

2023年3月8日

—発表資料—

国立大学法人筑波大学
ライオン株式会社

帰宅直後のウイルスの住居内感染リスクを可視化する シミュレーションモデルを開発

感染症予防には、病原体が人の体内に到達するまでの感染経路を遮断することが重要です。しかし、接触感染では、手指や物に付着した病原体が、どのようにして他の人の手指に移っていくか、これまで十分に分かっていませんでした。本研究では、実態調査に基づく生活者の行動モデリングと、各種材質基板とモデル皮膚を使い、家財・携帯品・手指などに付着したウイルス量を推定するエージェントベースシミュレーションモデルを開発しました。

このシミュレーションモデルを用いて、生活者が外出先から自宅に戻ってきた際に生じる、住居内のウイルスの拡散状態を分析しました。その結果、帰宅前に一定量のウイルスが手に付着したと仮定した場合、帰宅直後から手洗いまでの多くの行動で、室内のさまざまな箇所に手指のウイルスが付着し、これに次の帰宅者が二次接触して、さらに室内に拡散させることが分かりました。玄関内での手指消毒と早めの手洗いなど、帰宅直後の衛生行動のタイミングを工夫すること、また、同居者に感染者がいた場合には、感染者が療養する部屋を出る際に手指消毒を行うことで、他の同居者の二次的なウイルス接触リスクが低減するという結果も得られました。

日常生活におけるウイルスの付着箇所や広がり方が分かれば、より効果的な感染予防対策ができ、予防の負担軽減にもつながります。今後はこのシミュレーションモデルをさらに発展させ、家庭内だけでなく、公共場面における病原体接触リスクを解析し、社会全体の感染予防に向けた衛生行動の提案を目指します。

研究代表者

筑波大学 ビジネスサイエンス系

倉橋 節也 教授

ライオン株式会社 先進解析科学研究所

柿澤 恭史 所長

研究の背景

病原体の感染経路には、「飛沫・空気感染」や「接触感染」等があります。飛沫・空気感染は、COVID-19を契機に、可視化技術を含むさまざまな研究により、病原体を含んだ飛沫・エアロゾルが、ヒトからどのように放出され、他の人々の身体に吸い込まれるかが明らかになり、そのリスクの理解が大きく進みました。一方で、接触感染は、汚染された手指や物品から、病原体がどのように家財や所持品、手指に広がり、他の人々の口や鼻等の粘膜に到達するか、十分に明らかになっておらず、リスクは不透明なままです。今後もさまざまな感染症の脅威が予想される中、接触感染リスクを理解し、適切な対策をとることは、感染予防において重要です。しかしながら、実際には、目に見えないウイルスを直接検出し、その実態を明らかにすることは困難です。

そこで、本研究グループは、仮想空間で自律的に動くエージェント（個人や集合体）がもたらす全体への影響を評価するエージェントベースシミュレーションモデルを用い、住居内での接触行動に伴うウイルスの室内拡散の状況と、手洗い等の衛生行動がウイルスの拡散・再接触を抑制する効果について評価しました。

研究内容と成果

予備調査から、生活者は、帰宅直後から手を洗うまでの間に、住居内のさまざまな物品に触れていることが明らかになりました。そこで、一般成人約 1,100 人を対象に、帰宅直後から 30 分間に訪れた部屋とそこで触った物品の順序、手洗い・手指消毒のタイミング等をアンケート調査し、住居内接触行動を数値化しました。また、接触動作時の手指と物品表面との間のウイルス移動量を定量化するため、新型コロナウイルスと同じエンベロープ型ウイルスであるインフルエンザウイルスを用い、プラスチックや金属、布等の材質基板とモデル皮膚との間のウイルスの移動量を測定しました。これにより、材質や形状、接触回数等、行動調査から想定されるさまざまな接触条件に対応するウイルスの移動量パラメータを取得しました（図 1）。

