

ピアノ初心者の個人練習支援を目的とした練習内容の解明

田中功一¹⁾、小倉隆一郎²⁾、林 麻由美³⁾、鈴木泰山⁴⁾、辻 靖彦⁵⁾

The elucidation of the contents of practice for supporting a beginner piano student's individual practice

Kouichi TANAKA, Ryuichiro OGURA, Mayumi HAYASHI, Taizan SUZUKI, Yasuhiko TSUJI

要 旨

保育士・教員養成校にはピアノ実技の授業があり、教育実習等が始まるまでの短期間に童謡の伴奏技能の習得が求められる。特に経験のないピアノ初心者にとって授業時間外学習である個人練習は重要と考えられる。しかし、一般に教員は学生の個人練習の中身を把握しにくく、個人練習の経緯を十分に把握できない状況で授業を進行するため、結果として授業効率が低下する場面が見られる。個人練習の内容を把握し内容を解明できれば教員は学生の習得状況を把握でき、効果的かつ効率的な指導へ繋がる可能性が考えられる。そこで本研究ではピアノ初心者の個人練習の内容を明らかにすることを目的とし、個人練習を収録した音データから解析することを試みた。具体的には、2名のピアノ初心者を対象に電子ピアノのMIDIデータを全て取得して、音データと楽譜データのマッチング状況をヒートマップで示し、MIDIデータのノート画像とリンクして分析した。その結果、24曲の課題曲群から弾いた曲の特定、練習の進め方、部分練習の箇所と回数、練習時間、さらに弾き間違えの有無など個人練習の様子や質を明らかにすることができた。また、練習時間は3分から50分、時間帯は早朝から深夜まで幅が広いことがわかった。更に、より詳しい練習の状況を確認するためにWebアンケートとインタビューを行った結果、練習時間帯や習得状況により自ら練習の組み立てを考えて進めていることがわかった。本研究の結果により、学習者の個人練習の内容を把握した上での授業の進行や、個人練習の方法そのものに対する教員から学習者へのアドバイスの実施など、特に実技経験のないピアノ初学者に対する学習支援への応用可能性が期待できる。

ABSTRACT

Piano lessons are given in the preschool teacher and the kindergarten teacher training school.

A university student who wishes to bag a job there acquires piano accompaniment skill of a children's song for a short period. For a beginner, practicing the piano before a lesson is crucial. However, the teacher cannot grasp the contents of individual piano practice easily. Therefore, a teacher advances a lesson, without touching the circumstances of individual practice. As a result, the efficiency of a lesson is tested.

Generally, the method of checking the contents of individual piano practice from sound data is not seen. To support individual piano practice, the elucidation of individual practice is needed.

In this research, we aimed to understand the problems that sound data solve and the contents of a piano beginner's individual practice. The method of research acquires the MIDI data of two piano beginners' piano practice. We check the matching situation of sound data and score data visually from a heatmap, and link and analyze the picture of MIDI data. As a result, we clarified the music score name and the practice method that the piano beginner chose.

Two students practiced playing the piano for 3-50 minutes, and it turned out that the practiced range of time is wide from early morning to midnight. We held a Web questionnaire&interview with the piano beginner to check the practice situation. As a result, they are considering and advancing the contents of practice according to a practice time zone or a learning situation. By such a method, the teacher can grasp the contents of the individual practice that

¹⁾ 放送大学客員研究員

²⁾ 元文教大学教育学部教授

³⁾ 東京福祉大学短期大学部講師

⁴⁾ 株式会社ピコラボ取締役知能情報処理事業部長

⁵⁾ 放送大学教養学部情報コース／大学院文化科学研究科情報学プログラム准教授

a piano beginner performs and can advance a lesson. Moreover, the student can learn better about the method of individual practice. A teacher enables a beginner piano student to practice individually.

1. はじめに（背景と問題の所在）

(1) 背景

保育士・教員養成校（以下、「養成校」とする）にはピアノ演奏技能の習得を含む音楽実技の授業（以下、「音楽授業」とする）がある。授業の内容は、簡易な童謡の伴奏と弾き歌い、及び簡易な楽曲の演奏技能の習得が一般的である。また、在学中に実施される教育実習・保育実習では、園生活のうたや行事のうたのピアノ伴奏をすることが多い。そこで求められるスキルは、右手でメロディーを弾きながら左手でコード伴奏の弾き、同時に歌うという弾き歌いとなる。実習前までの短期間にこのような音楽スキルを身に付けることが求められるため、多くの養成校では初年度から音楽授業を開講している。

鍵盤実技の経験がない初学者（以下、「初学者」とする）は、養成校全体の3～5割を占めるという報告が多い。第一筆者が2015～2019年に勤務したR短期大学における5年間の調査では全体の30～40%がピアノ経験のない初学者であった（田中、小倉 & 辻、2020）。初学者の全体的な傾向として、音楽の要素であるテンポ・リズム・強弱を個別に把握しにくいことから演奏の制御が困難となるが、その困難な演奏状況を振り返る余裕がなく、結果として学習の成果が実感できないことが挙げられる。このような状況で、前述した音楽スキルの習得を短期間で目指すことは初学者にとって高いハードルとなることが窺える。

その指導は音楽授業が担うことになるが、授業では履修人数の多さ、個々のレベル差、個別指導時間の制限により十分な指導が行き届かない問題が生じやすいと考えられる。そのため、授業外学習である個人練習の量と質が重要となり、初学者に対する支援策が求められている。

なお、本稿では鍵盤実技の経験がない学習者を「初学者」、経験はあるが少ない学習者を「初心者」とする。

(2) これまでの筆者らの取り組み

筆者らは初心者に対する学習支援に取り組んできた。2004年より順に述べると、①デジタル教材の活用として、初心者がWebサイトから教員の模範演奏を反復して聴くことにより音楽のイメージを身に付ける取り組み（小倉 & 田中、2011）。②個人練習の学習意欲を高めるため、初心者が自身の実演データをアップロードし、その実演に対して教員が簡単な励ましをフィードバックし、同時にSNSにより学習者間で励まし合う取り組み（田中 & 小倉、2014）。③指導教員の模範演奏と自身の演奏の違いを把握するため、独自に開

発した「ピアノ演奏の可視化ツール（VSPP）」を授業で使用した。これは両者のテンポ・リズム・音の強さ・音の長さをグラフに示して、演奏の良い点と改善すべき点を学習者へフィードバックすることにより、演奏の質向上を目指す取り組み（田中、小倉、鈴木 & 辻、2015）。④学習経過を教員と共有するためのeポートフォリオとして、授業時に学習者の演奏をVSPPで分析してその演奏グラフ画像をデジタルノート（8インチタブレット）に記録し、授業後に学習者と教員が振り返りを確認する。相互に記録して振り返りを共有することにより、学習者の演奏技能向上と教員の指導支援を目指す取り組み（田中、鈴木 & 辻、2015）。⑤学習者の学びの質を分析するため、前述④のeポートフォリオに記載された内容、すなわち、デジタル教材の視聴による学習の振り返り記述やVSPPによる演奏グラフへの振り返り記述のテキストに対して、SCATによる質的分析を実施した。その結果、学習者の学びのプロセスを確認し、さらに指導内容、演奏録音、演奏グラフから多面的に振り返りを繰り返すことにより、学習者が繰り返し起こる自身の演奏の問題点を知り、再検討するなどの学びの質が変容する様子を確認した（田中、小倉、鈴木 & 辻、2017）。①～④で示した初心者への学習支援の取り組みは、個人練習という孤独な学習環境において、学習者へ気づきを促す方法として有意義であったと考える。また、⑤で示したような学習者の学びの質の変容を確認したことにより、個人練習の環境においても質向上が図れる可能性が示されたと考える。

(3) 個人練習の支援に関する研究

次に、個人練習の支援に関する他の研究について、筆者らの初心者に対する学習支援に関連して述べる。

松原らは、ピアノ独習システムの提案の中で、個人の演奏履歴を分析し、目標楽曲に適した練習用楽曲を提示している。選曲では楽曲の特徴量を曲における鍵盤間距離の等しい音列の出現頻度として演奏履歴との類似度を計算することによって練習用楽曲を提示している（松原、遠山 & 斎藤、2006）。筆者らは予め練習課題を提示してきたが、練習データから次の新たな選曲を導く方法は、独習を想定した場合は必要な方法と考えられることから、後述する筆者らの今回の実験では、今週の学習内容を確認して翌週の課題を提示する方法を採用した。

