

VRによる室内環境の可視化に関する研究

-温度・CO2・PMVについて-

Keywords

VR 温度 CO2

PMV CFD解析

DZ20705 田中 雅人

1. 背景と目的

CO2の分布や気温などは通常、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きわめて大きく、建設関係者のみならず、一般の人にとっても重大な問題である。近年、エンターテインメントや不動産、通信などの分野で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。建築環境の分野にVRを用いる意味としては、見えていなかった室内環境を知覚することによって、建築に詳しくない人にも室内環境の現状を理解することが可能にすることが期待される。

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（以下CradleViewer）を用いてVRによる可視化を行う。VRは印刷物や液晶などの2次元媒体による提示に比べ、より直感的に理解、操作できると考えられている。実際に室内環境を可視化して見る上で2次元媒体と比べてVRがどれ程優れているのか、劣っているのかについて検討する。昨年度までの研究では室内環境の可視化に加え、室内環境の改善につなげるという内容で行われていた。今年度は何をVRによって表示させるかに注目することによって、どのような用途で建築環境にVRを用いることが可能なのかに関して検討する。例えば、温度やCO2濃度、PMVなどの要素を等値面や空間を面で切断して表示させるなど様々ある。そのため、昨年度までのアンケート内容に加えて、具体的な内容に関しての設問を増やすこと、表示させる要素を増やすことによってさらに精度の高い研究をしていく必要がある。

2. 研究方法

2.1 対象建築物の概要

本研究における解析では、気流解析ツールとしてHEAXGON社のCredle CFD（以下STREAM）を用いる。STREAMは流体解析ソフトで、気流の流れ、粒子の挙動、圧力、温度、PMV（予測平均温冷感申告）などを計算し、3Dで可視化することが可能である。本研究では解析を行う対象建築物を2つ選定し、解析を行う。その後、解析

表1 小規模建築物の概要

所在地	大阪府大阪市淀川
建築用途	喫茶店
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

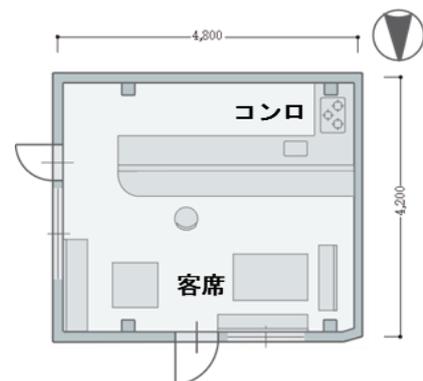


図1 平面図

表2 大規模建築物の概要

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

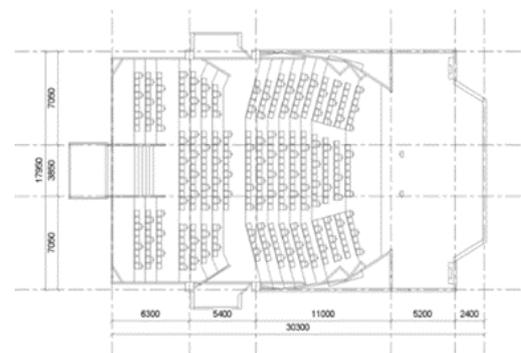


図2 平面図

結果を3D、VR化したものを被験者に見てもらいアンケート調査を行う。今回扱う対象建築物は2物件あり、小規模建築物として喫茶店と大規模建築物としてコンサートホールを選定した。これらはアンケート作成時に規模、気温の上下などを条件に設定した。

2.1.1 小規模の喫茶店

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。

2.1.2 大規模のコンサートホール

初期温度4℃、暖房24℃に設定し、モデル内に128人を配置している。表2に対象とする喫茶店の概要、図2に平面図を示す。

2.2 研究手法

(1) VRによる可視化

STREAMによるCFD解析によって得られたデータをVR上に表示させるためにCradleViewerに書き出す必要がある。CradleViewerは、CFD解析ソフトウェアであるSTREAMで解析した結果の簡易ビューワーである。CradleViewerを使用すると、ポストプロセッサ上で表示させたシミュレーション結果の描画状態を専用ファイルに保存し、簡易ビューワーで表示することができる。使用するメモリがCFD上で表示する場合よりも少なく済むため、ポストプロセッサがない環境でも、CradleViewerを通して情報の共有化が図れる。CradleViewerは無償で提供されており、本研究ではコスト面で優れており用途に即しているため、このソフトを使用する。

本研究ではSTREAM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、喫茶店とホールの温度、CO₂濃度、PMVの算出を行った。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に示す。ホールのCO₂濃度について、CradleViewerを用いて書き出したものを図4に示す。喫茶店の気温、CO₂濃度、PMVと大規模ホールの気温、CO₂濃度の計6種類のCradleViewerファイルを作成した。本研究ではVR端末としてVIVE社のVIVECOSMOS（写真1）を使用した。

