

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

曾我 麻佐子（龍谷大学 理工学部）・鈴木 卓治（国立歴史民俗博物館）

蒔絵万年筆は、照明などの光や湿度によって劣化するものがあり、恒常的な展示に適さない。また、細かい柄等が肉眼で見えにくいといった問題もある。本研究では、博物館の来館者に蒔絵万年筆をより細かいところまで自由に鑑賞してもらうことを目的として、HMDとペン型デバイスを用いた万年筆の展示支援システムを開発した。本システムでは、HMDを用いてVR空間に表示した万年筆の3DCGを、ペン型デバイスで操作して鑑賞することができる。直感的に万年筆を操作するために、ペン型デバイスに搭載したジャイロセンサから検出した角速度をもとに、万年筆の3DCGを回転させている。また、HMDを装着した状態で複数の万年筆から一つを選んで簡単に切替えられるようにするため、HMDの画面の中心にカーソルを表示することで、頭の動きのみで鑑賞する万年筆を選択することが可能である。開発したシステムは、国立歴史民俗博物館の企画展において8週間運用した。来館者の評価により、本システムのコンセプトの有用性を確認した。

Development of VR Appreciation System of Maki-e Fountain Pens and its Operation at Museum

Asako Soga (Faculty of Science and Technology, Ryukoku University)
Takuzi Suzuki (National Museum of Japanese History)

Maki-e fountain pens become degraded by light and humidity, so they are not suitable for permanent exhibitions. There is also the problem of some fine patterns being difficult to see with the naked eye. In this research, we developed an exhibition-support system for fountain pens using a head-mounted display (HMD) and a pen-type device. The purpose of this system is to allow museum visitors to view Maki-e fountain pens more freely. This system allows users to preview 3DCG of fountain pens displayed in VR space using the HMD while operating the pen-type device. In order to intuitively operate the 3DCG of the fountain pen, the 3DCG is rotated based on the angular velocity detected with a gyroscope sensor mounted on the pen-type device. In addition, in order to select one from multiple fountain pens with the HMD and to switch among them easily, the system allows users to select a fountain pen to view using only head motion by displaying the cursor at the center of the HMD screen. The system was used at a special exhibition of the National Museum of Japanese History for eight weeks. From the results of a questionnaire by visitors, we confirmed that the concept of the system is effective.

1. はじめに

万年筆の表面を漆で保護し、美しい蒔絵や螺鈿細工を施した蒔絵万年筆は、光や温湿度による劣化を考えると、博物館の恒常的な展示には耐えられない。また小さい資料である蒔絵万年筆の図案や微細な細工を来館者に見てもらうには、単なる実資料の展示だけでは十分とはいえない。

一方、VR (Virtual Reality) 技術の発展により、3次元 (3D) CGをVR空間で表示し、様々な角度から観察できるコンテンツが普及してきている。博物館展示においてもVR技術を活用した事例[1]が報告されるようになってきたが、博物館が所有する既存アーカイブは画像を主とする2次元のものが多く、高精細な3DCGを制作するには時間と手間がかかる。

そこで本研究では、既存アーカイブを活用することで効率的に万年筆の3DCG再現を行った。さ

らに、万年筆の劣化を気にせずに鑑賞したり、ペン型デバイスを用いることにより、直感的に操作したりすることを目的とし、博物館展示を支援するためのVRシステムを開発した。

博物館におけるVRコンテンツに関する研究として、中国麦積山石窟のデジタルアーカイブとVRコンテンツ[2]がある。この研究では、一般非公開である麦積山石窟第123窟をデジタルアーカイブ化し、実写では難しい大きな対象をVRによる立体視で、その場にいるかのような臨場感やスケール感を表現している。本研究では、小さな展示資料である蒔絵万年筆を、VRによる立体視でリアルに表現すると共に、ズーム機能により肉眼では見えにくいような細かい模様まで見ることを目的としている。

また、VR/MR技術を用いたガイドツアーシステムの開発と運用[3]では、観光地の魅力を伝えるために、従来のガイドにVRやMR(Mixed Reality)

