

労働災害防止を目的とした高齢労働者の身体機能を
簡易に測定するためのプログラム開発と実装検証

研究代表者 岡敬之 東京大学医学部附属病院 22 世紀医療センター
運動器疼痛メディカルリサーチ&マネジメント講座
研究分担者 松平浩 京大学医学部附属病院 22 世紀医療センター
運動器疼痛メディカルリサーチ&マネジメント講座

研究要旨：

少子・高齢化が進む我が国では、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。2018~2022年度を計画期間とする第13次労働災害防止計画でも、加齢に伴う身体・精神機能の低下を考慮した対策が重点事項として盛り込まれており、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が求められている。

また近年、情報インフラが拡充し、高齢者の約5割がスマートフォン所持(60歳代46.4%、2018年総務省通信利用動向調査)しており、これをウェアラブル端末として身体機能を評価することも現実のものとなっている。

本研究の目的は、上述した縦断的なコホートデータベース+産業衛生のフィールドよりサンプリングしたデータに基づき、最新技術を駆使して高齢労働者の身体機能を簡易に測定するためのプログラム(チェックリスト+スマートフォンを併用したePRO評価)を作成することである。

2年目となる2021年度には以下の研究を実施した。

1. 高齢労働者の基礎的身体機能に関する実態調査と基礎的検討

高齢労働者の労働災害が、雇用の年齢差別撤廃による比較的新しい社会問題であること、産業衛生学と老年医学の狭間にある問題であり、縦割り型の学問体系によって見過ごされてしまっていることから本研究成果を国際的に展開するために、「高齢労働者における転倒・転落事故の個人要因：スコーピングレビュー」が必須であることが研究者とステイクホルダーとの協議により確認されたため英語論文の執筆に着手した。

2. 身体機能を簡易に測定するプログラムの作成

①転倒等リスク評価セルフチェック票-ePRO版、②働くシニアのための就業安全評価質問紙-紙ベース、③働くシニアのための就業安全評価質問紙-ePRO版、④運動計測スマホアプリが完成し、中災防と石川県産保センターの協力のもと Feasibility の検討など Validation が完了した。

3. 産業衛生フィールドにおけるプログラムの実証(青壮年労働者と高齢労働者の比較)

20-49歳の若年労働者388名、高齢労働者498名の(埼玉県東松山市、和歌山は若年労働者のみ、石川は高齢労働者)の上記①③④のアプリケーションでの計測(2ステップ、5回椅子立ち座り、ステップテスト、開眼片足立ち、閉眼片足立ち、閉眼バランス、ファンクショナルリーチ、歩行速度:6m歩行、握力)にて、統計学的検討とAIによる機械学習によって選定された加齢変化を反映し労働災害を精度高く判定しうる指標は5回椅子立ち座りであることが示唆された。。

A. 研究目的

少子・高齢化が進む我が国では、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日以上の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。2018~2022年度を計画期間とする第13次労働災害防止計画でも、加齢に伴う身体・精神機能の低下を考慮した対策が重点事項として盛り込まれており、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が求められている。

中央労働災害防止協会の「高齢労働者の身体的特性の変化による災害リスク低減推進事業」

(2010年)にて、身体機能面(筋力=2ステップテスト、敏捷性=座位ステップテスト、平衡性=ファンクショナルリーチ・閉眼/開眼片足立ち)から転倒等労働災害リスクを評価するチェックリストが公表されているものの、この10年間で高齢者の運動能力の向上傾向は鮮明であり(スポーツ庁、体力・運動能力調査:2019年)、チェックリストで利用される基準値のアップデートは必須である。

また近年、情報インフラが拡充し、高齢者の約5割がスマートフォン所持(60歳代46.4%、2018年総務省通信利用動向調査)しており、これをウェアラブル端末として身体機能を評価することも現実のものとなっている。

本研究の目的は、上述した縦断的なコホートデータベース+産業衛生のフィールドよりサンプリングしたデータに基づき、最新技術を駆使して高齢労働者の身体機能を簡易に測定するためのプログラム(チェックリスト+スマートフォンを併用したePRO評価)を作成することである。

