Vol.2020-HCI-187 No.19
2020/3/17

ユーザの体の3Dモデル上に服装品をデザインするインタフェースの予備的検討

胥 皓[1,a)]　矢谷 浩司[1,b)]

概要：近年のファブリケーション技術の発達により，洋服やアクセサリなどをユーザが自在にデザインできる世の中が近づいている．一方で，一般的なユーザがちゃんと身につけられる服装品をデザインするためには様々な知識や経験を必要とする場合が多い．本研究では，ユーザの体の 3D データを元にして，その上に直接服装品をデザインを設計できるインタフェースを提案する．本論文では，現在までに構築したプロトタイプ，および予備的実験の結果について述べる．

1. 序論

デジタル エンターテイメントの発展が著しい今日、3D人体モデルはアニメーション、ゲーム、 エイデッド ペインティングにおいて幅広く用いられる必要不可欠な要素である。3D モデル制作者はソフトウェア上でキャラクターを作り上げるために画像を参照し、体、毛髪、衣服をそれぞれ別に仕上げていく。アーティストたちは膨大な量のマニュアル作業を行い、モデリングに際しては人体解剖学などの芸術知識に精通している必要がある。そのため、人型キャラクターをモデリングするためには幅広く訓練を行う必要があり、企業にとっては多額の費用が必要となる。小規模なアニメーション制作チームや独立系のゲーム開発チームにとってはこれが更に大きな障壁となる。

制作費用を抑えるため、デジタル エンターテイメント業界の手順に即して単一画像からモデルを直接再現する研究が試みられている。Buchanan ら [2] は、正面を捉えた画像のアウトラインから輪郭を抽出し、それを基に自動で 3 D キャラクターを制作するシステムを発表した。Buchanan らとは対照的に、、Weng ら [21] は容易に変形が可能な人体モデルを単一画像のシルエットに当てはめて 3D キャラクターを制作する方法を発表した。この 2 つの方法はどちらも人体の形を、裸体、毛髪、衣服を含めて正面から捉えることによって再現している。しかしながら、業界側からは裸体、毛髪、衣服を別に制作し、組み合わせることによって完全な人型モデルを作り上げることが求められている。それゆえ、学術成果と業界側からの需要には大きく乖離する点が存在しているのである。

この乖離を解消するため、我々は人体モデルと衣服をそれぞれ別に制作するパイプラインを提案する。我々のパイプラインにはプリプロセッシングとモデリングという 2 つの段階が存在する。プリプロセッシングの段階では、まずキャラクターの正面画像から衣服の下の裸体を予測し、リアルな可変的人体モデル SMPL [13] を生成する。次に、裸体の周囲に配置される様々な衣服アイテムを表す 2D 点を取得する必要がある。モデリングの段階では、プリプロセッシングの段階で取得した 2D 点をインプットした後、この人体モデルの x および y 座標が衣服アイテムのアウトライン内に存在する場合、3D 頂点をコピーする。コピーした頂点を対応する法線方向にわずかに移動し、輪郭線に従って変形させ、衣服を形成する。予備実験では、裸体の周囲に T-シャツとズボンなどの異なる衣服をデザインすることを試みた。

本論文では、関連文献を述べた後、実装したパイプライン，予備実験の結果について述べ、将来への展望を議論する。

2. 関連研究

2.1 単一ビューモデリング

単一ビューモデリングとは、3D モデルの単一ビュー 2D スケッチから直接 3D 形状を復元する手法である。特定の制約条件によって単一の 3D モデルを取得するために曖昧性を排除する必要がある。スケッチベースモデリングにおいて 2 種類の制約条件が多く用いられるようになった。

[1] 東京大学大学院 工学系研究科
Interactive Intelligent Systems Laboratory,
Graduate School of Engineering、The University of Tokyo
7-3-1 Hongo、Bunkyo-ku、Tokyo、Japan
[a)] hao@iis-lab.org
[b)] koji@iis-lab.org

