

身体スキル獲得のためのフォーム改善意識の利活用基盤の構築

田中 翔^{*1}, 小尻 智子^{*2}

^{*1} 関西大学大学院理工学研究科

^{*2} 関西大学システム理工学部

Environment of Utilizing What We are Thinking in Moving Body for Skill Acquisition

Kakeru TANAKA^{*1}, Tomoko KOJIRI^{*2}

^{*1} Graduate School of Science and Engineering, Kansai University

^{*2} Faculty of Engineering Science, Kansai University

概要: スポーツにおけるフォーム改善の際, 人は自身のフォームを認識し, 理想のフォームと異なる身体箇所を理想に近づけるように意識する. 特定の身体箇所を修正可能な意識は身体的特徴に応じて異なるため, 適切な意識を持つことは困難である. 一方, 人が過去に特定の意識を持っていた時に変化した箇所は, その箇所を同様に変化させることが可能な意識と考えられる. そこで, 練習時の意識とフォームの変化を収集するとともに, 特定のフォーム変化をする際に過去に同じ身体部位を変化させたときの意識を活用できるようにするための情報基盤を構築する.

キーワード: 身体スキル, 経験知, フォーム改善

1. はじめに

身体スキルとは, 身体を使って特定のタスクを達成する能力であり, スポーツを習得する際に獲得する必要がある. 身体スキルを得るためには, 動作中の個々のフォームが動作を実現するために適切である必要がある. フォームは対象の動作によってある程度決まっているが, 個人の体格の違いにより詳細な形状は異なる. プレイヤーは理想のフォームをイメージし, それに近づけるようにフォーム修正を繰り返しながら, 自身に適したフォームを模索する.

フォームの習得を支援する研究には, 対象のフォームの手本の動作と学習者の動作との差を提示することで, 対象となるフォームの理解を支援する研究が数多く存在する⁽¹⁻³⁾. 例えば, Chan らはモーションキャプチャを用いて学習者の動作を記録し, その動作と手本の動作との差を検出して, 改善点を学習者に対して提示するシステムを構築した. しかし, 手本のフォームと学習者のフォームとの差から改善点を提示する支援

は, その動作に対して正しいフォームが存在する前提である. 学習者によって体型が異なるため, 動作に対して必ずしも一つの正しいフォームが存在するわけではない.

学習者の考えている理想のフォームを表出化させることで, 学習者に対して着目すべき身体部位を理解させる支援も存在する⁽⁴⁾. 橋本らは, 学習者のイメージしている理想のフォームを, スケルトンモデルを用いて表現させ, その際に変化させたスケルトンモデルの情報を活用して, どの身体部位を動かせば理想のフォームになるかを提示するシステムを構築した. このシステムでは, 学習者の理想のフォームは明確化されるが, そのフォームを実現するために修正すべき身体部位は理解できない.

学習者の体型に応じた理想のフォームを追求するためには, 学習者が自身の動きを理解する必要がある. 学習者自身の動作を解析することを目的とした研究も存在する⁽⁵⁻⁷⁾. これらのシステムでは, 学習者が自身のフォームと学習者のイメージする理想のフォームとの

差を理解することは可能である。しかし、フォームを修正する方法までは理解できない。

フォームを修正するためには、特定の身体部位の動かし方や形状に対して、特定の意識を持つ必要がある。例えばボールを投げる際に、より手首を使いたい場合には、「手の平を上へ向ける」という意識が挙げられる。このような動作をする際に持つ意識を、フォーム改善意識と呼ぶ。フォーム改善意識は、プレイヤーの現在のフォームと理想のフォームの差を埋める事が出来るような動作や形状をするために、プレイヤー自身が自発的に抱く⁽⁸⁾。フォームは対象の動作によってある程度決まっているが、個人の体格の違いにより適切な形状は異なるため、フォーム改善意識も人によって異なる。適切なフォーム改善意識を考えながら練習を行う必要がある⁽⁹⁾。

