

統計言語モデルを利用したコード進行の自動生成

Automatic generation of chord progression using a statistical language model

小林 正義†
Masayoshi Kobayashi

山本 博史‡
Hirofumi Yamamoto

1. はじめに

一般的に作曲には音楽知識が必要であり、手軽に行える印象を与えない。しかし、音楽の知識を持っていない人も作曲をしたいと思ったことは多いのではないだろうか。例えば、趣味での動画制作等で、音楽にオリジナルのものを使うために、簡単な操作で曲を作りたいと考える人などがある。ここで挙げた人は音楽知識の習得に時間をかけて作曲を行いたいのではなく、即座に音楽知識のいらない簡単な操作で作曲を行えることを望むだろう。そこで、本研究は音楽知識の無い人をユーザとして想定した自動作曲システムの構築を最終目的とする。作曲方法の1つとして、コード進行を基とした作曲方法がある。本研究で構築する自動作曲システムは、そのコード進行を基とした方法で作曲を行うものとし、その第一段階として本研究はコード進行の自動生成を行う。手法としては統計言語モデルを利用して既存の曲の音楽的な特徴を反映させる方法をとる。

2. コードについて

2.1 コードとコード進行

コードとは高さの違う2つ以上の音を同時に鳴らしたときの音のことであり、一般的には3つ、4つの音を同時に鳴らした時の音が使われる。コードは記号化される。例えば、ド、ミ、ソの3つの音を同時に鳴らしたときの音はCというように記号化される。このコードを連結した一連のコードの流れをコード進行と呼ぶ。

2.2 ダイアトニック・コードとコード機能の分類

コードのうち、主音からオクターブ内に等間隔で並ぶ音階であるダイアトニック・スケール上に構成されるコードのことをダイアトニック・コードと呼び、3和音と4和音でそれぞれ7つずつ存在する。音階を指定するものとして調があり、その調の間は基本的には指定した音階が使われる。同様にコードもある調の間は基本的にその調のダイアトニック・コードが使われる。ダイアトニック・コードに含まれるコードはコードの響きの安定性から3つの機能に分類できる。具体的には安定な響きのコードであるトニック・コード、不安定な響きのコードであるドミナント・コード、やや不安定な響きのコードであるサブドミナント・コードの3つに分類できる。図1はハ長調のダイアトニック・コードの例である。不安定な響きであるドミナント・コードから安定な響きであるトニック・コードに進行する

ドミナント・モーションのように、響きが安定するようにコードを後続させることを解決と呼ぶ。この時、解決された状態から再び解決するまでの進行をケーデンスと呼び、これを繰り返すことによりコード進行が作成される。ケーデンスは終わらせ方(終止形)によって区別される。

機能	トニック	サブドミナント	トニック	サブドミナント	ドミナント	トニック	ドミナント
3和音	C	Dm	Em	F	G	Am	Bm(♯5)
4和音	CM7	Dm7	Em7	FM7	G7	Am7	Bm7(♯5)

図1 ハ長調のダイアトニック・コード

3. コード進行のモデル化

3.1 統計言語モデルの利用

既存の曲のコード進行はケーデンスを考慮して作成されたものとして、コードの後続し方を確率で求めることができるのではないかと考える。そこで、既存の曲のケーデンスを反映させたコード進行の作成を行うことを目的に統計言語モデルを利用する。統計言語モデルとは、単語や言葉表現の出現確率を求めるのに使用される確率モデルのことであり、楽曲のコードを単語同様記号として見れば、コードの並びの出現頻度の予測に用いることが出来るため、コード進行の作成が可能である。本研究では最も代表的な統計言語モデルであるN-gramモデルを用いる。

3.2 N-gram モデル

N-gramモデルとは単語の並びの出現確率を予測するためのモデルであり、音声認識などの文推定システムで、推定した文が適切な文であるかを見るために使われる他、文の生成システムにも用いることができる。N-gramモデルでは単語の生起確率が直前の(N-1)つ前までの単語に依存すると仮定する。例えば2-gramの場合は1つ前、3-gramの場合は2つ前までの単語に依存する。

4. コード進行の自動生成

コード進行の自動生成のための学習データはある音楽ジャンルのある調の楽譜のコードを使用する。長調と短調の判定はトニック・コードの機能により、曲の始めと終わりに使われているコードを見て行う。

