

パイプライン検査のためのテレビカメラ調査画像のAR表現

頼光 拓真[†] 井上 裕貴[†] 檀 寛成[‡] 安室 喜弘[‡]

[†]関西大学大学院 理工学研究科

[‡]関西大学 環境都市工学部

1. はじめに

現在我が国では社会インフラの老朽化が深刻な問題となっており、維持管理のあり方についての関心が高まっている。昨今の財政状況下では、すべての箇所の補修や補強、交換を実施することは困難であるため、限られた費用で、大きなリスクを回避できるように優先順位をつけて維持管理していくことが求められている¹⁾。

本研究では主に農業水利施設のパイプラインに着目する。農業水利施設は簡便なパイプライン構造をとり、1箇所の漏水や破損事故により広範囲に及ぶ被害を容易に引き起こす可能性が高い。そのため、計画的かつ広範囲に渡り、パイプライン管内の調査・診断を行い、事前に問題箇所を把握する必要がある。本研究では、従来のテレビカメラ調査において、地上と管内の関係を把握することは容易でないことに注目し、テレビカメラの調査画像をマッピングした3次元モデルによる拡張現実感表示を行い、作業プロセス間での、調査・診断情報の共有と、コミュニケーションの円滑化を図るシステムを提案する。

2. 関連技術および研究

CIM (Construction information modeling) はコンピュータ上に作成した3次元モデルに属性情報を追加し、計画から調査・設計、施工、維持管理、更新に至る一連の過程において、情報を一元管理することにより、建設生産システムの効率化を図るものであり²⁾、拡張現実感技術 (AR) とともに地下のパイプラインの維持管理業務において活用されている。例えば、オーストラリ



図1：地下空間のAR可視化の例

AR presentation of camera survey image for pipeline inspection
Takuma Yorimitsu[†], Hiroki Inoue[†], Hiroshige Dan[‡]
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

アのサウス・イースト・ウォーター社はタブレットを用いて図1のように現場の地下の都市ガスや水のパイプラインを地上から可視化し、調査・診断と施工間の意思決定を迅速にしている³⁾。

3. 提案手法

本研究はテレビカメラ調査で取得した画像を予め構築したパイプラインモデルにマッピングし、管内形状をAR表現するシステムを提案する。図2に提案手法の全体像を示す。点検時、現実の視覚情報に管内の状況を重畳することで、地上と地下空間の位置関係が分かるため、周辺状況を踏まえた損傷原因の究明が出来る。また、異常個所の判断や寸法測定などが、現場調査後にも確認できるため、調査実施後の見落としや作業者の熟練度などによる調査結果の相違が防止できる。提案するシステムにおいて、管内検査カメラはカメラの移動距離を測定し、リアルタイムに管内映像をPCに送信できるものを用いる。ユーザーが地上にパイプラインが表示される様子を見るためにUSBカメラやタブレットのカメラなどを用いる。図2のように仮想空間と現実空間の位置合わせをするために、メンテナンス用のマンホール等にマーカを設置する。カメラ位置はカメラケーブルによる計測機能から取得する。

管内検査カメラで撮影された映像はコンピュータ上に作成したパイプラインモデルにマッピングする。検査カメラ画像を円筒モデルにマッピングするため、焦点距離 f のカメラ画像上の見かけの半径 r と、実半径 R のパイプの縁からの奥行方向の実距離 z 、カメラのレンズ中心からパイプまでの距離 z_0 の関係を予め式1で校正しておき、画素ごとに色情報をマッピングする。(図3)

