

創作ノート

機械学習によるパターン生成を用いた  
モジュラーシンセサイザ向けドラムシーケンサ  
Drum sequencer for modular synthesizer with  
machine learning-based pattern generation

公文 太一, 小坂 直敏, 高橋 時市郎  
Taichi KUMON, Naotoshi OSAKA, Tokiichiro TAKAHASHI  
東京電機大学  
Tokyo Denki University

概要

本研究では、モジュラーシンセサイザによるドラム演奏に用いられるステップシーケンサの拡張を目的としたデバイスの制作を行った。制作したデバイスはユーザがキックのパターンを入力するためのインターフェースを持つ。ドラムパターンを学習させた機械学習モデルを利用し、入力されたキックのパターンに基づいたスネア、ハイハットのパターンを生成する。ユーザによる入力と機械学習によるパターン生成によるインタラクションをステップシーケンサの演奏に導入する。

デバイスの実装には M5stackCore2 というマイクロコントローラを用いた。M5stackCore2 に機械学習モデルを組み込み、機械学習の推論に PC を要求しないスタンドアロンのデバイスを制作した。

1. はじめに

ユーロラックスタイルのモジュラーシンセサイザの流行に伴い、Korg SQ-1, Arturia BeatSetp シリーズなど、ハードウェアシーケンサが再評価され新製品も登場している。これらはステップシーケンサと呼ばれるタイプのシーケンサであり、単位時間のステップに対して Gate の On/Off や CV 信号の値を設定するものである。

モジュラーシンセサイザによるドラムの演奏では、複数のシーケンサを同時にコントロールする必要があるが、複数のステップシーケンサを同時に扱うのは難しい。そこでアルゴリズムによるシーケンス生成を導入することも多い。代表的なものとして、ユークリッドシーケンスと呼ばれる、整数の剰余を用いてパターンを生成するアルゴリズムがある。他のアルゴリズムを用いてシーケンスを生成するデバイスの開発も行われており、例えば Mutable Instruments のドラムシーケ

ンサ Grids はマッピングされたドラムパターンをノブ、または CV 信号で探索しドラムパターンを生成するモジュールである。

近年では生成モデルといわれる機械学習モデルを利用した、音楽作品やメディアアートも多数登場している。生成モデルは近年のコンピュータ音楽制作や研究の大きなテーマになっており、機械学習と人間によるインタラクションを含む作品も研究、制作されている。モジュラーシンセサイザは即興性や偶発性が特徴的な楽器である (イ 2021)。このことから機械学習を用いたインタラクティブな音楽を実装するプラットフォームとして利用できると考える。一方で、機械学習を搭載したモジュラーシンセサイザが実装された例は少ない。この理由としてマイクロコントローラの性能不足が考えられる。

今回利用しているマイクロコントローラ M5stackCore2 の中心部である ESP32 をはじめ安価ながらも、高性能なマイクロコントローラが登場している。これらの発展により近年では「エッジ AI」というワードが注目を集めている。これは、機械学習などをデバイスに直接搭載する技術のことで、リアルタイム応答が求められるサービスに応用が期待されている技術である。これらを利用することでモジュラーシンセサイザの演奏に機械学習を導入できると考える。本研究では、シーケンサによる演奏の拡張を目的とし、マイクロコントローラにより実行される機械学習の推論を生成アルゴリズムとしたドラムシーケンサを制作した。

2. 関連研究, 関連作品

機械学習によるドラム生成とのインタラクションを行う作品として野原らは, GrooVAE と midi ドラムを用

いた『Algo-Rhythm—人とAIによるドラム・セッション』を制作した(野原 2020).

機械学習を利用したモジュラーシンセサイザとして、Esling らによる『NEURORACK』が挙げられる(Esling 2022). 128 コアの GPU を搭載したシングルボードコンピュータである Jetson Nano をベースに開発された本器は機械学習により打撃音を合成するモジュラーシンセサイザである.

Warren らは機械学習を使ったモジュラーシンセサイザ用ドラムパターンの生成システムを作成した. タッチパッドに図形を描きそれを変分オートエンコーダの潜在空間に入力することで生成を行うもので, より抽象的な情報からドラムパターンの生成を行っている(warren 2022).

Püst らはシーケンサを用いた演奏におけるインタラクションを分類体系化し観客と奏者のパフォーマンス認識に与える影響の調査を行った(Püst 2022).

