

## 音楽知識を利用したハーモナイザー\*

上野 涼平<sup>†</sup>, 小泉 悠馬<sup>‡</sup>, 伊藤 克亘<sup>†</sup>

## 1 序論

ギターはポピュラーな楽器として広く普及している。ポップスやロックの編曲方法の一つとして、エレキギターを2本使用し、一方の旋律をもう一方の旋律でハーモナイズするツインギターがある。ハーモナイズには経験や音楽知識が必要であるが、ギターから楽器を始めた人の多くは正規の音楽教育を受けておらず、ツインギターソロのハーモナイズを行うことが困難である。そこで、本研究では自動で主旋律をハーモナイズさせる手法を提案する。

## 2 主旋律への自動ハーモナイズ

本研究で扱うハーモナイズとは、主旋律に音高が違う別の旋律を付与することを指す。二音間の距離を度という単位で表し、同じ高さの音を1度とし、音階に沿って一音ごとに2度、3度となる。また、8度は1オクターブともいう。

自動編曲の従来研究には、対位法に基づき自動で対旋律を生成する手法[1]がある。しかし、ツインギターソロのハーモナイズパートは、対旋律とは基づく規則が異なる。本研究で対象とするツインギターソロのハーモナイズを行うために考慮すべきことを、作曲及び編曲知識・既存曲の傾向・従来研究の視点から考える。

## 2.1 調とスケール

調は、曲がどのスケール(音階)に基づいているかを表す。スケールとは、1オクターブ内に音の高低を順番に並べたものである。調からは、メロディに使用できる音高や和音がわかる。そのため既存ハーモナイズシステムや和声付け・旋律付けの従来研究[1, 2, 3]では調情報が使用される。同様に、本システムでも調情報は必須となる。

## 2.2 ハーモナイズパターン

既存曲の調査を行った結果や作曲の教則本からハーモナイズの種類は様々であると確認できる。また本研究で対象とするポップス・ロックのツインギターソロでは、主旋律の音高が高く、3度下のハーモナイズが多く使用されていることがX JAPANやSEX MACHINEGUNSのギターソロパートから確認できる。

本研究ではツインギターソロのハーモナイズをらしさを3度主体のハーモナイズを考えることで実現する。

## 2.3 主旋律の進行

音高進行の考慮は、調の考慮とは異なる視点を持つ。調の考慮は、決定するハーモナイズ音に調和するかどうかという視点であるが、進行の考慮は、決定するハーモナイズ音をその一つ前の音から考えなければいけない。

既存曲の調査では、主旋律の音高進行と逆方向の進行をする反行型のハーモナイズは確認されなかった。そ

のため、反行型を避け、主旋律の音高進行と同方向の進行をする平行型のハーモナイズを行うことでツインギターソロらしさを実現する。

## 2.4 和音との関係

既存曲の調査から、3度主体ハーモナイズであっても、ハーモナイズ音が和音に含まれる構成音の短2度である場合、完全4度や完全5度のハーモナイズ音が使用されていることが確認された。和声付けの従来研究[3]でも同様に、主旋律の音高が、和音に含まれる構成音の短2度となるような和音は避ける。本システムでもハーモナイズ音を決定する際に、和音の構成音の短2度となる音高を避ける。

## 2.5 ハーモナイズの変動

X JAPANの「The Last Song」のツインギターソロは、ソロの前半の小節で3度下主体のハーモナイズを行っているが、後半の小節から3度上主体のハーモナイズへ切り替わる。小節ごとに、主旋律より音高が高いハーモナイズと低いハーモナイズを変更できるようにする。

## 3 ハーモナイズ音推定手法

動的計画法を用いてハーモナイズを行う。入力を主旋律として、調及びスケール判別を行う。調・スケール情報、既存曲から学習したハーモナイズパターン・音高進行、和音との関係をコストとして、最終的にコストが最小となるハーモナイズパートを出力とする。

## 3.1 調・スケール判別

本研究では単旋律の学習データから得た調別の音高出現確率及び、調別の平均進行確率行列を用いて、主旋律の各調に対する尤度を求めることで調判別を行う。従来研究[4][5]と同様に音高の出現頻度確率ベクトル及び、音高の進行は一つ前の音高に依存するという、単純マルコフ過程に基づいた進行確率行列を生成する。学習データは人手で長調・短調で分類する。調は楽譜から事前に調べ、主音を統一して平均音高出現確率ベクトル及び、平均進行確率行列を生成する。また調判別の結果から、短調であった場合3つのスケールについても判別を行う。

## 3.2 動的計画法を用いたハーモナイズ音の決定

0次マルコフ的成本: 0次マルコフ的成本として、既存曲の傾向であるハーモナイズ音の使用率及び調を用いる。本研究で扱うハーモナイズでは3度・完全4度・完全5度の使用率が高い。実際のツインギターソロから3度、4度、5度といったハーモナイズの使用率を上下それぞれのハーモナイズで分けて調査した。音符数から使用率を求め、コストには使用率の逆数を使用した。

調情報から、スケール内の音高とスケール外の音高が分類できる。スケール内の音高はコストを0とし、スケール外の音高には更にコストを200加算する。コス

\* Harmonizer Harnesses Music Knowledge by Ryohei Ueno. (Hosei Univ) et. al.

