

令和 5 年 6 月 11 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12270

研究課題名（和文）日常的な運動映像に符号化情報を付加する視聴支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of a viewing support system that adds symbol information to daily exercise videos

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） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：スポーツを含む技能の動作習得のための運動学習における理解促進を目的に、映像の蓄積だけではない教材化のための振り返りのためのフィードバック手法を発展させ、コツとなる“ヒント”の提供を目的とした動作目標や現状との差を示す符号化手法を開発した。符号化技術として、映像上の体の特定部位に対し、骨格推定技術による重畳表現に採用することで、身体動作習得の教示する情報が少なく・伝わりやすい直観的な伝達手法を開発した。習得対象である動きのいくつかのポイントをスキルの習熟度別に特徴的な動作成分を調査で明らかにし、対応する部位の特定成分を視覚情報として変換することで、符号化情報を付加するフィードバックが実現できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日常的な健康改善活動を含む体育・スポーツにおける動作習得には、コツとなる“ヒント”の提供が日々欠かされない。日々撮影記録されるトレーニング動画やセンサ等の大量のデータに対し、それらを教材として再活用するため、訓練ポイントを示す情報を受容しやすい形で入手があまりかからない形で動的に生成できれば、情報蓄積と教材化の循環促進が可能となる。

研究成果の概要（英文）：We developed a feedback methodology for making stored video into teaching materials and providing tips to promote comprehension in physical learning for the movements of skills including sports. Also, we developed the coding method that indicates the difference between the target motion and the current state. As the coding, we developed an intuitive transmission method that teaches less information for learning body movements and is easy to convey by adopting superimposition representation by skeleton estimation technology for specific parts of the body on the video. By clarifying the characteristic motion components of several points of the movement to be learned according to the skill level through the experiments, and converting the specific components of the corresponding parts as visual information, feedback that adds the coding can be obtained.

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 (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モーションセンサ技術が発展してきおり、特に手軽に姿勢推定が可能で、映像を通じた動作習得を目的とした体育・スポーツ等の身体の制御に関する運動学習の教育応用が期待される。

(2) 近年、記録媒体の高容量化や利便性の高いクラウドストレージの発展等により、日常シーンでの大量の映像の記録と蓄積が進んでおり、振り返りのためのフィードバック手法の検討が必要となっている。

(3) コツとなる“ヒント”の提供を目的とした動作目標や現状との差を示すように、訓練ポイントを受容しやすい形で動的生成できれば、情報蓄積と教材化の循環促進を促進できる可能性がある。

(4) 映像やセンサ情報の一連の活用(収集・閲覧・分析)が検討されており、他者へ教材として再活用できるオープンデータの流れが予測されている。

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、視覚を含む知覚的なフィードバックによって動作目標や現状との差を示す符号化技術を提案し、運動内省を支援する動画再生システムを開発する。

(2) 習得対象である動きのいくつかのポイントに対し、体の特定部位の連続的な動作を対象として、成長状態を加味した動的教材生成による複数の符号化パターンの適応的な提供を行う。

3. 研究の方法

(1) まず動きに関わるデータを蓄積し、体の特定部位に重畳表示できるシステムの構築を行う。動画上に動きにかかわるデータを重畳できるシステムを開発し、付加情報を動画として表示できる機能を開発する。本研究では対象動作として、例えば、膝の屈伸と伸展等、複数の対象動作設定を行う。重畳表示によって、知覚(重畳表示による視覚的な符号化パターン)の提示を試行する。特に、骨格推定アルゴリズムにより推定された骨格の重畳表示を用いて、骨格の位置の変化を示す。開発したこの符号化パターンを用いて、特定部位の動作成分をどう対応させれば運動者に内省として有意に働くか基礎実験を行う。対象範囲を拡大し、建築関係の職人技能の初等習熟判別に基礎実験を適用する。膝の動きなども含め、スキルの習熟度別に、特徴的な動作成分が明らかにする。以上、動画再生に加えて、体の特定部位ごとに重畳表示できる動画の生成を実現し、部位の特定成分を視覚情報として変換することで、スキルの習熟度別に特徴的な動作成分が明らかにする。

(2) 膝の動き等の成分を対象に、成長モデルの検討と定義を行う一方で、知識理解に重みをおき、非接触で分析でき、リモートの映像を視聴して技能を高めるような仕組みを提案する。例えば、フットサル映像を対象に、運動内省を支援するために、人の骨格推定に基づく動きを抽出し、重畳できる仕組みを検討する。平面図視点に、選手の骨格情報による体の向きを反映した符号化情報として、ポロノイ図とよばれるオフザボール検討につながる描画方法を提案し、自己での試合の振り返りを通じて、情報蓄積と教材化の循環促進につながる運動内省を支援する動画再生が実現する。これにより知識理解の支援の仕組みを構築することができる。

