

令和元年6月26日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01016

研究課題名(和文) スポーツ選手の自律的学習モデルの構築とその学習支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of autonomous learning model and its learning support system for athletes

研究代表者

室田 真男 (Murota, Masao)

東京工業大学・リベラルアーツ研究教育院・教授

研究者番号：30222342

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、主にコーチや指導者がいないスポーツ選手を対象に、実技練習と振り返りによる自律的学習モデルを構築し、各種センサー等から取得できるデータを元にした学習支援システムが構築可能であることを示した。ビデオ、加速度センサー、モーションキャプチャシステムによる客観的データを用いることにより、スポーツ選手の感覚が言語化され振り返りが可能となり自律的学習が可能となる。ただし現状の結果は基礎的・限定的であり、今後も継続して研究を進めていく必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

提案したスポーツ選手の自律的学習モデルを用いると、近年容易に利用できるようになってきた各種センサーによるデータを活用することにより、スポーツ選手の運動技能を学習するための学習支援システム構築が可能となる。一般的に運動技能を指導するコーチは不足しており、コーチのいない環境においてもある程度の運動技能向上が可能となる。

研究成果の概要(英文)：In this study, an autonomous learning model by practice and reflection was proposed for athletes with no coach or leader. It was shown that the learning support system based on the data which can be acquired from various sensors, etc. was possible to construct. By using those objective data using acceleration sensor and motion capture system, the sense of athlete is transferred into language, and reflection becomes possible, and autonomous learning becomes possible. However, the present result is basic and limited, and it is necessary to continue the research in future.

研究分野：教育工学

キーワード：学習支援システム 身体動作学習 自律的学習モデル 運動技能

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ブルームは教育目標を、「認知的領域 (cognitive domain)」、「情意的領域 (affective domain)」、「精神運動的領域 (psychomotor domain)」の3領域に分けている。運動技能は精神運動領域に属し、「スモールステップの原則」に従い指導されることが多い。スモールステップの原則とは、複雑な運動技能は単純なものから構成されているとし、運動技能の教授法では、単純で簡単な動作からゆっくり始め、それが十分マスタできたところで、基準を少しずつあげ、より正確に、速く、なめらかにその動作ができるようにトレーニングしていくという指導法である。行動分析学の理論に従い、コーチ (指導者) は学習者 (選手) の行動を観察し、適切な学習目標とフィードバックを与えることが仕事となる。理想的には、学習者を常に観察する指導者がいて、適切に即時フィードバックをする環境が望まれる。

学習者の立場からすると、コーチのフィードバックを自分のものとして活かしていくためには、フィードバックの内容を自ら考え、咀嚼し、自分のスキルに落とし込んでいくことが重要となる。学習者は、コーチの助言により自らの行動 (プレーや演技) が変わったかどうかは、主観的な感覚により判断することが多い。一方、コーチは行動分析学の観点から指導を行うため、学習者は、自らの行動 (プレーや演技) がどの様に変ったかという客観的な視点を得られることのメリットは大きい。近年、ビデオ撮影・再生が手軽に行える環境が整ってきたので、スポーツ競技のトレーニングにおいては、ビデオを活用した客観的な視点の導入や振り返り学習を行うことが可能になってきている。しかしながら、コーチによる指導なしに自律的に学ぶことは難しく、客観的な視点の即時フィードバックは難しいのが現状である。

スポーツ学習においては「精神運動領域」のみに焦点が当てられることが多い。しかしながら、自律的に学習し続ける選手を育てていくには、「認知的領域」や「情意的領域」にもアプローチをかけていくことが重要である。コーチからのフィードバックに従ってばかりの選手は、「ルール支配行動」を続けている選手とも言え、未知の状況に遭遇したときに、自ら考え状況を乗り越えていく力が育たない。優秀なコーチは、選手の自律的な能力を育てるような声かけを行っているが、多くの指導者は一方向的な指導になりがちである。「認知的領域」や「情意的領域」にもアプローチをかけていくには、選手に自らのプレーについて振り返り学習をさせることが重要である。その結果として、メタ学習力が育っていく。

