

土木遺産・島津樋門跡を題材とした土木系学生 の3次元モデリング演習に関する一考察

本田 泰寛¹ 寺村 淳²

¹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)

²大正大学 (〒170-8470 東京都豊島区西巣鴨3-20-1)

A Case Study on 3D modeling practice of Civil Engineering Heritage (Shimadzu Sluiceway)

Yasuhiro HONDA¹, Jun TERAMURA²

¹Department of civil engineering, Diichi institute of Technology

(1-10-2Kokubuchuo, Kirishima City, Kagoshima, 899-4395) E-mail: y-honda@daiichi-koudai.ac.jp

²Taisho University (3-20-1 Nishi-Sugamo, Toshima-ku, Tokyo 170-8470)

Abstract : As part of the graduation research of fourth-year students belonging to the Department of Civil Engineering, we conducted an exercise on the theme of restoring civil engineering heritage using 3D models. Through this exercise, students not only acquired modeling skills, but also gained a complex learning effect, such as understanding the basic structure and functions of civil engineering structures and communicating with local residents through the interview surveys. This paper summarizes and discusses the results.

Key Words : Shimazu sluice gate, 3D modeling, civil engineering heritage

1. はじめに

著者らは現在、土木遺産の保存・活用における3次元モデルの利用に関する研究をおこなっている¹⁾。令和4年度には、本学科に所属する4年生の卒業研究の一環として、3次元モデルによる土木遺産の復元をテーマとした演習を実施した。

今回演習の対象としたのは鹿児島県出水市において築かれた島津樋門跡(写真-1)である。江戸末期に薩摩藩の藩命により築造されたこの樋門にはこれまでに大きな改変が加えられているため建設当時の姿をとどめているとは言い難い。さらに、当時の状況を知るための手掛かりが少ないため、様々な形で情報収集が必要になることが予想された。

そこで郷土史家や地域住民への聞き取り調査を計画し、その際に3次元モデルを作成・利用を試みた。演習を通じて、学生は単にモデリングの技術を習得

するだけでなく、資料調査、土木構造物の基本的な構造や機能の理解、聞き取り調査を通じた地域住民とのコミュニケーションなど、複合的な学習効果を得ることができた。本稿ではその概要をまとめ、2、3の考察を加える。



写真-1 島津樋門跡

2. 対象とした土木遺産について

2.1 島津樋門の概要

本研究では、鹿児島県出水市に位置する島津樋門跡を対象とした。島津樋門跡は、17世紀後半から19世紀中頃の幕末期にかけて薩摩藩が行った出水の干拓事業のひとつである荒崎干拓の整備にあたり、現在の江内川河口に築かれた潮止のための石造樋門の遺構である。工事は薩摩藩主島津斉彬が指示を出したが²⁾、着工したのは次の藩主島津忠義の時³⁾で1857(安政4)年～1866(慶応2)年にかけて行われ、約198ヘクタールの干拓地が開かれた。

この時に建設された島津樋門の遺構が見いだされたのは比較的最近のことで³⁾、今後の活用を目指して雑木等の伐採作業が実施されたが、現地で構造物を見ると石積みを積み直したような跡が見られ、建設当時と比較すると大幅な改編が加えられていると考えられる。しかしながら島津樋門の建設やその後の変更の経緯がわかる図面や写真等の資料はほとんど残っていないため、完成当時から現在に至るまでに構造物に加えられた改変の経緯は明らかではない。

