

# ユーザによる回転動作の記録と再生が可能な ノブ型音楽インターフェース

等力桂<sup>†1</sup> 登山元気<sup>†1</sup> 橋田朋子<sup>†1</sup>

**概要:** ノブ型音楽インターフェースは、可変抵抗器やロータリエンコーダなどの回転操作型の電子部品を用いることで、入力としてユーザの手による回転動作を記録可能である。一方、出力として回転動作を再生することはなかった。そこで本研究では、回転動作の記録と再生が共に可能なノブ型音楽インターフェースを提案する。具体的には、入力部に用いる可変抵抗器の回転角を DC モータによって制御することで可変抵抗器自体を出力部としても使用する回転角制御機構を用いることで実現した。本システムを用いることで、ユーザによる回転動作を音楽制作ソフトに MIDI データとして記録可能であり、さらに記録された MIDI データを回転動作の自動出力として再生可能である。また、モータの最適駆動電圧を求めるため、ノブが複数の水準に到達し収束するまでの時間を駆動電圧毎に計測する実験を行った。

## Knob-Type Musical Interface that Can Record and Playback User's Rotational Motion

KEI TORIKI<sup>†1</sup> GENKI TOYAMA<sup>†1</sup>  
TOMOKO HASHIDA<sup>†1</sup>

**Abstract:** A knob-type musical interface can record rotational motion by a user's hand as input by using rotational operation-type electronic parts such as a potentiometer or rotary encoder. On the other hand, it cannot playback rotational motion as output. In this paper, we propose a knob-type musical interface that can both record and playback rotational motion. This interface consists of a rotation angle control mechanism that uses the potentiometer itself as an output portion, not only as an input portion, by controlling the rotation angle of the potentiometer by DC motor. By using the proposed system, a user can record the rotational motion of the knob as MIDI data in music production software, and furthermore can playback MIDI data as the automatic output of rotational motion. In order to investigate the optimum drive voltage of the motor, experiments were conducted to measure the time until the knob reaches multiple levels and converges for each drive voltage.

### 1. はじめに

音楽インターフェースには、取得できる動作の種類に応じて、直動型やノブ型など異なる形状のものがある。直動型音楽インターフェースは、DC モータを内蔵するモータフェーダを組み込むことで、ユーザの直線的な操作を取得する入力として用いることも、直線上の任意の位置に自動で動く出力として用いることもできる[1]。一方、ノブ型音楽インターフェースは、可変抵抗器やロータリエンコーダなどの回転型の電子部品を組み込むことで入力としてユーザの回転動作を取得可能であるが、回転動作の自動出力は必ずしも実現されていない。そのため、過去に記録した状態を再現できないなど、操作性に問題がある。一部のノブ型音楽インターフェースでは、ノブの周囲を囲むように配置された複数の LED の光によって、記録されたノブの回転位置を視覚的にフィードバックすることで操作性の改善を試みている[2]。しかし、この手法で用いられる LED の個数は一般的に 16 個程度であり、128 段階の解像度を有する MIDI などの演奏データ規格の情報を表現するうえで十分

な解像度を有していない。

このような背景を受け本研究では、より操作性の高いノブ型音楽インターフェースの要件として、MIDI などの演奏データを扱う上で十分な解像度を有する回転動作の記録と再生が共に可能であることが重要であると考えた。そこで筆者らは、入力に用いる可変抵抗器の回転角をモータによって制御することで、可変抵抗器自体を出力としても使用できる回転角制御機構を考案し、この機構を用いた新たなノブ型音楽インターフェースを提案する (図 1 参照)。



図 1 提案システムの概形

Figure 1 Appearance of the system.

<sup>†1</sup> 早稲田大学  
Waseda University



## 4. モータの最適駆動電圧決定実験

### 4.1 概要

本実験では、ノブが左端に回転しきった状態から、回転角の各水準に到達し収束するまでの時間をモータの駆動電圧毎に計測することで、最適なモータの駆動電圧を決定する。回転角に関しては 128 段階の MIDI データを均等に分割することで 8 つの水準(15, 31, 47, 63, 79, 95, 111, 127)を用意する。駆動電圧に関しては 2.0[v]から 0.1[v]間隔で最大 2.4[v]まで 5 つの水準を設ける。各駆動電圧でモータを制御し、ノブの値が左端である 0 からこの 8 水準の回転角にそれぞれ到達し収束するまでの変位を 10[ms]単位で記録する。ノブが指定の回転角に到達し値が変動することなく 50[ms]経過した時点で値が収束したと判断し、ノブが左端から移動を開始した瞬間から指定の回転角に収束するまでの時間を移動時間として計測する。なお、本実験で調査する駆動電圧は、目視でノブが安定して動作すると確認できる範囲の電圧である。

