

ユーザアクティビティに応じた機能制限による PC 作業時の健康支援システム

久保 彰悟^{†1} 田中 宏和^{†2} 中村 優吾^{†3} 荒川 豊^{†4}
九州大学 九州大学 九州大学 九州大学

1. はじめに

オフィスワーク、自動車運転、テレビ視聴など生活のさまざまな場面で、椅子に座るなどの座位姿勢が出現する。日本人は特に座位時間が長く、世界 20 カ国の成人を対象とした平日座位時間の国際比較研究 [1] において、日本人の座位時間は 1 日あたり 420 分 (中央値) と対象国内で最長であることが指摘されている。また、1 日の覚醒時間の中での中高強度身体活動、低強度身体活動、座位行動の占める割合に関しては、座位行動が (55~60%) であることも示されている。さらに、リモートワークの普及に伴い、通勤の移動などの最低限の運動もなくなり、より一層座りすぎが加速していくと見られる。

座りすぎにはいくつかのリスクを伴っている。これまでの研究で、身体活動とは独立して、長時間の座位姿勢は総死亡、新血管疾患、2 型糖尿病、各種ガンのリスクの上昇と関係していることが明らかになった [2]。また、1 日の総座位時間が 11 時間以上の成人は 4 時間未満に比べて、総死亡のリスクが 1.40 倍高いことも指摘されたことに加え、心の健康状態への影響も明らかになっている。

これらのリスクを減らすために、総座位時間・座位持続時間を減らすことが重要である。座位持続時間とは、座り始めて次に立つまでの時間のことであり、持続時間の長い方が死亡リスクが高くなることが明らかとなっている [3]。現在の総座位時間を減らす手段としてはスタンディングデスクなどがあり、座位持続時間を減らす手段としては Apple Watch のスタンドリマインダ機能などがある。しかし、両者とも能動的に立ち上がる必要があるため、総座位時間・座位持続時間の短縮に効果があるとは言い難い。

そこで本研究では、座位時間が長くなる原因であるパソコン自体の機能に制限を設け、運動によって制限が解除されるという健康支援システムを提案する。提案システムでは、座位姿勢および運動の計測に、イヤラブルデバイスを用

い、頭部の動きからそれらを判定する。メインタスクの機能を制限することで、半ば強制的に運動させることが可能となる。

本システムでは、座り姿勢の時間が長くなった場合、PC に制限を与え、その後スクワットを規定時間おこなうことで PC の制限が解除される。スクワットを実施したかどうかの判定は、AirPods Pro に搭載されているセンサを使ってセンシングし、機械学習により判定をおこなう。PC の制限解除のためには、半ば強制的に運動を実施しなければならないため、現在の手法よりも座位持続時間の短縮に効果があると思われる。本発表では、本システムを用いて作業した場合と現在の手法を用いて作業した場合を比較・考察し、評価をおこなう。

2. 関連研究

2.1. 加速度データを使った行動分類についての研究

近年、スマートフォン、スマートウォッチなどセンサを搭載した機器が増えている。それに伴い、センサデータを活用した研究が盛んになっている。スマートフォンの 3 軸加速度センサを用いた行動分類の研究 [4] では、停止、ジョギング、歩行、スキップ、階段上がり、階段下がりの 6 種類の行動の分類をおこなった。機械学習モデルとして、CNN、LSTM を用いて予測したところ、CNN では 95.4%、LSTM では 94.3% の精度で分類できたことを報告している。本研究においても、3 軸加速度センサを用いてスクワットの分類は可能であると考えられる。

2.2. 作業中の運動促進システムの研究

座りすぎの解消のため、運動を促進する研究も数多く存在する。圧力センサを搭載した椅子を使用した運動促進システムの研究 [5] では、使用者の着座状態を検知して、座りながらできる運動を提案するとともに、運動後にフィードバックを送るシステムを提案している。しかし、このようなシステムは提案時に使用者の意欲に依存してしまう可能性が高い。

