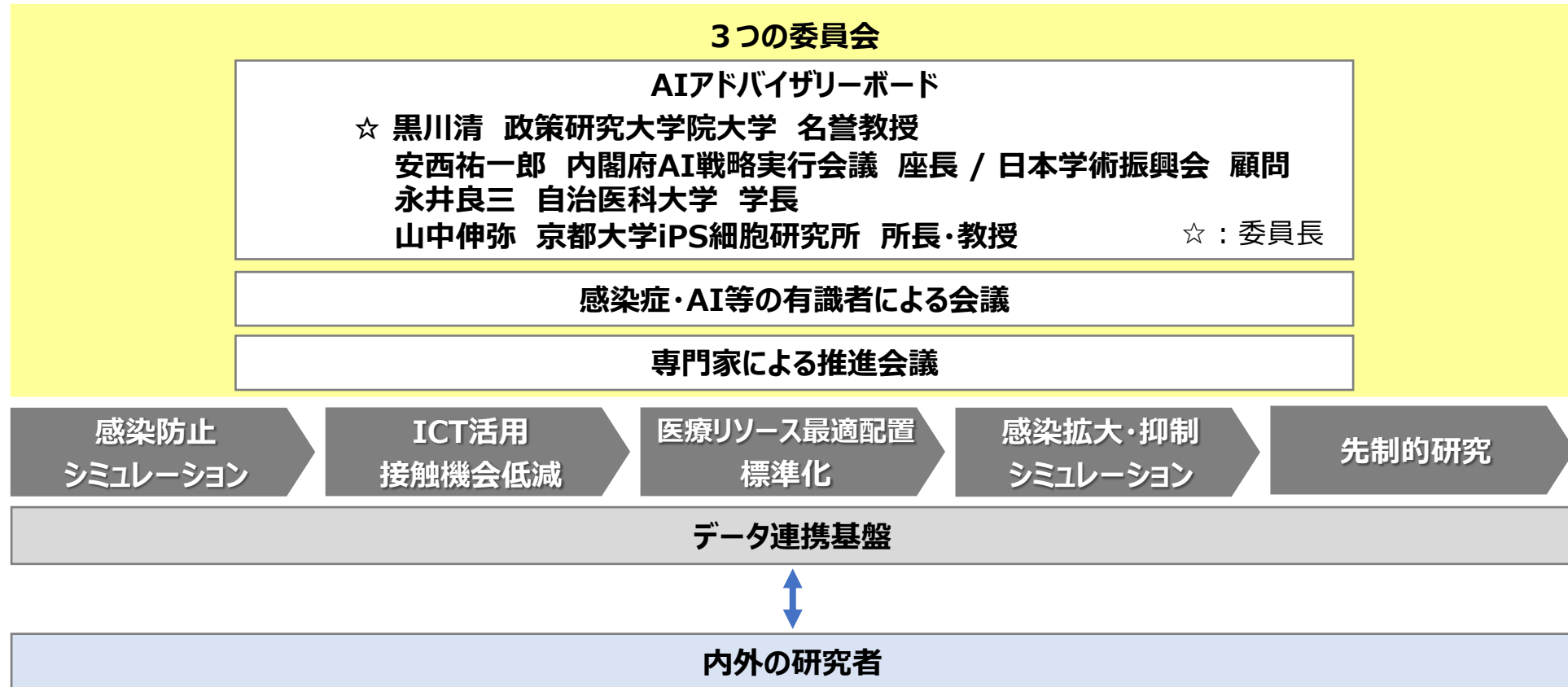


COVID-19 AI・シミュレーションプロジェクト

スマートライフ実現のためのAI等を活用したシミュレーション調査研究

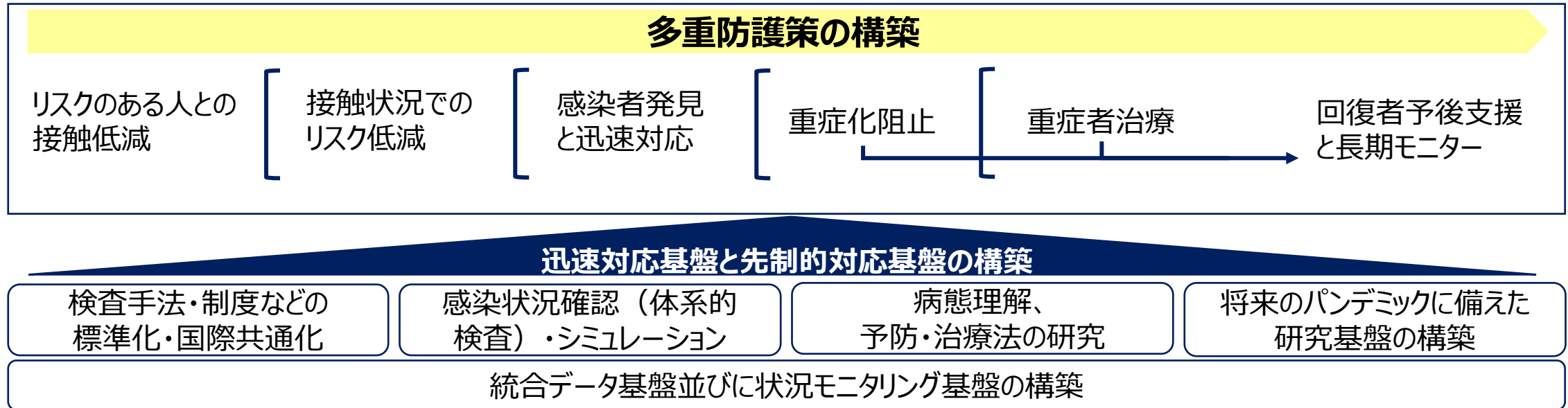
1. 事業の概要

- AI、スーパーコンピュータ等を活用し、データを科学的に分析。内外の研究機関とも連携。
- 従来の研究にとらわれることなく、状況変化に応じて、臨機応変に研究内容の変更を検討。
- シミュレーションは、ある前提条件の下での数学的な試算であり、万能ではない。一方で、ビッグデータ等を駆使することで、有益な示唆が得られるはず。



1. 事業の概要 研究開発項目の全体を俯瞰した戦略と柔軟な対応及び運営方針

■ 全体を俯瞰した戦略と柔軟な対応



■ 運営方針：透明性、再現性、オープン・コラボレーション

- ・ シミュレーション・コアチームは、A team, B teamと複数の独立チームを立ち上げ、相互検証可能とする
- ・ データ、コード、シミュレーション結果は、逐次GitHubなどで展開し、オープンな共同研究、検証や各種フィードバックが可能とする
- ・ Apache 2.0 LicenseとCreative Commonsライセンスを軸とする

※ シミュレーションチームのメンバーは、歴史の検証に耐えうる仕事をしたいという立場であり、それを可能とするデータなどの公開と保全を検討する。

課題：感染拡大・収束、検査戦略、医療リソースに関するシミュレーションを実行する際の制度・体制に関する課題**■ データ・アクセス体制の整備**

感染の実態をより正確に分析し、意味のあるシミュレーションにするためには、多様なデータにリアルタイムでアクセスできる必要がある。特に以下のデータへのアクセスを確保することが、より有意義なシミュレーションに重要である。また、緊急に発生した要求に対して速やかに有益なデータをあてがうために、データ利活用シナリオを創造的に列挙し蓄積しておく仕組みも必要となる。

- (1) 粒度の高い人流密度データ：現在、確保できる人流データは、500mメッシュであり、特定地域の感染への影響などを解析するには不十分である。より粒度の細かいデータを迅速にアクセスできる必要がある。
- (2) 大規模人流移動データ：GPSなどを利用した人の移動データへのアクセスが望まれる。個人情報保護を確実にしながらも、どの地域から、どの時間に、どの地域へと人が移動したなどかのデータは、データ解析・シミュレーションの精度を飛躍的に向上させる。各々の個人の移動履歴である必要がなく、全体の移動の傾向が統計的に把握できる粒度でよい。
- (3) ウイルスゲノム配列情報が網羅的かつ迅速にアクセスできることが望ましい。各地で検出されたウイルスの遺伝子配列上の変異を、感染状況並びに人流データと連動させて解析することで、より精度の高い感染制御を可能とする対策が可能となる可能性がある。現在の制度・体制では、これが実現できない可能性もあり、その場合には制度改革が必要。
- (4) 海外から入国者の影響を解析するには、出発国、入国空港などに関わるデータが必要となる。さらに、国内での実態を解析・シミュレーションするには、より詳細なデータへのアクセスが必須。
- (5) 感染の特徴を解析するには、クラスター対策で得られたデータやHER-SYSなどのデータにも個人情報保護を徹底した上でアクセスすることが望ましい。
- (6) 医療・介護施設に関するデータは、医療リソースの状況やリスクの推定に有用である。
- (7) また、政策の影響を評価するには、それに関連したデータを取得可能な体制と制度設計がなされていることが望ましい。
- (8) 一般の人々の触れる対象（人・物・室内の見えない気体など）とその頻度
- (9) クラスター追跡に係る情報は、個人情報保護に十分留意した上で、利用ができるとより詳細な解析・予測が可能となる。

課題：感染拡大・収束、検査戦略、医療リソースに関するシミュレーションを実行する際の制度・体制に関する課題

■ 有事体制の整備

現在、本プロジェクトに参加している研究チームには、本来の研究とは別に、有事対応として研究を遂行しているチームも多い。データの扱い等は、研究に使うデータという扱いではなく、有事対応としてのデータアクセスとして扱い、それに対応した制度整備が必要である。前項で、必要とされたデータの中には、一定の情報保護規定に基づいてのみアクセス可能となるデータや法的な担保のもとでのみ提供可能となるデータも存在する。しかし、国家的緊急事態に対応するためには必要なデータであり、一定の条件のもとでこれらのデータにアクセスできることが望ましい。

そのためには、感染拡大の状況に応じてGREEN, YELLOW, ORANGE, REDなどの有事レベル（DEFCON）を定義し、それに対応したデータ管理、アクセス権限などを決め、データ利活用シナリオと用いるAI等技術を開発し蓄積する必要がある。

現在は、緊急事態宣言は発出しているか否かのみであり、緊急事態宣言が必要となる事態を回避するための有事体制が発動されるという状態が存在しない。これは適切な対応をとるには、非常に不都合であり改善すべきである。

■ 緊急出動体制の整備

迅速に研究機関や大学・研究者の協力を仰げるようにするため、いざというときの契約の雛形や、先行実施（契約前実施）の承認のための覚書、先行実施時における免責事項などについて、事前に準備しておく。

課題：感染拡大・収束、検査戦略、医療リソースに関するシミュレーションを実行する際の制度・体制に関する課題

■ 常設体制の整備

COVID-19に関しては、ワクチンが十分に行き渡った状態でも、散発的なクラスター発生などが想定される。また、海外からの流入も想定する必要がある。これらを迅速に封じ込める必要は長期間に及ぶ可能性もある。また、今後、多様な感染症がパンデミックを引き起こすリスクが常に存在する。これに対処するためには、パンデミック・リスクを常時モニターし、即応可能な体制を構築することが重要である。そのために、常設体制を構築する制度的枠組みの整備、シミュレーション・プラットフォームの構築、スタディー・グループの立ち上げを行うことによる人材育成などが必要となる。

