

体力や身体活動に関わる研究を進めるためのデータ収集システム構築

蘇 リ ナ*1, 村 井 史 子*2, 松 尾 知 明*1

労働者の健康リスクを考えるうえで体力や身体活動は重要な要素である。我々はこのまでの研究で、労働者の身体的体力 (physical fitness: PF) や精神的体力 (mental fitness: MF), 座位行動等の評価方法 (質問票や簡易体力検査法) を開発する研究に取り組んできた。次の段階としてこれらを用いた疫学調査を予定しているが、企業等で勤務する労働者を対象とした調査を円滑に進めるためには、データ収集の効率化が求められる。そこで、PF や MF, 座位行動等の評価に関連するコンテンツを IT 化し、「質問調査 web システム」、「活動日誌 web アプリ」、「身体活動量分析システム」、「結果返却システム」、「MF web アプリ」、「疫学調査用ポータルサイト」を構築した。これらのコンテンツは、他の研究機関の研究者や企業の健康経営担当者などが活用できるよう公開化を目指し、その準備を進めている。今後は、構築したシステムを活用した疫学調査を進展させ、労働者の健康リスク軽減に貢献したい。

キーワード: CRF, 座位, 身体活動, web システム。

1. はじめに

近年、研究成果を社会に活かすこと、つまり社会実装の重要性がますます高まっている。特に、労働者を対象にした研究では、実際の職場でデータを収集し、エビデンスを蓄積することが求められている。我々はこのまでに労働者の体力と身体活動に焦点を当てた研究を行い、職場で活用できる評価方法として質問票や簡易な体力検査法を確立してきた。詳細な研究内容については、本 SRR 内の別論文「身体的体力 (physical fitness) の評価法に関する研究」に記載されている。

これまでに得られた評価方法を活用して、労働者の健康問題に対する具体的、且つ効果的な対策を確立するために、我々は企業などの従業員を対象とした大規模疫学研究に取り組んでいる。しかし、調査の規模が拡大すると、データ収集と処理に時間とコストがかかるだけでなく、調査過程で発生する個人情報の取り扱いも重要な課題となる。これらの課題を解決するためには、調査に関わる企業担当者、参加する従業員、データを収集する研究者の 3 者における手間を最小限にしながら、正確なデータを安全に収集することが重要である。そこで、データの収集と処理作業を自動化し、情報セキュリティ対策を講じることを目的とした web システムを構築した。

効率的なデータ収集方法を取り入れ、信頼性の高いデータを蓄積することは、労働者の健康管理に資する研究を進展させ、有益な対策の確立に役立つ。また一方で、こういったシステムやツールは、得られた研究成果を労働者個人に、さらには広く社会に還元する際にも活用できる。本稿では、構築してきたシステムの詳細と今後の課題について紹介する。

2. 質問調査 web システム

日常生活における活発な身体活動は健康増進に繋がることが知られているが、産業構造の変化 (作業の自動化、機械化) は労働者の身体活動の減少と座位行動の増加を生み出し、労働者の体力や健康問題に関連する要因の一つとなっている。そのため、労働者の身体活動を評価し健康問題との関係を明らかにすることは、今後の労働衛生を考える上で重要である。一般的に、身体活動の評価には加速度計等のウェアラブル機器や質問紙法が用いられる。中でも質問紙法は多数を対象とする疫学研究で多用されており、調査にかかる手間やコストの負担が少ないことが最大の長所である。我々は職域疫学調査での活用を企図した質問票「労働者生活行動時間調査票 (Worker's Living Activity-time Questionnaire, WLAQ)」を開発し、一定の信頼性と妥当性を報告してきた¹⁾。WLAQ は、労働者の生活領域別 (勤務, 通勤, 勤務日余暇, 休日) に座位時間を含む生活活動時間を評価し、睡眠時間, 勤務時間, 勤務間インターバル時間など、労働衛生研究において重要な指標を算出するこ

