

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：37116

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01609

研究課題名(和文) スマートフォン利用は頸部痛の真の原因か? : 学際チームによるパラドックスの解明

研究課題名(英文) Does smartphone use really induce neck pain? : Elucidation of paradoxes by interdisciplinary teams

研究代表者

榎原 毅 (Ebara, Takeshi)

産業医科大学・産業生態科学研究所・教授

研究者番号：50405156

交付決定額(研究期間全体) : (直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文) : 近年、頸部痛とスマートフォン・情報機器利用の関係性が疑われている。それら情報機器利用は長時間の頸部前屈姿勢を取りがちだが、生体力学要因と頸部痛の因果関係は明確には立証されていない。本研究ではウェアラブルセンサーを用いて頸部姿勢、歩数のような身体活動を包括的に測定可能なスマホアプリを独自開発し、スマートフォン・情報機器利用時の身体活動が頸部痛に与える影響を調査した。基準に適合した23名×14日間の実労働・生活環境下での測定の結果、頸部姿勢・動作は頸部痛に関与していなかった。一方、頸部痛には自律性の程度が直接影響しており、生体力学要因と頸部痛は単純な量反応関係では論じられないことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

先行研究で示される頸部痛のリスク要因としては、個人要因(年齢、性差、遺伝素因、肥満など)、心理社会要因(ストレス、うつ、不安など)、物理的要因(姿勢、頸部負荷、身体不活動性など)がある。その中で頸部痛の急激な増加を説明するために白羽の矢が立てられているのがスマホ利用強度の増加である。近年スマホ接触時間はTV視聴時間の2倍近い161分(/日)と急増しており、頸部痛とスマホ利用の関係性が疑われている。小さな画面での操作・閲覧による特異的な頸部屈曲角度、スマホ使用時間・依存度など、実験研究・質問票研究により解明が試みられているが、未だ因果関係は立証できておらず、学術的・社会的にも大きな意義を持つ。

研究成果の概要(英文) : Recent research has raised interest in the relationship between neck pain and the use of smartphones/information devices. Although such device use tends to induce prolonged forward-bending neck posture, the causality between such biomechanical factors and neck pain has not been clearly established. We developed an mobile health app that can comprehensively measure physical activities such as neck posture/movement and number of steps using wearable sensors. This study investigated the effects of physical activities during smartphone/information device use on neck pain using the app. A longitudinal survey was conducted under actual working and living conditions for eligible 23 participants x consecutive 14 days. The results showed that neck posture and movement were not associated with neck pain. In contrast, the autonomy such as work time control directly affected neck pain, suggesting that biomechanical factors and neck pain cannot be discussed in a simple dose-response relationship.

研究分野：人間工学

キーワード：頸部痛 人間工学 自主対処行動 行動科学 スマホアプリ 自律性

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

「スマートフォン（スマホ）を長時間使うと首・肩がこる」－誰もが疑いなく感じているこの事象は、学術的にはその真の因果関係は立証できていない。いわゆる頸部痛には、頸椎椎間板ヘルニア、頸椎症など症状を明らかに引き起こす特異的な構造病変があり確定診断に至るものもあるが、その前段階で、器質的な病変が見当たらないが痛みを訴える非特異的頸部痛患者が近年増加している。「少なくとも1日以上持続する頸部または頸肩部の痛み(Hoy et al, 2014)」と定義される非特異的頸部痛の各国年間有病率は 30-50%(Cohen, 2015)であり、国内外ともに解決すべき喫緊の課題である。