福家らは、学習者がミスタッチなどによって落ち込むストレスを軽減することにより練習を前向きに進める提案をしている（福家、竹川 & 柳、2013）。筆者らは演奏の特長をフィードバックするシステム（前節の③）に取り組んできたが、個人練習でミスが重なるとモチベーション低下も考えられるため、このような心

的な支援への着目は重要な観点と考える。初心者が繰り返し練習する場面における意欲や心的状況については本研究でも確認する必要があると考えられる。

島田らは、楽譜通りに弾けなかったケースとテンポが変動したケースをフィードバックし、ミスした所を楽譜に色で示してミスの気付きを高めている（島田、松村、森尻 & 北原、2017）。ミスのフィードバックを2項目としたことで、初心者に過度な負担を与えることなく学習が進められるように配慮している。筆者らが進めるシステムVSPPのフィードバック項目は、テンポ、リズム、音量、発音長の4項目の中から指導者が取捨選択する形式をとっていた。初心者の学習初期段階では負担減のため、これらから絞り込む必要があると考えられる。

堀らは、学習者が練習で弾き直すケースをミスと判定しない弾き直しに対応した練習支援ツールを開発している（堀、Christoph & 嵯峨山、2019）。弾き直しのケースでは一般にシステム側がエラーで示すことが多いと思われるが、初心者の弾き直しへの対応機能は筆者らの取り組みでは実現出来ておらず、今後の課題である。模範演奏と比較する点では筆者らの前述③のVSPPと関連する。

これらの研究から得られた知見を踏まえて、今回の個人練習の解明を目的とした実験結果からの考察を行い、更なる個人練習の支援策を検討する。

(4) 課題設定と本研究の目的

筆者らは2004年から養成校の初心者への学習支援を検討してきた。その後2020年から初心者の個人練習の実態解明に取り組んでいる。目的は個人練習の学習支援である。これまでの取り組みと前節で取り上げた知見を総合するならば支援の実現可能性はあるが、その前に個人練習の実態解明が必要と考える。

初心者が授業後の個人練習をどのように進めているか、練習時間と練習の内容及び練習の構成を把握するのは困難である。一般に、教員がそれを把握する際、授業時に先週の練習内容を口頭で確認する。しかし、前述のように初学者は自身の演奏を振り返ることが困難なケースが多いため、学習者の口頭による報告から教員が個人練習の概要を把握するには限界があると考えられる。

練習時間と練習回数について、（澤田、2018）、（緒方、野上 & 柿本、2011）、（山本、2020）を総合すると、1週の練習回数は2～4回、時間は1回30～60分となり、換算すると最も少ないケースで1週あたり60分、最も多いケースで240分になる。大学設置基準の単位数から筆者らが時間換算した1週に必要な時間外学習時間は270分となり、調査結果の最も多いケースである240分を30分下回る。練習時間と練習回数は十分とは言えない状況であることが推測できる。練習時間は個人差があるため、時間を正確に把握するには個人練習の音データを取得する仕組みと学習履歴を確認する仕組みが必要になる。

練習の内容及び練習の構成を把握することは、時間と回数の把握よりさらに困難になる。学習者からの報告以外の把握方法として、初心者が自宅で行う個人練習の全データの分析が考えられるが、その具体的な取得方法とデータの解析方法に関する研究は見当たらない。筆者らは2020、2021年度に予備実験として毎年2名のピアノ初心者（ピアノを経験した事のない初学者、及び経験のある初心者）を対象に個人練習の全データを取得してデータの様子を確認してきた。

本研究では、初心者・初学者の個人練習の学習支援を検討するため、個人練習をどのように進めているか、2020～2021年度の2年間計4名の練習時間と練習の内容及び練習の構成を把握して検討することにより、個人練習の内容を学習者の自己申告から把握するだけでなく、練習データから解明する手掛かりを得ることを目的とする。この取り組みにより、個人練習の実態が解明されれば、必要な支援策が浮かび上がってくると考える。

2020年度は拙著（田中、林、小倉 & 辻、2021）にて報告している。その内容は、MIDIノート画像（所謂「ピアノロール」）から自宅練習で弾いていた時間、休憩時間、右手・左手・両手別の練習状況、ミスタッチが多いかなどおおまかな演奏の精度、以上を目視で確認した。しかし、練習曲目を特定すること、さらに弾く間違えや弾き直しの有無を確認するまではできなかった。2021年度はこれらの問題解決に取り組んだ。本稿では2021年度実験内容について述べる。

2. 方法

(1) 個人練習の音データ取得方法

自宅で行うピアノ練習のすべての音データを取得する方法を図1に示す。実験で使用する次の機材を貸与し、学習者の自宅に設置した。電子ピアノ（カシオ社PX770、スタンド付き）、SIM付きアンドロイドスマートフォン（motorola社XT2045）、USBケーブル（ピアノ側がtype-B、スマートフォン側がtype-C）である。操作方法は、MIDIデータを転送するスマートフォンのアプリ「PianoEL」（独自開発）を練習開始時

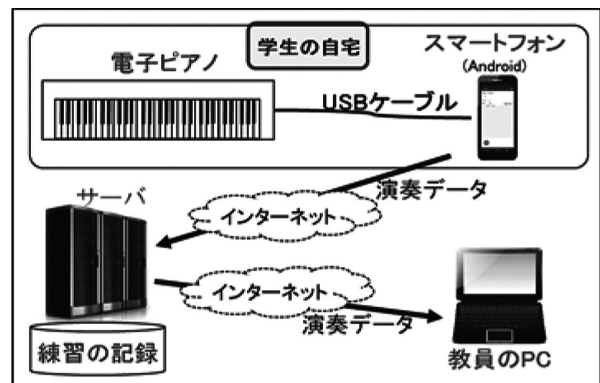


図1 自宅でのピアノ練習音データの取得方法

に起動してスマホ画面の「REC」を押し、練習終了時に「STOP」を押す。直後に練習中の全MIDIデータがサーバーにアップロードされる。IDと送信日時が付与されたMIDIデータは、Webサイトで教員がアップロード状況を確認し、データのダウンロードを行った。

(2) 個人練習内容の確認方法 (2020年度及び2021年度)

初学者の個人練習内容の確認方法について以下に述べる。2020年度と2021年度では多少異なる。2021年度から新たにヒートマップ画像による確認を追加したため、2020年度は以下に示した3)を除いた1)～7)とし、2021年度は1)～7)すべての方法により確認した。

1) MIDIノート画像の確認

取得したMIDIデータをDAW (Digital Audio Workstation) アプリで読み込み、MIDIノート画面をキャプチャして図2のように画像を取得し、画像を基に筆者らが目視による確認を行った。アプリはReaper (ver.0.999無料版)、及びCubase (ver.9.5)を使用した。図2の白色の点は垂直軸に音高を示しており、図の上部の方向に高音を、下部の方向に低音を示す。白色の点は左側の鍵盤に対応する。水平軸は時間経過を示す。この図から、右手、左手、両手別の練習の練習時間と空白時間、及び弾いた音の様子が読み取れる。

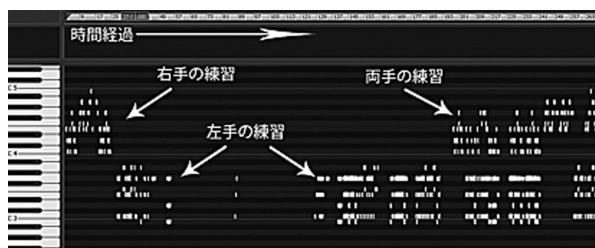


図2 MIDIノート画像 (ピアノロール) の一部

2) VSPP画像の確認

演奏の可視化ツールVSPPに予め登録した課題曲について、学生と教員の演奏を音量、テンポ、リズム、音の長さの要素毎に両者の違いをグラフ表示し、筆者らが目視で確認した。VSPPでは一曲を通奏 (曲の先頭から後尾まで) するケースにおいて、曲の全体、及び部分の分析が可能となる。したがって、通奏ではない部分練習ではVSPPの実施は困難になる。2020年は通奏の練習が多かったが、2021年は通奏でない部分練習が多かったため、VSPPの使用は限定的に留めた。図3は2020年のバイエル教材第104番の課題曲の右手の音量について、学生と教員の比較を示している。拍数40～60付近では教員の音量が概ね一致しているが、冒頭付近では学生の音量コントロールが不安定である

