

実空間上におけるCO2の計測とCFDとの比較に関する研究

一 隙間風の影響について 一

DZ20209 吉井 大樹

Keyword

室内空気環境 隙間風 外乱要因
圧力分布 流量 CFD解析

1. はじめに

2019年ごろから流行しているCOVID-19の影響により、感染拡大防止の必要性が問われているため、室内の換気的重要性が増している。当研究室では2020年度からKCCI神戸商工会議所換気シミュレーションプロジェクトを立ち上げた。この活動は神戸を中心に公共施設や小規模施設などさまざまな建築を対象として換気シミュレーション、換気環境改善策提案を行う。当研究では上記プロジェクトで使用しているCFD解析の整合性をCO2を利用して調査するものである。

昨年度までの実測、解析の比較で、ドア付近では隙間風が起きていることや、外乱要因(列車)からの突風により、実測値とCFDが算出したデータの不整合性が起きていることが分かっている。そのため、本研究は、隙間風の影響や列車からの影響を加味した比較・検討を行う。

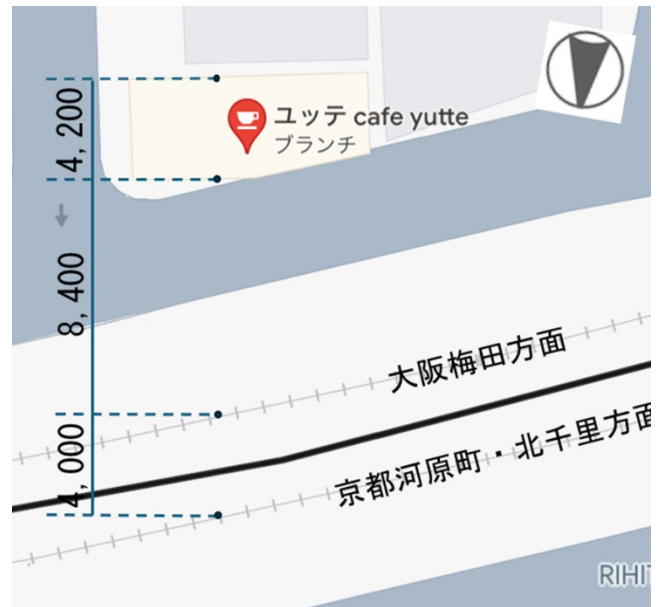


Fig.1 対象建築の周辺図 1/500

2. 手法

2.1 解析概要

対象建築は、大阪市内にある20m²程度の小規模な喫茶店である。対象建築の直近には電車の線路があり、そこからの外乱の影響も強いと考えられる立地である。概略周辺図をFig.1に示す。この建物を忠実に再現されたモデリングと近くを通る列車を想定した物体を、実際に測定した列車の速度で動かし、HEXAGON社STREAMによる解析を行った。隙間風の設定のためには、かなり詳細なメッシュ切りが必要となる。しかし実際にどの程度の隙間風があるのか計測するのは極めて難しい。ここでは、ドアの周囲に5mmの隙間があると仮定し、ドア付近を詳細に解析するために多重格子法を用いて解析を行った。また、制気口周辺にも多重格子を設定した。なお総メッシュ数は600万程度となっている。動かす電車は、喫茶店から8.4m離れた線路を通る大阪梅田方面とそこからさらに4m離れた線路を通る京都河原町・北千里方面の2方向で解析を行う。また、Fig.2のように隙間のあるドア1、2の内側と外側に観測点を、給気口である1、2、3の内側と外側にも観測点を設け、列車通過における建物への影響を解析1.圧力、解析2.流量、さらに室内にも観測点を平面に9点、立面に2点の計18点設けるとともに、二酸化炭素濃度を初期条件として室内2,000ppm、外気400ppmで

