

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：82636

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03348

研究課題名(和文) 運動伝染を利用した動作トレーニングシステムの開発

研究課題名(英文) Development of a movement training system utilizing motor contagion.

研究代表者

池上 剛 (Tsuyoshi, Ikegami)

国立研究開発法人情報通信研究機構・未来ICT研究所脳情報通信融合研究センター・主任研究員

研究者番号：20588660

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：動作をいくら繰り返し練習しても上級者になれる人はごく僅かで、多くの人は学習の頭打ちを経験する。ヒトの運動学習能力を最大限発揮し、頭打ちを突破させるための鍵は、無意識的な動作の変化を誘導することである。そこで、本研究は、運動伝染を介して学習者の動作を無意識的に操作するという新しい手法の開発を目指した。運動伝染とは「他者動作の観察によって、自己動作が無意識的な影響を受ける現象」である。申請者は、運動伝染によって学習者の動作を目標の状態へ誘導し、その動作を繰り返すことによって無意識的なプロセスだけで獲得された運動記憶が定着すると考えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本トレーニングシステムの開発は、野球・サッカー・テニスなど様々なスポーツの競技レベルの向上を可能にし、スポーツ業界にとって高い市場価値を提供する可能性がある。また、将来的に、運動機能障害を抱える患者(例えば、脳卒中患者)にとって、従来のリハビリでは達成できなかったレベルにまでQOLを引き上げる新技術になる可能性がある。よって、超高齢化社会を迎える我が国において、健康・医療・社会福祉の点においても重要な新技術として広く活用される可能性があり、大きな社会的意義をもつ。

研究成果の概要(英文)：Very few people can become proficient no matter how many repetitions they practice of a movement, and many experience a learning head-start. The key to maximizing human motor learning ability and breaking through its limitations is to induce unconscious changes in behavior. Therefore, this study aimed to develop a new method of unconsciously manipulating learners' movements through motor contagion. Motor contagion is "a phenomenon in which one's own behavior is unconsciously influenced by the observation of another's behavior. We considered that motor contagion induces the learner's behavior to the target state, and that by repeating the behavior, the motor memory acquired only by unconscious processes is established. The purpose of this study was to establish a technical basis for unconscious motion induction utilizing motor contagion and to develop a new movement training system.

研究分野：運動制御、運動学習、身体教育

キーワード：運動制御 運動学習 運動伝染 他者動作 トレーニングシステム

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

どのような動作でも、熱心に繰り返し練習すれば、多くの人の中級者程度までは上達するかもしれない。しかし、いくら練習しても上級者になれる人はごく僅かで、多くの方は学習の頭打ちを経験する。どのようなトレーニングをすれば、この頭打ちを突破できるだろうか？

我々は、その鍵が運動制御の無意識性にあると考えた。例えば、自転車の乗り方を言葉で説明することは困難だが、多くの方は、ほぼ無意識的に自転車に乗ることができる。このように、我々は多くの動作を無意識的に制御している。一方、動作の学習には、脳の認知系が担う意識的なプロセスが介入する(Schmidt & Lee, 2005)。意識的なプロセスは、身体の動かし方や狙い(目標)といった方略の意識的な変更を通じて、素早い課題の達成を可能にする。しかし、意識的なプロセスにより獲得した運動記憶はすぐに忘却し、あまり定着しないことが、近年わかってきた(Taylor et al., 2014; Morehead et al., 2015)。つまり、意識的なプロセスを排除しない限り、初級者から中級者レベルまで動作が上達したとしても、上級者には至らない。よって、ヒトの運動学習能力を最大限発揮させるための介入の鍵は、無意識的な動作の変化を誘導することである。

本研究において、研究代表者は、運動伝染によって無意識的な動作の変化を誘導するという、従来のトレーニング法とは異なる新しい方法を着想した。運動伝染とは「他者動作の観察によって、自己動作が無意識的な影響を受ける現象」である。研究代表者は、運動伝染によって学習者の動作を目標の状態へ誘導し、その動作を繰り返すことによって、無意識的なプロセスだけで獲得された運動記憶が定着すると考えた。

