

# キャラクターの局所的な身体構造を考慮した二次動作自動生成

金田 綾乃 福里 司 福原 吉博 中塚 貴之 森島 繁生<sup>†</sup>

早稲田大学 <sup>†</sup>早稲田大学理工学術院総合研究所 / JST ACCEL

## 1 はじめに

近年、コンピュータグラフィックスによるキャラクターアニメーションにおいて、生き生きとした表現を可能にするために、二次的な動作（肉揺れ）を自動かつ計算コストが比較的軽い手法が目ざされている。その中で (1) ボーン情報をもとにモデル表面の形状を直接決定する方法や、(2) キャラクターに仮想的な内部構造を構築することで表面を変形する手法、(3) 形状データを用いて目的の形状へと変形させていく手法、(4) アナトミカルな情報を考慮した手法が考案されてきた。しかし従来手法では、入力として筋肉の形状などを直接的に与えなければいけないことや、モデルの内部において想定される筋肉や脂肪層との相互作用が考慮できないことが課題となっている。さらに、筋肉の動きのように異方性を持たせるにパラメータ設定が非常に煩雑になる。そこで我々はボーンモーションから異方性や硬さを考慮した二次動作を生成するため、キャラクター内部に仮想的なアナトミカルなモデルを構築した。このモデルは、入力となるモデルの体積保存や外力応答が可能なことに限らず、ユーザが局所的な硬さや内部構造、繊維方向の設定が容易である長所を持つ。今回、ボーンからの内力を伝搬させる弾性変形手法として、我々は計算コストが小さい手法 Shape Matching (SM) 法を用いることとする。SM 法に対して「筋肉の繊維方向等を考慮した挙動の異方性を持たせる変形」「通常の SM 法に対して異方性による影響度をコントロールする中割パラメータの追加」「ボーンの間節情報をもとに力こぶ等の局所的に大きな変形情報を付与する」ためのフレームワークを実現した (図 1)。

## 2 モデル構造の定義

我々の手法ではインプットとして、四面体メッシュモデルとボーンモーションを用いる。実際の二次動作

のように骨と筋肉、脂肪における挙動を扱うために、Iwamoto らの手法 [1] を参考に多層構造モデルを構築する。但し、Iwamoto らの手法と異なり、入力となるボーンの向き情報とメッシュ表面を基に「繊維方向」を定義する。具体的な手順としては、(1) ボーンの位置にあるメッシュ領域にはボーンと平行なベクトル、(2) 表面領域には、骨に平行かつ表面の法線方向に垂直なベクトルを拘束条件とし、メッシュ全体の繊維方向を補間する。補間アルゴリズムとしては、Takayama らの手法 [3] と同様に Laplacian 補間を用いた。また、本手法はユーザのスケッチ等を用いて繊維方向の拘束条件を追加し、編集することができる。

## 3 階層に与える挙動

キャラクターの全体的な動作（姿勢）を指定するために、ボーン層に対してのみ Linear Blend Skinning を行う。筋肉層と脂肪層に対しては、Ijiri らの手法 [2] の弾性変形シミュレーションを適用することで、ボーン層の動きを伝搬させる。具体的な手順としては、入力となるモデルの各頂点とその近傍頂点をセットにした局所的な領域  $N_i$  を作成する。隣接する局所領域どうしは互いに重なり合っていることから、その各領域に対して弾性変形アルゴリズムを適用した後、加重平均を計算することで全体的な形状（ゴールポジション  $\vec{g}_i$ ）を得る。

$$\vec{g}_i = \frac{\sum_{r|i \in N_r} \omega_r^T \vec{g}_r}{\sum_{r|i \in N_r} \omega_r^T} \quad (1)$$

各領域から求めた  $i$  番目の頂点のゴールポジション  $\vec{g}_i$ 、重み係数  $\omega_i^T$  とする。さらに、筋肉層と脂肪層における繊維情報の影響度を編集するために、我々は新たにパラメータ  $\beta \in \{0.0, 1.0\}$  を導入し、以下の式を用いて各層の変形度合いをコントロールする。

$$\omega_i^T = m_i \times \frac{(\vec{r}_i \cdot \vec{s}_i)^2}{|\vec{s}_i|^2 |\vec{r}_i|^2} \quad (2)$$

$$\vec{r}_i = \vec{q}_i^0 - \frac{\sum_{k \in N_r} m_k \vec{q}_i^k}{\sum_{k \in N_r} m_k} \quad (3)$$

$$\vec{s}_i = \beta \vec{v}_i - (1 - \beta) \frac{\vec{r}_i}{|\vec{r}_i|} \quad (4)$$

Ayano KANEDA, Fukusato TSUKASA, Fukuhara YOSHIHIRO, Nakatsuka TAKAYUKI and Shigeo MORISHIMA<sup>†</sup>  
Waseda University

