

# 音楽創作における2つの関係性による コンピュータと演奏者の役割についての考察 —自作の Max パッチの分析を通して—

大野 雅夫

## Abstract

In the previous paper, I mentioned several technical restrictions in the creation of my own work applying the real-time score following technology, and also described the effectiveness of the use of Antescofo, which works with Max as a solution to those. As a continuation of the previous paper, I studied how computers can participate more actively in this paper. I created a program that runs under the following two relationships:

- ①A relationship between Max as a performer and a human as a performer
- ②A relationship between Max as a performer and Max as a performer (A relationship between Max and Max)

Based on this relationship, three works were produced and analyzed. Finally, I mentioned the future possibility of the interactive relationship between a computer performer and a human performer.

キーワード……コンピュータ リアルタイム・スコアフォローイング Antescofo Max

## 1 はじめに

### 1-1 筆者による継続的研究における本論文の位置付け

筆者は大野(2017)において、リアルタイム・スコアフォローイングのテクノロジーを応用した自作品の創作におけるいくつかの技術的制約を挙げ、またその解決策として Max 上で機能する Antescofo の使用の有効性について述べた。

その際の人とコンピュータ(Max)との関係は「演奏者」と「伴奏者」という関係性であったが、本論文においてはコンピュータに、「伴奏者」よりも積極的に人間との音楽演奏に関わる「共演者」としての役割を果たさせるための方策について、特に作曲上の音楽的表現における人の思考と身体性のコンピュータを用いた模倣について考察する。

本稿は大野(2017)からの継続研究である。文中の図・譜例・写真は全て筆者による作成である。

## 1-2 共演者としてのコンピュータの演奏における人の思考と身体性の模倣について

Antescofo を用いた筆者の以前の作品(“Etude” for piano and live electronics(2015))においては、Antescofo はリアルタイムにスコアフォローイングを行い、予め指示された楽譜上の音を正確に演奏するという事に終始したが、ここに人の「思考」という概念を付け加えるとすると、コンピュータはマイクから入力された人間の演奏者の演奏の音源に対して何らかの判断を下し、その結果をスピーカーから出力される演奏によって、人間の演奏者に何らかの変化を反映させる必要がある。その手段として筆者は Antescofo がそのエクスターナル・オブジェクトとして機能している Max 上で機能するアルゴリズムをいくつか構築した。

また大野(2017)で述べたように、演奏者としてのコンピュータによる演奏は、人間の演奏の場合において考えられる身体的・技術的制約を受けない。これは共演者としてのコンピュータの存在を考えたとき、演奏の不自然さを招くだけでなく、人間の演奏者とのコミュニケーションを困難にする。これはコンピュータの正確な演奏が、非人間的な演奏であるとも言える。堀内、藤井、田中(1995)も言及しているように、人間では有り得ないような正確すぎる機械的な楽譜の再生は、再現芸術における再現性の演奏者の裁量の範囲を考慮しても不自然であり、コンピュータとの関係性を考察する上で、自作の Max のパッチ上でコンピュータの演奏に敢えて「ズレ」を生じさせるアイデアを取り入れた。

## 2 コンピュータと演奏者との2つの関係性

本論文で取り上げるコンピュータ(Max)と演奏者との関係性として、大きく以下の2つの関係性が挙げられる。

- ① 演奏者としての Max と、演奏者としての人間との関係性
- ② 演奏者としての Max と、演奏者としての Max との関係性(Max 同士での関係性)

①の関係性において Max の果たす役割は、先の論文においては MIDI を用いた楽器演奏の再現のみだったが、他にも、MIDI ではなく波形データの再生もしくは録音した演奏音源の再生タイミングの指示、元来の Max の機能によるリアルタイムなアルゴリズム・コンポジションとの連携等が考えられる。特にリアルタイムなアルゴリズム・コンポジションのテクノロジーを応用することは、人間の演奏へのレスポンスとしてのコンピュータの演奏に、何らかの可変的な要素を加えることが可能になるので、これにより人間の演奏にも何らかの影響を与え得るのではないかと考える。またその人間の演奏に与える影響こそ、コンピュータが「伴奏者」を超えた「共演者」としての役割を果たすきっかけになると考える。

②の関係性においても Max の果たす役割においては前者と違いはないが、Antescofo の処理

においては、リアルタイム・スコアフォローイングの対象が人間の演奏ではなくコンピュータ(Max)となるので、その際に Antescofo が正しく機能し、また、演奏者としての Max が人間の演奏者のように振る舞うような挙動について研究することは、人間による演奏の特徴を Max 上で再現しようとするという意味で、必要であると考ええる。Antescofo への演奏データの入力は大野(2017)ではシグナルデータを用いたが、MIDI データを用いてスコアフォローイングを行うことも可能である。特に Max の内部で(マイクによって外部の音をコンピュータに入力する事なく)Antescofo のスコアフォローイングの処理を完結させる際に、波形のシグナルデータよりも、Curtis Roads(1996)が MIDI で扱うメッセージのデータの小ささについて述べているように、コンピュータ上での処理が容易な MIDI の使用を検討することは、CPU の負荷や、レイテンシーの問題、ピッチ認識の正確性等について考慮しても、最適なスコアフォローイングの結果をもたらす上で有意義な選択肢であると言える。

