

91.367

KA

小・中学生の身体活動量の定量的評価に関する研究

(課題番号 15300253)

平成15年度～平成17年度科学研究費補助金

基盤研究 (B) 研究成果報告書

平成18年6月

研究代表者 金子佳代子

(横浜国立大学教育人間科学部 教授)

横浜国立大学附属図書館



11758736

目 次

1	小・中学生の身体活動量の定量的評価に関する研究	… 1
2	中学生の日常における生活活動調査	… 3
3	小学生の日常における生活活動調査	… 12
4	加速度計法による児童・生徒の日常生活における 身体活動量の測定	… 22
5	心身の健康と身体活動量の相互関連性	… 38
6	3次元加速度計による身体活動量の定量的評価 —大学生を対象とした研究—	… 49
7	3次元加速度計による身体活動量の定量的評価 —小・中学生を対象とした研究—	… 70

小・中学生の身体活動量の定量的評価に関する研究

研究代表者 金子佳代子 横浜国立大学教育人間科学部教授

研究要旨

- 1) 現代の子どもたちの生活活動内容および頻度を明らかにするために、小・中学生を対象とした生活活動調査を実施した。生活活動記録をもとに1日の動作強度(Af)を算出すると、個人差が大きいことが分かった。また、日常生活の身体活動レベルを数量的に評価するには、筋運動のような強度の高い活動だけではなく、強度の低い活動時の身体活動量を正確に把握する必要があること、「座」「立」「歩」など複数の姿勢が混合する活動が多いことから、このような活動時のエネルギー消費量データを実測する必要があることなどが明らかになった。
- 2) 3次元加速度計(アクセルメーター)および心拍計を用いて、小・中学生の日常生活における身体活動量を測定した。腰、腕、足の3ヶ所で測定した加速度の変化は対象者の体位や活動の内容によって異なるものの、加速度と心拍数には有意な相関がみられたことから、子どもの日常生活活動時の身体活動量を推定する指標として両者を組み合わせて用いることが有効と考えられた。また、加速度計により推定された身体活動量と心身の健康状態に相互関連性のあることが示唆された。
- 3) 大学生および小・中学生を対象として、携帯式呼気ガス代謝モニターを用いて日常生活にみられる多様な活動時のエネルギー消費量を実測すると同時に、腰・腕・足3ヶ所の3次元加速度・心拍数を測定し、加速度・心拍数の変化等よりエネルギー消費量を推定する推定式を求めた。さらに、日常生活時の身体活動量を連続的に測定してそのエネルギー消費量を明らかにするとともに、加速度・心拍数の変化等より推定したエネルギー消費量(推定値)と実測値との異同について検討を行った。

研究組織

研究代表者：金子佳代子(横浜国立大学教育人間科学部教授)
研究分担者：大森 桂(山形大学地域教育文化学部助教授)
研究協力者：古泉佳代

交付決定額

(金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成15年度	12,400	0	12,400
平成16年度	1,800	0	1,800
平成17年度	1,700	0	1,700
総計	15,900	0	15,900

研究発表

(1) 学会誌等

論文2編を投稿中

(2) 口頭発表

- 1) K. Omori, T. Fujita and K. Kaneko : PHYSICAL ACTIVITY IN CHILDREN: A CASE STUDY ABOUT JAPANESE ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS, 20th IFHE World Congress (2004), Kyoto, Japan
- 2) 古泉佳代, 鈴木智恵美, 渥美圭子, 金子佳代子 : 成人における日常生活のエネルギー消費量について, 第59回日本栄養・食糧学会大会 (2005), 東京
- 3) K. Koizumi, K. Omori and K. Kaneko : ENERGY EXPENDITURE OF PHYSICAL ACTIVITY IN YOUNG ADULTS, 18th International Congress of Nutrition (2005), Durban, South Africa
- 4) K. Omori, K. Koizumi and K. Kaneko : ASSESSMENT OF PHYSICAL ACTIVITY IN CHILDREN BY TRIAXIAL ACCELEROMETERS, 18th International Congress of Nutrition (2005), Durban, South Africa
- 5) 古泉佳代, 金子佳代子 : 3次元加速度計を用いた小・中学生の身体活動量に関する検討, 第60回日本栄養・食糧学会大会 (2006), 静岡

研究成果による工業所有権の出願・取得状況
なし

中学生の日常における生活活動調査

1. 目的

現代の子どもの生活活動の種類及び頻度を明らかにすることを目的とし、中学生を対象に日記法による生活活動調査を実施した。

2. 方法

(1)調査対象および調査時期

調査対象は、山形市内の中学校に通う2年生71名(男子33名、女子38名)であり、平日・休日両方の記録が得られた生徒を分析の対象とした。

調査時期は、2003年7月、12月である。

(2)調査内容

家庭科の授業の中で調査対象者に記録用紙を配布し、平日・休日それぞれ1日の活動内容を時系列に自己記入してもらった。

(3)分析方法

①生徒の日常生活における活動内容の分類

記録用紙に記入された全活動を KJ 法¹⁾により分類した。分類にあたっては複数の者で行い、活動時の身体の動きが同じものや類似しているものをグループ化し、異論が出た場合には協議の上、最終的な分類を決定した。

②身体活動レベルの評価

「第6次改定日本人の栄養所要量 食事摂取基準」²⁾に記載されている「日常生活の動作強度の目安」を参考に、生徒が記入した記録用紙の各活動に1分刻みで動作強度(Af)を当てはめ、1日の動作強度の平均および頻度を算出した。動作強度が文献に記載されていない活動の場合には、文献に記載されている活動の中から動作が類似しているものを当てはめた。

3. 結果及び考察

(1) 生徒の日常生活における活動内容

調査対象生徒の記入した平日・休日の全活動内容を KJ 法により分類・整理した結果、「座る」「立つ」などの姿勢、上半身・下半身の動き、負荷の有無の観点から、大きく 10 のカテゴリーに分類することができた。

表 1 に示した通り、「座位」「立位」といった単独の姿勢で行う活動の他、「頻繁に座ったり立ったり」「立ち止まったり歩いたり」といった複数の姿勢で行う活動がみられた。特に「立ち止まったり歩いたり」に分類される活動には、個々の活動時間は短くても日常生活の中で頻度の高い身支度や家事などが見られた。このことから、日常生活においては、単独の姿勢で行う活動だけでなく、複数の姿勢が混在する活動も多いことが示された。

表 1 日常生活における活動内容

姿勢	内容
1.臥位	睡眠 寝ながら本やテレビを見る
2.座位	座って静かに過ごす(読書、テレビ、音楽鑑賞、談話等) 食事をとる、飲み物を飲む 座って少し手を動かす(授業を受ける、勉強、コンピュータ、ピアノ演奏、座って学校などの準備をする、ゲーム等) 車に乗る、バスや電車で座って乗る
3.立位	立ったまま話す・読む・話を聞く 立ったまま腕を動かす(シャワー、ふざけ合う) バスや電車で立って乗る エレベーターに乗る
4.頻繁に座ったり立ったり	実験や製作活動 入浴

5.歩行	部屋を移動する、通学、うろうろ歩き回る <u>荷物を持って歩く、重いものを片付ける(机、イス、楽器等)</u> <u>ふとんを敷く</u>
6.立ち止まったり歩いたり	立ったり歩いたりして準備をする(洗顔、歯磨き、トイレ、着替え、髪を整える、靴を履く等) 炊事や洗濯(食器を運ぶ、弁当箱を洗う、食事を作る、洗濯機で洗う、洗濯物を干す・取り込む・たたむ・しまう) 簡単な片付け、掃除(雑巾がけ、ほうきで掃く、黒板掃除、棚の整理、ごみ捨て、グラウンドの整備、風呂洗い)
7.走行	小走り 走る
8.階段昇降	<u>階段を下る・上る・上り下り</u> <u>走って階段を下る・上る・上り下り</u>
9.自転車走行	自転車に乗る
10.運動	バスケットボール、サッカー、野球、ソフトテニス、卓球、バレーボール、剣道、水泳、少林寺拳法、乗馬、バレエ、準備体操・ストレッチ、ジョギング、ダッシュ、スクワット、素振り等

下線: 負荷のある活動

(2) 生徒の日常生活における身体活動レベル

① 1日の動作強度の平均

結果を表2に示した。1日の動作強度(Af)の平均は、調査対象者全員でみた場合、休日(1.76)は平日(1.85)に比べて低値であったが、いずれも日本人の食事摂取基準(2005年版)³⁾に記載されている身体活動レベルの「ふつう(Ⅱ)」に該当した。小学校6年生の平日と休日の身体活動量の違いを心拍数から検討した先行研究⁴⁾においても、休日は平日に比べて130拍/分を越える時間が有意に少なく、身体活動量の低いことが報告されている。

さらに対象者を運動部に所属している者とそうでない者に区別した場合、運動部の男女は、1日の動作強度の平均が平日、休日いずれも1.9以上となり、

身体活動レベルの「高い (Ⅲ)」に該当した。一方、非運動部の場合、平日の値は男子 1.46、女子 1.48 であり、身体活動レベルの「低い (Ⅰ)」に該当し、休日の値は男子 1.34、女子 1.35 とさらに低かった。

以上のように、運動部と非運動部の生徒の間には身体活動量に差がみられた。また、今回調査した平日には体育の授業もなく、身体を激しく動かす機会が少なかったと考えられるが、運動部女子を除き、平日は休日に比べて数値がやや高くなっていた。運動部男子の中には休日に部活動をしていない生徒が多く、一方、運動部女子には休日にも部活動をしている生徒が多かったためと考えられる。

表2 1日の動作強度 (Af) の平均

		平日					
	全体	男子	女子	運動部・男	運動部・女	非運動部・男	非運動部・女
N	71	33	38	27	22	6	16
平均	1.85	1.98	1.73	2.10	1.92	1.46	1.48
SD	0.49	0.56	0.40	0.55	0.43	0.06	0.11

		休日					
	全体	男子	女子	運動部・男	運動部・女	非運動部・男	非運動部・女
N	71	33	38	27	22	6	16
平均	1.76	1.81	1.72	1.91	1.99	1.34	1.35
SD	0.53	0.47	0.57	0.45	0.63	0.11	0.08

②各動作強度の頻度

各動作強度が1日に占める割合(頻度)を算出した結果を表3に示した。調査対象生徒の日常生活において Af1.0(睡眠、横になる、ゆったり座る)の頻度が最も高く、対象者全体では、平日 44.1%、休日 56.9%を占めていた。次いで頻度の高かった動作強度は、平日の場合、Af1.6(机上事務)が 15.6%、Af1.5(身

の回りや趣味・娯楽等)が12.4%、Af2.2(ゆっくり歩く等)が7.9%を占めていた。Af1.6以下の活動を合せると、1日の8割以上であることが明らかとなった。

休日の場合、平日に比べAf1.6(机上事務)やAf1.3(立位談話)、Af2.2(ゆっくり歩く)等の頻度が減り、Af1.0(睡眠、横になる、ゆったり座る)やAf1.4(料理、食事)の頻度が高まっていた。平日は学校で授業を受けている時間が長いことや、教室間の移動が多いこと、休日は自由な時間が多く、ゆっくりと食事をする時間が増えるといったことが背景にあると考えられる。

運動部に所属している生徒の場合、筋運動に該当するAf6.0以上の活動が10%前後見られた。一方、運動部に所属していない生徒では、平日に動作強度のやや高い活動であるAf3.6(自転車)やAf4.5(掃除)が少し出現していたが、休日においては、Af2.2(ゆっくり歩く)よりも高い強度の活動はほとんど見られず、男子で0.9%、女子で3.3%であった。

以上のことから、調査対象生徒の日常生活においては、睡眠、食事、身支度といった基本的な生活活動の該当するAf1.0~1.6の動作強度が1日の8割以上を占め、さらにAf2.2(ゆっくり歩く)の活動時間を合せると1日のおよそ90%となり、筋運動のような動作強度の高い活動は、運動部に所属している者で1日の1割程度であることが明らかとなった。

表3-1 各動作強度の1日における出現頻度(平日)

Af	平日						
	全体	男子	女子	運動部・男	運動部・女	非運動部・男	非運動部・女
1.0	44.1	44.1	44.0	43.7	43.5	46.1	44.8
1.3	4.1	3.7	4.4	3.3	4.6	5.6	4.0
1.4	5.1	4.7	5.4	4.8	4.8	4.6	6.1
1.5	12.4	12.5	12.3	12.2	11.8	14.2	12.9
1.6	15.6	15.1	16.0	14.5	15.3	18.0	17.0

2.0	1.1	0.6	1.5	0.6	1.1	0.6	2.1
2.2	7.9	7.0	8.8	7.4	8.4	5.3	9.3
2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.6	1.2	1.9	0.7	1.7	0.5	2.7	0.8
4.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1
4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.5	1.6	1.7	1.4	1.7	1.4	1.8	1.5
5.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.9	0.5	0.3	0.7	0.2	0.4	0.8	1.1
6.0	1.4	0.5	2.2	0.6	3.7	0.0	0.1
7.0	1.7	2.7	0.9	3.3	1.5	0.0	0.0
7.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
8.0	2.8	4.2	1.5	5.2	2.6	0.0	0.0
8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.6	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21.0	0.3	0.4	0.2	0.5	0.4	0.0	0.0

(%)

表3-2 各動作強度の1日における出現頻度（休日）

Af	休日						
	全体	男子	女子	運動部・男	運動部・女	非運動部・男	非運動部・女
1.0	56.9	56.2	57.5	58.8	56.7	44.3	58.5
1.3	0.5	0.7	0.4	0.5	0.6	1.6	0.0
1.4	8.1	6.6	9.5	6.9	7.3	5.2	12.4

1.5	9.4	10.5	8.5	8.7	8.2	18.5	9.0
1.6	10.9	12.4	9.6	8.9	7.4	28.3	12.7
2.0	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.5	0.4
2.2	4.7	3.6	5.7	4.2	7.2	0.7	3.8
2.7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.5	0.4	0.9	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0
3.6	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.8
4.0	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.0	0.5
4.4	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4
4.5	1.0	1.1	0.9	1.4	1.0	0.2	0.8
5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.9	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4
6.0	1.4	0.3	2.5	0.3	4.3	0.0	0.0
7.0	2.3	2.5	2.1	3.0	3.6	0.0	0.0
7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
8.0	2.4	3.6	1.3	4.4	2.2	0.0	0.0
8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2
11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.0	0.1	0.3	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1
21.0	0.4	0.3	0.4	0.4	0.7	0.0	0.0

(%)

4. まとめ

中学生を対象に日常生活における生活活動の種類及び頻度を明らかにするために、日記法による調査を行った。

平日、休日それぞれ 1 日の活動内容を生徒自身に時系列で記録してもらい、その全活動を KJ 法により分類した結果、姿勢、上半身・下半身の動き、負荷の有無の観点から、大きく 10 のカテゴリーに分類することができた。その中には、「座位」「立位」といった単独の姿勢で行う活動の他、複数の姿勢で行う活動が見られ、特に「立ち止まったり歩いたり」に分類された活動には、個々の活動時間は短くても日常生活の中で頻度の高い身支度や家事などの生活活動が挙げられた。

生徒の活動記録をもとに 1 日の動作強度 (Af) の平均を算出したところ、調査対象者全員でみた場合、平日 1.85、休日 1.76 となり、いずれも日本人の食事摂取基準 (2005 年版) に記載されている身体活動レベルの「ふつう (Ⅱ)」に該当していた。対象者を運動部に所属しているかどうかで分けたところ、運動部の男女は、1 日の動作強度の平均が平日、休日いずれも 1.9 以上となり、非運動部の休日の値 (男子 1.34、女子 1.35) は、身体活動レベル「低い (Ⅰ)」よりもさらに低かった。

各動作強度が 1 日に占める割合 (頻度) を算出した結果、中学生の日常生活においては Af1.0 (睡眠、横になる、ゆったり座る) の頻度が最も高く、対象者全体では、平日 44.1%、休日 56.9% を占めていた。睡眠、食事、身支度といった基本的な生活活動の該当する Af1.0~1.6 の動作強度が 1 日の 8 割以上を占め、さらに Af2.2 (ゆっくり歩く) の活動時間を合せると 1 日のおよそ 90% となり、筋運動のような動作強度の高い活動は、運動部に所属している者で 1 日の 1 割程度であることが分かった。

以上のことから、子どもの日常生活における身体活動レベルの数量的評価においては、筋運動のような動作強度の高い活動だけでなく、むしろ Af2.2 以下の動作強度の低い活動時の身体活動量を正確に把握する必要があると考えられ

る。

5. 参考・引用文献

- 1) 川喜田二郎(1967)発想法. 中央公論新社
- 2) 健康・栄養情報研究会(1999)第六次改定日本人の栄養所要量 食事摂取基準.
第一出版株式会社
- 3) 第一出版編集部(2005)厚生労働省策定日本人食事摂取基準(2005年版). 第一
出版株式会社
- 4) 阿部美津代・橋爪和夫・山地啓司(2002)心拍数からみた児童(11～12歳)の平
日と休日の身体活動量に関する事例的研究. 体育の科学, 52(9), 743-749.

