

確率文脈自由文法を用いたコード進行からの調推定

松村 幸輝[†] Christoph M. Wilk[‡] 嵯峨山 茂樹^{†‡}

[†] 明治大学 総合数理学部 [‡] 明治大学 大学院先端数理科学研究科

1 はじめに

近年、魅力的な音楽コード進行の入手は容易になり、それを活用して旋律や伴奏が作成できる可能性が増して来た。そのためには調を知る必要があるが、コード進行には調が付されていない場合が多く、例えばコード進行中にセカンダリードミナントや転調が含まれる場合、楽譜がある場合でも実際の調は調号通りではなく、調を推定することが単純ではない場合がある。

近年の研究では音楽の階層構造について、調性音楽の生成理論や音楽に関する形式文法 [1] などが議論されている。音楽の階層構造の例として、入れ子状の転調や連続的に起きるセカンダリードミナント、カデンツ構造などが挙げられる。調推定の手法として n -gram を使用することも考えられるが、上記の階層構造などを扱いにくい。本研究では、上記の音楽の階層構造の例を扱いやすい確率文脈自由文法を用いて調推定することを考える。これに関して、ジャズの曲の調に関してシェンカー分析に基づいた音楽の階層構造を用いて楽曲の構造を推定した研究 [2] がある。上記の手法では、転調を単純な規則で扱っているのに対し、本研究ではカデンツ構造と調の関係に着目し、転調の理論 [3] に基づいた調推定を検討する。

2 確率文脈自由文法へのモデル化

2.1 調推定への仮定

今回は確率文脈自由文法によるコード進行の生成モデルを、調推定問題に適用した。調性音楽において調の概念は、カデンツ構造とお互いに依存している仮定する。すなわち、曲中に現れるカデンツを表記する際に、最も都合のよい調号がその曲の調であると言える。

カデンツとは、その曲の調の Tonic の和音から始まり Subdominant または Dominant またはどちらもを

経由し、Tonic に帰着するものである。これらのカデンツの終わりには、全終止 (AC : S - D - I)、偽終止 (DC : D - VI)、変格終止 (PC : S - T) の 3 種類の終止があると考えられ、カデンツは Tonic と終止の組み合わせとして、生成規則を定義する。

2.2 転調手法の扱い

調性音楽において用いられる転調に関しての扱いは [3] に記載されている

- ブロック的転調
- 過渡的転調
- 借用和音による一時転調

の 3 種類があると言える。ブロック転調とは、終止形の後転調するものである。一方で、過渡的転調とはひとつのカデンツ内で他の調に移ることである。また、借用和音による一時的転調とは 1 つのカデンツ内で転調するがカデンツの終わりには元の調に回帰するものである。ブロック転調は高層で、他 2 つはカデンツの階層で生成規則を定義する。

2.3 音楽構造の生成モデル

次に、確率文脈自由文法による楽曲全体の生成を考える。楽曲の生成過程として、同じ調の下にあるカデンツをまとめる調ブロックがあり、その下にカデンツ、そして最も下にコードあると考えられ、以下のような階層構造が考えられる。

- (1) 開始記号から調ブロックを生成
- (2) 調ブロックからカデンツを生成
- (3) カデンツから和音機能を生成
- (4) 和音機能から I, V7 のようなコードを生成

これらの各階層においては、定められた生成規則に従って、開始記号から順々に非終端記号である楽曲全体が構文木によって表される。各生成規則に適用確率をあらかじめ設定しておくことで、楽曲を表現可能な全ての構文木に対して、生成尤度を計算することが出来る。したがって、生成モデルとして確率文脈自由文法を用いることにより、CYK(Cocke-Younger-Kasami) アルゴリズムによって楽曲を生成したと考えられる最も尤

“Key Estimation from Music Chord Progressions Based on PCFG”

by Koki Matsumura[†], Christoph M. Wilk[‡] and Shigeki Sagayama^{†‡},

[†]School of Interdisciplinary Mathematical Sciences, Meiji University, [‡]Graduate School of Advanced Mathematical Sciences, Meiji University.