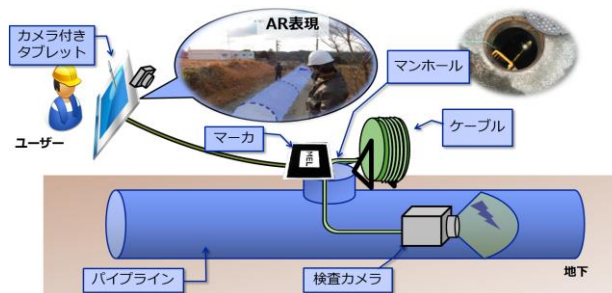


図2：提案手法全体像

$$r = \frac{fR}{z + z_0} \quad (1)$$

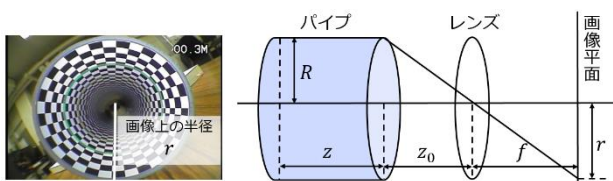


図 3：検査画像(左)とパイプ実寸(右)の関係

4. 実験

管内を検査するカメラとして解像度 25 万画素、画角 160 度 (対角) の G ラインスコープ 2 (REX 社) を使用した。検査カメラに映る映像を取り込むために GV-USB2/HQ (I-O DATA 社) を用いた。AR を表示する USB カメラは Qcam (Logicool 社) を用いて、解像度は 720×480 で表示した。管内形状の AR 表現を行う対象として、図 4 のように直径 10.0cm のビニル管を用意し、テクスチャマッピングの精度を見るため、市松模様 (1 辺 1.0cm) の紙を管内に貼りつけ、縁から 5.0cm に緑の線、10.0cm に黄色の線を描いた。パイプラインモデルの描画処理には、CG ライブラリの OpenGL を使用した。AR 用マーカの認識と表示には ARToolKit のライブラリを用いた⁴⁾。プログラム開発環境は Microsoft Visual Studio 2010 で C 言語を用いた。

パイプラインの縁から 10.0cm を AR 表現した。図 5、図 6 の左の画面は管内検査カメラの映像をキャプチャした画像であり、右の画面は管内検査カメラがパイプラインを撮影している様子を上から USB カメラで撮影した画像である。図 5 のように管内検査カメラが中心方向を向いている場合、管内のテクスチャが正しくマッピングされた。一方、図 6 のように管内検査カメラが中心から 14.1 ピクセルずれた場合、テクスチャは 3.0cm 歪んだ。この歪みでは管内の状態を把握するのは困難である。しかし、管内検査カメラの位置姿勢を正しく把握し、テクスチャマッピングに反映することが出来れば、図 5 と同等の結果が得られると考える。

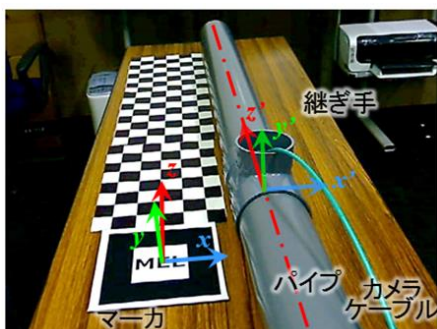


図 4：実験環境

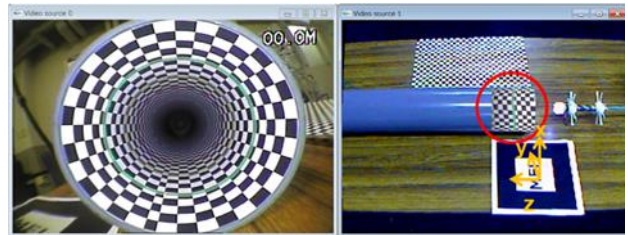


図 5：検査カメラが中心を見ている場合

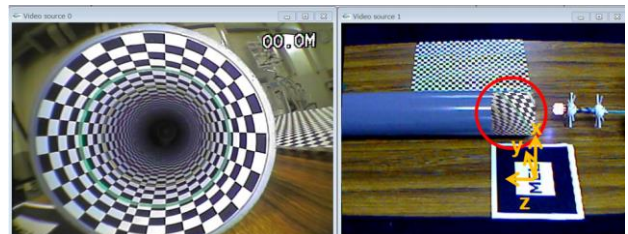


図 6：検査カメラが中心を見ない場合

5. おわりに

本研究では、テレビカメラ調査で取得した画像をマッピングしたパイプラインモデルを作成し、そのモデルを地上から現実世界に重畳して見ることによって、維持管理における調査・診断作業を効率化するアプローチを提案した。実装実験によって、管内検査カメラから取得した管内の状況をパイプラインの実体に重ねた AR 表現を実現した。マーカを使った位置合わせ技術により、マンホール等をランドマークとした AR 表示システムの可能性を示した。今後の課題は、管内検査カメラの位置姿勢の変化の把握と、検査の進行に従ってパイプラインモデルを結合する技術の開発が挙げられる。さらに、実地調査を行い、提案手法の効果を検証する必要がある。

謝辞：本研究の一部は、科学研究費補助金 (15H02983) の助成による。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部, 下水道施設のストックマネジメント手法に関する手引き (案), 2013, <http://www.mlit.go.jp/common/001012691.pdf>
- 2) CIM 技術検討会, CIM 技術検討会 平成 24 年度報告, 2013, http://www.cals.jacic.or.jp/CIM/Contents/CIM_Report130430.pdf
- 3) 家入 龍太: CIM が 2 時間でわかる本, 日経 BP 社
- 4) 橋本 直: ARToolKit 拡張現実感 プログラミング入門, アスキー・メディアワークス