

# 入出力隠れマルコフモデルの復号によるギターのための自動編曲

堀 玄, 亀岡 弘和, 嵐峨山 茂樹

山内 拓海

情報システム工学科

2023年5月26日

# はじめに

2/13

## 背景

タブ譜付きの楽譜が出版されていない楽曲あるいはギター以外の楽器のために作曲された楽曲を演奏したい場合、「運指決定」あるいは「編曲」の作業を自分で行わなければならない。

## 本研究の目的

本論文の目的は、ギターのための編曲と運指決定を入出力隠れマルコフモデル(入出力 HMM)の復号問題として解く枠組みを提案することである。

## 入出力 HMM

観測された記号系列の背後に存在する状態の遷移系列を推測する。この枠組みでは、運指の選択に影響するさまざまな要因は、隠れマルコフモデル (HMM) の遷移確率や出力確率としてモデル化される。

- ・人差し指が抑えるフレット番号
- ・フォームのネック方向の幅
- ・押し弦に用いる指の数

# 運指決定のための入出力 HMM

4/13

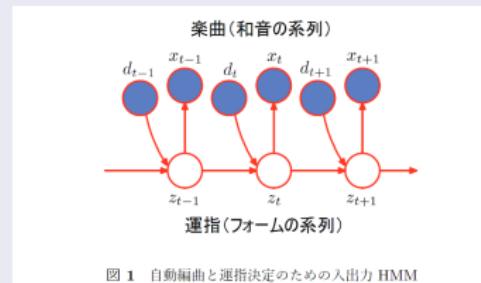
はじめに  
システム概要  
評価実験

## 運指決定のための入出力 HMM

- 与えられた楽音を演奏するフォームの選択が直前のフォームだけに依存すると仮定する。運指(隠れ状態の系列)は与えられた楽音の系列(出力記号の系列)から一通りには決まらないが、最も確率の高い運指は与えられた楽音の系列から最尤推定で求めることができる。

## 入出力 HMM をグラフィカルモデル

観測変数  $x_t$  と  $d_t$  は、与えられた楽曲の  $t$  番目の和音と 2 つの和音  $x_{t-1}$  と  $x_t$  の間の時間間隔、潜在変数  $z_t$  は左手のフォームである。左手のフォームは  $q_1; q_2; \dots; q_N$  の  $N$  種類の記号で表す。



(a) 図 1

# 入出力 HMM による自動編曲

5/13

はじめに  
システム概要  
評価実験

## ギターのための編曲

与えられた楽曲に対して最小限の変更を加えることによりギターで演奏可能にし、運指決定することである。

- ・最高音は通常楽曲のメロディを構成しており、省略することはできない。
- ・最低音は通常和音の根音であり、可能な限り省略しない方がよい。
- ・最低音がギターの音域より低い場合は、省略せずに1オクターブ上げる方がよい。

- (i) 構成音のひとつを省略する
- (ii) 構成音のひとつをオクターブ変更

自動編曲のための入出力 HMM では、操作 (i) と (ii) で隠れ状態のフォームが演奏する和音に変更できる和音全てを、その隠れ状態の出力記号とする。

# 入出力 HMM のパラメータ設定

6/13

## 遷移確率

フォーム ( $q_j$ ) の難易度のうち、フォームのネック方向の幅 ( $W_j$ )、  
フォームで押弦に用いる指の数 ( $N_j$ )、人差し指のポジション ( $I_j$ ) の  
3つに注目し、これらをそれぞれ独立に遷移確率に反映させる。

$$\begin{aligned} a_{ij}(d_t) &= p(z_t = q_j \mid z_{t-1} = q_i, d_t) \\ &\sim \frac{1}{2d_t} \exp\left(-\frac{|I_i - I_j|}{d_t}\right) \\ &\quad \times \frac{1}{1 + W_j} \times \frac{1}{1 + N_j} \times \frac{1}{1 + I_j} \end{aligned}$$

