

若年者のスマートフォンによる歩数測定の認識と測定精度

大下 和茂¹⁾、大山 泰史²⁾

Recognition of using smartphones as a pedometer in the young population and the accuracy of measurement of steps

Kazushige OSHITA¹⁾, Yasufumi OYAMA²⁾

Abstract

OBJECTIVE: This study aimed to investigate the recognition of using smartphones as a pedometer (pilot survey) and the accuracy of measurement of steps by smartphones (accuracy test). **PILOT SURVEY:** A questionnaire-based survey regarding smartphones was conducted among 440 university students. Participants who carried a smartphone in their front pocket or bag were 382 (86.8%). Regarding using smartphones as a pedometer, 224 participants (51.0%) did not know about the function or had doubts about its accuracy. However, in participants without regular exercise habits (n = 207), who wanted to use pedometer function of smartphones if the step count can be evaluated accurately were 146 (70.5%). **ACCURACY TEST:** An experiment was conducted with 10 adults (5 male and 5 female), who walked on a treadmill at a speed of 2, 4, and 6 km/h. Additionally, they held a smartphone (iPhone® 5S) and an accelerometer based pedometer in the front and back pocket of their pants or a shoulder bag during the tests. Errors in the step count between the actual number of steps and that measured by the smartphone or pedometer were small (< 5%) during in the 4 and 6 km/h walking conditions, when the devices were placed in the front pocket or the shoulder bag. However, when it was placed in the back pocket of the pants, the errors were large. **CONCLUSION:** These results suggest that a smartphone can become a useful tool to assess the physical activity level of the sedentary young population if it is popularized that the pedometer function of a smartphone is highly accurate depending on the holding position.

Keywords: Pedometer, Physical activity, iPhone®

1) 九州共立大学 スポーツ学部 〒807-8585 福岡県北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8
Department of Sports Science, Kyushu Kyoritsu University
代表著者の通信先：大下和茂、九州共立大学 スポーツ学部
〒807-8585 福岡県北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8 Phone: 093-693-3016 E-mail: oshita@kyukyo-u.ac.jp

2) 佐世保工業高等専門学校 〒857-1193 長崎県佐世保市沖新町1-1
National Institute of Technology, Sasebo College

受付日：2018.10.15, 採択日：2019.5.31

I 緒言

種々の生活習慣のうち、身体活動は死亡率や各種生活習慣病リスクの低減に繋がることが多く報告されている^{1, 2)}。しかし、国民健康・栄養調査によると、65歳以上で運動習慣を有する者の割合は42.2%なのに対し、64歳以下では22.6%、特に20歳代で20.2%、30歳代で14.5%と、比較的若い世代において運動習慣を有する者が少ない³⁾。10代後半から20代前半で身体活動量が高かった者は、45歳以上での身体活動量も高いと報告されており⁴⁾、若年期に身体活動量を認識した活動的な生活習慣を身に付けることが重要と言える。身体活動の中でも歩行は、歩行自体により引き起こされる障害のリスクは低いながらも、生活習慣病リスクを低減することのできる行動の一つとされている⁵⁾。実際に、通勤時の歩行時間が増加することで高血圧症発症のリスクが低下すると報告されており⁶⁾、歩行は医療費増加を改善することのできる行動の一つとされている⁵⁾。この歩行による活動量評価の一つとして歩数があげられる。歩数計を用いた介入は体重や血圧などの改善に繋がると報告されており^{7, 8)}、身体活動量が増加し、生活習慣病などの予防・改善を通じた健康維持・増進に繋がると言える。

古典的な歩数計は、歩行時に生じる垂直方向の動きを歩数計内部のバネと連結した振り子により捉え、一定レベル以上の振り子の振動をカウントすることで歩数を測定する⁹⁾。一方、現在主流となっている歩数計は加速度センサを用いている¹⁰⁾。これは歩行に伴う身体の動きを加速度信号により捉え、歩数を推定するものであり、搭載されている加速度センサの精度や歩数を推定するアルゴリズムにより歩数測定の精度が異なる。そのため、加速度センサを用いた歩数計の精度に関する研究が多く行われている¹¹⁻¹⁷⁾。例えば、歩行速度との関係について、Crouterら¹¹⁾は、一般に販売されている10種類の歩数計を用いて実際の歩数との測定誤差を調べた結果、歩行速度の低い場合に測定精度が低下することを報告している。また、Parkら¹⁶⁾は、所持部位(腰部、アームベルト、ズボンのポケットやハンドバッグなど)と測定誤差との関係を調べた結果、低速歩行での測定精度はズボンのポケットやハンドバックで所持した際に特に顕著に低下することを報告している。これらの報告から、加速度センサを用いた歩数計の測定精度は、歩行速度や所持部位によって異なることに注意が必要と言える。

ところで、一般的に運動習慣が少ないと言われている若年者において、スマートフォン(以下「スマホ」とする)の利用率は96%以上と報告されている^{18,19)}。スマホにも加速度センサが内蔵されており、これを利用した歩数測定が可能である¹⁰⁾。そのため、歩数計を購入せずとも若

