

計算論的音楽理論について

第 1 回

平田圭二 (NTT コミュニケーション科学基礎研究所)

東条 敏 (北陸先端科学技術大学院大学)

浜中雅俊 (筑波大学システム情報工学研究科)

平賀 讓 (筑波大学図書館情報メディア研究科)

生活に欠かせなくなった音楽

音楽の楽しみ方、音楽のスタイル、楽器の種類、作曲法、演奏法等はその時々々の技術、社会、文化の状況を反映し複雑に絡みあいながら変遷してきました。18世紀から19世紀にかけてピアノという楽器の誕生と進化は音楽を変えました。1877年にエジソンの発明した蓄音機は音楽だけでなく、人々の音楽とのかかわり方も劇的に変えました。時代が下り、作曲家、演奏家、一般のリスナーという分業化が一段と進み、我々は音楽を楽しむ今のような状況を当然のように考えていますが、しかしそれもここ100年ほどの間に定着した状況に過ぎません。

そもそも計算機は、実験的で前衛的な音楽家たちによって、当初は作曲の道具として音楽の世界に持ち込まれました。HillerとIsaacsonがイリノイ大学のコンピュータで「イリアック組曲」を作曲したのが1956年。Max MathewsがAT&Tベル研究所のIBM 704を用いて「In the Silver scale」というほんの17秒の曲を合成したのは1957年のことでした。ちなみに、黎明期の汎用電子計算機として有名なENIACの誕生は1946年です。その後、作曲家達は計算機を利用して新しい音楽をどんどん生み出していきます。この技術分野は、さらに音楽の認識や理解、演奏の制御、ユーザインタフェース等を巻き込んで音楽情報処理という研究分野を形成するに至ります。

そして近年の音楽情報処理は、より幅広い分野へと発展しています。インターネットでは楽曲配信ビジネスが隆盛し、インターネットラジオ放送局やiPod（アップル社）を始めとするデジタルオーディオのインフラが普及しています。携帯電話での着メロや検索サービスも充実し、一般の楽曲視聴環境はよりユビキタスかつパーソナルになりつつあります。さらに、そのような技術や環境に下支えされて、メディアアートやゲームにおいても音楽関連技術が盛んに利用されるようになっていま

す。かつて作曲は、知識やスキルのあるごく限られた人のみができる作業でしたが、実用に足る作曲編集ソフトがPCにバンドルされたり、画期的な歌声合成システムの出現やビデオ投稿サイトとの連携を通じた作品の流通が音楽創作（とコンテンツ創作）の敷居を大幅に下げました。プレイリストを作成するサービスやオンラインショップでの楽曲リコメンデーションなど、もはや作曲だけが音楽あるいは音楽情報を創り出す作業ではなくなりました。

おおよそ50年かけて、ようやく音楽は、現在の我々の生活やビジネスにおいて、テキスト、写真、音声、動画、アニメーションなど既存メディアと並び得るような役割を担うようになったと考えてもよいのではないのでしょうか。本会論文誌でも、音楽情報処理という研究分野に関する特集がすでに3回組まれています。しかし一方、科学や工学の分野は音楽よりいち早く計算機への応用が実用化されています。そのような科学や工学の分野の対象の多くは予測性、再現性、制御性、構造化、高精度、効率的という特徴を持っています。これらの特徴を支えているのが、科学的な方法論による物理的な対象の仕組みや構造の解明、および仕組みや構造の数式による表現です。計算機上で知識を表現し操作する方法には簡潔さ、記述力、正確さが求められますが、科学や工学にはこのような下地があったからこそ早い時期から計算機へ応用することができたと考えられます。

科学や工学に対して、音楽という言葉からはどのようなことが連想されるでしょうか。芸術性、直観的、曖昧性、主観的、個性的、感性、経験的、暗黙的等々。音楽が持つこれらの特徴は科学や工学の特徴とは正反対です。それゆえ簡潔さ、記述力、正確さを達成することが難しく、音楽を科学的、工学的な対象とするのに時間がかかったのではないかと思います。上で触れたように、近年、音楽情報処理が隆盛してきたと言っても、依然として音楽は、計算機に應用することが難しい対象であることに変

