

統計解析を用いた熟練運動技能特徴の可視化に向けて

向井 智彦^{1,a)}

概要: スポーツなどの高度な身体運動技能を効率的に習得において、適切なコーチングや教示は大きな影響を持つ。本研究では、身体運動技能獲得における“コツ”を、コンピュータグラフィクス技術を用いて直感的に可視化するシステムを開発する。本研究では、まず多様な技能レベルを備えた複数の被験者を対象に、3次元モーションキャプチャデータベースを整備する。次に、取得したデータ群に対する統計解析を通じて、熟練者の運動の本質を表す特徴量を分析する。そして、特定された特徴量を自動的に誇張することで、運動技能を効率的に習得するにあたって学習者が思い描くべきイメージを、コンピュータグラフィクス映像として効果的に映像化するシステムを目指す。

キーワード: 運動スキル, 可視化, 統計解析

Towards Statistical Analysis and Visualization of Human Movement Skills

MUKAI TOMOHIKO^{1,a)}

Abstract: Appropriate coaching makes a significant effect on acquisition of skills in expert movements such as sports. The goal of this study is to develop a system to visualize skills in human movements. We will first collect motion capture data of various movements of trainers and trainees. Statistical analysis will be applied on the dataset to identify motion features essential to achieve the skillful movement. We will finally visualize the identified motion features as easy-to-understand style as possible using computer graphics technologies.

Keywords: Movement skill, visualization, statistical analysis

1. はじめに

スポーツや舞踊, 肉体労働などにおける高度な身体運動技能の習得には、長時間の練習と多大な試行錯誤を伴う。そのため初学者は、上達の楽しさや達成感を得る以上に、技術獲得の難しさや身体的、精神的負担を感じることも多い。その一因として、練習者自身が思い描いた運動を、即座にうまく実現できないもどかしさが挙げられる。そうした内在イメージと実際の運動との差異を解消するためには、多くの反復練習とともに、適切なコーチングが必要である。すなわち、適切なアドバイスやフィードバックによって練習の効果を高めるとともに、練習に臨む動機付けを維持す

ることが重要である。

一方、身体運動技能の習得の現場においては、イメージトレーニングの有用性が広く認知されている。例えば、トップレベルアスリートの演技を収めたビデオを繰り返し視聴することで、練習者自身の内在イメージを修正し、その結果として運動技能の向上が図られる。同時に、運動の上達を擬似的に体験することで、練習者自身の肯定的な感情を高めることにも役立つ。また、練習者自身の運動を収めたビデオ映像を観察するだけでも、内在イメージと実際の運動との差異を明確に認識することができる。ただし、たとえ同じビデオ映像を用いたとしても、そこから得られる印象や発見は、練習者の経験や個性によって異なることに注意が必要である。つまり、効果的なイメージトレーニングを行うためにも、適切なコーチングが求められる。

¹ 東海大学情報通信学部情報メディア学科
Takanawa, Minato-ku, Tokyo 108-8619, Japan

^{a)} tmki@acm.org

しかしながら、全ての練習者に対して必要十分なコーチングを行うことは、現実的には難しい。普及しているスポーツであれば各種レッスンスクールを利用できるが、競技人口の少ないスポーツや、実地訓練を行うような業務においては、コーチ数の不足が大きな障壁となる。

本研究の目的は、熟練が必要な身体運動技能の習得を支援する、効果的なトレーニングシステムを開発することである。すなわち、運動技能の向上における“コツ”となる部分を、コンピュータグラフィックスを用いて効果的に可視化する技術を開発する。その結果、ビデオ動画像と適切なコーチングを用いたイメージトレーニングと同等以上の効果が得られるシステムの確立を目指す。

