

# M5StackFire における演奏練習における ハモリ生成システムの提案

村上真奈美\*1, 大井翔\*1

Manami Murakami\*1, Sho Ooi\*2

1 大阪工業大学

Osaka Institute of Technology

Email: manami.murakami@mix-lab.net, sho.ooi@outlook.jp

**あらまし：**近年、演奏入力を解析して音楽表現を拡張する音楽情報処理技術が、演奏支援や音楽教育の分野で注目されている。しかし、多くの音楽生成システムは高性能な PC やクラウド環境を前提としており、教育現場での手軽な導入は難しい。そこで本研究では、単音演奏を音程と持続時間に抽象化し、組み込みデバイス M5Stack Fire 上で動作する低負荷なハモリ生成システムを提案する。

**キーワード：**音楽情報処理、ハモリ生成、演奏練習支援、音楽教育

## 1. はじめに

音楽教育において、演奏練習や和声（ハモリ）の理解は、表現力や聴音能力を高める上で重要である。しかし、和声は複数の音の関係を同時に把握する必要があり、一人での練習が難しいという課題点がある。特に、学校教育の現場では、合唱や合奏など集団活動に依存する場面が多く、個別にハモリを体験する機会が限られている。一方で、ICT を活用した音楽学習の研究では、デジタル機器を用いた個別学習が学習効果の向上に寄与することが示されている [1]。

音楽分野に ICT を活用例として、楽譜作成ソフトやタブレット端末を活用した和声学習の実践では、学習者が和音構成を意識しながら演奏や制作に取り組める点が有効であると示されている [2,3]。これらの研究は、和声を「聴いて体験する」学習環境の重要性を示しているが、専用機材の準備や操作の複雑さが導入の障壁となる場合もある。

そこで本研究では、小型かつ安価な組み込みデバイスである M5Stack Fire を用い、スマートフォンと連携した演奏練習向けハモリ生成システムを提案する。本システムは、演奏操作を起点としてハモリを提示し、学習者が直感的に和声を体験できる点が特徴的である。本稿では、システムの設計および実装について述べ、音楽教育における活用可能性について検討する。

## 2. システムの設計

### 2.1. システムの概要

本システムは、M5Stack Fire とスマートフォンを用いた演奏練習支援システムである。以下に、システムの構成を図 1 を示す。M5Stack Fire を Wi-Fi アクセスポイントとして動作させ、学習者はスマートフォンの Web ブラウザを通じて本システムに接続する構成とした。これにより、専用アプリのインストールを必要とせず、容易に利用可能な学習環境を実現している。M5Stack Fire は、演奏練習の操作入力および状態管理を担当し、スマートフォン側では音の再生や視覚的なフィードバックを提示する。両者は HTTP 通信を用いて連携し、演奏練習の

流れに応じた情報のやり取りを行う。上記の構成により、小型で持ち運び可能なデバイスを用いながら、直感的な操作による演奏練習支援を可能とした。

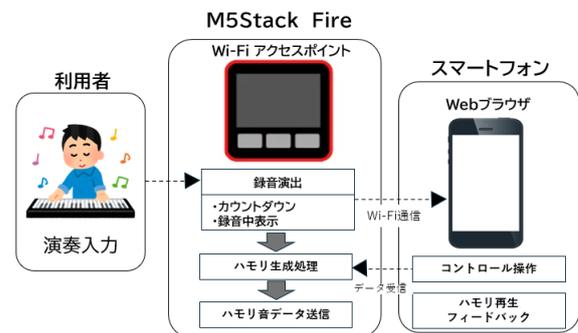


図 1: システム構成図

### 2.2. 演奏練習の流れ

本システムにおける演奏練習は、学習者の操作に基づく一連の流れとして設計した。まず、M5Stack Fire のボタン操作をきっかけとして録音を開始する。録音開始前にはカウントダウン表示を行い、学習者が演奏準備を行うための時間を確保する。

カウントダウン終了後、システムは演奏音の録音を開始し、録音中であることを示す表示を提示する。学習者はこの間に演奏を行い、任意のタイミングで再度ボタン操作を行うことで録音を終了する。録音終了後、記録された演奏データはスマートフォン側へ送信され、後続の処理に用いられる。

