

Virtual Reality を活用したイラスト用 資料写真撮影システム

橘田 武徳^{1,a)} 井尻 敬¹

概要：本研究では、イラスト用資料写真を準備する手間の軽減を目的とし、Virtual Reality (VR) を活用した資料写真撮影システムを提案する。提案システムにおいて、ユーザは、Head Mounted Display を装着して都市や学校など所望の VR 空間に入り込み、VR 空間内にポーズを指定可能なデッサン人形や 3 次元モデルを配置し、コントローラに付与されたカメラにより写真を撮影する。資料写真を用意する通常の手順では、実際に撮影地に行く必要やデッサン人形を撮影して背景写真と合成する必要がある一方で、提案システムでは、VR 空間にて 3 次元モデルやデッサン人形を含めた撮影を行える。提案システムの有用性を評価するため、デッサン人形を利用して資料写真の作成を行う通常の方法と提案手法を比較するユーザスタディを実施した。結果、実験参加者 4 名のうち 3 名が、提案システムを使うことでより短い時間で資料写真を作成できた。また、作成した資料写真をもとに作成者自身にラフィラストを描いてもらったところ、4 名のうち 3 名が、提案システムで作成した資料写真に基づくラフィラストを高く評価した。

1. はじめに

人物を含むイラスト制作では、被写体の人物に多様なポーズをとらせ多様な構図を用いて描くことで、豊かな表現が可能になる。しかし、描ききれないポーズや構図を利用する場合、その構造に対して描き手の知識が不足していると、3 次元的に正しいイラストを描くことは難しい [1]。そこで、多様なポーズや構図で 3 次元的に正しいイラストを制作できるために実世界で撮影した資料写真が広く用いられる。

イラストのための資料写真とは、制作したいイラストと同じまたは似た構図で撮影した写真である。資料写真を作成するには、制作したいイラストと似た被写体を用意し、似た構図で撮影する必要がある。特に、制作したいイラストが人物を含む場合には、所望のポーズをとった人物を含めて撮影するか、所望のポーズを取らせたデッサン人形を撮影し後から背景写真に合成する必要がある。このため、資料写真の準備はとても手間がかかる作業である。

本研究では、資料写真準備の手間の軽減を目的とし、Virtual Reality (VR) を活用した資料写真撮影システムを提案する (図 1)。提案システムのユーザは、都市や学校など、所望の VR 空間に入り込み、VR 空間内を探索しながら撮影場所を決定する。この VR 空間では、ポーズを指定



図 1: VR を活用した資料写真撮影システム。ユーザは、VR 空間に 3 次元モデルやデッサン人形を配置し、コントローラを用いて写真を撮影できる。

可能なデッサン人形や 3 次元モデルを自由に配置できる。モデルやデッサン人形の配置後、ユーザは、コントローラを利用して VR 空間にて写真撮影を実施する。撮影時、写真の画角や撮影する高さを自由に変更でき、また、通常のレンズだけでなく魚眼レンズも利用可能である。提案シス

¹ 芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology
^{a)} ma21049@shibaura-it.ac.jp

テムを用いることで、デッサン人形を含む資料写真を手軽に作成できる。

提案システムの有用性を評価するため、ユーザスタディを実施した。このユーザスタディでは、実験参加者に、実世界と提案システムで資料写真の作成を実施してもらい、さらにその資料写真を元にラフィラストを描いてもらった。結果、実験参加者4名のうち3名が、提案システムを使った場合により短い時間で資料写真の作成を行えた。また、4名のうち3名が、提案手法で作成した資料写真を用いたラフィラストを高く評価した。

2. 関連研究

本章では、既存の写真を編集したり組み合わせたりすることで所望の画像を得る手法と、Mixed Reality (MR) や VR を画像生成に利用する手法を紹介する。

2.1 写真編集による画像の生成手法

Tao らは、ユーザがテキストラベル付きのスケッチを入力すると、画像検索により複数の画像を取得し、スケッチに合うように画像を合成する Sketch2Photo を提案した [2]。Robert らは、画像中の消失点や直線を操作することで、画像の変形を行う手法を提案した [3]。また、写真の構図に注目して、所望の構図を持つ写真を検索できる手法も提案されている [4]。これらの手法は、イラストや既存の写真から所望の構図の写真を作るものであり、イラスト用の資料写真の作成に利用できる可能性がある。しかし、これらの手法では、事前に描きたい構図が定まっている必要があり、様々な構図を模索しながら資料写真を作成することは難しい。

