

## 【原 著】

# WEB を用いた身体活動測定システムの 3 軸加速度計による妥当性

難波 秀行<sup>1)</sup> 黒坂 裕香<sup>1)</sup> 湊 久美子<sup>1)</sup>  
山田 陽介<sup>2)</sup> 木村みさか<sup>3)</sup>

1) 和洋女子大学健康栄養学類 2) 国立健康・栄養研究所  
3) 京都学園大学バイオ環境学部

**【要約】目的：**我々は、これまでに Web を用いた身体活動測定システムを開発してきた。本研究では、3 軸加速度計を妥当性の基準として身体活動測定システムの課題や特徴を明らかにすることを目的とした。

**方法：**対象者は 20～22 歳の女性 75 人であった。就寝前にコンピュータを使って 1 日の行動を振り返り 7 日間毎日入力させた。調査結果は Web サーバーに集められ、15 分ごとに記録された行動記録の活動強度を集計した。3 軸加速度計をシステムの入力日に合わせて腰部前方に装着させた。

**結果：**身体活動測定システムと 3 軸加速度計による総エネルギー消費量 (TEE)、活動エネルギー消費量 (AEE)、身体活動レベル (PAL) のそれぞれの間に  $r=0.875$  ( $p<0.01$ )、 $r=0.773$  ( $p<0.01$ )、 $r=0.715$  ( $p<0.01$ ) の有意な高い相関関係がみられた。一方、身体活動測定システムによる TEE、AEE、PAL は、いずれも 3 軸加速度計に比較して有意 ( $p<0.05$ ) に高い値を示した。強度別時間の比較で、本システムのデータは 3 軸加速度計に比較して、3 METs 以上では過大評価し、1.6～2.9 METs では過小評価していた。強度別時間の相関では、3.0 METs 以上では  $r=0.495$  ( $p<0.01$ ) の有意な関連が認められたが、1.6～2.9 METs、4 METs 以上では有意な関連が認められなかった。

**結論：**本システムは多人数に対して同時一斉に身体活動量を高い妥当性で評価することが可能であるが、加速度計による平均値との比較では有意差がみられたことから、強度別、行動内容別に更なる検討が必要であると考えられた。

**Key words：**身体活動、Web システム、加速度計、行動記録、自己申告

## 1. 緒 言

一定の身体活動量を保つことは、生活習慣病を予防し健康を維持するための重要な要素の 1 つである<sup>1-3)</sup>。特に近年、身体不活動は全世界の死亡者数に対する 4 番目の危険因子(リスクファクター)として認識されており<sup>4)</sup>、WHO の「健康のための身体活動に関する国際勧告 2010」<sup>5)</sup>では、18～64 歳に分類される成人は、週当たり 150 分の中強度の有酸素性身体活動、または週当たり 75 分の高強度の有酸素性身体活動が推奨されている。我が国の「運動指針 2006」を引き継いで改訂された「身体活動基準 2013」<sup>6)</sup>では 18～64 歳において、強度

が 3 METs 以上の身体活動を 23 METs・時/週行うこと、運動量の基準として強度が 3 METs 以上の運動を 4 METs・時/週行うことが示されている。

このように具体的なガイドラインが公表されているにもかかわらず、「平成 24 年国民健康・栄養調査」<sup>7)</sup>によると、我が国の過去 10 年の平均歩数は減少傾向を示し、1 回 30 分以上の運動を週 2 回以上 1 年以上続けている運動習慣者の割合は 3 割程度で推移している。身体活動が低水準である原因にはさまざまなことが挙げられ、近隣環境の影響として住宅密度が低いこと、お店へのアクセスが悪いこと、歩道がないことが報告されている<sup>8)</sup>。更に、交通手段の影響として自家用車の輸送割合が高いほど糖尿病の患者が多いこと<sup>9)</sup>、職種間の比較ではデスクワークや運転に従事するのは身体活動が低水準であること<sup>10)</sup>、地域住民において身体活動の基準値の理解度が極めて低いこと<sup>11)</sup>に加え、自身の身体活動を容易に評価できる

連絡先：難波秀行，和洋女子大学生生活科学系運動生理学研究室，〒272-0827 千葉県市川市国府台 2-3-1，  
h-nanba@wayo.ac.jp

投稿日：2014 年 10 月 31 日，受理日：2014 年 12 月 25 日

機会や仕組みが少ないことも一因ではないかと考えられる。これまで、身体活動量の評価には行動観察法、質問紙による思い出し法、心拍数モニタリング法、加速度計、二重標識水(doubly labeled water; DLW)法などその利用目的に応じて開発が進められてきた<sup>12)</sup>。それぞれの評価方法に利点と欠点があり、DLW法は測定精度に優れているが、コスト面や飲水、尿サンプルの回収などの手間から大規模調査には向いていないとされ、質問紙法はコストパフォーマンスに優れており、大規模調査や疫学的研究には向いているが、妥当性が低く個々の身体活動を評価するうえでは課題があることが指摘されている<sup>13)</sup>。

