

多様な手本動作をリアルタイムに提示する 動作学習支援システムの提案と構築

吉永稔弘^{*1}, 曾我真人^{*2}

^{*1} 和歌山大学大学院システム工学研究科, ^{*2} 和歌山大学システム工学部

Proposal and Development of a Motion Learning Support System showing Various Model Motions in Real Time

Toshihiro YOSHINAGA ^{*1}, Masato SOGA ^{*2}

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

^{*2} Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

Most traditional motion learning support systems only have one coach's motion data as a model motion, although the data is not always the best one. We propose a system which has many coaches' motion data, and shows one of them in real time according to learner's request. Specifically, the system supports the following functions: (1) showing a coach's motion whose motion speed is synchronized with yours, (2) setting a coach's motion speed, (3) showing a coach's motion whose body is most similar to learner's body, (4) showing a coach's motion whose body is fitted to learner's body, (5) showing a leading line, (6) marking bones which have errors.

キーワード: 動作学習支援, スピード同期, 体格, サポート線, スポーツ

1. 背景と目的

近年, Kinect や Leap Motion などの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⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾. 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⁽⁷⁾. ただし, それらのシステムの多くは, 単一の熟練者の動作しか参照できない仕様になっていたり, 学習者の習熟度に応じて指導内容を調整することができなかつたりする.

本研究では, 各個人に適応した動作学習を支援するようなシステムを構築する. 例えば, 学習者が複数の熟練者の動作データを目的に応じて選択できたり, 体格差や動作スピードの差などを考慮した指導を受けられたりするような機能を備える. このうち, 複数の熟練者の動作データを目的に応じて選択できる機能に関

しては, 以前筆者らによって同様の機能が構築されているが⁽⁸⁾, 今回のシステムは, 学習者のリアルタイムの動きに合わせて手本動作を重畳するように仕様を刷新し, 更なるその仕様に適応した新機能を複数提供するものである.

本稿では, システムの概要および各機能実現のためのアルゴリズムを述べる.

2. システム

提案システムの概要および機能について述べる.

2.1 概要

システムは, Kinect v2 を利用して学習者の動作を取得し, 画面上に 3D 表示することが可能であると同時に, 熟練者動作のうち 1 件を手本動作として表示することが可能である. つまり, 同じ画面にリアルタイムに取得した学習者の動作とあらかじめ保持してある手本動作とを重畳表示することが可能である.

学習者は手本動作の骨格に自分の骨格を重ね合わせることによって学習を行なう。

2.2 機能

スピード同期機能，スピード変更機能，体格一致機能，類似体格例選出機能，サポート線表示機能，誤りマーク機能などを備える。

2.2.1 スピード同期機能

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。さらに，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，ある程度は対応可能である。なお，動作を途中まで巻き戻して任意の時点からのやり直しを許すような機能も提案する。

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っていたが，この機能では手本動作のほうが学習者のスピードに合わせてよってくるため，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，学習者が支離滅裂な動作を行なった場合，時系列のマッチングが破綻してしまうおそれがある。

2.2.2 スピード変更機能

手本動作の再生速度を任意に変更することができる機能である。再生速度は，速くすることも遅くすることも可能である。

利用場面として，動作に不慣れな初心者が 0.5 倍速や 0.8 倍速の手本動作を参考にするために利用することを想定している。

問題点として，動き方が速度に依存するような動作に対してこの機能を適用した場合，不適切な手本を提示することになるおそれがある。

2.2.3 体格一致機能

手本動作の体格が学習者の体格に合うように，自動

一致処理を施す機能である。つまり，手本動作の各骨の長さを学習者の各骨の長さに応じて拡大または縮小し，両者の全身の体格が一致するように加工する仕組みである。

利用場面として，学習者が自身の動作と手本動作とを容易に比較するために利用することを想定している。従来，学習者は手本動作として体格の異なる熟練者の動作を参考にすることがあったが，その場合，たとえ同じ姿勢をとったとしても，自分と手本とで各関節の位置や角度が異なってしまうという問題点があった。本機能はその問題点を解消し，動作の容易な比較を支援している。

問題点として，各骨の拡張処理のためにオリジナルの動作の均整が崩されてしまい，不適切な手本を提示することになるおそれがある。

2.2.4 類似体格例選出機能

複数の熟練者の動作データの中から，学習者の体格に最も近いデータを探し出し，手本動作として提示する機能である。つまり，2.2.3 のように体格を加工して自動一致するのではなく，既存の熟練者データの中から学習者の体格に類似したものを自動で選び，オリジナルの体格のまま手本動作として提示する仕組みである。図 1 に例を示す（白い骨格が学習者であり，黄色い骨格が手本動作である）。

