

音楽知プログラミングの扉を開く

平田 圭二

NTT コミュニケーション科学基礎研究所

hirata@bri.nnt.co.jp

1 はじめに

前回のシンポジウムから 3 年以上が経過した。その間、インターネット関連技術は相変わらず目まぐるしく変化、発展している。インターネット機器や PC の低廉化も留まる所を知らない。現在最も注目を浴びているのは i-mode やロボット技術であろう。web あるいは大規模データベース中の音楽検索も、近未来のビジネス化を視野に入れて精力的に研究開発されている。これらの技術潮流は、我々の生活スタイルを変えるだけでなく、生活に対する考え方まで変えてしまっている。

次に、計算機と音楽に関する分野におけるこの 3 年間の変化、発展に目を転じてみよう。作曲、編曲、演奏などを行う市販音楽ソフトの改良は根気良く続けられており、質的に大きな変化は見られなかったように感じる。一方、新しく生まれた流れとしては、インターネット応用としての音楽ソフトが、計算機と音楽に関する国際会議等で散見されるようになってきた。web 上の音楽検索のためのサウンドフォーマットや、楽曲フォーマットを標準化しようという動きが活発化している。さらに、MP3 による楽曲流通は、現在、著作権やビジネスの面から議論を巻き起こしているが、音楽を楽しむ形態に大幅な自由度を与えたという点にも着目すべきである。これらは、ある音楽的なタスクに個人レベルでコミットすることや、個人レベルでのきめ細かい対応を可能にするような技術トレンドと見なすことができる。

このような技術トレンドを意識しつつ、我々は入力された楽譜や和音進行を基に演奏を生成する音楽システムを継続的に試作して来た (システム名は図 1 を参照)。これらシステムの研究

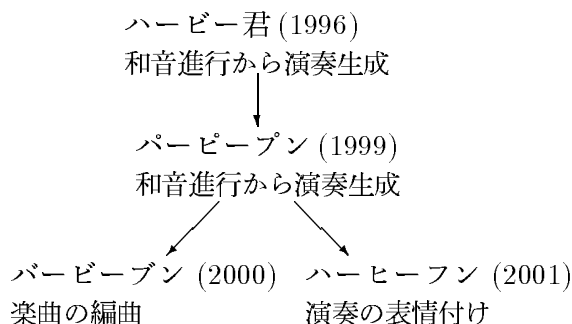


図 1: これまで開発して来た音楽システム

目標はいずれも、ユーザの意図通りに出力の演奏を制御する手法、音楽という主観的で曖昧なメディアを処理する手法を確立することである。この技術を用いることで、個人が日常においてより能動的に音楽活動に関わることを目指している。

本稿の概要は以下の通りである。次章では知的な音楽情報処理を実現するためのキーワードである音楽知という新しい用語を導入し、第 3 章では音楽知を計算機上で表現する手法について述べ、第 4 章では表現された音楽知をプログラミングする枠組を提唱し、第 5 章では音楽知プロ

グラミングが従来や未来の音楽アプリケーションをどのように変化させていくのかを展望し、最後の第6章でまとめを述べる。

2 音楽知とは何か？

我々のアプローチが持つ特徴の1つは、音楽理論を積極的に援用することである。音楽理論とは、楽譜に書かれた楽曲を分析し、そのメロディ、和声、リズムにどのような構造が隠れ、それがどのような効果に結び付いているのかを分析、説明する理論である。音楽理論を構築する学問は音楽学と呼ばれ、音楽に対する非常に豊かな内観を我々に与えてくれる。一般に、1つの楽曲には何種類もの構造が重畳し、多義的に解釈することができる。システムがユーザ意図と楽曲の持つ意味を正しく理解して処理を進めるためには、音楽理論を用いて楽曲を分析し、その結果得られた構造に基づいて処理を進めるのが最も合理的であろう。ここで、楽曲の持つ意味とは、楽曲に内包された種々の構造そのもののことであり、楽曲によって喚起された主観や印象のことではない。

ところが、通常音楽理論は音楽を数学的に表現する（形式化する）ことを目指していない。つまり、計算機上のプログラムやアルゴリズムとして記述することが考慮されていないのである。この理由としては、音楽理論が人間を相手に分析結果を説明することを前提としていることと、音楽という行為が主観性や芸術性等と深く結び付いているので、そのような対象に適した分析手法が開発され用いられて来たことが挙げられよう。

