

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K18158

研究課題名（和文）鍵盤楽器に対する演奏表現の特徴抽出ならびに教育用可視化システムの構築

研究課題名（英文）Feature extraction of performance expressions for keyboard instruments and construction of an educational visualization system

研究代表者

三戸 勇気 (MITO, Yuki)

日本大学・芸術学部・教授

研究者番号：10451303

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は音楽演奏における感情と動作の関連を解明することである。そこで、音楽演奏における感情表現法をより明確に提示するため、鍵盤楽器の演奏者の演奏動作はモーションキャプチャを用いて計測し、データを蓄積・解析を行うとともに、演奏教育用のためのグラフィカルな提示システムを開発することを目標として研究を行った。その結果、延べ30人以上の演奏家の演奏動作をモーションキャプチャシステムで計測することができた。そして、そのデータから、演奏表現の特徴抽出を行い、感情と動作の関連について検討を行った。さらに、そのデータから、演奏教育のためのグラフィカルな可視化システムの開発も行うことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

音楽の演奏における感情表現は、演奏において重要なポイントのひとつである。しかし、この感情表現の方法は、教師の「感覚」によりレクチャーされている。ある程度の実力をもつ演奏家であれば、この「感覚」が理解できるであろう。しかし、教育現場において研鑽過程の演奏家では、この「感覚」を理解できないことが少なからず生じている。また、教師により、レクチャーの意図が異なる場合もある。そこで、本研究で開発した教育用可視化システムを実際のレッスンで用いることにより、研鑽過程の学生にも、わかりやすく、具体的かつ正確に指示することができるであろう。このような研究は未だないことから社会的意義が大きいと考える。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to elucidate the relationship between emotions and movements during music performances. Therefore, to present the emotion expression method in music performance more clearly, the performance movement of the keyboard instrument player was measured using motion capture, and data were accumulated and analyzed. Furthermore, the goal of this study was to develop a graphical presentation system for performance education. Consequently, I was able to measure the performance movements of over 30 musicians using the motion capture system. From the data, I extracted performance expression characteristics and analyzed the correlation between emotions and movement. Furthermore, based on this data, I developed a graphical visualization system for performance education.

研究分野：情報音楽

キーワード：モーションキャプチャ 動作解析 演奏動作 鍵盤楽器 グランドピアノ チェンバロ 電子ピアノ
教育用可視化システム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

モーションキャプチャを活用した分野は、スポーツやリハビリテーションの世界のみならず、芸術の分野にも浸透してきている。しかし、音楽の演奏動作に関しては、研究例が未だ少ないのが現状である。釘本(2008)らは、モーションキャプチャを用いたピアノ演奏動作のCG表現と演奏との同期処理について検討を行っている。リアルタイムレンダリングによりリアルなピアノ演奏のCG制作法を提示している。このように演奏の分野では、CGの作成手段の一つにモーションキャプチャを使用する例は多い。また、合田(2010)らは、モーションキャプチャと筋電図計測を用いたピアノ演奏における連続指運動に対する研究を行っており、その応用として演奏者の手指の故障発症予防への適用も考えている。しかし、演奏の質や感情に重点をおいた研究は皆無である。音楽の演奏における感情表現は、演奏において重要なポイントのひとつである。しかし、この感情表現の方法は、教師の「感覚」によりレクチャーされている。ある程度の実力をもつ演奏家であれば、この「感覚」が理解できるであろう。しかし、教育現場において研鑽過程の演奏家では、この「感覚」を理解できないことが少なからず生じている。また、教師により、レクチャーの意図が異なる場合もある。そこで、研鑽過程の学生にも、わかりやすくレクチャーできる方法を見出すことができなかつと考へ、着想に至った。実際の演奏動作をキャプチャすることにより、細かな差異を具体的かつ正確に演奏家に教示することができる。

