



ウイルス飛沫エアロゾルの飛散シミュレーション(2) —イベント活動の再開に向けて—

研究・開発機関 : [富岳コロナ対策プロジェクト飛沫解析チーム](#)
(神戸大学、理化学研究所、鹿島建設株式会社)
利用施設 : スーパーコンピュータ「富岳」
計算規模 : 最大数億セル
利用ソフトウェア : 流体解析コードCUBE

Before

- 新型コロナウイルスの蔓延により各種イベントの活動が制約されましたが、その段階的再開の判断において必要となる科学的データが不足していました。
- 新型コロナウイルスの感染状況に応じたイベント再開のガイドライン策定という迅速な対応が求められる状況で、実験のみによるデータ取得には限界がありました。

After

- 実在の多目的ホールやライブハウスを対象として局所実換気性能の評価を行い、感染リスク低減のための換気向上策を提案しました。
- 客席等での近距離飛沫曝露評価を行い、マスクやマウスシールド、距離をとることによるリスク低減効果を定量的に評価しました。
- 得られた結果を各種ガイドライン策定やその修正における科学的データとして提供しました。

背景と目的

新型コロナウイルスの急激な感染拡大は、我々の生活を一変させました。感染拡大を阻止するための方策の一つとして、人が集まる様々な活動が制限されました。感染拡大防止の観点からは、制限に対しては迅速かつ思い切った対策が必要です。一方、一度制限された活動の再開には、感染状況を把握した上で、段階的な制限の解除が必要となります。この時、どのような制限を取ればどの程度感染リスクが減らせるのかという科学的データが不可欠です。我々のチームでは、内閣官房COVID-19 AI・シミュレーションプロジェクトの支援のもと、イベント活動の再開に向けて、シミュレーションを用いた各種検討を行ってきました。シミュレーションは、ステージ上や客席等での咳、歌唱、マスクの有無等、近距離での様々な状況でのウイルス飛沫曝露量による感染リスクの推定と、建物内での実換気量の推定という二つの視点から行います。前者のシミュレーションは、1億セル以下の比較的小さな計算を数多く調べるといったキャパシティ解析、後者のシミュレーションは、定員二千名程度の音楽ホール内部を対象として、大小のエアコン装置の作動状態や、ステージライトの他、客席やステージ上の人の発熱も全て考慮した数億セル規模のケーパビリティ解析となります。ここでは特にホール内の局所的な実換気量にも着目して、結果を近距離飛沫曝露シミュレーションの境界条件としても活用します。感染状況に応じた対策を取るために、全てのケースを出すのにひと月程度の時間しかなく、富岳の計算資源が大きな助けとなりました。

利用成果

図1は、川崎市に実在するホールを対象に、その実換気量を調べた結果です。ホール内の空調関係と人体発熱等の境界条件を設定して気流を十分発達させた後、汚染空気を想定した赤色でホール内を満たします。その後、空調からの外部新鮮空気(図中青)の流入による汚染空気の減衰を評価し、実換気量を算出します。客席

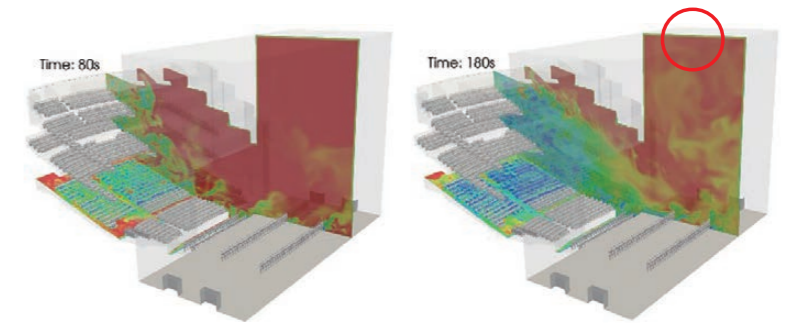


図1 ホール内の換気効果(協力:川崎市)
(換気装置動作後、左:80秒後、右:180秒後)