わりありません。

音楽というメディアの重要性が増している今だからこそ、科学や工学の分野の対象とは異なる特徴を持つ音楽というメディア自体に対する理解を深めていただく良い機会ではないかと考え、この道しるべを企画しました。また、自然言語や非言語メディアの写真、音声、動画、アニメーション、顔の表情などの処理に興味をお持ちの読者の方々にも参考になる内容をお届けできればと考えています。

計算機上での音楽の操作

● 構造化と抽象化

本誌の読者には言わずもがなですが、計算機の上で正しく計算を進めるためには、計算機の上で操作する記号の意味とその組合せ方を正確に曖昧なく定義する必要があります。このときに重要になる考え方が構造化と抽象化です。人があるモノ（対象）を認識したり理解したり表現したりするとき、意識的にしろ無意識的にしろ、そのモノはこういう枠組みやテンプレートに従って組み立てられているはずだという仮定を使うことが多いでしょう。このモノを構成している枠組みのことを本稿では構造と呼びます。構造化とは、要素部分と全体はどういう関係にあるのか、部分を組み立てて全体を作るにはどうすればよいのか、逆に全体を部分に分解、還元するにはどうすればよいのかということを解明することです。人は対象がある構造を持っていると認識するとき、対象をその枠組みに当てはめるために、細部を省略し本質的な部分だけ残すという操作を行います。これが抽象化です。抽象化したもの同士を集めさらに抽象化することで階層構造が発生します。

人が音楽を聴くとき、理解するときも例外ではなく、同じレベルのものを集め、まとまりを作り（構造化）、そこから共通の性質を抜き出しています（抽象化）。音楽というメディア自体に対する理解を深める1つの方法は、音楽を構造化、抽象化する作業を通じて、音楽に内在する構造を簡潔、正確、直観的に記述することではないかと考えます。

● 音楽のモデル

音楽に内在する構造を簡潔かつ正確に記述するには、闇雲に音楽を構造化、抽象化するだけではまだ不足しています。音楽的に等しいもの、等しくないもの、類似しているものが、正しく判別されるように構造化、抽象化されていなければなりません。つまり、音楽的に似ているもの同士は類似した構造を持つべしということです。ここで、世の中の実体（ここでは音楽）と、ある数学的



図-1 旋律中の音の変化と1/f成分

なシステムが準同型なとき、その数学的なシステムを実体のモデルと呼ぶとしましょう。すると、音楽的に等しいもの、等しくないもの、類似しているものを判別する音楽のモデルが必要になります。

これまで、音楽のモデルと呼ばれるものはいくつも提案されていますが、その多くは譜面（五線譜）という表層的な情報を用いて構築されています^{☆1}。一般に譜面とは、音高という縦軸と時間という横軸からなる2次元平面上のどこで発音するかを表現したものです。音楽のモデルの多くは、音楽的に等しいか否か、類似しているか否かをこの譜面上での音の近さ（音高の近さと発音時刻の近さ）から算出しています。次の2つの例で、このような音楽モデルには限界があることを示したいと思います。

● 1/f分布のモデル

人にとって自然に聴こえる旋律があったとき、それに含まれる隣接する音同士の変化は1/fの分布を持つことが知られています¹⁾。たとえば図-1の場合、音1から音2に進んだとき、その音高の変化（音程）は半音を1とすると-1で、発音時刻の差（時間差）は八分音符の長さを1（単位時間）とすると3ですから、単位時間あたりの音程の変化は-1/3となります。次にこの1/fの性質に基づいて確率的に個々の音を生成していく自動作曲システムを作ることができます。その作曲システムが依拠している音楽のモデルは、旋律が1/f分布を持つすべての楽曲を自然に聴こえる楽曲として分類します。ここでもう一度、図-1をご覧いただきたいのですが、この旋律を反逆行して（左右逆転して上下反転する）つまり変化が逆に並ぶような旋律を作ってみます。すると隣接する音同士の変化の分布は元の旋律と同じになりますが、反逆行した旋律は一般に元の旋律と同じ程度に自然には聴こえません。

