音楽情報処理最前線！

■第18回

未来の音楽の楽しみ方、作り方はどう変わるのか？
コンピュータは音楽を理解できるようになるのか？
コンピュータを使って音楽を研究する「音楽情報処理」
という研究分野が、世界的に注目を集めています。
本連載では、そうした最先端の研究事例を紹介していきます。

自分の好きなあの曲を勝手にリミックス ～楽器パートの音量を操作する「楽器音イコライザ」

ギターの音量だけを増やしたいけれど、グラフィックイコライザではピアノやスネアドラムの音量まで増やしてしまう。様々な楽器音が混ざった音楽の音響信号を分離することで、さまざまな楽器パートの音量をピンポイントで変更できる「楽器音イコライザ」を紹介します。

ミキシング後の音楽を編集

「この曲が気に入っているけれど、ギターが引っ込みすぎている。ギターだけの音量を増やしたい」、「練習用にドラム音だけを消したマイナスワン録音を作りたい」などと考えたことはないだろうか。ミキシング前のマルチトラックデータがあれば簡単なことだが、市販の楽曲はミキシング後の混ざった音響信号しかないために難しい。今回は、こんな悩みを解決する技術「楽器音イコライザ」を紹介する。

楽器音イコライザはグラフィックイコライザのようにスライダが並んだインタフェース（図1）を持つが、操作できるのは周波数帯域毎の音量ではなく、楽器ごとの音量である。これによって、ドラムとギターの音量を増やして楽曲をロック風に変えたり、楽器の練習用にマイナスワン録音を作ったり、ということもできる。図1では単純なインタフェースを用いているが、高度な機能を持つDAWを用いれば、マルチトラックデータと同様に扱える。

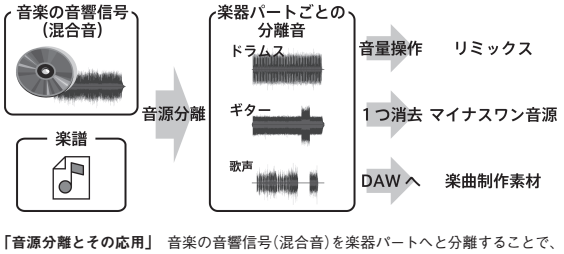
混ざった音をばらばらに分離する

楽器ごとの音量を操作するためには、楽曲の音響信号と楽譜をもとに、様々な楽器音が混ざった音をひとつひとつの音符単位にあらかじめ分離する必要がある。楽器音イコライザでは、これらの分離音を楽器やグループごとにまとめておき、楽器ごとの音量操作を行う。

楽器音は、バイオリンやフルートなどの明確な音の高さを持つものとスネアドラムなどの音の高さが曖昧なものの、大きく2つのグループに分けられる。音の高さが明確な音には、ちょうどその高さの周波数成分の他に、その整数倍の高さの成分（倍音）が含まれており、これを調波構造と呼ぶ。一方、音の高さが明確でない音は調波構造を持たない。調波構造以外の音の成分を非調波成分とここでは呼ぶ。

調波構造のみ、または非調波成分のみからなる楽器音も多いが、ピアノのように、調波構造と非調波成分を併せ持つ（鳴り始めに弦をハンマーが叩くときには非調波音を、弦が振動しているときには調波音を発する）楽器音もある。

このように異なる性質を持つ様々な楽器音を統一的に扱うため、我々は図2の「調波・非調波統合モデル」を提案した。図の左側はピアノのパワースペクトル（脚注1）で、等間隔の縞模様で表される調波構造と、時間軸の始めと終わりで縦方向にぼんやりと広がる非調波成分が含まれていることが分かる。このような構造



「音源分離とその応用」 音楽の音響信号（混合音）を楽器パートへと分離することで、音量操作によるリミックス、楽器パート消去によるマイナスワン音源の生成、DAWへの楽曲制作素材としての入力など、様々に応用できる。

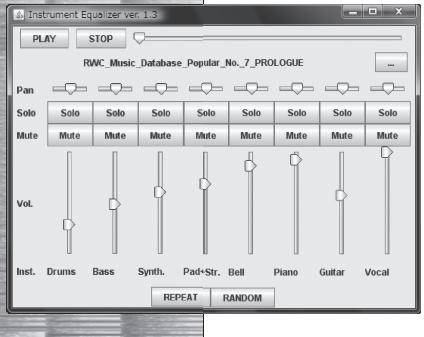


図1 「楽器音イコライザのインタフェース」
各スライダやスイッチは楽器の音量などと対応づけられている。DAWの音量操作部分だけを抜き出したものと考えるとよいだろう。

