

令和元年6月25日現在

機関番号：20103

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12560

研究課題名(和文) 学習方略の物語化と相対化に着目したピアノ演奏支援システムに関する研究

研究課題名(英文) Piano Performance Support System Focusing on Narrativization and Relativization of Learning Strategy

研究代表者

平田 圭二(Hirata, Keiji)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：30396121

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ピアノ練習における演奏行為自体を直接支援するのではなく、練習中の演奏していない時間帯及び練習後に、自分の演奏を振り返り、他学習者と比較する点に着目した。比較をきっかけとして得られた省察は学習者によって言語化されるので、それをアノテーションとして様々な対象に自由に付与する技術を確立した。特に、成人ピアノ初級者は、本提案方式によって最適な学習方略を自己決定するという仮説を立て、それを評価実験で検証した。直前の演奏を思い出すトレーニングを促進・支援することで、自身の練習経過をアノテーションとして『物語化』し『相対化』し、より多くの気づきをもたらす振り返りができるようになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、学習における行為中の省察や暗黙知の重要性が指摘されており、教育実践でも人は一人称的な省察と三人称的なメタ認知の両輪により熟達していくという学習モデルが主流となっている。ピアノ演奏では認知スキルと身体スキルの同時向上が要求されているにもかかわらず、従来のピアノ練習法ではピアノ固有の演奏技術を指示的に教えることに主眼が置かれていた。新しい学習モデルに基づき、練習者自身の練習経過の『物語化』と『相対化』を促すピアノ練習支援システムの有用性が確認できたことは大変意義深い。本研究成果は、スポーツ、物作り、医療行為、サービス提供など多岐に適用することが期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we focused on the point that in the piano practice, a learner reflects one's performance and compares with other learners during the practice and after the end of the practice, while traditional methods usually support the performance act itself. Since the reflection obtained by the comparison is verbalized by a learner, we established the technique to freely assign it to various objects as annotation. In particular, we have hypothesized that adult piano beginners self-determine the optimal learning strategy based on the proposed method, and verified it by evaluation experiments. By promoting and supporting training so that the previous performance is recalled, a learner becomes possible to assign annotation of "narrativized" and "relativized" own practice progress and as a result, to obtain more reflection.

研究分野：音楽情報処理

キーワード：学習経験 メタ認知 物語化 相対化 練習支援システム

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

Dewey (1938)は、学習において自己の経験に照らして学ぶこと（自己省察、振り返り）の重要性を主張した。近年 Schön (1983)は行為の中の省察や暗黙知の重要性を主張しており、教育実践でも人は一人称的な省察と三人称的なメタ認知の両輪により熟達していくという学習モデルが理論の主流となっている。諏訪 (2012)は、これらの考え方に立脚し、スポーツ等の身体スキルの獲得過程における言語化に着目している。練習中の気付きや知見を学習者自らが言語化することで、新たな気付きやメタ認知が促され、身体動作へとフィードバックされる。中島 (2013)は、評価に人の価値観が関わるような研究テーマにおける研究成果の表現法として、一人称の立場から他者を志向した記述（物語）が効果的であると主張している。Lave & Wenger (1993)が提唱する学習は社会的実践への参加の中にあるという状況的学習に基づいて、成人教育の学習過程に必須の社会的相互作用に状況論的にアプローチする研究がある (Merriam & Caffarella 2005)。一方、従来のピアノ練習法ではピアノ固有の演奏技術を指示的に教えることに主眼が置かれている。学習者の省察や言語化の重要性を主張するものは少なく、学習理論に基づいた総合的な練習方法や支援システムはまだ確立していない。

2. 研究の目的

現在、学習における行為中の省察や暗黙知の重要性が指摘されており、教育実践でも人は一人称的な省察と三人称的なメタ認知の両輪により熟達していくという学習モデルが主流となっている。ピアノ演奏では認知スキルと身体スキルの同時向上が要求されているのにもかかわらず、従来のピアノ練習法ではピアノ固有の演奏技術を指示的に教えることに主眼が置かれていた。特に、鍵盤を弾いている最中に何らかの直接的な学習支援を行う機能のみを提供するシステムや製品が殆どである。

