

ピアノロール画像の比較による 旋律類似性評価手法の検討 -音高の違いを考慮した旋律概形の比較-

日野達也[†] 鈴木泰山^{††} 野池賢二
徳永幸生[‡] 杉山精^{‡‡}

楽譜情報を利用した旋律類似性評価では、より多くの情報をもとに評価した方がより精密な類似性評価が可能となる。しかし、楽譜情報からすべての特徴を表現することは困難であり、旋律の類似性評価に有効な特徴は未だ明らかになっていない。そのため類似性評価に利用する特徴量を事前に選択することは難しい。そこで本稿では、楽譜情報をより多く利用するために楽譜情報からピアノロール画像を生成し、画像比較による旋律類似性評価を検討した。特に、音高は異なるが概形の似た旋律に対する類似性評価を向上させるため、ピアノロール画像を音高方向にずらして音列がもっとも一致する場合で類似性を評価する手法を提案した。また、数値計算による類似性評価手法との比較として、事例に基づく演奏表情生成システム“Kagurame Phase-II”で用いられている旋律類似性評価式による類似性評価結果との比較を行った。その結果、音高が異なっている構成が類似している和音などに対して提案手法が有効であることがわかった。

A Study of Phrase Similarity Evaluation by Comparing Piano roll Images

-Comparison of Note Sequence allowing for Pitch Differences-

Tatsuya Hino[†] Taizan Suzuki^{††} Kenzi Noike
Yukio Tokunaga[‡] and Kiyoshi Sugiyama^{‡‡}

Appending a score information for phrase similarity evaluation is effective. But it is difficult to express all score feature, and which feature is useful for phrase similarity evaluation is not clear. In this paper, we propose a method of comparing piano roll image as phrase similarity evaluation for using a lot of score information. To enable evaluation of note sequence allowing for pitch differences, proposed method moves piano roll image to pitch direction when comparing. In addition, we compared proposed method to the computation method using "Kagurame Phase-II". The result of comparison shows that proposed method is useful for evaluating note sequences allowing for pitch differences.

1. はじめに

現在の音楽情報科学の主要なテーマのひとつに、コンピュータによる表情の付いた演奏の自動生成がある[1][2]。コンピュータによって表情付けされた演奏をコンテスト形式で評価する試みである Rencon が 2002 年から定期的に開催されるようになり、今までに演奏表情生成システムが数多く発表されている[3][4][5][6][7]。

我々はこれまでに、事例に基づく推論手法を用いた演奏表情生成システム“Kagurame Phase-II” [8][9]の構築を行った。事例に基づく演奏表情生成では、人間によって行われた演奏を事例として、その演奏に見られる演奏表情を転写することで演奏データを生成する。Kagurame Phase-II では、表情付けの対象曲と類似している楽曲の演奏を事例として用いている。表情付けの対象曲との類似性を評価する際には、楽譜情報から抽出したリズムパターンや音高遷移などの数値的な特徴量を比較して楽曲の類似性を評価する。しかし、Kagurame Phase-II では楽曲の特徴を抽象化して扱っているため十分な類似性評価を行えていない[10]。楽譜のすべての特徴量を用いることが出来れば、より洗練された類似性評価を実現出来ると考えられるが、すべての特徴量を表現することは困難である。また、楽曲の類似性評価に適切な特徴量も明らかになっていないため必要な特徴量を事前に選択することも困難である。

本稿では、楽曲の特徴量をより多く用いた類似性評価を実現するために、楽譜情報から生成したピアノロール画像の比較による類似性評価を検討する。ピアノロール画像を用いることで楽譜の特徴量を抽象化することなく比較できるため、より多くの特徴を反映した類似性評価が可能となる。また、音高は異なるが概形は類似している旋律は演奏表情の生成に有効な事例であると考え、音高方向の違いを考慮した画像比較による類似性評価手法を検討する。具体的にはピアノロール画像を音高方向にずらして音列がもっとも一致する場合で類似性を評価する手法と、音高方向にグラデーションを付加したピアノロール画像を用いて類似性を評価する手法を提案する。

2. 事例に基づく演奏表情生成システム

本章では、Kagurame システムの概要と Kagurame Phase-II で用いている旋律類似性評価手法について説明する。

[†] 芝浦工業大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Shibaura Institute of Technology

