



ウイルス飛沫エアロゾルの飛散シミュレーション(1) —公共交通機関における評価と対策—

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](#)
(理化学研究所、神戸大学)
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

- 社会経済活動を支える共通インフラである公共交通機関に対して、飛沫・エアロゾル感染に関わる科学的データが欠如していました。
- 新型コロナの感染状況に応じた経済活動の維持という迅速な対応を迫られる状況で、実験のみによるデータ取得では柔軟に対応策を検討するには限界がありました。

After

- 通勤電車、タクシー、航空機、観光バス、通勤バスなどを対象とした飛沫・エアロゾル感染リスクの評価とその低減対策を、刻々と変化する新型コロナの感染状況に応じて、数カ月の短い期間で行いました。
- 得られた結果を社会に発信して、感染に対する啓発を行うと共に、国交省などを通じて各事業団体への発信も行いました。

背景と目的

新型コロナウイルスの感染拡大、蔓延、収束の全ての段階において、そのステージに応じた感染阻止と経済活動の両立は重要な課題です。公共交通機関は我々の社会経済活動を支える共通インフラであり、経済活動の活性化に伴い人と人が密な状態となることから、飛沫感染のリスクの高い場と考えられます。しかしながら公共交通機関内における飛沫・エアロゾルによる感染リスクについては、航空機を除いて十分な知見があるとは言えず、今回の新型コロナパンデミックにおいてクローズアップされた対象の一つです。

我々のグループでは、通勤電車、通勤バス、観光バス、タクシー、航空機を対象として、現在、飛沫エアロゾル感染に対するリスクと対策について、シミュレーションによる検討を行っています。本課題は輸送機器の製造企業と連携して進めることが多く、提供された開発CADデータから高速なモデル作成と評価が必要になります。本解析で主に用いている流体解析コードCUBEは階層直交格子と埋め込み境界法に基づくデータ構造を採用していることから、大規模並列計算に適し、実際のものづくりで用いられるCADデータから直接CFD計算が実施可能な複雑形状を取り扱うことができるので、このような問題に対して迅速な対応が可能であり、富岳の豊富な計算資源とあいまって数多くの問題に対応することが可能でした。特に通勤電車やタクシーでは、走行中の車内における窓開けによる換気効果を評価する必要があり、走行中の車室内と外を統一的に扱う大規模解析となりました。感染リスクに関する評価は、直接飛沫の曝露量と車室内の局所実換気という二つの観点から、想定される対策と効果の見える化を行いました。

利用成果

図1は、通勤電車内での換気状態を評価した結果です。山手線車両を想定し、中央に四つの開閉ができる窓と、8つの乗降扉が設置されています。時速80キロ走行時を再現し、窓開けによる換気量を評価できるよう、電車外の気流もあわせて解析をしました。図左はエアコンのみによる換気、図中はエアコンに加えて窓を5cm開けて走行した場合の結果を示しています。流れが発達した状態での汚染空気を仮定し、赤色で車内を満たし、100秒後の状態を表しています(外部新鮮空気は青)。5cm窓開けにより、車内の実換気量はエアコン換気に対して30%程度向上することがわかりました。窓開けによる換気量の向上はほぼ窓開け量に比例し、20cm開けた場合では、車内の実換気量はエアコンのみの場合と比較してほぼ倍にすることができます。

図右は窓開けに対して、停車時の乗降ドアの開閉によりどの程度換気が進むのかを表したもので、30秒程度片側乗降ドアを開閉した直後(45秒後)の様子を示しています。局所的な差は大きいものの、ドアを開けている間は時速80キロ走行で10cm窓を開けている場合とほぼ同等の換気が確保できることがわかりました。