《2年目/2021年度》は完成したプログラムの実証を行うフェーズであり、

1. 高齢労働者の基礎的身体機能に関する実態調査と基礎的検討

2. 身体機能を簡易に測定するプログラムの作成

3. 産業衛生フィールドにおけるプログラムの実証(青壮年労働者と高齢労働者の比較)

のそれぞれのサブテーマで研究を推進した。

B. 研究方法

1. 高齢労働者の基礎的身体機能に関する実態調査と基礎的検討

高齢労働者の労働災害が、雇用の年齢差別撤廃による比較的新しい社会問題であること、産業衛生学と老年医学の狭間にある問題であり、縦割り型の学問体系によって見過ごされてしまっていることから本研究成果を国際的に展開するために、「高齢労働者における転倒・転落事故の個人要因:スコوپングレビュー」が必須であることが研究者とステイクホルダーとの協議により確認された。このため文献調査を行った。

CQと目的

高齢労働者による労働災害のリスクを評価するためのツールはどの程度あるか?また、どのようなツールがあるか?

このスコوپングレビューの目的は、高齢労働者の労働災害のリスクを評価するツールの実態を系統的にマッピングし、既存の知見のギャップを特定すること。

文献検索

①英文

PubMed/MEDLINE、The Cochrane Library

検索式

("older" or "aged") and ("occupation" or "work" or "working" or "job" or "labor") and "falls"

②和文

医中誌Web

検索式

((高齢/AL) or (加齢/TH or 高齢/AL)) and ((労働/TH or 就業/AL) or (雇用/TH or 就業/AL)) and ((転倒・転落/TH or 転倒/AL))

2. 身体機能を簡易に測定するプログラムの作成

運動機能の自然史を解明するため2005年(ベースライン調査)に開始されたコホートの実績のある大規模データベースを利用した。2005年、2008年、2012年、2015年、2019年の計5回の検診にて、14年に渡る1,721名(20-80歳代)のデ

一タの蓄積があり、詳細な問診にて就労状況、職種、過去の転倒経験、転倒に関するヒヤリハット、服薬状況、健康関連 QOL を聴取しており、運動機能は歩行速度、歩幅、歩行時の動揺性と足把持力、立位時の不安定性（重心動揺計）、ファンクショナルリーチ、閉眼/開眼片足立ち、椅子立ち上がりテスト、握力、下肢筋力、体組成計による筋量などを実施、運動機能以外の身体機能の低下（視力）、認知機能も併せて基礎的身体機能を網羅している。このデータベースから高齢労働者を抽出し、安全な労働＝ヒヤリハット無を目的変数、問診項目・身体機能説明変数としてロジスティック回帰分析を行い、安全な労働との相関性の高い身体機能を抽出した。またヒヤリハット例において転倒の有無を目的変数に、抽出された身体機能を説明変数に同様の解析を行い、転倒災害を防止するために必要な身体機能を抽出した。さらに、埼玉県内のシルバー人材センター会員約 1000 名を対象に、簡便な運動機能や認知機能測定からなる就業安全調査を実施した。

上述したデータ解析に基づいて、身体機能を簡易に測定するプログラムとして個々の背景にあわせ最小限の質問・運動機能計測をカスタマイズする CAT (Computerized Adaptive Testing) を開発したが、企業や有識者へのヒアリングにより産業衛生の現場で取り入れる場合には一律のプログラムが望ましい（管理の観点から）との声が多く、一律の調査を行うプログラム ePRO 版を開発した。

3. 産業衛生フィールドにおけるプログラムの実証（青壮年労働者と高齢労働者の比較）

本研究のフィールドとしては埼玉県、東松山市 就労成人 466 人、シルバー人材センター 1,164 人、石川県 高齢労働者 236 名、和歌山県においては 2008 年、2012 年、2015 年、2019 年の計 5 回の検診を 1,721 人が受診している。これらフィールドにおける運動能力テストの結果を記述疫学的に整理した。

