

労災疾病臨床研究事業費補助金

ウェアラブルデバイスにより得られたライフログデータの活用による
産業保健活動の推進に関する研究

(240701-01)

令和7年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 栗山 健一

令和8（2026）年 3月

目 次

I. 総括研究報告

ウェアラブルデバイスを活用した産業保健活動推進に関する研究

国立精神・神経医療研究センター 精神保健研究所 睡眠・覚醒障害研究部 栗山 健一
----- 1

II. 分担研究報告

1. 睡眠評価への活用を目的とした各種ウェアラブルデバイスの精度・有用性検証に関する研究

国立精神・神経医療研究センター 精神保健研究所 睡眠・覚醒障害研究部 吉池 卓也
----- 5

2. ウェアラブルデバイスの睡眠評価精度検証におけるデータ整備と解析に関する分担研究

国立精神・神経医療研究センター病院 臨床研究・教育研修部門 情報管理・解析部
大庭 真梨
----- 13

3. Sedentary Behaviorを減少させる介入のメンタルヘルスへの効果に関する研究

国立精神・神経医療研究センター 精神保健研究所 行動医学研究部 成田 瑞
----- 15

III. 研究成果の刊行に関する一覧表 ----- 17

I . 総括研究報告

ウェアラブルデバイスにより得られたライフログデータの活用による
産業保健活動の推進に関する研究 (240701-01)
総括研究報告書

ウェアラブルデバイスを活用した産業保健活動推進に関する研究

研究代表者 栗山健一 国立精神・神経医療研究センター 精神保健研究所
睡眠・覚醒研究部 部長

研究要旨

ウェアラブルデバイスを用いた健康管理方法が様々な企業から提供され、社会に普及しつつある。中でも、主観的には正確に評価することが難しい睡眠評価において、ウェアラブルデバイスによる客観（定量）評価に注目が集まっている。しかしながらウェアラブルデバイスによる睡眠の計測・評価精度に関しては、各企業ごとにデータ取得・解析精度は公表されていない。本研究では睡眠の客観評価における臨床標準である終夜睡眠ポリグラフ検査と比較することで、各種ウェアラブルデバイスの有用性を評価し、この成果を Web プラットフォーム上で公開することを目的とする。さらに、身体活動・運動量の評価を含めた、一日の行動を評価するデバイスとしての活用可能性を既存の科学知見を基に包括的に評価し、産業保健活動に活用する方策を検討する。

A. 研究目的

睡眠は健康維持・向上において最も重要な休養行動であり、適切な睡眠習慣・状態をモニタリングし、睡眠障害の早期発見・早期介入を行う事が望ましい。睡眠習慣・状態の不良は、生活習慣病をはじめとする、心血管系・代謝系疾患の発症・増悪に関わるのみならず、悪性腫瘍を含む様々な身体疾患、うつ病等の精神疾患の発症・増悪にも関与する。

近年のセンシング技術の発展に伴い、様々な生理情報の収集が可能なデバイスが市場に出回っている。中でも、スマートフォンと連携することで日常の生活行動下における生理情報を収集し、自身の健康管理に活かすためのウェアラブルデバイスが普及しつつある。これを産業保健に活用することで、企業職員の活動・休養の状況を客観的にモニタリングし、適切な健康管理の実施が可能となる。特に、健康維持・増進の基盤となる休養活動の評価は、健康管理の中でも極めて重要であるが、これまでは「休めているかどうか」といった主観指標のみで評価されており、客観指標を

用いた評価を行うことで、より実効性・有用性の高い休養管理が可能となる。

睡眠時間を把握する上でも主観評価は不正確であることがわかっており、終夜睡眠ポリグラフ検査（PSG）などにに基づく客観評価による睡眠時間としばしば乖離する。客観評価に基づく睡眠時間は生理的な休養状態をより直接的に反映し、健康転機をより正確に予測することが示されている。さらに、主観指標と客観指標の乖離自体も不良な健康状態と関連することが示唆されている。さらに、慢性的な睡眠不足や睡眠の質低下は、注意機能や情動調節機能の低下をもたらし、日常業務の効率を低下させ、産業事故の発生率を増加させることが示されている。このため、企業職員の睡眠習慣・状態をモニタリングし、改善のために介入することは、職域における生産性の向上にもつながり、ポジティブな経済効果をもたらす可能性が高い。

睡眠時間を含む一晩の睡眠状態を最も客観的かつ正確に評価可能な方法は、医療・研究施設で実施されるPSGである。しかし、PSGは個人が日

常生活において自身の睡眠習慣・状態を経時的にモニタリングする目的で使用することは、技術的・経済的に困難であることから、安価かつコンパクトで、計測方法が容易であり、PSGに準ずる計測・評価精度を有するデバイスを活用するのが妥当である。このため、前述のウェアラブルデバイスを睡眠の客観評価に活用することが、健康日本21（第三次）を踏まえて策定された「健康づくりのための睡眠ガイド2023」の中でも期待されている。

しかしながら、睡眠評価を目的としたウェアラブルデバイスの有用性（計測・解析上の正確性等）は機種・サービスごとに異なり、睡眠健康の1次・2次予防それぞれにおける効果的な運用法のコンセンサスも十分に得られていない。このため、使用目的に応じた適切なデバイスの選定および予防介入の提供体制の確保が急務である。

本研究事業では、ウェアラブルデバイスの計測・解析精度をほぼ均一の条件下で検証することを主たる目的とする。デバイスごとの精度を専用ホームページ等で公開することで、個人もしくは自治体・企業の健康管理担当者が各々のデバイスの特徴・長所・限界点等を理解した上で目的に応じたデバイスの選択が可能となる。

さらに本研究事業では、ウェアラブルデバイスのさらなる活用可能性を探索する。日中の活動量の確保は睡眠の量・質の改善に貢献し、健康増進を促進することがわかっている。日中の活動量の増進は、健康日本21（第三次）でも目標に定められており、「健康づくりのための身体活動・運動ガイド 2023」も別途作成・公開されている。このため、ウェアラブルデバイスを用いた日中の活動量の管理が、企業職員の健康増進に寄与する可能性を探索的に検討する。

