

総合音楽情報システム

—採譜、読譜、演奏、鑑賞するコンピューター—

井口征士 片寄晴弘
大阪大学基礎工学部

近年、コンピュータは工学的な分野にとどまらず、芸術分野においてもその応用が期待されている。特に音楽分野においては、以前では（人間の）音楽家にしか行なえなかった音楽作業を、計算機をアシスタントとすることによって素人が行なう、あるいは音楽作業をコンピュータ自身が行なうという目標に向けて研究が繰り広げられている。ここでは、その一例として、音楽における音響、楽譜、MIDIなどのさまざまなメディアに関する変換機能を有した音楽システムについて述べる。

An Integrated Music Information System

-Music Transcribing, Reading, Performing and Appreciating Computer-

Seiji Inokuchi and Haruhiro Katayose
Osaka University, Faculty of Engineering Science
Toyonaka Osaka 560, JAPAN

The computer application is expected not only to technology but also to art field. In music field, the studies to use computers for the assistance of musician and cognitive modelling have been reported. This paper describes, as one case of computer application to music, the intelligent music system that can transform music into various media. The function of the system are 1) Transcription, 2) Score Reading, 3) Music Analysis, 4) Music printing and 5) Music Performance.

1. はじめに

近年、コンピュータは工学的な分野にとどまらず、芸術分野においてもその応用が期待されている。特に音楽においては、以前では（人間の）音楽家にしか行なえなかった音楽作業を、計算機をアシスタントとすることによって素人が行なう、あるいは音楽作業をコンピュータ自身が行なうという目標に向けて研究が繰り広げられている[1]。

この分野でもっとも早く普及したデジタル技術はシンセサイザである。シンセサイザは無限の音の合成を可能にする音楽媒体であり、音楽創作に関して新たな局面をもたらすものであった。シンセサイザの成功以来、データベース、採譜、読譜、楽譜の生成、編曲など音楽を支える幅広いツールにコンピュータが応用されてきた。開発されたツールには非常に有用なものもあるが、残念ながら、大部分が個別に開発されてきたものである。現場の音楽家からは「ツールを組み合わせたい。」という要請があり、最近では、総合的に音楽を扱う、即ち、マルチメディアを利用した音楽情報処理システムの研究が望まれている。我々はマルチメディアを利用した音楽システムとして、Fig. 1 に示すようなシステムを構築してきた。主な機能は

1. 採譜（音響信号をシンボルに変換する）
2. 読譜（楽譜をシンボルに変換する）
3. 分析（シンボルの音楽的解析）
4. 写譜（シンボルから楽譜に変換する）
5. 演奏（シンセサイザによる演奏）
6. 編曲（旋律の和声付け）

であり、複数の機能を組み合わせた処理が可能となっている。

音楽には、音響、楽譜、MIDI など様々なメディアがあり、ミュージックシステムにおいてはこのような多種のメディアをいかにして扱うかが問題となる。この問題に対してはデータ自身に大きな情報を持たせ必要な部分を拾いだしていくという方式と基本的なデータを必要に応じて変換するという方法があるが、我々は後者の立場に立ってシステムの構築を進めてきた。基本的なデータには音の大きさ、開始ユニット、終了ユニットを記述するミュージックコードを用いている。このデータを介して楽譜認識の結果をシンセサイザを用いて出力したり、あるいは採譜結果を音楽的解析するといった処理が可能となっている。このほか、自動演奏において表現のディテールを表現するためのデータ形式も用意している。以下、本システムのうち、代表的な機能について述べていく。

2. 採譜

この作業を支える技術は信号処理であるが、我々は複素スペクトルの内挿法[2]という高精度の周波数解析法を開発し、ピーク周波数の抽出を行なっている。この周波数抽出処理を数 $m \cdot \text{sec}$ ずつ繰り返して行なうことによって、Fig. 2 に示すような時間周波数地図を作成する。我々は、この時間周波数地図を解析する際にAI的手法を利用することにより採譜処理能力の向上を