2.2 MR・VR 技術を利用した画像の生成手法

MR 技術を利用して映画製作におけるプリビジュアライゼーションを行う手法が提案されている [5], [6], [7]。プリビジュアライゼーションとは、映画製作時のストーリーボードのうち、細かなアクションやカメラワークを3次元CGにより、撮影前に事前にシーンを可視化することである。大島らは、俳優が Head Mounted Display を被って MR 空間に入り込み CG のキャラクターを見ながら演技できるシステムを提案した [5]。このシステムは、CG 映像と俳優が合成されたカメラ映像を確認できる機能も提供する。Ichikari らは、事前に3次元空間にキャラクターなどの前景物体を配置しておき、撮影現場でカメラを移動しながら撮影すると、現実の背景に3次元物体が合成された映像がリアルタイムに生成されるシステムを提案した [6], [7]。これらのシステムは、MR 技術を利用することで、多様な構図を探索しながら画像を生成する手法の一例と考えられる。

本研究とより関連の深いものとして、カメラワークや構図の検討に VR 技術を利用する手法が研究されている。

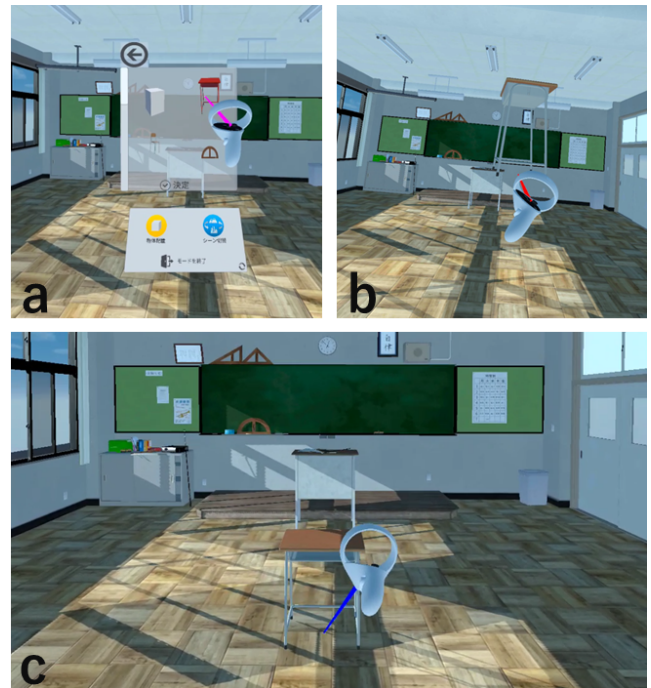


図 2: 3次元モデル配置機能。ユーザはライブラリから3次元モデルを選択し (a)、モデルのプレビュー表示を確認し (b)、スティック操作でそのモデルを配置する (c)。

Daniel らは、映画制作時のカメラワークの決定を VR 空間で行うことを提案した [8]。また、武藤らは、VR 空間内で指定された構図に従って写真撮影を行う写真練習支援システムを提案した [9]。これらの手法では、VR 空間にて様々な構図を検討しながら所望の画像を作成できる。しかし、これらの手法は、イラスト素材写真のためのものではなくカメラワークを決定するためのものである。そのため、決まった3次元 VR シーンにおいて写真を撮影することは可能だが、被写体となる人物モデルを自由に変更しながら写真撮影を行うことは難しい。

3. VR を活用した資料写真撮影システム

3.1 提案システムの概要

本研究では、VR 空間で写真撮影を行うことで、手軽にイラスト用資料写真を制作できる手法を提案する。まずユーザは、スタンドアロン型 VR ヘッドセット (Meta Quest 2) を装着し VR 空間に入る。続いて、ユーザは、写真撮影を実施したいシーンを選択する。様々な背景のイラスト用資料写真を制作できるよう、提案システムは、学校や仮想都市、遊園地、豊洲など、9種類のシーンを提供する。次にユーザは、VR 空間にて所望の背景・構図を探索し、VR 空間に物体やデッサン人形を配置する。最後に、カメラ機能により VR 空間にて写真撮影を行い、資料写真を取得する (図 1)。

3.2 3次元モデルの配置

イラストに含まれる小物などを、資料写真内に自由に配置できると便利である。そこで、本研究では、VR空間に様々な3次元モデルを配置できる機能を提供する。まず、ユーザはコントローラ操作により物体配置機能呼び出し、ライブラリから3次元モデルを選択する(図2a)。選択したモデルはコントローラから出るレイの先にプレビュー表示され(図2b)、ユーザがスティックを押し込むとその位置に配置される(図2c)。コントローラ操作により、一度配置したモデルを移動・回転することが可能である。

