

8 音楽とヒューマン インタフェース



平井 重行¹ 北原 鉄朗² 竹川 佳成³
片寄 晴弘²

¹ 京都産業大学コンピュータ理工学部

² 関西学院大学理工学研究科

³ 神戸大学自然科学系先端融合研究環

音楽に関する活動と インタフェースの関係について

本稿では、音楽に関するコンピュータシステムのヒューマンインタフェース的側面に関して取り上げる。ヒューマンインタフェースは、本特集の他の記事で述べられているような特定の先端技術を指すことは少なく、多くの場合はさまざまな技術の集合体であったり、あるアイデアに基づく概念や手法を具象化したものであったりすることが多い。そのため、少し毛色の違う記事内容となっていることはご了承いただきたい。その上で、今回は音楽のシステムやソフトウェアに対するヒューマンインタフェース的側面を、「作編曲・制作」「楽器・演奏」「可視化」「可聴化」の4つの観点でまとめる。前者2つは従来のクリエイティブな音楽活動に対してのインタフェースの動向を述べるのに対し、後者2つは一般の人が音楽を聴く・利用するさまざまな場面に対するインタフェースについて述べる。それぞれ代表的な研究や製品、作品を挙げながらその意義や動向についてまとめる。

作編曲・制作のインタフェース

音楽に関する活動を計算機上で実現する研究は、計算機の開発とほぼ同じ歴史を持つ。1957年に自動作曲作品「イリアック組曲」が発表されて以降、人間の知能や技術の代替、支援を目的として、積極的に作編曲・制作のためのコンピュータ環境の研究・開発がなされてきた。その1つの柱が、プログラミング言語・環境、もう1つの柱が制作システムと言え、これらが融合したのも多く存在する。この領域の研究や開発は、従来、実験的な音楽制作に取り組む音楽家や研究者によって先鞭がとられてきた。一方で、それらの成果が商業ニーズと結びつ

くことでプロダクトとしても発展してきており、より進んだ機能やインタフェースを持つことも少なくない。

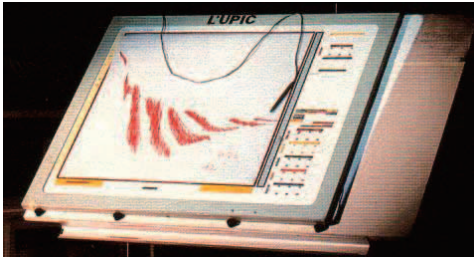
以下では、作編曲・制作のインタフェースという観点から、音楽用プログラミング言語・環境 Max と、制作システムとしてランドマークとなる2例の研究システム UPIC、EMI について取り上げる。また、商用系のシステムを含めた現在の作編曲・制作のインタフェースについて概説する。これらも含め、他のさまざまな作編曲・制作のインタフェースについては、文献1)を参照のこと。

■ Max

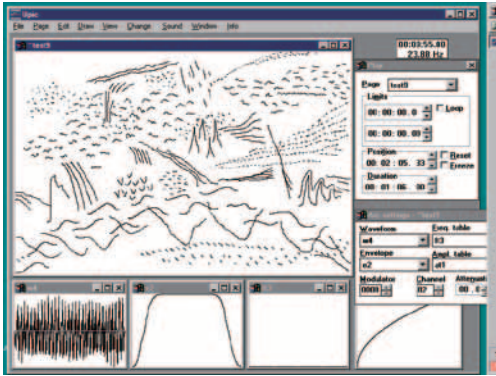
自動作曲やアルゴリズム的な演奏制御処理では、プログラム処理が必要不可欠である。一般的にはテキスト記述型のプログラミング言語であるが、音楽用のプログラミング言語・環境も数多く存在する。その中で、1980年代当時 IRCAM にいた Miller Puckette によって開発された Max は、元々は MIDI 楽器制御やアルゴリズム処理等を行うテキスト記述型言語であったが、同 IRCAM に所属していた David Zicarelli によってビジュアルプログラミング環境となった。GUI 画面上でオブジェクト（処理機能）をパッチコード接続し、データフローを記述するというスタイルと操作インタフェースは、プログラミングの知識があまりない音楽家でも扱いやすいものとして受け入れられた。また音響信号処理機能やグラフィクス処理機能なども追加され、コンピュータ音楽の音楽家や研究者では、作編曲から演奏のデータ処理までさまざまな形で利用できるプログラミング環境として認識されるに至っている。現在は Cycling'74 社による製品 Max/MSP^{☆1} や、オープンソース実装の Pure Data (Pd)^{☆2} がよく利用されている。元々、この

☆1 <http://music.e-frontier.co.jp/product/max/>

☆2 <http://crca.ucsd.edu/~msp/software.html>



a) デジタイザボード



b) WindowsGUI で実装されたソフトウェアシステム

図-1 UPICシステム

Max 環境では速度を必要とする高度な処理を C/C++ 等でオブジェクト(プラグイン)として実装できるが、最近では JavaScript や Python 等のスクリプト言語の処理機能も持っており、より柔軟な環境として発展し続けている。

