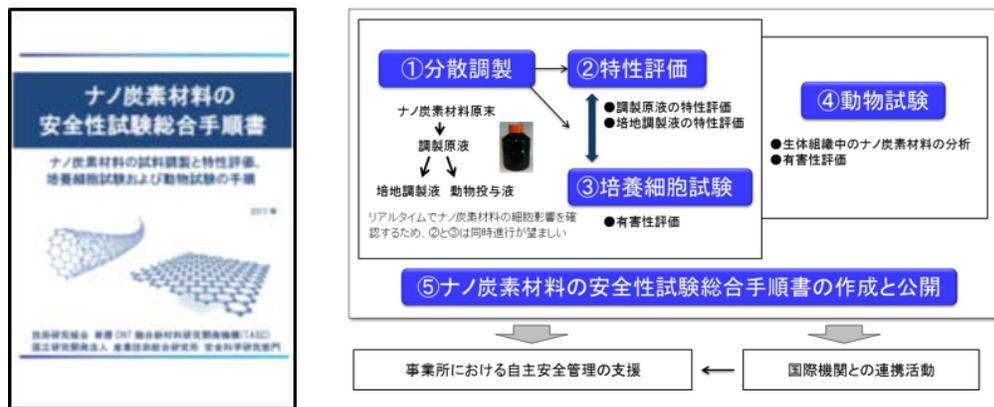


密集環境における新型コロナウイルス感染症の リスク対策に資する計測と評価

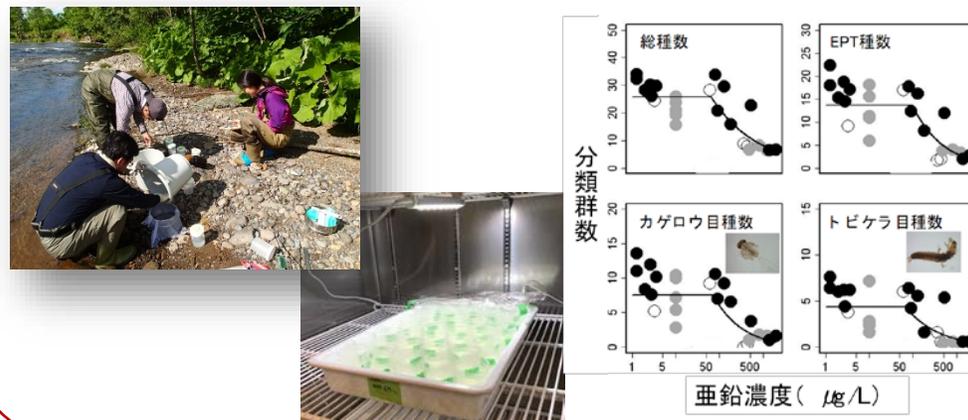
国立研究開発法人産業技術総合研究所
エネルギー・環境領域・安全科学研究部門
リスク評価戦略グループ
内藤 航

どのような環境リスク研究に取り組んでいるか？

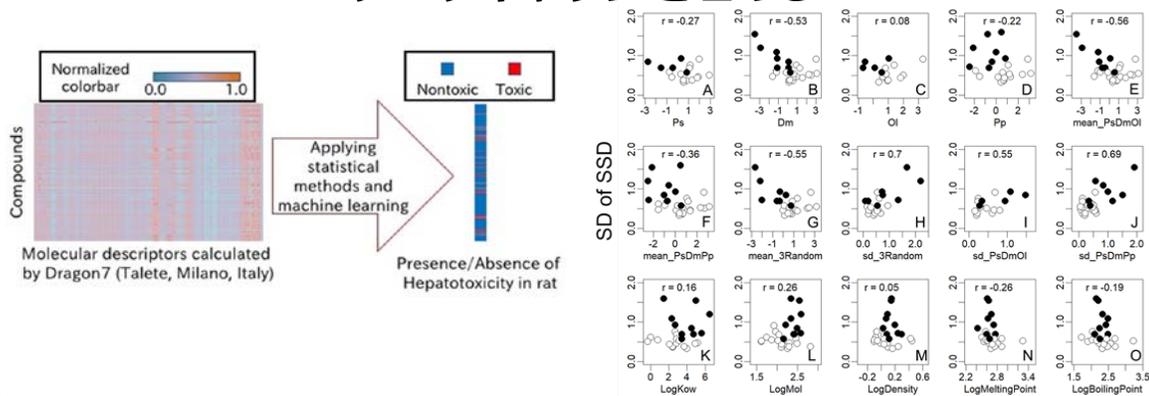
イノベーションの推進に必要な リスク評価に資する試験手法の開発とエビデンスの創出



