

VRによる気流の可視化に関する研究



DZ19713 黒水菜月

Keywords

VR 温度 CO2 PMV
CradleViewer 主成分分析

1. 背景と目的

室内の気流、CO2 の分布等は通常は目には見えないものである。しかしこれらが室内環境に及ぼす影響は極めて大きい。近年建築分野においてもバーチャルリアリティ（以下 VR）が新たな空間提示手法として注目を集めている。現在では様々な分野においてVR技術が多用されつつある。

本研究では、CFD による解析を行い、室内の温度・CO2・PMVをCFD解析の結果を閲覧するビューソフトウェア（以下 CradleViewer）を用いてVR（Virtual Reality）による可視化を行う。VRは印刷物や平面図などの2次元媒体による提示に比べ、より現実に近い体験ができるため、より臨場感のあるものが提示できる。細かい部分まで認識することができるため、室内環境の可視化・体験化を行い、分析結果の詳細な把握が可能となる。これにより、室内環境の改善・向上が期待できる。

また、昨年度の研究で提示された可視化の改善事項として、背景を黒以外で表示する等色の変更をすることにより恐怖感の軽減を行うこと、コントローラーの感度の調節による画面酔いの軽減を行うこと、空間を体験するという目的で調査を行ったが、室内環境の向上改善のために使用するためには情報が不足していたため、温熱、CO2等別の条件を与えたモデルの解析を行い、VRで見ることでより細かい変化を見ることで結論を得ることについても検証する必要があると考える。

これらを調査するため、VRを装着した被験者（21人）に対しアンケート調査し評価を行う。また、これらの関係性を調べるためJMPによる主成分分析を行う。

2. 研究方法

2.1 対象建築物の概要

小規模の喫茶店と大規模のホールを解析対象とする。

喫茶店については初期温度30℃、冷房3700W、コンロ2200Wに設定し、モデル内に5人を設置している。表1に対象とする喫茶店の概要、図1に平面図を示す。

ホールについては初期温度4℃、暖房24℃に設定モデル内に128人を設置している。表2に対象とするホールの概要、図2に平面図を示す。

表1 対象とする喫茶店の概要

所在地	大阪府大阪市淀川
建築用途	喫茶店、住宅
対象面積	20.16㎡
対象階数	1階
階高	3.5m
給気口	2ヶ所
換気扇	1ヶ所

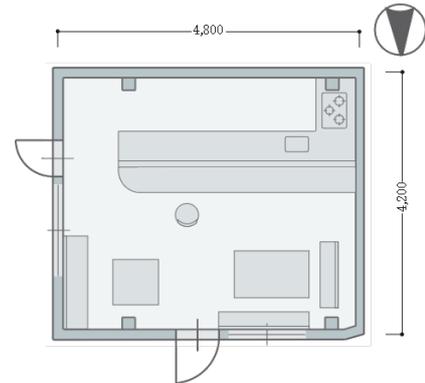


図1 平面図

表2 対象とするホールの概要

所在地	兵庫県赤穂郡上郡町
建築用途	講演会・映画等
対象面積	696.6㎡
天井高	10.4m
座席数	414席
給気口	13ヶ所
排気口	7ヶ所
空調機	10ヶ所

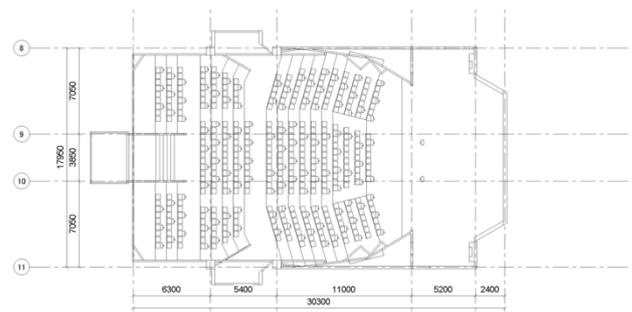


図2 平面図

2.2 手法

(1) 使用するVRについて

本研究ではVIVE社のVIVECOSMOS（写真1）を使用し、VR環境を作る。これは6つのセンサーカメラにより、より高度なトラッキングの精度を有し、合計解像度2880×1700ピクセルのディスプレイにより、繊細かつ綺麗な映像を映し出すことが可能となっている。

(2) VRによる可視化

CFD解析にて得られたデータをVRにて可視化するためにCradleViewerを用いて書き出す必要がある。

CradleViewerとはCFD解析の結果についての閲覧を可能とした無料ビューソフトである。使用するメモリがCFD上よりも少なく済むため、3次元的な計算結果の確認を、搭載メモリの少ないPC上でも比較的快適に行うことができる。またスマートフォンで利用することも可能であり、通常PC版の無料配布もされている。そのため、本研究では汎用性・利便性を鑑みてこのソフトを使用する事としている。

