



展示空間を追体験するバーチャルミュージアム： 日本科学未来館における協同デザインプロセス

佐々木智也¹⁾, 瓜生大輔²⁾, 船津武志³⁾, 登嶋健太²⁾, 泉原厚史¹⁾, 柏野善大²⁾, 檜山敦²⁾, 稲見昌彦²⁾

1) 東京大学 大学院工学系研究科 (〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, sasaki@star.t.u-tokyo.ac.jp)

2) 東京大学 先端科学技術研究センター

3) 東京大学 大学院学際情報学府

概要: ミュージアム展示の鑑賞体験は、個々の展示物、展示空間全体、そしてミュージアムスタッフによる解説といった複合的な情報によりもたらされる。360度映像を駆使した VR 技術の活用により、展示物のデジタルデータ化のみならず、展示空間を含む鑑賞体験も記録・再現可能となる。本研究では、日本科学未来館と協同で行った「鑑賞者視点のミュージアム展示アーカイブ」のデザインプロセスを報告する。また、試作したバーチャルミュージアムについて述べる。

キーワード: バーチャルミュージアム, デジタルアーカイブ, デザインプロセス

1. はじめに

ミュージアム (Museum) という言葉は、博物館や科学館、美術館全般を意味する。ミュージアム本来の機能は歴史的価値のある情報やモノを資料として収集、保存、管理することである。そして、ミュージアムに所蔵されたコレクションを展示公開することで、それらの価値を広く共有することができる。

1990 年代、インターネットなどの情報技術の発達によって、バーチャルミュージアム [1, 2] が提案された。デジタルデータ化した展示物をウェブ上で公開し、世界中からアクセスして閲覧できるようにすることで、ミュージアムの物理的制約や来場者の地理的制約が解消されることが期待された。一方で、AR や VR 技術を用いてミュージアム展示鑑賞体験の拡張を目指す研究も多く取り組まれている [3, 4]。このように展示物のデジタルアーカイブ化の取り組みと展示鑑賞体験の拡張は、ミュージアムとテクノロジーの重要な接点であると考えられる。

本研究は、ミュージアム来場者の視点による鑑賞体験に着目し、展示空間全体を含んだミュージアム展示のアーカイブ作成、および、記録したものを提供するバーチャルミュージアムの実現を目指す。本稿では、2019 年度に日本科学未来館 [5] でミュージアムスタッフと協同で行ったデザインプロセスとその活動を経て試作したバーチャルミュージアムについて述べる (図 1)。

2. 関連研究

ミュージアムの所蔵物をデジタルデータ化する方法として、写真画像やレーザー測定器を用いた三次元測定 [6, 7] が知られている。一般的にこのような方法は高い解像度で記録できるが、測定時間がかかり、データ化できる物体の大きさに制限がある。



図 1: (左) コンセプトをイメージしたロゴ, (右) 試作したバーチャルミュージアム体験中の様子

バーチャルミュージアムを制作するアプローチの一つとして、コンピューター上に CG モデルを作成し、VR 空間上にデジタルデータ化された展示物を配置する方法がある。例えば、Walczak ら [8] は、ウェブブラウザで閲覧できるミュージアムを提案している。Xiao と Furukawa [9] は、ミュージアム館内の三次元測定データを用いて建物の構造を 3D CG モデルとして生成する方法を提案している。

CG モデルを使わずに 360 度カメラ画像や映像からバーチャル空間を制作する方法がある。Google Street View [10] は、車両などに載せた 360 度カメラの画像を用いて周囲を見渡すことができる地図を作成する。ExLeap [11] は、複数の場所に配置した 360 度カメラの映像をユーザの視線に応じて遷移させることで、実際の空間内を移動するような体験を提案している。Fineschi と Pozzebon は [12], ミュージアム館内を全天球画像として記録し、VR 空間上で提示するシステムを提案している。

展示物のデジタルデータ化、バーチャルミュージアムを制作する手法は既に複数提案されている。しかしながら、ミュージアム展示における鑑賞体験に着目した場合、どの

ような組み合わせが有効であり、ミュージアムやユーザにとって価値があるものなのかは明らかではない。そこで本研究では、実際のミュージアムと協同でバーチャルミュージアムを試作していく中で、これらの課題について取り組む。