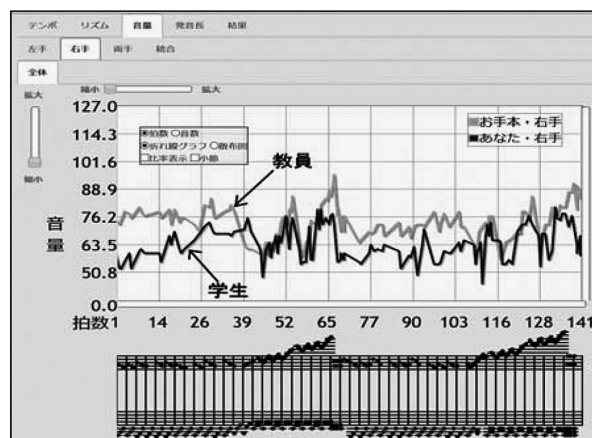


図3 VSPP画像 (演奏の可視化ツール)

様子が読み取れる。VSPPにより課題曲の特定部分について、音量、テンポ、リズム、音の長さの状況が確認できる。

2021年はヒートマップ画像から指摘された演奏の問題箇所について明確に把握するためにVSPPによる分析を行った。ヒートマップ画像では弾き間違いや弾き直しの問題が起こったことは推測できるが、その原因までは読み取れない。VSPPにより、問題が発生した箇所、及びその前後の演奏状況を確認し、問題の原因解明を音量、テンポ、リズム、音の長さの要素から試みた。

3) ヒートマップ

どの楽曲のどの箇所を演奏しているのかを示すために楽譜データと演奏データの類似度を基にヒートマップ画像を作成した。図4に課題曲「小犬のマーチ」を教員が弾いたヒートマップ画像を示す。画像の縦軸に楽譜データ、横軸に演奏データを示しており、一致率の高さを色の濃淡で表している。つまり、正確な演奏ほど演奏データと楽譜データの一致率が高くなるため、図4の教員の演奏では、Aの斜線が示すように左上から右下に一直線で、かつ濃淡が濃くなっている。また、初学者は一般に弾き間違いに伴い部分練習や反復練習が多くなるため、そのような場合は一直線にならない。また、画像には両データのマッチング箇所がすべて示されるため、楽譜上で同型の音型が出現した場合、Bのように再出現となっている。このヒートマ

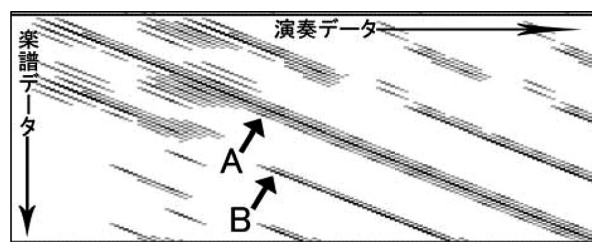


図4 ヒートマップ画像の一部

ップ画像を用いて課題曲群のすべてについてマッチング状況を表示するため、どの曲を練習したか、曲目の推定、また楽譜のどの辺りを練習したか、及び練習回数の推定が可能になる。ヒートマップ画像の表示にはExcelを使用した。今回の実験では計24曲を両手・左手・右手別に表示するために、マッチングの曲数として3倍の72パターンを用いた。

4) 教員によるMIDIデータの聴取

取得したMIDIデータを筆者らが聴いて練習内容を確認した。VSPF画像、及びヒートマップ画像分析の確認が可能となる。

5) Webアンケート（週1回、授業の前日に実施）

学習者が個人練習を進める中で、実験の進行状況を確認するために実施した。練習の計画性や達成度、満足度を把握するために、Web上の回答フォーム「1週間の練習を振り返って」を実験期間の授業の前日に学習者に対してスマートフォンから回答するように求めた。質問項目は、「楽しく練習できましたか」、「いつ練習するか前もって決めていましたか」、「どのような内容を練習するか前もって決めていましたか」、「練習内容にどのくらい満足していますか」、「課題はどのくらい達成できましたか」以上4段階尺度とし、自由記述として「これまでの回答の理由や練習で気がついた事があれば自由に書いてください」、以上6項目とした。

6) 実験終了時のインタビュー（半構造化面接）

演奏データとWebアンケートの記述の内容をより詳しく確認するために、演奏発表会終了後に半構造化面接を実験協力者個々と各週のアンケートの回答を振り返りながらオンラインで行った。聴取項目は、「個人練習における自分なりのやり方について」、「練習中に教員の指導を受けたいと思ったことはあったか？不安になることはあったか？」、「個人練習を振り返っての達成感、満足感」、「その他」の4項目とした。一人辺りの聴取時間は約30分であった。

7) 授業（週1回実施）

個人練習の実験の成果を確認するため、週2回の授業で学習者は対面、またはオンラインで教員の前で演奏した。授業内容は、ピアノの個人指導、学生の課題曲によるリズムアンサンブル、学生の課題曲の3つであり、ピアノの個人指導の時間は、1人あたり20分程度で課題1曲あたり5～6分の指導となる。

(3) 実験の手順（2021年度）

1) 実験協力者

実験協力者は共同研究者の勤務校T大学教育学部1年生2名の男性。1名はピアノの初学者（以下、Aとする）。もう1名はピアノ演奏歴5年の初心者（以下、B）。2人とも幼稚園教諭免許取得を目指している。

実験期間は2021年11月17日（水）～12月21日（火）の5週間とし、毎水曜日に授業を実施した。コロナ感染拡大防止対策のため、第1回～第3回と第13回～第15回の授業は、Zoomによる同時双方向型の完全オンライン形式、第4回～第12回は対面とZoomによるリアルタイムのハイブリッド形式で実施し、対面とZoomへの受講生の割り振りは教員が指示した。授業内容は、一人当たり約20分程度のピアノ個人指導のほか、学習中の楽曲の歌唱演習やリズム演習、音楽理論である。また、担当教員は毎週の授業において、2名の学生に対しそれぞれの演奏技能に応じて、3曲ずつの課題曲を提示した。実施に際して、実施校における研究倫理申請を受けた。

2) 課題の提示

毎週の授業で、初学者A及び初心者Bそれぞれに対して3曲提示した。各回の課題の提示は学習者の指導時の状況に合わせて担当教員が次の週の課題を提示した。実験期間中に異なる5～6つの課題曲を練習することになる。共通課題曲として楽譜1の「小犬のマーチ」を設定した。共通課題曲の練習方法として、左手の伴奏形を全音符、二分音符、四分音符、四分音符分散和音、八分音符分散和音の順でバージョンアップする方法、また、片手練習と両手練習の指示をした。

楽譜1 課題曲「小犬のマーチ」

楽譜1 課題曲「小犬のマーチ」

3) 実験の流れ

実験の流れを図5に示す。A、Bは毎週水曜に授業時間内で教員から実技指導を受けると共に、課題を提示される。その後、授業時間外では自宅で個人練習を進め、授業の前日にWebアンケートに回答するように指示した。このサイクルを5週間繰り返し、その後、実験最終日に演奏発表会で演奏する。最後に教員

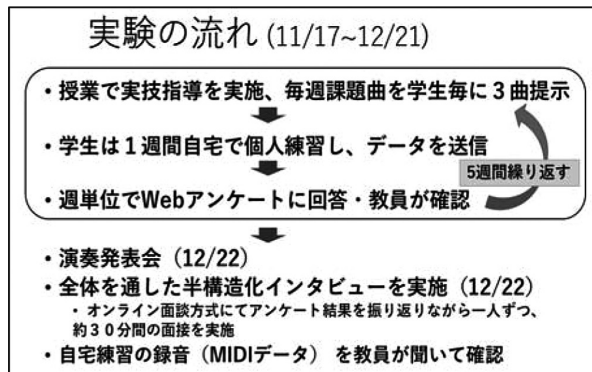


図5 実験の流れ

からインタビューを受ける。教員は録音データを予め聴き、Webアンケートを確認した上でインタビューを行った。

3. 結果

(1) 実験データの取得数

11月17日～12月21日にA及びBが送信したMIDIデータは合計27ファイルであったが、そのうち5ファイル(表2のerror)が送信ミスによるものであり、有効なファイル数は22であった。内訳を表1に示す。Aが計14回、155分、Bが計8回、175分であった。Bはスマートフォンの操作ミスがあり、自己申告によるとこの

