

## Daphne による音楽表現の形式化\*

平賀 瑠美<sup>†</sup>  
筑波大学工学研究科五十嵐 滋<sup>‡</sup>  
筑波大学電子・情報工学系劉 剣利<sup>§</sup>  
筑波大学理工学研究科

## Abstract

既存の楽曲（特に西洋クラシック曲）の演奏を生成するシステムや、自動伴奏システムにおいては、楽曲構造の情報をを用いることで出力が飛躍的に向上する。音楽情報処理プロジェクト Psyche では、音楽学における楽曲分析の項目のうち、楽曲構造は勿論であるが、特に演奏方法に直接関係のあると考えられるいくつかの音楽情報を得るためのシステムとして、“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 Daphne(Declarative Analysis for PHrasing aNd Expression)”を設計・開発している。Daphne はインタラクティブ・システムで、かつ、ユーザが Daphne から楽曲分析に関する助言を引き出すことのできる計算機支援楽曲分析システムでもある。本発表では、Daphne において得られる楽曲分析情報と、その楽曲分析情報が適用される計算機音楽システムを紹介する。

## 1 はじめに

計算機音楽プロジェクト Psyche では、ピアノ曲を中心とした西洋クラシック曲の演奏の広い意味での自動生成—演奏データの自動生成はもとより、自動生成の一種としての協調演奏、自動生成のための演奏分析、分析のための視覚化まで含まれる—を行ってきた [8]。既存の楽曲（特に西洋クラシック曲）を対象とする場合、目的は楽曲分析や演奏生成のように異なっても、楽曲構造を用いることの重要性、必要性はどのシステムでも従来より強調されている [1][2][10][24][25][27]。Psyche でも様々な計算機音楽システム上で、モチーフやフレーズといった楽曲構造の概念に基づいた情報を採り入れることによりシステムの出力が飛躍的に向上することを経験している [12][20]。

ここ何年かは、システム毎に楽曲構造の取り込みを検討、実現してきたが、年次が異なるシステムに対して個別対処の結果、ソフトウェアとしては必然的にデータフォーマットの不統一、および、そのためにシステム間の非整合性やシステム全体を眺めた時のデザインの発散が生じてきた。従って、最近

は、プロジェクトのシステム全体で共通に使える楽曲構造のデータフォーマットを中心にデザインを進めてきた。さらに一層音楽性ある演奏を獲得するため、また、より広い範囲のシステムや人々の間で音楽に関する情報を利用するために、楽曲構造は勿論であるが、音楽学における楽曲分析の項目のうち、特に演奏方法に直接関係のあると考えられるいくつかも、情報としてシステムに与えることにした。それら楽曲分析に関わる情報を指定したり、楽譜情報を基に自動的に獲得することのできるシステムが“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 Daphne(Declarative Analysis for PHrasing aNd Expression)”である。

Daphne はインタラクティブ・システムで、かつ、ユーザは Daphne を使用中対話的にシステムから楽曲分析に関する助言を引き出すことのできる計算機支援楽曲分析システムでもある。従って、Daphne においては以下の三点、

- 楽曲分析として、システムを用いることで何を得られるかという情報の内容、
- 楽曲分析の情報はどのように得られるかというユーザ・インタフェース（対話性）、
- 得られた楽曲分析をどのようにユーザは確認、利用できるかという点においてのユーザ・インタフェース（視覚化）。

に設計上の重点を置いた。Daphne は、計算機専攻の人たちだけによる計算機音楽に関する一つのプロジェクト限定されず、音楽を専門とする人たちの間

\*Representation of Music Analysis in Daphne

<sup>†</sup>Rumi Hiraga, Univ. of Tsukuba, Doctoral Program in Engineering<sup>‡</sup>Shigeru Igarashi, Univ. of Tsukuba, Institute of Information Sciences<sup>§</sup>Jianli Liu, Univ. of Tsukuba, Masters Program in Science