■ UPIC

作曲は、五線譜に音符を描いていく作業と想像されることが多いが、より正確に捉えれば、時間軸上に音素材を配置するデザインと言える。五線譜(楽譜の一種)は、音楽のデザインを記録・伝達するメディアおよびインタフェースとして、これまでの音楽の発展に大きく寄与してきた。その結果、具体的な音としての発音の情報を除いた、音の配置の部分のみが作曲であるという考え方が定着しているとも言える。だが、メディアおよびインタフェース技術が発達している現在、音オブジェクトの配置、発音まで含めた作曲が行われており、その支援システムも多く作られている。中でも、代表的なものの1つに、Iannis Xenakis とその技術スタッフによって提唱された UPIC が挙げられる(1980)。UPIC では、横軸時間、縦軸周波数として構成されるタブレット上に、アークと呼ばれる線を描いていくことで、作曲を行う(図-1)。各アークに対しては波形やエンベロープ微細構造など音素材の詳細設定が可能となっている。元々、UPIC 以前から図形楽譜の概念は存在していたが、このシステム以降、音素材のデザインと音の配置を同時に扱う図形楽譜の概念は、さまざまな音楽システムや作品制作に大きな影響を与えている。また、UPIC は開発当初、非実時間

動作だったが、マシンパワー向上とともに実時間動作するソフトウェアシステムもいろいろ開発され、現在ではインタラクティブに図形楽譜を扱うシステムは珍しいものではなくなった。

■ EMI

UPIC が作曲活動支援システムであるのに対し、人の知的プロセスの代替という位置付けで開発されたシステムもある。その最も代表的なもの1つに D. Cope が1981年から開始した自動作曲に関するプロジェクト EMI がある。EMI は「作曲とは、今までに作られた作品の事例の解析と再合成によってなされる」との理念のもと、大きくパターンマッチ(モチーフ抽出)プロセスと、ルール解析プロセスで構成されている。パターンマッチプロセスでは、楽曲からピッチやリズム情報を元に、同じか同型と考えられるモチーフを抽出・蓄積する。一方、ルール解析プロセスではパート進行や繰り返す音の数、和声概形などの出現確率を計算する。このように作品様式に関する基礎データが取得され、そのデータを元に乱数を用いて再構成することで作曲が行われる。EMI で作られた Cope の作品は Web で聞くことができる^{☆3}。最終的な選択は人間の手に委ねられたものであるが、作風がよく捉えられていることが分かる。人の知的作曲プロセスを代替するインタフェースを考える上で重要なシステムと位置付けることができる。なお、理由は明らかにされていないが、残念なことに Cope は最近、EMI に関する一切のシステム、コードを破棄してしまった。関連する論文や書籍については残存しているので、興味のある方は参照されたい。

■ 商用を中心とした音楽制作システムの動向

UPIC が登場する以前、1978年にはピアノ鍵盤やコンピュータキーボードに加え、ライトペンによる波形編集が可能なインタフェースを持つフェアライト CMI が商用の音楽制作システムとして登場している。サンプリング技術や信号処理技術、そのサウンドを世の中に広め、当時の先進的な操作インタフェースを持つ音楽制作環境として注目を浴びていた。このシステムの操作インタフェースは、その後、MIDIシーケンサ機能やレコーディング機能、エフェクト機能を備え、ポストプロダクション処理まで行うシステムとして統合化が進み、最近の DAW (Digital Audio Workstation) 環境として発展してきていると言える。

その DAW 環境については、フェアライト CMI のような専用システムと、汎用 PC の CPU パワーを頼りに

☆3 <http://arts.ucsc.edu/faculty/cope/experiments.htm>

ソフトウェア主体で実現するシステムに大きく分かれる。専用システムはフィジカルインタフェースとして操作性に優れたものが多い一方、PCベースのDAWはGUI主体で操作性の制限があるが、ソフトウェアプラグインによる拡張性など機能面に重きを置いていると言える。そのPCベースのDAWは元々MIDIシーケンサソフトウェアが発展したものが多く、MIDIシーケンサは当初、CUI画面による数値ステップ入力(詳細調整)のものが多かったが、GUIの普及とともに五線譜(譜面による一覧性)やピアノロール画面(発音・消音タイミングの一覧性)が導入され、曲データの概要把握・操作という観点でインタフェースも発展してきた。その流れの中でオーディオ波形データもMIDIデータと混ぜて扱える環境となり、旧来からある波形編集ソフトウェアの機能も統合して波形やMIDIデータを同様の音楽素材として扱うものとなった。その最たる例がApple社のGarageBandで、音楽素材を並べて組み合わせるだけでテンポやキーが自動調整され、音楽的知識を持たない人でも音楽制作が可能なインタフェースを実現している。

