

## 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

野池 賢二<sup>†1</sup> 豊田 健一<sup>†2</sup> 片寄 晴弘<sup>†1,†2</sup>

コーパスベース（事例ベース）による表情付けシステムは、適切な事例の検索とその適用さえできれば、ルールベースのシステムに比べて格段に詳細な演奏表情の生成が可能である。しかし、その反面、データベースによって何も表情が生成できない可能性があるという欠点も持つ。本稿では、表情の記述に熟慮した演奏 deviation データベースをコーパスとして用い、類似度の計算レベルを段階的に調節することによってデータベース問題に対処したコーパスベースの表情付けシステム COPER の基礎機能の実装とその評価について述べる。

### An Initial Implementation of Corpus Based Performance Rendering System “COPER”

KENZI NOIKE, KEN'ICHI TOYODA  
and HARUHIRO KATAYOSE

This paper describe an initial implementation of corpus based performance rendering system “COPER.” In the corpus, expressive performances are represented using descriptors of nominal (quantized) note information and deviation terms. The deviation terms consist of whole tempo transition and delicate temporal and dynamic control under the tactus. “COPER” generates expression of a given music, by transcribing expressions of the corresponding note sequences, which are satisfactory with the given queries, in the corpus. The key used for the query was the musical group boundary and the pitch and duration transition of the melody. The paper also describe how the entry piece Chopin's Opus.10, No.3 at NIME04 Rencon was rendered by using “COPER”.

#### 1. はじめに

現在の音楽情報処理研究の主要な研究テーマのひとつに“演奏への表情付け (Performance Rendering)”がある<sup>1)</sup>。これまでに提案されてきた表情付けの手法は、大きく分けると (1) ルール適用型, (2) 事例参照型, の二つに分けることができよう。

演奏への表情付け研究のうち, 計算機科学に軸足を置いている研究としては, 演奏ルールの作成や獲得に焦点を当てているものが多い<sup>3)4)5)6)</sup>。ルールによる表情付けは, 人間が演奏にどのようにして表情を付けて

いるのか, その因果関係を明らかにできるという点で有意義な手法である。しかしその一方で,

- ルールの一般化による“ある曲固有の表情の消失”
  - 固有の表情に対応する個別ルール数の増大
- という, 相反する課題にどう折り合いをつけるかという問題を抱えている。生成される演奏表情の質を高めようとしたとき, 個別ルール数の増大は避けられず, “何を規則化すべきか”, “規則とは何か”というルール適用型システムの根源的な問題にまでさかのぼることになる。

それに対し, 事例データベースを参照し, 類似事例の演奏表情を転写する事例参照型表情付けシステムでは, 適切な類似事例さえ見つかれば, 上に挙げた問題は起こらない。また, 固有の表情の生成については, 事例参照型システムが得意とするところであり, 実際の表情を事例として持つこちらのほうが, 良質の表情を生成できることが期待できる。

事例参照型表情付けシステムが良質な結果を得るためには, 次の2点に留意したシステムの構築が不可欠である。

†1 科学技術振興機構さきがけ研究 21  
PRESTO, JST

†2 関西学院大学理工学部  
Kwansei Gakuin University

- 事例データベースのデータパースネス問題への対処

- 良質な表情を含んだ事例データベースの準備

事例参照型の表情付けシステムの先行例として、Kagurame<sup>8)11)</sup>, SaxEx<sup>9)</sup>, Ha-Hi-Hun<sup>10)</sup> が挙げられる。データパースネス問題への対処として、Kagurame は、楽曲を 2 のべき数的な単位で階層的に分割し、その階層構造を利用した事例の検索と表情の生成を行っている。SaxEx は、抽象化データを用いた事例検索を行っており、その抽象化データとして IRM に基づく構造<sup>15)</sup> と、GTTM<sup>16)</sup> に従った拍節的重要度という二つの規準を用いている。Ha-Hi-Hun も、抽象化データを用いた事例検索を行っており、GTTM の time-span reduction の木構造を deductive object-oriented database の包摂関係で表現した抽象化データを用いている。

これらのシステムでは、データパースネス問題に対する考慮はあるものの、事例データベースの質についての考慮はあまりなされていない。

そこで我々は、事例データベースの質に注意を払うこととし、演奏表情の記述の仕方を熟慮して作成された演奏 deviation データベース<sup>12)13)</sup> を事例データベースとして用いる事例参照型表情付けシステム、COPER を設計した。COPER は、データパースネス問題に対処するために、事例データ検索結果の合致事例数に応じて検索規準を段階的に調整する機構を持つ。

