



# 「富岳」で実現する Society5.0時代のものづくりと 新型コロナ対策への貢献

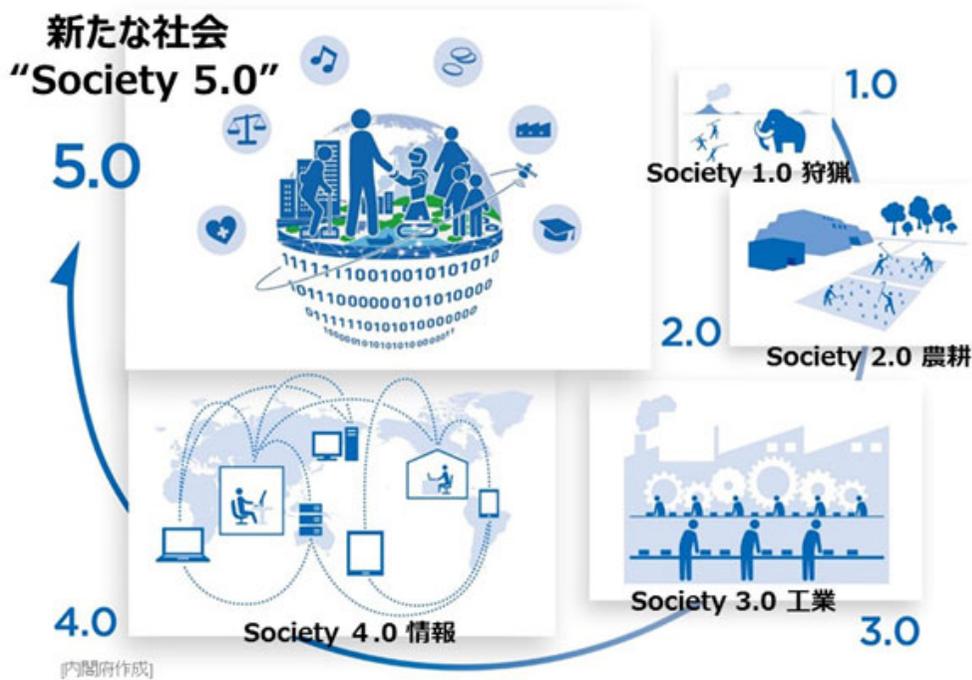
～日本ITU協会賞特別賞～

理化学研究所計算科学研究センター チームリーダー  
神戸大学大学院システム情報学研究科 教授  
坪倉 誠  
富岳コロナ対策プロジェクト飛沫感染グループ

国際電気通信連合 (ITU) 「世界情報社会・電気通信日のつどい」  
京王プラザホテル コンコードボールルーム  
2021年11月30日 11:00～12:00



- サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する社会（Society）

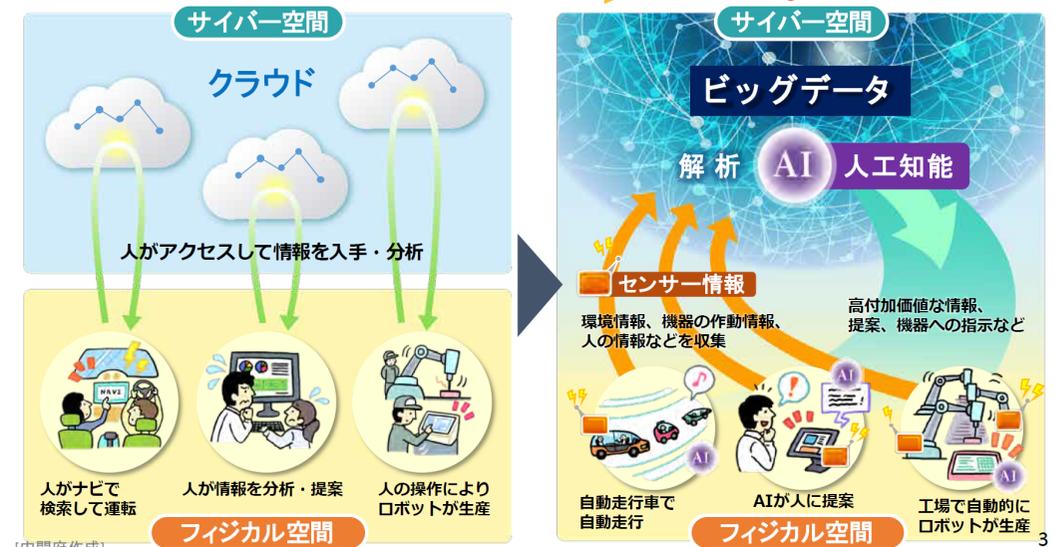


## サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合

フィジカル（現実）空間から**センサー**と**IoT**を通じてあらゆる情報が集積（**ビッグデータ**）  
**人工知能（AI）**がビッグデータを解析し、高付加価値を**現実空間にフィードバック**

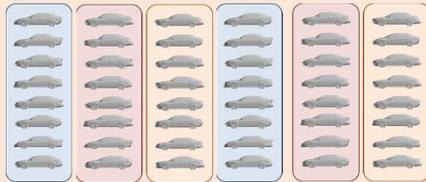
これまでの情報社会(4.0)

Society 5.0

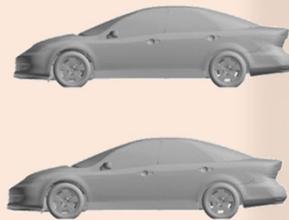


- サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたものづくり

Physical Space



膨大な形状候補の中から...



最適な形状を提案!

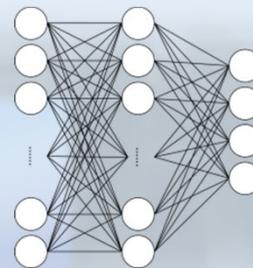
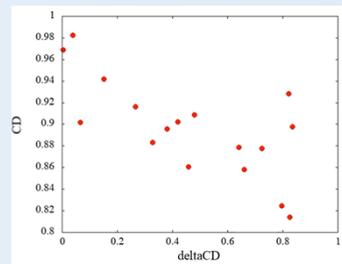
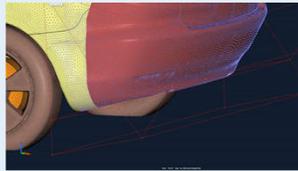


実走行する自動車や  
周囲環境の情報を入力すれば...



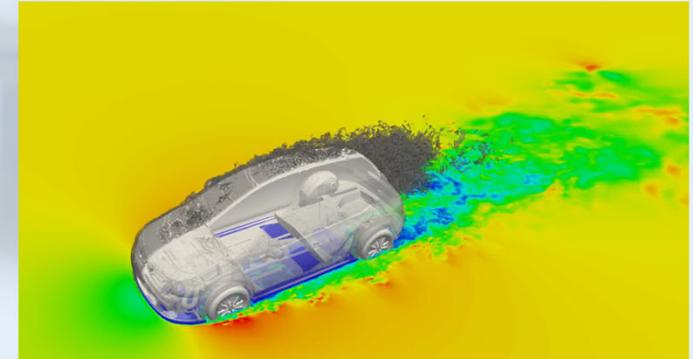
最適な運転条件の提案!  
自動運転のトレーニング!