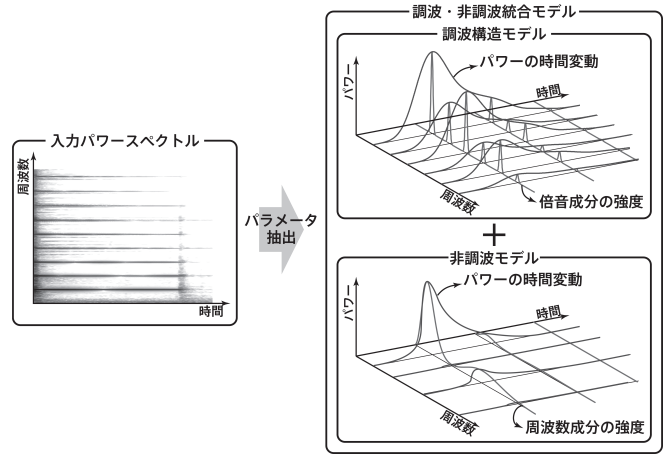


図2 「調波・非調波統合モデル」
図の左側はピアノのパワースペクトルで、等間隔の縞模様で表される調波構造と、時間軸の始めと終わりで縦方向にぼんやりと広がる非調波成分が含まれていることが分かる。多くの楽器音は、これらの組み合わせでできている。図の右側の調波・非調波統合モデルは、調波構造モデルと非調波モデルを足し合わせたもので、調波構造モデルは「縞模様」を、非調波モデルは「ぼんやりと広がる」部分を表すのに適した作りになっている。音符一つ分の楽器音のパワースペクトルをこのモデルに与えると音の高さや倍音成分の減衰の早さなどのパラメータを抽出することができる。
様々な楽器音の混合音に対しては、音符の数だけモデルを用意することでそれぞれの音からパラメータを抽出でき、このパラメータ抽出作業の結果として分離した楽器音が得られる。

糸山 克寿
（いとやま かつとし）

2008年京都大学大学院情報学研究科修士課程修了。現在、同大学院情報学研究科博士課程に在籍。ピアノやギター、ドラムなどの様々な楽器音を分析し、音源分離や楽器音再合成、検索などに応用する研究に取り組んでいる。

後藤 真孝
（ごとう まさたか）

1998年早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。博士（工学）。現在、産業技術総合研究所情報技術研究部門メディアインタラクション研究グループ長。2007年～2008年度音楽情報科学研究会主査。計算機によって実世界の音楽・音声コンテンツを自在に扱える技術の確立を目指し、音楽・音声の音響信号の自動理解と、それに基づくユーザインタフェースの研究を中心に、様々な研究課題に取り組んでいる。

奥乃 博
（おくの ひろし）

1972年東京大学教養学部基礎科学科卒業．博士（工学）。2001年より、京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻教授。「音を聞き分ける」環境を理解する音環境理解を目指して、音声認識、音楽認識、環境音認識の研究を行っており、聖徳太子のように同時発話を聞き分けるロボット聴覚、音楽を自分の耳で聞いて合奏する音楽ロボットなどの研究に取り組んでいる。

「音楽情報科学研究会」へ参加してみませんか？

情報処理学会 音楽情報科学研究会（SIGMUS）は、コンピュータと音楽とが関わり合うあらゆる場面を活動対象とする学際的研究会で、年5回の研究発表会を開催しています。研究会に会員登録すると、研究発表会の参加費が無料になるだけでなく、過去の全研究発表会の論文のダウンロードなどの特典があります。研究会の登録方法や研究発表会の開催に関する最新情報などは http://www.sigmus.jp/ をご覧ください。

は多くの楽器音に当てはまる。図の右側の調波・非調波統合モデルは、調波構造モデルと非調波モデルを足し合わせたもので、調波構造モデルは「縞模様」を、非調波モデルは「ぼんやりと広がる」部分を表すのに適した作りになっている。音符一つ分の楽器音のパワースペクトルをこのモデルに与えると楽器音から音の高さや倍音成分の減衰の早さなどのパラメータを抽出することができる。

様々な楽器音の混合音に対しても、音符の数だけモデルを用意することでそれぞれの音からパラメータを抽出できる。抽出されたパラメータに基づいてパワースペクトル中の特定の音符に対応する部分だけを通過させる「フィルタ」を作り、これらのフィルタで混合音を分離する。

