

多視点映像を用いたインタラクティブ電子書籍による 立体芸術鑑賞方式

Qiu Xinyi*¹ 宍戸 英彦*¹ 亀田 能成*¹ 坂本 竜基*² 北原 格*¹

Abstract --- This paper proposes a method to implement an interactive e-book using the linkage of text and multi viewpoint video presentation technology for observing artworks. This e-book is constructed of Web application, displaying contents such as multi viewpoint video and text through Web browser. By using the proposed method, it is possible to change the viewpoint of Bullet-time video with the linkage of text. The interactive operating makes possible to enhance the user experience of the e-book because it can guide the 3D information displaying by Bullet-time video, and the viewer will be able to observe the artworks with instructions in the meanwhile.

Keywords: 多視点映像, バレットタイム映像, 立体芸術, 視覚拡張, マルチメディア書籍

1 はじめに

石像、木彫りなどの立体芸術は、屋内または屋外に置かれ、閲覧者が芸術作品を巡りながら異なる角度からの観察ができるよう展示されることが多い。芸術作品の視覚情報を記録する場合、平面的な作品であれば、単一視点からの観測(写真)でも十分な視覚情報の記録が可能であるが、立体的な作品では、単一視点(特定角度)からの観測では作品の全貌を理解するのが困難な場合が存在するため、様々な方向から見た視覚情報の記録が求められている。

自由な視点からの観察を可能とする方法の一つとして、3Dモデルが広く使用されている。3Dモデルを様々な視点でレンダリングすることにより、自由な視点切り替えが可能であり、街並み、建築物、商品などの詳細な閲覧への応用が進んでいるが、3Dモデルが予め用意された芸術作品はそれほど多くない。3次元コンピュータビジョン技術を用いて多視点画像を計算機内部で統合することで被写体の3Dモデルを生成するImage-Based Modeling and Renderingの研究[1][2][3]が盛んに行われているが、芸術作品の鑑賞としては写実性に問題がある。

写実性の高い自由視点映像提示方法としてバレットタイム映像が利用されている[4][5][6]。バレットタイム映像は、被写体の周りに複数台のカメラを配置し、多視点映像を順番に切り替えながら観察することにより、運動視差に基づく3次元知覚を実現する手法である。バレットタイム映像では、撮影した被写体の見え方を、ほぼそのまま提示するため、高品質な多視点映像の閲覧が求められる分野での活用が進んでいる[7][8]。

芸術作品の展示場では、関連情報を閲覧者に伝えるために、着眼点/視点、作品/作者の時代背景、技法/技術の理解および解釈の枠組みなど作品に関する情報を印刷した紙媒体が提供されることがある[9]。近年は、映像メディア技術の発展により、紙媒体の表現や閲覧法が多様化している。従来の雑誌や書籍では文字や画像を用いた表現が主であるが、電子書籍の登場により紙媒体では困難な表現や閲覧が実現されている。マルチメディア書籍では、動画や3Dモデルなどを用いて書籍情報を提示することで、閲覧者の操作において書籍閲覧の体感が向上する効果がある。例えば、Aristo[10]は、HMD(Head-mounted display)に搭載されたカメラを用いて電子書籍ページをめくるなどの閲覧者の行動を検出し、インタラクティブな電子書籍を実現している。

本研究では、多視点映像と文章が連動するインタラクティブな電子書籍による立体芸術の閲覧方式を提案する。バレットタイム映像を活用することで立体芸術作品の3次元視覚情報をそのまま表現しつつ、芸術作品の説明文が相互作用する操作機能を通じて、作品の含意を伝えることを目的とする。

2 関連研究

2.1 立体芸術鑑賞と作品情報の理解

渡邊ら[9]は美術館来館者の閲覧経験に関する調査を実施した。その結果、来館者たちは解説員から作品の情報を受動的に受け取るのではなく、主体的に理解し、それまでの知識を踏まえて意味を構成していることが明らかになった。このことから本研究では、閲覧者の主体的な閲覧操作を可能とするインタラクティブ電子書籍の実現を目指す。

*1 筑波大学

*2 電駆ビジョン株式会社

等ら[11]は HMD を用いて複合現実型情報提示を行い、展示物に関する発言内容を立体的な 3D テキストに変換し、展示物に対する複数の閲覧者の情報共有の支援を実現した。ただし、この方式は展示場内に限定され、3D テキストは閲覧者が実際に展示物を見なければ提示されない。本研究は電子書籍によって作品の多視点映像と情報を提示するため、場所や空間に制限されず、展示会の配布パンフレットと同様に好みのタイミングで閲覧可能である。

