

自動動作に参照動作が自動追従する動作比較学習支援環境

Motion Comparison Learning Support Environment with Automatic Tracking to Learners' Motion by Reference Motion

吉永 稔拓^{*1}, 曾我 真人^{*2}
Toshihiro YOSHINAGA^{*1}, Masato SOGA^{*2}
^{*1}和歌山大学大学院システム工学研究科

^{*1}Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

^{*2}和歌山大学

^{*2}Wakayama University

Email: sogam@sys.wakayama-u.ac.jp

あらまし：本研究においては、手本動作の速さを自動かつリアルタイムで学習者の動作の速さに合わせるための DP マッチングを元にしたアルゴリズムを提案し、機能を実装した。評価実験は、スピード同期機能の有用性の評価を主な目的とし、評価を行なった。アンケートにおいては、スピード同期機能はおおむね肯定的な評価を獲得しており、特に各タイミングにおける姿勢の学習や継続的な学習活動に対して有益である可能性が高いことが分かった。

キーワード：動作学習、動作スピード、同期、スポーツ

1. はじめに

近年、モーションキャプチャデバイスを用いて身体動作を取得し、初心者の動作学習を支援しようとする研究が盛んに行なわれている。例えば、仮想空間内において熟練者の動作を学習者の動作に重畳表示し、効果的な自主練習を支援するようなシステムが構築されている。ただし、従来のシステムには、仮想空間内で再生される手本動作に学習者が必死に追従するという仕様のものが多かった。本研究では、手本動作の速さをリアルタイムで学習者の動作の速さに合わせる機能を提案し、実際に、スピード自動同期機能を搭載した動作学習支援システムを構築した。

2. 機能の概要

手本動作が学習者の動作に自動でシンクロする機能である。すなわち、学習者の動作スピードが手本動作よりも速い場合は、手本動作のスピードもまた学習者に合わせて速くなり、学習者の動作スピードが手本動作よりも遅い場合は、手本動作のスピードもまた学習者に合わせて遅くなる。また、学習者が任意の時点で身体を静止した場合、手本動作もその対応時点の姿勢を維持したまま一時停止状態となる。以上の処理はリアルタイムに行なわれ、一連の動作の中に速い期間と遅い期間とが交互に現れたとしても対応可能である。さらに、簡単な動きから構成された対象動作ならば、学習者が現在姿勢からそのまま逆再生のように過去の姿勢に戻るだけで、手本動作も連動して該当時点まで巻き戻り、その時点からのやり直しが可能である。

利用場面として、各タイミングにおける姿勢の学習をするために利用することを想定している。従来、学習者は所与の手本動作を追従することによって学

習を行なっていたが、この機能では手本動作のほうで学習者のスピードに合わせてやってくるため、各タイミングにおける姿勢の学習が容易であるといえる。問題点として、機能の仕様上、動作の間合いやタイミングを学習する場面には適さない。

3. アルゴリズム

DP マッチング (Dynamic Programming Matching) を利用して学習者動作の時系列と手本動作の時系列との対応関係を求め、その都度学習者の姿勢に対応する手本動作の姿勢を提示する。

大まかな流れとしては、まず関節ごとのマッチング結果を求め、つぎにそれらの結果を総合して全身としてのマッチング結果を求める。

3.1 関節ごとのマッチング結果の導出

ある学習者動作時刻における学習者動作の関節と、ある手本動作時刻における手本動作の関節との間の距離を求めるための式を立てる (式 1)。

$$d(s, S) = \sqrt{(x_s - X_S)^2 + (y_s - Y_S)^2 + (z_s - Z_S)^2} \quad (\text{式 1})$$

ただし、学習者動作のサンプリング時刻を s 、手本動作のサンプリング時刻を S 、サンプリング時刻 s における学習者動作の特徴関節の座標を (x_s, y_s, z_s) 、サンプリング時刻 S における手本動作の特徴関節の座標を (X_S, Y_S, Z_S) とする。式 1 は式 2 の中で使用される。

$$D = \min \begin{cases} \frac{w_a}{m} \sum_{j=1}^m d(t, T+j) & \text{--- (2. a)} \\ w_b d(t+1, T) & \text{--- (2. b)} \\ \frac{w_c}{m} \sum_{j=1}^m d(t+1, T+j) & \text{--- (2. c)} \\ \frac{w_d}{m} \sum_{j=1}^m d(t, T-j) & \text{--- (2. d)} \end{cases} \quad (\text{式 2})$$

ただし、前回マッチング終了時点における学習者動作のサンプリング時刻を t 、前回マッチング終了時点における手本動作のサンプリング時刻（前回マッチング終了時点での式 3 の U に相当）を T とし、 w_a 、 w_b 、 w_c および w_d を重み付け係数、 m をマッチング処理に柔軟性をもたせるための定数とする。

