

Title	二重奏のリハーサルにおける非常事態訓練支援システムに関する研究
Author(s)	新井, 郷史
Citation	
Issue Date	2023-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/18247
Rights	
Description	Supervisor: 西本 一志, 先端科学技術研究科, 修士(知識科学)

修士論文

二重奏のリハーサルにおける非常事態訓練支援システムに関する研究

著書名 新井 郷史

主指導教員 西本 一志

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
(知識科学)

令和5年3月

Abstract

In musical performance, repeated practice is essential for a successful performance. However, even a lot of practice does not necessarily guarantee success. The environment is different between rehearsals and performances, and you never know what will happen until you are on stage. When the time comes to take the stage, the nerves can cause accidents that do not usually occur. For example, the tempo of the performance may sway, or mistakes may be made in the content of the performance, such as mistaking notes in a phrase. There has been little research on support for simulating these kinds of unexpected mistakes in the rehearsal stage. Although there are studies on emergency training support systems for individual solo piano players, there are few that assume a multi-person performance format. Therefore, this study investigates an emergency training support system for a duet format with a solo instrument and piano accompaniment.

The purpose of this study is to develop and verify the effectiveness of a system that can simulate an emergency in a performance during a rehearsal with a soloist as the support target. The name of the system is ArteMiss. The system focuses on mistakes made by the piano accompanist and allows the soloist to respond flexibly when these mistakes occur during the performance. In practice, it is difficult for a piano accompanist to intentionally make mistakes during rehearsals. This is undesirable because it may lead to the formation of strange habits. To compensate for this, this study uses a pre-recorded accompaniment sound source. When creating this accompaniment sound source, the score data of the accompaniment is prepared, loaded into ArteMiss, and converted into score data with mistakes. To avoid a pattern in the mistakes generated, the mistakes are mixed in at random points each time they are generated. By playing back this score data and having a soloist play while listening to the sound source, we can simulate a situation in which the accompaniment causes mistakes.

The proposed method simulates an emergency situation that could occur in a live performance by having a soloist perform while playing the accompaniment score data with mistakes generated by ArteMiss. We assumed a song of about 1 minute and 30 seconds in length, and included one tempo swing and one pitch error in each song. The mixing point is random, and a different point is mixed in each time it is generated.

The experiment consisted of three rehearsal runs, followed by one performance. The experimental group performed the first, third, and final performance with the accompaniment containing the mistakes, except for the second performance. The control group performed only the final performance with the mistakes in the accompaniment. As a result, the experimental group tended to be more alert to mistakes in the accompaniment than the control group. Through the experiment, it was also found that there was a large individual difference in the degree to which the participants noticed the mistakes in the accompaniment.

要旨

音楽演奏において、本番のパフォーマンスを成功させるには練習を重ねることが不可欠である。しかし、練習をたくさん重ねたからと言って、必ずしも成功を保証することは限らない。練習と本番では環境が異なり、何が起きるかは実際に舞台に立ってみなければわからない。いざ、舞台に立ってみると、緊張のあまり、普段生じないようなアクシデントが生じることがある。例えば、演奏中のテンポが揺れるといったミスや、フレーズの音を間違えてしまうといった内容のミスである。このような、本番での突発的なミスをリハーサルの段階でシミュレートできるようにする支援に関する研究は少ない。個人のピアノ独奏者のための非常事態訓練支援システムに関する研究は存在するが、複数人での演奏形態を想定したものはほとんどない。そこで、本研究では、独奏楽器とピアノ伴奏による二重奏形態を対象とした、非常事態訓練支援システムについて研究する。

本研究の目的は、独奏者を支援対象として、リハーサル時に、本番での非常事態をシミュレートできるシステムを開発し、その効果を検証することである。システムの名称は、ArteMiss である。ピアノ伴奏者が引き起こすミスに着目し、このミスが本番で生じた場合に、独奏者が臨機応変に対応できるようにする。実際に、ピアノ伴奏者がリハーサル時に、わざとミスを生じさせて練習するのは困難である。変な癖がつく可能性があり、望ましくない。これを補うために、本研究では、コンピュータを用いて伴奏を演奏する。あらかじめ用意した正常な伴奏の楽譜データを ArteMiss に読み込ませると、ミス入りの楽譜データが生成される。生成されるミスがワンパターンにならないように、生成する度にランダムな箇所ミスが混入されるようにした。この楽譜データを再生し、その音源を聴きながら、独奏者が演奏することによって、伴奏がミスを引き起こす状況をシミュレートする。

提案手法としては、ArteMiss で生成したミス入りの伴奏楽譜データを再生し、それに合わせて独奏者が演奏することによって、本番で生じる非常事態をシミュレートする。ArteMiss で生成する伴奏のミスは、テンポ揺れと音高ミスの2種類である。1分30秒程度の曲の長さを想定し、1曲の中に、テンポ揺れと音高ミスがそれぞれ1箇所ずつ混入するようにした。混入される箇所は、ランダムであり、生成する度に、違う箇所に混入されている。

実験では、リハーサルで通し演奏を3回行い、その後に本番演奏を1回行う実験を実施した。実験群は、2回目を除き、1回目、3回目、本番演奏で、ミス

入りの伴奏で演奏した。対照群では、本番演奏のみミス入りの伴奏で演奏した。その結果、実験群の方では、対照群に比べて、伴奏のミスに警戒して演奏する傾向が見られた。また、実験を通じて、伴奏のミスに気付く度合いで個人差が大きいことも分かった。

目次

第 1 章 はじめに	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 本論文の構成	2
第 2 章 関連研究	3
2.1 楽器の演奏技術習得支援.....	3
2.1.1 Apollon 13.....	3
2.1.2 演奏テンポに着目した支援システム	3
2.1.3 Us Practicing.....	3
2.1.4 GP-Mixer.....	4
2.1.5 B-ヴァイオリン.....	4
2.1.6 虚偽情報および曖昧情報教示機能をもつヴァイオリン学習支援シ テム	4
2.2 楽曲情報理解に関する支援	5
2.2.1 ScoreIlluminator	5
2.2.2 Thermoscore.....	5
2.2.3 演奏情報の内在化のための打楽器学習支援手法	5
2.3 アンサンブル支援	6
2.3.1 複数の仮想指揮者によるオーケストラ演奏の支援.....	6
2.4 関連研究のまとめ	6
第 3 章 提案手法	7
3.1 提案手法.....	7
3.2 予備実験.....	7
3.3 ミス伴奏生成システム ArteMiss	8
第 4 章 実験	10
4.1 実験方法.....	10
4.2 結果.....	17
4.2.1 定量評価.....	18
4.2.2 定性評価	22
第 5 章 考察	26

第6章 まとめと展望.....	27
参考文献.....	29

第1章 はじめに

1.1 研究背景

学業や仕事、芸事やスポーツに至る様々な領域で、人前で何かを表現する機会は、全ての人を経験するだろう。自分の学習・研究成果を人前でプレゼンテーションをしたり、顧客に対して営業を行ったり、芸事であれば、舞台上で演劇や音楽を表現したり、スポーツであれば、大会の場で素晴らしいパフォーマンスを行う。多く人は、できれば成功したいと思っており、成功のためには、練習が欠かせない。

様々な発表の場面において、技と体だけではなく、メンタル機能も満足な状態にする必要があるが、メンタル機能の制御は困難なうえに技と体にも影響し[1]、通常のような実力を発揮できなくなることがある。