年者の多くが既に所有しているスマホで歩数を把握することができる。実際に、18~40歳の対象者にスマホの歩数測定機能を用いることによって身体活動量が増加したとの報告もある²⁰⁾。スマホによる歩数測定精度についても歩数計の場合と同様に、低速歩行時における測定精度の低下が報告されている^{21,22)}。また、時速4km台の歩行で誤差を比較すると、時速4.5kmでスマホを手に持ち歩行した場合、18.9%の誤差(スマホの表示と実歩数の平均値から算出)²¹⁾、ズボンのポケットという説明のみで場所の特定ができないが、時速約4.8kmの歩行で6.7%の誤差²³⁾、スマホをズボンの後ポケットで所持した時速約4.7kmの歩行で8%の誤差²²⁾であり、歩数計の場合と同様に所持部位によっても誤差が異なると言える。

以上から、一般的に運動習慣が少ないと言われている若年者のほとんどの者はスマホを利用しており、これを活用して歩数を測定することができる。しかし、若年者がスマホで歩数を測定できるということについてどのように認識しているか、また測定できることを認識していたとしても、実際にスマホによる歩数測定を活用するかといった態度については分かっていない。さらに、歩数計の測定精度は、歩行速度や所持部位によって異なることが報告されているが、スマホの場合は手に持つ、ズボンのポケットに入れるなど限られた条件でしか検討されていない。そこで本研究は、若年者のスマホ所持部位の実態を踏まえてスマホによる歩数測定の誤差検討条件を細かく設定し(スマホの歩数測定に関する予備調査)、その設定をもとに、スマホによる歩数測定の精度を調べることが目的とする(精度実験)。

II. スマホの歩数測定に関する予備調査

1 方法

1) 対象

対象者は、私立大学または国立高等専門学校(4年生=大学1年生相当)に所属する者に対して事前に協力を依頼し、協力を得られた男女440名(男子156名、女子284名、平均年齢 18 ± 1 歳)であった。

2) 手続き

スマホの保有状況や歩数計機能に関する記述式の質問紙調査は集合調査法で実施した。対象者には、調査は無記名回答であり、研究目的に使用し、それ以外の目的では使用されないことを事前に口頭で説明した。また、調査結果を公表する場合、得られたデータは統計処理された後、個人が特定できないよう公表されることを説明した。これらが承諾できる場合のみ調査を実施した。

3) 調査項目

運動習慣について、「週2回(1回30分以上)以上の運動を行っていますか?」という質問に対し、「1年以上続けて行っている」、「1年未満続けて行っている」、「行っていない」の3件法で回答を得た。

スマホの保有状況と機種について、先行研究では大学生の67.0%がiPhone®を、31.5%がiPhone®以外のスマホを保有していると報告されている¹⁸⁾。これに基づき、「現在、スマートフォンを持っていますか?」という質問に対し、「iPhone®(アイ・フォン)を持っている」、「iPhone®以外を持っている」、「持っていない」の3件法で回答を得た。「1日にどれぐらいスマートフォンを利用しますか?」という質問に対し、「5時間以上」、「2~5時間」、「30分~2時間」、「30分以下」の4件法で回答を得た。「スマートフォンは、どこに入れて持ち歩いていますか?」という質問に対し、「ズボンの前ポケット」、「ズボンの後ポケット」、「かばんの中」、「その他」の4件法で回答を得た。なお、その他を選択した場合には、具体的な場所についても回答を得た。

スマホによる歩数測定の認識について、「スマートフォンを利用して歩数が測れることを知っていますか?」という質問に対し、「知っているが正確に測れないと思う」、「知っており正確に測れると思う」、「知らない」の3件法で回答を得た。「もし、スマートフォンを利用して歩数を正確に測ることが出来れば、その機能を使いたいですか?」という質問に対し、「是非使いたい」、「使えるなら使ってみたい」、「あまり使いたくない」、「使いたくない」の4件法で回答を得た。

表1 スマホによる歩数測定の認識に関する質問紙調査の結果(全体)

スマートフォンの種類 $\chi^2 = 586.07, P < 0.01$			
iPhone®	iPhone®以外	持っていない	
384 (87.3%)	55 (12.5%)	1 (0.2%)	
利用時間 $\chi^2 = 310.64, P < 0.01$			
5時間以上	2~5時間	30分~2時間	30分以下
132 (30.0%)	249 (56.6%)	56 (12.7%)	3 (0.7%)
場所 $\chi^2 = 256.07, P < 0.01$			
前ポケット	後ポケット	かばん	その他
220 (50.0%)	40 (9.1%)	162 (36.8%)	18 (4.1%)
歩数計測定の認識 $\chi^2 = 64.022, P < 0.01$			
正確に測れる	正確に測れない	知らない	
216 (49.0%)	145 (33.0%)	79 (18.0%)	
歩数計測定の利用希望 $\chi^2 = 145.36, P < 0.01$			
使いたい	使えるなら	あまり使いたくない	使いたくない
88 (20.0%)	187 (42.5%)	146 (33.2%)	19 (4.3%)

