

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：23903

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560178

研究課題名(和文) 携帯端末利用に伴う心理拘束の強度が頸肩部筋骨格系症状に与える影響の解明

研究課題名(英文) Association between risk factors of psychological restraint on smartphone usage and neck musculoskeletal disorders

研究代表者

榎原 毅 (EBARA, Takeshi)

名古屋市立大学・大学院医学研究科・講師

研究者番号：50405156

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：スマホの長期利用と頸肩部筋骨格系症状の関係に関心が高まっているが、心理拘束の影響はほとんど考慮されていない。本研究では学術的に未着手である、携帯端末利用に伴う心理拘束の強度が労働者の頸肩部MSDに与える影響を解明するにあたり、学術調査用ライフログ計測スマホアプリを開発し、実利用場面での動作安定性評価および信頼性評価、ならびにスマホ端末保持角度と頸部屈曲角度の関連性の評価を行った。その結果、キャリブレーションによる補正や推定式を組み込むことでスマホ内蔵センサが学術研究用途としても十分な信頼性を有していることが確認できた。

研究成果の概要(英文)：The public concern has been raised that prolonged usage of smartphone could lead to users' constraint postures and physical inactivity, resulting in development of neck and shoulder discomforts. The objective of the study is to confirm the association between risk factors of psychological restraint on smartphone usage and musculoskeletal disorders of the neck. As a first step toward achieving the objective, we developed a smartphone based application for recording time-series data from the sensors embedded on smartphone. To evaluate the reliability of data obtained from built-in sensors, analyses of sensor precision and accuracy were performed. The results showed a high level of stability and reliability of built-in sensors on smartphones, indicating that the smartphone based application has great potential to be applied in ergonomics or epidemiological research.

研究分野：人間工学

キーワード：労働安全衛生 心理拘束 MSD

1. 研究開始当初の背景

電車内、喫茶店、歩行中や就寝前などあらゆる「すきま時間」を活用した携帯端末(スマートフォンなど)の利用(ノマド・ワーク)が増えている。携帯端末技術の革新は、オフィス内労働という時空間的制約を開放し我々に多くの恩恵をもたらす一方で、その長期利用に伴う頸肩部筋骨格系症状(MSD; 首・肩の痛みなど)への影響が懸念されている。Hogg-Johnson et al(2008)による系統レビューによれば頸肩部 MSD の有病率は 30-50%と近年急増し、携帯端末利用に特異的な頸肩部 MSD として 2008 年以降、米国・豪州を中心に“Text Neck”という新医療用語として警鐘され始めている。その原因として、小型液晶の携帯端末利用は PC 利用時と比べ頸部屈曲角度や肩胛骨挙上角度が異なる(Lee et al, 2015; Gold et al, 2012))等、「頸椎負荷による機能障害」からの解明が試みられているが、その発生機序のみによる説明は確証に乏しい。

一方、頸肩部 MSD への心理社会要因(仕事要求度、心理ストレス、不安、周囲のサポートなど)の関与が近年注目されている(Costa and Vieira, 2009)。しかしノマド・ワーカーを対象とした我々の先行研究では、年齢、職務要求度等の交絡要因を調整しても、仕事量・要求度の指標となる労働時間の延伸と頸肩部 MSD との関連性は認められなかった。我々はこの点に着目し、従来の始業・終業時刻による労働時間は実態を適切に反映しておらず、別次元の「心理拘束時間」という新概念でアプローチを試みる必要性があるとの着想に至った。いつでもどこでも簡単に情報にアクセスできるという利便性は、時空間的制約を開放すると同時に、公私の区別なく常に仕事への意識は束縛されているという心理的拘束を生むと考えられる。

ところで近年、身体活動性の程度(運動習慣・運動強度・量など)とは独立した変数として存在する「身体不活動」の健康影響に関心が広がっている。身体不活動は主に「身体活動・運動を日常的に行わないこと(WHO)」であるが、産業疫学研究で扱われる労働場面での身体不活動については主に「座りがちな状態(sedentary behaviors)」のことを指す。このような身体不活動は総死亡、心血管疾患、ガン、2 型糖尿病等のリスクを高めることがメタ解析により明らかにされつつある(Biswas et al, 2015 ほか)。一方、身体不活動と筋骨格系症状については幾つかのメタ解析論文は存在するが、頸肩部・上肢・腰部筋骨格系症状との関連性についてはエビデンスレベルはいずれも「Low」または「Insufficient」に分類されており、研究デザインや結果に異質性が高く、一般化できる段階にはない(Picavet HSJ et al, 2016)。曝露要因としての身体不活動は主に自記式質問票にて座位時間の主観的回答を利用してい