小学生の日常における生活活動調査

1. 目的

小学生の日常生活における活動の種類および頻度、身体活動レベルを明らかにすることを目的とし、観察法による調査を行った。

2. 方法

(1)調査対象者および調査時期

調査対象は山形市内の小学校に在籍する5年生男子4名、女子3名である。事前に学校生活における行動が活発、非活発、標準的な男女を学級担任に挙げてもらい、調査対象者7名を決定した。以下、本文では「活発男子Ⅰ」、「活発男子Ⅱ」、「活発女子」、「標準男子」、「標準女子」、「非活発男子」、「非活発女子」とする。表1に調査対象者の身体的特徴を示した。

調査時期は2003年7月および12月である。

表1 調査対象児童の身体的特徴

区分	活発男子Ⅰ	活発男子Ⅱ	標準男子	非活発男子	男子平均
身長(cm)	145.6	149.0	140.8	137.5	143.2
体重(kg)	58.4	37.9	37.3	39.7	43.3

区分	活発女子	標準女子	非活発女子	女子平均
身長(cm)	141.3	140.6	140.4	140.8
体重(kg)	33.8	33.3	28.7	31.9

(2)調査内容

学校の始業時から終業時まで、対象児童 1 名につき観察者 1 名が担当し、対象児童の行動を 1 分間隔で記録した。調査は児童 1 名につき 2 日間行った。また、学校時間外の行動については放課後に聞き取り調査を行った。

(3)分析方法

観察記録をもとに、1 分ごとの活動を姿勢と負荷の有無に着目して分類し、観察総時間に占める各姿勢の割合 (%) を算出した。姿勢に関しては、例えば立って座るというように 1 分間に 2 つ以上の姿勢が見られた場合には「立+座」とし、立って座って再び立つというように 1 分間のうちに同じ姿勢が複数回観察された場合にはその姿勢を 1 つとカウントし、「立+座」とした。

さらに、「第 6 次改定日本人の栄養所要量 食事摂取基準」¹⁾に記載されている「日常生活の動作強度の目安」を参考に、観察された各活動に 1 分刻みで動作強度 (Af) を当てはめ、身体活動レベルを評価した。動作強度が文献に記載されていない活動の場合には、文献に記載されている活動の中から動作が類似しているものを当てはめた。

3. 結果及び考察

(1) 1 分間に観察された姿勢数

児童一人一人の活動を学校の始業時から終業時まで観察した結果、観察時間は平均 7 時間 27 分であった。1 分間に観察された姿勢の数別の頻度を表 2 に示した。1 分間に座ったまま、立ったまま等 1 種類の姿勢のみ観察された時間の総観察時間に占める割合の平均は、男子 $76.5 \pm 2.1\%$ 、女子 $80.2 \pm 4.2\%$ と高かった。1 分間に 2 種類の姿勢が混在している時間は男子 $17.4 \pm 2.3\%$ 、女子 14.6

±4.1%、3種類の姿勢が混在している時間は男子 5.8±1.1%、女子 5.2±1.6%であり、両者を合計するとおよそ 20%を占めていた。このことから、日常生活における身体活動量を正確に推定するためには、単一の姿勢の活動はもとより、複数の姿勢が混合している活動時のエネルギー消費量を明らかにする必要があると考えられる。

個人間差および個人内差に関し、非活発女子は両日ともに単一の姿勢の頻度が 80%以上と高かったが、その他の児童において各姿勢数の頻度は類似していた。また、いずれの児童も、各姿勢数の頻度は1日目と2日目で同様のパターンを示していた。

表2 学校内で1分間に観察された姿勢の数別の頻度¹⁾

姿勢の数	活発男Ⅰ		活発男Ⅱ		標準男		非活発男		男子全
	1日目	2日目	1日目	2日目	1日目	2日目	1日目	2日目	平均
1	75.3	79.7	77.1	78.1	72.5	75.8	76.8	77.2	76.5
2	17.3	14.4	16.6	17.3	21.8	18.4	18.5	15.1	17.4
3	6.9	5.5	6.1	4.6	5.7	5.8	4.5	7.7	5.8
4	0.4	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2

姿勢の数	活発女		標準女		非活発女		女子全体	
	1日目	2日目	1日目	2日目	1日目	2日目	平均	±SD
1	78.2	77.3	76.9	77.8	86.4	84.7	80.2	±4.2
2	14.6	19.0	17.8	16.7	10.6	8.7	14.6	±4.1
3	7.2	3.7	5.3	5.5	3.0	6.5	5.2	±1.6
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	±0.0

(%)

1) 頻度 (%) = 観察された時間(分) / 総観察時間(分) × 100

(2)単一の姿勢で行う活動の頻度

1 分間に 1 種類の姿勢のみ観察された活動においては、「座」が男女とも総観察時間の 50%以上を占め、次いで「立」が約 10%、「歩」が 7%であった（表 3）。体育の時間が含まれている場合でも「運動」のみの時間は少なく、全体の平均で 2%以下であった。児童の活動を観察したところ、実際の体育の授業では、児童が教師の説明を聞いたり、競技の順番を待っている時間があり、児童自身が運動を行っている時間は少ないことが分かった。また、表には示していないが、非活発男女は、「座」の頻度が 62%以上と他の児童に比べて高かった。

表 3 単一の姿勢で行う活動の頻度

活動時の姿勢	男子	女子
臥	0.2 ±0.6	0.0 ±0.0
座	55.1 ±6.1	59.4 ±10.1
立	11.5 ±5.5	12.5 ±4.8
歩	7.1 ±1.7	7.0 ±3.0
走	0.6 ±0.8	0.0 ±0.1
運動	2.0 ±2.0	1.3 ±1.3

平均±SD(%)

(3)複数の姿勢で行う活動の頻度

1 分間に 2 種類以上の姿勢が観察された活動においては、「座+立」、「立+歩」、「座+立+歩」がそれぞれ約 5%を占めていた（表 4）。このことから、日常生活において複数の姿勢が混在する活動として、「座ったり、立ったり」「歩き、立ち止まり、再び歩く」「座位から立ち上がり、歩き、再び座る」といった活動の頻度が高く、これらのエネルギー消費量の実測値を得ることが、日常生活の身体活動量を正確に推定するために必要と考えられる。

表4 複数の姿勢で行う活動の頻度¹⁾

活動時の姿勢	男子	女子
立+歩	6.8 ±1.9	5.5 ±2.3
座+立	5.1 ±0.8	5.4 ±1.8
座+立+歩	4.4 ±1.0	4.4 ±1.2
座+歩	2.8 ±1.0	1.9 ±0.4
歩+走	1.1 ±0.7	0.3 ±0.3
立+歩+運動	0.9 ±1.4	0.5 ±0.8
立+走	0.6 ±0.6	0.4 ±0.6
歩+運動	0.3 ±0.3	0.5 ±0.9
立+運動	0.3 ±0.3	0.3 ±0.2

平均±SD(%)

1)表には頻度の高かった上位9つの活動を示した。

(4)負荷のある活動の内容および頻度

学校の始業時から終業時まで児童の活動を観察した結果、負荷のある活動の頻度は、男子平均 5.2±2.2%、女子平均 3.2±3.0%と低かった。表5に示した通り、負荷のある活動の内容は、階段昇降、荷物を運ぶ、運動、その他に分けられた。

表5 児童の学校生活において観察された負荷のある活動

分類	活動例
階段昇降	階段を上る、階段を下りる
荷物を運ぶ	机を動かす、マット・水の入ったバケツ・牛乳ケース・ランドセル等を運ぶ
運動	水泳、相撲、マット運動（前転・後転）
その他	縄を引っ張る、墨を磨る、腕で体を持ち上げる

(5)生活活動の個人間差、個人内差（日差）

今回の調査においては、非活発女子を除き、姿勢の種類数の構成に個人間差はほとんど見られなかった。しかし、非活発な児童は他の児童に比べ、「座」の

みの活動の割合が多く、「立+歩」の活動の割合が両日とも少ない様子がみられた。姿勢の種類数の構成および2種類以上の姿勢が混在する活動においては、個人内差（日差）は5%未満と比較的少なかったが、「座」や「立」といった単一の姿勢の活動の頻度において日差が10%以上になるケースがみられた（表6）。

表6 生活活動の頻度の日差（2日目－1日目）

単一姿勢 の活動	活発男Ⅰ	活発男Ⅱ	一般男	非活発男	活発女	一般女	非活発女
横	-1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
座	-5.6	2.5	4.1	0.8	-2.7	11.5	6.2
立	12.8	-4.3	-1.9	3.2	5.9	-5.0	-4.6
歩	0.1	2.1	2.7	-3.0	-6.6	-3.7	-4.2
走	-1.6	-1.0	0.2	-1.7	0.0	0.2	0.0
運動	0.6	1.8	-1.8	1.2	2.5	-2.2	1.0

(%)

(6) 児童の学校における生活活動の分類

学校における児童の生活活動は、資料1のように姿勢(横、座、立、歩、走、運動)および上半身と下半身の動き、負荷(重いものを持つ、力を入れる)の有無の組み合わせで分類することができた。上半身および下半身の動きに関しては、例えば指先や足先を動かす場合等を「小動」、腕や足全体を大きく動かす場合を「大動」、腕や足をほとんど動かさない場合を「止」とした。学校での児童の活動を観察した結果、資料1に示した通り、「座」や「立」の姿勢で上半身が「小動」または「大動」に該当する活動が多かった。

(7) 児童の日常生活における身体活動レベル

観察した対象児童の一分刻みの各活動に動作強度(Af)を当てはめ、学校時間中のAfの平均値を算出したところ、男子1.84、女子1.71であった（表7）。

1日目の調査において、男子は全員同じ時間割の中で活動していたが、5、6時

間目のチャレンジタイムで「活発男子Ⅱ」は積極的にサッカーや火熾しといった体を動かす活動を行っており、また「活発男子Ⅰ」と「標準」男子は放課後に水泳をしていたため、Afの平均が高かったと考えられる。女子の場合、「活発女子」と「標準女子」は放課後に水泳をしており、一方、「非活発女子」は休み時間も積極的に体を動かしている様子が見られなかったため、Afの平均が1.45と低かったと考えられる。「標準」男女において2日目の値が1日目の値よりも低かったのは、いずれも休み時間や体育の時間など自主的に体を動かす機会がほとんどなかったためと考えられる。一方、他5名の児童は、体育の授業においてサッカーやマット運動を行っており、また「活発男女」は休み時間にボール遊び、バスケットボールをしている様子が見られた。「非活発」な児童は、座って読書や立って落書きをするなど、休み時間もゆったり過ごしていた。小学校5年生を対象とした先行研究²⁾においても、学校生活での運動量の大きかった児童は、体育の授業の他に授業開始前や昼休みの時間にも高強度での身体活動が多く見られ、一方運動量の小さかった児童は体育授業や休み時間等での活動強度も低い傾向にあったと報告している。このことから、児童の日常生活における身体活動量には、体育の授業における個人の活動状況や、授業以外の自由時間における個人の過ごし方が関与していると考えられる。

表7 学校内における児童の生活活動の平均動作強度(Af)

男子平均	活発男子Ⅰ		活発男子Ⅱ		一般男子		非活発男子	
	1日目	2日目	1日目	2日目	1日目	2日目	1日目	2日目
1.84	1.94	1.90	2.05	1.92	1.85	1.60	1.73	1.71

女子平均	活発女子		一般女子		非活発女子	
	1日目	2日目	1日目	2日目	1日目	2日目
1.71	1.83	1.91	1.87	1.52	1.45	1.67

(8)1日の身体活動量

7名の児童のうち、観察と聞き取り調査により1日の活動記録を得ることのできた児童5名（「活発男子Ⅰ」、「活発男子Ⅱ」、「活発女子」、「非活発男子」、「非活発女子」）について1日ならびに学校外の時間における平均Afを算出した。

表8に示した通り、1日の平均Afは最低が1.27、最高は1.92であった。また、いずれのケースも学校外よりも学校内の方が平均Afは高かった。学校外の時間には家庭でテレビを見たり宿題をするなど比較的ゆったり過ごす者が多く、一方、学校内の時間には、教室間の移動や体育などの授業、清掃活動などがあるためと考えられる。活発男子Ⅰと活発男子Ⅱは、学校内に比べ、学校外において平均Afの日差が大きかった。活発男子Ⅰは1日目の調査で家庭においても朝起きてから縄跳びや筋トレ、しこをふむといった活動を積極的にしており、活発男子Ⅱも2日目の調査ではスポーツ少年団活動(サッカー)に参加していた。

小学校6年生を対象に月～日曜日までの各曜日（合計7日）の心拍数を測定した阿部ら³⁾は、平日の曜日間には心拍数が130拍/分を越える時間（平均値）の出現率にほとんど差はみられず、学校活動のない休日は平日に比べ、130拍/分を越える時間の個人差が大きく、身体活動を活発に行う、行わないの個人差が顕著であったと報告している。しかし本調査の結果、平日において活発的な児童でも課外活動として積極的に運動を行った日とそうでない日では1日の身体活動量の差が大きかったことから、個々の児童の日常生活における身体活動レベルを評価する場合には、単一の日ではなく、複数の日にわたって調査する必要があると考えられる。

表 8 1 日および学校外の時間における平均動作強度 (Af)

	活発男子 I		活発男子 II		非活発男子	
	1 日目	2 日目	1 日目	2 日目	1 日目	2 日目
1 日	1.70	1.47	1.44	1.92	1.32	1.42
学校外	1.55	1.29	1.11	1.91	1.12	1.28
学校内(再掲)	1.94	1.90	2.05	1.92	1.73	1.71

	活発女子		非活発女子	
	1 日目	2 日目	1 日目	2 日目
1 日	1.40	1.42	1.27	1.30
学校外	1.13	1.20	1.17	1.14
学校内(再掲)	1.83	1.91	1.45	1.67

4. まとめ

小学生を対象に日常生活における活動の種類および頻度、身体活動レベルを明らかにするために、観察法ならびに聞き取り法により児童 7 名の生活活動を調査した。

対象児童 1 名につき観察者 1 名が担当し、学校における生活活動を観察・記録した結果、1 分間に座ったまま、立ったまま等 1 種類の姿勢のみ観察された時間の総観察時間に占める割合は約 80%と高かったが、2 種類および 3 種類の姿勢が混在している時間も約 20%見られた。このことから、児童の日常生活における身体活動量を正確に推定するためには、単一の姿勢の活動はもとより、複数の姿勢が混合している活動時のエネルギー消費量を明らかにする必要があると考えられる。単一の姿勢の活動では「座」が 50%以上を占め、一方、体育の時間が含まれている場合でも「運動」のみの時間は 2%以下と少なかった。また、負荷のある活動としては階段昇降や荷物を運ぶなどが見られたが、頻度は 5%以下と低かった。1 分間に 2 種類以上の姿勢が混在する活動としては、「座」、「立」、「歩」の 3 つを組み合わせた活動の頻度が高く、このような活動時のエ

エネルギー消費量を実測する必要性が示唆された。

調査対象児童の1日の平均 Af を算出したところ、最低が 1.27、最高は 1.92 であり、いずれのケースも学校外の時間よりも学校内の時間における平均 Af の方が高かった。また、同一の児童であっても学校外の時間の平均 Af は日差が大きいケースがみられ、児童の1日の身体活動レベルを評価する場合には、複数の日にわたって調査する必要性が示唆された。

学校における児童の生活活動は、姿勢および上半身と下半身の動き、負荷の有無を組み合わせることにより分類することができた。この分類をもとに、今後さらに、各カテゴリー内の活動のエネルギー消費量を実測し、エネルギー消費量の観点から各カテゴリー内の活動を整理することにより、1日のエネルギー消費量を日記法により推定するための基礎資料を得ることができると思われる。

5. 参考・引用文献

- 1) 健康・栄養情報研究会(1999)第六次改定日本人の栄養所要量 食事摂取基準.
第一出版株式会社
- 2) 八木規夫・杉田正明・後藤洋子・酒匂秀人(2003)児童の学校生活における身体活動量. 体育の科学, 53(10), 739-744.
- 3) 阿部美津代・橋爪和夫・山地啓司(2002)心拍数からみた児童(11~12歳)の平日と休日の身体活動量に関する事例的研究. 体育の科学, 52(9), 743-749.

加速度計法による児童・生徒の日常生活における身体活動量の測定

1. 目的

日常生活における身体活動量を簡便かつ正確に測定する方法を開発するための基礎資料を得ることを目的とし、3次元加速度計を用いて児童・生徒の日常生活における身体活動量を測定した。

2. 方法

(1) 調査対象および調査時期

調査対象は、山形市内在住の小学生3名と中学生2名であり、調査時期は2004年11月～12月である。対象者の身体的特徴を表1に示した。

表1 調査対象者の身体的特徴

	小2男	小5男	小5女	中1男	中3男
身長(cm)	132.1	142.5	151.8	162.2	169.8
体重(kg)	31.0	42.7	42.4	67.1	53.0
年齢(才)	8	10	11	12	14

(2) 測定方法

① 加速度

日常生活時の加速度の測定にはGMS社製のアクティブトレーサーを用いた(資料1)。本機器は、X方向(左右)、Y方向(上下)、Z方向(前後)の加速度を長時間にわたりメモリーに記録することができる。本機器を被験者の利き腕の手首、腰、足首の計3箇所に装着してもらった。1分刻みで3方向の加速度を自動記録し、分析には3方向の加速度を合計した合成加速度を用いた。

②心拍数

心拍数の測定には、ポラールエレクトロ社製のポラール S810i を用いた。被験者の胸部に電極を張り、もう片方の腕に腕時計型の受信機を装着してもらった。アクティブトレーサーと同様の時間中、被験者の心拍数を 1 分刻みで測定し、測定した心拍数を同社製のポラール プレシジョン パフォーマンス ソフトウェア 4.0 で出力した。

③活動内容

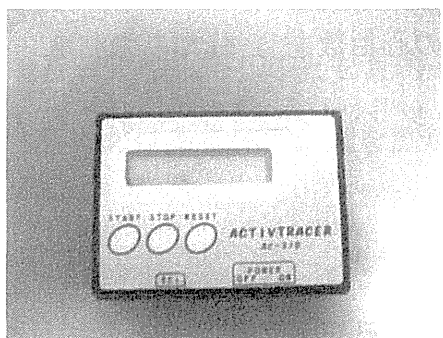
被験者に記録紙を配布し、機器装着中の行動内容を自己記入してもらった。

(3) 測定の条件及び内容

被験者の身体 3 箇所加速度ならびに心拍数を朝起床時から夜就寝時まで 1 分刻みで測定した。あらかじめ被験者に装置の取り扱い方、活動内容の記入の仕方などを十分に説明し、試行を行った後、測定を実施した。被験者には測定日の前日に機器と活動内容を記録する用紙を渡し、翌朝起床した後、被験者自らが機器を装着し、測定を開始した。就寝前にも同様に自ら測定終了の操作を手順通りに行った。測定日の翌朝被験者から装置を回収し、解析を行った。なお、中 3 男子、中 1 男子、小 5 女子、小 2 男子については学校のある平日、小 5 男子については休日に測定を行った。

