

小学校におけるウイルス感染リスクの可視化

2023.8.16

wp-2023f-n3

筑波大学 倉橋研究室

ライオン(株) 先進解析科学研究所

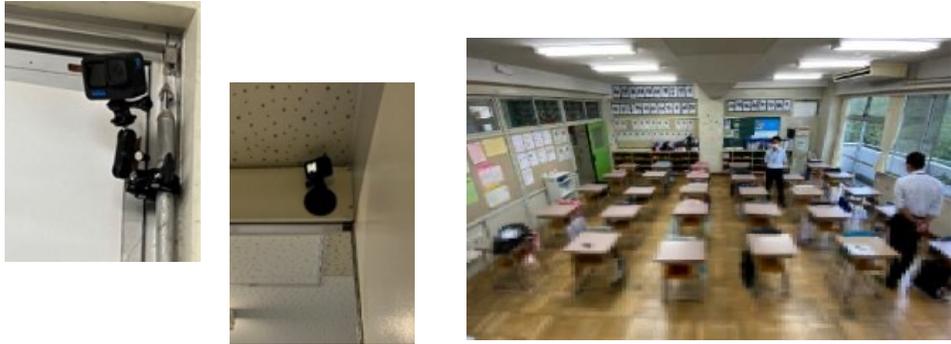
報告概要

- 小学校での児童の集団行動データからリスクケア施策の検討を行った。対象は、都内小学校の1クラス児童30人。
- カメラによる行動観察データから児童の接触行動を抽出し、感染源の伝播状況を解析するために接触物の分析とシミュレーションを実施した。
- ウイルス伝播を媒介する物体は、机や手・教室のドアなどが高リスクであった。
- 接触行動は、休み時間開始後57秒(≡接触3回目)で、ウイルス伝播の媒介物となる物質の50%に接触していた。
- 接触数の多い共有物の材質を考慮し、衛生ケア方法を判断する必要があることが示唆された。

小学校の感染リスクの分析方法

高リスク場面の小学校を題材に、集団行動のモデル化とリスクケア施策の検討を行う

1) 小学校児童の行動撮影



2) 児童行動の映像分析・集計

児童個別の行動

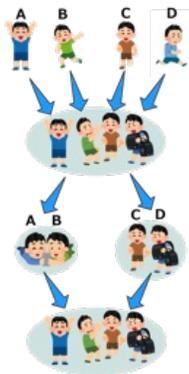
時間	行動	接触物	座標	接触時間 (s)	所有者	個人 or 集団
○時○分	前のドアから入室	前ドア	N4	1	共用	個人
○時△分	帽子を置く	帽子	I4	5	自身	個人
○時□分	ロッカーに触れる	ロッカー	I12	5	共用	個人
○時□分	ランドセルを置く	ランドセル	I12	10	自身	個人
○時☆分	友人の服に触れる	服	L10	20	Aさん	集団 (4人)

児童の集合

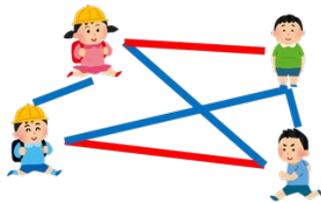
縦列⇒横列	1さん	2さん	3さん	4さん	・・・
Aさん		5	3	4	
Bさん	2		8	2	
Cさん	4	5		7	
Dさん	3	4	5		
・					
・					

3) 小学校での感染リスクケアの検討

集団下の児童の行動



行動に影響する児童間の関係性



児童行動のモデル化



シミュレーションモデリング

- ・ ウイルス持込みシナリオ分析
- ・ 衛生行動の効果分析



感染リスクケアの提案
他公共場面への応用

小学生の学校内行動の調査概要

調査形式 室内設置カメラによる行動撮影と映像分析（非介入・非侵襲のヒト試験*）

⇒ 休み時間等の非授業時間帯の行動集計

接触物とその頻度、児童の集合頻度、校舎内の手洗い頻度

- 調査の流れ
- 1) 対象児童の教室、近隣の廊下と手洗い場にカメラを設置
 - 2) 登校から下校まで、児童を定点撮影
 - 3) 分析対象時間帯の映像データから、所定の行動（接触・会話履歴）を集計

