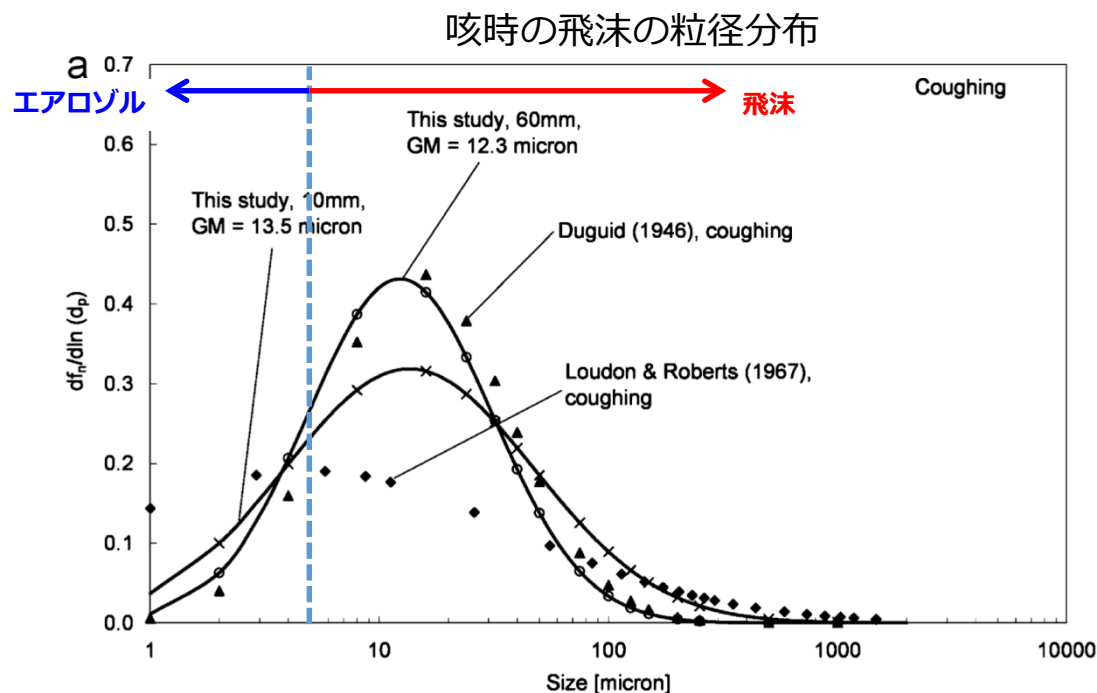
坪倉 誠 の所属表記は、下記の例のように理研と神戸大を併記するようお願いします。

(例)

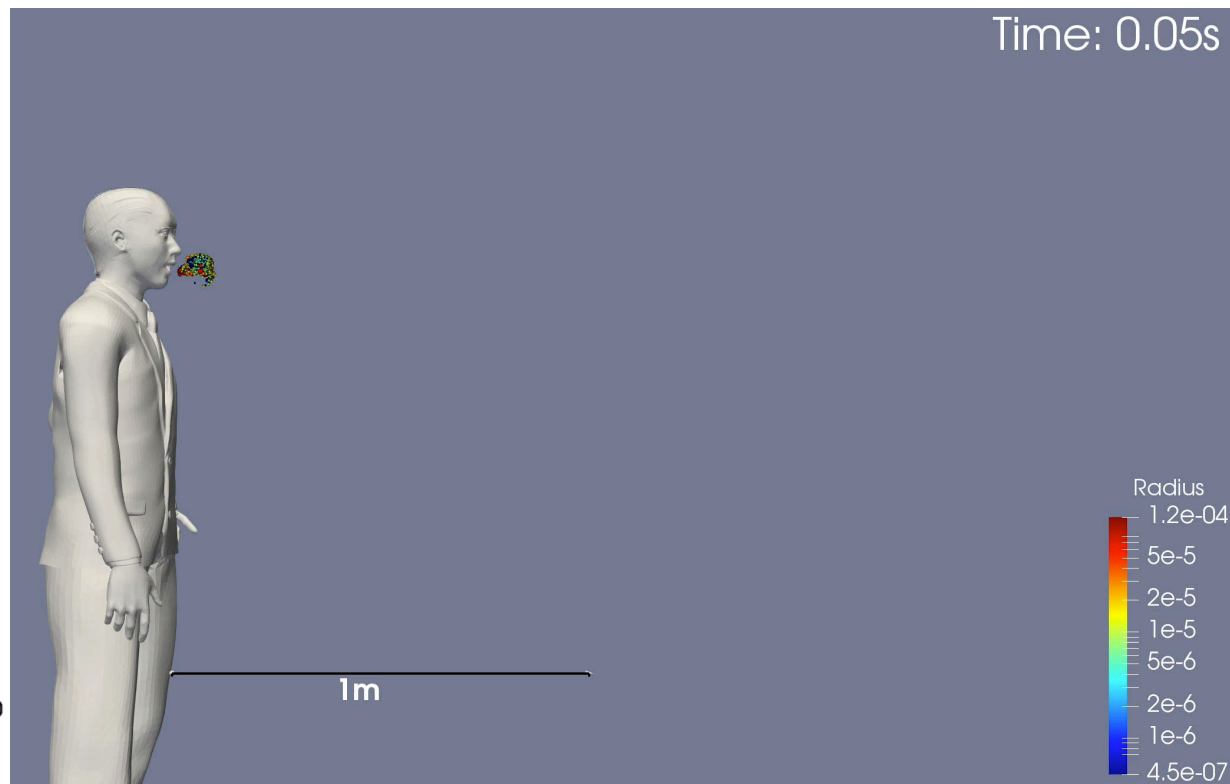
- ・ 理化学研究所計算科学研究センター チームリーダー／神戸大学大学院システム情報学研究科 教授
- ・ 理化学研究所チームリーダー／神戸大学教授
- ・ 理研／神戸大

飛沫・エアロゾル感染シミュレーション

- ウイルスに対する闇雲な恐れ，根拠のない侮りは，**ウイルスが目に見えないから**。
- ウイルス飛沫の飛散，拡散経路を，空気と粒子の運動**シミュレーション**で予測する。
- **スパコン富岳の能力を活用**して，詳細な物理モデル（蒸発，壁付着等）を用い，様々な状況や条件を調べ，**感染リスク低減のための対策**を検討する。
- 目に見えない飛沫を可視化し，社会に発信することで，飛沫に対して**正しい理解**と**感染予防の啓発**を行う。



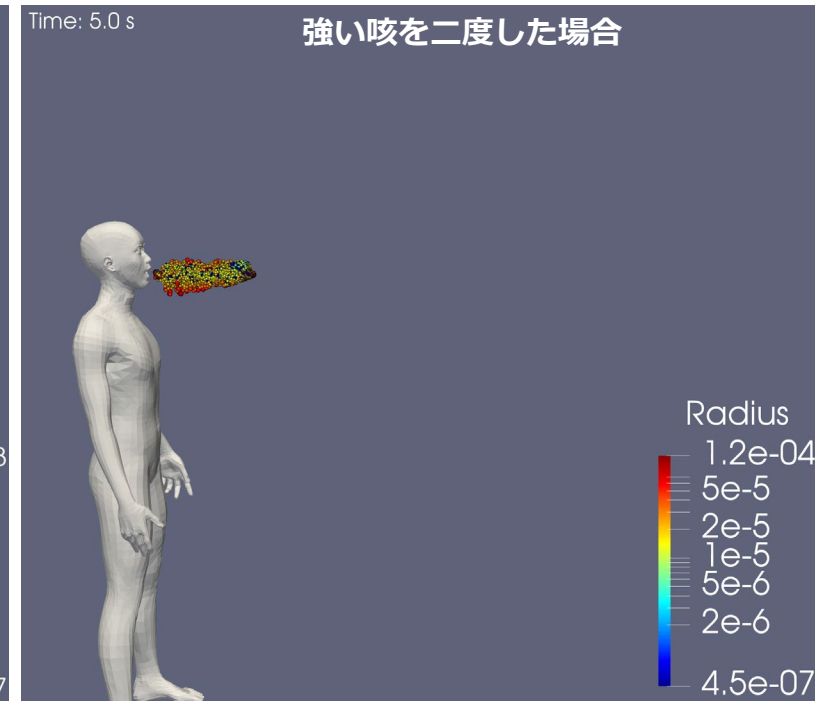
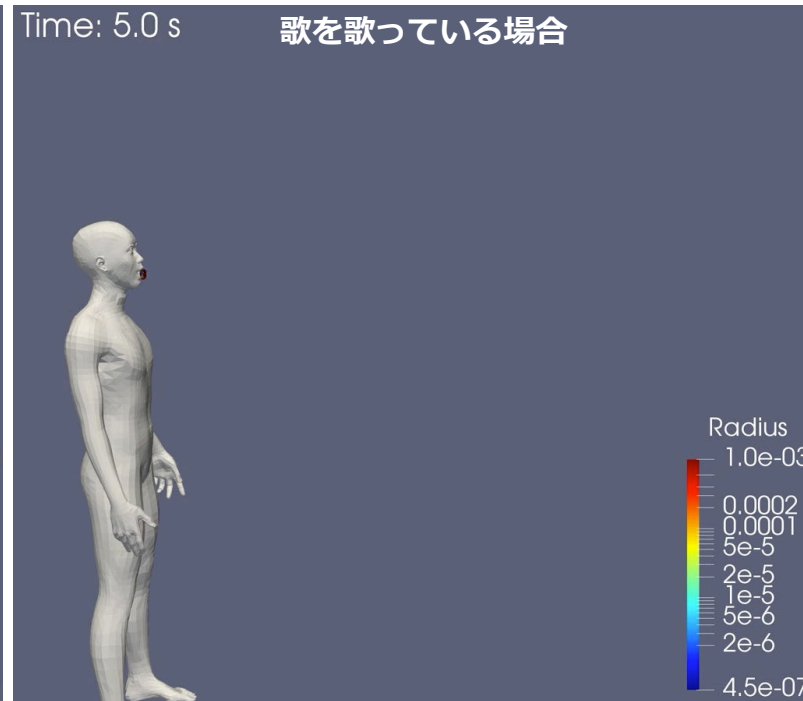
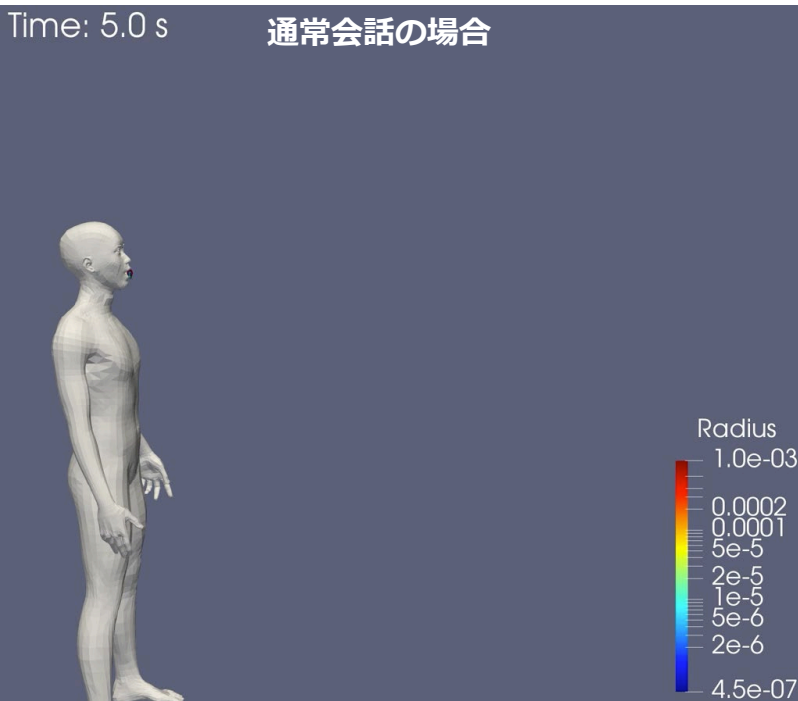
C.Y.H. Chao et al./Aerosol Science 40(2009)122-133



会話，歌唱，咳時の飛沫の飛び方の比較

通常に会話している時や歌を歌っている時の飛沫の飛び方は、咳とどのように違うのか？

- 会話は、英語でone, two, three, ..., tenを5.5秒で発話し、それを繰り返す（1分で約9000個の飛沫・エアロゾル）
- 歌は、大きな声でone, two, three, ..., tenを5.5秒で発話し、それを繰り返す（1分で約25000個の飛沫・エアロゾル）
- 咳は強く2回する（総計3万個程度の飛沫・エアロゾル）
- 色は飛沫のサイズ（赤：百ミクロン，青：0.5ミクロン）

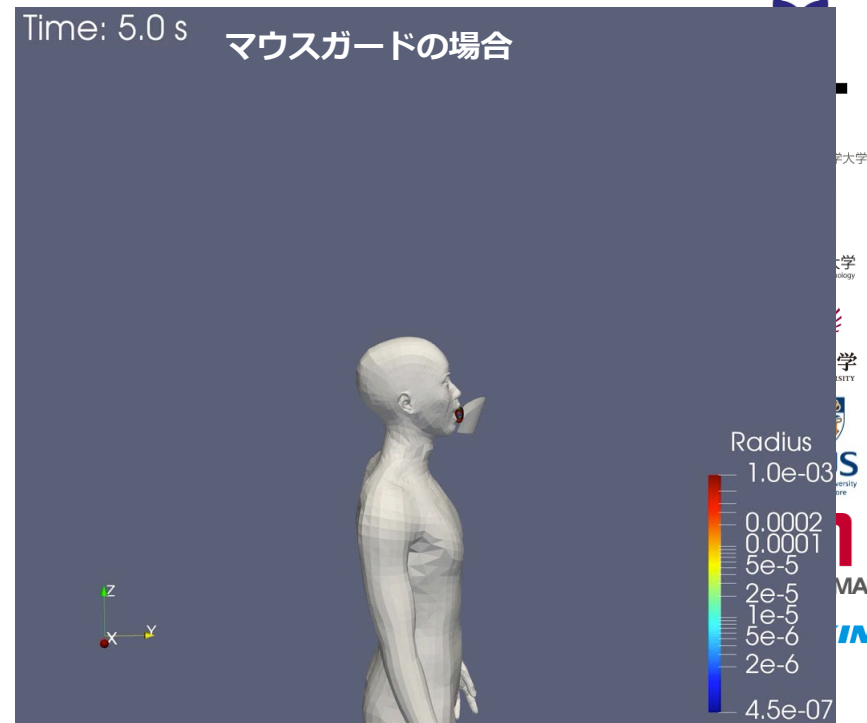
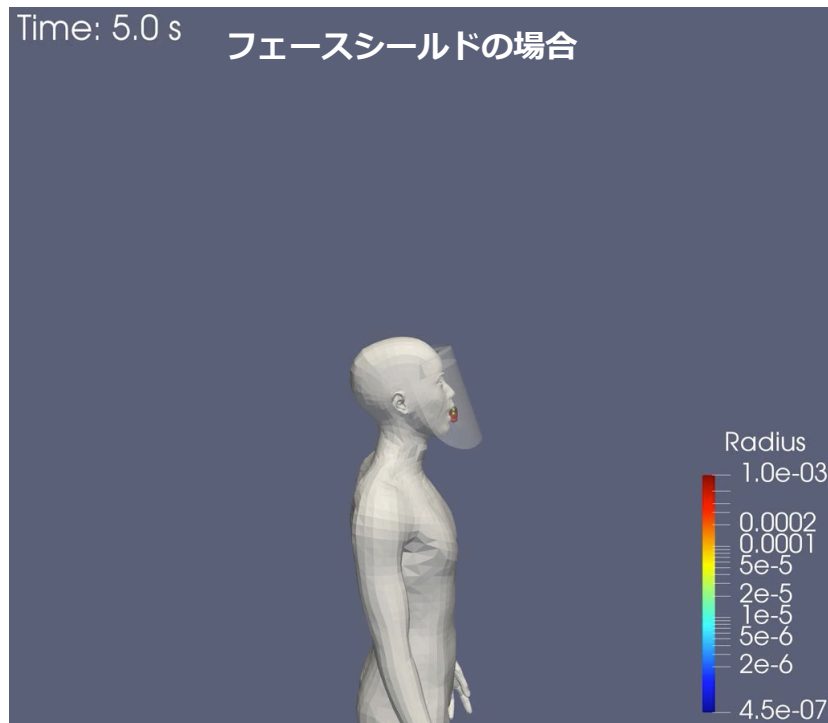
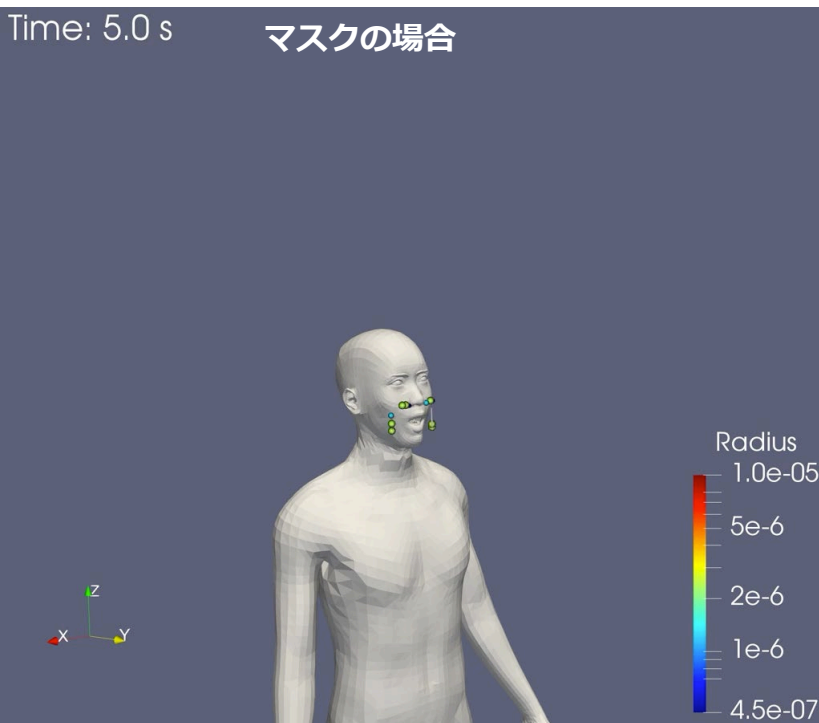


- 通常会話であっても3分程度会話を続ければ、結果的に咳一回と同じ程度の飛沫・エアロゾルが発生する。
- 歌唱時は通常会話と比較して飛沫量も数倍になり、より遠くまで飛ぶ。1分程度で咳一回分の飛沫・エアロゾルが飛散する。

マスク、フェースシールド、マウスガードの比較

フェースシールドやマウスガードでどの程度、飛沫・エアロゾル（5ミクロン程度以下の小さな飛沫）の飛散を防御できるのか？（他者への飛沫・エアロゾル感染低減効果）

- 歌唱時を想定（16秒で6117個）



- フェースシールドやマウスガードでも大きな飛沫の飛散抑制効果はある程度期待できる。一方、エアロゾルについてはマスクと比較してかなりの量が漏れ出てしまうので、室内の換気対策や高濃度のエアロゾルの拡散等、エアロゾルに対する対策を十分に検討する必要がある。

マスク素材違いの影響

実施内容

- 飛沫・エアロゾル感染リスクを低減するためのマスクの効果に関して、マスクの素材による違いを実験・シミュレーション双方から詳細に調査した。

パーティクルカウンター（飛沫の数を計測する装置）を用いてマスクの内側の飛沫数（ $0.3\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ ）を数え、フィルタ効率とする。同時にマスク前後の圧力損失も計測。また、外部にでる数からマスクの捕集効果を確認している。



計測装置（カノマックス社製）
マスクフィットテスター（吸い込み）
パーティクルカウンター（吐き出し・素材透過率）

Model 3000
Model 3889

フィルタ効果・圧力損失をシミュレーションに入力



マスク着用時のシミュレーション

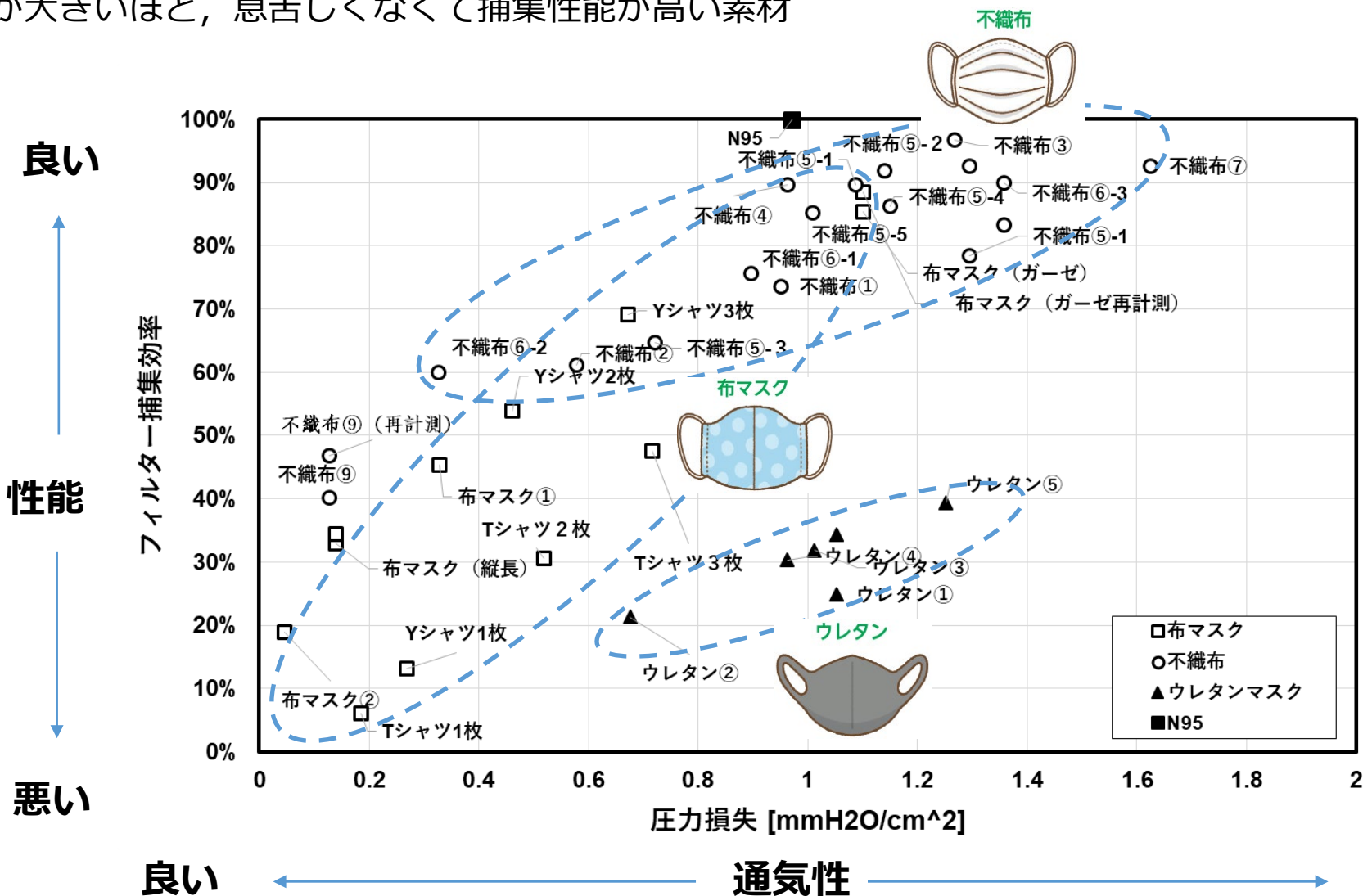


素材の特性（フィルタ効率と圧力損失）を実験で計測し、その結果を用いてマスク着用時の流れとマスク捕集効果をシミュレーションしている

マスク素材違いの影響

マスク素材のフィルター捕集効果と通気性能の関係：実験計測結果（豊橋技科大）

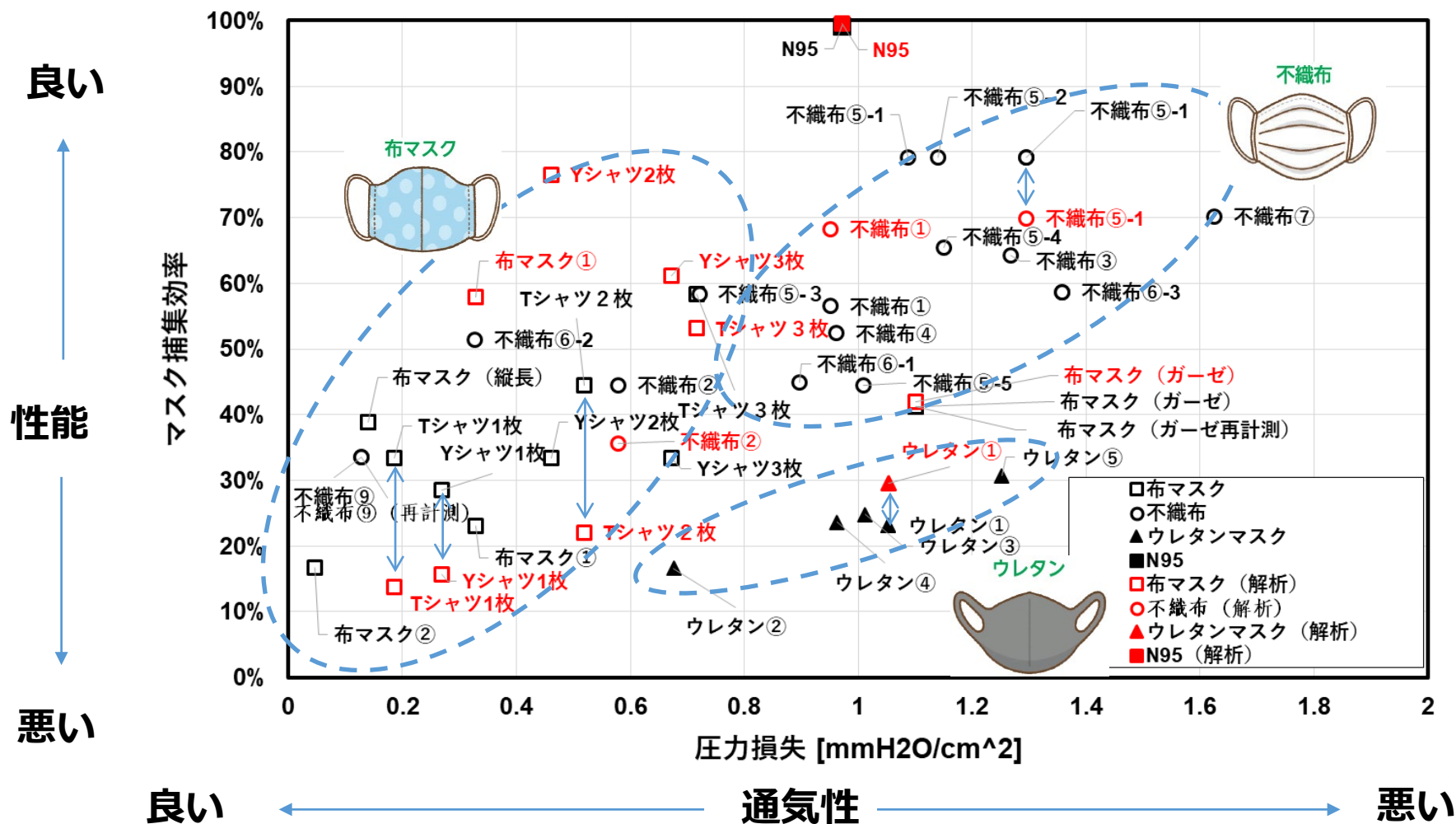
- 通気性能とフィルター捕集効率（素材そのものの性能）の関係。（シミュレーションの計算条件として利用）
- 傾きが大きいほど，息苦しくなくて捕集性能が高い素材



マスク素材違いの影響

マスクを装着した場合の捕集効果と通気性の関係

- 通気性能と**マスク捕集性能**（実際にマスクを装着した際の性能）の関係. シミュレーション結果（赤）と実験結果（青）を併記.