本研究は、運動伝染を操作することによって、完全に無意識のうちに、学習者を望みの動作へと導く動作トレーニングシステムの開発を目指した。

2. 研究の目的

本研究は、運動伝染を使った無意識的な動作誘導法の技術基盤を構築し、新しい動作トレーニングシステムを開発することを目的とした。

3. 研究の方法

初年度(令和3年)は新型コロナウイルスの影響で、研究代表者は実験場所で、共同研究先の鹿屋体育大学を一度も訪問できなかった。令和4年前半も新型コロナウイルスの影響で出張が制限されていたこと、令和3年度に本プロジェクトに協力予定であった学生が卒業してしまったことなど予想外の状況が生じた。これらを考慮して、将来的なトレーニングシステムの開発のための基礎知見を得ることに目的を変更し、以下の3つの内容を実施した。

投球動作システムを開発する

投球における試行毎の運動修正を定量化する

VR環境を用いた投球課題において、運動伝染を検証する

4. 研究成果

投球動作システムの開発

被験者が7m離れたターゲットに向かって投げたボール位置を赤外線センサーにより自動的に検知し、投球位置のフィードバックや、次のターゲット位置をコンピュータ制御できるシステムを開発した。ターゲットの大きさは210cm×210cm。赤外線センサーは5cm間隔で縦横に張り巡らされており、遮られた位置を検出する仕組みになっている。ターゲット領域にはスクリーン

クロスが張られており、プロジェクターによってそこに映像が投影される。

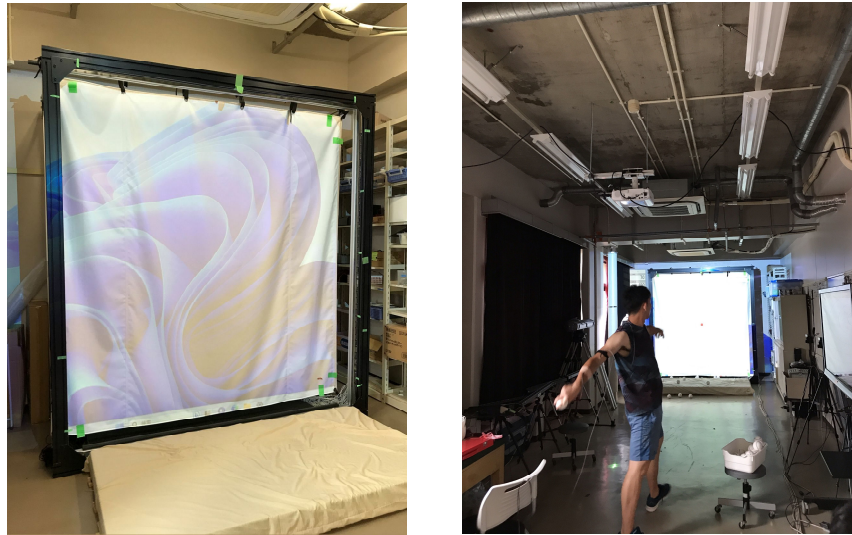


図1 投球動作システム

投球動作システムを用いて、ある試行で経験した投球誤差に対して、次の試行でどのように投球を修正するかを定量化した。このような誤差に対する修正量は、エラー感受性として定義され、到達運動の研究(Wei & Kording, 2009)では盛んに研究されてきた。実験方法も到達運動の研究を参考にし、投球課題に応用した。具体的には、投球時にシャッターゴーグルにより視覚遮蔽することで、投球位置のフィードバックを実際とは異なる位置に提示し、被験者には様々な投球誤差を経験してもらった。そして、次の試行でどのように投球を修正するかを定量化した。大学野球部員 14 名に対して実験を行った。我々の投球実験の結果は、到達運動の先行研究と概ね類似し、小さな誤差に対する感度が高く、誤差が大きくなると感度は低くなる傾向があった。

