

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 30 日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25750097

研究課題名(和文) アバターによるフィードバックを用いた運動学習システムの開発

研究課題名(英文) Development of a Training System with Feedback of Avatar

研究代表者

後藤田 中 (Gotoda, Naka)

香川大学・総合情報センター・助教

研究者番号：40633095

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：動作習得のための運動学習における理解の促進を目的に、各先行研究で行われている直接的なデータ提示・振り返りのためのフィードバック手法を発展させ、人の内省をどう促す影響等を調査・分析し、これまでにない柔軟かつ、人に主体性をもたせたフィードバック手法を開発した。習得対象である動きのいくつかのポイントに対し、支援システムの内部でセンサ出力を別の動き等に変換する仕組みを構築した。“動き”等の表現によって、人の動作を加工(得られた情報の再整理・再表現を実現)し、トレーニングを支援する“アバター”の開発・利用実験を行うことで、動作習得のための運動学習におけるフィードバック手法が開発できた。

研究成果の概要(英文)：We developed the flexible methodology of focusing the learner's independence to promote comprehension of physical learning for acquisition body movement by investigation and analysis of cognitive influences on and. Also, we developed the architecture which converts sensor data from several points of movement as learning target to another movement. Moreover, we developed the methodology of feedback on the physical leaning through the development and experiment of “avatar” which supports the training by representation of “movement” and so on.

研究分野：スポーツ工学、教育工学

キーワード：教育工学 運動学習 身体制御 トレーニング支援 フィードバック手法

1. 研究開始当初の背景

(1) 体育・スポーツ競技等を含め、我々の知的人間活動における特定の動作習得を目的とした身体の制御に関する運動学習を支援が広がっている。

(2) 近年、人の動きを制約することなく、容易にその動作に関連する情報を取得できるセンサ類の活用が進んでいる。

(3) こうした汎用性の高いセンサ類の出力から得たデータや映像が、それを身に付ける人(または被写体となっている人)へフィードバックされ、人が自己の動きと対応づけることで、従来、教育・学習等のトレーニング支援の必要性がある動作習得に対し、実践的な学習を生み出す機会がある。

(4) ノンヴァーバル(非言語)で理解が難しい自己の身体制御の振り返りにつながられる可能性が高まっている。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、動作習得のための運動学習における理解の促進を目的に、各先行研究で行われている直接的なデータ提示・振り返りのためのフィードバック手法を発展させる。例えば、人の視聴覚で知覚できる物体(体の一部も含む)の動き等が、人の内省をどう促す影響等を調査・分析し、これまでにない柔軟かつ、人に主体性をもたせたフィードバック手法を開発する。

(2) 習得対象である動きのいくつかのポイントに対し、支援システムの内部でセンサ出力を別の動き等に変換する仕組みを構築する。このように、“動き”等の表現によって、人の動作を加工(得られた情報の再整理・再表現を実現)し、トレーニングを支援する“アバター”の開発・利用実験を行うことで、動作習得のための運動学習における先進的なフィードバック手法の開発をする。

3. 研究の方法

(1) まずベースシステムとして、センサ等の出力に基づき、運動学習を行う人の動作等を解析するサーバ・クライアント型のシステムを開発する。具体的には、センサからの出力データをデータベースに蓄積するベースシステムを構築する。ユーザビリティの視点から汎用性の高いオープンソースのコンテンツマネジメントシステムを改良することで行う。また、保守等の観点から直接大規模に改変するのではなく、柔軟に機能の追加・変化できるよう、モジュールの追加によって、システムの機能が拡張可能できる形で行う。さらに、体の特定部位ごとに動き等の情報を把握するために、動作抽出を目的としたモジュールの開発を行う。具体的には、対象となる動作を予め複数設定し、対応する特定部位の動作成分等をシステム上で抽出でき、それをシステム内部で変換・加工できるようにする。実際にアバターへ出力可能できるように、一部の動作を対象に、基本的なモジ

ュールのテンプレートを開発し、段階的に信頼性を高めるための機能改良を目的とした実験を行う。

(2) 構築を行ったベースシステムに対する入力データに従い、アバターによるフィードバックに反映できるように、アバターのフィードバック制御系のアルゴリズムを実装する。具体的には、まず、動作抽出を目的としたモジュールからの出力に基づき、アバター自体の動作に対応づける。モジュールの出力情報の情報量、送信の間隔(周期)などを調整し、制御の信頼性を高める。これによって、センサからの出力情報がベースシステムを通じて、アバターに正しく伝達でき枠組みを確立する。これと平行して、アバターによるフィードバックと特定部位の動作成分とどう対応させれば、実際に運動学習を行う人に効果的か、小規模なフィードバックの基礎実験を行う。この実験の考察に基づき、動きのポイントを、より意識・理解させるために、アバターの特殊行動パターンへの拡張検討を行う。

