

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：32708

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13125

研究課題名（和文）ノルディックウォーキング上達のためのスマートなポールの開発

研究課題名（英文）Development of smart poles to improve Nordic walking techniques

研究代表者

大海 悠太 (OGAI, Yuta)

東京工芸大学・工学部・准教授

研究者番号：60571057

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではノルディックウォーキングのポールワークについて上級者と初心者の動きを分析し、情報をフィードバックさせるスマートなポールの開発を行った。2本のポールに3Dプリンタで作成したマウンタによって、9軸センサ、モバイルバッテリー、マイコン、LEDテープライト等を装着し、自律動作及びWi-fi経由で制御することができた。実際の利用場面に近い状態で実験を行いシステムが無事に稼動することも検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この研究成果により、ノルディックウォーキングにおける初心者への指導を容易にすることが可能になると言える。上級者が直接見ていなくても、初心者が開発されたシステムを使うだけで、視覚的にフィードバックを得ることができる。また、剣道の竹刀に取り付けることによる竹刀の動かし方の熟達や、他のスポーツへの応用可能性にもつながると考えている。さらに、IoTデバイスとして健康管理など人体の運動全般に応用することが可能と言える。

研究成果の概要（英文）：This study analyzes the movements of advanced and novice Nordic walkers in terms of pole work and developed a smart pole that feeds back information. Mounters created by a 3D printer were used to mount 9-axis sensors, a mobile battery and a microcontroller, LED tape light to the pole. It could be controlled either via Wi-fi or autonomously. We also verified that the system works well under conditions similar to actual usage scenarios.

研究分野：人工知能

キーワード：ノルディックウォーキング 身体知 IoT

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ノルディックウォーキングは、クロスカントリースキーの選手たちが夏場の体力維持・強化トレーニングとして、ポールとトレーニングシューズで積雪のない山野を走り回ったのが始まりとされている。フィンランドで発表された後、誰でもできる運動として広まり、現在ではドイツ、オーストリアなどヨーロッパを中心に人気が高まっている。最近では、日本でも中高年を中心に広がりを見せている。このノルディックウォーキングの特徴は、季節を問わず誰でも簡単に始められ、しかも5分~10分の運動でエクササイズ効果を実感できる点にある。専用のポールを使用するウォーキングは、効果的な“有酸素運動”として、下半身だけでなく腕、上半身の筋肉などの全身を使うエクササイズとして知られている。

ノルディックウォーキングの科学的検証は、エネルギー消費量についての研究、ポールを突くことによる下肢負担の軽減についての研究などを中心に報告がなされている。しかし、ポールを突く技術の習熟によって起こりうるエネルギー消費量の相違や下肢負担について相違することが予想されるが、このことについての検討はなされていないのが現状である。

ノルディックウォーキングで高い運動効果を得るには、正しくポールを地面に突くこと（ポールワーク）が必要である。この技術は、指導現場において視覚的な観点からどのようにすればよいのか説明がされているが、ポールワークを物理的な衝撃から解析したものはない。

そこで申請者はノルディックウォーキングの熟練者と非熟練者（初心者）の技術を分析し、技術の相違についての基礎データを得ようと試みている。

これまで申請者はアクティブタッチの研究のために触覚ディスプレイや iPad を用いて、オノマトペの感触を作り出すシステムを構築し、実験を行ってきた。それらの研究において、感触を感じるために動かした手の軌跡のデータを、センサや iPad のタッチディスプレイからの情報として取得し、そのデータの分析を行っている。

そのような動きのデータの解析をしていたことから、ノルディックウォーキングの研究をしている東京工芸大学の山本正彦准教授より要請を受け、ノルディックウォーキングをしている際のポールの動きの解析の研究を始めた。その結果は継続的に発表している。

またこれまで申請者は、センサによって環境の情報を取得するメディアアートの研究及び、データの解析を支援する ICT ツールの開発を継続して行ってきた。これらの研究で得た知見によって、ポールの挙動をセンサによって取得し、データの多角的な解析を行うことができる。

これまで、ノルディックウォーキング用のポールの先端部分とグリップ部分に3軸加速度センサを付けて、ZigBee による無線通信によりデータを取得するシステムを開発した。そして、このシステムを用いて、日本ノルディックウォーキング協会のマスタートレーナー資格を持つ上級者3名と初心者5名のデータの比較を行なった。その結果、上級者の方では大きいピークが2つ以上あるが、初心者の方は1つであることが確認でき、この違いは上級者と初心者を見分ける指標として有用である可能性を示すことができた。今後は上級者と初心者のどのような動きの違いが、そのような周波数ピークの違いを生んでいるのかを調べる必要がある。それにより、初心者によりポールワークの仕方を伝える方法が見出すことができ、指導方法の改善につなげることができる。

