

音と画像処理を用いたリアルタイム スポーツ学習支援システム

河瀬 裕美[†]

松塚 茜[†]

近年、スポーツ学習を扱う教育システムは様々な現場で求められており、数多くの学習支援システムが提案されている。しかし、既存のシステムは、学習者がスポーツを行った後に、システムによって評価された自分のフォームを見ることで認識できるものであり、リアルタイムに評価し、フォームの改善を支援するシステムの開発は行われていない。そこで、本研究では弓道を学習題材とし音を用いて、学習者がフォームのずれをリアルタイムに認識できるシステムの開発を目的とした。具体的には、まず弓道の一連の動作に対し画像処理を行い、学習者の画像から左右の手と肘の座標を抽出した。次に、抽出した画像の座標間で高さの比較を行い、2種類の音が学習者のフォームのずれの程度に合わせて流れるようにした。そして開発したシステムの検証実験を通して、学習者に対しリアルタイムにフォームのずれを認識させることが可能となった。その結果、システムの有用性を示すことができた。

A Support System for Learning Sports by Using Sound and Image Processing in Real Time

HIROMI KAWASE[†]

AKANEMATSUZUKA[†]

In recent years, education systems for treating sports learning have been required from the various places, and many support systems for the learning are suggested. However, in the existing systems, it was only after playing sports that each learner could recognize a deviation of the form evaluated by the system, and there are few the systems for evaluating and supporting the improvement of the form in real time. Then, we took Japanese archery as a case study and aimed to develop a learning support system for using alarm sounds which notice the learner a deviation of the form in real time. Concretely, we conducted image processing for a series of actions in Japanese archery and extracted coordinates of both hands and elbows from each image of actions. Next, we compared the heights between the coordinates extracted so that two kinds of alarm sounds were produced according to the degree of deviation in learner's form. It became possible for learner to recognize a deviation of the form in real time through the verification experiment of the developed system. As a result, we could prove it useful.

1. はじめに

近年、スポーツ学習を扱う教育システムは学校における授業、プロスポーツ選手の育成など、高等教育を行う多くの現場で求められており、さまざまなスポーツにおける動作に関する研究が企業や大学で進められ、数多くのシステムが提案されている 1)。

既存のシステムとして、学習者と参照者の2人が同じ動きを行っているか、2次元画像のみからフォームの比較を行うものがある。また、3次元コンピュータグラフィックスを利用し、内観的情報である運動イメージや運動感覚を直感的に記録可能とした手法を提案、実装したシステムがある 2-5)。

しかしこれらのシステムは、1人で練習することができず、体格差によるデータの不一致の問題が生じてしまう。さらに、各人の精密な3次元モデルの生成や

理想動作の姿勢パラメータを求めなければならず、処理コストや大規模な装置を必要とする。そのため、学習者のスポーツフォームを客観的に評価し、リアルタイムに支援する事は難しい。

そこで本研究では、音声を用いて学習者がフォームのずれをリアルタイムに認識できるスポーツ学習支援システムの開発を行う。本システムは、普段から指導者のもとで練習している初心者を対象者とし、1人で自主練習を行う際の使用を想定する。

2. 弓道学習の特徴

本研究では弓道をケーススタディとした、スポーツ学習支援システムの開発を行った。弓道は弓を引いて矢を的に的中させる事を目的とするが、いかに美しい動作・フォームで矢を射るかという「射型」が段級審査の対象となり、動作行程が重要視される。この矢を

[†] 和歌山大学システム工学部

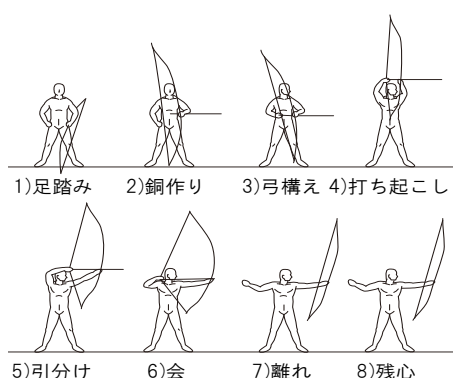


図 1 射法八節

射る一連の動作は射法八節と呼ばれ、図 1 のように 8 つの動作で構成されており、学習者はこの 8 つの動作を規範に従って行わなければならない。このように弓道は厳密に動作の過程が決められており、自身の動作の修正を行う学習形態をとる。このような競技特性から、学習者の向上度合いを測りやすいため、本システムの提案に適していると考えた 2,6)。