4. 研究成果

(1) 図1のように膝の屈伸を伴う動作に対し、OpenPose と呼ばれる骨格推定アルゴリズム(図2)を用いて、体の部位に情報を重畳表できるシステムを開発した。このシステムを通じて、習熟度の判定結果を提示するために、膝の屈伸を含む左官技能者の初級、中級、上級者の下半身の姿勢・動作の評価を行った。学習者の技能動作を背面カメラから撮影し、OpenPose を用いた骨格座標の検出を行った。骨格座標の相関を分析した結果から、内省にむけて、下半身の安定性に関する知見が明らかになり、スキルの習熟度別に特徴的な動作成分が明らかになった(初級(図3, 表1)、中級(図4, 表2)、上級者(図5, 表3))。



図 1 学習環境と撮影カメラの位置

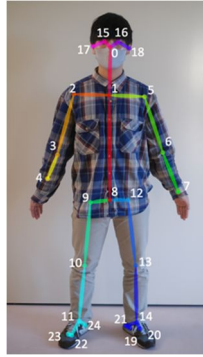


図 2 OpenPose による骨格検出部位を重畳した画像

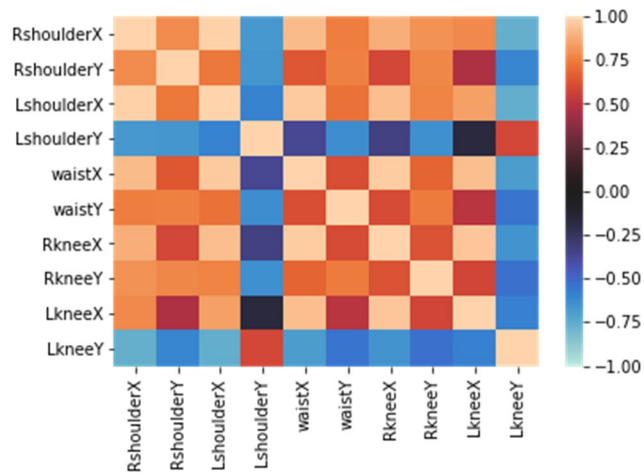


図 3 上級者の各部位の相関（背面）

表 1 上級者の腰と膝の相関（背面）

上級者	右膝X	右膝Y	左膝X	左膝Y
腰X	0.974135		0.935462	
腰Y		0.743176		-0.544787

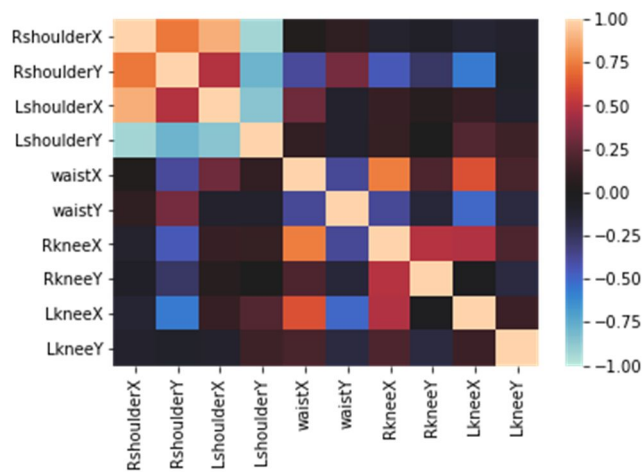


図 4 中級者の各部位の相関（背面カメラより）

表 2 中級者の腰と膝の相関（背面カメラより）

中級者	右膝X	右膝Y	左膝X	左膝Y
腰X	0.757184		0.61982	
腰Y		-0.14358		-0.166642

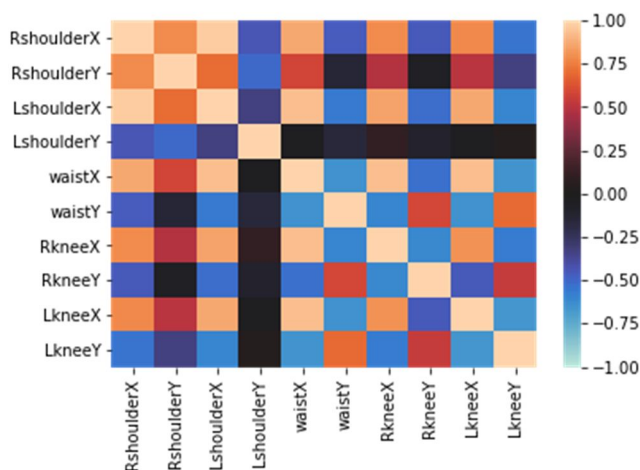


図 5 初級者の各部位の相関（背面カメラより）

表 3 初級者の腰と膝の相関（背面カメラより）

初級者	右膝X	右膝Y	左膝X	左膝Y
腰X	0.930561		0.931125	
腰Y		0.587727		0.695842

(2) 図 6 で撮影されるようなフットサル映像を対象に、攻守の切替えを含むボールを持たない（オフザボール）の重要シーン等の知識理解の支援を行った。映像における選手の抽出姿勢を平面図（図 7）上に反映し、段階的な領域を有した離散ポロノイ図（図 8）として、オフザボール評価の構築を行った。具体的には、図 9 のように、射影変換行列を用いて変換した選手の右肩（ x_r, y_r ）と左肩（ x_l, y_l ）の座標から、両肩の座標を結ぶ線分の垂直二等分線 $y = mx + n$ を求めることによって、体の向きを考慮し母点を移動させたポロノイ図を作成することができる（図 10）。この図より、パーソナルスペースの面積の推移の表示は、横軸をフレーム数、縦軸をセル数として、図 11 により示すことができる。例えば、「味方選手のスペースを広げること」の観点において、どの選手同士がお互いのスペースに影響を及ぼしあっているかを調べることができる。以上のように、平面図視点に、選手の骨格情報による体の向きを反映した符号化情報として、ポロノイ図とよばれるオフザボール検討につながる描画方法を提案し、自己での試合の振り返りを通じて、情報蓄積と教材化の循環促進につながる運動内省を支援する動画再生が実現し、知識理解の支援の仕組みを構築することができた。