一方、プレイヤーが過去にあるフォーム改善意識を持って動作した際に動きが変化した身体部位は、そのフォーム改善意識によって変化させることのできる部位であるとみなすことができる。よって本研究では、プレイヤーの練習時のフォームの変化とその時に持っていたフォーム改善意識を蓄積するとともに、プレイヤーの行いたいフォームの修正に対して、その修正を可能にするフォーム改善意識を、蓄積されたフォーム改善意識の中から推薦する環境を構築する。

2. フォーム改善意識推薦のアプローチ

2.1 フォームの修正

プレイヤーの体型によって実現可能な動作は異なる。したがって、すべてのプレイヤーにとって正しいフォームは存在しないことが多く、一般的にプレイヤーは試行錯誤しながらフォームの修正を繰り返すことで自身にとって理想のフォームを追求していく。この際、一度身についた動作やフォームを修正することは、新しいスキルを獲得するより困難であるとされている⁽¹⁰⁾。

フォーム修正のプロセスを図1に示す。プレイヤーは理想のフォームをイメージした後、理想のフォームと現在のフォームとの差から、修正すべき箇所を理解する。その後、修正したい箇所を修正するために持つべきフォーム改善意識を考え、その意識を用いて動作を

する。このプロセスにおいて、フォームを修正するには、フォーム改善意識が修正箇所を修正できるような意識である必要がある。また、プレイヤーの体型によって可能な動作は異なるため、理想のフォームと現在のフォームとの差が同じであっても、人によって持つべきフォーム改善意識は異なる。



図1 フォームの修正のプレイヤーのプロセス

2.2 適切なフォーム改善意識

フォーム改善意識は動作をする際にフォームに対して持つ意識であり、プレイヤーの修正したいフォームの内容に基づいて決まる。直接的なフォーム改善意識は、身体部位の動作の修正方法そのものとなるが、修正したい身体部位以外に対する意識がフォーム改善意識となることもある。例えば「より手首を使って上向きにボールを投げる」というような修正を行いたい場合、手首の動きに関する「ボールから手を離す直前に手の平を上へ向ける」というフォーム改善意識もあれば、「視線を上にあげる」という意識もフォーム改善意識となり得る。

適切なフォーム改善意識とは、これらのフォーム改善意識の中で修正したい動作を可能とする意識のことである。身体形状はプレイヤーによって異なるため、適切なフォーム改善意識はプレイヤーによって異なる。自身の身体形状に対して適切な身体動作を理解できることは、身体スキルの迅速な獲得につながる。

一方、あるフォーム改善意識を持って動作した際に変化した部位は、その意識が修正を意図していた部位であるかどうかにかかわらず、その意識によって変更可能な部位である。例えば、「ボールから手を離す直前に手の平を上へ向ける」というフォーム改善意識を持って動作した際に右足の開き方が大きくなったとする。このフォーム改善意識は、右足を大きく開くためのフォーム改善意識とみなすことができる。

