

ARパペット: ライブパフォーマンスのための 拡張現実感による仮想エージェントの試作

片岡 瞳^{1,a)} 伊東 佑真^{1,b)} 小中 祐希^{1,c)} 大園 忠親^{1,d)} 新谷 虎松^{1,e)}

概要: 講義やプレゼンテーションなどのパフォーマンスにおいて、仮想エージェントとのインタラクションを含む演出は効果的な場合がある。しかし、そのようなコンテンツを作成するには、事前の準備・打ち合わせや、動画撮影後の編集作業といった手間がかかる。本研究では、この課題に取り組むため、ライブパフォーマンスのための AR パペットを実現する。AR パペットは、パフォーマンスを進行中のパフォーマー自身によって制御される拡張現実空間内の仮想エージェントである。本稿では、ライブパフォーマンスのための AR パペットについて検討し、これを制御するためのシステムについて述べる。

キーワード: 拡張現実, ライブパフォーマンス, AR パペット, 仮想エージェント

AR Puppet: Developing a Virtual Agent Based on AR Technology for Live Performance

Abstract: Performances such as lectures and presentations with interactions among a real performer and virtual agents can be beneficial, but editing such movies are time-consuming. We aim to realize a virtual agent for live performances with AR (Augmented Reality) technologies to support creating such movies. We have been developing an AR puppet, which is a virtual agent in an AR space. Moreover, performers can operate the AR puppet by themselves during their performance like puppet shows. We explore minimal operations of low cognitive load on the operations with AR puppets while conducting performances. This paper describes how to implement AR puppets for our live performance system.

Keywords: Augmented Reality, Live Performance, AR Puppet, Virtual Agent

1. はじめに

講義やプレゼンテーションなどのパフォーマンスにおいて、一人のパフォーマーによるモノログ形式だけでなく、対話形式を取り入れることが効果的な場合がある。例えば講義動画の場合では、視聴者は動画中の講師と生徒の対話を観察することで学習効果を得られる可能性がある [1]。人間のパフォーマーと仮想エージェントとのインタラクションを含むパフォーマンスを支援する研究もされている。しかし、そのようなコンテンツを作成するには、事前の準備・

打ち合わせや、動画を撮影後の編集作業といった手間がかかる。この課題に取り組むため、ライブパフォーマンスを進行しながら制御が可能な仮想エージェントを実現する。

本研究では、AR(Augmented Reality) 技術を利用し、拡張現実空間内の仮想エージェントである AR パペットを開発する。AR 技術を用いることで、映像中の立体的な座標を取得可能になる点に着目した。現実空間内のオブジェクト (例えば、講義動画においてはスライド・黒板等) や人間のパフォーマーの骨格等を検出し、仮想エージェントとのインタラクションを実現する。また、AR 技術を利用することで、物理的な環境に縛られず利用可能であり、ホワイトボード、ポスターなど様々な資料を用いたパフォーマンスに AR パペットを利用できると考えた。近年の AR 技術は、Apple 社の iOS 端末など、汎用的なモバイル端末で利用可能であり、特別な装置を必要としない点が優れている。

¹ 名古屋工業大学
Nagoya Institute of Technology

a) eye@toralab.org

b) higashi@toralab.org

c) konayu@toralab.org

d) ozono@toralab.org

e) tora@toralab.org

本研究の先行研究として、講義動画作成を聴覚的な観点から支援するための技術を開発してきた [2]。音声のみならず、視覚的な観点から視聴者である生徒の興味維持や学習パフォーマンスの向上を支援するため、講義動画への AR パペットの導入を検討した。これまで、AR パペットを利用した講義動画のための動画作成環境を試作した [3]。講義やプレゼンテーションの動画中のエージェントとして AR パペットを利用する場合は、動画を撮影中にパフォーマンスの進行を妨げないような操作方法の検討が重要である。

また、AR 絵本・AR ナビゲーションといった AR アプリケーション内のエージェントとして利用する場合について検討する。この場合、AR コンテンツとして出力されるため、ユーザは端末のカメラを通して、様々な方向からコンテンツを眺めることが可能である。このような AR コンテンツの作成は手間がかかるため、AR アプリケーション開発を支援するための研究が多くされている [4][5]。AR パペットの 3 次元的な動作を表現するにあたり、AR パペットの演出作成を支援する必要がある。我々は、これまで AR 絵本の作成を題材とし、実物を用いた教示による演出作成支援機構を開発した [6]。

本稿では、特に講義動画作成を想定し、ライブパフォーマンスのための AR パペットとその制御システムについて述べる。以降の構成を以下に示す。2 章では、関連研究について述べる。3 章では、ライブパフォーマンスのための AR パペットの設計について、演出効果、操作方法などの観点から検討する。4 章では、AR パペットの制御システムの機能や構成について述べる。5 章では、AR パペットの考察について述べる。最後に、6 章で本稿についてまとめる。