楽器・演奏のインタフェース

音楽家の演奏や演奏中のある1音に感銘を受けたり、心が揺り動かされたりした経験のある人が多いのではないだろうか。楽器は、音楽家のあくなき音楽表現の追求と演奏技術の錬磨、楽器職人による素材や構造、物理的な発音方法など、楽器に関する多角的な検討やひたむきな挑戦により生み出された人類の遺産といえる。1919年に登場したテルミンは、それまでの楽器とは違い、電子技術を初めて導入した楽器として有名である。だがそれ以上に、2つのアンテナに手をかざす(近付ける)ことで「楽器に直接触れず、ジェスチャで演奏する」という、それまでになかった演奏方法を導入したことがインタフェースの観点で注目すべき点である。その後、さまざまな電子技術やセンシング技術、音響や映像などのマルチメディア信号処理技術など、さまざまな技術が発展した現代においても、多くの研究者や芸術家によりこれらのテクノロジーを活用した新たな楽器や演奏インタフェースが生み出され続けている。それらはNIME^{☆4}などの会議で発表が盛んに行われているほか、最近ではインタフェースとしてのハードウェアを「スケッチする」(試作する)デザイン手法に注目が集まって、Sketching in Hardware^{☆5}という会議が開催されるなど、盛り上がりを見せている。

☆4 <http://www.nime.org/>

☆5 <http://www.sketching09.com/>

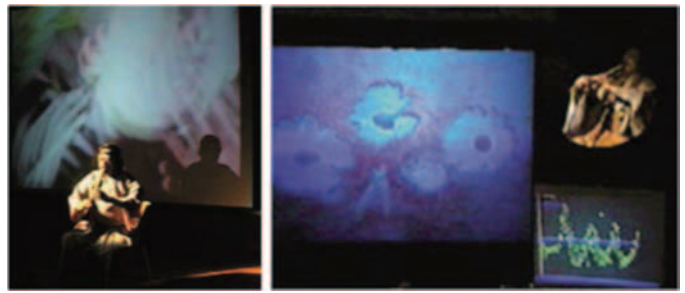


図-2 「竹管の宇宙」の演奏場面

以下では、テクノロジーを積極的に活用する楽器や演奏インタフェースの例と特徴について述べ、インタフェース設計のプロトタイピングで活用できるさまざまな開発環境の整備状況について述べる。

■ 新たな演奏インタフェースの例

電子楽器といえば、キーボードやエレクトリックギター、ドラムなどアコースティック楽器の演奏方法を模したものを制作する形が一番多いと言える。最近の例としては竹川らによる研究²⁾が挙げられ、ピアノ鍵盤やギター指板をユニット化し、それらをさまざまに接続することで、既存楽器の基本的な演奏インタフェースを残しつつ新たな楽器へと自由に組み替え可能なものが提案されている。

一方で、テルミンのようなまったく新しい演奏コンセプトで制作された電子楽器やインタフェースも数多く提案・制作されている。その例として、ヤマハ社のプロダクトであったMiburi^{☆6}では、肩・肘の曲げセンサと手に握るスイッチコントローラとの組合せによって、ジェスチャで音楽を演奏するものとして発売当時話題となった。別の例として、SensorBand^{☆7}では筋電位センサ、接触センサなど各種センサを用いてジェスチャをセンシングし、その情報にもとづき音の生成やエフェクトを適用している。ほかにも、志村哲らによる作品「竹管の宇宙」(図-2参照)で開発されたサイバー尺八では、尺八や演奏者に取り付けた各種センサで尺八の奏法を認識できる。そして、音響や映像をリアルタイムに操作したり、センサ情報にもとづいて演奏するコンピュータと尺八演奏者が共演したりすることができる。これらはいずれもジェスチャをセンシングして活用するものを挙げているが、演奏という行為が従来から身体動作に伴うものであったことから、このようなインタフェースが数々提案・制作されるのは自然なことと言える。ただ、これらは楽器の観点からすれば入力インタフェースしか考慮されていない。これに対し、D. Truemanらによって開発されたバ

