

選択的フィードバックによる個人の運動学習支援

石岡 匠也^{*1}, 後藤田 中^{*1}, 松浦 健二^{*2}, カルンガル・ステファン^{*2},
八重樫 理人^{*1}, 林 敏浩^{*1}, 藤本 憲市^{*1}, 村井 礼^{*1}
^{*1} 香川大学 ^{*2} 徳島大学

Supporting Individual Motor Learning with Selective Feedback

Takuya ISHIOKA^{*1}, Naka GOTODA^{*1}, Kenji MATSUURA^{*2}, Karungaru STEPHEN^{*2},
Rihito YAEGASHI^{*1}, Toshihiro HAYASHI^{*1}, Kenichi FUJIMOTO^{*1}, Hiroshi MURAI^{*1}
^{*1} Kagawa University, ^{*2} The University of Tokushima

On individual physical learning, it is important that learners grasp and record status of own physical movement while learning the sports. Moreover, if feedbacks are related to onomatopoeias in the record, the learners can acknowledge previous own condition with receiving the onomatopoeias during the training. This research proposes learning framework which utilizes the individual records of past as the learning material. Furthermore, the authors develop a wearable device. It uses both various sensors and actuators to give feedbacks for the learners.

キーワード: 運動学習, フィードバック支援, 学習記録, オノマトペ, 状態再現

1. はじめに

運動スキルの学習を個人で行う場合において, 学習者が自身の運動を把握し, 記録することが重要である. また, その記録を後日参照した時に, その時の自身の状態を認知し, 運動を再現可能ならば, 運動スキルの学習の期間を従来の個人学習に比べて短縮できる可能性がある. 橋本らの研究⁽¹⁾のように, 学習後に自分のフォームをモデリングし, フォームの言語化を支援し, それを後日参照できるシステムがある. このように, 身体運動をヴァーバルにして記録することは運動スキルの学習を行う上で効果的であると考えられる.

また, 学習者が身体運動とその状態を記録する際にオノマトペを用いて運動のヴァーバルにすることが運動の状態を再現するために有効であると考えられる. オノマトペは動作の感覚印象を表ヴァーバルで再現可能である⁽²⁾. さらに, 感覚フィードバック情報をオノマトペに付与しておき, 後に学習者が任意の感覚を選択可能な選択的フィードバックを用いて感覚を補足することで過去の状態を容易に再現できる可能性がある.

本研究では, オノマトペによる学習記録とそのオノマトペを感覚で表現するフィードバックを教材として

用いて学習を行うフレームワークを提案する. このフレームワークを実現することによって, 過去の運動の「良い状態」と現在の状態を比較し, 過去の運動の状態を再現が可能になると期待出来る. そして, それを学習者が能動的に反復練習することでスキル獲得の向上が期待出来る. 本研究で提案したフレームワークを実現するためには身体の動作を取得し, 学習者に感覚器を通してフィードバックを行う必要がある. そのために様々なセンサやアクチュエータを搭載したウェアラブルデバイスを開発する. 近年, IoTの発展により, 安価に製作することが可能であり, 身体の任意の箇所に装着し利用可能であるため, 幅広いスポーツに対応可能であると考えられる.

2. 運動中のリアルタイムフィードバック

2.1 リアルタイムフィードバックを用いる学習手法

運動学習時にシステムが学習者に与えるフィードバックの例としては, 後藤田ら⁽³⁾や田村ら⁽⁴⁾の研究があげられる. 後藤田の研究では, 打ち上げられ上方から落ちてくるテニスを打つスキルを学習者が習得する支援をしている. この研究はボールを打つタイミングを学習者に教示するために, ボールの高度に合わせてプ

ロジェクタでボールを着色するという色を用いたフィードバックを行なっている。田村らの研究では、野球のピッチング支援を行なっており、2-D の映像を学習者に提示することでフィードバックを行なっている。

これらの研究では主に視覚を利用したフィードバックを行なっているが、運動学習を行う上で他の聴覚、触覚といったフィードバックに置き換えることで学習者が運動スキルをより容易に理解し、習得できる学習を実現できる可能性がある。

2.2 ヴァーバルとフィードバックの関連づけ

橋本らの研究⁽⁴⁾は身体運動をフォームの連続であるとして、スケルトンモデルで自らのフォームを描写することでフォーム及び、身体運動の言語化を支援するためのツールを開発している。この研究では、フォームを外化することによって学習を促進することを目的としている。このような記録を用いて自分の過去のフォームを自らが再現することが可能である。

