

令和元年6月26日現在

機関番号：56302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01613

研究課題名(和文) 感性バイオメカニクスに基づく動作のコツ学習支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of the system to learn a knack of the movement based on the Kansei biomechanics

研究代表者

水崎 一良 (MIZUSAKI, Kazuyoshi)

弓削商船高等専門学校・総合教育科・准教授

研究者番号：00403600

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、リアルタイムで足圧分布および動作データがフィードバック可能な「コツ学習支援システム」の開発とその有用性を明らかにすることを目指した。

このシステムは、バランスWiiボードとウェブカメラを用いて、骨格の自動検出と足圧中心点の移動軌跡をリアルタイムで提示することができる。これにより、リアルタイムで身体感覚を定量的かつ視覚的にフィードバックすることができ、体育・スポーツの指導現場における技術(コツ)修得の一助となることが期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スポーツの世界で科学データが活用されるようになって久しいが、高価な機器を使用するなどハード面での制約もあり、いまだトップ選手を中心に進化を遂げている。

本研究で開発した「コツ学習支援システム」は、身体感覚および動作のタイミングに着目し、それらの定量的かつ視覚的なフィードバックをリアルタイムで行うことができる。さらには、市販の機器を用いるため廉価で汎用性が高く、体育・スポーツの指導現場において幅広い技術・体力レベルでの活用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop the system to learn a knack of the movement based on the Kansei biomechanics, and to clarify the effectiveness.

We developed the system to learn a knack of the movement using Balance Wii Board and a web camera. This system can show the automatic detection in a frame and the movement of the center of pressure in real time, and will give quantitative and visual feedback of physical sensations to players immediately. It is expected that this system helps to learn a knack of the movement in the instruction of physical education and sports.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：感性 コツ 学習支援 バイオメカニクス バスケットボール

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

1. 研究開始当初の背景

体育・スポーツの技術指導は、いかなる技術・体力レベルであっても、科学に裏付けされた合理性が求められる。しかし、いまだ学習者・指導者の観察や経験に基づいた主観的な認識に基づいた技術評価(質的情報)に依存することが多い。彼らが持つ暗黙的な知識や感性(身体感覚)は興味深い、技術(コツ)を客観的に捉え共有することは困難である。そのため、技術を分析し、評価するための基準を明確にできず、非効率的な技術習得・指導につながり、傷害を招くことさえある。

これまで、図1の体育・スポーツの技術(コツ)指導における感性バイオメカニクスの応用モデルに基づき、全日本スキージャンプチーム選手を対象として、足圧分布計測装置を用いて踏切動作における「足底加圧感覚」の定量化をし、選手・コーチに視覚的かつリアルタイムでフィードバックするシミュレーショントレーニングを試みた(日本学術振興会科研費:若手研究(B),課題番号 19700517)。この取り組みは、「足底加圧感覚」に着目した数少ない実践研究であり、踏切動作の技術(コツ)指導において、技術的に未熟な段階における選手の指導・トレーニングに効果的であり、その他の体育・スポーツ場面への応用が期待できた。しかし、高価な計測器を用いており、幅広い技術・体力レベルでの活用には至っていなかった。

そこで、体育・スポーツの指導現場への応用を実現するため、体育の教材としてよく用いられるバスケットボール競技における構え(基本姿勢)を対象とした「運動指導支援システム」の開発とその合理化に取り組んだ(日本学術振興会科研費:若手研究(B),課題番号 24700687)。このシステムは、身体感覚(足底加圧感覚,筋感覚)および動作の発現(タイミング)に着目し、バランス Wii ボード・筋電図センサを用いて、それらをリアルタイムで定量的かつ視覚的にフィードバックすることが可能である。また、従来のフォースプレートを用いたシステムよりかなり廉価である。つまり、指導現場における技術習得・指導の合理化が図られるとともに、定量的技術評価のための基礎資料を蓄積することができ、学習者の「技術獲得の効率化と競技力向上」につながることを期待された。しかし、動作の発現(タイミング)については、筋電図波形による定性的なフィードバックとしており、これを分析・評価するための専門的な知識と技能が求められ、汎用性を高めるためにシステムを改良する余地があった。