表1 練習日／練習回数／練習時間数
(※は学生の操作ミスにより自己申告数値)

			初学者A		初学者B	
			回数	分数	回数	分数
第1回授業日 (1週目)	11月17日	水				
	11月22日	月	1	7		
	11月23日	火	3	10、1、2		
第2回授業日 (2週目)	11月24日	水			1	49
	11月28日	日			1	35※
	11月29日	月	3	3、3、3		
第3回授業日 (3週目)	11月30日	火			1	22※
	12月1日	水	1	21	1	16
	12月4日	土			1	10
第4回授業日 (4週目)	12月6日	月	2	18、18	1	10
	12月8日	水				
	12月9日	木			1	30※
	12月11日	土			1	13※
	12月12日	日	2	18、11		
第5回授業日 (5週目)	12月13日	月	1	21		
	12月14日	火			1	10
	12月15日	水				
	12月16日	木			1	29
	12月20日	月			1	28
計	12月21日	火	1	15	1	23
			14	155	12	275

表2 全練習データのアップロードログ

file名	アップロード時刻	練習時間	学生	確認	区分
945	2021/11/22 18:07:10	0:07:18	A	✓	1週目
946	2021/11/23 20:13:24	0:10:18	A	✓	
947	2021/11/23 23:33:07	0:00:56	A	✓	
948	2021/11/11 23:35:29	0:01:54	A	✓	
949	2021/11/24 9:55:40	0:49:26	B	✓	2週目
950	2021/11/29 0:05:38	0:03:50	A	✓	
951	2021/11/29 17:52:58	0:03:03	A	✓	
952	2021/11/30 1:01:30	0:03:00	A	✓	
953	2021/12/1 0:14:44	0:16:45	B	✓	3週目
954	2021/12/1 11:29:05	0:21:01	A	✓	
955	2021/12/4 23:20:46	0:09:53	B	✓	
956	2021/12/6 17:53:24	0:18:01	A	✓	
957	2021/12/6 22:23:06	0:17:54	A	✓	
958	2021/12/6 23:58:54	0:10:35	B	✓	
959	2021/12/11 23:26:35	0:00:00		error	4週目
960	2021/12/12 20:42:03	0:18:50	A	✓	
961	2021/12/12 20:42:12	0:00:00		error	
962	2021/12/12 23:59:43	0:11:38	A	✓	
963	2021/12/13 23:40:59	0:21:55	A	✓	
964	2021/12/14 21:40:37	0:00:03		error	
965	2021/12/14 21:51:15	0:10:00	B	✓	5週目
966	2021/12/16 22:39:14	0:29:11	B	✓	
967	2021/12/16 22:39:17	0:00:00		error	
968	2021/12/20 0:58:13	0:28:13	B	✓	
969	2021/12/21 1:17:01	0:23:10	B	✓	
970	2021/12/21 1:17:03	0:00:00		error	
971	2021/12/21 23:32:43	0:15:40	A	✓	

他に4回分計100分行われた。

アップロードのログを表2に示す。file名945～971は自動的に付与される。確認項目にある5件のerrorは練習時間が“0”または3秒であるため操作ミスの可能性が考えられる。データ受信時に送信者を自動的に識別できていないため、「確認」列の✓印は教員がMIDIデータを聴取してA及びBを特定した。

(2) 個人練習の内容

1) 教員が指示した練習曲目

毎週の授業においてA及びBに対して提示した課題曲を次の表3、表4に示す。後述するヒートマップの分析では、これらの課題曲の楽譜情報から実際に練習した曲を推定する。

2) 教員によるMIDIデータの聴取

初学者Aの実験1週目の練習時間は合計20分、2週目は9分程度だった。2週目は指示した練習曲(表3)の練習は行なわず、自分が選択した特定の箇所のみ弾いていた。3週目は「小犬のマーチ」の後半の右手が弾けるまでに20分もの時間を要しており、これは教員の想定外であった。第3回授業以降の練習においては、「小犬のマーチ」「むすんでひらいて」を繰り返

表 3 授業時に初学者Aに提示した課題曲

課題提示日 (授業日)	自宅練習曲 1	自宅練習曲	2 自宅練習曲 3
第 1 回 11月17日	小犬のマーチ (前半の両手) 左は全音符、二分音符、四分音符	むっくりくまさん	バイエル 9 番
第 2 回 11月24日	小犬のマーチ (後半の片手) Fコード練習、右手指使い注意	むすんでひらいて (片手)	バイエル 9 番
第 3 回 12月 1 日	小犬のマーチ (通しで両手)	むすんでひらいて (片手)	バイエル 9 番 両手
第 4 回 12月 8 日	小犬のマーチ (通しで両手)	むすんでひらいて (両手)	バイエル50番 片手、冒頭の 8 小節
第 5 回 12月15日	小犬のマーチ (左：四分音符和音) 分散和音の練習 (左のみ)	むすんでひらいて	バイエル50番 両手、左は和音で

表 4 授業時に初心者Bに提示した課題曲

課題提示日 (授業日)	自宅練習曲 1	自宅練習曲 2	自宅練習曲 3
第 1 回 11月17日	おかえりのうた (両手)	やきいもグーチャーバー (両手弾き歌い)	バイエル66番 片手
第 2 回 11月24日	おかえりのうた (両手弾き歌い)	やきいもグーチャーバー (両手弾き歌い)	バイエル66番 両手 (左は和音)
第 3 回 12月 1 日	あわてんぼうのサンタクロース (右の和音)	やきいもグーチャーバー (両手弾き歌い)	バイエル66番 両手で仕上げ
第 4 回 12月 8 日	あわてんぼうのサンタクロース (伴奏部分を和音で弾く)	おもちゃのチャチャチャ (片手弾き歌い)	バイエル78番 前半
第 5 回 12月15日	あわてんぼうのサンタクロース (右手和音裏拍+歌)	おもちゃのチャチャチャ (両手弾き歌い)	バイエル78番 前半

し練習する様子が確認できた。

経験者である初心者Bは概ね教員の指示した内容通りの練習を行っていたことが聞き取れた。「あわてんぼうのサンタクロース」は第3回から第5回まで段階的な練習を行っていた。授業の後半では「あわてんぼうのサンタクロース (へ長調)」と「バイエル78 (ト長調)」を同時期に課題曲として提示していたが、へ長調、ト長調では、調号や臨時記号をつけて正確に弾けるまでに何度も弾き直し、弾けるまでに時間がかかっている様子が窺えた。

3) Webアンケート

「楽しく練習できましたか」の問いに対して、2名ともほとんどの週で「楽しくできた」「ある程度楽しくできた」と回答した。「楽しくなかった」の回答が2名とも各1回あったが、その理由は2名とも練習時間が全く取れなかったことが後日のインタビューで明らかになった。このことから、ある程度時間が確保できれば楽しく練習できることが窺えた。

「いつ練習するか、前もって決めていましたか」の問いに対して、75%が「あまり決めていなかった」または「全然決めていなかった」と回答した。「ある程度決めていた」及び「決めていた」は25%であった。表2では練習時間が3分未満のケースも二回あり、さ

らに、練習時刻も様々であることから、少しの時間帯でも練習する様子が窺えた。

「どのような内容 (曲およびその曲のどの部分まで、など) を練習するか前もって決めていましたか」の問いに対して、「決めていた」が81%、「決めていなかった」が19%であった。表3、4のように教員が課題の練習曲を決めていたため、「決めていた」が多くを占めた。

「練習内容にどのくらい満足しましたか」の問いに対して、「ある程度満足した」「とても満足した」が88%、「とても不満だった」「やや不満だった」が12%であった。不満の原因は、最初の楽しさの問いの理由と関連して、練習時間が確保できていない状況で起こりうると推測できる。

「課題はどのくらい達成できましたか」の問いに対して、「ある程度達成できた」が63%、「あまり達成できなかった」「全然達成できなかった」が37%であった。37%の内訳は初学者Aが3回、経験者Bが1回であった。