利用場面として，学習者が自身の体格に適した動作を学ぶために利用することを想定している。

問題点として，必ずしも学習者の体格に近いデータが見つかるとは限らないおそれがある。

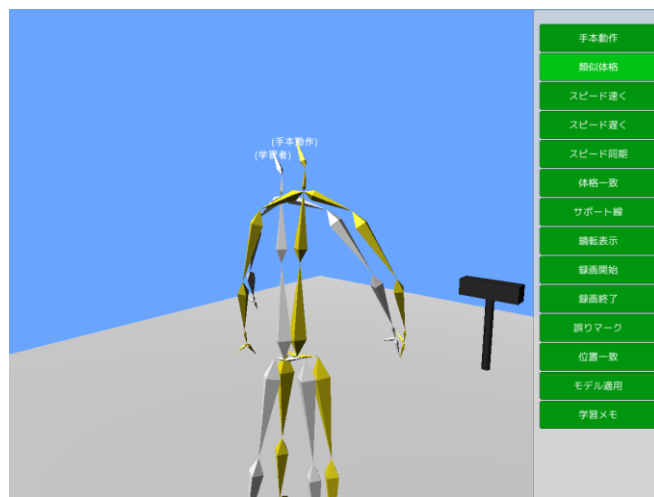


図 1 類似体格例選出機能利用時のシステム画面

2.2.5 サポート線表示機能

次にとるべき動きの流れを視覚的に指示する機能である。図 2 に腰の移動に注目した場合の例を示す。

利用場面として、動きの流れを十分に把握していない初心者が動作をスムーズに行うために利用することを想定している。

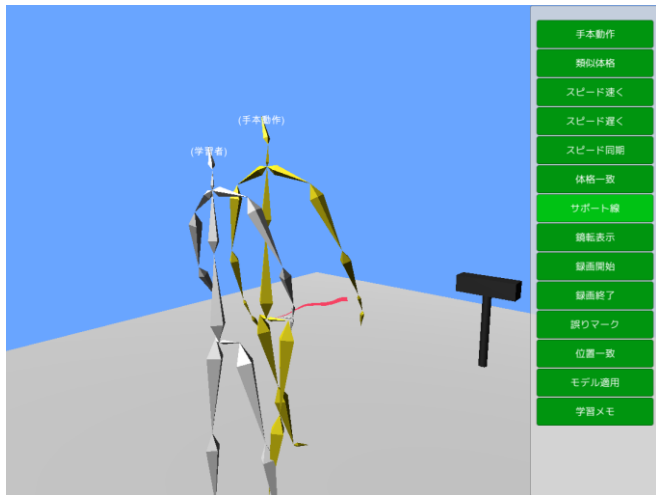


図 2 サポート線表示機能利用時のシステム画面

2.2.6 誤りマーク機能

手本動作との差異が大きい身体部分を色付けして示す機能である。図 3 に例を示す。

利用場面として、学習者が自身の動作と手本動作との差異を一目で把握するために利用することを想定している。

問題点として、部位によっては小さな差異が重大な意味を持つ場合や、たとえ差異が大きくても重大視する必要のない場合があるが、それらが色付けに考慮されないおそれがある。

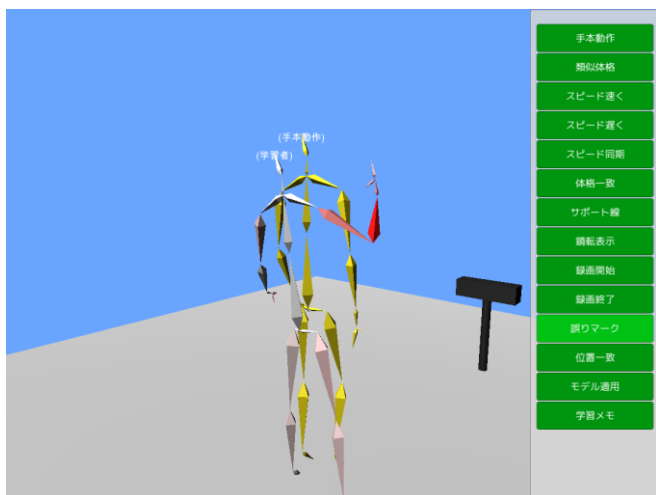


図 3 誤りマーク機能利用時のシステム画面

2.2.7 その他

その他の機能として、学習者の動作と手本動作の腰の位置を自動一致させる位置一致機能、学習者の動作または手本動作を左右反転表示する鏡転機能、気付いたことを文章で書き留めておくことが可能な学習メモ機能などを備える。