(3) 即時的なフィードバックを実現するシステムの構築を行うが、開発システムを発展させ、新たに運動者の動きを振り返ることができるシステムを開発し、即時的なフィードバック学習を内省面から補助する。また、フィードバックの拡張と過去データを振り返ることができるシステムを組み合わせ、即時的なフィードバックに基づく運動学習と事後学習を組み合わせる。具体的には、視聴覚情報が運動の意識・理解としての内省の役割を意識させる。また、ポイントとなる動きの情報の種類、情報量をどのように設定すれば対応づけやすいか明らかにする。

4. 研究成果

(1) 自立的に取り組める学習者(運動者)を養成するための一歩として、仲間がいなくてもトレーニングに取り組める支援機器を開発した(図1,2)。GPSのように屋外だけでなく、トレッドミルのような室内環境でのランニングでも速度を腹部の加速度センサから予測的に取得し、それに基づき、仮想的なパートナーとの競走ができる環境をウェアラブルシステムによって実現している。フォームを意識させるために聴覚機器を用いたが、このパートナーは視覚機器を通して提供し、表示方法は、OLED(Organic Light-emitting Diode)のHMDを使用している。図3は、加速度センサデータの積算によって速度を予測し、事前にペースを設定済みの仮想競走(協走)相手との位置関係を推定した上で、その関係が変化する場合、アバターとして、アニメーションの表示が変化する仕組みを示している。このシステムでは、頭部、腹部、腕部のSun SPOTが加速データを含めた必要な情報を相互に通信している。なお、フォーム支援も併用可能になっており、速く走るための練習中でも、フォームを意識

させることで、その乱れから生じる怪我の予防にも配慮した仕組みになっている。

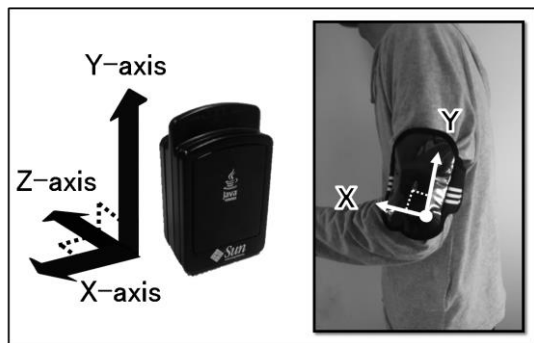


図1 ワイヤレスウェアラブルセンサ



図2 開発したウェアラブル装置

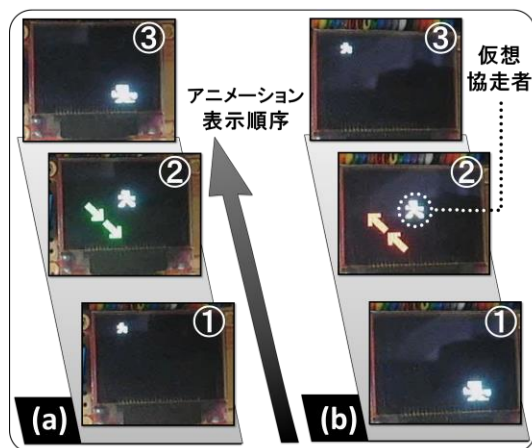


図3 アバターによる視覚表現方法

(2) 競技者と初学者の大きな違いは、運動フォームに限定しても、課題が多様であり、課題設定そのものを競技者自身やコーチ等の指導者が行う必要がある点である。つまり、システムは、教師の役割よりも、真の教師(選手本人・指導者)が課題を判断する材料を提供する役割が求められる。このため、課題を見出す試行錯誤の過程で、その設定が支援されることに対する需要は非常に高い。一方で、試行錯誤の中でも、競技者は成長を続けてお

り、肉体的な負担が少なからず生じている。長期・連続的になることも想定すると、大胆な課題設定を伴う試行錯誤に潜むリスク(怪我)といった観点を考慮する必要がある。このため、課題設定の妥当性をパフォーマンス面の成長予測から検証する枠組みは重要と考えられる(図4)。

