

## 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

金子 雄介<sup>†</sup> 鈴木 泰山<sup>††</sup> 徳永 幸生<sup>†</sup>

本報告では、事例に基づく演奏表情の生成手法における演奏類似性と試聴実験との関係について述べる。事例に基づく演奏表情の自動生成では、生成された演奏がどの程度人間らしい情緒や抑揚をもつ演奏となっているかを評価する必要がある。しかし、システムの性能を示す定量評価と、演奏評価に不可欠な人間の聴感による定性評価との関係を見出すことは簡単ではない。我々は、演奏表情比較の尺度として相異度を導入し、Rencon 方式の試聴実験から、定量値である相異度と人間の試聴評価による演奏近似度との関係について検討した。その結果、試聴実験の形式によって、被験者の演奏評価が変化することが確認された。また、計算機による生成演奏の評価にともなう留意点が明らかになった。

## Performance Similarity and Audition Evaluation in a Case-Based Performance Rendering System

YUSUKE KANEKO,<sup>†</sup> TAIZAN SUZUKI<sup>††</sup> and YUKIO TOKUNAGA <sup>†</sup>

This report describes the relation of the performance similarity and audition experiment in the generation algorithm of case-based performance rendering. In the case of case-based performance rendering, the generated performance needs to evaluate how much it is the performance with man-like emotion or intonation. However, it is not easy to find out the relation between the quantitative evaluation which shows the performance of a system, and the qualitative evaluation by feeling of listening indispensable to performance evaluation. We introduce dissimilar ratio as a measure of performance expression comparison. Moreover, from the audition experiment by the rules of Rencon, we considered the relation between dissimilar ratio which is a quantitative evaluation value, and performance similarity by audition evaluation. Consequently, we checked that performance evaluation of a subject changed according to the forms of audition experiments. In addition, it became clear to the important matter accompanying evaluation of the generated performance by the computer.

### 1. はじめに

計算機による情緒や抑揚をもつ演奏の自動生成は音楽情報科学の主要なテーマであり、表情付き演奏の自動生成システムが 1980 年代後半から多数発表されている<sup>1)</sup>。演奏表情生成手法は、規則に基づく手法<sup>2)3)4)</sup>と事例に基づく手法<sup>5)6)7)</sup>に大別される。事例に基づく演奏表情の自動生成では、演奏事例の中から対象曲と類似した楽曲を検索し、それらに見られる演奏表情を対象曲に適用することで演奏データを生成する。

また一般に、音楽演奏を定量的に評価することは、

困難な問題である。2000 年代に入ってから、システムの人間の感覚による評価を加味した、演奏生成システムのためのコンテストを開催するプロジェクト「Rencon (蓮根)」<sup>8)</sup>も開始され、演奏生成システムの評価手法への関心は高い。これは音楽が、通常の工学領域と異なり、絶対的な評価尺度を持っていないことに起因している。演奏評価は、人間の試聴による定性評価が一般的であり、試聴者の主観によるところが大きい。また、評価の対象となる演奏が計算機システムによるものである場合、試聴評価に加えて、どの程度人間の演奏に近い演奏をシステムが生成できたかを示す定量的な評価指標が必要となる。

人間の演奏では、演奏の試聴評価をもとに演奏方法を修正し、感動を生み出す演奏表現を目指している<sup>9)</sup>。これと同様に、演奏表情生成システムでもよりよい演奏を生成するため、生成演奏の試聴評価とシステムの

<sup>†</sup> 芝浦工業大学 工学部  
Dept. of Information Science and Engineering,  
Shibaura Institute of Technology  
<sup>††</sup> 株式会社 デュオシステムズ  
Duo Systems Co., Ltd.

