

(34) スマートデバイスを用いた 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

菅田 大輔¹・樫山 和男²・宮地 英生³・前田 勇司⁴・
道前 武尊⁵・西畑 剛⁶・厚山 伊智朗⁷・横山 侑機⁸

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

²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

³非会員 東京都市大学教授 メディア情報学部 情報システム学科 (〒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

⁴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

⁵非会員 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: Takeru.Michimae@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

⁷非会員 五洋建設株式会社 東京土木支店 (〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8)
E-mail: Ichirou.Atsuyama@mail.penta-ocean.co.jp

⁸非会員 五洋建設株式会社 東京土木支店 (〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8)
E-mail: Yuuki.Yokoyama@mail.penta-ocean.co.jp

本論文は、スマートデバイスを用いた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を行ったものである。マーカーレスAR技術には、従来の画像認識のロバスト性を向上させた Extended Tracking を用いている。本システムを海上工事現場における水環境流れ問題に適用し、Extended Tracking に基づくマーカーレスAR技術の有効性について検討を行った。

Key Words: markerless augmented reality, visualization, extended tracking

1. はじめに

著者らはこれまで、現地において撮影した任意の風景画像認識に基づく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を行ってきた¹⁾。しかし、このシステムは、PCでのアプリケーションソフト開発であったため、AR空間を観察するためには、現地に重いデバイスを持ち運ぶ必要があった。また、このシステムは、登録したマーカー画像内部の特徴点が少ない場合には適用性に難があった。

そこで本論文では、近年、普及の著しいスマートデバイスであるスマートフォンを用いて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を行った。また、新たなマーカーレスAR技術として、マーカー画像のみならず、マーカー画像の周囲に存在する情報を利用することにより、従来の画像認識のロバスト性を向上させた Extended Tracking²⁾を用いた。本システムの有効性を検証するため、マーカー画像内部に特徴点の少ない

海上工事現場における水環境流れ問題を取り上げ、CGが安定にAR可視化表示される限界位置の検討を行った。なお、ARアプリケーションソフト開発用ライブラリには、Vuforia SDK^{3),4)}を用いている。

2. 本システムの概要

図-1に本システムのフローチャートを示す。本システムは、前処理、AR可視化処理およびAR可視化表示から構成される。以下ではフローチャートの各項目について述べる。

(1) 前処理

前処理においては、AR可視化処理のための入力データを生成する。入力データは、以下に示す情報を用いる。

a) マーカー画像

VuforiaのTarget Manager³⁾を通じて、対象領域の画像をマーカー画像に変換し、ダウンロードする。Vuforiaの



図-1 本システムのフローチャート

Target Manager とは、オンライン上でマーカー画像を生成・管理するものであり、マーカー画像内部の特徴点分布を表示する機能がある。また、マーカー画像の検出と追跡のしやすさの指標³⁾を0から5までで評価する機能(5が最も追跡しやすい)がある。

b) 可視化情報

可視化情報に地形を含む構造物のモデル可視化情報とそれを用いて得られる流れ場の可視化情報を用いる。流れ場の可視化情報は流れの支配方程式を解くことにより得られる流速ベクトルや水位の情報である。

モデル可視化情報は地形を含む構造物のモデリングの際に生成したデータであり、形状のみならず、線分情報も含んでいる。

(2) AR 可視化処理

AR 可視化処理においては、著者らの既往の研究¹⁾と同じである。変更した処理方法についてのみ以下に示す。

a) 仮想空間と現実空間の位置合わせ

既往の研究における位置合わせは、現実空間に存在する構造物などの壁面境界と数値計算で用いたメッシュの境界辺が一致するように目視で位置合わせパラメータを決定していた。本研究では、現実空間のある点と仮想モデルのある点(本論文の例題では防波堤の端部)が一致するように位置合わせパラメータの計算を行っている。

b) マスク処理

構造物背面領域に存在する不可視領域の流れ場の可視化情報と対象構造物との前後関係を考慮した AR 可

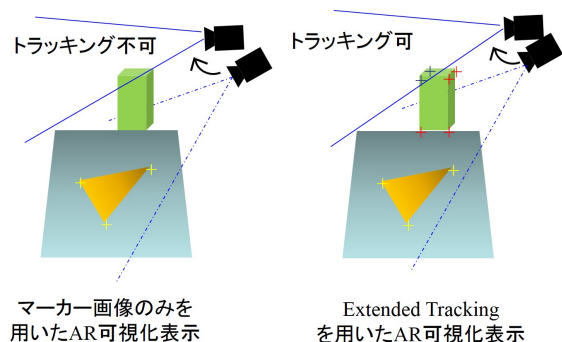


図-2 画像認識に基づくマーカーレス AR 技術

視化表示を行うため、構造物モデルにマスク処理を施す。なお、本システムを適用する際、目的によっては、流れ場とともに構造物モデルの AR 可視化表示を行う場合がある。そこで、本研究では、本システムを適用する現場に合わせて、マスク処理を施すか否かの判断を行う。

