

来訪者を対象とした平熊の石洗越の 活用法検討における3次元モデルの利用

本田 泰寛

第一工科大学工学部環境エネルギー工学科 (〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央1-10-2)

E-mail: y-honda@daiichi-koudai.ac.jp

Use of 3D model in utilization study of Hirakuma Aqueduct

Abstract : This study focuses on the use of 3D model to study the utilization of a civil engineering heritage, Hirakuma aqueduct for visitors of a local event of Kirishima city in Kagoshima. In this contest, this study used a 3D model of the Hirakuma aqueduct and its surrounding topography in Hirakuma and discussed with local residents to (1) examine how the model could be used and (2) study the viewpoints. In addition, a few considerations are made regarding the use of the model when considering the utilization of civil engineering heritage mainly for visitors.

Key Words : *Hirakuma, aqueduct, 3D model, utilization of civil engineering heritage*

1. はじめに

(1) 平熊の石洗越

鹿児島県霧島市隼人町にある平熊の石洗越（以下石洗越と表記）は、1777（安永6）年に完成した石造構造物で、東側にある春山台地から流下してくる竹山川の松永用水への流入を避けるために建設されたものである¹⁾。石洗越は石造アーチ橋（写真-1）と石積みの落差工（写真-2）によって構成されているが、豪雨時には竹山川を流下する土砂等の流入を防ぐ機能も有している。このように災害防御用に用いられる石橋としては珍しく、霧島市の指定文化財²⁾ や土木学会選奨土木遺産³⁾ としても評価されている。

(2) 背景と目的

石洗越のある地域では10年ほど前から活用を見越した周辺の環境整備に取り組んでおり、これまでに地域内散策コースの一部として位置づけられたり、土木工学を学ぶ大学生の現地学習のための教材としても利



写真-1 石造アーチ橋部分



写真-2 落差工部分

用されてきた。その後も地域活性化に向けて定期的な環境整備作業が実施されて今日に至っている。

今回、公益社団法人霧島市観光協会が主催する第27回龍馬ハネムーンウォーク in 霧島という、1000人近い参加者が見込まれるウォーキングイベントでの活用が提案された。同イベントの案内資料では石洗越がコース周辺にある文化財として紹介されており、一定数の訪問者があることが予想された。

主催者や地域住民は、石洗越をはじめとするコース沿いの見どころを単なる「立ち寄りスポット」とするだけでなく、来訪者が地域をより深く理解するきっかけとなるような活用を企図していたが、石洗越に関してはその具体的な方策は未定であった。

こうした経緯を受け、本研究では平熊の石洗越およびその周辺地形の3次元モデル(以下、モデルと略記)を利用して、地域住民とともに①活用方法の検討と、②視点場の検討をおこなった。本稿ではその経緯をまとめる。また、主として来訪者を対象とした土木遺産の活用を考える際のモデルの利用について2、3の考察を加える。

2. モデル作成について

(1) モデル作成の手順と仕様ソフト

モデルの作成に先立ち、現況空間を把握することを目的とした点群データを作成した。今回は間ドローン

を用いて上空から撮影した写真データを用いた。その後、点群データおよび実測によって得られたデータをもとに、Autodesk社のCivil3D及びTrimble社のSketchupを用いてモデルを作成した。また、構造物周辺の地形は、国土地理院が基盤地図情報サービスにて提供している5mメッシュ標高データを用い、Autodesk社のInfraworksを用いて作成した。

(2) 詳細度 (LOD)

モデル作成に際しては、文献4)に示される詳細度を参考にした⁴⁾。詳細度とは、実物を基準としたモデルの作り込みの度合いを示すもので、Level Of Detail (形状の詳細度)のほか、Level Of Information (情報の詳細度)、Level Of Development (展開度)等の考え方がある。

表-1は、文献4)を参考に橋梁に関する詳細度をまとめたものである。今回の取り組みでは、外形形状を正確に表現した詳細度300のモデルと、構造型式が分かる程度とされる詳細度200のモデルを作成した。