資料 1. 測定機器

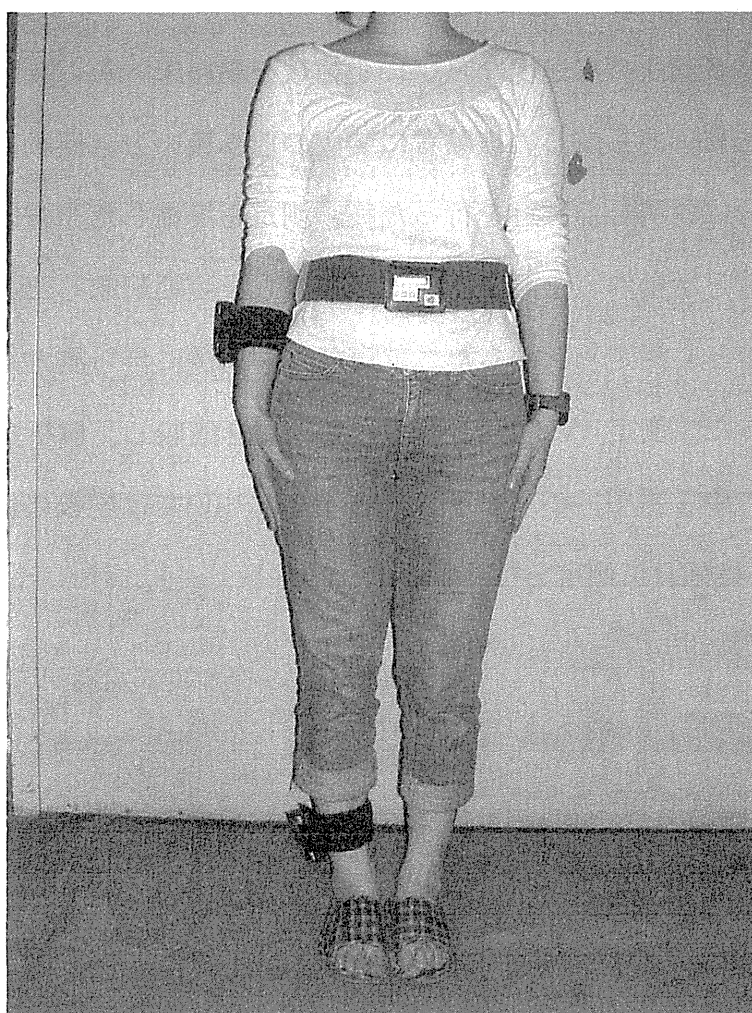
アクティブトレーサー



心拍計



装着の様子



3.結果及び考察

(1) 加速度の一日の変動

各被験者における測定時間中の加速度の経時的変化を資料 2 に、平均値と標準偏差を表 1 に示した。日常生活においては手首、腰、足首いずれも加速度が 1000G 以下の活動がほとんどであり、歩行や走行、スポーツ活動時に加速度が 1000G を超える様子がみられた。活動別に見ると、図 1 に例示した通り、通学で歩いている時に中学生では足首の動きが他の 2 箇所約 2 倍であったのに対し、小学生では 3 箇所が全体的に動く様子が見られた。このことから、一定時間歩く場合に、中学生では主に足が大きく動くのに対し、小学生では体全体が大きく動くと考えられる。また、授業内容に違いはあるものの、授業時間において、中学生では 3 箇所それぞれに大きな動きはなく、なだらかであったのに対し、小学生では手首の動きに加えて腰や足首にも動きが見られ、体が静止している状態はほとんど見られなかった。また、家で過ごしている時間においても、中学生では体全体に大きな動きは見られず、ゆったり過ごしているのに対し、小学生では 200~400(G)の範囲で体の一部分や全体が動いていた。以上のことから、中学生に比べて小学生は、日常生活において細かい動きが多く、体の全体又は一部分が頻繁に動いていると考えられる。さらに、同じ小学校段階であっても、小 2 男子は、小 5 男子や小 5 女子に比べると、どの活動においても 3 箇所全体が動く様子がみられた。測定時間中の加速度の平均値(表 1)をみても、調査対象者の中で小 2 男子の身体 3 箇所の数値は最も高かった。この男子は放課後にテニス教室に通っていたが、この時間中の加速度を除いても、身体 3 箇所それぞれの加速度の平均値は 5 名中最も高かった。このことから、年齢が低く、体格が小さいほど、体のある部分だけでなく体全体を使って活動していると推察される。

表1 測定時間中の加速度の平均値と標準偏差

	小2男			中1男		
	手首	足首	腰	手首	足首	腰
平均	237.6	221.9	146.2	179.6	160.9	102.0
SD	241.2	297.4	196.3	279.0	348.1	199.0

	小5男			中3男		
	手首	足首	腰	手首	足首	腰
平均	168.4	107.6	79.5	101.9	114.2	64.2
SD	155.6	131.2	84.0	98.8	203.5	82.0

(G)

	小5女		
	手首	足首	腰
平均	205.4	116.6	83.9
SD	143.1	185.9	99.7

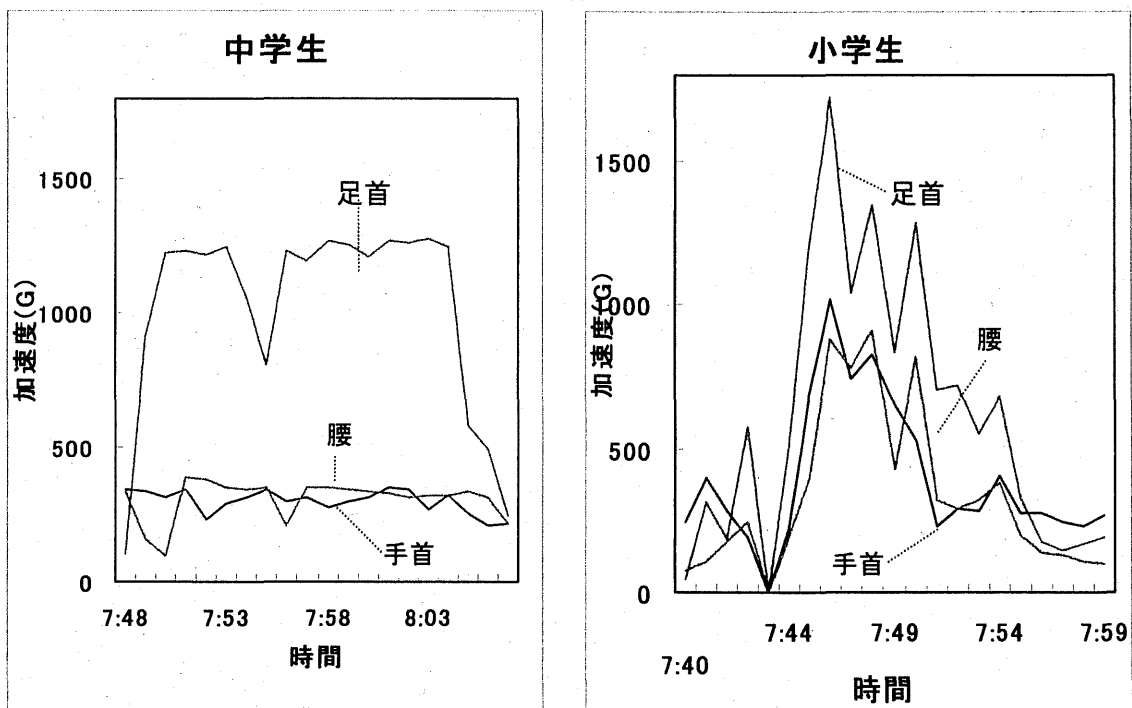


図1 歩行中の加速度

(2) 日常生活時の加速度および心拍数の相互関連性

日常生活活動時に測定した1分ごとの身体3箇所の加速度と心拍数から、両者の相関係数を求めた。なお、心拍数に関しては、絶対値の他に、椅子座安静時の心拍数を基準とした心拍変化量、心拍変化率を求め、加速度との相関を調べた。結果は表2に示した通りであり、相関はいずれも有意 ($p < 0.001$) であった。加速度間の相関係数においては、足首と腰の相関係数が0.80と最も高かった。3箇所の加速度いずれにおいても、心拍数の絶対値および変化量よりも心拍変化率の方が加速度との相関係数は高かった。また、身体3箇所の加速度の中で心拍変化率との相関係数が最も高かったのは、腰の加速度であり、 $r = 0.62$ であった。

表2 加速度、心拍数の相関係数

加速度	心拍数			加速度	
	絶対値	変化量 ¹⁾	変化率 ²⁾	手首	腰
手首	0.552	0.553	0.556	-	-
腰	0.606	0.613	0.620	0.775	-
足首	0.574	0.585	0.592	0.727	0.802

1) 心拍変化量 = 活動時の心拍数 - 椅子座安静時の心拍数

2) 心拍変化率 = 活動時の心拍数 / 椅子座安静時の心拍数 × 100

(3) 活動時の手首、腰、足首の加速度の関係

日常生活活動として特徴的な「座って少し手を動かす」「座ったり立ったり」「歩行」「身支度・家事」「階段昇降」および「スポーツ」活動を取り上げ、それぞれの活動時の身体3箇所の加速度間の関係を図2～7に示した。

教室で座ったり立ったりしている時の身体3箇所の加速度の関係(図2)をみると、決定係数 R^2 は低く、手、腰、足の動きの相互関係は多様であると考え

られる。身支度や掃除・炊事といった家事をしている時、すなわち立ち止まったり歩いたりしている時は、先の座ったり立ったりする活動時よりも R^2 はやや高いものの (図3)、身体3箇所(手、腰、足)の加速度の相互関係はやはり多様であり、特に足首と手首の R^2 は 0.06 と低かった。勉強やゲームなど座って少し手を動かす活動をしている時や階段の上り下りをしている時の加速度の関係 (図4、5) は、どちらも R^2 が 0.2~0.3 の範囲にあり、手、腰、足それぞれ2者間の相互関係性は同程度であった。通学や部屋の移動など歩行時は、身体3箇所(手、腰、足)の加速度間の R^2 が 0.3~0.5 と比較的高く (図6)、特に腰と足首の相互関係性が高かった。さらに、スポーツ活動の中でもジョギングやサッカーといった走ることの多い活動において R^2 が 0.6~0.7 と高く (図7)、これらのことから、歩行や走行を主とする活動時の手、腰、足の動きは相互関係性が高いと考えられる。一方、テニスやバレーボール時の R^2 は低く、スポーツ活動は身体の使い方が種類によって様々であり、頻繁に動かす身体部位も異なるため、手、腰、足の動きの相互関係性もスポーツの種類によって異なると考えられる。

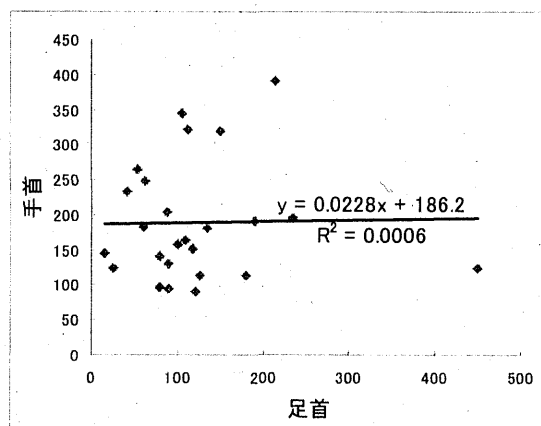
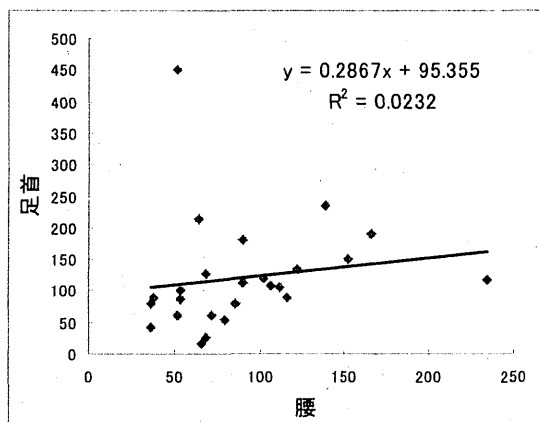
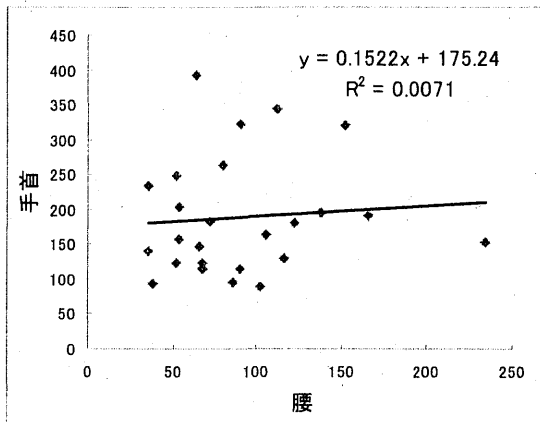


図2 座ったり立ったりする活動時の加速度の関係

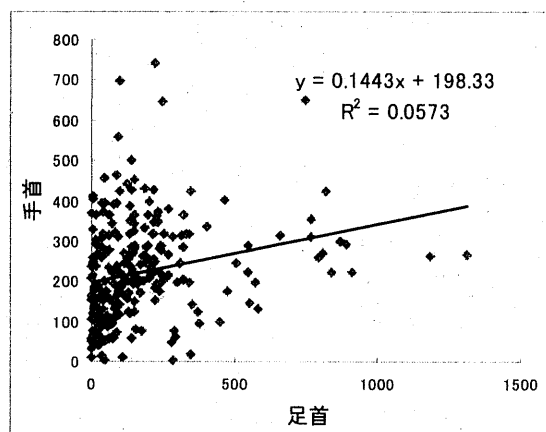
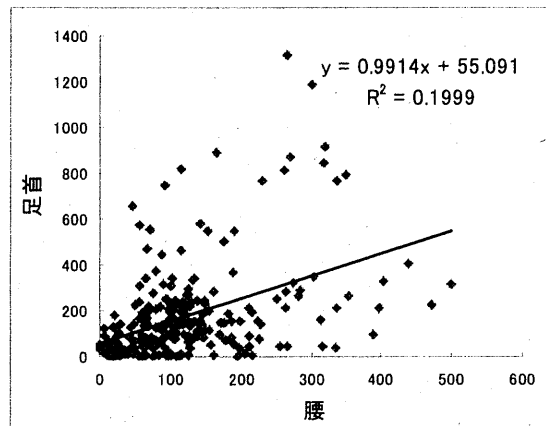
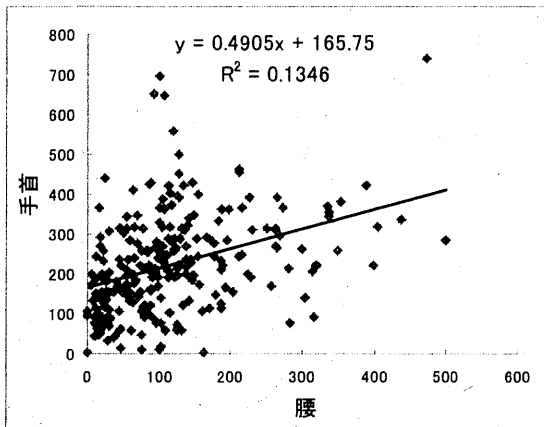