Cyber Space



人工知能と高精度シミュレーションの融合

```
time = 0.5000[s]
x = 14.5995[m], y = -0.0038[m], z = 0.5509[m]
roll = 0.0458[deg], pitch = -0.3455[deg], yaw = 0.0029[deg]
vel = 27.8522[m/s], slip = -0.0031[deg]
```

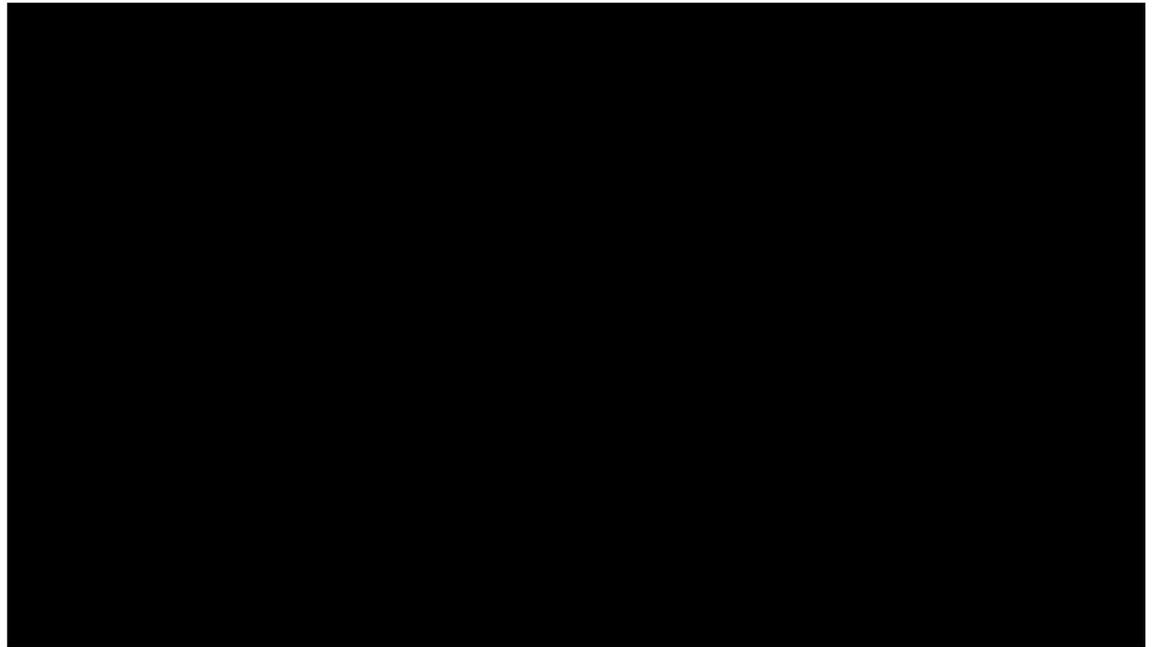
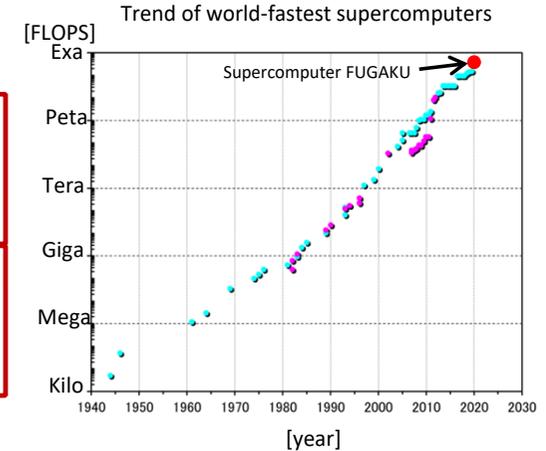
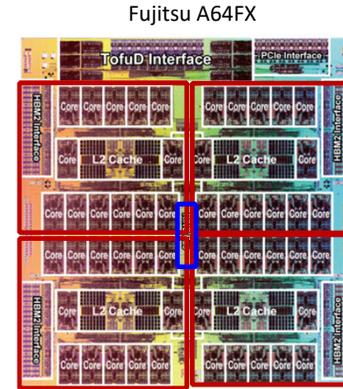




# Society5.0を支えるスーパーコンピュータ「富岳」



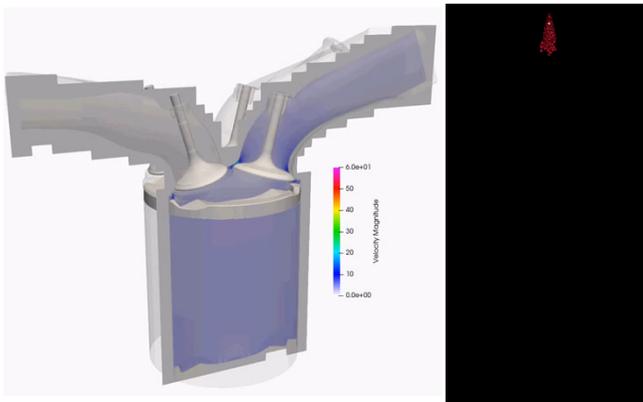
- 相理論演算性能：488PFLOPS（倍精度）（京の約40倍）
- LINPACK実行性能：442.01PFLOPS  
（82.3%, 2020秋）
- 総ノード数：158,976個（京の約2倍）  
（384ノード×396ラック+192ノード×36ラック）
- ノード単体性能：3.072TF（京の約24倍）
  - 命令セットアーキテクチャ: ARMv8.2-A SVE 512bit
- 四冠達成(二期連続)：ISC(2020)とSC(2020)
  - Top500(442.01PFLOSP)
    - 密行列連立一次方程式
    - LU分解
  - HPCG(16.00PFLOSP)
    - 粗行列連立一次方程式
    - 共役勾配法
  - HPL-AI(2.00EFLOPS)
    - AI性能
  - Graph500(102.95TFLOPS)
    - グラフ探査性能（データ処理）



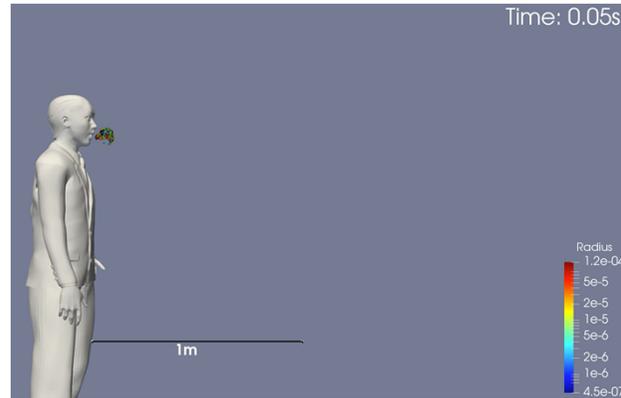
高速かつ大量にシミュレーションモデルを作成し、スパコン性能を最大限に活用できるソフトウェア

