

スポーツフォーム練習支援のための生体情報可視化 Visualization of Biophysical Information for Sports Form Learning System

浦脇 浩二[†] 増田 泰[†] 眞鍋 佳嗣[†] 千原 國宏[†]
Kouji Urawaki, Yasushi Masuda, Yoshitsugu Manabe and Kunihiko Chihara

1. はじめに

多くのスポーツでは、正しいフォームの学習がスキル向上につながると考えられている。正しいフォームを教示する際には、熟練者による手本や手取り足取り教える方法が効果的と考えられている。一方で、スポーツフォームの訓練では、被教示者の正しい姿勢の再現だけでなく、体の様々な筋を合理的なタイミングと強さで働かせることも重要である。渡辺ら [1] は、いくつかのスポーツフォームについて、筋電図等を用いた筋群収縮のタイミングを分析し、スキルの異なる熟練者と初心者の筋電図に違いがあると報告している。また、理想的なフォームをモデル化しようと試みている。

MR 技術を用いたフォーム練習支援の研究分野では、例えば Ungyeon ら [2] による "Just Follow Me" のように、見本となる動作がアバターとしてスクリーンに表示され、学習者はそのアバターの動作をなぞることで間接的に相手の動作を模倣できるシステムが提案されている。また、Anne-Caroline ら [3] による、前腕の筋電位に応じて手の開閉を CG 画像として表示し、筋電による義手操作のトレーニングを支援するシステムのように、筋電図を可視化し直感的に理解できるようにしたシステムも提案されている。

これらのシステムは、フォームと筋制御、いわば身体動作の外面的な要素と内面的な要素の訓練をそれぞれ個別に行うものである。ところが、前述のように、フォームと筋制御とは互いに深く関わっている。これらの訓練を同時に行えれば、より効果的に練習が行えると考えられる。そこで本研究では、フォームだけでなく、力みの度合いやタイミングなども提示できるスポーツフォーム練習支援システムを提案する。提案システムでは、教示者と被教示者それぞれのフォームを計測すると同時に、筋電位に基づいて動作中の力み情報を分析し、結果を CG アバターに重畳して可視化させる。表示する生体情報として、筋電位をもとに求めた筋の活動度を力みの強さと定義し用いた。

2. システム概要

提案システムの構成を図 1 に示す。本システムは、フォーム・生体情報計測システムとインタラクティブ練習システムの 2 つのサブシステムから構成される。

フォーム・生体情報計測システムは、モーションキャプチャシステムと筋電計を用いて、教示者・被教示者のフォームと筋電を計測し保存する。インタラクティブ練習システムは、保存された情報から教示者のフォーム情報を CG アバターとして提示し、筋電から力みの大きさを計算しそのアバターに重畳する形で可視化する。被教示者はそれらのアバターを見て運動し、その際フォーム

と筋電を計測し、教示者のフォームと比較しながら訓練を行う。

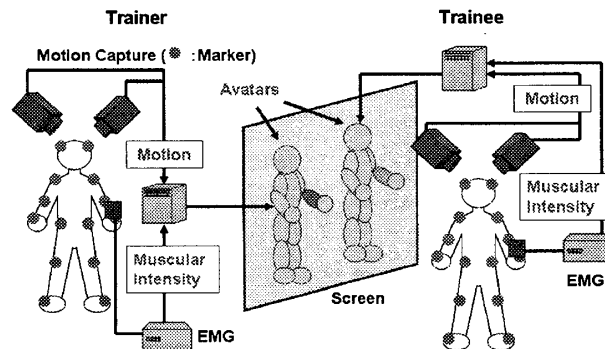


図 1: システム構成

3. 基礎実験

力み情報の定義と提示方法を検討するために、基礎実験としてフォーム情報と筋電位を計測した。また、力み情報の解析を行い、アバターへの可視化を行った。力みを伴う体の動きを持つようなフォームとして、右腕の屈伸運動を行った。

3.1 フォームと筋電位の計測

手首、腕、肘の 3 箇所を計測点として、モーションキャプチャ (ViCON512) を用いてフォームを計測した。筋電は MA-1132 を用い、上腕二頭筋、総指伸筋の周辺 2 箇所を計測した。メトロノームを見ながら 1 秒間隔で腕の屈伸を行った。このとき、腕を曲げる時に力み、伸ばした時に脱力をさせた。モーションと筋電位データは、それぞれ 120(frames/sec)、2000(samples/sec) で計測した。

3.2 力み情報の解析

力み情報はユーザが理解しやすいように可視化できるものでなければならない。本研究では、筋に負荷をかけると大きな振幅の整流筋電位が観測されることから、整流筋電位から力み情報を求めた。まず、計測した整流筋電位に平滑化フィルタを適用し、値に応じて力み度合を 10 段階に振り分けた。力み度合の閾値は、 $\text{Line}((n \times 1000)\text{mV})$ と $\text{Log}((1.5)^n \text{mV})$ の 2 つの条件で設定し、その結果を比較した。力を入れることにより急激に増大するタイミングを "ハリ"、力を抜くことにより急激に下がるタイミングを "メリ"、と定義し、力み度合いの値からそれぞれが発生するタイミングを推定した。

3.3 動作と力み情報の可視化

計測したモーションデータから、CG を用いてアバターを描画した。また、力み情報をアバターに重畳する形で可視化した。力み度合の可視化は、低いものを白、高いものを赤と、各モーション時における力み度合に応じて変