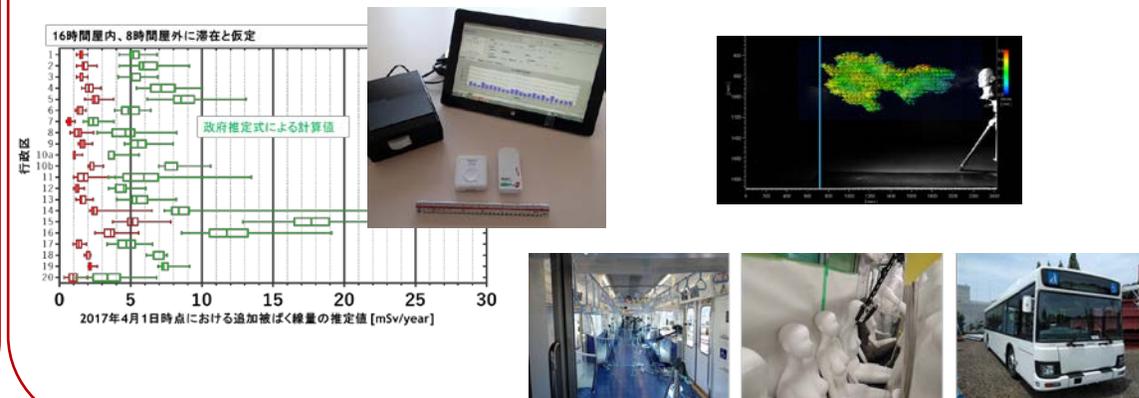
実環境のリスクを評価する 評価結果の使い方を例示する



リスク評価に必要なデータを作る —データギャップを埋める—



社会課題に対して行政や事業者の意思決定に資する 評価を実施する・エビデンスを提供する



新型コロナウイルス感染症の効果的な対策に資する 人の密集環境における換気等の計測と評価

- 不特定多数の人が利用する地下鉄やバスなどの公共交通機関の車両内や大規模集客施設等において、
どのような対策をどの程度まで実施すれば良いかを検討することは重要で、社会的にも関心が高い。
- 新型コロナウイルス感染症リスクの評価・対策に資するエビデンスを得るため、また科学的知見に基づく**効果的な感染リスク対策の実現**のために、室内環境や環境曝露評価の研究の実績・経験を活かし、主に次のような調査研究を実施。
 - 公共交通機関等の密集環境における換気等の効果の計測と評価
 - 呼気・咳マシーン等を用いた飛沫・エアロゾルの拡散挙動の可視化・定量化
 - スタジアム等での密集・密閉の状況把握のための計測と評価
(産総研内の他領域と連携して実施・政府や事業者の技術実証等を支援)

鉄道車両内における換気量調査

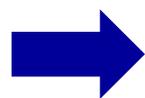
Shinohara et al. *Environment International* 2021: 157:106774)

実際の鉄道車両を用いて営業路線における窓開け等の換気効果を実証（東京メトロと連携）



図. 鉄道車両内での計測の様子

- 営業線での走行条件では、換気回数は1時間当たり7回～27回程度であることを確認
- 換気回数は、車速・窓開け面積に比例して増加
- 空調非稼働の場合、換気の十分でない箇所が存在



車両内での感染リスク評価モデルの重要パラメータ
事業者による感染対策の強弱の検討や乗客への対策の効果の説明

鉄道車両内におけるエアロゾルの吸入による感染リスクの推定

Shinohara et al. *Environment International* 2021: 157:106774)

