

# シミュレーションによる 換気状況の見える化と改善提案

逆解析・VR対応の気流シミュレーションソフトFlowDesigner

(株)アドバンスドナレッジ研究所 原 杏奈

## はじめに

2020年世界中で流行した新型コロナウイルス感染拡大により、私たちの暮らしは、これまでの日常とは異なる新しいライフスタイルが求められ、価値観までも変化した。ニューノーマル時代の訪れとともに、驚異的なスピードでデジタルトランスフォーメーション(DX)化が進められており、ライフスタイルだけではなく、ワークスタイルやビジネススタイルまでも様変わりしている。誰もが感染症対策について強く意識する中で「換気」「空気の流れ」「空気質」は換気設計において重要なキーファクターであることは言うまでもないだろう。設計者だけではなく施主やクライアント、建物の利用者を含め世間一般で環境設計への意識が、従来からの省エネ・省コスト化への要求と併せてより高まっているように見受けられる。

しかし、換気・空調設備などの導入は建築建物の一品生産である特性上、試みに導入/運用とするわけにもいかない。またその効果を相対的に比較・設計提案をしてコンセンサスを得るには、いかに『効率よく換気・省エネルギー化できるか』、いかに『環境設計の付加価値をわかりやすく伝えるか』が「ウィズコロナ/アフターコロナ」と呼ばれる時代にますます重要な課題となってくるのではないだろうか。

## 換気提案の課題

世間一般で換気設計への要求が高ま

っているが、その付加価値を十分に理解してもらうのは容易なことではない。例えば、図1のように空調機器の配置位置のみが異なる二つの案があったとき「B案の方が空調機を下につけているので、新鮮な空気が居住域に到達しやすく換気されやすいですよ」とクライアントに奨めたとする。しかし、どちらも同じ換気量を保っているため中の換気状況は不透明であり、両案の違いを相手が納得するまで説明するのは難しい。さらに、もし相手が建築や換気に関して専門知識がない人だとしたら、目に見えない風の流れや換気状況について情報を共有するにはそれ以上の高いハードルを越えなければならぬだろう。



図1 換気提案イメージ

また、一般的に室内の換気状況は「換気回数」で評価されている。換気回数とは、室内の全ての空気が均等に入れ替わったとして、1時間当たり何回その部屋の空気が入れ替わるかを表す指標であるが、空間のいたるところ

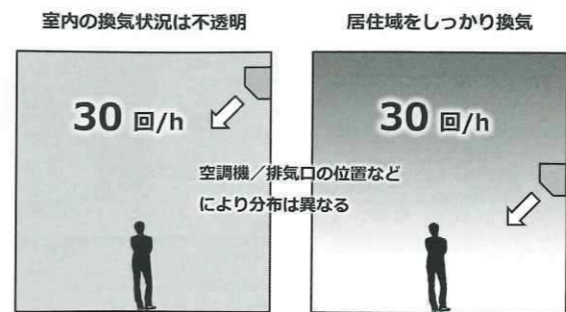
で換気されていることを保証するのは難しい。例えば「室内に入ってきた新鮮な空気がそのまま屋外へ排出されている」「空気が淀み汚染物質が溜まりやすい場所が発生する」という状況となっている可能性がある。さらに同じ換気量だったとしても、室内の構造や温熱環境など様々な要因を受け、中の分布は多様に変化している。よって、換気回数などの数値では全体の換気状況は評価できていても、実際に換気したい場所が換気されているかの評価は十分できていない可能性がある。

こういった懸念点や課題点を解消するためには、室内の空気質の分布も考慮した換気計画・設計検討が必要になる。また、図2のように中の換気状況を可視化したアウトプットが作成できれば「積極的に分布をつけることで、人がいる空間のみにフォーカスをあてた換気設計ができる」とクライアントにアピールも可能だ。

つまり、クライアントのコンセンサスを得るためには訴求力のあるわかりやすいアウトプットが重要であり、シミュレーションソフトはそのアウトプットを作成するための有効な手段と考えられる。

