

# テンポの類似性を取り入れた事例に基づく演奏表情の生成 (II) -試聴実験によるその効果の検証-

柴崎正浩<sup>†1</sup> 鈴木泰山<sup>†2</sup> 徳永幸生<sup>†1</sup> 杉山精<sup>†3</sup>

事例に基づく演奏表情生成システムの Kagurame Phase-III は、ピアノロール画像による音列の類似性を事例選択の指標としている。しかし、我々のこれまでの実験からテンポが異なると演奏表情が大きく異なって聴こえることが明らかとなった。そこで、テンポの類似性評価手法の提案を行い、試聴実験によりその効果の検証を行った。実験の結果、Kagurame Phase-III ではテンポの類似性評価を取り入れる必要があるという結論に至った。本稿では、テンポの類似性評価手法の提案と試聴実験の結果及びその考察を述べる。

## Case-based Musical Expression Generation Considering Tempo Similarity( II ) -Verification of Effect by Audition Experiment-

MASAHIRO SHIBASAKI<sup>†1</sup> TAIZAN SUZUKI<sup>†2</sup>  
YUKIO TOKUNAGA<sup>†1</sup> KIYOSHI SUGIYAMA<sup>†3</sup>

Kagurame Phase-III is one of the Case-based expressive performance rendering system. This system chooses an example data by phrase similarity using piano roll image. But, it was revealed that we hear musical expressions are different if tempos are different from our past experiment. So, we suggested the tempo similarity evaluation method. And, we verified the effect by audition experiment. The result of experiment shows that this system has to adopt the tempo similarity evaluation. In this paper, we report the tempo similarity evaluation method and the result and the consideration of the audition experiment.

### 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情緒や抑揚のある人間らしい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ら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]。

その中で我々は、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-III の構築を進めている[6]。事例に基づく演奏表情生成では人間の演奏を事例として、その演奏における演奏表情を表情付けの対象曲に転写することで生成する。本稿での演奏表情パラメータは、局所テンポ、音の強弱、音の発音長、発音タイミングのずれの 4 種類としている。Kagurame Phase-III では「楽譜が似ていれば演奏表情も似ている」という仮定から、対象曲と楽譜が類似した楽曲の人間の演奏を事例として用いる[6][7][8]。楽曲の類似性評価は、楽譜情報から生成したピアノロール画像を比較することで行う。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せずに比較でき、より多くの

特徴を反映した類似性評価が可能である[9]。

一方、我々のこれまでの実験から、テンポ、音の強弱、音の発音長のうち、ひとつの要素だけを変化させると他の要素も変化したように聴こえることが明らかとなった。特にテンポの変化は他のふたつの要素より、その効果が強いことが明らかとなった。このことから、テンポは演奏表情に大きな影響を与える要素であると考えられる[10]。しかし、これまでの Kagurame Phase-III における楽曲の類似性評価手法では、ピアノロール画像の比較による音列の概形の類似性のみを評価の対象としており、テンポの類似性は取り入れられていない。これでは音列の概形が類似した事例曲を検索できたとしてもテンポが類似していなければ、対象曲に不適切な演奏表情を転写してしまい、人間らしい演奏表情の付いた演奏の生成ができないと考えられる。

そこで本稿では、テンポの類似性を取り入れた楽曲の類似性評価手法の提案を行い、その効果を実験的に検証した。具体的には、従来のピアノロール画像の類似性評価のみで生成した演奏とテンポの類似性評価を取り入れて生成した演奏を聴き比べて、演奏表情の差異を評価する試聴実験を行った。

### 2. 事例に基づく演奏表情生成システム

本章では、我々が構築を進めている Kagurame Phase-III の概要と音列の類似性評価手法について述べる。

<sup>†1</sup> 芝浦工業大学大学院  
Graduate School of Shibaura Institute of Technology  
<sup>†2</sup> 株式会社ピコラボ  
Picolab Co., LTD  
<sup>†3</sup> 東京工芸大学  
Tokyo Polytechnic University

