

# 高松塚古墳 VR 体験コンテンツの開発

奥村 茜 寺田 楽 林 武文

## 1. はじめに

かつて美術館は、デジタルデータ化された資料を保管・分析することを重視しており、展示物として、その価値を後世に伝えていくことが主な役割であった。しかし近年では資料をコンテンツ化することで利用者に体験、学習、交流を提供する場所、すなわち利用者を重視した公共空間へと変化することが求められるようになってきた。特に VR に関して、コンテンツ開発のためのプラットフォームが整えられてきたことにより、VR を利用して文化財の体験、学習あるいは観光や地域振興に向けたコンテンツを美術館の展示に向けて開発している研究が多く見られるようになった<sup>[1][2]</sup>。

VR を用いた文化財体験コンテンツの先行研究として、唐招提寺の VR 展示<sup>[3]</sup>、蒔絵万年筆の VR 鑑賞システム<sup>[4]</sup>があげられる。唐招提寺の VR 展示の例では、唐招提寺を 3DCG で再現し、コントローラを自分で操作しながら唐招提寺の境内を見学するウォークスルーコンテンツである。仏像を拝むだけでなく、屋根の上まで上がることが可能であり、寺院建築の構造を細部まで観察することができるようになっている。

蒔絵万年筆の例では、万年筆の表面のデザインに既存のアーカイブを使用することで、効率的に万年筆の再現を行っている。HMD（ヘッドマウントディスプレイ）を装着することで立体的に見ることができ、またズーム機能を付けることで万年筆の劣化を気にすることなく、小さい展示資料である万年筆を、肉眼では見えにくいような細かい模様まで見る事が可能となっている。万年筆の形に類似した Wii リモコンをデバイスとして使用しているため、直感的に操作・鑑賞することができる。

このように VR は、普段一般的に見学が許可されていない貴重な文化財や、劣化が進む恐れがあり、博物館などでの展示に適していない作品を実際に体験・見学することが可能となる。しかし VR コンテンツを美術館で運用するには、展示用のスペースを確保しなければならないほか、設置・運用のためにコストがかかる。また VR 体験時には機材の使用手法や展示物の説明をするナビゲーターとしてスタッフが必要となり、人件費もかかる。これらの理由から、実際に VR 展示を採用している美術館は少ない。したがって、今後美術館での VR 展示が普及していくためには、展示するにあたって、設置・運用コスト以上のメリットがあること、また人件費を削減するために無人の状態でも VR 展示を利用できるシステムを作ること、以上 2 点が必要条件となる。

関西大学アジア・オープン・リサーチセンター（KU-ORCAS）<sup>[5]</sup>では、古代から近代における日本とアジアの歴史研究の成果のデータベースの構築とオープン化を進めている。本研究では、その研究の一環として進めている、高松塚古墳をコンテンツの対象に取り上げ、展示を通して VR の有効な活用方法を探った。

奈良県高市郡明日香村にある高松塚古墳は、7世紀に建造された古墳で、直径23m（下段）及び18m（上段）、高さ5mの二段式の円墳である<sup>[6]</sup>。石室内部には東に青龍、西に白虎、南に朱雀、北に玄武、そして東西それぞれに男子群像や女子群像が描かれている。また石室内の天井には中国流の二十八宿全てが順序正しく描かれていたと推定される。埋葬されていた人物については諸説ある。1972年に高松塚古墳の発掘調査が、故網干善教名誉教授（当時助教授）の指揮のもと関西大学考古学研究室の学生が参加して行われた<sup>[7]</sup>。発見直後、考古学史上最大の発見として高松塚古墳は注目を集め、1973年に特別史跡に指定され、翌年には壁画が国宝に指定された。古墳建造当時は極彩色でそれぞれの壁画が描かれていたと考えられるが、発掘時には雨水の浸入やカビの発生などにより壁画の退色・変色が顕著に表れていた。また朱雀が描かれていた場所は鎌倉時代頃に盗掘に遭い、その後の流入した土砂により壁の漆喰ごと剥がされたことでその姿が見えなくなっている。

コンテンツの媒体としてVRを用いることで、新たな体験を通じた理解・興味関心を生むことができる可能性がある。そこで、発掘当時の資料と考古学研究成果に基づき、高松塚古墳の石室を再現し、自由に探索できるVRコンテンツを開発した。

コンテンツは、学内のオープンキャンパスおよび大阪市内の商業施設での常設展示に用いることとし、展示形態に合わせて2種類のシステムを開発した。すなわち、一方は、体験者が古墳を見学している間、横で解説者がコントローラで操作を行いながら解説をするタイプ、もう一方は、体験者がHMDを装着すると、字幕と音声自動的に流れるため、無人の状態でも見学できるタイプである。コンテンツ体験後に行ったアンケート調査の結果を元にコンテンツの有効性を検証したのち、2種類の展示形態に対し、効果的な展示方法について考察した。