3. 機能実現のためのアルゴリズム

各機能を実現するためのアルゴリズムを示す。

3.1 スピード同期機能

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。まず、全体を通して位置変化の豊かな関節を調べ、特徴点(特徴関節)とする。次に、ある学習者動作時刻における学習者動作の特徴関節と、ある手本動作時刻における手本動作の特徴関節との間の距離を求めるための式を立てる(式 1)。式 1 は式 2 の中で使用される。今回はリアルタイムで処理するため、時刻が 1 単位(Kinect v2 の仕様が 30fps であるため、ここでの 1 単位とは 1/30 秒である)進むごとに式 2 を計算する。式 2 において、D の値をもたらす式が 2.a である場合、手本動作を 1 時刻進めた後、再び式 2 を計算する。D の値をもたらす式が 2.b である場合、学習者動作を 1 時刻進めて、現時刻までのマッチング結果とする。D の値をもたらす式が 2.c である場合、学習者動作および手本動作時間を 1 時刻進めて、現時刻までのマッチング結果とする。

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

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 を利用して、

$$D = \min \begin{cases} w d(s-1, S) & \text{--- (2.a)} \\ w d(s, S-1) & \text{--- (2.b)} \\ W d(s, S) & \text{--- (2.c)} \end{cases} \quad (2)$$

ただし、 w および W は重み付け係数である。

3.2 スピード変更機能

再生速度の係数をインタフェースから調節可能にする。

3.3 体格一致機能

熟練者の各骨の長さを学習者の各骨の長さに合わせて拡大または縮小する。この処理によって、各関節位置も連動して変化することになるが、動作を表現するための各関節角度は変化しない。

3.4 類似体格例選出機能

式 3 において、 p が最小となるような熟練者動作データを学習者の体格に近いデータとして認定する。

$$p = \sum_{i=1}^n |L_i - l_i| \quad (3)$$

ただし、 n は全身の骨数、 l_i は学習者動作データの骨 i の長さ、 L_i は熟練者動作データの骨 i の長さである。

3.5 サポート線表示機能

直後の一定時間にわたって熟練者の関節がとる座標の軌跡を調べ、空間内に線として示す。

3.6 誤りマーク機能

学習者動作データの骨と熟練者データの骨とのなす角の大きさに基づいて色の濃さを定義し、学習者の骨を色付けする。なす角の大きさが大きければ大きいほど色の濃さは強くなり、なす角の大きさが 0 ならば色の濃さも 0 になるようにする。

4. まとめ

各学習者に適応した動作学習を支援するために、手本動作として複数の熟練者の動作データを保持し、さまざまな機能を備えてリアルタイムに重ね表示可能な動作学習支援システムを提案および構築した。

本稿では、システムの概要と各機能の解説およびアルゴリズムなどを示した。

今後はシステムの機能やインタフェースを調整または改善する必要があるほか、ユーザビリティ評価を実施して有用性を確認する必要がある。

参考文献

- (1) 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)
- (2) 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)
- (3) 岩峪和真, 曾我真人, 瀧寛和: “データグローブを使用した指文字動作スキル学習支援システムの構築”, 信学技報, Vol. 114, No. 305, pp. 13-18 (2014)
- (4) 飯田大介, 後藤淳, 高田宗樹, 平田隆幸: “Kinect を用いた剣道の基本技自動判別システムの構築 —非専門家にも優しい剣道指導支援システムへ—”, 福井大学大学院工学研究科研究報, Vol. 63 (2014)
- (5) 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)
- (6) 平野光正, 越智洋司, 井口信和: “ドラム練習者のための自主練習システムにおける判定結果の表示方法に関する検討と実装”, 信学技報, Vol. 114, No. 305, pp. 19-24 (2014)
- (7) 高良貴博, 曾我真人, 瀧寛和: “学習者の動作を鏡像の手本動作にリアルタイムに重ね表示可能な動作学習支援環境”, 教育システム情報学会, pp. 127-128 (2015)
- (8) 吉永稔弘, 曾我真人: “複数の熟練者の動作データを目的に応じて参照できるインタフェースの提案と構築”, 教育システム情報学会, pp. 129-130 (2015)