^{☆1} 音楽のモデルは、譜面やMIDIの情報を扱う記号ベースのもの、音楽音響信号の情報を扱う信号ベースのものに大別されますが、本連載では記号ベースのモデルに着目します。



ある楽曲が音楽のモデル上では等しいあるいは類似していると判別されたにもかかわらず、現実には類似していない場合があるということは、旋律の変化における 1/f 分布は自然に聴こえる旋律の必要条件であり、ほかにもいくつかの必要条件を揃えていなければならないということを示唆しています。あるいは、それら必要条件を明らかにすることで、音楽のモデルが適用できる範囲をより正確に規定することができるとも言えるでしょう。

● 主題と変奏

ベートーベン作曲交響曲第6番（田園）第5楽章の主題と変奏を見てください（図-2）。図中(1)の主題に装飾音が重畳されて、(2)の変奏が作成されています。この主題と変奏を別々に聴き比べてみると、変奏の中に主題の旋律が聴きとれて、それらの印象は類似しています。しかし、図のように主題と変奏を譜面の上で比較してみると、音程や時間差の列は大きく異なっていることが分かります。つまり、旋律の類似性を判別するためには、譜面上に現れる音高の近接性と時間の近接性の情報だけでは不十分で、何かそれ以外の要素が音楽のモデルには備わっていなければならないということを示唆しています。

また和声やリズムについても、同様に変奏を作り出すことができます。そのときも、聴取した印象は類似しているのに、譜面は大きく異なっている場合があります。

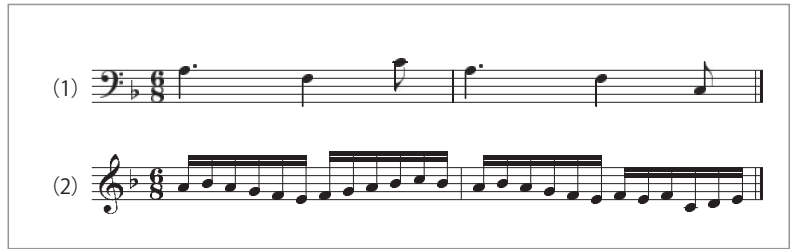


図-2 「田園」の主題(1)とその変奏(2)

一般に、創作された音楽は、そのあと記録／記憶、流通、演奏、伝承されます。また、人は作曲や演奏のための知識や技術を習得しなければなりません。そこで、特にバロック期までの西洋調性音楽は、より多くの人がこのような音楽の創作や聴取にかかわることができるように整理され発展してきました。音楽（楽曲）とは、いつの時刻にどの高さの音を出すかという指示の集まりですから、音楽の発展・体系化とは、この音楽的な音の高さと音楽的な時刻の体系化のことを意味します。具体的には、音を抽象化して個々の音に分節し、音の高さ（音高）と時間的長さ（音価）と発音時刻を記号化（量子化）し構造化していくという試みの繰り返しです。その結果、より多くの人々が共通に音楽を解釈、理解できるようになり、共通に簡潔に直感的に作曲できるようになりました。ここで、音楽の発展と表現（記譜法）の発展が表裏一体であった点にもご留意ください。

音楽の3要素といわれる旋律、リズム、和声のうち、リズムが12世紀頃より最も早く体系化され始めました。音楽学が作曲だけでなく分析の方法論としても用いられ始めるのが17世紀初頭のヨーロッパであり、現代でもお馴染みの五線譜が定着したのも17世紀、音階や和声の基本的な概念が出揃ったのは18世紀でした。

また、19世紀末に米国で誕生したジャズの世界でも、西洋調性音楽と同様の抽象化と構造化が進みました。たとえば1940年代前半に誕生したビバップというスタイルは、和声の抽象化と構造化を推し進め、和声をきわめて機械的に操作し分析する方法論を打ち立てました。