2. 研究の目的

本研究では、主にコーチや指導者がいないスポーツ選手を対象に、実技練習とその実技練習の振り返りによる自律的学習モデルを構築し、ICT 技術を活用した運動技能の学習支援システムを構築することを目的としている。

3. 研究の方法

ICT を活用した運動技能を自律的に学習することを支援するシステムを構築するために、次の4つのサブテーマを実施し知見を蓄積した。(1) Web ベースの運動技能振り返り支援システム、(2) 加速度センサーを活用したランニングフォーム学習支援システム、(3) モーションキャプチャシステム Kinect を用いた硬式テニスのサービス動作学習支援システム、(4) 高精度モーションキャプチャシステムによる上肢と下肢の連動を意識した歩行動作の動作モデル構築。

4. 研究成果

(1) Web ベースの運動技能振り返り支援システム

本学習支援システムでは、運動スキルの獲得プロセスに着目し、中上級者の陸上競技選手のパフォーマンス向上のための自律学習モデルを構築し、自律学習を促進させるためのシステムを開発した。目標設定・自己モニタリング・自己評価が学習者に与える影響、また、映像フィードバックが提案するモデルにおいてどのような点で有効であったかを検証した。本システムの学習モデルは、目標設定...タイム目標だけでなく、理想の客観的イメージを明確にし、脳内の運動モデルを実行する上で特に意識する点などを言葉として記録する。実際の練習。内部感覚の記録...実際の練習を通して、得られた感覚や知覚を言葉として記録する。ズレの認知・記録...学習者は映像フィードバック

に基づき、目標・内部感覚と照らし合わせ、部分的に達成できた点・達成できなかった点について言葉で記録し、明確にする。改善手法の検討...達成できなかった点について、内部感覚やズレに基づき、改善手法を検討し、言葉として記録する。この一連のプロセスで、学習者は自ら課題発見をし、練習という経験を通して課題解決に取り組む。

に基づき、目標・内部感覚と照らし合わせ、部分的に達成できた点・達成できなかった点について言葉で記録し、明確にする。改善手法の検討...達成できなかった点について、内部感覚やズレに基づき、改善手法を検討し、言葉として記録する。この一連のプロセスで、学習者は自ら課題発見をし、練習という経験を通して課題解決に取り組む。

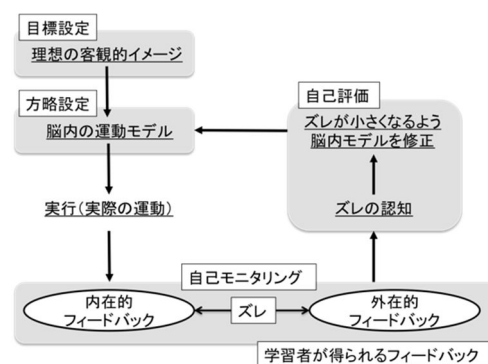


図1 スポーツ選手の自律学習モデル

提案した学習モデルを促進させる練習日誌型システムの有効性を検証することで提案した学習モデルについて評価を行った。実験期間が7日間と短かったために、実際のパフォーマンスの向上については確認出来なかったが、実際の記入内容の分析、およびアンケート調査の結果から、本システムがパフォーマンス向上に有効である可能性が大きく示唆された。これにより、提案した自律学習モデルは陸上競技のパフォーマンス向上に有効であると考えられる。今後の課題として、より長期での実験により実際にパフォーマンス向上について評価を行う必要がある。また、開発したシステムの今後の課題として、目的意識の低い学習者に対して、目的意識を持ってもらうような作りをするその他、過去の練習日誌の検索機能など、振り返りに関する機能の強化が挙げられる。



図 2 Web ベース学習支援システム

(2) 加速度センサーを活用したランニングフォーム学習支援システムの開発

加速度センサーを活用して、ランナーの上下運動を少なくする運動スキル学習を支援することを目的とした。その目的を達成するために、以下の特徴を持つ学習支援システムの開発を行った。