音楽システムが生成、変換、分析する音楽的な実体、概念、関係は、これまで音楽情報や音楽知識という風に呼ばれて来た。それらに含まれるのは、五線譜に書かれている楽曲、音楽理論に基づく楽曲の分析結果、教科書で述べられている知識、音楽学から得られた知見や解明された事実、音楽家の頭の中のみある暗黙的な知識や知性等で、非常に多種多様である。ユーザ主導の音楽システムを実現するには、これら音楽情報や音楽知識を計算機上で自由に操らねばならない。そこで、音楽全般に関する知識や知性の集まりであり、計算機上での形式化を前提とし、音楽理論に基づく構造によって意味が与えられているものを、本稿では**音楽知**と呼ぶことにする。我々の研究目標は、音楽知に関する新しい情報処理の枠組を提案することと換言できる。

最近の計算機と音楽学の学際領域では、計算機の上で実行できるような音楽理論を構築しようという流れが誕生しつつあり、それは計算的音楽学(computational musicology)と呼ばれている。古典的な音楽学に対し、計算的音楽学において議論の対象となるのが音楽知である。また、音楽オントロジー(musical ontology)と呼ばれているものは、計算機上に構築される普遍的な音楽知の体系に対応する。

3 音楽知を表現する

音楽知を計算機上で表現する際に考慮すべきは次の3点である：(1) 音楽知そのものに含まれる規則や構造、(2) 音楽知に含まれるその構造の表現、(3) 表現された音楽知に対する演算やアルゴリズム。

(1) に関して、本研究では音楽理論に依拠する。楽曲を五線譜で表す場合、音符や休符等が五線の適切な場所に置かれる。これが人間の目に見える表層のレベルである。例えば和音進行も表層のレベルの情報である。しかし音楽では五線譜の裏に何らかの深層構造が隠されている。人間は無意識的、意識的にかかわらずその深層構造の情報も加味して音楽的活動を行っている。従って、音楽知を取り扱うことは、表層構造だけでなく深層構造も含めて計算機上で表現することを意味する。

音楽理論は表層構造から深層構造を導き出す理論と見なすことができる。深層構造を導き出す基本的な考え方は、楽曲のある側面に関してまとまりを見い出すことである。まとまりを見

い出すことは一般に、グルーピング、体制化、構造化、関係付け等と呼ばれる。つまり、楽曲分析は楽曲をグルーピングすることから成り立っている。これまで様々な楽曲分析の理論が提案されているが、特に我々が注目しているのは、F. Ledahl 及び R. Jackendoff が 1983 年に提案した Generative Theory of Tonal Music (GTTM) と、E. Narmour が 1990 年に提案した Implication-Realization Model (I-R モデル) の 2 つである。GTTM は、フレーズの切れ目、拍節構造、安定した楽曲進行を分析するサブ理論と、それらの結果に基づいて楽曲のグルーピング構造と緊張 - 弛緩構造を分析する理論から成る。I-R モデルは、楽曲に含まれる各音符間に iterative, processive, reversal 等の関係を見出し、その音符間関係のパターンを構成することで楽曲分析を行う。1 つの楽曲を複数の音楽理論により多角的に分析することで、より精密な深層構造を導き出すことができる。むしろ、音楽の特徴を勘案すると、楽曲の分析結果は多角的な方が自然に思える。

ここで、分析の結果得られた深層構造と表層構造を合わせてその楽曲が持つ意味と定義する(図 2)。そして、楽曲を聴取して喚起された主観的印象を意味とは考えない。図 2 では、バービーンで用いられた音楽知表現を示した。楽曲を表す五線譜が表層構造であり、五線譜上の上半分がグルーピング構造を表す深層構造であり、下半分が時間構造を表す深層構造である。これら 2 つの深層構造と表層構造を合わせて「意味」が構成される。また、複数の音楽理論により、多角的に分析して得られた複数の深層構造に関して、現在、その構造間の相関や優先度等についての知見は特に得られていないように思われる。

