

令和 6 年 6 月 28 日現在

機関番号：50103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02846

研究課題名（和文）ピアノ演奏技能の習得 その身体知の獲得過程モデル作成と習得支援の研究

研究課題名（英文）Modeling of Physical Knowledge Acquisition Process using Piano Playing Support System

研究代表者

山田 昌尚（Yamada, Masanao）

釧路工業高等専門学校・創造工学科・教授

研究者番号：40220404

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究プロジェクトは、ピアノ練習における演奏支援と評価を行うための多角的なアプローチを提案する。まず、ピアノ初心者の長期練習データを収集し、隠れマルコフモデル（HMM）を用いて演奏誤りの変化を分析・可視化した。次に、学習者のメタ認知や指導者の評価をアンケート調査と演奏記録に基づいて統合分析し、学習プロセスを可視化することを可能にした。さらに、音響データから自動的に演奏を評価する手法を開発し、演奏とその教員評価との相関を確認した。これらにより、ピアノ練習の効果的な支援と評価方法を提案しその有効性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究プロジェクトは、音楽教育や身体知の研究分野において重要な意義を持つ。学術的には、ピアノ練習データの長期的な分析を通じて、演奏技術の向上プロセスを定量的に明らかにし、効果的な練習方法の提案に繋がっている。また、学習者のメタ認知と指導者の評価を統合した分析により、学習プロセスの理解が深まった。さらに、機械学習を用いた自動評価手法の確立は、教育現場における客観的かつ迅速なフィードバックを可能にし、学習者のモチベーション向上にも寄与することが期待される。社会的には、これらの成果を基に開発される演奏支援システムは、初心者の学習効率を高め、音楽教育の質向上に貢献する。

研究成果の概要（英文）：This research project proposes a multifaceted approach to supporting and evaluating piano practice. First, long-term practice data from beginner pianists were collected and analyzed using a Hidden Markov Model (HMM) to visualize changes in performance errors. Next, learners' metacognition and instructors' evaluations were integrated through surveys and performance records to visualize the learning process. Furthermore, a method for automatically evaluating performance from audio data was developed, confirming the correlation between performance and teachers' evaluations. These efforts propose effective methods for supporting and evaluating piano practice and verify their effectiveness.

研究分野：音楽情報科学

キーワード：身体知 演奏支援 ピアノ学習 隠れマルコフモデル 形成的評価

1 研究開始当初の背景

近年、身体知の研究は多くの分野で進展しているが、その習得過程を長期的かつ定量的に示した研究は少ない。特に音楽演奏能力、特にピアノ演奏技能の習得過程については、これまでの研究では短期間の評価が主流であり、年単位の長期的なデータを用いた研究は限られている。また、新型コロナウイルス感染症の影響で遠隔授業が広がり、身体知の非対面教育が困難な状況にある。国連の持続可能な開発目標 (SDGs) の「4a. 子供、障害及びジェンダーに配慮した教育施設を構築・改良し、全ての人々に安全で非暴力的、包摂的、効果的な学習環境を提供できるようにする」というターゲットに照らしても、身体知の効果的な教育方法の研究はますます重要となっている。身体知は、人間が学習によって獲得する能力の一種であり、音楽やスポーツ、工芸などの分野で重要な役割を果たす。しかし、その獲得過程や効果的な指導方法についての科学的な理解はまだ十分に進んでいない。特にピアノ演奏のような複雑な技能は、長期間の練習と反復を通じて習得されるものであり、その過程を詳細に解析することは、教育方法の改善に繋がる重要な課題である。

2 研究の目的

本研究の目的は、人間が身体知を学ぶ過程を明らかにし、身体知の効果的な獲得に資するために、ピアノ演奏の練習における技能習得についてモデル化と分析を行うことである。具体的には、以下の点を重視する。

- 長期的な演奏データの収集と分析:
ピアノ初心者の練習演奏を長期的に記録し、そのデータを基に演奏技能の向上過程を解析する。
- 効果的な練習方法の提案:
演奏データの分析結果を基に、学習者および指導者に対して効果的な練習方法を提案する。
- メタ認知と指導評価の関連分析:
学習者のメタ認知や指導者の評価と演奏データを関連付けて分析し、学習過程の理解を深める。

3 研究の方法

本研究では、大阪大谷大学教育学部幼児教育専攻で実施されたピアノのグループ授業に参加した練習演奏データを対象とした。各授業では電子ピアノを使用し、演奏データは MIDI データとして記録した。さらに一部のデータ処理には試験演奏の音響データを用いた。これらのデータを基に、以下の手法を用いて研究を進めた。

3.1 データ収集と前処理

収集された MIDI データには録音開始から終了までの演奏内容が連続して記録されているため、無音区間を削除してセグメントに分割した。各演奏セグメントがどの曲を演奏したものを特定するために、候補楽譜全体に対して隠れマルコフモデル (HMM) を用いてアライメントを行い、楽曲を最尤推定した。また、演奏と楽譜の適合度合いを表す指標として Uniqueness と Reliability を提案し算出した。

