

# モーションキャプチャを用いた教育支援システムの検討 —芸術分野での演者の違いによる特徴抽出—

○栗山 寛子\*<sup>1</sup> 入江 寿弘\*<sup>2</sup> 丸茂 美恵子\*<sup>3</sup>

キーワード：モーションキャプチャ 日本舞踊 バイオリン AR

## 1. はじめに

本研究ではモーションキャプチャを用いて技能者と生徒の動作データを収集し、計測したデータを解析することで、芸術分野における教育支援システムの構築を目的としている。

日本舞踊やバイオリン演奏などの芸術分野における高度な技能の伝承は、技能者と生徒が1対1の直接的な教育が効果的である。そして、熟練するには繰り返しの練習が不可欠となっている。しかし、技能者と生徒数の人数比・両者の共通時間の確保が困難・指導できる技能者の減少などから、生徒に動作を効率的に教示し、技術を的確に新しい世代に継承する教育支援システムの開発が求められている。さらに、このシステムは建築現場での高所作業の訓練などにも利用可能であり、実用化が望まれている。

モーションキャプチャを利用することにより、固定された一方向からではなく360度の角度から動きを見ることが可能になり、詳細な動作を数値として表すことができる。生徒と技能者で同様の演奏部分を二画面並べて表示できることから、動作比較も容易となる。また、計測した動作の公開をすることで日本舞踊の流派や演奏者のスタイルに関係なく学ぶことが可能になるため、モーションキャプチャを用いた教育支援システムは生徒の成長に繋がることが期待できる。

## 2. モーションキャプチャによる動作計測

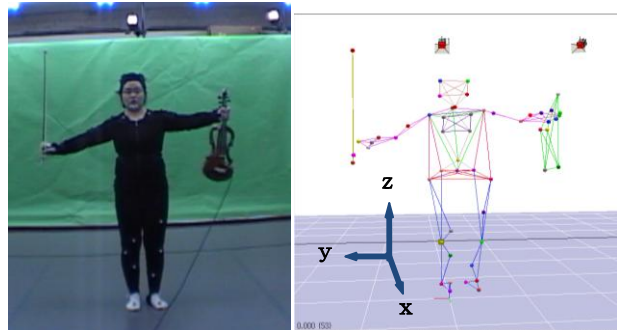
### 2.1 モーションキャプチャ

モーションキャプチャとは、人物や物体の動作計測を行い、そのデータをデジタル化してコンピュータに取り込むことで記録する方法である。今回使用した、光学式モーションキャプチャは、三角測量の原理を使用<sup>1)</sup>し、2台のカメラでマーカを捉えることで、位置を3次元座標情報として取得する。マーカは球状であることから、どのカメラから捉えたときも一様な形状として表示することができる。この表面には反射テープが取り付けられている。これによりカメラのレンズ周辺についている赤外線LEDからの赤外線光を反射する。この反射光をカメラで検出することによりマーカを認識する。測定範囲内で動くマーカを常にとらえ続ける必要があるため、カメラを複数台使用して計測を行う。

### 2.2 動作計測実験

モーションキャプチャを用いて日本舞踊とバイオリン演奏の2種類の動作計測を行う。日本舞踊の動作計測の場合、被験者の全身に42個のマーカを取り付け、4[m]×4[m]の計測範囲内を踊ってもらうことで計測を行う。バイオリン演奏の動作計測の場合は、人体の動作計測を行うことができる42個のマーカに加え、指に3個、バイオリンに5個、弓に3個の計53個のマーカにより同範囲内で計測を行う。

計測範囲内を満遍なく撮影できるように11台のカメラを設置し、カメラキャリブレーションやピント調整を行うことでカメラ位置やパラメータの調整を行う。2台以上のカメラでマーカを見ることができない場合は、3次元座標データが欠落するので補正が必要となる。図1にモーションキャプチャの計測風景を示す。図2、図3には、バイオリン演奏動作計測時の追加マーカ位置を示す。