はかってきた。この例としては、まず歌唱の自動採譜 [3] をあげることができる。この例では音（声）のふらつきを吸収するために A I 的手法を用いている。まず、パターンマッチングの手法で主調を求め、その調ではありえない音価が割り当てられた部分を再解析するという方法で声のふらつきを吸収している。また単声採譜の 1 アプリケーションとして、得られた旋律に対し、音楽的な知識を用いることによって和声付けを行っている。もう一つの例として多重音の採譜システム [4] をあげることができる。この例では楽器音の高調波構造から基本音を推論したり、拍を追跡するなど人間の採譜課程をシミュレートすることにより処理能力を高めている。

3. 読譜 [5]

楽譜に記載される各々のシンボルの形状は比較的単純なものであるが、実際の楽譜においてはシンボルの交差、接触などが頻繁に起こっている。また個々の記号が持つ意味や、連結関係にはあいまいさが存在する。読譜システムでは小節という単位に注目し、音楽的知識を有効に利用することによりこれらの問題に対処している。

楽譜はイメージスキャナを通して取り込まれ、前処理として小節単位に分割される。小説単位に分割した画像に対して Fig.3 に示すような一種の黒板モデルを用いて認識が行なわれる。画像中の各図形は各シンボルの認識が進むに従って消去されていき最終的には認識対象外の図形が残される (Fig.4)。初心者向き程度の印刷ピアノ楽譜に対する認識率は 90% をこえている。

4. 分析

音楽を単なる音の羅列として受けとめているわけでは知的処理とはいいがたい。本システムは上記の処理により得られた音列のデータから音楽知識を用いてメロディ、リズム・パターン、コード進行を解析するという処理を行なっている [6]。

メロディについては、メロディは大きく聞こえる音の列である、和音の時はもっとも高い音がメロディの構成音である、極端な跳躍進行はないなどの条件を用いて認識を行っている。

拍子については強拍の分布を追跡していくことにより 2 拍子、3 拍子あるいは 8 ビートなどのように認識を行っている。

コード進行についてはどのような音の組み合わせがどんなコードに対応するかという知識とアルペジオなどの演奏法に関する知識を用いて認識している。

5. 楽譜出力 [7]

トータルな音楽情報処理システムにおいては内部データを人間にとって分かりやすい形で出力する必要があるが、視覚的な情報出力としては楽譜化が望まれる。楽譜化においては音楽的な知識を用いて内部データを解析する必要がある。具体的な例としてはその楽曲が何調であるとか、何拍子であるとか、あるいはどこに小節線を付けるかなどがあげられる。このほかにも、和音であるものは和音としてマーキングを行なったり、連符の認識を行なったりする必要が生

じる。ここではFig.5に示すような流れで楽譜の生成を行なっている。本システムではFig.6に示すような譜例を作成することができる。

6. 自動演奏 [8]

コンピュータがもっとも広く使われている部門と言えは自動演奏であり、コンピュータミュージックという新しいジャンルが確立されている。コンピュータミュージックは自然音では奏でられない音の合成、メトロノームに乗っ取った正確無比な演奏をその特徴としてきた。正確な、すなわち、“機械的な”演奏とはまさしくコンピュータの得意分野としてこの分野の発展を支えてきた中心的な要因であるが、最近では、“人間的な”演奏をいかにして実現するかが問題となっている。

我々はコンピュータが楽譜を入力として、人間的な“名演奏”を機械が奏でるということを目的に研究を進めている。その、第一歩として名演奏をシミュレートするシステムを構築した。ここでは、楽譜データをモデルとして用いることにより、有効に、音響データから演奏情報を抽出している [9]。

