

○ 栗原 一貴 (東大) 山根 克 (東大) 正 中村 仁彦 (東大)

Kazutaka KURIHARA Katsu YAMANE Yoshihiko NAKAMURA

University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656 Japan

Abstract— This paper describes an efficient labeling method for optical motion capture system, suited for real-time capture. The method is based on asymmetrical marker distribution on the subject and polyhedron search in the 3D space where the captured markers are scattered. By these techniques, we realize a system with little restriction on the subject's movement and robustness against marker missing.

Key Words: Optical Motion Capture, Real-time Labeling, Asymmetrical Marker Distribution, Polyhedron.

1 はじめに

光学式モーションキャプチャ[1]には、ラベリングという作業段階が存在する。これはカメラから座標列として得られた被験者上の複数のマーカが、それぞれ体のどの場所に対応しているのかを決定する作業である。

本論文の目的は、光学式モーションキャプチャにおけるラベリング作業をリアルタイムで精度よく自動化することである。リアルタイム計測では、キャプチャが完了してからラベリングを行うオフライン作業と以下の点で異なる。

- 計測時点よりも未来の情報は利用できない。
- 過去のラベリング結果を参照できるが、それら過去のラベリングが正しく行われている保証はない。
- 一度ラベリングに失敗しても、復帰できる能力が望まれる。
- どのような運動が行われるか未知であることが多い。

よって極力過去の情報に頼ることなく、各時刻に得られる情報を用いて正確にラベリングを行う手法が求められる。

2 多面体探索アルゴリズム

現在筆者らはキャプチャデータをヒューマンフィギュアの運動生成に利用するため[2]、人間の体を34自由度のリンクモデルと考えて処理を行っている。一つの剛体の位置と姿勢を決定するには最低3点の座標が必要であるため、体を11のグループに分け、それぞれ3個以上のマーカを配置した (Fig.1)。キャプチャにより得られたマーカ座標列から、目標であるグループを構成するマーカを、多面体の各頂点とみなして探索しラベル付けを行う。これが多面体探索ラベリングアルゴリズムである。以下にその手順を示す。

1. 各時刻について、あらゆるマーカ間の距離をならべたテーブル (Distance table) を求める。
2. 着目している多面体を Distance table 中から探す。

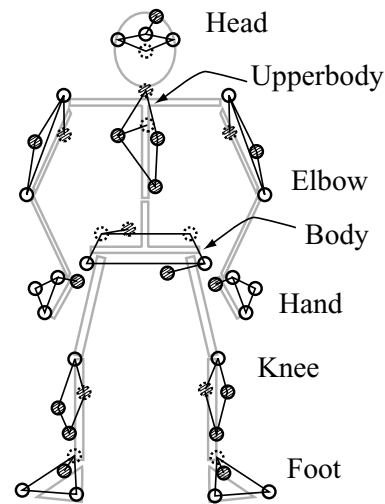


Fig.1: 48 Markers placed on 34 DOF model

3. 頂点が消失している場合は適切に推定を行う。
4. 候補が複数ある場合は適切なものを選択する。

多面体の探索において基本的な手法は、Distance table から多面体を構成する三角形の三辺の長さを検索し、三辺相等条件により合同なものを選ぶことである (Fig.2)。

次にその三角形によって張られる座標系に基づいて4点目以降の座標を求めていく。例えば四面体 $ABCD$ を探索する場合 (Fig.3)、まず三角形 ABC を探索し、3つの一次独立なベクトル $p, q, p \times q$ により座標系を決定する。次にあらかじめ求めていた3つの実数パラメータ s, t, u により r を決定する。

$$r = sp + tq + up \times q \quad (1)$$

s, t, u は4点 $ABCD$ の座標が全て既知である初期時刻において次のように求められる。

$$\begin{pmatrix} s \\ t \\ u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p & q & p \times q \end{pmatrix}^{-1} r \quad (2)$$