今では音楽学というと、作曲法の知識や技法の体系化だけでなく、音響学、音楽美学、音楽教育学、音楽史学などをも含む包括的な学問分野を指すようになっています。我々がここで注目したい、音楽を分析するために音楽の抽象化と構造化を扱う学問は、音楽理論と呼ばれています³⁾。この体系化の方法は1通りではないので、実際には非常に多数の音楽理論が提案されています。

音楽理論

● 音楽理論の成り立ち

ここまでで、音楽の意味や本質を反映した構造化と抽象化が重要であることはお分かりいただけたと思いますが、では、具体的にはどのような取り組みをすれば良いのでしょうか。幸いなことに音楽には音楽学（musicology）というギリシャ時代にまで遡る学問分野があります。元々は音楽の作曲法を知識や技法として体系化する学問として誕生しました。体系化が進むと、その体系に基づいて効率良く楽曲が生み出されるようになるのと同時に、その体系を乗り越えて新たなスタイルや方法論の音楽も生み出されるようになります。そして新しい音楽は、さらに新しい体系化を促すということが繰り返されてきました。今我々が耳にする音楽の意味やその内にある構造は、元々音楽に内在されていたものが顕在化したというより、後に体系化と表裏一体となって発展してきたと考えた方が適切でしょう²⁾。

● 音楽的な構造

音楽理論が分析する音楽的な構造について少し説明します。図-3の楽曲断片を実際にピアノで弾いてみると、3本の矢印で示したような音の動きを聴き取ることができます。上段の2つの矢印が示すように、隣接する音との音高と時間の近接性が、下降する音の動きと上昇する音の動きを作り出します。下段の長い矢印は、隣接していない音同士でも大局的に上昇する音の列（グループ）を作ることを示しています。それと同時に、同時刻に発音された複数の音は和音というグループを作り、さらに複数の和音がグループを作ります。

人が音楽を聴くとき、音楽に現れるグループは人にさまざまな認識をもたらします。たとえば、人は曲の終わりが分かりますが、これは楽曲全体というグループの境界を認識したり予測できるということです。図-3における下降する矢印と上昇する矢印の境界は、曲の途中の区切りと認識されます。リズムを認識することで小節の頭がどこか分かりますし、ある旋律の中で緊張の高まる部分と弛緩する部分を区別できます。さらに、楽曲中のいくつかの音が時間や音高がかなり離れているにもかかわらずひとまとまりの旋律として聴こえてくる場合もあります。

音楽的な構造とは、楽曲中の個々の音がどのグループに所属するかという関係の総体のことです（音が同時に所属するグループは1つとは限りません）。したがって、音楽の構造を分析するとは、どの音がどのグループに所属するかを決定すること、あるいは、グループの境界を決定することとなります。そうやって分析された構造を用いることで、より人の認識に沿った楽曲類似性判定やより人の意図に沿った楽曲生成が可能になります。ただし、前にも述べましたが、今我々が認識している音楽の構造は、元々音楽に内在されていたものというより、音楽の発展とその体系化の営みを通じて、後天的に獲得してきたものでしょう。

計算論的音楽理論

計算機上で音楽を操作するため、音楽理論を援用して音楽のモデルを構築するという考えが出てきたのは1980年代です。そして、1990年代前半に計算論的音楽学（Computational Musicology）が提唱されました⁴⁾。その最も広い意味は音楽学の方法論に計算機を導入したというもので、先の旋律の変化の1/f分布の例のように、譜面に現れる音符を統計解析したり、計算機による自動作曲や楽曲構造分析などが含まれます。