でも広く楽曲分析の情報交換の手段として使用されることを想定、期待している。

本発表では、Daphne の位置付け、デザイン、および、使用例について述べる。

## 2 Psyche プロジェクトにおける Daphne の位置付け

Psyche プロジェクトにおける Daphne の位置付けを述べる。Psyche プロジェクトにおける演奏の自動生成システムでは、楽譜情報を楽譜記述言語 Europa (Extensible Universal Representation Of Phrasing and Articulation) [22] で書いたものに対し、様々な過程を経て最終的に MIDI データを生成する。ここで、様々な過程とは、人間の演奏家が演奏を生み出すために行なう (楽曲分析や) 演奏解釈に対応する処理を指す。Psyche で演奏解釈は、演奏ルールとして実現される。演奏ルールを扱うシステムは Leda (Logical Expression of Dynamics and Agogics) と呼ばれる。Daphne は、演奏ルールをより有効に適用するための楽曲分析情報を得るためのシステムである。Psyche における自動演奏生成モデルを図 1 に示す。

実世界で演奏解釈は宣言的に述べられる。また、楽譜上の発想記号自体は宣言的、定性的、主観的な表現を記号化したものである。例えば、発想記号の一つとして、楽譜上に “*espressivo*” (表情豊かな意) と書かれていたら、演奏家は、何をどのようにすれば表情豊かなかについて、どの程度まで具体的に考えているのかは個々の演奏家によって違うだろうが、結果として表情豊かな演奏を行なう。また、“*espressivo*” の適用範囲も楽譜上から適当に見つけ出すという作業をする。これほど極端でなくても、よく見かける “*f*” や “*p*” という音の大きさに関する指示の記号も定性的な意味しか持っていない。

図 1 に基づいて設計・開発される自動演奏生成システムでは、定性的に述べられる演奏表情に関するルールを見つけることと、具体的な数値にするための方式を確立することが主たる研究内容となる。ここで、演奏表情に関するルールは楽譜に関して述べられることは勿論だが、楽曲分析の結果を用いるとより豊富な表情付けを導くことができる。従って、Daphne では演奏表情を念頭に置いて、必要と考えられる楽曲分析情報を得ることを目的としている。

得られた楽曲分析情報は演奏ルールを用いた自動演奏生成システムの Leda のルール・ベース上のルールの記事にも用いられる。演奏ルールは従来、音楽的、文学的、主観的、定性的に述べられている [5][12][27]。Psyche では、ルールの前提と帰結を Daphne および Europa の表現を用いて表すように

ルール表現のプロトコルを決めることで、ルールの記述に一貫性を与え、新たなルールの追加を容易にする。例えば “フレーズの頂点は長めに弾かれる” という演奏ルールの前提 “フレーズの頂点” は、Daphne の楽曲分析情報と Europa の楽譜情報に関して以下のように展開される。D は Daphne の、E は Europa の情報を示す。

- フレーズが確定されている (D)、
- フレーズ内でピッチが最高、あるいは、第二に高い (E)、
- フレーズ内のほぼ中央 (D/E)、
- アクセントが有る (D)、
- デジネンス (フレーズ内で終結に向かう音群) の前 (D)。

## 3 Daphne の設計

ここでは Daphne 設計上の三つのポイントについて述べる。

### 3.1 Daphne における楽曲分析

Daphne を用いて得られる楽曲分析の情報の使用目的は、自動演奏システムの出力としての演奏をより向上させることと、音楽家の間で楽曲に対しての分析の確認を行なうことができることが挙げられる。

音楽学から楽曲分析のアプローチや方法に関する文献は数多くでている。すぐ手にとれる所に置いてあるものだけでも [14][15][16][21][23][26] 等が挙げられるが、勿論これらは所持している楽曲分析に関する書籍の一部であり、出版されているものの極一部分である。また、和声分析に関してはある程度の合意や共通の表記がまともつつあるが、その他の分析についてはいまだ何が必須であるかという项目的なことすら共通認識に至っていない。一方、音楽認知研究では [4][17][18] 等が用いられることが多い。しかし、片寄 [13] も述べているようにそれぞれは解析対象に向き不向きがあり、色々なアプリケーションの基本に一つの理論だけを用いることは実際上不可能である。