2. 研究の目的

- (1) グランドピアノと電子ピアノとチェンバロの3種類の鍵盤楽器の違いが演奏表現にどのような影響を及ぼすか検討を行う。電子ピアノは、鍵盤のタッチレスポンスがグランドピアノとは異なる。また音色も同様にグランドピアノと異なる。チェンバロは、鍵盤楽器ではあるが撥弦楽器のため、ピアノのように音の強弱はつけられない。これらの要因から、3種類の鍵盤楽器による演奏表現の方法について、プロの演奏家と研鑽過程の音大生の比較を行う。
- (2) 各楽器の演奏動作をモーションキャプチャにより動作計測と演奏録音を行う。取得したデータから身体各部の動作速度、加速度、位置や角度の変化などの分析を行う。3種類の鍵盤楽器の特徴に関連したプロと音大生の感情表現の特徴を明らかにする。さらに、演奏動作の平均的な動きを算出して、平均的動作と各感情表現の差の分析を行い、特徴を明らかにする。
- (3) 前述で計測した楽器および演奏者のデータ結果を踏まえて、感情表現や演奏者の違いがわかるような動的な可視化システムをソフトウェアにより制作を行う。
- (4) 制作した可視化システムを使用して、実際のレッスンなどの教育現場で使用する。そこで、実際の演奏家が必要としている視点で分析し、可視化システムの改良を行う。実際の演奏教育の現場で活用されるように、演奏家の意見を最大限に取り入れたシステムを構築する。

3. 研究の方法

- (1) モーションキャプチャにより鍵盤楽器でも音色やタッチレスポンスの違いがあるグランドピアノ、電子ピアノ、チェンバロの3種類の楽器において、6感情(怒り、喜び、優しさ、悲しみ、恐れ、無感情)の演奏に対しプロの演奏家と音大生の演奏動作計測を行う。また、その計測と同時にその演奏の録音も行う。
- (2) このモーションキャプチャデータを分析するため、ノイズ除去、マーカの誤認識などのデータ補正(以下、データ編集)を行う。データ編集されたデータを用いて動作速度、加速度、周波数分析、動きの位置、角度の変化の詳細なデータ分析を行う。また、平均モーション法により、各感情の特徴を抽出する。
- (3) 演奏時の録音音源を使用して、心理評価を行う。主に感情がどの程度伝達されているかの分析を行う。
- (4) 動作解析、音色の波形分析、演奏の印象評価による相互関係を検討することにより、動作と心理感覚量の定量化を行う。
- (5) 各感情の演奏動作の特徴が視覚的にわかりやすいように、可視化システムの開発を行う。
- (6) 実際のレッスンで使用してもらい、演奏家の観点から必要な視点、不必要な視点を精査し、可視化システムの再構築を行い、可視化システムを完成させる。
- (7) 動作解析、音色の波形分析、演奏の印象評価による相互関係を検討することにより、動作と心理感覚量の定量化を行う。

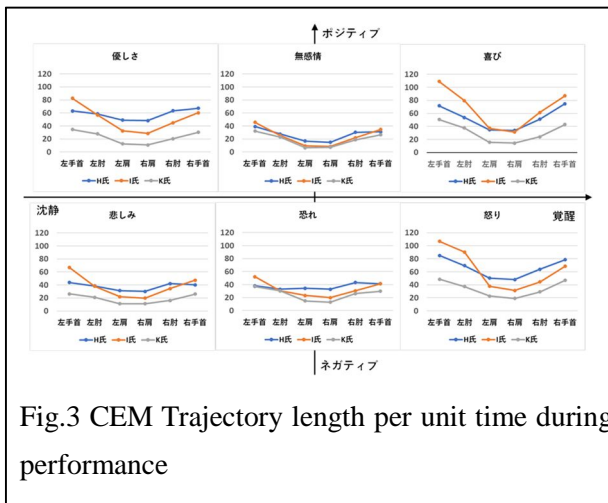
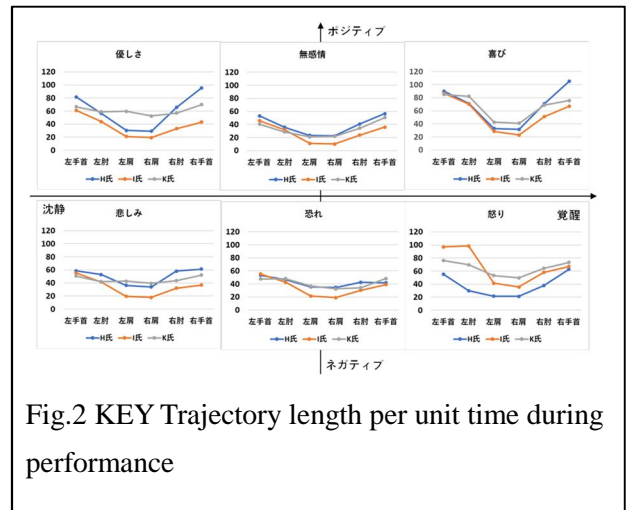
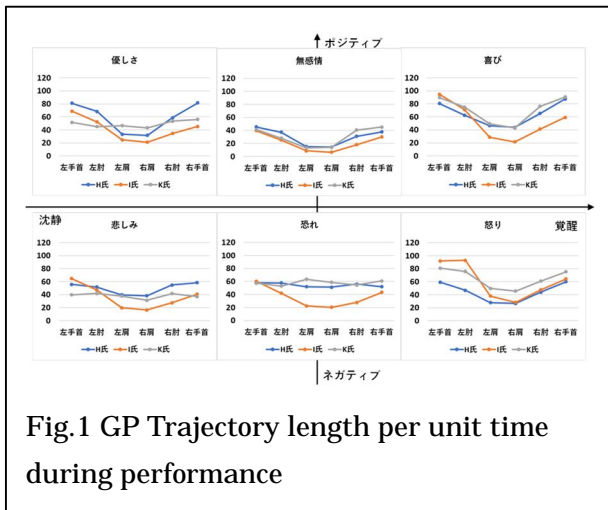
4. 研究成果