本研究では、学習者が自分のトレーニングを振り返り、運動を記録する際に、運動の重要な動きをオノマトペでヴァーバルにして記録する方法を採用する。再現する際にオノマトペを補足するように感覚フィードバックを学習者に当てることで運動感覚を理解し、その感覚をもとにして運動を再現することを可能になり、運動スキルの学習期間を短縮できると考えられる。

3. 学習記録を利用するフレームワークの提案

3.1 学習者の身体運動の取得

本研究ではウェアラブルデバイスのセンサを用いて学習者の動きを検出する。本研究でウェアラブルデバイスに搭載するセンサとしては、加速度計、磁気センサ、ジャイロセンサ、筋電センサが考えられる。学習者の動作の開始や停止、動作方向の変化や大まかな速度を取得するには加速度計が有効であると考えられる。また、磁気センサを用いると、体の姿勢や方向が検知可能であると考えられる。これを利用すると、例えば、テニスのサーブや、バドミントンのスマッシュで掲げた手の方向を検知することが可能である。また、筋電センサを使うと筋肉の緩急を検出できる。本研究では収集したセンサデータをフィードバックの発生や、オ

ノマトペに付与し、のちの学習でフィードバックを生成するために利用する。

3.2 学習者に与えるフィードバック

本研究で開発するウェアラブルデバイスから、学習者はあらかじめ設定した任意のフィードバック感覚に基づいてフィードバックを得られる。デバイスには視覚、聴覚、触覚の3つの感覚に対応するアクチュエータとして、スピーカーやLED、振動モータを搭載しておく。

本研究のフィードバックは、学習者に、例えばラケットを振り下ろす速度の目標値と、自分が現在振り下ろした速度の差といった目標値との差を伝達する。この差を伝達するためには、学習者がその差がどの程度であるかと、差分を修正し、修正した動作が目標となる動作に近づいているかがわかるようなフィードバックが必要である。

差分を伝達する際には各知覚情報を再現する信号の周波数が利用可能であると考えられる。例えば、音声であればある音を基準に目標となる動作より現在の動作が速い場合や、強い場合は周波数を高く、遅い場合や弱い場合は周波数を低くする方法が考えられる。光の場合は同様に色を青色に変色や赤色に変色させることが考えられる。触覚の場合であれば、与える刺激の感覚を変化させる方法もある。

本研究では、上記に示すような方法で学習者にフィードバックを与え、オノマトペの示す運動感覚を学習者に伝達する。

3.3 オノマトペを参照し学習するフレームワーク

本研究では、個人の学習者がトレーニングを行う際、過去の自分の良い状態を参照し、再現できる学習のフレームワークを提案する。学習中、学習者はウェアラブルデバイスを装着し、それによりトレーニング中の身体運動をセンシングし、デバイスに搭載されたアクチュエータから学習者にフィードバックを行う。提案するフレームワークを図1に示す。

本研究のフレームワークではまず、学習者はトレーニングを行い、その間、学習者が装着したウェアラブルデバイスでの運動がセンシングできるようにしておき、センシングしたデータは蓄積しておく。図1の例

