

令和元年6月15日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16321

研究課題名(和文) 選択的知覚に基づくスキル学習支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of a support system of skill learning based on selectable perception

研究代表者

後藤田 中 (Gotoda, Naka)

香川大学・創造工学部・准教授

研究者番号：40633095

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：運動学習を対象に、動きのヒントとなる情報を、ウェアラブルのセンサデバイスやセンサを身に着けた映像の解析情報に基づいて、リアルタイムや事後のWeb学習環境に出力し、人の受容しやすい複数の知覚(視聴覚)支援の選択環境を通じて、運動者が動きや姿勢を学べるシステムを開発した。開発したシステムを用いて、フィードバック支援として、運動者の内省を促す影響に着目し、基礎的なトレーニングの動作を習得対象として定めた実験を行った。取得解析データを目標との差分を示す個人適応型の柔軟な知覚出力を行った。評価から、本フィードバック手法によって、対象となる動きや姿勢の理解を促すことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

映像を手軽にアップロードでき、運動を対象とした安価や汎用デバイスが手に入る時代の中で、動画とセンサを連動・同期させ、動画を一方的に公開・閲覧するのではなく、手軽に、教示映像に写る理想的な動作や姿勢との差を示せることとなれば、映像閲覧・センサを利用するユーザを対象に、広く波及できる。また知覚情報の選択性を持たせることで、健常者だけでなく、視・聴覚障害者も含めたユニバーサルな支援環境を提供できる。また、学術的な意義として、これまで対面(人手)での支援においては、実験環境の制限(指導者、観測者の配置)により、継続的な評価が難しい事例も多いが、自立的な枠組みが提供でき、長期の支援・観測も可能となる。

研究成果の概要(英文)：We developed a system which players can learn the better posture and movement through a selectable environment of perception support (i.e. audio and visual) which is easy to accept the hint information of physical learning based on analysis of sensor data of wearable device and captured video with the device. By using the system, as the feedback support, we focus on a promotion effect of reflection, and we conducted an experiment for basic training movement as the target. The system provided output of flexible perception information as an adaptive type for individuals, which shows the difference between the current and target status. The result suggested a promotion of comprehension for the movement and posture by using feedback method which doesn't depend on a traditional and one-way coaching using audio, text or chart.

研究分野：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

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 人への負担が少ない高度なセンシング装置によるモーションセンサ技術が発展し、手軽に姿勢推定が可能となっている。体育・特別支援教育の IT 活用の一つとして、得づらい情報を感覚器官の情報に置き換え伝達する等、教育応用が期待されている。

(2) “動作学習”は、センサ活用の代表例であるが、従来、重心を音変化で制御といった方法のように、直接的な一方、前後・左右といった大まかな動作・姿勢に学習対象が限られていた。このため、例えば、指導要領に定められた「ダンス」のように変化する動作を対象にしていくためには、知覚を介し、ヒントとなる情報をいかに運動者が捉えやすい形で供与するか、情報の知覚表現が課題となっている。

(3) 多様なアクチュエータ出力を用いることで、連続動作の理解を効果的に促す可能性がある。ただし、習得が難しい連続的な動作のポイントを理解する場合、運動者の動作と連動した情報表現・伝達が重要である。特に自己の動きが対象の場合、数値やグラフによる指標表示よりも、例えば自己分身的な表現を与えられる方が受容しやすい可能性が期待されている。センサデバイスを通じてアクチュエータから出力される一定形式の情報を教師的振る舞いとして表現する研究はこれまでも見られるが、受容しやすい選択肢に幅を持たせて体育・スポーツ等の日常運動環境で動作学習に活用例はこれまでも多くない。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究では、モーションセンサから得た出力に基づき、動きのポイントとなる指標の変化を、デバイス自身のアクチュエータ、異なる表示器等の出力として再表現できるシステムの開発と実践を行う。本研究では特に、フィジカルコンピューティングデバイスを活用し、複数のセンサによって、組み合わせできるメリットを活かす。

(2) アクチュエータ出力に伴う知覚情報が運動の意識・理解としての内省促進の役割を明らかにする。例えば、姿勢が大きく変化し、かつ動作速度にも柔軟性が必要な動きを対象に、姿勢をセンシングし、その変化に合わせた理想の姿勢を選択された出力として、視覚的に表現する。同時に変化速度を音で表現することで、姿勢の変化が早すぎる、遅すぎる等の情報を発信できる。この時、運動者が、どの知覚提供が受け入れやすく、運動を振り返れるか、内省のプロセスを調査する。