研究計画の通り、プロの演奏者と音楽大学の学生に対してモーションキャプチャシステムを用いて鍵盤楽器の演奏動作の計測を行った。延べ30人以上の演奏者のモーションデータを計測することができた。これは、分析対象としてのデータ計測としてのみならず、演奏動作のアーカイブデータとしても有益である。

分析と考察は、プロの演奏家と音楽大学の学生の比較、楽器による演奏動作の比較、感情と演奏動作の比較、プロの演奏家の動作の比較、男女差の検討などを取得したデータから行った。

その具体的な結果の一例を以下に記す。

まず、楽器による演奏動作の比較の結果を示したFig.1~Fig.3は、グランドピアノ(GP)、電子ピアノ(KEY)、チェンバロ(CEM)に対する3名のプロの演奏家の演奏時の各関節に取り付けたマーカの単位時間当たりの移動量である。各図における感情表現の配置は横軸が覚醒 - 沈静、縦軸がポジティブ - ネガティブとした2次元になっている。



その結果、覚醒の感情の「喜び」、「怒り」は左右の肩から手首にかけて、軌跡長の傾きが大きいことがわかった。また、沈静の感情の「優しさ」、「悲しみ」では左右の肩から手首にかけての軌跡長の傾きが覚醒の感情に比べて小さいこともわかる。「無感情」と「恐れ」はさらに左右の肩から手首にかけての軌跡長の傾きが小さくなる傾向になっていた。チェンバロはグランドピアノ、電子ピアノに比べて軌跡長が小さくなる傾向になっていた。これらの結果から、鍵盤楽器による演奏動作の相違があることがわかった。

次に、プロの演奏家の6名のチェンバロ演奏時の演奏動作についての結果を示す。Fig.4は2次元の感情平面上に、6名の演奏者の各関節に取り付けたマーカの単位時間当たりの移動量の平均値の結果を表示している。感情平面の横軸は「覚醒 沈静」であり、縦軸は「ポジティブ ネガティブ」になっている。関節部位で手首が最も大きな値になっており、左手首の方が右手首に比べ動作が大きくなっている。また、「優しさ」や「悲しみ」の沈静に比べ、「喜び」や「怒り」の覚醒の方の動作が大きくなっている。さらに、覚醒において、ネガティブな「怒り」よりポジティブな「喜び」の方が大きくなっていることがわかる。沈静においても、ネガティブな「悲しみ」よりポジティブな「優しさ」の方が大きくなっている。Fig.5は6感情における関節に取り付けたマーカの単位時間当たりの移動量の平均値である。「無感情」が各関節で最も小さくなっている。左手首、左肘は各々右手首、右肘に比べて大きくなっており、「喜び」、「怒り」、「優しさ」、「悲しみ」、「恐れ」の順になっている。また、右肘において、「怒り」と「優しさ」、「悲しみ」と「恐れ」がほぼ同じ値になっている。Fig.6は各感情に対する関節に取り付けたマーカの単位時間当たりの移動量の平均値である。左右の肩はほぼ同じ値であるのに対し、左右の手首は左の手首の方が6感情において、大きな値になっていることがわかる。また、肘は「喜び」、「怒り」の感情(覚醒)において、左肘が右肘に比べ大きな値になっていることがわかる。これらのように、プロのチェンバロ奏者6名(男性3名、女性3名)の演奏動作における各関節の単位時間当たりの移動量の平均を用いて、6感情における演奏動作について検討を行った結果、左右の腕の関節部位では左側の関節部位が右側に比べ大きな値となる傾向があり、左の関節部位の方が感情表現での差異が表れていた。