- 2012年より理化学研究所で産学連携で開発。
- スパコン「京」を活用して、自動車、燃焼システム、建築防災分野で多くの実績。
- 2020年初頭、Society5.0時代のものづくりへ向けて富岳でチューニング中に、新型コロナウイルスパンデミックが発生。

「京」による自動車エンジンシミュレーションと燃料噴霧噴射の様子



「富岳」による飛沫飛散シミュレーション



HPCを活用した自動車次世代CAEコンソーシアム



燃焼システム用次世代CAEコンソーシアム



都市・建築CFD コンソーシアム (東京工業大学)



# 「富岳」による飛沫・エアロゾル感染シミュレーション

感染症に対する非科学的な恐れ、  
根拠のない過信と侮り

新型コロナに対する圧倒的な  
科学的データ不足

圧倒的な計算資源を活用した高精度シミュレーションによる科学的データの提示と飛沫の見える化による現象の理解  
(ロックダウンで研究室実験ができない中、この効果は多大)

社会に対する飛沫感染の正しい理解と  
その予防の啓発

テレビ・ラジオ：350件，新聞：325件  
ウェブ記事：1400件

行政機関や各種業界との連携による  
ガイドラインの策定や改定

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（内閣官房）

1m

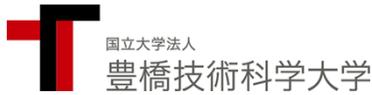
2e-6

# 産学官連携による新型コロナ対策課題の推進

## ステアリングメンバー



理化学研究所  
計算科学研究センター  
RIKEN Center for Computational Science

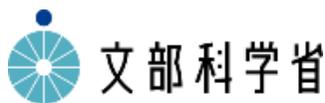


## 今まで協力いただいたメンバー

(協力者の一部を掲載)



## 行政機関



# メンバー紹介

大西慶治  
(理化学研究所)



Rahul Bale  
(理化学研究所)



李崇綱  
(神戸大学)



飯田明由  
(豊橋技科大学)



山川勝史  
(京都工芸繊維大学)



野崎一徳  
(大阪大学)



安藤和人  
(理化学研究所)



伊藤一秀  
(九州大学)



鍵直樹  
(東京工業大学)



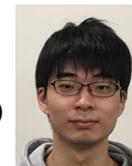
田尻恭平  
(京都工芸繊維大学)



嶋田宗将  
(神戸大学)



北田展章  
(神戸大学)



近藤宏二  
(鹿島建設)



海野裕彦  
(鹿島建設)



挟間貴雅  
(鹿島建設)



武政祐一  
(鹿島建設)



弓野沙織  
(鹿島建設)



佐藤数行  
(ダイキン工業)



横野遼太郎  
(ダイキン工業)



高木賢二  
(鹿島建設)



川口暁生  
(ヴァイナス)

Yan Naing Win  
(ヴァイナス)



井上朋行  
(ヴァイナス)



福留肇  
(数値フローデザイン)



游恩齊  
(全音楽譜出版社)



清淵敬大  
(大王製紙)



錦織秀臣  
(大王製紙)



井上健  
(サントリー酒類)

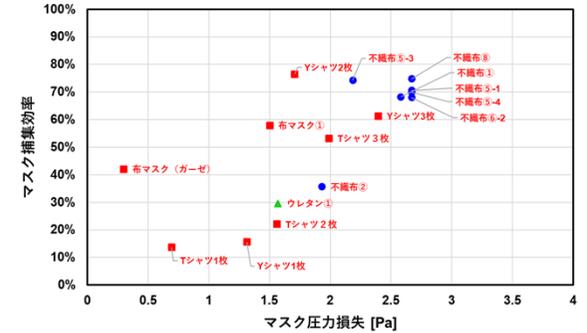
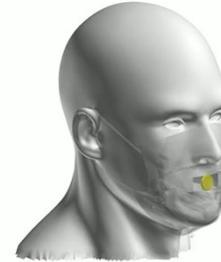
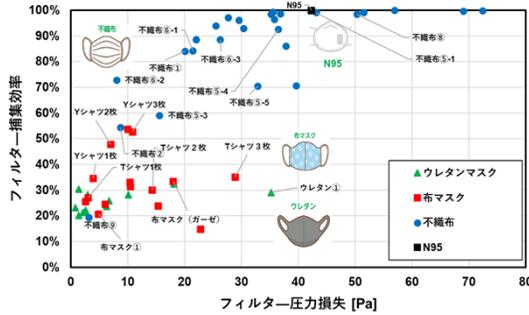
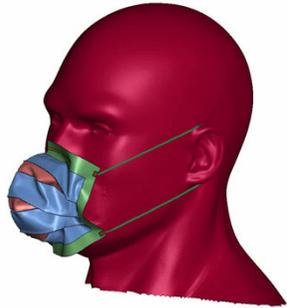


神代和明  
(京都大学  
クラスター対策班)

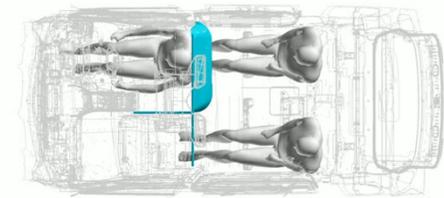
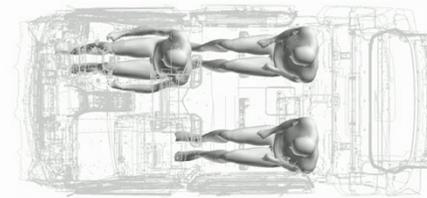
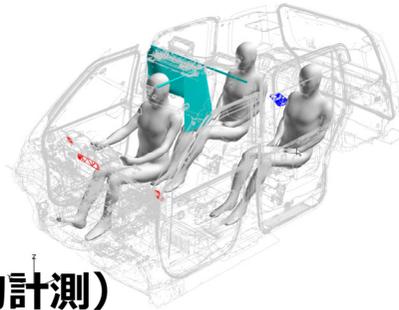
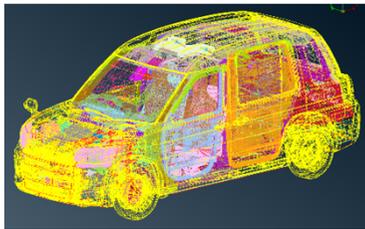