本研究ではCradleViewerを用いて1秒を1サイクルとし、1800サイクル解析し、非定常解析により等値面を作成し、温度、CO₂、PMVの把握を行った。喫茶店の温度について、CradleViewerを用いて書き出したものを、図3、ホールのCO₂について、図4、喫茶店のPMVについて、図5、にそれぞれ通常のモニターに出力したものを示す。

(3) アンケート調査の実施

CradleViewerを用いてVRによる可視化したものを観測者21名に装置を装着してもらいアンケート調査を実施する。可視化の改善のため、昨年度のアンケートに変更を加えた。設問3については、コントローラーの操作慣れに時間がかかってしまうため、今年度は被験者ではなく自ら操作を行い、アンケート内容を変更した。設問4～6については書き出した内容に変更し、設問8については、背景を黒と青で比較出来るようにデータを作成し、アンケート項目に追加を行った。設問11～13についてはそれぞれ比較データを作成し、新しく項目を追加した。

(4) JMPによる主成分分析

主成分分析とは三次元を上回る、多くの変数を持った高次元データにおいて、変数間の相関があることを利用し、できるだけ情報を減らすことなく、次元を減らすことである。アンケートで得られた結果の関係性を調査するためJMPを用いた主成分分析を行う。JMPとはデータ分析のためのソフトウェアであり、数値が並んだ表や静的なグラフからは得られない洞察を得ることが可能である。Excel上にデータをまとめインポートすることで主成分分析を行う。今回の調査では、1～5で評価した設問に対し主成分分析を行い、その結果から関係性のある項目に注目し考察を行う。



写真1 VIVECOSMOS

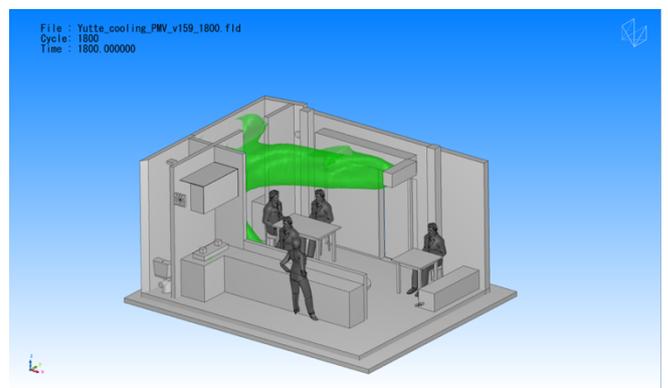


図3 喫茶店 温度

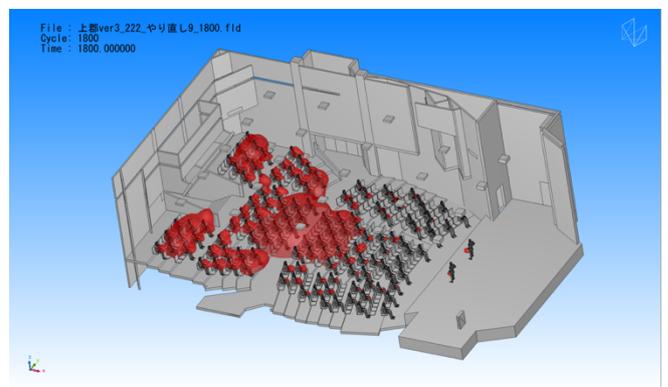


図4 ホール CO₂

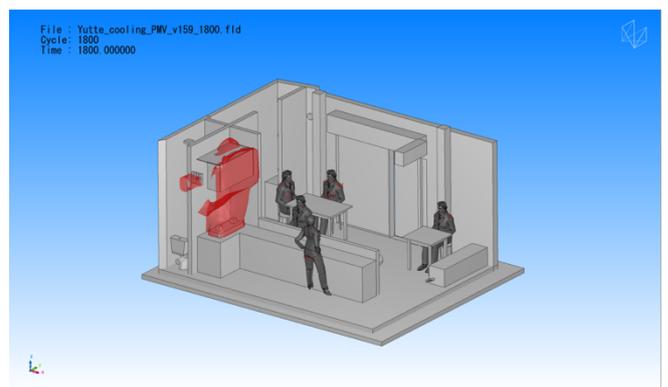


図5 喫茶店 PMV

3. 結果、考察

3.1 VRによる可視化の結果

CradleViewerを用いてVRによる可視化を行った結果、VRを通すことでより現実に近い空間を体験することに成功した。VRを通してみることのできる映像は3Dの立体映像となるため、図として表せないの、PC上に2画面の状態です。例として喫茶店の温度を図6に示す。2画面で表示され散るものは、VRの左右のレンズに映っているものを表している。

