

バイオリン演奏時のモーションキャプチャを用いた 特徴抽出の検討

Study on Feature Extraction Behavior of Violinist using Motion Capture

入江 寿弘[†]

Toshihiro IRIE[†]

[†] 日本大学 [†] Nihon University

E-mail: [†] tirie@eme.cst.nihon-u.ac.jp

1. はじめに

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での直接的な教育が効果的である。技能の習得には繰り返しの練習が不可欠であるが、卓越した技能者の人数は少なく、直接的な教育が充分実施できない状況である。

そこで、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。技能の伝承・保存のために、モーションキャプチャを用いた動作のデジタルデータでの記録が普及してきている。

本研究では芸術分野における教育支援システムの構築^[1]を目的としてバイオリン演奏の動作計測と解析方法について検討を行った。

2. モーションキャプチャ

2.1 光学式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^[2]である。光学式モーションキャプチャは計測対象に取り付けられた複数の球状の反射マーカの画像を複数台のカメラでコンピュータに読み込み、それぞれの反射マーカのカメラ撮像面での2次元座標を抽出する。それらのデータから反射マーカの3次元位置を求めるために、最初にそれぞれのカメラの3次元の位置と姿勢角を求めるキャリブレーションを行う。L字型の枠にマーカを貼り付けたキャリブレーションをすべてのカメラでとらえる事が出来る要に計測エリアの中心に配置し、カメラ撮像面でのマーカの2次元位置を元にキャリブレーションの位置を原点とする座標上でのカメラの位置と姿勢角を算出する。

次に、カメラの2次元的位置関係が有る程度求まっている状態で、計測エリア全体でT字型のキャリブレーションを動かしながら一定時間計測を行い、すべてのカメラで捉えたマーカ位置が計測領域全体でほぼ満足する変換係数行列を求める。カメラの配置や台数によ

り予定の計測可能領域が有られない場合は、再度カメラの位置・姿勢角を調整して一連のカメラキャリブレーションを行う。

2.2 センサ式モーションキャプチャ

光学式モーションキャプチャでは計測領域の外側にカメラを設置するため、三脚やポールまたは天井に取り付けた架台にカメラを取り付ける。このため計測専用のスタジオが必要で、計測用カメラ自体も高フレームレートでの撮影が必要なため、通常のテレビカメラより高額である。

半導体製造技術の発達でMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いた加速度センサ、角速度センサなど各種センサが安価に入手可能となってきた。これらのセンサを用いる事により安価なモーションキャプチャが構築でき、一般的にも市販されるようになってきている。



図1 モーションセンサ

センサ式モーションキャプチャ(図1)では加速度センサ、角速度センサ、地磁気センサを用いて姿勢角を検出することが可能である。ただし、光学式モーションキャプチャの様に3次元的位置を検出することは出来ないため、仮想的な地面を設定し足底部分の接地と遊脚の判定を行いながら空間内での移動を推定している。

また、推定する角度情報の中でピッチ角・ロール角は速度センサと合わせて推定することは出来るが、ヨ

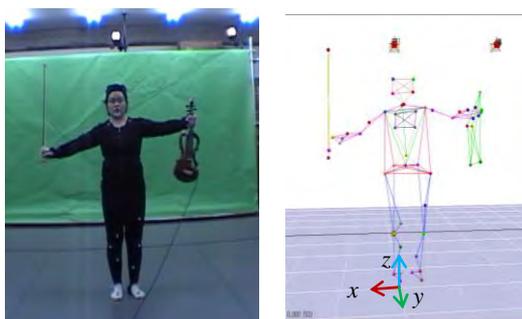
一角については地磁気を用いて推定している。地磁気は磁性体が近くにあると影響を受けやすいのでセンサ周辺に金属製品が無い様に配慮する必要がある。

センサ式モーションキャプチャでも測定前にキャリブレーションが必要で被験者がセンサを装着した状態で幾つかの決められた姿勢を行う事で各センサの補正係数等を推定している。しかし、センサの取り付け位置や向きを厳密に決めるのが困難で、キャリブレーションの姿勢も正確に決められないので光学式モーションキャプチャ程の精度確保ができない事が課題である。

3. モーションキャプチャによる計測

3.1 測定条件

モーションキャプチャを用いてバイオリン演奏の動作計測を行った。バイオリン演奏の動作計測はマーカを上半身 42 個、指 3 個、バイオリン 5 個、弓 3 個につけた計 53 個のマーカを取り付け 4m×4m の計測領域で計測を行った。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った。



(a) (b)
図 2 モーションキャプチャ計測



(a) 表面 (b) 裏面 (c) 弓
図 3 計測に用いたバイオリン

図 2 (a) は計測中の様子の写真、(b) はマーカ位置をモーションキャプチャのシステム上で表示したものである。図 3 は計測に用いたバイオリンで赤の矢印位置にマーカを取り付けた場所を示す。

3.2 ビブラート演奏

図 4 はモーションキャプチャで計測したバイオリン演奏時の弓の 3 か所の x 軸方向の軌跡である。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っても関わらず、各位置の軸はほぼ同様の動きをしているとわかる。

