

平成22年 6月21日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20700655
 研究課題名（和文） 楽器演奏上達のための動作と音の解析に基づくコツ伝授システムの開発
 研究課題名（英文） Development of skill teach system based on analysis of movement and sound for musical instrument performance

研究代表者
 野口 健太郎（NOGUCHI KENTARO）
 沖縄工業高等専門学校・情報通信システム工学科・准教授
 研究者番号：00335100

研究成果の概要（和文）：本研究は、バイオリン演奏を対象にして、奏者の腕や弓の動きなどをモーションキャプチャーを用いて動作解析し、これと同時に奏でる音を解析し、楽器演奏上達のための教育法を開発する。これまで、弓を動かす右腕の動き、弓とバイオリンの弦の交わり角度、弓速度の関係を明確にした。また、奏でる音の定量的評価を行うために調和度を定義し、弓速度および弓と弦のなす角度に対する音量と調和度による評価も行った。

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：デジタル信号処理，教育工学

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，科学教育

キーワード：楽器演奏上達，動きと音の協調，コツ伝授，教授法の定量的評価，eラーニング，バイオリン指導

1. 研究開始当初の背景

現在、製造業の現場や芸能の教育における技能継承において、言葉による継承が難しい動きのコツを、後進に効率よく如何に指導するかという取組みが多く行われている。その中の音楽教育の分野における楽器指導は、音楽系や教育系大学、音楽教室あるいは最近ではeラーニングを活用し、指導者養成から趣味の領域まで幅広く行われているが、このような楽器指導を行う大学や企業では、指導者の経験に基づく指導が行われるのが通常であり、動作解析などの数値解析に基づく教育法までを一貫して行っている事例は少ない。

2. 研究の目的

楽器指導など芸能・文化の伝承は技能と感性の両方の教育を併せ持っている。芸能・文化の伝承に対する工学的アプローチの一つとして、我々はバイオリンの楽器指導に的を絞り、その楽器演奏の音および動きの解析に基づく教育法を検討する。

具体的には、バイオリン奏者の腕の動き、手の運び、姿勢などをモーションキャプチャーを用いて動作解析し、これと同時に奏でる音を解析し、そして動きと音を協調させた演奏上達のための教育法（コツ伝授システム）

を開発する。従来の教育法は、動きに関しては指導者の動きを真似て指導するが、奏でる音に関しては感覚で指導するしかない。このような教育法に対し、我々が開発する教育法は、動きと音を定量的に評価し、それに基づく適切な教材を用いた教育法である。

3. 研究の方法

(1) 計測環境

本研究における計測環境は、図1に示すように、バイオリン演奏動作の計測する光学式モーションキャプチャーおよび録音機を用いて、バイオリン指導者（指導歴7年）とバイオリンの初心者や中級者の生徒に対して実施する。

(2) 計測対象動作

まず、右腕の練習動作の違いを比較する。図2(a)のようにマーカーを付け、同図(b)に示すように右腕の肩、肘、手首、手の甲の動作解析を行う。右腕の練習のねらいは、手の甲を常に上に向けたまま体の前で上下運動させることで、弓を動かす動作習得の最初のステップとすることである。実際の指導は、指導者の動きの見真似と助言で行い、右腕の手の甲に消しゴムを載せ、それを落とさないように上下運動させて練習させている。

次に、バイオリンの弓速度および弓と弦のなす角、演奏された音の後述する調和度との関係を同時に見ることにより、動きと音の関係の定量化を図る。

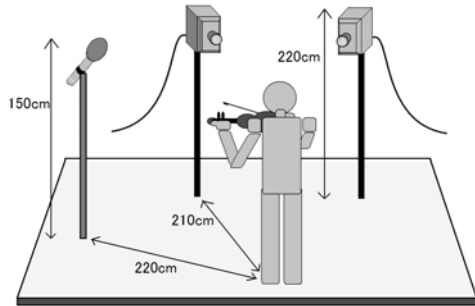
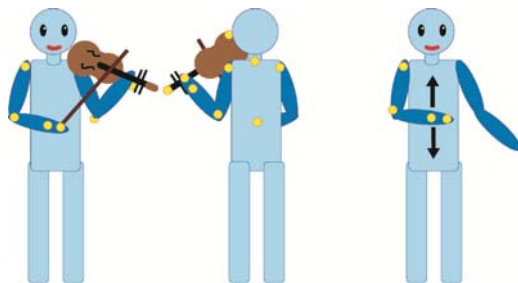