^{††} 株式会社ピコラボ
Picolab Co., LTD

[‡] 芝浦工業大学 工学部 情報工学科

Department of Information Science and Engineering, College of Engineering, Shibaura Institute of Technology

^{‡‡} 東京工芸大学
Tokyo Polytechnic University

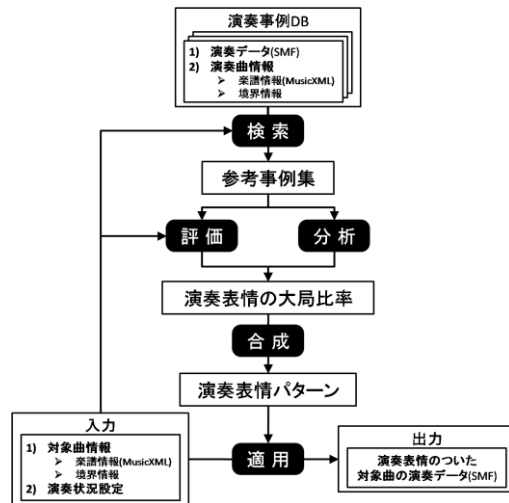


図 2.1 Kagurame システムの構成

2.1 システムの概要

Kagurame システムの構成を図 2.1 に示す。Kagurame では演奏表情生成に関する知識として演奏事例 DB を用いる。DB 中の個々の演奏事例は演奏データと演奏曲情報からなる。演奏データには人間による演奏を標準 MIDI 形式ファイル(SMF)で与える。演奏曲情報は演奏データに対応する楽譜情報と、音楽的なまとまり（旋律断片）を示す境界情報からなり、楽譜情報は MusicXML で与え、境界情報は独自フォーマットの XML ファイルで与える。対象曲情報は演奏曲情報と同様の形式で与える。境界情報は、個々の演奏事例と対象曲を旋律断片に分割する際に用いる。図 2.2 に示すように対象曲や演奏事例を様々な長さの旋律断片に分割し、旋律断片を対象に演奏事例を検索することで事例データのスパースネス問題に対応し、事例を効率よく活用している。

入力が与えられると、まず、対象曲を構成する旋律断片ごとに類似した演奏事例の旋律断片を演奏事例 DB から検索する。これによって、対象曲の旋律断片ごとに類似した旋律断片の集合が得られる。この集合を参考事例集とする。

次に、参考事例集に含まれる事例（参考事例）について重要度を評価する。重要度は、対象曲の演奏表情を生成する際に各事例がどの程度参考になるかを表すスコアである。参考事例の重要度は、対象曲と事例との旋律断片の類似性から決定する。したがって、対象曲の断片と参考事例の断片とが類似しているほど重要度が高くなる。また、参考事例の重要度の評価とともに参考事例の演奏表情を分析する。演奏表情は、

演奏データと楽譜とのずれという形で取り出すことができる。Kagurame では、演奏表情をテンポや音の強さなどの絶対的な数値ではなく、それを変化量の比率に変換した相対的な数値で扱っている。この相対的な変化量を演奏表情の大局比率と呼んでいる。

それぞれの参考事例に対して、重要度の評価と演奏表情の分析を行うと、重要度でスコア付けされた演奏表情の大局比率の集合が得られる。この集合における個々の演奏表情の大局比率を、重要度で加重平均して合成し、対象曲の演奏表情を生成する。最後に、生成した演奏表情を対象曲の楽譜情報に適用して、演奏表情のついた対象曲の演奏データの SMF ファイルを作成する。

2.2 Kagurame Phase-II における旋律類似性評価

旋律類似性評価は、類似事例の検索と重要度の評価をする際に用いている。Kagurame Phase-II では、以下の 4 種の旋律類似性評価式を用いて旋律の類似性を評価している。