本研究では、使用者の意欲に依存しない設計をしたシス

Health Support System for PC-work by limiting functions based on user activity

^{†1} Shogo Kubo, Kyushu University

^{†2} Hirokazu Tanaka, Kyushu University

^{†3} Yugo Nakamura, Kyushu University

^{†4} Yutaka Arakawa, Kyushu University

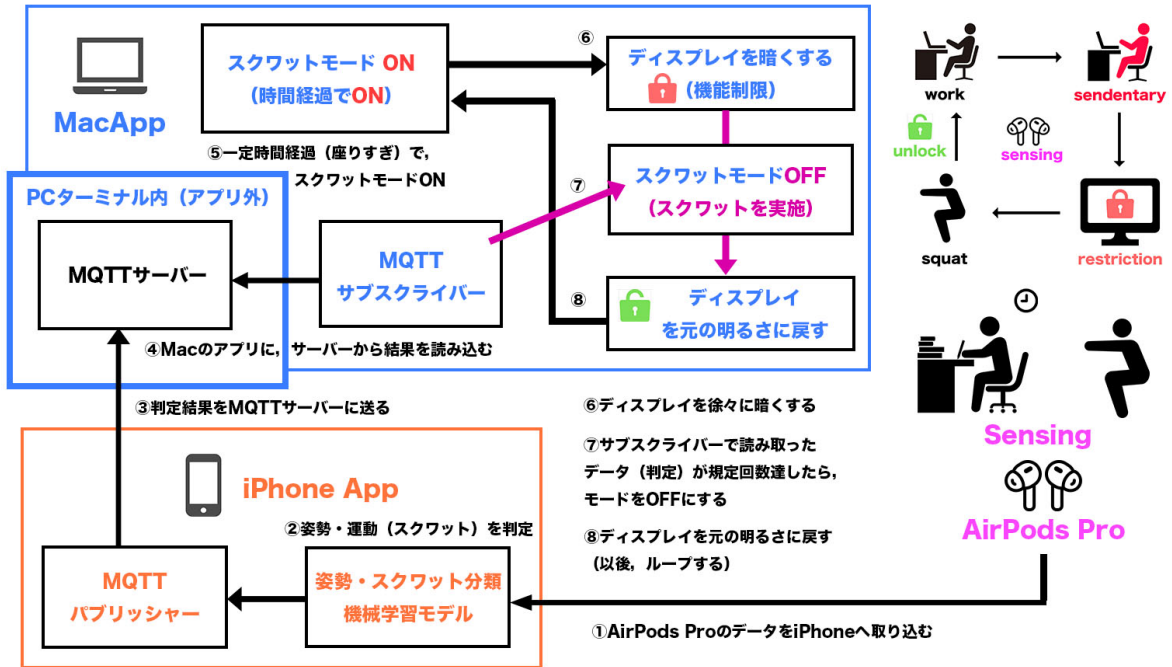


図1 本システム構成・使用時の詳しい流れ

テムの実現を目指す。

3. システム設計と実装

今回提案するのは、座りすぎ防止つまり座位持続時間短縮のための運動促進システムである。今回のシステムに必要な機能は主に2つある。

1. AirPodsのセンサーデータを用いて、スクワットをしているかどうかの判定をする。
2. 作業時間が長くなったら、PCの機能（メインディスプレイの明るさ）を一部制限する。

これらの機能を導入するためのシステム構成について説明する。本システムの構成に使用したデバイスは、MacBook Pro, iPhone13 Pro, AirPods Proの3つである。iPhoneとAirPods間のデータの受け渡しは、Swiftのライブラリ(CoreMotion)を使用しており、iPhoneとMac間の通信はMQTT通信を使用している。

実際のシステム構成・使用時の流れの図1をもとに、以下に説明を述べる。

1. AirPodsで計測したセンサーデータをiPhoneへ常時取り込む。
2. iPhoneでスクワット中かどうかの予測をおこなう。
3. iPhoneでの予測結果をMQTTを用いてMacBook内のMQTTサーバーへ渡す。

4. MacのアプリケーションにMQTTサーバーから結果を読み込む。
5. 一定時間が経った場合、座りすぎと判断し、スクワットをさせるモードを開始する。
6. 開始後、ディスプレイの明るさを徐々に落とす。
7. スクワットの判定が10回出るまで（スクワット約10回）、明るさの変更不可。
8. 判定が10回出た時点で、ディスプレイを元の明るさに戻す。
9. 5以降の工程をループし続ける。

3.1. 機械学習モデル

本システムの機械学習モデルは、XcodeのCreateMLを使って構築した。学習には、不動（座位）・頷き・首振り（横向き）・スクワットの4種類のデータを使用した。分類の種類が多いのは、不動とスクワットの2通りの分類よりも、分類の種類を増やした方がスクワットを予測する精度が高くなったからである。システムの中では、頷き・首振りも不動と同様に扱う。今回はAirPodsで測定した約2秒間のセンサーデータを4種類で合計約500件準備し、X軸、Y軸、Z軸の3軸加速度センサの3つの値を用いて学習した。

アプリ内では、リアルタイムで入力されるデータが2秒分溜まった時点で予測結果を出力している。

実験者	予測回数
A	9
B	7
C	6
D	7
E	7

表1 スクワット 10 回に対する予測回数

4. 評価実験

本研究では、2つの評価実験を実施した。

4.1. 実験1：機械学習モデルの評価実験

AirPods のセンサを用いた学習モデルが、スクワットと不動を正しく分類できたのかを実験で評価した。5人の実験参加者 (A, B, C, D, E) に、10回のスクワットを実施してもらい、システムが何回スクワットと予測したかを調べた。