## 2.1 Kagurame Phase-III の概要

Kagurame Phase-III の構成を図 2.1 に示す。Kagurame Phase-III では演奏表情に関する知識として演奏事例 DB を用いる。DB の個々の演奏事例は演奏データと事例曲情報からなる。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。事例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る。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。システムに入力する対象曲情報は事例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。旋律断片は対象曲や演奏事例を 1/2, 1/4, 1/8... と様々な長さに分割し、分割した旋律断片ごとに演奏事例を検索する。これにより、事例データのスパースネス問題に対応することができる。

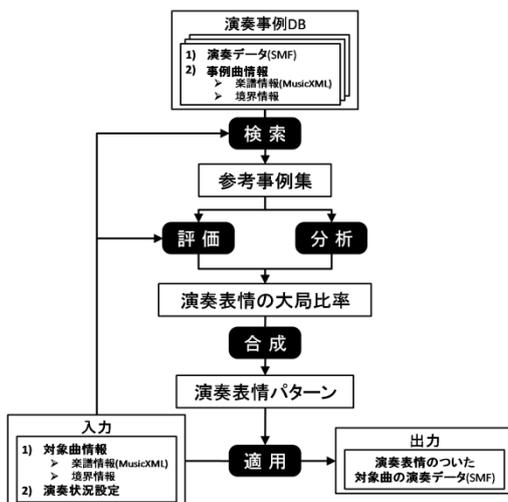


図 2.1 Kagurame Phase-III の構成

システムに対象曲が入力されると、まず、対象曲を構成する旋律断片 (対象断片) ごとに演奏事例を構成する旋律断片 (事例断片) との類似度を算出し、類似度が閾値以上となる事例断片を検索する。これにより、対象断片ごとに類似した事例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断片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断片がどの程度参考になるかを表す。重要度は類似度と演奏状況の近さから算出する。ただし本稿では、演奏状況は未使用であるため重要度は類似度と同じ値となる。また、事例断片の重要度の評価とともに、事例断片の演奏表情を分析する。演奏表情は各事例断片の演奏データから取り出すことができる。Kagurame Phase-III では、演奏表情をテンポや音の強弱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ぶ。

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、演奏表情の付いた対象曲の演奏データを作成する。

## 2.2 画像比較による音列の類似性評価

Kagurame Phase-III では音列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音列の類似性評価を用いる。しかし、五線譜は演奏記号が多く煩雑であり、小節ごとの幅や段の配置などが楽譜のよって大きく異なることからピアノロール画像を用いて比較する。図 2.2 にピアノロール画像と対応する五線譜を示す。ピアノロール画像はグレースケール画像であり、縦方向は音高、横方向は拍位置を表す。画像の高さは 88 ピクセル、幅は旋律断片の長さに応じた幅となる。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。また、音符の拍位置に相当する画素を (R,G,B)=(255,255,255)、終端を (R,G,B)=(1,1,1) としたグラデーションをかけている。これは音符の拍位置からの距離を判定するためである。音符が無い部分の画素は (R,G,B)=(0,0,0) としている。対象画像と幅が異なる事例画像は、対象画像と同じ幅に伸縮させてから評価する。また、音高が異なっても音列の概形が類似していれば有効な事例であると考え、画像を音高方向に上下動させ、最も音符の矩形が一致する場合で評価する [11]。

