

# オンラインピアノレッスン支援における演奏動作のAR表示の透過度が教師・生徒の視認性に与える影響

山下真由佳<sup>†1</sup> 益子宗<sup>†2</sup>

**概要:** 近年、オンラインのピアノレッスンは急速に普及している。しかし、従来のオンラインレッスンでは、カメラ視点の制約により、細かな指使いや手の動きが十分に伝わらないという課題が指摘されている。本研究では、拡張現実 (AR) 技術を用いて、教師と生徒が離れた場所にしながら互いの演奏動作をリアルタイムに可視化できる双方向型オンラインピアノレッスン支援システムを構築した。本システムを用いた比較実験では、AR 上に提示される演奏動作表示の透過度を変化させた場合の視認性およびレッスン体験への影響について検討した。異なる透過度条件における主観的評価を比較した結果、演奏動作表示の透過度は、視認性やレッスン体験に影響を与える要因の一つであることが示唆された。

## 1. はじめに

2020年の新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い、オンライン授業は学校教育に限らず、習い事や趣味といった課外教育の分野においても急速に普及した。音楽教育分野においてもオンラインピアノレッスンの利用が拡大しており、移動時間の削減や指導者選択の柔軟性といった利点が挙げられる。一方で、オンラインピアノレッスンには対面指導と比較して演奏動作の伝達が困難であるという課題が存在する[1]。特に、ピアノ演奏において重要な要素である指使いや手の位置関係は、通常のビデオ会議システムではカメラ視点や画角の制約により把握しづらく、教師・生徒双方にとって十分なフィードバックを得ることが難しい。

これらの課題を背景として、本研究ではオンラインピアノレッスンにおける演奏動作の視認性向上に着目する。著者らはこれまでに、教師と生徒が離れた場所にしながら互いの手の演奏動作をリアルタイムに可視化できる、双方向型のオンラインピアノレッスン支援システムを提案してきた[2]。本システムでは、ヘッドマウントディスプレイを用いて相手の手の映像を自身の鍵盤上に重畳表示することで、運指や鍵盤操作を直感的に比較・理解することを可能とした。予備的なユーザスタディの結果、双方向による演奏動作の可視化は、初心者に対する指導の分かりやすさや学習意欲の向上に寄与することが示唆された。

一方で、上記のシステムを用いた実験においては、教師と生徒の手が同時に表示されることにより視認性が低下し、相手の指や注目すべき演奏動作が分かりにくくなるという新たな課題も明らかとなった。特に、両者の手を常に不透明に表示する場合、視覚情報量が過多となり、どの手や指に注意を向けるべきか判断しにくくなる可能性がある。

そこで本研究では、双方向ARピアノレッスン環境にお

ける演奏動作表示の透過度に着目し、教師役・生徒役それぞれにとって最適な手の透明度を明確化することを目的とする。透過度を調整することで、自己の手と相手の手の視認性のバランスを制御し、演奏位置や指使いの理解を向上させられると考えられる。また、本研究の実験では、手の映像に加えて鍵盤の映像も重畳表示することで、手と鍵盤との位置関係を補助的に提示し、アライメントに関する課題にも配慮した。

## 2. 関連研究

音楽学習を支援するための技術的研究はこれまでに数多く提案されている。遠隔ピアノレッスンにおいては、カメラ切り替えや共同注視を考慮することで、教師と生徒間の情報共有を円滑にするシステムが提案されている[3]。これらの手法は、遠隔環境における演奏動作の理解を補助する点で有効であるが、演奏中の手や指の詳細な動きを常時把握するには限界がある。

近年では、拡張現実 (AR) や複合現実 (MR) を用いた音楽学習支援手法も注目されている。著者らはこれまでに、教師の手の演奏動作を学生側の鍵盤上に重畳表示するAR手法を提案し、演奏理解の向上に有効であることを示している[4]。また、鍵盤上に音符や演奏情報を重畳表示するシステムや、演奏動作を三次元的に可視化するMRアプリケーションも報告されており、視覚情報を強化することで初心者理解を促進できる可能性が示されている。