4) 分析方法

各調査項目の集計結果について、質問ごとにカイ二乗適合度検定を実施した。

運動習慣に関する質問に対し、1回30分以上の運動を週2回以上、1年以上継続して行っている者を運動習慣有り群、それ以外の者を運動習慣無し群とし、スマホの使用状況およびスマホによる歩数測定の認識をカテゴリ変数とした、2群間の比較にカイ二乗検定を行った。また、効果量としてCramerのV値を算出し、V値が0.1未満の場合を殆ど無い(Negligible)、0.1以上0.2未満の場合を小さい(Weak)、0.2以上0.4未満の場合を中程度(Moderate)、0.4以上0.6未満の場合を比較的大きい(Relatively strong)、0.6以上0.8未満の場合を大きい(Strong)、そして0.8以上の場合をとて大きい(Very strong)として評価した²⁴⁾。

検定には、統計処理ソフトJ-STAT (ver.12.5) およびjs-STAR (ver.2.0.6j) を用い、統計的有意水準は5%とした。

2 結果

集計の結果、回答に不備のあるものは認められなかった。各質問の集計結果を表1に、運動習慣有り群(n=233)と無し群(n=207)での集計結果を表2に示す。使用しているスマートフォンの種類について、全対象者440名の87.3%(384名)がiPhone®を使用しており、運動習慣の有無で比較した場合、運動習慣有り群の91.8%(214名)、運動習慣無し群の82.1%(170名)がiPhone®を使用しており、有意な差が認められたものの、効果量は小さかった(P<0.01, V=0.15)。

表2 スマホによる歩数測定の認識に関する質問紙調査の結果(運動習慣別)

スマートフォンの種類 $\chi^2 = 9.79, P < 0.01, V = 0.15$			
iPhone®	iPhone®以外	持っていない	
214 ▲ (91.8%)	19 ▼ (8.2%)	0 (0.0%)	
170 ▼ (82.1%)	36 ▲ (17.4%)	1 (0.5%)	
利用時間 $\chi^2 = 2.30, N.S., V = 0.07$			
5時間以上	2~5時間	30分~2時間	30分以下
64 (27.5%)	139 (59.7%)	28 (12.0%)	2 (0.9%)
68 (32.9%)	110 (53.1%)	28 (13.5%)	1 (0.5%)
場所 $\chi^2 = 110.18, P < 0.01, V = 0.50$			
前ポケット	後ポケット	かばん	その他
170 ▲ (73.0%)	11 ▼ (4.7%)	42 ▼ (18.0%)	10 (4.3%)
50 ▼ (24.2%)	29 ▲ (14.0%)	120 ▲ (58.0%)	8 (3.9%)
歩数計測定の認識 $\chi^2 = 4.70, N.S., V = 0.10$			
正確に測れる	正確に測れない	知らない	
113 (48.5%)	70 (30.0%)	50 (21.5%)	
103 (49.8%)	75 (36.2%)	29 (14.0%)	
歩数計測定の利用希望 $\chi^2 = 18.10, P < 0.01, V = 0.20$			
使いたい	使えるなら	あまり使いたくない	使いたくない
31 ▼ (13.2%)	98 (42.1%)	91 ▲ (39.1%)	13 (5.6%)
57 ▲ (27.5%)	89 (43.0%)	55 ▼ (26.6%)	6 (2.9%)

(残差分析: ▲有意に大きい、▼有意に少ない)

スマホの使用状況について、全対象者の56.6% (249名)が1日に2~5時間使用すると回答し、30.0% (132名)が5時間以上、12.7% (56名)が30分~2時間、0.7% (3名)が30分以下であり、運動習慣の有無による有意な差は認められなかった。

スマホの所持部位について、全対象者の50.0% (220名)がズボンの前ポケット、162名 (36.8%)が鞆、40名 (9.1%)がズボンの後ポケットであった。その他の回答として、上着のポケットが11名、手に持つが5名、特に定めていないが2名であった。運動習慣の有無で比較した結果、運動習慣有り群の73.0% (170名)が前ポケットと回答し、4.7% (11名)が後ポケット、18.0% (42名)が鞆であった。運動習慣無し群の24.2% (50名)が前ポケットと回答し、14.0% (29名)が後ポケット、58.0% (120名)が鞆であった。カイ二乗検定の結果、有意な差が認められ、効果量も比較的大きかった ($P < 0.01$, $V = 0.50$)。以上から、本研究の対象者は、ほとんどの者がスマホをズボンの前ポケットか鞆に入れて持ち歩いていた。

スマホによる歩数測定の認識について、全対象者の49.0% (216名)が正確に測定できると思う、33.0% (145名)が正確に測れないと思う、18.0% (79名)が歩数測定の機能を知らないと回答し、運動習慣の有無による有意な差は認められなかった。すなわち、スマホの歩数測定については、運動習慣の有無に関わらず約半数の者が歩数を正確に測れると思うと認識していたが、それ以外の者は正確性に疑問を持つ、もしくは測定できることを知らなかった。

歩数計機能の利用について、全対象者の20.0% (88名)が是非使いたいと回答し、42.5% (187名)が使えるなら使いたい、33.2% (146名)があまり使いたくない、4.3% (19名)が使いたくないと回答した。運動習慣の有無で比較した結果、運動習慣有り群では、55.3%が使用したいと思う(「是非使いたい」と「使えるなら使いたい」の計: 129名)、44.7%が使用したくないと思う(「あまり使いたくない」と「使いたくないの計」: 104名)と回答し、運動習慣無し群では、70.5% (146名)が使用したいと思う、29.5% (61名)が使用したくないと回答し、有意な差が認められ、効果量は中程度であった ($P < 0.01$, $V = 0.20$)。すなわち、運動習慣がない場合でも約7割の者がスマホで歩数を正確に測定できるのであれば、その機能を使用したいと思っていた。

