

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03095

研究課題名（和文）アニメーション作画教育のためのVR学習支援教材の開発

研究課題名（英文）Development of VR Learning Support Materials for Animation Drawing Education

研究代表者

熊谷 武洋（Takehiro, Kumagai）

山口大学・教育学部・教授

研究者番号：20335780

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は状況論的アプローチを援用し初学者向けに動画技術の習得を支援する教材と学習環境の開発である。写真測量技術により計測された人体を3DCGモデル化し深度センサーによって挙動を計測・再現、それらをVRデバイスで仮想的な視点から観察する教材である。その教材を初学者に適用し簡易なフレームバイフレームの作画を試行した結果、適用前と比して人体挙動における時間的推移に連動する関節の回転と体幹の捻転表現などが意識化された表現が描出され教材の効果を確認することができた。今後の課題は更なる作画技術の品質向上と表現の多様性の獲得のため触覚などの視覚以外の感覚刺激を与えながら支援するための方法論の探求である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本のアニメ業界では素質を有する候補者に対して定型的な制作手法による教育方法が一般的だが、この方法は初学者を対象として表現力や多様性を伸ばすには不十分である。本研究の成果により動画作成者の不足問題の解消や難度の高い動画表現を美術科教育の一環として普及促進の期待ができる。

研究成果の概要（英文）：This research involves the development of educational materials and a learning environment design using a situational approach to support beginners in acquiring video production skills. The materials consist of human body data measured through photogrammetry and converted into 3D CG models. Movements are measured and replicated using depth sensors, allowing observation from a virtual perspective using VR devices. Applying these materials to beginners and attempting basic frame-by-frame animation revealed conscious representations such as joint rotations synchronized with temporal transitions in body movements and torso twisting, demonstrating the effectiveness of VR visual materials. The future challenges lie in exploring methodologies and developing systems to support animation by providing sensory stimuli other than visual stimuli, such as tactile feedback, in order to further improve the quality of animation techniques and achieve expression diversity.

研究分野：メディアコンテンツ

キーワード：デジタルコンテンツ デザイン 教育工学

1. 研究開始当初の背景

日本のアニメーション業界における映像制作会社や教育機関でのアニメーション教育の学習環境およびその手法は、潜在的能力を素質として有する候補者や能力が顕在化した習熟者に対して、熟達者による手本を基にした定型的な制作手法による類型表現を数多く行い慣熟させるという方法を採用している。しかし、学習者本人の素質や能力の有無に依存せずに表現能力を獲得させるといったことや従来とは異なる新しい表現力の拡張や多様性の探求といった目的には適さない場合が多い。

以上のことから従来の学習方法に汎用性・拡張性を付与するため、状況論的アプローチを援用し、行動主義的なアプローチと補完的に学習環境をデザインすることを着想した。

2. 研究の目的

本研究においては、アニメーションに関わる初学者を対象に動画技術を習得するための教材および教育手法を提案し稼働教材を開発する。フォトグラメトリ技術によって計測された人体形状を3DCGモデル化し、深度センサーによって各種人体挙動を計測・再現し、それらをVRデバイスによって時間推移を伴いながら仮想的な視点から観察するための教材を開発する。

3. 研究の方法

新たな学習理論とVR映像技術を活用した学習支援教材を開発するために、状況論的アプローチを援用し、3DCGによって構成されたVR視覚教材を情報呈示することにより、反復形式によらない方法を採用する。

VR教材は、従来の動画や連続写真といった視覚教材と比べ、高い臨場感の中で一定の方向からだけではなく、任意の角度から自由に対象物を観察することが出来るだけでなく、特定の部位だけを観察したり、それらの時間軸遷移状況を提示することができる。こうした機能は状況論的アプローチによる学習環境デザインにおいては重要な意味と効果を持つものと期待できる。このことから以下のデータおよび環境を構築、開発した。

人体モデル形成：写真測量技術を応用したフォトグラメトリ技術によって実際の人間を実測し、3DCGモデル化したものを人体素材とした。標本対象姿勢として立像に加え、伏臥や座位などの基本的な人体姿勢のデジタルデータ化を行った。姿勢に伴う標本化条件が多岐にわたり、多くの試行錯誤を要した。データ精度としては解像度の問題が残ったが、当該研究用途としては目的に適する結果をある程度得ることができた。

人体動作計測および挙動編集：深度センサーにてモーションのライブラリ化を行った。基本的な観察記録として4k60fpsによる精度にて人体の基本挙動を動画撮影してライブラリを作成した。普通撮影によるモノラル動画であるが、ステレオ3DCG画像と併せて利用することにより相乗的な効果を期待できると考えた。次いで深度センサーを用いてモーションのライブラリ化を行うための基本的な動作検証を行った。人体の挙動をトレースできる範囲や、周波数精度、限界域などを確認した。ただし、60fpsでは高周波の挙動の詳細を観察するには足りない場面があることが分かった。そこで解像度を上げて120fpsで行うことも試行したが、シャッタースピードの調整や照度を上げる必要が生じ、人体にマーキングを施すなどの処置を行って対処した。

スポーツ・運動など高周期成分が多く含まれる動作や日常的動作など満遍なく帯域分布する動作、踊りやパントマイムなど意図された周期成分が含まれる動作など人体が取り得る物理的に可能な動きを動画収録し、それらを解析して関節の空間位置と局所的な角度情報をFBX取得後人体モデルへ割り当てた。

