

# 教育者の動作を基にした EMS フィードバックによるドラム学習支援

式田 陽 周 鑠 奥田 晶浩 山田 凌大 西来 豊人 瀬川 典久\*

**概要.** ドラム演奏の習得には、正確なタイミングと動作の反復練習が重要である。本研究では、加速度センサーと筋電刺激 (EMS) を用いた新しいドラム学習システムを提案する。教育者は加速度センサーを装着したドラムスティックを使用し、両手と足のそれぞれの叩くタイミングのデータを収集する。足のタイミングは圧力センサーをドラムのタムに装着し取得する。学習者は両手と足に EMS 装置を装着し、教育者の演奏データに基づいてリアルタイムで身体的フィードバックを受ける。このシステムにより、学習者は教育者の演奏タイミングと動作を直感的に理解し、効率的にドラムスキルを向上させることが期待される。本研究は、システムの設計と開発に焦点を当てており、今後の評価と改良に向けた基盤を提供する。

## 1 はじめに

演奏においてドラムの演奏者は音楽の中で多機能的に働くことは重要である [3]。しかしドラムの練習は非常に難しいとされている。その理由の一つとして、手足の協調性を高める必要があり、これが高度なリズムパターンの演奏に不可欠であるといった点が挙げられる [4]。これを習得するには、多くの時間と努力が必要であり、初心者にとって大きな障壁となっている。また大学のパーカッション教育においては、ドラムセットの教育が他のパーカッション楽器に比べて優先順位が低いことも指摘されており、他と比べ練習環境も整っていない [9]。現在のドラムの練習方法としては、熟練者の教えを受ける、教育動画や演奏者の音楽を見て覚える、楽譜を見て覚えるなどが挙げられる。いずれの方法にせよ、視聴覚で得た情報を基に実際に反復練習をして体に覚えさせる必要がある。これらの方法では視聴覚の情報をもとに一度演奏をし、音を確認しないと実際に動かした体の動きが正確か判断することができない。

そこで本研究は、EMS (Electrical Muscle Stimulation) を用いた熟練者の動きを身体的フィードバックで体感できる新しいドラムの学習システムを提案する (図 1)。熟練者がドラムを叩打した部位、タイミングを電気刺激を用いて EMS デバイスを装着した学習者が体感できるシステムである。従来の学習方法の、視聴覚で得た情報をもとに実際にドラムを演奏してみた音を聞いて反復的に練習をするのとは異なり、視聴覚の情報と共に身体的フィードバックを得ることで直感的な体の動きの情報を得ることが可能になる。特に電気刺激は他のフィードバック手法に比べて、より正確で即時的なフィードバックを提供することができる [11]。これにより、学習者

はリアルタイムで正確な動きを体感することができる。また、電気刺激は筋肉を直接刺激するため、視覚や聴覚に頼らずに身体の動きを学習することができ、より直感的に動きを習得することが可能である [7]。さらに、電気刺激デバイスは比較的低コストであり、効率的に学習をサポートすることができる [8]。この学習システムを使用し熟練者の動き体感することで、正確なドラムスキルを早期的に習得できることが期待される。

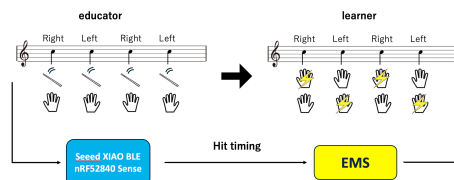


図 1. EMS を用いたドラムの学習方法

## 2 関連研究

### 2.1 筋肉電気刺激

EMS とは、外部から電気刺激を与えて筋肉を収縮させることで、その筋肉がある部位を動かす技術である。P.Hunter Peckham らは、電気で筋肉を直接刺激することで、視覚や聴覚に頼らずに運動学習を促進する効果を示した [7]。視覚や聴覚に依存した学習方法に比べて、より直感的に身体の動きを習得することが可能となったことは、ドラムの学習に電気刺激デバイスが媒体として応用できる可能性を示した。

### 2.2 音楽学習と電氣的筋肉刺激

EMS を用いて音楽学習を行う研究はいくつか存在する。Ayaka Ebisu 氏らは、EMS を使用してユーザーの筋肉を刺激し、複数の打楽器で正しいリズムを再現することで、初心者が正確なリズムを体感できる研究を行った [5]。楽譜を作成し音符に対応した

叩打タイミングで電気刺激を送ることで正しいタイミングを再現した。結果としてEMSを使用することで初心者が正確なリズムを体感し、楽器を演奏する際に正しい動きを再現できることが示された。本研究では、学習者の両手、足にEMSデバイスを装着し熟練者の手足の動きに対応した叩打タイミングを用いてトレーニングを行う。また楽譜ではなく熟練者の動きからフィードバックを受け取ることで、視覚から実際の体の動きを得ることができる。

### 3 システム構成

本研究で構築したシステムは、教育者のスティックに加速度センサー、バスドラムに圧力センサーを装着し教育者の叩打タイミングを取得し、そのデータから学習者の手足に装着したEMSデバイスに電気を送るシステムだ。

#### 3.1 EMSの配置

EMSデバイスは、スイッチコントロール(ESP32[6]とSONGLE[10])(図2(a))、電源(iStim EV-804[2]、最大電圧9V)(図2(b))、電極(図2(c)(d))で構成されている。学習者はEMSデバイスを装着することで、熟練者の動きに応じて対応した部位に電気刺激を受ける。デバイスは、Arduinoで書いたプログラムで動作し、スイッチがオンになると、30msのパルスで電気刺激を行う。電極は、学習者の腕や足の対応する筋肉に貼り付け、体を動かす。