次に、マーカ同士が近すぎると誤認識を起こすため、左手の親指 (図 5)、人差し指 (図 6)、薬指 (図 7) につけたマーカの計測が行えているか確認を行った。

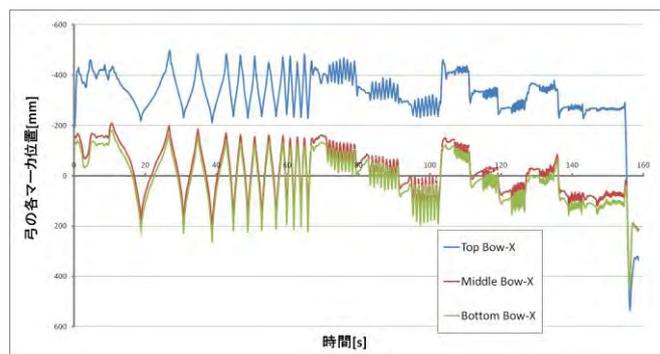


図 4 弓のマーカ位置の計測結果

演奏した曲は「きらきら星」でビブラートで指板を押さえている指の位置を動かし、聴覚上見かけ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した。親指はほぼ動かさず、人差し指、薬指を動かす。

この実験では人差し指の位置移動を行わなかったため親指とほぼ同じ位置で動いている事が判る。

また、ビブラートによりグラフのように人差し指と薬指は、親指よりも振幅が大きく動作している。

しかし、手の近くに付けたマーカは楽器の陰に隠れたり、違う指と間違えて認識してしまうことも多いため補正が必要であることが判った。

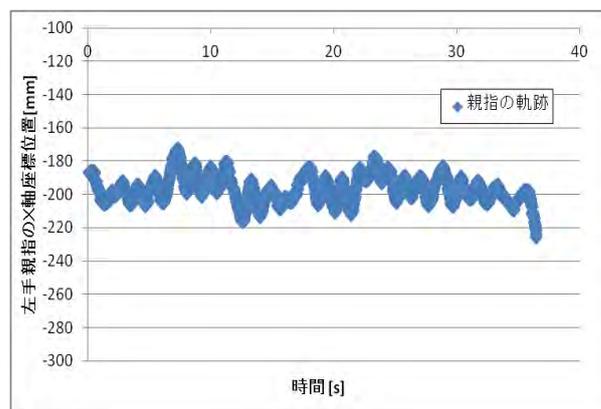


図 5 ビブラート時の親指の軌跡

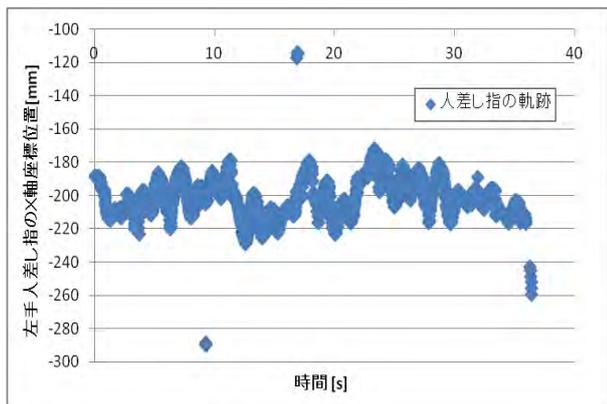


図 6 ビブラート時の人差し指の軌跡

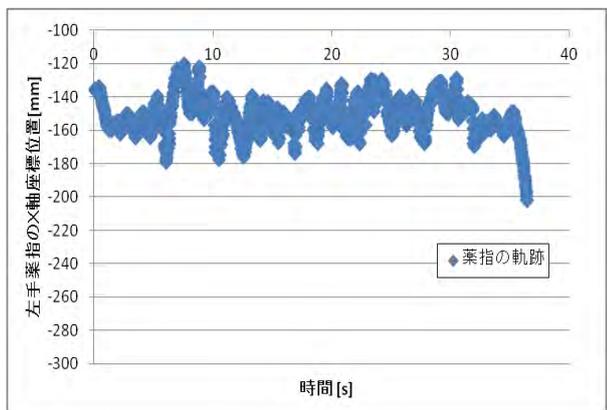


図 7 ビブラート時の薬指の軌跡

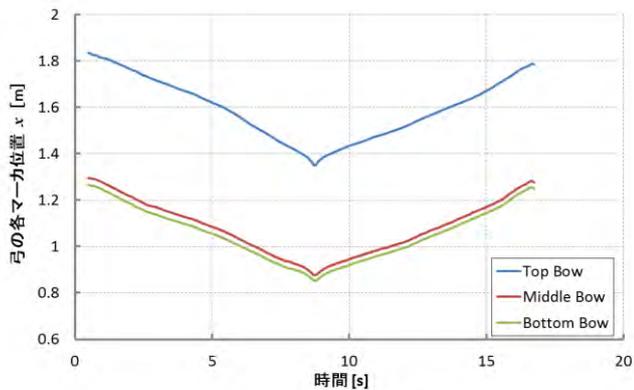


図 8 ボーイング動作の軌跡 (生徒)

