

バーチャルツアーと仮想空間を活用した 河川改修時における河川景観評価手法の提案

PROPOSAL ON A METHOD FOR EVALUATING RIVER SCENERY
AT THE TIME OF RIVER IMPROVEMENT
USING VIRTUAL TOURS AND VIRTUAL SPACE

林田寿文¹・佐藤隆洋²・川野倫輝³・河野誉仁⁴・中村圭吾⁵

Kazufumi HAYASHIDA, Takahiro SATO, Tomoki KAWANO,
Takanori KONO, and, Keigo NAKAMURA

¹正会員 博士(環境科学) (国研) 土木研究所 自然共生研究センター
(〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地)

²正会員 理修 日本工営(株) 事業戦略本部 DX推進室 (〒102-8539 東京都千代田区麹町5-4)

³工修 日本工営(株) コンサルティング事業統括本部 CIM推進センター (同上)

⁴正会員 博士(工学) (国研) 土木研究所 自然共生研究センター

⁵正会員 博士(工学) (国研) 土木研究所 河川生態チーム (兼 自然共生研究センター)
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

河川改修時の景観評価手法の提案を目的に、その場の360度風景を体感できるバーチャルツアー(以下、VTとする)、および、ゲームエンジンで構築する高画質な仮想現実における景観評価への適用について検討を行った。両ツールの有用性を評価するため、実験①: 現況の景観評価に対し、写真と、360度写真から作成したVTの比較評価、実験②: 河川改修前後の景観評価に対し、360度写真から作成したVTと、改修後の状況を確認できる仮想現実から作成したVTの比較評価を行った。比較評価はSD法アンケートを用いた。実験①では、現況写真と比べて360度写真のVTは、美しい、風格のある、変化のある、訪れてみたい、風景が魅力的などで評価が高かった。実験②では、360度写真のVTと比べて仮想現実のVTは、新しい、個性的、人工的、活気のある、快適、動的、楽しいなどで評価が高かった。河川景観評価を行う際、写真よりも360度写真のVTで、360度写真のVTよりも仮想現実のVTで、より多くの新しい情報を伝えることができ、今後の事業の説明資料になりうると判断できた。

Key Words : river landscape assessment, Unreal Engine 4, virtual tour, semantic differential method

1. はじめに

河川改修後の景観を住民などに伝えるため、これまでスケッチパース、フォトモンタージュ、模型などが用いられてきた¹⁾。しかし、これらのツールでは、固定された視点からしか確認できない、実際のサイズ・規模感・周辺との関係が分かりづらい、といった課題があった。そのため、景観の視覚表現として、仮想現実(以下、VRとする)やCGの活用も挙げられるが、これまでの描画は画質が粗く現地での完成形イメージと乖離する、VRやCGの制作に時間やコストがかかる、などの課題もある¹⁾。そのため、的確に景観を評価するための新たなツールが求められている。

近年ではゲームエンジン(以下、GEとする)が都市景観や建築などで景観評価に活用されている²⁾。GEとは、ゲームコンテンツで頻繁に利用される主要な振る舞いや処理(3D描画処理、物理演算、衝突判定、サウンド入出力など)をあらかじめ組み込んだソフトウェアのことである³⁾。ゲームコンテンツ共通の振る舞いや処理を、自分自身で作成せずGEに任せることで開発工程が効率化され、コンテンツ自体の質の向上により多くの時間を割くことができる³⁾。そのため、GEは無償で使用できるメリットも相まって高画質なVRの構築が低コストで可能となった。加えて、バーチャルツアー(以下、VTとする)という、ユーザーが自由に場所を移動し、その場の360度風景を体感することができる没入体験型のデジタルコンテンツも登場している。

本論文では、GEで作成したVRをVTと組み合わせ、河川改修事業後における景観評価を行った。そして、新たなツールとして、その適用について検討することを目的とする。実験として、河川整備計画に基づき実際の改修内容を検討する河川において、①現況写真、②現況の360度写真を基に作ったVT（以下、VT（パノラマ）とする）、③改修後の景観を表すVRを基に作成したVT（以下、VT（VR）とする）の3ケースについて、SD法によるアンケート調査を行い、①と②、②と③の比較評価を行った。

