

## レーザスキャナを利用した地下浸水情報の可視化

廣瀬 詢† 平野 智之† 山森 康生† 藤里 和樹‡ 頼光 拓真‡ 檀 寛成† 尾崎 平† 窪田 諭† 安室 喜弘†

関西大学 環境都市工学部† 関西大学大学院 理工学研究科‡

### 1 はじめに

近年、短時間の集中豪雨による都市部での浸水被害が増加している。平成 25 年 8 月 25 日には、大阪市周辺において局地的な短時間豪雨により、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。内水氾濫の原因は、下水道による雨水排除能力の脆弱性である。短時間の集中豪雨により、時間雨量が下水の雨水排除能力を上回っている。また、都市部には地下駐車場や、地下鉄、地下街のような地下空間利用がなされているため、内水氾濫のリスクが高くなっている。現状の水害対策として、国土交通省は洪水時の浸水予測地域を公表しており、各市町村では、洪水ハザードマップの普及促進が行われている。しかし、2次元のハザードマップでは実際に現場で起こる浸水深を理解しづらく、記載情報も複雑なものとなっている。さらに、これらの対策では、ハザードマップに掲載されていない地下空間への洪水対策は不十分である。

そこで本研究では、スマートフォン等のモバイル端末で撮影した画像に浸水深を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。

## 2 関連研究・技術

### 2.1 地下空間の内水氾濫予測

尾崎らは短時間集中豪雨に伴う内水氾濫による地下街浸水について、3種類の豪雨モデルを用いて地上の内水氾濫解析と地下街の浸水解析を行い、地下街の構造を考慮した浸水状況を2次元の地図に表示している[1]。地盤高や地下構造を

Visualization of underground flood information using Laser Scanner

Makoto Hirose†, Tomoyuki Hirano†, Kouki Yamamori†, Kazuki Fujisato‡, Takuma Yorimitu‡, Hiroshige Dan†, Taira Ozaki†, Satoshi Kubota†, Yoshihiro Yasumuro†

† Graduate School of Science and Engineering, Kansai University

‡ Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University

3-3-35 Yamate, Suita, OSAKA, 564-8680, JAPAN

考慮して浸水解析を行っているものの、結果として浸水深は時間別に地図上に色分けして表示されるため、直感的には被災状況が理解し難い。そのため、地下空間利用者にとって容易に理解できるような浸水表現が必要である。

### 2.2 AR 浸水可視化アプリ

株式会社キャドセンサーはハザードマップの内容を実写の映像に合成することができるアプリケーションを開発している[2]。GPS を利用することで、ユーザの位置に合わせたハザード情報も表示することができる。実写に重ねて合成される浸水情報は、やはり奥行き感の無い抽象的な表現となり直感的に理解しづらく、また、GPS が利用できない地下空間には未対応である。

## 3 提案手法

### 3.1 提案手法の概要

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AR表現を目指す。また、カメラ付き携帯端末で撮った画像内の自然特徴点を用いた位置推定により、地下空間のようなGPSが使えない環境でも、ユーザの位置や撮影方向に合わせて浸水深をAR表示するシステムを提案する。

### 3.2 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モデルを作成する。端末の位置推定を行うために図2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として利用できる点の座標を取得する。そして事前にレーザスキャナで得られた3次元座標の中から、対応する撮影画像の特徴点の2次元座標を抽出する。この対応関係をもとにPnP(Perspective-n-point)問題を解くことにより、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畳することで浸水状況の AR 表示が実現できる。

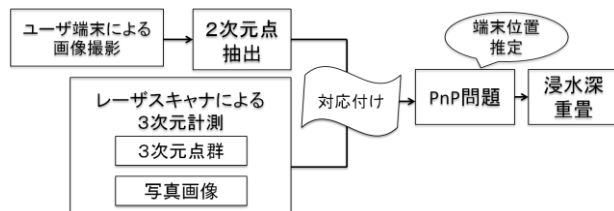


図2：システム構成

#### 4 実装

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、ユーザー端末として iPhone4 を用いた。ユーザー端末の内部パラメータ取得や外部パラメータ推定などの画像処理には OpenCV、浸水深の AR 表示には OpenGL を利用した。レーザーキャナ (Focus3D, FARO 社製) を用いて現地で計測して取得した 3 次元点群に沿うように、モデリングソフト Blender を用いてポリゴンを配置することで、対象空間の 3D モデルを作成した。今回 2 次元画像上の特徴点を手動で 20 点程度抽出し、対応する 3 次元点座標はスキャナ付属ソフト SCENE(FARO 社製)で取得した。図 3 は推定された端末位置から見た 3D モデルと浸水状況であり、図 4 は浸水面だけを撮影写真と重畳した AR 表示結果である。

#### 5 考察

本研究では任意の撮影視点・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。しかし、画面上で確認できる通り、重畳された水面の CG には水平方向に約 10~20cm 程度位置ずれがあり、PnP 問題の解として得られたカメラパラメータに誤差があることが分かる。また、現在は特徴点抽出を手動で行っているため、実時間でユーザーが自由に視点を選べないことや、AR の表示に数秒程度の時間がかかってしまうという点が実装上の課題として挙げられる。今後は、レーザーキャナで撮影した対象空間内でユーザーが任意の視点を選ぶことができ、即時に AR システムを利用できるよう

にするために、レーザスキャナと付属のカメラを用いて事前に 2 次元点群座標と 3 次元点群座標の対応付けを行い、かつ PnP 問題の解の精度が上がるような点対応の組み合わせを選択的に抽出する必要があると考える。

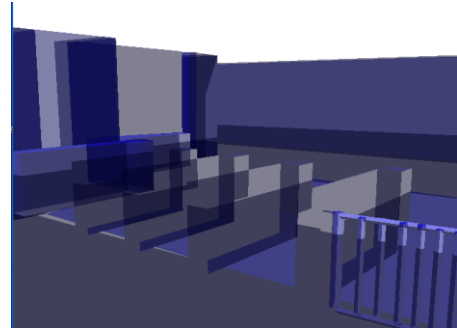


図3：AR表示（3Dモデル透過前）



図4：AR表示（3Dモデル透過後）

#### 6 おわりに

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、ユーザーの任意の撮影視点・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 2 次元点と 3 次元点の対応付けの自動化やユーザー撮影画像と事前撮影画像の特徴点対応付けをする予定である。

**謝辞：**本研究は科学研究費補助金、関西大学先端科学技術推進機構研究グループの助成を受けた。

#### 参考文献

- [1] 尾崎平 他:短期間集中豪雨の伴う内水氾濫による地下街浸水特製の考察,土木学会論文集 B1(水工学),Vol.70,No.4,pp.I.1417-I.1422,2014.
- [2] 株式会社キャドセンサー: 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.html>