

Music yarn : 導電糸組ひもを利用したタンジブル音楽システム

劉悦怡†1 串山久美子†1

概要 : 本研究は、身の回りの日常動作である、「結ぶ」、「挟まる」、「引っ張る」などロープに対する操作を検出に着目し、ひもに導電糸を編み込んだ独自の組ひもを使用した直感的に入力できるインタフェースを開発した。そのシステムを使用した応用例として人間が慣れた日常生活にある動作で操作できるタンジブル音楽システム「Music yarn」を提案した。

1. はじめに

チューブ、コード、ケーブルなど、我々の日常生活の中に、柔らかく、変形しやすいひもの状なものが溢れている。柔軟物操作は、実世界で物体を操作する上で必要性が高く、また対象領域が広いと言われる[1]。靴紐結ぶやダンボールを束ねるなど、ひもをあやつるのは日常にありふれる動作である。人間は目で確かめなく、「つねる」、「結ぶ」、「束ねる」などひもを操ることができる。さらにひもには、曲げられる「柔軟性」、伸縮できる「延長性」などほかの入力方法にないメリットがある。ひもを入力インタフェースとする可能性があると考えられる。

本研究は、身の回りの日常動作である、「結ぶ」、「挟まる」、「引っ張る」などロープに対する操作に着目し、ひもに導電糸を編み込んだ独自の組ひもを使用した直感的に入力できるインタフェース検出方法を開発した。またそのシステムを使用した応用例として人間が慣れた日常生活にある動作で操作できるタンジブル音楽システム「Music yarn」を提案する。

2. 先行研究

MIT Media Group が提出した Cord UIs はコードを入力インタフェースにすることで機器を操作する。圧力を利用し、止結びなどデジタルな入力を実現したが、機器を ON と OFF する機能しか実現していない[2]。帝人と関西大学の田實らのグループは、1本の紐で「伸び縮み」、「曲げ伸ばし」、「ねじり」といった動きのセンシングを可能にした組紐状のウェアラブルセンサー「圧電組紐」を開発した。圧電組紐を用いて、回転、ゆれ、脈動など動きの種類ごとに情報を検出するセンサーを実現した。ファッションやスポーツアパレル、インテリア、ヘルスケアなどの用途への可能性を示した[3]。清華大学の Yujun Liang は OpenMV でユーザーがテーブルに置いたロープの形状を検出し、検出した形状による音が流れる。普段見えない音をロープでビジュア

ル化し、ロープでの音の制御が容易なることがわかった[4]。「musicBottles」作品は、日常生活に身近なボトルを使用し、デジタル情報をコントロールするインタフェースである。テーブルのステージ領域にボトルを置き、コルクを取り外すと、対応する機器が鳴る。このインタフェースにより、ユーザーは異なるサウンドトラックを物理的に操作することにより、楽曲の経験を構造化することができる[5]。

3. 導電糸組ひもの抵抗識別実験

提案するシステムのインタフェース基本構造は可変抵抗器のスライドボリュームの原理を応用した。抵抗体の上を可動片がスライドし可動片のある位置により、抵抗が変化する。本研究での抵抗体は柔らかい導電性を持たせた繊維で紡がれた糸である導電糸を応用した。市販された導電糸は、細くて断線しやすく、長さによる抵抗値の変化が小さい特性があるため、編み機で導電糸とアクリル糸を編むことで、耐久性を向上させ、抵抗値の大きな変化が可能な図1のようなコンダクターニットロープを作成した。導電性糸は PDA 工房（抵抗値：14Ω/1 フィート）、アクリル糸は一般的な手芸屋で入手可能な物を採用し、長さ 50cm のコンダクターニットロープに編んだ。編み機はチューリップアイコードニッター AC-050 を使用した (図 1)。