2. 対象河川の概要および河川整備計画

本ツールの検討河川として、愛知県東部の東三河地方を流れる二級河川梅田川を選定した（図-1）。梅田川は、愛知県豊橋市雲谷町地先に発する流域面積89 km²、流路延長約14.4 kmの中小河川である。当該地区の河川整備計画としては、河道断面を拡げるため河床掘削と引提を実施することとし、それに伴う堰改築・橋梁の架け替えを予定している（図-2）。検討を行う河川の対象区間は、梅田川で今後改修を実施する区間としてKP3.6～KP4.6（浜田川との合流点付近含む）を設定した（図-1 黄枠）。橋の架替えて生じた用地や浜田川との合流点付近において公園や桜並木の整備も予定している。対象範囲の南西には大型商業施設があり、河川改修が完成したあかつきには、多くの人が梅田川へ訪れることが想定される。

梅田川では、「二級河川梅田川水系河川整備計画」に基づいた河道改修の基本設計を進めるにあたり、令和2年度より愛知県が梅田川多自然川づくり検討会議を実施している。この会議は、有識者より意見・助言を聴取しながら治水と利水・環境を融合したよりよい川づくりの検討を行い、多自然川づくり計画として取りまとめることを目的としている。河川整備計画では、梅田川の景観に関して流域の田園風景や東海道二川宿などの歴史的な街並みの景観など周辺環境と調和した水辺景観の維持・形成と、桜並木の保全に努めるとされている。本検討地区においては、堤内側に水田が広がり古くから周辺に点在する神社仏閣へお供えする米を栽培している。河川周辺のこうした水田や神社仏閣の風景も代表的な景観であるため本評価の対象とした。

3. バーチャルツアー（VT）の作成

ここでは、360度写真と仮想現実の概要と作成方法に加え、各バーチャルツアーの作成方法を述べる。

(1) 現地における360度写真の撮影

現況の背後地も含む河川景観を示すため、360度写真の撮影を令和3年10月15日に全81か所（図-1 黄点）で行った。撮影機材は、360度カメラInsta360 ONE X2を用いた。評価に使用する現況写真は、360度写真から切り

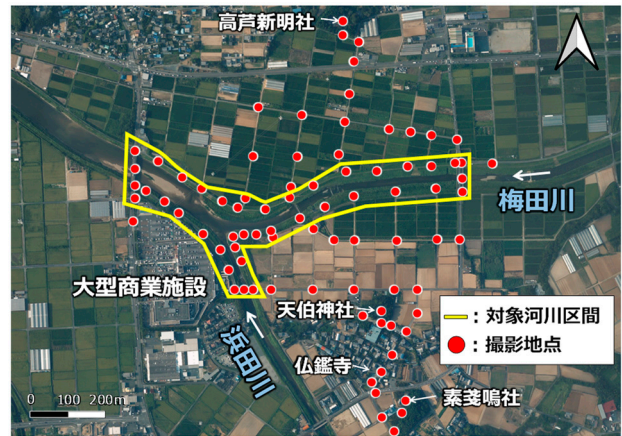


図-1 本ツールを適応する対象区間

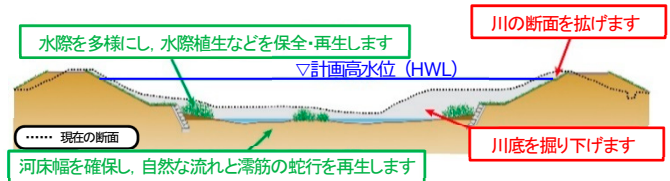


図-2 梅田川当該地区における河川改修イメージ（愛知県HP）

出して作成した（図-3）。ここで言う現況写真とは、通常目にする一般的な写真のことである。なお、360度写真は、VTとの親和性が高いことから比較評価の対象とした。

(2) ゲームエンジン（GE）について

GEはUnreal Engine 4、Unityをはじめとして様々なものがあり、ほぼ全てのGEはクロスプラットフォームというiOS、Android、Windows、macOSなど異なるプラットフォーム上で、同じ仕様のアプリケーションを動かせるプログラムとなっている。また、商用利用しない限りは無料で使用できるのが特徴である。GEは、ゲーム業界で利用されている製作ツールだが、現在では分野の枠を大きく超えて映画や製造業、スマートシティなど様々な分野で急速に活用されつつある。