本研究では、さらに汎用性の高い学習支援を実現するため、深度センサおよびRGBカメラによる姿勢推定が可能である Kinect for Windows を用いて、動作の発現(タイミング)についてリアルタイムでフィードバックが可能なシステムの開発を目指した。このシステムは、従来のモーションキャプチャーのような複数台のカメラや特殊なデバイスを用いない、廉価なシステムである。しかし、2017年に Kinect for Windows の生産終了が発表されたため、これに代わりウェブカメラとディープラーニング(深層学習)を用いて姿勢推定が可能となるシステムを活用することにより、ハード面の制約を考慮するとともにその汎用性を高め、幅広い技術・体力レベルでのコツ学習支援の効率化を図りたいと考えている。

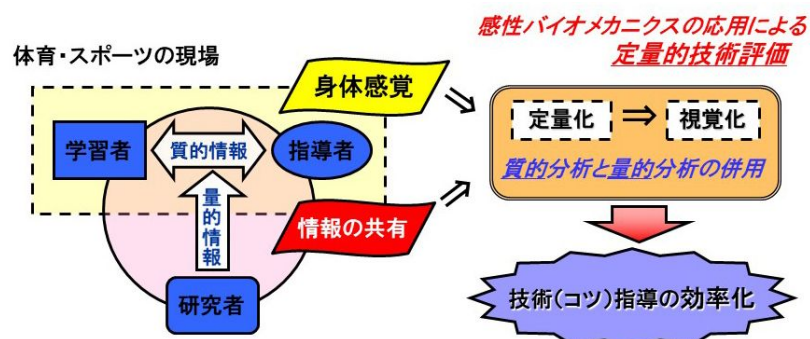


図1 体育・スポーツの技術(コツ)指導における感性バイオメカニクスの応用モデル

2. 研究の目的

本研究では、バスケットボール競技の構え（基本姿勢）における身体感覚（足底加圧感覚、筋感覚）および動作の発現（タイミング）について、バランス Wii ボード・筋電図センサを用いることにより、リアルタイムで定量的かつ視覚的にフィードバックできる「運動指導支援システム」を発展させることを目指した。そこでより汎用性を高めるために、動作の発現（タイミング）については、ウェブカメラおよびディープラーニング（深層学習）による骨格自動検出システムを活用することにした。そして、リアルタイムで身体感覚（足圧中心点の移動軌跡、）および動作（骨格）データがフィードバック可能な、バランス Wii ボード・ウェブカメラを用いた「コツ学習支援システム」の開発とその有効性を明らかにすることを第1の目的とした。

さらには、このシステムを活用して、バスケットボール競技における構え（基本姿勢）の定量的技術評価のための基礎資料を蓄積し、技術獲得過程を明確にすることにより、学習者の「技術獲得の効率化と競技力向上」につなげることを第2の目的とした。

3. 研究の方法

バスケットボール競技の「構え」に着目し、前後左右の移動方向を示す刺激に対する構え（基本姿勢）からその後続く踏み出しまでの一連の動作を分析対象とした。

被検者は、継続的な協力が可能な熟練者3名、非熟練者3名とし、実際の競技で用いるウェアとシューズを着用させた。シューズ内には足のサイズに合わせたセンサーシート（足圧分布計測装置 F スキャン、ニッタ社製）を装着させ、足圧分布計測を行った。同時に下肢筋群（前脛骨筋・腓腹筋・外側広筋・大殿筋）の筋電図計測（筋電図計測システム・A-Cap, 筋電図センサ（8ch）・S&ME DL-140）を行った。2次元動作解析システムを用いた技術分析（2次元動作解析システム・Pose-cap）については、分析項目を 肩関節、肘関節、腰関節角、膝関節角、足関節角とした（図2参照）。移動方向刺激の指示については、全身反応時間測定システム（竹井機器工業 リアクション MR）を活用し、動作開始時間、全身反応時間、移動時間を計測した。