(2) アンケート調査の実施

CradleViewerを用いてVRによる可視化を行ったものを被験者に装置を装着してもらいアンケート調査を実施した。6種類のCradleViewerファイルそれぞれに対するアンケートを作成した。アンケート作成時に、より多くの角度からの結果分析をするために、多視点からのアンケート項目の作成を行った。アンケートは基本的に5段階評価とした(表3)。アンケート項目を表4、一般の人に対して見せるという目標のため、PMVなどの建築専門用語はどういう意味なのかについて詳しく説明を行った上で



写真1 VIVECOSMOS

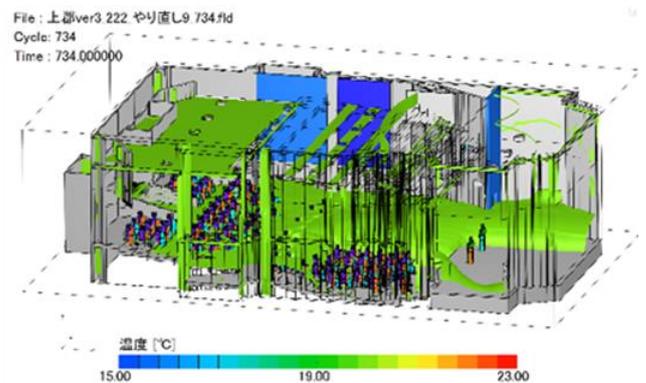


図3 大規模建築物 PMV

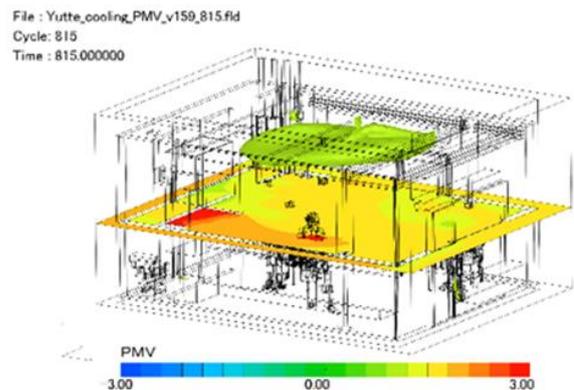


図4 小規模建築物 温度

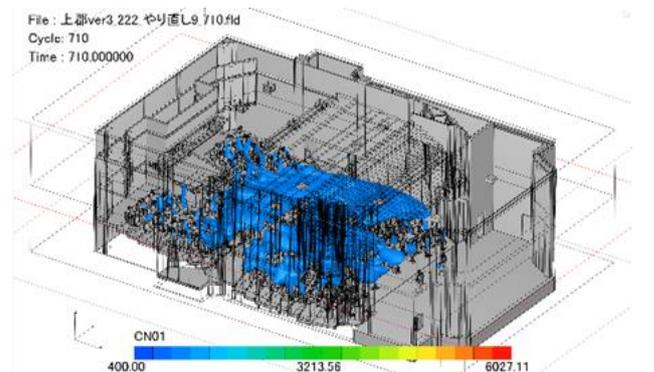


図5 大規模建築物 CO₂

アンケートを行った。

3. 結果、考察

アンケートの結果の設問2-13の単純集計結果を図6に示す。また、昨年度のアンケート内容を表5に、単純集計結果を図7に示す。

設問1はPCとVRそれぞれでcradleviewerファイルを見比べて見やすい方を選択してもらう設問であるが、PCの方が見やすいと答えた人が80%だった。設問2はVRで3Dデータを表示させる意義として実際に建物が目の前にあるかのような臨場感が必要であるが95%が「そう思う」、「まあまあそう思う」を選択しているため十分に臨場感を表現できているといえる。設問3はVRを実際に操作してもらい、直感的に5段階で評価してもらう設問で、85%が「そう思う」、「まあまあそう思う」を選択し、「そう思わない」が0%であることから操作に難しい部分があると考えられる。設問4,5,6はVRに表示させる要素として温度、CO2濃度、PMVをそれぞれ見やすかったかどうかを5段階で評価する設問である。今回の結果ではCO2濃度、温度、PMVの順番で見やすいことが分かる。この結果となった理由の可能性としては、VR上に表示するモデルがCO2濃度、温度、PMVの順番で3Dモデルが単純だったことやPMV、温度、CO2濃度の順番で概念に対する理解が及んでいなかったことなどが考えられる。設問7,8についてカット面は室内の任意の位置に断面を生成し、温度、CO2、PMV分布を表示する手法で、等値面は同じ値の点を結び、面を生成する方法である。これらの手法で表示させたモデルの見やすさを5段階で評価してもらった。結果からカット面の方が等値面より見やすいと答えた人の方が僅差ではあるが多いということが分かる。カット面は等値面と比べて室内の全体的な温度やCO2濃度が分かりやすいことが畏友ではないかと考える。設問10,11は背景に使う色によって恐怖を感じるかを調べる設問で、黒と青の両方で85%以上が「そう思わない」と回答しているため、基本的には黒と青を背景にした場合恐怖を感じないといえる。比較すると青より黒の方が恐怖感を感じる傾向にあると分かる。設問12は目にかかる負担の質問で、70%が「そう思う」、「まあまあそう思う」を選択している。VRは両目に違う情報を映すという点で目に負担がかかると考えられる。設問13は装置のつけやすさの設問で、約60%が「そう思う」、「まあまあそう思う」と回答し過半数以上がつけやすいと感じたことが分かる。設問14はVR上に表示するデータの等値面を塗りつぶす方式に関する設問である。「光沢」のみで塗りつぶしたモデルを図8、「光沢+透明」で塗りつぶしたモデルを図9に示す。「光沢」のみで塗りつぶした場合が35%で、「光沢+透明」で表示した場合が65%であることから等値面を半透明にした方がモデルを見やすいと分かる。さらに等値面の後ろが見えることで空間全体を把握しやすいと

表3 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	どちらでもない