4) インタビュー

インタビュー結果の概要を示す。

Aは時間があればピアノに向かうことを目標とし、数分でもピアノに向かうこと、授業で学習したことを

復習することが練習であると回答した。表2を見ると、1週目、2週目の練習では、3分、4分、7分という練習時間が見られる。3週目以降の練習時間はそれよりも長くなっている。

一方Bは、落ち着いて練習するためのある程度の時間が必要であると答え、当初は弾けるようになることだけを考えていたが、次第に現場で弾くことが目的だと認識するようになったと回答した。

さらに2名とも弾ける曲が増えるのは「楽しい」と回答し、達成感についても70%と高い数値を述べた。A、Bとも片手練習を行うよう教員が指示したが、授業時に演奏を確認したところ、Aの左手和音練習は、3つの音を同時に打鍵できていないことが分かった。またBは左手和音については問題がないが、右手の和音練習では、一部の和音の弾き方において問題点を確認した。このような問題が認められたが、A、Bの達成感が高かった要因として、曲数が増えて弾けるようになったことが考えられる。

4. 考察

はじめに、3-(2)-2「教員によるMIDIデータの聴取」で述べた「教員によるMIDIデータの聴取」、及びその後の筆者らの聴取における所見が、ヒートマップ、及びMIDIノートの分析画像にどのように出現するのか、所見の順に分析画像図の該当箇所を参照しつつ表2の「file名」に記されている個々のfileについて立ち入った考察を進める。次にヒートマップ画像とMIDIノート画像との関連性について考察する。

(1) 教員の指示と所見に対する分析画像図の状況

1) file 945 (初学者Aの初回の練習7分18秒)

1週目練習の合計は20分であった。表1、2から4回の合計であることがわかる。初回の練習は7分程度であり、図6上部にA～FのMIDIイベント情報を時系列で示す。図の下部に、イベントAの拡大したMIDIノート（音）を示す。上下とも秒単位のスケール表示があるため、この図から演奏時間や空白時間がわかる。イベントAのMIDIノート画面（図の下部）はノートが縦に3つ並んでいることから左手の3音のコード（ドミソ他）のみの練習であることが推測できた。このことはMIDIデータの聴取からも確認できた。このような単純な音型はどの曲にも該当するため、ヒ

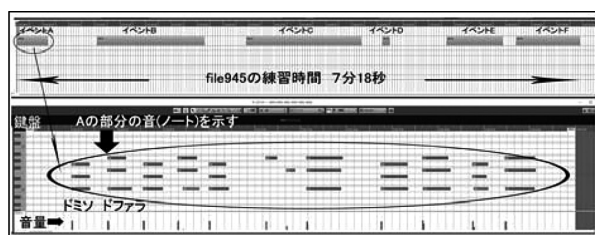


図6 MIDIノート画像 (file 945) 初学者A



図7 ヒートマップ画像 (file 945) 初学者A

ートマップでは同形の箇所がマッチングとして表示される。そのため、図7の矢印が示すように複数の場面でマッチング状況がみられた。特に左手のヒートマップ画像においてそのような傾向がみられた。図6のイベントB～Fでは右手メロディーも含まれており、その様子は図7のヒートマップ画像から読み取れた。

2) file 950～952 (初学者Aの2週目の練習)

Aの2週目について、3-(2)-2の「指示した内容の練習は行わず、弾けるところだけ弾いていた。」について、ヒートマップ画像を確認したところ、950～952の画像が類似していたため、同じような練習を進めていたことが推測された。図8の上部のイベントウィンドウに952の全体のイベント（計8分）を示す。最初の短いイベントは試し弾きと推測できた。次の丸で囲ったイベントの下部に拡大したMIDIノートを示す。そこでは右手と左手の練習の様子が示されており、左手の後半のノートの形状を細かく示している。MIDIノート画面をさらに時間を進めてみると、図9のように左手の音形は全音符、二分音符、四分音符が連続し、さらに同様に繰り返していた。これより、練習がパターン化している様子が推測できた。この状況は図10のヒートマップ画像からも読み取れた。図10のAは左手が全音符、Bは二分音符、Cは四分音符の状

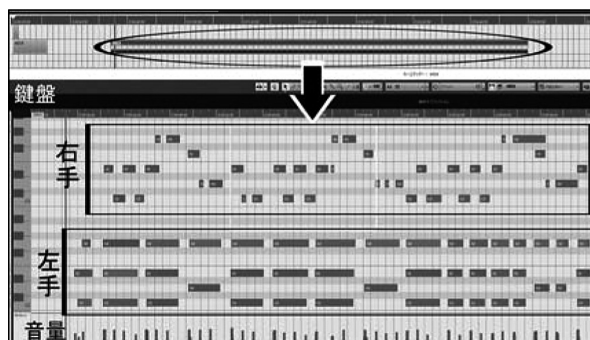


図8 MIDIノート画像 (file 952)「小犬のマーチ」初学者A

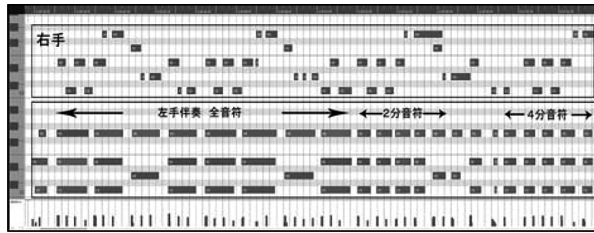


図9 MIDIノートの拡大 (file 952) 「小犬のマーチ」
初学者A

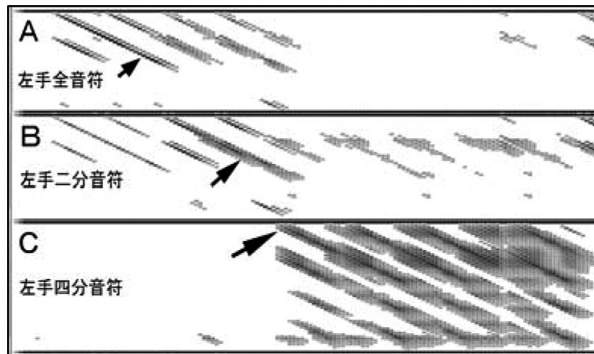


図10 ヒートマップ画像 (file 952) 「小犬のマーチ」
初学者A

況を示す。マッチング箇所は矢印を付けた斜め線が一直線で濃い部分となっていた。

3) file 954, 956, 957 (初学者Aの3週目の練習)

「小犬のマーチ」の後半の右手が弾けるまでに20分もの時間を要している様子、及び「小犬のマーチ」「むすんでひらいて」を繰り返し練習する様子が画像から確認できた。file 954は21分の練習で、ヒートマップ画像には冒頭に「小犬のマーチ」の左手の音があり、その後右手のみの練習が繰り返されていた。その様子は図11のMIDIノート画像からも示されていた。冒頭に左手で5つのコードを弾いた後、右手のみ同じ内容の繰り返し練習を20～60秒間隔で19回(図のイベントB～T) 続いている様子が分かった。

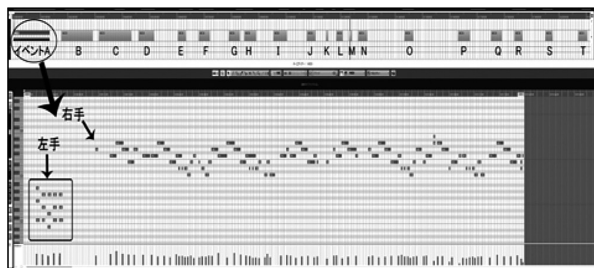


図11 MIDIノート画像 (file 954) 「小犬のマーチ」
初学者A

教員の録音聴取で「右手が弾けるまでに20分もの時

間を要している」という様子が、図11のMIDIノート画像からも読み取れた。956, 957においても右手の練習が多く、複数の課題曲に取り組んでいる様子がヒートマップ画像、MIDIノート画像、MIDIの聴取から確認できた。

4) file 955 (初心者Bの3週目の練習)

教員の聴取において「『あわてんぼうのサンタクロース』は段階的な練習を行っていた」というコメントについて、図12のヒートマップでは左手1回、右手1回、再度左手2回の練習を順に行っていることが示された。左手は一直線で色も濃いのでほぼ正確に弾いているが、右手は線が途中で切れて色も薄いため、弾き直しながら練習している様子が推測できた。



図12 ヒートマップ画像 (file 955) 初心者B

5) file 965 (初心者Bの4週目の練習)