先行研究で示される頸部痛のリスク要因としては、個人要因（年齢、性差、遺伝素因、肥満など）、心理社会要因（ストレス、うつ、不安など）、物理的要因（姿勢、頸部負荷、身体不活動性など）がある。その中で頸部痛の急激な増加を説明するために白羽の矢が立てられているのが、スマホである。スマホの世帯普及率は 71.8%（総務省, 2016）で、スマホ接触時間は TV 視聴時間の 2 倍近い 161 分(日)と急増していることから、頸部痛とスマホ利用の関係性が疑われている。小さな画面での操作・閲覧による特異的な頸部屈曲角度・肩胛骨挙上角度 (Lee et al, 2015; Gold et al, 2012)、スマホ使用時間・依存度(Shah et al, 2018)など、実験研究・質問票研究により解明が試みられているが、未だ因果関係は立証できていない。「スマホ利用は頸部痛の真の原因か?」という学術的問いへの挑戦は、その関連性に内在するパラドックスの解明への挑戦であり、学術的・社会的にも大きな意義を持つ。

申請者らは挑戦的萌芽研究(H26-28)および基盤研究 B(H28-30)の助成を受け、スマホに標準的に組み込まれている各種センサー情報から、(1)スマホ使用時の頸部屈曲角度を推定するアルゴリズム、(2)スマホの利用時間・間隔・頻度からスマホ依存度（心理拘束）の程度を測定するアルゴリズム、(3)頸部支持重量推定モデル、(4)身体不活動解析モデルを構築し、それらを経時的に記録・解析する学術用スマホアプリ「Motion Logger」の開発を行ってきた(Ebara et al, 2017)。この一連の研究において、断続的かつ高頻度に分断されたスマホ利用パターンは労働日・休日異なること、スマホ使用時の頸部屈曲角度の時系列変動から、時間の進展に伴い特異的な特徴があることを発見した。すなわち、絶えず人は頸部負荷が生じるとそれを回避するための自主対処行動（スマホの持ち方を変える、同一姿勢回避行動等のコーピング行動）を意識的・無意識的にとり、頸部痛の亢進・発現を抑制していることが示唆された。これらから、頸部痛発現前の症状の亢進・抑制のダイナミズムに着眼することが、スマホ利用と頸部痛のパラドックス解明の鍵になるとの着想に至った。

### 2. 研究の目的

スマホ・情報機器利用と頸部痛のパラドックスを解明し、対策志向型の予防策を検証するために、本研究期間内では学術調査用アプリの開発・改修および自主対処行動による頸部痛の亢進・抑制メカニズムの解明に必要となる調査を実施した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 対象者

対象者はオンラインモニター調査会社の登録者 22,561 名のうち、選択基準に適合し参加希望の得られた者を採用した。選択基準は 1) 同意取得時に 18~64 歳の男女、2) 在宅勤務（以下、在宅）と出社勤務（平常通りオフィスへ出社：以下、出勤）を行い、主にデスクワークを行う者、3) スマートフォン（Android OS ver. 5.0 以降）の利用者、4) 日本語の理解に困難がない者、5) 裸眼またはコンタクトレンズの利用者とし、除外基準は 1) 脳血管障害・脊椎疾患の既往がある者、2) 歩行が不可能な者、3) 研究で使用する端末の使用が行えなかった者とした。基準に適合した最終的な対象者は 23 名（図 1）であった。

#### (2) 調査手順

対象者への説明と同意は、調査概要説明動画をインターネットサーバー上にアップロードし、その URL をオンラインモニター調査会社が各参加者にメールで通知した。説明文書と説明動画にて内容を確認してもらった上で、研究への参加について自由意思に基づく同意を本人から文書として得た。

個々の対象者の参加期間は 3 週間とし、そのうちデータとして用いる計測対象期間は 2 週目～3 週目とした。計測対象期間の前に 1 週間、セットアップおよび測定機器操作の習熟期間を設け、対象者が普段使用しているスマートフォンに必要なアプリをインストールし、各端末の接続



