

# 多面体探索と逆運動学計算を組み合わせたラベリング法による 光学式リアルタイムモーションキャプチャ

Optical Realtime Motion Capture with

Combinatorial Labeling of Polyhedra Search and Inverse Kinematics

栗原 一貴 (東大) 鈴木 一郎 (東大) 丹下 学 (東大) 山根 克 (東大) 正 中村 仁彦 (東大,CREST)

Kazutaka KURIHARA Ichiro SUZUKI Manabu TANGE Katsu YAMANE Yoshihiko NAKAMURA  
University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656 Japan

**Abstract**— We have developed the realtime labeling algorithm for optical motion capture and its implementation for parallel computing. In this paper, an efficient combinatorial scheme of labeling and inverse kinematics is reported. With certain experiments, we achieved 167 [fps] and 10-20 [ms] latency realtime motion capture system.

**Key Words:** Optical, Motion Capture, Realtime, Labeling, Inverse Kinematics.

## 1 はじめに

光学式モーションキャプチャには、以下の処理が存在する。

1. 被験者に装着したマーカの撮影
2. 複数のカメラ画像からマーカの3次元座標を再構成
3. 区別の無いマーカの同定(ラベリング)
4. 運動を出力する構造モデルの逆運動学を解くことによる関節角計算(機構再構成)

従来の研究では、ラベリングを撮影と同時に進められないためにシステム全体のリアルタイム化が難しかった[1]。本研究の目的は、これまでに開発してきた並列化多面体探索ラベリング[2]と、収束計算の伴わない機構再構成法を組み合わせることで、ラベリングを含めて光学式モーションキャプチャシステム全体を実時間処理することである。

## 2 多面体探索と機構再構成計算の結合

UT-Poser[3]は山根らによって開発された、拘束条件をフレキシブルに変更しながら逆運動学計算を行う手法である。本研究では、UT-Poserのもつ、拘束が可変である逆運動学計算を収束計算なしで行える性質に注目して機構再構成計算を行い、またその出力をラベリングにフィードバックすることで実時間計算を可能にする処理系を形成する。

UT-Poserはラベリングされたマーカ座標列を拘束条件として全身の関節速度を求めると、各関節が関節稼働範囲を逸脱しないように、マーカによって指定された運動を可能な限り実現する最適解が得られる。マーカが消失しラベリングが望ましい結果を得られなかった場合には、その部位に関して拘束をしないで計算を行うことで機構再構成計算を継続することができる。この性質によって、ラベリングは常に全身の全てのマーカを出力する必要がなくなるので、本来ありえないラベリング結果を破棄することができ、システム全体の精度が向上する。

基本的に多面体探索ラベリング法は各時刻に得られる

データのみでラベリングが可能であるが、信頼できる過去のマーカ情報を参照することで、性能を向上することができる。機構再構成計算で決定した全身の姿勢は、少なくとも運動学的な整合性、すなわち全身のリンク機構の接続及びリンクの長さ、関節角度限界が考慮された解であるので、この「現在の姿勢」を参考にして次の時刻における多面体探索を行うことには意義がある。具体的には、Fig.1に示すように、一つ前の時刻の機構再構成計算により得られた構造モデル上の仮想マーカの座標を、次の時刻の多面体探索に参照情報としてフィードバックする。従来のラベリングと機構再構成計算を別に行う手法と比較して、ラベリングアルゴリズム及び機構再構成計算アルゴリズムはそのままであっても、以下のような効果が期待できる。

- ラベリングで探索すべき空間が、機構再構成計算からの参照情報により限定される。これはラベリングミスの減少と探索時間の減少につながる。
- 身体の形状を反映した参照情報を用いることで、物理的にありえないラベリング結果を回避できる。
- 機構再構成計算さえできれば、マーカ消失の有無にかかわらず、全ての時刻において全てのマーカの座標を出力できる。

## 3 評価実験

### 3.1 多面体探索・機構再構成結合系の実験

4 マーカの多面体を5つ、合計20個のマーカを装着した被験者の運動をモーションキャプチャを用いて1900フレーム撮影し、それぞれ

1. 全てのマーカを出力しなければ機構再構成計算ができない、従来の仕様
2. 機構再構成計算にUT-Poserを用いることにより、多面体探索では常に全てのマーカを出力する必要がない仕様