<sup>†</sup>法政大学 情報科学部

<sup>‡</sup>法政大学院 情報科学研究科

トが最小となる経路では、スケール内の音高のみを使用するので、調情報の累計コストは0となる。

**1次マルコフ的成本**：1次マルコフ的成本には、音高の進行と小節ごとのハーモナイズパターン（音高の上下）を用いる。本システムでは、平行型のハーモナイズを対象とする。主旋律の進行と平行するような音高進行にはコストを加えず、反行する音高進行及び平行以外の進行にはコストを200加算する。

上下ハーモナイズ選択コストでは、既存曲から調査した使用率を用いる。それぞれの合計音符数から使用率を求め、ハーモナイズ使用率と同様にその逆数を進行にかかるコストとする。

**小節単位コスト**：小節ごとに想定される和音の和声音と、ハーモナイズ音の音高差からコストを決定する。既存曲から、和声音の長・短2度の音高がハーモナイズパートに使用される個数を非和声音を除き調査した。既存曲では、和声音の長・短2度の音高を避けて編曲されるため、このような音高の個数は少なくなる。そこで、和声音の長・短2度の音高の出現確率をポアソン分布で表す。

調査の結果、短2度では、256音符中32個、長2度では40個となった。一つの和音に対し、和声音の長・短2度の音高が、ハーモナイズ音となる最大の個数は1つとなるため、この音高がない場合は0、ある場合は1となる。この結果を学習データとして、ポアソン分布を求めた。しかし、その音高を和音に加えることでmaj7thや7thといった和音になる場合が多く確認された。この音高を除き、短2度では21個、長2度では30個の場合でもポアソン分布を求めた。

個数が0（なし）の確率及び1（あり）の確率の逆数をコストとした。また、非和声音は和音との関係に使用しないため主旋律の中で非和声音である箇所は、ハーモナイズ音に和音コストを適用しない。[2]

#### 4 評価実験

提案手法が主旋律から調を判別して、既存曲のようなハーモナイズを行えたか、またオリジナルの旋律を入力した場合、違和感がないハーモナイズを行えたかを評価した。ポップスやロックの中から既存の歌唱パート（サビ）とツインギターソロの主旋律部分を用いた。それぞれ4小節から16小節であり、調判別実験では59曲、自動ハーモナイズでは14曲を使用した。

##### 4.1 調判別実験

提案手法によって、主旋律から調を判別できるかを評価した。学習データが少ないため、交差検定を用いた。長調では100%の判別率、短調では97.1%となり全体で98.5%の判別率となった。

##### 4.2 自動ハーモナイズ

提案手法によるハーモナイズが、既存曲のようなハーモナイズを行えているかを評価した。実際のツインギターソロの主旋律を入力として、本システムで出力されたハーモナイズパートと、実際のハーモナイズパートで音高の一致率を求め、出力の中で、最も一致率が高いハーモナイズパートを評価に用いた。和音コストには、2種類のポアソン分布を用いたためそれぞれの結果を表1に示す。

表 1. ハーモナイズ音の一致率 (%)

	長・短2度	7th 許容
平均	85.8	84.3
最高	97.1	100
最低	73.3	61.1

本システムによるハーモナイズは、実際のハーモナイズと最高で9割以上の一致となった。3度以外のハーモナイズ音が使用される箇所や、スケールが一部異なる箇所では、コストによって修正が確認された。しかし、必要以上に3度以外のハーモナイズが使用されるなど和音コストの影響が大きい箇所があった。和音コストでは、小節ごとに旋律から想定される和音を用いたため、1小節内に2種類以上の和音が存在する場合には対応できず、実際の和音では許容されるハーモナイズ音であっても変更されたと考える。これは、実際の和音を入力で与え、その和音のみを和音コストに使用することで、解決できると考える。また、上下が入れ替わるハーモナイズでは、小節単位での変動となるため、不一致が一致率の低下に繋がっている。使用音高や進行は制約通りの出力となった。

#### 5 結論

本研究では、音楽初心者の編曲支援を目的として、単旋律からツインギターソロのハーモナイズを自動で行う手法を提案した。調情報、各ハーモナイズ音の使用率、音高の進行、和音をコストとして、動的計画法によってハーモナイズ音を決定した。実際のハーモナイズとの一致率で評価したところ、平均で85.8%の一致率となった。スケールや和音を考慮したハーモナイズが実現できた。

今後の課題は、他の音楽ジャンル・楽器・転調を含む曲への対応である。本研究では、ポップスやロックでのツインギターソロのハーモナイズを想定しているため、6度のハーモナイズが多用される男女デュエット曲、3声以上の合唱、歌唱パートのサビ以外の部分には対応できない。また、対象を転調を含まない曲に限定しているため、転調を含む曲には対応できない。他ジャンル及び他楽器のハーモナイズ実現のために、歌唱パートを考慮したコストや、ジャンルによるハーモナイズの違いを考慮したコストを検討していく。

#### 参考文献

- [1] 中瀧昌平, 西本卓也, 嵯峨山茂樹 "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. 2004(84), 65-70, 2004-08-02
- [2] 深山覚, 西本卓也, 小野順貴, 嵯峨山茂樹 "非和声音規則に基づく経路制約を用いた旋律自動生成" 情報処理学会研究報告. Vol.2009-MUS-81, No.15, 2009-07-30
- [3] 北原鉄朗, 勝占真規子, 片寄晴弘, 長田典子 "ベイジアンネットワークを用いた自動コードヴォーシングシステム" 情報処理学会論文誌. Vol.50, No.3, 1067-1078, 2009-03-15
- [4] 秋山好一, 松田稔, 中野稔 "日本の歌謡曲の調性判別-特徴ベクトルと音高推移エントロピー" 日本音響学会誌. 44(11), 809-814, 1988-06-03
- [5] 松田稔, 秋山好一 "単旋律の進行パターンに基づく調性判別と主音推定" 日本音響学会誌. 52(4), 253-260, 1995-06-03