- 1) **Length Evaluator**
 旋律断片の長さを評価する。旋律断片の拍数の比率から長さの類似性 D_l を求める。
- 2) **KeyRate Evaluator**
 旋律断片の相対的な音高の高低を評価する。相対的な音高は、評価対象の旋律断片の、その断片を包含する旋律断片に対する音高の比率とする。この音高の比率を用いて音高の類似性 D_k を求める。
- 3) **Rhythm Evaluator**
 旋律断片のリズムパターンを評価する。リズムパターンは、旋律断片を 16 個の枠に分割し、枠ごとの音符の分布とする。このリズムパターンを比較してリズムの類似性 D_r を求める。
- 4) **Harmony Evaluator**
 音価を考慮した音の分布を評価する。分布は、旋律断片中の音符を階名で表した時のそれぞれの音の分布とする。音階の特徴の類似性 D_h を求める。

これら 4 つの旋律類似性評価式によって求めた旋律類似性を式(1)により正規化して合計し、指数関数に適用して事例の重要度とする。

$$\text{重要度 } R(s_i, t_j) = e^{-(A_l D_l + A_k D_k + A_r (1 - D_r) + A_h (1 - D_h))} \quad (1)$$

ここで、 $A = (A_l, A_k, A_r, A_h)$ は重み付け変数であり、それぞれ 0 以上の値をとる。この変数 A を変化させることで、同一の楽曲に対して、異なる演奏表情を持つ演奏を生成できる。変数 A の各値が小さいときには、重要度の低い参考事例も含めて、複数の事例をもとに演奏表情が生成される。一方、 A の値が大きくなるにつれて、演奏表情の生成に使用される事例は重要度の高いものに絞られていく。

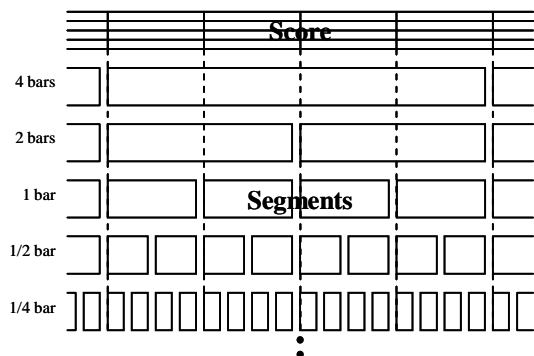


図 2.2 旋律断片への分割

3. 画像比較による旋律類似性評価

Kagurame Phase-II で用いている旋律類似性評価式において、リズムパターンの評価では旋律の長さによらず 16 分割したり、旋律中の音の分布の評価ではオクターブの違いを無視したり、音高の評価では旋律中の音高の平均値を用いるなど旋律の特徴量を簡略化、抽象化してしまっていた。そのため特に長い旋律に対して類似する旋律を選出できないといった問題がある。

そこで旋律の特徴量をより多く用いた類似性評価を実現するために楽譜画像の比較による旋律類似性評価を検討する。比較する画像にはピアノロール画像を用いる。五線譜は演奏記号が多く煩雑であり、1 小節の幅や段の配置が譜面によって大きく異なることが多いなどの理由から画像比較による類似性評価は困難だと考える。一方ピアノロール画像では楽曲によって異なるのが音列の配置のみであるため画像比較に適しているといえる。

3.1 ピアノロール画像の比較手法

比較に用いるピアノロール画像と対応する五線譜を図 3.に示す。ピアノロール画像はグレースケール画像であり、音符は音価に応じたグラデーションで表現する。画像の高さは 88 ピクセル、幅は楽曲の長さに応じた幅となり、音符を表す矩形の高さは 1 ピクセル、幅は 4 分音符を 32 ピクセルとしている。音符の拍位置に相当する画素を白 (RGB(255,255,255))、音符の終端を黒 (RGB(1,1,1)) としている。音符が無い部分の画素は黒 (RGB(0,0,0)) である。ピアノロール画像の比較によって旋律の類似性を求めるには対象曲画像と事例画像とで対応する画素の明度の差分を利用して求める。対象曲画像の各画素の明度を L_T 、事例画像の各画素の明度を L_S として相違性 D_{image} を式(2)によ

て求める。 D_{image} が 0 に近いほど旋律が類似しているため、 D_{image} の値の符号を反転して式(3)指数関数に適用して重要度 R_{image} を求める。