ここで、音楽学への計算機の導入に期待されたことは

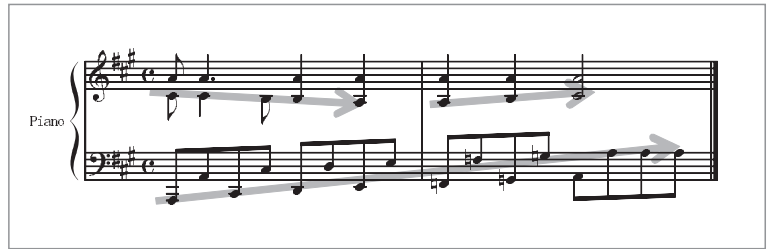


図-3 楽曲中の音楽的な構造

2点ありました。1つは、計算機を知識獲得や知識表現・操作の手段として使うことです。たとえばサビや繰り返しの検出など、自動化したいのだけれども、人が処理している仕組みや原理がよく分かっていないためそのアルゴリズム化が困難な処理があります。そのような処理に関して、音楽モデルを計算機上に構築し動作させて正当性を検証したり、楽曲データをマイニングしてサビの特徴や繰り返しの特徴を検出したりします。もう1つは、情報処理の標準的な問題解決の手法を、音楽的な問題に応用することです。音楽的な問題とは、たとえば、作曲・編曲・演奏システムの構築、音楽認識手法の設計、楽曲リコメンデーション・プレイリスト作成等アプリケーションの実現などです。このように、情報処理の知見を音楽学に持ち込むことで、厳密な音楽の記述や効率的な処理ツールの開発が実現しました。しかしその一方で、情報処理の標準的な問題解決手法が、本当に音楽という対象に対しても適切に機能するのだろうか、あるいは、アナログやメタファとして機能するのだろうかという疑問も湧いてきました。これは、本稿の前半で述べた音楽のモデルの問題意識と通底しています。

また、計算論的音楽学を提唱した人々は、科学や工学と音楽学の望ましい関係は、相互に知見を取り込み与え合うことであると考え、音楽からも科学や工学に何らかの知見をもたらす貢献するべきと考えていました。そのような態度は必然的に計算論的音楽学者たちに、音楽の存在意義は何かという問題に真剣に向き合うきっかけも与えました。Marvin Minskyは当時、Otto Laskeとの対談の中で次のように述べています⁵⁾：

Now, in past years we have seen a certain amount of applying AI tools to traditional music analysis. But I would like to see more from the heart of AI, the study of problem solving, applied to issues of how you solve musical problems.

本連載では computational の訳として「計算論的」という用語を採用します。計算論的と言っても、計算可



能性や計算量に関連した意味ではなく、計算機による実現を前提とした対象の抽象化と構造化を通じて、対象の理解を深め操作法を構築する方法論という意味です⁶⁾。つまり、計算論的音楽理論とは、音楽認識・分析器や作曲器の実現を前提とし、音楽理論に基づいた音楽の抽象化と構造化を通じて音楽の理解を深め、音楽創出法を構築する方法論となります。音楽創出には、作曲だけでなく、演奏の表情付け、譜面の浄書、プレイリスト作成、リコメンデーション作成なども含まれるでしょう。

計算論的音楽理論の主要な研究テーマとして、音楽理論に基づいた分析手法や作曲手法を計算機上に実装することや、自然言語と音楽各々の意味論や処理技術体系の対比を通じて意図を表出する行為やコミュニケーションに関するより深い理解を目指すことなどが挙げられます。また、音楽的振舞いをするシステムを計算機上に構築することを目指していることから、人工知能と同様に、その実行過程を人間の認知過程と対応づける立場もあれば、音楽的な振舞いの再現を主眼とする立場もあります。

音楽理論 GTTM

これまで数多くの音楽理論が提案されてきていますが、その中でも私たちが注目しているのは、Fred Lerdahl と Ray Jackendoff が 1983 年に提案した音楽理論です⁷⁾。この理論は原書題名 (A Generative Theory of Tonal Music) の頭文字をとって GTTM と呼ばれています。GTTM はひとことでは「人は音楽をどう聴いているのか」という理論で、楽曲を聴いたときに聴取者が認識する音楽的直感や旋律や和声進行といった音楽の高次構造を文法規則の形を借りてできるだけ形式的に記述したものです^{☆2}。ここで聴取者と言っているのは、西洋調性音楽を聴き慣れている人々を指していて、ほとんどの日本人が該当するでしょう。

