

# フードコートにおける空気環境の分布に関する研究



DZ19619 牧 龍司

## Keywords

空調機 空気環境 人口密度  
ウイルス CO<sub>2</sub>濃度 フードコート

## 1. 背景と目的

およそ2年半前よりコロナウイルスが世界的に問題となっており、現在もなお解決されてはいない。そこで現在の対策として、マスクをつけることやこまめな換気を行うこと、消毒などが代表的に行われている。住居・学校・電車などは窓を開け換気をしてコロナウイルスの対策を行っているが、ショッピングモールなどの窓の少ない環境では、空調の働きがさらに重要となる。窓の少ないショッピングモールの中でも、実際にクラスターが発生しやすいと思われるフードコートを対象として空気環境の状態をシミュレーションを行い分析した。

本研究ではCFD (Computational Fluid Dynamics) によりフードコートの空気環境の解析を行い、フードコート内の空気環境を評価する。空気環境が悪い場合は問題点を分析し、空気環境の良いフードコートの実現を模索することを目的とする。

## 2. 手法

### 2.1 フードコートの概要

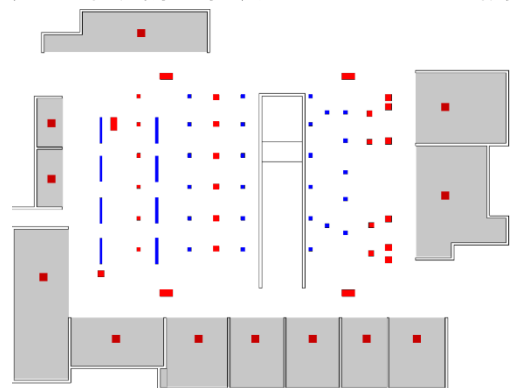
本研究ではフードコート4つの解析を行う。面積、空調設備、想定人数、人口密度を示したものを表1、各フードコートの空調配置を示した図面を図1~4に示す。店が灰色部分である。

### 2.2 解析手法

解析にはMSC社のSTREAM v2022を用いた。解析はCO<sub>2</sub>濃度とウイルスと見立てた物質の濃度をシミュレーションする。非定常解析により、30分後の結果を分析に用いた。まず解析対象フードコートのデータ収集を行う。本研究では、フードコートが最も混雑する時刻をシミュレーションを行う対象時間とし、席は満席状態を仮定しその他にも店の周りを歩く人の数も考慮した。集めたデータをもとにCADソフトウェアを用い、建築図の3次元化を行う。CADで作成したモデルを直接STREAMに取り込むことはできないため、データ受け渡し用にSTLフォーマットを用いた。CO<sub>2</sub>濃度の基準は400ppm~1000ppmとし、設定基準として400ppmは外気のCO<sub>2</sub>濃度。1000ppmは建築物衛生管理基準より設定した。また1人当たりのCO<sub>2</sub>発生量は20L/hと設定した。本研究ではCO<sub>2</sub>濃度を空気質の指標にする。CO<sub>2</sub>濃度でフードコートの空気環境を評価する。基本的にCO<sub>2</sub>の発生は人間の呼吸によるものであり、CO<sub>2</sub>濃度が1000ppmを超えている場所は

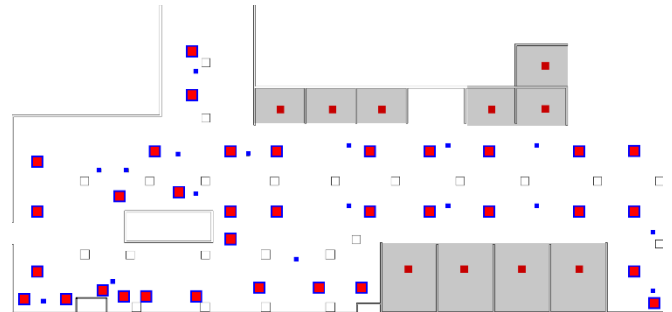
名称	面積[m <sup>2</sup> ]	空調方式	想定人数[人]	人口密度[人/m <sup>2</sup> ]
フードコート1	550	AHU	400	0.73
フードコート2	1400	AHU+PAC	740	0.53
フードコート3	1400	AHU+PAC	420	0.30
フードコート4	2700	AHU+PAC	1100	0.41