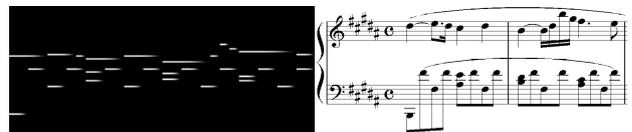


図 2.2 ピアノロール画像と対応する五線譜

ピアノロール画像の類似性評価は式(1)(2)を用いる。まず、画像相違度  $D_{image}$  を式(1)より算出する。対象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、 $L_t$  と  $L_s$  の差分の絶対値を算出する。この値に、音符の拍位置の類似性を重視するために  $L_t$  と  $L_s$  の高い方の値をとる  $Max(L_t, L_s)$  により重み付けをする。これを全ての画素で行い加重平均をとる。式(2)の画像類似度  $R_{image}$  は画像相違度  $D_{image}$  を 0 から 1 に正規化した値である。 $w$  は画像伸縮と上下動分の重みであり式(3)より算出する。 $Shorter$  は短い方の旋律断片の幅、 $Longer$  は長い方の旋律断片の幅を表し、 $Height$  は画像の高さ、 $Overlap$  は画像を上下動した際の対象画像と事例画像の重なっている部分の高さを表す。 $Overlap$  の最大値は  $Height$  と等しい 88 ピクセルとなるが、画像の上下動は 1 オクターブ分までとしているため最小値は 76 ピクセルとなる。ピアノロール画像による音列の類似性評価のみで演奏を生成する場合は、画像類似度  $R_{image}$  から事例断片を検索する。

$$\text{画像相違度} : D_{image} = \frac{\sum |L_t - L_s| \cdot \text{Max}(L_t, L_s)}{\sum \text{Max}(L_t, L_s)} \quad (1)$$

$$\text{画像類似度} : R_{image} = \left(1 - \frac{D_{image}}{255}\right)^w \quad (2)$$

$$\text{重み} : w = \frac{\text{Longer} \cdot \text{Height}}{\text{Shorter} \cdot \text{Overlap}} \quad (3)$$

### 3. テンポの類似性を取り入れた評価手法

Kagurame Phase-III ではピアノロール画像の比較による音列の類似性評価のみで事例断片の検索を行なっている。しかし、我々のこれまでの実験から、テンポは演奏表情に大きな影響を与える要素であることが示唆された。そこで、楽譜に書かれたテンポ指示の値を類似性評価に取り入れることで、より人間らしい演奏の生成が可能になると考え、評価手法の提案を行う。本稿で提案する評価手法は図 3.1 のような数値表記によるテンポ指示のみを対象とする。



図 3.1 数値表記によるテンポ指示の例

提案する評価手法は、対象曲と演奏事例のテンポ指示の値の差分を正規分布式に適用させることでテンポ類似度  $R_{tempo}$  を算出することとした。正規分布式に適用させることで、テンポが類似した演奏事例の演奏表情をより重視することができる。ただし、楽曲によって正規分布の適切なプロファイルは未知であることから式(4)~(7)の 4 種類について検討した。本稿ではそれぞれを A 案, B 案, C 案, D 案とし、テンポは 4 分音符を 1 拍とした値とする。  $T_t$  は対象曲のテンポ,  $T_s$  は演奏事例のテンポを表し,  $Max(T_t, T_s)$  は  $T_t$  と  $T_s$  の高い方の値をとる。最後に、算出したテンポ類似度  $R_{tempo}$  を画像類似度  $R_{image}$  と掛け合わせて式(8)の楽譜類似度  $R_{score}$  を算出する。テンポの類似性評価を取り入れて演奏を生成する場合は、楽譜類似度  $R_{score}$  から事例断片を検索する。

$$\text{テンポ類似度 A 案} : R_{tempo} = e^{-\frac{(T_t - T_s)^2}{200}} \quad (4)$$

$$\text{テンポ類似度 B 案} : R_{tempo} = e^{-\frac{(T_t - T_s)^2}{T_t + T_s}} \quad (5)$$

$$\text{テンポ類似度 C 案} : R_{tempo} = e^{-\frac{(T_t - T_s)^2}{Max(T_t, T_s)}} \quad (6)$$

$$\text{テンポ類似度 D 案} : R_{tempo} = e^{-\frac{(T_t - T_s)^2}{T_t}} \quad (7)$$

$$\text{楽譜類似度} : R_{score} = R_{image} \cdot R_{tempo} \quad (8)$$

### 4. 試聴実験

従来のピアノロール画像の類似性評価のみで生成した演奏とテンポの類似性評価を取り入れて生成した演奏の演奏表情の差異、及び 4 種類のテンポの類似性評価式である A

案, B 案, C 案, D 案でそれぞれ生成した演奏の演奏表情の差異を明らかにするために試聴実験を行った[8][10]。試聴実験では Rencon で用いられている演奏の「自然性」と「豊かさ」を用いて評価する。自然性はどの程度自然な演奏表情を付加できているかを表し、豊かさは演奏表情の付加の度合いを表す。Rencon では人間の演奏が最も自然で豊かであるとしているため、生成した演奏が自然で豊かであるほど人間らしい演奏であるということとなる。

