

手の甲の特徴点による手指の形状推定モデルの検討

笠松 英[†] 大澤 範高[‡] 梅澤 猛[‡]

千葉大学 情報画像学科[†] 千葉大学大学院 融合科学研究科[‡]

1. はじめに

バーチャルリアリティ(以降 VR)空間における仮想物体操作などのインタラクションのために、手の姿勢・形状を推定することは重要な技術となっている。これまでもデータグローブやカメラなどのセンサを用いた手法が主に研究されてきた。その一方で、データグローブのような機器の装着を必要としない手法や、計測機器の少ない手法も求められており、藤木らはステレオカメラ 1 台を用いて手の平側の画像から手形状推定を行う手法を実現している[1]。しかし、指先の隠れが発生した場合には運用ができないと考えられる。また、指を曲げることで指先が頻繁に隠れる手の甲側からの推定について研究した例は見受けられない。そこで本稿では手の甲側からの推定手法実現に向けて検討を行う。指先が見えない状況での推定は非常に難しい。そこで、指先の見えない状況でも指の姿勢をより正確に推定する必要のある状況を物体の把持動作であると考え、物体の形状と把持動作の関係を用いて推定を可能にする方法を提案する。

2. 関連研究

2.1. 手の平側からの形状推定

ステレオカメラ単体で手の各特徴点(先頭の関節・掌中心・手首・腕中心)の三次元位置を取得し、逆運動学と手の制約知識を用いた解法で手の形状を推定できる。先頭の関節とは、指の部位の内、画像上で一番先にある点を指す。例えば指が曲がっていて、指先よりも第二関節がより手の先端にある場合などである。

この特徴点を用いる手法は手の甲にも応用できると考えられる。指先が見えなくなる状況での推定に向かないため、この問題の解決が必要となる。

2.2. 物体形状を基にした把持動作の生成

山崎は把持動作が物体の形状に依存すること

に注目し、物体の形状特徴と、物体と手首の位置関係から手の把持動作を推定することで、手の把持動作アニメーションを生成する手法を提案している[2]。

このように物体形状と把持動作の間には関係があり、物体把持における手指の姿勢推定にも有効であると考えている。

3. 提案手法

3.1. 提案の全体像

本手法は大きく分けて次の 3 つのステップからなる。

ステップ 1: 各特徴点の三次元位置の取得

ステップ 2: 物体形状を基にした把持姿勢予測

ステップ 3: 把持姿勢までの姿勢変化の推定

この内、本稿ではステップ 3 を対象とし、取得可能な特徴点の情報を入力として、予測された把持姿勢までの姿勢変化を推定するモデルの検討を行う。

3.2. 条件の限定

人間の手は非常に複雑な構造をしているため、一度に全ての指の動作を対象とすることは難しい。そこで、把持に関わる指は母指と示指の場合に限定し、その中でも複雑な動きをする母指は今後の課題として、まずは示指の動作推定を対象にする。本稿で扱う手の構造は図 1 に従うものとする。

指の並びは
上から順に

- ・母指
- ・示指
- ・中指
- ・環指
- ・小指

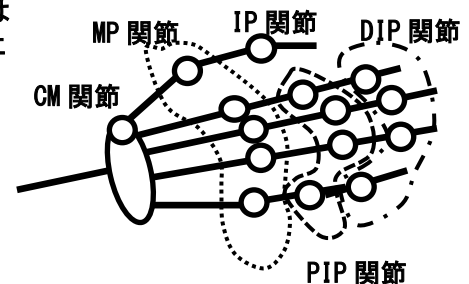


図 1 手の骨格モデル

Examination of the model for estimating hand shape by the feature points of the back of the hand

[†]Akira Kasamatsu, School of Engineering, Chiba University

[‡]Noritaka Osawa, Takeshi Umezawa, Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University

