

## 2. 実験手順

対象者には、実験室に早朝空腹条件下で入室してもらった。初めに、身体計測を実施した後、ベースラインとなる尿を採取した。さらに、体重により規定された量の DLW を経口投与した。その後、30 分間の仰臥位安静状態をとらせてから、10 分間の基礎代謝量を 2 回測定した。対象者は中学校の協力のもと 8 日間にわたり、登校後すぐに教室にて 7 回の採尿を行った。採取したすべての尿サンプルは、その場で回収された。また、対象者には採尿期間と同一期間において 3 次元 AC を常時装着させた。入浴や水泳、睡眠以外を除き、可能な限り装着するように指示した。やむなく装着できなかった場合には、所定の記録用紙に脱着時刻ならびに活動内容を記録するように指示した。これらの記録用紙は、登校後の採尿時に記録漏れ等がないかを確認した上で回収した。

## 3. 二重標識水法

対象者に体重の 60% と仮定した体水分量 (Total body water: TBW) 1kg あたり、0.13g の重水 (およそ 99.9atom%) と 2.5g の 18 酸素水 (およそ 10.0atom%) を混合して作られた DLW を経口投与した。また、ベースライン尿、第 1 日目、2 日目、3 日目、5 日目、7 日目、8 日目および 9 日目の計 8 回の尿 (1 回あたり 20ml) を所定の採尿瓶に採取させた。ベースライン尿は実験室に入室した際に採取し、残りの 7 回は登校後すぐに採尿し、教室にて回収した。また、登校前に自宅で完全排尿するように指示した。登校後の採尿時刻については検者が確認した上で記録した。採取したすべての尿の同位体濃度は、(独) 国立健康・栄養研究所の同位体比質量分析計によって測定された。得られた各サンプルの同位体濃度の減少率

から所定の算出式 (Ishikawa-Takata et al., 2008) を介して測定期間中の 1 日あたりの TEE を算出した。また、DLW 法により算出した TEE は、TEE\_dlw として表記した。

## 4. 加速度計 (AC) 法

測定可能範囲が  $\pm 6G$  で、加速度分解能が 3 mG である 3 次元加速度センサを内蔵した AC (サイズ: W80mm×D20mm×H50mm、重さ (バッテリー含む): 60.7g) を測定期間中、常時装着させた。この AC は、32Hz で鉛直、前後、左右の加速度を検知でき、重力加速度を取り除くためにハイパスフィルター処理した後、3 軸の合成加速度を算出することが可能である。また、歩行走行活動か歩行走行以外の活動であるかを判別した後、歩行走行式あるいは歩行走行以外の式を用いて 10 秒ごとの平均合成加速度 (mG) から METs (メッツ) を求めることができる (平成 21 年度報告書参照)。そこで、我々は、身長、体重から算出した体表面積 ( $m^2$ ) あたりの基礎代謝基準値 ( $kcal/m^2/hr$ ) から推定基礎代謝量を求め、それを 1.1 倍した値 (座位安静時代謝量) に、推定式を介して得られた METs と時間 (分) を乗じた。さらに、それに食事誘発性体熱産生分を加えて TEE を求めた。

また、本研究で使用した AC は成人式を内蔵したモデルを利用したため、子ども式を適用する場合、以下に示す成人の METs を子どもの METs へ変換するための式を用いて換算したのち、上述の算出方法で TEE を求めた。

$$1) \text{歩行走行活動: } Y = 0.6237 \times X + 0.2411$$

$$2) \text{歩行以外の活動: } Y = 0.6145 \times X + 0.5573$$

ただし、X は成人の METs、Y は子どもの METs とする。なお、子ども式から求めた TEE は、TEE\_child とし、成人式から求めた TEE は TEE\_adult とし、それぞれを区別して表記し

た。

#### 5. 基礎代謝量(Basal metabolic rate:BMR)

対象者に仰臥位での安静状態を 30 分間保持させた後、ダグラスバッグを用いて10分間の呼気を 2 回採取した。採取した呼気の酸素濃度および二酸化炭素濃度をガス濃度分析計 (AR-1, Arco System Inc., Chiba, Japan)により測定した。また、呼気量を乾式ガスメータ (DC-5, SHINAGAWA Co., Ltd., Tokyo, Japan)により測定した。測定値は2回の平均値とし、Weir(1949)の式を用いて BMR を算出した。

#### 6. 身体活動レベル(Physical activity level: PAL)

PAL は年齢、性別、体組成を補正して身体活動の程度を評価するための国際的な指標の1つである。本研究では、DLW 法により求めた TEE\_dlw を BMR で除して PAL を求め、PAL\_dlw と表記した。また、TEE\_child ならびに TEE\_adult を推定基礎代謝量で除して求めた値を、それぞれ PAL\_child、PAL\_adultとして表記した。

#### 7. データ処理

AC により推定された TEE を採用する条件として、以下の 4 つの項目を設定した。

- ① 午前 8 時から午後 6 時までの 12 時間において合計 2 時間以上の取り外し(加速度信号ゼロ)がない日のデータを採用する。
- ② 仮に条件①を満たしていた場合でも、午前 8 時から午後 6 時までの 10 時間においてデータ上で 60 分以上連続して加速度信号がみられなかった場合、そのデータは不採用とする。

- ③ 1 日装着時間合計が平日 600 分以上、休日 480 以上であることとする。

- ④ 上記の条件を満たす日が、少なくとも平日 2 日、休日 1 日ある者を採用する。

一方、DLW 法においては、規定の採尿が十分にできなかった者や採尿時刻が正確に記録されていない者、採尿日時と採尿瓶の日付に間違いが生じたサンプルを提出した者は、本実験データから削除した。

#### 8. 倫理面への配慮

対象者ならびに保護者には、実験の目的、利益、不利益、危険性およびデータの管理や公表について、事前に十分な説明を行い、同意を得た上で測定を開始した。なお、この研究は、独立行政法人国立健康・栄養研究所「研究倫理審査委員会－疫学研究部会」の承認を得て実施した。

#### C. 研究結果

データ採用条件に従ってデータをクリーニングした結果、条件を満たさない対象者として ID01 (男子)、ID09 (女子)が該当した。また、ID23 (女子)は、計測値間の回帰分析において外れ値(マハラノビス距離)と判断された。したがって、計 3 名を解析対象から除外し、男子 19 名、女子 17 名の計 36 名をデータ解析の対象とした。本実験においてデータ解析対象となった対象者の身体的特徴を Table 1 に示した。

DLW 法により求められた対象者の TEE\_dlw は、 $2513 \pm 394$  kcal/d (男子: $2692 \pm 368$  kcal/d、女子: $2314 \pm 327$  kcal/d)であった。一方、対象者の PAL\_dlw は  $1.77 \pm 0.16$  (男子: $1.75 \pm 0.17$ 、女子: $1.79 \pm 0.16$ )であった (Table 2)。

また、AC から得られた TEE\_child ならびに

TEE\_adult は、それぞれ  $2342 \pm 260$  kcal/d (男子:  $2460 \pm 258$  kcal/d、女子:  $2210 \pm 194$  kcal/d)、 $2575 \pm 324$  kcal/d (男子:  $2773 \pm 305$  kcal/d、女子:  $2398 \pm 250$  kcal/d) であった。一方、PAL\_child ならびに PAL\_adult は、それぞれ  $1.51 \pm 0.09$  (男子:  $1.53 \pm 0.10$ 、女子:  $1.48 \pm 0.08$ )、 $1.82 \pm 0.15$  (男子:  $1.88 \pm 0.15$ 、女子:  $1.76 \pm 0.13$ ) であった (Table 2)。

