

減算式作曲:「音を削る」彫刻的な次世代音楽制作法

宮下 芳明

明治大学 理工学部

<http://www.homei.com> homei@homei.com

1 はじめに

シンセサイザは、もともと正弦波を足し合わせることによって音を合成する加算方式として考案されたものである。加算方式は、理論上あらゆる音を作り出せる可能性を持っていたが、いくつかの問題をはらんでいた。まずはその周波数成分の数と同じだけの発振器を用意しなければならないという技術的な問題があった。また、複数の正弦波を足し合わせるとどのような波形になるのかや、逆にイメージしている波形はどのような正弦波の足し合わせで表されるのかを予想できなくてはならず、知識と経験が必要であった。さらに、ひとつひとつの正弦波を設定していく作業に手間がかかり、全体がなかなか見えないというもどかしさがあった。こうした中、モーグ博士らにより「減算方式」のシンセサイザが提案された。これは周波数成分が多い波形をオシレータから出力し、フィルタで削っていくことで音作りを行うというもので、加算方式に内在していた「無から有を生み出す難しさ」と比較すればとてもわかりやすく実用的な考え方であった。減算方式の手法は、その後のシンセサイザの基本原理となり、現代のデジタルシンセサイザにおいてすら、サンプリングされた PCM 波形などをフィルタで加工する減算方式の考え方で設計されている[1]。

ところで作曲という行為は、媒体が楽譜であれシーケンスソフトウェアであれ、一般的には何もないところに音符を並べて構成していく「加算方式」であるにとらえることができる。多くの知識や経験が必要で作業が大変な点、楽曲の全体像がすぐに見えないもどかしさ、無から有を生み出す難しさがここにもある。シンセサイザの歴史にみられた考え方を適用するならば、何らかの音群から不要な音を削っていくような「減算方式の」作曲法があれば、有益な効果をもたらすかもしれない。この着想に基づき、筆者はこれまでいくつかの楽曲を減算式の方法論に基づいて作曲してきた。また、そのために楽曲内で用いられる音の使用頻

度の分析を行ったり[2]、図 1 のように特定のメロディ以外の鍵盤をすべて同時に鳴らす「ネガ反転した楽曲」の実験を行ったり[3]、さらには作曲者が演奏してほしくない音に該当する鍵盤を加熱するシステム Thermoscore[4]を開発してきた。

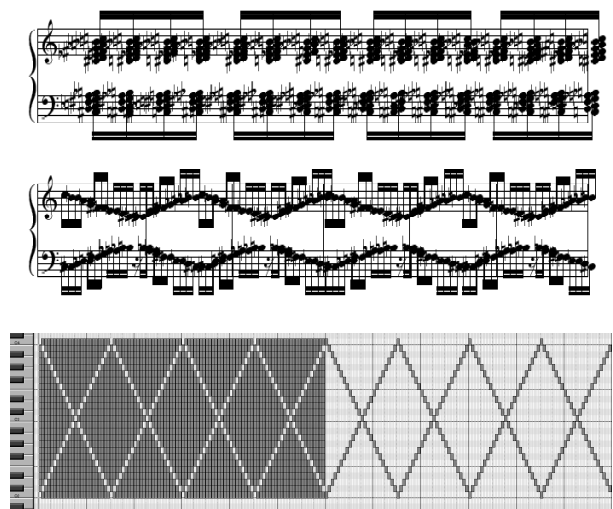


図 1 楽曲「NEGATIVE & POSITIVE」の五線譜表記（上）とピアノロール表記（下）

本稿では、シンセサイザの減算方式と対比させながら、減算方式の作曲法を提案する。そして、減算式作曲を「支援」するためのツールがどうあるべきかについても考察を行う。

2 オシレータ（母体生成のフェーズ）

減算方式のアナログシンセサイザは、まず最初に削られるべき基本波形をオシレータ(VCO...Voltage Controlled Oscillator)から出力する。基本波形は、鋸歯状波（基音とその整数倍の倍音成分をもつ）やホワイトノイズ（全ての周波数で同じ強度となるノイズ）のように、もともと周波数成分が多い波形を用いる。PCM 音源のデジタルシンセサイザでは、あらかじめサンプリングされた PCM 波形を出力する。

