

どう思う？

ひまつ 飛沫が見える シミュレーション



シミュレーションは未来の社会づくりに役立つ技術として注目されています。

ドームシアターにおける新型コロナウィルスの感染対策を例として、

シミュレーションの結果をどう発信し、活用していくのか、考えてみませんか。

ドームシアターでは感染対策として、
国の対策基準に合わせて定員数を決めたり、
マスク着用をお願いしたりするなど、
安全な運用を目指してきました。

飛沫の動き
なるべく飛沫を出さない、
吸い込まないように

人との距離
飛び出した飛沫に触れないように

その場所にいる時間
飛沫が漂っているかもしれない場に、
人がとどまらないように

少しでも多くの方に
体験してもらいたいね！

でも換気や座席の距離は
十分取れているかな…

そうだ！
シミュレーションで
確かめてみよう！

未来館職員A

未来館職員B

未来館職員C

シミュレーションとは？

バーチャル空間で行う実験のこと。
多くの条件を検証したり、
目では見えない飛沫などを
可視化したりできるのが利点です

坪倉 誠先生 (シミュレーション研究者)

今回の結果は
形や大きさが似た設置での
対策にもつなげられそうですね
なるほど

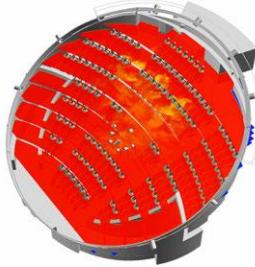
シミュレーションの手順

1 ドーム内部の形や
出入りする空気量などを計測します

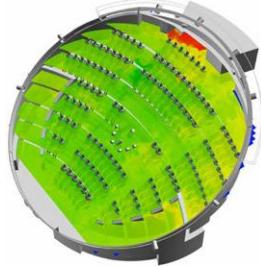
2 そのデータを元に、
スーパーコンピュータ「富岳」で
シミュレーションします

換気シミュレーション

換気が進んだ箇所は緑に表示されています



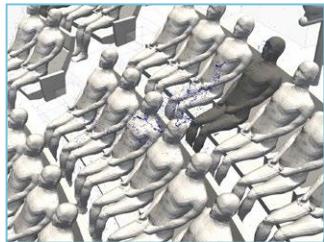
0分後



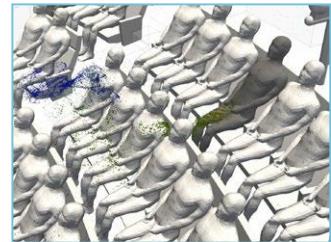
15分後

飛沫シミュレーション

黒く表示された人が咳をしたときの飛沫



マスクあり



マスクなし

※ここではシミュレーション動画の一部を表示しています

空気の流れは座席によって違うので、
飛沫の飛び方も変わるんですね

この換気状態と座席の距離で
マスクをつけると、
周りの人に届く飛沫の量は、
およそ $\frac{1}{10}$ 以下になります

これなら多くの人に
体験してもらえるね

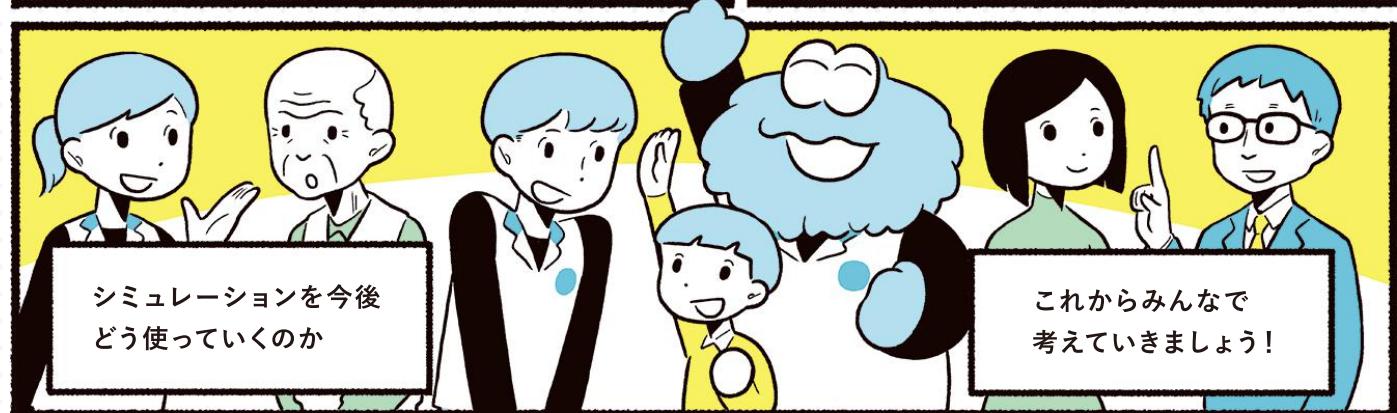
感染対策と体験者数の両立ができるか、
シミュレーションで検討し、満席でも
リスクをかなりおさえられると考えました。