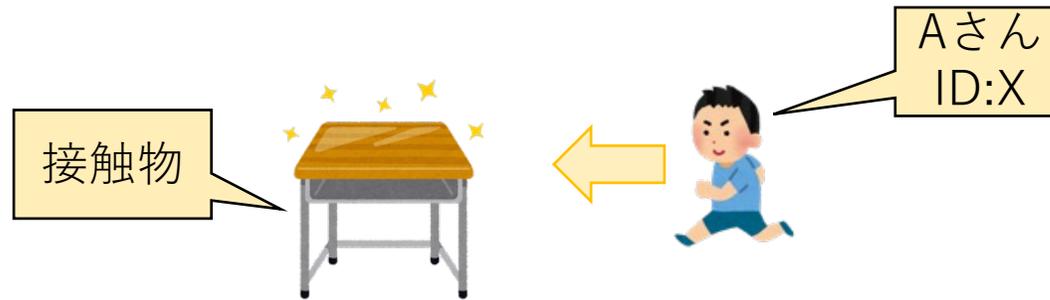
対象小学校 東京都内の公立小学校

対象者 4年生 1クラス 30人

撮影時期 2022年12月

* 筑波大学 研究倫理審査 課題番号 ビジ2022-10号
ライオン 臨床審査委員会 臨床審査No370

接触行動のアノテーション手法



管理ID	場面	時刻	date	場所	接触座標 (立っている場所)	接触順番	行動	接触物	個別 or 共通	所有者 (個別だったら入力)	接触時間 (秒)	持って移動	持って移動した物を置いた座標 (持って移動が、ありの場合のみ記入)	個人 or 集団	備考
X	登校～朝の会 (12/16)	8:09:55	2022/12/16	廊下	教室ドア_入り口前	1	手指消毒をする	消毒剤	共通		1	なし		個人	
	登校～朝の会 (12/16)	8:09:56	2022/12/16	廊下	教室ドア_入り口前	2	手指消毒にて手をこする	手・腕	個別	X	9	なし		個人	
	登校～朝の会 (12/16)	8:10:04	2022/12/16	教室	K3	3	ランドセルを下ろす	ランドセル	個別	X	2	あり	L3	個人	
	登校～朝の会 (12/16)	8:10:07	2022/12/16	教室	K3	4	手もみをしながら歩く	手・腕	個別	X	4	なし		個人	
	登校～朝の会 (12/16)	8:10:13	2022/12/16	教室	E5	5	14の肩に手を置きながら歩く	上着	個別	Y	2	なし		集団	

児童の接触行動と感染源の伝播状況を解析するため
接触物の分析とシミュレーションを実施

行動履歴による感染源伝播計算（マイクロシミュレーション）の実施

いずれかの児童が感染源（ウイルス）を持っていた場合、どのように感染源が伝播するかを計算

- 30名の接触行動を実際に起こった順番（行動履歴）に従って再現
(ex. 9時12分50秒に ID1が机に触る ⇒ 9時13分02秒に ID2が上着に触る ⇒ 9時13分07秒に ID11 . . . ⇒ . . .)
- 感染源伝播については、家庭内のシミュレーション*1で検討した材質ごとのインフルエンザウイルス伝播率、複数接触による伝播率の減衰を考慮して計算
- 対象は3時間目と4時間目の授業の間の休み時間5分間
- 休み時間開始と同時に手にいずれかの児童の手にウイルスが付いた状態を仮定
- ウイルス感染者からくしゃみ1回で150万コピーのウイルスが放出されるため、初期に児童の手に付いたウイルスコピー数は 10^6 と仮定*2