このような設計により、学習者は実際の演奏音を記録しながら練習を行うことができ、演奏行為と録音操作を結びつけた学習体験を得られるようにした。

さらに、録音終了後にはスマートフォン上の Web インタフェースを用いて、録音した演奏音および生成されたハモリ

音の再生を行う。図??に、演奏練習時のスマートフォン操作画面を示す。Play ボタンを押すことで音の再生が開始され、Stop ボタンを押すことで再生中の音を任意のタイミングで停止することができる。



図 2: 録音後のスマートフォン画面

### 2.3. ハモリ生成の設計方針

本システムでは、録音された演奏音を基にハモリを生成することを想定して設計を行う。ハモリ生成においては、高度な和声解析や複雑な音楽理論を用いず、基本旋律に対して一定の音程関係に基づく音を生成する方針を採用した。これにより、学習者は主旋律とハモリの関係を聴覚的に把握しやすくなる。

## 3. システムの実装

### 3.1. 実装環境

本システムの実装には、M5Stack Fire を用いた。M5Stack Fire は ESP32 を搭載した小型デバイスであり、Wi-Fi 通信機能、物理ボタン、ディスプレイを備えている。開発環境には Arduino フレームワークを利用し PlatformIO を用いてプログラムの作成および書き込みを行った。

スマートフォン側では、特定のアプリケーションを必要とせず、Web ブラウザ上で動作するシステムの構築を試みた。これにより OS に依存しない利用が可能となる。

### 3.2. 通信機能の実装

M5Stack Fire は Wi-Fi アクセスポイントとして動作し、スマートフォンが直接接続できる構成とした。通信には HTTP を用いて M5Stack Fire 上で Web サーバを起動することで、スマートフォンからのアクセスを受け付ける。

スマートフォンが指定の URL にアクセスすると、演奏練習用の Web ページが表示される。この Web ページ上には、録音開始および録音終了を操作するためのボタンが配置されてお

り、学習者は直感的に操作を行うことができる。M5Stack Fire とスマートフォン間では、録音開始や終了といった状態情報が送受信され、演奏練習の進行を制御する。

### 3.3. 録音機能の実装

録音機能は、スマートフォン側の「eb Audio API」を用いて実装した。録音開始ボタンが押されると、まずカウントダウン表示が行われ、その後マイク入力の取得を開始する。録音中であることは画面上に明示的に表示され、学習者が現在の状態を把握できるようにした。

学習者が録音終了操作を行うと、マイク入力の取得が停止され、演奏音がデータとして保持される。取得された音データは、後続の再生およびハモリ生成処理に利用される。このように、実際の演奏音を記録することで、演奏内容に基づいたフィードバックが可能となる。

### 3.4. ハモリ再生機能の実装

録音された演奏音に対して、あらかじめ設定した音程関係に基づくハモリ音を生成し、再生する機能を実装した。本実装では、主旋律の音に対して一定音程上の音を重ねることで、簡易的なハモリを生成している。

生成されたハモリ音は、録音した演奏音と同時に再生される。これにより、学習者は自身の演奏とハモリとの関係を聴覚的に確認することができ、和声の響きを体験的に理解することが可能となる。

## 4. おわりに

本研究では、M5Stack Fire とスマートフォンを用いた演奏練習支援システムを提案し、その設計および実装を行った。提案システムは、専用アプリを必要とせず、Web ブラウザ上で利用可能な構成としたことで、教育現場への導入のしやすさにも配慮した。今後の課題としては、本システムを学生などで実験をして効果を検証していきたい。

## 参考文献

- [1] 福多朝子, 長井映雄, 阪東哲也”小学校における ICT 活用による個別学習の効果”, 教育情報研究, Vol.40, No.2, pp.15–22, 2025.
- [2] 角田葵, ”ICT を活用したメロディー創作と和声学習の授業実践研究 — MuseScore 利用例 —”, Journal of Informatics for Arts, Shobi University, No.33, pp.1–16, 2021.
- [3] 橋詰知明, 水落義章, ”小学校音楽科におけるタブレット型端末を活用した和声学習に関する事例的研究”, JSSE Research Report, Vol.28, No.3, pp.1–4, 2018.