

令和 3 年 6 月 6 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K19973

研究課題名（和文）感覚代行により心身に障害を持つ人の運動理解と学習を支援する水泳訓練手法の開発

研究課題名（英文）Sensory substitution for assisting motion recognition and motor learning of persons with disability in swimming

研究代表者

廣川 暢一（Hirokawa, Masakazu）

筑波大学・システム情報系・助教

研究者番号：60746303

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）：本研究は、障害等により運動・感覚機能に障害を持つ人々の運動学習を、喪失・減弱した感覚様相を別の感覚様相で補う感覚代行により支援することを目的として、全身の複雑な協調運動の学習に資する他者の運動理解および自己身体へのマッピングを促進するような装着型デバイスの開発および代行感覚の提示技術の提案を行なうものである。ここでは、水泳や陸上競技を対象として、装着者の動きを阻害しない柔軟・軽量の装着型運動計測装置の開発を行うとともに、開発した機器による実時間情報フィードバックが運動学習に及ぼす影響について実験により検証を行なった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、スポーツなど全身を有機的に協調させることが重要となる運動を学習する際に、提案する外部機器を用いた定量的な運動計測とそれに基づく運動状態の評価、および学習者への日間情報提示により、学習者本人では直感的に理解が困難な状況においても自身の運動状態に関する理解や改善方法への手がかりとなる情報が提供されることによって、学習を促進することができる可能性を示すことができた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to develop a sensory substitution system that can compensate the weakened/lost sensation of people with disabilities for supporting the learning process of coordinated movements. Understanding other's body movement as a reference and representing it with own body is a crucial for developing body coordination. However, people with disabilities may struggle due to their affected sensory modalities. In this project, we focused on swimming and track-and-field activities as a target coordinated movements, and developed a flexible and light-weight wearable sensor suit for measuring the body coordination of the wearer, and investigated the effect of real-time feedback by the device on the learning process of the trainee through experiments.

研究分野：人支援技術

キーワード：感覚代行 運動学習支援 協調運動 ウェアラブルデバイス

1. 研究開始当初の背景

水泳に代表される全身の複雑な協調運動の学習は、他者の運動理解・自己身体へのマッピング・運動学習を繰り返して行いが、運動・感覚機能に障害を持つ場合このプロセスが阻害される。そこで、喪失・減弱した感覚様相を別の感覚様相で補う感覚代行(Sensory Substitution)というアプローチが注目されるが、感覚代行に関する先行研究では、手指の微細運動や腕部のリーチングなど身体の局所的な運動を対象にしているものがほとんどであり、特定の目的のために全身の筋骨格系を協調的に運動させるスキルの学習支援を試みているものは少なく、障害により特定の運動・感覚機能が失調した人の全身協調運動の学習支援に資する感覚代行の手法は明らかになっていない。

2. 研究の目的

そこで本研究では、「心身に障害を持つ人の全身多自由度の運動の理解および学習を、人工的な感覚代行により補完・促進できるか？」という学術的な問いについて、水泳および陸上競技を対象として、複雑な運動の直感的な理解や、それに基づく運動学習を支援する感覚代行手法の開発を目的とする(図1)。ここでは、水中や陸上での着用者の全身運動の計測および実時間での感覚刺激提示を可能にする着用型機器の開発を行うとともに、実時間フィードバックによる装着者の前輪運動の理解や運動学習プロセスへの影響を検証する。

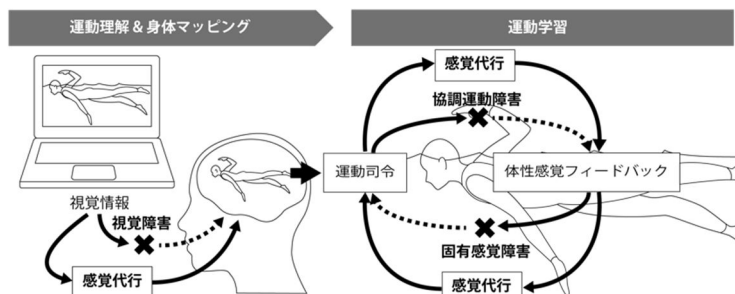


図1 感覚代行による運動学習支援のアプローチ

3. 研究の方法

初めに、水中および陸上において、着用者の動きを妨げずに全身の複数の関節運動を計測するための計測手法の開発を行う。ここでは、柔軟・軽量な関節運動の計測方法として光ファイバーを用いた関節角度計測手法に基づく着用型センサスーツの開発を行う。

次に、計測した複数の関節の運動の協調状態を評価するとともに、音響情報に変換して着用者に実時間でフィードバックするアルゴリズムの提案を行う。これにより、水中や瞬発的な運動中など、学習者が自身の運動状態を正確に把握するのが困難な状況においても、実時間フィードバックにより聴覚という別の感覚様相を通じて直感的に理解できるとともに、運動の改善のための手がかりとして用いることができるようになる。ここでは、水泳や陸上競技中の運動を音響フィードバックすることで想定する効果が得られることを実験により明らかにする。

