（ 様式D－２ ）
（ 別　　紙 ）

令和５年度　海外派遣研究員研究報告書

令和 7 年 1 月 30 日

日本大学理事長　　殿
日 本 大 学 学 長　　殿

所　　属　芸術学部（芸術研究所）
資格・氏名　教授・三戸　勇気

■本報告書の内容を公表することは，了承しております。
□本報告書の内容を公表することは，差し控えください。
※いずれかにチェックし(■)提出すること

令和５年度海外派遣研究員（長期）の研究実績を，下記のとおり報告いたします。

記

１　区　　分　　長期

２　研 究 課 題

音楽の演奏動作とその演奏が心理的効果に与える影響に関する研究

３　派 遣 期 間　　西暦 2024 年 3 月 21 日　～　2025 年 1 月 12 日

４　派　遣　先　　アメリカ合衆国

５　研 究 目 的

本海外派遣研究員である三戸は、以前より音楽の演奏動作について多くの研究を行ってきた。しかし、日本国内でできる研究範囲はある程度限定的であり、その範囲を広げることが重要であると考えていた。そこで、当該分野に卓越した研究者がいるカリフォルニア大学アーバイン校で発展的な研究を行うことが最適であると考えたため、おおよそ１年間にわたって研究を行うこととした。

その研究目的は、音楽の演奏動作とその演奏が心理的効果に与える影響についてである。将来的に、その研究が演奏教育や音楽創作活動にとって有用なものとなり、ひいてはすべての音楽家に有益な結果となることをゴールとしている。

６　研 究 概 要

① 研究の方法

今回、4 つの課題に分けて研究を行ってきた。複数の視点から課題を検討することで、将来的に幅広い成果があげられると考えている。その 4 つを以下に示す。

(1)演奏動画から3次元の動作情報を取得して、演奏動作の分析を行う。
(2)演奏動作から感情を判断するシステムの構築を行う。
(3)動作情報から音楽を生成する。
(4)動作情報を用いて、デジタルインタラクティブ分野への応用を行う。
　これらの各課題に取り組むことで、演奏動作を多角的にとらえることができる。また、音楽演奏の分野に対する研究や創作活動にも寄与できるだろう。

② 渡航先での活動内容
　本研究は、カリフォルニア大学アーバイン校でおいて行われたものである。主な活動内容を以下に記す。

(1)カリフォルニア大学アーバイン校の授業システムと施設の調査
　カリフォルニア大学アーバイン校にはClaire Trevor School of the Artsという芸術部門があり、そこには美術、ダンス、演劇、音楽の4つの学科が存在する。ちょうど日本大学芸術学部(以下、本学部)と似たような組織形態である。そのため、その運営方法や施設がどのようなものなのかを調査することで、本学部との違いを発見し、良い点があれば取り入れることで、芸術分野のみならず大学全体としての教育システムを見直し、さらには拡充することが可能となるだろう。
　まず、授業について説明する。大方本学部と同様のカリキュラムで行われていた。例えば音楽学科では、レッスンは個人指導で行われ、一人に対して週一回1時間程度のレッスン時間を確保していた。それ以外にオーケストラ、吹奏楽やオペラといった団体で受講するものも本学部と同様のシステムであった。ここでの違いは、音楽学科の学生以外がオーケストラや吹奏楽の専門の授業を受講できる点である。アメリカでは二つの異なる分野を専攻できるダブル・メジャーや副専攻として他の専攻に参加するマイナーというシステムが一般的に存在する。また、専攻外であっても技術があれば音楽学科の授業に参加できるシステムもある。本学部では専攻は1つに限られ、オーケストラなどの専門技術が必要な授業は、例外を除いて専攻外の学生が受講することは出来ない仕組みとなっている。これには一長一短があるため、どちらが良いかの明言は避けるが、多くの授業への学生の参加機会が与えられることは、学修の選択肢が増えることとなる。また、様々な専攻がミックスされることで多様な意見や考えを共有できるだろう。このような点を踏まえることが、今後の授業運営にも役立つと考えられる。施設については、本学部とほぼ変わらないが、やはり教室の数を含めたキャンパスの広さはカリフォルニア大学アーバイン校が圧倒している。