B. 研究方法

①睡眠評価への活用を目的とした各種ウェアラブルデバイスの精度・有用性検証

市場に流通しているウェアラブルデバイスのうち、睡眠評価が可能でかつデータの抽出が可能であるデバイスを研究対象とした。日本/世界市場で使用率が高いデバイスを優先し、PSGとの同時計測データを用いた比較により測定精度を検証する方針を立てた。

株式会社ナインアワーズ（以下、ナインアワ

ズ社）のカプセルホテルに宿泊し、同社の睡眠計測事業に参加する者を対象とした。選定されたウェアラブルデバイス毎に 20～70 名の参加者を選択し、年齢・性別条件に層別割付けを行った。ナインアワーズ社の展開するカプセルホテル事業では、睡眠計測機器（PSG 等）を導入し、ホテル利用者の同意を取得した上で、臨床検査技師が PSG の装着を補助し睡眠中の生理情報を計測・収集するシステムを確立している。このため、ナインアワーズ社が行う PSG 計測事業の中でウェアラブルデバイスを同時に装着し、各種ウェアラブルデバイスの睡眠評価の精度を検証する系を構築した。

さらに、本研究成果を公表するための Web HP の作成に着手した。まず、これを技術的に担当する専門業者の選定を実施し、当該業者と HP デザインおよび掲載する評価項目および掲載方法の検討を進めた。

②ウェアラブルデバイスの睡眠評価精度検証におけるデータ整備と解析

PSG と同時計測されたウェアラブルデバイスのデータの品質管理、パラメータ導出、解析を行った。まず、各デバイスの Raw データのクリーニングを実施し、計測時刻の同期確認・欠損値の処理・外れ値の検討を行った。次に、デバイスごとに異なる睡眠変数の定義や測定開始時点の特定方法を精査し、PSG との突合評価方法を統一した。その上で、総睡眠時間を主要評価項目に設定し、これの一致性評価としてウェアラブルデバイスと PSG の差、Bland-Altman plot の作成、級内相関係数の算出、サブグループ解析を行った。エポック（30 秒）ごとの睡眠段階の正確性については、混同行列（Error Matrix）を作成・作図し、感度・特異度・正確性等を算出した。

③Sedentary Behavior を減少させる介入のメンタルヘルスへの効果

国内外のランダム化比較試験（RCT）を対象とした系統的レビューを実施し、座位行動（Sedentary Behavior）の減少に焦点を当てた介入とメンタルヘルス指標（ストレス、不安、抑うつ、気分、活力など）との関連を分析した。文献検索は PubMed、Web of Science、APA PsycINFO

を用い、2025 年までに発表された文献を対象とした。PRISMA ガイドラインに基づき、適格基準を満たす RCT・クラスター RCT を抽出した。研究の質は Cochrane RoB 2 ツールにより評価した。

倫理面への配慮

本研究に含まれる研究のうち倫理的配慮を要する研究は全て、文部科学省・厚生労働省の「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に基づき、国立精神・神経医療研究センター倫理委員会委員会の承認を受けて行う。

C. 研究結果

①睡眠評価への活用を目的とした各種ウェアラブルデバイスの精度・有用性検証

Apple watch series 9 (32 データ)、Apple watch SE (37 データ)、Fitbit Inspire 3 (34 データ)、Google Pixel Watch 3 (36 データ)、Garmin Vivosmart 5 (31 データ)、Garmin Venu 3 (30 データ)、Huawei Band 9 (32 データ)、Galaxy Watch 7 (32 データ)、Xiaomi Smart Band 9 (33 データ)、Amazfit Bip 5 (30 データ)、Oura Ring 4 (61 データ)、MTN-221 (60 データ) におけるデータ取得が実施された。これらのうち Apple 社 2 機種および Google 社 2 機種のデータクリーニングを実施し、解析を実施中である。

また、これらの研究結果を順次論文化し、内容を Web HP に掲載する予定である。

②ウェアラブルデバイスの睡眠評価精度検証におけるデータ整備と解析

デバイスごとに睡眠段階の判定の記録が開始されるタイミングが異なることが、実データの精査により確認された。また、PSG 測定期間のうち、ウェアラブルデバイスで記録が欠損している区間の取り扱いに関しても検討した。PSG についても、被験者の就寝時間・起床時間 (Light OFF と Light ON) にあわせた時間の抽出の必要性も認められた。

PSG、ウェアラブルデバイス、被験者の就寝時間・起床時間 (Light OFF と Light ON) の範囲の確認と、指標の呼称を統一し、改めて睡眠指標を導出した。これらをウェアラブルデバイスの精度を評価する解析手順として、解析計画書に追記し

た。

Apple 社 2 機種および Google 社 2 機種において、総睡眠時間の ICC は概ね高値を示し、混同行列の一致割合も確認され、ウェアラブルデバイスが PSG と一定の相関を有することが確認された。他方で、デバイス毎に PSG との誤差の大小および傾向が異なる可能性が示唆された。

③Sedentary Behavior を減少させる介入のメンタルヘルスへの効果

複数の RCT から、座位行動の減少に焦点を当てた介入は、抑うつ、ウェルビーイング、ストレス、不安などの症状に有効である可能性が示唆された。研究成果は、AIHA Connect 2025 (米国) で発表した。さらに、本結果は科学論文として投稿中である。

D. 考察

本研究は計画通り順調に進んでいる。ウェアラブルデバイスを用いて客観的かつ高精度に睡眠を評価できるようになることで、従来の主観評価のみでは到達不可能な、厳密な睡眠習慣・状態のモニタリングが個人および集団管理に適用可能となる。さらに、睡眠管理のみならず、身体活動・運動量の管理にもウェアラブルデバイスの活用範囲が広がると、客観的計測に基づく、より包括的な健康管理法が確立する。

