

コンピュータ音楽とその作曲への応用

Computer and its application to composition

清水 研 作 ・ 大 野 雅 夫

Kensaku SHIMIZU ・ Masao OHNO

1. はじめに

クラシックの作曲家にとって、作品発表の形態は、従来のように譜面に記された作品を演奏家が発表する、というものから、コンピュータによる内部処理で生成された音をスピーカーを通して聴かせるもの、コンピュータが奏者の役割を果たし、演奏家とのコラボレーションにより成立するもの、など様々である。

また、創作の過程においても、ピアノなどの楽器を用いて作曲する方法以外にも、コンピュータに演算処理を任せたり、デジタル信号処理などの技法で生成した音像や、音楽以外のアイデアを作品の源泉としてそれを発展、構築していく作曲法などと多様化しているのが現状である。

本研究では、技術的な方法論を論ずるのではなく、従来型の作曲法以外で、コンピュータを用いた作曲法を紹介しながら、あくまで作曲家が何故そのような技術を駆使して創作する必要があるか、という点に絞って考察していく。

音楽創作におけるコンピュータの役割について大まかにではあるが2つに分類した。

- ①未聴の響きを持った楽器と奏者としてのコンピュータ
- ②「サイコロ」の時代から続く演算装置としてのコンピュータ

の2つである。

2.1 未聴の響きを持った楽器と奏者としてのコンピュータ

まず①についてだが、コンピュータは未聴の響きを持った楽器として機能する。音とは空気の振動であり、この振動の波形や倍音、周波数をコンピュータ上で処理することによって、理論上如何なる音をも作り出すことが可能である。また、作られた音の発音タイミング、波形の合成、パンニング等は全てコンピュータによってコントロールされ、作られた音楽はいつでも再生することができる。この機能がコンピュータを奏者たらしめているのである。コントロールできるのは音だけではない。外部のインターフェイスと接続したり、MIDI等の信号を出力したりすることによって、光やモーターの電力等までもコントロールすることができる。このような汎用性があると、音だけにとどまらない総合芸術的な分野としてのコンピュータの役割も考えることができる。

2.2 ①の実例、Maxを用いた作品「光の息吹」(2013) (大野)

そして実際にそのような技術を用い、光と影・風・音を扱った作品を創作した。風の表現に扇風機を用いたがコントロールするのは風量だけでなく、プロペラに当てる光(それによって生じる影)の明暗もコント

ロールした。扇風機のモーターの音をマイクで拾い音色の1つとして使用したが、RM(Ring Modulation)合成等の波形合成を行い音色を調整したことで、モーターの「機械的」な音を人の呼吸音のような有機的な音へと変化させ作品の一部として使用した。初めに、この作品の全体の構成について考察する。

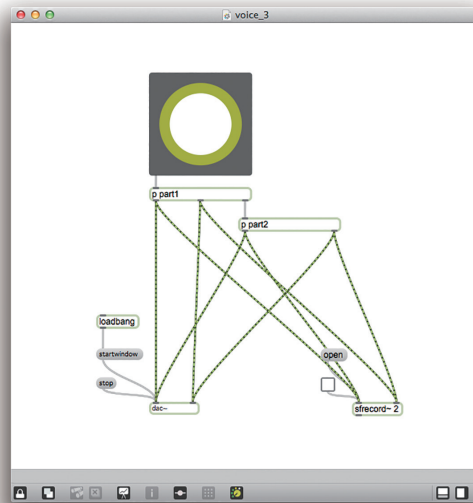


図 1 : 「光の息吹」のメインパッチ

図 1 にあるようにこの作品は「part1」と「part2」の2つの部分から成っている。「part1」では主に2つのMIDI(Musical Instrument Digital Interface)データの再生(それぞれ掛け合いとして使用)と512個のサイン波¹を出力するオシレーターのコントロールを、「part2」ではフォルマント合成を用いた人の声の再現と、調光ユニットを用いた電球と扇風機への電力の出力の強さのコントロール、また種々のパッチによるMIDIを用いた音形の生成を行った。電球と扇風機のコントロールには4ch.の出力がコントロールできる図2の調光



図 2 : CYBER PAK (ELATION製調光ユニット)

