

健康のリスク評価と衛生管理に向けた労働体力科学研究

Worker's physical and mental fitness study for developing health risk assessment and management system

松尾知明*1, 蘇 リナ*1, 時澤 健*1, 小山冬樹*1, 西村悠貴*2, 甲田茂樹*3, 田中喜代次*4, 水上勝義*4, 日野俊介*5

人間工学研究グループ*1 産業保健研究グループ*2 高知県立大学*3, 筑波大学*4, 株式会社ルネサンス*5

■MATSUO Tomoaki, SO Rina, TOKIZAWA Ken, OYAMA Fuyuki, NISHIMURA Yuki, KODA Shigeki, TANAKA Kiyoji, MIZUKAMI Katsuyoshi and HINO Shunsuke

“病気を予防し元気に働き続けること”へのニーズは、労働者個人、事業場、国、いずれの立場からも今後益々高まることが想定される。この観点から“労働者の体力”に関わる知見を深めることは重要である。“体力”の概念としては筋力など身体機能のイメージが先行するが、学術的には体力を“身体的要素(physical fitness: PF)”と“精神的要素(mental fitness: MF)”の2要素で捉えようとする考えが古くからある。本プロジェクト研究では、労働者の体力を「健康を脅かす様々なばく露因子から労働者自身が自らを守る力であり、PFとMFの2要素から成るもの」と定義した上で、3つの課題(①PF評価の妥当性検証のための介入実験、②MF評価指標の検討、③データ収集システムの構築)に取り組んだ。

PF評価には疾患との関係が特に強いとされる心肺持久力(cardiorespiratory fitness: CRF)を取りあげ、その推定法を検討した。CRF推定については筆者らの先行研究で質問票や簡易体力検査法の開発研究が進められていることから、本研究課題①では、それらの評価値が実測CRFの変化にどの程度追従するかを検討する介入実験を行った。課題②では、MF理論形成のための質的研究(インタビュー調査)や評価指標開発に向けた実験を行った。課題③では、事業場でPFやMFのデータを収集するための、また、収集データの分析結果を健康情報として参加者に返却するための仕組み(WEBサイトやアプリ、サーバー等を連動させたデータ収集システム)を構築した。PFとMFの評価法と構築したデータ収集システムを用いた大規模疫学調査を行うことが今後の課題である。

1 研究の背景

「少子高齢化に伴う労働人口の減少・不足」の問題が顕在化する中、“病気を予防し元気に働き続けること”へのニーズは、労働者個人、事業場、国、いずれの立場でも今後、不可避的に高まることが想定される。この問題で課題先進国とされる本邦において、疾病予防の観点から“労働者の体力”に関わる知見を深め、得られた研究成果を国内外に発信することは有益である。

“体力”の概念としては持久力や筋力など身体機能のイメージが先行するが、学術的には、体力を“身体的要素”と“精神的要素”の2要素で捉えようとする考えが古くからある¹⁾。人が様々なばく露因子から身を守る力(体力)には、身体的体力(physical fitness: PF)だけでなく、精神的体力(mental fitness: MF)も必要とする考え方である。従来、このような考え方は体力の構成概念を説明する

際に用いられる程度であったが、うつ病などの精神疾患に罹患する労働者が多い昨今の現状に鑑みると、労働者の体力をPFとMFの2要素から検討し、疾病予防に役立てることは、現代に生きる労働者の健康を守る上で合理的であり、重要と思われる。しかし、このような視点で取り組んだ研究は国内外で見当たらない。我々はこの課題に疫学研究の手法を用いて取り組もうとしているが、そのためにはまず、労働者の実状を的確に捉えるための評価指標が必要となる。

