

ピアノ練習状況の可視化および気づきのアノテーション機能をもつ学習支援システムの評価

上田 健太郎^{1,a)} 竹川 佳成^{2,b)} 平田 圭二^{2,c)}

概要：楽器の演奏技術の習得には多大な時間や労力を必要とするため、敷居の高さ故に習得を断念したり、熟達効率の低さから挫折してしまう演奏者が多い。ピアノをはじめとする技能習得において、自律的・長期的な学習にはメタ認知が不可欠であるとされている。この知見に基づき、筆者らの研究グループは学習者が自身の学習方略や練習中に得られた気づきを記述することで、学習方略の省察およびメタ認知が促進され熟達効率が向上するという仮説を立てた。また、仮説検証のため、打鍵情報をもとにピアノの練習状況を可視化する機能と、譜面上に気づきや学習方略をアノテーションする機能をもつ学習支援システムを構築した。評価実験の結果より、本システムを利用した被験者はシステムを利用しない被験者よりも短い練習期間で課題を達成しており、練習時間あたりの熟達効果が増大したことが示された。評価実験の結果、アノテーションの書き込みが面倒、演奏中にアノテーションを見る余裕がない、アノテーションに何を書いたら良いか分からないといった、提案システムのアノテーション機能に関する新たな問題点が示唆された。

1. はじめに

ピアノ演奏では、譜読、指示されている鍵への正確な打鍵、適切な運指(指使い)、リズム感覚、打鍵の強弱、テンポなど様々な技術が求められ、それらの習得には長期間の基礎的な練習を必要とする。また、たとえピアノレッスンに通っていたとしても、多くの場合はレッスンの時間よりも自宅で練習している時間の方が長いため、楽器の演奏技術の習得には自主的な練習の結果が大きく反映される。しかし、自宅のような身近に熟達者の居ない環境では、学習者は自分の不得手要素や練習毎の成長・変化に気付くことが難しく、得意な部分ばかりを何度も練習してしまうなど効率の悪い練習をしてしまう場合が多い。そのため、学習者が練習に多くの時間を割いたとしても、それに見合った熟達効果を得る事ができるとは限らない。このように、ピアノ演奏技術の習得には多大な時間と労力を必要とするという敷居の高さ故に、習得を断念する学習者が多い。

佐藤は、自律的・長期的な学習には自分で自分の行動を一段上の視点から見つめ、自分で自分をコントロールするメタ認知が不可欠であるとしている [1]。田柳らは、多種類

の情報を併用するトライアングレーションによってメタ認知の妥当性が担保されると主張している [2]。諏訪は、身体スキルは一種の暗黙知であるため、練習初期はメタ認知を言語化するのが難しいものの、それらを記録することで概念間の連想が促されメタ認知が徐々に促進されるとしている [3]。

これらの知見に基づき、筆者らの研究グループは学習者が自身の学習方略や練習中に得られた気づきを記述することで、学習方略の省察およびメタ認知が促進され熟達効率が向上するという仮説を立て、学習方略に着目したピアノ学習支援システムを構築してきた [4, 5, 6, 7, 8]。実際にピアノ学習支援システムを利用しながら学習方略を記述してもらうという予備実験では、以下2つの問題点が明らかになった。

練習状況の客観的な評価が困難：熟達には打鍵ミス数や演奏の滞留度など様々な指標があるが、それらの評価や数値データの受け取り方は被験者の自己判断に委ねられていた。そのため、客観的な練習状況の変化点が意識に上って来ない被験者が多く、学習方略や気づきとして外化されないケースが多かった。

練習中の気づきが忘却されやすい：予備実験では各実験日の最後に学習方略を記述してもらった。そのため、実験全体を通しての振り返りやその日の実験で印象に残っていることは記述されやすい一方、一回性の強い稀少なできごとや些細な気づきは練習終了時までには忘却されることが多

¹ 公立はこだて未来大学大学院
Graduate School of Future University Hakodate

² 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

a) g2115005@fun.ac.jp

b) yoshi@fun.ac.jp

c) hirata@fun.ac.jp

く、学習方略や気づきとして外化されなかった。しかし、そのような希少な出来事や些細な気づきの蓄積と活用が学習には重要である。

そこで筆者らの研究グループは、学習者の学習方略への意識を高めメタ認知を促進し、ピアノ演奏熟達レベルを高めるため、

- 打鍵情報をもとにピアノの練習状況を可視化する機能
 - 譜面上に気づきや学習方略をアノテーションする機能
- を実装しその効果を調べてきた [9]。この評価実験の結果より、本システムを高頻度で利用した学習者は、よりメタな視点で学習方略を省察できる傾向にあることが明らかになった。しかし被験者数が少なかつたため、課題達成日数の短縮にシステムがどの程度有効であったかは十分に調査できていなかった。

本研究では被験者数を増やして同様の評価実験を行い、システムを利用したピアノ練習における熟達化プロセスをより詳細に調査した。さらにこの再評価実験によって新たに示唆されたシステムの問題点に関し、対応策の検討も行った。