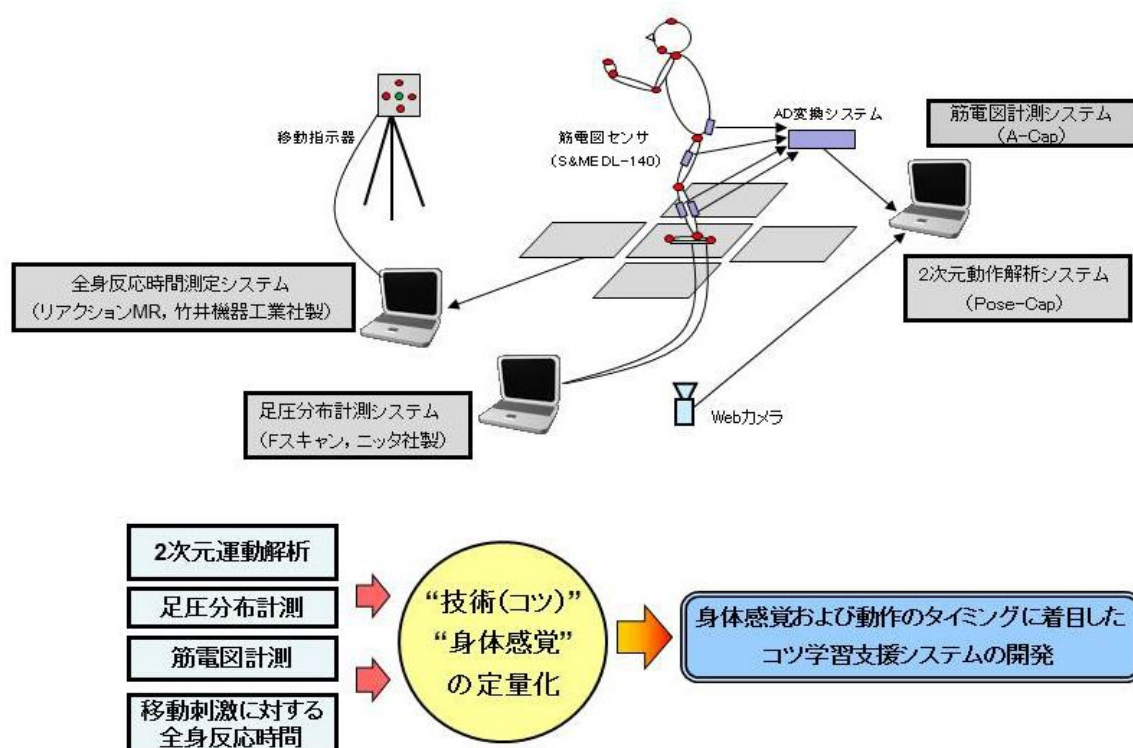


図2 本研究における実験の流れと実験構成

4. 研究成果

(1) 合理的な「構え」を追求するための定量的技術評価

合理的な「構え」を追求するため、前後左右の移動方向刺激に対する全身反応における足圧分布計測、筋電図計測、2次元運動解析による技術分析を行った。

移動方向刺激に対する全身反応時間計測の結果は、熟練者と未熟練者の間に動作開始時間の差はみられず、全身反応時間、移動時間については、熟練者のパフォーマンスが優れていた(図3参照)。

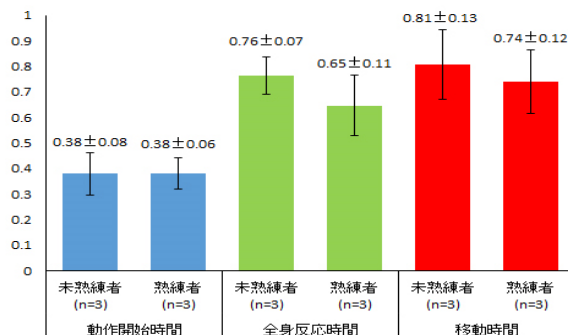


図3 移動方向刺激に対する動作開始時間、全身反応時間、移動時間の熟練度の違いによる比較

移動方向刺激に対する構えについて2次元運動解析を行った結果、熟練者と未熟練者の肩関節・足関節について熟練者と未熟練者に相違はみられなかった。しかし、肘関節・腰関節・膝関節については、熟練者が低い値を示した。つまり、未熟練者と比較して、熟練者は低い姿勢を維持した構えであった(図4参照)。