表 1. Motion Logger R2 で測定可能な機能一覧

 <p><b>累積スマホ使用時間 (分/日)</b> 一日あたりのスマートフォンの使用時間を表します。</p>	 <p><b>頭部支持累積重量時間 (kg・時間)</b> 首が支えている頭の重さと支えている時間の長さを表します。</p>
 <p><b>平均スマホ一連続使用時間 (分/回)</b> スマートフォンを連続して使用している一回あたりの平均時間です。</p>	 <p><b>累積身体不活動時間 (分/日)</b> 一日の中で体を動かしていない合計時間を表します。</p>
 <p><b>平均スマホ一連続未使用時間 (分/日)</b> スマートフォンを連続して利用していない一回あたりの平均時間です。</p>	 <p><b>平均一連続身体不活動時間 (分/回)</b> 連続して体を動かしていない時間の平均です。立ち上がる回数が少ないと大きくなります。</p>
 <p><b>平均頸部角度 (°)</b> スマートフォン使用時の首の角度を表します (推定値)。</p>	 <p><b>累積身体活動時間 (分/日)</b> 一日の中で体を動かしている合計時間を表します。</p>
 <p><b>活動不活動比 (%)</b> 一日の中の「不活動時間/活動時間」の比を表します。不活動ほど値は大きくなります。</p>	 <p><b>PVT反応時間テスト</b> 簡便な反応時間テストを実施できます</p>
 <p><b>累積心理的拘束推定値 (分/日)</b> スマホに拘束されている時間の合計時間を表します (評価モデル式による)</p>	 <p><b>首の傾き撮影</b> 自分の姿勢 (アライメント) を自己評価できます (機械学習による弁別も将来的に実装)</p>
 <p><b>平均心理的拘束推定値 (分/回)</b> スマホに拘束されている時間の一回あたりの長さを表します (評価モデル式による)。</p>	 <p><b>首角度モニタリング</b> 自分がスマホを利用するときの角度がどのようになっているのかモニタリングできます</p>
 <p><b>照度 (lx)</b> スマートフォンを使用している時の周りの明るさを表します。</p>	 <p><b>首肩こり改善シミュレーション</b> どの要因を減らせればどの程度頸部痛の軽減が期待されるか、多変量解析モデルでシミュレーションできます。</p>

頸部痛は、頸部筋骨格系障害の代理アウトカムとして頸部局所違和感の強度を、0 から 10 の 11 段階の強度尺度である numerical rating scale (NRS) を用いて回答してもらった (起床時および就寝時)。この代理アウトカムを頸部痛とした。

頭頸部の前後屈角度、側屈角度、回旋角度については、測定したセンサー情報から 1) 瞬きが 1 分間に 0 回または測定されていない時間、2) 頭頸部の x, y, z 軸方向の加速度のスカラ量の合計が  $9.8 \text{ m/s}^2$  未満の時間、3) 視線の動きが 0 回または測定されていない時間をウェアラブルセンサを装着していなかったと判断し解析から除外した。そのうえで日内平均および日内変位量を算出した。なお日内変位量とは、サンプリング時間 (1 分単位) 当たりの測定差分値 (時点  $t_2-t_1$ ) の二乗平均平方根 (RMS, root mean square) の平均値を勤務形態別に算出した。また、頭頸部角度の分布の特性を確認するために歪度と尖度を算出し、1 日毎の勤務形態別データを平均値化し比較した。

また自主対処行動の背景因子となり得る自律性に関しては work time control (WTC) 尺度を用いた。WTC は労働者が自分で働き方や休み方について決められる裁量権の度合いのことを指す。

解析方法は、自律性と勤務形態の 2 要因を設定し、アウトカムは頸部痛の日内変動とした。次に間接効果を検証するために、自律性と勤務形態の 2 要因とアウトカムは頭頸部角度 (前後屈角度、側屈角度、回旋角度) の日内平均を設定した。

#### (4) スマホアプリ「MotionLogger」の改修

眼鏡型ウェアラブル端末 (JINS MEME, JINS 社) は、頭頸部の前後屈・側屈・回旋の角度と動きを 20Hz の時系列データとして測定することができる。また、鼻パッドの部分にあるセンサーにより眼電位を感知し視線や瞬きを測定することができる。また腕時計型ウェアラブル端末 (スマートウォッチ Vantage M, Polar 社) は活動性 (歩数)、心拍数を 1Hz の時系列データとして測定することができる。それらセンサー情報を同期データとして収集できるようにシステム改修を行った「Motion Logger R2」を開発した。本アプリで測定・収集可能なその他機能は表 1 参照。