3 つ評価法から求めた TEE 間の差異について検討した結果、TEE\_child ならびに TEE\_adult は、TEE\_dlw との間に有意差が認められた。ただし、男女別の検討では、男子の TEE\_adult は有意差が認められなかった。一方、PAL 間の差異についても、PAL\_child ならびに PAL\_adult ともに、PAL\_dlw との間に有意差が認められた。(Table 2)。男女別の検討では、女子の PAL\_adult は有意差が認められなかった。

TEE\_dlw と TEE\_child ならびに TEE\_adult との相関関係を検討した結果、相関係数がそれぞれ  $0.94$  (TEE\_child)、 $0.93$  (TEE\_adult) を示し、有意性が認められた (Figure 1)。また、一般線形モデルより得られた回帰直線に対する推定値の標準誤差 (Standard error of estimate : SEE) は、それぞれ  $135$  kcal/d (TEE\_child)  $142$  kcal/d (TEE\_adult) であった (Figure 1)。

PAL\_dlw と PAL\_child ならびに PAL\_adult との相関関係を検討した結果、相関係数がそれぞれ  $0.57$  (PAL\_child)、 $0.56$  (PAL\_adult) を示し、有意性が認められた (Figure 2)。また、SEE は、それぞれ  $0.13$  (TEE\_child)、 $0.14$  (TEE\_adult) であった (Figure 2)。

TEE\_dlw と TEE\_child ならびに TEE\_adult との差 (誤差の平均値) は、それぞれ  $-171 \pm 173$  kcal/d ( $-6.0 \pm 6.3\%$ )、 $61 \pm 147$  kcal/day

( $3.1 \pm 6.2\%$ ) であった。また、信頼限界幅 ( $\pm 2SD$ ) は、それぞれ  $354$  kcal/d から  $-232$  kcal/d、 $175$  kcal/d から  $-518$  kcal/d であった (Figure 3)。

身長と TEE\_dlw に対する TEE\_child ならびに TEE\_adult の差異との相関関係を検討した結果、相関係数が共に  $-0.50$  (TEE\_child)、 $-0.50$  (TEE\_adult) を示し、有意性が認められた (Figure 4)。

AC の成人式により求められた歩行走行の活動時の EE と歩行走行以外の活動時の EE は、それぞれ  $355 \pm 143$  kcal/d、 $568 \pm 94$  kcal/d であった (Table 2)。また、TEE\_adult と成人式から求めた歩行走行時の EE ならびに歩行走行以外の活動時の EE との関係を検討した結果、相関係数が、それぞれ  $0.75$  (歩行走行)、 $0.74$  (歩行走行以外) を示し有意性が認められた (Figure 5)。

#### D. 考察

本研究では、TEE\_dlw と TEE\_child ならびに TEE\_adult との間に有意差が認められたが、その差異は記録法や他の従来の AC と比較すると小さい。さらに、相関分析の結果ならびに SEE の結果から、より個人レベルで推定できる可能性も考えられる。子ども式と成人式を比較すると、どちらの式を用いた場合でも両者ともに良好な結果が得られたが、以下に示す観点から中学生の TEE 評価には成人式を用いる方が適切ではないかと考えている。まず、我々が一昨年度に提案した評価法の対象者は、平均年齢、平均身長ならびに平均体重が、それぞれ  $10 \pm 2$  歳、 $138.2 \pm 12.3$  cm、 $32.3 \pm 9.5$  kg であり、本研究の対象者 (Table 1) とは体格的に大きな差がある。これまで研究成果にて、児童の EE 算出に成人式を用いると EE が過大評

価されることを示してきた。逆に言うと、成人の EE 算出に子ども式を用いると過小評価が起きることを意味する。今回の結果では、TEE\_dlw との間には有意差が認められたものの、TEE\_child の-6%の過小評価が認められている一方で、TEE\_adult は3%過大評価しただけに留まった。また、男女別の検討では、男子では TEE\_adult は有意差が認められていない。さらに、発育段階の指標となる身長と TEE\_dlw に対する各差異との関係を示した Figure 4 をみると、子ども式では過大評価した者はわずか4名で、その他は身長の伸びに伴い過小評価の程度が大きくなる。しかもそれは、最大で-518kcal の過小評価に達している (Figure 3)。一方、成人式では、過大評価される者 (26 名) と過小評価 (10 名) される者が混在していた。また、回帰直線と平均値誤差ゼロ (0) の線との交点が 162 cm を示しており、これは全国の中学2年生の平均身長 160 cm (男女ともに) に近似する (Figure 4)。これらのことは、子ども式を用いることで、ある個人 (例えば、思春期段階が初期レベルにあり、年齢別平均身長より低いような子ども) の TEE を適切に評価できる場合もあるものの、成人式を用いた場合の方が中学生の TEE の代表値をより正確に把握できる可能性を示しているものと思われる。

一方、PAL の推定精度については、これまでの報告同様に、TEE の推定精度と比較して低かった。特に PAL\_dlw と PAL\_child ならびに PAL\_adult との間に関連係数が低くなる。一方、3 つ評価法による平均値間の差異については、PAL\_adult と PAL\_dlw との間には有意差が認められたものの、男女別では、女子の PAL\_adult は有意差が認められなかった。この結果も加味すると、やはり中学生には成人式を用いた評価が望ましいと考えられよう。

ところで、TEE の評価精度を検証する上では、機器の脱着時間が大きな影響を及ぼすが、本研究における対象者の平均装着時間 (加速度信号ありの時間) は 830 分であり、装着のコンプライアンスは高いと判断できる。また、対象者の平均睡眠時間がおよそ 7 時間 30 分であったため、合計 1290 分は適切に評価され得るデータと考えて良い。一方、残り 150 分間は、おそらく入浴と着替えの時間や、装着しているにも関わらず、座位、仰臥位の Sedentary な活動によって加速度信号の反応がなかった時間なども含まれていると推察される。したがって、上述した結果ならびにその解釈においては、装着時間の影響は極めて小さいものと考えられる。

さて、我々が提案する評価法の特徴は、歩行活動とそれ以外の活動を判別し、それぞれの推定式から EE を評価する点である。昨年度の研究課題でも検討したように、TEE\_dlw と成人式から求めた歩行活動時の EE ならびにそれ以外の活動時の EE との関係調べた。その結果、歩行活動時の EE ならびにそれ以外の活動時の EE とともに、それぞれ有意な相関関係が認められた (Figure 5)。このことは、中学生の TEE の評価においても、歩行活動以外の活動も適切に評価することの重要性を示しているものと考えられる。

最後に、本研究の対象者の PAL\_dlw は  $1.77 \pm 0.16$  であり、成人の PAL 標準値に近似していることがわかった。金子と古泉 (平成 21 年度報告書) が報告した横浜市にある中学校の子どもとの PAL と比較すると、わずかに低値を示している。そこで今後の課題として、両者のデータ含めて、生活習慣アンケートのデータと照らし合わせた上で、中学生の PAL の多寡に關与する要因 (学校や地域の環境、通学時間、運