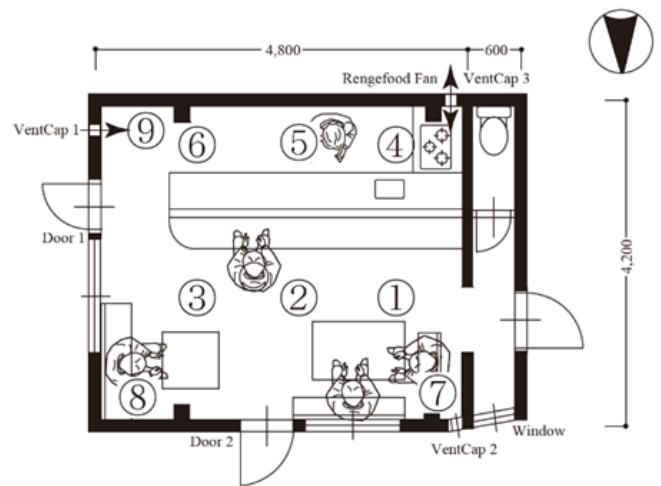


Fig.2 観測点配置図

Table1 列車 通過速度

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰
大阪方面[km/h]	82	74	80	72	73	71	70	48	84	53	77	74	75	52	55	86	76
京都方面[km/h]	74	74	75	77	79	75	70	81	76	78	76	73	80	64	70	84	79

設定し、大阪梅田方面の最高速度で設定した場合での解析3.1両(20m)でのCO2濃度、解析4.3両(60m)でのCO2濃度の4点の解析を行い比較・検討を行った。

2.2 列車の速度計測

実際に対象建築の近くを通る阪急京都本線の速度を把握するため、2023年6月26日に通過速度を計測した。列車通過速度計測にはスピード計測器(Bushnell)を使用し、定点計測をした。大阪梅田方面と京都河原町・北千里方面の2方向を2時間分の計測を行った。計測は、阪急京都本線の普通、準急、特急の3種類の列車を実測したが、種類ごとに速度の平均値を取ると、かなり近い値であるため、種類による速度の違いでの影響の差はないものとする。その結果をTable1に示す。

3. 解析結果

解析1) 動かす列車は、大阪梅田方面と京都河原町・北千里方面の2方向の実際の計測で得られた速度で動かし解析を行った。圧力と時間との関係を列車のあるなしで比較した結果がFig.3である。列車が通ることによって圧力の変化が起きていることが確認できる。列車の速度は最高速度とし、ドア1での大阪梅田方面と京都河原町・北千里方面の2方向での圧力と時間の関係を比較した結果がFig.4である。大阪梅田方面の列車が通った時の方が、圧力の変化が大きいたことが分かる。また、列車の速度は最高速度とし、大阪梅田方面のドア1、2、給気口1、2、3の内側と外側の観測点の圧力と時間の関係を比較した結果が、Fig.5とFig.6である。この結果を見ると、内側と外側の各観測点で圧力の差が生まれていることが分かる。そして、特にドア2や給気口2での圧力差が大きいこともわかる。圧力分布の結果であるFig.6、Fig.7を見てみると、列車の通過の直前は正圧に、通過中は負圧、通過直後は再び正圧になり、その後は正圧と負圧が交互に見られ、列車を動かす前の状態に戻ることが分かった。

解析2) 各観測点の流量の結果であるFig.8、Fig.9を見ると、各給気口・扉に流量の変化が表れており、特に扉2箇所に影響を与えていることが分かった。各給気口で比べると、線路との直線距離が近く、列車が通る北側の観測点で変化が大きくなっている。扉についても同様のことが言える。大阪梅田方面と京都河原町・北千里方面の2方向で比べると、京都河原町・北千里方面の方が観測点で流量の変化が小さいことが分かる。これは圧力変化の結果と同じように、大阪梅田方面の線路が京都河原町・北千里方面の線路よりも近いため列車の影響を受けやすいと考えられる。

解析3) 最高速度とした大阪梅田方面での観測点①～⑨のCO2濃度と時間の関係の結果であるFig.10、Fig.11を見ると、室内の観測点①～⑨では全体の傾向として下部の