#### 4. 研究成果

図 3 に眼鏡型ウェアラブル端末により連続測定した頸部前後屈・側屈・回旋の角度推移を示

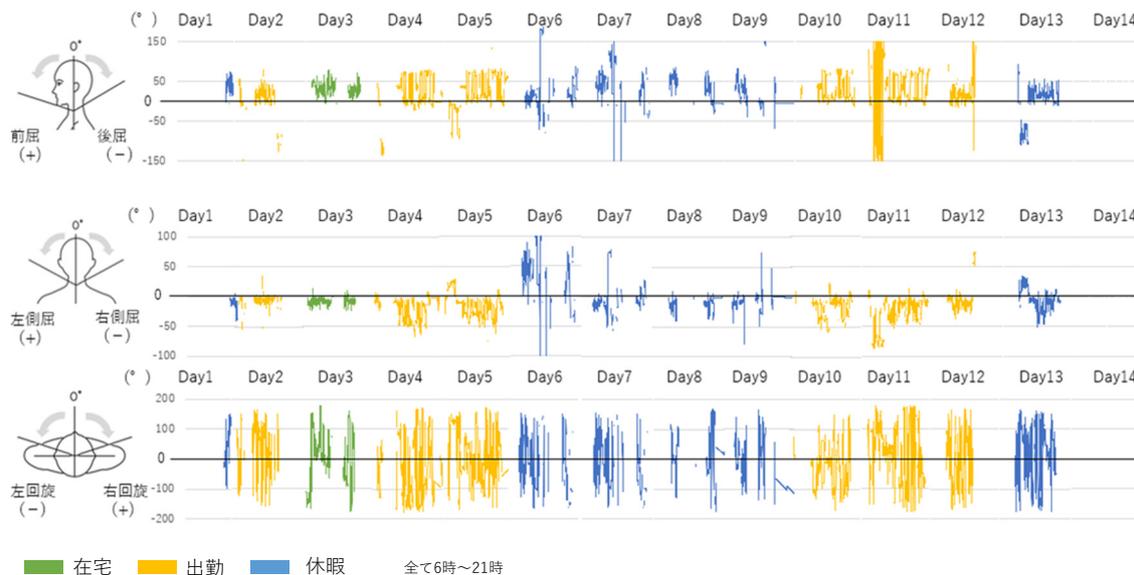


図 3. 測定データのサンプル：被験者 A の頭頸部前後屈角度の時系列グラフ（14 日間）

す。在宅や出勤では右側屈を示し、休暇時では左右に大きい変動を示すように勤務形態別に異なる様相がうかがえる。このような各種頸部姿勢パラメータを集計・解析した結果、頭部側屈角度・回旋角度の尖度および側屈角度の日内変位量 RMS においてのみ有意差が認められたが、それら以外の頭頸部パラメータには有意差は認められなかった。

次に、自律性が頸部痛へ与える影響を調べるために、下記のサブ解析を行った：1) 自律性→neck MSD 症状への直接効果、2) 自律性→頭頸部角度への間接効果、3) 頭頸部前後屈角度の日内平均→neck MSD 症状への間接効果。その結果、頸部痛の日内変動平均について、自律性の主効果が認められた ( $F=7.9$ ,  $p=0.006$ ,  $\eta^2=0.05$ )。しかし、頸部痛の日内変動について、頸部前後屈角度の日内平均 ( $15^\circ$ ) の大小で分けた 2 群において有意差を認めなかった。また勤務形態においても neck MSD 症状の日内変動に有意差を認めず、交互作用も認めなかった。

以上より、スマートフォンや PC など情報機器利用に伴う特異的な頭頸部屈曲角度の増加に伴い、頸部痛が亢進すると考えられていたが、単純な量反応関係では論じることができないことが示唆された。