3. 点群データによる現況空間の構築と分析

本研究ではまず、ドローンを用いて点群データを作成し(次頁図-1)、地域住民と土木遺産の活用法に関する検討をおこなった。土木遺産の活用につながるには、その存在が認識されること、土木遺産について具体的に理解してもらうこと、さらには再訪してもらったり、

表-1 橋梁の詳細度(文献4)より作成)

詳細度	共通定義	構造物(橋梁)のモデル化
100	対象を記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル	【橋梁の配置がわかる程度】 ・矩形形状もしくは線状
200	対象の構造形式が分かる程度のモデル	【橋梁の構造形式がわかる程度】 ・一般的なスパン比等で主桁形状を定める ・モデル化対象は主構造程度
300	附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形形状を正確に表現したモデル	【主構造をモデル化】 ・主構造とは、鋼橋なら床版、主桁、横桁、横構、対傾構
400	詳細度300に加えて、附帯工、接続構造などの細部構造および配筋も含めて、正確にモデル化する	【接続部構造や配筋までモデル化】 ・リブや吊り金具、添接板の形状と配置
500	対象の現実の形状を正確に表現したモデル	—



図-1 平熊の石洗越の点群データ

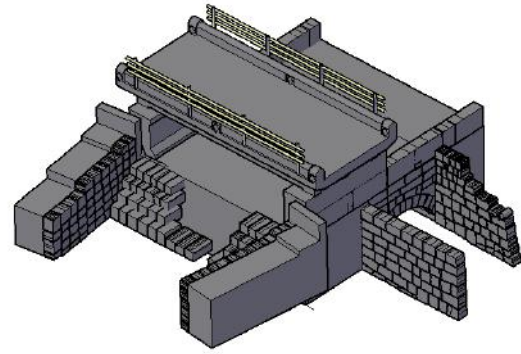


図-2 詳細度 300 モデル

知人友人に存在や魅力を伝えてもらうことと、そのためには単に古くて珍しい建造物が残っているというだけでなく、その機能や役割を知ってもらうことが重要ではないかとの考えが共有された。

こうした考えに立ち点群データを用いた現況空間の探索を実施した結果、平熊の石洗越は用水路の上に河川が流れ、さらにその上には道路が通っているという複雑な空間構成であるため、土木建造物としての機能を理解してもらうことは容易ではないとの見解を得た。そこで、複雑な空間構成となっている現場の理解、石洗越という土木建造物の機能の理解といった来訪者に向けた説明と、その実施に向けた周辺環境整備を実施するという方針が導き出された。

4. 建造物モデルを用いた機能の説明

平熊の石洗越は、石造アーチ橋と石造落差工というふたつの建造物から構成されており、石造アーチ橋の橋面を流れた竹山川は、落差工を経て霧島川へと流れ込んでいる。橋面上部には RC 桁橋の道路橋が架かっているために橋面全体を俯瞰することはできず、空間構成の把握および土木建造物としての機能を理解することは容易ではない。そこでまず、実測に基づいて詳細度 300 相当の建造物モデルを作成した (図-2)。このモデルは、石積みで築造された建造物であること、石造アーチ橋と落差工からなっていることを理解しやすいが、周辺の地形などを含めた情報があれば空間構成の理解・説明が可能になるのではとの意見が出た。

そこで詳細度 200 相当のモデルに用水路及び河川を付加し、水路が交差している状態が把握できるようなモデル (図-3) を作成し、これを説明時に用いることとした。