るものが多く、既存の研究では身体不活動中に占める情報端末利用の影響はほとんど考慮されていない。

以上より、携帯端末利用が筋骨格系症状に与える影響を明らかにするためには、生体力学的な要因(頸部屈曲角度・頻度・時間など)を含め、更にスマホ利用を身体不活動の一要因として加味し、個人要因(性差、年齢、BMI など)、心理社会・労働要因(仕事要求度、心理ストレス、不安、心理拘束など)も含めた包括的なリスク評価が必要であるとの着想に至った。

2. 研究の目的

本萌芽研究では学術的に未着手である、携帯端末利用に伴う心理拘束の強度が労働者の頸肩部 MSD に与える影響を解明するにあたり、生体力学的な要因(頸部屈曲角度・頻度・時間など)、個人要因(性差、年齢、BMI など)、心理社会・労働要因(仕事要求度、心理ストレス、不安、心理拘束、身体不活動など)の経時データ(ライフログデータ)を包括的に記録・収集することのできる学術調査用ライフログ計測スマホアプリ(以下スマホアプリ)を開発した。スマホアプリの実利用場面での動作安定性評価および信頼性評価、ならびにスマホ端末保持角度と頸部屈曲角度の関連性の評価を行い、学術研究用途として十分な信頼性を有するかどうかの確認を行った。

3. 研究の方法

(1) 学術調査用ライフログ計測スマホアプリの開発

開発環境(OSの種類、対応バージョン)やスマホに内蔵されているセンサ種類の選定を行った。現在国内で市販されているスマホ端末内蔵センサの情報収集に関しては、メーカーが公表しているスペック表では不十分であるため、Android OS で提供される SensorManager を利用し、センサ情報を取得した。各端末で最大公約数的に利用可能なセンサー一覧を整理し、生体力学的な要因(頸部屈曲角度・頻度・時間など)個人要因(性差、年齢、BMI など)、心理社会・労働要因(仕事要求度、心理ストレス、不安、心理拘束など)を推定するために必要なスマホアプリの仕様を共同研究者および開発業者のシステムエンジニアとブレインストーミングを行い、収れんさせた。学術調査で今後求められる経時データのビッグデータ解析の動向も踏まえ、連続計測期間、サンプリングレート、バッテリー消費など技術的制約と研究ニーズで求められるスペックについても適宜動作検証を行いながら仕様を精緻化させた。

(2) スマホアプリのセンサ情報の信頼性評価

連続 7 日間センサデータの経時計測が可能

なアプリを安定的に動作させるために、脆弱性検証やバグ修正、各種端末との互換性チェック、センサ情報の信頼性など多面的な検証が必要であった。主に下記のテストを実施し信頼性の検証を行った。

動作検証パイロットテストの実施

健康な男性オフィス労働者および営業職従事者 30 名を対象に連続 7 日間のライフログデータおよび質問票情報（朝・夜アンケート、およびベースライン・終了時項目）を収集し、動作安定性を評価した。

キャリブレーション・誤検知テストの実施

市販されている主要 7 機種のスマホについて、1) 実歩数とセンサ検出歩数の関連性、2) モデル内信頼性（同一モデル内の機種間の検出精度の信頼性検証）3) 身体不活動時の誤検出率の検証を行った。1) および 2) については 5 名の検査者に 6 分歩行テストを行い、センサ検出歩数の信頼性を級内相関(ICC)、変動係数、ブランドアルトマン解析を用いて検証した。3) については加速度・ステップカウンタセンサーの誤検知がどの程度発生するのかを車・電車内移動中やデスクワーク時などの環境下で評価を行った。

生体力学的要因：頸部屈曲角度の推定モデルの作成

[立位時・座位時] × [閲覧時・文字入力時] の 4 条件について、49 名のスマホ利用時の矢状面画像を撮影し、端末保持角度から頸部屈曲角度を求める推定式の信頼性を評価した。

上記 ~ を適宜スマホアプリの仕様に反映し、反復設計を行い、スマホアプリの信頼性の向上を図った。

4. 研究成果

(1) 学術調査用ライフログ計測スマホアプリの開発

学術調査用ライフログ計測スマホアプリ MotionLogger ver.1.5 の画面を図 1 に示した。動作環境は Android OS ver.4.4 以降で、専用 web サイトよりインストールできる。sampling rate は 500ms(GPS:0.5-60sec)、記録センサ情報は 日時情報、端末の on/off（端末利用時間として使用）、使用アプリ情報（アプリ名のみ収集、メールや入力文字・通話内容・作業内容などの個人が入力・発話した情報あるいは機密情報の収集は行わない、端末使用時間の質的分類に使用）、照度センサ情報(lx、端末使用時の視環境条件評価に使用)、緯度・経度・高度情報（移動手段（電車・自動車、歩行など）の弁別に使用）、歩数センサ・加速度センサ情報（身体活動・不活動の評価に使用）、重力加速度センサ情報（X, Y, Z 軸, m/s^2 、端末の保持



