

(50) 橋梁点検における 情報共有の為の手書きメモのAR表示

浅井 優志¹・廣瀬 詢¹・安室 喜弘²

¹非会員 関西大学大学院 理工学研究科 環境都市工学専攻 都市システム工学分野

²正会員 関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科

(〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)

E-mail:{k409907,yasumuro}@kansai-u.ac.jp

近年、現場作業においてタブレット端末の利用が普及している。本研究では、タブレット端末のカメラと手書き入力機能に注目し、現場を撮影した画面に留意点などを直接書き込んで保存し、再度同じ場所をカメラで写すと自動的に手書きの注意内容が表示される AR (Augmented Reality) 機能を実現し、効果的な情報の伝達と共有を可能にすることを目的とする。作業者が現場で手書きした内容を保存するとともに、カメラ画像からは自然特徴点を抽出して登録する。登録された自然特徴点を認識し、手書き情報を重畳表示することにより、マーカレス AR を実現する。本稿では、コンクリート構造物の点検を想定して、場所を指示する表示と、常にユーザの方を向く表示の 2 通りの AR 表示を実装し、実験による表示性能や効果について報告する。

Key Words: *Handwritten Note, Marker-less augmented reality, Worksite, Information Sharing*

1. はじめに

我が国の社会資本ストックは 1950~1970 年代の高度経済成長期に集中的に整備され、今後急速に老朽化することが懸念されている。今後 20 年間で、建設後 50 年以上経過する施設の割合は加速度的に高くなる見込みであり、このように一斉に老朽化していくインフラを戦略的に維持管理・更新することが求められている¹⁾。また、それらの維持管理業務は増加の一途を辿るのに対し、就業者は減少し続けている。就業者の高齢化が進み、今まで現場を支えてきた多くの団塊世代の引退にともない、技術伝承の担い手不足が問題となっている²⁾。現場に経験の浅い作業員の早期投入もやむを得ない場合は、特にきめ細かい情報の伝達と共有が必要である。そこで、作業品質の向上や現場業務の改善など作業を効率的に行うために可搬型のスマートデバイスを活用する事例が増加している³⁾。ネットワークのない屋外や広大な現場でも利用可能であり、図面や写真をタブレット等に取り込むことで、現場での資料閲覧や各種点検、新規入場時教育などの効率化や、ペーパーレス化にも繋がっている。

本研究では、スマートデバイスが、手書き入力機能とカメラを併せもっていることに注目する。カメラで現場

を写した画面に、直接手書き入力で、書き込むことにより、即座に留意点や業務内容を記録することができる。さらに、その記録を保存・登録しておき、再度同じ現場をカメラで写した際に、自動的にその内容を提示することで、情報伝達を支援する AR (Augmented Reality) システムとなると考えた。手書きにより、キーボード入力によるテキスト情報では記載できないような、詳細な場所の指示やメッセージが表現でき、作業者が頻繁に入れ替わるような作業場での引継ぎ連絡や、熟練作業員と経験の浅い作業員間での指示・教育などの情報共有に繋がると考える。

2. 関連研究・技術

(1) 手書きによる橋梁点検

橋梁の詳細点検の目的としては、定期的に橋梁の状態を詳細に把握し、早期に橋梁の損傷を発見することで安全かつ円滑な交通を確保するということである⁴⁾。ひび割れなどの損傷をチョークで記録したり、野帳などに手書きでスケッチすることで損傷具合を記録している⁵⁾。近年、効率的な橋梁の状態を把握するために必要となる

基礎的なデータを収集・蓄積することの必要性が高まってきた⁴⁾。

(2) 橋梁点検におけるニーズ

重要部材の点検では、図-1 に示すように、部材の破壊が橋の安全性に及ぼす影響が大きい部材を重要部材として、重点的に点検を行う。径間数の多い連続高架橋や長大橋において、点検現場の簡便を図るために、上部工橋面・橋台・および橋脚に番号を付して点検を行う。番号は主にスプレーを用いてマーキングされる⁴⁾ (図-2)。この番号は構造物の方向を確立するためにも使われる。この方向は橋梁の始まりと終わりを識別するために使用する必要がある。