2.2 保存状態の確認

現存する樋門跡の石垣は2基で、右岸側は切石を8～10段に積み上げた布積みのものと一部野石乱積みものが見られる。右岸側には布積みの石垣や急傾斜の階段が残るなど、樋門として機能していた当時の姿が残っている。左岸側は布積みと谷積みもの及び野石乱積みものが見られる。両石垣の布積みの部分は当初のもので、谷積み、乱積みの部分はその後の改修時等に積み直したものとみられる(写真-2)。現在、樋門跡の石垣は1978(昭和53)年に架けられた市道橋の橋脚として利用されている。ま



a) 右岸側の石垣



b) 左岸側の石垣
写真-2 樋門周辺の石垣

た、1991(平成3)年には石垣の天端に擬木の転落防止柵とベンチが設置されている。

3. 演習の概要

3.1 作業手順

今回の演習では、島津樋門の改編の履歴を明らかにすることを目的として設定し、①資料調査(3章)、②点群データによる現況空間の構築(4章)、③CADソフトによる現況モデルの作成(5章)、④モデルを用いた聞き取り調査(6章)の手順で実施した。期間はおよそ2022年8月から12までの4か月とした。本稿で報告する演習に取り組んだのは、第一工科大学工学部環境エネルギー工学科4年の男子学生である。CADソフト等を本格的に操作した経験はほとんどなく、4年生に進級後3か月ほどSketchupの基本操作から学び始めた。

3.2 モデル作成の手順と使用ソフト

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。今回は問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。

3.3 モデルの詳細度(LOD)設定

モデル作成に際しては国土交通省が示す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。次頁に示す表-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、全体的には構造形式がわかるとされる詳細度200で作成し、必要に応じて外形形状を正確に表現した詳細度300のモデルを組み合わせることとした。

4. 資料調査

演習ではまず、図書館にある郷土史関連の出版物やインターネットなど比較的アクセスが容易な方法で関連する情報収集をおこなうよう助言した。これらの資料では荒崎干拓事業や出水平野の干拓の歴史について概要を知ることはできるものの、島津樋門そのものに関する記述等は見られない。また、出水

表-1 詳細度 (LOD) とモデルの作り込み度合の対応

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	—

市文化財課の協力のもと荒崎干拓事業に関する資料を参照いただいたが、島津樋門の創建時の状況がわかるような記述や絵図などは見出されなかった⁵⁾。

次に、国土地理院が発行する航空写真の調査を助言したところ、1948 (昭和 23) 年から 2013 (平成 25) 年の間に撮影された航空写真⁶⁾から、1975 (昭和 50) 年と 1999 (平成 11) 年の間で樋門の中央部分の形状の変化を確認するに至った (写真-3)。この要因を探るべく地域の広報誌を閲覧したところ、1989 (平成元) 年 7 月 11 日に薩摩半島を横断した台風 11 号による被害を受け、「平坊地区の旧島津樋門の撤去に伴う護岸工事と橋梁の整備を実施していただくことになりました⁷⁾」との記述にあたった。ここで言われる「樋門の撤去」が何を指すかは今のところわからないが、中央径間に相当する橋梁の銘板は平成 3 年であることから、河積を確保するために中州部分が掘削された可能性があることが分かった。



写真-3 1975年(左)と1999年(右)の樋門周辺

5. 現況モデルの作成

資料調査に続き、地域住民の協力を仰いで聞き取り調査をおこなうことで情報の補完を試みた。聞き取り調査では、学生と地域住民との間のコミュニケーションを補助するために3次元 CAD ソフトで作成した3次元モデルを用いた。

モデル作成に先立ち、ドローンによる点群データを作成した。図-1に現況の点群データを示す。図からは、2つの石垣がそれぞれ昭和期に建設された RC

橋の橋脚として利用されていることや、石垣の下流側に土砂がたい積している状況を確認することができる。図-2は橋梁や草木の一部を除去したものであるが、橋脚 (石垣) の全体的な形状が把握できる。また、石垣や護床工が残る右岸側では、樋門を橋脚・橋台として架けられた RC 橋を除去することによって、樋門の全体的な形状や石積みの様子など、現況では確認できない状況を再現することもできる (図-3)。



図-1 島津樋門周辺の点群データ



図-2 橋梁部分除去後



図-3 樋管周辺の状況 (橋梁部除去後)