図 1 学術調査用ライフログ計測スマホアプリ MotionLogger ver.1.5 の画面

角度推定に使用)、地磁気センサ情報(X, Y, Z 軸, uT、端末の保持角度推定に使用)、気圧センサ情報(hPa、立位・仰臥位・座位などの弁別に使用)、回転ベクトルセンサー情報(rad/s、端末の回転・縦横の向き判定に使用)、近接センサ情報(視距離測定に使用、一部機種のみ対応)の 11 種類のパラメータを 5 秒サンプリングで記録・書き出しが可能である。バッテリーの容量や劣化度合いにもよるが、24 時間の稼働でフル充電時から 35-70%程度消費するため、1 日 1 回は充電が必要となる。実装した主観的質問票項目は次の通りである。

【ベースライン時/終了時アンケート】: 回答時間 5 分程度

基本属性(年齢・性別・身長・体重)、運動習慣・頻度、喫煙の有無、既往歴、ストレス評価関連の標準質問項目 6 項目(K6、4 件法) + 12 項目(GHQ12、5 件法)

* 終了時アンケートは K6 および GHQ12 の質問項目のみ。

【朝のアンケート】: 回答時間 1~2 分程度
前日の就寝時間・起床時間、眠気尺度(カロリンスカ睡眠尺度)、首・肩・腰の痛みの 3 項目(Nordic Musculoskeletal Questionnaire, 10 件法)

【夜のアンケート】: 回答時間 1~2 分程度
当該日のスマホの使用時間(主観回答)、眠気尺度、首・肩・腰の痛みの 3 項目、業務の始業・終業時間、主に使用した PC の種類(デスクトップ・ノート)、PC の使用時間(主観回答)、スマホの携帯場所(胸ポケット・ズボンのポケットなど)

(2) スマホアプリのセンサ情報の信頼性評価

動作検証パイロットテストの結果

健常な男性オフィス労働者および営業職従事者 30 名を対象に連続 7 日間のライフログデータおよび質問票情報（朝・夜アンケート、およびベースライン・終了時項目）を収集し、動作安定性を評価した。機種・利用状況依存による各種トラブル等、不具合情報を収集・修正を図り、脆弱性検証やバグ修正、各種端末との互換性チェックを行った。Android OS ver.4.4 以降の機種であれば問題なく動作する事が確認されたが、一部メーカーの機種ではセンサ情報書き出しができないものや、いわゆる格安スマホの機種にはセンサ自体が内蔵されていないなど、一部解決不可能な制約が残る結果となった。

キャリブレーション・誤検知テスト結果

テストした主要 7 機種のうち 5 機種においては ICC は 0.956–0.993 と高い値を示し、実歩数とセンサ検出歩数の整合性を確認できた。一方、他 2 機種については ICC : 0.443–0.504 であり、実歩数の約 2 倍程度歩数を多く検出してしまふ機種もあった。

また加速度・ステップカウンタセンサの誤検知がどの程度発生するのかを車・電車内移動中やデスクワーク時などの環境下で評価した結果、移動環境下では機種によっては 1 時間あたり 0.00 歩～201.6 歩の誤検出が発生していた。以上より、移動中の誤検知補正のアルゴリズムや各機種毎のプロファイルを用意すること、および各端末利用開始時にキャリブレーション設定を行う必要性が示唆された。

生体力学的要因：頸部屈曲角度の推定モデルの作成

[立位時・座位時] × [閲覧時・文字入力時] の 4 条件について、49 名のスマホ利用時の矢状面画像を撮影し、端末保持角度から頸部屈曲角度を求める推定式に関しては、矢状面における頸部屈曲角度（外耳孔と頭頂を結ぶ線と肩峰を通る床への垂直線のなす角）およびスマホ保持角度（スマホ上下端を通る線と水平線のなす角）は負の相関 (r (95% CI): -0.68 (-0.76 to -0.56), $p < 0.01$) が認められ、立位・座位姿勢のいずれにおいても両角度の関係性は一定であることが確認された（図 2）。

(3) 得られた成果の国内外の位置づけとインパクトおよび今後の展望について

以上より、キャリブレーションによる補正や推定式を組み込むことでスマホ内蔵センサが学術研究用途としても十分な信頼性を有していることが確認できた。本スマホアプリは最終的に学術調査用途として研究者が利用可能なように公開予定である。この