*1 労働安全衛生総合研究所人間工学研究グループ

*2 労働安全衛生総合研究所過労死等防止調査研究センター

連絡先: 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾 6-21-1

労働安全衛生総合研究所 人間工学研究グループ 蘇 リナ

E-mail: sorina@h.jniosh.johas.go.jp

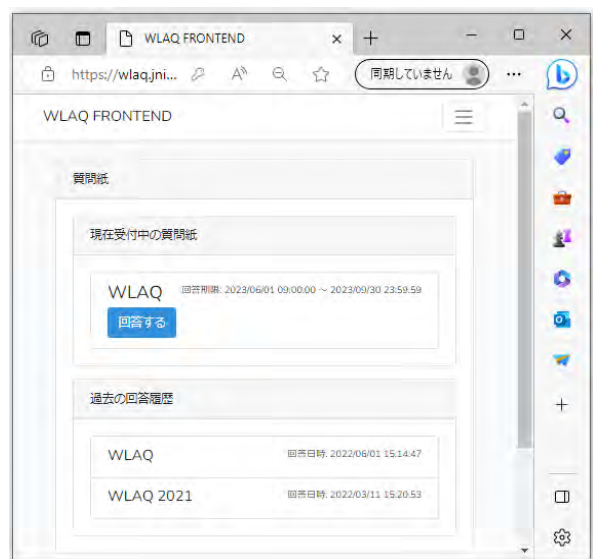


図 1 質問調査 web システムの画面

とができる。また、身体活動に関わる強度と頻度に関する質問を設け、疾病発症に強く関わることを示されている心肺持久力 (Cardiorespiratory fitness, CRF) を推定できることも特徴である²⁾。

WLAQ は労働者に関連する様々な生活活動時間を評価する便利な手法として、これまでに企業の従業員を対象にした疫学調査で活用されてきた^{3,4)}。しかし、紙媒体による調査では、質問票の配布や回収など、協力企業の担当者に負担がかかるという課題があった。さらに、収集された回答を電子化するための入力作業や、回答の不備を目視で確認するなど、データを利用可能な形にするまでに時間がかかるという課題も浮上していた。我々は、これらを解決するための取り組みとして、専用の質問調査 web システムを構築した (図 1)。質問調査 web システムでは、研究参加への同意と質問への回答が web 上で完結できる仕組みを取り入れ、調査に向けた企業担当者の作業 (質問紙の準備や配布、回収など) と調査に参加する従業員の回答にかかる負担を軽減した。また、従業員が回答を完了する前に、システム内部で入力ミスや回答漏れ等の回答不備を確認する機能を取り入れた。これにより、回収したデータの確認作業にかかる負担を軽減するとともに、分析に不適正な無効データの割合を大幅に減少させた。具体例として、2020 年度にある企業で実施した WLAQ 調査では、無効データの割合が約 8% (回答数 2,245 件, 有効データ 2,068 件) であったのに対し、2021 年度に本システムを利用した WLAQ 調査では、無効データの割合が約 1% (回答数 927 件, 有効データ 917 件) にまで下がった。

一方、企業での WLAQ 調査の過程では回答者を識別するメールアドレスや従業員番号などが記録されるため、個人情報の取り扱いに関する課題を解決する必要があった。そこで、本システムでは、個人情報の保護策として、個人情報の閲覧を企業担当者だけに限定し、データを収集する側は特定の ID で匿名化されたデータのみを受け取る仕様とした。さらに、匿名化されたデータを質問調査 web システム上で安全に受け渡す機能を備えることで、情報セキュリティ対策の向上を試みた。

2021 年度から複数の協力企業と共に、質問調査 web システムを使って数千人規模の疫学調査を数名の担当者だけで実施している。この質問調査 web システムの活用により、大規模な疫学調査を効率的に遂行可能であることを確認した。

2022 年度には WLAQ に加え、労働者の職務に向き合う精神的体力を評価する質問票 (Occupational Mental Fitness Questionnaire, OMFQ) など、複数の質問紙を取り扱えるように機能拡張を行い、今後の利用を目指している。

