

布地回転時の様相を模擬する CG 布の形状構成

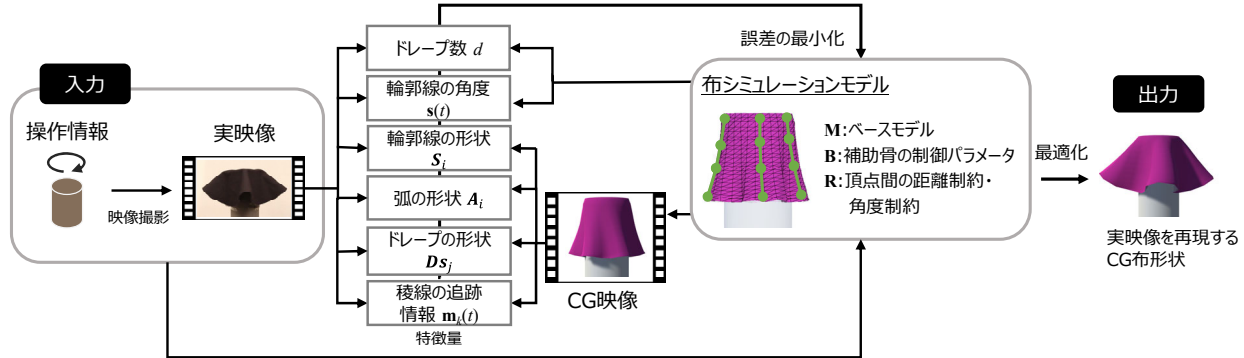
渡邊龍太郎^{†1} 森博志^{†2} 石川智治^{†3} 外山史^{†4}[†]宇都宮大学

図1 提案手法の概要

1. はじめに

コンピュータグラフィックス (CG) による布の表現は、様々なコンテンツで利用され、必要不可欠な表現の一つとなっている。特に、力を加えることによって形状が変化する布の柔軟体の挙動の表現は、VR をはじめとしたインタラクティブな CG 映像表現において重要な要素である。VR でユーザが布の操作をするためには、現実の布と同様に形状が変化する CG 布の映像の提供が求められる。

操作入力に対する CG 布の形状構成の取り組みとして、手指の操作を対象とした布シミュレーションモデル[1]が提案されている。機敏な布の形状変形を可能にしているものの、対象とする布の形状変形を再現することを重視しておらず、その際には別途パラメータの調整が必要になる。

そこで本稿では、特定の操作入力に伴う実際の布の様相を模擬した CG 布の形状構成手法として、実映像に基づいた CG 布の形状再現手法を提案する。実際のインタラクションにおける操作情報と撮影映像より、その操作入力における布の形状変形を再現する布シミュレーションモデルのパラメータを推定する。本稿では、布に対する操作入力の再現性が高く、布の質感評価に用いられる回転呈示台における布の挙動[2]を対象に検討した結果を示す。

2. 実映像に基づくインタラクションを対象とした CG 布形状の構成

2.1. 提案手法の概要

提案手法の概要を図 1 に示す。はじめに、実

際の布操作の映像撮影時の操作情報を取得し、同一の環境を再現した CG 布のシミュレーションモデルへ同一の操作情報を入力する。次に、実映像と CG レンダリング映像より布の挙動の特徴量を取得する。最後に、各特徴量の差を最小化するように布シミュレーションモデルのパラメータを推定する。本稿では布シミュレーションに XPBD 法[3]を用いた。

以上の処理により対象の実映像における布の形状変形を模擬する CG 布の形状を構成する。

2.2. 映像からの布の挙動の特徴量の取得

実映像および CG 映像から画像処理により、布の特徴量を取得する。呈示台に布の中心部を固定し、呈示台を回転させた際の布の挙動[2]には、布の種類に応じた複数のドレープの構成が確認でき、回転に伴って布全体が開き、回転開始時と回転停止時にドレープが揺れるという挙動を示す。これらの特徴的な挙動から、(1)ドレープ数、(2)輪郭線の角度、(3)輪郭線・弧の形状、(4)ドレープの形状、(5)稜線の追跡情報を特徴量として取得する。