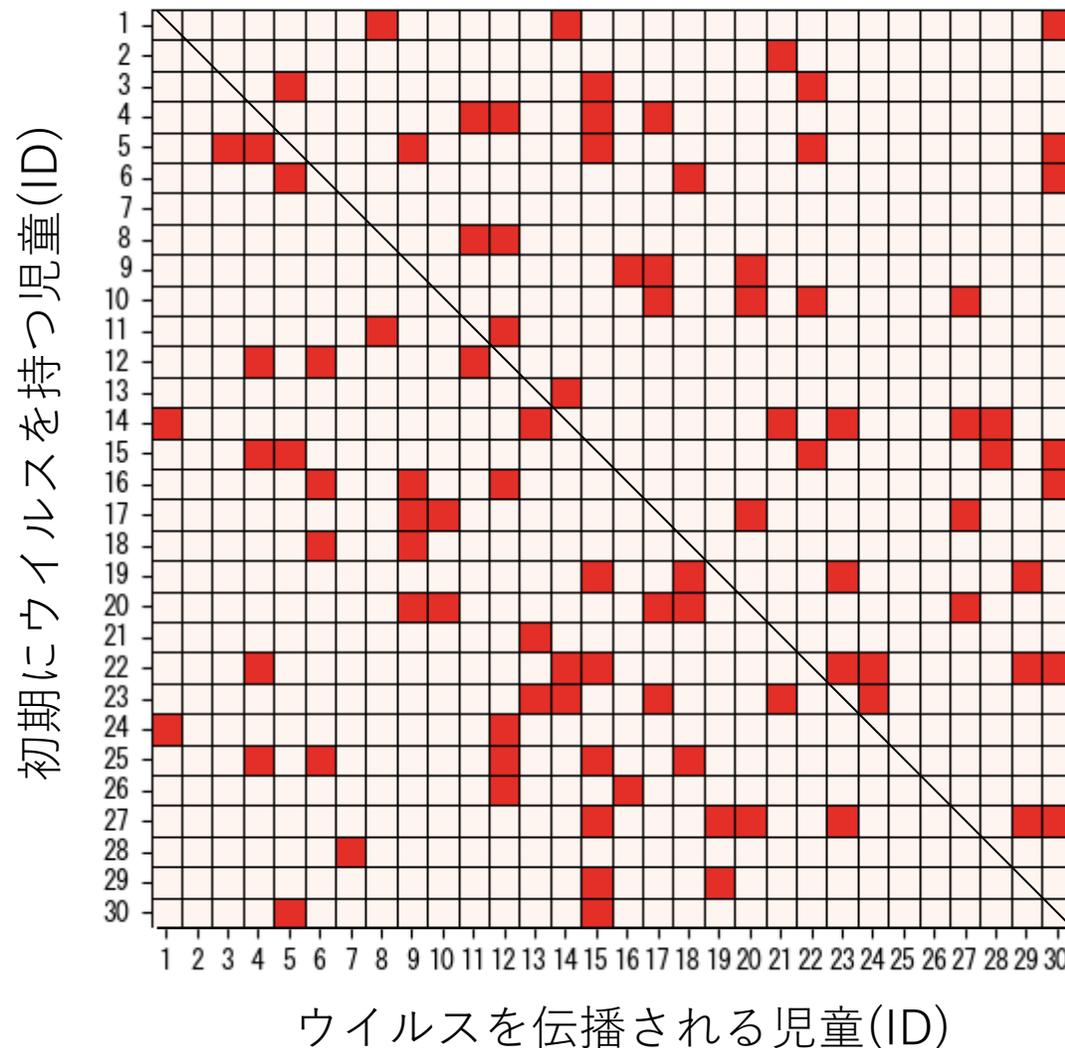
*1 Kurahashi, S.; Mukai, T.; Sekine, Y. et al.: A tipping point of spreading viruses: Estimating the risk of household contact transmission of COVID-19, *Front. Phys.*, Vol.10

*1 関根由可里, 中島敬祐, 大竹景子ら著: 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, 人工知能学会論文誌, Vol.38, No.2(2023).

*2 KK-W To, OT-Y Tsang, W-S Leung, et al. Temporal profiles of viral load in posterior oropharyngeal saliva samples and serum antibody responses during infection by SARS-CoV-2: an observational cohort study, *Lancet Infect Dis.*, (2020).

*2 Mohammad-Reza Pendar and Jos'e Carlos P'ascoa : Numerical modeling of the distribution of virus carrying saliva droplets during sneeze and cough, *Physics of Fluids*, No.32, 083305, (2020).