また2020年度は、新型コロナウイルス感染症の影響により、オープンキャンパスでのコンテンツ展示が困難となったため、Webやスマートフォン上で高松塚古墳のVR体験ができるコンテンツを開発した。このコンテンツは、プリレンダリングした全天球パノラマ画像とスマートフォンの姿勢センサを用いて古墳内部を360度見渡すことができるものであり、2021年3月よりKU-ORCASのWebサイトで配信を開始した<sup>[8]</sup>。

## 2. コンテンツの制作

### 2.1 コンテンツの概要

本研究では、HMDを用いて、高松塚古墳の内部を観察するVRコンテンツを制作した。発掘当時の高松塚古墳の石室内部と壁画を3DCGで再現すると同時に、考古学的な検証に基づいて再現された、建造当初の壁画も表示可能とした。ヘッドトラッキングとインタラクションにより、石室内部にいるかのような体験ができる機能や、実際に石棺の中に横たわる遺体の視点で古墳内部を観覧する機能、建造当時と発掘当時を切り替えて鑑賞できる機能を付与した。

VRコンテンツにする目的は高松塚古墳についての興味と感心を喚起するためである。また建造当初の壁画を表示可能としたのは、関西大学が有する資料を活用し、古墳のさらなる理解を深めるためである。

### 2.2 石室の3Dモデリング

#### 2.2.1 開発環境

石室形状のモデリングには、Autodesk社の3dsMax2017を、レンダリングとインタラクションの

付与にはUnity2018.1.5f1を使用した。壁画の作成にはテクスチャマッピングとディスプレイメントマッピングを使用した。ただし、高松塚古墳が盗掘時に掘られた穴（盗掘口）の箇所については新たにモデルを作成した。

石室の寸法や材質に関するデータと壁画の画像は、関西大学博物館より提供を受けた（図1）<sup>[9]</sup>。床の面は画像が無いため、天井の一部の画像を基に、マッピング画像をAdobe Photoshopで制作した（図2）。

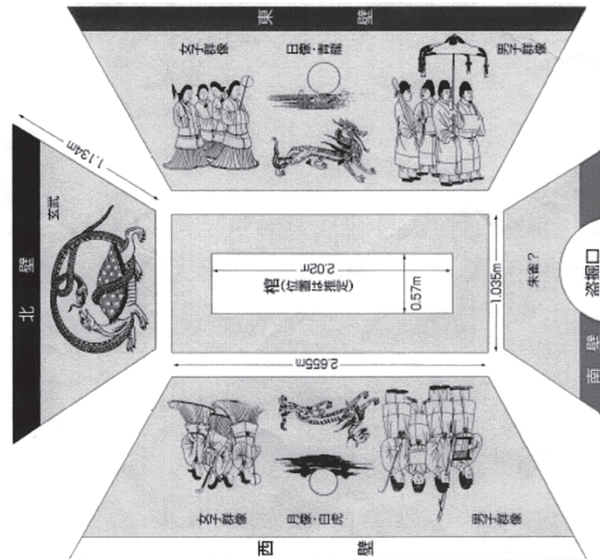


図1 壁画の展開図と寸法（関西大学博物館<sup>[9]</sup>より提供）



図2 石室と盗掘口のモデリング

### 2.2.2 壁画の画像データ

今回使用した壁画のテクスチャは、発掘時に撮影された写真を使用している（図3）。石室の壁画は、カビの浸食が進んだため、2007年に石室を解体して取り出し、修復作業が進められた。2020年3月に作業が終了し、古墳外の展示施設にて公開が開始されたが、石室内の壁画としてそのものを観察することはできなくなっている。

建造当初の色彩を再現した画像として、関西大学の研究者らによって時代考証に基づいて色彩を

復元した画像<sup>[10]</sup>を使用し（図4）、コントローラのボタンを押すことにより、発掘当時と建造当時で古墳内部の状態を切り替えて比較することができるようになっている。



図3 発掘当時の玄武



図4 建造当時の玄武（復元画像）<sup>[10]</sup>

### 2.3 質感設定

本コンテンツでは、VRを用いたインタラクティブな表示を行うため、質感設定は、ゲームエンジンUnity上で行った。古墳の発掘当時の写真から、石室内部のリアリティを再現するために、ディスプレイメントマッピングを併用した。発掘当時の画像を基にしたグレースケースのマッピング画像を作成し、UnityのAssetにインポートした。影となる部分は元の画像から窪みや汚れを判断して編集した。