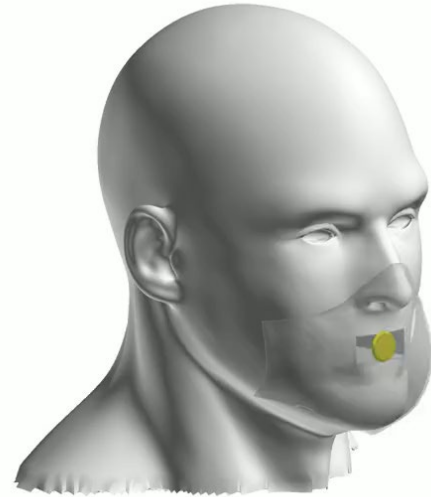


マスク素材違いの影響

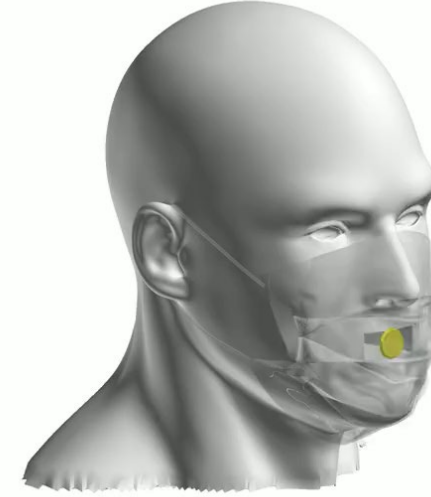
黄：隙間放出
赤：マスク・顔付着
青：マスク透過

提供：理研・豊橋技科大・神戸大，協力：京工織大・阪大・大王製紙

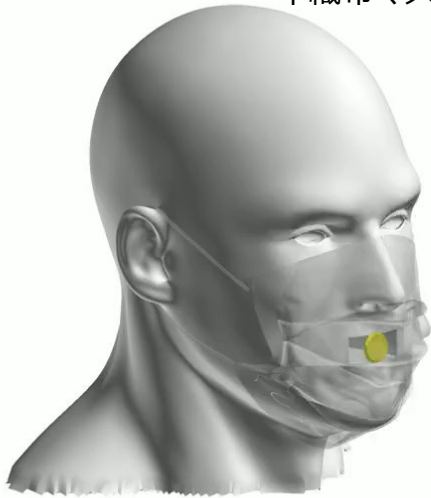
ウレタンマスク



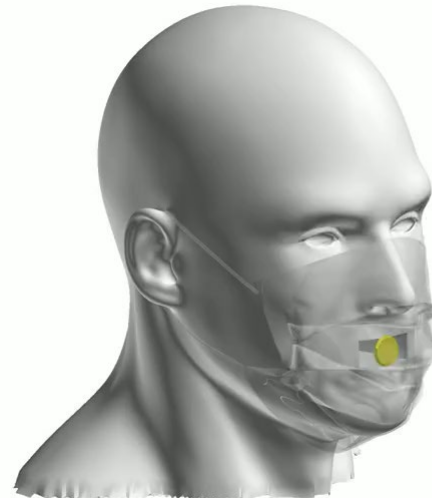
T-シャツ1枚布マスク



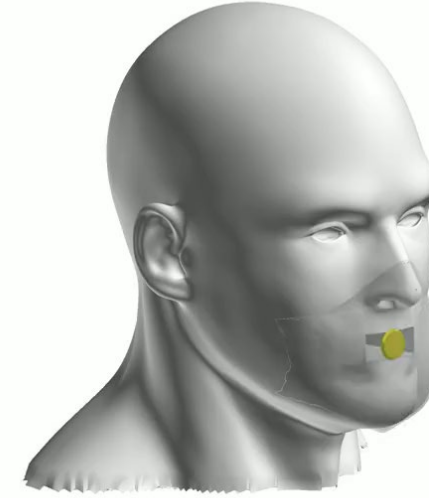
不織布マスク①



不織布マスク②



N95

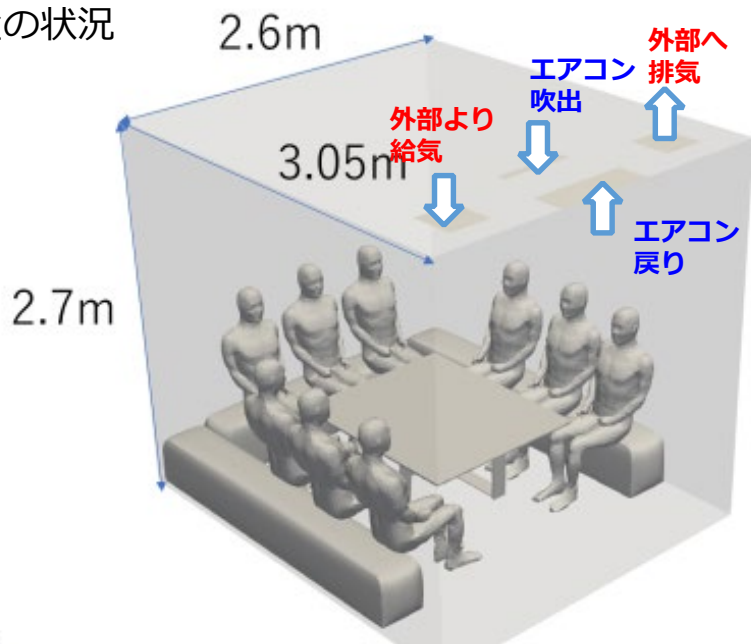


カラオケボックスにおけるリスク評価と対策について

カラオケボックスにおけるリスクとその対策は？

- 21m³程度の小部屋に9人が入室した状態で、一人が歌唱する場合を想定。
- 一般的なカラオケボックスでは、一人当たりの換気量としては十分な量が確保されていることが多い（通常オフィスの倍程度）ので、ここでは500m³/h（1時間で23回の換気、） **一人当たり56m³/h**を想定する。

換気装置の状況



室内の気流の様子

Time: 0.0



	吹出/吸込風量(m/s)	風量(m ³ /h)	外部換気	総体積	一人当たりの換気量
SOA（外気給気）	1.54	500	500	21.4m ³	56m ³ /h
EA（外気排気）	- 1.54	500	0		
AC_SA（AC吹出）	4.48	570	0		
AC_RA（AC戻り）	- 0.98	570			

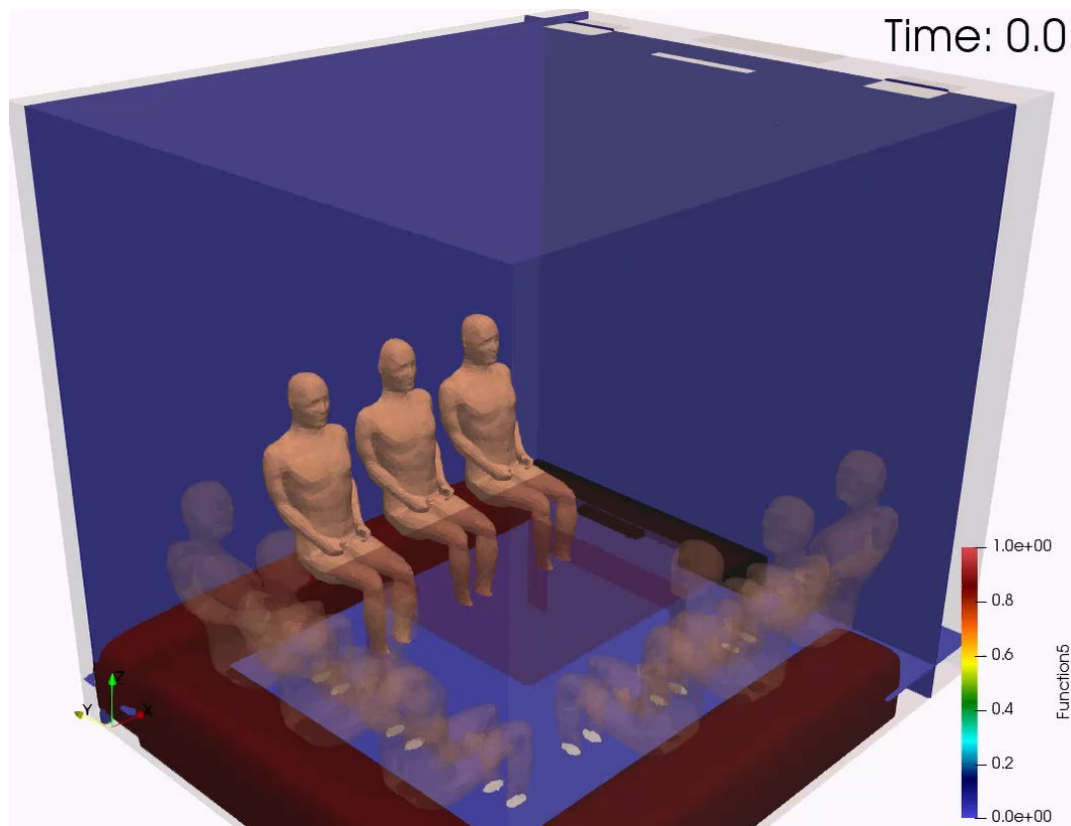
カラオケボックスにおけるリスク評価と対策について

換気性能の評価（エアロゾル感染リスクの評価）

- 仮想的に汚染空気で車内を満たし（赤），換気により新鮮空気（青）に入れ替わる様子を可視化

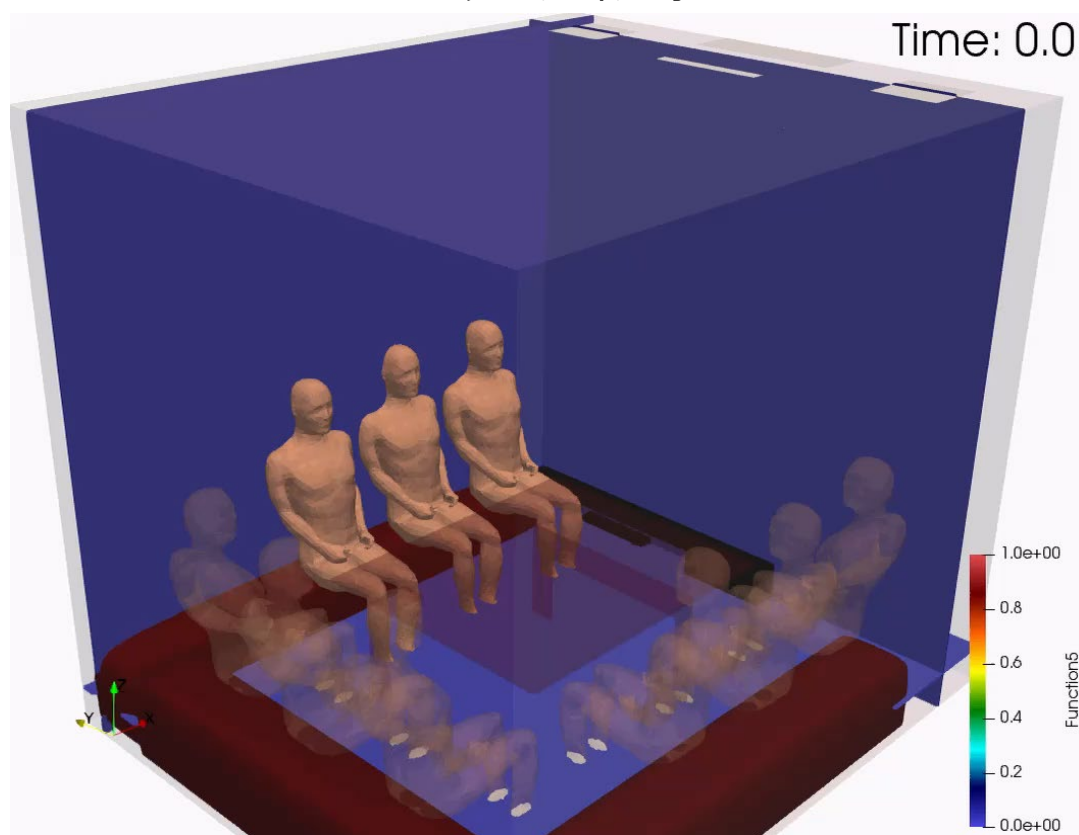
エアコンオフ時

Time: 0.0



エアコンオン時

Time: 0.0



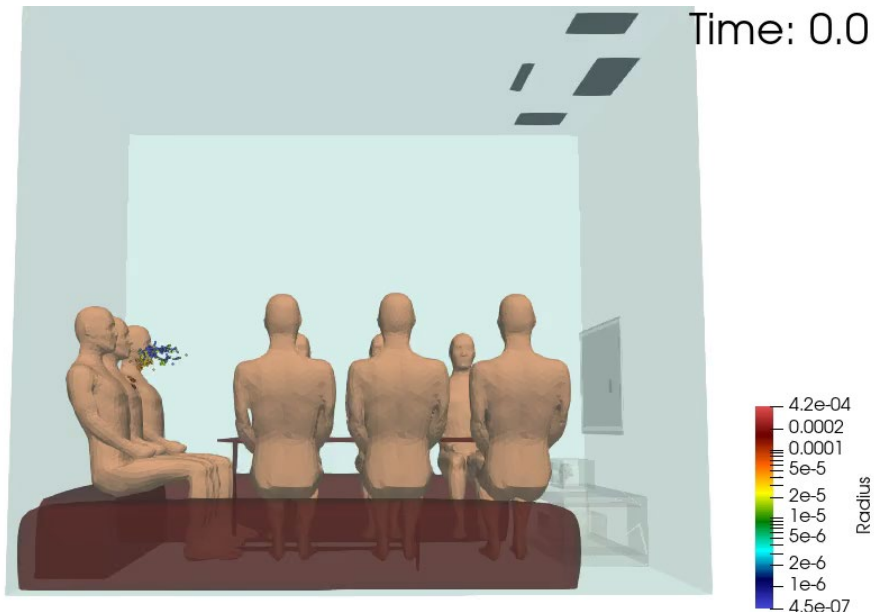
- 換気は部屋の下から上に進む。
- エアコンを作動させることで換気量を倍程度にすることができる。

カラオケボックスにおけるリスク評価と対策について

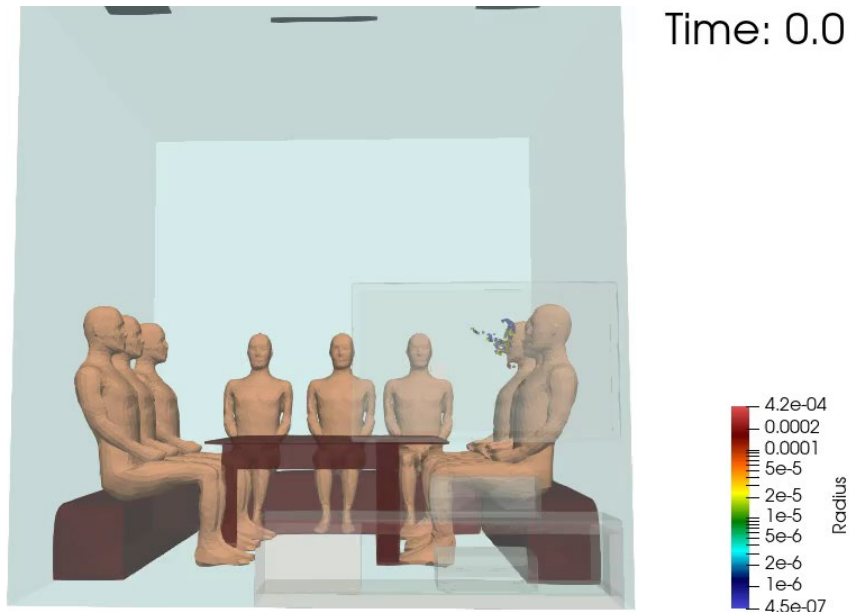
座る位置による飛沫の飛び方の違い

- 座った状態で一人が歌唱，マスク等は無し．

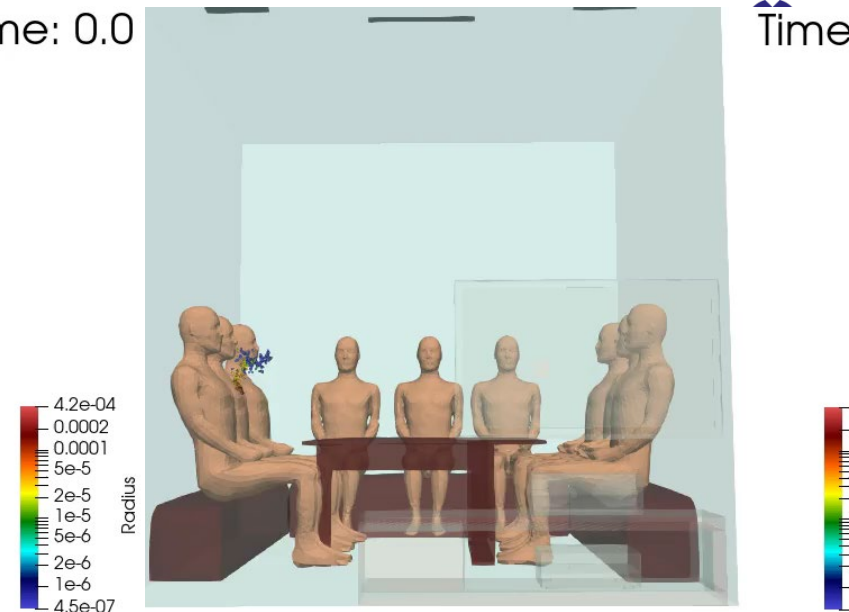
部屋の奥



部屋の手前排気口の下



部屋の手前給気口の下



- 大きな飛沫は歌唱者の前方，机の上等に落下．
- エアロゾルについては，場所により拡散にある程度の差はみられるが，狭い室内であるため，歌を歌い始めて30秒程度で急速に室内に拡散する．

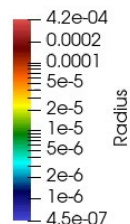
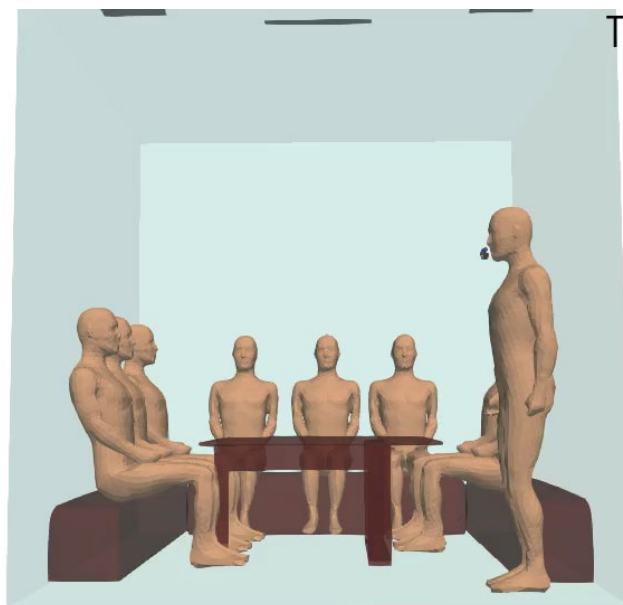
カラオケボックスにおけるリスク評価と対策について

対策1：排気口の下で歌う場合

- 立った姿勢で排気口の下で歌唱

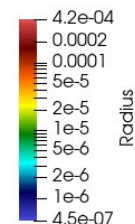
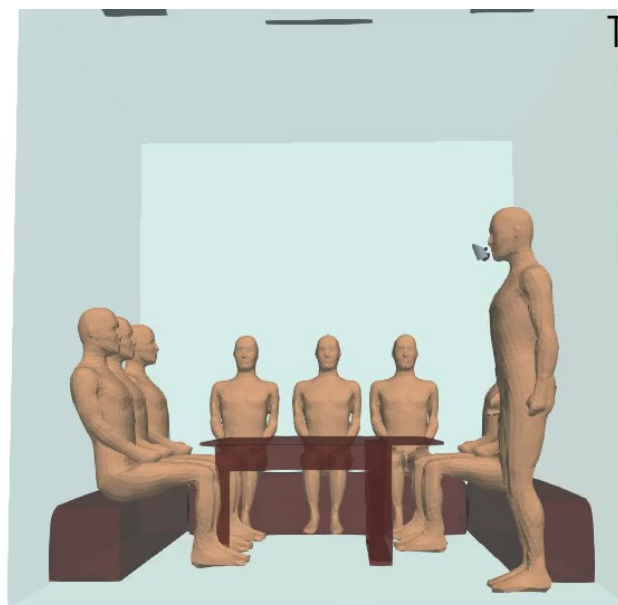
何も装着しない場合

Time: 0.000



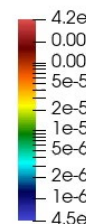
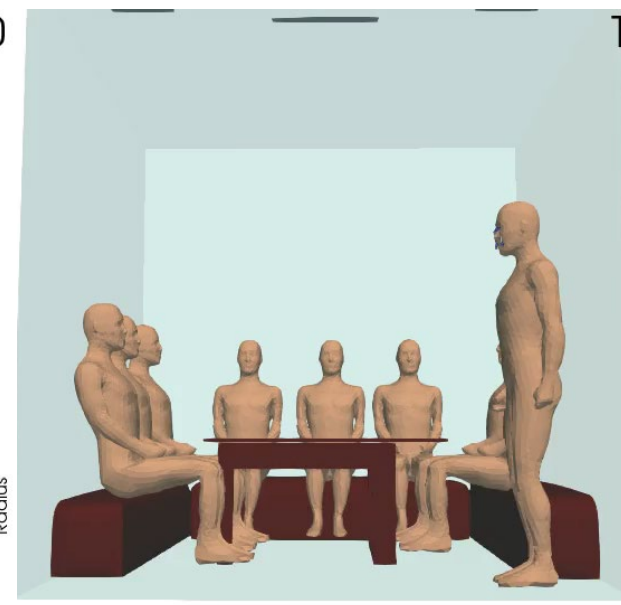
マウスガードを装着

Time: 0.000



マスクを装着

Time: 0.000



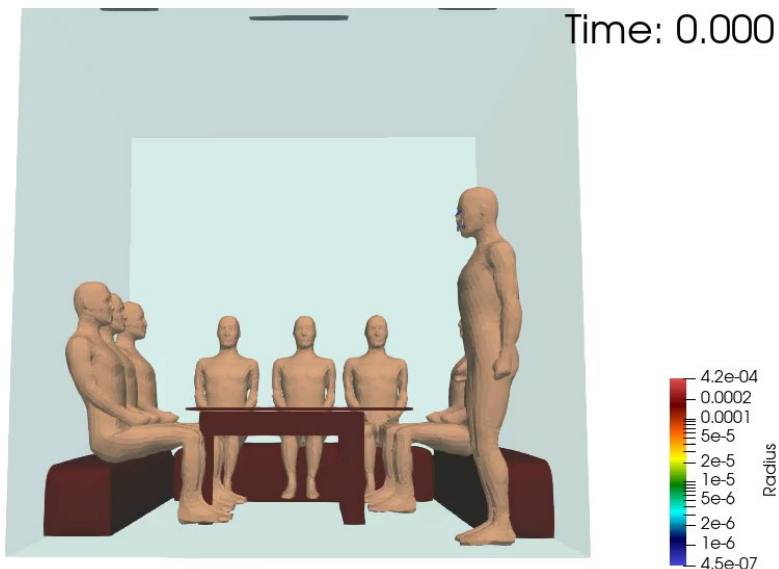
- 何も装着しない場合は、座った時と同様、30秒程度で室内全体に拡散する。
- マウスガードやマスクを装着することで、ある程度のアエロゾルは効果的に排気口から室外へ排出される。

カラオケボックスにおけるリスク評価と対策について

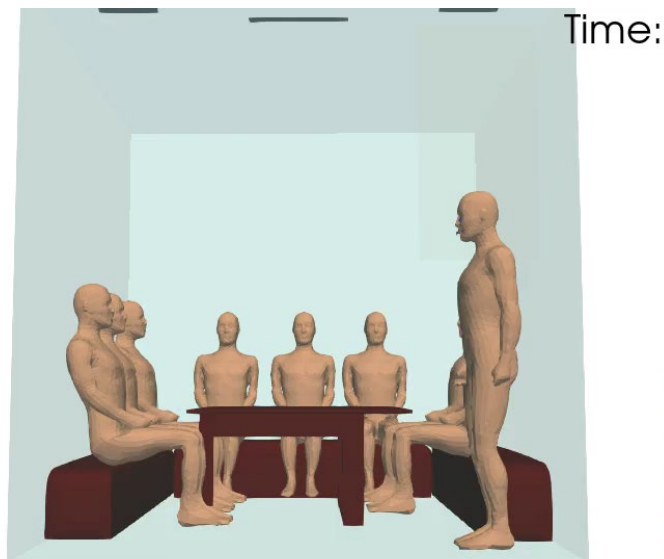
対策2：排気口の下+パーティションによる対策

- 排気口の下でマスクを装着，さらにパーティションを天井から顔の高さまで配置

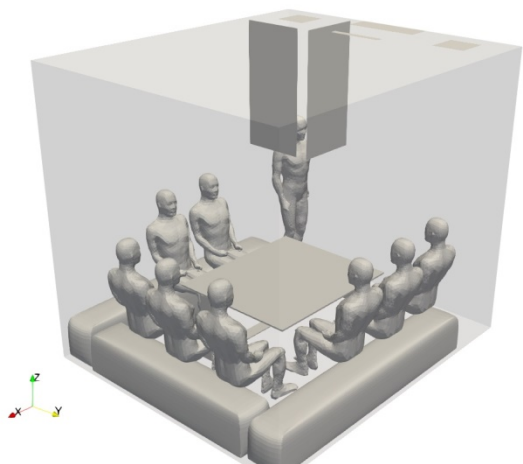
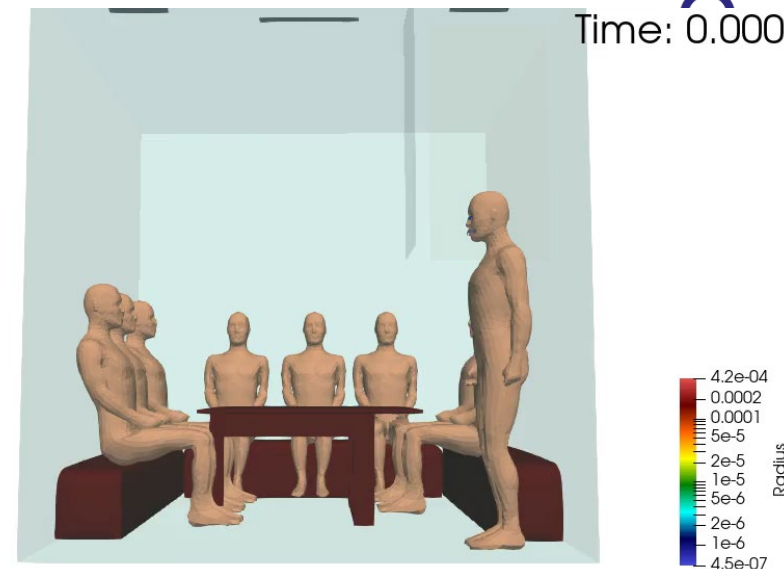
パーティション無し