これらのことと、15 年以上に渡って様々な音楽情報処理システムを構築してきた経験から Daphne では以下の情報について指定したり、分析したりすることができるようにした。ここで分析とは、ユーザによる指定、および、楽曲解析支援システムとしての Daphne から候補情報の獲得という二つの情報指定・獲得の方法を意味する。

- 楽曲構造分析

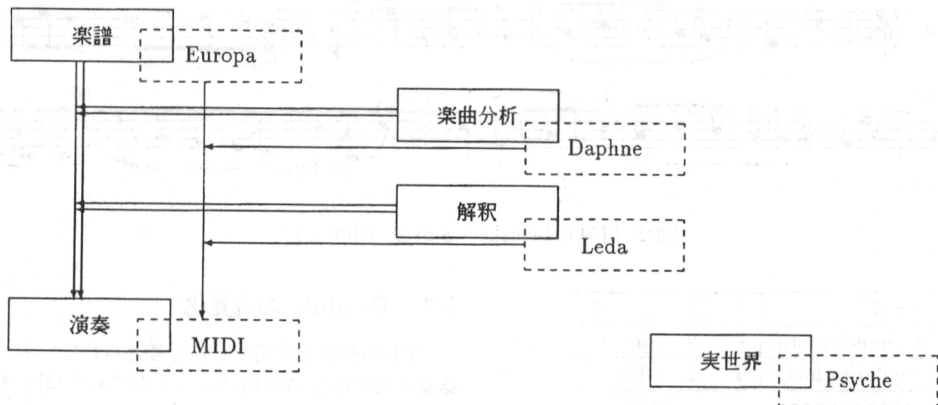


図 1: Psyche における自動演奏生成モデル

- meter (upbeat, accent, desinense によるグルーピング) の指定
- 和声分析
- 視覚化の指定
- 協調演奏のための指定

楽曲構造の単位としては、2小節からなるモチーフ（動機。ただし、音楽家によって、同じ名前でも、単位の長さは異なる場合がある。例えばシェーンベルグは動機を1小節としている[23]）、4小節からなるフレーズ、8小節からなるセンテンスがよく用いられる。“楽曲分析の実際はグルーピングに終始するといっても過言ではない”と述べている音楽家[15]もあり、meterの指定により演奏の表情が左右されるので[19]、表情豊かな自動演奏のためには欠かせない要素である。和声分析は特にソナタ形式では、楽曲構造分析の確認のためにも有用である。また、和声進行は演奏の表情、特にagogics（テンポの局所的ゆらぎ）に影響を与える。分析・指定された情報の確認には、文字列以外による情報の視覚化が有効である。また、既にPsycheプロジェクトで作られている演奏視覚化システム（[6][7][9]等）も呼べるようにすることで、ユーザビリティをあげて考えている。協調演奏システムも既に楽曲構造の概念を取り込んでいるが、さらに、協調演奏に特有で必要な指定（例えば伴奏パートの独立性[11][20]）をDaphneを通してできるようにする。

図2の譜例は、ショパンのマズルカ7-3の第9小節からの8小節である。これの楽曲構造分析を行ない、構造のオカレンス間を用いて演奏の自動

生成を行なったのが豊富なシステムである[12]。

この譜例の8小節は、おおまかに2小節ずつのモチーフに楽曲構造分析をすることができる。これら4つのモチーフはAA'ABという形式をなしているとみなすことができる。以後それぞれのモチーフを *mf9*、*mf11*、*mf13*、*mf15* と呼ぶ。ここで *mf9* は、*mf11* と *mf13* の基になる構造なので、種モチーフ (reference motif) と呼ばれる。このように、小節を合わせ（あるいは、楽譜を分割して）音楽的に意味のあるかたまり（楽曲構造のオカレンス）を作ることと、オカレンス間の類似関係の獲得をDaphneの楽曲構造分析ではできる。表1に楽曲構造分析されたオカレンスと類似度を示す。

楽曲構造分析でおおまかなかたまりを見つけることができた。しかし、実際楽譜を見ると、第10小節の3拍めの四分音符（以後 *f77* と呼ぶ）は第11小節の第一音とスラーでつながっており、演奏上これを無視することはできない。つまり、*f77* の音は *mf11* と同じグループに属する。これを指定するためには、*f77* が *mf11* の upbeat（アウフタクト）になっているという meter 指定を行なえばよい。

