

非和声音規則を語彙とする確率的旋律モデル*

深山 覚, 西本 卓也, 小野 順貴, 嵯峨山 茂樹 (東大院 情報理工)

1 はじめに

近年音楽音響信号の編集加工や音響特徴量を利用した楽曲検索の技術発展が目覚ましい。今後、音楽音響信号に内在する旋律、和声、リズムなど「音楽の3要素」を直接扱える情報処理が望まれる。そこでは音楽の解釈にもう一步踏み込んだ情報処理が必要であり、音響処理と音楽理論の知見をハイブリッドに活用した音楽処理が有効であると考えられる。

本研究では旋律についての知見を情報処理に導入するための「旋律モデル」について議論する。旋律は音楽の重要な要素であり、旋律処理技術の高度化は楽曲検索、作曲編曲支援、自動演奏表情付けなど幅広く音楽情報処理にインパクトを与え得る。

過去にも調性音楽の単旋律を計算機で解析する方法は提案されており、音楽の階層構造や暗意実現構造の分析が試みられている [1]。しかしこれらの研究は内容豊かな音楽理論全体の定式化を目指すやや複雑な問題設定であり、研究はまだ途上にある。

本稿では、旋律の背景に和声進行と拍節構造が想起されることを旋律モデルに対して要請し、非和声音規則を語彙とする調性音楽の確率的旋律モデルを導出する。またそのモデルを用いて旋律の自動生成を行い、その結果に基づいてモデルの有効性を議論する。

2 非和声音語彙による確率的旋律モデル

2.1 旋律モデルへの要請

所与の旋律が調性音楽の範疇でありそうかどうかを判定できる旋律モデルを構築したい。調性音楽の旋律は、その背後に和声進行、拍節構造が想起できるものが多い。よって旋律が調性音楽らしいかを判定する手だてとして、その旋律の背後の和声進行、拍節構造が適切に想起でき、旋律の各音に対して非和声音か和声音かを判定できるかを調べるという方法が考えられる。したがって求める旋律モデルは、非和声音、和声進行、拍節構造など、旋律の背後にある機能を扱える必要がある。

2.2 確率的な旋律生成過程の導入

音楽理論で整理されているように、旋律、拍節構造、和声進行、非和声音規則の間には関係がある。具体的には、拍節構造は和音遷移のタイミングと、生成できる非和声音の種類に影響を与える。和声進行は各時刻ごとの和声音の集合を決定するので、出現する非和声音に影響を与える [2]。これは和声進行、拍節構造、非和声音規則に依存して旋律を構成する音の出現の仕方が偏っていると捉えることができる。

したがって旋律が和声進行、拍節構造、非和声音規則のもとで確率的に生成されるというモデルで、調性的な音楽の旋律をうまく説明できると考えられる。旋律の背後にある和声進行、拍節構造、非和声音規則のモデルとしてはどのような確率モデルを立てれば

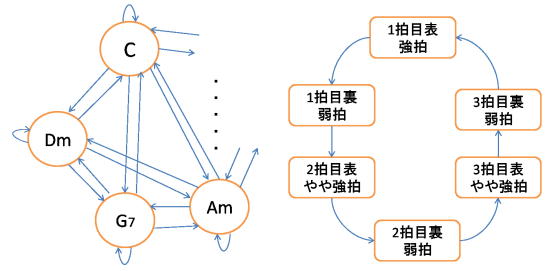


Fig. 1 和声進行と拍節の状態遷移の例

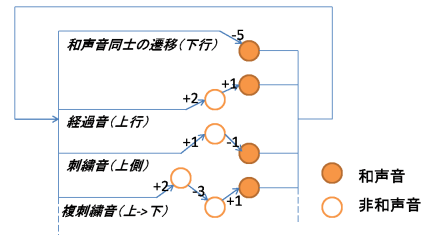


Fig. 2 非和声音語彙の例：ノードの傍の数字は直前の音からの音程(半音の数)である

良いだろうか。和声進行における和音の遷移と拍節の性質の変化はそれぞれ Fig. 1 のような状態遷移図によって表すことができる。他方、非和声音の規則は可変長の音系列に対して適用されるものであるため(例として刺繍音は最低3音からなるパターン、複刺繍音は最低4音からなるパターンである)、モデル化に工夫が必要である。

2.3 非和声音語彙の導入

ここで(1)楽曲中に用いられる非和声音の種類は限られており、それらは音楽理論において整理されていること、さらに(2)非和声音は必ず和声音へと解決することの2点に着目する [2]。(1)について、非和声音の種類は前後の和声音との音程関係と、非和声音がある位置の拍の性質に基づいて決まるとされている。したがって非和声音含む音系列のパターンを、前後の和声音との音程関係と拍との関係の情報とともにあらかじめ語彙として準備しておくことで、多様で可変長の非和声音規則に対応できる。(2)を考慮すると、あらかじめ収集した非和声音語彙は、その両端の和声音を以外では他の語彙と接続しえない。そこで Fig. 2 のような非和声音語彙に基づいた状態遷移図によって、非和声音を含む旋律の音の現れ方をモデル化できる。

2.4 確率的旋律モデル

以上の準備により、旋律の音系列の生起する確率を算出できるモデルを考えることができる。音の系列 $X_1^N = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ に対して確率値を与える関数 $P(\cdot)$ を確率的旋律モデルと呼ぼう。所与の旋律 X_1^N が生成される確率は旋律の背後にある非和声音語彙、