次に得られた演奏情報をもとに名演奏における演奏速度の表現について解析を行なってみた。ポリリーニがショパンの“前奏曲”を演奏した例に局所的演奏速度（各音譜に与えられた時間から、メトロノーム速度に変換した早さ）と音譜の拍数の関係をFig.7に示す。この図からいくつかの性質が読み取れるが、もっとわかりやすくするために、このグラフを波形分析した例をFig.8に示す。これより、この楽曲は典型的な2部形式であり、また、起承転結が意識されていることがわかる。ミクロな特徴では、16分音符が非常に短く演奏されていることがわかる。このような解析から、ポリリーニがショパンの“前奏曲”の演奏法としては

1. 小節毎にマクロな緩急を付ける
2. 16分音符は短く演奏する

というような知識が存在することがわかる。

現在の課題は、楽譜入力に対して情緒豊かな演奏を自動的に生成する、すなわち、Fig.9に示すような音楽解釈能力をもった自動演奏システムの構築である。

7. 展望

われわれは、音楽に関する情報処理を様々な面から研究してきた。音楽作業においてはそれぞれの作業に応じたツールの能力と共にシステムとしての能力向上が望まれる。各モジュールはほぼ満足なものが出来上がってきているが、現段階では、システムとしての使いやすさ、即ち、ユーザ・インターフェースにはまだまだ検討の余地がある。今後は、この点に留意して研究を行なっていく必要がある。

また、もう一つの大きな目標として、音楽情報の一つとして“感性情報”をシステムで扱うことを考えている。デザイン関係の支援システムではすでに落ち着いた色合い、金属的な色合いなど、データベースの検索に“形容詞”を用いるものも提案されている。音楽とは、元来、

感性とは切り離せないものであり、感性ベースの自動作曲、作曲支援システムの開発が期待される。また、ミュージック・システムという言葉には少しそぐわないかも知れないが、認知科学の一応用としては”鑑賞モデル”など非常に興味深い分野がある[10]。これらについては、基礎実験をはじめたばかりであるが、今後の中心課題として研究を進めていきたいと考えている。

参考文献

- [1]C. Roads: Research in Music and Artificial Intelligence, ACM Computing Surveys, Vol.17, No.2 (1985)
- [2]原、井口：複素スペクトルを用いた周波数同定、計測自動制御学会論文集、Vol.19, No.9 (1983).
- [3]新原、今井、井口：自動採譜におけるA I 技術の適用、音楽音響研究会, MA85-17 (1986).
- [4]片寄、今井、井口：多重音を対象とした知的採譜システム、音楽音響研究会, MA87-17 (1988)
- [5]加藤、井口：小節単位に基づいたピアノ楽譜の自動認識、信学論、Vol.71-D No.5 (1988)
- [6] H.Katayose, M.Imai and S.Inokuchi : Sentiment Extraction in Music, ICPR(1988)
- [7] 片寄、今井、井口：ルール駆動型写譜システム、春季信学全大, SA7-5, (1988)
- [8]井口征士：人間の演奏とコンピュータの模倣、数理科学、No.288 (1987)
- [9]高見、片寄、井口：ピアノ音楽における演奏情報の抽出、信学論D (印刷中)
- [10]片寄、今井、井口：音楽における感性情報抽出の試み、人工知能学会誌, Vol.1.3 No.6 (1988)

