

# 物体からの反射光強度に基づく光学ピックアップ 演奏システム

中西 恭介<sup>1,a)</sup> 馬場 哲晃<sup>1</sup> 串山 久美子<sup>1</sup>

**概要:** 電子楽器の登場により、ひとつのインタフェースで様々な音声波形を再現することが可能となった。一方で、インタフェースと音源の間に物理的制約が無くなったため、インタフェースと音源のマッピングにおいてその設計指針を明瞭化できない問題を生じさせている。そこで本研究では、光学ピックアップを利用し、2次元または3次元における模様や立体物形状を高速にスキャンすることで音声生成を実現する。本稿ではその足がかりとして制作した演奏システムのプロトタイプについて述べる。

## An Electronic Musical Interface Based on the Intensity of Reflected Light from Objects by an Optical Pickup

NAKANISHI KYOSUKE<sup>1,a)</sup> BABA TETSUAKI<sup>1</sup> KUSHIYAMA KUMIKO<sup>1</sup>

**Abstract:** The emerging of electronic instruments enables users to play various sound waves with one interface. Furthermore, it released the physical relation between an interface and sounds, which makes the design of mapping sounds of musical interface difficult. We shall present a challenge to re-create physical relation between sounds and interface. Users can make sounds by scanning patterns and shapes of objects with an optical pickup. In this paper, we describe our prototype of the performance system as the first step.

### 1. はじめに

近年、ミュージック・シンセサイザやサンプラーなどの音声波形の作成・編集や、サンプリング音源利用が可能な楽器が開発され、広く使われるようになってきた。これらの楽器ではインタフェースとその音の間にあった物理的制約を取り払い分離することにより、ひとつのインタフェースで様々な音声波形を再現することが可能となった。一方でインタフェースと音源の間に物理的制約がなくなったことにより、その設計指針を明瞭化できない問題を生じさせている。そのため、音源と操作インタフェースのマッピングは主にアーティストやデザイナーのセンスに委ねられがちになっている。また、音色・音高・音量を操作するためのインタフェースに必然性がなくなってしまったため、ユーザは操作部の一つ一つの機能を覚える必要がある。

そこで本研究では、光学ピックアップを利用し、音声波形を実物体から生成可能な楽器インタフェースを提案する。提案するシステムでは、物体からの反射光の強度に基づいた波形生成により、2次元または3次元における模様や立体物形状を高速にスキャンすることで音声生成を実現する。反射光の強度から音への変換をアナログで行うことでインタフェースと音源の間に物理的制約を設ける。今回はその足がかりとして予め罫描模様が付けられたパネルを用意し、その罫描模様をスキャンすることで音声波形を生成するシステムのプロトタイプを制作した。このプロトタイプでは、罫描模様が付けられた複数のパネルをターンテーブルに載せて並べることで、ミュージックシーケンサの要領で演奏する。

### 2. 関連研究

光とターンテーブルを用いた音声生成システムは1900年代初頭にはすでに開発されている。NIME 2004にてNikita Pashenkovが光とターンテーブルを用いた演奏システムの

<sup>1</sup> 首都大学東京システムデザイン研究科  
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

<sup>a)</sup> kyoro920@gmail.com

歴史について論文にまとめている [1]. そのほとんどはガラスまたはフィルム製のディスクに同心円状に模様を描いたものと光電池による発電を利用したものである。回転するディスクに光を照射し、光がディスクを通り抜けてその先にある光電池に当たることで発電する。模様によって通す光の量を調節し音声波形を生成している。1930年代にはこの技術を用いて、オルガンと同様のインタフェースで演奏可能な装置が開発された。これらのシステムは全て光を透過する必要があり、ディスクに利用できる素材が限定されてしまう。本研究では反射光の強度に基いて音声波形を生成するため、様々な物体に応用可能である。

照射した光の反射光の強度により音声波形を生成するシステムとして、紙のディスクを利用した The Evil Eye[2] が挙げられる。このシステムでは本研究で用いた手法と同様の方法で音声波形を生成しているが、予め印刷された模様を読み取り演奏するため、創作的な演奏は難しい。

本研究と同様にターンテーブルにパネルを載せて演奏する spinCycle[4] がある。このシステムではパネルの色を音源にマッピングしており、物理的制約に基づいて音声波形を生成するものではない。