(a) 計測中の様子 (b)モーションキャプチャ画面

図1 モーションキャプチャ計測



図2 指のマーカ位置



(a)バイオリン表面 (b)バイオリン裏面 (c)弓  
図3 バイオリンと弓のマーカ位置

図3(c)のマーカの固定位置は、マーカ1を Top Bow、マーカ2を Middle Bow、マーカ3を Bottom Bow とする。

### 2. 3 結果

今回の計測を行った結果、日本舞踊の動作計測では屈み込むなどの特定動作によってマーカが体の影に隠れてしまうことにより全てのマーカをキャプチャできず、キャプチャしたマーカの数 が 42 個に満たないシーンがあったが、後から補正を加えるという条件で計測を行うことができた。

バイオリン演奏の動作計測では、人・バイオリン・弓と異なる動きをする複数の物体の動作計測を同時に行えるかということを確認した。弓に付けた3つのマーカに注目し、図4に弓につけたマーカの各軸方向の軌跡を示す。

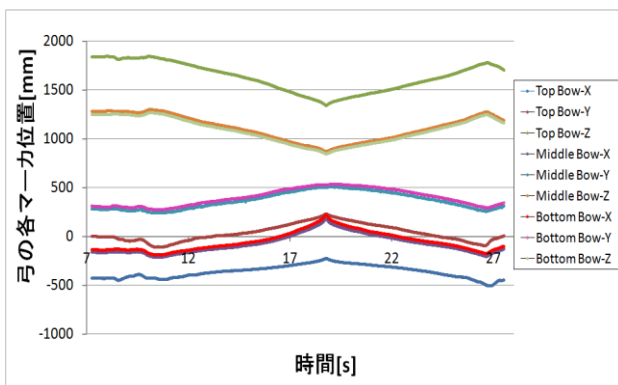


図4 弓の各軸方向の軌跡

図4から、それぞれ一直線上の弓に付けたマーカは固定している位置が違うにも関わらず、各軸はほぼ同様の動きをしているとわかる。これから、動作計測は成功したと言える。また、マーカ同士が近すぎても誤認識を起こすため、左手の親指、人差し指、薬指につけたマーカの計測が行え

ているか確認した。演奏した曲はきたきら星である。ビブラートという指板を押さえている指の位置を動かし、聴覚上の音高を保ちながら音の高さを揺らす技術を用いて演奏する。図5、図6、図7に左手各指のX軸座標の軌跡を示す。