行動履歴によるウイルス伝播計算結果



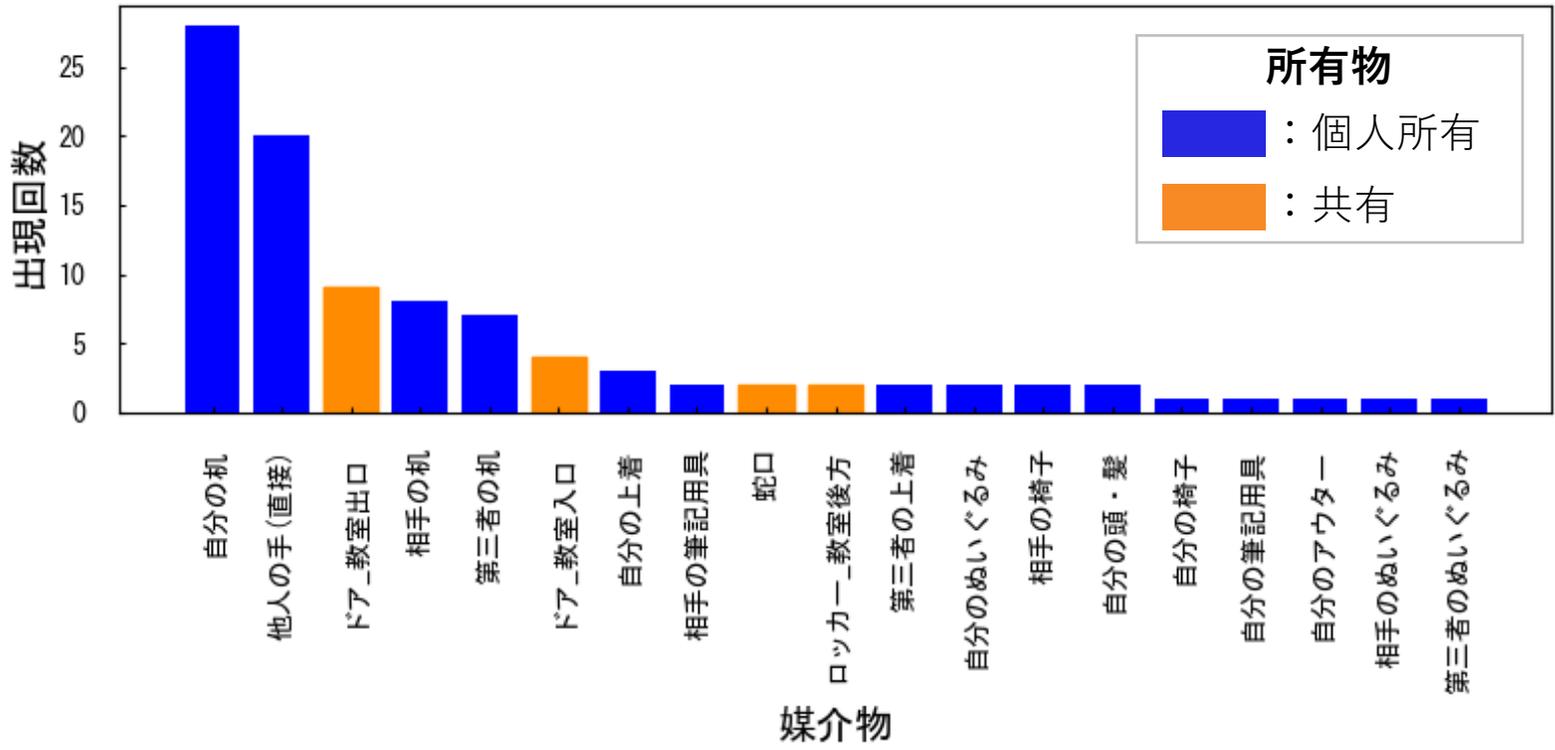
□ : 手にウイルスが伝播していない、
あるいは100コピー以下のウイ
ルスが伝播