減算式作曲でも、音を多く含む「基本音群」とでもよぶべきものを用意する必要がある。ひとつ

の例として考えられるものは、偏りなくあらゆる音がランダムに出現する音群である。これはオシレータで言うところのホワイトノイズに該当するもので、調性感を感じさせないという特徴がある。また、調性をもつ楽曲の制作を意図する場合は、クロマプロファイルが利用できる。これは特定の楽曲における音名の使用頻度を計測し、それをレーダーチャートで表したものである[2]。図2のように、クロマプロファイルにおける分布の仕方には、作曲者やその時代の傾向が現れる。このクロマプロファイルに基づく生起確率で作られた音群（Chroma-profiled Noise）を出力すれば、これも減算式作曲における有効な母体となる。

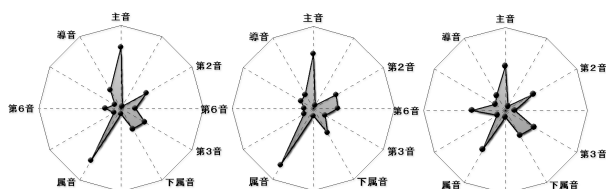


図2 作曲家ごとの平均クロマプロファイル
(左からモーツァルト、ベートーベン、ドビュッシー)

さらに、削られる母体として最も有効であると筆者が考えているのはトーン・クラスタである。トーン・クラスタとは、音の塊とも言うべきものであり、主として鍵盤楽器において腕や拳などで演奏を行うものである。非常に直感的な手法によって自分が求める荒削りな音楽の概形を作り出すことができる。

3 フィルタ（音削除のフェーズ）

減算式作曲では、前章で生成した母体をもとに、紙媒体では消しゴムで、シーケンスソフトウェアでは消しゴムツールで音を削っていき、求める音楽のかたちへと整形していく。しかし、特定の条件に沿う音をまとめて消せるようなツールがあれば、効率が向上すると考えられる。

減算方式のシンセサイザにおけるフィルタ VCF(Voltage Controlled Filter)は、特定のカットオフ周波数を設定し、その周波数より高い／低いものを削る機構になっている（ローパス／ハイパスフィルタ）。また、レゾナンスと呼ばれるパラメータがあり、カットオフ周波数付近の強調して音色にクセをつける（図3）。

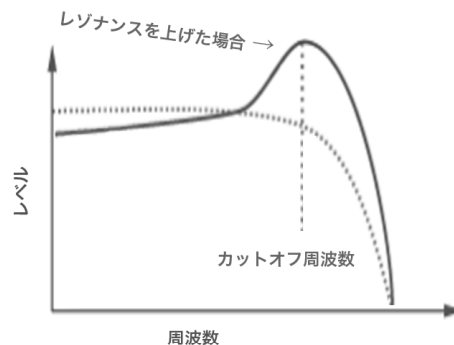


図3 シンセサイザにおけるフィルタ

同様に減算式作曲においてもフィルタに相当するツールを作成した。ひとつは「音域フィルタ」で、縦軸を音のレベル、横軸をノートとし、設定されたカットオフ・ノートよりも高い／低いものを削る。たとえば C4 から C5 までの 1 オクターブに渡る音群が入力されたとき、カットオフ・ノートを G4 に設定すると、G#4 以上の音は発音されなくなり、そこでレゾナンスを上げると F#4 や G のベロシティを上げて強調する。動かすパラメータが少なく効果もわかりやすいため、このフィルタについては初心者でも簡単に使用できる。

もうひとつは「調性フィルタ」であり、横軸に 12 の音名を自由に並べることができるものである。たとえばハ長調の楽曲におけるクロマプロファイルを見てみると、黒鍵よりも白鍵の方が、さらに白鍵の中でも主音・属音に相当する C と G の発音頻度の方が高い。つまり求める楽曲の調性によって優先する音名の順位が変わるので、そこをカスタマイズできるようになっているのである。

4 減算的即興

減算式作曲の考え方は、即興演奏に適用することもできる。ひとつの手法は、即興演奏を行う演奏者をオシレータとしてとらえ、その音を作曲者が強制的にフィルタリングしていくものである。これは、演奏者に MIDI 機器で即興演奏を行ってもらい、その出力を上記のフィルタに通して通過条件に合う音のみを発音すれば実現する。

もうひとつは減算操作を演奏者の裁量に任せる方法で、光キーボードを用い、作曲者が減算したいと考えている音とそうでない音を演奏者に提示するという方法である。さらに、光ではなく温度でこうした情報を伝達するデバイス Thermoscore システム[4]を開発した。これは鍵盤に温度を動的