次章では、筆者による、これらの関係性における具体的なシステムの構築例について、実際に作成した Max のパッチを提示し、仕組みと問題点、その解決策等について言及する。

### 3 2 の関係性での Max のパッチ作成における 3 作品の使用例

#### 3-1 コンピュータと人間による J.S.Bach : Johannes Passion(BWV245) No.54 Chorus の演奏

##### 3-1-1 コンピュータと演奏者との関係性とパッチの概要

この演奏におけるコンピュータと人間との関係性は、2章における①の関係性になっている。

J.S.Bach の Johannes Passion(BWV245) No.54 Chorus をこの作品に選んだ理由は、Antescofo によるスコアフォローイングの対象である最初の小節の音型が、同じ音価の音が連続しており音高も一定で、スコアフォローイングを行う際の技術的な問題が発生しにくいと考えたためである。このパッチにおいては、演奏音源が複雑な音形の場合の Antescofo によるスコアフォローイングの認識精度の向上は目的としていない。

このパッチでは譜例 1 の曲の始まりである、バスの声部の演奏を人間が最初に開始し、2小節目の最初の八分音符まで演奏するとコンピュータの上3声がかノンとしてこれに加わる。上3声はアゴーギク無くインテンポで演奏されるので、人間はこれを聴き、ある程度コンピュータに合わせて演奏しなくてはならない。“Etude” for piano and live electronics(2015)においては演奏されるテンポのコントロールは人間が主体的に操作したが、このパッチにおいては、コンピュータが主体的に演奏のテンポを司ることができるということを試験的に示した。また、コンピュータの演奏によって出力される音は、MIDI による演奏としてリアルタイムに出力されるのではなく、事前に MIDI の演奏として録音しておいた MIDI データを再生することにより、出力している(図 1)。

人間の演奏音源のコンピュータへの入力は、マイクと DAC を通してシグナルデータとして

Max に入力するのではなく、このパッチでは MIDI キーボードを用いた。今回の場合は、コンピュータ上の処理の精度が優先されるからである。グランドピアノを用いることに比べ MIDI キーボードを用いることは、リアルな音としての音源の質は落ちるが、デジタル・シグナル・プロセッシングを行うよりも CPU の負荷が軽く、スコアフォローイングの結果も良く、レイテンシーも少なくコンピュータ上で処理を行うことができる

## 54. Lasset uns den nicht zerteilen

The image shows a musical score for J.S. Bach's piece "Lasset uns den nicht zerteilen". It consists of four staves, numbered 1 to 4. The tempo is marked as ♩=60. The score is in 3/4 time. Staff 1 is the right hand, staff 2 is the left hand, staff 3 is the right hand, and staff 4 is the left hand. The music is in G major and 3/4 time. The score begins with a treble clef and a 3/4 time signature. The first staff has a rest for the first two measures, then begins with a quarter note G4, followed by eighth notes. The second staff begins with a quarter note G2, followed by eighth notes. The third staff begins with a quarter note G4, followed by eighth notes. The fourth staff begins with a quarter note G2, followed by eighth notes. The piece ends with a final cadence in the fourth measure.

譜例 1. J.S.Bach: “Lasset uns den nicht zerteilen”の楽譜の冒頭

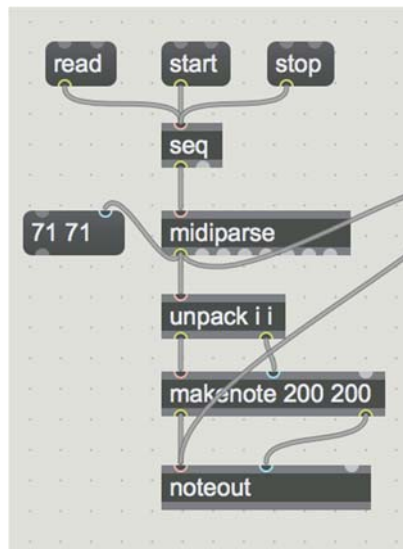


図 1. MIDI の録音データを再生するプログラム

### 3-1-2 NoteAbilityPro を用いた Antescofo のためのデータ作成

Antescofo を動作させるためのデータはこのパッチでは NoteAbilityPro<sup>1)</sup> を用いて譜例 2 のようにして作成した。テンポの設定とスタッカートのアーティキュレーションは、“Etude” for piano and live electronics(2015)での問題と同様、同じピッチの音が休符を挟むことなく連続して演奏される場合の急激な認識精度の悪化を回避するためのものである。



譜例 2. Antescofo がフォローする楽譜

このパッチでは、MIDI の録音データを再生するタイミングの指示のための bang<sup>2)</sup> を必要とするので、その出力の設定を NoteAbilityPro の GFWD Editor を用いて行う(図 2)。

