

複数の熟練者の動作データの多様な提示が可能な インターフェースの提案

Proposal of an Interface enabling Various Showings of Some Coaches' Motion Data

吉永稔弘^{*1} 曾我真人^{*2} 瀧寛和^{*3}
Toshihiro Yoshinaga Masato Soga Hirokazu Taki

^{*1} 和歌山大学大学院システム工学研究科
Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

^{*2} 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

^{*3} 和歌山大学
Wakayama University

Many learning support systems have coach's motion data as a model motion. However, these systems have a problem that the model motion might not be the best one. Therefore, we proposed a system that shows arbitrary coach's data, the nearest data to the learner's physique, the average data of all coaches and the nearest data to the average. On the system, learners are able to choose one from those four types as a model motion if the system has some coaches' data. Our goal is to support effective learning by showing some model motion data from various aspects.

1. はじめに

1.1 背景

近年、学習者または熟練者の動作を特殊なセンサで取得し、スポーツや技能などの学習支援へ活用しようとする研究が盛んに行われている[佐藤 14] [岩嶺 14]。以前は、多くの人にとって、モーションキャプチャのための環境整備は容易であるとはいえなかったが、数年前に Microsoft 社からゲーム周辺機器 Kinect が発売されたことにより、専用機材のない一般家庭においても安価かつ容易にモーションキャプチャを行なうことが可能になった。Kinect を利用した動作学習支援システムもすでにいくつか提案されており[山中 13] [飯田 14] [越智 13] [平野 14]、モーションキャプチャによる動作学習はますます普及していくと考えられる。

従来の動作学習支援システムは、単一の熟練者の動作データを指導基準として保持している場合が多い。この場合、学習者は一貫した指導を受けられるという利点があるが、その指導基準には以下のような問題点が存在する。

- その指導基準は、ある熟練者独自(またはシステム開発者独自)の見解に基づいている場合があり、中立的ではないおそれがある
- その指導基準は、学習者の体格に適合しないおそれがある
- その指導基準は多様な手本動作のうちの一つにすぎないにもかかわらず、学習者がこれを絶対的な基準であると誤解するおそれがある

これらの問題を解決する手法として、指導基準を変更可能または選択可能に設計することや、多数の熟練者による指導内容を採用することなどが挙げられる。しかしながら、指導基準の設定を学習者に委ねた場合、動作に対する勘の養われていない学習者を混乱させるおそれがあり、また、熟練者が随時指導基

準の再設定を行なう場合、どのような見地から基準を設定するかを毎回吟味する必要がある。また、多数の熟練者による指導内容の大規模な蓄積を行った場合、学習者は自身の求める指導内容を探し出すことが困難になるおそれがある。このため、システムが学習者にとって有益なデータを抽出し、さまざまな側面から学習者に提示することが要求される。

1.2 目的

本研究は、さまざまな切り口の手本動作を学習者に提示することにより、学習者の多面的な学習を支援することを目的とする。複数の手本動作を提供する学習支援システムは、単一手本動作を提供する学習支援システムよりも、学習に対する効果や動機付けに有利な影響を与えると考えたためである。

2. システムの概要

試作システムとして、従来の学習支援システムを想定したシステム(以下、従来型システムという)および従来型システムに新たな機能を追加したシステム(以下、新型システムという)の2つを構築した。

2.1 従来型システムの機能

従来型システムは従来の学習支援システムを想定したシステムである。従来型システムは録画モードおよび学習モードをそなえている。

録画モードは、Kinect を使用して動作を取得するためのモードである。学習者および教示者は自身の動作を一件の動作データとしてシステムに保存することが可能である。

学習モードは、録画モードにおいて保存した自身の動作データとシステムの保持する単一手本動作とを重ね表示して学習を行なうためのモードである。

2.2 新型システムの機能

新型システムは従来型システムの手本動作提示機能を拡張したシステムである。新型システムは録画モード、学習モードおよび指導モードをそなえている。

連絡先: 吉永稔弘, 和歌山大学大学院システム工学研究科
曾我研究室, 〒640-8510 和歌山市栄谷 930,
s165063@center.wakayama-u.ac.jp

新型システムにおける録画モードは、従来型システムにおける録画モードと同様である。

新型システムにおける学習モードは、従来型システムにおける学習モードと比較して手本動作提示機能が拡張されている。従来型システムは手本動作として単一の指導データを保持するのみであったが、新型システムは手本動作として複数の指導データを保持するという特徴がある。新型システムは複数の指導データを以下(ア)～(エ)の機能によって整理し、学習者に提示することが可能である。

- (ア) 学習者が任意に選択した指導データを提示する機能(以下、任意選択機能という。図1参照)
- (イ) 学習者の体格に近いと判断される指導データを1つだけ選出して提示する機能(以下、類似体格例選出機能という。図2参照)
- (ウ) 全指導データを平均化した動作データを生成して提示する機能(以下、平均生成機能という。図3参照)
- (エ) 平均の動作データに近いと判断される指導データを1つだけ選出して提示する機能(以下、平均類似例選出機能という。図4参照)