図1 動きと音の計測環境



(a) マーカーの位置
(b) 基本練習動作
図2 モーションキャプチャーの
マーカー位置

(3) 調和度（音の評価）の定義

本稿では、音の理想的な楽音への近さを、

図3に示す調和度で定義する。調和度は音が楽音にどれだけ近いかを示す指標である。初心者がよく陥りがちである演奏法である弓が弦に対して直角になっていないといった状態での演奏を行った時、本来の基本周波数とその倍音周波数以外に発生する周波数成分や、ノイズのような音が含まれる音が生じることから、バイオリン演奏の学習の初歩的な段階における音の良さの指標として、調和度を用いることができると考える。

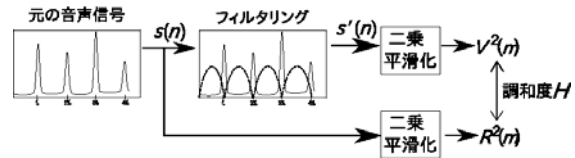
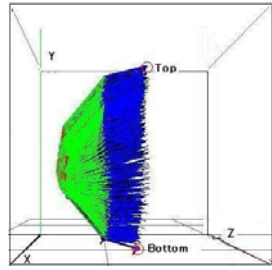


図3 調和度の定義

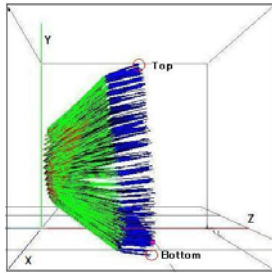
4. 研究成果

(1) 右腕動作の評価

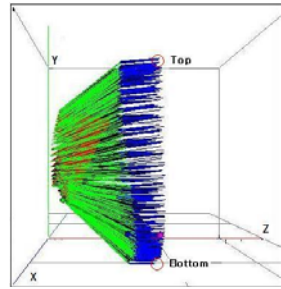
計測された手首の動作軌跡と肘関節角度に着目して考察を行う。実験は、指導者および初心者に対して右腕の基本練習を行ってもらい、モーションキャプチャーにより手首の動作軌跡と肘関節角度および速度変化に着目して考察を行う。図4は、正面から見た右腕の動作軌跡であり、(a)は指導者、(b)は消しゴムを載せていない状態の初心者、(c)は消しゴムを載せた状態の初心者である。この練習では、手の甲を上に向けたまま、直線的に上下運動することが要求されている。図4(a)は、腕が上の時点(TOP)と下の時点(Bottom)でほぼ一直線であるが、(b)は、肘を支点として腕を上下運動させるために、TOPとBottomで傾きが生じている。しかし、消しゴムを手の甲に載せることで(c)に示すようにほぼ直線になっていることがわかる。また、図5は、右腕の肘関節角度の時間変化をプロットしたものである。肘関節角度が最も大きい時が、最も肘を開いているBottomの時で、その間の低い地点がTOPである。指導者の肘関節角度において、TOPの付近になると肘の角度は一定となるように動き、TOPの地点で上に凸なピークを持つという特徴がある。これは、初心者の消しゴムを載せない時の練習動作(b)、実線)ではみられない特徴だが、消しゴムを載せ、直線的な軌跡の動作ができていた時の肘関節角度(b)、破線)には指導者と同じような「TOPにおけるピーク」がある。このような肘関節角度の変化の特徴は、従来の指導では意識されていなかった点である。このように動きと音を可視化することは、指導者に対しては、無意識で行ってきたことを数値で示すことで新たな指導方法に繋がると考える。



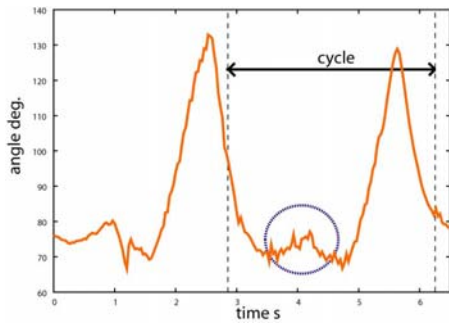
(a) 指導者の右腕の軌跡



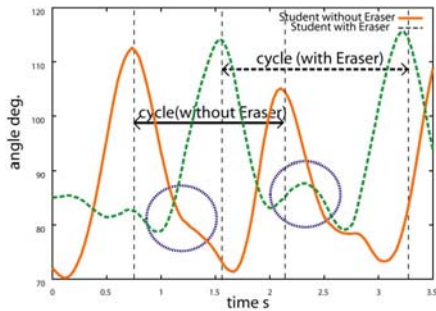
(b) 初心者の右腕の軌跡 (消しゴムなし)