GFWD Editor を用いることにより、Antescofo によるスコアフォローイングの際に事前に指定した任意のタイミング(楽譜上)で、任意のメッセージを任意の receive オブジェクトに送ることができる。今回の場合では、2 小節目の 1 拍目から上 3 声の演奏が始まると考えるので、2 小節目の 1 拍目丁度に bang1 の receive オブジェクトに“a bang”<sup>3)</sup> のメッセージが送られるよう設定した。これをきっかけにして、上 3 声の MIDI の録音データの再生が開始される。

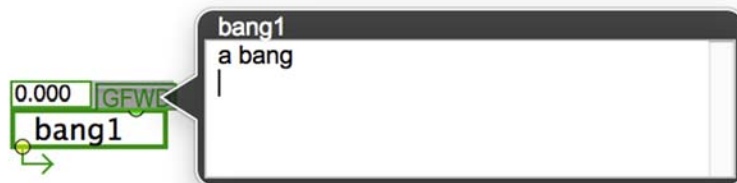


図 2. GFWD の設定

### 3-1-3 Antescofo のアトリビュートの設定について

Antescofo に入力される演奏データは基本的には MSP によるシグナルデータだが、アトリビュートを指定することにより MIDI のデータでのスコアフォローイングが可能になる。アトリビュートを指定する場合は、antescofo~のアーギュメントに、@(アトリビュートの指示)inlets MIDI を加える。この際 MIDI のデータは、ノートナンバーとベロシティの値を、pack オブジェ

クト等を用いてリストの形式にしたものを入力する(図3)。

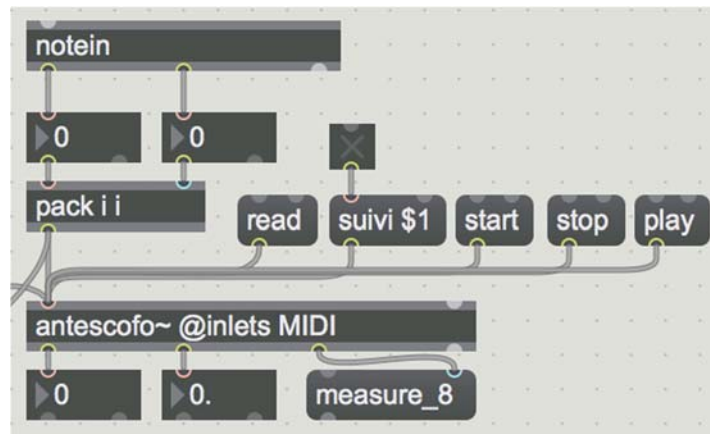


図3. MIDI データの入力とアトリビュートの設定

### 3-1-4 コンピュータと人間による J.S.Bach : Johannes Passion(BWV245) No.54 Chorus の演奏の総括

コンピュータと人間による、J.S.Bach : Johannes Passion(BWV245) No.54 Chorus の演奏のためのパッチでは、“Etude” for piano and live electronics(2015)とは違いコンピュータが演奏のテンポを司り、コンピュータの演奏の際に出力される音は、MIDI による演奏としてリアルタイムに出力するのではなく、事前に MIDI による演奏として録音しておいた MIDI データを再生し出力した。また、MIDI による Antescofo を用いたスコアフォローイングのメリットとデメリットを挙げ、MIDI の録音データを再生するタイミングの指示のための bang の出力の設定を、Antescofo のためのデータを作成する NoteAbilityPro の GFWD Editor を用いて行う際の手順について確認した。また、MIDI によるスコアフォローイングのために、Antescofo のアトリビュートの設定について分析した。このパッチにより、Max の演奏に合わせて人間が演奏することにより、コンピュータを人間の「共演者」として機能させる前提として、Max の演奏が人間の演奏のテンポを司ることができることを確認した。

## 3-2 コンピュータと人間による 室内合奏のための「気配」(2017) の演奏

### 3-2-1 コンピュータと演奏者との関係性とパッチの概要

室内合奏のための「気配」(2017)は、フルート・チューバ・ピアノ・ヴァイオリン・ヴィオラ・チェロの編成のために筆者が作曲した作品だが、この内、ピアノパートのみを人間が演奏し、その他の部分をコンピュータが演奏させようと試みたのがこのパッチである(譜例3)。その場合の演奏におけるコンピュータと人間との関係性は、2章の①を想定した。

### 3-2-2 無線通信による音声入力のための NoteAbilityPro を用いた Antescofo のためのデータ作成

このパッチのシステムは基本的には 3-1 のものと共通するが、コンピュータの演奏データは MIDI データではなく、波形データを用いた。そうすると、人間による演奏も MIDI キーボードによる入力ではなく、グランドピアノの音源をマイクで拾い入力するので、MIDI での入力の場合よりも、より慎重なプログラミングが要求されることになるが、今回のこのパッチにおける Antescofo の役割は、人間による演奏の厳密なテンポの認識を行った“Etude” for piano and live electronics(2015)とは違い、波形データの再生のタイミングの指示であったため、波形データによるスコアフォローイングを行うことが十分に可能であった。

