

大阪大学工学部 学生員 ○古林 修平  
 大阪大学大学院工学研究科教授 正会員 矢吹 信喜  
 大阪大学大学院工学研究科准教授 正会員 福田 知弘

1. 研究の背景と目的

人間が生きていく上で温熱環境は快適性に大きく関わる要素の一つである。近年社会問題となっている都市の温熱環境の悪化に対し、屋外空間内の温熱環境改善を意図した対策の提案，設計の必要性が注目を集めている。実効的な案を考えるためには屋外空間を構成する多様な要素（舗装面，植栽，水面等）が空間内の気象要素に及ぼす影響・環境形成メカニズムを定性的かつ定量的に把握する必要がある<sup>1)</sup>。評価方法としてCFD（Computational Fluid Dynamics：数値流体力学）による温熱環境解析があげられる。しかしながら，温熱環境の解析結果は2次元的なものが多く，3次元的な可視化であってもそれぞれの手法には一長一短があり一貫した表現は確立されていない。一方，3次元空間を評価する手法として，AR（Augmented Reality：拡張現実感）技術が注目され始めている。ARとは現実空間に仮想空間を重畳表現するものである。また，HMD（Head Mounted Display）を用いることによりユーザの視線による臨場感を持つAR表示が可能である。そこで本研究では，HMDを用いてARにより現地で温熱環境解析結果を見ることにより，より立体的かつ体感的な評価が可能な可視化手法を確立する事を目的とした。

2. 既往研究

AR表示は，現実空間に仮想空間を重畳するため，幾何学的整合性を取るための位置合わせが重要である。矢吹ら<sup>2)</sup>は，点群データと現実空間上の自然特徴点とを対応させる位置合わせ手法を開発した。この手法は，特殊な機材や人為的指標を使用しなくとも高精度の位置合わせが可能であり，気候等の影響を受けにくいため，他の手法と比較して屋外でのAR表示に適していると考えられる。また，点群データとは3次元レーザースキャナにより計測される3次元位置情報をもつ大量の点データの集まりであり，将来的に都市をはじめ多くの構造物がデータベース化され，誰もが自由に利用できるようになる可能性があると考えられる。そこで本研究では矢吹ら<sup>2)</sup>の手法を用いてシステムを開発することとした。

3. 点群データとARによる温熱環境可視化システムの構築

図1にシステムのフローを示す。本システムは，CFD解析ソフトより得られる温熱環境解析結果をVRML，CSVファイルにて出力し，それらを点群データと自然特徴点とを対応させる位置合わせ手法を用いてAR表示させることにより，現実空間に立体的な温熱環境を可視化させる。また，可視化メニューにより表示画像の切り替え，移動等を出来るようにし，コントローラー操作にも対応させている。

次に可視化手法を図2に示す。気温・風速の大きさは色により表現している。本システムの可視化手法は4種類あり，①平面図による気温分布可視化，②球による周辺気温分布可視化，③流線による風分布可視

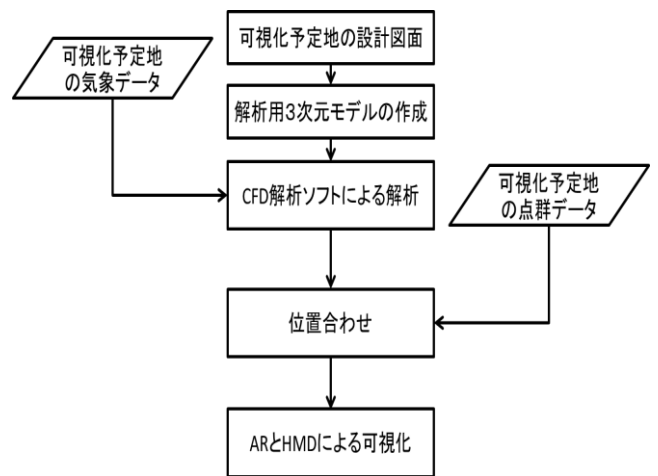


図1 本システムのフロー図

化，④円錐による周辺風分布可視化が用意されており，併用も可能である．それぞれの表示について，平面図・流線は全体の分布把握を，球・円錐は周辺の分布把握を行いやすいと考えている．

