

平成22年 5月19日現在

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2008～2009  
 課題番号：20700092  
 研究課題名（和文） バネモデルによるしなやかさをもった魅力ある仮想身体モデル生成についての研究

研究課題名（英文） A study of virtual human soft body based on mass-spring model

## 研究代表者

松永 康佑（MATSUNAGA KOSUKE）  
 九州大学・芸術工学研究院・学術研究員  
 研究者番号：40464391

研究成果の概要（和文）：コンピュータグラフィックスによるしなやかさをもった仮想身体表現を行うために、人体の三次元計測と、多マーカーを用いたモーションキャプチャを行った。計測の際にはうつ伏せ、仰向け、横向きなどの姿勢での計測を行い、無重力時の身体形状の推定に利用した。バネモデルによる仮想身体モデルを作成し、モーションキャプチャで記録した運動データとの比較を行い、実測値に基づいた動きを伴う仮想身体モデルの制作を行った。

研究成果の概要（英文）：We represented a virtual human soft body on Computer Graphics with measuring a human body in three-dimension and motion capturing with many markers. When the measuring, posture of human body is flat on back, prone, and side. We used the 3D data to assume shape of human body at zero gravity. We modeled a virtual human soft body with mass-spring model that movement is based on human's motion data.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：コンピュータグラフィックス

科研費の分科・細目：メディア情報学・データベース

キーワード：コンテンツ、仮想身体モデル

## 1. 研究開始当初の背景

コンピュータグラフィックス（以下CG）によるリアリティを持った身体表現は映像表現の分野において大きな課題であり、映画やゲームに代表されるエンターテインメントの分野では特に重要な要素となっている。仮想身体にリアリティを持たせるためには、皮膚の質感、顔の表情、身振りなどの運動デ

ータを組み合わせ、人に与える感性的な印象を考慮しながら制作しなければならない。対象である身体は、普段我々が頻繁に眼にし、無意識的に観察しているものであるがゆえ、小さな不自然さが見ている人に対して違和感を与えてしまい、結果、その仮想身体が作り物に感じ、無機質な印象を与えてしまう。静止している状態では非常にリアリティが

ある仮想身体であっても、動き出したとたんに不自然さを生じるものも少なくない。

本研究では、身体動作の表情におけるリアリティの追求という観点で、やわらかさを感じさせる魅力ある仮想身体モデルの構築を目指す。従来のスケルトン構造とスキニング処理による、身体アニメーションの制作方法を拡張し、バネの物理モデルを仮想身体に適用することによって、身体動作の加速度が身体形状に与える変化を表現する。これによって、身体運動時の胸部、臀部、太腿などの柔らかい部位の細かな形状変化を半自動的に生成することが可能となり、より一層のリアリティをもった仮想身体の表現が可能となる。

CGによる仮想身体のリアリティの向上への要因の一つには、空間的なデータ密度の問題がある。これは仮想身体を構成するポリゴン数やテクスチャの解像度の制限によるものであり、この問題に関しては計算機能力の向上により年々改善している。もう一つの要因には時間的な動きに関する形状変化手法の問題がある。現在よく用いられる技法としてモーションキャプチャを利用した、実際の身体の動きを測定する方法がある。身体の表面形状をスキンとして定義し、それを動かすために内部に骨格を模したスケルトンと呼ばれる変換行列を埋め込み、スキニング処理によって変形させる。スキンはスケルトンと重み付け(ウェイトマップ)により変形処理されるが、この手法は、形状を一意に決めてしまうものであり、運動の際の加速度による変形を考慮されていない。人間が立っている状態でも体は重力により下に引っ張られ、身体形状は変形している。激しい躍動的な動きではより大きな形状変化が生じているはずである。

同様の問題をテーマとした研究として Sang Il Park らの研究 Capturing and Animating Skin Deformation in Human Motion が挙げられる。体全体に 350 のマーカーを取り付けた動作解析を行い、皮膚表面の動きを検出している。この研究では身体変形の計算を行う代わりに、すべての形状変化量を計測するため、データが大きくなる点や、採取したそのデータしか再現できないという問題がある。一方、すべての変形を計算のみで定義し表す手法では、やわらかさ自体を表現することは可能であるが、形状全体への適用が行われるにとどまり、身体のやわらかさやしなやかさといった表現には至っていない。以上の背景を踏まえ、本研究では、バネモデルを用いてモーションデータに基づく身体の自然な形状変化表現を行う。