令和4年2月には、土木研究所と研究連携する国交省九州技術事務所より「ゲームエンジンを用いた川づくりツールの操作マニュアル（案）」⁴⁾が公開され、河川分野におけるGE活用も活発化し始めたところである。このマニュアルに加えて、点群（地形）データをゲームエンジンで扱えるデータへの変換コンバータ、川づくり検討に必要なパーツをゲームエンジン用に設定したテンプレートファイル、そして、操作手順の動画が公開されており、GEを川づくりに導入する手間は大幅に軽減された。上記のマニュアルでは、GEとしてUnreal Engine 4（Epic Games社）を使用していることから、本論文においても同じGEを用いることとした。

(3) ゲームエンジン（GE）での仮想現実（VR）作成方法

本論文におけるVRは、河川改修後の状況を表現するために作成した。作成方法を次に示す。近景～中景の地形はALB（航空レーザ測深）+河川LPデータ、遠景の地形は3D地図プラットフォームCesium ionで配信され

ている地形タイルデータを活用した。Cesium ionデータは、「Cesium for Unreal」プラグインでUnreal Engineに取り込んだ。そして、作成した地形データに河川整備計画を反映した。計画されている河床掘削や引提の3次元データをAutodesk社のCivil3Dを使用して作成した。Civil3Dで作成した整備計画の3次元データを先述の地形データと統合し、河川整備後の地形データを作成した。これをUnreal Engineに取り込み河川整備後のVRを構築した。景観検討を目的としているため、堤々間における植生、河川状況、畑地などの周辺環境を再現した。最後に、後述するVTの作成に向けてUnreal Engineで各ポイントの360度画像を出力した。

(4) バーチャルツアー (VT) について

VTは、360度写真やVRをつなぎ合わせ、地点から地点へ連続的に移動・閲覧できる。直感的なコンテンツの操作が可能で、現地へ赴くことなく、まるでその場にいるかのように現地の状況を隈なく確認することが可能となる。これらを実現するため、本稿で作成したVT内には撮影箇所と同じ場所に赤丸が表示され(図-4, 5), これをクリックすることでその場所へ移動することができる。また、インタラクティブに作成者が加えた情報へアクセスできるため、満足度の高い体験が可能となる。このVT技術を本論文では河川景観評価に適用するものである。

(5) バーチャルツアー (VT) の作成方法

堤内地を含む景観評価システムを構築するため、VT(パノラマ)(図-4)およびVT(VR)(図-5)の2種類のVTを作成した。各VTには、現地で録音した周辺音声を入り込み、VT体験時には周辺の音を聞きながらの体験ができる。なお、2種類のVTに使用した音声は同じものである。VT作成として、ソフトウェアは3D VISTA社のVirtual Tour PROを使用した。

作成したVTデータを3D VISTA社が提供しているクラウドサーバーに保存することにより、SD法のアンケート実施時にどこにいてもURLがあればVTを体験することができる環境を構築した。

本稿で作成したVTおよびVT作成マニュアルは、自然共生研究センターHPで公開しているので参照されたい。

4. SD法によるアンケートの実施方法

本研究では、本景観評価ツールの適用評価を行うため、SD法を用いることとした。SD法は、景観分野や感性工学分野において、定性的な評価を数値化し定量的な分析・評価を行う手法として多く用いられている。調査に多くの手間や準備を要しないことから現場レベルでの景観検討に有効な手法と考えられる⁹⁾。

意味微分のための形容詞語群として、これまで土木などでSD法による景観評価実験に用いられたもの⁹⁾から35組を選定し、これに改修後の景観を評価するのに



図-3 現況写真(360度写真から作成)

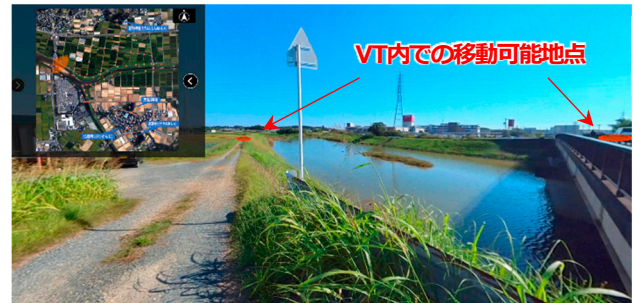


図-4 VT(パノラマ)による現状の状況
(位置図内(左上):赤丸が撮影・移動可能地点)