最後に、教育支援システムの成果について記す。演奏家の育成にとって、その計測したデータや分析した結果を演奏者にわかりやすく示すことが、より有効的なデータの活用法だと考えた。そこで、演奏動作データをわかりやすく提示することを目的として、鍵盤楽器演奏における教育用可視化システムの構築を行った。Fig.7に、そのサンプル画面を表示した。このシステムは、画面の上部に2名の演奏動作を同時に表示でき、部位重心の軌跡を表示できるものとなっている。また、同一演奏者の異なるデータを比較することもできる。

この教育支援システムを音楽大学のピアノ教員に閲覧してもらい、教育用支援システムを作成するうえで必要な情報をアンケート形式で質問した。回答者は、5名であった。今回は回答結果の一部を紹介する。アンケートに回答したすべての教員が教育支援システムをレッスンで用いたいと回答した。また、将来的にデータを活用したレッスンが必要であると回答者全員が回答した。

このことから、構築した教育用可視化システムは教育機関などにおける研鑽過程の演奏者に提示することにより、演奏者自身による演奏動作に関する気づきを誘発させることができると考えている。今後、本システムを実際の音楽教育現場に取り入れることで、演奏のパフォーマンスの向上につながり、素晴らしい演奏が日常にあふれることを楽しみにして、本研究を締めくくる。

