

家庭内接触感染リスクの可視化

2022.1.25

wp-2022-n30

筑波大学 倉橋研究室

ライオン(株) 先進解析科学研究所

家庭内接触感染モデル概要

1. 外出から帰宅後の行動に伴うウイルス接触伝播の可視化

外出時に手に付着したウイルスが、帰宅者の行動によって自宅のさまざまなアイテムに伝播していく状態を再現するエージェントベースモデルを構築し、接触感染リスクおよび手洗い行動などの効果を可視化。

自宅療養中の家族がいた場合、複数人同時の感染リスク評価の拡張が可能(今回は実験対象外)。

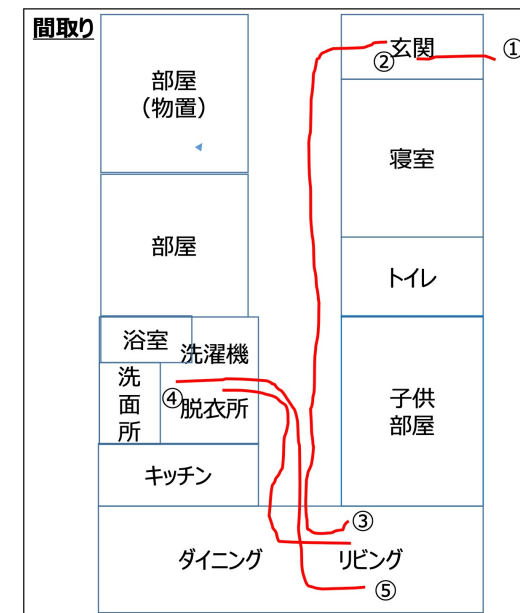
2. 使用データ

筑波大学・ライオン株式会社が調査した約1,100件の帰宅後行動調査から、場所、行動、接触物のデータを抽出し、動線確率、行動遷移確率、接触順番確率、行動回数分布、接触回数分布、停止条件などを作成。

ウイルス実験室での実験により、モデル皮膚と各素材間のウイルス伝播率を測定した素材伝播率表を作成。

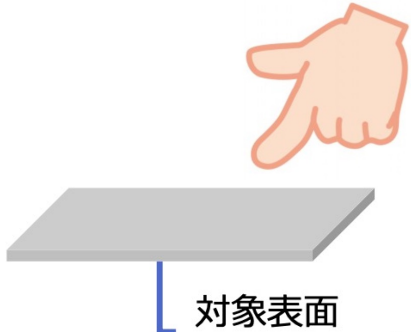
3. 家庭内接触感染リスク可視化エージェントベースモデル

代表的な間取りを設定し、作成した確率表に基づいて行動するエージェントが、家庭内接触行動を繰り返し実施し、付着したウイルス量から本人や同居者がウイルスに再接触するリスクを推定する。



ウイルス伝播モデル

- ウイルス伝播率
 - 乾燥状態ウイルス伝播率
 - 「汚染表面→肌(モデル皮膚)」 「肌(モデル皮膚) →汚染表面」を表面材質ごとにインフルエンザウイルスで実験、算出
- 表面材質
 - ステンレス、ポリプロピレン、陶器、木材（化粧板）
段ボール、壁紙、モデル皮膚、綿金巾
- 接触物と材質
 - 呼び鈴（ポリプロピレン）、門扉（ステンレス）
外出着（綿布）など207種
 - 肌接触面の割合は100%と仮定
- ウイルス伝播条件
 - ウイルス半減期の設定
 - 接触時のウイルス伝播率と手の表面積から、接触物へのウイルス移動量を設定

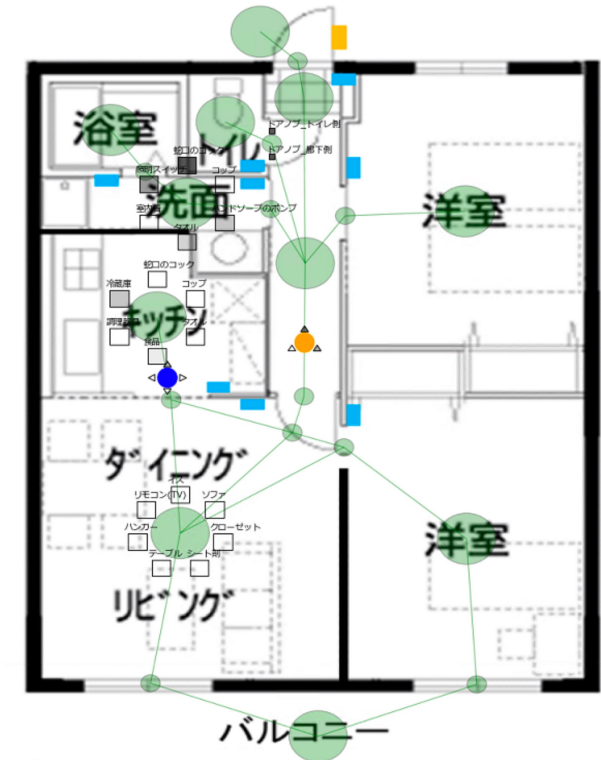


ウイルス伝播率(%)								
表面材質	乾燥状態ウイルス				飛沫状態ウイルス			
	汚染表面→肌		汚染肌→表面		汚染表面→肌		汚染肌→表面	
	伝播率	標準誤差(±)	伝播率	標準誤差(±)	伝播率	標準誤差(±)	伝播率	標準誤差(±)
ステンレス								
ポリプロピレン								
陶器								
木材(化粧板)								
段ボール								
壁紙								
モデル皮膚								
綿金巾								

行動動線モデル設定

・ 行動動線

- ・ 世帯構成、住宅形態（集合住宅、一戸建て）、間取り、パネル属性（20代女性など）で分類
- ・ 訪問場所（玄関、リビングなど）、訪問回数、訪問順序
- ・ 場所・接触物（鍵、ドアノブ、照明スイッチなど）
- ・ 訪問確率、条件付き動線確率、場所ごとの接触順番・接触数などを設定