(3) AR 可視化処理の開発環境

AR 可視化処理における開発環境として、統合開発環境は Android Studio を用いており、プログラミング言語は Java を用いて記述している。CG 映像の描画には OpenGL ES 2.0 ライブラリを用いている。また、マーカーレス AR 技術には、従来の画像認識のロバスト性を向上させた Extended Tracking を用いている。以下に従来および本研究で用いたマーカーレス AR 技術の特徴を示す。

a) マーカー画像のみを用いた AR 可視化表示

マーカー画像のみを用いた AR 可視化表示は、図-2 左に示すようにカメラビュー内からマーカー画像の特徴点(+で表示)を検出し AR 可視化表示を行う手法である。この手法は、マーカー画像をカメラビュー内に捉えている必要があり、著者らの既往の研究¹⁾において使用してきた。

b) Extended Tracking を用いた AR 可視化表示

Extended Tracking を用いた AR 可視化表示は、図-2 右に示すようにカメラビュー内のマーカー画像の特徴点およびその周囲の情報を利用し、AR 可視化表示を行う手法である。この手法は、マーカー画像の周囲の情報に基づき、マーカー画像の位置を推測するため、あらかじめマーカー画像の特徴点を検出しておけば、カメラビュー内に常にマーカー画像が映っている必要はない。

(4) AR 可視化表示

以上より、生成した AR アプリケーションソフトを USB ケーブルを通じてスマートデバイスへ移行し、AR 可視化表示を行う。なお、本論文で利用したスマートデバイスは、Android OS に基づく Xperia Z3 を用いている。

3. 本システムの検証例題

本システムの有効性を検証するため、マーカー画像内部に特徴点の少ない海上工事現場における水環境流れ問題を取り上げる。CG には既設および新設ケーソン周辺の潮流場モデルを用いた。また、水面上のみならず水面下に存在する構造物を AR 可視化表示するため、既設および新設ケーソンマウンドモデルも用いた。なお、検証実験の場所は東京湾新海面処分場 D ブロック南側護岸建設工事現場である。

(1) 検証時の条件

本検証において使用した作業船と既設および新設ケーソンの位置関係を示した平面図を図-3 に示す。図-3 に示す青色矢印の指す方向へスマートデバイス向け、CG が安定に AR 可視化表示される検証開始位置から図-3 に示す赤色矢印の指す方向へ遠ざかる事で安定に AR 可視化表示される限界位置の検証を行った。

(2) 入力データ

入力データとして、以下に示すマーカー画像と可視化情報を入力した。

a) マーカー画像

マーカー画像として、図-4 に示すような既設および新設ケーソンを含む画像を選定した。なお、マーカー画像は AR 可視化表示を実施する直前に、作業船上から撮影したものを使用した。Vuforia の Target Manager より、図-5 に示すようなマーカー画像内部に存在する特徴点の分布図を得た。図-5 において、特徴点は黄色十字記号で表示されている。また、Vuforia の Target Manager より、マーカー画像の検出と追跡のしやすさの指標は 0 から 5 までのうち 0 であった。図-4 および図-5 より、マーカー画像は、既設および新設ケーソンの継ぎ目箇所の水位を示す目盛り部分に特徴点が集まっているが、それ以外の領域には特徴点がほとんど存在せず、全体的に特徴点の少ないものであることが分かる。

b) 可視化情報

流れ場の可視化情報として、あらかじめ計算された既設および新設ケーソンマウンドモデル周辺の潮流場の情報を入力した。物理量の可視化手法として、流速ベクトルを採用した。

また、モデル可視化情報として、水面上のみならず水面下に存在する既設および新設ケーソンマウンドモデルの情報を入力した。この情報は面と線分から構成されている。また、構造物ごとに色による分類および透過処理を施している。そのため、AR 可視化表示の際に水面下に存在する構造物の視覚的認知が可能である。なお、本検証において、このモデルにマスク処理は適用してい

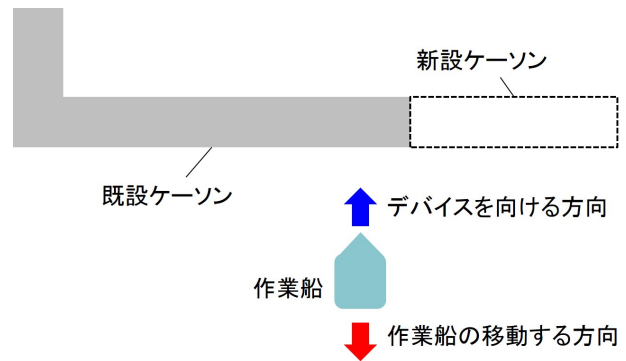


図-3 検証時の平面図



図-4 マーカー画像



図-5 マーカー画像内部の特徴点分布

ない。

(3) AR 可視化表示に関する安定性の検証

Extended Tracking に基づくマーカーレス AR 技術の有効性を検証するため、CG が安定して AR 可視化表示される限界位置の検証を行った。具体的には、CG が安定して AR 可視化表示される位置から遠ざかる事で行った。ここでいう安定とは、CG が現実空間に一致してい