本稿では、COPER のアーキテクチャ設計と、その初期的な実装による NIME04 Rencon<sup>2)</sup> エントリーデータの生成方法について述べる。

## 2. コーパスベース表情付けシステム COPER

我々は、演奏 deviation データベースを、演奏表情のコーパスであると考えており、これを用いるシステムを“コーパスベースシステム”と呼んでいる。以降で、コーパスベースの表情付けシステム COPER のアーキテクチャについて述べる。

### 2.1 演奏表情の記述形式

我々がコーパスとして用いる演奏 deviation データベースは、演奏表情の楽譜からの“ずれ情報 (deviation)”が記述されたデータベースであり、豊田らによって一般公開されている<sup>12)13)</sup>。このデータベースは表情情報の記述形式に対して熟慮されており、その記述を拍節レベル以上とそれ以下に分けて表情を記述する

ところが特徴である。図 1 に記述の例を示す。図 1 の左端の数値がその行の演奏情報の発行時刻であり、音符情報の場合は、音符の発音時刻の基準時刻となる。一つの音符の情報は () で囲んで記述されており、太字で示してある項が楽譜上での音高と音価に相当する情報である。() 内の残りの項が拍節レベル以下の表情情報であり、楽譜からの演奏の“ずれ情報”が、発音時刻 deviation, 打鍵 Velocity 値, 継続時間 deviation, の順で記述されている。拍節レベル以上の表情であるテンポ情報は、1 拍あたりの時間を BEATTIME という記述子を用いて記述されている。

表情の記述をレベル分けして行うことにより、たとえば、和音の打鍵のずれのような局所的で微細な表情と、テンポ変化のような大局的な表情とを分けて処理することも可能となる。

```
.....
.....
2.00 BEATTIME 475.436 4
2.00 (0.00 E3 78 3.00 -0.11)
=2
1.00 BEATTIME 468.384 4
1.00 (0.00 C#4 76 0.75 -0.09) (0.04 E1 60 1.00 -0.13)
1.75 (0.10 D4 77 0.25 -0.14)
2.00 BEATTIME 461.538 4
2.00 (0.00 B3 75 1.00 -0.03) (0.00 G#3 56 1.00 0.03)
3.00 BEATTIME 469.851 4
3.00 (0.00 B3 72 1.00 0.00) (0.09 G#3 56 1.00 -0.12) (0.14 D3 57 1.00 -0.21)
=3
1.00 BEATTIME 470.219 4
1.00 (0.00 B3 77 2.00 -0.05) (0.00 G#3 47 2.00 -0.05) (-0.06 D4 57 2.00 -0.32)
2.00 BEATTIME 470.219 4
3.00 BEATTIME 462.606 4
3.00 (0.00 F#4 75 1.00 -0.15) (0.00 D4 54 1.00 0.03)
=4
1.00 BEATTIME 469.851 4
1.00 (0.00 D#4 73 0.75 -0.38) (0.02 C4 65 0.75 -0.08)
.....
```

図 1 演奏 deviation データベース記述例

### 2.2 コーパス検索時の戦略

一般に、事例ベース推論における類似事例検索は、適度な数の合致事例を見つけるために、段階的に類似度の計算レベルを緩めていく。検索元に対して、事例ベース中の事例が適度な分布を持っている場合や、事例との類似度が精密に計算できる場合は、細かな類似度計算レベルを準備し、そのレベルを調整することによって検索結果事例を適切な数に調整することができる。しかし、実際のところは、検索元に対して常に適度な分布を持った事例ベースを用意することは難しく、また、精密な類似度計算レベルを準備することは困難である。計算レベルを一段階緩めた途端に合致事例数が劇的に増加し、欲する事例が埋もれてしまうことは容易に起こりうる。さらに、そのような状況で、多数の合致事例を平均化して得た情報で推論目的を果たすことは、必ずしもよい結果を得られるとは限らない。合致事例間に矛盾が存在する可能性があり、また、矛盾が存在しなかったとしても、本研究のように演奏の表情付けを目的としている場合、事例の持つ表情情報を

ここでは、“コーパス”という言葉は、“データベース”よりも広い範囲のデータ集合体を表す言葉として用いる。

平均化することは避けたいほうがよい可能性がある。

洗練された類似度計算を行うための評価項目を設定し、細かな計算レベルを用意することができない場合（あるいは意図的に用意しない場合）は、多数の事例が合致した時点で統計的手法による選択を行うということが考えられる。例えば、Cope らの EMI<sup>17)</sup> や Conklin らのコラールメロディ予測<sup>18)</sup> などでは、統計的手法による選択（予測）がよく機能している。