横にパーティション



横と前に1枚のパーティション



- 排気口を使って，より効果的にエアロゾルを排出する場合は，排気口から顔の近くまで簡易なパーティションをつるすとさらに効果的であり，室内全体にエアロゾルが拡散することを防ぐことができる。
(そこまでの対策を求めるものではありません)

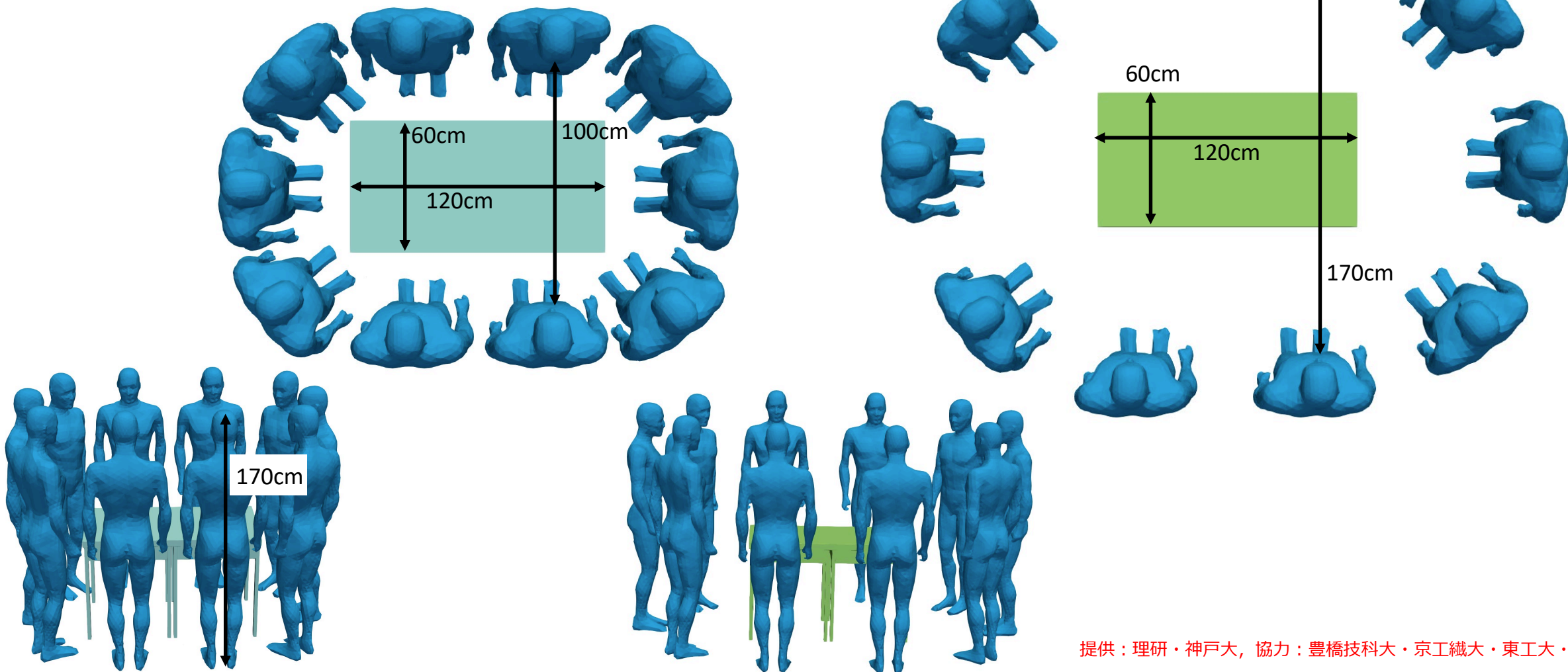
カラオケボックスにおけるリスク評価と対策について

- カラオケボックス内の機械換気は比較的良好であり、少なくとも一般オフィス以上の外部換気がなされている。室内のエアコンを作動させることで、さらに換気性能を向上させることができる。
- 室内が狭いため、マスク等をせずに歌を歌った場合、場所に寄らずエアロゾルは30秒程度で室内全体に広がる。さらなる感染リスク低減の観点からは、マスク等により発生するエアロゾルをできるだけ抑えることが望ましい。
- 排気口の下で立って歌った場合、マスクやマウスガードを装着することで、室内へのエアロゾルの飛散をかなり抑えることができる。
- 排気口を用いてエアロゾルの室内への拡散をさらに抑えるのであれば、排気口の周りにビニールシート等の簡易なパーティションを配置すれば、さらに効果的である。

野外活動におけるリスク評価と対策について

室内に対して安全と考えられている屋外での感染リスクは？

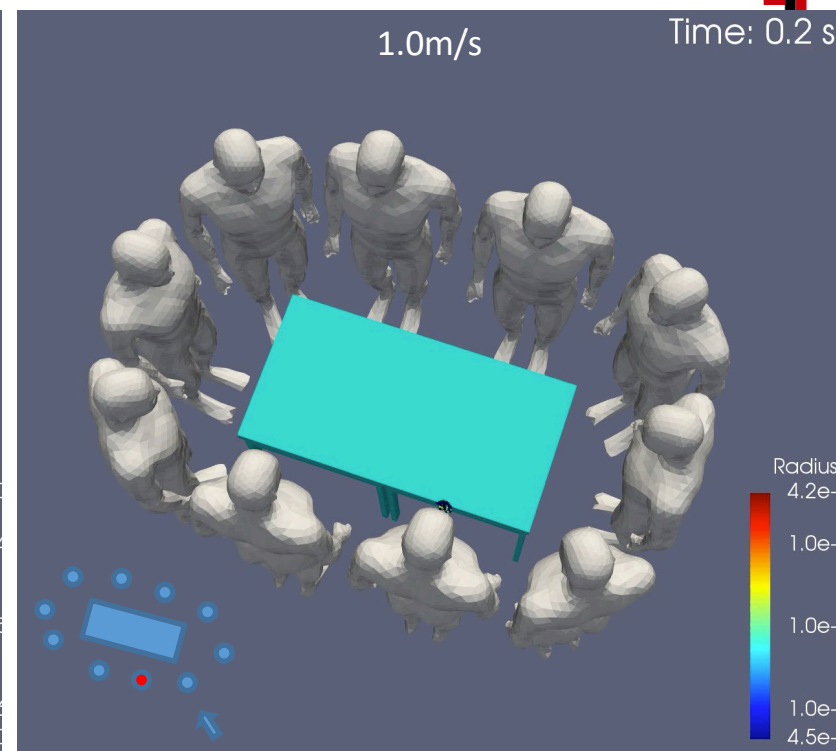
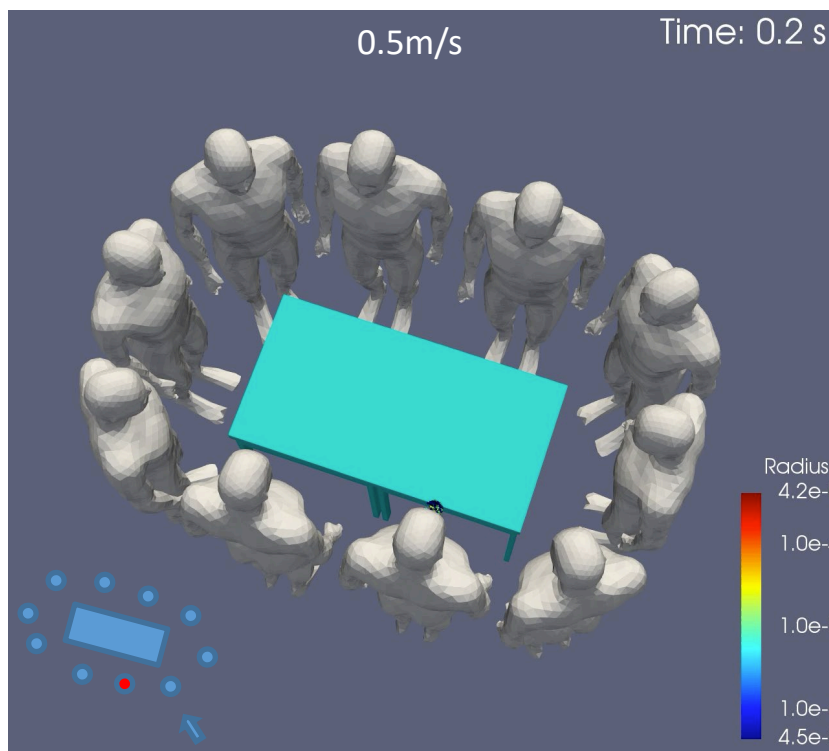
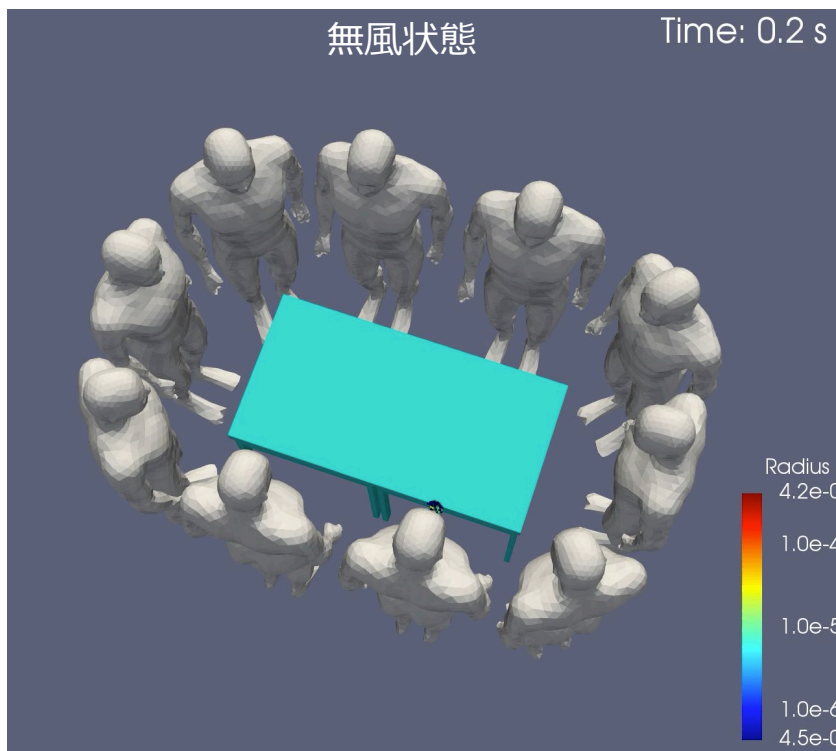
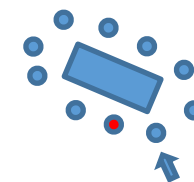
- 屋外でテーブルを囲んで飲食している場面を想定（大声で話している場面）。
- 無風状態の他、0.5～1.0m/s程度の微風を想定。
- 30秒間大声で発話の後、到達する飛沫数でリスクを評価
- 人と人との距離の他、マスクやマウスガードの効果についても検討



野外活動におけるリスク評価と対策について

風の強さの影響について

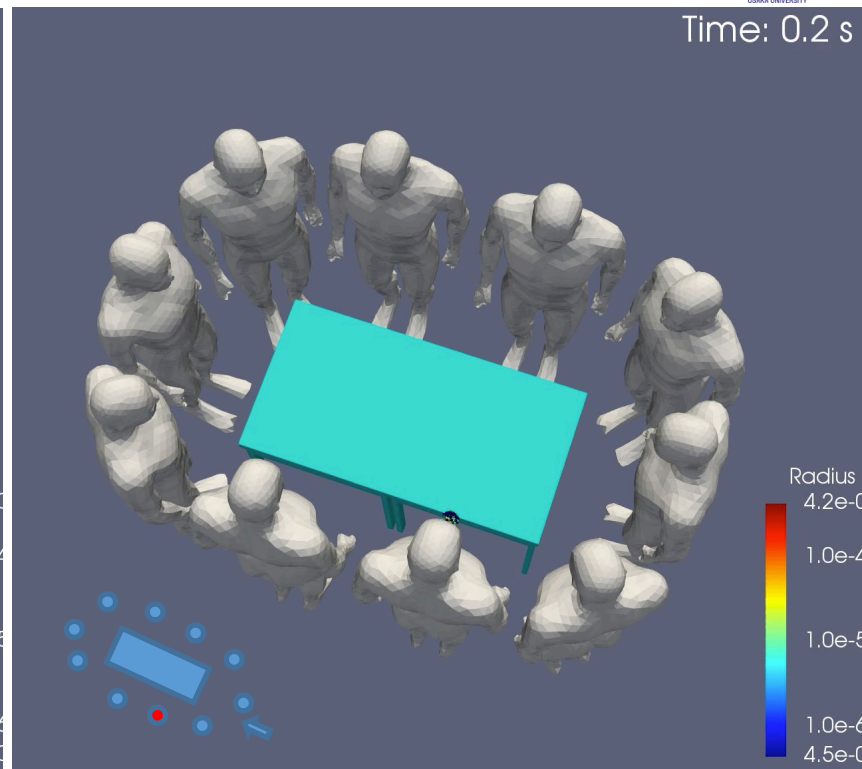
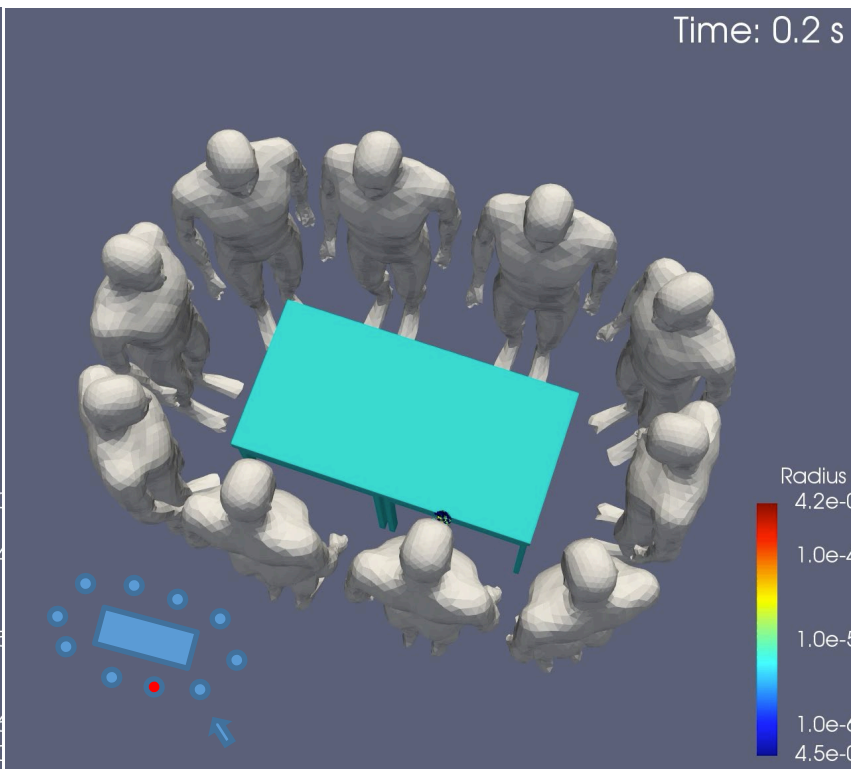
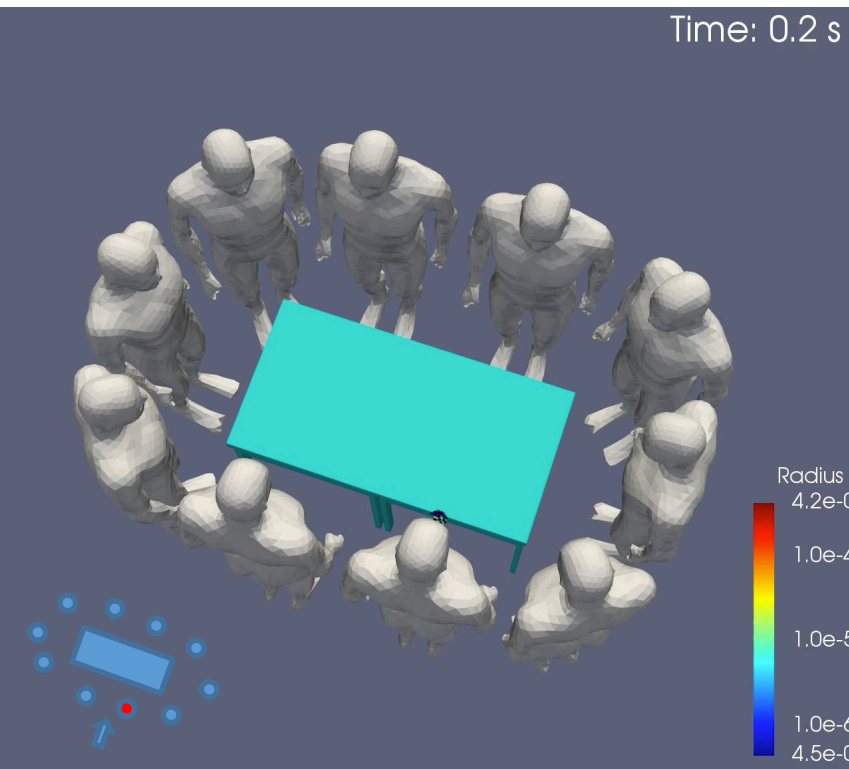
- 無風状態, 感染者の斜め後ろ方向から0.5m/s, 1.0m/sの微風が吹いている場合を比較



野外活動におけるリスク評価と対策について

風向きの影響について

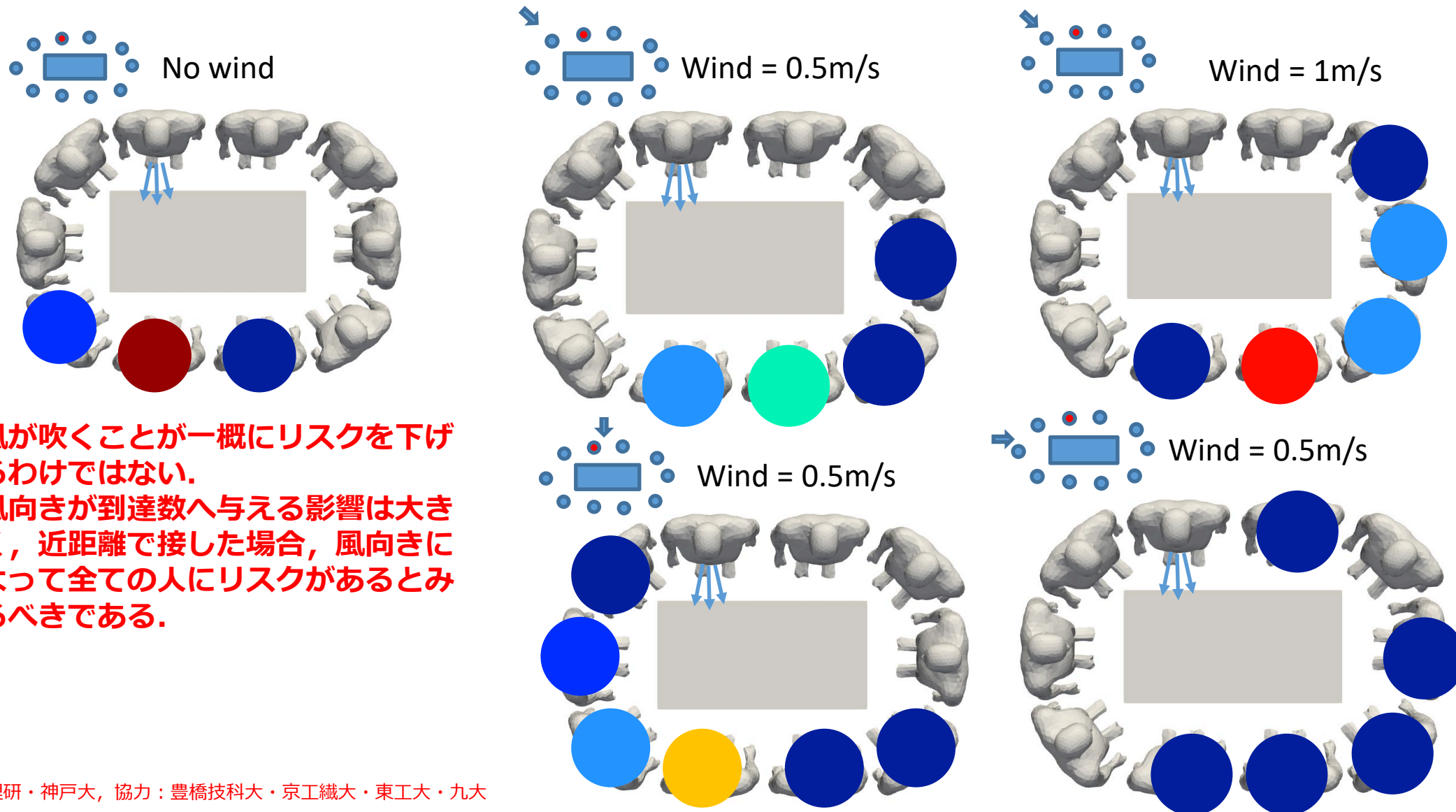
- 感染者に対して後ろ，斜め後ろ，横からの風（0.5m/s）を想定。



野外活動におけるリスク評価と対策について

リスクの定量評価

- 30秒間会話（10,000個程度の飛沫が発生）をした際に到達する飛沫量で感染リスクを定量評価

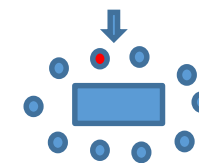


- 風が吹くことが一概にリスクを下げるわけではない。
- 風向きが到達数へ与える影響は大きく、近距離で接した場合、風向きによって全ての人にリスクがあるとみるべきである。

野外活動におけるリスク評価と対策について

マウスガードやマスクの効果について

- 感染者の後方から0.5m/sの風が吹いている際に、マウスガードやマスクの効果を検討する。



対策なし

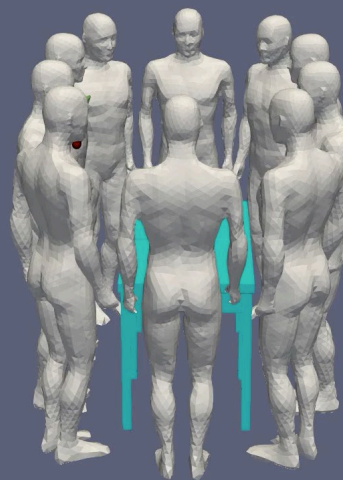
Time: 0.2 s



Radius
4.2e-04
1.0e-4
1.0e-5
1.0e-6
4.5e-07

マウスガード

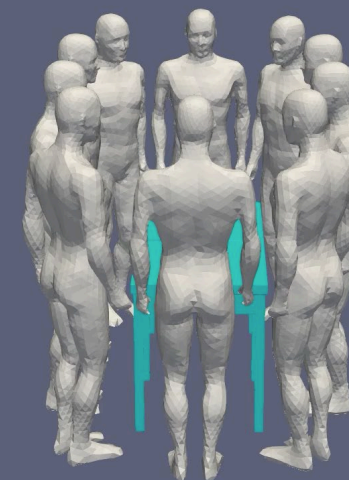
Time: 0.2 s



Radius
4.2e-04
1.0e-4
1.0e-5
1.0e-6
4.5e-07

マスク

Time: 0.2 s

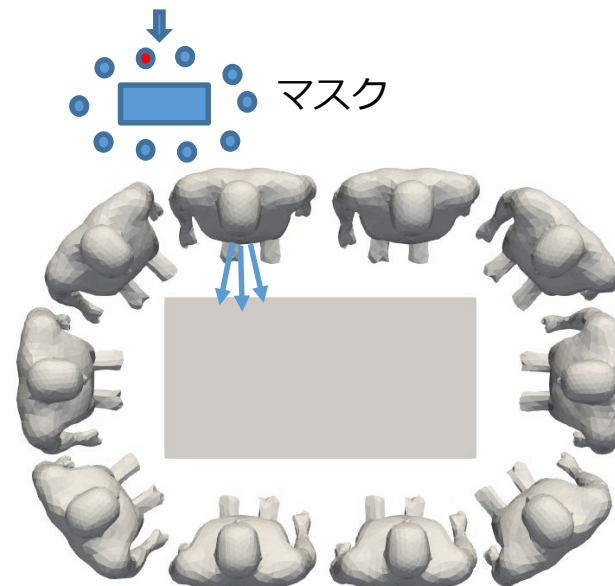
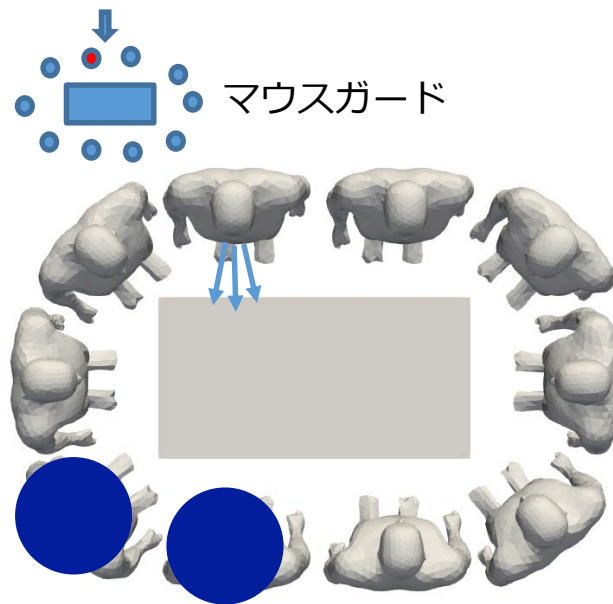
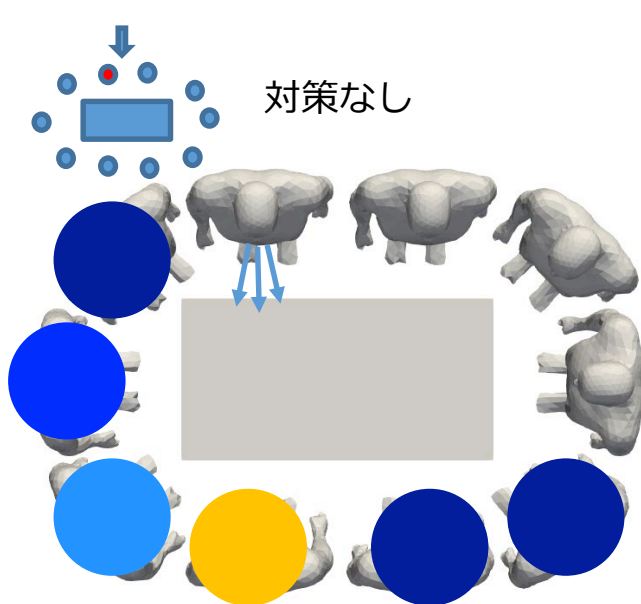