☆6 <http://www.yamaha.co.jp/design/products/1990/miburi/>

☆7 <http://www.sensorband.com/>

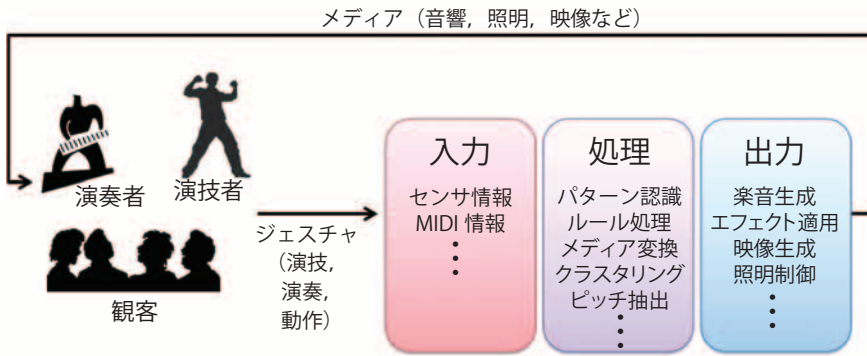


図-3
新楽器の一般的なインタラクションモデル

イオリン風楽器 BoSSA³⁾では、入力にフィンガーボードと弓センサを持つだけでなく、楽器の出力インタフェースにもこだわっており、物理モデルにより生成した楽音を12面体上のスピーカアレイから発音する。音響出力する位置や向きまでこだわった電子楽器としてはオンドマルトノがあるが、BoSSAは改めて楽器のインタフェースに対して重要な問いかけをしたと考えるべきである。

他の楽器・演奏インタフェースの例としては、ヤマハ社のTENORI-ONやコルグ社のKAOS-PAD、JazzMutant社のLemurのように、従来楽器のような大きな演奏動作ではなく、指先で演奏するインタフェース機器も新たな感覚のものとして最近の話題になっている。その他、これまでにある楽器・演奏のインタフェースについては文献1)を参照されたい。

■ 新しい演奏インタフェースの特徴

これらの新楽器や演奏インタフェースは、図-3に示すように演技・演奏・動作といったジェスチャをセンサやMIDI楽器で計測し、その信号に対して各種処理を行い、楽音・音響・映像・照明などのメディアをリアルタイム制御することで実現している。それら演奏表現を拡げた要素について以下にまとめる。

a) 多種多様な入力手段

センサ技術によって身体動作や生体信号など人が生成できるあらゆるジェスチャ情報や環境情報を入力手段として利用できる。それにより、たとえば、筋電位による演奏といった、これまでにない制御手段を取り入れた表現が可能となった。

b) 柔軟なメディア制御

ジェスチャとメディア制御は自由にマッピングでき、ダンサーが踊りによって効果音を生成し照明をコントロールするといった複数メディアの同時制御も可能となった。

c) 能動的な鑑賞スタイル

これまでの作曲家と演奏家によって作り込まれた音楽を鑑賞する受動的な鑑賞スタイルと異なり、Brain

Opera^{☆8}のように鑑賞者が演奏に参加する能動的な鑑賞が実現できるようになった。

d) 一回性・偶然性の音楽

c)で述べたように観客や自然現象などを演奏の入力として取り入れることで、その場の雰囲気や状況によって演奏生成結果が大きく異なる一回性や偶然性を含んだ音楽の生成を可能にした。

■ 開発環境とその動向

新楽器や演奏インタフェースの制作は1980年代から始まり、当初はマシンパワーによる実時間処理の難しさや、センサを扱うのに高度な電気電子回路の知識を必要とするなど敷居は高かったが、従事者の拡大、技術の向上により、特別な知識がなくても手軽に制作できる便利なツールや製品が多数提供されている。ここでは演奏インタフェースの制作に有用なツールや製品をハードウェアとソフトウェアの観点から紹介する。

a) ハードウェア環境

ハードウェアの実装に関しては、まずセンサの取り扱いが関門となる。これに対し、容易にセンサ情報を取得できる汎用のセンサボードが開発されている。たとえば、加速度センサ、超音波センサなど各種センサやアクチュエータを接続してMIDIメッセージとしてデータ入出力可能なI-Cube X^{☆9}や、同様のものでもC/C++/Javaなどのプログラミング言語による制御が可能なPhidgets^{☆10}がある。また、IAMASの小林茂氏によるGAINER^{☆11}や最近世界的に盛り上がりを見せているArduino^{☆12}については、ハードウェアの設計情報を開示して「オープンソースハードウェア」を謳っており、少しの電子工作の知識と技術があれば誰でも手軽に汎用センサボードを扱える。ほかに、市販のゲームコントローラである任天堂のWiiリモコンは、加速度センサや振動モータを搭載し、

☆8 <http://web.media.mit.edu/~joep/TTT.BO/index.html>

☆9 <http://infusionsystems.com/catalog/index.php>

☆10 <http://www.phidgets.com/>

☆11 <http://gainer.cc/>

☆12 <http://www.arduino.cc/>

ジャイロセンサのユニットを追加できるうえ、Bluetoothの無線通信機能でPCと連携できることから、安価で手軽なモーションセンサとして活用が可能である。これら安価で容易に扱えるセンサや汎用ボードが多数登場していることから、最近では以前に比べてハードウェアを扱う敷居が格段に下がっている状況と言える。また、これらハードウェアの使用の有無に限らず、最近のマイコン・電子工作のブームとともに楽器を含むフィジカルインタフェースの制作とその演奏が一般でも広がりを見せており、もはや一部の研究者や芸術家だけがインタフェース制作に取り組んでいるのではなくなりつつあると言える⁴⁾。