(3) 運動者が次の動作に反映する上で、即時にフィードバックされたアクチュエータの出力と自己の動きをどのように対応づけるかが鍵となる。習得対象を設定し、実践を通じた検証によって、ポイントとなる動きの情報の種類、また情報量をどのように設定すれば対応づけやすいかを明らかにする。特に、習得対象の動作が、個人の主体性を重視する観点から、フィードバック情報がどのような影響を及ぼす可能性があるか検証する。

### 3. 研究の方法

(1) 本研究では、学習者の身体に装着し、その装着部位の動きを加速度、角速度、磁気センサで取得可能なデバイスを製作した。動きのポイントとなる指標に基づき表現される情報表現(以降：シンボルと呼ぶ)を出力する。そのデバイス本体を図 1 に示す。デバイスでは、マイコンボードとして、STMicroelectronics 社の NUCLEO-F303K8 を使い、加速度、角速度、地磁気センサを搭載した 9 軸センサは InvenSense 社の MPU9250 を使用した。このデバイスは、モニタリングアプリケーションから使用されるようになっており、通信の際に実行されるコマンドを持っている。デバイスを PC に接続する際には、USB ケーブルで接続し、モニタリングアプリケーションとの通信はシリアル通信にて行われる。なお、通信速度のボーレートは 115200 で設定にした。サンプリングは 200Hz で行う。フルスケールが加速度センサ ± 2[g]、角速度センサ ± 250 [° /s]、磁気センサ ± 48000[μ T]、分解能は加速度・角速度センサが 16bit、磁気センサ 14bit である。

(2) 動作学習において、本研究では、動作学習における 4 つのステップの役割に着目した。

1. 基本の姿勢を真似しながら習得する。
2. 真似をしながら目的の動作の流れを習得する。
3. 目的の動作の動きで意識するところを、複数の目標の動作を達成しながら習得する。
4. 目標達成で獲得した意識を伴って、目的の動作を習得する。

この中で、ステップ 1, 2 については、従来の動画を閲覧しながら真似ることで学ぶことができる。ステップ 3 の学習は、目的とする動作を習得するための複数の目標それぞれを達成する学習である。これを達成するために、学習者が、成功を目指すために、失敗を含めた大きな動きの試行錯誤(意識)が必要な場合がある。そのため、本研究ではステップ 3 に着目し、学習者に

