

分散型エデュテインメントの生成

松田 稔(総合情報学部メディア情報文化学科)

秋山 好一(前短期大学部)

Distributed Edutainment System

Minoru Matsuda, Kouichi Akiyama

This research has held by the Foundation of University Joint Promotion. The research contents can be divided into three major parts, named the archive(database) part, the sound source part and the sound production part.

In these parts, the archive part is already completed mostly and some effective results have been obtained by various fields. Especially, the analysis of the Japanese diapason pattern extraction is effectively driven from the Mudas(Mudas: Music Data Analyzing System). However, the sound source and sound production parts have been carried out.

1. はじめに

著者らは平成 11 年度の大学共同研究推進費を導入して研究を行った。この研究課題の中では、データの格納しているアーカイブ部分、分散データを利用する部分、音源の制作部分の計画を行った。この中でデータベースは完成していて、それらをもとに、種々の検討によりいくつかの成果を得ている。とくに、楽曲の分析については今回作成したデータベース(Mudas: Music Data Analyzing System)を効果的に利用して研究が進捗した。しかし、音源部については、試作を繰り返しており、現在も研究を継続中である。以下は、今回の推進費により研究が推進した部分を総括的に述べることにする。

2. スペクトル傾度に基づく旋律パターンの関係ⁱ

2.1 測定について

人間は音楽を聞くときに、どのようなジャンルのものかを容易に判定できる。これらは、被験者が感性的に「何々の、何々らしさ」とその特徴を容易に判断できるからであろう。譜面情報は聴覚より得られる、いわゆる音楽情報の根幹をなすものである。これは、譜面情報から演奏者が音楽を簡単に再現することができるということから見当がつく。これらは、譜面情報から得られる音高 p と音価 t をもとに、

$$N = P \times T = \{(p, t) | p \in P \wedge t \in T\} \quad (\text{eq. 01})$$

その推移閉包 N^* を考え、

$$M \subset N^* \quad (\text{eq.02})$$

その中で音楽的に何かの意味のあるものを対象とすることにした。したがって、楽曲の特徴は、この M 、つまり音符列から推定することが可能と考えた。本研究では、この M について、個数 4000 程度の収集を行い、それらをアーカイブ化している。

旋律の類似関係の研究は、音楽学、計算機科学領域の研究者によりなされてきた経緯があ

る。旋律の類似性については、周期的に反復・循環する律動、旋律を構成するものを選び出し、音階形に整理した旋法をもとに評価するもの、合成された音である和音、その輪郭などから類推するものなどが考えられる。本論文での研究は、音高パターンの旋律線の類似性を取り扱っているために、輪郭の類似関係の研究の領域に入ると考えてよい。この分野に近いものとして、旋律の類似性要因を取り扱っている宮坂らやパターンそのものの類似性を扱った矢向などの研究がある。さらに、旋律を関数表現して類似性を検討した、平賀や Deutsch などの研究もある。

この輪郭からの旋律の評価は、パターンマッチング手法をもとに行われたものが支配的である。この類のまとめとしては、Hewlett らの編纂による特集が著名である。いずれにしても、旋律的類似関係は主観による要素も無視できず、その分析には確立した手法が存在しない。著者らは、楽曲の類似関係を旋律線のスペクトル分析から取り扱うとあう考え方を踏襲しており、この考え方の他の論文は見当たらないというのが現状である。

一曲の音符列を、

$$(p_i), (t_i) \quad \text{where } i=\{0, 1, 2, \dots, e-1\} \quad (\text{eq.03})$$

として、音高を 1 オクターブを対数周波数的に等分した値を用いた。

つぎに、このデータを平滑化し、線形予測法によりパワースペクトル包絡を求めた。音符を表現する場合に、曲の中に存在する休符の取り扱いが問題とされるが、ここでは、休符の前音高の連続として処理した。

特徴パターン **C** の要素 **cf** は、周波数 1 から **f** までのパワースペクトルの分布をべき型 1 次近時したものであり、両対数軸上で最小 2 乗法で直線近似したときの傾きとして求めた。