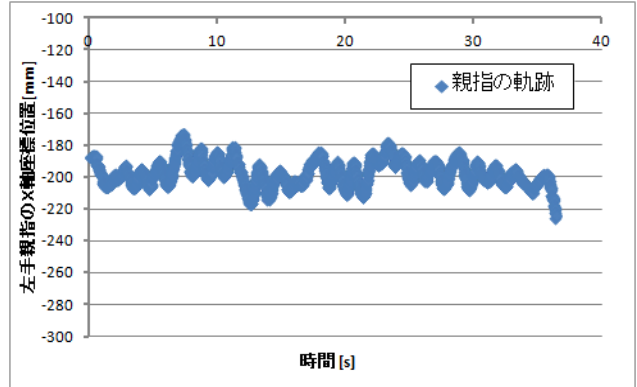


図5 左手親指の X 軸座標の軌跡

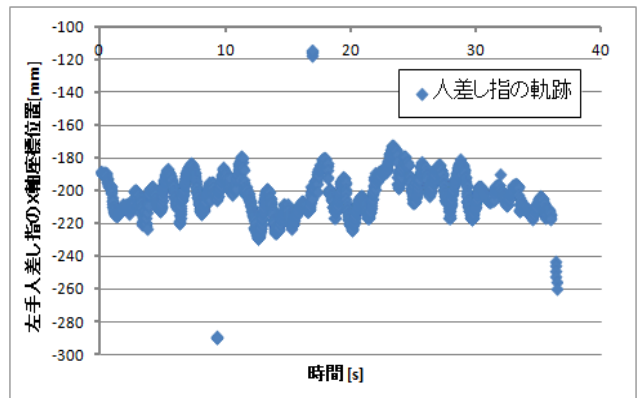


図6 左手人差し指の X 軸座標の軌跡

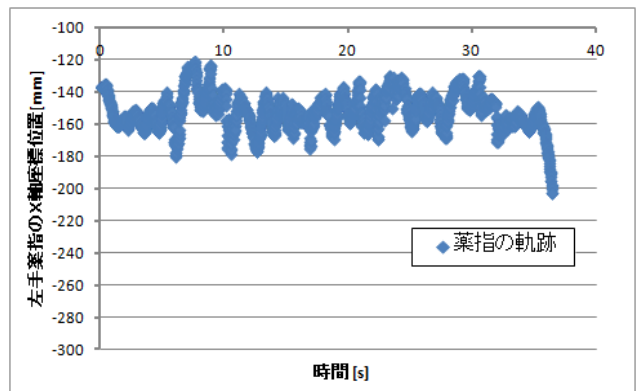


図7 左手薬指の X 軸座標の軌跡

演奏中の左手親指の役割は、他の指を動かしやすくするために軽く指板を支えるという意味が強く、移動動作のみでビブラートを使用してはいけない。対して左手人差し

指・薬指はビブラートを使用している。今回計測したきらきら星は指を押さえる動作のみで演奏が行えるため、指板の平行移動動作は行っていない。親指もほぼ動かさず演奏を行った。しかし、図5を見ると X 軸座標の位置が動いていることがわかる。これは演奏中、体全体を動かしていたためだと考えられる。親指と人差し指はほぼ同様の位置で動かすため、図5、図6で同じ座標位置を移動しているが、人差し指はビブラートを使用していたため、図6は図5に対して移動幅が大きく、小刻みな位置変動が多く見られる。図7でも、同様に小刻みな位置変動をしていることがわかった。これより、左手の各指につけたマーカの計測は行えているといえる。しかし、手の近くにあるマーカは、手や楽器の影に隠れてしまうことが多いため、補正が必要であることが考えられる。

### 3. バイオリンの周波数解析

モーションキャプチャによるバイオリン演奏の動作計測と同時に、動作と音響の関連性の検討を行うため、A (ラの音、442Hz でチューニング) 線のボーイング動作時の音の計測を行う。ボーイングとは、弦と弓を直角に保ったまま弓を直線運動する動作である。これは、弦の同じ位置を弓下から弓先まで全弓で弾き続けることで均質な音を出す練習となる。生徒と技能者で、同様の楽器・日程・チューニング・テンポで計測を行った。メトロノームの 60 テンポで倍全音符を全弓で往復一回、A 音を演奏した際のゆらぎを図8、図9に示す。図8は生徒、図9は技能者の計測結果である。