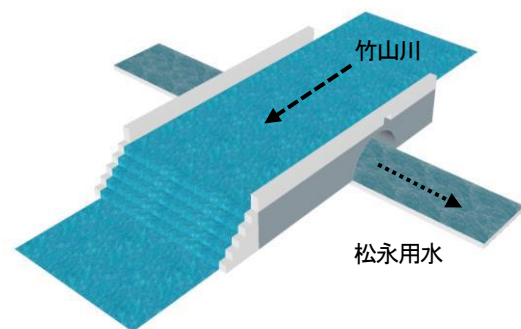


図-3 詳細度 200 モデル

5. 統合モデルを用いた視点場の検討

次に石洗越周辺の地形モデルを作成した。この地形モデルに点群データを配置し、統合モデルを作成した。

(1) 空間構成を説明する視点場

先に述べた通り、石洗越周辺は複雑な空間構成となっているため、予備的な知識がない来訪者に対してわかりやすい説明をするためには、あらかじめ適切な視点場を設定しておく必要があった。

統合モデルは、建造物の周辺を任意の視点から自由に観察することができる。この特性を利用して石洗越周辺を仮想的に探索した結果、図-4 に示す視点場が見



図-4 空間構成を理解するための視点場(点群データ)



写真-3 空間構成を理解するための視点場(現場)

出された。この視点場からは、石洗越の石造アーチ橋部分を中心に、橋面の石畳を流れる竹山川とアーチ下を流れる松永用水路の全体が視野に入ることが確認できる。実際の現場の様子を写真-3 に示す。

(2) 周辺地形と構造物の関係の説明する視点場

前述したように、石洗越上を流れる竹山川は、東側に位置する春山台地から流れてくる。構造物と周辺地形との関係を把握することは、土木構造物を建設する場所の選定の経緯等を説明するためにも重要であると考える。

春山台地を背景として落差工への眺望が得られる視点場が抽出された(図-5)。また、ここを視点場とした時に、落差工下流側に繁茂する草木が視野を遮ることもモデル検討の段階で把握できたため、伐採作業が実施された(写真-4)。前項であげた視点場からこの視点場に移動することで、石洗越がこの地域でどのような機能を担っているかを視覚的に理解することができる。

6. イベントでの活用

(1) モデルの提示方法

実際に来訪者に説明した際には、この LOD200 のモデルと現場を交互に確認してもらい形で解説を実施することにした。ただし、多くの来訪者が見込まれる現地において、モデルを PC 上で表示しながら解説する



図-5 春山台地を背景とする落差工への眺望



写真-4 左岸側の竹藪伐採後



写真-5 大型看板

ことは困難であることが予想されたため、写真-5 に示すような石洗越を紹介する大型の看板を作成し、その中に LOD200 のモデルの画像データを掲載した。また、看板と同じ内容の A4 サイズのチラシを作成し(次頁図-6)、来訪者全員に配布することにした。

(2) モデルを用いた説明

その結果、参加者からは「どうなっているのか、仕組みがやっとわかった」「江戸時代にこんなことをしていたことに驚いた」というような感想が得られた。このことから土木遺産の 3 次元モデルは、はじめて現場を



図-6 現地説明用に作成したチラシ



写真-6 検討した視点場での解説

訪れた人が石洗越の仕組みや役割の理解を助けるためのツールとして利用可能であることがわかった。その他、「身近にこんな面白いものがあるとは知らなかった」、「知人を連れてまた来たい」といった感想も得られた。これは、石洗越の仕組みを理解するという、いわば「謎解き」とも言える体験を通すことで、土木遺産に対するより深い興味を喚起しうることを示唆している。

その際に用いたモデルは、石造アーチ橋と落差工を模式的に表し、その橋面を流れる竹山川とアーチ下部を流れる松永用水を模式的に表現するにとどめたものであった。石洗越周辺の空間構成を理解してもらうという目的に対しては、現況を忠実に再現するようなモデルではなくとも、説明に必要な情報のみに絞った詳

細度 200 程度のモデルでも十分に活用可能であることがわかった。

その他、来訪者には上記の説明用チラシに加え、図-7のような名刺サイズの通行記念カードも配布した。今回は 500 枚のカードを準備したが、多くの方に訪れていただいたためすべて配布することができた。



写真-7 通行記念カード(表面と裏面)

