

高階マルコフ連鎖を利用した自動作曲手法の琉球音階への適用 Application of automatic composition method using high-level Markov chains to the Ryukyu scale

鳴見 智大† 兼宗 進‡
Tomohiro Narumi Susumu Kanemune

1. はじめに

近年、人工知能技術の発達により、音楽創作の分野においても自動作曲システムの研究が活発に行われている。これらのシステムは、大きく分けて規則ベース手法、統計的手法、深層学習手法に分類される。中でも統計的手法の代表格であるマルコフ連鎖は、音符の出現パターンを確率的にモデル化できるため、比較的少ないデータでも学習可能であり、計算コストも低いという利点を持つことが特徴である。

一方、琉球音楽は沖縄県を中心とした地域で発達した独特の音楽文化であり、本土の日本音楽とは異なる音階体系を持っている。琉球音階は五音音階の一種であり、ド・ミ・ファ・ソ・シに相当する音程で構成される。この音階は、西洋音楽の長調や短調とも、日本古来の雅楽や民謡の音階とも異なる特徴的な響きを持つため、一般的な自動作曲手法をそのまま適用することは困難であると言われている。

従来の自動作曲研究では、西洋音楽を対象とした研究が大部分を占めており、琉球音楽のような特殊な音階体系を持つ音楽への適用例は少なかった。また、マルコフ連鎖を用いた自動作曲においても、1次や2次の低次マルコフ連鎖が多く用いられており、より長い音符列の依存関係を捉える高階マルコフ連鎖の琉球音楽への適用は十分に検討されていない。

本研究では、高階マルコフ連鎖を用いた自動作曲手法を琉球音階に適用し、その有効性を評価することを目的とする。具体的には、琉球音楽のMIDIデータから高階マルコフ連鎖の遷移行列を学習し、生成された楽曲の品質をn-gram類似度と旋法適合度により定量的に評価する。

2. 琉球音楽の特徴

琉球音楽は、中国音楽、東南アジア音楽、日本本土音楽の影響を受けながら独自に発展した音楽文化である。その音階体系は、西洋音楽の12音階とは異なる五音音階を基調としており、特に「琉球音階」と呼ばれる音階が特徴的である。

琉球音階は、西洋音楽の音名でド・ミ・ファ・ソ・シに相当する音程関係を持つ。これは、2度音程(レ)と6度音程(ラ)を欠いた五音音階であり、この音程の欠如が琉球音楽独特の響きを生み出している。また、琉球音楽では、主音(工工四記譜法における「工」)を中心とした旋法的な音楽構造が見られる。

近年、金城らは琉球音楽の音階分析を行い、伝統的な楽曲における音程使用頻度の統計的分析を実施している[1]。その結果、琉球音階の5音が楽曲中で均等に使用されるのではなく、特定の音程が重要な役割を果たすことが明らかになっている。

3. 提案手法

本研究で用いる提案手法について説明する。提案手法は、大きく分けて「学習フェーズ」と「生成フェーズ」の2つの段階から構成される。

まず学習フェーズでは、琉球音楽のMIDIデータから旋律情報を抽出し、高階マルコフ連鎖のモデルを構築する[2]。高階マルコフ連鎖とは、ある時点の事象が直前のn個の事象に依存して確率的に定まるモデルである。本研究では、音の系列をこのモデルに適用する。例えば、次数を3とした3階マルコフ連鎖の場合、「ド、ミ、ファ」という3つの音の並びの次に「ソ」が出現する確率を、学習データから計算する。この確率を、あらゆる音の組

み合わせについて算出し、体系的にまとめたものが遷移行列となる。次数nを大きくするほど、より長い音楽的文脈を捉えることが可能となり、より複雑で意味のある旋律の生成が期待できる。

次に生成フェーズでは、学習フェーズで構築した遷移行列を用いて、新たな旋律を自動生成する。まず、最初のn個の音の系列をランダムに、あるいは学習データ中に出現した頻度の高い系列から選択する。その後、現在のn個の音の系列を状態として遷移行列を参照し、次に出現する音を確率的に決定する。そして、時間の窓を一つずらし、新たに決定された音を含む最新のn個の音の系列を次の状態として、このプロセスを所定の長さになるまで繰り返す。これにより、学習データである琉球音楽の旋律的特徴を反映した、新しいメロディが生成されることになる。図1に、本手法の処理フローを図で示す。