3.3. 指の関節角度変化の推定

手の甲から測定する際、PIP 関節より手前が隠れることは稀である。そこで、MP 関節角度が測定可能であるとして、MP 関節角度から PIP 関節と DIP 関節の角度を推定する。示指の各関節を図 2 に示すようなリンク構造と仮定の筋肉で定義する。

n は関節を表す
 m : MP 関節
 p : PIP 関節
 d : DIP 関節

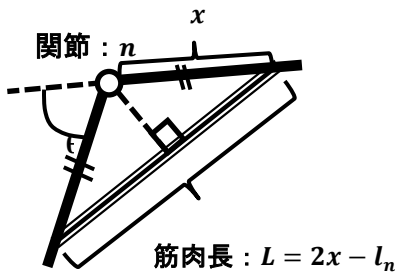


図 2 関節のパラメータ設定

図 2 から各関節の角度 θ_n と筋肉の短縮した長さ l_n は式(1)のような関係となる。

$$x \sin \frac{\pi - \theta_n}{2} = \frac{2x - l_n}{2} \quad (1)$$

本提案モデルでは各筋肉は開始から把持達成まで一定の割合で短くなる事が人間の効率的な動作であると仮定する。このとき MP 関節を動かす筋肉の変化で PIP と DIP の筋肉の変化が表せるため、式(1)から PIP と DIP 関節の関節角度 θ_d , θ_p はそれぞれ式(2), (3)のように推定される。

$$\theta_p = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{L - l_p}{2x} \quad (2)$$

$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{L - l_d}{2x} \quad (3)$$

$$\left(\text{ただし, } l_p = \frac{l_m}{l_{gm}} l_{gp}, l_d = \frac{l_m}{l_{gm}} l_{gd} \right)$$

ここで、 l_{gd} , l_{gp} , l_{gm} はそれぞれの筋肉の把持姿勢での短縮長である。

4. 実験

本提案の精度とモデルの問題点の有無について調査するため実験を行う。

4.1. 実験方法

関節と爪にマーカーを付け、手の真横からカメラで物体を把持する動作を撮影する。MP 関節角度が 0 度から把持姿勢時の角度まで 2 度ずつ変化するように、画像から 3 つの関節の角度変化を得る。これを正解のデータとする。

MP 関節の角度を入力として、PIP・DIP 関節の角度を提案手法に従って推定するプログラムを作成する。このプログラムに先ほどの正解データの MP 関節角度のみを与えて推定結果を得る。

4.2. 実験結果

図 3 に横軸を MP 関節角度として、正解データと推定結果をプロットしたものを載せる。

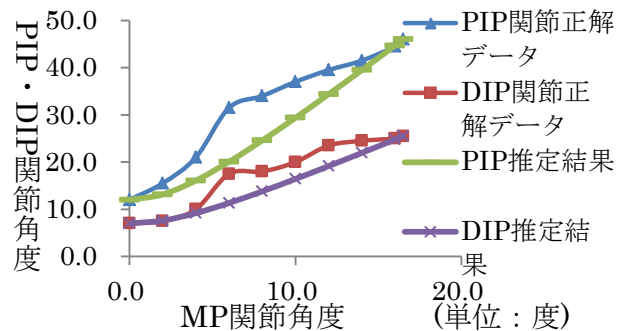


図 3 PIP 関節の推定結果

5. 考察とまとめ

結果として PIP 関節で最大で約 11 度、DIP 関節で約 6 度の誤差が出た。また、全体的に小さい値を取る結果となった。このようになった原因として筋肉長の変化が一定でない可能性や、筋肉が本来は複数の関節に影響を及ぼす点をモデルに反映してない事が考えられる。したがって、動作の開始から完了までの各関節への筋肉の影響は一定のものではなく、人間の筋骨格をより正確に表現したモデルの提案が必要であるといえる。

本提案モデルでの結果は不十分なものとなったが、人間の筋骨格を正確に表したモデルで実装することで推定精度が向上することは十分考えられる。したがって、物体形状から把持完了の姿勢を予測し、動作の開始姿勢から完了までを推定するという手法のセルフオクルージョンが発生する状況での有効性が見えたといえる。

今後はより詳細な人間の筋骨格による推定モデルの改良を行い、合わせて把持完了時の姿勢を予測する方法の確立を目指す。

参考文献

- [1] 藤木 隆司, 陳 維英, 吉本 廣雅, 有田 大作, 谷口 倫一郎, “手の制約知識を用いた逆運動学解法による実時間三次元手形状推定”, 画像の認識・理解シンポジウム, pp.1380-1387, 2005-07.
- [2] 山崎 仁之, “把持対象に注目した動作計測に基づく手のアニメーション”, 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 修士論文 (2006).

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21300318 の助成を受けたものです。