

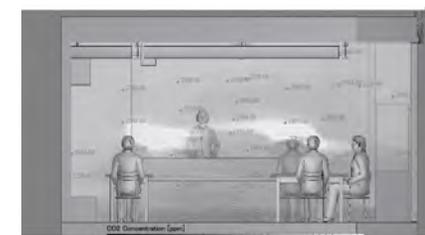
新型コロナ対策としての換気シミュレーションによる 室内気流の可視化及び性能評価基準の提案

芝浦工業大学 西村 直也

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

「三密対策」とその限界

- 「密集」・「密接」・「密閉」
- 「密集」・「密接」は個人で気を付けられるが、
- 「密閉」は専門家でも無いと分からない
- 換気の状態のモニタリング
 - ⇒ 汚染物質の発生点を特定出来ない
 - ⇒ 室そのものの評価にならない
- 空気の「偏在」をどう扱うか？



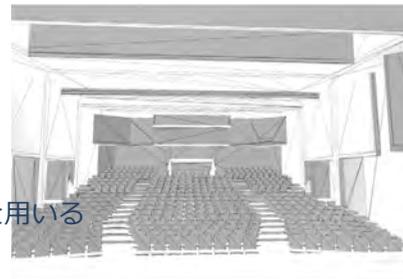
例) CO2濃度の偏在

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

基本的な考え方

上郡町生涯学習支援センター

- 空間中の空気の「偏在」の表現
- 「空気齢(空気余命)」指標の使用
- 汚染物質の排出特性を重視
- CFDによる解析
- 室内での「空気余命」のパーセンタイル値を用いる
 - 1) 汚染物質の発生点に依存しない
 - 2) 建物の設計段階で評価できる。
 - 3) ISO14644-1(Cleanrooms and associated controlled environment Part 1: Classification of cleanliness by particle concentration) 的な考え方



NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

基本的な考え方

- ISO14644-1 (クリーンルームの清浄度)
- 室内での対象エリアは、基本的にすべての箇所
- すべての箇所に対する清浄度の管理対象室全体の清浄度に対して、そのパーセンタイル値(95%)が所定の清浄度を維持していればOKとする。

その一方で、

- 汚染物質発生源(箇所)については、特に言及は無い。
- 「汚染源発生箇所に関係無く」室全体が清浄に保たれていることを重視

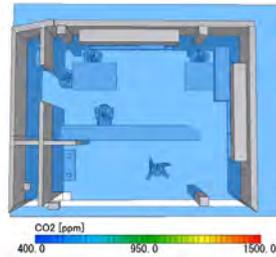
NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

基本的な考え方

一般的な居住空間に対して、

- 1) 汚染物質(人間? その他?)の**発生箇所が特定出来ない**。
- 2) 対象室全体の清浄度の度を管理したい。
- 3) CO2をはじめとする、トレーサーガス^{0.54.0}

では発生点を一意に決定すると、
その**発生点の違い**により、
「室に対する汚染排除の度合」が
計算出来ない。



NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

KCCI神戸プロジェクト

図2 神戸商工会議所HP

- 神戸商工会議所のプロジェクト
- 気流の動きを「**可視化**」し、改善を提案
- 「**依頼**」では無く「**参加**」
- 全て「**実名公表**」が前提
- ホール、会議室、店舗などの「**不特定多数**」が使用施設する施設
- 8組織が参加