動時間等)について明らかにするための解析を進める必要がある。

## E. 結論

本研究は、中学生を対象として我々が提案してきた既存の2つの推定式(子ども式と成人式)を用いて評価した TEE の妥当性について検討した。その結果、各推定式により求められた TEE\_child と TEE\_adult は、TEE\_dlw との間有意差が認められた。ただし、TEE\_adult についてはわずかに 3% の過大評価に留まった。また、TEE\_dlw と TEE\_child ならびに TEE\_adult との間には強固な相関関係が認められ、より個人レベルでの TEE の推定が可能となることが示唆された。

2 つの推定式の妥当性を比較検討した結果、中学生の TEE 評価には成人式を用いる方が適当であると考えられた。

## F. 健康危険情報

該当せず

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

Hikihara Y, Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Validation and comparison of three accelerometers for measurement of physical activity intensity during nonlocomotive activity and locomotive movement J Phys Act Health. 2011 [Epub ahead of print]

### 2. 学会発表

引原有輝「スポーツ科学・健康医科学分野における二重標識水法の活用ー国内外の研究事例の紹介ー」、ワークショップ 1、ヒトを対象と

した身体活動量・エネルギー消費量に関する最新研究を求めてーブレスバイブレス法、ヒューマンカロリメータ、二重標識水法、加速度計で何ができるか?ー、第 66 回日本体力医学会、2011、山口

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

Table 1 Physical characteristic of the participants

		Whole (36)	Boys (19)	Girls (17)
		Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
Age	(yrs)	13 $\pm$ 1	13 $\pm$ 1	13 $\pm$ 1
Height	(cm)	156.8 $\pm$ 6.5	157.3 $\pm$ 8.3	156.1 $\pm$ 3.7
Weight	(kg)	46.6 $\pm$ 7.2	47.4 $\pm$ 8.4	45.6 $\pm$ 5.8
% body fat	(%)	19.1 $\pm$ 6.5	16.5 $\pm$ 7.0	22.0 $\pm$ 4.0
BMI	(kg/m <sup>2</sup> )	18.9 $\pm$ 2.2	19.1 $\pm$ 2.5	18.7 $\pm$ 1.9

BMI; body mass index

Table 2 Energy metabolism data measured by DLW method and physical activity data estimated by accelerometer

		Whole (36)	Boys (19)	Girls (17)
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
TEE_dlw	(kcal)	2513 ± 394	2692 ± 368	2314 ± 327
TEE_child	(kcal)	2342 ± 260	2460 ± 258	2210 ± 194
TEE_adult	(kcal)	2575 ± 324	2773 ± 305	2398 ± 250
PAL_dlw	(TEE/BMR)	1.77 ± 0.16	1.75 ± 0.17	1.79 ± 0.16
PAL_child	(TEE/BMR)	1.51 ± 0.09	1.53 ± 0.10	1.48 ± 0.08
PAL_adult	(TEE/BMR)	1.82 ± 0.15	1.88 ± 0.15	1.76 ± 0.13
BMR measured	(kcal)	1423 ± 208	1543 ± 205	1289 ± 104
BMR predicted	(kcal)	1412 ± 130	1460 ± 147	1389 ± 84
Locomotive EE	(kcal)	355 ± 143	412 ± 135	292 ± 127
Nonlocomotive EE	(kcal)	568 ± 94	611 ± 89	521 ± 78

TEE; total energy expenditure, PAL; physical activity level, BMR; basal metabolic rate, EE; energy expenditure

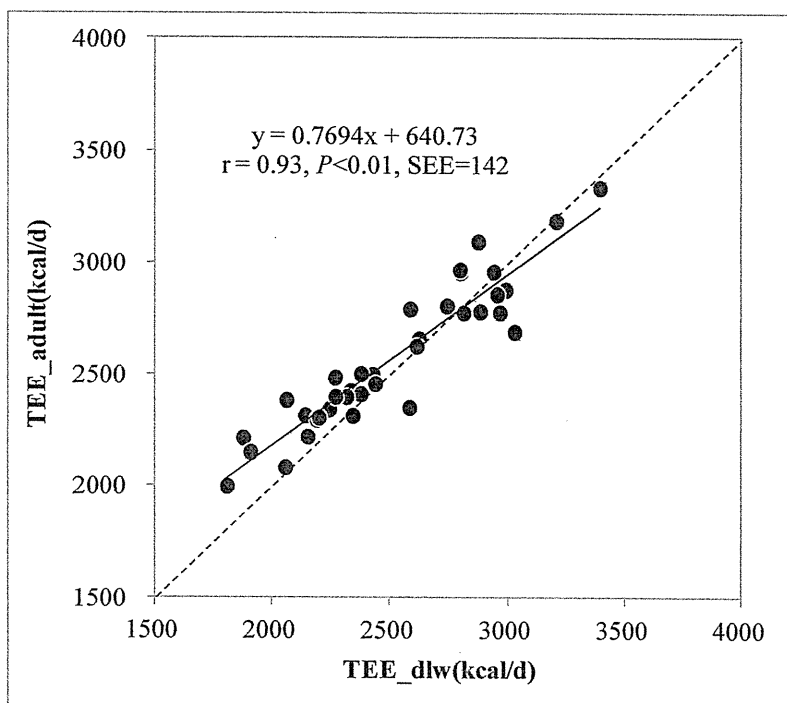
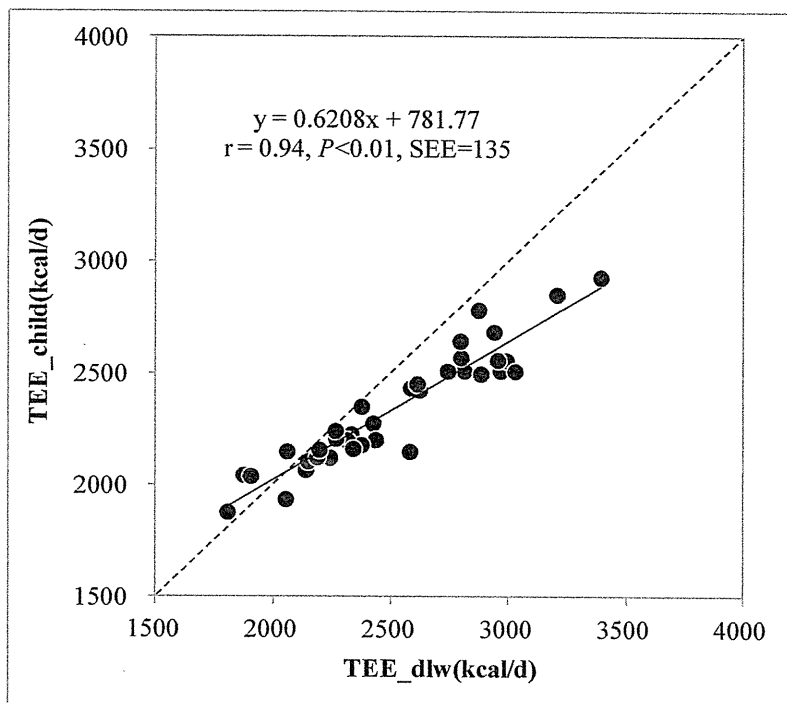


Figure 1 Relationships between TEE by DLW method and TEEs predicted using an accelerometer with equations for children or adults.