図 1 コンダクターニットロープ

導電組ひもの抵抗値識別実験として、図 2 の回路図のようなコンダクターニットロープに電流を通し、クリップ

†1 首都大学東京

を2地点にメインロープにつけ、左から右までの電位差を検出した。

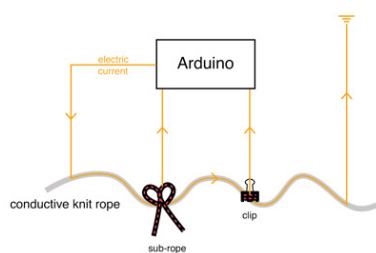


図2 電子回路図

図3のように、クリップがロープの位置1、位置2の2点の位置にクランプされているときの電圧は異なることが確認された。このことにより、アイテムをつける位置の抵抗識別の検出ができることがわかった。

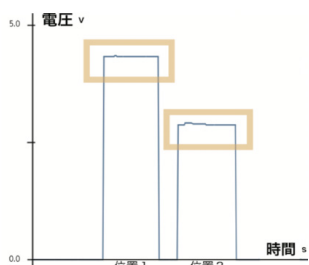


図3 アイテムつける位置の検出

また、図4のようにコンダクターニットを強く引っ張る時と自由に押す時の電圧変化が測定できた。そのことにより、ロープの張りを変化させて音楽を演奏すること演奏体験が可能であることがわかった。



図4 コンダクターニットを強く引っ張る時と自由に押す時の電圧値変化

4. 体験実装

4.1 システム概要

システムを図5に示す。4本のメインロープを用意した。密度が違う液体が流れているように、同じアイテムがそれぞれにつけたときに、音楽サンプルはそれぞれに対応する音高を鳴らす。送信された電圧データはProcessingで処理し、リズムのタイミングに計算し、読み込んだ音声サンプルの再生を制御する[8]。Processing1.0以降のバージョンで標準のサウンドライブラリ minim を使用した[6]。短いコードでオーディオのコントロールができ、ステレオ再生を対応している。1本目のロープは、つけたア

アイテム対応する音色がそのまま鳴らす。2本目以降のロープつけたアイテム対応する音を処理し、順番にキーが高くなる。コンダクターロープは伸縮性があり、伸縮の程度によってコンダクターロープの抵抗値が変わる。ロープを引っ張ったり自由に押したり、アイテムが検出した電圧値が変わることで音楽サンプルが鳴らすタイミングを制御できる。

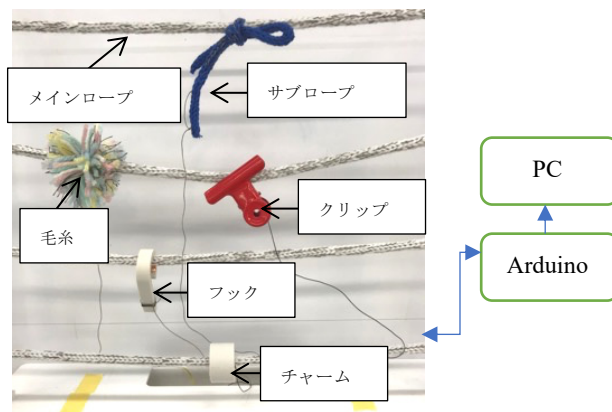


図5 システム構成

コンダクターロープに図6のような導電性のあるアイテムを制作した。身の回りから選んだフック、クリップ、サブロープ、毛糸、チャームを導電性を持たせるよう加工した。



図6 導電性のあるアイテム

アナログ入力ピンが多い Arduino Mega 2560 R3[7][6]を用いた。これにより、最大15個アイテムがつけることができる。4本につけたアイテムから電圧データはUSB接続されたPCに送信される。