譜例の8小節はセンテンスを構成しており、その最終小節に和声の半終始型が見られる。和声の終始・半終始型は特にテンポに影響を与えるので表情に影響を与える情報として指定されるべきである。

### 3.2 Daphne の対話性

Daphne は Psyche 関係者、計算機関係者のみならず、楽曲分析の情報交換のために、広く音楽家の



図 2: 譜例 (Mazurka 7-3 by F. Chopin)

motif	9	11	13	15
reference motif	9	9	9	15
similarity level	0	2	1	0

表 1: 構造分析と類似度

使用も望まれる。逆に音楽的な知識をあまり持たない人でもある程度の楽曲分析を得られるようになることが望ましい。そこで、ユーザが計算機を使用する負担を少なくするために、以下のような支援機能を実現しようとしている。

**現在の状況を知らせる** 楽曲分析は楽曲全体に渡ったり、あるいはまた、局所的に深く行なわれる。これら、大局的、局所的な分析はユーザの関心や必要に応じて変化し、また、扱う場所も連続的であることが多いが変化する。従って、現在の操作対象を最近の分析状況と合わせユーザに知らせるようにする。

また、新たな分析が過去の分析と矛盾を起こす可能性があるような場合にも警告を発する。例えば、普通あるモチーフは一つのフレーズ内に存在するが、新たにモチーフが二つのフレーズにまたがって存在するように指定されたような時にはその旨を知らせる。

**次に行なわれる分析を誘導する** ユーザが計算機寄りである場合、楽曲分析に慣れていないことが多い。そのような時に、Daphneの楽曲分析機能をより活用できるように、現在の操作対象と最近の分析状況から、さらに、次に考えられる自然な楽曲分析をユーザに知らせる。

**分析の候補を自動生成する** 分析自体が難しい場合、あるいは、分析は簡単だがユーザにとって、分析指定のための入力負担が大きくなるような場合には、Daphneに分析させ、分析の候補を結果として得るという機能である。

### 3.3 Daphneの視覚化

音楽演奏は普通聞くものと考えられているが、聴覚と視覚は互いに補い合うものであり[3]、そのことを念頭において開発されたシステムは、アプリケーションの特長を表すように図形が表現されれば、ユーザの目的をより達成しやすくする。Psycheの視覚化システム[9]は、そのようなシステムの一例である。

Daphneでは、楽曲分析や拍節分析を行なった後に、それを確かめるためにいくつかの視覚化表現を導入した。例えば楽曲構造分析と類似度を得た後で、大局的にその情報を見たい場合には表1のような表を見ることが出来る。また、拍節分析は五線の楽譜上に表示することで、ユーザは分析の正当性を確認することができる。

### 4 Daphneの使用例

Daphneはコマンド入力およびGUI操作のいずれでも使用できる。ここではGUIの使用例を示す。

図3はDaphneが起動された時に現れるウィンドウである。上部にはDaphneで用いたコマンドの履歴が表示される。下部にはDaphneコマンドを入力することができる。このウィンドウだけを用いればコマンド入力だけで楽曲分析を行なうことができる。履歴領域で小文字はユーザの入力、大文字はDaphneからのリプライである。

コマンド入力における楽曲分析では、Daphneの支援機能によりコマンド入力の一部が自動的に補われる。例えばDaphneにはcurrent rangeという概念があり、対象となる楽曲の範囲についての最新情報を保持している。ユーザの分析に関する入力はcurrent rangeに関わる人が多いので、コマンド入力指定される範囲については、Daphneが自動的に表示する。図3においてユーザが入力するコマンド“show similarity level of motifs”の“motif”はDaphneが補う。また、“show”で始まるコマンドは、ユーザの分析指定ではなく、Daphneが分析の候補を返したり、図形出力を行なう。先のコマ

ンドでは、モチーフを Daphne に挙げさせる。このような機能は、ユーザに一般解を与えるという意味の他に、ユーザが間違えやすい入力負担を少なくするという意味も持つ。