一人称的な省察と三人称的なメタ認知の両輪を採り入れた新しい学習モデルに基づき、練習者自身の練習経過の『物語化』と『相対化』を促すピアノ練習支援システムを試作し評価実験を行う (図1)。

以下2つの具体的目標を掲げる：

- (A) 直前の演奏を思い出しながらの運指のイメージトレーニングや、他者の演奏を聞いて自分の演奏に活かすといったように、より多くの気付きをもたらす振り返りができるような、過去の演奏や他者の演奏との差分が現れている箇所を選別し、効果的に提示する技術を確立する。
- (B) 比較をきっかけとして得られた省察は学習者によって言語化されるので、それをアノテーションとして様々な対象に自由に付与する技術を確立する。アノテーションを付与する対象には、譜面上の音符や記号、テンポや強弱などの演奏情報、鍵盤などがある。

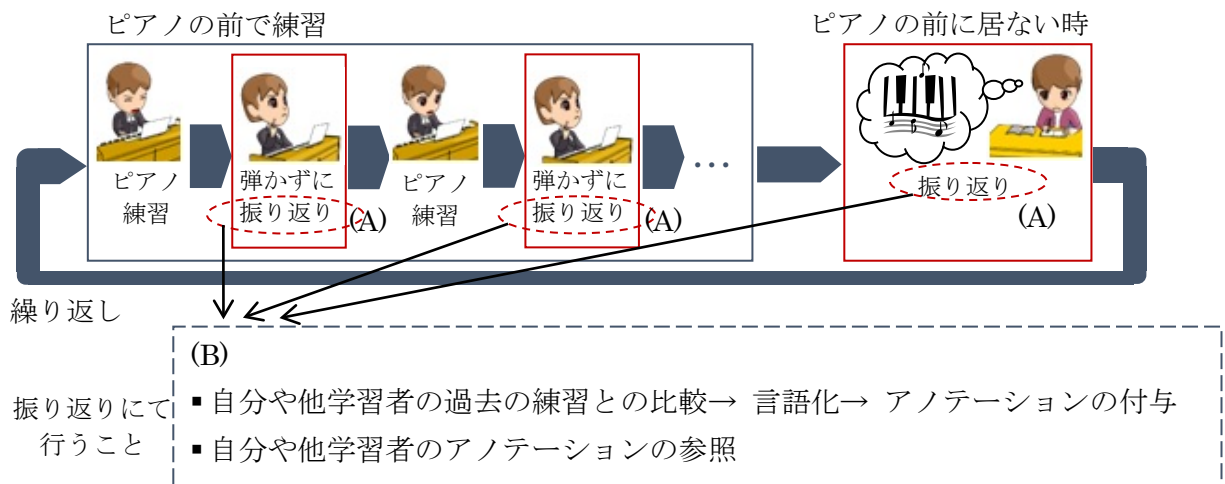


図1: 一人称的な省察と三人称的なメタ認知の両輪を採り入れた新しい学習モデル

3. 研究の方法

目標(1)を達成するために、続く第4章(A) 練習支援ツールのための3点の基本機能を実現する。目標(2)を達成するために、第4章(B) プロトタイプシステムを用いた予備実験を実施する。そして、第4章(C) 実験結果を分析し研究成果を総括する。