テンポが Largo♩=42ca.で、Max 上の波形データの再生まで 2 拍の余裕があるという作品の性質上、コンピュータが演奏に参加するタイミングの調整は NoteAbilityPro 上で行うことが可能であり(図 4)、この場合レイテンシーを気にする必要がないため、マイクは無線で通信を行うことができる Bluetooth 対応のデバイス(SONY : NW-M505)を用いることができた(写真 1)。Bluetooth はデジタルの無線通信の規格でありレイテンシーが発生しやすいが上述の理由により、その問題は回避できる。またこのデバイスは通話用であり、演奏音源の通信に特化したものではないが、このデバイスから送られてくる音声データはあくまで Max 上のプログラムの動作きっかけの認識として用いるものであり、高音質な音声データである必要はない。

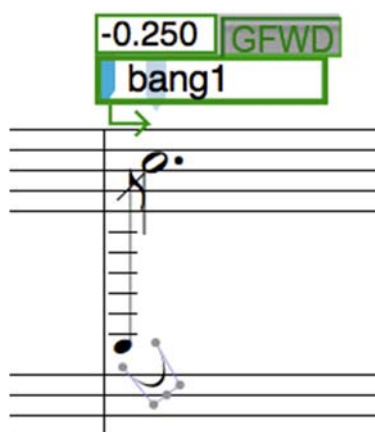


図 4. 0.25 拍分 bang のタイミングが前にずらされている GFWD



写真 1. Bluetooth 対応デバイス(SONY : NW-M505)

室内合奏のための「気配」  
“Sense of Existence” for Chamber Ensemble

大野 雅夫

Largo ♩ = 42 ca.

Flute

Tuba

Piano

*pp* *PPP*

*sempre ped.* *una corda* *tre corde*

Violin

Viola

Violoncello

7

Fl.

Tba.

Pno.

*pp* *mp* *ff* *f*

Vln.

Vla.

Vc.

*pp* *pizz.* *arco* *f* *mp*

*pp* *pizz.* *sf* *f*

譜例 3. 室内合奏のための「気配」(2017)の冒頭部分



### 3-2-3 コンピュータと人間による 室内合奏のための「気配」(2017) の演奏の総括

コンピュータと人間による、室内合奏のための「気配」(2017)の演奏のためのパッチでは、無線通信の特性、無線通信による音声入力を行う際の Antescofo のデータの作成方法、無線による音声データの通信を行う際の問題点とその回避方法、スコアフォローイングを行う対象の楽譜と再生する音源との関係性等について分析、確認した。

### 3-3 “Etude” for piano and live electronics II(2017)

#### 3-3-1 コンピュータと演奏者との関係性とパッチの概要

この作品は 2 章で挙げた 2 つの関係性の内、②の関係性の構築例として創作した。この作品においてはまず、主旋律の演奏者が人間では無い。J.S.Bach 作曲、August Wilhelmj 編曲の“Air on the G String”の主旋律をコンピュータ(Max)が演奏し、その演奏を Antescofo がスコアフォローイングし、主旋律に対応する伴奏の MIDI メッセージを出力する。また、ここで用いられている Antescofo は伴奏のための MIDI メッセージを出力するだけでなく、Max によるリアルタイムなアルゴリズム・コンポジションと演奏との同期のためのメッセージが出力される。

この作品のパッチは主に、以下の 3 つのプログラムから成っている(図 5)。



図 5. “Etude” for piano and live electronics II(2017)を構成する 3 つのプログラム

以降の項では、それぞれのプログラムの詳細について記述する。

#### 3-3-2 MIDI を用いた主旋律の演奏のためのプログラム

Max 上で MIDI データを再生する際は、seq オブジェクトと midiflush オブジェクトや midiparse オブジェクトを組み合わせて用いる手段が一般的だが、今回はこのプログラムによる MIDI データの再生に「人間らしさ」を加えるためのプログラムを付け加えた。

Max による MIDI データの再生には、コンピュータの性能の限界による「処理落ち」と呼ばれる現象等による以外は、アゴークが付くことはなく、常にインテンポで演奏されることとなる。実際の人間による演奏においては、そのような演奏は不自然であるので、ここではそのインテンポによる演奏を回避するプログラミングを行なった。

midiparse オブジェクトの第1アウトレットからは MIDI のノートナンバーとベロシティがリストの形で出力されるが、このデータが noteout オブジェクトに入力されるタイミングを調整することで、演奏されるテンポの「ズレ」を再現する。この場合 midiparse オブジェクトから出力される MIDI データのタイミングは、仕組み上早くすることはできないので、遅らせる時間の長さをコントロールする。

noteout オブジェクトへの MIDI データの入力を遅らせるためには、pipe オブジェクトを用いた。この場合の MIDI データはノートナンバーとベロシティのリストになっているので、pipe のアーギュメントには 0 を 2 つ指定する。また、遅らせる時間の長さが一定だと MIDI の演奏としてズレが生じることはないので、random オブジェクトを用いることにより遅らせる時間の長さをランダムに指定している。random オブジェクトのアーギュメントは、ランダムに選択する数値の範囲を指定しているが、ここでは 0.2 秒の遅れを意味する 200 を指定した。これは実際にパッチを動作させた際、MIDI による演奏に与える効果として、筆者が適当であると判断した値である。