3.2 全身としてのマッチング結果の導出

各関節について現在の学習者サンプリング時刻に対応する手本動作サンプリング時刻を求めた後、全身としての現在の学習者サンプリング時刻に対応する手本動作サンプリング時刻を求める。式 3 の U が求める値となる。

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n (v_i T_i)}{\sum_{i=1}^n v_i} \quad (\text{式 3})$$

ただし、 v_i は関節 i の角度変化の大きさ、 T_i は関節 i に注目したときの現在の学習者サンプリング時刻に対応する手本動作サンプリング時刻、 n は全身の骨の数である。

また、対象動作の特徴に応じて、無視すべき関節などを設定するとマッチング精度が向上する。

図 1 に実装したシステムの画面を示す。

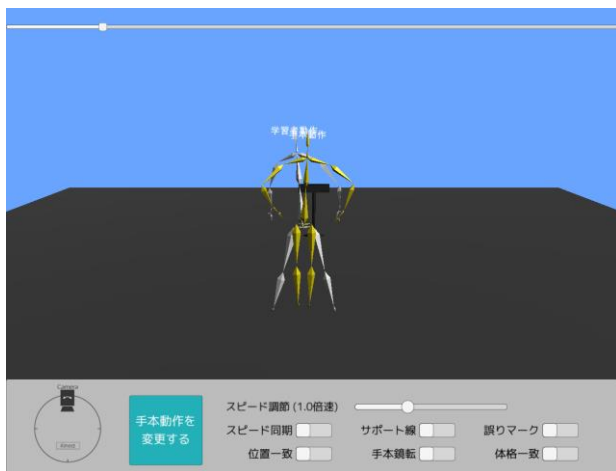


図 1 試作システムの画面

4. 評価実験

スピード同期機能の有用性を評価するために、スキル向上値の定量評価およびアンケートを実施した。アンケートは、被験者が両システムおよびスピード同期機能を含む各機能を主観評価することによって行なった。

被験者は 12 人とし学習時間は 30 分程度、対象動作は弓道の射法八節（弓を引く一連の動作）とした。

実験群は以下①～⑥の順に、統制群はこのうち③と⑤を入れ替えた順によって実験を行なった。

- ① 動作の簡易レクチャー
- ② BVH 形式による事前動作の取得
- ③ システム A の操作
- ④ BVH 形式による事後動作取得

- ⑤ システム B の操作
- ⑥ アンケート

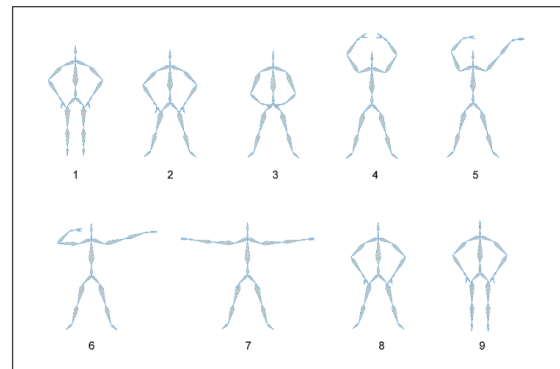


図 2 対象動作（弓道の射法八節）

5. 実験結果

統制群と実験群とを比較した場合、定量的なスキル向上値に有意な差は現れなかったが、アンケートにおいては、スピード同期機能は全体的に肯定的な評価を獲得した。「両システムを比較する 7 段階評価」の設問によって得られた結果を表 1 に示す。ここでは、「システム A」が 3、「システム B」が -3 となるように各目盛に数値を割り当てた。

表 1 両システムを比較する 7 段階評価

設問	平均	標準偏差	中央値	最頻値
どちらのシステムがより各瞬間における姿勢の比較学習に有益であると思われましたか	1.9	1.1	2.0	3
どちらのシステムがより動作手順の学習に有益であると思われましたか	0.6	1.4	1.0	1
今後、自分が何らかの動作を学ぶ場合、どちらのシステムをより使いたいと思われましたか	1.4	1.5	1.5	3

6. おわりに

本研究では、手本動作スピードの同期提示が可能な動作学習支援システムを構築し、評価実験を行なった。統制群と実験群とを比較した場合、定量的なスキル向上値に有意な差は現れなかったが、アンケートにおいては、スピード同期機能は全体的に肯定的な評価を獲得した。

参考文献

- [1] 西野友泰, 曾我真人, 瀧寛和: “学習者が熟練者の視点で熟練者の動作を追従できる拡張現実感を用いたモーションナビゲータ”, 教育システム情報学会第 36 回全国大会講演論文集, pp. 492-493, 2011
- [2] 越智洋司: “Kinect を利用した縄跳び運動認識システムの開発”, 信学技報, Vol. 113, No. 67, pp. 51-54, 2013
- [3] 佐藤優太, 廣田一樹, 曾我真人, 瀧寛和: “全身動作と手指動作を統合表示可能なモーションナビゲータ II”, 教育システム情報学会関西支部学生研究発表会, pp. 33-34, 2013