7. 詳細度と用途の関係

以上の取り組みを通じて、詳細度 200 と詳細度 300 のモデルについて確認できた項目を整理したものを表-2 に示す。

詳細度 200 のモデル (図-3 参照) は、構造物のおおよその外観や周辺環境との関係、構造物の機能を確認することが可能である。さらに周辺の地形モデルを併用することで、構造物が位置する地形条件や地域における役割を理解することが可能であり、石橋が計画された当時の背景を理解することも可能である。このように全体を俯瞰的に見るができるという点では、観察者と対象となる構造物との距離は比較的遠い。この場合の観察者は、対象について詳しい知識を持たない来訪者が想定される。

表-2 詳細度 (200・300) と確認できる項目

詳細度	確認できる項目	視距離	
200	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造物の概形 ・ 周辺環境との関係 ・ 構造物の機能・役割 など 	全体 (計画)	遠
300	<ul style="list-style-type: none"> ・ 石の形、積み方 ・ 詳細な構造 ・ 細部の寸法 など 	詳細 (施工)	近

一方、詳細度 300 のモデル (図-2 参照) は、例えば石の形や積み方、アーチや落差工の詳細な構造、細部の寸法などを確認することが可能である。これは構造物の詳細な記録でもあり、例えば写真や点群データなどと併用することで、復旧などの際には有用な情報を持っていると考えられる。また詳細を確認できるという点では、詳細度 200 と比較すると観察者と対象との視距離は近い。この場合観察者に該当するのは、対象についてある程度以上の知識を持つている専門家などが想定される。

8. まとめ

ここでは、地域イベントにおける平熊の石洗越の活用方針の検討と、具体的な活用案の確立から周辺環境整備へと至る経緯を述べた。全体を通じて土木遺産とその周辺空間の 3 次元モデルを利用したが、その内容は以下のようにまとめられる。

(1) 現況空間の探索

点群データを用いることで、現況空間を任意の視点から探索できるため、空間構造を具体的に理解し、共有することが可能であることが確認できた。特に、俯瞰的な視点が得られることで、土木遺産によって構成される空間の特性を比較的容易に把握・共有することができた。

(2) 活用方針の検討

点群データを用いた現況空間内の探索を通じて、複雑な空間構成そのものに土木構造物としての特徴があり、それを来訪者にわかりやすく伝えることで地域に対する理解と関心を深めるきっかけになるという具体的な目的の確立に至った。このように点群データと地形モデルを組み合わせた統合モデルは、土木遺産の特性を説明するための視点場の検討や、環境整備が必要な場所の抽出にも活用することが可能であると考えられる。

(3) 詳細度と用途

今回の取り組みでは当初、詳細度 300 でモデルを作成したが、モデルを利用する目的が明確になったことで、説明すべき内容に応じた詳細度の構造物モデルを作成するに至った。詳細度を下げることでモデルに付与される情報が絞られるため、対象に精通していない来訪者などにとっては対象地を俯瞰的に観察することが可能となり、結果的に必要な情報の理解を助けたものと推察される。土木遺産と対象とした場合に必要となる情報とモデルの詳細度との関係については、今後事例研究を通じて分析を進める予定である。

参考文献

- 1) 本田ほか: 平熊の石洗越が有する治水・利水機能に関する研究、第一工業大学研究報告 (27) 2015 年
- 2) 平熊の石橋及び石洗越 附(ついたり)石洗越の碑・水神碑 (霧島市 HP : 指定文化財【隼人】)
- 3) 平熊の石洗越 (土木学会選奨土木遺産 HP)
- 4) 社会基盤情報標準化委員会特別委員会: 『土木分野におけるモデル詳細度 (案)』、H29

謝辞

公益社団法人霧島市観光協会および霧島市松永地区自治公民館の皆様にご多大なるご支援とご協力をいただきました。また、本取り組みの一部は、令和 4 年度鹿児島県建設技術センター地域づくり助成事業の成果を活用しております。ここに記して謝意を表します。