

【原 著】

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

中田 由夫¹⁾ 大河原一憲^{2,3)}
大島 秀武⁴⁾ 田中 茂穂³⁾

1) 筑波大学医学医療系 2) 電気通信大学情報理工学部
3) 独立行政法人国立健康・栄養研究所基礎栄養研究部
4) 流通科学大学サービス産業学部

【要約】目的：加速度計は、自由生活下での身体活動を客観的かつ妥当に評価する手段として広く用いられている。しかしながら、データを処理する際の設定条件によって、解析結果が異なる可能性がある。本研究では、3 軸加速度計 Active Style Pro（オムロンヘルスケア、京都）を用い、設定条件の 1 つである epoch length の違いが解析結果に与える影響を、歩行活動と歩行以外の活動（以下、生活活動）に分けて検討した。

方法：本研究の参加者は減量介入研究のために集められた 213 人の過体重成人であり、データの得られた 209 人を解析対象者とした。身体活動のベースライン調査として、14 日間、加速度計を装着した。有効日数は平日 2 日、休日 1 日以上とし、1 日当たり 10 時間以上装着している日を有効日と定義した。

結果：Epoch length が 10 秒の場合と比較して 60 秒の場合、3 METs 以上の活動時間が歩行活動、生活活動ともに短く、3 METs 未満の活動時間では歩行活動が短く、生活活動が長かった。効果量（Cohen's d）で比較すると、3 METs 以上では歩行活動で 1.43、生活活動で 2.81、3 METs 未満では歩行活動で 0.30、生活活動で 3.33 であり、いずれも歩行活動よりも生活活動における影響が大きかった。

結論：Epoch length の違いは身体活動量の解析結果に影響を及ぼし、その程度は歩行活動よりも生活活動で顕著であることが示唆された。

Key words：加速度計，身体活動，epoch length，歩行活動，生活活動

1. 緒 言

1995 年、米国疾病予防管理センター（Centers for Disease Control and Prevention）と米国スポーツ医学会（American College of Sports Medicine; ACSM）は、「1 日 30 分以上の中強度以上（ ≥ 3 METs; metabolic equivalents）の身体活動（moderate-to-vigorous physical activity; MVPA）」を推奨する声明を発表した¹⁾。更に 2007 年、米国心臓協会（American Heart Association）と ACSM の声明では、「健康の維持増進のために、18~65 歳の健康な成人は 1 日 30 分以上、週 5 日以上の中強度（3~6 METs）の身体活動（moderate physical activity; MPA）を行うか、あるいは 1 日 20 分以上、週 3 日以上の高強度（ ≥ 6

METs）の身体活動（vigorous physical activity; VPA）を行うこと」を推奨している²⁾。一方、我が国では 2006 年に厚生労働省が「健康づくりのための運動基準 2006~身体活動・運動・体力~」を策定し、健康の維持・増進に必要な身体活動・運動量として、「MVPA を週 23 METs・時以上行うこと」を推奨している³⁾。こうしたガイドラインの根拠となる研究の多くはコホート研究であり、その多くは、質問紙により歩行時間や各種スポーツ活動などの時間と頻度、強度などを聞き取っている。しかしながら、質問紙による主観的評価では思い出しバイアスの混入が避けられないことから、より客観的な評価が望ましい。

近年では、自由生活下での身体活動を妥当かつ客観的に評価する手段として、加速度計が実験研究やフィールド研究において広く用いられるようになってきた^{4,5)}。しかしながら、各研究において用いられている加速度計の種類が異なるだけでな

連絡先：中田由夫，筑波大学医学医療系，〒305-8575
茨城県つくば市天王台 1-1-1, nakata@md.tsukuba.ac.jp
投稿日：2012 年 6 月 23 日，受理日：2012 年 8 月 22 日

く、加速度計で得られたデータを処理するうえでの条件設定がさまざまであり、その条件設定が採用データ数や測定値に影響を及ぼすことが知られている^{4,6,7)}。Epoch length と呼ばれる何秒単位でデータを集計するかという条件もそのひとつであり、これまで主に子どもを対象とした検討が報告されており⁸⁻¹⁴⁾、成人を対象とした検討¹⁵⁾もわずかながら報告されている。