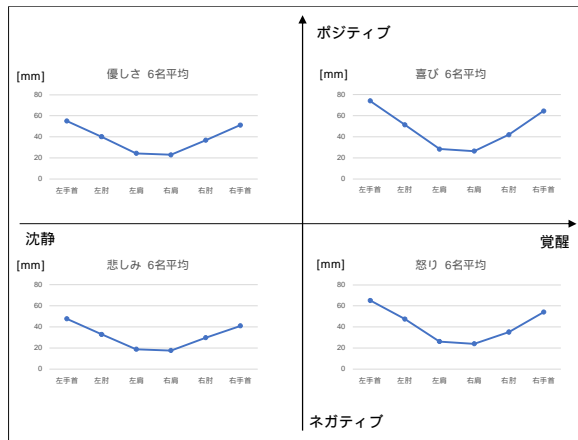


Fig.4 Trajectory length per unit time during performance on 2D plane of emotion

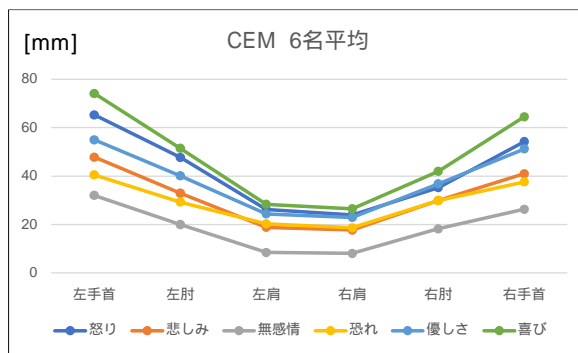


Fig.5 Trajectory length per unit time during performance for joint site

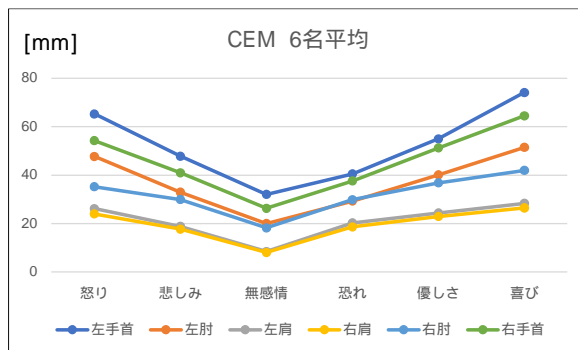


Fig.6 Trajectory length per unit time during performance for emotion

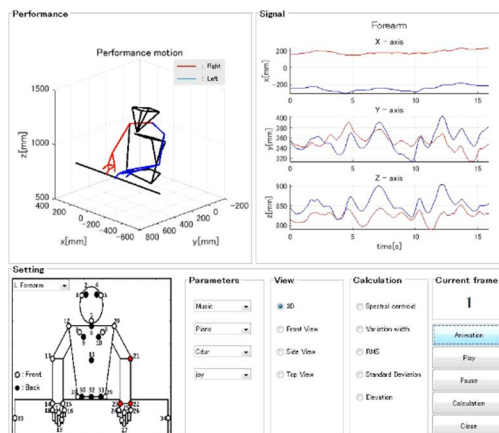


Fig.7 Educational Visualization System

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 三戸 勇氣	4. 巻 77
2. 論文標題 モーションキャプチャを用いた演奏動作計測	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本音響学会誌	6. 最初と最後の頁 580-586
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 三戸 勇氣	4. 巻 74巻11号
2. 論文標題 音楽演奏における音のデザインの可能性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本音響学会誌	6. 最初と最後の頁 613-617
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 1件/うち国際学会 7件）