なお、本研究の強みと限界は以下の通りである。本研究の最大の強みは、ウェアラブルセンサーを用いて姿勢や活動を測定した点である。従来、実労働・生活場面での姿勢計測では、一定時間の静止画や動画を撮影し姿勢を評価するスナップリーディング法が主流であった。そのため、客観的・時系列的に姿勢の特徴や変化を観察されていなかった。加えて、COVID-19 流行後に急増した在宅勤務は私的空間であり研究者が直接介入することが難しく未解明な点が多い。そのため、ウェアラブルセンサーを用いて私的空間である在宅環境の姿勢分析を試みることは非常に有意義である。

限界点としては、第一に頭頸部の動き・角度は眼鏡型センサー端末を用いているため頭頸部以外の動きの影響を除外することが困難な点である。さらに頸部が前方突出した状態で顔が前方を見る場合に下位頸椎は前屈するが上位頸椎や頭部は後屈するといったように細かな関節の位置関係を知ることも困難である。そのため先行研究で用いられてきた頭頸部角度の各指標と絶対値の互換性はない点に注意が必要である。第二に、ウェアラブル端末は常時装着できないケースもあり、センサーデータのサンプリングの代表性には限界がある。第三に、実際の作業環境の写真の提出を求めることはプライバシー保護の観点で収集困難であり、実環境は確認できなかった。そのため在宅での使用家具（机・椅子など）の条件については詳細不明である。最後に、無作為化比較対照試験の研究デザインではないため、結果にバイアスが生じている可能性がある。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Yamamoto K, Ebara T, Matsuda F, Matsukawa T, Yamamoto N, Ishii K, Kurihara T, Yamada S, Matsuki T, Tani N, Kamijima M.	4. 巻 62(1)
2. 論文標題 Can self-monitoring mobile health apps reduce sedentary behavior? A randomized controlled trial	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Occup Health.	6. 最初と最後の頁 なし
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/1348-9585.12159.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yamamoto K, Matsuda F, Matsukawa T, Yamamoto N, Ishii K, Kurihara T, Yamada S, Matsuki T, Kamijima M, Ebara T	4. 巻 62(1)
2. 論文標題 Identifying characteristics of indicators of sedentary behavior using objective measurements.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Occup Health.	6. 最初と最後の頁 なし
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/1348-9585.12089.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 石井賢治, 栗原崇浩, 松田文子, 榎原 毅,	4. 巻 56(4)
2. 論文標題 ライフログデータを用いた日常的「歩きスマホ」行動の実態調査	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 人間工学	6. 最初と最後の頁 130-137
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 松田文子	4. 巻 46
2. 論文標題 立ち仕事の多い職場での健康づくり	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 POSTURE	6. 最初と最後の頁 30-34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 榎原 毅
2. 発表標題 「テレワークと人間工学最前線（シンポジウム：コロナ禍の克服に向けた産業衛生の課題）」
3. 学会等名 2022年度日本産業衛生学会東海地方会学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒井一輝, 榎原 毅, 山田翔太, 松木太郎, 上島通浩
2. 発表標題 在宅勤務時の頭部作業姿勢に特異的な特徴はあるのか? - ウエアラブル端末を用いた勤務形態別比較 -
3. 学会等名 2022年度日本産業衛生学会東海地方会学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榎原 毅
2. 発表標題 人間工学分野で現在扱われているWorking From Home (WFH)研究と社会実装の動向( (産業衛生技術部会シンポジウム：テレワーク・在宅勤務における労働環境の問題と今後の課題、シンポジスト)
3. 学会等名 第31回日本産業衛生学会全国協議会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 酒井一輝、榎原 毅、山田翔太、松木太郎、上島通浩
2. 発表標題 在宅勤務における情報機器使用に伴う頸部の動きが頸部筋骨格系症状へ与える影響：研究プロトコル
3. 学会等名 第25回作業関連性運動器障害研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榎原 毅
2. 発表標題 産業保健人間工学と筋骨格系障害に関する研究動向
3. 学会等名 令和元年度日本人間工学会北海道支部大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本孔次郎，谷 直道，大畑えり，山下紘見，田中美土里，上島通浩，榎原 毅
2. 発表標題 身体不活動と頸肩部・腰部筋骨格系症状との関連性 - スマートフォンセンサーを用いたライフログ解析 -
3. 学会等名 日本人間工学会第61回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本孔次郎，谷 直道，大畑えり，山下紘見，田中美土里，上島通浩，榎原 毅
2. 発表標題 スマホアプリを用いたセルフモニタリング介入による身体不活動の変化
3. 学会等名 日本人間工学会東海支部2019年研究大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本奈央，栗原崇浩，松木太郎，松河剛司，松田文子，庄司直人，石井賢治，榎原 毅
2. 発表標題 制御焦点理論に基づく情報提示がスマートフォンアプリの継続利用に与える影響 頸肩部筋骨格系症状予防アプリの事例をもとに
3. 学会等名 マーケティングカンファレンス2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榎原 毅
2. 発表標題 ICT時代の働き方に対応した自主対応型作業管理の展望：スマホアプリを活用して（シンポジウム：働き方改革を進めるために）
3. 学会等名 産業保健人間工学会第24回大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榎原 毅
2. 発表標題 スマホ内蔵センサーを用いた頸部痛のリスク推定・自己管理ツール（シンポジウム：センサー技術が拓く身体負担の可視化技術：作業関連運動器疾患の新解析アプローチ）
3. 学会等名 第92回日本産業衛生学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Ebara, Ryohei Azuma, Naoto Shoji, Tsuyoshi Matsukawa, Yasuyuki Yamada, Takahiro Kurihara, Shota Yamada and Michihiro Kamijima
2. 発表標題 Recall biases in self-reported total sedentary time
3. 学会等名 The 29th China-Korea-Japan conference on occupational health（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 名古屋市立大学編	4. 発行年 2021年
2. 出版社 中日新聞社	5. 総ページ数 160
3. 書名 名市大ボックス第七巻：子どもの病気やライフステージの話	