5点目以降も4点目と同様の議論により座標を推定することができる。この方法を用いることによって、多面体

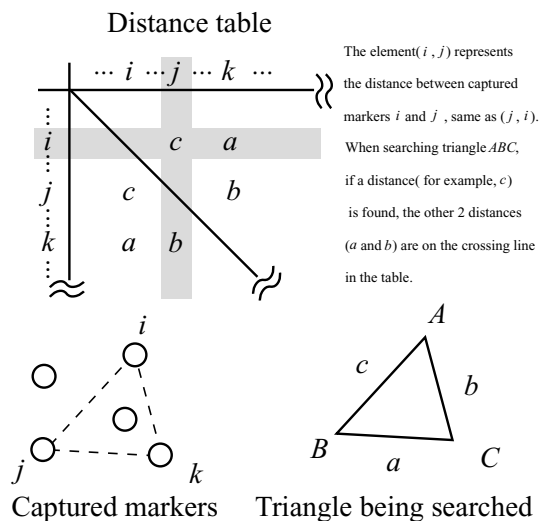


Fig.2: Searching triangle

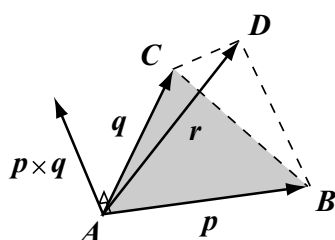


Fig.3: Searching tetrahedron : notation

のうち、最低でも 3 点を探索することができれば、残りの点の存在の是非が確認され、またマーカ消失により存在しなかった場合の座標の推定が可能になる。

3 非対称性を考慮したマーカ配置

多面体探索において、合同な図形が多数存在すると、一回の探索で多くの候補にヒットしてしまい、選択の必要性が生じるとともに全体のパフォーマンスが低下する。そこでマーカ配置について以下の点に留意した。

- 合同な多面体や鏡面对称な多面体は極力作らない。
- 姿勢が一意に決められない、二等辺三角形のような図形を極力作らない。

4 評価実験

48 個のマーカを先述の非対称性マーカ配置に基づき被験者に施し (Fig.4)、モーションキャプチャおよびラベリングを行った (Fig.5)。マーカ消失に対して頑強であり、運動に制限のほとんどないモーションキャプチャシステムを構築できることが示された。実験を行った PentiumIII 700MHz のマシンでは、Distance table の計算に 1[ms] 未満、全身のラベリングに約 83[ms] 程度を要した。並列計算の手法を用いることにより、更なる高速化が期待できる。

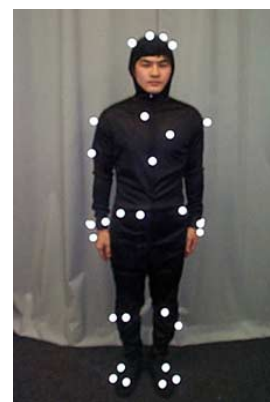


Fig.4: 48 Markers placed on human body

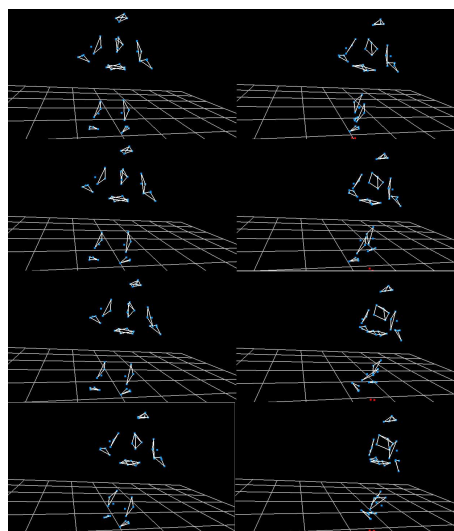


Fig.5: Motion capture : Turn and Walk

5 結論

本研究で得られた結論は以下の通りである。

- リアルタイム計測に適したラベリングアルゴリズム及びマーカ配置法を提案した。
- 提案したアルゴリズムを実装し、オフライン作業によりその有効性を確かめた。

本研究は科学技術振興事業団の戦略的基礎研究推進事業「自律的行動単位の力学的結合による脳型情報処理機械の開発」の支援を受けた。

参考文献

- [1] Michael J. Potel. The Mystery of Motion Capture. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 18(5), 1998.
- [2] K. Yamane and Y. Nakamura. Dynamics Filter — Concept and Implementation of On-Line Motion Generator for Human Figures. In *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, volume 1, pages 688–695, San Francisco, CA, April 2000.