

参考曲を用いた作曲初心者のための作曲支援システム

門田 椋介

Kadota Ryousuke

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

ryosuke.kadota.3i@stu.hosei.ac.jp

Abstract

In order to display originality of the user's composition, studies of composition systems using reference songs rather than fully automatic are progressing. However, in existing studies, there is a problem that a chord that is not musical is output because a model for which the analysis unit is one measure is used. To solve this problem, we use N-gram model with analysis unit as multiple measures. this system creates parameters from user's melody and reference song. Then, a model adapting parameters is prepared by map estimation for chord progression of existing song database. Finally, the model gives the codes to the input melody. We conducted a subjective control experiment with existing composition system and got as high as 1.4. For a measure, the code given by the commercial system to be compared was evaluated as having no code connection. However, in the proposed method, we could insert connected code. From this result, it became clear that N-gram is useful as a model of composition considering multiple measures.

1 背景と目的

「作曲」というものは相応の音楽的知識が備わっていない人間にはハードルが高い。それは曲を完成させるためには沢山の知識が必要となる点ともうひとつ、自分が持っている作り出した曲のイメージを具現化する手段が存在しないという原因がある。それらの問題を解決するための市販の作編曲ソフト「Band In A Box」(BIAB) 等があり、自動作曲にも利用できる。このシステムではデータベース内に存在する音楽家のアレンジパターンを組み合わせて曲を作り出すため、メロディーラインを考慮していない和音(前後のコードのつながりが薄い)が出力されてしまう。そこで実際の曲作りの現場で用いられている技法を参考にし、リファレンス曲(以降参考曲)を用いる。この手法は実際に存在する曲をいくつか参考にして新しい曲を作り出すものである。ユーザーが参考曲を選択することでユーザーの曲のイメージを明確に表現することが出来、独創性を担保できる。しかしこの方法ではユーザーが携わる部分が少なく、独創性の面が失われてしまう。ここでの独創性とは抽象的な表現ではあるが感情の起伏、作曲者が表現したい世界ともいえる曲の主張のようなものである。

図1の上のコードのように1つのコード進行に複数のメロディーが入ってしまうとメロディーに対応していないコードとになってしまう。下のコードはほかのメロディーを許容せず、独



図1. コードの独創性。上:複数のメロディーに対応している, 下:入力メロディーのみに対応している

創性があるコード進行といえる。

理由はシステムにある。このシステムではデータベース内に存在する音楽家のアレンジパターンを組み合わせることで曲を作り出すため、メロディーラインを考慮していない伴奏(和音)が出力されてしまう。それに伴い曲全体を見た時に前後のコードのつながりが薄いという問題もある。これらの問題を解決すればユーザーごとに異なる作曲を行うことが可能となり、曲全体のコード進行を考慮した音楽理論に沿っている作曲になる。

そこで実際の曲作りの現場で用いられている技法を参考にする。それはリファレンス曲(以降参考曲)を用いた作曲である。この手法は実際に存在する曲をいくつか参考にして新しい曲を作り出すものである。この手法は本来作曲予算の削減や手順の簡略化を行うためのものである。しかし今回はユーザーが参考曲を選択することによってユーザーの曲のイメージを明確に表現することが出来、独創性を担保できるという点を利用した。さらに実在する曲には音楽理論が適用されていると考えられるので、参考曲を用いればシステムが出力するコード(前後の物も含めて)は、つながりのあるものになっていると考えることが出来る。それらを参考にすれば前述の自動作曲システムの問題を解決することが出来る。

既存の作編曲システムの上記で挙げた問題点を解決するために、参考曲を用いた作曲システムに関する既存の研究において問題となっている点を解決し、音楽的に適当なコードをメロディーに付与するシステムを開発することだ。

2 参考曲を用いた作曲研究

千布らの研究[1]は参考曲として与えた複数のデータから学習をし、そこで得たパラメータを入力メロディーに与えてコードを生成するというものである。このシステムは入力メロ

ディーを音楽的に分析していることから、音楽理論を考慮しているといえる。ただし、ここでの音楽理論とはメロディーに関するもののみで倚音や経過音等の音の動きに関係するもののみである [2][3]。コード進行に関しても理論的に決定づけるが、前の小節を考慮して決定するわけでは無く、曲を通じて流れがあるものは出来上がらない。

最終的にこのシステムの問題は論文において説明されている。問題は三つ。非対応のコードがあること。それを解決するために複雑なコードの種類を増やしてもそのコードは判定されることなく結果に変化が見られないこと。音楽的に適さないコードが結果として発生してしまうことの三つだ。以下の解決策を実装することにより、本研究は従来よりも以下の点で優れている。明らかに音楽的に不自然なコードを出力しない。前後のコードを考慮した和音生成が行える。ユーザーのコード選択によりユーザー独自の音楽を作り出すことも出来る。

