

令和 2 年 7 月 13 日現在

機関番号：20105

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00508

研究課題名（和文）顔の三次元データ活用のための顔認識手法の研究

研究課題名（英文）research on facial 3D data processing for facial animation

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） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：SfM法とToF法による計測データを用いて、計測データの精度差に関する検証を行った。赤外線カメラ画像を対象として、画像処理による顔認識を行った。顔形状の自動計測手法について見直し、可搬性の高い計測システムを構築し、無線接続可能なシングルボードコンピュータ20台とカメラユニットを用いて、通信制御による撮影を可能とし、活用範囲を広げた。事前に作成した、基本顔データを基盤として、三次元計測データとのフィッティングを行い、映像コンテンツの制作を可能とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、手作業によって行われていた顔のCGモデル制作に関して、自動化を進めることによって、コンテンツ制作の負担を軽減し、あらたなコンテンツ制作のプロセスを提案するものです。本研究によって、画像から3次元アニメーション可能なモデルの生成プロセスが出来た他、本撮影システムが映像コンテンツだけではなく、医療分野での活用が可能であることがわかり、今後の発展につなげることが期待されます。

研究成果の概要（英文）：The difference in accuracy between the SfM and ToF methods was verified by using the data. Face recognition by image processing was performed on infrared camera images. The method of automatic face shape measurement was reviewed and a highly portable measurement system was developed. Using 20 single-board computers and a camera unit, photography by communication control is possible. In addition, the scope of utilization was expanded. Based on the pre-created basic face data, we fit it with the 3D measurement data, and then it made it possible to produce video content.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：フェイシャルアニメーション

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

コンピュータグラフィックスを用いたリアルな人体表現では、計測技術の発達や新たな描画手法の登場により、より現実の人間に近い表現が可能となってきている。実際の役者の動きや表情を計測し反映させた映像が、映画やゲームなどの分野において目立つようになってきた。また、リハビリテーションの分野では動作計測による訓練の質の改善や、美容整形の分野では顔の形状計測によるシミュレーションが行われている。

申請者は実際の人間の計測データを基にしたキャラクタアニメーションの分野において、リアリティを持った動きの表現について研究を行ってきた。人体の運動の計測にはモーションキャプチャがよく用いられ、モーションキャプチャデータを利用した表現では皮膚形状モデルを骨モデルで変形させるスキン・スケルトンモデルが一般的である。しかし、この人体モデルは運動に伴う皮膚の弾性表現ができないため、よりリアリティを持った皮膚の動きをする人体モデル構築のため、申請者は過去の申請課題において、この問題に取り組んできた。

(1)「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」では、女性の胸部の運動について物理モデルを提案し、シミュレーションにより皮膚変形結果を得ている。

(2)「正方小型紙マーカを用いた高精細な人体表皮運動の計測に関する研究」では、数百の計測点に基づくモーションキャプチャは、皮膚の細かな変形を再現することが可能であるという視点に立ち、計測点の増加に伴うラベリング作業の手間を自動化するための研究を行った。

(3)「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」では、多数のモーションキャプチャ計測点データによる変形量と、筋電位データの同時計測により、両者の関係性について研究し、筋肉の緊張時と弛緩時における弾性モデルのシミュレーションパラメータのモデルとして提案を行った。

これらの研究では、人物の計測データを基にした、より動きのリアリティを持ったモデルの構築に力を入れてきた。これまでの研究では、皮膚変形の多い、脂肪や筋肉量の多い部分に焦点を絞ってきたが、人体モデルを構築する上で、表情の持つ動きのリアリティが不足しているため、顔の動きの計測手法についての研究を着想した。

2. 研究の目的

表情の計測には大きく分けて2種類の方法がある。1つは顔にモーションキャプチャのマーカを多数つけて動きを計測する手法であり、精度のよい三次元的な変形情報が計測できる。もう1つは動画像の認識技術をベースにしたものであり、動画像の特徴量を計算・追跡し、事前に用意してある顔モデルの変形に利用するものである。事前に用意する顔モデルは、目や口などの部分ごとに分けられており、多数の表情データが用意され、動画像の特徴量の結果から一番近い表情データが用いられるデータベース構造であり、近似的な形状が得られる。

モーションキャプチャベースの手法ではマーカの取り付けに時間がかかる問題や、演技中の役者の表情の記録の妨げになる問題がある。同画像認識技術ベースの手法では、得られる結果が近似結果になることや、奥行方向に対する変形に問題がある。

本提案では、計測対象の人物の詳細な顔データをもとに、特徴量の抽出を行い、即時性の高い計測プロセスの確立を目的とする。ここで即時性の高さとは、三次元データの計測から最終的なコンテンツとして成立するまでの時間が短いことを指している。