2. システムの設計方針

2.1 打鍵情報の提示

提案システムは学習方略の記述や譜面への書き込みを行う際の参考データとして、打鍵ミス数、演奏の滞留度、練習位置の遷移などの打鍵情報を可視化し学習者に提示する。熟達には打鍵ミス数や演奏の滞留度など様々な指標があるが、各指標の自己判定のしやすさにはばらつきがある。打鍵情報の可視化によって学習者が自身の練習状況を意識したり、演奏から着目している練習課題の達成度を適切に判断できるようになれば、学習方略へのゆらぎや新たな気づきを与えられるであろう。

システムには練習日当日の経過時間毎の打鍵情報の差分、練習日別の差分を提示する機能を実装する。これは、筆者らの過去の研究によって、前日の練習感覚と今日の練習感覚を比較したり数日前の学習方略から現在の学習方略を決定するなど、様々な対象やレベルで比較することにより学習方略が変容・進化することが明らかになっているためである [8]。

打鍵情報の可視化手法にはヒートマップを採用する。これは、システムの主なユーザは成人ピアノ初級者であるため、熟達者でなくても容易に可視化データの意味を理解できるようにデータを楽譜上の音符の位置にマッピングして提示する必要があるからである。ヒートマップはデータのマッピングに優れている、データの値を色で表現するため学習者が短時間でデータの傾向を把握できるという特性を持ち、この要件を満たしている。ただし、ヒートマップは差分表現に不向きであるため、練習の差分は主に折れ線グ

ラフで可視化する [10]。

2.2 譜面へのアノテーション

練習中に得られた気づきを譜面上にアノテーションする機能を実現する。これは、練習中の小さな気づきや現象が練習の省察への新たな着眼点を生みきっかけになったり、学習方略として外化された内容を補完することがあると考えられるためである。これらの情報は時間の経過と共に忘却されてしまう可能性が高いため、学習者がアノテーションするタイミングは練習中の気づきを得た瞬間が望ましい。ただし、その日の学習方略のまとめを長文でアノテーションする場合は、練習後をアノテーションのタイミングとする。これは、一回性の強い希少なできごとや些末な気づきと、その日の練習全体を俯瞰して得られる気づきは互いに異なる要素を含むと考えられるからである。

3. 実装

提案システムの入力は、音高情報と打鍵強度を示すキーボードの MIDI 出力である。システムの出力は、打鍵ミスや演奏の滞留度などの熟達指標を示すヒートマップ、折れ線グラフである。開発は Mac OSX 上で JavaScript, HTML, CSS を用いて行った。以降では、提案システムが実現する機能について説明する。

3.1 ヒートマップによる打鍵情報の表示機能

図 1 に示したように、入力された MIDI データを基に、合計打鍵回数、正解打鍵回数、打鍵ミス回数、演奏の滞留度の 3 種類の打鍵情報を譜面上に表示する。ヒートマップはそれらの値の大きさを色の違いで表現する。具体的には、透明、青色、水色、緑色、赤色の順に項目の回数が多いことを表す。最上段のヒートマップは、その列の音符全てに関する合計打鍵回数を表す。2 段目のヒートマップは、その列の上から 1 つ目の音符に関し、正しく打鍵できた回数を表す。3 段目、4 段目のヒートマップは、その列の上から 2 つ目、3 つ目の音符に関し、正しく打鍵できた回数を表す。5 段目のヒートマップは、その列の音符に関する打鍵ミス回数を表す。6 段目のヒートマップは演奏の滞留度を表す。

なお、打鍵ミスは誤打鍵 (間違えて打鍵した場合、図 2 - (a))、未打鍵 (打鍵しなかった場合、図 2 - (b))、余打鍵 (余分に打鍵した場合、図 2 - (c)) の 3 つと定義した。演奏の滞留度は運指毎の打鍵間隔 (Inter-Onset Interval) から算出した。図 3 に示したように、単音の場合は IOI をそのまま滞留時間とし、和音の場合は IOI を音数で割った値を滞留時間とした。