3次元的に物体の起伏に基いて音楽を生成するシステムとして Dennis P Paul による AN INSTRUMENT FOR THE SONIFICATION OF EVERDAY THINGS[3] があるが、この作品において物体の起伏は音源の音高にマッピングされており、音声波形を生成するものではない。

### 3. センシング技術

この節では光学ピックアップとそれを用いたセンシング手法について述べる。本研究では光学ピックアップに赤外線 LED とフォトトランジスタを一つのパッケージに搭載したフォトリフレクタを用いた。物体に赤外線を照射し、反射した赤外線の量によって生じる電圧の変化を音声波形として用いた。

#### 3.1 フォトセンサの仕組み

フォトセンサは発光素子と受光素子により構成される。発光素子から照射された光が受光素子に当たることによって電流が発生し電圧が変化する。フォトセンサは透過型、拡散反射型、回帰反射型の3つに大別される。

##### 3.1.1 透過型

発光素子と受光素子が対向して配置されているものを透過型である。検出物体の艶・色・傾きなどの影響が少ないことが特徴としてあげられる。先に述べた光とターンテーブルを用いた音声生成システムはこの仕組みを利用している。

##### 3.1.2 拡散反射型

発光素子と受光素子の発光面と受光面が物体に向き合う方向に配置されているものが拡散反射型である。反射す

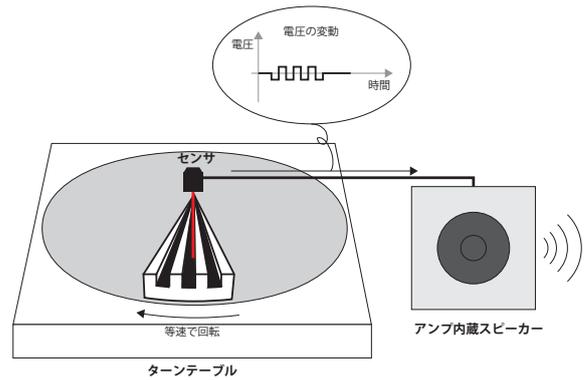


図1 システムの構成図

る赤外線の量によって電圧が変動するので、物体の素材・色・センサから物体までの距離によって大きく影響を受ける。本研究ではこの仕組みを利用し、光学ピックアップを作成した。

##### 3.1.3 回帰反射型

発光素子と反射板が対向して配置されているものが回帰反射型である。

### 3.2 光学ピックアップの応用例

光学ピックアップは拡散反射型のフォトセンサを利用している。主に CD や DVD などの光学ドライブでデジタルデータの記録や再生を行うために用いられている。デジタルデータだけでなくアナログ情報の読み取りも可能であり、レーザー・ターンテーブル [5] のピックアップや、ギターやベース等のピックアップ [6] としても応用されている。

## 4. システムの概要

### 4.1 コンセプト

今回制作したプロトタイプのコネプトは「物の音」である。音声波形を見て触れることの出来る実物体の罫描模様に基づいて生成する。

### 4.2 システムの構成

図1に示すように、本システムは主にターンテーブル、光学ピックアップ、罫描模様が付けられたパネル、スピーカーの4つで構成されている。回転するターンテーブルに罫描模様が付けられたパネルを載せ、その上から光学ピックアップで罫描模様をスキャンする。スキャンして得られた電気信号をアナログのまま音声波形としてスピーカに出力することで発音する。以下ではシステムを構成するそれぞれの要素について詳説する。