4.2. 実験2：既存手法と提案手法の比較実験

既存手法である座りすぎ防止の機能をもつ Apple Watch のスタンドリマインダと今回の提案システムを比較した。4人の実験参加者 (A, B, C, D) に対して、Apple Watch のスタンドリマインダ機能を使った場合と本システムを使った場合の2パターンの実験を実施した。実験では、40分のPC作業を実施し、その途中で運動を促す機能を作動させた。実験終了後に、7段階のリッカー尺度を用いたアンケートを実施し、結果をもとに評価・考察をおこなった。

5. 実験結果・考察

5.1. 実験1

10回スクワットを実施した場合の、システム上の予測回数の結果を表1に示す。実験参加者5人全員に対して、スクワット10回に対しての予測回数が10回以下となった。スクワットをしていないときに、スクワットと予測することはなかったが、スクワット中にスクワット以外を予測することがしばしばあった。原因は2つ考えられる。

1つはスクワットをする姿勢が良くないことである。スクワットを正しくする場合、頭部は前後に動かない。しかし、参加者の中にはスクワットに慣れていない者もいたため、頭部が前後にしばしば動いていたように見られた。その影響により、頷きと予測してしまったと考えられる。

もう1つはスクワットをするスピード・タイミングである。機械学習への入力データは2秒間分であるため、ゆっくりスクワットをした場合2秒以上かかり、入力データとして適していなかったと考えられる。また、2秒間隔のうちの前半は止まっており、後半はスクワットをするといった

	質問内容
Q1	普段、作業中に意図的に軽い運動を取り入れている方だと思う
Q2	作業しているときは、運動を避けたいと思いますか？
Q3	日常的に軽い運動を取り入れたいと思いますか？
Q4	Apple Watch のリマインダー機能が、運動の動機づけになったと思う
Q5	Apple Watch のリマインダー機能が不快に感じた
Q6	今回のシステムが、運動の動機づけになったと思う
Q7	今回のシステムが不快に感じた
Q8	今回のシステムは、運動の機会の増加に効果があると思う
Q9	今回のシステムを日頃から利用したいと思う
Q10	このシステムに関する感想や印象を教えてください。(自由記述)

表2 アンケートの質問一覧

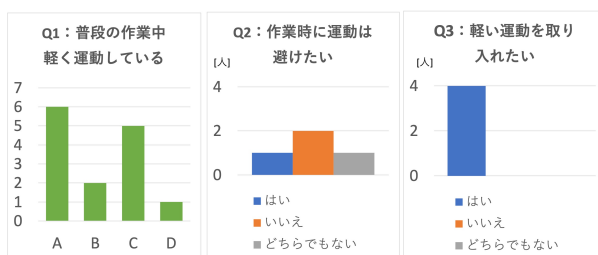


図2 Q1~3の結果

場合、入力データとしてはスクワットのデータの半分しか入力されなかったため、予測がうまくできなかったと考えられる。

これら2つの原因に関しては、閾値を調整することである程度改善すると思われる。現在は、分類の種類が4つ(不動、頷き、首振り、スクワット)存在しており、最も確率の高い状態を結果として出力している。そのため、不動の時にスクワットと予測せず、スクワット中にスクワットと予測する適切な閾値を与えることで、改善が可能だと考える。

5.2. 実験2

実験後アンケートの質問項目を表2に示す。まず、質問内容について説明する。Q1では普段の作業中に軽く運動しているか、Q2では作業中に運動を避けたいかどうか、Q3では軽い運動を取り入れたいかどうかを調査し、参加者の作業中の運動習慣への意識について調べた。Q4, 6では、2パターンの手法の運動の動機づけに対する効果の差を調べ、Q5, 7では、2パターンの手法の不快感の差について調べた。Q8, 9では、本システムが運動の機会の増加に効果があり、また使いたいと感じたかどうか調べた。Q10では、自由にコメントを求めた。質問のQ1とQ4~9は7段階のリッカー尺度を使用している(1:非常にそう思わない, 7:非常にそう思う)。