#### 4.1 実験手法

人間による演奏を見本演奏, Kagurame Phase-III で生成した演奏を評価対象演奏とし、見本演奏と評価対象演奏を聴き比べて演奏表情の差異を評価する。評価はマグニチュード推定法を用いる。なお、見本演奏と評価対象演奏は同じ楽曲である。人間による演奏は、音楽演奏表情データベース CrestMusePEDB に収録されている演奏データを用いた[12]。評価指標は先に述べた「自然性」と「豊かさ」を用いる。被験者は図 4.1 の評価軸上にその差異を記入することで回答する。Rencon では人間の演奏が最も自然で豊かであるとして評価するため、見本演奏を最も自然で豊かであるとして評価軸の右端として回答で記入された位置までの距離を評価値とする。従って、評価対象演奏が見本演奏と同一である場合の評価値は 0 となり、見本演奏と異なるほど評価値は大きくなる。評価値の最大値は 6 とした。



図 4.1 回答で用いる評価軸

被験者は音楽経験の有無で評価に違いが出る可能性があるため、音楽経験者 14 名, 未経験者 14 名とした。

試聴で用いるピアノ曲は Beethoven Piano Sonata No.8-2 Op.13 (テンポ 30), Chopin Nocturne No.10 Op.32-2 (テンポ 60), 坂本龍一 lorenz (テンポ 120) の 3 曲とし、3 曲ごとにピアノロール画像の類似性評価のみで生成した演奏と A 案, B 案, C 案, D 案のテンポの類似性評価を取り入れて生成した演奏の 5 種類を評価対象演奏とした。また、この 5 種類の評価対象演奏の平均テンポを見本演奏と同一に調整した演奏も評価対象演奏とした。これは先に述べた通り、平均テンポは演奏表情に大きな影響を与える要素であると考えられるため、生成した演奏が見本演奏の平均テンポと大きく異なると演奏表情も異なって聴こえ、評価に違いが出る可能性があると考えたためである[10]。従って評価対象演奏は 3 種類の楽曲を 10 種類ずつ用意するため合計 30 種類となる。

生成に用いた事例曲を表 4.1 に示す。() 内の数値はテンポを表す。

表 4.1 生成に用いた事例曲

Chopin Etude Op.10-4 (176)	Chopin Prelude Op.28 No.15 (72)
Mozart Piano Sonata K545-1 (160)	Mozart Piano Sonata K545-2 (60)
Chopin Nocturne Op.32-1 (120)	Chopin TrauerMarsch (60)
Chopin Nocturne Op.55-1 (120)	Chopin Prelude Op.28 No.4 (60)
BurgmullerAveMaria (100)	Chopin Prelude Op.28 No.20 (40)
Chopin Prelude Op.28 No.7 (88)	Chopin Etude Op.10-3 (30)

試聴はヘッドホンを用いて行う。演奏の再生と停止は全て被験者が行う。演奏を試聴する順序や評価する順序、試聴する回数は被験者の自由とする。また、一度評価した評価対象演奏の再試聴や再評価は可能とする。

また、実験後に自然性と豊かさの主な評価基準と実験において難しかった点をアンケート形式で回答してもらう。

#### 4.2 実験結果

図 4.2 から図 4.7 に評価値の平均と標準偏差のエラーバーを付加したグラフを示す。先に述べた通り、評価値は見本演奏との差異を表すため、評価値が 0 に近いほど見本演奏と類似しており、6 に近いほど見本演奏と類似していないとなる。表 4.2 から表 4.6 に多重比較検定で有意差が認められた演奏の間を示す。図及び表中の「A」は A 案のテンポの類似性評価を取り入れて生成した演奏、「画」はピアノロール画像の類似性評価のみで生成した演奏を表す。また、「A'」は A 案のテンポの類似性評価を取り入れて生成した演奏の平均テンポを見本演奏と同一に調整した演奏を表す。実験結果の分析で用いた多重比較検定は Tukey の HSD 法を用いた。

