

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：25301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12683

研究課題名(和文)日常生活活動の心肺負荷と大腿筋収縮の評価を意図した腰部加速度の時系列解析法の開発

研究課題名(英文) Assessment of cardio metabolic demand and lower muscle activity during lifestyle activity by a waist mounted accelerometer

研究代表者

綾部 誠也 (AYABE, MAKOTO)

岡山県立大学・情報工学部・准教授

研究者番号：80407238

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)：本研究の目的は、腰部装着型加速度計により、日常生活活動時の呼吸循環応答と下肢筋活動を評価する方法を開発することであった。研究1として、腰部加速度信号から呼吸循環応答を評価する方法を検討した。対象者は、腰部に加速度計を装着し、胸部に心拍数モニターを装着した。その結果、腰部加速度信号により得られた活動強度は、心拍数との間に強い相関関係を認めた。また、研究2として、下肢筋活動を評価の指標として、日常生活下での歩幅の測定方法を検討し、実験環境下にて5%程度の誤差範囲内での測定精度を確認した。本研究の結果にて開発された腰部加速度信号の処理アルゴリズムにより呼吸循環応答と下肢筋活動を評価できる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the present investigation was to develop a novel assessment of cardio metabolic demand and lower muscle activity during lifestyle activity by a waist mounted accelerometer. We develop a new algorithm for analyzing the acceleration signal at the waist during the habitual physical activity. The index estimated by a new algorithm was significantly associated with the heart rate response. Furthermore, as the index of the lower muscle activity, the stride length was estimated by an acceleration. As results, the new algorithm accurately estimated the stride length with 5% of measurement error. These results indicated that the new algorithm for waist mounted accelerometer would be a valid estimation for the cardio metabolic demand and lower muscle activity during the habitual physical activity.

研究分野：運動生理学

キーワード：運動処方

### 1. 研究開始当初の背景

活動的な生活習慣が生活習慣病の予防や健康寿命の延伸に効果的であることを示す研究成果が集積され、運動啓蒙とその支援システムの一層の充実が求められている。腰部装着型の身体活動モニタは、運動習慣形成支援に有用なツールであり、ゴールドスタダード法にて評価したエネルギー消費量との比較により、日常生活下やそれをモデル化した条件下での単位時間当たり(分、時間、1日、週当たり)の測定値の妥当性が明らかになっている。今後は、個々の身体活動に対する評価精度のバラツキを減らし、多くの身体活動が数秒から1分未満で構成される日常生活下の身体活動における測定精度を高めることが課題である。特に、現状のアルゴリズムにおいて、継続時間が短いために他の身体活動と合わせて平均化されがちな高強度身体活動の正確な評価方法が必要である。

運動処方原則に立てば、エネルギー消費量の総量のみならず、個々の身体活動に伴う心循環系や骨格筋への負荷を考慮に入れる必要がある。我々は、加速度信号の時系列の変化を詳細に分析することにより、断続的な活動が繰り返される日常生活下における身体活動(身体行動)の判別の精度を向上させることができると考えている。すなわち、加速度信号の処理過程を、現在の主流ある“単位時間当たり(加速度の積算値や合成値)の処理”から、“身体活動毎の処理”を開発することにより、高強度身体活動の検知感度を高めるだけでなく、身体活動に伴う心循環応答や大腿筋収縮を推定できる。

### 2. 研究の目的

本研究は、生活活動動作の呼吸循環負担ならびに下肢の筋活動量を推定するための腰部加速度信号の新規アルゴリズムを開発することであった。

研究1として下肢筋活動推定のための新規腰部加速度信号処理アルゴリズムの開発を行った。また、研究2として、同様に呼吸循環推定について検証した。

### 3. 研究の方法

研究1.日常生活下においてエネルギー消費や身体負荷の主体となるのは全身の重心移動を伴う動作であり、歩行運動がその代表である。歩行動作については、これまで、歩数の評価法が一般化しているが、歩幅の客観的評価法に検討は少ない。歩行速度は、歩数と歩幅の積であり、歩幅は、大腿部筋力との関連性が報告されている。そこで、本研究は、歩幅の客観的評価のための腰部加速度信号の処理アルゴリズムを開発することを目的とした。