PFの中でも疾病との関わりが特に強いのが心肺持久力(cardiorespiratory fitness: CRF)である。いくつかのリスクファクター(高血圧、喫煙、糖尿病など)の中で死亡リスクへの影響が最も強いのはCRFであったことが示されるなど²⁾、CRFは疾病予防の観点で重要とされる。しかし、米国心臓学会(American Heart Association)が「多くの重要なリスクファクターの中で唯一定期検査の項目でないのはCRFである」と問題提起³⁾したことから分かるように、CRFは疾病予防策として普及していない。本邦では、1988年の労働安全衛生法改正によりTHP(トータルヘルスプロモーションプラン)が推進され、その一環として労働者のCRFを定期的に検査したり、その向上を図ったりする試みがなされたが、CRF評価が労働

*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産業保健研究グループ

*3 高知県立大学

*4 筑波大学

*5 株式会社ルネサンス

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 松尾知明
E-mail: matsuo@h.jniosh.johas.go.jp

者の健康管理に活かされる状況には至っていない。その大きな要因として検査法の問題が挙げられる。CRF 評価のゴールドスタンダードは、運動負荷試験で測定される最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) であるが、 $\dot{V}O_{2max}$ 測定は対象者がきつい運動をする必要があったり、測定に時間がかかったりするため汎用性に欠け、一般化しにくい。文部科学省は 20~64 歳の成人に対し、 $\dot{V}O_{2max}$ 測定の代替法として 20 m シャトルランや急歩を提示⁴⁾しているが、汎用性に欠ける点では $\dot{V}O_{2max}$ 測定と同じである。CRF を労働者の健康管理に活用するためには、簡便且つ安全な検査法が必要である。

他方、MF に関しては、体力の構成要素として提唱¹⁾されてはいるものの、その概念が先行研究で深く掘り下げられているわけではない。したがって本研究では、労働者の MF を定義したり、その理論モデルを構築したりするところから始める必要がある。労働者の心理状態に関わる理論としてよく知られているものには、“ワーク・エンゲイジメント⁵⁾”、“SOC (首尾一貫性)⁶⁾”、“レジリエンス⁷⁾”などがある。これらにはそれぞれ評価指標 (質問票) が存在するが、評価指標開発に当たっては、事前に理論生成のための質的研究がなされている場合が多い。本研究の MF についても、理論生成に向けた質的研究がまず必要となる。

2 研究の概要

研究に取り組むにあたり、まず、本プロジェクト研究内で用いる用語、すなわち“労働者の体力”、“PF”、“MF”それぞれの定義を検討した。その結果、“労働者の体力”を「健康を脅かす様々なばく露因子から労働者自身が自らを守る力であり、PF と MF の 2 要素から成るもの」、PF を「身体を継続的に活動させるために体内に保持されている肉体エネルギー」、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」とそれぞれ定めた。

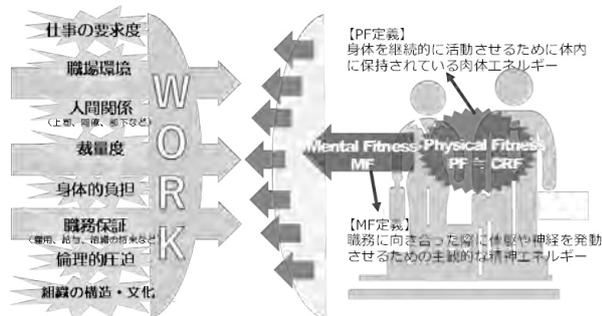


図1 本研究における PF と MF の定義と位置づけ

図1に示すように、労働者が職務に向き合うにあたっては、作業を担う肉体が保持するエネルギー (肉体的な適応能力) だけでなく、それを発動させるための精神的なエネルギー (活動を引き起こす源となる思考、仕事観など)

も重要とする捉え方である。なお、本研究内では、用語“エネルギー”を“活動の源として体内に保持する力” (広辞苑) の意で使用している。これらを定義した上で、職域における疫学調査や健康管理施策での活用を企図した PF と MF それぞれの評価指標について検討した。さらに本研究では、考案した評価指標を用いた調査研究を効率的に行うためのデータ収集システムを構築した。具体的には以下の3つの課題に取り組んだ。