楽器演奏者が舞台上で演奏する際、緊張のあまり、良いパフォーマンスができないことがある。この原因の1つとして、音楽演奏不安 (Musical Performance Anxiety) が挙げられる。音楽演奏不安は、「演奏者の音楽的素質・訓練・準備状態に対して不当なレベルまで、公演に対する強い不安を感じたり、公演で演奏技術が損なわれたりすること[2]」と定義されている。音楽演奏不安は、プロ・アマチュア問わず、誰にでも起きうる現象であり、練習不足による失敗は定義に含まれていない。また、音楽演奏不安の強度は、演奏状況に依存することが示唆されている。Cox & Kenardy の研究によれば、個人練習をする条件、グループで演奏する条件、ソロで演奏する条件の順に音楽演奏不安が高まる[3]。

演奏本番中に音楽演奏不安によってアクシデントが生じてしまった場合、演奏者は、臨機応変な対応をしなければならない。演奏中に生じるアクシデントには様々なものがあり、原因も様々である。演奏中に生じるよくあるアクシデントは、音高ミスや音価ミスである。練習量やリハーサルが足りなかったがゆえにミスをするかもしれない。万全に準備をしても緊張等によってミスしてしまうこともある。ミスによって、奏者自身あるいは共演者が動揺してしまい、さらに別のミスを誘発することもある。しかしながら、このようなアクシデントが想定されることを見越したりリハーサルを行うのは難しい。なぜなら、音楽演奏不安のレベルが最も高い本番で生じるアクシデントを、音楽演奏不安のレベルが低いリハーサルで生じさせることがそもそも難しいからである。

1.2 研究目的

本研究の目的は、二重奏形式の演奏におけるリハーサル段階での独奏者による個人練習時に、本番で生じうる伴奏者のミスに起因するアクセントを想定した、非常事態訓練に相当する練習の実施を可能にする手段を実現することである。なお、本研究における二重奏とは、独奏者（独奏楽器）と伴奏者（ピアノ）の 2 人による演奏形式と定義する。本研究が支援対象とするのは、二重奏において独奏者の方である。

多くの場合独奏者は個人練習の際に、あらかじめ録音された伴奏音源や、MIDI データ等で作成された伴奏パートのマイナスイン音源を使用し、それらの再生演奏に合わせて練習を行う。通常このような練習用の伴奏音源には、正確に演奏されたものを使用する。しかしこれでは、本番でのアクセントに対応する練習を行うことはできない。そこで単純には、伴奏を担当するピアノ奏者が、意図的に誤りを混ぜた演奏を行う方法が考えられる。しかしこのような手段はあまり好ましくない。リハーサル中にあえてミスを生じさせようとするすることで、本来の正しい演奏とは異なる無用の癖がついてしまい、本番の演奏に悪影響を及ぼしてしまうことが危惧されるからである。そこで本研究では、MIDI データによる伴奏音源を使用することを想定し、MIDI データを解析してありがちな伴奏ミス伴奏データに混入させるシステムを実装し、その出力データを再生することによって、多様なミス伴奏を簡便に再現できるようにする手法を提案する。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は 7 章で構成される。第 2 章では、既存の支援システムについての関連研究を述べる。第 3 章では提案手法について述べる。第 4 章では実験方法と実験結果、第 5 章では考察、第 6 章ではまとめと今後の展望について述べる。

第2章 関連研究

2.1 楽器の演奏技術習得支援

2.1.1 Apollon 13

Yokoyama ら[4]は, Apollon 13 という, ピアノ独奏者のためのリハーサル支援システムを提案した. このシステムは, 打鍵した音の音高を差し替えることによって, 疑似的に音高ミスを再現することができる. このシステムを用いて練習すれば, ピアノ奏者は, ミスをシミュレートすることができる.

2.1.2 演奏テンポに着目した支援システム

鈴木ら[5]は, テンポに着目し, 緊張状態や興奮状態にある演奏者の演奏テンポを制御する手法を提案した. 提案システムでは, 演奏者の緊張, 興奮状態を示す指標である心拍データを提示する. それによって演奏者に現状の緊張・興奮状態を知覚させ, テンポ制御の必要性を促すことで演奏テンポを平常時のテンポに近づける. 実験では, 提案手法, 平常時のテンポを本番演奏直前に聞かせるという比較手法, テンポ制御を行わない手法の3つを比較した. その結果, 提案手法は, 比較手法やテンポ非制御手法と比べて演奏テンポを制御できることが分かった.

2.1.3 Us Practicing

金澤ら[6]は, 動画投稿サイトに見られる「弾いてみた動画」に着目した. ほとんどの動画投稿サイトでの検索結果は, 平均再生時間や「いいね」の数などに基づいて順位づけられており, 演奏技術レベルに基づく順位付けになっていない. また, 自分に適したレベルの弾いてみた動画を探すことが容易ではない. そこで, 弾いてみた動画の技術レベルを集合的に順位付けし, 各楽器演奏練習者がそれぞれのレベルに応じた動画を探しやすくする手法を提案した.

2.1.4 GP-Mixer

村瀬ら[7]は、各練習者が同一空間で練習している他者それぞれに対して自身の練習音量を調節し、ストリーミングできるシステムを提案した。練習者は、聞かれても良い箇所と聞かれない箇所を相手によって音量調節でき、他者を気にせず個人練習することが可能とされている。

2.1.5 B-ヴァイオリン

ヴァイオリンの演奏動作のうち、ボウイングは、弓を右手に持ち、右手で弓を動かして弦を擦って音を鳴らす動作である。この動作は、初心者が難しいとされる演奏スキルである。そこで、竹本ら[8]は、ボウイングスキルの習得を支援するシステム B-ヴァイオリンを開発した。ボウイングスキルに関連するものとして、ジェスチャライゼーションと弓圧の操作情報を抽出して、それらを視覚的・聴覚的に教示することで、スキル習得を支援している。

2.1.6 虚偽情報および曖昧情報教示機能をもつヴァイオリン学習支援システム

ピアノの鍵盤を光らせて、打鍵位置を提示する学習支援システムがある。このシステムと同じ手法をヴァイオリンにも適用できると考えられる。ヴァイオリンでは、ポジショニングの学習で有用であると考えられる。一般的な手法としては、ヴァイオリンにおけるポジショニングする位置を補助情報として、指板上に提示する。補助情報の提供は学習に有効である一方で、補助情報からの離脱も検討する必要がある。他者から嘘やごまかしを受けると相手を信用できなくなるという心理特性がある。そこで、熊木ら[9]は、この特性を活用し、学習者が熟達するにつれ、システムが提示情報をあいまいにし、誤った提示情報を学習者に提供することで、学習者が補助情報からの離脱を促進できるようにした。

2.2 楽曲情報理解に関する支援

2.2.1 Scorelluminator

オーケストラなどの大編成用の楽譜はパート数が多く、判読性が低い。フルスコアを読譜する際、パートごとのまとまりや関連性を意識しなければならない。このような読譜技術は、音楽構造の理解を要するものであり、現状は、フルスコアを読みこなせる人は少ない。そこで、松原ら[10]は、異なるパートの似た役割を持つフレーズをクラスタリングし、各クラスタに異なる色を割り当てて楽譜上に着色する手法と、音楽を再生しながら楽譜を見ることで異なるパート間の関連性を把握しやすくするインタフェースを提案した。実験の結果、異なるパート間の関連性を把握する色付け楽譜の生成が可能であることを示し、スコアリーディング支援を実現できることを示した。

