

## 閉曲線を利用した音色操作方法の検討と実装

岩淵 勇 樹<sup>†1</sup> 秋田 純 一<sup>†1</sup> 北川 章 夫<sup>†1</sup>

電子楽器を用いることにより、今までにない新たな音色を作ることが可能となり、音色を生成する方法も数多く考案されている。しかしながら、それらのほとんどは多種多様な音色を作るために多くのパラメータ制御を必要とするため、直感的な操作が難しく、特性を掴むのに多くの時間を要する。

本稿では、解析信号を複素平面上の閉曲線図形として直接操作することによって周期音声信号を生成する方法を提案する。

解析信号を複素平面上の閉曲線図形として扱うことにより、相似図形同士が同じ音色と対応する。また図形と音を対応付けることにより、直感的な入力が可能になるほか、視覚表現と融合した音楽パフォーマンスへの応用も考えられる。

### A Method of Sound Synthesis Using Closed Curves and Its Implementation

YUUKI IWABUCHI,<sup>†1</sup> JUNICHI AKITA<sup>†1</sup>  
and AKIO KITAGAWA<sup>†1</sup>

In this paper, we propose the method of sound synthesis which output audio signal based on given closed curve. First, we derive the condition that similar figures constantly represent the same timbre. And we try to convert curves into analytic signals, that is the simplest representation that satisfy such condition. Through this research, it can be created an intuitive musical interface.

#### 1. はじめに

電子楽器を用いることにより、今までにない新たな音色を作ることが可能となり、音色を

生成する方法も数多く考案されている。しかしながら、それらのほとんどは正弦波や矩形波などの単純な波形あるいは PCM 録音によってサンプリングされた波形をそのまま用いたり、それらに加算・乗算などの演算やフィルタリングを施したものであるが、多種多様な音色を作るために多くのパラメータ制御を必要とするため、直感的な操作が難しく、特性を掴むのに多くの時間を要する。

最近の新しい入力インタフェースを持つ楽器の例として、KORG 社による「Kaossilator」<sup>1)</sup>があり、これはタッチパッドを使った平面的な入力により従来のボタンやツマミを用いる操作方法よりも直感的かつ動的に扱うことができる。しかしながらこれは水平軸と垂直軸で独立した 2 つのパラメータ入力同時に行っているに過ぎず、その点では旧来の音色入力方法とさほど変化がない。

その他 GUI の特性を活かした例として、一部の効果音作成ソフトウェア等では波形をマウスで描画して音色を作る機能を備えているものもあり、パラメータ入力よりは直感的に操作できるが、生の音声波形は視覚的に音色を想起させるに優れているとも一概には言い難い。楽器を演奏するための入力インタフェースは今までに数多く提案されているが、直感的な音色入力方法についてはあまり進歩が見られず、GUI に適した音色入力方法を探ることは今後の重要な課題といえる。

我々はこれまで、マウスやタッチパッドなどの入力デバイスによって直感的な音色入力インタフェースを構築するために、シルエット画像などの図形を解析信号に変換して周期信号を生成するオシレータを提案してきた<sup>2)3)</sup>。本稿では、解析信号を複素平面上の閉曲線図形として直接操作することによって周期音声信号を生成する方法を提案する。

解析信号を複素平面上の閉曲線図形として扱うことにより、相似図形同士が同じ音色と対応する。また図形と音を対応付けることにより、直感的な入力が可能になるほか、視覚表現と融合した音楽パフォーマンスへの応用も考えられる。

#### 2. 音声信号と曲線

##### 2.1 解析信号

音声信号を  $s(t)$  とする。このとき、 $s(t)$  を、周波数領域において正周波数成分を 2 倍、負周波数を 0 倍としたときの複素信号を一般に解析信号と呼ぶ。また、このときの信号を  $\tilde{s}(t)$  とする。なお、 $\tilde{s}(t)$  の実部は  $s(t)$  のままであるという性質をもつ。 $s(t)$  が区分的に滑らかで常に有限値をもつ周期信号であれば、 $\tilde{s}(t)$  は複素平面  $x + iy$  上の閉曲線を描く ( $i$  は虚数単位)。

