

拍位置を考慮した和音 bi-gram に基づく和声推定

平内 雄基[†] 森 大毅[†]

[†] 宇都宮大学工学部 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2

E-mail: †{yuuki,hiroki}@speech-lab.org

あらまし 本稿では、与えられた旋律に自動で和声付けを行う手法について報告する。従来より、和声推定では和音の前後関係を考慮した確率モデルが用いられている。しかし、従来のモデルでは小節や楽節など楽曲構造に関する要素については十分に論及していない。そこで、西洋音楽において小節線を越えるときに生じる和声の変化を表現するために、拍位置を考慮した和音 bi-gram に基づく和声推定法を提案する。また、和音 bi-gram に基づいた和声推定において、拍位置を考慮した場合としない場合との比較実験により有効性を検証する。

キーワード 和声推定, 拍位置, bi-gram

Harmony estimation based on bi-gram model of chord with beat positions

Yuki HIRANAI[†] and Hiroki MORI[†]

[†] Faculty of Engineering, Utsunomiya University Youtou 7-1-2, Utsunomiya-shi, Tochigi, 321-8585 Japan

E-mail: †{yuuki,hiroki}@speech-lab.org

Abstract This paper proposes a method for automatic music harmonization for given melodies. In the previous works, stochastic models with chords as contexts were used for the harmony estimation. However, these models did not take factors on music structure such as measure or period into account. In this paper, harmony estimation based on the bi-gram model of chord with beat positions is introduced, so as to incorporate the progression in passing measures in Western-style music. We verified its effectiveness through an experiment on harmony estimation based on the bi-gram model of chord with and without beat positions.

Key words harmony estimation, beat positions, bi-gram

1. ま え が き

一般的な作曲行為は、旋律を作りそれに和声やリズムを付与することで楽曲を構成する。このとき、旋律に適切な和声を付けるには、音楽に関する専門的な知識や経験が必要となる。また、音楽の三大要素の一つである和声は、楽曲の印象を表す重要な役割を担っている。よって、与えられた旋律に自動で和声付けを行うことは、従来より音楽情報処理分野において取り組むべき課題として研究されている。

与えられた旋律に自動で和声付けを行うには、既知の旋律に対して相応しい和声を推定する必要がある。本稿ではこれを和声推定と呼ぶ。和声推定に関する取り組みとしては、まず隠れマルコフモデル (HMM) を用いる手法が検討されている [1-3]。また吉井らは、和声解析のために和音系列に対する言語モデルとして n-gram モデルを利用している [4]。他にも、北原らは旋律と和声の関係をベイジアンネットワークで表現している [5]。このように、和声推定に確率モデルを適用する方法では、旋律と前後の和音を考慮している。しかし、小節や楽節など楽曲構

造に関する要素には深く触れられていない。

西洋音楽において、楽曲構造は和声の変化に影響を与えていると考えられる。特にわかりやすい例として、小節線を越えるときに和声は変化しやすい。そこで本稿では、小節線を越えるときに生じる和声変化を適切に推定するために、拍位置を考慮した和音 bi-gram に基づく和声推定法を提案する。

2. 拍位置を考慮した和音 bi-gram モデル

従来より、和声推定は旋律 M を生成した和声 H を推定する逆問題と考えられている。ここで、旋律 M が和声 H から生成されたものである確率 $P(H | M)$ は、Bayes の定理から

$$P(H | M) \propto P(M | H)P(H) \quad (1)$$

と表される [1]。

本稿では、拍を単位として和声を推定する。和声の出現確率は、拍を単位とした和音 bi-gram によりモデル化する。すなわち、当該拍での和音の出現確率分布は、先行拍の和音に依存する。ここで、和声 $H = \{h_1, h_2, \dots, h_t\}$ が出現する確率 $P(H)$

表 1 和声推定実験の結果

Table 1 An experimental result of harmony estimation.

推定方法	正解率 [%]
bi-gram(a)	47.2
bi-gram(b)	49.0
bi-gram(c)	50.0

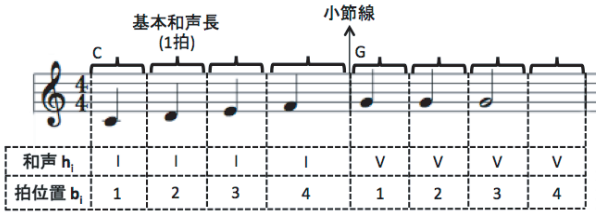


図 1 $\frac{4}{4}$ 拍子の楽曲において基本和声長を 1 拍としたときの拍位置
Fig. 1 Beat positions of $\frac{4}{4}$ beat music with the span of the basic harmony.

