

## 旋律の音高変化に基づく楽曲特徴量についての検討

堀野 義博†, 佐藤 聡†††, 黒木 進††, 北上 始†

† 広島市立大学情報科学部

†† 広島市立大学情報科学部/科技団さきがけ研究2 1

〒 731-3194 広島県広島市安佐南区大塚 3-4-1

E-mail:{horino,kuroki,kitakami}@db.its.hiroshima-cu.ac.jp

††† 筑波大学電子・情報工学系

〒 305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail:akira@cc.tsukuba.ac.jp

**あらまし** 本研究では、旋律の音高推移という特徴に着目し、これによって楽曲がどのように分布するかを調べた。旋律の音高推移を調べる方法として、前後の音の間の音高差を用いる方法がこれまでに提案されてきた。これに対し、本研究では旋律を部分単音列に分割し、その部分単音列ごとの音高推移を用いる方法を新たに提案する。提案する特徴量は、従来の特徴量と比べて楽曲を特徴量空間上に偏りがより少なくなるようにマッピングすることができた。また、音高推移特徴量と感情価との関係を調べるための予備実験を行なった。その結果から、提案する部分単音列による音高推移特徴量と高揚・抑鬱の感情価との間に相関関係があると予測することができる。

**キーワード** データベース, 音楽作品, 旋律, 音高推移

## Consideration on Melodic Features of Music Works from Pitch Transition

Yoshihiro HORINO†, Akira SATO†††, Susumu KUROKI††, Hajime KITAKAMI†

† Faculty of Information Sciences, Hiroshima City University

†† Faculty of Information Sciences, Hiroshima City University/Presto JST

3-4-1, Ozukahigashi, Asaminami-Ku, Hiroshima-shi, Hiroshima, 731-3194, Japan

E-mail:{horino,kuroki,kitakami}@db.its.hiroshima-cu.ac.jp

††† University of Tsukuba, Institute of Information Sciences and Electronics

1-1, Tennoudai 1-chome, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-8577, Japan

E-mail:akira@cc.tsukuba.ac.jp

**Abstract** We have investigated where music works are located in their feature space in terms of melodic features from pitch transition. To locate them better, we propose new melodic features from pitch transition. The features describe the distribution of the differences between the pitches of both ends of small single note sequences. The single note sequences result from subdividing melodies. The proposed features can map music works into their feature space so as to distribute them in wider space than the usual ones. The distribution also suggests that the features we propose have stronger correlation with the affective value than the usual ones.

**Key Words** Database, Music works, Melody, Pitch transition

## 1 はじめに

音楽作品の検索には、曲名や作曲者などの書誌情報を利用した検索が現在一般的である。しかし、書誌情報に基づく検索には未知の楽曲の検索が困難であることや、楽曲の印象による検索が不可能であるという問題点がある。

そのため、音楽作品の音楽的特徴や心理的効果を利用した分類が提案され、いくつかの研究報告がされている [3][4][5][6]。これらの研究では、重回帰分析 [3][6] やニューラルネットワーク [4][6] によって音楽作品の音楽的な特徴と心理的側面を示す感情価との関係を解析し、感情価を特徴量から自動生成するという試みがされている。

このとき、楽曲の音楽的特徴を示す特徴量にどのようなものを採用するかが重要な問題となる。どの研究報告においても音楽理論をもとにして特徴量を決定している。しかし、採用した特徴量の効果については詳しく調べられておらず、楽曲の特徴量がどのように分布するかは明らかでない。

そこで本研究では、音楽理論の上でも重要であり、これまでの研究報告でも頻繁に取り上げられている旋律の音高推移という特徴に着目する。従来の研究での特徴量と本研究の提案する特徴量の双方を用いて、楽曲の分布を調べ、特徴量の性質を検討する。また、音高推移特徴量と感情価との関係について予備的な実験を行った。