また、関西大学博物館の制作による陶板による石室のレプリカ<sup>[10]</sup>の凹凸や質感も参考にした。

建造当初の復元画像に関してもVRで表示するためにUnityのAssetにインポートしている。色鮮やかな玄武（図4）などが描かれている画像を使用し、発掘当時と建造当時で古墳内部の状態を比較して見るができるようになっている（図8、9）。建造当時は白色のしっくい塗の壁に極彩色の壁画が描かれていた。当時の壁の平滑度については知ることが不可能であるため、発掘時の画像を基に窪みや汚れを判断して凹凸を設定した。光源は、局所的に空間を照らす点光源のみとした。また、光源の色は、当時の発掘者の記録を参考にして、青白いものとした。

### 2.4 音声・字幕の実装

当コンテンツを、解説者が居ない場合でも体験ができるように、音声説明機能、字幕機能を実装した（後述するBタイプのコンテンツで使用）。音声・字幕の作成にはUnityのTimeline機能を使用した。Timelineは、時間経過とともに変化するアニメーションを作成できる機能である。

解説文は、考古学専門家の監修を受けて作成し、ボイスレコーダーで録音した音声ファイルをMP3に変換し、Unityに取り込んだ。字幕は、Timeline内で音声のタイミングに合わせて一行ずつ文章を表示することで実装した（図5）。

音声と字幕の再生はコンテンツの紹介が終了した後、自由に閲覧する時間として約20秒間静音状態になり、また最初から再生されるというループ状態になるようにした。テキストUIは字幕が終了するまで位置が固定されるため、閲覧するすべての壁画に文字が重ならないように配慮した結果、下寄りの位置に配置することになった。





図5 字幕が表示されている様子

### 2.5 システムの動作

コンテンツ視聴用のHMDはOculus Riftを使用した。また体験者に見えている映像が、そのまま外部の大型モニターに反映されるように設定し、体験者以外も視聴できるようにした(図10)。

また今回は、解説者がXboxコントローラを用いて操作しながら、体験者の横で解説を行うタイプと、HMDを装着すると、自動的に解説の音声と字幕が流れるタイプの2種類のコンテンツを作成した。以後、前者をAタイプ、後者をBタイプと呼ぶことにする。それぞれのコンテンツの処理の流れを図6、図7に示す。

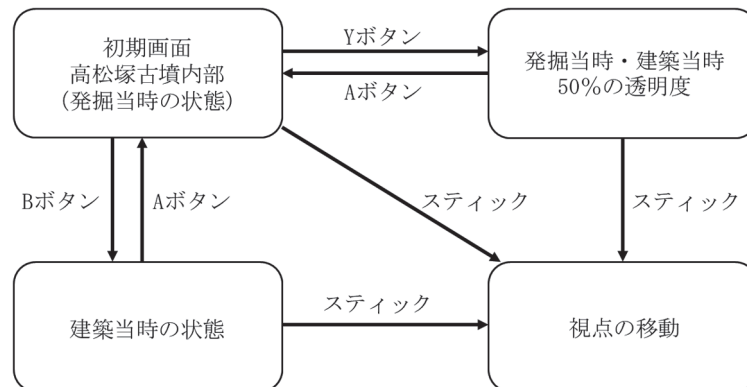


図6 Aタイプの状態遷移図

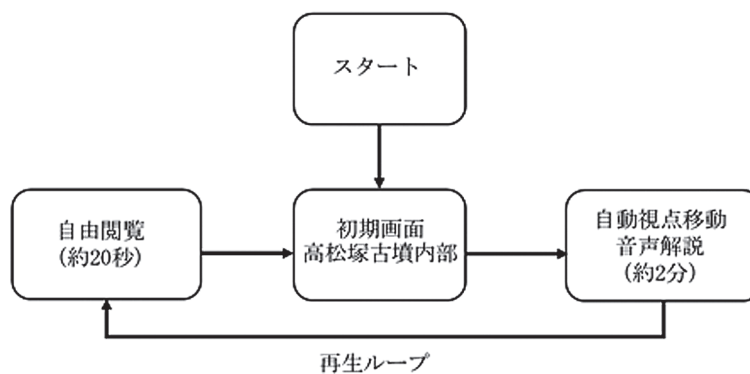


図7 Bタイプの状態遷移図

Aタイプでは、建造当時と発掘当時の2つの姿をコントローラのボタンで切り替えることで比較して観覧できる。タイトル画面から古墳内部にシーン遷移をした時は暗転からフェードインをして、映像がHMDとディスプレイの両方に映る。最初は発掘当時のCGが映し出されるが、XboxコントローラのBボタンを押すと、建造当時の再現図に切り替わり、観覧することができる（図8、図9）。