注記；2022年8月調査時 表1 フードコートの概要



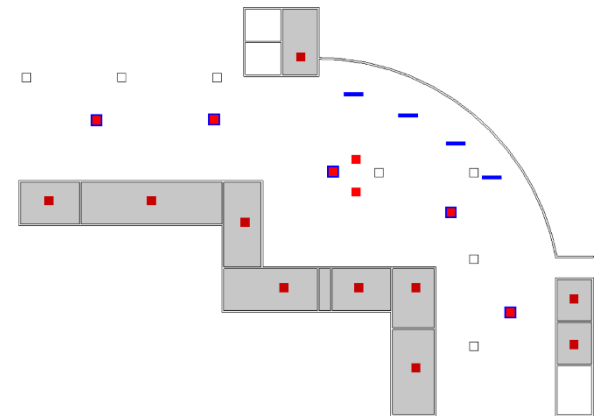
吹き出し 吸い込み

図1 フードコート1 空調平面図



吹き出し 吸い込み

図2 フードコート2 空調平面図



吹き出し 吸い込み

図3 フードコート3 空調平面図

ウイルスも多く存在していることになる。逆にCO2濃度が低い場所はウイルスも少なく空気環境は良いという結果となるからである。またウイルスを持っている人がいた場合を想定し、各フードコートに3~5人ウイルスと仮定した物質を出す人を配置する。感染する具体的な濃度の数値は医学的にも判明していないため、濃度分布図ではウイルスがどのように広がるのかを見る。以上の解析を4つのフードコートで行う。

### 3.結果

#### 3.1フードコートごとの結果

フードコート1の解析結果を図5~図7に示す。図5,6においてはCO2濃度コンターを400~1000ppmの範囲で示している。まず図5に示される様に左側の座席のある所のCO2濃度が1000ppmを超えている。しかし右側部分のCO2濃度は1000ppmを超えていないので右側は問題ではないと分かる。次に図6を見る。これは断面線部分でのCO2濃度となっている。この図も図5と同じように片側は1000ppmを超えていて、もう片側は問題ない程度のCO2濃度となっている。この図で注目すべき点として、両側とも端が店となっていて真ん中はどちらも壁となっている。壁側はどちらもCO2濃度が少し高くなり、滞留しているのがわかる。逆に店側はどちらも店の吸い込みがフードコートの空気を引っ張っているのが分かる。図7はウイルスの広がり性を示したものである。図7よりaは濃度も高く広がっている。対してb,c,dはあまり広がっていない。

フードコート2の解析結果を図8~図10に示す。図8においてはCO2濃度コンターを400~1000ppmの範囲で示している。図8よりフードコート2は全体的に見て良好な空気環境だと言える。断面図だが全体的に1000ppmを超えていなかったためこの位置では良好な空気環境だと言える。図9では、フードコート1での店の空調がフードコートの空気を引っ張っているかを確認するためにCO2濃度コンターを400~800ppmの範囲で示している。図9より左側は調査時、店がなかったため空調機は置いていない。右側は店で空調がある。それを踏まえ見ると、右側が明らかに空気を引っ張っているのがわかる。図10はウイルスの広がり性を示したものである。どの地点も濃度は同程度だがfは広く広がっているが、eとgはあまり広がっていない。

フードコート3の解析結果を図11~図12に示す。図11においてはCO2濃度コンターを400~1000ppmの範囲で示している。図11を見ると全体的に良い空気環境であると分かる。断面から見ても1000ppmは超えていなかった。図12は濃度分布を細かく見るためにCO2濃度コンターを400~800ppmの範囲で示している。図12もフードコート1,2と同じように店側より壁側の空気が滞留しているのが分かる。フードコート3のウイルスはあまり広がっていなかった。