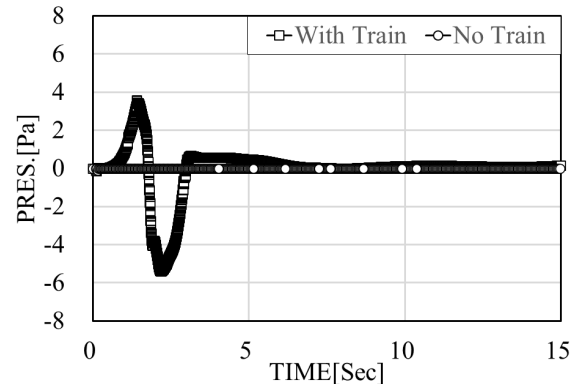


Fig.3 列車の有無での扉1 最高速度 圧力比較

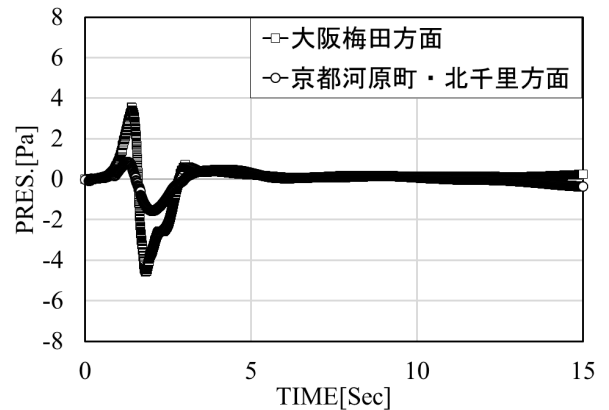


Fig.4 各方面での扉1 最高速度 圧力比較

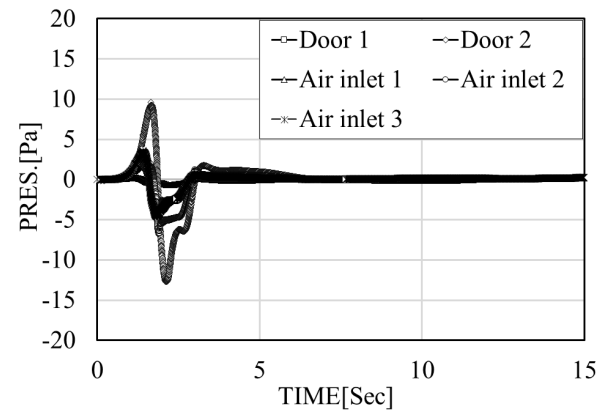


Fig.5 大阪梅田方面 内側観測点 圧力比較

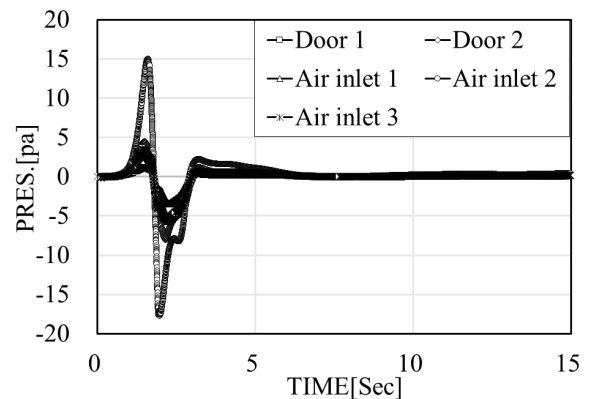


Fig.6 大阪梅田方面 外側観測点 圧力比較

観測点よりも上部の観測点でのCO2濃度の変化が大きい傾向にあることが分かる。また、観測点⑥などの給気口に近い観測点や、扉に近い観測点②や③などは他の観測点よりもCO2濃度の変化が大きいことが分かる。そして、列車が通過した約10秒後にCO2濃度が大きく変化し始めていることも分かる。扉と給気口のCO2濃度と時間の関係であるFig.12、Fig.13の結果を見ると、扉と給気口のすべての観測点でCO2の濃度変化が起きており、列車が通過することでの影響を受けていることがわかる。また、解析を開始するとすぐにCO2濃度が下がり、そこに電車が通過すると2000ppm付近まで濃度が一気に上がり、そこから400ppmから2000ppmの間で濃度の上昇と下降を繰り返している。

