

CO2をベースとした室内の汚染状況の評価に関する研究

Keywords

室内環境 感染 換気
CO2濃度 気流解析

DZ19618 逸見亮太



1. 研究の目的と背景

厚生労働省はコロナ対策として、機械換気の場合、必要換気量一人当たり30m³/hの基準を設けている。コロナ対策の基準は、建築基準法(必要換気量1人当たり20m³/h)以上の換気を必要としており、その基準を満たしていれば「換気が悪い空間」には当てはまらないとしている。しかし、コロナ対策をするために、換気の基準である必要換気量を満たしていれば感染症を確実に予防することができるという根拠があるわけではない。

本研究では、CO2濃度から用途や規模の異なる建築物の室内における空気環境を評価した。機械換気において、CO2濃度を減少させる可能性のある条件を変数として、様々な条件で解析を行った。その評価に基づき、どの要素が室内のCO2濃度に強く影響を与えているのか調査する。そして、どの要素を調整することが、より効果的に感染症対策ができるのかを検討すること目的である。

2. 手法

2.1 研究手法

解析対象建築物の建築図面や設備図面を収集を行った。図面には記載されていない細部や建て替え等で、図面と違っている箇所の把握のために、現地で対象建築物のサーベイを行った。これらによって集られたデータをもち、GRAPHISOFT社のARCHI CAD ver24を用い対象建築物を3次元化した。

本研究において、CO2濃度を空気質の指標とした。基本的にCO2の発生は人間の呼吸によるものであり、室内のCO2濃度が上昇するのは、空気の流れが滞り、換気が十分に行われていないためである。そのため、CO2以外のホコリやウイルス等も室内に溜まりやすくなる。感染症対策をする上での室内の機械換気に主眼を置き、CFDによって解析をした。解析条件に変数を与え、30分後まで非定常解析した。その変数によりCO2濃度にどのような変化があるのかを検討をした。本研究において、CO2濃度を空気質の指標にする。室内のCO2濃度は空気が正常かどうかの指標として扱われるためである。換気量、収容人数、吹き出し風速の1要素がどれほどの影響を及ぼしているのかを検討するため、それぞれに対してパラメータを与える。それぞれの要素に水準値を定め、その水準値よりも大きい値、小さい値を定める。与えた変数を小さい方から、第1水準値、第2水準値、第3水準値とする。