図3の履歴は図2の譜例を含むショパンのマズルカ7-3の第9小節から16小節分、つまり2センテンス分の類似度分析を含む楽曲構造分析が終了したことを示している。この段階では、楽曲構造は、モチーフレベルで小節の先頭から2小節ずつに区切られている。従って図2の譜例の第10小節第3拍の四分音符 (*f77*と呼ぶ) は、*mf9*に属することになる。しかし、*f77*は明らかに *mf11* の upbeat であり、それが指示されていなければ、楽曲分析は正確ではなく、生成される演奏データにも影響が出てくる。3.1で書いたように、楽曲構造がおおまかに分析されたならば、Daphne では各構造の内部に立ち入ることができる。つまり、meter の指定で *f77* を *mf11* の upbeat にすることができる。また、譜例は、マズルカ特有のリズムを持っており、それを演奏に反映させるためのアクセント付けも有意義な楽曲分析である。

図3に示されたコマンドが実行された結果(楽曲構造分析と類似度)を確認するために、視覚化の機能呼び出す。図4に示されるように、表1と同じ形式の表を見ることができる。

目的に応じ、同じ情報をいくつかの視覚化表現で表すこともできる。例えば *mf9* の情報についてさらに見る場合には、図5のウインドウから表示方法を選択する。楽譜情報、指定部分について演奏情報を取り込んでいるならば演奏の視覚化も可能である。演奏の視覚化は既にいくつかの方法が存在し [6][7][9]、さらに新しい方法も考案中である。

## 5 システム構成

現在 Daphne システムは Windows95 上で GUI 部分を Visual Basic Ver. 5.00、処理部分を Visual C++ Ver. 5.00 を用いて開発されている(図6)。GUI から入力されたコマンドは、DLL により処理部分に渡され、処理結果もまた、DLL により GUI に返される。

楽曲分析は与えられた楽曲に対して行なわれる。Daphne に対しては楽譜記述言語 Europa により記述された楽譜情報をユーザが指定して Daphne に与える。Europa ファイルの内容は一定のフォーマットに従った文字列であり、このファイルは読み出し専用である。EuropaFile モジュールは Europa ファイルを扱う。ファイルの load 以外に、指定された範囲(例えば第9小節から16小節まで)の楽譜情報を切り出す機能等を持つ。

Daphne で分析された楽曲情報は、システムを終

える時に内部のオブジェクトがシリアルライズによってセーブされると同時にオブジェクトの保持する情報を人間が見て理解できるフォーマットのファイルにも保存される。また、この Daphne セッションで指定されたコマンドの履歴も保存される。次の Daphne セッション起動時にはシリアルライズされていた情報がオブジェクトに展開される。このような Daphne の楽曲分析情報を扱うのが DaphneFile モジュールである。

Analyzer モジュールは分析候補のためのアルゴリズム等を持つ。DaphneMain は VB による GUI とのインタフェースとなる。独立して作られている様々な視覚化システムを採り入れるために、今後はプロセス間通信の機能も用いる予定である。

## 6 まとめ

楽曲分析のための計算機支援システム Daphne の設計・開発について述べた。Daphne の音楽情報処理における主な意義として、

- 自動演奏データ生成システムにおける演奏ルールを統一的に記述でき、システムの拡張性を保証する、
- 自動重奏システムに対する情報提供、
- 音楽と計算機という二つの分野の学際領域としての音楽情報処理を形式化する。

が挙げられる。今後は2で述べた Psyche 全体の枠組を実現するために3の基本設計を基に機能の充実をはかっていきたい。

## References

- [1] Balaban, M. : Music Structures : Interleaving the Temporal and Hierarchical Aspects in Music, in *Understanding Music with AI*, Balaban, Ebcioglu, and Laske ed., pp. 110-139, The MIT Press, 1992.
- [2] Balaban, M. : The Music Structures Approach to Knowledge Representation for Music Processing, *CMJ*, 20(2), pp. 96-111, 1996.
- [3] Brewster, A., Stephen., Wright, C., Peter, and Edwards, D.N.Alistair : The Design and Evaluation of an Auditory-Enhanced Scroll-Bar, *CHI'94 Conference Proceedings*, pp. 173-179 1994.
- [4] Cooper and Meyer: *The Rhythmic Structure of Music*, University of Chicago Press, 1960.
- [5] 藤原 義章 : *リズムはゆらぐー自然リズムの演奏法一*, 白水社, 1995.

