

楽曲分析システム DAPHNE

—実際の楽譜上での自動分析

○劉 劍利 i 平賀 瑠美 ii 五十嵐 滋 iii 関口由浩 i
i 筑波大学工学研究科 ii 筑波技術短期大学 iii 筑波大学電子・情報工学系

DAPHNE は楽曲分析のためのシステムで、楽曲構造分析を行い、演奏表情に影響を与える構造機能、和声情報などを獲得することができる。それらの情報を演奏ルールで用いて、表情の付いた自動演奏を実現できる。本発表では、和声分析と楽式分析などの機能を加えて分析内容を強化したことと、また、WYSIWYG のユーザインタフェースに楽譜や演奏などを取入れた使い易い分析環境について述べる。ユーザは実際の楽譜上で分析することや、計算機自動分析の結果をベースとして修正することにより、簡単で、迅速な分析が実現される。さらに、被験者による分析の項目から計算機の支援方法までの評価も行った。

Computer-Assisted Music Analysis System DAPHNE:

— Automatic Analysis through Realistic Score Sheets

Liu Jianli i Hiraga Rumi ii Igarashi Shigeru iii Sekiguchi Yoshihiro i
i Doctoral Program in Engineering, University of Tsukuba
ii Tsukuba College of Technology
iii Institute of Information Sciences, University of Tsukuba

DAPHNE is a computer-assisted music analysis system to obtain information which affects and regulates performance. By now, user can get information as follows :

- Musical structure (motif, phrase, sentence and other user specifying structure)
- Structural Functions (anacursis, initiative and desinence)
- Relationships among occurrences of musical structure
- Tonality and harmony and chord progression
- Musical forms

DAPHNE provides analysis information automatically and WYSIWYG as user interface. Therefore, users can analyze by themselves or ask DAPHNE for automatic analysis through displayed realistic score sheets just by specifying a range and an analysis item. The result of analysis is instantly displayed on the score sheet.

1. はじめに

我々は音楽的により良い自動演奏を実現することを目標を目指して、音楽情報処理プロジェクト PSYCHE のシステムを開発している。音楽の表現において、楽曲分析が重要な役割を果たす。これは音楽理論の視点だけではなく、最近の研究【1】からも演奏の表情は構造と関係あるということが明示されている。現在、構造的な音楽理論のコンピュータ上でのハンドリングを目標とした研究が行われている【2】。我々の研究室でも構造など理論を利用している。また、音楽家の演奏を分析して、いくつかの演奏ルールを導入してきた。演奏の自動生成は全て楽曲構造に基づいた演奏ルールをベースとしている。

DAPHNE (Declarative Analysis of Phrasing and Expression) は楽曲分析のためのシステムで、PSYCHE プロジェクトの一環或は独立の分析システムとして使われる。そこでは、楽曲構造分析を行い、演奏表情に影響を与える構造機能、和声情報などを獲得することができる。それらの情報を演奏ルールに適用して、表情付ける自動演奏を実現できる。現在音楽情報処理においては、分析理論【3】やシステム【4】【5】がいくつか存在しているが、DAPHNE は音楽理論を本にする。

DAPHNE に関する、今回の発表では和声分析と楽式分析などの機能を加えて、構造分析の内容を増やした。また、ユーザインタフェースに楽譜や演奏などを取入れて、使い易い分析環境をユーザに提供する。

2. DAPHNE の設計

表情豊かな演奏を実現するために、PSYCHE では、実世界において人間が行う演奏行為と同様な過程を含むことにより構築して、以下のようになんらかの過程が含まれる。

(楽譜) → 楽曲分析 → 楽曲解釈 → 演奏

その中には、DAPHNE システムは楽曲分析に相当する部分である。DAPHNE で得た情報は、

PSYCHE における他の計算機音楽処理システムで共通に使われる。また、楽曲分析情報は演奏者の演奏を分析して見つけられたルールを適用の際に用いられ、楽譜データの上に表情情報を加えることができるようになる【6】。

2.1 分析項目

現在、DAPHNE では以下の分析項目を取り入れている。これらのうちのいくつかは計算機支援より、DAPHNE による自動分析により得られる。また、その結果をベースとして、ユーザが変更したり、詳しく指定するという使い方ができる。

① 構造分析

楽曲構造は、演奏を導く上で最も重要な根拠の一つである【3】【7】。良い自動演奏を実現するためには、楽曲構造を分析することが不可欠であり、プロジェクトの基礎となっている。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て、楽曲は sentence、phrase、motif などの単位及びユーザ指定による新たな構成単位を導入した。ユーザ指定による構造の例としては、楽式分析のため、二つの sentence より構成された構造などがある。

