

第3回 UEC Ambient Intelligence Agora ミニシンポジウム
(2021.3.4, オンライン)



学修空間における 環境センシングデータの活用

電気通信大学
i-パワードエネルギー・システム研究センター
横川 慎二

はじめに

室内環境に関する漠然とした不安
(三密に対する恐怖に似た感情)



F2Fによる知的創造・学修の停滞
快適性の欠如やエネルギーの浪費



環境を正確に測定・分析し、
リスクを定量化して適切に伝えて、
行動を自ら、正しく決定できることが必要

換気回数と結核感染率の関係

時間あたりの換気回数 (air change per hour: ACH) と医療関係者のツベルクリン反応陽転率の関係¹⁾

- $ACH \leq 2$ の病棟勤務の医療関係者は, $ACH > 2$ に対して陽転率が有意に高かった.

中学で発生した集団感染事例 (感染率90%) の換気²⁾

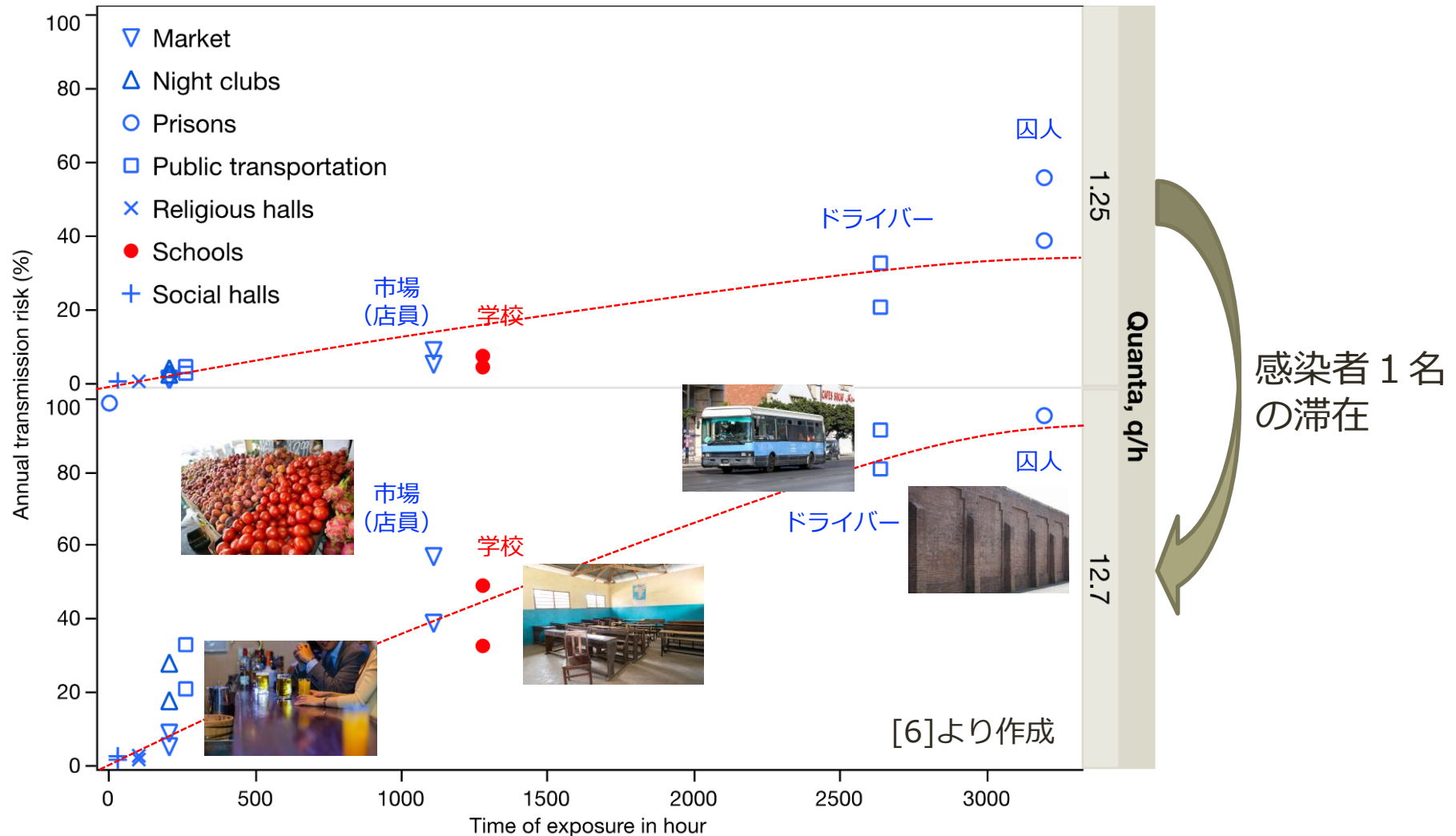
- トレーサガス測定で $ACH = 1.6 \sim 1.8$ と回数が少ない.

初発患者が勤務していた学校 2 校の比較³⁾

- A校 ($ACH = 0.45 \sim 1$) ではクオンティフェロン陽性が7/162人. B校 ($ACH = 3.57 \sim 7$) では0/108人.

早期に集団感染リスク ($ACH \leq 2$) を把握するための定量的手法が望まれる⁴⁾.

