

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月21日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700102

研究課題名（和文） 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

研究課題名（英文） A Study on Measurement of human body movement using small square paper markers

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）：

本研究は、仮想身体表現のための計測システムの構築を目指している。従来の計測システムは運動解析と形状計測を別々に行うものであり、同時に記録できるシステムが求められた。また、多点運動解析では、計測点が増加するに従い、編集時間増加の問題があった。これらの問題解決のため、本研究では田の字型紙マーカを用いた、計測システムの構築を行った。この計測システムの有効性は確認できたが、計測精度や認識速度の点において問題が残った。

研究成果の概要（英文）：

In this study, we aim to build a measurement system for representation of virtual human body. Traditional measurement system is separated motion analysis and shape measurement, but we need a system that can record both simultaneously. Simultaneous many points motion analysis, by an increase in the measuring point, there was a problem of increased editing time. To solve this problem, we constructed measurement system using a square pattern paper marker. We have confirmed the effectiveness of this measurement system. However, problems remain in the recognition speed and measurement accuracy.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

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、モーションキャプチャ、形状計測

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基本的な身体の骨構造（スケルトンモデル）が一般的に用いられている。3次元ス

キャナ等で身体形状を計測しスキンモデルを作成、モーションキャプチャを用い身体の関節の動きを計測し、スキンモデルと組み合わせ表現する方法である。

この手法は構造が単純で、計算効率がよいメリットがあるが、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に見えることがある。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、顔表情の変化などが同時に生じた結果、形状が変化する。

これらの形状変化を計測するためには、二つのアプローチがあると考えられる。一つは3次元スキャナの取り込み速度を高速にする方法で、もう一つはモーションキャプチャのマーカの数を増やし、全身を数百のマーカで計測する方法である。

前者は縞模様画像を被写体に投影し、その縞模様の変化から形状を計測するシステムが高速な手法として知られている。しかし、この手法を用いても、数パターン投影する必要性から、1回の計測に1秒前後要し、連続した運動を計測するには不十分である。後者の研究の例として、体全体に350のマーカ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。この研究をベースに、魅力ある身体表現の研究として胸や臀部、太腿などの揺れやすい部位に集中的にマーカを取り付け、運動を計測する実験を行ったが、いくつかの問題があった。一つ目は装置の性能限界によるもので、計測点数の限界である。

二つ目の問題は編集作業の増加である。光学式のモーションキャプチャではマーカはそれぞれ身体のどの部分に取り付けられているものかは判別ができない。一般的には、連続するフレームにおいて前後のフレームの関係から、同一のマーカと思われるものをラベリングし追跡するが、マーカ同士が重なってしまったり、一時的に隠れたりした場合、マーカが入れ替わったり、追従できなくなる。このような場面では手動でラベリング作業をする必要があるが、マーカの数が増えるに従い自動ラベリング機能はミスが多くなり、マーカ数の増分以上に手動での編集作業量は増えてしまう。

三つ目の問題はマーカの大きさに起因するものである。マーカの数を極端に増やすことは、モーションキャプチャシステムが3次元スキャナに近づいていくことを意味する。その際に、現在使用している、球形のマーカでは、その半径の大きさ分だけ身体表面から離れた部分を測定することになる。また、身体表面が大きく波打つような変形の場合には、マーカ接着面の皮膚の法線方向が変化するため、マーカ半径を指し引いて表面を推定することは難しい。このことから、マーカは小さいほうが好ましいが、それも装置の性能限界がある。

2. 研究の目的

本研究は、運動計測における計測点数の問題、自動ラベリングの問題、マーカ径に関する問題を解決する手法として、田の字型紙マーカを用いた運動計測システムを構築することを目的としている。

光学式モーションキャプチャはマーカ数の制限からくる空間解像度の低さの問題があり、一方で三次元スキャナ時間解像度の低さの問題がある。これらの問題を解決し、より皮膚表面近くを正確に計測する手法として、紙でできた格子状の正方小型マーカを考案した。このマーカの特徴を次に示す。

- ・マーカは「田」の字に区別され、それぞれに色を塗り、色のパターンによって識別子とする。
- ・田の字の中央の交点をマーカの中心とする。
- ・マーカはシールシートに印刷するため厚みは1ミリ以下で測定誤差が減る。
- ・撮影後にまとめて画像処理を行うため、マーカ数の制限は識別パターンの上限による。
- ・再帰性反射シートではなく普通の紙なので入手が容易。

これらの特徴を有するマーカを秒間120フレームで撮影可能なビデオカメラで撮影し画像解析を行うことで、多数のマーカの位置を計測する。本研究で使用するマーカ例を図1,2に示す。

