

### (3) ARによる橋梁の変状図の 可視化システムの研究開発

小野 智生<sup>1</sup>・江本 久雄<sup>2</sup>・大槻 怜実<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 福島工業高等専門学校 産業技術システム工学専攻 社会環境システム工学コース

(〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30)

E-mail: 20SE03@fukushima.kosen-ac.jp

<sup>2</sup>正会員 福島工業高等専門学校 准教授 都市システム工学科 (〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30)

E-mail: emoto@fukushima-nct.ac.jp

<sup>3</sup>学生会員 福島工業高等専門学校 建設環境工学科 (〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30)

E-mail: 16609@fukushima.kosen-ac.jp

持続可能な社会を維持するために橋梁の定期点検が実施され点検データが蓄積されている。また、橋梁の近接目視点検においては、少子高齢化の影響や熟練技術者の不足といった問題があり、点検作業の効率化が重要視されている。そのため、近年では、国土交通省が i-Construction と銘打って ICT の利活用を推し進めている。ここで、ICT とはレーザー計測やドローン、3次元データの活用などが代表的であるが、そのほかの技術として仮想空間を活用した AR(Augmented Reality)などがある。

本研究では、橋梁の維持管理における点検作業の効率化を目的として、スマートフォンのカメラ機能によって実橋梁の側面や底面の平面を認識し、AR(Augmented Reality)により変状図を実橋梁に重ねて表示する点検支援システムを開発した。

**Key Words:** bridge, visual inspection, augmented reality, visualization of degradation data

#### 1. はじめに

わが国では、高度経済成長期に大量に建設された社会基盤構造物のひとつである橋梁が、更新時期である建設後 50 年を同時期に迎え、経済上の観点から長寿命化対策などの施策が進められている<sup>1)2)</sup>。また、橋梁は、近年大規模化しつつある自然災害に対応するため、道路ネットワーク網を維持する観点からも重要である。これを受け、国土交通省は 2014 年 3 月 31 日に道路法施行令第 35 条第 2 項の既定に基づき、道路の維持・修繕に関する具体的な基準を定めるために省令を改正し、5 年に 1 度近接目視点検を実施するように義務づけた<sup>3)</sup>。近接目視点検では、点検に関して適切な知識や技術を有する熟練の点検技術者がクラックゲージや点検ハンマーなどで橋梁の健全性を診断する。2020 年現在、2 回目の定期点検を行う橋梁もあり、蓄積されていく点検データの活用方法が検討されている。その一例として、現場における点検時において、点検作業の効率化や変状の進展を確認するために変状図を紙媒体に印刷し、比較検討することが考えられる。しかし、紙媒体に印刷することで非効率

であること、現地で図面と比較して変状箇所を探すなどの時間的コストが生じる。このような課題を解決するために、国土交通省は i-Construction と銘打って ICT の利活用を推し進めている<sup>4)</sup>。

ここで、ICT 分野に注目すると画像認識・空間認識技術の発展により、AR(Augmented Reality)<sup>5)</sup>や VR(Virtual Reality)<sup>6)</sup>など新分野の技術が開発されている。これらの技術は、主にスマートフォン向けアプリケーションやゲームの分野で活用されており、土木分野における維持管理技術への応用を試みる。

本研究では、AR 技術を用いてスマートフォン上に映し出された橋梁に変状図を重ねて表示させることで可視化できるシステムの研究開発を行い、点検現場における作業を効率化するシステムの構築を目指す。

#### 2. 橋梁目視点検の現状と AR の概要

##### (1) 橋梁目視点検での変状図活用例

橋梁点検は橋長 2.0m 以上の橋や高架の道路等 (以下、

道路橋)を対象に、5年に一度近接目視により行われている。点検によって発見されたひび割れ・浮きなどの変状や橋梁の健全度といった点検データは回数を重ねるごとに蓄積されていく。そして新たに点検を行う際には前回の点検からの進展を確認するために、今までに蓄積されたデータの中から必要なものを紙媒体に印刷して現場へ持参する。このようなデータの中で変状に注目すると、変状の位置や状態などが記録された紙媒体を確認しながら実橋梁における変状の位置を探し、必要に応じて目視や打音検査を行って変状が進展しているかを確認する。このような作業を効率化する解決策として、ICT技術の利活用に着目する。



図-1 本システムの概要

## (2) ARの概要

AR (Augmented Reality) 技術とは、直訳で拡張現実と訳され、Reality (現実感) の表現方法のひとつである。類似した技術に VR (Virtual Reality) 技術があるが、VR技術が仮想空間に入り込んだかのような体験ができる技術なのに対し、AR技術は現実世界に視覚情報を重ねて表示させる技術である<sup>7)8)</sup>。

ARは技術的な特性からロケーションベースARとビジョンベースARの2種類に分けることができる。ロケーションベースARとは、GPSなどによって取得した位置情報に紐づけて情報を表示するものである。GPSによる位置情報だけでなく加速度センサや磁気センサを併用し方向や傾きも取得することで、情報表示の精度を向上させることが可能である。ビジョンベースARは画像認識や空間認識に関する技術を利用して目の前の環境を解析し、情報提示を行うものである。また、ビジョンベースARは、正方形などの決まった形の図形をマーカーとしてカメラ認識させ情報を提示する「マーカー型」と現実空間に存在する物体や空間そのものを認識し情報を提示する「マーカーレス型」の二つに細分化できる。



