

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：11302

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14082

研究課題名（和文）運動技能の練習をスマートデバイスと人工知能を用いて個別最適化する手法の開発

研究課題名（英文）Development of Methods for Optimizing Individualized Training of Motor Skills Using Smart Devices and Artificial Intelligence

研究代表者

板垣 翔大（ITAGAKI, Shota）

宮城教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：20847850

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：スマートデバイスや人工知能を用いた運動技能のセンシングや分析により、運動技能の習得における個別最適化の手法を開発することを目的とした。スマートデバイスの用途は、動作のセンシングとフィードバックの提示であり、AIの用途は、画像認識技術や骨格検出技術による動作のセンシングや、スマートデバイスによりセンシングしたデータの分析である。スマートデバイスとAIの骨格検出技術を用いたのこぎり引きの練習からは、技能の向上が認められた。また、スマートデバイスで得られたセンシングデータをAIで分析することにより、のこぎり引きのタイプの分類が可能であり、それに応じた助言を提示することが可能であると示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、遠隔学習において運動技能の学習は困難であったが、指導者と学習者が同じ空間にいない状況でも、開発した手法を用いることで一定の学習を行うことができるようになった。また手法における学習の一定の効果を示した。また、従来対象とする運動技能によって、センシングや評価をすべき観点が異なっており、開発された手法の汎用性が小さかったが、開発した手法はAIにより動作の特徴を学習・分類可能であるため、対象とする運動技能によらず幅広く応用できる可能性があるといえる。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study is to develop methods for optimizing individualized training in the acquisition of motor skills through the sensing and analysis of motor skills using smart devices and artificial intelligence (AI). The application of smart devices involves motion sensing and providing feedback, while AI is used for motion sensing through image recognition technology and pose detection technology, as well as for analyzing the data sensed by the smart devices. Improvement in skills was observed from the practice of sawing using smart devices and AI skeletal detection technology. Furthermore, it was suggested that analyzing the sensing data obtained from smart devices with AI enables the classification of sawing types and provides corresponding advice.

研究分野：教育工学

キーワード：運動技能 人工知能 スマートデバイス e-Learning 木材加工 のこぎり引き

1. 研究開始当初の背景

昨今、教育の情報化が進み、e-Learning システムや学習者用デジタル教科書等から、学習ログなどの教育ビッグデータが得られるようになった。これを人工知能により分析することで、学習者個々に最適な学習の流れなどを動的に提供するといった、学習の個別最適化が一般的になりつつあった。しかし、これらはいわゆる「座学」といわれるような認知的な学習が対象とされており、運動技能のとりわけ「体で覚える」段階の学習はこれまで対象とされていないことが明らかになっていった。

そこで、我々は民生用に普及したスマートデバイスとしてスマートフォンを工具に装着して、のこぎりやかんなを使った加工動作をセンシングし、技能を上達させるためのフィードバックを与えるアプリケーションの開発や実践利用を通して支援し、その有効性を明らかにしてきた。そこへさらに人工知能による分析を組み合わせることで、フィードバック等を個別最適化することができると期待された。

2. 研究の目的

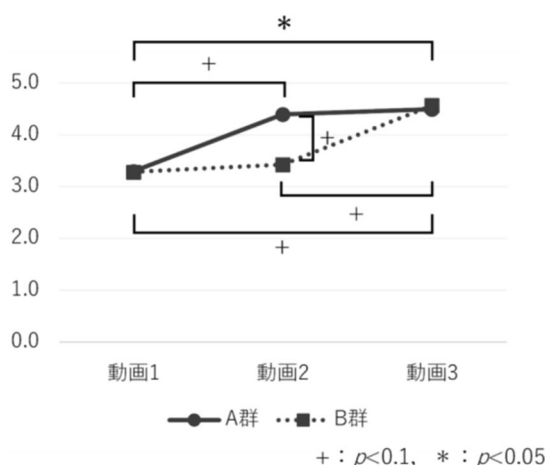
- (1) AI の骨格検出技術およびのこぎり引きの動作をセンシングして改善するためのフィードバックを与えるスマートフォンアプリケーションの 2 つを用いたのこぎり引き動作の学習を実践し、この学習方法の効果を評価すること
- (2) スマートウォッチによりセンシングしたのこぎり引き時のデータを AI に学習させることで、のこぎり引きの動作の特徴の推定およびそれに応じた適切な助言を提示する手法を開発すること