タンザニアの施設別の結核感染リスク⁵⁾



学校のリスクは公共交通機関やナイトクラブより高い。
 一名の感染者がその場にいるだけでリスクは3倍程度に高まる。

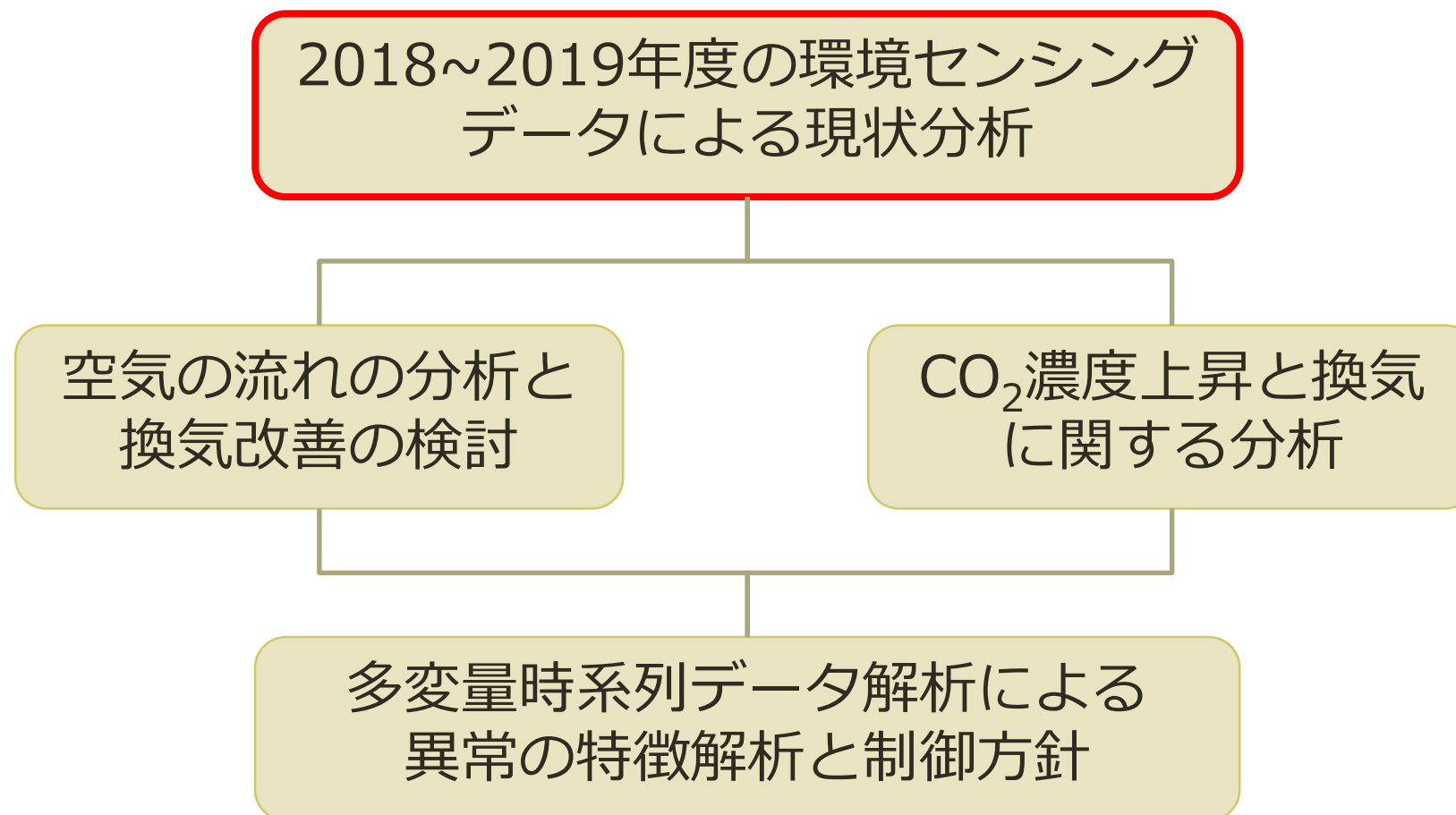
研究課題

ポストコロナのニューノーマルを想像すると、従来の形式であった集合型の教室・教育や、集合型のオフィスは、変わってゆくであろう。

自由度の高い、フリーアドレス空間での学びや、コラボレーションワークによる成長と価値創出が、一層重要になる。

安全・安心な空間環境と自由度の高いエネルギーの供給を通じて、集いのリスクを低減することが、今後の課題である。

これまでの研究概要



IoTセンサーネットワークによる環境モニタ

- 附属図書館Ambient Intelligence of Agora(Agora)
- 190台の環境センサー, 187台のスマートプラグ, ネットワークカメラ & マイク, 入館サーモカメラによる環境モニタ
- センシングとAIによる学修支援空間

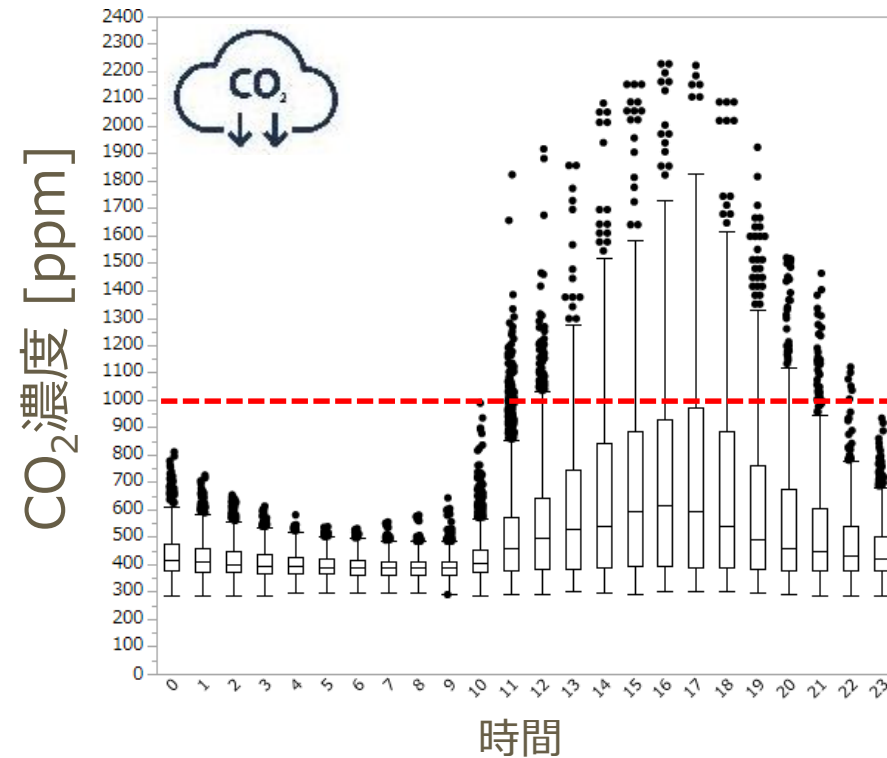
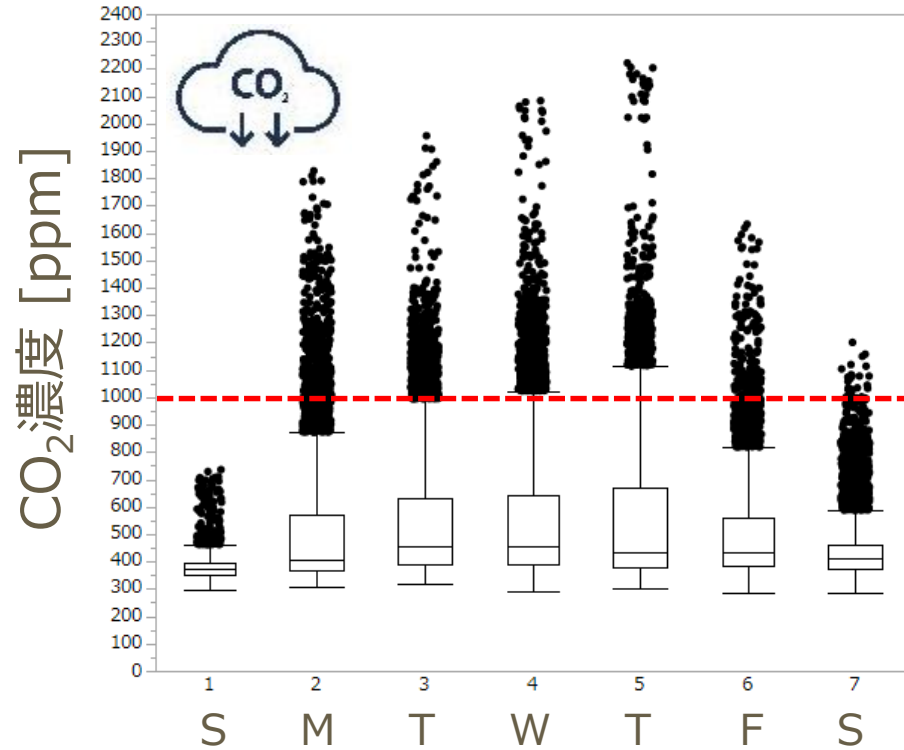