(c) 初心者の右腕の軌跡 (消しゴムあり)
図4 右腕の動作軌跡 (正面)



(a) 指導者の肘関節角度



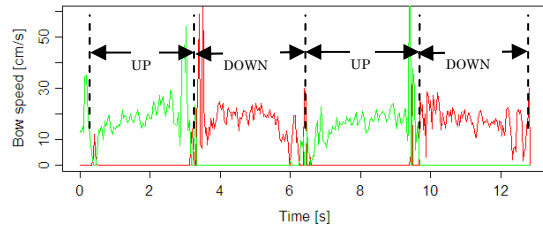
(b) 初心者の肘関節角度
(実線: 消しゴムなし, 破線: 消しゴムあり)
図5 肘関節角度の時間変化

(2) 弓速度, 弓と弦のなす角, 調和度の評価

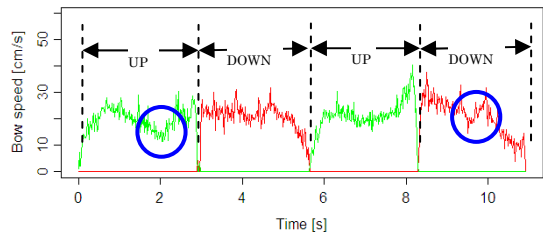
①弓速度と音量

図6は指導者と経験者それぞれの演奏時の弓速度を表している. 弓の速度は, 音を安定させるために一定とするべきとされ, 指導者の弓速度は, UP・DOWNの動作中はUPからDOWNへの切返しを行う部分を除いてなだらかな変化である. これに対して, 経験者の弓速度においてはUPやDOWNの動作中に弓の速度が大きく変化する箇所が認められる. バイオリンの音量と比較すると, 青丸印の弓速度の変化の時刻で, 音量の落ち込み・急上昇が見られた. 弓速度と違って指導者の音量も一定ではなく変化が見られたが, 弓のUPの期間にあたる時間で音量が大きくなるのは, 弓を持つ右手が弦に近づき, 弓が弦を押し圧力が増加するためである.

そして, 図7は指導者の演奏における速度と音量の関係を示しており, この2つの系列は, 二乗和の平方根で正規化した弓の速度および音量を示している. これより, 速度と音量の間に高い類似性が見られ, 2系列の相互相関関数の最大値は約0.4となり, ある程度の相関があることがわかります. このことは, 音量は弓の速度によってコントロールされていることを示唆している.



(a) 指導者の弓速度の時間変化



(b) 経験者の弓速度の時間変化

図6 単音演奏時の弓速度の時間変化

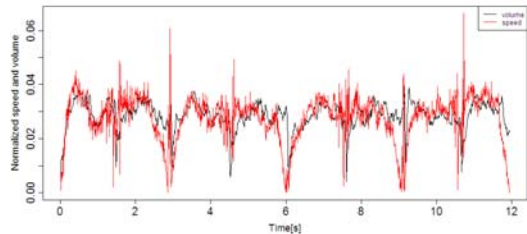


図7 指導者の弓速度と音量の比較

②弓と弦のなす角

バイオリンの指導者を被験者として, 意図

的に弓と弦のなす角度を90度から変化させている。図8は、角度が90度に近いほど調和度が大きくなる傾向を示している。これは、これまでに知られている「角度が90度でないといよい音が出ない」という指導法と一致し、調和度という音のパラメータが、初歩的段階における音のよさを示している。