■ : 手に100コピー以上のウイルスが
伝播

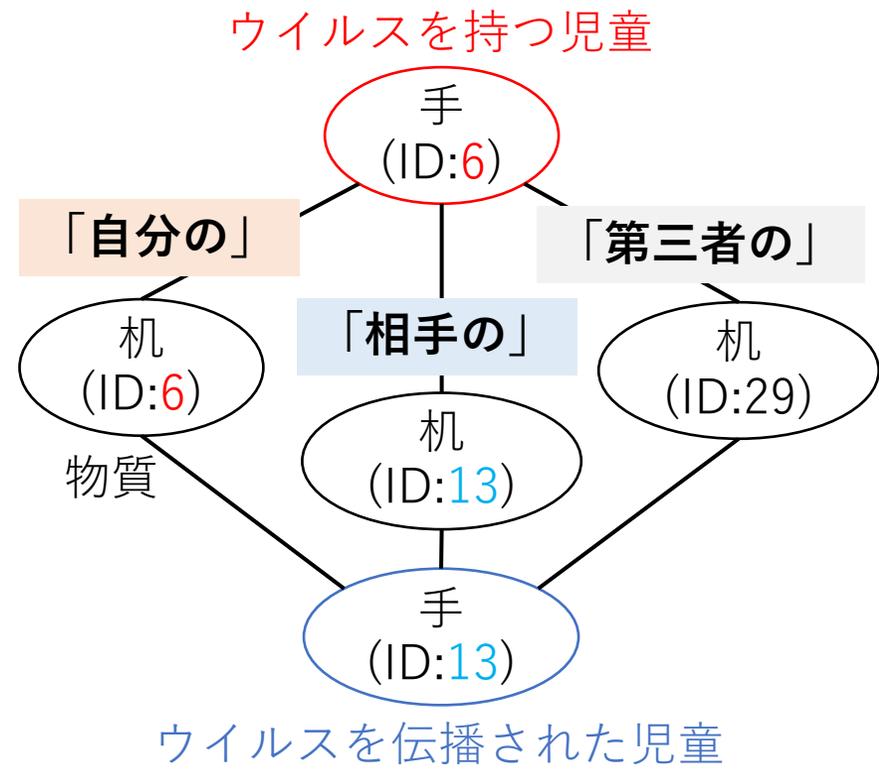
- 初期にウイルスを持つ児童1人が、100 コピー以上のウイルスを他の児童の手に伝播させた数は3.3人。
- 各児童がクラスメイト全員に伝播させる場合の数を870（初期にウイルスを持つ児童30人×ウイルスを伝播される児童29人）とすると、100コピー以上のウイルスが手に伝播した例は98(確率0.11で伝播)。

ウイルス伝播の媒介物となる物質の抽出

ウイルス伝播の媒介物となる物質
(100コピー以上ウイルスが伝播した児童1人につき1物質)



ウイルス伝播のルート (例)