### 4.2 結果と考察

モータの駆動電圧ごとの各回転角への移動時間の結果を図 3 に示す。また、回転角の 8 つの水準の結果をまとめ、駆動電圧毎に移動時間の平均を算出した結果を表 1 に示す。実験の結果、表 1 より、駆動電圧が 2.2[v]の際の平均移動時間が 441.3[ms]と最も短くなるため、この値を最適な駆

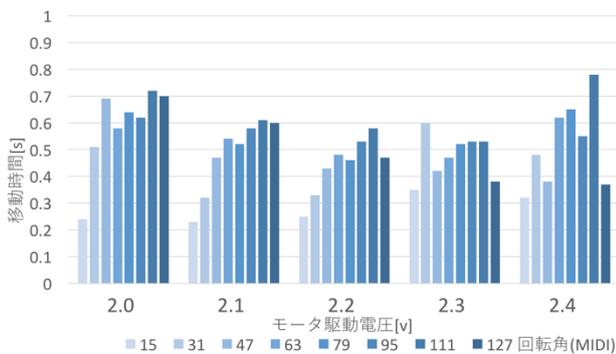


図 3 モータの駆動電圧と回転角毎のノブの移動時間  
Figure 3 Drive voltage of motor and movement time of knob for each angle of rotation.

表 1 モータの駆動電圧とノブの平均移動時間

knob.	
モータ駆動電圧[v]	平均移動時間[ms]
2.0	587.5
2.1	483.8
2.2	441.3
2.3	475.0
2.4	518.8

動電圧とする。駆動電圧が 2.2[v]より低くなると反比例して平均移動時間は長くなった。これは、駆動電圧が低くなるとモータの駆動速度が低下することが原因であると考えた。また、駆動電圧が 2.2[v]より高くなると比例して平均移動時間は長くなった。これは、図 3 より駆動電圧が 2.3[v], 2.4[v]の場合に水準毎の到達時間のばらつきが大きくなっていることから、モータの駆動速度の上昇により停止範囲を超えてしまう頻度が増加し、目標値に収束するまでに時間がかかるためと考えた。これらより、DC モータの回転方向と速度のみを制御する場合、より高い電圧で駆動させると、目標値に収束する時間が長くなると判明した。

## 5. アプリケーション

提案システムを用いて、以下の 2 種類のアプリケーションを実装した。

### 5.1 過去の回転動作に対する実世界上での動作の上書き

提案システムを用いることで、実世界上で過去に記録された回転動作に対する動作の上書きがリアルタイムで可能となる。これまで、過去の回転動作に対するリアルタイムでの動作の上書きはソフトウェア上のバーチャルなノブでのみ可能であったが、本システムによりこれを実世界のノブで行うことが可能となる。具体的には、ユーザは過去に記録された回転動作を目視で確認しながら、回転動作を上書きしたいタイミングでノブを操作することで、その時点から新たに回転動作の記録を開始することができる(図 4 参照)。本システムにおいては、回転動作の自動出力を行うノブを一定時間動かないよう掴んでおくことで再生モードから記録モードに切り替え、動作の上書きが可能となる。

### 5.2 ノブの物理的な連結による回転動作の伝搬

提案システムを複数並べ、輪ゴムなどを用いて隣り合うノブを物理的に連結することで、片方のノブによる回転動作の自動出力をもう片方のノブに伝搬させることが可能となる。これまでの音楽制作の場面では、あるパラメータ変化と連動して別のパラメータを変化させる場合、ソフトウェア内での設定によってのみ可能であったが、本システムを用いることでこれらを実世界のノブで行うことが可能となる。図 5(a)にこのような連結アプリケーション用の装置と内部構造を示す。今回は簡単な実装のため一つの共通す

