

フィッティングを保持した体型の変化に頑健な衣装転写システムの提案

成田史弥[†] 齋藤隼介[†] 加藤卓哉[†] 福里司[†] 森島繁生[‡]

早稲田大学[†] 早稲田大学理工学総合研究所[‡]



図 1. 本手法の適用結果

1 はじめに

ゲームや映画などにおいて、キャラクターの衣装は重要な役割を果たす。CG コンテンツ上では人間以外のキャラクターにも衣装を着せることが多くあり、それらの衣装モデリングは頻繁に行われる。しかし、衣装モデリングはデザインが同じでもキャラクターの体型が変われば、同様の工程を繰り返す必要がある。従って、あるキャラクターの衣装を別の任意キャラクターに着せるシステムには大きな需要がある。

Brouet ら[1]は、衣装の制作者が標準寸法の衣装の型紙をもとに異なるサイズの衣装の型紙を作る際の基準を公式化した。そして物理的な妥当性を確保しながら、その基準を満たす自動衣装転写アルゴリズムを提案した。この研究により一つの衣装モデルを体型の異なる人間のキャラクターに転写することが可能になった。また、転写した衣装の型紙を出力することで転写した衣装を実際に製造することも可能にした。

我々はこの衣装転写という概念を CG コンテンツ上の任意のキャラクターに適用することを考える。既存のパターングレーディングにおいて使う基準は、人間の衣装を制作するためのものであり、CG コンテンツ上の任意のキャラクターに対して適用することは出来ない。CG コンテンツ上の任意のキャラクターに対する衣装転写に焦点を当てた手法は未だに提案されていない。そこで本稿では、CG コンテンツ上での衣装転写の第一歩として、身体と衣装のフィッティングを保持することに注目し、CG コンテンツ上のあるキャラクターから別の任意のキャラクターに衣装を転写する手法を提案する。身体と衣装のフィッティングの保持は、転写元と転写先のキャラクター間におけるスケールという概念を導入することにより達成される。本手法を用いることにより、これまで手作業で行われてきた CG コンテンツ上のキャラクターの衣装モデリングが自動で行えるようになるため、アーティストの労力の削減が期待される。

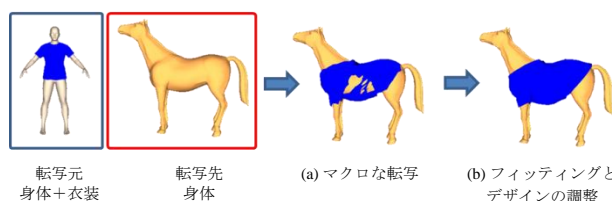


図 2. 本研究のフロー

2 提案手法

衣装転写システムは 2 つの工程から成る。はじめに、転写元キャラクターと転写先キャラクターのパーツごとの対応関係に基づき、衣装の大まかな形状を転写する（マクロな転写）。次に身体への衣装のめり込みを除去しつつ、裾のデザインを保持するような誤差関数を定義し、衣装モデルの形状を調整する。本研究のフローを図 2 に示す。

2.1 転写元と転写先のスケール計算

転写した衣装が転写先キャラクターの体型を考慮するために、転写元と転写先のキャラクター間におけるスケールという概念を導入する。実際に衣服を制作する際、メジャーを体に当てて人間の体型の長さ（測地線）を計測する。そこで本稿も同様に、CG キャラクターの測地線を計測し、転写元キャラクターからの体型の変化量を取得する。まず、転写元キャラクターと転写先キャラクターでバスト・ウエスト・ヒップなどの図 3 で示した代表的な長さを数か所測定し、その長さの比をスケールと定義する。次にこのスケールを以下の式を用いて全身に対して補間し、転写先キャラクターの全ての頂点でスケールを定義する。

$$J(\mathbf{u}) = \sum_r (U(r) - \sum_{s \in N(r)} w_{rs} U(s))^2$$

$U(r)$ は頂点 r のスケール値、 $U(s)$ は頂点 r に隣接する頂点 s のスケール値、 w_{rs} は頂点 r に隣接する頂点数の逆数である。スケールの計算結果を図 3 に示す。

2.2 マクロな転写

体型や姿勢が大きく異なるキャラクターの衣装を生成するために、転写元キャラクターを転写先キャラクターに

Fitting preserving garment transfer for similar topology
 Fumiya NARITA[†] Shunsuke SAITO[†] Takuya KATO[†]
 Tsukasa FUKUSATO[†] Shigeo MORISHIMA[‡]
[†]Waseda University,
[‡]Waseda Research Institute for Science and Engineering

変形する際の変形情報である変形勾配を転写元衣装に作用させる。

まず、Deformation Transfer[2]の対応付けの手法を用いて、転写元キャラクタを転写先キャラクタに形状を近づける。ユーザーが転写元キャラクタと転写先キャラクタの対応点を指定することで、キャラクタ間で対応する頂点は一致するという制約のもと、以下のような最小化問題を解く。

$$\min_{\vec{v}_1 \dots \vec{v}_n} E = w_S E_S + w_I E_I + w_C E_C$$

w_S , w_I , w_C は重み係数, E_S は隣接する三角形の変形を近づける項, E_I はメッシュの急激な変形を防ぐ項, E_C は転写元のメッシュの頂点を転写先のメッシュの頂点に近づける項, $\vec{v}_1 \dots \vec{v}_n$ は変形した転写元の頂点である。これにより転写元キャラクタとメッシュ数と位相情報が同じで、かつ転写先キャラクタに形状に近いメッシュモデルを得ることができる。転写元キャラクタを転写先キャラクタの形状に変形させた結果を図4に示す。

