

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02983

研究課題名(和文)蓄積画像による地下空間位置推定を用いたモバイル型浸水ハザードマップの構築

研究課題名(英文) Mobile Inundation Hazard map System Based on Underground Positioning with Photo Image Collection

研究代表者

安室 喜弘 (Yasumuro, Yoshihiro)

関西大学・環境都市工学部・教授

研究者番号：50335478

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：近年、温暖化などの影響により、短時間の集中豪雨が頻発する傾向にあり、特に、都市部には地下空間が発展しており、多くの利用者にとって、地上での天気の急変に気づき難く、内水氾濫のリスクが高まっている。本研究では、一般ユーザのモバイル端末で地下水害の予測情報を対話的に表示する可視化システムを提案し、災害時の浸水対策・避難準備に役立つよう、1人称視点で分かりやすく情報提示を実現することを目的とする。対象空間の写真画像の自然特徴に基づいた視点推定によるAR(augmented reality)により、GPSが利用できない地下空間でのユーザ位置推定と予測される水害リスクの可視化を可能とした。

研究成果の概要(英文)：Recently, inundations in underground structures have been increasing due to frequent localized heavy rainfalls in Japanese urban areas. To provide the information on the predicted inundation risks, location-based services are preferable for individual users. However, GPS does not function in underground spaces. This study proposes an augmented reality (AR) visualization of underground flood situations based on a visual location technique. The proposed method acquires the 3D coordinates of the natural features from prerecorded images. The user's viewpoint can be estimated by corresponding 3D coordinates and natural features of the user photographed image, solving a Perspective-n-Point (PnP) problem. Then the water surfaces expressed by CG is superimposed on the photograph from the viewpoint of the user. We experimented with an actual railway station located in the underground. The reproducibility of the user's viewpoints was verified, and view-dependent AR representation was achieved.

研究分野：画像工学

キーワード：安心の社会技術 情報伝達 ハザードマップ 拡張現実感 ロケーションシステム 避難誘導

1. 研究開始当初の背景

近年、地球温暖化やヒートアイランド現象の影響により、短時間の集中豪雨が頻発する傾向にあり、都市部での内水氾濫による被害も増加している。平成 25 年 8 月から 9 月には、局地的な短時間豪雨により、大阪市と名古屋市に相次いで内水氾濫が発生し、床上浸水、床下浸水、道路の冠水などの被害をもたらした例も記憶に新しい。雨水管理のハード面での改善が待たれる一方で、地下駐車場や地下鉄、ショッピングモールのように大規模な地下空間利用がすすむ都市部では、多くの利用者にとって、地上での天気の急変に気づき難く、地下空間特有の内水氾濫のリスクが高くなっている。

防災意識が高まる昨今、国土院発行のメッシュデータなどのように汎用的な地理情報に基づいた広域での災害シミュレーションや被災予想が可能となっているが、局地的に予想される状態については、地図上に描かれた抽象的な予想情報からは、一般市民にとっては想像の域を出ない場合も多い。災害情報の共有に関する取り組みが各自治体でも進んでおり、洪水や土砂災害、高潮、津波による危険度や避難情報を記載した CG ハザードマップを充実させている^{文献}。同マップでは、河川の浸水想定区域、土砂災害危険箇所などの他、津波の 3 次元 CG 動画といった情報を備えている。大規模な水害を身近に起こり得る事態と捉え、市民レベルでの防災意識を高めるためには、明確な災害イメージと行動の判断材料が重要である^{文献}。さらに、地下空間からは地上との位置関係が分かり辛い上に、GPS が使えないため、自分の現在位置で予測されるリスクや、とるべき避難行動や経路を知ること難しい。ICT の活用も含め、ますますソフト面での対応が望まれている現状がある。

2. 研究の目的

本研究では、GPS が機能しない地下空間において予測される浸水被害リスクを、一般市民に理解し易く可視化する技術を開発することを目的とする。カメラ付き携帯端末で得られる画像を積極的に利用して、地下空間内の現在位置を推定し、そこで予測される被災リスクを拡張現実感 (Augmented Reality; AR) によって解り易く可視化する。