2. 関連研究

プレゼンテーションやテレビ番組、広告といった様々な目的で、動画中にグラフィックスを組み合わせて、表現豊かなパフォーマンスを作成する演出が用いられる。グラフィックスを後処理として動画に追加する場合もあるが、天気予報やカメラアプリのビデオフィルターなど、リアルタイムでグラフィックスを操作する場合がある。このようなライブパフォーマンスにおける演出効果を用いた動画作成支援の研究が行われている。

Saquist ら [7] は、プレゼンテーションの動画において、発表者のジェスチャーや姿勢をトリガとして、リアルタイムにインタラクティブな演出効果を追加するシステムを開発した。これにより後からプログラミングや煩雑な動画編集によるプレゼン映像とグラフィックスの合成を行う必要はなく、ライブパフォーマンス中に直感的に演出効果を制御可能である。Matulic ら [8] は、ライブプレゼンテーションにおいて、発表者のジェスチャーによって動作するアバターをスライドに表示するシステムを開発した。発表者が

プレゼンテーションコンテンツの一部となり、データや図などの要素とインタラクションを行う試みである。ここでは、特に発表者とスライド上のコンテンツ両方に集中する必要がないという点に着目している。また、Trinh ら [9] は、仮想エージェントとの共同プレゼンテーションを実現するためのシステムを開発した。仮想的な共同発表者の存在が、発表者の不安を軽減し、自信を向上させたことを実証している。仮想エージェントが聴講者の注意を引くことで、発表者の緊張を軽減し、さらに発表の単調さを解消したといった結果が得られている。

また、ライブパフォーマンス中に、2D キャラクターをリアルタイムに制御する研究も行われている。ライブアニメーションはアニメーション作成の新たな方法であり、動画配信サービスやテレビ番組などにおいて用いられるようになった。ライブアニメーションシステムは、人間の頭の動きのトラッキング、音声に応じたリップシンク、または音声コマンドやキーボードによる制御などがよく用いられている。しかし、ライブパフォーマンス中にこれらを制御することが難しいといった問題が存在する。例えば、音声コマンドは直感的な操作だが、パフォーマンスの一部としてスピーチが含まれる場合は制御が難しい。Willet ら [10] は、マルチタッチインターフェースによって、リアルタイムに 2D アニメーションを制御するためのシステムを開発している。ここでは、キャラクターはレイヤー化されたイラストによってポーズを変更可能なアートワークで表現される。このような手法を用いることにより、既存のアートワークを再利用することや、既存のモデルに他のキャラクターの画像を適用すること、静止画である漫画や絵本のイラストをアニメーションさせることが可能になる [11]。

リアルタイムにアニメーションコンテンツやキャラクターの動きを作成する研究もされている。Barnes ら [12] が開発した Video Puppetry は、キャラクターの動作を実演することによって、すべての技術レベルのユーザがカットアウトアニメーションを短時間で作成できるようにするシステムである。オーバーヘッドカメラを使って実オブジェクトであるパペットの動きをトラッキングし、ユーザの手を取り除き、それらをレンダリングする。物理的なパペットを用いて動作を実演することはあらゆる年齢層や技術レベルの人々が容易にストーリーを伝えることができる直感的なアプローチであり、11 歳の子どもを含む初めてのユーザが、この手法を使ってオリジナルのアニメーションを作成できたことを示している。Held ら [13] が開発した 3D Puppetry は、実オブジェクトである人形を Kinect センサの前で動かして、3D アニメーションを作成するシステムである。3D Puppetry では、複数のキャラクターが同時に動くアニメーションを作成するため、レイヤードアニメーションをサポートする。ユーザは、異なる人形の動作を別々に記録してから 1 つのアニメーションに統合

することが可能である。Slyper ら [14] が開発した Mirror Puppeteering は、ロボットの玩具のジェスチャーを簡単に作成するためのシステムである。ユーザはウェブカメラの前でロボットの手足を動かすだけでアニメーションを記録できる。ロボットに取り付けたマーカーを追跡し、マーカーの位置とモーター角度に基づいてアニメーションを作成する。このシステムは、ウェブカメラと安価なアクチュエータのみで実行可能であり、低コストで習得が簡単なシステムを実現している。

本研究では、パフォーマーがリアルタイムに制御可能な AR パペットを開発し、ライブパフォーマンスのための動画作成を支援する。ライブパフォーマンスの動画中に AR パペットを用いた演出効果を追加するシステムを実現する。これにより、撮影前の綿密なシナリオの作成や撮影後の動画編集作業に要する負担の軽減を目的とする。

3. ライブパフォーマンスのための AR パペットの設計

本章は、ライブパフォーマンスにおいて人間と仮想エージェントとの対話を演出するための AR パペットの設計について、制御、必要な演出効果、見た目などの観点から検討する。

