

家庭内感染リスク可視化モデル - 家族再接触リスク -

2022.4.26

wp-2022f-n1

筑波大学 倉橋節也 向井大誠
共同研究 ライオン株式会社

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。

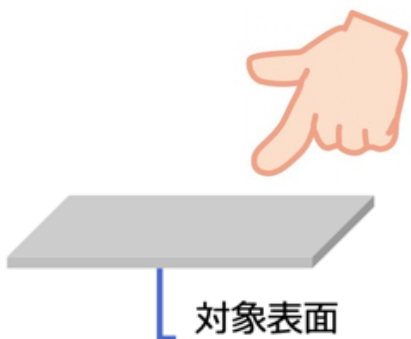
3. 家庭内接触感染リスク可視化エージェントベースモデル

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



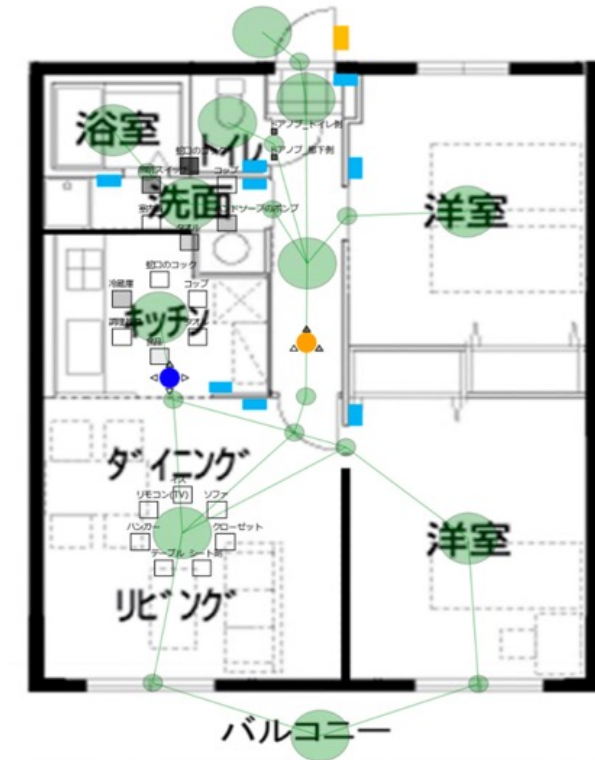
	ウイルス伝播率(%)							
	乾燥状態ウイルス				飛沫状態ウイルス			
	汚染表面→肌		汚染肌→表面		汚染表面→肌		汚染肌→表面	
表面材質	伝播率	標準誤差(±)	伝播率	標準誤差(±)	伝播率	標準誤差(±)	伝播率	標準誤差(±)
ステンレス								
ポリプロピレン								
陶器								
木材(化粧板)								
段ボール								
壁紙								
モデル皮膚								
綿金巾								

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	外出目的	外出時間	帰宅後	帰宅前	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 00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 00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 00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 00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 蛇口のジョウ	
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 00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 トイレペーパー	
m8998463553	女	50代	専業主婦	マンション・アパート	2DK	16 00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 00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 00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 00時		運動	(屋外)	1時間	洗面所・風呂	1	★		玄関	1 鍵	
m8996337918	男	40代	自営業	自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 00時		運動	(屋外)	1時間	洗面所・風呂	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 00時		運動	(屋外)	1時間	洗面所・風呂	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 00時		運動	(屋外)	1時間	洗面所・風呂	4		★	玄関	1 靴	
m8996337918	男	40代	自営業	自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 00時		運動	(屋外)	1時間	洗面所・風呂	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 00時		運動	(屋外)	1時間	洗面所・風呂	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 00時		運動	(屋外)	1時間	洗面所・風呂	7			洗面所・脱衣所	1 蛇口のジョウ	
m8996337918	男	40代	自営業	自戸建	一軒家 (2F 3LDK)	20 00時		運動	(屋外)	1時間	洗面所・風呂	8			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 00時		運動	(屋外)	1時間	洗面所・風呂	9			洗面所・脱衣所	1 蛇口のジョウ	