© 2020 Information Processing Society of Japan

1 つは対称性の仮定である。対称性の仮定は 3D 形状が対称であると仮定することを意味する。多くの研究が単一ビューの 2D 点から対称性の仮定を用いて深さ情報を復元することを試みている。Cordie ら [3] は鏡面対称の 3D 形状を単一の直行射影から再構築するシステムを発表した。この方法によると、遮蔽された輪郭による問題を上手く解決できる。しかし、このインタフェースは投影が完全または部分的に可視化されるため、フィーチャーと鏡面画像の両方を必要とした。直行射影に加えて、別の研究では 3D モデルを割り出すために側面ビュー スケッチを用いた。Entem ら [5] は側面ビュースケッチから 3D 動物モデルを制作する初のシステムを開発したが、このインタフェースによって作られた形状は高い正確性を担保できなかった。

対称性の仮定を用いたもう一つの研究はネイチャースケッチである。ネイチャースケッチ [16] により、ユーザは対称のオブジェクトを取得するために画像上の輪郭を描くことができる。これを用いれば、全てのストロークをメッシュ ジオメトリ上に埋め込み、3D 形状をインフレーション アルゴリズムによって再構築することができる。ただし、ここまでに述べた方法において制作できるのは対称性の 3D オブジェクトのみである。

もう 1 つのよく用いられる制約条件はクロスセクションである。 ライン深さ情報を表現するクロスセクションラインは互いに 3D モデルの表面に対して垂直である。Andre ら [1] が初めてクロスセクションラインを単一ビュースケッチベース インタフェースに適用した。このシステムを用いれば、ユーザは既にあるストローク上に小さなプリミティブを繰り返し描くことができ、それによってクロスセクション ラインを用いて 3D 形状を再構築することができる。クロスシェード [17] もまた、クロスセクション カーブをその中核として用いた。クロスシェードは描かれた表面上の 3D 法線と陰影を色彩とともに予測することができた。

2.2 スケッチ入力を利用した 3D モデルの変形手法

スケッチ入力を利用した 3D モデルの変形における典型的なフレームワークは、Kraevoy ら [11] の研究にある一致と変形のプロセスである。この研究では、初めに 2D 点と 3D 頂点をその位置、法線、方向やその他の指標に基づいて一致させる。次に、モデル上の頂点をインプットされたスケッチの対応する位置に引き付けて変形の結果を取得した。その後、Vicente ら [19] は 2 つの画像からの 2 つの異なるポーズの輪郭を利用して変形されたオブジェクトを取得する方法を実現した。

2014 年、Wang ら [20] は変形可能な着衣の人体形状の正面画像をフィッティングさせる手法を開発した。Wang らの方法に類似したものとして、Johnston ら [9] はポーズを伴った 3D メッシュを 2D のコンセプト スケッチと一致させる手法を考案した。Han ら [7] は基本的な形状を取得するため、同じく人体モデルを画像スペース内の被写体および点群データと一致させることを実現した。

Habermann ら [6] は被写体を単眼動画像内で非剛体変形に基づいてマッチングを行う初のリアルタイム人物キャプチャーシステムを発表した。人体に加え、Li ら [12] は正確な衣服の動きを動画から生成するために Kraevoy らの方式を応用した。我々の研究においても Kraevoy らの方法を利用しており、それを用いたインタフェースデザインの検討に本研究の主眼がある。

2.3 機械学習を用いたモデリング手法

機械学習を用いたモデリング手法では、制約を加えるのではなく、膨大なデータを学習に用いてスケッチからモデルへの潜在的なマッピングを実現する。Lun ら [14] のシステムでは 3D モデルのスケッチの単一または複数のビュー入力とすることができ、スケッチを encoder-decoder network によって深さと法線の情報へと変換し、3D 点群の描写を取得し、最終的にポリゴンメッシュを生成することができる。

一方、スケッチには質感と陰影が欠如しているため、スケッチからの 3D 復元はより困難な問題であると言える。研究の中では 3D オブジェクトの復元のために CNN（Convolutional Neural Network）によるスケッチから深さ情報を予測するものもある。Delanoy ら [4] は CNN による単一視点でのユーザの描写から自動的に 3D ボリュームを予測するスケッチ入力を用いたモデリング インタフェースを作成しており、ユーザは繰り返しスケッチ入力を行うことができ，形状に満足するまでこのプロセスを繰り返すことができる。

順序モデリングは学習手法を用いる場合に非常に適している。西田ら [15] はユーザのスケッチを入力として用い、それをパラメータへ変換し、CNN とともにパラメータを予測して最終的な 3D モデルを取得するインタフェースを開発した。Huang ら [8] は同様の手法でスケッチから手続き型モデルのパラメータへのマッピングを CNN によって実現した。しかし、パラメータの組み合わせ膨大であるため、このシステムでは小規模のパラメータの組み合わせのみを検討している。