## 2. 研究の目的

研究代表者はやわらかさや、しなやかさをCGで表現するために、mass-spring法を用いた映像作品を過去に制作した。仮想の質量同士を多数のバネで繋げ、物理法則に従った動きを計算するモデルを作成し、滑らかな曲面を用いて有機的な印象を与える表現を行った。独自のプログラムを制作することで、バネ係数や接続方法、質量を自在に定義し、微小時間に出現する独特な形状による映像を作成した。また、近年ではCGによる身体表現にも取り組んでいるが、魅力あるなまめかしい身体表現には至っていない。

本研究ではmass-springモデルを現在のスケルトンとスキニングによる身体モデルに組み込み、身体の柔らかい部分が物理法則に従い変形するモデルの構築を目指す。そのために、以下の問題に取り組む。

- ・仮想身体モデルへ mass-spring モデルを適用する
- ・mass-spring モデルとモーションキャプチャデータを含めたアニメーション生成プロセスの検証
- ・仮想身体モデルの物理シミュレーション結果と、実際の人体の変形との比較
- ・やわらかさ、しなやかさを感じさせる仮想身体モデルの印象評価

本研究の目的は、より人間らしさを持った魅力ある仮想身体モデルの構築であり、従来のモーションキャプチャによるスキニング処理された身体表現に加え、加速度変化に伴う身体形状変化のある身体表現を行うことである。

mass-spring法はそのバネ構造のとり方やパラメータの与え方により動き方を変化させ、人体形状変化を調節することが容易である。従来の身体表現方法であるスキンとスケルトンを組み合わせた人体モデルでは、一意に表面形状が決定されてしまうため、どのような激しい運動を行っても、躍動的な筋肉の動きを表現することができない。本手法を取り入れ、実際の人体の変形情報に基づいた、仮想人体モデルの構築を行うことによって、機械的な運動ではない、魅力を感じさせる身体表現が可能となる。また、柔らかい部分の柔軟な動きは物理モデルにより定義されるため、自然な動きの再現が可能である。

最終的には、標準的な身体モデルの構築を目指し、その身体モデルを用いた映画やゲームなどのコンテンツ産業への展開について検討を行う。

## 3. 研究の方法

研究は、仮想身体モデルの作成、実際の人物モデルによるモーションデータと、形状変

化について観察・分析、仮想身体モデルへの適用、印象評価実験の順に行う。まず mass-spring モデルを従来のスキンとスケルトンのモデルに適用し、モーションキャプチャデータから得られる加速度のデータを mass-spring モデルに受け渡すシステムを構築する。具体的には、身体表面付近に立体的にバネ構造を作ること、力が加わった際に、表面形状は変化し、中心部分の骨にあたる部位については形状変化しない構造にする。そうすることで、過度な変形を防ぐ。関節部を硬く、筋肉部をやわらかくするなどの細かい設定については、人体へ適用するテクスチャマッピング情報を用いて、mass-spring モデルのパラメータ調整を行うことにより実現する。

本研究では対象が身体表現であるため、詳細な運動の測定と分析に加え、感性的な表現を行うための生体の観察が必要と考え、対象を男女、体型の異なる人物モデルによる歩行、走行、ジャンプ、投げ、蹴りなど基本的な運動データ、及び重力加速度の向きを変化させながら皮膚形状変化データの採取を行う。その際、高精細ハイスピードカメラによる、より精密な測定を行い、得られたデータを本研究の仮想身体モデルに適用することで、実データに基づき形状変化する仮想人体を制作する。高精細ハイスピードカメラによる撮影は生体モデルに格子状の模様を入れ（デルマトグラフ）形状変化がわかりやすくした上で行う。一般的なビデオカメラでは、早い動きにおいて映像のブレによる測定精度にばらつきが生じる点で問題があり、ハイスピードカメラによる高速度での生体観察が重要になる。

生体観察・測定から得られたデータを適用した仮想身体モデルが、従来手法に対して、形状変化がどの程度おきているかを数値的に調べた後、それを基に構築したモデルによる印象評価を行い、従来手法に比べ、どれだけリアリティを持たせることができたか本研究の有効性を検証し、仮想身体表現において、人にとって何がリアリティを感じさせている要因かを探り、アニメーション等を制作する際に、より効果的な手法を検討する。