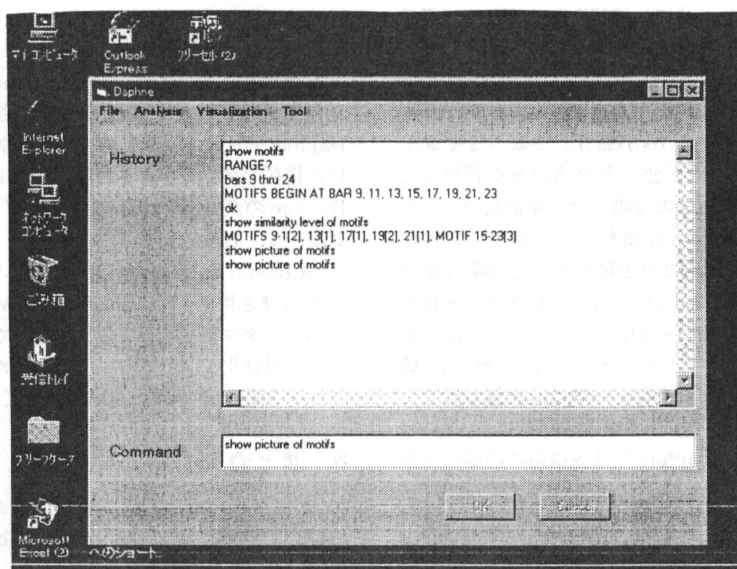


図 3: Daphne メイン・ウィンドウ

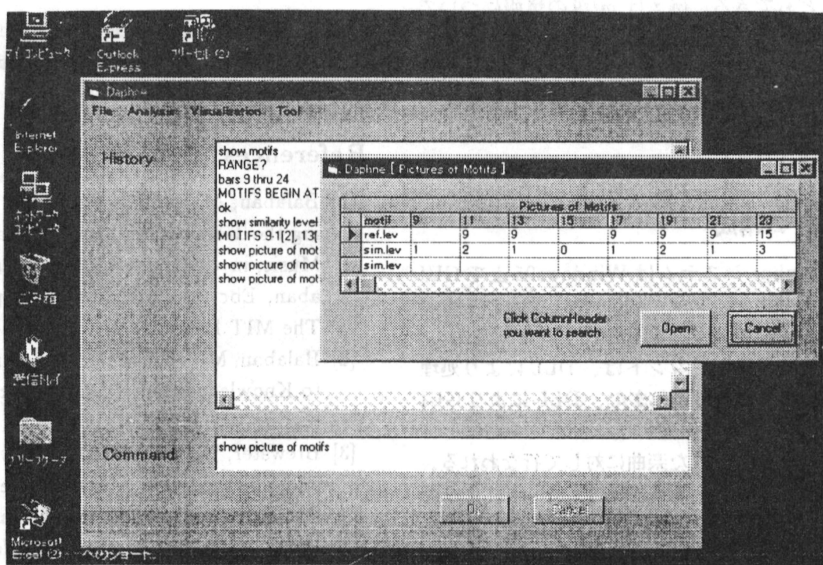


図 4: Daphne 視覚化の一例

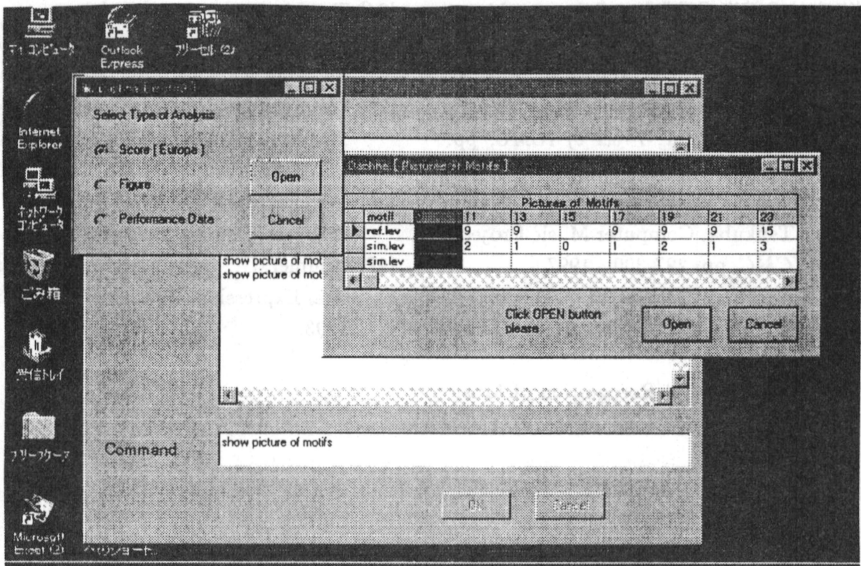


図 5: Daphne 視覚化の呼びだし

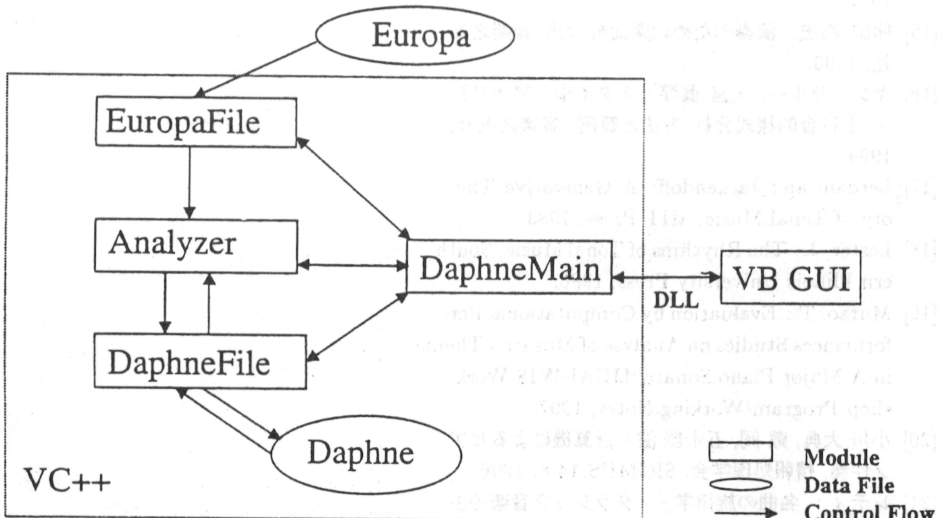


図 6: Daphne システム構成

- [6] 平賀 瑠美, 五十嵐 滋, 松浦 陽平: オブジェクト指向による演奏視覚化システム, コンピュータ・ソフトウェア, 14-1, pp. 50-54, 1997.
- [7] Hiraga, R., Igarashi, S., and Matsuura, Y.: Visualized Music Expression in an Object-Oriented Environment, *Proc. of ICMC*, pp. 483-486, 1996.
- [8] Hiraga, R. and Igarashi, S.: Psyche: University of Tsukuba, Computer Music Project, *Proc. of ICMC*, pp. 297-300, 1997.
- [9] 平賀 瑠美, 五十嵐 滋, 松浦 陽平: 統合演奏視覚化システム, 情報処理学会論文誌, 38-11, pp. 2391-2397, 1997.
- [10] Hiraga, Y.: Structural Recognition of Music by Pattern Matching, *Proc. of ICMC*, pp. 426-429, 1997.
- [11] 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, 10(1), pp. 72-79, 1995.
- [12] 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, 1997年度人工知能学会全国大会(第11回), pp. 280-282, 1997.
- [13] 片寄 晴弘, 竹内 好宏: 演奏解釈の音楽理論とその応用について, *IPSI, SIGMUS 7-3*, pp. 15-22, 1994.
- [14] Keller, H.: フレージングとアーティキュレーション, 植村 耕三・福田 達夫 訳, 音楽之友社, 1987.
- [15] 熊田 為宏: 演奏のための楽曲分析法, 音楽之友社, 1995.