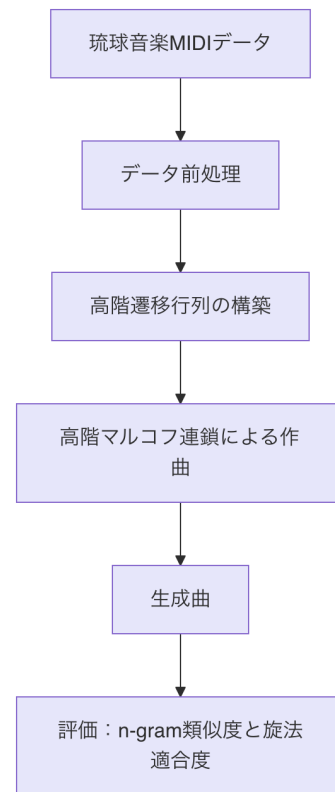


図1. 本研究の処理フロー

4. 評価実験

実験では、生成された旋律がどの程度、元の琉球音楽の特徴を保持しているかを定量的に評価した。特に、マルコフ連鎖の次数 n が生成結果に与える影響を明らかにすることに主眼を置いた。

実験では、いくつかの琉球音楽の伝統的楽曲から手作業でMIDIデータを作成した。

- 安里屋ユンタ: 八重山諸島、18世紀頃に原型が成立、1934年にポピュラー版が成立
- だんじゅかりゆし: 19世紀頃にはあった、首里地域
- 花ぬ風車: 沖縄本土
- いちゅび小節: 沖縄本土
- じんじん: 沖縄本土
- 唐船ドーイ: 沖縄本土、1400年～1800年頃の中国との貿易をしていた頃
- 谷茶前: 沖縄本島中南部、18世紀頃成立
- ていんさぐぬ花: 沖縄本島、琉球王国時代に成立
- ちんぬくじゅーしー: 1968年頃、沖縄本島

データ前処理として、これらのMIDIファイルから、メロディパートに相当するトラックを抽出し、音高と音価の情報を取得した。今回は旋律の構造に焦点を当てるため、音価は無視し、音高の系列のみを学習データとして利用した。

評価指標として、本研究では「**n-gram類似度**」と「**旋法の適合度**」という2つの指標を用いた。**n-gram類似度**は、生成された旋律の中に、元の学習データに含まれている n 音の連なり(**n-gram**)がどのくらいの割合で出現するかを示す指標である。この値が高いほど、学習データに存在する微細な旋律パターンを、より忠実に再現できていることを意味する。

もう一つの指標である旋法の適合度は、生成された旋律が琉球音階の構成音(ド、ミ、ファ、ソ、シ)のみで構成されているかの割合を測る。琉球音楽の際立った特徴は、この独特の五音音階にあるため、この指標は生成された音楽が琉球音楽としての基本的な性格を保っているかを評価する上で極めて重要になる。

5. まとめ

本研究では、高階マルコフ連鎖を用いた自動作曲手法を琉球音階へ適用し、その有効性を評価することを目的とした。琉球音楽のMIDIデータから次数を変えて遷移行列を学習させ、複数の評価指標を用いて生成された旋律を定量的に評価した。その結果、1次マルコフ連鎖でも琉球音階の構成音を遵守する点では有効だったが、次数を3階程度まで高めることで、元の音楽が持つ旋律の細かな特徴をより忠実に再現できることが明らかになった。このことから、高階マルコフ連鎖は、琉球音楽のような特徴的な民族音階を持つ音楽の自動作曲において、シンプルでありながら強力な手法であることが示された。

今後の課題としては、いくつかの点が挙げられる。第一に、本研究では旋律の音高のみに着目したが、音楽を構成する重要な要素であるリズム、すなわち音価や休符の情報をモデルに組み込むことが必要である。音高とリズムを統合的に扱うことで、より完成度の高い音楽生成が可能になると期待される。

参考文献

[1] 金城厚. 琉球の音楽を考える—歴史と理論と歌と三線 (沖縄学術研究双書 15). 榕樹書林, 2022.

[2] ZHANG, Chao. The analysis of Chinese National ballad composition education based on artificial intelligence and deep learning. Scientific Reports, 2025, 15.1: 9215.