曝露濃度の推定：

近接場 (Near-Field) -遠隔場(Far-Field)モデル
感染者が0~5人乗っている場合の飛沫核濃度を推定



$$\frac{dC_{near_m}(t)}{dt} = \frac{E}{V_{near}} + \frac{F}{V_{near}} C_{far_m}(t) - \frac{F}{V_{near}} C_{near_m}(t) - \frac{I d_{inhalation} n_{near} C_{near_m}(t)}{V_{near}} - (\lambda + d) C_{near_m}(t)$$

$$\frac{dC_{far_m}(t)}{dt} = \frac{F}{V_{far_m}} C_{near_m}(t) - \frac{F}{V_{far_m}} C_{far_m}(t) - \frac{I d_{inhalation} n_{far_m} C_{far_m}(t)}{V_{far_m}} - (\lambda + N + d) C_{far_m}(t)$$

リスクの推定：

市中感染率に応じて感染者が0人から5人乗ると仮定
エアロゾル中のウイルス量は排出された飛沫液量当たりの
唾液中のウイルス量と仮定

$$R_{near_m} = 1 - \exp \left(-kI \int_0^{t_c} C_{near_m}(t) dt \right)$$

$$R_{far_m} = 1 - \exp \left(-kI \int_0^{t_c} C_{far_m}(t) dt \right)$$

$$R_{train} = \sum_{m=1}^i n C_m r^m (1 - r)^{n-m} \left(R_{near_m} \frac{m n_{near}}{n} + R_{far_m} \frac{n_{far_m}}{n} \right)$$

大型バス車両内における感染リスク対策の効果に関する調査

(Shinohara et al. Submitted)

- バス車両を用いて実験的に窓開けや空調による換気効果を調査（いすゞ自動車と連携）
- バス車両内で運転手の飛沫への曝露への防護板の効果进行评估（東京バス協会と連携）

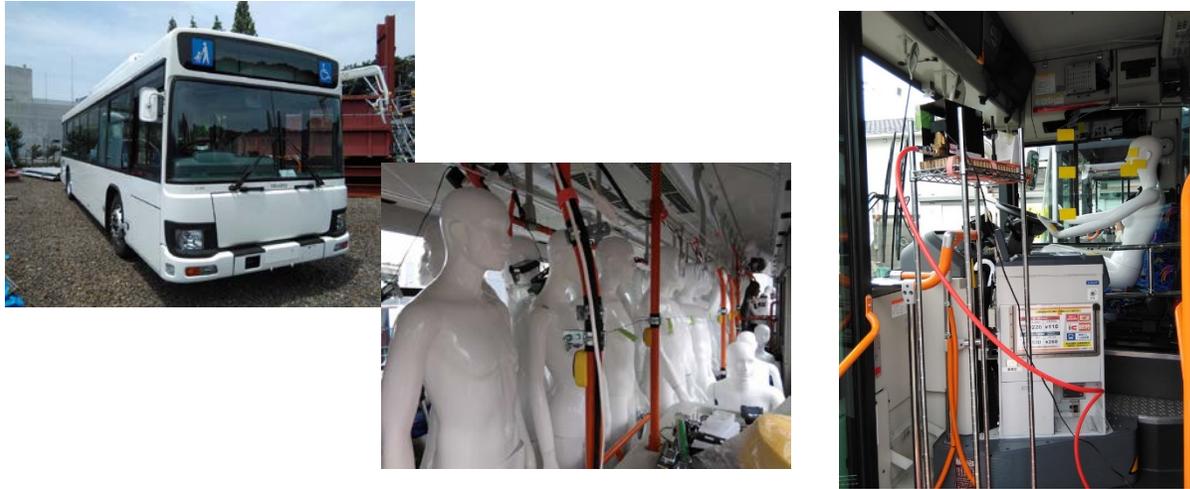


図. 調査バス車両およびバス車両内での計測の様子

- 走行時の換気回数は、条件により大きく変動することを確認
- 換気回数は、車速・窓開け面積に比例して増加
- 空調の稼働により粒子の減衰が加速（フィルターへの吸着）
- 乗客が排出する飛沫に対する防護板の効果を確認