¹ 正弦波ともいう。時報の音としても使われる。



図3：ステージ上の電球と扇風機の配置（ステージ中央）

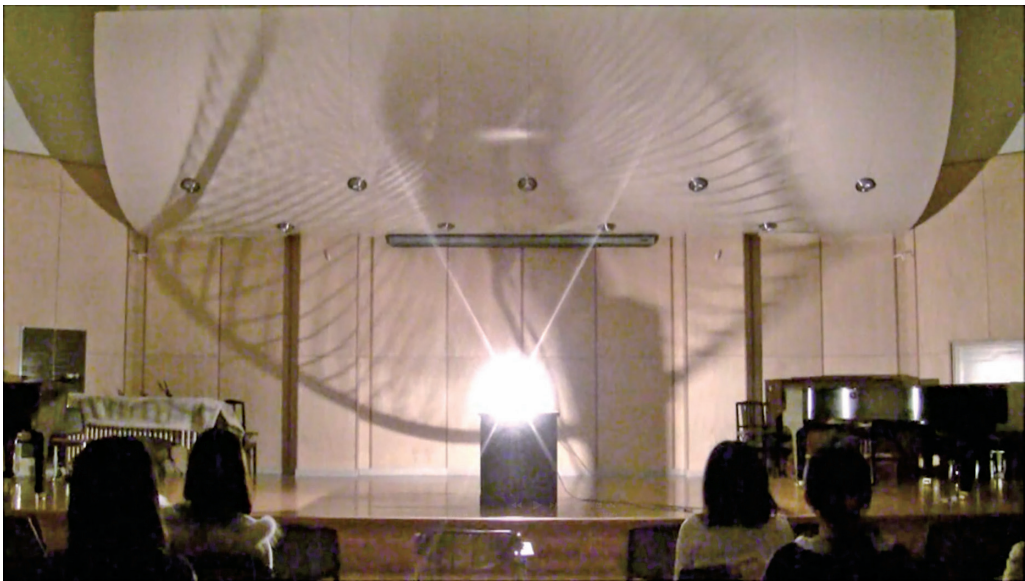


図4：電球の光と電球が光るときに後ろに出来る影

ユニットを使用した。図3はステージ上の電球と扇風機の配置，図4は電球の光と電球が光るときに後ろに出来る影である。以下，それぞれのpartの内容について考察する。

「part1」で再生するMIDIデータはその場でリアルタイムに生成するのではなく，事前にノーテーションソフトウェアの「Sibelius」(Avid製)で作成したものを用いた。MIDIをそのまま再生すると音の波形の処理を行うことができないので，オブジェクトの「mtof」(MIDI to Frequency)を用いて，MIDIを周波数に変換し，倍音列の加算合成を行った(図5)。ステレオで波形処理を行うため，このパッチではMIDIのデータは左のチャンネル用と右のチャンネル用のそれぞれ2種類用意した。

このパッチでの処理によってMIDIで再生される音を基音として加えられる倍音は、第3・5・9・12・15倍音となる。倍音を加えられる前のサイン波だけの音色は機械的な音であるが、そこに自然界の音に含まれている倍音を加えることで、豊かな響きを持った音色を作り出すことができる。この倍音を加えられた音の特徴はそれだけではない。第12・15倍音となると基音からは遠ざかった音なので、その音量は相対的に小さく、実際に知覚することは自然界の音では不可能に近い。しかし、コンピュータの処理によってそのような高次倍音を基音と同じ音量で再生することにより「自然界に存在する倍音に加わってはいるがその音量比は自然界ではありえない」という独特な音色に変容させることができる。また、このパッチでは時系列上のそれぞれの倍音の強弱の変化のタイミングをずらしているが、これにより、基音そのものの動きによる旋律に加え時間の経過によって変化する倍音の音がまた別の旋律のように聴こえることとなる。このような「未聴の音」を用いた音楽は生の楽器を用いて演奏することはまず不可能である。作曲家のアイデアを具現化するコンピュータの役割の一端がここにある。