E. 結論

市場に流通している主要なウェアラブルデバイスにおける睡眠評価精度・有用性を、統一された科学的手法を用いた系で評価することにより、自治体や企業において健康管理者が職員の睡眠習慣・状態を管理し、健康増進に資する睡眠改善対策を立てる上で役立つ。これは同時に、職員の業務効率を向上させ、事故の発生を未然に防ぐことにも貢献し、企業利益の向上につながる。さらに、日中の行動も含め、ウェアラブルデバイスによる健康管理の有用性を確立することで、産業保健活動の推進が期待できる。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Fushimi M, Kawamura A, Utsumi T, Nagao K, Matsui K, Kimura A, Aritake-Okada S, Yoshiike T, Kuriyama K. Relationship Between Insoluble Dietary Fiber Intake and Non-Restorative Sleep in Japanese Adults: A Cross-Sectional Analysis of the NHNS Japan, 2014 and 2018. *Nutrients* 17(23): 3749, 2025. doi: 10.3390/nut17233749.
- 2) Kuriyama K. Nonrestorative sleep: a potential indicator or consequence of job stress. *Sleep Biol Rhythms* 23(4): 353-354, 2025. doi: 10.1007/s41105-025-00606-8.
- 3) Hazumi M, Matsui K, Tabuchi T, Okubo R, Yoshiike T, Kitamura S, Kawamura A, Nagao K, Utsumi T, Izuhara M, Kizuki J, Fushimi M, Nishi D, Kuriyama K. Nonrestorative sleep mediates the influence of Adverse Childhood Experiences on psychological distress, physical health, mental health, and activity limitation: A longitudinal study for the general population in Japan. *Sleep Med* 133: 106658, 2025. doi: 10.1016/j.sleep.2025.106658.

2. 学会発表

- 1) 栗山健一. 国民の睡眠健康管理指針における交替制勤務従事者の睡眠管理上の課題. 第63回日本医療・病院管理学会学術総会 2025年10月4-5日 東京科学大学湯島キャンパス (東京)

- 2) 栗山健一. 教育講演 健康づくりのための睡眠ガイド2023の活用と課題 第72回日本栄養改善学会学術総会 2025年9月12-14日 東京農業大学 (世田谷)
- 3) 内海智博、吉池卓也、栗山健一. 睡眠の質の評価法. 日本睡眠学会第49回定期学術集会 2025年6月28-29日 広島大学霞キャンパス (広島)
- 4) 吉池卓也、栗山健一. 睡眠休養感と心身の健康—最近の知見と公衆衛生向上のための戦略—. 日本睡眠学会第49回定期学術集会 2025年6月28-29日 広島大学霞キャンパス (広島)
- 5) 吉池卓也、栗山健一. 睡眠の質とは何か—睡眠の質の重要性とその評価法—. 日本睡眠学会第49回定期学術集会 2025年6月28-29日 広島大学霞キャンパス (広島)
- 6) 内海智博、吉池卓也、大庭真梨、成田瑞、河村葵、岡邨しのぶ、栗山健一. 睡眠評価への活用を目的としたウェアラブルデバイスの精度・有用性検証の事業化. 日本睡眠学会第49回定期学術集会 2025年6月28-29日 広島大学霞キャンパス (広島)
- 7) 内海智博、吉池卓也、栗山健一. 精神科診療におけるSleep Techの応用. 第121回日本精神神経学会学術総会 2025年6月19-21日 神戸国際会議場 (兵庫)

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
3. その他
なし

II. 分担研究報告

ウェアラブルデバイスにより得られたライフログデータの活用による
産業保健活動の推進に関する研究 (240701-01)
研究分担報告書

睡眠評価への活用を目的とした各種ウェアラブルデバイスの精度・有用性検証に関する研究

研究分担者	吉池卓也	国立精神・神経医療研究センター睡眠・覚醒研究部	室長
	栗山健一	国立精神・神経医療研究センター睡眠・覚醒研究部	部長
研究協力者	内海智博	国立精神・神経医療研究センター睡眠・覚醒研究部	リサーチフェロー
	河村 葵	国立精神・神経医療研究センター睡眠・覚醒研究部	科研費研究員

研究要旨

睡眠は健康維持・向上において重要な休養行動である。近年、客観的な睡眠習慣の評価にウェアラブルデバイスを臨床的・疫学的研究へ活用する例が急増しており、「健康づくりのための睡眠ガイド 2023」の中でも、ウェアラブルデバイス等を用いて睡眠を客観的に評価することが睡眠健康増進に寄与すると言及されている。しかし、市場に導入されているウェアラブルデバイスは種類が多く、計測・解析・算出される睡眠変数等の精度検証は不十分である。そのため、本研究は医療現場・研究施設で実施される睡眠状態の客観的かつ総合的な評価法のゴールドスタンダードである終夜ポリソムノグラフ検査（PSG）とウェアラブルデバイスを同時に測定し、ウェアラブルデバイスの睡眠評価精度（判別一致率）を検証し、その結果を Web 上で公開し国民が睡眠健康の維持・向上をするための適切なデバイス選択に寄与することを目的とした。昨年度に精度検証を行うウェアラブルデバイスとして選定した機種に加え、Amazfit Bip 5、MTN-221 を含む腕時計型 10 機種、指輪型 1 機種、腰装着型 1 機種の計 12 機種について PSG との同時計測を行った。各機種 20～70 データの取得が試みられた。一部にデバイス運用上の問題（同期不良、Wi-Fi 切断等）やデバイス特性上の問題（睡眠時間の短さに伴うスコアリング不成立、装着不良等）による睡眠段階データ欠損が認められた。現在、Apple 社 2 機種および Google 社 2 機種について解析が進行中であり、他機種も順次データクリーニング・解析を進めている。また、結果公表用 Web サイトの全体構成を策定し、国民向けと研究者向けで情報提供の粒度を分ける設計とした。本研究の測定は当初の予定を上回り順調に進んでおり、次年度予定であった Amazfit Bip 5 および MTN-221 の測定も前倒しで完了した。データ欠損の原因分析から、デバイスの運用・特性に起因する課題が明らかとなり、実使用上の利便性に関わる重要な知見と位置づけられる。Web サイトでは、国民向けにはアプリ上の睡眠指標精度を、研究者向けには Epoch by Epoch レベルの詳細データを提供する構成とし、「健康づくりのための睡眠ガイド 2023」で課題とされた客観的睡眠評価に基づく睡眠健康増進の実現に資することが期待される。

A. 研究目的

睡眠は健康の維持・向上において重要な休養行動である。不良な睡眠は心血管系・代謝系疾患に代表される身体疾患^[1,2]だけでなく、うつ病などの精神疾患^[3]における危険因子・増悪因子となることが報告されており、総死亡の危険因子^[1,2,4]にもなりうる事が示されている。加えて、慢性的な睡眠の量や質の低下は注意機能^[5]や情動調節機能