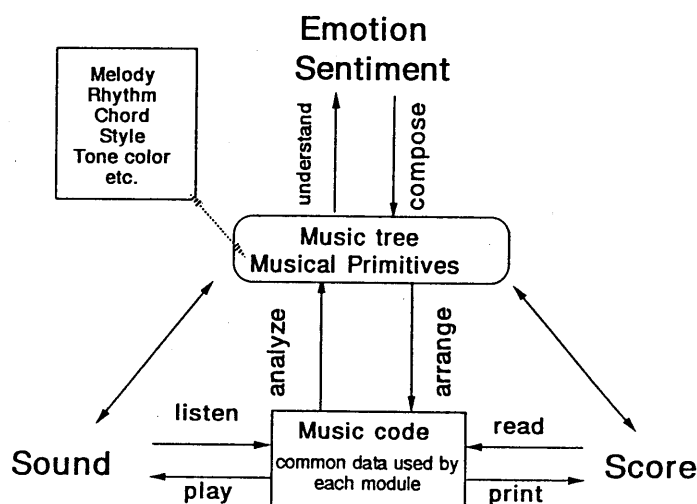


Fig.1 知的音楽システム

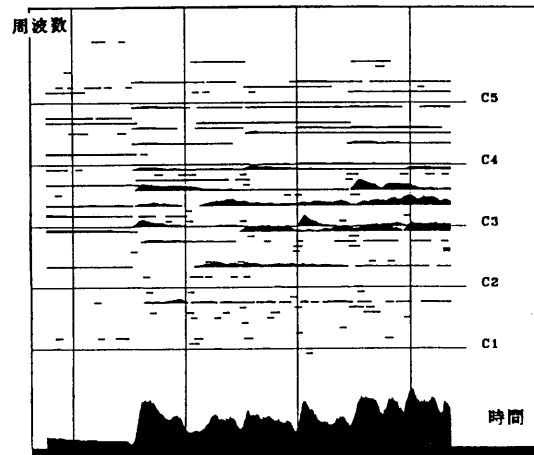


Fig.2 時間周波数地図

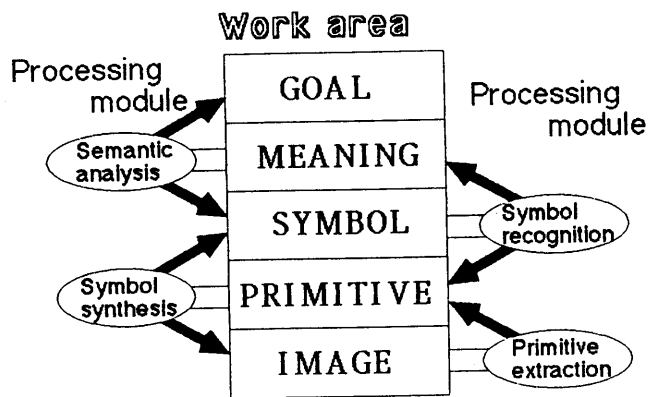


Fig.3 楽譜認識の概念図

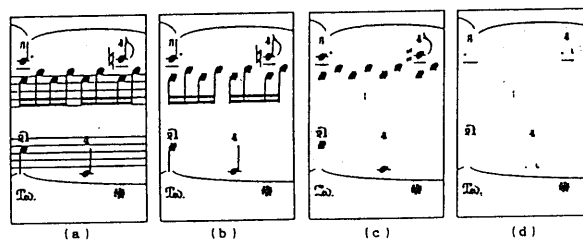


Fig.4 楽譜認識の過程 (認識されたシンボルの除去)

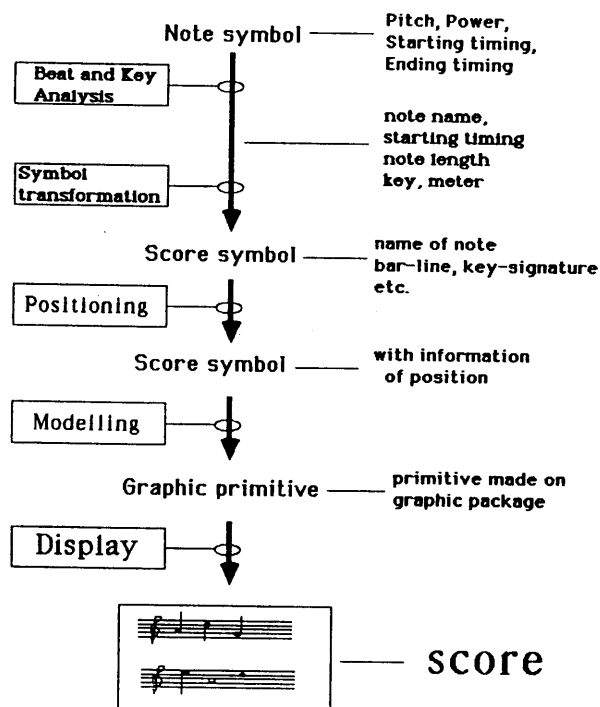


Fig.5 楽譜生成の概略



Fig.6 生成された楽譜例 (採譜結果)