### 3. デバイスのコンセプト

本デバイスは人間と機械学習によるインタラクションの検討の一環として制作をした, 人間が入力したパターンに対して機械学習が対応するパターンを生成する, そこから人間がパターンを組み替えていくというインタラクションが行われる. また, ステップシーケンサによる即興のパターン組み換えや, 変則的なパターンを入力に対しても機械学習は対応するパターン出力する. これによってステップシーケンサの操作性と生成による偶然性の導入という演奏の拡張を目指した. また, エッジ AI を機械学習や半導体など技術の複合的な発展例と位置づけ, 機械学習を用いたデバイスや制作の可能性の提示を目指した.

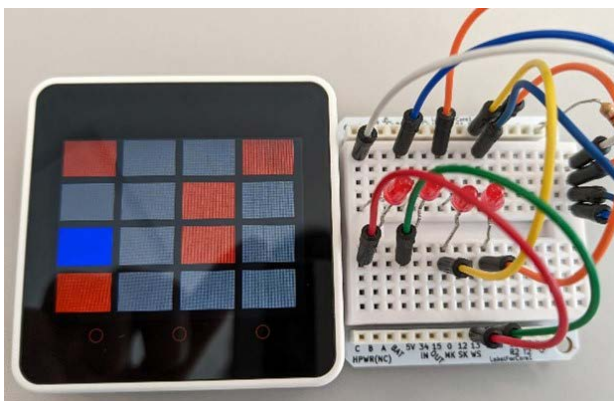


図 1: ステップシーケンサの試作, テストの様子

### 4. デバイスの機能

制作したシーケンサは 1 小節, 16 のステップを持ち, ステップは左上から右下に順に走査される. 現在のステップ位置のボタンが青く表示される. ディスプレイに表示されたボタンをタッチ操作することによりステップの On, Off を切り替えることができる. ステップが On の時は赤, Off の時はグレーの表示となる.

タッチパネル上のステップシーケンサにはキックのパターンが入力される想定となっている. 現在のキックパターンに基づいて機械学習を用いてスネア, ハイハットのパターン生成する. また, マスタークロックとしての機能を持ち M5stackCore2 のボタンを用いて 30-220 の範囲で BPM を変更することができる.

デバイスは, キック, スネア, ハイハットのトリガとステップ毎に出力されるクロック出力の 4 系統の出力を持つ. 各出力はシーケンスに従いトリガ信号として 5V の電圧を 10ms 出力する.

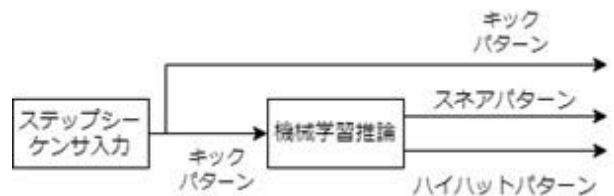


図 2: シーケンサの入力と出力の関係

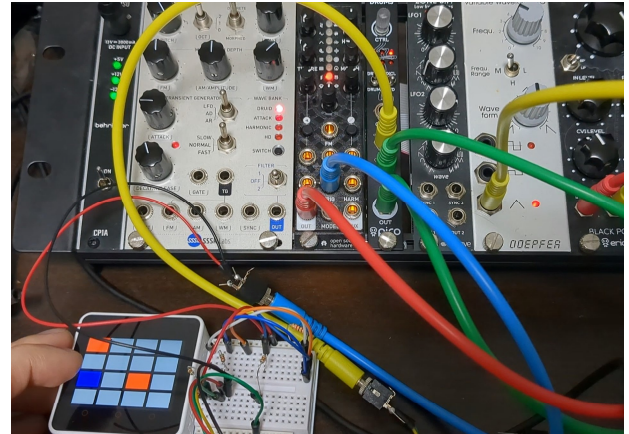


図 3: モジュラーシンセサイザと接続した様子

### 5. 機械学習モデル

一つのフレーズをまとめて出力する場合フィードフォワードネットワークやオートエンコーダが用いられることが多い(徳井 2017). . 今回は, マイクロコントローラでも実行が可能な小規模なフィードフォワードネットワークを用いた. 作成した機械学習モデルは,

入力されたキックのパターンに基づいて、スネア、ハイハットの生成を1小節ごとに行っている。このモデルは以前の小節の情報など時系列データを考慮できない。限られた計算リソースで表現力のある生成を行うモデルの検討は課題である。