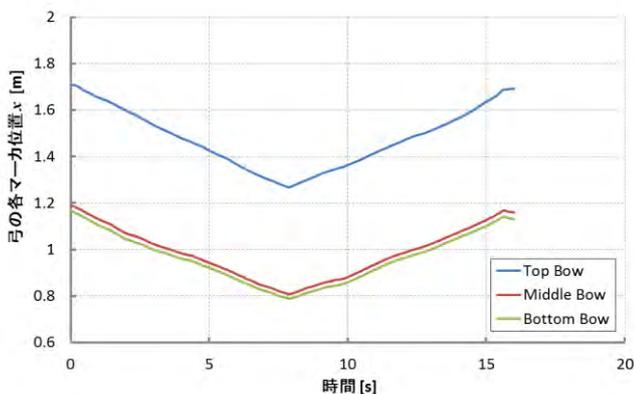


図 9 ボーイング動作の軌跡 (教師)

3.3 ボーイング計測の比較

次にボーイング動作で 442[Hz]でチューニングされた開放弦第 2 弦 A 音(ラ)を発生する動作について計測を行った。ボーイング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動作を計測した。図 8 は生徒のボーイングの軌跡で図 9 は教師の軌跡である。Top Bow と Bottom Bow の軌跡が教師はほぼ等間隔であるのに対して生徒の場合は折り返し点で狭まっていることが判る。この事から教師はほぼ平行に動かしているのに対し、生徒は傾きが変化していることが判る。

3.4 音の解析

ボーイングを行った際の音量の時間的な変化について解析した。

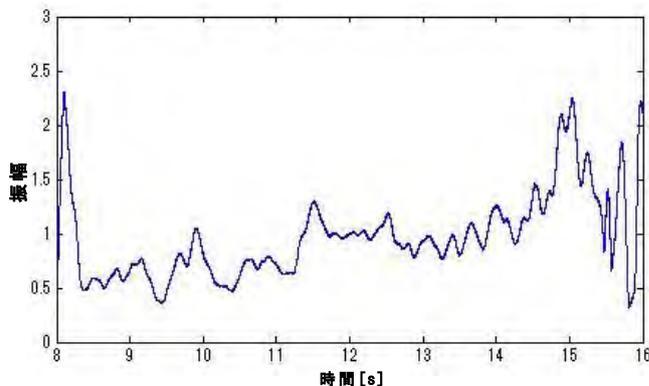


図 10 ボーイング時の音量変化 (生徒)

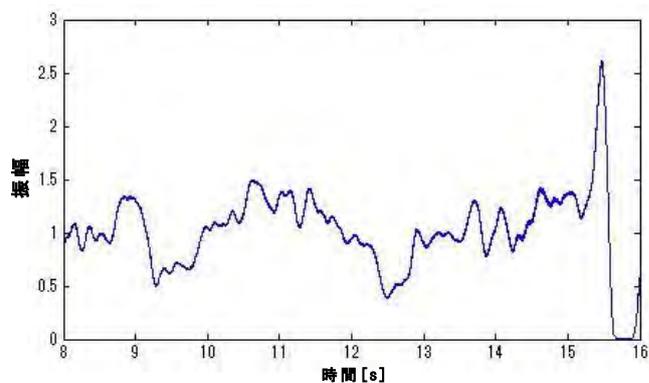


図 11 ボーイング時の音量変化 (教師)

図 10 の生徒は小刻みに振幅が変化しているのに対し、図 11 の教師の演奏は変化がゆったりとしていることがわかる。また、生徒は弓の移動方向で音量が異なっているのに対し、教師は方向に関わらずほぼ一定の音量を保って演奏している事が判る。

バイオリン演奏におけるボーイング動作ではより安定した状態を維持することが重要な要素となるため、技能者の方が音響解析からも安定したボーイングを行っていることがわかる

4. まとめ

楽器演奏の動作についてモーションキャプチャを行

い基本的な動作での教師と生徒の動作や音の違いについて検討を行った。

今後、機会があれば卓越した技能者の演奏についてもその動作の計測や特徴分析を行い、3 DCG での動作教示やロボットを用いた演奏等についても検討していく予定である。

謝 辞

この研究を行う当たり、適切な助言を頂いた川上央先生、斎藤恵美子先生、長尾嘉満先生に深く感謝いたします。そして、バイオリンのモーションキャの計測・実験データの整理等を行ってくれた実験当時の研究室の大学院生達に感謝します。

問合せ先：

入江 寿弘

〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1

日本大学理工学部 精密機械工学科 613 室

TEL 047-469-8792

e-mail : tirie@eme.cst.nihon-u.ac.jp

文 献

- [1] 日本舞踊の技能教示システムの研究:-カメラと慣性センサを用いた動作計測システムの検討-,高村直也,栗山寛子,田中拓也,小野寺司,青木駿介,入江寿弘,丸茂美恵子,第18回計算工学講演会論文集, H-2-4, 2013
- [2] デジタル画像処理:奥富正敏、小沢眞治、清水雅夫、堀修 CG-ARTS 協会、2006