<sup>†1</sup> 金沢大学大学院  
Graduate School of Kanazawa University

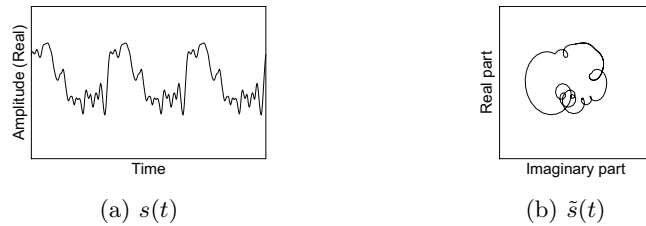


図 1 楽器音と解析信号  
Fig. 1 Instrumental sound and analytic signal

## 2.2 解析信号と音色の関係

周期的な解析信号を複素平面上の閉曲線図形として見たとき、図形は周波数に依らず一定であり、図形の大きさは振幅に対応している。また、平行移動は定数成分に対応するため音色は変化せず、位相の回転（定数  $e^{i\theta}$  倍）は図形の回転に等しいため、位相の回転について音色が一定であるという仮定をおけば、相似図形はすべて同じ音色を示す。

以上のことから、閉曲線図形としての解析信号は音色と密接な関わりをもっているといえる。

図 1 に解析信号の例を示す。原信号  $s(t)$  はバイオリンの音色である。

## 3. 周期解析信号のインタラクティブ操作

### 3.1 原理

生成する音声信号の基本周期信号  $s$  は  $s_0$  から  $s_{n-1}$  までの  $n$  個のサンプル点から成り、周期  $n$  の周期信号を作るため操作の便宜上  $s_{k+mn} = s_k$  ( $m$  は任意の整数) とする。そして、それから求められる解析信号  $\tilde{s}$  ( $\tilde{s}_0$  から  $\tilde{s}_{n-1}$ ) を複素平面上に表示し、各点を制御点としてドラッグ操作を行えるとする。

制御点  $\tilde{s}_k$  をドラッグすると同時に、 $\tilde{s}$  には  $\tilde{s}_k$  を中心とした印加解析信号  $\tilde{p}$  を印加する。 $\tilde{p}$  も  $\tilde{s}$  と同様、 $n$  個のサンプル点から成る複素信号である。

移動先を  $z$  とおき、新たに生成される  $\tilde{s}'$  を以下のように定める。

$$\tilde{s}'_j = \tilde{s}_j + (z - \tilde{s}_j)\tilde{p}_{j-k} \quad (1)$$

ドラッグ中は、ポイントの変化に従って新たな音声信号  $s' (= Re[\tilde{s}'])$  が適当な周波数の周期音声信号となるよう合成して提示する。

本稿では  $\tilde{p}$  の実部が以下のようになるように定める。

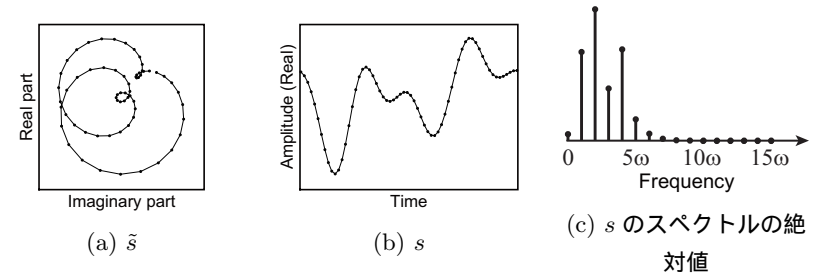


図 2  $n = 64, d = 10$  として正弦波に 4 回のドラッグ操作を施したときの解析信号・生成音声信号およびそのスペクトル

Fig. 2 An analytic signal, generated audio signal and its spectrum as  $n = 64, d = 10$

$$p_k = \left( \frac{1 + \cos \frac{2\pi k}{n}}{2} \right)^d \quad (2)$$

なお、 $d$  は 1 以上の実数で、ドラッグ毎に自由に設定できるとする。

式 (2) の定義に従うと、 $\tilde{p}_0 = 1$  になり、同時に  $\tilde{s}'_k = z$  となるため、ドラッグ中の制御点は常にポイントと同位置になる。

解析信号は線型性をもつため、印加解析信号を加えた後の信号もまた解析信号となる。

音色操作の例として、 $n = 64, d = 10$  として正弦波（解析信号は円形）に 4 回のドラッグ操作を施したときの解析信号・生成音声信号（1 周期分）とそのスペクトルを示す。