多人数に対して精度よく身体活動を評価するために、我々はWebを利用した行動記録法による身体活動測定システムを開発してきた<sup>14-16)</sup>。このシステムの特徴は、就寝前に1日の行動を振り返り、15分ごとの行動内容を10分弱で入力できる仕組みである。初期に開発したシステムでは、文字情報の行動記録を選択する方式をとり、このシステムの測定精度は、ゴールドスタンダードとされるDLW法による7日間の総エネルギー消費量(total energy expenditure; TEE)と $r=0.874$ ( $p<0.01$ ,  $n=20$ )の関連を認めている<sup>14)</sup>。次にこのシステムを改良したWeb画面上のイラストによる行動記録法を用いて2,298人の身体活動量と行動内容を同時一斉に評価し、交通行動と身体活動の関係について分析結果を報告し<sup>15)</sup>、更に子どもに特徴づけられる行動内容をシステムに追加することにより青少年の行動記録と身体活動量についてデータ収集し、親子の身体活動の関係について報告した<sup>16)</sup>。本システムはインターネットにアクセスできる環境があれば世界中どこでも利用できるため、本システムを用いれば多くの人々が自身の身体活動量を知ることができ、疫学研究や地域介入研究の効果検証にも応用できる可能性がある。

先に述べたように過去に本システムのプロトタイプではDLW法と高い相関が認められたが、DLW法は1~2週間の合計のエネルギー消費量しか知ることができない<sup>17)</sup>。しかしながら、3軸加速度計を用いるとDLW法では得られない情報として、運動強度別の検討が可能となる。そこで本研究では3軸加速度計による合成加速度から推定されたMETs値を妥当性の基準として、推定エネルギー消費量の関連性の検討に加え、運動強度別の時間の検討を行い、本システムによる身体活動

測定の課題や特徴を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

### 2-1. 対象者

管理栄養士養成課程に所属する女子大学生129人に調査を依頼し、85人が実験に協力し、調査時期は2013年12月~2014年1月の通常授業が行われている1週間であった。そのうち以下に示す除外基準に従い、身体活動測定システムの妥当性を検討するために用いた対象者は、20~22歳の75人(平均年齢 $20.8\pm 0.4$ 歳、平均BMI $20.5\pm 2.8$ kg/m<sup>2</sup>)であった。分析対象から除外した基準は、身体活動測定システムによる24時間の行動記録が週4日に満たない者、行動記録と同日の3軸加速度計の装着時間が1日10時間に満たない者とした。対象者に対し本調査の趣旨、参加は自由意思であること、プライバシーと匿名性は厳守されることを説明し同意を得た。調査実施前に和洋女子大学ヒトを対象とする生物学的研究・疫学的研究に関する倫理委員会の承認を得た(第1306号)。

### 2-2. 評価項目

#### 2-2-1. 身体活動測定システム

調査に用いた身体活動測定システム lifestyle 24.jpは、24時間振り返り行動記録法<sup>18)</sup>を参考に、15分ごとの行動内容を「仕事・学業」、「通勤・通学などの移動」、「家または余暇の活動」、「運動・スポーツ」の4カテゴリー91種類の行動のイラストと24時間のタイムラインからなる。サンプル画面を図1に示した。左側のイラストから思い出し法により実際に行った行動を選択して、画面右側に表示されるタイムラインへドラッグ&ドロップすることにより入力する仕組みである。就寝前に1日の行動を振り返り、7日間毎日入力させた。91種類の行動内容は、先行研究<sup>18)</sup>の31種類に「2010年国民生活時間調査」<sup>19)</sup>、「スポーツライフデータ」<sup>20)</sup>を参考に日本成人のライフスタイルに多く見られるものを加え、Ainsworth et al.<sup>21)</sup>の行動と運動強度の対応表より運動強度を決定した。回答結果はWebサーバーで一元管理され15分ごとの行動内容に割り当てられた各々の活動強度に基づき、総エネルギー消費量(TEE)の算出には、「基礎代謝量(basal metabolic rate; BMR)×24時間平均METs×1.1÷0.9」<sup>22)</sup>の式を用いた。上記の式



図1 身体活動測定システムのサンプル画面「lifestyle24.jp」

における 1.1 は食事誘発性体熱産生 (diet intake thermology; DIT) を除く座位安静時代謝量は BMR よりも約 10% 高いこと、DIT は TEE の約 10% であることを考慮している。活動エネルギー消費量 (activity energy expenditure; AEE) の算出には、「 $TEE \times 0.9 - BMR$ 」の式を用いた。AEE の算出においても DIT は TEE の約 10% であることを考慮した。身体活動レベル (physical activity level; PAL) の算出には「24 時間平均 METs  $\times 1.1 \div 0.9$ 」の式を用いた。基礎代謝量の計算は国立健康・栄養研究所の式<sup>23)</sup>「 $(0.1238 + (0.0481 \times \text{体重 kg}) + (0.0234 \times \text{身長 cm}) - (0.0138 \times \text{年齢}) - \text{性別}^*) \times 1000 / 4.186$ 」を用いて算出した。