次に、本研究における初心者のフォームの改善ポイントを述べる。弓道には、安定した状態で矢を射るための基本姿勢として、体の正面から見たときに、体の中心線と両肩を結んだ線が直角に交わる「十文字」がある。これは、肩・肘・手が常に地面と平行である状態を指し、射法八節において 2 節目の銅作り以降、常に形成されていなければならない基本形態である。しかし、この十文字は、初心者が初め特に苦手とするポイントである。そこで本システムは、この十文字を評価対象とする学習支援システムを開発した。

3. スポーツ学習支援システムの開発

3.1 システム構成

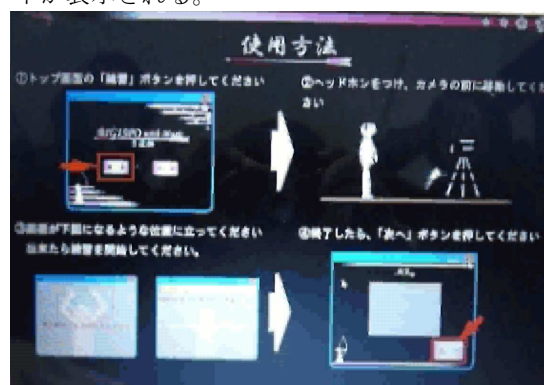
本システムのハードウェアは USB カメラ、PC、スピーカーから構成される。ソフトウェアの開発には、コンピュータビジョン向けのライブラリである openCV を用いた。

学習者はスピーカーから流れる音をもとにフォームのずれを修正しながら学習を行う。学習者の動作は、学習者が学習を行っている際、学習者の正面に固定された USB カメラによって測定する。

3.2 システムの画面遷移

図 2 は本システムにおける画面遷移の一部を示した図である。学習者はシステム起動後、動作学習と履歴参照のどちらかを選択する。動作学習を行う場合は、

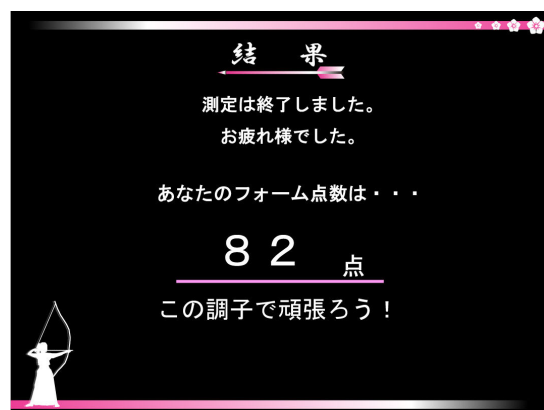
使用方法が表示され、練習開始ボタンを選択することにより学習が行える。練習後は、結果として点数とコメントが表示される。



(a) 使用方法



(b) 練習中画面



(c) 練習結果

図 2 実装したシステムの画像

3.3 システムの流れ

本システムの処理の流れを以下に示す。なお、評価を行う範囲は、射法八節において第 3 節の弓構えから第 8 節の残心までとする。学習者が第 4 節の打ち起こしを始め、両手が両肘よりも高くなった時点から判定を開始し、第 8 節の残心で両手・両肘の 4 つの座標が一直線になった時点で判定を終了とする。

1) 画像計測

USB カメラを用いて動作中の学習者の腰より上の動作を画像情報として取得する。取得した一連の動作の画像を PC 内のプログラムにより解析する。

2) 画像処理

キャプチャ画像の左上の座標を(0,0)とする。取得した画像を二値化し、物体の輪郭抽出を行う。その中から、学習者の人体領域の座標のみを抽出し、輪郭リストを作成する (図 2 中 ①,②)。

3) 有用点の抽出

十文字を判断するために必要な左右の手と肘の座標のみを有用点として取り出す。

3-1) 顔の輪郭座標を輪郭リストから消去

初期位置で y 座標の最小値を頭の頂点とし、そこから 1 ずつ値を増加させていき、同じ y 座標で x 座標の最小値と最大値の差が最小になる位置を首と判断する。その首の位置が決定するまでに、差が最大になった値を顔の最大幅とし、この範囲を顔として輪郭リストから消去する(図 2 中 ③)。