投球課題における試行毎の運動修正の定量化

投球動作システムを用いて、ある試行で経験した投球誤差に対して、次の試行でどのように投球を修正するかを定量化した。このような誤差に対する修正量は、エラー感受性として定義され、到達運動の研究(Wei & Kording, 2009)では盛んに研究されてきた。実験方法も到達運動の研究を参考にし、投球課題に応用した。具体的には、投球時にシャッターゴーグルにより視覚遮蔽することで、投球位置のフィードバックを実際とは異なる位置に提示し、被験者には様々な投球誤差を経験してもらった。そして、次の試行でどのように投球を修正するかを定量化した。大学野球部員 14 名に対して実験を行った。我々の投球実験の結果は、到達運動の先行研究と概ね類似し、小さな誤差に対する感度が高く、誤差が大きくなると感度は低くなる傾向を見出した。

VR 環境における運動伝染

運動伝染を誘起するためには他者動作の観察が必須である。我々の先行研究 (Ikegami, Nakamoto, et al., 2018) では、他者動作を録画したビデオを用いて、運動伝染を誘起した。運動伝染は、他者動作の運動結果だけでなく、運動のキネマティクスによっても引き起こされることが知られている。特に運動のキネマティクスを実際のヒトの動作で精緻にコントロールする

ことは難しい。一方、VR環境であれば、他者動作の結果だけでなく、キネマティクスも自在にコントロールできる。よって、将来的なトレーニングシステムの開発に向けて、VR環境において運動伝染が生じるかどうかを検証することは重要である。



図2：VR環境における他者動作の観察

我々はUnityを用いて、図2のようなVR環境を開発した。このVR環境を用いて、我々の先行研究と同じ実験手順で実験を行った。被験者2名の予備的实验の結果、我々の先行研究(Ikegami et al., 2018)と類似して、予測誤差の有無に応じて、異なる自己動作の変化を示す傾向があった。予測誤差が生じない場合は、観察者自身が投げたボールの投球位置が徐々に、VR内で観察したピッチャーの投球方向に類似するように変化した。一方、予測誤差が生じる場合は、観察者の投球位置は、観察したピッチャーの投球方向と逆方向へと変化する傾向が見えた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ikegami Tsuyoshi, Flanagan J. Randall, Wolpert Daniel M.	4. 巻 17
2. 論文標題 Reach adaption to a visuomotor gain with terminal error feedback involves reinforcement learning	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0269297
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0269297	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 池上剛	4. 巻 68
2. 論文標題 1)人間の運動機能の維持・向上を支える脳情報処理の理解. 情報通信研究機構研究報告	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報通信研究機構研究報告	6. 最初と最後の頁 59-64
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 池上剛	4. 巻 40
2. 論文標題 素顔のニューロサイエンティスト: Daniel Wolpert	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Clinical Neuroscience	6. 最初と最後の頁 537-537
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4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Tsuyoshi Ikegami
2. 発表標題 Motor contagions in human actions
3. 学会等名 The 8th CiNet Conference: Beyond motor control: Bridging the gap between action and perception
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 池上剛, ランディ・フラナガン, ダニエル・ウォルパート
2. 発表標題 強化学習と誤差学習の非対称な学習の転移: 視覚運動ゲイン適応による検討
3. 学会等名 第15回モーターコントロール研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miura G, Furuta T, Morita T, Park J, Ikegami T, Naito E
2. 発表標題 Importance of the ipsilateral dorsal premotor cortex in complex hand motor control and its age-related changes
3. 学会等名 The 46th Annual Meeting of the Japanese Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 3) Ikegami T, Hirashima M, Naito E, Hirose S
2. 発表標題 Transcranial magnetic stimulation of the occipital cortex interferes with foot movements in blind individuals
3. 学会等名 The 45th Annual Meeting of the Japanese Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2022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	中本 浩揮 (Nakamoto Hiroki) (10423732)	鹿屋体育大学・スポーツ人文・応用社会科学系・准教授 (17702)	

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			
フランス	フランス国立科学研究センター			