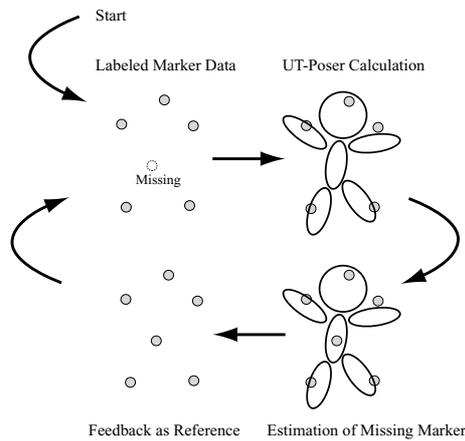


Fig.1: Feedback of Estimated Markers

Table 1: Labeling Policy and Results

|            | Policy 1 | Policy 2 | Policy 3 |
|------------|----------|----------|----------|
| 20 Markers | 1180     | 1180     | 1900     |
| 16 Markers | 0        | 530      | 0        |
| 12 Markers | 0        | 161      | 0        |
| 8 Markers  | 0        | 27       | 0        |
| 4 Markers  | 0        | 2        | 0        |
| No Marker  | 0        | 0        | 0        |
| Stop       | 720      | 0        | 0        |

### 3. UT-Poser の機構再構成計算の結果を、多面体探索にフィードバックした仕様

の3通りの仕様に基づき、ラベリングを行った。Table.1に、その結果を示す。縦軸はそれぞれラベリングによって出力されたマーカ数とフレーム数の関係、そしてStopはラベリングが不可能になり、運動が停止したフレーム数を表す。3.の仕様では、機構再構成計算で得られた構造モデル上の仮想的なマーカ位置をラベリングにフィードバックしたため、運動学的な整合性のとれたラベリングができるとともに、全てのマーカに関して、マーカの点滅の無い、滑らかな運動が得られた。

#### 3.2 リアルタイムキャプチャの速度試験

被験者に4マーカの多面体5つ、計20個のマーカを装着し、リアルタイムキャプチャを行った。Fig.2に実験の様子を示す。被験者の運動はリアルタイムで計測、処理され、モニタ上に再現される。運動の生成に用いたのは、20自由度モデルである。各処理の計算時間をFig.3に示す。6.0[ms]周期のマーカ3次元再構成サーバと4.94[ms]周期の多面体探索・機構再構成計算結合系サーバはCORBAで接続された独立ソフトウェアのため、実質的なサンプリングタイムはマーカ3次元再構成によって律速される6.0[ms]となる。システムのレイテンシは10~20[ms]であり、被験者とモニタ上の機構再構成されたCGキャラクタの動きはほぼ同期していた。この実験により、本システムは従来の様々なモーションキャプチャシステムに



Fig.2: Realtime Motion Capture

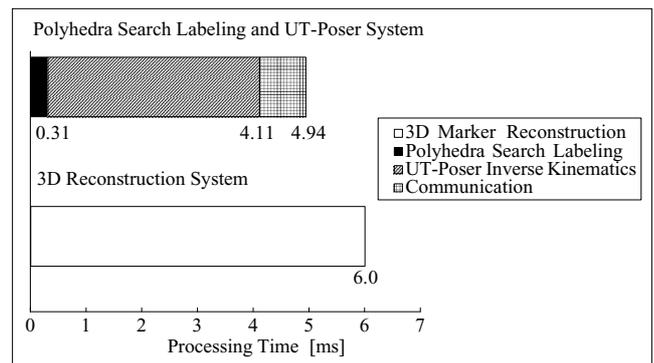


Fig.3: Realtime Motion Capture : Time Chart

比べ高速で時間遅れの無いデータ処理能力を持つことが確認された。

## 4 結論

本研究では、UT-Poserを用いた機構再構成と多面体探索を結合することで、光学式モーションキャプチャの実時間処理を可能にするとともに、評価実験により、167[fps]、レイテンシ10~20[ms]の高速なリアルタイムモーションキャプチャを実証した。

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」及び平成13年度科学研究費補助金「大規模構造化リンク系のO(N)順動力学計算法の開発とそのCG製作への応用」の支援を受けた。

## 参考文献

- [1] Yang Song, Luis Goncalves, Enrico Di Bernardo and Pietro Perona: "Monocular Perception of Biological Motion - Detection and Labeling," *Proceedings of IEEE-CVPR*, pp.805-812, 1999.
- [2] 栗原, 山根, 中村: "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," 第19回日本ロボット学会学術講演論文集, pp.595-596, 2001.
- [3] 山根, 中村: "ヒューマンフィギュアの全身動作生成のための協応構造化インターフェース," 第19回日本ロボット学会学術講演論文集, pp.1149-1150, 2001.