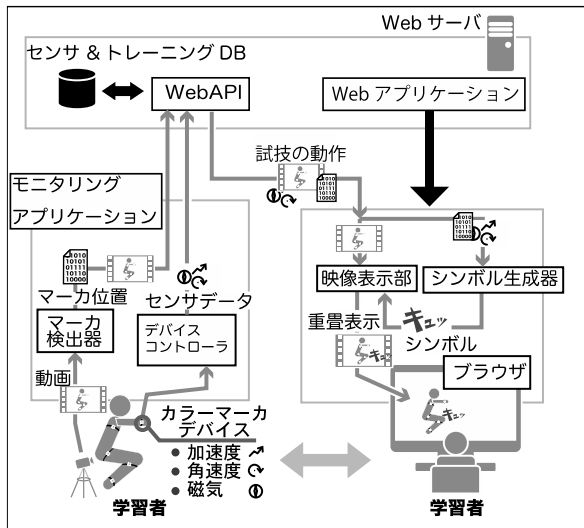


図 1 システム構成図

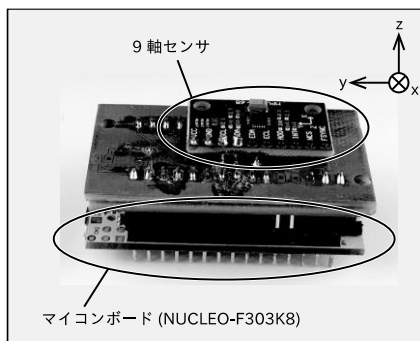


図 2 デバイス本体の外観

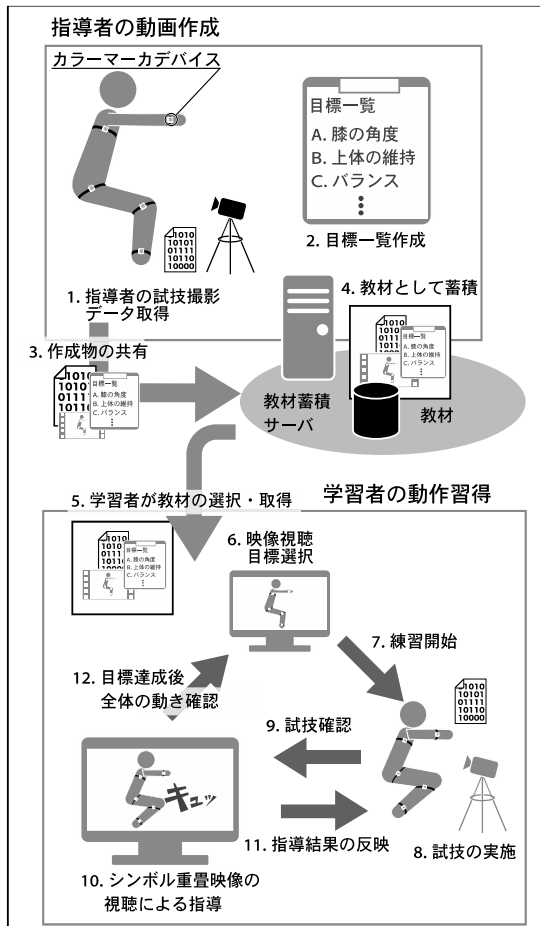


図 3 学習シナリオの例

大きな動きの変化を誘発するような指導を内省の面から意識を与えるために行う。

この学習を達成するため、図3に示す学習シナリオを提案した。この学習シナリオでは、指導者がまず自分で試技を行い、そこでデバイスで取得した身体の動きと、撮影した映像、指導者が設定した、目的の動作を習得するために達成すべき目標一覧を教材蓄積サーバに蓄積していく。学習者は蓄積された教材を選択し、図3の6から12で示される学習サイクルを行う。ここで、6の映像視聴は最終的な目的の動作の映像のみを視聴する。学習者が目標を達成するために、8から11のサイクルを繰り返す。ここで、学習者はデバイスを装着した状態で試技を実施し、それを撮影しておく。試技の後、学習者は自分の試技を確認する。この時、システムは学習者の試技映像上のマーカ位置やセンサデータをもとに、例えば、学習者に適切な“失敗”を誘発させるような指導をするシンボルの生成を行う。このシンボルは10の映像上で学習者の身体上の対象位置に重畳され、学習者はこの動画を視聴することで、指導を受ける。その後、学習者は再び試技を行い、指導の内容を即座に自分の動きに反映する。このサイクルによって、学習者が選択した目標を達成できるようにする。

(3) 本研究では、フィードバックが与える影響として、提案したシナリオに基づき、学習者に意識を誘発するような指導を与えることができるのか検証するために実験を行った。

実験の手順は次の9ステップである。

1. 被験者にカラーマーカデバイスの取り付け
2. スクワットの手順・注意点の説明
3. 被験者にスクワットの手順通りに練習
4. 事前アンケートの実施
5. 実験でのスクワットの目標の説明
6. 1セットに2回スクワットを行う試技の実施と学習者の撮影
7. 振り返り学習の実施
8. 手順6と手順7を5回繰り返す
9. 事後アンケートの実施

実験は、具体的な習得対象をスクワットとし、動作習得の学習を複数セット行った。また、セット間で学習者が自身の試技を映像視聴により振り返る時に、シンボルによる指導を重畳するシンボル表示ありのグループと、シンボルによる指導を与えない、シンボル表示なしのグループに分けて実験を行った。実験手順1の取り付けでは、図4に示すように被験者にデバイスを取り付けた。



図 4 デバイスの装着位置

#### 4. 研究成果

(1) 学習者の動作習得のために、動きのポイントとなる指標に基づき表現される情報表現（シンボル）を出力するシステムを開発した。システムは、4つのサブシステムによって構成され、学習者はモニタリングアプリケーションで撮影とデバイスのロギングデータをモニタリングでき、また Web サーバにデータを蓄積できる。振り返りでは、Web アプリケーションを用いて振り返りを行うことができた。これにより、体育・特別支援教育の IT 活用の一つとして、得づら  
い情報を感覚器官の情報に置き換え、伝達する教育応用の環境の一端が実現できた。