■ 計算機リソースの借り上げ、動員の前倒し

すばやく研究着手ができるように、計算機資源を前倒しで借り上げたり、国有のリソースを動員する枠組みが必要。

■ 情報共有の場の確保

参画する研究者などが容易に情報共有できる仕組みを用意する。

今回のCOVID-19で明らかになったように、パンデミック対策は、国家の安全保障として構想されるべき課題である。

2. 事例紹介 気流シミュレーション

飛沫拡散の様子等をスパコンを用いてシミュレーションするなど、最新の知見に基づき、感染防止の指針である業種別ガイドライン等を進化させる。

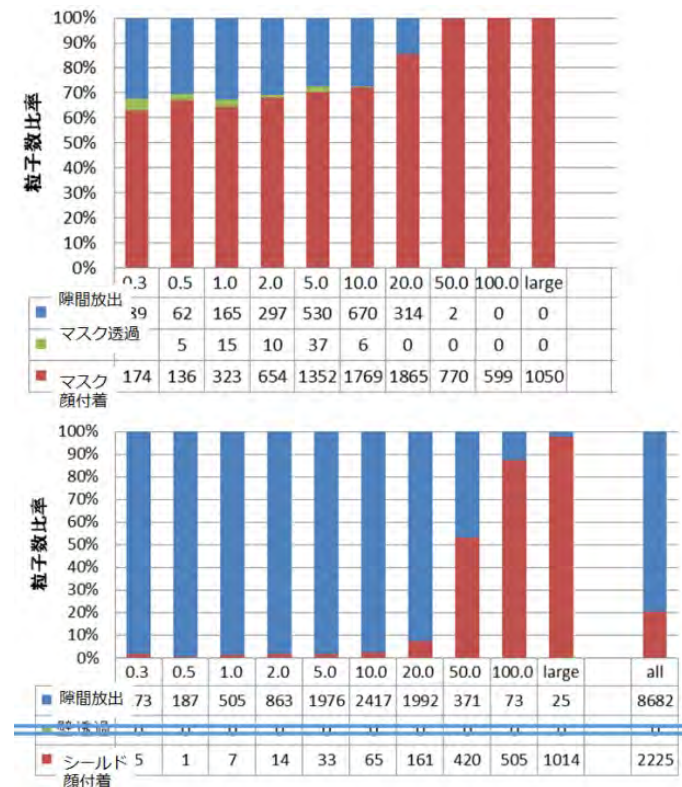
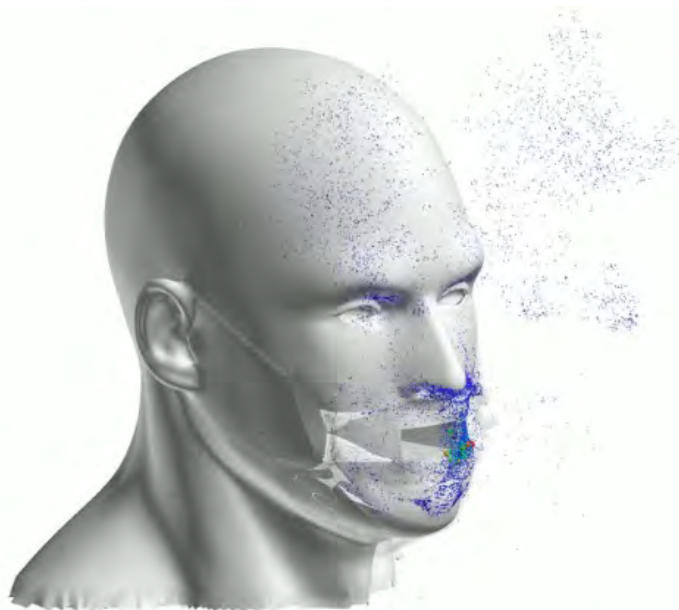
2. 気流シミュレーション マスクとフェースシールドの効果

■ フェースシールドの飛沫飛散抑制効果（マスクの代替効果）をスーパーコンピュータ「富岳」を用いて計算。

- ・ 咳の場合、100ミクロン程度以上の飛沫については捕集効果は見込める。一方、20ミクロン以下の飛沫に対する捕集効果は小さい。
- ・ マスクの代替としてフェースシールドを飛沫飛散抑制に用いる場合は、漏れ出た小さな飛沫に対する対策（換気等）を併用する必要がある。

不織布マスク

フェースシールド



提供：理研・豊橋技科大・神戸大，協力：京工繊大，阪大

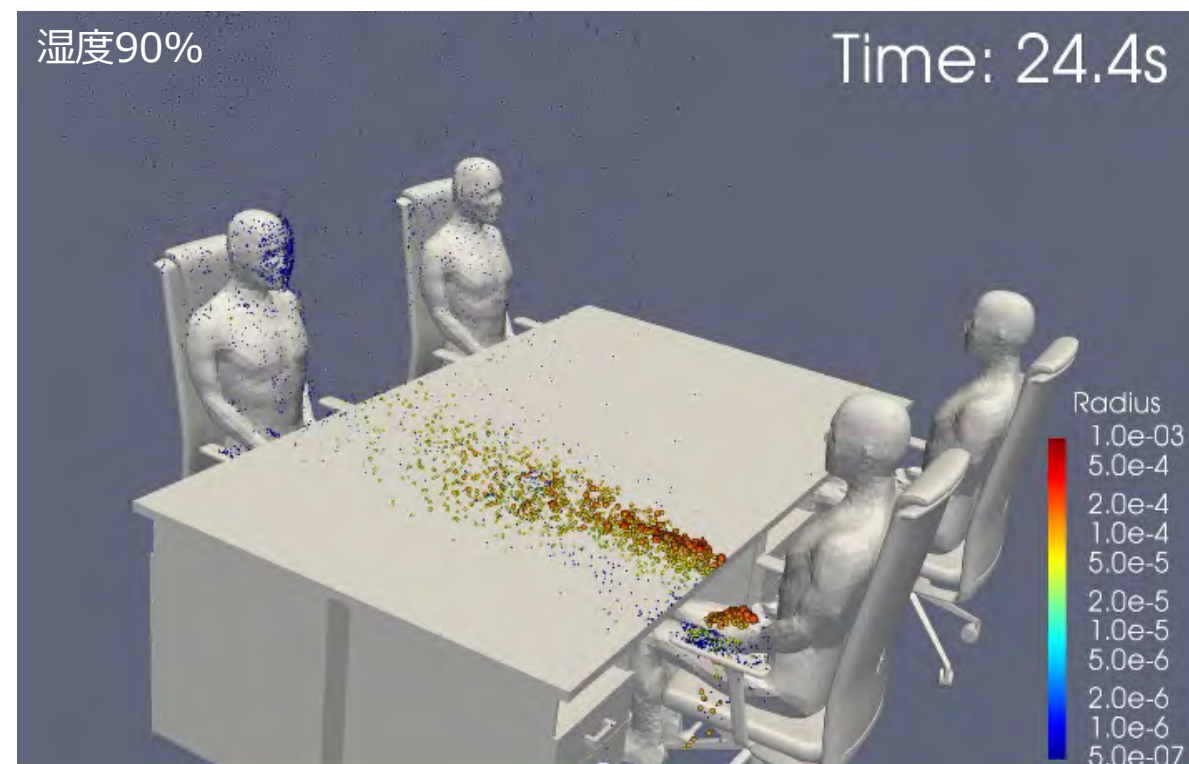
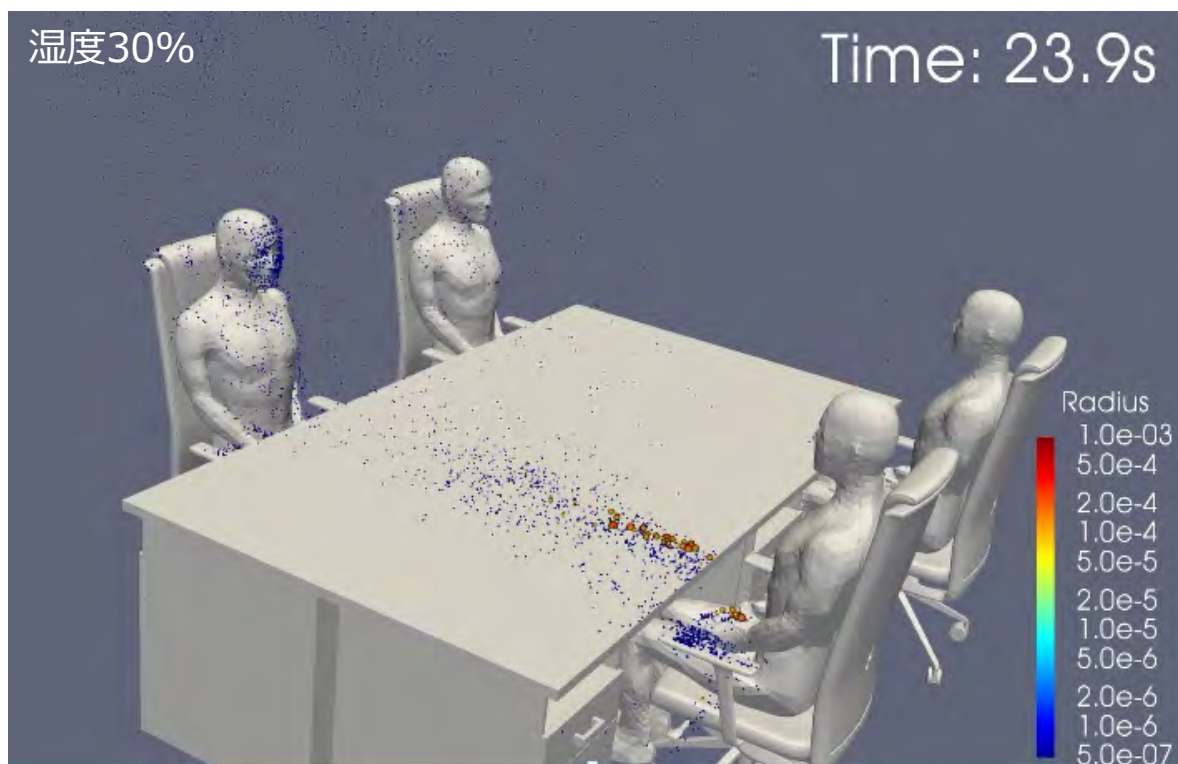
- ・ 今後、飲食時等、マスクを外す必要があるケースで、フェースシールド等での代替の可否や形状の最適化を検討する。

https://www.covid19-ai.jp/ja-jp/presentation/2020_rq1_droplet_infection_simulation/articles/article006/

2. 気流シミュレーション 飲食店での飛沫等の拡散①

■ 飲食時の感染例があることから、飲食店での飛沫等の拡散の様子をスーパーコンピュータ「富岳」を用いて計算。

- マスク無しで咳をした場合を想定。室内の湿度が飛沫拡散に与える影響を検討。
- 湿度が高い場合、10ミクロン以上の飛沫は大半は机の上に落下し、正面の人に到達するのは数ミクロン以下の小さなエアロゾルのみ。一方、湿度が低い場合、飛沫は高速に蒸発することで微小化し、机に落下する数は大幅に減少する一方、空気中をエアロゾルとして拡散する数が増加する。

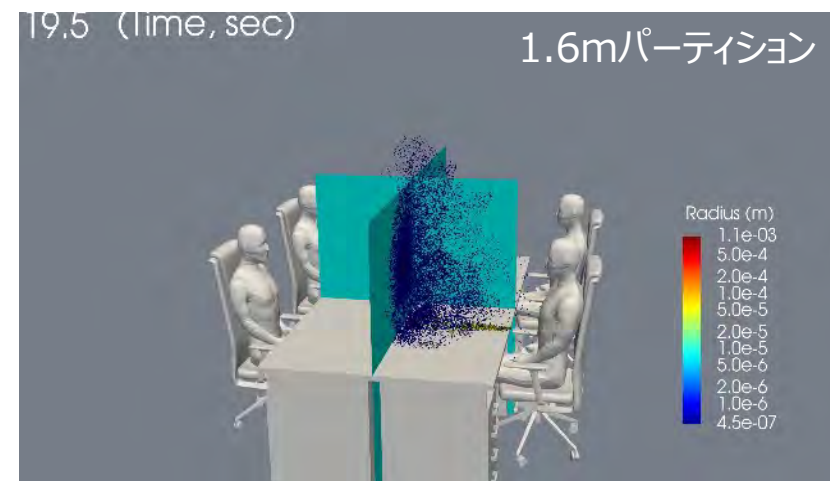
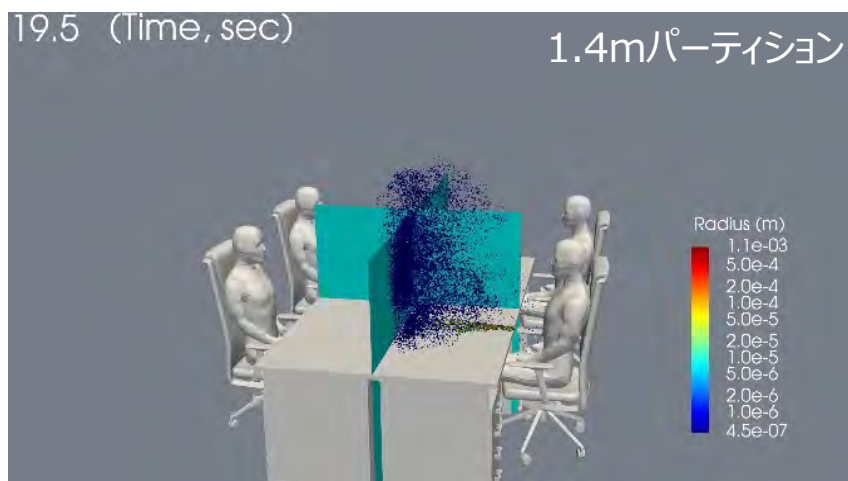
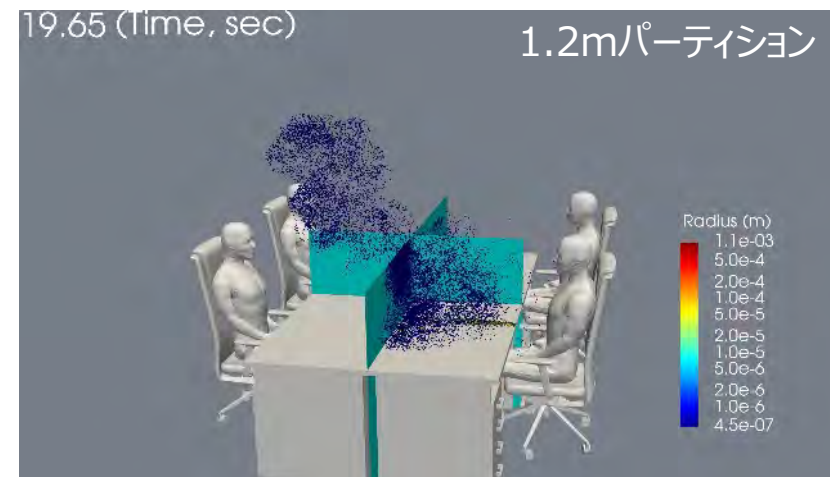
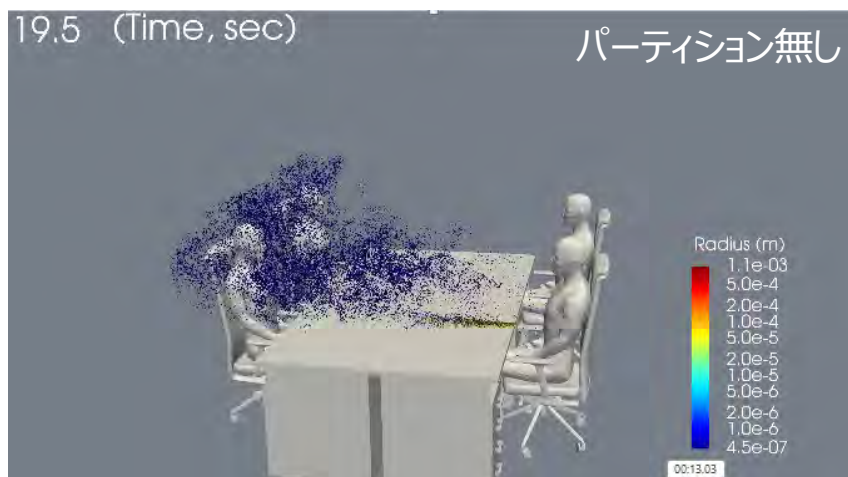
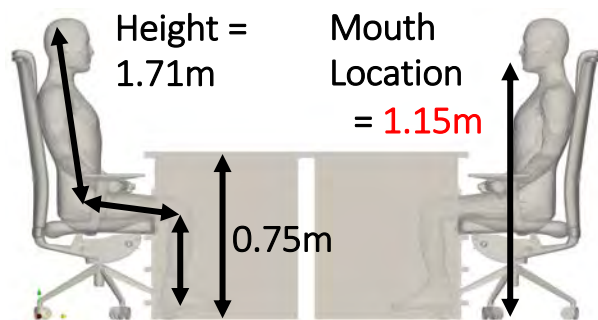