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

解析対象建築物

Table 1 Objective Buildings

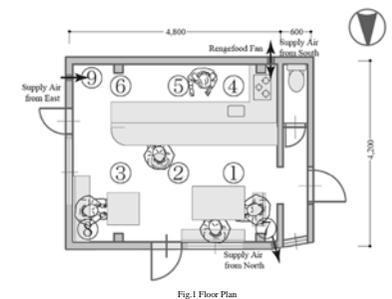
Buildings' Name	Air Volume [m ³]	Area [m ²]	Ceiling Hight [m]	Ventilation Air Volume [m ³ /h]	Ventilation Rate [-/h]	HACV System
Amazing	647.7	254.4	3.2	5,400	8.34	AHU + FCU
Libero	92.7	38.0	2.5	120	1.29	PAC + FE
Yutte	64.5	19.0	3.0	150	2.33	PAC + FE
Ibuki	474.1	184.9	2.5	1,581	8.55	PAC + HEX
Okazaki	8,507.7	2,431.9	2.5	20,880	2.45	PAC + HEX
Kamigohri	3,186.4	489.1	8.5	3,840	1.21	AHU
ShinshoHall	3,194.0	451.0	7.0	8,870	2.78	AHU
Nishiharima	2,976.2	437.5	6.7	3,450	1.16	PAC + HEX
ConferenceRoomA	285.4	92.0	3.0	1,786	6.26	AHU + FCU
Arima	1,191.8	268.9	7.7	2,400	8.92	AHU + FE
Suzuka	2,510.3	763.0	3.4	6,036	7.91	PAC + HEX

- KCCIプロジェクトをベースに、対象建物を拡張
- 「**依頼**」では無く「**参加**」
- 全て「**実名公表**」が前提
- ホール、会議室、店舗などの「**不特定多数**」が使用施設する施設

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

CFDと実建物での比較・検証

- ステップダウン法実験が行えなかった。ゴメンナサイ。。
- **CO2濃度分布**測定にてCFDの**精度確認**。
- 同時に多点測定の必要がある。
- その為に「**3次元多点測定CO2濃度計**」を開発
- 参加店舗「カフェ・ユッテ」にて実測
- 店舗内に**18か所の測定点**を設置
- 平面分布・垂直分布を同時計測
- CO2発生源として1) **コンロ**、2) 5人の**人間**を設定
- 1時間又はCO2濃度が2000ppmを超えた時点で計測終了



NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

3次元多点測定器

- **Raspberry Pi**を中核に構成
- 軽量小型なれど、**PCの持つ機能を全て実装**
- これに、各種のセンサー類を搭載
- Raspberry Piの持つ拡張性、**ネットワーク機能**を活用
- リアルタイムで中央に情報を提供。
- **遠隔操作**が可能



Measurement System



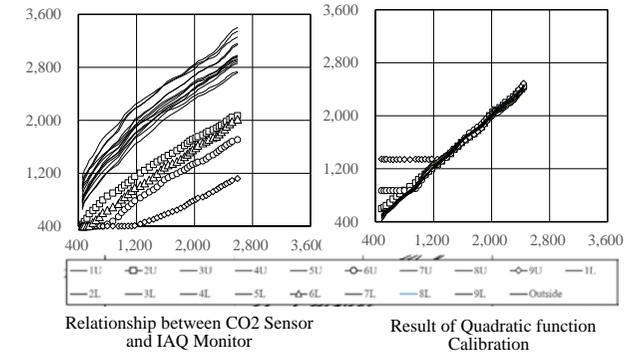
CO2 Sensor (MH-Z19C)



Temp. Humid. Sensor (BME280)

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

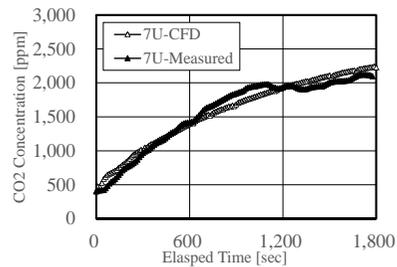
3次元多点測定器



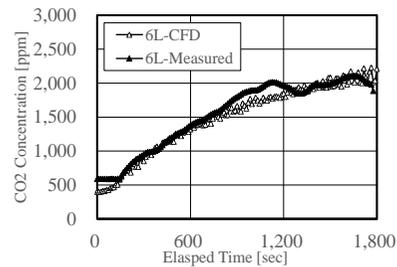
- 「**較正**」が必要
- 較正の結果、**極めて信頼性が高い事**を確認

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

3次元多点測定器



Comparison Between Measured and Simulated Value (7U)