3.2 演奏誤りの検出と分類

HMM を用いて演奏データと楽譜データのアライメントを行い、音高誤り、余分音符、不足音符の 3 種類に分類して演奏誤りを検出した。音高誤りは演奏上の音高の誤りを示し、余分音符は楽譜に存在しない音符を示し、不足音符は演奏に含まれない楽譜音符を示す。これらの演奏誤りの頻度と経時的変化を分析・可視化した。

3.3 メタ認知と指導評価の関連分析

学習者のメタ認知や指導者の評価と演奏データを関連付けて分析した。学習者へのアンケート調査を実施し、これまでのピアノ学習歴や練習頻度、自己評価などを収集した。また、教員による評価をもとに、練習演奏の誤りとの関連性を検討した。

4 研究成果

本研究は、ピアノ初心者の演奏技能の習得過程を長期的に分析し、効果的な練習方法を提示するために次の成果を得た。

4.1 演奏誤りの定量的分析

長期間にわたるピアノ初心者の練習演奏データを HMM を用いて分析し、音高誤り、余分音

符、不足音符の頻度の経時的変化を可視化した。これにより、練習回数を重ねるごとに演奏誤りが減少し、正しい演奏が増加する傾向を確認した。また、これらのデータを基に、個々の学習者の練習の進捗を詳細に追跡し、各演奏者の特徴を明らかにした。

4.2 メタ認知と指導評価の関連分析

学習者のアンケート結果と練習演奏データを照らし合わせ、授業時間外の練習時間が長いほど良い評価を得る傾向を確認した。しかし、音高誤りやリズムのばらつきに関しては、教員の評価と直接的な相関は見られなかった。この結果から、練習の質と量が重要であることが示唆される。さらに、学習者の自己評価と実際の演奏誤りとの関連性を分析し、自己認識と実際のパフォーマンスには差があることがわかった。

4.3 効果的な練習方法の提案

分析結果に基づき、学習者が効果的に演奏技能を向上させるための練習方法を提案した。具体的には、演奏データのフィードバックを通じて自己評価を促進し、学習者自身が誤りを修正するプロセスを支援する手法を開発した。これにより、学習者が自分の演奏を客観的に評価し、改善点を特定できるよう支援することが可能となる。

4.4 技術の実践的応用

最新のニューラルネットワークモデルを用いて音響データから MIDI データを抽出し、HMM を用いて楽譜とアライメントすることで、演奏誤りを評価する方法を開発した。この方法は、教員の評価と高い相関を示し、機械学習を用いた評価システムの有効性を示した。これにより、演奏誤りの自動検出と評価が可能となり、学習者に対するリアルタイムのフィードバックを提供することで、教育効果を高めることが期待される。

4.5 演奏技能向上の定量的モデル化

ピアノ初心者の演奏技能の向上過程を定量的にモデル化し、効果的な練習方法をデータに基づいて提案するための基盤を築いた。これにより、学習者の進捗を継続的にモニタリングし、個々のニーズに応じた指導が可能となる。また、これらのデータを用いて、上達の早い学習者の特徴を明らかにし、成功例を他の学習者に応用することができる。

5 まとめ

本研究は、ピアノ演奏技能の習得過程を定量的に分析し、効果的な練習方法を提供するための基盤を築いた。これにより、学習者および指導者にとって有用な知見を提供し、音楽教育の現場での実践的な活用が期待される。今後はさらにデータ分析を進め、上達の早い演奏者の練習特徴を抽出し、学習者や指導者に対して効果的な練習方法を提案することを目指す。また、技術の進展に伴い、これらの分析手法を他の楽器や学習分野にも応用することで、身体知の教育全般に貢献できると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Norihiko Kato, Eita Nakamura, Kyoko Mine, Orii Doeda, Masanao Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Computational Analysis of Audio Recordings of Piano Performance for Automatic Evaluation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceeding of the 18th European Conference on Technology Enhanced Learning	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 加藤 徳啓, 谷口 寛翔, 中村 栄太, 峯 恭子, 土江田 織枝, 山田 昌尚
2. 発表標題 隠れマルコフモデルを用いたピアノ学習者の練習時間分析
3. 学会等名 情報処理学会 第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤 徳啓, 中村 栄太, 峯 恭子, 土江田 織枝, 山田 昌尚
2. 発表標題 隠れマルコフモデルを用いたピアノ練習演奏の弾き間違い分析
3. 学会等名 第21回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 峯恭子, 土江田織枝
2. 発表標題 保育者養成校におけるピアノ学習初心者への指導に関する一考察 (2)
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤徳啓, 峯恭子, 中村栄太, 土江田織江, 山田昌尚
2. 発表標題 学習者のメタ認知と指導者の評価を考慮したピアノ練習演奏の分析
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	土江田 織枝 (Orie Doeda) (10230723)	釧路工業高等専門学校・創造工学科・准教授 (50103)	
研究分担者	中村 栄太 (Nakamura Eita) (10707574)	京都大学・白眉センター・特定助教 (14301)	
研究分担者	峯 恭子 (Mine Kyoko) (90611187)	大阪大谷大学・教育学部・准教授 (34414)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------