

## マスク時間が異なる加速度センサ方式の歩数計の評価

大島 秀武、北村 裕美、関 和俊

### Evaluation of accelerometry-based pedometers with a certain time interval mask

Yoshitake OSHIMA, Hiromi KITAMURA, Kazutoshi SEKI

#### Abstract

The purpose of this study was to compare the step counts of five brands of accelerometry-based pedometers with different time interval masks under controlled and free-living conditions. Seventeen male college students, aged  $20.9 \pm 1.1$  years, participated in this study. Two tests were conducted to examine the step counts of five brands of pedometer: Suzuken Lifecorder Ex (LC), Omron HJ-205IT (OM), Citizen TW-310 (CI), TANITA FB-731 (TA), and Yamasa tokei EX-200 (YA). In the first test, participants walked on a strait indoor course with five pedometers on a waist belt, and the output was recorded after 50 steps taken at 3 speeds: normal, slow, and fast paces (50-step test). The direction and magnitude of pedometer error were also examined. In the second test, the participants were instructed to wear the five pedometers on a waist belt from the time they woke up until they went to bed at night (one-day test). Steps counted by each device were recorded at the end of the day. In the 50-step test, the absolute percentage error ranged from 0.0 to 18.0%, and was not different among the five pedometers. In the one-day test, the step count of LC was significantly higher than those of the other pedometers ( $p < 0.05$ ). In contrast, the step counts of TA was significantly lower than those of the other pedometers ( $p < 0.05$ ). Comparing with LC, the rates of underestimation of the other 4 pedometers were  $12.9 \pm 5.4\%$  (OM),  $11.4 \pm 6.1\%$  (CI),  $17.8 \pm 3.9\%$  (TA), and  $13.0 \pm 6.2\%$  (YA). During the one-day test, the frequency of physical activity with a duration of 4 seconds or less was  $300 \pm 11$  times/day. The differences in steps per day between LC and the other 4 pedometers were significantly correlated with the frequency of physical activity for 4 seconds or less ( $r = 0.672 \sim 0.854$ ,  $p < 0.001$ ). The results suggest that the certain time interval mask of an algorithm in a pedometer contributes to an underestimation of steps taken during intermittent activities.

*Keywords:* pedometer, accelerometer, step count, walking, mask

## I. はじめに

近年、生活習慣の悪化に伴うメタボリックシンドロームやロコモティブシンドロームが社会問題となっている。身体活動量の低下がその原因の1つとして取り上げられ、アクティブガイド<sup>1)</sup>をはじめとする身体活動指針も策定されるなど、国民全体の身体活動量を高めようとするアプローチがなされている。その身体活動の指標としては、消費カロリーやメッツなどがあるが、1日1万歩といった目標値<sup>2)</sup>のわかりやすさもあり、古くから今日に至るまで歩数が用いられている。我が国の国民健康・栄養調査においても大規模な歩数調査が長期にわたって実施されるなど<sup>3)</sup>、客観的な身体活動量を知る手段として広く歩数計が活用されている。

最近では、多くのメーカーから様々なタイプの歩数計が市販されており、身体活動量の評価ツールとして<sup>4)</sup>だけでなく、使用者の身体活動量増加のモチベーションツールとしても用いられている<sup>5)</sup>。従来は振り子式のセンサが用いられ、腰にクリップで装着するものであった歩数計は、加速度センサの利用によって小型化し、ズボンのポケットの中など装着部位を選ばずに計測することも可能となった<sup>6-8)</sup>。さらに加速度センサが搭載された携帯電話やスマートフォンにも歩数の計測機能が組み込まれるなど、加速度センサ方式の歩数計が主流となっている。

歩数計の選択基準の一つとして、歩数の計測精度があげられるが、こういった様々な種類の歩数計に対して精度評価がなされている。トレッドミルを用いた評価では、80m/分以上の速度では良好な計測精度を示すものの低速での歩行では過小評価することが報告されている<sup>9,10)</sup>。また、振り子式の歩数計では、BMI、ウエストといった体格の影響を受けるが、加速度センサ方式の歩数計ではその影響が少なく<sup>11)</sup>、歩数計測精度も総じて加速度センサ方式の歩数計で高いことが報告されている<sup>11,12)</sup>。その一方で、加速度センサ方式の歩数計では感度が高く、自動車での移動など歩行ではない動きに対して誤カウントすることが指摘されている<sup>13)</sup>。このような歩数の誤カウントを防止するため、加速度センサ方式の歩数計では、静止状態から振動を検出した後、一定時間(一定歩数)歩行とみなされる振動が継続しない場合は歩数をカウントしないようにする機能(マスク時間)が設けられているのが見受けられる<sup>14)</sup>。マスク時間の設定が長くなれば、歩数そのものの検出精度は高くなるものの、マスク時間内の短時間の歩行を見落とすことになり、歩数を過小評価することが予想される。このマスク時間をはじめとする歩数のカウント方法は各メーカー独自のものであるため、加速度センサ方式の歩数計であっても製品ごとにカウントされる歩数の精度が異なることが考えられる。