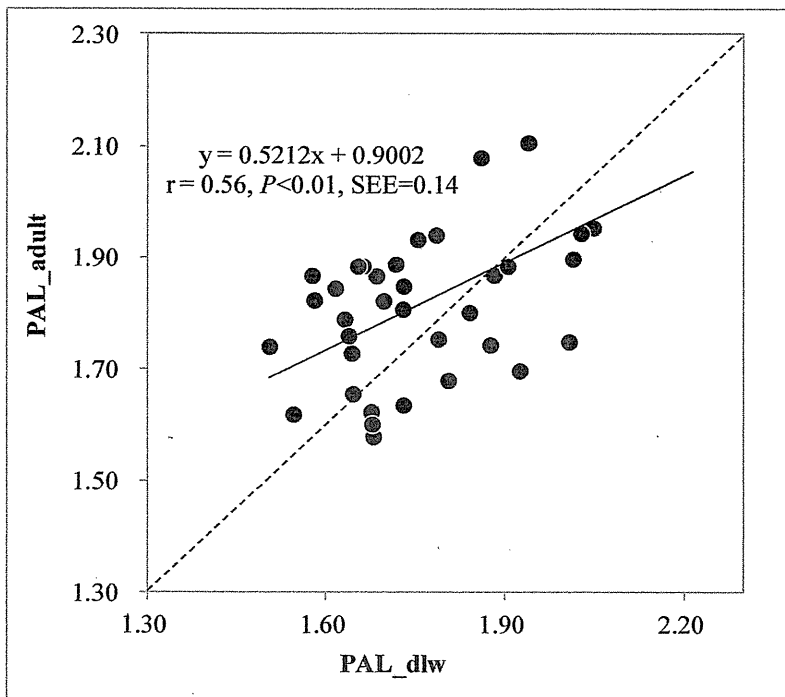
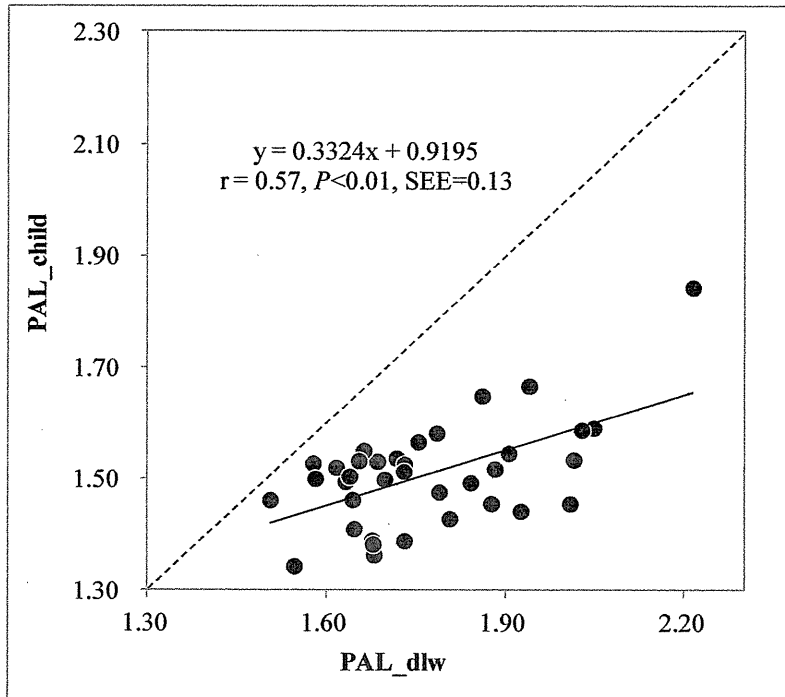


Figure 2 Relationships between PAL calculated by DLW method and PALs predicted using an accelerometer with equations for children or adults.

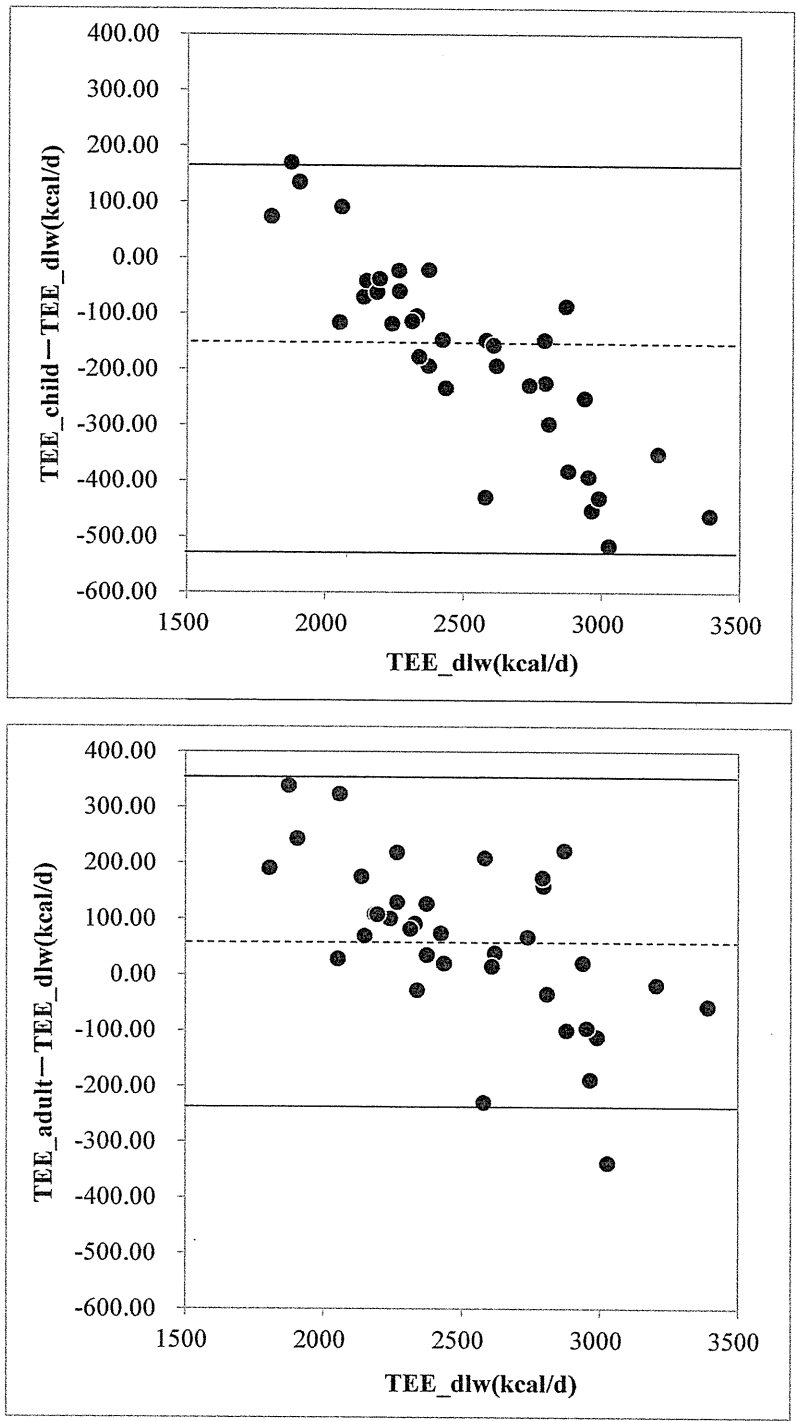


Figure 3 Absolute difference between TEE evaluated by DLW method and TEEs predicted using an accelerometer with equations for children and adults.

