画像処理を用いた手指動作の非拘束3次元計測

持丸正明、山崎信寿（慶応大・理工）

Unconstrained three-dimensional measurement of finger motion using image processing

Masaaki Mochimaru and Nobutoshi Yamazaki (Keio Univ.)

1. はじめに

運動の計測は、一般に体表面に貼付けた標点位置を検出することでなされるが、標点の隠れやすれ、運動の拘束などの問題があった。このため、身体の動きを画像として捉え、モデルマッチングによって運動を計測する方法が提案されているが、身体の輪郭線画像に基づく手法¹⁾では汎用大型計算機で数分もの処理時間を要し、また身体画像のスケルトンを用いる手法²⁾では体節が他の節に隠れた場合に計測不能となる。本研究では、隠れ節の計測と高速処理が可能な非拘束画像計測手法を開発し、非接触計測が困難であった手指の把握動作を計測して手法の有効性を検討した。

2. 計測理論

手指と前腕の一部を図1に示す21節、33自由度の幾何モデルで表現した。モデルの各節形状は楕円錐台で近似し、各部の寸法は文献値を基に実測した節長に比例させて補正した。

計測手法の概要を図2に示す。ビデオ画像から2値化処理によって手指の画像を抽出する。初期画面のみについて、初期姿勢として32点の関節点をマウスで入力する。姿勢を与えた3次元幾何モデルを2台のカメラ平面に投影し、2値画像と重

ねあわせる。関節角度は近位の節から順次修正し、修正を行なった節のモデルと画像の重なり率が規定値(95%)を越えた段階で、遠位の節に進む。

修正の効率化を図るために、図3(a)のように楕

図2 計測手法の概要

(a) 3次元幾何モデル (b) 楕円錐台モデル

図1 手指の3次元幾何モデル

(a) 小領域分割 (b) 修正方向の決定
図3 領域分割と修正方向

円錐台モデルを長軸方向に2領域、さらに円周方向に4領域の計8領域に分割した。各関節の自由度について、図3(b)のように回転軸まわりの正方向の小領域群の重なり率と負方向の小領域群の重なり率を比較し、重なり率の大きい方向へ重なり率の差で定まる修正量回転させる。全ての節の重なり率が規定値(95%)を越えたときのモデルの関節角度を計測角度とする。

3. 計測システム

計測システムを図4に示す。手指の運動は同期させた2台のCCDカメラで撮影し、レーザディスクに記録した。記録した画像はフレームメモリを介して、パーソナルコンピュータに転送し、処理を行なった。なお、計測は通常の蛍光灯下で行ない、背景には黒布を使用した。

モデルマッチング後の画像を図5に示す。モデルマッチングによって隠れ節まで計測されていることが分かる。把握動作の計測結果を図6に示す。MP関節がほぼ一定に屈曲し、ついでPIP関節、DIP関節の順に屈曲を開始する。PIP関節、DIP関節はほぼ同時に屈曲を終了し、その後MP関節が屈曲を終了している。この様子は他研究者の結果⁹⁾と一致する。

4. 手法の評価

4.1. 計測誤差

指の形状、変形特性を模した模型で検定した結果、本手法は最大2°以内の誤差で計測できることが分かった。また、モデルの寸法に誤差を持たせて処理を行なった結果、節長方向3%、節幅方向7%までは処理結果に影響しないことが分かった。モデル寸法の計測精度はこの範囲内に収まっており、処理結果に影響しない。

図4 計測システム

4.2. 処理時間

本手法の処理時間はパーソナルコンピュータ（東芝J3300：CPU i80386-25MHz）で1フレーム4～5分程度であった。輪郭線情報を利用した方法では大型汎用計算機で数分程度であるから、面積情報の利用によって演算コストを大幅に削減できたことが分かる。

5. おわりに

ビデオ画像と身体幾何モデルのマッチングにより、節の隠れに対応し得る自然な動作の計測手法を開発した。また面積情報の利用によって大幅な演算コストの低減を達成した。なお、本手法は適当な身体モデルを構築することにより、容易に身体他部位の運動計測に応用可能である⁹⁾。

参考文献

- 1) 藤井範久, 森脇俊道: 画像情報を用いた指の動作計測に関する研究, 人間工学, 27(3), 151-157(1991)
- 2) 木本伊彦, 梶谷昭彦, 安田靖彦: スティックモデルに基づく単眼視動画画像からの人体歩行運動の解析の一手法, 電子情報通信学会論文誌D-II, J74-D-II(3), 376-378(1991)
- 3) 山口隆男: 手指関節動作の研究, バイオメカニズム 2, 89-97(1973)
- 4) 持丸正明, 山崎信寿: 画像情報を用いた身体動作の計測, 第12回バイオメカニズムシンポジウム, 169-180(1991)

(a)カメラ1 (b)カメラ2

図5 マッチング後のモデルと画像

図6 把握動作中の屈曲角変化