2.2 バレットタイム映像の応用

バレットタイム映像の生成提示に関する研究は、特にスポーツ中継の映像メディア分野において活発である。Akechi 等[4]は、視点切り替え時の注視点を再設定できるバレットタイム映像の生成手法を提案している。Kitamura 等[5]は、マルチタッチ入力を用いた閲覧インターフェースを開発し、バレットタイム映像の閲覧性を向上している。このような研究事例はスポーツシーンを対象とするが、本研究では静止状態の立体芸術を対象とする。従って、多視点映像を撮影する際の複数カメラと機材を設置する手間は不要であり、より簡易な撮影方式で実現可能である。

2.3 マルチメディア書籍による閲覧性向上

書籍の視覚情報の拡張を目的とした研究において、Dunser 等[12]は物理学のテキストを対象とした磁場の磁力線などの物理現象を拡張現実 (AR) 提示する方式を提案し、AR テキストが学生の集中力を高める効果があることを確認している。Vinumol 等[13]は、AR を用いた映像や音声を提示することで、発達障害の学生の集中力を高めることに成功している。また、Geasset 等[14]は、子供向けの AR 絵本を開発している。従来のマルチメディア書籍は AR を用いて CG モデルを重畳提示するが、本研究では写実性の高い多視点映像を活用し、映像と説明文が連動する操作機能による閲覧性の向上を試みる。

3 多視点映像を用いた電子書籍の提案

本研究では、立体芸術作品の閲覧性の向上を目的とし、説明文と映像が相互作用する電子書籍を提案する。図1に提案手法の構成を処理の流れを示す。

多視点映像を撮影し、撮影多視点画像から多視点カメラのパラメータを推定する(カメラキャリブレーション)。推定したカメラパラメータを用いて多視点画像の光軸が空間中の一点で交わるような射影変換を算出することで、バレットタイム映像が生成される。

閲覧時に注目が集まる点(注視点)に多視点画像の光軸が交わる点を設定すると閲覧効果の向上が期待できるため、注視点は、電子書籍製作者が閲覧者に注目

してもらいたい3次元位置に設定する。ハイライトやポインティングなど説明文への操作によって多視点画像の視点を切替えたり、多視点画像の観察視点切替え操作によって説明文を強調表示したりする、というように多視点映像と説明文が相互に作用する閲覧機能を有するインタラクティブ電子書籍を構築する。

本研究では Web アプリケーションを活用したユーザーインターフェースを作成する。多視点映像と文章が相互作用する閲覧機能によってユーザの視線誘導を行い、インタラクティブな立体芸術鑑賞方式を実現する。

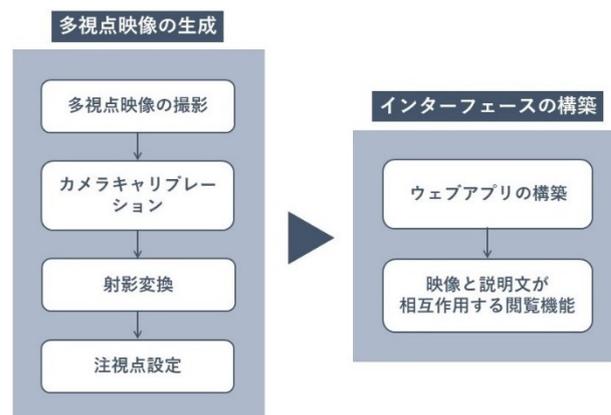


図1 多視点映像を用いた電子書籍の処理の流れ

4 バレットタイム映像の撮影と生成手法

バレットタイム映像を生成するための一般的な撮影・提示方法は、複数台のカメラを被写体の周りに均等に配置し、映像の視点を順番に切り替えながら提示させる。本研究では、静止状態の立体芸術作品を対象とするため、一台のカメラで撮影可能である。一方で、展示環境に据え置かれた芸術作品の撮影では、比較的被写体が小さい電子カタログ商品の全周囲撮影と異なり、回転台に被写体を乗せ、台を回転しながら固定カメラで撮影することは困難である。そこで、図2に示すように、撮影方法は被写体の任意の点を中心と定め、カメラの高さと被写体に対するおおよその角度を固定する。本方式では、推定したカメラパラメータと注視点の3次元位置情報から算出した射影変換によって、注視点が常に画面中心で同じ大きさで観察される画像生成が可能である。そのため、カメラの位置姿勢を厳密に制御する必要はなく、屋外環境など足場の悪い所での撮影との親和性が高い。一つのカットの撮影が終了したら、カメラを次の被写体近くに移動し撮影を継続する。