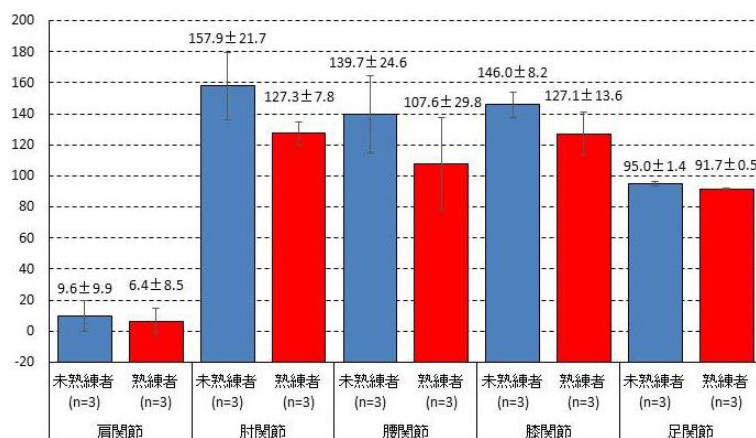


図4 移動方向刺激に対する構えの熟練度の違いによる比較

移動方向刺激に対する構えからその後続く踏み出しまでの一連の動作について、足圧分布計測を行った。その結果、構えおよび踏み出し動作における足圧分布および身体感覚(足底加圧感覚)、個人内の左右差および被検者間で差異が認められた(図5-1, 図5-2 図6-1, 図6-2参照)。傾向としては、熟練者に比べ、未熟練者の左右差が大きく、身体感覚と実測値(足圧中心)の差異も大きかった。また、熟練者に比べ、未熟練者の構えから踏み出しにかけての足圧中心の移動が大きい傾向にあり、その結果として最大踏力が大きくなり、全身反応時間、移動時間の遅れにつながっていることが考えられた(図5-1, 図5-2 図6-1 図6-2 図7 図8参照)。

バスケットボール指導教本 改訂版[上巻](2014)では、バスケットボールの基本姿勢は、前後・上下・左右あらゆる方向へのさまざまな動きに備えるため、両足均等荷重にすべきであるとしている。つまり、熟練者における構えおよび踏み出しの技術が、未熟練者より優れており、彼らの身体感覚がそのパフォーマンスに影響を及ぼすことが示唆された。