これまで歩数計の計測精度に関する検討では、振り子式と加速度センサ方式の歩数計の比較が多い<sup>11,12)</sup>。また、歩数の計測方法に関しては、検出のための加速度の閾値の違いによる影響をみたもののみであり<sup>15)</sup>、各メーカーが独自に設定しているマスク時間の影響を検討した研究はなされていない。歩数計は、日々の活動量を把握するために用いられるが、個人の自己管理のみでなく、保健指導の現場などで集団管理を行う際にも用いられている。そのため、特に歩数管理を行う指導者はそれぞれの歩数計の特徴を把握しておくことで、より個人に応じた指導に役立てることができると思われる。そこで本研究では、マスク時間が異なる加速度センサ方式の歩数計を用い、その測定精度について比較検討することを目的とした。

## II. 対象および方法

### 1. 対象

対象は運動系の部活動やサークルに所属しておらず、特別な運動習慣を持たないBMI25未満の男子大学生17名であった(表1)。本研究はヘルシンキ宣言に従って行うこととし、全ての対象者は、事前に本研究の意図、利益、不利益などを理解し、研究参加同意書へ署名した後に参加した。

表1. 対象者の身体特徴

N	17
年齢 (歳)	20.9 ± 1.1
身長 (cm)	170.1 ± 3.2
体重 (kg)	63.1 ± 5.4
BMI	21.8 ± 1.9

### 2. 使用機器

使用機器はライフコーダEX4秒版(スズケン社製、以下LC)、HJ-205IT(オムロンヘルスケア社製、以下OM)、TW-310(シチズン社製、以下CI)、FB-731(タニタ社製、以下TA)、EX-200(山佐時計計器社製、以下YA)の5機種とした。LC以外の4機種については、比較的安価で家電量販店で容易に入手可能な加速度センサ方式の歩数計を選択した。LCは1軸の加速度センサを使用しており、1歩を検出した後、1.5秒以内にもう1歩を検出しない場合は歩数をカウントしない仕様となっている<sup>16)</sup>。他の4機種についてはすべて3軸の加速度センサが使用され、腰装着に限定されず、ズボンのポケットなどでも計測可能となっている。それぞれの歩数

カウントの際のマスク時間は、歩数計の取扱説明書の記載では、OMが4秒、CIが6秒、TAが7秒、YAが10歩となっている。これらの歩数計を5つ同時に腰にバンドで固定装着し、その計測値について比較検討を行った。なお、腰に装着する際の歩数計の順序はランダムとし、前方左右に2つと3つに分けて装着した。

### 3. 実験方法

測定プロトコルは、直線の歩行路で50歩を「緩歩」、「普通歩」、「速歩」の3つのペースで歩かせる「50歩テスト」と、朝起きてから夜寝るまでの終日（入浴を除く）にわたって歩数計を5つ同時に腰に装着させ、1日の歩数を計測する「終日装着テスト」の2種類のテストを実施した。

50歩テストは、室内の約50mの直線にて3つの速度で実施した。歩数計の装着の後、まず対象者が普段歩いていると思われる速度で歩行させた（普通歩）。次いで、普通歩での速度を基準としてそれよりも遅い速度で歩行させ（緩歩）、最後に普通歩よりも速い速度で歩行させた（速歩）。50歩テストで得られた歩数の値から、絶対誤差率と合わせて実測値（50歩）に対して過小評価か過大評価かを見るために誤差率 $[(歩数計の値 - 50) \div 50 \times 100]$ を算出した。

