

熟練者と学習者の視点を統合するスキル動作提示手法の提案

西野 友泰[†] 曾我 真人[‡] 瀧 寛和[‡]

スキル学習支援の分野において、モーションキャプチャシステムによって熟練者の全身のモーションデータを取得し、学習者に提示することは既に行われており、有用性も認められている。しかし学習者によっては全身像の提示だけでは実際のスキル動作を上手くイメージ出来ない場合も考えられる。そこで熟練者自身の視点から熟練者自身の身体部位がどのように見えているかを学習者が体験できるような情報提示を提案する。この新しい情報提示と従来の全身の情報提示を組み合わせれば、今後よりよい学習支援環境の構築に利用できると期待している。

The Skill Motion Presentation Technique Integrating Expert's Viewpoint with Learner's Viewpoint

TOMOYASU NISHINO[†] MASATO SOGA[‡] HIROKAZU TAKI[‡]

In the research field of the skill-learning support, it has been accepted as a useful method to support the learners by showing the expert's motion data gotten by motion capture system. However, we think it is difficult for some learners to image real skill motion only by referring the expert's whole body motion. As a solution we propose a new method of presentation such that a learner can experience how an expert sees his/her body parts from his/her viewpoint. We will be able to develop a better learning support environment by using this method.

1. はじめに

スキル学習の初期段階において、学習者に視覚情報を与えると効果的に学習できることが知られている¹⁾。また、身体情報を取得するためのセンサ機器やモーションキャプチャシステムの小型化、精度向上によりスキル学習支援に活用するための研究が各方面で進められている。具体的には熟練者のスキルデータをセンサ機器によって取得し、学習者に熟練者のスキルデータを提示して学習させる形のものなどがある。提示するスキルデータには様々な種類があるが²⁾、モーションキャプチャシステム等により取得した熟練者の全身のモーションデータを単独で利用する場合³⁾⁴⁾と、他のセンサ機器で取得したデータとモーションデータを併用する場合⁵⁾⁶⁾が多い。そしてどちらの場合もモーションデータは全身の情報を提示している。全身のモーションデータを提示することは学習者にとってスキルの全体像をとらえやすく、スキル学習において有効な手段の一つである。

しかし、学習者によっては全身のモーションデータだけでは、実際行われているスキル動作を上手くイメージ出来ないこともある。そこで熟練者から見た熟練

者自身の動作を知ることができれば、スキルの全体像と組み合わせる事により自分自身の身体をどのように動かせばよいかイメージしやすくなると考えた。この伝達方法を実現するために我々は熟練者の視点から熟練者自身の身体部位がどのように見えているかを学習者が体感できるように情報提示する方法を提案する。具体的には、熟練者のスキルデータと、学習者の視線方向を利用して視野内に含まれるスキルデータを提示する。

提案手法と従来の全身の情報提示を組み合わせ、取得したスキルデータを利用すればよりよい学習支援環境の構築につながると期待している。また我々は、有用性を検証するために、書道を対象動作として現在学習支援システムの構築を進めている。今回は提案手法のシステム概要と、今後の方針について記述する。

2. 試作システムについて

提案する情報提示を実現するために試作システムを作成した。本章では試作システムの構成と提案する情報提示の実現方法を試作システムで行っている手順に沿って説明する。

2.1 システムの構成

試作システムは、計算機本体、没入型 HMD、小型ビデオカメラ、3次元小型方向センサ、モーションキャプチャシステムから構成される(図 1)。小型ビデオ

[†] 和歌山大学大学院 システム工学研究科
Wakayama University Graduate School of Systems Engineering

[‡] 和歌山大学 システム工学部
Wakayama University Faculty of Systems Engineering

カメラと HMD を組み合わせて使用する(図 1)ことにより、ビデオスルー型の HMD として利用している。また、モーションキャプチャシステムは事前に熟練者のスキル動作データとシステム利用者の腕の長さなどの身体データを取得するために利用する。これらのデータ形式は、様々な商用 3D キャラクターアニメーションソフトでもサポートされている BVH ファイルと呼ばれるモーションキャプチャデータファイルフォーマットを利用する。