(2)カリフォルニア大学アーバイン校の授業への参加
　カリフォルニア大学アーバイン校の教員と学生に許可を得て、2つの授業に参加させてもらった。一つは、"Harmony for Composers"という授業で、作曲家のための和声の授業である。この授業で驚いたのは、毎週出される課題の量である。基本的な課題

は、習った和声進行を用いて、次の授業までに１曲以上の作曲を行うことである。毎週曲を作るというのは大変な作業であるがそれを課していることに驚いた。それ以外にレポート課題を追加する日もあり、課題の量が多いと感じた。ちなみに、私も３曲ほど作曲を行った。

もう一つの授業は、"Creative Practices"という授業で、各自で作曲や創作したもののコンサートを、学生たちでプロデュースするというプロジェクト型の授業である。学生自身がコンサート会場をみつけて会場との交渉を行うことや、会場設営やライブ音響、照明操作などの技術的な部分も自身で行う。また、チラシや宣伝、チケット代金などのお金の管理なども行う。このように、一からコンサートの企画を立ち上げて、コンサートを行うまでの流れを体験する授業である。この授業では将来演奏家もしくは作曲家として独り立ちをした際に必要なスキルを学ぶことができる。学生たちの独創性や創造性が素晴らしく、今までの固定観念を覆すようなコンサートであった。これは日頃から自身のアイデンティティを尊重し、プライドをもって創作活動に取り組んでいるからこそ成し遂げられるものだと感じた。

このような機会を作っていただけたおかげで、カリフォルニア大学アーバイン校の授業を体験できたことは大変有益であったと感じている。

(3) コンサートなどのイベントへの参加

カリフォルニア大学アーバイン校で行われたコンサートを含む数多くのイベントに参加することができた。参加したイベントの数がとても多いため一つ一つのイベントについての説明は割愛するが、その中でもカリフォルニア大学アーバイン校の学生たちの演奏が聴けたことは貴重であった。本学部の音楽学科の学生と比較することで、音楽を専攻する学生の国際的な標準がどの程度なものかを知ることができた。また、コンサートへの熱意や取り組み方がどのようなものなのかも知れた。本学部の学生と比較してどちらが良いか悪いかの評価ではなく、取り組む姿勢については実際にコンサートを見なければわからないことなので、数多くのイベントに参加できたことは大変勉強になった。

(4) カリフォルニア大学アーバイン校の教員からの技術ならびに情報提供

カリフォルニア大学アーバイン校の Christopher Dobrian 教授(現名誉教授)から作曲やシステム開発のアドバイスを頂いた。Dobrian 教授は作曲家でもあり、演奏動作の研究者でもある。また、尺八奏者であり、かつ作曲家である Kojiro Umezaki 教授からは、授業形態についてのアドバイスならびに、MAX/MSP についての技術提供をしていただいた。MAX/MSP についての技術や知識が卓越している Umezaki 教授から直接アドバイスを頂けたことは大変有益であった。また、Mari Kimura 教授からは、MUGIC sensor を用いて動作情報を取得し、そのデータから音楽を生成するための手法をレクチャーしていただいた。MUGIC sensor は Mari Kimura 教授が制作したセンサーで、身体に装着することで位置情報、加速度、回転角などの動作情報を取得できる。その情報を MAX/MSP などのアプリケーションで読み込ませることで、音楽の生成や分析など

が行えるデバイスである。制作者である Mari Kimura 教授から直接レクチャーしていただけることは大変貴重なことである。
以上のように、カリフォルニア大学アーバイン校の教員と一緒に研究を進めることができたことは良い経験になった。このような機会に恵まれたことはカリフォルニア大学アーバイン校に訪問したからこそできたものである。

(5)研究成果発表
カリフォルニア大学アーバイン校の学生に対して、本研究の研究発表を行った。発表時間は 1 時間程度で、カリフォルニア大学アーバイン校で行った研究をまとめたものを発表した。本研究分野と同様の研究や創作を行っている学生も多くいたため、大変興味深く聞いてもらうことができた。このような交流が今後も続いていくことを期待する。

７　研究結果・成果

本研究は、音楽演奏の際の動作に対して、いくつかの手法を用いて様々な課題を検討した。上記の研究方法で明記した通り、課題を 4 つに区分することで研究を遂行した。(1)から(4)までの課題ごとに分けて研究結果ならびに成果を示す。