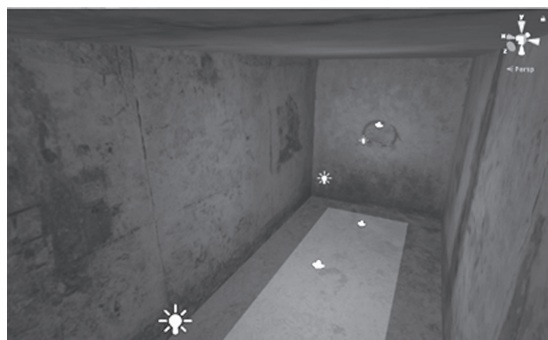


図8 発掘当時の石室内部



図9 建造当初の石室内部

東西南北の四方には四神が描かれており、東の壁に青龍、西の壁に白虎、南の壁に朱雀、北の壁に玄武を眺めることができる。また、女子群像、男子群像、月像と日像もはっきりと見ることができる。Yボタンを押すと、建造当時の姿と発掘当時の姿がそれぞれ50%の透明度になる。つまり壁画が建造当時と発掘当時で重なって映し出されるため、直感的に違いを確認することができる。Aボタンを押すと、発掘当時の姿を再度観覧することができる。埋葬されていた遺体の視点からも、高松塚古墳を閲覧することができ、天井には星縮図が描かれている。床には、どのあたりに遺体が横たわっていたのかが白い透明の板でマークがされている。

Bタイプでは、ボタンによる図の切り替えはできないようにされている。「玄武→青龍→日像→男子群像→朱雀→白虎→女子群像→星縮図」の順番で音声による解説が行われる。一つの説明が終わるごとに方向転換の指示音声流れ、これに合わせて時計回りに閲覧者が動くことですべて閲覧することが可能になる。閲覧中、大半は発掘当時と建造当初の壁画がそれぞれ50%の透明度で重なった状態で映し出されるが、朱雀の解説時のみ、盗掘口の部分を比較するために、自動的に建造当時の姿に切り替わる。朱雀の説明が終了すると、元の状態に戻り、次の解説に移る。また、すべての解説が終了すると、自由に閲覧するために20秒間無音状態になり、経過後、再度初めから音声解説が流れる。移動については、Aタイプのみ可能であり、Xboxコントローラのスティック操作による。

### 3. コンテンツの公開と評価

#### 3.1 コンテンツの公開

Aタイプのコンテンツは、2018年3月～2019年12月の間に、関西大学千里山キャンパスで開催されたオープンキャンパスや学内外の行事において、大阪、名古屋、広島で展示された。高松塚古墳の解説は、関西大学文学部考古学研究室の学生が行った（図10）。Bタイプは2019年3月5日から5月19日の間、グランフロント大阪ナレッジキャピタル The Lab 2階の展示スペース（図11）と、2019

年8月24日に関西大学総合情報学部で開催されたオープンキャンパスにて展示を行った。それぞれの展示において、コンテンツ体験者にアンケートを実施し、その結果に基づいてコンテンツの評価を行った。なお、Aタイプに関しては、2019年3月23日、2019年8月3日・4日にそれぞれ関西大学千里山キャンパスで開催されたオープンキャンパスにて実施したアンケートの結果を評価に用いている。



図10 オープンキャンパスでの展示 (Aタイプ)



図11 ナレッジキャピタルThe Labでの展示 (Bタイプ)

### 3.2 アンケート調査

来場者がコンテンツの体験後に回答したアンケートをもとにA、B両タイプの有効性に関して評価を行った。アンケートの項目は、年齢・性別に加えて以下のQ1～Q7の通りである。

- Q1：高松塚古墳についてご存じでしたか
- Q2：高松塚古墳は関西大学が発掘したことはご存じでしたか
- Q3：いままでにVR体験をしたことがありましたか
- Q4：コンテンツは見やすかったですか
- Q5：VR体験を通して当遺産に興味をもちましたか
- Q6：コンテンツの内容はわかりやすかったですか
- Q7：自由記述

Q1からQ3に関しては「はい」か「いいえ」のいずれかを回答し、Q4からQ6に関しては5段階(1：悪い～5：良い)で回答した。ここでは、コンテンツの効果について検討するために、特にQ4～Q6に注目して分析を行った。

### 3.3 結果および考察

Aタイプでは10代から60代の計133名が、またBタイプでは10代から70代の計202名がコンテンツを体験した。今回は両者の比較において年齢層と人数を合わせるために高校生の年代を解析の対象とした。その人数は、Aタイプは90名、Bタイプは67名であったことから、Aタイプについてはランダムで67名を抽出した。

以下の3項目について検証を行った。

- 検証①：AタイプとBタイプでは、どちらの方がより体験者の興味を促すのか
- 検証②：高松塚古墳の知識の有無によってコンテンツの満足度に差は出るのか
- 検証③：VR経験の有無によってコンテンツの満足度に差は出るのか