##### 4.2.1 “Beethoven”の結果

Beethoven Piano Sonata No.8-2 Op.13 を対象とした演奏表情の評価実験の結果を述べる。まず、自然性の評価の結果を述べる。表 4.2 の多重比較検定の結果からテンポの類似性評価を取り入れた演奏とピアノロール画像の類似性評価のみの演奏との間に有意差が認められた。また、図 4.2 よりテンポの類似性評価を取り入れた演奏の方が自然であると評価されたことが示されたため、テンポの類似性評価を取り入れたことにより自然な演奏となったといえる。また、平均テンポを見本演奏と同一に調整した演奏と調整前の演奏との間では有意差は認められなかったため、自然性の評価は平均テンポにほとんど影響されないと考えられる。

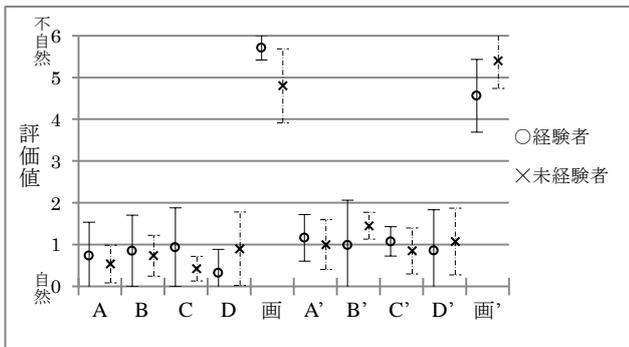


図 4.2 自然性の評価の結果

表 4.2 自然性の評価における多重比較検定の結果

	音楽経験者	音楽未経験者
A一画	**	**
B一画	**	**
C一画	**	**
D一画	**	**
A'一画'	*	**
B'一画'	*	**
C'一画'	*	**
D'一画'	*	**

\* < 0.05 \*\* < 0.01

次に、豊かさの評価の結果を述べる。多重比較検定の結果、全ての演奏の間で有意差は認められなかった。これは、図 4.3 より評価値のばらつきが大きい演奏があることから、評価に大きな個人差があったためと考えられる。

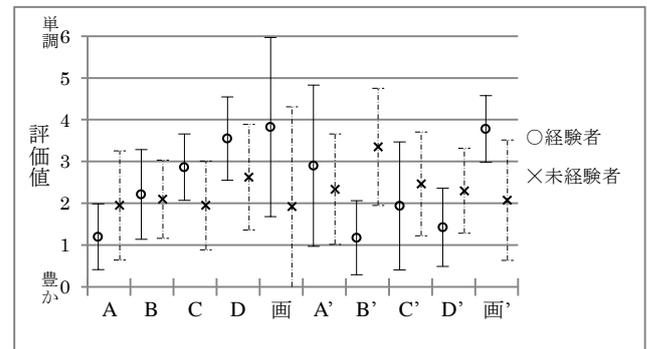


図 4.3 豊かさの評価の結果

##### 4.2.2 “Chopin”の結果

Chopin Nocturne No.10 Op.32-2 を対象とした演奏表情の評価実験の結果を述べる。まず、自然性の評価の結果を述べる。表 4.3 の多重比較検定の結果からテンポの類似性評価を取り入れた演奏とピアノロール画像の類似性評価のみの演奏との間には有意差は認められなかった。これは、図 4.4 より全ての演奏の評価値が同程度であったことと、ばらつきが大きい演奏があることから評価に大きな個人差があったためと考えられる。これらから、テンポの類似性評価を取り入れても自然な演奏とはならなかったといえる。また、表 4.3 より平均テンポを見本演奏と同一に調整すると音楽経験者のみ B 案と D 案の間で有意差が認められるようになった。このことから、自然性の評価は平均テンポに影響される場合があると考えられる。

