

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：20105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330435

研究課題名(和文) 仮想身体における筋肉の隆起と揺れ表現のための全身筋電計開発に関する研究

研究課題名(英文) measurement wholebody electromyograph for deformation of virtual humanbody

研究代表者

松永 康佑 (MATSUNAGA, Kosuke)

札幌市立大学・デザイン学部・講師

研究者番号：40464391

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：これまでの仮想身体表現で一般的に用いられていた、スキンスケルトン構造の問題点を解決するために、全身の筋電位計測、及び、身体の形状計測を行った。筋電位に応じた皮膚の隆起と弾性を表現するために、筋電位と皮膚形状変化の関連性について研究を行った。その結果、筋電位の変化にリアルタイムに変形する仮想身体表現が可能となった。48chの筋電位を同時に計測しつつ、筋肉の緊張時と弛緩時の変位を表現した。

研究成果の概要(英文)：We measured wholebody EMG and form for problem of the skin skeleton model which is generally used in expression of virtual humanbody. In order to express the bulge and the elasticity of the skin in response to muscle potential, were investigated about the relationship of the EMG and the skin shape change. As a result, it became possible virtual body representation is deformed in real time the change of EMG. Measuring the 48 EMG at the same time, representing the displacement of relaxation or muscle tension.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：仮想身体

1. 研究開始当初の背景

コンピュータグラフィックス分野における仮想身体表現では、身体表面のポリゴンモデル(スキンモデル)とそのモデルを動かすための骨構造(スケルトンモデル)を組み合わせた手法が一般的である。スキンモデルを作成するには三次元スキャナ等を用いて身体形状の計測を行う。スケルトンモデルの動きを付けるためには、モーションキャプチャを用いて身体の関節の動きを計測する。この手法は構造が単純で、計算効率がいよメリットがあるが、実際の身体内部の堅い骨や変形する皮膚などを考慮に入れたモデルではないため、本物の身体と比べ不自然なことがある。この問題は、スキン・スケルトンモデルの変形結果の形状が一意に決まってしまうことから起きる。実際の身体では、重力や運動時の加速度、力の入り方の違いによる筋肉の隆起などが同時に生じた結果、形状が変化する。これらの表現を行うために、関節角度から筋肉隆起を計算する、仮想的な筋肉モデルが考案されてきたが、自然な表現とはいえなかった。

研究代表者は、これまでの研究において、これらの問題を解決するために、実際の身体運動計測データを物理モデルに当てはめ、女性の胸部運動のような弾性体モデルを制作してきた。また、モーションキャプチャによる運動計測において、計測点の増加とともに増える編集作業の問題に対応するために、独自のマーカの提案を行っている。

このバネモデルには、バネ係数、減衰率、質量などのパラメータがあるが、これまでは主な対象を胸部や臀部としていたため、静的なパラメータとして扱っていた。しかし、大腿部など大きな筋肉の周辺では筋肉の緊張によって揺れ幅が制限されることが、モーションキャプチャによる計測データからも明らかになった。そのため、これらを動的なパラメータとして扱う必要性が生じた。

動的なパラメータとして扱うためには、その瞬間の姿勢などから筋肉に加わる力を推測することもできるが、対象部位の筋電位を直接計測し利用する方が、直感的にわかりやすく精度もよいことが期待できる。ただし、一般的な筋電計は医療用であり高価でチャンネル数が限られている。また、使用に当たっては身体内部の筋組織の場所について解剖学的な知識が必要となる。そこで、研究代表者は安価な筋電計回路を設計し、全身に筋電計を張り巡らせ、三次元スキャナが全身をスキャンするように、全身の筋電位を一度に計測する装置を提案する。

2. 研究の目的

コンピュータグラフィックスを用いた仮想身体表現では、モーションキャプチャ装置による身体運動データや、三次元スキャナによる身体形状データを元に制作を行うが、これらの装置だけでは時間軸を持った身体の

複雑な形状変化を表現することは困難である。本研究では身体運動に伴う筋電位情報を元に、柔軟部位の揺れと引き締まりを表現することを目的とする。従来の筋電計ではチャンネル数に限りがあり、高価であるため、全身を一度に計測することが困難である。そこで、数百チャンネル以上計測可能な全身筋電計を開発し、研究代表者が提案する仮想身体バネモデルと組み合わせることで、より表現性の高い仮想身体モデルを制作することを旨とする。