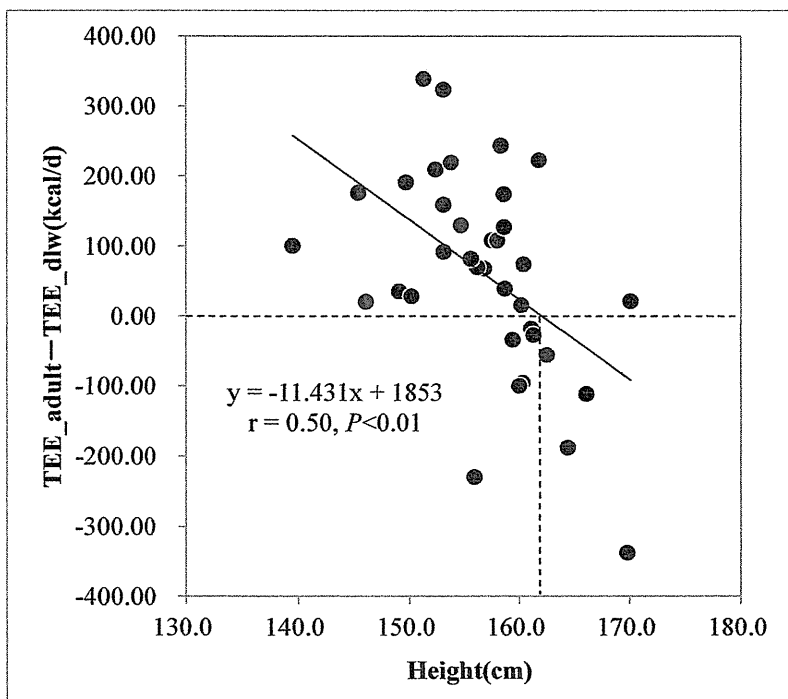
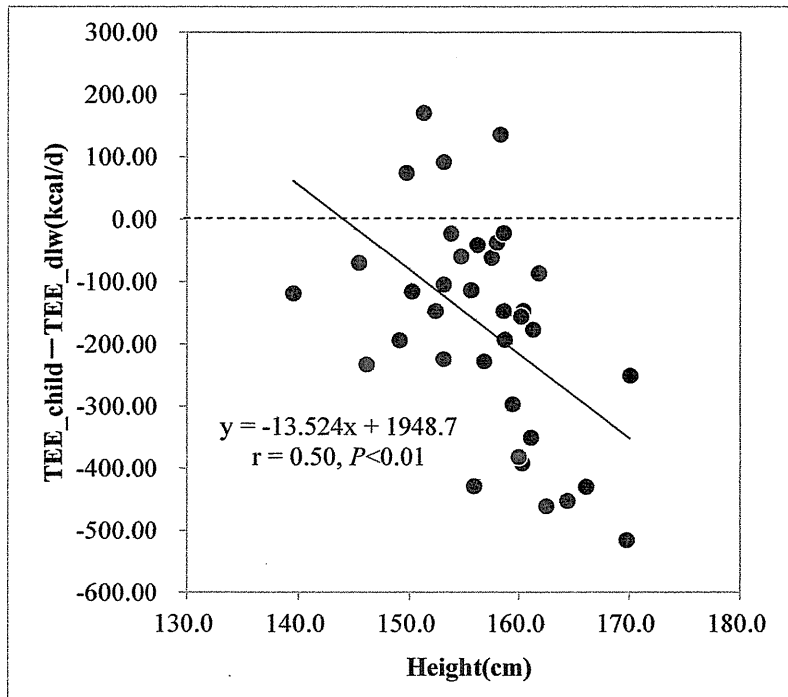


Figure 4 Relationships height to the absolute difference between TEE by DLW method and TEE predicted using an accelerometer.

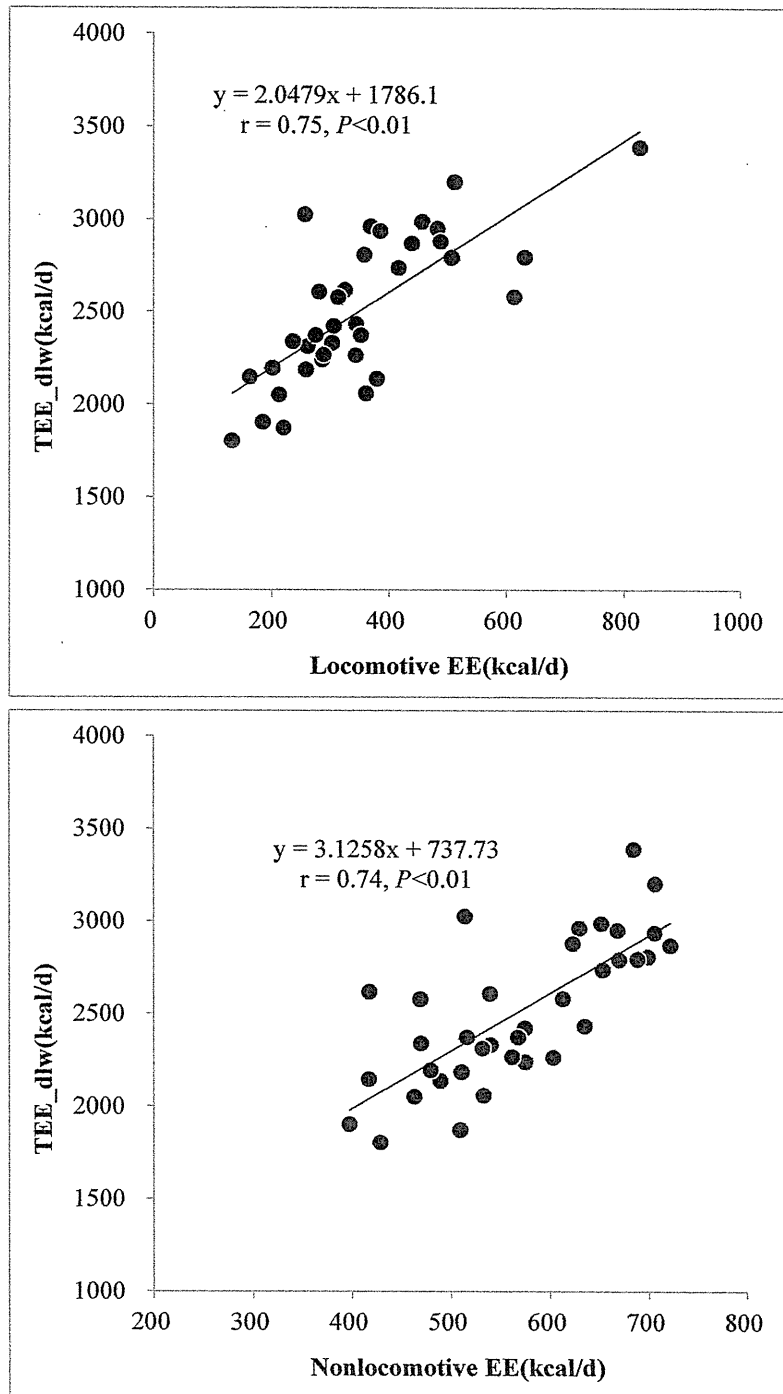


Figure 5 Relationships between locomotive and nonlocomotive EE and TEE by DLW method