図1に本研究の加速度信号の処理アルゴリズムを示す。図1は、日常生活活動時の60

分間の加速度処理信号から得られる活動強度、移動距離、歩数、歩幅の推移である。活動強度は、加速度信号の単位時間当たりの頻度と大きさ(最大値)から決定され、歩行速度との間に強い相関関係があることが明らかになっている。そこで、活動強度から推定された速度から単位時間当たりの移動距離を算出した。歩数は、一定以上の大きさの加速度信号の単位時間当たりの頻度として評価した。1分当たりの移動距離を1分間の歩数で除して歩幅を算出した。

ゴールドスタダード法として、映像分析による歩数と実際の移動距離から歩幅を算出した。

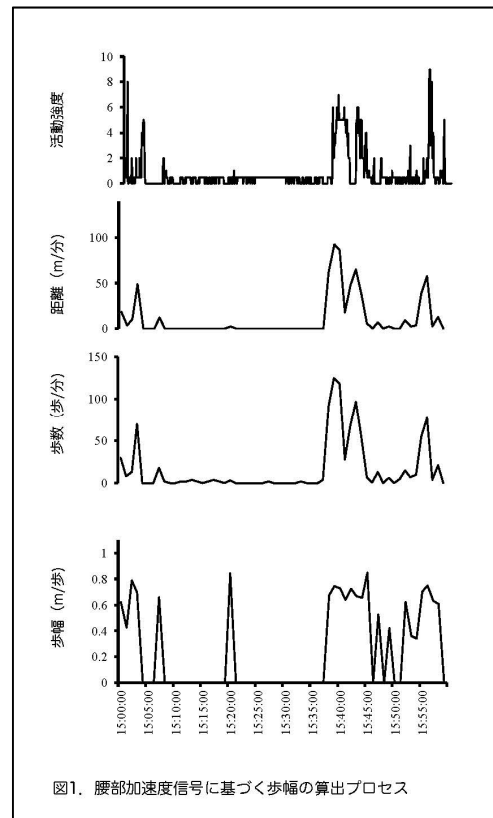


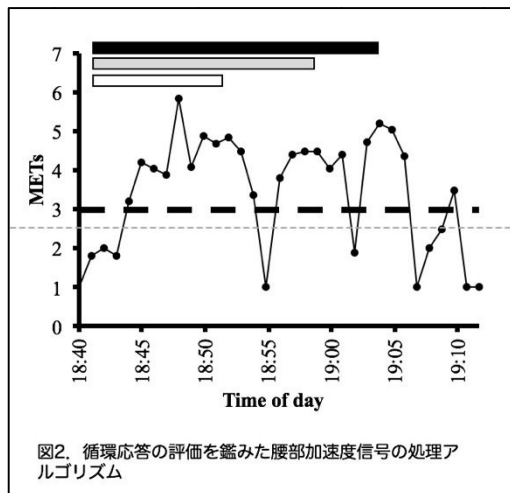
図1. 腰部加速度信号に基づく歩幅の算出プロセス

### 研究2.

研究2.日常生活下の呼吸循環応答の評価方法としては、心拍数が利用されてきた。ただし、心拍数法は、相対的低強度活動時に身体活動以外の影響を受けること、また、日常生活における心拍応答が定常状態を得られにくいことが根本的な方法論的限界として指摘されてきた。そこで、本研究は、これらの前提を鑑みて、呼吸循環負荷応答の評価として、運動中の休息の扱いから新規アルゴリズムを検討した。

図2は、典型例を示した。これまでの先行研究により、日常生活下の身体活動の大部分で継続時間が30秒に満たない短時間であることが示唆されている。そこで、本研究においては、日常生活下の身体活動のうち、10分間以上にわたって継続される身体活動の評