バレットタイム映像を生成するための入力画像枚数が多いほど、視点切り替え時の見え方の変化が小さくなり、滑らかな映像提示が可能である。近年、採用されている滑らかなバレットタイム映像では110台のカメラで全周囲からの撮影を行っている [7]。本研究では、この配置事

例を参考にし、入力画像枚数を約 60 枚と定める。

入力多視点画像を用いて多視点カメラのキャリブレーションを行う。本方式では、Structure from Motion [15] を用いて各カメラのパラメータを算出する。具体的には、画像特徴量を用いて多視点画像間で検出した対応点情報からカメラの内部パラメータと外部パラメータ(位置姿勢)を推定する。推定したカメラパラメータを用いることで、図3に示すように、各々の多視点画像を画面中央で注視点が観測されるように射影変換す2次元射影変換行列を算出し、バレットタイム映像を生成する。生成されたバレットタイム映像の視点切り替えは、閲覧者のストローク操作によって実装する。

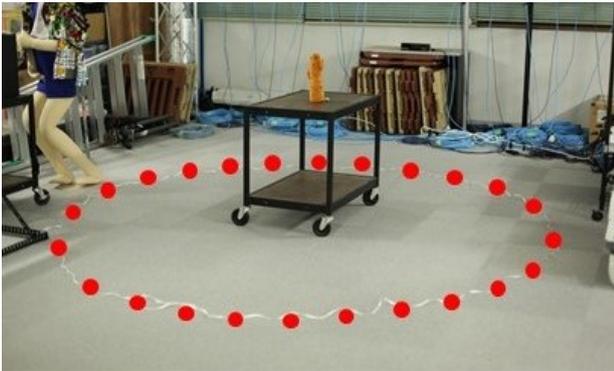


図2 撮影環境と撮影ルート

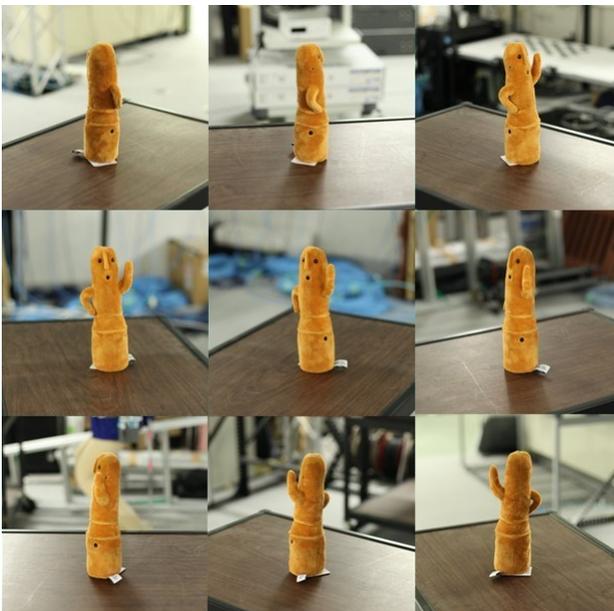


図3 生成されたバレットタイム映像の一例

5 説明文と映像が相互作用する ユーザインターフェースの構築

Web 環境ではフレームワーク Django を用いてサーバとクライアントを管理する。フロントエンドは HTML, CSS, JavaScript を用いてユーザインターフェースをデザイン

し、操作機能を開発する。バレットタイム映像は予め生成された映像データがデータサーバに保存されている。Web ページを読み込むと、API で多視点映像提示機能が呼び出され、Web ページで指定されたバレットタイム映像が提示される。図4に示すように、多視点映像と説明文を同時に提示するために、ユーザインターフェースを二つの領域に分割し、左区域にバレットタイム映像を提示し、右区域に作品に関する文章を提示する。左区域に提示されるバレットタイム映像の閲覧には、以下の操作が利用可能である。

- (1) バレットタイム映像の視点切り替え: マウスを用いて画面をストローク
- (2) ズームイン・アウト: マウスホイールを回す
- (3) 映像の自動視点切り替え: プレイボタン押下

様々な角度で被写体を観察することができる多視点映像の特性を用いて、映像と文章が相互作用する閲覧機能を提案する。本節では図3に示すような埴輪のぬいぐるみを例として説明する。

図4に示すインターフェース内のテキストを操作した場合の映像の連動動作について述べる。図5に示すようにユーザが説明文を読み、特定なキーワードをクリックすると、撮影したカメラの順番に映像の視点が切り替わる。視点の相対位置を提示し、ユーザを適切な映像の閲覧視点に誘導する。埴輪の場合、表記されているキーワードの「透穴」をクリックすると、現在の視点から透穴を観察しやすい視点に移動する。また、被写体の正面や背面などの特定な視点に切り替えることもできる。このように、文章からの視点切り替え操作により、被写体の外観特徴に関するユーザの理解を支援する。

