

コンフィグレーション空間内のパスに注目した 少林寺拳法の技の熟練度の評価法

7T-6

南田 幸紀[†] 品川 嘉久[†] 國井 利泰[‡] 原 和弘[†]
東京大学[†] 会津大学[‡]

1 序論

スポーツ・芸術や演技などのいろいろな分野で名人芸と言われるものをコンピュータで分析することができれば、技術の指導に大いに役立つ。そのためには、それぞれの分野での人の動きの特徴をコンピュータを使って解析することが必要である。

人体を回転関節によって構成された関節物体とみなすと、人体の姿勢は各関節の角度の組で表すことができる。また、人体の動きは、角度の組の取り得る空間—コンフィグレーション空間—中のパスとして表現することができる。このようにして、パスを調べることによって、人体の動きを定量的に評価することが本研究の目的である。

少林寺拳法センターの協力を得、実際に少林寺拳法の技のコンフィグレーション空間のパスを求め、評価に応用してみた。

我々の研究グループでは、これまで、人体の姿勢をフィッティングモデルによって入力し、逆動力学をもちいて技の解析を行なったり^[1]、木構造関節物体で手と腕をモデル化し、コンフィグレーション空間を境界つき多様体とみなし、特異コンフィグレーションの概念を用いた技の運動学的解析など^[2]の研究を行なってきた。

2 モデルとコンフィグレーション空間

モデル

木構造関節物体とは、非変形のセグメントが回転関節で連結したループの無い物体のことである。本研究では人体を木構造関節物体でモデル化する。一つの関節は最高3自由度を持ち得る。 n 自由度($n=2,3$)の関節については、モデルでは n 本の回転軸を持つものとして扱う。このモデルでは、各回転軸の角度を決めると、物体の姿勢を一意に指定することができる。角度の組のことをコンフィグレーションと呼ぶ。

コンフィグレーション空間

コンフィグレーション空間とは、可能なコンフィグレーションの集合である^[3]。角度 π と $-\pi$ は同一視されるから、一般に角度の取り得る空間は、 S^1 である。よって、 n 自由度の関節物体のコンフィグレーション空間

は明らかに n -トーラス $T^n = \overbrace{S^1 \times \cdots \times S^1}^{n \text{ times}}$ に含まれる。

しかし人体のコンフィグレーション空間は、 T^n と同型ではない。なぜなら、人体には関節の曲がる角度には制限があり、また、いくつかの関節の間には従属性があるからである。たとえば手首を前腕の方向に伸ばしているとき、手の甲の方向に反らせているときとでは、手首を横の方向に動かせる範囲が違ってくる。このようなとき、手首の縦方向の動きと横方向の動きに従属関係があるという。関節の可動範囲と従属性はコンフィグレーション空間を T^n の内部の境界つき多様体の内部と境界上に制限することによって表現することができる。

モデルの近似

ところで人体には非常に多くの関節がある。脊髄や手首や足は細かい非常に多くの骨から成るが、それらを仮に1個の関節とみなしたとしても、なお、129の自由度がある。これをそのまま扱うのは現実的でないため、今回は手足の指を省略し、肩と肩甲骨を合わせて3自由度関節としてとらえ、全身で37自由度のモデルで近似することにした。

境界のサンプリングも問題となる。一般に境界つき多様体のおおまかな形を知るためにサンプリングしなければならない点の数は次元に対して指数関数的に増加する。次元が5,6以上になると、事実上測定は困難をきわめる。そこで今回は、関節毎の従属性(たとえば肩なら肩の3自由度の従属性)だけ測定し、異なる関節間は独立とみなすことにした。

結局、コンフィグレーション空間は16個の境界つき多様体の直積で表されることになる(各多様体の次元は最高3)。

Evaluation of Skills of *Shorinji Kempo* Based on Paths in the Configuration Space.

