

## DAPHNE: フレージングと表情付けのための 叙述的音楽分析システム

劉 劍利† 平賀 瑠美† 五十嵐 滋‡

†筑波大学 工学研究科 ‡筑波大学 電子・情報工学系

DAPHNE は、楽曲分析情報を得るための計算機支援システムである。DAPHNE では、楽曲構造、拍節、和声などの楽曲分析情報を獲得できる。また、分析の補助や分析結果を確認するために、演奏データや分析情報の視覚化機能を持つ。計算機支援の機能としては、いくつかの楽曲分析について DAPHNE が候補を挙げたり、ユーザからの入力を自動的に補完する、次の楽曲分析項目を提案するといった機能を持つ。DAPHNE で得られた情報は、音楽情報処理プロジェクト PSYCHE の演奏生成システムや協調演奏システムで共通に使用でき、音楽的により良い結果を生み出すことに利用される。本論文では、DAPHNE の設計と実装を中心に述べる。

### A Computer-Assisted Music Analysis System

#### DAPHNE

Jianli LIU† Rumi HIRAGA† Shigeru IGARASHI‡

†Doctoral Program in Engineering, University of Tsukuba

‡Institute of Information Sciences, University of Tsukuba

DAPHNE (Declarative Analysis of PHrasing aNd Expression) is a computer-assisted music analysis system for obtaining musical information which is implicitly described on musical scores. The information obtained through DAPHNE such as music structure and meter affects much on expression of musical rendition, therefore it is important for music processing systems. As a computer-assisted system, there are functions of automatic analysis suggestion, complementary input, and visualization of the analysis and performance. Rule-based performance generation systems and automatic accompaniment systems of the project Psyche can commonly use the information of music analysis through DAPHNE to generate the better output.

#### 1. はじめに

本論文では、音楽分析システム DAPHNE (Declarative Analysis of PHrasing aNd Expression)を紹介する。このシステム上で、ユーザは既存の楽曲、特にクラシック曲に対して、楽曲構造分析を行い、演奏表情に影響を与える拍節情報などを獲得することができ

る。それらの情報は、音楽情報処理プロジェクト PSYCHE の目標である音楽的により良い自動演奏を実現することにおいて重要な役割を果たす。

音楽を感情の言葉とするとらえ方は古くからあった。音楽と人間の言語は、いずれも、人間の感情を伝え、表情を表せる。音楽の演奏においても、言語と同じように、音の高低、

速度の緩急、音量の大小を用いて、意味を伝えることができる。

また、音楽は人間の言語と同じように表現のルールを持っている。我々の研究室では、音楽家の演奏を分析して、いくつかの楽曲構造を基づいた演奏ルールを導入してきた[7]。

音楽の場合、楽曲の全体像を個々の構成要素に分解し、それを構成している構造や形式を再検討することによって、もとの楽曲全体をより鋭く深く理解することができる。リーマンは楽曲構造について、「形式を主題やフレーズや動機に分類し、楽段の構成や転調や秩序等を確認し、音楽作品の形式構造を探究することであり、生きた楽式論の総体である」[11]と述べた。楽曲分析は、音楽の正しい理解及び演奏に、重要なものであり、音楽情報処理システムに対して、重要な役割を演ずる。

音楽情報処理プロジェクト PSYCHE では、

- ・表情豊かな演奏の自動生成
- ・人間主体の協調演奏
- ・演奏の視覚化表現

について、研究を行ってきた。これらのシステムは、すべて楽曲構造に基づいた情報を用いている。しかし、現在までこれらは独立に作られているため、それぞれのシステムが、分析情報を個別に用意しており、結果を相互に利用することや共通的な情報を使うことができず、プロジェクトの統合性がよくないといえる。

以上のような現状に基づき音楽的により良い成果を得るために、我々の研究室では、楽曲分析システム DAPHNE を設計・開発することにした。このシステムで得られた楽曲分析情報は、既存のシステムで共通に使える情報として用いることができるようになる。