定量評価が重要である。それらの評価をもとに、表情生成手法を改良することが可能となるからである。しかし、システムの性能を示す定量評価と、人間の聴感による定性評価との関係を見出すことは簡単ではない。

そこで本報告では、演奏表情比較の尺度として相異度を導入し、Rencon方式の試聴実験から、定量値である相異度と人間の試聴評価による演奏近似度との関係について検討した。具体的には、演奏表情の近さに注目した Rencon 方式による全員同時試聴と、ヘッドフォンを用いた個別試聴との2通りの試聴実験を行い、実験環境による評価結果の違い、また同一被験者の同一演奏に対する評価結果の違いについて考察した。

以下、2章で本報告で用いた事例に基づく表情生成システムについて概説する。3章で、演奏表情の比較手法について述べる。4章では試聴実験の方法と結果を述べ、実験結果について考察する。

## 2. 事例に基づく演奏表情生成システム

本報告で用いた演奏の生成には、鈴木が提案した事例に基づく演奏表情生成システム“Kagurame Phase-II”<sup>10)11)</sup>を用いた。本章では、システムの概要と、システムで用いている旋律類似性の評価手法について概説する。

### 2.1 システムの概要

“Kagurame Phase-II”の構成を図1に示す。本システムは、鍵盤楽器による複旋律の楽曲の対象とした演奏表情システムである。対象曲や演奏事例を様々な長さの旋律断片に分割し、旋律断片を対象に参考事例の検索を行うことで、検索効率を向上させている。

入力を与えられると、対象曲を構成する全ての旋律断片に対し、その断片に類似した旋律断片を演奏データ集から検索する。この結果、対象曲の旋律断片ごとに類似した旋律断片の集合（参考事例集）が得られる。

次に、参考事例集に含まれる事例について、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、その事例がどの程度参考になるかを表すスコアである。また、重要度の評価と共に、全ての参考事例に対して演奏表情の分析を行う。

重要度の評価と演奏表情の大局比率の分析から、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。この集合に含まれる個々の演奏表情の大局比率を合成し、対象曲の演奏表情を生成する。

### 2.2 旋律類似性の評価手法

旋律類似性の評価手法は、類似旋律の検索と重要度の評価に使用している。“Kagurame Phase-II”では、以下の4つの旋律類似性評価式を用いている。

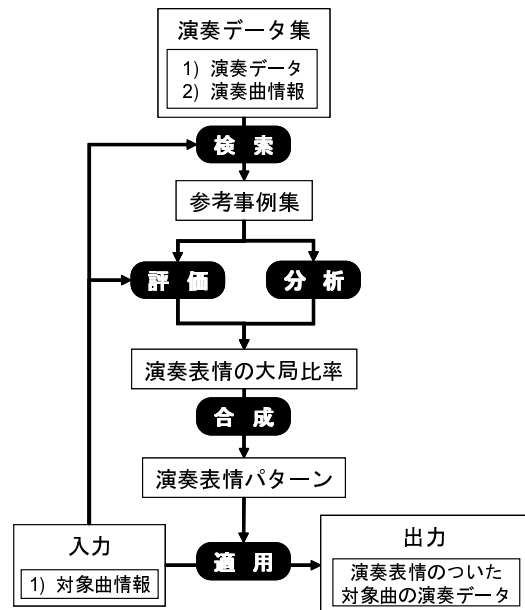


図1 “Kagurame Phase-II”の構成

- 1) LengthEvaluator  
旋律断片の長さを評価する。旋律断片の比率を計算し、長さの特徴の類似性  $D_l$  を求める。
- 2) KeyRateEvaluator  
旋律断片の音高の相対的な高低を評価する。対象の旋律断片を包含する旋律断片と、この断片自身の音高の比率を計算し、音高比の特徴の類似性  $D_k$  を求める。
- 3) RhythmEvaluator  
リズムのパターンを評価する。旋律断片を16個の枠に分割し、枠ごとの音符の分布を計算することでリズムの特徴の類似性  $D_r$  を求める。
- 4) HarmonyEvaluator  
音長を考慮した音の分布を評価する。旋律断片の中の音符を階名で表したときのそれぞれの音の分布を計算し、音階の特徴の類似性  $D_h$  を求める。これらの4つの旋律類似性評価式を式(1)により正規化して合計し、旋律断片の類似性とする。

