

## 小型ゲームコントローラを用いた脚部動作促進システムの提案

木村 圭汰<sup>†</sup> 白石 陽<sup>†</sup>

公立ほこだて未来大学システム情報科学部<sup>†</sup>

### 1. はじめに

近年、生活様式の変化によりテレワークが増加している。デスクワーカーはオフィスだけでなく、自宅やコワーキングスペースでの業務が可能になった。

テレワーク増加の一方で、PC作業継続時間が増加している[1]。PC作業中は座位での作業が主流だが、座位作業中は脚部が静止しがちになり、脚部運動量が減少する。そのため、PC作業の長時間継続は、健康への悪影響を及ぼす。運動不足解消のため、余暇時間の運動が推奨されている。しかし、小山らの調査[2]では、座位時間が長ければ、余暇時間の運動による健康への悪影響に対する減少効果が薄いことを報告している。したがって、PC作業中にも継続的な脚部運動が望まれるが、脚部運動を意識的に継続することは難しい。

PC作業中での運動不足解消のため、昇降デスクを用いて、座位・立位を切り替える作業形態が研究されている。鈴木ら[3]は、座位・立位を切り替える作業形態では、足のむくみの指標である下腿周囲長の増加を抑制したことを報告している。一方で、長時間の立位は、座位同様に脚部への負担があることを報告している。これらのことから、作業中に脚部を動かさなければ、運動不足解消には不十分である。

そこで本研究では、脚部に装着できる小型ゲームコントローラを用いて、脚部動作をPCへの入力に置き換える脚部動作促進システムを開発する。提案システムをPC作業中に使用することでPC作業中の脚部運動量増加を目指す。本稿では、PCへの入力をショートカットキーに定め、脚部動作の認識精度を評価する。

### 2. 関連研究

脚部運動量増加に関する研究として、PC作業中に運動器具を用いる研究[4]と身体動作によるインタフェースに関する研究[5]がある。

Frodshamら[4]は、PC作業中のウォーキングマシンなど運動器具の使用が、座位作業と比べてタイピング作業への影響があるかを検証している。運動器具の使用は、座位作業に比べて、脚部運動量の増加とタイピングの速度と精度の向上が報告されている。しかし、テレワーク中に複数の場所で作業することを想定した場合、この研究で用いられた機材を持ち運ぶことが困難であると考えられる。本研究では、携帯性を考慮し、ウェアラブルデバイスを用いたシステムを開発する。

清水ら[5]は、座位作業中に脚部動作を認識して、PCにキーを入力する運動不足解消システムを提案している。このシステムでは、両足の膝と足先に装着したストレッチセンサを用いて脚部動作を認識している。このシステムにより、高い動作認識精度と脚部の運動量増加を示している。ストレッチ

センサは認識精度に優れるが、伸縮のみを計測する性質上、センサが両膝の伸びを検知しても、それが脚部動作か、座位から立位への移行動作なのかをシステム側で判別が行いにくいと考えられる。そのため、ストレッチセンサ単体では座位・立位両方の動作認識を行うことは難しい。本研究では、加速度・角速度センサを用いて座位・立位を判別し、座位・立位それぞれで脚部動作を認識するシステムを開発する。

### 3. 提案システム

#### 3.1. システム概要

提案システムでは、脚部動作中の加速度・角速度を用いて脚部動作を認識する。提案システムは、(1) 脚部動作中の加速度・角速度の取得、(2) 取得データと基準データとのDTW (Dynamic Time Warping) 距離の算出、(3) 認識した脚部動作に対応するショートカットキーの入力、という流れで動作する。

(1) 脚部動作を認識するために、装着した左右のJoy-Con[6]から加速度・角速度をそれぞれ取得する。加速度・角速度は、12次元(3軸×2センサ×2デバイス)として取得する。提案システムでは、加速度・角速度取得のトリガーとして、角速度に閾値を2つ設定する。脚部動作の開始によって、角速度が1つ目の閾値を超過したタイミングで加速度・角速度取得を開始する。脚部動作の終了後、脚部が静止して角速度が2つ目の閾値未満になったタイミングで取得を終了し、DTW距離を算出する。

(2) (1) で取得した加速度・角速度の波形データと脚部動作ごとの基準データとのDTW距離を算出する。基準データは、計測前に行った脚部動作から取得した加速度・角速度の波形データを用いる。

(3) 算出した脚部動作ごとのDTW距離が最小値の脚部動作を認識結果として出力し、対応するショートカットキーを入力する。

#### 3.2. 計測デバイス

本研究では、計測デバイスにJoy-Conを用いる。Joy-Conは2個1組の着脱式コントローラであり、加速度センサと角速度センサを内蔵している。加えて、Bluetoothによる無線通信が可能であるため、有線接続と比べて脚部動作に対する影響を減らすことができる。Joy-Conの装着例を図1に示す。



図1: Joy-Conの装着例

Proposal of a System for Leg Motion Promotion with Small Game Controllers

<sup>†</sup>Keita Kimura <sup>†</sup>Yoh Shiraiishi

<sup>†</sup>School of Systems Information Science, Future University Hakodate

## 4. 実験および考察

### 4.1 実験概要

本実験では、提案システムの認識精度を調査するため、被験者ごとに基準データを作成し、脚部動作認識の正答率を用いて認識精度を評価した。

### 4.2 実験方法

被験者は、2名(A・B)である。被験者は両足にJoy-Conを装着し、指定の脚部動作を5回ずつ順番に行うことを1試行とし、10試行実施した。脚部動作は、計測開始の閾値を超える加速度・角速度を計測可能な動作を選定した。実施した脚部動作を表1に示す。なお、疲労による脚部動作への影響を減らすため、1試行ごとに1分間の休憩を設けた。