以上から、我々のコーパス検索は、次の手順で行う。

手順 1 合致事例が見つかるまで、事例検索の類似度レベルを具体度の高いほうから低いほうに向かって制御する。

手順 2 類似度レベルの制御によって適切な数の合致事例に絞り込むことができるときは、その事例の演奏表情を転写することで表情付けする。

手順 3 類似度レベルを一段階緩めたときに合致事例が劇的に増加するときは、統計的処理による最尤事例選択を行う。

### 2.3 初期的な実装

2.2 で述べたコーパス検索戦略に基づき、COPER の初期的な実装を行った。ここでは、NIME04 Rencon<sup>2)</sup> エントリデータを生成することを主眼とし、2.2 の戦略のうちごく基礎的な機能を実装した。現段階では、類似度の計算レベルの制御による合致事例の数とその内容に興味があるため、統計的処理の実装は保留している。

音楽において、段階的に抽象化を行える評価項目には、音高推移、和声構造、リズム構造などさまざまなものがある。NIME04 Rencon に向けた類似度計算の実装では、評価項目として  $(C_1)$  音高、 $(C_2)$  音価、音高の類似度計算レベルとして、 $(L_{1,1})$  絶対音高による比較、 $(L_{1,2})$  音高変化量による比較、音価の類似度計算レベルとして、 $(L_{2,1})$  音価による比較、 $(L_{2,2})$  音価の変化量による比較、を用意した。

コーパス検索時の類似度計算の対象は主旋律とし、その単位は、楽曲を主旋律のグループ境界で分割した単位とした。楽曲を機械的に小節線によって分割するというのを避け、人間の聴取構造と一致するグループ境界による分割を採用することで、検索精度の向上を図る。

### 2.4 生成例

2.3 で述べた初期的な実装を行った COPER を用い、NIME04 Rencon 規定部門へのエントリデータを生成した。規定部門の課題曲は、「ショパン作曲のピアノ小品」であるので、「Etude Op.10, Nr.3 “Chanson de

↓合致事例により表情付けできた部分

The image shows a musical score for Chopin's Etude Op. 10, No. 3. It is a piano piece in G major, 3/4 time. The score includes various performance markings such as 'Lento ma non troppo', 'leggio', 'p', 'cresc.', 'ritenuto', 'con forza', 'ff', 'sempre legato', 'dim.', and 'ppp'. Red vertical lines are drawn across the score, indicating where performance instructions were successfully applied based on matching examples. A shaded area at the bottom right is labeled '↑コーパス相当部分' and '合致事例がけなく表情付けできなかった部分'.

図 2 NIME04 Rencon エントリデータ生成

L'adieu”」を表情付け対象曲とした。

事例からの主旋律抽出と、グループ境界による楽曲の分割が自動化されていないため、楽曲分割を手作業で行い、対象曲の後半部分をコーパスと見立て、前半部分の表情付けを行った。その結果を図 2 に示す。類似度計算レベルを下げて「合致事例がなく表情付けできなかった部分」があるが、ほとんどの部分に対して合致事例を見つけることができ、表情付けができた。この生成演奏は、NIME04 Rencon 規定部門において、9 エントリ中 5 位となった。この生成演奏は、[http://shouchan.ei.tuat.ac.jp/~rencon/NIME04/NIME04\\_result.html](http://shouchan.ei.tuat.ac.jp/~rencon/NIME04/NIME04_result.html) から聴くことができる。

## 3. 検討項目

2.3 で述べた実装は、類似度計算の計算レベルが 2 段階しかなく、また 2 つの評価項目も稚拙なものである。

音楽を対象とした類似度計算の計算レベルの段階的な制御方法として、楽曲の持つ認知・知覚における階層構造を利用する方法が提案されている<sup>14)</sup>。この手法の利点は、計算レベルの設計に細かな注意を払う必要がないことであり、COPER の類似度計算処理にそのままあてはめることもできる。そのため、現在、その

実装と評価を検討している。

また、コーパスに事例として含まれる楽曲のグループ境界情報は、現在のところ、手作業によって与えているが、コーパスに含まれる事例の量を充実させるために、GTTM グループ構造分析規則の適用<sup>19)</sup>による自動付与を検討中である。

#### 4. ま と め

本稿では、コーパスの演奏表情付けシステム COPER のアーキテクチャ設計と、NIME04 Rencon エントリに向けて行った初期的な実装について述べた。コーパスとして、演奏表情の記述に熟慮して作成された演奏 deviation データベースを用いることにより、生成される表情の質に配慮した。