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

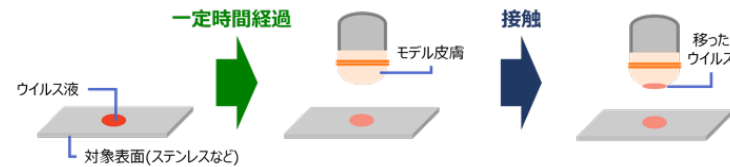
接触行動調査

家庭内の生活者行動の
数理モデル化

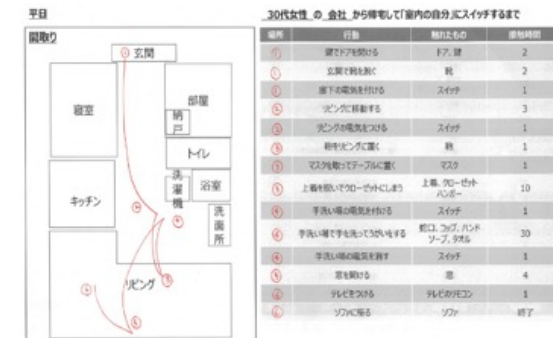
ウイルス付着伝播
シミュレーションモデル

付着ウイルス再接触
シミュレーションモデル

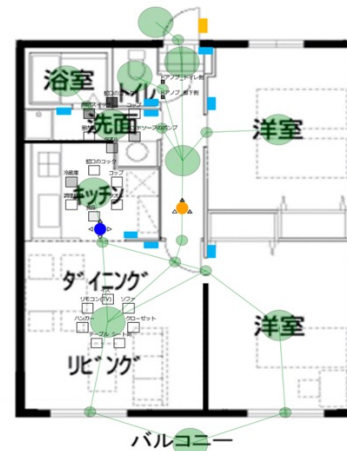
ウイルス付着分配解析



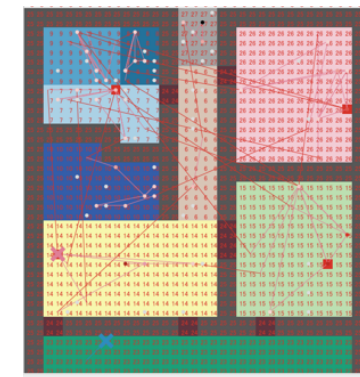
接触行動実態調査



ウイルス付着伝播モデル



付着ウイルス再接触モデル

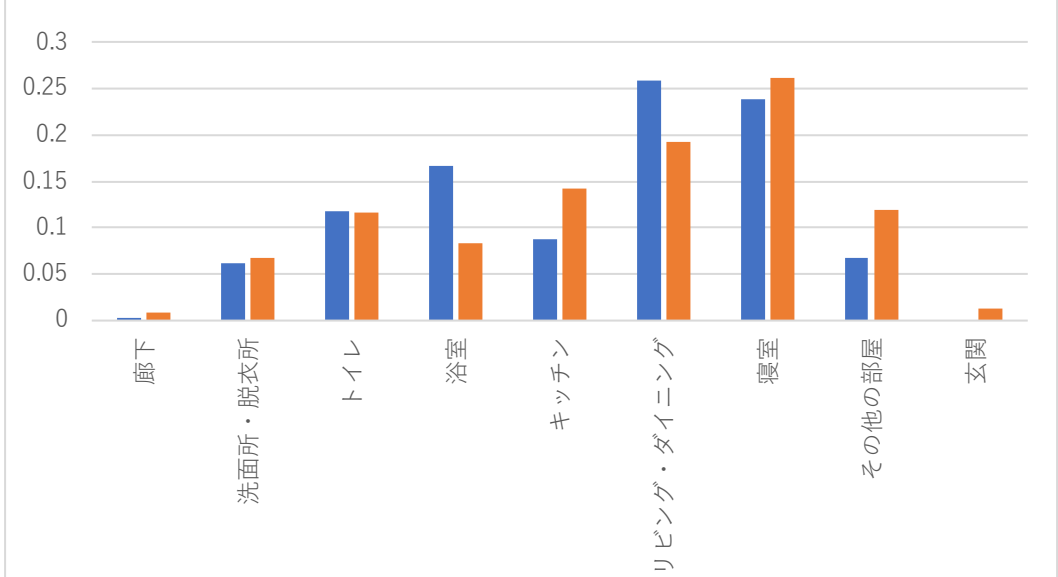


実験概要

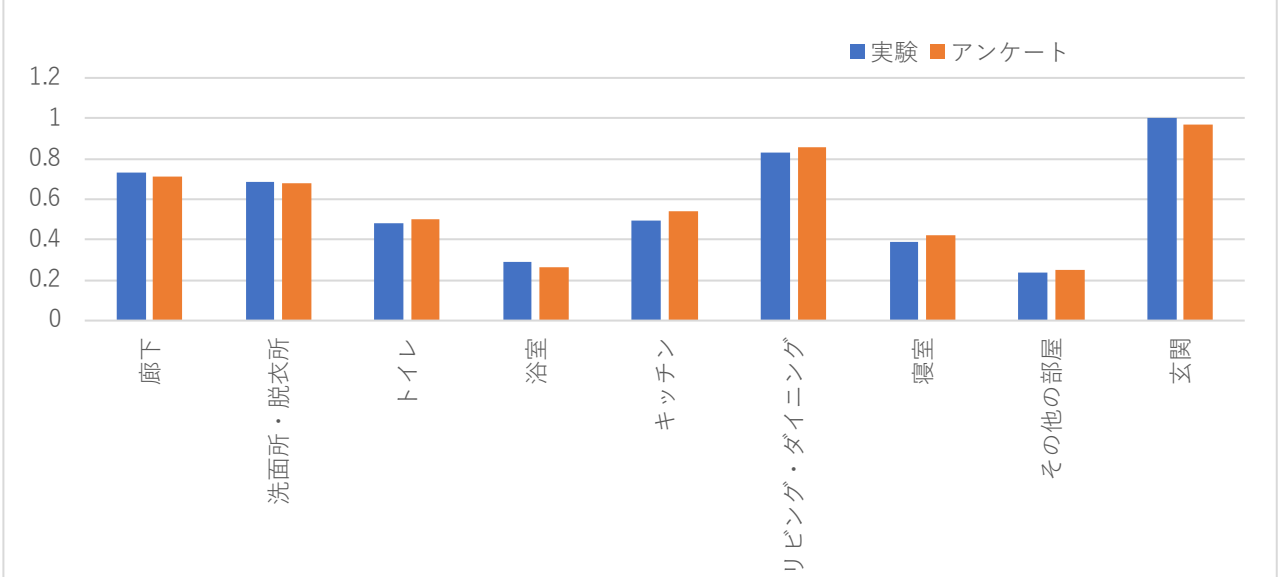
1. 帰宅後の接触行動によるウイルス付着量の推定
 - 一般生活者の帰宅時の接触行動により、室内の様々なところにウイルスが付着する量を推定
 - 本人や同居家族がウイルスに再接触するリスクの解析
2. 手洗い行動によるウイルス減少効果の推定
 - 帰宅後の手洗い行動データから、室内ウイルス残量の減少効果を推定
3. 手洗い行動のタイミング効果の推定
 - 帰宅後の早いタイミングでの手洗いによる、室内ウイルス残量の減少効果を推定
4. 手洗い方法の違いによる効果の推定
 - 水洗いとハンドソープ使用の効果の違いを推定
5. 玄関での手指消毒効果の推定
 - 帰宅時に玄関で手指の消毒を行うことによ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

アンケート集計とシミュレーション実験の比較

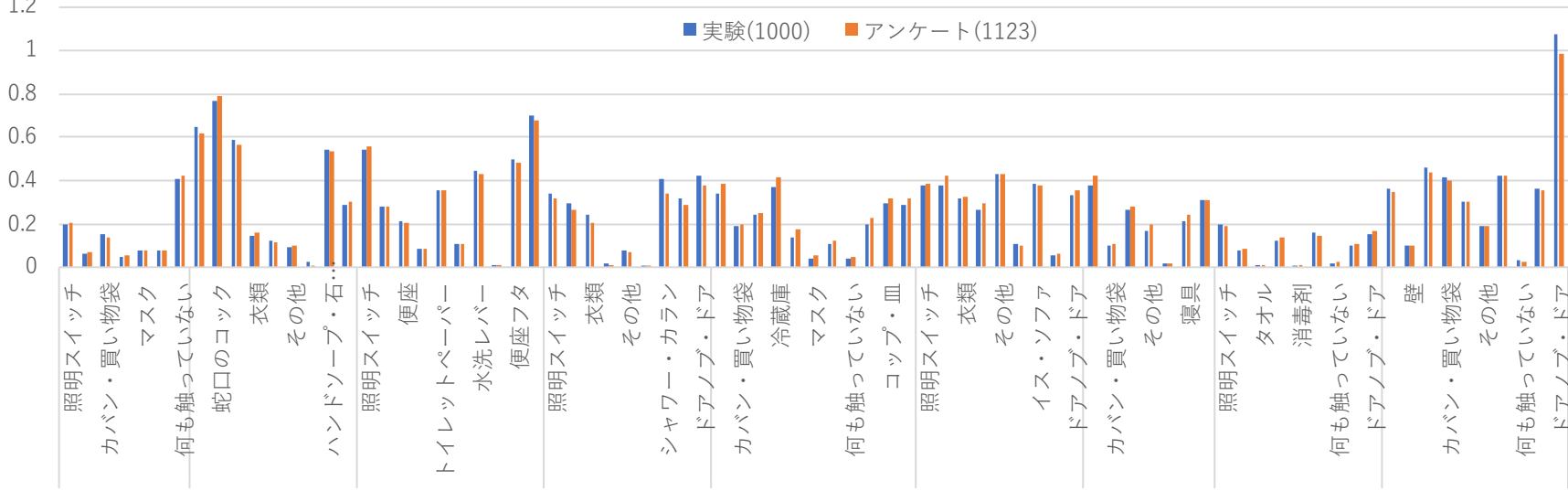
最終到達地の分布
(回数/試行回数:1000|1123)



