

VR を利用した点検者の視線情報に基づく RC 構造物の目視点検技能の可視化

長岡工業高等専門学校	学生会員	○高橋 一平	関川 周吾
長岡工業高等専門学校	正会員	込山 晃市	陽田 修 井林 康 村上 祐貴
長岡工業高等専門学校	非会員		上村 健二
(株)ネクスコ・エンジニアリング新潟	非会員		清水 遼介

1. はじめに

道路施設の定期点検は「道路橋の定期点検を適正に行うために必要な知識及び技能を有する者」が損傷や構造特性に応じた着目箇所の絞り込みや新技術の活用による効率的な点検を行うとされている。一方で、点検に必要な技能は、明確に定義されていない。海外においては、本来、点検者によらず同じになるべき点検結果が、点検者によって差異が生じることが指摘されている¹⁾。

本研究では、点検者の目視点検技能の向上および点検者間の点検技能レベルのばらつきの抑制を目的とし、目視点検技能の形式知化を行う。本稿では、実構造物の写真から作成した 3D モデルを VR 空間上に投影し、実務点検者を対象に近接目視点検を行い、各被験者の目視点検技能を可視化する。

2. 試験方法

2.1 3D モデルの概要

本研究では、新潟県内の 1982 年に架設された 4 径間、橋長 60m、幅員 17.3m の RC 中空構造の高架橋(以下、本橋梁)の 1 径間における橋台(A1)、床板、橋脚(P1)を対象とした。対象物の写真を解析し 3DCG モデルを制作するフォトグラメトリ手法を用いて、実構造物の写真から 3D モデルの作成を行った。使用したソフトは、Agisoft Metashape Professional (ver.1.8.4.14671)である。撮影には、デジタル一眼レフカメラ(Canon 社, EOS Kiss X90, 解像度:約 2400 万画素)と 360°カメラ(RICOH 社, THETA X, 解像度:約 6000 万画素)を用い、520 枚(うち 98 枚を 360°カメラで撮影)の写真撮影を行った。

2.2 使用機材と VR 空間の概要

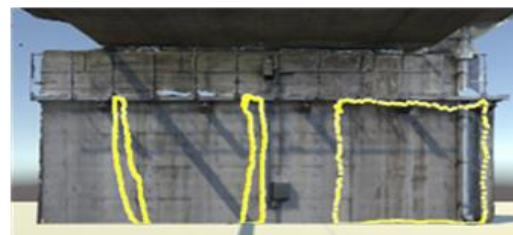
目視点検を行う 3D モデルを用いた VR 空間は、Unity (ver.2020.3.0f1)を用いて作成を行った。VR 空間上では、被験者はコントローラを用いた移動、あるいは歩行に



(a) 実際の点検結果 (2017 年度)



(b) 被験者 B



(c) 被験者 C

図 1. A1 橋台のマーキング結果の一例

よる移動が可能である。本 VR 空間では点検中の被験者の頭部座標および視線座標を取得することができる。

2.3 試験手順

被験者は、橋梁点検業務に従事している実務経験 10 年以上の点検者 2 名と経験年数 1 年、2 年、4 年初学者の 3 名の計 5 名(以降、順に被験者 A, B, C, D, E と称す)とした。ヘッドマウントディスプレイ(HTC 社, VIVE Pro Eye)を装着し、VR 空間上に生成した 3D モデルを投影し、被験者はある程度操作に慣れた後に試験を開始した。

被験者は VR 空間上を自由に移動し、3D モデルを閲覧、劣化・損傷箇所を探索し、該当場所にマーキングを行う。試験中は被験者の頭部座標、視線座標を計測する。なお、試験時間の制限は設けていない。

キーワード 目視点検技能、定期点検、視線情報、VR

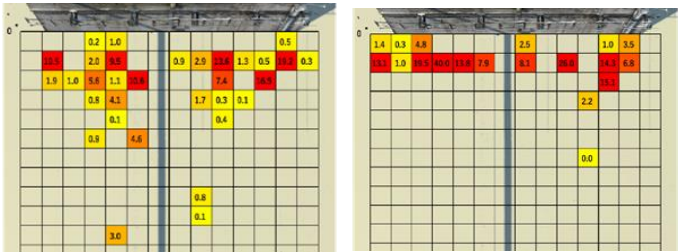
連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9276