に制御できるペルチェ素子を並べることによって実現している。光キーボードはその特性から「打鍵してほしくない音」を事前に伝達するのに向いている。これに対し、Thermoscore システムでは鍵盤温度が打鍵後に知覚される構造のため、「打鍵しても構わないが持続してほしくない音」を伝達するのに適している。どのシステムをフィルタとして用いるかによって最終的な音楽の形態も変化する。

シンセサイザにおけるフィルタは、その強さや許容カーブといった特性がメーカーごとに異なっており、最終的な音の味わいが変化する。即興演奏に適用するフィルタ（システム）についても、このように特性を生かした選択がなされれば音楽も多様化するに違いない。

5 無調即興のための「ろくろ」

20 世紀以降の音楽様式のひとつに、明確な調性を感じさせないよう意図されて作られる無調音楽がある。代表的な作曲家はシェーンベルクだが、ベルク、ウェーベルン、ストラビンスキー、ブーレーズやシュトックハウゼンらが継承し、制作のための技法も多様化している。ポピュラー音楽における適用例こそ少ないが、21 世紀になった今でも開拓が続けられている。図4はシェーンベルクによる無調音楽「ピアノのための 6 つの小品 Op.19」におけるクロマプロファイルである。図2におけるベートーベンやモーツァルトの調性音楽と比較すると、どのクロマも均等に使おうとしているかのように見える。実際、この楽曲の発音頻度におけるばらつきを標準偏差として計算してみると、それは 2.7 であったが、19 世紀の楽曲においてそれが 5 から 15 程度であるのと比較すれば、とても低い値であるといえる。

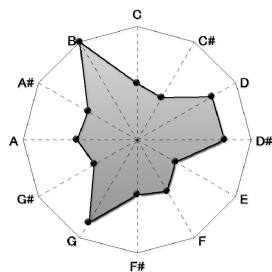


図4 シェーンベルク「ピアノのための 6 つの小品 Op.19」におけるクロマプロファイル

この楽曲において発音頻度が高いのは B と G だが、これらの音がなすクロマ円上の角度は 120 度であり主音・属音の関係にはならない。また、発音頻度が最も高い B が主音であると仮定すると属音は F#となり、B が属音であると仮定すれば主音は E となるが、これらの音の発音頻度は相対的に低くされており、調の判定を難しくしている。

シェーンベルクはのちに、オクターブ内にある 12 のクロマから作品ごとに特定の音列を定め、それを楽曲の基礎形態とするという十二音技法を提唱する。音列を作る際には省略や重複が許されないため、どの音も他の 11 音全てが発音されるまで再び用いられることはないわけである。各音はどのオクターブを用いてよく、また音列の反行形（音高における反転）、逆行形（順序における反転）、そして両方を組み合わせた反行逆行形という変形も行つてよいというルールがあるが、どのルールもクロマの発音頻度の均一化には影響しない。よってこのような技法で作られた楽曲では、当然のように発音頻度は全クロマにおいて揃い、クロマプロファイルは円形（正 12 角形）になる。

無調音楽を達成する技法がいくつも開発されたのは、調性から脱却することがいかに困難だったかを物語っている。調性から脱却するための究極的手段としては、ジョン・ケージのように偶然性を積極的に導入したり、ラモンテ・ヤングのように電話帳を用いる試み[5]のように、演奏者の意志とは異なるところにその解決法を求めるものもある。しかし、演奏者の自己表現放棄にもつながりかねない手段ではなく、あくまで演奏者がその意志によって無調即興演奏を実現するために、Thermoscore システムを応用した「ろくろ」を制作した。これはそれまでの演奏の中で打鍵頻度の高い音を減算対象と見なし、該当する鍵盤を加熱するシステムである。いわばクロマプロファイルの飛び出た部分を削り、最終的には丸くしていくことが期待されるわけである。

システムは図5のようにクロマの発音頻度を算出して、その頻度が高いクロマほど加熱する原理になっている。もし C の音を高頻度に打鍵する傾向がみられるなら、全オクターブにおいて C の鍵盤が徐々に加熱されていく。「熱い物には長時間触れていられない」というメタファーにそって、演奏者はその音の発音頻度を減らしたり、デュレーションを短くしたりすることで対処していく。