パネルID	性別	年齢	職業	居住形態	間取り	帰宅時間	一緒に帰宅した人	外出目的	外出時間	帰宅後・帰宅後	接触順番	最初	最後	場所	訪れた回数	接触物
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	1	★		玄関	1	鍵
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	2			玄関	1	ドアノブ・ドア
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	3		★	玄関	1	内鍵・ドアチェーン
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	4	★		キッチン	1	蛇口のフック
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	5			キッチン	1	冷蔵庫
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	6			キッチン	1	飲食物
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	7			キッチン	1	飲食物
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	8			キッチン	1	飲食物
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	9			キッチン	1	ハンドソープ・石けん
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	10		★	キッチン	1	タオル
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	11	★		リビング・ダイニング	1	照明スイッチ
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	12			リビング・ダイニング	1	マスク
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	13			リビング・ダイニング	1	カバン・買い物袋
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	14			リビング・ダイニング	1	イス・ソファ
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	15			リビング・ダイニング	1	カバン・買い物袋
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	16		★	リビング・ダイニング	1	その他
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	17	★		トイレ	1	照明スイッチ
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	18			トイレ	1	ドアノブ・ドア
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	19			トイレ	1	ドアノブ・ドア
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	20			トイレ	1	便座
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	21			トイレ	1	衣類
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	22			トイレ	1	トイレットペーパー
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	23			トイレ	1	衣類
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	24			トイレ	1	水洗レバー
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 01時		買い物 (ショッピング2時間以上)	10分以内	キッチン	25		★	トイレ	1	ドアノブ・ドア
m8996337918	男	40代	自営業・自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 01時			運動 (屋外)	1時間	洗面所・廊	1	★		玄関	1	鍵
m8996337918	男	40代	自営業・自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 01時			運動 (屋外)	1時間	洗面所・廊	2			玄関	1	ドアノブ・ドア
m8996337918	男	40代	自営業・自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 01時			運動 (屋外)	1時間	洗面所・廊	3			玄関	1	内鍵・ドアチェーン
m8996337918	男	40代	自営業・自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 01時			運動 (屋外)	1時間	洗面所・廊	4		★	玄関	1	靴
m8996337918	男	40代	自営業・自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 01時			運動 (屋外)	1時間	洗面所・廊	5	★	★	廊下	1	◆何も触っていない
m8996337918	男	40代	自営業・自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 01時			運動 (屋外)	1時間	洗面所・廊	6	★		洗面所・脱衣所	1	照明スイッチ
m8996337918	男	40代	自営業・自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 01時			運動 (屋外)	1時間	洗面所・廊	7			洗面所・脱衣所	1	蛇口のフック
m8996337918	男	40代	自営業・自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 01時			運動 (屋外)	1時間	洗面所・廊	8			洗面所・脱衣所	1	蛇口のフック
m8996337918	男	40代	自営業・自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 01時			運動 (屋外)	1時間	洗面所・廊	9			洗面所・脱衣所	1	ハンドソープ・石けん
m8996337918	男	40代	自営業・自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 01時			運動 (屋外)	1時間	洗面所・廊	10			洗面所・脱衣所	1	蛇口のフック

接触感染リスク可視化システム

家庭内での生活者の接触行動に伴うウイルスの付着伝播を再現するシミュレーションを開発

ウイルス伝播率の取得

(LION)

ヒトの行動確率の算出

(筑波大学・LION)

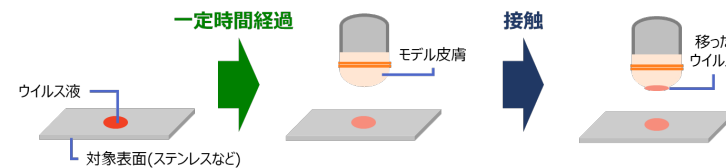
家庭内の生活者行動の
数理モデル化

(筑波大学・LION)

ウイルスの付着伝播
シミュレーションシステムの構築

(筑波大学・LION)

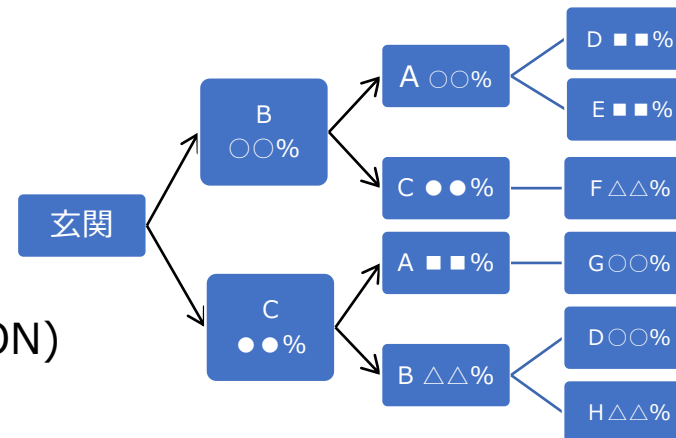
ウイルス付着分配解析



接触行動実態調査



確率行動モデル



今後の予定

帰宅時までのウイルス付着シナリオ設定
(富岳による飛沫データ取得)