^[6]の低下をきたし、業務効率の低下^[7] ^[8]や産業事故発生率の増加^[9]に関与することが報告されている。そのため、不良な睡眠習慣・状態の早期発見・早期介入に寄与する睡眠習慣・状態の適切なモニタリングは喫緊の課題である。

睡眠習慣の評価として、疫学研究や臨床の現場では、従来主観評価による睡眠時間が使用されてきた。しかし、主観的睡眠時間は、床の上で過ごす

時間（床上時間）を反映しやすい可能性がある^[10]。加えて、主観的睡眠時間と終夜ポリソムノグラフ検査（Polysomnography: PSG）や活動量計で測定される客観的睡眠時間はしばしば乖離する。この客観的評価に基づく睡眠時間は、生理学的な休養状態をより正確に反映し、健康転帰の予測に有用と考えられる^[11]。さらに、睡眠時間の主観-客観乖離自体が不良な健康転帰とかかわる可能性^[12]も示唆されている。そのため、日常生活における客観的な睡眠時間をモニタリングすることが重要である。

睡眠状態の客観的評価方法のゴールドスタンダードは医療施設や研究施設で実施される PSG である。PSG は終夜の脳波・眼球運動・心電図・筋電図・呼吸曲線・いびき、動脈血酸素飽和度など、睡眠中の多様な生理学的指標を取得することで、正確に睡眠状態を評価できる。しかし、検査の実施や結果の評価には専門的な知識・技術・設備が必要であり、時間的・経済的負担が大きいことから、実施可能な施設は限られる。さらに、PSG は検査室で測定するため、普段の環境とは大きく異なることから、各個人の日常生活状況下の睡眠状態を反映するとは言い切れない。また、連続測定も困難である。そのため、習慣的な睡眠状態を客観的にモニタリングするには適していない。

近年、センシング技術や機械学習の発展により、PSG に代わる健康管理用ウェアラブルデバイスが数多く市場導入されている。そして、客観的な睡眠習慣の評価にウェアラブルデバイスを臨床的・疫学的研究へ活用する試みが急増している。健康日本 21 における国民の睡眠指針である「健康づくりのための睡眠ガイド 2023」の中でも、ウェアラブルデバイス等による客観的な睡眠評価を用いた睡眠健康増進が今後の課題として言及されている。しかし、市場に導入されているウェアラブルデバイスは種類が多く、睡眠評価を目的とした計測・解析上の正確性・算出される睡眠変数等には機種ごとに差がある。そして、ウェアラブルデバイスの睡眠評価における精度に関する情報は十分ではない。そのため、国民が睡眠習慣を測定するウェアラブルデバイスを選定する際に、精度が担保されたウェアラブルデバイスを選定することが困難である。

そのため、本研究では、同一の参加者に、PSG とウェアラブルデバイスを同時に装着し、一晩の睡

眠関連データを収集し、両データの解析結果を突き合わせ、ウェアラブルデバイスの睡眠評価精度（判別一致率）を検証することを目的とする。複数のウェアラブルデバイスに同一の方法を用いて精度評価をすることにより、ウェアラブルデバイス間の睡眠評価精度を比較することが一定程度可能となる。この結果を Web 上で公開することにより、個人が自身の睡眠健康を維持・向上させるために、適切なウェアラブルデバイスを選定することが可能となる。

B. 研究方法

【研究対象者】

株式会社ナインアワーズ（以下、ナインアワーズ社）が展開するカプセルホテルに宿泊し、PSG を行う者を対象とした。ナインアワーズ社は カプセルホテル事業を展開する会社であるが、睡眠事業も展開しており、ホテル利用者の同意を取得した上で、PSG を用いて睡眠中の生理情報を計測・収集するシステムを有している。選定されたウェアラブルデバイス毎に20～70名の参加者を選択し、機種により年齢・性別に偏りがないようにマッチングさせた。具体的に、腕時計型ウェアラブルデバイス1機種あたり20代から60代まで、各年代ごとに女性3名、男性3名と偏りがないようにリクルートし、解析対象が合計30名となることを目指しリクルートした。

【対象となるウェアラブルデバイス】

昨年度から精度検証を開始しているApple社のApple Watch Series 9、Apple Watch SE、Google社のGoogle Pixel Watch 3、Fitbit Inspire 3は引き続き使用した。加えて、昨年度精度検証の選定により対象となった、Garmin社のGarmin Venu 3およびGarmin vivosmart 5、Xiaomi社のXiaomi Smart Band 9、Huawei社のHUAWEI Band 9、Samsung社のGalaxy Watch7、Oura社のOura Ring 4の測定を行った。さらに、我が国の睡眠臨床・研究でしばしば使用されているMTN-221（キッセイコムテック株式会社）、日本市場では販売上位の記録があり睡眠データの取得が容易なAmazfit Bip 5（Zepp Health corporation）も選定した。

【研究手続き】

ナインアワーズ社の睡眠事業の利用を希望された対象者のうち、宿泊予約時に本研究への参加意思を示した者に、チェックイン時に研究説明を

行ったうえで参加同意を取得した。参加同意時に手渡したウェアラブルデバイスは参加者自身で装着し、PSGを実施する臨床検査技師がウェアラブルデバイスが適切に装着されていることを確認した。

参加者が夜間就寝中にPSGとウェアラブルデバイスとの同時計測を行い、両機器で計測した睡眠評価データを取得した。起床後に、参加者は起床時質問票に回答した。

【評価項目】

○主要評価項目

PSGで測定された睡眠時間および各ウェアラブルデバイスで測定された睡眠時間の判別一致率。

○副次評価項目

PSGで測定された各睡眠変数と各ウェアラブルデバイスで測定された以下の睡眠変数の判別一致率。

- ・PSG：床上時間、睡眠効率、入眠潜時、中途覚醒時間、睡眠段階変数（Stage N1時間、Stage N2時間、Stage N3時間、Stage REM時間）、
- ・ウェアラブルデバイス：床上時間、睡眠効率、入眠潜時、中途覚醒時間、睡眠段階変数（ウェアラブルデバイス毎に、睡眠段階の表示方法が“Light”睡眠時間、“Deep”睡眠時間、“コア”睡眠時間などと異なる）