初年度は mass-spring モデルを仮想身体モデルに適用し、十分な表現性と、やわらかさを調整するための直感的なモデリングインターフェイスの作成を行う。

最終年度においては、さらに生体観察による運動データの取得を進め、多様な体型の運動データをそろえる。それらを基にして、バネモデルによるしなやかさをもった仮想身体モデルをより魅力的なモデルへとまとめ、従来モデルとの比較映像を制作し印象評価実験を行い、本研究の妥当性を検討する。

#### 4. 研究成果

仮想身体モデル作成のため身体計測を行った。計測項目は3次元デジタイザによる身体形状測定と、モーションキャプチャによる身体動作測定と、デジタルカメラによる皮膚質感の取得になる。身体形状測定においては全身及び、特に顔、胸部、臀部を集中的に記録し、重力による形状変化を加味するため、上向き、下向き、横向き状態についてそれぞれ行った。身体運動測定においては歩行、走行、ジャンプ、投げ、蹴り、揺れなど基本的な運動データを3次元的に記録するとともに、ハイスピードカメラを用いた撮影を行った。

実験の結果、顔、胸部、臀部の形状変化を十分観測できたため、測定データの解析及び、自身のバネモデルへの適用を進めた。

身体形状の計測データをもとに、独自のバネモデルによる仮想身体モデルの生成を行った。ここで用いたバネモデルは、身体形状の内部を充填するように配置された質点群、及び、任意の条件で質点間を接続するバネにより構成されるもので、接続条件や質点の重量、バネのパラメータ等の設定を行う必要のある物理モデルである。計測データには上向き、下向き、横向き状態における身体形状データが含まれており、当該研究において構築した仮想身体モデルを仮想空間上において同様の重力加速度を与え、重力による仮想身体形状変形と実際の身体の変形とを比較し、先の接続条件やパラメータの推定などを行った。運動計測においてはモーションキャプチャによる計測を行い、胸部、臀部などの特に揺れやすい部位に関しては集中的にセンサを配置し、計 20 パターン以上の運動を計測した。一方で計測した部位ごとの身体形状データを利用しやすいように統合、及びデータ量の削減を行い、運動データを適用させた仮想身体モデルを構築した。

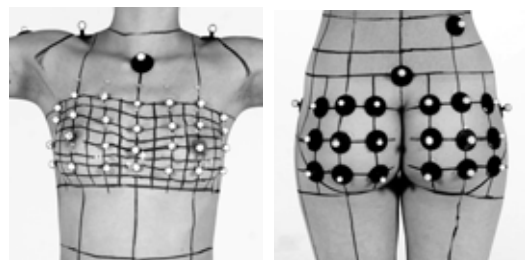


図1. 胸部、臀部の重点的な運動計測



図2. 胸部形状の重力方向の変化による違い

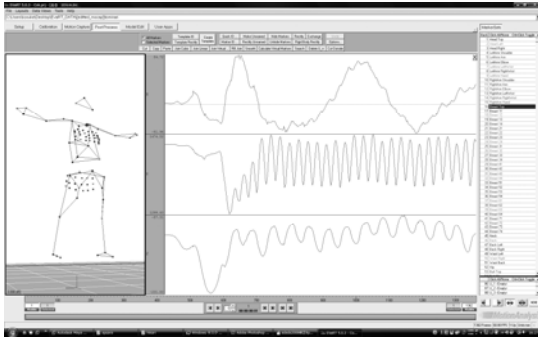


図3 . 運動データの記録

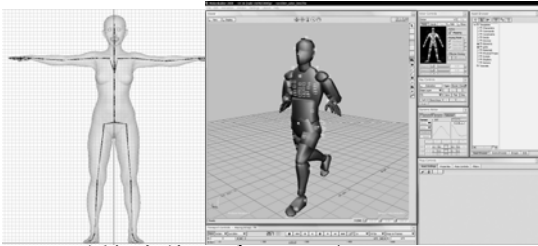


図4 . 仮想身体モデルへの適用

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

松永 康佑 (MATSUNAGA KOSUKE)

九州大学・芸術工学研究院・学術研究員

研究者番号：40464391