\*1: 男性=0.5473×1, 女性=0.5473×2

### 2-2-2. 3 軸加速度計

3 軸加速度計 Active Style Pro (HJA-350IT, オムロンヘルスケア, 京都) を身体活動測定システムの入力日に合わせて 7 日間、腰部に装着させた。睡眠時および入浴時以外は常に装着するよう指示をした。また、記録用紙を配布し、つけ忘れや風邪等で寝込んだ時間帯など特別な日があれば記録するよう指示をした。

加速度計から得られたデータ処理の条件設定として、epoch length (何秒単位でデータを収集するかという条件) は 60 秒とした。60 秒単位で収集された鉛直方向、前後方向、左右方向の合成加速度

から推定された活動強度 (METs) の分析条件として、「60 分以上のゼロカウント (検出閾値以下の活動強度) が続いた時間を非装着時間」とし、装着時間は 24 時間から非装着時間を減ずることで求め、1 日の装着時間が 10 時間以上であるデータを採用した。

24 時間の平均 METs の算出には、非装着時間のうち睡眠時間を 0.9 METs とし、それ以外の非装着時間は 1.3 METs とした。睡眠時間は身体活動測定システムへの入力データを利用した。TEE の算出には、「 $BMR \times 24 \text{ 時間平均 METs} \times 1.1 \div 0.9$ 」の式<sup>22)</sup>を用い、AEE の算出には、「 $TEE \times 0.9 - BMR$ 」の式を用いた。PAL の算出には「24 時間平均 METs  $\times 1.1 \div 0.9$ 」の式を用いた。

### 2-3. 解析方法

対象者の身体的特徴、TEE、AEE、PAL は、平均値 ± 標準偏差で示した。身体活動測定システムと 3 軸加速度計から得られた TEE、AEE、PAL の平均値の比較、および活動強度別の時間の比較には対応のある t 検定を行った。

身体活動測定システムと 3 軸加速度計から得られた TEE、AEE、PAL の相関関係を検討するために、Pearson の相関係数を算出し、Bland-Altman plots を用いて PAL の系統誤差を検討した。統計解析は SPSS ver.20 IBM (IBM Corporation, Somers,

NY, USA)を用い、統計学的有意水準を5%未満とした。

### 3. 結果

#### 3-1. 分析に採用したデータ

調査協力者 85 人のうち身体活動測定システムへ1週間に4日以上24時間の行動記録がある者が78人であり、そのうち3軸加速度計の装着時間が1日10時間以上をクリアしていない3人を除いた75人を分析対象とした。対象者の身体的特徴を表1に示した。身体活動測定システムによる総エネルギー消費量(TEE)、活動エネルギー消費量(AEE)、身体活動レベル(PAL)の平均値と標準偏差は、それぞれ2,192±308 kcal, 803±212 kcal, 1.87±0.18であった。一方、3軸加速度計によるTEE, AEE, PALの平均値と標準偏差はそれぞれ1,989±245 kcal, 619±141 kcal, 1.70±0.11で、身体活動測定システムによるTEE, AEE, PALはいずれも3軸加速度計と比較して有意(p<0.05)に高い値を示した。

#### 3-2. 強度別の時間比較

図2に身体活動測定システムによる強度別の全対象者における平均時間を示した。1.5 METs以下の座位時間は11時間39分(71%)で、1.6~2.9 METs

の低強度は2時間05分(13%)、3.0~3.9 METsの中強度は2時間08分(13%)、4.0 METs以上の中高強度は32分(3%)であった。また、平均睡眠時間は7時間37分であった。図3に身体活動測定システムと3軸加速度計による強度別の時間比較を示した。3 METs以上の時間において、身体活動測定システムでは2時間39分±1時間35分に対し、3軸加速度計では1時間05分±24分で有意差(p<0.05)がみられ、一方、1.6~2.9 METsの低強度時間において、身体活動測定システムでは2時間05分±53分に対して、3軸加速度計では4時間03