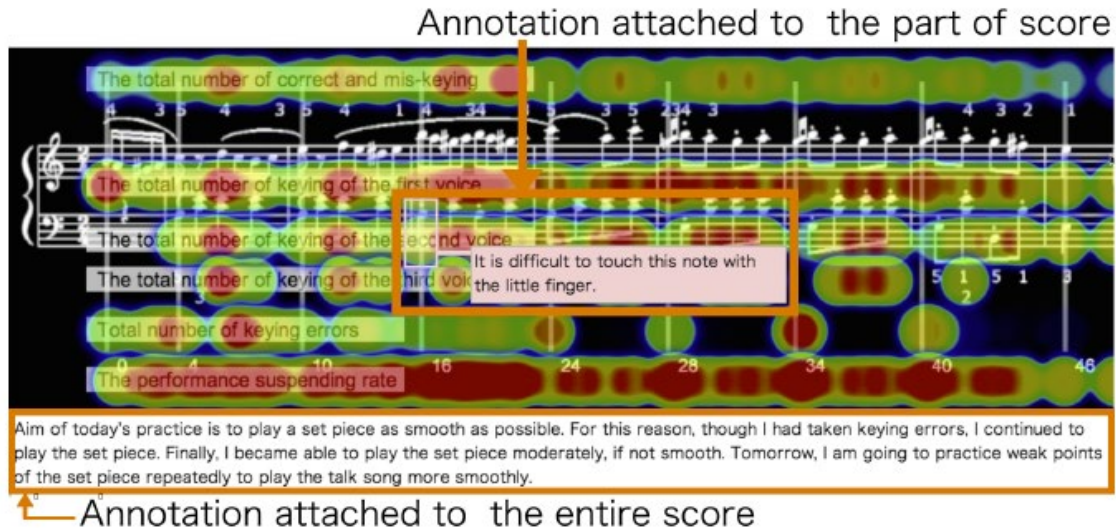
4. 研究成果

参考文献として挙げる“(論n)”“(発n)”(n=1~6)は、第5章で列挙した成果番号に対応している。

(A) 練習支援ツールのための基本機能

H28 差分検出機構

まず、正しく打鍵できた回数、打鍵ミス回数、演奏滞留度などのパラメータをヒートマップと折れ線グラフにより表示する機能を実装した（下図）〔論 6〕,〔論 5〕。特に、折れ線グラフは練習開始から N 分後の各パラメータの推移を表示しており、学習者は自身の練習進捗度を直感的に把握できる。学習者は希望する N 分後の折れ線グラフを選択的に表示できるので、学習者自身が差分を吟味することが可能である。練習中のグラフ表示は、連続的な練習の妨げにならないように、30 秒間表示すると自然に消えることとした。



H28 アノテーション作成・付与ツール

譜面の一部（例えば、1 つの音符、旋律の一かたまり、和音など）および譜面全体に対し、学習者が練習中に何か気付いた瞬間に任意の文章を入力できる機能を実装した。また、練習中のアノテーション入力時間をできる限り短縮するため、任意の場所で文章入力しそれをアノテーションを付与したい箇所にドラッグアンドドロップできるようにした。

H29 演奏追跡機能

視線を利用したピアノ演奏追跡機能を実現した〔論 3〕,〔発 6〕。鍵盤を押下する情報のみによるピアノ演奏追跡に対して、演奏者の視線情報も利用すると、演奏追跡精度が 13 ポイント向上し、速度も 40%向上した。ピアノ演奏者の手指悪癖を効率的に発見するために、打鍵時間間隔および打鍵強度の可視化、手指のそれぞれの関節の動きの可視化、検索のための譜面上演奏箇所とビデオ再生箇所の自動対応付けをプロトタイピングした〔発 1〕。

遠隔ピアノレッスン環境向けに、練習演奏時に効率的かつ正確に遠隔地の教師が目撃したい点に注目できるよう複数のカメラを自動切り替える仕組みをプロトタイピングした。ニューラルネットワークによる学習機能を取り入れることで、注目点の動的な変化にも柔軟に対応した〔論 2〕。

練習支援ツールのプロトタイピングにおいては、H28 より継続的に作成しているアノテーション付与ツールをさらに高度化するための演奏追跡機能を実装した。練習状況をより詳細に記録しユーザにフィードバックするために、手指動作に着目する機能を実装した。自分や他学習者との比較を行うため、遠隔地で練習している状況を円滑に共有する機能を実装した。