3. 実装したインタフェース

我々は人型オブジェクトを、キャラクターの正面を描く画像の別の衣服とともに制作するインタフェースを提案する。まず、キャラクターの正面図は主要でカギとなる情報を持っているため、このインタフェースの最初の入力はコンセプト キャラクターの正面図を含む画像とする。また、この正面図の画像は 2 本の腕を胸の上に組む等の遮蔽を含んではならないとする。ユーザは T ポーズの人体モデルに対して、スケッチ入力を行うことでモデリング作業を行う

© 2020 Information Processing Society of Japan

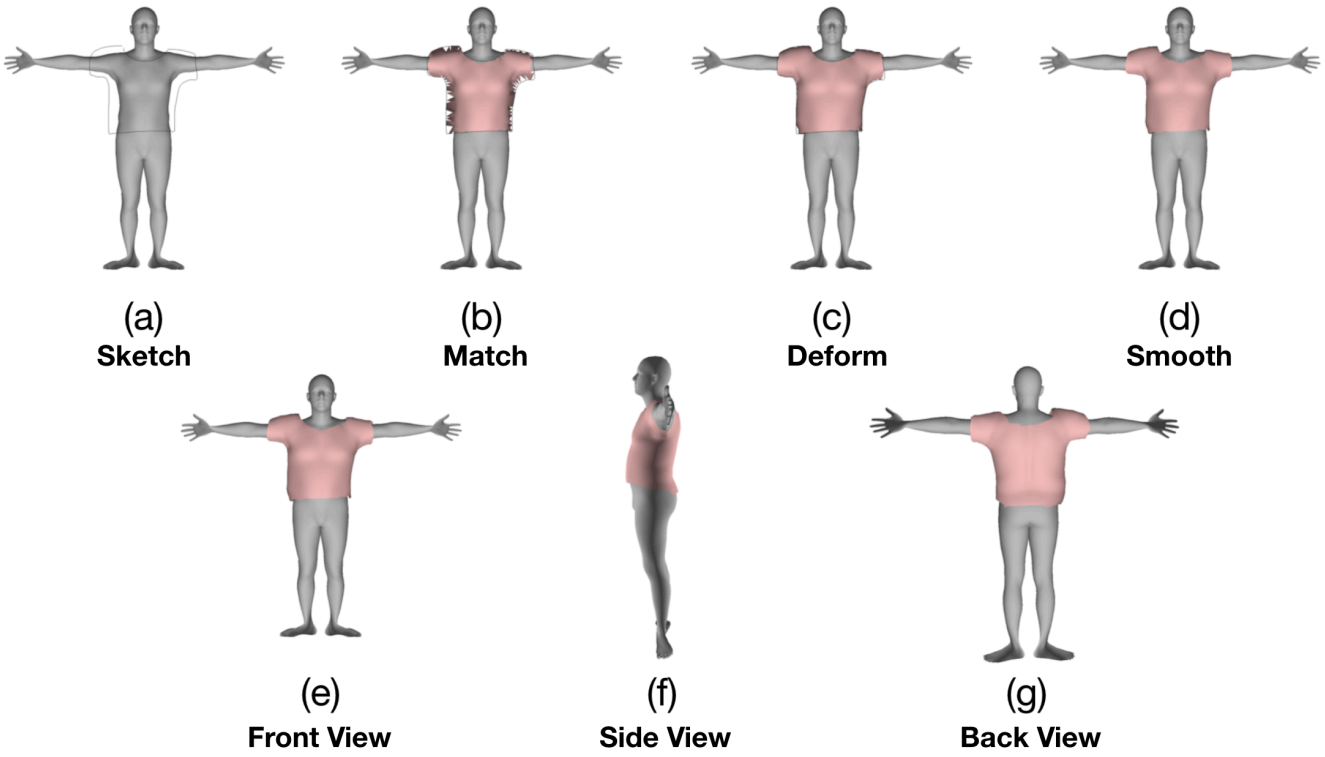

図 1: システムの使用の流れ。ユーザがキャラクターの上に描いたスケッチを元に，衣服の 3D モデルを構築する。

ことができる。図 1 に制作プロセスの例を示す。

3.1 キャラクター 3D モデルにおける前処理

最終目標は体と衣服が別の 3D キャラクターを画像から復元することである。したがって、被写体を画像に当てはめるために解剖学に則したよりリアルな人体が必要となる。SMPL [13] はスピード、正確性、互換性の観点から最もふさわしい。我々は SMPL モデルをフィッティングのテンプレートとした。