4.2 体験方法

体験方法としては、まず図7のように、最初に何もつけていないメインロープがある。このときは空状態で、音が流れない。音をなにも含まれない純水をメタファーとする。

ロープをチューブに考え、音楽を水に考え、「音楽がロープに沿って流れる」を「水がチューブに沿って流れる」にメタファーできると考えたからである。

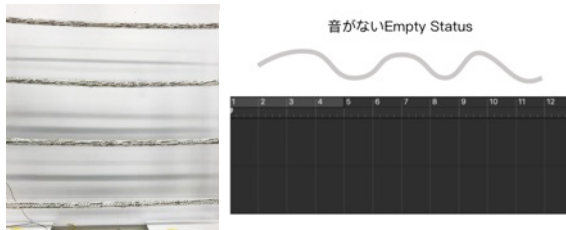


図 7 何もつけていないメインロープ

次に図 8 のように、作曲するユーザーが好きな位置に鳴らしたい音のアイテムをつける。アイテムは右に行くほど音が鳴らすタイミングが遅くなることができる設計となっている。基準のリズムは 110BPM の速さで演奏している。今回開発したアイテムは身の回りから選んだフック、クリップ、サブロープ、毛球、チャームと手袋である。1 本目のロープは、つけたアイテム対応する音色がそのまま鳴らす。短いサブロープが、一定の長さがあり、持続音系のシンセリードを表現することが可能である。毛糸を巻いて作った糸玉、挟ませるクリップが擬音語を使って言うなら「プリプリ」と鳴っていたり「ミヨンミヨン」と鳴っていたりシンセベースを表現できる。シンセパッドは複音で鳴らすタイプの音色である。繋がっている各種各様のチャームやフックは生活の情景を想像させるメタファーである。2 本目以降のロープつけたアイテム対応する音を処理し、順番にキーが高くなる。

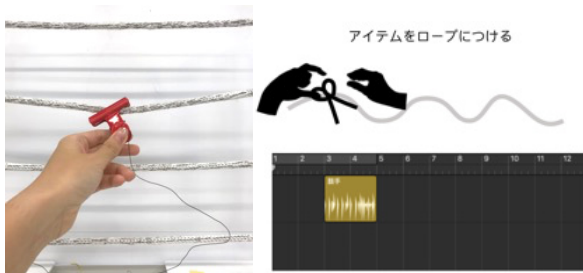


図 8 アイテムをつける

音楽を楽しむ方法は二つがある。一つはアイテムをつけたロープを鑑賞し、自然なデコレーションの視覚で作られた曲を鑑賞することである。視覚と聴覚と繋げ、自分も他の人も作られた音楽がさらに理解できる。図 9 のようにもう一つはロープの形を変更して音楽を演奏することである。ロープの形の変化により、音楽サンプルが鳴らすタイミングが変化する。



図 9 音楽を楽しむ



図 10 体験写真

5. 評価

5.1 評価方法

システムの有効性を検証するため、ユーザーエクスペリエンス評価実験を実施した。評価内容と回答方式として、実際にユーザーフローにしたがって体験させ、3つの問題に対してインタビューをした。インタビューの内容として、わかりやすさ、使いやすさ、面白さについて3つの問題を尋ねた。わかりやすさについて、「音の順番をよくわかった」を尋ねた。使いやすさについて、「触りこちはどうか」と「作りたい曲を作り上げたか」を尋ねた。面白さについて「作った音楽を楽しんでいたか」、「作曲していると気づいたか」と「こんな作曲方式は面白いと思ったか」を尋ねた。

5.2 評価結果

2018 年 12 月に、面接法によるユーザーエクスペリエンス評価を実施した。対象は音楽知識、経験のない初心者で、女性 4 名、男性 4 名であった。最初に簡単な操作方法を教えてあげるだけを伝えただけで、一本や 4 本のロープに一人 3 分で音楽演奏を体験させた。体験した後に感想をインタビューするとの方式で行った (図 10)。

わかりやすさについて、操作方式と音の表現両方ともポジティブな評価をもらった。多くの体験者がすぐ対応する音を見つけ出し、音楽を作ることができた。体験者から「どのアイテムがどんな音が出るのが最初にわからなかったけど、自分でやってみればすぐわかるようになった」と言った。また「LED で点灯したらもっとわかりやすくなる」との意見がもらった。

使いやすさについて、ロープが柔らかいため、子供まで安心して激しくアイテムを移動して演奏する様子も確認された。「自分の手で実際に体験できるので、ソフトより興味がある」など感想があり、ソフトに負けない使いやすさがあるのを確認された。

