

SenseDesk：重心重量によりユーザの状態推定が可能なデスクの開発

三津谷海度^{†1} 伊藤弘大^{†1} 藤田和之^{†2} 岸楓馬^{†3} 福島力也^{†3} 伊藤雄一^{†1}

概要：コロナ禍における企業のテレワーク化が進む中、社員の労働状況を確認するために、様々な手法が提案されている。しかし、例えばカメラ等による監視システムでは、過度な監視から社員に心理的ストレスを与えてしまう課題がある。そこで本研究では、机にかかる重心位置と重量を取得するデバイス、SenseDeskを開発し、得られたデータを解析することでワーカーの状態・状況識別を目指す。本稿では、デバイス実装の詳細と、机上で行う作業の設定（8種類）、さらに、それぞれの作業における重心・重量を取得し、機械学習を用いて識別することで性能評価実験を実施した結果について報告する。

1. はじめに

コロナ禍での生活様式の変化が進むなか、多くの企業でテレワーク化が推進されている[1]。また、大学などの教育機関でもオンライン授業が実施され、自宅で作業をする機会が急激に増加した[2]。

テレワークでの勤務中は、オフィスでの勤務のように社員が業務を行っている様子を直接見るができない。そのため、社員の労働状況を確認するために様々な手法が提案されている。その手法の一つに勤怠管理システムがある。「着席」「退席」ボタンから勤務時間を集計し、勤務時間中の画面を一定間隔でキャプチャすることで勤務状態の把握が可能である[3]。その他、PCのカメラによる監視や、PCのログ管理による労働状況の把握などが行われている。これらの手法は、「業務を怠っていないか」「業務を怠っていると思われていないか」という企業と社員双方の不安をなくすことが可能である一方、過度な監視から社員のプライバシーを侵害してしまい、心理的ストレスを与える原因になり得る[4]。

そこで本稿では、机上動作の重心・重量データを計測する SenseDesk を提案・実装し、得られたデータを解析することでユーザの状態・状況の識別を目指す。これにより、ユーザにとって心理的な負担の少ない方法で、テレワークやオンライン授業中の状態推定ができると期待できる。

2. 関連研究

圧力センサを用いたユーザの状態推定に関する研究はいくつか行われている。

宮崎らは、椅子の座面にかかる重心と重量を測定するために、座面下に4つの圧力センサを備えた SenseChair を提案している。これは着席中のユーザの覚醒と睡眠の識別、

睡眠に入るまでの5段階の眠気の検出を行える[5]。羽山らは、圧力センサを敷き詰めたテーブルトップデバイスを実装し、圧力分布からユーザの机上での6つの振舞いの推定を可能にしている[6]。谷らは、既存の圧力センサシートを利用し、キー入力の強弱やマグカップの中身の減り方などからユーザの集中度合いを推定している[7]。圧力センサを敷き詰めると高精度での計測が可能だが、コストが高いという問題があった。

また、圧力センサや重心・重量センサ以外の手法で状態推定も行われている。磯、由井園は、マイクロフォンと距離センサを組み合わせたモジュールを開発し、室内での状態を識別し、会議中とその他の作業の分類を可能にしている[8]。

本研究では、ユーザの状態推定を可能にする手法として、机上の4隅に設置したストレインゲージによる重心・重量の計測を提案する。これにより、既存より低コストで、ユーザへの心理的負担が小さな状態推定を目指す。

3. テーブルトップデバイス SenseDesk の開発

3.1 ハードウェアの開発

図1に SenseDesk の外観を示す。厚み8mm、奥行450mm、長さ800mmの亚克力板の4隅にセンサとしてストレインゲージを配置した。ストレインゲージは端から縦50mm、

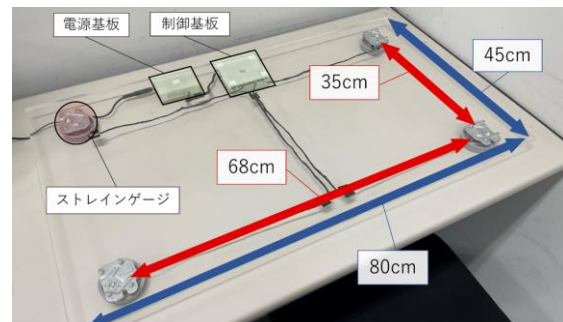


図1. SenseDeskの外観

^{†1} 青山学院大学 理工学部情報テクノロジー学科

^{†2} 東北大学 電気通信研究所

^{†3} 大阪大学大学院 情報科学研究科

横 60 mm 離れた位置に皿ねじで固定した。電源は AC アダプタから供給し、最大 100Hz で計測を行い、Bluetooth で PC にデータを送信できる。

3.2 重心位置・重量の計測

4 隅に配置されたそれぞれのセンサにかかるひずみデータをもとに、重心位置の X 座標、Y 座標、そして重量を算出した。センサの特性により、非接触時でも ± 400 g 程度の誤差が生じる。重心位置の計測に影響が出るのを防ぐため、重量が 400g 以下の場合は重心位置を中央に補正するように設定した。