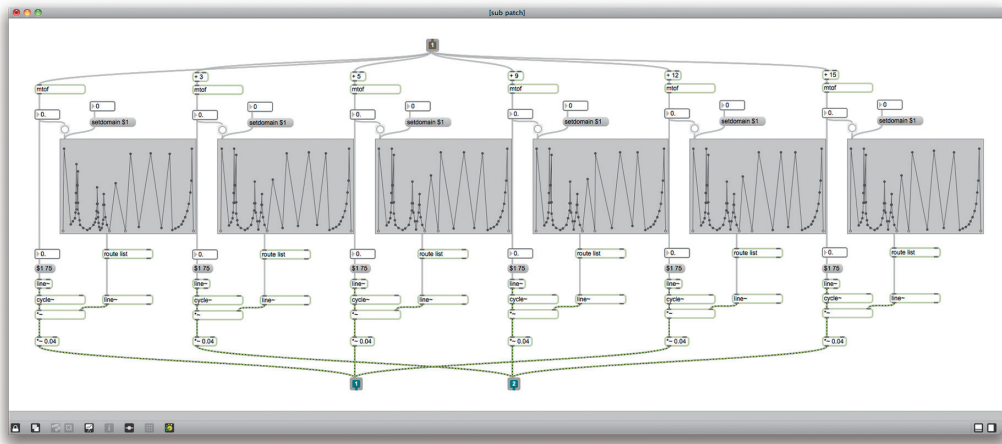


図5：MIDIのノートナンバーを周波数に変換し、倍音を加える加算合成を行うパッチ

「part2」では人の声の音色を用いているが、この声の音は録音したものではなくノコギリ波からフォルマント合成を行い、人の声の音色を再現したものである。この技術により、ノートナンバー²や周波数を入力し音高を指定することで、自由に人の声の音色をコントロールし演奏することができる。これにより、生の演奏者が演奏するとすると難しいパッセージでも難なく演奏できる。また、生の演奏者の演奏とMax上のパッチとの連携には高度な技術が要求されるが(マイクで音を拾いその音声波形をリアルタイムで処理する等)、フォルマント合成による人の声の音色を再現するパッチとその他のMax上のパッチとの連携は比較的容易に行うことができるというのも、この技術を用いる利点の一つである。

コンピュータが生 음성を処理するためにはそれらの情報を一旦全て数字に変換しなければならない。そしてこの処理の結果である数字を「音楽」としてコンピュータに認識させるためにはフーリエ解析等の数学的処理を施す必要がある。この手段を採ることも不可能ではないが、シンプルなシステムでないと他のアイデアとの連携や一つのアイデアの変容、ヴァリエーションの生成等が難しくなる。外部の音声波形の処理を行わずコンピュータの内部で処理が完結しているのであれば、複雑な処理を行う必要がなくなる。何故ならMaxのパッチ上で行われている処理は全て元から数字だからである。Max上で連携するパッチには以下のようなものがある。

調光ユニットのコントロールには本来は音楽データの通信に用いられるMIDIを用いた。出力されるチャンネルと出力の強さはそれぞれ、ノートナンバーとベロシティ(本来は音の強さ)の値が対応している。