3. 活動日誌 web システム

労働者の生活領域別 (通勤、勤務、余暇など) の身体活動が健康リスクに及ぼす影響を検討するための取り組

みとして、加速度計などのウェアラブル機器を用いたデータベースの構築を進めている。生活領域別の身体活動量を客観的に評価するためには、特定の生活活動の時刻情報 (起床時刻、自宅出発時刻、職場到着時刻、退勤時刻、就寝時刻など) の取得は必須不可欠である。時刻情報を得る手段として、これまでは紙媒体の日誌に時刻を記録する方法を用いてきたが、この方法では、冊子の印刷や配付の作業が必要であった。また、記録データを電子化するための入力作業が必ず発生し、手間のかかることが課題となっていた。この課題を解決するために、我々は現代人が常に持ち歩く身近な存在であるスマートフォンを活用することに注目し、簡便、且つ正確に生活活動時刻を記録できる専用 web アプリケーション (活動日誌 web システム) を開発した (図 2)。



図 2 活動日誌 web 画面

開発に際しては、android や iOS などのオペレーティングシステム (operating system, OS) に合わせて設計・開発する必要のあるネイティブアプリ (端末へインストールを要するタイプのアプリ) ではなく、web ブラウザ上で動作する web アプリとした。これにより、研究参加者のスマートフォンの機種や OS に制約されないことと、開発コストを抑えることを両立させることができた。

本活動日誌 web システムの特徴は、使用者のデジタルリテラシーバイアスの影響を受けないよう、操作方法を可能な限り簡略化したことである。研究参加者は、特定の活動 (例えば、起床、職場に向けた出発、退勤、就寝など) を行った際に、自身のスマートフォン上に表示される該当ボタンをタップするだけで、ログが web サー

バーに蓄積される。また、打刻した日時だけでなく、修正などの最終更新日時もログとして残すことで、研究データの正確性を担保した。さらに、システム内部で打刻漏れをチェックする機能を備え、漏れが生じた場合はポップアップメニューを表示する。この機能により、データ収集期間の最終日に担当者が聞き取り調査を行い、参加者の過去の記憶に頼って漏れた記録を補完していた従来の方法より研究データの正確性が向上した。研究者は蓄積されたログデータを web サーバーから CSV ファイルとしてダウンロードし、追加の作業なしでデータ処理に利用できる。次項で説明する身体活動分析システム (HANAE2) では、ダウンロードした CSV ファイルを、そのままシステムの入力ファイルとして利用する。

活動日誌 web システムは、2021 年度から協力企業での調査用として、2022 年度からは所内の被験者実験でそれぞれ使用されている。活動日誌 web システムの導入により、記録の正確性が向上し、データ処理の作業時間が大幅に短縮される成果が得られた。

4. 身体活動量分析システム (HANAE2)

身体活動が健康リスクとどのように関係するかを検討する際に、身体活動の強度は非常に重要な要素となる。一般的に研究で多く用いられる身体活動の強度はメッツ (metabolic equivalents: METs) という単位で表示される。メッツは、安静状態を 1 MET とし、例えば 3 METs の身体活動は安静時の 3 倍のエネルギーを消費することを意味する。身体活動はその強度に応じて、座位行動 (1.5 METs 以下)、低強度身体活動 (1.6~2.9METs)、中強度身体活動 (3.0~5.9METs)、高強度身体活動 (6.0 METs 以上) に分類されており、特に 3 METs 以上の中高強度身体活動は健康管理に重要な指標とされている⁵⁾。

我々の疫学調査では、活動量計 (HJA-750C, オムロン社製) から得られる身体活動のデータと前述した生活活動の時刻情報を 1 週間ほど収集し、様々な身体活動の指標を得ている。ただし、身体活動のデータは 1 分間隔で収集され、生活活動時刻に基づいて集計する必要があることから非常に時間がかかり、目視による作業では間違いの可能性も高くなる。そのため、疫学調査を行う際には、データ収集だけでなく、取得したデータの処理と分析にも時間と人件費がかかることが課題となっていた。

このような課題を解決するために、我々は Windows アプリケーションとして動作する身体活動量分析システム (HANAE2) を開発した。このシステムの開発は、多数のデータを正確に処理・分析し、新たな知見を迅速に発信する上で非常に重要である。身体活動量分析システムでは、活動量計と活動日誌 web システムから得られる CSV ファイルを対象データとし、個人の身体活動量を強度別 (座位行動~高強度身体活動) および生活領域別 (通勤、勤務、余暇など) に平均値を集計する。