## 2. DAPHNE システムの設計

### 2. 1 DAPHNE の位置付け

音楽情報処理プロジェクト PSYCHE は、実

世界において人間が行うような表情豊かな美しい演奏の実現を目標とし、図 1 に示すようなモデルに基づき演奏を生成する方針である。

EUROPA (Extensible Universal Representation Of Phrasing and Articulation) は、汎用音楽記述言語であり[10]、楽譜上に明記されている情報である音符、ペダル、発想標語などを書くことができる。EUROPA で書かれた楽譜情報は、PSYCHE プロジェクトのシステムで使われている。このデータをコンパイルして得られた演奏データは、楽譜に忠実ではあるが、表情に欠ける演奏を生み出す。

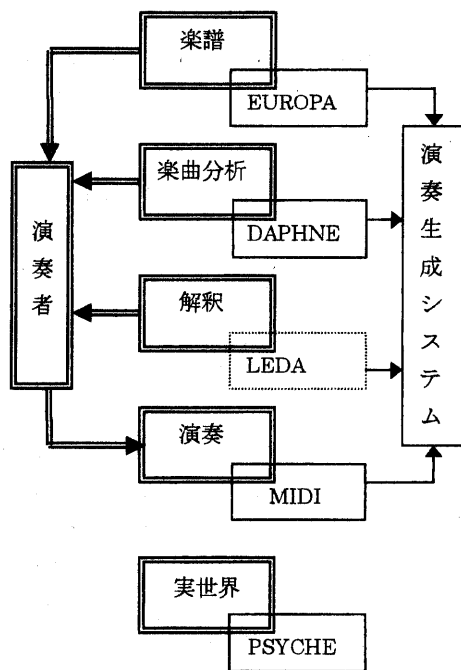


図 1 PSYCHE による自動演奏生成システムのモデル

LEDA (Logical Expression of Dynamics and Agogics) は、EUROPA で書かれた楽譜データと DAPHNE で得られる楽曲分析情報に適用して、表情の付いた音楽的な演奏を生成するためのルールシステムである。LEDA の具体化は、今後の課題の一つである。

LEDA が扱う演奏ルールは、すべて楽曲構造に基づく。従って、人間らしい表情豊かな

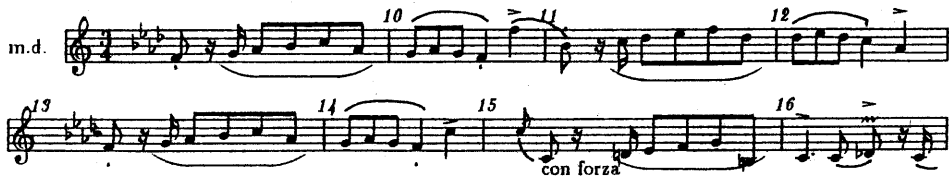


図2 譜例 (Chopin, Mazurka7-3の9-16小節)

演奏をルールを用いて実現するためには、楽曲分析情報が必要不可欠となる。DAPHNEシステムは、我々の研究室で開発した様々な計算機音楽処理システムで共通に使える情報として、楽曲分析情報を獲得するためのシステムである。

## 2. 2 DAPHNE の設計

DAPHNE は以下の機能を取り入れるよう設計されている。

### 1 楽曲分析

音楽作品は、フレーズやセクションという楽曲構造の各レベルでの音楽的諸要素のモーションが積み重ねられていき、一つの曲というシェイプを形成する [9]。PSYCHEで用いる演奏ルールは、すべて楽曲構造をベースとする。それらのルールの適用対象として、十分な種類の楽曲分析情報をDAPHNEにおいて獲得できるようにしておかなければならない。従って、楽曲分析の項目の設計においては、より多くの演奏ルールに適用可能性をもった項目の集合を作ることが重要となる。現在、以下の項目を取り入れている。

#### 一楽曲構造分析

楽曲構造の重要性については、音楽情報処理研究に携わる多くの研究者も認めることである [1] [2] [4] [13]。楽曲構造は階層構造

を作るいくつかのレベルの基準単位に分けられる。我々はリーマンの「大楽節構造」をベースとした方法を用いる。その構成単位には、sentence、phrase、motifがある。