実際に人間が演奏する際のアゴークはもちろんランダムに時間がずらされている訳ではないが、インテンポに演奏される演奏に変化を与える手段として考えられる初歩的なプログラムとして、今回この手段を講じた(図 6)。

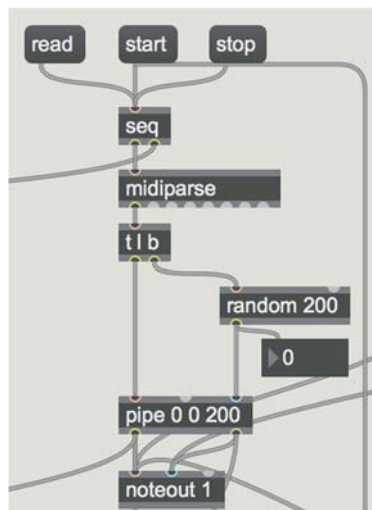


図 6. MIDI を用いた主旋律の演奏のためのプログラム

### 3-3-3 主旋律のスコアフォローイングのためのプログラム

今回の作品において、Antescofo がスコアフォローイングを行う対象の演奏者はコンピュータ (Max) であり、その演奏は MIDI によって行われているので、Antescofo は MIDI のデータによってスコアフォローイングを行うようアトリビュートを指定する。Antescofo に入力される MIDI による演奏データは、ノートナンバーとベロシティがリストになった形になっている必要があるが、この点については midiparse オブジェクトを用いることにより解決している。notein オブジェクトを用いた人間の演奏によるスコアフォローイングの場合も、seq オブジェクトを用いたコンピュータの演奏によるスコアフォローイングの場合も、ノートナンバーとベロシティがリストになった形で入力されれば、Antescofo は人間による演奏とコンピュータの演奏を特別に区別することなくスコアフォローイングを行う。

### 3-3-4 Antescofo から出力されるメッセージによる Max の演奏のためのプログラムの概要

NoteAbilityPro の GFWD Editor を用いることにより、Antescofo から様々なメッセージを Max へ送ることができるようになるので、これを用い seq オブジェクトによる MIDI データの再生と Max のリアルタイムなアルゴリズム・コンポジションとの同期を図っている。

通常スコアフォローイングを行う段階でこの作品の楽譜には、Antescofo の処理上問題がある。この作品はこれまでと違い、スコアフォローイングの対象となる主旋律とその伴奏の演奏が同時に始まるので、特段対策を講じなかった場合、antescofo~に「start」のメッセージを入力しスコアフォローイングを始めると同時に、伴奏の MIDI データが出力され、演奏が開始されてしまう。作品の性質上問題がない場合も考えられるが、今回の作品ではスコアフォローイングの処理を開始した後、主旋律を演奏する MIDI の最初の音が検出されると同時に伴奏の MIDI データが出力されるようにする必要があったため、NoteAbilityPro の楽譜上でアウフタクト小節を作ることにより、この問題を回避した。アウフタクト小節を作ることにより Antescofo は主旋律の最初の音が演奏されるまで、冒頭の伴奏の MIDI データを出力しなくなるからである(譜例 4)。

The image shows a musical score for the beginning of 'Air on the G String'. It consists of three staves: a treble clef staff for the melody, a grand staff (treble and bass clefs) for the accompaniment. The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 4/4. The tempo is marked as quarter note = 30. The first measure of the melody contains a whole rest, indicated by a blue arrow pointing to the rest symbol. The accompaniment starts with a series of chords and eighth notes. The dynamic marking 'mp' is present in both the melody and accompaniment staves.

譜例 4. アウフタクト小節が加えられた“Air on the G String”の冒頭

この作品においては主に以下の6つのリアルタイムなアルゴリズム・コンポジションを行うパッチをプログラミングした。

1. 主旋律の周波数を基音とした倍音列と黄金比(フィボナッチ級数)を掛け合わせた周波数を生成するプログラム
2. オシレーターとしての96個の `cycle` オブジェクトを、`line` オブジェクトを用いてコントロールするプログラム
3. `metro` オブジェクトと `drunk` オブジェクトの組み合わせによりノートナンバーを出力し、`counter` オブジェクトによってこの `metro` オブジェクトの `bang` の出力周期をコントロールするプログラム
4. 「水の滴る音」の音源を再生し、またその再生スピードをコントロールするプログラム
5. 最大値と最小値が常に変動し一定の範囲内の数値を高速で出力する `counter` オブジェクトから出力される値を基にした倍音列を生成するプログラム
6. `itable` オブジェクトを用いた MIDI のノートナンバーを出力するためのプログラム