H30 悪癖クラス認識器

ピアノ演奏練習を撮影したビデオ上で手指悪癖の出現箇所を半自動アノテーションするため、畳み込みニューラルネットワークの一種である VGGNet を用いて、悪癖クラス認識器を実装し、正答率 78%を達成した。

多くの楽器演奏の練習支援システムでは、その実現のために、与えられた課題曲の楽曲構造をあらかじめ解析する機能を必要としている。次の 3 つの楽曲分析の基本機能の完成度を高めた：タイムスパン・セグメンテーションのより正確な抽出、個々のフレーズ抽出（その基本機能としてドラムパターン識別〔発 2〕）、より動的に頑健な調性同定。

(B) プロトタイプシステムを用いた予備実験

H29 実装した基本機能群

14名の被験者、モーツァルト作曲トルコ行進曲冒頭17小節を課題曲とする確認テストを実施した。評価パラメータとして、1練習セッションあたりの打鍵時間、キューポイントの操作回数、模範演奏の再生回数、差分検出機構の利用回数、付与したアノテーション個数などを用いた。本システム利用者の方が有意に効率的な練習を行っていることが示された。

ピアノ初心者に対して、鍵盤上に演奏や練習に有益な情報をプロジェクションマッピングすることで、熟達がどのような影響を受けるかを観察し、練習者の学習方略を大きく3タイプに分類できることを発見した。意図的にバイオリン練習者に誤情報を提示することで、練習システムからの自然な離脱を実現できることを確認した。

H29 プロトタイプシステムを用いた予備実験

ピアノ演奏に加え、バイオリン演奏に関しても実験を実施し、振り返りについて多角的に考察を深めた [(論4), (論1), (発5)].

H30 改良システムを用いての評価実験

悪癖発見ツールを実現するため、従来の動画プレイヤーに、悪癖発見を効率化することが期待される機能を追加した (複数ビデオ同期再生機能、音単位再生機能、演奏情報表示機能、上述の悪癖出現箇所自動アノテーション機能)。ピアノ経験者12人に対して、従来の動画プレイヤーのみを使った場合と、悪癖発見ツールを使った場合で、悪癖発見率を比較し、悪癖発見ツールが0.52、動画プレイヤーが0.42であった。

遠隔ピアノレッスン環境におけるカメラ自動切り替え方式を評価した [(発4)]. 課題曲 (子犬のワルツ) の演奏で生じる典型的なミス5シーンを抽出し、FFNNとルールによる提案手法と、2つの比較手法 (背景差分により最も動きの大きいカメラ画像を選択する方式、7視点画像のタイリングによる同時視聴の方式) とを比較した。手指の細かな動きを指摘する場合、引き直し箇所を同定する場合において提案手法の有効性が確認できた。

(C) 実験結果分析とメカニズム考察

H29

上記(B)で作成したプロトタイプシステムを利用して、ピアノ演奏が熟達するにつれて練習者の認知がどのように変容するかを、練習者が意識するチャンクの変化から読み取れることを確認した。グラウンディッド・セオリー・アプローチを用いた結果、視覚情報が支配的な譜面チャンク、聴覚情報が支配的な演奏チャンク、知識の運用が支配的な音楽知識チャンクに分類できることが分かった。このチャンクを利用すれば効果的な振り返りができる可能性および熟達モデル構築へ向けたマイルストーンを見出した。

H30

前年度の成果を踏まえて、初心者と経験者で、各チャンクの数、各チャンクの大きさの変化を観察し、初心者と経験者の間に有意差が認められた [(発3)]. 学習に必要な技能を5種類に分けたガニエの5分類との対応からも本研究成果の正しさが支持された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計6件)

(論1) 齊藤 聖, 竹川 佳成, 平田 圭二, バイオリン初心者のためのマルチモーダル情報提示によるポジショニング学習支援システムの構築, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 査読有, Vol. 20, No. 3, pp. 333-342 (August 2018).

