

楽曲構造解析による変奏曲の分析*

MIDI 楽曲からのストリーム分離および変奏からの主題の抽出

下嵯ゆり (学籍番号：200921737)

研究指導教員：平賀譲

1 はじめに

変奏曲とは、「主題」と複数曲の「変奏」からなる一連の楽曲形式である。変奏は主題に対して様々なタイプの改変を施して作曲される。改変の技法としては、主題への装飾音の付与やリズム・テンポの変更といった単純なものから、対旋律の追加や調の変更などの高度なものまで様々である。しかしどの変奏も、その元となる主題に対する改変であるため、変奏と主題の間には、楽曲構造的な類似性が存在することは明らかである。そこで本研究では、変奏からその元となった主題を認識するシステムの構築を目指し、主題と変奏間の関係を解明することを目的とする。

本研究では、同一楽曲内における音列パターン分析と、主題・変奏間の類似性の分析の2つの楽曲構造解析を行った。またその前処理として、同一トラックに全ての音が格納されている楽曲をパートごとに分離するストリーム分離のアルゴリズムを考案した。

2 ストリーム分離 [1]

全ての音が同一のトラックに記録されている MIDI データを、音高および音長の情報を用いて高音域および低音域の2つのストリームに分類するためのアルゴリズムを考案した。これにより、高音域に含まれる旋律と、低音域に含まれる伴奏のそれぞれについて分析を行うことができる。

2.1 分離のアルゴリズム

MIDI データを読み込み、音長に基づくデータ構造「直列・並列形式」[2]に変換する。変換した楽曲データを先頭から順に、高音域・低音域ストリームと比較し、音高の近いストリームに音を追加していく。その際、同一の

直列形式に含まれる音は音高に関わらず同じストリームに格納し、並列形式に含まれる音は一音ずつ各ストリームと比較し、近いストリームに追加していく。

2.2 結果

モーツァルトによるきらきら星変奏曲、アレグレットの6つの変奏曲、サリエリの6つの変奏曲の3つの変奏曲の、主題と変奏を合わせた計27曲についてストリーム分離を行った。高音域・低音域それぞれについて、分離した結果を各楽曲の正解データと比較し、精度と再現率の調和平均による F 値で評価した。きらきら星変奏曲の結果 (抜粋) を表1に示す。使用した27曲について F 値が0.8以上、特に24曲について、F 値が0.9以上となった。

3 音列パターン分析

楽曲を構成する音列パターンを、小節単位で調べ、分類する。ここでは半音階・全音階・音高上下の3つの音高表現を用い、小節単位で楽曲を構成する音型パターンを分類した。異なる音高表現を用いることによって、抽象度の異なるレベルでの分析が可能となる。

3.1 音高表現

半音階とは、ピアノ鍵盤の白鍵・黒鍵を合わせた1オクターブ12半音すべてを用いた音階である。全音階は長調・短調の音階音からなり、ハ長調ならば鍵盤上の白鍵のみからなる音階である。本分析では、半音階の音高表現に MIDI ノート番号、全音階の音高表現に、MIDI ノート番号を変換して生成される音階番号を用いた。音高上下の音高表現には、連続した2音の音程を調べ、1音目よりも2音目が高音であれば U、低音であれば D、同音であれば R という3種類の記号を用いた。

3.2 結果

半音階・全音階・音高上下のそれぞれのレベルにおける音型パターンの分類結果 (抜粋)

*“Analysis of Variations Based on Music Structure — Stream Separation of MIDI Data and Extraction of Theme from Variation” by Yuri SHIMOZAKI

を、表 2.1-3 に示す。半音階および全音階の音型パターンを比べると、半音階レベルで別のパターンとして分類された a,b が、全音階レベルでは a+b というように同じパターンとして分類される。全音階レベルと音高上下レベルを比較した場合も、前者では a+b および c という異なる分類だったものが、後者では a+b+c と、同じひとつの分類となっている。

このように、半音階、全音階、音高上下の順に表現の抽象度が高くなっており、同一の音型パターンに分類される小節はそれに応じて増減する。楽曲構造を大まかに捉えたい場合は抽象度の高い音高上下レベル、楽曲構造をより詳細に掴みたい場合は抽象度の低い全音階や半音階のレベル、というように、目的とする分析によって音高表現レベルを使い分けることができる。

4 主題-変奏間の類似性の分析

主題と変奏間で、対応する小節の音列同士について DP マッチングで類似度を算出し、実際に主題と各変奏を聴取した場合の類似性と比較した。

4.1 類似度の算出

楽曲にはトリルなどの短い装飾音が含まれており、比較する音列同士で音の個数が大きく異なる場合があるため、全ての音を 32 分音符単位に分割した。DP マッチングの際に設定するコストとして、置換コストを 1.0、欠落コストを 1.5 と設定した。

4.2 結果

本手法による主題との類似性は、変奏によって大きく異なることが示された。各変奏の類似度と、実際に主題と変奏を聞き比べて感じられる両者の類似性を比較すると、数曲の変奏については、聴取した場合に類似性が強く感じられるにも関わらず、算出された類似度は低いという結果が出た。本分析に関しては、変奏から主題的な楽曲要素を抽出して両者を比較するための手法を今後考える必要がある。

5 まとめと今後の課題

主題・変奏間の類似性を分析するために 2 つの楽曲構造解析を行い、また前処理としてストリーム分離のアルゴリズムを考案した。

今後、本研究で行った 2 つの構造解析を基に、より詳細な分析を行っていく必要がある。課題として、変奏内の分析で分類された装飾パターンから装飾部分を取り除く手法の開発と、それにより得られた主題的な楽曲要素と主題との類似性を調べるための比較基準を設定するなどの分析を行っていく。

参考文献

- [1] ダイアナ・ドイチュ. 音楽の心理学. 西村書店, 1987.
- [2] Peter Desain, Henkjan Honing. "Time functions function best as functions of multiple times". *Computer Music Journal* 16(2) 17-34,1992.
- [3] 平賀譲, 下寄ゆり. 「楽曲の主題・変奏関係の構造解析手法の検討」. SIGMUS85, 2010.
- [4] Yuzuru Hiraga, Yuri Shimozaki. "A Formal Framework for Representing and Classifying Theme-Variation Relationships". ICMPC11 abstract p112-113, 2010.

表 1 きらきら星変奏曲のストリーム分離結果の F 値

	高音域 ストリーム	低音域 ストリーム
第 1 変奏	1.000	1.000
第 2 変奏	1.000	1.000
第 3 変奏	0.986	0.976
第 10 変奏	0.931	0.800
第 11 変奏	0.985	0.978
第 12 変奏	0.987	0.988

表 2.1 半音階レベルでの音型パターン

	音型パターン	小節番号
a	-2 -1 1 9 -4 -3 -2	21 37
b	-2 -1 -1 9 -3 -4 -2	22 38
c	-1 -1 1 8 -5 -2 -1	23 39

表 2.2 全音階レベルでの音型パターン

	音型パターン	小節番号
a + b	-1 -1 1 5 -2 -2 -1	21 22 37 38
c	-1 -1 1 5 -3 -1 -1	23 39

表 2.3 音高上下レベルでの音型パターン

	音型パターン	小節番号
a+b+c	DDUDDDD	21 22 23 37 38 39