分担研究報告書

身体活動レベル評価法の検討  
-加速度計による装着/未装着時間の判定法-

研究分担者	井上 茂	東京医科大学公衆衛生学	教授
研究協力者	石橋弘子	東京医科大学公衆衛生学	助手
	赤木達規	早稲田大学早稲田大学大学院スポーツ科学研究科	
	田中茂穂	(独) 国立健康・栄養研究所	健康増進研究部 エネルギー代謝研究室室長
	高田和子	(独) 国立健康・栄養研究所	栄養教育研究部 栄養ケア・マネジメント研究室室長
	三宅理江子	(独) 国立健康・栄養研究所	健康増進研究部 技術補助員

【目的】 加速度計・歩数計は身体活動量を客観的に評価する機器として応用範囲が広がっているが、調査での活用には課題が多い。その一つとして有効・無効データの識別の問題がある。近年の研究では、10時間以上の装着をもって有効データと判定するケースが多いが、そのための装着時間の判定方法について、日本の加速度計を用いた方法が十分に確立されていない。そこで、本研究では日本の加速度計を用いて加速度信号から装着時間を判定する方法を検討した。【方法】 成人21名（男性42.9%、21-44歳）に、週末を含む3日間の加速度計装着（OM: オムロン社製 Active style Pro HJA-350IT、SZ: スズケン社製ライフコーダ EX）を依頼した。OMは10秒ごとのデータをOM\_10、60秒ごとのデータをOM\_60とした。加速度計は2台同時に装着し、同じ日に1分単位の装着記録（Log book）の記載を依頼した。記録された加速度データより、連続無信号時間が①5分間、②10分間、③15分間、④20分間、⑤30分間、⑥40分間、⑦50分間、⑧60分間、⑨70分間、⑩80分間、⑪90分間、⑫120分間以上続いた場合を非装着状態と定義して、①から⑫のそれぞれの方法によって算出される装着時間と、Log bookを基に算出した装着時間とを比較した。【結果】 Log bookから計算した平均装着時間は15.3±2.3時間/日であった。加速度データは連続する無信号時間の下限値を長くすればするほど、装着と判定された時間が長くなり、平均値がLog bookに最も近い解析方法はOM\_10では30分、OM\_60では40分と50分、SZでは40分であった。Log bookによる装着時間と加速度データによる装着時間とは、どちらの加速度計も全てにおいて有意な正の相関関係が見られた。級内相関係数が0.80以上だったのはOM\_10は無信号時間が5～120分、OM\_60は10～120分SZは20～120分だった。級内相関係数が最も高かったのはOM\_10は30分前後、OM\_60は50分前後、SZは60分前後で、Log bookによる装着時間と同様の値が得られた。【結論】 加速度計のデータ分析にあたり、装着時間を評価する際には、非装着状態を30～60分間程度無信号と定義して解析する方法が妥当であると示唆された。

## A. 研究目的

精度の高い身体活動量の測定法を開発することは、エネルギー必要量の設定、活用に不可欠である。

歩数計、加速度計などの活用が広がるにつれて、これらの機器を用いて身体活動評価を行う際の問題点にも関心が高まっている (Troost et al., 2005)。これらの機器の精度は、トレッドミル歩行等によって、身体活動量や歩数などと高い相関があることが確認されている。しかし、それを実際の調査や健康教育において活用するためには様々な問題がある。例えば、ある個人の平均的な身体活動量を評価するためには何日間の装着が必要なのか、何曜日に測定するのがよいのか、といった問題である。このような、調査実施上の問題の一つに、有効なデータをどのように判定するのかという問題がある。欧米では、この問題に関する議論が盛んであり、現在のところ、対象者が1日10時間以上加速度計を装着した場合に有効データと判定する方法が一般的になりつつある (Troost et al., 2005; 井上ら, 2003)。加速度計の装着時間を判定する方法では、60分以上加速度信号が0の状態(1~2分程度連続する弱い信号: 0-100カウント程度)を非装着と判定する方法が標準的である (Troiano et al., 2008)。この基準は加速度計として欧米で広く用いられている ActiGraph を用いた場合である。日本で広く用いられている加速度計ライフコーダを用いた研究としては、30分無信号の状態を非装着時間と定義し、これが詳細な装着記録 (Log book) により評価した非装着時間とよく一致していたとする報告がみとめられる (井上ら, 2003)。しかし、この研究では無信号時間を30分に限定して検討したのみで、30分が最適値であるかどうかを系統的に検討したものはなかった。ActiGraph と日本で用いられている加速度計では、加速度信号の処理方法が異

なり、欧米の基準をそのまま活用して妥当かどうかの予測は難しい。

そこで、本研究では、日本で広く活用されている加速度計 (スズケン社製ライフコーダ EX およびオムロン社製 Active style Pro HJA-350IT) を用いて、装着時間を判定するための研究を行った。具体的には加速度信号が一定時間以上連続して0を示す状態を無装着と定義する方法を用いる場合、この一定時間をどの程度の長さに設定するのが最も妥当であるのかを検討することとした。

## B. 研究方法

### 1. 被験者

対象者は成人21名 (男性9名、女性12名) とした。

### 2. 測定手順

身体計測は、Lohman らの方法 (1988) に従って行った。身長は0.1 cm 単位 (株式会社ヤガミ, YL-65S, 名古屋, 日本)、体重は0.1 kg 単位株式会社ヤガミ, YK-150D, 名古屋, 日本) で測定した。そして、体重を身長<sup>2</sup>の2乗で割り BMI (kg/m<sup>2</sup>) を算出した。

歩数と活動量の測定には、Active Style Pro HJA-350IT (オムロンヘルスケア社, 京都, 日本, 以下 OM と略す, Oshima et al., 2010; Ohkawara et al., 2011) とライフコーダ EX (スズケン, 東京, 日本, 以下 SZ と略す, Kumahara et al., 2004) を用いた。事前に2台の加速度計の時間を同期させて、時間を正確に把握できるようにした。

対象者には、加速度計が水に浸かる活動 (入浴や水泳など) 以外の全ての時間に加速度計を装着するように指示した。装着部位は身体の前・腰位置とし、左右のズボンのベルトの高さ、折り目付近に装着することとして、ベルトまた

はズボンをクリップで挟み2台同時に装着することとした。

加速度計を装着した日には、Log book を付けるように依頼した。今回の実験では、Log book が装着時間判定の基準となるので、対象者に対しては、装着時間を1分単位で正確に記録するように説明した。加速度計、Log book 回収時に、装着時間を正確に記録することができたかどうかを口頭で確認し、Log book による装着時間の判定の質を確保した。