3軸加速度計 Active Style Pro (HJA-350IT, オムロンヘルスケア, 京都) は、独自の信号処理によって、体の動きと姿勢の変化をとらえ、歩・走行活動(以下、歩行活動)だけではなく、従来の加速度計ではとらえることができていなかった歩・走行以外の活動(以下、生活活動)についても正確に計測できるという特長を有する我が国で開発された新たな加速度計である^{16,17)}。この加速度計は epoch length として 10 秒と 60 秒を設定することが可能である。そこで、本研究では、epoch length の違いが解析結果に及ぼす影響を、歩行活動と生活活動に分けて検討することを目的とした。

2. 方 法

2-1. 対象

本研究の対象者は、茨城県水戸市で実施された減量介入研究¹⁸⁾への参加を希望し、ベースライン測定を受けた男女 213 人(女性 162 人, 年齢 51.3 ± 6.6 歳, BMI 28.5 ± 3.3 kg/m²)である。対象者には、研究内容をスライドおよび文書で説明し、研究参加に対する同意を得た。研究プロトコルについては、筑波大学医の倫理委員会(第 516 号, 2008 年 7 月 4 日)、および実施場所となる水戸協同病院倫理委員会(第 1 号, 2008 年 6 月 20 日)において承認を得た。

2-2. 測定方法

3軸加速度計 Active Style Pro のアルゴリズムについては先行研究で詳述されている^{16,17)}。簡潔に述べるならば、この機器のダイナミックレンジは ±3 mG ~ ±6 G であり、鉛直方向、前後方向、左右方向の加速度情報から合成加速度を算出する。また、歩行活動と生活活動を分離するために、0.7 Hz でのハイパスフィルタ処理を施し、フィルタ処理前後の合成加速度の比を算出する。10 秒間隔で算出された合成加速度から、歩行活動、生活活動を判別するとともに、それぞれの活動強度(METs)

が推定される。また、各強度別の活動時間は、10 秒間隔で記録されたデータを積算することにより求められ、epoch length の設定によって、10 秒単位または 60 秒単位で集計結果が得られる。

本研究では身体活動量を評価するために、加速度計を腰部に 14 日間、睡眠時と水中活動(入浴や水泳)および接触の可能性のあるスポーツ活動時を除き、1 日中装着するように指示した。非装着時間は、「検出閾値以下の活動強度でゼロカウントとみなされている時間が 20 分以上継続した時間の合計」⁴⁾と定義した。なお、本研究で用いた Active Style Pro におけるゼロカウントは、合成加速度の平均値から推定された METs が 1 未満であることを表す。装着時間は 24 時間から非装着時間を引くことで求め、1 日の装着時間が 10 時間以上であればその日のデータを採用し^{4,19)}、平日 2 日、休日 1 日以上の有効日数があれば、その個人のデータを採用した⁴⁾。採用された個人のデータとして、歩数、3 METs 以上の歩行活動時間、生活活動時間、および総活動時間(MVPA)、3 METs 未満の歩行活動時間、生活活動時間、および総活動時間(sedentary-to-light physical activity; S/LPA)について、下記の式により重み付けし、1 日当たりの平均値を算出した。

$$(\text{平日の平均値} \times 5 + \text{休日の平均値} \times 2) \div 7$$

2-3. 解析方法

対象者の身体的特徴および身体活動量については平均値 ± 標準偏差で示した。2 つの epoch length (10 秒, 60 秒)によって得られた測定値間の差を検討するために対応のある t 検定を行い、差の 95 % 信頼区間を示すとともに、効果量(Cohen's d)を下記の式により算出した。

$$\text{差の平均} \div \text{差の標準偏差}$$

また、両者の相関関係を検討するために級内相関係数を算出し、Bland & Altman plots²⁰⁾を用いて系統誤差を検討した。統計解析には IBM SPSS Statistics 20 を用い、統計学的有意水準を 5% 未満に設定した。

3. 結 果

3-1. 採用データ数

Epoch length を 10 秒としてデータを処理した場合、213 人中 210 人のデータが採用された。採用できなかった 3 人のうち、2 人は休日の有効日数

が不足しており、1人はデータ処理上の欠損であった。一方、epoch lengthを60秒としてデータを処理した場合、213人中209人のデータが採用された。採用できなかった4人のうち、3人は休日の有効日数が不足しており、1人はデータ処理上の欠損であった。