4. 机上動作の識別

本デバイスの状態推定精度を検証するため、性能評価実験を行った。

4.1 対象とする机上での動作

机上で行う動作の候補を選定するため、大学生 12 名に対して、机上でよく行う動作についてアンケート調査を行った。その結果、次に示す 8 動作を推定する机上で行う動作とすることにした。本デバイスは机上にかかる重心・重量から動作を識別するため、ユーザが机に接触しない動作は除外した。

- 食事
- 頬杖 (左・右)
- マウス操作
- 伏せ寝
- タイピング
- 筆記
- 読書

4.2 データ取得実験

実験参加者 5 名 (大学生, 男性 5 名) に、4.1 節で選定した 8 種類の動作を約 3 秒間ずつ実施してもらった。その時に

表 1. 機械学習による机上動作の分類精度の結果

	Accuracy	Recall	Precision	F-measure
NN(k=6)	94.85	94.88	94.78	94.80
SVM	93.09	93.21	93.24	93.14
Random Forest	96.66	96.71	96.61	96.64

SenseDesk の各センサにかかる重量から、SenseDesk 上での重量と重心の X 座標、Y 座標の 3 つの特徴量を算出し、動作分類ラベルを付与することでデータセットを作成した。分類学習の実装には、k-NN、SVM、Random Forest を使用した。

4.3 結果と考察

作成したデータセットをもとに行った 3 種類の機械学習手法の分類精度を表 1 に示す。

3 種類すべての手法において、90% 以上の分類精度を得ることができたが、その中でも最も分類精度が高かったのは、Random Forest の 96.66% であった。その理由として、Random Forest の長所であるノイズへの強さが、特徴量ごとにばらつきのある今回のデータセットに適していたためと考えられる。また、表 2 に示す Random Forest を用いた機械学習による混同行列を見ると、食事の動作をタイピングと誤認識することがあった。これは、この 2 つの動作の重心位置と重量が似ていたことや、サンプル数が十分でなかったことが原因だと考えられる。

そのため、今後の課題としては、より多くの被験者のデータを収集し、分類精度を高めることが挙げられる。さらに、特徴量に時系列を追加し、一定時間内での重心の移動を記録することで、より高度な識別が可能になると考えられる。

5. おわりに

本研究では、机上動作の重心・重量データをもとにユーザの状態推定を行うデバイスを作成し、テレワークやオンライン授業における、既存の監視システムよりも心理的負担のかからない手法を提案した。機械学習を用いて 8 種類の動作の重心・重量データを解析した結果、96.66% の分類精度を得ることができた。今後はより多彩なデータを収集するほか、時系列などの特徴量を追加することで精度を高めていく。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 20H04226 の助成を受けた。

表 2. Random Forest を用いた機械学習による混同行列

		予測データ							
		食事	頬杖(左腕)	マウス操作	頬杖(右腕)	伏せ寝	タイピング	筆記	読書
実際の データ	食事	90.12	0.00	0.00	0.17	0.33	2.48	0.00	0.00
	頬杖 (左腕)	0.00	97.50	0.00	0.00	0.00	2.15	0.00	0.00
	マウス操作	0.00	0.00	97.39	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	頬杖 (右腕)	0.40	0.00	2.45	99.01	0.33	0.00	1.19	0.00
	伏せ寝	1.19	0.00	0.00	0.00	98.36	1.66	0.34	0.00
	タイピング	5.53	1.43	0.00	0.17	0.82	92.88	0.00	0.21
	筆記	2.77	0.72	0.00	0.17	0.16	0.33	98.46	0.00
	読書	0.00	0.36	0.16	0.17	0.00	0.50	0.00	99.79

参考文献

- [1] 総務省 “データで見る遠隔・オンライン教育の状況”.
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/nid122230.html>, (参照 2021-12-1) .
- [2] 高場希恵,吉田知加.“日本企業におけるテレワーク導入に関する考察”情報知識学会誌 Vol.27, No.2, pp.175-182,2017.
- [3] 滝澤友里, 村山優子.“テレワークにおけるプライバシーの課題に関する調査”,*Computer Security Symposium*, 2018.
- [4] 後藤学, 濱野和佳. “新型コロナウイルス感染症流行下でのテレワークの実態に関する調査動向”. *INSS JOURNAL*, Vol. 27 R-4, 2020.
- [5] 宮崎陽平, 池田和章, 中島孝祐, 伊藤雄一, 尾上孝雄.“SenseChairを用いた眠気検出に関する検討”, 情報処理学会 インタラクシオン, 2014
- [6] 羽山徹彩, 大館英隆, 石田直登, “受講生の状態推定のための圧力センサを用いたテーブルトップインターフェースの開発”, 情報処理学会研究報告, No.17, 2018.
- [7] Takahisa Tani, Seiji Yamada, “Estimating User Interpretability by Measuring Table-top Pressure”, *CHI* 2013.
- [8] 磯和之, 由井園隆也, “テレワーク環境におけるアンビエントセンサを用いた作業者の状態推定に関する実験”, 情報処理学会研究報告, No.19, 2018.