

(33) 水環境流れ問題のためのマーカーレスAR 可視化システムの適用性の検討

花立 麻衣子¹・菅田 大輔²・檜山 和男³・宮地 英生⁴・前田 勇司⁵・西畑 剛⁶

¹学生会員 中央大学大学院 理工学研究科 都市環境学専攻 (〒 112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

E-mail: hanadate@civil.chuo-u.ac.jp

²学生会員 中央大学大学院 理工学研究科 都市環境学専攻 (〒 112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

E-mail: sugeta@civil.chuo-u.ac.jp

³正会員 中央大学教授 理工学部都市環境学科 (〒 112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

E-mail: kaz@civil.chuo-u.ac.jp

⁴非会員 東京都市大学教授 メディア情報学部 (〒 224-8551 神奈川県横浜市都筑区牛久保西 3-3-1)

E-mail: miyachi@tcu.ac.jp

⁵正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒 329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1)

E-mail: Yuuji.Maeda@mail.penta-ocean.co.jp

⁶正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒 329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1)

E-mail: Takeshi.Nishihata@mail.penta-ocean.co.jp

本論文は、水環境流れ問題のためのAR可視化システムの構築とその適用性について検討を行ったものである。AR技術には、あらかじめ撮影した風景画像をコンピュータに登録することで、カメラ映像から平面画像認識を行うマーカーレスAR技術を用いた。河川および海における水環境流れ問題を取り上げ、本システムの適用性の検討を行った。

Key Words: markerless augmented reality, visualization, water environmental flow simulation

1. はじめに

近年、AR(Augmented Reality)技術に基づく可視化手法が、景観シミュレーションや土木・建築における様々な諸活動の中で積極的に導入され始めている¹⁾。著者らはこれまでマーカーレスARを用い、構造物周りの風環境シミュレーションのAR可視化を行い、得られた計算結果の直観的理解向上を図るシステムを構築してきた²⁾。本システムにおけるマーカーレスARは、あらかじめコンピュータに登録した任意の平面画像を基にカメラ映像から特徴点を捉えることでカメラの位置・視線を推定するトラッキング手法を採用している。

本論文では既往のシステムを用いて河川や海の水環境流れ問題のためのマーカーレスAR可視化を実施し、その適用性を検討した。本システムは、対象環境の風景画像に基づくマーカーレスARであるため、CGを安定的に重畳させられるかは登録画像に収める対象環境の状態に大きく依存する。そこで本論文は、本システムがどのような水環境での利用に適しているかについて検討を行うため、登録画像の撮影場所近傍に複数の構造物が立ち並ぶ河川と、遠方に構造物が広がる海の二つの例を用いた。

2. 本システムの概要

本システムのフローチャートを図-1に示す。本システムの開発環境として、マーカーレスARによるトラッキング技術にはMetaio SDK³⁾ライブラリを使用した。CG映像の描画にはOpenGLライブラリを用いた。また、本システムの構築に際して、プログラミング言語はC++を用いて記述している。



図-1 システムのフローチャート

なお、本論文の AR 可視化の際に使用した機器は Microsoft 社のタブレット型ノート PC「Surface Pro3」、登録画像の撮影は PC に搭載の 500 万画素のウェブカメラで行った。

(1) 数値計算

AR 可視化の対象とする空間に対して基盤地図情報および GIS システムを用いて解析境界およびメッシュを生成し、水環境流れ問題のための数値計算を行う。支配方程式として浅水長波方程式を用い、任意形状への適用性に優れる有限要素法より断面平均流速および水位を求める⁴⁾。

(2) 可視化データ作成

数値計算において各節点上で求めた流速値を用いて、流速ベクトルモデルおよび解析領域内に存在する構造物モデルを作成する。

(3) 登録画像の撮影

登録画像として、対象環境の風景画像を撮影する。この登録画像内の特徴点と、カメラ画像が検出した現実世界の特徴点が比較されることで、ユーザーが持っているカメラの位置や向きが推定される。

(4) 位置合わせ

ここでは、現実世界の画像と作成した構造物や流れ場の CG モデルの幾何学的整合を図るための位置合わせを行う。図-2 に示すように、従来のシステムでは、CG モデルの境界線を現実世界の境界線に一致するよう、目視で CG モデルを移動させていたため、位置合わせの精度が低かった。そこで、登録画像内の任意の点と、その点に当たる CG モデルの点が一致するよう、CG モデルの座標系を画像座標系に変換し、それらの座標系をおおよそ一致させることで、位置合わせ精度の向上を図った。