4	まあまあ当てはまらない
5	当てはまらない

表4 今年度のアンケート項目

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	見やすかったか (カット面)
8	見やすかったか (等値面)
9	画面酔いしたか
10	黒い背景に恐怖を感じたか
11	青い背景に恐怖を感じたか
12	目に負担は感じたか
13	装置はつけやすかったか
14	どちらの表示方法が見やすかったか
15	危険と感じる色はどちらか
16	どちらの規模が見やすいか
17	等値面PMVが何か分かるか(喫茶店PMV)
18	-X、-YのPMVが高い理由が分かるかどうか(喫茶店PMV)
19	人体発熱とPMVの関係が分かるかどうか(ホールPMV)
20	人体発熱が確認できるかどうか(喫茶店TEMP)
21	コンロの位置が分かるかどうか(喫茶店TEMP)
22	上と下温度が高い方が分かるかどうか(ホールTEMP)
23	温度変化のが理解できるか(ホールTEMP)
24	人体からCO2が発生していることが分かるかどうか(喫茶店CO2)
25	個人からの発生しているCO2の濃度が分かるかどうか(ホールCO2)

表5 昨年度のアンケート項目

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	黒い背景に恐怖を感じたか
8-2	青い背景に恐怖を感じたか
9	目に負担は感じたか
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	危険と感じる色はどちらか
13	どちらの規模が見やすいか

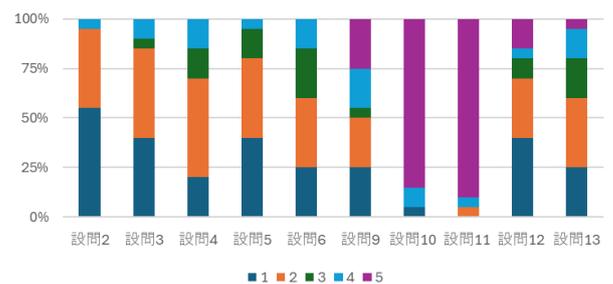


図6 今年度 設問2-13の単純集計結果

の意見があった。設問15はVRに表示する建築物の空間の色として赤色の方を危険に感じると答えた被験者の比率が100%だった。設問16は小規模建築物としての喫茶店と大規模建築物としてのホールどちらの方が見やすかったかという質問で、小規模建築物の方が見やすいと答えた被験者の比率が50%だった。この結果からVRで表示する空間の大小はVR上で表示している時点で実際の縮尺で表示されていないため、見やすさに直結しないのではないかと推察される。そのため実際の寸法感も伝わっていないという新たな問題が考えられる。設問17から25の結果を図8に示す。温度、CO2、PMVの3Dデータを被験者がどの程度理解できているかを比べると、全体的に温度とCO2に比べPMVの理解度が低いことが分かった。次に、昨年度の先行研究と比較する。設問1は昨年度の先行研究とは逆の結果となった。昨年はVRとPCのモニター上で3Dデータを表示させる時間が同じでなかったが、今回は公平性の観点から同じ時間見せるようにしたためだと考えられる。設問3の操作性に関する設問で昨年度は「そう思う」、「まあまあそう思う」と回答した割合が約35%、今年度は約85%と操作が気になると答えた割合が増加している。原因として昨年度は被験者ではなく筆者自らが操作をしていたためだと考えられ、PCのマウス操作に比べ慣れていないことも理由の一つであると推察される。設問4-6でCO2は昨年度と同じような回答の分布だったが温度とPMVは「そう思う」、「まあまあそう思う」と回答した割合が減少した。温度、PMVの等値面を1層から3層にしたことによって複雑になったことが結果にも反映されたと考えられる。設問9の画面酔いしたと感じた人数が増加した。装着する時間が増えたこと、表示する3Dデータが複雑になったこと、データ量が増えて3Dモデルの画質が粗くなったことなどが考えられる。設問10の黒い背景に恐怖を感じたかに対する回答は昨年度より恐怖を感じた人数は減少した。設問16のどちらの規模が見やすかったかという設問に、昨年度は小さい建築と答えた割合が約87%で大きい建築と答えた割合が約13%だったが、今年度は半数が小さい建築と答え、半数が大きい建築と答えた。