2. 気流シミュレーション 飲食店での飛沫等の拡散②

■ 飲食時の感染例があることから、飲食店での飛沫等の拡散の様子をスーパーコンピュータ「富岳」を用いて計算。

- ・ マスク無しで咳をしたときを想定。
- ・ パーティション（1.2m以上）をすれば正面の人（1.9m先）にかかる飛沫・エアロゾルを1/10以下にすることができる。
- ・ 1.2mでは30秒程度で正面に到達するエアロゾルが確認されるが、1.4mとすることでほぼブロックすることができる。
- ・ 1.4mと1.6mとでは効果はあまり変わらない。

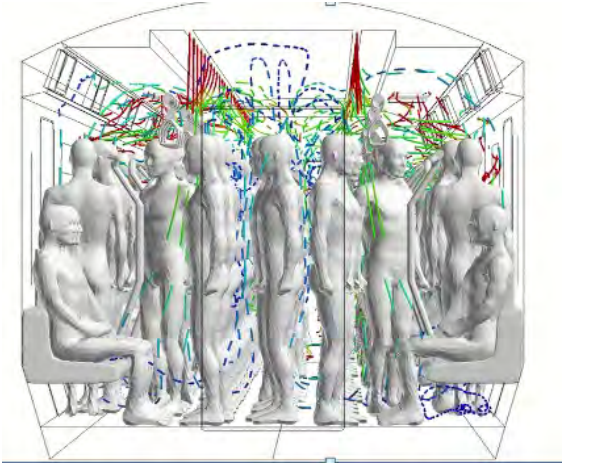
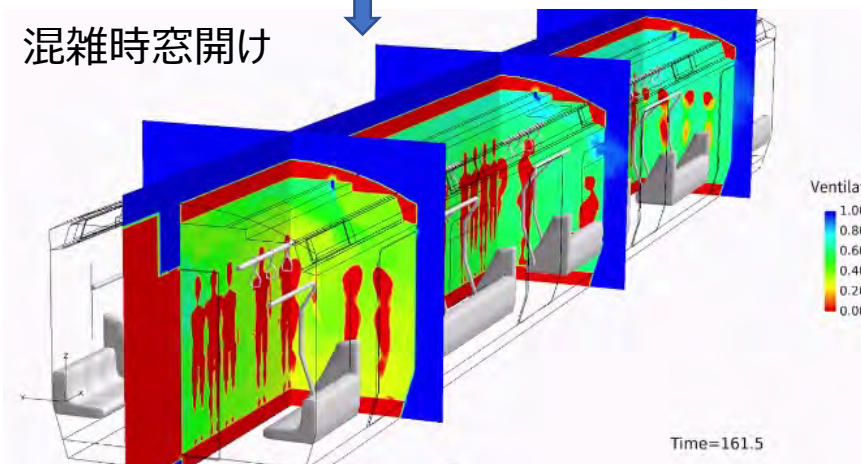
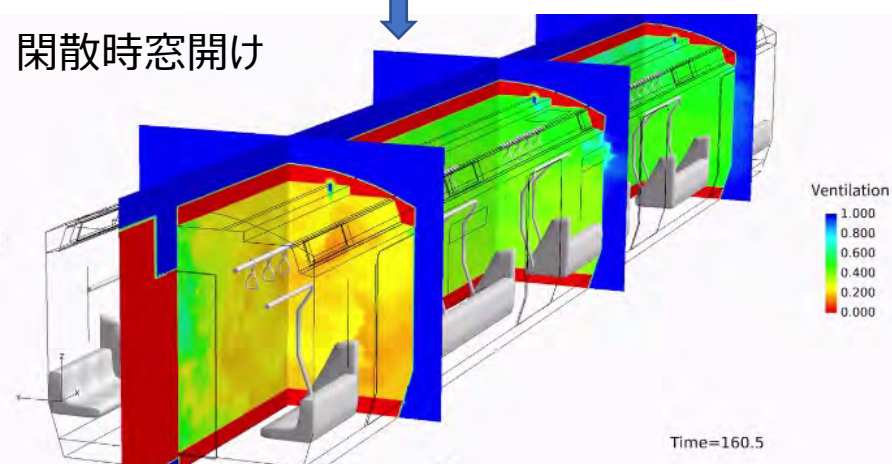
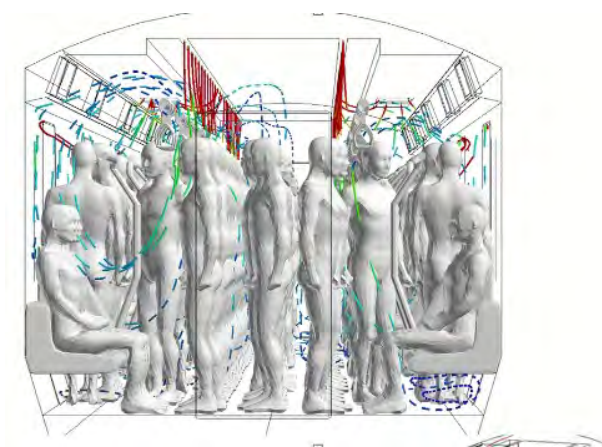
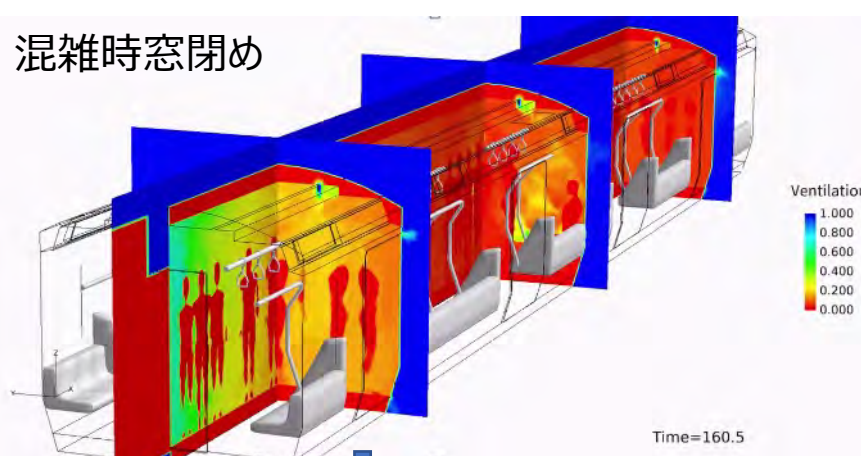
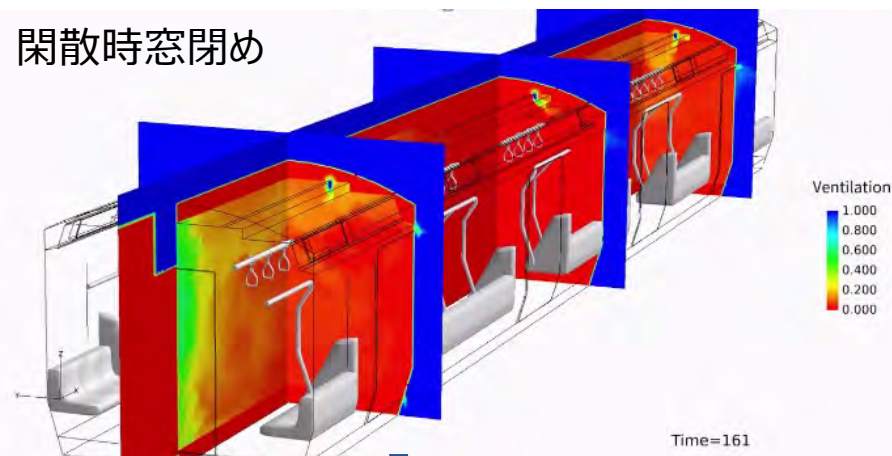
パーティション高は床からの高さ。口の高さは床から1.15m。机の高さは0.75m。



