

# IMU センサを用いた剣道の素振り計測システムの開発

## The Development of a Kendo Swing Measurement System Using IMU Sensor

大海 悠太<sup>1\*</sup> 佳山 京圭<sup>1</sup> 實方 真臣<sup>1</sup>  
Yuta Ogai<sup>1</sup> Kyokei Kayama<sup>1</sup> Masaomi Sanekata<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京工芸大学

<sup>1</sup> Tokyo Polytechnic University

**Abstract:** This study developed a lightweight kendo swing measurement system by embedding an MPU-9250 sensor and a Raspberry Pi Zero W inside a bamboo sword, allowing natural practice. Data from 25 participants (13 experienced, 12 novices) were recorded at 20 Hz. Results indicated that experienced practitioners had steeper vertical acceleration curves and more pronounced forward motion, though individual differences and skilled novices reduced overall distinctions. A post-experiment survey highlighted the system's utility, with calls for simpler setup, improved visualization, and wider compatibility.

## 1 はじめに

近年、センサ技術を活用したスポーツ動作解析システムが急速に普及している。特に、野球やゴルフ、アイスホッケーなどの競技では、動作の定量的な評価を目的とした専用のセンサシステムが広く利用されている。しかし、剣道においてははまだそのようなシステムが普及しておらず、Apple Watch や既存のデータロガーを用いた研究がされている段階である [1, 2]。本研究では、剣道の素振り動作を対象にした計測システムを開発し、熟練者と初心者の動作特性を比較するためのデータ収集と解析を行った。

剣道の素振り動作をより正確に計測するため、竹刀内部にセンサやバッテリーを一体化する軽量かつ実用的なシステムを開発することを目的とする。また、このシステムを活用して経験者と初心者の動作特性を可視化し、剣道の動作解析や指導法への応用可能性を探る。

## 2 提案方法

本研究では、剣道の素振り動作を自然な形で計測するため、竹刀内部にセンサやマイコンを組み込んだ一体型システムを開発した。使用したセンサには、InvenSense 社製の 9 軸センサ MPU-9250 を採用し、動作データを取得する小型マイコンとして Raspberry Pi Zero W を搭載した。これらのデバイスは竹刀の内部に配置され、

外見上は通常の竹刀とほとんど変わらない状態を実現した。システム全体の重量を調整し、竹刀の重心を通常の状態に近づけることで、被験者が違和感なく素振りできる環境を提供した (図 1)。



図 1: センサとマイコンを組み込んだ竹刀。

データ収集においては、剣道経験者 13 名と初心者 12 名を実験参加者として招き、20Hz のサンプリングレートで加速度およびジャイロデータを取得した。収集したデータを解析用に PC に転送し、動作特性を可視化するグラフを作成して実験参加者に見ていただいた。さらに、実験参加者には実験後にアンケート調査を行い、システムの使用感や改善点に関する意見を収集した。

\*連絡先: 東京工芸大学工学部工学科  
〒 243-0297 神奈川県厚木市飯山南 5-45-1  
E-mail: ogai@t-kougei.ac.jp

### 3 実験結果

本システムを用いて収集したデータの解析結果から、経験者と初心者間で特定の動作特性の違いが確認された(図2、図3)。特に、Z軸(上下方向)の加速度データでは、経験者の波形が急峻であることが観察され、X軸(前後方向)の動きも経験者のほうが顕著であることが分かった。これらの経験者と初心者の結果にみられる違いは、剣道の素振り指導で用いられる「手の内」と呼ばれる素振り時における両手の握り方の熟練度によって生じる素振りの質の違いを示している可能性が示唆される。一方で、個人差や熟練度の異なる全ての被験者を一律に区別できるような指標の獲得については、今後のより詳しいデータ解析を必要とするところである。

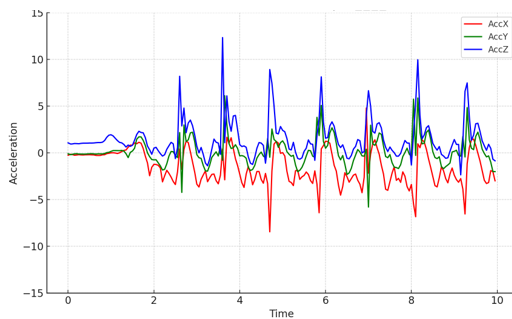


図 2: 経験者 A(男性) の加速度グラフ。

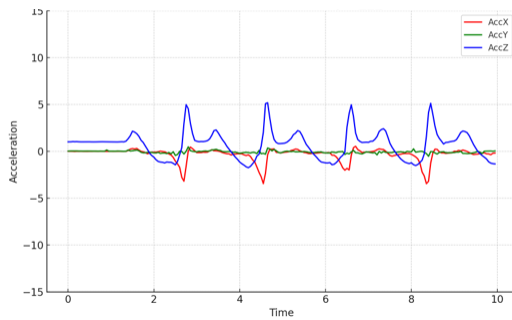


図 3: 初心者 A(男性) の加速度グラフ。

アンケート結果では、実験参加者の多くがシステムの有用性を高く評価し、特に「グラフが動作評価に役立つ」との意見が多かった。しかしながら、「取り付け・取り外しの簡便性」や「データ解析の手間」といった課題も指摘された。また、一般男性用竹刀の規定重量に比べて14%弱軽量となる一般女性用竹刀を日頃稽古に用いる女性にとって、今回一般男性用竹刀を用いた測定用竹刀は重く感じられる場合があることが分かり、個々の利用者に応じた調整が必要であることが示唆された。

### 4 むすび

本研究は、剣道動作解析におけるセンサ技術の有用性を示したが、完全な動作特性の区別やリアルタイム可視化の実現には更なる改良が必要である。特に、データ取得後の解析プロセスの効率化と、竹刀を使用する際の利便性向上が重要である。今後はリアルタイムフィードバック機能を加え、剣道の指導や練習環境での応用を目指す予定である。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP24K06313 の助成を受けたものである。また、本研究の実施においては、清水泰貴氏の多大な協力を得たことを記して感謝する。

### 参考文献

- [1] 鳥越 庸平: 剣道上達支援システムの実現に向けたウェアラブルセンサによる打突動作検出/認識および熟練度評価手法に関する研究, 奈良先端科学技術大学院大学 修士論文, (2020)
- [2] 巽 申直, 岩瀬 学, 渡邊 由陽, 竹森 重, 岡嶋 恒, 柴田 一浩: 3 軸加速度センサを用いた剣道技の技能評価の検討, 成城大学経済研究, 195, pp. 33-46 (2012)