解析4)3両での観測点①～⑨のCO2濃度と時間の関係の結果であるFig.14、Fig.15を見ると、観測点⑥ではCO2濃度の変化が1両の場合と比べると変化量が大きくなっていることが明らかであるが、他の点では観測点⑥程のCO2濃度の変化量の変化は見られなかった。これは、観測点⑥が給気口の近くで列車が通過することでの影響が出やすい場所であると考えられる。Fig.16、Fig.17結果を見ると、扉1と2や給気口2で1両の場合と比べ、CO2濃度の変化の上下の頻度が少なくなっていることが分かる。この三つの観測点は、流量の解析をした際、流量の変化が大きかった点であり、これら点は列車が通過することでの影響を受けやすい場所であり、3両よりも車両を増やした際にはこれらの点で、CO2濃度の変化の上下の頻度がより少なくなるような変化がみられると考えられる。

4. まとめ

本報告で得られた知見として、

- ①列車が通ることによって圧力差が各観測点で生まれる
- ②2方向のうち、大阪梅田方面の列車が通過した時の方が各観測点の内外での圧力差が約±2ほど大きい
- ③列車の通る前は正圧に、通過中は負圧、通過後は再び正圧になる
- ④この列車が通過した時の建築内外での圧力差が隙間風を生み出していると考えられる。
- ⑤扉2か所で列車が通過すると流量の変化が大きい
- ⑥流量の変化があることからCO2にも影響があると考えられる
- ⑦下部の観測点よりも上部の観測点でのCO2の変化が大きい傾向にあり、特に観測点⑥などの給気口に近い観測点や、扉に近い観測点②や③で変化が大きい
- ⑧列車が通過すると2000ppm付近まで濃度が一気に上がり、そこから400ppmから2000ppmの間で濃度の上昇と下降を繰り返している。
- ⑨観測点⑥ではCO2濃度の変化が1両の場合と比べると変化量が大きくなっているため、給気口が近く、列車が通

