

# 音符情報による現代合唱作曲者の数理的分類

明治大学 総合数理学部 現象数理学科4年 池田研究室

## 1.背景

動機：自分が合唱をしていて「この曲は信長 貴富っぽい」「さすが松下 耕だな」と感じる時がある。合唱関係者が作曲家らしさに対して言うときがある  
**数理的に根拠を持って楽曲を評価することはできないか**

先行研究：「楽譜情報からの作曲家らしさ認識のための音楽特徴量の提案」  
「音楽知識に基づく音高・音長の組合せ特徴量を用いたMIDIデータからの作曲家判別」  
クラシックの作曲家を様々な特徴量を用いて分類した  
音符情報のみで、作曲家を時代や国・地域での分類に成功していた  
**他の音楽形式、合唱ではどうか**

## 2.研究の目標

**現代合唱曲の作曲者を  
特徴量を用いて数理的に分類する**

## 3.研究の設定

### 曲をデータ化する

楽譜：混声4部合唱の曲（ピアノ伴奏曲を含む）

作曲者：『パナムジカ2018年 日本の混声合唱作曲者』  
千原 英喜 松下 耕 木下 牧子 北川 昇 信長 貴富 の5人

データ：MIDIデータ（拡張子.mid）を使用  
時間における音の入切がデータ化されている



図1 音符の例  
音高：67  
音長：960

### データから特徴量を得る

#### 特徴量1：音高の平均・分散・歪度・尖度

楽曲の全パートの音高を元に計算する。  
使用する音高の高低、散らばり具合、偏り、分布の裾を見る。

#### 特徴量2：和音の幅・同時発音数

ある時刻の、和音の状態を数値化する。  
和音の幅は、半音差を1として、最大音高と最低音高の差を計算する。  
同時発音数は、音符のあるパート数を計算する。

楽曲に対し、出現している和音の幅・同時発音数が占める時間割合を扱う。

#### 特徴量3：リズム比

各パート内の、ある音符と隣り合った音符の音長の比を計算する。  
休符が隣り合っている場合、リズム比として計算しない。  
0.5と2など逆数の比が出現するが、同一のものとして認識する。  
楽曲に対し、出現しているリズム比が占める時間割合を扱う。

## 4.階層的クラスター分析のアルゴリズム

Step1 各データが孤立したクラスターを形成する状態から開始

Step2 全てのクラスター対の間の距離を計算する

Step3 最も近いクラスター対を併合し新しいクラスターを作成

Step4 新たなクラスターと他のクラスター間の距離を求める

Step5 クラスター数が1になるまでStep3とStep4を繰り返す

## 5.使用する式

### クラスターの定義：

1.  $i$  番目のクラスターを  $C_i$  で表し、 $p$  番目の対象  $x_p$  が  $C_i$  に属することを  $x_p \in C_i$  で表す。
2.  $n_i$  を  $C_i$  に属する対象の個数とする。
3.  $C_i$  と  $C_j$  の非類似度を  $d_{ij}$ 、 $x_p$  と  $x_q$  の非類似度を  $d_{pq}$  で表す。

ユークリッド距離：
$$d_{pq} = \sqrt{\sum_{t=1}^r (x_{pt} - x_{qt})^2} \quad (x_p, x_q \in \mathbb{R}^r)$$

ワード法：

$$d_{ij} = \frac{n_i n_j}{n_i + n_j} \quad d_{pq}, p = \frac{1}{n_i} \sum_{x_p \in C_i} x_p, q = \frac{1}{n_j} \sum_{x_q \in C_j} x_q, d_{pq} = \sqrt{\sum_{t=1}^r (p_t - q_t)^2}$$

## 6.解析結果・考察

表1 作曲者の色分け

名前	色
千原 英喜	緑
松下 耕	青
木下 牧子	黄
北川 昇	紫
信長 貴富	赤

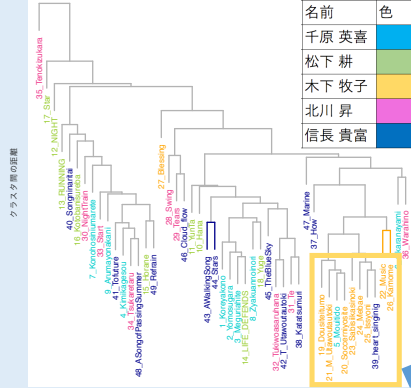


図2 曲のクラスタリング結果

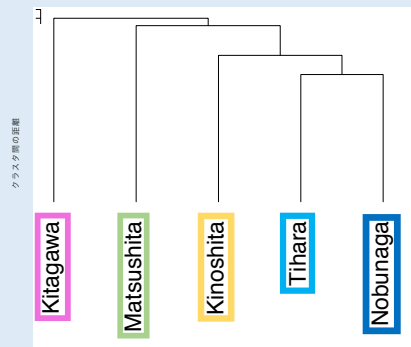


図3 作曲者のクラスタリング結果

### 楽曲のクラスタリング

- ・木下の19~26がまとまっている  
それぞれの作曲の特徴が似ている
- ・17, 35の分類が遅い  
特殊なリズム比が多く他の楽曲と違うと認識している  
17は明らかに違う  
35は今後の課題

うまくまとまっているグループ

### 作曲者のクラスタリング

- ・鎖効果が発生  
クラスタリング結果として良くない  
改善が必要
- ・北川が最後にまとめられている  
35の影響が強い

鎖効果は特定のリズム比が原因 → 特徴量を調整  
リズム比の項目が多い → 特徴量1, 2を重み付け

リズム比が83項目に対して、音高が4項目しか使用していない。また、和音の幅が38項目、同時発音数が9項目出現している。そのため、音高・和音の幅・同時発音数に対し、リズム比のデータと同程度の影響力を与えるため、重み付けをした。音高を20倍、和音の幅を2倍、同時発音数を10倍した結果を示す。

### 重み付けデータの分析結果

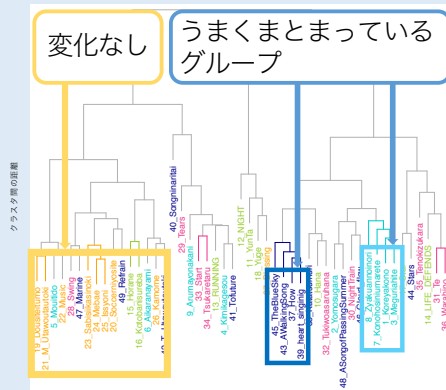


図4 楽曲の結果

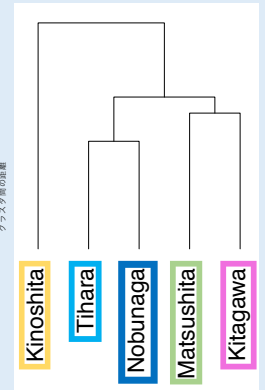


図5 作曲者の結果

- ・作曲者のクラスタリングの鎖効果が解消された
- ・千原と信長の曲にまとまりができています
- ・木下が他の作曲者と離れている  
合唱において、音高や和音の幅・同時発音数が重要

## 7.結論

- 音符情報による特徴量によって現代合唱曲の作曲者を分類できた
- 音高や和音の幅・同時発音数に重み付けすることで、合唱作曲者の分類結果が改善した