図3に図2の譜例の楽曲構造の例を示す。

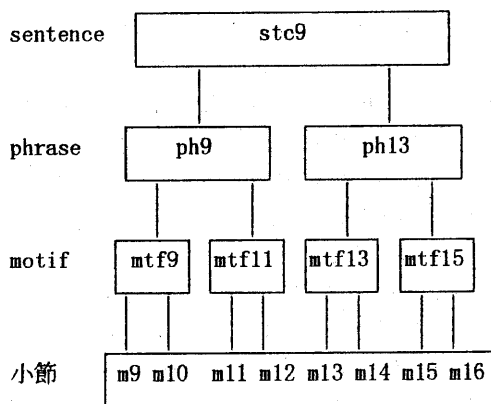


図3 階層分析(Chopin, Mazurka7-3の9-16小節)

#### 一拍節分析

upbeat は、拍節法において、下に向けて打ちおろす強拍(下拍)に対するものとしての弱拍のこと、なかでも旋律の冒頭において、最初の強拍(あるいは小節線)に達する以前の部分をいう。従って、upbeat が演奏単位の開始となるので、motif が upbeat を含む場合構造の開始位置は小節の開始位置と異なる。

リズムの焦点であり核として accent は、ほかの音よりも強調される。accent に対する誤った考えや無関心な演奏は、音色がどんな

美しく、楽譜に忠実な演奏のように見えても、すぐれた演奏として人の心に訴えるものではないし、実はその演奏は楽譜に忠実であるとはいえない。accent に対する正しい考えが音楽を生き物にするのである。accent からの弛緩や解放が desinence である。

slur は音高の異なる2個、あるいはそれ以上の一組の音符の上または下につける弧線のこと、レガート奏法すなわち滑らかに奏すべきことを指示する [8] [12]。これらの拍節情報は、リズムやアーティキュレーションに大きく影響を与える。

#### 一類似度分析

同じレベルの楽曲構造のメロディに基づいた構造間の類似関係の情報を得る。演奏の表情が楽曲構造間の類似関係と相関を持つため [7]、楽曲を構造に分解するだけでなく、それらの間の類似性を旋律から明らかにしておくことが必要になる。

実際に演奏生成の対象とする楽曲における類似関係には、旋律の明らかな同型反復よりも、リズムが変化していたり、楽曲構造の終わりだけが異なることが多い。そのような場合にも、比較の基準とする楽曲構造からの距離として、類似関係を表せるようにする。

#### 一和声

伴奏に現れる和音の進行とその終わり方は、演奏表情に影響を与える。例えば、あるフレーズに終止形や半終止形が存在する場合には、そのフレーズの終わり方や、次のフレーズに移る“間”の取り方がある程度規定される

## 2 協調演奏のための特別指定

PSYCHE の協調演奏システムにおいても楽曲構造が重要な役割を果たす。例えば、楽曲構造を用いて、テンポを追従する場所を決め、それ以外の部分では伴奏の独立性を保つことでより良い協調演奏ができる [5] [6]。これを実

現するために DAPHNE から特別な指定をできるようにする。

## 3 楽譜分析の視覚化

分析の結果を見やすくするために、表や図で示すことは有用である。構造分析や構造間の類似度は表にすることで構造間の関係が分かり易くなる。また、視覚化された表や図に直接変更を加えることができると便利である。さらに、拍節の分析と演奏のための特別指定などの確認のために、楽譜を視覚化すると、ユーザにとって、使い易さが向上し、理解を助ける。

## 4 演奏情報の視覚化

演奏を数値データによって分析すると、楽曲構造に基づいた演奏や表情の特徴が分かりにくい。演奏のデータを楽曲構造に基づいて視覚化すれば、演奏の音楽的意味を見つけることが容易になる [3]。視覚化表現を用いて、様々な演奏を比べて、共通性を発見し、演奏ルールを導くことも可能である。

## 5 計算機支援

人間の分析の負担を減らすために、DAPHNE は計算機支援システムとする。従って、主な分析を計算機が自動行って、その結果を基にユーザが変更を加えたり、より詳しく指定するという使い方ができる。コマンド入力においては、ユーザがすべて入力しなくても、システムは部分的に入力を補う。次に行うべき分析項目を示して、ユーザの入力を促す機能も取り入れる。