申請者のこれまでの顔に関する研究では、以下のものがある。

- ・孫文生誕百周年 Talking Head
- ・顔プロジェクションマッピングパフォーマンス
- ・三次元計測データからのお面制作

これらの取り組みでは、以下の目標をもって行ってきた。

- モーションキャプチャによる顔アニメーション
- 唇と音声との同期
- リアルタイムな顔位置の認識
- 即時性の高い、三次元データの活用法

「三次元計測データからのお面制作」では、計測からお面の出力までのプロセスを単純化し、15分以内にお面の印刷を完了させることを目標としていた。しかし、このうち計算時間が5分ほどで、残りの10分は人手による作業が占めている。時間短縮には三次元計測データの顔認識が必要である。

「顔プロジェクションマッピングパフォーマンス」では、既存のカメラ機能を利用した、顔位置の認識をしているが、顔認識機能に色情報が含まれているため、投影する映像に制限があった。

これらの問題を解決するためには、計測データから顔の特徴点を認識する必要がある。計測データの種類には奥行情報、三次元形状が挙げられる。奥行情報はカメラからの距離を格納した画像データである。三次元形状データは三次元スキャンにより計測したデータである。これら2種類のデータは精度と計測時間の点で相対する。そこで、目鼻口などの特徴を認識し、2つのデータの欠点を補いつつ、即時性の高いコンテンツへの利用を考える。

同様の取り組みに、森島の顔計測コンテンツがあり、その成果は愛・地球博のグランオデッセイなどに観ることが出来る。そこでの問題点としては、CGで再現された自分の顔が瞬時に認識できない点が挙げられており、その理由として表情の乏しさが指摘されている。そこで、申請者

は対象者の顔の形状と表情について計測を行い、即時性のあるコンテンツ制作を行う。CGに表情をつけるためにも、三次元顔形状の認識は必要である。

本研究はこれまで手作業で行っていた顔アニメーションのためのモデリング作業の手間を省くための研究である。三次元計測データから、ゲームや映画などで用いられるデータにするためにはノイズ除去、穴埋め、トポロジー変換、骨とのリンク、UV、テクスチャマップ、ウェイトマップなど多くの工程が存在する。本研究はこれらの工程を簡略化、自動化することによって、即時性の高いコンテンツワークフローを確立するものであり、来場者の顔と表情の計測後、速やかにゲームや映画などのコンテンツに反映させることが可能となる。

3. 研究の方法

(1) 三次元計測手法と表情アニメーション計測手法の検討

形の計測には三次元スキャナが用いられ、人体サイズの計測が可能な三次元スキャナは従来、ラインスキャン方式が一般的であったが、近年ではストライプパターン投影方式や多数のカメラ画像を用いた画像解析ベースのSfM方式が普及してきた。また、精度が低くなるが、Light CodeやTime of Flight方式の計測装置も登場している。これらの計測手法では計測時間と計測精度はトレードオフの関係にあるが、中でもSfM方式はコンピュータの計算能力の向上に伴い解析時間が短縮されるため、今後の計測時間の短縮が見込まれ、且つ精度を保つことが出来る。また、一瞬の表情を計測することが可能であるため、表情豊かな表現力を持った身体モデルを作ることが可能である。表情アニメーションの計測には、精度が落ちるがリアルタイム性の高いKinectなどを用いた計測を行う。これら2つの手法を組み合わせ、精度の高い顔形状モデルをアニメーションさせる混合手法について検証を行う。

(2) 三次元データの認識

認識手法はいくつか挙げられるが、近年、注目されている手法の一つにPCL (Point Cloud Library) がある。特徴量抽出や領域の分割、メッシュ変換など大規模な点群データに対する解析手法を提供するもので、SfM法で計測した点群データや、Kinectなどによる奥行画像データを点群データとして取り扱うのに適している。

PCLで認識できないデータに関しては、二次元顔画像認識に用いられる手法を三次元に展開して問題解決を図る。以下にいくつか方式の概要を示す。

顔形状データを水平方向に輪切りにし、その断面の曲率をもとに顔の特徴点を導く

顔の任意の部位周囲の曲率をもとに特徴量を計算し認識を行う。

顔の任意の部位周辺の空間充填パターンをもとに特徴量を計算し認識を行う。

これらの手法は、顔画像認識の基本的な理論であり、2番目の方式は一般的なパターンマッチング法に対応する。

眼、鼻、口などの顔の特徴情報をもった三次元形状データをアニメーションさせるための骨構造の定義を行う。骨構造は全身の体骨格に使用するが、顔形状の変形にも有効である。一般には30以上の骨構造を顔に入れる必要があり、より多くの骨を割り当てるほど、表現の自由度が増す。しかし、制御のしやすさの観点から、あまり多くすることはできないため、骨の数と配置について検証する必要がある。また、この骨の移動量は、顔の特徴点の移動量とリンクするため、見つけやすい特徴点である必要があり、SfM法の特徴点検出の計算結果を踏まえる必要がある。以上の検証項目に対して、実際の一般被験者による検証実験が必要である。顔の特徴は千差万別であるため、できるだけ多くの顔で検証し、問題が生じることがないか確認する必要がある。認識できない顔がある場合、問題点の抽出、改善のための認識プログラムの修正が必要になる。