3.2 アンケート調査の結果

5段階評価、アンケート項目についてそれぞれ表3、表4に示し、アンケートによって得られた回答の単純集計結果を図7に示す。

設問8における恐怖感に関する質問について、1~3と回答した観測者にはどのような部分に恐怖を感じたのかを記述してもらい、その内容は以下ようになった。

- ・暗闇の中にいる感じが恐怖感になる
- ・青い背景と比較したときに黒い背景の方が恐怖感を感じた

またその他の意見感想については、以下ようになった。

- ・青い背景の方が建物感を感じてよかった
- ・全体を見るにはPC画面の方がよい、体感するというをメインにするならばVRの方がよい（設問1にてPCの方が見やすい、と回答している）

また、昨年度のアンケートの設問を表5、回答の単純集計結果を図8に示す。

設問1、2の結果から昨年と同様VRを使った空間の提示は、より現実に近い空間を体験することができることが確認できた。また、設問3、7、9の結果を昨年度と比較すると、自ら操作をすることで調査がスムーズに進み、画面酔いや目の負担が軽減されていることが読み取れる。設問4、5、6の結果を昨年度と比較すると、等値面の表示は見やすいことが読み取れる。設問8-1、8-2の結果と記述式回答、昨年度の設問8の結果から、黒い背景から青い背景にすることで恐怖感を軽減できることが確認できた。設問10の結果を昨年度と比較すると少し改善されているが、装着前に装着方法の説明をしたことが理由として考えられる。設問11、12、13の結果から可視化のデータを作成するには等値面の塗りつぶしを「光沢+透明」に設定し、危険な空間の表示には赤色を使うこと、大きい建築よりも小さな建築が適していることが確認できた。また、設問4、5、6からは温度、CO2、PMVに関する設問の回答がかなり似ていること、設問3、9の操作、目の負担に関する設問の回答は全く同じ結果であることが読み取れる。

3.3 アンケート結果に対する主成分分析の結果

1~5で評価した設問の回答について主成分分析を行った結果を図9に示す。

表3 アンケート項目に対する5段階評価の内容

回答番号	評価内容
1	当てはまる
2	まあまあ当てはまる
3	どちらかといえば当てはまる
4	どちらかといえば当てはまらない
5	当てはまらない

表4 アンケート項目

設問番号	設問内容
1	PCとVRどちらが見やすかったか
2	臨場感を感じたか
3	操作は気になるか
4	見やすかったか（温度）
5	見やすかったか（CO2）
6	見やすかったか（PMV）
7	画面酔いしたか
8-1	黒い背景に恐怖感を感じたか
8-2	青い背景に恐怖感を感じたか
9	目に負担を感じたか
10	装置はつけやすかったか
11	どちらの表示方法が見やすかったか
12	危険と感ずる色はどちらか
13	どちらの規模が見やすいか

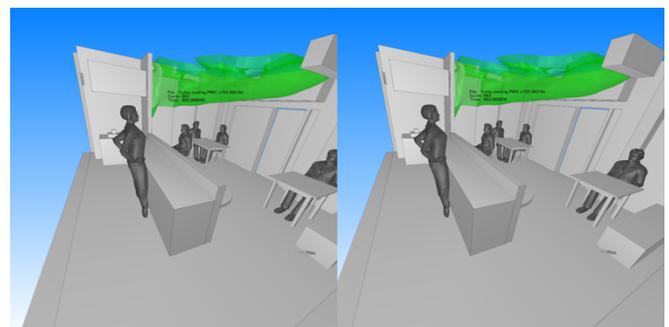


図6 喫茶店 温度 VR

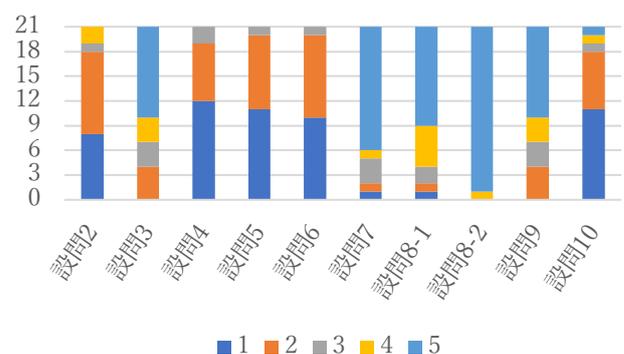


図7 各設問ごとにおける評価の数

まず第1主成分、第2主成分に着目する。図20より、第1主成分、第2主成分の固有値はそれぞれ3.4192、2.3235であり、どちらも1以上となっているため十分に説明できていると判断することができる。

第1主成分、第2主成分の寄与率はそれぞれ34.192%、23.235%であり、第2主成分までの累積寄与率は57.427%である。累積寄与率が50%を超えているため、本研究では、第1主成分、第2主成分で分析を行った。