Agoraの全体図



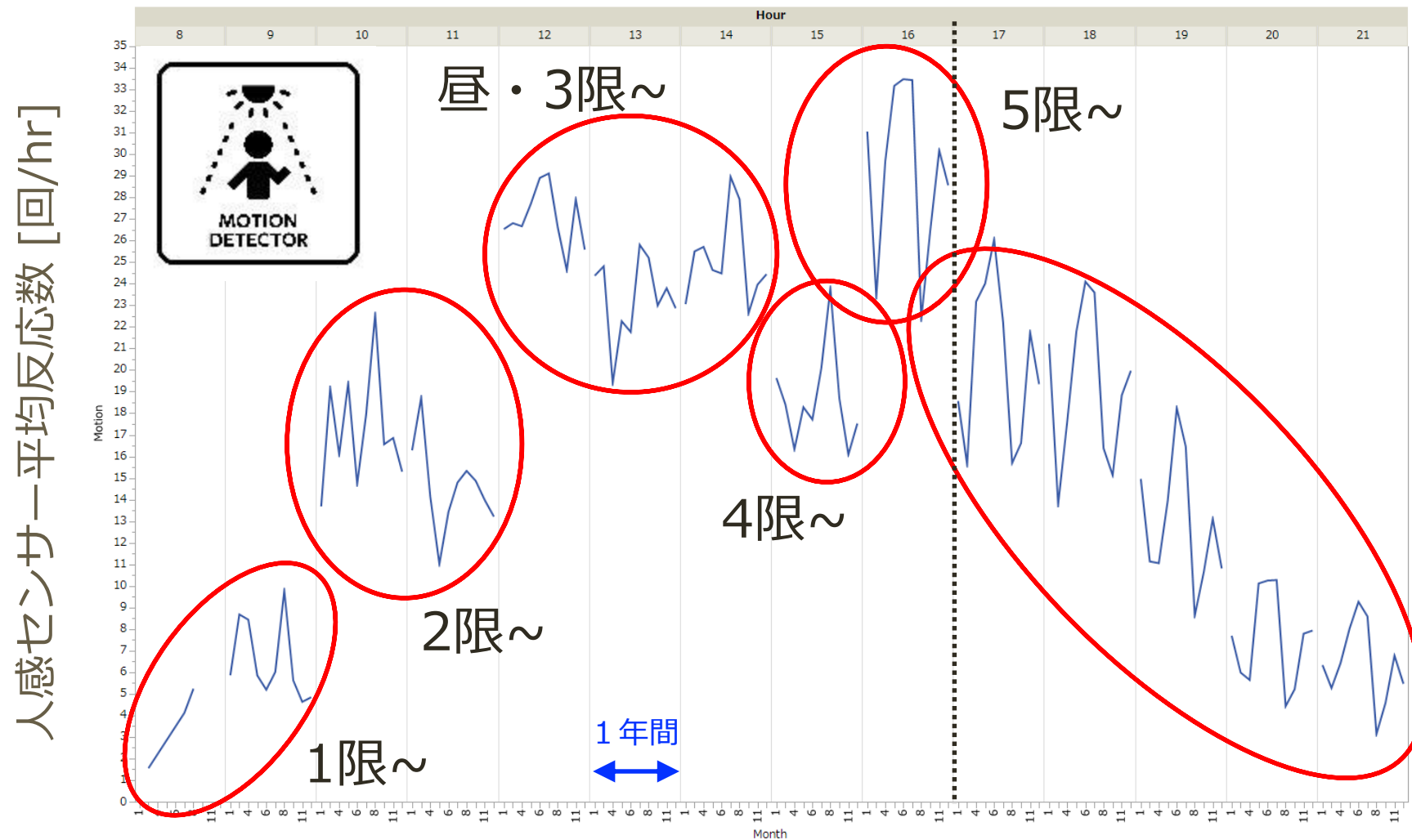
利用風景

CO₂濃度推移の現状分析 (2018-19) ⁶⁾



- ✓ 週の中で、月曜から木曜にかけてCO₂濃度が高濃度側に裾を引く。
- ✓ 開館時間より遅れて濃度が増加し、17時頃ピークとなる。

人感センサー平均反応(2018-2019)

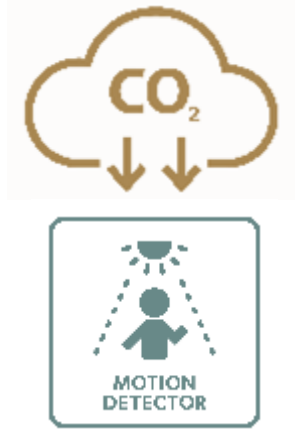


✓ 午後の滞在人数が多く, 5限 (16:15-17:45) がピークとなる.

