

布摩耗画像のデータセット作成手法およびテクスチャ合成

菊地海斗[†] 齋藤淳平[†] 五十嵐健夫[‡] 鳴海紘也[†]

[†]慶應義塾大学 [‡]東京大学

1 はじめに

CG による衣服の再現は、アニメーションキャラクターの存在感やバーチャル空間への没入感を左右する重要な要素である。布のリアルなシミュレーションは長年研究されており、Wang ら [1] や Chong ら [2] は、実際の布が変形する画像をデータ化し、物理シミュレーションや仮想試着に応用している。しかし、布の摩耗を定量的に扱う画像データセットはこれまで存在せず、衣服が摩耗していく CG 表現は簡略化されるか手作業の調整に依存することが多かった。そこで本研究では、圧力・摩擦時間・摩擦子の表面粗さを変化させながら実物のデニムを摩耗させ、その写真を画像データとして収集した。また、布の摩耗仕事を計算する着衣シミュレーション環境を実装し、シミュレーション上で摩耗したズボンに対応するジーンズのテクスチャを合成した。

2 摩耗画像データセットの作成

実験装置 布の摩耗実験に用いた装置を図 1 に示す。装置は主に圧縮試験機・ベルトコンベア・紙やすり・アクリル板・カメラから成る。圧縮試験機 (A&D MCT-2150) はアルミフレームと透明なアクリル板を介して布に一定の垂直荷重を加える。また、布の下にベルトコンベアを設置し、その表面に紙やすりを貼った。圧力をかけながらベルトコンベアを回転させることにより、布は紙やすりと断続的に擦れ、アクリル板を介して撮影される。この構造により、(1) 紙やすりと布の間にかかる圧力・(2) 紙やすりの粗さ・(3) 摩擦時間を変えながら布の摩耗画像を収集できる。なお、現状の装置は布の摩擦面を裏側から撮影しているが、これは人体と服の摩耗による布の外見の変化を再現するためである。

摩耗画像データ マクロレンズ (SONY SEL30M35) を装着したカメラ (SONY α7 III) で、布の画像を摩擦開始から終了まで 60s 間隔で撮影した。圧力 5N・ベルトコンベア の速度 7.6 cm/s・120 番の紙やすりで 4 時間摩耗したデニムの画像を図 2 に示す。摩耗画像は全て 300×300 ピクセルで、1 cm × 1 cm の面積を撮影している。

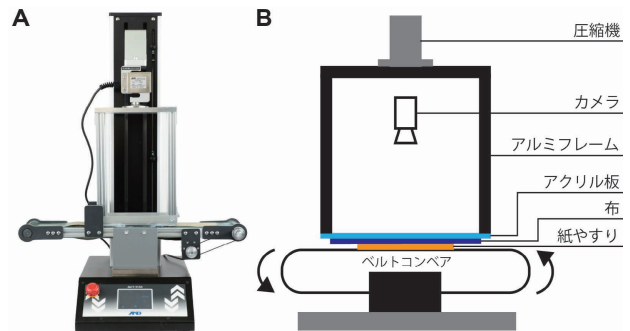


図 1 摩耗実験装置の写真 (A) と構成図 (B)

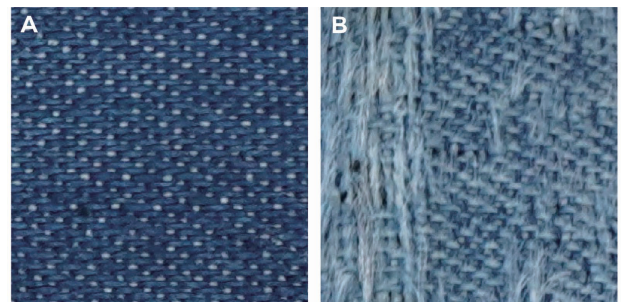


図 2 4 時間摩耗する前 (A) と後 (B) のデニムの画像

3 テクスチャの合成

得られた画像データを用いて、シミュレーションで計算した摩耗状態に対応するようなジーンズのテクスチャを合成した。

累積摩耗仕事量マップの生成 服を着た人間の動作により生じる、布と人体や布と布の摩耗仕事を計算するシミュレーション環境を Blender 上に実装した。本研究では、ジャンプする人間の動作を 131 フレームのアニメーションでシミュレートした。人間に 14,625 頂点のメッシュで構成されるズボンを着用させ、各頂点での垂直荷重・総滑り距離・摩擦係数から摩耗仕事を算出した。頂点ごとの摩擦仕事の和から、各フレームの累積摩耗仕事量マップを得た。131 フレーム目のズボンの累積摩耗仕事量マップとレンダリング画像を図 3 に示す。ここではズボンのメッシュを 4 つに切り開き、前面 2 つを可視化した。また、三角形メッシュの摩耗仕事を 3 頂点の仕事量の平均で表し、10 段階に量子化した。

テクスチャ合成アルゴリズム シミュレーションで得られた累積摩耗仕事量マップに対応するようなテクスチャ画像を、PatchMatch [3] を用いて合成し

A method to synthesize worn-out fabric texture with a physical image dataset

Kaito Kikuchi[†], Jumpei Saito[†], Takeo Igarashi[‡], Koya Narumi[†]
[†]Keio University, [‡]The University of Tokyo

