

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：12606

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K00190

研究課題名（和文）AI映像同期上映システムを用いたライブアニメーションコンサートの展開

研究課題名（英文）Exploring Live Animation Concerts using the AI-based animation synchronization system

研究代表者

桐山 孝司（Kiryama, Takashi）

東京藝術大学・大学院映像研究科・教授

研究者番号：10234402

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：我々は、音楽の生演奏に追従してアニメーションを上映するAI映像同期上映システムを開発し、演奏会で活用してきた。本研究ではこのシステムの適用範囲を広げることを目的として、オペラに字幕を投影することを試みた。その結果、字幕とアニメーションで効果的に演出ができることを示した。一方、邦楽の演奏会でも字幕やアニメーションを同期させることを試みたが、邦楽の場合は即興性が高く、できるだけ演奏本番に近いゲネプロなどの録音を学習させて追従に使う必要があることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で用いたAI映像同期上映システムが、器楽曲だけでなく声楽曲にも追従できることが示された。また邦楽が一般的な理解以上に即興性のある演奏形態であり、演奏会に近くなつてからのリハーサルを参照音源として使うことが望ましいことが分かった。社会的意義としては、オペラや邦楽の演奏会で字幕が上映されることにより、従来よりも演奏会を身近なものにする効果がある。それにより、演奏会が開かれると同時に、アニメーションや映像の活用も広がる。

研究成果の概要（英文）：We have developed AI-based video synchronization system that screens animations in sync with live music performances. In this study, we aimed to broaden the application of this system by attempting to present subtitles in an opera performance. We also attempted to synchronize subtitles in traditional Japanese music concerts. However, due to improvisation in the performance of traditional Japanese music, it turned out to be necessary to train the system using recordings from rehearsals that are as close as possible to the actual performance.

研究分野：映像メディア学

キーワード：映像 AI コンサート オペラ 邦楽

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従来は演奏だけで行ってきたクラシック音楽や伝統音楽のコンサートにおいても、技術の進歩とともに映像を積極的に取り入れる機会が増えている。演奏家にとって映像の活用は表現の幅を広げることになるだけでなく、従来よりも幅広い層の鑑賞者に関心を持ってもらうことにつながる。映像にとっても、音と同期することで気持ち良さが生まれるアニメーションなどは、元々音楽との相性が良い。さらに従来はシアターなどに限られていたアニメーションの上映が、コンサートの場に出ていくことで、新たな活用を広げることができる。つまり音楽と映像とは、コンサートで相互にメリットを享受する関係にある。

我々は本研究を開始する以前より、ヴィヴァルディ「四季」ライブアニメーションコンサートを国内外で行なっていた。このコンサートではヴァイオリンのソロと弦楽器、チェンバロの編成で「四季」を演奏し、それに合わせてアニメーションを上映している。アニメーションの制作にあたっては、特定の CD を参照音源として渡して、それに同期するようにアニメーション作家に制作を依頼した。このコンサートの初演は 2017 年に行ったが、生演奏にぴったり同期させる形でアニメーションを上映するのに非常に労力を要した。これは常に変化する生演奏に対して、人手で映像の速度を調整して追従させるのが容易でないためである。

そのため 2018 年にヤマハ株式会社との共同研究に着手し、アニメーションの上映を補助するシステムを開発した。このシステムではスコアフォローイングを行う AI プログラムを組み込んでおり、あらかじめ学習済みの参照音源と生演奏の入力を比較して現在の演奏箇所をリアルタイムで推定する。同じくこのシステムに組み込まれている映像送出プログラムは、AI プログラムから OSC プロトコルで継続的に送られて来る演奏箇所の情報に基づいて映像を送出する。ただし映像の再生箇所が一気に演奏箇所へ移動するとフレームが落ちたり逆戻りしたりして不自然に見えるため、映像送出プログラムは再生速度を調整することで、現在の再生箇所を徐々に演奏箇所と一致させる。

同じ音が続いたり、音がごく小さいため参照音源とのマッチングが取りにくい場合は、AI プログラムが必ずしも演奏箇所を正しく推定できるとは限らない。また曲の出だしは無音であるため、人間のオペレータが演奏者や指揮者を見て判断しなければならない。このような場合は映像送出プログラムに人間が介入し、再生箇所を手動で調整できるようにしている。AI プログラムと映像送出プログラムを含む全体を AI 映像同期上映システムと呼んでいる。2019 年 1 月より AI 映像同期上映システムの使用を開始し、2021 年 4 月の研究開始までに、国内 4 回と海外 4 回のコンサートで実際に使用した。

2. 研究の目的

本研究では AI 映像同期上映システムの適用範囲を広げることを目的とした。そのため、まず本システムが歌曲にも適用できることを検証した。オペラの歌唱と同期させる形でアニメーションや字幕を上映することを目的とした。歌曲の場合には言葉の発声が含まれるため、AI プログラムが器楽曲だけでなく声楽曲も正しく認識できる必要がある。その上で、オペラに字幕を投影することを試みた。

またこのシステムが適応する音楽の形式を広げるため、日本の伝統音楽にアニメーションを同期させることを試みた。アニメーションとともに字幕を投影して、邦楽の意味内容が伝わるようにした。邦楽曲ではクラシック音楽のように一定のリズムの上に旋律がある場合だけでなく、前の奏者のフレーズが終わるのを合図に次の奏者のフレーズが始まるような、時間順序だけのゆるやかな関係