この内1.と6.について、その具体的な内容について述べる。

### 3-3-5 1.主旋律の周波数を基音とした倍音列と黄金比(フィボナッチ級数)を掛け合わせた周波数を生成するプログラム

Maxによる主旋律の演奏のノートナンバーがパッチャーの第1インレットに入力されると同時に、このパッチャーは演奏を始める。まず、主旋律の演奏のノートナンバーを基に倍音列を生成するため、`mtof` オブジェクトを用いノートナンバーを周波数に変換した後、`*`オブジェクトにより自然数を掛け合わせるにより、第10倍音までの倍音を瞬時に計算する。またその際、それぞれの倍音に黄金比の値として「0.618」と「0.382」がそれぞれ掛け合わされた値も同時に計算される。

これらの、倍音列、倍音列に「0.618」が掛け合わされたもの、倍音列に「0.382」が掛け合わされたもの、の3つは最後にMIDIのノートナンバーに変換され演奏されるが、その演奏のタイミングは全て一つの `metro` オブジェクトによってコントロールされている。ここでの `metro` オブジェクトは周期的に `bang` を出力することではなく、`line` オブジェクトから10から100までの値が連続的に `metro` オブジェクトの第2インレットに入力され、`bang` が出力される周期が10msから100msまで連続的に変化するようになっている。また、`line` から出力される値が10から100に達するまでの時間は `random` オブジェクトによって指定される。`random` オブジェクトの引数として10000が指定されているので、ここでのランダムに指定される値の範囲は、0~9999である。`metro` オブジェクトから出力される `bang` は `random` オブジェクトに入力され、

sel オブジェクトとの組み合わせにより、演奏される倍音が高速でランダムに選択される。line オブジェクトから出力される値が最終的に 100 に達すると、line オブジェクトの第 2 アウトレットから bang が出力されるので、これをきっかけに metro の動作が終わる(図 7)。

このパッチャーへのノートナンバーの入力の有無や、倍音列による演奏に加わる、倍音列に黄金比が掛け合わされた周波数による演奏の追加の有無の切り替えは、全て Antescofo によりコントロールされる。

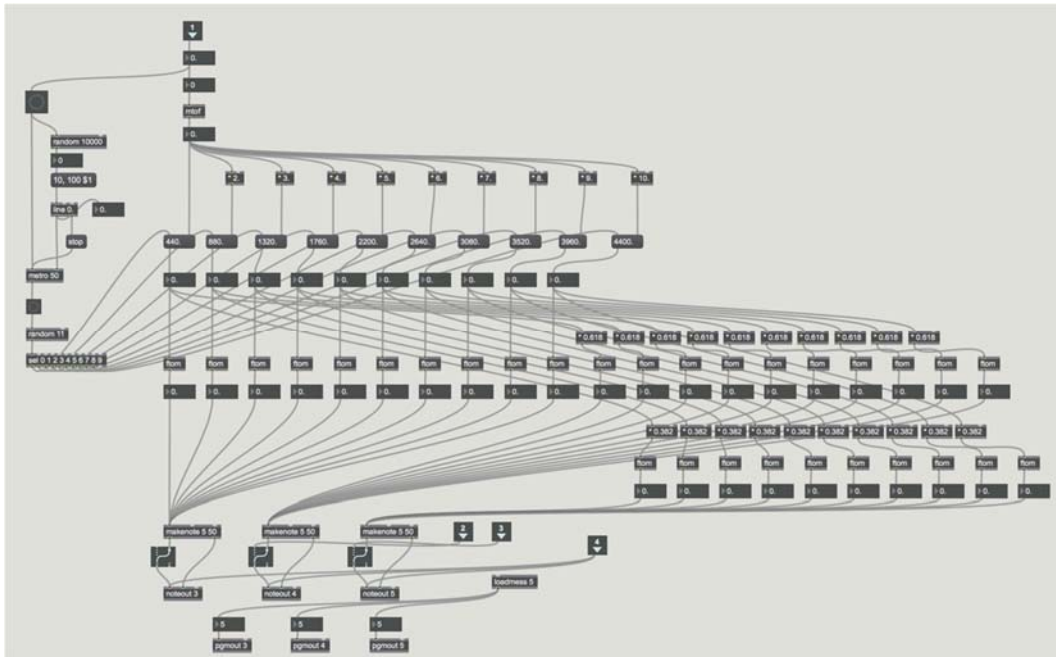


図 7.主旋律の周波数を基音とした倍音列と黄金比を掛け合わせた周波数を生成するプログラム

### 3-3-6 6.itable オブジェクトを用いた MIDI のノートナンバーを出力するためのプログラム

このパッチャーでは itable オブジェクトを 4 つ使用し、Table Range と Table Size はそれぞれ「128」が設定されている。格納されている値は全て異なっている。

itable からノートナンバーとして用いる値を出力させるために metro オブジェクトと counter オブジェクトを用いているが、それぞれの itable オブジェクトへの出力のオンとオフの切り替えには ggate オブジェクトを用いている。metro オブジェクトとこの ggate オブジェクトのコントロールは全て Antescofo が行う。

metro の値は「50」に設定されており、itable からは 50ms に 1 回のペースで格納されている値が出力されることとなる。音としてはミニマルミュージック的に同じ音型が何度も繰り返されて聴こえてくるが、この演奏データを DAW の Pro Tools に MIDI として送り、リアルタイム