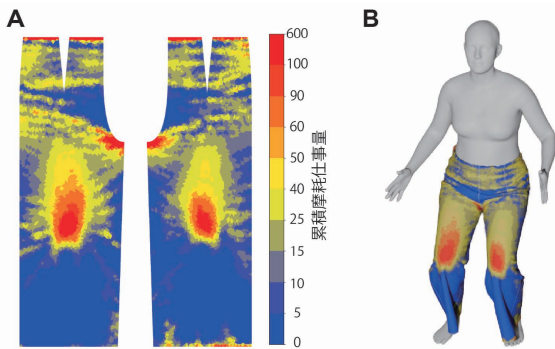


図3 ズボンの累積摩擦仕事量マップ (A) とレンダリング画像 (B)

た. 合成方法の概要を図4に示す. まず, 4時間分の画像データセットから24分おきに画像を抽出し, 10段階の参照画像とした. 次に, 累積摩擦仕事量マップの各頂点の摩擦仕事量に対応する参照画像からランダムに小領域を取得し, 頂点座標に初期パッチとして配置した. 最後に, 初期パッチ間を自然に補完するために PatchMatch に基づくテクスチャ合成を行った. PatchMatch は2つの画像間で類似するパッチを高速に探索するためのアルゴリズムである. 合成は各初期パッチの周囲から1ピクセルずつ行う. 合成するピクセルを中心としたパッチ内に含まれる合成済みのピクセルから得られる局所近傍情報をもとに, 参照画像から類似したパッチを探索する. 得られた類似パッチの中心のピクセルの値を合成するピクセルの値とする. 図5に, 合成されたジーンズテクスチャ画像とレンダリング画像を示す. 拡大部分では, 累積摩擦仕事量マップに応じて異なるテクスチャが合成されており, 特に膝や腰の周辺など, 負荷が大きい部分が著しく摩擦していることが分かる. 一方, 現状は摩擦仕事量が異なるテクスチャの境界がはっきり見えており, 連続的な摩擦画像を合成できていない箇所が存在する.

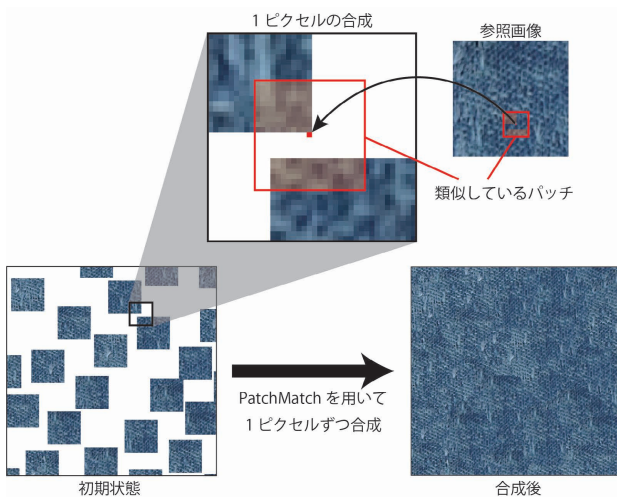


図4 PatchMatch を用いたテクスチャ合成方法

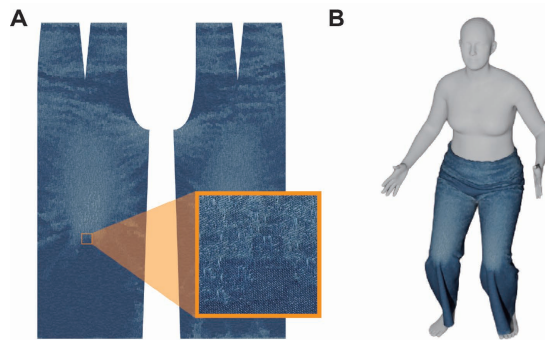


図5 摩擦仕事量マップに対応したテクスチャ合成画像 (A) とレンダリング画像 (B)

4 結論と今後の展望

本研究では, CG における衣服の摩擦表現のリアリティ向上を目指し, 定量的に摩擦した布の画像を収集した. また, 人間の動作から衣服の摩擦仕事量を計算するシミュレーション環境を実装し, シミュレーション結果に応じたジーンズの画像テクスチャを合成した. 一方, 本研究のテクスチャ合成では, 異なる摩擦仕事量に対応する画像の境界がはっきりと見えるので, 今後は境界部分を自然に接続する合成方法を検討する. また, 今回は画像データセットの摩擦具合とシミュレーションの累積摩擦仕事量の対応を著者の裁量で決めたが, 今後はデータセット収集の際に布の摩擦仕事量を計測できるようにし, シミュレーションと現実の物理量を一致させる. さらに, 今回のデータセットにおいて摩擦の向きは糸の向きに対して1通りであるが, さまざまな方向から摩擦をした画像データを収集することにより, より現実に近い条件での合成を行いたい.

謝辞 本研究は JST 創発的研究支援事業 JPMJFR232V および JST ASPIRE JPMJAP2401 の助成を受けたものである. また, シミュレーション環境の実装に協力してくれた Peizhuo Li に感謝する.

参考文献

- [1] Wang, O'Brien, and Ramamoorthi, Data-driven elastic models for cloth: modeling and measurement, SIGGRAPH'11.
- [2] Chong, Toby, Shen, I-Chao, Umetani, Nobuyuki, and Igarashi, Takeo, Per Garment Capture and Synthesis for Real-time Virtual Try-on, UIST'21.
- [3] Connelly, Eli, Adam, and Dan, PatchMatch: a randomized correspondence algorithm for structural image editing, SIGGRAPH'09.