169-8555, Tokyo, Japan

<sup>†</sup>Waseda Research Institute for Science and Engineering / JST ACCEL

169-8555, Tokyo, Japan

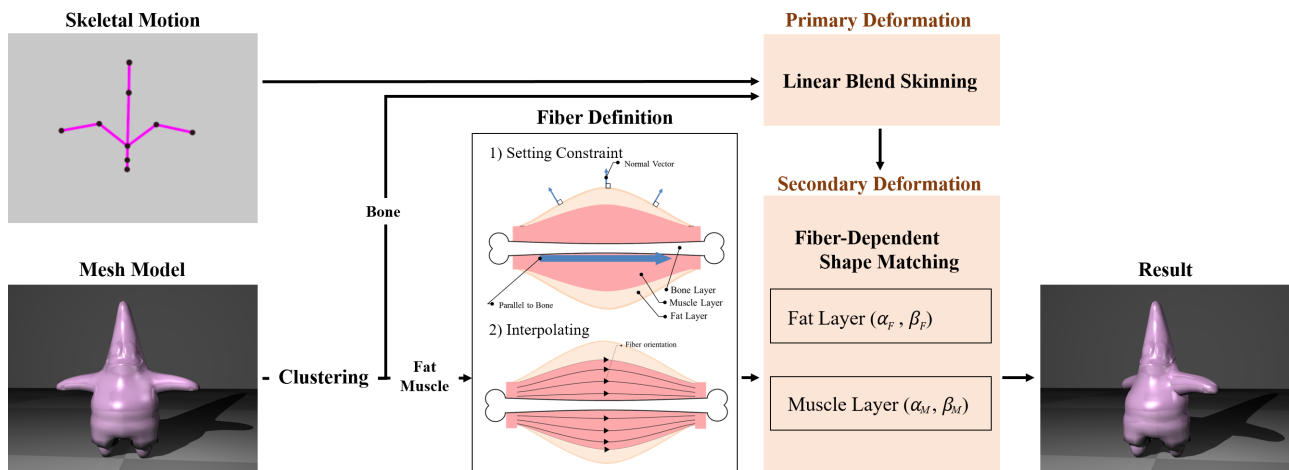


図 1: フレームワーク概要

式 (4) の第一項は繊維方向を仮定した変形ベクトル  $\vec{v}_i$ , 第二項は通常 (繊維なし) の場合の変形ベクトル  $\vec{r}_i$  をさす。

本フレームワークは各領域に対して拡大縮小パラメータ  $T$  を直接セットできる利点を持つ。つまり、体積保存が容易であるとともに、例示データやボーンの関節角度情報  $\theta$  を基づいた拡大縮小成分  $c(\theta)$  を加えることで、力こぶのような部分的に肉がもりあがるような動作も可能となる。

$$T_i(\theta) = D \begin{pmatrix} c(\theta) & 0 & 0 \\ 0 & 1/c(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1/c(\theta) \end{pmatrix} D^T \quad (5)$$

#### 4 結果と考察

Windows 10 desktop PC with Intel(R) Core(TM) i7-880U CPU において、頂点数 1574 のキャラクタモデルを用いた結果、処理速度は約 13.6[fps] となった。この結果から、ボーン動作に追従しつつ、肉や脂肪が遅れるような肉揺れ動作を簡単に生成できることが確認できた。

#### 5 まとめと今後の課題

本研究では、高速かつ頑強な弾性体変形の手法の一つである SM 法を応用し、モデルの局所的な硬さや伸縮方向を考慮したボーン制御可能な二次動作生成フレームワークを提案した。本手法は従来のアナトミカルな構造を用いた手法と異なり、各層による硬さと繊維の方向、繊維の影響度を直感的に指定することが可能である。この結果、各層での異なる挙動を付与し、高品質な結果を得ることができる。本研究の応用先として、高

コストな弾性体アニメーションの結果や実際の人間の動作データの「見た目」を再現するために、例示データを基に本アルゴリズムで用いるパラメータ (肉の硬さや、伸びる方向、階層の数) を最適化することが挙げられる。

#### 謝辞

本研究の一部は、JST ACCEL の支援を受けた。

#### 参考文献

- [1] Iwamoto, N., Shum, H., Yang L. and Morishima, S.: “Multi-layer Lattice Model for Real-Time Dynamic Character Deformation”, Computer Graphics Forum, Vol.34, pp.99-109, 2015.
- [2] Ijiri, T., Ashihara, T., Umetani, N., Igarashi, T., Haraguchi, R., Yokota, H., and Nakazawa, K.: “A kinematic approach for efficient and robust simulation of the cardiac beating motion”, IPLoS ONE, Vol.5, pp.1-9, 2012.
- [3] Takayama, K., Igarashi, T., Haraguchi, R., and Nakazawa, K.: “A Sketch-Based Interface for Modeling Myocardial Fiber Orientation”, Proceedings of the 8th international symposium on Smart Graphics, pp.1-9, 2007.