に音の処理を行った(図 8)。

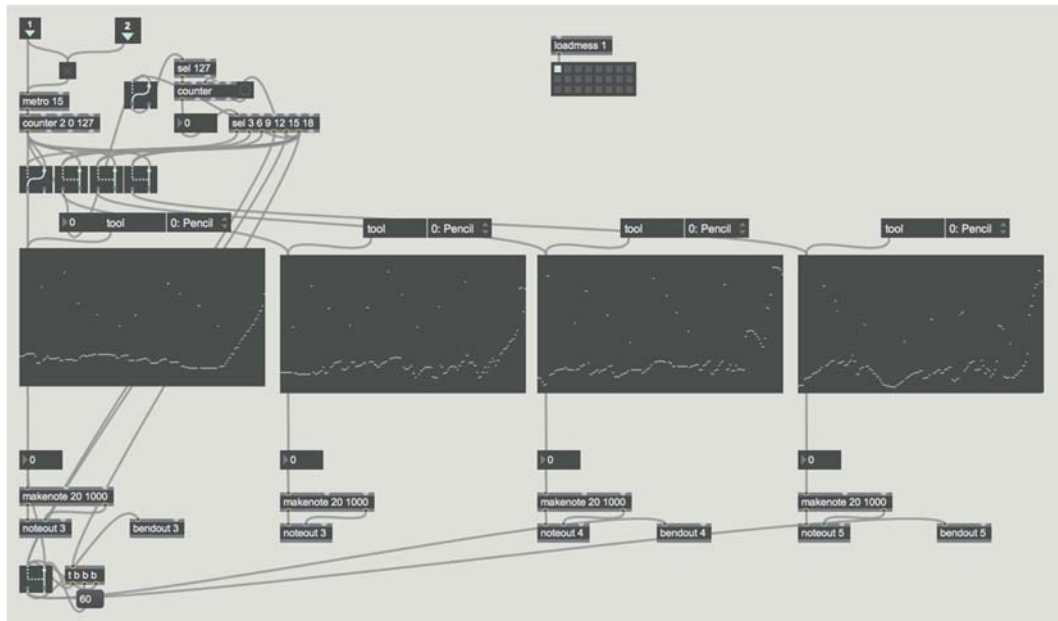


図 8. itable オブジェクトを用いた MIDI のノートナンバーを出力するためのプログラム

### 3-3-7 “Etude” for piano and live electronics II(2017)の総括

“Etude” for piano and live electronics II(2017)のパッチでは、人間の思考の模倣としてパッチに「アルゴリズム・コンポジション」を取り入れた。パッチ全体を、担う役割別に3つの区分に分け、それぞれのプログラムについて分析した。MIDI を用いた主旋律の演奏のためのプログラムでは、インテンポに演奏される演奏に変化を与える手段として考えられる初歩的なプログラムを付け加えることにより、人間の身体性の模倣として、演奏されるテンポの「ズレ」を再現することを試みた。主旋律のスコアフォローイングのためのプログラムでは、Antescofo はノートナンバーとベロシティがリストになった形で入力されれば、人間による演奏とコンピュータの演奏を特別に区別することなくスコアフォローイングを行うことが可能であることを確認した。Antescofo から出力されるメッセージによる Max の演奏のためのプログラムにおいては、この作品の楽譜の特徴による Antescofo の処理場の問題について分析、確認し、リアルタイムなアルゴリズム・コンポジションを行う6つのパッチを挙げ、その内、1.主旋律の周波数を基音とした倍音列と黄金比(フィボナッチ級数)を掛け合わせた周波数を生成するプログラム、6.itable オブジェクトを用いた MIDI のノートナンバーを出力するためのプログラムについて分析を行った。

#### 4 本稿の総括及び今後の展望

本稿では、コンピュータに「伴奏者」よりも積極的に人間との音楽演奏に関わる「共演者」としての役割を果たさせるための具体的な方策について考察するため、考えられるコンピュータと演奏者との関係性の諸例を挙げつつ、3つの自作のパッチについて分析を行った。