部屋の分布(例外なし, mx1, stop30LD20
n=1000|1123)



接触数分布比較 (接触回数/試行回数orアンケート数)

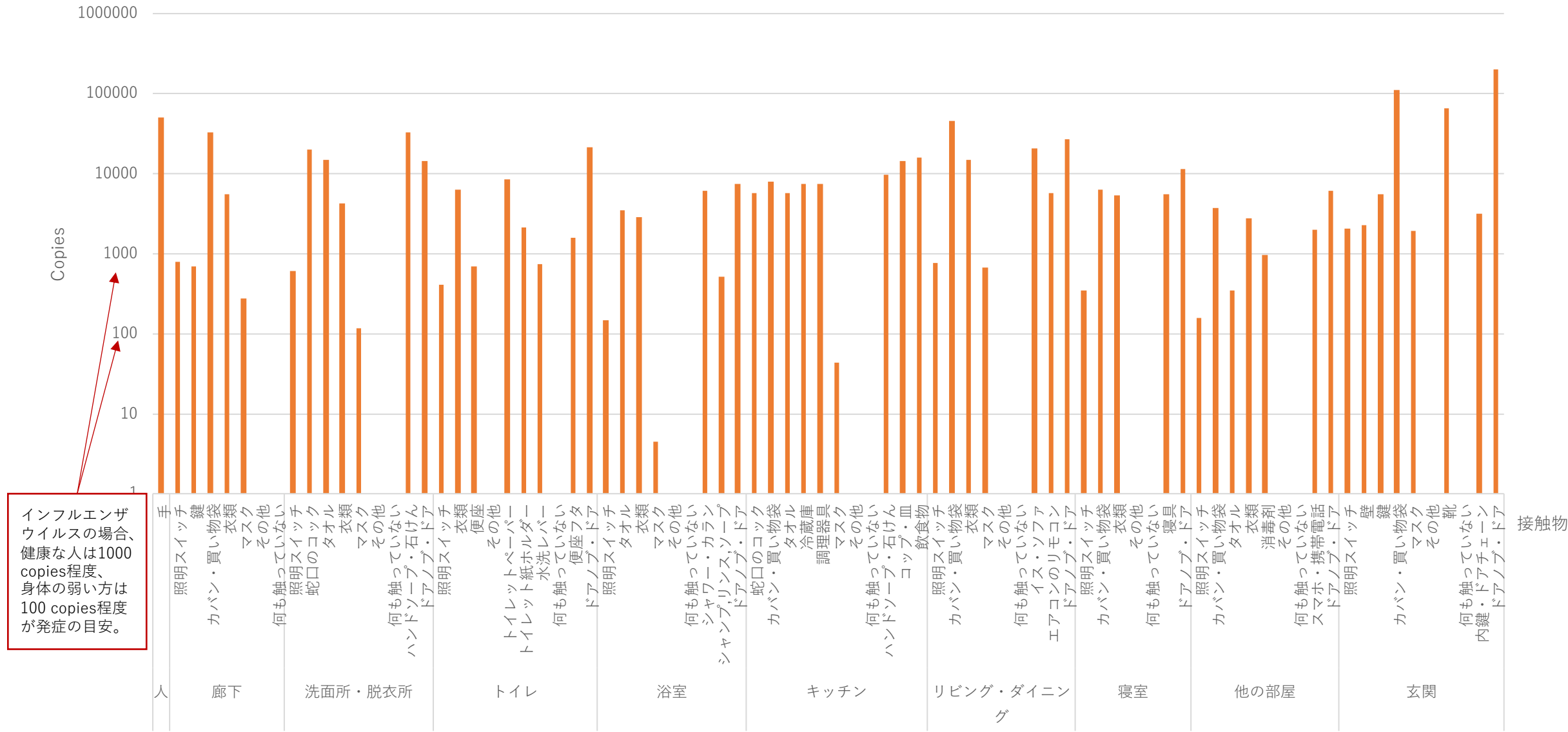


帰宅後の接触行動による ウイルス付着量の推定

初期ウイルス量： 10^6 copies

手洗いによるウイルス減少係数： $1/10,000$

帰宅後のウイルス残存量(平均接触行動)