3.3 デッサン人形の配置

人物を含むイラストの資料写真には、描きたいポーズをとった人物を実際に配置することや、描きたいポーズをとったデッサン人形の写真を重ね合わせることが多い。そのため、VRを用いた資料写真作成においても、自由にポーズを編集できるデッサン人形を配置できれば便利である。そこで本研究では、VR空間にデッサン人形を配置できる機能を提供する(図3a)。

まずユーザは、物体配置機能を起動し、ライブラリからデッサン人形を選択する。続いて、ユーザは、デッサン人形の初期ポーズを選択する。提案システムには、5グループ(アクション、立ち、座り、寝そべり、ポーズ無)、101種類のポーズが用意されており、ユーザは好きな初期ポーズを選択する(図3b, c)。このポーズ選択機能により、所望のポーズに似たポーズをとったデッサン人形の配置を行える。

デッサン人形には、ポーズ編集のアンカーが付与されており(図3e)、ユーザは、コントローラ操作によりアンカーを自由に移動できる。提案システムでは、二つのコントローラを利用して2つのアンカーを同時に編集することも可能である。このアンカー操作のインターフェースは、Saitoらの提案したVRを活用したキャラクタアニメーションデザイン手法[10]を参考に設計した。また、このアンカーは、撮影時には非表示にできる。

3.4 VR空間における写真撮影

イラスト用の資料写真撮影では、様々なアングルや画角で被写体を撮影し、よい構図を探索する。VR空間における資料写真撮影でも、様々な視点位置や画角で何度も撮影を行えると便利である。そこで、本研究では、VR空間にて写真撮影を行える機能を提供する。

提案システムにおいて、右コントローラのグリップボタンを押すとカメラ機能が起動する。カメラが起動すると、右コントローラの上にカメラの液晶モニタを模したカメラモニタが表示され、ユーザはこれを参照しながらトリガーを押すと写真を撮影できる。また、コントローラのスティック操作により、通常レンズ、広角レンズ、望遠レン

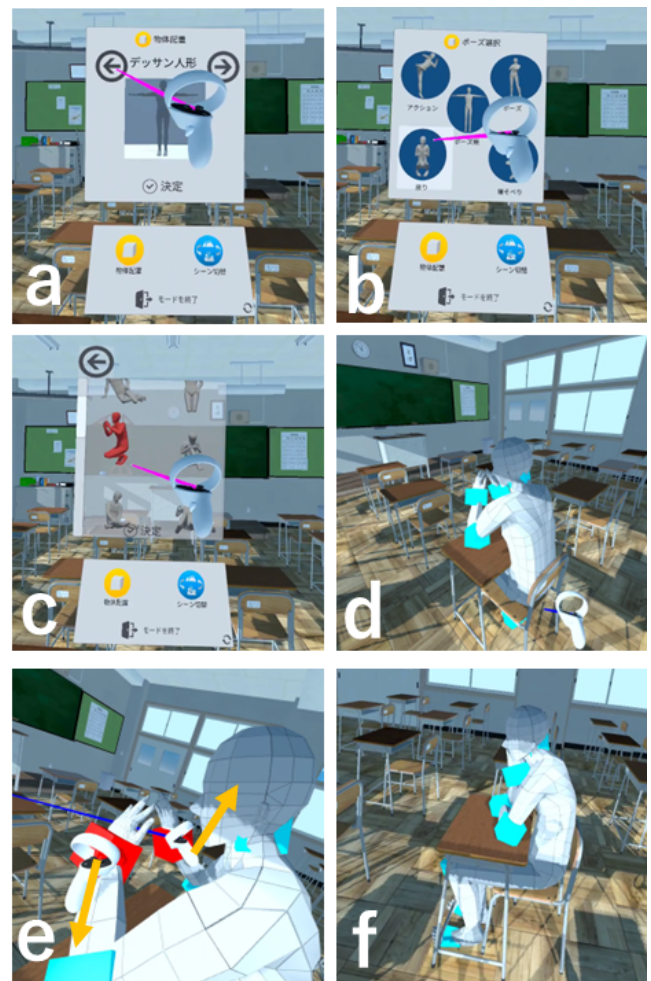


図3: デッサン人形の配置. ユーザは、物体配置機能よりデッサン人形を選択し(a)、初期ポーズのグループと(b)、詳細な初期ポーズを選択し(c)、コントローラのレイにより配置場所を決定する(d)。また、デッサン人形のアンカーを移動することでそのポーズを微調整することが可能である(e, f)。