教員の録音聴取における、「『あわてんぼうのサンタクロース へ長調』と『バイエル78ト長調』では、へ長調、ト長調のような、調号や臨時記号のある課題について、正確に弾けるまでに何度も弾き直し、弾けるまでに時間がかかっていた」について、ヒートマップ画像とMIDIノートのイベント画像・キーエディター画像から確認した。図13にfile 965の練習記録全体を

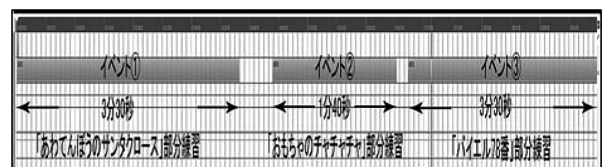


図13 MIDIノート3つのイベント画像 (file 965) 初心者B

示す。3つの練習から成り、それぞれをイベント①、②、③とした。各イベントの長さは、①「あわてんぼうのサンタクロースへ長調」が3分30秒、②「おもちゃのチャチャチャハ長調」が1分40秒、③「バイエル78ト長調」が3分30秒であった。曲目の特定はヒートマップのマッチング状況から、時間はキーエディター画像上部のタイムコードから確認できた。はじめ

に、イベント①「あわてんぼうのサンタクロース」の状況について詳細を確認する。図14にMIDIノート画面を詳細に拡大したキーエディター画像を示す。ここでは、各音符の長さ・音高が時系列で示している。キーの形状は同型の6つのグループで構成されており、このことから5回練習したことが推測できた。図15のヒートマップでも同様に確認できた。ヒートマップ画像の1回目は斜め一直線が少し切れており、ミスが起こっていることが窺えた。ミスの箇所はキーエディター画像で確認できた。4回目は少し時間を要した練習になっていることがわかった。ヒートマップの斜め線が次第に一直線になりかつ濃くなっているため、改善していく様子が推測できた。

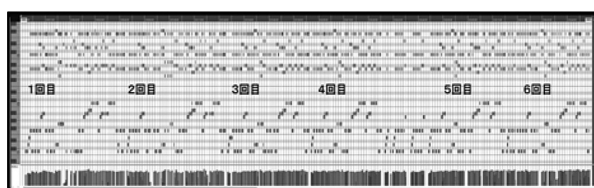


図14 イベント①のキーエディター画像 (file 965) 初心者B



図15 イベント①のヒートマップ画像 (file 965) 初心者B

次にイベント②「おもちゃのチャチャチャ」の状況について確認する。図16にキーエディター画像、図17にヒートマップ画像を示す。ヒートマップからは濃い上から下までの斜線が2本読み取れるので2回弾いたことが窺えた。2回とも途中で数回弾き直した様子も窺えた。図4（教員の演奏）のように楽譜に忠実な

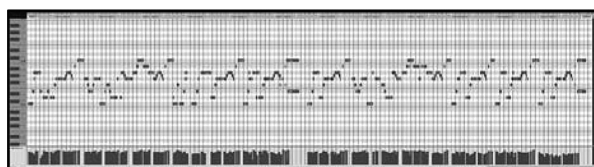


図16 イベント②のキーエディター画像 (file 965) 初心者B

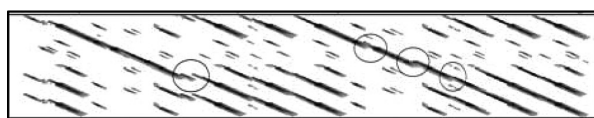


図17 イベント②のヒートマップ画像 (file 965) 初心者B

演奏は、ヒートマップでは一直線に見えるが、ここでは1回目の斜線の間部付近（図17の○印）で線が大きくずれていたのが弾き直している様子が窺えた。2回目の斜線においても○印で示した3カ所の小さなずれが確認できた。また、図16のキーエディター画像のノートの位置は概ね規則的に並んでいることから演奏の輪郭は形作られているが、図を拡大してノートを細かく見るとノートの形状が一定でないため、ミスタッチが起こっていることが確認できた。

最後に、イベント③「バイエル78」の状況について確認する。図18にキーエディター画像、図19にヒートマップ画像を示す。ヒートマップは上から下までの一直線が見られず細かい単位で切れていることから、弾き直しや弾き間違いが相当回数起こっていることが推測できた。キーエディター画像も規則性が見られないため、譜読みの間違いがあるように読み取れた。

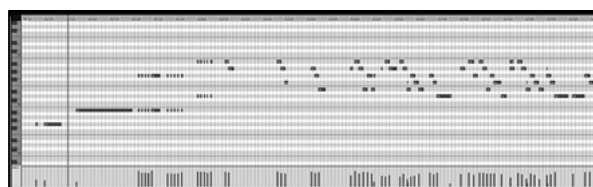


図18 イベント③のキーエディター画像 (file 965) 初心者B

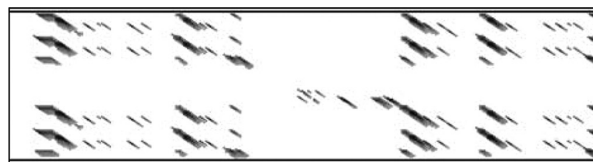


図19 イベント③のヒートマップ画像 (file 965) 初心者B

6) file 966, 968, 969（初心者Bの5週目の練習）

Bは最終週の1回目の練習 (file 966) で複数の課題を練習していたことがヒートマップから読み取れた。968では「やきいもグーチーパー」、969では「おもちゃのチャチャチャ」「あわてんぼうのサンタクロース」「むすんでひらいて」「おかえりのうた」「やき

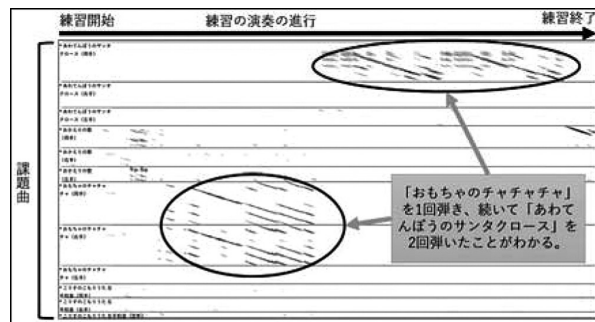


図20 ヒートマップ画像 (file 969の中間付近) 初心者B

いもグーチャーパー」「大きな栗の木の下で」「Beyer」の練習がヒートマップから読み取れた。ヒートマップ画像はサイズが大きいため、全体を一画面に表示することはできず、そのため画面をスライドして確認した。図20に969の前半部分を示す。このように複数の課題曲の中から練習した曲目を特定し、演奏回数や演奏のおおまかな質（弾き直し、弾き違い）の推測ができた。

(2) ヒートマップ画像とMIDIノート画像の関連

前節では学習者A、Bの練習データをヒートマップ画像とMIDIノート画像から確認した。ここではさらに、ヒートマップ画像とMIDIノート画像の関連について考察する。今回の実験では課題曲計24曲の中から学習者が練習した曲をヒートマップ画像から特定してきたが、実際には各曲は左手・右手・両手別に特定するため72曲（72パターン）から特定している。同一の楽曲における両手、右手、左手の演奏におけるヒートマップの例を図21に示す。この図はfile 949の後半付近を示しており、「むすんでひらいて」の右手練習1回、左手練習1回、両手練習5回を続けている様子がわかる。さらに演奏の質も推測できた。図21の矢印が示す部分は一直線が乱れており、弾き直し、または弾き違いが推測できた。

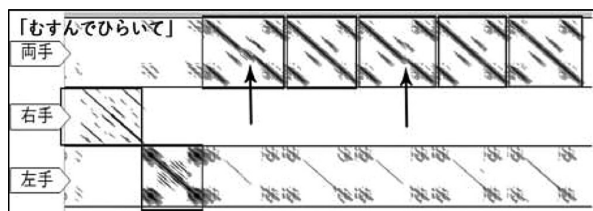


図21 ヒートマップ画像（file 949）初心者B

さらに、ヒートマップ画像とMIDIノート画像を関連付けることにより、実時間と細部の音が確認できる例を図22に示す。図22は筆者が2つの図を関連づけて表示しており、自動的に関連付けて表示できているわ