終日装着テストでは、事前に配布した記録用紙に装着時刻と脱着時刻ならびに、それぞれの歩数計の値を就寝前に記入させた。LCについては、回収後にUSBケーブルでPCと接続し、専用ソフトを用いてデータをダウンロードした。得られたデータに基づき、対象者が記録した装着時刻と同様の時刻から活動レベルが0よりも大きい値になっているか、脱着時刻と同様の時刻以降は活動レベルが連続して0になっているかを見ることでLCの測定時間帯とその他の機種種の測定時間帯が一致しているかを確認し、合わせて装着時間を算出した。また、LCの4秒毎の活動強度のデータに基づき、身体活動を継続時間に応じて、4秒以内、4～8秒以内、8～16秒以内、16

～32秒以内、32～60秒以内、60～180秒以内、180～300秒以内、300秒超に分類し、1日あたりの出現頻度（回/日）を算出した。

### 4. 統計解析

統計解析については、SPSS 17.0 for windows (SPSS Inc., Chicago, IL) を用いた。各歩数計間の値の差については、一元配置分散分析を実施し、その後の事後検定についてはBonferoniの多重比較検定を用いた。また、終日装着テストでの4秒以下の活動の出現頻度とLCによる1日歩数およびLCと他の4機種種の歩数差との相関関係については、ピアソンの積率相関係数を算出した。なお、統計的有意水準は5%未満とした。

## Ⅲ. 結果

50歩テストの結果を表2に示した。歩数の値は5機種とも3つの速度で平均49.2～51.2歩と良好な値を示し、5つの機種間で有意な差が認められなかった。絶対誤差率は、0.0～18.0%であり、5つの機種間で有意な差がなかった。また、誤差率は5機種すべて、各速度において70%以上のデータが実測値（50歩）に対して±5%未満の範囲内であった。

終日装着テストでは、装着記録とLCのデータから対

表2. 50歩テストの評価結果

	歩数(歩)	絶対誤差率(%)		過小評価率(%) ( $\leq -5\%$ )	過大評価率(%) ( $\geq 5\%$ )
		平均±SD	最小-最大		
<b>緩歩</b>					
LC	50.2±2.4	3.9±2.5	0-8.7	17.6	11.8
OM	50.1±1.2	1.5±2.0	0-6.4	5.9	0
CI	50.6±1.5	2.1±2.5	0-8.7	5.9	11.8
TA	49.2±2.2	4.0±2.5	0-11.1	23.5	0
YA	50.2±1.6	2.3±2.0	0-7.4	0	5.9
<b>普通歩</b>					
LC	50.2±1.8	2.8±2.3	0-6.4	11.8	11.8
OM	50.8±1.2	1.8±2.1	0-5.7	0	11.8
CI	50.8±0.9	2.0±1.2	0-3.8	0	0
TA	51.1±2.8	3.8±3.9	0-13.8	5.9	11.8
YA	51.2±2.2	2.4±3.7	0-13.8	0	11.8
<b>速歩</b>					
LC	50.3±2.3	3.6±2.9	0-11.1	5.9	17.6
OM	50.2±1.3	1.9±1.6	0-5.7	0	5.9
CI	51.2±1.8	2.5±3.0	0-12.3	0	5.9
TA	50.9±3.1	3.5±4.3	0-18.0	0	17.6
YA	49.4±2.3	3.0±4.3	0-16.3	11.8	0

LC: ライフコーダEX4秒版, OM: HJ-205IT, CI: TW-310, TA: FB-731, YA: EX-200

過小評価率(%): 全データに対する $[(歩数計の値 - 50) \div 50 \times 100 \leq -5]$ の割合

過大評価率(%): 全データに対する $[(歩数計の値 - 50) \div 50 \times 100 \geq 5]$ の割合

象者全員が10時間以上装着していたことを確認した。1日の歩数は、LCが7,894 ± 2,330歩/日、OMが6,841 ± 1,938歩/日、CIが6,978 ± 2,036歩/日、TAが6,488 ± 1,948歩/日、YAが6,848 ± 1,999歩/日であり、LCが3軸加速度センサを搭載した4機種に比較して有意に高値を示し (p < 0.05)、TAが他の機種に比較して有意に低値を示した (p < 0.05) (図1)。LCを基準とした場合、OMでは12.9 ± 5.4%、CIでは11.4 ± 6.1%、TAでは17.8 ± 3.9%、YAでは13.0 ± 6.2%の過少評価であった。