2.1 コード判別単位

従来研究では 1 小節ごとにコードを更新していたが、複数小節ごとにコード遷移のパラメータを生成するようにする。これは音楽的に適さないコードを出さないようにするためである。そもそも音楽的に適さないコードとは、前後のコードとのつながりが無い場合に発生する。これを防ぐために複数小節間のコード判別を同時に行う。(N-gram を用いる。詳しくは後の章) これにより任意の区間内のコードのつながりが生まれる。なお、ここでのコードのつながりとはそのコードに与えられた役割とコード構成音の変化を守ったコード選択のことを指す。

2.2 コード分類方法

コード分類の方法を変える。従来法では分類可能なコードのみを扱い、それ以外のコードは判別、学習、出力すべてにおいて扱わないとしていた。そのため非対応のコードが発生してしまっていた。そこで今回はトニック、ドミナント、サブドミナントで分類を行うのではなく、ダイアトニックコードそれぞれに対して分類を行う。これにより、既存の分類方法では分類できなかったコードを分類可能にする。

2.3 参考曲の使用方法

そして参考箇所を指定を可能にする。従来は曲の全ての箇所を参考にしてきた。しかしこの場合ユーザーが本当に参考にしたい部分以外も参考にしてしまう。指定を可能にしたことによりユーザーが求めている参考曲の参考部分をより細かく指定できるようになる。これにより出力されるコードに適さないコードが含まれないようにするとともに、ユーザーの作りたい曲にバリエーションを持たせることが出来る。

3 実装

入力、出力ともに MusicXml で行う。これは編集と出力の行いやすさのためである。現在市販の無料ソフトで手軽に楽譜の入力、改変、再生、出力が出来る GUI を持っているソフトに MuseScore がある。このソフトを用いれば入力メロディーや参考曲の作成が短時間ででき、MusicXml の入出力も可能なので、入力データの作成はこのソフトを使うものとする。システム全体の流れは図のようになっている (図 2)。今回のシステムは音楽理論 (コード理論) を考慮する機会が多く存在する。実際に音楽理論をシステムに考慮させる方法として今回は既存の曲のコードを学習したデータ (約 900 曲) を用いる。このデータベースの収録曲は世界的に有名な (ポピュラーな) 曲で構成さ

れている。処理は 3 つの段階に分かれている。入力メロディーのコード分類パラメータの決定。参考曲を考慮したコード付与パラメータの決定、及び入力メロディーへのコード付与。そして参考曲のメロディーとリズムを考慮した入力メロディーの編集である。

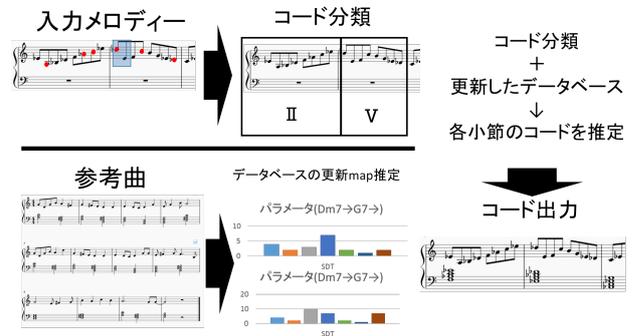


図 2. システム概要

3.1 入力メロディーのコード分類

入力メロディーの構成音から各小節の基本コード (ダイアトニックコード) を推定する。曲の調と用いているスケールから作られる主要な 7 和音のことを指す。このコードは特性上最も基本的なコードになっている。ここではまずダイアトニックコードに分類ことを考えることによってメロディーの音に対応したコードを選択するパラメータが作成できる。

メロディーの構成音の中でも各ダイアトニックコードの非和声音を以下の方法によって分析し、ダイアトニックコードの分類確率を求める (図 3)。ただし重みは音程と音価の積とする [4]。



図 3. メロディー分析の例

3.2 確率モデルによるモデルの適応

次に 2 つ目の入力、参考曲のコードを処理する。ここでは参考箇所のコードの出現回数を保存する。これにより作られたパラメータを既存曲のデータベースに適応させることによって参考曲のコード進行が出現する確率が高い N-gram のパラメータを作ることが出来る。図 4 の例では Dm7 と G7 のコードが続くデータベースに、参考曲に出現したコード進行 Dm7,G7,CM7 と Dm7,G7,Am7 を反映させた場合のコード進行のモデルの変化を表している。3 番目と 7 番目のコード進行の尤度が上昇していることが分かる。