## 2 音高推移特徴量について

### 2.1 旋律抽出法

音高推移特徴量の対象となる旋律の抽出法について説明する。本研究では、Standard MIDI File(以下 SMF とする) 形式のデータを対象としており、以下のような流れで旋律の抽出を行なっている。

(1) **チャンネル内の単音化** 各チャンネルが同時刻に 1 音だけ発音される音列になるような処理を単音化という。ここでは同時刻に発音される音のうち、最も音量の大きいものを選択する。最も大きい音が複数ある場合は、そのうちで最も音高の高い音を選択する。



図 1: チャンネル内の単音化

(2) **単音列の分割** 単音化された各チャンネルの単音列を、発音間隔と前後の音高差の積が最も大きい部分で分割する処理を、部分単音列がある長さ以下になるまで再帰的に行う。本研究では、再帰処理の終了条件である最大部分単音列長を 15 音とした。

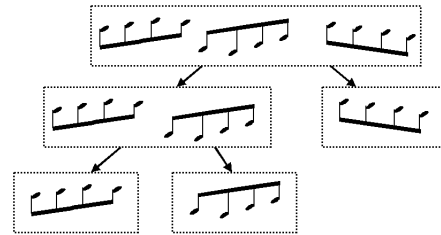


図 2: 単音列の分割

(3) **旋律抽出** チャンネル間で同時刻に存在する部分単音列のうち、平均音量の最も大きいものを旋律を構成する部分単音列として選択する。平均音量の最も大きい部分単音列が複数ある場合は、平均音高の高いものを選択する。平均音量  $\bar{v}$  は式 (1) のように求める。平均音高についても同様にして求める。

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (1)$$

ただし、 $v$  は各音の音量、 $n$  は部分単音列内の音数を表す。

このような方法で旋律抽出を行う。

## 2.2 音高推移特徴量の定義

本研究では、以下の2種類の音高推移特徴量について検討を行った。

(1) 局所的な音高推移 まず、従来の研究[3][4][5]で採用されている前後の音高差による局所的な音高推移特徴量について説明する。現在の音の高さ  $p_i$  と次の音の高さ  $p_{i+1}$  の差によって次のように音高の推移方向を分類する。

$$\begin{aligned} p_{i+1} - p_i > 0 &: \text{上昇} \\ p_{i+1} - p_i = 0 &: \text{水平} \\ p_{i+1} - p_i < 0 &: \text{下降} \end{aligned} \quad (2)$$

音高の推移方向が決定した後に、その発音間隔を該当する方向の累積時間に加算する。こうして得られた音高の推移方向の累積時間を、3分類すべての累積時間の和で割って、各推移方向の占有時間の割合を求める。これを楽曲の音高推移特徴量とする。

(2) 部分単音列の音高推移 次に、本研究が提案する、旋律を構成する部分単音列ごとの音高推移を用いる方法について説明する。まず、旋律を構成する部分単音列ごとに、その内部の音列について、時間を説明変数、音高を目的変数とした回帰分析を行なう。このとき得られた回帰直線が部分単音列の開始から終了までの間にどれだけの音高変化があるかによって部分単音列の推移方向を決定する(図3)。推移方向は 1.5音(3半音)をしきい値として上昇、水平、下降のいずれかに分類する。これらの推移方向を持つ部分単音列が、それぞれ旋律全体の時間に対して占める割合を、楽曲の音高推移特徴量を定義する。

## 3 音高推移による楽曲の分布

本章では、従来行われてきた前後の音の音高差を利用した局所的な音高推移の特徴



図3: 部分単音列の音高推移

量と、部分単音列の音高推移を用いた音高推移特徴量による楽曲の分布を比較する。解析する楽曲には、Web上<sup>1</sup>で公開されているクラシックのSMF形式のデータを用い、その曲数は1947曲である。