DAPHNE は、広く音楽的な楽曲分析情報を獲得するための手段として、音楽家と情報処理に携わる人々が楽曲分析の情報を交換することができるシステムとみなすこともできる。そのために、対話性と視覚化を特徴とする計算機支援システムになるように

設計した。そして、本研究は計算機による音楽情報処理の中で人工知能と密接な関わりを持つ研究対象の一つの、「音楽表現の形式化」に対するアプローチであるといえ、人工知能と音楽分析に役立つことを目指す。

### 3. DAPHNE システム

ここでは、DAPHNE システムの実装について述べる。開発環境は以下の通りである。

- ・使用機種 NEC PC98
- ・OS Windows95
- ・開発言語 Visual C++、 Visual Basic

#### 3. 1 システム構成

DAPHNE システムは図 4 のように構成される。

DAPHNE システムは、分析の対象とする楽曲の情報を EUROPA ファイルから得る。DAPHNE システムの出力は DAPHNE ファイルである。これは、楽譜記述言語 EUROPA で書かれた楽譜情報ファイル、楽曲分析の履歴、セッション終了時のオブジェクトをシリアル化したものの組についての情報を持っている。

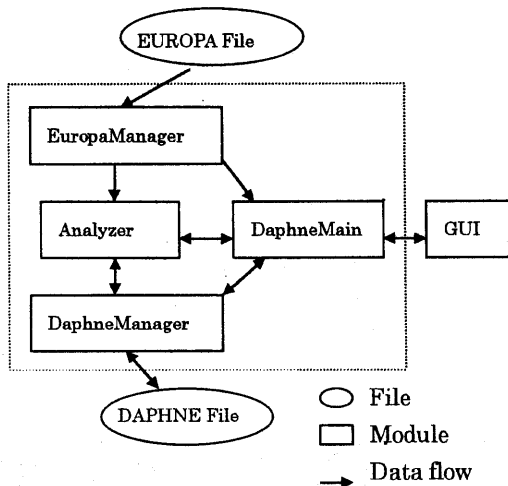


図 4 DAPHNE システムの構成

GUI は、Visual Basic で開発した。それ以外のモジュールは、Visual C++ で書かれ

ている。

DaphneMain は、GUI からのユーザの入力を処理モジュールである Analyzer に渡したり、楽譜情報や分析情報を表示するためにデータを GUI に渡す。

EuropaManager は、Europa ファイル上の楽譜情報をシステムに取り込む。

DaphneManager は、Daphne ファイルの情報をシステムに取り込んだり、DAPHNE セッションの終了時に、楽曲分析情報を保存する。

Analyzer は、楽曲構造分析、構造間の類似度の計算などの支援機能や、指定された分析情報を適当なオブジェクトの属性値とする等、システムを中心となるモジュールである。

#### 3. 2 DAPHNE システムのクラス

楽譜データは、EUROPA ファイルにテキスト形式で保存されている。DAPHNE システムでは、分析処理のために、EUROPA ファイルのデータを楽曲クラス DEuropa のオブジェクトに変換する。

DEuropa は、楽曲の小節数、声部数、調号、拍子等の楽譜情報を属性に持つ。DEuropa は、小節クラス DMeasure を属性として持ち、DEuropa のオブジェクトとなる楽曲は、小節の集まりとして表される。音符クラス DNote のオブジェクトになる個々の音符は、小節クラス DMeasure の属性であるが、楽曲の直接の属性ではない。

楽曲分析の結果は、クラス DDaphne のオブジェクトとなる。実際には、DDaphne のオブジェクトは、楽曲構造のためのクラス DUnit のオブジェクトの集合である。

DUnit は、分析結果の情報として、

- ・モチーフやフレーズなどの構造レベル
- ・楽曲構造の楽譜上の位置
- ・類似度に関する情報 (どの楽曲構造にどれくらい似ているか)
- ・構造内の拍節に関する情報 (種類と位置) 等を属性に持つ。楽曲構造に対応する DUnit のオブジェクトは、小節クラス DMeasure の