3. 研究の方法

全身筋電計の製作コストを考慮しつつ、十分な精度で筋電位を計測できる電子部品の選定、及び回路設計の決定を行う。精度確保のため筋電電極には既存の伝導ジェル付きの電極を使用するが、全身に配置することを考慮し、安価で再利用性の高い素材について検討する。微弱な筋電位を増幅回路に通し、Stand-alone型マイコンであるArduinoによってA/D変換し、コンピュータに記録、もしくはArduino本体側に記録する。Arduinoは複数のアナログ入力を持っているので、1チップで複数チャンネルの記録が可能である。1チャンネル計測用の簡易回路として回路と計測テストを行っている。この回路を改良し、複数チャンネルでの計測テストを行う。接続されたコンピュータでの筋電位記録、Arduino単体での記録機能を付加したうえで、100チャンネル程度の中密度の全身筋電計の製作を開始する。製作と並行して、得られた筋電位情報を元にした、仮想身体表現を検証する。具体的には、筋肉の弛緩と緊張が、その隆起や揺れに大きく影響する大腿部に注目したコンピュータグラフィックスを制作する。

実時間での形状計測と筋電計測を同時に行い、筋肉の弛緩と緊張と、身体形状変化との関係性を分析し、研究代表者が過去にモデル化したmass-springモデルのパラメータに置き換えて、映像を制作する。

対象とする運動は大腿部が大きく動く歩行や走行とする。この運動は、筋肉の緊張と弛緩が交互にあらわれ、大腿部の揺れが顕著である。運動時の身体形状計測手法としては、1mm極小マーカを多量に用いたモーションキャプチャシステムによる計測や、縞状パターンをプロジェクタで投影した画像解析による手法を用いる。

全身筋電計を高密度化し、規模の拡張を行う。チャンネル数の増加による機材の大型化を緩和するために、より多くのアナログ入力可能なマイコンに置き換える。

過去のモーションキャプチャ実験等において、計測点が100,200,...と増加するにつれ、マーカ配置に要する計測準備時間が比例して増え、1回の実験にかかる時間的問題があった。本実験ではモーションキャプチャに加え、筋電計も多数配置することから更なる計

測準備時間の増加が懸念される。そこで、医療用のネット状包帯のような、身体を過度に締め付けることなく身体形状を崩さずに、モーションキャプチャ用マーカや筋電計を多数配置可能な装具が必要となる。

次に、計測した 1000 チャンネルの筋電データと数百のモーションキャプチャデータ、3D スキャンデータを元に、筋肉の弛緩時、緊張時の形状変化、及び、運動時における皮膚形状の変化を再現し、躍動感ある仮想身体表現を行う。仮想身体表現の手法としては研究代表者がこれまで行ってきた、mass-spring 法を用いた物理シミュレーションモデルに置き換える。Mass-spring モデルで用いられるバネの弾性係数や減衰係数などのパラメータを逐一、筋電データを元にしたデータに置き換えることによって、時間変化を持つパラメータによるシミュレーションが可能となる。結果、走行時に右足が接地し、力がかかっている状態では筋肉の隆起が現れ、同時に筋肉の揺れが収まる一方で、反対の左足は筋肉の隆起が消え、筋肉の揺れが顕著に表れてくるような表現が可能となる。これらの筋肉と皮膚形状の振る舞いは、規模の程度はあるが、全身で起こっていることであり、大きな筋肉であればあるほど顕著である。特に、臀部、ふくらはぎ、上腕などによくみられる。

4. 研究成果

全身筋電計の試作のため単純なアンプ回路と筋電電極を用いて、Arduino マイコンによる筋電計をテストした。生のデータには、高周波ノイズ、低周波ノイズ、増幅ノイズなどが含まれており、これらの除去のため、全身筋電計の試作回路について見直しを行った。これまで筋電位の増幅について単純なアンプ回路を用いて行ってきたが、より低ノイズのアンプ回路について試作を行った。これまでは 1 段による増幅回路を用いてきたが、半導体部品の特性について検討を行った結果、多段式による増幅回路を用いることでノイズを軽減できることがわかったため増幅回路の多段化を行った。