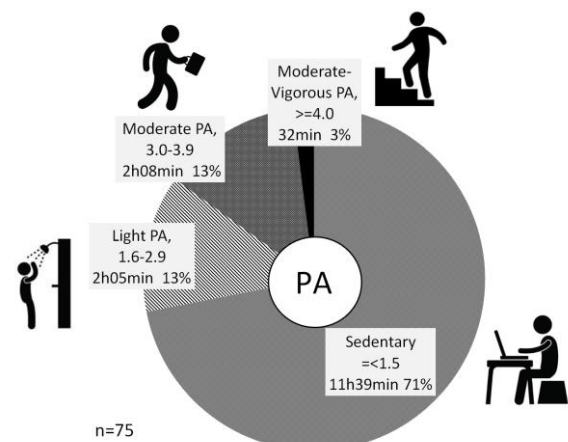


図2 身体活動測定システムによる全対象者の強度別の平均時間

表1 身体的特徴および身体活動量

	Female (n=75)	range	p value
<b>General Characteristics</b>			
Age (year)	20.8 ± 0.4	20 - 22	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	20.5 ± 2.8	16.1 - 34.9	
Weight(kg)	51.0 ± 8.4	37.0 - 95.0	
Height (cm)	157.6 ± 5.1	147.4 - 171	
predicted BMR (kcal)	1170 ± 113	969 - 1719	
<b>Web-based Measurement</b>			
TEE <sub>WEB</sub> (kcal/day)	2192 ± 308	1622 - 3589	<0.05 vs TEE <sub>ACC</sub>
AEE <sub>WEB</sub> (kcal/day)	803 ± 212	471 - 1510	<0.05 vs AEE <sub>ACC</sub>
PAL <sub>WEB</sub>	1.87 ± 0.18	1.61 - 2.50	<0.05 vs PAL <sub>ACC</sub>
<b>Tri-axial Accelerometer</b>			
TEE <sub>ACC</sub> (kcal/day)	1989 ± 245	1558 - 3320	
AEE <sub>ACC</sub> (kcal/day)	619 ± 141	383 - 1269	
PAL <sub>ACC</sub>	1.70 ± 0.11	1.48 - 1.97	

分±1 時間 22 分と有意差 ( $p<0.05$ ) がみられた。4 METs 以上の時間には有意差はみられず、1.0~1.5 METs の時間には身体活動測定システムが 11 時間 39 分 ±2 時間 00 分、3 軸加速度計が 11 時間 14 分 ±1 時間 48 分で「身体活動測定システム」が有意 ( $p<0.05$ ) に長かった。

### 3-3. 強度別時間の相関

表 2 に身体活動測定システムと 3 軸加速度計による強度別時間の相関行列を示した。身体活動測定システムと 3 軸加速度計から得られた各強度別時間の相関係数は、1.0~1.5 METs では  $r=0.812$  ( $p<0.01$ )、1.6~2.9 METs では  $r=0.210$ 、3.0 METs 以上では  $r=0.495$  ( $p<0.01$ )、4.0METs 以上では  $r=-0.199$  であった。また、3 軸加速度計による 1.6 ~2.9 METs の時間は、身体活動測定システムによ