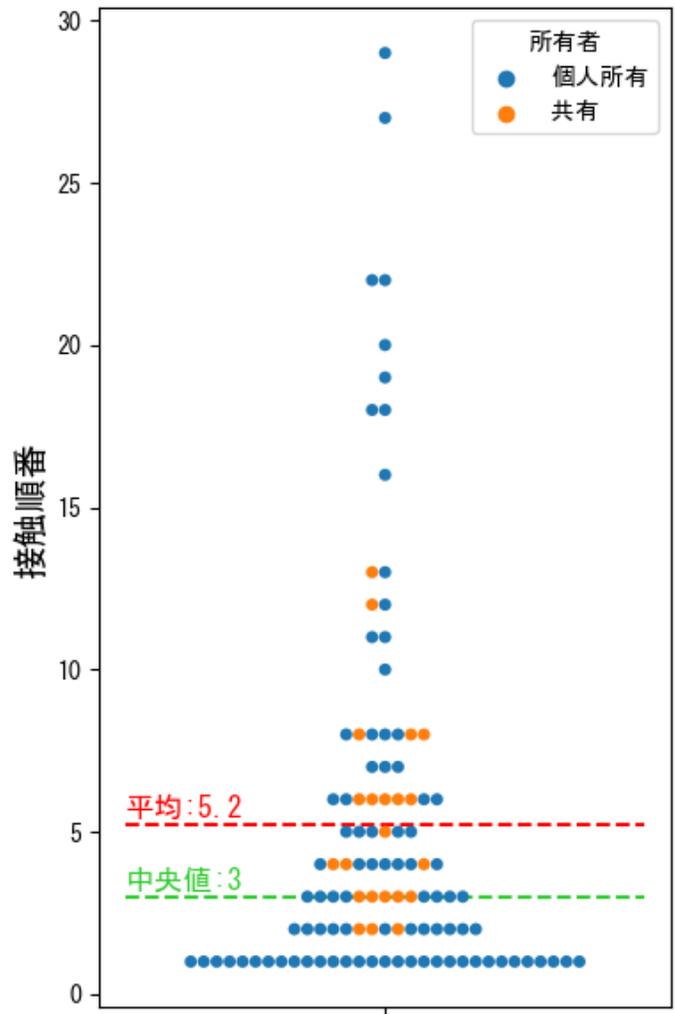


- 個人所有物では机と手、共有物では教室のドアがウイルス伝播を媒介していた。

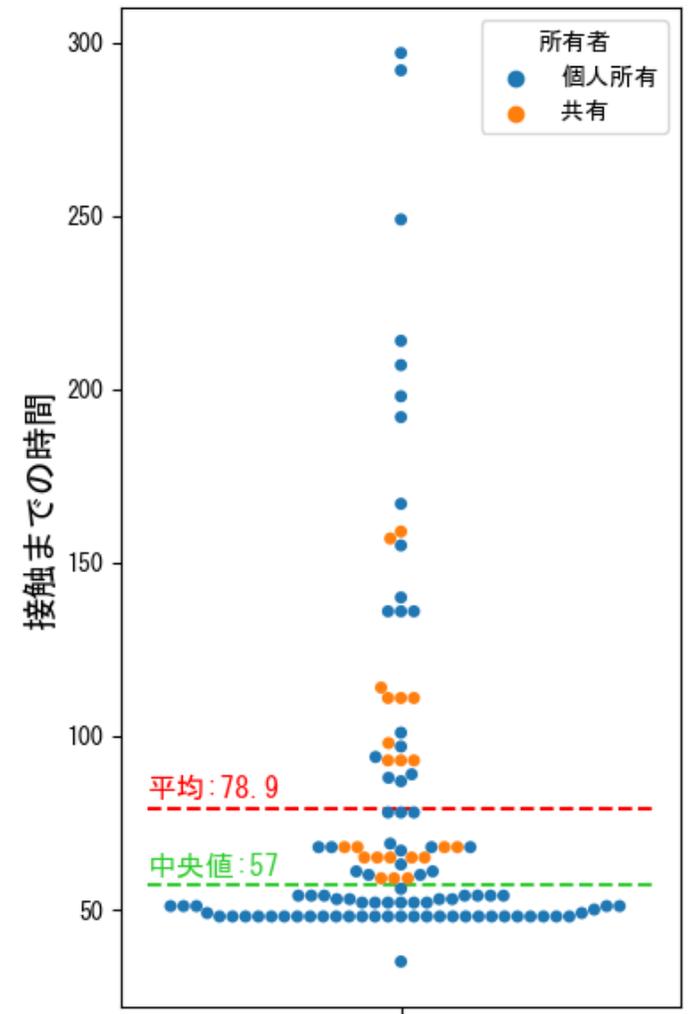
ウイルス伝播の媒介物となる物質への接触順番と接触までの時間

■ ウイルス付着（休み時間開始時）からウイルス伝播の媒介物となる物質 (p. 8)へ接触するまでの接触順番と時間について解析

接触順番



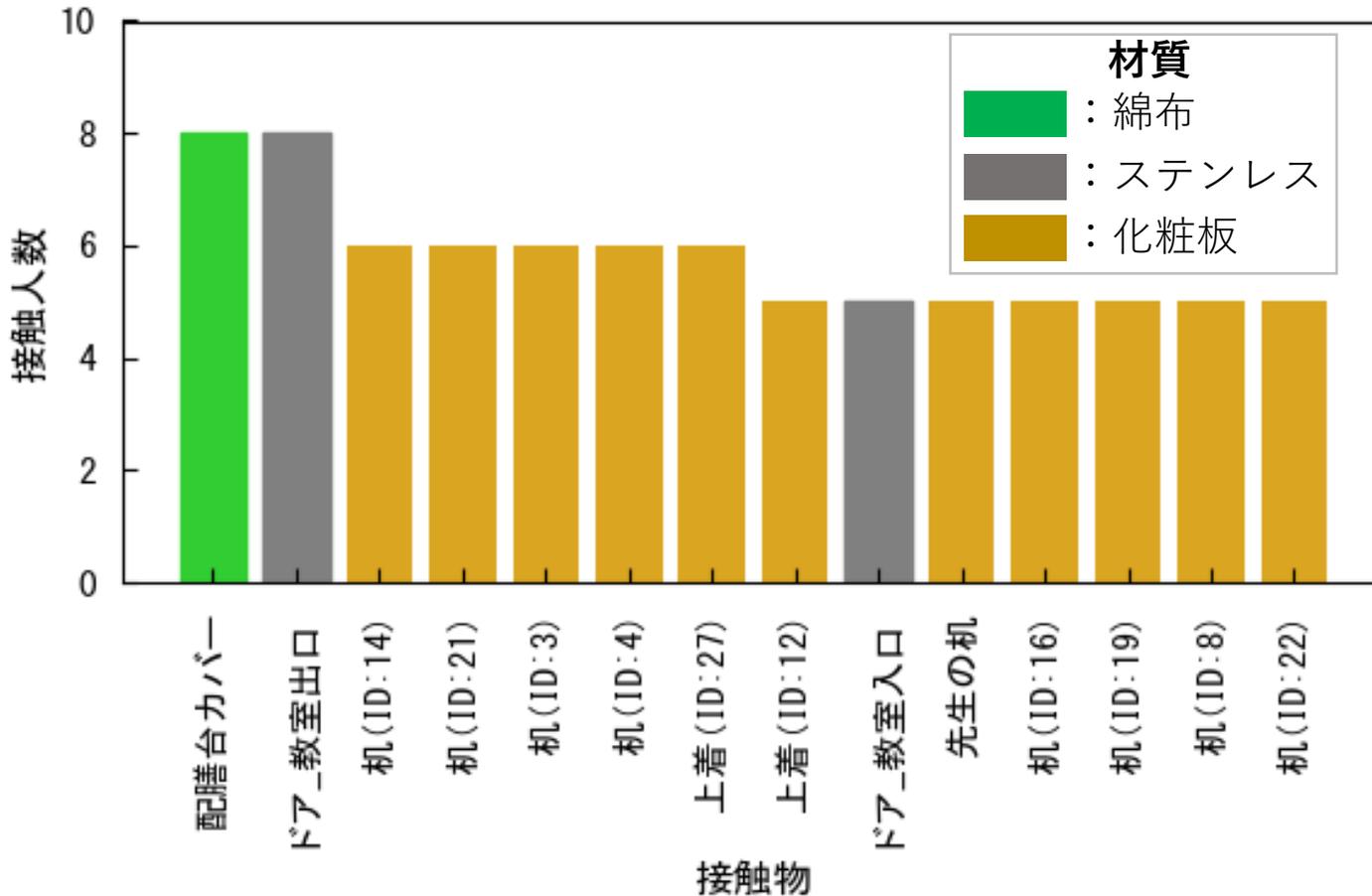
接触までの時間



- ウイルス付着後（休み時間開始直後）、接触3回目または57秒経過時に、ウイルス伝播の媒介物となる物質の50%に接触していた。
- 早いタイミングで手洗いや消毒をすることがウイルス伝播抑制に効果的であることが示唆された。

ウイルス伝播の媒介物となる物質と接触人数の関係

物質ごとの接触人数 (>4人)



材質ごとのウイルス分配率*1

材質	物質から手へのウイルス分配率の平均% ± SD*2
綿布	0.11 ± 0.03
ステンレス	0.49 ± 0.12
化粧板	0.20 ± 0.12
ポリプロピレン	1.7 ± 0.96

*1 関根由可里, 中島敬祐, 大竹景子ら著: 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, 人工知能学会論文誌, Vol.38, No.2(2023).