3.2 折れ線グラフによる打鍵情報の差分表示機能

図 4 に示したように、折れ線グラフはヒートマップと同様に打鍵情報を譜面上に提示し、各音符の y 軸位置にグラ

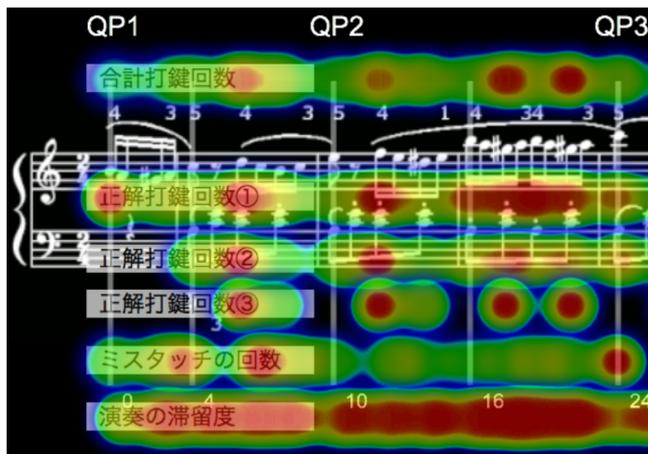


図 1 譜面上に提示されたヒートマップ

模範演奏



学習者の演奏



図 2 打鍵ミスの定義

単音の場合はIOIをそのまま滞留時間とする
和音の場合はIOIを音数で割った値を滞留時間とする



図 3 演奏滞留度の算出方法

の屈曲点が当たる。システムは別の打鍵情報の折れ線グラフを重畳して表示できる。図 4 では、練習開始 8 分後、17 分後、30 分後の合計打鍵回数の折れ線グラフを重畳して表示している。学習者は左下のプルダウンメニューで重ね合わせたい MIDI データを選択する。折れ線グラフは同時に 6 つまで重ね合わせることができ、自分の上達の進行状況を直感的に把握できる。

3.3 アノテーション機能

図 5 に示したように、テキストボックスに入力された文章がアノテーションされる。アノテーションには学習者が練習中に得た気づきや、学習方略を記述する。譜面上には四角形と線も描画できる。これらはアノテーションが譜面のどの部分に関するものかを指し示すために用いる。

練習中のグラフ表示、アノテーション 1 つの入力は 30 秒以内に終了することを目標とする。これは、グラフ表示とアノテーションは練習中に何度も繰り返して行うことが想定されるため、目安として 30 秒を超える操作は練習時

赤、緑、青の折れ線グラフはそれぞれ練習開始後 8 分後、17 分後、30 分後の合計打鍵回数の推移を示す

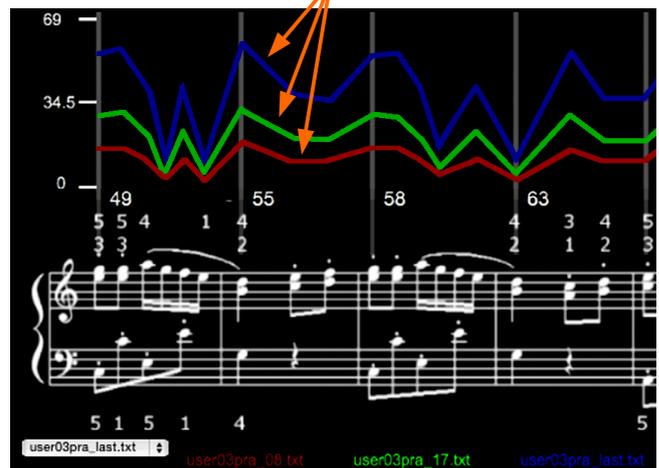


図 4 譜面上に提示された折れ線グラフ

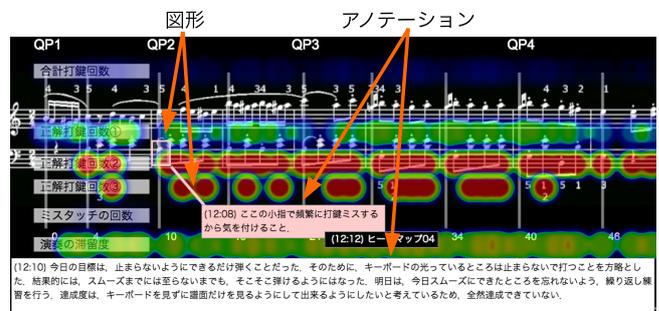


図 5 譜面上へのアノテーションと図形の描画

間の圧迫に繋がるためである。入力時間の短縮を実現するためにデフォルト状態で表示するグラフはヒートマップとし、データ量を詳細に表示するのではなく一目で練習傾向を把握できるようにする。また、アノテーションはマウスポインタでフリーハンドで行うのではなく、キーボードで入力し任意の箇所にドラッグアンドドロップできるようにする。

4. 評価実験

評価実験では、提案システムを利用して練習する条件と、システムを一切利用しないで練習する条件を設定した。両条件における熟達過程を比較することでシステムのピアノ練習状況可視化手法の妥当性と、譜面上へのアノテーション機能が学習者の学習方略への意識を高め、メタ認知を促進させているかを評価した。

4.1 実験環境

実験では第 1 章で説明したピアノ学習支援システムを被験者の練習環境として利用し、そこから得られた MIDI データをシステムの入力とした。実験装置の配置を図 6 に示す。ピアノ学習支援システムはプロジェクションマッピ