实用化

社会実装

現在、圧損の小さなフィルターの開発
アクリル板の設置の拡大への基礎データ

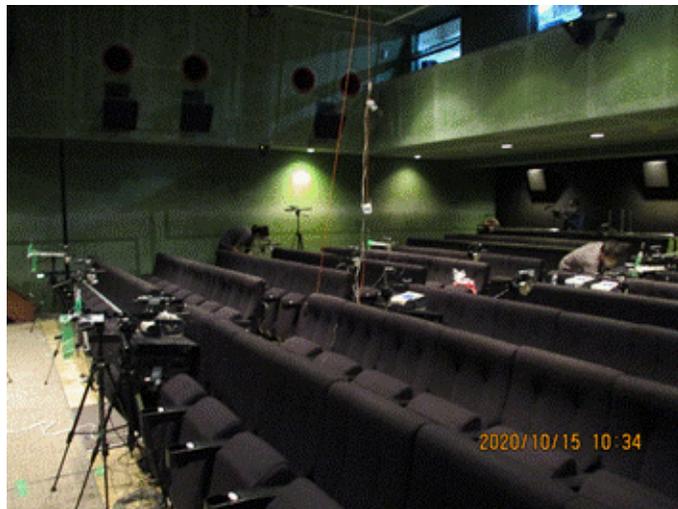
集客施設における換気状態や飛沫・飛沫核の拡散挙動の調査

結果は取りまとめ中

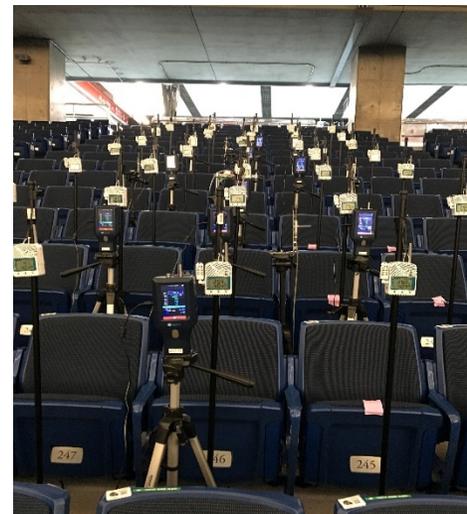
風洞における飛沫・呼気の拡散状態の可視化試験

実際の映画館における換気状態や観客の飛沫核の広がりを調査

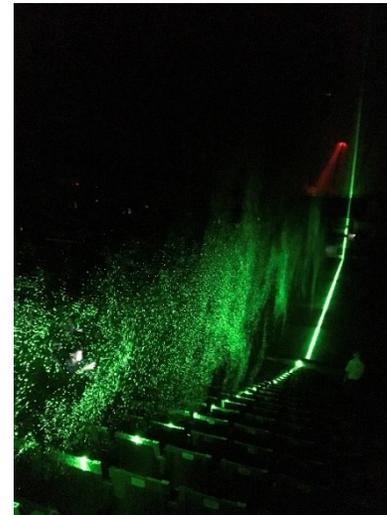
大型施設観客席における飛沫・エアロゾルの拡散挙動の可視化・定量化



映画館内の調査の様子



東京ドームでの調査の様子

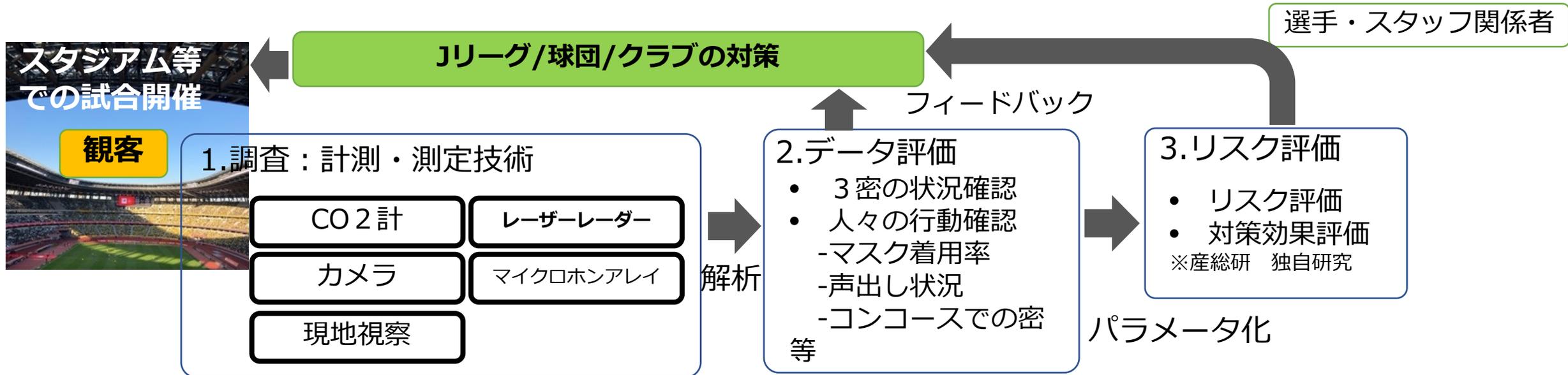


地図資源環境研究部門 保高 徹生/ **人工知能研究センター** 大西 正輝・坂東 宜昭
安全科学研究部門 内藤 航・篠原 直秀・岩崎雄一

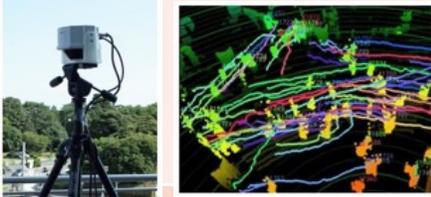
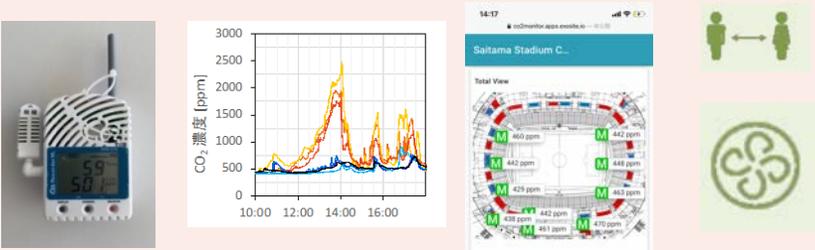
産総研が持つ計測・測定やAI技術を駆使して、スタジアム等での密の具合や人流、マスク着用率等の人々の行動を計測するとともに、それらをパラメータとするリスク評価モデルを構築することで、①～③を実現する。

- ①スタジアムにおける観客の感染リスクを評価
- ②対策の遵守状況を確認
- ③対策のリスク低減効果を評価

さらに、スタジアムなどでの大規模集客イベントの対策の指針作り、より効果的な対策の立案、人数制限緩和・強化等のプロトコル構築に貢献する。



どんな機器でどんな調査をしているのか

調査機材	評価内容	調査内容・結果イメージ
カメラ	拍手、万歳、ハイタッチなど10種類程度の行動の推定。マスク着用率およびマスク不着用の状況の把握	
レーザーレーダー	人間の位置および入場者間の平均距離	
マイクロホンアレイ	観客席の応援状況などを把握。スタジアム環境下では、観客の応援音声だけでなく、鳴り物やアナウンスなどさまざまな音が計測の妨害音として存在するが、このような環境下でのアレイ信号処理の技術的な適用可能性の探索	