もらしい木構造を求めることで、調推定を行う。
各階層における生成規則の一部を以下に示す。

- (1) (開始記号 → 調ブロック)
Root → Block(in X) Block(in X)
- (2) (調ブロック → カデンツ)
Block → Progression Progression
- (3) (カデンツ → 和音機能)
Progression → T DC, DC → D VI
- (4) (和音機能 → コード)
T → I, S → IIm, D → V7

3 調推定の評価実験

3.1 実験条件

第2章で定義した生成規則を用いて、調推定実験を行った。実験にはポピュラー音楽 (Billboard[4], 890 曲) とクラシック (KSN[5], 80 曲) のコード進行データを用いた。これらはいずれも転調を含み、どちらも専門家の解析による調ラベルが付されている。確率文脈自由文法の生成規則適用確率は、和声学の知見に基づき人手で与えた。

3.2 実験結果

表1に実験結果を示す。解析に関してはどちらも全て解析することができた。平均一致率はポピュラー音楽では 50.67 %、クラシックでは 59.10 % という結果が出た。表2は3つの転調手法が用いられているコード進行の解析結果の一部である。

表 1: 実験結果

対象データ	平均一致率	平行調誤りを含む	同主調誤りを含む
Billboard	50.67 %	62.09 %	58.33 %
KSN	59.10 %	64.76 %	74.01 %

表 2: 3つの転調 解析例

コード進行	...	Cm	G7	D7	Gm	Cm	D7	Gm	...
正解調	...	C min	C min	G min	G min	G min	G min	G min	...
解析結果	...	C min	C min	G min	G min	G min	G min	G min	...
コード進行	...	C # m	G # m	A	E	F #	B	...	
正解調	...	E maj	E maj	E maj	E maj	B maj	B maj	...	
解析結果	...	E maj	E maj	E maj	E maj	B maj	B maj	...	
コード進行	...	G♭	A♭m	B♭	G♭	...			
正解調	...	G♭ maj	E♭ maj	E♭ maj	G♭ maj	...			
解析結果	...	G♭ maj	E♭ min	E♭ min	G♭ maj	...			

表 3: 平行調誤り 解析例

コード進行	...	Am	Dm7	Em	FM7	G	Am	...
正解調	...	C maj	C maj	C maj	C maj	C maj	C maj	...
解析結果	...	A min	A min	A min	A min	A min	A min	...

3.3 考察

クラシックでは高い平均一致率であったが、全てが一致している曲は少数であった。これは、一時転調や借用和音などを考える際、推定される調は多義的となるからである。また、クラシック音楽にはポピュラー音楽に比べてカデンツ構造がより明確にあるため、より高い平均一致率を得たと考えられる。

また、実験結果内で不正解とされた例としては

- 同主調誤り (表2: 3 段目)
- 平行調誤り (表3)
- IV – I – IV の和音が続くもの

などが挙げられる。同主調誤りは、カデンツの機能解釈としては正しいが、借用和音の概念により調が多義的となるため長調と短調の判定が不一致となったと考えられる。

平行調誤りは、調号は正しく推定されたことを意味する。IV – I – IV のコードパターンが繰り返される場合、IV 度調の I – V – I として捉える方が高い確率を示した。これらの誤りに対しては、和声リズムを考慮することにより精度向上が期待できる。

4 おわりに

本稿ではカデンツ構造と調の関係に着目し、確率文脈自由文法を用いてコード進行から調推定をする手法について提案した。今回用いた PCFG の生成規則適用確率は、和声学の知見に基づき人手で設定したため、確率の統計学習をすることも考えられる。また、今回考慮に入れてない和声リズムの導入に関しても検討していく予定である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 17H00749 の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] D. Quick, *Kulitta: a framework for automated music composition*. Yale University, 2014.
- [2] M. Harasim, Daniel Rohrmeier, “A generalized parsing framework for generative models of harmonic syntax.” in *ISMIR*, 2018.
- [3] 林達也, 新しい和声: 理論と聴感覚の統合. アルテスパブリッシング, 2015.
- [4] B. J. Ashley *et al.*, “An expert ground truth set for audio chord recognition and music analysis,” in *ISMIR*, vol. 633–638, 2011.
- [5] H. Kaneko *et al.*, “Functional harmony annotation data-base for statistical music analysis,” in *ISMIR*, 2010.