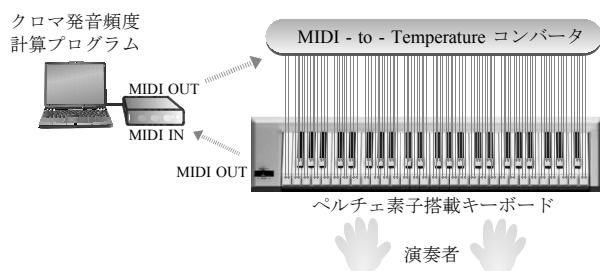


図5 無調即興のための「ろくろ」システム

システムの評価として、無調を意識しながら 1 分間の即興演奏を行うタスクを、支援のある場合とない場合において比較した。これらは内部的に切り替えられるため、どの場合もペルチェ素子が搭載された同一のキーボードを用いている。無調即興演奏を行いたいという願望と、無調即興演奏の経験が必要であるという条件から、被験者は筆者（ピアノ経験・即興演奏経験 20 年以上）のみとなった。

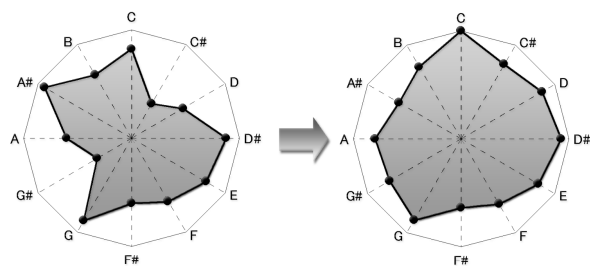


図6 「ろくろ」評価実験の結果

(a) 支援なしでの即興演奏 (b) 支援下での即興演奏
Standard Deviation = 2.3 Standard Deviation = 1.1

図6 (a)は、支援のない状態での演奏におけるクロマプロファイルである（最も頻度が高い音が外周になるよう正規化している）。発音頻度における標準偏差を計算すると 2.3 となり、前述のシェーンベルクの楽曲よりも低い数値となっているが、被験者はまだ調性感が残ってしまっているという印象をもっていた。実際、使用頻度の高いクロマは、C と G、D# と A#だが、C と G はハ調における主音と属音の関係にあり、D# と A#は嬰二調における主音と属音の関係である。つまりこの即興演奏は、「無」調というよりはむしろ二つの調を組み合わせた印象になってしまったのではないかと推測される。一方、図6 (b)が「ろくろ」の支援を受けて行った即興演奏の結果である ((a)と同様な正規化を行っている)。クロマプロファイルの概形

を見る限りではどのクロマもより均一に使用されているようであり、そのばらつきの標準偏差を計算すると 1.1 と、支援のない状態よりも低くなっている。頻度の高いクロマは C と G で、データ上からはまだハ調の調性が残っているのではないかとと思われるが、被験者は支援なしと比較した場合より「無調になった」という印象をもった。一般的な需要は少ないが、十二音技法や音塊（トーン・クラスター）技法、偶然性の導入などと並列して、無調を実現するためのひとつの技法として提案できるものだと考えられる。

6 おわりに

減算式作曲のプロセスにおいて、その母体の作り方にはクセナキスやリゲティらによる音群的音楽・音響作曲法（ポストセリエル）の思想と共通点が多く、また減算即興の考え方はケージらの偶然性の音楽や図形楽譜などの思想とも関連する。このことから、本稿で提案する減算式作曲は、ただの前衛的で一過的なアイデアであるにとらえられてしまうかもしれないが、筆者はそうとは考えていない。減算式作曲を絵画にたとえるなら、太い色鉛筆で思いのままに塗ったあと消しゴムで形を作っていくような描画技法であり、子供でも楽しく作曲が行える手段になりうると考えている。また、無調化・音群化した現代音楽との関連で言えば、「ごちゃごちゃした」「わけのわからない」「不快な」ものと思われがちで、大衆に受け入れられていない音楽こそ、音を削る技法の導入によって本来のあるべき姿に回帰できるのではないかとすら思っている。

参考文献

- [1] 120 Years of Electronic Music
http://www.obsolete.com/120_years/
- [2] 宮下芳明, 西本一志. MIDI データからのクロマプロファイルの抽出と分析, 情報処理学会研究報告 音楽情報科学 2003-MUS-51, pp.97-101, 2003.
- [3] 宮下芳明. 「NEGATIVE & POSITIVE ～キコエナイ音、聞こえますか～」, 音の個展, 富山市民プラザ, 3月3日, 2003.
- [4] 宮下芳明, 西本一志: 演奏者の触発インタフェースとしての楽譜 その拡張と可能性, ヒューマンインタフェース学会論文誌「プロスペクティブ論文特集号」, Vol.7, No.2, pp.37-42, 2005.
- [5] La Monte Young. Poem, 1960.