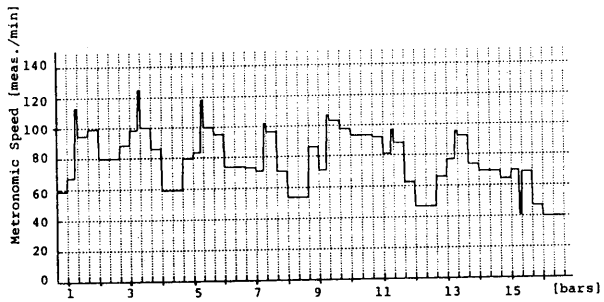
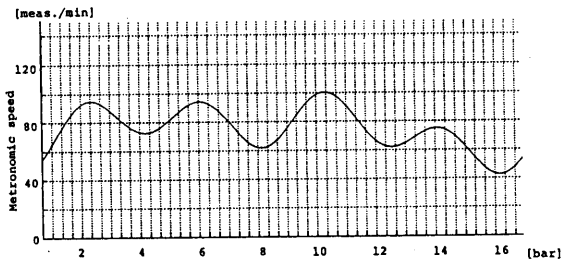
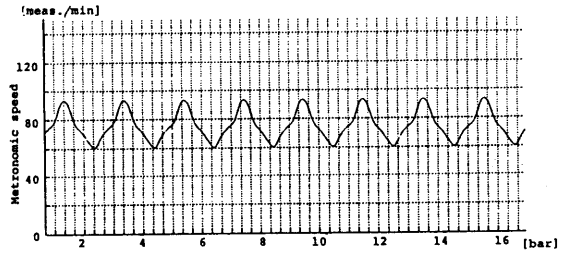


Fig. 7 局所的演奏速度



a)



b)

Fig. 8 局所的演奏速度の解析 a) 4小節単位、b) 2小節単位

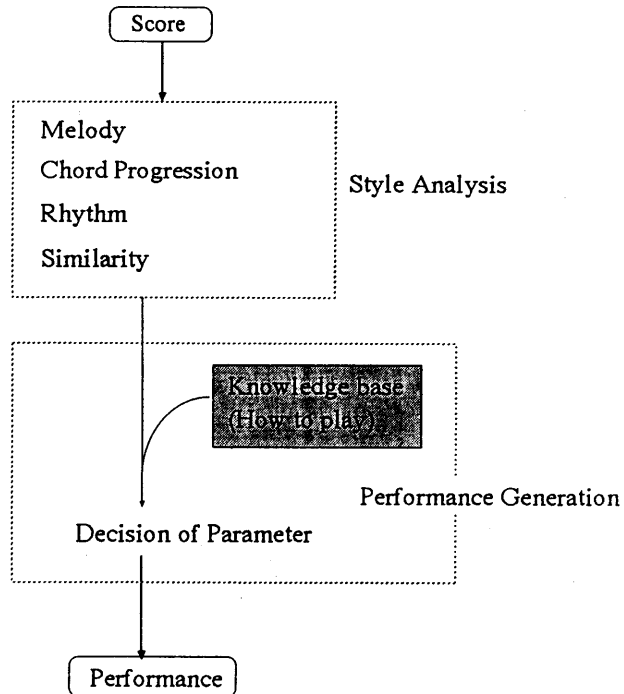


Fig. 9 音楽解釈の模式図