6. 3次元モデルの聞き取り調査への活用

今回取得した点群データをもとに橋梁、橋脚として利用されている石垣、現存する護床工を詳細度200で作成した(図-4)。

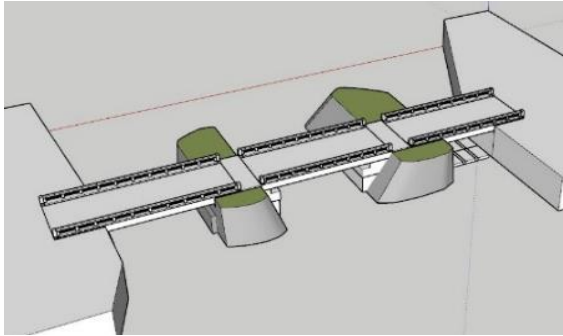


図-4 現況モデル

聞き取り①

この現況モデルを右岸側の下流数十メートルに住む住民(80代男性)に見ていただいたところ、約70年前は現在の中央径間に相当する部分は広場状になっていたとの情報が得られた。さらに、この広場は地区の集会や芝居の上演などに利用されていたこと、中州に渡る橋は今よりもっと小さかったとの証言も得ることができた。樋管の扉の有無についてははっきり覚えていないとのことであった。

聞き取り②(1980年頃の状態)

次に図-5に示すモデルを左岸側の橋詰付近の住民(60代男性)に見ていただいたところ、確かに40年ほど前の1980(昭和55)年頃には、今よりも広いスペースがあったこと、そこには小屋が建てられていて、地域の人が農機具などを収納していたとの情報が得られた。また、自宅から中州に向かう橋は幅員が狭かったが、高欄がなかったために広場への出入りが容易だった記憶があるとの証言が得られた。ただし、1978(昭和53)年には現在のRC橋が完成しているため、それ以前の記憶である可能性も考えられる。また、樋管の扉があったかどうかはまだ

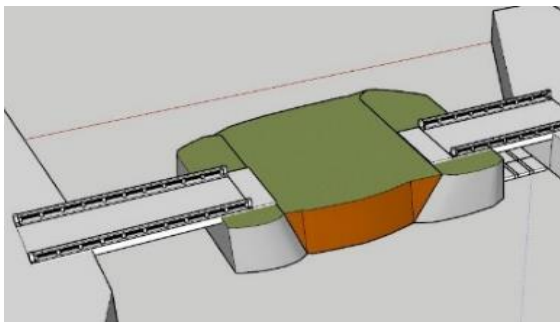


図-5 現況に広場状の中州を反映したモデル

覚えていないとのことであったが、1990(平成2)年頃に台風による被災によって島津樋門が撤去されたという情報を考慮すると、1970年頃は橋梁ではなく、樋門上部の樋体上を通路として利用していたとも推定できる。

現存しない樋管部分については、残存当時の状態を知る手掛かりとなる情報は得られなかった。しかし、建設時代に記された日記から、島津樋門の施工には八代の大鞘衆が招聘されていることが分かった⁸⁾⁹⁾。そこで、樋管部分の作製にあたっては現存する大鞘樋門群の構造を参考に構造を推定した(図-6)。以上の情報を踏まえて作成したモデルを図-7に示す。



写真-4 江中樋(大鞘樋門群のひとつ)

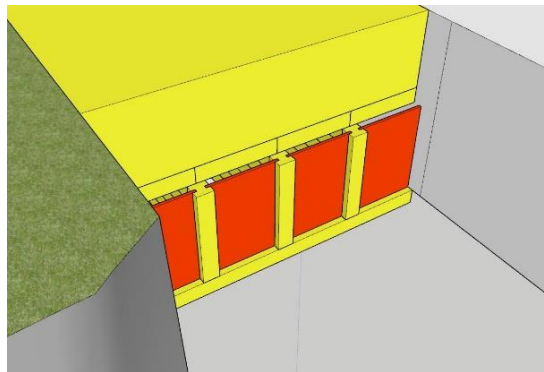


図-6 江中樋を参考に作成した扉部分(扉を閉めた状態を再現)

