

バイオリンの初級者教育に有効な運指推定

渡邊 樹里 酒向 慎司

名古屋工業大学

1. はじめに

バイオリンは、左手の指で弦を押さえることにより音高を変化させて演奏する楽器である。この左手の指使いのことを運指という。弦楽器には同じ音を発することができる運指が複数存在し、適切な運指の判断は奏者の経験則に基づいて行われる。そこで経験の少ない初級者は、バイオリン教本を用いて練習を行うことが多い。教本には、初級者が正しい運指を身につけるために楽譜に運指が記載されている。ただし全ての音符に運指が標示されているのではなく、部分的に運指が標示されているという形が殆どである。

バイオリンの運指を自動推定する研究はこれまでに長田らの研究 [1]の他にもいくつか行われているが、その多くは全ての音符に対して運指を与えるものである。これらの手法を教育支援システムに応用しようとする、推定した運指全てを楽譜に標示することで楽譜の判読性の低下を招き、習熟の妨げとなる恐れがある。

そこで本研究では、長田らの手法を拡張することにより、教本のように運指を部分的に標示できる新たな自動運指推定の手法について検討する。この手法が実現できれば、既存の教本の収録曲に留まらず、任意の楽譜から教本を生成することが可能となり、初級者の練習に対するモチベーションの向上によってさらなる練習の質の向上につながると考える。

2. CRFに基づく運指推定 (先行研究)

長田らの研究 [1]では、自動運指推定を音符ごと与えられる楽譜情報から最適な運指系列を求めるラベリング問題とし、楽譜と運指の関係を条件付き確率場 (CRF) によって図1のようにモデル化した。楽譜 \mathbf{o} に対する手状態系列 \mathbf{s} の適切さ $P(\mathbf{s}|\mathbf{o})$ は、素性 ϕ とその重み ω によって式1と表される。ただし手状態 \mathbf{s} は運指を詳細化したものであり、弦、指番号、手の位置、手の形の4要素からなる。

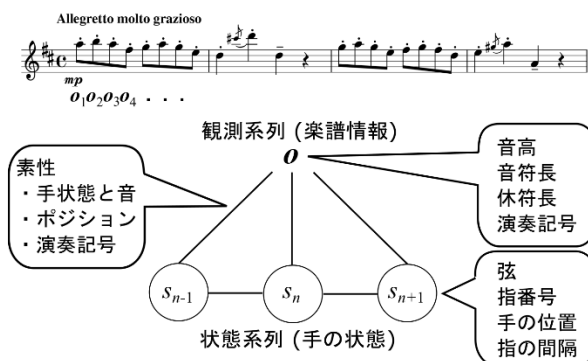


図1: CRFに基づく運指モデル

$$P(\mathbf{s}|\mathbf{o}) = \frac{1}{z(\mathbf{o})} \exp \sum_{n,i} \omega_i \phi_i(\mathbf{s}_n, \mathbf{s}_{n-1}, \mathbf{o}, n) \quad (1)$$

$z(\mathbf{o})$ は正規化項であり、最適な運指系列 $\text{argmax}_{\mathbf{s}} P(\mathbf{s}|\mathbf{o})$ は Viterbi アルゴリズムによって求める。また、習熟度 L を考慮することにより、一つのモデルから異なる習熟度の運指推定を実現した。

また、この手法ではCRFにおいて観測値と状態の関係を表す素性として、手状態系列と音についての素性、ポジションに関する素性、演奏記号に関する素性を設計し、運指推定モデルに組み込んでいる。

3. 運指標示の有無の推定

3.1. 提案法1

まず、長田らの手法によって推定された運指系列から運指標示の有無を音符単位で判定する手法について検討する。

運指標示の有無の判定に寄与すると考えられる特徴を楽譜情報や運指系列から特徴量として抽出し、それをもとに運指標示の有無を判定する。抽出する特徴量は、教本の著者が意図していたと考えられるものをバイオリン経験者への聞き取りなどをもとに明確化して設計したものであり、曲頭、開放弦の使用の有無、ポジション変更、手の変形、同音異指、手のスライド、移弦の7種類である。各特徴量は、それぞれの条件に当てはまる、当てはまらないの二値をとる。

Violin Fingering Estimation Effective to Beginner Education
Juri Watanabe, Shinji Sako, Nagoya Institute of Technology