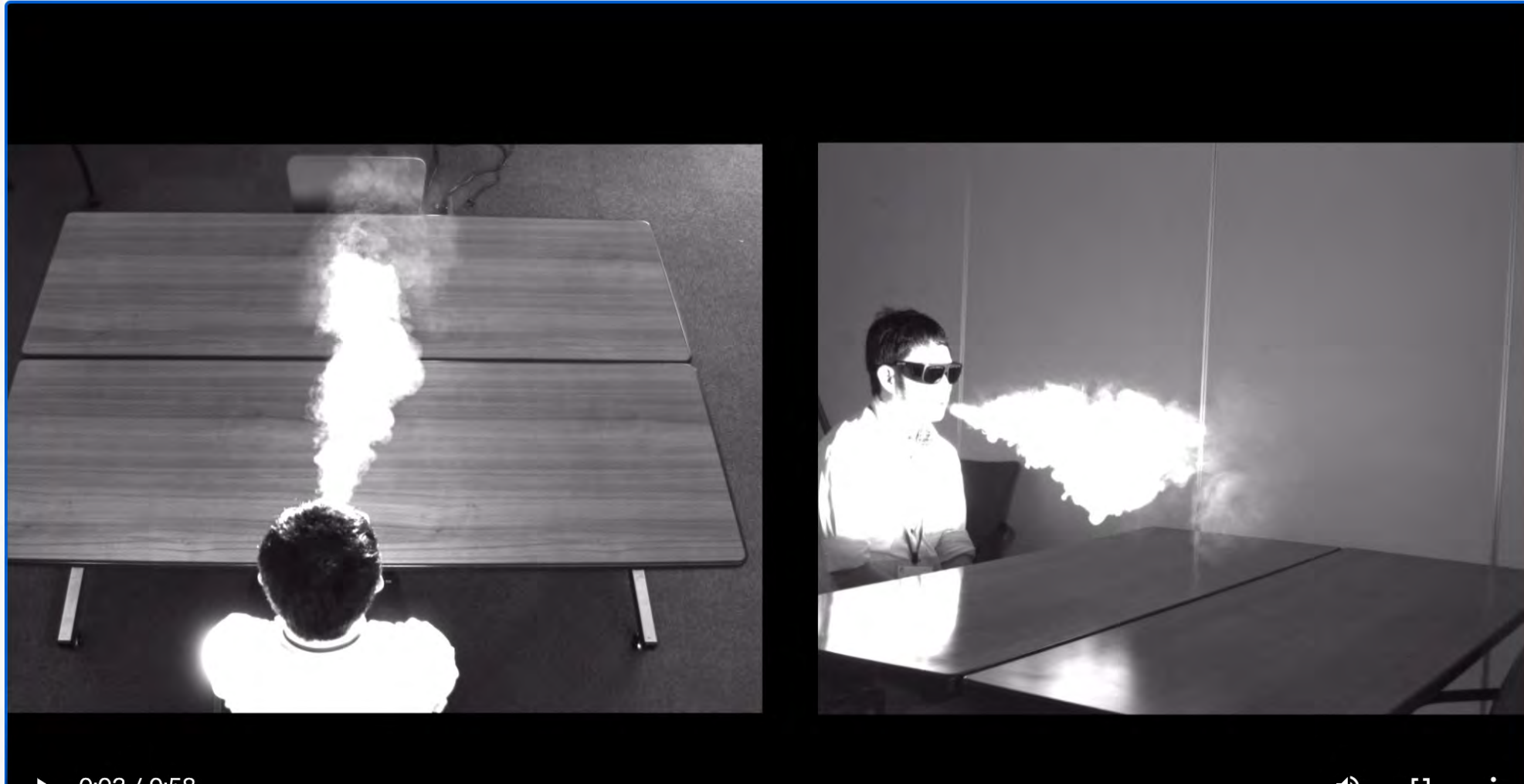
2. 気流シミュレーション 通勤列車内での窓開けによるエアロゾル放出効果

■ 山手線を想定した通勤列車での換気によるエアロゾル排出の様子をスーパーコンピュータ「富岳」を用いて計算。

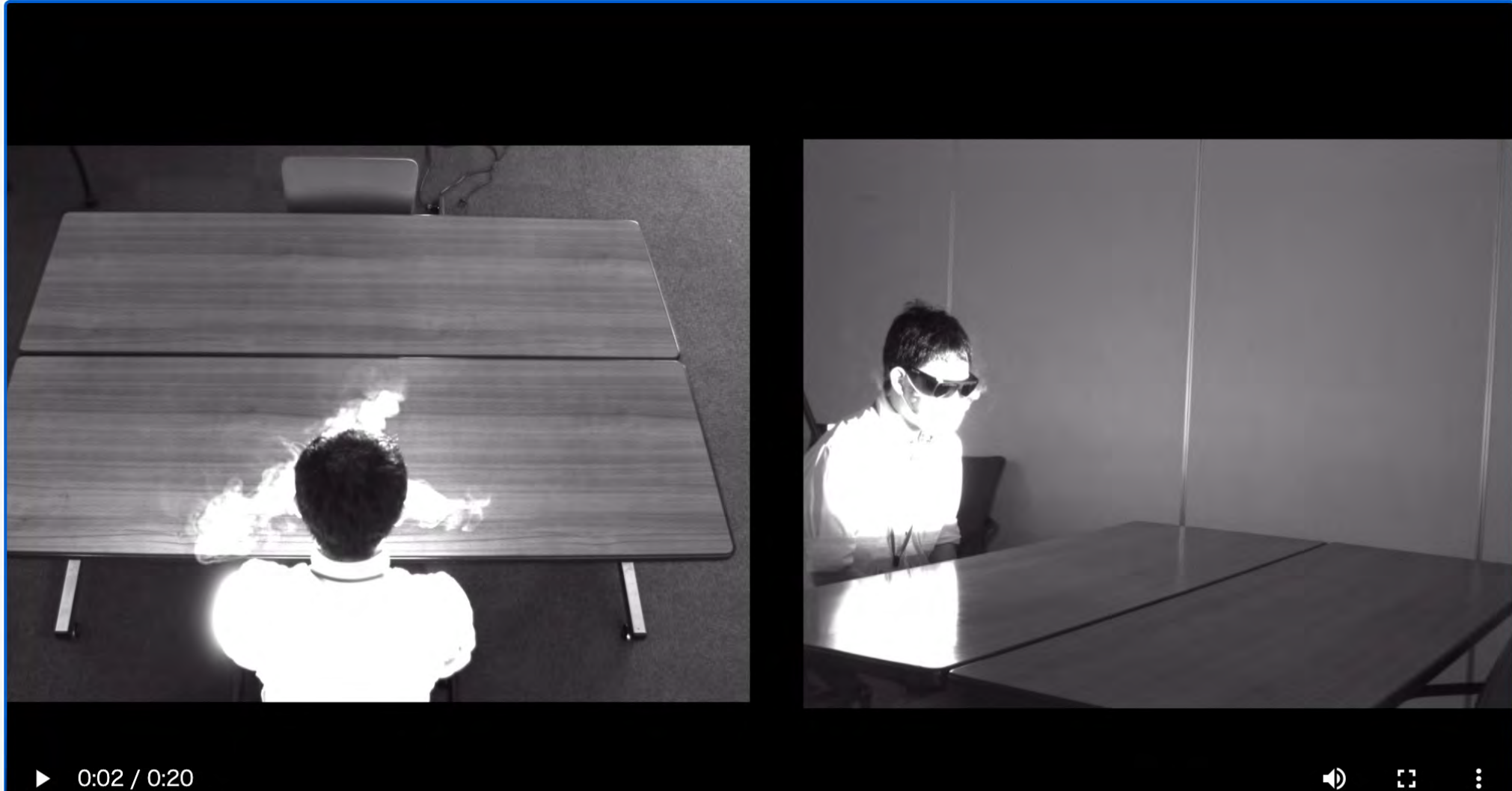
- 仮想的に車内の空気が汚染された状態から換気を開始（赤から青くなるほど清浄）。エアコンによる機械式換気のみの場合と窓開け換気を併用した場合を、160秒後で比較。窓を開けることで換気速度が数倍になる。



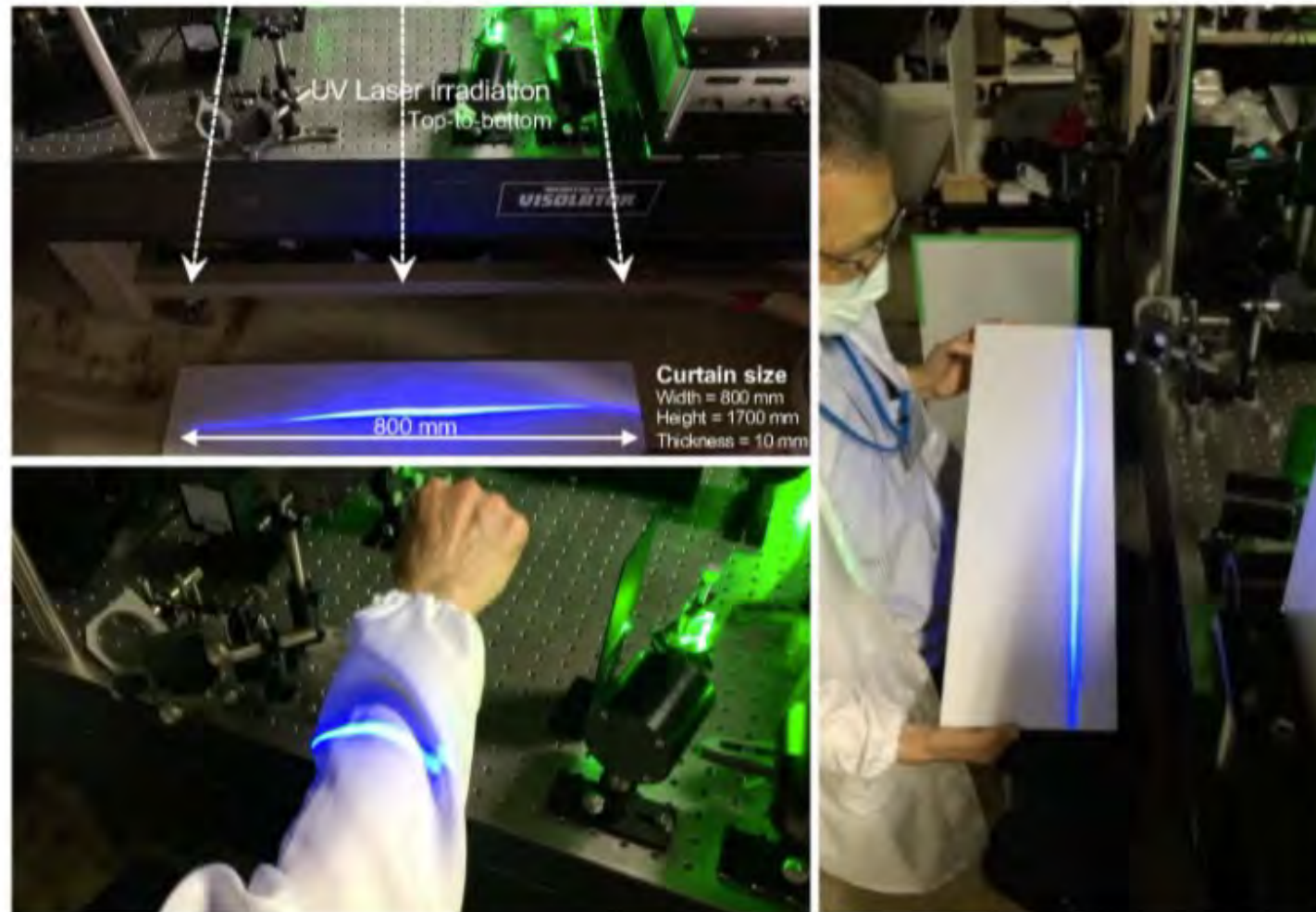
■エアコンが作動しておらず、マスクもしていない場合、まっすぐ正面にエアロゾルが広がり、雲のような塊ができて滞留する。



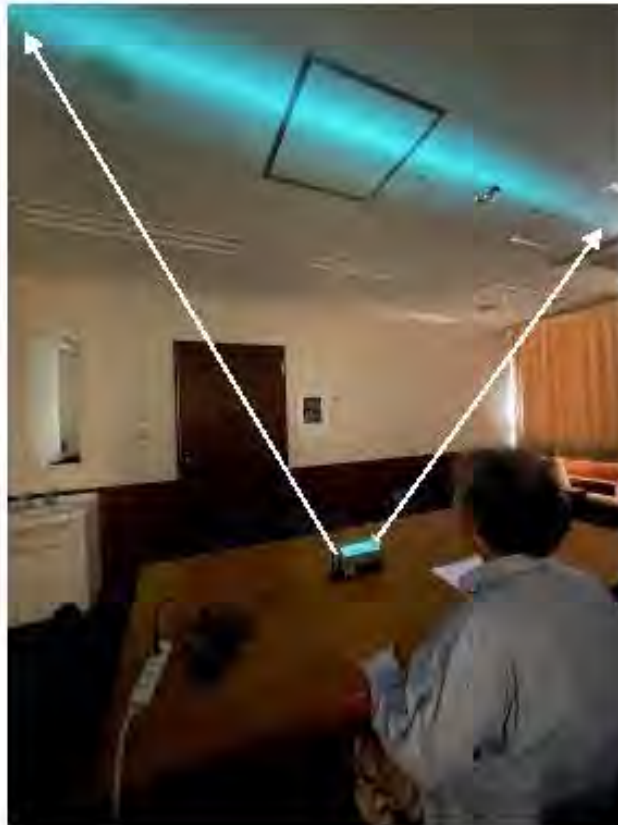
■エアコンが作動していない場合、マスクをしている状態でも、空気は横へ流れ横に拡散している。



- 横800mm,高さ1700mm,幅10mmのレーザーカーテンを形成。
- このカーテンは強度が高く、SARS-CoV-2は、カーテンを通過すると不活化されている。



- 写真は254nmの波長の紫外線を使っており、線源からビームが当たっているところまでの三角形の領域はカーテン状になっている。
- このカーテンを抜ける間に概ねSARS-CoV2は不活化されており、2台置くと向かい合った人の間に透明なパーテーションを作ることができ相手からのエアロゾルに含まれるウイルスによる感染を防ぐことができる。
- このような設置ができることで多様な生活空間での感染防止につながると想定される。



