

# 並列計算による光学式モーションキャプチャのリアルタイムラベリング

○ 栗原一貴（東大） 山根克（東大） 正 中村仁彦（東大, CREST）

## Real-time Labeling with Parallel Computing for Optical Motion Capture System

\*Kazutaka KURIHARA , Katsu YAMANE , Yoshihiko NAKAMURA  
University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 133-8656 Japan

**Abstract**— We have developed a real-time labeling algorithm for the optical motion capture system, based on asymmetric marker distribution on the subject and polyhedron search in the cartesian space. In this paper, a parallel computing scheme and its implementation is reported. Experimental results demonstrate the robustness against marker missing and small computation time of the proposed scheme.

**Key Words:** Optical Motion Capture, Real-time Labeling, Asymmetrical Marker Distribution, Polyhedron, Parallel computing

### 1. はじめに

アニメーション生成，ヒトの運動の力学的解析などの手段として，光学式モーションキャプチャが注目を集めている<sup>1)</sup>．運動の拘束が少ないことが長所であるが，反面，被験者に取り付けた複数の単色マーカにラベル付けを行わなければならないという問題を抱えている．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自動化することである．リアルタイムキャプチャが実現することにより，モーションキャプチャをヒューマノイドへの動作入力，モーションデータのライブ発信等に利用することが可能となる．

Song らは確率密度関数と学習を用いてラベリングをオフラインで行うアルゴリズムを提案した<sup>2)</sup>．しかしキャプチャと同時にラベリングを行うリアルタイムラベリングでは，以下の様な制約から，異なったアプローチが必要となる．

- 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．
- マーカが消失した場合も適切な手段で座標を逐次推定しなければならない．

よって基本的に各時刻に得られる情報のみを用いて正確にラベリングを行う手法が求められる．

### 2. アルゴリズム

#### 2.1 多面体探索によるラベリング

現在筆者らは人間の体を 34 自由度のリンクモデルと考えて様々な力学計算を行っている<sup>3)</sup>．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．体を 11 のパーツに分け，それぞれ 3 個以上のマーカを非対称に配置し，多面体の頂点とみなす (Fig.1)．キャプチャにより得られたマーカ座標列から，目標である多面体を探索しラベル付けを行う，多面体探索ラベリ

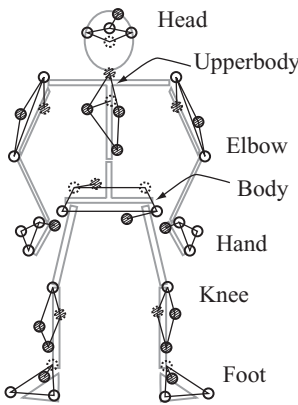


Fig.1 48 Markers placed on human body

ングアルゴリズムを開発した<sup>4)</sup>．以下にその手順の概略を示す．

1. 各時刻について，観測された全ての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．頂点が消失している場合は適切に推定を行う．
3. 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り，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．この方法を用いることによって，多面体のうち，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．