MIDIによる音形の生成を行うパッチとして、主に以下の2つのパッチを用いた。

² MIDIの規格でピッチを示す値として扱われる数値

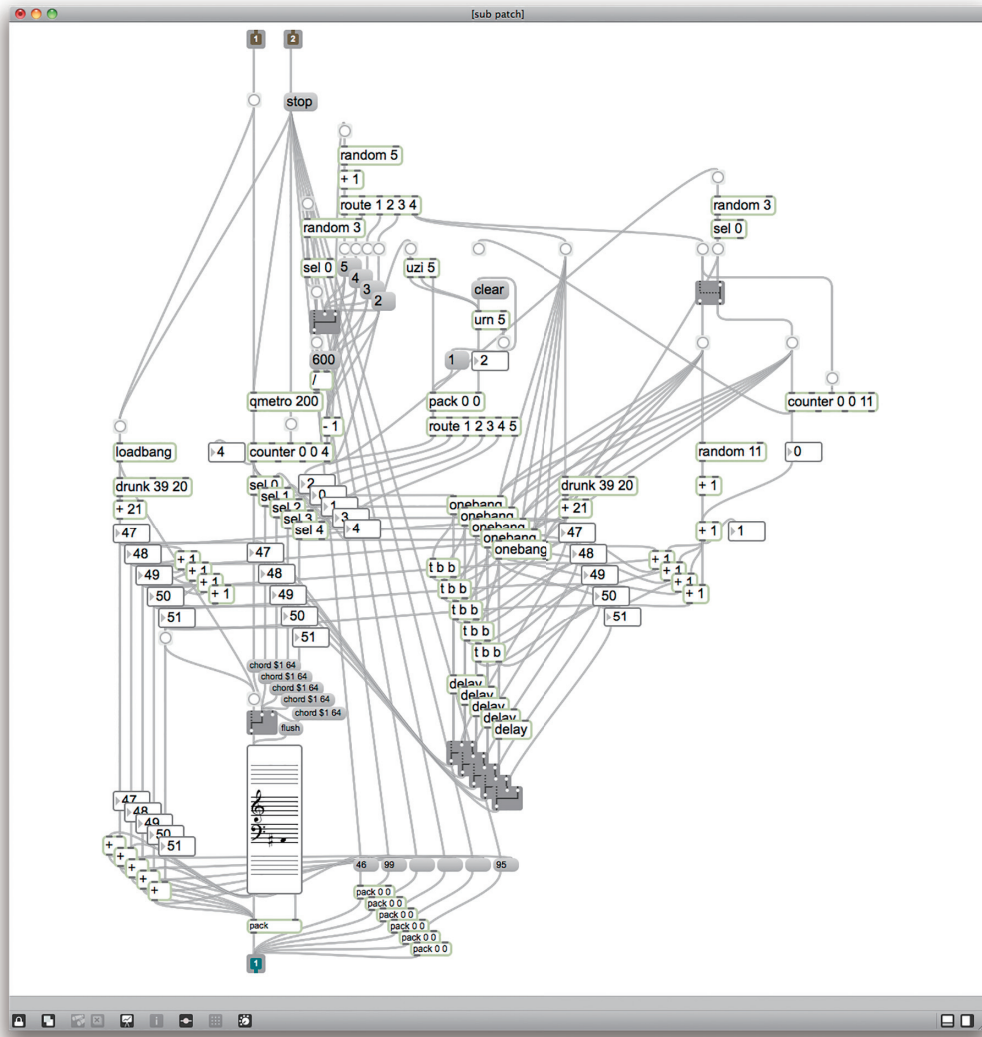


図 6

図6のパッチは、指定された音列を分散和音で演奏するパッチである。最初の音列はパッチを開いたときに自動で入力されることになっているが、演奏が始まると音列上それぞれの音の幅とその基準になる音列の最初の音が次第に変化していく。演奏される拍は600ms(0.6秒)を1拍の基準とし、この値を「2・3・4・5」のそれぞれの値で除算することで、分割された拍・連符の演奏を可能にしている。演奏のタイミングは「part2」の人の声の音色を用いた演奏の際に使用するMIDIのデータと連動している。

図7のパッチは、音列の生成のアルゴリズムは図6のパッチと概ね変わらないが、音列の基準音と演奏される拍はMIDIのデータと連動しており、人の声の音色を用いた演奏の伴奏の役割を果たしている。

この部分は「一つの旋律でパッチの全てをコントロールする」というアイデアを具体化したものである。使用した旋律は「越天楽今様」で、この旋律をコンピュータで生成した人の声の音色で再生した。このとき

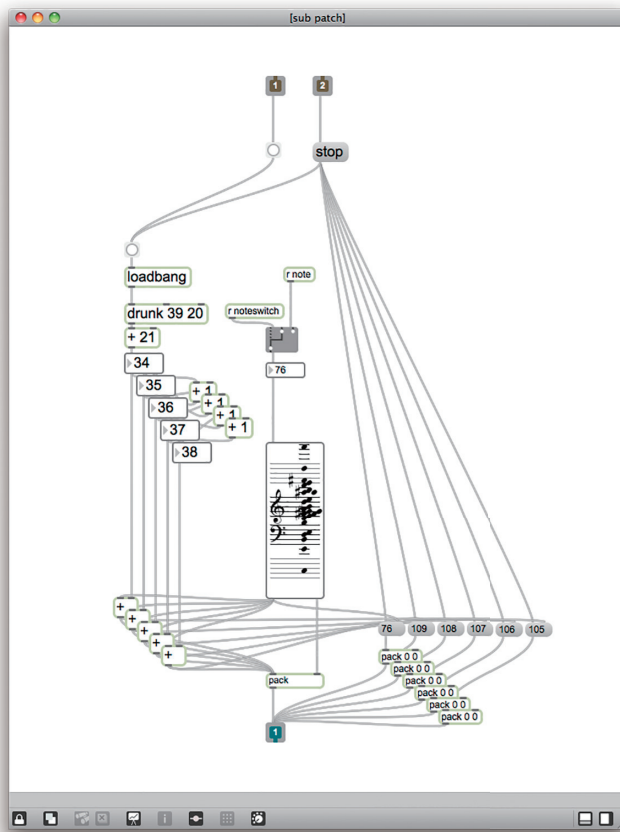


図 7

の旋律の元のデータはMIDIであるが、前述したようにコンピュータ上で行われている処理は全て数字である。つまり、例えばMIDIのデータであろうと、それは数字の組み合わせにほかならない。その数字を音として扱うか、それとも他のパッチと連携させる際のトリガーとして扱うかは作曲家の自由なのである。そしてこの「数字を扱う」という考えはコンピュータで音楽を扱う際に重要な概念となる。