3. 協同デザインプロセス

本プロジェクトは、日本科学未来館（以下、未来館と呼ぶ）と協同で行った。未来館は、常設展や企画展、イベントスペースとは別に研究エリアを備えており、大学の研究室などが公募を通じて利用することができる。研究エリアでは、未来館のスタッフや科学コミュニケーターと協同で活動を行うこともある。本プロジェクトはこのような枠組みの中で行われた。

著者らを含む研究者と未来館スタッフとの打ち合わせや議論を通じて、プロジェクトの方向性や制作するコンテンツの内容を決めた。この過程や活動を本研究では、協同デザインプロセスと呼ぶ。協同デザインプロセスは、2019年4月から開始し、2020年3月までの1年間を通じて行った。この期間の中で7つのプロセスを踏んだ。具体的には、1. 未来館スタッフとのヒアリング、2. アーカイブ対象展示空間の現地調査、3. コンセプト設計、4. 展示空間の撮影、5. 視聴システムの実装、6. 一般展示、7. 未来館スタッフへのインタビュー、である。本稿では、この中から2.~6.について時系列順に述べる。

3.1 展示空間の現地調査

今回、アーカイブの対象にした展示は、「技術革新の原動力」という名称で、未来館3階の常設展示スペースに2009年から展示されていた（図2）。2019年8月から展示入れ替えのために解体が決定していた。



図2: 常設展示「技術革新の原動力」

2019年6月、アーカイブ対象となる展示空間の現地調査を行った（図3(a)）。本調査の目的は、バーチャルアーカイブを制作する上で、展示空間のどのような要素を記録すべきか、また、技術的な課題がどこにあるのかを明らかにすることであった。未来館スタッフによる展示コンセプトの説明を受けた後、展示空間の観察および360度カメラを用いた撮影の検討を行った。現地調査によって、主に次の2点が明らかになった。

1. 展示コンセプトは、「人の願望や社会のニーズによって生まれる想像から作り出される新しい技術が、新しい文化や価値を見出しながら未来の社会へと循環するという科学技術の流れを水の循環になぞらえて伝える」ことである。このコンセプトを伝えるために、展示空間内には

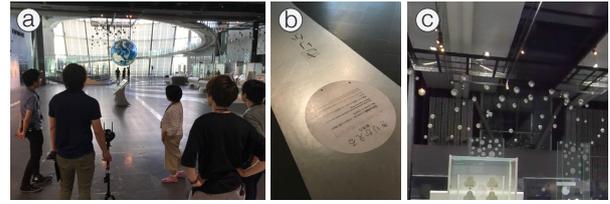


図3: (a) 現地調査は閉館後の時間を利用して行った。展示コンセプトに沿った展示物は (b) 床や (c) 天井にも設置されている。

具体的な事例を紹介する5つの順路が想定されている。しかしながら、このコンセプトを来場者が理解するためには科学コミュニケーターの説明や音声ガイドが必要になると考えられる。

2. 展示空間内には、展示コンセプトを伝えるために展示物が配置されている。このような展示物は展示台だけでなく、床の説明（図3(b)）、天井から吊り下げられたオブジェクト（図3(c)）などが含まれている。これらは空間的に配置されることによって機能するため、それぞれの展示物を個別に記録することの利点は小さい。

3.2 コンセプト設計

展示空間の現地調査によって得られた以上の知見を踏まえてコンセプト設計に移る。本研究におけるバーチャルミュージアムのコンセプトは、「鑑賞者視点のミュージアム展示空間のアーカイブ」である。これを実現するために以下の方針を設定する。

1. 360度カメラを用いて展示空間の動画を撮影する。
2. 展示空間内の複数地点で360度映像を撮影する。
3. 映像撮影時、ミュージアムスタッフによる展示説明を同時に記録する。
4. 撮影した映像を連続的に遷移するようにユーザに提示する。

方針1.は、ミュージアムの展示物は展示台に限らず、空間内の床や天井などに大小様々な形で配置されており個別のデータ化が難しいため、展示空間における任意の地点からの360度映像によるデータ化を行うこと示す。方針2.は、今回対象となる展示空間が広く、1点からの360度映像では全体を十分に記録できないため、複数の点から撮影することを示す。方針3.は、ミュージアム側が設計した展示コンセプトを伝えるために有効な未来館の科学コミュニケーターの説明を入れることで、ミュージアム展示の鑑賞体験をアーカイブすることを目指した。方針4.は、ユーザがミュージアムの展示空間内を能動的に移動できる仕組みを取り入れることで、ユーザが実際の展示空間にいるかのような高い没入感を提供することを目指す。

