

平成 21 年 6 月 5 日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19700183
 研究課題名（和文） インビジブルマーカを用いた
 小型・簡易モーションキャプチャシステムの提案
 研究課題名（英文） Proposal of Invisible Marker for Simple Motion Capture System

研究代表者
 青木 公也 (AOKI KIMIYA)
 中京大学・情報理工学部・准教授
 研究者番号:40324488

研究成果の概要：モーションキャプチャ(以下 MC)とは、人物の動きを 3 次元計測する技術である。近年 MC は映画やゲーム等の CG に係る映像制作用途に留まらず、様々な現場で実用される技術として拡がりをみせている。しかし既存の MC 技術の多くは、特殊なトラッカーや専用スタジオが必要、設定・操作に専門スキルが必要等、一般ユーザの気軽な使用は困難である。そこで本研究では、光学式 MC 技術を基本とする、小型・簡易な MC を提案した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,100,000	0	2,100,000
2008 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	360,000	3,660,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：モーションキャプチャ，3次元運動検出，コンピュータビジョン，画像処理，ステレオビジョン，3D フロー

1. 研究開始当初の背景

モーションキャプチャシステム(以下 MC と記述)とは、人物・物体の動きを 3 次元計測する技術で、光学式、機械式、磁気式等がある。一般的に計測対象に装着するマーカー群とこれらを検出するトラッカーから構成される。より普及している光学式は、複数のカメラをトラッカー、カラーボールや反射材等をマーカーとして用い、画像情報からマーカーの 3 次元位置を解析する。死角を減らすために、計測対象の周りにトラッカーを設置する

必要があり、専用のスタジオで使用する人が多い。記録された情報は、スポーツ選手の身体の動きデータ収集や、映画・ゲーム等における CG キャラクターに、滑らかで現実的な動きを与えるのに利用される。近年では、舞踏等の無形文化財や、特定作業の熟練技能者の「技」の保存等、様々な現場で実用される技術として拡がりをみせている。しかし現在の MC 技術の多くは、特殊なトラッカーや専用スタジオが必要等、計測コスト・時間の面で一般的に利用できるシステムとはい

えない。また、マーカーを体に装着した上、専用スタジオ環境下での計測では、被計測者に精神的・肉体的負担を与え、真に必要な普段の動作データの計測には至らないと考えられる。そこで本研究では光学式システムを基本とし、大掛かりな設備や、複数のマーカーの計測対象への装着を必要としないインビジブルマーカーによる MC システムを提案する。

2. 研究の目的

本研究では、小型で被計測者への負担を最低限に抑えた、MC の構築を目的とする。本研究では、トラッカーとしてステレオビジョン 1 台を、マーカーとしてカラーマーカー及びインビジブルマーカーを用いる。パン・チルト雲台に設置したステレオビジョンをトラッカーとすることにより、単一視点からのマーカー 3 次元位置計測を可能とし、装置規模を大幅に縮小化する。これにより発生する死角については、インビジブルマーカーの概念を用いて克服する。

一般的に捻りの検出にはマーカーの個数を増やす必要がある(例えば、頭部の両側に装着すれば、顔の向きも検出できる)。これに対して、本研究ではカラーマーカー間に仮想的なマーカーを想定する。それらの 3 次元運動(3D フロー)を検出し、カラーマーカー間部分の長手方向軸回りの回転を算出する。この仮想マーカーを「インビジブルマーカー」と呼ぶ。インビジブルマーカーはすなわち物体の局所領域における形状またはテクスチャ特徴量であり、フレーム間においてこの特徴量を追跡することにより 3D フローを検出する。最小限のカラーマーカーとインビジブルマーカーを組み合わせることで、腕や頭部の捻り検出を実現する。

