

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

加藤 徳啓^{†1} 谷口 寛翔^{†1} 中村 栄太^{†2} 峯 恭子^{†3} 土江田 織枝^{†1} 山田 昌尚^{†1}
釧路工業高等専門学校^{†1} 京都大学^{†2} 大阪大谷大学^{†3}

1. はじめに

ピアノ演奏支援システムの研究はこれまで多く行われてきているが、その評価実験は1日15分~30分程度の練習を数日間という期間で行われるのが一般的である。一方で、演奏技能の習得には長い期間が必要であることを考えれば、こうした実験期間はかなり短いといえるであろう。さて、演奏支援システムを使うかどうかにかかわらず、演奏が上達していく過程について定量的に調査した研究は従来ほとんどみられなかったが、近年、田中ら[1]のスマートフォンとMIDIピアノによる録音システムおよび半構造化面接とアンケートによる授業時間外の練習時間構成の調査が報告された。

本研究は、多数のピアノ初級学習者の長期的な練習演奏記録を包括的・定量的に分析することを目的とする。そのために、隠れマルコフモデル(HMM)を用いて演奏データと楽譜データのアライメントをとって適合度の指標を構成し、演奏に対応する楽曲を推定する。その結果をもとに、それぞれの曲の演奏時間などを分析した。

2. 検討手法

対象としたデータは、2018年前期に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3クラス68人分(初心者クラス)の練習演奏である。毎週90分の授業時間について、原則的にすべての演奏を記録した。この授業を受けている学生の多くは、保育士あるいは幼稚園教諭を目指しておりピアノ演奏技能獲得の必要性が高い一方で、ピアノ経験のない状態から学習を始める者も少なくない。授業では電子ピアノを使用しており、演奏データ記録には電子ピアノ付属のMIDIデータ記録機能を用いた。学生は90分の授業時間中に、教員の個別指導をうける時間と、個人で自由に練習できる時間があり、後者においてはバイエルや保育曲を何曲

か並行して練習する。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、無音区間などを削除するとともに区切ってセグメントに分割する。

各演奏セグメントがどの曲を演奏したものを検索するために、候補楽譜全体に対してHMMを用いてアライメントを行って[2]、演奏と楽譜の適合度合いを表すUniquenessとReliabilityと呼ぶ2つの指標を構成して楽曲推定する。Uniquenessは検索結果の候補数を表す数値で、楽曲ごとのアライメントの確率分布から計算したパープレキシティーの逆数に100を掛けたものである。これが100に近いときは検索候補がほぼ1曲に限られることを表す。Reliabilityは推定楽譜と演奏データがマッチした時の確率値の対数をとったもので、0に近い演奏ほど楽譜に合致している音符が多い。これらの指標を用いて推定した演奏曲をもとに、演奏者ごとおよび演奏曲ごとの練習時間を分析する。

3. 分析

対象のMIDIデータは68人全体で816.8時間である。ここから3秒以上の無音区間を削除して分割し1秒以下のデータを除外すると40,508セグメントとなり、合計演奏時間は496.2時間、学生ごとの演奏時間は各授業平均46.5分であった。

次に楽曲推定をおこなって、より詳細に練習内容を分析する。今回は授業の教材となっているバイエル68曲と弾き歌い13曲の計81曲を推定候補楽曲とした。68人から無作為に選んだ10人の演奏の中から400セグメントを聴取し、演奏されている楽曲を確認した。その結果、バイエルが189(47.3%)、弾き歌いが73(18.3%)、楽曲判別不能なセグメントが138(34.5%)あった。400セグメントの演奏データについて、人間による判別結果と第2節で述べた手法でのHMMによる推定楽曲から適合度の高い上位5曲を比較した結果、第1候補と一致したセグメントが198(49.5%)、第2候補が18(4.5%)、第3・4候補がそれぞれ7(計3.5%)、第5候補が3(0.8%)、第1~5候補に一致しない演奏が29(7.3%)あった。他に上記の通り判別不能なセグメントが138(34.5%)

ある。

以上の結果から、すべてのセグメントを分析の対象とすると約半数が HMM の楽曲推定による第 1 候補と一致しないことがわかる。大量の演奏データを分析するうえでは、人間が聞いても特定不能なセグメントを分析対象から除外することが望ましい。そこで除外する基準を検討するため、400 セグメントのうち聴取によって楽曲判別できたものの Uniqueness と Reliability を図 1 に示す。聴取結果が第 1 候補と一致している演奏は Uniqueness が 100 である割合が高く Reliability が比較的大きいのに対し、判別不能な演奏は Uniqueness が低く Reliability も小さい傾向にある。また、図 2 に音符数が少ないデータを分析対象から除外した場合の正解率を示す。除外音符数が増えるにつれて正解率が向上していることから、音符数が少ない演奏に不正解の演奏データが多く含まれていることがわかる。

