

K_076

ビデオ映像からのリアルタイム布テクスチャ作成の提案

A Study on Real-Time Cloth Texture Creation using Video Image

田口 哲典†
Akinori Taguchi

向井 新太†
Arata Mukai

青木 輝勝†
Terumasa Aoki

安田 浩†
Hiroshi Yasuda

1. はじめに

表示デバイスの高精細化やコンピュータの演算能力の高速化により、これまでは表現が不可能であった画像を提示することが可能になっている。さらに、カメラなどのイメージセンシング機器の分解能の高度化により、様々な物体をきれいに撮影し、画像処理を行い、画像を提示する環境を簡単に構築することが容易になってきている。

コンピュータグラフィックスにおいて、衣服をはじめ布の表現には、パネで構成したモデルでの表現が考えられ、近似モデルや高速化アルゴリズムの研究が行われている。また、物体の表面を表現するために、様々なテクスチャのマッピング技術が提案されており、均一な表面として表現が不可能な布の表面を表現するために、実際の布を用いて、その表面の反射特性モデルである双方向反射分布関数 (BRDF: Bidirectional Reflectance Distribution Function) の測定を行うことなどにより、布の特性を反映した布テクスチャを作成しマッピングを行っている[1]。しかし、これらの方式は測定時と照明などの環境条件に依存しているため、あらゆる環境でのテクスチャマッピングは不可能である。しかし今後は、AR (Augmented Reality) 技術の進歩により、様々な環境での布のテクスチャマッピングが必要とされる機会が増大すると考えられる。

本稿では、カメラで撮影したビデオ映像から照明などの環境条件に依存しない布テクスチャの作成アルゴリズムの提案を行う。また、筆者らがこれまでに提案した布のモーションキャプチャを基にしたリアルタイム仮想試着システムの MIRACLE (virtual MIRROR and Advanced CLothing Environment) システム[2]に導入しその有効性を示す。

2. 布テクスチャの反射特性認識

布をカメラで撮影した際には、布が張っている状態で静止しているような特殊な状況でない限り、しわなどが生じ複雑な表面の形状をしている。そのため布を表現する際には、金属などの表面の滑らかな物体と違い、複雑な表面を再現するためのより細かなテクスチャで表現することが必要である。したがって、カメラから取得した布の画像は凹凸がある画像であるため、その凹凸の情報がその布の反射特性と考えることが可能である。

そこで、布が張っている状態とこの凹凸の含まれる状態の違いは、周波数空間で解析すると、低周波成分のみの画像と低周波成分だけではなく高周波成分を含む画像に対応するため、周波数成分が異なるのである。したがって、周波数成分に注目することで、布の凹凸を表現が可能となる。そのため、入力画像の周波数成分 F_{in} は、その布の繊維が

持つ周波数成分 F_{org} 、凹凸の周波数成分 F_{bump} とノイズ成分 F_{noise} の和であり、ここではフーリエ変換での周波数変換を行うことにし、フーリエ変換の線形性により、式1のように表現可能である。

$$F_{in}(x, y) = F_{org}(x, y) + F_{bump}(x, y) + F_{noise}(x, y) \quad \text{--- (式1)}$$

これにより、マッピングするテクスチャは、入力画像の凹凸の周波数成分を反映した画像とすることで作成することが可能である。したがって、マッピングするテクスチャの周波数成分 F_{out} は、テクスチャの周波数成分 F_{map} を用いて式2のような表現となる。