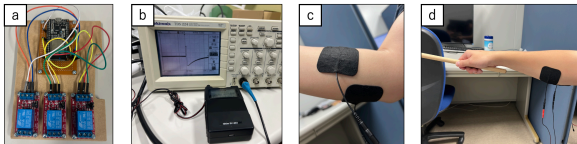


図 2. EMS デバイスとその配置

#### 3.2 叩打タイミングの取得

叩打タイミングの取得には、教育者のドラムスティックに装着した加速度センサー(Seeed Studio XIAO nRF52840 Sense)(図3(a))と圧力センサー(FSR-402[1])(図3(b))を使用する。両手のタイミングはスティックに装着した加速度センサー(図3(c))の3軸(X, Y, Z)で取得するデータを基に、スティックの動きを、加速度ベクトルに変換して急激に変化する加速度を記録する。開発環境はArduino IDEを用いる。取得した加速度データはArduinoを介してシリアル通信でPythonプログラムに送信する。Pythonプログラムでは、受信したデータを解析し、設定した閾値を超える加速度が検出された場合に叩打が行われたと判断する。この際、フラグを使用して一回の叩打で一度だけ電気を流すように制御する。具体的には、閾値を超えたときにフラグを立て、閾値を下回ったときにフラグのリセットを

行うことで次に閾値を下回るまで再度電気を流さないようにしている。足はバスドラムにつけた圧力センサーから叩打判断を行う。

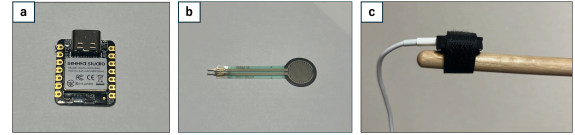


図 3. 叩打データを取得するデバイス

### 4 予備実験

システムの基本的な動作確認を行うための予備実験として、熟練者のデータとEMSデバイスが連携できているか、ドラムスティックを振ったタイミングで学習者の部位に電気刺激が正しく流れるかを確認した。その結果ドラムスティックを振ったタイミングで、信号の取得ができ、シリアルに叩打したことが表示され(図4)、叩打した部位に対応したEMSデバイスに電気が流れた。

```
Acceleration Data from ser1: a=32.02
Raw data from ser2: 24.92
Acceleration Data from ser2: b=24.52
Raw data from ser1: 34.13
Acceleration Data from ser1: a=34.13
Raw data from ser2: 35.71
Acceleration Data from ser2: b=35.71
Raw data from ser1: 46.92
Acceleration Data from ser1: a=46.92
Drum hit detected from ser1, sent '1' to EMS
Right hand hit
Raw data from ser2: 45.87
Acceleration Data from ser2: b=45.87
Drum hit detected from ser2, sent '2' to EMS
Left hand hit
Raw data from ser1: 47.91
Acceleration Data from ser1: a=47.91
Raw data from ser2: 47.92
Raw data from ser1: 47.91
Acceleration Data from ser2: b=47.92
Acceleration Data from ser1: a=47.91
```

図 4. 予備実験の結果. 青は加速度センサーのデータ, 赤は閾値による叩打判定

### 5 まとめ

本研究ではEMSを用いた新しいドラムの学習システムの提案をした。取得した叩打タイミングとEMSデバイスの連帯を行う一連の予備実験の結果、センサーからのデータ取得とEMSデバイスへのフィードバックは正確に行われ、学習者は教育者の叩打タイミングを正確に体感することができました。

今後の課題として、現在予備実験では両手とEMSデバイスの連帯しか行っていないので、足のデータとEMSデバイスとの連帯をする。またシステムの有効性を確かめるためのさらなる評価実験を行っていないので、学習者のドラムスキルの向上に対する効果を検証することが必要だ。その他、学習者のフィードバックの精度向上やよりリアルなフィードバックを得られる電極の位置も今後の課題として挙げられる。これらの課題に取り組むことで、より効果的なドラム学習支援システムの実現を目指す。

### 謝辞

本研究はJSPS科研費20K11780の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] FSR-402. <https://akizukidenshi.com/catalog/g/g104002/>.
- [2] iSttin EV-804. <https://amzn.asia/d/gO8yO97>.
- [3] H. M. Berger. The practice of perception: Multi-functionality and time in the musical experiences of a heavy metal drummer. *Ethnomusicology*, 41(3):464–488, 1997.
- [4] B. Buck, S. Beveridge, G. B. Madden, and H.-C. Jabusch. Expertise-and tempo-related performance differences in unimanual drumming. *Motor Control*, 25(4):644–679, 2021.
- [5] A. Ebisu, S. Hashizume, K. Suzuki, A. Ishii, M. Sakashita, and Y. Ochiai. Stimulated percussions: method to control human for learning music by using electrical muscle stimulation. In *Proceedings of the 8th Augmented Human International Conference*, pp. 1–5, 2017.
- [6] ESPRESSIF. ESP32, 2022.
- [7] P. H. Peckham and J. S. Knutson. Functional electrical stimulation for neuromuscular applications. *Annu. Rev. Biomed. Eng.*, 7(1):327–360, 2005.
- [8] L. Renfrew, L. Paul, A. McFadyen, D. Rafferty, O. Moseley, A. C. Lord, R. Bowers, and P. Mattison. The clinical-and cost-effectiveness of functional electrical stimulation and ankle-foot orthoses for foot drop in multiple sclerosis: a multicentre randomized trial. *Clinical rehabilitation*, 33(7):1150–1162, 2019.
- [9] G. D. Smith and V. W. Davis. A critical examination of percussion and drums in the collegiate curriculum. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, (231):25–40, 2022.
- [10] SONGLE. PETTOYA554, 2022.
- [11] 小川剛史, 中張遼太郎, 新島有信. 電氣的筋肉刺激が重量知覚に及ぼす影響の分析. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 22(1):3–10, 2017.