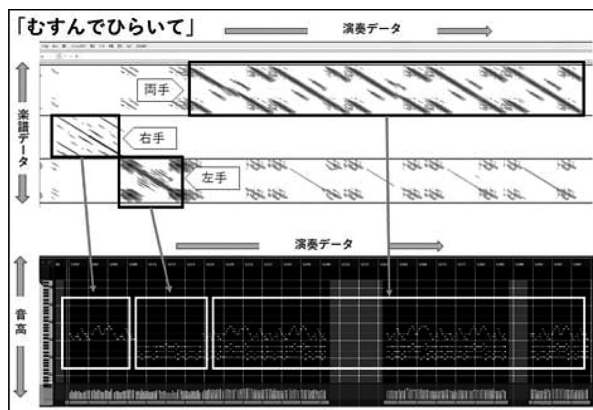


図22 ヒートマップとMIDIノートの対応（file 949）

けではない。このような一画面での表示により、練習の分析が進めやすくなる可能性が考えられる。

また、MIDIノート画面においても、MIDIノート画面とそれに対応する楽譜の提示により、楽譜に対して実際に弾いた音の正確さが示されればより分かりやすくなると考えられる。その例を図23に示す。このように、ミスしたMIDIノートを赤字で表示するなどの改善が考えられる。図22と23を一画面で表示することは現時点では自動化されていないが、画面を切り替えて表示する運用が考えられる。

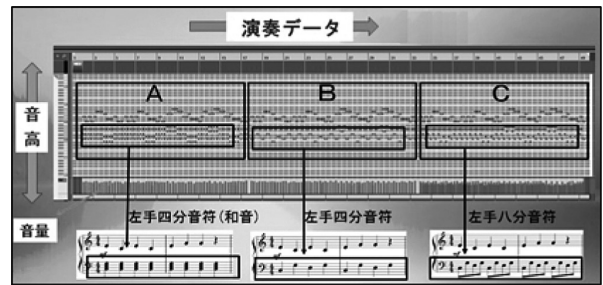


図23 MIDIノート画像と楽譜の提示の例

(3) VSPPによる細部の確認

前節ではヒートマップ画像とMIDIノート画像のリンクにより、練習の細部が明らかになる可能性を述べた。さらに、VSPPを使用すると指導教員と学習者との演奏比較が可能になる。音量、テンポ、リズム、音の長さの項目ごとに分析でき、演奏の問題点が明らかになるだけでなく、教員の演奏に近づく様子が確認できれば演奏の良い点も確認できる。

図24はfile 969の先頭付近のヒートマップ画像であり、冒頭に「焼きいもグーチャーパー」続いて「むすんでひらいて」を練習している。どちらも濃い斜め斜線

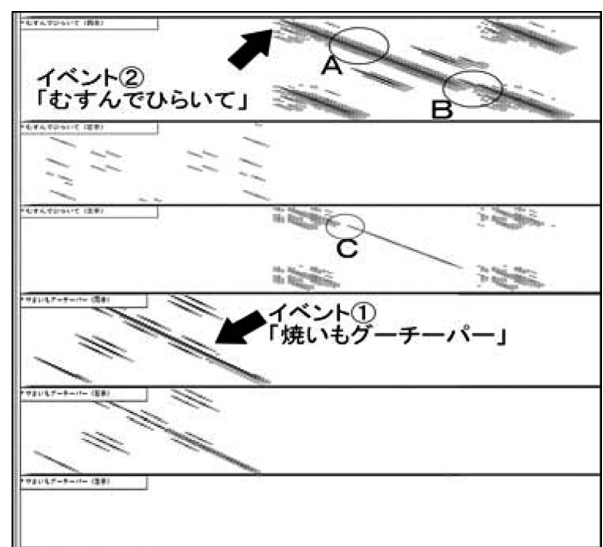


図24 ヒートマップ画像（file 969の先頭）初心者B

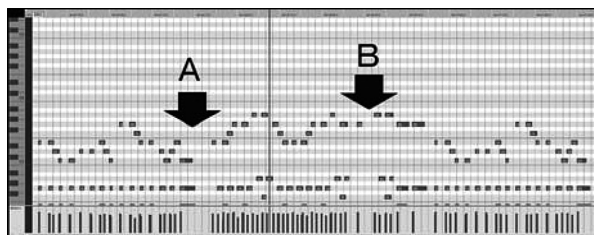


図25 MIDIノート画像（file 969の先頭）初心者B

であり、概ね良好な演奏に見えるが、図のBには段差が確認できる。この場面のMIDIノート画像を図25に示す。図25のB付近はMIDIノートの間隔が開いて少し止まっているように確認でき、直前に音の誤りが確認できる。この演奏全体をVSPPで分析した画像が図26である。図26のB付近ではグラフの線が大きく下がっている。ここではテンポを左手・右手を統合して示している。図26のVSPPのA付近でも問題が発生しているように見える。これは図24のヒートマップのA付近であるが、ヒートマップ画像では問題なく濃い斜め線になっている。同じA付近を図25で見ると、間が開いているように見える。さらに、Aを拡大したVSPPを図27で確認すると、終止音「ド」の手前の「レドレミ」の時点でテンポがやや下降し、「ド」のところで止まるように遅くなっている様子が推測できる。しかし音の弾き間違えがないため、図24のヒートマップのAでは問題が見られない。

VSPPの使用により、どこを間違えたかという練習の局所的場面の発見だけでなく、その前後の問題点の推測も可能になる。VSPPが使用可能になる場面は、

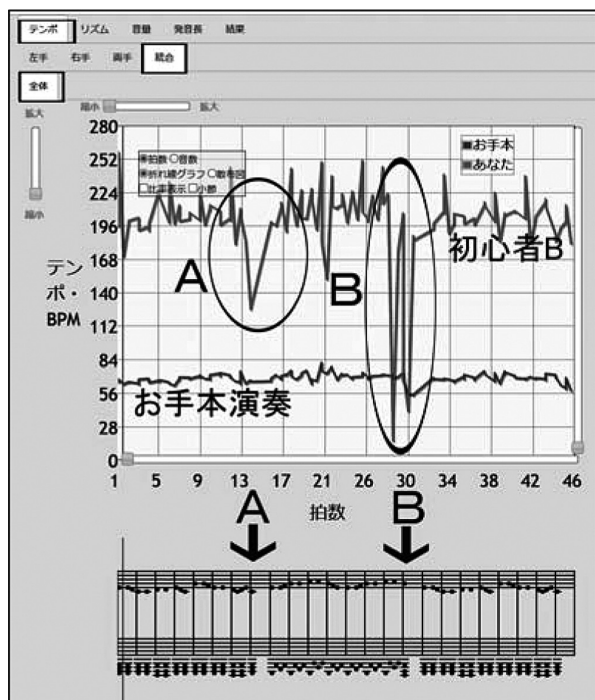


図26 VSPP画像（file 969「むすんでひらいて」全体）

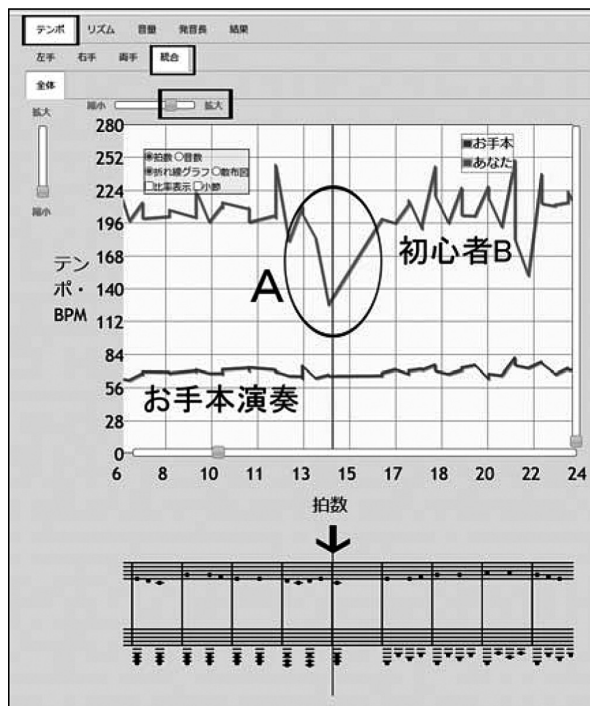


図27 VSPP画像（file 969「むすんでひらいて」拡大）

通奏（演奏の先頭から）であり、現在は部分練習には対応できていない。

(4) 学生アンケート・インタビューと画像の関連

実験期間の練習時間は、表1からAが155分、Bが275分であった。Webアンケートとインタビューから、学習者は練習時間を決めていないことが多く、一回の練習時間も3分から50分までバラツキがみられた。初学者Aは時間があればピアノに向かうことを目標にしていると回答しており、3分の練習であっても3つの課題に取り組んでいる様子が図10から確認できた。比較的時間が確保できた練習file 969（23分間）では複数の課題曲に取り組む様子がヒートマップ画像から確認できた。また、図14のように、ある特定の箇所を6回続けて練習する様子が確認できた。これらのことから、学習者は練習時間の計画のもとで練習の構成を自身で考えて進めていると考えられる。このような自由度が高い練習の進め方により、Webアンケートの回答で満足度や達成感が高くなったと考える。

