

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

堀 松仁[†] Christoph M. Wilk[†] 嵯峨山 茂樹[†][†] 明治大学 大学院先端数理科学研究科

1 はじめに

ピアノ練習は個人練習の時間が圧倒的に多いが、演奏終了後に演奏誤りや苦手箇所を全て認識し記憶するのは困難である。そのような際に、指導者の代わりとなるような支援システムがあれば練習の効率化を図ることができる。従来研究 [1] では、演奏情報を可視化し、アノテーション機能を持つシステムがあるが、通し演奏を前提としており、演奏位置の跳躍には対応していない。本稿では、弾き直し等の演奏位置の跳躍に対応した練習支援システムについて報告する。

2 ピアノ練習支援システム

2.1 練習支援方針

我々は、ピアノ練習は、それぞれ以下のような目標を持つ4つの段階からなると考えた。

- 第1段階 - 音高・音長・運指を正しく演奏
- 第2段階 - 正しいアーティキュレーション
- 第3段階 - 模範演奏を再現する演奏
- 第4段階 - 高い音楽性の独創的演奏

第1段階では演奏誤りを確認するために誤り情報が、第2段階では演奏によれが無いか判断するためにテンポ・音量・アーティキュレーションが、第3段階では模範演奏との比較情報が、第4段階では自分の演奏の視覚化が、それぞれ有用であろう。本システムでは、第1～3段階の支援のために演奏MIDIから演奏誤り、テンポ、音量、アーティキュレーションの情報を抽出し表示する。情報抽出の際、楽譜MIDIと演奏MIDIとのマッチングが必要であるが、練習時は部分的な集中練習や弾き直し等、演奏位置の跳躍がありえるので、容易ではない。システムはこれを考慮した楽譜上での演奏位置の追跡を行う必要がある。

”Visualizing deviations from exemplary performances for piano practice assistance (including retry detection)”

by Matsuto Hori[†], Christoph M. Wilk[†] and Shigeki Sagayama[†],
[†]Graduate School of Advanced Mathematical Sciences, Meiji University, 164-0001, Tokyo, Japan.



図 1: 演奏誤り及び演奏位置跳躍の表示方法

灰: 正解音, 赤: 音高誤り, 青: 付加音, 黄: 脱落音

2.2 演奏位置追跡

演奏位置の追跡は、HMM を用いて演奏中の拍位置から他の全ての拍への移動に対し遷移確率を付与することで実現する。Viterbi アルゴリズムによるマッチングをリアルタイムに行い、情報表示を演奏終了後すぐ行える事が理想であるが、全ての拍についての遷移確率の計算量は膨大であり、リアルタイムでの計算は困難である。そこで、我々が開発したピアノ演奏追跡 HMM の高速 Viterbi アルゴリズム [2] を用いることでこの問題を解決した。このアルゴリズムは現演奏位置との距離に従い3種の遷移タイプ別にそれぞれの遷移確率を与えることで、計算量の大幅な削減を行える。

2.3 演奏誤り抽出と楽譜表示

本研究では、演奏誤りとして音高誤り、付加音、脱落音を扱う。これらの誤りを、楽譜MIDIと演奏MIDI間の二段階マッチングにより抽出する。まず、和音を同一イベントとして扱うために、数十ms以内に演奏された複数の音符を1つのイベントとし、楽譜イベントと演奏イベントのマッチングをセクション2.2のHMMにより行う。次に、各イベント内の音符毎のマッチングをDP（動的計画法）マッチングにより行う。演奏誤りは種類ごとに色分けされた音符で楽譜上に表示され、演奏位置の跳躍は、跳躍前がout、跳躍後がinとして表示される（図1）。