1) 課題① PF 評価の妥当性検証のための介入実験

本研究の PF 評価には CRF 値を用いた。我々は先行研究で、労働者の CRF を簡便、且つ、安全に評価する方法を開発する研究に取り組み、 $\dot{V}O_{2max}$ 測定の代替法として質問票 (労働者生活行動時間調査票, Worker's Living Activity-time Questionnaire: WLAQ)⁸⁾ や簡易体力測定法 (JNIOOSH step test: JST)⁹⁾ を提案している。これらの開発研究では、ランニングマシンを用いて測定した実測 $\dot{V}O_{2max}$ と WLAQ や JST による推定 $\dot{V}O_{2max}$ との関係を横断的に分析し、推定値が妥当であることを示した。しかし、それら推定値で CRF を定期的に評価する場合、実測値の変化の程度を推定値で追従できなければならず、その検証には介入実験などの縦断研究が必要である。課題①では、令和2年度 (1年目) にこの検証を目的とした介入実験を行った。

2) 課題② MF 評価指標の検討

本プロジェクト研究の3年間は MF 研究の萌芽期と位置づけ、理論形成や評価指標開発に向けた作業を以下の手順で行った。

令和2年度 (1年目) には、本研究内で PF と MF をいかに定義するかを検討するとともに、労働者の心理状態に関するすでに確立された理論 (ワーク・エンゲイジメントや SOC など) について、理論そのものや理論に基づいた質問票が開発された経緯を精査する作業を行った。

令和3年度 (2年目) には、MF 理論生成に向けた質的研と、3年目に予定している被験者実験に向けた予備実験を行った。質的研究の方法は、Modified Grounded Theory Approach (M-GTA) 法¹⁰⁾に基づく、インタビュー形式による調査を採用した。M-GTA 法は理論生成を目的とした質的研究で活用されている研究手法である。

令和4年度 (最終年度) には、質的研究の結果を基に、質問票 (occupational mental fitness questionnaire: OMFQ) やスマートフォン用 WEB アプリ (MF アプリ) を開発したうえで、それらやウェアラブル機器、唾液等から情報を取得する被験者実験を行った。

3) 課題③ データ収集システムの構築

本研究では、企業などの事業場で PF や MF のデータを収集するための、また、収集データの分析結果を健康情報として参加者に返却するための仕組み (web サイトやアプリ、サーバー等を連動させたデータ収集システム) の

構築を課題として掲げた。令和2～3年度は、先行研究で指標開発の目途がついているPF評価に関わる部分のシステム構築を進め、令和3～4年度にMF評価に関わる部分を加える形で作業を進めた。

3 研究の成果

1) 課題① PF評価の妥当性検証のための介入実験

運動トレーニングによる実測 $\dot{V}O_{2max}$ の変化に、WLAQ や JST による推定 $\dot{V}O_{2max}$ がどの程度連動するかを検証する介入実験を令和2年度に行った。運動介入により対象者(15人)の実測 $\dot{V}O_{2max}$ の平均値は有意に増加し、非トレーニング期間に有意に減少したが、実測高値を過小評価する特徴のある重回帰モデル法による推定では、介入による $\dot{V}O_{2max}$ の増加分を適切に評価できておらず、補正が必要であることが分かった。補正した推定 $\dot{V}O_{2max}$ は実測 $\dot{V}O_{2max}$ の変化に概ね連動した。この結果を国内学会や国際誌で発表した¹¹⁾。課題①の詳細を本SRR内の別の論文「**身体的体力 (physical fitness) の評価法に関する研究**」に記載した。