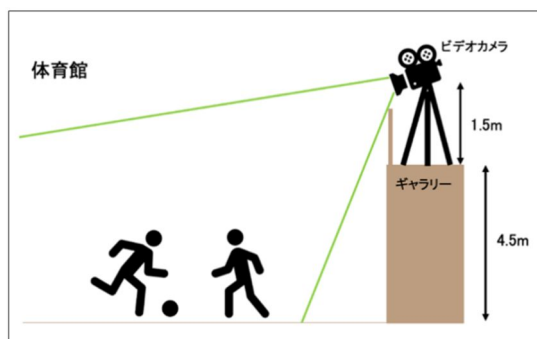


図 6 フットサルの試合撮影の様子

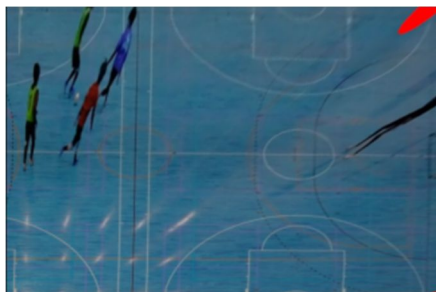


図 7 平面図に射影変換した試合画像

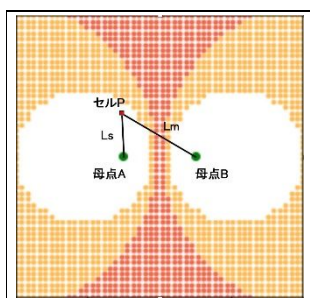


図 8: 相対距離差を用いたポロノイ図の例

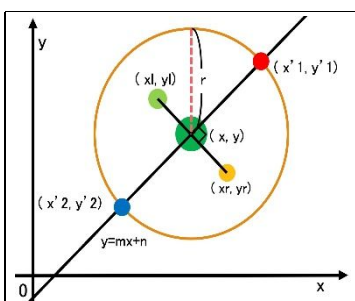


図 9 体の向き の推定例

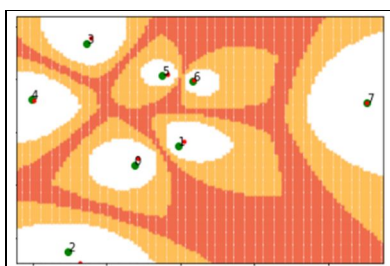


図 10 体の向きを考慮し母点を移動させたポロノイ図の例

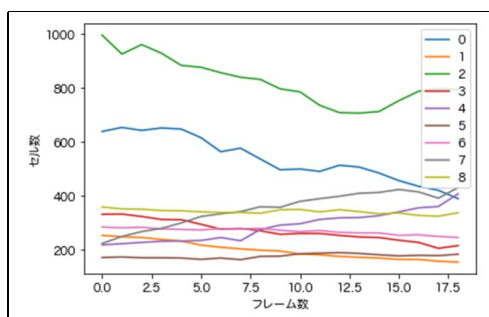


図 11 体の向きを考慮し母点を移動させたポロノイ図の例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 後藤田 中, 蟹澤 宏剛	4. 巻 -
2. 論文標題 スポーツ科学を応用した建築技能の見える化に関する研究 - その1 モーションキャプチャの適用可能性に関する検討 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第36回 建築生産シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 71-76
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 Hirasawa Yuki, Gotoda Naka, Kanda Ryo, Hirata Kosuke, Akagi Ryota	4. 巻 -
2. 論文標題 Promotion System for Home-Based Squat Training Using OpenPose	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)	6. 最初と最後の頁 984-986
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TALE48869.2020.9368366	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 Hirasawa Yuki, Ishioka Takuya, Gotoda Naka, Hirata Kosuke, Akagi Ryota	4. 巻 11570 LNCS
2. 論文標題 Development of a Promotion System for Home-Based Squat Training for Elderly People	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	6. 最初と最後の頁 492 ~ 501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-22649-7_39	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 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 村主 涼太, 後藤田 中 (香川大), 蟹澤 宏剛, 米谷 雄介, 神田 亮, 八重樫 理人, 林 敏浩
2. 発表標題 左官技能の評価を目的とした OpenPose による可視化手法の検討
3. 学会等名 令和3年度 電気・電子・情報関係学会 四国支部連合大会 講演論文集 18-9, 2021年9月
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村主 涼太, 後藤田 中, 神田 亮, 蟹澤 宏剛, 米谷 雄介, 八重樫 理人, 林 敏浩