インビジブルマーカーによれば、非剛体物体の変形もキャプチャできると考えられる。例えば、従来手法では顔表情の変化をキャプチャする場合は、顔に十分な数のマーカーを貼り付ける必要がある。しかし、顔に斑点状にマーカーを装着することは、被計測者への負担が大きく、また、前準備に時間を要する。そこで、インビジブルマーカーと計測対象の材料特性から予測される変形を組み合わせ、非剛体物体の変形キャプチャ手法を提案する。具体的には、距離画像から対象の 3 次元形状を計測し、対象の物性値をパラメータとして変形モデルを生成する。これに、インビジブルマーカーで検出された対象表面の任意点での変位・速度・加速度を入力し、数値計算手法により構造変形の方程式を解き、非剛体物体のより現実に即した変形を計測する。

本研究で提案するインビジブルマーカーによる MC システムのアプリケーション展開も

行う。提案システムは、既存の光学式 MC より計測精度・速度の面では劣るが、小型・簡易・マーカーレスである特長を考えると、既存技術では展開が困難な以下のようなアプリケーションが考えられる。例えば、福祉・ホームロボットは様々な家事や介護動作を行うことが求められるが、ユーザが独自に作業動作を追加したい場合、プログラムを行うことは現実的ではない。そこで、提案する MC システムによりユーザに特殊な装置の装着・設定の負担を強いることなく、ロボットの目前で「やって見せる」、「見せて教える」ことを可能とする。

3. 研究の方法

(1) 画像による距離計測装置の小型化

光学式 MC では、トラッカーとしてカメラを用いる。一般的には、複数のカメラを用いてマーカーの 3 次元位置を計測する。それに対して、カメラ 1 台でも距離計測可能となれば、システム全体の小型化・低コスト化が可能となる。そこで、カメラ 1 台による距離計測手法の導入研究を実施した。具体的には画像の焦点ぼけに着目する。一般的に、焦点ぼけは画像のディテールがぼやけるかたちで表現される。合焦点距離においては画像のぼけの程度が小さく、そこから離れる程画像のぼやける程度が大きくなる。そこで、エッジの 1 次元輝度分布波形に着目し、画像中からエッジ方向と領域に応じて参照波形を抽出し、周波数解析後の振幅特性から焦点ぼけ量を算出する。さらに、算出された焦点ぼけ量から相対的な距離画像を生成する。

(2) 簡易型 MC の基本システム

ステレオビジョン 1 台のみをトラッカーとし、リストバンドやバンダナ等の身の回りにある色や模様を有する布をマーカーとする簡易・小型 MC の基本システムを開発した。例えば、人物の腕のモーションを計測する場合は、手首・肘・肩の関節に装着したカラー布マーカーの 3 次元位置を追跡する。本研究では、動画像から特定部位を追跡する基本手法として Mean-Shift 法を採用した。Mean-Shift 法は、対象領域内におけるカラーヒストグラムが初期領域のカラーヒストグラムに近づくよう、領域シフトを繰り返して物体を追跡する手法である。つまり、装着した布マーカーのカラーヒストグラムを追跡することが可能となる。画像中で追跡されたマーカー領域に対応するステレオビジョンによって得られた距離画像領域を参照することによって、マーカーの 3 次元座標を算出する。また、予め求めておいた関節マーカー間の距離を参照することにより、誤追跡を早期に検出し、補正する。

(3) インビジブルマーカーによる捻り検出

マーカーの絶対座標を検出した前述の簡易型 MC の拡張として、リンクの捻りを検出するアルゴリズムを開発した。本研究では捻りを検出したい部分に仮想的なマーカーを想定し、これをインビジブルマーカーと呼ぶ。インビジブルマーカーはすなわち、物体の局所領域における形状またはテクスチャ特徴量である。インビジブルマーカーを追跡することにより、任意点の 3 次元運動フロー(3D フロー)を検出する。インビジブルマーカーには、HCH 特徴量を適用した。検出した 3D フローをリンクローカル座標系における成分に変換し、長手軸回りのリンクの回転を検出する。空間における 3D フローのセグメンテーションは、簡易 MC におけるカラーマーカーを用いる。