Radius
4.2e-04
1.0e-4
1.0e-5
1.0e-6
4.5e-07

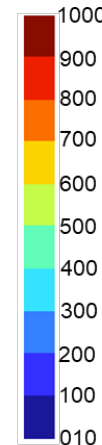
野外活動におけるリスク評価と対策について

マウスガードやマスクの効果について

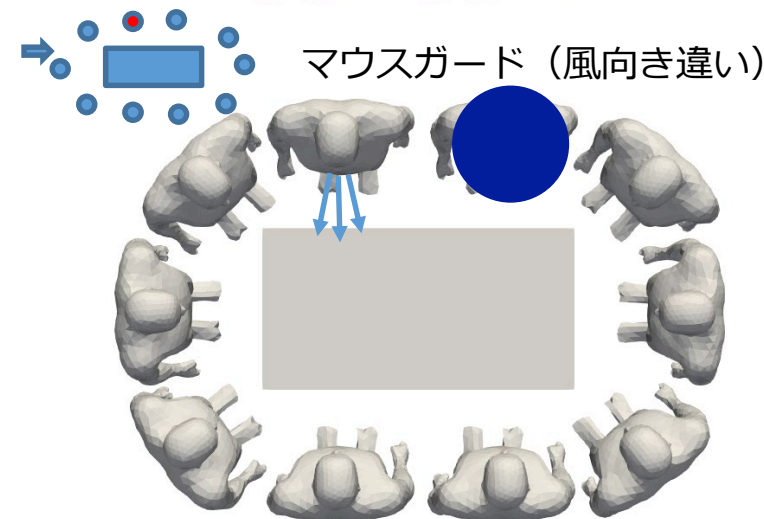
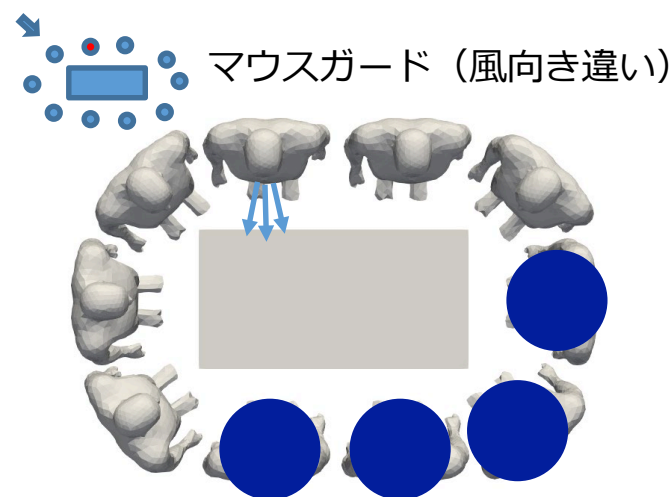
Wind = 0.5m/s



No. Droplets



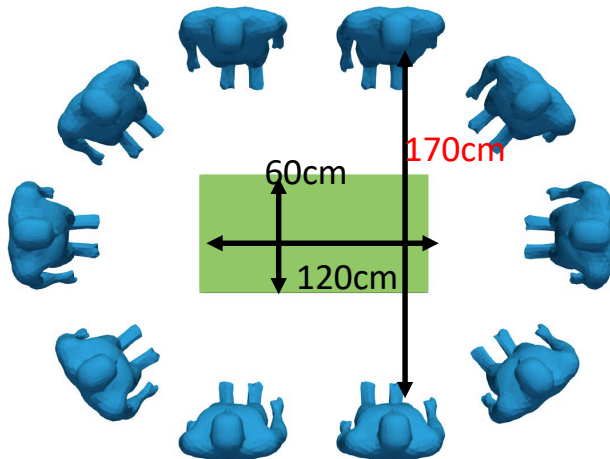
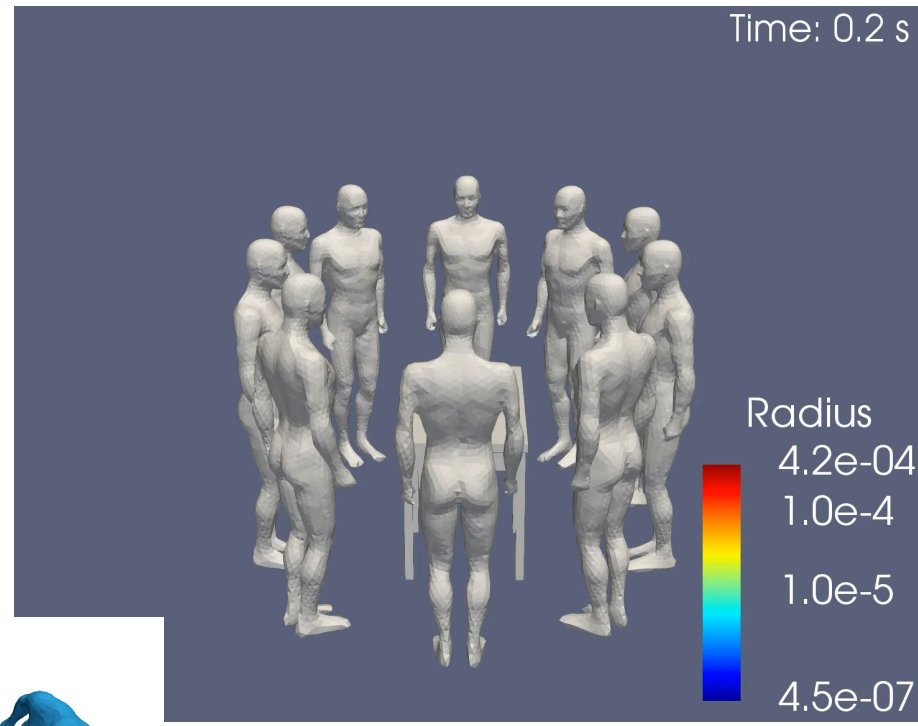
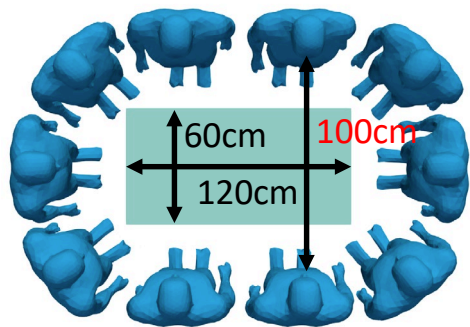
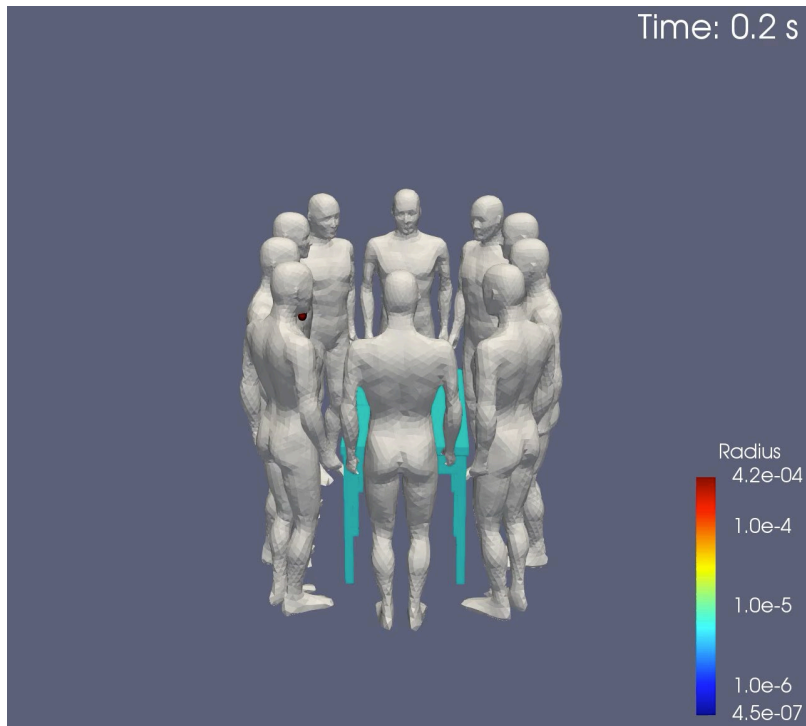
- ・ マスク着用による飛沫到達数低減効果は高い。
- ・ マウスガードでも、効果はマスクと比較すると小さいが、飛沫到達数低減効果は期待できる。



野外活動におけるリスク評価と対策について

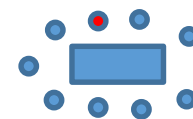
距離の影響について

- 無風状態で距離の影響を検討する。

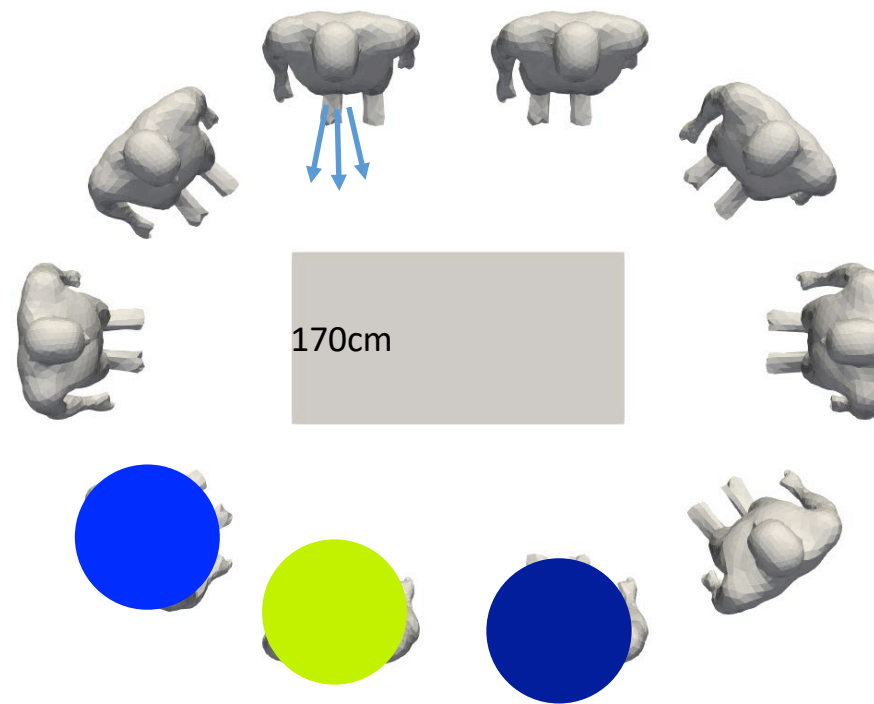
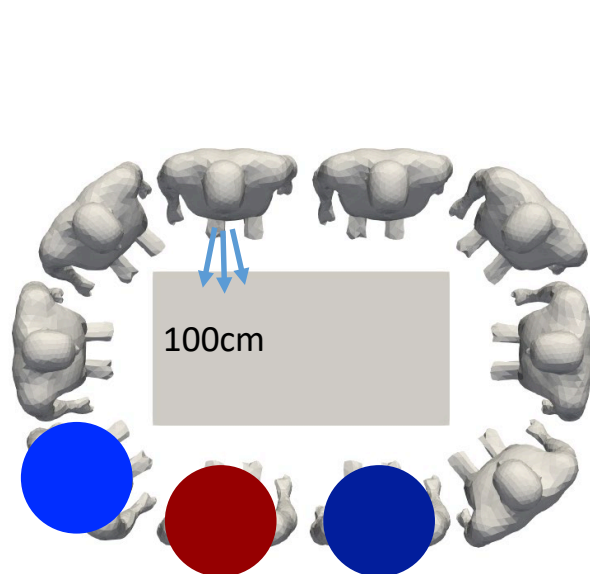


野外活動におけるリスク評価と対策について

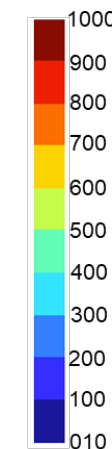
マウスガードやマスクの効果について（距離の影響）



無風状態



No. Droplets

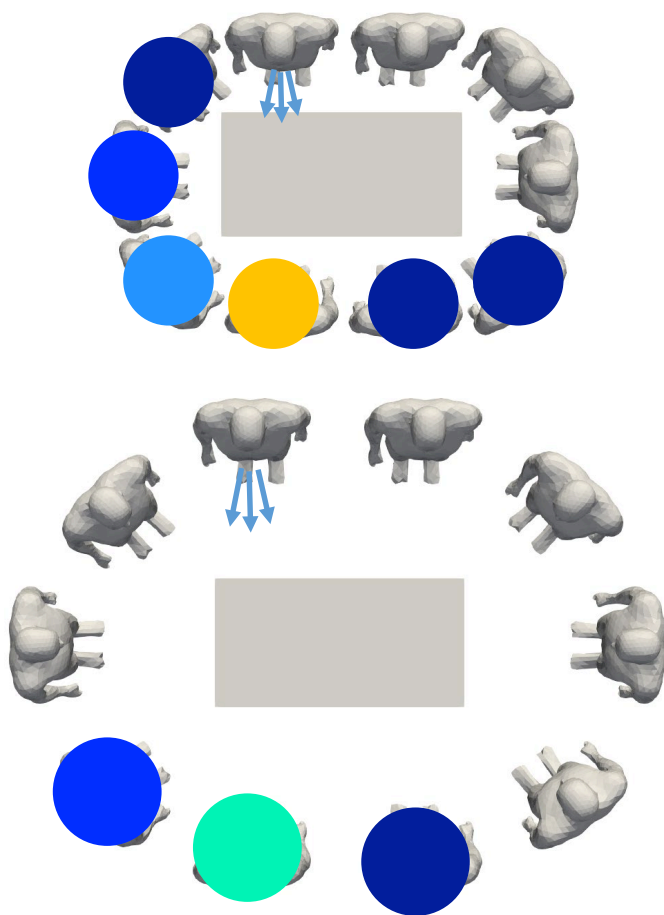


- 正面のリスクに対しては、100cmから170cmとすることで、到達飛沫数を半分程度まで減らすことができる。

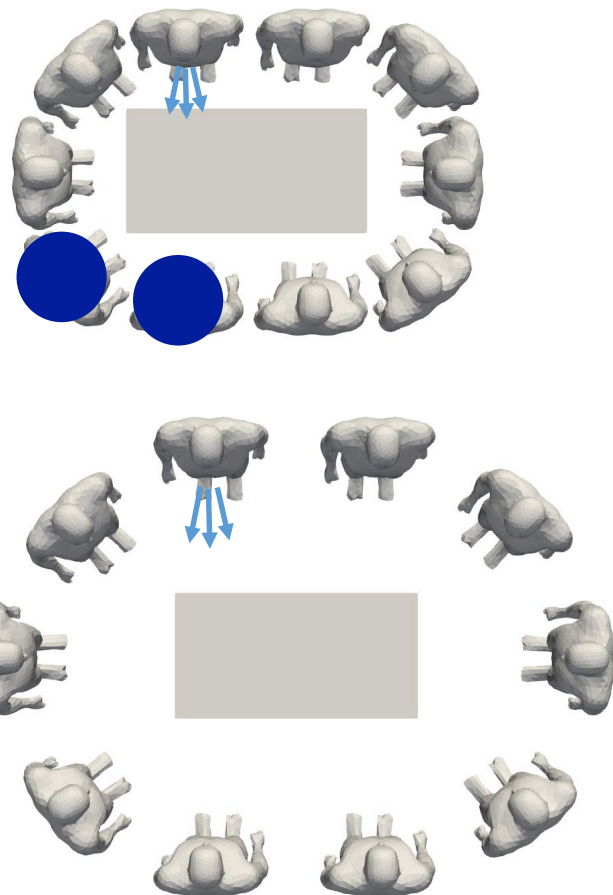
野外活動におけるリスク評価と対策について

マウスガードやマスクの効果について（距離の影響）

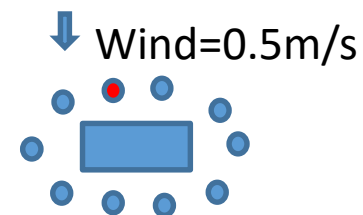
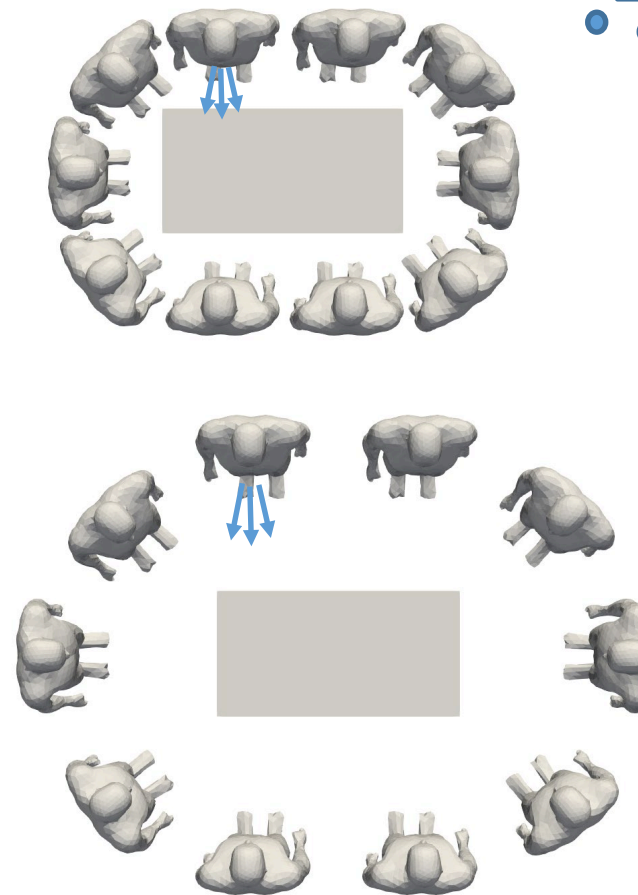
対策なし



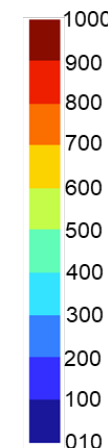
マウスガード



マスク



No. Droplets



- マスクをした場合、1mの距離をとれば到達飛沫数はゼロに、マウスガードの場合も、1.7mの距離で到達数はゼロになる。

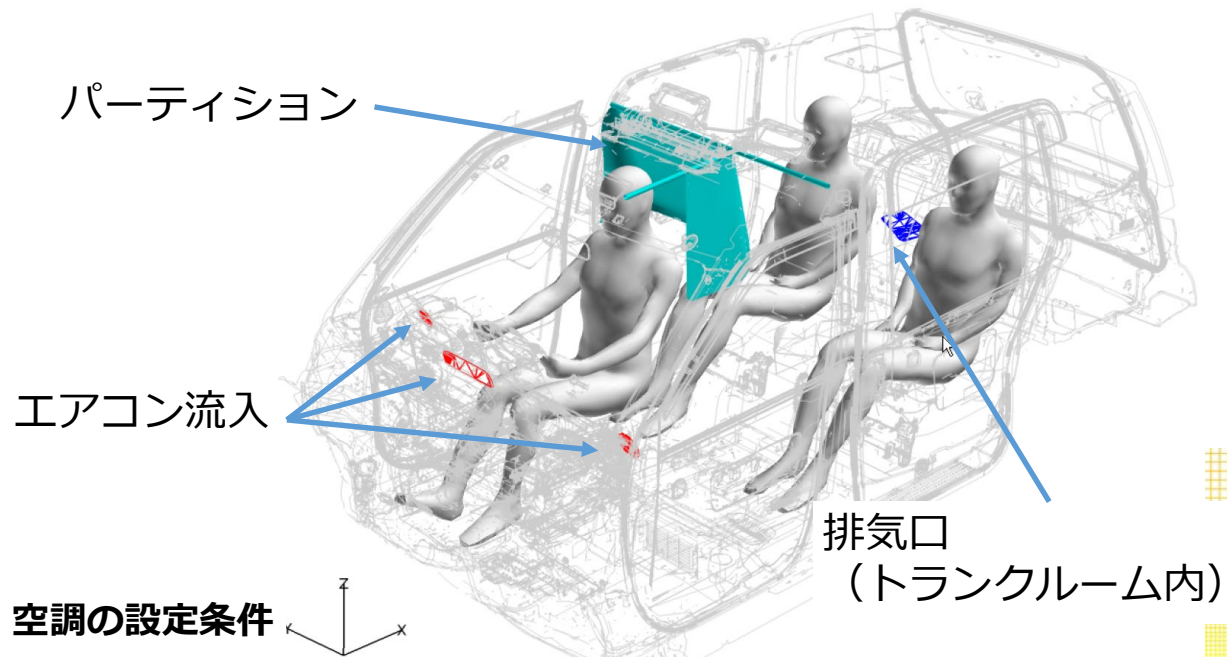
野外活動におけるリスク評価と対策について

- 野外という条件が室内と比較して一様に感染リスクを下げるわけではない。近距離で濃度の高いエアロゾルを吸引するリスクという観点からは、微風条件では、風下にいた場合、むしろ感染リスクは高まる。
- 風が吹いた場合、無風状態と比較して、飛沫の直進性は弱まる（拡散する）。
- **野外であっても距離を取ることは重要**である。マスク無しの場合、1mから1.7mに離れることで、到達する飛沫量を半分にすることができる。
- マスクによる飛沫飛散の抑制効果は大きく、0.5m/sの微風状態を想定した場合、1mの距離であっても到達する飛沫量をほぼゼロにすることができる。マウスガードはマスクと比較するとその効果はやや劣るが、到達する飛沫量は数分の一にすることができる。マウスガードの場合は、1.7mの距離で到達量はゼロとなった。
- **対策に応じた距離感を！**

タクシーにおけるリスク評価と対策について

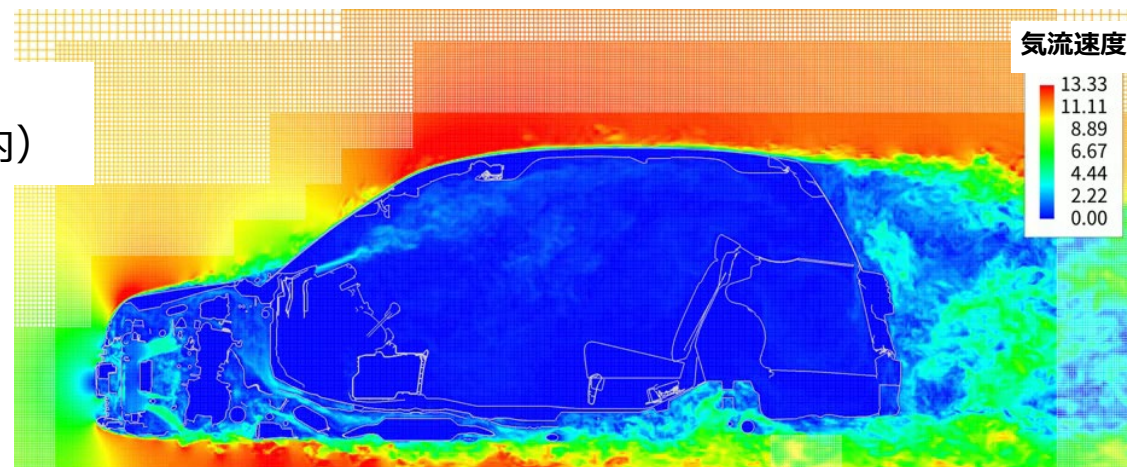
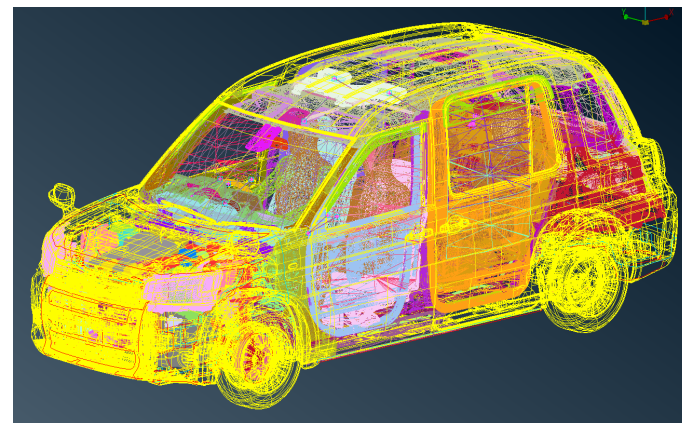
タクシー内における感染リスクとその対策は？

- ・ タクシー内の換気性能の評価と、窓開け、パーティション等による対策の効果について調べる。
- ・ 車速は市街地走行を想定して**時速40キロ**，運転手を含めて**3人乗車**を想定。
- ・ エアコン設定は「**外気導入**」が前提，「通常モード」と「最大モード」の二種類を比較
- ・ 窓は，「全席窓閉め」，「後席左窓開け」，「運転席窓開け」を想定，いずれも**5cm**開ける



空調の設定条件

		ユニット数	流量	外部換気 (外気導入モード)	総体積
流入	通常	---	190m ³ /h	190m ³ /h	4.2m ³
	最大	---	380m ³ /h	380m ³ /h	