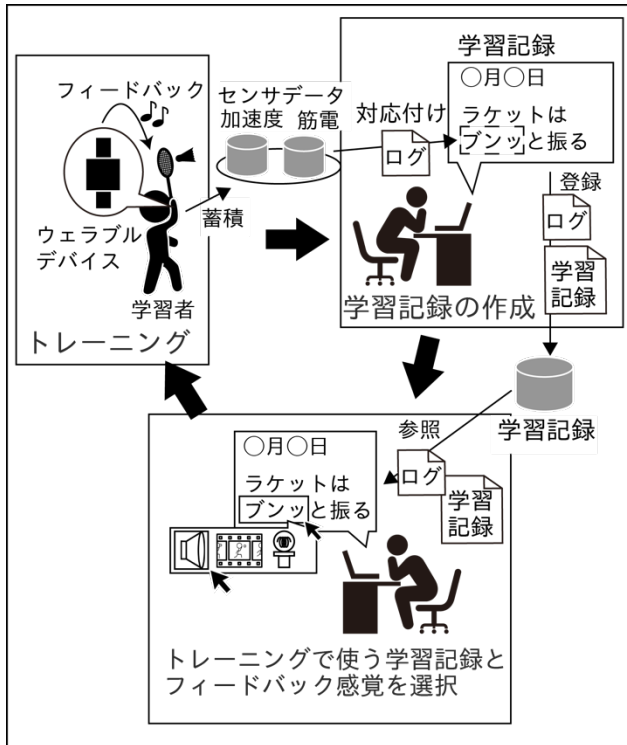


図 1 オノマトペを利用する学習フレームワーク

では、手首にデバイスを装着し、腕の振りをセンシングし、バドミントンのスマッシュの練習を行う。センサデータは一回スマッシュを打つごとに蓄積されるようにする。トレーニングの後、学習者はトレーニングを振り返り、トレーニングの中で最も良い状態で行えた身体運動の重要な動きをオノマトペでヴァーバルにして学習記録の作成を行う。図 1 では学習記録の作成内の破線で囲った部分がオノマトペに当たる。学習者はオノマトペに対応するセンサデータのログを選択し、オノマトペとログの対応づけを行い、学習記録として蓄積しておく。

後日、学習者は蓄積している学習記録を参照し自分がトレーニングするスキルに対応した、過去の良い状態の学習記録を選択する。図 1 では、学習記録の作成で作成したものを選択している。その学習記録内に含まれているオノマトペの中から運動感覚として参照したいオノマトペを選択し、さらに、感覚をフィードバックする際に利用する知覚を選択する。図 1 の場合では、「ブンツ」というオノマトペを選択し、また、聴覚フィードバックを選択している。この場合、選択したオノマトペに対応づけられたセンサログがウェアラブルデバイスに転送され、それと、デバイスのセンシングしたセンサデータとの差分が音の高低として学習者にフィードバックされる。

その後のトレーニングでは、ウェアラブルデバイスは選択した記録の身体運動を目標とし、それと現在の運動の差分をリアルタイムに感覚フィードバックで学習する伝達する。学習者はそのフィードバックを受け取り、これをもとに自らの身体の動かし方を修正し、目標とする運動に近づけていく。この時、その差分がわかりにくい場合などでは、フィードバックに利用する感覚を再選択し、トレーニングを行う。このトレーニング中にもセンサによるセンシングとそのデータの蓄積を行い、トレーニング後にはその学習を振り返り学習記録を作成する。

このフレームワークを適用することで、学習者は運動する上での感覚印象をより容易に感じる事が可能になり、短期間での運動スキルの獲得が可能になる可能性がある。

4. 提案フレームワークを実現するシステム

前章で提案したフレームワークを実現するためのシステムを図 2 に示す。本システムは学習者が装着するウェアラブルデバイスと、学習記録の作成やその蓄積、学習記録をもとにして教材の生成を行う学習記録管理サーバから構成される。

学習者はトレーニング前に、管理サーバの学習記録選択 I/F を通して学習記録 DB 内の学習記録を参照し、トレーニングに利用する学習記録、そこに含まれるオノマトペ、及びフィードバックに用いる感覚を選択する。学習記録選択 I/F はそのオノマトペに関連付けられたログデータをセンサデータ DB から抽出し、基準値を生成する。また、フィードバック信号 DB からフィードバック信号の元となるデータ(以下、元データ)を取り出し、それぞれを学習者に送信する。図 2 の例では、図 1 の例のようにフィードバック情報として音声を選択しているため、ここでは音声データの元データを抽出している。学習者は目標値データと元データを教材データとしてウェアラブルデバイスに登録する。

トレーニングを開始すると学習者が身につけたウェアラブルデバイスが学習者の運動をセンシングし、それをログとしてウェアラブルデバイスの内部センサデータ DB に格納する。この DB はサーバにログを転送する前に一時的に保存しておく DB で、加速度や筋電