3.1 AR パペットの制御

AR パペットが満たすべき制約条件は、(1) 必要な演出効果を実現可能であること、(2) パフォーマンスを継続しながらパフォーマー自身で操作可能であること、(3) 簡便に利用可能であることの3点である。制約条件 (1) の必要な演出効果を実現可能であることとは、ここではパフォーマーと AR パペットによる対話の演出が可能であることを意味する。制約条件 (1) の必要な演出効果について、多様な演出効果が可能であれば多様なコンテンツを作成可能になるが、AR パペットの操作が煩雑になることが予想される。制約条件 (2) のパフォーマンスを継続しながらパフォーマー自身で操作可能であることとは、パフォーマーにとって認知的負荷が軽いということの意味する。また講義やプレゼンテーションのパフォーマンスを行う上で、パフォーマーが前を向いて制御が可能であることも重要である。撮影後の編集作業を可能な限り省略するためには、パフォーマンス中に AR パペットをパフォーマー自身で操作可能であることが有効であると考えられる。制約条件 (1) と (2) は、トレードオフの関係にある。演出効果の種類を増やしても、実際のライブパフォーマンス中には運用できないと予想される。制約条件 (3) の簡便に利用可能であることとは、汎用機器のみで実現可能であること、および AR パペットの操作者を別途必要としないことを意味する。制約条件 (2) を緩和するためには、パフォーマー以外が AR パペットを操作すれば良いが、パフォーマーと AR パペッ

ト操作者との事前の準備が負担になると考えられる。

制約条件 (2) を満たすために、半自律制御が可能な AR パペットを実現することとした。AR パペットの操作として、自律制御、半自律制御、および手動制御が考えられる。自律制御は、パフォーマーの認知的負荷の軽減に有効であると考えられるが、技術的に困難である。手動制御は、操り人形のようにパフォーマーが全てを操作することを意味するが、認知的負荷が高い。ここでの半自律制御では、パフォーマーの簡単な操作により、演出を再生することを意味する。

制約条件 (3) を満たすために、制約条件 (2) で示した半自律制御を実現する。また、汎用機器として Apple 社の iPhone もしくは iPad 上で実現することとした。iPhone もしくは iPad は、AR の機能を標準的に利用可能であり、また動画作成のための撮影機器としても優れている。

3.2 AR パペットの演出効果

AR パペットを絵本や人形劇のようなストーリーの登場人物として用いることを想定した場合、AR パペットが移動・回転する演出効果が必要である。または、講義やプレゼンテーションなどの仮想プレゼンターとして用いる場合には、相槌や、資料を指し示す、聞き手に挨拶するといった動きの演出効果が必要であると考えた。さらに、特に講義動画の作成を想定し、視聴者である生徒に「声に出して読む」、「メモをとる」といったアクティビティを促すために、AR パペットがこれを行うような演出効果を実現することで、視聴者の学習を支援すると考えた。

演出効果をライブパフォーマンス中で利用する方法として、2つ検討する。1つ目は、パフォーマーがリアルタイムに操作を行い、AR パペットの動きを表現する方法である。これはモーショントラッキングなどの技術により、直感的に操作が可能であると考えた。しかし、ライブパフォーマンス中に制御することは困難であるため、部分的に用いることが望ましい。2つ目は、事前に AR パペットの動きの演出効果を作成しておき、パフォーマンスの進行に応じて任意のタイミングで再生するという方法が考えられる。これは、パフォーマンス中に複数回用いられるような決まった動作を利用する場合に都合が良いと考えた。パフォーマンスの進行に可能な限り影響を与えない入力をトリガとする必要がある。

3.3 AR パペットの見た目

パペットの表示方法について、パペットを画面上に平面的に表示する方法と、AR 空間内に立体的に表示する方法を検討した。パペットを AR 空間内の 3D オブジェクトとして表示することで、カメラの方向によって様々な方向から AR パペットを撮影することや、現実の環境に応じた表



図 1 左: 2D 画像を利用した AR パペットの例. 右: パーツ分けされており, 頭や手足を動作させることが可能.

現を実現することが可能である. 現実の環境に応じた表現とは, 例えば現実の床の上に AR パペットを立たせる, 現実空間内のオブジェクトの位置を考慮した AR パペットの配置・移動, 人間のパフォーマーとのインタラクティブな振る舞いなどである.

AR パペットは 2D 画像を利用したものと, 3D モデルを利用したものの 2 通りを検討した. 2D 画像を利用した AR パペットの例を図 1 に示す. ここでは, 人形の写真から背景を切り抜いた画像を元に作成している. 講義動画に必要な演出効果を実現するため, 胴体, 右腕, および左腕の 4 つのパーツに切り分け, それぞれのパーツにボーンを設定する処理を行い, 頭や手足を動作させることを可能にした. 3D モデルを作成するよりも簡単な工程で実現できるが, 動画ではなく AR コンテンツとして出力する場合は, 平面的な表現のみでは不十分な場合があると考えられる. 3D モデルを利用した AR パペットの例を図 2 に示す. ここでは, 人間の 3D モデルを利用して試作した.

