

# 隠れマルコフモデルを用いた旋律への和声付け

川上 隆 中井 満 下平 博 嵯峨山 茂樹  
(北陸先端科学技術大学院大学)

## 1. はじめに

本報告では、音声認識で一般に用いられているHMM(Hidden Markov Model)によって、与えられた旋律に和声付けをする方法を提案する。

従来の自動和声付けの手法としては、小節などの基本単位中の音符がどの和音に最も多く含まれるかを判定し、曖昧さを解消するために和声進行に関する和声学の知識をルールとして用いる方法が広く行なわれている。

一方、本研究では確率モデルにより和声付けする新しいアプローチを試みる。HMMを用いることにより、単一の尺度(尤度)の最大化の問題として定式化でき、楽曲データからの学習も可能である。また、HMMは時間軸に対して非線形なマッチングをとることができるため、基本単位を与えることなく、和音の変わり目を自動設計することが可能である。

## 2. HMMによる旋律の和声付け

西洋音楽(特に古典派から近代まで)においては、旋律の作曲はその背後の和音を想定しながらなされると仮定する。そこで本研究では、旋律のみが与えられた場合、その背後に隠された和声進行を推定する問題とモデル化する。和声を隠れ状態に、旋律の各音符を状態出力に、それぞれ対応づければ、この問題はHMMにおけるViterbi経路探索の問題として定式化できる。図1に概念図を示す。

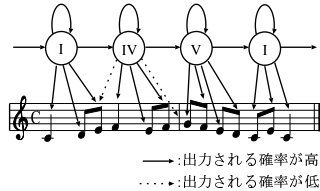


図1: 和声付けHMMの概念図

今回はHMMのパラメータを以下のように定義する。

- 初期確率 $\pi_i$ : ある和音 $H_i$ から曲の始まる確率
- 遷移確率 $a_{ij}$ : 和音 $H_i$ から和音 $H_j$ に進行する確率
- 出力確率 $b_i(x)$ : 和音 $H_i$ が出力シンボル $x$ を出力する確率

和声学的には、状態遷移確率は和声進行規則に対応し、状態出力確率は当該和声から旋律が生成される規則、すなわち根音、和声内音、非和声音、休符などの音の解釈に対応する。

## 3. 和声付けHMM

和声進行制約として、エルゴディックモデル(任意の和音から任意の和音に進行可能)と、単語モデル(常套句として用いられるような和声進行を単語とみなし、単語の連結として和声付けをする)の2種類のモデルで和声付けをする。これらは音声認識における言語モデルに相当する。また、和声付けをするフレームに関して2拍または音符1つを、出力シンボルに関して非和声音の中でも経過音・補助音・掛留音・先行音とそれを区別する/しないを選択できるようにする。以上から、表1に示すような8種類のモデルを作り、実験を行なった。

表1: 和声付けモデル

モデル	状態遷移	フレーム	非和声音の種類
モデル1	エルゴディック	2拍	区別しない
モデル2	エルゴディック	音符	区別しない
モデル3	単語	2拍	区別しない
モデル4	単語	音符	区別しない
モデル5	エルゴディック	2拍	区別する
モデル6	エルゴディック	音符	区別する
モデル7	単語	2拍	区別する
モデル8	単語	音符	区別する

## 4. 和声付け結果

童謡・合唱曲を中心に、4分の4拍子の曲を用いてモデルパラメータの学習をしたモデルで、図2の旋律を入力した時の和声付け結果を以下に示す。



図2: 「夏の思い出」(中田喜直作曲)の楽譜

原曲の和声:

|C |G7 |C F |CGC |C |G7 |C Faug|DmG C |  
|F |Em F |C |G7 |C |G7 |C A7 |DmG7C |

モデル2の和声付け:

|C |G CF |C F |CGC |C |G CF |C F |C G C |  
|F |G |G C |F |C |G CF |Em D |D G C |

モデル3の和声付け:

|C |G |C F |C |F C |G C |C F |C |  
|F Am|Em F |C |F C |C |G |C F |Am C |

モデル5和声付け:

|C |G F |C F |C |C |G F |C F |C |  
|F |C F |G C |F Dm |C |G F |Em Dm |Dm C |

モデル2・モデル4の和声付け結果の4小節目・8小節目・16小節目のように、音符1つに和音をつけるモデルでは、和音は原曲と異なっている箇所もあるが、1拍で和声の変わる場合にも対応できていることがわかる。また単語モデルでは、モデル3の結果の9小節目・10小節目など、単語の和声進行にあう旋律の場合、エルゴディックモデルではできなかった和声付けができています。

非和声音の種類を区別するモデルの和声付け結果に関しては、モデルが入力旋律を出力する確率は高くなるものの、和声付け結果は非和声音の種類を区別しない場合とほとんど同じであった。

## 5. まとめ

HMMのViterbi経路探索により旋律に和声付けをする手法を提案した。今後は尤度最大経路の和声付けに加えてN-bestアルゴリズムにより複数の候補を提供することや、様々なスタイルの楽曲からそれらの特性を反映するHMMパラメータを学習し和声付けするなどの可能性を追求してゆきたい。