

ポジション移動に着目した隠れマルコフモデルによる 単旋律マンドリンの自動運指決定

川島佑希奈[†] 堀玄[‡] 嵯峨山茂樹[†]

[†]明治大学総合数理学部、[‡]亜細亜大学経営学部

1 はじめに

本稿では、マンドリン初心者のためにポジション移動を考慮した単旋律に対する運指を自動決定する問題の隠れマルコフモデル(HMM)による定式化、アルゴリズム、実験結果について述べる。

弦楽器の運指では一つの音に対して取り得る左手の押弦位置は複数存在し、初心者にとって運指を決定することは容易ではない。バイオリンの自動運指決定の研究[1]が以前から行われているが、マンドリンはバイオリンと調弦が同じであるものの、開放弦を積極的に使用することと、トレモロ奏法を用いることから同じフレーズでもバイオリンとは最適な運指が異なる。

我々はギターに関してHMMを用いて与えられた楽譜データから最も演奏しやすい運指を自動決定する研究[2][3]を進めてきたが、マンドリンはフレット間隔がギターに比べ小さく運指に違いが生じるため、ギターとも最適な運指は異なる。次節以降でマンドリンに最適な運指決定のアルゴリズムを検討する。

2 HMM による運指決定

2.1 ポジション移動に着目した運指決定

マンドリンの演奏においてポジションの決定は弾きやすさと大きく関係しており、与えられた音に適切なポジションで、適当な弦のフレットを押さえて演奏する。ここでマンドリンにおけるポジションとは2フレットおきの左手の位置であり、人差し指が第2p-1フレットか第2pフレットにある状態を第pポジションと定義する。

ギターに関する研究[3]では、弦番号s、フレット番号f、指番号gの3つ組(s, f, g)を隠れ状態としたが、本研究ではこれにポジション番号pを加えた4つ組(s, f, g, p)を隠れ状態とする。演奏する音符を出力記号とするHMMを考えると、運指決定は出力記号列から隠れ状態の時系列を推定する復号問題として捉えることができ(図1)、この問題をViterbiアルゴリズムによって解くことができる。

2.2 遷移確率・出力確率

復号問題をViterbiアルゴリズムで解くことによって

“Automatic fingering decision of monophonic mandolin phrases by HMM focusing on position change” by Yukina Kawashima[†], Gen Hori[‡] and Shigeki Sagayama[†] ([†]Meiji University, [‡]Asia University)

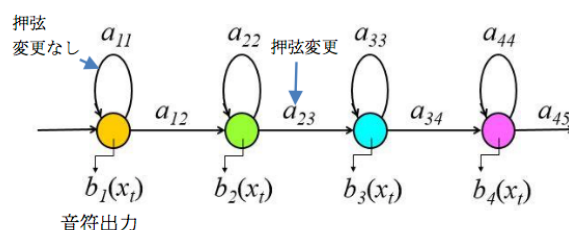


図 1. HMM による運指モデル

運指決定を行うためには、HMM の遷移確率と出力確率を具体的に定める必要がある。十分な学習データを利用できる場合には、EMアルゴリズムを用いてこれらの確率を学習することが多いが、マンドリン運指決定の問題については学習に十分な学習データを得ることが難しいため、以下のように手動で設定する。

$$\alpha \sim \frac{\alpha}{|\Delta p| + 1} + \frac{1 - \alpha}{|\Delta s| + 1}$$

ここで、 Δp は前のフォームから次のフォームに移る時のポジション番号の差分であり、 Δs は前のフォームで使った弦から次のフォームで使用する弦番号の差分である。第1項はポジション移動に対するペナルティ、第2項は弦移動に対するペナルティであり、定数 α はこれらに対する重みづけである。なお、運指決定の問題においては出力記号は隠れ状態から一意に決まるため、出力確率は常に1である。

3 実験

3.1 実験条件

前節で述べた運指決定アルゴリズムの評価のために以下のような実験を行なった。

マンドリン用教則本[4]から、音符長一定である曲を3曲選び、これらから抜粋したフレーズ(技巧練習1番より61音(曲1)、技巧練習2番より61音(曲2)、練習19番より32音(曲3))に対して運指決定を行なった。前節で述べた遷移確率において、ポジション移動と弦移動のペナルティに対する重み α の値を0.1, 0.5, 0.9の3通りに変更して運指決定を行なった。重み α の各値について、ポジション移動の回数と弦移動の回数を比較し、また、教則本[4]に記載されている運指を正解とした場合の正解率を比較した。

