

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11305

研究課題名（和文）障害者を対象とした機械学習による生活活動分類と身体活動を促す質的介入プログラム

研究課題名（英文）A machine learning-based life activity classification and qualitative intervention program to promote physical activity for people with disabilities

研究代表者

大河原 一憲 (Ohkawara, Kazunori)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：30631270

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、車椅子を使用する脊髄損傷者および視覚障害者を対象に、加速度値から身体活動を分類する最適なアルゴリズムの検討をランダムフォレストを用いて試みた。その結果、9項目分類の検討においては十分な推定精度が得られなかったが、9項目を3項目または4項目にカテゴリ化して分類を試みた結果、平均70%程度の推定精度が認められ、今後実用化が期待できるレベルの結果が得られた。また、障害者を対象にした実用化に向けたアプリケーションの開発においては、取得した連続的な加速度データをスマートフォン上で情報処理し、身体活動量や活動分類の結果を可視化させることに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

障害者は健常者に比べて生活習慣病への罹患リスクが高いといわれているにもかかわらず、その予防策の具体的な手段は提案されていない。本研究は、身体活動レベルや生活活動パターンを簡便かつ高い精度で評価し、その結果が可視化できることを示唆した。この成果は、身体活動の増加を促進する手段の提案につながるエビデンスとして位置付けられる。厚生労働省（2016年調査）によると18歳以上の在宅の身体障害者は400万人を超えており、地域社会の持続的発展へも貢献すると考えている。

研究成果の概要（英文）：In this study, we attempted to examine the optimal algorithm for classifying physical activity based on acceleration values for spinal cord injured who use wheelchairs and visually impaired persons, using a random forest. As a result, although sufficient estimation accuracy could not be obtained for the 9-item classification, an average estimation accuracy of about 70% was obtained by 3 or 4 categories, which is a level of accuracy that can be expected for practical use in the future. In the development of an application for practical use, the acquired continuous acceleration data was processed on a smartphone, and the results of physical activity amount and activity classification were successfully visualized.

研究分野：応用健康科学

キーワード：機械学習 活動分類 障害者

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

日本では、障害者の人口増加と寿命延伸に伴い、障害者における生活習慣病発症・重症化予防が喫緊の課題となっている。しかしながら、日本の障害者を対象とした疾病予防・健康増進に関する研究は極めて少ない状況にある。他方、健常者を対象としたこれまでの国内外における様々な研究により、健康に対する身体活動の有用性について、量・強度・頻度の観点から国際的なコンセンサスが得られている。効果的な身体活動量が明示され、国の健康づくり施策である健康日本21(第2次)においては身体活動量および運動習慣者の増加を重点目標課題としている。それにもかかわらず、10年前と比較して1日の歩数は減少傾向にあり、運動習慣者の増加は進んでいない。すなわち、健常者のみならず、障害者の身体活動を維持・増進させる効果的な支援プログラムの開発が必要とされている。

2. 研究の目的

健常者においては日常生活下の身体活動量を評価する簡便かつ精度の高い方法が開発され、「量」的観点からの指針は確立されている。しかしながら、健常者とは身体特性が異なる障害者を対象とした評価方法は確立されておらず、1日の身体活動レベルや各活動におけるエネルギー消費量が健常者との程度異なるのかは不明である。また、身体活動の増加を促すための手段として、「質」的観点からのアプローチが有効であると考えている。すなわち、「質」を評価する活動分類法の確立が求められている。さらに、この活動分類アルゴリズムを導入した活動促進支援ツールを開発することによって、行動変容へとつなげることが期待できる。そこで、本研究では以下の3つの課題に取り組んだ。

- (1) 車椅子を使用する脊髄損傷者における生活活動強度について健常者と比較検討する。
- (2) 車椅子を使用する脊髄損傷者および視覚障害者を対象に、慣性センサーで取得したデータを用いて、日常生活の活動種目を推定するアルゴリズムを構築する。
- (3) 課題2で構築した推定アルゴリズムを導入し、身体活動パターンが可視化されるアプリケーションを開発する。