技術を加えることで、観光客と現地のボランティアガイドとのコミュニケーションに加え、CG復元した遺跡や事象を疑似体験できるガイドツアーシステムの開発を行っている。本研究では、実際には触れることのできない博物館の展示物を実物と同じように操作・鑑賞することを目的としてVR技術や万年筆の形に似たペン型デバイスを用いている。

本稿では開発したシステムと博物館での運用および評価について報告する。

2. 蒔絵万年筆の VR 鑑賞システム

2.1 概要

本研究では、国立歴史民俗博物館が所有する万年筆を 3DCG で再現し、仮想空間内で劣化を気にせずに様々な方向から鑑賞できる VR システムを開発した。図 1 にシステムの実行例を示す。Wii リモコンを万年筆に見立てて傾けたり回したりすることで、万年筆を直感的に操作することができる。ジャイロセンサによりデバイスの傾きを検出し、万年筆の 3DCG をリアルタイムに回転させるようにした。さらに、Wii リモコンのボタンを押すことで万年筆の切り替えや拡大縮小などの操作が可能である。また、HMD (Head Mounted Display) を使用することで立体的に見ることができ、HMD の画面上に表示されたカーソルを頭の向きで操作することにより表示する万年筆を切り替えることができる。



図 1 万年筆の VR 鑑賞システム

Figure 1 VR appreciation system of fountain pens.

2.2 システム構成

本システムの構成を図 2 に示す。本システムはペン型デバイスとして Wii リモコンプラス、HMD に Oculus Rift CV1 を使用する。PC と Bluetooth で接続された Wii リモコンプラスのジャイロセンサでデバイスの回転角度を検出し、3D 空間に表示した万年筆の CG モデルの回転操作を行う。また、Wii リモコンプラスのボタン入力から万年筆の切り替えや切り替えメニューの表示を行う。Oculus Rift で 3D 空間を表示し、ユーザの頭部の

向きを検出することでカメラの制御や万年筆の選択を行う。さらに、4K モニタに 4K 解像度の CG モデルを表示し、万年筆を鑑賞できる。それぞれの操作や 3DCG の描画は Unity を用いて C# で記述している。

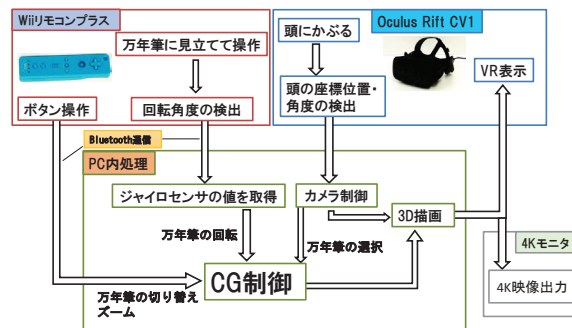


図 2 システム構成

Figure 2 System configuration.

2.3 蒔絵万年筆の CG 再現

本研究では、既存アーカイブとして、先行研究[4]で求められた蒔絵万年筆の半径データと展開図画像を使用する。先行研究[4]では、万年筆を 5 度ずつ回転して撮影したマルチアングル画像 72 枚を用いて、軸を回しながら図案を閲覧できる画像コンテンツと、各画像を細く切って並べた展開図画像を作成している。本研究では、様々な形の万年筆の 3DCG を基本的に同じ手順で自動生成することを目的とする。

図 3 に万年筆の CG 再現手順を示す。まず、本体の半径データを用いて点を入力していき、これらの点をつなげて万年筆の本体形状のカーブを作成する。このカーブを垂直軸に対して 360 度回転させることで万年筆の 3D モデルを作成する。その後、3D モデルに 1 枚の展開図画像をテクスチャとして貼る。クリップは、本体同様にカーブを作成し、クリップの角度分だけ回転させて面を作成する。その後、面にクリップ部分の展開図画像のテクスチャを貼る。最後に、本体形状の上部・下部やクリップの太さなど、データの無い部分の補間を行う。一部の作業をスクリプトで自動化することで、国立歴史民俗博物館所蔵の蒔絵万年筆 46 本の CG 再現を行った[5]。図 4 は蒔絵万年筆の CG 再現例である。



図 3 万年筆の CG 再現手順

Figure 3 Procedure of CG reproduction of fountain pens.