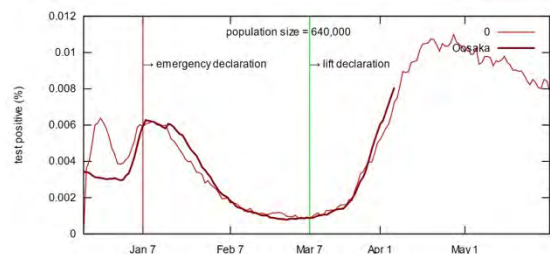
感染拡大・制御シミュレーション

筑波・倉橋チーム
創価・畝見チーム
慶応・栗原チーム
東大・大澤チーム
東大・仲田・藤井チーム
名工大・平田チーム
東京財団・千葉チーム
東大・豊田チーム

多階層SIRモデル＋機械学習
マルチエージェント
マルチエージェント＋人流＋ツイッター分析
複雑系ネットワーク＋分散SIRモデル
SIRモデル＋経済モデル
深層学習
SIRモデル＋確率モデル
ツイッター分析

Integrated Digital Twinがあればできること

パラメーター推定

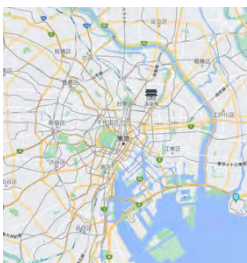


感染性推定

Pref.	delay	factor 0	factor 1	factor 2	factor 3	factor 4	factor 5
Tokyo	0	-0.186	0.074	-0.025	-0.110	-0.131	0.421
Tokyo	1	-0.152	0.136	0.012	-0.038	-0.198	0.451
Tokyo	2	-0.090	0.197	0.072	0.044	-0.201	0.470
Tokyo	3	-0.016	0.250	0.141	0.119	-0.224	0.477
Tokyo	4	0.059	0.293	0.211	0.179	-0.241	0.479
Tokyo	5	0.131	0.329	0.281	0.221	-0.254	0.480
Tokyo	6	0.197	0.361	0.348	0.246	-0.267	0.480
Tokyo	7	0.251	0.384	0.406	0.253	-0.281	0.479
Tokyo	8	0.288	0.396	0.450	0.245	-0.294	0.477
Tokyo	9	0.309	0.401	0.478	0.228	-0.307	0.474
Tokyo	10	0.321	0.401	0.496	0.209	-0.322	0.470
Tokyo	11	0.333	0.402	0.506	0.195	-0.338	0.463
Tokyo	12	0.350	0.407	0.512	0.187	-0.357	0.451
Tokyo	13	0.372	0.416	0.513	0.185	-0.375	0.430
Tokyo	14	0.395	0.428	0.506	0.186	-0.391	0.401

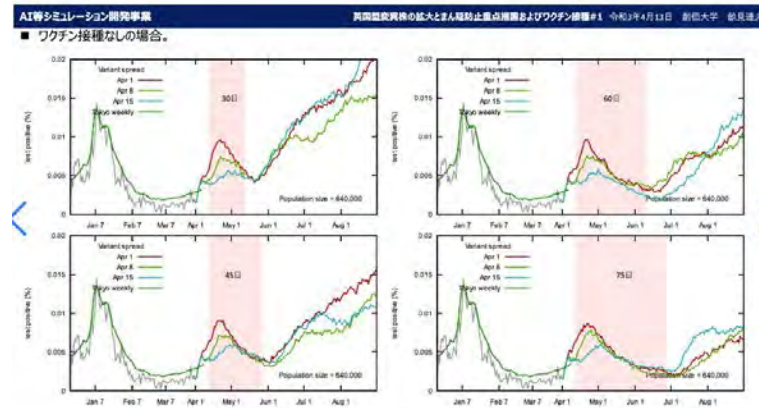
職場 自宅(朝) 買い物 自宅周辺 自宅(夜) 歓楽

行動地域の感染寄与推定

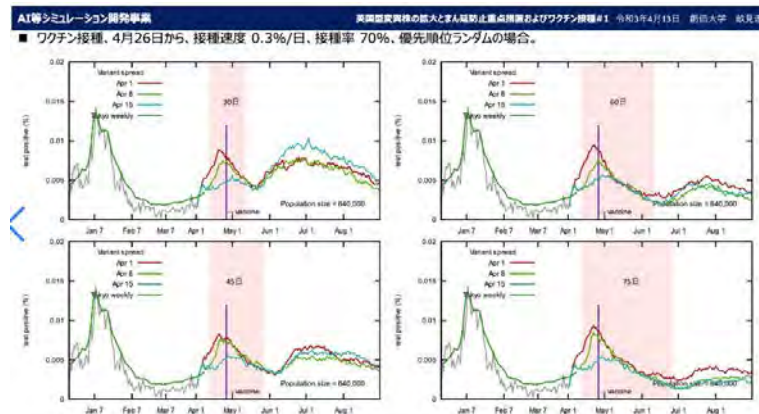


地理情報マッピング

シナリオに基づくシミュレーション



緊急事態宣言の期間別効果推定



緊急事態宣言&ワクチン効果推定

政策
意思
決定

効果測定 & 連続的データ収集

フィードバック・ループ

Data Platformの基本 (全てを網羅しているわけではない)

- **自動収集:** データは、センサーなど測定系から、人を介さずに自動的に全数集約できないと機能しない
- **権利定義:** 情報の所有権、アクセス、第三者利用などに明確かつ、包括的同意が必要
- **アクセス権限:** 個人情報保護と、機密情報アクセス権限などで、体型的制度設計と運用が必要
- **常設組織:** 国が、政策や公共サービスに使うなら、常設組織が国の組織として必要(GovTech Department)
- **柔軟拡張:** どういうデータが、どの粒度と精度で必要かは、用途依存なので、Use caseを想定して、それにもとづいてデータ要求を設計し、これが柔軟に変更・拡張可能とすること
- **組織ループ:** データを収集、生成、維持する組織のアルゴリズム、フィードバック・ループ、価値想像サイクルが定義され、実施されていることが極めて重要

新型コロナでの経験から

- 自動収集: 保健所からのデータの混乱、ワクチン接種予約の混乱から明らか
- 権利定義: ウイルス配列の共有がすすまないのもこれが理由
- アクセス権限: 人流位置情報は事実上使えず、緻密な感染対策が打てなかったのはこれが原因、Her-SYSやV-Sysにもアクセスできないので、それを使った解析や政策提言はできない
- 常設組織: 疫学解析、シミュレーションなどは、これがあればすぐに政策に寄与することができたはず
- 柔軟拡張: ベースになるものは存在しない
- 組織ループ: ベースになるものは存在しない

政策決定ループへの組み込みがない

政府方針に都合の悪い結果は、会議では取り上げない傾向

データ解析などを政策決定に利用するなら、その
全体のプロセスの定義、体制構築が必須である。

Metropolitan-Scale Digital Twin

Virtual Singapore



Virtual Singapore is a dynamic three-dimensional (3D) city model and collaborative data platform, including the 3D maps of Singapore. When completed, Virtual Singapore will be the authoritative 3D digital platform intended for use by the public, private, people and research sectors. It will enable users from different sectors to develop sophisticated tools and applications for test-bedding concepts and services, planning and decision-making, and research on technologies to solve emerging and complex challenges for Singapore.

<https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore>

データ解析とシミュレーションを基幹
政策意思決定ツールとして確立させる。

第二次世界大戦の時の戦略意思決定

RAND Corp. (U.S.A.)

Operations Research(OR)やゲーム理論などシステム分析の確立

Bletchley Park (UK)

チューリングらによるエニグマ暗号の解読とORによる戦略策定

感染シミュレーション、データ解析で分かってきたこと
(大澤、坪倉、栗原モデルからの結論)

「知らない人や最近会っていなかった人との接触を避ける」

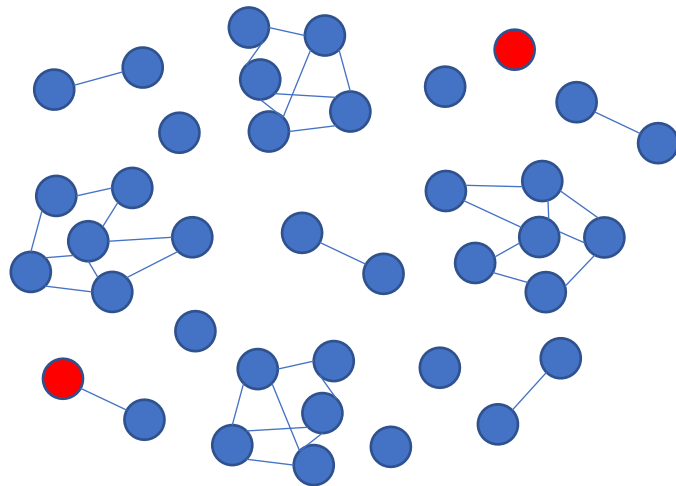
「久しぶりに」、「たまには」、「今回は特別」の行動で新しい人との接触することを避ける

Stay with your community

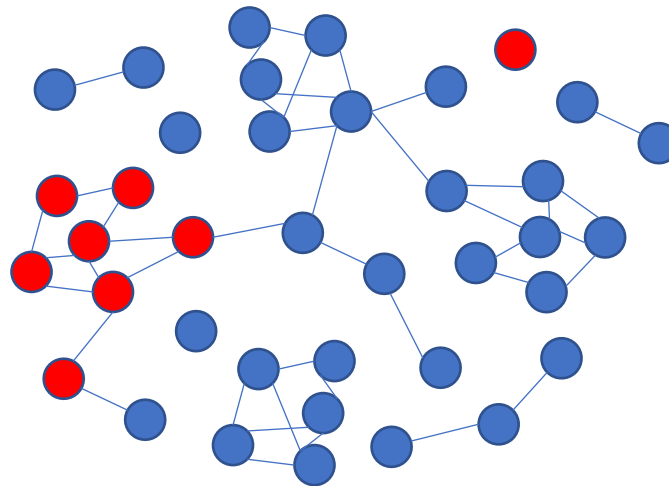
人の接触に関する複雑系ネットワークを有するであろう数学的特徴（冪乗則やSmall world network構造, HOTnet構造）からの知見

普段接している人の中で生活していれば、感染伝播は局在化し、大きくは広がらない。

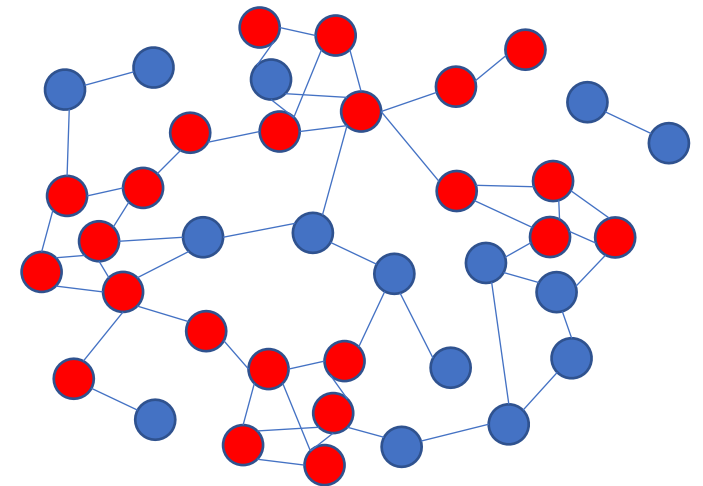
行動性が高まり、その枠を超えると、局所的ネットワーク間の結合性が急速に高まり、クラスターが起きやすくなり、さらに行動性が高まるとクラスター連鎖に至る。