また、この作品では用いられていないが「Antescofo」というMaxの有料のエクスターナル・オブジェクトが存在し、このオブジェクトを用いることによってMax上でのリアルタイム・スコアフォローイングが可能になる。

「Antescofo」はMaxのパッチ上で基本的に「antescofo~」という名のオブジェクトとして機能する。「antescofo~」単体ではスコアフォローイングの動きを視覚的に確認することはできないが、「Ascograph」（図8）というアプリケーションを使用することで、「antescofo~」の動作をインターフェイス上に表示することができる。「antescofo~」「Ascograph」に楽譜のデータを取り込む場合には、最も簡単な手段としては楽譜のデータをMusicXMLの形式に変換し、それを「antescofo~」「Ascograph」で開くという方法があるが、その際の問題点は、MusicXMLの形式だと「antescofo~」からMaxの「receive」オブジェクトに「send」の機能でデータを送信したりする際に用いるアクションランゲージをMusicXMLのファイル内に保存できない点である。そのためMusicXMLで「antescofo~」「Ascograph」に楽譜のデータを取り込む場合には、アクションランゲージは「Ascograph」のエディタの機能を用い手動で入力するしかない。その問題点を解決できるのが「NoteAbility Pro」である。このアプリケーションはノーテーション・ソフトであるが、アクションラ

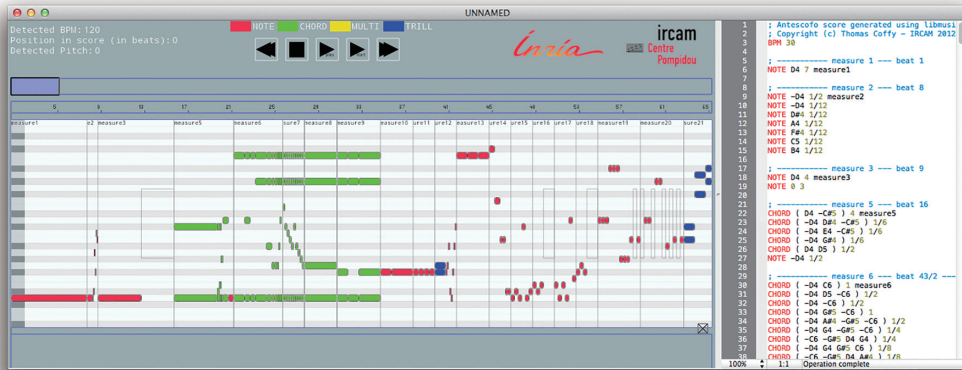


図8：「Antescofo」のインターフェイス・エディタとしての「Ascograph」の画面

ンゲージも内包する「antescofo」 「Ascograph」用の楽譜データのテキストを生成できるので大変効率的である。

3.1 「サイコロ」の時代から続く演算装置としてのコンピュータ

次に②についてだが、サイコロを用いた創作はモーツァルトも行っており(構成順序の決定)比較的歴史がある。サイコロという演算装置の機能は「ランダムに6つの数字の中から一つの数字を選択する」というシンプルなものであるがコンピュータを用いることによってより複雑な演算が可能になる。サイコロはその物理的性質上選択される確率の分母である6という数は変更することはできないが、コンピュータの場合如何様にも変更することが可能である。コンピュータは数の処理に大変特化しているため音楽も数字に変換することによってコンピュータ上での処理がより容易になる。MIDIのような規格を用いることによって楽譜をそのままコンピュータ上で扱うこともできる。その際のメリットとしては音程の度数、リズム、強弱等を数字に置き換え、複雑な演算は全てコンピュータに任せることにより、人間の手作業だけでは難しいより数学的・構造的に複雑な曲を制作できるというような点が挙げられるが、デメリットとしては、人間が読譜するにあたって記譜が難解な楽譜になってしまい、実際の演奏が困難になる可能性があるという問題も孕んでいる。

3.2 Open Musicとは (清水)

①について述べてきたように、デジタル信号処理が作品の中心となるコンピュータ音楽とは一線を画し、演算装置としてのコンピュータの役割及び作曲の補助としてのパソコンの役割を考えたとき、その有効性が際立っているのが、フランス国営のIRCAM(国立音響音楽研究所)で開発が続くOpen Musicだ。前述の、ともすると、デメリットとも言える複雑で難解な楽譜がコンピュータの演算によって作られたとしても、それは使い手が、演奏家の身になって楽譜を制作していない場合や、複雑ではあっても成熟した作曲家の主張が十分考慮された上での必要な表現である場合が存在するため、一概に悪いことではない。要するに、使い手の技量によるものだからだ。現時点でも、現代音楽というクラシック音楽の分野での作曲の形態は、従来型のコンピュータの補助なしに、純粋に楽譜のみで表現する作品と、コンピュータ・プログラムのパッチで構築した、楽譜を使用しない音世界までと様々である。また、その両方の表現方法を駆使しての創作も、数多く存在しているのも周知の事実である。