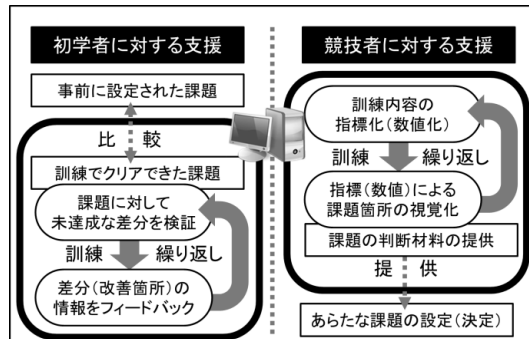


図4 初学者と競技者のシステムに関わる違い

課題設定を行う仕組みについて、スマートデバイスと連携するセンサ情報に基づき、指導者、運動機能や運動生理等の専門家がパフォーマンス面から、ソーシャルサービス(twitter)上で容易に議論できる仕組みを提案した。そして、センサ閾値の設定に基づき、運動フォームに絡むヒントが、訓練時に競技者へ通知される仕組みである(図5)。ただし、課題設定時のパフォーマンス面からの妥当性検証は、全て専門家の判断に依存する。このため、競技者・指導者のみで、競技者の成長を予測することは難しい。センサ情報は、運動フォームの課題を具体的な指標として数値化できる。一方で、課題に対する改善方法(腕や脚の動き等)を具体的に指示し、前回の訓練結果との比較を行う場合は、動きの違いが理解しやすい画像を用いることが有用である。そこでストロボ写真のように連続的な動きを合成し、動きの特徴が視覚化できるアプリケーションを開発している。課題設定と同じく、改善の指示も試行錯誤である。この観点からは、課題設定時に、このような訓練結果の予測画像を生成することも欠かせない。

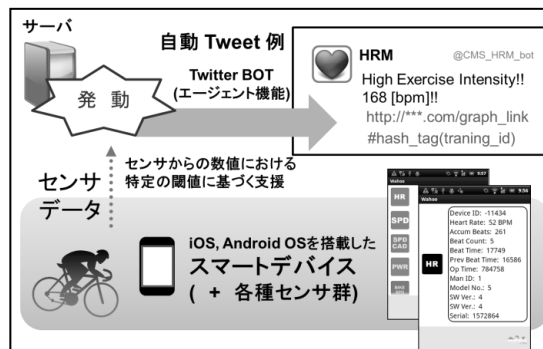


図5 センサと連携するスマートデバイスの支援例

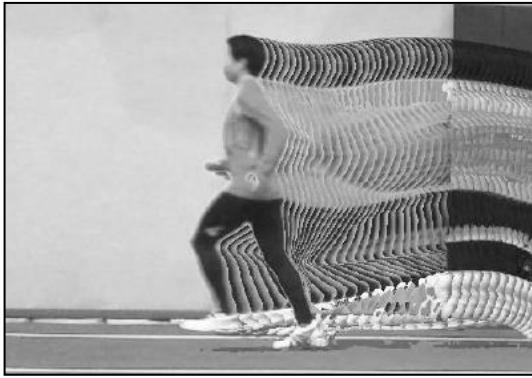


図6 iPhone上の画像処理により提示される画像例

先行研究の事例から、課題設定時における成長予測は重要であり、汎用的なスマートデバイスのセンサ情報の数値を課題設定の指標として活用できる状況ではあったが、その解釈は専門家の意見なしには難しかった。そこで、課題設定の指標と紐づける形で、事前に多角的なパフォーマンス評価を行うことにより、システムが成長予測のモデルを持つ仕組みを提案する。また、図6のような運動フォームの予測画像も自動生成する。これにより、課題設定時に、その妥当性を検証できると考える。

(3) 事後の体の動きの振り返り（フィードバック）には、微妙な動きの知覚のずれを補正することが重要である。運動の前後等に適切にストレッチを実施することで、障害予防も期待できる。一方で、日常的な運動の中で、徐々に生じる“硬さ”を主観的に知覚することは難しい。そこで、スポーツ等の運動者が手軽にかつ客観的に体の変化を捉えられるよう、障害予防への効果が期待できる特定のストレッチ姿勢を対象に、タブレットやスマートフォン等のカメラ機能から撮影した画像の解析を行うことで、体の対応部位の可動域の変化に対し、アバターを通じて捉えることを支援するシステムを開発した(図7)。本システムは、運動前後や間歇的な休息時間を活用し、ストレッチを通じた怪我への予防意識を持たせるウェアネス支援を想定している。従来、可動域の測定には、モーションキャプチャーやゴニオメーターの測定が用いられている。このため、携帯型の汎用機材による支援には、解析から得られる測定値の信頼性が課題となっている。そこで、野球経験者を対象に、運動前後の可動域に対する、実際の測定値と感覚的な認識のずれの特徴を明らかにし、今後の教材提供方法の改善を検討する調査を行った。その結果、スマートデバイスによる姿勢分析でも一定の信頼性が得られることが分かった。また、いわゆる主観的な体の“硬さ”と実測値には、ずれが生じやすいことも明らかになった(図8)。