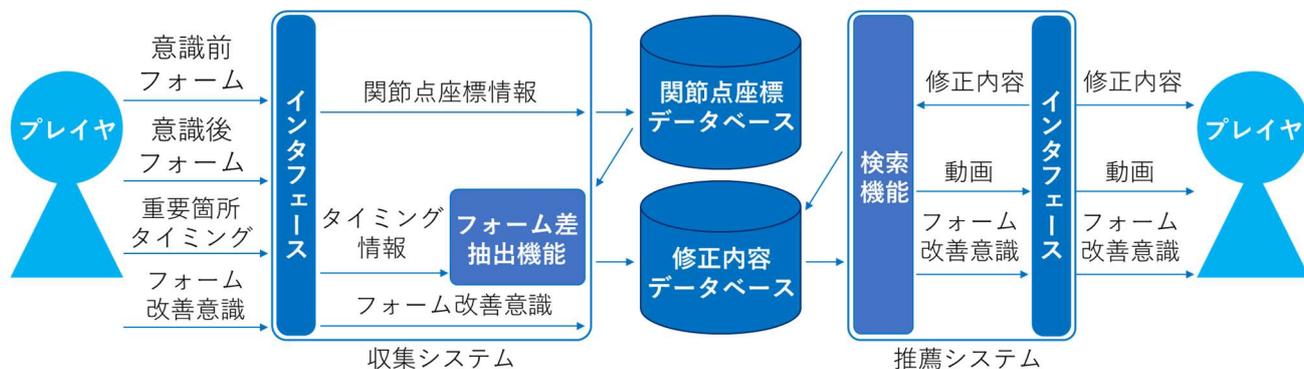


図2 システムの概要

2.3 適切なフォーム改善意識獲得の支援手法

本研究では、自身の適切なフォーム改善意識が分からないプレイヤーに対して、過去に対象となる部位を同じように変更していた時の意識をフォーム改善意識として提示することで、フォームの修正を支援する。このような支援を行うためには、プレイヤーが日々の練習で動作をする際に意識していた内容によって、変更があった身体部位とその動作を検出する必要がある。そこで、プレイヤーの日々の動作時のフォームをセンサで取得し、修正前後のフォームから修正された箇所を特定し、その時に意識していた内容とともにフォーム改善意識として保存する。新たな練習時には、プレイヤーが修正したい箇所と一致する修正をした過去のフォーム改善意識をプレイヤーへ提示する。

システムの概要を図2に示す。本研究で提案するシステムは、練習時にフォーム情報と意識の収集を行う収集システムと、フォームを修正したい際にフォーム改善意識をプレイヤーへ推薦する推薦システムで構成されている。収集システムでは、プレイヤーの動作の動画を撮影し、センサを用いてその時の身体部位の動きを取得、関節点座標データベースへ保存する。フォーム差抽出機能では、動作修正前後のフォームの関節点座標から、プレイヤーが指定した重要箇所のタイミングのフォームの差分を計算する。動作の差分と撮影した動画、プレイヤーが入力したフォーム改善意識の内容は修正内容データベースへ保存される。推薦システムは、プレイヤーから入力した修正箇所とその修正内容の情報を受け取る。検索機能では、それらの情報と同じ変化があった過去の動作を修正内容データベースから検索し、その時のフォーム改善意識と動画をプレイヤーに提示する。なお、本研究ではゴルフを対象とする。

3. 収集システム

3.1 修正内容データベース

本研究では特定の時点での身体形状と、動作全体のスピードを、フォーム改善意識が変化できる対象とする。修正内容データベースには、修正前後の動画、修正する際に持った意識と、修正前後のフォームまたは動作の差分を持つ。

身体形状の取得にはKinectを用いる。Kinectは画像中の座標で関節点の座標データを表現する。この手法では、カメラに対するプレイヤーの位置が異なる場合、例え同じ形状で動作していても異なる座標となってしまう。そこで、関節点の座標を股関節の座標からの相対座標で保持することとする。これにより、形状が変わっていない場合は、座標が変化しないこととなる。

修正前後の身体形状のデータの差分を、動作中のすべてのフレームに対して計算することは負荷が高い。そこで、フォームの重要なタイミングをプレイヤーに指定してもらい、その時点の身体形状のデータのみを関節点情報データベースで保持する。

動作の変化については、Kinectで撮影した動画の2つの時点の時間の長さを比較することで取得する。

3.2 プロトタイプ・システム

収集システムをC#で実装した。収集システムを起動すると、図3のフォーム録画インタフェースが表示され、左側にKinectで撮影中のカラー映像が表示される。録画開始のボタンを押すことでKinectのカラー動画が録画され、同時にKinectのBodyTracking機能により取得されたプレイヤーの関節点の座標のデータが毎フレームごとにCSVファイルへ保存される。録画停止ボタンを押すことで、カラー動画の録画が停止され、