(1)　演奏動画から 3 次元の動作情報を取得して、演奏動作の分析を行う。
まず、動画(ビデオ)から 3 次元の動作情報を取得して、位置情報を把握させるためのシステムを構築した。MLlib (Machine Learning Library) である Media Pipe を Python によって起動させ、動作の位置情報の取得を行った。その様子を Fig.1 と Fig.2 に示す。

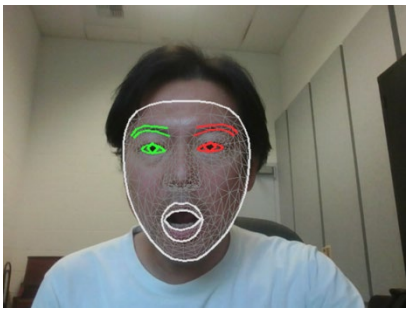


Fig.1 Face tracking with Media Pipe

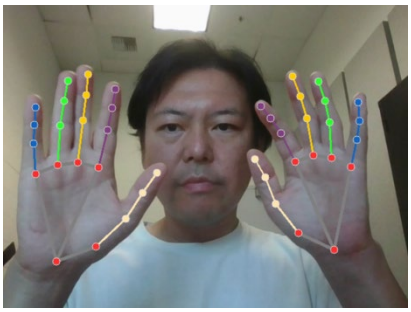


Fig.2 Hands tracking with Media Pipe

このように動画から顔や手などの体の部位を認識して 3 次元の位置情報を記録することが可能となる。このシステムを用いれば、すでに記録されている動画(ビデオ)からも身体部位の位置情報を取得することが可能となる。Fig.3 にピアノのコンサート動画から演奏者の動作をキャプチャしたものを例示する。また、Fig.4 にはその演奏動作の位置情報の結果を示す。



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	time	X_NOSE	Y_NOSE	Z_NOSE	visibility_I	X_LEFT_E	Y_LEFT_E	Z_LEFT_E	visibility_I	X_LEFT_E	Y_LEFT_E	Z_LEFT_E	visibility_I
2	0	0.20237	-0.41671	0.00051	0.9982	0.21692	-0.4569	0.01281	0.99839	0.2169	-0.45737	0.01364	0.99856
3	41.6667	0.23419	-0.41683	-0.00124	0.9979	0.24583	-0.45691	0.00998	0.99803	0.2459	-0.45739	0.01081	0.99823
4	83.3333	0.25511	-0.41665	-0.00012	0.99763	0.26645	-0.45647	0.01117	0.99777	0.26653	-0.45698	0.01202	0.998
5	125	0.2707	-0.41726	-0.00084	0.99718	0.28074	-0.45722	0.01036	0.99728	0.28084	-0.45777	0.0112	0.99758
6	166.667	0.27468	-0.41716	0.00287	0.99689	0.28399	-0.45721	0.01395	0.99698	0.28408	-0.45776	0.01479	0.9973
7	208.333	0.27919	-0.41696	0.02262	0.99669	0.28722	-0.45719	0.03546	0.99681	0.2873	-0.45774	0.03633	0.99716
8	250	0.2804	-0.41371	0.04135	0.99668	0.28854	-0.45465	0.05524	0.99681	0.28862	-0.45522	0.0561	0.99716
9	291.667	0.29315	-0.41428	0.03914	0.99659	0.30081	-0.45565	0.05254	0.99672	0.30092	-0.45624	0.05339	0.9971
10	333.333	0.29112	-0.41508	0.04019	0.99667	0.29879	-0.45684	0.05345	0.99677	0.2989	-0.45742	0.05431	0.99715
11	375	0.29143	-0.41583	0.04141	0.99654	0.29901	-0.4578	0.05479	0.99664	0.2991	-0.45837	0.05566	0.99705
12	416.667	0.29268	-0.41593	0.03958	0.99622	0.30059	-0.45795	0.05302	0.99635	0.30068	-0.45852	0.05388	0.99681
13	458.333	0.29551	-0.41541	0.03917	0.99576	0.30402	-0.4575	0.05235	0.99592	0.3041	-0.45806	0.05322	0.99643
14	500	0.29752	-0.41459	0.03785	0.99547	0.30615	-0.45687	0.05108	0.99564	0.30623	-0.45742	0.05192	0.99618
15	541.667	0.29713	-0.41396	0.03746	0.99492	0.30575	-0.45644	0.05077	0.99512	0.30585	-0.45698	0.05163	0.99568