表 2. 注視時間と注視回数

	被験者A		被験者B		被験者C		被験者D		被験者E	
損傷No.	注視回数	注視時間(s)	注視回数	注視時間(s)	注視回数	注視時間(s)	注視回数	注視時間(s)	注視回数	注視時間(s)
1	9	4.2	4	2.8	11	10.7	6	9.3	14	9.1
2	11	6.1	3	3.6	4	5.8	8	10.5	14	9.1
3	9	11.0	15	8.2	6	10.0	8	11.6	29	32.0
4	15	11.0	11	5.5	5	3.6	9	6.5	9	3.1
5	13	9.5	7	5.9	2	0.7	7	6.8	8	5.4
6	6	6.1	10	7.3	1	0.4	6	4.1	7	13.0



図 2. A1 橋台の損傷領域



(a) 被験者 A (d) 被験者 D
図 3. 頭部座標

3. 実験結果

3.1 損傷のマーキングの比較

図 1 に 2017 年の定期点検の損傷図から作成したマーキング，一例として被験者 B, C の A1 橋台のマーキング結果を示す．被験者 B の結果と実際の点検結果を比較すると，ひび割れのマーキングはほぼ同様であり，VR 上でも実際の目視点検を再現できていると考えられる．被験者 B と被験者 C の結果を比較すると，被験者 B より被験者 C の方が損傷を大きく囲う傾向が見られ，差異が生じている．このことから初学者は熟達者に比べ，損傷を広範囲にまとめて記録する傾向があった．

3.2 損傷範囲注視時間の比較

表 1 に各被験者の損傷領域ごとの注視回数と注視時間を示す．ここで，損傷領域は熟達者の被験者 B のマーキング結果(図 1. (b)) を参考にし，図 2 のように損傷領域を設定した．本実験では既往の研究を参考に 0.2 秒以上同じ領域に留まった視線を注視とした²⁾．

表 2 に示すように，各損傷の注視回数，注視時間は被験者によって差異が生じていた．例えば，実務経験が長い被験者 A, B と比較して，実務経験が 1 年の被験者 C は損傷 No5, 6 の注視回数が 1, 2 回と非常に少ない．

図 1. (c) の該当部分のマーキングは，十分に損傷を確認せずにマーキングを行った可能性がある．

3.3 頭部座標の比較

点検中の被験者の頭部座標を比較する．一例として，A1 橋台を点検している間の頭部座標を，橋台の面に対して平行方向を X，鉛直方向を Y とした XY 平面で整理し比較を行った．被験者 A, D の頭部座標に関して，XY 平面を 1m×1m で領域分けし，各領域内への侵入時間で比較したものを図 3 に示す．

図 3 より，初学者である被験者 D は一定の距離で目視をしているのに対し，熟達者である被験者 A は遠近を使い分けて目視していた．

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す．

- 1)本研究の範囲内では写真から作成した 3D モデルを用いた VR 空間において，実橋梁と同様の目視点検をある程度再現することができた．
- 2)本研究の範囲では，実務経験者が長い被験者は損傷を細分化して記録する傾向がみられ，実務経験が短い被験者は，損傷を広い範囲でまとめて記録する傾向がみられた．
- 3)初学者は損傷を探索する際に一定の距離で目視を行っているのに対して，熟達者は点検時に離れて俯瞰する目視と近接して確認する目視を使い分けられていると考えられる．

謝辞

本研究の一部は，科学研究費補助金(基盤研究(B),課題番号:JP20H02225)により行った．ここに記して謝意を表する．

参考文献

- 1) 高速道路調査会：海外における点検技術動向調査業務(2017)．
- 2) 大野健彦：視線から何がわかるか ―視線測定に基づく高次認知処理の解明，認知科学, No.9, pp.565-579(2002)．