② 類似度分析

実際の楽曲では、リズムや終端部分だけが異なるが、類似した構造が反復演奏されることが多い。類似している構造間の演奏は、似た表情を持ち、演奏の自動生成においては、基本となる楽曲構造の演奏を参照、展開して、類似関係の構造の演奏データを作ることができる【8】。したがって、演奏生成において、類似度の分析は非常に重要である。また、類似度情報は、調性、和音の終止形などの情報と合せて、楽式分析に使用できる。

③ 構造機能分析

楽曲構造分析の出現 (occurrences) 内部の情報である。構造機能情報 (anacursis-緊

張の高まり、initiative—緊張の頂点、desinence—弛緩）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【9】。

構造機能の分析はかなり複雑で、分析の自動化は困難であり、現在 DAPHNE では、それらの分析はユーザにより指定され、計算機が演奏情報として保存する。

④ 和声分析と調性分析

和声に関する研究は古くから行われ、音楽学の中にあつて最も体系化が進んだ分野といえるので、理論的に捉え易い。和声分析を行えば、前述の構造分析、類似度分析の大きな手掛かりとなるし、芸術的な演奏の生成のためにも様々なアプローチを与える可能性がある。システムでは、まず和声をコード(chord)で捉え、次に調性分析の結果（初めから与える場合もある）に基づいて機能と和声分析を行う。これによって、終止形分析も可能になる。この部分は開発中である。

⑤ 楽式分析

楽式は、楽曲の全体的な構成の形式であり、作曲者は形式を利用して、自分の意図を表現する。楽式の分析は、作曲者の意図を理解し、演奏に反映させることのできる重要な要素である。

クラシックの楽曲には、いくつかの固定的な楽式が存在している。DAPHNE では、和声、調性、構造、類似関係などの情報を利用して、ある程度判別することができる。しかし、楽曲のなかには、何部形式の曲なのか判断しにくいものが多く、自動分析できない場合も多い。その時は、ユーザの提示と指示が必要である。

2.2 ユーザインタフェース

① WYSIWYGによる分析

DAPHNE システムでは、スクリーン上に実際の楽譜を表示して、WYSIWYG による現実感のあるユーザインタフェースを作成した。ユーザが机上で分析するのと同じように、楽譜上で直接分析したり、修正することができる。分析結果は楽譜上に表示され、保存される。分析を表

として示すこと（分析データテーブル）もできる。

実際の楽譜を用いて表示された楽譜上での自動分析は、ユーザにとって、より簡単で、迅速な分析が実現される。

また DAPHNE では様々な版の楽譜を表示することができ、演奏と合わせ見ることにより分析を確認することができる。また、版による分析の違いを保持することもできる。

② 演奏データの視覚化

楽曲構造に基づいて演奏データを視覚化する【10】ことで分析を補助する。視覚化表示上に構造機能を示すことにより一層演奏の特徴がわかりやすくなり、演奏パラメータの選択表示により、演奏を様々な角度から捕らえることができる【11】。

③ 演奏の再生

ユーザは分析対象の楽曲から指定範囲の演奏を聞くことができる。楽譜を見ながら、分析部分の演奏を聞くことにより、分析行為を助け、また、分析結果を確認することにも役立つ。

3. DAPHNE システムの構成

Windows98 の環境で、DAPHNE システムを実装した。システムは図のように構成される。

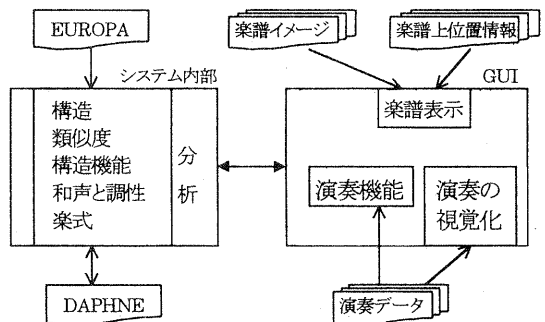


図1 DAPHNE システムの構成

GUI 部分は、Visual Basic で開発した。ここでは分析の視覚化環境を作り、ユーザからの入力を解釈して、システム内部を呼び出すことと、システム内部から渡された分析結果を受け



図2. Mazurka Op. 7 No. 3 の分析



図3. 分析結果の一部(小節9-16)の拡大図

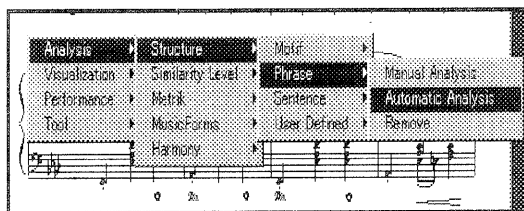


図4. ポップアップメニューの拡大図

取り表示する。DAPHNE システムでは、(コード化された)楽譜情報の他に実際の楽譜を使用するために、楽譜イメージファイルと楽譜上の音符位置情報のファイルを事前に用意することが必要である。また、演奏者の演奏データも必要である。