図 3.比較に用いるピアノロール画像と対応する五線譜

$$\text{相違性 } D_{image}(s_i, t_j) = \frac{\sum |L_T - L_S|}{\sum L_T + \sum L_S} \quad (2)$$

$$\text{重要度 } R_{image}(s_i, t_j) = e^{-D_{image}} \quad (3)$$

3.2 音高の違いを考慮した画像比較

3.1 で述べた手法では旋律中の音高が一致しないと類似性が低いと評価してしまう。しかし、例えばある上昇系の旋律に対して音高は異なるが同じ音程で上昇している旋律は類似性が高いといえる。このように音高は異なるが概形は類似している旋律は演奏表情の生成に有効な事例として扱うことが好ましい。そこで、旋律の概形の類似性を評価するためにピアノロール画像を音高方向にずらして最も音列が一致する場合で類似性を評価する手法と、音高方向にグラデーションを付加して類似性を評価する手法を提案する。

3.2.1 画像を音高方向へずらした比較手法

ピアノロール画像を比較する際に、音高方向つまり画像の縦方向にずらして比較を繰り返すことで音高が異なっても旋律の概形が類似している事例の類似性を適切に評価できると考える。画像をずらして比較するため、相違性を式(4)によって算出して旋律の音高の違いを加味する。 $Height$ は画像の高さ (pixel) であり、 $Overlap$ は画像の重なっている部分の高さ (pixel) となる。 $Overlap$ の最大値は $Height$ と等しくなるが、最小値は $Height$ の半分とした。この手法では画像を縦方向に 1 ピクセルずつずらしてその都度重なっている部分の明度の差を計算し、最も明度の差が少ない位置で類似性を評価する。したがって 1 つの旋律断片に対して何回も明度の差を計算するため、対象曲が長くなるほど、あるいは演奏事例 DB に収録される事例が増えるほど類似性評価に時間がかかってしまう。

$$\text{相違性 } D_{Shift} = D_{image} \cdot \frac{Height}{Overlap} \quad (4)$$

3.2.2 音高方向へのグラデーションを付加した画像を比較する手法

3.2.1 で述べた手法では事例の数が増えた場合などに処理時間が大幅に増加してしまう。そこで図 3.1 に示すような音高方向にグラデーションを付加した画像を比較する手法を検討する。図 3.1 に示した画像では各音の上下に 1 オクターブ分グラデーションを付加しているため音高の差が 1 オクターブ以内であれば明度の差が小さくなる。また、元の音高から離れるほど明度の差が大きくなるので、一度の比較で音高の差を考慮した評価結果が得られると考えられる。今回は事例のピアノロール画像のみに対してグラデーションを付加して比較を行う。

しかし、上下に同様のグラデーションを付加しているため比較する音符の音高が異なる場合に、それが高い方に異なっているのか低い方に異なっているのかが判別できず、旋律の評価が適切でなくなってしまう可能性がある。

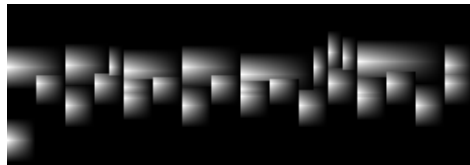


図 3.1 図 3. の画像の音高方向にグラデーションを付加したピアノロール画像

4. 実験結果

4.1 従来手法と画像比較による旋律類似性評価結果

旋律類似性評価の対象曲にはショパンの“Nocturne in B major, Op. 32, No. 1”の冒頭 8 小節を使用した。図 4.1 は対象曲の旋律断片であり、図 4.2, 図 4.3, 図 4.4 は図 4.1 に示す対象曲に対して従来の旋律類似性評価式による数値計算で旋律の類似性を評価した結果、上位 3 位となった事例のピアノロール画像と五線譜である。また、図 4.5, 図 4.6, 図 4.7 は 3.1 で述べた画像比較手法(Static Comparing: SC 法)によって図 4.1 に示す対象曲との旋律の類似性を評価した結果、上位 3 位となった事例のピアノロール画像と五線譜である。それぞれの評価結果を比較すると、数値計算よりも SC 法による評価結果のほうが旋律中の音符の音価について対象曲と類似しているといえる。また、SC 法による評価結果上位の事例には対象曲と同じ拍位置で発音される音符が多くみられるなど、数値計算に比べて旋律を構成する音符に対象曲との類似性がみられる。