○共変量

背景情報：性別、年齢、身長、体重、現病歴、既往歴、飲酒歴、喫煙歴、服薬状況、現在の体調。

起床時質問票：主観的な睡眠時間、入眠潜時、入床時刻、覚醒時刻、睡眠休養感。

○解析計画

PSGと各ウェアラブルデバイス判別一致率は各睡眠変数および呼吸状態変数についてブランドマン分析（Bland-Altman analysis）を行う。そして、PSGおよび各ウェアラブルデバイスの計測時刻を同期させた上で、両データの解析結果を突合させ、判別一致率（相関）を解析し、カップ係数を算出する。また、睡眠段階変数についてはPSGをReferenceとした時のError Matrixを作成し、感度・特異度・陽性反応的中率・陰性反応的中率・正確性・Prevalence Index・Bias Indexを評価する^[13]。

【結果公表HPの策定】

個人が自身の睡眠健康を維持・向上させるため

に、適切なウェアラブルデバイスを選定する上で参考となる情報を公開するために、本研究の成果を公表するWeb HPの委託業者の選定と、Web HPのデザインを検討した。

【倫理面への配慮】

本研究は国立精神・神経医療研究センター倫理委員会の承認のもと行った（承認番号：A2024-094）。

C. 研究結果

2025年2月から3月前にApple社2機種、Google社2機種の計4機種の測定を開始し45データを収集した。今年度はこれを併せ、Apple Watch Series 9は32データ、Apple Watch SEは37データ、Fitbit Inspire 3は34データ、Google Pixel Watch 3は36データ、Garmin vivosmart 5は31データ、Garmin Venu 3は30データ、HUAWEI Band 9は32データ、Galaxy Watch7は32データ、Xiaomi Smart Band 9は33データ、Amazfit Bip 5は30データ、Oura Ring 4は61データ、MTN-221は60データの取得が試みられた。なお、測定1クールにつき腕時計型ウェアラブルデバイスは2機種の測定を行い、指輪型ウェアラブルデバイス（Oura Ring 4）および腰装着型ウェアラブルデバイス（MTN-221）は腕時計型ウェアラブルデバイスと同時測定を行ったため、指輪型および腰装着型ウェアラブルデバイスは1クール分の参加者データ取得となった。

これらのうち、現在把握されているウェアラブルデバイスもしくはPSGのデータ欠損がApple Watch Series 9は2データ（ウェアラブルデバイス運用上の問題1データ、デバイス特性上の問題1データ）Apple Watch SEは6データ（ウェアラブルデバイス運用上の問題1データ、デバイス特性上の問題1データ、PSG測定不良2データ、参加者体調不良1データ）、Fitbit Inspire 3は4データ（ウェアラブルデバイス運用上の問題3データ、PSG測定不良1データ）、Google Pixel Watch 3は6データ（ウェアラブルデバイス運用上の問題4データ、デバイス特性上の問題2データ）、Garmin vivosmart 5が1データ（PSG測定不良1データ）、Garmin Venu 3が7データ（PSG測定不良7データ）、HUAWEI Band 9は2データ（ウェアラブルデバイス運用上の問題1データ、デバイス特性上の問題1データ）、Galaxy Watch7は4（ウェアラブルデバイス運用上の問題4データ）であった。これらのうちデータのApple社2デバイス

および Google 社 2 デバイスの結果についてデータクリーニングを行い、研究分担者である大庭真梨にデータを共有し、解析中である。現在は納品されたデータを順次データクリーニングしつつ、時期デバイスとして HUAWEI WATCH D2 の測定を行っている。

また、Web HP 策定の全体像を考案した（表 1）。研究結果を順次論文化し、その内容を Web HP に掲載する予定である。特にウェアラブルデバイスの結果を国民向けおよび研究者向けで分けて検索・表示する機能を有することにより、それぞれのニーズに応じた情報提供を行うことを可能とした。

D. 考察

本研究の進捗としてはウェアラブルデバイスの測定は予定を超えて順調である。予定では昨年度に選定したウェアラブルデバイス（Apple Watch Series 9、Apple Watch SE、Fitbit Inspire 3、Google Pixel Watch 3、Garmin vivosmart 5、Garmin Venu 3、HUAWEI Band 9、Galaxy Watch7、Xiaomi Smart Band 9、Oura Ring 4）の測定のみと考えていたが、次年度に予定した Amazfit Bip 5 および MTN-221 まで終えることができた。これは、実験系の確立が堅牢であり、参加者リクルートも想定よりも円滑であったことが考えられる。一方で、データの欠損として、ウェアラブルデバイス運用上の問題や、ウェアラブルデバイス特性上の問題が目立った。前者について、①ウェアラブルデバイスとスマートフォンが毎日同期できないこと、②スマートフォンの仕様により長期不使用時に自動的に Wi-Fi が切断されてしまうことが原因と推測された。後者については、①一定時間以上睡眠がスコアリングされない場合は睡眠段階判定がされないこと、②装着が緩すぎたり、きつすぎたりすることが原因と推測された。しかしウェアラブルデバイスの特性上の問題は今後国民が広く使用するうえではウェアラブルデバイスの利便性にかかわる重要な問題と考えられる。そのため、引き続きデータ欠損のモニタリングを行う。

また、Web HP では国民向けと研究者向けに分けて検索・結果表示できるように設計した。国民が着目する情報はアプリ上で得られる睡眠検査結果

であると考ええる。そのため、国民向けのページではアプリ上の睡眠指標の精度を表示できるようにすることにより、国民が睡眠健康の維持・向上するために、適切なウェアラブルデバイスを選定するための有用な情報源となると考えられる。これにより、従来の主観評価のみでは捉えきれない日常生活における睡眠時間の客観的評価が可能となり、より精確な睡眠習慣・状態のモニタリングが可能となる。これは不良な睡眠習慣・状態の早期発見・早期介入に貢献し、心血管系・代謝系疾患、精神疾患等の予防、労働生産性の向上、産業事故の減少などの社会的利益をもたらすことが期待される。また、研究者向けのページでは、Epoch by Epoch レベルの詳細な精度データを提供することを考えている。これにより、睡眠の専門家や、一般の医療従事者や健康管理にかかわる企業の担当者が各ウェアラブルの詳細な精度データを簡便に検索することを可能とし、睡眠医学・予防医学分野における研究促進や睡眠健康管理の質の向上が見込まれる。その結果、「健康づくりのための睡眠ガイド 2023」で課題とされている客観的睡眠評価を用いた睡眠健康増進の実現に向けた重要な礎となることが考えられる。