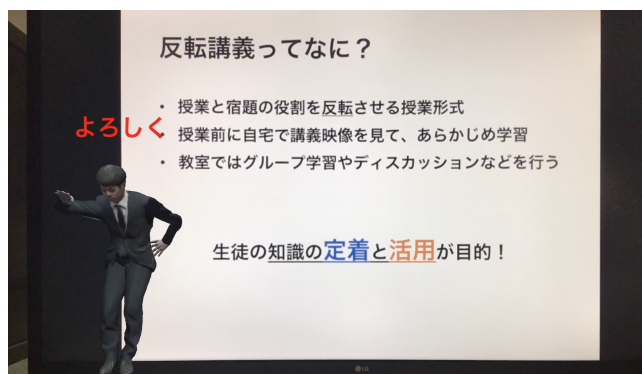


図 2 人間の 3D モデルを利用した AR パペットの例

講義動画に必要な AR パペットについて検討する. 講義動画において, AR パペットの見た目は視聴者の学習意欲に関わるため, 重要な要素である. また, 講師の説明よりも AR パペットの動きに目を向けてしまうといった, AR パペットが過度に視聴者の注意を引いてしまう問題が懸念される. そのため, 必要な場面でのみ部分的に用いる, 対象とする視聴者に合わせたデザインを用いるなどの工夫が

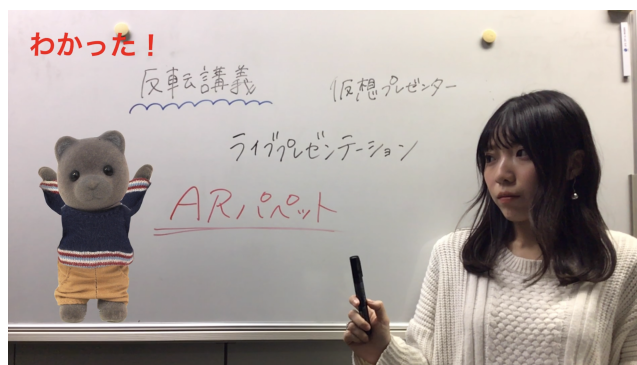


図 3 演出再生機能の実行例

必要である. 出力が動画の場合は, 2D 画像を利用した平面的な AR パペットでも問題ないと考えられる. 挨拶, 相槌, 指し示すといった講義動画に必要な演出効果を実現するため, 人のような四肢をもつ AR パペットを実現する.

4. ライブパフォーマンスのための AR パペット制御システム

本システムは, 人間のパフォーマーと AR パペットとの対話の演出を含む動画作成を支援するため, 動画を撮影中のパフォーマー自身の簡単な操作によって AR パペットを制御するシステムである. これにより, 撮影前の綿密な打ち合わせや, 撮影後の編集作業などの負担の軽減を目的とする. 本章では, 特に講義動画の作成を想定し, 必要な機能とその実装について述べる.

4.1 機能

動画において, AR パペットとの対話の演出を取り入れたパフォーマンスを実現するための機能について議論する. (i) 演出再生機能, (ii) ポインティング機能, (iii) ボディトラッキング機能, (iv) 講義資料検出機能, (v) クローズアップ機能, の 4 点を検討することとした.

(i) 演出再生機能とは, パフォーマーが意図したタイミングで, 事前に登録済みの AR パペットのアニメーションを実行するための機能である. ボタン入力などをトリガとして実行される. 講義動画においては, 冒頭の挨拶などの状況に応じて決まった動作を再生したい場合に用いる. 図 3 は, 演出再生機能の実行例である. ここでは, 講義動画において生徒役の AR パペットが人間の講師の解説を理解したという場面を想定している. AR パペットの頭上には「わかった!」という発言が表示され, 両手を上げるモーションを実行している.

(ii) ポインティング機能は, パフォーマーの操作によって AR パペットが講義資料の任意の点まで移動し, 指し示すための機能である. 動画を撮影中にリアルタイムに操作することで, パフォーマンスの進行に合わせ, 柔軟な対応が可能であると考えた. 例えば講義動画においては, AR

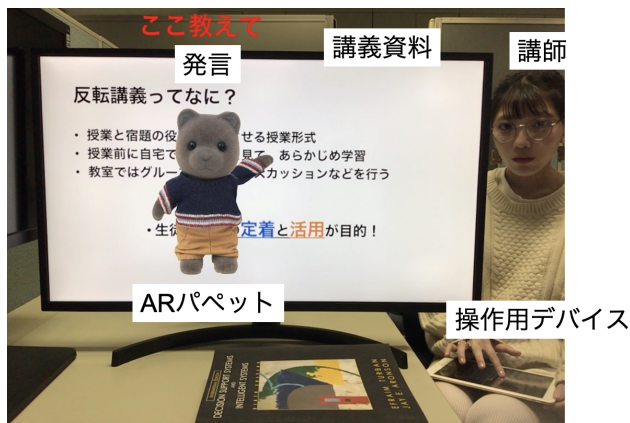


図 4 撮影用デバイスの画面. ポインティング機能を実行している.