次に、住居内接触行動について、部屋の移動やその部屋で起こる接触回数、接触した物品から新たな物品に触る行動を確率値に変換し、帰宅後 30 分間の生活者の動線と接触行動を再現するシミュレーションモデルを構築しました。このモデルにウイルスの移動量パラメータを組み込むことで、エージェントが訪れた部屋で、物品または手指に付着するウイルス量が算出可能になるとともに、住居内のウイルスの分布がその間取り上で定量的に可視化できるようになりました。

このモデルを用いて、帰宅前に手指に付着していたウイルスが、帰宅後に住居内でどのように拡散するかを分析しました。その結果、帰宅後に手洗い（ハンドソープ使用）をしていたとしても、その前に生じた接触行動により、すでに多くの物品にウイルスが付着しており、その室内分布は、30 分間手を洗わなかった場合とほぼ同じでした。一方、帰宅後の手洗いのタイミングを早めた（14 回接触以内）場合、トイレや浴室、寝室等のウイルス付着量は、30 分間手を洗わなかった場合のおよそ $1/100 \sim 1/1000$ にまで減少しましたが、玄関やキッチン等、帰宅後すぐに入りやすい部屋のウイルス量は、手洗いのタイミングに関わらずほとんど変化しませんでした。一方、帰宅直後に玄関でアルコールによる手指消毒を行うと、これらの部屋のウイルス量もおよそ $1/100 \sim 1/1000$ にまで減少し、ウイルスへの再接触リスク低減効果が、定量的に示されました（図 2）。

また、実際の生活では、単身世帯だけではなく、複数の人物が同居しているケースがあります。そこで、これまでに得た行動確率値やウイルス移動量パラメータを基に、複数名のエージェントが行動するシミュレーションモデルを新たに構築し、1 人目の帰宅者が持ち込んだウイルスが、2 人目の帰宅者の物品への接触行動により、どのように住居内に拡散するかを分析しました。その結果、1 人目の帰宅者が玄関で触ったドアノブや照明スイッチ等の家財、鍵やカバン等の所持品にウイルスが残存しており、これらに触った 2 人目の帰宅者にウイルスが移動し、住居内に拡散していくことが分かりました。また、

同居者全員が、玄関での手指消毒や、早めの手洗いといった、帰宅時の適切なタイミングで衛生行動をとると、日常の住居内の接触感染リスクが低減されることが示唆されました。

さらに、住居内に感染者がいた場合の、同居者の接触感染リスクを分析しました。帰宅した同居者が感染者の世話等で寝室に入り、飛沫等で汚染された物品に接触することで、手に大量のウイルスが付着し、他の部屋への移動と物品への接触を通じて、このウイルスが住居内に拡散し、他の同居者にも二次的な接触感染リスクが及ぶことが分かりました。このリスク低減対策として、手洗いや手指消毒の効果を踏まえて分析したところ、感染者の寝室を出る際、感染者本人と同居者がともに手指消毒を行うことで、二次的な感染のリスクと手指の接触による住居内の汚染範囲を極小化できることが定量的に示されました（図3）。

今後の展開

今後は、住居内での子どもの行動や、小学校や飲食店等、多数の人が活動する空間に研究対象を広げるとともに、飛沫動態データの導入や他の感染症ウイルス・微生物を対象としたリスク研究を進めていきます。これらの研究により、感染経路の全体像が明らかとなり、一日の生活における病原体感染リスクが推定できるようになります。また、衛生行動のタイミングや、さまざまな消毒・抗菌技術、ワクチン等の効果を分析することで、より負担が少なく効果的な感染対策の立案にもつながると期待されます。