E. 結論

本研究は日本の市場に導入されている数多くのウェアラブルデバイスに対して、同一の方法を用いて睡眠評価を目的とした計測・解析上の精度を検討する初めての研究である。さらにその結果を Web HP で誰もが簡便に閲覧可能となる世界的にも貴重な研究であるといえる。現在、研究は順調に進んでおり、2026 年度には情報を提供できると考える。

【参考文献】

- 1 Jike, M., Itani, O., Watanabe, N., Buysse, D. J. & Kaneita, Y. Long sleep duration and health outcomes: A systematic review, meta-analysis and meta-regression. *Sleep Med Rev.* **39**, 25-36 (2018).
- 2 Itani, O., Jike, M., Watanabe, N. & Kaneita, Y. Short sleep duration and health outcomes: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Sleep Med.* **32**, 246-256 (2017).
- 3 Baglioni, C. et al. Insomnia as a

- predictor of depression: a meta-analytic evaluation of longitudinal epidemiological studies. *J. Affect. Disord.* **135**, 10-19 (2011).
- 4 Kwok, C. S. et al. Self-Reported Sleep Duration and Quality and Cardiovascular Disease and Mortality: A Dose-Response Meta-Analysis. *J Am Heart Assoc.* **7**, e008552 (2018).
 - 5 Van Dongen, H. P., Maislin, G., Mullington, J. M. & Dinges, D. F. The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *Sleep.* **26**, 117-126 (2003).
 - 6 Saghir, Z., Syeda, J. N., Muhammad, A. S. & Balla Abdalla, T. H. The Amygdala, Sleep Debt, Sleep Deprivation, and the Emotion of Anger: A Possible Connection? *Cureus.* **10**, e2912 (2018).
 - 7 Takano, Y., Okajima, I., Ando, T., Iwano, S. & Inoue, Y. Presenteeism and sleep duration on workdays and days off. *Occup Med (Lond).* **74**, 283-289 (2024).
 - 8 Burton, W. N., Chen, C. Y., Schultz, A. B. & Li, X. Association Between Employee Sleep With Workplace Health and Economic Outcomes. *Journal of occupational and environmental medicine.* **59**, 177-183 (2017).
 - 9 Shekari Soleimanloo, S., White, M. J., Garcia-Hansen, V. & Smith, S. S. The effects of sleep loss on young drivers' performance: A systematic review. *PLoS One.* **12**, e0184002 (2017).
 - 10 Kline, C. E. et al. Self-reported long sleep in older adults is closely related to objective time in bed. *Sleep Biol Rhythms.* **8**, 42-51 (2010).
 - 11 Yoshiike, T. et al. Mortality associated with nonrestorative short sleep or nonrestorative long time-in-bed in middle-aged and older adults. *Scientific reports.* **12**, 189 (2022).
 - 12 Utsumi, T. et al. The association between subjective-objective discrepancies in sleep duration and mortality in older men. *Scientific reports.* **12**, 18650 (2022).
 - 13 Menghini, L., Cellini, N., Goldstone, A., Baker, F. C. & de Zambotti, M. A

standardized framework for testing the performance of sleep-tracking technology: step-by-step guidelines and open-source code. *Sleep.* **44**, (2021).

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Fushimi M, Kawamura A, Utsumi T, Nagao K, Matsui K, Kimura A, Aritake-Okada S, Yoshiike T, Kuriyama K. Relationship Between Insoluble Dietary Fiber Intake and Non-Restorative Sleep in Japanese Adults: A Cross-Sectional Analysis of the NHNS Japan, 2014 and 2018. *Nutrients.* 2025;17(23):3749.

2. 学会発表

1. 吉池卓也：睡眠から見た健康増進と病態理解. 東京農工大学一国立精神・神経医療研究センター第9回合同シンポジウム, 国立精神・神経医療研究センター, 2025. 12. 23.
2. 吉池卓也, 栗山健一：健康指標としての睡眠休養感, 睡眠休養感と心身の健康—最近の知見と公衆衛生向上のための戦略—. 日本睡眠学会第49回定期学術集会, シンポジスト, 広島大学霞キャンパス (広島), 2025. 6. 28-29.
3. 吉池卓也, 栗山健一：主観的な睡眠の質評価の意義, 睡眠の質とは何か—睡眠の質の重要性とその評価法—. 日本睡眠学会第49回定期学術集会, シンポジスト, 広島大学霞キャンパス (広島), 2025. 6. 28-29.
4. 内海智博, 吉池卓也, 栗山健一：精神科診療における Sleep Tech の実践的応用. 第121回日本精神神経学会学術総会, シンポジスト, 神戸国際会議場 (兵庫), 2026. 6. 19-21.
5. 内海智博, 吉池卓也, 栗山健一：睡眠の質の評価法. 日本睡眠学会第49回定期学術集会, シンポジスト, 広島大学霞キャンパス (広島), 2025. 6. 28-29.
6. 金子宜之, 吉池卓也, 斎藤かおり, 大槻怜, 木附隼, 栗山健一, 鈴木正泰：新たな「睡眠の質」指標を精神疾患診療にどのように活かすか. 第121回日本精神神経学会学術総会, 神戸国際会議場 (兵庫), 2025. 6. 19-21.
7. Yasumoto C, Hanaoka S, Nishigami O, Hashimoto S, Sakata Y, Kuriyama K,