パペットが黒板のある部分について言及するという場面で、該当部分を AR パペットがポインティングすることで、視聴者の注意をその箇所へ向けるといった使い方が想定される。図 4 はポインティング機能の実行例である。パフォーマーである講師 (図 4 右) は、手元の操作デバイスのタッチスクリーンを操作してポインティング箇所を入力している。操作デバイスの画面上の座標は、動画における講義スライドの領域と対応しており、パフォーマーの入力に応じて講義資料上のポインティングが実行される。パフォーマーがポインティングを開始すると、AR パペットはポインティング座標まで移動し、その点に向けて腕を回転する。また、ポインティング実行中に AR パペットの頭上には「ここ教えて」という発言が表示される。

(iii) ボディトラッキング機能は、パフォーマーの身体の動きやリップシンクを AR パペットに適用するための機能である。AR パペットが発言するという場面で用いる。(i) のように決まった動作を再生するだけではなく、パフォーマーがリアルタイムに AR パペットの動きを制御する機能が必要であると考えた。講義動画においては、上半身のボディトラッキングによって、AR パペットの発言中のリップシンク、相槌、手振りなどを表現するといった使い方が考えられる。

(iv) 講義資料検出機能は、AR 技術に基づく平面検出を用いて、AR パペットの自動設定などを行う機能である。撮影用デバイスで本システムを起動すると、カメラ映像から平面検出を開始する。パフォーマーはあらかじめ講義資料を平面として検出を行ってから講義を開始する。この操作により、本システムは講義資料の位置・大きさ・向き等を認識する。次に、検出した講義資料情報に基づき、AR パペットの自動設定を行う。AR パペットの位置・大きさ・向きは、講義資料情報に応じて相対的に自動決定する。パフォーマーは撮影用デバイスのカメラでスライドを映す動作のみで AR パペットの配置を行うことが可能である。

(v) クローズアップ機能は、講義資料の位置、AR パペットの位置、またはパフォーマーの位置に応じて画面の一部

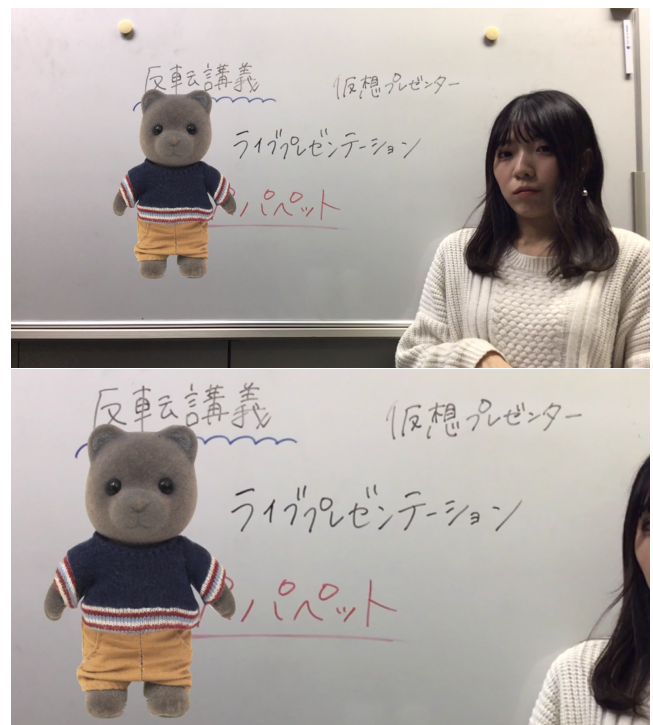


図 5 クローズアップ機能の例. 上: クローズアップ適用前. 下: クローズアップ適用後. AR パペットの位置を元にトリミングを行う.

分をクローズアップすることで、撮影中に画面レイアウトを変更するための機能である。AR 技術に基づく平面や人間の座標検出が可能であるため、自動で座標に応じたクローズアップを行い、編集作業の負担を軽減できると考えた。また、(iii) の実行中において、パフォーマーは一人二役で AR パペットとの対話を演出するため、動画の視聴者は AR パペットの発言とパフォーマーの発言を区別しにくいという問題がある。そこで (v) の機能により、視聴者の注意を AR パペットに向け、AR パペットが発言中であることを強調することも可能である。これは、(ii) の機能と併せて用いることで、パフォーマーはクローズアップする箇所を調整することが可能である。