これらの結果を踏まえて、40,508 セグメントのうち Uniqueness が 100, Reliability が -3 以上、音符数が 20 以上の 3 つの条件を満たす 15,975 セグメントを対象として演奏者および楽曲ごとの練習時間を分析した。その結果、演奏者ごとの合計演奏時間の平均は 4.0 時間で、最も演奏時間が長い演奏者は 7.5 時間演奏していた。また、演奏していた曲の中での演奏回数の平均は 5.2 回で、最も平均演奏回数が多い演奏者は 7.8 回だった。

図 3 にバイエル 3 番から 63 番について、楽曲ごとの平均練習時間を示す。演奏時間が極端に少ない曲番号は、授業で課題として指示されていないものである。全体の平均演奏時間は 57 秒で、演奏者ごとにみると最も長い平均演奏時間は 138 秒であった。曲番号が進むにつれて、平均演奏時間と平均音符数とともに増加する傾向にある。これは演奏者全体がピアノ演奏技能を徐々に習得してミスや弾き直しなどが減少し、平均演奏時間が増加傾向になった可能性がある。

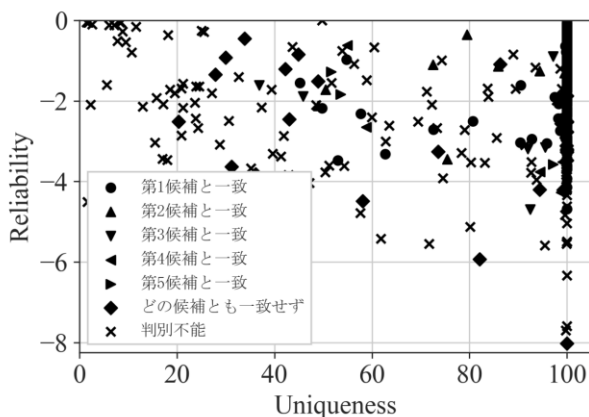


図 1 HMM による楽曲推定結果

4.まとめ

ピアノ初心者を含む長時間の練習演奏記録を HMM による楽曲推定にもとづいて分析した。楽曲推定は演奏と楽譜のアラインメントから Uniqueness と Reliability という指標を構成することで実現できた。演奏データには人間の聴取でも楽曲を判断できないものが少なくなく、楽曲推定に困難があるが、対象データを絞り込むことで、演奏者および楽曲ごとの練習時間を調べることができた。今後は、より詳細に練習内容を分析するとともに、その結果を活用して、演奏からミスを可視化し演奏者にフィードバックするシステムを構築したい。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 21K02846 の助成を受けています。

参考文献

- [1] 田中功一, 林麻由美, 小倉隆一郎, 辻靖彦, “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, Vol. 7, pp. 13-24, 2021.
- [2] Eita Nakamura, Kazuyoshi Yoshii, Haruhiro Katayose, "Performance Error Detection and Post-Processing for Fast and Accurate Symbolic Music Alignment", Proc. ISMIR, pp. 347-353, 2017.

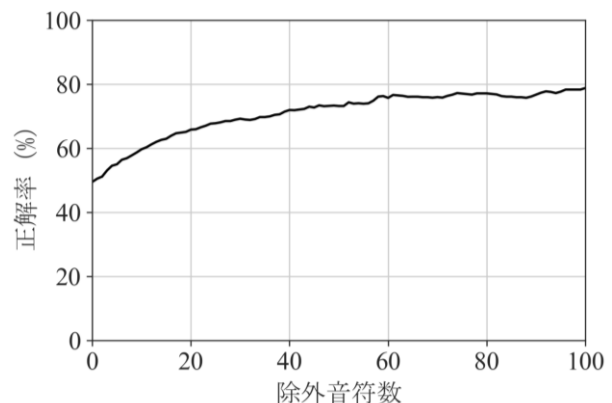


図 2 除外音符数に対する楽曲推定正解率

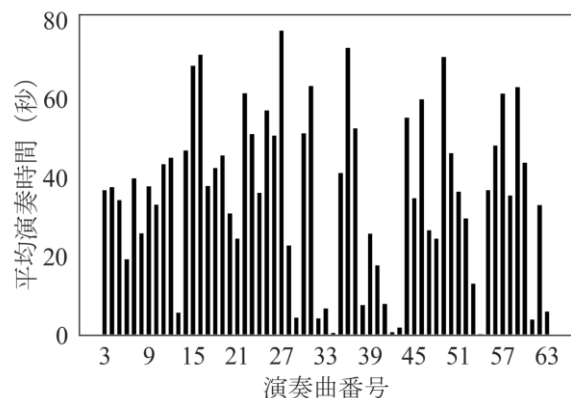


図 3 バイエル 3～63 番それぞれの平均演奏時間