身体活動量分析システムは、2022 年度から協力企業の従業員を対象とした疫学調査で使用しており、データ処

理作業が大幅に効率化された。今後は、一部機能拡張を行い、他の研究機関や企業等で活用できるよう公開する予定である。



図3 心肺持久力 (上), 座位時間 (中), MVPA (下) の結果返却

5. 結果返却システム

企業などの従業員から収集された研究データは、単に分析結果を論文として公表するだけでなく、研究参加者に結果を返却することも成果の還元として重要である。しかし、多人数を対象とした疫学調査では、データ収集や処理だけでなく、個々の参加者に結果を返却する際にも手間と時間がかかる課題があった。そのため、我々は身体活動分析システム (HANAE2) から出力された CSV ファイルをアップロードし、参加者が自身の PC やスマートフォンから簡単に結果を閲覧したり、PDF ファイルとしてダウンロードしたりできる専用の web システム (結果返却システム) を構築した。

結果返却システムでは、以下の 3 つの内容を返却する。各内容には、調査で得られた研究参加者の値と解説を掲載している。

1) 心肺持久力 (図 3, 上) : ランニングマシンやエルゴメーターで計測した場合は実測値を, J-NIOSSH ステップテスト (JST) や WLAQ から推定した場合は推定値を返却する。

2) 座位行動時間 (図 3, 中) : WLAQ または活動量計から得られたデータを用いて 1 日あたりの平均座位時間を領域別 (勤務中と余暇中) に返却する。

3) 中高強度身体活動時間 (図 3, 下) : 調査期間から割り出した 1 週間あたりの中高強度身体活動 (moderate to vigorous physical activity : MVPA) 時間を返却する。

2022 年度から協力企業との疫学調査で結果返却システムを使用している。その結果, 結果返却にかかる作業が大幅に効率化され, 1~2 名の担当者で作業を完結することが可能となった。一方, システムを導入した企業はこの仕組みを健康経営に向けた取り組みの一環として活用している。

6. MF web アプリ

我々が取り組んでいる「労働者の身体的および精神的体力の評価方法の開発」では, 「労働者の体力」を身体的体力 (Physical fitness, PF) と精神的体力 (Mental fitness, MF) の 2 要素から成るものとして考えている。特に, MF を「職務に向き合った際に体躯や神経を発動させるための主観的な精神エネルギー」と定義し, 労働者の職務に向き合う精神的な体力を評価するための質問票 OMFQ を開発し, その詳細を本 SRR 内の別論文「精神的体力 (mental fitness) の評価法に関する研究」に記載した。



図 4 MF web アプリの回答画面

労働者の MF について, 我々は MF を日々変化するものと捉え, その変化に関するデータ収集を効率的に行うためのツールとして, MF web アプリを開発した。MF web アプリでは, スマートフォンを利用して「職務に対する意気込み」に関する情報を記録する。研究参加者は,

1 日 3 回 (朝 : 勤務前, 昼 : 勤務中, 夜 : 勤務後) システムから自動送信されるメール内の URL にアクセスし, その瞬間に感じる職務に対する気持ちとその強さを画面以上の VAS スケールで回答する (図 4)。研究者は, web サーバーに保存された回答データを CSV ファイルとしてダウンロードすることが可能である。

MF web アプリを用いたデータ収集では, 「今」の気持ちを反映する回答を得ることが重要なポイントであったため, 回答時間に制限を設け, 制限時間を超えると回答できないように工夫した。2022 年度から所内の被験者実験でこの web アプリを使用し, 現在もデータ収集を継続している。

7. 疫学調査用ポータルサイト

職域における大規模疫学調査を行う際, 忙しい労働者を対象とするため, 研究参加者を増やすための工夫が重要である。そのために, 上述の各種システムへのアクセスをより簡便にすることが必要であると考え, これらの目的に向けた疫学調査用ポータルサイト (<https://portal.jniossh-fitness.com/>) を構築した。このポータルサイトでは, 先述のシステムに加え, これまでに開発した動画などの研究ツールも公開している。これにより, 企業担当者や研究参加者は, 調査に必要な情報を簡単に入手することができるようになった。現在公開しているツールは以下の通りである。