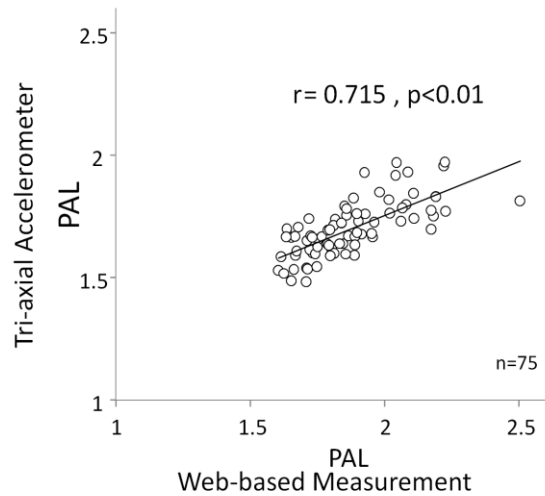


図 4 身体活動測定システムと 3 軸加速度計による PAL の相関図

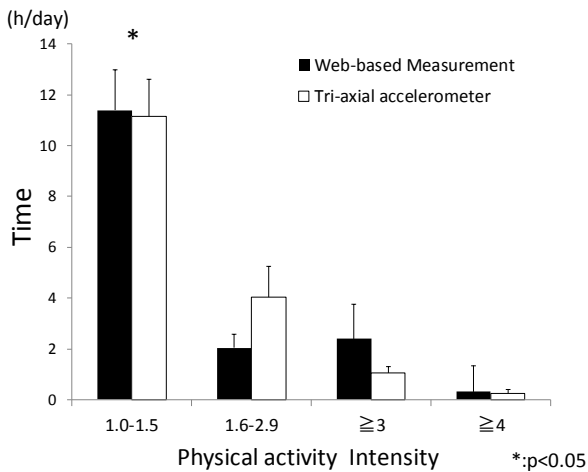


図 3 身体活動測定システムと 3 軸加速度計による強度別の時間比較

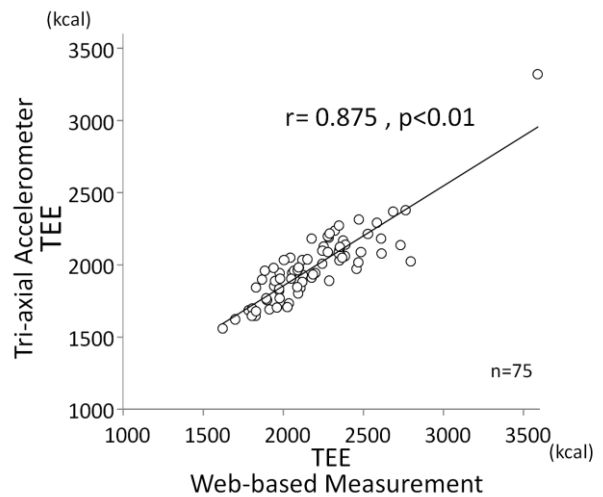


図 5 身体活動測定システムと 3 軸加速度計による TEE の相関図

表 2 身体活動測定システムと 3 軸加速度計による強度別時間の相関行列

	Web-based Measurement			
	1.0-1.5 METs_min	1.6-2.9 METs_min	≥3 METs_min	≥4 METs_min
Tri-axial Accelerometer				
1.0-1.5 METs_min	.812**	.030	-.646**	-.427**
1.6-2.9 METs_min	-.577**	.210	.686**	.406**
≥3 METs_min	-.305**	.262*	.495**	.196
≥4 METs_min	-.080	.207	.191	-.199

\*:  $p<0.05$ , \*\*:  $p<0.01$

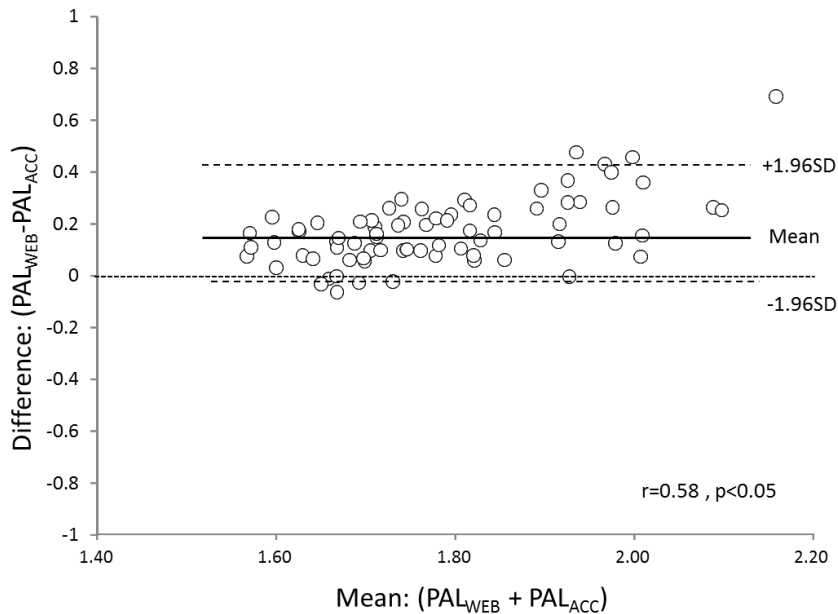


図6 身体活動測定システムと3軸加速度計によるPALのBland-Altman plots

る3 METs以上の時間と  $r=0.686$  ( $p<0.01$ )の有意な相関関係がみられた。

### 3-4. TEE, AEE, PALの相関

身体活動測定システムによるPALと3軸加速度計によるPALの間に  $r=0.715$  ( $p<0.01$ )の有意な相関関係がみられた(図4)。身体活動測定システムによるTEEと3軸加速度計によるTEEの間に  $r=0.875$  ( $p<0.01$ )の有意な相関関係がみられた(図5)。身体活動測定システムによるAEEと3軸加速度計によるAEEの間に  $r=0.773$  ( $p<0.01$ )の有意な相関関係がみられた。

### 3-5. PALの系統誤差

図6に身体活動測定システムによるPALと3軸加速度計によるPALのBland-Altman plotsを示した。身体活動測定システムによるPALは、3軸加速度計によるPALよりも高い値を示し、有意な正の系統誤差が認められた。

## 4. 考 察

本研究では、我々が開発した身体活動測定システムによる評価値の妥当性を3軸加速度計により検証し、加速度計から得られたデータと高い相関関係が認められたが、本システムによる各測定項目の平均推定値は3軸加速度計よりも有意に高い