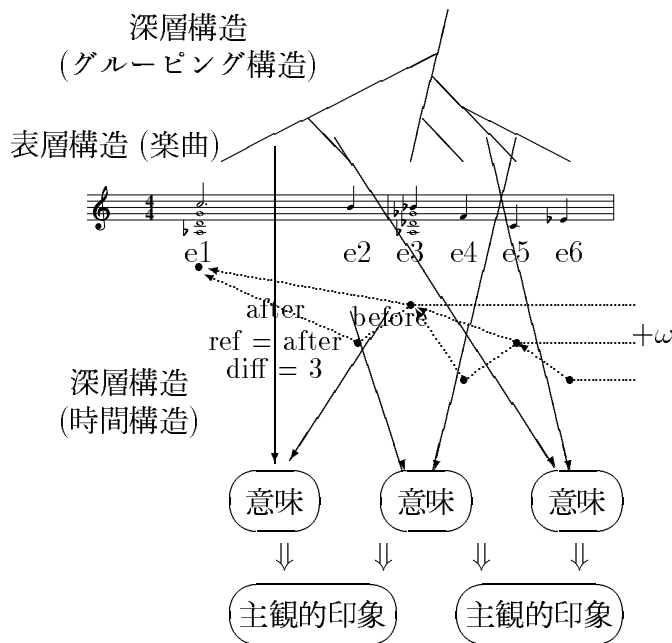


図 2: 表層構造, 深層構造, 意味, 主観的印象

(2) に関して、本研究では人工知能における知識表現技術を応用する。前述したように、GTTM や I-R モデルによる分析作業や分析結果は、計算機上のプログラムやアルゴリズムとして記述すべく考慮されていない。これまで試作した音楽システムでは、GTTM のグルーピング構造を分析する理論だけ形式化して利用している。そこでは、表層構造と深層構造は計算機上の記号や項として表現されている。そこでは、同じ記号や項で表現される楽曲は同じ意味を持つと解釈される。

(3) に関して、本研究では基本的に人工知能における演算、推論技術を応用するが、音楽知を表現する記号や項に対して適切で意味のある演算や推論を設計しなければならない。

例えば、整数を対象とすれば、加減乗除の四則演算で実用上十分な関数が実現できる。あるいは、真偽の値を持つ命題を対象とすれば、論理和、論理積、否定の3種の演算ですべての論理関数が実現できる。同様に、音楽知を表現した記号や項を対象とした時、どのような種類の演算や推論を用意すれば、すべてのあるいは実用上十分な音楽的な関数が実現できるのだろうか。

これまで試作して来た4台の音楽システムではいずれも共通の知識表現手法(演繹オブジェクト指向データベース, DOOD)と推論手法(事例に基づく推論, CBR)を採用している。これらのシステムでは音楽知を表現する項に対して2種類の基本演算を与えている。それは、2つの項が与えられた時にその共通部分を取り出す演算(lub)と、その合体を計算する演算(glb)である。lubは、数学的には最小上界(least upper bound)、glbは最大下界(greatest lower bound)の意味である。現在は、lubとglbだけを用いてアルゴリズムを構成しているが、これだけでは実用上十分とは言えない。実世界の音楽的概念や関係と十分対応が取れた普遍性の高いモデル化を行う必要があると考えている。

4 音楽知プログラミングとは何か?

さて、本章からが未来の話題である。ここでは新しく音楽知プログラミングという概念を提案しようと思う。

前章までの議論より、音楽知を計算機上の記号や項として表現する目的は付いた。次は、現実の音楽知を十分直感的に表現する記号や項と演算を過不足無く用意し、プログラマはそれらを適切に組み合わせることである。この時、プログラマは、どのようなプログラムを書くとどのような結果が出て来るかを精度良く予測する必要がある。音楽知プログラミングとは、音楽知を対象とする推論を思い通りに制御し、所望の音楽タスクを実現することである。このような音楽知プログラミング環境が実現できれば、プログラマは所望の音楽システム、アプリケーション、機能を自在に設計することができるようになるだろう。

音楽知プログラミングには次のような特徴がある:(1)音楽知を表現する記号や項には、複数の音楽理論に基づく多角的で一貫した意味が多重に付与されている、(2)音楽的な意味を反映した基本演算を備えており、その意味は直感的に理解できる。(3)楽曲等の表層には(1)で述べたような深層構造(=意味)が付与されるが、その(部分的な)深層構造を最初に(自動的に)表層構造に付与し、後にその深層構造を追加、修正、更新する処理が必要である。