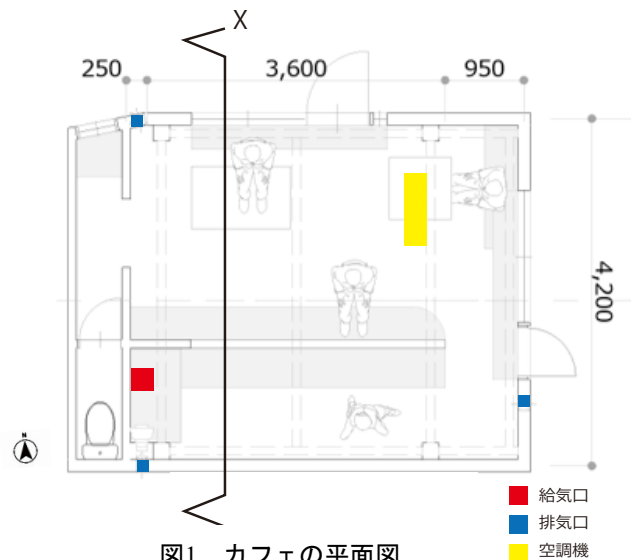


図1 カフェの平面図

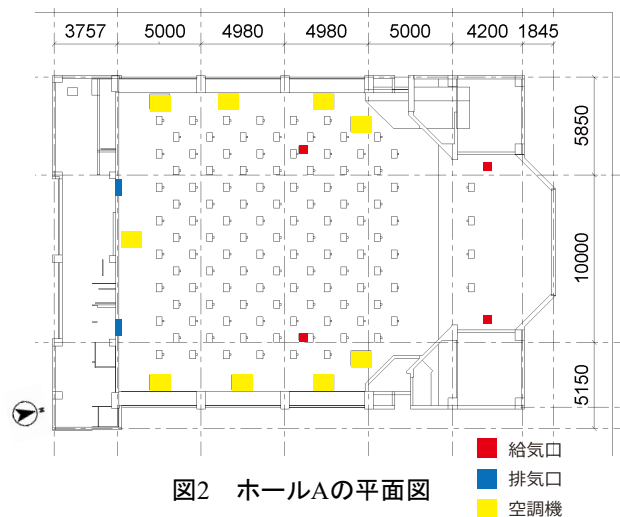


図2 ホールAの平面図

表3 カフェの解析条件

カフェ	第1水準値	第2水準値	第3水準値
換気量[m ³ /h]	20	30	35
収容人数[人]	1	3	5
風速[m/s]	1	2	4

表4 ホールAの解析条件

ホールA	第1水準値	第2水準値	第3水準値
換気量[m ³ /h]	20	30	35
収容人数[人]	60	115	230
風速[m/s]	1.5	2.5	4

風量と風速は互いに影響を及ぼす。そのため、換気量、収容人数、吹き出し風速いずれの場合の解析でも、空調の風量で設定を行う。そして、開口部の大きさにより風速を調整する。居住域のCO₂濃度の分布を10ppmずつの間隔ごとに累積体積を抽出する。累積体積のデータを相対度数に変換し、CO₂濃度の平均値を求める。これにより算出された、回帰直線の傾きにより、どの要素が強く影響するのかを比較する。また、室内の空気の流れも重要となるため、空気齢についても同様にデータを抽出した。

2.2 研究対象建築物の概要・解析条件

様々なタイプの建築空間のデータが得られるように、容積・収容人数・天井高の小さい理容室とカフェ、大きいホールA、ホールBを解析対象とした。カフェの平面図を図1に、ホールAの平面図を図2に、カフェの解析条件を表3に、ホールAの解析条件を表4に示す。

3. 解析結果

カフェにおける居住域のCO₂濃度の体積分布を図5,図6,図7に、断面のコンター図を図8,図9,図10に、ホールAにおける居住域のCO₂濃度の体積分布を図11,図12,図13に、居住域におけるCO₂濃度のパラメータ傾向を図14,図15に示す。過去の研究¹⁾も含めた、各対象建築物の回帰直線の傾きを表16に示す。

3.1 カフェの解析結果

表16より、CO₂濃度に大きく影響していた要素は、収容人数>換気量>吹出風速の順であることが示された。

図14より、換気量が増加するにつれて、CO₂濃度の平均値が小さくなっていることが確認できる。CO₂濃度累積体積のグラフの形状はほぼ同じである。これにより、攪拌には影響しないが、確実にCO₂濃度の平均値を下げる可以考虑。

図14より、収容人数が増加することで、CO₂濃度が増加していることが確認できる。よって、収容人数の増加はCO₂濃度に大きく影響する要素であることが示された。

図8,9,10より、吹き出し風速が増加することで、室内全体の空気がより攪拌されていることが示されている。しかし図14より、呼吸域で見ると吹き出し風速が増加しても、CO₂濃度の平均値が減少するわけではないと考えられる。カフェは排気口がフードの換気扇の一つのみとなっている。そのため、そこまでCO₂を送るための風速が必要となる。図9を見ると、風速が2m/sである時では換気扇の位置までCO₂が送れていないことが示されている。一方で、図10より、風速が4m/sである時は換気扇の位置までCO₂を送れていることが示されている。これが風速2m/sと風速4m/sの場合で大きくCO₂濃度が異なった要因であると考えられる。また図8より、風速1m/sの場合では、室内全体の空気を攪拌することができていない。しかし呼吸域でのCO₂濃度は減少している。これは、風速が弱