- ・ 動画とそれに連動した上下方向加速度グラフを同時に提示できる
- ・ ランニング後すぐにその場で学習できる
- ・ 専門のコーチや機関を必要とせず自律的に学習できる

そして、次の2点について評価を行なった。動画とそれに連動した上下方向加速度グラフを同時に提示するフィードバックを用いることが上下運動を少なくするランニングスキルの学習支援につながることを

- ・ プロのようにランニングを教えることができるコーチや機関の支援を受けることができないランナーが日常利用出来る学習環境であること

分析の結果、本システムを用いて自身のランニングフォームについて分析的に考えることができ分析の内容も深まること、自身のランニングフォームの新しい改善ポイントを見つけるのに有効であることが明らかとなった。また、システムはスマートフォンとPCのみを用いて使用することができ、ランナーが日常利用できる学習環境であると考えられる。よって、本研究で開発したシステムは上下運動抑制スキルの学習支援に有効であると考えられる。

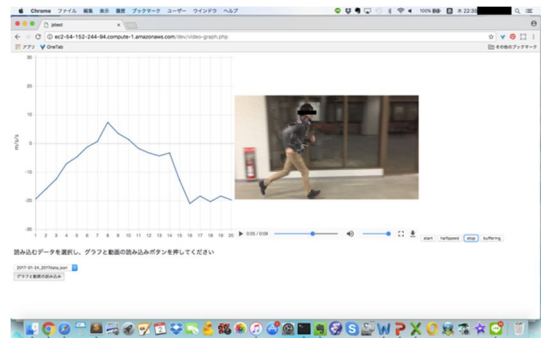


図 3 加速度センサーデータとビデオの同時表示

(3) Kinect を用いた硬式テニスのサービス動作学習支援システムのための検討

技術の進歩によって、近年は様々なセンサーやモーションキャプチャーが世の中に流通している。そこで、本研究では、モーションキャプチャシステムとして Kinect を用いて抽出したデータを学習システムに活用するための検討を行った。スポーツとしては、硬式テニスのサービス動作を取り上げた。これまでの陸上競技であると、Kinect によりモーションキャプチャーが困難であるため、位置の移動が少ないテニスのサービス動作を対象とした。そのために、Kinect を用いてサービス動作を計測するためのシステムを構築し、それをを用いて撮影した実際のサービス動作のデータに対して定性的評価を行った。

Kinect の人物検出アルゴリズムを利用する事で、被写体の胴体中心、背骨の付け根、軸足の足首の位置や、腰の向き、膝の角度等を 30fps 程度で測定できるシステムを構築した。そして、このシステムを用いて硬式テニスを 4 年以上続けている男子大学生 3 人のサービス動作を撮影して分析を行った。その結果、「テイクバック中に軸足が動いている」「トス動作開始直後に体重を後ろに移動しない」など、被験者のフォームの改善点を見つけることができた。このように、Kinect を用いる事で、胴体や足の動きに対して改善点を提案できる程度のサービス動作分析が実現可能である事が検証できた。

本研究の意義は、Kinect によって硬式テニスのサービス動作分析の実現可能性を示した点にある。これは、硬式テニスのサービス動作評価システムの開発およびそれに基づいた学習支援システムの開発に役立てる事ができる。

(4) 上肢と下肢の連動を意識した歩行動作の定量的分析

本研究では高精度のモーションキャプチャシステムを活用することにより、歩行動作の高精度解析を行い、学習システムにおいて質の高いフィードバックを行うための動作モデル構築を目的とした。歩行は人が行う最も基本的な移動動作であり、日常生活の中で最も頻繁に用いられて

いる運動である。これまで様々な観点から良い歩行について研究されてきたが、下肢の動きに着目していることが多い。しかし、下肢の筋は筋膜によって上肢の筋と連結しており、上肢の筋が下肢の筋へと張力や圧力などの活動を伝達する。そのため、上肢の動きも重要である。そこで本研究では、筋活動の伝達経路に着目し、上肢と下肢が連動した歩行動作について考察した。

