

実物体の把持移動に適合する AR 描画システムの構築と評価

Development and Evaluation of a AR Drawing System suitable for real time gripping movement by using Kinect

稲留 広貴
Hiroki Inatome

曾我 真人
Masato Soga

和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

Virtual human figures have been used in the conventional human figure sketch learning support system. A learner selects one of the virtual figures for a motif. However, the learner could not intuitively manipulate the virtual human figure in real time to change the posture of the figure for learner's favorite pose. Therefore, in this research, we propose a method to change the posture of the virtual figure model intuitively by using the drawing doll as a tangible interface. Specifically, it uses PCL which can acquire point cloud data from RGB-D camera with KINECT, then it acquires and tracks the three-dimensional coordinates of the real object and superimposes and displays the virtual human figure on the real drawing doll. In the verification experiment tracking accuracy was verified and the improvement of the system was discussed.

1. はじめに

1.1 研究背景

近年でのスキル学習支援に関する研究は、技能継承だけでなく災害学習やリハビリテーションなどの分野においても広く行なわれている。また、現実空間を仮想物体によって拡張するAR(Augmented Reality)の技術が一般化するにつれて、AR分野での研究も行われるようになってきている。そこで、ARとの親和性の高い学習支援として、人物画スケッチ学習支援システムが挙げられる。しかし、従来の人型の仮想物体を利用した人物画スケッチ学習支援システムでは、事前に用意された人型モチーフを選びスケッチを行うというもので、モチーフに対しリアルタイムに自分で好きなポーズをさせることが出来なかった。この問題を解決することによって、より直感的な操作が可能なモチーフ姿勢決定システムが実現できる。

1.2 先行研究

従来の人物画スケッチ学習支援システムに関する研究として、山田卓らが2011年に発表した「視点を自由に設定できる人物画の輪郭線スケッチ学習支援環境の構築」が挙げられる(1)-(3)。この研究は、本研究と同じく人物画スケッチ学習支援環境の構築を目的としている。この研究では、3DCGの人型モチーフを自由な視点から構図を決定し、人物画スケッチの骨格と輪郭線の診断を可能にした。しかし、このシステムでは事前に用意された複数のモデルの中から、好きなポーズのモデルを選ぶというもので、自分で好きなポーズを作り出すことが出来ないという、直感的なモデル操作における課題があった。

2013年にDong Woo Seoらが発表したシステムでは、マーカーレスでAR空間を作成し、Kinectの深度カメラと点群データを利用して手の部分を抽出することで仮想物体への接触判定を実現した(4)。しかし、仮想物体に対する直感的な把持移動には対応していなかった。

1.3 先行研究

本研究では、1.2節で挙げた先行研究の問題点を踏まえて、学習者がデッサン人形をタンジブルインタフェース(5)として使い、それをリアルタイムに好みのポーズに変化させ、仮想のモデルの姿勢を変化させ、そのモデルをARで表示する手法を提案する。そして、その試作システムの構築と評価を行う。

構築するシステムは、試作段階として3Dモデルの位置・姿勢に着目して構築する。人物モデルのポーズを操作するシステムを構築していく上で、操作後の3Dモデルの位置と姿勢の評価が必要となるため、試作段階として採用した。

実物体をトラッキングし、3Dモデルを重畳表示することによって直感的なモデル操作が可能なAR描画システムを構築することを構築することを目標とする。

2. システム設計

2.1 提案手法

前章1.3節で挙げた目標を達成するために、以下のことを行う。

- 実物体と、それに近い造形の3Dモデルを用意する
- 実物体を対象物体として認識し、トラッキングさせる
- 対象物体の参照点群に3Dモデルを重畳表示する

把持動作に適応させるために、実物体と実物体に近い形状の3Dモデルを使用する。また、3Dモデルだけではなく実物体も使用することで、3Dモデルの位置や姿勢を重畳表示先の実物体の姿勢から計測することが可能となる。これにより、前章で挙げた問題点にあった、既存モチーフの視点決定をPC上で行う必要がなく、マーカーレスARで正しい位置・姿勢を推定することが出来る。

