

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

国士館大学

オールド・コーベ・カフェ

○西村 直也*

南 泰裕**

石原 慎***

汚染物質
二酸化炭素

評価
空気齢

数値流体解析
シミュレーション

はじめに

世界中で感染が広がっている新型コロナウイルス対策としていくつかの要素が挙げられるが、特に汚染物質の排出に関する建築学的な対応は急を待たれる。

本研究では、数値流体解析によって算出される「空気齢」の考え方をを用いて室内発生汚染物質の除去性能の指標とする事を提案する。そのために、1) CO2 を汚染物質の代表として数値流体解析の解析と、実測として室内発生汚染物質の除去状況の把握、および精度の確認を行い、2) 更に実在する建築 11 例を挙げ、空気齢を算出しその特性の把握を行った。

1. 数値流体解析と実測値の比較

多点同時測定 CO2 濃度計の開発を行った。RaspberryPi4 に CO2 センサを組み合わせたデータロガーを開発し、建物内に平面に 9 点、立面に 2 点、計 18 点、外気測定用に 1 台設置した。Fig.1 に平面図を示す。その測定結果と CFD による換気シミュレーション結果の比較検討を行った。

調査対象として大阪市内にある飲食店にて実測を行った。CO2 発生源は人間 5 人、ガスコンロを用意し濃度の経時変化を計測した。また対象建物内の濃度分布を数値流体解析から導き出し、両者の比較・検討を行った。

1.1 実測結果

人間 5 人、コンロを点火した状態で濃度上昇を計測した。1800sec を基準とし、室内での CO2 濃度が概ね 2,000ppm を超えた段階で実測を中止する事とした。実測結果を Fig.2 に示す。狭い空間にも関わらず、測定点の違いで濃度のばらつきが極めて大きい。また計測開始から暫くは濃度が上昇するが、1,200sec 時点あたりで一度濃度が減少している。その後は比較的横ばいの結果となる、室の下方より上方の方が濃度は高いなどの傾向がみられた。

1.1 CFD による解析結果

CFD 解析には熱による上昇気流の影響も含めて行った。コンロの出力と CO2 発生量については実測結果をもとにコンロの概略容量を想定した。モル計算によってコンロ出力 1W から発生する CO2 量を 3,600Lit/h として計算を行った。人間からの CO2 発生量については 40Lit/h とした。

隙間風および有圧扇、制気口の設定は、ドアの周囲に 5mm の隙間があると仮定し多重格子法を用いて 1,800sec の解析を行った。その結果を Fig.3 に示す。

1.2 実測結果と CFD との比較

室内での温度成層の影響を把握するために各制気口およびドア・窓廻りの隙間風量を算出した。各給気口での通過風量を Fig.4、隙間風量を Fig.5 に示す。制気口により内部発熱が増加すると、本来吸引するはずのものから逆に外部へ空気が流れている事が分かる。また Fig.5 より内部発熱が増加するに従って空気の通過量全体は増えるが、次第に逆流成分も発生し、ドア・窓の上部と下部では流入・流出が逆転する事が分かる。制気口部での温度変化に伴う空気の通過量の変化、ドア・窓での煙突効果などが、室全体

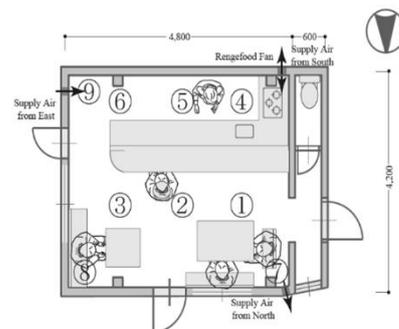


Fig.1 Floor Plan

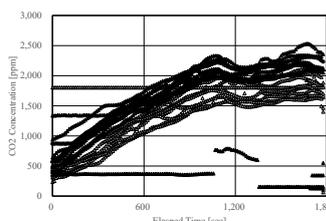


Fig.2 Temporarily Tendency of CO2 Concentration (Measured)

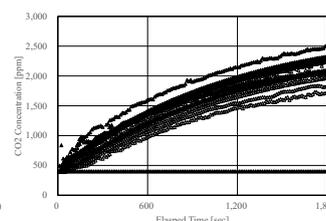


Fig.3 Temporarily Tendency of CO2 Concentration (Simulated)

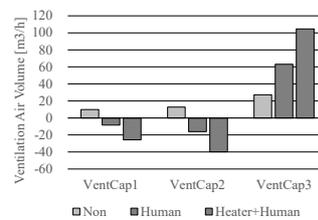


Fig.4 Air Volume of Each Inlet/Outlet

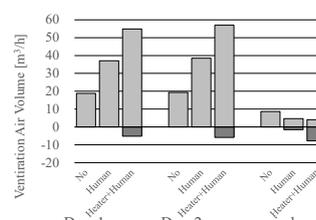


Fig.5 Air Volume of Leakage Point

の換気量の不整合や、制気口からの流入・流出量の不安定化を招いていると考えられる。

2. 空気齢を用いた汚染物質排除特性の検討

空気齢の考え方をを用いて、建築空間の汚染物質に対する排除特性の評価手法を提案する。品質保証の見地から、クリーンルームの空気清浄度規格 ISO14644 を参考とした。「室内全体に対してどの程度の体積割合が十分に清浄と言えるか」という評価軸に対して、評価指標として空気齢を用いることとした。