以下の解析においては、60秒のepoch lengthで採用された209人を対象とした。解析対象者の身体的特徴は表1のとおりである。

3-2. 測定値間の差と相関

表2にepoch lengthの違いによる加速度計データの差と相関を示した。歩数以外のすべての項目に有意差が認められ、10秒と比較して60秒では、採用日数が少なく、3 METs以上の各活動時間と3 METs未達の歩行活動時間が短く、3 METs未達の

生活活動時間とS/LPAが長かった。効果量の大ききで比較すると、3 METs以上、3 METs未達ともに、歩行活動時間よりも生活活動時間における影響が大きかった。また、相関関係をみても、3 METs以上、3 METs未達ともに、歩行活動時間よりも生活活動時間における級内相関係数が低かった。

3-3. 測定値間の系統誤差

3 METs以上の歩行活動時間における10秒と60秒のepoch length間の系統誤差を、Bland & Altman plotsを用いて検討した(図1)。前述のとおり、10秒と比較して60秒では歩行活動時間が短く評価されたが、系統誤差は認められなかった。一方、3 METs以上の生活活動時間においては有意な負の系統誤差が認められた(図2)。3 METs未達の歩行活動時間(図3)および生活活動時間(図4)については、有意な正の系統誤差が認められた。

表1 解析対象者の身体的特徴

	男性 (n = 48)	女性 (n = 161)	全体 (n = 209)
年齢(歳)	49.7 ± 6.7	51.9 ± 6.5	51.4 ± 6.6
身長(cm)	170.3 ± 6.0	155.4 ± 5.1	158.8 ± 8.2
体重(kg)	81.4 ± 10.4	69.3 ± 9.4	72.1 ± 10.9
BMI(kg/m ²)	28.0 ± 3.1	28.7 ± 3.4	28.5 ± 3.3

BMI; body mass index, 体重(kg)/身長²(m²)

4. 考 察

本研究では、3軸加速度計Active Style Proを用いて、epoch lengthを10秒あるいは60秒と設定した際に生じる解析結果の差を検討することを目的とした。その結果、10秒と比較して60秒では採用日数が少なくなった。これは、座位活動等の不活動時間において、わずかな動きを加速度計がとらえたとしても、60秒のepoch lengthにおける

表2 Epoch lengthの違いによる加速度計データの差と相関

	10 秒	60 秒	差	95%信頼区間	p	効果量(d)	級内相関係数
採用日数	13.1 ± 1.7	12.9 ± 1.8	-0.15	-0.23~-0.08	<.001	0.29	.959
休日日数	4.5 ± 0.8	4.4 ± 0.8	-0.06	-0.09~-0.02	.001	0.23	.958
歩数	6200 ± 2725	6207 ± 2718	7.1	-15.0~29.3	.527	0.04	.998
3 METs 以上 歩行活動時間	31.3 ± 17.5	26.9 ± 17.7	-4.4	-4.8~-4.0	<.001	1.43	.953
3 METs 以上 生活活動時間	61.0 ± 26.6	38.1 ± 25.4	-22.9	-24.0~-21.8	<.001	2.81	.632
MVPA	92.3 ± 33.3	65.0 ± 33.3	-27.3	-28.5~-26.2	<.001	3.27	.684
3 METs 未達 歩行活動時間	51.6 ± 18.7	48.3 ± 22.2	-3.2	-4.7~-1.8	<.001	0.30	.851
3 METs 未達 生活活動時間	631.8 ± 82.2	689.0 ± 84.8	57.3	54.9~59.6	<.001	3.33	.771
S/LPA	683.4 ± 83.8	737.4 ± 84.7	54.0	52.0~56.0	<.001	3.70	.800

METs; metabolic equivalents, MVPA; moderate-to-vigorous physical activity, S/LPA: sedentary-to-light physical activity, d=差の平均÷差の標準偏差

