

(25) 水環境・防災シミュレーションのための マーカーレスARシステム

花立 麻衣子¹・池田 直旺²・凌 国明³・檜山 和男⁴・
宮地 英生⁵・前田 勇司⁶・西畑 剛⁷

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: a12.atet@g.chuo-u.ac.jp

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

E-mail: a13.mme6@g.chuo-u.ac.jp

³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: lingguoming@civil.chuo-u.ac.jp

⁴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

⁵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

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

⁷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・防災シミュレーションのためのマーカーレス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。本システムは、あらかじめ撮影した風景画像をマーカー画像として利用している。非定常なシミュレーション結果のAR可視化を実装し、対象空間に特徴点が広く分布する空間と特徴点がほとんど存在しない空間の2ケースを例題に取り上げ、本システムの適用性の検討を行った。

Key Words: augmented reality, visualization, water environmental simulation

1. はじめに

大地震による津波や、近年頻発するゲリラ豪雨による洪水などの水災害に備え、国民の防災意識を高めることが重要である。そのため、災害のためのシミュレーションが広く行われていると共に、計算結果をより直観的に理解するための可視化技術についても研究が行われている。中でも、現実の映像に仮想のCG映像を重畳可能な可視化手法として、Augmented Reality (AR) 技術が注目されている。著者らはこれまで、現地において撮影した風景画像認識に基づく水環境流れ問題のためのマーカーレスARシステムの構築を行い、河川や海岸、海上工事現場を対象に適用を行ってきた^{1,2)}。しかし、従来のシステムでは、AR可視化において定常のシミュレーション結果のみ表示可能であったため、現象の進展状況を認識することができなかった。

そこで、本論文では既往のマーカーレスARシステムに非定常データの可視化機能を追加し、実装を行った。また、本論文では、可視化情報である流速値や水位の物理量の大きさを示すカラーマップ画像を、画面に固定表示させる機能を追加した。本論文では、水環境における本システムの適用性の検討を行うために二

つのケースを例題として取り上げた。一つ目は、対象空間に特徴点が広く分布する場合の事例を、二つ目は、対象空間に特徴点がほとんど存在しない場合の事例を取り上げ、検証を行った。

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。以下、フローチャート中の各工程について述べる。

(1) 前処理

前処理においては、後述するAR可視化処理において必要となる入力データを作成する。入力データは、以下に示す可視化情報およびマーカー画像である。

a) 可視化情報

ここでは、シミュレーション結果を可視化するためのデータを作成する。対象領域に対し、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解析を行う。図-2に示すように、数値解析から得られた流速情報や水位情報等を基に、描画に必要な情報のみを記述したデータファイルを作成する。従来のシステムでは、任意の1ステップ分のデータファイルを入力し

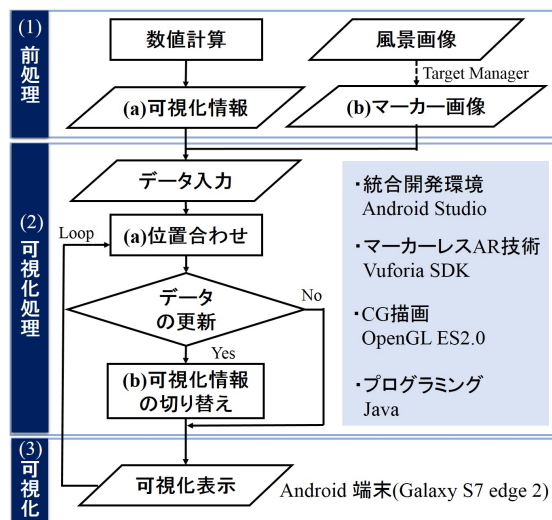


図-1 システムのフローチャート

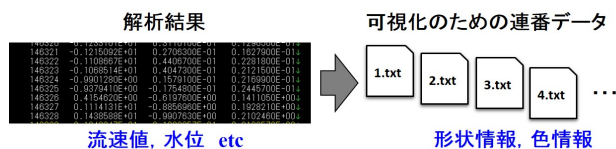


図-2 可視化情報

ていたが、本システムでは所定のステップ数分のデータファイルを連番形式で入力する。

b) マーカー画像

本システムでは、マーカー画像として AR 可視化表示の直前に現地において撮影した風景画像を使用する。撮影した風景画像を、Vuforia の Target Manager³⁾を通して、マーカー画像に変換し、これをダウンロードする。なお、Vuforia の Target Manager とは、オンライン上でターゲットとするマーカー画像データを生成し、それを管理するものである。また、Vuforia の Target Manager の機能として、マーカー画像中の特徴点を表示する機能がある。ここで示された特徴点を元に、AR 可視化表示の際のトラッキングが行われる。加えて、マーカー画像の検出と追跡のしやすさの指標を 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。