b) ソフトウェア環境

ソフトウェアでは、取得したセンサ情報を処理し、メディア制御のパラメータにマッピングする必要がある。音楽やサウンドを中心としたインタラクティブシステム開発で根強く支持されるソフトウェアに、前述のMax環境(Max/MSPやPure Data)があり、音響処理や映像処理のオブジェクト集もあることから、間口の広さと奥の深さを兼ね備えた制作ツールとなっている。また、上記のハードウェアで挙げた、GAINERやArduinoでは、Processing^{☆13}やFlashもよく利用されているが、これら自身は音楽処理向けではないため、OSC(Open Sound Control)プロトコル^{☆14}で、Max環境と連携する手法がよく利用される。また、最近ではGAINERやArduinoのハードウェアを吸収してProcessingやActionScript3、Rubyでプログラミング可能なライブラリFUNNEL^{☆15}も登場しており、Max環境も含めてより柔軟なハードウェア・ソフトウェアの組合せでフィジカルインタフェースのデザイン(スケッチ)を行う環境が整ってきている。

音楽の可視化とそのインタフェース

音楽は言うまでもなく耳(聴覚)で楽しむメディアである。しかし、音楽を他のモダリティ、たとえば目(視覚)でも楽しめるようにできれば、どんなことが実現できるだろうか。視覚と聴覚の最も顕著な違いは「一覽性」である。視覚メディアは空間的制約がある(見る向きを限定させる)ものの、視覚ディスプレイの中に文字や記号、形、色、模様などを駆使して多くの情報を一度に提示して、「一覽性」の高い情報提示を行うことができる。この特性を利用すれば、「いまから聴こうとしている楽曲はどんな曲か」「自分の音楽コレクションにはどんな楽曲があるのか」といったことを瞬時に把握するユーザイン

タフェースを実現できる。ただ、このような視覚の一覽性を利用したユーザインタフェースを実現するには、音楽のさまざまな要素を的確な視覚表現に変換(可視化)する必要がある。音楽の可視化はさまざまな立場から研究が行われているが、ここでは、「何を可視化するか」(What)と「何のために可視化するか」(Why)の2つの軸に着目し、概ね次のように分類することができる。

【What】 (1) 楽曲の中身
(2) 楽曲間の関係

【Why】 (a) 音楽の中身をよりよく知るため
(b) 音楽をより楽しむため
(c) 聴きたい楽曲を探し出すため

(1)は、個々の楽曲の内容、たとえば調性や楽器構成などを何らかの表現で視覚化するというもので、(a)～(c)に挙げた目的の違いに合わせてさまざまなアプローチがとられる。一方、(2)は、ある楽曲とある楽曲は似ているとか同じジャンルというような関係を可視化するもので、ほとんどの場合、(c)を目的とする。

以下では、この分類に従って最近の音楽の可視化の現状について、研究事例の紹介を交えながら概観する。

■ 楽曲の中身の可視化

このアプローチは、メロディやハーモニー、調性、楽器構成、音色、リズムといった楽曲の中身を表す情報を音響信号から抽出し、何らかの視覚表現として分かりやすく表示することで、ユーザがいま聴いている(あるいは今から聴こうとしている)楽曲の中身を理解するのを手助けするというものである。これらの情報の抽出には、本特集の他の記事で解説されているさまざまな技術が用いられる。

可視化の方法は、(i) 楽曲を1つの静止画として表すものと、(ii) 楽曲の再生と連動して視覚効果として表すものに分けられ、目的として(a)～(c)のうちどれを重視するかで変わってくる。たとえば、エンタテインメント性(つまり(b))を重視する場合には後者が、検索性(つまり(c))を重視する場合には前者が採用される。

(i) 楽曲の中身を静止画として可視化する

楽曲の中身が静止画として表示されることで、ユーザが楽曲を聴かずにその中身を把握したり、瞬時に自分の聴きたい箇所を選び出したり、といったことを可能にするものである。そのようなインタフェースを実現する研究例として、InstrogramとSmartMusicKIOSKを取り上げる。