#### 4.2.1 ターンテーブル

既存のレコードプレーヤー neu DD-1200 を用いた (図2)。ターンテーブルの直径は約 30cm で、回転数は 1 分あ



図 2 ターンテーブルとして用いたレコードプレーヤー

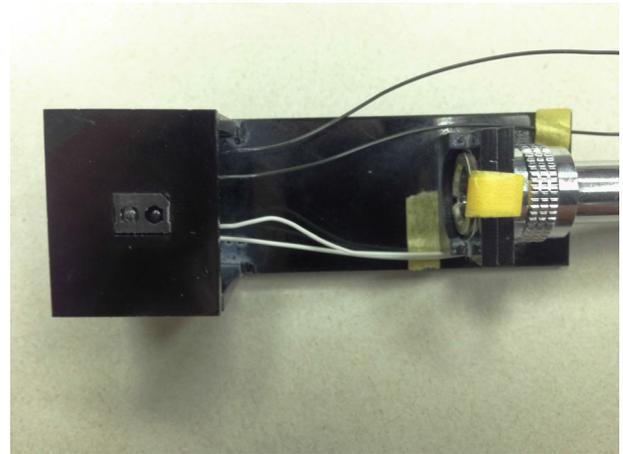


図 4 フォトリフレクタを用いた光学ピックアップ

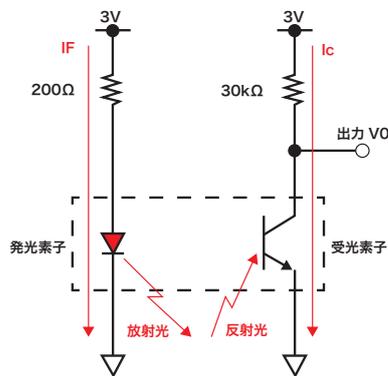


図 3 今回作成したセンシング部の回路図

たり 33 1/3 回転と 45 回転の 2 つが選べ、± 10% のピッチコントロールが可能である。また、光を反射しにくくセンサに影響しにくいフェルト製のマットを載せた。

#### 4.2.2 光学ピックアップ

光学ピックアップには ROHM 製の RPR-220 を用いた。今回制作した回路は図 3 のようになる。流す電気の電圧は 3V、発光素子に 200 Ω、受光素子に 30k Ω の抵抗を接続し感度を調節した。この時、対象物からの距離が 4-10mm で最も感度が良くなる。

物体から一定の距離を保つために、図 4 のようにレコードプレーヤーのトーンアームにアクリルを切り出した部品で固定した。物体と光学ピックアップの距離が大きくなるほど、電圧の変動が小さくなるため音量は小さくなり、距離が小さくなると音量は大きくなる。これにより、トーンアームを上げ下げすることで音量を調節することができる。

#### 4.2.3 罫描模様が付けられたパネル

素材に比較的反射率の高い白のアクリルを用い、レーザーカッターで一定の間隔の罫描模様をもつパネルを制作した(図 5)。視認性を高めるために罫描模様はスプレーで黒く塗装を施した。パネルの罫描模様の間隔は、ターンテーブルの回転速度 1 分間あたり 33 1/3 回転を基準とし、それに合わせて調節することで音高を再現した。アクリルの円盤を 16 等分し中心から同心円状に 4 等分することで

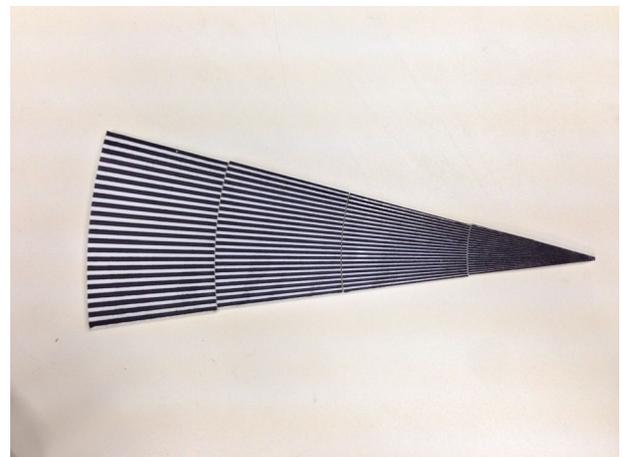


図 5 音源となる罫描模様が付けられたパネル

1 ループ 16 拍、最大 4 つのメロディーを並行して作成可能とした。

#### 4.2.4 スピーカ

本作品では、物体の罫描模様をそのまま音声波形にするため、得られた電気信号を直接スピーカに出力することで音色を確認できる。

#### 4.3 演奏方法

図 6 のようにターンテーブルに鳴らしたい音のパネルを載せてメロディーやリズムを作る。パネルは中心に行くほど幅の小さい物を置くと基準の音高で音を鳴らすことができる設計となっている。基準の音高を鳴らすためにはターンテーブルは 1 分間あたり 33 1/3 回転の速さで演奏を行う必要があるが、回転速度を変えてテンポや音高を変えながら楽しむことも出来る。音量はピックアップの高さで変えることで調節できる。また、ピックアップを横や縦に揺らすことで揺れるような音を再現できる。