筆者が、1990年代IRCAMのStageプログラムに選ばれて、1ヶ月間コンピュータを用いた作曲法を学んだことが、Open Musicに触れる契機となった。当時は、まだPatch Workという名で開発が進んでいるときに、現在のような汎用的なコンピュータ・ソフトとはほど遠い専門的なソフトであり、数値演算を使ったアルゴ

リズム・コンポジションという言葉も、筆者には真新しい言葉であった。Max同様、コンパイルされたオブジェクトをつなぎながら、アイデアを具現化していく。Maxとの違いは、Open Musicの本体の部分は無料で公開され、Windows OS、Mac OSの両方が存在するため、基本的には誰もがこのソフトを使っての創作が可能となる点も、汎用性につながる要因である。

オプションとして提供される有料のライブラリー

(OM2Csound,OM-chant,OM-Spat,OM-SuperVP,OM-pm2,OM-Diph,OMChroma,OMprisma,OM-Faustなど)もあるが、その他、サード・パーティーから様々なライブラリーが開発されている。有料ライブラリーは、音響や音のパンニングをコントロールするためのOM-Spatや、OM2CsoundのようにCsound(楽器の特徴などを記述するオーケストラ・ファイルと、時系列でパラメータを記述して表現するスコア・ファイルを入力し、これらのファイルにある命令群を実行し、音声ファイルをリアルタイムで生成するソフト)をOpen Musicに取り込んで使用するために開発されたものなどがあり、作曲家のアイデアを具現化するためのライブラリーが豊富に用意されている。前述したMax用にもSpatというライブラリーが存在しており、同様の技術をMaxでもOpen Musicでも使用できるため、作曲家には非常に有用である。

3.3 Open Musicでの可能性

筆者は、音声ファイルの生成、リアルタイムでのデジタル信号処理はMax、創作時のアイデアの構築、具現化、そして主にオーケストレーションのツールとしては、Open Musicを使用している。以下、図解を添えて、Open Musicの例を具体的に説明する。

図9のパッチは、2012年に作曲したソプラノ、メゾソプラノ、合唱、オーケストラのための「Requiem for Fukushima」に使用したもので、線の動きをリズムに変換するプログラムである。

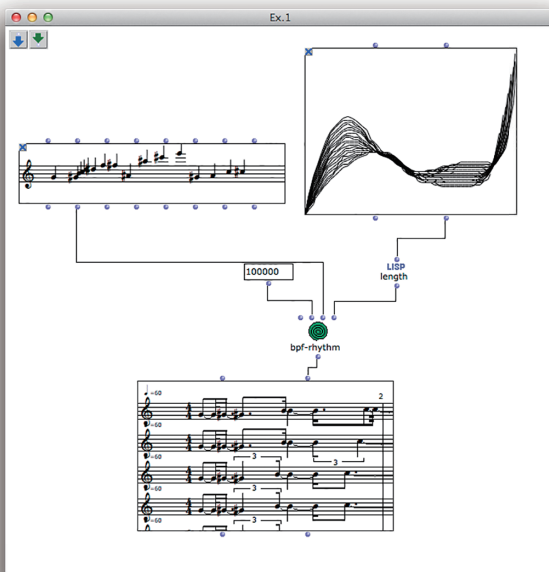


図9

線画をX軸とY軸に当てはめ、線の動きによって微妙に異なるリズムがそれぞれ生成されることを想定している。ある時は、一つの音から次の音へと変わる時に生じる微妙なリズムの変化により、複数の楽器による

る複雑なリズムが構築される。また、あるときは何本もの線（様々な楽器）が同音を奏する事で、重なった音色が生成されることを予想し、実際に聴こえる音色を自ら想像しながら、作成した。図10はそういった線画のイメージを形にしたものである。