参考図

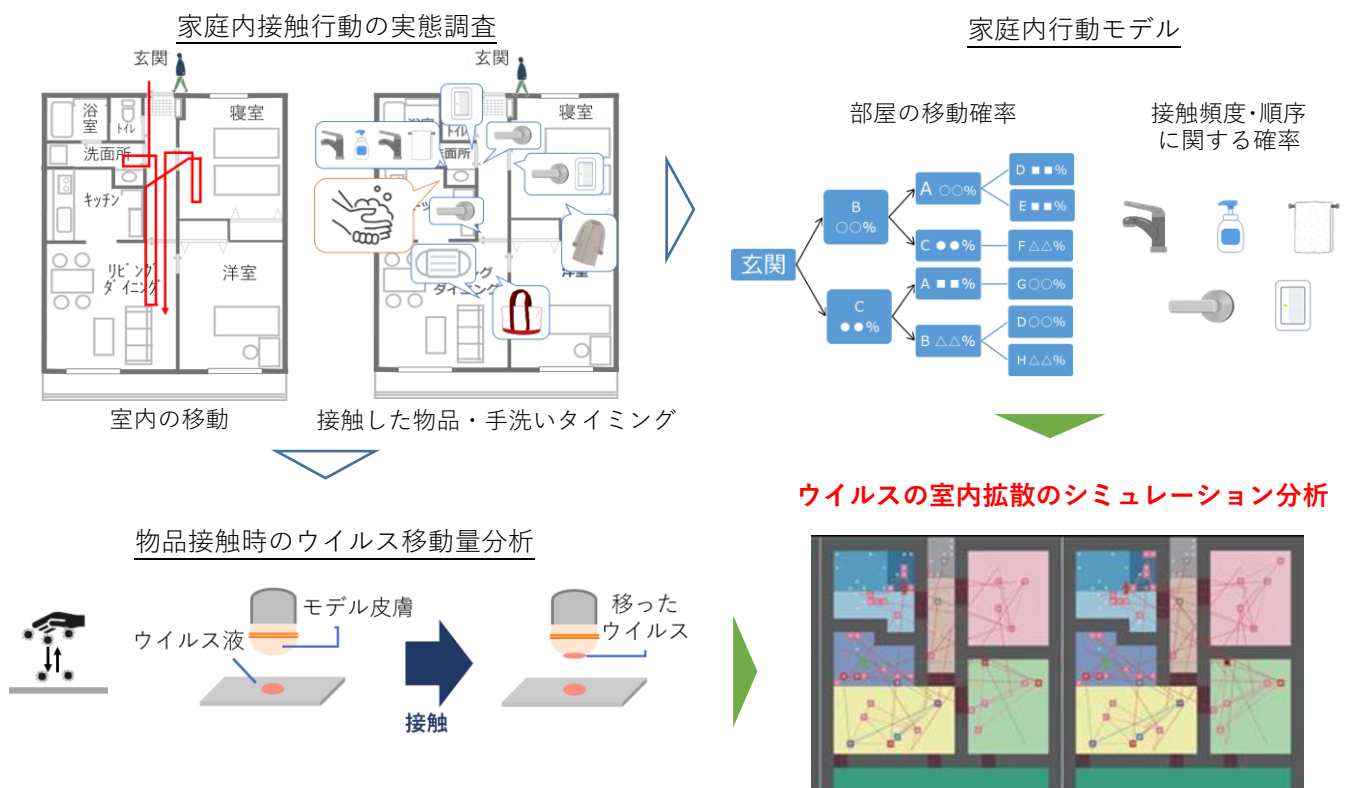


図1 家庭内接触感染リスクの可視化フロー

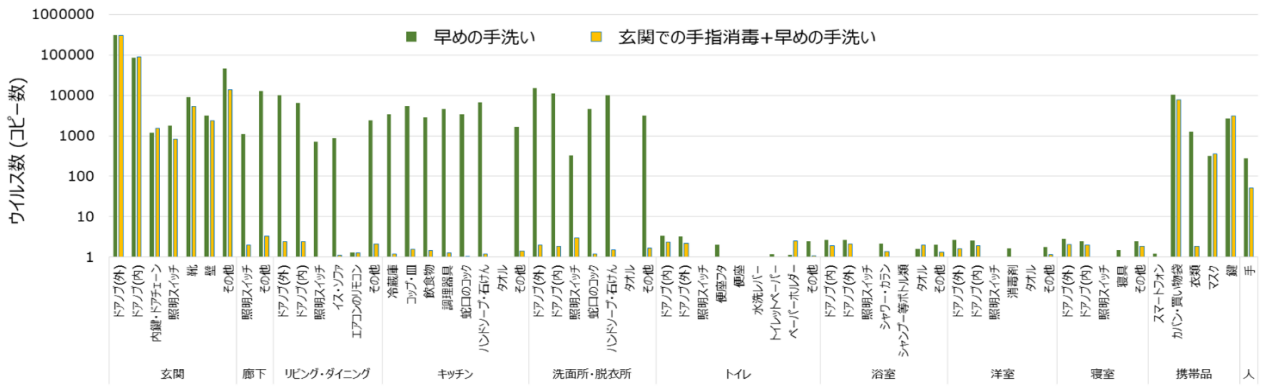


図2 玄関での手指消毒後、早めの手洗いをを行った場合のウイルス拡散抑制効果の分析結果

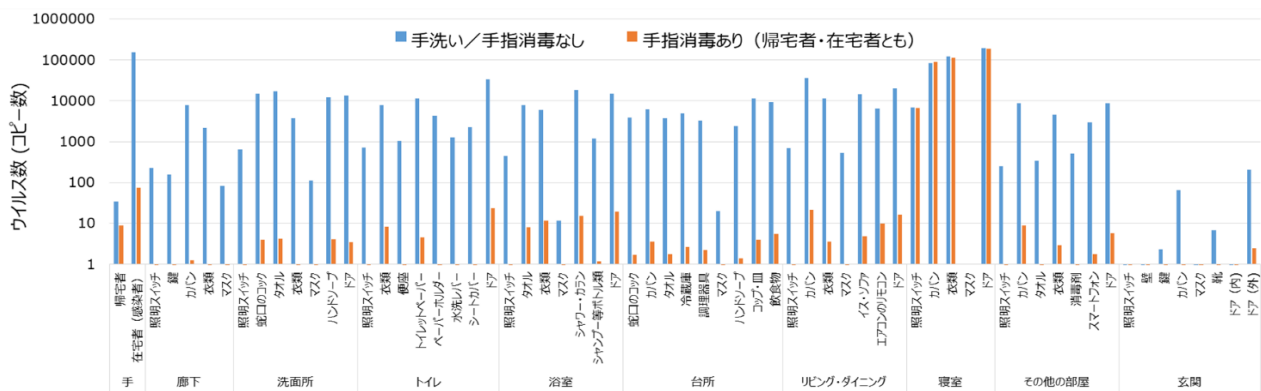


図3 感染者在宅時における手指消毒のウイルス拡散抑制効果の分析結果

研究資金

本研究は、筑波大学とライオン株式会社との共同研究契約に基づいて行われました。また、三菱総合研究所が内閣官房の委託を受けて推進している「ポストコロナ時代の実現に向けた主要技術の実証・導入に向けた調査研究業務」の一環として、および JST 未来社会創造事業 JPMJMI20B3、JSPS 科研費 21H01561 の助成を受けて実施しました。

掲載論文

- 【題名】 A tipping point of spreading viruses: Estimating the risk of household contact transmission of COVID-19
(ウイルス拡散の転換点:COVID-19 の家庭内接触感染のリスクの推定)
- 【著者名】 Setsuya Kurahashi, Taisei Mukai, Yukari Sekine, Keisuke Nakajima, Keiko Otake, Junichi Sugiyama, Takeshi Takizawa, Yasushi Kakizawa
- 【掲載誌】 Frontiers in Physics
- 【掲載日】 2023年1月12日
- 【DOI】 10.3389/fphy.2022.1044049

【題名】 家庭内帰宅時接触行動に伴うウイルス拡散リスクとケア効果の可視化
【著者名】 関根由可里、中島敬祐、大竹景子、瀧沢岳、杉山淳一、向井大誠、柿澤恭史、倉橋節也
【掲載誌】 人工知能学会論文誌
【掲載日】 2023年3月1日
【DOI】 10.1527/tjsai.38-2_B-MA6

問合わせ先

【研究に関すること】

倉橋 節也（くらはし せつや）

筑波大学ビジネスサイエンス系 教授

URL: https://www.gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp/doctor_professor/1243.html

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp

ライオン株式会社 コーポレートコミュニケーションセンター

TEL: 03-6739-3443