図5-1 未熟練者の構え時の足圧分布および意識した部位



図5-2 熟練者の構え時の足圧分布および意識した部位



図 6-1 未熟練者の最大踏力時の足圧分布および意識した部位

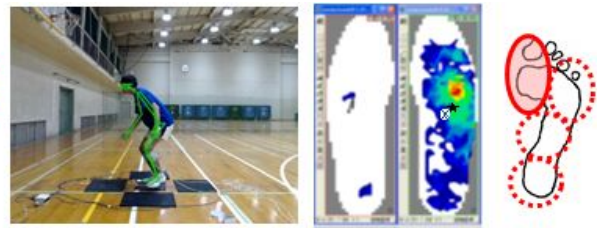


図 6-2 熟練者の最大踏力時の足圧分布および意識した部位

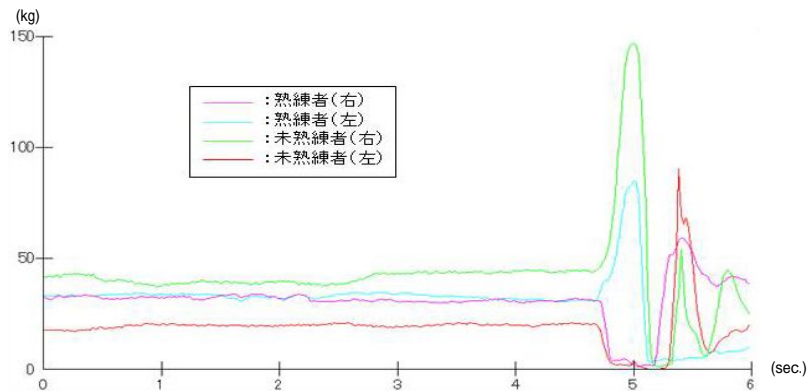


図 7 構えから踏み出し動作における熟練者と未熟練者の荷重値の比較

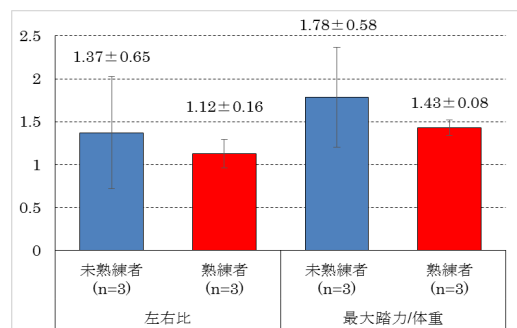


図 8 熟練者と未熟練者の構えの左右比および最大踏力/体重の比較

(2) バランス Wii ボード・ウェブカメラを用いた「コツ学習支援システム」の開発

バランス Wii ボード・ウェブカメラを用いて、リアルタイムで身体感覚（足圧中心点の移動軌跡）および動作（骨格）データがフィードバック可能な「コツ学習支援システム」を開発した。このシステムは、身体にマーカーを張らずに骨格を自動検出するとともに、足圧中心点の移動軌跡をリアルタイムで提示でき、身体感覚を定量的かつ視覚的にフィードバックすることが可能である。

足底加圧感覚については、バランス Wii ボードから四隅の荷重(kg)を 20Hz で計測し重心動揺をフィードバックできる。骨格の自動検出については、ウェブカメラおよびディープラーニング（深層学習）を用いたシステム（VisionPose V1.2）と GPU による画像描写に関する計算処理により、リアルタイムでスティックピクチャをフィードバックできる。また、データのエクスポート(csv)ができ 検出ポイントの修正やスティックピクチャを編集した上でのフィードバックも対応できる（図 9 および図 10 参照）。

骨格の自動検出については、従来のフォースプレートやモーションキャプチャーのような複数台のカメラや特殊なデバイス、また深度センサのついた RGB カメラを用いず、市販の機器を用いたシステムのため、廉価で汎用性が高い。

(3) バランス Wii ボード・ウェブカメラを用いた「コツ学習支援システム」の有効性

コツ学習支援システムを用いた全身反応トレーニング後に、学習者へのアンケート調査を実施した。全被験者が、感性バイオメカニクスを応用したトレーニングが初めてであったが、トレーニング環境やデータの理解について肯定的な意見がなく、このようなトレーニングの意義を感じていた。つまり、このシステムは、技術（コツ）修得の一助となり、その有効性のみならず経済的な観点からも、その他の体育・スポーツ場面への導入が期待でき、幅広い技術・体力レベルを対象とした合理的な動作のコツ学習法を構築するための基盤となると考えている。