### 3.3.1 検証①について

質問項目 Q4～Q6 について、A タイプと B タイプそれぞれの評価点の平均値と標準偏差を求め両者を比較した。結果のグラフを図12に示す。各質問項目における評価点の平均値の差の有意性について t 検定を行ったところ、Q4 ( $t = 0.00050$ ,  $p < 0.05$ )、Q5 ( $t = 4.0 \times 10^{-13}$ ,  $p < 0.05$ )、Q6 ( $t = 0.039$ ,  $p < 0.05$ ) であり、どの項目においても有意水準 5 % で有意な差がみられた。これらの結果から、高校生の場合、A タイプの方がよりコンテンツがわかりやすく、体験者の興味を促すことがわかった。

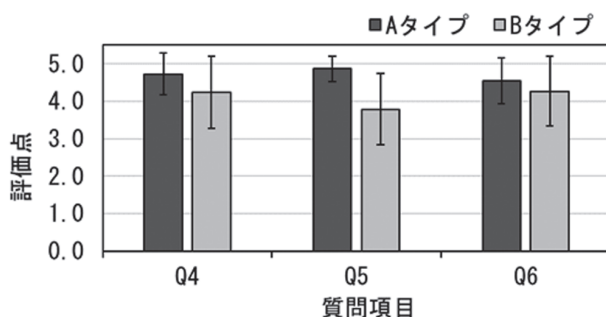


図12 タイプ別の Q4 から Q6 の平均評価点

### 3.3.2 検証②について

それぞれのタイプにおいて、Q1の「はい」と「いいえ」に分け、回答別に評価点の平均値と標準偏差を算出した。結果のグラフを図13、図14に示す。Q1について、Aタイプで「はい」と答えた者は37名、「いいえ」と答えた者は30名であった。Bタイプで「はい」と答えた者は22名、「いいえ」と答えた者は45名であった。よって検証②では、Aタイプで「はい」と答えた者の中からランダムで30名抽出し、Bタイプで「いいえ」と答えた者の中からランダムで22名抽出して分析を行った。回答別に見た各質問項目の評価点の平均値の差の有意性について t 検定を行ったところ、Aタイプの場合、Q4 ( $t = 0.35$ ,  $p > 0.05$ )、Q5 ( $t = 0.46$ ,  $p > 0.05$ )、Q6 ( $t = 0.54$ ,  $p > 0.05$ ) であり、どの項目でも有意差が認められなかった。Bタイプの場合、Q4 ( $t = 0.044$ ,  $p < 0.05$ )、Q5 ( $t = 0.0062$ ,  $p < 0.05$ )、Q6 ( $t = 0.0053$ ,  $p < 0.05$ ) であり、こちらはすべての項目で有意な差がみられた。これらのことから、高松塚古墳を知らない者が自動音声・字幕のコンテンツを体験すると、高松塚古墳を知る者との理解の差が生まれることが分かった。

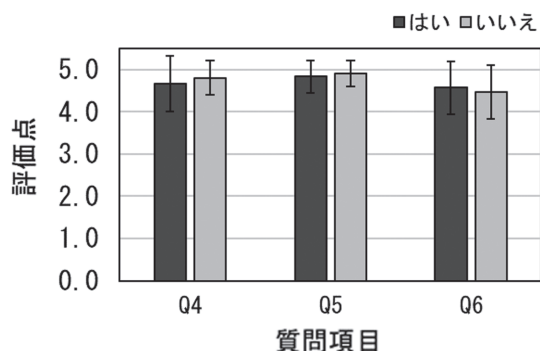


図13 Aタイプの平均評価点 (Q1で「はい」と答えた参加者)

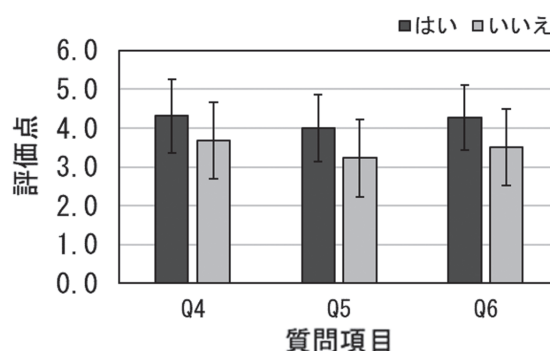


図14 Bタイプの平均評価点 (Q1で「いいえ」と答えた参加者)