- [16] ヤン・ラルー, 大宮 眞琴: スタイル・アナリシス 1 総合的様式分析 方法と範例, 音楽之友社, 1994.
- [17] Lerdahl and Jackendoff: *A Generative Theory of Tonal Music*, MIT Press, 1983.
- [18] Lester, J.: *The Rhythms of Tonal Music*, Southern Illinois University Press, 1986.
- [19] Murao, T.: Evaluation by Computational Performances Studies on Analyse of Mozart's Theme in A Major Piano Sonata, *IJCAI-W18 Workshop Program Working Notes*, 1997.
- [20] 小川 大典, 戴 岡, 五十嵐 滋: 計算機によるピアノ伴奏, 情報処理学会, *SIGMUS 14-6*, 1996.
- [21] レティ: 名曲の旋律学 — クラシック音楽の主題と組立て, 音楽之友社, 1995.
- [22] 笹川 瑠美, 三好 和憲, 五十嵐 滋: 汎用音楽記述言語の設計試作, 情報処理学会 プログラミングシンポジウム(第25回)報告集, 1984.
- [23] Schoenberg, A.: 作曲の基礎技法 *G. Strang, L. Stein* 編, 山縣茂太郎・鳴原真一訳, 音楽之友社, 1997.
- [24] Taguti, T.: A structural language for computer performance of piano music, *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, 9(6), pp. 275-286, 1988.
- [25] Uwabu, Y., Katayose, H., and Inokuchi, S.: A Structural Analysis Tool for Expressive Performance, *Proc. of ICMC*, pp. 121-124, 1997.
- [26] Walker, A.: 音楽分析入門, 三浦 洋司・吉富 功修 訳, 音楽之友社, 1994.
- [27] Widmer, G.: Understanding and learning Musical Expression, *Proc. of ICMC*, pp. 268-275, 1993.



本 PDF ファイルは 1998 年発行の「第 39 回プログラミング・シンポジウム報告集」をスキャンし、項目ごとに整理して、情報処理学会電子図書館「情報学広場」に掲載するものです。