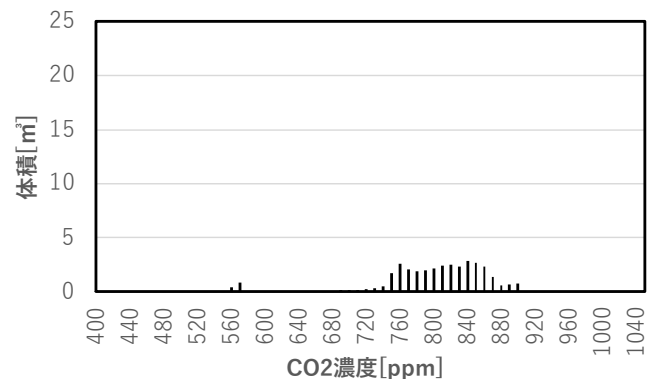


図5 カフェのCO₂累積体積分布
換気量:30m³/h 収容人数3人 風速:1.0 m/s

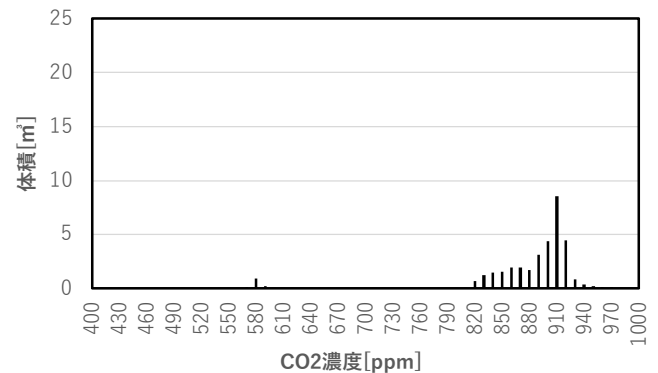


図6 カフェのCO₂累積体積分布
換気量:30m³/h 収容人数3人 風速:2.0 m/s

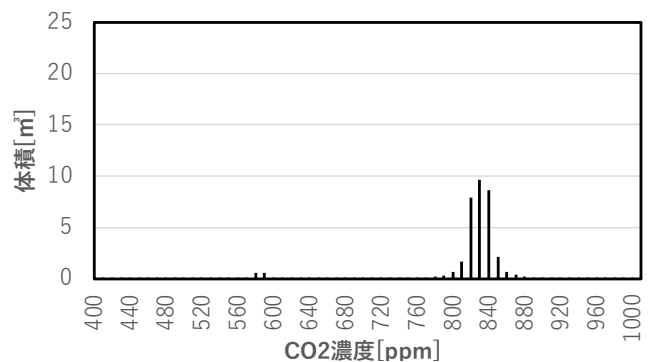


図7 カフェのCO₂累積体積分布
換気量:30m³/h 収容人数3人 風速:4.0 m/s

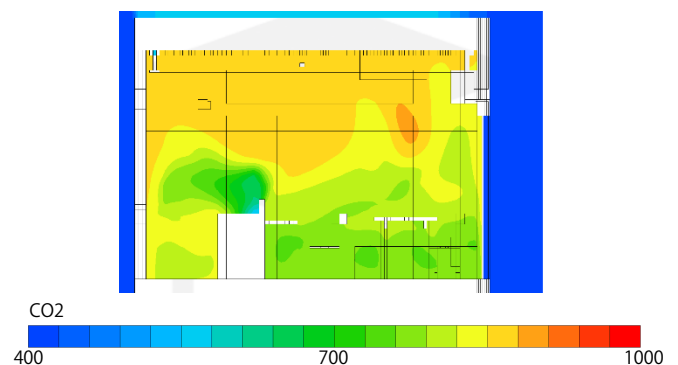


図8 カフェのコンターX断面図
換気量:30m³/h 収容人数3人 風速:1.0m/s

すぎることによって、床付近にある空気のコ2濃度が低いからである。以上より、カフェにおける風速2m/sは中途半端な風速となり呼吸域でのCO2濃度が上昇したと考えられる。