空気齢は幾つかの構成要素があるが、汚染物質の排出特性を表す「空気余命 (Remainder Of Air, 以下 ROA)」を使用した。空気齢は局所的な空気の滞留なども表すことが出来る。ここで使用する空気齢は換気回数によって基準化された SVE 指標では無く、基準化前の時間の単位を持つものを使用した。これは 1) 時間の単位を持つため直感的に把握しやすい事、2) 建物の規模に関わらず絶対的な汚染物質の排出特性などを表現出来る事、の2点がある。また設計段階で解析を行う事が可能であり、事前に対策をとることが出来る点もメリットである。

今回解析対象とした建築物の一覧を Table 1 に示す。設計図書が現存する場合はそれをベースに、無い場合は実測および現場調査で詳細に把握した。設計図書と実物が異なる場合が散見されたが、現状を優先した。

2-1 空気齢の解析結果

本研究では、居住域を床面から 2m とした。PAC や FCU からの吹出・吸込は空気清浄度とは関係が無いため風の流の影響のみを反映し ROA の計算からは除外した。

2-2 空気齢に関する考察

室の容積に対する、ROA のパーセンタイル値を算出した結果について Fig. 6 に示す。Yutte、Libero が小さい値を取るが、いずれも第 3 種換気による小規模店舗である。最大値となった Nishiharima は比較的大きなホールであり、2 番目の Okazaki も大規模な商業施設であるがその他は Amazing、Ibuki、Arima、Suzuka となる。用途も規模も異なり、あまり共通した要因が見当たらない。

次に換気回数の逆数(sec)と ROA の 95%tile の関係調べ

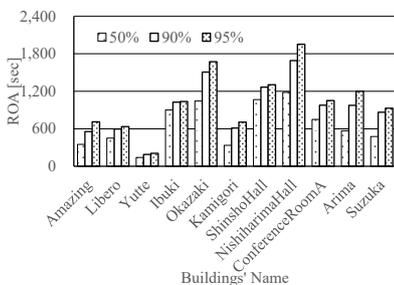


Fig. 6 Percentiles of ROA of Each Buildings

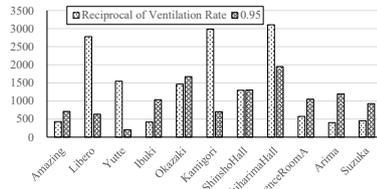


Fig. 7 Comparison between Reciprocal of Ventilation Rate and 95 Percentiles of Each Building

Table 1 Objective Buildings

Buildings' Name	Area [m ²]	Ceiling Height [m]	Ventilation Rate [-/h]	HACV System
Amazing	254.4	3.2	8.34	AHU + FCU
Libero	38.0	2.5	1.29	PAC + FE
Yutte	19.0	3.0	2.33	PAC + FE
Ibuki	184.9	2.5	8.55	PAC + HEX
Okazaki	2,431.9	2.5	2.45	PAC + HEX
Kamigohri	489.1	8.5	1.21	AHU
ShinshoHall	451.0	7.0	2.78	AHU
Nishiharima	437.5	6.7	1.16	PAC + HEX
ConferenceRoomA	92.0	3.0	6.26	AHU + FCU
Arima	268.9	7.7	8.92	AHU + FE
Suzuka	763.0	3.4	7.91	PAC + HEX

た。結果を Fig.7 に示す。換気回数が多いにも関わらず、ROA の 95%tile 値が高い空調設備は効率が悪く考えられる。良いと評価されるのは Libero、Yutte、kamigohri、悪いと評価されるものは Amazing、Ibuki、Arima などである。Ibuki を除けばいずれも天井高が高い傾向が見られる。そこで天井高と換気回数、ROA のパーセンタイルとの関係を調べた。(天井高)/(床面積の平方根)をアスペクト比と定義し、これとパーセンタイルとの比較を行った。この数値が小さいものほど、より「平べったい」形となる。Fig.8 に、空間のアスペクト比と、90%tile、95%tile との関係を示す。この図より、空間のアスペクト比と ROA パーセンタイル点には強い相関(R²=0.43~0.44)が見られ、アスペクト比が大きい(より背が高い)空間では、ROA パーセンタイルが小さくなる傾向が分かる。

3. まとめと今後の課題

本研究では空気齢の考え方をを用いて汚染物質の除去性能の指標とする事を提案した。そのために CO₂ を用いての実測と CFD の解析により精度の確認を行い、11 建築に対し空気齢を算出しその特性の把握を行った。以下に得られた知見を示す。

- 1) 汚染物質の除去には隙間風の影響が大きい。
- 2) ROA は対象室のアスペクト比の影響が大きい。

今後の課題として、統計的に十分な数のサンプルを集め、提案した指標の代表性を高める事などが挙げられる。

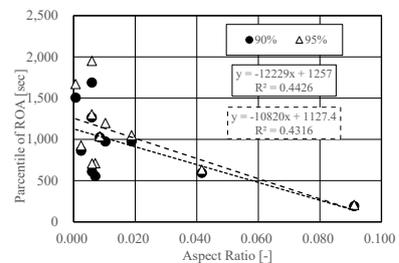


Fig. 8 Comparison Between Aspect Rates of Rooms and Percentiles of ROA of Each Building

*芝浦工業大学 建築学部建築学科

**国士館大学 理工学部理工学科建築学系

***オールド・コーベ・カフェ

*Shibaura Institute of Technology

**KOKUSHIKAN University

***Old Kobe Cafe