図-5 VT(VR)による改修後の状況

| | | | | | | |
|---|-------------|------------|---------------|------------|-------------|------|
| | 非常に そう思う | やや そう思う | どちらとも いえない | やや そう思う | 非常に そう思う | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | _____ | | | | | きらいな |
| 2 | _____ | | | | | 不快な |
| 3 | _____ | | | | | みにくい |

図-6 SD法による形容詞対に対する評価尺度
(評価尺度に点数を割り振った)

ふさわしいと思われる5組の語を加えた40組の形容詞対を準備した(表-1)。これらの形容詞対について、両極の間に非常にそう思う、ややそう思う、どちらともいえないの5段階の評価尺度を設け評価させた(図-6)。

景観評価ツールの適用評価を行うため、2つの実験を設定した。まず従来の写真を用いた手法とVT(パノラマ)を用いた手法の差異を確認するため、実験①として、梅田川の現況景観に対し現況写真の代表的な箇所10枚とVT(パノラマ)の比較を行った。次に河川改修後におけるVT(VR)の適用を確認するため実験②として、VT(パノラマ)とVT(VR)の比較を行った。被験者に対して、実験方法の説明(表-2)、現況写真10枚(図-3)、VT(パノラマ)のURL、VT(VR)のURL、形容詞対などが記載されたPDFをメールで送付した。メールを受け取った被験者は、各自のPCで評価を

