

指先で奏でる Trace Synthesizer の開発

齋藤竜也^{a,1} 君塚紘喜^{b,2} 宇佐美雄生^{b,3} 安藤潤人^{a,4} 田中啓文^{b,5} 野間春生^{a,6}

概要: 音楽とは本来誰もが自由に表現し、それに触れることができる。演奏技術の習得は、楽曲のアレンジや、個性ある演奏ができた時に喜びを感じるものであり、洗練された技術や高い習熟度が垣間見えた時に美しさや凄みを感じる。しかし、その修練に至るまでの序盤の練習で指の短さや太さによる影響で諦める人が多いように感じる。Trace Synthesizer は、スポンジ状のインターフェースを使用し、その力の掛け方によって演奏し、先天的な身体制約に囚われない新しい楽器である。本稿では、Trace Synthesizer の構成と専用の演奏板を用いて誰もが演奏できる仕組みについて考案する。

1. はじめに

楽器のインターフェースには様々なものがあり、ピアノやシンセサイザーなどの鍵盤を用いる楽器や、ギターやバイオリンなどの弦の振動を利用して演奏する楽器などがある。基本的にはどれも指で特定の音階を指定し、音を鳴らすように作られている。それを自在に操り、自由に演奏できるようになるまで長い時間がかかる。それに加えて、習得にあたり手の大きさや指の長さなど身体的な制約にとらわれ「F のコードが弾けなくてやめた」や「オクターブが届かない」などといった初学でのつまづきが多いと感じる。音楽などの芸術分野において、先天的な制約に囚われて何かを表現できなくなることは問題であり、誰もが平等に演奏できるインターフェースを持つ楽器が必要である。

そのような楽器としてテルミン[1]が登場してから演奏方法の幅が広がっており、直感的な演奏方法も開発されている。しかし、音源生成の仕組み上、和音の演奏が困難である。和音を含め直感的な演奏ができれば、表現の幅も増え親しみやすい楽器が誕生すると考えている。

そこで、スポンジ状のインターフェースである PICK を用いた Trace Synthesizer を提案する。これは指で特定の音程を狙って演奏する従来の方式と異なり、スポンジへの力のかけ方で音程が変化する楽器である。インターフェースと接触するのみで演奏できるため指の長さや太さに囚われない楽器を目指す。本稿では、楽器として自在に演奏するための準備段階として、楽譜データとなる専用の演奏板を作成し、それをなぞることで音程の違いを一般化する。

2. デザイン

身体的な制約にとらわれない Trace Synthesizer のデザインとして、微妙な力のかけ方で演奏する方法やスクラッチのようなスライドを用いて音に変化を加える方法が挙げら

れる。さらに演奏は指に限らず、手のひらや拳などで PICK を操作すればより不偏的な演奏が期待できる。

2.1 PICK の設計

ギターなどのピックに準え、スポンジ状のインターフェースの名前を PICK と呼ぶ。PICK にはカーボンナノチューブとポリジメチルシロキサン樹脂(PDMS)を混合して作成されたスポンジ状の触覚センサ[2]を用いる。このセンサは押下によってスポンジ内の電気的な抵抗網が変化し、全体の抵抗値が変化する。後述する電子回路を用いてこの変化を音の信号波に変換することで、PICK への力のかけ方が演奏に繋がる。

3. 基本設計

一般的なシンセサイザーは音源となるオシレーターと音色を変えるためのフィルターやモジュレーションから構成され、それら操作することによって音を生成している。本研究では音源として Field Programmable Gate Array(FPGA)による発信器を採用した。FPGA は論理回路の設計と書き換えを自由に行うことができる LSI であり、オシレーターだけでなくフィルター・モジュレーションなどの機能をモジュールとして組み込むことができる。本稿では、まずシンセサイザーの音源部分となるオシレーターのみを提案する。

3.1 回路設計

オシレーター部分の回路設計を図 1 に示す。オシレーターには、FPGA・コンデンサ・抵抗を用いた非安定マルチバイブレーターと呼ばれる発振回路[3]を実装する。この回路では FPGA の外部に PICK を抵抗として接続し、さらに別

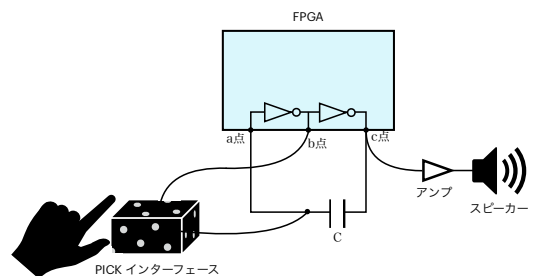


図 1 PICK の回路設計

a 立命館大学
b 九州工業大学
1 is0506he@ed.ritsumei.ac.jp
2 kimizuka.kouki146@mail.kyutech.jp
3 usami@brain.kyutech.ac.jp
4 anmitsu@fc.ritsumei.ac.jp
5 tanaka@brain.kyutech.ac.jp
6 hanoma@fc.ritsumei.ac.jp

にコンデンサを用意する。この抵抗値と静電容量の値によって出力波形の周波数が変化する。この出力を音の信号としてアンプで増幅しスピーカーから出力する。

入出力点は計3点あり、これをFPGA内部ではそれぞれをNOT回路で接続する。FPGA外部では図1中のa-b間にセンサを、a-c間にコンデンサを接続する。これによりc点で矩形波の発振が起こる。周波数 f は式1で示される。

$$f = \frac{1}{CR \times \left\{ \log\left(\frac{2E - V_{th}}{E - V_{th}}\right) + \log\left(\frac{E + V_{th}}{V_{th}}\right) \right\}} \dots (式1)$$