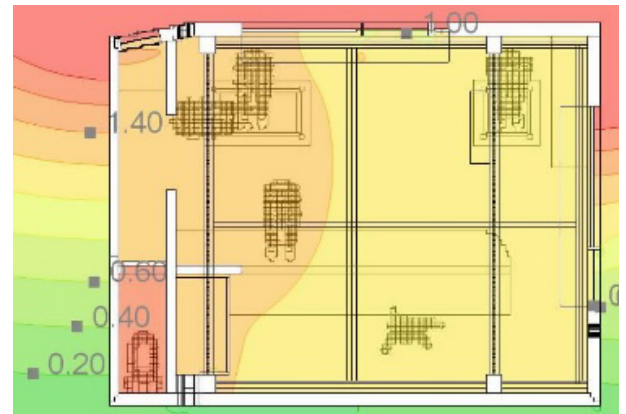


Fig.7 電車通過直前 圧力分布

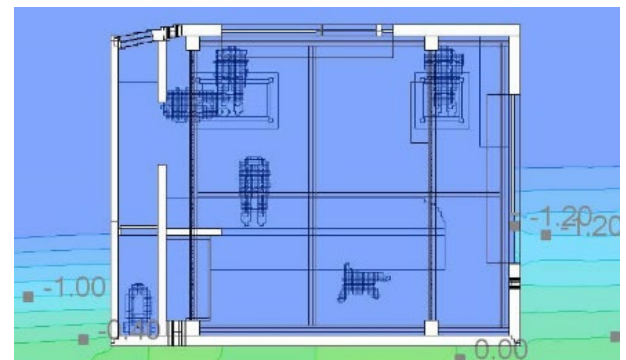


Fig.8 列車通過中圧力分布

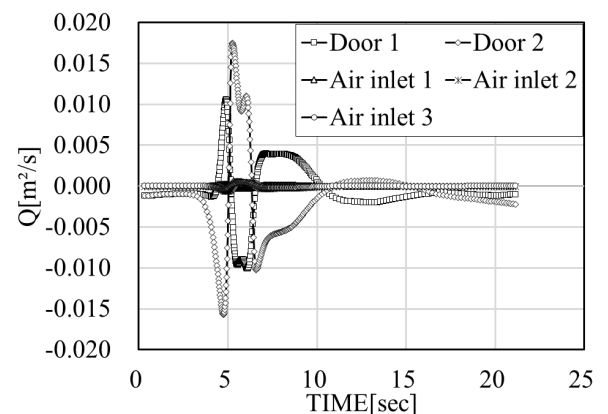


Fig.9 梅田大阪方面 各観測点 流量

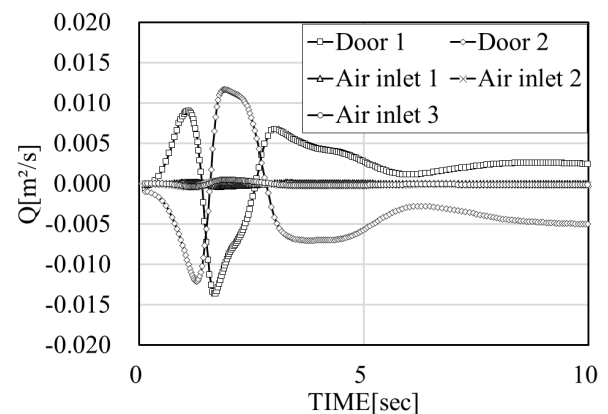


Fig.10 京都河原町・北千里方面 各観測点 流量

通過することでの影響が出やすい場所と考えられる。

⑩扉1と2や給気口2で1両の場合と比べCO2濃度変化の上下の頻度が減少しているが、これらは列車の影響を受けやすく、3両よりも車両を増やした際には、よりCO2濃度変化の上下の頻度が少なくなると考えられる。

5. 今後の課題

今後は列車の影響をより詳細に考察するために車両数をさらに追加した場合や現在は解析にかかる時間の問題で30秒ほどしか解析できていないためより長い時間での解析での考察が必要となる。以上を行うことでより正確な隙間風および外乱要因の影響を考えていく。そして、隙間風および外乱要因の影響を加味した実測との比較を行うことで正確なCFD解析の整合性を調査する。