LCの加速度データから活動の継続時間別の出現頻度の分布を検討したところ、継続時間が4秒以下である活動の出現頻度が1日あたり300 ± 117回と最も多く出現

していた (図2)。この4秒以下の活動の出現頻度とLCから得られた1日歩数との間に、r = 0.844と有意な相関関係が認められた (p < 0.001)。また、4秒以下の活動の出現頻度とLCと他の4機種の歩数差との関係についてみると、r = 0.672~0.854とすべてにおいて有意な相関関係が認められた (p < 0.001) (図3)。

#### IV. 考察

本研究で用いた歩数計は、LCを除き、ズボンのポケットの中など腰装着以外の部位においても良好な計測結果が報告されている<sup>6-8)</sup>。しかしながら、他の部位に比べてズボンのポケット<sup>6,8,17)</sup>やバックパック<sup>7)</sup>などで測定精度が悪かったという報告もある。このように検討結果に

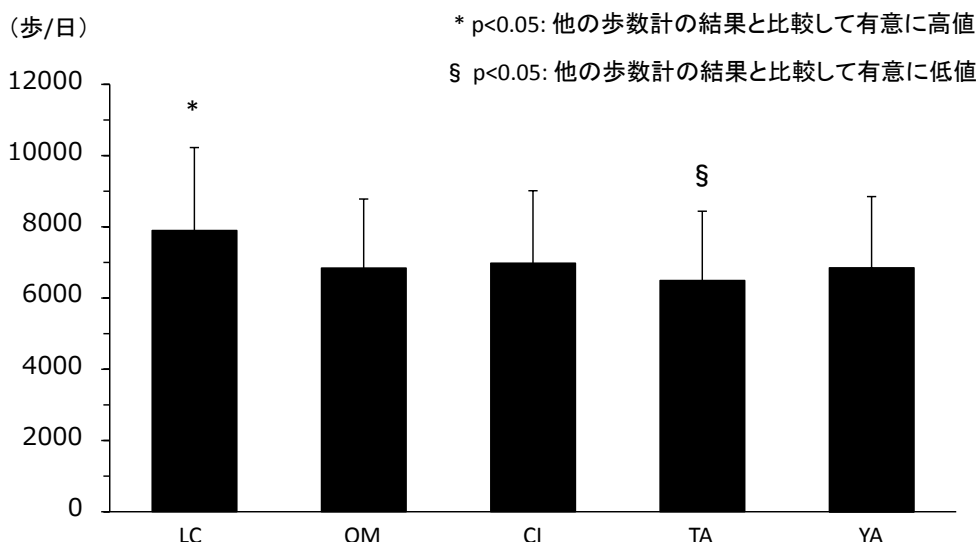


図1. 終日装着テストでの1日歩数の結果  
LC: ライフコーダEX4秒版, OM: HJ-205IT, CI: TW-310, TA: FB-731, YA: EX-200