### 2. 研究の目的

ノルディックウォーキングは専用のポールを使用するウォーキングであり、効果的な“有酸素運動”として、下半身だけでなく腕、上半身の筋肉などの全身を使うエクササイズとして知られており、近年日本においても広がりをみせている。高い運動効果を得るには、正しくポールを地面に突くこと（ポールワーク）が必要であるが、物理的な挙動から解析したものはない。申請者はこれまで手の動きの解析や、その情報を触覚にフィードバックさせる研究を行ってきた。そこで、本研究ではポールワークについて上級者と初心者の動きを分析し、情報をフィードバックさせるスマートなポールの開発を行う。最終的には得られた知見からポールワークを行うスポーツの発展に寄与することを目的とする。

### 3. 研究の方法

現状のセンサは ZigBee 無線通信によってデータを取得していた。しかし、通信時にデータが抜け落ちることがあり、センサ同士の完全な同期は難しかった。そこで本研究では2本のポールにそれぞれセンサを付け、それらを人間の身体に付けたデータロガーに有線でデータを集めて記録するシステムを構築した。センサ情報等を IoT としてインターネット上のサーバに情報を記録できるようにすることで、それらの情報を蓄積し、共同開発でデバッグや解析をしやすくなることができる。また、3D プリンタを導入することによって、9軸センサ、モバイルバッテリー、マイコン、LED テープライト等を装着し、ポール単体で自律動作及び Wi-fi 経由で制御することができた。

また、LED、スピーカーによって、使用者に状態をフィードバックさせるシステムの開発を行っ

た(図1)。このシステムを用いて、ノルディックウォーキングの上級者と初心者のポールの動かし方についてセンサデータの取得に問題がないか、またフィードバックの効果的なさせ方を実験して求めた。登山時のポールの使い方をみるために、本研究のシステム及び JINS MEME を装着した状態で神奈川県白山を登り、ポールの有無での体の動きの違いと、システムの頑健性を試すことができた。また、Kinect とディープニューラルネットワークにより、身体の骨格情報を取得するシステムを開発し利用することができた。ノルディックウォーキングの集団での移動について、群れのシミュレーションモデルから互いの距離情報を利用したデバイスの有用性について検討した。作成したデバイスの開発方法や利用方法について、2018年と2019年にそれぞれ高校生を対象としたワークショップを行ない、指導の現場での利用方法や、LEDの色表現やデバイス位置などの改良点について知見を得た。また、上級者と初心者の動きの違いについて取得したデータから分析し、ポールを引き戻す動きなどに大きな違いがあることを発見した(図2)。



図1 開発したシステム

#### 4. 研究成果

本研究ではノルディックウォーキングのポールワークについて上級者と初心者の動きを分析し、情報をフィードバックさせるスマートなポールの開発を行った。2本のポールに3Dプリンタで作成したマウンタによって、9軸センサ、モバイルバッテリー、マイコン、LEDテープライト等を装着し、自律動作及びWi-fi経由で制御することができた。実際の利用場面に近い状態で実験を行いシステムが無事に稼動することも検証した。

この研究成果により、ノルディックウォーキングにおける初心者への指導を容易にすることが可能になると言える。上級者が直接見ていなくても、初心者が開発されたシステムを使うだけで、視覚的にフィードバックを得ることができる。また、剣道の竹刀に取り付けることによる竹刀の動かし方の熟達や、他のスポーツへの応用可能性にもつながると考えている。さらに、IoTデバイスとして健康管理など人体の運動全般に応用することが可能と言える。