CO ₂ 濃度計測器	密の程度の評価 換気の必要性情報の提供	

これまでに得られた知見

Jリーグのスタジアムやクラブハウスなどで新型コロナウイルス感染予防のための調査
https://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/2021/nr20210112/nr20210112.html (第1報)
https://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/2021/nr20210125/nr20210125.html (第2報)
https://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/2021/nr20210511/nr20210511.html (第3報)

① マスク着用率



- カメラによる撮影
- AIによる画像認識技術で評価
- 試合中のマスク着用率は、平均95.2%
- ハーフタイム中は平均85.6%

② 観客の声出し



- マイクロホンアレイおよびAIで評価
- 拍手が44%で主な応援手段
- 声出し応援は確認されず
- 観客の歓声は5%程度

③ CO₂濃度

- スタンドやコンコースでは密な状況は観測されなかった。

④ 観戦時の感染リスク評価

- 無対策と比較して、94%程度リスクが削減できていると評価

Jリーグのガイドライン・対策が守られることで、安全な観戦環境が構築

現在、新しい技術を試しながら、政府の技術実証における大規模イベントの感染予防のための調査（ワクチン接種による観客の観戦行動の変化の評価等）を実施中

今後の展開

感染症リスク評価・管理に資するエビデンス（実験データ）の提供

シミュレーションモデルの検証あるいは補完データの創出
（シミュレーションの結果との相互補完による科学的価値の補強）

様々な環境における感染症リスク対策の効果を定量化できるリスク評価の実現
（評価ツールの公開？）

新型コロナウイルス感染症のリスクを反映した管理指針の提案

事業者や個人の感染症リスク対策指針等の作成への貢献