図 4.1 旋律類似性評価の対象曲の旋律断片のピアノロール画像と五線譜

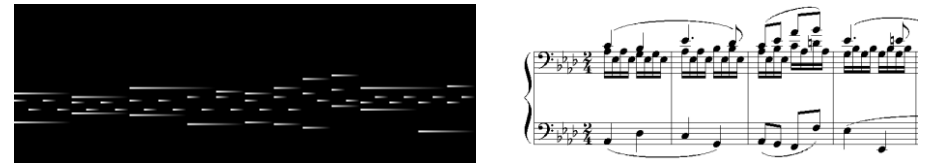


図 4.2 数値計算による旋律類似性評価結果 1 位の事例のピアノロール画像と五線



図 4.3 数値計算による旋律類似性評価結果 2 位の事例のピアノロール画像と五線



図 4.4 数値計算による旋律類似性評価結果 3 位の事例のピアノロール画像と五線

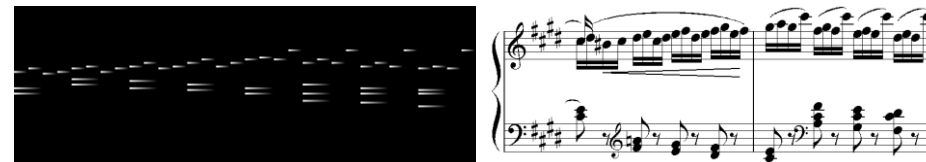


図 4.5 SC 法による旋律類似性評価結果 1 位の事例のピアノロール画像と五線譜



図 4.6 SC 法による旋律類似性評価結果 2 位の事例のピアノロール画像と五線譜



図 4.7 SC 法による旋律類似性評価結果 3 位の事例のピアノロール画像と五線譜

4.2 音高の違いを考慮した画像比較による旋律類似性評価結果

図 4.8, 図 4.9, 図 4.10 は図 4.1 に示す対象曲に対し, 画像をずらしながら比較して最も明度の差が小さくなる場合で類似性評価を行う手法(Dynamic Comparing: DC 法)によって評価した結果のうち, 上位 3 位となった事例のピアノロール画像と五線譜である. 図 4.8 の事例は上方向に 5 ピクセル, 図 4.9 と図 4.10 は上方向に 2 ピクセルずらした場合で類似性が評価されている. また, 図 4.11, 図 4.12, 図 4.13 は, 図 4.1 に示す対象曲に対して, ピアノロール画像に音高方向のグラデーションを付加した画像を比較して類似性を評価する手法 (Gradation Comparing: GC 法) によって評価した結果のうち, 上位 3 位となった事例のピアノロール画像と五線譜である. どちらの手法においても SC 法と同様に数値計算による類似性評価結果よりも旋律中の音符の音価が類似している事例が評価結果の上位となっている. このことから数値計算よりも楽譜情報を抽象化せずに類似性評価できているといえる.

DC 法の評価結果について, どの事例も上方向にずらした場合で評価されていることから伴奏などの低音部で一致する部分が多いことがわかる. 特に図 4.8 と図 4.9 の事例では伴奏部分に同じ音が多数出現しており, この部分が一致したとして評価されているといえる. しかし主旋律に関して, 図 4.8 の事例では数値計算や SC 法よりも音高の遷移などが対象曲に近いといえるが, 16 分音符のみが連なる旋律となっており対象曲の主旋律との類似性は低いといえる. 図 4.9 の事例においても数値計算や SC 法よりは対象曲に近い主旋律であるといえるが, 音高の遷移など類似性はそれほど高いとはいえない. また, 図 4.10 の事例は伴奏部分の音列が似ているとはいえず, 後半部分では伴奏部分が無いことなどから類似しているとはいえない. 今回の画像比較では明度の差分で類似性を判断しているため, 比較対象の事例に音符が少なく差が小さくなってしまったためだと考えられる.

GC 法の評価結果について, 図 4.11 と図 4.12 の事例をみるとどちらも音高では対象曲の旋律と近い範囲の旋律であるといえる. しかし, 上位 3 位のいずれの事例においても旋律中の音高遷移の類似性が低い. また, 図 4.13 の事例は図 4.10 と同じ事例であり, やはり類似性が低いことがわかる. GC 法では音高方向にグラデーションを付加したことで SC 法や DC 法のピアノロール画像よりも楽譜情報が抽象化されているが, 上下に同じグラデーションを付加したため, 対象曲の音列に対して全体的に音高が高い音列, 全体的に低い音列, 高い音と低い音の両方が旋律中に現れる音列の区別が困難であることがわかる.