2.2 システム概要

本システムでは人物画スケッチ学習支援への応用を鑑みて、実物体にデッサン人形を使用している。3Dモデルを実物体の位置・姿勢に追従させるためには、対象物体の位置情報や法線の向きを取得しなければならない。今回は物体の把持移動による位置・姿勢の変化に対応させるために、深度センサを搭載

した Kinect を使用する. このデバイスによって現実空間の映像を, 深度を含めた3次元データとして取得することができる. 本システムの物理構成は図1である. 対象物体認識の精度を考慮し, Kinect と対象物体は1m程離し何も無い平面上に配置している. 実物体と仮想物体を適応させるために RGB-D カメラの映像を点群データとして取得することが出来るライブラリ PCL を用いる(6)(7). これにより対象物体を認識し, 対象物体の点群データを取得する. そして, 対象物体の点群の位置と法線ベクトルを取得することによって実物体の位置と姿勢を仮想物体と対応させる.



図1 物理構成

位置と法線ベクトルを取得した対象物体に, 3D モデルを重畳表示するためには 3D モデルの点群データと法線ベクトルも取得・計測する必要がある. 本研究では 3D モデルを用意するにあたり, 3次元点群処理が可能な 3D データ編集ソフトの MeshLab を使用した(8). 図2は本研究で対象物体に頂上表示する 3D モデルであり, 図3は MeshLab を用い法線ベクトルを可視化したものである.

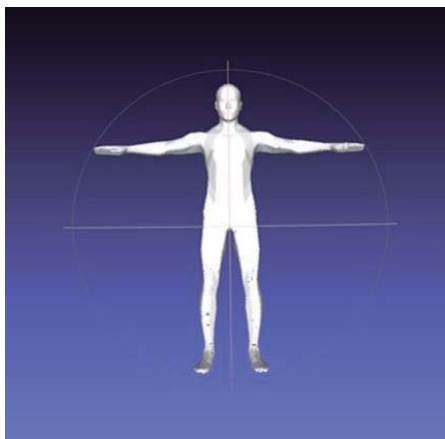


図2 人型モチーフ



図3 算出した法線

2.3 システム実装

本システムでは大別して以下の2種類の処理を実装した.

- ① 対象物体のリアルタイムな物体追跡
- ② 対象物体への 3D モデル重畳表示

対象物体を追跡するには, まず対象物体を分割化されたモデルとして Kinect から取得する必要がある. 取得したモデルの点群データをトラッカーとして設定し, 対象物体の追跡を行う. 物体追跡の処理の流れは, まず以前の粒子の位置と回転の情報を利用して次のフレームでそれぞれの位置と回転を予測する. 次に, これらの粒子の重さを下記の尤度式で計算する(9).

$$L_j = L_{distance} (\times L_{color})$$

$$w = \sum L_j$$

最後に, 深度センサから取得した実際の点群データを予測粒子と比較し, 粒子を再サンプリングする. この処理の際に得られる, トラッカーとして設定した分割化されたモデルの参照点群にテンプレートとして用意した人型 3D モデルの点群を重畳表示する. 図4は分割化されたモデルの参照点群であり, 図5は参照点群に 3D モデルの点群を重畳表示したものである. 本システムでは, 対象物体に追跡する仮想物体の情報のみを必要とするため, 重畳先のモデルの参照点群は描画していない.

