

簡易型モーションキャプチャにおける捻り検出 Twist Detection in Simplification of Motion Capture

本多 芳寛† 青木 公也‡ 奥水 大和‡

Yoshihiro Honda Kimiya Aoki Hiroyasu Koshimizu

1. はじめに

現在、モーションキャプチャ(以下 MC)はエンターテイメントやスポーツ医学の分野等において、人や動物の動作計測のために利用されている。MC は一般的に、計測対象に装着するマークと、これらを検出するトラッカーにより構成される。また、使用機器に応じて光学式・機械式・磁気式等に分類されるが、これらの多くは、特殊なトラッカーや専用スタジオが必要等、コストや時間の面においてユーザが気軽に利用することは困難である。そこで著者らは、ステレオカメラ (Digiclops DIGI-COL-60, Point Grey Research 社)によって被計測者の腕に装着したマークを検出し、その3次元動作をリアルタイムで計測する、光学式MCに準ずる簡便なシステムを開発した。

MCにより計測する動作として、首や腕などの捻り動作がある。光学式MCによる捻り動作の検出手法としては、マークの数を増やす方法や、特殊な格子模様の服を装着する方法[1]がある。しかし、この方法では捻りを検出する部位ごとに新たなマークを増やす必要性が生じ、システムの簡便性が失われてしまう。本研究では、捻りを検出したい部分(リンク)に仮想マークを設定し、その3次元運動(3Dフロー)から、リンク部の長手方向軸回りの回転を算出する手法を提案する。これにより、従来手法のように新たにマークを増やすことなく捻りの検出が可能となる。

2. 簡易型モーションキャプチャ[2]

簡易型MCはまず、ステレオカメラにより得られたカラー画像($H \times W$ 画素)にラベリングを行なう。設定するカラー情報(HSVカラーモデルにおいてしきい値を設定)を持つ画素 $m_{ij} = (x_{ij}, y_{ij}, z_{ij})$ の集合から重心を算出し、マーク $M_l = (x_l, y_l, z_l)$ と認識する。

$$M_l = \frac{1}{S_l} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} m_{ij}^l$$

l はラベリング時のラベル番号兼マーク番号、 S_l はラベル l を与えられた画素の数である。マークはフレーム毎に得られるカラー画像にラベリングを行い、検出する。この時、ラベリングの走査範囲を前フレームのマークの移動量を利用した予測位置の周囲に限定することにより、検出したマークを前フレームと同一のマークと認識する。

また、検出しきい値の自動調整、マーク消失時におけるラベリング走査範囲の拡大により、ロバストなマーク検出を可能とする。前者は、照明変動によってカラーマークの色相・彩度・明度が変動した場合に、前フレームの検出マーク領域の平均値を用いる。後者は、何らかの原因によりマークを見失った場合、見失っている時間(フレーム数)に

† 中京大学大学院情報科学研究科

‡ 中京大学情報理工学部

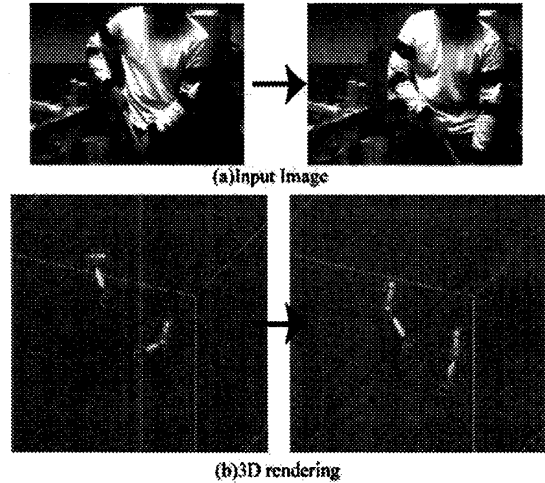


図1 簡易型MC実験(ブラシ掛け)

応じてマーク検出範囲を拡大していくことにより、マーク再発見率を高める。

図1はシステムを用いて行った実験の例である。両腕にマークを3個ずつ、計6個装着した人物を対象とし、日常的な動作を計測する実験を行った。入力画像各マークの3次元座標が計測できていることが分かる。

3. 捻り検出アルゴリズム

マークの絶対座標を検出した前項の簡易型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導入する。光学式MCにおける捻り動作の検出手法として、体に装着するマークを増やし、マークの位置関係によって捻りを検出する方法がある。しかし、この方法では装着マークの数が增多ることによる動作の制限や、マークの準備・脱着の手間等の問題が発生する。

そこで、本研究では捻りを検出したい部分に仮想的なマークを想定する。本研究ではこれを“インビジブルマーク”と呼ぶ。インビジブルマークはすなわち、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。インビジブルマークには、HCH特徴量[3]を適用する。HCH特徴量は、3次元物体の局所領域の形状及びカラーテクスチャ情報を表し、時系列距離画像から自由曲面上の任意点の3Dフローを検出する事が可能である。図2(a)に、フロー検出の例を示す。