ヴィヴァルディ「四季」ライブアニメーションコンサート

で進行していく曲もある。そのためAIプログラムが音楽のジャンルによらずに追従できることを検証する。

3. 研究の方法

本研究でのオペラでの字幕投影と、邦楽との同期によるアニメーション投影は、いずれも実際のコンサートで適用することを目標として、その準備の過程で試行錯誤をする方法をとった。実際のコンサートの場に適用することで、コンサートホールの音響や会場での操作上の制約を考慮し、実際に即した状況設定でAI同期システムの検証を行うことができる。

2022年1月に福井県立音楽堂（ハーモニーホールふくい）でオペラ「椿姫」のハイライトを演奏するコンサートがあり、このときオペラのアリア部分を中心に、AI映像同期上映システムで字幕を出すことを目標とした。主催者である福井県文化振興事業団の全面的な協力を得て、コンサート本番に先立ち、2021年8月に本番と同じ歌手とピアノ伴奏者を招き、本番と同じコンサートホールを使って録音を行った。曲は「椿姫」からハイライトとなる6曲を選び、ソプラノとアルトの歌唱とピアノ伴奏で録音し、これをAIのための参照音源とした。それと生演奏の入力音源を比較して、AIシステムが正しく現在の演奏箇所を認識できるように調整した。そしてオペラの子幕を画面に表示するのに適切な長さのフレーズに分割し、現在演奏中の箇所にあわせて字幕の映像を出すことにした。字幕の映像は文字を並べるだけでなく、字幕の背景にも映像を投影して、映像が舞台演出の効果を上げるようにした。



オペラ「椿姫」ハイライト（2022年1月10日）

邦楽に関しては、2022年7月に行われた「和楽の美」の演奏会準備段階で演奏を2テイク録音し、テイク1を学習用の参照音源、テイク2を検証用音源として、学習済みAIが検証用音源にほぼ追従できるとの感触を得た。「和楽の美」は東京藝術大学で行なわれる邦楽のコンサートで、奏楽堂が学内であるため実験場所として融通が効く。このコンサートに向けた、唄、三味線、囃子で演奏される長唄の新曲を対象として、作曲ができた段階で録音し、AIのための参照音源とすることとした。

4. 研究成果

2022年1月10日の「椿姫」コンサート本番では、生演奏と映像が同期する様子を約800名の一般来場者に披露することができた。その「椿姫」の準備段階で、AIシステムが四季のような器楽曲だけでなく、歌曲についても追従できることを確認できた。「椿姫」では、一つ一つの字幕映像のクリップが出ている時間は比較的短いいため速度の制御は実際上必要がないことが分かった。一方で字幕が歌唱と同期するため、クリップを開始するタイミングが重要である。それに対して「四季」では曲を通して一本のアニメーションが上映され、演奏が始まるタイミングで人手でアニメーションを開始し、その後は生演奏に合わせて再生速度を自動的に制御するという違いがある。

椿姫のようなオペラの場合、歌手の独唱でフェルマータがある。フィルマータは自由な長さでかつ無音のため、フィルマータから復帰するタイミングを人手で入力することにし、止まっている間はAIが勝手に先に進まないように改変を加えた。このためにAIシステムと映像送出システムの間のやりとり新たな待機のプロトコルを加えた。

2022年7月の「和楽の美」前編の本番では、AI映像同期上映システムで完全に追従させることが難しく、手動で介入して生演奏に同期させる必要が度々生じた。コンサートより1ヶ月前の準

備段階でのテストでは AI システムで問題なく追従できるとの感触を得ていたにもかかわらず、本番での追従が難しかったことは、邦楽では囃子のリズムが指定されているものの細部は演奏者の即興に委ねられているという性質が影響していると考えられる。このことから、即興性のある音楽に追従させるためには、練習段階だけでなく、本番の演奏にできるだけ近い録音をもとに AI システムに学習させることが望ましいことが明らかになった。コンサートでは通例、本番直前にゲ



「和楽の美」源氏物語 葵上・賢木の巻（2022年1月10日）

ネプロと呼ばれる最終リハーサルが行われる。ゲネプロは表現上も音響上も最も本番の演奏に近く、これを学習用音源として活用できれば、即興性の高い音楽であっても追従の精度が高くなると予想される。ただゲネプロと本番とは長くて一日、場合により数時間の間隔しかなく、前後の処理を含めていかに機械学習を効率的に行えるかが課題となる。

2023年の「和楽の美」後編では、コンサート前日の曲ごとの練習、コンサート当日のゲネプロ、そして本番での3段階の演奏の音を収録した。研究期間内に実際に練習やゲネプロの録音を参照音源としてコンサート本番で追従させることはできなかったが、通常、ゲネプロの録音は保存しないため、貴重な研究材料を得ることができた。今後のAI映像同期上映システムの改良に活かす予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 桐山孝司
2. 発表標題 芸術と科学技術の融合領域に関わる取り組み
3. 学会等名 SciREX研究会「自然科学と芸術、人文学・社会科学の多様な連携形態の掘り起こしとインセンティブ・アウトカムの可視化」
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 映像制御システム、及び映像制御方法	発明者 前澤陽、田邑元一、 桐山孝司他	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、7226709	取得年 2023年	国内・外国の別 国内

〔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
研究協力者	上平 晃代 (Uehira Teruyo)		

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
---------	---------