理研・坪倉チームとの共同

実験概要

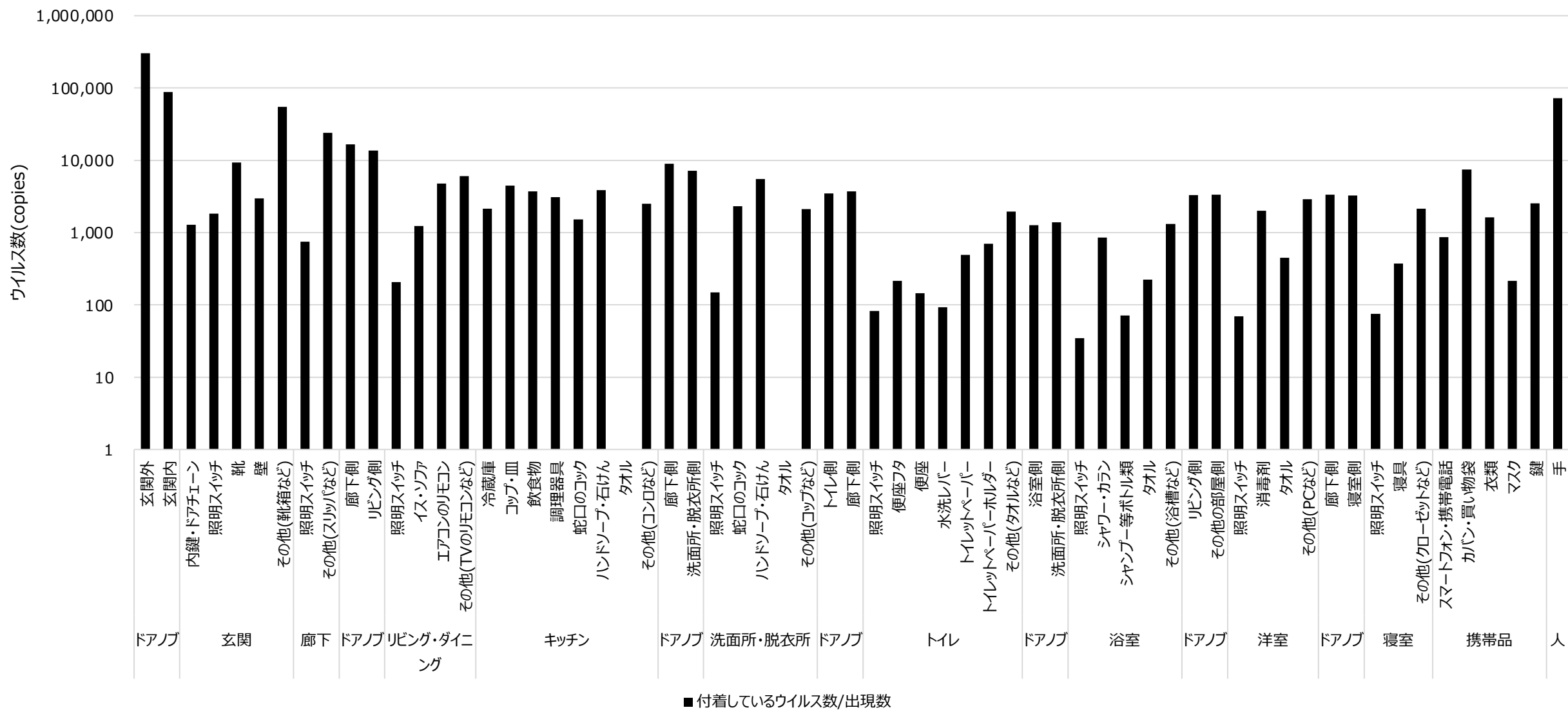
1. 帰宅後の接触行動によるウイルス付着量の推定
 - 一般生活者の帰宅時の接触行動により、室内の様々なところにウイルスが付着する量を推定
 - 本人や同居家族がウイルスに再接触するリスクの解析
2. 手洗い行動によるウイルス減少効果の推定
 - 帰宅後の手洗い行動データから、室内ウイルス残量の減少効果を推定
3. 手洗い行動のタイミング効果の推定
 - 帰宅後の早いタイミングでの手洗いによる、室内ウイルス残量の減少効果を推定
4. 手洗い方法の違いによる効果の推定
 - 水洗いとハンドソープ使用の効果の違いを推定
5. 玄関での手指消毒効果の推定
 - 帰宅時に玄関で手指の消毒を行うことによる、室内ウイルス残量の減少効果を推定
6. 玄関での手指消毒と手洗いの組み合わせ効果の推定
 - 帰宅時に玄関での手指消毒および手洗いをする事による、室内ウイルス残量の減少効果を推定