このうち、(ウ)によって提示される手本動作はシステムによって自動作成された動作データであり、(ア)、(イ)および(ウ)によって提示される手本動作はすべて人間の指導者によって作成された動作データである。なお、図1～4において、白色の骨格は学習者を表し、緑色の骨格は手本動作を表す。



図1 任意選択機能による重ね表示



図2 類似体格例選出機能による重ね表示



図3 平均生成機能による重ね表示



図4 平均類似例選出機能による重ね表示

指導モードは、熟練者がシステムを通して学習者の動作を指導するためのモードである。指導モードにおいて指導された動作データは当該学習者にフィードバックされる。ここで、熟練者像および学習者像としてインターネット上における不特定多数のユーザを想定しているが、本研究における新型システムの指導モードは、インターネット通信には未対応である。

熟練者は学習者の動作に矯正すべき部分を見つけた場合、以下の手順によって矯正を行なうことが可能である。

- (1) 矯正する部位をクリックで選択する
- (2) 矯正を施す時間的範囲を指定する
- (3) 矯正のピークとなる点に現在時刻を合わせてから、各軸について関節の回転を制御し、理想の姿勢となったのち確定する
- (4) 理想の動作になるまで(1)～(3)を繰り返す

ただし、現在指導モードは動作の時間的ズレの修正には対応しておらず、矯正操作にもある程度の馴れを要するため、今後改善を重ねる必要がある。また、新型システムは将来的にはインターネット上における提供を想定しているため、熟練者が言語によるアドバイスまたはメッセージを入力できるように設計して、学習者のさらなる学習に役立てたり、利用者同士の交流を支援したりすることも重要である。

3. システム実現のためのアルゴリズム

3.1 動作のマッチング方法

本研究では、2つの動作データを伸縮マッチングするための手法として、DP マッチング (Dynamic Programming Matching) を採用した。これにより、2つの動作データ間における時間的対応関係を解決することができる。ただし、動作のキャプチャ時間が長い場合、マッチングに要する計算量が膨大してしまうという問題点がある。

3.2 平均動作データの生成方法

まず、現在の平均動作データおよび新たに保存される指導データの各ボーンの姿勢について DP マッチングを行ない、両動作データの時間的対応関係を調べる。つぎに、各ボーンについて、対応する時点同士で球面線形補間を施し、その結果を当該時点における当該ボーンの前平均姿勢とする。

3.3 平均動作データとの近似度判定方法

DP マッチングを行なったのち、式 1 における p が最小となるような指導データを「平均に近い指導データ」として認定する。

$$p = \sum_{i=1}^n s_i$$

$$s_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m |\alpha_{ij}|$$

(式 1)

ただし、 n は全身のボーン数、 m はサンプリング時刻の個数、 α_{ij} は時点 j における指導データのボーン i とそれに対応する時点における平均動作データのボーン i とのなす角の大きさとする。

3.4 体格の近似度判定方法

式 2 における q が最小となるような指導データを「学習者の体格に近い指導データ」として認定する。

$$q = \sum_{i=1}^n |L_i - l_i|$$

(式 2)

ただし、 n は全身のボーン数、 L_i は学習者のボーン i の長さ、 l_i は指導データのボーン i の長さとする。

4. 評価実験

4.1 実験の目的

本実験は、従来型システムと比較した場合の新型システムの有用性の評価を目的とする。すなわち、従来型システムと新型システムとを対照することによって、単一の指導データのみを提示する学習支援システムよりも複数の指導データを提示する学習支援システムのほうが学習活動に対して有利な影響を与えることを明らかにする。

また同時に、新型システムの改善点を調査する。

4.2 実験の内容

実験は被験者 15 人に対して実施し、すべての被験者について同様の対象動作および実験手順を適用した。対象動作は弓道射法八節(弓を引く一連の動作)とし、実験手順は以下①～⑤の順とした。なお、新型システムに採用した指導データは、3人の異なる熟練者による動作データ計 3 件である。

- ① 対象動作についての簡単な講習
- ② 従来型システムの操作
- ③ 従来型システムに関する自由記述形式のアンケート(以下、アンケート A という)の実施
- ④ 新型システムの操作
- ⑤ 従来型システムおよび新型システムに関する 7 段階評価形式および自由記述形式からなるアンケート(以下、アンケート B という)の実施

4.3 実験の結果

アンケート A および B における自由記述回答によってシステムに関する多くの評価および意見を得た。その一部を表 1 および表 2 にまとめる。ただし、回答内容については、文体および用語を統一し、分かりにくい文や誤字・脱字は回答の意図を変えない範囲で修正してある。また、趣旨の類似した回答は 1 つにまとめ、第 2 列の人数欄に計上した。

