

模倣を考慮した和声的対位法の自動作曲の検討

大森 陽[†] Christoph M. Wilk[‡] 保利 武志[‡] 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

本論文では、主題旋律の模倣を含む対位法による自動作曲問題を論じる。対位法は、音楽を水平方向に考察し、旋律線およびそれらの累積を論じる学問である。これに対して、和声法は音楽を垂直方向に考察し、和声およびそれらの連結を論ずる学問である。これらは別々の教程として確立しているため、対位法の自動作曲の研究において、従来は古典対位法を用いたアプローチが主であった [1]。我々は、旋律が背後に隠されている和声構造に従属しつつ生成される [2] と仮定し、対位法と和声法の 2 つを合わせた和声的な対位法のアプローチから、対位法の自動作曲を検討した [3]。本稿では、対位法の要素の 1 つである模倣を加えた自動作曲を検討する。模倣に関連しては、古典対位法に基づく研究がある [4]。

本稿では、複数の部分問題へ分割し、模倣主題・和声進行・対旋律リズムと主題旋律の上下動からの自動作曲手法を検討する。

2 模倣を考慮した和声的対位法のモデリング

2.1 和声的対位法規則

本研究が対象としている和声的対位法は、バッハの楽曲に典型的に見られるもの [2] で、対位法と和声法が同時に考慮されている。本稿では、そのような和声的対位法の自動作曲を目指して主に以下の制約を考慮した。

- 順次進行はできるだけ頻繁に、かつできるだけ持続して使用すべきである
- 反行はできるだけ頻繁に用い、並行はできる限り避けた方がよい
- 非和声音(経過音、刺繍音、掛留音)は、順次進行により和声内音に解決すべきである
- 平行 5 度、及び 8 度の禁止

- 機能和声を有する

2.2 部分問題への分割

自動作曲において、実際に作曲家が行っているように、主旋律のみから対旋律と和声進行を同時に決定することが考えられるが、それを計算論的に解くことは探索空間が膨大となって現実的ではない。この問題は、計算可能な複数の部分問題へ分割することで解決が期待される。我々は分割にあたり対位法の作曲過程において必要な以下の 4 つの仮説に、模倣を考慮するための仮説を加えた。

- 仮説 1: 対旋律音高は、主旋律音高、背後に存在する和声進行、対旋律リズムに基づき生成できる [3]
- 仮説 2: 背後に存在する和声進行は主旋律音高から推定できる
[2] は「(バッハ以後の対位法の多くについて、) 作曲家は旋律と同時に作られた和声的な背景をともなって旋律を提示する」としている。
- 仮説 3: 対旋律リズムは主旋律リズムに基づいて決定できる
[2] は、ある声部に対して他声の強拍をずらすリズム的強勢、そして声部ごとのリズム活動のバランスにより対旋律リズムが作られているとしている。
- 仮説 4: 対旋律リズムと和声進行は独立である
本研究では、和声進行とリズムパターンの間の相関の可能性は無視し、それぞれが独立であるとした。
- 模倣仮説: 主題の上下動を考慮して生成された旋律を、人は模倣された旋律と感じる
与えられた和声進行や対旋律音高との音程による音楽理論的逸脱を避けるために模倣旋律は変化する。主題の上下動に基づき、音型が保持されるように作られた旋律を、人は主題が模倣されたと感じるといふ仮説である。本来は心理的に妥当な根拠が必要であるため本論ではあくまでも仮説とした。

以上の仮説を用いることで、対位法の自動作曲問題は模倣、対旋律音高列の生成問題・模倣、対旋律リズムの生成問題・和声進行の推定問題の 3 つのそれぞれ独立した部分問題として近似することができる。本稿では、楽曲構造(主題の上下動と主題の跳躍音程の考慮・模倣旋

“Towards imitaton-based automatic composition of harmonic counterpoint”

by Yo Ohmori[†], Christoph M. Wilk[‡], Takeshi Hori[‡] and Shigeki Sagayama^{†‡},

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

律の開始位置と開始音高)、対旋律リズムと和声進行を既知とした上で、模倣、対旋律音高列の生成問題を検討した。

2.3 和声的対位法の確率モデル

和声的対位法の要件に従った楽曲が多く存在する場合、曲中の音の遷移には確率的な偏りがあると考えられる。また、対位法には隣接する音について、和声法には声部と声部の音程についての知見が多いため、音楽理論に従う結果が局所的な音の遷移の確率的な隔たりとして現れる。よって、主旋律に対して和声的対位法の理論、主題の上下動に従った対旋律を生成するとき、模倣や音楽理論の制約は確率モデルとして扱うことができる。

対旋律音高列を生成する問題は、時間を横軸、全声部の音の組み合わせ候補を縦軸とした2次元平面上の経路探索問題として捉えることができる。よって、対旋律の作曲は、全声部の音高の組み合わせ候補間の遷移の経路を定めることとして捉えることができる。対位法には、隣接する2音間及び3音間の遷移についての規則が多いため、それらを trigram 確率までを扱う2次マルコフモデルで近似した。遷移確率は、音楽理論を人間が経験を経験を体系化したものと考え、ヒューリスティックに与えた。

3 対位法楽曲の生成実験

3.1 実験目的と条件

音楽理論から逸脱しない、主題旋律の音型を保持した模倣、対旋律音高列の生成を目的とする。既存の対位法楽曲から、対旋律音高を取り除き、模倣主題・和声進行・模倣、対旋律リズム・楽曲構造(主題の上下動・主題の跳躍音程に近いものに、高い確率を付与・模倣旋律の開始位置と開始音高)を条件として、模倣、対旋律音高の生成実験を行った。課題例を図1に示す。

3.2 実験結果と考察

作曲結果を図2に示す。理論的逸脱として、同じ音の連続、そして和声内音の不足などが挙げられる。また trigram モデルでの近似により2音より多く離れた音高間の遷移確率は考慮がされていない。これらは模倣旋律の上下動等の要件を満たすように、導入した音楽理論から逸脱した旋律が生成されたと考えられる。

4 おわりに

本稿では、模倣を含む和声的対位法の自動作曲問題を部分問題へ分割、モデル化し、主題旋律・和声進行・模倣、対旋律リズム・楽曲構造を入力とした自動作曲手法を検討した。今後の課題として、2音より多く離れた音高間の確率の考慮、その他の部分問題の解決、そして模倣仮説の心理的実験などを行いたい。

図1 J. S. Bach: Sinfonia No.1 (BWV 787) の主題を基にした主題模倣と対位法作曲の課題例(和声進行、リズム、主題、主題模倣開始位置(赤丸)が与えられて、×印の音符の音高を決定する問題。)

図2 図1の主題模倣と対位法作曲の実験結果例

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] 中瀧昌平 *et al.*, “動的計画法と音列出現確率を用いた対位法の対旋律の自動生成,” 情報処理学会研究報告音楽情報科学 (MUS), vol. 2004, no. 84 (2004-MUS-056), pp. 65–70, 2004.
- [2] W. Piston, ピストン対位法: 分析と実習. 音楽之友社, 2009.
- [3] 大森陽 *et al.*, “旋律・和声進行・リズム譜からの和声的対位法の自動作曲の検討,” 研究報告音楽情報科学 (MUS), vol. 2018, no. 13, pp. 1–4, 2018.
- [4] T. Tanaka *et al.*, “Automatic music composition based on counterpoint and imitation using stochastic models,” in *Proceedings of 7th Sound and Music Computing Conference*, 2010.