センサーネットワークによるCO₂可視化⁶⁾

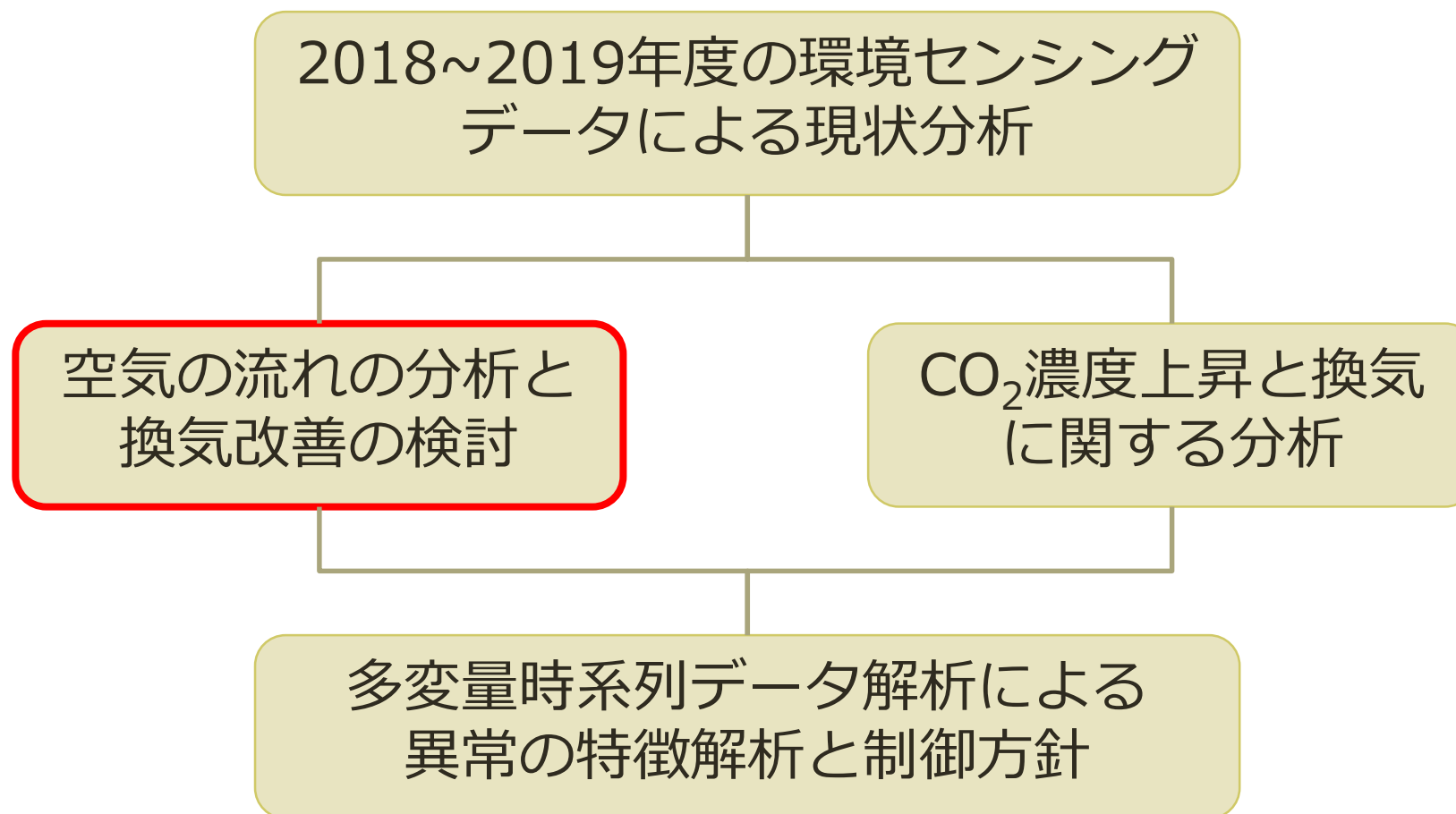
Powered by PI System™

1000ppm

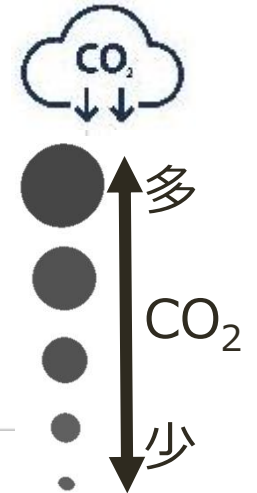
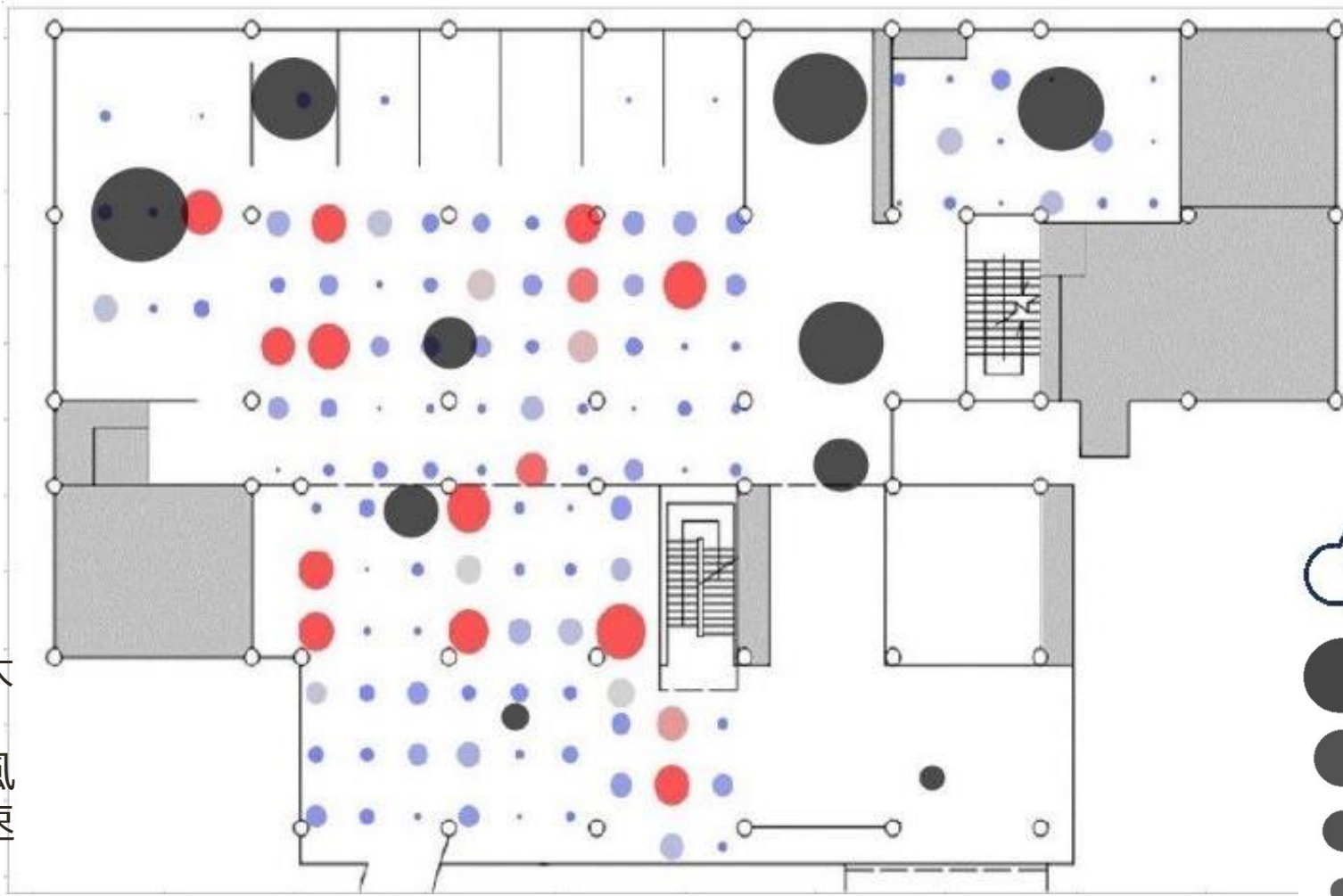
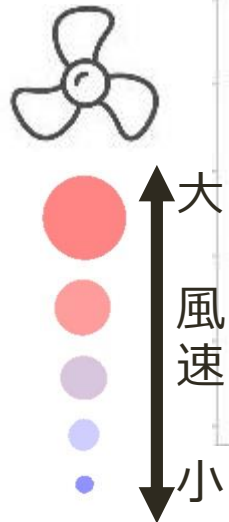