$$D = A_l D_l + A_k D_k + A_r (1 - D_r) + A_h (1 - D_h) \quad (1)$$

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。

### 2.3 表情生成式と演奏表情との関係

旋律断片の類似性(式(1))の重み付け変数  $A$  を変化させることで、それぞれ異なる演奏表情をもつ演奏が生成される。各変数の  $A$  の値が小さいときは、複数の参考事例をもとにした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, 重要度が低い事例の演奏表情は生成にほとんど影響を及ぼさなくなり, 最高重要度の参考事例のみが旋律断片の演奏表情として採用される<sup>12)</sup>。

一般に, 複数の参考事例をもとにした演奏表情では, 個々の参考事例の演奏表情を平均化する。そのため, 生成された演奏は, 参考事例がもつ特徴があまり反映されないものとなる。一方, 限定された最高重要度の参考事例を採用した場合, 楽曲の特徴に最も近い事例の演奏表情を適用しているため, 参考事例の特徴を生かした演奏が生成されると考えられる。

### 3. 演奏表情の比較

事例に基づく演奏表情生成システムでは, 人間の実際の演奏にどの程度近づけたかを評価することが必要となる。そこで, システムが生成した演奏と, 人間による演奏との演奏表情との違いを定量的に比較するため, 以下の式 (3) より, 相異度  $ratio$  を算出する。

$$ratio = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i \leq n} \left| \frac{E_{kp2}(i)}{E_h(i)} - 1 \right| \quad (2)$$

$E_{kp2}(i)$  は Kagurame Phase-II が生成した演奏データの  $i$  番目の音符の演奏表情の値であり,  $E_h(i)$  は人間の演奏の  $i$  番目の音符の演奏表情の値である。また,  $n$  は楽曲中に含まれる音符の総数である。

相異度は, 人間の演奏表情とシステムの演奏表情との比率を楽曲内の各音ごとに計算し, その平均値をとったものである。相異度が小さいほど, 人間の演奏と Kagurame Phase-II の出力が近いことを表す。2つの演奏が全く同一であるとき, 相異度は 0 となる。

本報告では, 各音の音量比による相異度を計算し, 2つの演奏表情がどの程度似ているか評価する。

### 4. 試聴実験

演奏評価には, システムの性能を示す定量的評価とともに, 試聴による定性的評価が不可欠である。そこで, 生成演奏の試聴実験を行い, 相異度を用いた定量評価と人間の感性評価との関係について検討した。

相異度と試聴による主観評価は相関関係がみられると考えられる。すなわち, 相異度が小さい演奏は試聴評価でも似ていると評価され, 近似度も高くなることが予想される。

#### 4.1 実験方法

実験形式 実験形式は, Rencon 方式<sup>13)</sup> を参考に設定した。Rencon は, 演奏の“好き度”と“自然度”を評価する形式となっている。本実験では, 好き度の

代わりに“近似度”を用い, 見本の演奏とどの程度似ている演奏であるかを評価してもらった。被験者はそれぞれの演奏を聴き, 以下の項目に回答する。

- ・ 近似度: どの程度見本の演奏に似ているかを示す。5 が「似ている」。
- ・ 自然度: どの程度自然な演奏に聴こえるかを示す。5 が「自然」。
- ・ それぞれの演奏についての印象や感想 (自由回答)。

対象楽曲 演奏データ集と対象曲には, 同じ演奏家が作曲, 演奏したものをを用いた。演奏データ集には, 坂本龍一のアルバム“BTTB”<sup>14)</sup> の制作で使用された坂本の実演奏 SMF ファイルの中から 5 曲選び, それぞれの楽曲の冒頭 16 小節を採用した。また対象曲には, 同アルバムの収録曲“sonatine”の冒頭 16 小節を採用した。なお, 楽曲はすべて 4 分の 4 拍子であり, 対象曲は演奏データ集に含まれない。