# 感染症リスク評価のデジタルトランスフォーメーション

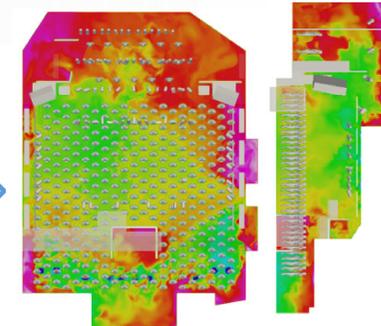
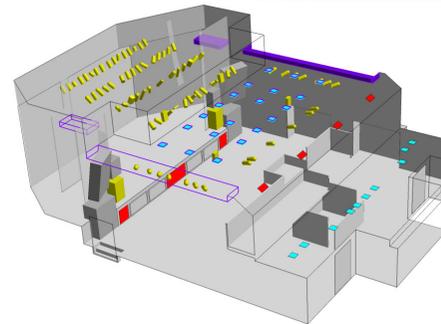
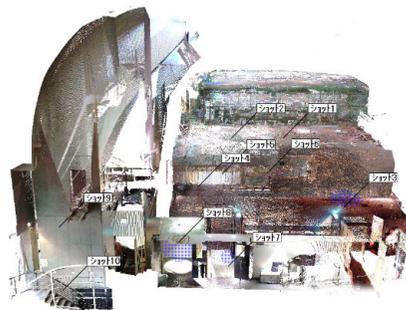
- マスクシミュレーション（シミュレーションによる形状データ自体の作成 + 実験による必要データの計測）



- 公共交通機関での感染リスク評価（CAD形状データの活用）



- 室内での感染リスク評価（実物計測）





# 飛沫感染の理解と対策の重要性の社会啓発

- 320以上の新聞、350以上のテレビ、1400以上のウェブ記事

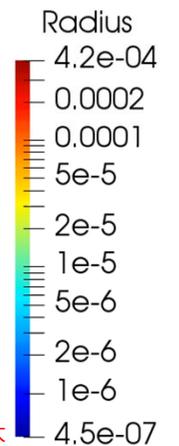


# 飛沫飛散の様子

- 英語でone~tenを9秒（途中で一度吸気）これを繰り返す
  - 1分間で，会話の場合1万個程度，大声の場合2万5千個程度の飛沫が発生

Time: 0.2 s

大声



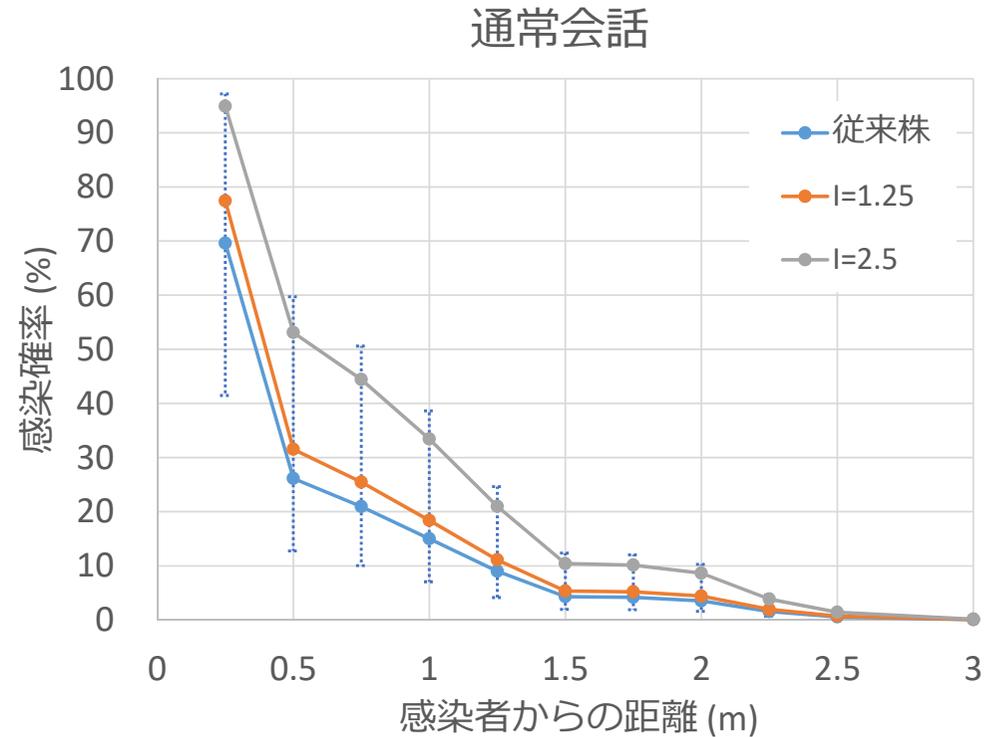
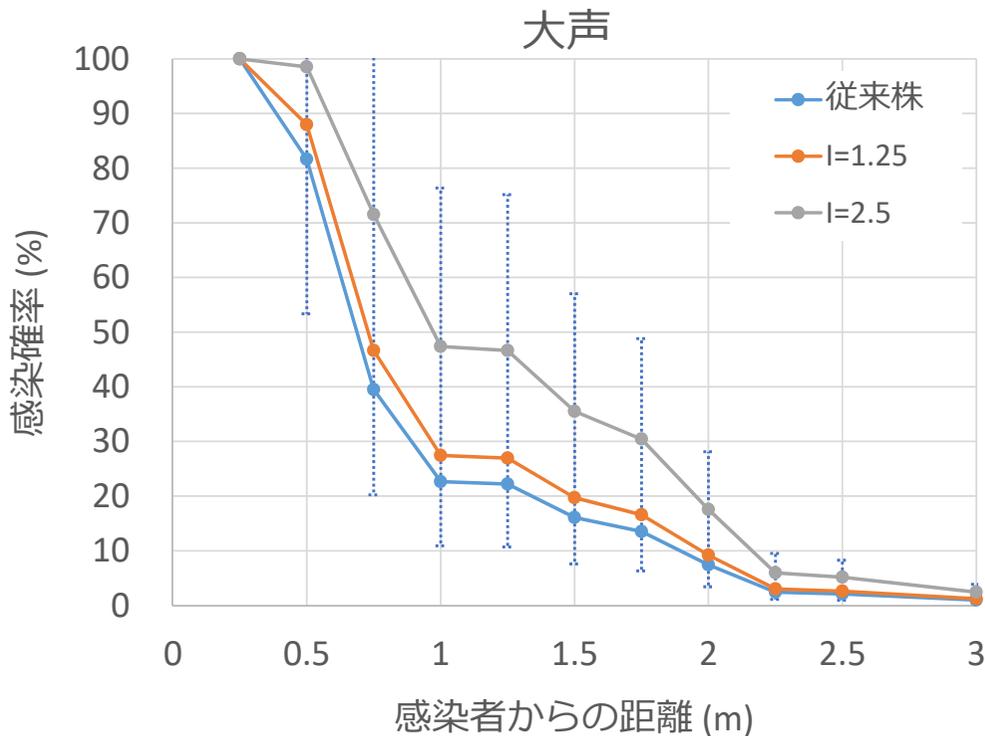
提供：理研・神戸大，協力：豊橋技科大・京工織大・東工大・九大