2.2.2 Thermoscore

宮下ら[11]は、ピアノの即興演奏のための支援システムを開発した。ペルチェ素子を鍵盤に貼り付けて、音楽理論的に不適切な演奏があった場合に、該当するペルチェ素子を通電させ、指に熱を感じさせる。これによって、奏者は、音楽理論的に不適切な演奏を学習し、修正することができる。

2.2.3 演奏情報の内在化のための打楽器学習支援手法

打楽器演奏技術を習得するための支援システムは少ないが、いくつか提案されている。菅家ら[12]は、打楽器の演奏技術の習得の差異、叩く動作が演奏情報の習得を妨げていることに注目し、演奏情報の習得と、叩打動作を分離する学習方法を提案した。

2.3 アンサンブル支援

2.3.1 複数の仮想指揮者によるオーケストラ演奏の支援

アマチュアオーケストラにおいて、指揮者不足が問題として挙げられている。この状況を解決するために、人間の指揮者の代わりに、CG等で代用する仮想指揮者に関する研究が行われている。仮想指揮者は人間の指揮ほど多種多様な表現を行えないため、演奏内容を豊かにするだけの指揮能力を持たせることは困難である。そこで、高津ら[13]は、演奏者一人一人に指揮を行う環境を提案した。各演奏者に一台ずつタブレットを配り、それぞれの演奏者が、タブレット上に表示される仮想指揮者の指揮に合わせて、演奏を行う。このシステムでは、各演奏者の役割に応じた異なる指揮の映像が表示されている。実験の結果、全ての演奏者が全く同じ指揮を見る場合よりも、提案手法の方が、演奏しやすくなるということが示された。

2.4 関連研究のまとめ

演奏支援の研究は、楽器の演奏技術、練習環境に着目されてきた。特に、個人練習を支援するシステムは、様々なものが考案されてきた。しかし、二重奏形式の演奏に特化したリハーサル支援システムは提案されてこなかった。本番でのアクセントに対処する練習を目的としたリハーサル支援の取り組みは非常に少ない。わずかに、Apollon13[4]というピアノ独奏者向けの練習支援システムが提案されている。

このような背景から、本稿では、二重奏形式に着目したリハーサル支援システムを提案する。

第3章 提案手法

3.1 提案手法

二重奏のリハーサルにおける非常事態訓練を可能とするための手法について説明する。

手法の概要としては、リハーサル時に、伴奏音にミスを含ませて、それを聴きながら演奏している独奏者の動揺を惹起させる。この際、実際の伴奏者に意図的にミスを含ませて演奏することは技術的にも難しい。リハーサルは、あくまで、本番で失敗しないようにするために正確に演奏することが要求されている。実際の伴奏者にミスを意図的に生じさせるのは、余計な癖がついてしまう恐れがあるので、不当な手段である。

そこで、伴奏者をシステムに置き換える。コンピュータで再生可能な音源にミスを含ませ、その音源を独奏者に聴かせてリハーサルを行う。システムに置き換えたことにより、伴奏者が意図的にミスを生じさせる必要がなくなる。

一つの曲に対して、同じ場所ばかり伴奏ミスが入るのは不自然である。音源に入れるミスの混入方法にも工夫をした。伴奏入り音源データを生成する度に、違ったパターンの伴奏ミスを再現できるよう実装した。

3.2 予備実験

システムの実装に先立ち、手作業で伴奏データにミスを含ませ、その伴奏音源に合わせて演奏する予備実験を行った。予備実験では、1つの伴奏音源に対して音高ミスとテンポ揺れをそれぞれ3カ所ずつ混入し、これを再生しながら独奏者に演奏してもらった。伴奏ミスの位置を変えて、4種類の伴奏音源を作成した。作成した伴奏音源のうち、3つはMIDI音源で、残りの1つは人間による生演奏を収録した伴奏音源である。独奏者には、伴奏ミスがあることを教示せずに、4種類の伴奏音源に合わせて順番に演奏してもらった。その結果、ミスを過度に警戒しすぎて、通常とは全くかけ離れた演奏になってしまった。特に今回用意した伴奏データではミスの数が過剰に多かったため、2回目の演奏の時点で独奏者は過度に警戒していた。伴奏ミスが多すぎると、違和感のある演奏環境になってしまうことが分かった。

3.3 ミス伴奏生成システム ArteMiss

MIDI データによる伴奏音源に演奏ミスを含ませて、リハーサルにおける非常事態訓練の実施を支援するためのミス伴奏生成システム ArteMiss を実装した。ArteMiss という名称の由来は、Yokoyama[4]らの提案したシステム Apollon 13 が音楽の神でもある Apollon から名前を取ったものであり、アポロンの対となる神として、アポロンとは双子の姉であるアルテミス (Artemis) から名前をいただいて、ArteMiss と名付けた。

本システムは、C 言語でプログラミングを行った。音楽データ形式の一つである、SMF 形式のファイルを読み込み、内部の情報を書き換えて、ファイルを新しく生成する。この生成されたファイルがミス入りの伴奏音源である。予備実験の結果を踏まえ、一つの曲に対して、音高ミス 1 箇所とテンポ揺れ 1 箇所ずつ混入させるようにした。

伴奏用の楽曲の MIDI データを ArteMiss に入力すると、全体の伴奏データに、音高ミスとテンポ揺れをそれぞれ 1 カ所ずつだけ混入した MIDI データが出力される。図 3 に、混入するミスの例を示す。図 3 上段の楽譜内に赤い音符で示した音高ミスは、同音が連続したときに、両方の音を半音上げるという条件で設定した。重音の場合は、最も高い音に対して、音高ミスを混入する仕様とした。図 3 下段に示すテンポ揺れは、曲の通常 BPM に対して、0.9 倍になるように設定した。四分音符が 4 拍分の長さの範囲にテンポ揺れが適用される仕様となっている。たとえば 4 分の 4 拍子で BPM120 の曲の場合、BPM108 のテンポ揺れが、1 小節分の区間に混入される。ミス伴奏データを生成するたびに、違った箇所にミスが混入されるように調節した。アクセントはあらゆる場所で生じうる。違う場所にミスが混入されることで、様々なアクセントをリハーサルで経験することが可能になる。独奏者は、こうして ArteMiss によって生成されたミス伴奏データをリハーサルの際に再生し、その伴奏音に合わせて演奏する。



図3 ArteMiss が埋め込むミスの例

第4章 実験

ArteMiss で生成したミス入り伴奏データを使用したりハーサルを行うことで、演奏本番での独奏者の対応力が向上する可能性について検証した。

4.1 実験方法

7名の被験者を採用して実験を行った。最初に、Performance Anxiety Questionnaire (PAQ) [3]という質問票を用いて、全被験者の演奏不安傾向を測定した。PAQは、Cox & Kenardy[3]によって、Cognitive-Somatic Anxiety Questionnaire [14]と Performance Anxiety Inventory [15]をもとに開発された尺度である。PAQは、演奏中の認知的感情（例：自分の演奏が心配だ、他のことで頭がいっぱいになってしまう）を記述した10文と、身体化（例：胃が痛いと感じる、手のひらに汗をかく）を記述した10文の、合計20文からなる。各文に対して、ソロ演奏時にどの程度感じるかを5点満点で回答してもらった。この結果に基づき、被験者を4名の実験群と3名の対照群の2群に分けた。その際、演奏不安傾向の得点が高い人と低い人がそれぞれに均等に散らばるようにした。実験群と対照群の分類を表4.1に示す。幅広い年齢層、かつ、様々な楽器の経験者を集めることができた。どの被験者も、経験年数が長い中級～上級奏者である。各被験者の実験風景は、図4.1.1から図4.1.7で示した。また、本実験で使用する楽曲は、梶浦由記作曲の炎であり、本著者が二重奏用に1分半程度の長さに編曲した。編成はピアノ伴奏と独奏楽器の2つである。