試聴演奏 実験に用いた演奏は, それぞれ相異度の異なる 5 種類である。演奏時の音源には YAMAHA S-YXG50 を用い, 各演奏の音色や音響効果はすべて同じ設定とした。各演奏の相異度や生成時の条件などを以下に示す。

- s) 坂本の演奏 (見本演奏)。相異度 0。フットペダル情報を削除してある。
  - a) 相異度 0.445, 坂本の演奏 SMF データのペロシティ値を 64 (一定) としたものの。
  - b) 相異度 0.359,  $(A_l, A_k, A_r, A_h) = (512, 0, 0, 0)$ 。
  - c) 相異度 0.235,  $(A_l, A_k, A_r, A_h) = (2, 0, 0, 0)$ 。
  - d) 相異度 0.127,  $(A_l, A_k, A_r, A_h) = (4, 8, 1, 16)$ 。
- 筆者らが現時点で確認している最小相異度の演奏。演奏の試聴方法と試聴演奏の組をそれぞれ変えて, 2種類の実験を行った。

#### 4.1.1 実験 1

被験者は, 芝浦工業大学の情報工学科学生 73 名である。130 名収容可能な教室を会場とし, CD プレーヤーから流した演奏を試聴してもらった。この形式は, 過去の Rencon での試聴とほぼ同じ条件であり, 音楽の授業で馴染みのある形式であるため, 試聴実験に取り組みやすい環境であると考えられる。

実験 1 で用いた演奏は, 見本 s) と, 試聴演奏 b), c), d) の計 4 種類である。試聴は, 見本 s)–試聴演奏 {c)–b)–s)–d)} の順に 2 度行った。試聴演奏の組には, 見本 s) と同じ演奏を入れてある。見本 s) と同じ演奏の近似度が 3 以下 (似ていない) の回答は, 有効回答から除いてある。

#### 4.1.2 実験 2

被験者は, 芝浦工業大学の情報工学科学生 30 名で

表 2 実験 1 の多重比較検定

(a) 近似度			
	相異度 0.127	相異度 0.235	相異度 0.359
相異度 0 (見本)	0.85**	1.22**	1.73**
相異度 0.127		0.37	0.88**
相異度 0.235			0.51*
経験者・非経験者	0.76**		

(b) 自然度			
	相異度 0.127	相異度 0.235	相異度 0.359
相異度 0 (見本)	1.05**	0.85**	2.01**
相異度 0.127		0.21	0.96**
相異度 0.235			1.06*
経験者・非経験者	0.50**		

\* は 5%水準で有意。 \*\* は 1%水準で有意。

表 4 実験 2 の多重比較検定

(a) 近似度			
	相異度 0.235	相異度 0.359	相異度 0.445
相異度 0.127	0.03	0.13	0.47
相異度 0.235		0.17	0.43
相異度 0.359			0.60
経験者・非経験者	0.70**		

(b) 自然度			
	相異度 0.235	相異度 0.359	相異度 0.445
相異度 0.127	0.97**	0.07	1.20**
相異度 0.235		0.90**	0.23
相異度 0.359			1.13**
経験者・非経験者	0.59**		

\* は 5%水準で有意。 \*\* は 1%水準で有意。

ある。実験 2 の被験者は全員、実験 1 を事前に行っている。実験 1 と実験 2 から、同一被験者が同一演奏を聴いたとき、試聴環境の違いによって評価に差が生じるか調査することが目的である。

実験 2 では、レコーディング用ヘッドフォンを用いて試聴実験を行った。また、演奏の試聴順序や回数は任意とした。

実験 2 で用いた演奏は、見本 s) と、試聴演奏 a), b), c), d) の計 5 種類である。なお実験 1 と異なり、見本 s) は試聴演奏の中に含まれていない。

## 4.2 実験結果

### 4.2.1 実験 1

表 1 に、それぞれの試聴演奏について被験者全体、鍵盤楽器経験者、非経験者別に求めた平均値を示す。相異度が高くなるほど、近似度、自然度ともに低い平均値を示している。さらに、非経験者よりも経験者の方が、近似度、自然度ともに低い平均値を示している。特に、相異度 0 の演奏（見本演奏と同じ演奏）の近似度（見本演奏との「似ている」度合い）が、経験者の方が低くなっている。