4.2 システム構成

図 6 は、本システムを利用した動画撮影環境におけるハードウェア設置の様子である。動画撮影環境には、講義資料、操作デバイス、および撮影用デバイスが含まれる。講義資料は、スライドや黒板、ホワイトボードなどである。講義映像は撮影用デバイスのカメラを用いて撮影する。操作デバイスは、AR パペットを操作するためのデバイスであり、パフォーマーである講師の手元にある。撮影用デバイスは、講師、講義資料、および講義の音声を含む講義映像を撮影し、また、AR パペットの表示や講義資料の検出など、AR 技術に基づく機能を担う。本システムにおける AR 機能は Apple 社の ARKit を用いて実装したため、撮影用デバイスはこれを利用可能な iOS 端末である。ま

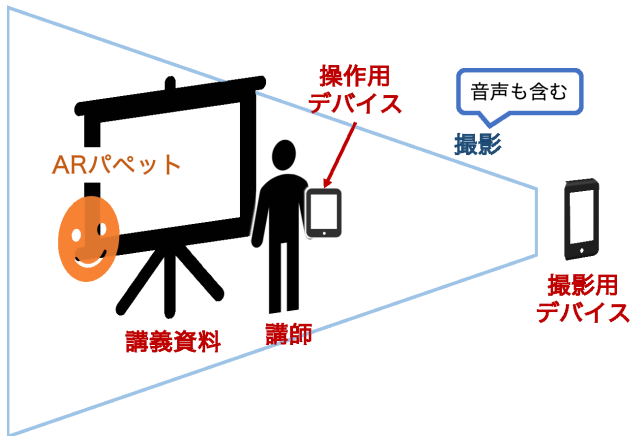


図 6 動画撮影環境におけるハードウェア設置の様子

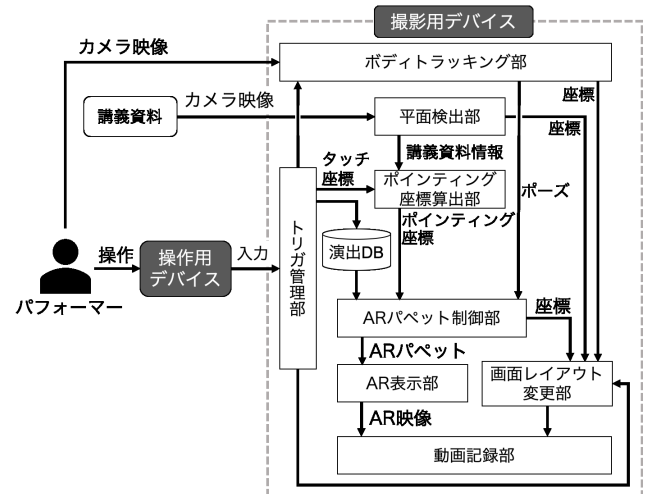


図 7 システム構成図

た、講師は操作デバイスのタッチスクリーンおよび音量ボタンによって AR パペットを操作する。本稿における実行環境は操作デバイス、撮影用デバイスともに iPad を用いた。

図 7 に本システムの構成図を示す。本システムは、主に操作デバイスと撮影用デバイスによって構成される。撮影用デバイス内の各機能について説明する。平面検出部は、主に (iv) 講義資料検出機能のための部分である。カメラ映像から講義資料を検出し、AR 空間内における位置や大きさなどを認識する。トリガ管理部は、パフォーマーによる操作デバイスからの入力に応じて、(i) (iii),(v) の各機能の実行を管理する。ポインティング座標算出部は、(ii) ポインティング機能を実現するための部分である。検出した講義資料の情報と、操作デバイス画面のタッチ座標から、ポインティング座標を算出する。ボディトラッキング部は、主に (iii) ボディトラッキング機能を実現するための部分である。カメラ映像より人間のパフォーマーの位置や姿勢を検出する。AR パペット制御部は、(ii) ポインティング機能を実行した場合は、ポインティング座標算出部から受け取ったポインティング座標を元に AR パペットのポーズを変更する。または、操作デバイスの音量ボタン入力により (i) 演出再生機能が実行された場合は、対応する演出を演出 DB から受け取り、AR パペットに適用する。(iii) ボディトラッキング機能が実行中の場合には、ボディトラッキング部から受け取ったポーズに基づいて AR パペットのポーズを制御する。AR 表示部は、カメラからの講義映像に AR パペットを追加した AR 映像を作成し、画面へ出力する。動画記録部は AR 映像を保存する。画面レイアウト変更部は、(v) クローズアップ機能を実現するための部分である。操作デバイスからの入力に応じ、講義資料、AR パペット、パフォーマーの位置を受け取り、AR 映像のトリミングを行う。