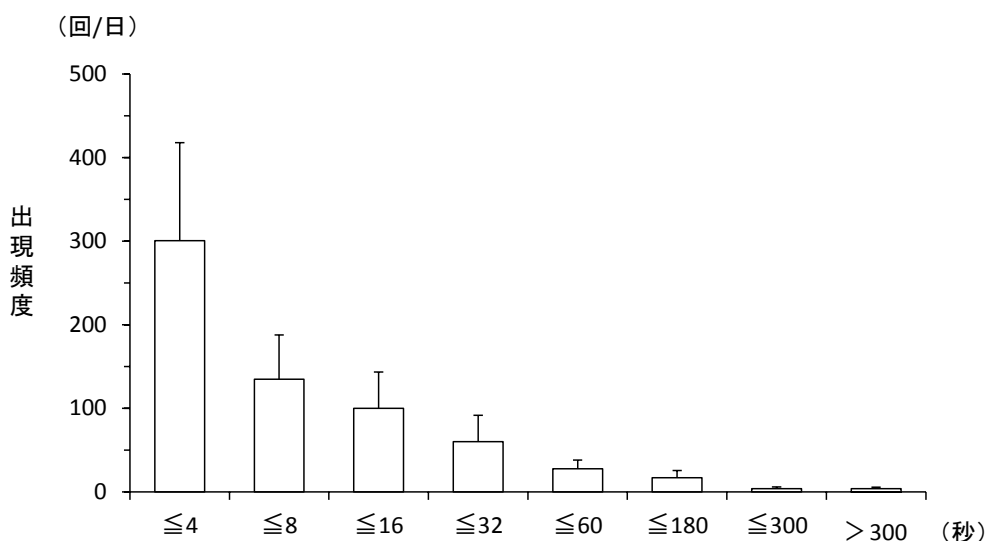


図2. ライフコーダによる活動の継続時間別の出現頻度

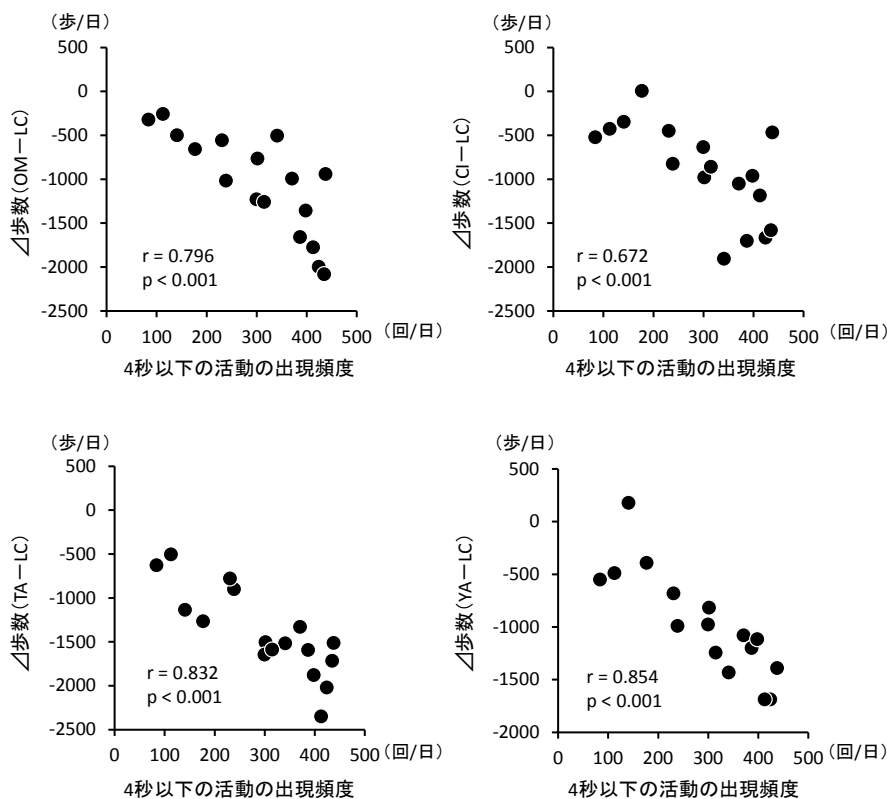


図3. ライフコーダと他の4機種の数歩差と4秒以下の活動の出現頻度との関係  
LC: ライフコーダEX4秒版, OM: HJ-205IT, CI: TW-310, TA: FB-731, YA: EX-200

よって意見が一致していないものの、少なからず装着部位による影響を受けることが考えられるため、本研究ではすべての歩数計を腰にベルトで固定して同時に評価を行った。また歩数計によっては、比較的遅い歩行速度<sup>9,10</sup>や腹囲の大きい肥満者<sup>11</sup>で歩数計の精度が悪くなる結果も報告されていることを考慮し、これらの影響をできるだけ排除するため、本研究では非肥満の男子大学生を対象とした。その結果、終日装着テストによる1日歩数は、LCが他の4機種よりも有意に高値を示した。特に、マスク時間が7秒のTAについては、 $6,488 \pm 1,948$ 歩/日と本研究で使用した5機種の中で最も低値であり、LCと比較して平均1,506歩(17.8%)少ない値であった。また、LCの加速度データからみた4秒以下の活動の出現頻度とLCと他の4機種の数歩差との間に有意な相関関係が認められ、歩数計のマスク時間が1日歩数のカウントに影響していることが示唆された。

様々な歩数計が市販されている中で、加速度センサ方式の歩数計が主流となっている<sup>18</sup>。歩数のカウント精度が振動を感知するバネの強さに依存される振り子式の歩数計<sup>19</sup>とは異なり、加速度センサ方式では、体動から得られる加速度の波形の分析方法によって歩数のカウント精度が決まる。設定されているマスク時間が異なるな

ど、その分析方法はメーカーによって様々であり、同じメーカーであっても機種ごとに加速度の検出閾値の設定が異なることもある<sup>20</sup>。終日装着テストの結果では、マスク時間が4秒のOM、6秒のCI、10歩のYAは、LCよりもそれぞれ約1,000歩低値を示し、マスク時間が7秒のTAは約1,500歩低値を示した。健康日本21では、現状の歩数よりも1,000歩増やすという目標値が掲げられているが<sup>21</sup>、歩数計の機種が異なれば、1,000歩程度の差は出てくることを考慮に入れておくべきである。