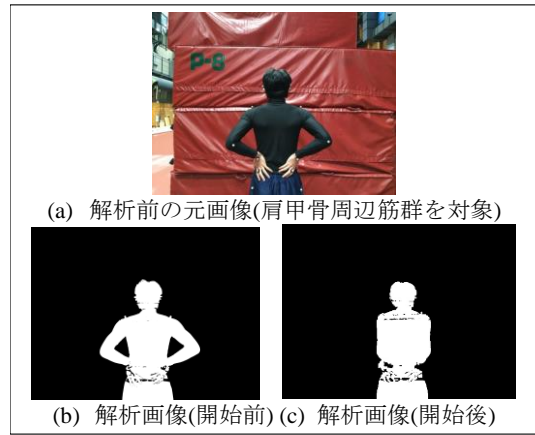


図7画像処理により提示される画像例

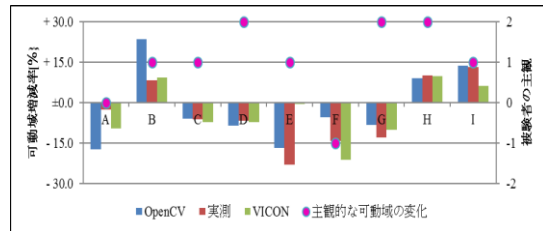


図8主観的な可動域の変化

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Yuji Kobayashi and Naka Gotoda, Quality Assurance in Fitness Testing of Athletes: Proposal of CMS to Support Improvement in Testing Skills, Workshop Proceedings of ICCE2014, 2014, pp. 805-813.
DOI: 10.1007/978-3-642-39262-7_10
- ② 後藤田中, 松浦健二, 田中俊夫, 動きに基づき仮定の協走者を提供するウェアラブルシステム, 教育システム情報学会論文誌, Vol. 31, No. 1, 2014, pp. 28-37.
- ③ Naka Gotoda, Yoshihisa Sakurai, Kenji Matsuura, Koji Nakagawa and Chikara Miyaji, A Server-based System Supporting Motor Learning through Real-time and Reflective Learning Activities, Human-Computer Interaction: Applications and Services, 2013, pp. 84-93.

[学会発表] (計 8 件)

- ① 山本貴裕, 後藤田中, 小林雄志, 松浦健二, 八重樫理人, 林敏浩: “フィットネス測定スキルの養成を支援するCMSの提案”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 115, No. 492, 2016年3月5日, pp. 211-214, 香川.
- ② 石岡匠也, 後藤田中, 小林雄志, 松浦健二, 八重樫理人, 林敏浩: “個別の実践環境の違いを考慮した運動教育のe-Learningフレームワークの提案”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 115,

No. 492, 2016年3月5日, pp. 199-204, 香川.

- ③ 後藤田中, 赤木亮太, 内田建, 岡原元気, 園本修也, 城所収二: “ストレッチに基づき障害予防を図る姿勢分析システムの事前評価”, 教育システム情報学会第40回全国大会講演論文集, 2015年9月1日, pp. 39-40, 徳島.
- ④ 小林雄志, 後藤田中, スポーツ競技者に対するフィットネス測定の質保証ー測定スキルの向上を支援する CMS の提案ー, 教育システム情報学会第39回全国大会講演論文集, 2014年9月10日, pp. 69-70, 和歌山.
- ⑤ 後藤田中, 櫻井義久, 宮地力, 赤木亮太, 内田建, 岡原元気, スマートデバイスを用いた運動フォーム支援に対するパフォーマンス面からの妥当性検証の提案, 教育システム情報学会第39回全国大会講演論文集, 2014年9月10日, pp. 23-24, 和歌山.
- ⑥ 後藤田中, スポーツのスキル継承を支援するアクティビティの映像アーカイブ化とその活用例, 教育システム情報学会第38回全国大会公開フォーラム, 2013年9月4日, 石川.
- ⑦ 乾博文, 松浦健二, 森口博基, 金西計英, 後藤田中, 濱上佳祐, 山田慶太, 身体スキルの分類に基づく学習者別の段階的学習支援環境の構築, 教育システム情報学会第38回全国大会講演論文集, 2013年9月3日, pp. 317-318, 石川.
- ⑧ Naka Gotoda, Kenji Matsuura, Koji Nakagawa and Chikara Miyaji, Design of Tennis Training with Shot-timing Feedback based on Trajectory Prediction of Ball, Workshop Proceedings of ICCE2013, 2013, pp. 196-201, Bali, Indonesia.

[その他]

ホームページ等

<http://e-running.info/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤田 中 (GOTODA Naka)

香川大学・総合情報センター・助教

研究者番号: 40633095