図20より、第1主成分の主成分負荷量は、設問4、5、6が特に高く、それぞれ0.91838、0.87597、0.94178であり、設問9が特に低く、-0.67581であることが読み取れる。第2主成分の主成分負荷量は全ての設問に対して高い値であり、設問3、7、9、10が特に高く、それぞれ0.65054、0.89884、0.51206、0.50401と読み取れる。このことから第1主成分は、設問4、5、6、9の値を強く反映した主成分であるため、見やすさと目への負担という視覚的な主成分だと判断できる。第2主成分は、設問3、7、9、10の値を強く反映した主成分であるため、操作、画面酔い、目への負担、装置のつけやすさというVRの使用に対しての主成分だと判断できる。

図20より、第2主成分の正にデータが集まっているため、VRの使用については良い回答が多いと考えられる。設問4、5、6にあたる温度、CO2、PMVに関しては類似している設問であることが読み取れる。これはアンケートの結果から読み取ることができたことと一致している。

設問3、9に関する設問の回答は全く同じ結果であったが、これも類似した設問であることが読み取れる。

4. 本論文の成果

結果からVRを使った空間の提示は、より現実に近い空間を体験することができること、有効な手段であることが再度確認できた。背景を黒ではなく青で表示することで恐怖感を軽減することができ、コントローラーについては自ら操作することで、スムーズに調査を行うことで画面酔いを軽減することができた。不足していた温熱、CO2、PMVの条件を与えたモデルの解析を行い、新しい見せ方でVRを見ることができたため、室内環境の向上改善のために使用することに近づいたと考えられる。これらの結果から、昨年度の課題について可視化の改善をすることができたと考えられる。

4. 今後の課題

改善点として、等値面の表示では一定の値における流体の範囲だけが表示されているため、表示を変えてデータの作成を行うことが考えられる。また、可視化した映像を現実の空間とリンクさせ映し出すこと（AR）ができれば、より臨場感のある空間の提示が可能になると考えられる。

表5 アンケート項目

設問番号	設問内容
1	PCとVRどちらが見やすかったか
2	臨場感を感じたか
3	操作しやすかったか
4	見やすかったか（流線）
5	見やすかったか（粒子）
6	見やすかったか（圧力）
7	画面酔いしたか
8	恐怖感を感じたか（1~3を回答した場合記述）
9	目に負担を感じたか
10	装置はつけやすかったか

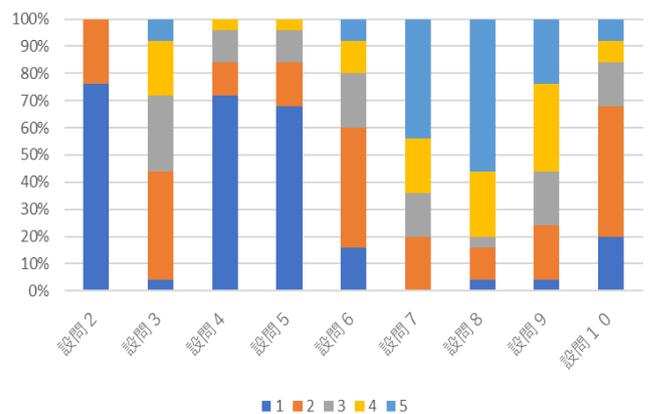


図8 各設問ごとにおける評価の数

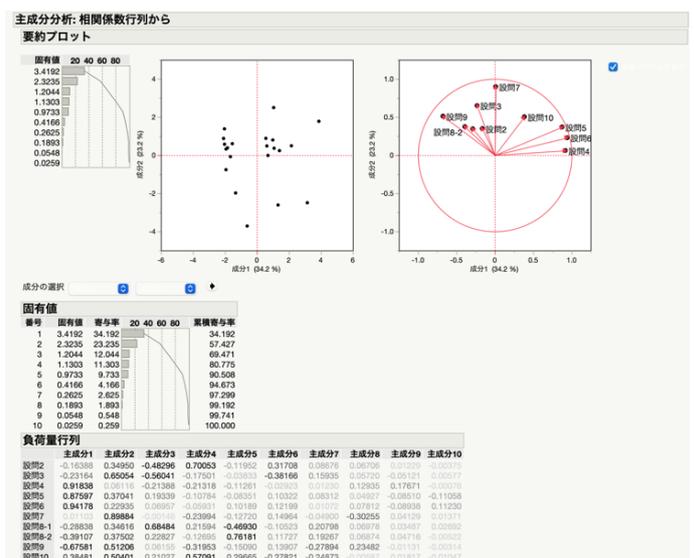


図9 主成分分析

参考文献

- 1) VIVE Cosmos 概要 | VIVE 日本
- 2) JMP <https://www.jmp.com>
- 3) 学校法人 芝浦工業大学の概要

<http://www.shibaura-it.ac.jp/about/outline.html>