図-2 変状図の表示イメージ

表-1 ユーザー別の変状図の活用方法

| 使用対象     | 橋梁管理者                    | 点検技術者                   |
|----------|--------------------------|-------------------------|
| 業務内容     | ・日常点検および定期点検             | ・近接目視による定期点検            |
| 変状図の活用方法 | ・橋梁の現状把握<br>・顕在化した異常の発見  | ・変状の進展確認                |
| メリット     | ・作業の簡便化<br>・早期段階で異常を把握可能 | ・データの選定や印刷等による時間的コストの削減 |

## 3. ARによる橋梁の変状図の表示システム

### (1) ARの活用方法の考え方

橋梁点検時や日頃の橋梁の状態確認において、スマートフォンにて図-1に示すように変状を簡便に表示できるようにする。また、図-2にスマートフォン上での変状図の表示イメージを示す。

ここで、想定されるユーザー別の変状図の活用方法を表-1へ示すように整理した。まず、橋梁管理者は、初期点検結果や初回の定期点検結果をもとに点検対象橋梁の選定を行う。その橋梁に対し日常点検および定期点検を実施し、劣化が顕在化していて緊急性があるものに関しては、対象橋梁の維持管理計画を早急に策定する<sup>9)</sup>。

そのため、早期の段階で変状の進展等の異常を確認し、巡回日誌に記載・記録する必要がある。したがって、巡回日誌や橋梁の基本諸元に加えて変状図を活用することで橋梁の状態を容易に確認することができ、早期の段階で異常を把握することができる。次に、点検技術者は、点検時に変状がどの程度進展したかを確認する必要があるため、あらかじめ点検履歴や変状データなどを紙媒体に印刷し、現場で紙媒体から変状の位置や状態など必要なデータを読み取る必要がある。

そこで、ARによる橋梁の変状図の表示を提案する。ARによって実橋梁に直接変状図を重ねて表示することで、データの選択作業や紙媒体の印刷、現場での変状位置を読み取る作業などから発生する手間やコストを削減することができる。

## (2) 本システムの目的と開発環境

本システムでは、橋梁の近接目視点検を行う点検技術者および橋梁管理者を利用対象として想定し、また、本システムは、橋梁の維持管理における点検作業の効率化を目的としている。

開発環境は、Unity<sup>40</sup>、ARCore<sup>11</sup>、Android Studio<sup>12</sup>を用いた。また、検証に利用した端末は Oppo RenoA (Oppo 社製、Android バージョン 9.0) である。この開発環境により、スマートフォンのカメラに移された空間の平面を認識することができる。この機能を活用して実装を試みる。

## 4. 本システムの活用方法

### (1) 本システムの活用手順と変状図の表示方法

本システムの活用手順を図-3 に示す。点検者は近接目視点検を開始後、実橋梁にスマートフォンをかざす。カメラに映った実橋梁から平面を認識し、平面と判断された箇所にパターン画像を表示する。その後、変状図を表示させたい箇所をタッチすることで変状図を表示し、実橋梁の大きさや位置に合わせて調整することで、現在確認されている変状情報を取得する。その後、近接目視点検を実施する。

### (2) 検証方法

スマートフォンに開発した本システムをアプリとしてインストールし、実橋梁で検証を行った。対象橋梁は平石橋 (福島県いわき市) である。

また、橋梁現場において AR により表示させる変状図としては、過去の点検履歴をもとに図-2 のような変状図を作成する。ここで、より分かりやすく表示させたい場合は変状ごとに色を分けたりする。作成した変状図を Unity において登録・設定することでスマートフォン上での表示が可能となる。

### (3) 結果

実橋梁において、実際に本システムを運用し、本システムの検討を行った。その際の表示事例を図-4 に示す。そのとき、図-5 に示すように本システムを搭載したスマートフォンを所持し、実橋梁にスマートフォンをかざす。このとき、実橋梁を映したカメラの映像から本システムが平面を認識し、パターン画像(図-4 の白色の格子線)が表示された。また、橋梁下部に表示されたパターン画像上をタッチすることで変状図を表示し、ピンチイン・ピンチアウト操作によって大きさや位置を調整することで変状図を確認することができた。