### 3.1 局所的な音高推移を用いる方法

局所的な音高推移を楽曲ごとに計算し、上昇と下降による楽曲の分布を調べた。その結果を横軸を上昇の割合、縦軸を下降の割合としてグラフにプロットした(図4)。

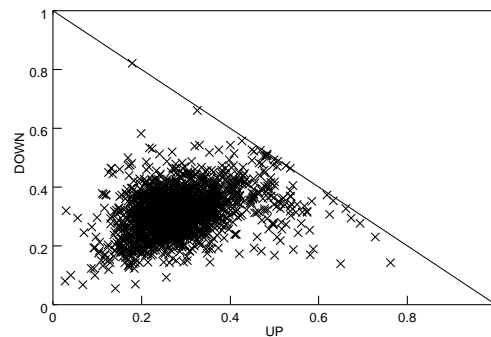


図4: 局所的な音高推移による楽曲の分布

図4から、局所的な推移を用いた場合には楽曲が  $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3})$  付近に集中するという結果が得られた。

### 3.2 部分単音列を用いる方法

次に、本研究で提案する回帰分析による部分単音列内の変化量を用いる方法について、同様に上昇と下降による楽曲の分布を調べた。その結果を図5に示す。

<sup>1</sup><http://www.prs.net/midi.htm>

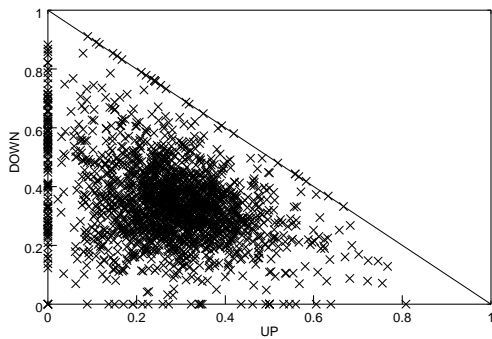


図 5: 部分単音列の音高推移による楽曲の分布

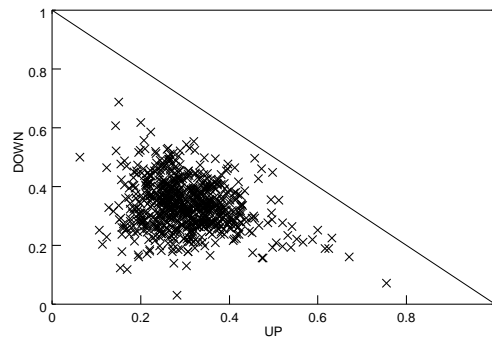
図 5 から、部分単音列の推移を考えると、音を用いる場合より楽曲の特徴量が広範囲に分布するようになることがわかる。しかし、この方法によってもまだ  $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3})$  付近に集中する傾向は残っている。

### 3.3 部分単音列数による分布の違い

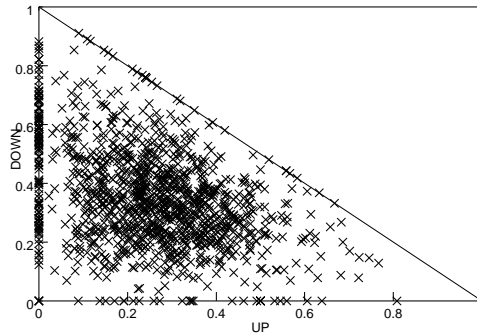
図 5 の中でも三角形領域の 3 つの辺に近い点で表される楽曲を調べると、部分単音列の数が比較的少ないという共通点があった。そこで、部分単音列の数による分布の違いを調べるために、楽曲の部分単音列数が 100 個以上の楽曲と 100 個未満の楽曲の 2 種類に分けて、その分布を調べた (図 6)。

ここで、図 6(a) では、点が  $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3})$  付近に集まるように分布しているのに対し、図 6(b) はより偏りの少ない分布となっていることがわかる。この結果から、楽曲の分布が  $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3})$  付近に集中する原因は部分単音列数の増加にあると考えられる。