表 4.1 被験者情報

群	被験者	楽器	楽器の経験年数
実験群	A	クラシックギター	20 年
	B	オカリナ	8 か月
	C	ファゴット	34 年
	D	ヴァイオリン	5 年
対照群	E	ヴァイオリン	19 年
	F	チェロ	10 年
	G	ヴァイオリン	14 年



図 4.1.1 被験者 A

(クラシックギター)



図 4.1.2 被験者 B

(オカリナ)

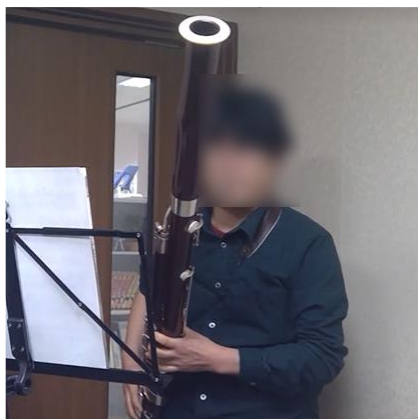


図 4.1.3 被験者 C

(ファゴット)

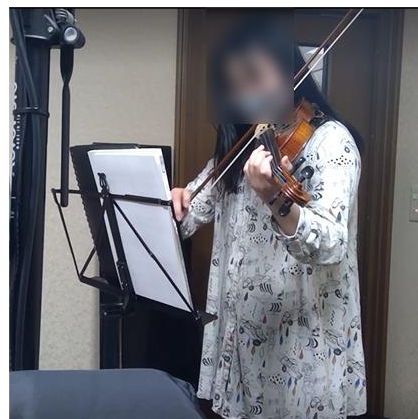


図 4.1.4 被験者 D

(ヴァイオリン)



図 4.1.5 被験者 E

(ヴァイオリン)

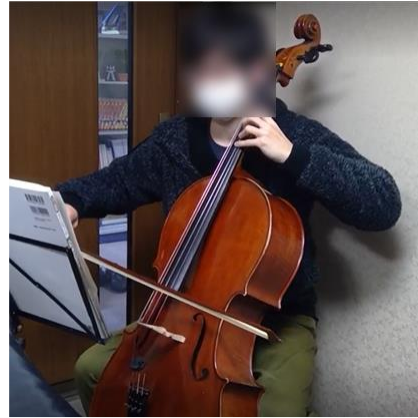


図 4.1.6 被験者 F

(チェロ)

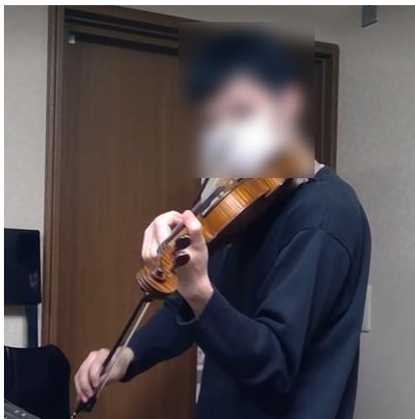


図 4.1.7 被験者 G

(ヴァイオリン)

実験開始に先立ち、被験者らに与えた教示では、本来の実験目的を隠すために、「演奏不安の度合いが演奏にどう影響を与えるか評価する実験」と実験目的を説明した。その後、リハーサルを 3 回、本番演奏を 1 回行ってもらった。リハーサル用の伴奏音源として、実験群には ArteMiss で生成したミス入りの MIDI データを、対照群にはミスの無い通常の MIDI データを用意した。リハーサルで、実験群には 1 回目と 3 回目の練習ではミス入り伴奏を、2 回目の練習ではミ

ミス無し伴奏を使用して練習してもらった。2 回目にミス無し伴奏を入れたのは、アクシデントが必ずしも生じないという不確実性を考慮したからである。また、別途実施した予備実験の結果を踏まえて、独奏者自身の警戒心を過度に煽らないようにするためでもある。実験群の被験者には、リハーサルの最中に伴奏のミスに気付いたとしても、「気にしないでください」といって実験を続けてもらうように準備していた。対照群には 3 回ともミス無しの伴奏音源を使用してリハーサルを行った。

リハーサル終了後に本番演奏を実施する。本番演奏では、伴奏音源として ArteMiss で生成したミス入りの伴奏楽譜を用いて本稿著者が実際にピアノ演奏したものを収録して使用した。この生演奏にも、音高ミス 1 箇所とテンポ揺れ 1 箇所が含まれている。両群共に、この伴奏音源を聴きながら演奏してもらった。ただし、実際にコンサートのような本番演奏の場を設けるのは難しいので、「これから録音します」と教示して緊張感を与え、本番のつもりになって演奏してもらった。

本実験で使用した楽曲「炎」の伴奏音源のミスの内容を表 4.2 に示す。楽曲の長さは、1 分 32 秒。4 分の 4 拍子で正常なテンポは BPM80 である。調は、ニ長調、ニ短調、ホ長調の順に変化する。小節数は全部で 30 小節であり、前奏と後奏を除いた、メロディーが入るのは 3 小節目から 29 小節目までの区間である。伴奏ミスは、ArteMiss で生成した。メロディー区間の伴奏に音高ミスとテンポ揺れを各 1 カ所ずつ入れるようにした。1 回目・3 回目・本番の演奏のミス伴奏は、どれも違う箇所でもミスを入れた。

表 4.2 本実験で使用した伴奏音源のミスの内容

	実験群	対照群
1 回目	22 小節目 (テンポ揺れ) , 25 小節目 (音高ミス)	ミスなし
2 回目	ミスなし	ミスなし
3 回目	10 小節目 (音高ミス) , 19 小節目 (テンポ揺れ)	ミスなし
本番演奏	12 小節目 (テンポ揺れ) , 17 小節目 (音高ミス)	左に同じ

本番演奏の終了後に、インタビューとアンケートを実施した。インタビューでは、ミス伴奏音源の効果を評価するために、両被験者に対して演奏時の感情や感覚を直接尋ねた。その際、実験中に撮影した動画を確認しながらコメントをもらった。特に、被験者自身が伴奏のミスに気付いた箇所に関するコメントを求めた。実験群の被験者には、リハーサルおよび本番演奏の動画を確認しながら、どの箇所で何を感じたかについてコメントをもらった。対照群の被験者には、本番演奏のみの動画を見ながら回答してもらった。また、全ての被験者に、ミス伴奏生成システムに関する意見を自由にコメントしてもらった。なお対照群の被験者には、ミス伴奏生成システムというものがあつたとしたら、という想定で回答してもらった。アンケートでは表 4.3 に示す質問に 5 段階評価で回答してもらった。実験群の被験者には、問 1、問 2 の設問に対しては、リハーサルの 1 回目と 3 回目および本番演奏のそれぞれ 3 回分の演奏について分けて回答してもらった。対照群の被験者には、問 1、問 2 の設問は本番演奏についてのみ回答してもらった。

表 4.3 アンケート項目

問 1.	伴奏のミスに動揺しましたか？
問 2.	伴奏のミスに警戒しましたか？
問 3.	充実したリハーサルができたと思いますか？
問 4.	伴奏者のミスに対して、自分に対応できたと思いますか？
問 5.	実験終了後に本番があるとしたら、自信がありますか？