画像による自然特徴点をベースにして実現することにより、GPS に依存しないユーザ位置推定と、1 人称視点での対話的な水害予測可視化技術を開発する。各ユーザ個人の視点に立って、立体感を大切にすることにより、直感的に状況が分かり易い表現を目指す。この技術的枠組みにより、地下空間の各地点に密着した被災状況を、様々な想定下で分かり易く視覚化し配信するという専門性の高い技術が、安全なまちづくりの施政において手近になることが期待できる。

3. 研究の方法

(1) 基本アイデア

本研究では浸水情報を視覚的に分かりやすく提供するために、水面と物体との隠蔽関係を考慮した 3 次元 CG に基づいた AR 表現を実現する。予め現地を撮影した画像群による 3 次元復元情報^{文献}と、レーザスキャナで得られた点群の 3 次元座標を扱い、端末撮影画像との特徴点对応による視点推定を行うことで、実空間に整合したランドマークを導入する方針を取る。これにより、GPS が利用できない地下空間でも、ユーザ端末位置に合わせた浸水情報を AR 表示することができる。

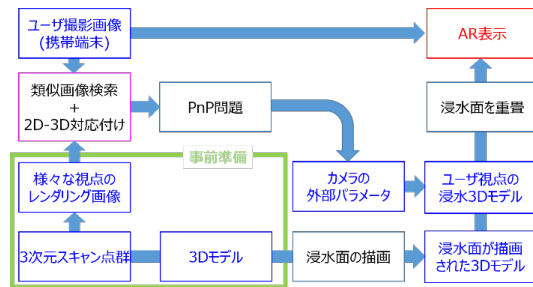


図 1 提案する位置推定手法の概念図

(2) AR システム

CG で仮想的な水面を実写に重ね合わせ、対象空間内の浸水深情報の AR 表示を実現する。レーザスキャナを用いて対象空間内の 3 次元点群データを取得し、それを基にして対象空間の 3D モデルと点群レンダリング画像を作成する。端末の位置推定を行うために図 1 に示すようなシステムを構築する。まず、ユーザ撮影画像から特徴点を取得する^{文献}。そして事前に作成した点群レンダリング画像 (図 2) とユーザ撮影画像で特徴点照合により画像座標間で対応付けを行う。(図 3 参照) レンダリング画像の画素は 3 次元点群の一对一写像なので、ユーザ撮影画像の各画素とスキャンデータの 3 次元座標が対応づけられる。この対応関係をもとに PnP (Perspective n-point) 問題を解くことにより^{文献}、3D モデルの座標系上での端末カメラの外部パラメータを推定できる。対象空間内の 3D モデルを描画し、さらに水面を描画した後、推定されたカメラパラメータに合わせて視点を動かすことで端末視点での対象空間の予測浸水深を CG で描画できる。最終的に 3D モデル上の水面のみを撮影画像に重ね合わせることで浸水状況の AR 表示が実現できる。

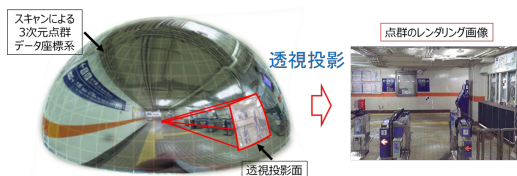


図 2 3 次元点群からのレンダリング画像生成

4. 研究成果

(1) 結果

本研究では、地下構造となっている阪急電鉄関大前駅の南改札口を対象空間とし、ユーザ端末として iPhone4 を用いた。開発環境には Visual Studio 2010 (Microsoft 社) を用い、ユーザ端末カメラの校正および姿勢推定、特徴点抽出などの画像処理には OpenCV, AR 表示や点群のレンダリング画像作成には OpenGL を利用した。レーザスキャナ (Focus3D, FARO 社製) を用いて現地で計測して取得した 3 次元点群 (図 4 (上)) と、画像群から SfM により生成した (図 4 (上)) を統合して、実寸の密な 3 次元点群を得た。図 5 (上) は端末の視点から見た 3D モデルと浸水状況であり、図 5 (下) は浸水面だけを撮影写真と重畳した AR 表示結果である。

実装結果より、任意の撮影視点・方向から浸水深の AR 表示が可能となり、壁面や改札機などを水面が回りこんだ浸水状況が表現できている。また、浸水深も定量的に変更可能であり、雨量と場所によって変化する予測浸水深に合わせて調整することができる。