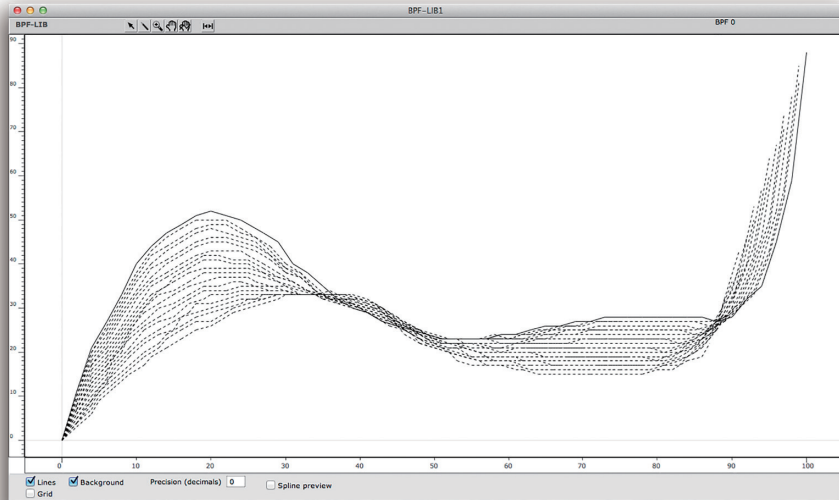


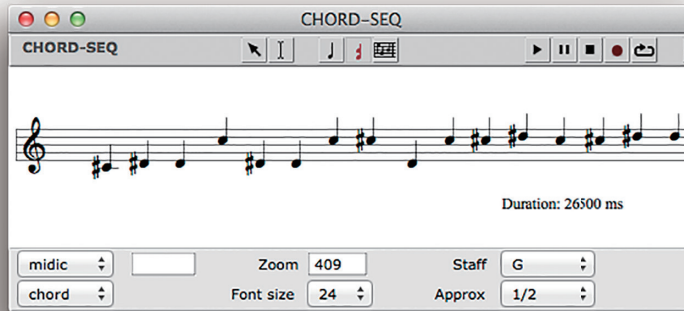
図10

実際の作品では、5オクターブで配置した一つの旋律をオーケストラの木管、金管、弦楽器群で行うというオーケストレーションを用いた。この結果、シンプルなアイデアから想像以上に複雑な音色を生み出した。

譜例1は、Open Musicの楽譜用オブジェクトの一つPolyに、前述の線の動きを計算させた結果を表示させたものである。もう一つVoiceというオブジェクトも存在するが、こちらは単旋律専用であり、Polyでは複数段の五線の表示が可能である。これを見聞きすることで、フレーズがどのように時間の推移の中で響いていくことになるのかを確認することができる。

譜例1

以下の4つの音からなるフレーズの音程関係を保持したまま、その音型をCis, Dis, D, Cのそれぞれの音から始まるように旋律を移高する。その際、Disから始まるときには最後のCisが1回のみオクターブ上に表記されているように、展開時に1度だけ、すでに使われた音をオクターブ上で響くようにしてある。そうして作成したのが譜例3である。



譜例3

16個の音からなる譜例3を、同じプロセスを使い、さらに2度展開した音像をグラフで表した図が、図12である。

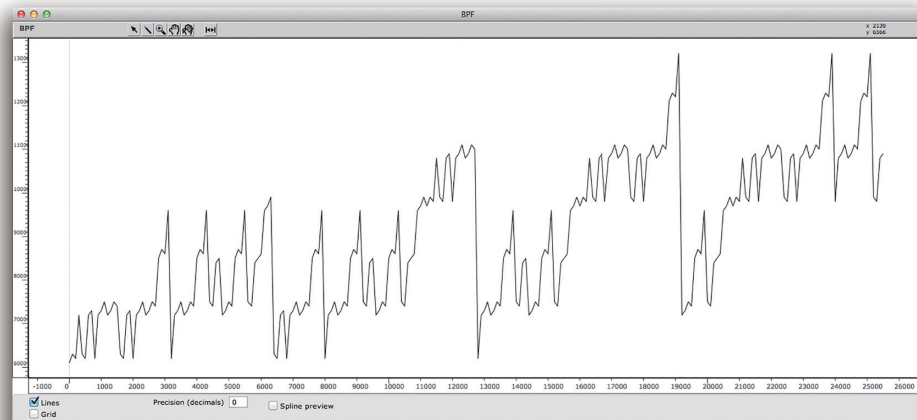


図12

Y軸が音高を、X軸が時間を表している。4つの音から成るシンプルなフレーズから、このようにフラクタル画のような規模の音像を容易に想像することができる。Open Musicを使用することで、この響き全体の流れを、楽譜を見ながら耳で確認できることは、作曲家にとり重要な要素の1つである。