図3 身支度・家事の時の加速度の関係

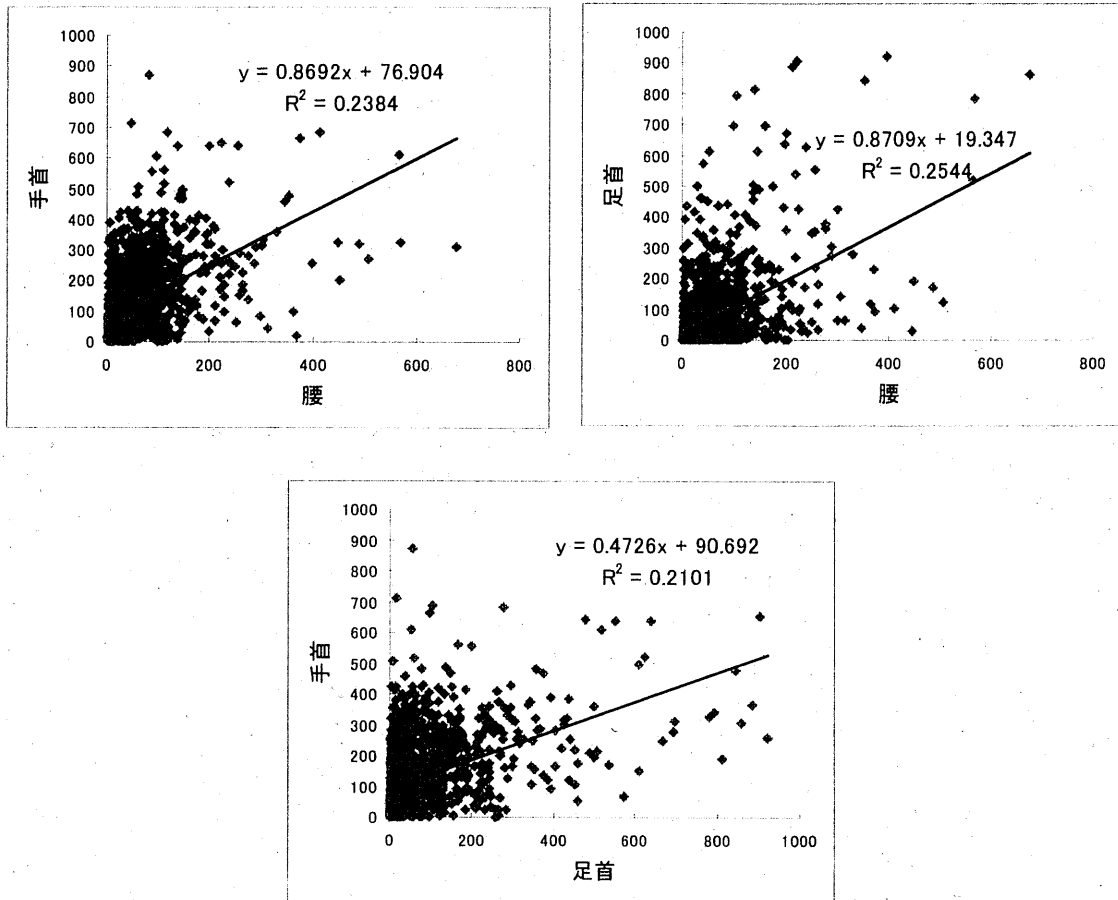


図4 座って少し手を動かす活動時の加速度の関係

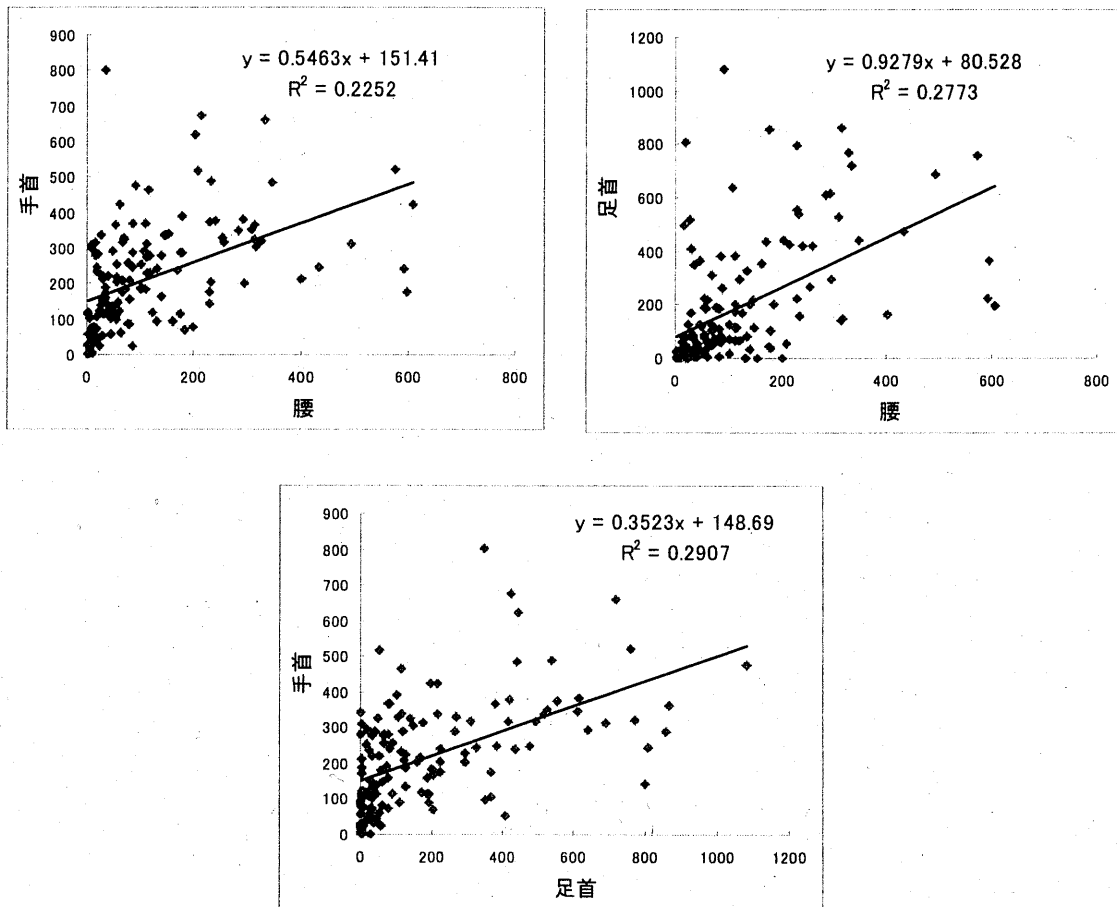


図5 階段昇降時の加速度の関係

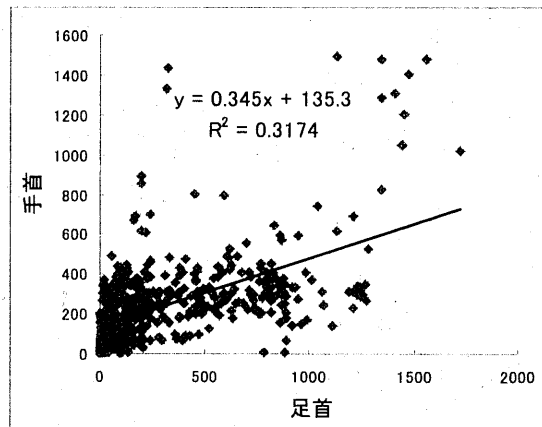
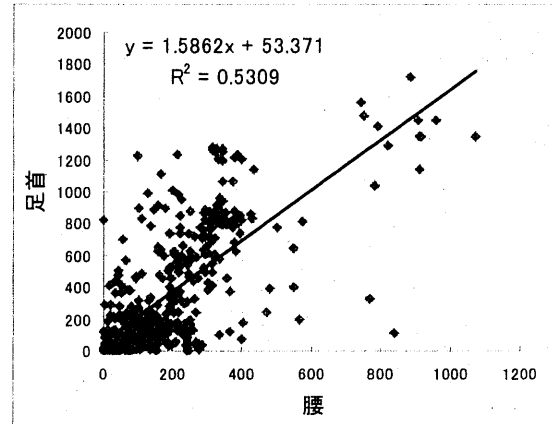
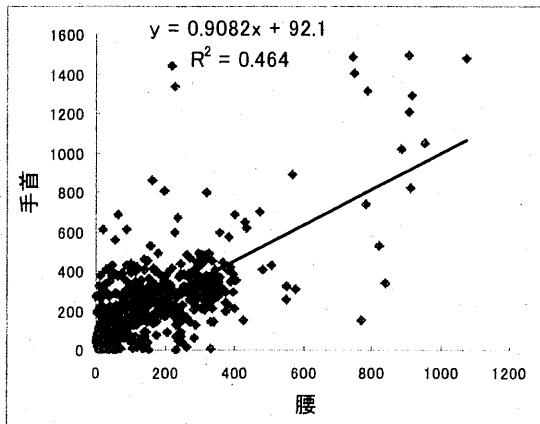


図 6 歩行時の加速度の関係

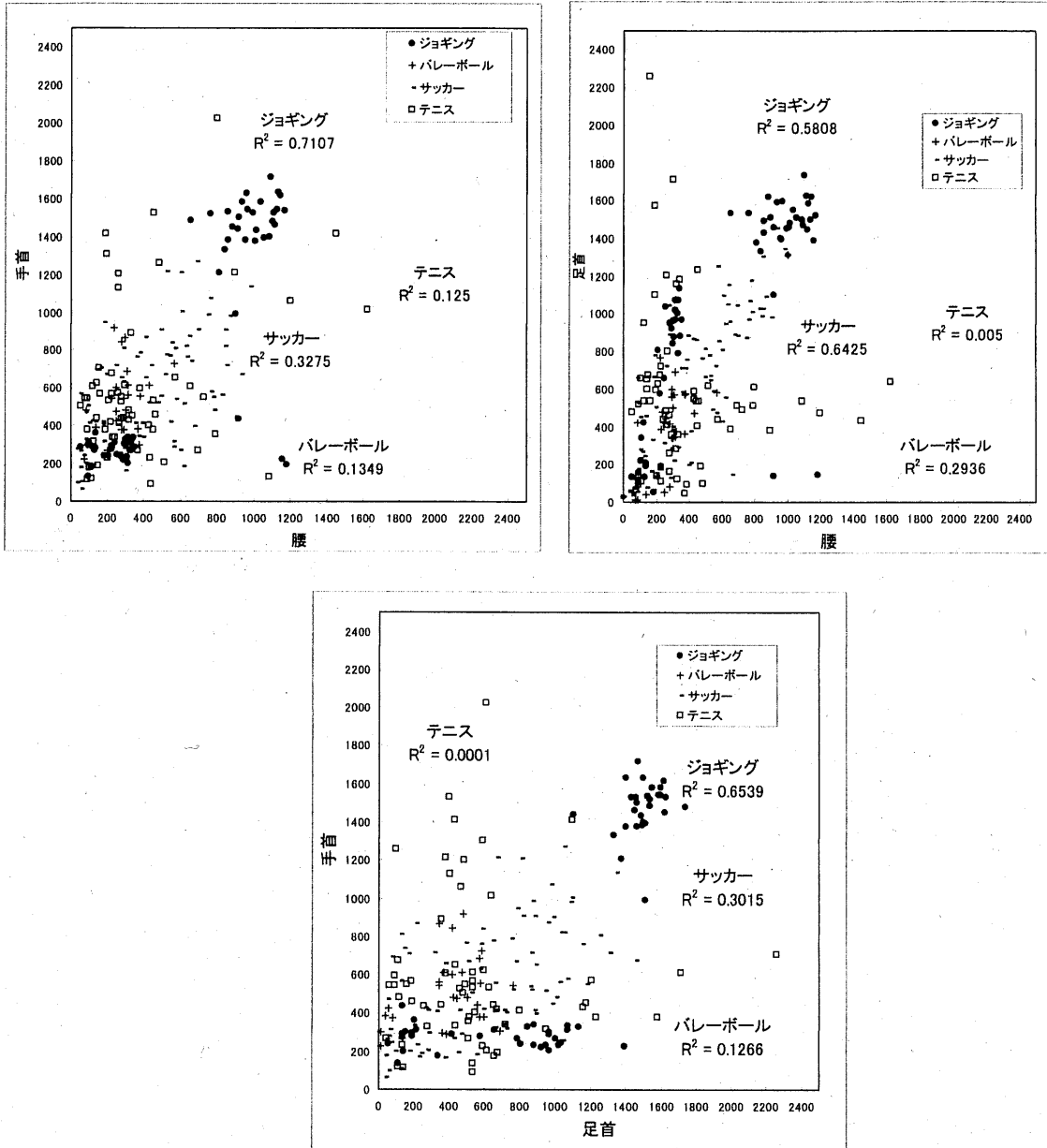


図7 スポーツ活動時の加速度の関係

(4) 消費エネルギー量の推定

日常生活活動時に実測した身体3箇所の加速度と心拍数を、以下に示した古泉ら(2005)の回帰式に代入し、消費エネルギー量を推定した。なお、調査対象者5名のうち、心拍数と身体3箇所の加速度のデータを終日にわたって得ることのできた小学5年生男子、小学5年生女子、中学1年生男子の計3名を分析の対象とした。

$$\text{消費エネルギー量 (kcal/分)} = -4.246 + 6.599\text{E}04 \times \text{手首加速度} + 7.155\text{E}04 \times \text{腰加速度} + 1.488\text{E}03 \times \text{足首加速度} + 0.020 \times \text{心拍増加率}^* + 0.117 \times \text{性 (男性 1, 女性 0)} + 8.607\text{E}03 \times \text{身長(cm)} + 0.033 \times \text{体重(kg)}$$

$$*\text{心拍増加率} = \text{活動時の心拍数} / \text{椅子座安静時の心拍数} \times 100$$

加速度および心拍数の実測値から推定した消費エネルギー量は、起床時から就寝時までの平均で、小学5年生男子が 0.89 kcal/分、小学5年生女子が 1.10 kcal/分、中学1年生男子が 2.17kcal/分であった。体重 1kg 当たりになると、順に、0.021kcal/kg・分、0.026kcal/kg・分、0.032kcal/kg・分となり、小5女子および中1男子は平日に測定したため学校生活も含まれていたが、小5男子の測定は休日であり、家の中でゲームや読書をして過ごすなど、静的な活動が多かったために消費エネルギーが少なくなったと考えられる。エネルギー消費量の推定値の高かった活動は、ジョギング(中学1年生男子)、階段昇降(小学5年生男子)、通学時の歩行(小学5年生女子)等であった。

表3 加速度から推定した日常生活活動時のエネルギー消費量

	小5男子	小5女子	中1男子
平均±SD	0.89±0.41	1.10±0.46	2.17±1.32
最大	2.92	3.37	8.40
最小	0.11	0.25	0.99

(kcal/min)

4. まとめ

児童・生徒の日常生活における身体活動量を簡便かつ正確に測定する方法を開発するための基礎資料を得ることを目的とし、小・中学生5名を対象に、3次元加速度計および心拍計を用いて起床時から就寝時まで身体3箇所（手首、腰、足首）の加速度ならびに心拍数の測定を行った。

その結果、日常生活においては手首、腰、足首いずれも加速度が1000G以下の活動がほとんどであり、歩行や走行、スポーツ活動時に加速度が1000Gを超える様子がみられた。また、年齢が低く、体格が小さいほど、体のある部分だけでなく体全体を使って活動していると推察された。

手首、腰、足首の加速度と心拍数には有意な正の相関が認められ、3箇所の加速度いずれにおいても、心拍数の絶対値および変化量よりも心拍変化率の方が加速度との相関係数は高かった。身体3箇所の加速度の中で心拍変化率との相関係数が最も高かったのは、腰の加速度 ($r=0.62$) であった。日常的に頻繁に行われていると思われる生活活動別に身体3箇所の加速度間の関係を調べたところ、座ったり立ったりする活動や身支度・家事等の立ち止まったり歩いたりする活動時の手、腰、足の動きの相互関係は多様であり、通学や部屋の移動等の歩行時や走行を主とするスポーツ活動時において手、腰、足の動きの相互関係性は高かった。このことから、歩行や走行を主とする活動時以外は手、腰、足の動きの相互関係性が多様であり、今後さらにそれらの活動時の身体各部位

の動きの特徴とエネルギー消費量の関係を調査する必要があると考えられる。

古泉ら（2005）の回帰式を用いて、身体3箇所（腕、腰、足）の加速度および心拍数の実測値から推定した消費エネルギー量は、起床時から就寝時までの平均で、小学5年生男子が0.021kcal/kg・分、小学5年生女子が0.026kcal/kg・分、中学1年生男子が0.032kcal/kg・分であった。

以上のように、対象者の体格や活動の種類により身体3箇所の加速度の変化は異なるが、加速度と心拍数には有意な相関があり、日常生活活動時の身体活動量を推定する指標として両者を組み合わせて用いることは有効と考えられる。今後さらに例数を増やし、日常生活時の身体の加速度と心拍数および消費エネルギー量の関係を詳細に調査し、回帰式の推定精度を向上させるための補正等についても検討する必要がある。

心身の健康と身体活動量の相互関連性

1. 目的

近年、子どもの体力低下や肥満児の増加などの原因の一つとして、身体活動量の低下が指摘されている¹⁾。これまでの身体活動量に関する調査研究は、体力の向上や肥満の解消など、身体の健康の保持増進を目的としたものが多く、身体活動が心の健康に及ぼす影響について、身体活動量の実測値をもとに検討した例は少ない。

そこで本研究では、心身の健康と身体活動量の相互関連性を明らかにすることを目的とし、児童を対象に3次元加速度計による身体活動量の実測および心身の健康状態の調査を行った。

2. 方法

(1)調査対象および調査時期

調査対象は、山形市内の小学校に通う5年生で、平日3日間の測定に同意の得られた24名である。なお分析にあたっては、3日間全てにおいて有効なデータを得ることのできた17名（男子7名、女子10名）を対象とした。調査時期は、2005年5～7月である。

(2)調査内容

①身体活動量

被験者の腰部にGMS社製の3次元加速度計（アクティブトレーサー）を装着し、1日目の起床時から3日目の就寝時まで1分刻みで加速度を自動記録した。本機器は、X方向(左右)、Y方向(上下)、Z方向(前後)の加速度を測定することが可能であり、分析にあたっては、3方向の加速度に基づく合成加速度を用いた。また、被験者には記録用紙を配布し、機器装着中の活動内容を時系列で自己記

入してもらった。

②心身の健康

先行研究¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾を参考に、食欲や疲れやすさといった体調に関する質問を含む16項目を設定し、回答は選択式とした。Q1からQ14までの質問は、表1に示した通り0から3点で得点化した。Q15では、児童に「今、頑張っていること」があるかどうかを尋ね、「ある」と回答した者に1点を与えた。以上の15項目の合計点を「心身健全度」とした。なお、この「心身健全度」は、数値が高いほど心身の状態が良好であることを意味する。

さらに、Q16では、図1に示したように10のマスを児童に示し、現在の自分の生活にどれ位満足しているか、マスを塗って表現してもらった。塗られたマスの数を「生活満足度」とした。

表1 心身の健康状態に関する質問項目および回答の配点

Q1 寝付けないことがある
Q2 朝、頭痛や腹痛、身体のだるさなどで起きにくいことがある
Q3 身体の「だるさ」や「疲れやすさ」を感じることもある
Q4 食欲がないことがある
Q5 すぐにイライラすることがある
Q6 大声を出したり、思いきり暴れたいと覚ることがある
Q7「活気がない」「やる気がない」と言われることがある
Q8 やる気が起こらないと覚ることがある
Q9 学校に行きたくないと覚ることがある
Q10 保健室に行くことがある
Q11 風邪をひくことがある
「A：しばしば」(1週間に1日ぐらい) →0点
「B：ときどき」(1ヵ月に1日ぐらい) →1点
「C：たまに」(「ときどき」より少ない) →2点
「D：ない」→3点
Q12 友達と話したり遊んだりすることは好きですか？
「A：1人の方が好き」→0点
「B：どちらかと言えば1人の方が好き」→1点

「C:どちらかと言えば友達という方が好き」→2点 「D:とても好き」→3点
Q13 食事の時間は楽しいですか？ Q14 学校の勉強は楽しいですか？ 「A:楽しくない」→0点 「B:あまり楽しくない」→1点 「C:楽しい」→2点 「D:とても楽しい」→3点

Q16:今、あなたは自分の生活にどれ位満足していますか？
下のます目をめって表現して下さい。

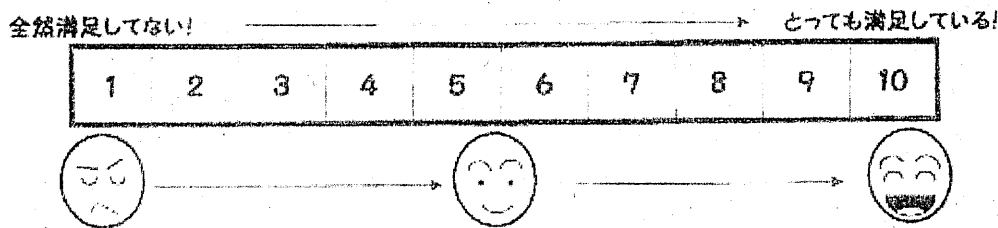


図1 生活満足度の尺度

(2)分析

統計処理には SPSS for Windows を用いた。平均値の男女比較には t 検定、男女の群間の平均値の比較には分散分析を行い、危険率 5%未満を有意とした。

3. 結果及び考察

(1) 身体活動量の個人間差、個人内差

児童の日常生活において 3 日間実測した腰部の加速度の平均および日差を表 2 に示した。平日 3 日間の腰部加速度の平均値は、男子 125.6(G)、女子 92.7(G) であり、t 検定の結果、男子の値は女子に比べて有意 ($p < .001$) に高かった。調査対象者一人一人につき、測定した 3 日間の各日の平均加速度のうち、最大値から最小値を引いた値を日差とし、男女別に日差の平均を求めたところ、男