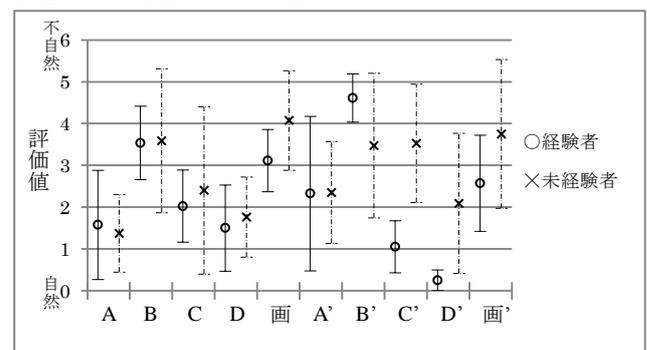


図 4.4 自然性の評価の結果

表 4.3 自然性の評価における多重比較検定の結果

	音楽経験者	音楽未経験者
B'-D'	*	n.s.

\*<0.05 n.s.有意差なし

次に、豊かさの評価の結果を述べる。多重比較検定の結果、全ての演奏の間で有意差は認められなかった。これは図 4.5 より、評価値のばらつきが大きい演奏があることから、評価に大きな個人差があったためと考えられる。

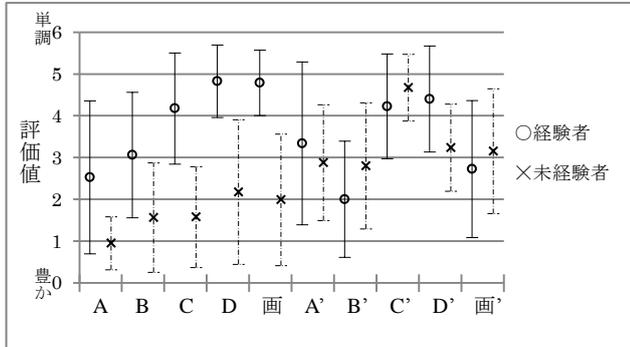


図 4.5 豊かさの評価の結果

4.2.3 “坂本龍一”の結果

坂本龍一 lorenz を対象とした演奏表情の評価実験の結果を述べる。まず、自然性の評価の結果を述べる。表 4.4 の多重比較検定の結果からテンポの類似性評価を取り入れた演奏とピアノロール画像の類似性評価のみの演奏との間に有意差が認められた。また、図 4.6 よりテンポの類似性評価を取り入れた演奏の方が自然であると評価されたため、テンポの類似性評価を取り入れたことにより自然な演奏となったといえる。しかし、平均テンポを見本演奏と同一に調整した演奏はテンポの類似性評価を取り入れると、不自然な演奏であると評価された。このことから、自然性の評価は平均テンポに影響される場合があると考えられる。

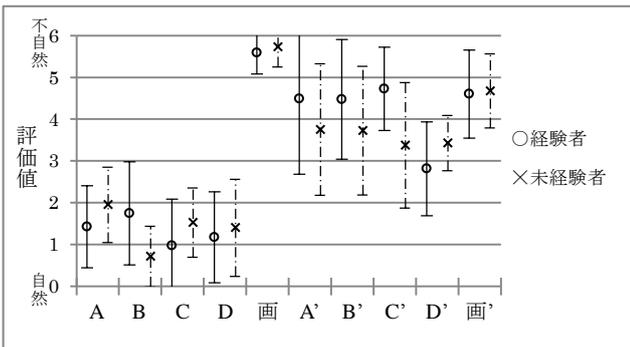


図 4.6 自然性の評価の結果

表 4.4 自然性の評価における多重比較検定の結果

	音楽経験者	音楽未経験者
A-画	*	*
B-画	*	**
C-画	*	*
D-画	*	*
B-B'	n.s.	*
C-C'	*	n.s.