次に示した譜例4は、オーケストレーションのアイデアの1つで、単旋律を、リズムを変えずに一気に複数段に分けて表示させるというものである。ノーテーション・ソフトでも、和音を複数の五線に1音ずつ分けて表示させることは可能だが、Open Musicの場合は、作曲家独自のアイデアを基に操作を自動化す

ることができるため、この例では、フレーズの最初の音から次々と新たな音の挿入時までのリズムを、それぞれ計算して休符に置き換え、音が鳴る時点で、そこから終わりまでを持続音として音の変換を行い、個別の五線に表示させる（図13）。（単旋律が5つの音で出来ている場合、5段で表示される）結果として旋律としてだけでなく、和音としても集約されることになる。

The image shows a screenshot of the POLY software interface. The main window displays a musical score with 15 staves. Each staff has a volume level of -60. The score is written in a piano roll style, showing notes and rests. The interface includes a menu bar with 'POLY' and various icons, a toolbar with playback controls, and a control panel at the bottom with settings for 'midic', 'chord', 'Zoom' (86), 'Font size' (16), 'Staff' (F), and 'Approx' (1/2). The duration is indicated as 8000 ms.

譜例 4

拍子記号や調号を表示できるように作成されているので、このようなアイデアをSibeliusやFinaleなどのノーテーション・ソフトに、MusicXMLファイルとして書き出すことも容易にできる。アイデアをすぐにオーケストラの楽器群で再生することもでき、アイデアの新鮮度や感性をリアルタイムに創作に反映できるのは何よりの強みである。

The image shows a screenshot of a music software interface. At the top, a window titled "ex.3" contains a MIDI piano roll with a treble and bass clef staff. Below the piano roll, a green circular icon labeled "onlist-sust-poly" is connected to the piano roll by lines. Below this, a multi-staff orchestral score is displayed, featuring ten staves with various musical notations, including notes, rests, and dynamic markings. The score is in 3/4 time and includes a tempo marking of quarter note = 60. The interface includes standard window controls (red, yellow, green buttons) and navigation arrows (blue and green) in the top left corner.

図13

3.4 何故 Open Musicを使うのか

筆者のようにフレーズの展開にアルゴリズムを使った構築を好む作曲家にとり、いわば自動化できる部分と手動で行う作業とを仕分することができることは、非常に有益である。アイデアをパッチとして保存し、他の自作品制作において転用することも、変容させてその作品にあった使用法に流用することも出来る。さらに、一度パッチ上に完成させた創造的なアイデアは、計算から瞬時に答えを引き出すため、時間短縮にもなる。ノーテーション・ソフトへのエクスポート、インポートはOpen Musicのみにとどまらず、他のソフトとの行き来も容易であるため、従来の作曲法を変えることなしに、創作の引き出しが増えるのが何より有効であり、その価値は極めて高い。アイデアの具現化はもとより、積み重ねた様々なオーケストレーションの技法を階層化して使用することの利便性もある。

おわりに

これまで見てきたように、Maxなどを使った「奏者としてのコンピュータ」は、譜面や生の楽器を使った従来型の作曲技法にとらわれない、新たな作品のコンテンツ制作という点で、必ずしも演奏家を必要としない形態の発表を可能にした。作曲家が本来持ち続けるべき、未聴の響きや音楽性への探究心を刺激し、情報あふれる現代をライブのような感覚で表現することにも適している。

一方、Open Musicは、多様化する作曲家のニーズにあらゆる可能性や方法論の切り口を提案し、コンテンツに取り入れることができるソフトである。新たな表現方法の探求、そして挑戦は、実は過去のいかなる時代でもそうであったように、作曲家の創造の根源を変えることなく、むしろ歩みの延長上にある。MaxやOpen Musicのようなソフトは作曲の補助として多大なる貢献はするが、作曲作品の善し悪しは技術のみでは判断できない。むしろ、我々がこうした技術をどのように駆使し、何を表現するのかという、創作の原点を忘れてはいけないことを指し示している。

参考文献

- ・ Fred K. Prieberg(1956) “Musik des technischen Zeitalters” Atlantis Verlag A.G.(訳:入野義朗「電気技術時代の音楽」音楽之友社)
- ・ Curtis Roads(1996) “The Computer Music Tutorial” Massachusetts Institute of Technology.(訳:青柳龍也,小坂直敏,後藤真考,引地孝文,平田圭二,平野砂峰旅,堀内靖雄,松島俊明「コンピュータ音楽—歴史・テクノロジー・アート—」)
- ・ ノイマンピアノ(赤松正行+左近田展康)(2006) “2061:Maxオデッセイ” 株式会社リットーミュージック