帰宅後の接触行動による ウイルス付着量の推定

初期ウイルス量： 10^6 copies

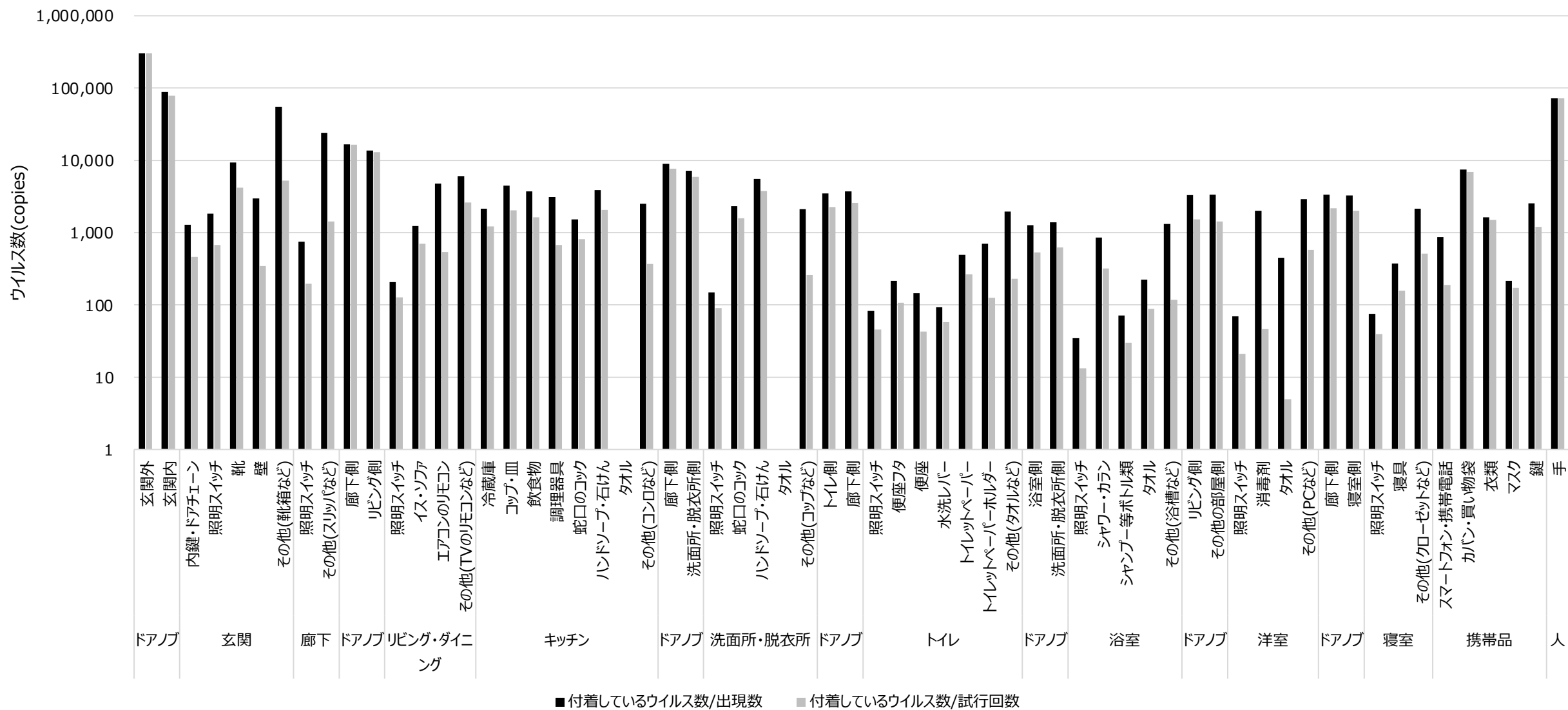
手洗いによるウイルス減少係数： $1/10,000$

帰宅時行動を1,000回試行したときのウイルス残存量



一般生活者の帰宅時の平均的な接触行動により、室内の様々なところにウイルスが付着することが判明
<本人や同居家族がウイルスに再接触する可能性が高い>

補足) 再接触感染リスクとウイルス拡散リスク



黒：ウイルスが付着したモノに再接触した際の感染リスク (1,000回試行時の接触出現数に対する平均ウイルス付着量)
グレー：家庭内行動のウイルス拡散リスク (1000回試行に対する平均ウイルス付着量)

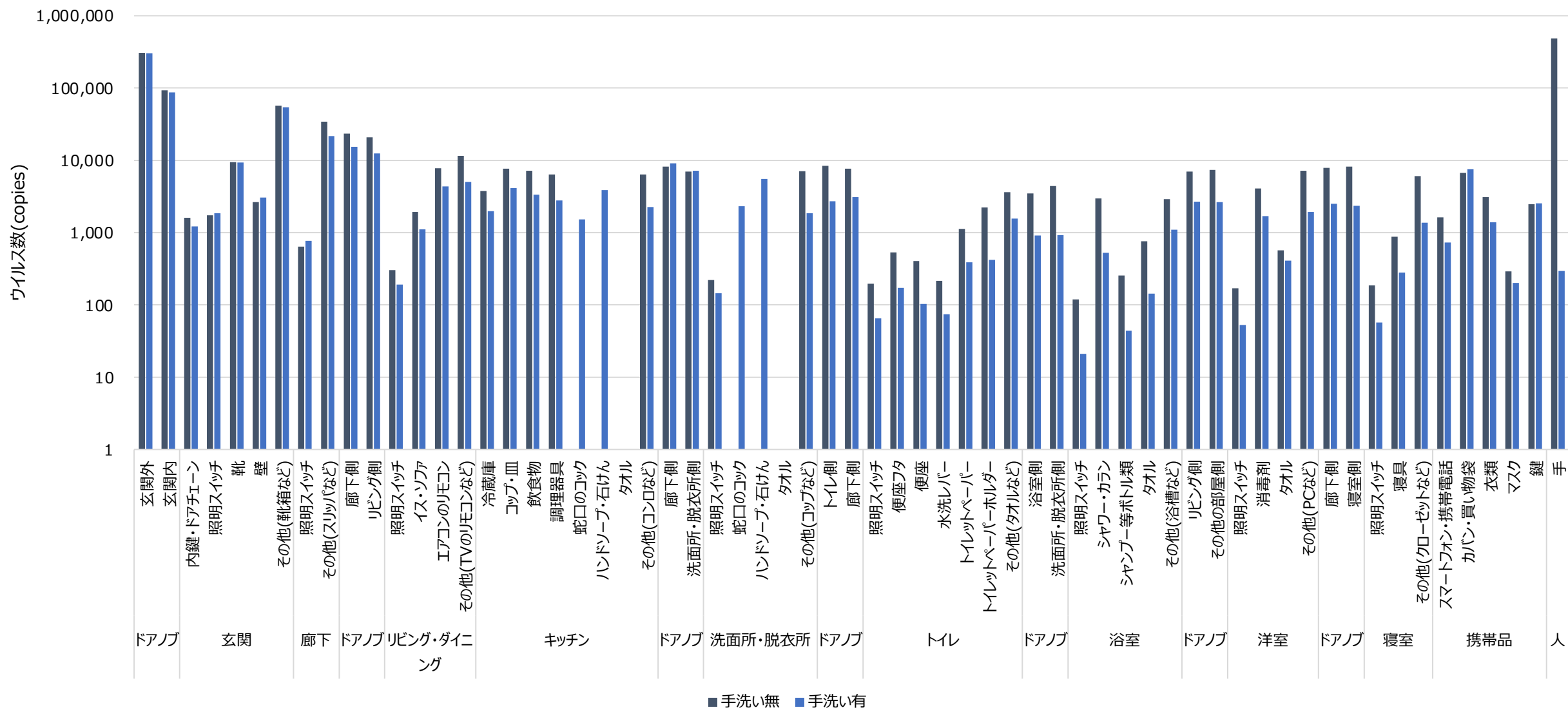
手洗い行動による ウイルス付着量の推定

初期ウイルス量： 10^6 copies

手洗いによるウイルス減少係数： $1/10,000$

手洗い群（852データ）と手洗い無し群（148データ）の比較

手洗い実施によるウイルス拡散分布の変化



手洗い行動により手指のウイルスは減少するが(右端)、手洗い前の様々な接触でウイルス拡散抑制効果は低い
<通常の手洗い行動では、室内のウイルス拡散を防ぐことは難しい>