オブジェクトを介してそこに含まれる音符にアクセスすることができる。これは、図3に示したように、モチーフやフレーズなどの基本的な構造がほぼ小節を単位として構成されるためである。図5にこれらのクラス間の関係を示す。

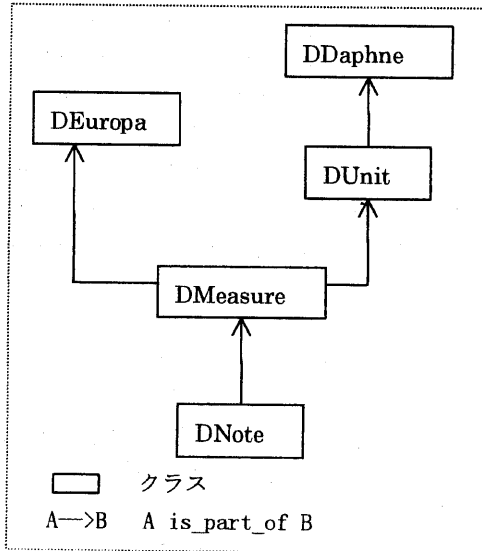


図5 クラス間の関係

### 3.3 使用例

図6における大きいウィンドウは、DAPHNEのメイン・ウィンドウである。実行されたコマンドは、上部の履歴域に表示される。下部は、DAPHNE コマンドの入力域である。DAPHNEにおける楽曲分析は、この入力域にコマンドを入力することでも行えるが、コマンド・バーから別のウィンドウを開いてユーザが必要な情報のみを入れる方法も可能である。この場合も対応するコマンドが履歴上に残る。

例えば、楽曲構造を楽譜上の第9小節から第24小節までの16小節分について、モチーフに分割することを指定するためには以下のコマンドをメイン・ウィンドウのコマンド入力域に入力する。

D1 motif9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23

これは、右側の楽曲構造分析のための小さいウィンドウからも指定することができる。

現在は、楽曲構造単位の大きさをDAPHNEに知識として与えることにより、楽曲構造の候補を挙げるという支援を行える（楽曲の部分によっては、候補を挙げるできない場合もある）。指定のかわりに問い合わせに

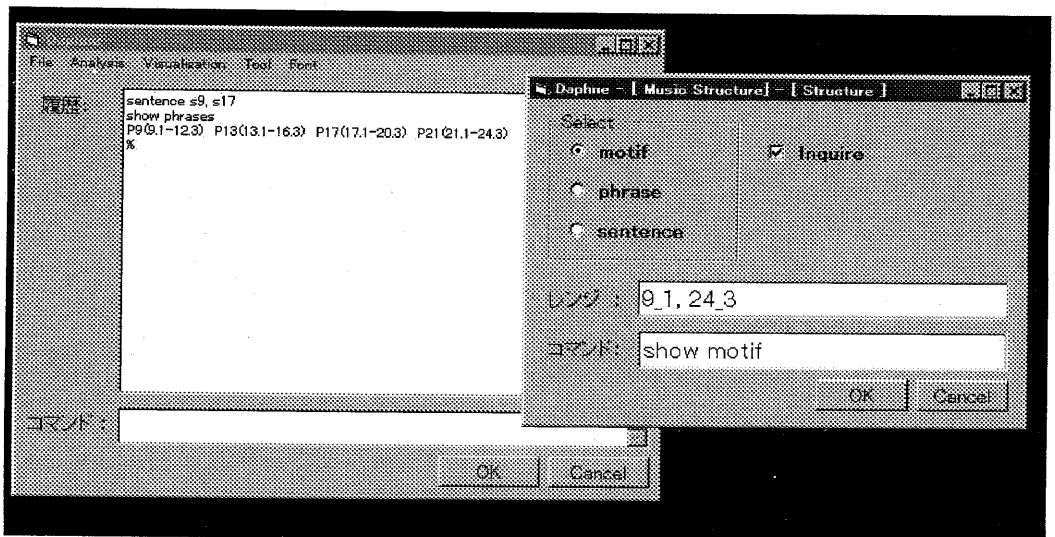


図6 DAPHNEのGUI

より同様のモチーフ情報を得るためには、コマンドでは、

D2 show motif of 9 thru 24

であり、図6のサブウインドウ上では、Inquiryをチェックすればよい。この状態でOKボタンを押せば上のコマンドと同じ命令が実行される。このように、コマンドに対応したウインドウが用意されており、そこでは文字列によるコマンドを入力するかわりに、現在の分析対象（この場合、第9小節第1拍から第24小節第3拍まで）に対して、分析構造を選択することで、コマンドが生成される。