## シミュレーションのメリット

上記のような分布を考慮した設計計画・検討では、ミニチュア模型の作成やモックアップなどでの実験検証も可能であるが、一品生産の現場ではあま



換気回数は同じ。室内の空気質の分布も考慮した設計検討。

図2 室内分布比較イメージ

りにも膨大な費用や時間がかかってしまうため現実的ではないだろう。そこで、コストを抑えつつ、様々な設計案を比較検討することができるシミュレーション技術は大いに役立つ。シミュレーションを行うことにより対象空間全体の温度、湿度、快適性、空気質の分布を三次元で見える化でき、詳細に分析することができる。また、細かな数値が導き出せるため「設計の根拠」を示す場合にも大いに役に立つはずだ。ちなみに、当社で開発している「FlowDesigner」は、直感的に操作ができること、また、少ないパラメータ設定で安定した計算ができることから専門家でなくてもすぐに扱えることが特徴だ。そのため操作を習得するまでに時間がかからず、他の業務と並行しながらでも、様々な設計案を短時間

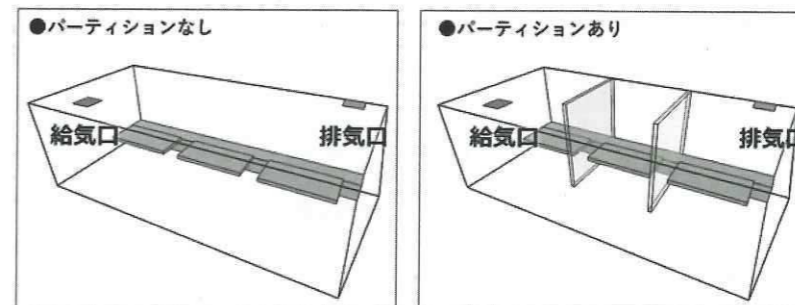
で比較することが可能である。

## 具体例(機械換気)

ある飲食店においてウイルスが感染拡大した事例で、エリアによって感染者数に違いが生まれたという報告があり、そのキーファクターは「室内の空気の流れ」にあると新聞記事に掲載されていた。その状況をFlowDesignerを使って見える化してみよう。

図3のモデルは、換気回数が30回程度の十分な換気ができるように陰圧設計しているが、飛沫感染防止用パーティションの設置をすることで室内換気状況がどのように変化するかシミュレーションで確認してみる。なお換気量は一定であるため、以下比較する2パターンの換気回数は同じである。

今回は室内の換気状況を空気齢(SVE3)



パーティションを設置したらどうなるか?

図3 解析モデル概要

と空気余命(SVE6)で評価する。空気齢とは文字通り空気の年齢を表し、値が低いエリアほど新鮮な空気が到達しやすく、値が高いエリアほど空気が到達するまでに時間がかかる。そのため空気齢は淀み具合を表しており、感染するリスクの高さとも読み取ることができるだろう。また空気余命とは空気が排出されるまでの時間を表し、値が低いエリアほど空気が排出されやすく、値が高いエリアほど空気が排出されるまでに時間がかかる。そのため空気余命はウイルスなどの飛沫が発生した場合に、周囲に感染させるリスクの高さと読み取ることができるだろう。

では、解析結果を比較してみよう。まず、空気齢の解析結果(図4)では、パーティションありの場合には値が高く新鮮な空気が行き届きにくいエリアが増えていることがわかる。特に、中央と排気口がある右側の個室ではパーティションなしの場合と比べて色が濃くなっており、感染しやすいエリアが拡大していることがわかるだろう。次に、空気余命の結果を比較する(図5参照)。やはりこちらも、値が高いことを示す色が濃いエリアの占める割合が高まり、空気が排出されにくいことがわかる。仮に感染者がその席に座っていた場合、空気が滞留しやすいエリアが拡大しているため、感染リスクを高めてしまう可能性があるのだ。

つまり、パーティションやアクリル板を設置し室内を区切る対策は、飛沫感染防止や隣の席の方との接触を防ぐという意味では有効な手段ではあるが、換気効率という観点では中の構造によって空気を排出しにくくしてしまう、もしくは新鮮な空気が行き届きにくくしてしまう場合がある。このように、中の分布もしっかり考慮することで「換気回数」の数値だけではわからなかった情報が得られ、また具体的にその原因も確認することができる。