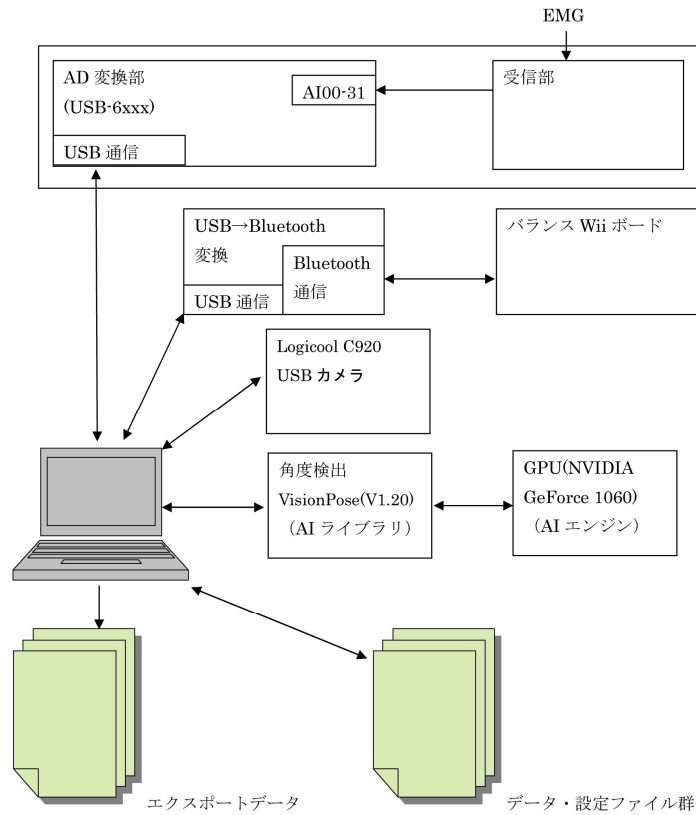


図9 バランス Wii ボード・ウェブカメラを用いた「コツ学習支援システム」の全体構成図
(筋電図波形のフィードバックも可能な構成としている)

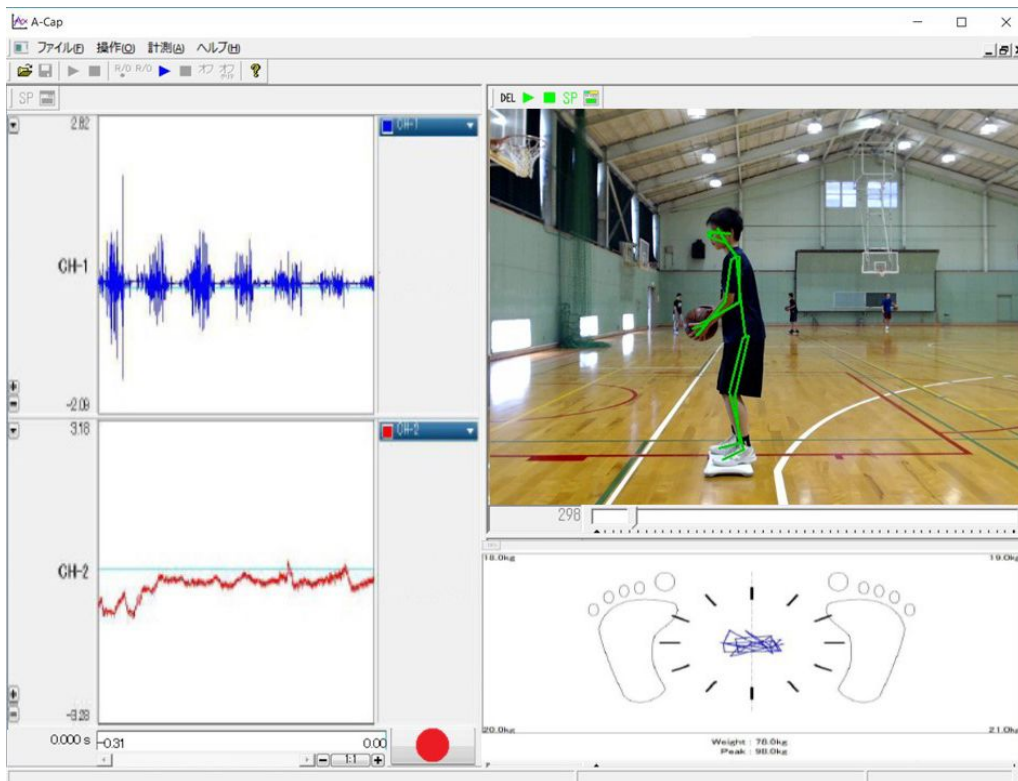


図10 バランス Wii ボード・ウェブカメラを用いた「コツ学習支援システム」の画面イメージ
(筋電図波形の表示も選択可能である)

<引用・参考文献>

公益財団法人 日本バスケットボール協会 (2014). バスケットボール指導教本 改訂版[上巻] 大修館書店

5. 主な発表論文等
該当なし