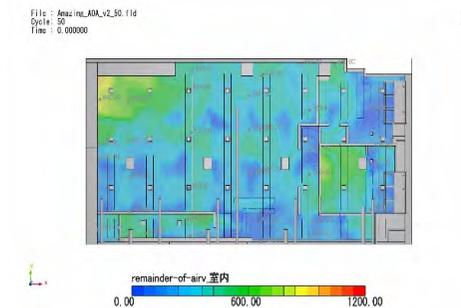


Comparison Between Measured and Simulated Value (6L)

- **十分な再現性**を持つことを確認
- このままCFDにて計算を続行

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

解析結果 (抜粋)

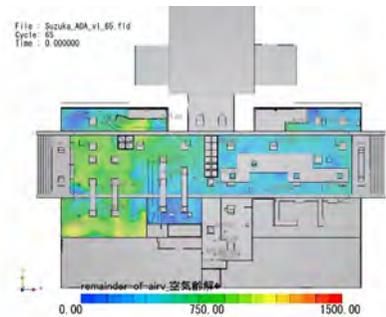


ROA of Amazing

- スポーツジム「アメイジング」での解析例
- 室内でのばらつきは小さい

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

解析結果（抜粋）

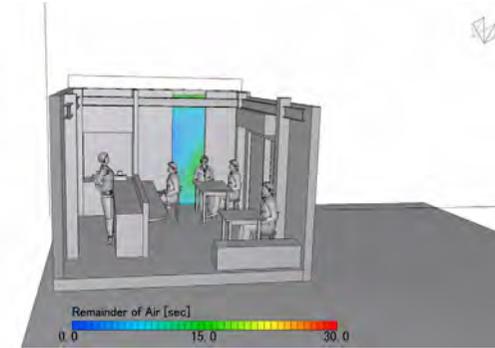


ROA of Suzuka

- 「鈴鹿パーキングエリア」での解析例
- 「アメイジング」に比べてばらつきが大きい

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

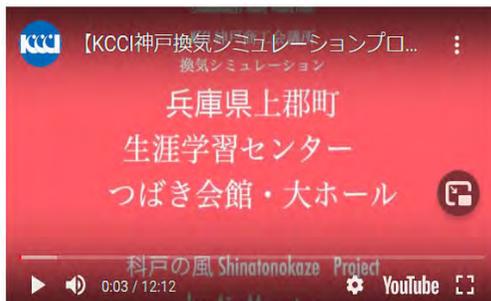
解析結果（抜粋）



- 「カフェ・ユッテ」での解析例
- かなり小さな物件でも、内部での違いは大きい

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

結果の公表

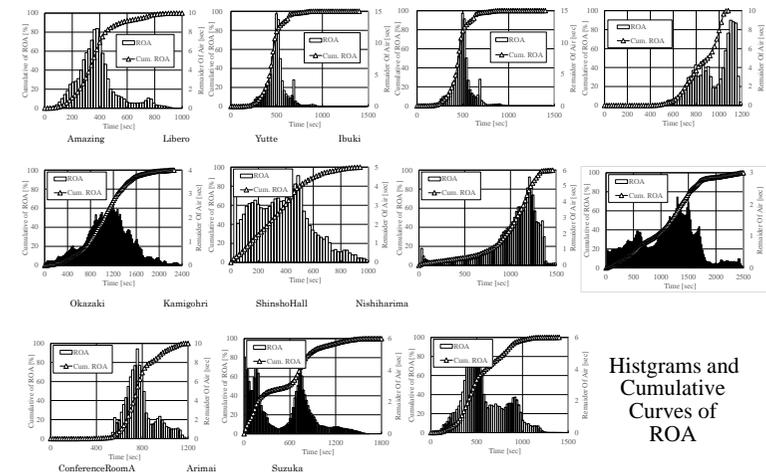


公開ビデオ

- 「見える化」の提示
- YouTubeにて公表
- 各施設においても、
 - 施設エントランスでのプレゼンテーション
 - HPでの公開

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

解析結果 – 空気余命分布



Histograms and Cumulative Curves of ROA

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

解析結果 - ドアの開閉による影響 (例)