4.2 結果

アンケート結果と統計検定結果を本節で示す。アンケート項目のうち、「問 1. 伴奏のミスに動揺しましたか?」と「問 2. 伴奏のミスに警戒しましたか?」は、実験群と対照群で、回答の仕方が異なっている。実験群の方は、1 回目の演奏・3 回目の演奏・本番演奏の 3 項目ごとに回答してもらった。問題番号も問 1-1 (1 回目)、問 1-2 (3 回目)、問 1-3 (本番演奏) というふうに枝番を付している。問 2 も同様である。対照群は、本番演奏のときのみ回答してもらった。

4.2.1 項では、アンケートの集計結果に基づいた、定量評価について示した。4.2.2 項では、アンケート結果と被験者インタビューの内容に基づいた、定性評価について示した。

4.2.1 定量評価

全てのアンケート項目について、実験群と対照群の間で有意差検定を行った。ノンパラメトリックかつ対応なしの検定である、U 検定を用いて検定を実施した。アンケートを集計してまとめた結果を図 4.2.1～図 4.2.9 に示した。

「問 1. 伴奏のミスに動揺しましたか？」の回答結果を図 4.2.1 から図 4.2.3 に示す。ミス伴奏でリハーサルを実施した実験群の 1 回目と 3 回目については、図 4.2.1 と図 4.2.2 に示すように結果は分散しており、一定の傾向を見出すことはできない。本番演奏でも実験群と対照群では、図 4.2.3 に示すように、結果は分散している。p 値は 0.629 であり有意差は見いだせない。

「問 2. 伴奏のミスに警戒しましたか？」の回答結果を図 4.2.4 から図 4.2.6 に示す。ミス伴奏でリハーサルを実施した実験群の 1 回目と 3 回目については、図 4.2.4 と図 4.2.5 に示すように 3 回目のほうが警戒する人が増えている。本番演奏では、図 4.2.6 に示すように、実験群と対照群の間で異なる傾向がみられる。本番演奏で実験群は全員「5. そう思う」と回答し、対照群より実験群の方がより警戒する傾向がみられる。p 値は 0.057 で有意傾向があると示された。これは期待したとおりの結果である。

「問 3. 充実したりリハーサルができたと思いますか？」の回答結果を図 4.2.7 に示す。図 4.2.7 より、全ての被験者が、おおむね高評価の傾向があり、p 値は 0.400 であり、実験群と対照群の間で有意差は見出せない。

「問 4. 伴奏者のミスに対して、自分に対応できたと思いますか？」の回答結果を図 4.2.8 に示す。全ての被験者は、高評価であり、実験群と対照群に関係なく、本番演奏での伴奏のミスに対して、対処することができたといえる。p 値は、0.629 であり、有意差は見いだせない。

「問 5. 実験終了後に本番があるとしたら、自信がありますか？」の回答結果を図 4.2.9 に示す。この問いでは、実験で実施した本番演奏とは別に、再び、本番演奏の機会があるとしたら、自信があるかどうかを問うた。結果は、実験群と対照群に関わらず、個人差が大きい。実験群の方では、自信があまりないと答えた人が、対照群よりもやや多くみられた。p 値は、1.000 であり、実験群と対照群の間で有意差は見出せない。