3.2 一致と変形

我々のインタフェースではユーザのスケッチ入力を元に、キャラクターの 3D モデルから、衣服のモデルを生成している。ユーザはキャラクター上にスケッチ入力を行う。これによりキャラクターの 3D モデルとのマッチングを raevoy ら [11] の手法を用いて行う。

まずスケッチの輪郭とキャラクターの 3D モデルとの対応関係を構築する。入力のスケッチを観測状態、3D モデルの頂点を隠れた状態と見なしてビタビアルゴリズムを用い、頂点の一致する最適な列を見つけ出す。その後、歪みが生じた後に詳細を保護するためにできるだけ剛性の高いモーフィング方法 [18] を用いて変形を行う。また、体と衣服を分けるため、生成される服の 3D モデルはキャラクターの物と比べて法線方向へわずかに拡張されるようになっている。

以上の手法は最終的な形状を得るための繰り返しのプロセスであるため、2 分から 10 分の時間を要する。このプロセスを高速化させるため、我々は Kazhdan らの手法 [10] によって形状全体を直接平滑化することにした。現在のシステムではこの 3D モデルの 2D 投影のアウトラインだけを使うようになっており、処理に要する時間を数十秒程度に短縮できている。

4. 予備実験とその結果

予備実験では、T シャツ、ズボン等の異なる衣服アイテムを描くことによってテストした。実験においてはうまくフィッティングが行われないケースが存在した。

課題の 1 つは、遠くに位置する 2D 点を一致させることができないことである。これは図 3 に示されているとおり、現在の一致アルゴリズムにおいては遠くに位置する候補を自動的に破棄することに起因する。もう 1 つ明らかとなった課題は、変形のために類似した形状を必要とすることである。例えば、図 4 に示されているとおり腕と脚においては上手く動作するが、足においては靴やつま先の形の違いによって上手く動作しないといったことがある。

5. 結論と今後の展望

本稿においては、人間型のキャラクタ上において衣服のデザインを設計するインタフェースの提案を行った。今後は、モデリングの精度改善を目指すとともに、一般的な衣服の形にとらわれない服飾品のデザインができるインタフェースの実現を目指していく。