5. 考察

AR パペットを利用した講義動画作成のための演出効果について議論する。講義動画の作成において、AR パペットと人間の講師との対話の演出を用いることについて、AR パペットを仮定の生徒役として利用することを検討した。AR パペットが生徒の考えを代弁したり、ヒントを与えることで生徒の思考を促すことや、生徒にとって実際の講義時間における議論のための予行演習にもなることなどが期待できる。生徒役の AR パペットと人間の講師との質疑応答というシナリオを想定し、ポインティング機能と「わかった」という演出効果を実装した。動画中で AR パペットが講師にわからない内容を具体的に質問することで、視聴者である生徒の理解促進や、実際の教室での授業における学習支援を目的とする。また、動画を作成する講師は、実際の対人の講義に近いスタイルで講義が進行できると考えた。また、講師の説明を、AR パペットが改めて要約・繰り返しして発言することで、視聴者の生徒の学習を支援するという使い方が考えられる。ただ見る・聞くのみの学習だけでなく、アクティビティを行うことが望ましい。そこで、AR パペットが「声に出して読む」、「メモをとる」、「線を引く」、「自分の言葉で説明する」などのアクティビティを行うことで、視聴者にもそれを促すといった演出効果が必要である。

次に、AR パペットの見た目に関して考察する。本システムにおいて、視聴者の好みに合わせて AR パペットの見た目を変更したい場合や、内容に合わせてパフォーマーが動画作成時に AR パペットの見た目を変更したい場合が想定される。複数の 3D モデルから選択できるようにする機能、人形の画像などを取り込み 2D の AR パペットを生成する機能などによって、見た目の変更が実現できると考えられる。

AR パペットの操作方法について議論する。ボタン入力

などの AR パペットの操作によってパフォーマーの動きが制限される問題に対する解決策として、パフォーマーのジェスチャをトリガとして演出を再生する方法が考えられる。この方法では、画面を目視する必要がなく、ボディトラッキング機能の拡張として、機材を増やすことなく実現できると考えられる。しかし、正確さの問題や、状況によってはジェスチャを実行することでライブパフォーマンスに影響を及ぼす可能性がある。また、パフォーマーはジェスチャを記憶することが望ましいため、ジェスチャと対応する演出のマッピングは直感的でなければならない。または、あらかじめ決められたフレーズによる音声コマンドをトリガとする方法も考えられる。例えば、講義動画においては、「ここはメモするポイントです」というフレーズをトリガとして、AR パペットに「メモをとる」演出効果を適用する。

前で述べた通り、本システムを用いた動画作成環境では、撮影中のパフォーマーは前を向いてライブパフォーマンスを継続しながら、AR パペットを制御可能であることが重要である。そのための工夫として、ポインティング機能のタッチ操作は操作デバイス（タッチスクリーン）と講義資料の領域を対応づけ、演出再生機能の入力には音量ボタンを割り当てた。講師が手元の画面に視線を向ける動きを軽減することをねらいとしている。講義動画の作成においては、パフォーマーである講師の視線など講義の進行に影響を与えないための工夫が重要であることが改めて確認できた。

AR パペットの位置・向き・大きさなどは、AR 技術に基づく講義資料の検出により、自動で設定を行うようにした。また、講義資料、AR パペット、およびパフォーマーの検出により、クローズアップの位置を自動で決定し、撮影中に画面レイアウトを変更することが可能になる。これらの機能によって、撮影後の編集作業を軽減することが可能であると考えた。

3.3 節で述べた通り、パペットを画面上に平面的に表示する方法も考えられる。例を図 8 および図 9 に示す。ここでは、AR 空間内の立体的な座標ではなく、講義資料よりも上のレイヤーにパペットが重畳表示されている（図 8、図 9 それぞれ右下）。また、人間の講師が切り抜かれた映像も同様に表示されている（図 8、図 9 それぞれ左下）。図 8 は講師とパペットが向かい合って講義を行うという演出を実現している。講師のボディトラッキングに基づきパペットを制御している。図 9 は、講師の操作するポインタへパペットの視線を向けさせることで制御している。パペットが講師の説明している箇所に注目しながら講義を聞いているという演出を実現している。