（倫理面への配慮）

東京大学倫理委員会等にて承認を得て、研究を実施している。本研究課題は、各種法令等、特に「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」およ

び、東京大学が定めた倫理規定を遵守して行う。

C. 研究結果

1. 高齢労働者の基礎的身体機能に関する実態調査と基礎的検討

①英文スクリーニング結果

一次スクリーニング（文献数 | 2854 件）→二次スクリーニング（文献数 | 3 件）

②和文スクリーニング結果

一次スクリーニング（文献数 | 101 件）→二次スクリーニング（文献数 | 4 件）

レビュー総括

高齢労働者は若年者と比較して就業中の転倒事故の発生率が高いという報告が多かったが（本レビューにその結果は掲載していない）、高齢労働者における就業転倒の内的リスク因子を明らかにした研究は国内外問わず、極めて少なかった。体力を評価していた研究は 2 件あったが、就業転倒と関連していた体力は握力のみであった。

我が国においては 1000 名以上を対象とした研究はみられなかった。

2. 身体機能を簡易に測定するプログラムの作成

①転倒等リスク評価セルフチェック票-ePRO 版、②働くシニアのための就業安全評価質問紙-紙ベース、③働くシニアのための就業安全評価質問紙-ePRO 版が完成した。

データベース 1,721 名（平均年齢 62.9 歳）を対象に解析を実施した結果、ヒヤリハット無/低/中/高 = 47.1/40.0/7.0,/5.9%で、過去 1 年間の転倒経験は 8.6%：320 名であった。評価項目：視力、2 ステップ値、片脚立位、椅子 5 回立ち座り、6m 歩行、握力、ロコモ 25 としてヒヤリハットと相関係数（Spearman） | 0.5 以上の関連=2 ステップ値/片脚立位/5 回椅子立ち座りであり、

転倒の有無と（年齢、性、BMI 調整ロジスティック回帰分析）片脚立位/2 ステップ値/5 回椅子立ち座りが転倒と有意な関連 [オッズ比：0.99/0.36/0.32，95%信頼区間 0.98-0.99/0.16-0.81/0.18-0.78] が認められた。以上の結果から安全な労働 + 転倒災害防止の評価に必要な身体機能は、2 ステップ値/片脚立位/5 回椅子立ち座りであることが示唆された。2 ステップと片脚立位は高齢労働者において、検査時に転倒の恐れがあることから5 回椅子立ち座りは有益な検査であると考えられる。運動機能をスマートフォンで計測できるアプリケーションも開発を行った。

3. 産業衛生フィールドにおけるプログラムの実証（青壮年労働者と高齢労働者の比較）

各フィールドで実施している運動能力テストを表 1 に提示する。

	石川	埼玉シルバー人材センター 働くシニアのための 就業安全評価	埼玉 東松山市	和歌山県
2ステップ	○		○	
5 回椅子立ち座り		○	○	
座位ステップ	○			
ステップ		○		
閉眼片足立ち	○		○	

閉眼片足立ち	○		
閉眼パランス		○	
ファンクショナルリーチ	○		
歩行速度			○
握力			○

表 1. 各フィールド毎に実施している運動能力テスト

一例としてフィールド毎に2 ステップを比較した表を提示する（表 2）。埼玉県東松山市就労成人と和歌山県での計測では 30 代-70 代まで男女で比較することができるが、やや和歌山県が低い傾向にある。しかしながら石川県事業所勤務高齢労働者では50 代の男女ともに平均値が 1.52 と高い値であり、地域差が認められる。また2 ステップ値をロコモ度テスト判定の一要素とする日本整形外科学会ロコモ度テストワーキンググループが提唱する値も各年齢群で高い値であることから、これら運動機能テストは 1、平均値などで基準を表すのではなく、リスクと結びついたカットオフ値の設定が必要となることが示唆された。

D. 考察

大規模データベース解析により、高齢労働者の安全な労働と関連するのは、2 ステップ値/片脚立位時間/歩行速度であり、転倒災害防止の評価に必要な身体機能は2 ステップ値/片脚立位時間/ロコモ 25 であることが示唆された。データベース内より専門家の協議により重要と判定された 113 項目のデータを用いて、CAT システムを構築した。この結果運動機能と労働災害との相互の関連を予測する以下の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、
- 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。

