

## キロノミーに準ずる旋律線の自動推定

辰巳 花菜† 酒向 慎司†

†名古屋工業大学

### 1 はじめに

本研究のねらいは聴覚障害者と健聴者が共に音楽を楽しむために、キロノミーに準ずる旋律線を用いて音楽を視覚的に伝達することである。

音楽の可視化の研究やシステムは目的や対象は異なるが、多数存在する。特に、音と色の共感覚・相関関係に着目した可視化の手法が提案されている [1]。また、ピアノロールや二次元・三次元図形によって可視化するシステム [2] などもあり、これらの多くは音楽の特徴を色によって表現している。以上から、音楽の可視化において色が重要でかつ有効であることが推測されるが、色の感じ方は国や地域、文化によっても異なるように、一意に定まらず、多義性がある。

本研究では一義的な可視化を目指し、五線譜では表されないリズム構造を伝達可能な簡素な視覚的な表現方法として、キロノミー (Chironomie) に着目する。

本報告では単旋律の楽譜に対してキロノミーに準ずる旋律線を描画するために、ソレムのリズム理論に基づくルールと考察によって得られた特徴量から複合拍に対するアルジスとテージスを自動推定する手法について検討する。なお、西洋クラシック音楽やその派生音楽を対象とし、複合拍はソレムのリズム理論に基づいて決定されるものとする。

### 2 キロノミー

#### 2.1 概要

キロノミーとは、音楽的リズムの手ぶりによる空間への投影であり、グレゴリオ聖歌の指揮法として用いられている [3]。グレゴリオ聖歌はローマ・カトリック教会で歌われる単旋律、無伴奏の宗教音楽である。グレゴリオ聖歌の歌唱やリズム理論は長い間体系づけられていなかったが、19世紀にフランス・ソレムのベネディクト会修道院のドン・モクローによってリズム理論が体系化された。以下、ソレムのリズム理論とする [4]。

本研究ではソレムのリズム理論における複合リズムのキロノミーを採用する。複合リズムは1アルジス・1テージスより多くの要素から構成されるリズムのことである。アルジス・テージスは「飛躍」と「休息」、「緊張」と「弛緩」に相応する。キロノミーの例を図1に示す。アルジ斯的キロノミーは一旦下方に振れて跳ね

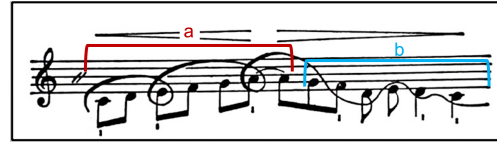


図 1: キロノミーの例 [3]

上がる曲線で示され、アルジスが連続する部分でも同様な曲線で表される (図 1-a)。テージスは休息的な穏やかな曲線で示される (図 1-b)。

#### 2.2 アルジスとテージス

複合リズムは柔軟で多様性があり、キロノミーの描画の正解が一つに決まらない場合がある。本研究ではキロノミーの描画には多様性があるが、キロノミーから得られる印象が一義的であると仮定し、楽譜から得られる情報からキロノミーに準ずる旋律線の推定を行う。

一般的に、複合リズムのキロノミーの付与は楽譜の各音を複合拍に分け、各複合拍についてリズムを分析してアルジス・テージスを決定し、キロノミーを描写する、という流れで行われる。本研究では複合拍はソレムのリズム理論に基づき人手で決定されるものとし、アルジスとテージスを機械学習によって推定する。

グレゴリオ聖歌におけるアルジス・テージスの決定法に、楽句の始まりはアルジスで終わりはテージス、楽句の旋律的頂点はアルジスでそれに直接続く複合拍はテージス、など一定のルールがある。グレゴリオ聖歌において楽句は楽譜に明記されているが、クラシック曲においてはほとんど明記されていないため、規則的に決定することは現実的ではない。

### 3 アルジス・テージスの推定

#### 3.1 楽譜の収集とデータ化

先行研究 [3, 4] からキロノミーが付けられた楽譜としてグレゴリオ聖歌 20 曲、クラシック曲 12 曲を収集した。楽譜から複合拍の境界とアルジス・テージスを判別し、楽譜と複合拍の境界、アルジス・テージスラベルを付けたデータ (MusicXML) を作成した。グレゴリオ聖歌のデータをデータセット G、クラシック曲のデータをデータセット S とする。

#### 3.2 特徴量の抽出

作成したデータセットから、複合拍毎に特徴量を抽出した。収集した楽譜とソレムのリズム理論による旋律線の研究 [4] により検討した特徴量を表 1 に示す。た

Automatic estimation of Chironomie  
†Kana TATSUMI †Shinji SAKO  
†Nagoya Institute of Technology

