# マーカーレス AR 技術に基づく環境流れ問題可視化システムの構築

## 1. はじめに

近年, 深刻化している大気環境・水環境など各種環境流れ 問題の予測に数値シミュレーションが用いられている.計 算結果を評価・把握するために,流れ現象の可視化情報を提 供することは重要である.著者らはこれまで,AR技術に基 づく環境流れ問題のための可視化システム<sup>1)</sup>の構築を行っ てきた.しかし,構造物モデルが定義されている座標と数 値計算で求めた流れ場の可視化情報が定義されている座標 とが異なるため,位置合わせ時のユーザーの作業が煩雑で あった.

そこで、本研究では、位置合わせ時のユーザーの作業負担 を削減させたシステムの構築を行った.検証例題として、構 造物周りの大気環境流れ問題を取り上げ、本システムの妥当 性について検討を行った.

## 2. 本システムの概要

図-1 は本システムのフローチャートである.AR 技術に は、metaio SDK<sup>3)</sup>を用い、CG 描画には OpenGL を用いて いる.プログラムは C++ 言語で記述している.

## (1) 対象構造物のモデリング

CAD システムを用いて対象構造物の形状モデリングを行い,現状の構造物の形状を有する構造物モデルを生成する.

## (2) 数値計算

構造物モデルをもとに解析用メッシュを生成し、環境流れ 問題に対する数値計算を行う.なお,数値解析手法として は,任意形状への適合性に優れる安定化有限要素法を用い る<sup>2)</sup>.





### (3) データ入力

数値計算より得られた対象構造物周りの流れ場を可視化 するため、以下のデータを入力する(図-2参照).

#### a) マーカー

図-2(a) に示すような対象構造物を含めた風景画像をあらかじめ撮影し、これをマーカーとして入力する.

#### b) 構造物モデル

図-2(b) に示すような構造物モデルを入力する.なお,構造物モデルは,数値計算で用いた座標で定義されている.

#### c) 物理量

図-2(c) に示す数値計算より得られた流れ場の物理量 (流速, 圧力) を入力する.

#### (4) 仮想空間と現実空間の位置合わせ

入力した構造物モデルと流れ場の可視化情報は数値計算 で用いた座標で定義されているため、仮想空間において、両 者の位置は正確に考慮されている.しかし、現実の対象構造 物との位置関係は考慮されていない.そこで、仮想空間と現 実空間との幾何学的整合性を取るため、位置合わせを行う. 具体的には、図-3に示す各軸方向への移動量(*Tx*,*Ty*,*Tz*)、 各軸方向の拡大・縮小によるスケール量(*Sx*,*Sy*,*Sz*)、各軸 まわりの回転量(*Rx*,*Ry*,*Rz*)のパラメーターを利用し、現 実空間へ重畳する(図-4(a),(b)).位置合わせはAR可視化 を実施する現地において行い、パラメーターと利用し、現 空間気界と構造物モデルの壁面境界が一致するように目視 で決定している.従来は、構造物モデルと流れ場の可視化情 報それぞれに対して、目視で位置合わせを行っていた.改良 後は、構造物モデルと流れ場の可視化情報を一括で位置合わ せを行うことが可能であるため、ユーザーの作業負担が削減



KeyWords: markerless augmented reality , 環境流れシミュレーション , 可視化 連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL: 03-3817-1815 Email: sugeta@civil.chuo-u.ac.jp



されたシステムとなっている.

(5) マスク処理

次いで,重畳した構造物モデルにマスク処理を施す.こ こで、マスク処理とは構造物モデルを完全に透明とし、流れ 場の可視化情報との間で陰面処理の判定を行い、構造物モ デル背後の流れ場の可視化情報を非表示とするものである. また,実時間処理のため,構造物モデルの存在する空間は 現実の対象構造物の映像がリアルタイムに表示される.以 上より、対象構造物周りの流れ場が現実感を損なうことなく AR 可視化される (図-4(c)).

## 3. 本システムの妥当性

本システムの妥当性の検証として,図-5 に示す構造物周 りの3次元気流シミュレーション結果のAR可視化を行っ た.解析条件として,側面・上端面にはslip条件,底面・ 構造物壁面にはnon-slip条件を用いた.本例では,図-5 に 示すカメラ位置と方向から流れ場を観察することを想定し たため,マーカー画像として,図-6 に示す対象構造物を含 めた画像を選定した.仮想空間と現実空間における幾何学 的整合性を取るために,位置合わせを行った(図-7).なお, 図-7 に示す構造物モデルに接するベクトルは,構造物壁面 境界上の節点の流速を表している.これより,仮想空間にお





図-6 マーカーに選定した風景画像



図-7 位置合わせ後



図-8 マスク処理適用後

いて, 流れ場の可視化情報と構造物モデルが同じ座標で定義 されていることが分かる. 位置合わせの際, ユーザーは流れ 場の可視化情報と構造物モデルの一括操作が可能であるた め, 構造物モデルの壁面境界を基準に現実の対象構造物の壁 面境界に位置合わせすれば現実空間において位置が考慮さ れる. 次いで, 図-8 に示すように重畳した構造物モデルに対 してマスク処理を施した. これにより,構造物背後の流れ 場の可視化情報が非表示となり,現実感を損なうことなく正 しく AR 可視化されていることを確認した.以上より,本 システムの妥当性を確認した.

#### 4. おわりに

本論文では、従来の環境流れ問題に対する AR 可視化シ ステムの改良を行った.具体的には、仮想空間における構造 物モデルの定義されている座標と流れ場の可視化情報の定 義されている座標との整合を取ることで、位置合わせ時の ユーザーの作業負担を削減することが可能となった.

今後の課題として,マーカー画像の設定方法および日照 条件や気象条件が異なる場合の適用性についての検討が挙 げられる.

#### 参考文献

- 菅田大輔,樫山和男,宮地英生,岩塚雄大:環境流れ問題のための AR 可視化システムの構築と適用性の検討,土木情報学シンポ ジウム講演集,Vol.40,pp.239-242,2015.
- 池田哲也,樫山和男:安定化有限要素法による都市の 温熱環境解析手法の構築,土木学会論文集 A2(応用力 学),Vol.69,No.2,pp.107-114,2013.
- D. Kurz and S. Benhimane, "Gravity-aware handheld augmented reality," in Proc. 10th IEEE Int. Symp. Mixed Augmented Reality, 2011, pp. 111-120.