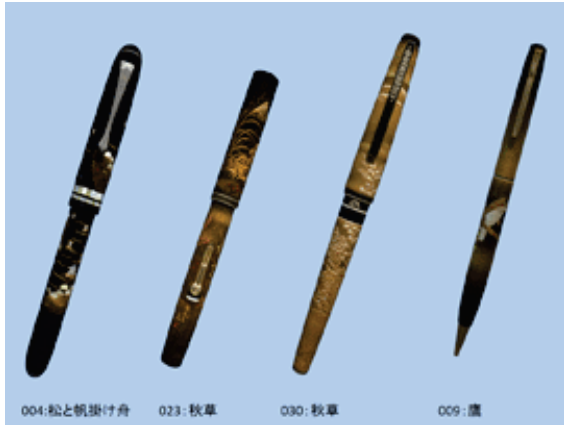


図4 蒔絵万年筆のCG再現例
Figure 4 CG reproduction result of fountain pens.

2.4 Wii リモコンを用いたCG制御

ペン型デバイスであるWiiリモコンプラスにはジャイロセンサと加速度センサが搭載されており、デバイスの角速度と加速度を取得することができる。本システムでは、角速度データを用いてCGモデルの回転、加速度データを用いてペン型デバイスの静止状態の向きを検出を行っている。

デバイスから取得した角速度[度/秒]にWiiリモコンのデータ更新時間である1/95[秒]をかけることで、フレーム間の角度の変化量を求めている。求めた値を1フレーム前のCGモデルの角度に加算していくことで、ペン型デバイスと同じように万年筆のCGモデルを回転している。センサの値にはノイズが含まれるため、ローパスフィルタを用いてノイズを軽減している。また、デバイスに搭載されているボタンにも、万年筆の切り替えやズームといった機能を割り当てている。図5にペン型デバイスを使ったCGモデルの操作の実行例を示す。

本システムで用いるジャイロセンサにはドリフトという誤差が存在し、センサのゼロ点が時間と共に変化する。CGモデル回転の際に誤差を含んだ値を加算していくと、誤差が大きくなりデバイスとCGモデルの角度に差異が生じる。そこで、この誤差を随時補正する機能として、Wiiリモコンを立てた状態で一定時間静止させると、センサのキャリブレーションを行うようにした。Wiiリモコンの加速度センサを用いて重力加速度のベクトルとデバイスの静止状態を検出し、重力加速度からデバイスの傾きを求め、デバイスとCGモデルの角度の差異を補正するようにした[6]。

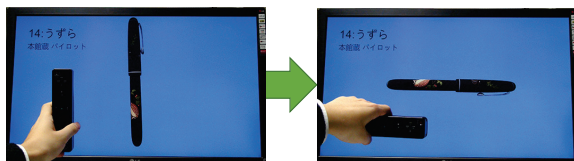


図5 ペン型デバイスによるCG制御
Figure 5 CG control by pen-type device.

2.5 Oculus Rift を用いた操作

本システムはHMDの使用を想定しており、HMD装着中は視界がふさがれるため、ボタンやキーボードを用いた操作が難しい。そこで、HMD使用中はボタンでの操作を最小限にするとともに、HMDのヘッドトラッキングにより万年筆の切り替えを行えるようにした。

HMDを用いた万年筆切り替えのイメージを図6に、万年筆の切り替え手順を図7に示す。

まず、Wiiリモコンのボタンを押すことで万年筆切り替え用のGUIをHMDの画面に表示する。切り替え用GUIの表示中は画面の中心にカーソルが表示される。頭部の向きでカーソルを操作することで万年筆のサムネイルを選択し、1秒後に表示される円形のゲージが貯まるまで注視し続けることで、任意の万年筆へ切り替えることができる。

万年筆が切り替わるタイミングがユーザに分かるように、半透明の円形のゲージを表示するようにした。ゲージは時間経過とともに増加し、3秒間で完全な円となり、万年筆が切り替わるようにした。