音楽知プログラミングは、与えられた基本要素を組合わせて所望のソフトウェアを構築するという点では従来のプログラミングと同様である。しかし、計算の対象となる音楽知には複数の音楽理論に基づく多角的で一貫した意味が多重に付与されているので、表層構造が同じでも異なる深層構造を持っている場合がある。従って、すでに付与されている深層構造とプログラマが付与したい深層構造が同じか異なるか、異なる場合はどのように異なるかをプログラミング中に検査、ユーザ提示する手段が必要となろう。また、実際にアプリケーションを構築する際には、推論に実時間性や anytime 性を要求する場合が多くなるであろうし、膨大なデータベースや事例ライブラリから必要な情報を検索し解を生成する際、これら一連の処理に実時間的制約がかかる場合もあろう。

音楽的な状況において人間が実行しているあらゆるタスクが音楽知プログラミングの対象となる。例えば、ハーモナイズ、ポイシング、リハーモナイズ、アドリブ、本番演奏のための練習、試行錯誤と自己評価、違う形式、様式、形態で獲得した音楽知の統合、記憶、連想、学習、適用、データマイニング、音楽的に合理的なUIや可視化、実時間インタラクションなどである。

5 音楽知プログラミングは音楽アプリケーションをどう変えるのか？

従来の音楽アプリケーションの多くは、実際の音楽家が行っているタスクを計算機で置き換えたり、計算機で支援することを目標としている。実際に使用してみると、ユーザとは別の所でアプリケーションが勝手に動作するような感覚が湧いてきたり、生成された音楽にユーザが十分に貢献したという実感が得られなかったりすることが多い。また、所望の出力を得るためには、ユーザが大量のパラメータを設定しなければならなかったり、所望の出力が得られない時にどのパラメータを変更すれば所望の出力に近付くかが不明という場合も多い。このような点が、従来の音楽アプリケーションを個人レベルで使用する際の問題となっている。

個人レベルでの音楽利用の敷居を下げるには、ユーザの意図や嗜好を考慮した自動化を進める必要がある。例えば、人間の音楽家とジャムセッションするシステムを音楽知プログラミングで実現する場合を考えてみよう。システムは人間の演奏を聴いて、その意図や意味を理解する。システムはその意図を理解した上で応答の楽曲を生成する。その応答にも何らかの意図が込められている。人間から見ると、システムにあるメッセージを送ったらそれに対して返答が戻って来たように見える。この時システム設計者は、ユーザが音楽にコミットしている感覚、音楽を制御している感覚をより強く持つような応答をシステムに生成させることで、ユーザはより音楽を身近に感じることができる。このように意図や意味を考慮し高い制御性を持つ処理の実現が、音楽知プログラミングの目標である。

さてこれまで音楽というと、多く人は単に聴く一方という接し方をしているであろう。演奏や作曲を楽しんだりする人は以前より増えたものの、それでもまだ少数派であろう。音楽を活用することで、より豊かなコミュニケーションが可能になるような日常の場面は非常に多いと考えている。音楽を創ったり聴いたりする人が増えると、音楽の質を高めることの楽しみだけでなく、音楽すること自体の楽しみにも注目が集まるだろう。身近な例としては、携帯電話の着メロ、ネットワークと連携したカラオケ等が挙げられよう。

音楽知プログラミングにより、生活のあらゆる場面で音楽を簡単に利用できるようになると、自己表現や個人レベルでの情報伝達手段としての音楽の可能性が広がる。未来の人々はどのような音楽環境で生活しているのだろうか(わざわざ音楽環境と言わなくても良いくらい音楽は身近で当たり前の存在になっていると期待しているのだが)。我々が抱いているイメージは、インターネット上でアノテーションやリンクを使って相互に参照し合う集合的 (collective) な音楽知があり、各ユーザが思い思いに音楽知を蓄積、検索、交換、加工しているというものである。ここでは、音楽知プログラミングが基盤的な技術となっているであろう。

6 おわりに

人間の歴史において、音楽の発展と技術の進歩は密接に関連していた。新しい技術が新しい音楽を生み、音楽的要求が新しい技術を生み出す駆動力となった。これまでの技術発展は、一握りのアーティストが音楽の質を高めるために、そしてより多くの聴衆にコピーを届けるためというのが主目的であった。しかしこれからの音楽と技術は、個人レベルでの豊かなコミュニケーションを実現するために発展して行く方向性もあると考えている。こうして新しい音楽が生まれ、新しい技術が生まれる。

以上