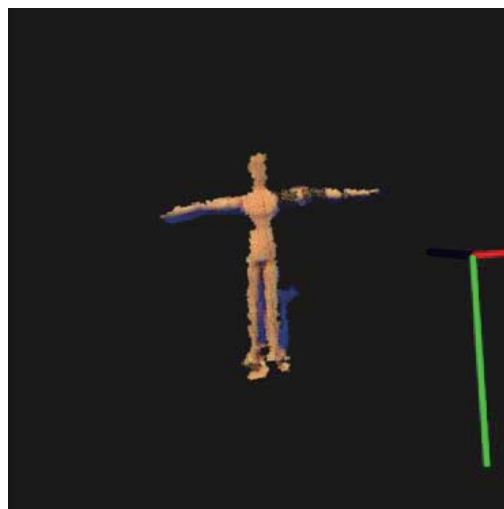


図4 分割化されたモデルの参照点群

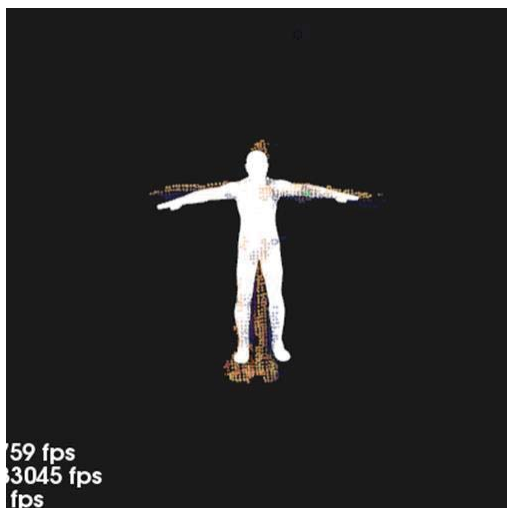


図5 重畳表示された3Dモデル

3. 検証実験

検証実験は以下の項目を実施した。

- ① 対象物体の認識限度の検証
- ② 物体移動追跡の精度検証
- ③ 物体姿勢追跡の精度検証

3.1 予備実験

本システムでは人物画スケッチ学習システムへの応用のため、対象物体にデッサン人形を使用した。しかし、形状の異なる対象物体を用いた場合の挙動を考慮し、対象にデッサン人形を

用いることの妥当性を検証するために予備実験を行った。予備実験で行う動作は本実験の動作と同様である。予備実験では、デッサン人形の他に、立方体と球を用意した。また、立方体と球に近い形状の3Dモデルとしてウサギ型のモデルを使用した。

予備実験の結果、デッサン人形を使用した場合は3次元的な移動と回転の両方に適合していることが分かった。しかし、球と立方体は移動には適合していたものの、回転には適合し難いということが分かった。これは、表面の法線ベクトルが一定であり、面の変化に乏しい形状であるために、粒子の回転の追跡を誤認してしまうことが原因であると考えられる。

3.2 検証の内容

本システムは物体の把持移動に適合する必要性があったため、認識限度の検証実験を行った。この実験では対象物体の一部を隠す動作を繰り返し、その時の仮想物体が正しく追従できている認識の限度を検証する。

②, ③の精度検証では、条件を合わせるために、対象物体の配置地点を揃えた。また、計測をシステム起動した後対象動作を行うことを1セットとしてそれを20回ずつ行った。

物体移動追跡の精度検証では、対象物体を3次元的に移動させた時に、仮想物体が対象を見失うことなく正しい位置で追跡できているかを検証する。図6は位置精度検証実験中のシステム画面である。

物体姿勢追跡の精度検証では、物体を開始地点から動かさず360度回転させた時に、仮想物体が対象の回転に正しく追跡できているかを検証する。図7は姿勢精度検証実験中のシステム画面である。