Ⅲ. 精度実験

1 方法

1) 対象

対象者は、認識に関する予備調査の対象者より協力の得られた男女10名 (男子5名、女子5名、平均年齢 22 ± 1 歳)であった。なお、本実験はヘルシンキ宣言の精神に則り行われ、対象者には事前に実験の内容を説明し、実験参加に対する同意を得て実施された。身体的特徴として、身長および体重は、男性で 171.4 ± 7.3 cm および 64.8 ± 7.7 kg、女性で 161.0 ± 3.8 cm および 52.8 ± 8.2 kgであった。

2) 歩数計およびスマホ

歩数計は、比較的安価で家電量販店にて入手可能、かつ歩数の評価に使用された報告のある^{25, 26)}、3軸加速度センサ方式の歩数計 (HJA-307IT、オムロン) (重量25g)を用いた。スマホについて、先述の予備調査の結果や他の調査結果¹⁸⁾ではiPhone®の保有者が多かったため、本研究ではiPhone® (5S, Apple)を利用した。この機種では、M7プロセッサによるモーションデータが記録可能であり、同機種を用いた歩数測定の精度に関する報告^{21, 22)}や実際に歩数測定を活用した報告^{20, 27)}がある。

スマホの裏面に上下が同じ向きになるよう歩数計を貼り付けることで、スマホと歩数計の接触による振動がないようにした。対象者は、スマホと歩数計をズボンの右前ポケット (以下、単に前ポケット)、ズボンの右後ポケット (以下、単に後ポケット)、肩掛け鞆 (以下、鞆)の3部位で所持した。実験中、歩数計とスマホ以外に、ポケットおよび鞆には何も無い状態にした。

3) 歩行条件

本研究の歩行は、緩歩 (時速2km)、普通歩 (時速4km)、そして速歩 (時速6km)の3条件とした。まず、各速度条件で5分間の歩行をトレッドミル (Valiant, Lode) 上で実施した。速度条件の順序は対象者によりランダムとし、条件間の休憩は5~10分設けた。各速度条件の実歩数は、数取器により験者が計測するとともに、デジタルビデオカメラ (Handycam, Sony) により撮影し、歩数を確認した。

トレッドミル歩行から翌日以降、1週間以内に平地での歩行を行なった。対象者は、40mの平坦な歩道を5分間往復して歩行した。歩行速度は、トレッドミル歩行で測定した実歩数を元に、各歩行速度における1分間あたりの歩数を対象者毎に算出し、電子メトロノーム (MA-1, KORIG) の電子音に合わせることで制御した。対象者は予め電子音で歩調を確認した後、任意のタイミ

ングで歩行を開始した。歩行中の実歩数はトレッドミル歩行と同様の方法で測定した。速度条件の順序は対象者によりランダムとし、条件間の休憩は5～10分設けた。

4) 分析方法

各歩行で得られた実歩数とスマホまたは歩数計の表示歩数との誤差を以下の式から求めた。

$$(\text{スマホまたは歩数計の値} - \text{実歩数}) \div \text{実歩数} \times 100$$

なお、各条件で誤差の平均値を求める際は、誤差を絶対値に換算して計算した。スマートウエルネスコミュニティ(SWC)協議会の推奨歩数計認証要綱²⁸⁾では、歩数計による歩数測定の誤差が平均±5%以内であることを、保健事業で正しく歩数計が活用されるための推奨基準の一つとしている。本研究では、この基準に基づき、誤差の平均値が5%以下の場合に「誤差が小さい」とした。

5) 統計処理

歩数計およびスマホの誤差の平均値は、歩行速度による違いと所持部位による違いについて検討するため、トレッドミル条件と平地条件において、歩行速度要因(3水準)×所持部位要因(3水準)の繰り返し二元配置分散分析を実施した。本研究はスマホの歩数測定誤差が小さい(もしくは大きい)条件を調べることが目的のため、交互作用の有意に関わらず、分散分析で有意な主効果の

認められた要因については、Holmの方法による多重比較を実施した。

検定には、統計処理ソフトJ-STAT(ver.12.5)を用い、統計的有意水準は5%とした。

2 結果

トレッドミル歩行における各速度の平均実歩数±標準偏差は、緩歩で335.5±44.3歩、普通歩で559.0±29.2歩、そして速歩で695.9±65.0歩であった。

トレッドミル歩行におけるスマホおよび歩数計の誤差を表3(上部)に、分散分析の結果を表4に示す。歩数計の誤差について、歩行速度要因および所持部位要因の分散分析を行った結果、歩行速度($F(2,18)=79.75, p<0.01$)、所持部位($F(2,18)=6.25, p<0.01$)ともに主効果が有意であり、これらの交互作用も有意であった($F(4,36)=6.56, p<0.01$)。多重比較の結果、歩行速度については普通歩および速歩よりも緩歩で、所持部位については前ポケットよりも後ポケットおよび鞆で、それぞれ有意に大きい誤差を示した。スマホの誤差について、歩行速度要因および所持部位要因の分散分析を行った結果、歩行速度($F(2,18)=9.61, p<0.01$)、所持部位($F(2,18)=13.51, p<0.01$)ともに主効果が有意であり、これらの交互作用も有意であった($F(4,36)=3.28, p<0.05$)。多重比較の結果、歩行速度について