次に転写元キャラクタと変形した転写元キャラクタの変形勾配を S_j , 衣装の変形勾配を T_{t_j} と定義し、以下の最小化問題を解く。

$$\min_{\vec{y}_1, \dots, \vec{y}_n} \sum_{j=1}^{|M|} \|S_j - T_{t_j}\|_2^2$$

ここで M は衣装のメッシュ数で、 $\vec{y}_1, \dots, \vec{y}_n$ は転写した衣装の頂点である。図4はマクロな転写の結果を示しているが、衣装のめり込みや袖及び裾における不自然な変形が生じている事が分かる。

2.3 フィッティングとデザインの調整

前節で生じた問題を解決するために、誤差関数を導入する。めり込み除去の方法については DRAPE [3]で提案されているが、DRAPEでは体型が大きく異なるキャラクタ間での衣装転写を想定していないので、マクロな転写で発生した裾及び袖の不自然な変形を取り除くことができない。そこで DRAPEで提案されているめり込み除去の式を拡張し、以下の誤差関数を定義する。

$$E = \lambda_1 \sum_{(i,j) \in C} \left\| -s\epsilon_i + \vec{n}_{b_j}^T (\vec{y}_i - \vec{b}_j) \right\|^2 + \lambda_2 \sum_i \|\vec{y}_i - \vec{y}_i\|^2 + \lambda_3 \sum_{j=1}^N \sum_{i \in H_j} \|\vec{y}_i - (\vec{y}_i + (s_{src,i} - d_{trg,i})\vec{n}_j)\|^2$$

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ は重み係数, C は衣装の頂点 \vec{y}_i と体の最近傍頂点 \vec{b}_j の対応の集合, \vec{n}_{b_j} は身体の頂点 \vec{b}_j の法線ベクトルである。 s は転写元キャラクタと転写先キャラクタのスケール比, ϵ_i は転写元衣装の頂点 v_i と転写元キャラクタの最近傍頂点との距離である。 N は裾及び袖の数, H_j は j 番目の裾及び袖の頂点の集合である。 \vec{n}_j は H_j に対する最小二乗平面 α_j の法線ベクトル, $d_{trg,i}$ は α_j と \vec{y}_i の間の距離, $s_{src,i}$ は転写元衣装に対して同様に定義される。第一項は DRAPE のめり込み除去の式を拡張したもので、めり込みを除去しながら、転写先キャラクタにフィットするように衣装の形状を調節する(図5(a))。第二項は減衰項, 第三項は裾及び袖の元のデザインを保持する働きをする(図5(b))。この線形最適化問題を $\vec{y}_1, \dots, \vec{y}_n$ について解くことで、めり込みを除去しつつ裾及び袖の元のデザインが保持された衣装の形状を得ることができる(図2(c))。

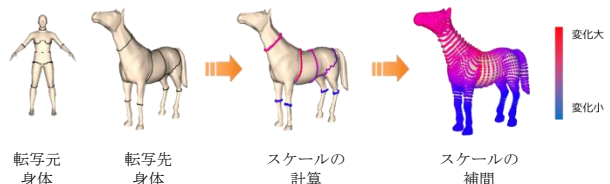


図3. 転写元と転写先のスケール計算

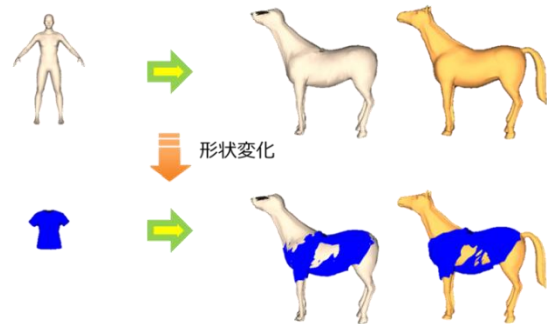


図4. マクロ転写の概要

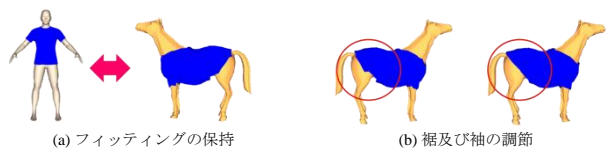


図5. フィッティングとデザインの調整の概要

ラクタにフィットするように衣装の形状を調節する(図5(a))。第二項は減衰項, 第三項は裾及び袖の元のデザインを保持する働きをする(図5(b))。この線形最適化問題を $\vec{y}_1, \dots, \vec{y}_n$ について解くことで、めり込みを除去しつつ裾及び袖の元のデザインが保持された衣装の形状を得ることができる(図2(c))。

3. 結果

図1に示すように体型の大きく異なるキャラクタから四足動物にまで、人間が着ている衣装を自然に転写することに成功し、本手法の有効性が示された。

4. まとめと今後の課題

本稿では、転写元キャラクタと転写先キャラクタの体型や姿勢が大きく異なる場合においても、フィッティングを維持しつつ、衣装を転写する手法を提案した。今後の課題としては、スカートのように構造が複雑な衣装にも適用できる手法の検討などが挙げられる。

参考文献

- [1] Brouet, R. et al. Design preserving garment transfer. *ACM TOG* 31,4, 36, 2012.
- [2] Sumner, R. et al. Deformation Transfer for Triangle Meshes. *ACM TOG*, 23, 3, 399-405, 2004.
- [3] Guan, P. et al. DRAPE: DRessing Any PErsOn. *ACM TOG* 31, 4, 2012.