

# LEDと9軸センサを用いたノルディックウォーキングポール用 情報提示システムの開発

## Development of a system that provides information using LED and 9-axis sensor for Nordic walking pole

川原 暉弘<sup>1\*</sup> 穂山 寛人<sup>1</sup> 小嶋 啓介<sup>1</sup> 田中 大貴<sup>1</sup>  
坂口 憲一<sup>2</sup> 藤本 直明<sup>1</sup> 山本 正彦<sup>1</sup> 大海 悠太<sup>1</sup>

Kihiro Kawahara<sup>1</sup> Hiroto Akiyama<sup>1</sup> Keisuke Kojima<sup>1</sup> Daiki Tanaka<sup>1</sup>  
Kenishi Sakaguchi<sup>2</sup> Naoaki Fujimoto<sup>1</sup> Masahiko Yamamoto<sup>1</sup> Yuta Ogai<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京工芸大学 <sup>1</sup>Tokyo Polytechnic University  
<sup>2</sup> 株式会社テクノソリューション <sup>2</sup>Technosolution Co., Ltd.

**Abstract:** Walking sticks and poles have been widely used by the handicapped elderly, and the optically challenged to assist walking. In healthy subjects, poles have been used to move the body with more ease, such as in climbing and Nordic walking. We consider that the nordic walking poles would be able to perform instructions in how to move better using LED lights and sensors. In this study, we affixed a small microcontroller, 9-axis sensor, and NeoPixel LED light tape to a pole using anchorages created by a 3D printer. We then designed an algorithm that changes the color of the LED depending on how the pole is moved.

## 1 背景

杖やポールは歩行を補助するために広く用いられている。例えば、足元が不自由なお年寄りの杖や盲人の白杖、また健常者においても、登山やノルディックウォーキングのような身体を動かす場面でも用いられている。そのポールの動かし方について、登山やノルディックウォーキングでは熟練者と初心者で異なる挙動が観測されている [1]、[2]。このポールに装着したセンサによってポールの情報を取得し、現在の状況やよりよい動かし方の教示をLEDを用いて行うことができるのではないかと考えている [3]。ポールの動かし方によって、上手な動かし方ができているかということや、疲労度、進む道の方向、現在の速度、IoTによるメッセージの着信、周囲の人とのコミュニケーションなど様々な情報を利用者に提示することができる。本研究では、小型マイコンと9軸センサ、LEDテープライトを3Dプリンタで作成した固定具によりポールに固定し、ポールの動かし方から様々なLEDの色がでるアルゴリズムを考案し、実装、動作実験を行なった。

## 2 開発したシステム

各パーツをノルディックウォーキング用ポールに取り付けた様子を図1に示す。このシステムの構成要素として、Raspberry Pi Zero W マイコン、LEDテープライト、9軸センサ (InvenSense MPU-9250)、小型モバイルバッテリー、ポータブルWifiを用いている。

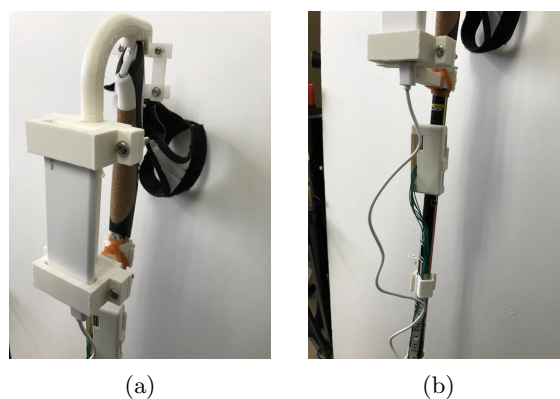


図1: 各パーツをポールに取り付けた様子。(a) モバイルバッテリーをノルディックウォーキング用ポールの上部に設置した。(b) Raspberry Pi Zero W、9軸センサ、LEDテープライトを取り付けている ([3] より)。

\*連絡先: 東京工芸大学工学部電子機械学科  
〒243-0297 神奈川県厚木市飯山 1583  
E-mail: electric.khero@gmail.com

上記のシステムを各LEDを制御できるように、NeoPixel

WS2812B を用いた LED テープライト (LED144 個、1m) と、Raspberry Pi Zero W からの情報を送る Arduino Nano を用いて改良した (図 2)。それらの接続の様子を図 3 に示す。センサからの情報は約 0.01 秒毎に取得できている。Raspberry Pi に電源を入れると自動的にプログラムが起動し、センサ情報を元に LED の色が変わるようになっている。

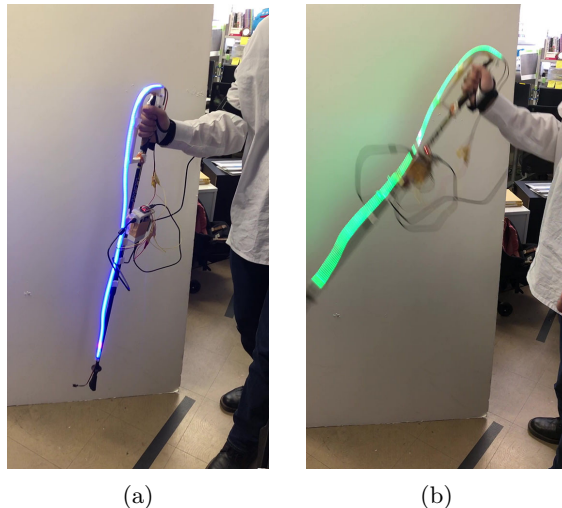


図 2: 開発したシステムの様子。加速度センサの値により、青色 (図 (a)) や緑色 (図 (b)) を出すことができる。

9 軸センサには加速度、ジャイロ、地磁気センサがそれぞれ 3 軸づつ搭載されている。加速度 X 軸方向がポールを前後に動かす方向、ジャイロ Z 軸がポールを前後に振る回転方向、地磁気 X 軸と Z 軸で東西南北を取得できるように、ポールにセンサが取り付けられている。