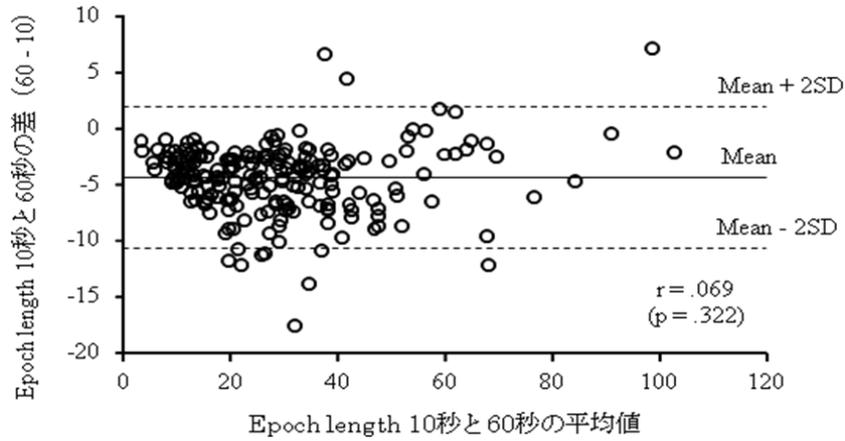


図1 3 METs 以上歩行活動時間に対する Bland & Altman plots

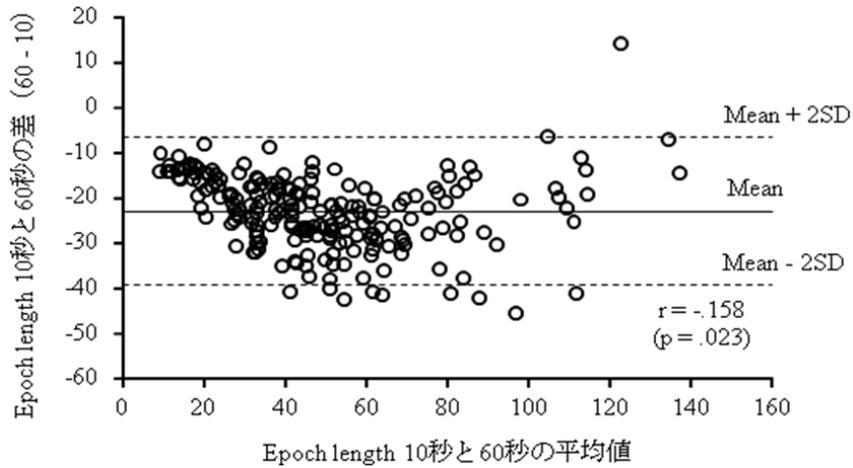


図2 3 METs 以上生活活動時間に対する Bland & Altman plots

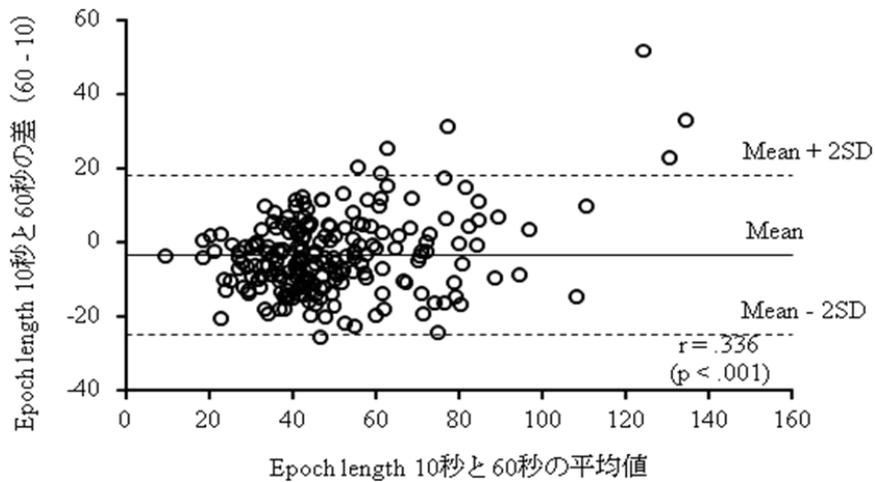


図3 3 METs 未満歩行活動時間に対する Bland & Altman plots

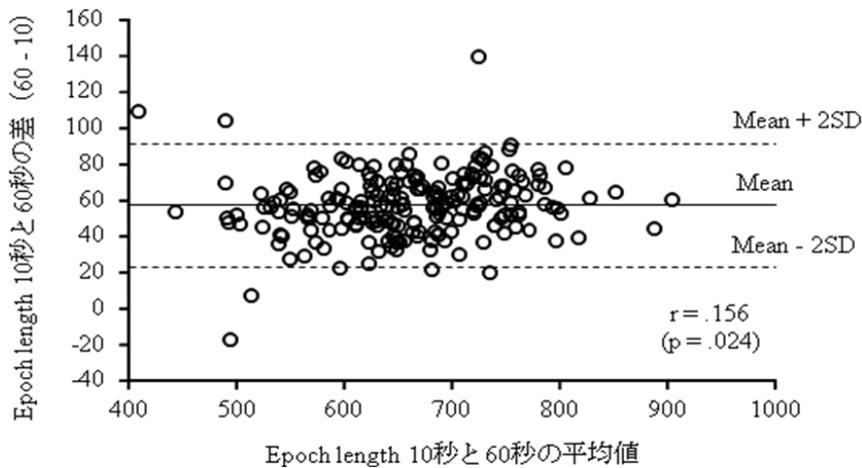


図4 3 METs 未満生活活動時間に対する Bland & Altman plots

METs が 1 未満となってしまう、ゼロカウントとみなされることに起因すると考えられる。こうしたゼロカウントの時間が長く続くことによって、本研究のように非装着時間を一定時間（本研究では 20 分間）以上ゼロカウントが継続した時間と定義した場合、非装着時間が長くなり、採用条件を満たす日数が少なくなる。本研究における採用日数の差はわずかであるが、epoch length を 10 秒と設定して装着時間を評価することで、同じ非装着時間の判定法であれば、採用日数が多くなると考えられる。

歩数は、原理上、epoch length の影響を受けない評価項目である。しかしながら、採用日数に差が生じているため、有意差はないものの、わずかながら平均値に差が生じている。活動時間については、3 METs 以上、3 METs 未満にかかわらず、epoch length の影響を受けていた。加速度計の epoch length と活動時間が完全に一致することは極めて稀であり、例えば 1 MET の活動を 30 秒、4 METs の活動を 60 秒、1 MET の活動を 30 秒という 2 分間の活動を 60 秒の epoch length で評価すると、活動強度が平均化されるため、3 METs 未満 (2.5 METs) の活動が 2 分間続いたものと判断される。