早期の手洗い行動による ウイルス付着量の推定

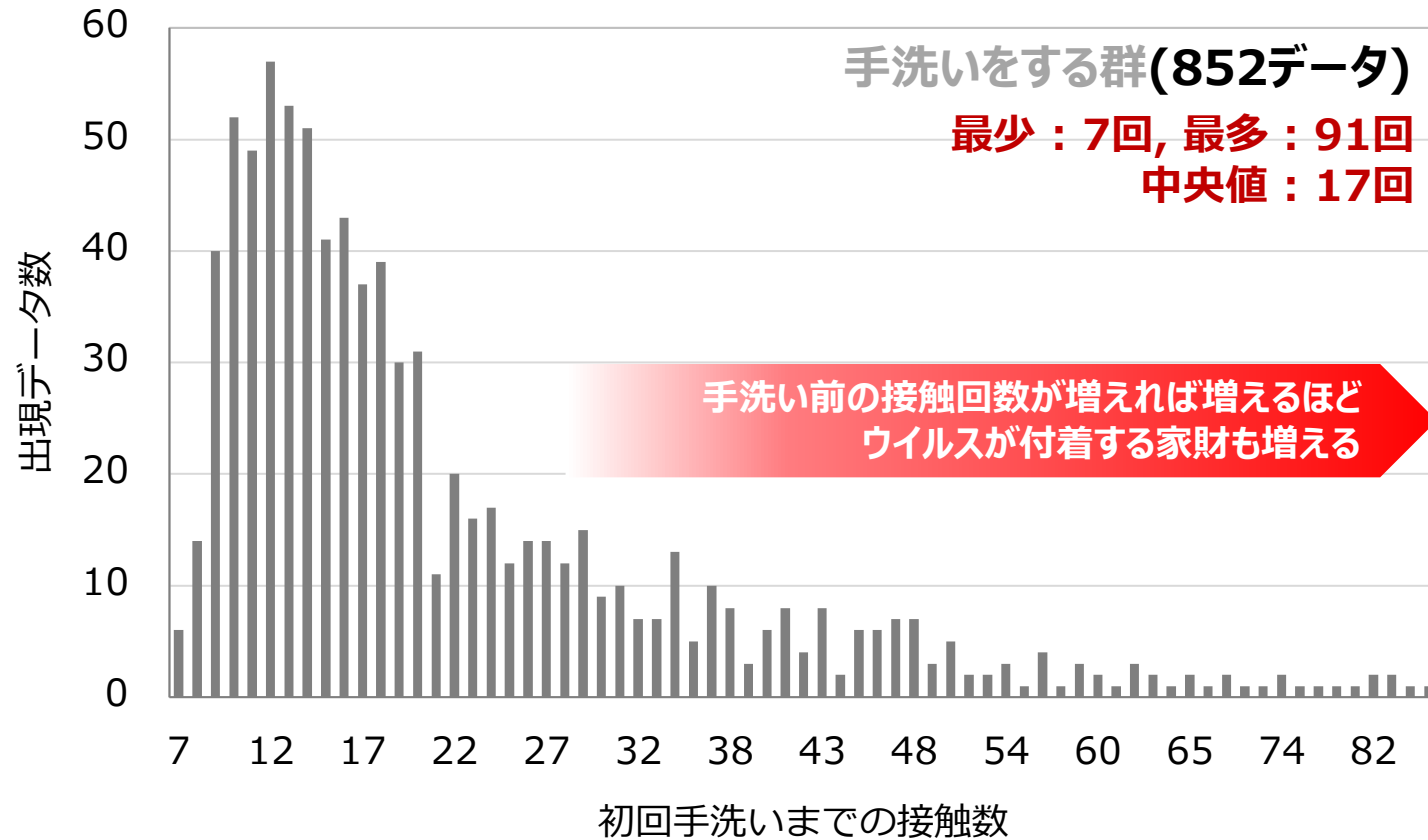
初期ウイルス量： 10^6 copies

手洗いによるウイルス減少係数： $1/10,000$

手洗い群（852データ）から、15回以下接触で手洗いを行う群（363データ）を抽出し比較

手洗いタイミングの考察

帰宅時行動を1000回試行したときの手洗いまでの接触回数

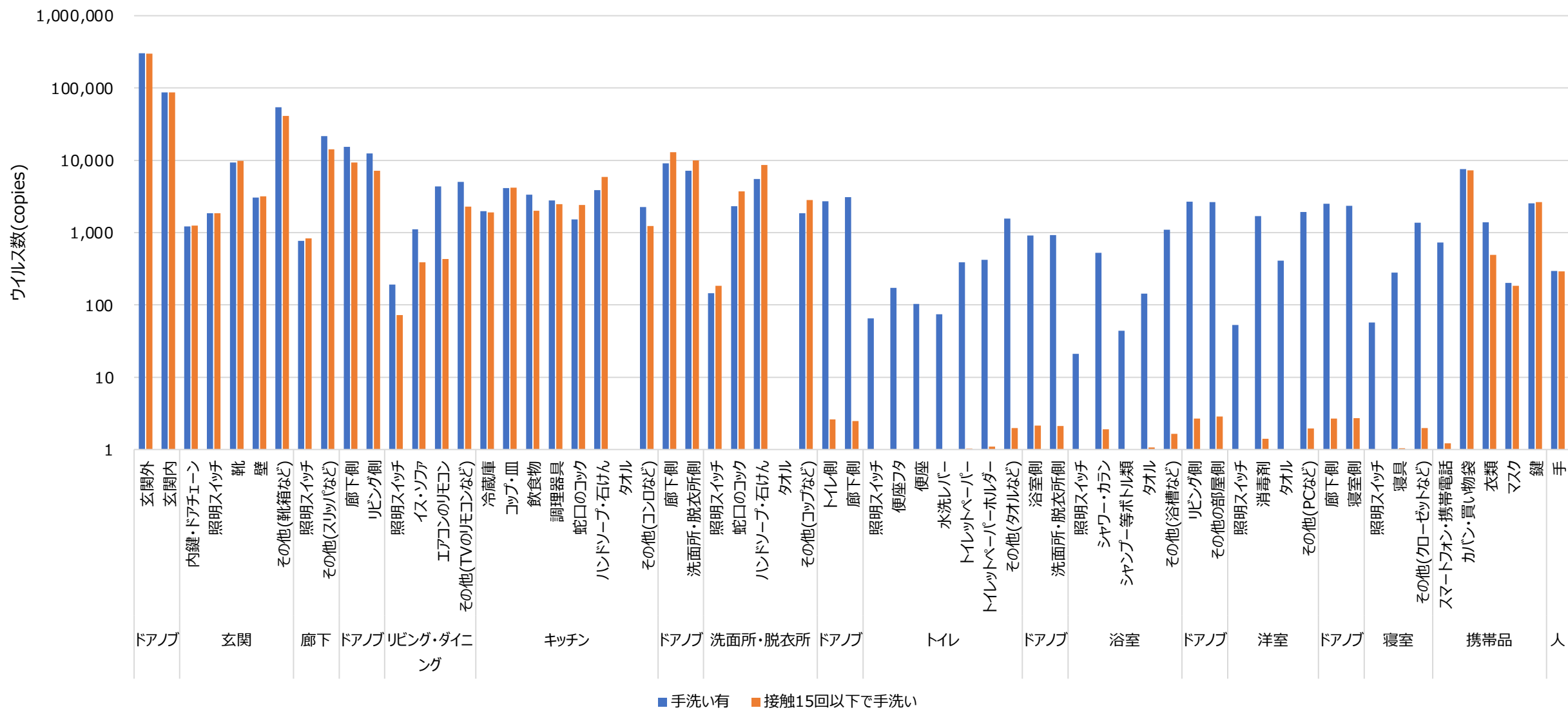


手洗いまでに多くの接触が生じるパターンが見られる(シミュレーション実験結果)