(2) 可視化処理

AR 可視化処理において、本システムは Android 端末向けに開発しており、統合開発環境には Android Studio を用いている。なお、プログラミング言語には Java を用いて記述している。また、マーカーレス AR 技術には Vuforia SDK³⁾を用いており、CG 映像の描画には OpenGL ES2.0 を用いている。

a) 位置合わせ

ここでは、仮想空間と現実空間との位置合わせを行う。具体的には、可視化情報である仮想モデルのある一点が、それに対応するマーカー画像上の一点に一致するように、移動パラメーターを計算し、仮想モデルの座標系をマーカー画像の座標系に一致させる。詳しくは文献¹⁾を参照されたい。

b) 可視化情報の切り替え

本システムでは、描画の度にシミュレーション結果の次の時間ステップに更新するか否かの判定を行い、更新する場合は描画情報を切り替えることで非定常表示を可能としている。なお、描画のフレームレートはデータサイズに応じて変化するが、おおよそ 30fps であり、時間ステップの更新間隔を変更することで、CG 動画の再生速度を調節することが可能である。

(3) 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 可視化表示を行っている。なお、本論文で使用したスマートデバイスは Android OS に基づくモバイル端末である Galaxy S7 edge を用いている。

3. 適用例題

本システムの適用性を検討するため、二つのケースを適用例題として取り上げた。一つ目は、対象空間に特徴点が分布する例として実地形を対象とした津波シミュレーションの可視化を、二つ目は、対象空間に特徴点がほとんど存在しない例として海上工事現場における潮流場の可視化を行った。