4. 本論文の成果と今後の課題

建築に詳しくない人に対してVRを用いて室内環境を理解してもらう手段として臨場感などリアリティを感じることができるという観点では優れていると確認できた。

また、本論文の成果として、室内環境分野にVRを用いる場合の注意点を明確にしたことが挙げられる。装着時間の長時間化、モデルの複雑さが見づらくなる要因だと確認できた。今後の課題としては、VRの装着時間の限界モデルはどのくらいまで複雑にできるのかについて調べる必要がある。

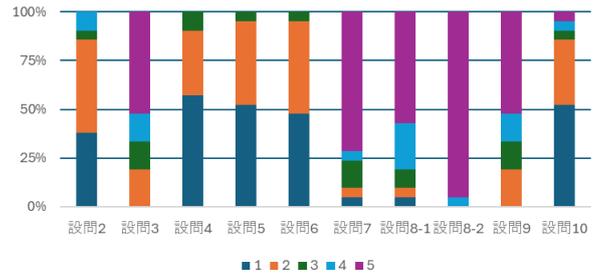


図7 昨年度 設問2-13の単純集計結果

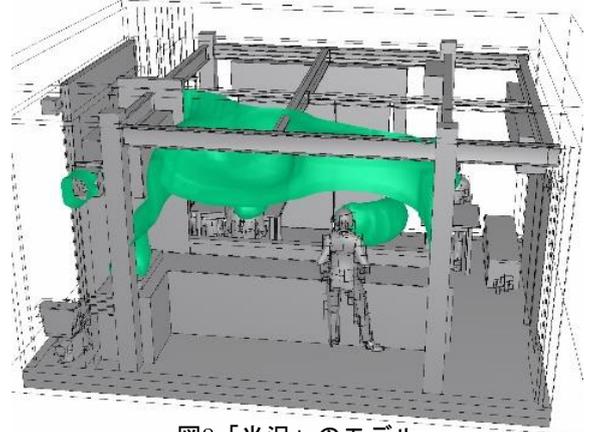


図8 「光沢」のモデル

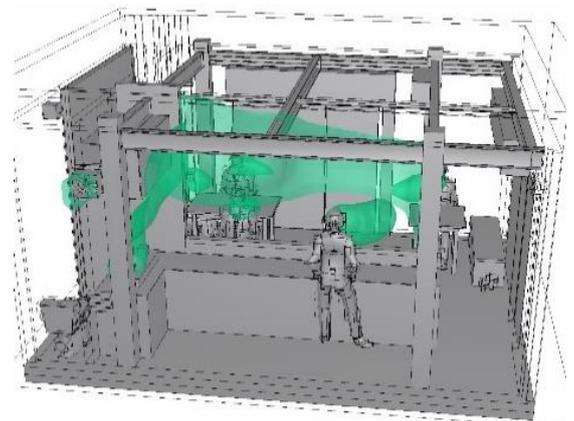


図9 「光沢+透明」のモデル

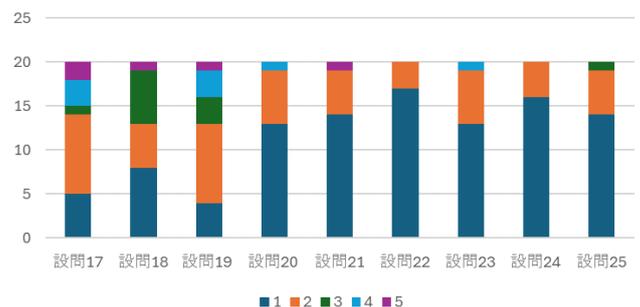


図9 今年度 設問17-25の単純集計結果

5. 参考文献

- 1) 小野 浩史：被験者属性に着目したVRの印象評価とVR酔いの予備的検討：VR技術を用いた居住環境の提示・評価に関する基礎的研究，日本建築学会環境系論文集，69巻.(2004)
- 2) VIVE Cosmos 概要 | VIVE 日本