「マスク・距離の効果は知っていた」
という人は多そうですが

改めてシミュレーションすることで
皆さんの感染対策への感じ方は
変わりましたか？

シミュレーションを今後
どう使っていくのか

これからみんなで
考えていきましょう！



risk ≠ 0

リスクはゼロではない、だから

シミュレーション動画ができるまで

今回は、空気の入れ替わりや飛沫を可視化するために、シミュレーション動画を制作しました。
完成までには、さまざまな専門家の協力のもと、たくさんのプロセスが必要でした。

1 場所を決める



最初に、シミュレーションを行う目的と場所を検討します。今回は、日本科学未来館のドームシアターで、感染対策を再検討するために行なうことになりました。

2 要件を考える



感染対策に役立つシミュレーションの条件や、必要なデータについて、専門家と打ち合わせました。



3 空調の計測



ドーム内部の空気の出入りを計測します。データは、シミュレーションの条件を決めたり、結果を補正したりするのに使われます。

4 ドーム内部の3Dスキャン



ドーム内部の構造を3DCG化するために、ドーム全体や客席をスキャンしました。

5 飛沫の計測



飛沫を飛ばすマネキンを座席に座らせて、空間の飛沫量を測定します。レーザーを当てることで、飛沫が見えやすくなります。

6 マネキンを3Dスキャン



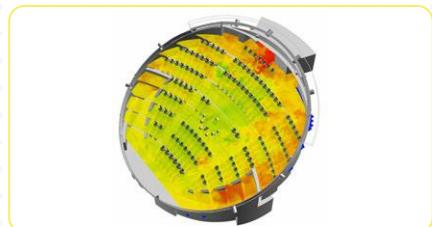
ドーム内部の飛沫の動きをシミュレーション前に実測するために、人工唾液を飛ばすマネキンを用いました。

7 シミュレーションデータ制作



空調、飛沫、ドームの構造といったデータを組み合わせて、理化学研究所のスーパーコンピュータ「富岳」によって、シミュレーションを行いました。

8 データの動画化



富岳が算出したデータは、点群データ（細かいドットの集まり）です。それを動画に変換することで、肉眼では見えなかった飛沫を可視化することができました。

シミュレーション、もっと気になる方に！

スーパーコンピュータ「富岳」について

Q 飛沫シミュレーションに「富岳」が使われるのはなぜ？

「富岳」の計算速度は、スマートフォンの2000万倍にもなります。それによって、多くの条件についてのシミュレーションを素早く行なうことが可能となります。

飛沫のシミュレーション方法について

Q 飛沫のどんな要素を考慮しているの？

飛沫の数、大きさに加え、温度や湿度、飛んでいるうちに水分が蒸発することも考慮して計算しています。

Q 部屋はどんな状態を仮定しているの？

部屋の温度は24°C、湿度50%、気圧は1気圧の条件を仮定しています。また、人がいることによる熱の影響も計算に入っています。

Q シミュレーションに登場するのはどんな人？

口の大きさは成人が咳をしたときの標準的な大きさを仮定しています。体表面の温度は27°Cとしています。

Q シミュレーションをより正確にする工夫は？

実測値とシミュレーション結果を照らし合わせて、補正します。

感染リスクについて

Q どんな要素を考慮している？

まずは感染者の座席の位置、飛沫に含まれるウイルス量、周りの人の位置、呼吸量、飛沫の到達量などから、どれだけウイルスを吸い込むかを計算します。これに、過去のクラスターの例から推定した感染力の強さも考慮して、感染するリスクを計算します。

Q 変異株ごとに結果は変わるの？

変わります。変異株ごとに感染力の強さが異なるため、過去の感染者のデータを考慮して計算しています。

飛沫そのものは
ウイルスではなく、
ウイルスを吸い込んだから
といって必ず感染するわけでは
ありません。感染に関わる
さまざまな要素を考慮して
判断する必要があります。

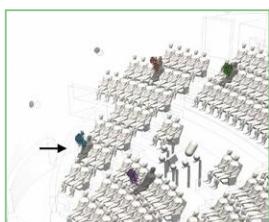


マスクが着けられない方に

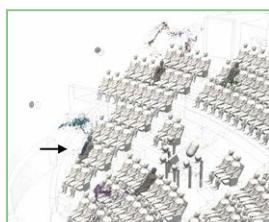
未来館では、やむを得ない理由でマスクを着用できないお客様にもドームシアターを体験いただくために、周囲への飛沫をおさえにはどの座席が一番適しているか、シミュレーションを参考にしながら検討しています。

飛沫シミュレーションの活用方法

シミュレーションの結果では、右前方（矢印）の席で咳をしたときの飛沫は周囲の席にあまり広がらず上方に飛んでいく傾向にあります。



咳をした直後



9秒後

マスクの着用が困難な方の例

呼吸器疾患のある方／免疫系疾患のある方／がん治療後遺症のある方／肢体不自由のある方／小耳症の方／知的障害のある方／感覚過敏（触覚）のある人／自閉症スペクトラムの方／皮膚疾患（炎症、かぶれ、体温調節など）のある人

※乳幼児に関しても着用は推奨されていません（小児学会の情報より）



感染対策の選択肢は、
人によってさまざまです。
リスクは目に見えないからこそ、
シミュレーションで飛沫を
見えるようにして、
みんなにとって不自由のない生活と
感染対策を両立できると
よいですね。