関節点座標のデータの CSV ファイルへの保存が終了する。終了ボタンを押すと、図 4 のフォーム重要箇所選択インタフェースが表示される。

重要箇所選択インタフェースでは、フォーム録画インタフェースで録画したカラー動画を、Windows Media Player にて再生することが出来る。フォームの重要なタイミングで動画を一時停止し、選択ボタンを押すことで、そのタイミングでの関節点座標データが保存された CSV ファイルから抜き取られ、重要なタイミングの関節点座標を保持する CSV ファイルへ保存される。終了ボタンを押すと、再びフォーム録画インタフェースが表示され、図 3 と同じデザインの画面が表示される。意識後のフォーム録画を意識前のフォーム録画と同じ流れで使用した後、終了ボタンを押すと、同様に図 4 のフォーム重要箇所選択インタフェースが表示される。選択が終了し、終了ボタンを押すと、図 5 のフォーム改善意識入力インタフェースが表示される。

ここで動作中に実際に持ったフォーム改善意識をテキストボックス内に入力し、終了ボタンを押すと、意識前と意識後の重要なタイミングでの関節点座標データが入力された CSV ファイルと、フォーム改善意識内容のテキストがセットとなり、データベースに保存される。



図 3 フォーム録画インタフェース



図 4 フォーム重要箇所選択インタフェース

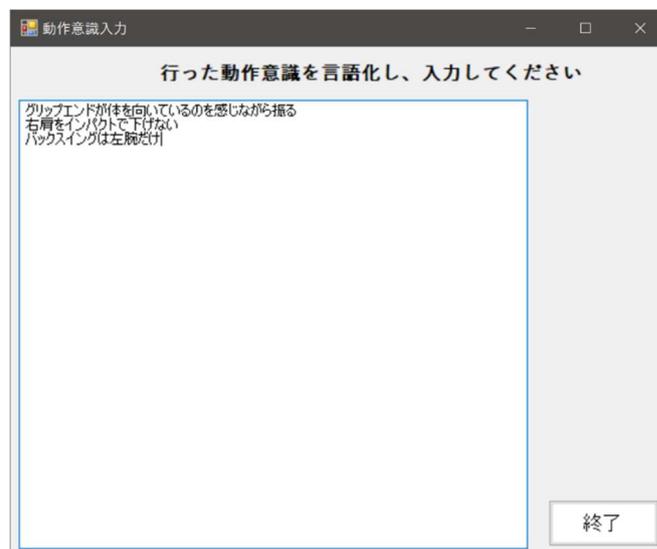


図 5 フォーム改善意識入力インタフェース

4. 推薦システム

4.1 検索機能

推薦システムでは、プレイヤーが今修正しようとしている身体部位とその修正内容に対して、修正内容が合致した過去のフォーム改善意識とその際の動画を提示する。フォームの修正にも、身体部位の形状の修正と動作の速さの修正の 2 種類が存在する。

身体部位形状の修正は、修正したい身体部位とその変化方法で表現できる。修正したい関節点は、必ずしも一つとは限らないため、関節点を複数選択できる必要がある。修正方法は感覚的に大まかに入力できることが望ましい。また、修正したい箇所がある一方で、

動作を変更したくない関節点がある場合もある。変更したくない関節点がある場合は、その関節点を選択できる必要がある。

一方、スイングの速さの修正は、選択したタイミング間に対し、動作を速くしたいのか、遅くしたいのかを入力することで表現できる。速さを変更したい箇所は、変更したい時間を表す二つのタイミングで示すことが出来る。例えば、図6に示す箇所のスピードを変更したい場合、バックスイングとインパクトを選択する。



図6 スイングの速さの修正の例

修正内容データベースにする複数の過去の動作が入力した条件を満たす場合、修正箇所が合致している条件が多いものから対応するフォーム改善意識を提示する。修正したい関節点と修正したくない関節点の両方が存在する場合は、修正したい関節点の多いフォーム改善意識を優先する。合致しているものが修正したくない関節点のみの場合は、修正したい箇所を修正できないため、フォーム改善意識の提示を行わない。

スイングの速さの修正では、選択されたタイミング間の時間を速くしたいと入力された場合、過去に同じ区間の時間を速くできたときの意識を提示する。複数ある場合は、より速くできたものから順番に提示する。遅くしたいと入力された場合も同様である。