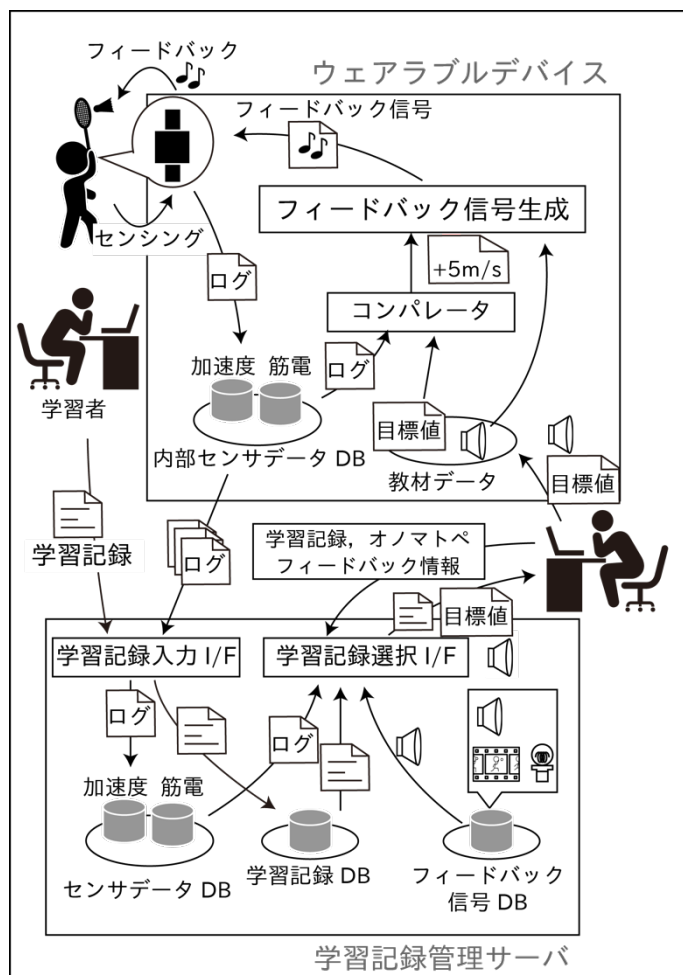


図 2 学習記録を用いた学習を実現するシステム構成

など、センサごとにログを保存しておく。ログはリアルタイムにコンパレータに転送され、そこで目標値とログ値の差分を取る。フィードバック信号生成器では、その差分と元データからフィードバック信号を生成する。図 2 の例では速度の差分と音声の元データから音声フィードバック信号を生成している。フィードバック信号は学習者にデバイスを通してリアルタイムに伝達される。トレーニング終了後、内部センサデータ DB 内のログはネットワークを経由して管理サーバの学習記録入力 I/F へと転送される。学習者はこの I/F を用いてそのトレーニングの一番良い状態でできた運動の重要な動きをオノマトペでヴァーバルにし、そのオノマトペに対応するログデータを関連づけることで学習記録を作成、登録する。すると、I/F は学習記録を学習記録 DB に、ログデータは学習記録 DB に登録し、そののちの学習に利用可能にする。

このシステムを実装することで、提案したフレームワークの学習が可能になり、学習者はオノマトペの持つ運動感覚をフィードバックによって体感できるよう

になる。これによって学習者がより短期間で運動スキルを獲得することが可能になると期待出来る。

5. おわりに

本研究では、学習者がスポーツの学習において、学習を振り返り、学習の良い状態をオノマトペでヴァーバルにし記録してその後の学習に用いるフレームワークを提案した。さらに、オノマトペの持つ運動感覚を学習中にウェアラブルデバイスによりフィードバックし再現可能にすることで、学習者が運動感覚を習得しやすくなり、スキル獲得が容易になることが期待出来ることを述べた。

今後は、ログと目標値の比較方法や、学習記録の入力、選択 I/F の UI についての検討を行い、システムの開発を行う、そして、システムの効果について実験し、有効性を検討していく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16K16321, JP15K01072, JP16H03089 の助成を受けたものである。また、本研究はダイヤ工業株式会社との共同研究による。

参考文献

- (1) Hashimoto, R. and Kojiri, T. : “Verbalization Support for Motor Skill Using Form Drawing Tool Based on Skelton Model”, *Procedia Computer Science*, vol.60, pp.1687-1696 (2015)
- (2) 藤野良孝, 井上康生, 吉川政夫, 仁科エミ, 山田恒夫: “運動学習のためのスポーツオノマトペデータベース”, *日本教育工学会論文誌*, vol.29, pp.5-8 (2005)
- (3) Gotoda, N. and Matsuura, K. and Nakagawa, K. et al. : “Design of Tennis Training With Shot-timing Feedback based on Trajectory Prediction of Ball”, *Workshop Proceedings of the 21st International conference on computers in Education 2013*, pp. 196-201 (2013)
- (4) Tamura, Y. and Maruyama, T. and Shima, T. : “Analysis and Feedback of Baseball Pitching Form with use of Kinect”, *Proceedings of the 22nd International conference on computers in Education Workshop Proceedings*, pp. 820-825 (2014)