3. 研究の方法

- (1) のこぎり引きの動作を遠隔学習で習得することを目指した。そのために、PC のカメラと AI の骨格検出技術を用い、のこぎり引き時の適切な姿勢とそうでない姿勢をあらかじめ学習させておいたものを学習者に提供した。また、のこぎり引きの動作をセンシングして改善するためのフィードバックを与えるアプリケーションがインストールされたスマートフォンを貸与した。学習者は丸めた新聞紙の棒をのこぎりに見立てて、上記のツールを用いて自宅でのこぎり引き動作の練習を行った。このとき学習者を 2 群に分けた。具体的には、ツールを使って練習してからツールを使わずに練習する A 群と、ツールを使わずに練習してからツールを使って学習する B 群に分けた。また、練習時の動作を撮影した動画を提出させ、5 つの観点で評価した。
- (2) 学習者がスマートウォッチを利き腕に装着した状態でのこぎり引きを行い、それに対して熟練者が助言を与える、という流れで、センシングデータと助言を対にする形でデータの収集を行った。これを AI に学習させることで、どのような動作のときにどのような助言が与えられるのかを AI が分類することが可能になると考えた。大学生および木材加工の熟練者の協力を得て上記のようなデータの収集を行い、切り始めや切り終わり時などノイズになると考えられた部分のデータを除去するクレンジングを行った。その後 Tensorflow Lite を用いた動作認識のエンジンを用いて学習させ、評価用のデータを用いてその推定の精度を評価した。

4. 研究成果

- (1) 5 つの観点で評価し、各観点での可・不可をそれぞれ 1 と 0 に数値化し、各個人の合計点 (5 点満点) を計画の分散分析で比較した結果、いずれの群においてもツールを用いて学習したときに上達した傾向が認められた (右図)。また、学習者の気付きに関する自由記述からは、骨格検出技術の活用に対しては「姿勢の把握に対する有用感」「姿勢の改善に対する有用感」「骨格検出技術に対する興味や驚き」などが見られた。また、スマートフォンアプリケーションの活用に対しては、「動作の改善に対する有用感」「動作の把握に対する有用感」「意欲や集中」に関する記述が見られた。用いたツールには、動作の習得に対する効果に加えて、受講者の興味や意欲を喚起する効果があったことも示唆される結果であったといえる。



- (2) センシングデータと助言を対にする形でデータを収集した結果、与えられた助言は主に「A. 助言を与える必要なし」「B. のこぎりの動かす幅を小さくする」「C. のこぎりの動かす幅を大きくする」「D. 引き込み角度を小さくする」「E. 引くときに力をいれる」の5種類に分けられた。センシングしたのこぎり引き動作をAIがこの5群に適切に分類することをねらい、学習をさせた。その学習モデルに対し、評価用のデータを分類させた結果が下表である。AからEまで10ずつの評価用データに対し、Aでは8、Bでは7、Cでは10、Dでは7、Eでは8のデータを正しく分類することができた。全体では8割の精度であり、概ね適切に分類することが可能であることが示唆された。この学習モデルを用いて、例えばEの動作が検出された際に「引くときに力を入れましょう」といった助言が音声で読み上げられ、学習者に改善を促すスマートウォッチアプリケーションを開発した。