4.2 プロトタイプ・システム

推薦システムをC#で実装した。推薦システムを起動し、修正目的選択インターフェースにて身体部位の位置修正を選択すると、図7の身体位置修正内容入力インターフェースが表示される。

この画面では、プレイヤーが現在修正したいフォームのタイミング、修正したい関節点とその向き、動作を変更したくない関節点を入力することが出来る。関節点の名前がどの関節点かわかりやすいように、Kinectの関節点の位置と名前が右下に表示されている。関節点の向きは、「上方向」「下方向」「右方向」「左方向」

「奥」「手前」から選択することができる。決定ボタンが押されると、入力された修正情報を基にシステムがデータベースを検索し、図8のフォーム改善意識推薦インターフェースを表示する。

この画面では、プレイヤーに対して現在修正したい内容と最も類似していた動作をしていた時のフォーム改善意識と、その時に位置が変わった関節点を表示する。意識前動画再生ボタンが押されると動画再生インターフェースが表示され、過去に提示された意識で修正を行った際の修正前の動画が再生される。意識後動画再生ボタンが押された場合も同様、修正後の動画が再生される。次へボタンが押された場合は、次に類似度の高い動作をしていた時のフォーム改善意識と、その時に位置が変わった関節点が表示される。前へボタンが押された場合は、現在表示されているものよりも類似度の高い動作をしていた時のフォーム改善意識と、その時に位置が変わった関節点が表示される。

修正目的選択インターフェースで動作速度の修正を選択すると、図9のスイングスピード修正内容入力インターフェースが表示される。この画面では修正したいフォームの始点と終点と、動作のスピードを速くしたいか、遅くしたいかが入力可能である。入力後、決定ボタンが押されるとスピードを同じように変化させることが出来た過去の動作の際のフォーム改善意識が図8のフォーム改善意識推薦インターフェースに表示される。