(4) 3D フローによる実物体の運動・変形推定

計測対象をバネネットワークモデルで記述し、それに対して計測された 3D フローを作用させることにより、物体の運動や変形を推定する手法を開発した。具体的には、検出された 3D フローを「流れ場」とし、そこに仮想物体を設置した場合の運動・変形を介して、現実物体の運動・変形を推定する。

(5) 簡易型 MC によるロボット教示

簡易型 MC によって計測した動作を用い、ロボット教示を行うシステムを開発した。具体的には、人物の腕のモーションを計測し、各関節角度を予め対応づけておいたロボットアームの関節制御量として与える。人物の計測部位とロボットの制御部位の対応付けの設定によって、同じ動作でも様々なロボット本体及びロボット操作を実現することができる。

4. 研究成果

(1) 画像による距離計測装置の小型化

図 1 に開発した距離計測装置によって、1 枚の入力画像からのみ計測した距離画像の例を示す。図では、床に置いたクマのぬいぐるみを計測した例を示した。カメラからの相対距離を推定できているため、撮影時とは異なる視点からの様子を CG によって描画できる。提案手法によれば、民生品カメラによって簡単に撮影された画像からでも距離画像を生成することが可能であった。

(2) 簡易型 MC の基本システム

図 2 に人物の腕のモーションを計測した例を示す。人物の肩・肘・手首に巻きつけたバンドナをマーカーとし、計 6 個のマーカー追跡結果からリアルタイムに人物スティック

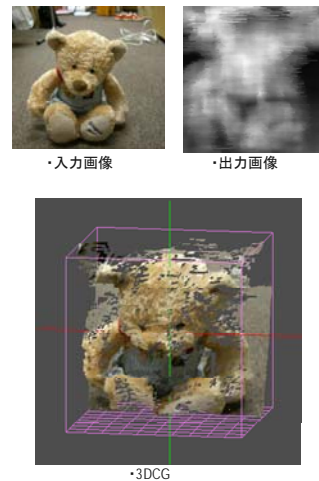


図 1 単一画像による距離画像計測

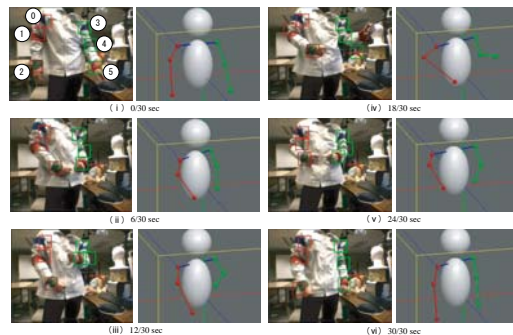


図 2 簡易型 MC による人物動作計測例

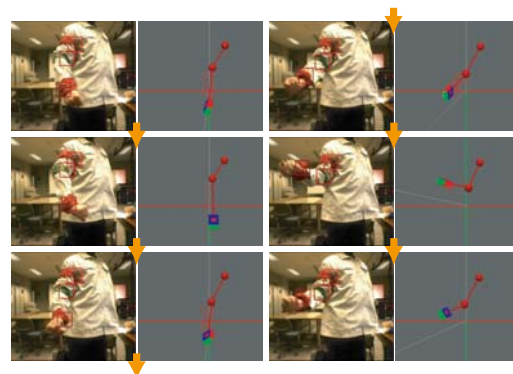


図 3 インビジブルマーカーによる捻り検出

モデルを描画している。CG は右斜め上視点からの様子を描画している。開発システムによれば、簡易にかつ小規模な空間でモーションキャプチャが可能であった。

(3) インビジブルマーカーによる捻り検出

図 3 に人物の腕のモーションを計測した例を示す。例では、インビジブルマーカーを利用して、前腕の捻りを合わせて検出している。人物スティックモデルではそれが分かるように、手先部分を直方体で描画した。簡易型 MC