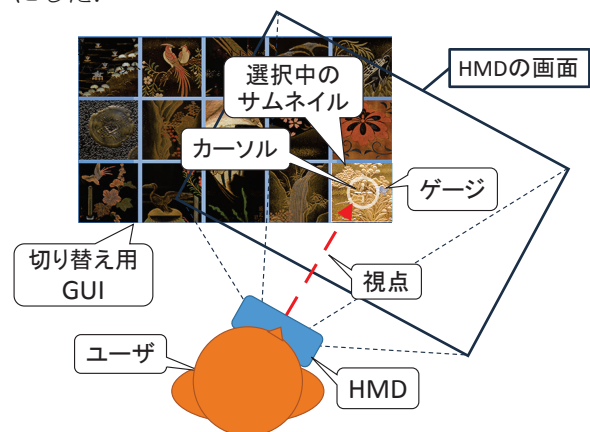


図6 HMDを用いた万年筆の切り替え
Figure 6 Switching fountain pens using HMD.

3. 博物館における運用

3.1 システムの展示と運用

開発したシステムは、国立歴史民俗博物館の企画展「デジタルで楽しむ歴史資料」において8週間展示した[7][8]。企画展では、実物の万年筆資料を20本(前期:10本,後期10本)展示する予定であったため、実物と同じ20本をシステムで閲覧できるようにした。システムは実物の万年筆資料の隣に設置し、実物を見た後にHMDまたはモニターで確認できるようにした。図8は展示室の風景である。

本システムは、博物館において展示員をつけて運用することを想定しているが、平日はスタッフ



図7 万年筆切り替えの操作手順
Figure 7 Procedure of switching fountain pens.

の確保が難しいため、無人でも運用できる簡易型のシステムとして、ペン型デバイスや Oculus Rift を使わないものも用意した。簡易型システムでは、CG モデルの回転やズーム、切り替えといった操作は、キーボード入力に割り当て、操作パネルの専用ボタンを押した際にキーボードの入力信号を送ることで行う。

実際の展観では、平日は展示員なしで自動運用を行うため、HMD および Wii リモコンは使用せず、操作パネルのボタンとモニターのみで閲覧できるようにした。土・日・祝日の午後は展示員を配置し、HMD および Wii リモコンを用いて VR 体験ができるようにした。休日用のシステムの概要を図 9(a)に、平日用のシステムの概要を図 9(b)に示す。

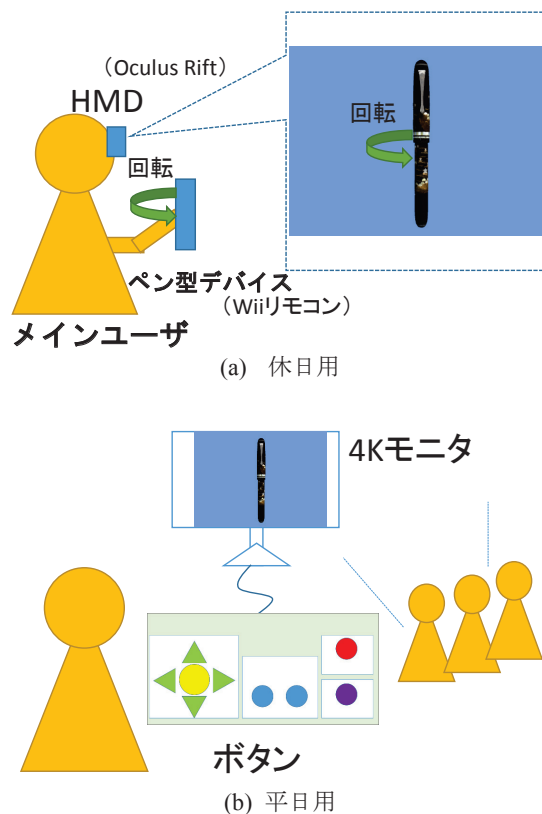


図9 システムの展示方法
Figure 9 Exhibition methods of the system.



図8 企画展での展示風景
Figure 8 Scene of the special exhibition.