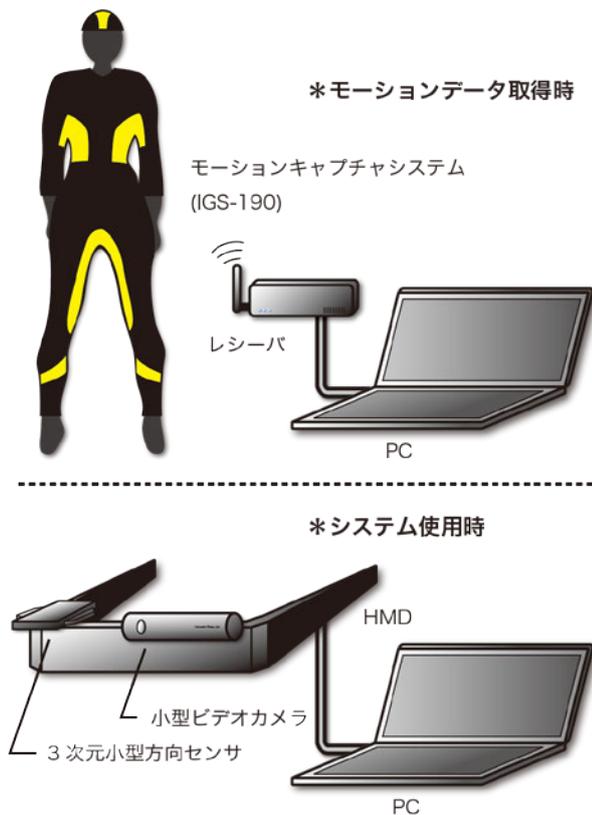


図1 システム構成図

2.2 システムフロー

- (1)熟練者のフォームと学習者の体格を取得
 - (2)学習者の体格に熟練者データを調整
 - (3)学習者の視線ベクトルを導出
 - (4)学習者の頭部の位置を導出
 - (5)視線ベクトルと奥行きベクトルを一致させる
 - (6)HMD に学習者視点からの熟練者動作の表示
- 上記の手順の各段階について以下に詳しく述べる。

(1)熟練者のフォームと学習者の体格を取得

モーションキャプチャシステムを利用しそれぞれのデータを取得する。学習者のデータも取得するのは、同じシステムを利用することで熟練者と同じ形式の体格データを取得するためである。

(2)学習者の体格に熟練者データを調整

(1)で取得したデータを利用して学習者の体格で熟練者が同じ動作を行った場合のデータを作成する。これは、学習者自身の体格で行われた動作を見て学習する方が、理想の動作をイメージしやすいと考えたためである。しかし、対象とするスキルによっては体格差によって大きく動作の異なる場合もある。そして、熟練者の動作をそのまま提示したいという状況も想定される。これらの場合は、熟練者のデータを学習者の体格に調整せず、そのまま熟練者のデータを利用してもよい。

今回行った BVH ファイルを利用した体格の調整について述べる。BVH ファイルはテキスト形式で記述されており、HIERARCHY 部と MOTION 部の 2 部構成になっている(図 2)。

```
HIERARCHY
ROOT root_name
{
  OFFSET 0 0 0
  CHANNELS 6 Xposition Yposition Zposition Xrotation Yrotation Zrotation
  End Site
  {
    OFFSET 0 10 0
  }
}
MOTION
Frames: 1
Frame Time: 0.033
0 0 0 0 0
```

図2 簡単な BVH ファイル

HIERARCHY 部には ROOT ノードを基準点とした階層構造が記述されており、各ノードの静止姿勢は親ノードからのオフセットという形で記述されている。このオフセットの大きさはボーンの長さに等しく、言い換えれば関節間の長さである。またフレーム毎の姿勢はこのオフセットを MOTION 部に記述されている各ノードの回転角と組み合わせることで表現されているため、オフセットの値自体はフレーム毎に変化しない。つまりオフセットを書き換えれば関節の長さを調整したデータを作成することが出来る。

この性質を利用し熟練者の BVH ファイルの MOTION 部と学習者の BVH ファイルの HIERARCHY 部を組み合わせた新たな BVH ファイルを作成することで体格を調整したモーションデータを作成することが出来る。