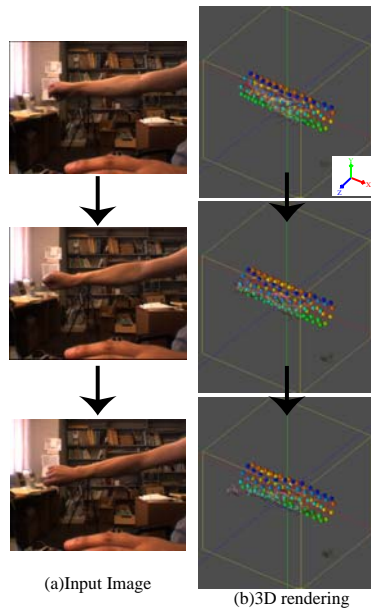


図4 腕の変形検出

の単一視点からの情報のみで、かつ各関節に布を巻きつけるだけで、腕の動作が前腕の捻りを含めて検出できていることが分かる。

(4) 3D フローによる実物体の運動・変形推定

図4に腕の捻りによる変形を検出した例を示す。腕を捻ると、仮想物体として設置した円柱も同様に捻じれていくことが分かる。

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4件)

- ① 望月優介, 青木公也, 興水大和, 焦点ずれによる画像ぼけ特徴を用いた三次元計測, 電気学会論文誌C, Vol. 129, No. 5, pp. 909-915, 2009, 査読有
- ② 本多芳寛, 青木公也, 興水大和, 簡易型モーションキャプチャにおける捻り検出, 中京大学人工知能高等研究所「IASAI News」, No. 21, pp. 19-20, 2007, 査読無
- ③ 青木公也, 本多芳寛, 興水大和, 3Dフローによる物体の運動・変形推定, 日本工業出版「画像ラボ」, Vol. 18, No. 10, pp. 16-21, 2007, 査読無
- ④ 本多芳寛, 青木公也, 興水大和, 簡易型モーションキャプチャにおける捻り検出, FIT2007 情報科学技術レターズ, Vol. 6, pp. 227-228, 2007, 査読有

[学会発表] (計8件)

- ① 望月優介, 焦点ずれによる画像ぼけ特徴

を利用した三次元形状計測手法の検討, ビジョン技術の実利用ワークショップ (ViEW2008), 2008/12/4, 横浜

- ② 望月優介, 焦点ぼけ特徴を用いた単眼単視点測距の検討, 電気関係学会東海支部連合大会, 2008/9/18, 愛知
- ③ 青木公也, ステレオビジョンを用いた簡易型モーションキャプチャシステム, 画像センシングシンポジウム (SSII2008), 2008/6/12, 横浜
- ④ 嘉山和孝, 単眼カメラによる簡易型モーションキャプチャシステムの検討, ビジョン技術の実利用ワークショップ (ViEW2007), 2007/12/6, 横浜
- ⑤ 望月優介, 焦点ぼけを利用した単眼視計測による表面形状再構築, 情報科学技術フォーラム (FIT2007), 2007/9/7, 豊田
- ⑥ 嘉山和孝, 簡易型モーションキャプチャによるロボット教示システムの検討, 情報科学技術フォーラム (FIT2007), 2007/9/6, 豊田
- ⑦ 青木公也, 仮想物体を介した実物体の運動推定, 情報科学技術フォーラム (FIT2007), 2007/9/6, 豊田
- ⑧ 本多芳寛, 簡易型モーションキャプチャにおける捻り検出, 情報科学技術フォーラム (FIT2007), 2007/9/6, 豊田

[その他]

研究室サイト:

<http://www.st.chukyo-u.ac.jp/kaoki/~CVS Lab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

青木 公也 (AOKI KIMIYA)
中京大学・情報理工学部・准教授
研究者番号: 40324488

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者