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>

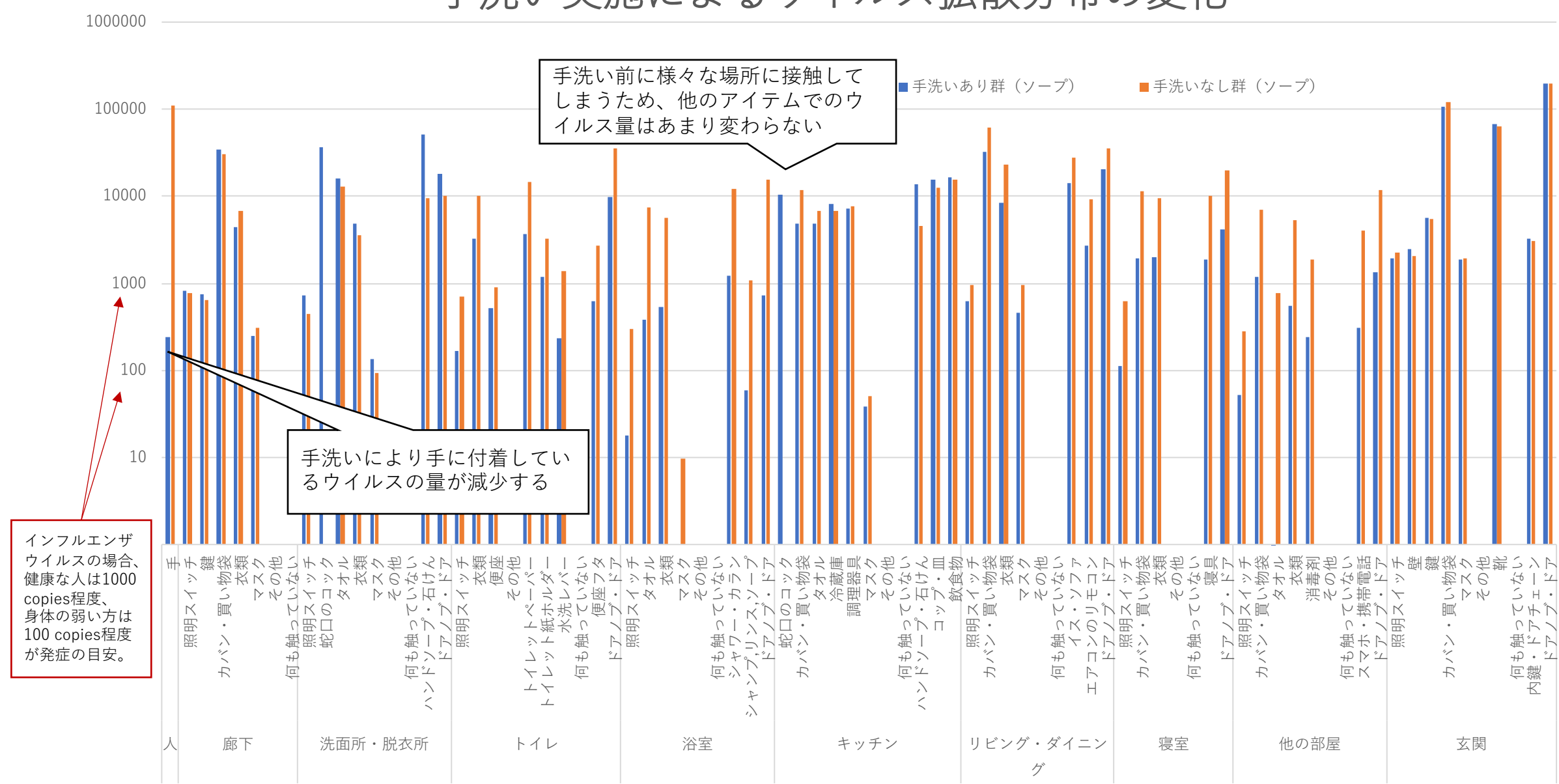
手洗い行動による ウイルス付着量の推定

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

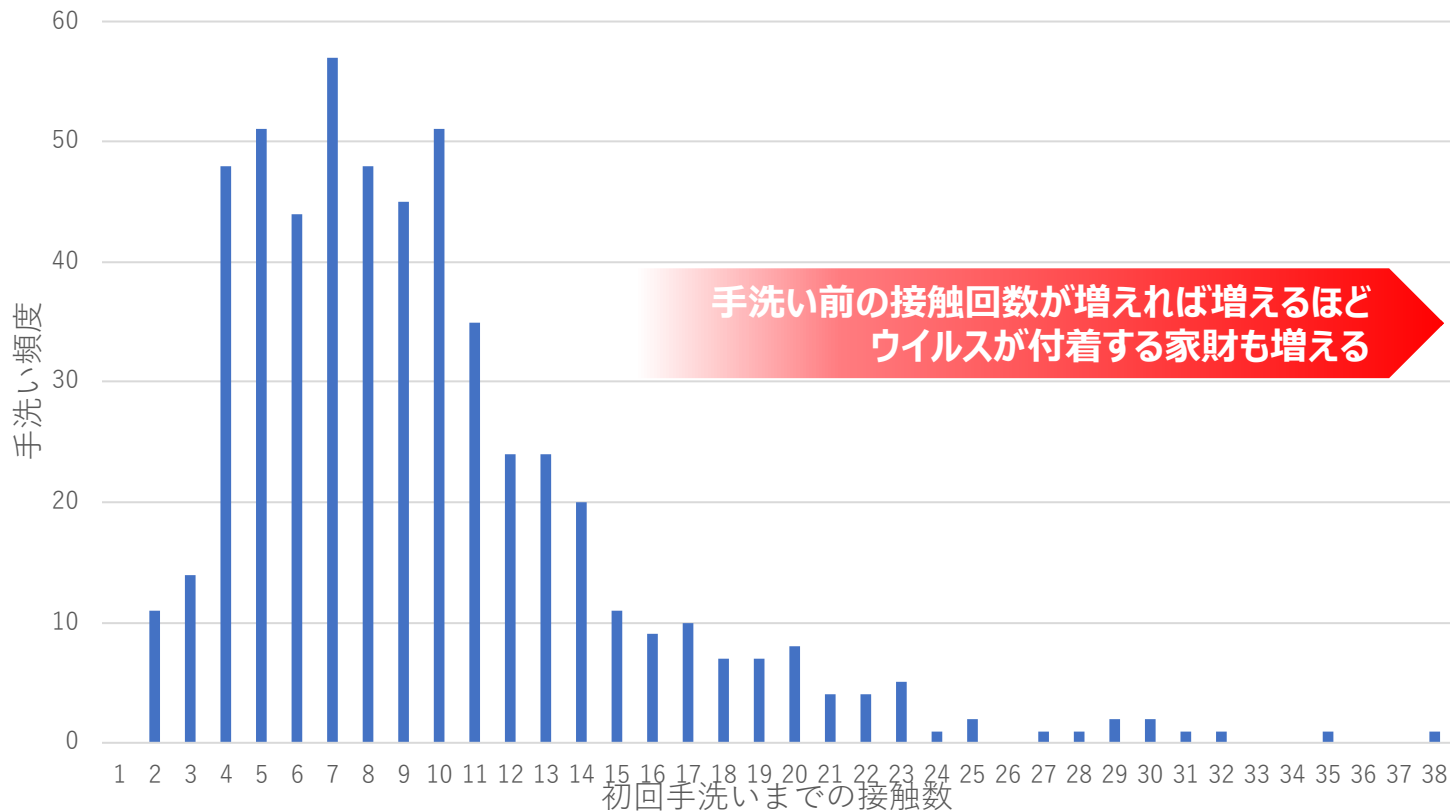
初期ウイルス量： 10^6 copies

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 手洗いまでの接触回数分布

ソープ手洗い群接触数分布(中央値9)