表1：実施した脚部動作

姿勢	脚部動作
座位	かかと上げ(右足・左足・両足)
立位	かかと上げ(右足・左足・両足)
	太もも上げ(右足・左足)
	右方向振り上げ(右足)
	左方向振り上げ(左足)

### 4.3 実験結果と考察

座位での脚部動作認識の実験結果を表2、立位での脚部動作認識の実験結果を表3に示す。

表2：座位での動作認識精度

被験者	脚部動作	正答率(%)
A	かかと上げ(右足)	98
	かかと上げ(左足)	98
	かかと上げ(両足)	28
B	かかと上げ(右足)	100
	かかと上げ(左足)	94
	かかと上げ(両足)	54

表3：立位での動作認識精度

被験者	脚部動作	正答率(%)
A	かかと上げ(右足)	98
	かかと上げ(左足)	100
	かかと上げ(両足)	80
	太もも上げ(右足)	100
	太もも上げ(左足)	98
	右方向振り上げ(右足)	100
	左方向振り上げ(左足)	100
B	かかと上げ(右足)	96
	かかと上げ(左足)	100
	かかと上げ(両足)	30
	太もも上げ(右足)	100
	太もも上げ(左足)	100
	右方向振り上げ(右足)	100
	左方向振り上げ(左足)	82

表2、表3から、被験者A・Bともに片足での脚部動作の正答率が80%以上となり認識精度が高かった。一方で、両足での脚部動作の正答率は、片足の場合と比べて認識精度が低かった。かかと上げは、両足と片足で脚部動作の軌道が同じであるため、両足のかかと上げでも、片足でのかかと上げと誤認識したものと考えられる。また、被験者A・Bで「左方向振り上げ(左足)」の正答率が18%と大きく開いていた。要因として、被験者A・Bで提案システムへの慣れに差があ

ったことが考えられるが、本実験では被験者数が少ないため、被験者数を増やし提案システムへの慣れが正答率に及ぼす影響を検証する必要がある。

### 4.4 提案システム改善に向けた課題

提案システム改善の課題として、角速度の閾値調整、基準データの平均化、座位での動作種類の追加が挙げられる。

提案システムでは、使用者ごとに脚部動作中の加速度・角速度の個人差があることを想定し、角速度の閾値を調整していたが、個人差が想定よりも大きく、被験者Bの実験時に脚部動作前の計測開始や脚部動作中の計測終了など計測の誤動作が多発した。

評価実験では、基準データを1つの波形データから作成しているため、脚部動作中の加速度・角速度や向きが少し異なると、異なる脚部動作と誤認識してしまう現象が見られた。そのため、脚部動作ごとに複数の基準データを平均化して一つの基準データとすることで、脚部動作の誤認識を減少できるか検証する。

提案システムでは、座位・立位を判別するため、Joy-Conを両足太ももに装着している。しかし、それにより足先を用いた動作を認識できず、認識対象はかかと上げのみとなっている。PC作業中での本システムの使用を想定すると座位での脚部動作の種類を追加する必要がある。

## 5 おわりに

本研究の目的は、PC作業中の脚部運動量を向上させるため、認識した脚部動作をPCへの入力に置き換えるシステムの提案である。本稿では、提案システムの認識精度を評価した。結果として、片足での脚部動作は認識精度が高く、両足での脚部動作は認識精度が低いこと、計測の誤動作防止のために角速度の閾値調整が必要であることがわかった。

今後は、角速度の閾値調整、基準データの平均化、座位での動作種類の追加、被験者数を増やした再実験、アンケートから提案システムの使用感に関する評価実験を実施する。

### 参考文献

- N. Fukushima et al. Associations of Working from Home with Occupational Physical Activity and Sedentary Behavior under the COVID-19 Pandemic, *Journal of Occupational Health*, 63(1) (2021).
- T. Koyama, et al. Effect of Underlying Cardiometabolic Diseases on the Association Between Sedentary Time and All-Cause Mortality in a Large Japanese Population: A Cohort Analysis Based on the J-MICC Study, *Journal of the American Heart Association*, 10(13), e018293 (2021).
- 鈴木 一弥ほか、高さ可変デスクを使用したデスクワークへの立位姿勢の導入が身体違和感、疲労、下腿周径に及ぼす影響、*労働科学*, 90(4), pp.117-129 (2014).
- K. M. Frodsham, et al. Does Type of Active Workstation Matter? A Randomized Comparison of Cognitive and Typing Performance Between Rest, Cycling, and Treadmill Active Workstations, *PLOS ONE*, 15(8), e0237348 (2020).
- 清水 裕介ほか、パソコンを利用した作業時のキー入力を身体動作で置き換えることによる運動不足解消システム、*情報処理学会マルチメディア、分散、協調とモバイルシンポジウム 2020 論文集*, 2020, pp.823-831 (2020).
- 周辺機器 | Nintendo Switch | 任天堂, <https://www.nintendo.co.jp/hardware/switch/accessories/index.html> (最終アクセス: 2022/01/07)