加速度センサを利用し、データメモリ機能を備えた活動量計の開発により、1日の総歩数や総活動量に加えて、1回ごとの身体活動の継続時間やその出現頻度など、より詳細な分析ができるようになった<sup>22</sup>。本研究において4秒ごとに活動レベルをメモリすることが可能なライフコーダ(LC)を用いて活動の継続時間別の出現頻度の分布をみたところ、継続時間が4秒以下である活動の出現頻度が $300 \pm 117$ 回/日と最も多く全体の46.4%であった。先行研究においても、綾部ら<sup>22</sup>が成人女性を対象として、本研究と同様にライフコーダを用い、活動強度別に1日あたりの継続時間別の身体活動の出現頻度を検討している。その結果、低強度、中強度および高強度の身体活動は、いずれも継続時間が4秒以下の身体活動が全

体の50%以上であったと報告している。また、足首に装着して使用するタイプの歩数計であるStepWatchを用いて成人の歩行の継続性を検討した研究<sup>23)</sup>では、歩数の継続では1回あたり $4 \pm 1$ 歩の出現頻度が17.0%と最も多く、歩行の継続時間では、全体の20.1%が10秒以内であったことが報告されている。さらに、8~10歳の子どもを対象とした研究<sup>24)</sup>では、Actigraphを用いて2秒ごとに身体活動を判定し、全ての身体活動のうちの60%以上の身体活動の継続時間が2秒以下であったことが報告されている。このように、日常生活の身体活動は、1回の動作が短時間で断続的に行うものが多くを占めており、先行研究で報告されている一般成人や子どもの結果と同様に、大学生であっても同様の傾向を示すことが明らかとなった。

本研究において、継続時間が4秒以下である活動の出現頻度とLCと他の4機種との歩数差との関係についてみると、それぞれ有意な相関関係が認められた。このLCと他の4機種の歩数の差がすべてマスク時間の影響によるものかどうかは明らかではない。しかしながら、本研究で使用した歩数計では、マスク時間がOMは4秒、CIは6秒、TAは7秒であり、すべて4秒以上に設定されている。また、YAはマスク時間が10歩と設定されているが、1,000歩が約10分に相当すると考えると、計算上では10歩は約6秒に相当する。このように他の4機種のマスク時間が4秒以上に設定されている以上、4秒以内で終了する活動時の歩行は1日歩数に累積されないため、少なからずマスク時間が歩数の過小評価に関与していることが推察される。先行研究においても、Silcottら<sup>25)</sup>が、マスク時間が4秒であるオムロン社の歩数計(HJ-720ITC)を用いて1日の総歩数を計測し、基準とした歩数計(StepWatch-3)との歩数の差には、歩数検出のためのマスク時間が影響している可能性を指摘しているが、本研究の結果は、彼らの指摘を支持するものであると思われる。

4秒以下の活動の出現頻度は、LCで測定した1日歩数との間に有意な相関関係を示し、1日歩数が多いものほど、短時間で断続的に行う活動の頻度も多いことがわかった。そのため、これらの短時間で断続的に行う活動の歩数をカウントせずに総歩数から1日の総活動量を評価すると、1日歩数が多いものほど過小評価してしまうことになる。Tudor-Lockeら<sup>26)</sup>は、中等度の強度に達しないような非常に低強度あるいは断続的な活動時の歩数は、1日の総歩数にカウントすべきではないと主張している。その一方で、近年では座りがちな生活が総死亡率や心血管疾患、BMI、空腹時血糖値と関係している<sup>27-29)</sup>ことから、低強度で断続的であってもすべての歩数をカウントすべきという意見もある<sup>30)</sup>。短時間で断続的に

う運動のほとんどは低強度のものが多く、1日の活動量に占める割合も多い<sup>22)</sup>。加速度センサタイプの歩数計では、その感度の高さから自動車での移動時の振動などに反応して誤カウントすることが指摘されており<sup>13)</sup>、断続的な活動をカウントするためにマスク時間をなくすと、歩行ではない動きに対する誤カウントも増えることが予想される。あくまでも歩数計は、すべての体動をカウントするのではなく、歩行に伴う移動時の動きをカウントすべきであると思われる。そのため、日常生活での歩行の継続時間などの特徴を踏まえた上で、精度を保ちながら歩数を検出できる、より短いマスク時間の検討が今後必要である。