2. 発表標題 骨格推定を用いた左官技能の可視化に基づく技能教育手法の検討
3. 学会等名 信学技報, Vol.121, No.406, ET2021-70, pp.107-112, 2022年3月
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大江 孝明, 後藤田 中, 萩原 周, 川井 翼, 米谷 雄介, 神田 亮, 八重樫 理人, 林 敏浩, 蟹澤 宏剛
2. 発表標題 左官職人の技能継承支援システム構築に向けた習熟過程における技能指標化の試み, 教育システム情報学会
3. 学会等名 教育システム情報学会 第45回全国大会論文集, B3-4
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梶原 大輔, 大江 考明, 後藤田 中, 林 敏浩, 米谷 雄介, 八重樫 理人
2. 発表標題 OpenPoseによるサッカー選手の抽出姿勢を反映したディフェンス戦術に関する視聴システムの提案
3. 学会等名 電気関係学会四国支部連合大会, 18-20
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梶原 大輔, 後藤田 中, 大江 考明, 林 敏浩, 米谷 雄介, 八重樫 理人
2. 発表標題 フットサルにおける抽出姿勢を考慮したボロノイ図の可視化によるオフザボールの評価の構築
3. 学会等名 電子情報通信学会 教育工学研究会 信学技報, Vol. 120, No. 424, ET2020-73
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大江 孝明, 後藤田 中, 蟹澤 宏剛, 宮川 優, 米谷 雄介, 神田 亮, 八重樫 理人, 林 敏浩
2. 発表標題 左官職人の技能継承支援システム構築に向けた技能習熟度の判定の試み
3. 学会等名 教育システム情報学会 研究報告, Vol.35, No.7, pp.41-48
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木智也, 後藤田中, 久門岳弘, 神田亮, 小林雄志, 米谷雄介, 林敏浩, 八重樫理人, 平沢友貴, 赤木亮太
2. 発表標題 代償動作改善に向けた骨格推定アルゴリズムを用いた代替動作検出の事前評価
3. 学会等名 電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木 智也, 後藤田 中, 久門 岳弘, 神田 亮, 小林 雄志, 米谷 雄介, 林 敏浩, 八重樫 理人, 平沢 友貴, 赤木 亮太
2. 発表標題 高齢者の在宅トレーニングにおける代償動作検出のための代替動作検出の提案
3. 学会等名 第20回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久門岳弘, 後藤田中, 米谷雄介, 林敏浩, 神田亮, 川井翼, 蟹沢宏剛
2. 発表標題 左官初級者の塗り技術の学習を支援する映像システムの提案
3. 学会等名 教育システム情報学会第44回全国大会講演論文集
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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
研究 分担者	赤木 亮太 (AKAGI RYOTA) (20581458)	芝浦工業大学・システム理工学部・教授 (32619)	
研究 分担者	小林 雄志 (KOBAYASHI YUJI) (50549491)	東京大学・大学総合教育研究センター・助教 (12601)	

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
---------	---------