図 6(a) のように楽曲がある一部に集中して分布しているようでは、これを楽曲の意味のある特徴であるとは言えない。本研究では、部分単音列が多い楽曲について音高推移特徴量の対象とする部分単音列を楽曲のある一部分に限定し、部分単音列数を制限することで分布の偏りを少なくできるのではないかと考えた。そこで、本研究では



(a) 部分単音列数 100 以上



(b) 部分単音列数 100 以下

図 6: 部分単音列数による分布の違い

楽曲の冒頭にある 10 個の部分単音列の音高推移を利用して楽曲の音高推移特徴量を近似するという方法で予備実験を行った。その結果、楽曲の分布は図 7 のようになった。

予備実験の結果から、部分単音列数の多い楽曲に対して部分単音列数の制限をすることにより、分布の偏りが減少すると予測できる。

## 4 音高推移と感情価の関係

ここまでで音高推移特徴量の定義の違いによる分布の違いについて述べてきた。本章ではその応用として楽曲の心理的側面を表す感情価を取り上げ、感情価の違いが音高推移とどのように関係するか調べる。感情価としては音楽心理学 [2] で提案されて

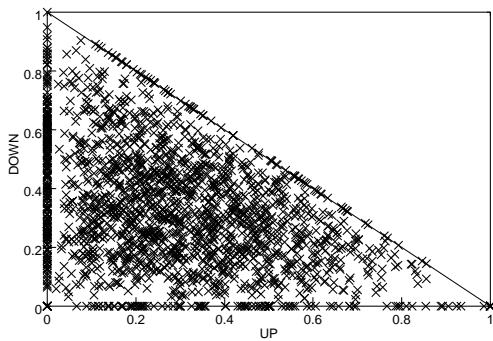


図 7: 冒頭の部分単音列による分布

いる感情価<sup>2</sup>を利用する．音楽理論 [1] の上で旋律の上昇は緊張を表し，下降は弛緩を表すとされているので，ここでは高揚・抑鬱成分<sup>3</sup>について議論する．

#### 4.1 実験方法

音高推移特微量と高揚・抑鬱の感情価との関係を以下の手順で調べた．

1. 心理実験 [2] によって感情価が求められている 90 曲の楽曲のうち，Web 上で SMF 形式のデータが公開されている 33 曲から，高揚成分が大きいものの上位 5 曲と，抑鬱成分が大きいものの上位 5 曲を選ぶ．
2. 楽曲の音高推移特微量を求めてグラフにプロットする．

#### 4.2 実験結果

この実験では，本研究でとりあげた 2 つの音高推移の解析法それぞれについて行った．局所的な音高推移の場合 (図 8)，部分単音列の音高推移の場合 (図 9) のそれぞれの結果を示す．グラフ中の四角の点 (□) が高揚成分が大きい 5 曲を，十字の点 (+) が抑鬱成分が大きい 5 曲を示し，点上の数字