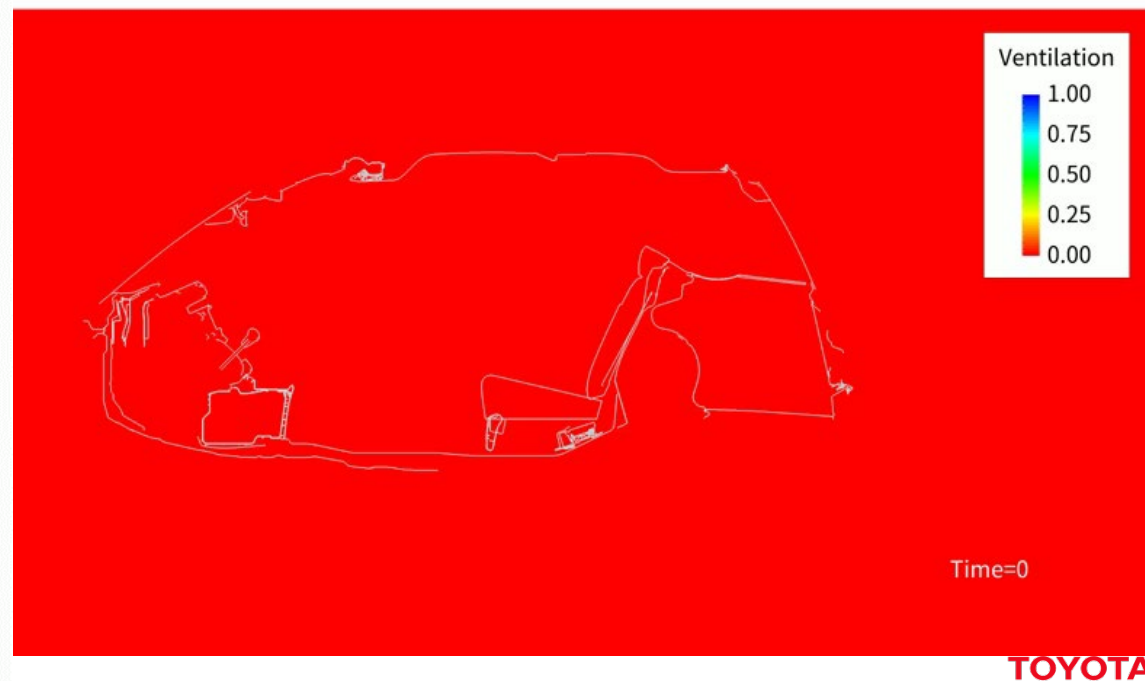
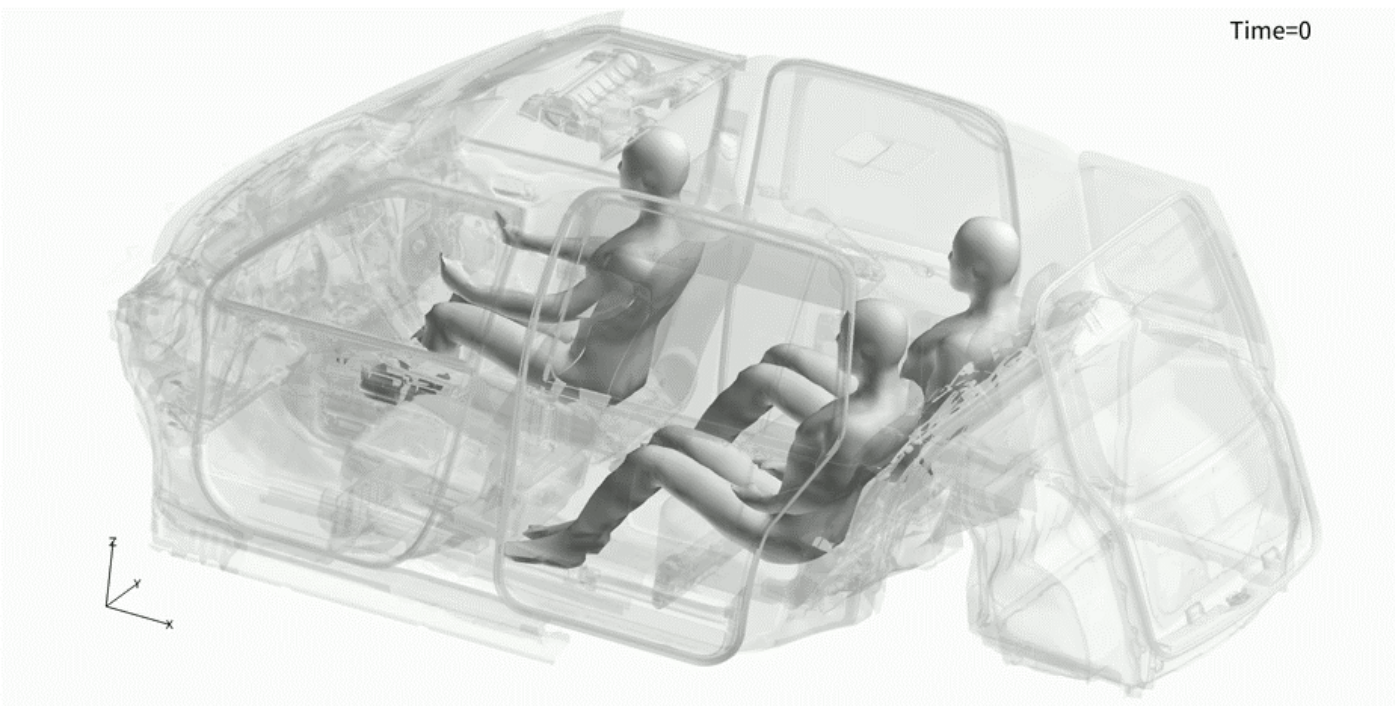


Time=0

タクシーにおけるリスク評価と対策について

換気性能の評価（エアロゾル感染リスクの評価）

- 仮想的に汚染空気で車内を満たし（赤），換気により新鮮空気（青）に入れ替わる様子を可視化

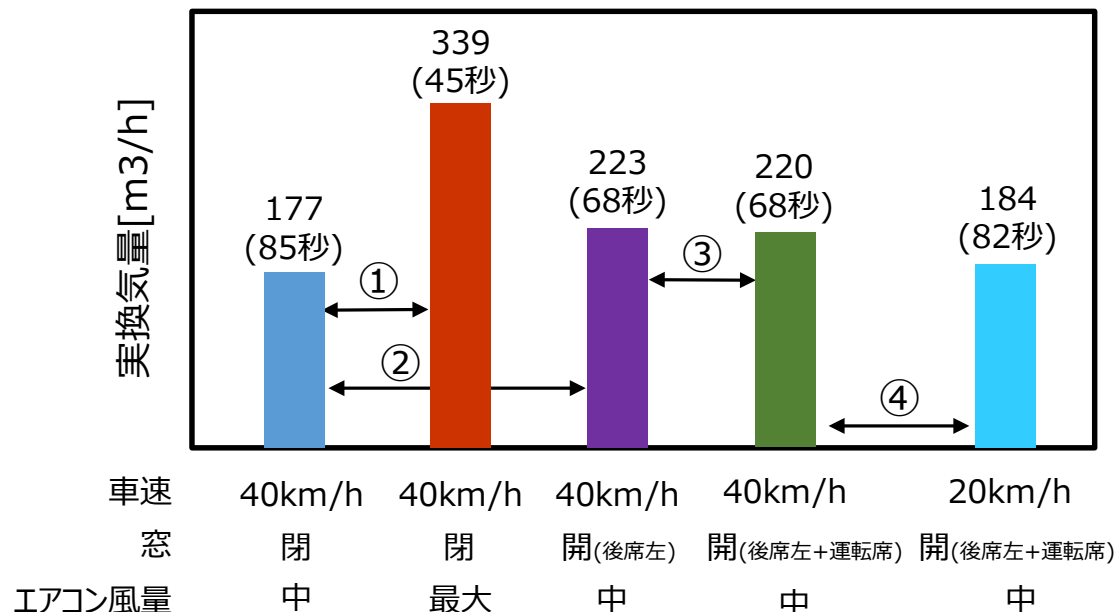
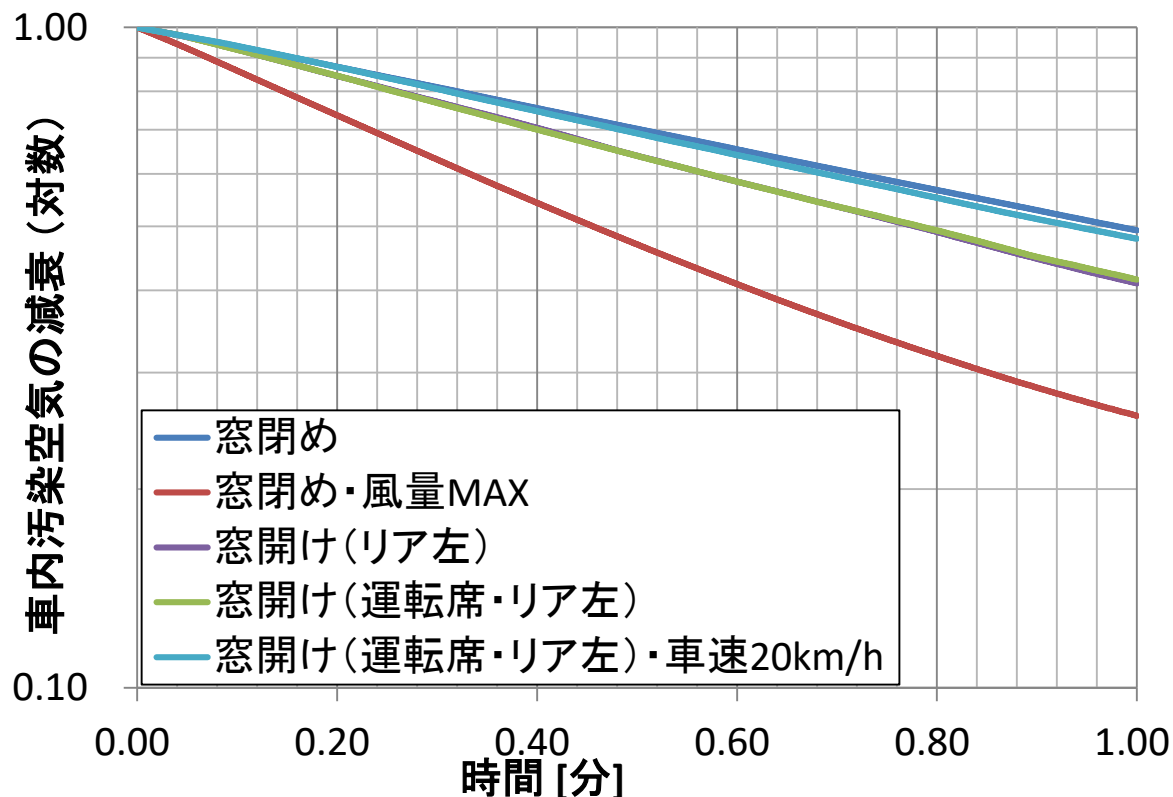


- 前席側から後席側向かって換気は進むが，30秒程度でほぼ一様となり（一部足元の換気速度が遅い），2分程度で新鮮空気に入れ替わる。

タクシーにおけるリスク評価と対策について

換気性能の評価（エアロゾル感染リスクの評価）

- 換気による汚染空気の減衰から実換気量を定量評価
- 窓閉めの他，エアコン風量の違い，窓開け（後席左，運転席）の効果を検討



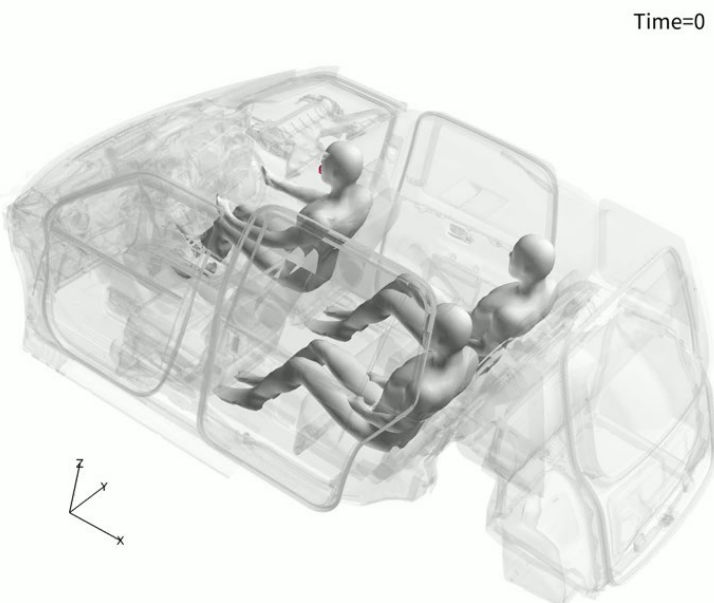
- ① エアコンによる機械換気効果が支配的であり，時速40キロで窓を閉めたままで，通常モードでも1時間に42回（約1.5分に1回），最大モードでは81回の新鮮空気が供給されている。
- ② 時速40キロでは，窓開けにより換気量は25%向上するが上乗せ効果は相対的に少ない。
- ③ 窓の開け方に大きくは依存しない。
- ④ 時速20キロでは，窓開けの効果はほとんどみられない。

タクシーにおけるリスク評価と対策について

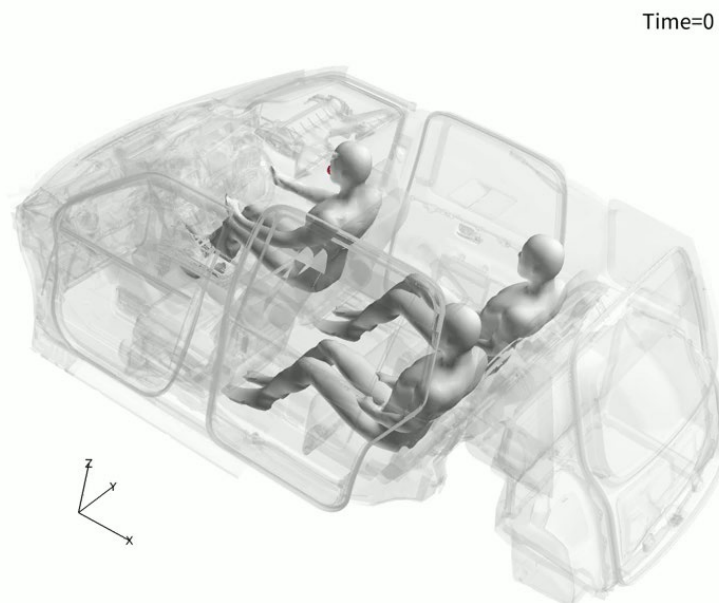
飛沫飛散の様子と対策

- ・ 運転者が咳をした際の飛沫飛散の様子

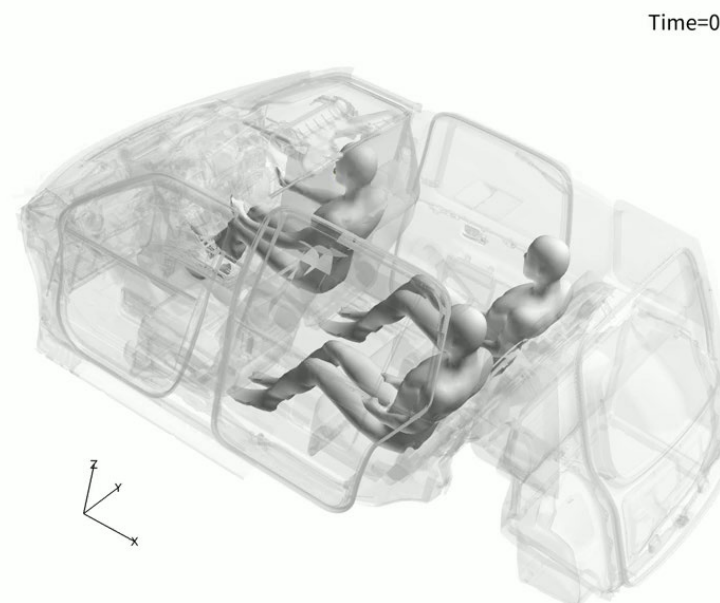
①全ての窓を閉めた状態



②運転席と後席左を窓開けした状態



③運転席と後席左を窓開けしてパーティションを付けた場合



①エアコンの強い流れによって車内全体に急速にエアロゾルが拡散する

②運転者側の窓から、20秒後には発生した飛沫のおおよそ1/4程度の飛沫が窓から排出される

③パーティションをして窓を開けることで、効果的に窓から飛沫が車外に排出され20秒後には飛沫は半分になる、かつ後部座席への到達量も減少する

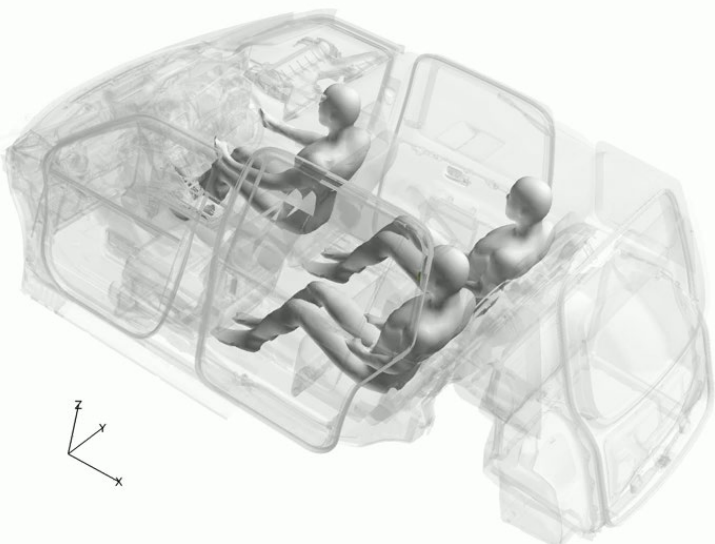
タクシーにおけるリスク評価と対策について

飛沫飛散の様子と対策

- 後席左の乗客が咳をした際の飛沫飛散の様子

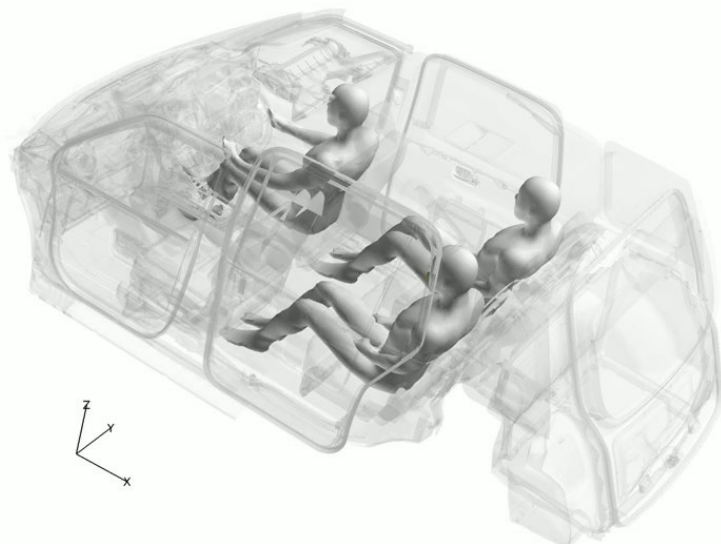
④全ての窓を閉めた状態

Time=0



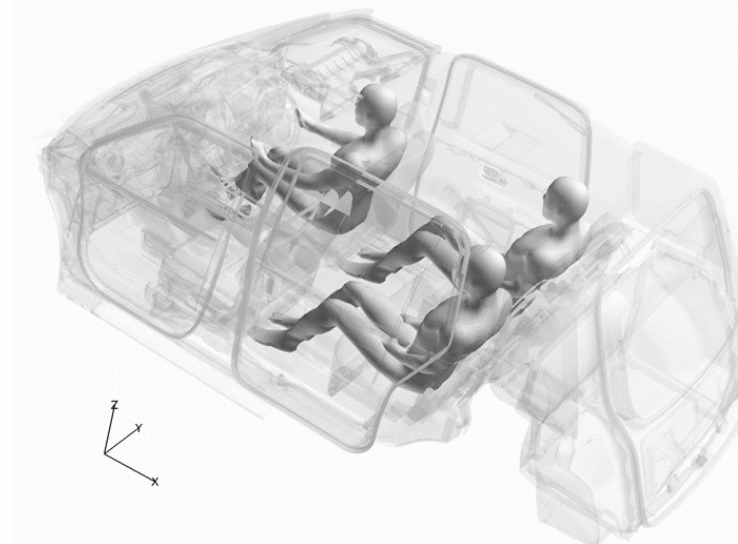
⑤運転席と後席左を窓開けした状態

Time=0



⑥全ての窓を閉めて乗客がマスクを装着

Time=0



⑤リアの窓開け効果は限定的，20秒後に飛沫全体の1割程度のみ車外に排出

⑥マスクをすることで発生する飛沫の総量を3割程度まで減らすことができる。漏れ出た飛沫はエアコン換気により車外へ放出される。

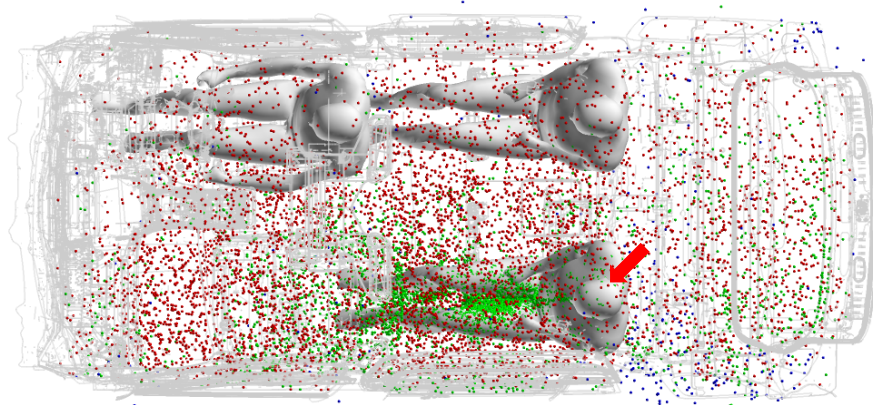
タクシーにおけるリスク評価と対策について

後部座席乗客が咳をした場合のパーティションの効果

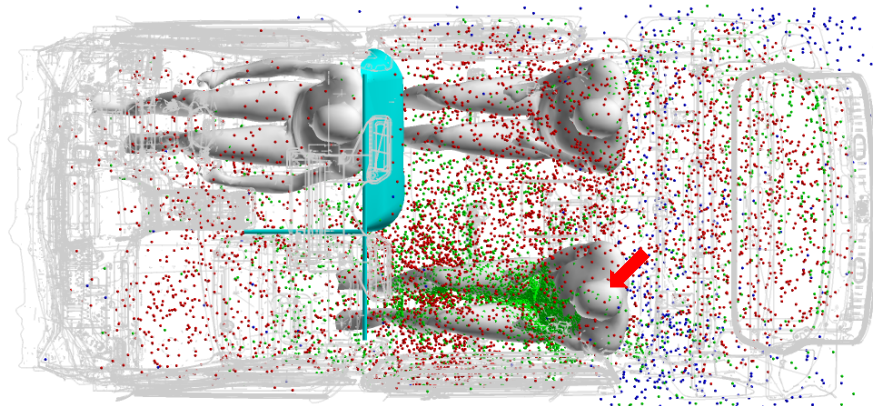
- ・ 後席左の乗客が咳をした際の、20秒後の飛沫飛散の様子
- ・ 赤：車内浮遊粒子、青：車外浮遊粒子、緑：壁近傍粒子

後席左の乗客が咳をした場合

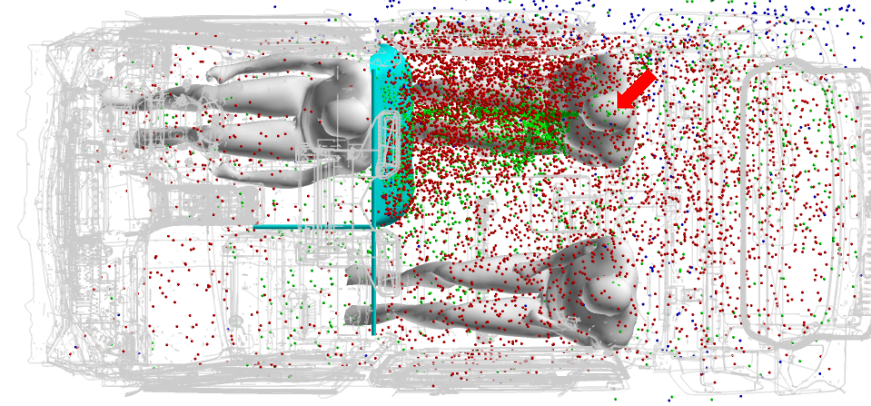
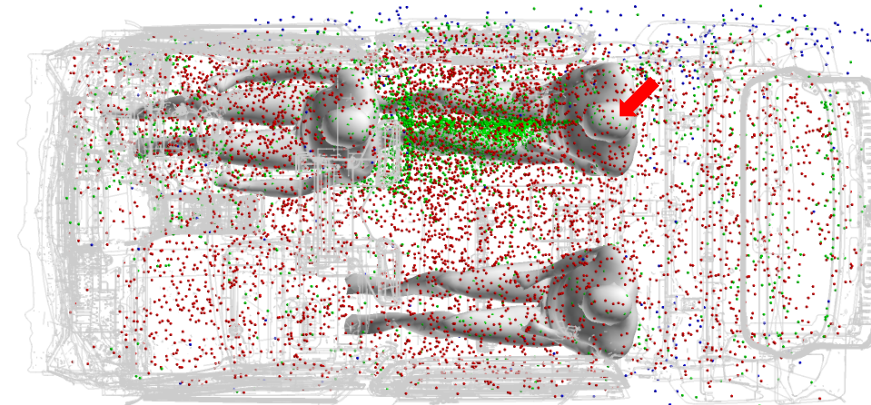
パーティション無し