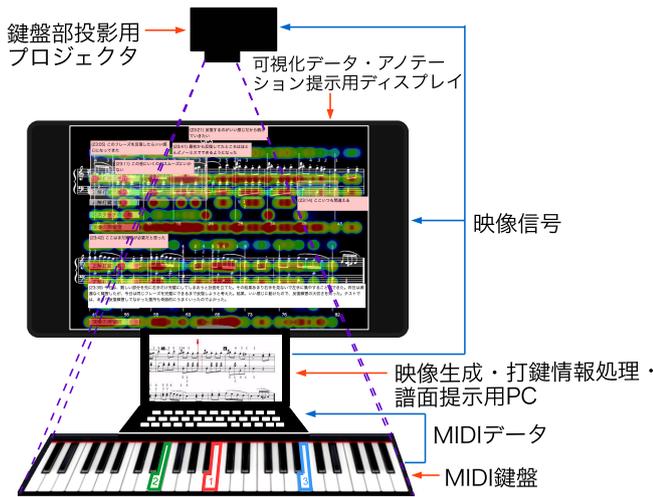


図 6 実験装置の配置

ングによって打鍵情報を鍵盤上に提示する機能を持つ。

4.2 実験手順

基本的に文献 [9] に同じである。

被験者: 実験に参加した被験者は A~N の 14 名で、いずれも楽譜をほとんど読めない鍵盤楽器演奏経験歴のない大学生である。各被験者にはあらかじめ楽譜上に書かれている記号の意味や、実験システムの各種機能の利用方法を説明した。

課題曲: 課題曲として、W.A.Mozart のピアノソナタ第 11 番 第 3 楽章トルコ行進曲の冒頭 17 小節を練習してもらった。なお課題曲については、被験者全員が聴いたことがあるが演奏したことはない。

実験方法: 図 7 に示したように、実験では被験者 A~G の 7 名はシステムを利用しながら、被験者 H~N の 7 名はシステムを利用せずに課題曲を 30 分かけて練習し、到達度テストとしてシステム補助なしでの通し演奏 (最初から最後まで一通り演奏すること) を 5 分間の制限時間内で行った。この際、被験者 A~G には任意のタイミングでシステムに MIDI データを入力してもらい、可視化された打鍵情報を参考にしながら譜面へ気づきをアノテーションとして記述してもらった。

到達度テスト後、被験者 A~G にはその日の練習 30 分間の MIDI データと到達度テストの MIDI データをシステムへ入力してもらい、可視化された打鍵情報を表示した状態でその日の学習方略を図 8 のガイドに従って記述してもらった。このデータは練習ポートフォリオとして HTML 形式で保存した。被験者 H~N には学習方略の記述を手書きで行ってもらった後、実験者がシステム上でそれを清書し、練習ポートフォリオとして HTML 形式で保存した。到達度テストにおいて打鍵ミスが無くなる日までこれら一連の試行を 1 日 1 回行った。到達度テストでは、前面にある楽譜のみ提示し (現在の演奏位置を示すカーソルも提示



図 7 各被験者が閲覧可能なディスプレイ

今日の学習を振り返って、気づいたことや工夫した学習方略など下記の項目について、楽譜を利用しながら自由に記述してください。

- ・今日の目標とそれのための学習方略、達成度
- ・明日の目標とその学習方略
- ・うまく弾けない箇所、だからどうした
- ・昨日までうまくできなかったが出来たようになった箇所、なぜできるようになったか
- ・その他気づいたことなど

図 8 学習方略記述ガイド

しない)、打鍵ミス数および演奏時間を計測した。

なお、被験者には練習中にそれまでの自分自身の練習ポートフォリオを閲覧することを許可したが、他者のポートフォリオの閲覧は禁止とした。これは、被験者の学習方略を変化させた要素が混在してしまい、分析・考察が困難になる状況を避けるためである。

4.3 実験結果の分析と考察

表 1 にシステムを利用した被験者の実験実施日数、MIDI データ入力回数合計、練習日あたりの打鍵時間、練習日あたりのアノテーション文字数を示す。表 2 にシステムを利用しなかった被験者の実験実施日数、練習日あたりの打鍵時間、練習日あたりのアノテーション文字数を示す。

まず練習日あたりの打鍵時間に関して、システムを利用した被験者はシステム非利用の被験者の打鍵時間よりも有意に短縮されていた ($t(12)=2.22, p=.046<.05$)。要因として、システムを利用した被験者は可視化された打鍵情報・他の練習日のポートフォリオの閲覧、アノテーションの入力など演奏練習以外に要する時間が増加したためであると考えられる。一方、実験実施日数に関して、システムを利用した被験者はシステム非利用の被験者の実験実施日数よりも有意に短縮されていた ($t(12)=3.17, p=.008<.01$)。システムの利用によって打鍵時間が短縮されたにもかかわらず実験実施日数が短縮されていることから、可視化された打鍵情報・他の練習日のポートフォリオの閲覧、アノテーションの記述によって、練習時間あたりの熟達効果が増大したと考えられる。

システムを利用した被験者全てに共通してみられた傾向として、被験者自身がアノテーションとして入力した気づきを考慮した学習方略を記述する機会が多かったことが挙

表 1 提案システムを利用した被験者の実験結果

	実験実施 日数	MIDI データ 入力回数の合計	練習日あたりの 打鍵時間 (分)	練習日あたりの アノテーション文字数
被験者 A	3	11	10.30	174.00
被験者 B	3	3	5.40	260.67
被験者 C	3	6	4.84	34.67
被験者 D	5	9	6.49	89.60
被験者 E	5	5	8.06	93.00
被験者 F	6	9	2.40	201.67
被験者 G	9	27	6.10	289.22
平均	4.86	10.00	6.22	163.26
標準偏差	2.03	7.39	2.31	87.70