拍節情報は、楽譜上の音符の位置あるいは範囲を用いて指定する。例えば、3拍の楽曲で、第10小節第3拍の4分音符が第11小節への上拍（upbeat、アウフタクト）であると指定する場合のコマンドは、

D3 upbeat at 10.3

となる。D1では、モチーフの出現は、小節線により2小節毎に区切られているが、D3により、D1で指定された第11～12小節のモチーフの範囲は、第10小節第3拍から第12小節の終わりに自動的に変更される。

#### 4. おわりに

音楽処理システムにおいて、楽曲分析は演奏表情を導く上で、最も重要な情報の一つである。今回開発した DAPHNE は、フレーズと表情付けのための叙述的音楽分析システムであり、視覚化と計算機支援を特徴とする。

DAPHNEでは、現在以下の機能を含む。

- ・楽曲構造分析
  - －階層 (motif, phrase, sentence) 分析
  - －構造の出現間の類似度の計算
- ・拍節の指定
- ・分析の視覚化
  - －分析結果を Excel など市販ソフトの表に示す
  - －演奏データを図形に表示する

今後の課題は、主に DAPHNE で獲得された情報を演奏ルールシステム LEDA(Logical Expression of Dynamics and Agogics)において活用することである。

様々なシステムに適用しながら、ユーザから評価を得、また計算機支援機能を強化して、使いやすいシステムとしていく予定である。

#### 参考文献

- [1] Balaban, M.: Music Structures: Interleaving the Temporal and Hierarchical Aspects in Music, in Understanding Music with AI, Balaban, Ebciglu, and Laske ed., pp. 110-139, The MIT Press, 1992.
- [2] Chafe, C.: Statistical Pattern Recognition for Prediction of Solo Piano Performance, Proc. of ICMC, pp. 145-148, 1997.
- [3] 平賀瑠美, 五十嵐滋, 松浦陽平: 統合音楽視覚化システム, 情報処理学会論文誌, 38-11, pp. 2391-2397, 1997.
- [4] Honing, H.: Espresso, a strong and small editor for expression, Prof. of ICMC, pp. 215-218, 1992.
- [5] 堀内靖雄, 田中穂積: 自主性を持つ伴奏システム, 人工知能学会誌, vol. 10, no. 1, pp. 72-79, 1995.
- [6] 五十嵐滋, 小川大典, 戴綱, 彌富あかね, 松浦陽平: 楽曲構造に基づく演奏表情分析と自動演奏への応用, 情報処理学会第52回(平成8年前期)全国大会予稿集, pp. (1)-

441-442, 1996.

- [7] 彌富あかね, 平賀瑠美, 五十嵐滋: 演奏ルールを用いる音楽表情の構造的展開, 人工知能学会全国大会 (11), pp. 280-282, 1997.
- [8] 熊田為宏: 演奏のための楽曲分析法, 音楽之友社, 1995.
- [9] ヤン・ラルー, 大宮真琴: スタイル・アナリシス総合的様式分析—方法と範例, 音楽之友社, 1988.
- [10] 笹川瑠美, 五十嵐滋, 三好和憲: 汎用音楽記述言語の設計試作, 情報処理学会 第 25 回プログラミングシンポジウム報告集, pp. 16-25, 1984.
- [11] 音楽大事典, 平凡社, 1981.
- [12] ウォーカー: 音楽分析入門, 音楽之友社, 1987.
- [13] Widmer, G.: Learning Expression at Multiple Structural Levels, Proc. of ICMC, pp. 95-101, 1994.