

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 26 日現在

機関番号：32641

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26540107

研究課題名(和文) 仮想身体を用いた身体図式更新によるスポーツ習熟度加速に関する研究

研究課題名(英文) Research on acceleration of sports ability via body schema update using virtual limb

研究代表者

橋本 秀紀 (Hashimoto, Hideki)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：30183908

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、研究代表者がこれまで培ってきた身体図式更新手法の応用による効率的なスポーツトレーニングの実現である。

高速・正確な運動動作を要するタスクでは、個人の感覚とくに運動学習のベースとなる身体図式の真度が要求される。しかし、身体図式の真度には個人差があるため、これが運動神経低下の一要因として考えられている。一方で、研究代表者らは独自にVR技術を用いた身体図式の更新手法を提案し、効果検証を行ってきた。そこで、ゴルフのパッティング動作を対象として、身体図式矯正を通じたフォーム矯正を行うトレーニングシステムを構築した。結果として、既存のトレーニング手法と比較して良好な学習効果が確かめられた。

研究成果の概要(英文)：The goal of this research is to apply the originally proposed body schema update method to realize the efficient sport training.

The task which requires high speed and accurate movement relies on the accuracy of body schema which is the basic element of the motor learning. However, since the accuracy of the body schema varies among different individuals, this is believed to be the reason of deterioration in reflexes. On the other hand, we have originally proposed a body schema update method based on VR (virtual reality) technologies.

Thus, putting motion training system through this body schema update has been developed as a application. The system was evaluated by comparing with current methods such as normal coaching and blind putting. The results showed that the proposed training method gave the best performance in terms of both stroke angle and stroke point.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：身体拡張 運動学習 バーチャルリアリティ スポーツトレーニング

1. 研究開始当初の背景

高齢化社会の到来とともに今後の医療費増が懸念されている。一方で、少子化に伴い高齢者の定年後の就労環境が見直される動きもあり、本人と企業が望むならば定年後も働ける仕組み作りが進んでいる。

このような社会情勢下において、高齢者を含む国民の健康維持は重要さを増している。日常の健康維持において、食生活はもちろんのことであるが、適度な運動も不可欠である。趣味としてスポーツを行うことは、生活習慣病の予防に効果的である。しかし、運動に関しては習熟度の個人差が激しく、上達が見込めないとモチベーション維持が難しいという問題がある。効率的に楽しく運動の上達が見込める科学的なトレーニング方法に期待が寄せられている。

科学的な見地からは、自己身体に対する認識である身体図式の更新がスポーツを始めとした身体動作の習熟に寄与することが近年明らかになっている。また、その更新メカニズムに関しても錯覚研究などの生理学・心理学の分野で明らかになりつつある。

このような状況を踏まえて本研究では、直観的で効果的な新しいスポーツトレーニング法を提案する事とした。スポーツの習熟度加速が実現され、スポーツ愛好者増加による国民健康の維持につながると期待できる。

2. 研究の目的

身体図式更新によるスポーツ習熟度の加速手法を明らかにする事が大目的であるが、そのために本研究では以下の小目的を設定して研究を行った。

- (1) 伸縮型の身体同期仮想身体を用いた身体図式の更新システムを構築
- (2) 身体図式の更新度を定量評価する測定システムの構築
- (3) 身体図式更新の基礎特性(適切な伸縮パターン・更新の限界値・更新の持続時間)の導出
- (4) 伸縮型の身体同期仮想身体と仮想用具からなる没入スポーツトレーナーの構築
- (5) スポーツ動作における身体図式のズレの推定とその補正に関する手法の開発

3. 研究の方法

- (1) 伸縮型の身体同期仮想身体を用いた身体図式の更新システムを構築

図 1 に示すシステムを構築した。これは、実身体に連動して動く仮想の身体を HMD に提示するものであり、仮想身体のサイズを伸縮可能とすることで疑似的な身体成長が仮想体験できる事となり、身体寸法に関する身体図式の更新が促される。