### 3.3.3 検証③について

それぞれのタイプにおいて、Q3の「はい」と「いいえ」に分け、回答別に評価点の平均値と標準偏差を算出した。結果のグラフを図15、図16に示した。Q3について、Aタイプで「はい」と答えた者は25名、「いいえ」と答えた者は42名であった。Bタイプで「はい」と答えた者は24名、「いいえ」と答えた者は43名であった。よって検証③では、Aタイプで「いいえ」と答えた者の中からランダムで25名抽出し、Bタイプで「いいえ」と答えた者の中からランダムで24名抽出して分析を行った。回答別に見た各質問項目の評価点の平均値の差の有意性についてt検定を行ったところ、Aタイプの場合、Q4 ( $t = 0.21, p > 0.05$ )、Q5 ( $t = 0.65, p > 0.05$ )、Q6 ( $t = 0.33, p > 0.05$ )であり、どの項目でも有意差が認められなかった。Bタイプの場合、Q4 ( $t = 0.65, p > 0.05$ )、Q5 ( $t = 0.13, p > 0.05$ )、Q6 ( $t = 0.87, p > 0.05$ )であり、こちらもどの項目でも有意差が認められなかった。これらの結果から、VR経験の有無ではコンテンツの満足度に差が出ないことがわかった。

しかし、この分析結果に関しては、VR経験の度合いは個人差があるため、はい・いいえの回答ではなく5段階の回答に変更して細かく調べる必要がある。

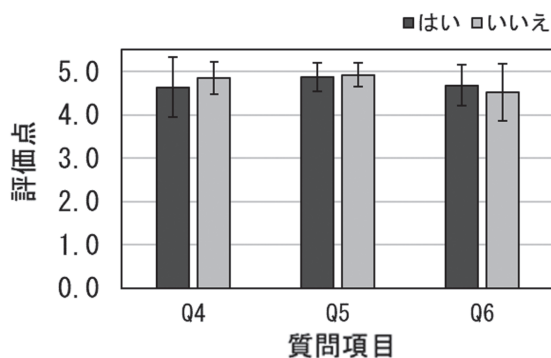


図15 Aタイプの平均評価点  
(Q3で「はい」と答えた参加者)

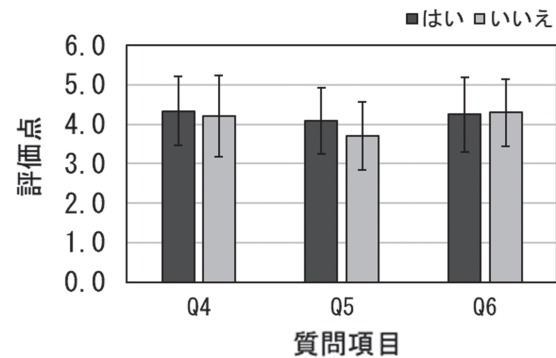


図16 Bタイプの平均評価点  
(Q3で「いいえ」と答えた参加者)

### 3.4 自由記述・コメントによる評価

Aタイプについては、アンケートの自由記述欄にて受けたコメントとして、「VRで古墳の中身を見るという貴重な経験ができてとてもよかった。」「壁それぞれは写真などで見たことがあったが、VRだと同時に上下左右が見えるので、どういう意図を持った配置なのかとかリアルな感覚で分かりやすかった。」など、肯定的なコメントが多く見られた。

Bタイプについては、Aタイプと同様にアンケートの自由記述欄からのコメントを受けた他に、展示期間中に常駐した説明員（コミュニケーター）を通して来場者により評価コメントを95件受けた。特徴的なコメントとして、「解説がついているのでわかりやすかった」、「本当の古墳の中にいるみたい」、「VRは初めてだったが、臨場感がすごく感じられてびっくりした」というものがあった。こちらも全体を通して肯定的な意見が多かったが、「体験中に向きを変えるため、コードが絡まりやすかった」、「視点が高いため、浮いているような感覚になる」、「説明文が読みにくい、見づらい」といった、改善・要望に関する意見も見られた。

## 4. Web 版 VR コンテンツの制作

### 4.1 コンテンツの概要

新型コロナウイルス感染症の影響により、オープンキャンパス等でのHMDを用いたコンテンツ展示が中止になったため、研究を進めることが困難であると判断した。よって高松塚古墳を、HMDを持っていなくてもスマートフォンやパソコンのウェブサイト上で閲覧できるWebベースのコンテンツを新たに開発した。コンテンツの開発には、A-frame<sup>[11]</sup>を用いた。A-frameは、HTMLとJavaScriptでWebVRを作成できるフレームワークである。バージョンは、AndroidとiOSの両方に対応している1.0.4を使用した。

スマートフォンで観察する場合は、画面中央に視線と一緒に動くカーソルが配置されている（図17、18）。カーソルをアイコンに一定時間重ねるとマウスクリックとなる。パソコンで観察する場合はカーソルの配置が無く、マウスでの操作となる。右下にあるVRアイコンをタップすると、ステレオ表示（VRモード）に切り替わり、ハコスコやGoogle Cardboardなど両眼立体視用のビューアによる鑑賞が可能になる（図18）。