おそらくこれと同様な原因により、3 METs 以上の歩行活動、生活活動、MVPA のいずれも、epoch length が 10 秒の場合と比べて 60 秒の場合では活動時間が短く評価されたものと考えられる。効果量でその程度を比較すると、歩行活動 ($d = 1.43$) よりも生活活動 ($d = 2.81$) で epoch length の影響が強かった。これは、歩行活動と比べて生活活動

は、3 METs 以上の活動継続時間が短く散発的に行われることが多く、その結果として、判断の異なる割合が増えたものと推察される。一方、3 METs 未満の身体活動については、epoch length が 10 秒の場合と比べて 60 秒の場合では、歩行活動は短く、生活活動および S/LPA は長く評価された。これは、3 METs 未満の活動に占める歩行活動の割合が少ないことが原因と推察される。例えば 2 METs の生活活動を 40 秒、歩行活動を 10 秒行った場合、epoch length が 10 秒の場合は生活活動を 40 秒、歩行活動を 10 秒、S/LPA を 50 秒と判断するが、epoch length が 60 秒の場合は、その 60 秒間における生活活動の占める割合が多いため、歩行活動を 0 秒、生活活動と S/LPA を 60 秒と判断することになる。そうした判断の集積結果として、60 秒の epoch length では 10 秒と比べて歩行活動が短く、生活活動が長く評価され、S/LPA も長くなったと推察される。実際、S/LPA と MVPA を合わせた総活動時間は、10 秒の epoch length では 776 分であるが、60 秒では 802 分であり、全体としてもより長く活動時間を評価していた。

Epoch length が身体活動量の解析結果に影響を及ぼすことは、これまで主に子どもを対象とした検討結果が報告されてきた⁸⁻¹⁴⁾。子どもの身体活動の特徴として、高強度の身体活動の継続時間は 10 秒未満と短いことが多く¹⁰⁾、短い epoch length で評価したほうが長い epoch length よりも誤差が小さくなることが報告されている¹¹⁾。Epoch length による解析結果の差については、epoch length が長いほど MPA は短くなる¹²⁾、変わらない⁸⁾、長くな