2) 課題② MF評価指標の検討

令和3年度にMF理論モデルの生成に向けた質的研究として、25～65歳の労働者男女50名を対象に、M-GTA法によるインタビュー調査を行った。各対象者に対し、半構造化法による90分程のインタビューをビデオ通話形式で行い、文字化した録音データを分析した。その結果として、17個の構成概念からなるMF理論モデルを創生し、その後、MR理論を基にOMFQとMFアプリを開発した。現在、これらの結果を学会や論文で発表する作業を進めている。学会発表や論文発表などを通じて他の研究者との議論を重ねながら、MF理論モデルやOMFQの内容を定めていくことになる。内容が確定し次第、報告書やウェブサイトで公開したい。

令和4年度はMF評価法の妥当性検証のための被験者実験に取り組んだ。実験には労働者男女85人が参加した。取得したデータは、①対象者が日常生活内で感じる“職務に対する意気込み”に関する情報(MFアプリ)、②労働者の心理状態を表す既存の質問票やOMFQから得られる情報、③コルチゾールや心拍変動(自律神経)など、ストレスに関与することが知られている生体情報、④PFに関する情報(CRF評価値)である。現在、データ分析作業を進めており、まとめ次第、学会発表や論文発表を行う予定である。

課題②の詳細を本SRR内の別の論文「**精神的体力 (mental fitness) の評価法に関する研究**」に記載した。

3) 課題③ データ収集システムの構築

本研究の期間内に、企業等で勤務する労働者のデータを効率的に得るためのITコンテンツを複数開発した。

・ 質問調査 web システム

企業等に勤務する労働者がWLAQやOMFQに回答するためのwebシステムを開発した。本システムは、参加者サイト、企業の調査担当者サイト、研究所の調査担当者サイトと、それらの情報を管理するデータベースで構成される。その特徴は、参加者が自身のパソコンやスマートフォンを用いて質問に回答できる点、協力企業と研究所間のデータの受け渡しを、参加者の氏名やメールアドレス、社員番号などの個人情報省いた形で行える点、自動集計されたデータセットをCSVファイルで速やかにダウンロードできる点などである。このシステムを用いることで、数千人規模の企業複数社の調査を、数名の担当者のみで効率よく行うことが可能になった。

・ 活動日誌 web アプリ

研究参加者が、起床、就寝、出勤、退勤等の時刻をスマートフォンで簡単に記録できるwebアプリを開発した。これらの情報はウェアラブル機器データを分析する際に必要となる。これまでは紙冊子を参加者一人ひとりに配布し、記録していたが、このシステムを用いることで、対象者だけでなく、分析担当者の負担が大きく軽減された。

・ 身体活動量分析システム (HANAE2)

ウェアラブル機器で得られる身体活動に関するデータや活動日誌アプリから得られるデータを速やかに処理するためのシステムを開発した。システムを使うことによるデータ収集の効率化の程度をまとめ、国内学会で発表した。

・ 結果返却システム

測定結果(評価値)を参加者に効率的にフィードバックするためのwebシステムを開発した。

・ MF web アプリ

日常生活内で感じる“職務に対する意気込み”に関する情報をスマートフォンで記録するためのwebシステムを開発した。

・ 疫学調査用ポータルサイト

共同研究先の企業等の従業員が上述の各種コンテンツにアクセスするためのwebサイトを制作した。サイトでは、これまでに開発した体力検査法(JST)や推奨運動プログラムに関わる動画も公開している。

課題③の詳細を本SRR内の別の論文「**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**」に記載するとともに、各種コンテンツをweb上で紹介している。<https://portal.jniosh-fitness.com/tools>

4 今後の課題

質問票などの評価法を研究で用いる場合、その開発過程で行った検証実験のデータを論文にまとめ、公表することが求められる。PF の評価法として開発した WLAQ や JST については、すでにその作業を済ませているが、MF の評価法として開発した OMFQ や MF アプリについては、現在、データ分析の段階であり、論文化に至っていない。それらの論文化が当面の課題となる。本プロジェクト研究で取り組んだ PF と MF それぞれの評価方法の確立やデータ収集システムの構築は、大規模疫学調査での活用を企図したものである。将来的には、PF と MF を同時に評価する大規模調査を行い、労働者のメンタルヘルス等に PF と MF がどう影響するかを検証したい。