コンピュータと人間による、J.S.Bach : Johannes Passion(BWV245) No.54 Chorus の演奏のためのパッチでは、“Etude” for piano and live electronics(2015)とは違いコンピュータが演奏のテンポを司り、コンピュータの演奏の際に出力される音は、MIDIによる演奏としてリアルタイムに出力するのではなく、事前にMIDIによる演奏として録音しておいたMIDIデータを再生し出力した。また、MIDIによるAntescofoを用いたスコアフォローイングのメリットとデメリットを挙げ、MIDIの録音データを再生するタイミングの指示のためのbangの出力の設定を、Antescofoのためのデータを作成するNoteAbilityProのGFWD Editorを用いて行う際の手順について確認した。また、MIDIによるスコアフォローイングのために、Antescofoのアトリビュートの設定について分析した。このパッチにより、Maxの演奏に合わせて人間が演奏することにより、コンピュータを人間の「共演者」として機能させる前提として、Maxの演奏が人間の演奏のテンポを司ることができることを確認した。

コンピュータと人間による、室内合奏のための「気配」(2017)の演奏のためのパッチでは、無線通信の特性、無線通信による音声入力を行う際のAntescofoのデータの作成方法、無線による音声データの通信を行う際の問題点とその回避方法、スコアフォローイングを行う対象の楽譜と再生する音源との関係性等について分析、確認した。

“Etude” for piano and live electronics II(2017)のパッチでは、人間の思考の模倣としてパッチに「アルゴリズム・コンポジション」を取り入れた。パッチ全体を、担う役割別に3つの区分に分け、それぞれのプログラムについて分析した。MIDIを用いた主旋律の演奏のためのプログラムでは、インテンポに演奏される演奏に変化を与える手段として考えられる初歩的なプログラムを付け加えることにより、人間の身体性の模倣として、演奏されるテンポの「ズレ」を再現することを試みた。主旋律のスコアフォローイングのためのプログラムでは、Antescofoはノートナンバーとベロシティがリストになった形で入力されれば、人間による演奏とコンピュータの演奏を特別に区別することなくスコアフォローイングを行うことが可能であることを確認した。Antescofoから出力されるメッセージによるMaxの演奏のためのプログラムにおいては、この作品の楽譜の特徴によるAntescofoの処理場の問題について分析、確認し、リアルタイムなアルゴリズム・コンポジションを行う6つのパッチを挙げ、その内、1.主旋律の周波数を基音とした倍音列と黄金比(フィボナッチ級数)を掛け合わせた周波数を生成するプログラム、6.itable オブジェクトを用いたMIDIのノートナンバーを出力するためのプログラムについて分析を行った。

①演奏者としての Max と、演奏者としての人間との関係性において作成したパッチは、コンピュータと人間による、J.S.Bach : Johannes Passion(BWV245) No.54 Chorus の演奏のためのパッチと、コンピュータと人間による、室内合奏のための「気配」(2017)の演奏のためのパッチである。これらのパッチの分析を通して、NoteAbilityPro と Antescofo を用いた、MIDI ではなく波形データの再生もしくは録音した演奏音源の再生タイミングの指示について確認した。

②演奏者としての Max と、演奏者としての Max との関係性(Max 同士での関係性)において作成したパッチは、“Etude” for piano and live electronics II(2017)である。この作品の分析を通して、Antescofo の処理においては、リアルタイム・スコアフォローイングの対象が人間の演奏ではなくコンピュータ(Max)となるので、その際に Antescofo が正しく機能し、また、演奏者としての Max が人間の演奏者のように振る舞うような挙動について確認した。

これらを踏まえ、コンピュータ同士によるアンサンブルによる演奏は、音楽の表現手段としても有効であり、また人間とコンピュータとの関係の構築を模索する上でも、コンピュータによる人間らしい演奏表現の研究は必要であるということを確認した。

3-3-2 における、コンピュータには無い人間の演奏のズレに着目した MIDI における身体性の再現は、seq オブジェクトと noteoute オブジェクトの間に pipe オブジェクトを挿入するというアイデアについて追求すると、演奏者と演奏者としてのコンピュータとの、インタラクティブな関係性における音楽創作に繋がると考える。

## <注>

- 1) NoteAbilityPro とは、Antescofo 用のアクションランゲージを含んだテキストデータを作成することができるノーテーションソフトである。
- 2) Max 上でオブジェクトの動作のきっかけとなる信号。
- 3) “a bang” はあくまでメッセージだが Max 上で trigger オブジェクトを用いる等の処理を行い bang として扱う。

## <引用文献>

- 大野雅夫(2017)「音楽創作におけるコンピュータと演奏者との関係性についての考察—Antescofo を応用した自作品の分析を通して—」『現代社会文化研究』第 64 号、新潟大学現代社会文化研究科、pp.37-52
- 堀内靖雄、藤井敦、田中穂積(1995)「複数の人間と協調する演奏システム」『コンピュータソフトウェア』第 12 巻第 5 号、一般社団法人ソフトウェア科学会、pp.465-473
- Curtis Roads(1996)『コンピュータ音楽—歴史・テクノロジー・アート—』(訳:青柳龍也、小坂直敏、後藤真考、他)、東京電機大学出版局、pp.805-844

主指導教員（清水研作教授）、副指導教員（伊野義博教授・田中幸治准教授）