ズを切り替えられる(図4a-c)。撮影したすべての写真は、アルバムに登録され、左コントローラのグリップボタンを押すことで、確認できる(図5)。

提案システムでは、左コントローラのボタン操作により、視点の高さを自由に変更できる。自身の身長を大きく超えた視点から写真を撮影することも可能である。また、右コントローラのボタン操作により、レンズに様々な強度の魚眼エフェクトを付与することができる(図4d)。このように、VR空間を活用することで、実世界よりも自由度の高い撮影が可能となる。

4. ユーザスタディ

提案システムの有用性を評価するため、実世界における資料写真作成とVRを利用した資料写真作成(提案手法)を比較するユーザスタディを実施する。実験の流れは下記のとおりである。実験参加者は、ユーザスタディの概要に

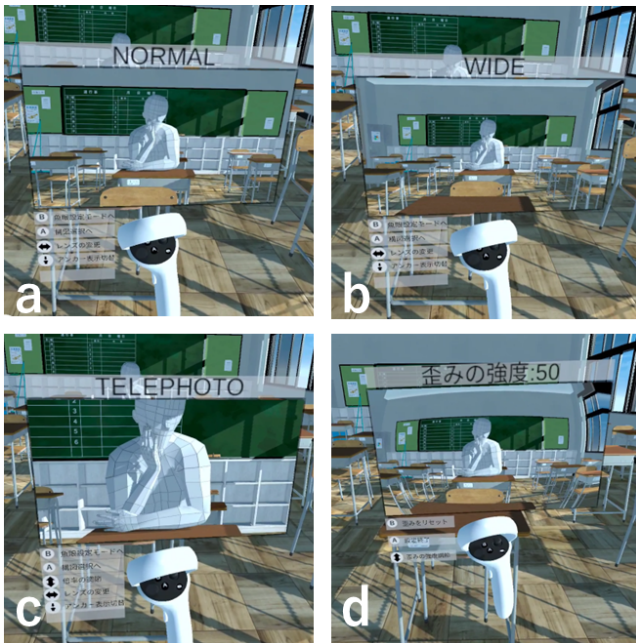


図 4: カメラ機能. ユーザは, 通常レンズ (a), 広角レンズ (b), 望遠レンズ (c) を切り替えられる, また, レンズに魚眼エフェクトを付与することも可能である (d).



図 5: アルバム機能. ユーザは, 左コントローラのグリップボタンを押すことでアルバム機能呼び出し, 拡大したい写真を選択して手元に拡大写真を表示する.

関する説明を受け, 練習タスクを実施する. 練習タスクでは, 与えられた目標画像と似た資料写真を, 実世界における写真撮影と VR を用いた写真撮影の 2 通りで実施する. 続いて, 実験参加者は, 本タスクを実施する. 本タスクでも, 与えられた目標画像と似た資料写真を, 実世界における写真撮影と VR を用いた写真撮影の 2 通りで実施する. 本タスクでは, 実世界・VR を用いた撮影で同じ目標画像を利用する. 加えて, 本タスクでは, 作成した資料写真を実際にトレースしてラフィラストを作成する. さらに, 作成した資料写真の自己評価を行い, 提案システムの使いや

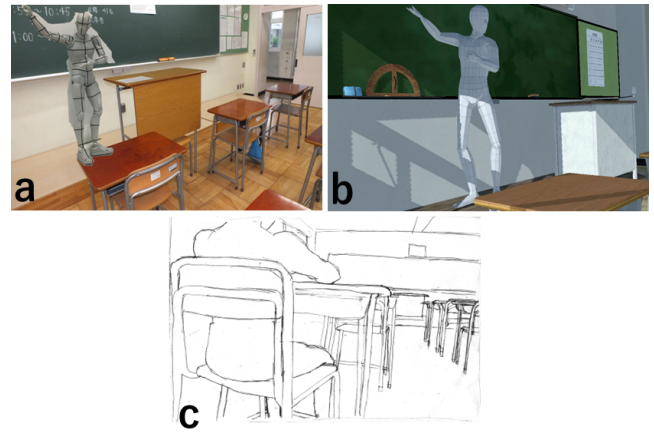


図 6: 目標画像. (a) 練習タスク・実世界撮影, (b) 練習タスク・VR 撮影, (c) 本タスク (実世界・VR で共通).