(2) Web アプリケーション(図 5)として、トレーニングセットの結果から学習者の動きを修正するための指導を行うシンボル生成を実現した。この画面の映像表示エリアに学習者の動作に合わせて指導を表すシンボルが表示される。そのシンボルは学習者の動画に重畳され学習者に活用できる。これにより、お手本動画の閲覧や、自分の過去のトレーニングセットでの、試技の動画と現在のトレーニングセットでの、試技の動画を同時に視聴し、比較が可能となった。このシンボルのシェイプ(図 6)の変化によって、システムは学習者に動きの指導を行う。このように、運動者が捉えやすい形での情報の知覚表現が実現できた。



図 5 Web アプリケーションの画面



図 6 シンボル表示例

(3) 提案・開発したシステムを用いて、運動の意識・理解として、シンボル表示用いた指導によって学習することが実現できた。特に、具体的な対象として設定したスクワットにおいて、学習者が運動時に感じるバランスに差を生じさせることがわかった。さらに、学習者がスクワットのトレーニングにおいて、動作習得の成長に向けた途中過程において、限界を感じるために「バランスを崩す」という大きな変化に向けた通過点の意識を発生させる指導ができていた傾向を示すことができた。これによって、動作習得における連続動作の理解を効果的に促すことができた。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

- ① Takuya Ishioka, Naka Gotoda, Christian Alo, Takayuki Kunieda, Rihito Yaegashi and Toshihiro Hayashi, Suitable Judgement Assistance of Visualization Method for Sensor Log Overlapping on Daily Video, Proc. of CELDA 2018, p.168-176, 2018.
- ② Naka Gotoda, Ryota Akagi, Shuji Kidokoro, Initial Evaluation of a Pose-analysis System for Education of Disability Prevention with Stretch, Proc. of ICC2017E, pp. 4-6, 2017.
- ③ Takuya Ishioka, Naka Gotoda, Yuji Kobayashi, Kenji Matsuura, Stephen Karungaru, Toshihiro Hayashi, Rihito Yaegashi, Kenichi Fujimoto and Hiroshi Murai, Proposal of Organizing Learning Material with Multiple Perceptions Depending on Preference of Physical Training, Proc. of ICES2016, pp.56-64, 2016.
- ④ Takuya Ishioka, Naka Gotoda, Yuji Kobayashi, Kenji Matsuura, Stephen Karungaru, Rihito Yaegashi and Toshihiro Hayashi, Proposal of a Methodology based on Organization of Learning Material including Multiple Perceptions for Knowledge Communication of Physical Training, Proc. of Gong Show & Young Researcher Contributions on ICKM2016, pp.1-5, 2016.

〔学会発表〕(計 15 件)

- ① 石岡 匠也, 後藤田 中, 赤木 亮太, 平沢 友貴, 松浦 健二, 谷岡 広樹, カルンガル ステファン, 和田 智仁, 米谷 雄介, 國枝 孝之, 八重樫 理人, 林 敏浩, 動作習得を対象としたシンボルの重畳表現による映像システムの評価, 電子情報通信学会技術研究報告, pp.135-140, 2019年3月.