ポータブル Wifi は外部 PC から ssh などにより Raspberry Pi をリモート制御するために用いているが、LED とセンサの制御は Raspberry Pi のみで行っているため、リモート制御はそれらには必要としていない。

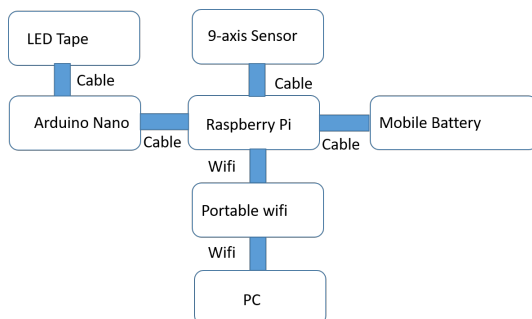


図 3: システム構成図。

### 3 実験

歩行時のセンサ情報の評価として、ノルディックウォーキング初心者には本システムを搭載したポールを利用して歩いてもらった。その時の 2 秒間の加速度 X 軸の元データと、10 回分 (0.1 秒) の移動平均を求めた結果のグラフを図 4 に示す。元データで値が大きく動いている瞬間は、地面にポールを突いた瞬間であり、約 1 秒に一回行なわれているのが見てとれる。また、元データにあるノイズやポールを突いた瞬間の揺らぎについて、10 回分の移動平均を求めることで除去することができた。結果、移動平均後では加速度 X 軸は約  $-1g \sim 1g$  の間、ジャイロ Z 軸は約  $-30deg/s \sim 30deg/s$  の値を取ることが分かった。また、地磁気 X 軸と Z 軸の結果から逆三角関数を用いることでどの向きに現在向いているのかを求めることができた。

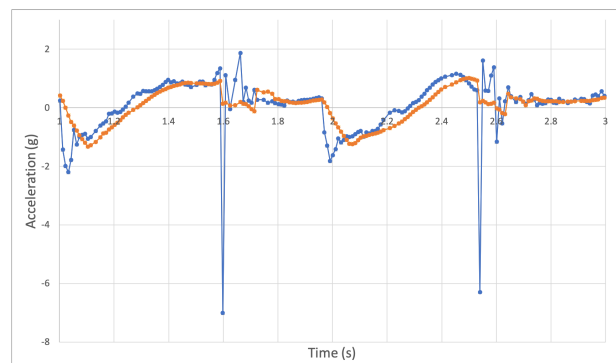


図 4: 初心者がノルディックウォーキングをした際の、2 秒間のポールの加速度 X 軸の元データ (青) と、その 10 回分の移動平均 (橙) のグラフ。縦軸の単位は重力加速度  $g$ 、横軸は秒である [3]。

それらの結果から、RGB の R(赤) は加速度 X 軸の値を 30%-100% に変換、G(緑) はジャイロ Z 軸の値を 30%-100% に変換、B(青) は地磁気 X 軸と Z 軸の値から逆三角関数により方向を求めて 30%-100% に変換することにより、ポールの動かし方から LED の色を変化させることができた。実際に屋外で稼働実験を試みたところ、動作自体は問題なく行えたが、昼間は LED の光が見辛かった。HSV 表現でいう彩度 (Saturation) と明度 (Value) は最大値を取り、色相 (Hue) の変化で表現をした方が情報を乗せやすいと考えている。

### 4 考察、まとめ

ノルディックウォーキング用ポールの情報を 9 軸センサで取得し、各 LED の色を変えるポータブルシステムが構成できた。しかし、現状では昼間では LED が見辛く、色相だけを変化させる情報提示方法がよいと考

えている。例えば、一番上部の LED に最新の加速度情報を色相により出力し、下の LED に伝播していくという情報提示方法 (図 5) を取ることが可能である。それにより、熟練者と初心者のポールの使い方の違いを可視化できると考えている。

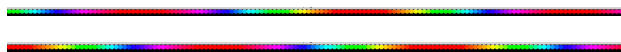


図 5: 一番左の色相を右に伝播させていく表現方法をシミュレーションで表現した。上図から時間が経過したのが下図になる。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17K13125 の助成を受けたものであり、また「平成 28 年度文部科学省私立大学研究ブランディング事業」の助成も受けている。ユニバーサル未来社会推進協議会の「教育・コミュニケーションロボットの研究開発」のテーマとしても実施している。

## 参考文献

- [1] 大海 悠太, 森 芳弥, 山本 正彦, ノルディックウォーキングにおけるポールワーク特徴提示の影響, 人工知能学会全国大会 (第 31 回) 予稿集 (2017)
- [2] 坂口 憲一, 仲山 加奈子, 工藤 裕, 大海悠太, 山本正彦, 登山時の身体負担軽減に向けたセンサー装着型登山用ストックの動作計測, 日本機械学会シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2018(SHD2018) (2018)
- [3] Yuta Ogai, Hiroto Akiyama, Kihiro Kawahara, Keisuke Kojima, Daiki Tanaka, Kenishi Sakaguchi\*, Naoaki Fujimoto, Masahiko Yamamoto, Development of a Pole that Provides Information Using Color of Light, Proceedings of 1st International Symposium for Color Science and Art 2019 (2019)