このようなバーチャルミュージアムのコンセプトと方針に基づき、360度カメラを用いた展示空間の撮影およびシステムの実装を行う。

3.3 展示空間の撮影

360度カメラを用いてアーカイブ対象となる展示空間の撮影を2回行った(図4)。1回目は2019年6月下旬, 2回目は2019年7月下旬, いずれも閉館後の数時間を利用した。撮影機材は, 360度カメラ Insta360 Pro 2 (7680×7680@30fps, 8K 3D) と Insta360 EVO (3840×1920@50fps, 4K) を使用した。



図4: 撮影の様子と映像データ

1回目の撮影は, 展示空間内に来場者が数名いる状況を想定して撮影をした。日頃から360度映像の撮影を行うアクティブシニアに参加いただき, ワークショップ形式で行った。図4(a)は, 科学コミュニケーターによるツアー形式の展示説明を撮影している様子である。このときの360度カメラの映像データを図4(b)に示す。2回目の撮影は, 展示空間内に科学コミュニケーターだけがいない状態, 完全に人がいない状態の2つの状況を撮影した。1回目の撮影映像では, 科学コミュニケーターが来場者に視線を合わせながら説明を行っていたが, 今回はカメラに対して説明を行う形とした(図4(c))。図4(d)は, 撮影中の映像データを手元のiPadで確認している様子である。いずれの撮影においても, 展示コンセプトの説明内容を研究者側が予め用意するのではなく, 普段, 来場者に対して行うような説明の再現を科学コミュニケーターに依頼し, その説明を記録した。

3.4 システムの実装

撮影した360度映像をHMDを使用して視聴するためのシステムを実装する。実装システムはハードウェアとソフトウェアによって構成される。ハードウェアは, 市販HMDのOculus Quest(解像度:2,880×1,600@72Hz)およびOculus Rift S(解像度:2,560×1,440@80Hz)を使用した。Oculus Rift S使用時の外部PCは, ASUS ROG STRIX GL502VS(CPU: Intel Core i7-7700HQ)を用いた。ソフトウェアは, 映像編集にAdobe Premiere Pro, VR環境作成にUnityソフトウェアを用いた。

ソフトウェアの実装として, まず撮影した360度映像を整理し, 動画の長さを編集する。これらを予めシステム上で読み込み再生できるようにしておく。システムを実行すると, ユーザの視点位置とボタン入力によって2つの映像間

を連続的に遷移する。これによりユーザが2点の映像を直進したように感じることができる。今回は, 映像の遷移が終わると, 動画が自動的に再生されるように設定してある。

図5に試作したバーチャルミュージアムの流れを示す。図5(左)は映像の遷移による移動を示している。科学コミュニケーターによる説明が終わった後, 視線方向をVR空間上に配置された緑のキューブに向け, ボタンを押すことで次の地点の映像へ移動して説明が継続する。図5(右)は展示空間における視線の誘導例を示している。科学コミュニケーターがジェスチャーによって天井のオブジェクトへ視線を誘導した後, ユーザの後方に移動しながら説明を続けている。



図5: 試作したバーチャルミュージアムの流れ

3.5 実演展示

試作したバーチャルミュージアムを2つの一般向け公開イベントにて実演展示した。1つめのイベントは, 2019年8月23日~24日に未来館館内で開催されたオープンラボ(図6(a))。2つめは, 2019年11月16日~17日に東京お台場地区で開催されたサイエンスアゴラ2019(図6(b))である。未来館オープンラボイベント全体の来場者は1181名, サイエンスアゴラ展示ブースへの来訪者数は約700名であった。2回の合計で約1800名程度の一般ユーザに対して実演展示の機会を得た。

体験したユーザからのフィードバックとして, 「本当にそこにいるみたいな感覚がある」「キューブ間を移動した感覚がある」「身振り手振りが見えるので, 音声のみよりもわかりやすい」「もっと自由に歩き回れると嬉しい」「もっと近



図 6: (a) 未来館オープンラボ, (b) サイエンスアゴラでのブース展示

くで展示を見たい」「コミュニケーターの人に質問したい」などが得られた。フィードバックからは、ミュージアムにいるような没入感のある体験が提供できたことが示唆される。しかしながら、ミュージアムの展示コンセプトが伝わったかどうかは確認できなかった。