疑似的な身体成長の仮想体験として具体的には、身体寸法を意識する課題を設定しており、ランダムに出現する仮想ボタンを指先位置で押すというタスクを設けた。

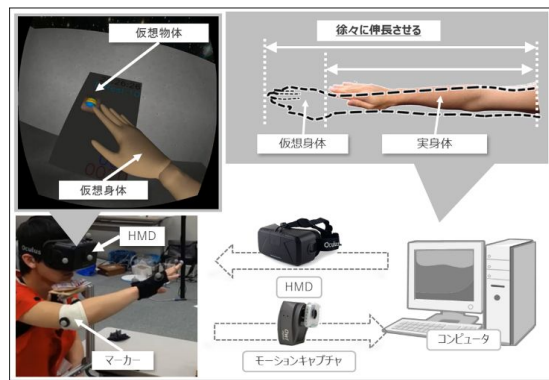


図 1 身体図式更新システム

- (2) 身体図式の更新度を定量評価する測定システムの構築

身体図式更新に関する一連の実験過程としては、図 1 に示す身体図式更新システムにて様々な形で身体図式の更新を行った後に、その身体図式更新の度を測定する必要がある。そこで、図 2 に示す身体図式の更新度の測定システムを構築した。

これは、指先を仮想のマーカーに合わせるよう指示を出して、被験者自身の身体寸法に関する認識を表出させる方法である。実験では右腕に身体図式更新を適用しており、前腕・上腕成分に分解して、各々に対して身体図式更新を論じた。

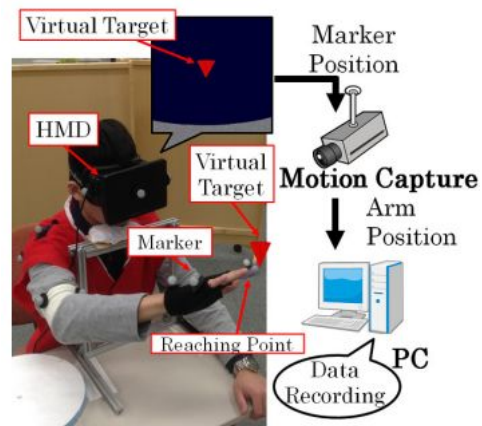


図 2 身体図式更新度の測定システム

- (3) 身体図式更新の基礎特性(適切な伸縮パターン・更新の限界値・更新の持続時間)の導出

研究期間の都合上、短縮は行わずに、伸長のみを扱った。また、更新の限界値に関しても 1.5 倍を上限として様々な値を試みた。更新の持続時間に関しては、HMD 装着時は仮想空間での環境とのインタラクション全般の結果が身体図式更新対象の身体寸法に対して辻褃の合う形となっていれば、永続的に持続する事が原理的に明らかであるため、省略した。

(4) 伸縮型の身体同期仮想身体と仮想用具からなる没入スポーツトレーナーの構築

本研究で扱った身体図式更新はスポーツのフォーム矯正に寄与するものである。球技などを考えた場合に、ボールが動いている場合とそうでない場合に大別される。前者はフォームに加えて振り遅れといった時間的要素が入り込むため、後者のようにフォームのみに依存するスポーツを対象とした。ここでは、とりわけフォームの正確性が肝となるパッティング(ゴルフ競技の中でも最もフォームの正確性が重視される)に関して、身体図式更新に基づく科学的トレーニングシステムを構築した。

構築するシステムの基本構想を図3に示す。このように、HMDに提示される身体情報を実際の身体映像とする場合と、身体映像を隠す場合とで、交互にパッティングを実施させることで、違和感なく視覚ではなく体性感覚に頼った身体図式ベースでの運動学習が実施される。

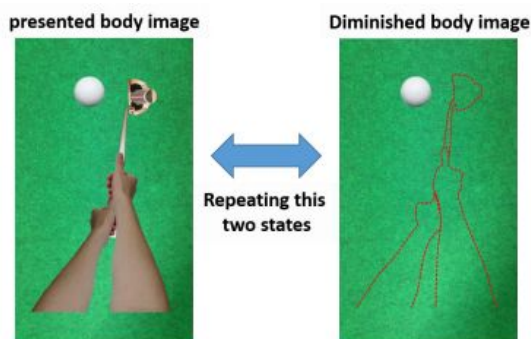


図3 パッティングトレーナーの基本構想

このような構想を取り入れたパッティングトレーナーを図4に示す。HMDへの提示映像は身体映像アリ/ナシの両方であり、モーションキャプチャで取得したHMDの位置姿勢に合わせて、適切にグリーン位置などが提示されている。