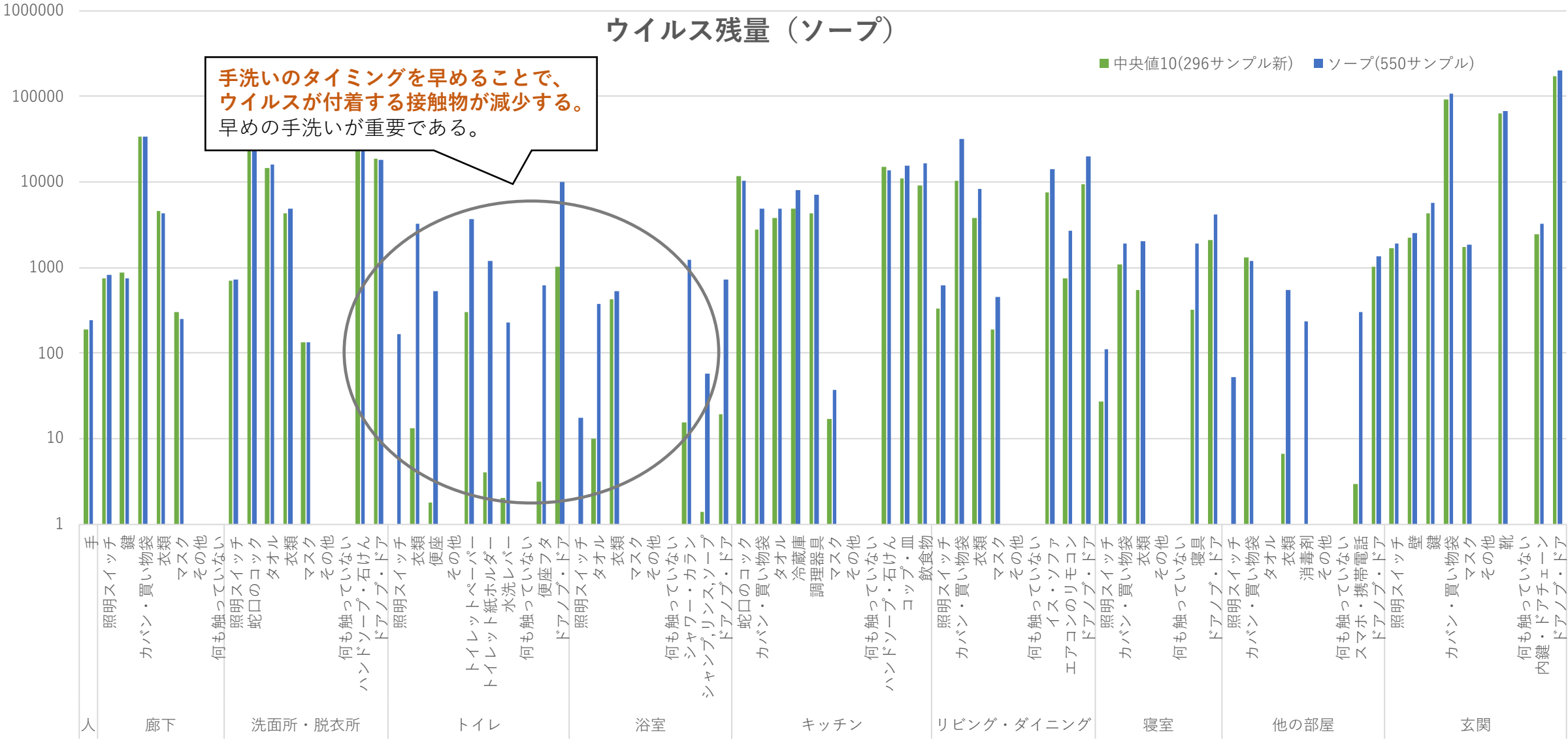


最頻値	7	
最大	38	
中央値	9	10未満
最小	2	

手洗いまでに多くの接触が生じるパターンが見られる
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：7回、中央値：9回

手洗いのタイミングによるウイルス拡散分布

ウイルス残量（ソープ）



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）

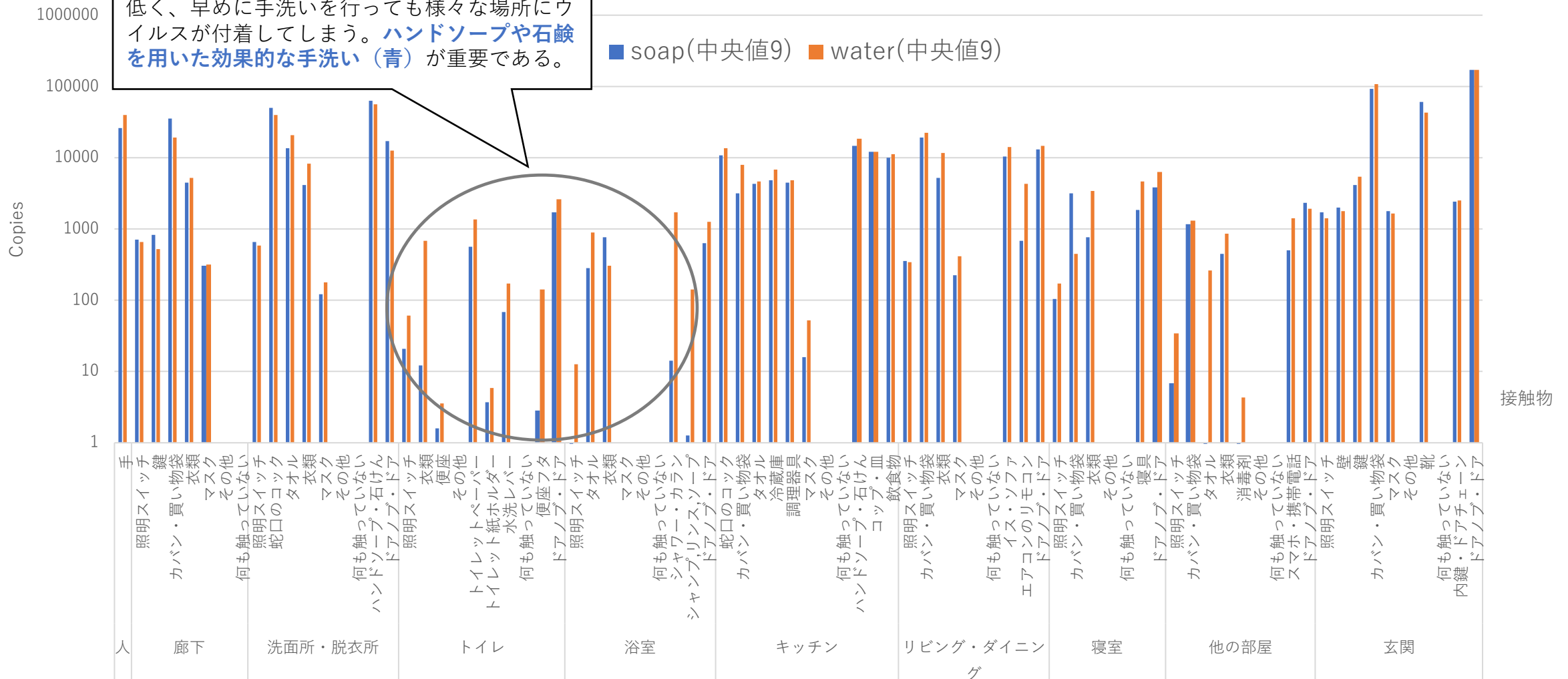
手洗いによるウイルス除去効果：森功次ら，感染症誌 80：496～500，2006

水洗いとハンドソープ使用の効果の違い

水洗い（橙）ではウイルスを減少させる効果が低く、早めに手洗いを行っても様々な場所にウイルスが付着してしまう。ハンドソープや石鹸を用いた効果的な手洗い（青）が重要である。

ウイルス残量比較(ソープ, 水)

■ soap(中央値9) ■ water(中央値9)



ウイルス減少が低い手洗いの場合（橙）、ウイルス付着量は増加する
 <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）