さらに、著者らは教師と生徒が互いの手の演奏動作をリアルタイムに可視化できる、双方向型のオンラインピアノレッスン支援システムを提案している[2]。本手法により、教師と生徒は相手の運指や鍵盤操作を直感的に比較できるようになった。一方で、同研究では、手の重なりによる視認性の変化や、表示方法の違いが演奏理解に与える影響に

<sup>†1</sup> 芝浦工業大学大学院 理工学研究所

<sup>†2</sup> 芝浦工業大学 デザイン工学部

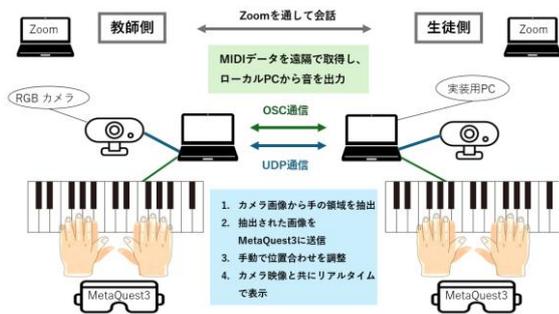


図 1 本システムの全体構成



図 2 本システムの実行例

についての定量的な検討は行われていない。

以上より、双方向 AR ピアノレッスンにおいては、演奏動作の可視化自体は有効であるものの、表示方法の設計、特に視認性を考慮した提示手法については十分に検討されていない。本研究は、演奏動作表示の透過度に着目し、教師・生徒双方の視認性に与える影響を明らかにする点に特徴がある。

### 3. 提案手法

#### 3.1 システム概要

双方向型のオンラインピアノレッスン環境において演奏動作表示の透過度を調整可能とした提案手法について述べる。本手法は、既存のオンラインピアノレッスン支援システム[2]を基盤とし、AR 表示される手および鍵盤の視認性を調整可能とする機構を追加したものである。

具体的には、演奏動作として提示される手の表示に対し、透過度を 0%、25%、50%、75% の 4 段階で制御可能とした。さらに、先行研究や予備的検討において指摘されていたアライメントの問題に対応するため、手の映像に加えて鍵盤領域を色検出により抽出し、両者を重畳表示する構成とした。

図 1 に本システムの全体構成を示す。本システムは、(1) 手および鍵盤の映像の取得、(2) ネットワークを介したデータ伝送、(3) Unity による AR 重畳表示、(4) OSC を用いた音声同期処理から構成されており、教師役と生徒役の間で

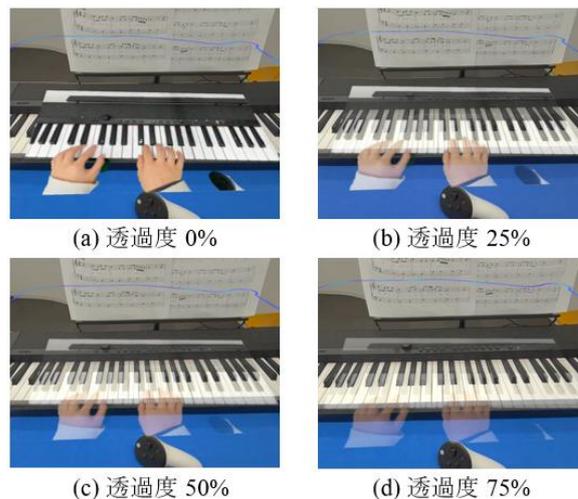


図 3 各透過度設定における表示例

リアルタイムな双方向型の提示を実現している。

開発環境は以下のとおりである。

- OS: Windows 11
- 使用言語: Python, C#
- 使用ソフトウェア: Unity (Version: 2022.3.62f1), Waveform Free 13, loopMIDI
- 使用デバイス: Meta Quest 3