3.2 ホールAの解析結果

ホールAにおいては、吸気口が4つ、排気口が2つで換気をしている。全熱交換器で外気を取り入れており、室内の空気を1/3、外気を2/3として4つの吸気口から給気している。表16より、回帰直線の傾きを見ると、CO2濃度に大きく影響していた要素は、収容人数>換気量>吹出風速の順であることが示されている。

図15より、換気量が増加するにつれて、CO2濃度の平均値が小さくなっていることが示されている。しかし、CO2濃度体積分布のグラフの分布幅の広さは、換気量が増加しても変化していない。したがって、換気量は攪拌には影響しないが、確実にCO2濃度の平均値を下げることができると考える。

図15より、収容人数が増加することでCO2濃度が増加することが確認できる。よって、収容人数の増加はCO2濃度を増加させる大きな要因であることが示された。

コンター図を見ると、吹き出し風速が増加するにつれて、室内全体のCO2濃度が、より攪拌されていることが示されている。しかし図15より、呼吸域でのCO2濃度平均値には影響していないことがわかる。ホールAは天井高の高いものとなっている。しかし空調機が高さ2.5mの位置についている。そのため吹き出し風速が1.5m/sの場合でも、空調機の影響が現れやすい環境となっている。よって、ホールAの呼吸域のCO2濃度においては、風速が1.5m/sの場合でも十分であり、風速の増加による変化があまりなかったと考えられる。

4. 考察・今後の課題

4.1 考察

本研究では換気量、収容人数、風速の全ての因子でCO2濃度を下げることが可能と示された。その中でも最も影響力が大きい要素は収容人数であった。回帰直線の傾きを見ると、換気量と風速の影響力は、同程度だということが示されている。

換気量については、過去の研究も含め全てがマイナスの値を示した。これは換気量が増加することで、確実にCO2濃度を減少させることができるということである。影響力は小さいが、確実にCO2濃度を減少させることのできる方法であると考えられる。

最も影響力の大きい収容人数でも、換気量と同様に確実にCO2濃度を減少させることができると考える。回帰直線の傾きは、全てプラスとなっておりその値も大きい。CO2濃度を減少させるためには、最も良い方法である。