表-1 SD法による評価に用いた形容詞対および実験結果（緑色および*が付いたセルは有意差のあるP値）

| 形容詞対 ※左側が1、右側が5で入力 | Q1:現況写真の印象 | | Q2:VT(パノラマ)の印象 | | Q3:VT (VR) の印象 | | Q1 現況写真と Q2 VT(パノラマ) の差とP値 | | Q2 VT (パノラマ) と Q3 VT (VR) の差とP値 | |
|-------------------------------|------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
| | Q1 平均 | Q1 標準偏差 | Q2 平均 | Q2 標準偏差 | Q3 平均 | Q3 標準偏差 | Q2平均-Q1平均 | P(T<t) 両側 | Q3平均-Q2平均 | P(T<t) 両側 |
| 1 好きな-きらいな | 2.45 | 0.66 | 2.36 | 0.69 | 2.39 | 0.78 | -0.09 | 0.45 | 0.03 | 0.86 |
| 2 快適な-不快な | 2.64 | 0.81 | 2.58 | 0.70 | 2.03 | 0.76 | -0.06 | 0.68 | -0.55 | 0.00 * |
| 3 美しい-みにくい | 2.69 | 0.73 | 2.36 | 0.73 | 2.15 | 0.78 | -0.32 | 0.03 * | -0.21 | 0.18 |
| 4 細しみにくい-細しみがやすい | 3.24 | 0.89 | 2.85 | 1.10 | 3.27 | 1.05 | -0.39 | 0.06 | 0.42 | 0.07 |
| 5 魅力のない-魅力のある | 3.12 | 0.81 | 3.21 | 0.81 | 3.42 | 1.02 | 0.09 | 0.45 | 0.21 | 0.29 |
| 6 やすらぎがある-やすらぎのない | 2.79 | 1.01 | 2.67 | 1.06 | 2.61 | 0.98 | -0.12 | 0.63 | -0.06 | 0.77 |
| 7 きたない-きれいな | 3.18 | 0.87 | 3.39 | 0.92 | 4.00 | 0.82 | 0.21 | 0.16 | 0.61 | 0.00 * |
| 8 調和のある-不調和な | 2.70 | 0.58 | 2.55 | 0.92 | 2.48 | 0.74 | -0.15 | 0.34 | -0.06 | 0.76 |
| 9 楽しい-つまらない | 3.24 | 0.82 | 2.76 | 0.99 | 2.33 | 0.80 | -0.48 | 0.01 * | -0.42 | 0.01 * |
| 10 うとうしい-すっきりしない | 3.42 | 0.70 | 3.33 | 0.80 | 3.64 | 0.77 | -0.09 | 0.61 | 0.30 | 0.06 |
| 11 暗い-明るい | 3.55 | 0.74 | 3.82 | 0.83 | 4.09 | 0.93 | 0.27 | 0.11 | 0.27 | 0.07 |
| 12 水質悪い-水質良い | 2.82 | 0.76 | 3.03 | 0.76 | 3.27 | 0.90 | 0.21 | 0.11 | 0.24 | 0.21 |
| 13 落ち着きある-落ち着きない | 2.42 | 0.70 | 2.18 | 0.97 | 2.45 | 0.74 | -0.24 | 0.13 | 0.27 | 0.10 |
| 14 あたたかい-つめたい | 2.64 | 0.88 | 2.42 | 0.89 | 2.61 | 0.85 | -0.21 | 0.18 | 0.18 | 0.35 |
| 15 ごみこみした-すっきりした | 3.33 | 0.94 | 3.39 | 1.13 | 3.94 | 0.89 | 0.06 | 0.64 | 0.55 | 0.01 * |
| 16 安全な-危険な | 2.64 | 0.77 | 2.64 | 0.95 | 2.45 | 0.78 | 0.00 | 1.00 | -0.18 | 0.41 |
| 17 風格のある-風格のない | 3.42 | 0.85 | 2.94 | 0.95 | 3.03 | 0.72 | -0.48 | 0.00 * | 0.09 | 0.52 |
| 18 開放的な-閉鎖的な | 1.97 | 0.80 | 1.97 | 0.87 | 1.97 | 0.67 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 1.00 |
| 19 かたい-やわらかい | 3.58 | 0.89 | 3.64 | 0.85 | 3.24 | 0.99 | 0.06 | 0.62 | -0.39 | 0.10 |
| 20 雑然とした-整然とした | 2.97 | 0.83 | 3.09 | 0.90 | 3.85 | 0.82 | 0.12 | 0.25 | 0.76 | 0.00 * |
| 21 活気のない-活気のある | 2.36 | 0.77 | 2.52 | 0.66 | 3.24 | 0.89 | 0.15 | 0.28 | 0.73 | 0.00 * |
| 22 男性的な-女性的な | 3.03 | 0.63 | 3.12 | 0.54 | 3.30 | 0.80 | 0.09 | 0.26 | 0.18 | 0.21 |
| 23 歴史・文化を感じる-歴史・文化感がない | 3.09 | 1.05 | 2.82 | 1.03 | 3.18 | 0.87 | -0.27 | 0.13 | 0.36 | 0.07 |
| 24 洗練された-素朴な | 3.94 | 0.89 | 3.76 | 0.85 | 2.70 | 0.76 | -0.18 | 0.16 | -1.06 | 0.00 * |
| 25 自然の人工的 | 2.27 | 1.19 | 2.03 | 0.97 | 3.18 | 1.14 | -0.24 | 0.12 | 1.15 | 0.00 * |
| 26 力強い-弱々しい | 3.09 | 0.62 | 3.03 | 0.72 | 2.94 | 0.34 | -0.06 | 0.49 | -0.09 | 0.54 |
| 27 にぎやかな-しずかな | 4.06 | 0.74 | 3.91 | 0.83 | 3.18 | 0.76 | -0.15 | 0.23 | -0.73 | 0.00 * |
| 28 平凡な-個性的な | 2.03 | 0.76 | 2.12 | 0.84 | 3.18 | 0.76 | 0.09 | 0.48 | 1.06 | 0.00 * |
| 29 緑少ない-緑多い | 4.03 | 1.00 | 4.06 | 0.98 | 3.61 | 0.89 | 0.03 | 0.77 | -0.45 | 0.02 * |
| 30 単純な-複雑な | 2.06 | 0.69 | 2.48 | 0.78 | 2.94 | 0.69 | 0.42 | 0.01 * | 0.45 | 0.01 * |
| 31 単調な-変化のある | 2.06 | 0.81 | 2.61 | 0.89 | 3.09 | 0.93 | 0.55 | 0.00 * | 0.48 | 0.01 * |
| 32 静的な-動的な | 2.09 | 0.87 | 2.21 | 0.98 | 2.88 | 0.91 | 0.12 | 0.55 | 0.67 | 0.00 * |
| 33 水量感がない-水量感がある | 3.03 | 1.11 | 3.52 | 0.93 | 3.33 | 0.84 | 0.48 | 0.00 * | -0.18 | 0.28 |
| 34 古い-新しい | 2.52 | 0.66 | 2.67 | 0.68 | 3.88 | 0.69 | 0.15 | 0.20 | 1.21 | 0.00 * |
| 35 軽快な-重厚な | 2.88 | 0.41 | 2.70 | 0.41 | 2.70 | 0.72 | -0.09 | 0.26 | -0.09 | 0.50 |
| 36 訪れてみたい-訪れたくない | 3.21 | 0.98 | 2.79 | 0.73 | 2.55 | 1.16 | -0.42 | 0.01 * | -0.24 | 0.20 |
| 37 風景が魅力的ではない-風景が魅力的 | 2.73 | 0.86 | 3.15 | 0.93 | 3.42 | 0.95 | 0.42 | 0.00 * | 0.27 | 0.15 |
| 38 自然が豊かに感じない-自然が豊かに感じる | 2.42 | 1.23 | 2.21 | 1.12 | 2.79 | 0.95 | -0.21 | 0.23 | 0.58 | 0.02 * |
| 39 散歩したくなる-散歩したくない | 2.55 | 1.02 | 2.33 | 1.06 | 2.27 | 1.08 | -0.21 | 0.11 | -0.06 | 0.81 |
| 40 地域との調和が感じられる-地域との調和が感じられない | 2.61 | 0.89 | 2.39 | 0.89 | 2.55 | 0.78 | -0.21 | 0.11 | 0.15 | 0.28 |