練習での弾き直しや弾き違いについて、図17の○印、及び図19のような相当回数のミスへのフィードバックが検討できる。その際、先行研究の知見を参考に検討できる。すなわち、ミスによるストレスの軽減、ミスの回数のある程度の容認、弾き直しを容認することが考えられる。具体的には、楽譜通りに弾かなかったケースとテンポが変動したケースをフィードバックしてミスした所を楽譜に色で示してミスの気づきを高める（島田、松村、森尻 & 北原、2017）方法、次に、学習者がミスタッチなどによって落ち込むストレスを軽減することにより練習を前向きに進める（福家、竹

川 & 柳, 2013) 方法、最後に、学習者が練習で弾き直すケースをミスと判定しない弾き直しに対応 (堀、Christoph & 嵯峨山, 2019) である。このような学習者への心的な配慮について、筆者らは養成校では保育現場や実習先で必要な技能の習得という明確な目標があったこともあり、これまで検討してこなかった。今回のWebアンケートやインタビューでは学習者の満足度と達成感の高さも示されたが、心的な配慮は今後検討すべき課題であると考えられる。

5. まとめ

今回の実験において、ヒートマップ画像、及びMIDIノート画像から、個人練習の回数、時間は日によって、また状況によって異なることが分かった。練習開始時刻が早朝から深夜まで幅が広く、一回の練習が3分から50分まで差があった。その中で、学習者は状況に対応した練習を自ら前向きに構成していた。練習内容について、初学者の初歩的な練習においても、教員が指示した練習に取り組んだことにより、結果として満足感・達成感が高かった。弾きにくい箇所やミスが続く箇所では連続して練習に取り組む様子がヒートマップ画像から読み取れた。また、関連するMIDIノート画像と詳細を見ると、弾き間違いや弾き直しのようミスの詳細も明らかになった。さらに、VSPPにより演奏状況のさらに詳細な様子が目視により明らかになった。VSPPは指導教員との演奏の比較を示すため、問題点だけでなく、演奏の良い点も明らかになる。

ヒートマップ画像、MIDIノート画像、VSPPから個人練習の状況の推測が可能な要点を次に示す。

- ・課題曲群の中から選択した課題を推定できる。
- ・右手、左手、両手練習をどのように進めたかがわかる。
- ・練習時間の推定ができる。
- ・部分練習の箇所と時間の推定ができる。
- ・練習のおおまかな質の把握ができる。
- ・VSPPにより練習内容の詳細がわかる。

今回の実験により、これまで解明できなかった学習者の個人練習の内容が音データから明らかになった。また、学習者が練習時間帯や学習状況に応じて自ら練習の組み立てを考えて進めていることがわかった。このような解明の方法により、教員は個人練習の内容を把握して授業進行が可能になり、質向上に貢献できると考えられる。また、個人練習の内容が共有されることで学習者は、個人練習の方法など、教員からより具体的に指導を受けられることが可能となり、充実した個人練習に繋がる可能性が考えられる。特に学習経験のないピアノ初学者にとってこのような個人練習の充実化は有意義と考えられる。

現状ではヒートマップ画像、MIDIノート画像、VSPPはリンクしておらず、筆者らが関連付けて述べている。今後、改善すべき課題を挙げる。

- ・音声データへの対応により弾き歌いへ対応
- ・Excelヒートマップを画像出力するコンパクトな表示
- ・ヒートマップ画像とMIDIノート画像の一画面化
- ・練習回数など目視でなく自動的に集計化
- ・習熟度のフィードバックをより高めたシステム
- ・VSPP (図3 演奏の可視化ツール) との連動
- ・次回課題の自動的な提示
- ・受信時に送信者を特定
- ・複数の教育機関で同時に利用できるアカウントの設定

謝辞

本研究は科学研究費補助金基盤 (C) 課題番号 19K03041、及び放送大学教育振興会助成金の支援を受けて進めています。

参考文献

- 山本美紀, (2020). 初等教育教員養成課程における器楽技能をめぐり一考察—学生のピアノ実技に関する「困りごと」意識と実態—. 奈良学園大学紀要 = Bulletin of Naragakuen University (12), 135-144
- 緒方満、野上俊之 & 柿本因子, (2011). 教員・保育者養成系大学1年生への鍵盤楽器演奏スキルに関する質問紙調査: ML音楽室および音楽教育棟個人練習室の利用状況と併せて。比治山大学現代文化学部紀要 (18), 173-180
- 小倉隆一郎 & 田中功一, (2011). モバイルラーニングを利用したピアノ学習。文教大学教育学部紀要, 123-130
- 松原正樹、遠山紀子 & 斎藤博昭, (2006). ピアノ初級者のための独習支援システムの提案。情報処理学会研究報告。[音楽情報科学], 2006 (19), 79-84
- 田中功一 & 小倉隆一郎, (2014). 特集投稿 (報告) モバイルSNSを活用したピアノ学習の試み (特集音楽教育と電子テクノロジー: 「共有」と「発信」を目指して) — (教育現場と電子テクノロジー)。音楽教育実践ジャーナル, 11 (2), 52-59
- 田中功一、小倉隆一郎 & 辻靖彦, (2020). ピアノ初学者の練習方略の明確化を目的とした演奏の収録とインタビュー調査。音楽教育メディア研究, 6, 69-79. doi: 10.34424/jmsme.6.0_69
- 田中功一、小倉隆一郎、鈴木泰山 & 辻靖彦, (2015). 保育者養成課程のピアノ初心者を対象とした演奏見える化ツールの活用実践バイエル9番の演奏改善を目的として。電子キーボード音楽研究, 10, 3-12. doi:10.20749/journaljsekm.10.0_3
- 田中功一、小倉隆一郎、鈴木泰山 & 辻靖彦, (2017). ピアノ学習プロセスの表出化と変容SCATによる初学者の振り返り記述の質的分析。電子キーボード音楽研究, 12, 4-16. doi:10.20749/journaljsekm.12.0_4
- 田中功一、林麻由美、小倉隆一郎 & 辻靖彦, (2021). 保育者養成課程のピアノの初学者における個人練習方法の顕在化。音楽教育メディア研究, 7, 13-24. doi:10.34424/jmsme.7.0_13
- 田中功一、鈴木泰山 & 辻靖彦, (2015). 演奏可視化ツ

- ルとデジタルノートを活用した保育者養成校の対面ピアノ授業の実践（学習支援環境とデータ分析/一般）。日本教育工学会研究報告集、15（1）、113-118
- 島田彩女、松村ひかる、森尻有貴 & 北原鉄朗、(2017)。ピアノ練習支援のための楽譜表示システムの試作。第79回全国大会講演論文集、2017（1）、105-106
- 福家悠人、竹川佳成 & 柳英克、(2013)。モチベーションの維持を考慮したピアノ学習支援システムの構築。情報処理学会研究報告。[音楽情報科学]、2013（6）、1-7
- 堀松仁、Christoph, M. Wilk & 嵯峨山茂樹、(2019)。弾き直しに対応したピアノ練習支援のための模範演奏との比較可視化。第81回全国大会講演論文集、2019（1）、337-338
- 澤田綾子、(2018)。器楽授業におけるピアノ練習法の指導についての考察：保育士、幼稚園、小学校教諭の資格取得を目指す学生への練習法指導。千葉敬愛短期大学紀要 =BULLETIN OF CHIBA KEIAI JUNIOR COLLEGE（40）、149-158
- (2022年11月4日受理)