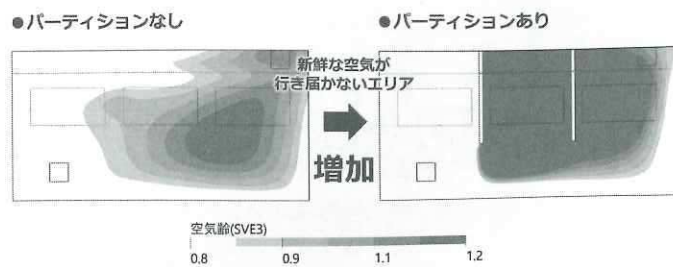


図4 空気齢分布

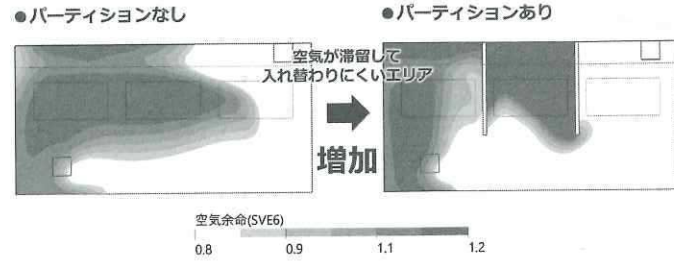


図5 空気余命分布

### ●「逆解析」改善案の見える化

シミュレーションによって換気のキーマスターである「室内の空気の流れ」を見える化し、換気設計検討できる有効なツールとなることは、既述の内容からわかっていただけたかと思う。しかし、場合によっては換気検討をしたシミュレーション結果を確認すると、室内に入ってきた新鮮な空気がそのまま屋外へ排出されているといった状況や、空気が淀み汚染物質が溜まりやすい場所が発生している状況になっている可能性もある。その際、実際の案件の場合には改善案を導き出すことになるが、もちろん容易ではない。改善案を見つけ出すためには、従来膨大な量の実験/シミュレーションを重ね、相対的に改善した案をピックアップする

のが一般的である。その比較する案は経験則などにより作成されるが必ずしも改善するとは限らない。そのため、上記のように改善案を導き出すには多くの作業工数が必要となる。

FlowDesignerでは、三次元で分布が見える化できるだけでなく、改善案が見える化できる「逆解析機能」がある。逆解析を一度実行すると様々な改善案が「感度」という形で得られ、改善すべき吸排気口の位置や温度、風向などを一目で把握することができる。

機械換気のパーティションを設置した例において、中央のボックス席にて空気が滞留しやすい状況を改善するため逆解析を実行してみる。すると、感度の一つとして下記のような『位置感度』(図6)が得られる。感度の値が大きいほど位置を変更した際に改善する

期待値が高いことを示す(図では矢印が大きいほど感度の値が大きいことを示す)。したがって、このケースでは丸印の箇所の排気口を矢印方向に移動させると改善する見込みがあることがわかった。

また、感度の一つである『体積力感度』(図7)も、とても面白い活用ができる。ベクトルの方向に力を加えることで改善が期待できることを表しており、例えばどこに扇風機/送風ファンを設置すれば換気を促せるかがわかるのだ。図では、色が濃いほど改善する期待値が高いことがわかる。

ここでは、中央ボックス席の換気効率を上げることを目標としているが、内部に扇風機を設けると改善することを示している。この改善案は一見ボックス席の外に力を加える(空気を動か

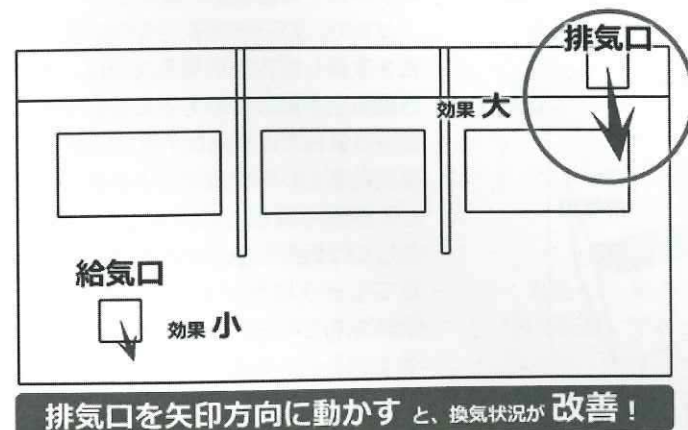


図6 給排気口を移動すべき方向(矢印が大きいほど有効)

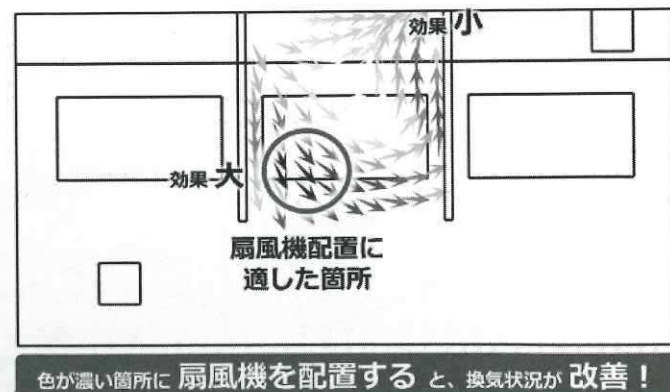


図7 扇風機を設置すべき場所と方向(色が濃いほど有効)