提案システムは、ピアノレッスン中に教師と生徒の間で演奏動作を共有し、互いの手の動きを AR 空間上で重ね合わせて観察できる双方向インタラクションを可能にする。各参加者の手および鍵盤は RGB カメラによって撮影され、ローカルネットワークを介して相手側へ送信される。送信された映像ストリームは Unity 上で処理され、色検出および背景除去により手および鍵盤領域が抽出される。抽出された映像は、Meta Quest 3 のパススルー API を用いて、各ユーザの物理的な鍵盤視界上にリアルタイムで重畳表示される。これにより、ユーザは実際の演奏環境を維持したまま、相手の演奏動作を視覚的に参照することができる。図 2 に本システムの実行例を示す。

#### 3.2 演奏動作表示の透過度制御機能

本システムでは、相手の演奏動作表示に対して 0%、25%、50%、75% の 4 段階の透過度を設定可能とした。従来の完全不透明表示では、相手の手が強調される一方で、自身の手や鍵盤の視認性が低下するという課題があった。そこで本研究では、Unity 上で描画される演奏動作レイヤに対して透過度制御を実装し、ユーザが状況に応じて相手の手の見え方を調整できるようにした。

図 3 に、各透過度設定における表示例を示す。この機能により、「相手の指運びを強調したい場合」や「自身の手や鍵盤の視認性を優先したい場合」など、教師・生徒の役割や熟達度に応じた柔軟な可視化が可能となる。

### 3.3 鍵盤の表示を含めた位置合わせ

遠隔環境における演奏動作の重畳表示では、手と鍵盤の位置関係のずれが演奏理解を妨げる要因となる。この課題に対応するため、本研究では手領域に加えて、相手側の鍵盤領域も同時に可視化する機能を追加した。

具体的には、RGB 画像から鍵盤部分を色検出により抽出し、手の映像と同様に AR 空間上へ重畳表示する。これにより、「指がどの鍵盤の上にあるか」、「どの鍵盤をどの指で押しているか」といった情報を、位置関係を保ったまま把握しやすくなる。

また、位置合わせについては現段階では手動キャリブレーションを採用しており、レッスン開始前に Unity 上でスケールおよび位置を調整することで、表示映像と実際の鍵盤との対応関係を整える。

### 3.4 音声および演奏情報の同期

視覚的な演奏動作と聴覚的なフィードバックの時間的整合性を保つため、本システムでは MIDI および OSC 通信を用いた音声同期を行っている。

生徒および教師が演奏した MIDI キーボードの入力は、Python プログラムによって取得され、OSC メッセージとしてノートオン/オフ情報が送信される。受信側では、Waveform Free および loopMIDI を介して MIDI 信号が処理され、PC からリアルタイムで音声が出力される。この構成により、「視覚的な演奏動作の重畳表示」と「実際の演奏音の即時フィードバック」が同期した状態で提供され、遠隔環境においても演奏状況を自然に共有できる。

## 4. 評価実験

### 4.1 実験目的

本評価実験の目的は、AR 上に重畳表示される演奏動作の透過度が、ピアノレッスンにおける視認性および指導・学習のしやすさに与える影響を明らかにすることである。

先行研究では、演奏動作の可視化そのものは有用である一方、透過度の設定によって「見やすさ」や「自身の演奏との干渉感」が大きく異なるという知見が得られた。しかし、透過度を段階的に比較し、教師役・生徒役の双方から定量的および定性的に評価した事例は少ない。

そこで本実験では、演奏動作および鍵盤を含む AR 表示の透過度を 0%、25%、50%、75% の 4 条件に設定し、それぞれを 0% 条件、25% 条件、50% 条件、75% 条件と呼ぶ。各条件下でのレッスン体験を比較することで、オンラインピアノレッスンにおいて適切な透過度設計の指針を得ることを目的とする。