手洗いを早めに行うことの効果を比較解析する。

シミュレーション結果の最頻値：12回、中央値：17回、→15回を境とした解析を実施

手洗いのタイミングによるウイルス拡散分布



帰宅時の手洗いタイミングを早めることで、ウイルスが付着する接触物が減少する（橙色データ）
<早めの手洗いをするすることで、ウイルスの拡散範囲を減少することができる>

手洗い方法の違いによる ウイルス付着量の推定

初期ウイルス量： 10^6 copies

・水洗いによるウイルス減少係数：1/100

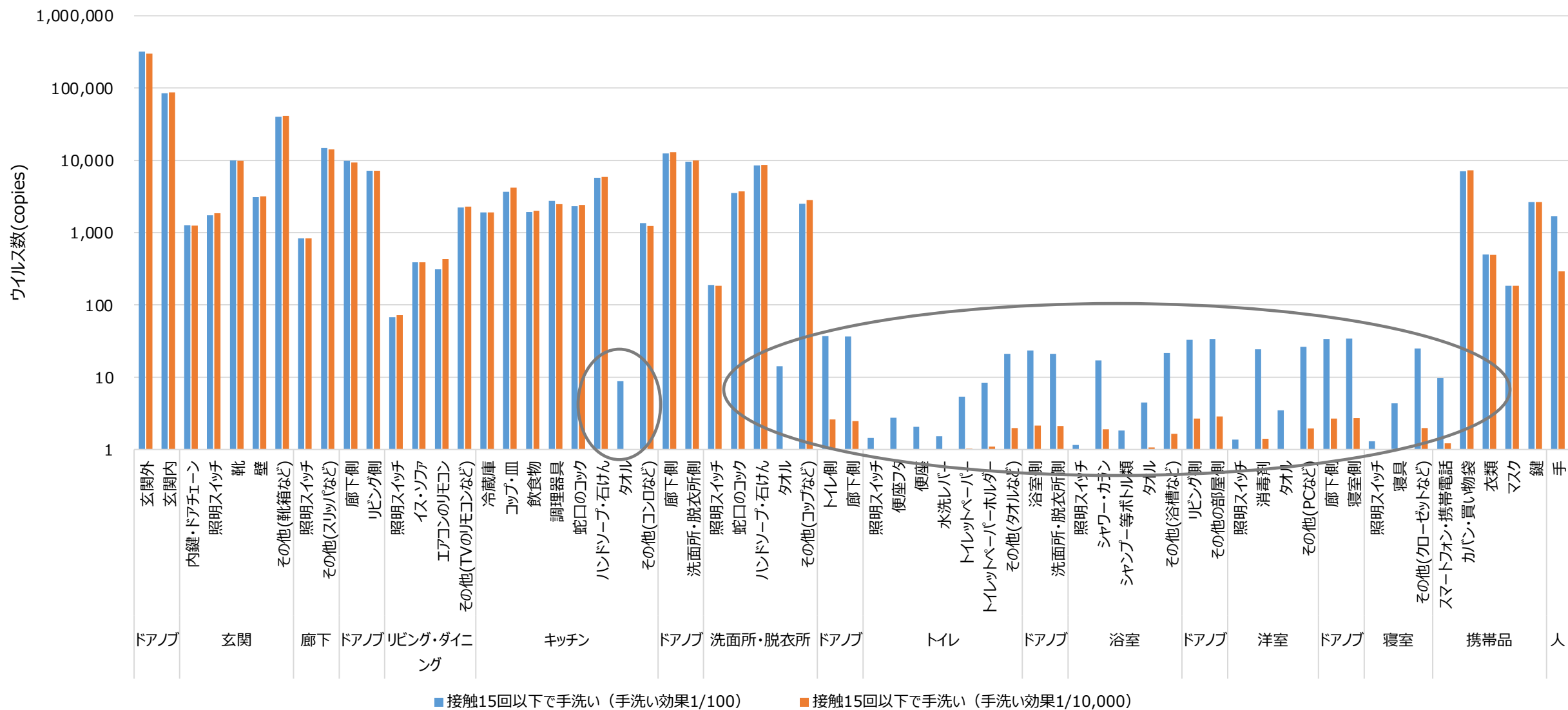
・ハンドソープによるウイルス減少係数：1/10,000

15接触以内で手洗いした群（363データ）での手洗い行動の比較

引用文献）

手洗いによるウイルス除去効果：森功次ら，感染症誌 80：496～500，2006

2) 水洗いとハンドソープ使用の効果の違い



ウイルス減少が低い手洗いの場合（青）、ウイルス付着量は増加する（○のエリア）
＜石鹸やハンドソープなどのウイルス除去効果のある手洗いの実施が重要＞

玄関での手指消毒による ウイルス付着量の推定

初期ウイルス量： 10^6 copies

消毒によるウイルス減少係数： $1/10,000$