C は 4 次元の特徴ベクトル

$$\mathbf{C}=(c_1, c_2, c_3, c_4) \quad (\text{eq.04})$$

とした。ここでの要素 **c** は上記のスペクトル傾度を示している。つまり、この特徴ベクトルは、スペクトル傾度を要素とするベクトルとして表現される。

分析対象曲 *i* と *j* との単純類似度は、

$$d_{ij}(\mathbf{C}_i, \mathbf{C}_j) = \frac{(\mathbf{C}_i, \mathbf{C}_j)}{\|\mathbf{C}_i\| \cdot \|\mathbf{C}_j\|} \quad (\text{eq.05})$$

で計算される。ここで、ファジィ関係行列 **R** を

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} d_{11} & & \\ & d_{ij} & \\ & & d_{nn} \end{pmatrix} \quad (\text{eq.06})$$

と表現する。ただし、 d_{ij} は反射則、対称則、推移則を満たす。推移的な条件は、**n** 次の可達行列

$$R_n = \bigtimes_{i=1}^n R \quad (\text{eq.07})$$

を求めればよく、これが類似関係行列 S とする。この類似関係行列は、いくつかのクラスタを構成する。

$$S=R_n \quad (\text{eq.08})$$

これを日本の楽曲 531 曲に対して行った結果、少なくとも 2 曲以上のクラスタを形成する場合だけで 15 通りの階層からなるクラスタリングの結果を得た。ここで、これらの楽曲は 529 番目の階層では、ほぼ 2 分に集群するという注目すべき結果となった。

この結果は、日本の楽曲が大きく 2 種類に分類できることを示唆しており、これまで小泉らの指摘とも合っている。

さらに、音高パターンを 1 次マルコフ家庭モデルとして捉え、音高パターンのスペクトル傾度と旋律進行における音列の相関関係についての調査も行った。

2.2 旋律線の特徴

旋律線全体を眺めたときに、集合 1 では、

- ①曲線にそって複雑なゆらぎが予想され、次の音を予測できる割合が徐々に低下していくというパターンを持つ
- ②近い音符での相関(局所的相関)が強い

もう一つの集合では、

- ①曲線はゆらぎが小さく、音符では広域的相関が強い
- ②ただし、遠い音符間(4 分音符 8 個程度より)では急激に相関性は下がる

という傾向を持つことが判明した。

このように、非常に小さな特徴ベクトルから 2 本の楽曲を 2 種類に分割することが可能であることが判明した。これらは、小泉らの指摘による日本の楽曲の「演歌」とそれ以外という分類と照らし合わせても、このモデルは正当判別となっている。さらには、楽曲における「何々らしさ」という情報が譜面上の周波数軸で捉えた低い周波数帯のスペクトル傾度に強く依存することを示している。

3. 日本の楽曲の旋律の特徴ⁱⁱ

日本の楽曲は様々な分野で研究がなされているが、科学的に多くのデータをもとに分析されたものは少ない。ここで、本研究では、2 項で述べた成果と同じように eq01 を基本的にして日本の楽曲の「時代的な変遷の分析」を行った。対象は、ポピュラー音楽に属する広いジャンルを選択し、曲数 2777(note 数は 300,000)と参照用の賛美歌 576 曲、すべては歌唱可能な曲を対称とした。

曲数(時代区分)は、480(1884-1947 前期)、472 (1947 後期-1959 前期)、475 (1959 後期-1968 前期)、478 (1968 後期- 1976 前期)、447 (1976 後期-1981 前期)、425 (1981 後期-1986)である。

3.1 ゆらぎ

式(eq.01)で与えられるデータを定型(N:2048)の時系列データに変換して、そのゆらぎを測定した。

$$(p_i, t_i) \xrightarrow{DC} (y_i) \quad (eq.09)$$

$$p_i \in P \wedge t_i \in T \wedge y_i \in Y, i \in \{0, 1, \dots, e-1\}, j \in \{0, 1, \dots, N-1\}$$