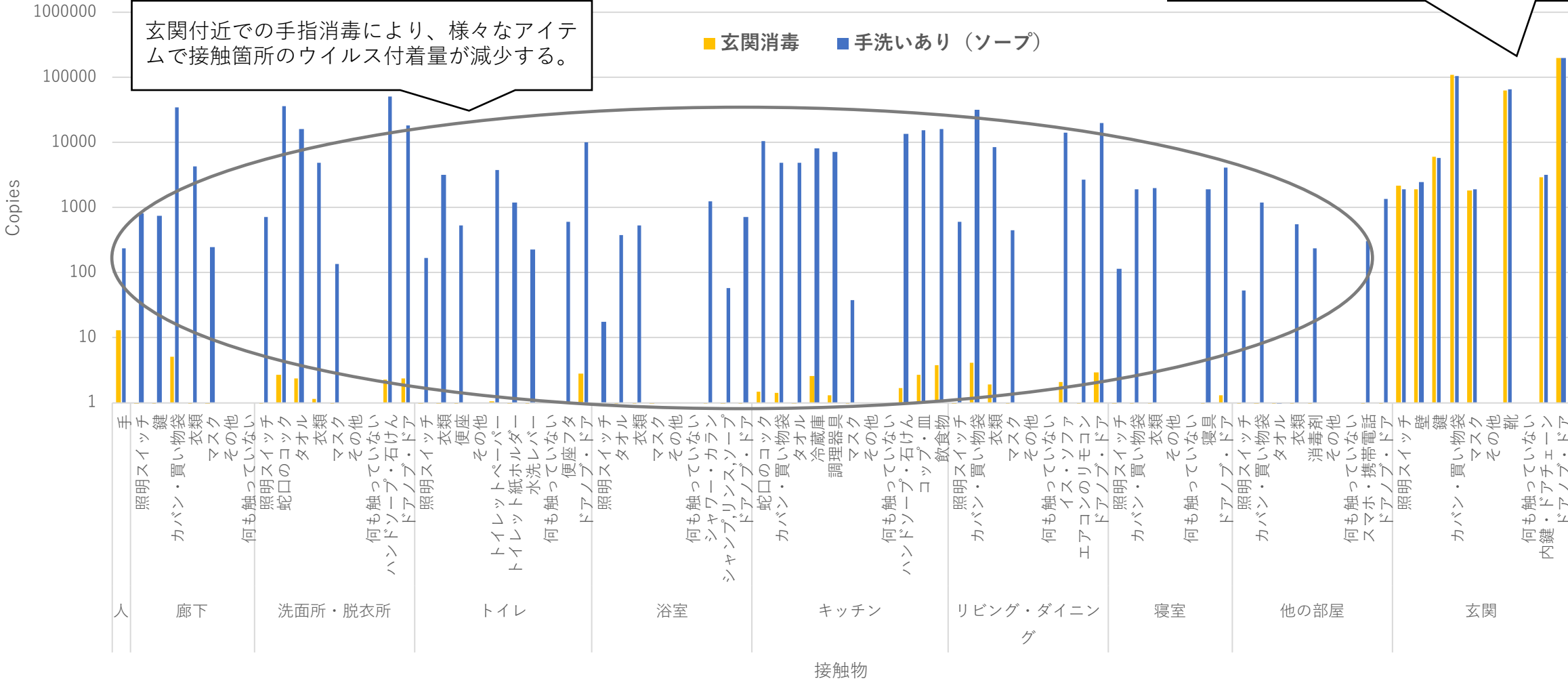
手洗いによるウイルス除去効果：森功次ら，感染症誌 80：496～500，2006

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

玄関消毒の効果

ウイルス残量(玄関消毒0.00001(n=1000), 手洗いソープ(n=550))

玄関付近での手指消毒を行っても、玄関には一定程度ウイルスが残っている。



玄関付近での手指消毒（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（左端）
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）

