

I-3 少年剣士のフォーム矯正のためのイメージデータマイニング

Image Data Mining : Its Application to the Coaching of Young People Practicing Kendo

齊藤 慎也† 小森 麻央 杉山 岳弘 佐治 齊 杉山 融 山口 高平

Shinya Saito Mao Komori Takahiro Sugiyama Hitoshi Saji Toru Sugiyama Takahira Yamaguchi

1. はじめに

データマイニングの研究開発が普及してきたが、そのほとんどが数値・名義値・テキストを対象にしており、画像(イメージ)を対象としたケースは少ない。本稿では、イメージデータマイニングを目指し、ケーススタディとして、スポーツの練習内容などを撮影したデジタル映像から、身体技能の向上に役立つ知識を自動抽出するシステムを試作する。より具体的には、少年剣士の技能向上を取り上げ、少年剣士の稽古や練習試合などを撮影した後、デジタル映像処理とデータマイニング技術を適用し、フォーム矯正に役立つ知識の発見を目指す。

2. 動作追跡による画像前処理

2.1 動作追跡の方針

まず、撮影した映像データ(少年剣道の練習内容)をキャプチャして、フレームごとに分割する。次に、分割した1枚1枚のフレーム画像(720×480画素)に対して画像処理による動作追跡を行い、追跡個所を決定する。しかし、少年剣道の練習内容のように、磁気センサやマーカを利用しない場合には、計算機による動作追跡は正確な動作追跡結果を得ることが困難である[1]。そこで、計算機による動作追跡が困難な個所は人間が手動で修正できるようなインタラクティブな動作追跡を行う。

インタラクティブな動作追跡を実行する時は、計算機が動作追跡できない画像を特定する必要があるが、この特定は、フレームごとの追跡結果を評価することで処理する。すなわち、追跡の信頼度を用いて追跡結果を評価し、追跡できていないなら人間が手動で追跡結果を修正する動作追跡システムを用いる。以下、本追跡システムの概要について2.2から2.4に順に示す。また2.5では追跡の信頼度の信頼性について述べる。

2.2 初期フレーム画像の追跡個所の決定

初期フレームは画像を人が目で見て判断し、図1中の黒い点で示された追跡個所、すなわち攻撃側の頭頂、前足(右足)、竹刀(しない)の剣先(けんせん)、鐙(つば)と防御側の頭頂、前足(右足)、竹刀の剣先、鐙の8個所を選択する。

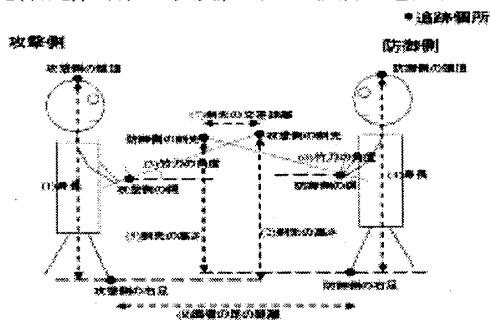


図1 追跡個所と属性値との関係

2.3 テンプレートマッチングによる動作追跡

2フレーム以降の画像に関しては、まず前フレームで得られた動作追跡結果から、それを中心としたテンプレート画像(19×19画素)を作成する。次に、テンプレート画像と現フレーム画像のマッチングをとり追跡を行う。現フレーム画像中の追跡対象は、前フレーム画像で得られた追跡結果の近傍(30×30画素)にあるとし、その近傍をマッチングの追跡範囲とする。さらに、その追跡範囲内でテンプレート画像を移動させながら色情報を用いた相互相関法によるマッチングを行う。追跡範囲内で求めた類似度である相互相関値のうち、最大値を得た個所を動作追跡結果とする。

2.4 追跡の信頼度による動作追跡結果の評価

追跡の信頼度は、3つの評価値を利用して求める。

まず、前フレームと現フレームとの差分画像から、前フレームの追跡結果のテンプレート画像(19×19画素)と現フレームの追跡結果のテンプレート画像(19×19画素)との変化量を求め、その比をフレーム間の情報における評価値 C_f とする。次に、前フレーム画像にソーベルフィルタを用いてエッジ(濃淡の急激に変化した部分)を検出した画像から前フレームの追跡結果のテンプレート画像(19×19画素)と現フレーム画像にソーベルフィルタを用いてエッジを検出した画像から現フレームの追跡結果のテンプレート画像(19×19画素)との相互相関法によるマッチングを行い、その相関値を形状情報における評価値 C_s とする。さらに、前フレームの追跡結果から得られる対象物の長さ(けんせん)と現フレームの追跡結果から得られる対象物の長さとの比を対象物の距離情報における評価値 C_l とする。最後に、3つの評価値の平均を追跡の信頼度 C とする。

2.5 追跡の信頼度についての実験

図2と図3は画像中で左側に居る少年の竹刀の剣先と鐙を追跡個所としたときの動作追跡結果の正負例であり、図中において2点の追跡箇所を線で結ぶことで示してある。またそのときの追跡の信頼度を表1に示す。



図2 追跡成功例



図3 追跡失敗例

表1 追跡結果に対する信頼度

	図2追跡に成功した例		図3追跡に失敗した例	
	剣先	鐙	剣先	鐙
フレーム間の情報 C_f	1.000	0.871	0.000	0.902
形状情報 C_s	0.844	0.814	0.924	0.778
対象物の距離情報 C_l	0.992	0.992	0.972	0.972
最終的な信頼度 C	0.946	0.892	0.632	0.884