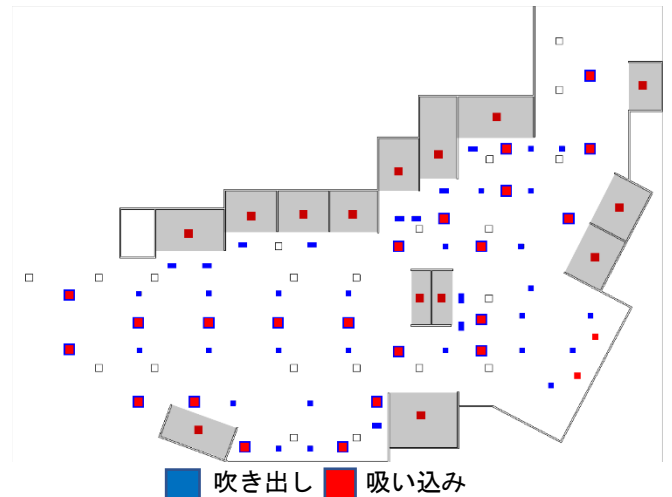


図4 フードコート4 空調平面図

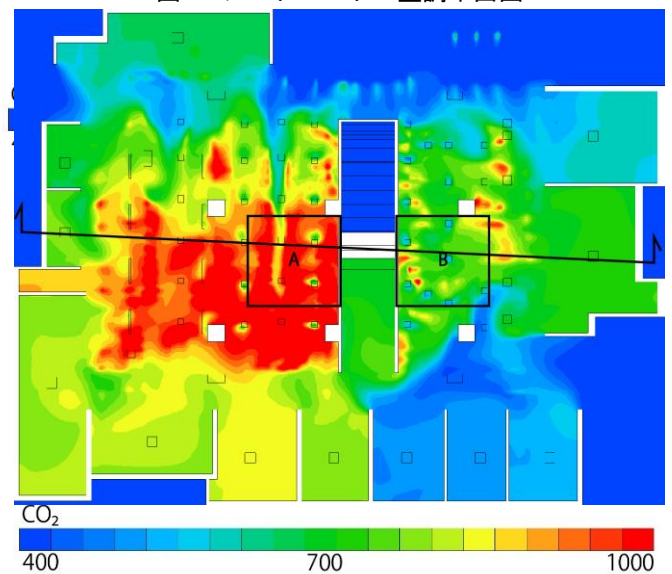


図5 フードコート1 CO2濃度 平面図

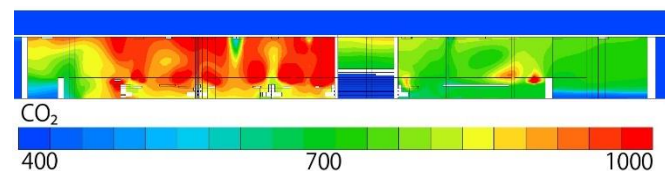


図6 フードコート1 CO2濃度 断面図

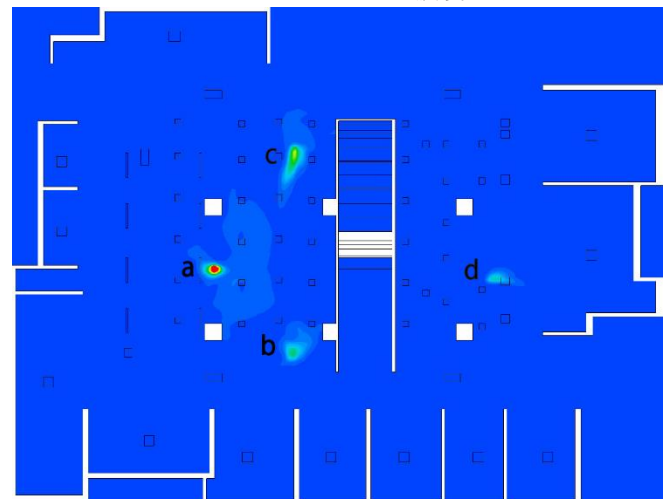


図7 フードコート1 ウイルス濃度 平面図

フードコート4の解析結果を図13~図15に示す。図13,14においてはCO<sub>2</sub>濃度コンターを400~1000ppmの範囲で示している。図13より下と右下の壁側座席部分は1000ppmを超えていて、空気環境はあまりよくない。図14より、右側のCO<sub>2</sub>濃度はかなり高くなっている。左側は1000ppmを超えていない。また、店の空調が空気を少し引っ張っているのが分かる。図15はウイルスの広がりを示した図である。lとpは広がっていないがm,n,o,qは広く広がっている。