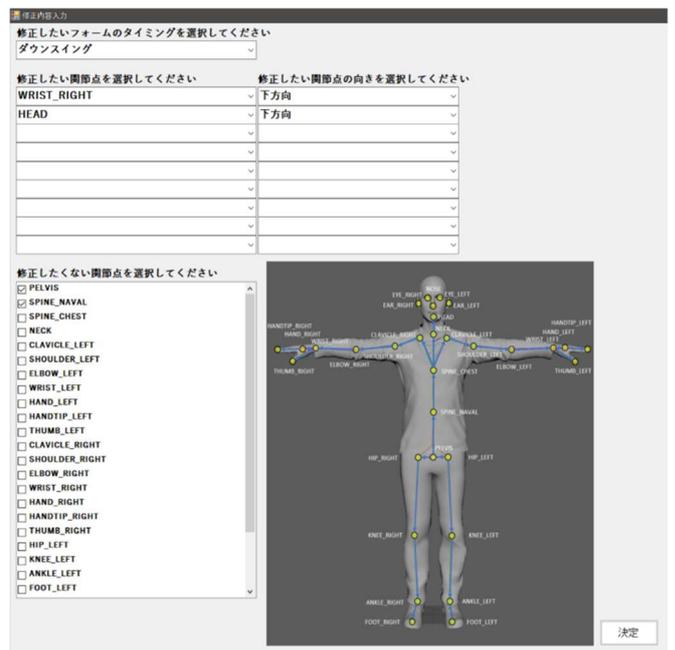


図7 身体位置修正内容入力インターフェース

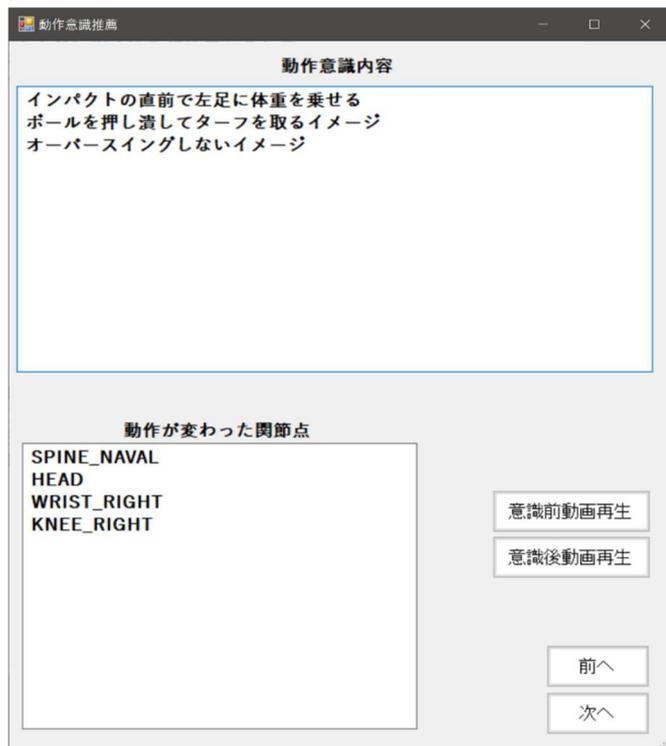


図8 フォーム改善意識推薦インタフェース

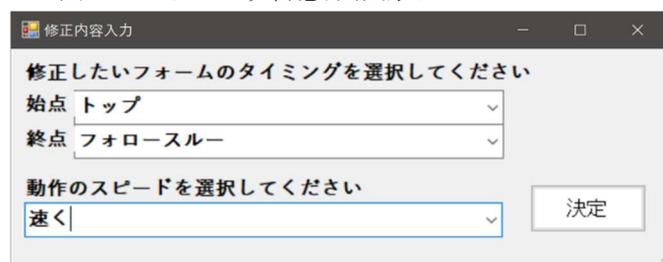


図9 スイングスピード修正内容入力
インタフェース

5. 評価実験

5.1 実験方法

構築したシステムの有効性を評価するため、実験を行った。本システムは、自身の動作から理想のフォームをイメージできるプレイヤーが対象であるため、ゴルフ経験3年の大学生1名と、ゴルフ経験6年の大学生1名の計2名に協力してもらった。なお、コロナ禍で大規模な実験を実施できなかったため、2名にしか依頼できなかった。実験は以下の手順で行った。

- ① ゴルフのドライバーを対象に、10個以上のデータが蓄積されるまで収集システムを用いて練習
- ② フォーム改善意識に関するアンケートAに回答
- ③ アイアンを対象に、推薦システムを用いて練習
- ④ フォーム改善意識に関するアンケートBに回答
- ⑤ 実験に関するアンケートCに回答

本研究では獲得したい身体スキルの内容にかかわらず、フォーム改善意識とその時に動作可能な身体部位が対応しているという前提をおいている。このことは、ある身体スキルで獲得したスキルは他の身体スキルの獲得にも適用できるということであるため、①と③では異なる身体スキルで実施した。

アンケートAでは、行おうとした修正の内容とそのため考えたフォーム改善意識を自由記述で回答してもらい、行いたい修正が出来たかについて、「出来た」、「出来なかった」、「分からない」の三択で回答してもらった。アンケートBでは、システムにより提示されたフォーム改善意識が行いたい修正をするために活用できることを知っていたかどうかについて、「知っていた」、「知らなかった」の二択で回答してもらった。また提示された意識をそのまま用いたか、異なる意識を用いたかについて、「そのまま用いた」、「提示された意識をヒントにして異なる意識を用いた」、「全く異なる意識を用いた」の三択で回答してもらった。異なる意識を持った場合は、なぜ異なる意識を持ったのかについて自由記述で回答してもらい、行いたい修正が出来たかについて、「出来た」、「出来なかった」、「分からない」の三択で回答してもらった。

アンケートCでは、自身でフォーム改善意識を考える場合とシステムによって推薦される場合のどちらが適切なフォーム改善意識を見つけやすかったかについて、「普段通り」、「システム有り」、「どちらも変わらない」の三択で回答してもらった。また、推薦システムで修正したい内容の入力が行いやすかったかについて、「入力しやすかった」、「入力しにくかった」、「どちらでもない」の三択で回答してもらった。入力しにくかった部分がある場合は、その理由について自由記述で回答してもらった。

