

## 高齢労働者の身体機能を評価するアプリケーションの構築

研究分担者 村上遥 東京大学工学部

研究要旨：高齢者雇用安定法が改正(2012年)され、65歳までの雇用機会が確保されるようになった。また休業4日以上労働災害による死傷者において、高齢労働者(60歳以上)が占める割合も増加傾向にあり、その対策は喫緊の課題である。本研究班は高齢労働者が安全に働くための基礎的条件となる身体機能評価法の確立を目指している。

そこで2146名の20~76歳(平均66歳)の男女(運動データはうち1,510名：運動データをもつ参加者の平均年齢63歳、過去1年間の労働災害：転倒経験=281名)にて、これら日常生活+運動機能を測る指標のうち、どういった項目が転倒などの労働災害との相関に強く寄与するのかを分析し、調査などでより実施しやすい検査を提案することを目的に高齢労働者の身体機能を評価するR2年度にCATシステムを開発した。

令和3年度には、身体機能計測には、スマートフォンアプリケーションを応用できる可能性があり、本研究班でも2ステップ、5回椅子立ち座り、座位ステッピング、ステップテスト、開眼片足立ち、ファンクショナルリーチ、歩行速度など様々な身体機能計測法を取り入れている。これら身体機能計測において、スマートフォンアプリケーションとして実装可能な評価の検討を行い、アプリケーションを開発した。

### A. 研究目的

高齢者雇用安定法が改正(2012年)され、65歳までの雇用機会が確保されるようになった。また休業4日以上労働災害による死傷者において、高齢労働者(60歳以上)が占める割合も増加傾向にあり、その対策は喫緊の課題である。本研究班は高齢労働者が安全に働くための基礎的条件となる身体機能評価法の確立を目指している。

本分担研究では、大規模縦断データベースを用いて、日常生活+運動機能を測る指標のうち、どういった項目が転倒などの労働災害との相関に強く寄与するのかを分析し、調査などでより実施しやすい検査を提案することを目的に高齢労働者の身体機能を評価するCATシステムを開発した。なお村上の所属変更に伴い分担研究者としての期間は令和2-3年度となっている。

### B. 研究方法

#### 令和2年度

データ：2146名の20~76歳(平均66歳)の男女(運動データはうち1,510名：運動データをもつ参加者の平均年齢63歳、過去1年間の労働災

害：転倒経験=281名)である。

設問項目：113項目(一部、単位変換しただけのものと別回の測定データ有)、性別、年齢、BMI、握力、片脚起立・立位、歩行速度、椅子5回立ち上がり、2ステップテスト、転倒等リスク評価セルフチェック質問票=39項目、転倒に関するチェックリスト+運動機能検査=40項目、ロコモ25=25項目

これら日常生活+運動機能を測る指標のうち、どういった項目が転倒などの労働災害との相関に強く寄与するのかを分析し、調査などでより実施しやすい検査を提案する。

設問「過去1年の転倒の有無」と他設問とのデータ分布を調べ、過去1年の転倒の有無の推定に寄与する項目をピックアップする。

①単純に寄与度の強い項目順に並べ、その中で下位の項目から削除した際に、どこまでの項目数でROCで0.7程度で他設問から過去1年の転倒歴を推定できるか調べる。

②どの項目を組み合わせることで、それぞれの

項目に不足している情報が補えるか検討する。

### 令和3年度

ブラウザタイプのシングルページアプリケーションとしての開発を構想した。Web技術で対話的に操作するアプリケーションを構築する場合、利用者の入力や操作をサーバへのページ読み込み要求として伝達し、操作結果を反映したWebページをブラウザが読み込むというサイクルを繰り返すのが一般的である。

これに対し、シングルページアプリケーションでは最初にブラウザ側に通信機能を持ったスクリプトを読み込み、利用者の操作や入力が行われるとスクリプトの内部処理でサーバ側との通信が行われ、入力の送信、応答の取得、表示内容の更新が行われる。

操作の度にページ全体の再読み込みを行う通常的方式に比べ、ページ上の必要な部分だけを更新するため軽快に動作させることができる。

またスマートフォンにはジャイロセンサーと加速度計が搭載されているのでこれを制御して評価を行えば、別にセンサーを用意しなくても日常生活での運動機能計測が可能になるものと予想される。

### C. 研究結果・D. 考察

#### 令和2年度

解析結果として各設問との相関関係ヒートマップを提示する。(2値の物もプログラムの都合上含まれている)

右下の正の相関が強いエリアはロコモ 25 である。

互いに相関関係が強いということは同様の目的を測る有効な手段であり情報を集約できる。

運動機能と労働災害との相互の関連を予測する 4 つのカテゴリの質問に分類されることが明らかになった。

#### 1) 不安定な活動状態での習慣的行動

安定した活動を妨げる身体・精神的要因がある中で、その状態に配慮せずに起こした行動。身体機能の低下によって身体の支持性が低下し、立位保持困難や歩行障害がある状態で活動する状態で、薬剤による平衡機能の変化も関連する。

視覚障害や聴覚障害があり周囲の安全を確認できないまま行動を開始することも、このカテゴリに分類される。

#### 2) 活動能力の知覚錯誤に伴う行動

活動能力の自己知覚に関連した行動。労働者が、安全に活動するための活動能力が不足している現状を正確に知覚できないことにより、安全ではない方法で行動するという特徴をもつものと考えられる。