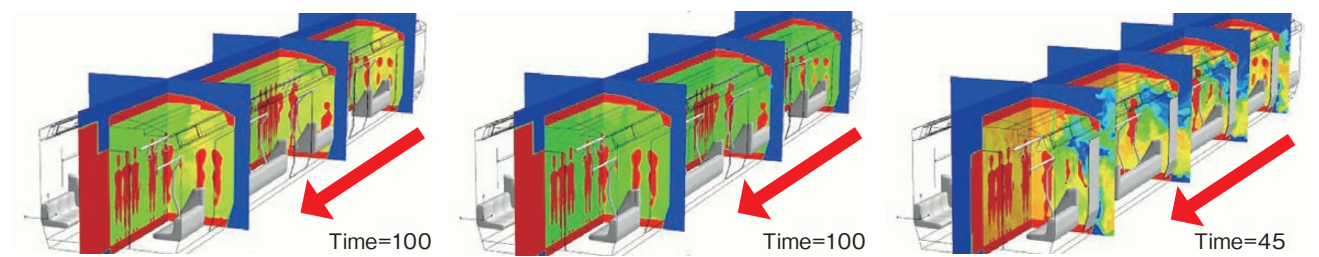


図1 通勤電車における窓開け換気の効果 (図中右から左へ走行)
(左: エアコン換気のみ、中: エアコン+5cm窓開け、右: エアコン+30秒ドア開け)

図2は、航空機内での換気評価(a)と飛沫飛散の様子(b)を可視化した結果です。航空機は感染症に対策が考慮されている数少ない公共交通機関であり、エアコンによる外部換気量と空気中のチリをろ過するHEPAフィルタによるウイルス除去を考慮にいたした結果、3分程度で空気の清浄化が可能であることが実証されました(図2(a))。

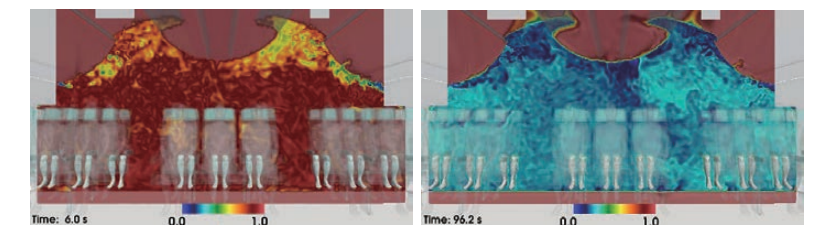


図2(a) 航空機客室の換気効果
(換気装置動作後、左: 6秒後、右: 96秒後)

協力: 日本航空(株)

ただし飛沫曝露によるリスク評価としては、換気性能に加えて局所的な飛沫の発生とその飛散についても評価する必要があります。図2(b)は矢印を感染者と想定して咳をした場合の飛沫の飛散をマスクの有無で比較したものです。マスクのない場合、飛沫は左右3席前後2列以上に到達しますが、着用することでその影響範囲は半分以下とすることができます。

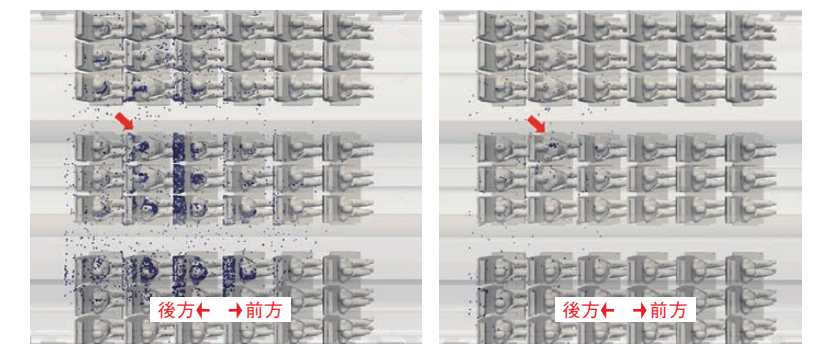


図2(b) 航空機客室の飛沫の飛散の様子
(咳をして30秒後、左: マスク無、右: マスク有)

協力: 日本航空(株)