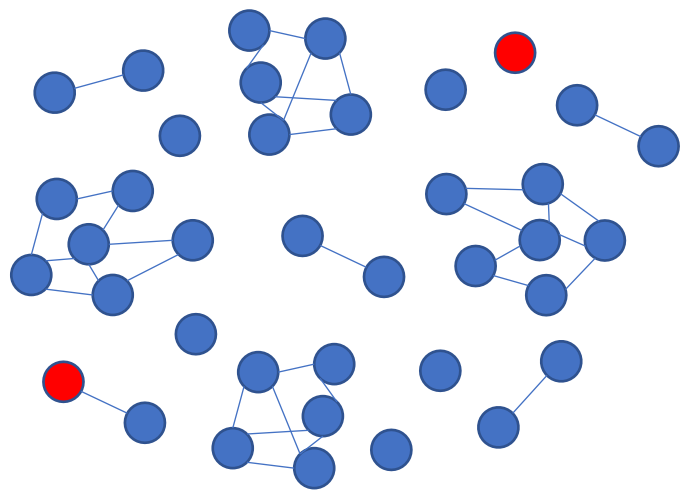
普段会っている人のネットワーク



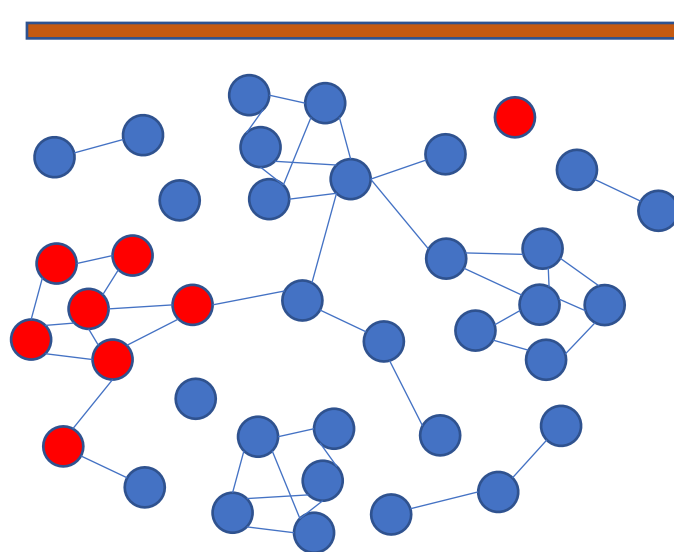
少し行動性が高い場合のネットワーク
小規模クラスターが発生



さらに行動性が高い場合のネットワーク
クラスター連鎖が発生

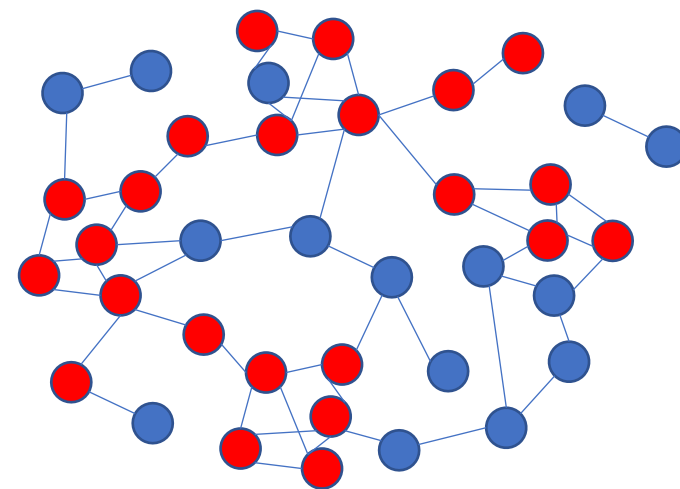


普段会っている人のネットワーク

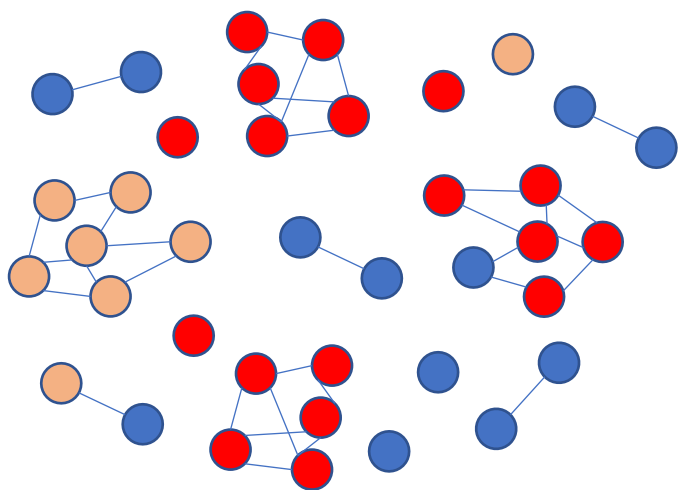


少し行動性が高い場合のネットワーク
小規模クラスターが発生

行動性の増大で感染拡大

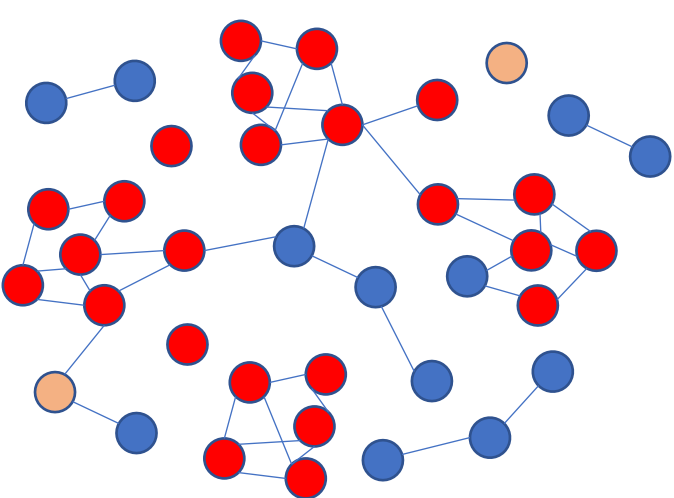


さらに行動性が高い場合のネットワーク
クラスター連鎖が発生



行動性が低下してネットワークの
分断が起こり感染伝搬が減少する

行動性の減少で感染収束



Stay with your community

東大 大澤先生

AI等シミュレーション開発事業

マルチエージェントモデル等のシミュレーション 行動自粛の方策の検討

■ スケールフリーネットワーク (SFN) を都市における時空間制約下に近づけた感染拡大モデル

(9月までの結果：本事業前の段階)

全てのノード (人) に等しい W , m_0 の
制約: $W - m_0$ が m_0 を超えると感染爆発

PLOS ONEに以下URLで12/3発刊

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242766>

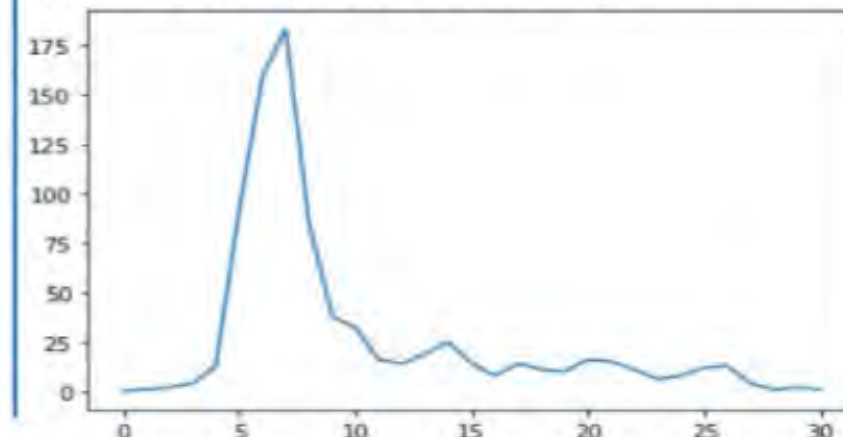
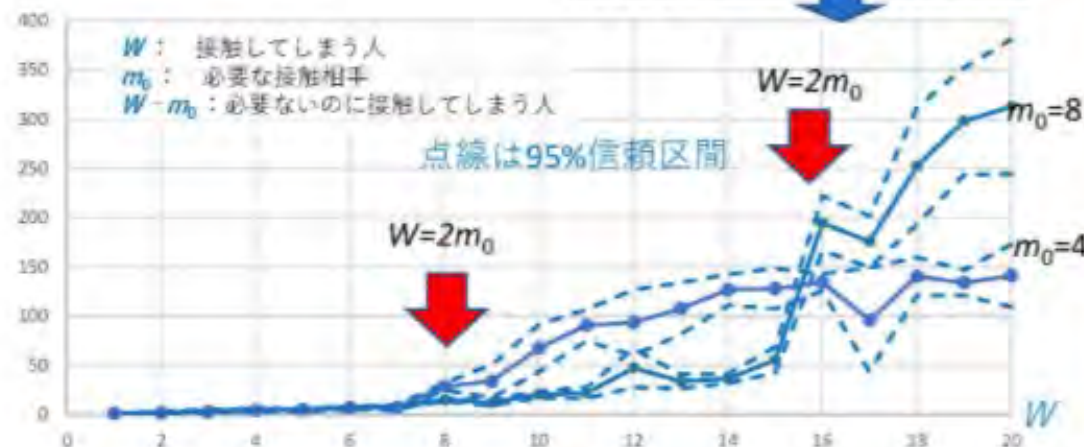
(現状の結果：詳細について未発表)

各ノードに W の上限制約と、二次元
距離の近い人に会いやすい制約を
追加しても、**傾向は同様** →各地
点の人口データを連結できる

(現状の結果：詳細については未発表)

提供：東京大学

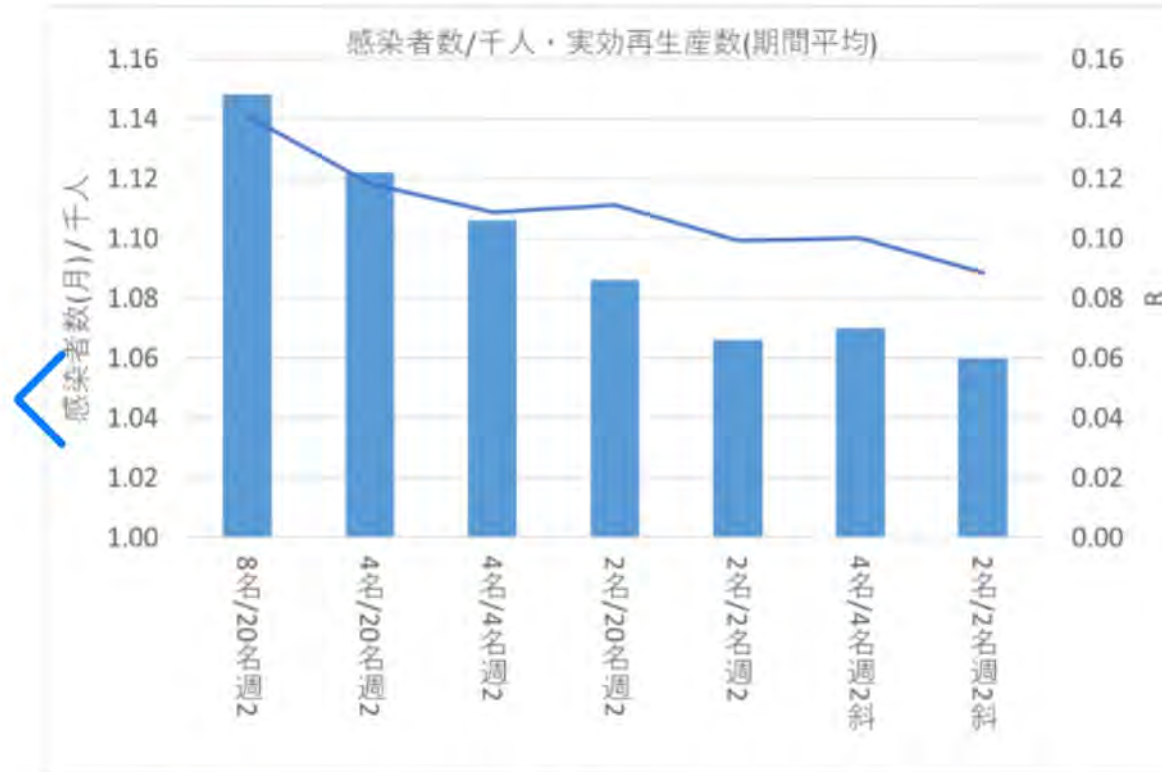
感染者数が減少した際、人々の自粛志向が弱まる
(隣人に会う確率をそれぞれ5%増)という設定をい
れた結果→収束せずに新規感染者発生が持続 (現在の
発生状況に近く今後の予測が困難。)



(本事業のアウトプット) 感染爆発の予防は、

- ① Stay with Community 会う人を学校や職場などのコミュニティ内に限定すれば、行動自粛しなくても顕著な感染拡大はしない。ただし、通常生活の中でコミュニティ外の人と接触機会が多い個人 (W が大きい人) が相当いると感染爆発を起こす可能性があるという結果。今後、大規模なシミュレーションにより自粛の効果検証予定。
- ② 早い段階で個々人が行動自粛をやめてコミュニティ外との接触を増やすと、収束せずに感染者が継続して発生。

外出・会食人数の影響評価



- いつもの2人に限定した外出で感染拡大リスクは半減
- いつもの4人になった場合は、正面での会話・会食を避けることでリスクは半減*

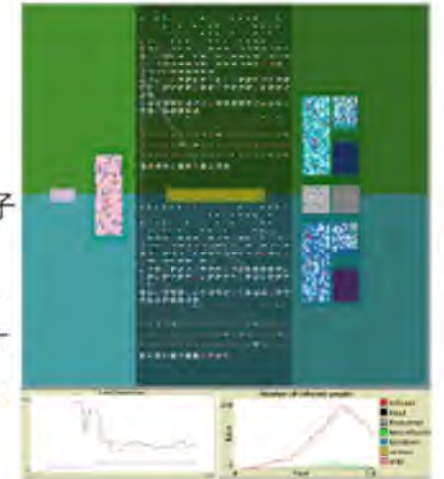
モデル

首都圏近郊の1348人の町を想定

若年者 220人・成年者 768人・高齢者 360人

世帯構成：単身・夫婦・夫婦子供・母子/父子

ある日この町で、1名の感染者が発生した。住民は週2日、自分のn人の友達からランダムに選んだm人と外出し会食する。ただし、すべてのイベントは中止、職場・学校の接触は通常の1/5に制限されている。



結果

20人の友達から8名と外出・会食に対して、感染拡大数は、
 20人の友達から4名と外出・会食で18%減少
 20人の友達から2名と外出・会食で42%減少
 いつもの4名と外出・会食で28%減少
 いつもの2名と外出・会食で55%減少
 いつもの4名と外出・会食斜め席で53%減少
 いつもの2名と外出・会食斜め席で60%減少

*ただしこのモデルでは、外出・会食以外の場での感染は、感染予防策をとった職場・学校・家庭に限定されているとしており、減少率は見かけ上大きくなっていることに注意。

Stay with your community いつもの仲間と

三 NHK おうちで学ぼう！
for School

新型コロナウイルス 格闘の証言

トッページ> コミュニティに基づいた行動制限で感染拡大を抑える 前編



大澤幸生
東京大学大学院 教授
研究者 2020年12月 公衆衛生
取材日：2020年12月 6日

コミュニティに基づいた行動制限で感染拡大を抑える 前編

新着情報

- 2021年6月20日の証言
パンデミック 激動の世界...
- 2021年6月10日の証言
加速するワクチン接種の...
- 2021年5月28日の証言
宣言延長が決定した首都...