使用していた三次元スキャナシステムの変更に伴い、計測環境の特徴を生かした研究を行った。これまでの三次元スキャナシステムはラインレーザーの凹凸を画像処理によって識別する仕組みであり、計測には 10 秒から 20 秒程度静止している必要があった。そのため筋肉の緊張時における隆起を記録するためには、一定時間緊張状態を維持する必要があった。新たな三次元スキャナでは、複数の写真画像から 3 次元形状を計算により求めるシステムであり、リモートコントロールによる同期シャッターにより瞬間の緊張状態の形状を計測することが可能になった。このことにより、走行中の最も力が入る瞬間の脚形状の変化をとらえることが可能となった。

研究期間の 2 年目より、所属機関が変更となり、研究環境が変化した。新規に別システムの運動計測装置や形状計測装置、スタジオ環境の準備を行い、研究継続のための環境整備を行った。以前の環境にはない形状計測が可能となったことから、本研究の目的を達成する方法の修正を検討した。計画では、形状計測に関して、空間解像度が低く時間解像度の高いモーションキャプチャと計測時間の長い三次元スキャナを用いて行う計画であったが、近年の画像処理技術により新たな三次元形状計測手法が一般化し、複数台のカメラの同期撮影により、運動時の瞬間の形状計測が可能となったため、筋肉隆起による形状変化はデジタルカメラ同期撮影手法を用いることとした。

研究の過程で、安価な筋電計が開発・市販されるようになり、24 電極（8 アース、16 電極）で 8 チャンネルの筋電が容易に計測できるようになり、同時に、加速度、角速度、無線通信、バッテリーなどの必要十分な装置を手に入れることが出来るようになったため、筋電データを得るためにこの装置の電極を延長することによって代用することも視野に入れて、研究を進めた。計測した筋電データの活用、映像への反映にあたり、筋電電極を増やし、144 電極（48 アース、96 電極）で 48 チャンネルの筋電位データをリアルタイムに計測し、CG で制作したキャラクタデータの形状変化に反映させた。キャラクタデータは、ボーン構造を有しており、非常に少ない本数の mass-spring モデルを有したモデルを使用し、筋電位の上昇に応じて、身体部位の太さに影響するモデルを制作した。このモデルは、Unity 上で実装され、筋電位計のデータをリアルタイムに取得し、キャラクタデータの形状に反映させる仕組みとなっている。当初計画していた、自作の筋電計の電極数には到達していないが、安価に多数の筋電位を計測し、リアルタイムに CG の人体表現に反映させる研究の目的を達成することが出来た。また、無線通信ですべての計測を行うことが出来るようになり、計測実験における被験者の負担や、迅速な計測実験の実施が可能となった。今後は筋電位情報に基づく皮膚形状変形の精度を出すための人体モデルについて課題が残っている。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 5 件)

(1) Kinect を用いたフェイシャルプロジェクト
ションマッピング 松永康佑 三上拓哉
インタラクティブ 2016 東京
2016 年 3 月 4 日
科学技術館（東京）

(2)さっぽろ雪まつりアーカイブ～VR体験
と比較評価～ 松永康佑 三上拓哉
感性フォーラム札幌 2016
2016年2月6日
札幌市立大学サテライト(札幌)

(3)新人看護師の静脈穿刺部位選定のための
プロトタイプ的设计と検討 小川祥平, 田中
角栄, 木村剛, 松永康佑, 神島滋子
感性フォーラム札幌 2016
2016年2月6日
札幌市立大学サテライト(札幌)

(4)セルオートマトン法を用いた雪の結晶形
状の生成 松永康佑
2015年度日本図学会春季大会
2015年5月10日
北海道大学(札幌)

(5)干渉縞を用いた人の動きに反応する映像
表現
小川祥平, 松永康佑
2015年度日本図学会春季大会
2015年5月10日
北海道大学(札幌)

6. 研究組織

(1)研究代表者

松永 康佑 (MATSUNAGA, Kosuke)
札幌市立大学 デザイン学部・講師
研究者番号: 40464391