表 2 提案システムを利用しなかった被験者の実験結果

	実験実施 日数	練習日あたりの 打鍵時間 (分)	練習日あたりの アノテーション文字数
被験者 H	5	6.55	93.4
被験者 I	6	12.50	199.00
被験者 J	9	11.79	72.67
被験者 K	9	6.96	144.11
被験者 L	10	9.31	202.70
被験者 M	11	6.46	116.18
被験者 N	11	16.23	84.36
平均	9.97	8.71	130.35
標準偏差	2.19	3.43	49.49

げられる。例えば、図 9 に示した被験者 F 3 日目の練習ポートフォリオでは、アノテーションに小指の運指が難しいこと、10 小節目から 15 小節目でリズムが乱れることについて記述しており、これらの気づきは練習終了後の学習方略の記述にも反映されている。また、練習日あたりのアノテーション文字数の平均値 (表 1) に関して、有意差は見られなかったもののシステムを利用した被験者の方がシステム非利用の被験者よりも文字数が多かった ($t(12)=.80, p=.44>.05$)。以上のことから、システムによって打鍵ミス数や演奏の滞留度といった指標が可視化されたことで自分自身の練習に対する省察が深まり、学習方略の省察・外化が促された考えられる。

システムを利用していない被験者 H~N の練習ポートフォリオにおけるアノテーションの内容に着目する。図 10 に示した被験者 K 9 日目の練習ポートフォリオでは、テストで打鍵ミスした箇所を誤認していると思われる記述が散見された。これは、システムを利用していないため自身の打鍵情報を参照できず、自身の苦手箇所を誤認してしまっているのであろう。一方、システムを利用した被験者 G 3 日目の練習ポートフォリオ (図 11) では、練習中は打鍵ミス数が前日より増えたと誤認していたものの、学習方略の記述時に打鍵ミス数の差分グラフを閲覧したことでその誤認に自ら気づいた様子が記録されていた。さらにシステムを利用した被験者へのヒアリング調査では、練習終了時にその日の練習 30 分間の MIDI データと到達度テストの MIDI データをシステムで可視化し閲覧したことで、練習で打鍵ミスする箇所とテストで打鍵ミスする箇所を意識しながら翌日の練習に取り組めたという意見が得られた。表 1 に示したように、システムを利用した被験者は各練習日に 1 回以上、可視化された打鍵情報を閲覧している。以上のことから、システムを利用した被験者は打鍵情報の可視化機能によって、システム非利用の被験者よりも自身の打鍵ミス箇所や課題達成状況をより具体的かつ正確に把握した上で練習を行えたと考えられる。そして、このことがシステムを利用した被験者の実験実施日数の短縮にも繋がったと考えられる。