DC 法と GC 法の旋律類似性評価結果を比較すると, DC 法による旋律類似性評価結果の方が対象曲と類似した旋律の事例が上位となっていることがわかる. 一方で, どちらの手法においても主旋律については高い類似性がみられず, 図 4.10 あるいは図 4.13 などの類似性が低いとみられる事例が上位 3 位以内となっていることがわかる.



図 4.8 DC 法による旋律類似性評価結果 1 位の事例のピアノロール画像と五線譜



図 4.9 DC 法による旋律類似性評価結果 2 位の事例のピアノロール画像と五線譜



図 4.10 DC 法による旋律類似性評価結果 3 位の事例のピアノロール画像と五線譜

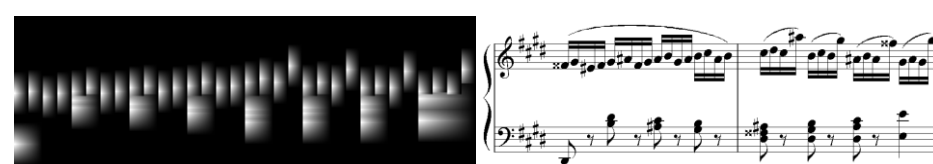


図 4.11 GC 法による旋律類似性評価結果 1 位の事例のピアノロール画像と五線譜



図 4.12 GC 法による旋律類似性評価結果 2 位の事例のピアノロール画像と五線譜

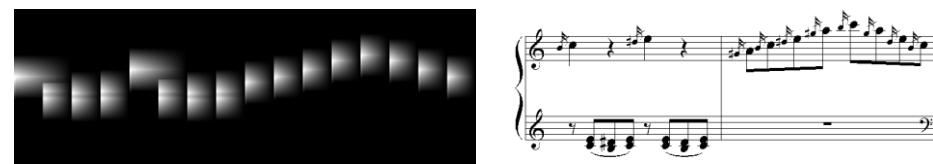


図 4.13 GC 法による旋律類似性評価結果 3 位の事例のピアノロール画像と五線譜

5. 考察

5.1 画像比較による旋律類似性評価

実験結果から、旋律類似性評価式による評価よりも画像比較による旋律類似性評価の方が和音の構成や各音符の音価を考慮した類似性評価ができていた。この評価結果をもとに、事例に基づく演奏表情生成において構造が類似している楽曲の演奏をより重要な事例として使用できると考えられる。しかし、画像比較手法では伴奏部分の類似性が高い事例が上位になる傾向にあったことから、和音の多い旋律に対する類似性評価には有効であるが徐々に音高が遷移するような旋律に対する評価が適切でないと考えられる。また、事例 DB 中に対象曲と類似した旋律が少なかった可能性がある。

5.2 音高の違いを考慮した旋律類似性評価

音高の違いを考慮するために行った2つの手法について次のことがいえる。

まず、ピアノロール画像をずらしながら比較する手法では、画像中の音列が最も一致する場合で類似性評価を行うため、構成音の音高が違う和音どうしであっても音高差が同様であれば類似性が高いと判断できた。和音を構成する音の音高差が同様であれば実演奏も近くなると考えられ、演奏事例として有用であるといえる。しかし、類似性評価結果の上位に主旋律の概形が類似している事例が少なかったため、他の有効な事例を使用できていない可能性がある。したがって主旋律に該当する音列は色を変えて描画するなど主旋律を区別できるような表現を取り入れて主旋律の概形の類似性を優先的に評価できるようにする必要がある。また、今回の手法では比較の際に画像をずらす範囲を画像の高さの半分までとしており、比較回数が非常に多くなってしまったため8小節程度の短い旋律であっても類似性評価にかなりの時間がかかった。しかし、多くの事例で類似性評価の際に画像をずらした範囲は12ピクセル以内、つまり1オクターブ以内であった。そのため、どの程度の音高差であれば類似性評価に有効な事例だと判断できるか検討し、画像をずらす範囲を少なくすることで類似性評価にかかる時間を減らすことが可能となる。