る⁹⁾、7～11歳の子どもでは長くなるが12～16歳の青年では変わらない¹³⁾、VPAは短くなる^{8,12,13)}、6～8.9 METsでは長くなるが9～11.9 METsでは変わらず、12 METs以上では短くなる⁹⁾、と報告によって異なる結果が得られている。子どもを対象としたこれらの先行研究において、異なる結果が得られた理由としては、対象者の年齢や生活環境の違いに加え、用いた加速度計のアルゴリズムの違いが影響したものと考えられる。一方、成人を対象とした先行研究は少なく、閉経後の過体重女性を対象としたGabriel et al.¹⁵⁾の検討では、10秒と比較して60秒ではMVPAは短く、低強度の身体活動(light-intensity physical activity; LPA)は長くなり、本研究と一致する結果が得られている。本研究では、更に歩行活動と生活活動に分けて検討したが、10秒と60秒のepoch lengthで評価した解析結果の級内相関係数は3 METs以上の歩行活動時間では0.953と非常に高かったものの、3 METs以上の生活活動時間では0.632と低くなり、3 METs未満の各活動時間も含めて値の一貫性が十分でないことは考慮すべき点である。系統誤差についても同様で、3 METs以上の歩行活動時間では有意な系統誤差は認められなかったが、その他の活動時間では有意な系統誤差が認められ、活動時間が長くなるほど誤差が大きくなることが示唆された。

原理的にはepoch lengthを短く設定したほうが、継続時間の短い動作を正しく評価することができ、LPAやMVPAを細かく分類するうえでは有用だと考えられる。したがって、3軸加速度計Active Style Proを用いて身体活動を正しく分類することが目的であるならば、10秒のepoch lengthで評価することが有用と考えられる。しかしながら、ACSMのガイドラインでは10分以上の運動をboutとみなしており、当然のことながら、10分以上の継続を条件として集計すれば、MVPAの時間は少なくなる¹⁹⁾。本研究から、epoch lengthを10秒と60秒のどちらに設定すべきか、という問いに対する明確な回答を示すことはできないが、さまざまなepoch lengthによる調査が実施されている現状を考慮すると、epoch lengthの違いが異なる解析結果をもたらすことは十分に認識されるべきである。また、今後は研究間での比較可能性を高めるためにも、epoch lengthの問題も含めて加速度計データの標準的な調査方法、分析方法を確立していくことが重要と考えられる。

5. 結 論

本研究では、3軸加速度計Active Style Proを用い、epoch lengthの違いが解析結果に及ぼす影響を、歩行活動と生活活動に分けて検討することを目的とした。その結果、epoch lengthを長くするとMVPAは短く、S/LPAは長く評価された。3 METs以上の活動については、歩行活動、生活活動ともに短く評価されたが、3 METs未満の活動では歩行活動が短く、生活活動が長く評価された。また、epoch lengthの影響の程度は、歩行活動よりも生活活動で顕著であることが示唆された。

文 献

- 1) Pate RR, Pratt M, Blair SN, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*. 1995; 273: 402-7.
- 2) Haskell WL, Lee IM, Pate RR, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39: 1423-34.
- 3) 厚生労働省運動所要量・運動指針の策定検討会. 健康づくりのための運動基準2006～身体活動・運動・体力～. 2006.
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou02/pdf/data.pdf>
- 4) Mâsse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, et al. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37: S544-54.
- 5) Pettee KK, Storti KL, Ainsworth BE, Kriska AM. Measurement of Physical Activity and Inactivity in Epidemiologic Studies. In: Lee IM, ed. *Epidemiological Methods in Physical Activity Studies*. Oxford University Press, New York, 2009, pp15-33.
- 6) Trost SG, McIver KL, Pate RR. Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37: S531-43.
- 7) 中田由夫. 3軸加速度計HJA-350ITを用いた