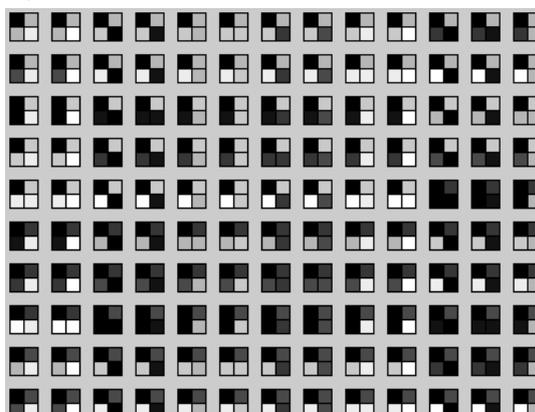


図1 田の字型紙マーカの例



図2 田の字型紙マーカの配置例

3. 研究の方法

黒、白、赤、緑、青、紫、黄、水色の8色中4色を用いて配色した「田」の字型の正方格子マーカを製作する。この配色パターンはマーカの識別IDとして使用する。配色パターンは500程度あり、これが同時に計測可能なマーカ数となる。正方格子マーカはシールシートに印刷し、実験時に1枚ずつはがして人体に張り付けて使用する。マーカを取り付けた被験者の周囲を取り囲むようにビデオカメラを配置し、撮影を行う。取り込まれたデータの画像解析を行い、マーカの位置検出を行う。正方格子マーカを認識するために、カラーカメラ画像からマーカ位置情報を検出するためのプログラムを作成する。効率よく検出するために細かい色の指定や、カメラの画素数と被写体との距離を考慮して検出可能なマーカの最小サイズを求める。図3に計測例を示す。



図3 計測例

4. 研究成果

本研究で取り組んだ運動計測システムについて説明する。計測に用いるカメラには個々のレンズ特性によるゆがみが生じるため、図4のようなパターンを用いてカメラ画像の補正を行う。この補正によって、空間上のXYZ軸を直線として扱うことが可能になる。

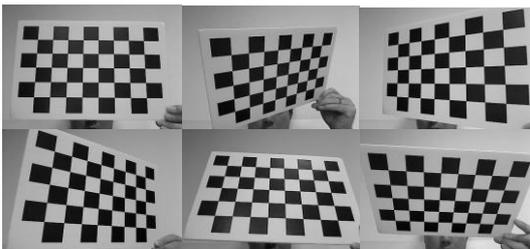


図4 レンズ特性補正のためのパターン

レンズ特性の他にカメラ固有の特性としてCCDの特性がある。これは、同じ色を撮影した際に、実際に記録される色が異なる特性である。本研究では、RGB各色要素の計測値が重要であるため、この補正を行う必要がある。補正のため、HSV系のカラーチャート(図5左)を用意し、基本の8色がどの範囲に収まるか検証した。また、基本8色を特定の照明条件下における色の見え方を検証するために、図5右のようなカラーパターンを作成した。

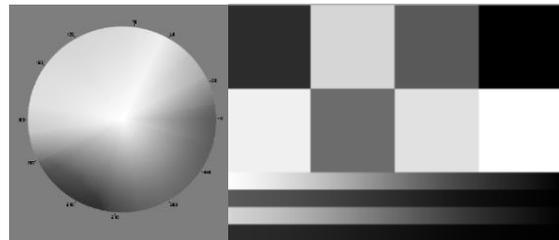


図5 CCD特性補正のためのパターン

カメラから入力される画像から、田の字型のマーカ位置を検出するために、いくつかの画像処理を行う必要がある。入力画像から、マーカ位置の出力までの解析の手順は次のとおりである。

- 入力画像
 - CCD特性の補正
 - フィルタによるノイズの抑制
 - レンズ特性の補正
 - HSV系への変換
 - 対象色領域の抽出
 - 田の字型マーカのマッチングによる検出
 - 配色パターンに基づく検出
 - 中心点の計算
 - 配色に基づく固有識別子の決定
 - 空間上の位置計算
 - 位置出力
- 計測例を図6に示す。

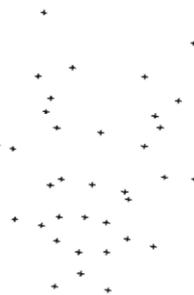


図6 計測例

本手法による計測では、計測点に固有識別子を与えるため、後処理の必要性は減ったが、計測精度や認識速度の点において問題が残った。計測精度については、今後のカメラの高画素化に伴い解決できる部分もあるが、より精度の高いマーカを提案する必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1件)

Matsunaga Kosuke, Genda Etsuo,
Physical Modeling of Breast Movement Based
on Motion Data. Simulation of Woman's
Breast Moving Using mass-spring Model.
International Journal of Asia Digital Art
and Design. Vol.14, 2011, pp.19-24. 査読
有

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