人感検知が少ない地点でも、CO₂濃度が有意に高くなる。

これまでの研究概要

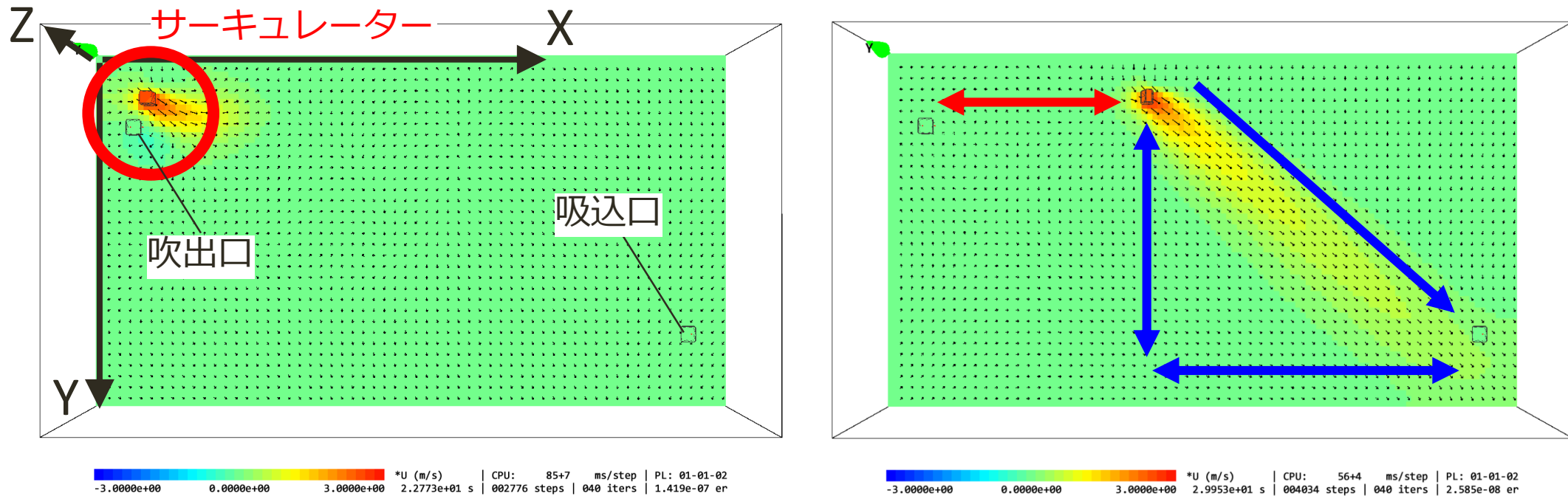


風量分布とCO₂濃度の重ね合わせ



Agora内の風速分布とCO₂濃度分布

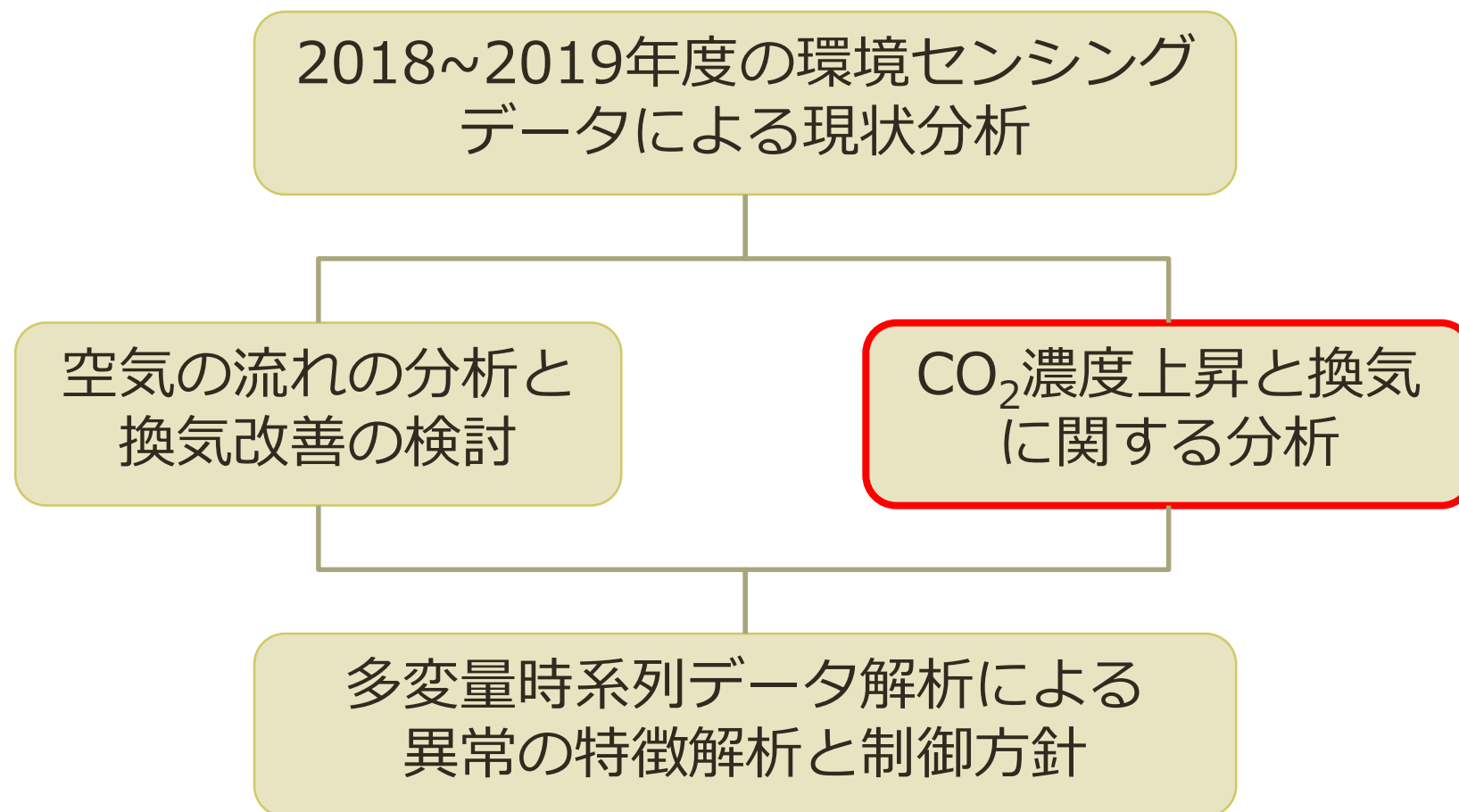
3D流体シミュレーション実験



サーキュレーターを設置した場合のシミュレーション結果
(左:給気口の裏に設置, 右:ずらした位置に設置)