# 入出力 HMM のパラメータ設定

7/13

## 出力確率（運指決定）

入出力 HMM の復号として運指決定を行うために、フォーム  $q_i$  で演奏される和音が与えられた楽曲の  $t$  番目の和音  $x_t$  と一致しない場合は、出力確率  $b_{it}$  を 0 に設定する。一致する場合は出力確率  $b_{it}$  を 1 に設定する

$$b_{it} = p(x_t \mid z_t = q_i)$$

$$\sim \begin{cases} 1 & (\text{if } x_t = \text{chord}(q_i)) \\ 0 & (\text{if } x_t \neq \text{chord}(q_i)) \end{cases}$$

# 入出力 HMM のパラメータ設定

8/13

## 出力確率（自動編曲）

原曲からの変更が最小限となる和音を選ぶためには、出力確率  $b_{it}$  を原曲の  $t$  番目の和音  $x_t$  をフォーム  $q_i$  の和音に変更するのに必要な操作数の単調減少関数としなければならない。このために、フォーム  $q_i$  からの和音  $x_t$  の出力確率を次のように設定する。

$$b_{it} = p(x_t \mid z_t = q_i)$$

$$\sim \begin{cases} \frac{1}{1 + M_{it}} & (\text{if } x_t \Rightarrow \text{chord}(q_i)) \\ 0 & (\text{if } x_t \not\Rightarrow \text{chord}(q_i)) \end{cases}$$

## 運指決定

(1) C4 から C5 までの音階, (2) C4 から D5 までの音階, (3) ギター用に編曲済みの「もろびとこぞりて」の冒頭部分の 3 例について入出力 HMM による運指決定を行い, その結果を Power Tab Editor (Ver.1.7) の結果と比較した.

## 出力結果 (1)



図 2 入出力 HMM による C4 から C5 までの音階の運指  
Fig. 2 Fingering for a scale from C4 to C5 by IO-HMM



図 3 Power Tab Editor による C4 から C5 までの音階の運指

(a) 図 2,3

## 出力結果 (3)

提案手法は和音を主体とするギター曲に対しても現実的な運指を与えており、生成された運指は、開放弦を活用し、押弦に用いる指の数を最小限にしている。図7は同じ楽曲に対するPower Tab Editorの結果である。入出力HMMによる運指結果と比較すると、全体的に開放弦を活用できており、押弦に用いる指の数が多くなっている。



図 6 入出力 HMM による「もろびとこぞりて」の運指  
Fig. 6 Fingering for "Joy to the world" by IO-HMM



図 7 Power Tab Editor による「もろびとこぞりて」の運指

(a) 図 6,7

## 自動編曲

. 編曲結果では、赤い四角を付した音符は省略され、赤い丸を付した音符は1オクターブ上に移動している。赤い丸を付した音符のうち、2番目と3番目のものは1オクターブ上げると既存の音符と重なるため、結果的に省略されている。以上のような変更を加えた結果、ギターで演奏可能な編曲が得られた。



The image displays a musical score and a guitar tablature. The score consists of two staves: 'Piano' (top) and 'Guitar' (bottom). Both staves are in 4/4 time and C major (indicated by a 'C' with a circle). The piano staff shows several notes, some with red squares and circles indicating specific processing. The guitar staff shows a similar pattern of notes. Below the score is a guitar tablature with six horizontal lines representing the strings. The tablature shows fingerings and note positions corresponding to the music above. The notes are numbered with digits (e.g., 1, 2, 3, 4, 5) above the strings.

(a) 図 8

## 判定

左手の移動と遷移先のフォームの難易度に基づいて遷移確率を定め、変更後の和音と原曲の和音の類似度に基づいて出力確率を定めることにより、運指決定については実際のギタリストが選ぶと思われる自然な運指を生成することに、自動編曲については実際にギターで演奏可能な編曲結果を得ることに成功した。

## 将来の研究課題

理想的な編曲や運指は想定するギター演奏者のレベル(初心者か上級者か)やギターの種類(クラシックギターかエレクトリックギターか)などによって異なるため、入出力 HMM の柔軟なパラメータ設定が必要。

# まとめ

13/13

## まとめ

評価実験により、運指決定と自動編曲で有用性が確認できた。

## 今後について

この研究に運指の指示が加得できることができると感じた。  
他の HMM を用いた研究を調べる。