図17 スマートフォンで見た場合のタイトル画面



図18 ステレオ表示（VRモード）

### 4.2 コンテンツの開発

3dsMax2017を用いて作成した高松塚古墳の古墳内部に、中心、前方、後方にそれぞれカメラを配置し、パノラマ画像を書き出した（図19）。A-frameでは背景オブジェクト<a-sky>にパノラマ画像を読み込ませて表示するため、1枚のパノラマ画像で直接ズームアップすることが難しい。したがって、カメラの位置を変えて書き出した画像（図20）を別のページに用意し、アイコンの操作によってページをリンクさせることでズーム機能を実装した。すなわち、床面の矢印のアイコン（図

21) を選択すると図19と図20が入れ替わることにより、前進移動によるズームが可能となる。

シーン中のカーソルは場所がすぐにわかるような色合いにしたが、その他のアイコンは壁画の閲覧に支障が出ないように、壁画になじむ色合いにした。解説文は、Adobe Photoshopで画像に文字を張り付ける形式で作成し、JPEG ファイルとして挿入した。音声は、ボイスレコーダーで録音したファイルをMP3に変換し、音声のアイコンに埋め込むことで実装した。カーソルによるクリック動作や、ページ遷移の動作は、JavaScript で制御している。

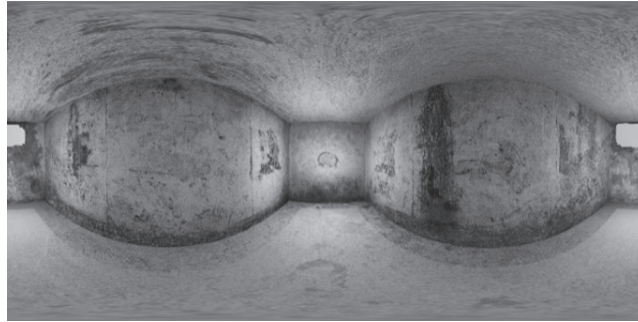


図19 古墳石室の全天球画像（中心カメラ）

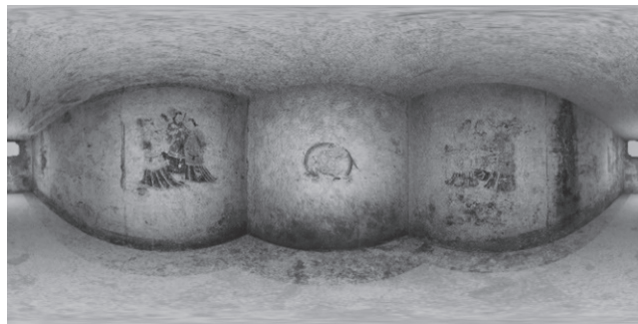


図20 古墳石室の全天球画像（前方カメラ）

#### 4.3 コンテンツの操作方法

操作の流れは、まずタイトル画面（図17）から始まる。「操作方法」をクリックすると、それぞれのアイコンをクリックしたときの動作の説明が表示される。次に、「高松塚古墳とは」をクリックすると、高松塚古墳の簡単な解説を読むことができる。「発掘当時へ」をクリックすると、古墳が発掘された当時の状態を閲覧できる。「建造当時へ」をクリックすると、古墳が建造された当時の状態を閲覧できる。どちらも切り替えアイコンをクリックすると、発掘当時と建造当時を切り替えることが可能である。また、矢印のアイコンをクリックすると矢印の方向にズームする。本のアイコンをクリックすると、壁画の解説と音声のアイコンが表示される。音声のアイコンをクリックすると、解説が読み上げられる。家のアイコンをクリックすると、初めのタイトル画面に戻る。壁画の解説と音声は、発掘当時の状態では壁画の判断が難しいため、わかりやすくするために建造当時のみ実装した。

本コンテンツは、2021年3月より KU-ORCAS の Web サイト<sup>[8]</sup> で公開されている。

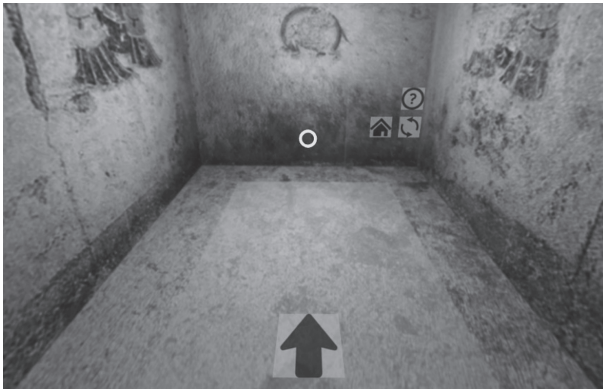


図21 石室内に配置されたアイコンと視線カーソル



図22 文字解説の表示と音声再生アイコン

## 5. まとめ

本研究では、高松塚古墳に関する情報発信を目的にVRにより石室内部を体験するVRコンテンツを開発し、アンケート調査によりその有効性を検証した。コンテンツの展示とアンケートの結果、VRを利用することにより、来場者の高松塚古墳への興味を喚起し、理解を深めるのに有効であることが分かった。