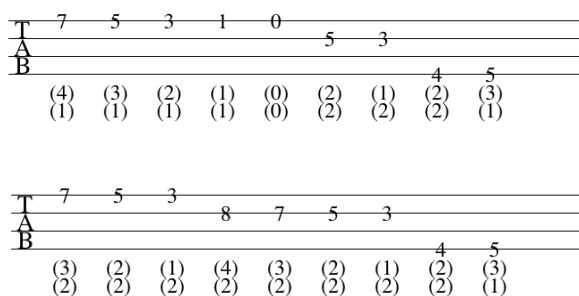


図 2. α の値に対する曲 3 の運指決定結果
(上図: $\alpha=0.9$ 、下図: $\alpha=0.1$)

	曲 1		曲 2		曲 3	
$\alpha=0.9$	1	15	1	15	3	9
$\alpha=0.5$	3	11	3	11	3	9
$\alpha=0.1$	3	11	3	11	6	9

図 3. α の値に対するポジション移動 (左)と
弦移動(右)回数

3.2 実験結果

前節で述べた 3 曲に対して、3 通りの重み α の値を用いて運指決定を行なった。

図 2 は、曲 3 に対して重みを $\alpha = 0.9$ および $\alpha = 0.1$ として運指決定を行なった結果を、ギターのタブ譜の形式で示したものである。カッコ内で示されている数字のうち、上段は指番号、下段はポジション番号を示している。

図 3 は 3 曲に対して、重みを $\alpha = 0.9, 0.5, 0.1$ として得られた運指のポジション移動と弦移動の回数をまとめたものである。曲 2 の $\alpha = 0.5$ と 0.1 、曲 3 の $\alpha = 0.9$ と 0.5 では出力結果が同一のものとなった。なお、曲 1 の $\alpha = 0.9$ と 0.5 、曲 3 の $\alpha = 0.5$ と 0.1 ではポジション移動回数は同じであるが、出力結果そのものは違うものとなっている。図 3 の結果から、 α の値が大きい方がポジション移動が抑制され、 α の値が小さい方が弦移動が抑制され、遷移確率のポジション移動と弦移動に対するペナルティの重みづけが、運指決定の結果に適切に反映されていることが分かる。

3.3 運指の評価

3.1 で述べた 3 曲に対して 3 通りの重みで運指決定した結果を、教則本に記載されているそれぞれの運指を正解としそれと比較することで評価した。評価は、I「ポジションと指が一致している」、II「ポジションは一致しているが指は一致していない」、III「ポジションは一致していないが指は一致している」、IV「ポジションも指も一致していない」の 4 パターンに当てはまっている音数の割合で行なった。重み α の値による 3 曲の評価の結果を図 4 に示す。

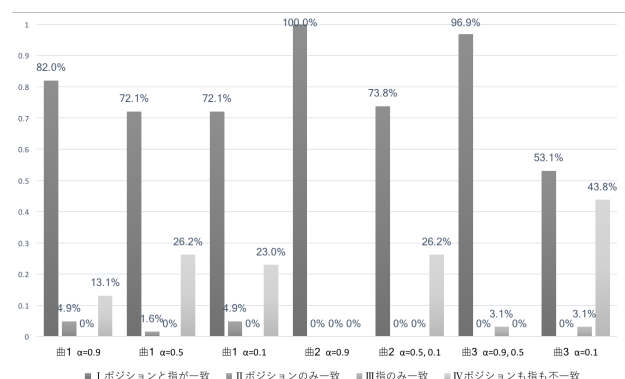


図 4. α の値に対する正解率

3.4 考察

3 曲とも α の値が大きくポジション移動が抑制されるような運指の方が正解率が高く、 α の値が小さくポジション移動が多くなるような運指では正解率が下がることが分かった。このことから、ポジション移動を抑制した方が、その代わりに弦移動が増えたとしても、マンドリンの運指としては適切となることが分かった。

4 結論

マンドリンの運指決定を、弦番号、フレット番号、指番号、ポジション番号の 4 つ組を隠れ状態とする HMM の復号問題として定式化し、Viterbi アルゴリズムで解く手法を提案した。また、マンドリンに適切な運指決定アルゴリズムを考察するため、遷移確率においてポジション移動と弦移動のペナルティの割合を調節した。評価実験の結果より、ポジション移動を抑制し、弦移動を認めた運指がマンドリンの運指として適切であり、ポジション移動を考慮した運指は有効だということが分かった。今後は提案手法で得られた運指の主観的な評価を行いたい。

参考文献

- [1] Sayegh, S.I., "Fingering for string instruments with the optimum path paradigm," Computer Music Journal, Vol.13, No.3, pp.76-83, 1989.
- [2] Hori, G., Kameoka, H., Sagayama, S., "Input-output HMM applied to automatic arrangement for guitars," Journal of Information Processing, Vol.21, pp.264-271, 2013.
- [3] 金杉季実果, 田口旺太郎, 堀玄, 嵯峨山茂樹, "音色に配慮した単旋律のギター自動運指決定," 情報処理学会第 78 回全国大会, pp.435-436, 2016.
- [4] 伊藤翁介, オデルマンドリン教則本(1), 全音楽譜出版社, 2006.