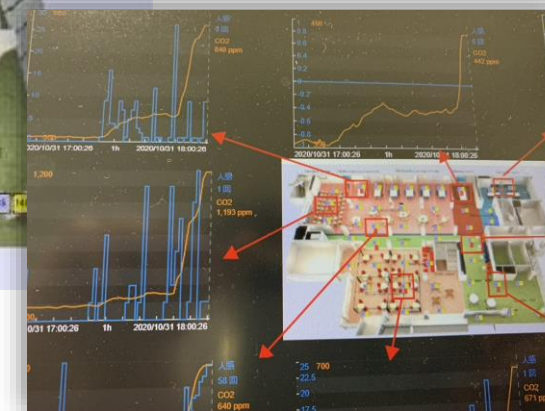
- ✓ サークュレーターは**給気口から離して**設置
- ✓ 空間に対して**対角に広く通る**ように設置

これまでの研究概要



換気量の測定実験

- ✓ Agoraの全エリアでドライアイスを用いてCO₂を発生，機械換気によってCO₂濃度が低下してゆくデータより換気量を推定



CO₂の移動及び濃度変化の場所依存

Powered by PI System™

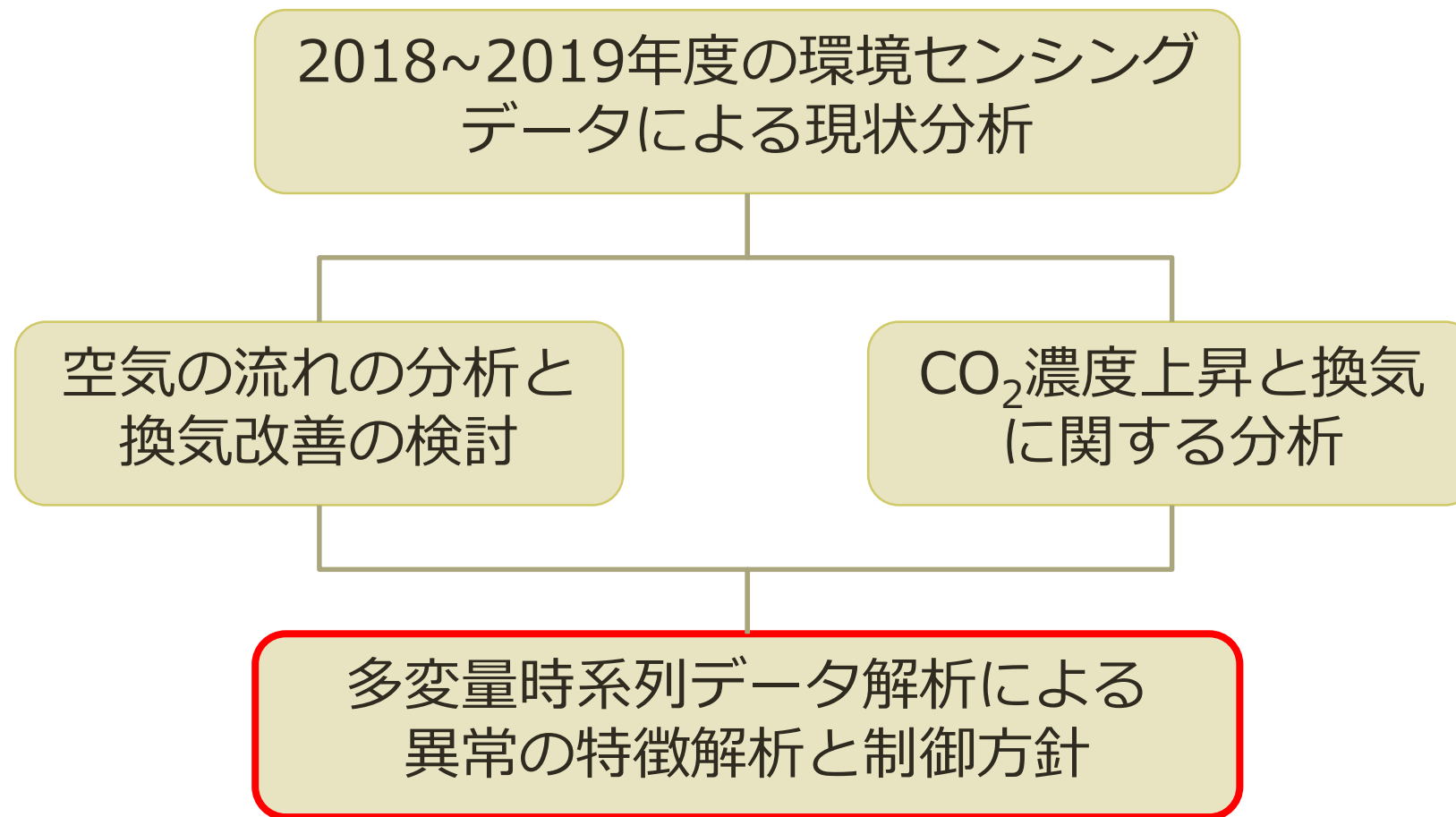
行止まり
= 換気悪



2021/3/4

UEC iPERC Yokogawa Lab
©Shinji Yokogawa

これまでの研究概要



位相的データ解析 -Mapper法-

- **TDA**(Topological Data Analysis; **位相的データ解析**)の中の一つ

- クラスタ間につながりに着目した分析

$f: X \rightarrow Z$ を満たす連続写像(X と Z は位相空間)

$$M(\mathbb{U}, f) := N(f^*(\mathbb{U}))$$

$\mathbb{U} = \{U_\alpha\}_{\alpha \in A}$: Z の有限開集合, A は被覆数

$f^*(\mathbb{U}) = \{f^{-1}(U_\alpha)\}_{\alpha \in A}$: X の被覆部分

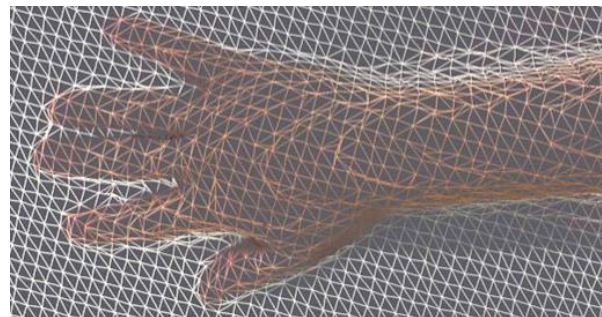
N : 脈体

- ビッグデータ(多次元, 時系列, 地図空間など)のデータ構造分析に用いられる.