今回の検証では、高校生に関して、Aタイプの方がより高松塚古墳について興味関心を高めることがわかった。また、高松塚古墳の知識の有無で分けて分析した結果、Bタイプでは知識を持つの方がより理解できることが分かった。このような結果になった原因として、Aタイプでは横に解説者がいることで疑問点等があればその場で臨機応変に対応できるが、Bタイプでは無人でおかつ解説は字幕の内容のみであり、疑問点があった場合も未解決になることが考えられる。Bタイプの課題は2点ある。1つは、今回作成した字幕は終始位置が固定だったことから、一部見づらいつころがあったため、閲覧する壁画によって字幕位置が変更されるようにすることである。もう1つは、解説の内容を見直すことである。今後、Bタイプの評価をAタイプに近づけるように、字幕の位置を修正する、古墳内部の広さをよりリアルにする、などシステム全体を見直すと共に、高松塚古墳で疑問に思われやすい箇所を調査し、解説内容を修正することを検討する。

Web版VRコンテンツの今後の課題は、スマートフォンでの閲覧時に、VRモードのままページリンクができるようにすることである。現段階では、ハコスコなどを用いてVRモードで見た場合、ズームアイコンや切り替えアイコンをクリックすると、初期の状態に戻る。そのため、ページが切り替わったと同時に自動でVRモードに切り替わるようにする、あるいは同じページ上ですべてのクリックイベントを発生させるようにする、などといった改善が必要である。

## 謝辞

本研究は、2019年度（令和元年度）文部科学省私立大学研究ブランディング事業「オープン・プラットフォームが開く関大の東アジア文化研究」として研究費を受け、その成果を公表するものである。高松塚古墳壁画の画像データの提供と貴重なご意見を賜った関西大学文学部 米田文孝教授、発掘当時の資料や復元画像の提供とコンテンツの指針を示して下さった関西大学博物館 山口卓也学芸員、コンテンツ開発と外部への公表においてご支援を賜った関西大学アジア・オープン・リサーチセンター（KU-ORCAS）の関係者各位に感謝の意を表する。



## 参考文献

- [1] 内閣府知的財産戦略推進事務局：我が国におけるデジタルアーカイブ推進の方向性（2017）  
<[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/digitalarchive\\_kyougikai/houkokusho.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/digitalarchive_kyougikai/houkokusho.pdf)>（アクセス日：2021-03-29）
- [2] 国土交通省 観光庁 観光資源課：最先端 ICT（VR/AR 等）を活用した観光コンテンツ活用に向けたナレッジ集，国土交通省（2019） <<https://www.mlit.go.jp/common/001279556.pdf>>（アクセス日：2021-03-29）
- [3] 三枝 太：文化遺産展示への VR 展示応用 2—唐招提寺展における VR 展示—，日本バーチャルリアリティ学会誌第10巻3号，pp40-42（2005）
- [4] 曾我麻佐子・鈴木卓治：蒔絵万年筆の VR 鑑賞システムの開発と博物館における運用，じんもんこん2018論文集，pp.315-320（2018）
- [5] 関西大学アジア・オープン・リサーチセンター（KU-ORCAS）：Web サイト（2017-）  
<<http://www.ku-orcas.kansai-u.ac.jp/>>（アクセス日：2021年2月3日）
- [6] 国営飛鳥歴史公園：高松塚古墳 <<https://www.asuka-park.go.jp/area/takamatsuzuka/tumulus/>>（アクセス日：2021年2月3日）
- [7] 森岡秀人，網干善教：高松塚古墳 明日香人の華麗な世界を映す壁画（大塚初重監修 日本の古代遺跡を掘る6），読売新聞社（1995）
- [8] 関西大学アジア・オープン・リサーチセンター：高松塚古墳 VR <<https://www.iiif.ku-orcas.kansai-u.ac.jp/takamatsuduka/about>>（アクセス日：2021年3月30日）
- [9] 関西大学博物館：ホームページ <<http://www.kansai-u.ac.jp/Museum/>>（アクセス日：2020年2月3日）
- [10] 関西大学博物館：高松塚古墳壁画再現展示室，関西大学博物館パンフレット（2008）  
<<https://www.kansai-u.ac.jp/Museum/kohun/index.html>>（アクセス日：2020年2月3日）
- [11] Supermedium: A-FRAME, A web framework for building 3D/AR/VR experiences  
<<https://aframe.io/>>（アクセス日：2021年2月3日）

（おくむら あかね 関西大学総合情報学部）  
（てらだ がく 株式会社電通テック）  
（はやし たけふみ 関西大学総合情報学部教授）