☆13 <http://www.processing.org/>

☆14 <http://www.cnmat.berkeley.edu/OpenSoundControl/>

☆15 <http://funnel.cc/>

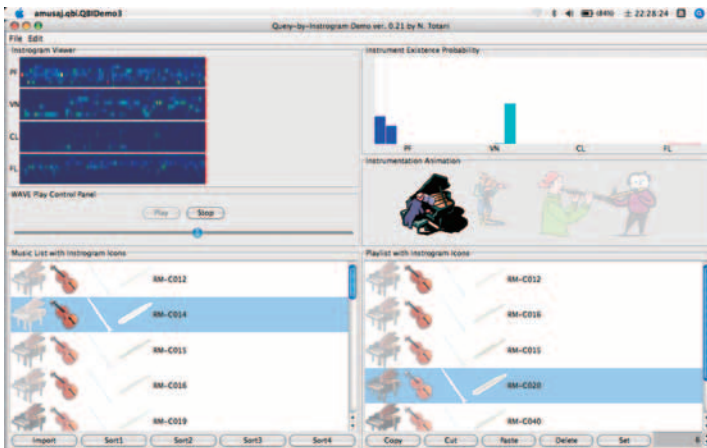


図-4 Instrogram の画面例

Instrogram^{☆16}は、スペクトログラムに似た楽器存在確率の視覚表現である(図-4)。解析対象となる楽器ごとに1つの画像が存在し、画像の色の明るさによってその楽器が存在する確率を表す。Instrogramを見ることで、「この曲のイントロはピアノだけによる演奏で、後からバイオリンが入ってくる」といったことを知ることができる。また、バイオリンが弾き始めるところから聴く」といった楽器構成の移り変わりに基づいた頭出しを、Instrogramを見ながら該当する時刻の点をクリックすることで容易に行える。また、楽器存在確率の高い楽器をイラストとして表示することで、楽曲サムネイルとして利用することもできる。

SmartMusicKIOSK⁵⁾は、ポピュラー音楽のサビを自動検出し、サビへの頭出しを一発でできるようにした音楽試聴インタフェースである。このインタフェースに搭載されている「音楽地図」は、楽曲の繰り返し構造を可視化するもので、イントロ、Aメロ、Bメロ、サビといった楽曲構造の位置関係を一目で確認することができる。この音楽地図を直接クリックすることで、望みの個所に瞬時に移動することができる。

その他、Gomezらによる調性の可視化^{☆17}などがある。

(ii) 楽曲の中身を動的な視覚効果として可視化する

楽曲の中身を動的な視覚効果として可視化する場合、可視化の内容の正確さはもとより、可視化によるエンタテインメント性の向上が問われる。iTunesやWindows Media Playerではそのような処理を行う機能が備わっているが、それらで行われる可視化は再生音楽の音響信号を直接CGの描画パラメータに利用しているものが多く、音楽的な解釈や処理を導入して可視化しているものはほとんどない。これに対し、藤澤らは楽曲のムードが

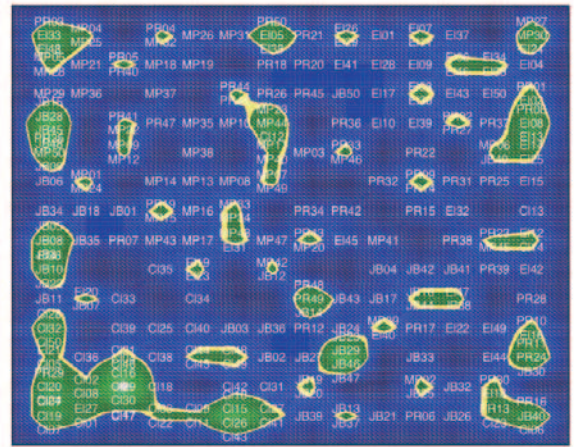


図-5 Islands of Musicの例 (Pampalk 開発のソフトウェアを利用して筆者が作成)

和音の響き方に大きく依存すると考え、和音のモダリティ(長和音・単和音らしさ)と緊張感を時々刻々と色として表現するインタフェースを開発している^{☆18}。

また、Tzanetakisは、楽曲のジャンル解析結果を可視化するGenreGramモニタ^{☆19}を開発した。このシステムでは、解析対象ジャンルごとに円柱が用意され、ジャンル解析結果の尤度に合わせてリアルタイムに円柱が上がったり下がったりする。各円柱には対応するジャンルを代表するような画像がテキストチャとして貼り付けられている。ジャンル解析結果として単一のジャンル名を出力するのではなく、このように可視化することで、1つのジャンルに決めがたいような楽曲や曲調が楽曲内で変化するような楽曲に対しても有効に働くようになっている。

■ 楽曲間の関係の可視化

楽曲間の関係、特に楽曲の類似性を可視化することで、聴きたい楽曲を選び出す行為を手助けするものであり、基本的に(a)～(c)のうち(c)を目的とする。たとえば、Pampalkが開発したIslands of Music^{☆20}は、似た楽曲が互いに近くなるように各楽曲を2次元の「地図」上に配置した可視化表現で、互いに類似する楽曲によって形成されたクラスターは「島」として表される(図-5)。

伊藤らも、類似する楽曲が互いに近くなるような楽曲コレクションの可視化手法を提案している^{☆21}。この手法は「平安京ビュー」を3次元に拡張したものである。「平安京ビュー」は、階層的クラスタリングによって得られるツリー型のデータ表現を、格子上の空間に配置する手法である。