子は 43.6(G))、女子は 23.2(G)となり、男子の日差は女子に比べて有意 ($p<.05$) に大きく、女子の約 2 倍であった。日差の最大値は 76.1(G)、最小値は 3.9(G) であった。

本調査において児童の腰部加速度を測定した結果、男子の平均値は女子よりも有意に高く、小学校段階において男子の身体活動量は女子よりも高いという先行研究の結果⁸⁾⁹⁾と一致していた。身体活動量に性差がみられた要因として、男子は女子に比べて、学校の休み時間や放課後の習い事などにおいてサッカーをしていた者が多く、一方、女子は休み時間にお絵かきをしていたり、放課後もピアノや学習塾といった運動以外の習い事をしてきた者が多かったことが挙げられる。小学校 4～6 年生を対象とした先行研究¹⁰⁾においても同様の傾向が報告されており、学校内の自由時間において男子は主にサッカーや野球などを行っているのに対し、女子は教室で友人と歓談していることが多く、このような活動内容の違いが身体活動水準の性差の大きな原因と考察されている。

日差の小さかった児童の活動内容を見ると、個人間で活動内容の違いは見られるものの、同一個人内では、3 日間とも学校の休み時間に運動系、もしくは 3 日間とも非運動系の活動を行っていたり、3 日間とも放課後に運動系の活動をしていなかったりと、類似した生活をしている様子が見られた。日差が最も大きかった男子は、平均加速度の低かった 2 日目において、学校の休み時間には読書をし、放課後は特に習い事を行なっておらず、平均加速度の高かった 3 日目において、休み時間にはドッジボール、放課後にサッカーを行っていた。この他の児童においても、日差には特に放課後の運動活動の有無が関与している様子が見られた。

表2 腰部の加速度の3日間平均および日差^{a)}

	男子(N=7)		女子(N=10)	
	3日間平均	日差	3日間平均	日差
平均	125.6 ^{b)}	43.6 ^{c)}	92.7	23.2
SD	12.7	20.8	14.6	14.2
最大	147.7	76.1	119.1	41.6
最小	108.1	18.7	71.6	3.9

a)測定した3日間の各日の平均加速度のうち、最大値から最小値を引いた値。

b)t検定の結果、女子に比べて有意($p<.001$)に高い。

c)t検定の結果、女子に比べて有意($p<.05$)に高い。

(2) 心身の健康

心身の健康に関する14の質問(Q1からQ14)について、各項目の得点の平均値を表3に示した。男女共に最も点数の高かった項目は「友達と話したり遊んだりすることが好き」であった。最も点数の低かった項目、すなわち症状を訴える頻度が高かった項目は、男子の場合、「すぐにイライラすることがある」と「大声を出したり、思い切り暴れたいと覚ることがある」であり、女子の場合は「寝つけないことがある」であった。t検定の結果、得点に有意な性差がみられたのは「すぐにイライラすることがある」の1項目のみであり、女子に比べて男子の方がイライラすることがあると回答していた。表3に示した通り、「すぐにイライラすることがある」や「大声を出したり、思い切り暴れたいと覚ることがある」は、他の項目に比べて男女共に点数が低く、訴える者が多いという実態が明らかとなり、感情面でやや不安定な者が少なくないことが憂慮される。

心身健全度(43点満点)の平均は28.8点であり(表4)、最高は37点、最低は18点であった。生活満足度の平均は6.8点であり、最高は10点、最低は4点であった。t検定の結果、心身健全度、生活満足度いずれも有意な性差はみ

られなかった。

表3 対象児童の心身の健康状態^{a)}

項目	全体(N=16)		男子(N=6)		女子(N=10)	
	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
寝付けない	1.69	1.08	2.00	1.10	1.50	1.08
朝起きにくい	2.13	0.89	1.83	1.17	2.30	0.67
だるさや疲れを感じる	1.50	0.97	1.00	0.89	1.80	0.92
食欲がない	2.44	0.63	2.33	0.82	2.50	0.53
イライラすることがある	1.44	1.09	0.67 ^{b)}	0.82	1.90	0.99
大声を出したり暴れたい	1.38	1.26	0.67	1.21	1.80	1.14
活気ややる気がないと言われる	2.31	0.87	2.17	1.17	2.40	0.70
やる気が起こらない	1.81	0.98	2.00	1.26	1.70	0.82
学校に行きたくないことがある	1.94	1.06	1.83	0.75	2.00	1.25
保健室に行くことがある	2.13	0.62	2.33	0.52	2.00	0.67
風邪をひくことがある	1.75	0.68	2.00	0.63	1.60	0.70
友達と交流するのが好き	2.81	0.54	3.00	0.00	2.70	0.67
食事の時間が楽しい	2.38	0.50	2.50	0.55	2.30	0.48
学校の勉強が楽しい	2.13	0.50	2.33	0.52	2.00	0.47

(点)

a)数値は選択式回答を得点化したものであり、数値が低いほど心身の状態がよくないことを意味する。

b)t検定の結果、女子に比べて有意(p<.05)に得点が低い。

表4 心身健全度、生活満足度の平均値と標準偏差

	全体(N=16)		男子(N=6)		女子(N=10)	
	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
心身健全度	28.75	6.07	27.67	7.06	29.40	5.70
生活満足度	6.84	2.20	6.33	2.25	7.15	2.24

(点)

(3) 心身の健康と身体活動量の相互関連性

男女それぞれの3日間の終日にわたる腰部加速度の平均値を基準に、児童を

身体活動量の高群と低群の2群に分け、「心身健全度」および「生活満足度」に群間で違いがみられるか分析をおこなった。なお、各群の内訳は表5の通りである。

表5 身体活動量高群、低群の内訳

群	属性	平均加速度	属性	平均加速度
高群	男子1	147.7	女子1	119.1
	男子2	131.3	女子2	109.6
	男子3	128.7	女子3	101.3
			女子4	96.5
低群	男子4	119.4	女子5	92.7
	男子5	116.4	女子6	90.6
	男子6	108.1	女子7	87.6
			女子8	81.1
			女子9	77.4
			女子10	71.6

2要因(性×群)分散分析の結果、身体活動量の高群と低群で「心身健全度」、「生活満足度」に有意な差は認められなかったが、図2、図3に示した通り、「心身健全度」、「生活満足度」いずれも、高群は低群よりも平均値の高い様子がみられた。

さらに、心身の健康状態に関する14の質問項目別に群間で得点に差がみられるか2要因(性×群)分散分析を行った。その結果、「やる気が起こらないと感じることがある」と「学校の勉強が楽しい」の2項目において、有意な($p<.05$)群の主効果が認められ、男女共に身体活動量高群の平均点は低群に比べて高く、すなわち、低群に比べて高群は、やる気が起こらないと感じることが少なく、学校の勉強を楽しんでいることが示された。このことから、身体活動量は体力などの身体のみならず、物事への積極性や学習に対する意欲とも

関連のあることが示唆された。

上地ら¹⁰⁾は、小学校4～6年生を対象に質問紙法による調査を行い、児童の身体活動水準とストレス反応は低いながらも有意な関連が認められたことから、身体活動の実施がストレス反応の軽減に直接寄与しているというよりも、身体活動を行うことによる有能感や自尊心の向上、友人との交流が間接的にストレス反応の軽減に役立っているのではないかと報告している。本調査においても身体活動量と「心身健全度」「生活満足度」に統計的に有意な関連は認められなかったものの、物事に取り組む意欲と関連のあることが示された。よって今後さらに、自己効力感や自尊心、社会的スキルなどの要素も含め、心身の健康と身体活動量の相互関連性について検討する必要があると考えられる。

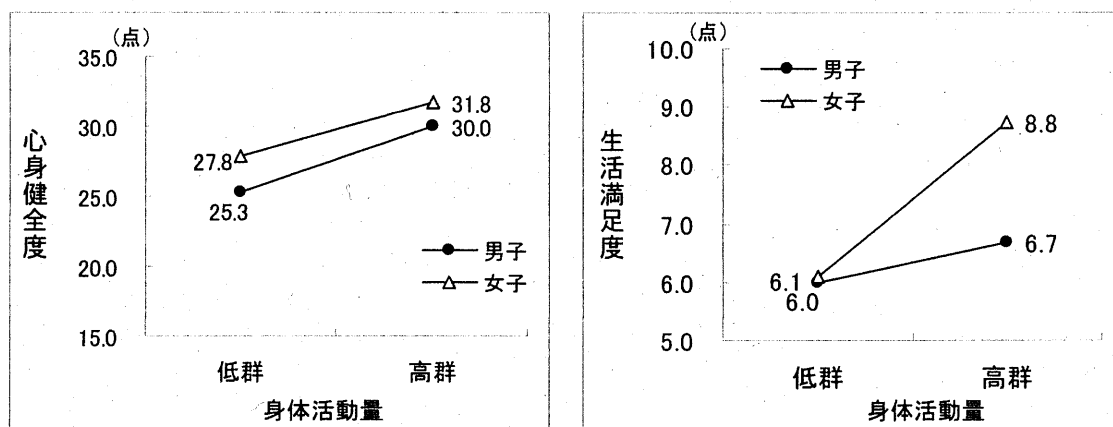
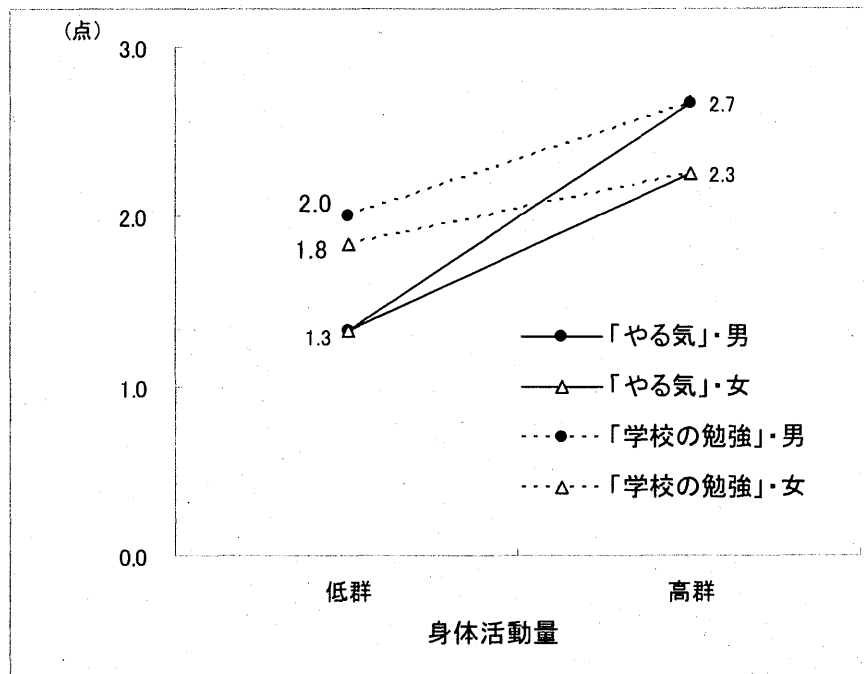


図2 身体活動量の高群、低群の心身健全度および生活満足度の平均値



2要因(性×群)分散分析の結果、「やる気」「学校の勉強」共に群の主効果は有意 (p<.05)。

図3 身体活動量の高群、低群の心身の健康状態（「やる気が起こらない」、「学校の勉強が楽しい」）の得点の平均値

4. まとめ

児童の心身の健康と身体活動量の相互関連性を明らかにすることを目的とし、3次元加速度計による平日3日間の身体活動量の実測および心身の健康状態の調査を行った。

平日3日間の腰部加速度の平均値は、男子 125.6(G)、女子 92.7(G)であり、男子の値は女子に比べて有意に高かった。日差は、男子が 43.6(G)、女子が 23.2(G)となり、男子の日差は女子に比べて有意に大きかった。また日差の最大値は 76.1(G)、最小値は 3.9(G)となり、日差には特に放課後の運動活動の有無が関与している様子が見られた。本調査において、起床から就寝までの腰部加速度の平均は、児童が自己記入した一日の活動内容を反映していたことから、児童の日常生活における身体活動レベルを数量的に評価する上で、腰部加速度は一つ

の指標として活用できるのではないかと考えられる。

そこで次に、男女それぞれの3日間の終日にわたる腰部加速度の平均値を基準に、児童を身体活動量の高群と低群の2群に分け、心身の健康に関する質問に対する回答に群間で違いがみられるか調査した。2要因(性×群)分散分析の結果、「生活満足度」および15項目から成る質問の回答を得点化した「心身健全度」に有意な群の主効果は認められなかったが、男女共に身体活動量の高群は低群よりも「生活満足度」、「心身健全度」いずれも平均値の高い様子がみられた。さらに質問項目別に群差を検討した結果、2つの項目において有意な群の主効果が認められ、男女共に身体活動量高群は低群に比べ、やる気が起こらないと感じることが少なく、学校の勉強を楽しんでいることが示された。このことから、児童にとって身体活動は、体力向上などの身体的な健康だけでなく、勉強も含め物事に取り組む意欲といった心の健康とも関連のあることが示唆された。今後さらに例数を増やし、児童の心身の健康と身体活動量の相互関連性について詳細に調査する必要があると考えられる。

5. 参考・引用文献

- 1) 財団法人日本学校保健会(2004)平成 14 年度児童生徒の健康状態サーベイランス事業報告書
- 2) 財団法人日本学校保健会(2002)平成 12 年度児童生徒の健康状態サーベイランス事業報告書
- 3) 門田新一郎(1992)小学生の健康状況に関連する要因の検討—自覚症状の訴え数と行動要因との関連について—。岡山大学教育学部研究集録, 91, 95-104.
- 4) 内田勇人・松浦伸朗・諸富嘉男・青山英康(1997)小学生の不定愁訴の背景。小児保健研究, 56(4), 545-555.

- 5) 西部ベン・中安紀美子(1981)児童の疲労自覚症状調査と生活調査との関連.
学校保健研究, 23(11), 540-550.
- 6) 池田順子・永田久紀(1994)小学生の食生活(食品のとり方、食べ方), 生活習慣および健康状況. 日本公衆衛生誌, 41(4), 294-309.
- 7) 白木まさ子・深谷奈穂美(1993)小学生の食生活状態と自覚症状について. 栄養学雑誌, 51(1), 11-21.
- 8) 八木規夫・杉田正明・後藤洋子・酒匂秀人(2003)児童の学校生活における身体活動量. 体育の科学, 53(10), 739-744.
- 9) 黒川修行・小宮秀明・宇佐見隆廣・佐伯圭一郎(1998)児童の身体活動量と動脈硬化促進因子との関連性について. 学校保健研究, 40, 308-316.
- 10) 上地広昭・竹中晃二・岡浩一郎(2000)子どもの身体活動とストレス反応の関係. 健康心理学研究, 13(2), 1-8.

3次元加速度計による身体活動量の定量的評価

—大学生を対象とした研究—

1 目的

これまで、日常生活における身体活動量を把握するための簡便な方法として、生活時間調査法、心拍数法、加速度計法等が検討されている。

本研究では、携帯式呼気ガス代謝モニターを用いて日常生活にみられる様々な活動のエネルギー消費量を測定すると同時に心拍数および3次元の加速度を測定し、心拍数、加速度等によって簡便かつ精度よくエネルギー消費量を推定する方法について検討した。これまでの研究では、1次元の加速度計を用いた報告は多くみられるが、3次元加速度計による例は少ない。

また、日常生活時の身体活動量を連続的に測定して消費エネルギーを明らかにするとともに、心拍数・加速度から推定したエネルギー消費量と実測値との差についても検討した。

2 方法

(1) 測定機器

①携帯式呼気ガス代謝モニター

エネルギー消費量の測定には、携帯式呼気ガス代謝モニター（メータマックス3B, コールテックス社, ドイツ, 以下メータマックスとする）を用いた。

エネルギー消費量の算出は以下の式によった。

$$\text{たんぱく質燃焼} = 0.15 * (V' O_2 / fb) * 18.8$$

$$\text{脂質燃焼} = 0.85 * (V' O_2 / fb) * 19.6$$

$$\text{炭水化物燃焼} = 0.85 * (V' O_2 / fb) * 21.1$$

$$\text{エネルギー消費量} = \text{たんぱく質燃焼} + \text{脂質燃焼} + \text{炭水化物燃焼}$$

$$(V' O_2 : 1 \text{ 分間当りの酸素摂取量, } fb : \text{呼吸回数})$$

②心拍計

心拍数は心拍モニター用ベルト（ポラル社）を胸部に装着して測定した。

③3次元加速度計

加速度の測定には3次元加速度計（アクティブトレーサーAC301, GMS社, 東京, 以下アクティブトレーサーとする）を用いた。アクティブトレーサーをウエスト位腹部中央、右手首、右足首の3ヶ所に装着し、重力加速度（x, y, z方向及びその合成）の平均値 $G (= [G_x^2 + G_y^2 + G_z^2]^{1/2})$ を算出した。

(2) 倫理面への配慮

本研究に置いては、横浜国立大学研究倫理委員会の承認を得て実施した。対象者（被験者）には、研究や測定の意味およびこれらにともなう危険性のないことについて十分に説明した後、書面での同意を得た。

3 各種動作時の身体活動量の測定

(1) 被験者および測定条件

実験に同意が得られた大学生 13 名を被験者とした（表 1）。

表1 被験者の身体徴

女性

被験者番号	年齢	身長	体重	体脂肪率
1	21	154	57.1	29.7
2	20	149	45.2	27.4
3	23	160	51.2	26.5
4	22	152	42.0	19.1
5	30	161	51.3	18.6
6	38	159	52.9	24.4
7	20	156	53.7	29.7
平均値	24.9	155.9	50.5	25.1
標準偏差	6.7	4.4	5.2	4.6

男性

被験者番号	年齢	身長	体重	体脂肪率
11	20	173	64.2	13.8
12	20	176	60.1	10.4
13	21	167	71.4	21.0
14	21	170	56.5	9.6
15	20	159	55.7	17.6
16	21	176	67.5	15.0
平均値	20.5	170.3	62.6	14.6
標準偏差	0.5	6.4	6.2	4.3

日常生活の各種動作については、Zhang ら（2003）の報告を参考に、安静、上肢の動作、歩行、走行、階段昇降、その他に分類した（図 1）。被験者には、測定前の 2 時間以内は飲食をしないことを注意し、測定前にその注意が守ら