(3)学習者の視線ベクトルを導出

熟練者の視点から熟練者自身の身体部位がどのように見えるか学習者が体感するためには、学習者の視線ベクトルを計算する必要がある。そこで(2)で作成した BVH ファイルと学習者の頭部に取り付けた 3次元小型方向センサのデータから視線ベクトルを計算する。

AR を利用した学習者視点でのスキル動作提示手法の提案

今回眼球の方向は取得していないため、眼球の向きは考慮せず、HMD の画面の中心方向を見ているベクトルを視線ベクトルの近似値として利用している。また視線ベクトルは首から頭に向かうベクトルに垂直方向のベクトルとしている。

今回使用した BVH ファイルは腰に相当するノードを ROOT ノードとしている。そこで ROOT ノードとその子ノードである両足の付け根に相当するノードで構成されるベクトルの外積を利用して身体の正面方向のベクトルを求める。そしてこのベクトルを首の位置に相当するノードまで ROOT ノードから順に各関節における回転を考慮して移動させ、首の位置での回転角に 3 次元小型方向センサで取得した回転角を利用して視線ベクトルを求める。

(4) 視線ベクトルと奥行きベクトルを一致させる

まず、今回作成したシステムのモーションデータを表示する仮想空間の構成について説明する。仮想空間内には小型カメラ映像を表示するスクリーンとモーションデータを利用したボーンアニメーションを作成し配置した。仮想空間は立体感を表現するため、透視投影を行って描画する。透視投影を行う際のクリッピング空間におけるニア・クリッピング面は視点に十分近い位置を設定し、ファー・クリッピング面は視点から十分離れた位置に設定した。また、作成したスクリーンはファー・クリッピング面付近に配置し(図 3)、その位置でスクリーンが欠ける事なく描画できる最大の大きさに設定した。これによりカメラ画像にボーンアニメーションを重畳表示させることを実現している。ボーンアニメーションは頭部が仮想空間の視点と一致するように配置する。

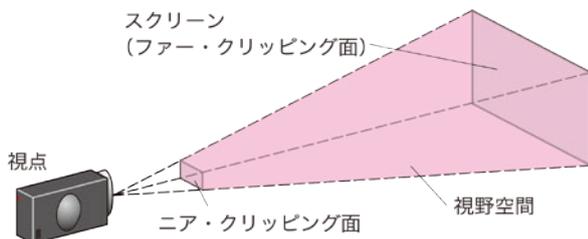


図3 クリッピング面とスクリーンの配置

試作システムでは仮想空間内の視点からスクリーンの中心に向かうベクトルは常に仮想空間内の奥行きベクトルと一致するようにスクリーンを配置している。そこで奥行きベクトルと視線ベクトルが一致させるために 2 つのベクトルのなす角を求め、視線ベクトルを回転させる。この時同時にボーンアニメーションも同

