

(1) 研究題目

※スペースが足りない場合は、枠を追加いただいて構いません。

人間工学評価ツールに基づく姿勢評価支援アプリの開発

(2) 本研究の期間

(西暦) 2024 年 4 月 ～ 2025 年 3 月

(3) 本研究の成果と今後の課題

研究の目的

体幹前傾や上肢挙上などの不良姿勢は、腰痛や肩こりなどの筋骨格系障害を発生させる。労働起因の作業関連性筋骨格系障害(WMSDs)の有訴率は 6 割以上であり、労働関連の健康問題の中では割合が最も大きい。不良姿勢をなくすることが重要である。不良姿勢の評価は、モーションキャプチャ(Mocap)やシミュレーションにより可能であるが、高価な機器や高度な知識を要する。そのため、職場での姿勢評価では、コストが抑えられ、誰でも利用できる簡便な方法が求められる。そこで、職場では作業を目視で判定して大まかに姿勢の評点をつける人間工学評価ツールが利用されている。しかし、評価結果が評価者に依存することや評価に時間がかかることが課題であり、日本国内では広く普及していない。

そこで本研究では、全身作業姿勢を評価する人間工学評価ツールである REBA (Rapid Entire Body Assessment) における姿勢の評価支援を実施するアプリケーションの開発を目的とする。REBA では、体幹(体幹・頸・下肢)と上肢(上腕・前腕・手首)の姿勢を部位別にスコアで評価し、それらに荷重・持ちやすさ・活動度を加えることで対象姿勢のリスクレベルを評価する。そのため本研究では、コンピュータビジョンと機械学習によって REBA における姿勢を自動で評価できることを目指す。これにより、専門家でなくても職場での姿勢評価が簡便にできるようになり、どのような作業改善が必要かを可視化できる。そして、作業改善によって労働者の腰痛や肩こりの減少に寄与でき、働く人たちの暮らしの向上につながる。

研究の成果

①姿勢データセットの作成

姿勢データセットを作成するために、REBA に基づくさまざまな姿勢のモーションデータと動画像データを取得する実験を実施した。実験参加者は 10 名として、荷役作業や組立作業を模した作業姿勢をとらせた。なお、REBA における姿勢スコアを網羅するために、作業位置や作業高さなどを指示した。計測には光学式モーションキャプチャシステムである OptiTrack を用い、モーションデータの取得には PrimeX13 カメラ、動画像データの取得には PrimeColor カメラを使用した。

取得した動画像データを OpenPose および MediaPipe に入力することで、関節 2 次元座標を取得した。そして、取得したモーションデータを用いて、関節 2 次元座標に対して REBA の姿勢スコアのラベル付けを実施した。REBA では屈曲・伸展のように角度範囲でスコアが変わる動作と側屈や回旋のようにその姿勢の有無によってスコアが変わる動作がある。つまり、後者の動作の場合には関節角度が少しでも 0 度から外れると側屈(回旋)していると分類されることになる。そのため、直立姿勢時の各関節の角度範囲を計測し、その範囲内であれば側屈(回旋)していないと定義した。

作成した姿勢データセットでは、REBA に基づく各部位のスコアは網羅されていた。しかし、一部の部位ではスコア割合に大きな偏りがみられた。具体的には、頸のスコア 2 と前腕のスコア 2 では部位別の姿勢スコアの 5 割以上を占めていた。そのため、各部位のスコア割合ができるだけ均一になるように、頸のスコア 2 および前腕のスコア 2 を中心にアンダーサンプリングを実施した。

②REBA に基づく姿勢を推定する機械学習モデルの作成および精度の評価

姿勢スコアを分類する機械学習モデルは 6 部位(体幹・頸・下肢・上腕・前腕・手首)それぞれで作成した。特徴量は左右の肩, 肘, 手首, 腰, 膝, 足首の X 座標および Y 座標の 24 特徴量とした。姿勢スコアは多クラスであるため, 機械学習アルゴリズムはデスクトップアプリでは SVC (Support Vector Classification), モバイルアプリでは MLP (Multilayer Perceptron) Classifier を用いた。なお, 同じ姿勢でも作業画像内の作業者の位置, 撮影距離, 撮影方向により座標値が変動するため, モデルの頑強性向上を目的としたデータ拡張や正規化を実施した。