練習中にアノテーションした気づきを考慮し学習方略を記述

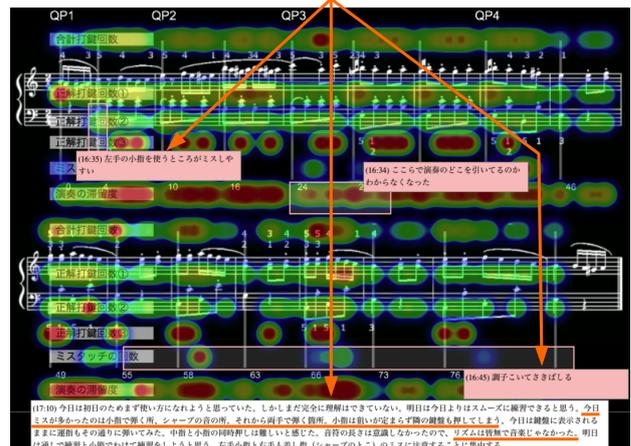


図 9 被験者 F 3 日目の練習ポートフォリオ

到達度テストでは、実際には折れ線グラフの起伏部分でミスしていたが、学習者自身は別の箇所を打鍵ミス箇所と捉えていた



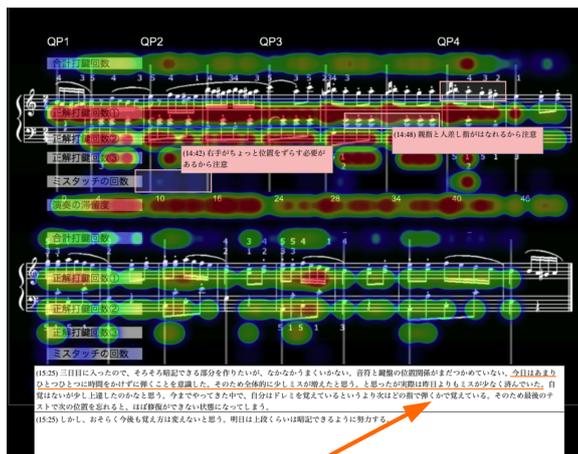
図 10 被験者 K 9 日目の練習ポートフォリオ

5. 新たに示唆された問題点と考えられる対応策

被験者の練習ポートフォリオ、実験者の観察報告、被験者へのヒアリングによって、システムに関する以下の問題点が示唆された。

5.1 アノテーションの書き込みが面倒

図 7 に示したように、システムはアノテーションの入力にパソコンのキーボードを採用している。そのため、学習



可視化データを参考に、練習進捗度を見直したと思われる記述

赤の折れ線グラフは2日目、緑の折れ線グラフは3日目の打鍵ミス回数を示している

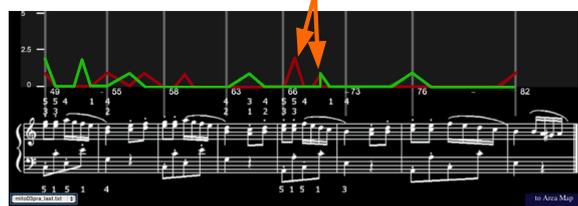


図 11 被験者 G 3 日目の練習ポートフォリオ

者は気づきをアノテーションする度に鍵盤からキーボードへ手を移動する必要がある。また、学習者はアノテーション中、運指やメロディの流れを再確認するためにアノテーションの対象箇所を演奏し直すことが多かった。この場合、鍵盤とキーボード間の手の移動はさらに多くなり、アノテーション入力にかかる手間が増大する。手の移動に伴い視線の移動も増加するため、譜面を読めない学習者はどの部分を演奏していたのか、どの部分に関する気づきであったかを見失ってしまう。

対応策として、学習者のつぶやきによるアノテーション付与機能が考えられる。図 12 に示したように、MIDI データ、視線情報、音声認識を利用し、学習者の「ここ」や「そこ」といった指示語と発話を基に、自動でユーザの意図した範囲・箇所のアノテーションする。これにより、アノテーション入力の手間を低減することができ、従来のアノテーション入力方法では省かれていた些細な練習課題もアノテーションとして記録され、ピアノ演奏熟達レベルのより効率的な高度化が期待される。

5.2 演奏中にアノテーションを見る余裕がない

初心者は練習中、譜面よりも鍵盤に視線を集中している場合が多い。一方、図 7 に示したように、アノテーションは学習者の正面にあるディスプレイ上に表示されている。そのため、演奏への集中度が高まったり鍵盤を注視して練習している場合、アノテーションされている箇所を気づ

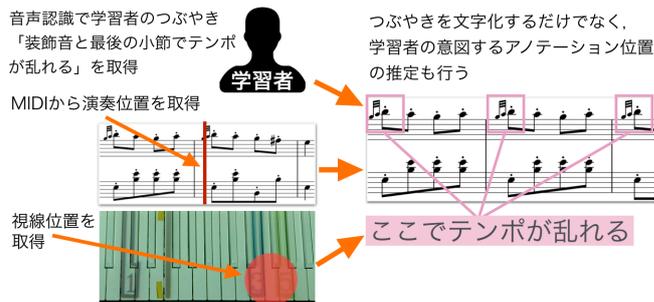


図 12 学習者のつぶやきを利用したアノテーション付与

テンポに関するアノテーションが付与されている場合は、演奏のテンポをヒートマップで鍵盤上部に提示

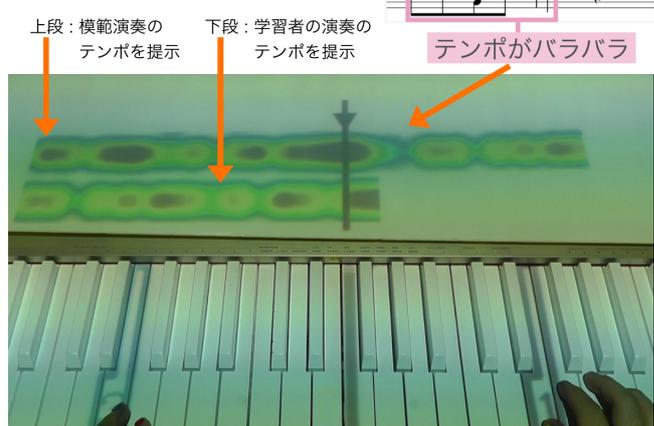


図 13 システムによるアノテーションの変換例

かない内に演奏し終えてしまう学習者が多く見られた。

対応策として、アノテーションされた練習課題を演奏中に理解しやすい表現に自動変換し鍵盤上に提示する機能が考えられる。例として図 13 に示したように、譜面上にテンポに関するアノテーションがされている場合を考える。この部分を演奏する際、アノテーションされている文章をプロジェクションマッピングによってそのまま鍵盤上に提示するだけでは演奏中に文章を読む必要が生じ、これが演奏を止める要因となる可能性がある。そこで、模範演奏のテンポと学習者の演奏のテンポをヒートマップで表示し、アノテーションの内容を視覚的に学習者へ提示する。これにより、練習者は演奏を中断することなくアノテーションの内容を容易に理解し演奏に反映できると考えられる。システムが自動変換するアノテーションの内容としては他にも、テンポ以外にミスタッチ箇所、運指、打鍵の強弱等が挙げられる。