### 4.2 実験環境

教師側および生徒側の実験の様子を図 4、図 5 に示す。演奏動作は RGB カメラで取得され、Python による画像処理を経て Unity に送信される。AR 表示は Meta Quest 3 のパススルー機能を用いて、相手の手および鍵盤が自身の物理



図 4 教師側の実験の様子



図 5 生徒側の実験の様子

鍵盤上に重畳表示される構成となっている。

また、音声については、MIDI キーボード (Casiotone CT-S1) から入力された演奏情報を Python で取得し、Waveform Free 13 および loopMIDI を介して PC からリアルタイムに音声出力することで、視覚情報と聴覚情報の同期を確保している。なお、教師役および生徒役はそれぞれ別室で実験を行い、互いの声や身振りが直接伝わらない環境を構築した。実験は外部の音声や視覚的な干渉が生じない静かな室内で実施し、AR による視覚情報および音声通信のみがレッスンに影響する条件とした。

### 4.3 実験参加者

参加者は計 8 名 (22~25 歳の大学生・大学院生) であり、教師役 4 名、生徒役 4 名で構成された。

教師役はピアノ経験歴 7~14 年の参加者とし、指導経験の差による影響を抑えるため、あらかじめ作成した指導マニュアルに基づいて説明を行った上で実験に参加してもらった。生徒役は初級者を対象とし、レッスン未経験者および 10 年以上前に数年間のピアノ経験がある者を含む。



図 6 使用した楽譜の一部

事前にドレミファソラシドの鍵盤位置を把握している状態で実験に臨んでもらい、極端な基礎知識差が生じないように配慮した。

#### 4.4 実験手順

実験では、透過度 0%、25%、50%、75% の4条件を比較した。各条件につき10分間のレッスンをを行い、条件の提示順は参加者ごとにランダム化した。各条件10分間としたのは、初級者において短時間でも視認性の差が主観的に判断可能であることを考慮したためである。

課題曲には、シューベルト「Die Forelle (ます)」の初級者向け楽譜を使用した。図6に使用した楽譜の一部を示す。なお、譜読み能力の差が評価結果に影響しないよう、全ての音符にドレミ表記を付した楽譜を用いた。これにより、演奏時の負担を抑え、演奏動作の視認性に注目した評価が行えるよう配慮した。

レッスンは以下の手順で進行した。まず、2小節ずつ右手・左手それぞれのお手本演奏を教師が提示し、生徒は教師の演奏を見ながら模倣演奏を行った。その後、生徒が単独で演奏を行った。これらの手順を両手演奏についても同様に実施した。

各条件の10分経過後は、途中の小節から続けるのではなく、新たな2小節に進むことで、条件間で学習内容が極端に有利または不利にならないよう配慮した。

#### 4.5 評価方法

各透過度条件終了後に、教師役および生徒役それぞれに対してアンケート調査を実施した。アンケートは各透過度条件ごとに同一内容とし、5件法のLikert尺度(1:まったくあてはまらない~5:とてもあてはまる)を用いて評価を行った。

##### 4.5.1 生徒役への評価項目

生徒役に対しては、以下の観点について評価を収集した。

1. 手の表示は識別しやすかった
2. 自分自身の演奏動作を確認しやすかった
3. 相手の手の動きを把握しやすかった
4. 指使いを把握しやすかった
5. 自分の手と相手の手が重なった際も確認しやすかった
6. 当該透過度設定はレッスン中に使用しても問題ないと感じた

これらの項目により、主に演奏動作および鍵盤上での視認性、ならびに学習のしやすさについて評価を行った。

##### 4.5.2 教師役への評価項目

教師役に対しては、生徒役と共通する項目に加え、指導者の立場から以下の観点について評価を収集した。

1. 手の表示は識別しやすかった
2. 自分自身の演奏動作を確認しやすかった
3. 相手(生徒)の手の動きを把握しやすかった
4. 生徒の手の動きやミス傾向を把握しやすかった
5. 指示や説明を行う際に支障がなかった
6. 当該透過度設定はレッスン中に使用しても問題ないと感じた