	Aのデータ					Bのデータ					Cのデータ					Dのデータ					Eのデータ				
	Aの確信度	Bの確信度	Cの確信度	Dの確信度	Eの確信度	Aの確信度	Bの確信度	Cの確信度	Dの確信度	Eの確信度	Aの確信度	Bの確信度	Cの確信度	Dの確信度	Eの確信度	Aの確信度	Bの確信度	Cの確信度	Dの確信度	Eの確信度	Aの確信度	Bの確信度	Cの確信度	Dの確信度	Eの確信度
1	3.2	12.9	0.1	29.2	54.6	0.1	99.7	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	97.8	2.1	0.0	48.9	0.1	0.0	51.0	0.0	0.5	1.1	0.1	37.2	61.0
2	99.9	0.1	0.0	0.1	0.0	1.0	89.1	0.0	9.5	0.3	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.3	0.0	0.1	27.1	72.4	0.6	2.3	1.1	31.8	64.2
3	98.5	1.4	0.0	0.0	0.0	55.1	44.7	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	99.1	0.7	0.3	0.2	1.5	0.1	23.5	74.7	0.2	0.2	0.3	43.2	56.1
4	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	99.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	99.8	0.1	0.0	0.2	1.8	0.1	65.8	32.1	0.3	0.2	0.2	22.5	76.7
5	56.9	19.8	0.0	22.2	1.1	0.2	96.8	0.0	0.2	2.8	0.0	0.0	98.3	1.6	0.0	6.6	20.1	0.7	44.9	27.7	2.3	3.1	1.1	64.8	28.7
6	3.0	97.0	0.0	0.0	0.0	1.0	22.6	0.0	1.7	74.7	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	2.1	1.6	0.0	82.9	13.4	8.0	32.9	0.4	1.2	57.5
7	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	88.0	0.0	0.1	10.4	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.2	80.8	18.4	0.1	2.2	0.1	3.9	93.7
8	99.9	0.1	0.0	0.0	0.0	14.9	77.9	0.0	6.7	0.5	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	2.5	0.7	1.1	89.8	6.0	0.0	1.9	0.1	2.4	95.6
9	91.1	4.9	0.2	3.8	0.1	2.1	96.3	0.0	0.1	1.5	0.0	0.0	99.8	0.1	0.1	0.6	31.8	0.8	62.3	4.5	0.1	11.4	0.1	1.6	86.8
10	74.1	4.6	0.0	21.1	0.2	0.3	14.9	0.0	28.6	56.2	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	2.1	72.4	0.5	22.5	2.5	1.5	61.9	0.2	1.6	34.8

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 早坂知広, 板垣翔大, 福谷遼太, 安藤明伸, 堀田龍也	4. 巻 25
2. 論文標題 AIを用いたのこぎり引き技能に音声で助言を与えるシステムの開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 宮城教育大学技術科研究報告	6. 最初と最後の頁 26-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 早坂知広, 板垣翔大, 福谷遼太, 安藤明伸, 堀田龍也	4. 巻 40
2. 論文標題 のこぎり引き動作の特徴をスマートウォッチとAIで判別する手法の提案	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会第40回東北支部大会要旨集	6. 最初と最後の頁 55-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 板垣翔大, 千田優花, 阿部博政, 安藤明伸, 堀田龍也	4. 巻 63 (3)
2. 論文標題 スマートデバイスとAIの骨格検出を用いたのこぎり引き動作の学習の実践と評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会誌	6. 最初と最後の頁 371-378
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 千田優花, 板垣翔大, 福谷遼太, 安藤明伸, 堀田龍也	4. 巻 24
2. 論文標題 ウェアラブルデバイスとAIを用いたのこぎり引き動作のブレの有無の推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 宮城教育大学技術科研究報告	6. 最初と最後の頁 20-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 千田優花, 板垣翔大, 福谷遼太, 安藤明伸, 堀田龍也
2. 発表標題 人工知能とウェアラブルデバイスを用いたのこぎり引き動作の熟練度の判別の試行
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第39回東北支部大会要旨集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shota Itagaki, Ryota Fukutani, Akinobu Ando, Tatsuya Horita
2. 発表標題 A Proposal of E-Learning for Skills of Traditional Japanese Wood-Processing Including Evaluation of Condition of Cut Surface
3. 学会等名 EdMedia + Innovate Learning 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 板垣翔大, 阿部博政, 千田優花, 安藤明伸, 堀田龍也
2. 発表標題 スマートフォンとAIの骨格分析を用いたのこぎり引き動作を習得するための遠隔授業の実践
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第38回東北支部大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 板垣翔大ほか（分担執筆）	4. 発行年 2021年
2. 出版社 一般社団法人日本産業技術教育学会	5. 総ページ数 231
3. 書名 オンラインで拓く技術・情報教育の可能性～小学校, 中学校, 高等学校, 大学, 教員研修, 学会活動の取り組み～	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------