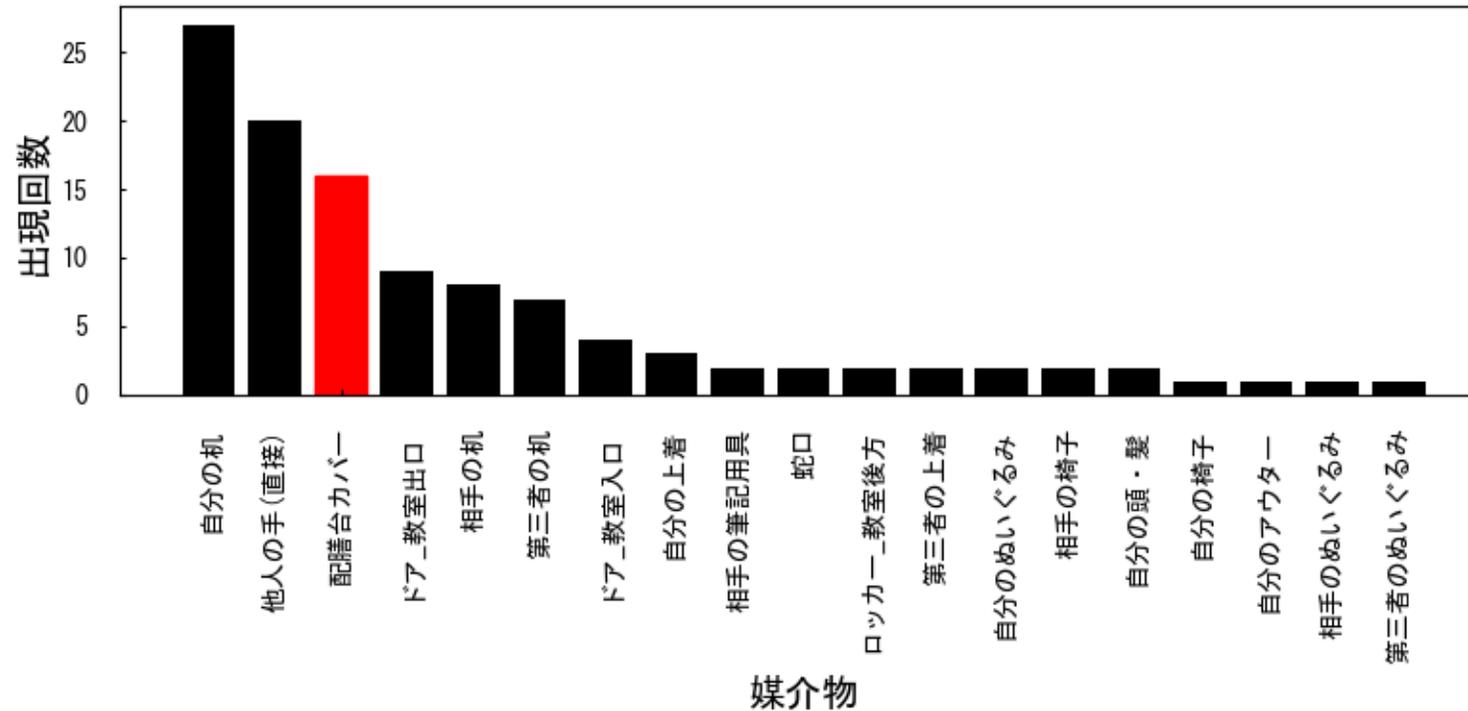
*2 乾燥状態

- 机や教室のドアなど接触人数の多い物質が、ウイルス伝播の媒介物となる物質であることが示唆された。
- しかし、最も接触人数の多い配膳台カバーは、材質をウイルス分配率が低い”綿布”に設定していたため、ウイルス伝播への関係は弱かった(p. 8)。

材質の違いによるウイルス伝播への影響

- 配膳台カバーの素材が異なる場合もあるため、材質をポリプロピレン（物質から手へのウイルス分配率：平均1.7%*）に変更し、影響を評価した。

* 関根由可里, 中島敬祐, 大竹景子ら著: 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, 人工知能学会論文誌, Vol.38, No.2(2023).



- 配膳台カバーを媒介してウイルスが伝播するケースが上位に出現した（16例）。
- 接触人数が多く、手への分配率が高い材質の物質に対する衛生ケアが重要であることが示唆された。

まとめ

- 初期にウイルスを持つ児童1人が、100 コピー以上のウイルスを他の児童の手に伝播させた数*は3.3人であった。

* ウイルスが手に付着しても必ずしも感染は成立しない

- 早いタイミングで手洗いや消毒をすることがウイルス伝播抑制に効果的であることが示唆された。
- 机や教室のドアなど接触人数の多い物質が、ウイルス伝播を媒介する物質であることが示唆された。
- 材質により衛生ケアをするべき対象が異なることが示唆された。

今後は、児童の関係性ネットワークを加味したモデルの作成を進める予定