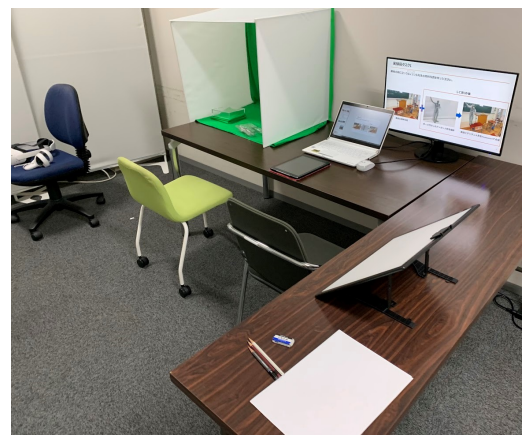


図 7: ユーザスタディの実験環境.

すさに関するアンケートに回答する.

図 6(a, b) に練習タスクにて提示した目標画像を示す. この画像は「黒板の前に立って教えている先生」のイラスト資料写真であり, 実世界撮影用のもの (a) は資料写真集 [11] の写真にデッサン人形の写真を合成することで作成し, VR 撮影用のもの (b) は提案手法により作成した. また, 図 6(c) に本タスクにて提示した目標画像を示す. この画像は, 「椅子に座って手を机に置いている生徒」のラフィラストである. この画像は, 資料写真集 [11] の写真にデッサン人形の写真を合成し, 得られた画像をトレースすることで作成した. 本タスクでは, 実世界撮影と VR 撮影の両方で共通の目標画像を利用した.

実世界における資料写真作成. ユーザスタディは, 撮影ボックス・トレース台・ノート PC が設置された環境で実施する (図 7). 実世界における資料写真作成において, 実験参加者は, デッサン人形にポーズ付けをして, グリーンバックが設置された撮影ボックス内で iPad により撮影する. 続いて, 撮影したデッサン人形の写真をノート PC に取り込み, Microsoft PowerPoint を利用して, 背景写真とデッサン人形の写真を合成する. 合成時には, PowerPoint の背景削除ツールや, 拡大縮小・回転・移動機能を自由に

利用できる。

なお、本実験では、利用すべき背景写真（目標画像の作成に利用したもの）を実験参加者に事前に提供する。これは、背景写真の検索にかかる時間自体は、本実験の関心外のためである。

提案手法を利用した資料写真作成。提案手法を利用した資料写真撮影において、実験参加者は、提案手法の提供する教室シーンにて資料写真を作成する。教室には机や椅子モデルがあらかじめ配置されており、参加者は椅子の位置を修正し、デッサン人形のポーズ修正と配置を実施した後、人形の後方から写真を撮影する。タスク中、アルバム機能により写真を確認し、所望の写真を撮影できたと参加者本人が判断したら、その時点でタスクを終了する。

5. 結果と考察

大学生4名の協力のもと、上述のユーザスタディを実施した。参加者全員が、VRの使用経験とイラストを描いた経験はほぼ無いとのことであった。

本タスクにおいて参加者が作成した資料写真を図8に、資料写真をもとに描かれたラファイラストを図9に示す。実世界で作成した資料写真（図8上）を観察すると、デッサン人形と背景写真のサイズ感が合っていないようなミス（A, D）や、手の位置が机に合っていないようなミス（A, B, D）が認められる。一方、提案システムで作成した資料写真からは、サイズ感のミスマッチや、手の位置の誤りなどは認められなかった。提案システムを利用すると、VR空間内において様々な視点からデッサン人形の位置や姿勢を確認できるため、デッサン人形を3次元的に正しい位置・ポーズで配置しやすいと考えられる。

さらに作成したラファイラストを作成者自身に比較してもらったところ、参加者Cを除いて、提案システムで作成した資料写真をもとに描いたラファイラストのほうが良いと回答した。参加者Cは、『提案システムで作成した資料写真は備品など細かい備品も撮影できているが、実世界の資料写真の方が構図が良く、どちらも良い』と回答した。また、ラファイラスト描画について、ある実験参加者より「VRで撮影した写真のほうが線がくっきりしていて、トレースしやすい。」という意見があった。これは、実世界の背景用資料写真では、カメラのピンボケにより後方のオブジェクトがぼけていたためだと考えられる。一方、提案手法は、3次元モデルをそのままレンダリングするためピンボケは起きず、結果としてトレースしやすい画像が生成されたと考えられる。