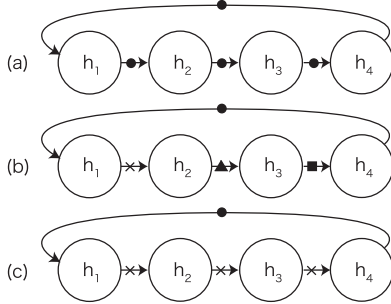


図 2 (a) 拍位置を考慮しない和音 bi-gram モデル, (b) 拍位置を考慮した和音 bi-gram モデル, (c) 1 拍目以外の拍での状態共有化を行った和音 bi-gram モデル
Fig. 2 bi-gram model of chord (a) without beat positions (b) with beat positions (c) with beat positions and state communalization except the first beats.

を考える。 h_i は i 番目の和声である。当該拍での和音の出現確率分布が先行拍の和音だけに依存するモデル (図 2(a)) では、 $P(H)$ を

$$P(H) \approx \prod_{i=1}^L P(h_i | h_{i-1}) \quad (2)$$

として近似できる [3]。また、当該拍での和音の出現確率分布が、先行拍の和音に加え各小節ごとの拍位置 b_i (図 1) にも依存するモデル (図 2(b)) を考えると、 $P(H)$ は

$$P(H) \approx \prod_{i=1}^L P(h_i | h_{i-1}, b_i) \quad (3)$$

と近似できる。このように拍位置を考慮することで、小節線を越えるときに生じる和声変化を、1 拍目における和音の出現確率分布として表現する。

拍位置に依存した bi-gram モデル (図 2(b)) は、パラメータが増加し学習データがスパースになる可能性がある。そこで、1 拍目以外の拍において和音の出現確率分布の共有化を行う (図 2(c))。これにより、和声が小節線を越えるときに変化しやすいという特徴を反映しつつ、データスパースネス問題に対処することができると思われる。

3. 性能評価実験

図 2 に示す 3 つの和音 bi-gram モデルに基づいた和声推定方法を、それぞれ方法 (a), (b), (c) とする。本稿では、方法 (a), (b), (c) の推定結果を比較してモデルの性能評価を行った。

和音の bi-gram モデルの構築に用いる学習データ及びモデル評価のためのテストデータとして、100 曲分の MIDI データを利用した。これらのデータは、日本の童謡の楽曲に関する楽譜 [6] [7] を参考にして作成した。また、実験は 10-fold クロスバリデーションで行い、推定された和声の正解率を求めることでモデルの性能を評価した。なお、和声による多様な表現を実現するために、使用する和音は 12 音階それぞれを主音とする 3 音和音に 4 音和音を加えた 420 (35×12) 種類とした。

和声推定実験の結果を表 1 に示す。拍位置を考慮することによって、方法 (a) よりも方法 (b) で正解率が向上している。また、和音の出現確率分布の共有化を行うことにより、方法 (c) では更に正解率が向上している。これは、共有化によってデータスパースネス問題の影響が抑制されていることを示している。

4. あとがき

本稿では、拍位置を考慮した和音 bi-gram モデルに基づいて和声推定を行った。和音に拍位置を付与することで、より正解データに近い和声を推定することが可能となった。またデータスパースネス問題への対処として、1 拍目以外の拍で和音の出現確率分布の共有化を行うことにより、推定結果の正解率が更に向上することが確認できた。しかしながら、和声推定結果の正解率は高いと言えない。また、考慮するのが小節境界だけでは楽曲構造に対する検討として不十分である。

よって今後の課題として、小楽節・大楽節なども考慮した、より楽曲構造に踏み込んだ和声推定の検討が挙げられる。そして、推定結果の正解率を更に向上させられるように取り組んでいきたい。

文 献

- [1] 川上隆, 中井満, 下平博, 嵯峨山茂樹, “隠れマルコフモデルを用いた旋律への自動和声付け,” 信学技報, SP99-156, pp. 25–32, 2000.
- [2] 吉川響, 川上隆, 中井満, 下平博, 嵯峨山茂樹, “HMM を用いた旋律への自動和声付けと調性推定,” 日本音響学会研究発表会講演論文集, 2000, pp. 533–534, 2000.
- [3] 菅原啓太, 西本卓也, 嵯峨山茂樹, “HMM と音符連鎖確率を用いた旋律への自動和声付け,” 情報処理学会研究報告, 2003-MUS-53, pp. 49–54, 2003.
- [4] 吉井和佳, 後藤真孝, “和音進行解析のための語彙フリー無限グラムモデル,” 情報処理学会研究報告, 2011-MUS-91, pp. 1–10, 2011.
- [5] 北原鉄郎, 深山覚, 片寄晴弘, 嵯峨山茂樹, 長田典子, “和音進行解析のための語彙フリー無限グラムモデル,” 情報処理学会研究報告, 2011-MUS-91, pp. 1–10, 2011.
- [6] 松原美子, 日本の童謡集, kmp, 東京, 2011.
- [7] 松原美子, 文部省唱歌・童謡集, kmp, 東京, 2010.