被験者全体の近似度の平均値と自然度の平均値における多重比較検定の結果の  $F$  値を、表 2 に示す。近似度と自然度ともに、相異度 0.127 の演奏と相異度 0.235 の演奏との間に有意差が認められなかった。この結果は、相異度 0.127 の演奏と相異度 0.235 の演奏を、被験者が同種の表情つき演奏として認識したことを示している。また、近似度の平均値と自然度の平均値について、経験者と非経験者との間では 1%水準で有意差が認められた。つまり、経験者の演奏評価と非経験者の演奏評価に違いがあることを示している。

### 4.2.2 実験 2

表 3 に、それぞれの試聴演奏について、実験 1 の表 1 と同様に求めた平均値を示す。近似度、自然度と

もに、相異度との相関が実験 1 と異なる結果となった。

実験 1 と同様に、多重比較検定の  $F$  値を表 4 に示す。

それぞれの試聴演奏間において、近似度の平均値に有意差が認められなかった。また、自然度の平均値は、相異度 0.127 と相異度 0.359 との間、相異度 0.235 と相異度 0.445 との間で、それぞれ有意差が認められなかった。これらの結果から、以下の 2 点が示される。

- 1) 実験 2 において被験者は、どの試聴演奏に対しても見本演奏と同じ程度の近似度であると認識した。
- 2) 被験者は、相異度 0.127 の演奏と相異度 0.359 の演奏、相異度 0.235 の演奏と相異度 0.445 の演奏をそれぞれ同種の表情つき演奏として認識した。

なお、実験 2 についても実験 1 と同様に、経験者と非経験者とは、試聴演奏の評価結果に違いがあることが示される。

### 4.2.3 実験 1 と実験 2 との比較

実験 2 の被験者 30 人に対して、実験 1 と実験 2 の実験結果より、それぞれの試聴演奏について実験別に求めた平均値を、表 5 に示す。 $t$  検定の結果から相異度 0.127 の演奏は、近似度、自然度ともに、実験 1 と実験 2 との結果に有意差が認められた。つまり、相異度 0.127 の演奏は、実験 1 と実験 2 とで評価に違いがあることを示している。

### 4.2.4 試聴演奏・実験に対する被験者のコメント

それぞれの試聴演奏について、被験者から数多くのコメントが得られた。代表的なものを以下に列挙する。

#### a) 相異度 0.127 の演奏

- ・ 細かく調整してあるが、見本 s) とテンポやアゴーギクが異なる。
- ・ 前半のテンポは見本 s) と似ているが、後半のリタルダンドが不自然。
- ・ 音の強弱はややスタッカート調が見本 s) に似ている。

表 1 実験 1 の演奏評価の平均値

	全体 (n = 73)		経験者 (n = 18)		非経験者 (n = 55)	
	近似度	自然度	近似度	自然度	近似度	自然度
相異度 0 (見本)	4.42	4.15	4.17	4.00	4.51	4.20
相異度 0.127	3.58	3.10	3.06	2.50	3.75	3.29
相異度 0.235	3.21	3.30	2.22	2.89	3.53	3.44
相異度 0.359	2.70	2.14	2.17	1.78	2.87	2.25

表 3 実験 2 の演奏評価の平均値

	全体 (n = 30)		経験者 (n = 11)		非経験者 (n = 19)	
	近似度	自然度	近似度	自然度	近似度	自然度
相異度 0.127	3.10	2.57	2.64	2.64	3.37	2.53
相異度 0.235	3.13	3.53	2.73	3.09	3.37	3.79
相異度 0.359	2.97	2.67	2.55	2.09	3.21	2.95
相異度 0.445	3.57	3.77	3.09	3.18	3.84	4.11

表 5 実験 1 と実験 2 との演奏評価の比較 (n = 30)