5.3 アノテーションに何を書いたら良いかわからない

初心者は演奏経験が少ないため、練習初期は課題曲の習得に必要な練習課題や気づきを言語化できない場合が多い。諏訪は、練習初期は練習課題や気づきの言語化に苦勞したとしても、可能な範囲で言語化を行うことで徐々に言

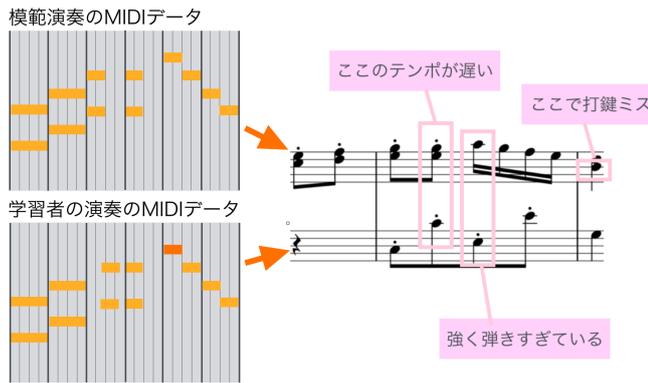


図 14 システムによるアノテーションの自動付与

語化に要する手間が低下していくと指摘している [11]. 実際にシステムの評価実験においても、練習初期から出来るだけ練習課題や気づきを言語化する意識的努力をしていた学習者は、徐々に言語化に要する時間が減りアノテーション数が増加する傾向が見られた。一方、言語化に消極的な学習者は練習後半になってもアノテーション数は増加しなかった。よって、練習初期における練習課題や気づきの言語化に要する手間を低減することが、ピアノ演奏熟達レベルの高度化に重要であると考えられる。

対応策として、アノテーションの自動付与機能の実装が考えられる。図 14 に示したように、課題曲の模範演奏の MIDI データと学習者の演奏の MIDI データを比較し、システムが自動的に打鍵ミス、打鍵の強弱、テンポに関するアノテーションを付与する。また、自動付与するアノテーションの内容は学習者の熟達度に応じて変更する。例えば学習者の熟達度が低い場合は、打鍵ミスや打鍵の強弱といった達成が比較的容易な練習課題をアノテーションする。学習者の熟達度が高くなった場合は、テンポの維持や運指といった達成が比較的難しい練習課題をアノテーションする。この機能によって自動付与されたアノテーションを参考に学習者自身もアノテーションするという行為を繰り返すことで、学習者自身の演奏に関する省察能力が高まり、練習課題や気づきの言語化に対する苦手意識を低減できると考えられる。

6. 関連研究

6.1 MIDI データを利用した打鍵情報の可視化

pianoFORTE[12] はピアノレッスンにおける教師と生徒のコミュニケーション支援のために、MIDI データを基に打鍵強度、テンポ、スタッカートやレガートといったアーティキュレーション、右手と左手のタイミングの一致度を可視化する機能を持つピアノ学習支援システムである。また本研究の提案システムと同様に、ユーザが任意のタイミングで MIDI データをシステムに入力すると、打鍵情報が譜面上にマッピングされて提示される。ただし、pianoFORTE は一度に複数の MIDI データを読みことができず、データ

間の差分を表示することができない。また打鍵情報の可視化手法、システムがピアノ演奏熟達に及ぼす影響についての十分な評価は行われていない。

P.I.A.N.O.[13] はプロジェクションマッピングによって物理鍵盤上にピアノロールを投影し打鍵位置を提示するピアノ学習支援システムである。P.I.A.N.O. は課題曲練習時の学習者のミスタッチ箇所、音符毎の音価をピアノロール上に重畳表示する機能を持つ。またこれらのデータは次回練習時に物理鍵盤上にも提示される。しかし、当該機能の利用・非利用が学習者の熟達プロセスにどのような影響を与えるかは調査されていない。

田中らは、ピアノ学習者と指導者の MIDI データを分析し傾向を調査した [14]. 実験では MIDI データから取得した学習者・指導者の打鍵強度、音価を折れ線グラフで可視化し比較することで、MIDI データの比較から分析可能な演奏傾向がピアノ指導者の視点と一致することを明らかにした。

6.2 譜面への書き込みに着目したピアノ学習支援システム

Wikivatoire は、中級者～上級者のピアノ学習者を対象とした、演奏解釈の共有・蓄積プラットフォームである [15]. 学習者は Wikivatoire を利用することで、楽曲に対する自分自身の演奏解釈を譜面上に手書きまたは PC キーボード入力で書き込みできる。さらにその書き込みは同じ楽曲を練習している学習者間で共有・編集可能となっている。ただし、Wikivatoire はアノテーション入力の参考データとして打鍵情報などを基に打鍵情報を可視化する機能は持たない。