作成した機械学習モデルの精度を評価するために, Leave-One-Person-Out Cross Validation を実施した。その結果, REBA の最終スコアである AL (Action Level) の精度は, デスクトップアプリでは 75.6%, モバイルアプリでは 75.5%となった。

③姿勢評価支援アプリの開発およびユーザビリティの評価

本研究では, REBA に基づく姿勢評価の支援が可能なアプリケーションを開発した。モバイルアプリ(下図)では, モバイル端末による画像の撮影, MediaPipe による関節点の取得, 機械学習モデルによる 6 つの姿勢スコア推定, その他スコアの手入力, AL の自動計算, 結果の表示, データの保存が可能である。デスクトップアプリでは, PC での動画画像の選択, OpenPose による関節点の取得, 6 つの姿勢スコア推定, その他スコアの設定, AL の自動計算, 結果の CSV 出力が可能である。

モバイルアプリのユーザビリティを評価するために, 目視による評価とアプリによる評価の比較実験を実施した。その結果, アプリによる評価時間は目視による評価の約 1/3 となった。さらに, AL の精度は目視による評価が 30.6%であったのに対し, アプリによる評価は 73.3%であった。以上より, モバイルアプリを用いたほうが目視よりも早く正確な REBA 評価が可能であることが示された。また, 実験参加者への聞き取り調査では, 良かった点として簡便に評価できることが挙げられた一方で, アプリのユーザインタフェースや機能に関する改良点も挙げられた。

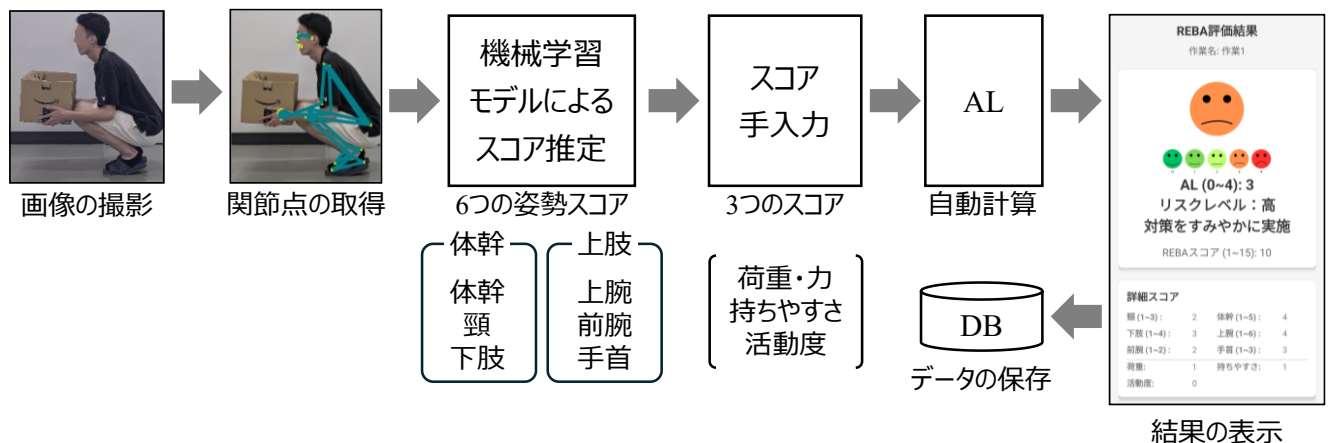


図. REBA 評価を支援するモバイルアプリ

今後の課題

本研究では, 人間工学評価ツールのひとつである REBA に基づく姿勢の評価支援が可能なアプリケーションを開発した。しかし, 姿勢以外の評価項目である荷重・カスコア, 持ちやすさスコア, 活動度スコアは手入力であるため, これらの評価項目に対する入力支援 (例えば, 取り扱い重量の自動推定) が必要である。また, 姿勢推定 AI において関節点を取得する際には, 作業画像の撮影条件や作業姿勢によって関節点の欠損は避けられない。そのため, 関節点の欠損が起こりやすい条件の究明および欠損した関節点を自動的に補完する機能も必要である。さらに, モバイルアプリのユーザビリティに関する聞き取り調査の結果から, いくつかの改善点が挙げられた。具体的には, 評価結果のユーザインタフェースの改善, データベース操作の効率化, 複数画像の一括評価の実装であり, これらには順次対応する予定である。