れていることと体調が良好であることを確認した。身長、体重、体脂肪率を測定した後、測定機器を装着し、①～③の各種動作時の身体活動量の測定を行った。各回ともエネルギー消費量、心拍数などを安定させるために始めに30分間仰臥安静の状態を測定した。

①

動作	身体活動	測定時間
仰臥安静	安静	30
		適宜
横臥安静		5
		適宜
リクライ安静		5
		適宜
椅座安静		5
		適宜
椅座パソコン		5
		適宜
椅座腕動作	上肢の動作	5
		適宜
椅座腕動作負荷	5	
	適宜	
立位リクライ	安静	5
		適宜
立位安静	5	
	適宜	
立位パソコン	上肢の動作	5
		適宜
その場足踏み	歩行	5
		適宜

②

動作	身体活動	測定時間
仰臥安静	安静	30
		適宜
歩行ゆっくり	歩行	5
		適宜
歩行ふつ		5
		適宜
歩行早足	走行	3
		適宜
スキップ		3
		適宜
走行ゆっくり	走行	3
		適宜
走行ジグザグ		3
		適宜
走行ふつ	歩行	3
		適宜
歩行ゆっくり負荷		5
		適宜
歩行ふつ負荷	歩行	5
		適宜
歩行早足負荷		3
		適宜
スキップ負荷	走行	3
		適宜
走行ゆっくり負荷		3
		適宜
走行ジグザグ負荷	走行	3
		適宜
走行ふつ負荷	3	

③

動作	身体活動	測定時間(分)
仰臥安静	安静	30
		適宜
自転車	その他	5
		適宜
のぼりゆっくり	階段昇降	被験者による
		適宜
くだりゆっくり		被験者による
		適宜
のぼり早足		被験者による
		適宜
くだり早足		被験者による
		適宜
のぼりゆっくり負荷		被験者による
		適宜
くだりゆっくり負荷	被験者による	
	適宜	
のぼり早足負荷	被験者による	
	適宜	
くだり早足負荷	被験者による	
	適宜	
草むしり	その他	4
		適宜
掃き掃除		4
		適宜
拭き掃除	4	
		適宜

統計解析にはSPSSを用いて、各種身体活動別に性と動作による2元配置分散分析を行い、有意な差が見られた場合には性差はt検定、動作の差は分散分析を行った。エネルギー消費量と心拍数、加速度(ウエスト・手首・足首)の関係はピアソンの相関分析を行った。エネルギー消費量に寄与する要因を決定するために強制投入法による重回帰分析を行った。有意確率は5%未満とした。

(3) 結果

①エネルギー消費量および心拍数・加速度について

安静時のエネルギー消費量と心拍数を表2に、加速度を表3に示した。エネルギー消費量は男性の方が有意に高値であり、心拍数は女性の方が有意に高値であった。また、仰臥、横臥、リクライン、椅座、立位リクライン、立位のエネルギー消費量には有意差は見られなかった。

上肢の動作時のエネルギー消費量と心拍数を表4に、加速度を表5に示した。歩行時のエネルギー消費量と心拍数を表6に、加速度を表7に、歩行の速度を表14に示した。歩行時のエネルギー消費量は男性の方が有意に高値であり、同じ速さで負荷無しと負荷ありでは有意な差は認められなかった。走行時のエネルギー消費量と心拍数を表8に、加速度を表9に、走行の速度を表15に示した。エネルギー消費量は男性の方が有意に高値であり、同じ速さでは負荷の有無による有意差はみられなかった。

歩行時、走行時共に速度が上がるにつれてエネルギー消費量、心拍数、加速度が高くなった。これはトレッドミル漸増運動負荷時の研究をした小熊ら(1999)や松坂ら(2001)と同様の結果である。また、どの速度においても負荷の有無による差は認められず、負荷があることによる速度の低下も見られなかった。これは、負荷の重量が軽すぎた(女性2kg、男性4kg)ことやリュックサックという比較的楽な持ち方をしたことによるものと考えられる。

階段昇降時のエネルギー消費量と心拍数を表10に、加速度を表11に、階段昇降の速度を表16に示した。エネルギー消費量は男性の方が有意に高値であり、同じ速さで同じ方向の負荷無しと負荷ありでは有意な差はなかった。同じ速さののぼりとくだりでは、エネルギー消費量と心拍数はのぼりの方が有意に高値であり、ゆっくりより早足の方が高値であった。また、歩行や走行時と同様に、負荷の有無による差はみられなかった。この場合も負荷の重量が軽すぎたことや、リュックサックという比較的楽な持ち方をしたことが理由として考えられる。

その他の動作のエネルギー消費量と心拍数を表12に、加速度を表13に示した。自転車の走行速度は女性が平均で2.6m/秒、男性が平均で3.0m/秒であつ

た。

②各種動作時のエネルギー消費量推定式の算出

エネルギー消費量と、心拍数、加速度の相関を図2に示した。エネルギー消費量は男女とも心拍数・加速度(ウエスト・手首・足首)と有意な強い正の相関がみられた。

活動時のエネルギー消費量に寄与する要因を決定するために、エネルギー消費量を被説明変数とし、心拍数、加速度(ウエスト・手首・足首)、性、身長、体重などの項目を説明変数とした重回帰分析を行った。エネルギー消費量は性、身長、体重、体脂肪率などの体格、活動強度、年齢などの影響を受けると考えられることから、説明変数の種類と組み合わせを変えて重回帰分析を繰り返した結果、いずれの場合でも決定係数は0.8程度の高値となった。心拍変化率(活動時の心拍数を仰臥安静時の平均心拍数で除した値)、加速度(ウエスト・手首・足首)、性、身長、体重の7項目を説明変数とした重回帰分析を行った結果は以下のとおりであり、重回帰式は、

$$-9.015 + 0.634 \times \text{性} + 1.381 \text{E}^{-04} \times \text{ウエスト加速度} + 2.950 \text{E}^{-04} \times \text{手首加速度} + 1.578 \text{E}^{-03} \times \text{足首加速度} + 3.223 \text{E}^{-02} \times \text{身長} + 2.803 \text{E}^{-02} \times \text{体重} + 2.616 \text{E}^{-02} \times \text{心拍変化率} \quad \text{となった。}$$

	標準回帰係数	t値
性	0.114	2.923*
ウエスト加速度	0.017	0.232
手首加速度	0.051	1.097
足首加速度	0.288	5.139*
身長	0.102	2.409*
体重	0.076	2.116*
心拍変化率	0.554	16.394*
自由度調整済み決定係数	0.794	
F値	240.455*	

*:P<0.05 従属変数:エネルギー消費量(kcal/分)

性は女性を0, 男性を1とする

以上の結果から、日常の生活活動時の3次元加速度、心拍数を経時的に測定し、推定式を適用することによって、日常生活活動時のエネルギー消費量を精度よく推定することが可能であると考えられた。

そこで次に、大学生の日常生活活動時の3次元加速度、心拍数を経時的に測定してエネルギー消費量を推定する（推定値）とともに、携帯式呼気ガス代謝モニターにより消費エネルギー量を実測し（実測値）、両者の差異について検討した。

4 日常生活時の身体活動量の測定

(1) 被験者および測定条件

被験者は、本実験に同意が得られた学生であり、身体的特徴は表 17 のとおりである。身長、体重、体脂肪率を測定した後、測定機器を装着して家事や移動などの日常生活活動を行い、身体活動量を測定した。

表 17 被験者の身体的特徴

女性

被験者名	年齢	身長	体重	体脂肪率
A	21	154	57.1	29.7
B	20	149	45.2	27.4
C	30	161	51.3	18.6
D	38	159	52.9	24.4
平均値	27.3	155.7	51.6	25.0
標準偏差	8.5	5.2	5.0	4.8

男性

被験者名	年齢	身長	体重	体脂肪率
E	22	177	71.8	19.3
F	22	158	51.5	17.1
G	21	167	58.2	18.9
H	20	157	57.3	21.3
平均値	21.3	164.8	59.7	19.2
標準偏差	1.0	9.3	8.6	1.7

(2) 結果

① 日常生活活動時のエネルギー消費量および心拍数、加速度について

測定結果の1例を図3に示した。日常生活活動時のエネルギー消費量、心拍数、加速度の変化には以下のような傾向が見られ、消費エネルギー推定の際に誤差を大きくする原因になると思われる。

- ・自動車に乗っている時は加速度（ウエスト・手首・足首）、エネルギー消費量、心拍数共に低い値を示した。なお、自動車の運転時の加速度はウエスト、

足首は低い、手首は比較的高い値を示した。

- ・ 自転車ではエネルギー消費量と心拍数が下り坂よりも上り坂の方が高かったが、加速度には上り坂と下り坂で大きな違いは見られなかった。
- ・ 歩行や走行ではウエスト、手首に比べて足首の加速度が高値であったが、なわとびでは手首の加速度がウエスト、足首に比べて高値であった。
- ・ 買い物をしている時は立ち止まるため加速度はウエスト、手首、足首共に低くなったが、エネルギー消費量と心拍数は直後には下がらなかった。
- ・ 座ってアイロンをかけている時の加速度はウエスト、足首は低く、手首のみが高くなった。
- ・ ふきそうじでは、手首の加速度とエネルギー消費量の波形が類似していた。

②日常生活活動時のエネルギー消費量と心拍数、加速度の相関について

各種動作時と日常生活時のエネルギー消費量と、心拍数、加速度の関係を図4に示した。日常生活時のエネルギー消費量は男女とも心拍数、加速度(ウエスト・手首・足首)と有意な強い正の相関関係がみられた。また、回帰式の係数は各種動作時のそれと近似していた。

日常生活活動時のエネルギー消費量に寄与する要因を検討するために、エネルギー消費量を被説明変数とし、心拍数、加速度(ウエスト・手首・足首)、性、身長、体重などの項目を説明変数とした重回帰分析を行った。エネルギー消費量は性、身長、体重、体脂肪率などの体格、活動強度、年齢などの影響を受けると考えられることから、説明変数の種類と組み合わせを変えて重回帰分析を繰り返した結果、いずれの場合も決定係数は0.76~0.79であった。心拍数の標準化係数が高めであったが、これは意識的に走行や階段昇降を行ったときと比べて日常生活時は心拍数がそれほど高くないためであると考えられる。これは、心拍変化量は活動場面では活動モニタと中程度の相関を示すが日常場面では活動モニタの関連を示さなかったという上地らの報告(2002)とも一致している。

心拍変化率、加速度(ウエスト・手首・足首)、性、身長、体重の7項目を説明変数とした重回帰分析を行った結果は以下のとおりであり、重回帰式は、

$$\begin{aligned} & -4.129 - 0.171 \times \text{性} + 9.684\text{E-}04 \times \text{ウエスト加速度} - 2.309\text{E-}05 \times \text{手首加速度} \\ & + 9.174\text{E-}05 \times \text{足首加速度} + 1.558\text{E-}02 \times \text{身長} - 3.106\text{E-}02 \times \text{体重} \\ & + 3.648\text{E-}02 \times \text{心拍変化率} \quad \text{となった。} \end{aligned}$$

	標準回帰係数	t値
性	-0.051	-3.021*
ウエスト加速度	0.096	2.286*
手首加速度	-0.003	-0.121
足首加速度	0.020	0.563
身長	0.071	2.345*
体重	-0.129	-4.224*
心拍変化率	0.824	39.756*
自由度調整済み決定係数	0.780	
F値	586.625*	

*:P<0.05 従属変数:エネルギー消費量(kcal/分)

性は女性を0, 男性を1とする

③日常生活時の実測値と推定値の差について

メータマックスで測定したエネルギー消費量（実測値）と推定式から求めた推定値を比較すると以下のとおりであった。

被験者	性別	総エネルギー消費量(kcal)		推定値1と実測値の差 ((6)-(2))	①を100とした場合の 差の割合(%)
		実測値(①)	推定値(②)		
A	女性	96.5	86.2	-10.3	-10.7
B(1回目)		60.1	37.7	-22.4	-37.3
B(2回目)		169.6	120.6	-49.0	-28.9
C		177.5	194.8	17.3	9.7
D(1回目)		231.6	161.1	-70.5	-30.4
D(2回目)		121.3	165.1	43.8	36.1
E	男性	235.7	476.2	240.5	102.0
F		274.8	335.6	60.8	22.1
G		293.7	407.8	114.1	38.9
H		115.3	182.9	67.6	58.6

被験者AとCでは推定値と実測値の差が小さく、BとDは差が大きかった。個人差の他に生活活動の内容として、自転車に乗った場合はウエスト加速度が過小評価されたため推定値が低くなった可能性、階段昇降の場合には下り坂でウエスト・足首の加速度が大きくなっているため推定値が高くなってしまった可能性などが考えられる。

今後さらに測定例数を増やして、推定値の誤差の原因について明らかにするとともに、より精度の高い推定式を検討することが課題である。

ところで、本研究の被験者では、自らのエネルギー消費量を測定する経験を通してエネルギー代謝に対する関心が高まる様子が認められた。安静時と歩行時では歩行時の方がエネルギー消費量が高いことは認識できていたはずであるが、それが具体的な測定値として表示されることによって「歩こう」という行動化の意識が生じやすくなると思われた。ちょっとした移動なら「バスや電車を使うのではなく歩こう」、駅で「エスカレーターではなく階段を使おう」という意識と行動の変化がみられた。

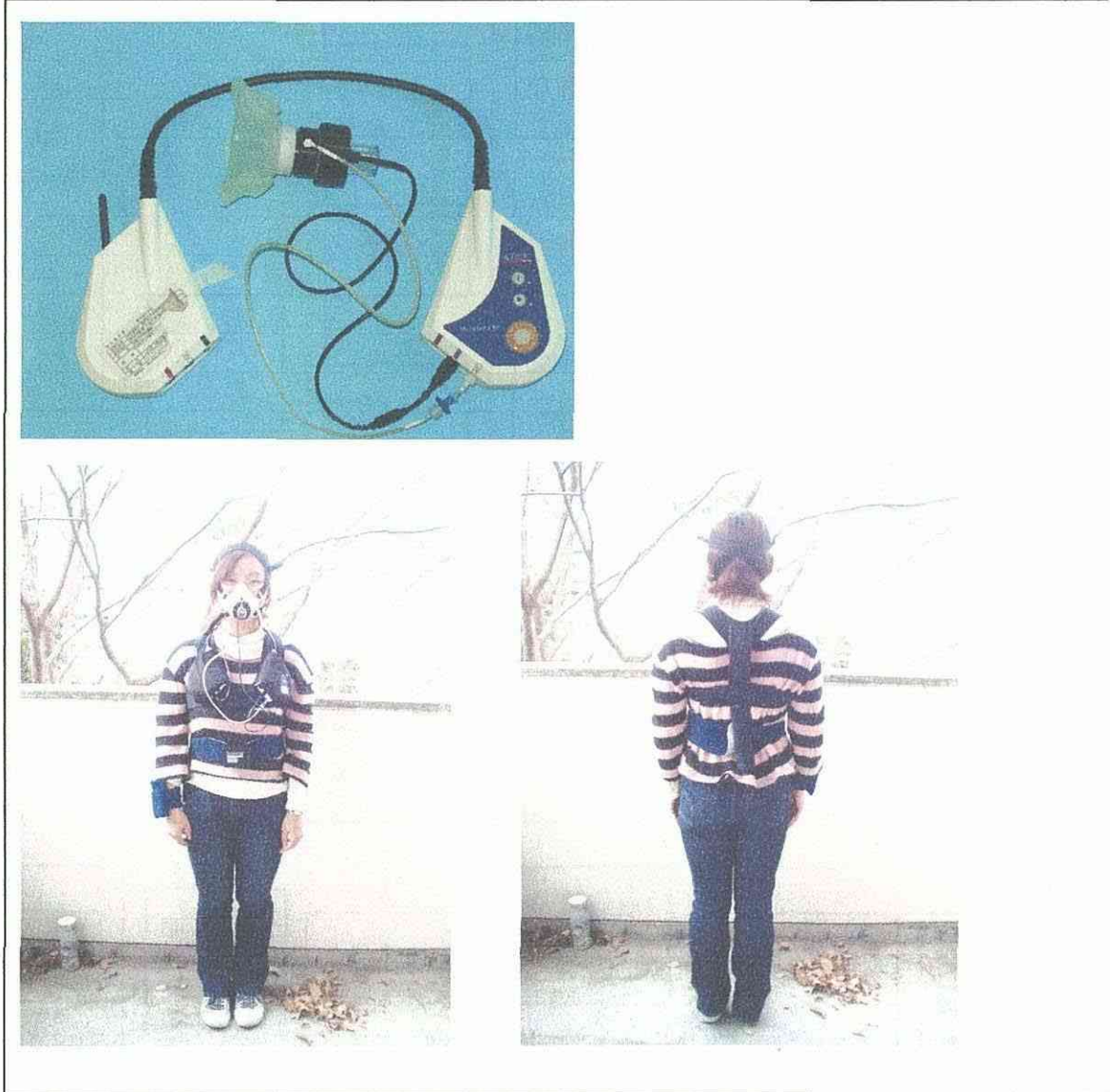
今後、3次元加速時計を用いてエネルギー消費量を簡便に、精度よく推定できる機器が開発されれば、多くの人々が自らのエネルギー消費量を意識して生活するようになり、健康によい生活習慣を身に付けやすくなるのではないかと期待される。

参考文献

- 1) 高見京太: スポーツ活動のエネルギー代謝, 体育の科学, 52, 452-458 (2002)
- 2) J.F.サリス・N.オーウェン著, 竹中晃二監訳: アクティブ・ライフスタイルをめざして 身体活動と行動医学, pp49-62 (2000) 北大路書房, 東京
- 3) Zhang K., Werner P., Sun M., Pi-Sunyer F., Boozer C. N.: Measurement of Human Daily Physical Activity, OBESITY RESEARCH, 11, 33-40 (2003)
- 4) 小熊祐子, 山本哲史, 木下訓光, 勝川史憲, 大西祥平, 山崎元: 心拍同時記録3時減加速度計を用いた活動強度と身体活動量の評価-1) 基礎的検討, 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター紀要, 25-31 (1999)
- 5) 松坂晃, 稲葉勉, 竹田優子, 一之瀬真志, 山添正行, 塚越晶子, 野村知弘, 松坂佳子, 富樫泰一: 子どもおよび成人における三軸加速度計による身体活動量評価の妥当性, 茨城大学教育学部紀要(自然科学), 50, 139-147 (2001)
- 6) 上地広昭, 竹中晃二: 身体活動量を測定するための活動モニタに関する研究, 体育の科学, 52, 152-156 (2002)