値を示し、有意な系統誤差が認められた。

本システムは、紙のクロス集計表を利用して15分ごとの日常生活の行動記録を集計する Koebnick et al.の先行研究<sup>18)</sup>を参考に開発した。この先行研究ではDLW法との間にTEEにおいて  $r=0.880$  ( $p<0.001$ ,  $n=31$ )を認めている<sup>18)</sup>。我々が行ったDLW法を用いた妥当性を検証した研究でも本システムは、TEEにおいて  $r=0.874$  ( $p<0.01$ ,  $n=20$ )のほぼ同様の結果が得られており、AEEにおいて  $r=0.679$  ( $p<0.001$ ,  $n=20$ )の関係を認めている<sup>14)</sup>。Yamada et al.<sup>24)</sup>は高齢者を対象に15分ごとの行動記録法を用いてDLW法により妥当性を検証し、TEEにおいて  $r=0.825$  ( $p<0.001$ )、AEEにおいて  $r=0.666$  ( $p<0.001$ )を報告している。3軸加速度計を用いて妥当性を検証した今回の研究結果は、これらの3つのDLW法を基準とした先行研究の結果と極めて類似し、やや優れた妥当性を示していると考えられる。その理由は、3軸加速度計とDLW法による身体活動量の評価値間には強い相関関係が認められていること<sup>25)</sup>に加え、行動記録をインプットする媒体や対象者が異なっても、15分ごとの行動記録を基に24時間にわたり活動強度を当てはめるという構造が同じであることが挙げられる。すなわち、本システムを使って就寝前に1日を振り返り、15分ごとに入力した活動内容に紐付けた活動強度と、3軸加速度計が60秒ごとに測定した合成加速度との間に強い相関関係がみられた

と言い換えることができる。

本システムと3軸加速度計から得られたデータの間、高い相関関係が認められたが、TEE, AEE, PALの測定値の平均値は3軸加速度計との間に有意差がみられ、正確度という点では課題が残された。その原因を3軸加速度計と身体活動測定システムの2つの強度別時間の比較と強度別時間の相関関係より検討する。図3に示したように身体活動測定システムでは、3 METs以上の時間が、加速度計よりも有意に長かったことがTEE, AEE, PALの過大評価に繋がったと考えられる。表2に示した相関行列でも、加速度計による1.6~2.9 METsの時間は、身体活動システムによる1.6~2.9 METsの時間とは有意な相関がみられず、3 METs以上の時間と有意な中程度の相関がみられた。すなわち、実際には普通歩行(3 METs)未満の行動であっても、普通歩行程度の身体活動を行ったと自覚している傾向があったと考えられる。一方、4 METs以上の時間では、加速度計と身体活動測定システムの間には有意な相関がみられなかった。その原因として、身体活動測定システムでは15分ごとの行動を選択するので、例えば10分の活動内容でも15分とカウントされる可能性がある。このことが、図3で示した強度別の時間の比較で、本システムのデータは3軸加速度計に比較して、3 METs以上では過大評価し、1.6~2.9 METsでは過小評価していたことに繋がったかもしれない。すなわち、比較的強度が高く明確な記憶の行動は実際よりも過大評価し、低強度の曖昧な記憶の行動は過小評価したのかもしれない。これらのことがPALにおいて有意な系統誤差を生じさせたことも否定できない。思い出し法による身体活動では過大評価する可能性が指摘されており<sup>13)</sup>、詳細を明らかにするためには更なる研究が必要である。

本研究では3軸加速度計を妥当基準として用いたが、設定や分析方法の課題について取り上げる。本研究ではデータ収集のepoch lengthを60秒に設定したため、3 METs以上のmoderate to vigorous physical activity(MVPA)を過小評価した可能性がある。中田ら<sup>26)</sup>は本研究と同様の3軸加速度計を用いてepoch lengthを60秒単位に設定した場合は、10秒単位に設定した場合よりもMVPAを3割程度過小評価したことを示している。しかしながら、中田らの結果を本研究に当てはめても、本システムによるMVPAは3軸加速度計によるMVPAよりも高い値となるため、epoch lengthのみ

では測定値の差を説明しきれない。次に本研究では、3軸加速度計の非装着時間を60分以上ゼロカウントが継続した場合とし、1日の装着時間が10時間以上のデータを採用した影響が考えられる。この定義に従って算出した平均装着時間は11時間48分であったため、24時間のうち残りの平均非装着時間、12時間12分の活動強度は活動量計から評価することはできない。そこで本研究では本システムによる行動記録から得られた睡眠時間を0.9 METs、残りの時間を1.3 METsと定義づけたが、この定義を変更すれば平均値をすり合わせることもできたかもしれない。これらのことは加速度計データから1日のエネルギー消費量に換算する際の限界点と考えられる。

次に、身体活動測定システムの課題として、活動内容と活動強度の関係について2011年のAinsworth et al.<sup>21)</sup>のコード表に準じているが、この表のMETs値を用いる際の限界点として、対象者が動いていた時間に限った活動強度であることが挙げられる。例えば、本研究の対象者は、長時間の調理実習などを受講しており、その行動の選択として、「立位での軽作業」あるいは「料理」の1つを選択したとしても、その授業中に座位時間が含まれていることも考えられる。また、本研究ではTEEの算出に、DITはTEEの約10%であることを考慮し0.9で除す補正をかけた。日本人の平均PALが1.75<sup>27)</sup>であることから、この補正によりTEEを若干高く推定し、3軸加速度計から得られた値との間に差が生じたのかもしれない。