6. 参考文献

<https://www.google.co.jp/maps>

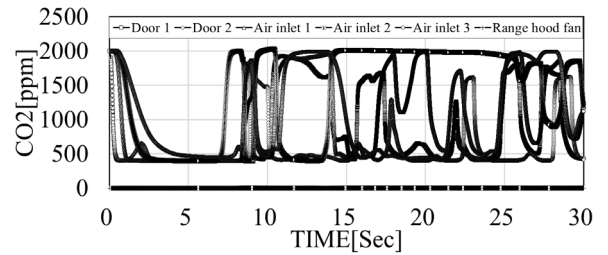


Fig.14 1両 各内側観測点 CO2濃度

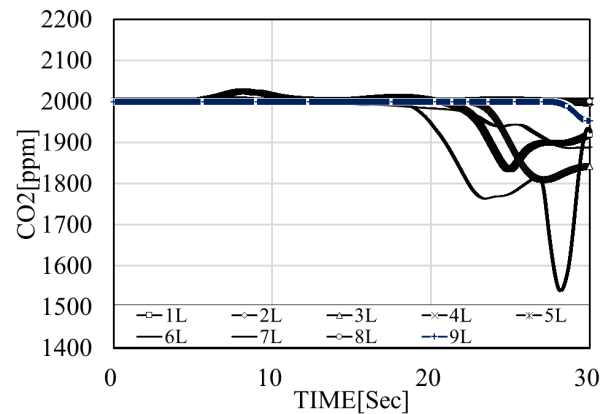


Fig.15 3両 室内下観測点 CO2濃度

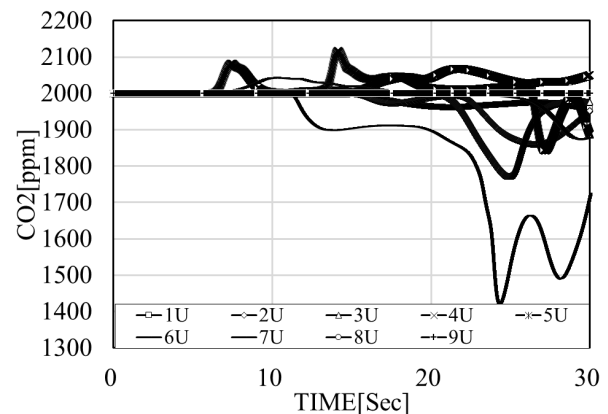


Fig.16 3両 室内上観測点 CO2濃度

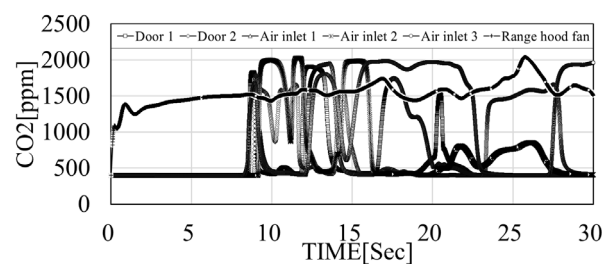


Fig.17 3両 各観測点 外 CO2濃度

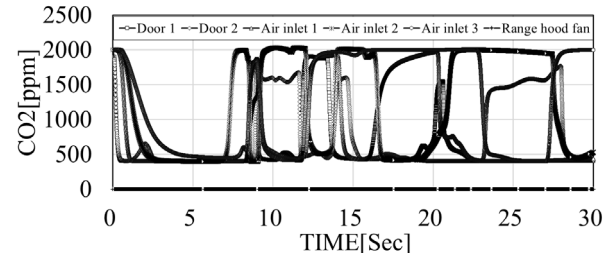


Fig.18 3両 各観測点 内 CO2濃度

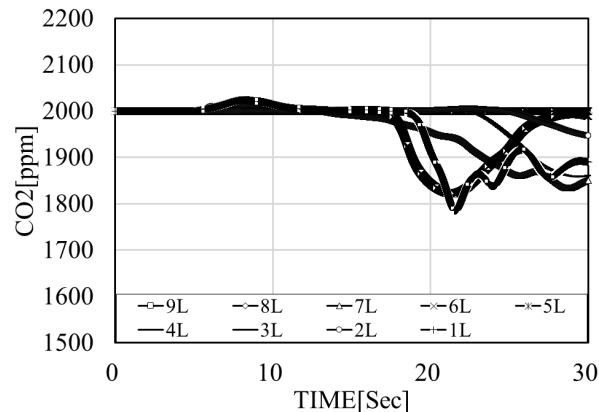


Fig.11 1両 室内下観測点 CO2濃度

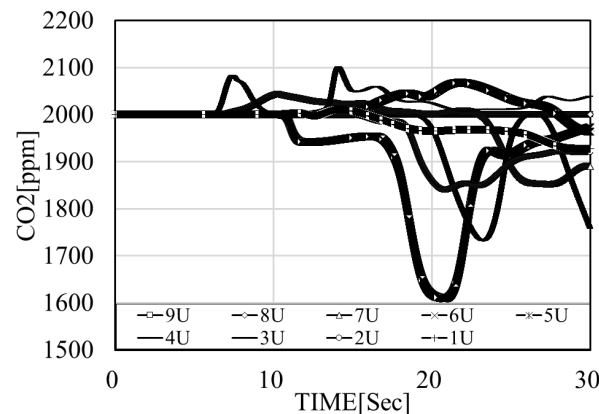


Fig.12 1両 室内上観測点 CO2濃度

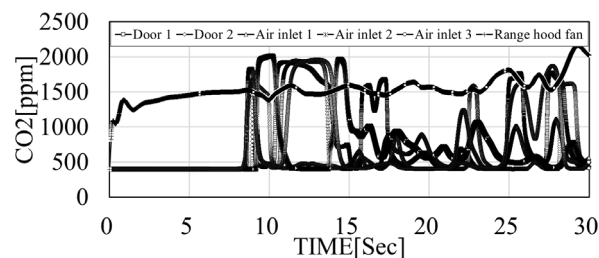


Fig.13 1両 各外側観測点 CO2濃度