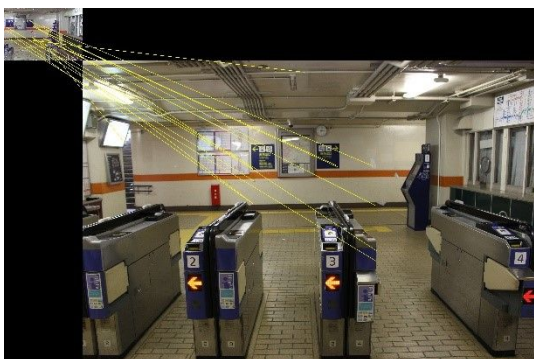


図 3 入力画像(左)とレンダリング画像(右)の対応付

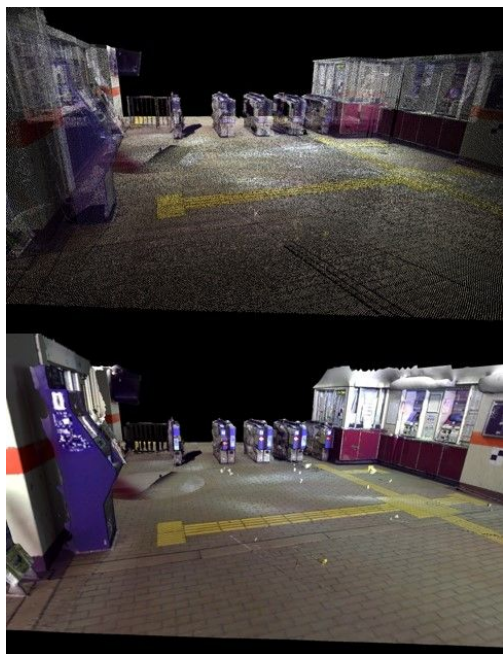


図 4 3 次元点群(上)と作成した 3D モデル(下)

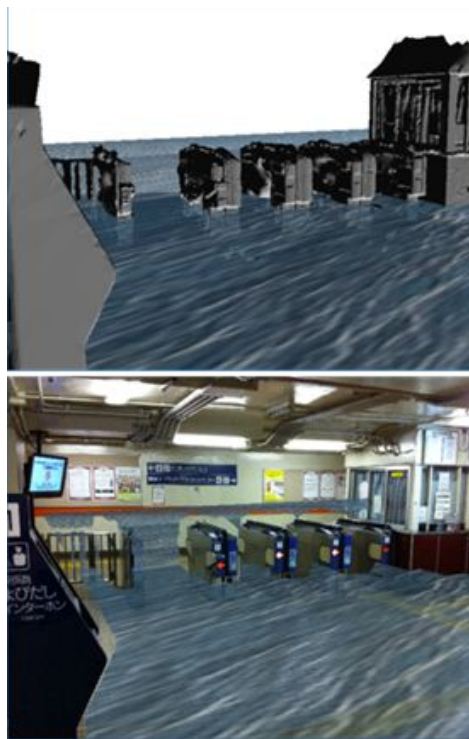


図 5 ユーザ視点での 3D モデル(上)と AR 表示(下)

(2) まとめ

本研究では、現場をレーザスキャナで計測したデータと、モバイル端末で撮影した画像の特徴点とを利用して端末のカメラパラメータを推定し、得られたカメラパラメータを用いて、撮影写真と浸水深情報の重畳を行うことで、ユーザの任意の撮影視点・方向からの対象空間の浸水深を 3 次元可視化できるシステムを提案した。今後はユーザへのサービスを目指したアプリケーション化や端末内蔵センサを使った処理の高速化を追求する予定である。

<引用文献>

兵庫県 C G ハザードマップ
<http://www.hazardmap.pref.hyogo.jp/hazmap/top.htm>

株式会社キャドセンター：防災アプリ「AR ハザードスコープシリーズ」,
<http://www.cadcenter.co.jp/camp/ARscope.htm>

石井一郎 他, 防災工学 第二版, 森北出版, 2005.

C. Wu, Toward Linear-time Incremental Structure from Motion, 3DV 2013, pp.127-134, 2013.

Bay H., Tuytelaars T., Gool L. V., Surf: Speeded up robust features. In ECCV2006, pp. 404-417, 2006.

