

左右反転動作を用いた非利き側動作学習支援環境と左右差の分析

A Non-dominant Motion Skill Learning Support Environment by Reversed Motion and Analyses of Motion Laterality

廣田 一樹^{*1}
Kazuki Hirota

石井和喜^{*2}
Kazuki Ishii

^{*1} 和歌山大学システム工学研究科
Faculty of Systems Engineering
Wakayama University

^{*2} 岩本石油
Iwamoto-sekiyu Corporation

西野 友泰^{*3}
Tomoyasu Nishino
^{*3} 日立ソリューションズ
Hitachi-solutions

曾我 真人^{*4}
Masato Soga
^{*4} 和歌山大学
Wakayama University

瀧 寛和^{*5}
Hirokazu Taki
^{*5} 和歌山大学
Wakayama University

A lot of studies about support for motion skill learning are conducted. However, any studies about motion laterality have not been conducted. We have developed a learning environment that showed a learner reversed motion of his/her dominant side motion on his/her HMD for his/her non-dominant side motion learning. We expected that this method can solve the problem that the muscle strength and body size are different between a learner and an expert whose motion is prepared for learner's goal motion. However, there are always lateralities and habits in a human body. Therefore, in this study, we measured the lateralities in basic actions such as walking. We expect that this study will contribute to the development of a better motion skill learning support environment in the future.

1. はじめに

身体動作学習支援に関する研究は以前から多く行われているが、野球のバッティング、サッカーのパス・トラップ・シュートなどといった左右反転動作を用いた研究は多くは存在しない。

このような動作は、主に利き腕や利き足を使って行われることが多い。多くのプレーヤーは、利き側ではうまくプレーすることができても、非利き側ではうまくプレーすることができない。しかし、左右どちらでもプレーすることが出来れば試合におけるチャンスが増加することにつながる。また、試合中の負荷を左右にバランスよく分散されるので、怪我を回避することにもつながる。このようなことから、非利き側の動作の訓練を行うことは、十分意義のあることである。

非利き側の動作を訓練するには、すぐれたコーチに指導してもらうことも考えられるが、経費、時間などを考えると、いつでも可能なことではない。

一般的に動作の学習は、熟練者の学習を手本として学ぶことが多い。主な手法は以下の3つに分類される。

- (1) 熟練者の動作を直接見て模倣
- (2) 熟練者の動作のビデオを見て模倣
- (3) 熟練者の動作に CG アニメーションを手本として模倣

しかしながら、これらには原理的に2つの問題点がある。

- (1) 手本とする熟練者と学習者の体格や身長が異なるため、熟練者と学習者の動きを完全に一致させることは、そもそも不可能であること。
- (2) 手本とする熟練者と学習者では体重や筋力が異なるため、熟練者の動きをまねることは容易ではないこと。

これらの問題点は学習者が熟練者を手本として非利き側中心の動作を学習する場合にも生じる。

そこで我々は、学習者自身の利き側動作データを左右反転させたボーンアニメーションを HMD 上に拡張現実感として提示し、非利き側の動作の学習する学習支援方法(図1)を提案し、学習支援システムの試作システムの構築を行った。

この手法は学習者自身の利き側動作を手本とするため、熟練者の動作を手本動作とする従来の手法における、手本と学習者の間に筋力差や体格差が生じやすいといった問題を解決できることが期待される。もちろん、この手法は、利き側動作は、手本に値するレベルに熟達していることが条件であり、その条件が満たされない場合には、適用できない。

一方、これとは逆に、非利き側動作のモーションデータを取得し、これを反転させ、同様に HMD 上に表示させ、利き側で動作することも我々は提案している。この方法では、普段行っている利き側動作との相違点の気づきを自分自身で得ることが出来るメタ認知を促進することが出来ると考えている。

しかし、人体には必ず左右差や癖、ゆがみがあり、これらを解決できるのかという疑問が残った。そこで、スポーツの経歴などによる人体の癖や歪みと、歩行などの基本動作での左右差を計測し、分析を行った。

この分析結果より、今後の左右反転動作における動作学習支援環境の構築の具体的な動作を決定するなど、今後の発展に繋がることを想定している。

竹刀の持ち方は同じである。このように身体の癖やゆがみは、過去のスポーツ経験とも関連することが考えられるため、アンケートを実施し、関連性についても検証する。

3.1 実験概要

本研究では、2種類の基本的な動作を行った場合の足底にかかる圧力データを算出する。それぞれの動作について、被験者自身の左右にかかる圧力データを計測し、それによる左右差の有用性について検証する。圧力データの計測には、Motion3D Force Plateを用いた。

