

換気の気流がエアロゾル感染の一因に ～クラスター発生地点での実地検証とシミュレーションから分析～

国立大学法人 電気通信大学の石垣 陽 特任准教授を中心とする研究チームは、新型コロナウイルス感染症の対策として広く推奨されている換気の方法次第では、気流に乗ってマイクロ飛沫が移動することで、集団感染を引き起こす一因となる可能性があることを発見しました(図1)。研究チームではこの事例を国内外の研究者にいち早く共有し広く意見を求めるため、医学分野のプレプリントサービス「medRxiv」(運営:コールド・スプリング・ハーバー研究所(CSHL)、医学系雑誌出版社 BMJ、米・イエール大学)において速報原稿を発表しました。

この調査研究は本学に加え、産業医科大学、宮城県結核予防会の研究者が行い、実際にクラスターが発生した日本国内の高齢者施設において、当時の換気状況を二酸化炭素(CO₂)ガスにより再現して測定。その後、熱流体シミュレーションによってエアロゾルの挙動を分析しました。



図1 初期感染者が居たと考えられる個室(写真左)から共用エリアへエアロゾルが流出する様子
(特殊スモークによる再現実験)

【背景】

新型コロナウイルスの感染拡大予防のためは、「接触」「飛沫」「エアロゾル」の3つの感染経路毎に、複数の対策を講じることが重要です。このうちエアロゾル感染を予防するためには、マスクの着用に加えて、換気が重要だとされています。さらに室内の換気状態については、室内のCO₂の濃度を計測・可視化し良好な状態に保つことで、たとえ空気中にマイクロ飛沫が存在したとしても、これらをいち早く排出させる手法が注目されています。

本学はこれまで、調布駅前商店街との共同実証実験により、飲食店・学習塾・スポーツジムなどのCO₂濃度を可視化し、環境ナッジ行動を支援してきました(参考リンク1)。また、地下ライブハウスのような特殊な空間における新しい換気方法を提言するための実証実験を、アイドルグループ「仮面女子」と共に行っています(参考リンク2)。さらに最近のオミクロン株によるエアロゾル感染に備えるため、二木芳人教授(昭和大学医学部臨床感染症学講座)の監修のもと、事業者が自ら行える換気のチェック方法や換気対策ノウハウを「換気対策ガイドブック」としてまとめ、自治体を通じて2万部以上を無償配布しています(参考リンク3)。一方で、アクリルパネルやビニールシートなどの飛沫対策グッズが換気の阻害となり、クラスターを発生させる一因となる事も指摘してきました(参考リンク4)。加えて、普及が進む安価なCO₂センサの中には粗悪品が多いことを受けて、経済産業省のガイドライン策定にも協力しました(参考リンク5)。

このように本学が換気改善のための実践的な社会実証を行う中、宮城県内でエアロゾル感染が原因とみられるクラスターが発生したとの連絡を受け、本学を中心とする研究チームによる現地調査が実現しました。

【調査の詳細】

■調査期間 令和3年8月～当面の間追跡調査を実施

■調査対象 新型コロナウイルスのクラスターが発生した宮城県内の高齢者施設

■調査分析の実施者

- 石垣 陽(本学 情報学専攻 特任准教授)
- 横川 慎二(本学 i-パワーエネルギー・システム研究センター センター長・教授)
- 齋藤 彰(宮城県結核予防会)
- 喜多村 紘子(産業医科大学 産業医実務研修センター 准教授)
- 川内 雄登(本学 情報学専攻 博士前期課程 1年)
- 源 勇気(東京工業大学 反応性気体力学分野 助教)

【調査結果の概要】

調査した高齢者施設ではデイルームで最初のクラスターが発生し、最終的に約60名が感染しました。現地での実測の結果、このデイルームには大型の換気扇が取り付けられており、換気回数は毎時6回以上、一人当たり換気回数は毎時30立方メートル以上であることがわかりました。この換気量はビル管理法の基準に適合しており、厚生労働省のガイドラインが示す「換気が悪い空間」には当てはまらないと考えられます。また、CDC(アメリカ疾病予防管理センター)が定める

感染患者の隔離施設における換気回数の基準にも適合していることから、デイルームの換気状態は良好であったといえます。

一方、このデイルームに隣接する個室には、初期感染者と考えられる方が1名入居していました。そこで研究チームがCO₂トレーサガス法によって気流を調査したところ、デイルームに設置された換気扇によって個室の空気が引き込まれており、個室からデイルームに向かって穏やかな気流が発生していることを発見しました。さらにコンピュータによる熱流体シミュレーションによって気流の状態を確認したところ、個室から漏れ出したエアロゾルが1分程でデイルームに到達し、そこに滞在する複数の人に再吸入された可能性があることがわかりました(図2)。