### 5.1. モデルのアーキテクチャ

設計したネットワークを TensorFlowKeras を用いて Google Colaboratory 上で実装, 学習を行った。図にモデルのアーキテクチャを示す。隠れ層は32のユニットを持ち活性化関数として Relu を用いた, 出力層は32のユニットを持ち活性化関数として Sigmoid を用いている。

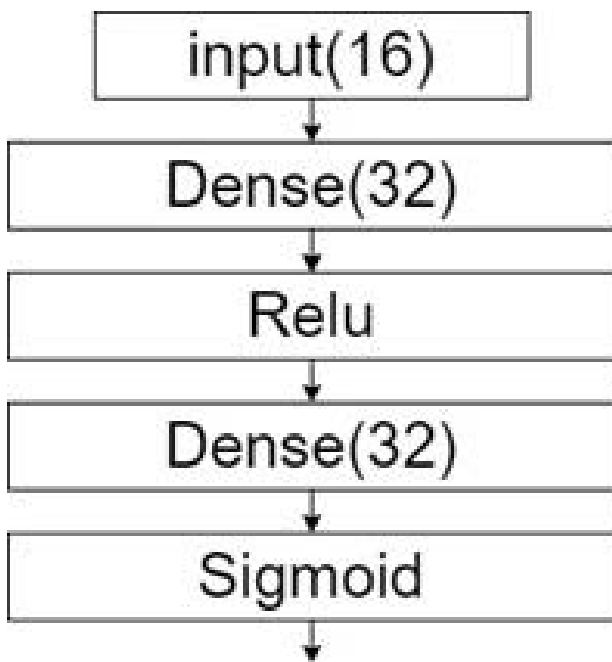


図 4: ニューラルネットワークの構成

### 5.2. データセット

データセットとして, 50 個のドラムパターンの midi データを用いた。midi データは市販されているループや, 自ら DAW で打ち込んだものを使用した。midi データを1小節ごとに分割しキック, スネア, ハイハットの三点の情報を抽出する。その後各楽器がたたかれた場合を1, それ以外を0とした形式に変換している(図4)。

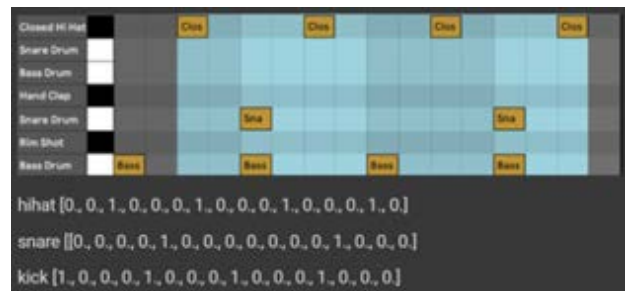


図 5: midi データと学習用に変換したデータ

### 5.3. モデルの学習

用意したデータセットのキックのパターンを入力, スネアとハイハットのパターンを正解ラベルとして学習を行った。

学習のハイパーパラメータはオプティマイザを Adam, 学習率を 0.001, バッチサイズを 16, 損失関数をバイナリクロスエントロピー, エポック数を 3000 として学習を行った。図5は作成したモデルによる生成結果の一例である。

```

    input[1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1]
    snare[0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0]
    hihat[0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1]
  
```

図 6: 学習させたモデルによる生成結果の例

### 5.4. デバイスへの実装

デバイスで機械学習の推論を行うため, TensorFlowLiteMicro というマイクロコントローラ用機械学習ライブラリを用いる。この際 C バイト配列形式でモデルを要求されるためあらかじめ変換を行っておく。

## 6. ハードウェア設計

マイクロコントローラとして M5stackCore2 を用いた。これは ESP32 をベースにタッチディスプレイや SD カードスロット, バッテリなどを内蔵したデバイスである。M5stackCore2 は汎用の GPIO を持つためこれを利用してトリガ信号の出力を行っている。設計した回路図は図5の通りである。各出力は接続先のモジュラーシンセサイザを保護するために, ショットキーバリアダイオードの BAT43 を利用したクランプ回路を持つ。デバイスはそれぞれトリガ信号を 3.5mm モノラルジャックから出力する。

またこれらの回路を実装し、M5stackCore2 と接続するための基板を設計した(図 8).