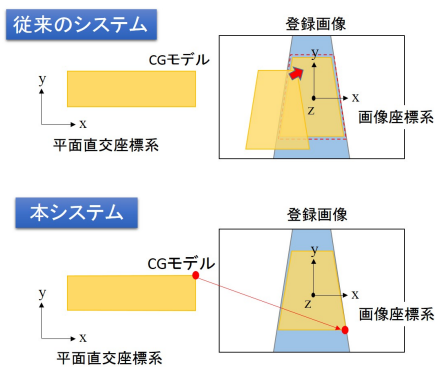


図-2 位置合わせ方法

(5) マスク処理

解析領域に構造物が含まれる場合、本来、構造物に隠れ、不可視状態となるベクトルが表示されてしまい、現実空間との位置関係が正しく表示されない問題が発生する。そこで、作成した構造物モデルにマスク処理を施し、ベクトルと共に重畳することで不可視領域のベクトルの表示を防いでいる。

3. 適用性の検討

本システムの水環境における適用性を検討するため、河川および海における水環境流れ問題を取り上げた。具体的には、登録画像撮影位置および登録画像撮影位置から移動した場合において、流れ場の CG モデルが正しく重畳されるかの検証を行った。

(1) 河川での検証

河川での検証は、東京都千代田区神田川を対象とした。図-3 に示す解析領域を、節点数 256、要素数 423 の解析メッシュで計算した流速ベクトルの可視化を行う。図-3 に示すように、橋の上からカメラを上流に向け、登録画像を撮影した。撮影した登録画像を図-4 に示す。登録画像には、画像撮影位置近傍の複数の構造物や橋脚が含まれている。

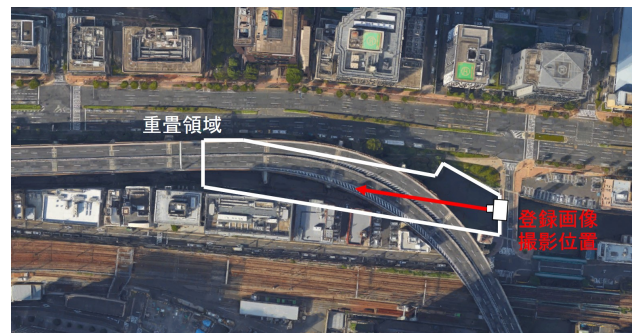


図-3 位置関係図



図-4 登録画像

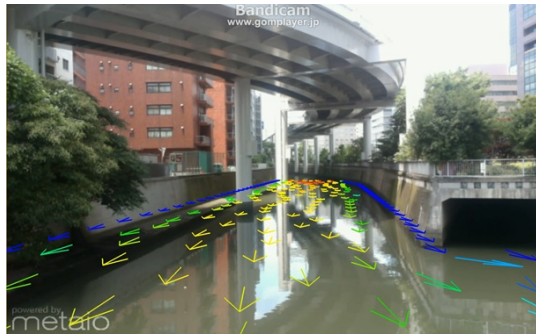


図-5 可視化結果



図-7 位置関係図

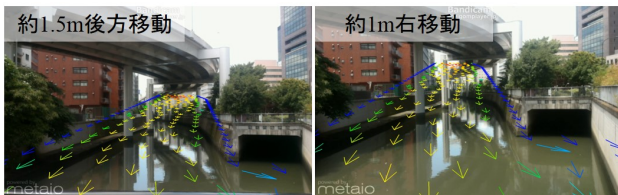


図-6 移動後の可視化結果



図-8 登録画像

図-4 の画像を用いて AR 可視化を行った結果を図-5 に示す。登録画像撮影位置からカメラを向けると、CG モデルは位置合わせ工程で設定した位置である水面上に重畳された。この登録画像は河川周辺の構造物が大部分を占めており、その構造物は登録画像撮影位置から比較的近傍にあるため、画像を認識するための特徴点が十分に存在していると考えられる。また、この検証において河川水面は穏やかで動きが見られなかったため、CG モデルは大きく揺れることなく、安定して水面上に重畳することができた。

しかし、登録画像撮影場所から後方および左右に約 1~2m カメラを移動させると、図-6 に示すようにベクトルが水面から大きく浮き上がってしまった。このように、近傍の構造物を対象とした場合、登録画像撮影位置にカメラを固定して重畳を行わないと、正しく可視化されないことを確認した。

また、屋外で利用しているため、登録画像撮影時からの時間経過と共に日照状態が変化し、1 枚の登録画像を利用し続けられる時間が限られてしまうという問題も発生した。今後は日照状態の変化も考慮した検討も行っていく予定である。

(2) 海での検証

海での検証は、東京都港区のお台場海浜公園を対象とした。図-7 に示す解析領域を、節点数 1027、要素数 1845 の解析メッシュで計算した流速ベクトルの可視化を行う。また、不可視領域のベクトルが可視化されないよう、解析領域領域内にある鳥の島モデルを作成し、