# 15分間しゃべっている感染者と対面した時の感染リスク

## ● 従来株と変異株の比較（距離の効果）

- 従来株に対する変異株の感染力の強さをI（強度）で表現
- （参考）アルファ（英国）株（感染力1.32倍）<sup>(1)</sup>，デルタ（インド）株（感染力2倍程度？）

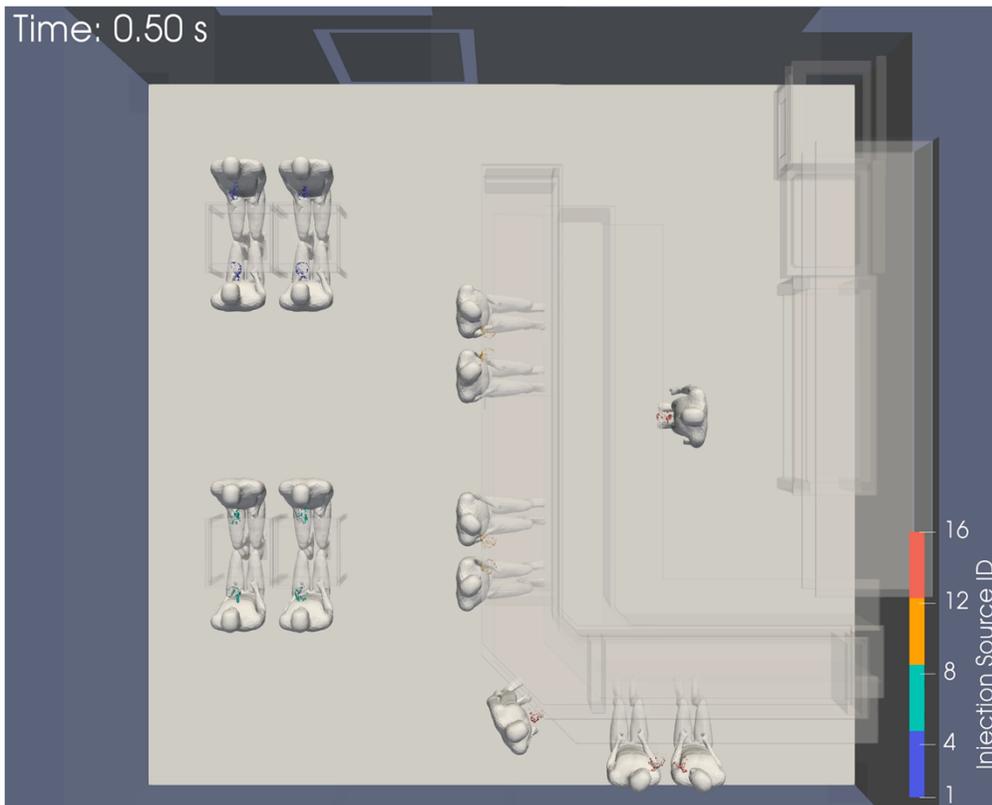


**ポイント：2mがリスク評価の指標になることは変わらないが，2m以内で大きくリスクが変化する**

(1)国立感染症研究所, 日本国内で報告された新規変異株症例の疫学的分析（第1報），2021年4月5日

- エアコンとキッチンダクトの効果

換気装置のみ

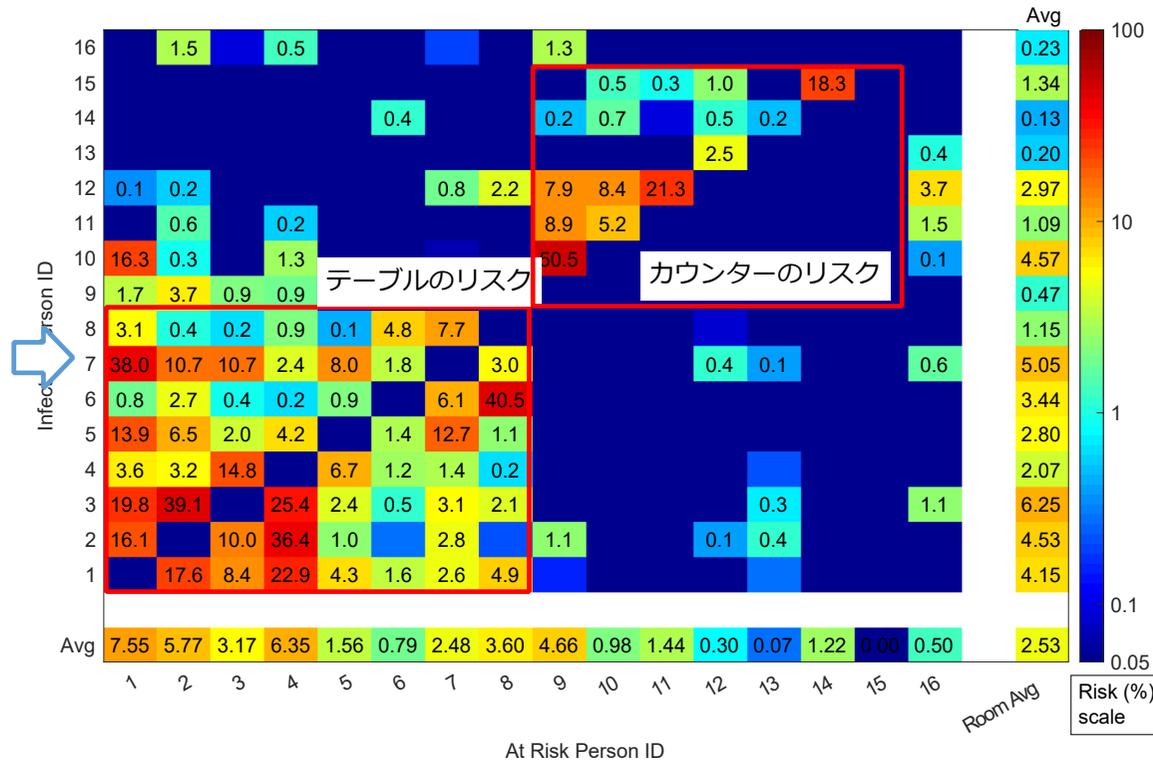
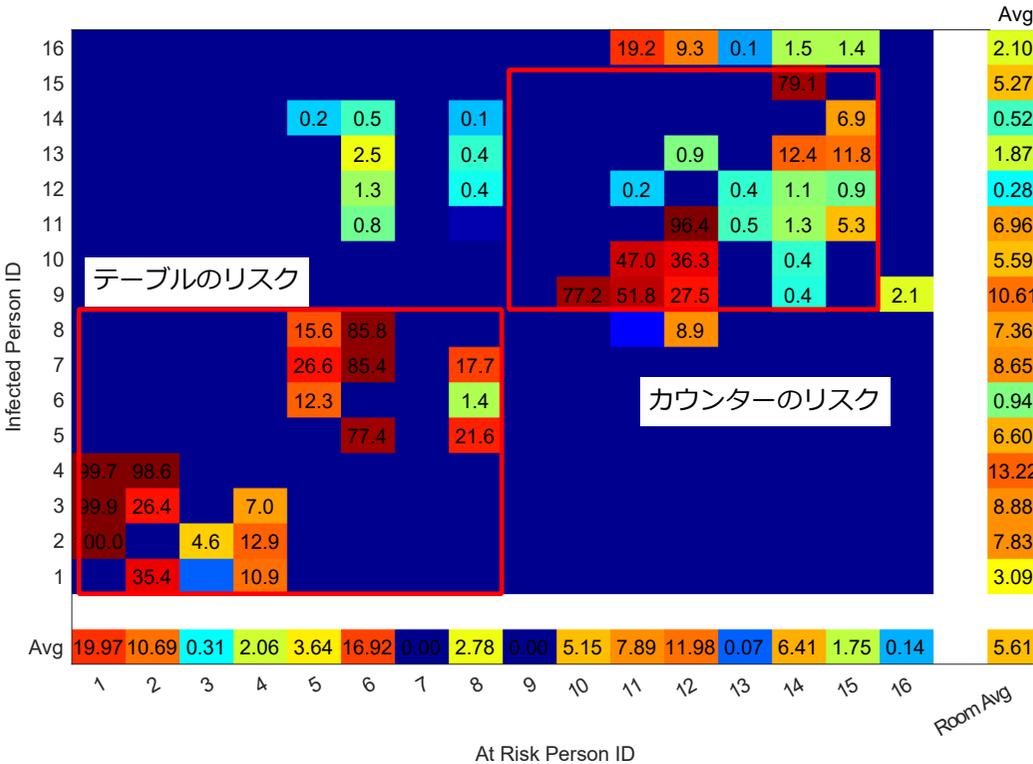