### 3.2 フードコート全体として

フードコート4つのCO<sub>2</sub>濃度解析結果よりフードコート1、フードコート4の空気環境は悪く、フードコート2とフードコート3の空気環境は良好だった。また壁側で人の多い所は、どのフードコートもCO<sub>2</sub>濃度が高くなることも分かった。またフードコートの入口や出口に近いところはCO<sub>2</sub>濃度が下がっている。同じフードコート内でもCO<sub>2</sub>濃度の数値の差があった。どのフードコートもウイルスの広がりについては広がる地点もあり、あまり広がらない地点もあった。

### 4. 考察・まとめ

フードコート2の解析結果より、フードコート内の空気環境は窓が少なくても良い空気環境を保つことができると分かった。フードコート4つの解析によりフードコートの空気環境を良くするための改善策は3つあるのではないかと考える。

1つ目は、空調機の給気量や位置である。現在どのフードコートも空調機は均等に配置されている。だが空調機の位置を座席が密集している場所に多く配置することや、空調機の給気量を上げることも改善策として考えられる。だが給気量を増やすと外気量が増えるので、外気を暖めることや冷やすことにコストがかかるというデメリットがあるのであまり現実的ではないのかもしれない。

2つ目はフードコートの店の配置などレイアウトの計画についてである。フードコートのレイアウトは4つ全て、端に店や出入口や壁があり真ん中に座席がある。4つのフードコートの解析結果より、店側はCO<sub>2</sub>濃度があまり高くない。理由として考えられるのは、まず店の近くには座席がないことと、店の空調が近くの空気を引っ張ってくれる事だと考えられる。また出入口には人が長時間滞在しないので空気環境が良く、そこからの空気が流れて来るのでCO<sub>2</sub>濃度は低くなる傾向にある。だが、店ではなく壁側に座席などが多くある場合は、CO<sub>2</sub>濃度が高まることが分かった。これは空気がうまく攪拌されていないことが理由として考えられる。つまり端には壁などは設けずできるだけ店や出入口を置くレイアウトをすることが良いと考えられる。

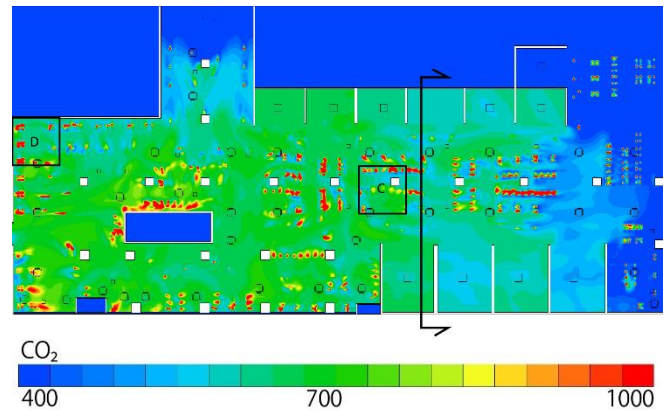


図8 フードコート2 CO<sub>2</sub>濃度 平面図

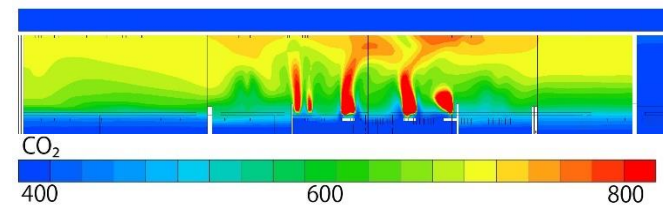


図9 フードコート2 CO<sub>2</sub>濃度 断面図(800ppm)