* “Probabilistic Melody Model exploiting Non-chord Tone Rules as Vocabulary”
by Satoru FUKAYAMA, Takuya NISHIMOTO, Nobutaka ONO and Shigeki SAGAYAMA
(Graduate School of Information Science and Technology, the University of Tokyo)

和声進行, 拍節の状態 (以後, 音楽状態と呼ぶ) の遷移確率と, 音楽状態から旋律の構成音が出力される確率の積を, すべての可能な音楽状態系列について足し合わせることで計算できる.

$$P(X_1^N) = \sum_{Y_1^N} P(X_1^N, Y_1^N) \quad (1)$$

$$= \sum_{Y_1^N} P(X_1^N | Y_1^N) P(Y_1^N) \quad (2)$$

$$\simeq \sum_{Y_1^N} \prod_{t=1}^N P(x_t | y_t) P(y_t | y_{t-1}) \quad (3)$$

ここで $Y_1^N = \{y_1, \dots, y_N\}$ は音楽状態の系列である. 各状態 y_t はそれぞれ3つの要素からなり, $y_t = (u_t, v_t, \tau_t)$ と書き下せる. ここで u_t はどの非和声音語彙の何番目の音か, v_t は和音の種類, τ_t は拍節の種類を表す変数である.

2.5 確率的旋律モデルを用いた旋律自動生成

確率的旋律モデルを用いて旋律生成を定式化できる. 拍節構造, 和声進行が既知で (非和声音ラベルは未知), 出力される旋律のピッチ変化に制約条件 (歌詞の韻律, 歌唱音域など) が与えられている場合に, それらの条件のもとで確率最大の非和声音語彙の連接 $U_1^{N*} = \{u_1^*, \dots, u_N^*\}$ と旋律の音系列 X_1^{N*} を推定することで, 与えられた条件のもとでの自動旋律生成が行える.

$$(x_1^*, U_1^{N*}) = \operatorname{argmax}_{x_1, U_1^N} P(X_1^N, Y_1^N) \quad (4)$$

本モデルを用いると, 非和声音語彙ごとの出現確率を操作して, 楽曲中に現れる非和声音の種類に制約を与えることができる. 作曲法においては, 非和声音の種類を使い分けによって楽曲にスタイルを持たせることがある. したがって本モデルを用いると自動作曲システムの生成楽曲のバリエーション増大に貢献できる可能性がある.

3 旋律自動生成におけるモデルの検証

3.1 確率的旋律モデルを用いた旋律自動生成

本稿で提案する確率的旋律モデルを用いて旋律の自動生成を行った. 非和声音規則に基づく語彙の出現確率を操作することで, 生成された旋律に特定の非和声音の用法のみ出現するという特徴を持たせることができるか検証した.

3.2 実験条件: 非和声音の種類を制御した旋律生成

中妻ら [3] が論じた, 日本語歌詞の歌唱曲自動作曲の問題設定で旋律生成を行った. 本稿 2.5 節の定式化を用いて, 歌詞の韻律, 和声進行, リズム, 伴奏による制約条件のもとで, それらの条件を最も良く満たす旋律を生成した. リズムは固定し, 旋律を付与する歌詞は「吾輩は猫である. 名前はまだない. どこで生まれたか, とんと見当がつかぬ。」とした. 非和声音語彙別の出現確率については,

I 「経過音」の出現確率を大きくした場合

II 「刺繍音」の出現確率を大きくした場合

の2つの条件で歌詞に付与する旋律生成を行った.



Fig. 3 経過音の出力確率を大きくした生成例. 和声音同士の遷移と経過音のみで旋律が生成されている. 音符に影がついている箇所が経過音.



Fig. 4 刺繍音の出力確率を大きくした生成例. 和声音同士の遷移と刺繍音のみで旋律が生成されている. 音符に影がついている箇所に刺繍音.

3.3 旋律生成結果と考察

条件 I と条件 II の下で生成された楽曲をそれぞれ Fig. 3 と Fig. 4 に示す. それぞれ意図した非和声音と和声音間の遷移のみで歌詞に対して旋律が自動生成できた. また生成楽曲に音楽理論的な逸脱がないことを確認した. 本稿で提案した確率的旋律モデルは, 非和声音の種類ごとの出現頻度という音楽学的知見を陽に扱うことのできるモデルになっているといえる.

4 結論

本稿では旋律の背後に和声進行と拍節構造が想起できるという条件をモデルに要請するところから出発して, 非和声音規則を語彙とする確率的旋律モデルを導出した. また旋律自動生成における本モデルの有効性を議論した. 今後学習データからのパラメタの推定アルゴリズムと, 提案モデルが音楽音響信号処理において事前分布として用いられる可能性について検討したい.

謝辞 本手法について関西学院大学の片寄晴弘教授, 北原鉄郎研究員, NTT コミュニケーション科学基礎研究所の平田圭二氏に議論していただいた. 本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (A) (課題番号 00303321) と科学技術振興機構 CrestMuse プロジェクトの支援を受けて行なわれた.

参考文献

- [1] 浜中 他, 情処論文誌, Vol.48, No.1, 2007.
- [2] 島岡, 音楽の理論と実習 I, 音楽之友社, 1982.
- [3] 中妻 他, 音講論 (春), 739-740, 2007.