

射形のモーションデータを用いた弓道訓練システムの実装と評価

星野直紀† 盛川浩志** 小宮山撰**

青山学院大学大学院理工学研究科† 青山学院大学理工学部**

1. はじめに

弓道の効果的な練習には、場所や道具などに多くの制約がある[1]。また、初心者の練習には、指導者がついて評価をフィードバックすることが不可欠であるといわれている。

そこで筆者らは初心者が自宅で一人で練習することを可能にするために、Kinect のモーションキャプチャ機能と、弓道経験者の射形データを用いた、弓道の練習のためのシステムを提案した[2]。

本研究では、弓道経験者が鏡に向かってフォームチェックを行う実際の練習法を想定した、より実用的な弓道の訓練システムを作成して、その性能を評価した。

2. システムの概要

前回の研究において、弓道経験者の射法の一連の流れの全身 20 ポイントのスケルトン座標を収集し、「正しい射形」と、胴の傾きなど 6 種類の間違ひのみられる「間違った射形」の正規化された骨格データを作成した。そのデータを用いて、胴の前後左右 4 方向の傾き(懸かり胴、退き胴、屈み胴、反り胴)、会の姿勢における両肩の上がり、弓手肩の体方向への詰まり(弓手肩の受け)を検出するシステムを構築した。

本研究では、システムを一般的な射形練習に対応させるために、射法の流れのうち、「弓構え」「打起こし」「大三」「会」「離れ」の 5 状態をシステム側で自動認識する機能を実装し、実際の弓道の練習において射形の判定を行えるようにした。さらに使用者が指導内容を捉えやすいように、直観的な視覚的フィードバックを表示する機能を付加した。

3. 実装

3.1 射形の自動認識

自宅で一人で練習することを想定し、システム側が射の状態を自動で認識する機能を実装する。認識する状態は、射法において動作の静止する「弓構え」「打起こし」「大三」「会」「離れ」の 5 状態である。

射形の認識は、両手の座標と肩、頭、肘の座標との相対位置を見ることにより行う。両手の座標が既定の位置に達し、かつ 60 フレームの間、

座標の動きが一定以内に収まっていた場合、動作の状態を確定する。表 1 は各状態における射形の認識条件を表す。認識は射の順序に沿って行い、多重の認識が発生しないようにした。

表 1: 状態の認識条件

順序	状態	姿勢の条件
1	弓構え	両手のY座標 < 腰のY座標
2	打起こし	両手のY座標 > 頭のY座標
3	大三	左手のX座標 < 左肘のX座標
4	会	両手のY座標 < 頭のY座標
5	離れ	右手のX座標 > 右肘のX座標

3.2 射形の乱れの判定方法の改善

前回の研究より、射形の乱れの判定閾値の見直しを行った。前回の研究では、胴の前後方向や肩の乱れについての判定漏れが多くみられた。閾値を設定する際、「正しい射形」と「間違った射形」を比べ、両データにおける肩座標の差異の平均付近を閾値とした結果、判定漏れが発生したものと考えた。

本研究では「間違った射形」データの肩座標の差異を全て判定できるように判定閾値を狭めた。設定を見直した判定閾値を表 2 に示す。

表 2: 間違った射形の判定閾値

	弓構え	打起こし	大三	会
懸り胴			肩中央のX座標が -0.03 以下	
退き胴			肩中央のX座標が 0.03 以上	
屈み胴			肩中央のZ座標が -0.01 以下	
反り胴			肩中央のZ座標が 0.09 以上	
両肩上がり				肩中央のY座標が 0.50 以上
弓手肩受け				左肩のX座標が -0.15 以下

4. 評価実験

作成した指導プログラムが実際の弓道指導者の指導とどの程度一致しているかの検証実験を行った。実験は弓道歴 1 年以上の指導者と弓道歴 1 年未満の初心者が二人一組となり行う。Kinect を高さ 1m の位置に水平に設置し、使用者は Kinect のカメラに向かうように 2m 離れて立ち、射の動作を行う。初心者一人に対し 5 回評価を行い、10 人分の合計 50 個のデータを収集した。