測定機器の装着

メータマックス3B



アクティブトレーサーAC301

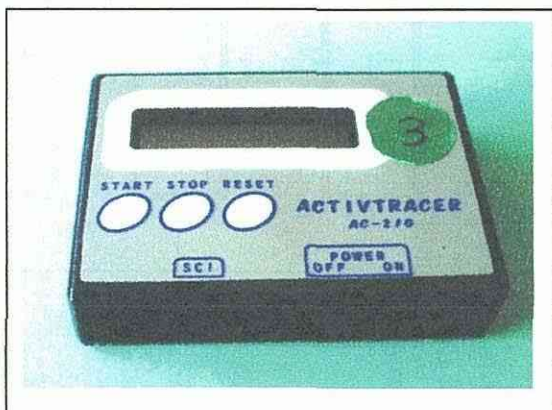


図1 各種動作時の測定内容

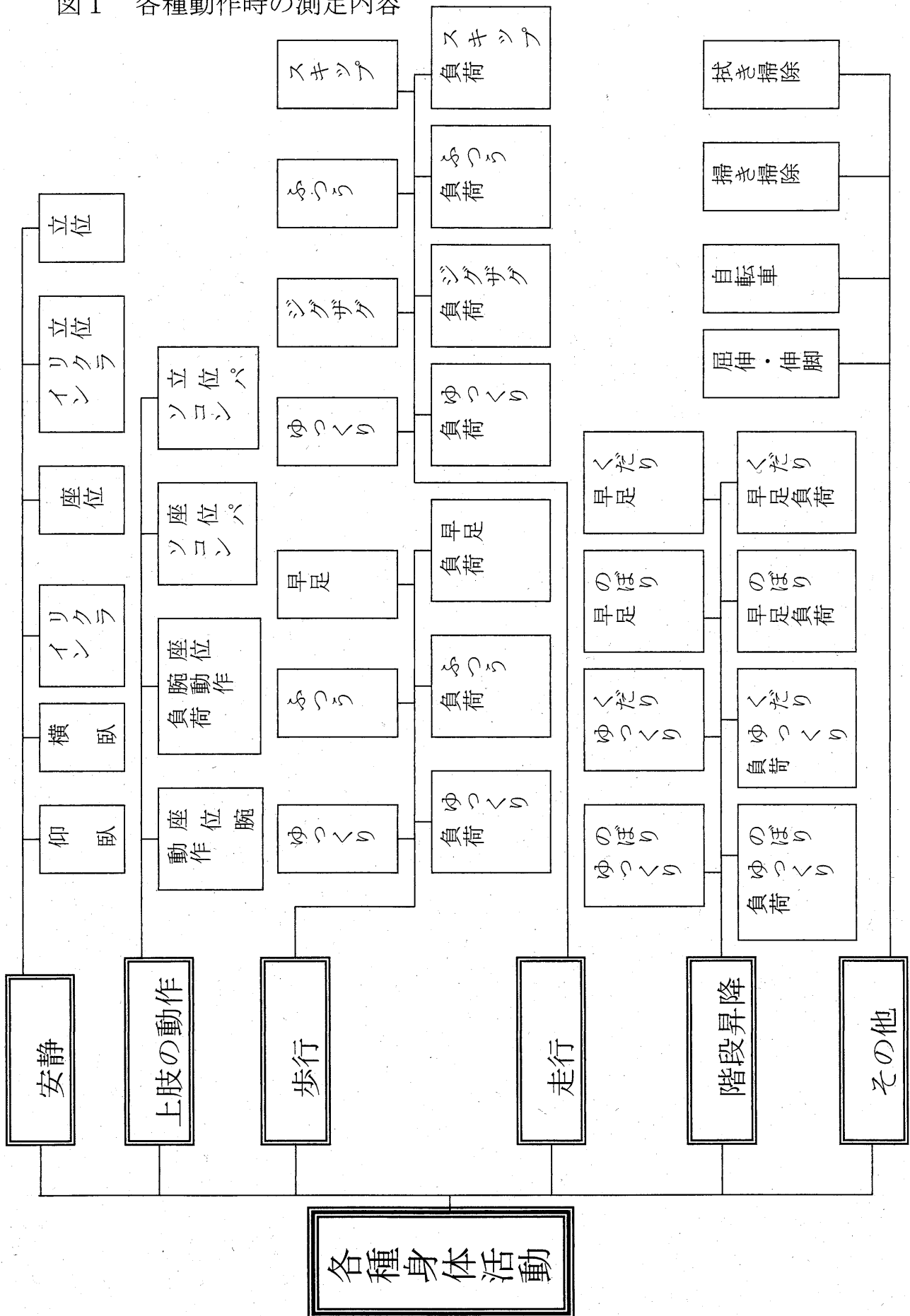


表2 安静時のエネルギー消費量と心拍数

	EE(kcal/kg/min)		HR(回/分)	
	女性	男性	女性	男性
仰臥	0.0117 ± 0.0045 0.0049 - 0.0198	0.0166 ± 0.0037 * 0.0109 - 0.0244	68.7 ± 10.3 53.6 - 89.1	56.7 ± 8.2 * 44.4 - 72.4
横臥	0.0139 ± 0.0032 0.0088 - 0.0173	0.0174 ± 0.0022 * 0.0149 - 0.0203	69.8 ± 7.8 61.3 - 80.5	58.3 ± 5.9 * 49.0 - 62.8
リクライ	0.0123 ± 0.0036 0.0053 - 0.0167	0.0181 ± 0.0028 * 0.0149 - 0.0231	70.2 ± 8.5 60.5 - 80.6	60.6 ± 9.3 49.5 - 75.3
椅座	0.0149 ± 0.0023 0.0106 - 0.0184	0.0198 ± 0.0039 * 0.0162 - 0.0268	75.2 ± 8.4 64.2 - 88.6	62.7 ± 9.8 * 51.2 - 77.9
立位 リクライ	0.0134 ± 0.0049 0.0071 - 0.0202	0.0200 ± 0.0046 * 0.0123 - 0.0254	85.5 ± 10.8 69.2 - 97.4	72.4 ± 12.9 abc 58.8 - 91.1
立位	0.0139 ± 0.0043 0.0082 - 0.0202	0.0210 ± 0.0023 * 0.0183 - 0.0238	87.0 ± 8.8 72.5 - 97.1	74.2 ± 13.1 abc 58.5 - 90.9

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

*: t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: 仰臥との間に有意な差が見られた P<0.05
b: 横臥との間に有意な差が見られた P<0.05
c: リクライとの間に有意な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表3 安静時の加速度

	ウエスト(G)		手首(G)		足首(G)	
	女性	男性	女性	男性	女性	男性
仰臥	1.0 ± 1.1 0.0 - 4.4	1.8 ± 1.8 0.0 - 6.3	1.5 ± 2.7 0.0 - 9.7	3.2 ± 7.0 0.0 - 28.4	1.6 ± 3.6 0.0 - 13.4	0.6 ± 0.8 0.0 - 2.4
横臥	2.0 ± 1.2 0.0 - 3.3	3.4 ± 1.9 2.0 - 6.7	2.0 ± 4.0 0.0 - 10.7	1.2 ± 1.5 0.0 - 3.7	3.1 ± 3.3 0.0 - 8.7	2.7 ± 2.0 0.0 - 6.0
リクライ	1.4 ± 0.7 0.0 - 2.0	1.6 ± 1.7 0.0 - 4.7	2.7 ± 6.0 0.0 - 16.3	7.1 ± 15.1 0.0 - 37.7	2.5 ± 4.0 0.0 - 10.3	0.7 ± 1.2 0.0 - 3.0
椅座	5.0 ± 2.0 2.0 - 7.7	4.0 ± 2.5 ac 0.0 - 7.0	10.9 ± 10.2 1.0 - 30.7	13.8 ± 9.1 ab 2.0 - 26.3	1.8 ± 1.5 0.7 - 5.0	6.1 ± 5.3 0.0 - 13.7
立位 リクライ	6.1 ± 4.9 2.0 - 14.3	5.2 ± 2.6 ac 2.3 - 9.0	13.0 ± 12.4 1.3 - 34.3	19.2 ± 16.1 b 3.7 - 43.7	3.1 ± 1.7 1.0 - 5.0	4.1 ± 4.8 0.0 - 12.3
立位	7.4 ± 4.4 2.7 - 15.0	4.9 ± 3.7 ac 1.7 - 10.3	17.4 ± 29.1 2.0 - 82.7	14.4 ± 12.2 2.0 - 36.7	7.4 ± 5.6 2.0 - 17.0	5.7 ± 3.3 a 1.0 - 9.0

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

*: t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: 仰臥との間に有意な差が見られた P<0.05
b: 横臥との間に有意な差が見られた P<0.05
c: リクライとの間に有意な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表4 上肢の動作時のエネルギー消費量と心拍数

	EE(kcal/kg/min)		HR(回/分)	
	女性	男性	女性	男性
椅座腕動作	0.0271 ± 0.0052	0.0353 ± 0.0074 *	91.8 ± 7.8	78.9 ± 8.3 *
	0.0213 - 0.0368	0.0247 - 0.0440	82.4 - 103.4	66.7 - 90.1
椅座腕動作 負荷	0.0277 ± 0.0038	0.0402 ± 0.0074 *	90.3 ± 12.5	83.3 ± 10.4
	0.0210 - 0.0319	0.0284 - 0.0478	74.8 - 113.6	63.3 - 91.2
椅座 パソコン	0.0138 ± 0.0057	0.0220 ± 0.0035 *ab	79.1 ± 7.0	65.9 ± 9.4 *ab
	0.0044 - 0.0216	0.0182 - 0.0264	70.5 - 90.5	54.7 - 78.7
立位 パソコン	0.0132 ± 0.0067	0.0218 ± 0.0052 ab	87.5 ± 10.0	75.4 ± 10.5
	0.0046 - 0.0213	0.0173 - 0.0303	77.6 - 98.0	60.2 - 87.9

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

*: t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: 椅座腕動作との間に優位な差が見られた P<0.05
b: 椅座腕動作負荷との間に優位な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表5 上肢の動作時の加速度

	ウエスト(G)		手首(G)		足首(G)	
	女性	男性	女性	男性	女性	男性
椅座 腕動作	30.6 ± 8.9	38.2 ± 19.3	729.6 ± 239.1	708.5 ± 165.2	6.7 ± 7.2	21.7 ± 21.6
	14.5 - 40.0	21.0 - 68.5	485.5 - 1022.5	442.5 - 918.0	2.0 - 21.0	2.0 - 55.0
椅座腕動作 負荷	33.4 ± 11.1	27.9 ± 11.6	521.8 ± 116.6	581.3 ± 189.5	8.2 ± 7.7	20.2 ± 25.6
	18.0 - 45.5	16.0 - 48.0	408.5 - 718.0	292.0 - 792.5	2.0 - 24.5	2.0 - 64.5
椅座 パソコン	4.8 ± 2.0	6.2 ± 3.5 ab	75.1 ± 19.2	48.4 ± 25.8 ab	1.2 ± 2.2	5.8 ± 9.6
	1.5 - 7.0	2.7 - 10.7	51.0 - 104.3	20.0 - 91.0	0.0 - 6.0	0.3 - 25.3
立位 パソコン	4.2 ± 1.8	5.5 ± 1.9 ab	64.1 ± 9.4	46.7 ± 23.0 ab	2.1 ± 2.1	5.4 ± 3.8
	2.0 - 6.2	3.6 - 8.2	52.0 - 76.0	27.2 - 86.3	0.1 - 4.7	1.7 - 10.1

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

*: t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: 椅座腕動作との間に優位な差が見られた P<0.05
b: 椅座腕動作負荷との間に優位な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表6 歩行時のエネルギー消費量と心拍数

	EE(kcal/kg/min)		HR(回/分)	
	女性	男性	女性	男性
その場足踏み	0.0339 ± 0.0081 0.0181 - 0.0404	0.0471 ± 0.0208 0.0221 - 0.0794	95.0 ± 12.7 78.1 - 109.2	87.5 ± 17.7 65.2 - 113.1
ゆっくり	0.0375 ± 0.0107 0.0289 - 0.0531	0.0472 ± 0.0062 0.0405 - 0.0539	95.5 ± 14.8 77.8 - 111.9	88.2 ± 6.6 79.2 - 95.8
ゆっくり負荷	0.0377 ± 0.0105 0.0243 - 0.0483	0.0559 ± 0.0056 0.0494 - 0.0616	94.2 ± 10.6 83.4 - 104.6	99.8 ± 9.7 83.9 - 110.1
ふつう	0.0507 ± 0.0123 0.0318 - 0.0666	0.0634 ± 0.0100 0.0492 - 0.0759	104.9 ± 16.8 82.3 - 134.1	97.3 ± 8.6 88.3 - 111.3
ふつう負荷	0.0511 ± 0.0138 0.0281 - 0.0670	0.0714 ± 0.0120 * 0.0589 - 0.0876	115.1 ± 16.9 95.1 - 139.2	108.7 ± 11.3 91.1 - 122.0
早足	0.0736 ± 0.0184 0.0544 - 0.1054	0.0838 ± 0.0145 ^{abcd} 0.0641 - 0.1034	117.3 ± 17.4 99.6 - 150.6	112.7 ± 11.4 ^{ab} 104.5 - 132.1
早足負荷	0.0692 ± 0.0164 0.0553 - 0.1031	0.0932 ± 0.0209 ^{abcd} 0.0754 - 0.1191	129.0 ± 14.3 109.5 - 151.0	118.1 ± 15.9 ^{abcd} 100.1 - 139.6

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

* :t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: その場足踏みとの間に有意な差が見られた P<0.05
b: ゆっくりとの間に有意な差が見られた P<0.05
c: ゆっくり負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
d: ふつうとの間に有意な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表7 歩行時の加速度

	ウエスト(G)		手首(G)		足首(G)	
	女性	男性	女性	男性	女性	男性
その場足踏み	170.2 ± 52.9 98.0 - 239.5	188.2 ± 54.8 133.0 - 259.0	203.5 ± 70.2 119.0 - 284.0	296.6 ± 205.1 101.0 - 566.0	396.2 ± 132.9 249.5 - 573.0	415.4 ± 276.7 198.0 - 819.5
ゆっくり	202.1 ± 25.9 166.5 - 227.0	218.1 ± 79.9 124.5 - 317.0	231.3 ± 58.6 196.5 - 318.5	246.1 ± 65.7 151.0 - 317.5	604.3 ± 83.8 542.0 - 727.0	596.9 ± 233.1 343.0 - 868.5
ゆっくり負荷	213.0 ± 23.1 193.5 - 244.5	231.7 ± 53.7 189.0 - 324.5	228.4 ± 50.0 155.5 - 263.0	223.1 ± 41.4 179.0 - 277.5	721.9 ± 58.8 666.0 - 795.5	705.9 ± 188.9 ^a 439.5 - 919.5
ふつう	263.8 ± 33.6 210.0 - 315.5	316.6 ± 68.5 ^{ac} 239.0 - 375.0	280.1 ± 78.1 187.5 - 416.0	320.7 ± 71.6 231.0 - 436.5	800.8 ± 158.5 636.0 - 1052.0	809.1 ± 118.0 ^a 667.5 - 972.0
ふつう負荷	288.6 ± 17.2 274.5 - 321.0	333.7 ± 74.8 ^{abc} 230.5 - 389.0	262.4 ± 28.9 214.0 - 292.0	317.8 ± 38.4 264.5 - 369.0	853.5 ± 84.9 740.5 - 1016.0	914.5 ± 86.9 ^{ab} 804.5 - 1039.5
早足	443.4 ± 105.0 348.5 - 640.0	454.6 ± 70.3 ^{abcde} 337.0 - 508.0	538.1 ± 270.4 307.0 - 1045.0	508.8 ± 349.0 ^c 231.0 - 1187.0	1025.1 ± 178.5 888.5 - 1340.0	1029.6 ± 208.1 ^{abcd} 667.5 - 1287.5
早足負荷	411.6 ± 44.1 348.5 - 473.5	429.9 ± 108.6 ^{abcde} 309.5 - 593.5	438.9 ± 132.6 288.0 - 693.5	529.8 ± 286.7 ^c 312.0 - 1013.0	1043.9 ± 124.0 915.5 - 1236.5	1110.1 ± 123.2 ^{abcd} 959.5 - 1266.0

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

* :t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: その場足踏みとの間に有意な差が見られた P<0.05
b: ゆっくりとの間に有意な差が見られた P<0.05
c: ゆっくり負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
d: ふつうとの間に有意な差が見られた P<0.05
e: ふつう負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表8 走行時のエネルギー消費量と心拍数

	EE(kcal/kg/min)		HR(回/分)	
	女性	男性	女性	男性
ゆっくり	0.0943 ± 0.0228	0.1148 ± 0.0077	130.0 ± 22.1	127.3 ± 4.4
	0.0602 - 0.1704	0.1049 - 0.1704	93.8 - 165.7	121.5 - 133.9
ゆっくり負荷	0.0982 ± 0.0287	0.1179 ± 0.0104	157.8 ± 25.7	130.6 ± 7.4
	0.0596 - 0.1704	0.1020 - 0.1704	120.3 - 193.9	124.0 - 140.3
ジグザグ	0.0859 ± 0.0141	0.1161 ± 0.0114 *	113.5 ± 36.4	127.9 ± 5.1
	0.0689 - 0.1704	0.1026 - 0.1704	60.9 - 140.9	122.0 - 135.8
ジグザグ負荷	0.0721 ± 0.0338	0.1209 ± 0.0113 *	149.2 ± 33.9	130.7 ± 7.8
	0.0303 - 0.1704	0.1016 - 0.1704	116.0 - 194.9	123.1 - 143.4
ふつう	0.1314 ± 0.0205	0.1622 ± 0.0361 ^{abcd}	169.1 ± 19.0	156.4 ± 12.3 ^{ac}
	0.0994 - 0.1704	0.1111 - 0.1704	146.2 - 198.6	146.3 - 176.5
ふつう負荷	0.1112 ± 0.0425	0.1752 ± 0.0360 *	176.6 ± 18.9	157.2 ± 18.9 ^{ac}
	0.0305 - 0.1704	0.1255 - 0.1704	138.1 - 196.8	139.4 - 186.3
スキップ	0.1232 ± 0.0162	0.1488 ± 0.0234 *	145.0 ± 29.6	146.4 ± 13.1
	0.0941 - 0.1422	0.1131 - 0.1704	89.8 - 178.3	128.7 - 163.0
スキップ負荷	0.1096 ± 0.0192	0.1491 ± 0.0225 *	152.0 ± 22.4	146.8 ± 8.6
	0.0756 - 0.1704	0.1128 - 0.1704	114.7 - 174.7	133.7 - 156.0