行った。実験としては、現況写真および各VTを各5分間程度見た後、Q1からQ3に設置した各形容詞対について回答を行った。形容詞対1セットあたりの判定時間は5～10分間とし、深く考え込まず直感的に判断するよう指示を行った。

河川事業における景観評価は、開発により利益・不利益を受ける人など立場によって評価結果が異なることが考えられる。したがって、より客観的な評価結果

表-2 印象アンケートについて

| | |
|----------------------|--|
| Q1 現況写真を見ての質問 | 写真（図-3）を見てこの川の印象をお答えください。 |
| Q2 VT（パノラマ）を見ての質問 | 先ほどの川と同じ場所です。バーチャルツアー（図-4）を見てこの川の印象をお答えください。 |
| Q3 VT（VR）を見ての質問 | 先ほどの川と同じ場所です。河川整備を計画しています。バーチャルツアー（図-5）を見て、河川整備後の川の印象をお答えください。 |

を得るためには、第三者的立場の不特定多数の人に評価してもらう必要がある。また、本河川における詳細な改修形状などは検討中であることから、本実験は地域住民を含めない産官学の方々に依頼した。被験者は33名（行政担当者（8名）、建設コンサルタント（12名）、土木技術に関する研究者（13名））、性別は男性24名、女性9名、年代は20歳代（9名）、30歳代（5名）、40歳代（14名）、50歳代（4名）、60歳代（1名）であった。加えて、被験者からの感想や意見も聴取した。SD法を用いた印象評価実験は2021年12月に行った。

5. SD法の結果および考察

表-2には、Q1：現況写真、Q2：VT（パノラマ）、Q3：VT（VR）の印象に対する各形容詞対の評価尺度の点数（図-6）の平均値と標準偏差、および、Q1とQ2、Q2とQ3における形容詞対の平均値の差を示した。また、Q1、Q2、Q3の各形容詞対の平均値に差があるかどうかを検定で確認し、信頼度95%（有意水準5%）で有意差があるとした。以下の形容詞対の前に示す数字は、表-2内の番号と一致している。

(1) 現況写真とVT（パノラマ）の比較

景観評価では、環境アセスメントなどでも現況写真とフォトモンタージュ写真を用いた評価が多く用いられている。写真での評価に際しては、「現地体験できる景観と同等になる」ように、撮影画角、評価時の印刷の大きさに留意し、評価用資料を準備する。今回VT（パノラマ）を用いたのは、360度写真を用いることで「現地体験できる景観と同等」の状況を用意することができる一方で、全方位を見ることができるため、これまでの写真では見えなかった部分（評価に含まれない部分で、このことを情報量と記載）の影響が無視できない可能性があると考えたためである。