これにより、透過度設定が指導のしやすさに与える影響を評価した。

##### 4.5.3 透過度条件の比較評価

各透過度条件の評価に加え、実験終了後に以下の比較評価を実施した。

1. 最も使いやすかったと感じた透過度条件の選択とその理由
  2. 最も使いにくいと感じた透過度条件の選択とその理由
- また、教師役・生徒役共通の自由記述として、全体の振り返り、表示パターンに対する気づき、本システムに対する改善点、および実験を通して印象に残った点について回答を得た。

これらの主観評価をもとに、透過度の違いがレッスン体験に与える影響について分析を行った。

## 5. 結果

### 5.1 生徒役による評価結果

表1に、生徒役における各透過度条件の評価結果を示す。全体的な傾向として、25%および50%の透過度条件が、他の条件と比較して高い評価を得る項目が多い傾向が見られた。特に、「手の表示は識別しやすかった」、「教師の手の動きを把握しやすかった」といった項目では、0%条件に比べて25%条件が高い評価を示した。一方、75%条件では、多くの項目において評価が低下する傾向が見られた。

また、「自分自身の演奏動作を確認しやすかった」という項目では、50%条件が最も高い評価を示しており、相手の手を参照しつつも、自身の演奏を視認できるバランスが重要であることが示唆される。

これらの結果から、生徒役にとっては、相手の演奏動作を強調しすぎない中程度の透過度設定が、学習のしやすさにつながる可能性が高いと考えられる。

### 5.2 教師役による評価結果

表2に、教師役における評価結果を示す。

教師役においても、生徒役と同様に、25%および50%の透過度条件が比較的高い評価を示した。

特に、「相手(生徒)の手の動きを把握しやすかった」、「生徒の手の動きやミス傾向を把握しやすかった」とい

表 1 各透過度条件の評価平均（生徒役）

	透過度 0%	透過度 25%	透過度 50%	透過度 75%
設問1	3.8	4.3	3.3	1.8
設問2	1.3	2.8	4.5	4.3
設問3	3.5	3.8	2.8	1.3
設問4	3.8	3.5	2.5	1.3
設問5	1.0	3.0	2.5	1.5
設問6	1.5	3.3	3.0	2.0

表 2 各透過度条件の評価平均（教師役）

	透過度 0%	透過度 25%	透過度 50%	透過度 75%
設問1	3.8	3.5	3.5	3.0
設問2	1.0	3.3	4.0	3.5
設問3	4.8	4.8	4.0	2.0
設問4	4.8	4.5	3.5	2.3
設問5	3.5	4.3	3.8	3.0
設問6	1.8	3.8	3.8	3.0

表 3 各透過度条件の平均順位

	生徒役	教師役
透過度 0%	3.3	4.0
透過度 25%	1.8	1.5
透過度 50%	2.0	2.0
透過度 75%	3.0	2.5

った指導に直結する項目では、0% 条件や 75% 条件よりも、中程度の透過度条件が高く評価された。

一方、0% 条件では、相手の手が強調されすぎることによって自身の演奏や鍵盤の視認性が低下し、75% 条件では相手の動作が見えにくくなるという傾向が自由記述からも確認された。

これらの結果は、教師役においても、演奏動作表示の透過度が指導のしやすさに大きく影響することを示している。

### 5.3 透過度条件の総合比較

表 3 に、生徒役・教師役それぞれにおける透過度条件の

平均順位を示す。

順位付け結果から、25% 条件が生徒役・教師役の双方において最も高い評価を得たことが確認された。

生徒役からは、この条件について、相手の指の動きや打鍵位置を視覚的に確認しやすく、かつ自身の鍵盤位置も把握しやすい点が評価された。特に、自分の手と相手の手の見えやすさのバランスが取れており、演奏状況を把握しやすいという意見が多く見られた。