その結果より本研究では、最小二乗法を用いて近似した勾配 f を求め、それを「ゆらぎ」としている。勾配 f が-1に近いときに人間は心地よいと感知することが以前に報告されているが、本研究により、時代とともにこの勾配は0に近づく(雑音的)ように変化しており、本研究で扱う範囲の曲については、年々雑音に近づいていることが判明した。つまり、音楽の聴取者は年々複雑な方向に好みが移っていると考えられる。この事実を外挿して曲の推移を推定すれば、西暦3000年ごろには、雑音と音楽の区別がつかなくなることになるだろう。この逆に過去にさかのぼり同様に外装した結果からは、他の楽曲の起源の報告と大体あっていることが判明した。

3.2 音程種出現度

一曲中に現れる音程種を V とする。

$$V = \#\{p_i\} \quad \text{where } i \in \{0, 1, 2, \dots, e-1\}. \quad (eq.10)$$

その種類 e の $x\%$ が出現する位置を j とする。

$$\exists j \{ \#\{p_k\} \geq V \cdot x \} \quad (eq.11)$$

$$\text{where } k \in \{0, 1, 2, \dots, j-1\} \wedge 0 < x < 1$$

このように考えると、一極全体の長さで j を無次元化する。これを音程種出現率(ARP)と定義する。

$$ARP = \frac{T_j}{T_e} \quad T_e = \sum_{i=0}^{e-1} t_i, \quad T_j = \sum_{k=0}^{j-1} t_k \quad (eq.12)$$

このようにして、 x に80%を採用して検討を行った。その結果、この80%音程種出現率の位置は、時代的により早期に移行している傾向が判明した。この事実は、曲の出だしに近い位置がバラエティに富んでいる曲が好まれるという傾向にあることを示唆している。

3.3 曲の情報量

音高から次の音高へ変化する状態推移関数を次のように考えることにする。

$$\delta : P \times X \rightarrow P \quad (eq.13)$$

$$\text{where } P = \{p_0', p_1', p_2', \dots, p_{11}\}.$$

この状態グラフは確率 $x \in X$, $\delta(p_i', x) = p_j'$ のもとに tone chroma $p_i' \in P$ と $p_j' \in P$ の結合と考えればよい。したがって、この状態推移関数の結合マトリックス A は

$$A_{ij} = \{x \in X \mid \delta(p_i', x) = p_j'\}. \quad (eq.14)$$

となる。Chroma 列の可達は $w \in X^*$ である。このようにして、状態推移関数の推移閉包は、

$$\delta^* : P \times X^* \rightarrow P \quad (\text{eq.15})$$

となる。この Chroma w が存在するとすれば、

$$\exists w \in X^* (p_j' = \delta^*(p_i', w)) \quad (\text{eq.16})$$

p_j' は p_i から可達であると考えてよい。楽曲においては A^e の可達を考えることにした。ここで、 e は一曲中の音符数である。ここで、一曲の情報量は、

$$AMI = - \sum_i \frac{\log_2 x_i}{n} \quad (\text{eq. 17})$$

where $i = \{0, 1, \dots, e-1\}$, $w = (x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_{e-1})$.

として定義した。この結果によれば、時代ごとの情報量の平均はあまり変わらないが、最大から最小までの幅が大きくなっていることが判明した。このことは、比較的ありふれた音程経路を経ている曲と、その逆にこれまでにあまり用いられていない音程経路を経た曲とのレンジが年とともに大きくなっていることを意味している。

4 おわりに

この論文では、上述のもの以外に曲に評価に関するいくつかの定義を採用して分析を行っている。これらの分析は、これまで、ともすると音楽の器楽演奏や声楽などの専門家による定性的な評価とは異なり、多面的な指標を与えているものと確信する次第である。これらのものは、ここで作成した mudas データベースに依存するところが大きい。今後は、これらの分析を踏まえて、自動作曲、編曲などを行いたいと考えている。

ⁱ 秋山、濱、松田、”スペクトル傾度に基づく演歌旋律パターンの類似関係,” 日本音響学会誌 56,6,pp.418-426(2000)

ⁱⁱ Kagemasa Kouzuki and Minoru Matsuda, “The Transition of Diapason Patterns in Japanese songs,” Proc. of 11th Biannual IASPM Conference(2001)