図-1 重要部材設定例

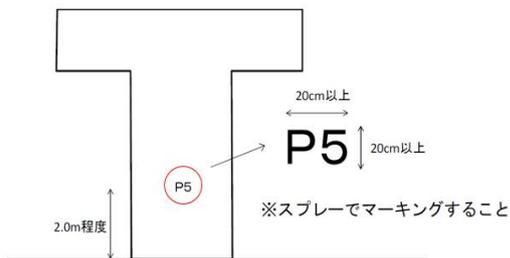


図-2 スプレーによる橋台・橋脚番号の表記方法

(3) BIM (Building Information Modeling)

近年、屋外インフラ整備のワークフローに Building Information Modeling (BIM) や Construction Information Modeling (CIM) と AR 技術が活用されている⁶⁾。BIM/CIM では 3 次元のデジタルデータを基にして建築物の企画・設計・維持管理などに関わる属性情報を統合した建築構造物のデータベースである。BIM/CIM が統合する情報として主に形の情報・構造物の要素・要素の関係・機器・コスト・保守履歴などが挙げられる⁷⁾。このようなデータベースに維持管理の為の点検記録を蓄積していくことで情報の共有が効率的になる。本研究の取り組みは、点検結果や指示内容などの手書きの情報をデータベースに登録し、逐次必要に合わせて現場で表示する効果的な情報共有のためのインターフェースの提案である。

3. 提案手法

(1) 概要

本研究では橋梁点検作業において、点検作業者が画面に直接書いたメモを画像として登録し、AR 表示する。橋梁ではスプレーによって番号を付し、点検箇所を記録する方法がある。この点検で用いられる番号を含む画像（以下、ランドマーク画像）を登録し、その画像内の自然特徴点を用いてマーカレス AR 表示を行う。番号を付した面を起点として側面や裏側などについても連続的に自然特徴点を使用し自由度の高い AR 表示とする。

また、手書きメモの AR 表示の方法として、対象物にメモが固定された表示（以下、固定表示）と常にカメラの方向を向いている表示（以下、ビルボード表示）の 2 通り用意する。固定表示では AR 表示した手書きメモが指定された位置と方向に貼り付いており、視点により見え方が異なるので、位置や方向の指示など一般的な付箋のような使い方ができる。また、ビルボード表示ではどの角度から見ても AR 表示した手書きメモが常に正面で見えることで、俯瞰時の案内やメッセージなど 3 次元的な指示・記録として情報伝達が期待できる。

(2) AR システム

作業者が画面に直接書きこんだメモを画像として保存しておく。それを実写に重畳することで作業場に手書きメモを AR 表示する。手書きメモは画像として保存し、テキストチャとして平板のポリゴンにマッピングすることでカメラ画像に重畳表示するオブジェクトとなる。処理の流れを図-3 に示す。まず、現場においてランドマーク画像となる写真を撮影し保存する。手書き情報を登録する際には、ランドマーク画像の領域を含むようにカメラからの入力画像を取得する。ランドマーク画像、入力画像の両方から特徴点を検出し、カメラとランドマークとの座標変換を算出することで、手書きメモの表示位置を決定する。また手書きメモ内容を画像データとして保存するとともに、AR 表示方法の選択も行う。次に、AR 表示を利用する際は、ユーザ端末によりカメラ画像を取得し、マーカの検出によりランドマーク画像と撮影画像