一方、MusicRainbow⁶⁾は、似たアーティストが近くなるように円上に配置することで、未知のアーティスト

☆16 <http://ist.ksc.kwansei.ac.jp/~kitahara/instrogram/>

☆17 <http://www.iaa.upf.es/~egomez/TonalDescription/GomezBonada-ICMC2005.html>

☆18 http://www.crestmuse.jp/crestmuse_movie_j.html

☆19 <http://webhome.cs.uvic.ca/~gtzan/work/projects/pastc.html>

☆20 <http://www.ofai.at/~elias.pampalk/music/>

☆21 <http://itolab.is.ocha.ac.jp/itolab/music/>

| | 時間的特性 | 空間的特性 |
|--------|--|---|
| 聴覚メディア | <p><u>時間とともに存在する</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 動的事象に提示に向いている 時間を限定した情報伝達に有効 | <p><u>空間を限定せず存在する</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 情報源の方向を見る必要がない 一度に提示できるメッセージの数が限定される |
| 視覚メディア | <p><u>時間を限定せず存在する</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 静的事象の提示に向いている 時間を限定せず見ることができる | <p><u>空間とともに存在する</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 情報源の方向を見る必要がある 空間的に分散して提示することができる |

表-1 聴覚メディアと視覚メディアの時間的・空間的特性(文献8)から抜粋)

を探しやすくしたインタフェースである。手で回すことのできるノブが用意されており、ノブを回してアーティストが配置された円を回すことで、容易に再生するアーティストを切り替えることができる。アーティストの円上への最適な配置は、巡回セールスマン問題を解くことで得ることができる。

また、ユーザが持っている楽曲群をすべて可視化するのではなく、ユーザとのインタラクションにより次々と新たな楽曲が出現するようインタフェース設計を工夫したものに、Musicream⁷⁾がある。Musicreamでは、楽曲を表す円盤が画面内で上から次々と落ちてくる。この円盤は楽曲の雰囲気に応じて色づけされており、マウス操作で当該楽曲を再生することができる。円盤同士を接近させると、似た楽曲同士ほど円盤がくっつきやすくなっており、円盤を次々とくっつけていくことで、雰囲気の似た楽曲からなるプレイリストを作ることができる。そのほかにもさまざまな機能があり、(c) 楽曲を探し出すことを主目的としていながらも、(b) 楽しむことも重視しているのが特徴である。

音楽を活用した情報の可聴化とそのインタフェース

音を用いた情報提示を扱うインタフェース研究分野に「聴覚ディスプレイ」(Auditory Display)という領域があり、ICAD^{☆22}やCHI^{☆23}などの会議を中心に発表が行われている。Kramerはこの領域をAudification(信号の可聴化シフト)と、Sonification(信号や情報のパラメータに基づいてさまざまな音で表現する可聴化)に分類して定義している。Audificationは元信号を変換するものであって、音楽的な要素や表現を導入できるとは限らない。一方で、Sonificationについては、聴覚的な情報に限らない情報を制御パラメータに用い、聴覚メディアとして提示・表現する手法を指すものであることから、音楽的な要素を多分に考慮することができる。視覚情報や聴覚

情報のメディア特性としての対比(表-1)や、聴覚ディスプレイへの音楽的要素の考慮については、Gaverの論文⁸⁾や和氣の論文⁹⁾でまとめられている。ただ、これまでの多くの研究は、聴覚特性に対する音のデザイン手法や、家電製品などの特定目的や操作に対するサイン音など、音楽よりも音(サウンド)に比重を置いた研究が多い。このような中で、音楽情報処理の技術を用いて音楽のリアルタイム制御や生成を行うなど、音楽そのものを情報提示インタフェースとして活用するものがあるので、ここではそれらの例を挙げる。

■ 日常生活の状態やイベントを音楽で表現する

MynattらによるAwareHomeプロジェクトでは、キッチンやリビングルームの住宅内のイベントを音楽で表現して他の部屋に伝達するシステムとその評価を行っている¹⁰⁾。この研究に対し、平井らは浴室を対象に同様の研究を行っており、入浴中の湯水のかき混ぜ動作や生体情報(心拍、呼吸)を、浴槽や給湯器に設置されたセンサで計測し、音楽のテンポや効果音として表現している^{☆24}。サウンドを浴室外部の人間が聞くことで入浴状態を把握することができるほか、入浴者にすれば普段は気にしない自分の心拍数やその変化が音楽テンポとして把握できる。音楽を活用することで日常の安心・安全や健康管理などの実用的な可聴化システムとなっている。また、椎尾らによる「歌うキッチン」や「イルゴール」の研究でもキッチンでの料理中の行動や、家族の居場所や行動をそれぞれ音楽で表現するシステムを構築しており、音楽的な可聴化を試みている。

■ 運動や行動を音楽で表現する

城らによるCycling NEWS Navigatorでは、自転車で走っている方角を電子コンパスで計測し、それを音楽で表現している。東西南北の四方に対応付けたBGMに対し、自転車の向きに応じてその再生音量のバランスを変えることで自転車に乗っている人に対して音楽で方向を