### 3.2 特徴

本稿の方式では、一回のドラッグ操作において特定の信号が加算されるため、加算合成方式のシンセサイザの一種ともいえる。

基本的には、制御点を閉曲線の内側に“押し込める”操作により基本周波数成分が減少・高周波数成分が増加し、曲線にねじれが生じる。また、制御点を閉曲線の外側に“広げる”操作により基本周波数成分が増加・高周波数成分が減少し、曲線のねじれが解消される。

$d = 1$  のときは基本周波数成分のみの加算となり、 $d$  が大きくなるにつれて加算される高周波数成分の割合が大きくなる。図形の変化としては、 $d$  が大きいほど局所的な変化になる。

### 3.3 解析信号シンセサイザ

我々は解析信号を用いたシンセサイザを開発した。開発環境は Flash CS4、開発言語は ActionScript 3.0 である。実行画面を図 3 に示す。実行画面中段の左の閉曲線には 64 個の

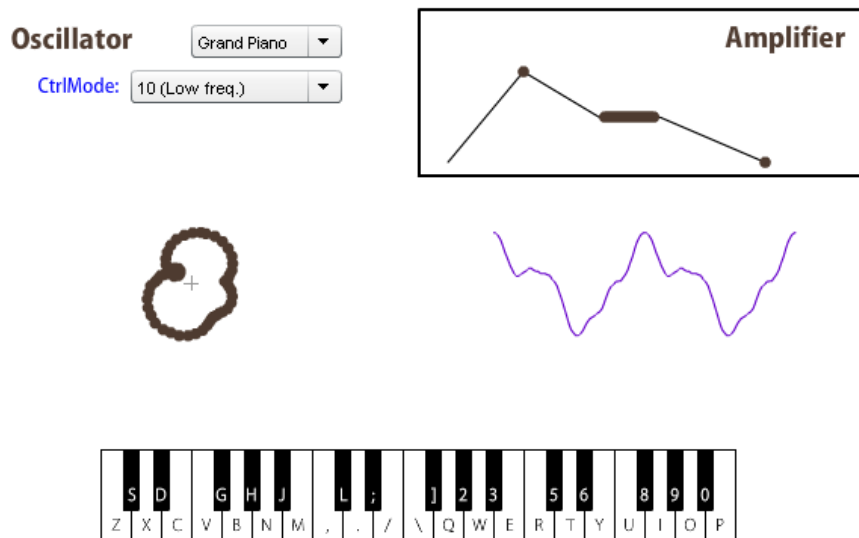


図3 解析信号シンセサイザの実行画面  
Fig.3 Execution screen of analytic signal synthesizer

制御点があり、制御点をドラッグすることによって音色の加工が可能である。印加信号は式2の $d$ の値を10, 20, 50, 100,  $\infty$ から選択できる。また、時間的変化を付けるためにADSRエンベロープジェネレータを搭載した。ソフトウェアキーボードのクリック、キーボードの入力、MIDIキーボードからの入力のいずれかによって音を出力する。プルダウンメニューからは楽器音を解析信号化したものを選択でき、そこから音色の加工することも可能である。

### 3.4 考察

解析信号という制約のため、自由に変形することはできないが、形状をある程度意図的に操作することは容易である。

ただし、1回のドラッグにつき印加する信号が限定されることにより、リアルタイムでの音の変化は乏しいと考えられ、音楽パフォーマンスなどで利用するには面白みに欠けると思われる。この問題点の解決として、頂点を操作するのではなく、平面上の任意の場所をドラッグし、周辺にある点がポイントとの距離に応じて移動するような方法等についても検討したい。

また、原理的には任意の周期信号を生成できるが、これだけでは豊かな音色にはならない。種々の音色を作るにはその他に振幅や周波数などの過渡的な変化などの要素も必要である。

### 4. まとめ

解析信号を複素平面上の閉曲線図形として操作することによって周期音声信号を生成する方法を提案した。

今後は信号の変形方法について改良を加える予定である。

### 参考文献

- 1) <http://www.korg.co.jp/Product/Dance/kaossilator/>
- 2) 岩淵 勇樹, 秋田 純一, 北川 章夫: 閉曲線図形に基づいた音色生成方法の検討, エンタテインメントコンピューティング 2008 論文集, pp.143-146 (2008).
- 3) 岩淵 勇樹, 秋田 純一, 北川 章夫: 閉曲線図形の特性に基づいた音色生成の一手法, 第16回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2008) 論文集, pp.149-150 (2008).
- 4) <http://butchi.jp/documents/mus85demo/>