閲覧システム開発：ライブラリデータを実空間で実写しただけでは得ることのできない様々な表示形態や視点にての観察を可能にするため3DCGVR立体視によるインタラクティブ機能を実装したVRコンテンツを実装した。

4. 研究成果

観察対象となる人体形状と人体動作の計測および編集に膨大な時間を要した。予想外の問題や不備などが頻出し、研究期間の5割を費やした。

人体形状は当初深度センサーを用いて行う予定であったが、計測器の精度問題や標本化条件の難しさなどがあり、最終的には写真測量との併用となり標本化と編集に時間を要した。写真測量技術を応用したフォトグラメトリ技術と、深度センサーによる立体スキャン技術によって実際の人間をモデルとして標本化を行った。フォトグラメトリについては2種類のソフトウェア

を用いて性能評価と効果を検証した。深度センサーについては、6種類の機器を用いて、その特徴や性能、目的との適合性を考慮し、当該コンテンツにおける有用性を検証した。その結果、細部の詳細よりも、トラッキングロスの少ないロバスト性の高い計測方法が有効であるとわかった。

人体動作については300を超える大量のモーションを標本化、処理、編集を行ったが、形状同様に精度問題や標本化条件の難しさがあり、教材として運用できる制度を保てるものが少なかった。そのためディープラーニング技術による画像認識サービスを併用し、モーションデータをトリートメントした。人体の基本挙動を動画撮影し素材作成後、それらを一般利用可能なディープラーニングによる動作推定処理ソフトウェアを用いて3Dの関節回転モデルを生成して汎用形式によるモーションライブラリーを作成した。その際、方式の異なる2種類の動作推定システムを比較した。加えて、動画撮影時における被写体及び撮影環境の条件を複数種類用意して最大効果を導出する検証作業を行った。また、赤外線センサーを用いた実測システムでの標本化の検証作業も併せて行った。実測の場合は、リアルタイム性が高いながらも、欠損データが多くなるため、今回の用途には合致しないことが分かった。

結果として運用できるモーションは50程度に留まるものであった。しかしながら方法論の有効性と教材の効果を評価するには十分な数は確保でき、研究計画全体の進捗を阻害する要因になるまでには至らなかった。

VR空間閲覧環境はSTYLYを用いた。当該システムはWebブラウザとVRHMDに対応したVR空間閲覧クラウドサービスである。

計測したモデルとモーションをDCCT上で編集し、ゲームエンジンUnityにてSTYLYのファイルとして最適化処理を行った。そして同様にUnity上のスクリプティングによってロジックを構成し、教材としてのアクティビティやインタラクションの機能を付与した。加えて教材としての有用性向上のために、モデルデータやモーションデータの再編集処理を加えて、描画速度の最適化と動作パフォーマンスの調整を行った

VR教材の有効性を検証するために、被験者によって実験群と統制群を設定し効果測定を行った。スケッチの際は、オニオンスキン技法が可能となるようライトトレース台の代用としてトレーシングペーパーと画版を用いて半透過状態で作画した。

実験モチーフ選定：(例 踊りなどの意図的や日常動作等)

被験者群：美術の専門教育を受けていない被験者を以下の3つの群に区分する

- A群(統制群として設定。教材なし) 処遇を何も与えず、スケッチを10枚作成
- B群(対照群として設定。従来教材) 提示教示を参照し、スケッチを10枚作成
- C群(実験群として設定。研究教材) VR教材を用いてあらゆる角度から任意に視点を移動したうえで観察し、10枚スケッチを作成

実験制作の流れ

提示教材によってスケッチ描画 これまで獲得した動作に関する知識の外化を行う

提示教材による動作をCGキャラクタ上にて観察 過去の体験による情報と現在の学習環境からの情報との相互作用を促し、認識のための観点を内在化させる

CGキャラクタ上にて体の部位毎の時間推移による歩行動作の変化の観察 によって内在化した観点から得られた情報の組織化を行う

提示教材によってスケッチ描画、よって得られた情報の収束化と再確認化を行う

実験制作物の評価

提示教材内の人体運動学的な要素(1)重心が意識されているか(2)角運動量が意識されているか(3)歩行力学の基本が理解されているか等が、成果に反映しているかどうかを目視にて判定し被験者間の効果測定を行った。なお評価については対象が芸術表現に区分される絵図であるため統計的な定量的方法ではなく実験主催者による主観的な定性的な印象評価に拠った。

動画として視認するため作画された絵をスキャニングし、GIFアニメーションとして動画化を行った。その際のタイミングは均等化し、3コマ落ちとして30秒間の動きとして再構成した。その結果として人体挙動における時間的推移に連動する関節の回転と体幹の捻転表現などが意識化された表現成果を得た。

作画品質自体は初学者の域を出るものではないが現象の観察から抽象化への変換が行われ時間の推移とそれに伴う形状変化が描出されていることを確認した。このことからVR視覚教材の効果を確認することができた。

今後の課題は、本教材の洗練化と教材ファイルの拡充、およびそれらを用いて作画するときの描画環境の設計である。今回は紙と鉛筆といった簡便な用具による作画であったが、デジタルデバイスを用いた方法による新たな方法を検討したい。そして将来的には実用レベルに至る作画技術の品質向上と表現の多様性の獲得のため触覚などの視覚以外の感覚刺激を与えながら作画支援するための方法論の探求とシステム開発を行っていきたいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------