3. 研究の方法

(1) 車椅子を使用する脊髄損傷者を対象とした実験

車椅子を使用する脊髄損傷者の男性7名、女性2名(年齢:41.9±7.7yr)が本実験に参加した。加速度・角速度を取得するために上肢の4カ所(右手手首、右上腕、左手手首、左上腕)にモーションセンサーを装着した。同時に、エネルギー消費量の測定のために呼気ガス収集用マスクの装着と、心拍数の測定のための心拍計を左前腕に装着した。各活動の直前には呼気ガス収集用マスクの先にダグラスバックを装着し活動中の呼気を収集した。はじめに座位での安静状態の測定を行った。30分間座位での安静状態を維持した後、座位での安静状態を15分間測定した。その後、タブレット操作、衣服たたみ、掃除、調理、荷物運搬に関しては5分間、低速走行(2.5km/h)、中速走行(6.4km/h)、高速走行(8.0km/h)、主観高速走行については3分間の測定を行なった。なお、エネルギー消費量が定常状態になるまで時間を要するため、各活動の呼気ガスの収集は活動開始後1分から終了までの間で行った。特徴量は3軸加速度値の各軸の値と合成加速度値を元に、セグメントサイズ1秒のデータに対して計算を行なった。特徴量は、各部位(右手首、右上腕、左手首、左上腕)の加速度値を用いて、平均値、標準偏差、最大値、最小値、第一四分位数、中央値、第三四分位数、パワースペクトル密度の最大値とその時の周波数を算出した。各部位に

つき合計 63 個の特徴量を採用した。分類モデルの構築は、9 項目の身体活動(安静状態、タブレット操作、衣服たたみ、掃除、調理、荷物の運搬、走行 3 種)と 3 項目に分類したクラス(静止活動、移動活動、車椅子走行)の 2 パターンで行なった。モデルの検証には交差検証(Leave-One-Subject-Out)を使用した。評価指標には F1 値と混同行列を用いた。

(2) 視覚障害者を対象とした実験

視覚障害者の男性 3 名、女性 4 名(年齢:52.7±9.2yr)が本実験に参加した。被験者は、心拍計および 3 軸加速度計を 4 部位(手首、腰、足首、白杖)に装着した状態で、座位安静、座位活動、立位、介助歩行・低速、介助歩行・高速、白杖歩行・低速、白杖歩行・高速、階段昇降の 8 種目を行った。速度は対象者の主観によって区別された。また対象者があん摩指圧マッサージ師、はり師、きゅう師の場合には、追加でマッサージ種目を行った。階段種目については 2 往復の実施とし、その他の種目は 3 分間行った。分類モデルの構築にはランダムフォレストを用いた。特徴量は 3 軸加速度値の各軸の値と心拍数、質問紙からの情報をもとに作成した。データは 1 秒と 3 秒のセグメントサイズで丸め込みを行った。加速度は 3 軸のデータから合成軸を算出し、各軸に対して平均値、絶対値の平均値、標準偏差、最大値、最小値、第一四分位数、中央値、第三四分位数、パワースペクトル密度の最大、第 2 位、第 3 位の値を算出した。各部位につき 97 個の特徴量を採用した。分類モデルの構築は、9 項目の身体活動(座位安静、座位活動、立位、介助歩行・低速、介助歩行・高速、白杖歩行・低速、白杖歩行・高速、階段上り、階段降り)と 4 項目に分類したクラス(座位状態、立位状態、歩行、階段昇降)の 2 パターンで行なった。モデルの検証には交差検証(Leave-One-Subject-Out)を使用した。評価指標には F1 値と混同行列を用いた。

4. 研究成果

(1) 車椅子を使用する脊髄損傷者における生活活動の強度

代謝当量(Metabolic equivalents: METs)で表された生活活動における活動強度は、健常者と比べて車椅子を利用する脊髄損傷の方が全般的に低いことが確認された。健常者が座位にて行う活動に関しては脊髄損傷者との間に大きな差はみられなかった。一方、健常者において立ちながら作業する活動や走行に関しては、車椅子を利用していることも要因であるが、脊髄損傷の方が健常者よりも明らかに低い METs 値を示した。この結果から、健常者と異なる活動様式や代謝応答を有する障害者に対しては、独自に身体活動量および身体活動分類の推定アルゴリズムの提案が必要であることが示唆された。