#### 2.2 ラベリング要素モデル

多面体探索により得られた各パーツの候補の中には，位置関係が不適切であり正しく人体を復元できない組み合わせも多い．適切なラベリング結果を出力するた

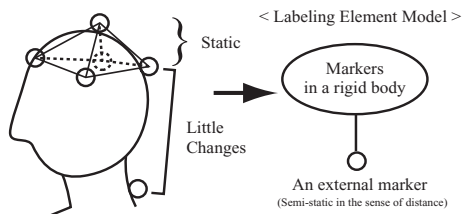


Fig.2 Labeling Element Model

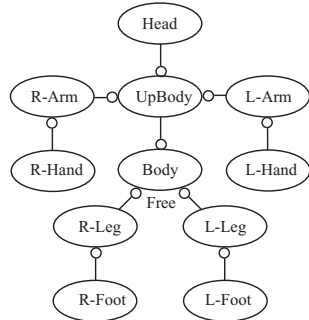


Fig.3 Labeling Element Model : links

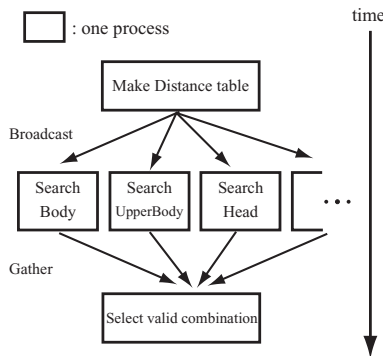


Fig.4 Process assignment

めには、隣接の部位との位置関係が妥当な組み合わせを選ぶ必要がある。そのための方法として、Fig.2に示すラベリング要素モデルを導入し、各パーツを連結させた (Fig.3)。処理の単位は、剛体と仮定し距離が不変であるマーカの集合 (例えば頭に設置した5マーカ) と、隣接部位で距離が大きくは変化しない1マーカ (例えば首のマーカ) を組にしたものである。連結された隣接部位のマーカとの距離を照合することにより、左肩から右腕が結合するようなミスを防止することができる。

### 3. 探索の並列化

体の各パーツを Distance table から探索する作業 (Search Table) は、パーツごとに独立して行えるので並列計算が可能である。そこでPC1台につき1パーツを割り当て、11台のマシンに負荷を分散した (Fig.4)。各マシンは各時刻におけるマーカ座標情報をサーバマシンから受け取り、担当の多面体のみを探索し、発見された候補をサーバマシンに送る。

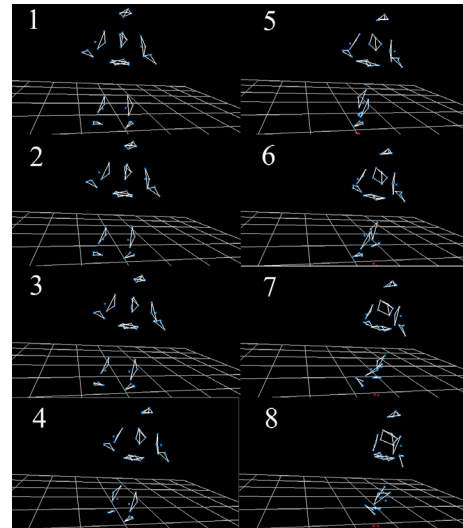


Fig.5 Motion capture : Turn and Walk

### 4. ラベリング実験

48個のマーカを非対称性に注意しつつ被験者に配置し、モーションキャプチャおよびラベリングを行った (Fig.5)。実験に用いたのは、Myrinetで接続されたAlpha 21264 500MHzのクラスタ12台である。1台で計算した場合との最速値の比較をTable.1に示す。並列計算により処理速度が向上していることが示された。また、マーカ消失に対して適切な座標推定が行われていることが確かめられた。

Table.1 Labeling performance

|               | serial          | parallel        |
|---------------|-----------------|-----------------|
| Make Table    | less than 1[ms] | less than 1[ms] |
| Search Table  | 38[ms]          | 13[ms]          |
| Select        | less than 1[ms] | less than 1[ms] |
| Communication | -               | 3[ms]           |
| Sum           | 38[ms]          | 16[ms]          |

### 5. 結論

リアルタイム計算に適したラベリング法を並列計算機を用いて実装し、最速で63[fps]のリアルタイムラベリングを実現した。

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) モーションキャプチャ最新動向, 日経 Computer Graphics Vol.3, 1999
- 2) Yang Song, Luis Goncalves, Enrico Di Bernardo and Pietro Perona, Monocular Perception of Biological Motion - Detection and Labeling, In Proc. IEEE CVPR, pp.805-812, 1999
- 3) Yamane K. and Nakamura Y., Dynamics Filter — Concept and Implementation of On-Line Motion Generator for Human Figures, Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol.1, pp.688-695, 2000
- 4) 栗原, 山根, 中村, 多面体探索による光学式モーションキャプチャシステムのマーカ配置とラベリング, ロボティクス・メカトロニクス講演会'01 論文集 1P1-H5, 2001