換気装置にエアコンとキッチンダクトを併用



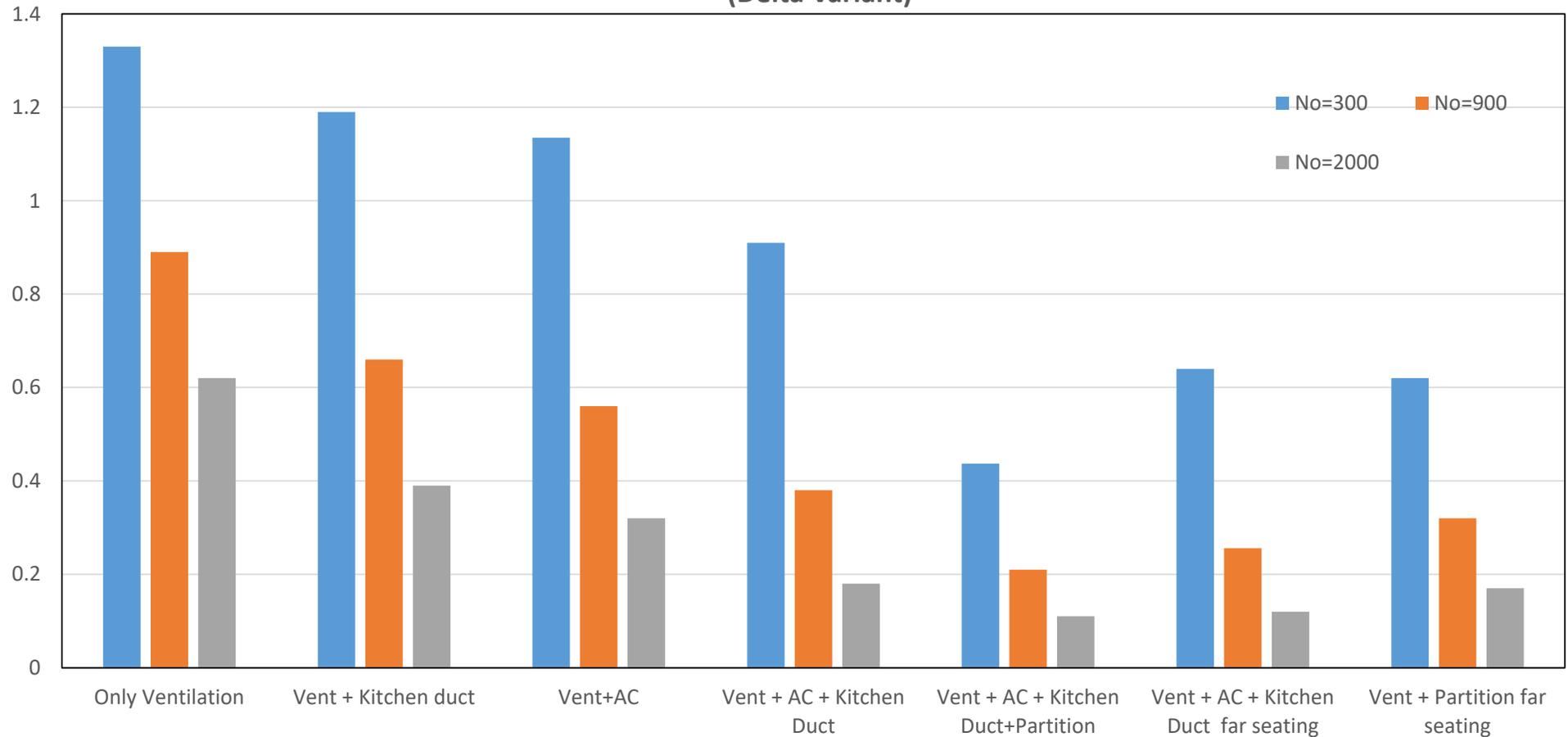
# 飲食店における感染リスクの可視化

- エアコンとキッチンダクトの感染リスク低減効果
  - 感染者発生期待値は0.84人（5.61%）から0.38人（2.53%）まで減少
  - リスクの分散、平滑化に大きく寄与



## ● 1名の感染者がいる店に1時間滞在した際の新規感染者の発生期待値

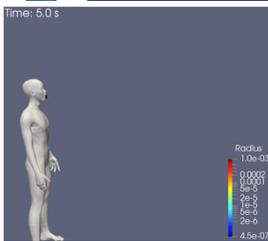
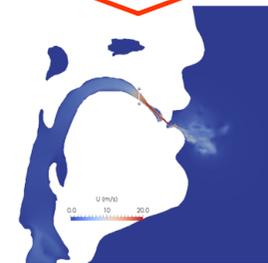
Expected new infected person in the Izakaya for the one infected person staying for one hour  
(Delta Variant)



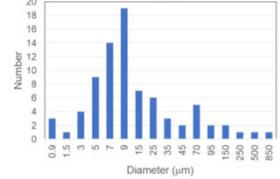
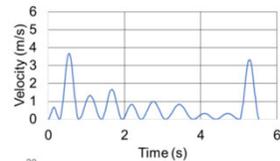
## 統合的飛沫感染リスク評価システム

### 飛沫発生モデル

感染者の飛沫発生条件  
(呼吸, 発話, 咳....)