表 1. 本実験で得られた実測 METs と先行研究による健常者から得られた実測 METs の比較

活動	実測 METs			健常者の METs の文献値(活動内容)	
	Mean	±	SD	Ainsworth et al. (2011)	Ohkawara et al. (2011)
タブレット操作	1.1	±	0.1	1.3 (デスクワーク、タイピング)	1.1 (コンピュータ作業)
衣服たたみ	1.9	±	0.1	2.0 (洗濯物をたたむ)	2.3 (洗濯)
掃除	2.3	±	0.3	3.3 (掃除機をかける)	3.0 (掃除機をかける)
調理	1.5	±	0.1	2.0 (調理や食材の準備)	1.8 (皿洗い)
荷物運搬	2.6	±	0.4	3.5 (荷物の積み下ろし)	4.3 (荷物運搬)
低速走行	1.8	±	0.1	2.0 (3.2km/h 歩行)	3.1 (3.3km/h 歩行)
中速走行	3.1	±	0.4	5.0 (6.4km/h 歩行)	3.7 (6.0km/h 歩行)

(2) 車椅子を使用する脊髄損傷者および視覚障害者における活動分類の推定アルゴリズム

車椅子を使用する脊髄損傷者を対象に、分類項目数ごとにまとめた結果を表2に示す。9項目分類では、右手首において最も高い結果が得られた。また、3項目分類では、左右の手首・上腕すべての装着箇所において予測精度の向上がみられ、右上腕において最も高い精度が得られた。3項目分類における各活動の精度をみると、静止活動、移動活動、車椅子走行の順にF1値は低くなっていたが、元の加速度データもこの順で少なくなっており、元データの分布についても考慮する必要があることが示唆された。

表2. 車椅子を使用する脊髄損傷者を対象とした9項目および3項目分類の精度 (F1値)

装着箇所	9項目	3項目
	Mean ± SD	Mean ± SD
右手首	52.7 ± 15.0	69.1 ± 10.4
右上腕	47.0 ± 8.1	71.3 ± 4.8
左手首	45.9 ± 6.2	63.2 ± 4.8
左上腕	45.3 ± 7.6	66.6 ± 6.4

視覚障害者を対象に、分類項目数ごとにまとめた結果を表3に示す。9項目分類では、足首、腰と比較して手首において最も高い結果が得られた。また、4項目分類では、足首、腰の加速度データにおいて予測精度の向上がみられた。特に足首ではF1値が70%を超える高い精度が得られた。活動ごとの精度をみると、歩行種目についてはどの装着部位においても90%を超える高い予測精度となった。

表3. 視覚障害者を対象とした9項目および4項目活動の分類精度 (F1値)

装着箇所	9項目	4項目
	Mean ± SD	Mean ± SD
足首	40.4 ± 4.6	71.7 ± 7.6
腰	39.7 ± 6.4	63.4 ± 7.8
手首	46.0 ± 5.5	46.6 ± 4.6

(3) 身体活動パターンが可視化されるアプリケーションの開発

身体活動パターンが可視化されるアプリケーションは、Android 8.0以降のスマートフォンで動作するAndroidアプリケーションとして開発した。プログラミング言語はKotlinを用い、アプリケーションのUIには、Jetpack Composeを採用し、宣言的UIの構築を行った。また、機械学習モデルの実行には、ONNX Runtimeを利用した。本アプリケーションは、スマートフォンに搭載されている加速度センサーを利用して、課題2で作成した推定アルゴリズムから活動種目を判別できるよう実装されている。加速度センサーのデータ取得は、サンプリングレート100Hzで行われる。取得したデータから平均値、標準偏差、最大値、最小値、四分位数などの特徴量が算

出される。活動の判別は特徴量データを基に、10 秒ごとに判別結果が更新される。ユーザーが他のアプリケーションを使用している間も、バックグラウンドで動作し、継続的に活動の判別を行うことができる。判別結果は、直感的に理解しやすいグラフィカルなインターフェースで表示され、ユーザーは過去7日間の活動履歴を確認することができる。なお、現時点で身体活動パターンを可視化するシステムはプロトタイプ(図1)であるが、当研究グループで開発しているWEBアプリケーション(図2)の中に組み込み、一般ユーザーに利用してもらう予定である。