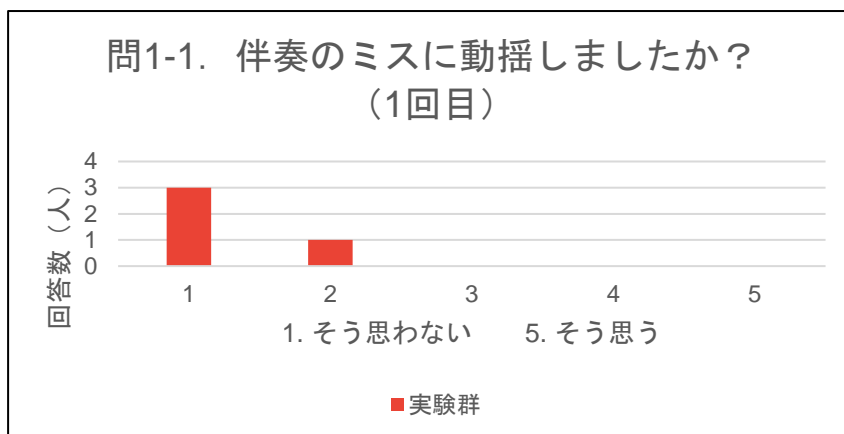


図 4.2.1 1 回目の演奏の動揺度合い

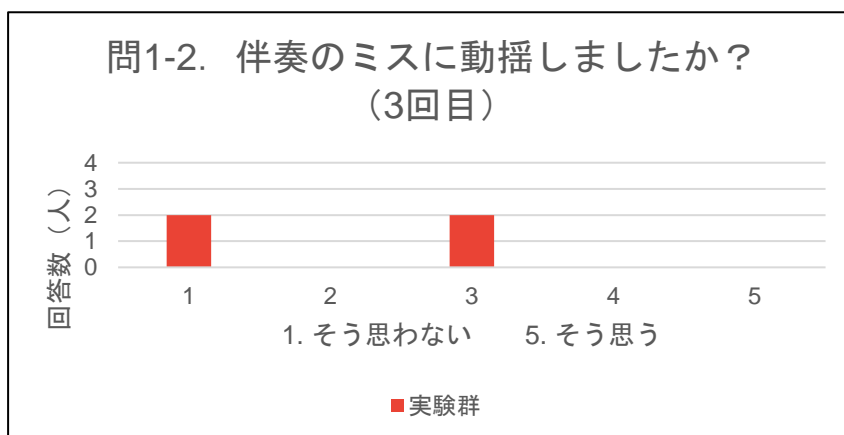


図 4.2.2 3 回目の演奏の動揺度合い

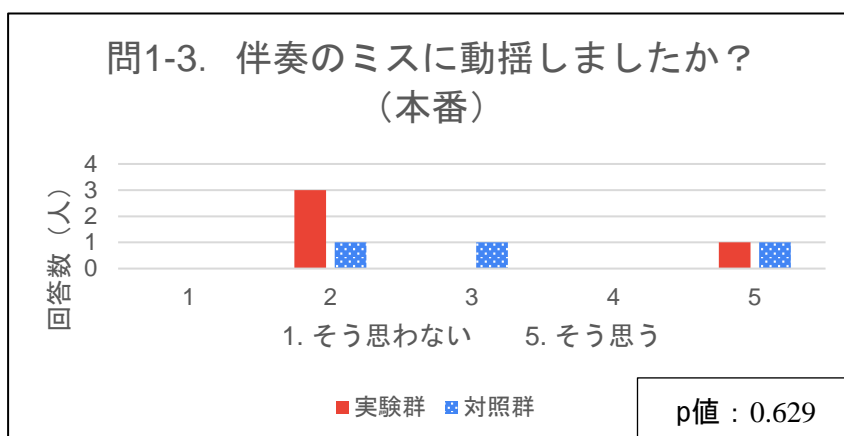


図 4.2.3 本番演奏の動揺度合い

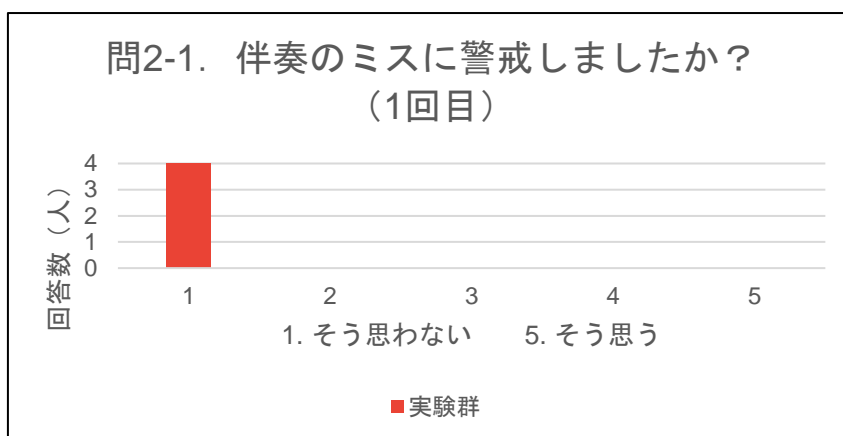


図 4.2.4 1 回目の演奏の警戒度合い

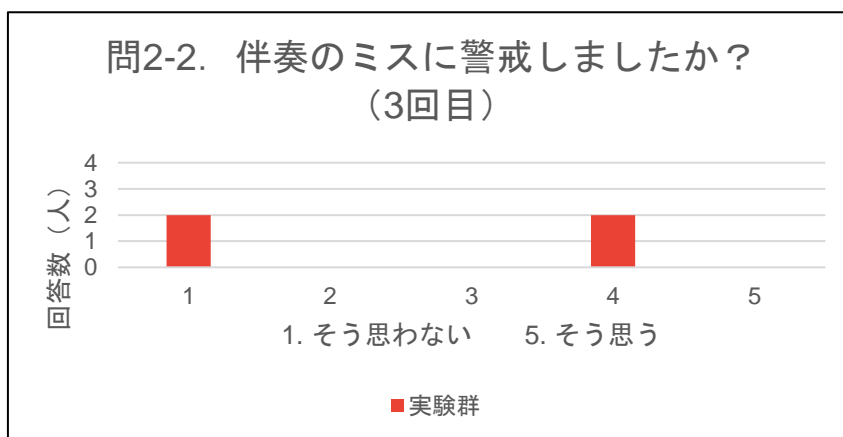


図 4.2.5 3 回目の演奏の警戒度合い

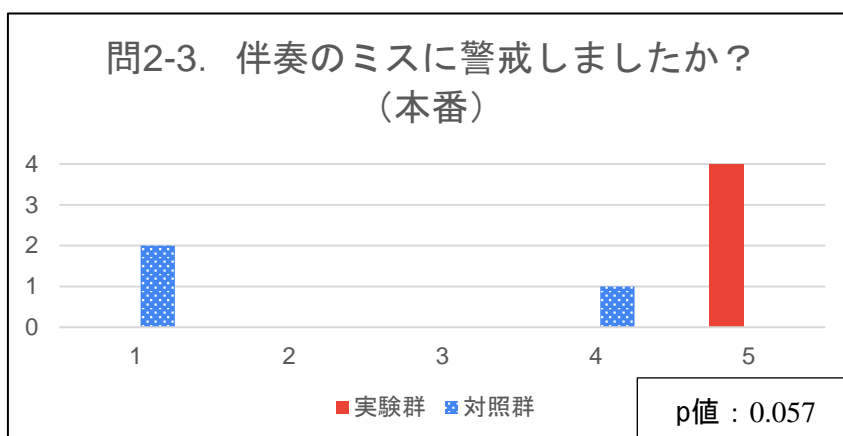


図 4.2.6 本番演奏の警戒度合い

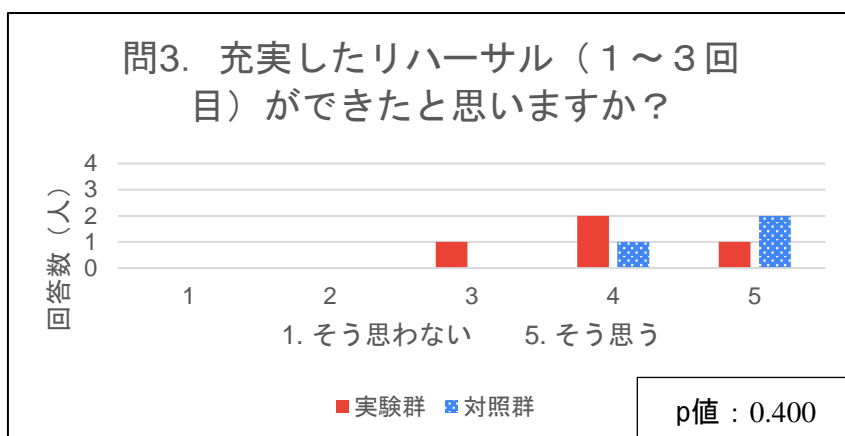


図 4.2.7 リハーサルの充実度に関する主観的評価

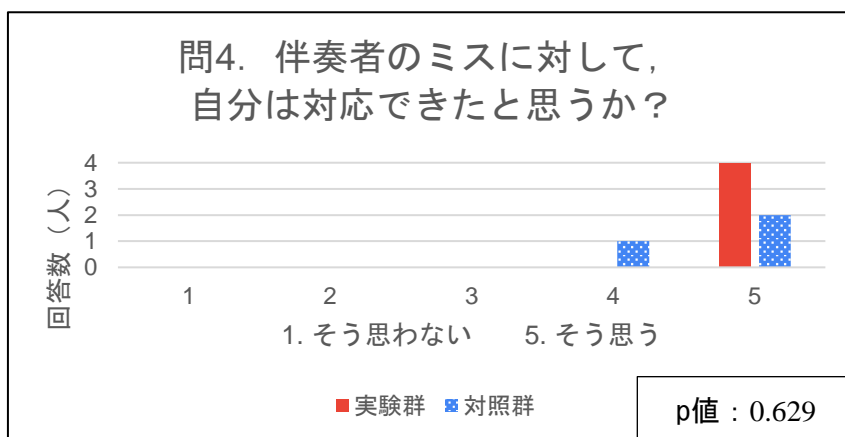


図 4.2.8 本番演奏での伴奏ミスに対処ができていたか

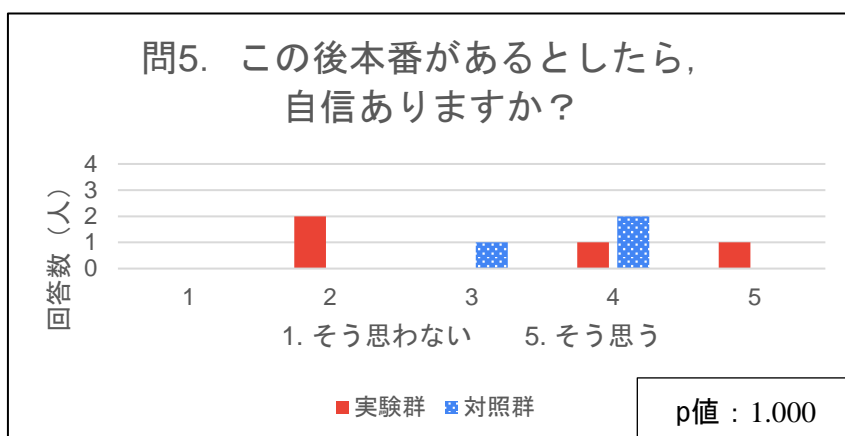


図 4.2.9 実験終了時の本番に対する自信

4.2.2 定性評価

アンケートの間 2-3 の結果で示したように、実験群の方が、本番での伴奏のミスに警戒する傾向があった。この要因としては、リハーサル時に、ミス入りの伴奏音源に合わせて実施したことが挙げられる。被験者インタビューでは、いずれの実験群の被験者も、リハーサル時の伴奏のミスに何かしら異変を感じたと回答した。ただ、伴奏のミスに気付く感度に関しては、個人差が大きかった。本実験では、1 回目と 3 回目にパターンの異なる伴奏ミス音源でリハーサルを実施した。全ての伴奏のミスに気付いた被験者もいれば、気付いた箇所が少ない被験者もいた。1 回目の伴奏ミスで、明らかに伴奏に異変を感じる被験者もいれば、異変を感じても、それが独奏者側のミスだと思い込む被験者もいた。実験群、対照群に限らず、被験者は、最初に伴奏ミスを認知した段階で、その後に、同じミス或いは似たミスが来ると予測する傾向があった。