備方法を検討した。これまでの研究においては、日常生活での身体活動の断続性を鑑みて、任意の強度以上の連続的身体活動を評価する際の加速度信号の処理方法として、その任意強度の70-80%を許容限界とする方法や1分間未満の休息を含むことを許容する方法が提案されてきた。ただし、これらの研究では、実際に測定された心拍数との比較がされていない。本研究では、日常生活下にて、腰部加速度信号と心拍数を実測して、断続的な身体活動時の呼吸循環応答を評価し得る腰部加速度信号の処理方法を検討した。



#### 4. 研究成果

図3には、トレッドミル歩行時に得られた歩幅の推定誤差を速度毎に示した。速度に関わらず歩幅の推定誤差の平均は10 cm未満であった。また、速度の増大に伴って誤差が縮小する傾向が認められ、中等強度以上の速度での誤差は5 cm未満であった。

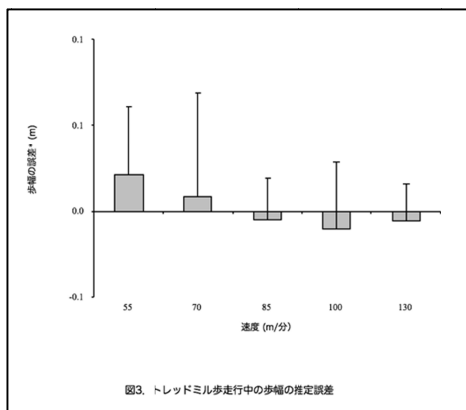
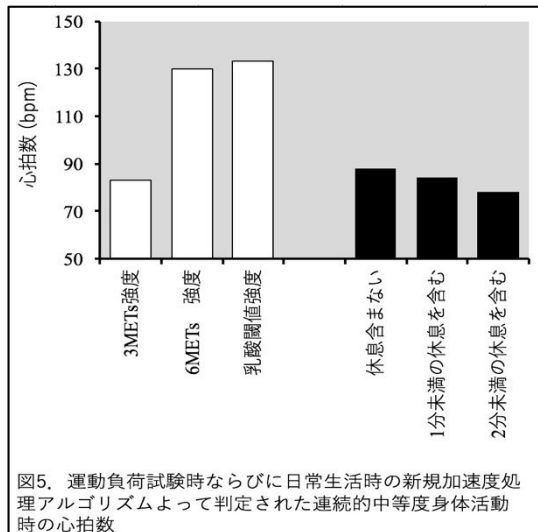
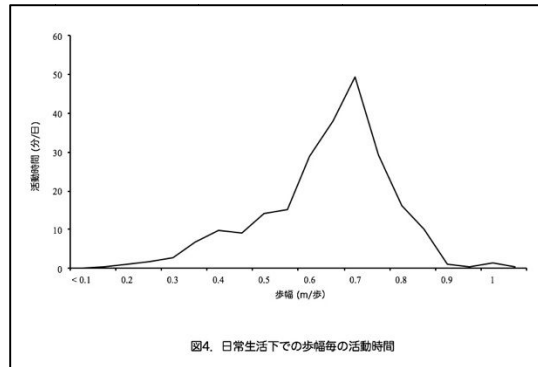


図4には、本研究にて開発した新規アルゴリズムにより評価した日常生活下での歩幅の分布を示している。

図5は、運動負荷試験時に得られた中等強度(3METs, 6METs)と乳酸閾値に相当する心拍数( )と休息の扱いの異なる3種の方法にて判定した10分間以上の持続的中等強度身

体活動時の平均心拍数( )を示している。

日常生活の連続的中等度身体活動時の心拍数は、判定方法に関わらず、6METsと乳酸閾値時の心拍数に比して有意に低値であった。また、身体活動時の心拍数を比較においては、休息を含まない連続身体活動時と2分未満の休息を含む連続身体活動時の間で有意な差が認められた。