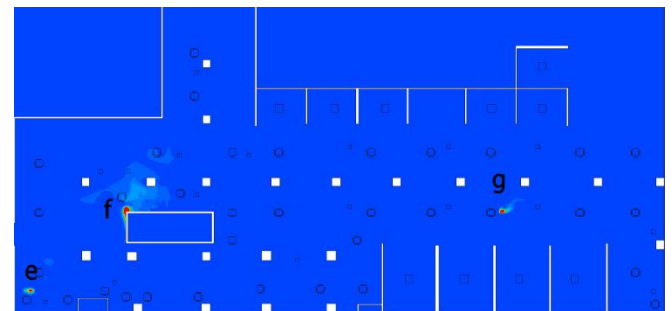


図10 フードコート2 ウイルス濃度 平面図

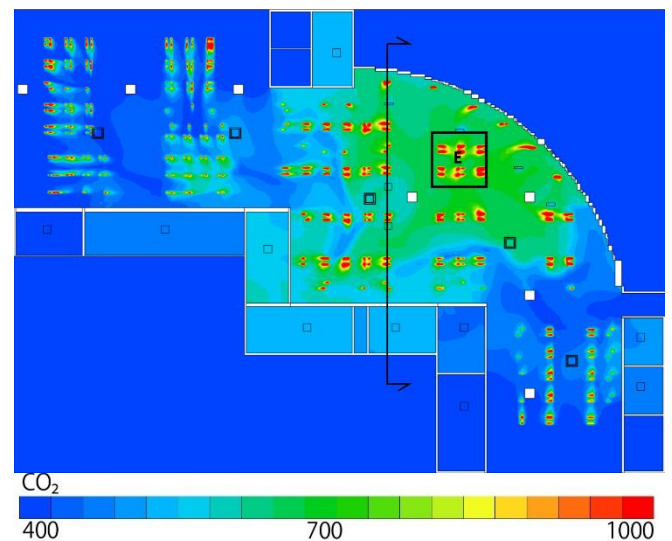


図11 フードコート3 CO<sub>2</sub>濃度 平面図

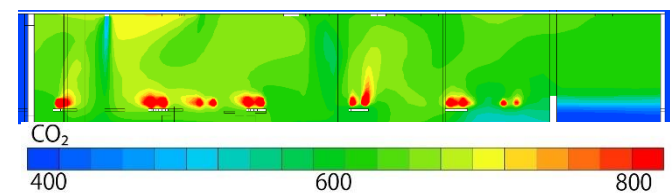


図12 フードコート3 CO<sub>2</sub>濃度 断面図(800ppm)

3つ目はCO<sub>2</sub>濃度が高くなる具体的な人口密度を求めそれに基づき座席を配置することである。CO<sub>2</sub>濃度の高い位置や低い位置で代表的なエリアを各フードコートで設け人口密度を調査する。そのエリアをCO<sub>2</sub>濃度の平面図にA~Gと示した。またエリアごとの人口密度を表2に示す。フードコート1の地点Aと地点Bは空調の位置や壁側という部分はほとんど同じ条件なので、人口密度が問題として考えられる。表2を見るとやはり地点Aが地点Bより人口密度が高い。フードコートごとで比較すると人口密度の高い方がCO<sub>2</sub>濃度も高くなる。だが全フードコートで比較すると、1000ppmを超えた地点Fより1000ppmを超えていない地点Cの方が人口密度が高い。なので本研究でCO<sub>2</sub>濃度が高くなる具体的な人口密度は分からなかった。

ウイルスの濃度分布に関する考察。まず前提として空気を攪拌できていないとウイルスはあまり広がらないが、隣にいる人などは感染するリスクが高くなり、空気を攪拌すれば同時にウイルスも攪拌してしまうが、濃度は下がり隣にいる人の感染リスクは下がると考えられる。本研究ではウイルスがどのように広がるかは空調機の影響を受けると考えられる。c,d,m,nのように近くの吹き出しにより濃度は下がるが広がることが分かった。またa,fのように中心の濃度は高く周りにも広がる場合は、空調機の風向や風速などにより影響を受けず濃度が高く広がると考えられる。

[まとめ]

フードコートの空気環境を良くする改善策

- ・空調機の給気量を上げる。
- ・フードコートのレイアウトとして出入口や店を置き、壁側を作らない。
- ・人の密集を避けるが具体的な密度はわからなかった。この3つが空気環境を良くするために必要と本研究より分かった。

[今後の課題]