実験内容に関する、個別のインタビュー結果を以下にまとめる。

【実験群のインタビュー結果】

・被験者 A

1 回目の伴奏の異変に気付いた。それ以降、伴奏を警戒した。2 回目では、全く同じ箇所に伴奏のミスが入ると思っていたが、特に入ることなく演奏が終わった。3 回目でランダムな箇所にミスが入ると学習した。本番の伴奏ミスにも、対処することができた。ただ、伴奏のミスが分かりやすすぎて、逆に違和感が大きかった。

・被験者 B

1 回目の伴奏のテンポ揺れは気づくことができた。「あれ？合わないな」と思った。3 回目では、伴奏のミスが来ると思っていた。実際に、伴奏の音高ミスとテンポ揺れに気づくことができた。また、1 回目のリハーサルを受けて、伴奏と合わせなければいけないという意識が芽生えた。

本番演奏でも、伴奏のミスに警戒していた。伴奏のテンポ揺れと音高ミスに気づくことができた。

・被験者 C

1 回目の伴奏のテンポ揺れは、ミスが起きているとは思わなかったが、一瞬「あれ？」と感じた。多少遅くなった気がした。音高ミスもあまり気づかなかった。この時点では、伴奏のミスは気のせいだと思った。3 回目の伴奏のテンポ揺れに気づいて、対処した。音高ミスは、やはり気づきにくかった。

本番演奏が始まる前、明らかに何か伴奏に異変が起きるだろうと確信していた。伴奏のテンポ揺れに気づいて、対処した。音高ミスは、「ちょっと高くなったかも？」と思った。伴奏の音高ミスに気付かなかったのは、ピアノ音がすぐに減衰しやすいのが原因だと思う。オルガンのような音色であれば音高ミスに気づきやすい。

・被験者 D

1 回目の伴奏のテンポ揺れは、自分の演奏（独奏側）が走ったと思った。音高ミスは全く気付かなかった。3 回目の伴奏の音高ミスにも気づいてない。これは、自分が演奏に必死だったため、楽譜上の音符を集中して見ていた。テンポ揺れは 1 回目と同様に自分が走っていると思った。

本番演奏では、明らかに伴奏にミスが入っていると確信した。ただ、音高ミスは気づかなかった。この原因としては、演奏に必死だったのと、テンポ揺れが来ることのみ意識していたため。

【対照群のインタビュー結果】

・被験者 E

本番演奏では伴奏のテンポ揺れに気づいた。音高ミスには気づかなかった。この原因としては、ヴァイオリン同士でのアンサンブルであればミスに気付くかもしれないが、ヴァイオリンとピアノのような違う種類の組み合わせだと音高ミスに気づきにくい。

・被験者 F

本番演奏では、伴奏のミスは全く想定していなかった。テンポ通りに演奏しないといけないと思い、テンポ揺れの箇所では自分が走っていると感じた。テンポ揺れには対処した。音高ミスには、特に気付かなかった。

・被験者 G

本番演奏では、伴奏のテンポ揺れに気づいたが、「わざとかな？」と思っていた。この伴奏ミスを受けて、この後もミスがあるかもしれないと警戒した。テンポ揺れが来ると思っていた。音高ミスにも気づいたが、これは想定外だった。伴奏の手指がもたついていると思った。(被験者 G は、様々な本番演奏を経験しているので、ある程度のアクシデントは慣れている。)

演奏誤りを含んだ伴奏を用いてリハーサルを行うことについての意見を以下にまとめて示す。全体的に、実験群は肯定的な意見が多数であった。

【ArteMiss によるリハーサルの実施の賛否 (実験群)】

・被験者 A

否定的である。リハーサルは本番でミスしないために行うものであって、リハーサルであえてミスをするのは不自然である。リハーサルでミスをすると、本番では不安になってしまう。ただ、「ミスが来るかもしれない」という意識を形成することはできるかもしれない。

・被験者 B

こういうリハーサルは、ぜひやるべきだと思う。舞台上では、演劇のような即興性が含まれるので、突発的なミスのようなものを再現できるのはとても有効である。

(被験者 B は演劇経験があり、演劇特有のアドリブなどの芝居的な要素を意識した回答であった。)

・被験者 C

テンポ揺れによる訓練は重要だと思う。本番でもテンポ揺れは生じることが多いから。

・被験者 D

役に立つと思う。ミスに対して迅速に対応できるようになる。リハーサルで逆に伴奏がミスしたほうが、緊張がほぐれる。1mm も間違えてはいけないというクラシック的な意識から、ジャズみみたいな即興演奏への対応に意識が変わった。

【ArteMiss によるリハーサルの実施の賛否（対照群）】

・被験者 E

ミスが非現実的だと思う。あまりやらないほうがいいと思う。

・被験者 F

多少は効果はあるかもしれないが、伴奏音源を再生しながら練習する状況は、本番演奏とは状況が異なると思う。

・被験者 G

やってもいいとは思いますが、効果はかなり小さいと思う。

第5章 考察

実験結果より、ミス入り伴奏を使ってリハーサルを行うと、それ以降のリハーサルや本番演奏でミスに警戒するようになることが分かった。リハーサル時、伴奏にミスを入れた音源に合わせて演奏することによって、伴奏に警戒するようになった。リハーサルで伴奏ミスのあった実験群の被験者は、本番演奏でも伴奏のミスに警戒し、実際に伴奏のミスに対処することができた。ただ、対照群の被験者も、伴奏のミスに対応できていたので、ミス伴奏によるリハーサルの効果による説明は現時点では難しい。ただ、リハーサルで伴奏にミスが入ると、独奏者が本番でも伴奏がミスすることを警戒するようになるという知見は、本実験において大きな成果である。

伴奏に警戒すること以外にも、本実験を通じて様々な知見を得ることができた。まず、伴奏のミスを確認する度合いに個人差が見られることがわかった。テンポ揺れと音高ミスの2種類のミスを混入させた伴奏音源では、ミスの感度に違いがあった。テンポ揺れに気づいた独奏者が多かったのは、伴奏側がテンポを揺らすと、必ずソロ奏者にも直接的な影響が生じるためだと考察する。伴奏者のテンポが揺れているのに、それを無視して元のテンポで独奏者がそのまま演奏しようとする、伴奏と独奏側でずれが生じてしまい、顕著にアンサンブルへの影響が生じてしまう。一方で、音高ミスに気付かない独奏者が多かった。これは、実験で混入した音高ミスが、直接的に独奏者に影響しないからであると考察する。独奏楽器の種類によっては、音高ミスが感じ取りにくいこともあり、独奏者自身が日々どのような形態の編成でアンサンブルを行っているかにもよって、伴奏音の聴取法が違うことも、要因の一つであると考えられる。