次に、本タスクに要した時間を表1に示す。この表より、資料写真作成については、参加者4名中3名が、提案システムを使った場合により短い時間でできたことが分かる。一方、ラファイラストの描画においては、手法間に明確な違いは認められなかった。

表 1: タスクに要した時間 (s)

| | 資料写真作成時間 | | | ラフ描画時間 | | |
|-------|----------|-----|-----|--------|-----|------|
| | 実世界 | VR | 差 | 実世界 | VR | 差 |
| 参加者 A | 522 | 394 | 128 | 492 | 641 | -149 |
| 参加者 B | 642 | 479 | 163 | 939 | 509 | 430 |
| 参加者 C | 776 | 691 | 85 | 767 | 976 | -209 |
| 参加者 D | 458 | 471 | -13 | 727 | 567 | 160 |

本タスクを終了した後、提案システムの使いやすさに関する6つの項目の質問に対して、5段階のリッカート尺度（1: 全くそう思わない, 5: 強くそう思う）で回答してもらった。結果を図10に示す。

質問6「本システムで、今回のお題以外にも様々な構図の資料写真が撮影できると思いますか」のスコアは高く、平均値は4.75であった。このことより、実験参加者の多くが、提案システムを様々なイラスト用の資料写真作成に利用できると感じたことがわかる。一方、質問2「デッサン人形の配置は使いやすかったですか」のスコアは低く平均3.5であった。これは、デッサン人形配置に必要な操作の種類が多かったためだと考えられる。デッサン人形の配置には、テレポートやポインティングだけでなく、デッサン人形の配置・アンカーの移動などの操作も必要であったため、操作方法を覚えきれず、デッサン人形編集時に誤って移動をしてしまうような参加者も確認された。実際、ある参加者は『操作ボタンを忘れてしまうため、説明をどこかに書いてほしい』とコメントした。そのため、操作方法を常に手元に表示することや、より誤りが少なくなるよう操作方法を見直すことは、重要な将来課題である。

最後に、主著者が提案システムを用いて作成した資料写真の例を図11に示す。提案システムでは、ユーザスタディで利用した校舎シーンだけでなく、都市や遊園地など様々なシーンを背景にした資料写真を作成できる。

6. まとめと展望

本研究では、VRを活用したイラスト用資料写真撮影システムを提案した。提案システムでは、VR空間に3次元モデルやデッサン人形を配置し、カメラ機能を利用して写真撮影を行うことで、イラスト用の資料写真を作成できる。提案システムの有用性を評価するためユーザスタディを実施したところ、実験参加者4名中3名が実世界における写真撮影と比べて提案手法を用いた場合に短時間で資料写真を作成できた。また、4名中3名の参加者が、提案システムで作成した資料写真を使ったラファイラストを高く評価した。

現在の提案システムの課題の一つは操作の複雑さである。ユーザスタディにおいて、誤った操作を行う実験参加者が確認された。この解決のため、手元に操作方法の表示を行うことや、機能を少なくシンプルにしたモードを提供する

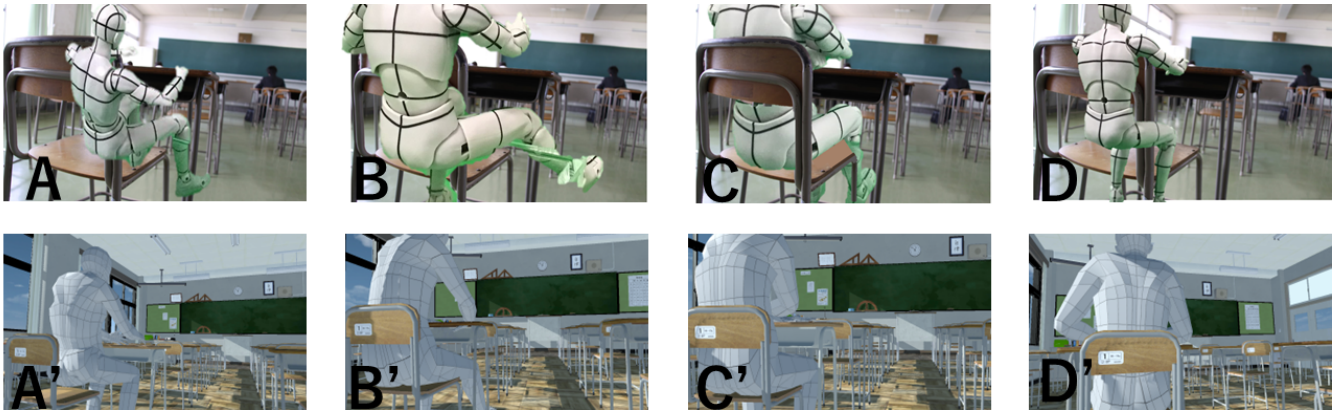


図 8: 実験参加者が作成した資料写真。上段は実世界で作成した資料写真, 下段は提案手法を利用して作成した資料写真. 左から, 参加者 A, 参加者 B, 参加者 C, 参加者 D が作成したもの.