表3 歩数計およびスマホによる歩数測定の実歩数との誤差(%)

	緩歩(実歩数:335.5±44.3歩)			普通歩(実歩数:559.0±29.2歩)			速歩(実歩数:695.9±65.0歩)		
	前ポケット	後ポケット	鞆	前ポケット	後ポケット	鞆	前ポケット	後ポケット	鞆
トレッドミル									
歩数計	46.6 ± 36.5 (2.1 - 100)	73.2 ± 24.0 (29.4 - 100)	80.3 ± 17.0 (39.5 - 100)	0.9 ± 1.2 (0.0 - 4.2)	2.2 ± 2.9 (0.0 - 8.1)	1.1 ± 0.7 (0.2 - 2.4)	2.0 ± 2.0 (0.0 - 6.8)	3.9 ± 4.4 (0.0 - 12.5)	1.5 ± 2.2 (0.0 - 6.9)
スマートフォン	12.0 ± 14.9 (0.3 - 44.1)	38.9 ± 27.4 (1.7 - 82.9)	24.9 ± 30.2 (0.3 - 78.7)	3.4 ± 5.4 (0.2 - 18.9)	13.5 ± 15.0 (0.2 - 45.7)	1.8 ± 2.7 (0.2 - 9.6)	1.2 ± 2.3 (0.0 - 8.0)	3.5 ± 3.7 (0.1 - 10.5)	1.9 ± 2.8 (0.2 - 8.3)
平地									
歩数計	28.3 ± 23.6 (0.2 - 62.9)	29.7 ± 30.3 (0.6 - 94.0)	47.7 ± 34.1 (11.3 - 94.4)	3.2 ± 5.3 (0.2 - 17.0)	7.8 ± 10.2 (0.2 - 32.8)	1.4 ± 1.0 (0.0 - 3.6)	3.7 ± 1.9 (1.0 - 5.9)	4.6 ± 7.6 (0.0 - 26.6)	1.8 ± 1.7 (0.1 - 5.9)
スマートフォン	21.0 ± 20.0 (0.9 - 67.8)	48.5 ± 38.7 (4.6 - 110)	27.5 ± 31.7 (1.13 - 68.5)	0.9 ± 1.3 (0.0 - 4.6)	10.2 ± 13.4 (0.2 - 37.6)	1.9 ± 2.6 (0.3 - 8.1)	2.0 ± 1.7 (0.6 - 6.0)	6.1 ± 10.6 (0.3 - 37.3)	2.2 ± 1.8 (0.1 - 5.9)

■ : 誤差の平均値が5%以下だった条件

■ 誤差の平均値が標準偏差の範囲を含めても5%以下の条件
カッコ内は各条件の最小誤差と最大誤差

表4 歩数計およびスマホによる歩数測定誤差の分散分析結果

	歩行速度	所持部位	交互作用
トレッドミル			
歩数計	$F(2, 18) = 79.75^*$ (緩歩 > 普通歩 緩歩 > 速歩)	$F(2, 18) = 6.25^{**}$ (前ポケケ > 後ポケケ 前ポケケ > 鞆)	$F(4, 36) = 6.56^{**}$
スマートフォン	$F(2, 18) = 9.61^{**}$ (緩歩 > 普通歩 緩歩 > 速歩)	$F(2, 18) = 13.51^{**}$ (後ポケケ > 前ポケケ 後ポケケ > 鞆)	$F(4, 36) = 3.28^{**}$
平地			
歩数計	$F(2, 18) = 27.61^{**}$ (緩歩 > 普通歩 緩歩 > 速歩)	$F(2, 18) = 1.09$	$F(4, 36) = 2.12$
スマートフォン	$F(2, 18) = 16.12^{**}$ (緩歩 > 普通歩 緩歩 > 速歩)	$F(2, 18) = 4.36^*$ (後ポケケ > 前ポケケ 後ポケケ > 鞆)	$F(4, 36) = 1.33$

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$

カッコ内は多重比較の結果、有意差($P < 0.05$)があったものを示す。

は普通歩および速歩よりも緩歩で、所持部位については前ポケットおよび鞆よりも後ポケットで、それぞれ有意に大きい誤差を示した。

誤差の平均値が5%以下だった条件(薄い網掛け)および、誤差の平均値が標準偏差の範囲を含めても5%以下の条件(濃い網掛け)を表中に示した。緩歩条件で該当するものはなく、普通歩以上の速度では、スマホの後ポケット以外で平均誤差が5%以下であり、前ポケット(スマホの普通歩を除く)や鞆では、平均誤差が標準偏差を含めても5%以下であった。トレッドミル歩行では、歩数計の場合、普通歩以上の速度で、前ポケット、後ポケットおよび鞆、いずれの条件でも実歩数との誤差が小さく、特に前ポケットおよび鞆で、より誤差が小さかった。スマホの場合は、速度にかかわらず、後ポケットは誤差が大きく、普通歩以上の速度では、前ポケットや鞆で誤差が比較的小さかった。