- ② 石岡 匠也, 後藤田 中, 米谷 雄介, 松浦 健二, 谷岡 広樹, カルンガル ステファン, 和田 智仁, 國枝 孝之, 八重樫 理人, 林 敏浩, 映像上に内省材料を重畳表示する運動支援システムの開発, 教育システム情報学会 第 43 回講演論文集, p. 77-78, 2018.
- ③ 蓮井 宏輔, 中原 輝, 後藤田 中, 國枝 孝之, 松浦 健二, カルンガル・ステファン, 米谷 雄介, 林 敏浩, 八重樫 理人, スポーツオノマトペの直感的な意図を表現するコミックフォントを用いた運動学習支援システム, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 117 No. 469, pp. 77-82, 2018.
- ④ 中原 輝, 蓮井 宏輔, 石岡 匠也, 後藤田 中, 國枝 孝之, 松浦 健二, カルンガル ステファン, 米谷 雄介, 林 敏浩, 八重樫 理人, 学習者に対し熟達者の動きの認識を目標に共有された試技動画およびセンサを活用した学習環境, 電子情報通信学会技術研究報告, ET2017-101, Vol. 117 No. 469, pp. 71-76, 2018.
- ⑤ 蓮井 宏輔, 後藤田 中, 國枝 孝之, 松浦 健二, カルンガル・ステファン, 林 敏浩, 八重樫 理人, スポーツオノマトペのコミックフォント表現システムを活用した運動学習の提案, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 117, No. 296, pp. 61-64, 2017.
- ⑥ 中原 輝, 石岡 匠也, 後藤田 中, 國枝 孝之, 松浦 健二, カルンガル・ステファン, 林 敏浩, 八重樫 理人, スポーツオノマトペの理解を支援するウェアラブルシステムの提案, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 117 No. 296, pp. 57-60, 2017.
- ⑦ 蓮井 宏輔, 後藤田 中, 國枝 孝之, 松浦 健二, カルンガル・ステファン, 林 敏浩, 八重樫 理人, スポーツオノマトペと視覚フィードバックを用いた運動学習システムの提案, 平成 29 年度 電気関係学会四国支部連合大会 講演論文集, 17-29, p. 209, 2017.
- ⑧ 中原 輝, 後藤田 中, 國枝 孝之, 松浦 健二, カルンガル・ステファン, 林 敏浩, 八重樫 理人, 運動スキルの細分化による運動学習支援システムの提案, 平成 29 年度 電気関係学会四国支部連合大会 講演論文集, 17-28, p. 208, 2017.
- ⑨ 石岡 匠也, 後藤田 中, 松浦 健二, カルンガル・ステファン, 小林 雄志, 林 敏浩, 八重樫 理人, 藤本 憲市, ウェアラブルデバイスを活用したスポーツオノマトペ学習支援環境, 教育システム情報学会 第 42 回講演論文集, pp. 1-2, 2017.
- ⑩ 石岡 匠也, 後藤田 中, 松浦 健二, カルンガル ステファン, 八重樫 理人, 林 敏浩, 藤本 憲市, 村井 礼, 運動感覚を記録する知覚フィードバック教材の開発, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 116 No. 314, pp. 35-40, 2016.
- ⑪ 石岡 匠也, 後藤田 中, 松浦 健二, カルンガル ステファン, 八重樫 理人, 林 敏浩, 選択的フィードバックによる個人の運動学習支援, 教育システム情報学会研究会報告, Vol. 31 No. 3, pp. 11-14, 2016.
- ⑫ 山本 貴裕, 後藤田 中, 石岡 匠也, 國枝 孝之, 村田 淳, 神代 大輔, 小林 雄志, 松浦 健二, 八重樫 理人, 林 敏浩, 藤本 憲市, 村井 礼, 多視点動画教材の視聴視点切替え提案による技能研修支援システム, 教育システム情報学会研究会報告, Vol. 31 No. 3, pp. 15-18, 2016.
- ⑬ 山本 貴裕, 後藤田 中, 石岡 匠也, 國枝 孝之, 村田 淳, 神代 大輔, 小林 雄志, 松浦 健二, 八重樫 理人, 林 敏浩, 藤本 憲市, 村井 礼, テスト結果に基づき多視点映像再生の注目視点の切り替えを動的に構成するフレームワークの提案, 平成 28 年度 電気関係学会四国支部連合大会 講演論文集, p. 225, 2016.
- ⑭ 石岡 匠也, 後藤田 中, 松浦 健二, カルンガル ステファン, 八重樫 理人, 林 敏浩, 運動スキル学習のための好みの知覚に基づくフィードバックを用いたトレーニング環境の提案, 教育システム情報学会 第 41 回講演論文集, pp. 281-282, 2016.
- ⑮ 山本 貴裕, 後藤田 中, 石岡 匠也, 國枝 孝之, 村田 淳, 神代 大輔, 小林 雄志, 松浦 健二, 八重樫 理人, 林 敏浩, 研修チェック項目を多視点動画収集・同期再生環境に連携させた振り返り支援システム, 教育システム情報学会 第 41 回講演論文集, pp. 229-230, 2016.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等 <https://researchmap.jp/gotoda>

## 6. 研究組織

### (1) 研究協力者

研究協力者氏名：赤木 亮太

ローマ字氏名：AKAGI Ryota

所属研究機関名：芝浦工業大学  
部局名：システム理工学部  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：20581458

研究協力者氏名：小林 雄志  
ローマ字氏名：KOBAYASHI Yuji  
所属研究機関名：岡山大学  
部局名：全学教育・学生支援機構  
職名：助教  
研究者番号（8桁）：50549491

研究協力者氏名：城所 収二  
ローマ字氏名：KIDOKORO Shuji  
所属研究機関名：独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター  
部局名：スポーツ科学部  
職名：研究員  
研究者番号（8桁）：20756118

※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。