式1のCはa-c間に接続するキャパシタの静電容量であり、試作機では0.03(μ F)となっている。Eと V_{th} は回路の駆動電圧と閾値電圧であり、それぞれ3.0(V)、2.2(V)である。また、Rはa-b間に接続するセンサの抵抗値であり、今回使用したセンサでは20~40(k Ω)の変動がある。

4. 演奏設計

誰もが同じように演奏をするためには楽譜のように時系列による音階の変化を示す指標が必要である。

この楽譜の代わりとしてTrace Synthesizer専用の演奏板を設計する。演奏板には図2に示すような音階の変化となる凹凸が刻まれており、これを適切な力加減でなぞることで再現性のある演奏を目指す。一定の力でなぞることで

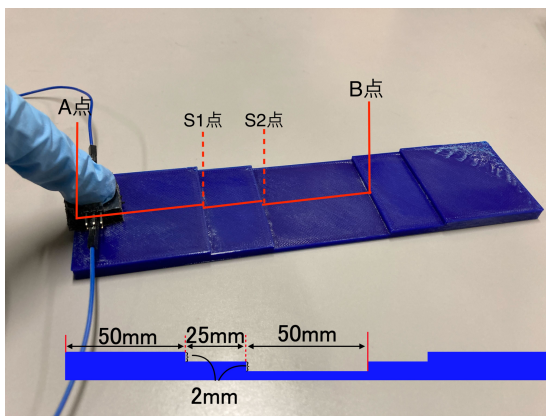


図2 演奏板

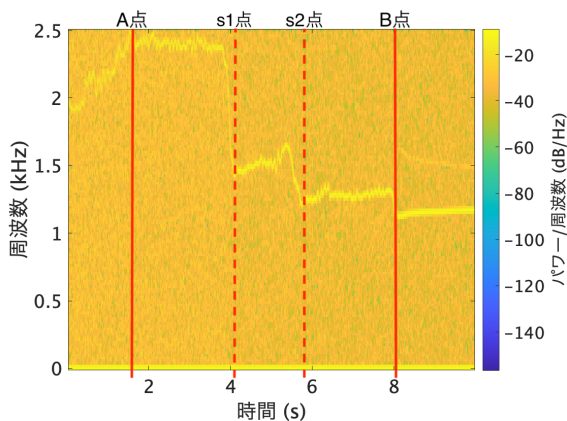


図3 周波数のスペクトログラム

ポンジの形が変形し時間によって音程の違いをつけることができる。このなぞり中に力加減を微妙に変えることでモジュレーションを生む事ができる。演奏中の表現の幅を簡単に広げることが可能であり、演奏者ごとにこのアレンジのかけ方に個性が生まれ、演奏技術を追求する要素になる。

4.1 試演奏結果

試作機として図2に示すような段を作り、音程の変化が出るのかを確認した。A点からS1点・S1点からS2点・S2点からB点までの距離はそれぞれ50mm・25mm・50mmであり、S1点・S2点での段差はどちらも2mmである。力の入れ始めから、A点にてなぞりを開始し、B点に到達してから、インターフェースを離すまでの周波数変化の結果を図3に示す。

高さが変化するS1点とS2点でどちらも周波数に差が観察され、音階の違いを出せることを確認した。しかし今回の試作では周波数変化と凹凸による段差の大きさにおいて一定の差が見られなかった。これは、周波数変化が力加減に直接依存しているために、あらかじめ想定した周波数変化を生み出すには、指とインターフェースの接地面との高さをなぞり中に一定にする必要がある。つまり、演奏者は、段差に惑わされることなく一定の力でなぞり続ける必要があるため、指先での操作難易度が高くなったと考える。今後、段差の幅と力のかけ方が周波数変化にどう影響を及ぼすのかを精査する必要があるが、この関係が分かれば楽譜のように演奏の再現性がある演奏板を設計できると考える。

5. 終わりに

本稿ではスポンジ状のインタフェース(PICK)を使用したTrace Synthesizerの提案とその演奏方法について示した。専用の演奏板に段差をつけることによって音程に差をつけることに成功した。Trace SynthesizerはPICKの力のかけ方によって音程が変わるため指先の感覚で直感的に音程をとることが可能である。また、音源部分に直接触れていることからモジュレーションなどの演奏の幅が広がりやすい。本稿では、和音を含めた直感的な演奏まで至らなかったが、オシレーター回路を並べたり、重ねたりすることで和音を含めた直感的な演奏ができると考えている。

謝辞

本稿の提案の一部は関西大学総合情報学部の山西良典准教授に発想を頂いたものである。ここに示して謝意を記す。

参考文献

- [1] Glinsky, Albert. Theremin: Ether Music and Espionage. 2000, University of Illinois Press.
- [2] 中川新, 池田健吾, サマン・アズハリ, 佐々木巖, ニザール・ハミドン, 田中啓文. 角砂糖を基にしたCNT/PDMS触覚センサの研究. 2019, 日本表面真空学会九州支部学術講演会予稿集
- [3] 齋藤竜也, 青木雅典, 安藤潤人, 秋田純一, 野間春生. FPGAを用いたMEMS触覚センサのためのパルス密度変換器の開発. ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2022, No. 22-2, 2P2-H01.