(1) ドレープ数

パターンマッチングによりドレープの端点を検出し、動画の画像座標内での二次元座標推移からドレープの数 d を取得する。

(2) 輪郭線の角度

回転時の各フレームに対しエッジ検出と Hough 変換による直線検出を行い、輪郭線の角度の時間推移 $s(t)$ を取得する。

(3) 輪郭線・弧の形状

エッジ検出を用いて輪郭線の形状 S_i 、左下部に確認できる弧の形状 A_i を取得する。

(4) ドレープの形状

Shape configuration of CG cloth to simulate the appearance of cloth rotation

Ryotaro Watanabe¹, Hiroshi Mori², Tomoharu Ishikawa³, Fubito Toyama⁴[†]Utsunomiya University



図2 撮影環境

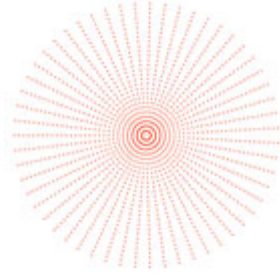


図3 CG布モデルの頂点配置

グラフカットを用いてドレープが作るトンネル部の領域検出を行い、その輪郭線をドレープの形状 Ds_i として取得する。

(5) 稜線の追跡情報

回転開始時・終了時には各ドレープが揺れる挙動が確認できる。そこでこのドレープの挙動を確認するために、稜線の追跡情報 $m_i(t)$ を取得する。

2.3. 布シミュレーションのパラメータ最適化

実映像とCG映像からそれぞれ取得した各特徴量の差を最小化する。はじめに、現実の布とドレープの数が一致するドレープの形状を再現するために補助骨が対応付けられたCG布のベースモデルを選択する。次に、輪郭線の角度、輪郭線・弧の形状、ドレープの形状、稜線の追跡情報の差を最小とするように、XPBDの制御パラメータ R および補助骨の制御パラメータ B を最適化する。最適化にはNelder-mead法を用いた。

3. CG布の形状構成実験

3.1. 実験条件

呈示台は12cmの円柱、布の材質はオックスで、直径40cmの円形とした。図2に撮影環境を示す。対象の水平位置で水平アングルとし、対象から70cmの距離で、30fpsで撮影した。呈示台の回転速度は1.0prsとし、時計回りに4周回転する。初めの2周で徐々に速度が上がり、その後、最大回転速度を維持したまま2周回転したのち、停止する。

布シミュレーションのベースモデルは質点数1551で図3に示す形状とし、ドレープの数に応じて放射状に配置されている質点1列分を補助骨に固定した。

3.2. 実験結果

CG布形状の構成結果を図4, 5, 6に示す。図4, 5より、静止時、回転時には目標とする現実の布のような概形形状が構成できていることが確認できる。一方で、図6の回転停止時のドレープが揺れる挙動における形状においては、現実の布と比較して、CG布ではドレープが波打つような、実際の薄い布に確認されることが多い



(a)実映像



(b)CG映像

図4 CG布形状構成結果（静止時）



(a)実映像



(b)CG映像

図5 CG布形状構成結果（回転時）



(a)実映像



(b)CG映像

図6 CG布形状構成結果（回転停止時）

形状変化の様子が確認された。

4. おわりに

本稿では布の質感評価に用いられる回転提示台における布の形状変形を対象に、実際の布の様相を模擬したCG布の形状変形を構成するために、実映像に基づいたCG布の形状再現手法を提案した。実験では、回転停止時の形状については改善の余地がある結果となったが、静止時、回転時には対象の布のような概形形状の構成を確認した。

今後の課題として、今回対象としなかった各制御パラメータの最適化による形状再現の検討と、現実の布と再現されたCG布の形状変形に基づいた質感の比較評価の実施が挙げられる。

参考文献

- [1] Bai, Y., Yu, W., Liu, C. K., "Dexterous manipulation of cloth," Computer Graphics Forum, Vol.35, No.2, Wiley Online Library, pp.523–532, 2016.
- [2] Jimba Naohito, Ishikawa Tomoharu, Yanagida Yoshiko, Mori Hiroshi, Sasaki Kazuya, Ayama Miyoshi, "Visual ratings of "softness/hardness" of rotating fabrics," International Journal of Clothing Science and Technology, 2019.
- [3] Miles Macklin, Matthias Müller, Nuttapong Chentanez, "XPBD: position-based simulation of compliant constrained dynamics," Proceedings of the 9th International Conference on Motion in Games, pp.49–54, 2016.

謝辞

本研究は、科学研究費補助金(18H03317)の助成を受けたものである。