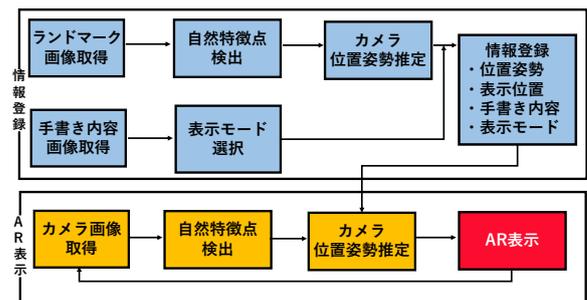


図-3 提案システムの処理概要

で類似する特徴点を探索し対応付ける。その対応を基にカメラとマーカの位置姿勢を推定し座標変換を算出することで事前に登録した情報を AR 表示する。

(3) AR 表示の実装方法

図-4 に示すように、ランドマーク画像は、対象物に 3 次元座標系を付与し、カメラ座標系との相対的な幾何学関係を示す。カメラ座標系からこのランドマークが示す世界座標系へ座標変換して、手書きメモのオブジェクトを表示させる。この変換は、式 (1) に示すカメラ座標系原点での回転行列 R と並進ベクトル t で構成される。これは、カメラ入力画像と登録されているランドマーク画像の特徴点のマッチングにより、3 次元と 2 次元の座標を対応付け PnP 問題を解いて、カメラの位置と姿勢を推定することで算出される。

ランドマーク画像のなす平面を、世界座標系において X_m - Y_m 平面と規定し、これを基準としてメモの AR 表示位置を計算する。本研究での固定表示の場合は、回転行列 R と並進ベクトル t で変換することによって、世界座標系で一定の位置と姿勢に固定される。ビルボード表示の場合は、変換後も変換前のカメラ座標系と同じ姿勢を維持することで実現できるため、並進ベクトル t のみを適用する。PnP 問題の解として得られる変換行列には回転行列 R が含まれるため、一度世界座標系に変換後、回転行列 R の逆行列を乗じることで、実装できる。

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{3 \times 3} & t_{3 \times 1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

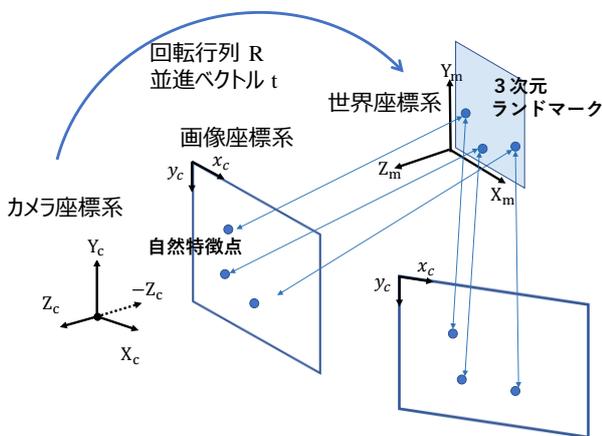


図-4 位置姿勢の計算

4. 実装・実験

(1) 実験の概要

図-5 に示すように、橋梁の橋脚の一部を想定した柱状の構造を対象として実験を行った。スプレーによるマーキングを含むランドマーク画像を設定し、屋外環境において、自然特徴点のマッチングに基づいた本手法の効果を確認する。図-6 は、実験を行っている様子である。また図-7 のようにスプレーによる番号に加え、柱の側面や裏側などの場所もマーカとして画像を撮影し登録しておき、併用することで AR 表示を利用できる範囲の拡張を図った。「P5」というスプレーマーキングにより、同じような橋脚が並ぶ場合にも、作業者が目視で点検箇所を見定めて近づくことを想定し、図-8 (左) のように「P5」の部分タブレットのカメラを通して、最初の AR 表示を確認する。すると、側面の点検箇所への誘導表示が現れる。次にその指示に従って図-8 (右) のように視点を移動させていき、図-9 (左) のように、他の側面の損傷個所の記録が表示され、図-9 (右) のように指示内容を実行できる。AR 表示結果内の点検記録については大阪市点検要領⁴⁾に記載された損傷状況の把握及び損傷評価に沿った。損傷評価は、損傷の種類ごとに 5 段階の区分に分類することを原則としている。損傷区分 A から E で、良好・ほぼ良好・軽度・顕著・深刻となっている。このように、既存の作業フローに沿って AR による点検記録の情報共有を行うシナリオを確認した。