一方で、バレットタイム映像の視点を切り替えると、図4に示すインターフェースのテキスト領域において視点に関する文字情報がハイライトされる。図6に示すように、埴輪の観察視点 C へ切り替えた場合、視点 C における特徴「透穴」の関連説明文がハイライトされる。このように、映像の視点を切り替えながら被写体の特徴を観察する方法では、多くの情報量を持つ説明文においてその特徴に関する詳しい情報が即時に提示されることから、ユーザの関心が高い情報を効率的に提示できる。



図4 立体芸術鑑賞インターフェース

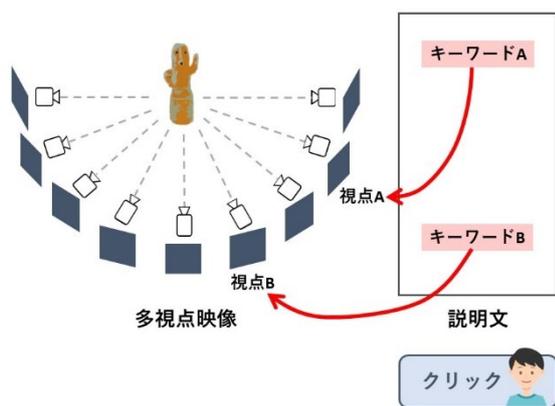


図5 文章への操作による映像への作用

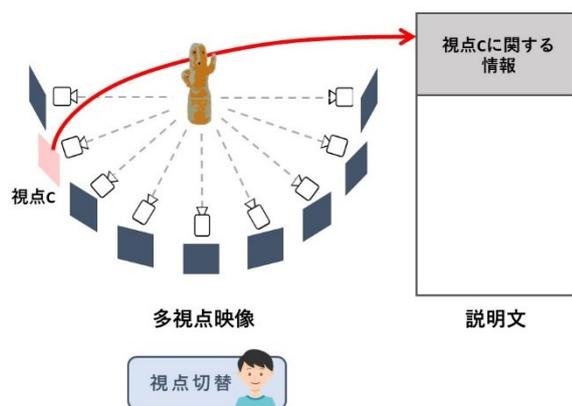


図6 映像観察視点の切替操作による説明文の強調

の全体画像と比較すると、ブレは比較的小さく、小さな被写体の映像より目立たない。このようなブレの発生を抑制するために、図7に示すようなカメラの高さと角度を固定可能なドリーを使う。図8に撮影した多視点画像の例を示す。

この撮影実験では、制作者の意見を参考にして実際に展示会で閲覧できるようなルートを撮影した。展示空間の制限により 360 度の撮影は困難であるが、展示空間の3次元情報は被写体とともに表現できる。また、展示空間の光線不足や水面展示による被写体の移動などの要因から撮影できない作品も存在した。撮影した多視点映像を電駆ビジョン株式会社の AnDonuts[16]に適用することで多視点映像閲覧 API を生成する。



図7 ドリー台にカメラを取り付けた様子

6 提案手法の実証実験

6.1 撮影実験

2019年7月20日に筑波大学芸術エリアにて開催された立体芸術を対象とする展示会「いしいし大事典」にて撮影実験を行った。「いしいし大事典」では、筑波大学芸術学群の学生のアイデアと茨城県内の石匠たちの技による「石匠の見世蔵プロジェクト 2019 コレクション」が公開された。その中で石像作品の8点を対象と定め撮影を実施した。

撮影機材は、Canon EOS 5D MarkII のカメラと EF24mm F2.8 IS USM のレンズを使用する。解像度は 5616x3744 である。被写体を平面上に固定し、一定の距離を保ちながら撮影を行い、バレットタイム映像を生成するための入力映像を取得する。この時、撮影する画像は光線と角度の影響から同じ位置でも明暗差が変化する。従って、バレットタイム映像の見え方が統一されるように、シャッタースピードや絞り値などのパラメータを固定値に設定する。カメラの高さと被写体に対する縦方向の角度差がある場合に体積が小さい被写体を撮影すると、バレットタイム映像は不連続なブレが発生する。大きい被写体も同じ状況が発生するが、大きい被写体