- 身体活動量評価における設定条件と採用データ数. 体育測定評価研究. 2011; 11: 57-62.
- 8) Nilsson A, Ekelund U, Yngve A, Sjöström M. Assessing physical activity among children with accelerometers using different time sampling intervals and placements. *Pediatr Exerc Sci*. 2002; 14: 87-96.
 - 9) Rowlands AV, Powell SM, Humpreys R, Eston RG. The effect of accelerometer epoch on physical activity output measures. *J Exerc Sci Fit*. 2006; 4: 52-8.
 - 10) Baquet G, Stratton G, Van Praagh E, Berthoin S. Improving physical activity assessment in pre-pubertal children with high-frequency accelerometry monitoring: a methodological issue. *Prev Med*. 2007; 44: 143-7.
 - 11) McClain JJ, Abraham TL, Brusseau TA Jr, Tudor-Locke C. Epoch length and accelerometer outputs in children: comparison to direct observation. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; 40: 2080-7.
 - 12) Vale S, Santos R, Silva P, Soares-Miranda L, Mota J. Preschool children physical activity measurement: importance of epoch length choice. *Pediatr Exerc Sci*. 2009; 21: 413-20.
 - 13) Edwardson CL, Gorely T. Epoch length and its effect on physical activity intensity. *Med Sci Sports Exerc*. 2010; 42: 928-34.
 - 14) Dencker M, Svensson J, El-Naaman B, Bugge A, Andersen LB. Importance of epoch length and registration time on accelerometer measurements in younger children. *J Sports Med Phys Fitness*. 2012; 52: 115-21.
 - 15) Gabriel KP, McClain JJ, Schmid KK, et al. Issues in accelerometer methodology: the role of epoch length on estimates of physical activity and relationships with health outcomes in overweight, post-menopausal women. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2010; 7: 53.
 - 16) Oshima Y, Kawaguchi K, Tanaka S, et al. Classifying household and locomotive activities using a triaxial accelerometer. *Gait Posture*. 2010; 31: 370-4.
 - 17) Ohkawara K, Oshima Y, Hikiyama Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I, Tanaka S. Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. *Br J Nutr*. 2011; 105: 1681-91.
 - 18) Nakata Y, Okada M, Hashimoto K, Harada Y, Sone H, Tanaka K. Comparison of education-only versus group-based intervention in promoting weight loss: a randomised controlled trial. *Obes Facts*. 2011; 4: 222-8.
 - 19) Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Mâsse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; 40: 181-8.
 - 20) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986; 1: 307-10.

【Original Article】

**Effects of Epoch Length on Outcome Measures of Physical Activity
with a Triaxial Accelerometer Active Style Pro**

Yoshio Nakata¹⁾, Kazunori Ohkawara^{2,3)}, Yoshitake Oshima⁴⁾,
Shigeho Tanaka³⁾

Abstract

Objective: Accelerometers are objective and valid tools that have been used extensively to monitor activity patterns in field settings to assess free-living physical activity. However, several data processing issues may produce differences in outcome measures of physical activity. This study examined the effects of epoch length on outcome measures of locomotive and non-locomotive activity by using a triaxial accelerometer Active Style Pro (Omron Healthcare, Kyoto, Japan).

Methods: The participants were 213 overweight adults who were recruited for a weight-loss intervention study. The data from 209 of them were considered valid and were analyzed. The participants wore the accelerometers for 14 consecutive days for the assessment of baseline physical activity. A valid day was defined as having 10 hours or more of wear time. Total daily minutes of locomotive and non-locomotive activity were evaluated if there were valid records for more than 2 weekdays and 1 day on the weekend. Outcome measures of physical activity were compared between the epoch lengths 10 seconds and 60 seconds.

Results: Total daily minutes of moderate-to-vigorous (≥ 3 METs) locomotive and non-locomotive activities were lower in epoch length of 60 seconds compared with that of 10 seconds. Total daily minutes of sedentary-to-light (< 3 METs) locomotive activity was lower and those of non-locomotive activity was higher in an epoch length of 60 seconds compared with that of 10 seconds. Effect sizes (Cohen's *d*) of moderate-to-vigorous and sedentary-to-light non-locomotive activity (2.81 and 3.33, respectively) were larger than those of locomotive activity (1.43 and 0.30, respectively).

Conclusion: These findings suggest that the choice of epoch length affects outcome measures of physical activity and that this effect is more apparent in non-locomotive activity than in locomotive activity.

Key words: accelerometer, physical activity, epoch length, locomotive activity, non-locomotive activity

1) Faculty of Medicine, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan

2) Faculty of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications, Tokyo, Japan

3) Department of Nutritional Science, National Institute of Health and Nutrition, Tokyo, Japan

4) Faculty of Service Industries, University of Marketing and Distribution Sciences, Hyogo, Japan