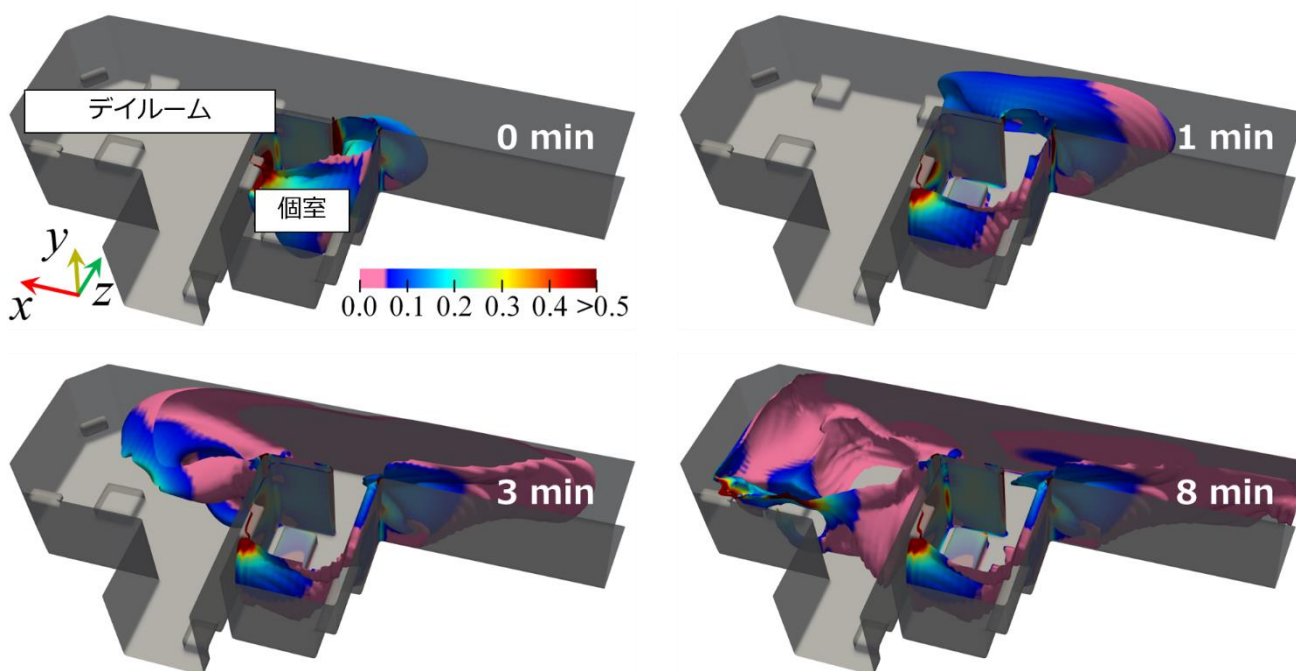


図2 高エアロゾル濃度領域の時空間的広がりと局所的な流体速度分布

一般に高齢者施設では入居者の生活導線を支援するため、行き止まりの無い回廊を中心として、共用エリア(例:食堂、風呂、トイレ、デイルーム)と私的なエリア(例:個室、相部屋)が空間的に繋がっています。今回の調査の結果、このような特殊な空間設計においては、換気能力のみならず、風の流れを考慮した感染症対策が求められると考えられるため、研究チームでは今後、関連ガイドラインの見直しと、既存建物における気流改善の必要性を提言していきます。

<速報原稿の詳細>

- Yo Ishigaki, Shinji Yokogawa, Akira Saito, Hiroko Kitamura, Yuto Kawauchi, Yuki Minamoto:
Investigation of air change rate and aerosol behavior during an outbreak of COVID-19 in a geriatric care facility, medRxiv 2022.01.27.22269512.
- <https://doi.org/10.1101/2022.01.27.22269512>
- <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2022.01.27.22269512v1>
- <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2022.01.27.22269512v1.full.pdf>

<参考リンク>

- 1) 【ニュースリリース】電通大と調布駅前商店街が3密状態の見える化で共同実証実験～CO₂濃度可視化による新型コロナ感染予防に関する研究～
https://www.uec.ac.jp/news/announcement/2021/20210323_3226.html
- 2) 【ニュースリリース】地下ライブハウスでのマイクロ飛沫に配慮した新たな音楽イベント～CO₂濃度上昇を抑制する「サイレント換気タイム」を仮面女子と実証～
https://www.uec.ac.jp/news/announcement/2021/20210412_3289.html
- 3) 【ニュースリリース】オミクロン株に備え、換気対策ガイドブック2万部を無償配布～沖縄県や渋谷区・東松山市の飲食店・音楽会場へ～
https://www.uec.ac.jp/news/announcement/2022/20220117_4069.html
- 4) 【ニュースリリース】アクリルパネルやビニールシートがマイクロ飛沫感染の一因に～クラスター発生地点での換気実験と熱流体シミュレーションから分析～
https://www.uec.ac.jp/news/announcement/2021/20210531_3411.html
- 5) 【報告】石垣陽特任准教授(情報学専攻)が、経済産業省「二酸化炭素濃度測定器の選定等に関するガイドライン」を監修
https://www.uec.ac.jp/news/announcement/2021/20211101_3834.html

【本リリースに関するお問い合わせ先】

■研究に関する取材・問い合わせ先

国立大学法人 電気通信大学 特任准教授 石垣 陽

MAIL: ishigaki@uec.ac.jp

■電気通信大学に関する問い合わせ先

国立大学法人 電気通信大学 総務企画課広報係

TEL:042-443-5019 FAX:042-443-5887

MAIL: kouhou-k@office.uec.ac.jp