4. 考察と今後の展望

本研究では、ミュージアム展示のアーカイブを展示物単体ではなく、展示空間を鑑賞者視点に着目し 360 度映像によって記録するというアプローチを行った。これにより、市販の 360 度カメラを使用し短時間でデータ化できる可能性が示唆された。また、カメラ解像度の制約や展示物が様々な形状をしていることに対して、ミュージアムスタッフによる展示説明を同時に映像に記録することで、これらのトレードオフの解消を試みた。このようなアプローチは、今回の未来館に限らずミュージアム全般に適用可能であると考えられる。

未来館のミュージアムスタッフと協同でデザインを行うことで、コンテンツを通じて展示コンセプトを伝えるための体験設計をミュージアム側の意図に沿ったものにできる可能性が示唆された。また、将来的に来場者が展示空間の撮影を行う仕組みができることで、来場者がミュージアムに訪れることでアーカイブが自動的に更新されるような持続的なシステムの実現が期待される。

一連のプロセスを通して、ミュージアム空間の物理的な価値を再認識する一方で、これらをデータ化してより多くの人々に届けられるバーチャルミュージアムの新しい側面を示せたと考える。

5. おわりに

本研究は、来場者の一人称視点によるミュージアム展示鑑賞体験を提供するバーチャルミュージアムについて述べた。コンセプトを設計する上で、未来館のミュージアムスタッフと協同で作業を行い、そのプロセスの一部を述べた。最後に、一連の活動を踏まえてバーチャルミュージアムの可能性について述べた。

謝辞 本研究は、JST ERATO JPMJER1701 の支援を受けたものである。日本科学未来館で研究を進めるにあたり様々な場面で協力いただいた濱田沙子様、綾塚達郎様、撮影ワークショップに参加いただいたアクティブシニアの方々に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] W. Schweibenz. The “virtual museum”: New perspectives for museums to present objects and information using the internet as a knowledge base and communication system. *ISI*, Vol. 34, pp. 185–200, 1998.
- [2] S. Styliani, L. Fotis, K. Kostas, and P. Petros. Virtual museums, a survey and some issues for consideration. *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 10, No. 4, pp. 520 – 528, 2009.
- [3] A. Hiyama, J. Yamashita, H. Kuzuoka, K. Hirota, and M. Hirose. Position tracking using infra-red signals for museum guiding system. In *Ubiquitous Computing Systems*, pp. 49–61, Berlin, Heidelberg, 2005. Springer Berlin Heidelberg.
- [4] 鳴海拓志. デジタルミュージアムにおける VR/AR の利用. *人工知能*, Vol. 31, No. 6, 2016.
- [5] 日本科学未来館 (Miraikan). <https://www.miraikan.jst.go.jp/>, (最終閲覧日: 2020 年 8 月 7 日) .
- [6] F. Bruno, S. Bruno, G. De Sensi, M. L. Luchi, S. Mancuso, and M. Muzzupappa. From 3d reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 11, No. 1, pp. 42 – 49, 2010.
- [7] L. Gomes, O. R. P. Bellon, and L. Silva. 3d reconstruction methods for digital preservation of cultural heritage: A survey. *Pattern Recognition Letters*, Vol. 50, pp. 3 – 14, 2014. Depth Image Analysis.
- [8] K. Walczak, W. Cellary, and M. White. Virtual museum exhibitions. *Computer*, Vol. 39, No. 3, pp. 93–95, March 2006.
- [9] J. Xiao and Y. Furukawa. Reconstructing the world’s museums. *International Journal of Computer Vision*, Vol. 110, No. 3, pp. 243–258, Dec 2014.
- [10] D. Anguelov, C. Dulong, D. Filip, C. Frueh, S. Lafon, R. Lyon, A. Ogale, L. Vincent, and J. Weaver. Google street view: Capturing the world at street level. *Computer*, Vol. 43, No. 6, pp. 32–38, June 2010.
- [11] A. Izumihara, D. Uriu, A. Hiyama, and M. Inami. Exleap: Minimal and highly available telepresence system creating leaping experience. In *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pp. 1321–1322, March 2019.
- [12] A. Fineschi and A. Pozzebon. A 3d virtual tour of the santa maria della scala museum complex in siena, italy, based on the use of oculus rift hmd. In *2015 International Conference on 3D Imaging (IC3D)*, pp. 1–5, Dec 2015.