そこで、評価手法のうち評価に用いる素材の違いが影響するかどうか、影響するならばどの部分に影響するかを把握するために「現況写真」と「VT（パノラマ）」の比較を実施した。360度写真を活用することで、河川景観を考える場合に、河川内空間のみだけでなく、後背地との関係性が理解でき、「河川がある空間」としての評価が可能になると考えている。

現況写真とVT（パノラマ）の比較において、各形容詞尺度の平均値に有意な差が生じた項目は以下のとおりである。VT（パノラマ）は、情報量の多さに関わる項目（30複雑、31変化）や周辺の状況がわかることによる項目（37風景、3美しい）、行動を促すことにつながる項目（36訪れてみたい、9楽しい）で高い評価を得ている。また、「33水量感がある」も差が出ている。画像中の河川の比率はほとんど差がないため、映像効果より、また、VT（パノラマ）に組み込んだ現地の音（河川流水の音）から「水量感がある」に移動した可

能性が考えられる。これらのことから現況写真よりもVT（パノラマ）の方がより多くの情報量を伝えることができたと考える。

(2) VT（パノラマ）とVT（VR）の比較

本比較は、異なる素材を使い作成したVTを用いて景観評価の試行を行ったものである。また、整備後の状況はGEやBIM/CIMソフトであるCivil3Dを用いてすべて3次元モデルで構築している。そこで、整備後のVT（VR）を比較した理由として、「①GEで構築したVRで評価ができるか？」「②評価を行うために、構築に関する課題はなにか？」の把握が挙げられる。

①については、利用の場を形成するための整備後の姿を被験者が見て、「29新しい、23個性的、20人工的、16活気のある、22にぎやか、27動的、9楽しい」など利用の場が形成されることに関連すると考えられる形容詞対に有意差が認められたため、GEで構築したVRで評価が可能と考えた。

②については、緑量に関する内容やすっきりとした印象に関連する形容詞対に有意差が認められている。これは、雑草などが生い茂った現況に対して、GEでの整備後の描写は堤防の植生を短く表現したことで差が出た可能性がある。GEでの空間構築に関する課題としては、河川整備後エイジングが進んだ段階での空間再現に留意することが必要との知見を得ることができた。

(3) 被験者からのコメント

被験者の自由記載により収集した感想の一部を以下に示す。また、VT（VR）は現地の様子を確認しやすかったか、という問いに対して、はい（31名）、いいえ（2名）の回答が得られた。なお、感想はVTおよびVRを見て感じたことと、VRの作りこみ、河川改修事業について感じたことの3種類に分類できた。

（VTおよびVRを使って感じたこと）

- 改修後VT+VR（本稿でいうVT（VR））について、描画品質の高さや整備イメージが想像しやすい。
- 住民説明会などの利用を想定して実装できれば河川事業のPRにも繋がる。
- 今までは写真と地図を見比べるのが大変だったが、VRはそれがなく便利。
- 水音や鳥の声などにより、リアル感が増えて良い。
- VRは、写真と地図を見比べるの必要がないため便利。

（VRの作りこみについて）

- VRは現地が良く見えてしまい、整備後の印象との違いに戸惑わないか心配。
- せつかくのVRなので水が流れて欲しかった。
- 整備後の河川内の自然度をより表現できると良い。
- VRでは、法面から水面までの高さの立体感がつかみにくく、流量などが実際と違う感覚があった。

（河川改修事業について感じたこと）

- こんな河川になったらと思うとわくわくした。

- 草丈が短くなり開放感や洗練さは増したが、構造物もはっきり見える様になり人工感が増した。
- 河川整備により訪れやすくなったと感じた。人々が楽しめる空間になった。

VT (VR) の活用について、概ね良好な意見が寄せられた。一方、VRの作りこみについては、次世代GEのUnreal Engine 5が先般登場し、より高画質化がなされることでより実物感が増すと考えられる。また、河川整備計画について感じた結果については、VT (VR) を確認することにより、通常の図面などから得られる情報よりも多くの情報を得ることができたと判断できる。情報量の多さは、より多くの判断材料を得ることができたとも言える。