- Yoshiike T. Effects of thermal and olfactory control of bedroom air on sleep restfulness during summer: A randomized crossover trial. World Sleep 2025, Singapore, September 5-10, 2025.
8. Nakano W, Tuturea LE, Endo K, Shimazu Y, Hori H, Yoshiike T, Utsumi T, Oba M, Kuriyama K, Narita ZC. Effectiveness of interventions to reduce sedentary behavior on mental health: A systematic review. AIHA CONNECT 2025, Kansas, May 19-21, 2025.
9. 伏見もも, 河村葵, 内海智博, 吉池卓也, 松井健太郎, 長尾賢太郎, 有竹清夏, 栗山健一 : 日本人における不溶性食物繊維摂取量と睡眠休養感の関連に及ぼす習慣飲酒、睡眠時間の影響. 日本睡眠学会第 49 回定期学術集会, 広島大学霞キャンパス (広島), 2025. 6. 28-29.
10. 内海智博, 吉池卓也, 長尾賢太郎, 栗山健一 : 不眠症状を有する地域高齢男性における睡眠時間の主観－客観乖離と総死亡リスクとの関連. 第 84 回日本公衆衛生学会総会, 静岡県コンベンションアーツセンター (静岡), 2025. 10. 29-31.
- H. 知的財産権の出願・登録状況**
(予定を含む)
なし

表 1. Web HP 全体構成案

階層	ページ名	概要
第 1 階層	トップページ	プロジェクト全体の概要、最新情報。各第 2 階層へのリンク。国民向けと研究者向けへの分岐点
第 2 階層		
	国民向けトップ	アプリ画面上の睡眠検査結果の整合性を知りたい方向け
第 3 階層	└ 条件選択ページ	デバイス、年齢・性別、評価項目の選択
第 3 階層	└ 結果表示ページ	選択条件に基づく精度検証結果の表示
第 2 階層		
	研究者向けトップ	Epoch by Epoch レベルの詳細データを知りたい方向け
第 3 階層	└ 条件選択ページ	デバイス、年齢・性別、詳細評価指標の選択
第 3 階層	└ 結果表示ページ	混同行列、Bland-Altman plot 等の詳細表示
第 2 階層	研究背景ページ	研究の背景、目的、方法の詳細説明
第 2 階層	専門用語説明ページ	各専門用語の詳細説明と健康との関連を記載。検索ページからクリックで遷移可能

ウェアラブルデバイスにより得られたライフログデータの活用による
産業保健活動の推進に関する研究 (240701-01)
研究分担報告書

ウェアラブルデバイスの睡眠評価精度検証における
データ整備と解析に関する分担研究

研究分担者 大庭 真梨 国立精神・神経医療研究センター病院 臨床研究・教育研修部門
情報管理・解析部 生物統計解析室長

研究要旨

本分担研究は、PSG を基準とした複数のウェアラブルデバイスの精度評価において、睡眠指標の取得と統計学的検証を担当する。本年度は、データクリーニング、機種間で異なる睡眠変数定義の整合、および一貫性評価手法 (Bland-Altman 分析、ICC、混同行列等) の運用手順を整備し、解析計画書に反映した。予備的解析では、対象 4 機種すべてで総睡眠時間の ICC は概ね高値を示し、ウェアラブルデバイスが PSG と一定の一致を示すことが確認された。機種間で定義が異なる生データを比較可能な形に整える手順を確立できたことは本年度の主要な成果であり、次年度以降の詳細な精度評価、および今後のウェアラブルデバイスによる睡眠評価の標準化にも貢献できると考えられる。

A. 研究目的

ウェアラブルデバイスによる睡眠評価は、産業保健・公衆衛生分野における客観的睡眠モニタリングの有力な手段として注目されているが、デバイスごとの計測・解析精度には差異があり、標準的な評価が不十分である。本分担研究では、研究班で行われている終夜睡眠ポリグラフ検査 (PSG) との比較を通じたウェアラブルデバイス精度評価研究において、睡眠指標 (睡眠時間・覚醒時間・各睡眠段階等) の取得と解析データ作成、正確さを統計学的検証を担当する。今年度は特に、取得データの品質管理 (クリーニング)、デバイス間での睡眠変数定義の整合・統一、および一貫性評価手法 (Bland-Altman 分析、ICC、カッパ係数、Error Matrix 等) の取り扱い手順の作成、解析計画、解析実施、提示法の検討を担う。

B. 研究方法

PSG と同時計測されたウェアラブルデバイス 4 機種のデータの品質管理、パラメータ導出、解析を行った。まず、各デバイスの生データに対して

データクリーニングを実施し、計測時刻の同期確認・欠損値の処理・外れ値の検討を行った。次に、デバイスごとに異なる睡眠変数の定義や測定開始時点の特定方法を精査し、PSG との突合方法を統一した。その上で、主要評価項目である総睡眠時間の一貫性評価として、ウェアラブルデバイスと PSG の差、Bland-Altman plot の作成、級内相関係数の算出、サブグループ解析を行った。エポック (30 秒) ごとの睡眠段階の正確性については、混同行列 (Error Matrix) を作成・作図し、感度・特異度・正確性等を算出した。

倫理面への配慮

ウェアラブルデバイス精度評価研究は倫理委員会の審査・承認を受けて実施している。

C. 研究結果

デバイスにより、睡眠段階の判定の記録が開始されるタイミングが異なることが実データの精査においても確認された。とくに眠る前や開眼後の測定上の “Wake” が、記録されるデバイスとされな

いデバイスがあり、一貫した対応について議論した。また、PSG 測定期間のうち、ウェアラブルデバイスで記録が欠損している区間を“Wake”として補完するなど対応が必要なケースがあった。

PSG についても、被験者の就寝時間・起床時間 (Light OFF と Light ON) にあわせた時間の抽出の必要性があった。

PSG、ウェアラブルデバイス、被験者の就寝時間・起床時間 (Light OFF と Light ON) の範囲の確認と、指標の呼び名を整理したうえで、あらためて睡眠指標を導出した。これらをウェアラブルデバイスの精度評価する解析手順として、解析計画書に追記した。

対象 4 機種すべてにおいて、総睡眠時間の ICC は概ね高値を示し、混同行列の一致割合も確認され、ウェアラブルデバイスが PSG と一定の相関を有することが確認された。一方、デバイスによって PSG との差の方向性が異なる可能性が議論された。

詳細な結果は現在取りまとめ中であり、次年度以降に成果として発表する予定である。

D. 考察

本年度の分担研究では、PSG を基準としたウェアラブルデバイス 4 機種の精度評価に先立ち、データ品質管理、睡眠変数定義の整合、および一致性評価手法の運用手順の整備を行った。ウェアラブルデバイスによる睡眠評価は、大規模かつ長期の睡眠モニタリングを可能にする有用な手段であるが、機種間で睡眠段階判定アルゴリズムや測定開始・終了の定義が異なるため、PSG との直接比較には解析上の前処理が不可欠である。