頸部屈曲角度 (°)

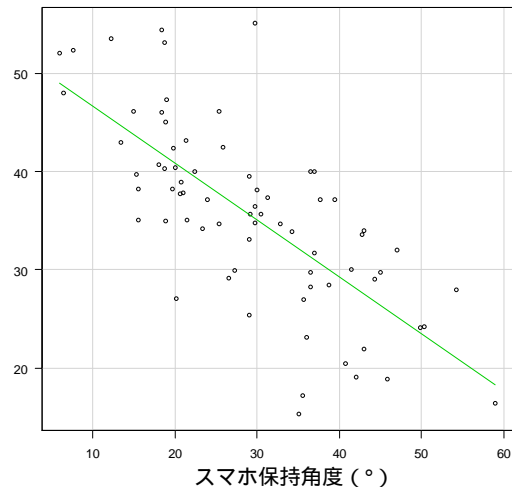


図 2 立位姿勢における矢状面頸部屈曲角度（縦軸）とスマホ保持角度（横軸）の関係

ようなスマホセンサ使用によるビッグデータ解析の利用は、産業保健人間工学研究および産業疫学調査への新しい調査手法を提供することに資する。

第一に、主観的評価（質問票、横断データ）+ 行動情報・物理環境情報（時系列データ、縦断データ）の融合による、分析の粒度の向上が期待される。多くの人々が所有している携帯端末媒体を利用することにより、安価に時系列データを測定可能であり、疫学研究への応用可能性は高い。

第二に、情報端末の長期利用に伴う首・肩の筋骨格系症状の解明にも寄与するだけでなく、身体活動性・不活動性は様々な健康に影響を与えるリスク要因として認識されつつある今、特に日常の労働・生活習慣の実態を多様なセンサから簡便に連続測定できる点は利点大きい。

第三に、交絡要因としての物理環境情報（天候・気圧・照度など）を活用し、健康影響を統計的に調整可能な点である。労働・生活場面の情報を包括的に収集できる新技術として、疫学研究への応用が期待される。

一方で、本技術は各種労働・生活場面における人の行動情報を収集するため、個人情報保護の観点で慎重な配慮が求められる。本研究の仕様検討段階において、個人情報保護法改正および人を対象とした医学系研究倫理指針の改定などの動向も踏まえ、情報の扱い方についても慎重な検討を行ってきた。個人情報の定義の拡大に伴い、例えば GPS による位置情報も個人情報となりうるため、データ収集・解析においては差分値情報を扱うようにするなど個人識別ができないように情報を加工する処理を加えている。産業保健人間工学領域にこのよう

な新しい解析ツールの応用と普及をはかるにあたり、情報の取扱や研究倫理に関する動向についても調査・検証を行った。その成果は榎原ら 2016a, 2016b に成果としてまとめている。

今後の展開としては、情報端末利用が MSD に与える影響の大きさを推定することには社会的意義のみならず、国際間比較の基礎資料としても学術的価値が高いと考える。技術革新がもたらす急激な労働形態・生活形態の変化による健康影響の大きさを包括的なリスク評価から未然に推定し、深刻な社会問題となる前に予防策を社会へ発信していくことは労働安全衛生上・公衆衛生上も急務といえる。本研究のアプローチは、スマホ端末に内蔵されているセンサーを利用し、日常のライフログ情報の収集・解析を行う。携帯端末利用の利便性・恩恵の影に潜む健康影響を把握するための新しい研究手法の開発にも貢献することにつながり、学術的にも高い意義を持つと考える。今後はポピュレーションベースの数百名規模の調査を実施し、情報端末利用が筋骨格系症状に与える影響の大きさを推定するだけでなく、新しい研究アプローチのモデルとして発信していきたい。

<引用文献>

- Biswas A, Oh PI, Faulkner GE et al.: Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med.* 2015;162(2):123-32.
- Hogg-Johnson S, van der Velde G, Carroll LJ, et al.: The Burden and Determinants of Neck Pain in the General Population: Results of the Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders, *Eur Spine J.* 17(Suppl 1):39-51, 2008
- Lee S, Kang H, Shin G: Head flexion angle while using a smartphone, *Ergonomics.* 58(2):220-6, 2015
- Gold, J.E., Driban, J.B., Thomas, N., Chakravarty, T., Channell, V., Komaroff, E: Postures, typing strategies and gender differences in mobile device usage: An observational study. *Appl Ergon.* 43: 408-412, 2012
- da Costa BR, Vieira ER.: Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies, *Am J Ind Med.* 53(3):285-323, 2010
- Picavet HSJ, Pas LW, et al.: The Relation between occupational sitting and mental, cardiometabolic, and musculoskeletal health over a period of