この CAT システムにより最小 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。またスマートフォンによる運動計測の開発が完了したため。健診会場などではなく、日常生活におけるパーソナルスペースにて簡易に運動機能を計測することが可能となった。

また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ものと考えている。

さらにはこのアンケートシステムはクラウド上での運用が可能となるよう、運用の母体となるクラウド環境を別途構築中で協力企業と調整を進めている。

E. 結論

次年度には、本年に開発したプログラムを用いて産業衛生フィールドにおけるプログラムの実証を行う予定である。本研究の成果により、高年齢労働者の労働災害が減少、高齢者雇用の人材確保をはじめとする社会・医療経済面、ひいては労災補償面でも大きく貢献するものと考えられる。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

1. Tamai H, Teraguchi M, Hashizume H, Oka H, Cheung JPY, Samartzis D, Muraki S, Akune T, Kawaguchi H, Nakamura K, Tanaka S, Yoshida M, Yoshimura N, Yamada H. A Prospective, 3-year Longitudinal Study of Modic Changes of the Lumbar Spine in a Population-based Cohort: The Wakayama Spine Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2022 Mar 15;47(6):490-497. doi: 10.1097/BRS.0000000000004301. PMID: 35213525.
2. Nishizawa A, Katsuhira J, Watanabe M, Fujii T, Yoshimoto T, Oka H, Matsudaira K. Relationship between the locomotive syndrome and kinetic and kinematic parameters during static standing and level walking. *Gait Posture*. 2022 Mar;93:146-152. doi: 10.1016/j.gaitpost.2022.01.017. Epub 2022 Jan 22. PMID: 35151196.
3. Yamada K, Fujii T, Kubota Y, Wakaizumi K, Oka H, Matsudaira K. Negative effect of anger on chronic pain intensity is modified by multiple mood states other than anger: A large population-based cross-sectional study in Japan. *Mod Rheumatol*. 2022 Apr 18;32(3):650-657. doi: 10.1093/mr/roab035. PMID: 34910207.
4. Horii C, Iidaka T, Muraki S, Oka H, Asai Y, Tsutsui S, Hashizume H, Yamada H, Yoshida M, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T, Oshima Y, Tanaka S, Yoshimura N. The cumulative incidence of and risk factors for morphometric severe vertebral fractures in Japanese men and women: the ROAD study third and fourth surveys. *Osteoporos Int*. 2022 Apr;33(4):889-899. doi: 10.1007/s00198-021-06143-7. Epub 2021 Nov 19. PMID: 34797391.
5. Hira K, Nagata K, Hashizume H, Asai Y, Oka H, Tsutsui S, Takami M, Iwasaki H, Muraki S, Akune T, Iidaka T, Kawaguchi H, Nakamura K, Yoshida M, Tanaka S, Yoshimura N, Yamada H. Relationship of sagittal spinal alignment with low back pain and physical performance in the general population. *Sci Rep*. 2021 Oct 18;11(1):20604. doi: 10.1038/s41598-021-00116-w. PMID: 34663811; PMCID: PMC8523667.
6. Anan T, Kajiki S, Oka H, Fujii T, Kawamata

