

1T-07

## 小型マイコンを用いた加速度センシングによる溶接工程の可視化

大塚 洋明<sup>†</sup> 笠野 和輝<sup>‡</sup> 松井 倫太郎<sup>‡</sup> 水戸 慎一郎<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 東京工業高等専門学校 〒193-0997 東京都八王子市桐田町1-2-20-2

<sup>‡</sup> 住友重機械工業株式会社 〒141-6025 東京都品川区大崎2丁目1-1 ThinkPark Tower

E-mail: [†mito@tokyo-ct.ac.jp](mailto:†mito@tokyo-ct.ac.jp)

### あらまし

自動化されていない手作業である重工系溶接工程では、生産性が作業者の技能に大きく依存している。そのため手動の溶接作業をデータ化し、作業者の技量に応じた生産スケジュールを計画する手段が求められている。そこで、M5StickC と呼ばれる安価な無線マイコンを作業者の腕に装着し、加速度を Wi-Fi 経由で取得した。加速度データを FFT 解析することで、作業を分類することができた。また、工場環境下で、複数のデバイスから安定してデータを取得する方法についての検討を行った。

## Visualization of the welding work by microcontroller unit with acceleration sensor

Hiroaki OTSUKA<sup>†</sup> Kazuki KASANO<sup>‡</sup> Rintaro MATSUI<sup>‡</sup> Shinichiro MITO<sup>†</sup>

<sup>†</sup> National Institute of Technology, Tokyo College 1220-2 Kunugida-machi, Hachioji, Tokyo, 193-0997 Japan

<sup>‡</sup> Sumitomo Heavy Industries, Ltd ThinkPrak Tower, 1-1 Osaki 2-chome, Shinagawa-ku, Tokyo 141-6025, Japan

E-mail: [†mito@tokyo-ct.ac.jp](mailto:†mito@tokyo-ct.ac.jp)

### Abstract

In a non-automated heavy industry welding processes, productivity is highly depended on the skills of the workers. Therefore, an automatic identification of the manual welding operations is required for planning of production schedules depends on the worker's skills. M5stickC, low-cost wireless microcontroller module, was attached to the arm of the worker for obtaining the acceleration via Wi-Fi. The measured acceleration was analyzed by FFT. The FFT spectra showed difference between the operations. We also discussed how to stably acquire data from multiple devices in a factory environment.

### 1. 背景・目的

重工系工場は量産系工場に比べると少量多品種製造であり、ロボット等による自動化が進んでおらず、人による作業が多い。特に素材同士を接合し製品を組み立てる溶接工程は、品質や能率が作業者のスキルや段取りに依存する。段取りは、ムダな作業を減らすことが製造能率向上につながるものの、ベテラン作業者が長年のカンや経験に基づき状況に応じ臨機応変に対応しており、これまで十分に把握が成されていなかった。溶接工程における作業段取りは、溶接アーク作業と、これに付随するグラインダーやチャップパーによる手入れ作業が挙げられる。この付随作業は主作業である溶接作業と同程度の時間行われていると見込まれ、作業能率に大きく影響していると考えられるが、これらの作業の状

況を把握し可視化する手法は十分に検討がされていなかった。これまで、工具を動かす手の動きや振動に着目し、作業者の腕に装着した加速度センサのデータを高速フーリエ変換 (fast Fourier transform, FFT) により周波数解析することで各ツールの作業分析を行えることが報告されている [1]。しかし、加速度センシングに高価なセンサを利用しており、作業が過酷な溶接現場で繰り返し利用するには適していない。加えて、加速度データから作業を判別する作業は手動であり、大人数のデータを管理することが難しい。そこで、本研究では小型・軽量 IoT デバイスを用いて、作業中の加速度データを取得し、ワイヤレスでデータを転送し波形を解析するシステムの実現を目的とした。

## 2. 加速度取得の概要

加速度取得に用いる小型の無線マイコンとして、M5StickC(M5 Stack Technology Co., Ltd.)に着目した。M5StickCは小型であり、バンドが付属している。そのため、Fig.1に示すように作業者の腕に容易に装着することが可能である。また、無線マイコン(ESP32)を搭載しているため、Wi-Fiを利用した無線通信が可能である。こうした特長を生かし、M5StickCで得られた加速度データにタイムスタンプを付け、Wi-Fi UDP通信でパソコンに送信し、PythonによってCSVファイルに保存することで加速度を取得した。



Fig1.Worker puts on the M5StickC

## 3. 実地試験

住友重機械工業株式会社の事業所において、実地試験を行った。溶接作業、チッパー、グラインダーを用いた付随作業と一連の作業の測定を行った。一連の作業の測定には4分程度要したが、工場の環境下でもセンサは停止することなく、加速度を取得できた。しかし、作成されたファイルにはタイムスタンプが同時刻のデータが多数存在しデータの欠落も確認された。M5StickC内部でタイムスタンプを記録し、シリアル通信でPCに送信しところ、一定周期で取得できており、この欠損はWi-Fi通信に伴うものであると言える。そこで2回目の実地試験では、加速度を取得する度にWi-Fiで送信するのではなく、FFTに必要な1024点のデータを一度M5StickC内部で保存し、まとめて送信するプログラムに変更した。1kHzで記録を行い、一連の作業と個別の作業の測定を行った。チッパー作業とグラインダー作業のX軸の一部分をFFT解析したスペクトルグラフをFig2に示す。チッパー作業は80~100Hz付近に大きなピークが見られる一方、グラインダー作業では40Hz付近にピークが存在しており、周波数スペクトルのピークを比較す

ることで作業の分類が可能であることが分かる。しかし、測定データを確認したところ、データの飛びが見られる箇所があり、FFT解析を行うために必要な連続したデータを確保できない箇所が存在した。このため、安定して欠損のないデータを受信するため、Wi-Fi送信に要する時間の調整を行った。1kHz周期で1024個加速度データを取得した後、1データずつWi-Fi UDPで2ms毎に送信することで、欠損がなく、FFT解析が可能なデータを取得することができた。

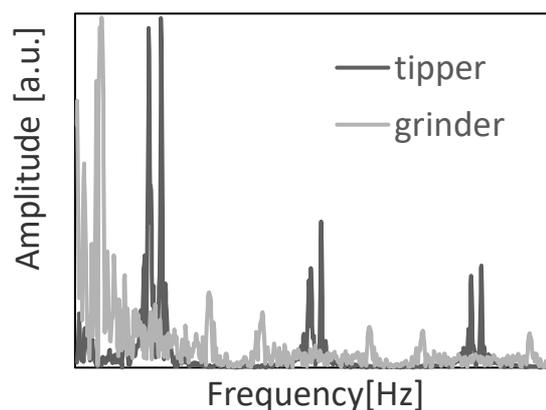


Fig2.FFT analysis results with acceleration data of tipper and grinder

## 4. まとめ・今後の課題

M5StickCを用いて一連の溶接作業の加速度データをWi-Fiで送信し、CSVファイルに保存することができた。また、Wi-Fiによる加速度データ送信の安定化を行うことができた。取得したデータをFFT解析したところ、作業によってピーク周波数に違いがあった。今後は、複数台同時計測の動作確認や、M5StickC内部でのFFT解析を行う。また、UDP通信の最適化を行う。

### 文献

- [1] 笠野和輝, 松井倫太郎. “ウェアラブル加速度センサを活用した溶接工程の自動分析技術の開発：溶接作業状況の可視化に向けた取り組み” 溶接技術 = Welding technology : : 一般社団法人日本溶接協会誌 68(8), 71-76 (2020).