2. 関連成果

これまで、モーションキャプチャ装置を用いて取得した3次元動作データに対する各種の統計解析を通じて、運動データの補間や特徴分析、再合成を行う技術群を開発してきた。特に本研究に関連する成果としては、複数の類似動作に共通する特徴量を、高階テンソル解析を用いて抽出する技術が挙げられる [1]。例えば、移動方向が異なる複数の歩行動作の共通部分と差分成分に分解することを可能とした。また、運動データベースから所望の運動データのみを検索する技術を開発した [2]。この手法では動作データを「手が挙がっている」「足を前に出している」等の多値論理式の集合によって表したうえで、各運動カテゴリに共通する最小の論理式を帰納論理プログラミングによって獲得する。その結果、手動編集可能な形式で運動データ検索ルールを自動推定する。さらに、異なる二つの身体部位間の運動の位相差に基づいて、複数の動作の類似性を解析し、その結果を二次元マップとして表現する手法を開発した [3]。この手法は、多数の運動データの類似性を直感的に表示するだけでなく、熟練者と初学者の運動の差異の解析においても有用である。すなわち、二次元マップ上における熟練者と初学者の2つの動作データ群が、それぞれ分離したクラスターを形成するような、二つの身体部位の組み合わせを探索することが可能である。具体的には、格闘技のパンチ動作を解析した結果、腰の回転と利き手先の運動の位相差が、熟練者と非熟練者との間で大きく異なることを自動分析した。

ただし、これまでの研究では、熟練者と初学者の差異の解析にのみ着目しており、その解析結果の解釈についてはユーザーに委ねられていた。そのため、熟練者と練習者自身の差異は明確に示されたとしても、それをどのように修正すべきか、またどのようなイメージを持って練習に取り組めば良いのか等の情報は提示されない。言い換えれば、明確なアドバイスが欠けたまま、技能の不足点を指摘するようなシステムであった。

3. 今後の方針

これまでの研究を踏まえ、今後はコンピュータグラフィックス映像を用いて、適切なコーチングを支援するシステムの開発に取り組む。そのアプローチとして、まずは多数の熟練者と非熟練者の動作データを用いて、両者の本質的な差異を示す特徴量を特定する。続いて、その特徴量が直感的に理解できるように、特定された特徴量をCG映像として誇張して映像化する。その際、特定された特徴量だけを集中的に可視化するだけでなく、それに連動する他の運動特徴も併せて提示することを考えている。例えば、ある運動において肘の回転の速度が重要であることが判明した場合、単に肘に着目した誇張表現を行うだけでなく、その結果生じる手先の軌道を同時表示するなど、単一の特徴に紐付く複数の幾何学的特徴を可視化することが重要であると考えている。さらには、上腕や前腕の力の入れ方に関する意識付けを行う等、力学的な指標に着目した教示方法も考えられる。これらは、実際のコーチングにおいて多用されるテクニックに着想を得ているが、今後さらに、現場で利用されているノウハウを幅広く取り入れたいと考えている。

また、運動データベースの解析法としては、近年注目されている深層学習法や圧縮センシング法などが候補に挙げられる。ただし、膨大なデータ量を前提とした解析は事実上困難である。これは、運動データ計測処理に関わる時間的、人的コストを考えると、多く見積もっても年間数百単位のデータを計測するのが限界であるためである。したがって、疎なデータ群を前提とした解析や、事前知識に基づくモデルベース解析法が必須になると予想している。

なお、当面はテニスや能楽などを対象として、それぞれのトレーナーや練習者にヒアリングしつつ、効率的に運動データベースを構築する方策を検討する。すなわち、実際の練習で行われている指導方法を分析したうえで、解析に必要な最小限の運動データを収集する予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15H02704 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 向井智彦, 栗山繁: テンソル近似を用いた動作補間の多重解像度制御, 信学論, Vol. J91-D, No. 12, pp. 2973–2982 (2008).
- [2] Mukai, T., Wakisaka, K. and Kuriyama, S.: Generating Concise Rules for Human Motion Retrieval, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol. E93-D, No. 6, pp. 1636–1643 (2010).
- [3] 向井智彦, 栗山繁: 時間的特徴解析に基づく運動タイミングの編集, *Visual Computing/グラフィックスとCAD 合同シンポジウム 2007*, pp. 33–38 (2007).