手洗いによるウイルス減少係数： $1/10,000$

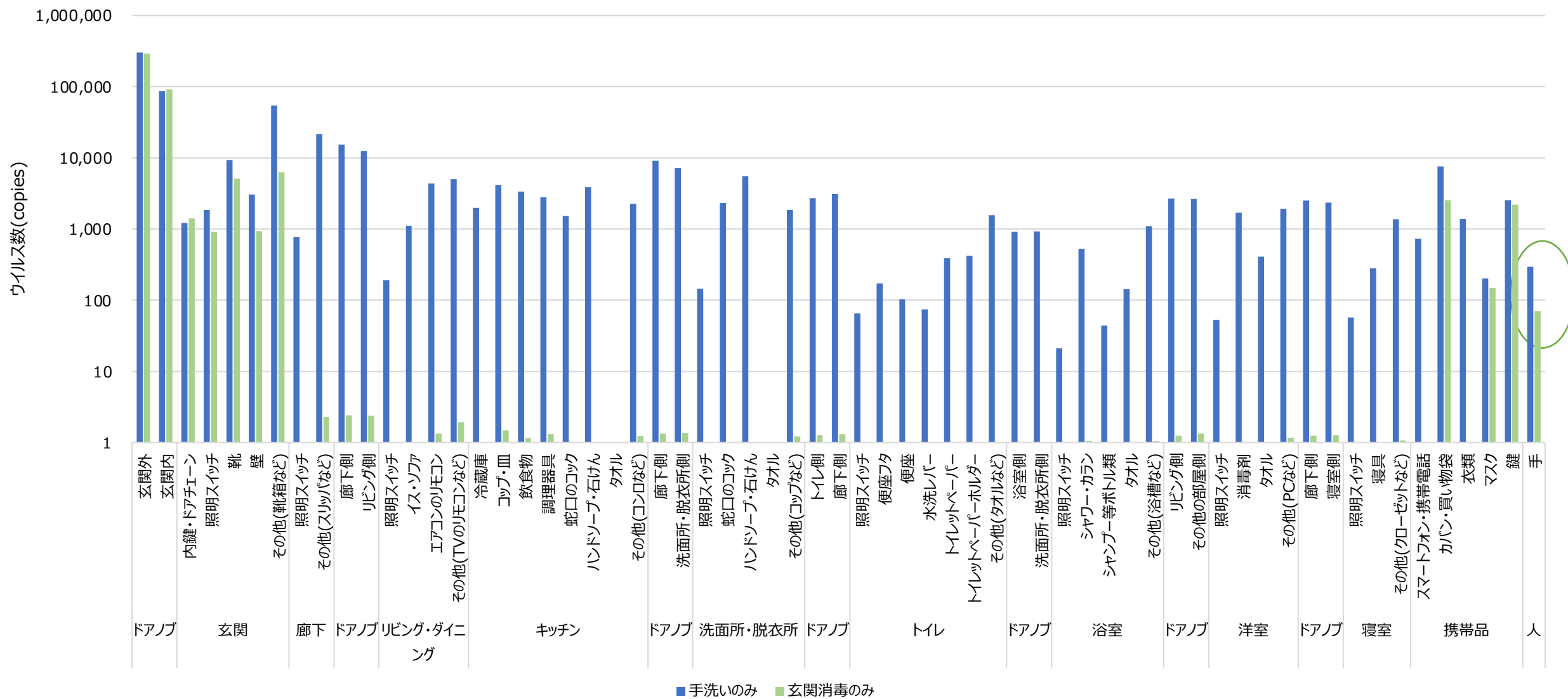
手洗い群（852データ）と玄関での手指消毒のみ群（144データ）を抽出し比較

引用文献）

手洗いによるウイルス除去効果：森功次ら，感染症誌 80：496～500，2006

消毒剤によるウイルス減少効果：G. Kampf *et al.* Journal of Hospital Infection 104, 2020

玄関消毒のみの効果



玄関付近での手指消毒（薄緑）は、接触箇所のウイルス付着量が少なくなるが、手指には一定数残っている（右端）
 その後の活動で、少しずつウイルスを拡散したり、自身がウイルスを体内に入れる可能性もある
<玄関での手指消毒だけでは、不十分>

玄関での手指消毒と手洗いによるウイルス付着量の推定

初期ウイルス量： 10^6 copies

消毒によるウイルス減少係数、手洗いによるウイルス減少係数： $1/10,000$

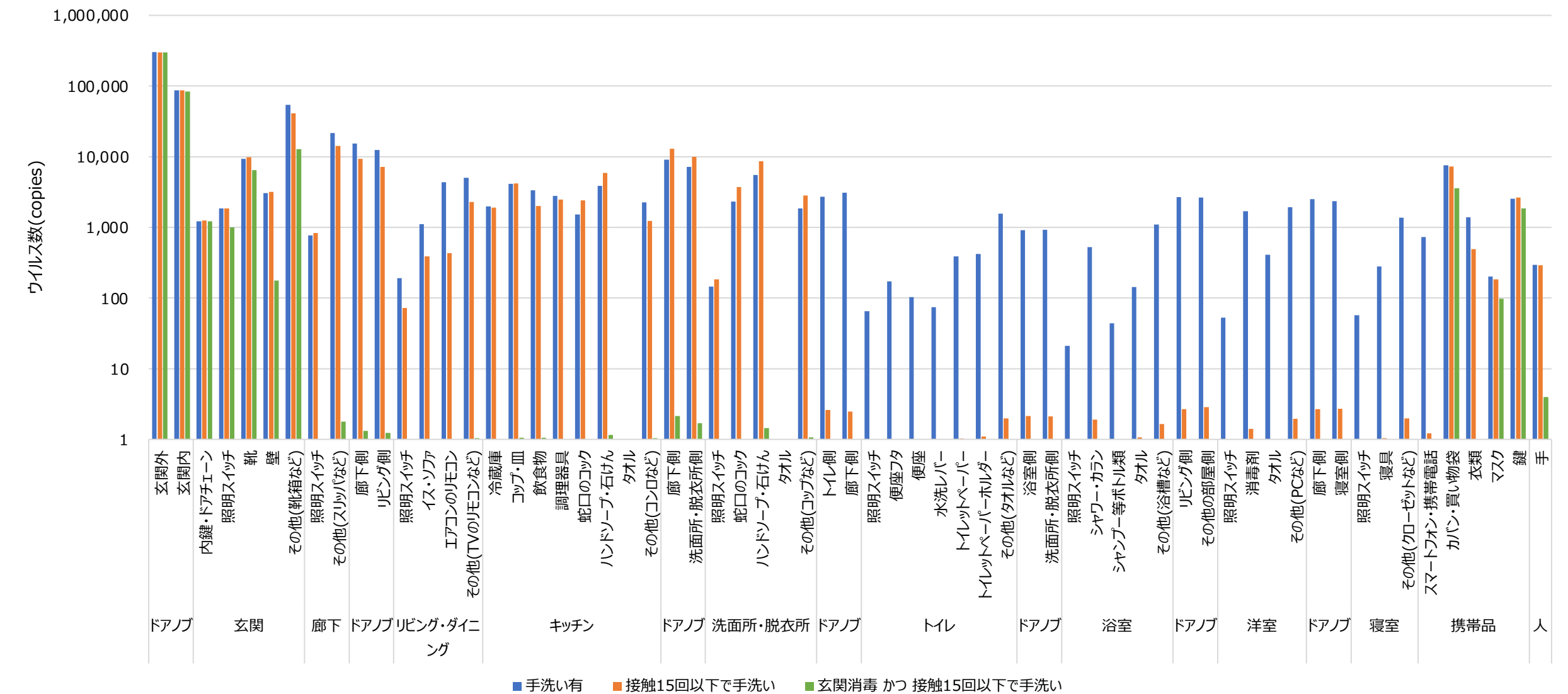
・手洗い群（852データ）・15接触以内で手洗いした群（363データ）
・玄関で手指消毒後、15回接触以内で手洗いをした群（218データ）
を抽出し比較