次に、音高方向にグラデーションを付加した画像を比較する手法では、上下方向に同様のグラデーションを付加したため比較する音列がどのようにずれているか区別がつけられず、類似しているとはいえない事例が類似性評価結果の上位になっていた。また、付加したグラデーションは元の音高から離れるほど黒くなり比較する旋律の類似性が下がるようになっていたため、音高が1オクターブ異なる音列など聴感では近いと考えられる旋律に対する類似性評価が不適切であると考えられる。このことから1度の比較で音高の違いを考慮できるようにするためには、演奏表情生成に有効な事例である可能性が高い音高差の部分で画像の差分が小さくなるようなグラデーションを付加する必要がある。さらに、比較する音符の音高が元の音高より高いか低いかを区別できるような表現を検討する必要がある。

6. おわりに

本稿では、旋律の概形が似ている事例を演奏表情生成に有効な事例として使用するために音高の違いを考慮してピアノロール画像を比較する手法を提案した。そして“Kagurame Phase-II”で用いている旋律類似性評価手法との比較を行った。その結果、画像をずらして比較することによって従来の旋律類似性評価手法よりも旋律の構造の類似性を評価できることがわかった。しかし、画像をずらして比較すると類似性評価に膨大な時間がかかってしまった。そこで時間短縮のために音高方向にグラデーションを付加した画像の比較も検討したが、類似した旋律を得ることは出来なかった。

今後は音高方向へのグラデーションの適切なかけ方や範囲などを明らかにする。また、主旋律の概形の類似性を優先的に評価できるように明度以外の色情報を含んだ画像を用いた比較手法についても検討する。さらに、人間による旋律類似性評価と同様の評価を実現するために、ピアノロール画像の比較による旋律類似性評価結果と人間による評価結果を比較して、画像比較による旋律類似性評価を改善したい。そして画像比較による旋律類似性評価を用いて生成される表情付き演奏の質を向上させていきたい。

参考文献

- 1) 平賀瑠美: 音楽の表情付け, bit 別冊, コンピュータと音楽の世界, pp.270-282, (1998)
- 2) Widmer, G: Inductive learning of general and robust local expression principles, Proceedings of the 2001 International Computer Music Conference, International Computer Music Association, pp.322-329, (2001)
- 3) 野池賢二, 豊田健一, 片寄晴弘: コーパスベース表情付けシステム COPER の基礎機能の実装とその評価, 情報処理学会研究報告, 2008-MUS-59, Vol.2005, No.14, pp.67-70 (2008)
- 4) 鈴木泰山, 徳永健伸, 田中穂積: 事例に基づく演奏表情の生成, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.4, pp.1134-1145 (2000)
- 5) 寺村佳子, 大熊秀治, 谷口雄作, 牧本慎平, 前田新一: ガウシアンプロセスによる名演奏の学習, 情報処理学会報告, 2008-MUS-78, vol.2008, No.127, pp.79-84 (2008)
- 6) Sebastian Flossmann, Maarten Grachten, and Gerhard Widmer: Experimentally Investigating the Use of Score Features for Computational Models of Expressive Timing, Proceedings of the 10th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC 10), pp.218-223 (2008)
- 7) 橋田光代, 片寄晴弘, 平田圭二, 北原鉄朗, 鈴木健嗣: 演奏表情付けコンテスト ICMPC-Rencon 開催報告, 情報処理学会研究報告, 2008-MUS-78, vol.2008, No.127, pp.67-72 (2008)
- 8) 鈴木泰山, 金子雄介, 徳永幸生: 事例に基づく演奏表情生成アルゴリズムの分析, 情報処理学会研究報告, 2005-MUS-59, Vol.2005, No.14, pp.49-54 (2005)
- 9) 金子雄介, 鈴木泰山, 徳永幸生: 事例に基づく演奏表情生成システムにおける演奏類似性と試聴評価, 情報処理学会研究報告, 2005-MUS-59, Vol.2005, No.14, pp.43-48 (2005)
- 10) 日野達也, 野池賢二, 徳永幸生, 杉山精: 事例に基づく演奏表情生成システムにおける旋律類似性評価内容の視覚化, 情報処理学会研究報告, Vol.2009-MUS-80, No.8, pp.1-6, 2009