2.4 演奏特微量表示

2.4.1 演奏特微量表示方針

2.1の第2段階を支援するためにテンポと音量の表示は不可欠である。また、アーティキュレーションの

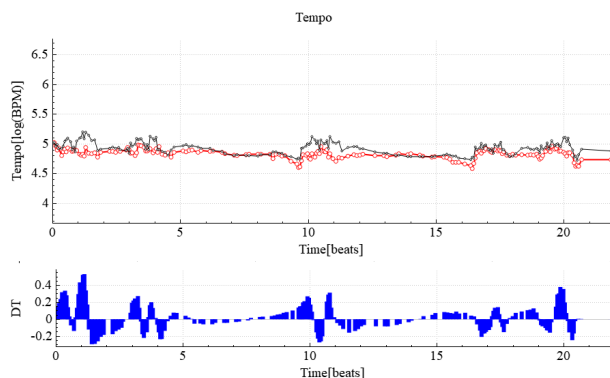


図 2: テンポ表示例 上:絶対値表示 下:模範演奏との比較

1つとして、洗練されたレガートは、先行する音と後続する音が適切な時間長で重なることで実現されるため、テンポ・音量に加え音の重なりが表示が必要であると考えた。そして、第3段階の模範演奏の再現のために、演奏の抑揚や動きを表す音量とテンポの加速度の模範演奏との比較表示が必要と考えた。

2.4.2 テンポ・音量の推定と表示

テンポはイベントごとに推定する。 r 番目と前後3つのテンポの値の近似直線を最小二乗法により求め、その直線の傾きをテンポ加速度 a_r とする。ユーザーにはテンポ絶対値と、模範演奏と自分の演奏とのテンポ加速度の差分を提示する。表示例を図2に示す。加速度差の値が正であれば演奏テンポを加速させる必要があり、逆に負であれば減少させる必要がある。また、音量はイベント毎の入力 MIDI 情報から取得し、テンポと同様に近似直線を求め、その傾きを加速度として扱う。ユーザーには絶対値と、模範演奏との加速度の差分を提示する。

2.4.3 音の重なり分析

イベント S_t と S_{t-1} の音の重なり時間をイベント毎のオン・オフセットから取得する。ユーザーにはイベント毎に音の重なりをそれぞれ提示する。表示例を図6に示す。レガート演奏の場合、音符は重なり合っており、それは図3の負の方向に現れる。一方、正の値は音符間の離れた時間として捉えることができ、スタッカート分析に用いることができる。

3 実験評価

3.1 実験方法

本研究で扱う弾き直し対応機能、表示機能(演奏謝り・テンポ・音量・音の重なり)が練習の効率化に有用であるかの評価実験を行った。実験参加者はピアノ経

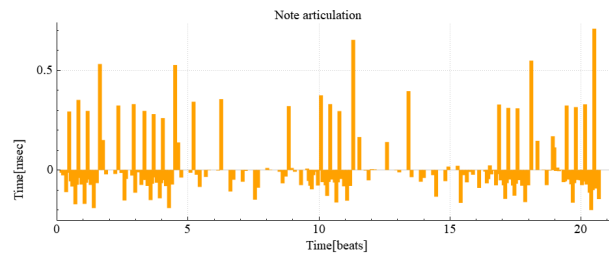


図 3: 音の重なり表示例 正:音の離れ 負:音の重なり

験者9名で、実験時間は1人1時間とした。最初15分は楽曲の確認、教師演奏の確認、機能説明、次の25分間は本システムを利用した演奏練習、最後の20分間はアンケート記入の時間とした。楽曲は J. Burgmüller の L'arabesque Op.100-2 を使用し、演奏は右手のみで行った。参加者には初めに模範演奏を目標とし練習して欲しいと伝えた。練習終了後、各機能の有用性に関するアンケートに5段階評価で答えてもらい、同時に自由記入欄にも意見を記入してもらった。

3.2 実験結果・考察

主観評価において、それぞれの機能毎に評価平均値は3.7以上であり、弾き直しの対応・表示機能共に有用であるという結果が得られた。その中でも演奏誤りの表示が最も高い評価を得た。ほとんどの参加者が練習後に誤りの箇所を忘れており、振り返るのに有用であるとした。一方で、音量の模範演奏との比較は最も低い評価を得た。経験豊富な参加者は音量の変化は模範演奏に必ずしも合わせる必要がないという意見を述べたが、初心者の中には模範演奏との比較があって良いとの意見もあったため、今後、更なる検討が必要である。

4 おわりに

本稿では、弾き直しに追跡に対応したピアノ練習支援の検討を行った。実験の結果、引き直し機能・表示機能共に有用性を示した。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 17H00749 の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] 上田健太郎 *et al.*, “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, vol. 57, no. 12, pp. 2617–2625, 2016.
- [2] 中村栄太 *et al.*, “任意箇所への弾き直し・弾き飛ばしを含む演奏に追従可能な楽譜追跡と自動伴奏,” 情報処理学会論文誌, vol. 54, no. 4, pp. 1338–1349, 2013.