平地歩行におけるスマホおよび歩数計の誤差を表3(下部)に、分散分析の結果を表4に示す。歩数計の誤差について、歩行速度要因および所持部位要因の分散分析を行った結果、歩行速度のみ主効果が有意であり($F(2,18)=27.61, p<0.01$)、交互作用は認められなかった($F(4,36)=2.12$)。多重比較の結果、普通歩および速歩よりも緩歩で有意に大きい誤差を示した。スマホの誤差について、歩行速度要因および所持部位要因の分散分析を行った結果、歩行速度($F(2,18)=16.12, p<0.01$)、所持部位($F(2,18)=4.36, p<0.05$)ともに主効果が有意であったが、これらの交互作用は認められなかった($F(4,36)=1.33$)。多重比較の結果、歩行速度については普通歩および速歩よりも緩歩で、所持部位については前ポケットおよび鞆よりも後ポケットで、それぞれ有意に大きい誤差を示した。

誤差の平均値が5%以下だった条件(薄い網掛け)および、誤差の平均値が標準偏差の範囲を含めても5%以下の条件(濃い網掛け)を表中に示した。緩歩条件で該当するものはなく、普通歩以上の速度では、歩数計の前ポケットで平均誤差が5%以下であり、スマホの前ポケットやスマホおよび歩数計の鞆では、平均誤差が標準偏差を含めても5%以下であった。速歩の場合、歩数計の後ポケットで平均誤差が5%以下であったが、それ以外での後ポケットでは平均誤差が5%以上であった。平地歩行では、スマホおよび歩数計、いずれも普通歩以上の速度で前ポケットおよび鞆で実歩数との誤差が小さく、歩数計の速歩の場合以外で後ポケットは誤差が大きかった。

IV. 考察

本研究は、若年者を対象にスマホによる歩数測定の実験や所持部位に関する調査を行い、スマホによる歩数測定の精度を調べた。

トレッドミルにおける実歩数との誤差は、スマホおよび歩数計いずれも、歩行速度、所持部位ともに主効果が有意であり、これらの交互作用も有意であった。一方、平地での誤差は、歩行速度や所持部位で主効果が有意なものもあったが、これらの交互作用は認められなかった。特に速歩の場合、後ポケットにおいて、トレッドミルでは平均5%以下の誤差なのに対して、平地ではスマホで5%以上の誤差であった。トレッドミルと平地での歩行を比較した従来の研究では、両者で違いが認められなかった、もしくは違いがあったとしても非常に小さかったと報告される^{29,30}。一方で、歩幅、ケイデンス、体幹の動きなどに影響するとも報告されている³¹⁻³⁶。両歩行の違いは小さかったとする報告でも、違いは歩行速度に依存し、立脚中期の床反力は時速約4km程度で差は認められないが、時速約5~6kmの場合、トレッドミルで有意に大きくなると報告されている³⁰。スマホによる歩数測定精度を調べた報告はトレッドミルでの歩行で検討されたものもある²³。しかし、歩数測定精度がトレッドミルと平地とで異なるという本研究結果から、実生活における歩数測定機能の利用を想定すると、平地歩行での検討がより適切であると言える。本研究はトレッドミルと平地での歩数測定精度の違いについて調べることが目的ではないため、これ以降は平地での結果について考察を行う。

スマホによる歩数測定の精度について、本研究でのスマホによる歩数測定は、いずれの部位でも緩歩の場合に誤差が大きく(表3)、ほとんどの場合で5%以上の誤差を示した。これは加速度センサを用いた歩数計¹¹⁻¹⁴や本研究と同機種のスマホ^{21,22}を用いたこれまでの研究結果と同様であり、低速歩行では垂直方向の加速度が小さいため精度が低下する¹¹と考えられる。一方、普通歩以上の速度では、前ポケットおよび鞆で誤差は小さかったが、後ポケットでは誤差が大きかった。本研究と同機種のスマホを用い、後ポケットで測定した研究では、時速約4.7kmおよび約6.5kmの平地歩行で、誤差が8%および4%と報告されており²²、本研究にける後ポケットでの誤差(時速4kmで10%および時速6.0kmで6%)と比べると、やや小さい。SWC協議会²⁸では、日常の歩行環境下で、100歩以上の実歩数と歩数計の計測値との比較を、複数人を対象として100人(回)以上実施し、その差が平均±5%以内であることを、保健事業で正しく歩数計が活用されるための歩数計推奨基準の一つ

としている。SWC協議会の評価方法とは異なるが、普通歩程度の場合、後ポケットでは、Majorら²²⁾の報告で4%の誤差、本研究で6%の誤差であり、SWC協議会の基準が満たされる場合もあると言える。一方、本研究では、普通歩以上の場合、前ポケットや鞆で、標準偏差の範囲を含めても5%以下の誤差であり、これらの部位であればSWC協議会の推奨基準²⁸⁾を満たす歩数測定が可能と言える。すなわち、普通歩行以上の速度であれば、スマホを前ポケットや鞆で所持すれば精度の高い歩数測定が可能と言え、後ポケットでは精度の高い測定が可能なる場合もあると言える。