加速度計は平日2日、土・日・祝日のいずれか1日の合計3日間の装着を依頼した。装着後に加速度計を回収し、加速度計それぞれの専用ソフトを用いて解析を行った。

加速度計信号から装着時間を判定する際には、装着している状態、装着していない状態を判定する必要がある。本研究では、この方法として、次の12の方法を実施した。

**Method1 (5min)** : 5分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

**Method2 (10min)** : 10分以上〃。

**Method3 (15min)** : 15分以上〃。

**Method4 (20min)** : 20分以上〃。

**Method5 (30min)** : 30分以上〃。

**Method6 (40min)** : 40分以上〃。

**Method7 (50min)** : 50分以上〃。

**Method8 (60min)** : 60分以上〃。

**Method9 (70min)** : 70分以上〃。

**Method10 (80min)** : 80分以上〃。

**Method11 (90min)** : 90分以上〃。

**Method12 (120min)** : 120分以上〃。

なお、OMにおいては、Method0 (0min) として加速度計から算出された装着時間を示した。

そして、これらの12の方法のうちの、どの方法を用いて計算した装着時間が、最も Log

book から算出した装着時間と相関が良好かを検討した。なお、Log book および加速度計信号から装着時間を求める場合には、Log book に記録された睡眠中のデータは除外して、睡眠時間ではない時間における装着時間を算出した。

活動量のデータは、OMは10秒ごとのデータ(以下、OM\_10と略す)と60秒ごとデータ(以下、OM\_60と略す)を用い、SZは2分ごとのデータを用いた。SZの5分と15分のデータは6分と16分のデータを代用した。

加速度計信号から判定した装着時間と、Log book から判定した装着時間との Pearson 相関関係、級内相関係数 (Interclass correlation : ICC)、Bland and Altman plot を検討した。結果は全て平均値±標準偏差で示した。統計解析には SPSS package (18.0 for Windows) を使用し、統計学的有意水準はすべて5%未満とした。

### 3. 倫理面への配慮

対象者には、実験の目的、方法、対象者の権利等を書面、および口頭の両方で説明し、書面による同意を得た。本実験の実施は独立行政法人国立健康・栄養研究所「研究倫理審査委員会(疫学研究部会)」の承認を得て行った。データは厳重に管理し、外部に流出することがないようにした。測定に伴う危険性はない。

### C. 研究結果

Table1に対象者の身体的特徴を示した。年齢は $28.5 \pm 6.3$ 歳、Body mass indexは $20.5 \pm 1.9 \text{ kg/m}^2$ であった。

Table 2に各加速度計の装着時間と歩数を示した。加速度計の装着時間は、Log book による評価では $15.3 \pm 2.3$ 時間/日(7.8~19.4時間/日)であった。平均歩数はOMで $9126 \pm 4862$

歩/日、SZで10076±5134歩/日であった。平均装着時間を基に、Log bookによって判定した装着時間と、加速度信号によって判定した装着時間を比較すると、両者が最も近いのは、OM\_10ではMethod5 (30 min)、OM\_60ではMethod6 (40 min)とMethod7 (50 min)、SZではMethod6 (40 min)であった。

各種の方法で判定した加速度計の装着時間とLog bookの装着時間の最も相関係数が高かったのは、OM\_10ではMethod5 (30 min) ( $r=0.948$ )、OM\_60ではMethod7 (50 min) ( $r=0.937$ )、SZではMethod8 (60 min) ( $r=0.960$ )だった (Fig.1)。連続する無信号時間が長くて短くてもLog Bookの装着時間とは一致しにくくなることが明らかとなった。

Table 3に各種の方法で判定した装着時間の級内相関係数を示した。級内相関係数の基準であるLog bookによる装着時間と無信号時間を考慮した装着時間の一致度を検討しており、0.80以上であれば基準と一致しているとみなしてよいと考えられている (久保田ら, 2009; Trost, MSSE, 2005)。本研究では、級内相関係数が0.80以上だったのは、OM\_10はMethod1 (5 min) ~Method12 (120 min)、OM\_60はMethod2 (10 min) ~Method12 (120 min)、SZはMethod3 (15 min) ~Method12 (120 min)だった。最も級内相関係数が高かったのは、OM\_10は30分 (ICC: 0.947)、OM\_60は50分 (ICC: 0.936)、SZは60分 (ICC: 0.954)だった。

Bland and Altman plotで、非装着時間を考慮した装着時間とLog bookによる装着時間に系統的な誤差が無いか検討を行ったところ、OM\_10 Method12 (120min) 除く全てにおいて系統誤差は見られなかった。級内相関係数の最も高かった、OM\_10 Method5 (30min) 前後、OM\_60 Method7 (50min) 前後、

SZ\_Method7 (50min) 前後で、平均値がゼロに近く、標準偏差の幅が小さかった。

#### D. 考察

本研究では、加速度計の測定前の検討事項として非装着時間の検討を行った。

級内相関係数は、0.80以上であれば基準と一致していると考えられていることから (久保田ら, 2009; Trost, MSSE, 2005)、OM\_10はMethod1 (5 min) ~Method12 (120 min)、OM\_60はMethod2 (10 min) ~Method12 (120 min)、SZについてはMethod3 (15 min) ~Method12 (120 min)がLog bookと一致していると考えられたが、最も級内相関係数が高く、Log bookによる平均装着時間と装着時間が近かった30~60分間程度の無信号時間を非装着と定義することが最適である可能性が高いと考えられた。この値は加速度計の種類によって若干異なる可能性があるが、今回使用したOMとSZでは大きな違いはなかった。検討結果は対象者の行動パターン、体型等によっても異なってくる可能性が考えられるが、30~60分間程度の非装着状態を判定のための基準として用いることはおおよそ妥当と考えられた。

先行研究においてSZが30分間以上の無信号を非装着状態と定義した場合に妥当な装着時間の判定が行えることが報告されている (井上ら, 2003)。この先行研究では30分間以外の基準を検討していなかったが、今回の研究では、5分間、10分間、15分間、20分間、30分間、40分間、50分間、60分間、70分間、80分間、90分間、120分間の12の基準を検討した。その結果、30~60分間程度の無信号時間が最も妥当な基準であることが示された。

欧米では、非装着時間について新たな検討が行われているが (Choi et al., 2011)、60分間



以上加速度信号が0の状態（1~2分程度連続する弱い信号：0-100カウント程度）を非装着と判定する方法が一般的になりつつある

(Troiano et al., 2008)。しかし、この基準は加速度計として主に、ActiGraphを用いた場合の基準である。日本で広く用いられている加速度計とActiGraphでは加速度信号の処理方法が大きく異なるので、このような欧米で実施されている方法の適応が可能かどうかは予想が難しかった。たとえば、SZでは、加速度信号は0から9までの10段階で出力されるが、ActiGraphの出力は物理量に近く、時間分解能も自由に設定することができる。加速度信号感知の閾値も異なっている。ActiGraphの分析では、1分単位でデータを収集した場合の活動強度の判定は、0-99カウント: sedentary、100-499カウント: inactive、500-2019カウント: light intensity、2020-5999カウント: Moderate intensity、6000カウント以上: Vigorous intensityといった基準が活用されており、出力は連続変数に近い(Troiano et al., 2008; Tudor-Locke et al., 2009)。また、検出できる加速度の最低値はActiGraphは50mGであるが、それに対して、OMの場合は3mGであり、SZは60mG、OMの場合、他の2機種と比べて、一桁以上小さな加速度でも検出できる。これらのことから、日本の加速度計を用いた場合の非装着の判定プロトコルの検討が必要だと考えられた。今回の検討によって、欧米の解析方針とほぼ同等の基準で、装着時間が評価できることが明らかとなった。