す)ことを示しているが、室内全体の空気質の分布を把握していないと直感的に導き出すことは難しい。しかし逆解析であれば、経験則や専門知識がなくても短時間で発見することができる。

このように、従来とは全く違ったアプローチによって設計の変更指針が見える化することで、制約条件が多い中でも、効率よくよりよい改善案を求めることができるのである。

### ●VRでコミュニケーションの加速化

換気状況や改善案を可視化する効果は前述のとおりだが、FlowDesignerでは「VR (Virtual Reality)」でシミュレーション結果を体感することもできる。印刷された二次元の紙の資料やPC画面に表示された資料では得られなかった、空間のスケール感や気流のスピード感を実寸大のCG空間で体感できるようになる。FlowDesignerのVR機能では、CG空間をまるで実際にその場を歩いているような感覚でインタラクティブに動き、好きな位置から自由に結果を見られるだけでなく、自身のアバターの手から流線や紙飛行機を飛ばして、どのように空気が流れていくかを確認することまでできる。例えば「風速1 m/sってこのくらいの速さで風が吹いているのか」とゲーム感

覚で体験することもできる。VRでは二次元で表現しきれない部分も伝えることができ、情報を提供する側と受け取る側、双方で齟齬も生じにくいと考えられる。

さらに、FlowDesignerでは360°動画機能にも対応している。360°動画とは、動画投稿サイトなどでも見かける、簡易VR(カードボードVR)にスマートフォンをセットして見るものである。通常の高価なVR機器とは異なり、カードボードVRは数百円程度から手に入れられる。また大きくて重いハードウェアが必要ないため、例えば出張先など出先でも気軽に楽しむことができるのも利点だ。

また、FlowDesignerのVRでは複数人で仮想空間に入ることができる。遠隔地でも空間共有することが可能であるため、オンラインミーティングが主流になりつつある中でも、一緒に実寸大のモデルに入り込んでコミュニケーションをとることができる。そのためFlowDesignerは単なる環境の見える化ツールではなく、設計者同士やクライアントとの理解を深めるためのコミュニケーションツールともなり得る。

### ●おわりに

これまで述べてきたとおり、気流シミュレーションによって目には見えない空気質の評価や、換気状況などを考

慮し、環境に配慮した最善の設計案をより短時間で模索することができる。また換気回数のような基準値だけでは実際の空間の分布を把握することはできないため、省エネ化・省コスト化やさらに高い安全性の検討は難しいが、シミュレーションであれば三次元の分布として評価ができるため、人々がより安心して生活するための環境設計に大いに役立つと思われる。

さらに、手軽に出力できる魅力的で効果的なアウトプットは、業務負担の軽減になるだけではなくクライアントや設計者同士の円滑なコミュニケーションに非常に大きな効果を発揮する。環境設計に専門知識がない方も敏感になる中、設計の付加価値・魅力をいかにわかりやすくビジュアル化するか、この課題に対してシミュレーションは一つの重要な解決策となっていると確信している。

当社では、今後もシミュレーション技術だけではなく、BIM連携技術やVR技術についてもさらなる機能開発を進め、環境設計の実務において有効かつ効率的に活用していただくために邁進していく所存である。

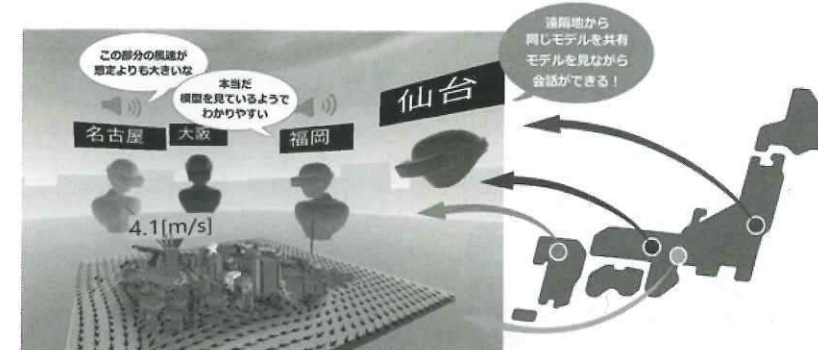


図8 VR空間共有機能

### 筆者紹介

原 杏奈  
株式会社アドバンスドナレッジ研究所  
ソリューション技術部