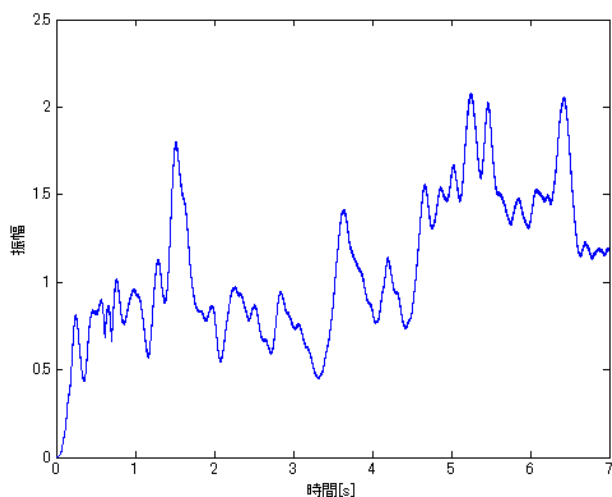


図8 生徒の A 線演奏のゆらぎ

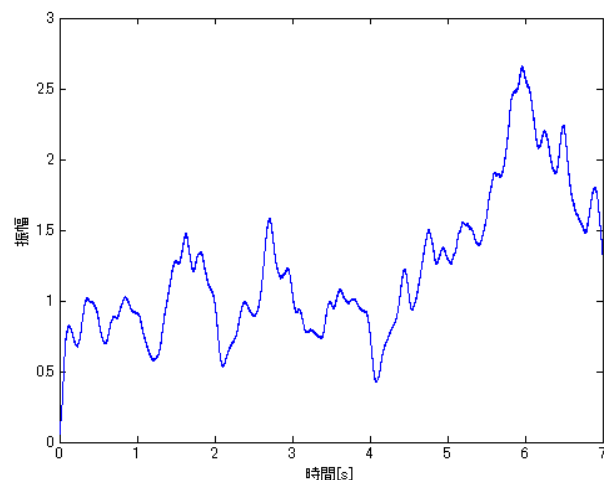


図9 技能者の A 線演奏のゆらぎ

図8、図9をみると、生徒の A 線演奏は小刻みな振幅が多く見られるのに対して、技能者の振幅はゆったりとしたものになっている。音楽では、規則正しさと不規則さの混在した音の状態を 1f ゆらぎという。これは、人に快適感を与える。基本となる音が規則性を生み、そこを振幅する形で不規則音が影響するため、ゆらぎの中に同じ形の振幅が見られることが多いが、生徒の演奏よりも技能者の演奏の方が時間と振幅の激しい変化がないことから、基本となる音が安定していることがわかる。

### 4. AR を用いた動作教示システムの検討

#### 4. 1 拡張現実(AR)

拡張現実 (AR : Augmented Reality) とは、私たちが現実の環境から受ける知覚情報にコンピュータによって作り出された情報を重ね合わせることによって、現実世界の情報を強化する技術である。私たちが感じている現実感 は感覚器に外界から入ってきた刺激を脳の中で処理することによって構成されているため、その刺激をコンピュータによって擬似的に作り出し感覚的に与えてやれば、本当は存在しないものがあたかもそこにあるかのような体験をすることができるといえる。<sup>2)</sup>

#### 4. 2 ARToolKit

ARToolKit とは、AR アプリケーションの実装を手助けする C/C++用のプログラミングライブラリである。ARToolKit を使うと、紙に印刷されたパターンをカメラで読み込み、その上に 3D オブジェクトをオーバーレイ表示するアプリケーションが簡単に作れる。

ARToolKit が提供する主な機能は以下の 4 つである。

- ・カメラからの画像習得
- ・マーカ検出とパターンの認識
- ・マーカの 3 次元位置・姿勢の計測
- ・実写画像と 3 次元 CG の合成表示<sup>2)</sup>

#### 4. 3 AR を用いた視覚的な動作表示の検討

モーションキャプチャで計測したデータは、マーカの位置情報がモーションキャプチャ上では点表示されるため、動作の状態が分かりにくい。計測したデータを客観的に把握するため、3DCG と AR を用いて画面上に表示することにより、視覚的に分かりやすい動作表示方法の検討を行う。今回は、計測した日本舞踊の動作データと人型の 3DCG を連動させる。その様子を、図 10 に示す。

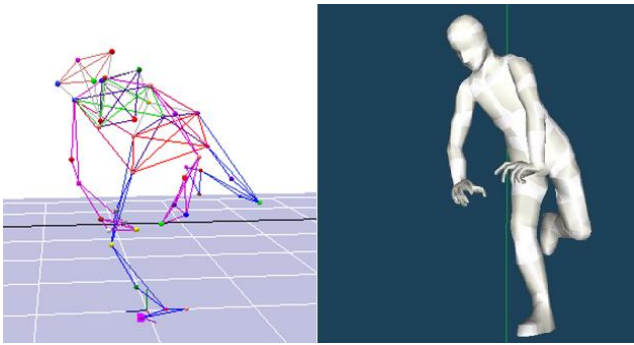


図 10 計測データの 3DCG へのデータ反映

この動作データを反映した 3DCG をアニメーション表示することで、手軽に様々な角度から動作データを確認することができるようになる。図 11 は、ARToolKit を用いて人の横に等身大のデータを表示させた様子である。