4. 研究成果

図2に開発した光ファイバー角度センサを用いた着用型センサスーツの概要を示す。左が水泳用に左右の肩および股関節の運動を計測するためのセンサ配置、また右が陸上競技(三段跳び)における踏切脚の股関節と膝関節の関節角度を計測するためのセンサ配置となっている。これらのセンサスーツによる計測性能評価実験を行なった結果を図3, 4に示す。この結果より、開発したデバイスにより対象とする複数の関節運動を計測出来ていることがわかる。



図2 着用型センサスーツ(左:水泳用,右:陸上用)

また、開発したセンサスーツにより計測した複数の関節の運動状態を音響情報に変換し実時間フィードバックする手法として、関節角度を音量の大小に割り当てる音量変換方式や、一定の角度を上回る・下回る場合にピープ音によりフィードバックする閾値変換方式を提案してそれぞれ実装を行なった上で、実際の競技者の協力のもと評価実験を行なった。その結果、水泳における腕部のストロークのような常に一定のスピードで運動し続けるような運動の認識には音響変換方式が有効な一方、キックなど一定のインターバルのある瞬発的な運動のタイミングの理解には、閾値変換方式が有効であることが示唆される結果が得られた。

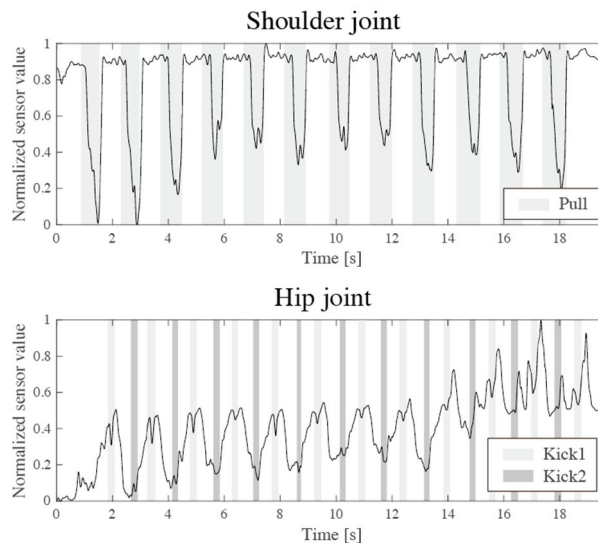


図3 水泳用センサスーツによる計測結果

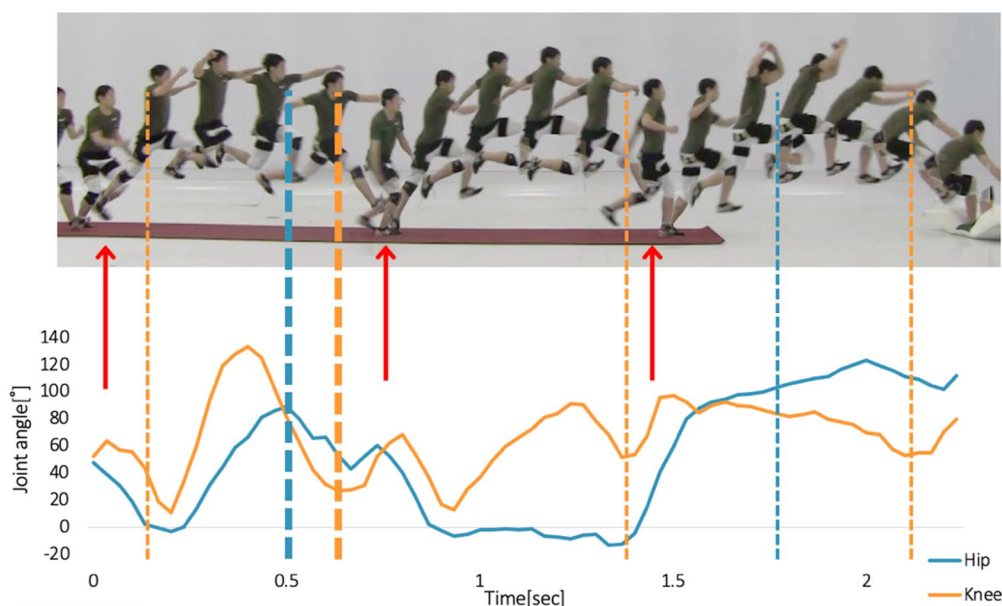


図4 陸上用センサスーツによる運動計測結果とフィードバックタイミング

また図4は、三段跳びの過程において重要となる踏切脚の股関節・膝関節の協調動作に対し、閾値変換方式により実時間音響フィードバックを行なった様子を示している。図中の点線で示されたタイミングにおいて装着者にフィードバックされたことを示している。ここでは、三段跳びの競技大会に出場するレベルの参加者に着用してもらいフィードバックの効果を探るところ、動作の実践中に重要となる下半身の動作が実現できていることを確認できることの有用性を示唆するコメントが得られた。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Hirokawa Masakazu	4. 巻 2019
2. 論文標題 Developing intelligent technologies to empower human capabilities of learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 64 ~ 66
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21820/23987073.2019.4.64	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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