参 考 文 献

- 1) 猪飼道夫, 日本人の体力, 心とからだのトレーニング, 日本経済新聞社, 1967.
- 2) Myers J, Prakash M, Froelicher V et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *The New England Journal of Medicine*. 2002, 346:793-801.
- 3) Ross R, Blair S, Arena R et al. Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: A Case for Fitness as a Clinical Vital Sign: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 2016, 134(24):e653-e699.
- 4) 文部科学省新体力テスト実施要項
https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm (最終アクセス日 2023 年 6 月 19 日)
- 5) Schaufeli W, Shimazu A, Hakanen J et al. An ultra-short measure for work engagement, *European Journal of Psychological Assessment*, 2019, 35(4), 577-591.
- 6) Eriksson M, Lindström B. Validity of Antonovsky's sense of coherence scale: a systematic review. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2005, 59(6):460-6.
- 7) 井俣経子. 心のレジリエンスを測定する. *Re 特集レジリエンス*, 2017, 194, 48-51.
- 8) Matsuo T, So R, Takahashi M. Workers' physical activity data contribute to estimating maximal oxygen consumption: a questionnaire study to concurrently assess workers' sedentary behavior and cardiorespiratory fitness. *BMC Public Health*, 2020 20(1):22.
- 9) 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.
- 10) 木下康仁. *グラウンデッド・セオリー・アプローチの実践*, 弘文堂, 2003.
- 11) Matsuo T, So R, Murai F. Estimation methods to detect changes in cardiorespiratory fitness due to exercise training and subsequent detraining. *European Journal of Applied Physiology*, 2023, 123(4), 877-889.

研究業績リスト

課題名：健康のリスク評価と衛生管理に向けた労働体力科学研究

令和 02 年度 (2020 年)		
1	原著論文	Tomoaki Matsuo, Rina So, Masaya Takahashi (2020) Workers' physical activity data contribute to estimating maximal oxygen consumption: a questionnaire study to concurrently assess workers' sedentary behavior and cardiorespiratory fitness, BMC Public Health, Vol20, No.1, p.22.
2	原著論文	Tomoaki Matsuo, Rina So, Masaya Takahashi (2020) 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, 120(11), pp.2445-2454.
3	原著論文	蘇 リナ, 村井史子, 松尾知明 (2020) 労働者の身体活動と体力に関する研究 -労働安全衛生総合研究所の取り組み-, 体力科学, Vol69, No.6, pp.437-445.
4	総説他	松尾知明 (2020) 巻頭言: 労働衛生分野における体力科学研究, 体力科学, Vol69, No.6, pp.419-420.
5	国内学術集会	松尾知明, 蘇 リナ (2020) 東京圏で勤務する労働者の運動実践の実態に関する大規模調査, 産業衛生学雑誌, 62 巻, p.428.
令和 03 年度 (2021 年)		
1	原著論文	Tomoaki Matsuo, Rina So, Kiyoji Tanaka, Chiaki Mukai (2021) High-intensity interval aerobic exercise training (HIAT) in occupational health, The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, Vol10, No.3, pp.144-149.
2	原著論文	Tomoaki Matsuo, Rina So (2021) Socioeconomic status relates to exercise habits and cardiorespiratory fitness among workers in the Tokyo area, Journal of Occupational Health, Vol63, No.1, e12187.
3	講演会・セミナー等	松尾知明 (2021) 「宇宙医学・労働衛生分野における体力科学研究」, 東京理科大学第 12 回スペース・コロニー講演会, https://www.tus.ac.jp/ssi/event/2021-7-12/ .
4	国内学術集会	松尾知明 (2021) J-HIAT~労働衛生分野における HIIT 研究, 第 76 回日本体力医学会大会シンポジウム 15 「本邦における HIIT 研究 (その有益性と留意点)」, 学会予稿集, p.102.
5	国内学術集会	松尾知明, 蘇 リナ, 村井史子 (2021) 社会経済的地位と運動習慣や体力との関係~東京圏で勤務する労働者の健康格差~, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, 63 巻, p.528.
6	国内学術集会	松尾知明, 蘇 リナ, 村井史子 (2021) 運動トレーニング介入による実測 $\dot{V}O_{2max}$ の変化に推定 $\dot{V}O_{2max}$ は追従できるか, 第 76 回日本体力医学会大会, 予稿集, p.237.
7	国内学術集会	蘇 リナ, 村井史子, 松尾知明 (2021) 労働者の座位時間評価方法の検討: activPAL、オムロン活動量計、WLAQ (調査票), 第 76 回日本体力医学会大会, 予稿集, p.247.
8	国内学術集会	村井史子, 松尾知明, 蘇 リナ (2021) 大規模疫学調査に向けた身体活動・心拍データ処理システムの開発, 第 76 回日本体力医学会大会, 予稿集, p.247.
令和 04 年度 (2022 年)		
1	原著論文	Tomoaki Matsuo, Rina So, Fumiko Murai (2022) Improved VO ₂ max estimation by combining a multiple regression model and linear extrapolation method, J Cardiovasc Dev Dis, 10(1), e9.
2	原著論文	Rina So, Tomoaki Matsuo (2022) Validity of Domain-Specific Sedentary Time Using Accelerometer and Questionnaire with activPAL Criterion, Int J Environ Res Public Health, Vol18, No.23, e12774.
3	原著論文	Rina So, Fumiko Murai, Tomoaki Matsuo (2022) 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, J Occup Health, Vol.64, No.1, e12353.
4	原著論文	Tomoaki Matsuo, Rina So, Fumiko Murai 「掲載決定」 Estimation methods to detect changes in cardiorespiratory fitness due to exercise training and subsequent detraining, European Journal of Applied Physiology.