(論2) 松井 遼太, 竹川 佳成, 平田 圭二, 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, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 査読有, Vol. 20, No. 3, pp. 321-332 (August 2018). https://doi.org/10.11184/his.20.3_321

(論3) 寺崎 栞里, 竹川 佳成, 平田 圭二, DPマッチングのコストに視線情報を反映させた楽譜追跡システムの構築, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 59, No. 3, pp. 894-903 (March 2018).

(論4) Marimo Kumaki, Yoshinari Takegawa, Keiji Hirata, Design and Implementation of a Positioning Learning Support System for Violin Beginners, Using True, Vague and False Information, Journal of Information Processing, 査読有, Vol. 26, pp. 285-293 (Mar. 2018) <https://doi.org/10.2197/ipsjjip.26.285>

(論5) 竹川 佳成, 平田 圭二, 椿本 弥生, 田柳 恵美子, 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を用いた熟達化プロセスの評価分析, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 58, No. 5, pp. 1093-1100 (May 2017).

(論6) 上田 健太郎, 竹川 佳成, 平田 圭二, 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持つ学習支援システムの設計と実装, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 57, No. 12, pp. 2617-2625 (Dec. 2016).

[学会発表] (計6件)

(発1) Asami Hasegawa, Yoshinari Takegawa, Keiji Hirata, Design and Implementation of a Support Tool to Find Bad Fingering Habits for Piano Teachers, Proceedings of International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC15), 査読有, ID:731, pp. 453-458 (July 2018).

(発2) 澤田隼, 深山覚, 後藤真孝, 平田圭二, ドラムパターンの大域的構造と音響特徴量パラメタの相互作用, (社) 情報処理学会 音楽情報科学研究会, 査読無, 2018-MUS-122, No.10 (2019年2月)

(発3) Manami Ishigaki, Yoshinari Takegawa, Keiji Hirata and Atsuko Tominaga, Analysis of Chunk Forming Factors in a Piano Performance Learning System Using Grounded Theory Approach, Proceedings of International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC15), 査読有, ID:398, pp.217-222 (July 2018).

(発4) 松井遼太, 竹川佳成, 平田圭二, 複数カメラのスイッチング半自動化機能をもつ遠隔ピアノレッスン支援システム, インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ WISS2017, 査読有 (2017年12月)

(発5) Marimo Kumaki, Yoshinari Takegawa, Keiji Hirata, Evaluation of Positioning Learning Support System using True information and False Information and Vague Information for Violin Beginner, Proceedings of the 43rd International Computer Music Conference (ICMC 2017), 査読有, (Oct. 2017).

(発6) Shiori Terasaki, Yoshinari Takegawa, Keiji Hirata, Proposal of Score-Following Reflecting Gaze Information on Cost of DP matching, Proceedings of the 43rd International Computer Music Conference (ICMC 2017), 査読有, (Oct. 2017).

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：竹川佳成

ローマ字氏名：(TAKEGAWA, yoshinari)

所属研究機関名：公立はこだて未来大学

部局名：システム情報科学部

職名：准教授

研究者番号 (8桁)：60467678

(2) 研究分担者

研究分担者氏名：田柳恵美子

ローマ字氏名：(TAYANAGI, emiko)

所属研究機関名：公立はこだて未来大学

部局名：システム情報科学部

職名：教授

研究者番号 (8桁)：30522114

(3) 研究分担者

研究分担者氏名：椿本弥生

ローマ字氏名：(TAUBAKIMOTO, mio)

所属研究機関名：公立はこだて未来大学, H29年9月より東京大学

部局名：システム情報科学部, H29年9月より教養学部

職名：准教授, H29年9月より特任准教授

研究者番号 (8桁)：40508397

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。