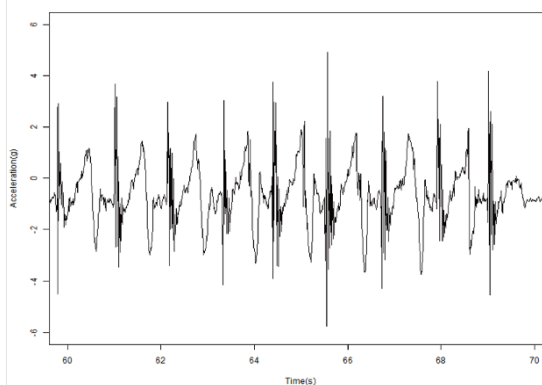


図2 上級者のポールの加速度変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 川原 暉弘, 穠山 寛人, 小嶋 啓介, 田中 大貴, 坂口 憲一, 藤本 直明, 山本 正彦, 大海悠太	4. 巻 -
2. 論文標題 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	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 人工知能学会第27回身体知研究会予稿集	6. 最初と最後の頁 21-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 青野 裕生, 大海 悠太, 児玉 謙太郎, 山際 英男, 山本 正彦	4. 巻 -
2. 論文標題 骨格情報とアンケートによるスラックライン上での片足立ちバランスの判別方法の検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 人工知能学会第26回身体知研究会予稿集	6. 最初と最後の頁 5-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大海悠太, 青野裕生, 児玉謙太郎, 山際英男, 山本正彦	4. 巻 -
2. 論文標題 骨格情報と主観報告を用いたスラックラインでの片足立ちバランス能力の分析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 LIFE2018講演概要集 (CD-ROM)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大海悠太, 児玉謙太郎, 山際英男, 坂野安希, 山本正彦	4. 巻 -
2. 論文標題 Kinectを用いたスラックラインでの片足立ちバランス能力の分析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 人工知能学会全国大会論文集 (CD-ROM)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大海 悠太、新海 純生、坂口 憲一、山本正彦	4. 巻 -
2. 論文標題 色によりセンサ情報を提示するノルディックウォーキング用ポールの開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 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予稿集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大海 悠太、児玉 謙太郎、坂野 安希、山本 正彦	4. 巻 -
2. 論文標題 Kinectを用いたスラックラインの熟達方法の検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 人工知能学会第25回身体知研究会	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 大海 悠太、森 芳弥、山本 正彦	4. 巻 -
2. 論文標題 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	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 人工知能学会全国大会（第31回）	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 大海 悠太、梶本 涼太、森 芳弥、山本 正彦	4. 巻 -
2. 論文標題 ノルディックウォーキング技術上達のための情報提示をするポールの開発	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 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2017	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yuta Ogai, Ryota Sugimoto, Yoshiya Mori, and Masahiko Yamamoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of the pole to present the information for improvement of the skill in Nordic walking	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Fourth International Workshop on Skill Science Associated with JSAI International Symposia on AI 2017 (IsAI-2017)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 森 芳弥、大海 悠太	4. 巻 -
2. 論文標題 単純なニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズムを用いた群れ行動の獲得	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 大海 悠太、香月 将也、鈴木 省吾、新海 純生、片上 大輔、大保 武慶、曾根 順治、東本 崇仁、宇田川 佳久
2. 発表標題 単眼カメラ画像からの拳手姿勢認識とPepper用教室内巡回システムの開発
3. 学会等名 第3回教育・コミュニケーションロボット研究開発シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川原 暉弘、穠山 寛人、小嶋 啓介、田中 大貴、坂口 憲一、藤本 直明、山本 正彦、大海 悠太
2. 発表標題 LEDと9軸センサによるポール動作表示システムの開発
3. 学会等名 第3回教育・コミュニケーションロボット研究開発シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuta Ogai, Yoshiya Mori
2. 発表標題 Acquisition of flock behavior using neural networks and genetic algorithm
3. 学会等名 ALIFE 2018, Late Breaking Papers (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大海 悠太、児玉 謙太郎、坂野 安希、山本 正彦
2. 発表標題 Kinectを用いたスラックラインの熟達方法の検討
3. 学会等名 人工知能学会第25回身体知研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新海 純生、青野 裕生、香月 将也、鈴木 省吾、大津 亮二、物江 璃莉子、山田 将矢、大海 悠太
2. 発表標題 Mugbotと音声認識技術を用いた研究発表練習支援用のあいづち機能の開発
3. 学会等名 第2回教育・コミュニケーションロボット研究開発シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋 翼、大海 悠太
2. 発表標題 画像処理を用いたPepper向け黒線追従式移動システムの開発
3. 学会等名 第2回教育・コミュニケーションロボット研究開発シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大森 望、大海 悠太
2. 発表標題 PepperとSlack を用いた感情的通知システムの開発
3. 学会等名 第2回教育・コミュニケーションロボット研究開発シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大海 悠太、森 芳弥、山本 正彦
2. 発表標題 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
3. 学会等名 人工知能学会全国大会（第31回）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大海 悠太、梶本 涼太、森 芳弥、山本 正彦
2. 発表標題 ノルディックウォーキング技術上達のための情報提示をするポールの開発
3. 学会等名 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2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuta Ogai, Ryota Sugimoto, Yoshiya Mori, and Masahiko Yamamoto
2. 発表標題 Development of the pole to present the information for improvement of the skill in Nordic walking
3. 学会等名 Fourth International Workshop on Skill Science Associated with JSAI International Symposia on AI 2017 (IsAI-2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 森 芳弥、大海 悠太
2. 発表標題 単純なニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズムを用いた群れ行動の獲得
3. 学会等名 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----