Kouki Minamida[†], Yoshihisa Shinagawa[†],

Tosiyasu L. Kunii[‡] and Kazuhiro Hara[†]

The University of Tokyo[†] The University of Aizu[‡]

フィッティングシステム

関節の角度は次のようにして測定する。ワークステーションの画面上に複数の方向から見た画像を表示し、その上に重ねてモデルを表示し、手でモデルを動かしながら、ぴったり重なるように調整するのである。

フィッティング作業を支援するために、事前にインバースキネマティクスシステムによって合わせておく。このために、画像上の人体セグメントや関節の位置を入力する必要があるが、これを自動的に画像から認識するシステムの作成は困難である。今回はこれらのデータの抽出は人手で行なっている。この処理の結果のエラーを人間が修正するという形をとる。

3 実験

モデルの構成 被験者の身体にプラスチック製のL字型のマーカーをつけて、各関節を動かしてもらい、5台のビデオカメラで撮影した。画像上のマーカーの座標を手入力し、これからステレオ法を用い、マーカーに対する関節軸の相対的な位置を算出した。また、人体のセグメントの幾何形状を測定した。これらの情報を、木構造関節物体に与え、モデルを構成した。

境界の測定 被験者に、コンフィグレーション空間の境界上の点に対応する姿勢をとってもらい、3台のビデオカメラで撮影した。フィッティングシステムによりこれらの姿勢のコンフィグレーションを抽出した。

評価対象のパスの取得 少林寺拳法の達人の技の実演を5台のビデオカメラで撮影した。インバースキネマティクスシステムによる前処理を行なったあと、フィッティングを行ない、コンフィグレーションのシーケンスを抽出した。

4 実験結果

コンフィグレーション空間のパスの一部の成分を図示したものを挙げる。

少林寺拳法の技の一種である小手巻返しを数回実演してもらったうちの2回のパスについて、2自由度分の成分を図にしたものを図1と図2に示す。図1は技がうまく決まった例、図2はあまりうまく決まらなかった例である。網かけて図示した領域が、測定によって得た境界である。パスが境界外へはみだしている部分があるが、これは誤差によるものと思われる。この股関節の3自由度の境界と、パス上の点との距離を計算し、図にしたものを図3と図4に示す。図1のパスに対応するのが図3、図2のパスに対応するのが図4である。

特に $\text{time}=30(=30/60[\text{sec}])$ 以降が、技のかかっているシーケンスである。これらから、パス1に比べて、パス2の法が短い時間間隔で振動していることと、2の方が、境界との距離の変化が激しいことがみてとれる。

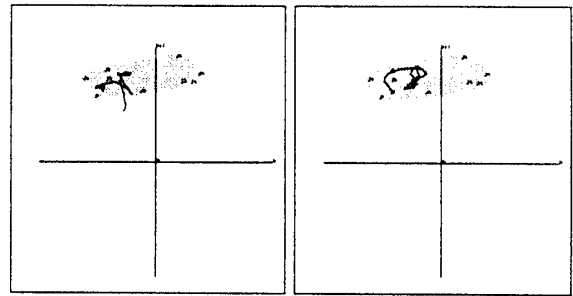


図 1

図 2

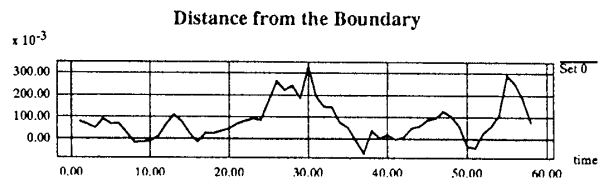


図 3

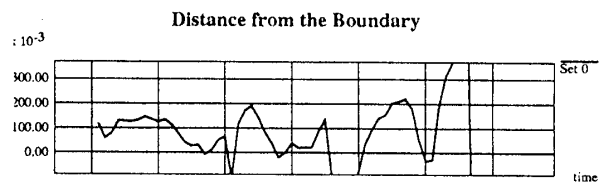


図 4

5 結論と今後の課題

人体の動きをコンフィグレーション空間内のパスとして表現し、客観的に評価する方法を提案した。

今後は、多くの実験データを解析して、より詳しい評価方法の検討や、より高精度なデータの取得の方法について研究を進めたい。

参考文献

- [1] Sun, L.: *Dynamics Model-based Human Motion Analysis and Animation*, PhD thesis, the University of Tokyo (1989).
- [2] Kunii, T. L., Tsuchida, Y., Arai, Y., Matsuda, H., Shirahama, M. and Miura, S.: A Model of Hands and Arms Based on Manifold Mapping, *Communicating with Virtual Worlds (Computer Graphics International '93)*, pp. 381-398 (1993).
- [3] BurdickIV, J. W.: *Kinematic Analysis and Design of Redundant Robot Manipulators*, PhD thesis, Stanford University (1988).