Fig.3 Capturing the performance movement Fig.4 Result of the position of the performance movement

このように過去に記録されたビデオからもデータを取得することができることは画期的なシステムといえる。もちろん、リアルタイムの動きを認識して位置情報を取得することも可能である。このシステムを実際のレッスンに応用することが重要であると考え、レッスンの際に録画した動画から３次元動作のデータを取得して比較することを行った。

今回は、実際の学生のレッスン時にスマートフォンで動画を撮影し、その動画の動作情報を取得して分析を行った。撮影した学生は５名であった。その動画から Python 上で Media Pipe を起動して、3 次元動作のデータを取得した。レッスン時の演奏動画を用いた動作計測の様子を Fig.5 に示す。

この結果は、今後に論文や学会などで発表を行う予定のため、具体的な内容については差し控えたい。ただ、各学生の演奏動作の特徴を掴むことができたため、この手法で分析を行うことが可能であることがわかった。また、この演奏動作の結果を学生を指導しているピアノの教員に伝えて意見を求めた。その結果、教員は大変興味深い結果であると述べるとともに、予想外の結果を発見したことに驚いていた。つまり、体の動きをデータにして見ることで、普段のレッスンでは意識していなかった新たな発見に繋がったことになる。

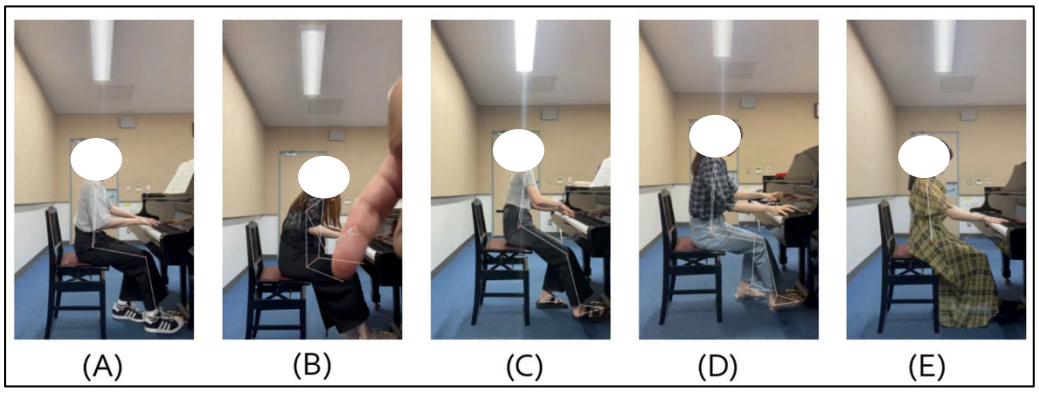


Fig.5 Movement measurement using performance videos during lessons.

今回、スマートフォンで撮影した動画の演奏動作から Media Pipe を用いて動作解析を行った。このシステムは精密な計測システムではないため、データに多少のばらつ

きがある可能性は否めない。しかし、このように動作情報を活用することで指導に役立てることが可能だと示唆された。このシステムは、身体にセンサーやマーカを装着することなくデータを計測できるため、操作が簡単で、かつ演奏者に負担がかからないという利点がある。また、ビデオカメラ（スマートフォンでも可）があれば、どのような環境でもデータを取得できるため、実際のレッスンに活用することが可能である。今後はこのシステムを用いることで音楽教育の新たなアプローチに繋がることを期待する。