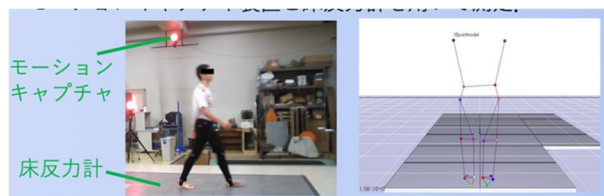


図 4 モーションキャプチャによる取り込み

筋活動の伝達経路を考慮すると、上肢と下肢が連動した歩行動作は以下の 2 つことを意識した歩行動作となる。(1) 肋骨から足が伸びているイメージで歩き、踏み出し時、上体が踏み出し足に乗るように意識する。(2) 肩甲骨から腕が伸びているイメージで腕振りを行う。以下、この動作を「連動した歩行動作」と略す。本研究の目的は、連動した歩行動作を定量的に分析することである。

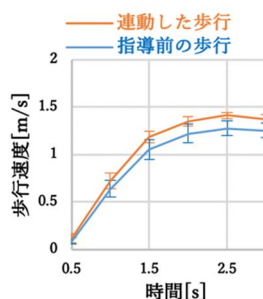


図5 歩行速度の推移

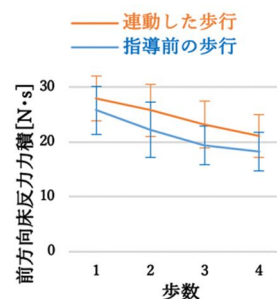


図6 前方向床反力力積の推移

連動した歩行動作を指導された健常男子生徒 9 名 (平均年齢: 16.4 歳) を対象に、連動した歩行動作と指導前の歩行動作を行わせた。歩行ピッチは 2 種類測定し、日本人の平均歩行ピッチを参考に 110[steps/min] とすこし負荷をかけた 130[steps/min] とした。歩行ピッチはメトロノームを用いて合わせた。被験者の上肢と下肢計 18 点にマーカーを貼付け、モーションキャプチャ装置と床反力計を用いて測定した。歩行は床反力計の上で裸足で行い、右足を 1 歩目として 4 歩までを分析対象とした。各条件において 5 回試技を行い、実験後に質問紙調査を行った。

実験の結果、連動した歩行は骨盤の回旋量と回旋角速度、角加速度の有意な増加が見られた。踏み出し時、上体が踏み出し足に乗るように意識することで、上肢と下肢を連結する骨盤を回旋させる動きが表れたためと考えられる。それに伴い、歩行速度や歩幅の有意な増加が見られた。また、連動した歩行の前方向床反力の有意な増大が見られた。骨盤の回旋角加速度のピークと前方向床反力のピークのタイミングが一致したことより、骨盤の回旋角加速度の増加が、前方向床反力の増大に繋がったと考えられる。さらに、歩行ピッチを増加させたとき、指導前の歩行では歩幅が小さくなったが、連動した歩行はほぼ変わらず、歩行ピッチのばらつきも小さかった。連動した歩行は骨盤の回旋速度を上げることで歩幅を変えずにピッチを上げることができ、安定した歩調で歩行できると考えられる。

以上から、連動した歩行は骨盤の回旋量増加に伴い、一般的な歩行に比べて歩行速度増加や歩幅拡大、歩調の安定性、前方向床反力の増大が示唆された。これらの知見は、運動動作の学習支援システムを構築する上での基本的な動作モデルとして活用できる。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 3 件)

- [1] 隈部大地, 室田真男: "陸上競技における自律学習支援システムの開発と評価", 電子情報通信学会 信学技報, ET2015-115(444), pp.19-24, (2016-01-30)
- [2] 志築祐太, 室田真男: "上下運動の少ないランニングフォーム学習支援システムの開発と評価", 電子情報通信学会 2017 年総合大会 情報・システムソサイエティ総合大会特別号, ISS-P-130, p.130 (2017.03.22)
- [3] 十河憲章, 室田真男, "上肢と下肢の連動を意識した歩行動作の定量的分析", 電子情報通信学会 2019 年総合大会 情報・システムソサイエティ総合大会特別号 (2019-3-20)

6. 研究組織

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。