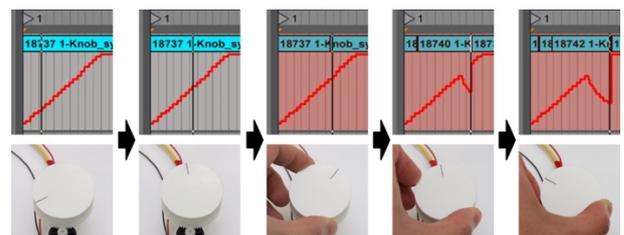
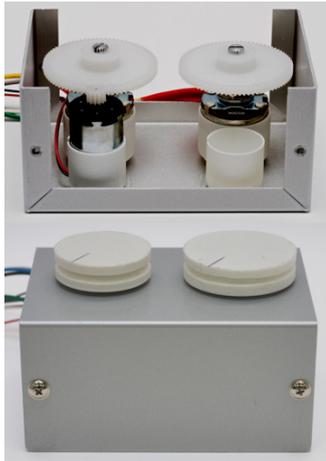
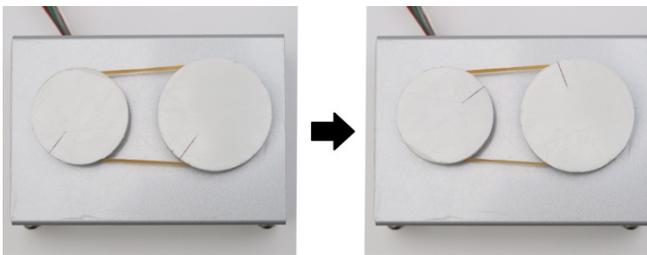


図 4 上書き実行時の MIDI データとノブの時間的变化  
Figure 4 Temporal change of MIDI data and knob when overwriting is executed.



(a) 装置の内部構造と概形



(b) 2つの異なる直径のノブを利用した回転動作の伝搬  
図 5 ノブの物理的な連結による回転動作の伝搬

Figure 5 Rotational motion propagation by coupling knob physically.

る外装内に二つのノブをいれてアプリケーションを実現しているが、一つ一つのノブは独立した機構である。また、回転動作の自動出力を行うノブを異なる直径のノブに変更すると、もう一方のノブの回転量を変化させることができる(図 5(b)参照)。このような、実世界の物理的な要素によってソフトウェア内のパラメータを制御することも可能となる。

## 6. まとめと今後の展望

本研究では、ユーザによる回転動作の記録と再生が共に可能なノブ型音楽インターフェースを提案した。このインターフェースは、可変抵抗器の回転角を取得することでユーザによる回転動作を記録し、モータにより可変抵抗器の回転角を制御することで回転動作の再生が可能である。実験を行い、モータの最適な駆動電圧を決定した。また実験結果から、駆動電圧を上げることで DC モータの駆動速度は上がるが、目標値に収束するまでに時間がかかることが判明した。アプリケーションとして、過去の回転動作に対する実世界上での動作の上書きとノブの物理的な連結による回転動作の伝搬を実装した。

今後の展望としては、角度指定が可能で目標値への収束動作を必要としないステッピングモータを制御用のモータ

として利用することが挙げられる。過去の回転動作に対する実世界上での動作の上書きアプリケーションにおいては、現段階では回転動作の入力から自動出力に戻るためにソフトウェア上の操作が必要である。これは圧力センサを可変抵抗器の下に用意することでユーザの接触検出を可能にし、回転動作の記録と再生の切り替えを接触判定によって行うことで解決することを検討している。また、ノブの物理的な連結による回転動作の伝搬アプリケーションにおいては、可変抵抗器の代わりにロータリエンコーダを利用することで、周回動作などの多様な回転動作の伝搬を行うことを検討している。新たなアプリケーションとして、ユーザがノブを回す動作に必要なとする力を大きくするなど、ソフトウェア内で規定した触覚情報を出力することを検討している。

## 参考文献

- [1] "FaderPort". <https://www.presonus.com/products/FaderPort/>, (参照 2017-12-21).
- [2] "B-CONTROL ROTARY BCR2000". <http://www.musictri.be/Categories/Behringer/Computer-Audio/Desktop-Controllers/BCR2000/p/P0245/>, (参照 2017-12-21).
- [3] Berdahl, E. and Kontogeorgakopoulos, A.. The FireFader: Simple, Open-Source, and Reconfigurable Haptic Force Feedback for Musicians. *Computer Music Journal*. 2013, Volume.37, Issue 1, p.23-34.
- [4] 金井隆晴, 菊川裕也, 鈴木龍彦, 馬場哲晃, 串山久美子. PocoPoco:実物体の動きを利用した楽器演奏インタフェース. *情報処理学会論文誌*. 2012, Vol.53, No.3, p.1050-1060.
- [5] "Jamming Gear". <http://kanno.so/jamming-gear/>, (参照 2017-12-11).