\*<0.05 \*\*<0.01 n.s.有意差なし

次に、豊かさの評価の結果を述べる。表 4.5 の多重比較検定の結果からテンポの類似性評価を取り入れた演奏とピアノロール画像の類似性評価のみの演奏との間に有意差が認められる演奏があることが示された。また、図 4.7 よりテンポの類似性を取り入れた演奏の方が豊かでない単調であると評価されたことが示されたため、テンポの類似性を取り入れたことで単調な演奏となったといえる。また、表 4.6 より音楽経験者と未経験者との間で有意差が認められる演奏があることが示された。このことから、豊かさの評価は音楽経験の有無で違いがあると考えられる。

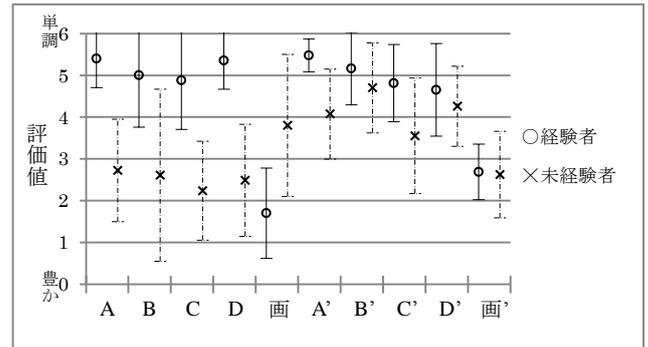


図 4.7 豊かさの評価の結果

表 4.5 豊かさの評価における多重比較検定の結果 1

	音楽経験者	音楽未経験者
A-画	*	n.s.
D-画	*	n.s.

\*<0.05 n.s.有意差なし

表 4.6 豊かさの評価における多重比較検定の結果 2

A 経験者-A 未経験者	*
D 経験者-D 未経験者	*

\*<0.05

4.2.4 事後アンケートの結果

実験終了後に行ったアンケートの結果を述べる。自然性の評価基準は「テンポのゆらぎ」で主に評価した被験者が 17 名（音楽経験者 8 名、未経験者 9 名）と最も多かった。このことから、「テンポのゆらぎ」は演奏の自然性において重要な要素であると考えられる。

豊かさの評価基準は「強弱」で主に評価した被験者が 18 名（音楽経験者 6 名、未経験者 12 名）と最も多く、2 番目に多かったのは「テンポのゆらぎ」の 10 名（音楽経験者 7 名、未経験者 3 名）であった。「テンポのゆらぎ」で主に評価する被験者は音楽経験者が多く、「強弱」で主に評価する被験者は未経験者が多かった。このことから、豊かさの評価基準は音楽経験の有無で変わると考えられる。また、「強弱」と「テンポのゆらぎ」は演奏の豊かさにおいて重要な要素であると考えられる。

今回の実験で難しかった点は「評価対象演奏同士の演奏表情の差分が小さい」と回答した被験者が 14 名（音楽経験者 9 名、未経験者 5 名）と最も多かった。これは、演奏表情の差分が小さかったため、細かい演奏表情の違いを評価

しようとしたためと考えられる。また「豊かさの評価」と回答した被験者が8名（音楽経験者2名、未経験者6名）と2番目に多かった。これは、演奏の豊かさの概念を理解するのが難しかったためと考えられる。

#### 4.3 考察

実験の結果から、テンポの類似性評価を取り入れることで、必ずしも自然で豊かな演奏とはならないことが明らかとなった。

自然性の評価では、Beethoven Piano Sonata No.8-2 Op.13と坂本龍一 *lorenz* はテンポの類似性評価を取り入れることで自然な演奏となったが、Chopin Nocturne No.10 Op.32-2は自然な演奏とはならなかった。この楽曲は4分の4拍子であるが、左手の伴奏は3連符で構成されているため、ワルツのような曲想である。しかし、演奏事例 DBにはワルツの楽曲を入れていなかったため、曲想が類似していない演奏事例の演奏表情を転写してしまったと考えられる。また、ピアノロール画像の類似性評価のみの演奏は、演奏事例を検索した際、ピアノロール画像が類似した演奏事例はテンポも類似していたため、テンポの類似性評価を取り入れた演奏と同程度の自然性の評価となったと考えられる。