6. おわりに

特に講義動画の作成を想定し、撮影中のパフォーマーの

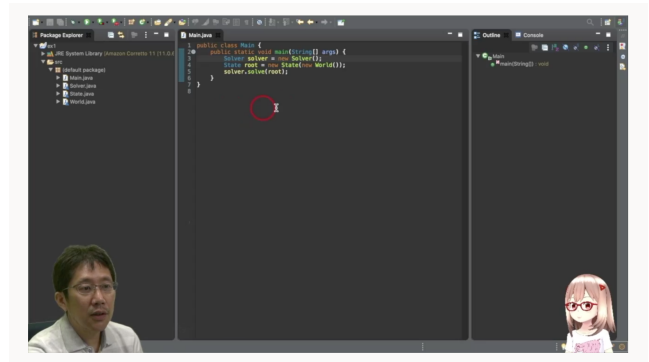


図 8 パペットを画面上に平面的に表示している例。画面のキャプチャ映像を講義資料として用いている。

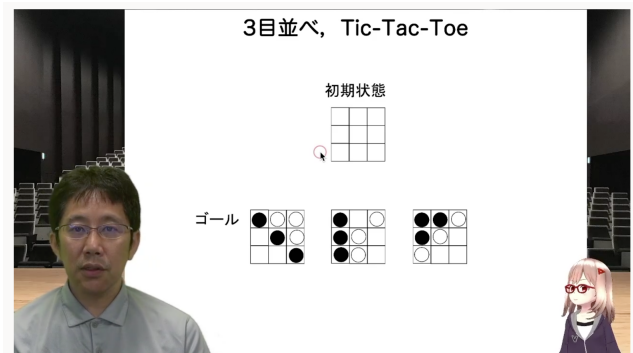


図 9 パペットを画面上に平面的に表示している例。スライドを講義資料として用いている。

操作によって動作するライブパフォーマンスのための AR パペットの開発について述べた。AR パペットと人間のパフォーマーによる対話の演出を含む講義動画を実現するための演出効果や操作方法を検討した。具体的には、AR パペットと講師による質疑応答のための演出効果や、操作デバイス（タッチ・ボタン）入力、またはボディトラッキングによる AR パペットの制御などを試作した。撮影中のパフォーマー自身による AR パペットの制御と、AR 技術に基づく実物の座標検出等によって、事前の綿密な打ち合わせや、撮影後の編集作業の手間を軽減することが期待される。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 19K12097, 19K12266 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] M. T. H. Chi, S. Kang and D. L. Yaghmourian: “Why Students Learn More From Dialogue- Than Monologue-Videos: Analyses of Peer Interactions” Journal of the Learning Sciences, Vol.26, No.1, pp.10-50(2017).
- [2] 松浦辰雄, 大岡忠親, 新谷虎松: 反転授業における音声明瞭性を考慮した講義映像作成支援システムの開発, 第 16 回情報科学技術フォーラム, Vol.16, No.4, pp.81-84(2017)(FIT 論文賞受賞).
- [3] 片岡瞳, 落合裕也, 大岡忠親, 新谷虎松: AR パペットに基づく仮想プレゼンターを用いた反転講義用動画作成環境について, 研究報告知能システム (ICS), Vol.197, No.5,

- pp.1-7(2020)(学生奨励賞).
- [4] R. C. Mota, R. A. Roberto, and V. Teichrieb: “Authoring tools in augmented reality: an analysis and classification of content design tools” *Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp.164-167(2015).
 - [5] M. Nebeling, J. Nebeling, A. Yu, and R. Rumble: “ProtoAR: Rapid Physical-Digital Prototyping of Mobile Augmented Reality Applications” *Proc. of CHI’18*, Paper No.353, 12p(2018).
 - [6] H. Kataoka, T. Ozono, and T. Shintani: “Realizing an Effect Editor for AR Pop-up Picture Books by Teaching Motions” *IDDC2019, IEEE*, pp. 989-994(2019).
 - [7] N. Saquib, R. H. Kazi, L. Wei, and W. Li: “Interactive Body-Driven Graphics for Augmented Video Performance” *Proc. CHI’19, ACM*, No.622, 12p(2019).
 - [8] F. Matulic, L. Engeln, C. Träger, and R. Dachsel: “Embodied interactions for novel immersive presentational experiences” *Proc. CHI EA’16, ACM*, pp.1713-1720(2016).
 - [9] H. Trinh, L. Ring, and T. Bickmore: “DynamicDuo: Copresenting with Virtual Agents” *Proc. CHI’ 15, ACM*, pp.1739-1748(2015).
 - [10] N. S. Willet, W. Li, J. Popovic, and A. Finkelstein: “Triggering Artwork Swaps for Live Animation” *Proceedings of the 30th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp.85-95(2017).
 - [11] X. Fan, A. H. Bermanno, V. G. Kim, J. Popović, and S. Rusinkiewicz: “Tooncap: A layered deformable model for capturing poses from cartoon characters” *Proceedings of the Joint Symposium on Computational Aesthetics and Sketch-Based Interfaces and Modeling and Non-Photorealistic Animation and Rendering, Expressive’18*, Article No.16, 12p(2018).
 - [12] C. Barnes, D. Jacobs, J. Sanders, D. Goldman, S. Rusinkiewicz, A. Finkelstein, and M. Agrawala: “Video Puppetry: A Performative Interface for Cutout Animation” *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, Vol.27, 5, No.124, pp.1-9(2008).
 - [13] R. T. Held, A. Gupta, V. Curless, and M. Agrawala: “3D Puppetry: A Kinect-based Interface for 3D Animation” *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 423-434(2012).
 - [14] R. Slyper, G. Hoffman, and A. Shamir: “Mirror Puppeteering: Animating Toy Robots in Front of a Webcam” *Proceedings of the 9th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, pp.241-248(2015).