3.1.1 対象動作

(a)スクワット

厳密に言えば、スクワットという動作から「膝の曲げ」の部分だけを取り出した動作である。何度も動作を行うのではなく、膝の可動域の限界に達したところストップさせ、左右両方の足底にかかる圧力を計測する。この動作では、左右同時に負荷がかかる動作の際に、被験者の足底に均等に負荷がかかっているかどうかを検証する。

また、膝を曲げるのではなく、臀部からしゃがむようにしてしまえば、簡単に座ることができてしまう。これを防止するために、本実験では、臀部を踵の上部よりも後ろに行かないように膝を曲げることを意識してもらい計測を行った(図3)。実験時は計測を始めてから5秒間、何もすることなく立っただけで、徐々に曲げてもらい、限界点で維持をしてもらい計測を行った。

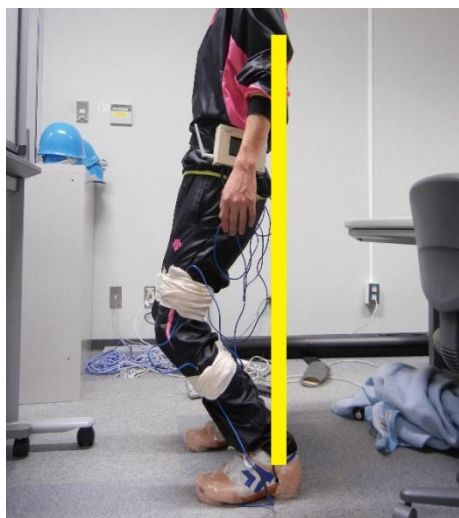


図3 スクワット計測時

(b)片足立ち

2つ目の実験方法として、片足立ちの姿勢をキープしてもらい実験を行った。先ほどの実験では、負荷が均等に分散されているかどうかを判断することを目的としていたが、本実験では、左右の独立した動作の時に、それぞれに違いが生じるかどうかを判断することを目的として実験を行った。

実験の流れは、立ち状態→右足での片足立ち→立ち状態→左足での片足立ち→立ち状態というタスクを利き側に関係なく一律に行った。片足立ちはそれぞれ10秒間行い、途中で上げていて足が床についてしまうと再計測とする。

足裏の土踏まず(アーチ)が潰れてしまい、扁平足の症状が見られる人は、この前足部と中足部の連携がうまく取れず、タメがなくなってしまう。

3.12 対象となる被験者

被験者は、男子大学生・大学院生20名である。服装は下半身の曲げの妨げにならないようなものとした。

男子学生に限定した理由としては、幼児のころは同じであった重心が、男性に比べ、女性は加齢につれて踵重心となり、男女での区別が難しいと考えられるためである。

3.1.3 使用機器

Motion 3D Force Plate M3D

テック技販製3次元歩行解析システムM3Dを使用した。このシステムは、従来のカメラ画像解析(モーションキャプチャ)と床反力計による3次元動作解析装置に代わる、測定場所を限定しない、装着可能な歩行解析システムである。M3Dは、移動式フォースプレートM3D-FP、モーションセンサM3D-MS、そして、データトランスファM3D-DTから構成される。以下に、それぞれについて詳説する。

(a)M3D-FP 移動式フォースプレート

超薄型で軽量のフォースプレートを靴底に装着し使用する。特徴は以下のとおりである。

- ・床反力検出のために、靴底に超薄型で軽量のフォースプレートを装着
- ・足の動きと姿勢を推定するための加速度センサとジャイロセンサを内蔵
- ・方位角に変換するための地磁気センサを内蔵

プラスチック素材であるフォースプレートと、メッシュ素材やEVAラバーソールが使われている屋内用シューズをしっかりと取り付けるために、使用時には、スポーツ用品であるアンダーラップテープをシューズとフォースプレートの両方に巻き、摩擦によって固定しやすくし、上からはナイロンテープを巻き、シューズに固定した(図4)。

これにより、計測時のデータの精度は格段に向上し、安定したデータを取得することができるようになった。以前はガムテープなどでの固定がされていたが連続した動作をした時にぐらついてしまうことがあり、精度が良いとは言えなかった。



図4 移動式フォースプレートの取付け

(b)M3D-MS モーションセンサ

超薄型で軽量のモーションセンサで、脛、腿、腰に装着する。特徴は以下のとおりである。

- ・足の動きと姿勢を推定するための加速度センサとジャイロ

ロセンサを内蔵

- ・方位角に変換するための地磁気センサを内蔵.