認識に関する調査において、スマホによる歩数の測定の正確性に疑問を持つ者や歩数を測定できることを知らなかった者は、対象者全体の51.0%であった。一方、運動習慣がない対象者の70.5%は、スマホで歩数を正確に測定できるのであれば、その機能を使用したいと思っていた。現在、厚生労働省では、「健康づくりのための身体活動基準2013」で定められた身体活動基準を達成するための実践手立てとして、ガイドライン「アクティブガイド」を示している³⁷⁾。これは、身体活動を増やし運動習慣を確立する行動変容の工夫や情報提供ツールとしての要素が強調されており、初期段階として、個人の身体活動状況等に「気づき」、行動を「始める」事が挙げられている³⁷⁾。実際に、歩数計などを所持すると、歩数などの活動量が確認でき、セルフモニタリングで動機づけが高まることにより活動量が増加すると報告されている^{7,38)}。本研究対象者のスマホ所有率は99.8%と、同世代を対象とした他の報告と同様に高く^{18,19)}、若年者にとって身近なデバイスであると言える。そのため、スマホによる歩数測定が現行品でも所持部位によっては高精度であるという情報を普及させ、ホーム画面やよく使用するアプリの起動画面に歩数を表示させるなど、具体的な活用方法を今後検討していくことで、スマホによる歩数を基にした身体活動量の提示により、若年者が自身の身体活動に「気づく」、セルフモニタリングのツールに繋がる可能性があると言える。

本研究は、スマホによる歩数測定を活用することによって、若年者が歩数を基にした身体活動量のセルフモニタリングのツールになり得ることを示した。今回は予備調査等から、精度実験ではiPhone[®]を利用したが、スマホは機種により搭載されている加速度センサが異なるため、今後は他機種での検討も必要である。また、所持部位による精度の違いについては、各部位の加速度信号を測定・比較するなどして、どのような要因により誤差が異なるのかを明らかにする必要がある。この所持部位について、本研究では普段の所持部位を質問したが、身

に纏う衣類の形状などにより所持部位が異なることもあり、常に一定の部位でスマホを所持するとは限らない。近年、スマホに搭載されている加速度、ジャイロ、照度センサなどからの情報を用いてスマホの所持位置を推定する試みが報告されている³⁹⁾。将来的には、このような技術が組み合わさることで、所持部位を判別し、部位に応じた測定誤差の補正により、所持部位に関わらず精度の高い歩数測定に繋がるのが期待される。

V. まとめ

本研究は、若年者を対象にスマホによる歩数測定の認識や所持部位に関する調査を行い、その結果をもとに、スマホによる歩数測定の精度を調べた。

その結果、対象者の99.8%がiPhone[®]を使用しており、86.8%がズボンの前ポケットか鞆に入れて持ち歩いていた。スマホの歩数測定については、49.0%の者が歩数を正確に測れると思うと認識していたが、それ以外の者は正確性に疑問を持つ、もしくは測定できることを知らなかった。この結果から、若年者の多くがスマホを利用しているが、スマホによる歩数測定が可能なることを知らない者も多数いた。しかし、運動習慣がない場合でも、70.5%の者がスマホで歩数を正確に測定できるのであれば、その機能を使用したいと思っていた。そのため、スマホによる歩数を基にした身体活動量の提示により、身体活動の状況を認識させるツールになり得る可能性がある。

スマホによる歩数測定の精度は、普通歩(時速4km)以上の速度で、前ポケットおよび鞆に入れた場合に実歩数との誤差が小さく、速度に関わらず、後ポケットは誤差が大きかった。このことから、現行のスマホでも時速4km以上の歩行であれば歩数を正確に測定することができるが、所持部位に留意しなければならないことが示唆された。

利益相反

本研究では利益相反に相当する事項はない。

文献

- 1) Paffenbarger RS Jr, Hyde RT, Wing AL, et al: The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *New Engl J Med*, 1993; 328: 538-545.
- 2) Wen CP, Wai JP, Tsai MK, et al: Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study. *Lancet*, 2011; 378: 1244-1253.