5.2 実験結果

収集システムでは、被験者1は11個、被験者2は13個のデータを収集した。推薦システムは、2名とも4回使用してもらった。この4回それぞれについて、アンケートAとBの「行いたい意識を修正できたか」の結果を表1に示す。この質問項目以外のアンケートBの被験者1と2の結果を、それぞれ表2と表3に示す。アンケートCの結果を表4に示す。

表 1 「行いたい意識を修正できたか」の結果

被験者	アンケート	できた	できなかった	わからない
1	A	3	0	1
	B	2	1	1
2	A	3	0	2
	B	1	0	3

表 2 行いたい修正ができた時のフォーム改善意識に関するアンケート結果（アンケート B）

被験者	提示された意識は知っていたか		提示された意識をそのまま用いたか	
	知っていた	知らなかった	用いた	用いなかった
1	2	0	2	0
2	1	0	1	0

表 3 行いたい修正ができなかった／わからない時のフォーム改善意識に関するアンケート結果（アンケート B）

被験者	提示された意識は知っていたか		提示された意識をそのまま用いたか	
	知っていた	知らなかった	用いた	用いなかった
1	1	1	1	1
2	0	3	3	0

表 4 アンケート C の結果

被験者	普段通りとシステムあり、どちらが適切な意識を見つけやすかったか	推薦システムは入力しやすかったか
1	普段通り	入力しにくかった
2	どちらも変わらない	入力しにくかった

システムの提示したフォーム改善意識の有用性を評価する。表 1 より両被験者とも、システムを用いる前の方がシステムを利用するよりもフォームの修正ができていたことがわかった。表 2 より、動作を修正でき

た際にシステムより提示されたフォーム改善意識は、被験者がシステム使用前から修正箇所の修正が可能な意識として理解していたものであった。一方、フォームを改善することができなかった際のフォーム改善意識は、被験者がこれまでその動作をする際に意識していなかったものがほとんどであった。目的の動作をする際に初めて意識する内容は、それをどのように活用して動作をすればよいか分かりにくく、その結果、上手く体を動かすことが出来ず、動作を修正できなかったと考えられる。このことより、本システムは過去に意識していたフォーム改善意識を思い出すことは可能であるが、新たなフォーム改善意識の発見は支援できない可能性を示唆している。

アンケート C では、フォーム改善の際の意識の獲得のしやすさについて、被験者 1 は「普段の練習の方が良い」、被験者 2 は「どちらも変わらない」と回答した。両被験者は通常の練習で自身が設定したフォーム改善意識で、ある程度フォームの修正が出来ており、システムによる支援があまり必要でなかった可能性がある。普段あまりフォーム改善意識のことを考えない初心者の方が有効に機能する可能性がある。何らかの手法で初心者に理想のフォームのイメージを持たせた上でシステムを使用してもらい、効果の有無を検証したい。

本実験では修正内容データベースに格納されていたフォーム改善意識の数が少なく、修正したいフォームに対して適切な意識が存在しなかった場合がある可能性がある。今後は期間をより確保し、より多くのフォーム改善意識を有した状態で評価実験をしていきたい。

最後に、推薦システムの修正内容の入力のしやすさに関して検証する。アンケート C では、2 名とも修正したい内容の入力がしにくかったと回答していた。自由記述では、2 名ともフォーム修正を身体部位の変化だけで入力することが困難と回答していた。本システムでは身体部位の変化は「上方向」などの変化させる方向のみを指定するようになっている。動作もスイングテンポを「速くする」、「遅くする」の 2 つのみの指定となっている。身体部位や動作の変化の方向性のみではなく、変化の大きさも表現できるようにする必要がある。また、被験者より、個々の身体部位ではなくスイング全体の感覚や、クラブの軌道やボールの弾道などの結果を想定してフォームを修正するという意見