じ角度だけ回転させる(図 4)。

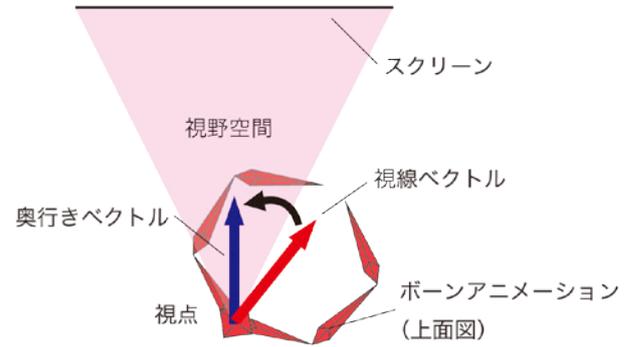


図4 視線ベクトルと奥行きベクトル

よって、視野空間内に含まれるボーンが熟練者が見ている熟練者自身の動作を表現したものとなる(図 5)。

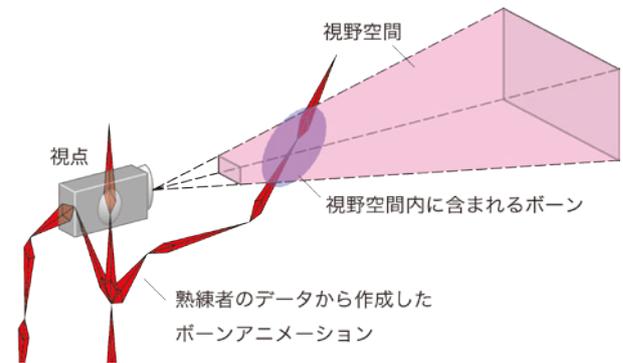


図5 仮想空間のイメージ

(5) HMD に学習者視点からの熟練者動作の表示

最後にこの視野空間内の映像をクリッピングし HMD に表示させることで学習者に熟練者が見ている熟練者自身の身体部位を提示することが可能となる(図 6)。



図6 試作システム画面

2.3 補助機能

試作システムでは、学習者は提示された熟練者の身体部位を表すボーンを見て、熟練者スキルを認識し、

学習者自身の身体部位がそのボーンに重なるように動かすことでスキル学習を行うことを想定している。そのため素早い動作や複雑な動作の場合、学習者の習熟度によってボーンアニメーションの再生速度を変化させる必要がある。そこで試作システムの補助機能としてスロー再生機能を実装した。

2.4 試作システムを利用した本人動作比較

試作システムは、任意の BVH ファイルを読み込んで演算を行うため、体格を調整した熟練者のモーションデータ以外でも演算をおこなうことができる。この特徴を利用して、熟練者の視点から熟練者自身の身体部位がどのように見えているかを学習者が体感する以外にも、学習者自身のモーションデータを利用することで学習者の現在と過去のスキルを学習者自身で比較することも可能である。

3. 提案手法の有用性検証

提案手法の有用性検証のために、書道を対象スキルに設定し、現在検証用システムを作成している。書道を対象スキルに設定した理由は以下の通りである。

- 必ず視界に自分自身の腕(手先)が入る。
- 3次元の動作である。
- 動作速度が速すぎず、適度である。

検証実験では、今回提案した情報提示手法と従来の全身のモーションデータを提示する手法を併用する場合と、どちらか片方のみを利用する場合において、学習者にどのような差異が現れるか検証する予定である。

4. まとめと今後の課題

よりよい学習支援環境構築のために熟練者の視点から熟練者自身の身体部位がどのように見えているかを学習者が体感できるように情報提示するという方法を考え、試作システムを作成した。今回作成した試作システムでは、視野空間内にボーンが含まれない時、小型カメラの映像しか表示されないという欠点がある。しかし、従来から行われている全身像の動作情報提示と併用することによって学習者自身でスキルの全体像を把握し、正しい認識でスキル動作をとらえる事が出来ると考えられる。今後検証実験を行い提案手法の有用性を検証するとともに、提案手法を取り入れた学習支援環境の構築に取り組む。

参 考 文 献

- 1) 井上拓郎, 川村貞夫, 伊坂忠夫, 本荘直樹: “運動パターン学習用スポーツトレーニング装置における視覚・力覚情報の効果”, 日本機械学会ス

ポーツ工学シンポジウム・シンポジウムヒューマン・ダイナミクス講演論文集, vol. 2001, pp. 155-159, 2001.

- 2) 木村篤信, 黒田知宏, 眞鍋佳嗣, 千原國宏: “動作学習支援システムにおける視覚情報提示方法の一検討”, 日本教育工学会論文誌, vol. 30(4), pp. 293-303, 2007-03-20.
- 3) 本荘直樹, 伊坂忠夫, 満田隆, 川村貞夫: “HMD を用いたスポーツスキル学習支援装置の開発”, 機械力学・計測制御講演論文集, D&D 2003(abstract), 226, 2003-09-15.
- 4) 曾我麻佐子, 明神由佳: “モーションデータを用いた新体操ルール学習支援システムの試作と評価”, 映像情報メディア学会誌, vol. 62, No. 2, pp. 68-72, 2008.
- 5) 浦脇浩二, 増田泰, 眞鍋佳嗣, 千原國宏: “スポーツフォーム練習支援のための生体情報可視化”, 情報科学技術フォーラム一般講演論文集 3(3), 471-472, 2004-08-20.
- 6) 石川飛鳥, 松田浩一, 亀田昌志, 土井章男: “先行指示による踊り初心者のための習得支援手法”, 情報処理学会研究報告, グラフィクスと CAD 研究会報告 2003(15), 1-6, 2003-02-14.