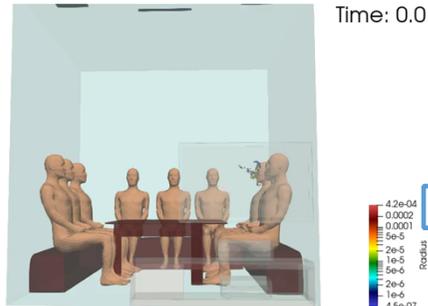


気流速度・粒径分布データ

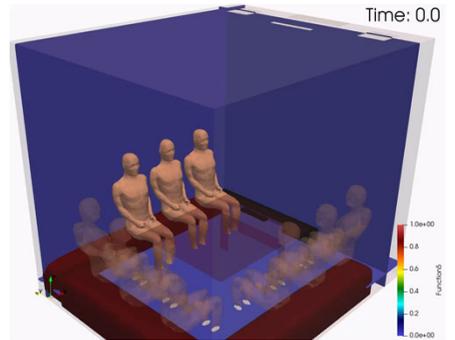


### 室内飛沫・エアロゾル飛散モデル

室内環境情報+人の配置状況



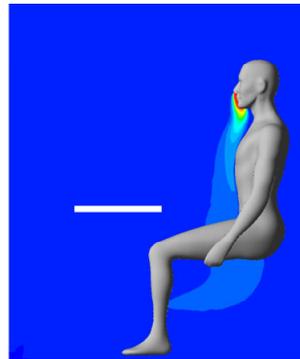
高精度気流・飛沫連成解析



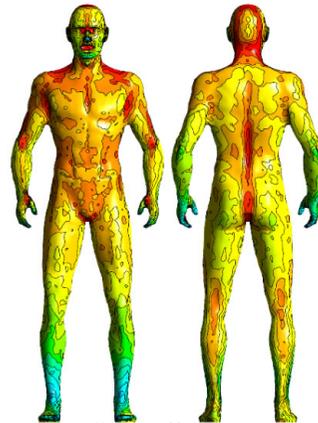
高精度乱流シミュレーションに基づく室内空気質評価

### 数値人体モデル

被感染者の生体情報データ



人体吸気の精密な再現



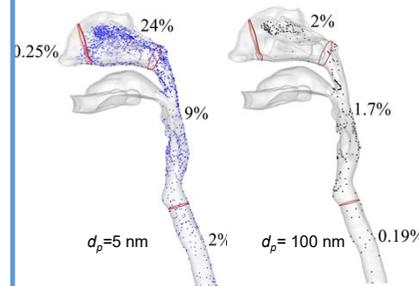
人体表面の精密な再現

### 数値気道モデル

被感染者の生体情報・吸気状態



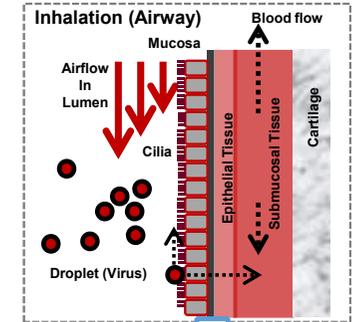
鼻腔・口腔から気管支まで再現



飛沫粒径に応じた気道内沈着分布の高精度予測

### 感染リスク推定モデル

被感染者の生体情報・対象ウイルスデータ



Bioregulation

(Host cells, Pathogen, Adaptive Immune System)

$$\frac{dT_T}{dt} = -\beta_T T_T V - \phi T_T + \xi R \frac{dR}{dt} \quad (\text{Target Cells})$$

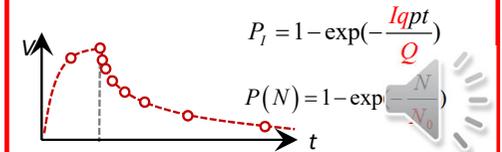
$$\frac{dI}{dt} = \beta_T T_T V - \kappa_F I - \kappa_E I T_C - \delta_X I \quad (\text{Infected Cells})$$

$$\frac{dV}{dt} = \beta_E I - \delta_V V - \kappa_V V A \quad (\text{Virus})$$

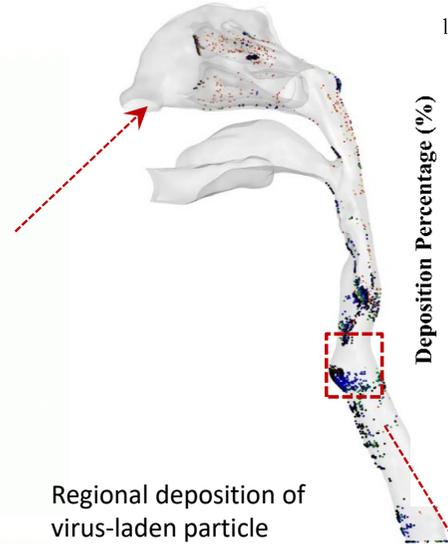
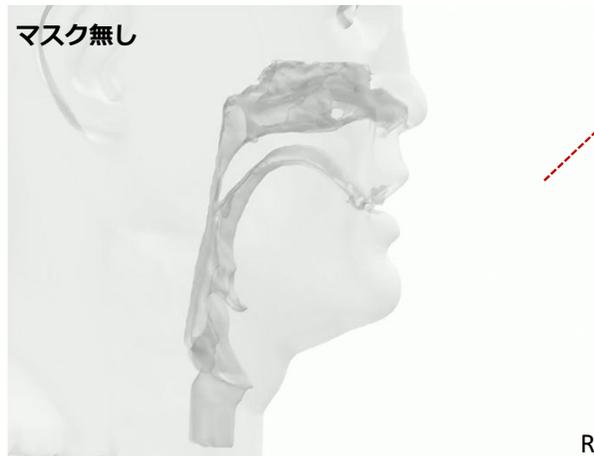
$$\frac{dF}{dt} = \beta_F I - \kappa_I F \quad (\text{Interferon})$$

$$\frac{dT_H}{dt} = \left[ \frac{\pi_{H2} D_M}{\pi_{H2} + D_M} \right] (1 - T_H / K_H) - \left[ \frac{\delta_{H2} D_M}{\delta_{H2} + D_M} \right] T_H \quad (\text{Helper T Cells})$$