も得られた。これらの意識は、フォームそのものをどのように改善すればよいかを被験者自身が認識できていないことを示唆している。変更したいフォームを認識させることで、提示された意識が有効に作用する可能性も考えられるため、今後はフォームの認識も支援していく必要があると考える。

6. おわりに

本研究では、プレイヤーがフォームを修正するために持つべきフォーム改善意識の獲得方法を提案し、その支援システムを提案した。適切なフォーム改善意識はプレイヤーが改善したい箇所と同じ箇所の変化を過去に行ったときに持っていた意識であるという前提のもと、練習時のプレイヤーのフォームの修正とその時に抱いていた意識を収集する収集システムと、修正したい内容に応じて過去の意識を提示する推薦システムを構築した。実験の結果、プレイヤーがその動作を修正可能として理解している意識が提示されればフォームを改善できたが、理解していない意識が提示された場合はフォームを改善できなかった。この原因の一つに、プレイヤーの修正したい内容の入力が、身体部位やスピードのおおまかな変化のみであったことが挙げられる。今後はより詳細な入力ができるよう入力方法を改善する。

今回のシステムでは、プレイヤーが過去に持ったことのあるフォーム改善意識のみを提示した。そのため、プレイヤーが気づいていないフォーム改善意識を獲得することはできない。自身がこれまでに持っていない意識は、自身と体形や動きの特徴が似ている他のプレイヤーが持っている可能性が高い。そこで、体形や動きの類似性からプレイヤーと同じ意識が適切なフォーム改善意識となる他のプレイヤーを特定し、そのプレイヤーのフォーム改善意識を提示するようにシステムを改良することで、新しいフォーム改善意識の獲得が可能だと考えられる。

参考文献

- (1) Jacky C. P. Chan, Howard Leung, Jeff K. T. Tang, Taku Komura: “A Virtual Reality Dance Training System Using Motion Capture Technology”, IEEE Transactions On Learning Technologies, Vol. 4, No. 2, pp. 187-195, (2011)
- (2) 尾崎惇史, 誉田雅彰: “小型携帯センサを用いた運動フォームの遠隔自動コーチングシステムの構築”, 教育システム情報学会誌, 33 巻, 1 号, pp. 22-30, (2016)
- (3) Bruce Abernethy, Joanne M. Wood: “Do Generalized Visual Training Programmes For Sport Really Work? An Experimental Investigation”, Journal of Sports Sciences, Vol. 19, pp. 203-222, (2010)
- (4) 橋本遼太, 小尻智子: “身体スキル言語化のためのスケルトンモデルに基づいた身体動作描画ツール”, 電子情報通信学会技術研究報告, 114 巻, 513 号, ET2014-108, pp. 131-136, (2015)
- (5) 稲尾拓海, 尾下真樹, 向井智彦, 栗山繁: “モーションキャプチャを用いたスポーツフォーム練習のための特徴量・可視化手法の提案”, 情報処理学会研究報告, 2016-CVIM-204 巻, 21 号, pp. 1-7, (2016)
- (6) 吉川建彦, 松浦健二, カルンガルステファン, 後藤田中: “身体部位間の運動タイミング差を調整するための部分的フォーム解析”, 教育システム情報学会研究会報告, 33 巻, 4 号, pp. 7-12, (2018)
- (7) 稲葉洋, 瀧剛志, 宮崎慎也, 長谷川純一, 肥田満裕, 山本英弘, 北川薫: “スポーツ動作分析の支援を目的とした人体センシング情報の可視化提示法”, 芸術科学会論文誌, 2 巻, 3 号, pp. 94-100, (2003)
- (8) 諏訪正樹: “アスリートが「身体を考える」ことの意味”, 身体知研究会, 3 巻, 4 号, pp. 19-24, (2009)
- (9) 諏訪正樹, 伊東大輔: “身体スキル獲得プロセスにおける身体部位への意識の変遷”, 第 20 回人工知能学会全国大会, p. 129, (2006)
- (10) 養内豊, 吉田聡美: “スポーツにおける動作修正のための 4 ステップ”, 北星論集, 52 巻, 1 号, pp. 39-45, (2014)