面白さについて、システム自体はわかりやすいため、最小限の機能だけを実装した。機能が少ないからの面白さが足りない恐れがあった。しかし、音楽知識がない体験者全員が 1 曲以上作りできた。現場で自分で作った曲にしたが

って踊ることもあった。「システムに内蔵された音だけでいろんな曲を作れる気がする」、「ロープをインタフェースとすることが新鮮する」、「満足した曲を作りできた！私もDJをやりたいようになってきた」など感想ができた。さらに「ロープにクリップをたくさんつけることだけでも面白い気がする」との感想ももらった。最小限の機能だけを実装するのが面白さを最大限に引き出す可能性があると思われる。他に「ロープ操作方式を増やして欲しい」「音を編集できればよかった」など足りなかった面白さを求める意見をいただいた。

6. 今後の課題

本システムが社会に応用する可能性を検討した。児童教育に応用すると、本システムが子供を普段の「ひも通し」を楽しみながら、色と形と一緒に音楽の刺激を受けられると思われ、子供の音楽勉強や音楽創作にも助かると考えられる。日本文化の視覚と触感だけで鑑賞できる「飾り結び」に応用すると、結びに対応する音が流れ、曲で鑑賞できるようになった。周りの人と交流しながら好きな曲を創作したり、他人が創作した音楽をアレンジしたり、音楽によるコミュニケーションを楽しむことができ、ソーシャルコミュニケーションを促進することができる「Music yarn」システムがネックレスやブレスレットなど、新しいウェアラブル楽器を可能にするため、新しい芸術方式やコミュニケーション方式が生まれることを期待したい。

また、安定したシステムの構造の検討やアイテムに圧力センサーなど他のセンサーをつけることで、さらに音楽サンプルを編集する機能を実装することも考えられる。今後、多くの分野に応用できる可能性を発見し、新しい体験を作り出す有用性の検証が必要である。

7. おわりに

本研究では専門的知識がなくても気軽に音作りや演奏を楽しめる電子楽器を制作することを目的とした。触れる物理世界と触れない情報世界を融合するのを目指した。音楽の特性を表現できるインタラクションを探し、人間が慣れた日常生活にあるロープに対する操作で制御する「Music yarn」とのタンジブル音楽システムを提案した。「結ぶ」、「挟まる」、「引っ張る」などロープに対する操作を検出できた。音を視覚的にわかるため、音の要素の観点から音楽サンプルを表示するメタファーアイテムを探した。しかし、素材音が自由に変更できない、ワイヤーに制限しているなどの課題がある。これで機能が規制されているため、その作品単体での音楽生成には制限がある。今後は制作した作品を用いて、音楽目的以外にも、さらに新しい体験を生み出せる可能性があると考えられる。

参考文献

- [1] 平井慎一. 柔軟物操作. 日本ロボット学会誌. 1998, vol. 16, no. 2, p. 136-139.
- [2] Schoessler, Philipp, et al. Cord UIs: controlling devices with augmented cables. Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction. ACM, 2015. p. 395-398.
- [3] 田實佳郎, 高橋綾子. "Future Vision: 私の未来学 圧電性 PLLA によるウェアラブルセンサーの開発: 組紐状の首飾りでストレスなく生体情報を収集: 関西大学システム理工学部電気電子情報工学科 田實佳郎教授." コンバーテック 45.7. 2017. p. 10-14.
- [4] "SoundShifter - Prototype for tangible interaction with sound". <https://vimeo.com/245517062>, (参照 2018-12-01).
- [5] Ishii H, Mazalek, Lee J. Bottles as a minimal interface to access digital information. CHI'01 extended abstracts on Human factors in computing systems. ACM, 2001. p. 187-188.
- [6] "Processing.org". <https://processing.org/>, (参照 2018-12-01).
- [7] "Minim | Compartmental". <http://code.compartmental.net/tools/minim/>, (参照 2018-12-01).
- [8] "Arduino". <https://www.arduino.cc/>, (参照 2018-12-01).