Richard Hartley and Andrew Zisserman, Multiple View Geometry in Computer Vision (2ed.), Cambridge University Press, New York, SA, 2003.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

1. 廣瀬 詢, 安室 喜弘, 檀 寛成, 窪田 諭, 尾崎 平, レーザスキャンデータを用いたマーカレス AR による地下空間浸水予測の可視化, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol. 73, No. 2, 査読有, pp. I_365-I_371, 2018.
 2. 藤里 和樹, 檀 寛成, 安室 喜弘, 点群の3次元分布を考慮したレーザスキャンデータと SfM データのレジストレーション, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol. 73, No. 2, 査読有, pp. I_219-I_225, 2018.
 3. 藤里 和樹, 檀 寛成, 安室 喜弘, レーザスキャンと SfM の統合のための対応点の選択手法, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol. 72, No. 2, 査読有, pp. I1_96-I1_102, 2016.
 4. 檀 寛成, ピラミッドの最適計測プランの作成, オペレーションズ・リサーチ, 査読なし, 4. 巻, Vol. 61, 2016, pp. 648-649.
 5. 北田 祐平, 安室 喜弘, 檀 寛成, 西形 達明, 石垣 泰輔, 井村 誠孝, SfM に基づいた屋外レーザスキャンの最適計画, 土木学会論文集 F3, Vol. 70, No. 2, 2016, pp. I_257-I_264. 査読有
 6. 安室 喜弘, 鶴野 康平, 地物と水面の位置関係を考慮した浸水状況の AR 化手法, 土木学会論文集 F3, 査読有, Vol. 70, No. 2, 2016, pp. I_222-I_226.
 7. 井上 裕貴, 安室 喜弘, 檀 寛成, 小林 晃, パイプライン館内形状の連続的な三次元画像形状計測手法, 土木学会論文集 F3, 査読有, Vol. 70, No. 2, 2016, pp. I_243-I_248.
- ### 〔学会発表〕(計25件)
1. 廣瀬詢, 檀 寛成, 尾崎 平, 窪田 諭, 安室 喜弘, LiDAR データと自然特徴を用いた地下空間での浸水情報の AR 表示, 情報処理学会第 80 回全国大会, 2018
 2. 藤里 和樹, 檀 寛成, 安室 喜弘, レーザスキャン点群と SfM メッシュの自動位置合わせ, 情報処理学会第 80 回全国大会, 2018.
 3. 何 啓源, 窪田 諭, 岡本桂輔, 地上型レーザスキャンによる 3 次元点群データを用いた道路維持管理システムの検討, 情報処理学会第 80 回全国大会, 2018.
 4. Yoshihiro Yasumuro, Makoto Hirose, Yoshihiroko Shizu, Kazuki Fujisato, Hiroshige Dan, Taira Ozaki, Taisuke Ishigaki, Simulation-Based AR Visualization of Flood Situation for Alarming in Underground Spaces, International Conference on Electrical Engineering and Computer Science, 2017.
 5. Makoto Hirose, Kazuki Fujisato, Hiroshige Dan, Taira Ozaki, Satoshi Kubota, Yoshihiro Yasumuro, Augmented Reality Visualization of Flood Situation in Underground Spaces, International Workshop on Computing for Civil Engineering (IWCCE), 2017.
 6. Kazuki Fujisato, Hiroshige Dan, Taira Ozaki, Satoshi Kubota, Yoshihiro Yasumuro, Correlation Strategy for Integrating Point Cloud from Laser Scanner and SfM, International Workshop on Computing for Civil Engineering (IWCCE), 2017.
 7. Makoto Hirose, Kazuki Fujisato, Taira Ozaki, Satoshi Kubota, Hiroshige Dan, Yoshihiro Yasumuro, Augmented Reality Visualization of Flood Situation in Underground Spaces, The 3rd International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (IC-CBEI), 2017.
 8. 廣瀬 詢, 安室 喜弘, 檀 寛成, 窪田 諭, 尾崎 平, レーザスキャンデータを用いたマーカレス AR による地下空間浸水予測の可視化, 土木情報学シンポジウム, 2017.
 9. 藤里 和樹, 檀 寛成, 安室 喜弘, レーザスキャン点群と SfM メッシュの自動位置合わせ, 土木情報学シンポジウム, 2017.
 10. 川口 徹矢, 尾崎 平, 盛岡 通, 下水道管渠内水位情報を活用した大規模地下空間の浸水対策の検討 土木学会年次学術講演会 2017.
 11. Kubota, S., Hirota, K., Hoshika, M., and Minami, M. Road Maintenance Support System Using Two-dimensional Map and Three-dimensional Printed Model, The 3rd International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (IC-CBEI), 2017.
 12. Yoshihiro Yasumuro, Ryosuke Matsushita, Tokihisa Higo, Hiroshi Suita, On-site AR Interface based on Web-based 3D Database for Cultural Heritage in Egypt, EUROGRAPHICS Workshop on Graphics and Cultural Heritage, 2016.
 13. Takuma Yorimitsu, Hiroshige Dan, Akira Kobayashi, Yoshihiro Yasumuro, Augmented Reality by Depth Camera for Image-based Pipeline Inspection, 16th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, 2016.
 14. Kazuki Fujisato, Hiroshige Dan, Yoshihiro Yasumuro, Semi-Automatic Correlation for Integrating Data, 16th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, 2016.
 15. 藤里 和樹, 檀 寛成, 安室 喜弘, レーザスキャンと SfM の統合のための対応点の選択手法, 土木情報学シンポジウム, 2016.
 16. 頼光 拓真, 檀 寛成, 安室 喜弘, 管内画像検査のための AR 表示のためのデプス