	近似度			自然度		
	実験 1	実験 2	t 値	実験 1	実験 2	t 値
相異度 0.127	3.73	3.10	3.25**	3.07	2.57	2.06**
相異度 0.235	3.07	3.13	0.26	3.37	3.53	0.68
相異度 0.359	2.80	2.97	1.09	2.20	2.63	2.21*

\* は 5%水準で有意, \*\* は 1%水準で有意.

b) 相異度 0.235 の演奏

- ・ 見本 s) よりも抑揚が無くなっている.
- ・ 譜面をそのままデータにした感じで機械的.
- ・ 音がスタッカート調に切れる感じ.

c) 相異度 0.359 の演奏

- ・ 見本 s) よりスピードのある力強い演奏.
- ・ テンポの強弱が極端すぎる.
- ・ 最後の部分の音量が大きく不自然.

b) 相異度 0.445 の演奏

- ・ 音の微妙なズレが自然な演奏に感じる.
- ・ 音の強弱が見本と異なる.
- ・ 伴奏の音量が大きく不自然.

4.3 考 察

試聴環境と評価 実験 1 の結果より, 相異度が低くなるとともに近似度も低くなることが示された. このことから, 演奏表情の定量比較のために用いた相異度と, 人間の試聴による定性比較から得られた近似度は相関関係があることがわかる.

しかし, 実験 1 と実験 2 とでは同じ演奏でも異なる演奏評価となり, 試聴実験の環境によって評価結果が異なることが明らかとなった. また, 試聴演奏 a) (相異度 0.127) の近似度と自然度が実験 1 と実験 2 とで異なることから, 同じ被験者群が同じ演奏を聴いた場合でも, 試聴環境によって評価が異なることが明らかとなった.

実験 1 は, 試聴演奏の順序や回数が決められているコンサート形式の評価実験であり, Rencon と同じ形式である. この形式での演奏評価では, 演奏の聴き直しが不可能なことから, 比較評価よりもむしろ絶対評価が求められる. しかし, 演奏の絶対評価は, 演奏非経験者には困難である. 非経験者は, 曲の全体における抑揚をとらえて演奏を評価していると考えられる. また, 後の演奏の評価がそれまでの演奏の評価に影響される, 試聴演奏を聴いているうちに見本演奏を忘れる, といった傾向がみられた.

実験 2 はヘッドフォンを用い, 被験者が何度も演奏を聴き比べることができたため, 実験 1 よりも正確に判断できた, という意見が多くの被験者から得られた. しかし, 実験 1 と異なり実験 2 では, どの試聴演奏も見本との近似度に有意差が認められない. これは, 被験者によって見本の演奏と似ていないと判断する基準が異なるため, 試聴演奏の近似度の順位が被験者ごとに異なり, 結果的に近似度の順位が決定できなかったと考えられる.

被験者の中に, 音楽の専門教育を受けたことのある人はほとんどいなかった. そのため, 演奏を聴いているうちに評価基準を見失ってしまった被験者もいた. 音楽の専門教育の経験者でない場合, さまざまな表情をもつ複数の演奏に順位付けをすることは容易ではないと考えられる.

鍵盤楽器経験者と非経験者とで、評価に有意差が認められることから、音楽の専門教育経験者を被験者とすることで、より信頼度の高い結果が得られるのではないかと考えられる。

自然度の評価 今回の実験では、近似度と自然度の2項目について演奏評価を行ってもらった。Renconでの試聴評価における“好きさ”は、被験者の音楽の嗜好に大きく左右されるため、また“自然度”との違いがあいまいであるため、今回の実験では除外した。

自然度とは何を基準としているのかわからない、というコメントが数人の被験者から得られた。被験者は、音量を変化させ心地よいアクセントをもつ演奏や、曲全体のなめらかな速度変化がある演奏を自然な演奏と感じ、強弱がつきすぎていたり、多少間が開いていたりする演奏を不自然な演奏ととらえていたようである。また、見本が自然な演奏となっているので、見本に似ている演奏、つまり近似度の高い演奏は、自然度も高くなるのではないかと、といった意見もあった。実際、実験1において近似度と自然度の傾向が一致していることから、被験者は、近似度と自然度を近い尺度で評価していたことが考えられる。