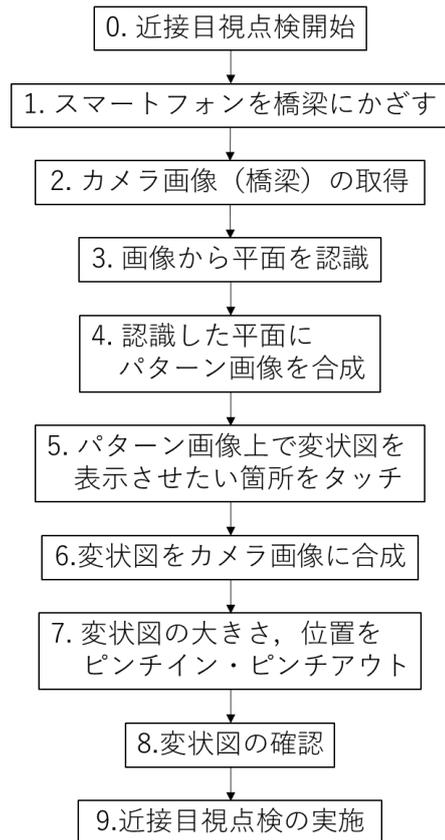


図-3 本システムの活用手順



図-4 表示結果の一例



図-5 運用事例

#### (4) 考察

実橋梁において運用した結果、まず、スマートフォン上に表示される変状図について、照明による光の反射や周辺の植物と同系色になってしまったことから変状が読み取りづらくなってしまった。そのため、改善案として周辺環境と区別できる色や透明度に設定することが考えられる。自然環境にあまり存在しない色で、かつ極力透明度を低く設定することでより鮮明な変状図を表示することが可能となる。次に、橋梁が設置されている環境として、河川がある場合が多いため、そのような環境で防水・防塵対策を講じなければ、不意にスマートフォンを落としたり、砂埃がスマートフォンに入り込んだ際に、破損してしまう危険がある。したがって、スマートフォンを首から掲げる防水・防塵ケースに入れての使用を提案する。ハードウェア性能については、今後の技術開発および発展により、現在普及しているものより高性能な端末が開発されていく可能性は十分に考えられるが、早急な対策として、スマートフォンを防水、防塵ケースに入れることでそのようなリスクを回避できる。また、首から掲げて使用するタイプのケースを使用することで、両手が自由に使える、より効率的に作業を行うことができる。最後に、照明の有無である。橋長や幅員が大きい場合、橋梁下部が暗くなってしまう可能性があるため照明は準備した方がよいが、橋長や幅員があまり大きくない橋梁の場合は、照明による光が逆光となってしまう変状図が読み取りづらくなってしまう可能性があるため、周辺環境に合わせて使用すべきである。

#### 5. まとめ

本研究により得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 橋梁の点検時における作業を効率化するために、ARCoreを利用して変状図を橋梁に重ねて表示するシステムを開発し、点検時の活用方法を提案した。
- (2) 実橋梁に重ねる変状図は、過去の点検履歴をもとに作成し、開発環境 Unity 上で設定することでスマートフォン上で表示可能となる。
- (3) 実橋梁にて本システムの実証試験を実施し、本システムの改善点を検討した。次に、改善点を挙げる。

改善点としては、変状の寸法を実橋梁に合わせる、さらに変状図を作成・登録し橋梁全体の変状を表示可能に

する、表示する変状図の色や透明度の工夫、実際に橋梁点検を行う点検技術者へのアンケートによる課題の抽出などを検討している。

**謝辞：**本研究は、公益財団法人高橋産業経済研究財団事務局の研究助成のもと推進できましたことに感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 宮川豊章, 保田敬一, 岩城一郎, 横田弘, 服部篤志: 土木技術者のためのアセットマネジメント-コンクリート構造物を中心として-, 土木学会論文集 F, Vol.64, No.1, pp.24-43, 2008.
- 2) 阿部雅人, 阿部允, 藤野陽三: 我国の維持管理の展開とその特徴—橋梁を中心として—, 土木学会論文集 F, Vol.63, No.2, pp.190-199, 2007.
- 3) 国土交通省: 報道発表資料「定期点検要領」の策定について, < [https://www.mlit.go.jp/report/press/road01\\_hh\\_000412.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_000412.html)>, (入手 2020.5.17).
- 4) 建山和由: i-Construction と CIM, JACIC 情報, Vol.114, pp.5-8, 2016.
- 5) 館暲, 佐藤誠, 廣瀬通孝: バーチャルリアリティ学, 日本バーチャルリアリティ学会, 株式会社コロナ社, 2011.
- 6) INTERNET ACADEMY: VR(バーチャル・リアリティ)とは? VR(仮想現実)と AR(拡張現実)の違い, <<https://www.internetacademy.jp/it/programming/vr-ar.html>>, (入手 2020.6.8).
- 7) Paul Milgram, Fumio Kishino: A taxonomy mixed reality visual displays, *IEICE Transactions on Information System*, Vol.E77-D, No.12, 1994.
- 8) Ronald T. Azuma: A survey of augmented reality, *Teleoperators and virtual environments*, Vol.6, No.4, pp.355-385, 1997.
- 9) 今野 将顕, 関 和彦, 宮本 文穂, 中村 秀明: 橋梁維持管理業務におけるデータの標準化とデータ入力効率化に関する研究, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.13, pp.151-158, 2004.
- 10) 吉谷幹人: Unity5 3D/2D ゲーム開発実践入門 作りながら覚えるスマートフォンゲーム開発, ソシム, 2015.
- 11) Google Developers: ARCore, < <https://developers.google.com/ar/>>, (入手 2020.6.3).
- 12) Android Developers: Android Studio の概要, <<https://developer.android.com/studio/intro/?hl=ja>>, (入手 2018.5).