3-2) 左右領域の決定

y 座標が最大値の時、x 座標の最小値と最大値の中点を体の中心線とし左右領域を決定する(図 2 中 ④)。

3-3) 左右の手と肘の座標抽出

左右の領域で、それぞれ y 座標が最小値となる座標を手とする。x 座標の最小値を右肘とする。x 座標の最大値を仮の左肘とする。左手と仮の左肘の距離を求め、左手の x 座標が左肘の x 座標を超えた場合、最大の x 座標を左手とする。左手の座標を中心として、先ほど求めた距離を半径とする円を描き、交わった座標を左肘の候補とする。交わった座標から、y の最小値と最大値の中点の座標を左肘とする(図 2 中 ⑤)。

4) ずれの判定と音による認識

学習者の右側の手と肘の有用点を基準とし、その高さと左側の手と肘の有用点がそれぞれ等しければ(誤差を含む)平行であると判断する。

また有用点がそれぞれ平行であれば、音は流れない。右側の有用点よりも左側の有用点が高い場合に高音が流れ、逆に高さが低い場合に低音が流れる。そうすることで、学習者の体格に関係なくシステムの利用ができる。さらに、学習者にフォームのずれ方を認識させることが可能となる(図 2 中 ⑥A,B)。

5) 点数化

学習者に持続性を持たせるために、十文字の正しさ度合いを点数化し、判定終了後に表示させる。技術の向上度合いをグラフに記録する (図 2 中 ⑦)。

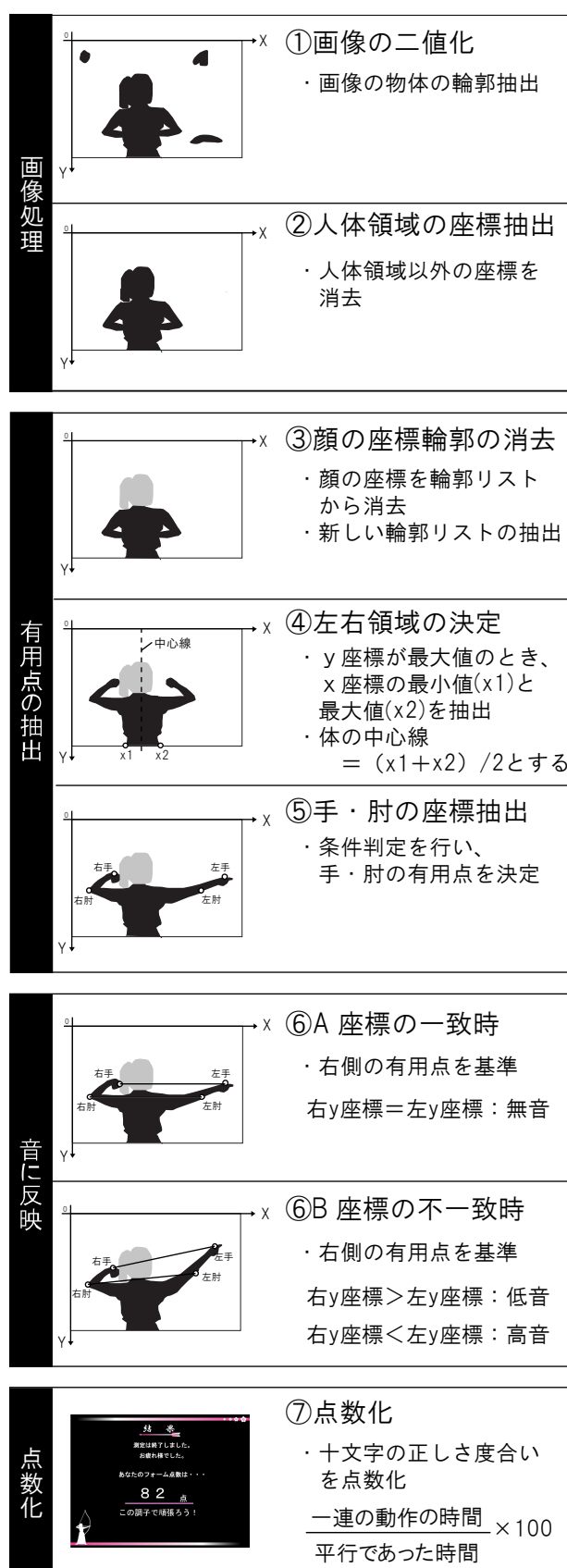


図 3 システムのフロー図

4. 本システムの検証

システムの検証として、本システムの挙動に対し弓道経験者である学生 8 名に対してヒアリングを行った。

その結果、被験者より得られた意見を以下に述べる。

- ・ 一人での自主練習中には、自分のフォームが正しいのか不安な状態で行っているため、自分のフォームのずれ方が分かれば、安心して練習に取り組むことができる。
- ・ 鏡を見ながらのフォームチェックでは、顔の向きが本来の姿勢と異なるため効果が下がるが、音を用いることによって姿勢を崩さずにフォームチェックができる。
- ・ 学習者が練習を重ね、十文字ができるようになると、本システムでは対応できなくなるため、さらに他の点に着目して考慮できるとよりよい。
- ・ 弓道は静止して行うスポーツであるため本システムを用いて対応可能であるが、動的なスポーツにおけるフォームチェックでは対応が難しい。

以上より得られた意見から、本システムにおける考察を以下に述べる。

- ・ 音によるフィードバックは学習者にとって有益であり、より正確なフォームチェックが可能となる。
- ・ 本システムは初心者を対象として開発を行ったため、熟達者に関しては、支援する判断基準が不足している。そのため、熟達者におけるフォームの注意点に注目したシステムを組み込むことで、弓道を行う学習者のターゲットを広げることが可能である。
- ・ 他のスポーツに着目したシステムの提案があれば、よりシステムの将来性が広がる。