使用時には、下腿、上腿、股関節の各センターに取り付ける。各関節間の長さをあらかじめ計測しておき、その中間地点に取り付ける。これも以前はガムテープなどでの固定を行っていたが、衣服への取り付けとなり、衣服のブレも計測に含まれてしまっていたため、精度が良いとは言えなかった。そこで今回の計測実験では、スポーツバンデージを用い、衣服からではなく、身体に衣服の上から巻きつけることで固定するという手法をとった。これにより足を動かしたときの位置や方向を衣服に関係なく取得することができるようになった。

(c)M3D-DT データトランスファ

無線 LAN 内蔵のデータトランスファで腰に装着する。特徴は以下のとおりである。

- ・M3D-FP, M3D-MS からなる両足2系統の測定を1台でサポート
- ・リアルタイム波形モニターと CSV ファイル保存のコントロールソフトを付属
- ・MATLAB によるサンプルソフトを付属

腰に装着し、ここに左右の移動式のフォースプレートと、各関節間のセンターに取り付けるモーションセンサを接続し、レシーバーを USB 接続した PC に圧力データとモーションデータを送信する。

3.1.4 取得する圧力データについて

圧力データは PC でリアルタイムに表示され、動作解析の一部は CSV ファイルとなって保存される。また、フォースプレートからは以下9つのデータが CSV ファイルとして保存される。今回は主に鉛直下方向への圧力を示す(3)Z 荷重を主としてデータの分析を行った。

- (1)X 荷重
- (2)Y 荷重
- (3)Z 荷重
- (4)X モーメント
- (5)Y モーメント
- (6)Z モーメント
- (7)X 圧力中心点
- (8)Y 圧力中心点
- (9)トルク

3.2 被験者の分類

実験前に簡単なアンケートを行い、被験者のグループ分けを行った。ボールを投げる、お箸を持つなどの動作の時に左右どちらを使用するか、非利き側の動作を練習したことがあるかといった内容から左利きの要素が含まれる被験者は左利きとして扱うものとした。

被験者は 20 代の大学生男子 20 名で、うち右利き 10 名、左利き 10 名である。

被験者の 20 名を A~T とすると合計 7 つのグループ分けは以下ようになる。

(a)被験者全体

ABCDEFGHIJKLMNQRST

(b)左利き

ADEKLOQRST

(c)右利き

BCFGHIJMNP

(d)左軸

ACKQR

(e)右軸

DEGHIJLNPST

(BFM は軸足を定めるスポーツが未経験)

(f)左利きと右利きの左足の比較

ABCDEFGHIJKLMN の左足のみ

(g)左利きと右利きの右足の比較

ABCDEFGHIJKLMN の右足のみ

4. 結果

全体的に左右差には有意性が見られなかったが、スクワット時の(b)左利きの足底圧力の左右の平均値には差があると言えた。また、(d)の左を軸足とするスポーツの経験者の足底圧力の左右の平均値には差があるとも言えた。

スクワット時足底圧力では被験者全体に左に偏っている傾向があった。

そこで被験者の中で右に偏っている被験者に注目すると、右打ちの野球やテニスといった右を軸足とするスポーツの経験者であった。

そこで、右打ちの野球やテニスの経験者を除いた残りの被験者で左右のスクワット時の足底圧力を比較してみたところ、左足の方が平均値が大きく、右足との差には有意性があるという結果が得られた。荷重がかかる足は利き側には寄らず左側になり、右打ちの野球やテニスの経験者は右足に偏るといった結果になった。

ここから、右打ちの野球の学習者は右足で、目標動作となる左打ちは左足が軸足となるため、そのまま反転させたデータを使用することが出来ることが判明したが、左右反転動作として扱うスポーツにはサッカーなどは対象にならないことが判明した。

また、CG アニメーションを模倣することはできるが、普段の軸足とは別の足でも同じように足底圧力をかけられるように支援していかねばならない。つまり、全体のモーションを見ることだけでなく、まず圧力をかけ、軸足にすることができるよう段階的な支援が行えるシステムの開発が今後の課題として挙げられた。

5. おわりに

本稿では、モーションコンバータとモーションナビゲータの機能、それらを用いた左右反転動作における学習支援環境の提案手法とその問題点、対象となる動作の決定のための実験とその結果について述べた。

今後は、対象となる動作を設定し、その動作において提示する手法がどのような学習支援となるのかを検証することが次の課題である。

参考文献

- [Thompson 1997] Thompson Floyd, 中村千秋, 竹内真希: 身体運動の機能解剖, 横山印刷株式会社 1997-3-25
- [数藤 1996] 数藤恭子, 蔦田聡, 大塚作一, 伴野昌: 足圧センサを用いた加齢による歩行変化の解析, 電子情報通信学会技術研究報告 MBE, ME とバイオサイバネティクス 1996-11-21