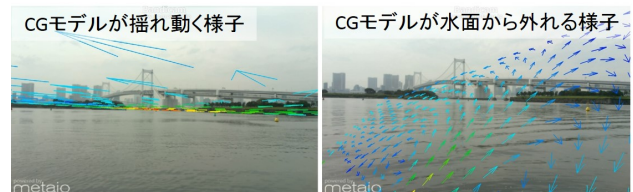


図-9 可視化結果

マスク処理を施した。図-7 に示すように、栈橋の上からカメラを沖に向け、登録画像を撮影した。撮影した登録画像を図-8 に示す。登録画像内に、画像撮影位置から約 800m 前方にあるレインボーブリッジが含まれている。

図-8 の画像を用い AR 可視化を行った結果を図-9 に示す。登録画像撮影位置からカメラを向けると、図-9 左に示すように、河川での可視化結果に比べ、CG モデルが位置合わせ箇所を中心に大きく揺れ動く様子が確認された。また、図-9 右に示すように、位置合わせ工程で設定した位置から大きく外れる現象が不規則に表れた。この登録画像の大部分を占める水面は、現実空間において、波の影響で常に揺れ動いているため、カメラが捉える画像状態も時々刻々と変化する。そのため、図-8 の登録画像を用い CG モデルの位置を決定するための計算が正確に行われず、CG モデルが安定的に重畳されなかったと考えられる。



図-10 切り取り後の登録画像



図-11 切り取り画像を登録した場合の可視化結果



図-12 視点位置関係図

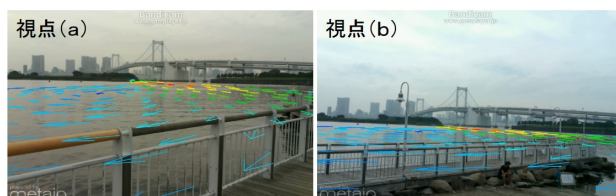


図-13 各視点からの可視化結果

そこで、図-8 から画像の水面部分を避け、構造物部分を切り取った図-10 を登録画像とした。その結果を図-11 に示す。切り取る前の画像を用いた場合より CG モデルの揺れが収まり、CG モデルが水面から大きく外れる図-9 右のような現象も現れず、登録画像を切り取る前に比べ、安定して水面に重畳された。このことから、時々刻々と水面の状態が変化する場合では、水面部分を避け、構造物部分を切り取った画像を登録する必要があると言える。

さらに、近傍の構造物を対象とした河川での検証では、カメラを約 1~2m 移動させるとベクトルが大きく水面から浮き上がってしまったのに対し、遠方構造物を対象とした海での検証では、登録画像を撮影した位置から約 30~40m 移動しても、水面上に CG モデルが重畳され続けた。各視点の位置関係図を図-12 に、各視点からの可視化結果を図-13 に示す。

このように、遠方構造物を切り取った画像を登録することで、カメラビュー内に、本来登録画像内に含まれていない高欄やその他構造物が写り込んでも、登録画像全体が捉えられやすくなる。また、カメラと対象構造物の距離が大きいと、近傍構造物を対象とした場合に比べ、カメラの移動に伴う特徴点の配置の変化が少なく、登録画像を撮影した位置から約 30~40m カメラが移動しても、水面上にベクトルを重畳することが可能となったと考えられる。

また、検証中は曇っており、大きな日照状態の変化がなかったため、時間が経過しても重畳し続けることができたと考えられる。

4. おわりに

本論文では、平面画像に基づくマーカーレス AR の水環境における適用性の検討を行うことを目的とし、河川と海における検証の結果、以下の結論を得た。

- 時々刻々と揺れ動く水面が登録画像内に含まれる場合、CG モデルが激しく揺れ動き、位置計算が正しく行われなため、水面部分を避け、構造物部分を切り取った画像を登録する必要がある。
- 遠方構造物を対象にした登録画像を用いることで、カメラの視点を変えても、近傍構造物を対象にした登録画像に比べ特徴点の配置の変化が少ない為、登録画像撮影位置から移動し、視点を変えて水面を観察することが可能である。

今後は、特徴点の少ない構造物を登録画像とした場合や、揺れ動く船上からの利用など他の水環境での検証や、日照状態の変化に着目した検証を行い、本システムの更なる適用性の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 特集 VR/MR/AR, JACIC 情報 103 (日本建設情報センター), Vol.26, No.3, pp.5-21, 2011.
- 2) 菅田 大輔, 榎山 和男, 宮地 英生, 前田 勇司: 環境流れ問題のためのマーカーレス AR 可視化システムの構築と適用性の検討, 土木学会論文集 F3(土木情報学), Vol.71, No.2, pp.196-203, 2016.
- 3) D. Kurz and S. Benhimane, " Gravity-aware handheld augmented reality, " in Proc. 10th IEEE Int. Symp. Mixed Augmented Reality, pp. 111-120, 2011.
- 4) 利根川大介, 榎山和男: 安定化有限要素法による津波遡上および流体力の解析手法の構築, 応用力学論文集, vol.12, p.127-134, 2009.