このように、寄せられた様々な意見を今後のVRの構築に反映させていくことも、より精度の高い景観評価を行う上では必要だと考える。

(4) バーチャルツアーの適用について

本研究を進めるにあたり、近年活用が進んでいる3次元データを景観の予測・評価方法に活用するための手法について課題認識を筆者らは持っていた。測量段階と設計、施工段階では3次元データの活用が進んでいるが、計画段階では従前の模型やパース、イラストが活用されている。設計意図を伝えるためのデータの連続性にやや劣るため、パースやイラストをもとに設計を進めた場合に、デザイン意図が伝わらず出来上がった空間が異なっているということがあるからである。

そのため、3次元データの連続性を確保するため、3次元モデルでの計画作成を実施した。加えて、構図によらず景観評価できるように360度写真や360度画像を用いたVTを活用する手法を検討した。

VTを用いた新たな予測・評価方法を用いる際、従来の手法と比較して結果に違いがあるのか？違いはどんなところか？など、従来からの景観評価との差異を理解しておくことは評価結果の解釈を行う際に重要な要素と考え、従来手法との比較、VTを用いた現況、計画との比較を行った。

今後、河川整備にBIM/CIMやゲームエンジンなどの可視化手法が用いられることが一般的になると考えており、その際、本研究の知見は先行事例としてリファレンスされることで質の高い改修事業へとつながると考えている。

6. おわりに

VTを用いることにより、河川の視点場から見える全周囲の景色を再現することが可能となる。そのため、後背地との関係性がシームレス（思考を途切れさせず）に理解できるようになる利点がある。また、VT (VR) をWEBで公開することで、臨場感のある空間再現を、住民を含めた関係者も利用でき、理解の増進によるコ

ミュニケーションの円滑化につながると考えている。なお、VT (VR) を作成する段階では、BIM/CIM等の3Dモデルを活用しながら事業者、設計者での円滑な共通認識の共有が可能になる。

本稿では、現況写真とVTの比較により、同一の現場に対して、「風景・美しい」や「訪れてみたい・楽しい」などの周辺の状況が分かることに起因している内容で評価が向上していた。これは、河川事業で評価を行いにくかった後背地との関係性が評価できている可能性を示唆していると考えられる。従来の河川景観の研究では、空間の一部を切り取った写真を活用し、景観評価としての知見を蓄積している。一方、本稿では、従来の研究や取組みの延長として、SD法という評価手法は変えずに、評価に用いる材料を変更した場合に、従来の写真と360度写真による結果の違いがあるかの点にも着目した。よりよい空間を計画・検討する際に3次元技術の活用が進んできており、その3次元空間の評価手法の一つとしてVTが活用できると考えている。

令和3年度には、国交省により「流域治水関連法」が全面施行された経緯もある⁷⁾。この法律は、気候変動の影響による降雨量の増加などに対応するため、堤内地も含む流域全体を俯瞰する必要がある。これまでの河川事業は河川区域である堤外地と堤防までが主な対象地となっており、堤内地を含んだ景観検討はほとんど実施してこなかった。しかしながら、本ツールは対象範囲を制限せずにあらゆる場所で実施することができる。そのため、幅広い技術者に活用され、河川整備をはじめ道路や農業などの他分野での活用にも貢献し、更なる景観評価の質の向上が図られることが期待できる。

謝辞：本研究を行うにあたり、調査協力、アンケート調査実施に関して、愛知県建設局河川課および東三河建設事務所、土木研究所の関係諸氏には協力いただいた。ここに記して深甚なる謝意を申し上げる。

参考文献

- 1) 田宮敬士ほか：景観検討における予測ツールの適用性に関する一考察、寒地土木研究所月報, No.791, 2019.
- 2) 川合康央：歴史的な景観シミュレーションの開発と展開、エンタテインメントコンピューティングシンポ(EC 2019).
- 3) デジタルハリウッドHP：https://school.dhw.co.jp/course/cgvfx/contents/r_unity_beginner.html
- 4) 国交省九州技術事務所HP：<https://www.qsr.mlit.go.jp/kyugi/office/topics/gameengine.html>
- 5) 佐藤昌哉ほか：被験者数が景観評価結果に及ぼす結果、第54回土木計画学研究発表会(秋大会), 2016.
- 6) 小路剛志、藤田光一：景観評価指標を用いた都市河川の景観分析、土木計画学研究・講演集, 2005.
- 7) 国土交通省HP「流域治水関連法」：https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki_hoan/index.html

(2022. 3. 25受付)