コード進行をダイアトニック・コードのみから作成すると、調で使われる音階から構成されるコードのみからなるコード進行となるため、聴きやすさを重視できると考えられる。本研究によるシステムで想定しているユーザは音楽知識の無い人であるので、学習データのダイアトニック・コードの生起確率のみを反映させ、生成するコード進行をダイアトニック・コードのみの構成とする。

† 近畿大学大学院総合理工学研究科, Graduate School of Science and Engineering, Kinki University

‡ 近畿大学理工学部, Department of Science and Engineering, Kinki University

終止形は2コード間でなりたつものであり、解決するために後続するコードが1つ前のコードの機能に依存していると捉えることが出来るため、コードの生成には2-gram 確率を用いる。ここで、一度も出現しなかった組み合わせについては1-gram確率によるバックオフスムージングを行い、生起確率が0となるのを防ぐ。あるコードから次のコードを生成する際にはコード生成毎に乱数を取り、あるコードの次にくるコードの生起確率の和から乱数が当てはまる確率の範囲のコードを生成することによりN-gramが与える生起確率に応じたコードを生成する。しかし、N-gramの学習には、ダイアトニック・コード以外のコードも用いているため、ダイアトニック・コードの生起確率の和が1となるように補正をかけている。コード進行はトニック・コードから始まるものとし、そこからN-gram確率で得られるコードの並びを繋ぎ合わせる方法で生成する。

5. 学習データと生成データの比較の実験

学習データとして、多くのデータが集められたジャンル・調であるハ長調のクラシックの楽譜を使用する。今回、データ数が十分ではないため、本来考慮すべきクラシックの年代の音楽性の違いは考慮していない。また、用いたN-gramは2-gramである。

学習データと生成データのコード進行とで一般的なコード進行の例としてダイアトニック・コードのみで構成された実際に使用されているコード進行の出現しやすさを比較する。評価には平均分岐数である perplexity(以下 ppl)を使い行う。pplはこの値が大きいほど後続する単語が多いため、予測・生成が難しいと言える。このため、pplが小さいほど、その時の学習データを基にしたモデルで出現しやすいコード進行であると言える。pplは統計量に基づく値であるため、データを増やせば収束するという考えから、生成データを増やすほど信頼できるpplの値が与えられるものとして、生成データは学習データの100倍の曲数分のコード進行を生成したものを使用する。

更に、比較する生成データの生成方法として、1曲分のコードの数を3種類の方法を取ったものを用意する。1つ目は1曲分のコード進行の長さが可変する方法である。2-gram確率を求める際にあるコードが終点となる、つまり、ある単語の次に単語が後続しない確率も求めることができる。すなわち、コードの終了もコードの一種と考え、この確率の範囲に乱数が当てはまればコード生成を終了でき、1曲ごとにコード進行の長さが可変できる。2つ目はコード進行の長さを固定し、なおかつ長さを長くする方法である。学習データのコード進行の長さから最大のコード進行の長さの曲を見つけ、その長さに生成するコード進行の長さを固定する。この場合は2-gram確率でのコード生成が一定数となった場合にコード生成を終了させる方法を取る。3つ目は同様にコード進行の長さを固定し、なおかつ長さを短くする方法である。この時のコード進行の長さは学習データのコード進行の長さから最小のコード進行の長さの曲を見つけたものを当てはめ、その他の方法は2つ目と同様である。

6. 結果と考察

図2に実験結果を示す。ここでの値はpplであり、この値が小さいほど指定のコード進行が出現しやすいデータであると言える。学習データとコード進行の長さを可変させた

生成データ1を比べた場合、生成データ1は学習データよりも全体的にpplが大きくなった。学習データとコード進行の長さを長めに固定させた生成データ2を比べた場合、生成データ2は学習データよりも全体的にpplがやや大きくなった。学習データとコード進行の長さを短めに固定させた生成データ3を比べた場合、生成データ3は学習データよりも全体的にpplがやや小さくなった。更に、学習データと生成データ1~3を比べた場合、コード進行の長さを固定した場合の生成データ2、3が全体的に学習データのpplに近い生成データとなった。以上により、2-gram確率を使用した場合、コード進行の長さが一般的なコード進行の出現しやすさに影響していると考えられる。このことから、コード進行の長さの変化によるpplの変化について調べる必要が出てくる。更に、今回の実験では学習データとしてクラシックのみを対象としたが、他の音楽ジャンルの場合、及びジャンルの分類をしない場合の同様の実験も行うことで変化が出るかを調査する必要がある。