1. 著者名 Japan Human Factors and Ergonomics Society, (Ebara T and Yoshitake R (Eds.), Shimomura Y, Aoki K, Kotani K, Toriizuka T, Ishibashi M, Nakanishi M, Ouchi H, Karashima M, Matsuda F, Yamada C. K, Akamatsu M, Muraki S, Fukuzumi S, Yagi Y, Shin H, Kato M, and Matsuki T)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 The IEA Press	5. 総ページ数 16
3. 書名 Seven Practical Human Factors and Ergonomics(HF/E) Tips for Teleworking/Home-learning using Tablet/Smartphone Devices	

1. 著者名 一般社団法人日本人間工学会、榎原毅、松田文子(訳)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 The IEA Press	5. 総ページ数 16
3. 書名 タブレット・スマートフォンなどを用いて在宅ワーク/在宅学習を行う際に実践したい7つの人間工学ヒント	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	松河 剛司 (Matsukawa Tsuyoshi)  (30580518)	愛知工業大学・情報科学部・准教授  (33903)	
研究分担者	松田 文子 (Matsuda Fumiko)  (40399340)	公益財団法人大原記念労働科学研究所・研究部・特別研究員  (72703)	
研究分担者	石井 賢治 (Ishii Kenji)  (70422079)	公益財団法人大原記念労働科学研究所・研究部・研究員  (72703)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山本 奈央  (Yamamoto Nao)  (70551662)	名古屋市立大学・大学院経済学研究科・准教授    (23903)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	山本 孔次郎  (Yamamoto Kojiro)	名古屋市立大学	
研究協力者	上島 通浩  (Kamijima Michihiro)	名古屋市立大学	
研究協力者	松木 太郎  (Matsuki Taro)	広島国際大学	
研究協力者	山田 翔太  (Yamada Shota)	名古屋市立大学	
研究協力者	酒井 一輝  (Sakai Kazuki)	名古屋市立大学	
研究協力者	栗原 崇浩  (Kurihara Takahiro)	名古屋市立大学	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	庄司 直人  (Shoji Naoto)	朝日大学	
研究協力者	谷 直道  (Tani Naomichi)	日本予防医学協会	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関