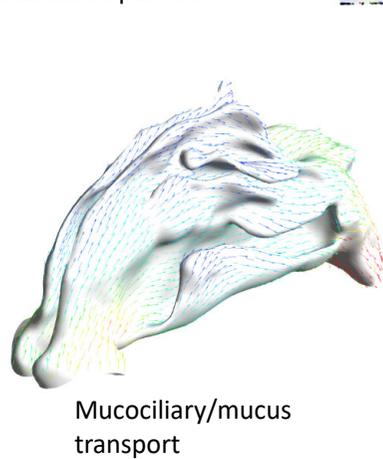
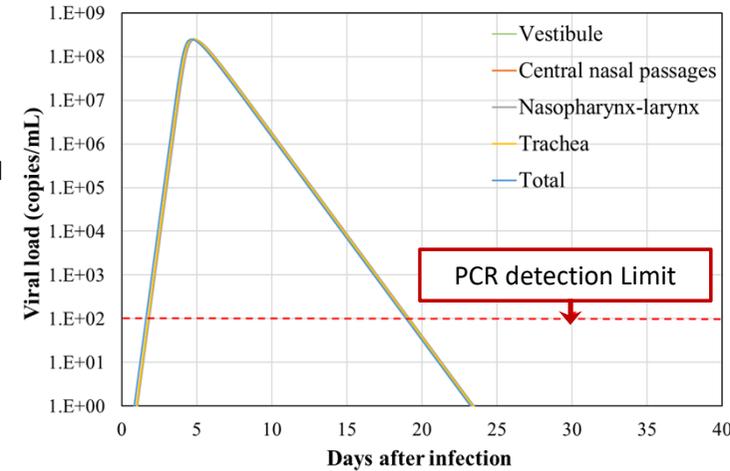
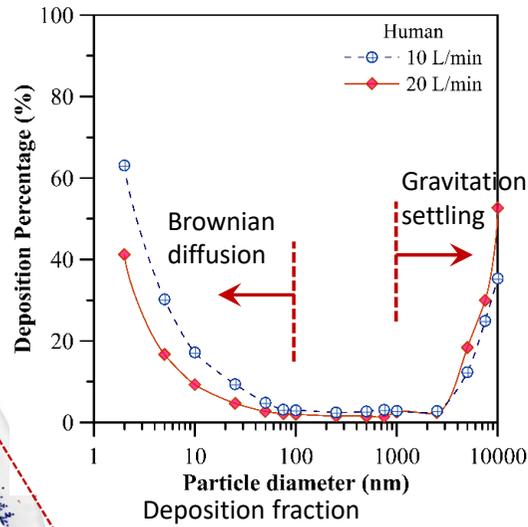
感染リスクの定量評価



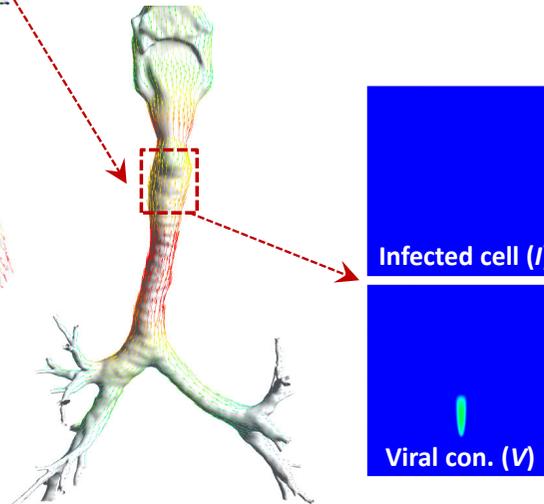
- 飛沫の吸引、気道表面への沈着、宿主細胞の感染ダイナミクス



Regional deposition of virus-laden particle



Mucociliary/mucus transport



Bioregulation – Host Cell Dynamics  
 (Host cells, Pathogen, Adaptive Immune System)

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dT(t)}{dt} = -\beta T(t)V(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} = \beta T(t)V(t) - \delta I(t) \\ \frac{dV(t)}{dt} = pI(t) - cV(t) \end{array} \right.$$

# 領域名：産業競争力の強化（③）

・ スーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム

## 課題名：「富岳」が拓くSociety 5.0時代のスマートデザイン

坪倉誠（理研計算科学研究センター・チームリーダー）



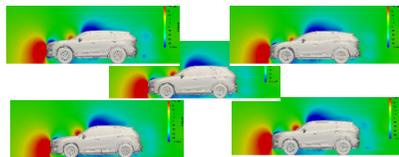
### 概要・目標

- ◆ 計算科学と情報科学を融合させた新たなデジタルエンジニアリングシステムを創出し、製品デザイン・設計に活用する
- ◆ 4つの具体的な設計・デザインに適用し、産学連携でその有用性を実証し、産業界での実装を目指す

### 実施体制・関係機関・詳細

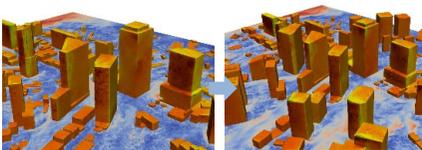
- ◆ 理研R-CCSが開発を進める基盤技術を活用し、全面支援のもと、サブ課題ごとに責任機関が中心となって研究開発する
- ◆ それぞれのサブ課題に応じて産学連携コンソーシアムを設立、システム設計から実証、社会実装までを目指す

**サブ課題A（神戸大）**  
意匠空間を考慮したAI支援多目的最適化による自動車空力デザイン



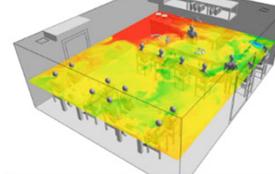
連携：成果創出

**サブ課題B（東工大）**  
変容する都市・建築の自然擾乱対応の性能設計



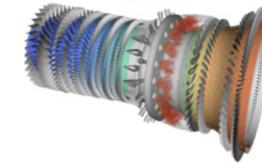
連携：成果創出

**サブ課題C（九大）**  
新興ウイルス感染症にロバストで健康・快適・サステナブルなポストコロナ時代の室内環境設計



連携：JST・CRESTコロナ課題

**サブ課題D（京大）**  
マルチコンポーネント統合シミュレーションによるカーボンフリーガスタービン設計



連携：成果創出・NEDO

共通基盤：三位一体のR-CCS高度化利用研究の活用

**計算科学**  
基盤ソフトウェア：CUBE, FrontFlow/red

**計算機科学**  
「富岳」利用支援

**データ科学**  
AI活用プロジェクト：DL4Fugaku

### 想定される具体的成果

- ◆ 性能試験の代替としてのシミュレーションを脱却し、サイバー空間とフィジカル空間の高度結合によるスマートデザインシステムの実現
- ◆ 自動車空力、都市・建築、室内環境、ガスタービンに対して、実設計や政策立案のためのシステムの社会実装