- 情報を用いた検査カメラの姿勢補正, 土木情報学シンポジウム, 2016.
17. 藤里 和樹, 頼光 拓真, 檀 寛成, 安室 喜弘, 点群分布を考慮した対応点選定によるレーザスキャナとSFMの統合的3次元記録手法, 情報処理学会第79回全国大会, 2016.
 18. 山森 康生, 廣瀬 詢, 藤里 和樹, 頼光 拓真, 檀 寛成, 安室 喜弘, 文字認識とSFMを用いた携帯端末ユーザの位置推定, 情報処理学会第79回全国大会, 2016.
 19. 廣瀬 詢, 平野 智之, 山森 康生, 藤里 和樹, 頼光 拓真, 尾崎 平, 檀 寛成, 窪田 諭, 安室 喜弘, レーザスキャナを利用した地下浸水予測情報のAR可視化, 情報処理学会第79回全国大会, 2016.
 20. Takuma Yorimitsu, Hiroki Inoue, Hiroshige Dan, Yoshihiro Yasumuro, AR Presentation of Image-Based Pipeline Inspection, 15th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality in Construction, 2015.
 21. Yuhei Kitada, Hiroshige Dan, Yoshihiro Yasumuro, Optimization Scenario for 3D-Scanning Plans of Outdoor Constructions Based on SFM, International Conference on Construction Applications of Virtual Reality in Construction, 2015.
 22. Ryosuke Matsushita, Tokihisa Higo, Hiroshi Suita, Yoshihiro Yasumuro, On-site AR Interface with Web-based 3D Archiving System for Archaeological Project, IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2015.
 23. Hiroshige Dan, Yoshihiro Yasumuro, Efficient 3D-Scan Planning with Mathematical Optimization, European Conference on Numerical Mathematics and Advanced Applications, 2015.
 24. 北田 祐平, 安室 喜弘, 檀 寛成, SFMとMVSに基づいた現場のモデル化によるレーザスキャン計画とその運用方法, 土木情報学シンポジウム, 2015.
 25. 松下 亮介, 肥後 時尚, 吹田 浩, 安室 喜弘, 考古学プロジェクトにおける3DデジタルアーカイブのためのARインタフェース, 第20回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2015.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安室 喜弘 (YASUMURO, Yoshihiro)
関西大学・環境都市工学部・教授
研究者番号: 50335478

(2) 研究分担者

尾崎 平 (OZAKI, Taira)
関西大学・環境都市工学部・准教授
研究者番号: 40351499

窪田 諭 (KUBOTA, Satoshi)
関西大学・環境都市工学部・准教授
研究者番号: 60527430

檀 寛成 (DAN, Hiroshige)
関西大学・環境都市工学部・准教授
研究者番号: 30434822