(1) 津波シミュレーション

本例題では、図-3 に示すような、東北地方地震による津波シミュレーションを取り上げた。解析の支配方程式として浅水長波方程式を、離散化手法としては任

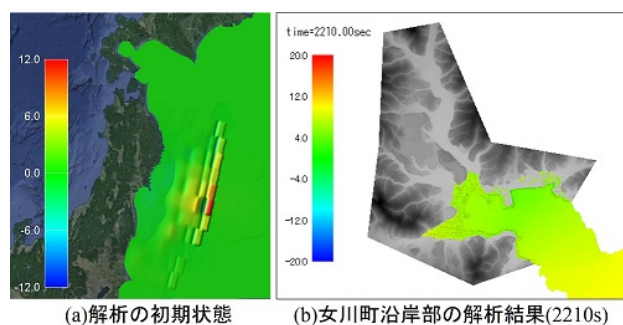


図-3 解析結果

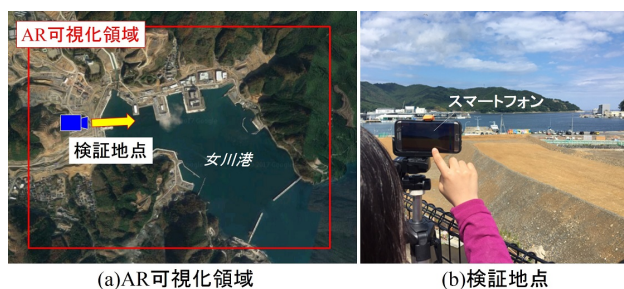


図-4 検証環境

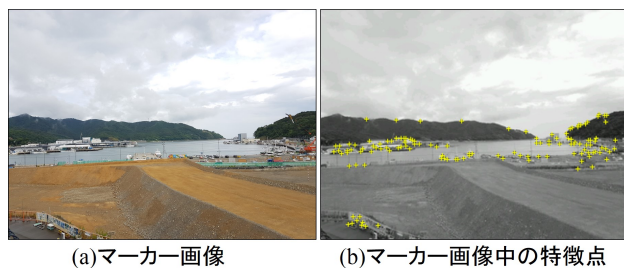


図-5 マーカー画像中の特徴点分布

意形状への適用性に優れる有限要素法を用い、断面平均流速と水位を求めた⁴⁾。有限要素メッシュの総節点数は 557,252、総要素数は 1,103,938、微小時間増分量は 0.1s と設定し、10,800s 経過時まで計算を行った。AR 可視化においては、図-3(b)、図-4(a) に示す宮城県女川港を可視化対象とし、対象領域の浸水域と水位変動量を提示する。そのため、対象領域の計算結果から、津波 CG モデル及び地形 CG モデルの可視化情報を作成した。津波 CG モデルは水域及び浸水域の形状を有しており、水位変動量に応じて色付けしてある。本検証では、1 ステップ当たり最大 35,919 要素、2,010s 時から 100s 毎に全 6 ステップ分の津波 CG モデルを入力した。また、地形 CG モデルは図-3(b) に示すような、数値計算の際に考慮した地表面情報を用いて作成した。津波 CG モデルとマスク処理を施した地形 CG モデルを共に重畳することで、カメラの位置に応じて可視・不可視領域を考慮した AR 可視化表示が行われる。

マーカー画像として、図-5(a) に示す風景画像を用いた。マーカー画像は、図-4 に示す検証地点である標高約 14m の高台から、女川港を望むように撮影を行った。Vuforia の Target Manager より、図-5(b) に示すようなマーカー画像中の特徴点分布を得た。また、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 2 であった。水環境を対象とした既往の研究²⁾では、マーカー画像中に水面が含まれる場合、CG モデルに不規則な振動が発生する恐れがあるため、水面部分を切り取った画像をマーカー画像として用いていた。その理由は、水面部分は光の反射や波の影響で特徴点分布が変化しやすいからである。しかし、本例題で撮影し