ここで、検出した3Dフローを回転方向の特定に利用するため、ワールド座標系からリンクのローカル座標系への変換を行う。図3のように、リンクローカル座標はリンクの長手方向を x_L 軸として設定する。ローカル座標系に変換したフローを各軸の成分に分解し、各軸におけるフロー



(a) 3D Flow(All) (b) 3D Flow(Limited)
図2 3D フロー検出

の正負方向と大きさを算出する。一定以上の大きさを持つ算出結果を x_L, y_L, z_L , 正負の6パターンに分けて投票し、各軸の得票値の関係によってリンクが回転している方向を決定する。

- ・ z_L 軸の得票値が正負共に0以上
- ・ z_L 軸フローの正負において、少ない方の得票値の割合が、他方の10%以上
- ・ y_L 軸負の得票値 $<$ y_L 軸正の得票値

以上の条件に当てはまる場合、物体は x_L 軸回り正方向に回転していると判定する。回転量に関しては、フレーム間について一定量を付与した。また、図3のようにフローの検出範囲をリンクの長手方向軸から一定の距離以内かつ2つのジョイントの中心を中心とした円の内部とすることにより、判定に関わるフローの数を制限する。図2(b)が特定のリンクのインビジブルマーカを検出した結果である。以上の方法で検出した回転を用いることにより、リンクの回転を検出することが可能となる。

4. 実験結果

図4にカラーマーカとインビジブルマーカを組み合わせた実験例を示す。実験では、肩・肘・手首にカラーマーカを装着し、肘-手首間のリンクの回転を検出している。また、検出結果は掌部分の直方体に適用している。画像では腕の捻りに合わせ、掌部分の直方体が回転する様子が検出できている。

ただし、現状ではカメラ精度による最適な3Dフロー数の設定、誤検出されたフローへの対応等の問題が残る。

5. むすび

本研究では、簡易型MCにインビジブルマーカを付加し、物体の捻り動作を検出するシステムの構築を試みた。HCH特徴量による3次元運動を適用することにより、物体の捻りを検出した。今後は、実際の回転角度と測定した回転角度を比べる等の定量的な評価を実施する予定である。

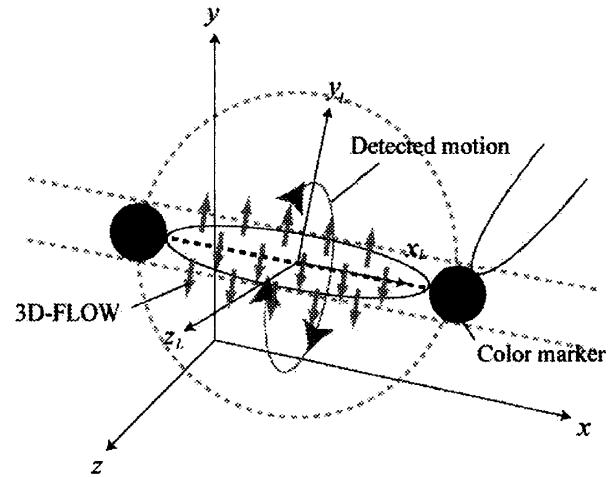
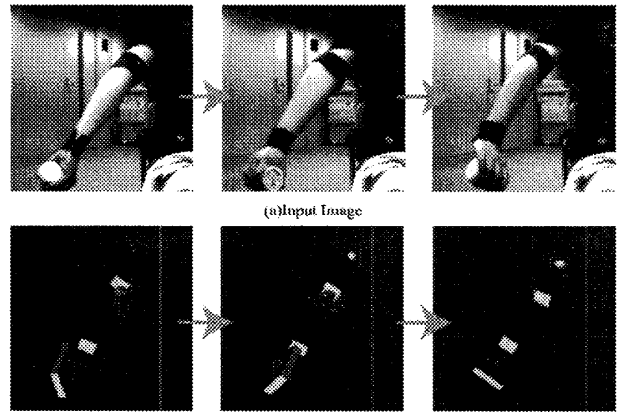


図3 フロー検出範囲



(a)Input Image
(b)3D rendering(3DFlow+Markers)
図4 捻り検出実験

謝辞

本研究の一部は、科研費(課題番号:19700183)を用いて実施された。

参考文献

- [1] H.Tanie, K.Yamane, and Y.Nakamura, "High Marker Density Motion Capture by Retroreflective Mesh Suit," IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.2895-2900, April 2005.
- [2] 本多芳寛, 青木公也, 奥水大和: 「モーションキャプチャによる道具の操作教示」, ビジョン技術の実利用ワークショップ講演論文集, pp.122-127 (2006)
- [3] 青木公也, 奥水大和: 「時系列距離画像からの3Dフロー検出のための高さ・カラーヒストグラム(HCH)の提案」, 電子情報通信学会論文誌(D), Vol.J89-D, No.9 pp.2033-2044 (2006)