インタビュー結果より、演奏誤りを含んだ伴奏を用いてリハーサルを行うことについて、実験群の被験者は4人中3人が肯定的であるのに対して、対照群は全員否定的であった。これは、実際にミス入り伴奏でリハーサルをしてみると、意義を理解しやすいのだと考える。肯定側は、本番時の突発的な状況をリハーサルでシミュレートすることは、本番でのパフォーマンスの質を高めることができるという評価であった。一方で、否定側は、リハーサルは本番で失敗しないために行うものなので、リハーサルでわざと失敗を生じさせるのは効果的ではないという評価であった。また、否定はしないが、効果はかなり小さいという意見も多かった。

第6章 まとめと展望

二重奏のリハーサルで、本番での伴奏ミスという非常事態に対処する訓練を支援する方法を提案した。本研究では、ミス伴奏生成システムを開発し、生成したミス伴奏音源に合わせて、独奏者にリハーサルを行ってもらった実験を実施した。その結果、リハーサルでミス伴奏に合わせて演奏した独奏者の方が、伴奏のミスに警戒するようになることが分かった。

リハーサルの本来の目的は、本番で正確に演奏することである。そのため、従来のリハーサルは失敗しないように行うのが普通である。本研究では、妨害による支援[16]の考え方をもとに、リハーサルで失敗を再現するという方法を提案した。伴奏者がミスをして、独奏者を妨害することによって、本番でのミスに対応できる力を向上させることができるという仮説を立てた。

結果としては、伴奏ミスを入れてリハーサルを実施すると、本番での伴奏ミスにも警戒するようになり、本番での非常事態に対応する力を向上させることができた。

評価方法はさらなる検討の余地がある。現在では、平山[17]が演奏者の経験する”あがり”現象の実態を探索的に検証し、因子構造モデルが検討されている。最近の研究をもとに、尺度を改良する必要がある。ミス伴奏によるリハーサルが、どのような効果をもたらしているか、評価項目をさらに検討しなければならない。

ミス伴奏によるリハーサルを実施することで、伴奏に警戒するような意識を形成することができたが、さらなる実験を重ねてみないと明らかにならないことがある。今回の実験では、JPOPを二重奏用に編曲した楽曲で行った。楽曲のジャンルの種類、ジャズやクラシック等の違い、また、難易度によっては、効果が変わるかもしれない。

謝辞

まずは、本研究を指導してくださった、主指導教員の西本一志先生、西本研所属の高島健太郎先生、副指導教員の由井蘭隆也先生、副テーマ指導教員の宮田一乗先生に感謝申し上げます。修士課程の2年間、各先生方の指導を通じて、自分のアイデアを整理し、洗練させ、具現化することができました。この経験を糧に、様々な仕事に生かしていきます。

次に、予備実験から本実験に至るまで協力してくださった9名の実験協力者の皆様に感謝申し上げます。予備実験に参加していただいた石川フィルハーモニー交響楽団の方1名、本実験の試行の際に協力してくださったJAISTの学生1名、そして、本実験で協力してくださったJAISTの学生4名、石川フィルハーモニー交響楽団の2名、金沢大学フィルハーモニー交響楽団の1名の皆様に感謝申し上げます。

また、西本研・高島研のメンバーの皆様にも、感謝申し上げます。研究や生活のことで、相談に乗ってくれたおかげで、研究を進めることができました。本当にありがとうございます。

最後に、研究生生活を支えてくれた私の家族に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Terry, O., & Partington, J., Mental links to excellence, *The sport psychologist*, Vol. 2, No. 2, pp. 105-130, 1988.
- [2] Salmon, P. G., A psychological perspective on musical performance anxiety: a review of the literature, *Medical Problems of Performing Artists*, Vol. 5, pp. 2-11, 1990.
- [3] Cox, W. J., & Kenardy, J., Performance Anxiety, Social Phobia, and Setting Effects in Instrumental Music Students, *Journal of Anxiety Disorders*, Vol. 7, pp. 49-69, 1993.
- [4] Yokoyama, Y., & Nishimoto, K., Apollon13: A Training System for Emergency Situations in a Piano Performance, *Active Media Technology*, LNCS6335, pp. 243-254, Springer, 2010.
- [5] 鈴木大互, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦, 本番演奏における演奏テンポ制御のための心拍情報提示システムの構築, *情報処理学会研究報告*, Vol.2012-MUS-96, No.17, pp. 1-8, 2012.
- [6] 金澤優太, 西本一志, Us Practicing : 「弾いてみた動画」を活用した楽器の継続的練習支援システム, *情報処理学会インタラクシオン 2017 論文集*, pp. 597-600, 2017.
- [7] 村瀬ゆり, 高島健太郎, 西本一志, GP-Mixer : 集団内における楽器個人練習環境を個別に調整可能とするシステム, *情報処理学会インタラクシオン 2018*, pp. 695-699, 2018.
- [8] 竹本拓真, 馬場隆, 片寄晴弘, B-ヴァイオリン : ヴァイオリン演奏初心者のボウイングスキル習得のための支援システム, *エンターテイメントコンピューティングシンポジウム (EC2013)*, pp.242-243, 2013.
- [9] 熊木万莉母, 竹川佳成, 平田圭二, 虚偽情報および曖昧情報教示機能をもつバイオリン学習支援システムの提案, *エンターテイメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集*, pp. 540-542, 2015.
- [10] 松原 正樹, 岡本 紘幸, 佐野 智久, 鈴木宏哉, 延澤 志保, 斎藤 博昭, ScoreIlluminator : スコア色付けによるオーケストラスコアリーディング支援システム, *情報処理学会論文誌*, Vol. 50, 12, pp 2937-2948, 2009.
- [11] 宮下芳明, 西本一志, 温度で制約を緩やかに提示するシステム Thermoscore を用いた即興演奏支援, *情報処理学会研究報告 : ヒューマン*

インタフェース研究会報告, 90, pp. 13-18, 2004.

- [12] 菅家 浩之, 寺田 努, 塚本 昌彦, フレーズ内在化のための学習フェーズ分離による打楽器学習支援手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 59, 1, pp. 236-245, 2018.
- [13] 高津良介, 牧宥作, 権藤聡志, 井上智雄, 岡田謙一, 複数の仮想指揮者によるオーケストラ演奏の支援, 研究報告コンシューマ・デバイス&システム (CDS), 42, p. 1-8, 2015.
- [14] Schwartz, G. E., Davidson, R. J., & Goleman, D. J., Cognitive and somatic processes in anxiety, Psychosomatic Medicine, Vol. 40, pp. 321-328, 1978.
- [15] Nagel, J., Himle, D., & Papsdorf, J., Coping with performance anxiety, NATS Bulletin, Vol. 37, pp. 26-27, 31-33, 1981.
- [16] 西本一志, 横山裕基, 妨害による支援～あるいは「向上のための改悪」～, 情報処理学会報告, 2014-HCI-159(10), pp. 1-8. 2014.
- [17] 平山裕基, 演奏者の”あがり”経験の特徴に関する因子構造モデルの検討, 音楽知覚認知研究, Vol. 22, No. 2, pp. 89-102, 2017.