システム内部はGUIと独立しているため、各分析に対応する部分はコンポーネントとして実装することができ、更新や追加が容易になる。

4. 使用例

Chopin の Mazurka7-3 を譜例として、分析の例を述べる。

まず、マウスで9小節目からの16小節の分析範囲を指定する。図2の2ページ目の楽譜上に表示されているようにポップアップメニューを開き、分析項目を選択できる。図4はそのポップアップメニューを拡大表示している。

① 構造分析

motif、phrase、sentence の自動構造分析を行った結果が楽譜上に水平線として表示される。楽譜上のそれぞれの線分は、上から motif、phrase、sentence の範囲を示す。図3は図2の第9小節から第16小節までの分析結果の拡大図で、motif9 が第9小節の頭から第10小節の2拍目まで、phrase9 が第9小節の頭から第12小節の3拍目までということを示している。アウトタクトも自動的に判別している。

② 類似度分析

自動構造分析と同様に、類似度分析を選択すると、motif、phrase、sentence の類似度分析結果が構造範囲の線分の下に数字で示される。結果には参照した構造の番号と類似程度を含む。図3は motif9 の水平線下の Seed は参照部分が無いということを示している。motif11 の M9:3 は motif9 を参照して、類似度が3になると

参考文献

アニストは普段計算機を使用しない。4人の学生の音楽及び音楽情報科学についての知識は様々である。2人は同研究室の大学院生で、研究課題はそれぞれ演奏データの視覚化と演奏ルールによる自動生成システムである。2人とも自分のシステムには DAPHNE から得た楽曲分析情報を利用している。他の2人は4年生で、音楽情報処理実験を始めたばかりで、楽曲構造などの音楽知識を学ぶために、DAPHNE システムを使っている。

表1は質問とそれに対する回答(平均)を示す。括弧の中にピアニストの回答を表示する。1はNOで、5はYESである。

目的と好みの分析方法によって、各項目の評価が異なる。演奏データの図形、複数の楽譜、分析結果テーブルなどに関する質問に対しては、学生と音楽家の回答に差異がある。これらの回答から、DAPHNE の今後の課題は主に分析項目の補充と計算機支援の強化ということがわかる。

7. 終わりに

DAPHNE システムは、GUI を用いて、計算機支援による楽曲情報を獲得するための使いやすいシステムを目指している。

今回の発表では、構造分析の機能を深くして、その結果に基づいて和声分析と楽式分析などの機能を加えて、分析項目を増やした。また、ユーザインタフェースに楽譜や演奏などを取入れて、ユーザにとって、使い易さが向上し、理解を助けるシステムとした。

今後の課題は分析項目と自動分析機能の強化をすることと、また、版の違いによる分析情報を保持するデータベースなど、様々なシステムに使われるようにするつもりである。

【1】 C. Palmer: *Structural representations of music performance*. Proc. Of the Cognitive Science Society. Lawrence Erlbaum Associates, 1989.

【2】 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, 情報処理学会研究報告, 94-MUS-7, pp.15-22, 1994.

【3】 F. Lerdahl & R. Jackendoff: *A generative theory of tonal music*. The MIT Press. 1983.

【4】 D. Huron: *Music Research Using Humdrum*, <http://dactyl.som.ohio-state.edu/Humdrum/guide.toc.html>

【5】 H. Honing: *POCO: an environment for analysing, modifying, and generating expression in music*. In Proc. Of ICMC. ICMA, pp.364-368, 1990.

【6】 R. Hiraga and S. Igarashi: *Psyche: University of Tsukuba, Computer music project*. In Proc. Of ICMC. ICMA, pp.297-300, 1997.

【7】 G. Widmer: *Understanding and learning musical expression*. In Proc. Of ICMC. pp.268-275, ICMA, 1993.

【8】 A. Iyatomi, R. Hiraga, and S. Igarashi: *Unfolding performance expression with rules based on music structure*. In Proc. Of the Annual Conference of JSAI, number 11, JSAI, pp.280-282, 1997.

【9】 W. T. Berry: *Structural Functions in Music*. Dover Publications, 1987

【10】 平賀瑠美, 五十嵐滋, 松浦陽平: *統合演奏視覚化システム* 情報処理論文誌, 第38巻11号, pp.2391-2397, 1997.

【11】 漆原めぐみ, 平賀瑠美, 五十嵐滋, 小池宏幸: *楽曲構造に基づく演奏表情の視覚化と応用* 1999年人工知能学会全国大会, pp.167-170, 1999.

【12】 小池宏幸, 平賀瑠美, 五十嵐滋, 水谷哲也, 塩雅之: *アゴーギクールの適用による自動演奏生成システムの構築*, SIGMUS SS'99 (第31回研究会), 1999. (発表予定)

【13】 酒井祐樹, 田中崇之, 水谷哲也, 五十嵐滋, 塩雅之, 平賀瑠美: *演奏生成の論理的表現—ルールを用いた演奏生成と協調演奏* 1999年人工知能学会全国大会, pp.171-174, 1999.