の下に設置されたエアコン吹出口からの新鮮空気により客席から換気が進み、天井の排気ダクトから効率的に汚染空気が排出されることから、理想的に換気が進むことがわかりました。一方、ステージの上方(○印)等にやや換気が遅い領域も見受けられます。この結果に基づいて1階客席での飛沫曝露を評価した結果を図2上中に示します。これは咳をして6秒後の飛沫の様子をマスクの有無で比較したのですが、マスクをすることで前列への飛沫の飛散はほぼ防げることがわかります。色は飛沫の大きさを表していますが、マスクをしたケースでは、青で示された5ミクロン以下のエアロゾルのみ、体温と客席下からのエアコンの吹出によって、上方に運ばれる様子わかります。図2下は、ステージ上で演者が咳をした場合です。10ミクロンより大きな飛沫は演者から2メートルの範囲にほぼ落下しますが、エアロゾルはソーシャルディスタンスより遠い範囲に広がるのがわかります。この結果から、演者と客席は2メートル以上離れた上で、ステージ上での適切な換気が重要になります。図3はステージ上での歌唱時の飛沫飛散の様子です。全ての人が歌唱していますが、中央にいる人が感染者であると想定して感染者の飛沫のみ可視化をしています。図3中より、人数を半減したとしても相当数の飛沫が前方に拡散しているのがわかります。一方、図3右は全員がマウスシールドを装着する例ですが、飛沫の飛散と共に、歌唱に伴う気流そのものも抑制されることから、周囲への飛沫の飛散が抑えられているのがわかります。

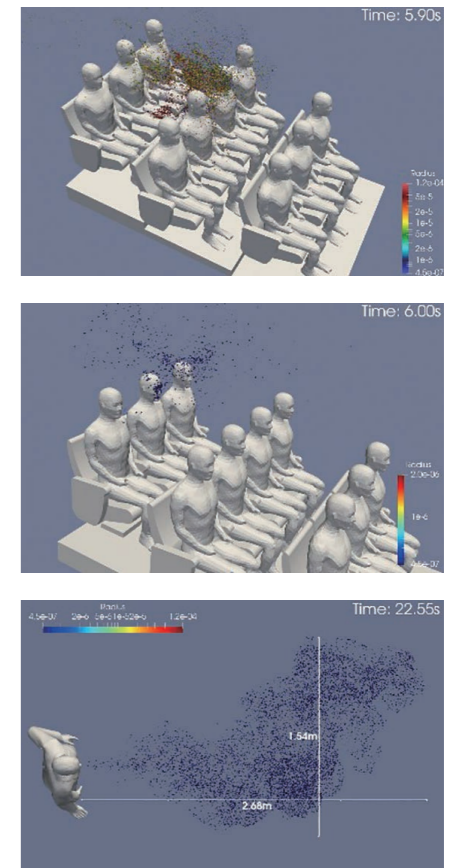


図2 客席やステージでの咳をした時の飛沫飛散の様子(上:客席マスク無、中:客席マスク有、下:ステージ上マスク無)

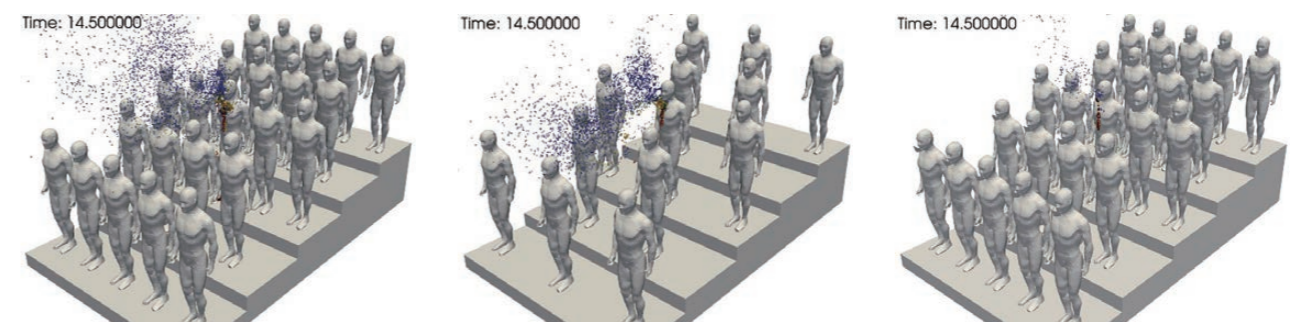


図3 コーラス活動時の飛沫飛散の様子(左:通常活動時、中:人数を半減、右:全員マウスシールド着用)