表1 システムの機能と操作方法
Table 1 Functions and manipulation methods of the system.

操作内容	休日用システムでの操作	平日用システムでの操作
CGモデルの回転	Wiiリモコンを回転させる	上下左右ボタン
視点のリセット	リセットボタン	
万年筆の切り替え(1本ずつ)	Wiiリモコン A ボタン	
ズームイン	Wiiリモコン十字キー下	拡大ボタン
ズームアウト	Wiiリモコン十字キー上	縮小ボタン
切り替えメニュー表示/非表示	Wiiリモコン B ボタン	メニューの表示/非表示ボタン
万年筆の選択	HMDを用いた操作	左右ボタン
万年筆の決定	HMDでの視点注視	決定ボタン

3.2 システムの使用方法

(1) 展示スタッフ

本システムは、使用する前にWiiリモコンプラスをPCに接続しておく必要がある。そのため、アプリを使用するまでの準備をする展示スタッフが必要である。展示スタッフはまずWiiリモコンプラスを接続した状態でアプリを起動する。この際にOculus RiftをPCに接続していれば本システム、していなければ平日用のシステムが起動するようにした。システム起動後、アプリとWiiリモコンが接続状態になるまで待ち、接続状態になると、Wiiリモコンで万年筆のCGモデルを操作できる状態となる。

(2) ユーザ

ユーザは博物館の来館者を想定しており、ユーザができる操作を表1に示す。休日用システムではWiiリモコンを用いたCGモデルの回転、ズーム、万年筆の切り替え、HMDを用いた万年筆の選択と決定が行える。平日用システムについては、これらの操作を図10に示す専用ボタンを用いた操作に置き換えている。専用ボタンは平日用システムで用いるが、休日用システムにおいても視点のリセットやズームは専用ボタンで行うことができる。

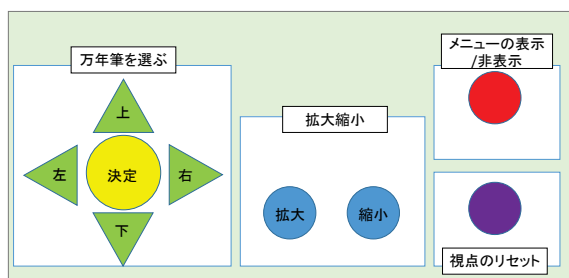


図10 操作パネルの専用ボタン
Figure 10 Buttons on the manipulation board.

4. 評価

開発したシステムの有用性と操作性を評価するため、来館者による評価を行った。祝日の3日間に限定して展示室外に特設ブースを設置し、VR鑑賞システムを利用した来館者を特設ブース

に誘導することで、聞き取りによるアンケート調査を行った。アンケートに回答した来館者は50名であり、そのうち36名がHMDを装着してVR体験を行った。VR体験者のうち、HMDの使用経験者は12名であった。

5段階評価(5:良い, 1:悪い)の結果を図11に示す。全ての項目について、7割以上が肯定的な回答であった。特に、(2)Wiiリモコンの操作性、(3)細部まで鑑賞できたかの2つについては約9割が肯定的であった。したがって、万年筆を3DCGで再現し、仮想空間で対話的に操作するというコンセプトの有用性が確認できた。

聞き取り調査で得られた肯定的なコメントとしては、「細かいところまで見えるので実物よりもよく見えた」、「きれいに見れてよかった」、「裏まで見れるのが普通の展示と比べてよかった」などがあった。否定的なコメントとしては、「HMDをつけるとボタンを押せない」等の操作性に関するものと、「漆、金の質感が出ていない」等のCGの質感に関するものがあった。操作性に関しては、HMDを被ると視界が遮られるため複雑な操作は困難であり、インタフェースについては十分に考慮する必要があることがわかった。CGの質感については改善の余地があるが、展開図画像の作成のために撮影された画像を使用しているため、本データを用いる限り、光沢情報は人工的に補う必要がある。