パーティション有り



後席右の乗客が咳をした場合



- ・ パーティションにより、乗客からの直接の飛沫飛散は防御できる。エアロゾルに対してもある程度の効果は期待できるが、完全に防御することは難しい。

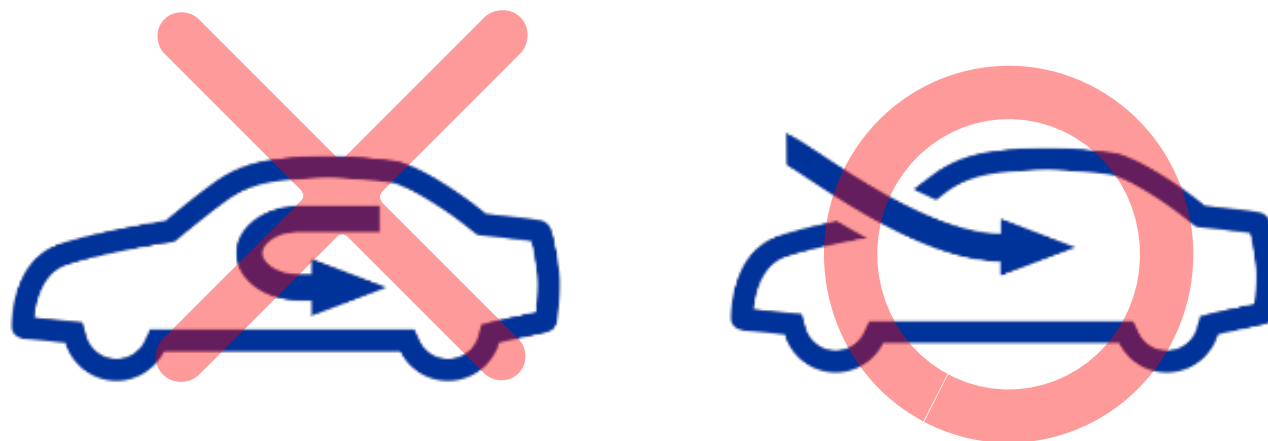
タクシーにおけるリスク評価と対策について

- シミュレーションによる実換気量の評価では、通常モード（最大風量の半分）でも一時間に40回程度（1.5分に1回）の換気は達成されており、3人乗車の場合、一人当たりの換気量は一般オフィスの2～3倍程度（60m³/時間）確保されている。
- 通常の市街地走行を想定した時速40キロ程度では、窓開けによる換気の上乗せ効果は大きくはなく、25%換気量が増える程度である。また窓開けによる換気量は車速に大きく依存（時速20キロではほとんど効果がない）するため、エアコン風量に余裕がある場合は、窓を開けるよりはエアコン風量を増やした方が効果的である。
- 車内では、エアコンの強い気流により、発生した飛沫・エアロゾルは10秒以内に急速に車内に拡散する。
- 運転者が咳をした場合、運転席周りにパーティションがある場合、運転席横の窓を開けることで、効果的に飛沫・エアロゾルが車外に排出される。また、後部座席への到達量も減少する。
- 後部座席で乗客が咳をした場合、急速に車内に拡散した飛沫・エアロゾルは窓開けでは排除することは困難。パーティションは乗客からの直接の飛沫の飛散を防御することはできる。エアロゾルに対してもある程度の効果は期待できるが、完全に防御することは難しい。

タクシーにおけるリスク評価と対策について

皆さんに知って頂きたいこと

①タクシー内はエアコンの「外気導入モード」で風量を通常レベル（最大風量の半分）以上とすることで、高い換気能力が発揮されている。（窓を閉めていても約1.5分で新鮮な空気に入れ替わる）



エアコンのモードは「外気取込み」に！

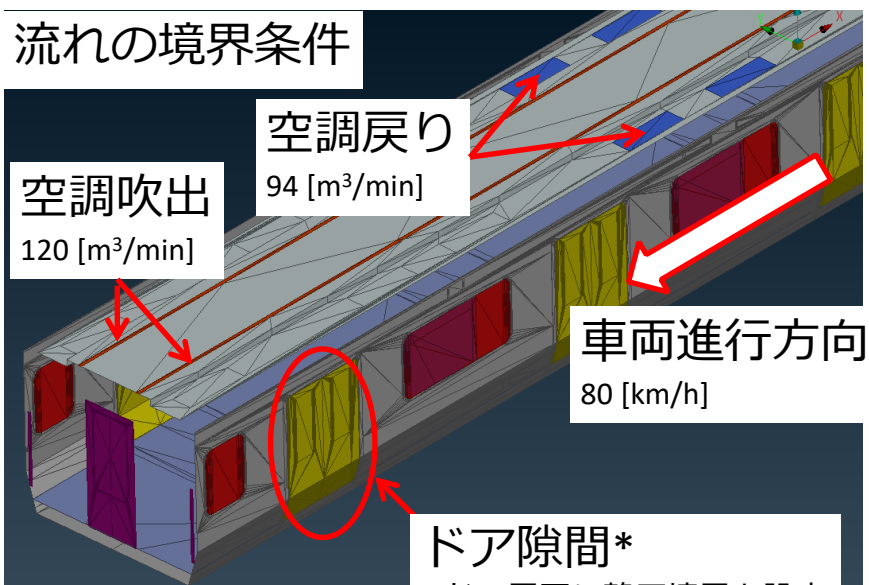
②発生する飛沫・エアロゾルそのものを減少（総飛沫数を3割程度まで減らせる）させるためにも、運転者・乗客ともにマスク着用することの感染リスク低減効果は大きい。

通勤列車におけるリスク評価と対策について

通勤列車内における窓開けとドア開閉による換気効果の評価

- ・ 走行する列車内の窓開けによる換気性能と、駅停車時におけるドア開閉による換気効果について調べる。
- ・ 列車走行時の車速は**時速80km/h**，混雑時を想定して**乗客229人**を配置
- ・ エアコン設定は，空調戻りに達した新鮮・汚染空気量を空調吹出に時々刻々フィードバックして設定
- ・ 窓は，車両片側2か所（計4か所），ドア開閉は片側のみ4か所を想定．ドアは2秒で開き，3秒で閉じる．

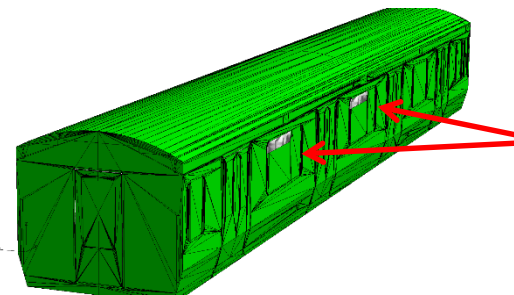
流れの境界条件



* ドア周囲に静圧境界を設定

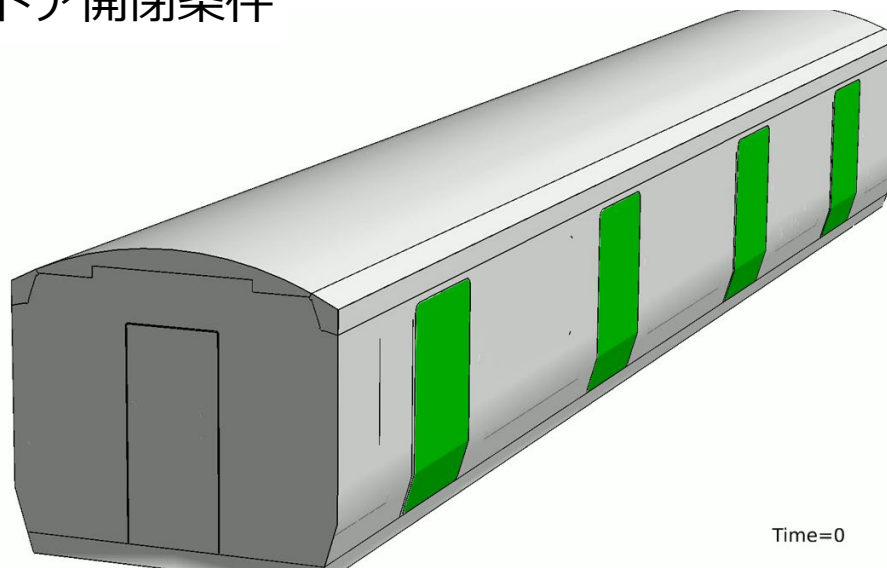
(参考) 古賀, 東日本旅客鉄道(株)向けE235系車両用空調装置の特長とメンテナンス性向上, 三菱電機技報, Vol.92(7), pp.410-413, 2018.

窓開け条件



- ・ 窓開け箇所と量
車両中央部の2か所（左右計4か所）を，5，10，15，20cm下方に開く

ドア開閉条件



- ・ 片側のドアのみ開閉
- ・ 開閉のタイミング
0~10 [s] : 静止
10~12 [s] : ドア開
12~42 [s] : 静止
42~45 [s] : ドア閉
45~ [s] : 静止

通勤列車におけるリスク評価と対策について

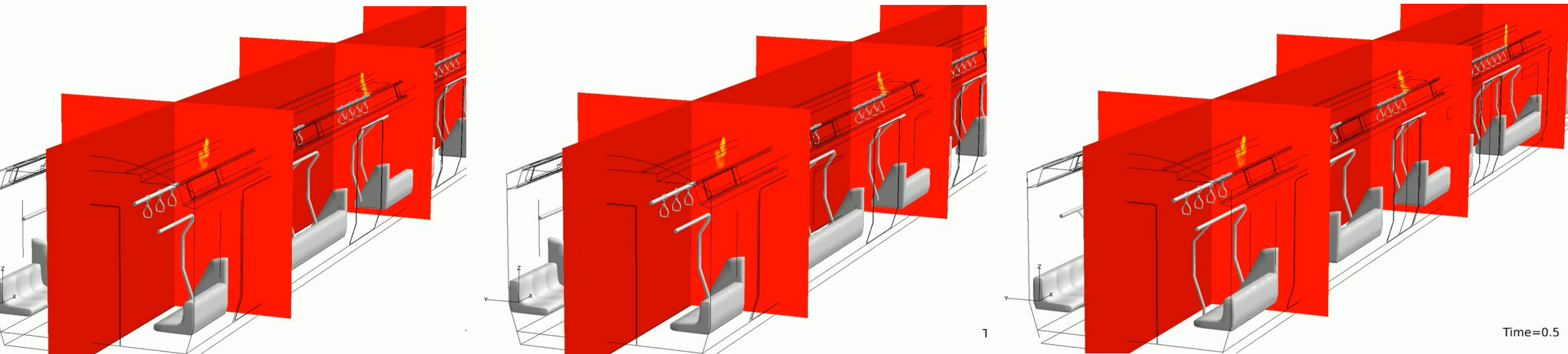
車内の換気の様子（色は換気率）：

- 車内の空気に新鮮空気（外気）が含まれる割合。混雑時，窓を開けることで車内の換気が促進される。換気は車内上面の中央から後方にかけて進んでいく一方，前方空気はややよどみ気味。なお，閑散時は車内の空気が混雑時より多いため，換気にはより時間がかかる。

全ての窓を閉めた状態
(エアコンのみ)

窓開け10cm

窓開け20cm

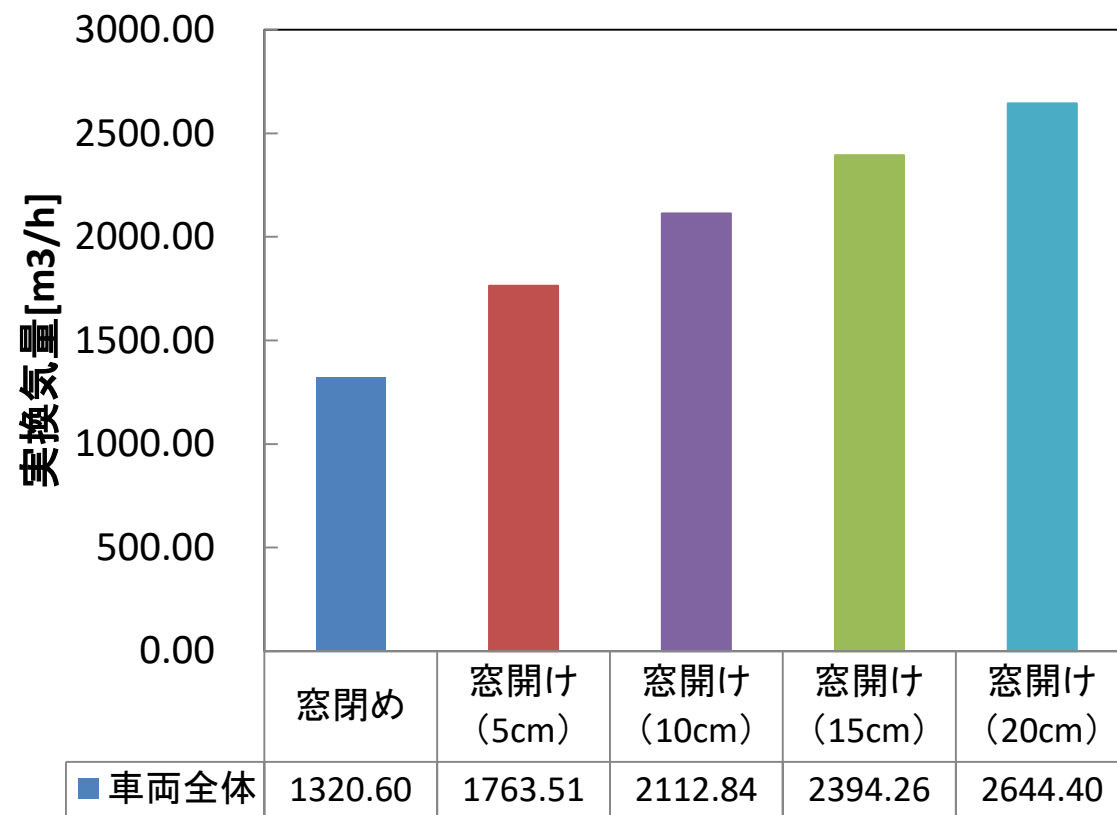
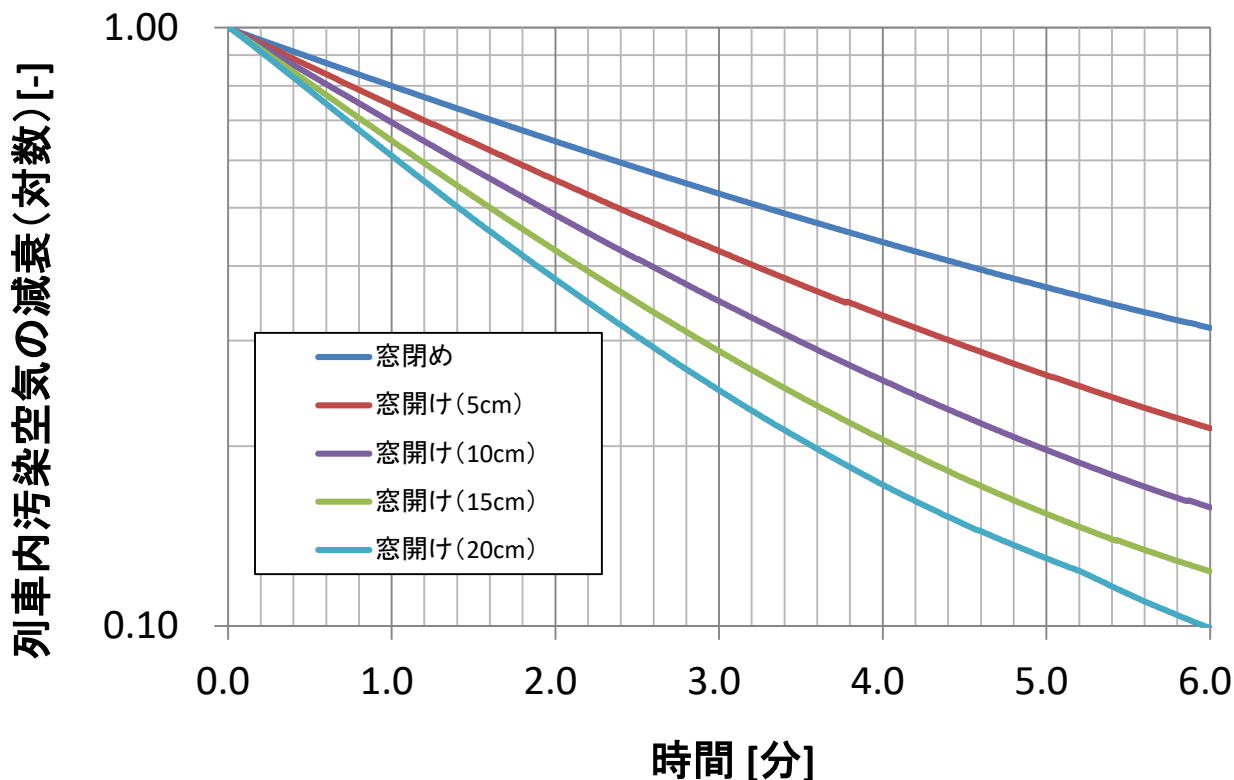


※2020/6/17記者発表会と同等の内容。ただし，空調条件を車内での循環を考慮した，より現実に近いモデルに変更している。

通勤列車におけるリスク評価と対策について

換気性能の評価（エアロゾル感染リスクの評価）

- ・ 換気による汚染空気の減衰から実換気量を定量評価
- ・ 窓閉め，各窓開け量による違いを調べた



- ・ 窓開け量にほぼ比例して実換気量が増えている。窓閉めでは1時間に10回（約6分に1回）換気されているが，1人当たり（229名乗車）に換算すると新鮮空気量は少ない。

通勤列車におけるリスク評価と対策について

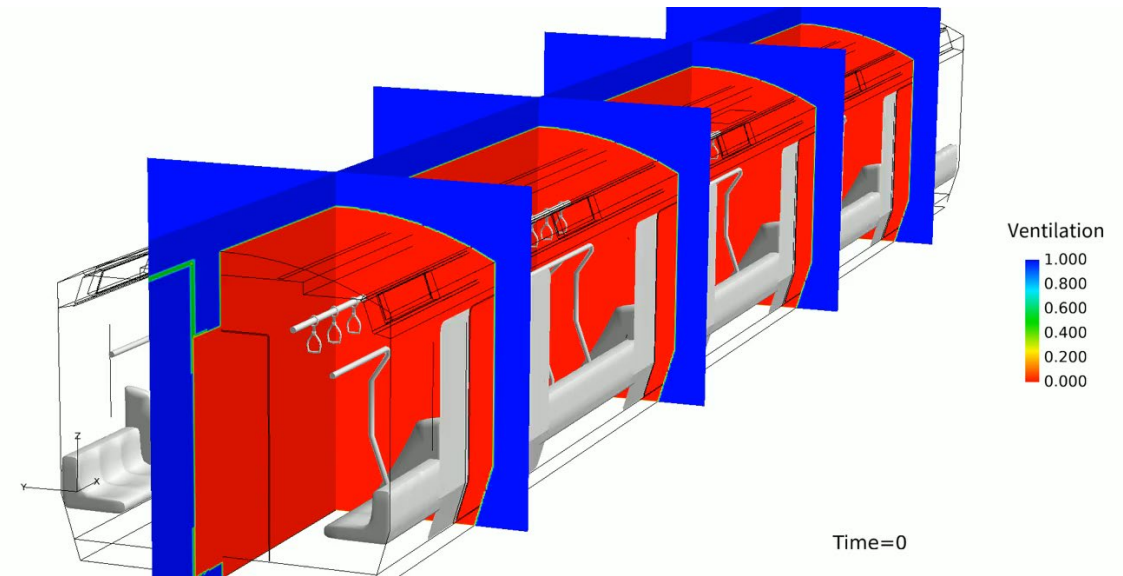
車内の換気の様子（色は換気率）：

- ドア開閉による換気の様子。ただし、ドア開閉時には列車は停止条件であることに注意。
- ドアが開いた瞬間、車内の空気がドア下側から排出され、車外の空気がドア上側から入り込んでいる様子がわかる。列車ドア入口付近空気は勢いよく交換されるが、ドア閉め後に再び一定の濃度になるように攪拌され、窓開け5cmの結果に近い解となり落ち着く。

窓開け5cm



ドア開閉

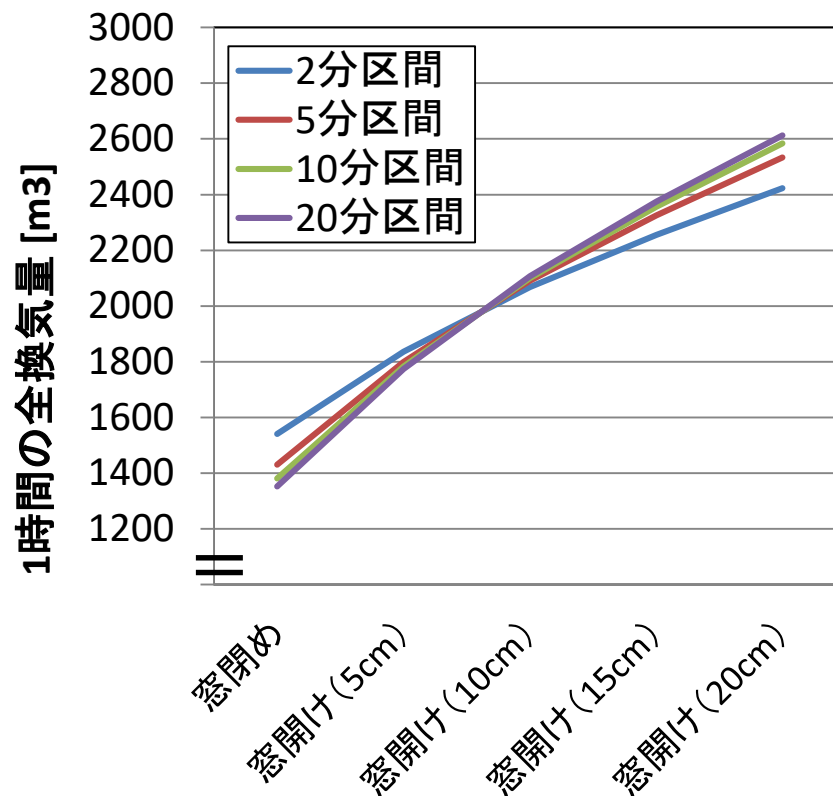
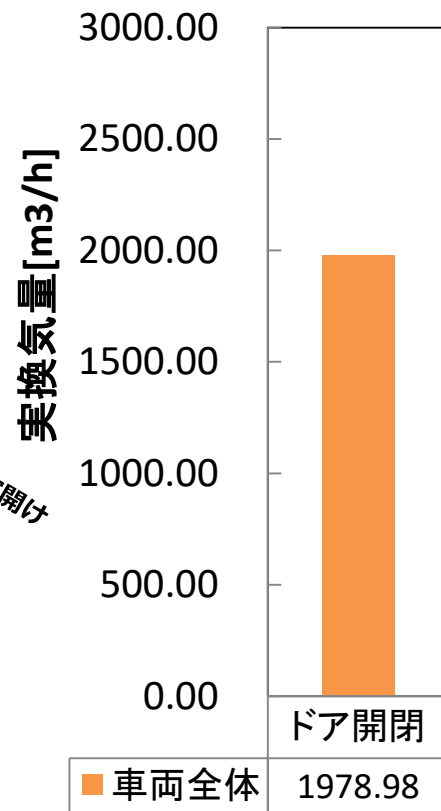
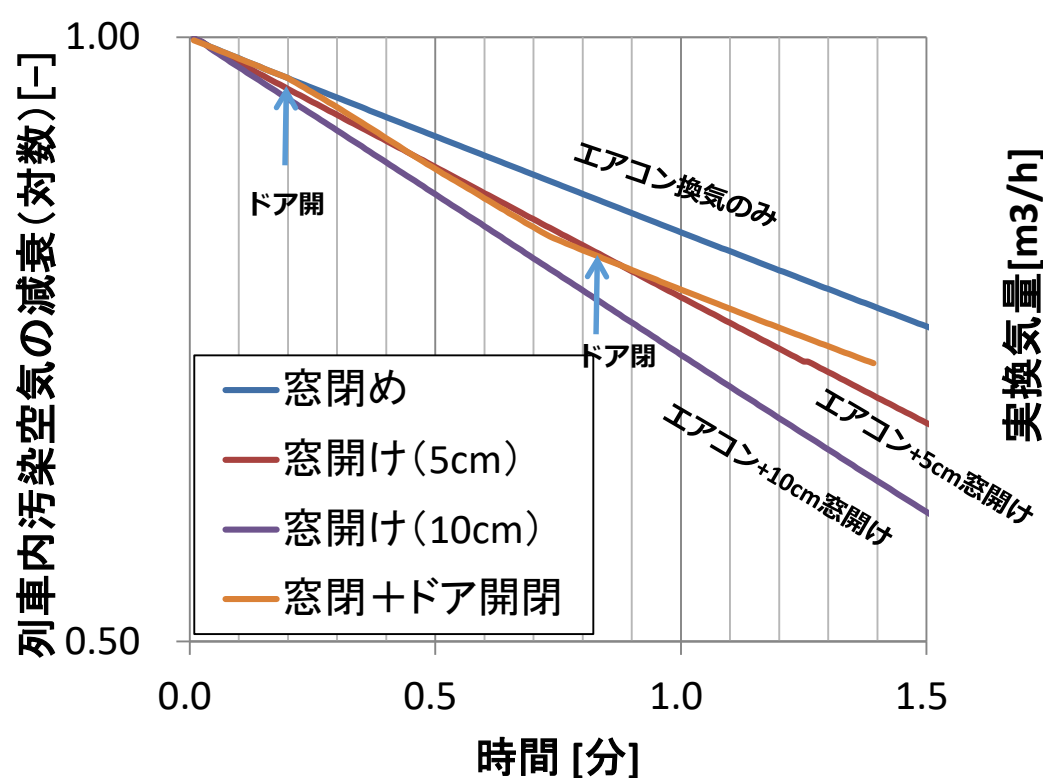


- ドアを開けた瞬間、ドア入り口付近で勢いよく空気が交換される。
- ドア締め後落ち着いた結果は、窓開け5cmの解に近い。

通勤列車におけるリスク評価と対策について

ドア開閉による換気性能の評価

- 窓開け換気の結果の上に、ドア開閉による換気の計算結果を重ねた
- 得られた換気量から、電車の駅区間走行時間を2分区間（各停相当）から20分区間（快速相当）まで変化させて、全換気量がどのように変化するか調べた。

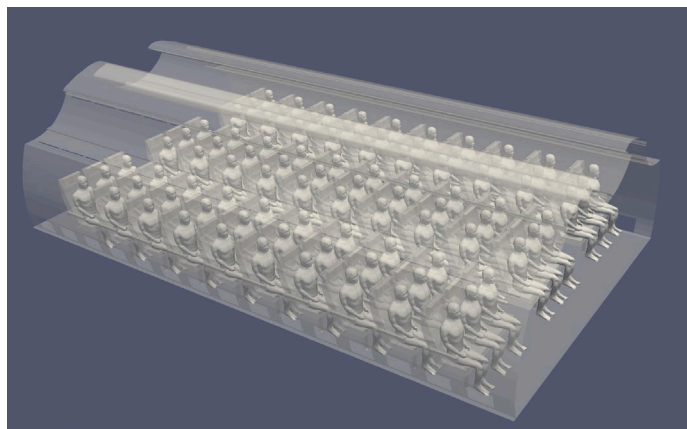


- ドア開閉による換気量（約1.4分間の評価）は、窓開け約5cm相当であることが解った。
- 窓を閉めて2分間隔で停車する列車と、5cm窓を開けて20分間隔で停車する電車の換気性能はほぼ同じ。