指導者は初心者の射の動作に対し、「弓構え」「打起こし」「大三」「会」の 4 状態と、各動作間を含めた 7 つのタイミングのうち、4 種類の胴の傾きがどこから出始めたかを評価す

る。また、会の状態において、肩の動きに対して、「両肩上がり」「弓手肩受け」のどちらかの崩れがみられたかどうかを評価する。

システム側も同時に同様の評価を行い、両者を判定の一致率や判定タイミングなどの観点から比較する。

射法の静止 5 状態の自動認識についてはほぼ 100%の精度で認識した。

射形の乱れに対する判定の結果を表 3, 4, 5 に示す。表 2 はシステムと指導者が初心者の胴の傾きに対し、判定を行った回数と、両判定が一致した回数を示す。表 3 は同じく肩の判定を行った回数と判定が一致した回数を示す。表 4 はシステムと指導者の判定が一致した 40 回の胴の傾きのうち、システムと指導者の判定タイミングの前後を比べたものである。

表 3: 胴の傾きの判定一致率

胴の判定回数(回)	懸り胴	退き胴	反り胴	屈み胴	判定なし	合計
システム	11	13	11	10	5	50
指導者	11	11	10	9	9	50
一致回数	11	11	10	8	4	44
一致率	100%	85%	91%	80%	44%	88%

表 4: 肩の乱れの判定一致率

肩の判定回数(回)	両肩上がり	弓手肩受け	判定なし	合計
システム	16	19	15	50
指導者	18	20	12	50
一致回数	15	17	9	41
一致率	83%	85%	60%	82%

表 5: システムと指導者の判定タイミング

判定までの時間	懸り胴	退き胴	反り胴	屈み胴
システム<指導者	6	4	4	3
システム=指導者	4	5	6	5
システム>指導者	1	2	0	0

4 考察

評価の結果、全体的に高い一致率を記録した。胴の判定について、指導者はシステムよりも判定なしとした回数が多い傾向がみられた。これはシステムの判定閾値が指導者の考える判定閾値よりも若干狭かった可能性が考えられる。しかし、肩の判定については逆にシステムのほうが判定なしとした回数が多くみられた。これは指導者は肩が上がり気味、受け気味などの肩の微妙な変化や体全体の雰囲気をつまえて評価を行う傾向があることに起因すると考えられる。

また、判定を行うまでのタイミングは、全体的にシステムのほうが判定を早く下す傾向がみられた。特に多かったパターンが、システムが弓構えと打起こしの間の状態で判定したのに対し、指導者が打起こしで判定をしたパターンであった。これは、システムが各動作の終わり間

際も「間の状態」と判断するのに対し、指導者は終わり間際の場合「次の状態」と判断する食い違いによるものだと考えられる。

5 視覚的フィードバック

使用者が指導内容を直観的に捉えやすくするためには視覚的フィードバックが有効と考えられる。一例として今回実装した射形指導プログラムの UI 画面を図 1 に示す。

使用者は Kinect によって映し出された自身の映像を見ながら、射を行う。射の最中に胴の傾きが起こった場合、映像の使用者の胴の部分に矢印が出現し、胴の傾きた方向から引き戻す向きに振動し、胴の立て直しを促す。同じく、肩の動きについても、会に入った時点で崩れがみられた場合、肩の位置に矢印が出現し、姿勢の矯正を促す。射形の乱れの指摘を記号で表示することにより、使用者は直観的な認識が可能になると期待できる。



図 1. プログラムの UI 画面

6 おわりに

この研究では、前回の研究に引き続き、初心者の陥りがちな間違った射形を指摘するシステムを実装した。実際の指導者の指導にかなり近い指導が可能であり、自宅での一人練習などでの実用性を示すことができた。

参考文献

- [1] 岡本 勝, 松原行宏, Kinect による拡張現実技術を用いた弓道の射形学習支援環境の構築, 教育システム情報学会全国大会講演論文集, G2-1, 2013
- [2] 星野 直紀, Kinect を用いた弓道訓練システムの提案, 情報処理学会全国大会講演論文集, 4. 239-4. 240, 2016

Implementation and evaluation of archery training system using motion data
 †Naoki Hoshino, Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University