(3) 映像コンテンツの制作

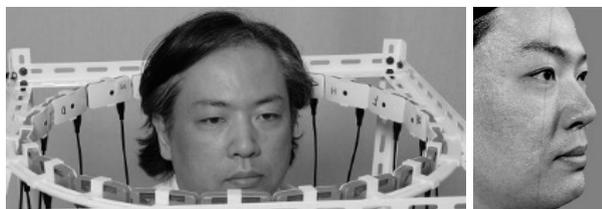
三次元形状計測、表情の計測データを基にした、ゲームキャラクターや映像コンテンツ制作を行う。

4. 研究成果

初年度はSfM法とToF法による計測データを用いて、計測データの精度差に関する検証を行い、SfM法で得られた計測データを基準として、ToFデータの誤差の大きさについて検証した。また、ToF法の代表的なMicrosoft Kinectによる顔形状の推定データによる形状誤差を算出した。

カラー画像を用いない計測方法の一つとして、赤外線カメラ画像を対象として、画像処理による顔認識を用いた手法について検討を行った。赤外線画像処理においても従来のOpenCVによる顔認識技術が問題なく適用できたことを踏まえ、本研究活動に取り入れた。

二年目以降では顔形状の自動計測手法について見直しを行った。従来はSfM法による三次元形状データの計測を行うために、10から20台の一眼レフカメラを用いて、同期撮影および撮影データを取得していたが、設置に時間がかかることや、可搬性が低いこと、カメラ台数を増やす際のコストの問題などがあった。IoT技術の発達により、カメラ性能を維持しつつ、より小型軽量で安価な計



測システム構築の可能性が出たため、新たな計測システムの構築および検証を行った。新しく構築した計測システムでは、無線接続可能なシングルボードコンピュータ 20 台を用いて、それぞれのボードにカメラユニットを接続し、ホストコンピュータからのコマンド制御による同時撮影およびデータ確認が可能となった（右図）。小型軽量化に伴い、簡単に持ち運びが可能となったため、移動を伴う活用の幅が広がった。また、カメラ 1 台あたりの追加費用が従来の 1/10 程度に抑えることが可能となったため、より多くのカメラ台数を確保し、形状データの精度を高めることが容易となった。

2019 年末に Reallusion 社より AI を活用した Headshot が発表され、正面写真一枚から顔形状推定による三次元顔形状のモデリングが可能となった。写真から自動的にアニメーション可能な三次元顔データを得ることが出来るため、基本のデータ構造として活用した。ただし、このソフトウェアでは、斜めや横からの自動形状修正機能がないため、時間をかけて修正を行う必要があった。そこで、この基本のデータ構造のうち、頂点の順番を変えずに、位置座標だけを三次元形状データにフィットさせることで、アニメーション可能で実際の顔形状に近いモデルを作成することが可能となった（右図）。



また、本研究で取り組んだ可搬性の高い三次元形状計測システムに関して、医療関係者から相談があり、本システムの特徴を踏まえつつ、相互に連携した活動を模索中であり、本研究の取り組みの発展先として医療分野への応用も含め検討中である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山口 唯, 松永康佑
2. 発表標題 足裏への音圧刺激による雪上歩行感の表現 さっぽろ雪まつりアーカイブ
3. 学会等名 情報処理学会インタラクション2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松永康佑
2. 発表標題 正二十面体を用いた色合わせ立体パズルゲーム「Platomino」
3. 学会等名 情報処理学会インタラクション2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三上拓哉, 松永康佑
2. 発表標題 高齢者のロコモ予防を目的としたトレーニングゲームの開発
3. 学会等名 第4回ADADAJAPAN学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉田 香織, 松永康佑
2. 発表標題 二次元セルアニメにおける要素を付帯した三次元CG 表現
3. 学会等名 第4回ADADAJAPAN学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 増井洋輝, 松永康佑
2. 発表標題 物理拳動を付加した巨大な人型ロボットのキャラクターアクション
3. 学会等名 第4回ADADAJAPAN学術大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 近藤 邦雄、田所 淳	4. 発行年 2018年
2. 出版社 講談社	5. 総ページ数 320
3. 書名 ProcessingによるCGとメディアアート	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考