$$F_{out}(x, y) = F_{map}(x, y) + F_{bump}(x, y) \quad \text{--- (式2)}$$

したがって、カメラで撮影した画像のみから、その布の反射特性を基にしたマッピングする布のテクスチャを作成することが可能となる (図1)。

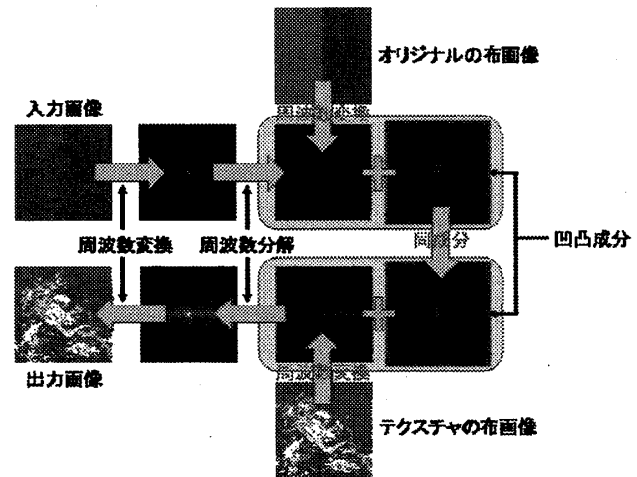


図1 布テクスチャの作成

3. MIRACLEにおけるテクスチャマッピング

布のテクスチャを組み合わせることで衣服を表現することが可能である。そこで、仮想的に服を着衣させる処理である仮想試着処理において、2で提案したアルゴリズムを適用し、服のテクスチャ画像を作成することで、環境条件に依存しない仮想試着システムを実現する。

3.1. MIRACLE システムの概要

筆者らは、仮想環境上の人物モデルに仮想的な服を着衣させた画像を作成する仮想試着技術の応用として、カメラでユーザの画像を取得し、そのユーザの着ている服とは異なる服を着衣させる画像処理をリアルタイムで行うシステムとして、MIRACLEシステムを構築している。

MIRACLEシステムは、あらかじめ作成した人体モデルではなく、ユーザ自身をモデルとしたリアルタイムの仮想試着システムである。MIRACLEシステムでは、服の柄を

†東京大学先端科学技術研究センター Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo

用いてユーザの着ている服の形状の認識を行っている。そのため、形状認識を行う領域には服表面のテクスチャの形状を効率的に認識するために特徴点を配置した柄の服を用いている。

これにより、従来の他のシステムでは人体モデルから推定していた服の形状を計算して表面形状を表現していたが、実際にその表面形状を直接画像として取得することが可能となるため、高速かつ正確な仮想試着処理が可能である。したがって、カメラの入力画像からマッピングする服のテクスチャを環境条件に依存せずに作成することより、ユーザの様々な姿勢に対応した仮想試着が可能になる。

3.2. 服テクスチャの作成

MIRACLE システムでマッピングを行う服テクスチャの形状は、形状認識に用いている特徴点で構成される。しかし、ユーザの姿勢やしわが寄ることにより特徴点の消失が起こる。特徴点の位置情報によりテクスチャの形状を決定しマッピングするため、そのままでは特徴点が消滅した領域にはテクスチャのマッピングを行えない。そのような状況では仮想的に着衣させる服の一部が欠落した画像になり、仮想試着としてふさわしくない画像となる。

服の試着であることから服が破れることはないとして、ユーザが着ている形状認識のための服の柄である特徴点は実際に消失するわけではなく、オクルージョンにより消失しているだけである。そこで、消失した特徴点を周囲の特徴点の位置情報からその位置を推定し、特徴点の補間を行っている。したがって、消失した特徴点の補間により、形状認識用のすべてのパッチ形状が決定可能になり、その各パッチのテクスチャから、マッピングするテクスチャを作成することが可能になる。

従来はテクスチャのマッピング関数を基に、各画素の対応から輝度情報の差分を基にテクスチャを作成していたが、実際のシステムでは環境条件により基準となる輝度情報が変化するために事前に計測が必要であった。そこで、環境条件に依存しない²で述べたアルゴリズムを用いることでその布の細かな凹凸情報を取得でき、その領域にマッピングするテクスチャを作成することが可能となる。