5. おわりに

博物館が所有する既存アーカイブを活用することで万年筆の3DCG再現を行い、博物館展示を支援するためのVRシステムを開発し、企画展において実際に運用した。来館者の評価により、万年筆を3DCGで再現し、VR空間で対話的に操作するというコンセプトの有用性が確認できた。博物館の展示コンテンツは制作期間が限られているので、短期間で多くのCGコンテンツ制作を行うためには、既存アーカイブの活用および3DCG制作作業の自動化は有効であると考えられる。

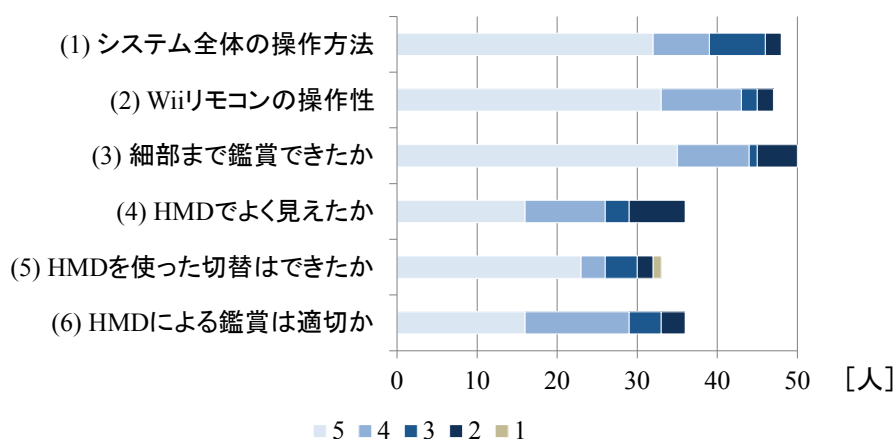


図 11 来館者による評価

Figure 11 Evaluation by visitors.

今後の課題として、CG の質感の改善、3DCG 制作における自動化部分の拡張などが挙げられる。また、今回は万年筆を対象としたため、形状が類似している Wii リモコンをデバイスとして使用したが、様々な形のデバイスを用いることで、万年筆以外の展示物についても対応し、直感的に操作・鑑賞できる展示支援システムに発展できると考えられる。

謝辞 VR システムの開発にご協力頂いた富田脩平氏、万年筆の CG 制作にご協力頂いた本田ちなつ氏に感謝の意を表す。本研究の一部は、JSPS 科研費 17K01213 の助成によるものである。

参考文献

- [1] J. Rae and L. Edwards, “Virtual Reality at the British Museum: What is the value of virtual reality environments for learning by children and young people, schools, and families?,” Proc. of Museums and the Web 2016, 2016.
- [2] 阿部信明, 河合隆史, 大谷淳 他: 中国麦積山石窟のデジタルアーカイブと VR コンテンツ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.4, no.3, pp.275-282, 2009.
- [3] 佐藤啓宏, 大石岳史, 池内克史: VR/MR ガイドツアーシステムの開発と運用, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 19, no.2, pp.247-254, 2014.
- [4] 鈴木卓治: 蒔絵万年筆資料のマルチアングル画像撮影ならびに展開図作成のための技術開発, 国立歴史民俗博物館研究報告, vol.206, pp.39-59, 2017.
- [5] 曾我麻佐子, 鈴木卓治: 博物館の既存アーカイブを活用した万年筆の 3DCG 再現, 情報処理学会研究報告, vol.2018-CDCC-19, no.4, pp.1-7, 2018.
- [6] 富田脩平, 曾我麻佐子, 鈴木卓治: HMD とペン型デバイスを用いた万年筆の展示支援システム, インタラクション 2017 論文集, pp.434-435,

2017.

[7] 鈴木卓治, 小島道裕, 曾我麻佐子 他: 歴史系博物館と大学が連携して作り上げるデジタル展示 ~企画展示「デジタルで楽しむ歴史資料」を事例として~, 情報処理学会人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, vol.2017, pp.283-288, 2017.

[8] 国立歴史民俗博物館企画展示「デジタルで楽しむ歴史資料」, 2017-3-14~5-7, <http://www.rekihaku.ac.jp/exhibitions/project/old/170314/index.html>