航空機の客室における感染リスクとその対策は？

- 旅客機内での飛沫飛散の様子や換気性能について調査を行い、感染リスク低減のための対策を検討する

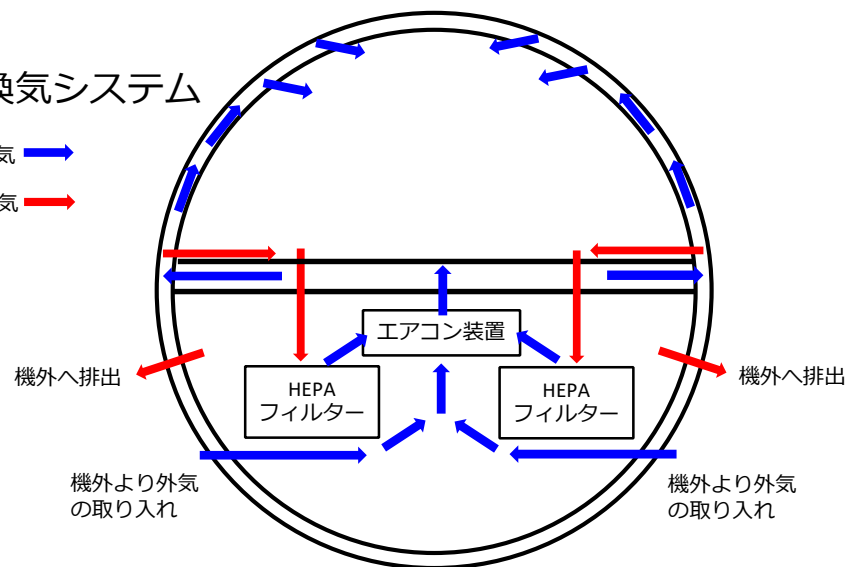
対象としたキャビンの様子



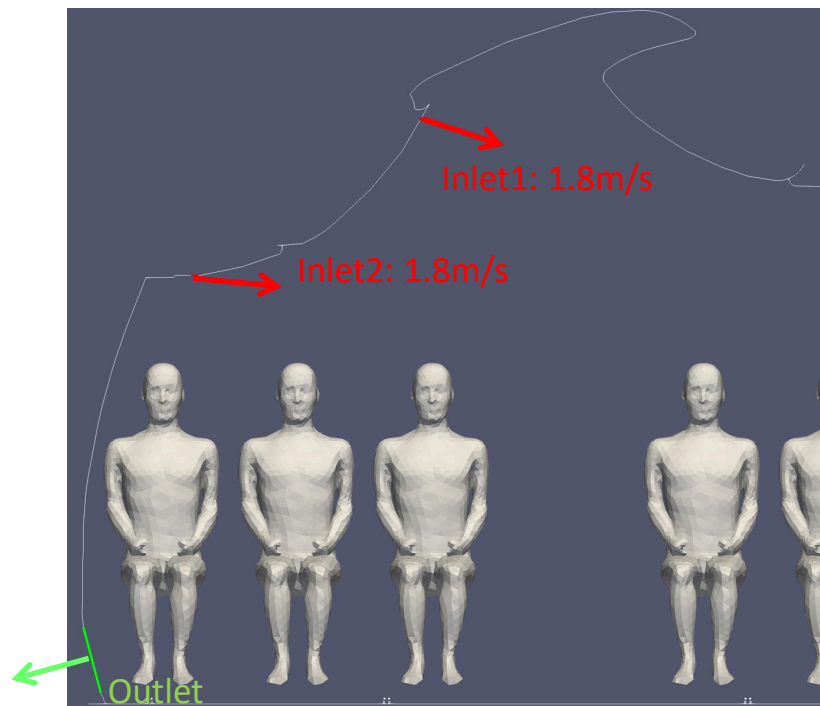
0.8気圧, 湿度10%, 温度25度

キャビンの換気システム

綺麗な空気 →
機内循環空気 →



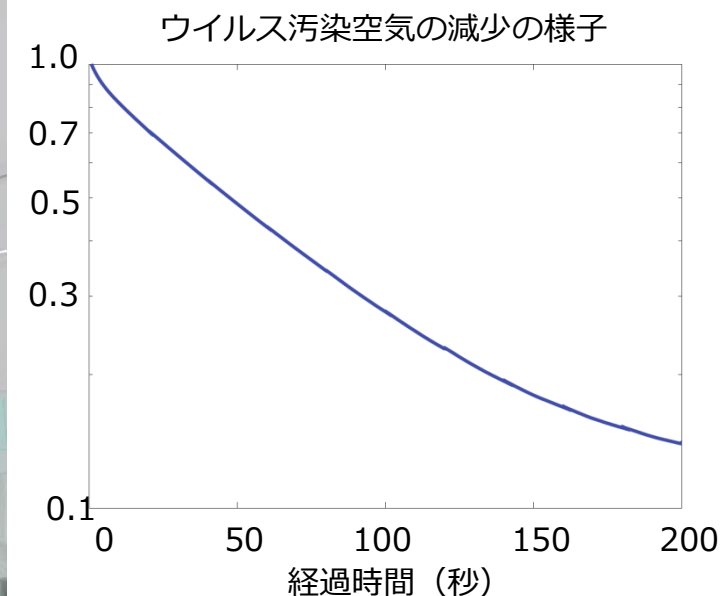
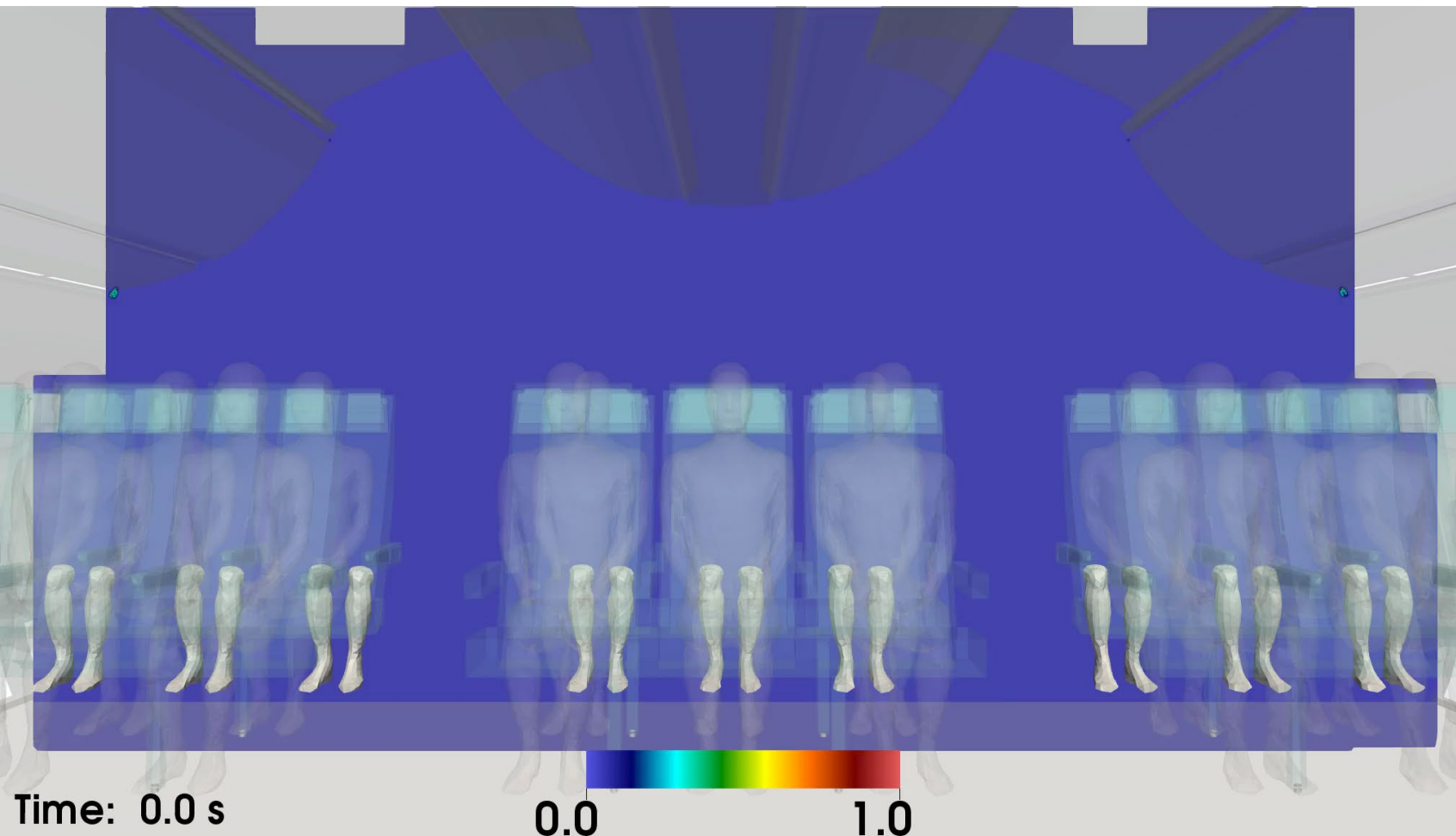
エアコンの設定条件



		吹出速度	流量	外部換気	総流量	キャビン体積	1時間当たりの設計換気回数
流入	Inlet1	1.8m/s	1926m ³ /h	963m ³ /h	3852m ³ /h	99m ³	20回
	Inlet2	1.8m/s	1926m ³ /h	963m ³ /h			

換気性能の評価（エアロゾル感染リスクの評価）

- 仮想的にエアロゾルで汚染された空気を機内に満たし（赤），エアコン換気でどのように浄化（青）されていくかを評価

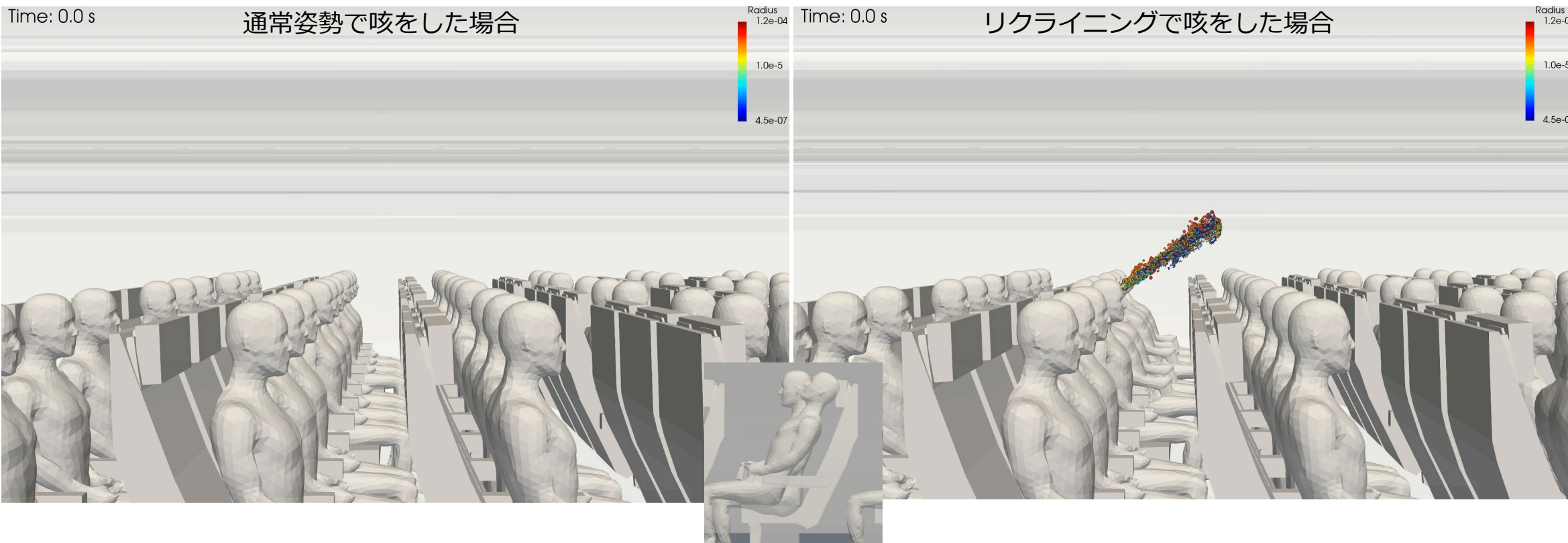


- 外気換気その他、機内空気循環システムについてもHEPAフィルターによりウイルス除去されるので、3分程度で機内の空気は浄化される。

航空機内におけるリスク評価と対策について

中央3列の通路側の人が咳をした場合（通常姿勢 vs. リクライニング）の飛沫飛散の様子

- 通常姿勢とリクライニング姿勢を想定し，マスク無しで咳をした場合を想定（咳をして30秒までを可視化）



- 10ミクロンより大きな飛沫は咳をした人の前方1m以内に落下する。十ミクロン以下の飛沫は急速に乾燥してエアロゾル化し，エアコンの風に乗って空中を漂う。
- 咳をする姿勢の影響は大きく，通常姿勢の場合は前列シートがパーティションの役割をすることで，大きな飛沫の飛散を抑えている。

航空機内におけるリスク評価と対策について

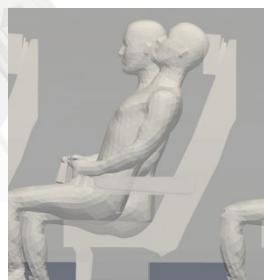
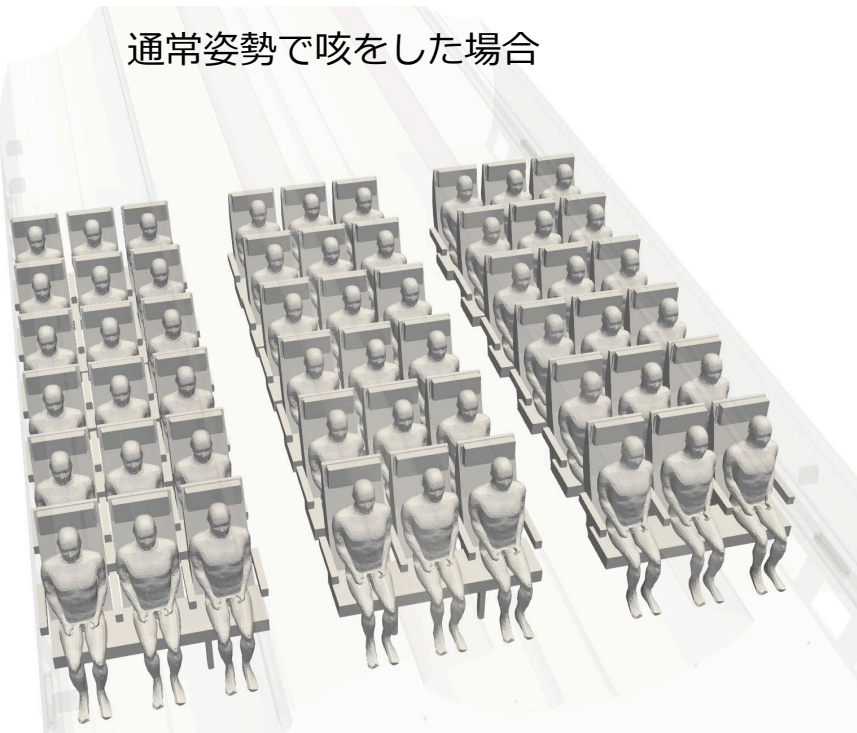
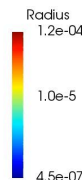
中央3列の通路側の人が咳をした場合（通常姿勢 vs. リクライニング）の飛沫飛散の様子

- 通常姿勢とリクライニング姿勢を想定し，マスク無しで咳をした場合を想定（咳をして30秒までを可視化）

Time: 0.0 s

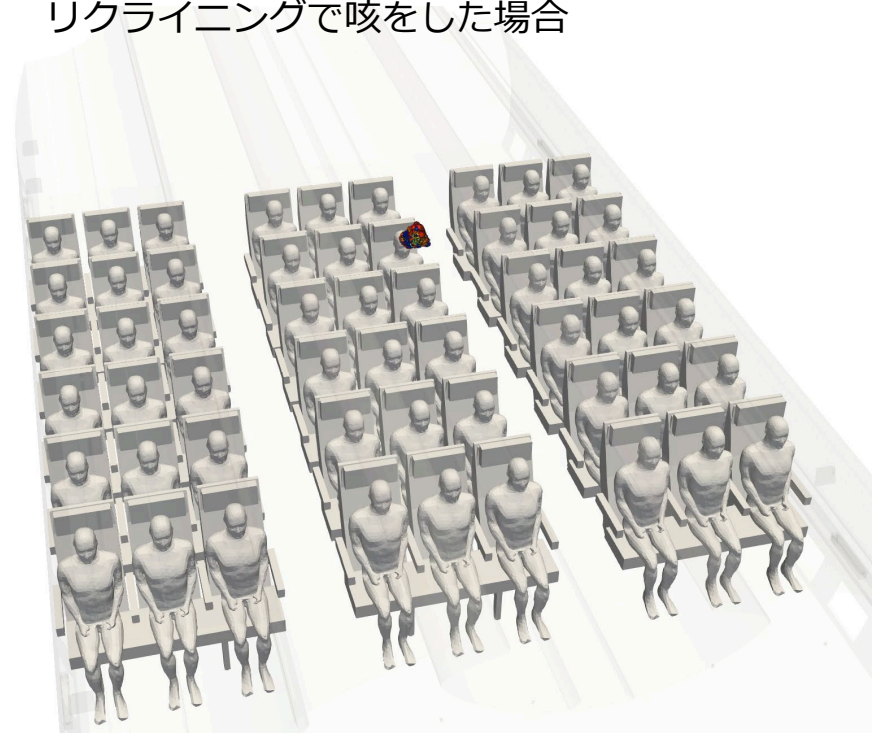
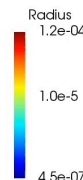
通常姿勢で咳をした場合

Radius 1.2e-04 Time: 0.2 s



リクライニングで咳をした場合

Radius 1.2e-04



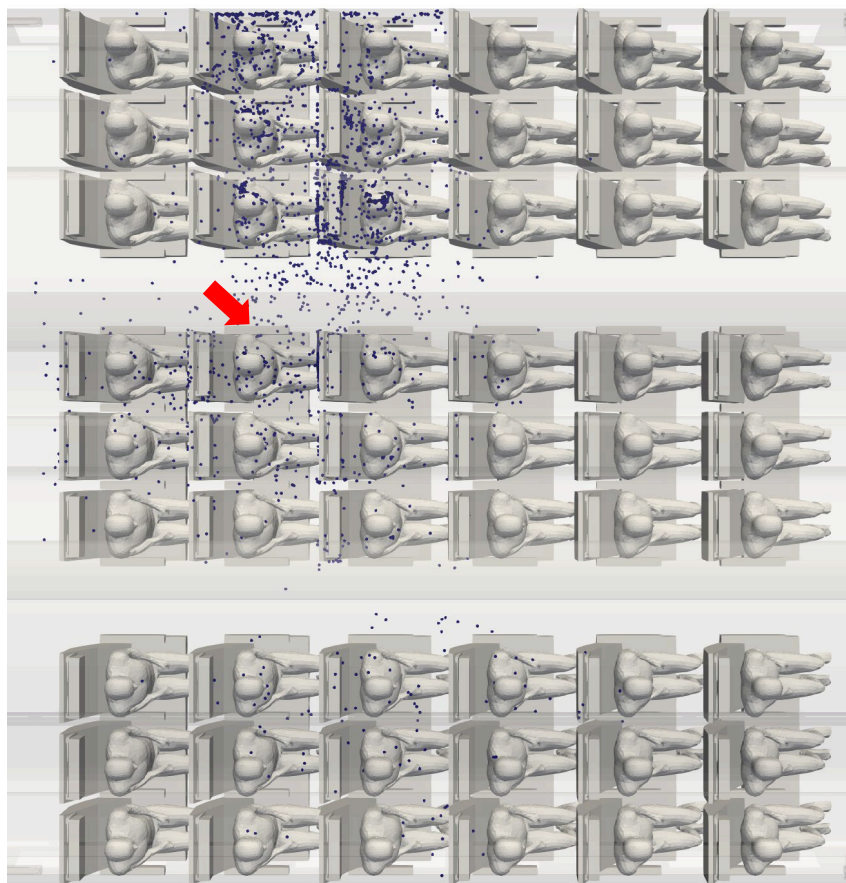
- 落下しなかったエアロゾルは，エアコンの空気に乗って急速に機内に拡散する。

航空機内におけるリスク評価と対策について

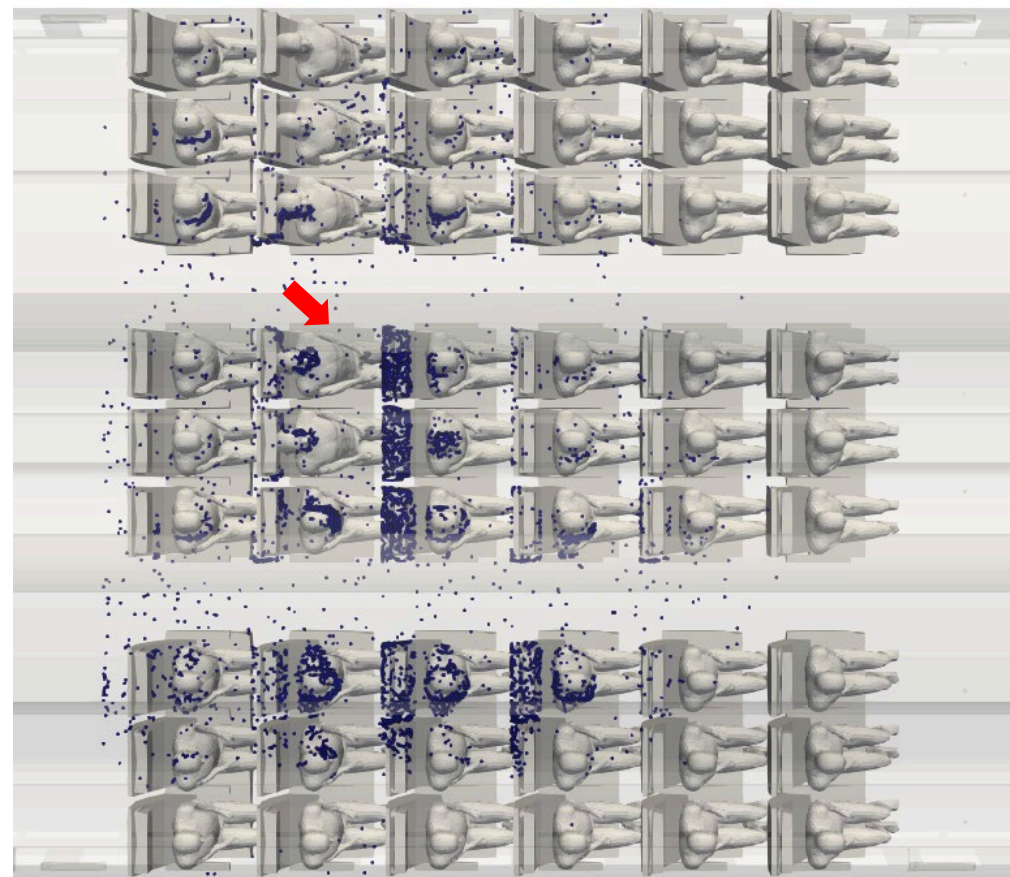
中央3列の通路側の人が咳をした場合（通常姿勢 vs. リクライニング）の飛沫飛散の様子

- 通常姿勢とリクライニング姿勢を想定し、マスク無しで咳をした場合を想定（咳をして30秒後を可視化）

通常姿勢で咳をした場合



リクライニングで咳をした場合



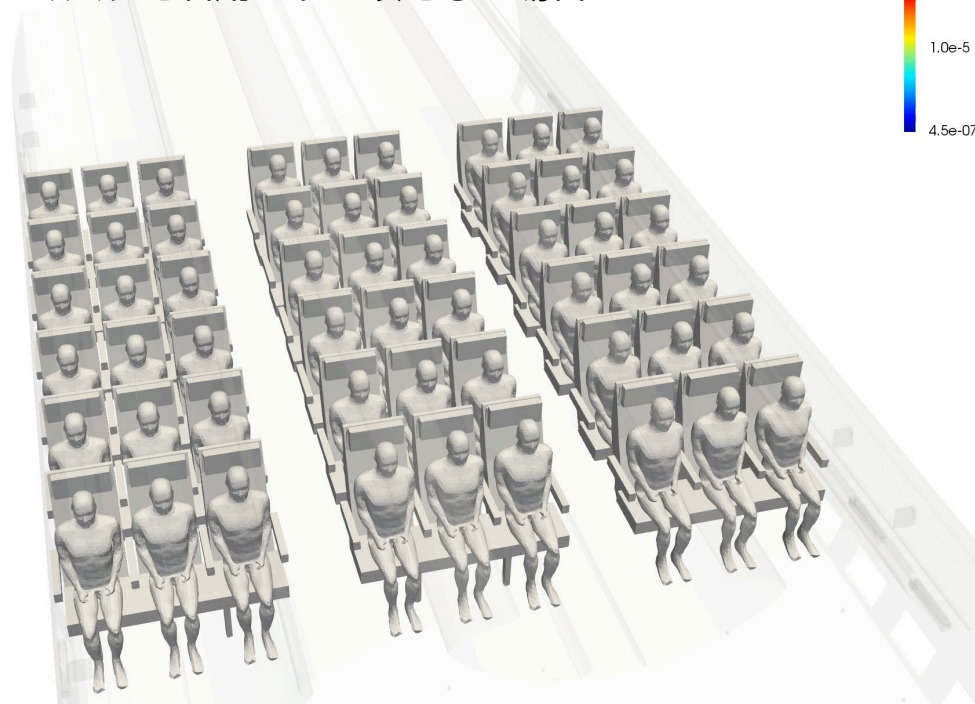
- 通常姿勢の場合、エアロゾルは前後1列程度、左右4列程度まで拡散する。
- リクライニングの場合はより多くの飛沫が前列シート及び乗客に付着。エアロゾルは前後2列程度、左右4席程度まで拡散する。