- 15 years – The Doetinchem cohort study, *PLoS ONE*, 11 (1) : e0146639, 2016
- 榎原 毅, 山口知香枝, 庄司直人: 「人間工学誌掲載論文における倫理配慮の動向」*人間工学*, 52(3):141-149, 2016a
- 榎原 毅, 山口知香枝, 庄司直人: 「人間工学分野における「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」への対応」*人間工学*, 52(3):103-111, 2016b

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

榎原 毅, 庄司直人 「身体不活動をめぐる sit-stand workstation 導入効果に関する人間工学研究動向」, *産業医学レビュー*, 20(3): 145-161, 査読有, 2017
<http://ci.nii.ac.jp/naid/40021069177>

榎原 毅, 山口知香枝, 庄司直人: 「人間工学誌掲載論文における倫理配慮の動向」*人間工学*, 52(3):141-149, 査読有, 2016
DOI: 10.5100/jje.52.141

榎原 毅, 山口知香枝, 庄司直人: 「人間工学分野における「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」への対応」*人間工学*, 52(3):103-111, 査読有, 2016
DOI: 10.5100/jje.52.103

[学会発表](計 7 件)

Shota Yamada, Takeshi Ebara, Naoto Shoji, Tsuyoshi Matsukawa, Yasuyuki Yamada, Chikae Yamaguchi and Michihiro Kamijima: Relationship between cervical flexion angle and smartphone holding angle in the sagittal plane, The 27th Japan Korea China Conference on Occupational Health 2017/5/31-6/2, 京王プラザホテル札幌(北海道・札幌市)

榎原 毅, 秋山 知大, 松河剛司, 山田泰行, 庄司直人, 山田翔太 「スマートフォン内蔵センサーによるライフログデータの信頼性と応用可能性」, 第 51 回人類労働学会全国大会, 2016/6/11-12, 富山大学(富山県・富山市)

榎原 毅 「産業保健人間工学のこれからの課題: 多様化する労働形態に即応する作業管理の理論と実践を目指して」, 第 89 回日本産業衛生学会, 2016/5/24-27, 福島県文化センター(福島県・福島市)

榎原 毅, 松河剛司, 山田泰行 「携帯ライフログデータの産業人間工学研究への応用可能性」*産業疲労研究会*第 83 回定例研究会, 2015/10/3, 中部大学名古屋キャン

パス（愛知県・名古屋市）

榎原 毅，松河剛司，山田泰行「携帯ライフログデータを活用した心理拘束時間解析の試み（シンポジウム「人間工学とビッグデータ」）」，日本人間工学会学会第 56 回大会，2015/06/13-14，芝浦工業大学（東京都・港区）

榎原 毅「人間工学の過去・現在・未来 - 労働の変化と人間工学(50周年記念シンポジウム)」，日本人間工学会学会設立 50 周年記念大会，2014/6/5-6，神戸国際会議場（兵庫県・神戸市）

榎原 毅「ビッグデータと人間工学 - 人間工学領域におけるビッグデータ利用と研究倫理 -（シンポジウム）」，日本人間工学会学会設立 50 周年記念大会，2014/6/5-6，神戸国際会議場（兵庫県・神戸市）

〔その他〕

ホームページ等

< 学術調査用ライフログ計測アプリ MotionLogger 紹介サイト >

<http://www.med.nagoya-cu.ac.jp/hygiene.dir/MotionLogger/>

< GooglePlay アプリダウンロードサイト >

https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.smb_inc.motionlogger

6. 研究組織

(1) 研究代表者

榎原 毅 (EBARA, Takeshi)

名古屋市立大学・大学院医学研究科・講師

研究者番号：50405156

(2) 研究分担者

松河 剛司 (MATSUKAWA, Tsuyoshi)

愛知工業大学・情報科学部・准教授

研究者番号：30580518

山田 泰行 (YAMADA, Yasuyuki)

順天堂大学・スポーツ健康科学部・助教

研究者番号：80531293

(3) 研究協力者

庄司 直人 (SHOJI, Naoto)

上島 通浩 (KAMIJIMA, Michihiro)

山口 知香枝 (YAMAGUCHI, Chikae)

秋山 知大 (AKIYAMA, Tomohiro)

東 凌平 (AZUMA, Ryohei)

山田 翔太 (YAMADA, Shota)

栗原 崇浩 (KURIHARA, Takahiro)