

## 反復運動における運動特性の改善支援機構の構築

### Development of Supporting Function on Motor-skill Learning with Repetitive Motions

濱上 佳祐<sup>\*1</sup>, 松浦 健二<sup>\*2</sup>, 金西 計英<sup>\*3</sup>

Keisuke HAMAGAMI<sup>\*1</sup>, Kenji MATSUURA<sup>\*2</sup>, Kazuhide KANENISHI<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup>徳島大学先端技術科学教育部

<sup>\*1</sup>Institute of Technology, and Science, The University of Tokushima

<sup>\*2</sup>徳島大学情報化推進センター

<sup>\*2</sup>Center for administration of Information Technology, The University of Tokushima

<sup>\*3</sup>徳島大学大学開放実践センター

<sup>\*3</sup>Center for University Extension, The University of Tokushima

Email: hamagami-keisuke@iss.tokushima-u.ac.jp

**あらまし**：反復運動は同じ動作を繰り返し行うため，時系列での身体観測データは波形となる事が多い．本研究では，モーションキャプチャシステムを用いて身体活動をモニタリングし，その波形による運動特性を抽出し，身体活動の改善に用いる．自身の運動特性のみならず，他者の運動特性と比較する事で，自身のフォームの修正や確認を行う事が可能となる．本研究では，身体の全身運動学習を支援するシステムを構築する．

**キーワード**：身体知，スキル学習，モーションキャプチャシステム，反復運動，運動特性

#### 1. 序論

スキルとは，本研究では訓練や教養によって獲得した能力と捉えている．一般的なスキルを獲得方法としては，人や本，動画といったお手本の動きを見て模倣学習する方法や，直接他者の指導を受ける方法などがある．前者の方法では，単独での学習が可能であるが，主観的な視点でしか自身を評価できず，後者の方法では，単身での練習では修正が出来ないといった問題がある．そのため，近年様々な分野において，スキルの解析や獲得に関する技術指向研究が数多く行われている<sup>(1)(2)</sup>．

本研究ではランニングや縄跳びのような反復運動を対象とする．反復運動とは，同じ動作を繰り返し行う運動のことで，身体特徴を表した波を観測できる．そのため，反復運動を対象とする場合，センサを用いて運動データの値を取得し，ユーザに理解しやすい形で情報を表現する事が有用であると考えられる．そこで，センサから得られたデータを波形で考え，振幅や波長の乱れをモニタリングする事で，フォームの乱れといった自身の運動に対する修正すべき情報を客観的に理解する事が可能となる．

本研究では，モニタリングデバイスとしてモーションキャプチャシステムを用いる．モーションキャプチャシステムでは，物体の3次元座標の動きを取得するだけでなく，その3次元座標のデータを用いてコンピュータ上でアニメーション映像として動きを再現する事が可能となる．近年モーションキャプチャシステムはスポーツ，医療，介護，映画のコンピュータアニメーションやゲームのキャラクターの

動きの再現と言ったことなどにも利用されている．

また，人間型ロボットの開発や動作解析を行う研究<sup>(3)</sup>や遠隔操作を行う研究<sup>(4)</sup>などにも利用されている．

さらにモーションキャプチャを用いたスキルに関する様々な研究<sup>(5)</sup>も行われており，全身のモーションデータを学習者に提示することは学習者にとって全体像を捉えやすくし，スキル開発の手段として有効であると考えられる．そこで，本研究では，上級者のモーションデータの提示だけでなく，自身のモーションデータと比較する．そのためのキャプチャシステムを用いることで学習者は上級者だけでなく，安定期の自身の動きと，一定時間以後の自身の動きの違いを数値やアニメーション映像としても得る事が出来るようになる．

しかし，他人同士の運動動作は振幅や波長の違いから並べて比較する事は難しい．そこで本研究は身体スキルに対し，ユーザ間の波を振幅や波長を合わせる事でギャップをより分かりやすく理解出来る支援ツールの構築も行う．

#### 2. モーションキャプチャシステム

モーションキャプチャシステムには主に光学式，磁気式，機械式の3種類の方法が使用されており，どの方式も物体に装着したマーカとマーカを検出するトラッカーを組み合わせる事で，離散的に各マーカの3次元座標の計測を行う．そのデータをグラフ上で表すことで，運動特性としての波形を視覚的な情報として得る事が可能となる．