この出版物は情報処理学会への著作権譲渡がなされていませんが、情報処理学会公式 Web サイトに、下記「過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について」を掲載し、権利者の検索をおこないました。そのうえで同意をいただいたもの、お申し出のなかったものを掲載しています。

[https://www.ipsj.or.jp/topics/Past\\_reports.html](https://www.ipsj.or.jp/topics/Past_reports.html)

### 過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について

情報処理学会発行の出版物著作権は平成 12 年から情報処理学会著作権規程に従い、学会に帰属することになっています。

プログラミング・シンポジウムの報告集は、情報処理学会と設立の事情が異なるため、この改訂がシンポジウム内部で徹底しておらず、情報処理学会の他の出版物が情報学広場 (=情報処理学会電子図書館) で公開されているにも拘らず、古い報告集には公開されていないものが少からずありました。

プログラミング・シンポジウムは昭和 59 年に情報処理学会の一部門になりましたが、それ以前の報告集も含め、この度学会の他の出版物と同様の扱いにしたいと考えます。過去のすべての報告集の論文について、著作権者 (論文を執筆された故人の相続人) を探し出して利用許諾に関する同意を頂くことは困難ですので、一定期間の権利者搜索の努力をしたうえで、著作権者が見つからない場合も論文を情報学広場に掲載させていただきたいと思えます。その後、著作権者が発見され、情報学広場への掲載の継続に同意が得られなかった場合には、当該論文については、掲載を停止致します。

この措置にご意見のある方は、プログラミング・シンポジウムの辻尚史運営委員長 ([tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp](mailto:tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp)) までお申し出ください。

加えて、著作権者について情報をお持ちの方は事務局まで情報をお寄せくださいますようお願い申し上げます。

期間：2020 年 12 月 18 日 ~ 2021 年 3 月 19 日

掲載日：2020 年 12 月 18 日

プログラミング・シンポジウム委員会

情報処理学会著作権規程

<https://www.ipsj.or.jp/copyright/ronbun/copyright.html>