その他にも、当該音符や直前の手状態パラメータなども特徴量として取り入れる。手状態パラメータは、先行研究における手状態の4要素である。

3.2. 提案法 2

次に、長田らの手法 [1]を拡張し、楽譜情報を入力として運指とその標示の有無を同時に推定する手法について検討する。運指標示の有無に対応させるために先行研究の手状態を拡張し、新たに運指標示の有無に関わる素性を追加する。素性の設計は提案法 1 における特徴量設計に倣う。

4. 評価実験

2 つの手法について実験を行い、推定精度を評価する。実験条件は表 1 の通りであり、正解率の他にも適合率[%]、再現率[%]、F 値を算出する。実験データに用いる教本は先行研究 [1]に準ずる。

4.1. 推定実験 (提案法 1)

提案法 1 によって推定された標示の有無を示すラベルを、バイオリン教本における標示の有無と比較し、評価する。本実験では、運指情報は正解データを用い、分類器はランダムフォレストを用いることとする。使用する特徴量と特徴次元数は以下の 4 通りである。

- A) 運指標示に関する特徴 (次元数 7)
- B) A + 当該音符の手状態 (次元数 7+19=26)
- C) B + 直前の手状態 (次元数 26+23=49)
- D) C + 手状態の変化量 (次元数 49+4=53)

使用する特徴量を変化させながら分類実験を行った結果を表 2 に示す。ただし、二値分類の閾値は全て 0.5 とする。分類閾値は 0 から 1 の中で変化し、その値が大きくなるにつれて 1 が出力されやすくなるものである。表より、特徴量次元数が大きくなるほど再現率と F 値が高くなっていることが分かる。これより、運指標示に関する特徴以外に手状態に関する特徴を追加することが精度の向上において有効であると考えられる。

また、F 値が最も高くなった表 2 の特徴量パターン D において分類閾値を変化させたところ、閾値 0.75 において F 値が最も高い 0.5268 となり、そのときの適合率は 47.08、再現率は 59.79 となることが確認できた。この閾値が、運指標示数が多すぎない範囲で標示の有無をある程度推定できるものであると考えられる。

4.2. 推定実験 (提案法 2)

提案法 2 によって推定された運指系列を、正解運指やバイオリン教本において標示されている運指と比較し、評価する。運指の正解判定にお

表 1 : 実験条件

学習データ	中級者向き楽曲 27 曲 (9,638 音) 運指標示数は 1,989 音
評価データ	初級者向き楽曲 13 曲 (1,906 音) 運指標示数は 189 音
正解率[%]	教本手動補完運指ラベルと 生成ラベルの音符単位的一致率 (運指は弦と指番号の一致で判定)

表 2 : 実験結果 (提案法 1)

特徴量	正解率	適合率	再現率	F 値
A	90.71	80.00	8.47	0.1531
B	91.71	79.25	22.22	0.3471
C	91.40	62.63	32.80	0.4306
D	91.71	65.35	34.92	0.4552

表 3 : 実験結果 (提案法 2)

運指 (弦, 指番号) のみの正解率	86.46
運指標示のみの正解率	86.99
全体 (運指, 運指標示) の正解率	75.24
適合率	16.09
再現率	7.41
F 値	0.1014

いては、一部演奏上で不自然さのない運指も正解とみなす。

表 3 の実験結果を見ると、運指標示の正解率、再現率は表 2 の特徴量パターン A に近い結果となっていることが分かる。これは新素性として運指標示に関する特徴のみを用いていることによると考えられ、精度を高めるためにはさらなる素性追加の必要があると考えられる。提案法 1 のパターン A より少し精度が低くなっているのは、運指推定自体の誤りを含むことが原因として挙げられる。

5. おわりに

本研究では、楽譜上に標示すべき運指を判定する 2 つの手法を提案した。実験により、提案法 1 では運指標示の判定に有効な特徴量を確認し、提案法 2 では推定精度向上のためにさらなる素性追加の必要性があることが示唆された。

また、推定結果の良し悪しは教本との一致率のみで測れるものではない。そこで、今後バイオリン経験者による生成楽譜の適切さに関する主観評価を行い、初級者教育への有用性に着目した評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 長田 若奈, 酒向 慎司, 北村 正, “演奏記号を考慮したバイオリン運指の推定”, 情報処理学会研究報告, 2015-MUS-106, No. 8, pp. 1-6, 2015