また、システム自体の評価として、抽出した左右の手と肘の座標がどれほどの精度で算出できているか未検討である。現時点では、フォームのずれに合わせて音が流れ、スコアまで表示されるため、抽出はできていると考えられる。今後さらに検証する必要がある。

具体的な改善点を以下に述べる。現在のシステムは、取得した画像に重ね合わせて、抽出した人体の輪郭線のみを赤色にして、システムの画面上に表示している。しかし、新しいシステムでは、人体の輪郭抽出画像は表示させず、評価に用いる左右の手と肘の有用点のみを抽出した画像を表示させる。それにより、視覚的に有用点を把握できるようになり、抽出精度を確認することが可能になると考える。

5. まとめ

本研究により得られた成果を以下にあげる。

- 1) 学習者に対し、視覚ではなく聴覚でフォームのずれを認識させることによって、学習時の動作の自由度が増す。
- 2) 本システムの利用により、学習者に対しスポーツ練習中のリアルタイムなフィードバックが可能となる。
- 3) 本システムは、他者とのフォーム比較ではないため、個人の体格に依存せず、学習者自身のみでフォームの学習が可能である。

また、本システムの応用例として、ゴルフには自主練習を行うための練習施設（打ちっぱなし）があり、利用者は多く設置個所も全国にある。そこに本システムを導入すれば、効率的に利用者の技術向上に繋がると考えられる。

今後の課題点として以下があげられる。

- 1) 今後さらに有用性を定量的に評価するために、別の手法を用いて評価実験を行う必要がある。
- 2) 一試行ごとにスポーツ環境や動作フォーム、動作タイミングが変化するスポーツでは効果を発揮しない。今後上記のスポーツにおいても適応可能なシステムの提案が必要である。

参 考 文 献

- 1) 乾敏郎:認知心理学 1 知覚と運動, 東京大学出版会(1995)
- 2) 山野裕司, 斎藤英雄: 弓道のフォーム評価を目的とした仮想動作映像生成, 電子情報通信学会総合大会, pp. 309 (2003)
- 3) Katsunori ISHII, Junichi HATAYAMA, Hideki MURAKOSHI: A Movement Instruction System for Kyudo Using Virtual Environment, The 2nd Pan-Pacific Symposium on Information Technology, pp.111-114(2004)
- 4) 畑山準一, 関和彦, 石井克典, 村越英樹, 山口亨, 橋本洋志:内観的情報を取り入れた運動学習支援システム, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.17, No.5, pp.547-557(2005)
- 5) 石井克典, 畑山準一, 小林和広, 高瀬由里子, 村越英樹, 橋本洋志: 学習者の体格に依存しないインストラクターモデルの作成, 知能情報ファジィ学会ヒューマンインターフェース(HIF)研究会, pp.13-17(2005)
- 6) 入江康平, 森俊男: 弓道指導の理論と実際, 不昧堂出版(1998)