一致性評価は、連続変数である総睡眠時間等には Bland-Altman 分析と ICC を、エポック単位の睡眠段階判定には混同行列 (Error Matrix) を用いる構成とした。これは先行研究でも標準的に用いられている手法である。ICC は一致性 ICC (agreement 型) を採用し、単なる相関ではなく系統誤差も捕捉できる設計とした。

本年度の予備的解析では、対象 4 機種すべてで総睡眠時間の ICC は概ね高値を示し、ウェアラブルデバイスが PSG と一定の一致を示すことが確認された。今後より詳細に検討していく予定である。本年度の意義は、機種間で定義の異なる生データを比較可能な形に整形する手順を体系化した点にあり、今後の精度評価研究やウェアラブルデバイスによる睡眠評価の標準化にも資するものと考えられる。

E. 結論

本年度は、ウェアラブルデバイス 4 機種の PSG に対する精度評価のためのデータクリーニングと解析手順を整備し、今後の成果発表に向けた基盤を構築した。

F. 健康危険情報

特記すべき健康危険情報なし。

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

ウェアラブルデバイスにより得られたライフログデータの活用による
産業保健活動の推進に関する研究 (240701-01)
研究分担報告書

Sedentary Behavior を減少させる介入の
メンタルヘルスへの効果に関する研究

研究分担者 成田瑞 国立精神・神経医療研究センター 行動医学研究部 室長

研究要旨

本研究は、座位行動（Sedentary Behavior）を減少させる介入がメンタルヘルスに与える影響を明らかにすることを目的とし、有効な介入手法の基盤構築を目指して実施している。近年、長時間の座位行動はうつ症状、不安、ストレス増加など、心理的健康への悪影響が指摘されており、例えば職場における対策が急務となっている。

ランダム化比較試験（RCT）を対象とした系統的文献レビューを実施し、スタンディングデスクの導入や行動変容支援など、さまざまな介入が心理的指標に及ぼす効果を分析する。座位行動の減少はストレス軽減や気分の改善などのメンタルヘルスへのポジティブな効果が想定される。現在、4名の独立した研究者によるシステマティックレビューを施行中である。

A. 研究目的

本研究は、長時間の座位行動（Sedentary Behavior）がメンタルヘルスに及ぼす影響に着目し、その減少を目的とした介入が心理的健康（ストレス、気分、活力等）に与える効果を明らかにすることを目的とする。特に、職場などの産業環境において、行動変容プログラムやスタンディングデスク等の環境的介入が、メンタルヘルスに及ぼす影響を検討する。

B. 研究方法

国内外のランダム化比較試験（RCT）を対象とした系統的レビューを実施し、座位行動の減少に焦点を当てた介入（行動的・環境的）とメンタルヘルスのアウトカム（ストレス、不安、うつ、気分、活力など）との関連性を分析する。

文献検索はPubMed、Web of Science、APA PsycINFOを用い、2025年までに発表された文献を対象とした。PRISMAガイドラインに基づき、適格基準を満たすRCT・クラスターRCTを抽出する。研究の質は

Cochrane RoB 2 ツールにより評価する。

倫理面への配慮

本研究は被検者を伴わない文献検索によるシステマティックレビューであり、倫理面の懸念はない。

C. 研究結果

複数のRCTから、座位行動の減少に焦点を当てた介入は、抑うつ、ウェルビーイング、ストレス、不安などの症状に有効である可能性が示唆された。研究成果は、AIHA Connect 2025（米国）で発表した。すでに論文を投稿済みであり、現在レビュー中である。

D. 考察

座位行動への介入がメンタルヘルスの改善に有用であることから、ウェアラブルデバイスの文脈において、日中の活動量は、睡眠に限らず広い文脈で implication を持つと考えられる。

E. 結論

Sedentary Behavior を減少させる介入は、介入方法次第でメンタルヘルスへの効果が認められる。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表

1. Nakano W, Tuturea LE, Endo K, Shimazu Y, Hori H, Yoshiike T, Utsumi T, Oba M, Kuriyama K, Narita ZC. Effects of Sedentary Behavior Reduction Interventions on Occupational Mental Health: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. AIHA Connect 2025. Kansas City, USA; May 2025.

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

なし

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Kuriyama K.	Nonrestorative sleep: a potential indicator or consequence of job stress.	Sleep Biol Rhythms	23(4)	353-354	2025
Hazumi M, Matsui K, Tabuchi T, Okubo R, Yoshiike T, Kitamura S, Kawamura A, Nagao K, Utsumi T, Izuhara M, Kizuki J, Fushimi M, Nishi D, Kuriyama K.	Nonrestorative sleep mediates the influence of Adverse Childhood Experiences on psychological distress, physical health, mental health, and activity limitation: A longitudinal study for the general population in Japan.	Sleep Medicine	133	106658	2025
Fushimi M, Kawamura A, Utsumi T, Nagao K, Matsui K, Kimura A, Aritake-Okada S, Yoshiike T, Kuriyama K.	Relationship Between Insoluble Dietary Fiber Intake and Non-Restorative Sleep in Japanese Adults: A Cross-Sectional Analysis of the NHNS Japan, 2014 and 2018.	Nutrients	17(23)	3749	2025
Suzuki M, Yoshiike T, Khullar A, Kogo Y, Inabe K, Koebis M, Moline M, Cheng JY, Kumar D, Pinner K, Kuriyama K.	Effects of lemborexant on sleep quality and its association with morning alertness: Post hoc analysis of two phase 3 trials.	Sleep Medicine: X	11	100183	2026
Hazumi M, Kataoka M, Usuda K, Miyake M, Nakashita A, Kitamura M, Okazaki E, Yoshiike T, Matsui K, Kuriyama K, Nishi D, Kuroda N.	The relationship between nonrestorative sleep and persistent post-acute sequelae of COVID-19: A longitudinal study of recovery trajectories.	Sleep and Biological Rhythms	10.1007	s41105-025-00629-1	2026