5	講演会・ セミナー等	蘇 リナ, 村井史子, 藤居 学, 渡辺早苗, 松尾知明 (2022) 労働者の体力と座位行動が心血管疾患リスクおよび関連医療費に及ぼす影響, 日本産業衛生学会 産業疲労研究会 第94回定例研究会,抄録集, p.2.
6	国内学術集会	松尾知明, 蘇 リナ, 村井史子 (2022) 重回帰モデルを用いた心肺持久力推定法の課題, 第95回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, 64巻, p.59.
7	国内学術集会	蘇 リナ, 松尾知明 (2022) 労働者の体力評価と健康増進, 日本労働科学学会, 2022年度春季部会
8	国内学術集会	村井史子, 蘇 リナ, 松尾知明 (2022) 「労働者生活活動時間調査票(JNIOOSH-WLAQ)」のwebシステム構築, 第95回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, 64巻, p.69.
9	国内学術集会	蘇 リナ, 村井史子, 松尾知明 (2022) 労働者の座位時間評価方法の検討～ activPAL、オムロン活動量計、WLAQ (調査票) を用いた横断的検討～, 第24回日本運動疫学会学術総会, 抄録集, p.40.
10	国内学術集会	村井史子, 蘇 リナ, 松尾知明 (2022) 大規模疫学調査に向けた「労働者生活活動時間調査票(JNIOOSH-WLAQ)」のweb化, 第24回日本運動疫学会学術総会, 抄録集, p.41.
11	国内学術集会	蘇 リナ, 村井史子, 中村有里, 松尾知明 (2022) 労働者の健康管理ツールとして開発したステップテストによる心肺持久力と心血管疾患リスクとの関係, 第77回日本日本体力医学会大会, 抄録集, p.239.
12	国内学術集会	松尾知明, 蘇 リナ, 村井史子, 西村悠貴, 日野俊介, 水上勝義 (2022) 労働者の精神的体力 (mental fitness) に関する質的研究, 第77回日本日本体力医学会大会, 抄録集, p.237.