引用文献）

手洗いによるウイルス除去効果：森功次ら，感染症誌 80：496～500，2006

消毒剤によるウイルス減少効果：G. Kampf *et al.* Journal of Hospital Infection 104, 2020

1) 衛生行動の組み合わせと実施タイミング違いによるウイルス拡散分布の変化



手洗い前に行きがちなキッチンやリビングのウイルスの付着も低減
＜玄関での手指消毒と早めの手洗いの組み合わせにより、室内のウイルス分布範囲は更に減少＞

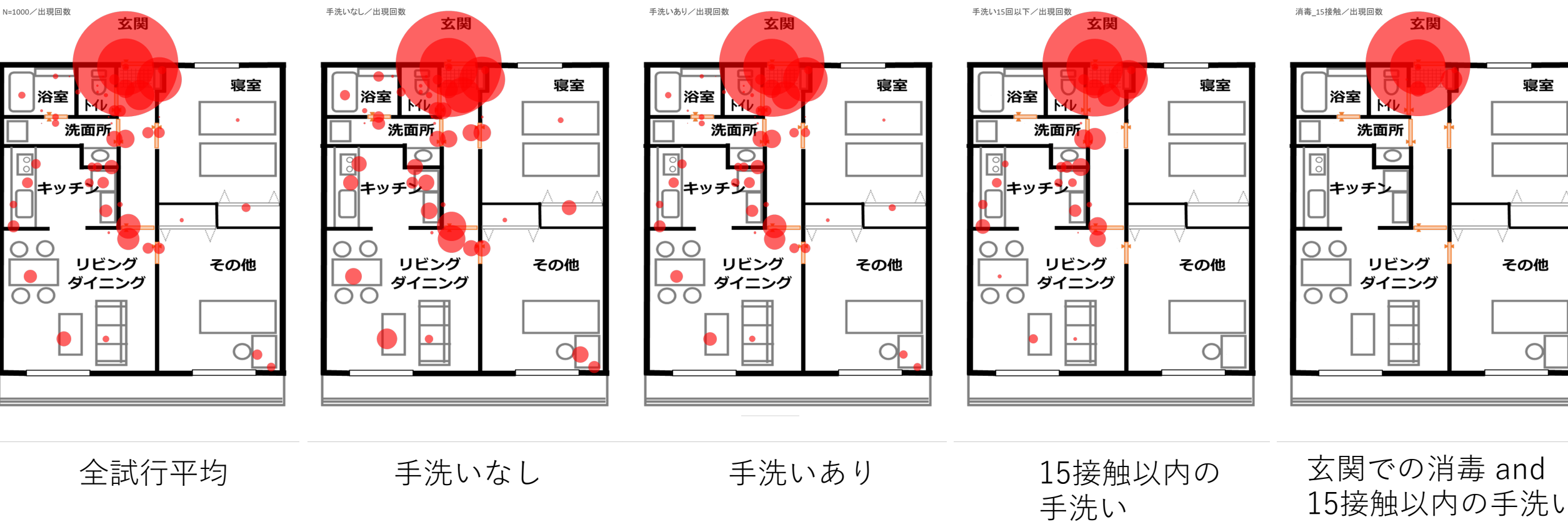
まとめ

帰宅後の接触行動によるウイルス付着量を推定した。

1. 帰宅時の接触行動から室内の様々なところにウイルスが付着する
 - 本人や同居家族がウイルスに再接触するリスクが高い
2. 通常の手洗い行動によるウイルス減少効果は低い
 - 手洗い前に様々な接触行動が生じるため
3. 帰宅後の早期の手洗いによって、室内ウイルス残量を減少できる
4. ハンドソープによる手洗い効果は高い
5. 玄関での手指消毒効果は更に高いが、手指には一定数残存する
6. 玄関での手指消毒と早期の手洗いの組み合わせ効果が最も高く、
加えて、玄関周りや携帯品の消毒の実施が示唆される

Appendix: ウイルス付着分布間取り図

帰宅時行動に伴う付着分布



手洗い効果に関する文献資料

手洗いによるウイルス除去効果

- ネコカリシウイルス (FCV)
 - ノロウイルスと同じカリシウイルス科
- 手洗い方法
 - ハンドソープ（ポンプ式洗浄用石鹼水）50ml
 - 薬剤によるもみ洗い10秒，流水によるもみ洗い15秒
 - 流水によるすすぎ
 - 流水によるもみ洗い15秒
- 洗浄によるウイルス量減少効果
 - 流水による手洗い 1/100
 - ハンドソープ使用 1/1000～1/10,000

オゾン水による菌・ウイルス除去効果

- 掌（手のひら）上の菌数
- 手洗い方法
 - オゾン濃度4mg/lのオゾン水
 - オゾン水による15秒間の手指洗浄
 - ヨード系消毒剤
 - 手指洗浄15秒間と消毒用ローション剤噴霧
- オゾン水による耐性菌量減少効果
 - オゾン水 0～200 cell
 - ヨード系消毒剤 200～1400
- オゾン水の耐性菌不活化効果
 - 1～2 mg/L オゾン水、10秒の処置で、感染力価を1/100～1/1000に低減
- オゾン水の新型コロナウイルス不活化効果
 - 3.3 μg/mlウイルス溶液、0.1mg/lオゾン水、30秒の処置で、生残ウイルス量1/1000に低減

赤堀他、オゾン水の殺菌効果と院内感染予防への応用、日集中医誌、7, 3-10, 2000

Murata et al. (2020) “Reduction of severe acute respiratory syndrome coronavirus - 2 infectivity by admissible concentration of ozone gas and water”, *Microb. Immunol.*, 65:10-16

安木他、低濃度の有機物存在下におけるオゾン水の新型コロナウイルスに対する不活化効果、Indoor Environment, Vol.24, No.1, pp.13-18, 2021