以上から、Chopin Nocturne No.10 Op.32-2ではテンポの類似性評価を取り入れても自然な演奏とはならなかったと考えられる。しかし、テンポの類似性評価を取り入れた演奏の方が不自然な演奏となった楽曲は見られず、楽曲によっては自然な演奏となったため、概ね現在の Kagurame Phase-IIIではテンポの類似性評価を取り入れることは有用であるといえる。また、平均テンポを見本演奏と同一に調整することで、調整前の演奏より不自然な演奏となる場合があることが明らかとなった。これは、平均テンポによって演奏表情の適性が変わるためと考えられる。

豊かさの評価は、事後アンケートの結果から豊かさの概念を理解するのが難しかったため、個人差が大きくなり評価がばらついてしまったと考えられる。しかし、坂本龍一 *lorenz* ではテンポの類似性評価を取り入れることで、豊かでない単調な演奏であると評価された。これは、テンポが類似した演奏事例の演奏表情が単調であったためと考えられる。また、事後アンケートの結果から豊かさは音楽経験者と未経験者で評価基準が異なることが明らかとなった。これは、音楽経験者は音楽経験で得た知識も踏まえて豊かさを評価したためと考えられる。以上から、今回の実験からではテンポの類似性評価を取り入れることで豊かな演奏となるとはいえない。

今回、A案、B案、C案、D案の4種類のテンポの類似性評価式でそれぞれ生成した演奏に、大きな評価の違いは見られなかった。これは4種類とも正規分布に適用させた評価式であり、プロファイルが類似していたためと考えられる。

## 5. おわりに

本稿では、Kagurame Phase-IIIにおけるテンポの類似性評価を取り入れた楽曲の類似性評価手法の提案を行い、従来のピアノロール画像の類似性評価のみで生成した演奏とテンポの類似性評価を取り入れて生成した演奏の演奏表情の差異を試聴実験から明らかにし、テンポの類似性評価の効果を実験的に検証した。

その結果、テンポの類似性評価を取り入れた演奏は必ずしもピアノロール画像の類似性評価のみの演奏より自然で豊かな演奏とはならないことが明らかとなった。しかし、不自然な演奏となる結果は得られず、楽曲によっては自然な演奏となる結果が得られたため、概ね現在の Kagurame Phase-IIIではテンポの類似性評価を取り入れる必要があるといえる。

今後は、より自然で豊かな演奏の生成を目指しテンポの類似性評価の洗練及び *Allegro* や *Moderato* のような標語表記によるテンポ指示に対応したテンポの類似性評価手法の提案を行う。

## 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) 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)
- 4) 寺村佳子, 前田新一: 統計的学習によるテンポの変動を考慮したピアノ演奏模写, 情報処理学会報告, Vol.2010-MUS-84, No.12, pp.1-6, (2010)
- 5) 橋田光代, 北原哲朗, 鈴木健嗣, 片寄晴弘, 平田圭二: 演奏表情付けコンテスト SMC-Rencon 開催報告, 情報処理学会研究報告, Vol.2011-MUS-92, No.4, pp.1-6, (2011)
- 6) 日野達也, 鈴木泰山, 野池賢二, 徳永幸生, 杉山精: 聴感による旋律の演奏表情の類似性評価-ピアノロール画像を用いた旋律類似性評価結果との比較, 情報処理学会研究報告, 2011-MUS-89, (2011)
- 7) 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)
- 8) 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)
- 9) 日野達也, 鈴木泰山, 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)
- 10) 柴崎正浩, 鈴木泰山, 徳永幸生, 杉山精: 聴感による演奏表情の評価特性の分析, 第74回情報処理学会全国大会, 3S-2, (2012)
- 11) 日野達也, 鈴木泰山, 野池賢二, 徳永幸生, 杉山精: 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-, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-MUS-86, No.17, pp.1-6, (2010)
- 12) 橋田光代, 松井淑恵, 北原鉄朗, 片寄晴弘: ピアノ名演奏の演奏表現情報と音楽構造情報を対象とした音楽演奏表情データベース CrestMusePEDB の構築, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.3, pp.1090-1099, (2009)