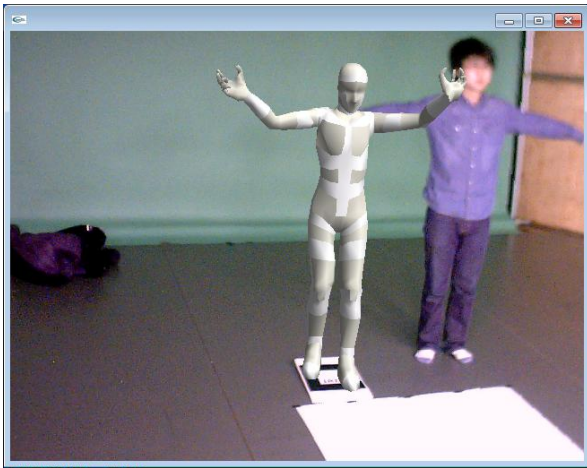


図 11 ARToolKit による計測データの 3DCG 表示

この 3DCG と自分の動作と一緒に画面に表示させることにより、動作データを点表示するのみより動作比較が容易になると考えられる。よって、AR を用いて等身大の動作データを表示することで、一般ユーザが手軽に自身と技能者の動作比較を客観的に行うことができる可能性を確認した。

#### 5. まとめ

モーションキャプチャを用いて日本舞踊、バイオリン演奏の動作計測に成功したが、マーカが隠れる・誤認識を起こす際にはそれぞれ手作業で補正が必要なることがわかった。

バイオリン演奏の動作を、モーションキャプチャを用いて計測とともに録音することにより、音響解析が行えた。

AR を用いた動作表示システムの検討として、モーションキャプチャにより計測した出力データを 3DCG と連動させ、現実空間に付加表示させることにより、計測したマーカの位置情報を直接見るよりも客観的にデータを参照することができた。

#### 6. 今後の展望

それぞれの動作計測では、全ての指にマーカを付けることで、より詳細な動作データを得られると考えられる。しかし、マーカ同士が近すぎると誤認識を起こすため、慣性センサなどを用いて、欠落したデータを手作業で補正することなく動作計測を行えないか検討する必要がある。また、データ欠落部分の動作補正を行い、バイオリンの重心計算をすることや指や弓の回転運動を推定することなどから動作と音響の関連性の解析を行う。ほか、バイオリンと弓の 3DCG を作成し、バイオリン演奏の動作データと連動させることで、より視覚的に分かりやすく動作データを表示させることや、モーション計測時や動作比較時に手本となる動きとの動作度合いの異なり方により警告音を出す・計測中の部屋の照明の色を変更するといったことを考えることから、より利用・理解しやすい教育支援指導システムを考える。

#### 7. 謝辞

今回の研究を行うにあたりまして日本大学理工学部 篠田之孝教授及び芸術学部関係者の方たちのもとに行うことができ、心より感謝申し上げます。

また、本研究は、科研費(研究代表者：丸茂美恵子、課題番号：23300225)の助成を受けたものである。

#### [参考文献]

- 1) 奥富正敏、小沢眞治、清水雅夫、堀修：デジタル画像処理、CG-ARTS 協会、pp. 257-262、2006
- 2) 橋本直：ARToolKit 拡張現実感プログラミング入門、ASC II、pp. 008-011

\*1 日本大学大学院理工学研究科精密機械工学専攻 博士前期課程

\*2 日本大学理工学部精密機械工学科 教授 博士(工学)

\*3 日本大学芸術学部演劇学科 教授 博士(芸術)