[†]奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

化させるように設定した。メリハリ情報は、インジケータとしてメリのタイミングを青、ハリのタイミングを赤と設定し、各身体の部位に対応させ表示した。

4. 結果

計測した整流筋電位と平滑化を行った結果を(図2(a)(b))に示す。LineとLogの2つの閾値設定により振り分けられた力み度合の時間的変化を図3(左図)に示す。また、力み度合のヒストグラムを図3(右図)に示す。各モーション時における力み度合の前後10サンプルから微分を計算し、正負40度合の変化の際をそれぞれメリハリのタイミングとして推定した。推定されたメリハリ情報を図4(a)(b)に示す。

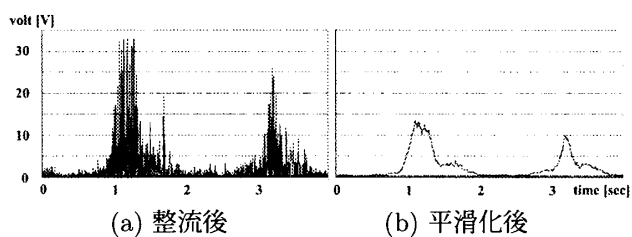
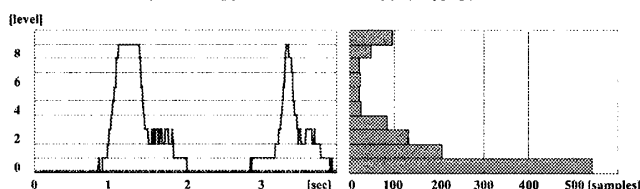
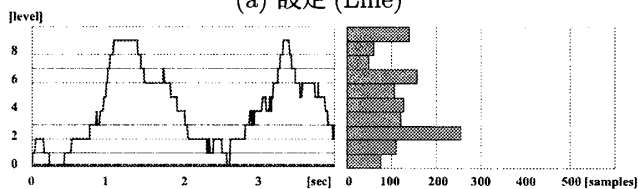


図2: 筋電データの時間的変化



(a) 設定 (Line)



(b) 設定 (Log)

図3: 力み度合の時間的変化(左)とヒストグラム(右)

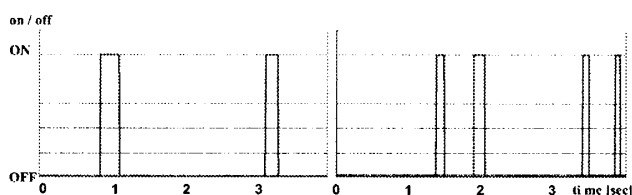


図4: メリハリ情報の時間的変化

試作した身体内部情報付きアバターを図5に示す。

5. 考察

図2(a)では、力み度合が短時間に頻りに変動するため、色変化から力みの強さを把握しにくかった。一方、図2(b)では、実質的に中身の変化を観察でき、ユーザが理解しやすいと考えられる。図3において、(a)では、力み度合

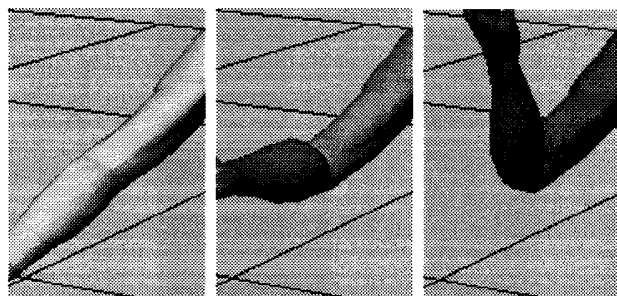


図5: 身体内部情報付アバターの表示

の分類に大きな偏りがあり、ユーザが力み度間の違いを把握しにくいという問題があった。一方(b)では、各レベルに比較的均等に割り当てられており、ユーザが合わせるべき力み度合を容易に確認できると考えられる。図4(a)では、図3(b)(左図)の値が下がり始める部分、つまり力の抜き始めのタイミングが抽出されているが、0.1~0.2秒間という短い時間であるため、ユーザが見分けられる程度の長さで提示する工夫が必要である。図4(b)においても(a)と同様に可視化における工夫が必要である。

アバター(図5)への可視化結果においても、Logによる力み度合の閾値設定の方が、各力み度合が変化していく様子の把握が容易であった。また、インジケータによるメリハリ情報の可視化も、力を出し入れするタイミングの把握が容易になり、瞬発力を必要とするフォーム訓練の際、特に効果的であると考えられる。

6. まとめと今後の課題

本稿では、フォームだけでなく、筋電位から求めた力み情報も同時に提示できるようなスポーツフォーム練習支援システムを提案した。基礎実験として、右腕のフォームと筋電位の計測データから身体内部情報付アバターの試作を行い、メリハリも分かりやすいフォームの提示が行えた。今後は、可視化において、アバターの色変化だけでなく、パーティクルや集中線などの付加情報を提示することにより、直感的かつ効果的にフォームを把握できるシステムを目指す。一方で、インタラクティブ練習システムにおいてどのような教示を行うか、などの詳細を考えたい。柔軟体操を想定したシステムを構築したい。

参考文献

- [1] 渡辺 一志:「筋電図によるアーチェリー分析」, 第11回全国高等学校指導者研修会 [技術セミナー], 2002.
- [2] Ungyeon Yang, & Gerard Jounghyun Kim: Implementation and Evaluation of "Just Follow Me", an Immersive VR-based Motion Training System, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, MIT, 11(3), 2002.
- [3] Anne-Caroline Dupont and Evelyn L. Morin: A Myoelectric Control Evaluation and Trainer System, IEEE Trans. on Rehabil. Eng., Vol. 2, No. 2, June 1994.