吹き出し風速においては、回帰直線の傾きがプラスの場合とマイナスの場合があった。また、過去の研究より、

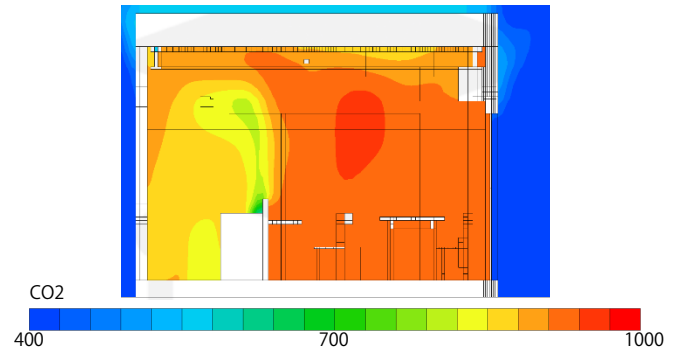


図9 カフェのコンターX断面図
換気量:30m³/h 収容人数3人 風速:2.0m/s

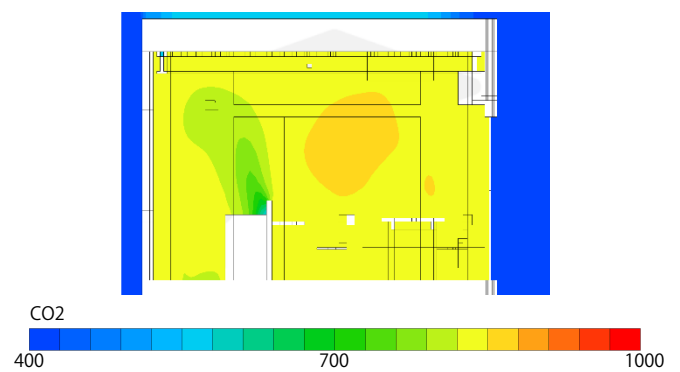


図10 カフェのコンターX断面図
換気量:30m³/h 収容人数3人 風速:2.0m/s

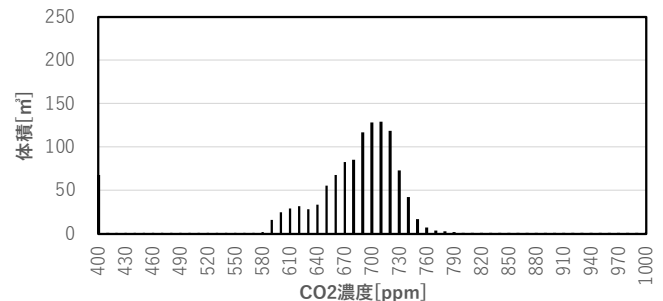


図11 ホールAのCO2累積体積分布
換気量:30m³/h 収容人数115人 風速:1.5m/s

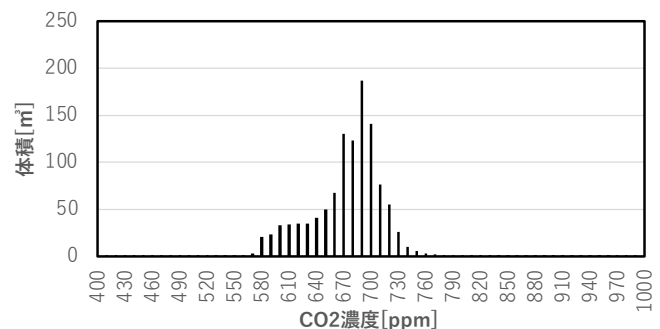


図12 ホールAのCO2累積体積分布
換気量:30m³/h 収容人数115人 風速:2.5m/s

天井高が高いと風速の影響が大きいと考察されていた。しかし本研究においては、理容室では風速の影響が大きくでており、ホールAでは風速の影響は小さかった。これにより、風速には室内空調の配置や換気量も影響する可能性があると考えられる。解析対象であるカフェのように室内の排気口が1つで、端にあるような空調であると、風速が小さい場合において、人間周囲の空気は攪拌できても、排気口付近の空気までは攪拌できない状態となる。一方でどれだけ大きい風速で室内空気を攪拌しても、換気量を増やさない限り、室内のCO2濃度を下げることができないと考える。しかし、それらの条件を適切に組み合わせることで、室内のCO2濃度を大きく減少させることができることも確認できた。したがって、吹き出し風速は様々な条件を考慮し、適切な値にすることが良いと考えられる。

以上より、コロナ対策のためには収容人数を減らすことは、影響力が大きく確実な方法であると考えられる。換気量を増加することも、影響力は劣るが確実にコロナ対策が可能である。また、吹き出し風速においてもCO2濃度を減少させることができ、コロナ対策をできると考えられる。しかし、吹き出し風速においては、風速を増加させればコロナ対策をできるわけではない。風速を適切な値にすることで、コロナ対策が可能になると考えられる。

4.2今後の課題

風速の影響力には、天井高のみが関係しているとは限らず、換気量や空調の配置なども影響する可能性があることが示された。本研究において、風速の値を変動させる場合は、換気量・人数の値は変動させていない。しかし、風速と換気量の二つの数値を変動させることで、CO2濃度を大きく減少させる可能性があると考えられる。変数値を1つではなく、2つ変動させても大きな成果を得ることができると考える。