(2)　演奏動作から感情を判断するシステムの構築を行う。

ここでは、演奏動作から感情を判断するシステムの構築について説明する。音楽演奏において感情を表現することは演奏者にとって大事なテクニックの一つである。当然であるが曲に感情が付いているものが大半であり、演奏者がその感情表現を行うことで観客をその曲のストーリーに引き込むことができるのである。実際に、楽語でも感情を表す語が用いられ、例えば、悲しみは *dolente*、楽しくは *piacevole*、静かは *calmato*、激しくは *agitato* などのように様々な感情表現を指示するものがある。このように、音楽は感情を音で観客に伝えるものである。そのためには、音で感情を表現するための演奏動作が必要となる。そこで、その感情表現に必要な演奏動作と感情の関係を分析することが大事であると考え、感情表現の演奏動作の計測、ならびにその演奏動作の定量化を行おうと考えた。また、そのデータを用いることで感情表現を判別できるシステムの構築も行えるであろう。将来的に、そのシステムを実際のレッスンなどの音楽教育に用いることで、感情表現の動作をチェックすることができるようになる。

そこで実際にシステム構築を行った。手法は以下の通りである。まず、いくつかの感情で演奏した際の 3 次元の演奏動作を時間(フレーム)ごとの位置情報として取得し、それを記録した各感情のファイルを作成する。その記録した各感情のファイルとリアルタイムの演奏動作を AI で比較することで、リアルタイムの演奏動作がどの感情であったかを判断することが可能となる。その感情判別システムを用いて指揮者の動作の感情を判別している様子を Fig.6 に示す。このシステムは Python と Media Pipe を用いて作成した。作成手順などは、今後の論文発表や学会発表などに影響があると思われるためここでの公表を差し控えたい。

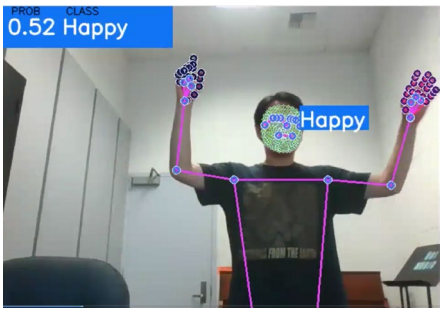


Fig.6 The image shows the emotion of the conductor's movements determined using the emotion determination system.

将来的には、実際のレッスンでこのシステムを用いて、感情に対する演奏時の動作や表現を具体的に指導できるようになるだろう。また、このシステムを用いて、意図する感情が表現されているかどうかを確認できる。これらのことから、演奏教育にこのシステムを活用することができると考えている。

(3)　動作情報から音楽を生成する。

ここでは、動作情報を取得し、その位置情報や速度・加速度などの情報を用いて音楽を生成するシステムについて説明する。動作情報をコンピュータなどで読み取り、そのデータを音として生成して演奏するというスタイルは古くから行われている。その歴史についてはここでは割愛するが、カリフォルニア大学アーバイン校の教授である、Mari Kimura 氏が MUGIC というセンサーを用いて身体の動きを検出し、その情報をコンピュータに認識させて音として生成する技術を用いている(Fig.7、Fig.8)。



Fig.7 MUGIC sensor



Fig.8 Performance using MUGIC from Mari Kimura's website

このようにセンサーを用いて動作情報を取得し、そのデータをコンピュータに入力して音や音楽として生成することは行われている。しかし、センサーを用いることにより、センサーを固定して取り付けるための手袋やサポータなどを装着することやセンサーの重さの負荷が生じてしまう。これらは演奏者の演奏に支障が出ない程度で設計されているが、できるだけ負担が少ないことに越したことはない。また、センサー購入のためのコストが生じるため、初心者がすぐに手を出すには敷居が高いと思われる。そこで、今回センサーやマーカを使わずにカメラから身体の動きをキャプチャし、そのデータを音や音楽として生成する手法を提案する。

今回、Media Pipe を用いて動作情報を取得して、その情報を PC のソフトウェアである MAX/MSP で読み込むことで、MAX/MSP 上で音楽を生成し、身体動作のみで演奏を行うシステムを構築した。そのシステムの一部を Fig.9 に示す。なお、詳細については、今後の論文発表や学会発表などに影響があると思われるためここでの公表を差し控えたい。

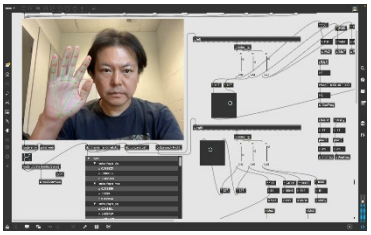


Fig.9 System using motion data to generate sound (MAX/MSP screen)