© 2020 Information Processing Society of Japan

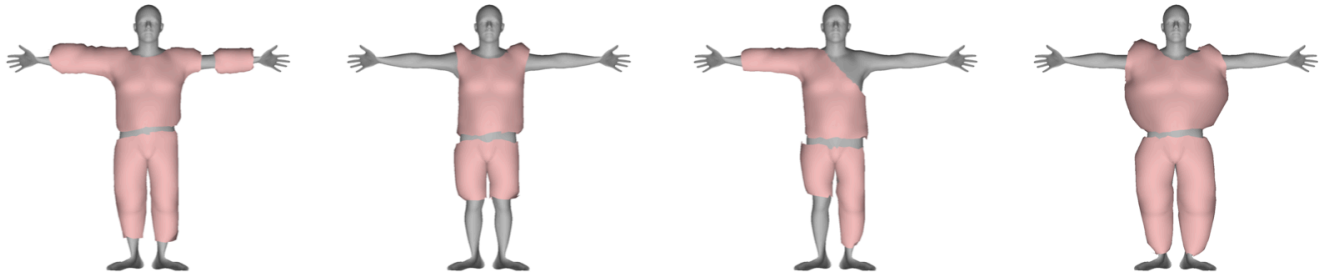

図 2: 予備実験における結果例。

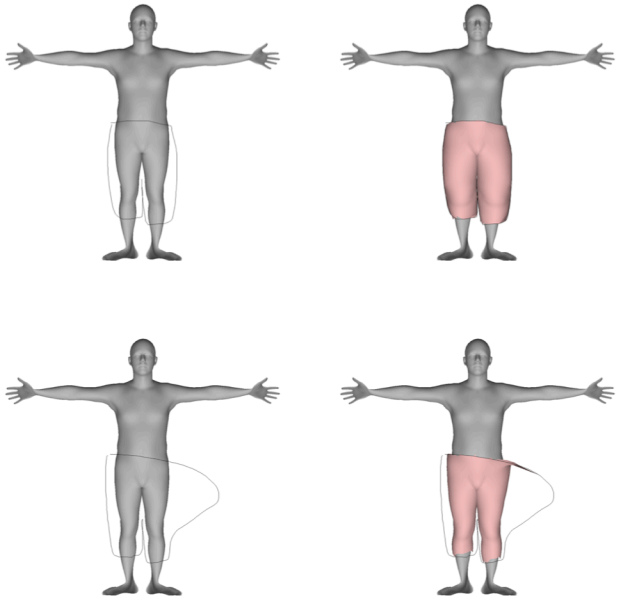

図 3: キャラクターのモデルに近いところでのスケッチでは上手く動作する（上部）が、遠いスケッチ点では失敗する（下部）。

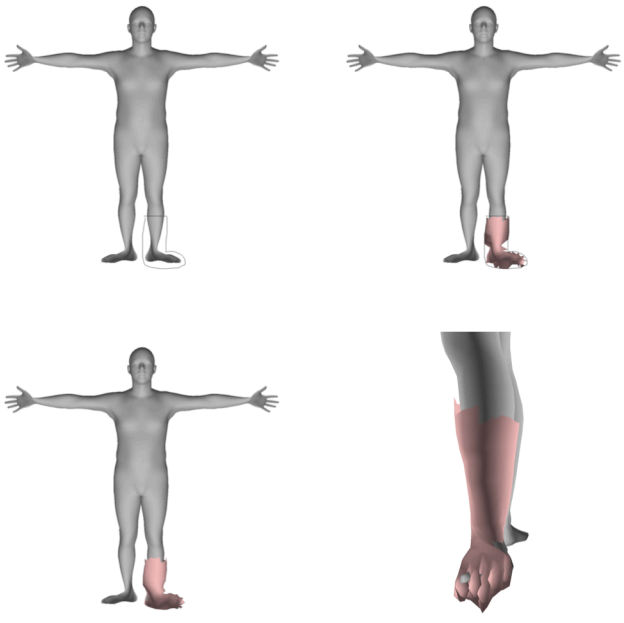

図 4: キャラクターのモデルにおいて複雑な部分を含むような場合には変形がうまくいかないことが起きる。

謝辞

本研究、および本論文に助言を頂いた佐藤 安理紗 ジエンジエラさん、松井 秀憲さん、Dimas Antony Chacon Salas、Zhongyi Zhou、Minghui Chen に感謝申し上げます。

参考文献

[1] Andre, A. and Saito, S.: Single-View Sketch Based Modeling, *Proceedings of the Eighth Eurographics Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling*, SBIM '11, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 133–140 (online), DOI: 10.1145/2021164.2021189 (2011).

[2] Buchanan, P., Mukundany, R. and Doggett, M.: Automatic Single-View Character Model Reconstruction, *Eurographics Workshop on Sketch-Based Interfaces and Modeling* (Kara, L. B. and Grimm, C., eds.), ACM, (online), DOI: 10.1145/2487381.2487385 (2013).

[3] Cordier, F., Seo, H., Park, J. and Noh, J. Y.: Sketching of Mirror-Symmetric Shapes, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 17, No. 11, p. 1650–1662 (online), DOI: 10.1109/TVCG.2010.258 (2011).

[4] Delanoy, J., Aubry, M., Isola, P., Efros, A. A. and Bousseau, A.: 3D Sketching Using Multi-View Deep Volumetric Prediction, *Proc. ACM Comput. Graph. Interact. Tech.*, Vol. 1, No. 1 (online), DOI: 10.1145/3203197 (2018).

[5] Entem, E., Barthe, L., Cani, M.-P., Cordier, F. and van de Panne, M.: Modeling 3D Animals from a Side-View Sketch, *Comput. Graph.*, Vol. 46, No. C, p. 221–230 (online), DOI: 10.1016/j.cag.2014.09.037 (2015).