NIME04 Rencon エントリのためにコーパスとして見立てたデータは、完全なクローズド・データではないとはいえ、オープンデータであるとは言いがたい。現在、コーパスデータを充実させ、オープンデータでの評価を進めているところである。今後は、検索時の類似度計算対象を主旋律としたこと、主旋律のグループ境界で楽曲を分割したことなどが、コーパス検索時の検索精度向上にどれくらい寄与しているのかを評価していきたい。

謝辞 本研究は、科学技術振興機構さきがけ研究 21「協調と制御」領域の研究テーマとして実施されました。

#### 参 考 文 献

- 1) 平賀瑠美, 平田圭二, 片寄晴弘: 蓮根, 目指せ世界一のピアニスト, 情報処理 Vol. 43, No. 2, pp. 136-141 (2002).
- 2) 野池賢二, 橋田光代, 片寄晴弘, 平田圭二, 平賀瑠美: NIME04 Rencon 開催報告と次回への課題, 情報処理学会研究報告音楽情報科学 2004-MUS-59, (2005).(掲載予定)
- 3) Roberto Bresin: Importance of Note-Level Control in Automatic Music Performance, In Proceedings of ICAD2002 Rencon Workshop, pp. 1 - 6, (2003).
- 4) Gerhard Widmer: Modeling the Rational Basis of Musical Expression, Computer Music Journal, Vol. 19, No. 2, pp. 76 - 96, 1995.
- 5) Mitsuyo Hashida and Haruhiro Katayose : A Study of Performance Rendering based on Slurring, In Working Notes of IJCAI-03 Workshop on methods for automatic music performance and their applications in a public rendering contest, 2003.
- 6) 上符裕一, 青野裕司, 片寄晴弘, 井口征士: 演奏ルールの抽出について, 情報処理学会音楽情報科

- 学研究会研究報告, 96-MUS-15-14, pp. 79 - 84, 1996.
- 7) 長嶋洋一: NIME04/MAF2004 開催報告, 情報処理学会研究報告音楽情報科学 2004-MUS-57, pp. 1-4 (2004).
- 8) Taizan Suzuki: The Second Phase Development of Case Based Performance Rendering System “Kagurame”, In Working Notes of IJCAI-03 Workshop on methods for automatic music performance and their applications in a public rendering contest, pp. 17 - 25, (2003).
- 9) Arcos, J.L., de Mantaras, R.L. and Serra, X.: SaxEx: A case-based reasoning system for generating expressive musical performances, In Proceedings of the 1997 ICMC, pp. 329-336 (1997).
- 10) Hirata, K., Hiraga, R.; Ha-Hi-Hun plays Chopin's Etude, In Working Notes of IJCAI-03 Workshop on methods for automatic music performance and their applications in a public rendering contest, pp. 72-73 (2003).
- 11) 金子雄介, 徳永幸生, 鈴木泰山: 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音楽情報科学 2004-MUS-58, pp. 27-32, (2004).
- 12) 豊田健一, 片寄晴弘, 野池賢二: 音楽解釈研究のための演奏 deviation データベースの作成, 情報処理学会音楽情報科学研究会研究報告, 2003-MUS-51-11, pp. 65 - 70, (2003).
- 13) 演奏 deviation データベース:  
<http://ist.ksc.kwansei.ac.jp/~katayose/Download/Database/deviation/index.html>.
- 14) 片寄晴弘, 平田圭二, 原田利宣, 平賀瑠美, 笠尾敦司, 宮田一乗, 非言語メディアのデザイン支援の課題と可能性, 第 18 回人工知能学会全国大会, 1E3-01 (2004)
- 15) Narmour, E.: The Analysis And Cognition Of Basic Melodic Structures, the University of Chicago Press, (1977).
- 16) Lerdahl and Jackendoff: *A Generative Theory of Tonal Music*, MIT Press (1983).
- 17) Cope, D.: *Computers and Music Style*, A-R EDITIONS, (1991).
- 18) Conklin, D. and Witten, I.: Multiple Viewpoint Systems for Music Prediction, Journal of New Music Research, Vol. 1, pp. 51-73, (1995).
- 19) 野池賢二, 橋田光代, 竹内好宏, 片寄晴弘: 聴取者傾向を加味した GTTM グルーピング規則適用の演奏表情パラメータへの拡張, 情報処理学会研究報告音楽情報科学, 2004-MUS-57, pp. 11 - 16, (2004).
- 20) Rencon Web site:  
<http://shouchan.ei.tuat.ac.jp/~rencon/>.