Q1~3の質問の結果を図2に示す。Q1の結果から、作業中に軽い運動をする習慣がない人がいることがわかった。

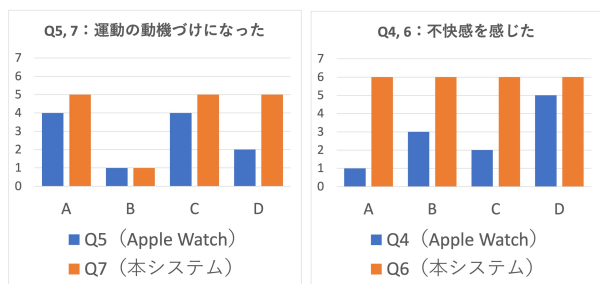


図3 Q4, 6 の比較

図4 Q5, 7 の比較

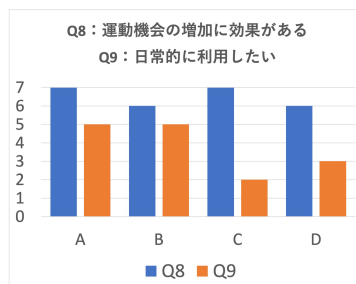


図5 Q8, 9の結果

また、軽い運動の内容が軽い散歩程度の人も存在しており、強度の高い運動を作業中に習慣的に実施している人は少ないと考えられる。Q2によると、作業中の運動に抵抗がない人の方が多く、Q3によると、全員が日常的に軽い運動を取り入れたいと思っていることが分かった。Q1, 2の結果を合わせてみると、運動習慣が少ない人でも運動する機会の増加を望んでいることがわかる。

Q4~7の結果を図3, 4に示す。ここでは、既存の手法と本システムの運動促進の機能についての比較をおこなう。図3から、実験参加者に対してはApple Watchの機能よりも本システムの方が、運動の動機づけに効果があったことが分かる。これは、Apple Watchのリマインダーの提案の強制力が弱いことが要因であると考えられる。実験参加者は、提案の通知の後には「伸び」、「散歩」、「立つ」といった強度が低い運動をしており、進んで強度の高い運動をしていないように見られた。また、Apple Watchの通知はバイブレーションのみであり、気付きにくいとの声もあった。仮に日常的に使う場合、Apple Watchを見ることなく無視する可能性は高いと思われる。

図4の結果によると、数値の差は少ないが、Apple Watchに比べて不快感を感じやすいことが分かった。考えられる原因として、2つ考えられる。1つは予測の精度である。今回の実験において、10回のスクワットの想定で設定していたが、実験1の結果からもわかる通り、スクワットの回数が多くなってしまった。実験参加者の中には、20回近くスクワットした人も見られた。この原因は、実験1の考察で述べた閾値の調整と、現在の設定回数10回を調整することで会う程度軽減できると考える。2つ目の原因は、集中の妨げになる可能性があることである。実際に、前触れもなく画面が暗くなってしまうため、作業が急に中断してしまうことに不快に感じたとの声があった。この原因に対しては、暗くなり始める前にアラートを出すなどの工夫が必要であり、一部軽減の可能性があると考える。

Q9, 10の結果を図5に示す。Q9の結果から、運動の機会に効果がありそうだと答えた人が多く、システムの利用は座位持続時間の短縮に効果があると考えられる。しかし、

Q5, 7からの結果にあった通り、不快感を感じやすい部分が多く見られたためか、半数は利用したくないと感じたようである。

6. 終わりに

今回提案したPCの機能制限を利用した健康支援システムは、普段より強度の高い運動の機会を増加させ、座位持続時間の短縮に効果があることが確認できた。しかし、不快感を感じてしまう部分があり、改善点が多く見られた。今後は、不快感を感じにくく正確なシステムへの改善を目指すとともに、システム評価のための実験対象者を増やし、改めて正確な評価をする必要がある。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金(18H03233)およびJST さきがけ(JPMJPR21P7)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Neville, O., Jo, S., Mohammad, Javed, K., Gavin, T. and Billie, Giles, C.: Sedentary behaviour and health: mapping environmental and social contexts to underpin chronic disease prevention.
- [2] Richard, P., Eoin, M., Marko, T., Thiago, Héric, d. S., Andrea, D., S., Stephen, J., S., Phil, E., James, W., Søren, B. and Katrien, W.: Sedentary behaviour and risk of all-cause, cardiovascular and cancer mortality, and incident type 2 diabetes: a systematic review and dose response meta-analysis, *Eur J Epidemiol*, p. 811-829 (2018).
- [3] Keith, M., D., Virginia, J., H., Brent, H., Natalie, C., John, E., V., Monika, M., S., Steven, N., B. and Steven, P., H.: Patterns of sedentary behavior and mortality in U.S. middle-aged and older adults: A national cohort study, *Ann Intern Med*, pp. 465-475 (2017).
- [4] Kazuya, K., Tomohiro, O., Jousuke, K., Izumi, S. and Haruhiko, S.: 加速度データからの機械学習による行動認識, 福井大学大学院工学研究科 研究報告, pp. 58-65 (2020).
- [5] Mizuki, K., Ryo, T. and Kaori, F.: デスクワークを対象としたながら運動促進システム, 情報処理学会第83回全国大会, pp. 359-360 (2021).