教師役からも、生徒の手の動きを明確に把握しつつ、自身の演奏動作も同時に確認できる点が評価された。また、相手の手が適度に強調されることで指示を出しやすく、指導時の不安が軽減されたとの意見が得られた。これらの結果から、当該条件は指導・学習の双方においてバランスの取れた視認性を提供していると考えられる。

50% 条件は次点として評価される傾向が見られ、一定の視認性は確保されるものの、相手の演奏動作の強調が相対的に弱まる点が順位に影響した可能性がある。一方、0% 条件および 75% 条件は、相対的に評価が低い傾向を示した。

特に、最も使いにくいと感じた透過度条件としては、教師役・生徒役の双方において 0% 条件が最も多く選択され（8 名中 7 名）、自分の演奏位置や指の動きを把握しにくい点が共通して指摘された。生徒役からは自身の演奏状況を確認しづらいという意見が得られ、教師役からも自身の指の動きが確認しにくく、指導に支障を感じたとの意見が確認された。また、最も使いやすいと感じた透過度条件としては、25% 条件が最も多く選択された（8 名中 5 名）。

以上の結果から、双方向 AR ピアノレッスンにおいては、25% 前後の透過度が、教師役・生徒役の双方にとって最も使いやすく、汎用的に利用しやすい条件であることが示唆される。この傾向は、各評価項目の平均値とも整合している。

### 5.4 参加者からのフィードバック

本実験後に実施したアンケートの自由記述欄より、生徒役・教師役の双方より、本システムの有用性および改善点に関する意見が得られた。

#### 5.4.1 生徒役からのフィードバック

生徒役からは、演奏動作が可視化される点について、「手が表示されるのが面白い」「従来のレッスンよりも楽しく感じた」といった肯定的な意見が多く見られ、AR を用いた演奏動作提示が学習体験の向上に寄与する可能性が示唆された。一方で、改善点としては、手および鍵盤の位置合わせ（アライメント）のずれに関する指摘が複数挙げられた。具体的には、「表示が少し傾いて見える」「手や鍵盤の位置が完全には一致していないと感じる」といった意見があり、特に透過度が低い条件では、ずれが顕著に意識されやすいことが示唆された。また、RGB カメラの設置位置や視点角度を調整することで、ずれを軽減できる可能性についての提案も見られた。

さらに、透過度設定に関しては、「25% と 0% の間に、より使いやすい透過度が存在するのではないか」といった意見があり、透過度を段階的ではなく連続的に調整できる機構の有用性が示唆された。加えて、「楽譜を注視している際には手元をあまり見ない」「自分の手に意識を向けていると、相手の手や鍵盤が意識から外れる」といった報告もあり、視線配分や注意の切り替えが、透過度の評価に影響を与えている可能性が考えられる。

#### 5.4.2 教師役からのフィードバック

教師役からは、「お互いの指使いを簡単に確認でき、指導しやすかった」「生徒の演奏を見ながら指示が出しやすい」といった意見が多く、本システムが指導支援として有効であることが示唆された。一方で、生徒役と同様に、鍵盤や手の位置ずれに関する指摘が複数見られた。特に、「右手側の位置が合っている場合でも、左手側がずれることがある」「姿勢や座高の違いによって表示がずれる」といった意見があり、事前の姿勢調整やキャリブレーション手順の重要性が示された。

また、透過度に関しては、「生徒の演奏を観察する場面と、一緒に演奏する場面で、適切な透過度が異なる」との意見があり、レッスンの状況に応じて透過度を切り替える機能の必要性が示唆された。加えて、「透過度が高い条件では、手の周囲に発生するノイズが気になる」との指摘もあり、映像処理精度の改善が今後の課題として挙げられた。