マスクによる飛散防御

- 通常姿勢でマスクをしない場合を，マスクをした場合と比較（咳をして30秒までを可視化）

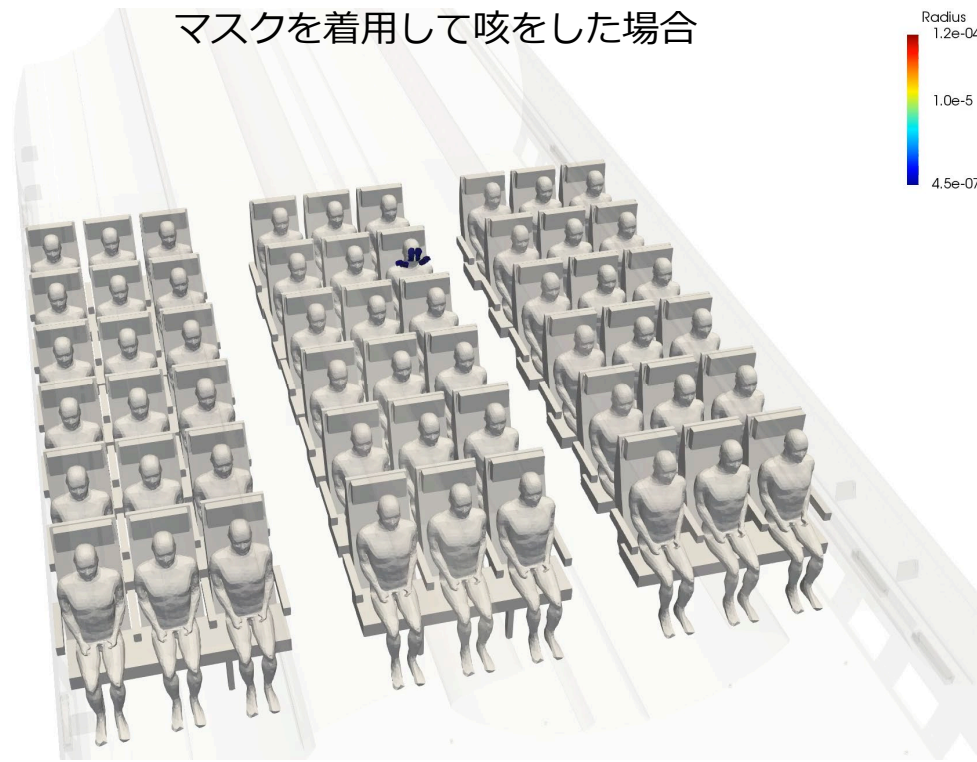
Time: 0.0 s

マスクを着用せずに咳をした場合



Time: 0.1 s

マスクを着用して咳をした場合

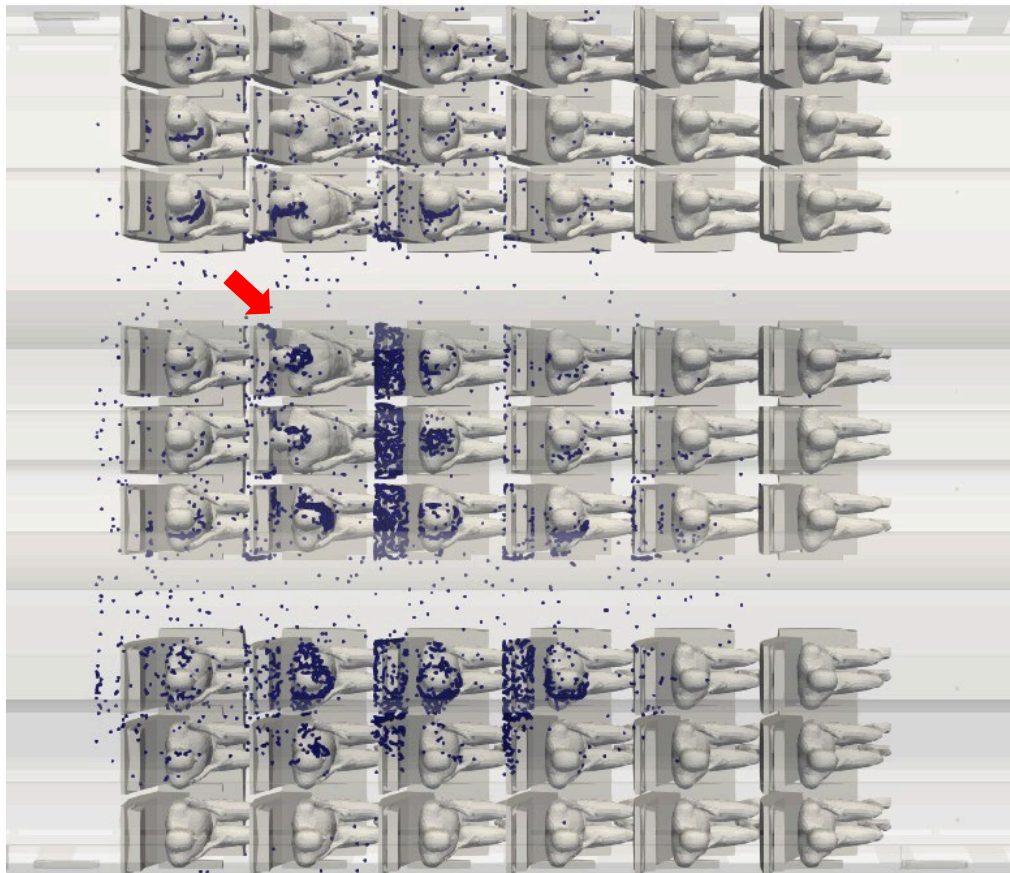


- マスクをすることで，発生する飛沫を3分の1に抑えることができるため，機内に拡散する飛沫をかなり抑えることができる。

マスクによる飛散防御

- リクライニング姿勢でマスクをしない場合を、マスクをした場合と比較（咳をして30秒後を可視化）

マスクを着用せずに咳をした場合



マスクを着用して咳をした場合



- マスクをしない場合は多くの飛沫が前列シート及び乗客に付着。エアロゾルは前後2列程度、左右4席程度まで拡散する。
- マスクをした場合は、リクライニング姿勢においてもエアロゾルの飛散が抑制されている。

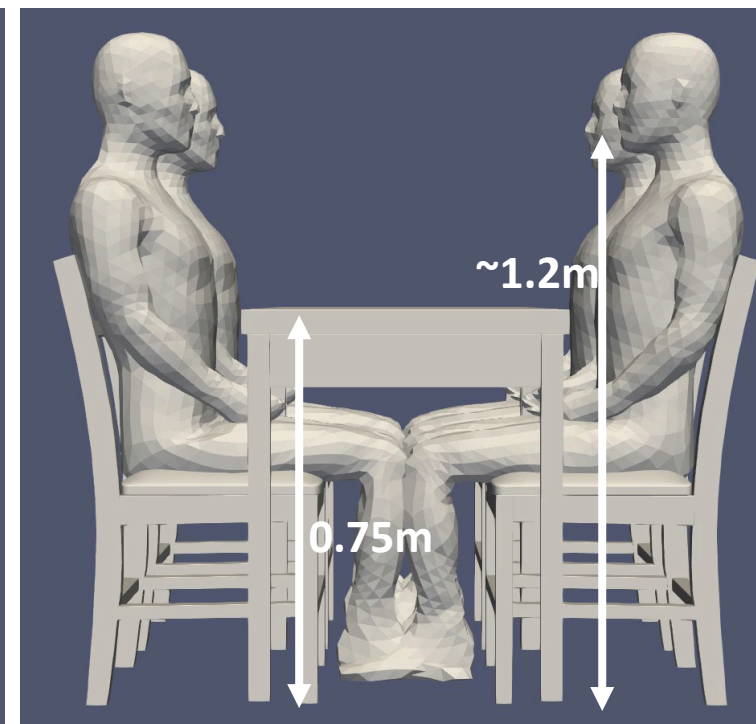
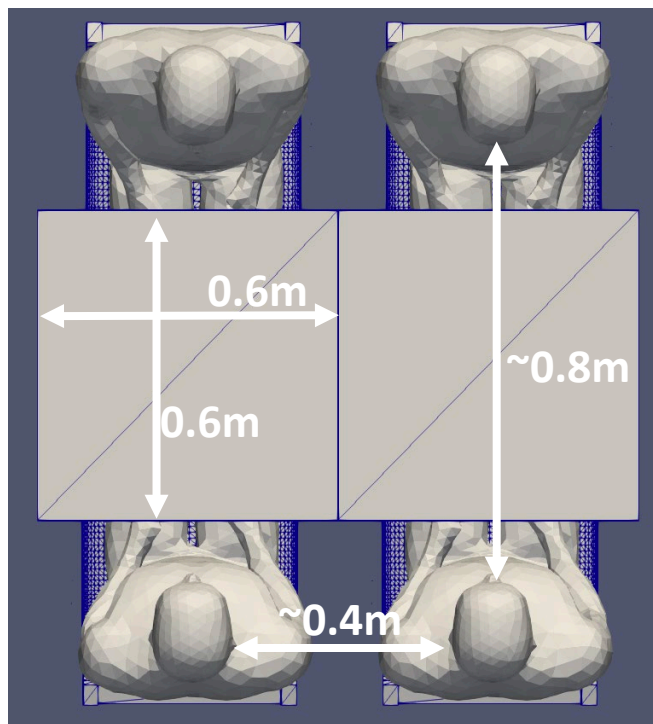
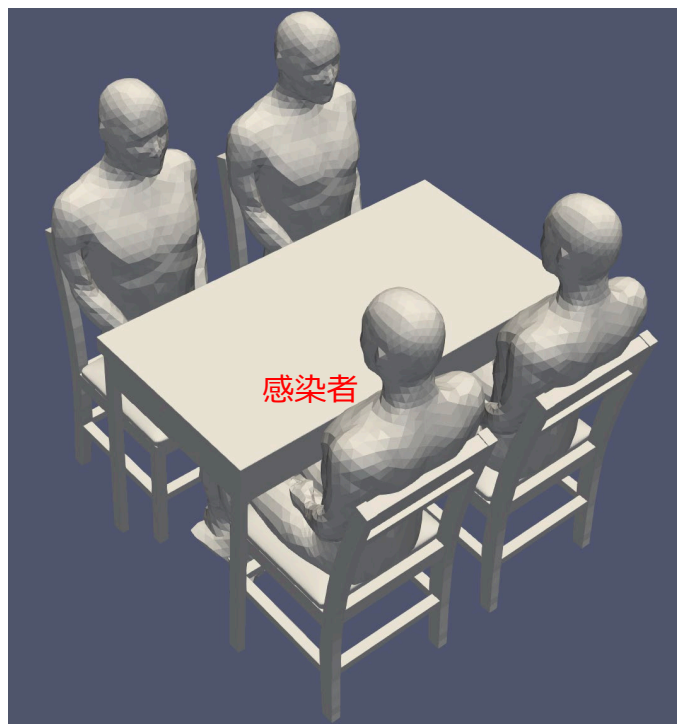
航空機内におけるリスク評価と対策について

- 外部換気その他、機内の空気循環システムの効果により、3分程度で空気は浄化される。
- 咳をした際に発生する飛沫は、着席姿勢により大きな影響を受ける。リクライニングした状態では多くの飛沫が前列乗客に及ぶ。通常着席の場合は、前列シートがパーティションの役割を果たし、10ミクロン以上の大きな飛沫は前列シートに付着もしくは落下する。
- 10ミクロン以下の小さな飛沫については、機内湿度が低くかつ比較的強いエアコンの影響で急速に蒸発しエアロゾル化して機内に拡散する。
- マスクをしない場合、エアロゾルの拡散範囲は、前後2列程度、左右4席程度におよぶ。
- 発生したエアロゾルは機内の優れた換気システムによって数分でキャビン外に放出されるが、発生するエアロゾルそのものを減らすという観点からは、マスクの着用による感染リスク低減効果は大きい。

飲食店における飛沫感染リスク評価

人と人が密になる飲食店における感染リスクと、有効な対策とは？

- 飲食店では人と人との距離が1m以下になるケースが多く、感染リスクが高まる。
- 1分程度会話をした場合で検証（英語でone, two, three, ..., tenまでを5.5秒で発話し、それを繰り返す）
- 感染者が一名いた場合、座る場所によって到達する飛沫の個数がどの程度変わるかを評価

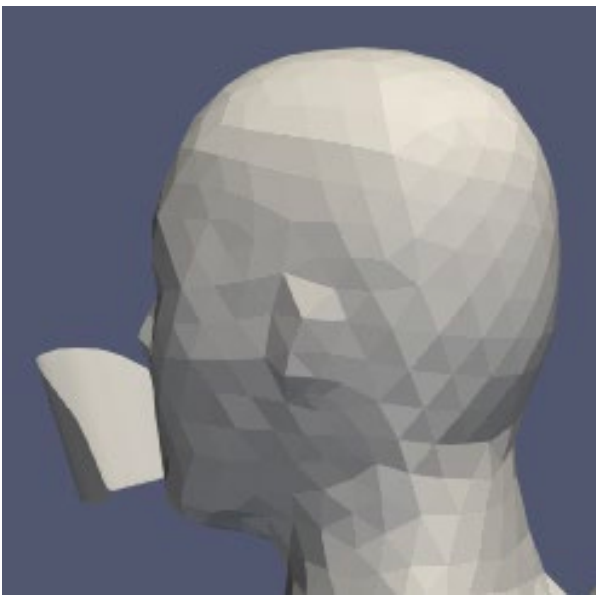


飲食店におけるマウスガードの効果（形状の検討）

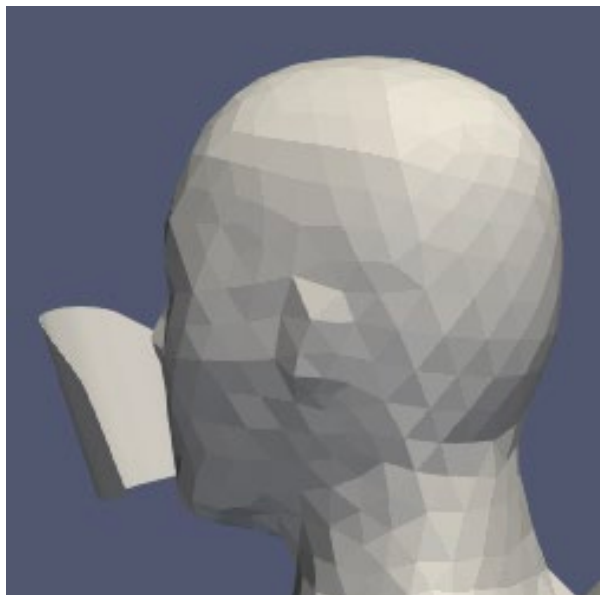
飲食時の利用を想定した場合，一般的な形状としてどのようなものが有効か？

- 飲食店を想定した四人掛けテーブルで，1分程度会話をした場合で検証

口元のみをカバー



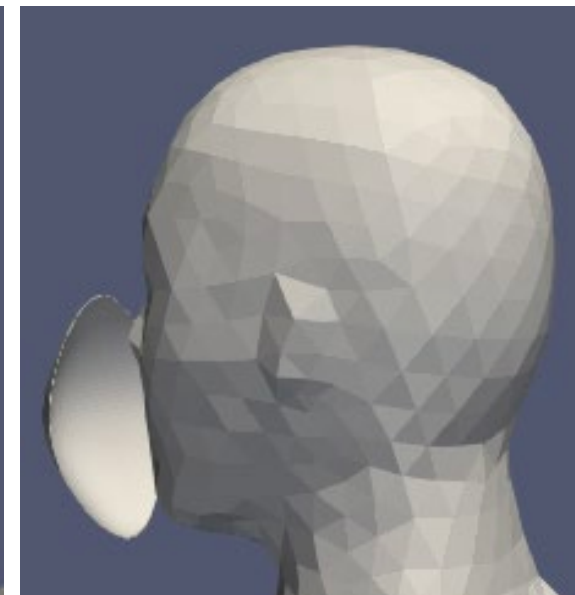
口元と鼻をカバー



顎から鼻までをカバー



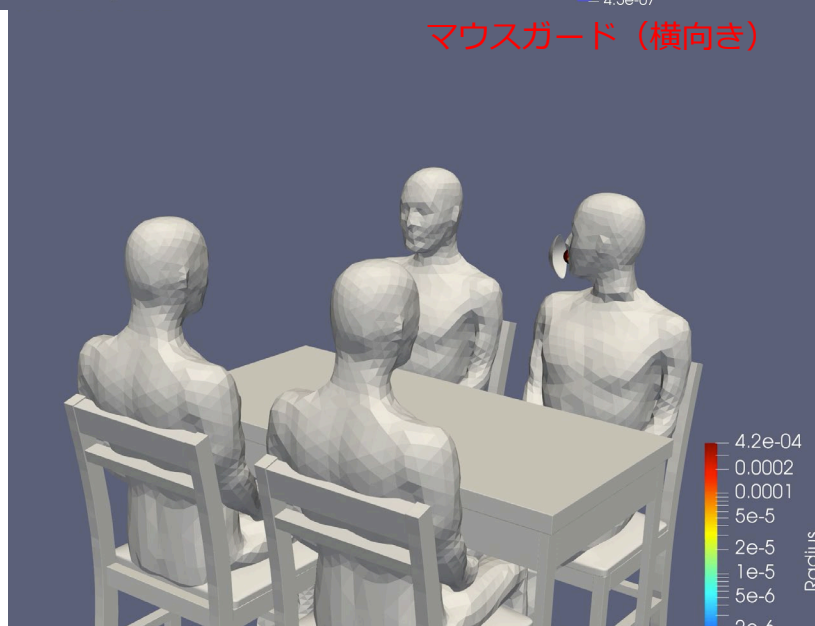
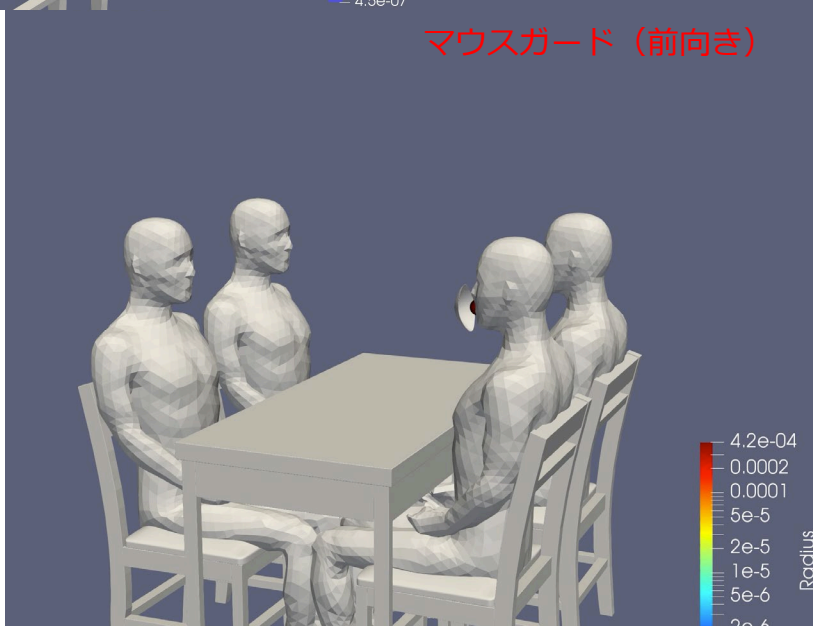
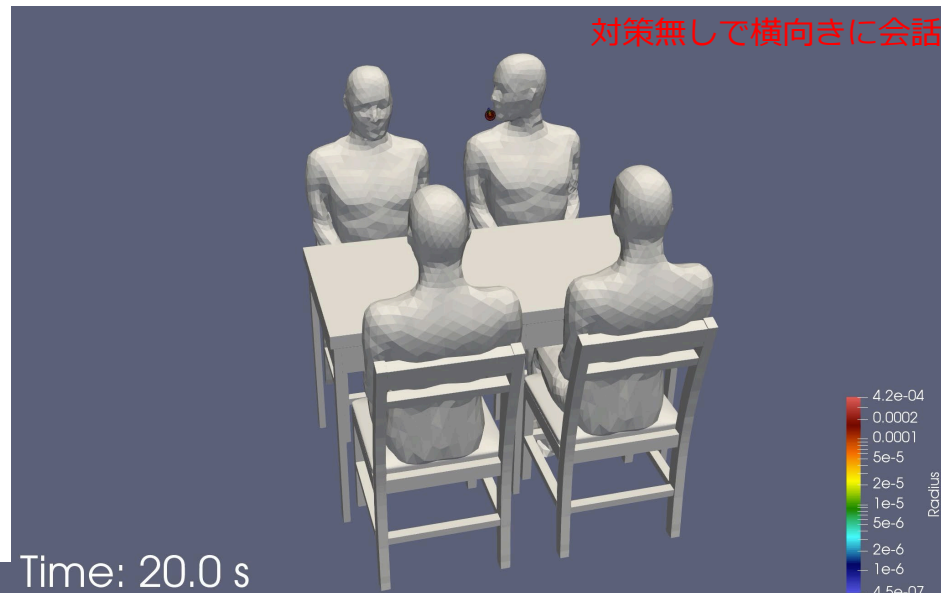
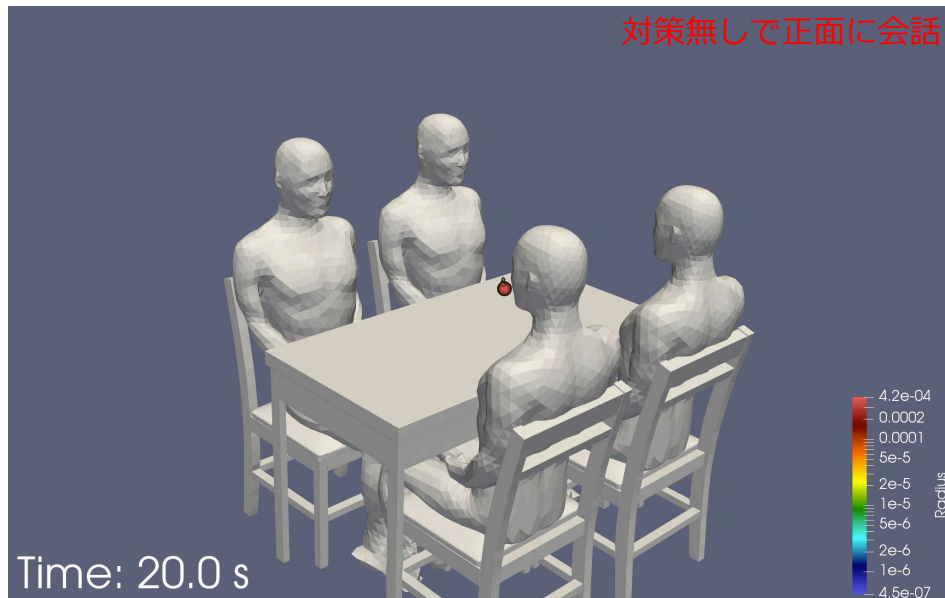
顎から鼻までおわん型でカバー



飲食店におけるマウスガードの効果（形状の検討）

感染者が正面を向いた話した場合

提供：理研・神戸大，協力：豊橋技科大・京工織大・サントリー・凸版印刷

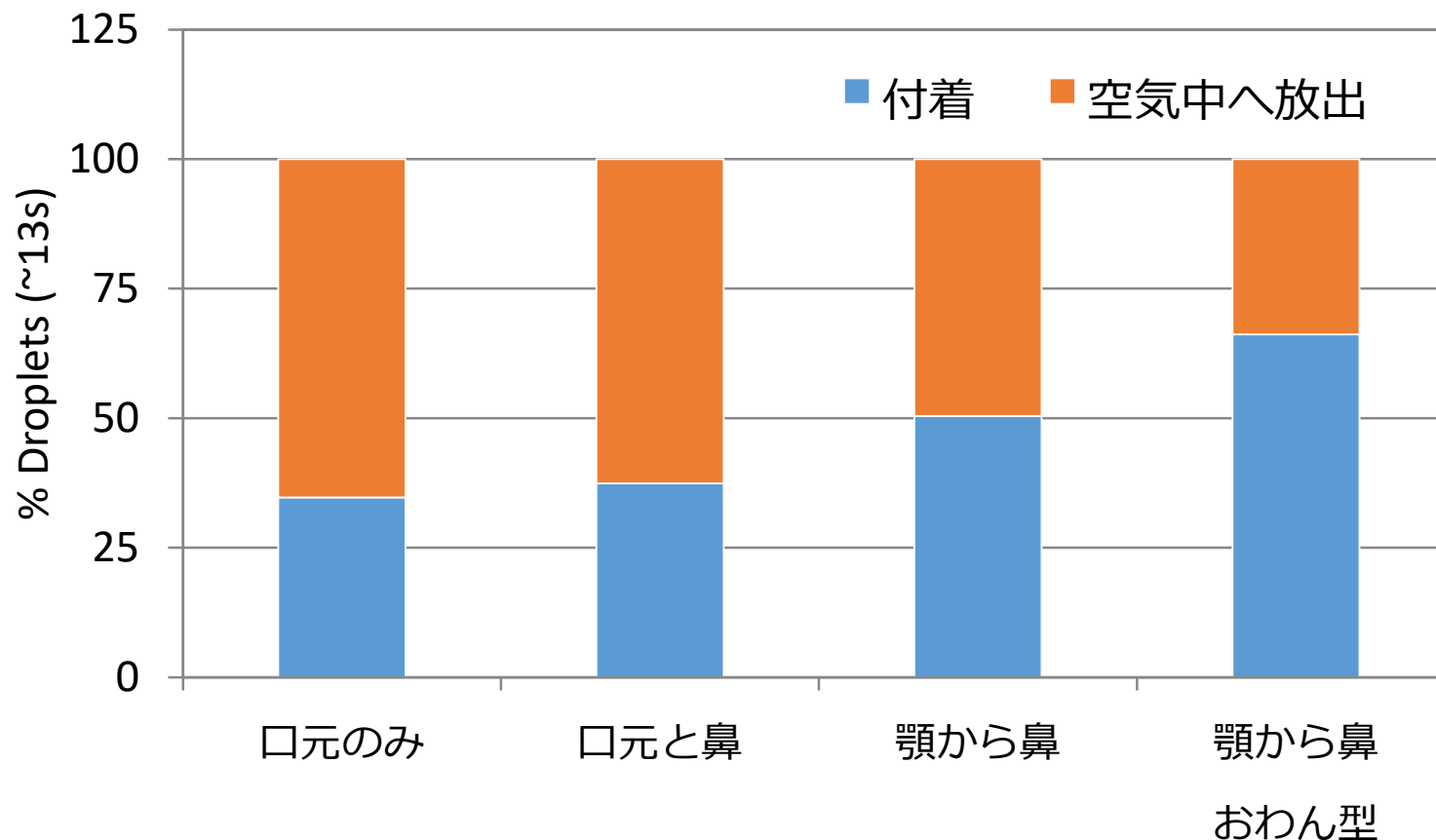


飲食店におけるマウスガードの効果（形状の検討）

マウスガードによる飛沫のトラップ効果

提供：理研・神戸大，協力：豊橋技科大・京工繊大・サントリー・凸版印刷

- 会話時に口から出た総飛沫数（13秒）に対して，空气中に放出された飛沫数の割合（オレンジ）



注意：この結果はマウスガードの装着のみによる飲食時の安全性を保障するものではありません。マウスガードはマスクと比較すると相当数のエアロゾルが漏れ出ますので，漏れ出たエアロゾルに対する換気対策を十分とると共に、接触感染に対する対策も併用する必要があります。

勉強会配布資料はここまで