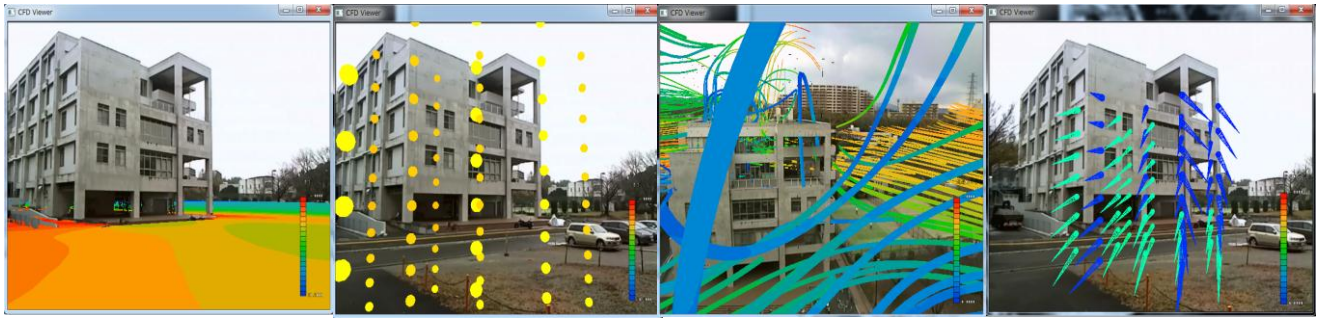


図2 システムの4種類の可視化手法（左から順に平面図，球，流線，円錐による表示）

#### 4. 検証

本手法の有用性を評価するために，被験者 25 人にシステムのキャプチャ映像を提示した後に，アンケートにより表示画面の温熱環境の理解しやすさについて5段階評価を実施した．アンケートの結果，本システムの表示により温熱環境のイメージがしやすいかという項目が高評価を取得し，本システムの有用性が確認された．また，各表示手法の適切さについても平均以上の評価を得た．

システムの操作性に関する検証では，被験者 15 人にシステムの使用方法を説明し，実際にシステムを利用してもらい，再びアンケートによる評価を実施した．その結果，コントローラーの操作性，HMD の臨場感ともに高評価を取得し，一般的なユーザーにも問題なく使用し，臨場感を感じることが出来るシステムであることが確認された．

#### 5. 結論と今後の課題

本研究の結論を，以下にまとめる．

- CFD 解析ソフトより得られる温熱環境解析結果を点群データと自然特徴点を対応させる位置合わせ手法を用い AR 表示させることで，現実空間中に解析結果を表示する新しい可視化システムを構築した．
- 本システムは温熱環境を4種類の表示手法で表示しており，併用も可能である．また，HMD による表示を想定しコントローラーによる操作に対応させている．
- 本システムの可視化手法に関し，アンケートによる検証を行った結果，現実空間での温熱環境のイメージのしやすさについて一定の評価を得た．よって本可視化手法の有用性が確認された．
- 本システムの操作性に関し，アンケートによる検証を行った結果，操作性において一定の評価を得た．よって一般的なユーザーが問題なく使用できるシステムであることが確認された．

今後の課題として，本システムは一定評価を得たものの，検証により，分布表示における距離感の把握や俯瞰的な把握が難しいという問題が明らかになったため，これらの問題を解決し，利用者がより理解しやすい表示画面を検討する必要がある．また，センサにより得られる気象データを表示させることで，CFD 解析では把握できない条件の発生も可視化出来るようにしていきたい．

#### 参考文献

- 1) 吉田伸治：多分割人体体温調節モデルを用いた屋外温熱環境 CFD 解析，日本流体力学会誌，第 30 号，pp.87-96，2011.4.
- 2) 矢吹信喜：3 次元レーザースキャナとプロダクトモデルを用いた高精度の建設分野用屋外拡張現実感技術の開発，日本建設情報総合センター研究助成事業成果報告会資料集，第 2010-12 号，2011.