過去にWebを用いた自己申告による身体活動についてDLW法を基準として妥当性が検証されている<sup>28,29)</sup>。この2つの研究で紹介されているモバイルを用いたシステムによる身体活動量の妥当性は、本研究に比較すると低い。シンプルな活動強度に関する質問に回答するだけなので、本システムに比較して簡便に回答することができると思われる。自己申告による調査では、簡便性を求めると妥当性は下がり、妥当性を求めると簡便性が低下すると考えられる。したがって、身体活動調査の種類はその目的や対象者とする集団によって選択することが求められる。

本システムを使った測定法は、身体活動量のみではなく行動内容を把握できることが最大の特徴である。すなわち、本システムの優れた点は、エネルギー消費量や運動強度別の時間だけではなく、行動内容を把握できることが挙げられる。身体活

動量の高低,あるいは活動強度の高低だけではなく,身体活動量にどのような行動パターンが影響するのかなどの研究に発展させられる可能性がある。

本研究の限界点は,妥当性を検証するうえで対象者が同一の集団で限定されていたことが挙げられる。次に行動内容と METs の関係は全対象者で同一のものを利用したが,体力レベルによって同じ行動を行っても実際の酸素摂取量が異なることも考えられる。あるいは,活動量計の装着時間やデータ入力のコンプライアンスが影響していることも考えられる。

今後,これまでコスト面や時間的な原因によって困難であった加速度計を多人数に配布するようなシチュエーションに対して,本研究で示した過大評価や系統誤差に留意しながら,本システムを活用することが有効になると考えられる。更に,生活行動記録に基づく身体活動のフィードバックおよび個別アドバイスを可能とするシステムを開発し,低コストで同時一斉に多人数に対して非感染性疾患の予防に役立てられる取り組みをする予定である。

## 5. 結 論

我々が開発した 24 時間行動記録法による身体活動測定システムの妥当性を 3 軸加速度計により女子大学生 75 人を対象に検証した。TEE, AEE, PAL において,平均値では本システムの値は 3 軸加速度計よりも有意に高い値を示したが,本システムと 3 軸加速度計から得られた評価値はいずれにおいても,高い相関関係が認められた。強度別の時間の検討では,3 METs 以上では過大評価し,1.6~2.9 METs では過小評価していた。本システムは多人数に対して同時一斉に身体活動量を高い妥当性で評価することが可能であるが,強度別,行動内容別の妥当性の改善には更なる検討が必要であると考えられた。

## 謝 辞

本研究は JSPS 科研費 24700740 の助成,平成 25~26 年度 和洋女子大学推奨研究費および個人研究費を受け実施したものです。多くの技術的支援を賜りましたバジュラチャルヤ・スバシュ氏 (Yonefu International Group 株式会社)にこの場を借りて深謝いたします。

## 文 献

- 1) Paffenbarger RS Jr, Hyde RT, Wing AL, et al. Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N Engl J Med.* 1986; 314: 605-13.
- 2) National Center for Health Statistics. Healthy people 2000 final review. Public Health Service, Hyattsville Maryland, 2001.
- 3) 厚生労働省. 健康づくりのための運動指針. 運動所要量・運動指針の策定検討会, 2006.
- 4) World Health Organization. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva, 2009.
- 5) World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health. [http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599979\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599979_eng.pdf) (2014 年 12 月 18 日アクセス)
- 6) 厚生労働省. 健康づくりのための身体活動基準. 運動基準・運動指針の改訂に関する検討会, 2013.
- 7) 厚生労働省. 平成 24 年国民健康・栄養調査報告. <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyoudl/h24-houkoku.pdf> (2014 年 12 月 17 日アクセス)
- 8) Inoue S, Ishii K, Katsumura T, et al. Association of physical activity and neighborhood environment among Japanese adults. *Prev Med* 2009; 48: 321-5.
- 9) 為本浩至. 肥満との戦い・社会システムの変革が必要? 肥満と糖尿病. 2009; 8: 921-3.
- 10) 田中千晶, 田中茂穂. 日本人勤労者の日常の身体活動量における歩・走行以外の身体活動の寄与. *体力科学.* 2012; 61: 435-41.
- 11) 原田和弘, 柴田 愛, 李 恩兒, 岡浩一朗, 中村好男. エクササイズガイド 2006 の認知度と身体活動量の変化. *日本公衆衛生雑誌.* 2011; 58: 190-8.
- 12) Westerterp KR. Assessment of physical activity: a critical appraisal. *Eur J Appl Physiol.* 2009; 105: 823-8.
- 13) Neilson HK, Robson PJ, Friedenreich CM, et al. Estimating activity energy expenditure: how valid are physical activity questionnaires? *Am J Clin Nutr.* 2008; 87: 279-91.
- 14) Namba H, Yamaguchi Y, Yamada Y, et al. Validation of web-based physical activity mea-