定点取材

濱田篤郎
尾身茂

年末年始 に向けて

静かな
年末年始を
過ごそう

https://www.go.jp/

内閣 官房 新型コロナウイルス感染症 対策分科会会長 尾身 茂

飲食は家族、
いつもの仲間と

家族・いつもの仲間だけで楽しんでください

<https://www.youtube.com/watch?v=AdB0ljqq8zQ>

<https://www.nhk.or.jp/covid19-shogen/occupation/occupation3/442280.html>

☆下田コミュニティシステムでコロナ対策！

下田市は東京大学大学院大澤研究室と連携した「下田コミュニティシステム」でコロナ対策を実施します。

家族や友人等、いつも会っている人とのコミュニティ（生活エリアの人たち）を大切に、コミュニティ外の人との接触をできる限り避け、接触する際もなるべく距離をとりましょう。（感染防止の目安として、マスクを外した状態での接触は、**3m以上離れ、5分以内**を心がけてください。）

シッカリ コロナ対策ヲ スルノダ！！⇒**みんなの新型コロナ対策「新・下田モデル」**（強化・2021夏～）



産官学による“新・下田モデル” 3つの安心に取り組みます

みんな安心

どこでも安心

もしもの時も安心

ご協力よろしくお願いします



コミュニティ
生活エリアの人たち
下田コミュニティシステム
— 感染リスクの低減 —
コミュニティ外の人との接触
はできる限り避けよう



下田モデルカード
健康管理と行動確認
毎日の健康や行動も
チェックしましょう



店舗における
感染防止対策の促進
スタッフによる感染対策
を促しましょう



医療・消防機関との連携
リクセン連携、緊急時医療
相談窓口と連携します

新・下田モデル対策実施中！



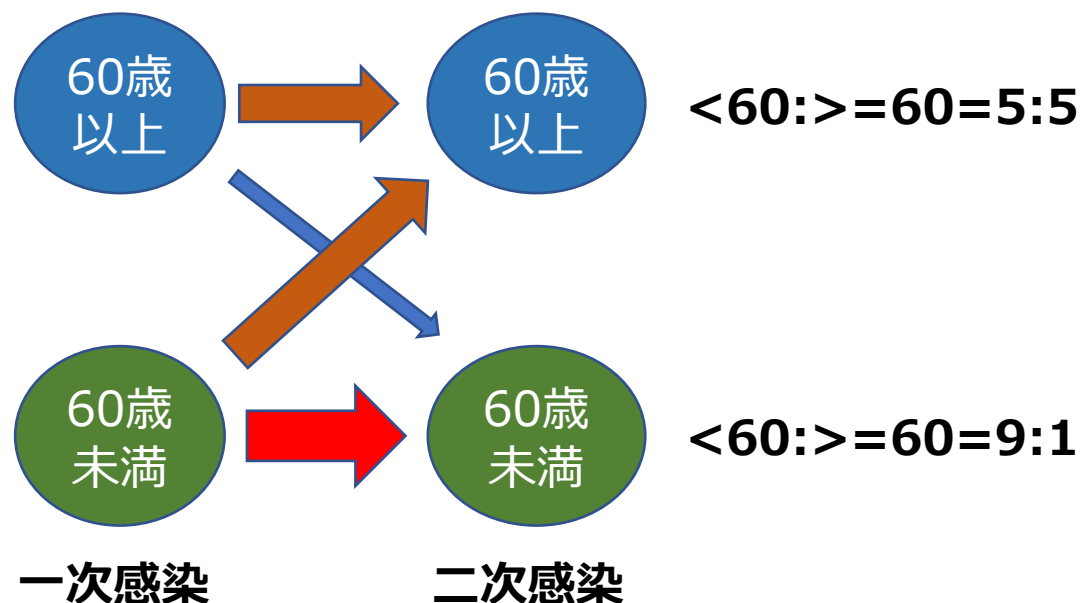
下田市
下田市各団体



東京大学大学院
工学系研究科システム創成学専攻
大澤研究室

1. シミュレーションの前提条件

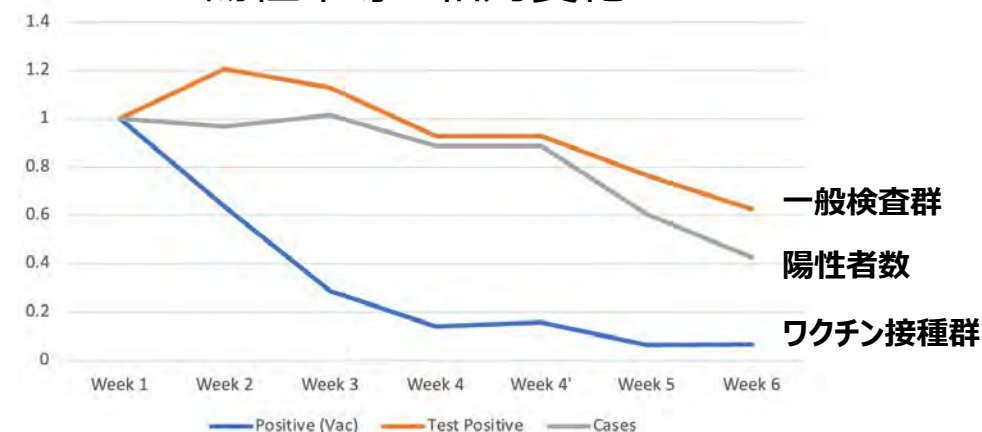
世代間感染の推定



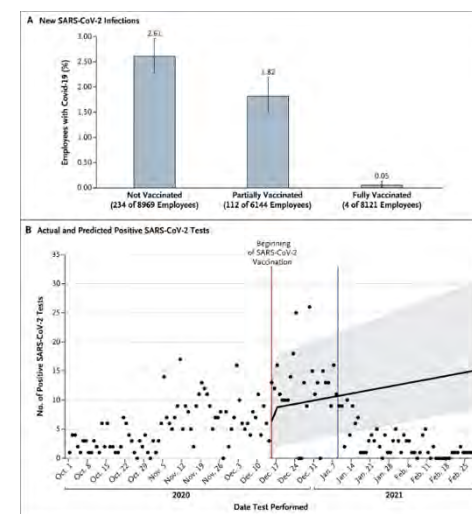
年齢別陽性者数データから、SIERモデルを利用して世代間感染率を推定。積極的疫学調査で、経路不明となっている部分を、年代間感染経路という側面で推定できている可能性

筑波大 倉橋先生

ワクチンの感染防御効果の推定
陽性率等の相対変化



Keehner, J. et al., NEJM 23 March 2021等を元にグラフ化



イスラエル、英国、米国等でのデータから、想定される感染防御効率をモデルに導入

Amit, S, et al., Early rate reductions of SARS-CoV-2 infection and COVID-19 in BNT162b2 vaccine recipients, The Lancet, February 18, 2021 なども参照

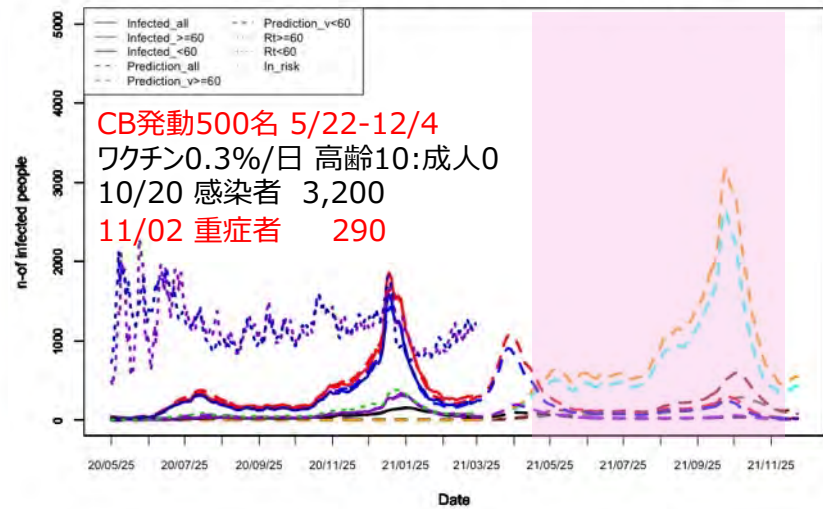
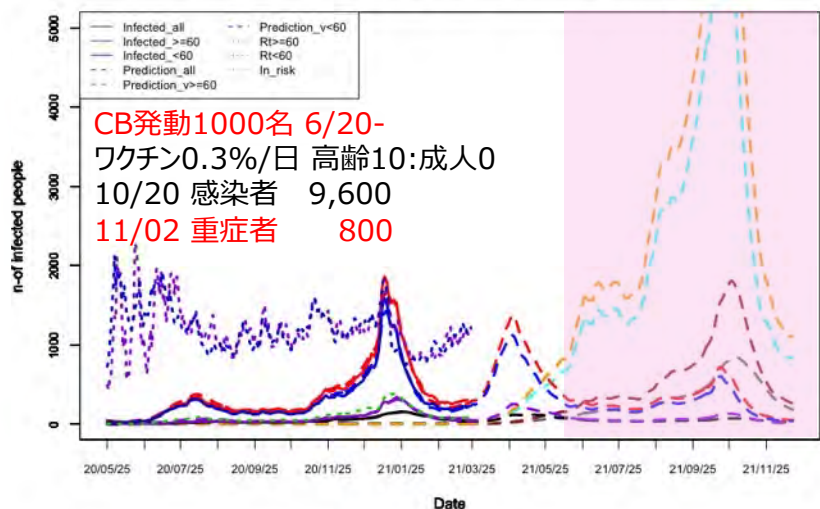
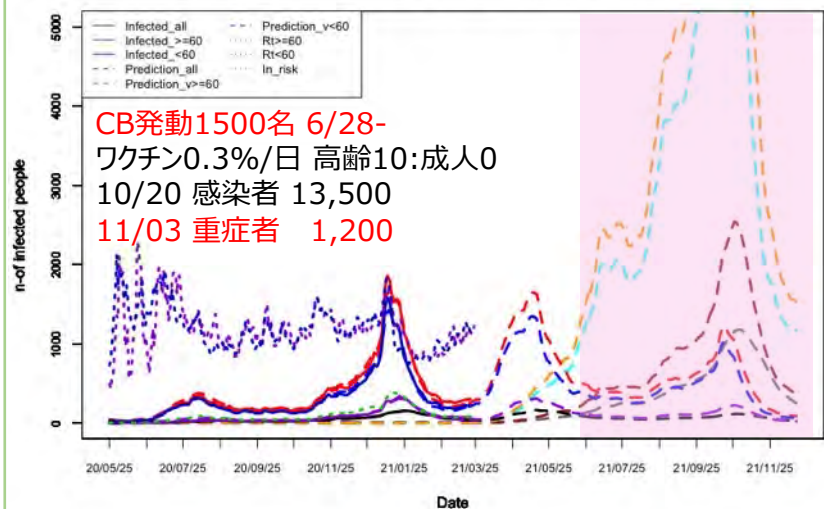
Daniel, W. et al., NEJM 23 March 2021