図 6 演奏の様子

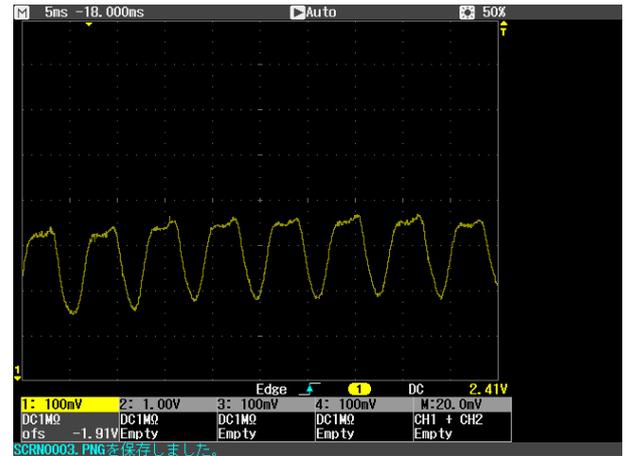


図 7 センシングにより得られた波形

## 5. 演奏システムとしての評価

### 5.1 操作性

システムの仕様上、音を鳴らすためには常に台が回転している必要がある。そのため、音を止めずに正確な位置にパネルを置いたり取り去るといったメロディを編集する操作が難しいことが問題として挙げられる。この問題の解決策として、物体を回転させるのではなく、センサを回転させることが考えられる。ただし、センサと物体との間に手などの障害物が入ってしまう点に関しては検討が必要である。別の解決策として、ターンテーブルを複数用いるか、同心円上に複数に分割してそれぞれ独立して回転させることで、メロディーを編集する部分のみ回転を止めるという方法が考えられる。

また音高とテンポがターンテーブルの回転速度に依存するため、どちらか片方のみを調節するということが出来ない。この問題の解決策としては、今回用いた罫描模様が付けられたパネルのように断片的な音声波形を生成するパネルを用いてシーケンサのように演奏するのではなく、物体全体の1回転を音声波形の1周期として音を生成するインタフェースを検討している。回転速度で調節するのは音高のみとなり、テンポは別の方法で変えることになる。

### 5.2 音の再現性

今回制作したプロトタイプでは比較的安価で扱いやすいフォトリフレクタを光学ピックアップとして用いた。オシロスコープで電圧の変動を確認したところ、一定の角度で放射状に線を描いたパネルをセンシングした場合、図7のような波形が得られた。フォトリフレクタは反射した光の強さで電圧が変動するため、物体との距離、表面の素材、色等複数の要因に影響されてしまう。また、物体との距離が約4-10mmの間ないと精度よくセンシング出来ない。そのため、矩形波等の単純な波であれば再現可能であるが、複雑な波形を再現することは困難であることが分かった。

今後は距離のみの反応するセンサを用いて、物体の形を波形に変換する方法を検討する。

## 6. 今後の展望

今回は物体の罫描模様に基づいて音を生成するシステムのプロトタイプを制作したが、演奏システムとして多くの課題が残った。しかし、演奏方法に関しては音の生成方法がまだ検討段階であるため確定出来ない部分もある。そのため、まずは本研究の目標である音声波形を物理的制約に基づいて操作可能なインタフェースを制作する。レーザー測距センサ等の中距離でも精度良く測定できるセンサを用いて物体の周の形状に基づいた音声波形の生成を試みる。対象の物体には粘土などの可塑性物質を用いて形状を変化させることで音声波形を操作することを想定している。

### 参考文献

- [1] Nikita Pashenkov: A New Mix of Forgotten Technology: Sound Generation, Proc. International Conference on Sequencing and Performance Using an Optical Turntable. New Interfaces for Musical Expression (NIME04), pp.64-67 (2004).
- [2] Indianen.: Evil Eye (online). 入手先 (<http://www.indianen.be/?action=project&id=555>) (accessed 2013-11-25).
- [3] Dennis P Paul.: AN INSTRUMENT FOR THE SONIFICATION OF EVERYDAY THINGS (online). 入手先 (<http://dennisppaul.de/an-instrument-for-the-sonification-of-everyday-things/>) (accessed 2013-11-25).
- [4] Kiser, S.: spinCycle: spincycle: a color-tracking turntable sequencer, Proc. International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME06), pp.75-76 (2006).
- [5] Laser Turntable Player - Vinyl and Laser Record Player from ELP Japan (online). 入手先 (<http://www.elpj.com/>) (accessed 2013-11-25).
- [6] LIGHTWAVE SYSTEMS.: LightWave Optical System (online). 入手先 (<http://lightwave-systems.com/technology/>) (accessed 2013-11-25).