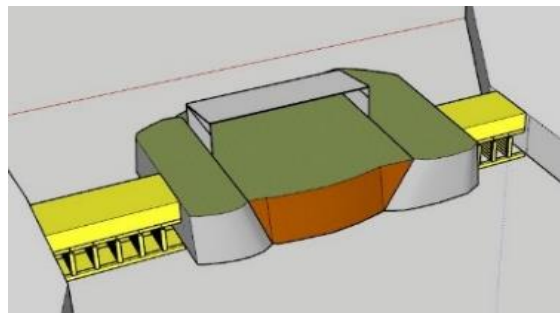


図-7 中州の小屋と樋門を反映したモデル

聞き取り③(1960年頃の状態)

次に、18歳になる1960年頃まで島津樋門のある江内地区に住んでいた70代女性に、これまでに作成した3つのモデルを見ていただいた。特に右岸側の樋門部分については記憶が鮮明で、樋門には扉がついていたことや、樋門上の橋は狭くて手すりもなかったため、渡るときは注意を要した記憶があるとのコメントが得られた。一方で、中州の広場に小屋があったような記憶はなかったとのことで、先の男性が話した小屋の建設は1960年代以降であったと考えることができる。また、「手すりのない橋」が単純な板橋であったのか、樋体上を通路として利用していたのかは判断が難しいが、ここまで得られた情報に基づけば、何らかの形で樋門が残っていたと考えることができるため、1960年ごろの状態として図-8に示すモデルを作成した。

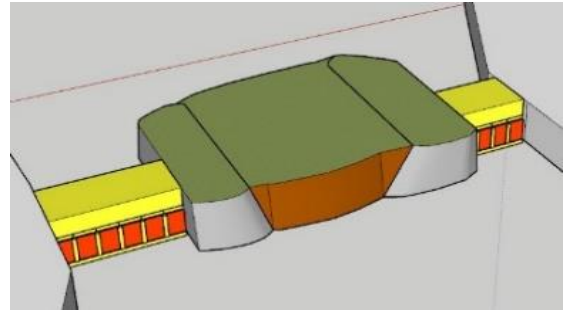


図-8 樋管の扉を再現したモデル

8. 島津樋門の改編の履歴

最後に、資料調査および聞き取り調査から得られた情報をもとに、島津樋門跡の建設当時から現況に至るまでの改変の経緯を表-2にまとめた。完成当時の状況は図-8に近かったのではないかと考えられるが、島津樋門跡には今回十分検証できなかった部分

表-2 島津樋門の改変の経緯

西暦	和暦	地域住民の記憶	橋梁部分			主な機能	平面
			右岸	中央	左岸		
1866	慶応2	?	□	×	□	樋門	
1948	S23	中州だった 樋門に板があった	□	×	□		
1950頃	S25		□	×	□		
1963頃	S38		□	×	□		
1965	S40		□	×	□	広場	
1968	S43	□	×	□			
1975	S50	□	×	□			
1970頃	-	小屋があった 高欄のない橋	□	×	□	通路 (2橋梁)	
1978	S53	(RC橋建設)	○	×	○		
1989	H元	(台風被災)	○	×	○	通路 (3橋梁)	
1991	H3	(「樋門撤去」)	○	○	○		
1999	H11		○	○	○		
2005	H17		○	○	○		
2009	H21		○	○	○		
2013	H25		○	○	○		

□：樋門 ○RC橋 ×：橋梁無し（中州）

もあり、今後詳細な検討が必要である。

表の右段には、それぞれの時代に対応した島津樋門の平面図を掲載した。3人の住民の記憶にもとづいて作成した3次元モデル群は、改変が加えられる度に、その役割が干拓のための樋門、地域のための広場、通路としての橋梁へと変化してきたことを確認することができる。