GTTM の特徴として、楽曲を簡約 (reduction) するという概念があること、Chomsky 流の生成文法の枠組みを一部援用して分析結果を表現する構造を生成すること、音楽の 3 要素である旋律、リズム、和声を統一的に扱っていることなどが挙げられます。簡約というのは、隣接する音同士の楽曲中での重要度を比較し、より重要な音を選び除々に音の数を減らしていく操作です (図-4)。この木構造を生成する準備段階として、まず、旋律に含まれる隣接する音同士の区切れの強さ、あるいは結び付きの強さを判定します。そして次に、リズムに

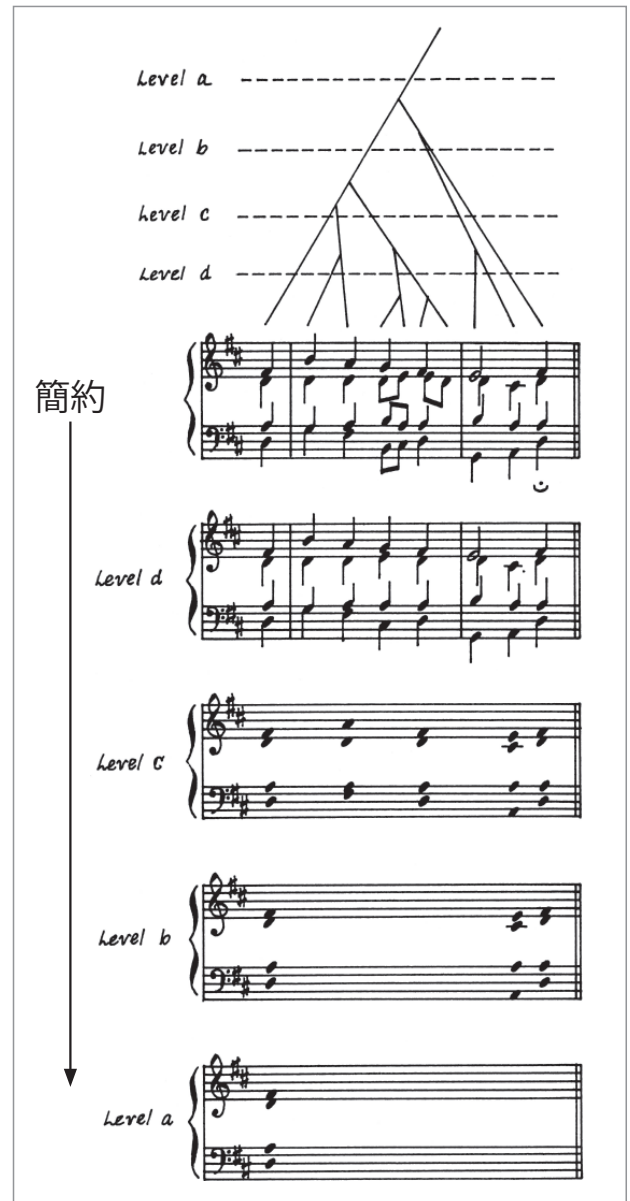


図-4 GTTMにおける簡約；文献7) p.115, Fig.5.8 より

関して各音の拍節的な強さを判定します。これらの判定結果をもとに、同図の上の方にあるような木構造を得ます。

簡約は、本稿にこれまで何度も出てきた抽象化、構造化の方法の1つであり、楽曲にこの簡約を施すことで得られる木構造がその楽曲の基本的な構造や意味を反映していると言われ、人間の音楽認識の過程を反映しているとも考えられています。GTTMに基づく分析によって最終的に、旋律とリズムに基づく分析結果を表す木構造と和声に基づく分析結果を表す木構造が得られます。

GTTM では、楽曲には自然言語における文/非文のような区別はなく、好ましい分析とそうでない分析があるだけと考えます。そこで、ある楽曲が与えられると、まず well-formed な音楽構造を規定し、その中からより好ましい音楽構造を選択して分析を進めていきます。