☆22 <http://www.icad.org/>

☆23 <http://sigchi.org/>

☆24 <http://www.cc.kyoto-su.ac.jp/~hirai/randd-j.html>

知覚させることができる。同様に自転車に関する研究として、星合らの研究¹¹⁾では、視覚障害者によるサイクリング時の速度感を演出できるよう、BGMのメロディをトレモロ演奏させ、その発音間隔を自転車の速度に合わせて制御する手法やシステムについて扱っている。

ほかに、ヤマハ社のBODiBEAT^{☆25}は、加速度センサを内蔵した携帯型音楽プレーヤーで、歩く・走るペースに合わせたテンポの曲を自動選曲・再生する機能を持っているほか、イヤフォンについた脈拍センサを元に運動ペースを音楽のテンポで誘導する機能も持っている。歩行や走行などの運動を中心としたものだが、行動の情報表現・誘導を音楽のテンポに基づいてユーザに働きかける聴覚ディスプレイの1つの形と捉えることができる。

音楽インタフェースの発展

以上に述べたように、音楽のヒューマンインタフェースに関して、「作編曲・制作」「楽器・演奏」「可視化」「可聴化」の4つの観点でまとめてきた。どの内容についても、新たな問題提議と最近のセンサ技術やメディア処理技術の高度化・拡がりによって進化してきており、今後同様に問題提議と技術革新が音楽のヒューマンインタフェースの発展を推し進めていくと考えられる。

参考文献

- 1) Roads, C.: コンピュータ音楽 歴史・テクノロジー・アート, 東京電機大学出版局(2001).
- 2) 竹川佳成, 寺田 努, 西尾章治郎: さまざまな演奏スタイルに適應可能な電子鍵盤楽器 UnitKeyboard の設計と実装, コンピュータソフトウェア (日本ソフトウェア学会論文誌) インタラクティブソフトウェア特集, Vol.26, No.1, pp.38-50 (2009).
- 3) Trueman, D. and Cook, P.: BoSSA: The Deconstructed Violin Reconstructed, Proc. of International Computer Music Conference 1999, pp.232-239 (1999).
- 4) Make: Technology on Your Time Volume 6, オライリー・ジャパン(2009).
- 5) 後藤真孝: SmartMusicKIOSK: サビ出し機能付き音楽試聴機, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2737-2747 (Nov. 2003). (推薦論文)
- 6) Pampalk, E. and Goto, M.: MusicRainbow: A New User Interface to

☆25 <http://www.yamaha.co.jp/product/bodibeat/>

Discover Artists Using Audio-based Similarity and Web-based Labeling, Proceedings of the 7th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR 2006), pp.367-370 (Oct. 2006).

- 7) Goto, M. and Goto, T.: Musicream: New Music Playback Interface for Streaming, Sticking, Sorting, and Recalling Musical Pieces, Proceedings of the 6th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR 2005), pp.404-411 (Sep. 2005).
- 8) Gaver, W.: The SonicFinder: An Interface That Uses Auditory Icons, Human-Computer Interaction, Vol.4, pp.67-94 (1989).
- 9) 和氣和苗: ヒューマンインタフェースにおける聴覚メディアの利用—聴覚ディスプレイのデザイナー—, 大阪大学大学院博士学位論文 (2003).
- 10) Mynatt, E. D., Back, M., Want, R., Baer, M. and Jason, B. E.: Designing Audio Aura, Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.566-573 (1998).
- 11) 星合 厚, 鈴木敦志, 坂根 裕, 嵯川友宏, 竹林洋一: サイクリングを楽しむ視覚障害者のためのBGM生成による速度感の演出, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.12, pp.3772-3783 (2007).

(平成21年7月3日受付)

平井 重行 (正会員) hirai@cse.kyoto-su.ac.jp

オーグス総研(株), (株)KRI, (財)イメージ情報科学研究所などを経て, 現在, 京都産業大学コンピュータ理工学部准教授, 音楽やセンサを活用したインタラクションやユビキタスシステムの研究に従事。

北原 鉄朗 (正会員) t.kitahara@kwansei.ac.jp

2007年京都大学大学院情報学研究科博士後期課程修了, 日本学術振興会特別研究員を経て, 現在, JST CREST 研究員, 音楽情報処理の研究に従事。

竹川 佳成 (正会員) take@eedept.kobe-u.ac.jp

2007年大阪大学大学院情報科学研究科博士課程修了, 神戸大学自然科学系先端融合研究環重点研究部助教, 同大学院工学研究科助教, CrestMuse プロジェクト共同研究員を兼任, 博士(情報科学), 音楽情報科学の研究に従事。

片寄 晴弘 (正会員) katayose@kwansei.ac.jp

関西学院大学理工学部人間システム工学科教授, ヒューマンメディア研究センターセンター長, JST CREST 「デジタルメディア領域」CrestMuse プロジェクト研究代表者, 音楽情報処理, HCI 等の研究に従事。