- surement systems using doubly labeled water. *J Med Internet Res.* 2012; 14: e123.
- 15) 難波秀行. IT 端末を用いた身体活動量測定システムによる交通行動と身体活動分析. *健康医科学.* 2013; 28: 101-10.
  - 16) 難波秀行, 山田陽介, 木村みさか. ICT を用いた身体活動分析システムによる青少年のスポーツ活動と身体活動分析. *SSF スポーツ政策研究.* 2014; 3: 212-9.
  - 17) Speakman JR. *Doubly labelled water: theory and practice.* Chapman & Hall, London, 1997.
  - 18) Koebnick C, Wagner K, Thielecke F, et al. Validation of a simplified physical activity record by doubly labeled water technique. *Int J Obes.* 2005; 29: 302-9.
  - 19) NHK 放送文化研究所. 2010 年国民生活時間調査報告書. 東京, 2011.
  - 20) Sasakawa Sports Foundation. *The 2010 SSF National Sports-Life Survey.* Tokyo, 2010.
  - 21) Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, et al. Compendium of physical activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43: 1575-81.
  - 22) 田中茂穂. メッツと基礎代謝. *体育の科学.* 2009; 59: 657-63.
  - 23) Ganpule AA, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Interindividual variability in sleeping metabolic rate in Japanese subjects. *Eur J Clin Nutr.* 2007; 6: 1256-61.
  - 24) Yamada Y, Noriyasu R, Yokoyama K, et al. Association between lifestyle and physical activity level in the elderly: a study using doubly labeled water and simplified physical activity record. *Eur J Appl Physiol.* 2013; 113: 2461-71.
  - 25) Yamada Y, Yokoyama K, Noriyasu R, et al. Light-intensity activities are important for estimating physical activity energy expenditure using uniaxial and triaxial accelerometers. *Eur J Appl Physiol.* 2009; 105: 141-52.
  - 26) 中田由夫, 大河原一憲, 大島秀武, 田中茂穂. 3 軸加速度計 Active Style Pro を用いた身体活動量評価において epoch length が解析結果に及ぼす影響. *運動疫学研究.* 2012; 14: 143-50.
  - 27) 厚生労働省. 日本人の食事摂取基準 2010 年版「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書. 2009.
  - 28) Bonn SE, Trolle Lagerros Y, Christensen SE, et al. Active-q: validation of the Web-based physical activity questionnaire using doubly labeled water. *J Med Internet Res.* 2012; 14: e29.
  - 29) Bexelius C, Löf M, Sandin S, et al. Measures of physical activity using cell phones: validation using criterion methods. *J Med Internet Res.* 2010; 12: e2.

**【Original Article】**

## Validation of a Web-based Physical Activity Measurement System Using a Tri-axial Accelerometer

Hideyuki Namba<sup>1)</sup>, Yuka Kurosaka<sup>1)</sup>, Kumiko Minato<sup>1)</sup>,  
Yosuke Yamada<sup>2)</sup>, Misaka Kimura<sup>3)</sup>

### Abstract

**Objective:** We used a behavior recording method to develop a self-reported physical activity measurement system. The purpose of this study was to compare the results from this system against objective data provided by a 3-axis accelerometer, so as to understand the strengths and weaknesses of the new measurement system.

**Methods:** A total of 75 subjects (20–22 years of age) participated. The subjects entered behavior data using their personal computers just before bedtime for 7 days, which delivered intensity data to a web server every 15 minutes. Subjects also wore a 3-axis accelerometer over the same days. The three measures of intensity were: total energy expenditure (TEE), activity-related energy expenditure (AEE), and physical activity level (PAL).

**Results:** The Pearson correlations for TEE, AEE, and PAL between the two methods were all positive and significant:  $r=0.875$  ( $p<0.01$ ),  $r=0.773$  ( $p<0.01$ ), and  $r=0.715$  ( $p<0.01$ ). Time comparisons for each type of intensity data of the system compared to the 3-axis accelerometer showed an overestimate above 3 METs, while there was an underestimate in the range of 1.6-2.9 METs. Correlation of the time for each type of intensity data of the system compared to the 3-axis accelerometer was  $r=0.495$  ( $p<0.01$ ) above 3 METs, while there was no significant correlation in the range of 1.6-2.9 METs and over 4 METs.

**Conclusion:** The physical activity measurement system produces data of high overall validity, although users of this system should note that the accuracy of the system at various levels of intensity requires further study.

**Key words:** physical activity, web system, accelerometer, behavior recording, self-report

---

1) Department of Health and Nutrition, Wayo Women's University, Chiba, Japan

2) National Institute of Health and Nutrition, Tokyo, Japan

3) Faculty of Bioenvironmental Science, Kyoto Gakuen University, Kyoto, Japan