対象曲の選定 対象曲について、聴きなれた曲でないのが感覚的にしか評価できない、音楽の授業で学習した有名な曲のほうが評価しやすい、といった意見もあった。被験者は、特に自然度において、過去の音楽聴取経験をもとに評価を行っていると考えられる。

## 5. おわりに

本報告では、事例に基づく演奏表情の生成手法における、演奏類似性と試聴実験との関係について述べた。演奏表情比較の尺度として相異度を導入し、Rencon方式の試聴実験から、定量値である相異度と人間の試聴評価による演奏近似度との関係について検討した。その結果、試聴実験の形式によって被験者の演奏評価が変化することが確認された。

本報告で用いた相異度は、これは各音ごとの演奏表情の平均値であるため、楽曲全体の演奏表情の比較には適していると考えられるのに対し、演奏表情の起伏の大きい楽曲に対しては、局所的な演奏表情の変化に対応できないといった問題点がある。相異度よりも適用範囲の広い、定量的な演奏表情の比較指標を検討する必要がある。

被験者が演奏評価のときに演奏のどの部分に注目しているのかという問題は、表情つき演奏の生成において重要な示唆を含んでいると考えられる。本報告では被験者からのコメントを収集、分析することで、計算

機による生成演奏の評価基準をいくつか明らかにすることができた。

今後は、一般の被験者による試聴評価とともに、音楽専門家による厳密な試聴評価についても行いたいと考えている。また、演奏のチューリングテストを行うための実験環境やシステムの定量評価手法についても、引き続き検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) 平賀瑠美: 演奏の表情付け, bit 別冊, コンピュータと音楽の世界, pp.270-282 (1998).
- 2) Fred Lerdahl, Ray Jackendoff: *A Generative Theory of Tonal Music*, The MIT Press (1983).
- 3) Widmer, G.: Modeling the rational basis of musical expression, *Computer Music Journal*, Vol.19, No.2, pp.76-96 (1995).
- 4) 金子雄介, 徳永幸生: スラー表現に基づくピアノ演奏の表情付け, 情報処理学会第66回全国大会 (2004).
- 5) Arcos, J.L., de Mantaras, R.L. and Serra, X.: SaxEx: A case-based reasoning system for generating expressive musical performances, *Proc. 1997 ICMC*, pp.329-336 (1997).
- 6) T. Suzuki, T. Tokunaga, and H. Tanaka: A case based approach to the generation of musical expression, *Proc. IJCAI '99*, pp.642-648 (1999).
- 7) 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, 情報処理学会報告誌, Vol.41, No.4, pp.1134-1145 (2000).
- 8) 平賀瑠美, 平田圭二, 片寄晴弘: 蓮根, めざせ世界一のピアニスト, 情報処理, Vol.43, No.2, pp.136-141 (2002).
- 9) 五十嵐滋: 演奏を科学する, ヤマハミュージックメディア (2000).
- 10) T. Suzuki: Kagurame Phase-I, musical expression generation system with case-based method, *Proc. ICAD2002 Rencon Workshop*, pp.13-20 (2002).
- 11) T. Suzuki: The second phase development of case based performance rendering system "Kagurame", *Proc. IJCAI03 Rencon Workshop* (2003).
- 12) 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表情生成式の最適化, 情報処理学会研究報告, 2004-MUS-58, pp.27-32 (2004).
- 13) 片寄晴弘, 平賀瑠美, 平田圭二, 野池賢二, 橋田光代: IJCAI-Rencon の報告と課題, 情報処理学会研究報告, 2003-MUS-52, pp.149-152 (2003).
- 14) 坂本龍一: BTTB(限定版), WPC6-8524, ワーナーミュージック・ジャパン (1998).