1. 発表者名 奈宮史典，山口達也，三戸 勇氣，川上 央，篠田之孝
2. 発表標題 モーションキャプチャを用いたグランドピアノの演奏動作解析の検討
3. 学会等名 第38回センシングフォーラム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三戸 勇氣，奈宮 史典，山口 達也，川上 央，駒澤 大介，三浦 雅展，篠田 之孝
2. 発表標題 モーションキャプチャを用いた感情表現による複数のピアニストの演奏動作解析
3. 学会等名 日本音響学会2021年秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 奈宮史典, 山口達也, 三戸勇気, 川上央, 篠田之孝
2. 発表標題 鍵盤楽器のピアニストの感情表現による演奏動作解析の検討
3. 学会等名 電気学会A部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三戸勇気, 幸田優志, 川上央, 駒澤大介, 三浦雅展, 山口達也, 篠田之孝
2. 発表標題 グランドピアノ演奏における感情表現と身体部位の軌跡長の関連について
3. 学会等名 日本音響学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 船越美奈代, 駒澤大介, 三戸勇気, 川上央, 岩宮眞一郎
2. 発表標題 映画のシーンごとの音楽の要素と感情の分析
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三戸勇気, 幸田優志, 川上央, 駒澤大介, 三浦雅展, 山口達也, 篠田之孝
2. 発表標題 モーションキャプチャを用いた鍵盤演奏動作の 教育用可視化システムの検討
3. 学会等名 日本音響学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三戸勇氣, 川上 央, 駒澤 大介, 三浦 雅展, 松崎 桃子, 山口 達也, 篠田 之孝
2. 発表標題 演奏動作の軌跡長による鍵盤楽器と感情価の関連について
3. 学会等名 日本音響学会2020春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金重源, 三戸勇氣, 駒澤大介, 川上央
2. 発表標題 ジェスチャインターフェースを使った VR コンテンツの音の生成
3. 学会等名 日本音響学会2020春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松崎桃子, 山口達也, 三戸勇氣, 川上央, 篠田之孝
2. 発表標題 モーションキャプチャを用いた鍵盤楽器の感情表現による演奏動作解析の検討
3. 学会等名 令和2年電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松崎桃子, 山口達也, 三戸勇氣, 川上央, 篠田之孝
2. 発表標題 モーションキャプチャを用いた異なる鍵盤楽器の感情価による演奏動作解析の検討
3. 学会等名 電気学会・光応用・視覚研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松崎桃子, 山口達也, 三戸勇氣, 川上央, 篠田之孝
2. 発表標題 モーションキャプチャを用いた異なる鍵盤楽器の感情価による演奏動作解析の検討
3. 学会等名 令和元年度日本大学理工学部学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上央, 三戸勇氣, 駒澤大介, 梶川信行
2. 発表標題 デジタル競技カルタ「万葉ハッカソン」の音
3. 学会等名 日本音響学会2019秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三戸勇氣, 川上央, 駒澤大介, 三浦雅展, 松崎桃子, 山口達也, 篠田之孝
2. 発表標題 異なる鍵盤楽器に対する演奏動作の解析
3. 学会等名 日本音響学会2019秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松崎桃子, 山口達也, 三戸勇氣, 川上央, 篠田之孝
2. 発表標題 光学式モーションキャプチャを用いた鍵盤楽器の演奏動作の解析の検討
3. 学会等名 第36回センシングフォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Madoka Okemoto, Masanobu Miura, Yuki Mito, Hiroshi Kawakami
2. 発表標題 How to Play Ritardando?: Factor analysis for impression to the piece of “Pomp and Circumstance”
3. 学会等名 International Symposium on Performance Science(ISPS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyoko Takeda, Hiroshi Kawakami, Yuuki Mito
2. 発表標題 Brass Ensemble Study
3. 学会等名 International Symposium on Performance Science(ISPS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukitaka Shinoda, Yuki Kubota, Yuki Mito, Reishi Watanuma, Toru Ozawa, Mieko Marumo
2. 発表標題 Educational visualization system of Nihon Buyo by 3DCG using motion capture
3. 学会等名 International Symposium on Performance Science(ISPS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi KAWAKAMI, Cong TIAN, Yuki MITO, Daisuke KOMAZAWA, Kyoko TAKEDA
2. 発表標題 Relationship between motion and emotional value of head of Chinese pipa.
3. 学会等名 International Symposium on Performance Science(ISPS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki MITO, Hiroshi KAWAKAMI, Masanobu MIURA, Kazuma Koga, Yukitaka SHINODA
2. 発表標題 Difference in the performance motion by several keyboard instruments
3. 学会等名 International Symposium on Performance Science (ISPS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桶本まどか, 三浦雅展, 嶋脇秀隆, 三戸勇氣, 川上央
2. 発表標題 リタルダンドの印象における音楽経験の影響
3. 学会等名 日本音楽知覚認知学会春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桶本まどか, 三浦雅展, 三戸勇氣, 川上央
2. 発表標題 リタルダンドにおける時間遅延量の形状とその印象の関係
3. 学会等名 日本音響学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三戸勇氣, 川上央, 三浦雅展, 幸田優志, 篠田之孝
2. 発表標題 チェンバロの演奏動作の基礎的分析
3. 学会等名 日本音響学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 余宮魁登, 三戸勇氣, 川上央
2. 発表標題 映像作品における音の要素の違いによる視線追従の変化について
3. 学会等名 日本音響学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 幸田優志, 三戸勇氣, 川上央, 三浦雅展, 篠田之孝
2. 発表標題 モーションキャプチャを用いた鍵盤楽器の感情価による演奏動作解析の検討
3. 学会等名 電気学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 TIAN CONG, YUKI MITO, YUKITAKA SHINODA, MASANOBU MIURA and HIROSHI KAWAKAMI
2. 発表標題 Comparison of emotion by Chinese pipa performance motion
3. 学会等名 ICMPC15/ESCOM10
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Mito, Hiroshi Kawakami, Masanobu Miura and Yukitaka Shinoda
2. 発表標題 Relationship between performance motion of the grand piano and pianist by each emotion
3. 学会等名 The Asia-Pacific Society for the Cognitive Sciences of Music 6 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Mito, Hiroshi Kawakami, Masanobu Miura and Yukitaka Shinoda
2. 発表標題 RUDIMENTARY STUDY OF ASSOCIATION BETWEEN THE MOTION AND EMOTION BY THE CHINESE PIPA PERFORMANCE.
3. 学会等名 International Symposium on Performance Science 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三戸勇氣, 川上央, 三浦雅展, 篠田之孝
2. 発表標題 演奏音をデザインする - 感情・動作・音
3. 学会等名 日本音響学会2017年秋季研究発表会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田葱, 三戸勇氣, 篠田之孝, 川上央
2. 発表標題 楽器演奏時の感情と演奏動作の関係-クラシック・ギター-
3. 学会等名 日本音楽知覚認知学会秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田葱, 古賀一眞, 三戸勇氣, 篠田之孝, 川上央
2. 発表標題 演奏モーションから音楽感情を抽出するための データ処理についての検討
3. 学会等名 日本音響学会2018春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古賀一眞、三戸勇氣、川上 央、三浦雅展、篠田之孝
2. 発表標題 鍵盤楽器の感情価の違いによる演奏動作の可視化システム
3. 学会等名 電気学会A部門大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久保田祐貴、篠田之孝、三戸勇氣、渡沼玲史、小沢 徹、丸茂美恵子
2. 発表標題 モーションキャプチャを用いた日本舞踊の3DCGによる可視化の基礎的検討
3. 学会等名 電気学会A部門大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 八島 隆敏	4. 発行年 2021年
2. 出版社 聴カリセット	5. 総ページ数 125
3. 書名 飛鳥新社	

1. 著者名 大串 健吾 (監修), 桑野 園子 (監修), 難波 精一郎 (監修), 小川容子 (編集), 谷口高士 (編集), & 4 その他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 北大路書房	5. 総ページ数 389
3. 書名 音楽知覚認知ハンドブック: 音楽の不思議の解明に挑む科学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------