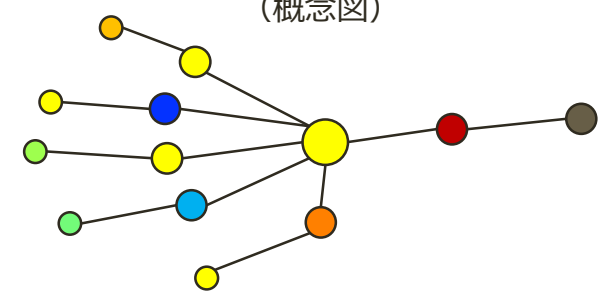
形・色・位置関係などの情報



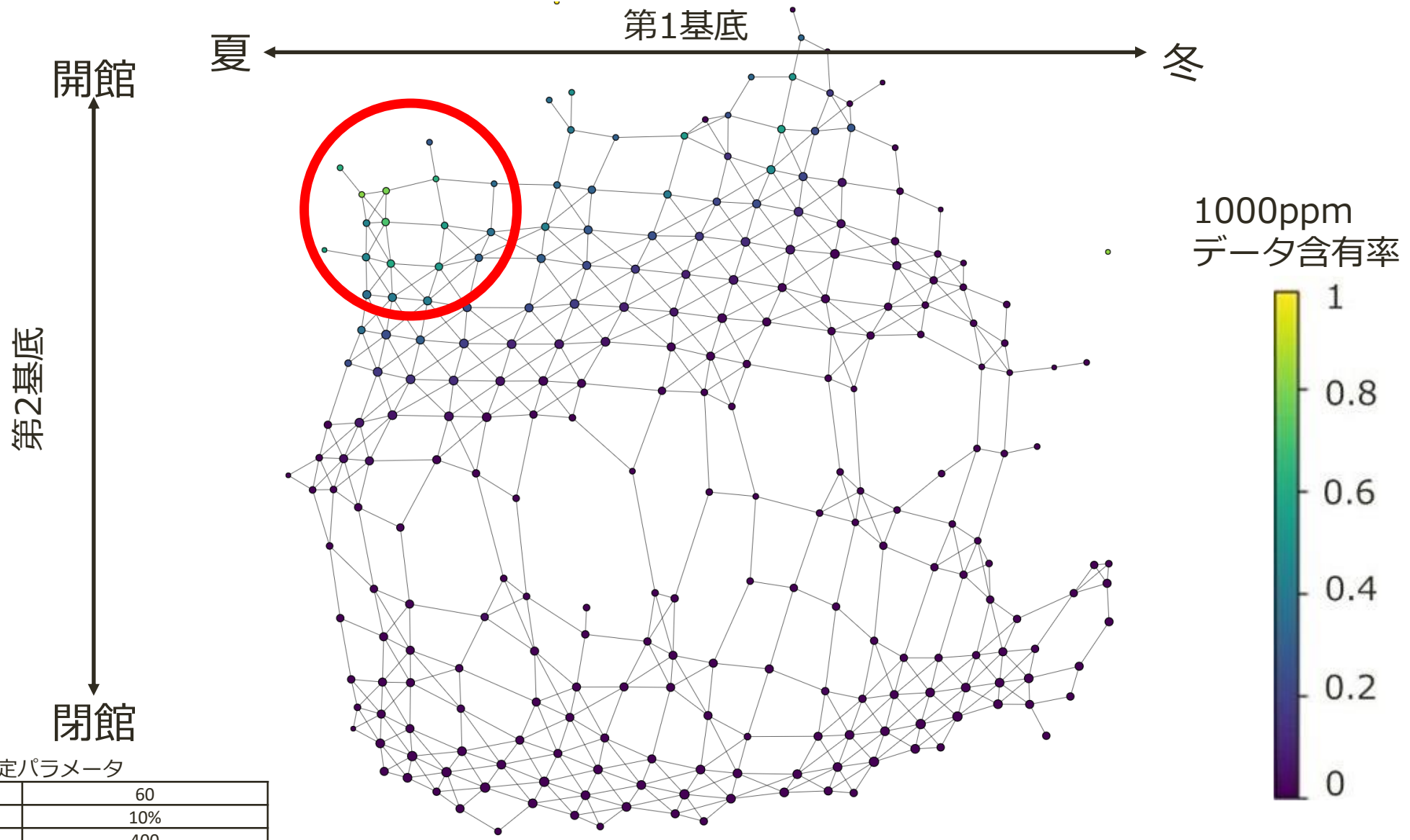
デジタル化 (ビッグデータ)



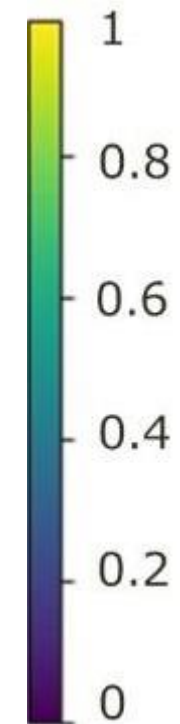
Mapperによるデータ構造の可視化 (概念図)



Agora空間のTDA解析結果 7,8)



1000ppm
データ含有率



設定パラメータ

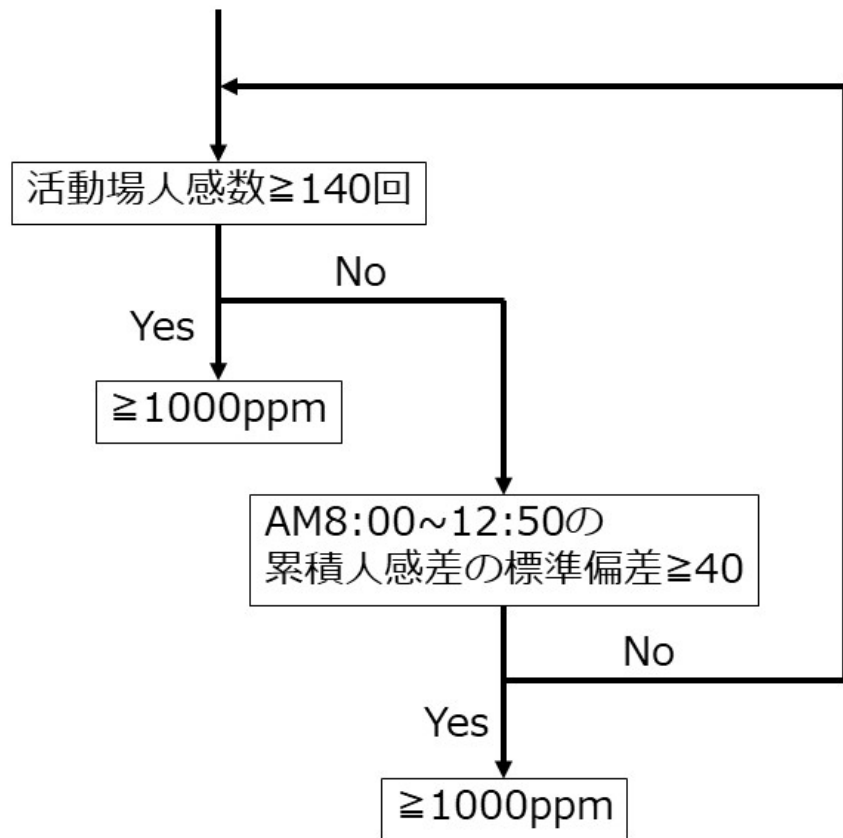
EPS	60
オーバーラップ	10%
分割数	400
最少点数	5
距離	ユークリッド距離