本研究の限界点として、本研究で用いた歩数計はそれぞれメーカーが異なるという点が挙げられる。歩数計測のための加速度の分析方法は開発メーカーごとに異なるため、マスク時間以外にも歩数の計測に影響していた可能性が考えられる。他に歩数の計測精度に及ぼす要因としては、歩数検出のための加速度の閾値が挙げられる。先行研究においてもCSA加速度計(Actigraph)とYamaxの歩数計(SW-200)との計測精度の比較から、両歩数計の歩数の差には検出のための閾値の違いが影響していることが報告されている<sup>15)</sup>。本研究では、マスク時間の影響を受けない50歩テストを実施したが、用いた5機種はすべてゆっくりの速度でも精度よく測定されており、5機種とも低強度の歩行時であっても歩数を十分に検出可能な閾値であることが示唆された。しかしながら、本研究の対象者は健康な男子大学生のみであったため、子どもや高齢者など、さらに対象者を広げて検討する必要があると思われる。また、本研究ではそれぞれの歩数計を同一部位に装着するのではなく、5つ同時に腰の前方左右に2つと3つに分けてランダムに装着した。歩数計は歩行に伴う腰の動きを検出して歩数としてカウントするが、腰の前後左右など部位ごとに動きの大きさが異なることが考えられ、必ずしも同じ条件であったとは言い切れない。装着の際は5つの歩数計をランダムに装着することで系統誤差を排除するように考慮したが、今後は腰の部位ごとの動きの違いなどを考慮した上で評価することも必要である。

## V. まとめ

本研究では、5種類の加速度センサ方式の歩数計を用い、「ゆっくり」、「普通」、「早歩き」の3つのペースによる「50歩テスト」と、終日にわたって歩数を計測する「終日装着テスト」の2種類のテストを実施した。その結果、終日装着テストでの1日歩数は、LCが他の4機種よりも有意に高値を示し、マスク時間が7秒のTA

は、本研究で使用した5機種の中で最も低値を示した。また、継続時間が4秒以下の活動の出現頻度とLCと他の4機種の歩数差との間に有意な相関関係が認められ、歩数計のマスク時間が1日歩数のカウントに影響していることが示唆された。特に保健指導などで複数の異なる機種歩数計を用いて管理指導する場合には、機種ごとの歩数計の特徴を把握した上で使い、個人に応じた健康支援につなげることが必要である。