- K, Mori K, Matsudaira K. Effects of an Artificial Intelligence-Assisted Health Program on Workers With Neck/Shoulder Pain/Stiffness and Low Back Pain: Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2021 Sep 24;9(9):e27535. doi: 10.2196/27535. PMID: 34559054; PMCID: PMC8501409.
7. Osuka Y, Kojima N, Nishihara K, Sasai H, Wakaba K, Tanaka K, Kim H. β -Hydroxy- β -Methylbutyrate Supplementation May Not Enhance Additional Effects of Exercise on Muscle Quality in Older Women. *Med Sci Sports Exerc*. 2022 Apr 1;54(4):543-550. doi: 10.1249/MSS.0000000000002836. PMID: 35288513.
 8. Osuka Y, Okubo Y, Nofuji Y, Sasai H, Seino S, Maruo K, Fujiwara Y, Oka H, Shinkai S, Lord SR, Kim H. Modifiable intrinsic factors related to occupational falls in older workers. *Geriatr Gerontol Int*. 2022 Apr;22(4):338-343. doi: 10.1111/ggi.14370. Epub 2022 Mar 9. PMID: 35266260.
 9. Azuma K, Osuka Y, Kojima N, Sasai H, Kim H, Inoue S. Association of Vitamin K Insufficiency With Cognitive Dysfunction in Community-Dwelling Older Adults. *Front Nutr*. 2022 Jan 31;8:811831. doi: 10.3389/fnut.2021.811831. PMID: 35174198; PMCID: PMC8841429.
 10. Kosaki K, Tarumi T, Sugawara J, Tanahashi K, Kumagai H, Matsui M, Sugaya T, Osuka Y, Tanaka K, Kuro-O M, Saito C, Yamagata K, Maeda S. Renal hemodynamics across the adult lifespan: Relevance of flow pulsatility to chronic kidney disease. *Exp Gerontol*. 2021 Sep;152:111459. doi: 10.1016/j.exger.2021.111459. Epub 2021 Jun 23. PMID: 34171394.
 11. Osuka Y, Kojima N, Sasai H, Wakaba K, Miyauchi D, Tanaka K, Kim H. Effects of exercise and/or β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation on muscle mass, muscle strength, and physical performance in older women with low muscle mass: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2021 Oct 4;114(4):1371-1385. doi: 10.1093/ajcn/nqab176. PMID: 34081113.
 12. Yamashita M, Seino S, Nofuji Y, Sugawara Y, Osuka Y, Kitamura A, Shinkai S. The Kesennuma Study in Miyagi, Japan: Study Design and Baseline Profiles of Participants. *J Epidemiol*. 2021 Apr 10. doi: 10.2188/jea.JE20200599. Epub ahead of print. PMID: 33840651.
 13. Iwasaki M, Watanabe Y, Motokawa K, Shirobe M, Inagaki H, Motohashi Y, Mikami Y, Taniguchi Y, Osuka Y, Seino S, Kim H, Kawai H, Sakurai R, Edahiro A, Ohara Y, Hirano H, Shinkai S, Awata S. Oral frailty and gait performance in community-dwelling older adults: findings from the Takashimadaira study. *J Prosthodont Res*. 2021 Oct 15;65(4):467-473. doi: 10.2186/jpr.JPR_D_20_00129. Epub 2021 Feb 22. PMID: 33612666.
2. 学会発表
なし
- H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）
1. 特許取得 なし
 2. 実用新案登録 なし

	男性		女性		男性		女性		男性		女性		
	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N	Mean (SD)	N	
20～29 歳	1.64～ 1.73	48	1.55 - 0.21	18	1.48 - 0.18								
30～39 歳	1.61～ 1.68	57	1.45 - 0.19	25	1.39 - 0.15	1.49 -0.14	23	1.4 -0.14	36				
40～49 歳	1.54～ 1.62	28	1.48 - 0.16	27	1.38 - 0.15	1.41 -0.15	38	1.35 -0.11	88				
50～59 歳	1.56～ 1.61	36	1.43 - 0.17	45	1.38 - 0.17	1.36 -0.13	85	1.35 -0.13	204	1.52 - 0.15	62	1.52 - 0.11	56
60～69 歳	1.53～ 1.58	52	1.32 - 0.17	57	1.38 - 0.15	1.29 -0.15	148	1.28 -0.15	320	1.49 - 0.13	94	1.43 - 0.14	24
70歳～	1.42～ 1.52	39	1.34 - 0.19	33	1.3 - 0.18	1.2 -0.16	160	1.16 -0.17	335				
80歳～						1.06 -0.2	116	0.98 -0.2	168				
	ロコモ度テスト ワーキンググループ		埼玉県東松山市就労成人 (N=465)			ROAD 3 rd 4 th (N=1,721)			石川県事業所勤務高 齢労働者 (N=236)				