1) JST 説明・実施動画

JST (JNIOSSH ステップテスト) は, 労働者の CRF を簡便に評価するための方法として, 3 分間の昇降運動時とその後 2 分間の安静時の心拍数を計測し, それらのデータを使用して最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) の推定値を算出する³⁾。また, 踏み台が利用できない場合に活用できる踏み台なしバージョン (JST2) も公開している。

2) JHIAT 解説・実施動画

JHIAT (J-NIOSSH's High-intensity Interval Aerobic Training) は, 短時間で効率よく CRF を向上させるための 15 分の運動プログラム⁶⁾である。JHIAT の解説や実施方法を詳しく説明した動画を公開している。また, JHIAT の運動強度を正確に調整することができる専用サウンドも提供している。

3) 各種ストレッチ動画

仕事での気分転換や運動前後に活用できるストレッチ動画を公開している。これらの動画を活用することで, 視聴者は仕事での疲労軽減や運動のケガ防止に役立てることができる。

4) 生活習慣改善テキスト

我々は労働者のメタボリックシンドローム改善に向けた介入研究⁷⁾を行っており, 運動と食事を中心とした改善プログラムを確立している。これまでの知見をまとめ,

研究関係者や産業保健スタッフが活用できるテキストを作成し、公開している。

参 考 文 献

8. まとめ

職域における大規模疫学調査を実施するために、データ収集と処理システムを構築した。Web を利用するシステムの導入により、調査の効率性を大幅に向上させることができたが、その一方でデータ漏洩や不正アクセス、災害などによるデータ損失のリスクも高まることとなった。これらのリスク対策として、我々は、全ての web システムで、データを暗号化して送受信する SSL (Secure Sockets Layer) を使用している。また、web サーバーには、web アプリの安全性を保つための防御ツールである WAF (Web Application Firewall)、不正アクセスやサイバー攻撃からネットワークを保護するための複数のセキュリティ対策を一元化した UTM (Unified Threat Management) といったセキュリティサービスを導入している。しかしながら、これらの対策だけでは全てのリスクに対応することは難しいため、被害を防ぐための研究体制の構築やセキュリティ対策の強化を継続的に行うことは不可欠である。

これまでに構築した様々なシステムやツールは、可能な限り、他の研究機関や企業等に公開する予定である。これらを活用することで、研究者と事業場とのコミュニケーションがさらに円滑に行えるようになれば、この分野の研究の推進や労働者の健康増進に貢献できるのではないかと期待している。

謝 辞

研究を進めるにあたり、労働安全衛生総合研究所の中村有里様、近藤はな恵様には多大なご支援をいただきました。また、疫学調査にご協力いただいた企業の関係者の皆様に末筆ながらここに記して謝意を表します。

- 1) 松尾知明, 蘇リナ, 笹井浩行, 大河原一憲. 座位行動の評価を主な目的とした質問紙「労働者生活行動時間調査票 (JNOSH-WLAQ)」の開発, 産業衛生学雑誌, 2017, 59(6):219-228.
- 2) Matsuo T, So R, Takahashi M. Estimating cardiorespiratory fitness from heart rates both during and after stepping exercise: a validated simple and safe procedure for step tests at worksites. *European Journal of Applied Physiology*, 2020, 120(11), 2445–2454.
- 3) So R, Murai F, Fujii M, Watanabe S, Matsuo T. Association of sitting time and cardiorespiratory fitness with cardiovascular disease risk and healthcare costs among office workers. *Industrial health*, in press.
- 4) So R, Murai F, Matsuo T. Association of cardiorespiratory fitness with the risk factors of cardiovascular disease: Evaluation using the Japan step test from the National Institute of Occupational Safety and Health. *Journal of occupational health*. 2022, 64(1) e12353.
- 5) Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR, Jr., Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values, *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(8):1575-81.
- 6) Matsuo T, Saotome K, Seino S et al. Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on $\dot{V}O_{2max}$ and cardiac mass. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2014, 46:42-50.
- 7) Rina So, Tomoaki Matsuo. Effects of using high-intensity interval training and calorie restriction in different orders on metabolic syndrome: A randomized controlled trial. *Nutrition*, 2020, 75-76:110666.