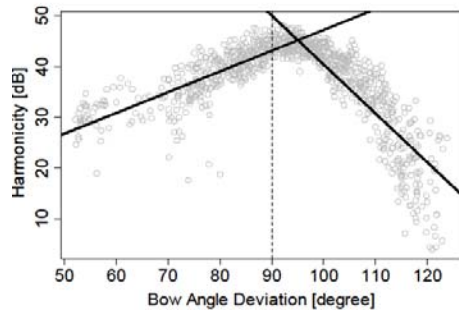


図8 弓と弦のなす角と調和度の関係

(3) 可視化による学習モデルの検討

これまでの成果を踏まえて、楽器演奏において可視化が必要な理由を図9に。そして、何を指導者および学習者に可視化する必要があるのかのモデル図を図10に示す。

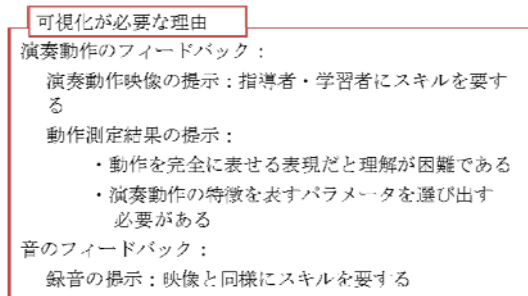


図9 楽器演奏に可視化が必要な理由

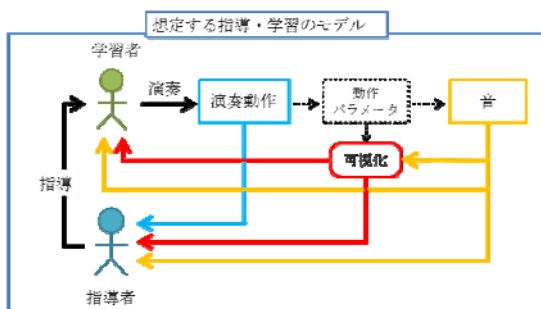


図10 可視化による学習モデル

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計9件)

1. 山城信裕, 野口健太郎, 神里志穂子, 山田親稔, 奥田篤士, 石田好輝, ``工学実験における視野映像の視覚化の検討,`` 電子情報通信学会総合大会,

D-15-10, pp.154, 東北大学, March 2010.

2. 野口健太郎, 宮里洗司, 神里志穂子, ``楽器指導を通じた技能伝承の取組み,`` 日本eラーニング学会2009年秋季学術講演会, 論文22, pp.142-145, 産業技術大学院大学, Nov. 2009.
3. 山城信裕, 野口健太郎, 神里志穂子, 山田親稔, 石田好輝, ``工学実験における簡便な動画教材作成法の検討,`` 日本eラーニング学会2009年秋季学術講演会, 論文18, pp.118-121, 産業技術大学院大学, Nov. 2009.
4. 佐竹卓彦, 山城信裕, 奥田篤士, 野口健太郎, 神里志穂子, 山田親稔, 桶真一郎, ``簡便な動画教材作成法の検討,`` 日本教育工学会第25回全国大会, 2a-242-01, pp.629-630, 東京大学, Sept. 2009.
5. 宮里洗司, 野口健太郎, 神里志穂子, ``バイオリン指導における弓の速度と音の関係,`` 第8回情報科学技術フォーラム(FIT2009), K-054, pp.657-658, 東北工業大学, Sept. 2009.
6. 野口健太郎, 我那覇元規, 神里志穂子, 水野正志, 田所嘉昭, ``腕の動作計測と音の解析による初期のバイオリン指導の検討,`` 電子情報通信学会総合大会, D-15-40, pp.218, 愛媛大学, March 2009.
7. 野口健太郎, 神里志穂子, 湯川高志, 鈴木龍司, 田所嘉昭, ``動作計測に基づく技能教育の取組み,`` Bbカンファレンス2008 in 沖縄, pp.67-72, ルネッサンスリゾートオキナワ, Nov. 2008.
8. 我那覇元規, 野口健太郎, 神里志穂子, 野崎真也, 水野正志, ``腕の動作計測に基づくバイオリン指導の解析,`` 第16回電子情報通信学会九州支部学生会講演会, D-37, 大分大学, Sept. 2008.
9. 野口健太郎, 我那覇元規, 神里志穂子, 水野正志, 田所嘉昭, ``腕の動作解析に基づく楽器指導の検討,`` 第7回情報科学技術フォーラム(FIT2008), K-024, pp.569-570, 慶応義塾大学湘南藤沢キャンパス, Sept. 2008.

[その他]

ホームページ等

<http://www.ic.okinawa-ct.ac.jp/knoguchi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野口 健太郎 (NOGUCHI KENTARO)

沖縄工業高等専門学校・情報通信システム

工学科・准教授

研究者番号: 00335100