現状の楽器音イコライザの課題の一つは、楽譜が必要という点である。調波・非調波統合モデルを用いて混合音を分析するためには、モデル一つ一つの「初期配置」、つまり大雑把な発音時刻や音高などを与える必要がある（図3）。常に一つだけの音しか演奏されていないのであれば発音時刻や音高を計算機で推定するのは容易だが、同時に演奏される楽器や和音が増えると、その推定は極めて困難になる。このような問題（多重音解析）の研究も進められているが、その精度は4和音で80～85%、6和音で60～70%程度と、未だに十分なものではなく、和音にドラム音などの非調波音が混ざるとこの精度はさらに低下する。楽器音イコライザではこの問題に対処するため楽譜を与えることでモデルの初期配置を決定する。この楽譜としては、標準MIDIファイルを用いた。現在のところは全ての楽器の楽譜が必要だが、分離したい楽器の楽譜だけを用意すればその楽器音とそれ以外の楽器音へと分離を行うような拡張を進めており、最終的には楽譜を必要としない手法を目指す。

分離だけでなく、楽器音の分析・合成へ

本記事では、楽器音量操作を行う楽器音イコライザと音源分離のための調波・非調波統合モデルについて述べたが、これらの技術は他の場面にも活用できる。調波・非調波統合モデルは楽器音の特徴を抽出し、その特徴を持つ音を再合成することができるため、複数の楽器音から抽出したパラメータを混ぜて楽器音をモーフィングしたり、音高やベロシティと調波・非調波統合モデルのパラメータを対応づけて仮想的なMIDI音源を構築したり、といったことが可能になる。例えば、レス・ポールの録音を分析して、「レス・ポールの音色や演奏テクを再現する」ギター音源、なんてものができているかもしれない。

※脚注1　パワースペクトル：音響信号を分析し、各時刻（横軸）での周波数成分（縦軸）の強度を色の濃さで表した画像。

▼参考文献：
参考文献：糸山 克寿、後藤 真孝、駒谷 和範、尾形 哲也、奥乃 博：楽譜情報を援用した多重奏音楽音響信号の音源分離と調波・非調波統合モデルの制約付パラメータ推定の同時実現、情報処理学会論文誌、Vol.49、No.3、pp.1465-1479、Mar 2008.

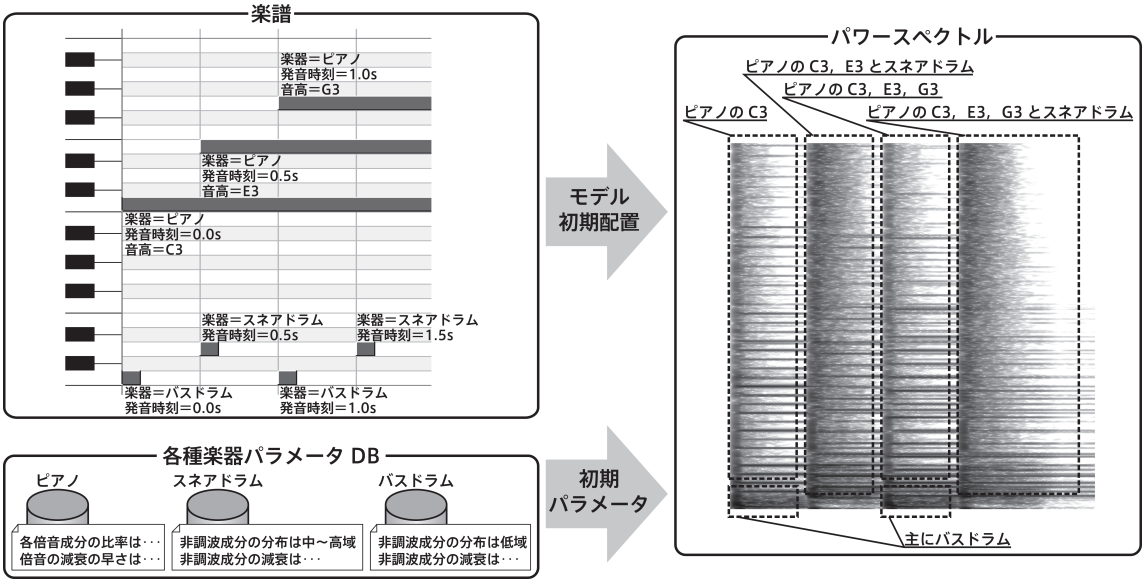



図3「楽譜によるモデルの初期配置決定」 調波・非調波統合モデルを最初に配置する時刻と周波数を決めるため、楽譜を使う。時刻や周波数が正確なものでなくても、ある程度正しければパラメータ抽出処理中にこれらは修正される。さらに、事前に作成した楽器ごとのモデルパラメータDBを用いて、モデルパラメータの初期値を設定する。パラメータDBを使うことで、分離処理の計算量を減らすだけでなく、複数の楽器がユニゾンしている場合などでもそれらを精度良く分離させることが可能になる。