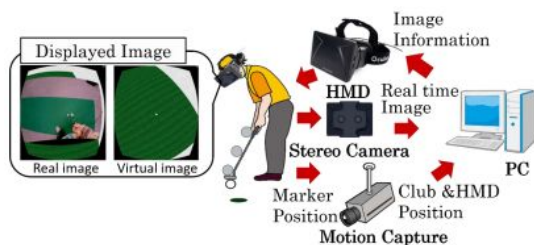


図4 構築したパッティングトレーナー

(5) スポーツ動作における身体図式のズレの推定とその補正に関する手法の開発

パッティングトレーナーで身体図式からのフォーム矯正を実施すると共に、その効果を測定する必要がある。

そこで、図5に示すようなパッティングに関わる身体図式状態の評価指標を設定し、その測定システムを構築した。

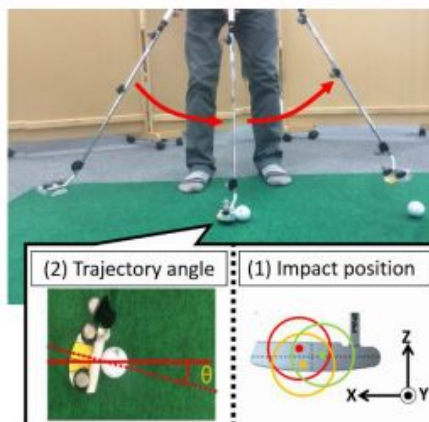


図5 パッティング能力の評価指標

4. 研究成果

上記の研究項目に関する研究成果を簡潔に述べる。

<身体図式の伸長度合や限界>

1.0倍~1.5倍の伸長率で利き腕の前腕に対する身体図式更新を実施したところ、全被験者で効果が見られ、提示した伸長率に対しておよそ50%程度の更新が見られた。効果が見られた事は大きな進歩であったが、理想値の100%には届かなかった。その理由としては、仮想ボタンの接触判定の位置マージンを広く取った事も影響していると考えられる。また、いずれも同様に50%程度であったため、1.5倍の範囲まででは限界は見られなかった。

<部位選択性(前腕・上腕・左右腕に対して)>

身体図式更新の対象を、前腕のみ、上腕のみ、両方同時として、各部位に対する身体図式更新の効果を確認した。その結果、各部位に独立して有意な更新(上記と同様に部位が変わっても50%程度)が見られた。複数部位を同時に更新しても単一部位の更新と同様の効果がそれぞれの部位に見られた。

さらに、上記では利き腕の前腕や上腕を更新しているが、その際の利き腕ではない腕の更新度合についても確認した。その結果、腕単位で独立に(相互干渉せずに)更新が行われる事が明らかとなった。

これは、ヒューマンインタフェースの設計の際に活かせる基礎的知見となるといった工学的価値だけではなく、人間特性の解明という点でも価値がある。例えば今回の結果は、人間の身体図式が身体部位ごとに構造化されている可能性を示唆している。

<身体図式更新の運動影響>

身体図式の変更に関して、上記までは、静止状態での評価に留まっていた。そこで、評価方法を拡張して運動への影響についての

調査を実施した。その結果、運動レベルまで身体図式変更の効果が及んでいることが確認された。具体的には、感覚フィードバックの適用領域である準静的運動、感覚フィードバックが適用不能な弾道運動の双方に対して、ともに同等の効果が表れていた。これは、運動軌跡が身体図式を参照して学習されるという運動学習の知見とも合致する結果であった。

<身体図式更新への触力覚の寄与>

上記までの提示情報は視覚に限定されていたが、実空間では物体と接触した際に触力覚が必ず発生する。そのため、触力覚提示デバイスを独自開発してシステムに組み込み、実験によりその影響について確認を行った。

結果として、提示情報を視覚のみとした場合と同程度の身体図式変更度となり、触力覚を無視することによる影響が軽微であることが確認された。これは、大掛かりな触力覚提示デバイスが不要であることを意味しており、実用化に向けた一つの障壁が取り除かれたと考えて良い。