9. おわりに

本研究では、鹿児島県出水市に残る土木遺産、島津樋門跡を対象に、3次元モデルを用いた改編の履歴の推定を学生の演習として実施した。その成果を以下にまとめる。

①機器操作及び点群データ作成

今回の演習では、点群データを作成するためにドローン操縦、データ取得及びPC上での点群データ作成及び処理までの一連の作業を学生自身の手でおこなった。ドローンによるデータ取得にはある程度の習熟度が必要であるため、教員の補助を要する面も多かったものの、対象とする建造物の現況を把握する手段としてドローンを使用するという、実務でのプロセスを簡易的にではあるものの、実際に体験することができた。

②3次元モデル作成段階での学習

対象となった島津樋門跡の3次元モデル作成を通じて、ソフトウェアの操作方法を習得することができた。さらに復元に当たっては、樋門の一般的な構造および機能、干拓工事における樋門の役割、などを理解する必要があったため、干拓樋門という土木建造物について能動的に学ぶ機会にもなった。また、改変前の具体的な構造を推定するために歴史的な面からの調査を実施し、技術者を八代から招聘していたことを知る機会ともなった。すなわち、土木遺産の3次元モデル作成を通じて、歴史的な視点から技術の由来について考える機会にもなったと考える。

③聞き取り調査内容の反映

今回おこなった地域住民に対する聞き取り調査では、学生自身が作成した3次元モデルを用いた。前章で述べたような樋管の扉の有無や橋の幅員など、細かいイメージを学生と地域住民との間で口頭で正確に伝え、共有することは必ずしも容易ではないが、3次元モデルを用いることでかなり正確にイメージの共有をすることが可能になった。さらには、聞き取り調査で新たに得られた情報をモデルに反映し、次の調査に活用するという経験を通して、3次元モ

デルが立場や世代の違う関係者間での意思疎通に有用であることを実感する機会となったと考える。

④地域住民とのコミュニケーションの機会

聞き取り調査は学生が能動的に地域住民とコミュニケーションをとる機会ともなった。しかも、島津樋門跡の改編の履歴だけでなく、島津樋門にまつわる当時の日常生活についても話を聞くことができたことで、土木建造物が地域住民の暮らしと密接に関係していることを実感する機会となった。

④モデルの詳細度

今回の演習では、モデルの詳細度を200に設定した。これは学生のソフトウェアの習熟度が低いため、詳細度の高いモデルの作成は困難であることが想定されたための判断であった。しかしながら、例えば「中州の有無の確認」や「橋の外観の確認」のように、モデルの使用目的が明確になっていれば、モデルの詳細度が粗くとも十分に調査に利用可能であることがわかった。今回作成した3次元モデルは、仮に3次元モデルの作成が目的であれば十分な完成度であるとは言い難い。しかし、土木遺産の改変の履歴を調査するための手段として3次元モデル作成を位置づけたことで、資料調査や地域住民とのコミュニケーションなど、複合的な学習効果を有する演習になりうると考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、出水市役所商工観光部の皆様及び出水郷土研究会の窪田様には多大なるご協力をいただきました。地域住民の皆様には聞き取りにご協力いただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 本田ほか：「花峯橋を対象とした土木遺産の保存における3次元モデルの利用可能性」, 土木史研究講演集 Vol.42, pp.199-202, 2023 など
- 2) 「福永直之丞之覚書」『島津家文書』, 出水歴史民俗資料館蔵
- 3) 「草ぼうぼうのやぶを払ったら、江戸時代の石垣が現れた」, 南日本新聞 web 版, 2022年1月15日
- 4) 国土交通省：『CIM 導入ガイドライン (案) 第5編 橋梁編』, p.15
- 5) 「庄潟新地の工事日記 (古賀家文書)」, 出水歴史民俗資料館蔵
- 6) 国土地理院 地図・空中写真閲覧サービス
- 7) 『広報誌たかおの』, 平成2年5月発行
- 8) 前掲5)
- 9) 八代市教育委員会：『八代干拓遺跡群調査報告書』, p.23, 2018