- 3) 厚生労働省：平成29年国民健康・栄養調査報告。
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou/dl/h28-houkoku.pdf> (参照日2018年12月15日)。
- 4) Conroy MB, Cook NR, Manson JE, et al.: Past physical activity, current physical activity, and risk of coronary heart disease. *Med Sci Sports Exerc*, 2005; 37: 1251-1256.
- 5) Lee IM, Buchner DM: The importance of walking to public health. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; 40: S512-S518.
- 6) Hayashi T, Tsumura K, Suematsu C, et al.: Walking to work and the risk for hypertension in men. *Ann Intern Med*, 1999; 131: 21-26.
- 7) Bravata DM, Smith-Spangler C, Sundaram V, et al.: Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic review. *JAMA*, 2007; 298: 2296-2304.
- 8) Richardson CR, Newton TL, Abraham JJ, et al.: A meta-analysis of pedometer-based walking interventions and weight loss. *Ann Fam Med*, 2008; 6: 69-77.
- 9) Kumahara H, Ishii K, Tanaka H. Physical Activity Monitoring for Health Management: Practical Techniques and Methodological Issues. *Int J Sports Health Sci*, 2006; 4: 380-393.
- 10) 牧川方昭：加速度センサを用いた日常身体活動のモニタリング. *生体医工学*, 2016; 54: 96-103.
- 11) Crouter SE, Schneider PL, Karabulut M, et al.: Validity of 10 electronic pedometers for measuring steps, distance, and energy cost. *Med Sci Sports Exerc*, 2003; 35: 1455-1460.
- 12) Cyarto EV, Myers A, Tudor-Locke C: Pedometer accuracy in nursing home and community-dwelling older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 2004; 36: 205-209.
- 13) Le Masurier GC, Lee SM, Tudor-Locke C.: Motion sensor accuracy under controlled and free-living conditions. *Med Sci Sports Exerc*, 2004; 36: 905-910.
- 14) Melanson EL, Knoll JR, Bell ML, et al.: Commercially available pedometers: considerations for accurate step counting. *Prev Med*, 2004; 39: 361-368.
- 15) De Cocker KA, De Meyer J, De Bourdeaudhuij IM, et al.: 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: 418-424.
- 16) Park W, Lee VJ, Ku B, et al.: Effect of walking speed and placement position interactions in determining the accuracy of various newer pedometers. *J Exercise Sci Fitness*, 2014; 12: 31-37.
- 17) Zhu W, Lee M.: Invariance of wearing location of Omron-BI pedometers: a validation study. *J Phys Act Health*, 2010; 7: 706-717.
- 18) 株式会社マイナビ：2018年卒マイナビ大学生のライフスタイル調査. <https://saponet.mynavi.jp/release> (参照日2018年4月1日)。
- 19) 総務省：平成28年情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査. http://www.soumu.go.jp/main_content/000492877.pdf (参照日2018年4月1日)。
- 20) Harries T, Eslambolchilar P, Rettie R: Effectiveness of a smartphone app in increasing physical activity amongst male adults: a randomized controlled trial. *BMC Public Health*, 2016; 16: 925.
- 21) Orr K, Howe HS, Omran J, et al.: Validity of smartphone pedometer applications. *BMC research notes*, 2015; 8: 733.
- 22) Major MJ, Alford M: Validity of the iPhone M7 motion co-processor as a pedometer for able-bodied ambulation. *J Sports Sci*, 2016; 34: 2160-2164.
- 23) Case MA, Burwick HA, Volpp KG, et al.: Accuracy of smartphone applications and wearable devices for tracking physical activity data. *JAMA*, 2015; 313: 625-626.
- 24) Kotrlik JW, Williams HA: The incorporation of effect size in information technology, learning, and performance research. *Inf Technol Learn Perform J*, 2003; 21: 1-7.
- 25) 鈴木亮二, 酒巻哲夫：同日複数科受診患者と移動距離の比較によるフロアレイアウトの考察. *医療情報学*, 2014; 34: 233-242.
- 26) Yamauchi K, Katayama T, Yamauchi T, et al.: Efficacy of a 3-month lifestyle intervention program using a Japanese-style healthy plate on body weight in overweight and obese diabetic Japanese subjects: a randomized controlled trial. *Nutr J*, 2014; 13: 108.
- 27) Nakashima R, Maruyama T: Gamification Approach to Smartphone-app-based Mobility Management Mobility. *Transp Res Procedia*, 2017; 25: 2344-2355.
- 28) スマートウエルネスコミュニティ協議会：SWC 推

- 歩数計 認証要綱. <https://www.swc-kyogikai.jp>
(参照日2018年5月1日).
- 29) Riley PO, Paolini G, Della Croce U, et al.: A kinematic and kinetic comparison of overground and treadmill walking in healthy subjects. *Gait Posture*, 2007; 26: 17-24.
- 30) White SC, Yack HJ, Tucker CA, et al.: Comparison of vertical ground reaction forces during overground and treadmill walking. *Med Sci Sports Exerc*, 1998; 30: 1537-1542.
- 31) Alton F, Baldey L, Caplan S, et al.: A kinematic comparison of overground and treadmill walking. *Clin Biomech*, 1998; 13: 434-440.
- 32) Dingwell JB, Cusumano JP, Cavanagh PR, et al.: Local dynamic stability versus kinematic variability of continuous overground and treadmill walking. *J Biomech Eng*, 2001; 123: 27-32.
- 33) Hollman JH, Watkins MK, Imhoff AC, et al.: A comparison of variability in spatiotemporal gait parameters between treadmill and overground walking conditions. *Gait Posture*, 2016; 43: 204-209.
- 34) Lee SJ, Hidler J: Biomechanics of overground vs. treadmill walking in healthy individuals. *J Appl Physiol*, 2008; 104:747-755.
- 35) Murray MP, Spurr GB, Sepic SB, et al.: Treadmill vs. floor walking: kinematics, electromyogram, and heart rate. *J Appl Physiol*, 1985; 59: 87-91.
- 36) Terrier P, Dériaz O: Kinematic variability, fractal dynamics and local dynamic stability of treadmill walking. *J Neuroeng Rehabil* 2011; 8: 12.
- 37) 宮地元彦: 身体活動基準2013とアクティブガイド策定の経緯と概要. *体力科学*, 2014; 63: 2.
- 38) Clemes SA, Parker RA: Increasing our understanding of reactivity to pedometers in adults. *Med Sci Sports Exerc*, 2009; 41: 674-680.
- 39) 長谷川達人, 越野亮: 深層学習を用いた歩行時におけるスマートフォンの所持位置推定. *情報処理学会論文誌*, 2016; 57: 2186-2196.