本研究の限界点としては、研究対象者の装着コンプライアンスが良すぎたことがあげられる。Log bookによる装着時間の平均は15.3時間/日であり、データ採用基準として一般的な10時間/日未満のデータ件数は3件(4.8%)のみであった。本来、装着時間の判定はデータの採用・不採用の判定、すなわち、10時間以

上か未満かの判定に用いられることが多い(Troiano et al., 2008)。したがって、装着時間が10時間/日前後のデータが多く含まれていることが望ましかった。

次に、結果の一般化の問題がある。本検討では日本で最も広く活用されている加速度計を用いたが、機種によって最適値が異なる可能性は否定できない。今後、他の機種においても同様の検討を実施することが望ましいと考えている。

## E. 結論

身体活動量を評価する際に必要な非装着時間は、30~60分間程度の無信号が継続する状態を非装着状態と定義して解析することが妥当であることが示唆された。装着・非装着の判定は、加速度計データを分析する際に必ず必要となるもので、本研究の結果は、客観的で妥当性の高い評価法の開発に資するものと考えられた。

## F. 健康危険情報

該当せず

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Inoue S, Ohya Y, Tudor-Locke C, Yoshiike N, Shimomitsu T. Step-defined physical activity and cardiovascular risk among middle-aged Japanese: the National Health and Nutrition Survey of Japan 2006. J Phys Act Health. In press, 2012
- 2) Tudor-Locke C, Craig CL, Brown WJ, Clemes SA, De Cocker K, Giles-Corti B,

- Hatano Y, Inoue S, Matsudo SM, Mutrie N, Oppert JM, Rowe DA, Schmidt MD, Schofield GM, Spence JC, Teixeira PJ, Tully MA, Blair SN. How Many Steps/day are Enough? For Adults. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 8: 79, 2011
- 3) Inoue S, Ohya Y, Tudor-Locke C, Tanaka S, Yoshiike N, Shimomitsu T. Time trends for step-determined physical activity among Japanese adults. *Med Sci Sports Exerc*, 43: 1913-1919, 2011
- 4) Inoue S, Sugiyama T, Takamiya T, Oka K, Owen N and Shimomitsu T. Television viewing time is associated with overweight/obesity among older adults, independent of meeting physical activity and health guidelines. *J Epidemiol*. 22(1):50-56, 2012
- 5) Liao Y, Harada K, Shibata A, Ishii K, Oka K, Nakamura Y, Sugiyama T, Inoue S, Shimomitsu T. Joint associations of physical activity and screen time with overweight among Japanese adults. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 8:131, 2011
2. 学会発表
- 1) 三宅理江子、井上茂、石橋弘子、赤木達規、高田和子、田中茂穂: 加速度計の装着/非装着の判定法, 第66回日本体力医学会大会, 2011

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

Table 1. Physical characteristics in subjects.

Male / female	9 / 12
Age (y)	28.5 ± 6.3
Height (cm)	166.1 ± 9.6
Weight (kg)	56.8 ± 9.7
Body mass index (kg/ m <sup>2</sup> )	20.5 ± 1.9

Values are means ± standard deviations.

Table 2. Characteristics of wear time and step counts in subjects.

	Log book	OM_10	OM_60	SZ
Wear Time (hours)				
Log book	15.3 ± 2.3			
Method 0 (0 min)		12.7 ± 2.6	13.0 ± 2.6	
Method 1 (5 min)		14.6 ± 2.3	13.9 ± 2.5	13.6 ± 2.4
Method 2 (10 min)		14.9 ± 2.2	14.4 ± 2.4	14.2 ± 2.4
Method 3 (15 min)		15.0 ± 2.2	14.6 ± 2.3	14.6 ± 2.3
Method 4 (20 min)		15.1 ± 2.2	14.7 ± 2.4	14.8 ± 2.3
Method 5 (30 min)		15.4 ± 2.2	15.0 ± 2.4	15.1 ± 2.3
Method 6 (40 min)		15.6 ± 2.1	15.2 ± 2.3	15.3 ± 2.3
Method 7 (50 min)		15.7 ± 2.2	15.4 ± 2.3	15.5 ± 2.4
Method 8 (60 min)		15.8 ± 2.1	15.5 ± 2.2	15.5 ± 2.4
Method 9 (70 min)		15.8 ± 2.1	15.6 ± 2.2	15.6 ± 2.4
Method 10 (80 min)		15.9 ± 2.1	15.8 ± 2.2	15.6 ± 2.4
Method 11 (90 min)		16.0 ± 2.1	15.9 ± 2.1	15.6 ± 2.4
Method 12 (120 min)		16.0 ± 2.0	16.0 ± 2.1	15.6 ± 2.4
Step counts (including sleep) (Steps/day)		9126 ± 4862	9126 ± 4862	10076 ± 5134

Values are means ± standard deviations. TEE: Total energy expenditure, OM\_10: Omron accelerometer 10 sec, OM\_60: Omron accelerometer 60 sec, SZ: Suzuken accelerometer.

Method 0-12: Non-wearing was defined as no acceleration signal for 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 120 min.

Table3. Intraclass correlation between Log book and three accelerometer\_Method 0-12.

	OM_10			OM_60			SZ		
	ICC	95% CI		ICC	95% CI		ICC	95% CI	
		lower	upper		lower	upper		lower	upper
Method0 (0 min)	0.295	0.054	0.503	0.385	0.154	0.576	-	-	-
Method1 (5 min)	0.878	0.806	0.924	0.664	0.500	0.782	0.557	0.361	0.706
Method2 (10 min)	0.906	0.849	0.942	0.815	0.712	0.884	0.732	0.593	0.829
Method3 (15 min)	0.924	0.878	0.954	0.860	0.780	0.913	0.862	0.782	0.914
Method4 (20 min)	0.937	0.898	0.961	0.884	0.815	0.928	0.889	0.823	0.931
Method5 (30 min)	0.947	0.914	0.967	0.923	0.876	0.952	0.938	0.900	0.962
Method6 (40 min)	0.922	0.875	0.952	0.921	0.873	0.951	0.943	0.907	0.965
Method7 (50 min)	0.908	0.853	0.943	0.936	0.897	0.961	0.953	0.924	0.971
Method8 (60 min)	0.898	0.837	0.937	0.928	0.885	0.956	0.954	0.926	0.972
Method9 (70 min)	0.884	0.816	0.928	0.917	0.867	0.949	0.947	0.913	0.967
Method10 (80 min)	0.874	0.800	0.921	0.895	0.833	0.935	0.947	0.913	0.967
Method11 (90 min)	0.852	0.768	0.908	0.861	0.781	0.914	0.944	0.909	0.965
Method12 (120 min)	0.845	0.757	0.903	0.863	0.784	0.915	0.944	0.909	0.965

ICC: Interclass correlation. CI: Confidence interval.

OM\_10: Omron accelerometer 10 sec, OM\_60: Omron accelerometer 60 sec, SZ: Suzuken accelerometer.

Method 0-12: Non-wearing was defined as no acceleration signal for 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 120 min.