## 6. 考察

本研究では、AR 技術を用いた双方向型のオンラインピアノレッスン環境における演奏動作表示の透過度が、レッスン体験に与える影響について検討した。

### 6.1 透過度が視認性および演奏操作に与える影響

評価結果より、演奏動作表示の透過度は、視認性およびレッスン体験に影響を与える重要な要因の一つであることが示された。特に、完全不透明 (0%) の表示は、教師役・生徒役の双方において低い評価を示した。この結果は、相手の演奏動作が明瞭に提示される一方で、自身の手や鍵盤が視認できなくなることにより、演奏操作や位置把握が困難になるためであると考えられる。双方向レッスンにおいては、相手の動作提示のみならず、自身の演奏状況を同時に把握できることが重要であることが示唆される。

### 6.2 教師役と生徒役における評価傾向の違い

教師役の評価では、生徒の指運びや打鍵を観察しながら指示を行うという役割特性から、相手の手が明瞭に見えることが重視される一方で、自身の演奏動作も最低限確認できる状態が求められた。このため、25% 程度の薄い半透明表示が最も適切であると評価されたと考えられる。

一方、生徒役では、参加者のピアノ経験の差により評価傾向にばらつきがみられた。一部の演奏経験が比較的長い参加者においては、自身の演奏と教師の動作を同時に参照

できる 25% 条件を高く評価する傾向が見られたのに対し、経験の少ない参加者では、自身の鍵盤位置を把握しやすい濃い表示を好む場合もみられた。

この結果は、生徒側においては熟達度に応じて必要とされる視覚情報の比重が異なる可能性を示している。

## 6.3 本研究から得た設計上の知見

本実験の結果から、教師役・生徒役の双方に共通して、完全不透明な演奏動作表示は、AR 技術を用いた双方向型のピアノレッスンに適さないことが明らかとなった。特に教師役では、25% 程度の薄い半透明表示が、指導および演奏の両立という観点から最も有効であることが示唆された。

一方で、本研究では参加者数が限定的であり、生徒役の熟達度も均一ではなかった。今後は、熟達度別の分析や、より多様なレッスン場面を想定した評価を行うことで、透過度設計に関する知見をさらに精緻化する必要がある。

## 7. おわりに

本研究では、教師と生徒が離れた場所にいながら互いの演奏動作を可視化できる双方向型のオンラインピアノレッスン環境に着目し、演奏動作表示の透過度がレッスン体験に与える影響について検討した。

手および鍵盤の演奏動作を AR 上に重畳表示するシステムを構築し、複数の透過度条件に基づく評価を行った。

評価結果から、完全不透明な手表示は演奏および指導の双方において不利であり、自他の演奏動作を同時に視認可能な半透明表示が有効であることが示された。

特に、25% 程度の透過度は、教師役・生徒役の双方にとってバランスの取れた視認性を提供し、双方向型のレッスン環境における基本的な表示条件として妥当であることが確認された。

今後の課題としては、位置合わせ精度の向上や姿勢差によるズレへの対応など、実環境での利用を想定したシステム改良が挙げられる。また、より多様な演奏レベルやレッスン形態において本手法を適用し、学習効果や指導効率への影響を継続的に検証していく必要がある。

## 参考文献

- [1] 長澤順, 井上修. オンライン授業におけるピアノレッスンの特徴と可能性. 作新学院大学女子短期大学部研究要. 2020, vol. 4, p. 35-41.
- [2] Yamashita, M. and Masuko, S. AR-Supported Online Piano Lessons with Bidirectional Visualization of Teacher and Student Hand Movements. ACM SIGGRAPH Asia 2025 Posters. 2025, Article No. 7, p. 1-2.
- [3] 松井遼太, 竹川佳成, 平田圭. Tel-Gerich: 共同注視およびカメラスイッチングに着目した遠隔ピアノレッスン支援システム. ヒューマンインターフェース学会論文誌. 2018, vol. 20, no. 3, p. 321-332.
- [4] 山下真由佳, 益子宗. 手本動作の AR 表示を用いたオンラインピアノレッスン支援の検討. 研究報告音楽情報科学 (MUS). 2024, vol. 13, p. 1-7.