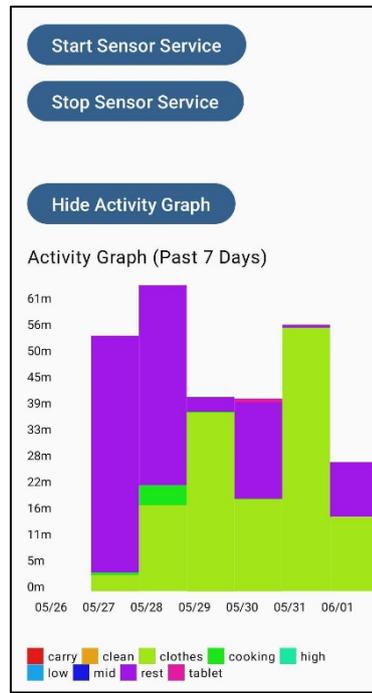


図1 プロトタイプ



図2 WEBアプリケーション

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yamanaka E, Inayama T, Ohkawara K, Kojima M, Nakada T, Kita I.	4. 巻 10(8)
2. 論文標題 Effects of substituting sedentary time with physical activity on body mass index in Japanese adults with Down syndrome: A cross-sectional study	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e29294-e29294
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.heliyon.2024.e29294	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 Yamanaka E, Inayama T, Okazaki K, Nakada T, Kojima M, Kita I, Ohkawara K	4. 巻 20
2. 論文標題 The Amount of Light to Vigorous Physical Activity (Met's-Hours/Day) in Children with and without Down Syndrome Attending Elementary School in Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Int J Environ Res Public Health	6. 最初と最後の頁 1293
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/ijerph20021293	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 Tatsuta W, Inayama T, Yamanaka E, Ohkawara K	4. 巻 19(4)
2. 論文標題 Assessment of Physical Activity and Related Factors among Adults with Visual Impairments in Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Int. J. Environ. Res. Public Health	6. 最初と最後の頁 2244
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/ijerph19042244	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 根本巨、大河原一憲	4. 巻 71(11)
2. 論文標題 機械学習を用いた生活活動の分類	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 785-790
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 -

1. 著者名 Yamanaka E, Inayama T, Ohkawara K, Okazaki K, Kita I.	4. 巻 14/ 6(9)
2. 論文標題 The association between obesity and sedentary behavior or daily physical activity among children with Down's syndrome aged 7-12 years in Japan: A cross-sectional study.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e04861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2020.e04861	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 山中恵里香, 稲山貴代, 岡崎勘造, 北一郎, 大河原一憲.	4. 巻 23(2)
2. 論文標題 ダウン症がある児童生徒の学期中と長期休暇中における中強度以上の身体活動量の違い.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 健康支援	6. 最初と最後の頁 187-194
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 -

[学会発表] 計8件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 保科舞, 飯野綾太, 中田翼, 辰田和佳子, 大河原一憲.
2. 発表標題 視覚障がい者の生活活動分類における推定精度-測定部位による比較検討-
3. 学会等名 第32回日本健康支援学会年次学術大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山中恵里香, 稲山貴代, 中田翼, 小島道生, 大河原一憲.
2. 発表標題 ダウン症のある成人のBMIと座りっぱなしの時間の関連
3. 学会等名 第22回日本健康支援学会年次学術大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 保科舞, 飯野綾太, 中田翼, 辰田和佳子, 大河原一憲.
2. 発表標題 視覚障がい者の生活活動分類に関する検討
3. 学会等名 第22回日本健康支援学会年次学術大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 辰田和佳子, 稲山貴代, 山中恵里香, 大河原一憲.
2. 発表標題 障害程度別にみた成人視覚障がい者の身体活動量評価
3. 学会等名 第29回日本健康教育学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中恵里香, 稲山貴代, 大河原一憲.
2. 発表標題 保護者からみたダウン症候群がある児童・生徒がよく身体活動を動かす習慣を身につけるために必要な要件(保護者を対象とした質的調査)
3. 学会等名 第22回日本健康支援学会年次学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辰田和佳子, 稲山貴代, 山中恵里香, 大河原一憲.
2. 発表標題 成人視覚障がい者のMVPAと関連要因の検討
3. 学会等名 第22回日本健康支援学会年次学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 根本亘, 稲山貴代, 福田裕司, 村岡慶裕, 岡純, 鶴ヶ野しのぶ, 大河原一恵.
2. 発表標題 車椅子使用者を対象とした身体活動強度推定における装着部位の比較
3. 学会等名 第22回日本健康支援学会年次学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 根本亘, 稲山貴代, 福田裕司, 村岡慶裕, 岡純, 鶴ヶ野しのぶ, 大河原一恵.
2. 発表標題 車椅子使用者を対象とした身体活動強度推定に対する心拍データの寄与度
3. 学会等名 第75回日本体力医学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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	稲山 貴代 (Inayama Takayo) (50203211)	長野県立大学・健康発達学部・教授 (23603)	

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
---------	---------