† 静岡大学

図 2 では竹刀の剣先、鏢ともに正確に追跡しているが、図 3 では竹刀の動きが速いため竹刀の剣先の追跡が失敗している。このとき表 1 の結果から、追跡が成功している図 2 では、竹刀の剣先、鏢のそれぞれの信頼度が 0.8 以上の値を示しているのに対し、竹刀の剣先の追跡が失敗した図 3 では鏢の信頼度は 0.8 以上の値を示しているが、剣先では 0.632 と 0.8 未満の値となっている。これにより 0.8 を追跡の信頼度におけるしきい値とし、追跡の信頼度が 0.8 未満場合には、人間が手動で動作追跡結果を修正する。

構えから打ち込みまで動作の連続したフレーム画像 60 枚に対して、追跡の信頼度を求めたところ、2 枚のフレーム画像について信頼度のミスが生じた。原因としては、竹刀を振るとき、追跡個所が竹刀の残像内にある、かつ追跡個所の軌跡上にあった場合、追跡結果が失敗していても、フレーム間の情報による評価値と対象物の距離情報による評価値が下がらないためである。解消方法としては、追跡対象の動き情報を信頼度に用いる評価値として増やすことが考えられる。これを今後の課題とする。

本稿では、図 3 のように追跡対象の動きが速い場合においても正確な追跡結果を得ることが重要である。すなわち動作追跡手法によらず正確な動作追跡結果を得ることが必要である。したがって、マーカや磁気センサのついていない画像に対して動作追跡を行った場合には、追跡の信頼度を用いたインタラクティブな動作追跡が有効であると考えられる。

3. データマイニング

3.1 前処理 - 人物の動作追跡結果から属性値を算出 -

少年剣士の技能向上のための知識発見のケースステディとして、少年剣士の構えの姿勢についてデータマイニングを行い、これを専門家(剣道教士七段)の評価と比較することとした。そのために、構えの際の間合(まあい)や竹刀に関する値を属性値として算出した。算出した属性値は図 1 中の(1)から(8)で示される値であり、動作追跡結果を利用して算出する。

3.2 データマイニング - コーチングルールの発見 -

図 1 中の(1)から(7)の 7 種類の数値属性を C4.5 という決定木学習に与え、少年剣士の正しい剣先の位置をコーチするためのルールを学習させた[2]。学習するクラスである剣先の高さが適切か不適切かは、専門家(剣道教士七段)によって判定されたものである。

26 データすべてを訓練データとして学習させた結果、正分類が 24 データ、誤分類が 2 データで (データ ID8 と ID26 のクラスは不適切であるが適切と誤分類された)、正解率は 92.31% で、下記のようなルールが学習された。

[学習されたルール]

(各ルールの THEN 部の数字は、正答数/誤答数)

- IF 防御側竹刀の角度 $\leq 17.969^\circ$
THEN 適正 (8/1)
- IF 防御側竹刀の角度 $> 17.969^\circ$ and
剣先の交差距離 $\leq 8.308\text{cm}$
THEN 適正 (6/1)

- IF 防御側竹刀の角度 $> 17.969^\circ$ and
剣先の交差距離 $> 8.308\text{cm}$
THEN 不適正 (10/0)

3.3 後処理 - 専門家による評価 -

ルールを学習させた後、「今回コーチングの対象である少年剣士は初心者であるため、剣道の基本概念である一足一刀の間[3]を基にして、剣先の交差した距離を基準として分類することは難しい」という専門家の指摘から、(8)「両者の足の距離」という数値属性を加えた。また、専門家が「攻撃側剣先の延長線が相手の両眼の中心であることを基準として、どのように逸脱しているのか」という点に着目していることを考慮し、「攻撃側剣先と防御側身体中心線の交点の高さ」という数値属性を生成した。これらの 2 種類の新規属性を上記の実験で使用した 7 種類の数値属性に加え、計 9 種類の数値属性で同様の実験を行い、ルールを学習させた。

その結果、26 データすべてが正しく分類され、正解率は 100% となり、下記のようなルールが学習された。これらのルールすべてに、新規属性が主条件節、属性「両者の足の距離」が副条件節として機能している事が判る。

[学習されたルール]

(各ルールの THEN 部の数字は、正答数/誤答数)

- IF 交点の高さ $\leq 138.997\text{cm}$ and
両者の足の距離 $\leq 173.157\text{cm}$
THEN 不適正 (1/0)
- IF 交点の高さ $\leq 138.997\text{cm}$ and
両者の足の距離 $> 173.157\text{cm}$
THEN 適正 (14/0)
- IF 交点の高さ $> 138.997\text{cm}$
THEN 不適正 (11/0)

4. おわりに

本稿では、少年剣士のコーチングを題材にして、イメージデータマイニングシステムを試作したが、有効な画像属性をいかに早い時点でユーザに気づかせ、システムに組み込めるかが重要であることが判った。今後は、この点を促進するために、後処理でのマイニング結果の外在化機能を整備するとともに、静止面だけでなく動画をも含めたメージデータマイニングシステムへ発展させていきたい。

参考文献

- [1] 萩本憲俊, 他 4 名 “色と動き情報を用いた人物の腕の動作追跡”, 信学技報, PRMU99-104, pp.25-30(1999)
- [2] Ian H. Witten, Eibe Frank, “Data Mining-Practical Machine Learning Tools and Techniques with Java Implementations”, Morgan Kaufmann Publishers(2000)
- [3] 財団法人 全日本剣道連盟, “幼少年剣道指導要領 第 4 刷”, 財団法人 全日本剣道連盟(1985)