- ・データ量を増やす。人口密度については情報量が少なすぎるため、空気環境の悪くなる具体的な人口密度を出すに至らなかった。データ数を増やし具体的な数値もしくは近似値を出すこと。
- ・ウイルスの危険な濃度の数値である。本研究より空調機により、薄い濃度で広がる場所があったが安心なのか判断できなかった。コロナウイルスの危険な濃度は医学的に分かってないので他のウイルスなどでシミュレーションして、分析すること。以上の2つの検討が必要と思われる。

参考文献

1) 感染症対策としてのCO<sub>2</sub>濃度の利用方法を提言

<https://www.keio.ac.jp/ia/press-releases/files/2021/5/6/210506-1.pdf>

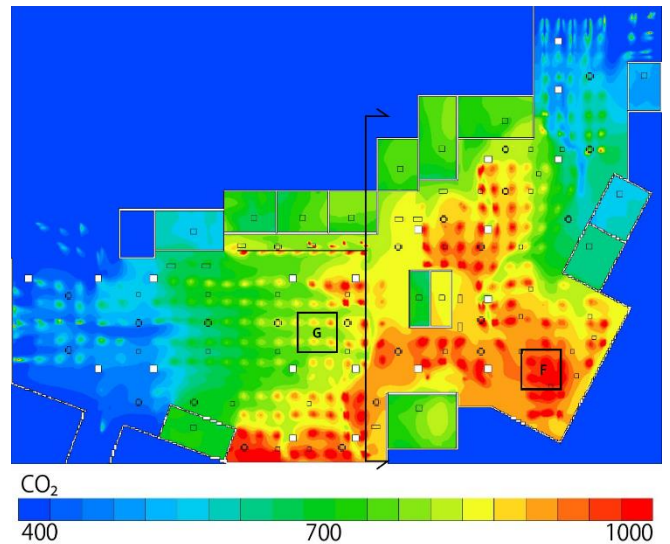


図13 フードコート4 CO<sub>2</sub>濃度 平面図

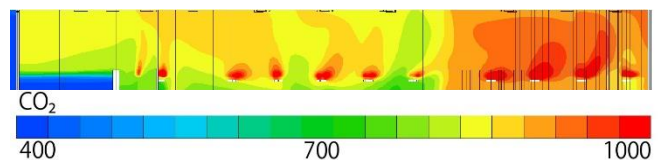


図14 フードコート4 CO<sub>2</sub>濃度 断面図

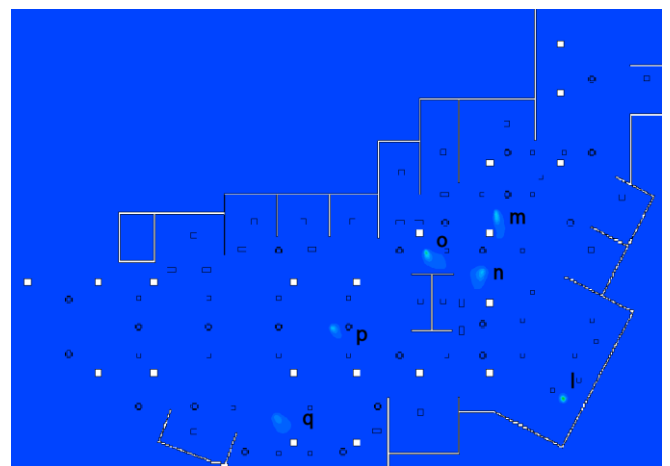


図15 フードコート4 ウイルス濃度 平面図

地点	人口密度 (人/m <sup>2</sup> )	空気環境(ppm)	場所
A(フードコート1)	1.58	1000ppm以上	壁側
B(フードコート1)	1.00	1000ppm以下	壁側
C(フードコート2)	0.90	1000ppm以下	真ん中
D(フードコート2)	0.70	1000ppm以下	壁側
E(フードコート3)	0.66	1000ppm以下	壁側
F(フードコート4)	1.10	1000ppm以上	壁側
G(フードコート4)	0.80	1000ppm以下	真ん中

表2 各エリアの人口密度

関連論文

2) PMVに基づいた建築室内の快適性に関する研究

著者名:稲葉さくら/西村直也/南泰裕/石原慎一