☆2 GTTM を解説した日本語の文章は少ないのですが、その中でも文献8) 8章の記述はコンパクトによくまとまっています。

その選択のための規則は、グループの境界はどこにあることが望ましいか、ゲシュタルト^{☆3}に基づいてどのようなグループが作られていくか、という知識を記述しています。以下、例を2つほど挙げます：(1) 4つの連続した音 n1, n2, n3, n4があるとき、n1-n2の音程や n3-n4の音程より n2-n3の音程の方が大きいとき、n2-n3にグループ境界がくることがある、(2) グループは等しい長さの2つのサブグループに分割されることが望ましい。

私たち筆者が、数多い音楽理論の中でも GTTM に注目している理由はまさに上に挙げた特徴にあります。そして、ルール形式を採用していることで知識がモジュラリティ高く記述されていて、概念が比較的整理されていることから、プログラムとして実装しやすいという性質が期待できるのです。Lerdahl と Jackendoff は GTTM 本の中で、「音楽の本質的な性質を記述するために過剰な形式化を避ける記述をしたが、GTTM を計算機上に実装することは音楽的、心理学的な問題を解決することにつながるだろう」と述べています。

GTTM 本⁷⁾ が出版された 1983 年直後から GTTM を計算機上に実装する試みが始まり、現在も世界中で多くの研究者たちが GTTM の実装に取り組んでいます。しかし、過剰な形式化を避けた記述には不可避免的に多大な曖昧さが含まれることになりました。そのため、GTTM の実装はとてもチャレンジングな課題であると言えるでしょう。

音楽の分析と言語処理との対比

GTTM は Chomsky の生成文法の枠組みを採用していると言いましたが、Lerdahl と Jackendoff は、音楽には言語のようなきっちりとした文法要素や文法がないので言語の理論をそのまま適用すべきではないと明確に主張しています。本連載でも、音楽と言語の対応は単なるアナロジとみなし、計算論的音楽学の立場を踏襲して音楽に言語の解析手法の応用を試みるという立場をとります。

GTTM に基づく音楽の分析器の処理を、言語のそれと照らし合わせて理解してみます(表-1)。言語処理については特に説明を加える必要はないと思いますので、

☆3 近接した部分や連続した部分が集まるとそれらの部分の総和以上の構造が発現する心理学的な現象、知覚的な創発とも言われます。

☆4 音符や休符の時間的な長さ。

☆5 主要音と、1あるいは2半音異なる短い装飾音を交互に速く音をふるわせるように演奏すること。

	言語処理		音楽分析
(i)	音韻認識	⇔	記譜、音符化
(ii)	形態素解析	⇔	小グループ
(iii)	構文解析	⇔	グループ
(iv)	意味表現	⇔	楽曲の意味付け

表-1 音楽分析と言語処理の対比

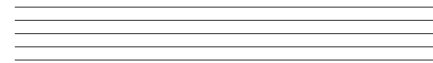
音楽分析について説明を加えます。ただし、この処理の図式化や対応付けは便宜的なものであることに留意してください。(i)では音を音符として記号化し楽譜の形に収めます。(ii)は、譜面上に置かれた音符の音高や音価^{☆4}をもとに、複数の音符間に近接性を見出そうという処理です。たとえば、和音やトリル^{☆5}というグループを認識することに対応します。(iii)のグループとは、楽句(旋律)や繰り返しなど、さらに大局的な音楽的な構造を指します。(iv)は、GTTMの分析結果である旋律とリズムに基づく木構造と和声に基づく木構造を観察する者に、楽曲の意味表現を提供することを指しています。近年の文法理論の枠組みでは、意味表現は木構造の生成の過程で表裏一体となつてでき上がるものと考えられています。