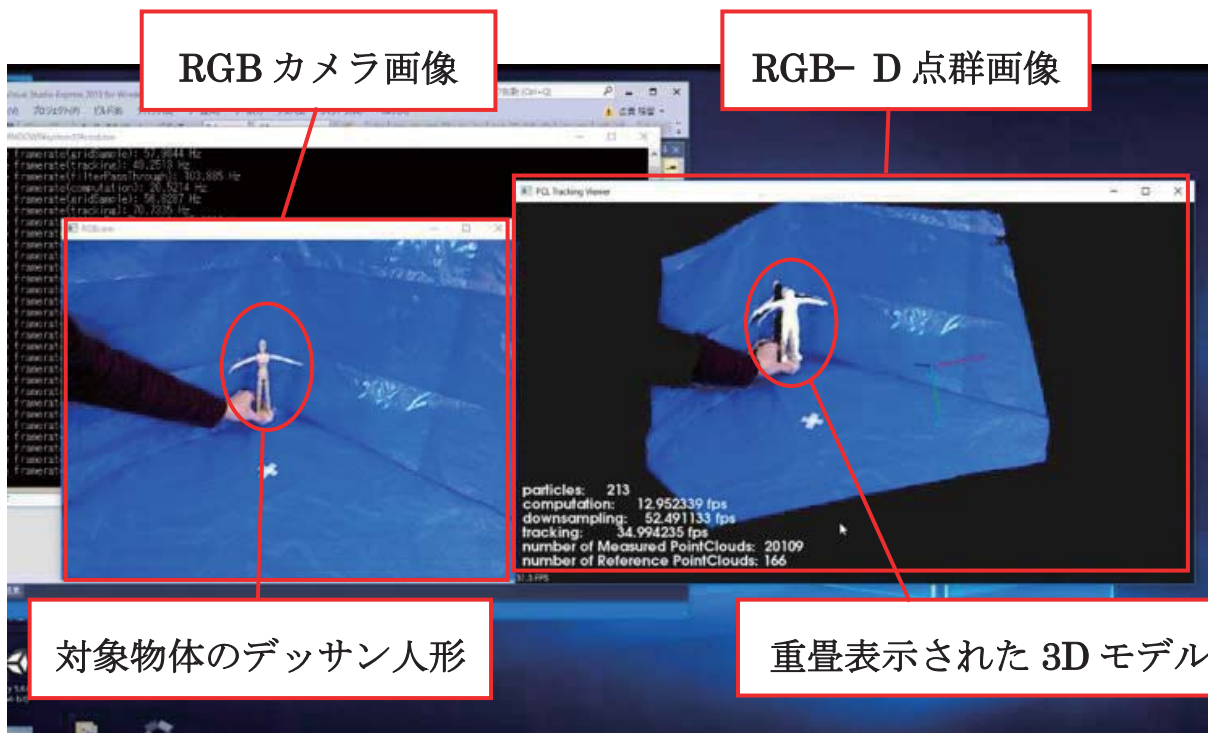


図6 位置精度検証時システム画面

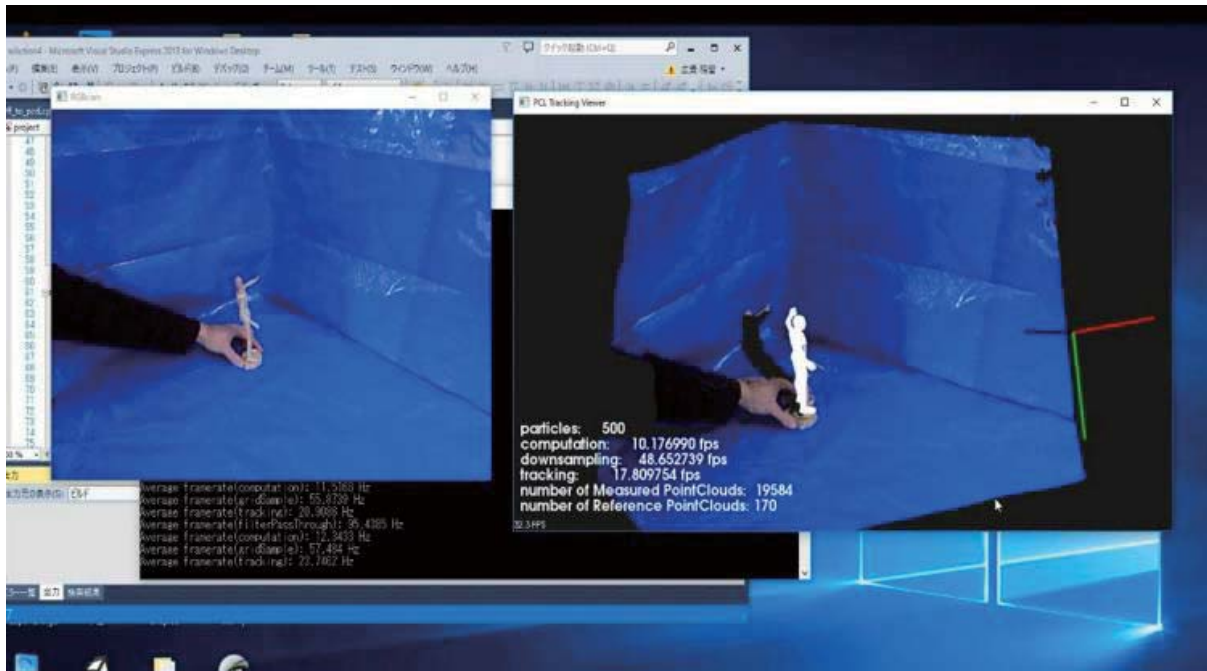


図7 姿勢精度検証時システム画面

4. まとめ

従来の人型の仮想物体を利用した人物画スケッチ学習支援システムでは、学習者がリアルタイムで人型モチーフを直感的に操作して好みのポーズに決めることは出来なかった。本研究では、従来の人物画スケッチ学習システムの問題を解決するために、対象となる実物体をタンジブルインタフェースとして操作することによって仮想物体を操作する手法を提案し、その試作システムの構築と評価を行った。試作段階として対象動作を把持移動時のリアルタイムな位置、姿勢としてシステムを構築した。実物体を追跡対象として認識するために、RGB-D カメラである Kinect と点群処理用ライブラリ PCL を用いた。

システム完成後、予備実験と検証実験を行った。予備実験では、把持動作の認識精度と物体の形状による挙動の差について検証し、検証実験でデッサン人形を用いる妥当性を確認した。検証実験では、位置精度検証と姿勢精度検証の2種類を行い、本システムが位置と姿勢の追跡に適合していることを確認した。また、予備実験と検証実験を通して本システムの改善点を考察した。

今後は、本システムを人物画スケッチ学習支援システムへ発展させていく予定である。

参考文献

- (1) 山田卓, 曾我真人, 瀧寛和, "視点を自由に設定できる人物画の輪郭線スケッチ学習支援環境の構築", 人工知能学会全国大会論文集, 2011, <https://kaigi.org/jsai/webprogram/2011/pdf/285.pdf>
- (2) 山田卓, 曾我真人, 瀧寛和, "骨格と輪郭線を診断する人物画の学習支援環境の構築", 情報処理学会インタラクティブ2012, <http://www.interaction-ipsj.org/archives/paper2012/data/Interaction2012/interactive/data/pdf/1EXB-36.pdf>
- (3) Masato Soga, Suguru Yamada, Hirokazu Taki, Development of a Learning Environment for Human Body Drawing by Giving Error Awareness for Bones and Contours 12th

International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS2014, pp.640-643

- (4) Dong Woo Seo, and Jae Yeol Lee. "Direct hand touchable interactions in augmented reality environments for natural and intuitive user experiences", Expert Systems with Applications, Volume 40, pages 3784 – 3793, 2013
- (5) Ishii, H. and Ullmer, B. 1997. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Atlanta, Georgia, United States, March 22 - 27, 1997). S. Pemberton, Ed. CHI '97. ACM, New York, NY, 234-241, DOI: <http://doi.acm.org/10.1145/258549.258715>
- (6) Tsukasa Sugiura, Point Cloud Library 1.8.0 has been released, <http://unanancyowen.com/pcl18/>
- (7) Radu Bogdan Rusu, Steve Cousins, "3d is here: Point cloud library (pcl)", Robotics and automation (ICRA), 2011 IEEE International Conference on, 1-4
- (8) MeshLab, <http://www.meshlab.net/>
- (9) Point Cloud Library, Tracking object in real time, <http://pointclouds.org/documentation/tutorials/tracking.php>