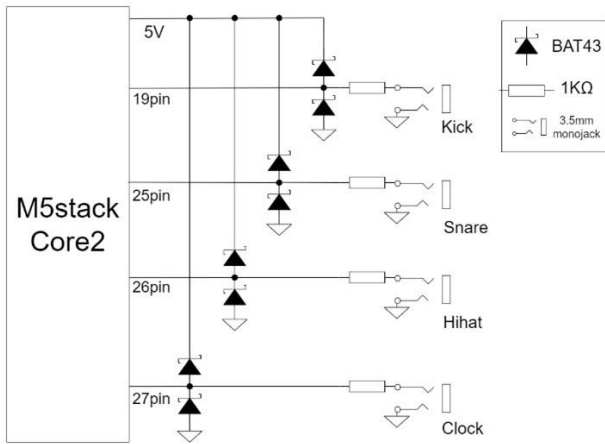


図 7: デバイスの回路図

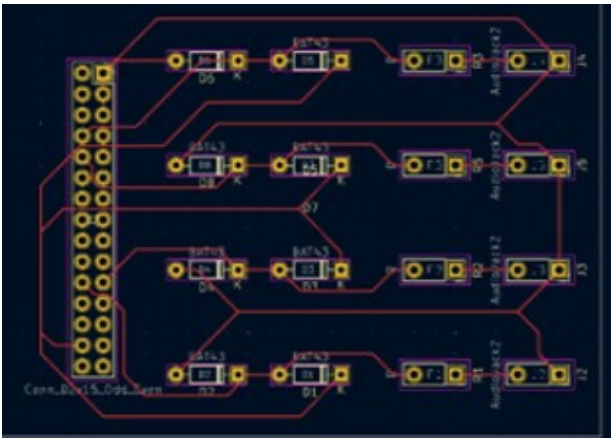


図 8: 設計した基板

### 7. 今後の検討課題

今回用いた機械学習モデルは、生成に特化したものではない。このモデルの問題点として生成が決定的であるという点が挙げられる。生成に向けたモデルによる実装は今後の課題となる。またステップの分解能の向上や楽器の種類追加によって豊かな表現ができると考える。

### 8. まとめ

ステップシーケンサの拡張を目的として、パターンの生成に機械学習を用いたドラムシーケンサの開発を行った。TensorFlow と Keras を用いて小規模なフィードフォワードニューラルネットワークを作成し、ドラ

ムパターンの学習を行った。学習済みモデルを TensorFlowLiteMicro を用いてマイクロコントローラに搭載した。これにより人間がステップシーケンサに入力したキックのパターンに基づき、デバイス上でリアルタイムにスネア、ハイハットのパターン生成を生成することが可能となった。デバイスは生成したパターンとクロックのトリガ信号を出力する。より実用的なパターン生成のための機械学習の検討やステップシーケンサとしての機能向上が課題となる。

### 9. 謝辞

本研究の構想は、東京電機大学・未来科学研究科、岩井将行教授の授業である「IoT 特論」の中で生まれました。東京電機大学・システムデザイン工学部、斎藤博人教授から、モジュラーシンセサイザを貸与していただきました。研究を支援してくださった各位に改めて感謝申し上げます。

### 10. 参考文献

- Korg 『SQ-1』 2023 年 5 月 29 日閲覧。(https://www.korg.com/jp/products/dj/sq\_1/)
- Arturia 『BeatStep』 2023 年 5 月 29 日閲覧。(https://arturia.jp/products/item/beatstep/)
- Mutable Instruments 『Grids』 2023 年 5 月 29 日閲覧。(https://pichenettes.github.io/mutable-instruments-documentation/modules/grids/)
- イ スンギュ, 城 一裕.2021.「日本の電子音楽の現状調査—モジュラーシンセサイザーを対象として」, 『先端芸術音楽創作学会会報』 Vol.13No.1pp.20-29
- IRCAM – ACIDS 『Neurorack』 2023 年 5 月 29 日閲覧 (http://acids.ircam.fr/neurorack/)
- Nick Warren ,Anil Çamcı.Latent.2022.“ Latent Drummer: A New Abstraction for Modular Sequencers” 2023 年 5 月 29 日閲覧 (https://nime.pubpub.org/pub/latent-drummer/release/1)
- Stefan Püst,Lena Gieseke,Angela Brennecke.2021.“Interaction Taxonomy for Sequencer-Based Music Performances” 2023 年 5 月 29 日閲覧。(https://nime.pubpub.org/pub/gq2ukghi/release/1?readingCollection=bd12ca41)
- 徳井直生.『Deep Learning を用いた音楽生成手法のまとめ [サーベイ]』 .2023 年 5 月