以上の対比から、GTTMに基づく自動分析器を構築することは、(iii)より上位の音楽分析の実現に大いに貢献するのではないかと思います。

これからの内容予告

本連載は今回も含めて全5回を予定しています。本稿の最後に次回以降の内容を予告したいと思います。

第2回では、音楽学、音楽理論がこれまでどのように発展してきたか、先人たちが音楽の持つどのような側面に焦点を当てて抽象化と構造化を試みてきたのか、その結果提案された音楽理論にはどのようなものがあるかを、情報処理、情報学、認知科学の立場から解説します。第3回では、言語と音楽、言語処理と音楽分析を対比します。同じコミュニケーションのためのメディアとしてのどの部分が同じでどの部分が異なっているのかを吟味して、より音楽や音楽分析の本質に迫ります。また、計算論的な見地から、言語と音楽が相互に知見を与え合う具体例も紹介できればと思っています。第4回では、音楽理論 GTTM の計算機上への実装について、私たち筆者の試みを中心に、その課題と解決法についてご紹介します。これは、音楽理論に含まれる曖昧さの克服と言っても過言ではありません。第5回では、計算論的音楽理論によってもたらされる新しい応用領域を解説して、今後の展開や、新たな課題、期待などについて触れたいと思います。



本連載は、音楽という1つの非言語メディアについての企画ですが、言語研究や言語処理に携わっていらっしゃる方々にも、そして、音楽以外の非言語メディア処理の研究開発に携わっていらっしゃる方々にも有益となるような内容にしたいと考えています。どうぞご期待ください。

参考文献

1) Voss, R. F. and Clarke, J. : 1/f Noise in Music and Speech, Nature, 258, pp.317-318 (1975).
 2) 矢向正人 : 音楽と美の言語ゲーム, 勁草書房 (2005).
 3) ウィキペディア, 音楽理論, <http://ja.wikipedia.org> (2008年4月29

日アクセス).
 4) Bel, B. and Vecchione, B. : Computational Musicology, Computers and Humanities, 27:1-5 (1993).
 5) Minsky, M. and Laske, O., A Conversation with Minsky, M., In (Eds.) Balaban, M., Ebcioğlu, K. and Laske, O. : Understanding Music with AI : Perspectives on Music Cognition, The AAAI Press/The MIT Press (1992).
 6) Wing, J. M. : Computational Thinking, Communications of The ACM, Vol.49, No.3, pp.33-35 (2006).
 7) Lerdahl, F. and Jackendoff, R. : A Generative Theory of Tonal Music, The MIT Press (1983).
 8) スティーブン・ピンカー, (訳) 椋田直子, 山下篤子 : 心の仕組み (下), NHK ブックス (1997).

(平成20年5月2日受付)

平田圭二 (正会員)

hirata@bri.ntt.co.jp

1987年東京大学大学院工学系研究科情報工学専門課程博士課程修了。工学博士。同年NTT基礎研究所入所。1990～93年(財)新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT)。1999年よりNTTコミュニケーション科学基礎研究所。2001年本会論文賞, 2003年山下記念研究賞。音楽情報処理に興味を持つ。ビデオコミュニケーションシステムt-Roomのプロジェクトに取り組む。

東条 敏 (正会員)

tojo@jaist.ac.jp

1981年東京大学工学部計数工学科卒業, 1983年同大学院工学系研究科修了。1995年同大学院博士(工学)。1983～95年三菱総合研究所, 1995年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教授, 2000年同大教授。自然言語の形式意味論および人工知能の論理の研究に従事。人工知能学会, ソフトウェア科学会, 言語処理学会, 認知科学会各会員。

浜中雅俊 (正会員)

hamanaka@it.tsukuba.ac.jp

2003年筑波大学大学院工学研究科博士課程修了。同年日本学術振興会特別研究員PD, さきがけ研究員(専任)などを経て2007年より筑波大学大学院システム情報工学研究科講師。音楽情報処理の研究に従事。博士(工学)。2001年山下記念研究賞, 2001年SCI in Art優秀論文賞, 2003年筑波大学大学院優秀論文賞(博士課程長賞), ICMC2005 Best Paper Award受賞。

平賀 譲 (正会員)

hiraga@slis.tsukuba.ac.jp

1956年生。1983年東京大学大学院理学系研究科(博士課程)中退, 同年図書館情報大学助手。現在, 筑波大学図書館情報メディア研究科教授。日本認知科学会, 日本音楽知覚認知学会, ACM等各会員。