表 1: 特徴量

A	複合拍単位での曲における位置
B	複合拍単位での前後の音高平均の関係 (低い, 変化なし, 高い)
C	複合拍内での音高変化 (下降傾向, 変化なし, 上昇傾向)
D	複合拍単位でのスラー内における位置
E	スラー内において最高音を含むか
F	スラー内かつ直前の複合拍が最高音を持つか
G	直前の複合拍の特徴量
H	直後の複合拍の特徴量

表 2: 実験 1 の結果

dataset	Classifier	average	max	min	range
G	SVM	77.5	88.9	64.3	24.6
	Tree	77.5	88.9	65.1	23.8
	Random Forest	77.5	89.7	62.7	27.0
S	SVM	53.7	69.7	34.8	34.8
	Tree	88.6	100	68.1	31.9
	Random Forest	89.1	100	75.0	25.0

だし、グレゴリオ聖歌にはスラーがないためデータセット G では特徴量 A, B, C, G, H を、データセット S では全てを採用した。

## 4 実験

作成したデータセットを用いて機械学習によるアルジスとテージスの分類実験を行った。ライブラリは scikit-learn を利用した。

### 4.1 分類器の検討 (実験 1)

採用する分類器を決定するために3つの分類器(SVM(ガウスカーネル), 決定木 (CART), Random Forest) について実験を行った。全ての分類器で, scikit-learn Version 1.0.1 におけるデフォルトのパラメータで行った。試行回数は 10,000 回とした。

#### 結果と考察

各データセット・各分類器の分類精度を表 2 に示す。ただし, average は 10,000 回の試行の平均, max・min はそれぞれ最大・最小, range は精度の値の範囲を示す。データセット G について, 平均精度はどの分類器もほぼ同じであった。また, データセット S では Random Forest が全ての値において最高である。

ここで, データセット G とデータセット S について, 同じ特徴量 (特徴量 A, B, C, G, H) を用いて Random Forest により分類した場合の特徴量の重要度を比較する。特徴量の重要度とは, 分類においてその特徴量による分割がどれくらい寄与しているかを表すものである。各データセットの特徴量の重要度を表 3 に示す。結果から, データセット G と S では重要となる特徴量が異なることがわかる。本研究では西洋クラシック音楽

表 3: 各データセットの特徴量の重要度

dataset	A	B	C	G	H
G	31.6	0.7	0.8	26.5	26.4
S	15.6	0.2	24.0	28.5	30.5

表 4: 実験 2 の結果 (Random Forest)

Feature	average	max	min	range
All	89.1	100	75.0	25.0
-A	89.7	100	73.6	26.4
-F	90.1	100	75.0	25.0
-A, F	90.8	100	76.4	23.6

を対象として推定を行うため, データセット S を用いることとする。

### 4.2 有効な特徴量の選択 (実験 2)

分類に有効な特徴量を調査するために, 特徴量を A から F まで 1 つずつ減らして実験を行った。分類器は Random Forest を用いた。

#### 結果と考察

全ての特徴量を用いた場合よりも精度が高くなったもののみを抜粋した結果を表 4 に示す。ただし, 特徴量全てを用いた場合を All, A を除いたものを -A, F を除いたものを -F, A と F の二つを除いたものを -A, F とする。特徴量 A を除いたものが精度が高くなった理由は, 特徴量 G と H が特徴量 A を兼ね備えた特徴であることが考えられる。同様のことが F と G についても言える。以上から, A, F を除いた場合に平均精度 90.8%, 範囲 23.6% と最も良い結果となった。

## 5 むすび

本研究では単旋律音楽の楽譜に対してキロノミーに準じた旋律線を描画するために, 複合拍に対するアルジスとテージスを自動推定する手法について検討した。今後は, キロノミーが音楽情報の可視化に有用であるか, 評価実験を行う。また, 本研究では楽譜という視覚情報に対するキロノミーの付与を検討したが, 音楽の聴覚情報の可視化にも試みたい。

## 参考文献

- [1] Delfina M. et al. : “Visualization and Music Harmony: Design, Implementation, and Evaluation” International Conference Information Visualisation (IV), pp.498-503, 2018.
- [2] Eric I. : “What You See Is What You Get: on Visualizing Music”, International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR), pp.389-395, 2005.
- [3] 水嶋良雄 : “グレゴリオ聖歌”, 音楽之友社, 1970.
- [4] 津曲滋子 : “ソレムのリズム理論による旋律線の研究”, 相愛女子大学, Vol.9-10, No.2-1, pp.174-153, 1963.