(2) 実装

本研究では、手書きメモの描画に surface book2、カメラは、surface book2 内蔵カメラを使用した。保存した手書きメモの画像処理や自然特徴点による特徴点の検出、カメラの位置姿勢の推定、AR 表示のためのマーカ認識には OpenCV、画像のテクスチャマッピングやポリゴンの描画処理には OpenGL を使用した。マーカとしては「P5」という橋脚の点検記録のマーキングに用いられるものと、実験に使用した柱の側面を画像マーカとして登録し、使用した。これら一連のプログラムを実行する開発環境として Microsoft VisualStudio2015 を用い、C/C++ 言語で実装した。



図-5 現場におけるスプレーマーキング



図-6 実験の様子

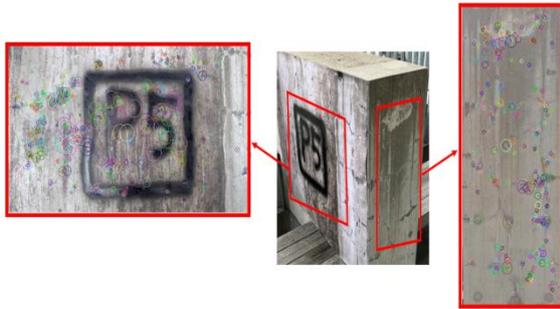


図-7 登録したランドマーク画像と自然特徴点



図-8 スプレーマークを含むランドマーク画像での AR 表示



図-9 視点移動後の側面での AR 表示結果

5. 考察

本研究では、作業者が現場で手書きしたメモの AR 表示において、2通りの異なる表示について実装し、既存の点検要領に沿った形で、前回の点検時の情報やコメン

トを参照できる可能性を確認できた。手書きにより、場所の指示とメッセージを併用するような情報伝達が容易に扱える。しかし、ランドマーク画像からの距離によっては、特徴点の認識が悪く AR 表示が不安定となることがあった。屋外環境では、太陽と雲の関係により直射日光や陰りなどの変化や、他の物体による影の影響などもあり、カメラ画像の写り方が一定ではないことに起因すると考えられる。今後は、距離別にランドマークを登録するなどして認識性能の安定化を図る予定である。

また今回の実験では、橋梁の橋脚を想定した柱を模してマーキングを行った。今後は実際の橋梁現場での実験を行っていく予定である。

6. おわりに

本研究では、ユーザがスマートデバイスに直接メモを行い、画面の手書き情報のみを別途画像として取り出し、実写部分の画像の一部をランドマーク画像として登録しておくことで、カメラで撮影した画像内の自然特徴点から位置姿勢を計算し、登録しておいた手書きメモを作業現場に重畳表示するシステムを提案した。

今後は、平面画像としてマーカ登録をすると視点がずれた時に認識されにくいので、ランドマーク画像の登録の仕方を改善することや、BIMなどの手書き情報の共有データベースシステムを作成していくことが課題である。

参考文献

- 1) 国土交通省:社会資本の老朽化の現状と将来、
<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02_01.html>, (入手 2017.07.05).
- 2) 青澤正樹ら:技術の伝承・技術力の向上にむけて, pp3-11, 月刊建設, 2014.
- 3) 鹿島建設株式会社:スマートデバイス建設現場活用事例、
<https://www.kajima.co.jp/news/digest/apr_2013/feature/index-j.html> , (2017.07.05) (入手 2018.01.08).
- 4) 大阪市橋梁点検要領【詳細点検・詳細調査編】 , <http://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/cmsfiles/contents/0000039/39875/mokuji.pdf>, (入手 2018.03.12).
- 5) 国土交通省:橋梁点検要領, http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/pdf/yobo3_1_6.pdf, (入手 2018.06.12).
- 6) Marianna Kopsida and Ioannis Brilakis, Markerless BIM Registration for Mobile Augmented Reality Based Inspection, 16th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, ICCCBE, 2016.
- 7) 山梨知彦:業界が一変する BIM 建設革命, pp.68-73, 株式会社日本実業出版社, 2009.