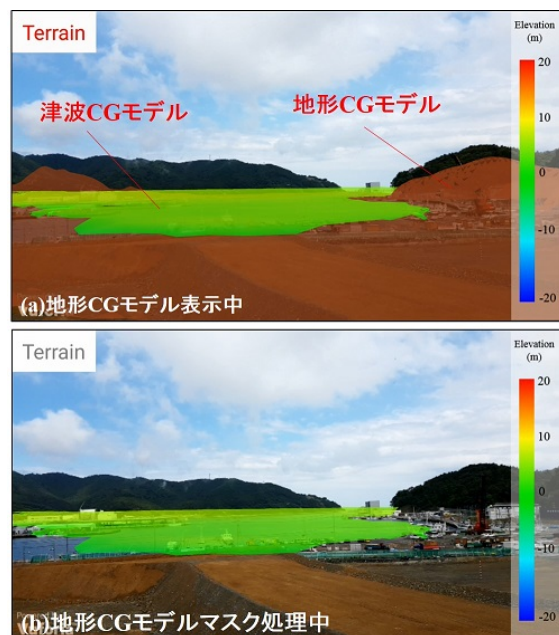


図-6 1 ステップ目の AR 可視化結果

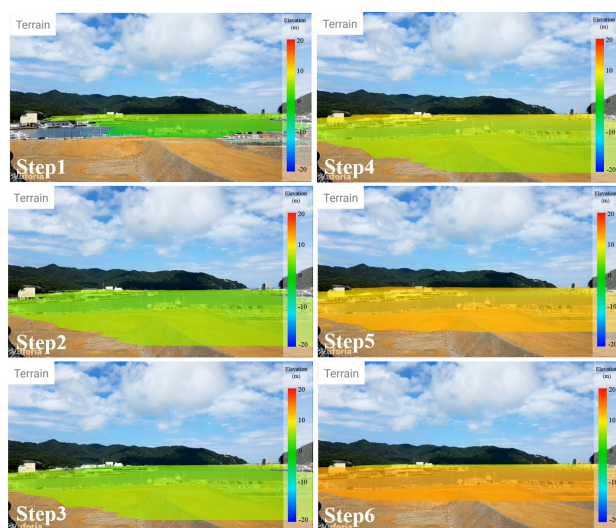


図-7 全ステップの AR 可視化結果

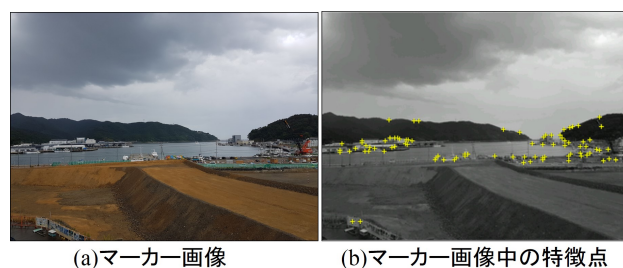


図-8 マーカー画像中の特徴点分布

た図-5 のマーカー画像中の水面には特徴点が検出されなかったため、このまま使用した。

図-6 に 1 ステップ目の AR 可視化結果を示す。画面左上にあるボタンをタップすることにより地形 CG モデルの表示 (a)・地形 CG モデルのマスク処理 (b) の切

り替えが可能である。また、図-7 に全 6 ステップ分の AR 可視化結果を示す。時間経過と共に浸水域が拡大し、水位変動量が上昇していることを、本システムから確認することができた。

なお、検証は晴天時に行ったが、雲りの時間帯にも図-8 に示すマーカー画像を利用して検証を行った。AR 可視化結果は、晴天時の検証に比べ CG が激しく振動し、シミュレーション結果を正しく認識することが困難となった。この際のマーカー画像の Target Manager による評価値は 1 であった。以上より、本例題において安定した AR 可視化を行うためには、Target Manager による評価値が少なくとも 2 以上である必要があることが分かった。

(2) 海上工事現場

次に、対象風景に特徴点が存在しない事例として、海上工事現場周辺の潮流場の可視化を取り上げた。本例題は、ケーソン上から、あらかじめ計算で求めたケーソン周辺の潮流場を観察することを目的とし、横浜市の大黒埠頭のケーソン上で検証を行った。

図-9 に示すように、検証地点であるケーソン先端から水面を観察した場合、図-10 に示すように、撮影したマーカー画像中にはほとんど特徴点を検出されない。なお、Target Manager による図-10 の評価値は 0 であり、システムを起動しても AR 可視化表示が行われなかった。

この問題への対処法として、人工マーカーの援用を行ったマーカーレス AR を実装した。図-11 に示すように、ケーソン先端に人工マーカーを設置した。また、位置合わせを行うためにケーソンに対する人工マーカーの設置箇所をメジャーで測定し、人工マーカーを含めた風景画像を撮影し、これをマーカー画像とした。なお、Target Manager による図-11 の評価値は 4 であり、図-12 に示すようにシミュレーション結果が表示された。以上より、特徴点が存在しない環境を対象とする場合、AR 可視化を実現するためには人工マーカーを設置する必要がある。

4. おわりに

本論文では水環境・防災シミュレーションのための AR システムの構築と適用を行った。検証例題として津波シミュレーションの可視化および海上工事現場における潮流場の可視化を取り上げ、以下の結論を得た。

- 非定常データの可視化機能を追加したことで、本システムを通して沿岸部の津波の進展状況を確認することが可能となった。
- 特徴点が存在しないような風景を可視化対象とした場合、人工マーカーを援用することでマーカー

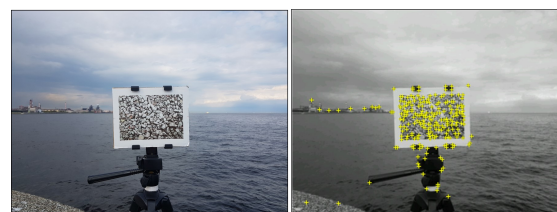


図-9 検証環境



(a)マーカー画像 (b)マーカー画像中の特徴点

図-10 マーカー画像中の特徴点分布



(a)マーカー画像 (b)マーカー画像中の特徴点

図-11 マーカー画像中の特徴点分布



図-12 AR 可視化結果

レス AR 可視化を実現した。

今後は、特徴点がほとんど存在しない場合の AR 可視化について引き続き検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 菅田大輔ほか: Extended Tracking 技術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, 土木学会論文集 F3(土木情報学), Vol.72, No.2, pp.148-155, 2016
- 2) 花立麻衣子ほか: 水環境流れ問題のためのマーカーレス AR 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.72, No.2, pp.192-199, 2016
- 3) Vuforia Developer Portal; <https://developer.vuforia.com/>, (アクセス 2017.06.26).
- 4) 利根川大介, 樫山和男: 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.