また、アンケート B における 7 段階評価によって表 3、表 4 および表 5 のような結果を得た。ただし、-3 を「そう思わない」、0 を「どちらでもない」、3 を「そう思う」と規定し、その他の -2、-1、1 および 2 には文字による指標を添えなかった。

表 1 新型システムの良かった点

回答内容	人数
体格の近い指導データを手本動作として設定できる点。	8
手本動作の種類が複数ある点。	7
自身に合ったデータを確認できる点。	3
複数の熟練者の動作を見比べることができる点。	1

表 2 従来型または新型システムに追加してほしい機能

回答内容	人数
視点を自由に設定する機能。	5
動作ごとに個別で重ね合わせる機能。	2
手本動作を複数同時に表示する機能。	2
2.0 倍や 0.8 倍など動作データの速さの変換を行う機能。	1
自身の動作データの体格を手本動作に一致させる機能。	1
手本動作との差が大きい部位を自動で検出する機能。	1

表 3 従来の手本動作提示機能と比較した場合の各機能の「学習へのモチベーション維持」に関する評価

設問	平均値	分散
任意選択機能は有益と思うか。	1.07	1.00
類似体格例選出機能は有益と思うか。	2.33	0.36
平均生成機能は有益と思うか。	0.80	0.96
平均類似例選出機能は有益と思うか。	1.27	1.53

表 4 従来の手本動作提示機能と比較した場合の各機能の「スキルの向上」に関する評価

設問	平均値	分散
任意選択機能は有益と思うか。	1.73	1.53
類似体格例選出機能は有益と思うか。	2.40	0.51
平均生成機能は有益と思うか。	0.73	0.73
平均類似例選出機能は有益と思うか。	1.10	1.18

表 5 その他に関する評価

設問	平均値	分散
新型システムは操作が簡単か。	1.67	1.42
新型システムは多面的学習に適するか。	1.53	1.98
新型システムは今後も使いたいか。	1.60	0.64
従来型システムは操作が簡単か。	1.87	0.92
従来型システムは多面的学習に適するか。	-1.00	1.87
従来型システムは今後も使いたいか。	-0.07	1.00

4.4 実験の考察

実験の結果より、単一の手本動作を提示する学習支援システム(従来型システム)よりも複数の手本動作を提示する学習支援システム(新型システム)のほうが総合的に有用であると結論付けた。また、今回構築したシステムには改善の余地が残されていることが分かった。

表 1 および表 2 より、システムが手本動作を複数保持することに対する評価およびシステムの仕様やデザインに関する改善すべき点として多くの意見を得た。

表 3 および表 4 より、従来型システムと比較した場合、新型システムにおける手本動作提示機能は学習へのモチベーション維持およびスキルの向上に寄与する可能性が高いことが分かった。とくに類似体格例選出機能は 4 機能のうちで最も有益であると考えられ、任意選択機能および平均類似例選出機能もまた比較的有益であると考えられる。ただし、平均生成機能についてはその他の手本動作提示機能ほど高い評価が得られなかった。その原因は、学習者は機械的に自動生成された動作データに対して不安を覚えるためであると推測されるが、もし体格差を自動修正して提示する機能を新たに実装して今回最も評価の高かった類似体格例選出機能との比較実験を実施した場合、どのような結果が導かれるのかということも興味深い。

表 5 より、従来型システムと比較した場合、新型システムは動作の多面的な学習に対してかなり有益であり、学習者は継続的に使い続けたいと感じる度合いが強いことが分かった。これより、多くの学習者は一面的な学習よりも多面的な学習を重視していると推測される。多面的とは、さまざまなアプローチからものごとを捉えることであり、学習においても多様な側面から自身を評価することは重要であると認識する学習者は少なくないと考えられる。

5. おわりに

本研究では、学習者の多面的な学習を支援することを目的とし、さまざまな切り口の手本動作を学習者に提示する試作システムを構築した。実験中のアンケートによって、学習支援システムによる複数の教示者の手本動作の提示は有用性の高い提案であることを確認した。ただし、本研究において構築したシステムは未熟な面も多く、積極的な機能の充実および操作方法の修正などが今後の課題として挙げられる。

参考文献

- [佐藤 14] 佐藤優太, 曾我真人, 瀧寛和: 手指動作と全身動作を統合表示したモーションナビゲータIIの構築, 信学技報, Vol. 114, No. 305, pp. 7-12, 2014.
- [岩峪 14] 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.

[山中 13] 山中佑亮, 妻鳥貴彦: バasketボールのフリースローにおけるシュートフォームの学習支援システムの構築, 信学技報, Vol. 113, No. 482, pp. 113-118, 2013.

[飯田 14] 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.

[越智 13] 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.

[平野 14] 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.