本研究では，反復運動を対象としているため計測範囲が比較的広く，素早い動作に対応できる光学式

モーションキャプチャシステムを使用する。今回 OptiTrack モーションキャプチャシステムを使用する。また、カメラは OptiTrack:FLEX:V100R2 を使用する。このカメラは、秒間 100 フレームまでの任意のレートでキャプチャを行うことができ、機敏な動きもトラッキング可能である。このモーションキャプチャシステムは、データを取る際にスーツと位置情報を示すマーカを装着して運動を行うことでデータを取得する。今回マーカを付けるのはランニングを対象とした際に最低限必要となる頭、首、両肩、両肘、両手、腰、両膝、両踵、両つま先の計 15 か所である。

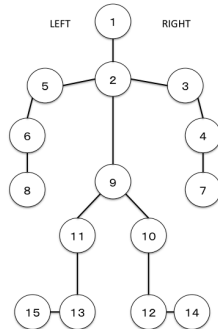


図1 マーカの場所とマーカ ID

### 3. 支援モデル

本研究の対象は、前述のとおり反復運動であり、具体的にはランニングを想定している。また対象者は、まだフォームが安定していない初心者とする。それは、癖のあるフォームは疲労が溜まりやすく、けがの原因になったりするためである。そこで、正しいフォームを獲得することは運動において優先して行うべきことであると考えられ、まだフォームの固まっていない初心者を対象とした。

本システムは、光学式モーションキャプチャシステムからのデータ加工を行う。そして、学習者が自身のモーションデータと比較したい他者の加工データを用いて、ディスプレイ上に運動動作のアニメーションを生成し、比較できるツールを設計した。データの加工内容は、学習者と比較対象の体格を合わせることで学習者と比較対象の運動スピードを合わせて同期をとることを行う。

## 4. 実装

### 4.1 体格合わせ

他者と学習者のモーションデータの体格を合わせる方法について述べる。データの取得にはマーカを用いるが、マーカの位置は毎回データを取得するたびに若干変化している。そのため、学習者の全長に他者の全長を合わせても、体幹の端点以外にも影響が出ると考えられる。そこで他者の各マーカを結ぶ直線の傾きを変えずに距離を変える方式を導入した。

まず、2人のそれぞれのモーションデータから各マーカの座標を取得し隣接するマーカ間の距離を求

める。次に、それぞれの同じマーカ間の距離の比率を取得する。その比率をもとに、隣接するマーカを順に平行移動することで実装した。

### 4.2 同期

他者と学習者のモーションデータの同期をとる方法について述べる。モーションキャプチャシステムで得られる値は離散地である。そのため再生速度を遅くする場合、他者の動作が連続した動作として見られなくなる可能性が考えられる。そこで学習者と他者の1周期にかかるデータ数を合わせることで同期をとった。

まず、2人のデータから1周期にかかるデータ数を計測する。このとき周期は同じマーカ ID の y 座標から計測し、雑音除去後の1周期を極小値から次の極小値までとする。次に、この2つのデータ数を比較し、学習者のデータ数のほうが多ければ、他者のデータに対してデータの差分数の中間値を生成する。また、学習者のデータ数のほうが少なければ、他者のデータに対してデータの差分数間引く。このとき中間値はあるデータの時に((現在のデータ)+(1つ前のデータ))÷2で生成し、データの間引きはあるデータの時に描画を行わず読み飛ばして次のデータを描画することでそれぞれ実装した。

## 5. まとめ

本稿では、モーションキャプチャシステムにより得られた比較対象のデータを加工し、より学習者自身の動作と比較しやすい形でアニメーション映像を提供する運動特性の改善支援機構を提案し構築した。データの加工内容は学習者の体格に比較対象の体格を合わせることで学習者の動作スピードに比較対象の動作スピードを合わせ同期をとることとした。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、御議論頂いた小坂真史氏、後藤田中氏に感謝致します。また、本研究の一部は科研費基盤(C)23501150の支援による。

### 参考文献

- (1) 綿貫啓一:”VR 技術を用いたものづくり基盤技術・技能における暗黙知および身体知の獲得”, 人工知能学会誌 22(4), pp480-490, (2007)
- (2) 佐々木直基:”実技科目における運動スキル獲得のための視覚的フィードバックの導入”, 研究紀要第7号, pp143-144, (2010)
- (3) 神田崇行, 今井倫太, 小野哲雄, 石黒浩:”人-ロボット相互作用における身体動作の数値解析”, 情報処理学会論文誌 Vol44 No.11, 2699-2709, (2003)
- (4) 坂本大介, 神田崇行, 小野哲雄, 石黒浩, 萩田紀博:”遠隔存在感メディアとしてのアンドロイド・ロボットの可能性”, 情報処理学会論文誌 48(12), 3729-3738, (2007)
- (5) 川本竜史, 古川康一:”サッカーにおけるインサイドキックスキルの解明”, 第18回人工知能学会予稿集, (2004)