本研究で対象とした建築物は、天井高が高いものと低いもので大きく分類して選定した。しかし、各対象建築物の空調機の方式や配置、換気方式が大きく異なる建築である。それらの違いにより、多少の誤差が生じる可能性がある。これまでの研究により天井高、空調機の高さによる影響が大きいことが示されている。そのため、これらのみが異なる建築物を自身で作成し、その他の条件を同じにすることで、更に正確な比較ができると考える。そのため、既存建築物を解析するのではなく、作成した建築物を解析することを検討してもよいと考える。

参考文献

- 1) CO2濃度に基づく感染症対策のCFDを用いた研究事例
- 2) 「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法

<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf>

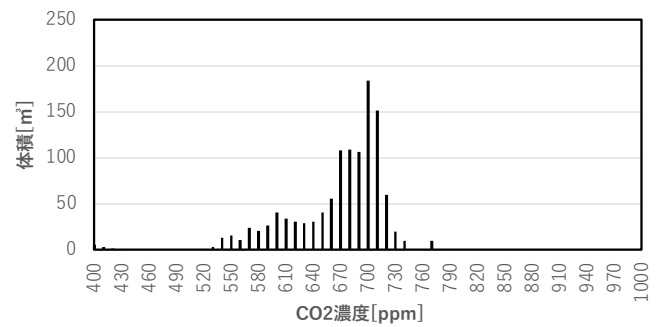


図13ホールAのCO2累積体積分布
換気量:30m³/h 収容人数115人 風速:4.0m/s

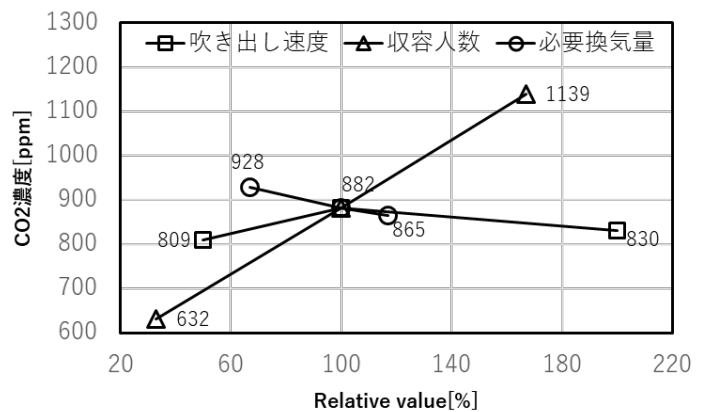


図14 カフェにおけるCO2濃度のパラメータ傾向

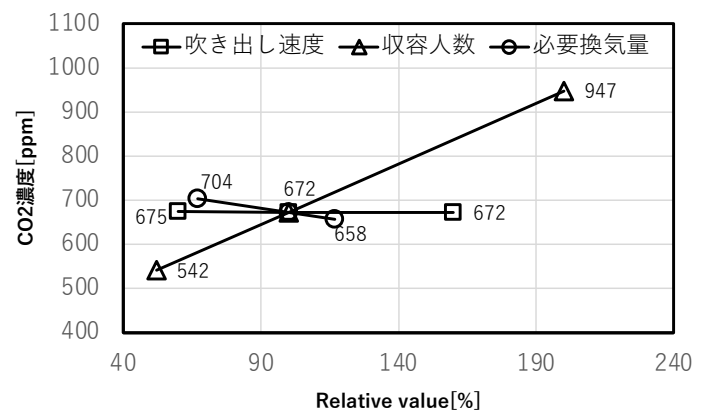


図15 ホールAにおけるCO2濃度のパラメータ傾向

表16 過去の研究も含めた回帰直線の傾き

建築物名称	換気量	収容人数	吹き出し風速
理容室	-0.05	2.80	-1.35
カフェ	-1.30	3.80	0.04
会議室	-0.87	3.89	-0.80
ホールA	-0.94	2.74	-0.03
ホールB	-0.83	2.80	-0.99
ホールC	-1.18	4.77	-1.50