森田らは、模範演奏と学習者の MIDI データを自動的に比較し、演奏に関するアドバイス文を生成し譜面上にアノテーションするシステムを構築した [16]. また当該システムは打鍵強度、打鍵タイミング、音価を折れ線グラフで可視化する機能を持つ。ただし、可視化されたデータは譜面上の音符にアライメントされておらず、直感的な理解が難しい。

7. まとめ

本研究では、練習状況の可視化と気づきのアノテーションに着目したピアノ学習支援システムの評価実験を行った。実験ではシステムを利用して課題曲を練習する条件、システムを一切利用しないで練習する条件を設定し、各条件における被験者の熟達プロセスを比較した。その結果、システムを利用した被験者は可視化データ閲覧とアノテーション入力によって打鍵時間が短縮されたにもかかわらず、実験日数が短縮されていることが明らかになった。またアノテーション内容の分析から、システムを利用した被験者はシステムを利用しなかった被験者に比べ、自身の打鍵ミス

箇所や課題達成状況をより具体的かつ正確に把握した上で練習を行っていたことも明らかになった。

評価実験では、アノテーションの書き込みが面倒、演奏中にアノテーションを見る余裕がない、アノテーションに何を書いたら良いか分からないといった、提案システムのアノテーション機能に関する新たな問題点も示唆され、これらの問題点への対応策を検討した。今後、これらの対応策に基づきシステムを改良する。

その他の課題として、他者の練習ポートフォリオを容易に検索可能な環境を構築することが挙げられる。本研究の評価実験では、被験者の学習方略に影響を与えうる要素を絞り込む必要があったため、他の被験者の練習ポートフォリオは閲覧不可としていた(4.2節)。しかし、学習者同士が練習ポートフォリオを共有しそこから他者の学習方略を知ることが、自分自身の学習方略に固執しがちな学習者に新たな視点を与え、方略の幅を広げると考えられる。

参考文献

- [1] 佐藤浩一: 学習支援のツボ, 北大路書房, pp. 27-47 (2014).
- [2] 田柳恵美子, 平田圭二, 竹川佳成, 椿本弥生: 音楽演奏熟達化研究への一人称物語記述手法の導入, 知識共創第4号 (2014).
- [3] 諏訪正樹, 赤石智哉: 身体スキル探求というデザインの術, 認知科学会冬のシンポジウム「デザインの学と術」, pp. 12-21 (2009).
- [4] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦: 運指認識技術を活用したピアノ演奏学習支援システムの構築, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.2, pp. 917-927 (2011).
- [5] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦: リズム学習を考慮したピアノ演奏学習支援システムの設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp. 1383-1392 (2013).
- [6] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦: システム補助からの離脱を考慮したピアノ演奏学習システムの設計と実装, 日本ソフトウェア科学会論文誌, Vol.30, No.4, pp. 51-60 (2013).
- [7] 竹川佳成, 椿本弥生, 田柳恵美子, 平田圭二: 鍵盤上への演奏補助情報投影機能をもつピアノ学習支援システムにおける熟達化プロセスに関する調査, 日本ソフトウェア科学会誌, pp. 55-60 (2013).
- [8] 竹川佳成, 平田圭二, 田柳恵美子, 椿本弥生: 学習方略の物語化に着目したピアノ学習支援システムの構築に向けて, 音楽情報科学 (MUS) 研究報告, 2014-MUS-102 (2014).
- [9] 上田健太郎, 竹川佳成, 平田圭二: 打鍵・視線情報表示機能を持つピアノ学習支援システムが学習方略の形成に及ぼす効果の観察と分析, 第29回人工知能学会全国大会, 1L4-3 (2015).
- [10] Bill Ferster: Interactive Visualization, The MIT Press, pp. 107-173 (2012).
- [11] 諏訪正樹: スポーツの技の習得のためのメタ認知的言語化: 学習方法論 (how) を探究する実践, FIT2007, イベント企画「近未来技術と情報科学-スポーツと情報技術-」抄録 (2007).
- [12] S. Smoliar, J. Waterworth, and P. Kellock: pianoFORTE: A System for Piano Education Beyond Notation Literacy, Proceedings of the Third ACM International Conference on Mul-timedia, pp. 457-465 (1995).
- [13] K. Rogers 他, P.I.A.N.O.: Faster Piano Learning with Interactive Projection, ITS 2014-Children and Learning, pp. 149-158 (2014).
- [14] 田中功一, 鈴木泰山, 辻靖彦: ピアノの上達を目指す学習者と指導者の演奏 MIDI データの傾向について-ピアノ指導者の視点から-, 情報処理学会研究報告, Vol.2014-MUS-102, No.10 (2014).
- [15] Social college of music “Wikivatoire” : <http://wikivatoire.org/>
- [16] 森田慎也, 江村伯夫, 三浦雅展, 秋永晴子, 柳田益造: 演奏特徴の強調およびアドバンス文呈示によるピアノ基礎演奏の独習支援, 日本音響学会平成20年度秋季研究発表会, 2-9-9, pp. 933-934 (2008).