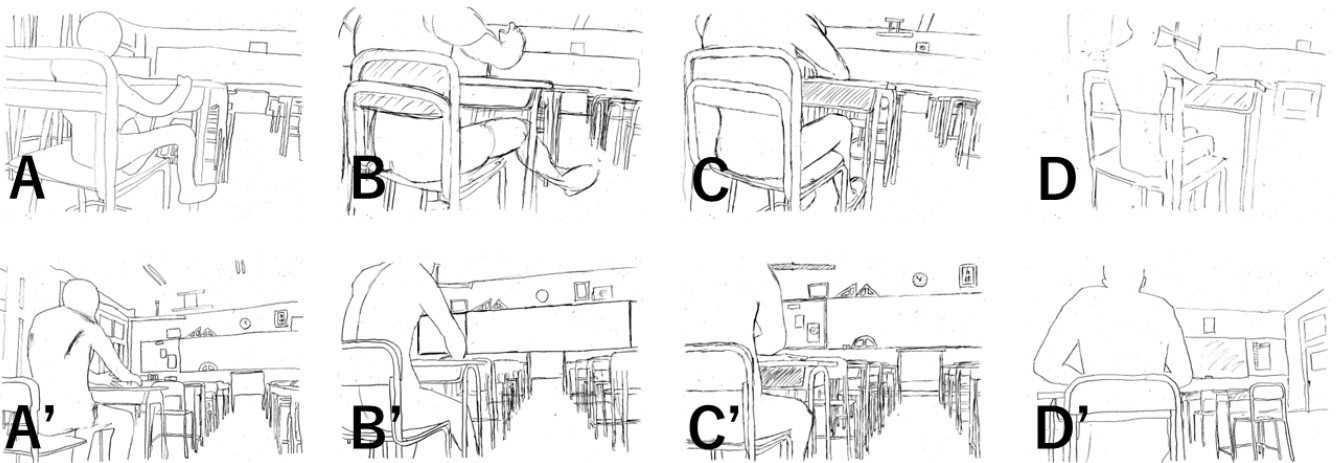


図 9: 実験参加者が描画したラファイラスト. 上段は実世界で作成した資料写真を利用したラファイラスト, 下段は提案手法で作成した資料写真を利用したラファイラスト. 左から, 参加者 A, 参加者 B, 参加者 C, 参加者 D が作成したもの. イラストの明瞭化のため, 本図では, Photoshop を用いてレベル補正を行った.