<パッティングトレーナーへの応用>

さらに、パッティングの練習システムへと身体図式更新を応用した。なお、この場合は提示伸長比1.0倍なので“矯正”の方がニュアンスとしては正しい。

実験結果からは、既存のトレーニング手法と比較して、パッティングフォームの安定化に最も適した手法である事が分かった。今回の実験では被験者サンプルは学生であったが、今後は実際の競技者に被験者となってもらい、実用化に向けて本格的に取り組む予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

佐野 高也, 依田 淳也, 中村 壮亮, 橋本 秀紀, “VR 技術を用いた身体位置感覚の較正によるパッティングトレーニングシステムに関する研究”, 日本機械学会学会誌, Vol. 83, No. 848, pp. 1-12, 2017.3.

依田 淳也, 中村 壮亮, 昆野 友樹, 望月 典樹, 橋本 秀紀, “AR 肢体を用いた身体位置感覚更新が運動軌道に与える影響の評価”, 日本機械学会学会誌, Vol. 81, No. 829, pp. 1-12, 2015.8.

S. Nakamura, N. Mochizuki, T. Konno, J. Yoda, H. Hashimoto, “Research on Updating of Body Schema using AR Limb and Measurement of the Updated Value”, IEEE Systems Journal, Vol. 10, No. 3, pp. 903-911, 2014.12.

[学会発表](計9件)

佐野 高也, 依田 淳也, 中村 壮亮, 橋本 秀紀, “VR 技術を用いた身体映像隠消下でのパッティング習熟システムの開発”, ロボティクスメカトロニクス講演会 2016, 2A1-11b3, 2016.6, 横浜

加藤 拓光, 佐藤 謙太, 中村 壮亮, 橋本 秀紀, “VR を用いた前腕における寸法感覚更新の個人差に関する基礎研究”, ロボティクスメカトロニクス講演会 2016, 2P2-03a1, 2016.6, 横浜

佐藤 謙太, 中村 壮亮, 橋本 秀紀, “身体位置感覚更新を用いた没入操縦の作業効率向上手法の提案”, 第16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 (SI2015), 1N3-1, 2015.12, 名古屋

中村 壮亮, 依田 淳也, 橋本 秀紀, “身体図式更新技術に基づく体性感覚主導でのパタートレーニングシステムの基礎検討”, 第16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 (SI2015), 2A3-2, 2015.12, 名古屋

中村 壮亮, 佐藤 謙太, 望月 典樹, 橋本 秀紀, “身体位置感覚更新における部位選択性の基礎調査”, 第33回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2015), 2L2-06, 2015.9, 東京

佐藤 謙太, 中村 壮亮, 望月 典樹, 加藤 拓光, 橋本 秀紀, “身体位置感覚更新の触力覚提示による影響”, 第33回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2015), 2L2-04, 2015.9, 東京

依田 淳也, 中村 壮亮, 昆野 友樹, 望月 典樹, 橋本 秀紀, “AR 肢体を用いた身体寸法感覚更新の運動軌跡への影響度評価 ~評価方法の提案~”, 第15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 (SI2014), 3I1-3, 2014.12, 東京

中村 壮亮, 望月 典樹, 昆野 友樹, 依田 淳也, 橋本 秀紀, “AR 肢体を用いた寸法感覚の更新に関する基礎検討”, 第32回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2014), 3C3-05, 2014.9, 福岡

依田 淳也, 望月 典樹, 昆野 友樹, 中村 壮亮, 橋本 秀紀, “前腕隠蔽状態でのターゲット視認リーチングを可能とする新しい身体像測定手法の提案”, ロボティ

クスマカトロニクス講演会 2014,
3P1-T05, 2014.5, 富山

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.elect.chuo-u.ac.jp/hlab/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

橋本 秀紀 (HASHIMOTO, Hideki)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：30183908

(2)研究分担者

中村 壮亮 (NAKAMURA, Sousuke)

法政大学・理工学部・専任講師

研究者番号：20634695

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

望月 典樹 (MOCHIZUKI, Noriki)

依田 淳也 (YODA, Junya)

昆野 友樹 (KONNO, Tomoki)