コード進行	学習データ	生成データ1	生成データ2	生成データ3
C F G	12.8	47.2	9.9	5.4
C F G C	5.4	4.9	7.1	4.6
C G F C	12.1	8.8	13.4	7.6
G F C	53.7	116.5	201.4	105.1
F G C	21.5	60	97.2	58.1
F C G C	22.3	32.5	46.7	31.6
C7 F7 C7 G7	1063	569.6	27	9
C F C G	11.7	18.6	7.7	5
C Am F G	21.8	43.4	12.5	7.7
C Am Dm7 G7	35	55.6	13.7	8.6
Em Am F G	75.7	508.6	147.6	94.6
Em Am Dm7 G7	124.1	597.3	142.3	117.2
C Em F G	21.6	46.7	14.3	9
C Em Dm7 G7	22.4	63.1	14.6	10
C Em Am Dm7 G7	38.2	60.7	18.9	15.6
C Am Em Dm7 G7	19.7	32.1	9.5	6.7
F G C Am	30.6	192.8	71.2	49.8
F G Em Am	100.9	432.5	166.8	97.8
F G Em	96.3	941.2	241.8	257.4
F G Am	62.9	291.1	134.5	80.8
F G Em F G Am	53.4	86.1	55.6	42.5
F G Em7	168.1	819.5	526.4	381.5
Dm7 G7 C Am	30.8	199.6	72.8	51.9
Dm7 G7 C C	15.3	32.5	47.6	33.5
Dm7 G7 Em Am	48.4	495.2	173.2	131
C G Am F	14.6	42.6	10.5	7
F C G Am	44.1	112.9	60.3	41.9
C Am Em G	17.5	46.4	10.8	6.4
C G Am Em	10.1	15.8	9.5	6.3
C G Em Am	21.2	55.5	20.7	11.2
Am F C G	56.4	179.9	76	51
Dm7 G7 CM7 FM7	183.2	875	442.6	183.3
C Am F C	15.2	6.3	9.6	6
C Dm Em Am	21.9	48.9	17.2	12.1
C Dm7 G7 Am	13.9	38.4	16.2	12.1

図2 実験結果

7. 結論・今後の課題

今回、音楽知識の無い人向けの自動作曲システムの構築の第一段階として最も代表的な統計言語モデルであるN-gramモデルを利用したコード進行の自動生成を行った。perplexityを用いた実験を行った結果、2-gramを利用したコード進行の自動生成を行う際にコード進行の長さによって一般的に使われているコード進行の出現しやすさが大きく変化することが分かった。このことから、コード進行の長さと一般的なコード進行の出現しやすさの関係について調べる必要が出てくる。また、単語列の出現頻度を見る評価実験を行ったが音楽としての評価を行ってしないため、コード進行を基にメロディを作成したり、実際に音を鳴らすことにより音楽的にも評価を行うことが今後の課題となる。

参考文献

- 1) 『決定版 コード進行スタイル・ブック』, リットーミュージック, 成瀬正樹 (2011), p10-85
- 2) 『同人音楽制作ガイド』, 秀和システム, 富井公・國田豊彦 (2008), p90-122
- 3) 『ケーデンス』, http://www.ab.auone-net.jp/~m-theory/contents/Music_Theory/cadence.html
- 4) 『トニック、サブドミナント、ドミナントとは？／初心者集まれ！指板図くんのギター・コード講座 第27回 | 指板図くんのギター・コード講座 | ギター・マガジン』, <http://rittor-music.jp/guitar/column/guitarchord/463>
- 5) 『続・トニック、サブドミナント、ドミナントとは？／初心者集まれ！指板図くんのギター・コード講座 第28回 | 指板図くんのギター・コード講座 | ギター・マガジン』, <http://rittor-music.jp/guitar/column/guitarchord/467>
- 6) 『下ごしらえをしっかりと』, <http://vmei.sijen.biz/sakkyoku/sakkyoku04.html>