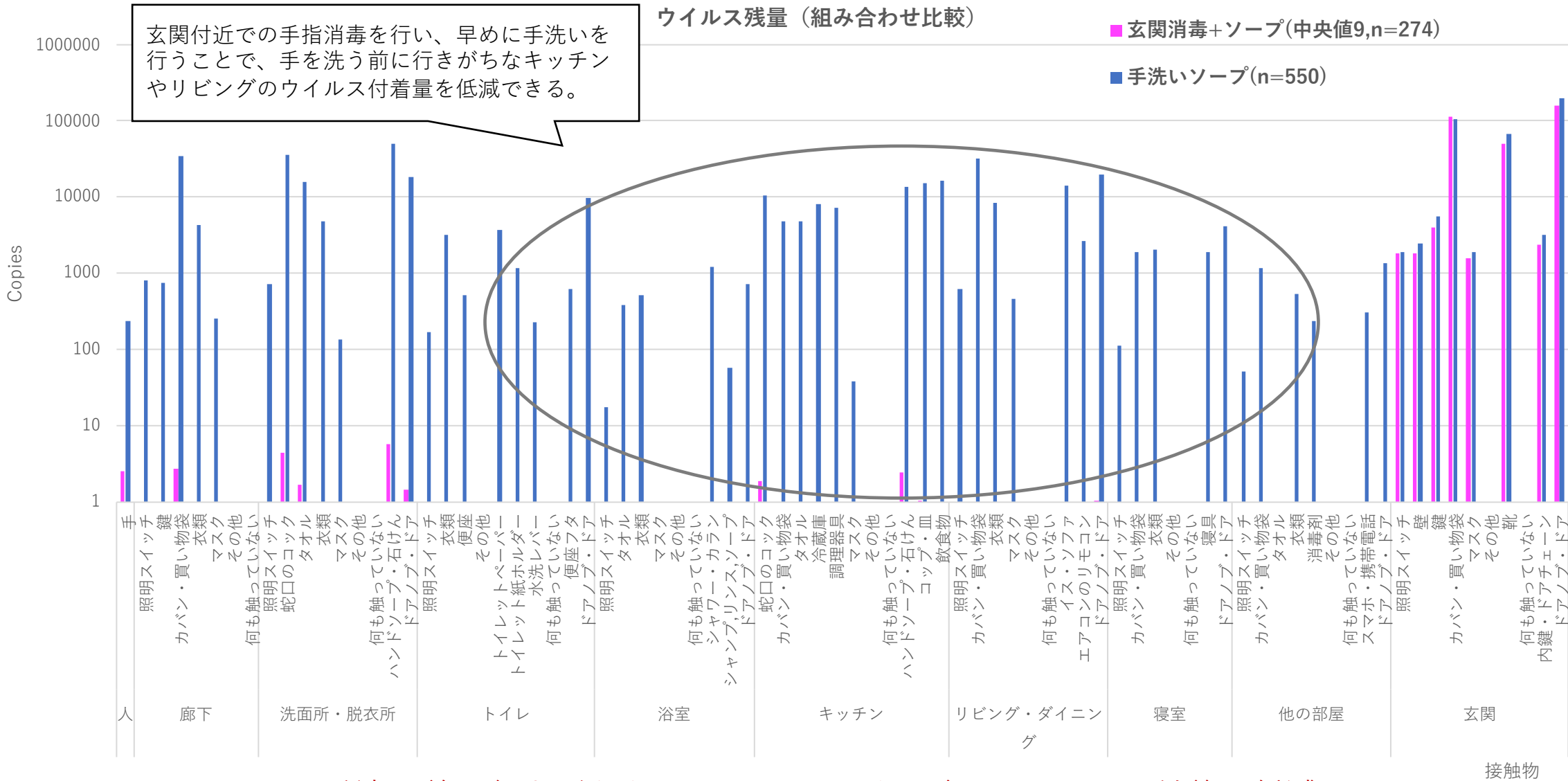
を抽出し比較

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

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＞

2人目の再接触のシミュレーション・シナリオ

- 共通条件
 - 1人目： 10^6 Copies, 例外なし, 30分で停止その後2人目スタート
 - 2人目：0 Copies, 例外なし,
- 2人のケース（1000件シミュレーション）2人目：外出先から帰宅
 - 1人目：**玄関**行動開始 -> 30分で停止
 - 2人目：**玄関**行動開始 -> 180分で停止
- 2人のケース（1000件シミュレーション）2人目：すでに在室
 - 1人目：**玄関**行動開始 -> 30分で停止
 - 2人目：**寝室**行動開始 -> 180分で停止

2人目の手のウイルス量（1000件シミュレーション）

1人目：玄関行動開始 → 30分で停止

2人目：玄関行動開始 → 180分で停止

ハイリスク接触(手のウイルス残量)

寝室-ドアノブ・ドア

トイレ-ドアノブ・ドア

リビング・ダイニング-ドアノブ・ドア

洗面所・脱衣所-蛇口のcock

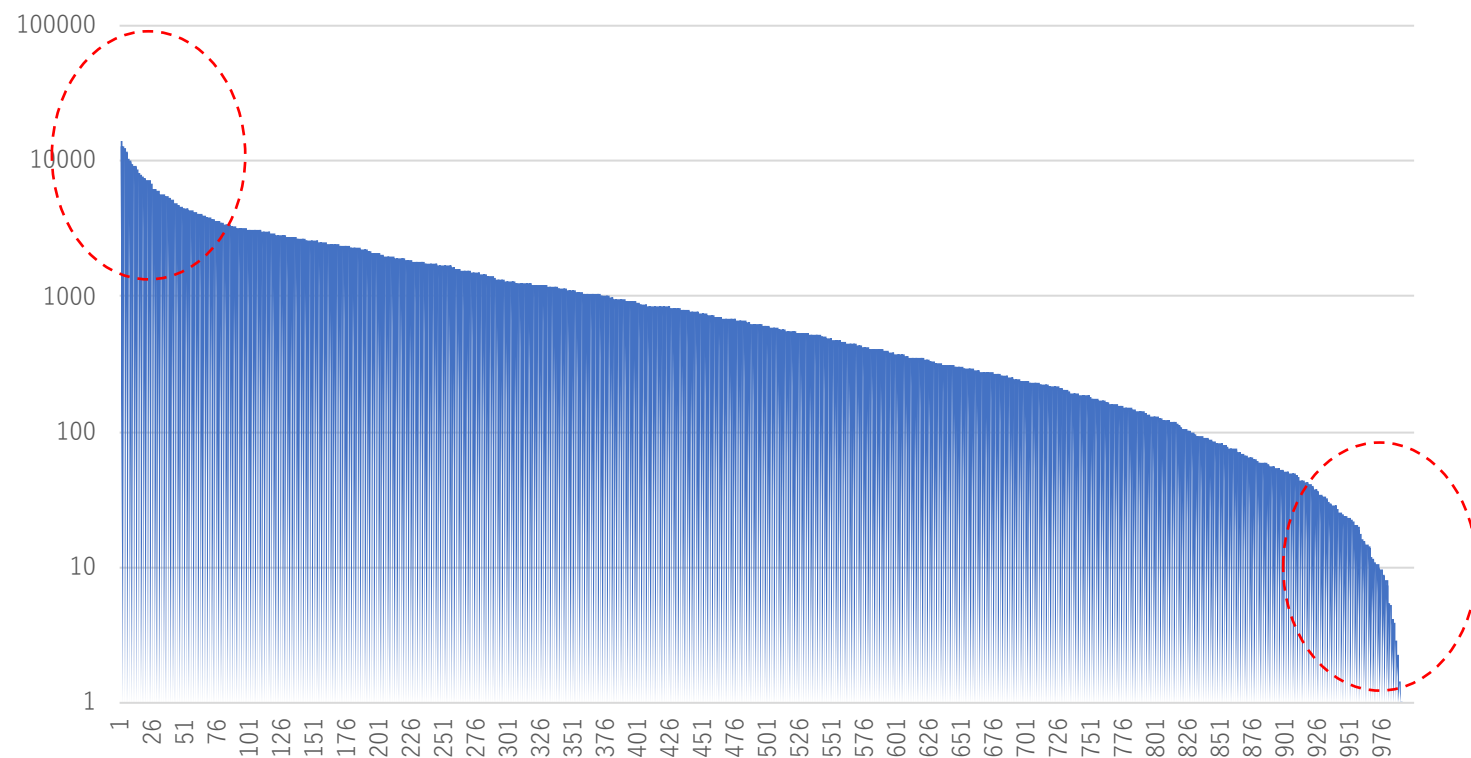
浴室-ドアノブ・ドア,

リビング・ダイニング-カバン・買い物袋

ドアノブ接触リスク 2.6倍

(ドアノブ接触なしに対して)

2人目のウイルス残量 (Copies)



手洗い前に接触した寝室・トイレ・リビングなどのドアノブがハイリスク
＜各居室のドアノブ接触を避けることで付着ウイルス再接触が減少＞

2人目の手のウイルス量（1000件シミュレーション）

1人目：玄関行動開始 → 30分で停止

2人目：寝室行動開始 → 180分で停止

ハイリスク接触(手のウイルス残量)