床の物を拾おうとする時に過度に前傾姿勢をとる、棚の上の物を取ろうとして大きく手を伸ばしてバランスを失う等の、姿勢制御可能な範囲を超えて重心を大きくずらすという行動、滑りやすい底の履物で転倒することを予想しない、床の状態に注意を払わないという特徴も、このカテゴリに分類される。安定した歩行ができないことを知覚していないため、障害物のある場所や段差、狭い場所を通るなどのリスクを予想するものと考えられる。また可動性のあるものを支えにしたり、荷重することによる事故、急な体位変更や方向変更により体位を保持できないような事故を予測するカテゴリである。

#### 3) 安全ではない方法で物品などを使用する行動

安全な行動のために必要な知識や配慮が不足しており、物品を適切に使用しないという特徴があり、周辺の機器類や移動補助具を適切に扱う方法やそれらの物品が周辺にある状態でどのような配慮が必要かを理解しないまま行動を開始することを予測する。

#### 4) 正確な判断ができない状況での行動

このカテゴリは、正確な判断ができない状況で行動を続行するという特徴を示し、焦りによって正確な判断が妨げられている中での行動、同時に複数の課題に取り組もうとして、判断の正確性が低下する中での行動を予測する。

これら 4 つのカテゴリのうち、身体計測機能ともっとも関連が高いのが「1) 不安定な活動状態での習慣的行動」であり、運動機能計測が実施できない状況でも、この設問項目から 10-15 問の設問を聴取 (質問の回答パターンに応じて設問数が異なり、リスク予測が ROC: Receiver Operating Characteristic 解析での精度 AUC: Area under curve 0.80 を上回れば質問を停止) すれば、転倒リスクを予想できる。「2) 活動能力の知覚錯誤に伴う行動」、「3) 安全ではない方法で物品などを使用する行動」、「4) 正確な判断ができない状況での行動」

に分類される質問カテゴリは、2-4 問の聴取、最小 16 問、最大 27 問の設問でリスクを予測できる見込みである (113 項目の検査・設問から圧縮)。現在の労働災害の数が 281 例であるため、事例が蓄積すればさらに少ない設問数でのリスク判定が行える可能性が高い。

### 令和3年度

脚の踏み出しと接地でのコンタクトが大きく、ノイズが乗りやすい 2 ステップテストと、「ファンクショナルリーチ」は、動的バランス能力の測定のため、バランスを崩さずにどのくらいからだを傾斜できるか測定するものであるが、検査の性質上加速度センサーが反応しづらい。

そこで下記 5 項目の計測アプリケーション

- ・ 5 回立ち座り
- ・ 6m 歩行
- ・ 片足バランス
- ・ 8 回ステップ
- ・ 閉眼バランス

シングルページアプリケーションとして開発した。

#### 5 回立ち座り

大腿にデバイスを装着することを想定

計測値

所要時間 (秒) : 開始から 5 回目の立ち→座りを検出するまでの時間

リズム一定度 (%) : 座り→座りの間隔の変動係数百分率を 100 から引いたもの

アルゴリズム

デバイスの Y 軸と重力方向のなす角を監視し、下記条件で立ち座りを判定

座り :  $90 \pm 20^\circ$

立ち :  $0 \pm 20^\circ$

5 回目の立ち→座りを検出した時点で計測終了

#### 6m 歩行

大腿にデバイスを装着することを想定

計測値

所要時間 (秒) : 開始から 6m 経過するまでの時間

速度 (m/秒) :  $6m / \text{所要時間}$

リズム一定度 (%) : 足の垂直→垂直の間隔の変動係数百分率を 100 から引いたもの

アルゴリズム

入力 : 股下の長さ

デバイスの Y 軸と重力方向のなす角を監視し、 $\Delta$ 角度の絶対値を歩行距離に追加

$\Delta$ 角度はノイズの影響を減らすため、 $1^\circ$  未満の場合はスキップ

距離が 6m になった時点で終了

足の垂直判定は、なす角が  $0 \pm 10^\circ$  の時

#### 片足バランス

上げる足の腿にデバイスを装着することを想定

計測値

所要時間 (秒) : 開始検知から終了検知までの時間

安定度 (%) : 計測中、不安定と判定された時間の百分率を 100 から引いたもの

アルゴリズム

デバイスの Y 軸と重力方向のなす角を監視し、 $45^\circ$  以上に上がれば計測を開始、 $30^\circ$  以下に下がれば計測終了

デバイスの Z 軸と重力方向のなす角を監視し、 $\pm 15^\circ$  以上であれば不安定と判定

#### 8 回ステップ

左腿にデバイスを装着することを想定

計測値

所要時間 (秒) : 開始から左足の 4 回目の台→地面を検出するまでの時間

リズム一定度 (%) : 左足が地面→地面の間隔の変動係数百分率を 100 から引いたもの

アルゴリズム

デバイスの Y 軸と重力方向のなす角を監視し、下記条件で地面 or 台を判定

地面 :  $20^\circ$  以下

台 :  $40^\circ$  以上

4 回目の台→地面を検出した時点で計測終了

#### 閉眼バランス

前側の足の腿にデバイスを装着することを想定

計測値

所要時間 (秒) : 開始から終了検知までの時間  
安定度 (%) : 計測中、不安定と判定された時間の百分率を 100 から引いたもの

アルゴリズム

30 秒経過 or  $100\text{rad/s}$  以上の Y 軸角速度を検知すると終了

$10\text{rad/s}$  以上の Y 軸角速度を検知している間は不安定と判定

#### E. 結論

調査などでより実施しやすい検査を提案するこ

とを目的に高年齢労働者の身体機能を評価するCATシステムおよびシングルページアプリケーションを開発した。

**F. 健康危険情報**

総括研究報告書にまとめて記載。

**G. 研究発表** なし

**H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）**  
なし