<sup>2</sup>高揚・抑鬱，親和，強さ，軽さ，荘重の 5 種類．

<sup>3</sup>抑鬱は高揚の反転要素である．

は順位を表す．また，高揚・抑鬱の上位 5 曲の曲名を表 1 に示す．

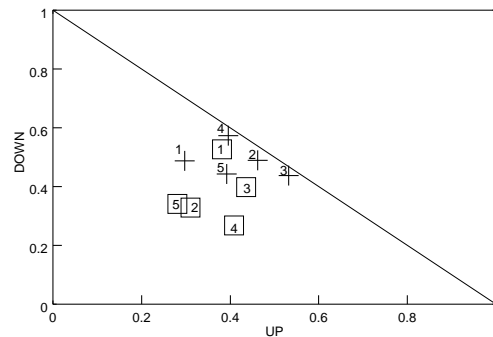


図 8: 局所的な音高推移と感情価との関係

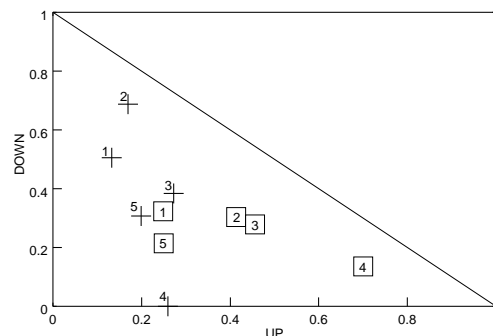


図 9: 部分単音列の音高推移と感情価との関係

#### 4.3 考察

実験の結果から，それぞれの音高推移特微量の解析法における感情価との関係について考察する．まず局所的な音高推移の場合 (図 8) は，分布が中央に集中しているために，感情価との関係も明確なものは見つけられない．それに対して，部分単音列の音高推移を考える場合 (図 9) では，高揚と上昇，抑鬱と下降の間に相関があるような傾向が見られる．この結果から，部分単音列の音高推移を用いることによって感情価との関係がより明らかになり，楽曲の分類に対して有効なものになるのではないかと予測できる．

表 1: 曲名リスト

順位	高揚上位曲名
1	ピカデリー
2	ラッパ吹きの休日
3	こうもり序曲
4	美しく青きドナウ
5	王宮の花火「序曲」
順位	抑鬱上位曲名
1	アルピノーニのアダージョ
2	ブランデンブルク第1番第2楽章
3	グノシエンヌ第4番
4	四季「秋」第2楽章
5	フルートソナタ変ホ長調第2楽章

## 5 おわりに

本研究では楽曲の旋律の音高推移に着目し、これによって楽曲がどのように分布するかを調べた。結果としてまず、従来の前後の音の音高差による局所的な音高推移特徴量では楽曲が一部の領域に集中してしまい、楽曲を十分に特徴づけることができないことがわかった。そこで本研究の提案する部分単音列ごとの音高推移特徴量を用いる方法について検証したところ、従来の方法よりは楽曲の分布の偏りを減らすことができるという結果が得られた。しかし、それでも分布が中央に集中する傾向は残っており、そこには部分単音列数の増加による推移方向の平均化という問題があることが明らかになった。この問題に対処する方法として、楽曲の一部によって全体を近似する方法を提案し、実験によりその効果に期待ができるという結果が得られた。しかし、楽曲全体を近似する部分をどのように同定するかは今後の課題である。

音高推移特徴量と感情価との関係についても実験を行なった。その結果から、本研究が提案する部分単音列の音高推移を用いることにより、音高推移特徴量と感情価の高

揚・抑鬱要素の間に何らかの相関関係が想定できるという結果が得られた。本研究の実験では心理実験済の楽曲が少ないため、音高推移特徴量と感情価との関係の傾向を示すことにとどまっている。今後の研究でさらに心理実験済の楽曲の SMF 形式のデータを収集したり、これらと同じ方法による心理実験を行うことで楽曲数を増やせば、さらに明確な関係について議論できるようになると考えている。

## 参考文献

- [1] 梅本 亮夫:「音楽心理学の研究」,ナカニシヤ出版,1996.
- [2] 谷口 高士:「音楽と感情」,北大路書房,1998.
- [3] 佐藤 聡, 菊池 幸平, 北上 始:「音楽データを対象としたイメージ検索のための感情価の自動生成」,情報処理学会研究報告 DBS-118,pp.57-64,1999.
- [4] 武藤 誠, 半田 伊吹, 坂井 修一, 田中 英彦:「音楽認知モデルによる感性情報抽出」,情報処理学会研究報告 MUS-36,pp.25-30,2000.
- [5] 吉野 太智, 高木 秀幸, 清水 康, 北川 高嗣:「楽曲データを対象としたメタデータ自動生成法とその意味的連想検索への適用」,情報処理学会研究報告 DBS-116,pp.109-116,1998.
- [6] 池添 剛, 梶川 嘉延, 野村 康雄:「形容詞対を用いた音楽データベース検索システム」,情報処理学会研究報告 MUS-33,pp.7-14,1999.