図8 展示会で撮影した作品の例

6.2 ユーザーインターフェースの実装事例

筑波大学と茨城県の石匠たちのコラボレーション企画「石匠の見世蔵プロジェクト」は、展示会を毎年開催し、作品紹介と制作の背景情報を載せたパンフレットを発行している。本節では展示会で撮影した映像と作品に関する情報を用いて、電子書籍の実装事例を紹介する。

「山高」というタイトルの作品では、360度の多視点撮影を実施し、45枚の入力画像から多視点映像を生成した。インタフェースの説明文の領域には、作品のサイズ・使用した素材・クリエイティブコンセプトなどの情報が記載されている。



図9 作品「山高」の実装事例

7 おわりに

本稿では、多視点映像と文章が連動するインタラクティブな電子書籍を作成し、立体芸術における閲覧方式を提案した。具体的には、ハイライトやポインティングなど説明文への操作によって多視点画像の視点を切替えたり、多視点画像の観察視点切替え操作によって説明文を強調表示したりといった多視点映像と説明文が相互に作用する閲覧機能を有するインタラクティブ電子書籍を提案した。提案手法の実証実験では、立体芸術を対象としたバレットタイム映像の撮影実験を実施し、撮影した多視点映像を提案手法へ適用した結果、実用可能な多視点映像と文章が連動する電子書籍を生成できることを確認した。提案手法の閲覧性を検証するため、今後は観察シーンの理解度を評価する実験を行う。さらに、NASA-TLX[17]によるメンタルワークロード測定を行い、インターフェースの機能を改善する。

本研究は科研費(17H01772) および(19H00806)の助成を受けたものである。

参考文献

[1] W. E. Lorensen and H. E. Cline, "Marching Cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm", ACM SIGGRAPH Computer Graphics, Vol.21, No.4, pp.163-169, 1987.
 [2] Y. Furukawa and J. Ponce, "Accurate, Dense, and Robust Multiview Stereopsis", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.32, No.8, pp.1362-1376, 2009.
 [3] G. Chaurasia, S. Dechene, O. Sorkine Hornung and G. Drettakis, "Depth Synthesis and Local Warps for Plausible Image Based Navigation", ACM Transactions on

Graphics, Vol.32, No.3, pp.30:1-30:12, 2013.
 [4] Nao Akechi, Itaru Kitahara, Ryuuki Sakamoto, Yuichi Ohta: Multi-Resolution Bullet-Time Effect; SIGGRAPH Asia 2014 Posters Article No.30, 2014.
 [5] Nobuyuki Kitamura, Yoshinari Kameda and Itaru Kitahara: A Method to Switch Multiple-View Videos Using Multi-Touch Interface; Asia-Pacific workshop on Mixed-Reality 2016 (APMR2016), 2 pages, 2016.
 [6] Ding Chen, Shinichi Higashino, Ryuuki Sakamoto: Optimizing Infinite Homography for Bullet-Time Effect; The 41st international Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH2014), 2014.
 [7] 4D Replay
<http://4dreply.com>
 [8] Magic360
<https://magictoolbox.com/magic360>
 [9] 渡邊 祐子, 高橋 満: 美術館経験と意味の構成; 東北大学大学院教育学研究科研究年報, 2013
 [10] Zhongyang Zheng, Bo Wang, Yakun Wang, Shuang Yang, Zhongqian Dong, Tianyang Yi, Cyrus Choi, Emily J. Chang, Edward Y. Chang: Aristo: An Augmented Reality Platform for Immersion and Interactivity; ACM Multimedia Conference, 690-698, 2017
 [11] 零 泰裕, 北原 格, 大田 友一: 複合現実感を用いた関心共用による展示物閲覧支援; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌/20(4)/pp.273-281, 2015-12
 [12] Andreas Dunser, Lawrence Walker, Heather Horner, Daniel Bentall: Creating Interactive Physics Education Books with Augmented Reality; The 24th Australian Computer-Human Interaction Conference, pp.107-114, 2012.
 [13] Vinumol K.P, Ashsish Chowdhury, Radhika Kambam, V. Muralidharan: Augmented Reality based Interactive Text Book; Virtual and Augmented Reality (SVR), 2013.
 [14] Raphael Grasset, Andreas Dunser, Mark Billinghurst: Edutainment with a mixed reality book: a visually augmented illustrative children's book; International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, pp.292-295, 2008.
 [15] C. Wu: Towards Linear Time Incremental Structure from Motion; Proceedings of the 2013 International Conference on 3D Vision, pp.127-134, 2013.
 [16] AnDonuts
<https://denqvision.com>
 [17] Hart, S. G. and Staveland, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index) Results of empirical and theoretical research; In P. A. Hancock and N. Meshkati (eds.), Human Mental Workload, North-Holland, 139~183, 1988.