## 引用文献

- 1) 厚生労働省運動基準・運動指針の改定に関する検討会：健康づくりのための身体活動基準、2013。 <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xp1e-att/2r9852000002xpqt.pdf>.
- 2) Hatano Y, Use of the pedometer for promoting daily walking exercise. *International Council for Health, Physical Education, and Recreation*, 1993; 29: 4-8.
- 3) 松下宗洋、澤田亨、中潟崇、西信雄、奥田奈子、宮地元彦、国民健康・栄養調査の歩数データの特性、日本公衆衛生雑誌、2014；61(11)：686-692.
- 4) Bassett DR Jr., Validity and reliability issues in objective monitoring of physical activity, *Res Q Exerc Sport*, 2000; 71 (2 Suppl): S30-36.
- 5) Tudor-Locke C, Taking steps towards increased physical activity: using Pedometers to measure and motivate, *President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest*, 2002; 3 (17) : 1-8.
- 6) Hasson RE, Haller J, Pober DM, Staudenmayer J, Freedson PS, Validity of the Omron HJ-112 pedometer during treadmill walking, *Med Sci Sports Exerc*, 2009; 41 (4) : 805-809.
- 7) Holbrook EA, Barreira TV, Kang M, Validity and reliability of Omron pedometers for prescribed and self-paced walking, *Med Sci Sports Exerc*, 2009; 41 (3) : 670-674.
- 8) Zhu W, Lee M, Invariance of wearing location of Omron-BI pedometers: a validation study, *J Phys Act Health*, 2010; 7 (6) : 706-717.
- 9) Bassett DR Jr, Ainsworth BE, Leggett SR, et al., Accuracy of five electronic pedometers for measuring distance walked, *Med Sci Sports Exerc*, 1996; 28 (8) : 1071-1077.
- 10) Le Masurier GC, Lee SM, Tudor-Locke C, Motion sensor accuracy under controlled and free-living conditions, *Med Sci Sports Exerc*, 2004; 36 (5) : 905-910.
- 11) Crouter SE, Schneider PL, Bassett DR Jr., Spring-levered versus piezo-electric pedometer accuracy in overweight and obese adults, *Med Sci Sports Exerc*, 2005; 37 (10) : 1673-1679.
- 12) Melanson EL, Knoll JR, Bell ML, et al., Commercially available pedometers: considerations for accurate step counting. *Prev Med*, 2004; 39 (2) : 361-368.
- 13) Le Masurier GC, and Tudor-Locke C, Comparison of pedometer and accelerometer accuracy under controlled conditions, *Med Sci Sports Exerc*, 2003; 35 (5) : 867-871.
- 14) Nakae S, Oshima Y, Ishii K, Accuracy of spring-levered and piezo-electric pedometers in primary school Japanese children, *J Physiol Anthropol*. 2008; 27 (5) : 233-239.
- 15) Tudor-Locke C, Ainsworth BE, Thompson RW, Matthews CE, Comparison of pedometer and accelerometer measures of free-living physical activity, *Med Sci Sports Exerc*, 2002; 34 (12) : 2045-2051.
- 16) Hikihara Y, Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Tabata I, Validation and comparison of 3 accelerometers for measuring physical activity intensity during nonlocomotive activities and locomotive movements, *J Phys Act Health*. 2012; 9 (7) : 935-943.
- 17) De Cocker KA, De Meyer J, De Bourdeaudhuij IM, Cardon GM, Non-traditional wearing positions of pedometers: validity and reliability of the Omron HJ-203-ED pedometer under controlled and free-living conditions, *J Sci Med Sport*, 2012; 15 (5) : 418-424.
- 18) 大島秀武、身体活動量をはかる最新技術、体育の科学、2011；61(2)：108-112.
- 19) 波多野義郎、歩数計の歴史、体育の科学、2006；56(10)：803-809.
- 20) Rothny MP, Apker GA, Song Y, Chen KY, Comparing the performance of three generations of ActiGraph accelerometers, *J Appl Physiol*, 2008; 105 (4) : 1091-1097.
- 21) 厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会、次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会。健康日本21(第2次)の推進に関する参考資料、2012 [http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21\\_02.pdf](http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_02.pdf)
- 22) 綾部誠也、青木純一郎、熊原秀晃、田中宏暁、エウ

ササイズガイド2006充足者の日常身体活動の継続時間ならびに頻度、体力科学、2008；57（5）：577-586.

- 23) Orendurff MS, Schoen JA, Bernatz GC, Segal AD, Klute GK, How humans walk: bout duration, steps per bout, and rest duration, *J Rehabil Res Dev*, 2008; 45 (7): 1077-1090.
- 24) Baquet G, Stratton G, Van Praagh E, Berthoin S, Improving physical activity assessment in prepubertal children with high-frequency accelerometry monitoring: a methodological issue, *Prev Med*, 2007; 44 (2): 143-147.
- 25) Silcott NA, Bassett DR Jr, Thompson DL, Fitzhugh EC, Steeves JA, Evaluation of the Omron HJ-720ITC pedometer under free-living conditions, *Med Sci Sports Exerc*, 2011; 43 (9): 1791-1797.
- 26) Tudor-Locke C, Johnson WD, Katzmarzyk PT, Accelerometer-determined steps per day in US adults, *Med Sci Sports Exerc*, 2009; 41 (7): 1384-1391.
- 27) Cyarto EV, Myers AM, Tudor-Locke C, Pedometer accuracy in nursing home and community-dwelling older adults, *Med Sci Sports Exerc*, 2004; 36 (2): 205-209.
- 28) Katzmarzyk PT, Church TS, Craig CL, Bouchard C, Sitting time and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer. *Med Sci Sports Exerc*, 2009; 41 (5): 998-1005.
- 29) Thorp AA, Healy GN, Owen N, et al., Deleterious associations of sitting time and television viewing time with cardiometabolic risk biomarkers: Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle (AusDiab) study 2004-2005, *Diabetes Care*, 2010; 33 (2): 327-334.
- 30) Tyo BM, Fitzhugh EC, Bassett DR Jr, John D, Feito Y, Thompson DL. Effects of body mass index and step rate on pedometer error in a free-living environment. *Med Sci Sports Exerc*. 2011; 43 (2): 350-356.