3.3. アルゴリズムの評価

MIRACLE システムが仮想試着システムであるため、システムの精度を評価するためには、仮想的にユーザに着衣させた服と同じ服をユーザに着せ、仮想試着を行った動作や姿勢と完全に同じ動作や姿勢での映像と比較することが考えられるが、ユーザが人間自身であるため実際に完全に同じ動作や姿勢を再現することは不可能である。

そこで、提案手法の有効性を確認するため、布テクスチャの再現性の評価を行う。布テクスチャの再現性を評価するために、入力画像をカメラで撮影したテクスチャとし、出力画像を入力画像と同じテクスチャに凹凸情報を付加したテクスチャとすることで、その2つの画像のPSNRで評価を行う。また、比較方式として、テクスチャの頂点の輝度からテクスチャの輝度を補間する方式(頂点輝度方式)と、従来の基準輝度からの差分を用いる方式(輝度差分方式)を比較方式とする。

ここでは10種類のテクスチャについて各テクスチャのPSNRとテクスチャ作成の処理速度についての評価実験を行い、その結果の値の平均は表1のようになった。

表1 テクスチャの再現性

方式	PSNR[dB]	処理速度[ms]
提案方式	65.57	33.1
頂点輝度方式	43.26	23.8
輝度差分方式	55.19	12.6

これにより、リアルタイムかつ高精細なテクスチャが作成可能であることが示された。また、実際に提案方式で作成したテクスチャの結果画像の一例を図2に示す。

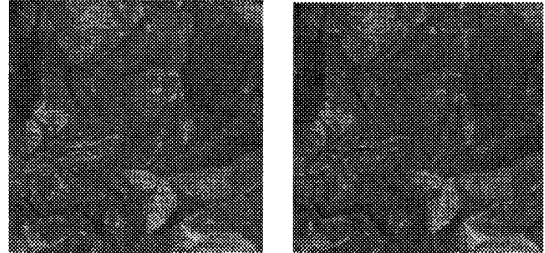


図2 テクスチャ作成結果例(左:入力画像,右:出力画像)

さらに、実際に布テクスチャを服のテクスチャとしてマッピングした結果、図3のようになり、実際に服のテクスチャ作成方式として提案手法の有効性が確かめられた。

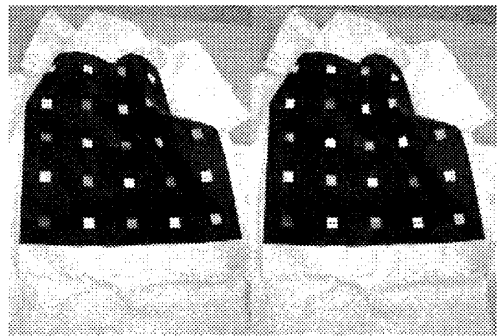


図3 服テクスチャ作成結果(左:入力画像,右:出力画像)

4. まとめ

本稿では、カメラで撮影したビデオ映像中の布のテクスチャ画像からそのテクスチャの凹凸情報を抽出し、マッピングする布テクスチャに反映させることで、環境条件に依存しない布テクスチャの作成アルゴリズムを提案した。また、このアルゴリズムをリアルタイム仮想試着システムに MIRACLE システムに適応し、布テクスチャから服テクスチャを作成することで、その有効性を示した。

今後の課題として、同じ素材の布テクスチャだけではなく、異なる素材の布のテクスチャの作成のため、布の繊維特性を反映したテクスチャ作成アルゴリズムへの本アルゴリズムの拡張を検討する。

参考文献

- [1] Konrad F.Karner, H.Maye, M.Gervautz, "An Image based Measurement System for Anisotropic Reflection", In Proc,ACM SIGGRAPH 96,1996.
- [2] A.Taguchi, T.Aoki and H.Yasuda, "MIRACLE: A study on Virtual Mirror system and its Application of T-shirt Clothing", IEEE SoftCOM2003, pp.666-670, Ancona, Italy, 2003.10.