このシステムの構築により、演奏者への身体的負担がなく動作情報を取得できるため、あらゆるシチュエーションに対応できることが利点である。また、センサーやマーカなどを必要とせずに、PC の Web カメラやスマートフォンのカメラでも動作情報を取得できるため、コストを抑えることができ、さらにどこでも動き回れるシステムであることも大きな利点である。作曲家などの創作活動を行う人々がこのシステムを用いれば、創作の幅がさらに広がることが期待される。

(4)　動作情報を用いて、デジタルインタラクティブ分野への応用を行う。

ここでは、動作情報を用いたデジタルインタラクティブアートの制作について説明する。デジタルインタラクティブアートといわれてすぐに思いつくのはチームラボのような会社であろう。最近では、音を用いたデジタルインタラクティブの作品は、アートとしてのみならず、ゲーム、工業製品、建築物など様々な分野に応用されている。そこに、動作情報を用いることで、デジタルインタラクティブの幅が広がることが期待される。今回、Media Pipe と Touch Designer を用いて、動作情報を反映させた作品を制作した。

まず、一つ目は「Let's catch the stars」というタイトルのものを制作した(Fig.10)。これは画面上に飛んでくる星に触れると星が爆発し、その際に音が鳴るというものである。何ら目新しさはなさそうであるが、これは、Media Pipe を用いて手の動作情報を取得し、画面上にキャプチャした手を映し出し、その手と星の衝突を検出させることで星が爆発するというシステムである。このように、Media Pipe を用いて動作情報を取得して、画面上のアイコンとインタラクティブに対応できる点はユニークである。また、装置が簡素であり、PC の Web カメラを用いて体験できる点から、場所の制約や動きの自由度が高くなるため、秀でたシステムであると思われる。



Fig.10 Screen of “Let's catch the stars”

次に、制作したのは「Cherry Blossom Blizzard」という作品である。これは三戸自身が作曲したもので、日本の桜吹雪をイメージした旋律を用いながらも、Jazz コードを取り入れて、和洋折衷を感じさせる曲に仕上げたものである。作曲の際は、カリフォルニア大学アーバイン校の教授(現名誉教授)である Christopher Dobrian 氏の助言を頂いた。

その曲に合わせるための映像を Touch Designer を用いて制作した(Fig.11)。そこにインタラクティブな要素を加えることで、音楽の楽しみ方の幅を広げることを試みた。具体的には、まず桜の木から落ちてくる花びらをランダムに出現させた。その花びらは、音が大きくなるとサイズが大きくなり、音が小さくなるとサイズが小さくなるように設定した。また、音の数が増えると花びらの数が増え、逆に音の数が減ると花びらが少なくなるようにも設定した。このように音と映像がインタラクティブに対応することで視覚的にも音楽を楽しめる仕組みになっている。それに加えて、PC の Web カメラから動作情報を取得して、その動きに合わせて花びらが動くという設定も行った。まるで花びらが風に乗って、花吹雪のように見える演出も行うことが可能である。このように音と映像と動作といった要素をインタラクティブに用いることで、今までにない音楽の楽しみ方が提案できると考えている。



Fig.11 Screen of “Cherry Blossom Blizzard”

以上のように多方面から課題に取り組むことで、演奏動作が与える影響について捉えることができた。将来的にこれらの研究成果が教育者(音楽教育)や作曲家(創造力)やエンターテインメント業界に貢献できる日が来ることを願っている。

最後に、カリフォルニア大学アーバイン校で研究することを許可して頂いた Christopher Dobrian 教授(現名誉教授)に心から感謝を申し上げます。また、カリフォルニア大学アーバイン校の授業への参加を許可してくださった Kojiro Umezaki 教授と ICIT の学生の皆さんにも感謝しています。また、MUGIC sensor のレクチャーをしていただいた Mari Kimura 教授にも感謝を申し上げます。また、VISA などの手続きにご対応いただいたカリフォルニア大学アーバイン校音楽学科の事務長である Peter Chang 氏をはじめ、多くの方々にも感謝を申し上げます。カリフォルニア大学アーバイン校に来たことで、幅広い発見、研究、創造、アイデアを得ることができた。この 1 年間カリフォルニア大学アーバイン校で過ごしたことは、私にとって忘れられない、かけがえのない経験となった。

以　上