玄関 - ドアノブ・ドア

リビング・ダイニング - カバン・買い物袋

洗面所・脱衣所 - ドアノブ・ドア

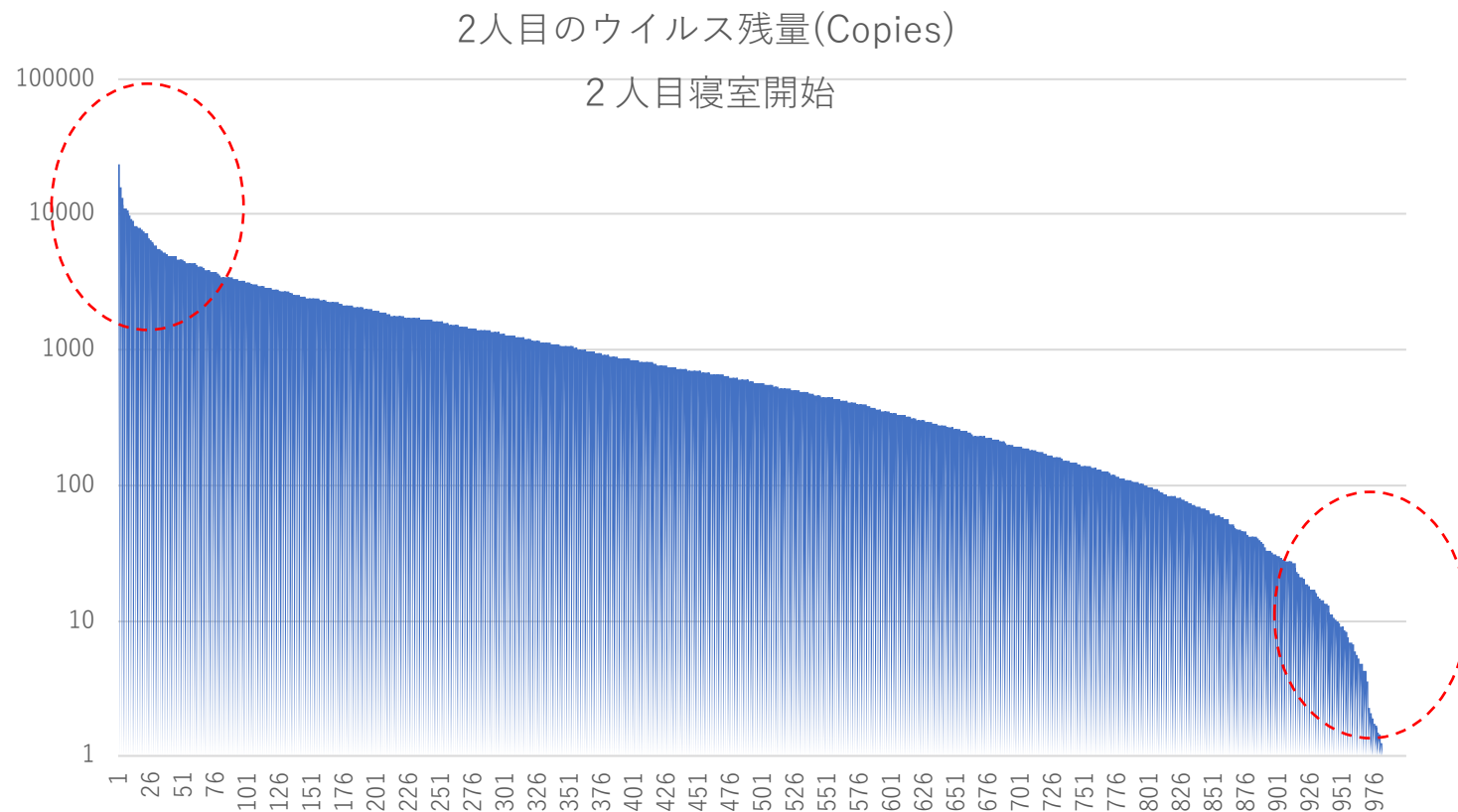
洗面所・脱衣所 - ハンドソープ・石けん

トイレ - ドアノブ・ドア

寝室 - ドアノブ・ドア

玄関接触リスク 2.3倍
(玄関接触なしに対して)

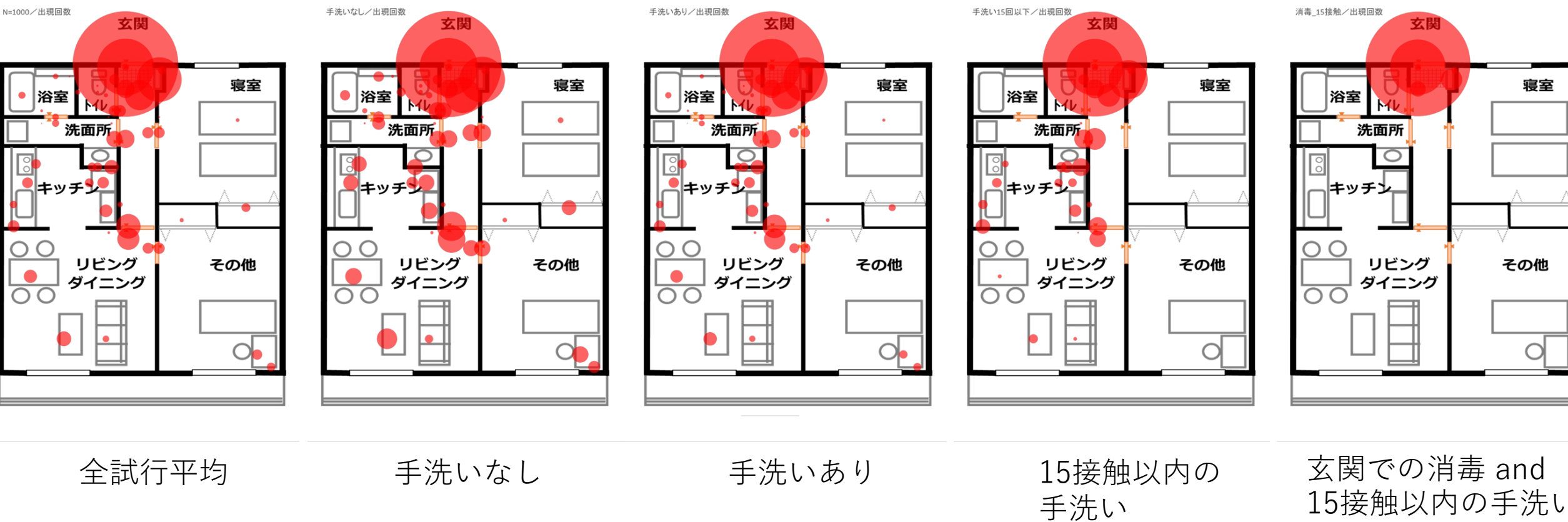
ドアノブ接触リスク 2.9倍
(ドアノブ接触なしに対して)



玄関での接触やドアノブの接触がハイリスク
<玄関周辺や各居室のドアノブ接触を避けることで付着ウイルス再接触が減少>

ウイルス付着分布間取り図

帰宅時行動に伴う付着分布



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、玄関周りや買い物バッグなど携行品の消毒の実施が示唆される

帰宅者による付着ウイルスへの再接触リスクを推定した。

1. 2人目の家族が帰宅した場合は、各居室のドアノブに注意
2. 2人目の家族が自宅にいた場合は、玄関周辺と各居室のドアノブに注意