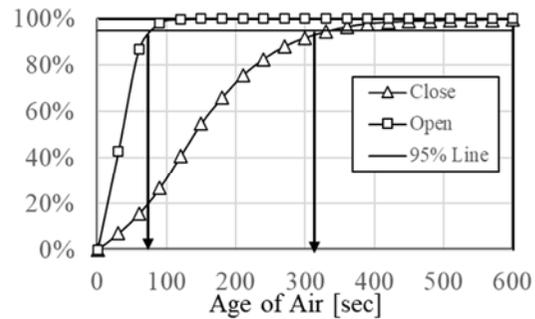
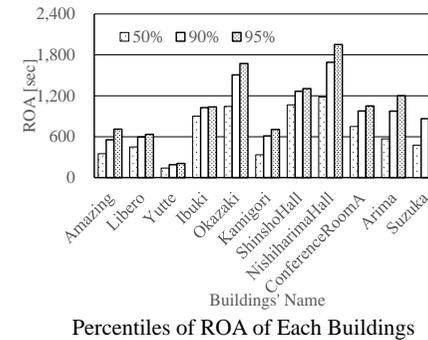


図6 空気更新率

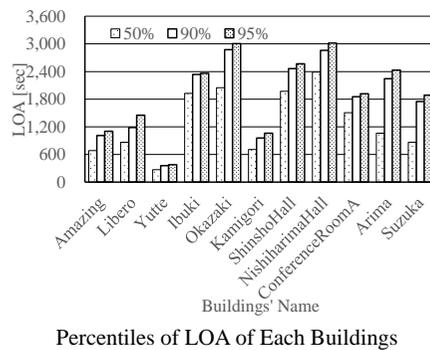
- 「カフェ・ユッテ」での解析例
- 同じ建物においても、ドアの開閉により空気余命の95パーセントは大きく異なる
- 空気質改善のための最も簡単な手法

解析結果-空気余命について



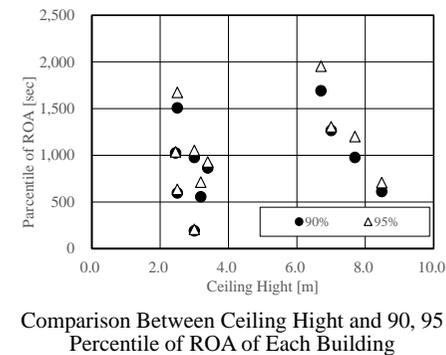
- 規模が大型化すると、ROAは伸びる傾向
- 本来はあまり関係無いはず。

解析結果-空気余命について



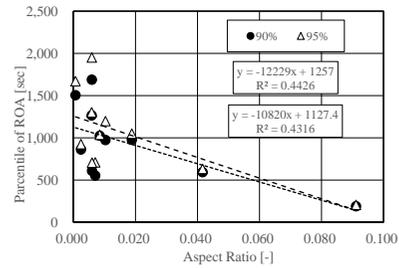
- 規模とはあまり関係無い
- LOA50パーセンタイルは換気回数の逆数なので、当然と言えば当然

解析結果-対象室との関係



- 天井高とROAのパーセンタイルの比較
- 天井高が二極化しているが、
- 全体にあまり関係性が見られない。

解析結果-対象室との関係



Comparison Between Aspect Rates of Rooms and Percentiles of ROA of Each Building

- (天井高)/(床面積の平方根)を「アスペクト比」と定義
- ROAの95パーセンタイルと比較
- アスペクト比が大きい程、ROAパーセンタイルが小さい傾向
- 「より背が高い」空間ほど、ROAパーセンタイルは良好
- 当初の予測とは逆の結果

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

まとめ

- 1) **空気齢(空気余命)**を用いて、建築室内の汚染物質除去度合の**指標の作成**を試みた。
- 2) 11物件に対して、空気齢その他を算出した
- 3) **3次元多点測定型CO2濃度測定器**の開発を試みた
- 4) **「見える化」**についてYouTube、HP等での公開を行った
- 5) 空気余命の見地から建築室内での**汚染除去**に関する特性を調べた
- 6) 居住域に対して、天井高が空気余命に大きく影響する事などを把握した
- 7) これらを含めた上での**設計指針**等についてを今後の課題としたい

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology

ご清聴ありがとうございます

NISHIMURA Lab., Shibaura Institute of Technology