Mapper法の計算結果

Python3.7.3, Kepler Mapper1.3.0,
scikit-learn 0.20.3により作成

判定指標の性能評価

1日の**累積人感差の標準偏差**と**活動場人感数**を用いて, 1000ppmを越えるか否かを判定する (2018年の6月~8月の**92日間**を検証) .



予測方法の概要図

予測の結果に関する混同行列

		予測	
		≥ 1000 ppm	< 1000 ppm
実 際	≥ 100 0 ppm	44	2
	< 1000 ppm	12	34

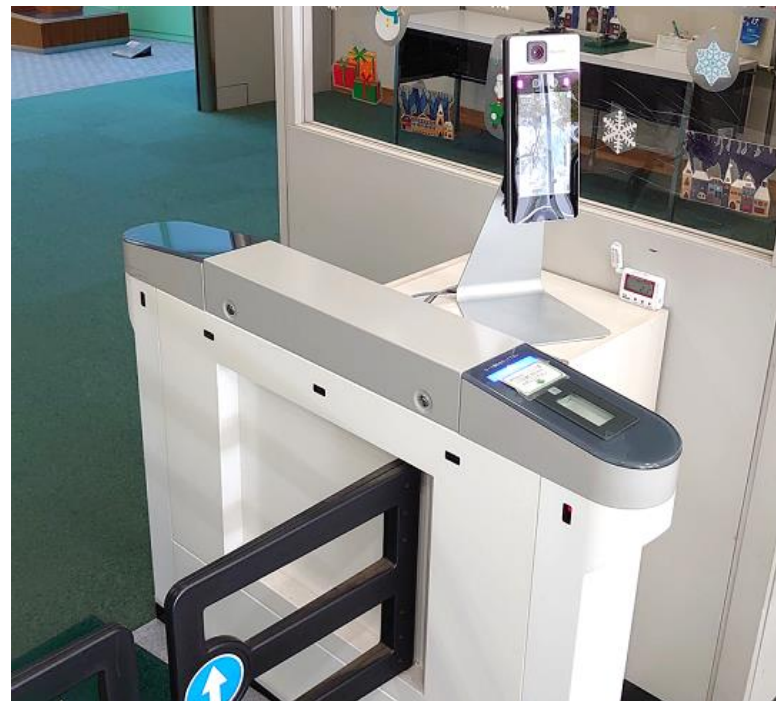
正解率は約85%, 偽陰性率は約2%,
1000ppmを見逃す可能性は低い.

現在のCOVID-19対策



環境可視化パネル

- ✓ 学内の主要教室，生協等への展開を実施中.
- ✓ 換気とエネルギー消費のトレードオフを最適化を検討.
- ✓ リスクをどのように伝えて，場の信頼・安心の確保に繋げるかが課題.



入館ゲート連動サーマルカメラ
(入館人数，体温分布などを可視化
パネルに連動予定)

まとめ

- ✓ 学修空間のセンシングデータを用いた課題発見と分析
- ✓ ビッグデータとデバイスの連携プラットフォーム
- ✓ 人間知と機械知の協業を実現するオブザベートリ
- ✓ PoCを飛び越え，直ちに実証を行う環境と人材育成

**ポストコロナの大学像としての，
目的と機能を備えた学修空間（建物・フロア）
Ambient Intelligence UEC**

謝辞

電気通信大学 情報学専攻 (横川研) 遠藤駿氏, 川内雄登氏, 高原廉氏
浅野実氏, 中里諒氏, 野秋拓真氏

電気通信大学 情報学専攻 石垣陽 特任准教授

慶應義塾大学 開放環境科学専攻 奥田知明 教授

Agora運営委員会の皆様

学術情報課 村田輝様, 加藤さゆり様, 山口英恵様, 上野耕平様
(中田はるみ様, 茂木真佐美様)

施設課 和地勉様, 石黒拓大様, 金子善栄様

i-PERC 三村寛子様, (仲田久恵様)

AMED-Pj 常山順子様

参考文献

1. Menzies D., Fanning A., Yuan L., *et al.*; "Hospital ventilation and risk for tuberculous infection in canadian health care workers. Canadian Collaborative Group in Nosocomial Transmission of TB," *Ann Intern Med.*, Vol. 133, pp. 779-789, 2000.
2. 豊田誠; "中学校結核集団感染の環境要因に関する検討," *結核*, Vol. 78, pp. 733-738, 2003.
3. 松本健二, 辰巳朋美, 有馬和代, 他; "環境要因が影響した結核集団感染の1例," *結核*, Vol. 86, pp. 487-491, 2011.
4. 古屋博行; "室内CO2濃度測定による結核感染リスクの推定に関する総説," *結核*, Vol. 93, pp. 479-483, 2018.
5. Hella J, Morrow C, Mhimbira F, *et al.*; "Tuberculosis transmission in public locations in Tanzania: A novel approach to studying airborne disease transmission," *J. Infect.*, Vol. 75, pp. 191-197, 2017.
6. 横川慎二, 石垣陽, 遠藤駿, 高原廉, 川内雄登; "Ambient Intelligence (環境知能) によるフリーアドレススペースのリスク評価," 第11回横幹連合コンファレンス, C-1-4 (2020).
7. 遠藤駿, 横川慎二; "位相的データ解析を用いた室内環境に関する時系列多次元データの分析," 電子情報通信学会・システムソサイエティ和文論文誌, Vol.J104-D, No.04 (2021), DOI: 10.14923/transinfj.2020PDP0023.
8. Endo, S. and S. Yokogawa; "Trends between indoor CO2 concentration and electricity usage through topological data analysis," *Proc. of 2021 IEEE 3rd Global Conference on Life Science and Technologies*, pp. 530-531 (2021).