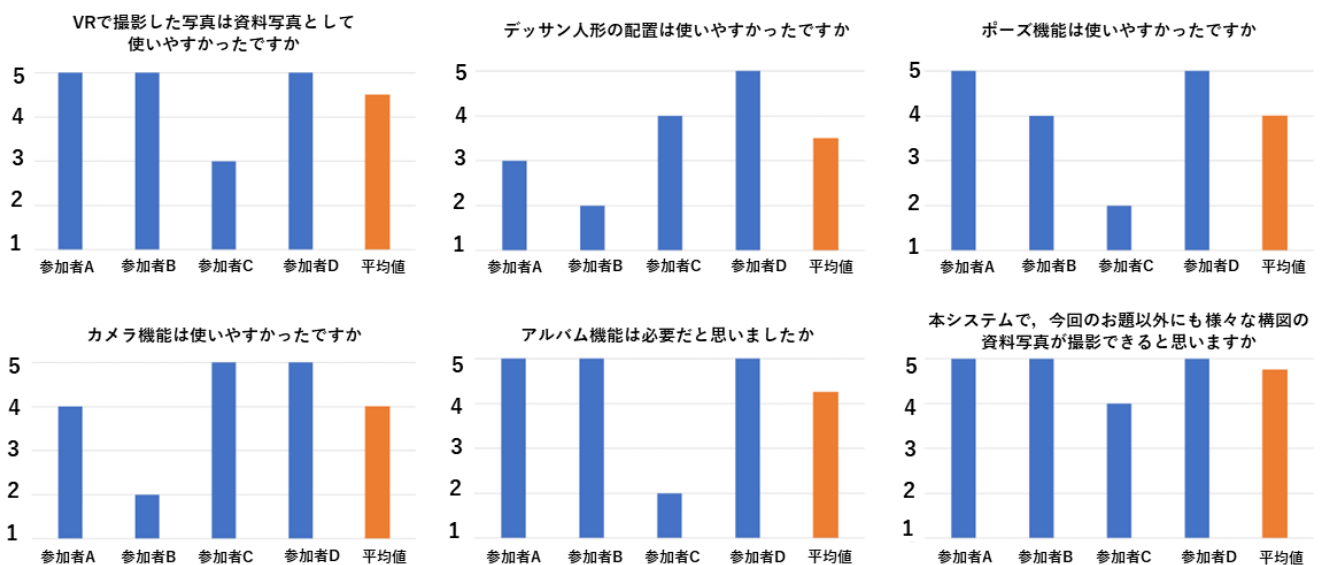


図 10: アンケートの結果.

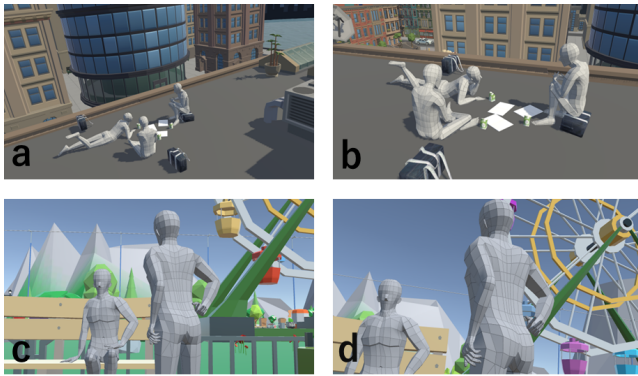


図 11: 提案システムによる資料写真の作成例.

ことが将来課題である。また、デッサン人形の複雑なポーズの指定を少ない操作で行える手法にも取り組みたい。

参考文献

- [1] 高橋拓, 中村聡史. 作画ミス見落としに関する基礎調査とその防止のためのイラストの自動遮蔽システムの実現. 第191回 HCI 研究会, No. 9, pp. 1-8, 2021.
- [2] Tao Chen, Ming-Ming Cheng, Ping Tan, Ariel Shamir, and Shi-Min Hu. Sketch2photo: Internet image montage. *ACM transactions on graphics (TOG)*, Vol. 28, No. 5, pp. 1-10, 2009.
- [3] Robert Carroll, Aseem Agarwala, and Maneesh Agrawala. Image warps for artistic perspective manipulation. In *ACM SIGGRAPH 2010 papers*, No. 127, pp. 1-9, 2010.
- [4] 松田莉奈, 秋岡明香. 構図情報を用いた画像クラスタリング. 第82回全国大会講演論文集, Vol. 2020, No. 1, pp. 235-236, 2020.
- [5] 大島登志一, 黒木剛, 小林俊広, 山本裕之, 田村秀行. 2001年 mr 空間の旅: 複合現実感技術の映像制作分野への応用. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 7, No. 2, pp. 219-225, 2002.
- [6] 一刈良介, 別府大輔, 小川直昭, 川野圭祐, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行. Mr-previz: 映画制作のための複合現実型プレビジュアライゼーション. 第2回デジタルコンテンツシンポジウム講演予稿集, pp. 2-4, 2006.
- [7] Ryosuke Ichikari, Ryuhei Tenmoku, Fumihisa Shibata, Toshikazu Ohshima, and Hideyuki Tamura. Mixed reality pre-visualization for filmmaking: On-set camera-work authoring and action rehearsal. *The International Journal of Virtual Reality*, Vol. 7, No. 4, pp. 25-32, 2008.
- [8] Daniel Hawes, Rob Teather, Ali Arya, and Max Krichenbauer. Assessing the value of 3d software experience with camera layout in virtual reality. In *2019 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*, pp. 179-182. IEEE, 2019.
- [9] 武藤駿嗣, 井尻敬. Virtual reality 空間における写真撮影練習システムの提案と評価. 第196回 HCI 研究会, No. 33, pp. 1-7, 2022.
- [10] Tsubasa Saito and Takashi Ijiri. Animating various characters using arm gestures in virtual reality environment. In *The Adjunct Publication of the 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 29-31, 2021.
- [11] ARMZ. デジタル背景カタログ学校編. マール社, 2012.