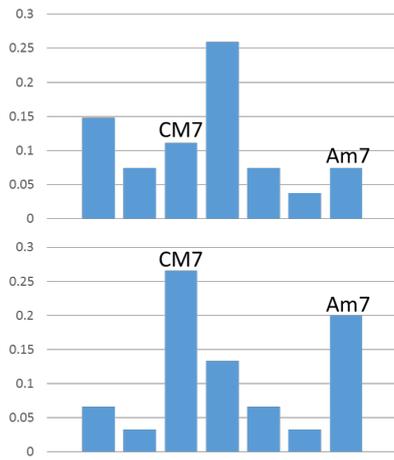


図 4. データベース更新の影響。上:更新前コード進行確率, 下:更新後コード進行確率

3.2.1 N-gram

N-gram は言形態素解析の分野で多く用いられている確率的統計手法である [7]。モデルは以下のように表される。

$$P(w_1^n) = P(w_1)P(w_2|w_1)\dots P(w_n|w_1^{n-1}) \\ = \prod_{i=1}^n P(w_i|w_1^{i-1}) \quad (1)$$

$P(w_1^n)$ を文字列 $w_1\dots w_n$ の生起確率とする。今回の場合はコード進行 $w_1\dots w_n$ の生起確率である。全てのコードの組み合わせに対してコード進行の生起確率を求めることは現実的に不可能である。そこでコードの履歴を同じ値に分類し、計算を削減する必要がある。今回の研究では前 2 つのコードを考慮した $N=3$ のモデル (トライグラム) を選択するため、 $N-1$ 重の過程で近似されたモデルの N-gram は以下のように書き表せる。

$$P(w_n|w_1^{n-1}) = P(w_n|w_{n-3+1}^{n-1}) \quad (2)$$

本来は文章の続きにどの文章が来やすい、もしくは来づらいかを数学的モデルで表現したものである。しかしこれをコードの続きはどのコードが来やすいかを計算できるのではないかと考えた。これを用いてコードの学習を行うと、任意のコードの後にどのコードが来るかを網羅したデータが出来る。その統計データを確率的に用いることで既存曲のコードは音楽理論を適用しているという仮定の下に音楽理論を適用したコード進行を作り出すことが出来る。

図 5 の例では、分類尤度 0.222 の第 6 分類に分類される Cm が式 6 より、コード進行尤度が 0.333 となる。分類尤度とコード進行尤度の積で最大は Cm の 0.074 なのでこの小節のコードは Cm に決定される。

3.2.2 map 推定

参考曲に出てきたコード進行によってパラメータを更新する手法として map 推定 (事後確率最大化) を用いる [5][6]。参考曲の曲数がデータベース内の曲数よりも十分に少ないため、最尤推定を行った場合、適するコードが出力されない可能性がある。事前分布を用いる map 推定を行うことで適さないコードを出力するのを防ぐことが出来る。

$$\theta_k = \frac{\sum_{i=1}^L x_{ik} + (a_k - 1)}{N + \sum_{j=1}^K a_k - 1} \quad (3)$$



図 5. コード決定の例

θ_k はあるコード k の付与確率を指す。参考曲内でコード k が出現する回数 x_{ik} によってデータベース ($a_k - 1$:コード k の出現回数) に参考曲のコード進行情報を与える。 L は参考曲数、 N は参考曲のコードの総数、 K はコードの種類を示している。

3.3 ユーザーへの提案方法

前述の処理はシステムの内部で行われるが、ユーザーに複数の候補を提示してその中から選択する際、xml ファイルで出力されたデータを MuseScore で読みこみ、ユーザーが完成した候補を聞く。採用する候補を決定し、システムにファイル名を打ち込むことで処理が進むという形をとる。

4 評価実験

4.1 客観評価実験

既存の曲を用いて行う。コードの分類精度によってはメロディーに適していないコードが付与されてしまう可能性もある。よって BIAB と比較することでシステムとして必要なコード分類精度を満たしているかを評価する。

4.1.1 手順

まず既存曲メロディーのコード分類パラメータを求める。それを実コードを分類したものと比較してどれだけ一致しているかの割合を求める。これを 40 曲行い、平均を提案システムの評価とする。なお、コード分類の尤度が 1 位のものだけではなく、2 位までを含めたもの、3 位までを含めたものについても比較する。BIAB はメロディーに合うようなコードを出力するようにメロディーごとに設定を行い、コード付与を行う。出力のコード分類と既存曲の実コードの分類を比較し、一致度を求める。こちらも 40 曲で行い、平均を評価とする。

4.1.2 結果

表 1. 実験結果 (再判別あり)

コード付与方法	評価
BIAB	0.62
確率 1 位のみ	0.66
確率 2 位まで含む	0.70
確率 3 位まで含む	0.89

BIAB の出力と比較して分類精度が 0.04 高い結果となった。再判別による精度の向上によるものだと考えられる (表 1)。分

類確率が2番目に大きい分類を用いても精度が高くなっていない。

4.1.3 考察

表は客観評価実験において推定されたコード分類の確率1位の平均、分散、確率2位との平均の差、確率3位との平均の差を示している。2位との差に対して1位の確率の分散が大きい。