[6] Habermann, M., Xu, W., Zollhöfer, M., Pons-Moll, G. and Theobalt, C.: LiveCap: Real-Time Human Performance Capture From Monocular Video, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 38, No. 2 (online), DOI: 10.1145/3311970 (2019).

[7] Han, X., Wong, K.-Y. K. and Yu, Y.: 3D Human Model Reconstruction from Sparse Uncalibrated Views, *IEEE Comput. Graph. Appl.*, Vol. 36, No. 6, p. 46–56 (online), DOI: 10.1109/MCG.2016.68 (2016).

[8] Huang, H., Kalogerakis, E., Yumer, E. and Mech, R.: Shape synthesis from sketches via procedural models and convolutional networks, *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, Vol. 23, No. 8, pp. 2003–2013 (2016).

[9] Johnston, A., Carneiro, G., Ding, R. and Velho, L.: 3-D modeling from concept sketches of human characters with minimal user interaction, *2015 International*

© 2020 Information Processing Society of Japan

Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), IEEE, pp. 1–8 (2015).

[10] Kazhdan, M., Solomon, J. and Ben-Chen, M.: Can Mean-Curvature Flow Be Modified to Be Non-Singular?, *Comput. Graph. Forum*, Vol. 31, No. 5, p. 1745–1754 (online), DOI: 10.1111/j.1467-8659.2012.03179.x (2012).

[11] Kraevoy, V., Sheffer, A. and van de Panne, M.: Modeling from Contour Drawings, *Proceedings of the 6th Eurographics Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling*, SBIM '09, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 37–44 (online), DOI: 10.1145/1572741.1572749 (2009).

[12] Li, F.-M., Chen, X.-W., Zhou, B., Lu, F.-X., Guo, K. and Fu, Q.: Monocular Video Guided Garment Simulation, *Journal of Computer Science and Technology*, Vol. 30, No. 3, pp. 528–539 (2015).

[13] Loper, M., Mahmood, N., Romero, J., Pons-Moll, G. and Black, M. J.: SMPL: A skinned multi-person linear model, *ACM transactions on graphics (TOG)*, Vol. 34, No. 6, p. 248 (2015).

[14] Lun, Z., Gadelha, M., Kalogerakis, E., Maji, S. and Wang, R.: 3d shape reconstruction from sketches via multi-view convolutional networks, *2017 International Conference on 3D Vision (3DV)*, IEEE, pp. 67–77 (2017).

[15] Nishida, G., Garcia-Dorado, I., Aliaga, D. G., Benes, B. and Bousseau, A.: Interactive Sketching of Urban Procedural Models, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 35, No. 4 (online), DOI: 10.1145/2897824.2925951 (2016).

[16] Olsen, L., Samavati, F. and Jorge, J.: NaturaSketch: Modeling from Images and Natural Sketches, *IEEE Comput. Graph. Appl.*, Vol. 31, No. 6, p. 24–34 (online), DOI: 10.1109/MCG.2011.84 (2011).

[17] Shao, C., Bousseau, A., Sheffer, A. and Singh, K.: CrossShade: Shading Concept Sketches Using Cross-Section Curves, *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 31, No. 4 (online), DOI: 10.1145/2185520.2185541 (2012).

[18] Sorkine, O. and Alexa, M.: As-Rigid-as-Possible Surface Modeling, *Proceedings of the Fifth Eurographics Symposium on Geometry Processing*, SGP '07, Goslar, DEU, Eurographics Association, p. 109–116 (2007).

[19] Vicente, S. and Agapito, L.: Balloon Shapes: Reconstructing and Deforming Objects with Volume from Images, *Proceedings of the 2013 International Conference on 3D Vision*, 3DV '13, USA, IEEE Computer Society, p. 223–230 (online), DOI: 10.1109/3DV.2013.37 (2013).

[20] Wang, L., Jiang, K., Zhou, B., Fu, Q., Guo, K. and Chen, X.: Single-View Dressed Human Modeling via Morphable Template, *Proceedings of the 2014 International Conference on Virtual Reality and Visualization*, ICVRV '14, USA, IEEE Computer Society, p. 138–145 (online), DOI: 10.1109/ICVRV.2014.64 (2014).

[21] Weng, C.-Y., Curless, B. and Kemelmacher-Shlizerman, I.: Photo Wake-Up: 3D Character Animation From a Single Photo, *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (2019).

© 2020 Information Processing Society of Japan