る状態を指す。本検証において、図-3 に示す赤色矢印の指す方向へ作業船を後方移動させた。作業船を後方移動させた後、CG が安定して AR 可視化表示される位置から遠ざかった際におけるケーソン側面とスマートデバイス間の距離を測定した。なお、距離の測定には、レーザー距離計を用いた。

図-6 に検証開始点における AR 可視化結果を示す。このときのケーソン側面とスマートデバイス間の距離は 12m であった。Vuforia の Target Manager が示したマーカー画像の検出と追跡のしやすさの指標は 0 であったが、CG が安定にかつ正しく AR 可視化表示されていることを確認した。この位置からさらに作業船を後方移動させた。図-7 に安定して AR 可視化表示される限界の位置における AR 可視化結果を示す。このときのケーソン側面とスマートデバイス間の距離は 27m であった。本例題における後方移動の結果、カメラビュー内のマーカー画像領域が小さくなった場合であっても、広範囲の AR 空間が観察可能であることを確認した。以上より、マーカー画像のみならず、マーカー画像周囲の情報を利用する Extended Tracking に基づく本システムは従来の画像認識と比較して、ロバスト性が高く有効であるといえる。

また、図-8 に安定して AR 可視化表示される限界の位置を越えた場合の AR 可視化結果を示す。図-8 に示すように、CG が回転して AR 可視化表示され、AR 空間の観察が困難となることを確認した。

4. おわりに

本論文では、スマートデバイスを用いた Extended Tracking に基づく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を行った。本システムの検証例題として、海上工事現場における水環境流れ問題を取り上げ、AR 可視化表示を行った。検証例題を通じて、以下に示す結論を得た。

- スマートデバイスにおける環境流れ問題の AR 可視化表示が可能となった。
- マーカー画像内部に特徴点の少ない海上工事現場において、AR 可視化表示の安定性が高いことを確認した。
- デバイスの後方移動に伴い、カメラビュー内のマーカー画像領域が小さくなった場合であっても、Extended Tracking を用いることで広範囲の AR 空間が観察可能となった。

今後は、従来のマーカーレス AR 可視化システムとの比較を行い、Extended Tracking のさらなる有効性の検証を行うとともに、時々刻々変化する非定常の情報を AR 可視化表示するシステムの構築について検討する予定である。

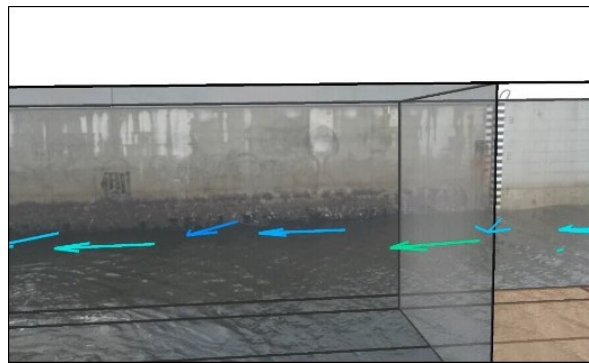


図-6 検証開始時の AR 可視化結果

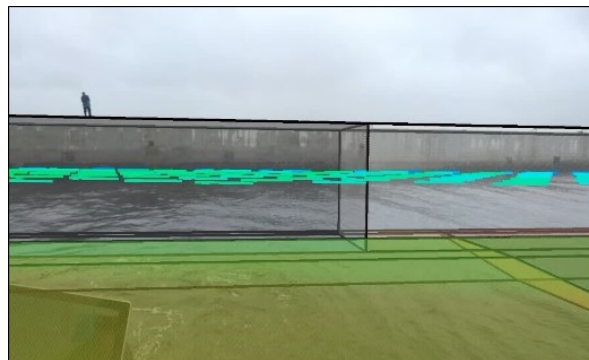


図-7 限界位置における AR 可視化結果



図-8 限界位置を越えた位置における AR 可視化結果

参考文献

- 1) 菅田 大輔, 櫻山 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.
- 2) Jiang, B. and Neumann, U. :Extendible Tracking by Line Auto-Calibration, IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality, pp. 97-103, 2001.
- 3) Vuforia Developer Portal, <<https://developer.vuforia.com/>>, (アクセス 2016.06.21).
- 4) Cukovic, S. , Gattullo, M. , Pankratz, F. , Devedzic, G., Carrabba, E. and Baizid, K. :Marker Based vs. Natural Feature Tracking Augmented Reality Visualization of the 3D Foot Phantom, The International Conference on Electrical and Bio-medical Engineering, Clean Energy and Green Computing (EBECEG2015), pp.24-31, ISBN:978-1-941968-06-2, 2015.