表 2. コード分類機能評価結果

分類確率 1 位の確率の平均	0.277
分類確率 1 位の確率の分散	0.00964
確率 2 位との差の平均	0.0535
確率 3 位との差の平均	0.133

これによって最も高い確率を持つと分析されているコード分類は1位と2位で混ざってしまっていることが分かる。原因はメロディーの音程や音価のみから各小節の分類尤度を求めているからであると考えられる。そこで新たなメロディー解析手法、もしくは分類手法が必要となる。

4.1.4 新たな分類手法

コードは有限なのに対してメロディーは無限に存在する。そのためメロディーからコードを推定するという作業は限界がある。そこでコードからメロディーを推定することを考える。

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)} \quad (4)$$

式(4)はメロディー(A)を条件とするコード(B)の推定確率を示している。ベイズの定理を用いて、メロディーを条件とせずにコード進行の確立を求めることが出来る。処理としてはメロディーとコードの組み合わせのデータベースを用意し、入力メロディーに対応するメロディーをデータベースから呼び出す。そしてそのメロディーと対応するコード分類確率を選択する。

4.2 主観評価実験

専門家による主観評価実験を行う。これは音楽的な部分(メロディーに沿ったコード進行であるか、理論的によいコード進行であるか等)を評価するためには客観的な数字だけでは判断できないために行った。実験は既存システムのBand In A Box(BIAB)の出力と、実際に自分の手で作曲した結果と合わせて3つを比較する比較実験の形をとる。

4.2.1 手順

実験の順序としてはまず、課題曲(メロディーのみ)を自作の物で8小節分用意し、提案システムと既存システム各々で和音付与を行う。この方法によって作成した曲をテスターに聞かせて質問をする。質問は3つ。「メロディーに対応した和音になっているか」と「音楽的に適当な和音になっているか」、そして「独自性のある和音付けになっているかどうか」である。それぞれの質問に対して0~10点で評価を行う。これを10曲分繰り返す。独自性の質問については各手法の全ての曲を聞いた後に独自性があるかどうかを総合評価という形をとる。なお既存システムは参考曲を使用しない。提案システムにおいて使用する参考曲の曲数は5~10曲の範囲で課題曲に合わせて設定する。これは提案システムを実際に用いる際の状況を想定しているためである。各システムの評価は評価者5人のそれぞれの質問に関する回答を平均したものである。

表 3. 実験結果

コード付与方法	質問 1	質問 2	質問 3
BIAB	5.8	5.1	5.0
提案システム	6.2	6.5	6.5
手作業	8.0	7.7	7.5

4.2.2 結果

手作業に対してどのシステムも評価が及ばない。しかしBIABと提案手法を比較するとメロディーとの対応、コードのつながり、曲の独創性、どの点においても提案手法が高い評価を得ている。しかしメロディーとの対応はBIABに対して0.4とあまり大きな差は無かった(表2)。

4.2.3 考察

メロディーとの対応に関する評価の低さは、分類精度の低さが原因でメロディーと対応していないコードが出力されているからだと考える。コードのつながりに関する評価はBIABより1.1高い結果になった。これは図6のように多くの評価者がBIABのコードのつながりに違和感を感じたとされる部分に、提案手法がつながりのあるコードを付与したからだと考える。

図 6. 出力比較, 上:BIAB, 下:提案システム

5 まとめ

N-gramを用いて複数小節を考慮した作曲支援システムを作成した。N-gramが複数小節を考慮するモデルとして有用であることが明らかになった。コード分類の精度が低いため、分類のシステムの改善をする必要がある。

参考文献

- [1] 千布 佳菜子, “参考曲のコード情報解析に基づく旋律への自動コードネーム付与システム”, 中央大学大学院研究年報 理工学研究科篇, 第42号, 2012.
- [2] 渡辺 貞夫, “Jazz Study” ATN.inc
- [3] Mark Levine, “The Jazz Theory Book” ATN.inc
- [4] 三浦 雅展, 青山 容子, 谷口 光, 青山 昭博, 尾花 充, 柳田 益造, “ポップス系の旋律に対する和音付与システム:AMOR”, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.5, 2005.
- [5] 北研二, 辻井潤一, “言語と計算(4) 確率的言語モデル” 東京大学出版会
- [6] 広瀬 啓吉, 峯松 信明, 森谷 高明, “単語間の関連性を利用した音声認識用言語モデルのドメイン適応” 情報処理学会論文誌 Vol.43 No.7 July 2002
- [7] 久原 聖志, 牛尼 剛聡, “既存楽曲の特徴分析に基づく作曲支援に関する研究”, DEIM Forum 2017 I8-5