本研究のこれらの成果は、主として健康若年者を対象に実験環境にて得られた成果である。従って、本研究の成果の一般化に際しては更なる検討が必要である。加速度信号の単位時間の積算値や歩数が幅広い対象者にて妥当性が明らかになっていることを踏まえれば、腰部加速度信号による筋活動評価については、異なる対象者でも一定の妥当性が期待できる。ただし、呼吸循環負荷については、心拍数応答が体力や年齢の影響を強く受けるため、高齢者を含む幅広いサンプルでの確認が必要であろう。

本研究にて開発された新規腰部加速度信号アルゴリズムは、“身体活動の質(身体活動の内容・強度・持続時間など)を評価”できる。すなわち、これまでアンケート調査や行動記録表などに基づいていた活動内容調査の精度が向上し、健康スポーツ科学だけでなく、行動医学や疫学などの分野への貢献も期待できる。また、これまでの心循

環応答や大腿筋収縮の評価を可能にすることにより、肥満や糖尿病などの代謝性疾患の予防治療だけでなく、有酸素能の向上や下肢筋力の向上を意図した運動の評価など、運動処方・運動指導の客観性と効果の向上に寄与できる。

運動処方の原則は、運動様式、運動強度、運動時間（継続時間・頻度）で構成される。これまでの身体活動モニタは、量的側面の評価（エネルギー消費量など）に特化しており、単位時間当たりの加速度の積算値として強度を評価しているなど、質的部分の評価には課題があった。本研究が取り組んだ腰部加速度処理の身体活動の質的側面の評価アルゴリズムを用いることにより、物理的な活動強度のみならず、筋活動や呼吸循環負担を評価できる。これらの情報を正確に評価することは、運動処方の3原則のうち、運動強度と運動時間の観点で、既存の身体活動モニタの精度を飛躍的に向上させる。日常生活下においては、身体活動が短時間の持続時間でなおかつ間欠的に繰り返されるため、既存の単位時間当たりの平均値（積算値）に比して、身体活動毎の評価を目指す新規アルゴリズムに一日の長があることが明らかである。特に、多くの国民にとっての健康づくりのための至適運動強度である中高強度身体活動は、日常生活で下での頻度が少なくその多くが30秒未満であるため、身体活動毎に評価することが好ましい。また、身体活動毎の大腿筋群の筋活動を推定することができれば、社会問題になりつつあるロコモティブシンドロームやサルコペニアの予防にも有用な情報が得られる。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔学会発表〕（計5件）

1. 綾部誠也，熊原秀晃．身体適応の誘発に必要な身体活動の定量法開発のための腰部加速度信号の経時変化の解析アルゴリズムの検討．第39回岡山スポーツ医学研究会．平成27年7月25日（岡山市）
2. Ayabe M，Kumahara H．Accelerometry data treatment of interruption in physical activity bout analysis to estimate cardiorespiratory responses under free-living conditions. 9th International Conference on Diet and Activity Methods. 平成27年9月1日（プリズベン）
3. 綾部誠也，熊原秀晃，犬飼義秀．身体機能の向上を鑑みた日常身体活動の“質”の新たな客観的評価法の提案．第22回日本未病システム学会．平成27年10月

11日（札幌市）

4. Ayabe M，Ishizaki S，Kumahara H，Inukai Y．Objectively measured stride length under free-living condition associates with whole body muscle mass in older adults. 21st annual congress of the European college of sports science. 平成28年7月6日（ウィーン）
5. Ayabe M，Kumahara H，Inukai Y．A novel approach for obtaining objective assessments of stride length during habitual physical activity by accelerometer. The 6th International Congress on Physical Activity and Public Health 平成28年11月16日（バンコク）

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

綾部誠也（AYABE, Makoto）

岡山県立大学・情報工学部・准教授  
研究者番号：80407238

##### (2) 研究分担者

熊原秀晃（KUMAHARA, Hideaki）

中村学園大学・栄養科学部・准教授  
研究者番号：40389367