3-4. ワクチン接種速度とサーキットブレーカーの効果

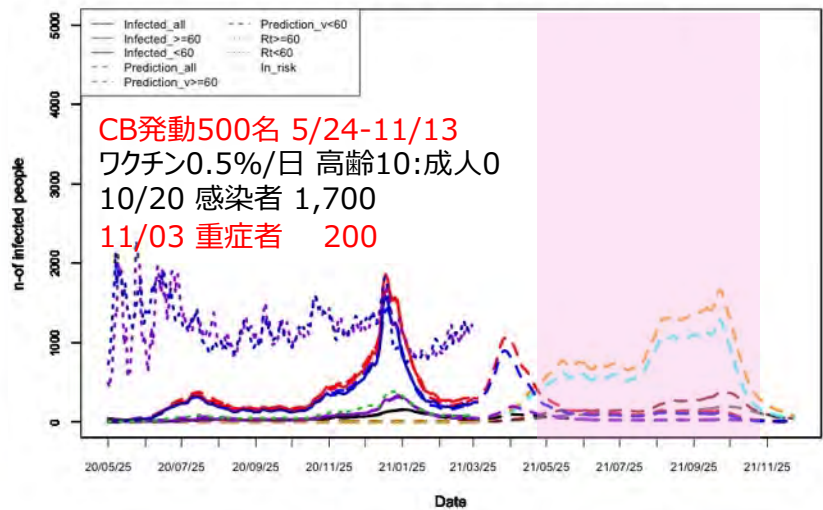
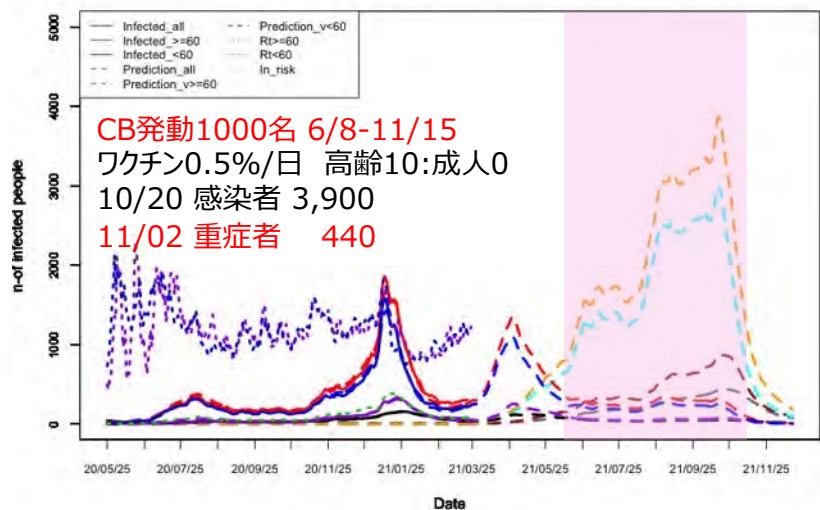
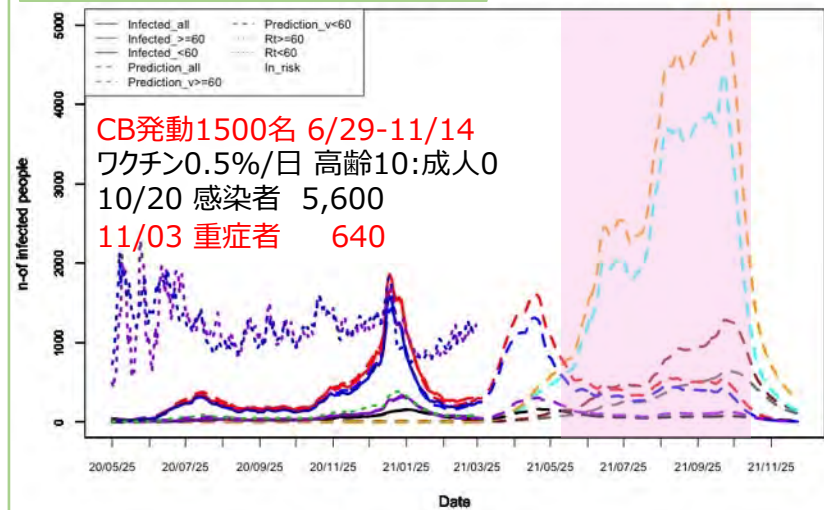
筑波大 倉橋先生

http://www.u.tsukuba.ac.jp/~kurahashi.setsuya.gf/doc/wp-2021-n08_r1.pdf

0.3% (約 3 万人)



0.5% (約 5 万人)



1500人で発動

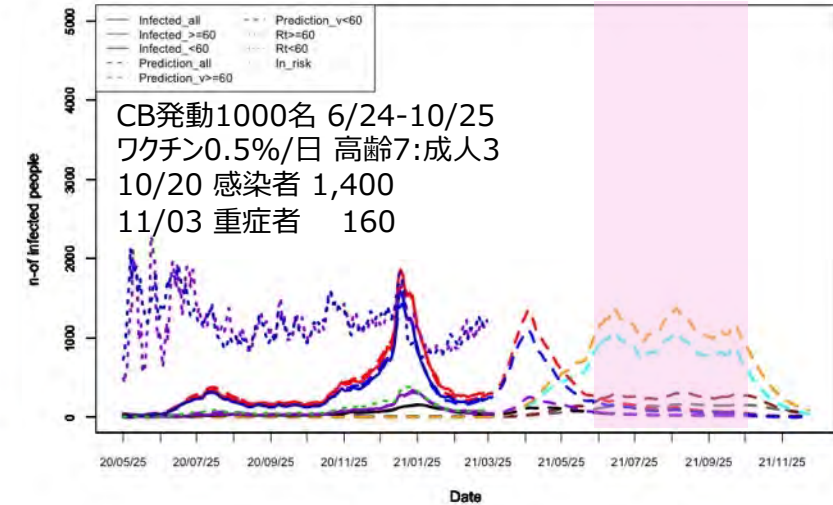
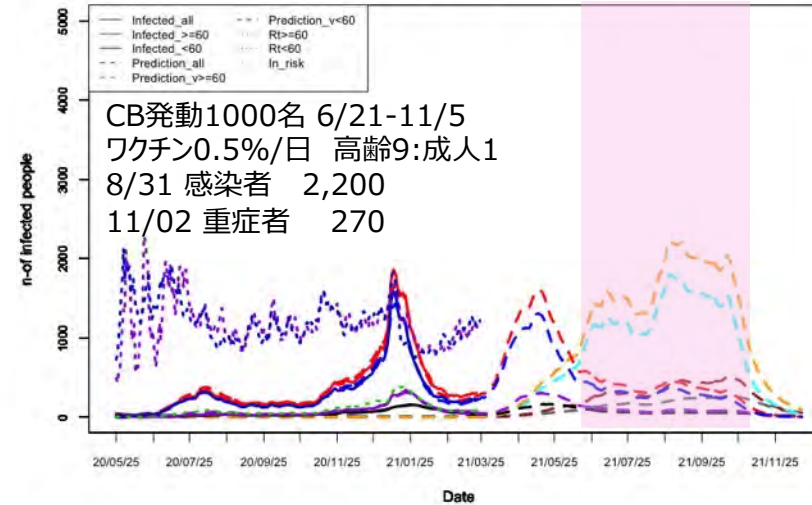
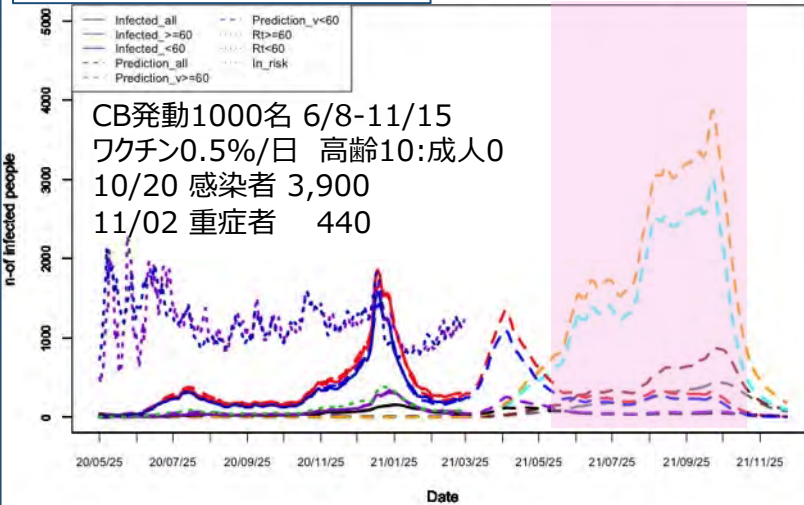
1000人で発動

500人で発動

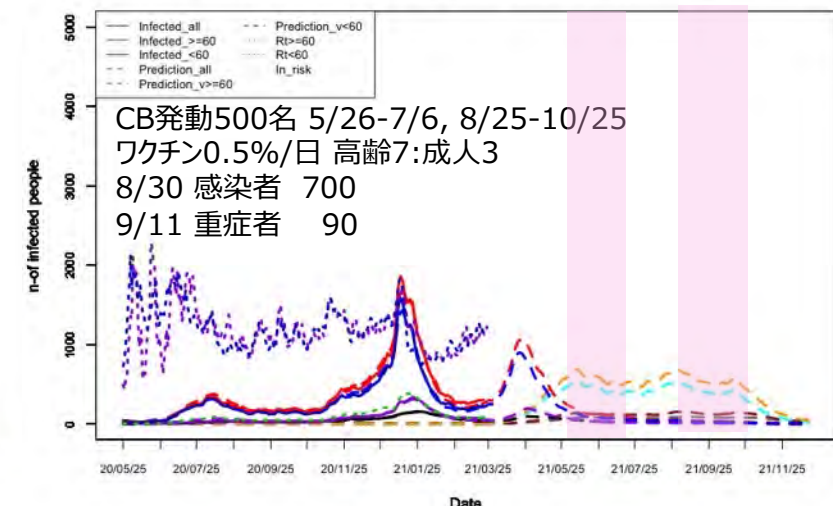
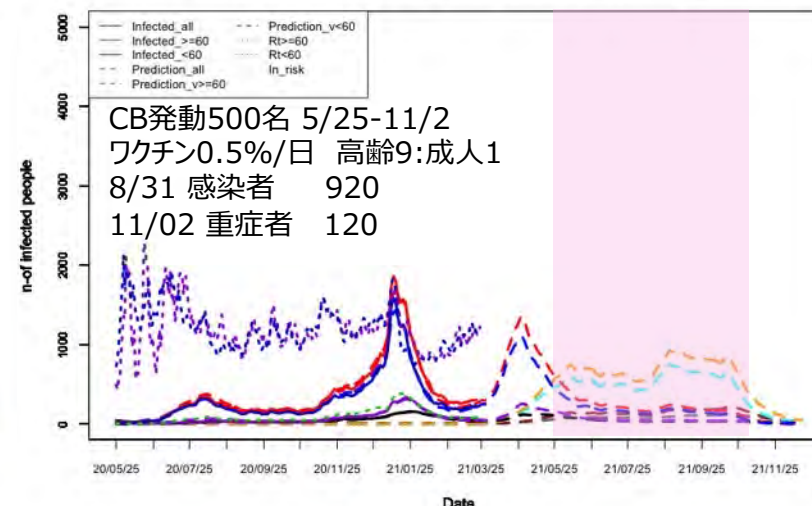
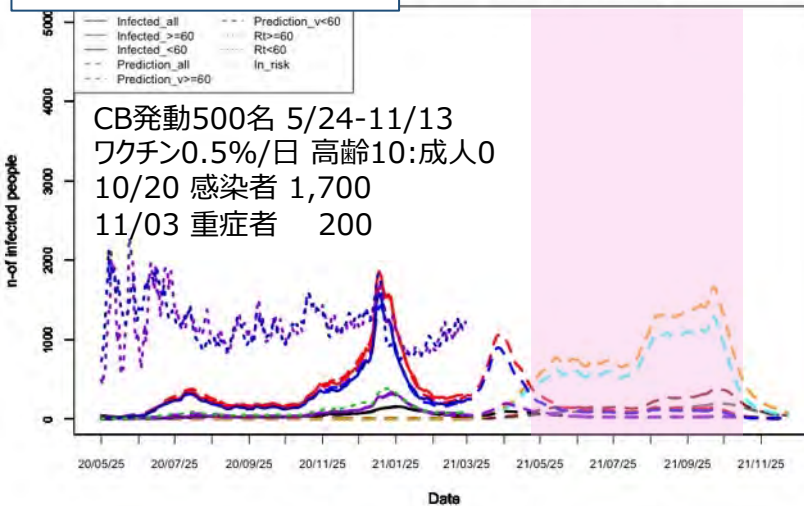
3-5. 優先年齢グループとサーキットブレーカーの効果 (接種速度0.5%) 筑波大 倉橋先生

http://www.u.tsukuba.ac.jp/~kurahashi.setsuya.gf/doc/wp-2021-n08_r1.pdf

CB発動 : 1000人



CB発動 : 500人



60歳以上優先

60歳以上：未満＝9:1

60歳以上：未満＝7:3