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

*: t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: ゆっくりとの間に有意な差が見られた P<0.05
b: ゆっくり負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
c: ジグザグとの間に有意な差が見られた P<0.05
d: ジグザグ負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表9 走行時の加速度

	ウエスト(G)		手首(G)		足首(G)	
	女性	男性	女性	男性	女性	男性
ゆっくり	784.3 ± 121.3	742.9 ± 182.1	1300.0 ± 229.1	1204.4 ± 191.2	1112.9 ± 263.3	999.2 ± 113.7
	657.5 - 980.0	455.5 - 916.0	851.0 - 1512.5	921.0 - 1477.5	779.0 - 1580.5	879.5 - 1128.5
ゆっくり負荷	768.7 ± 168.9	646.2 ± 179.7	1317.0 ± 332.2	1066.3 ± 186.3	1146.4 ± 130.7	1068.5 ± 92.0
	474.0 - 932.5	333.0 - 775.5	696.5 - 1698.0	801.0 - 1246.5	902.0 - 1300.5	950.0 - 1212.0
ジグザグ	787.9 ± 99.7	797.1 ± 191.2	1318.3 ± 420.5	1148.5 ± 171.5	1038.9 ± 237.0	1060.9 ± 99.7
	698.5 - 919.0	563.5 - 1083.5	767.0 - 1775.5	903.0 - 1299.5	798.0 - 1260.5	922.5 - 1174.0
ジグザグ負荷	753.9 ± 164.8	685.2 ± 196.1	1222.0 ± 334.5	1034.6 ± 206.6	1105.4 ± 194.4	1107.9 ± 126.7
	558.0 - 923.5	374.5 - 864.0	763.0 - 1523.0	809.5 - 1241.5	889.0 - 1287.5	977.0 - 1260.0
ふつう	1079.0 ± 74.0	1155.6 ± 205.9 ^{abcd}	1693.8 ± 269.4	1714.0 ± 225.4 ^{abcd}	1376.9 ± 262.8	1445.3 ± 275.6 ^{abc}
	919.0 - 1132.0	929.0 - 1340.5	1298.5 - 2134.0	1385.5 - 1984.0	1048.0 - 1776.5	1079.0 - 1805.5
ふつう負荷	1056.6 ± 131.5	1092.3 ± 380.3 ^{abcd}	1565.2 ± 288.9	1686.1 ± 267.8 ^d	1411.8 ± 164.0	1446.8 ± 310.3 ^{abcd}
	832.0 - 1221.8	649.5 - 1654.5	1004.5 - 1891.2	1448.0 - 2087.5	1235.5 - 1726.7	1101.0 - 1986.0
スキップ	884.3 ± 96.2	908.7 ± 130.7 ^e	1090.4 ± 236.9	1079.0 ± 160.0 ^{ef}	1232.1 ± 177.9	1326.0 ± 187.1
	760.5 - 1038.5	735.5 - 1025.0	766.5 - 1458.0	841.5 - 1265.0	1046.0 - 1570.5	1061.0 - 1479.0
スキップ負荷	881.5 ± 76.6	800.9 ± 73.8 ^e	992.0 ± 179.9	923.7 ± 167.2 ^{ef}	1192.4 ± 107.7	1260.1 ± 184.5
	783.0 - 990.0	696.5 - 883.0	767.0 - 1230.0	658.0 - 1083.0	1064.5 - 1391.5	913.0 - 1425.0

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

*: t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: ゆっくりとの間に有意な差が見られた P<0.05
b: ゆっくり負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
c: ジグザグとの間に有意な差が見られた P<0.05
d: ジグザグ負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
e: ふつうとの間に有意な差が見られた P<0.05
f: ふつう負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表10 階段昇降時のエネルギー消費量と心拍数

	EE(kcal/kg/min)		HR(回/分)		
	女性	男性	女性	男性	
のぼりゆっ くり	0.1087 ± 0.0102	0.1184 ± 0.0144	140.6 ± 12.8	118.4 ± 7.6	*
	0.1004 - 0.1281	0.0956 - 0.1342	114.1 - 156.1	110.7 - 132.7	
のぼりゆっ くり負荷	0.1235 ± 0.0155	0.1300 ± 0.0172	160.2 ± 8.2	133.7 ± 7.0	*
	0.1076 - 0.1539	0.1051 - 0.1571	150.6 - 172.3	124.4 - 143.0	
くだりゆっ くり	0.0382 ± 0.0059	0.0523 ± 0.0050	99.2 ± 20.4	89.1 ± 13.8	ab
	0.0273 - 0.0449	0.0467 - 0.0596	64.4 - 132.0	67.0 - 107.7	
くだりゆっ くり負荷	0.0489 ± 0.0097	0.0585 ± 0.0062	124.4 ± 9.1	104.9 ± 6.4	*b
	0.0328 - 0.0645	0.0537 - 0.0686	116.9 - 143.3	94.8 - 113.9	
のぼり早足	0.1323 ± 0.0069	0.1533 ± 0.0318	163.0 ± 14.1	138.8 ± 17.0	*cd
	0.1236 - 0.1413	0.0982 - 0.1820	135.4 - 176.8	118.5 - 161.2	
のぼり早足 負荷	0.1386 ± 0.0091	0.1601 ± 0.0388	176.7 ± 9.4	150.5 ± 14.2	*acd
	0.1294 - 0.1509	0.0983 - 0.2076	161.2 - 189.7	137.7 - 173.9	
くだり早足	0.0623 ± 0.0074	0.0896 ± 0.0111	132.2 ± 11.8	114.4 ± 16.1	*bcef
	0.0557 - 0.0754	0.0751 - 0.1039	121.8 - 150.7	93.9 - 137.4	
くだり早足 負荷	0.0825 ± 0.0285	0.1091 ± 0.0188	147.9 ± 15.3	136.8 ± 17.1	cdf
	0.0570 - 0.1431	0.0855 - 0.1432	122.5 - 170.3	111.9 - 162.1	

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

*: t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: のぼりゆっくりとの間に有意な差が見られた P<0.05
b: のぼりゆっくり負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
c: くだりゆっくりとの間に有意な差が見られた P<0.05
d: くだりゆっくり負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
e: のぼり早足との間に有意な差が見られた P<0.05
f: のぼり早足負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表11 階段昇降時の加速度

	ウエスト(G)		手首(G)		足首(G)		
	女性	男性	女性	男性	女性	男性	
のぼりゆっ くり	205.3 ± 29.3	195.4 ± 35.3	215.2 ± 33.9	270.9 ± 144.5	503.6 ± 95.8	567.1 ± 132.5	
	156.8 - 243.0	144.8 - 243.4	180.6 - 258.8	167.4 - 525.8	358.2 - 596.6	313.0 - 660.3	
のぼりゆっ くり負荷	209.4 ± 36.0	204.5 ± 46.4	270.6 ± 80.1	197.1 ± 28.4	558.3 ± 133.8	602.6 ± 191.1	
	157.1 - 262.5	125.3 - 251.0	185.3 - 385.7	163.0 - 232.7	397.8 - 807.3	234.0 - 783.0	
くだりゆっ くり	295.2 ± 47.3	280.0 ± 80.4	313.8 ± 52.6	400.0 ± 128.9	573.4 ± 82.1	572.1 ± 159.5	
	228.2 - 383.3	147.3 - 352.7	243.3 - 410.0	197.6 - 510.6	488.7 - 735.0	298.0 725.3	
くだりゆっ くり負荷	315.5 ± 59.4	272.6 ± 79.2	365.5 ± 76.7	309.0 ± 88.8	621.0 ± 94.6	596.3 ± 184.2	
	244.8 - 395.0	129.7 - 360.0	241.0 - 479.0	172.2 - 404.3	514.0 - 747.0	274.2 - 779.0	
のぼり早足	353.8 ± 93.1	326.0 ± 145.1	529.7 ± 276.1	512.6 ± 349.6	889.3 ± 155.6	914.3 ± 152.0	abcd
	253.0 - 498.4	176.7 - 596.0	257.0 - 1079.2	282.0 - 1109.3	697.7 - 1110.4	739.0 - 1128.0	
のぼり早足 負荷	329.3 ± 75.6	294.5 ± 80.4	567.0 ± 275.3	365.0 ± 195.8	878.2 ± 146.9	870.7 ± 153.1	abcd
	251.6 - 440.4	192.3 - 423.0	249.7 - 978.8	208.0 - 693.0	726.3 - 1096.4	713.6 - 1139.0	
くだり早足	564.7 ± 124.3	523.5 ± 187.3	495.9 ± 107.7	497.4 ± 139.1	1058.1 ± 168.2	1051.9 211.0	abcd
	418.3 - 782.0	311.2 - 761.0	356.0 - 643.0	356.4 - 709.5	801.0 - 1292.0	814.0 1371.5	
くだり早足 負荷	605.5 ± 102.1	600.4 ± 164.0	567.0 ± 141.5	542.1 ± 206.2	1050.8 ± 157.9	1229.2 ± 167.2	abcd
	458.3 - 711.0	414.0 - 786.0	411.5 - 818.0	370.0 - 877.5	853.3 - 1212.5	1012.0 - 1485.0	

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

*: t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: のぼりゆっくりとの間に有意な差が見られた P<0.05
b: のぼりゆっくり負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
c: くだりゆっくりとの間に有意な差が見られた P<0.05
d: くだりゆっくり負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
e: のぼり早足との間に有意な差が見られた P<0.05
f: のぼり早足負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表12 その他時のエネルギー消費量と心拍数

	EE(kcal/kg/min)		HR(回/分)		
	女性	男性	女性	男性	
	屈伸・伸脚	0.0742 ± 0.0081 0.0634 - 0.0807	0.0698 ± 0.0178 0.0414 - 0.0890	116.2 ± 12.4 100.4 - 131.2	
自転車	0.0550 ± 0.0067 0.0453 - 0.0638	0.0823 ± 0.0146 * 0.0660 - 0.0982	116.6 ± 17.5 95.0 - 136.8	111.1 ± 5.1 105.8 - 117.7	
草むしり	0.0377 ± 0.0052 0.0316 - 0.0471	0.0518 ± 0.0058 *ab 0.0453 - 0.0581	106.0 ± 8.8 95.9 - 117.3	102.5 ± 6.6 96.7 - 111.9	
掃き掃除	0.0365 ± 0.0089 0.0223 - 0.0481	0.0525 ± 0.0070 *ab 0.0455 - 0.0650	113.6 ± 11.9 97.3 - 131.3	101.7 ± 7.8 96.4 - 116.8	
拭き掃除	0.0884 ± 0.0242 0.0453 - 0.1035	0.1024 ± 0.0340 *bcd 0.0482 - 0.1478	135.4 ± 23.9 89.5 - 154.5	128.5 ± 21.1 94.4 - 155.1	acd

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

*: t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: 屈伸・伸脚との間に有意な差が見られた P<0.05
b: 自転車負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
c: 草むしりとの間に有意な差が見られた P<0.05
d: 掃き掃除との間に有意な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表13 その他時の加速度

	ウエスト(G)		手首(G)		足首(G)		
	女性	男性	女性	男性	女性	男性	
	屈伸・伸脚	182.4 ± 49.7 134.5 - 274.5	136.5 ± 30.3 94.5 - 165.0	255.4 ± 67.2 199.0 - 357.5	184.6 ± 18.9 156.5 - 209.0	231.7 ± 59.0 121.5 - 296.0	
自転車	97.2 ± 25.7 74.8 - 152.3	101.9 ± 25.2 a 68.7 - 137.2	209.0 ± 52.5 156.7 - 313.0	225.0 ± 60.7 a 164.8 - 306.8	411.3 ± 133.0 270.8 - 651.7	506.6 ± 179.9 a 224.3 - 720.2	
草むしり	91.8 ± 41.4 50.7 - 144.8	85.3 ± 27.3 a 59.2 - 122.7	394.1 ± 78.6 304.3 - 506.8	385.0 ± 70.1 a 285.5 - 437.3	106.5 ± 59.2 56.2 - 189.8	95.6 ± 28.5 ab 61.3 - 130.7	
掃き掃除	106.4 ± 34.1 73.3 - 169.3	117.6 ± 47.6 74.5 - 208.2	346.6 ± 80.0 190.3 - 431.8	412.8 ± 171.8 273.0 - 648.0	238.2 ± 172.9 123.5 - 615.8	218.4 ± 127.5 b 114.2 - 471.2	
拭き掃除	215.3 ± 41.8 161.0 - 292.5	182.6 ± 72.6 bcd 47.8 - 262.7	225.6 ± 35.4 178.2 - 271.0	435.3 ± 290.3 bcd 209.8 - 910.3	378.3 ± 62.0 270.2 - 437.0	368.7 ± 180.1 ac 70.7 - 611.2	

値は平均値±標準偏差
最小値-最大値

*: t検定により有意な男女の差が見られた P<0.05
a: 屈伸・伸脚との間に有意な差が見られた P<0.05
b: 自転車負荷との間に有意な差が見られた P<0.05
c: 草むしりとの間に有意な差が見られた P<0.05
d: 掃き掃除との間に有意な差が見られた P<0.05
(分散分析により各種動作間で有意な差が見られた)

表14 歩行時の速さ

	速さ(m/sec)	
	女性	男性
ゆっくり	0.9 ± 0.1	1.0 ± 0.3
ゆっくり負荷	1.0 ± 0.1	1.2 ± 0.2
ふつう	1.2 ± 0.1	1.4 ± 0.2
ふつう負荷	1.3 ± 0.1	1.5 ± 0.2
早足	1.6 ± 0.2	1.8 ± 0.2
早足負荷	1.5 ± 0.1	1.8 ± 0.2

表15 走行時の速さ

	速さ(m/sec)	
	女性	男性
ゆっくり	1.9 ± 0.3	1.7 ± 0.3
ゆっくり負荷	1.8 ± 0.3	1.8 ± 0.2
ジグザグ	1.4 ± 0.4	1.4 ± 0.2
ジグザグ負荷	1.4 ± 0.4	1.3 ± 0.2
ふつう	2.6 ± 0.3	2.8 ± 0.6
ふつう負荷	2.6 ± 0.3	2.7 ± 0.8
スキップ	1.8 ± 0.2	2.1 ± 0.4
スキップ負荷	1.7 ± 0.1	1.9 ± 0.3

表16 階段昇降時の速さ

	速さ(sec/161段)	
	女性	男性
のぼりゆっくり	154.9 ± 17.3	147.3 ± 28.0
のぼりゆっくり負荷	152.0 ± 22.2	146.8 ± 44.9
くだりゆっくり	138.0 ± 20.3	139.3 ± 37.5
くだりゆっくり負荷	132.0 ± 22.0	141.8 ± 52.0
のぼり早足	103.1 ± 12.9	83.5 ± 19.7
のぼり早足負荷	102.1 ± 13.5	89.3 ± 15.0
くだり早足	85.9 ± 11.9	75.3 ± 9.5
くだり早足負荷	82.4 ± 11.8	70.2 ± 5.0

図2 各種動作時のエネルギー消費量と心拍数・加速度の関係

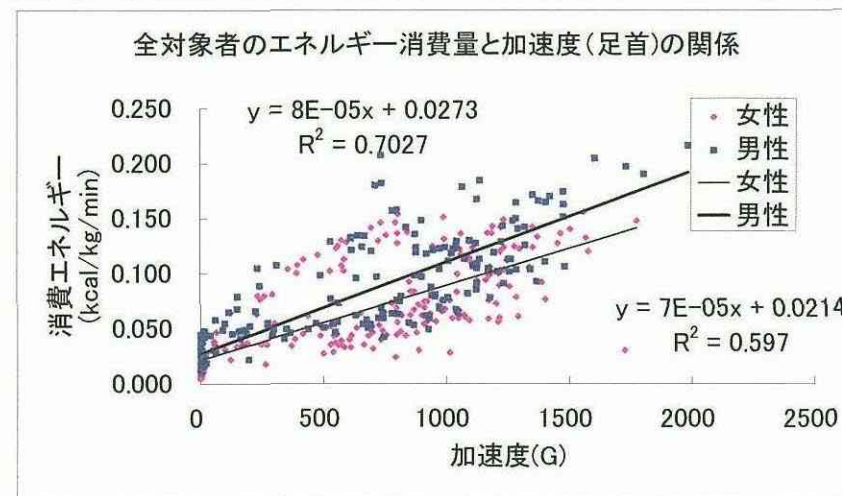
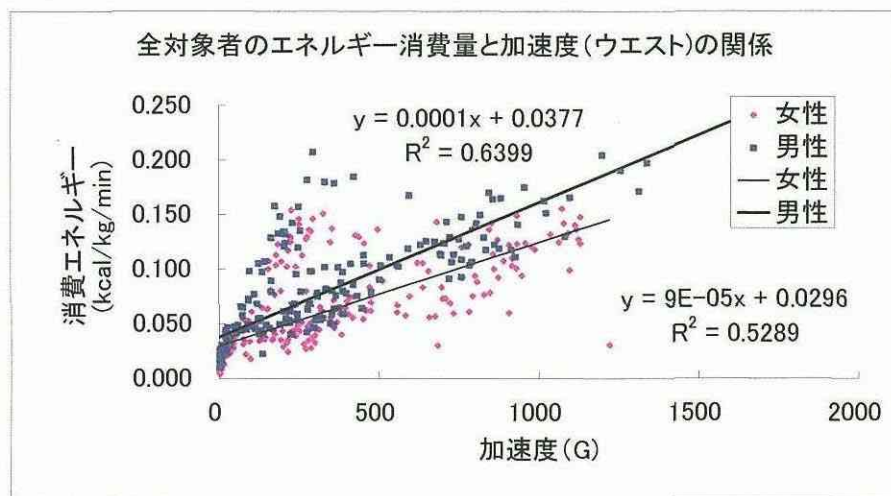
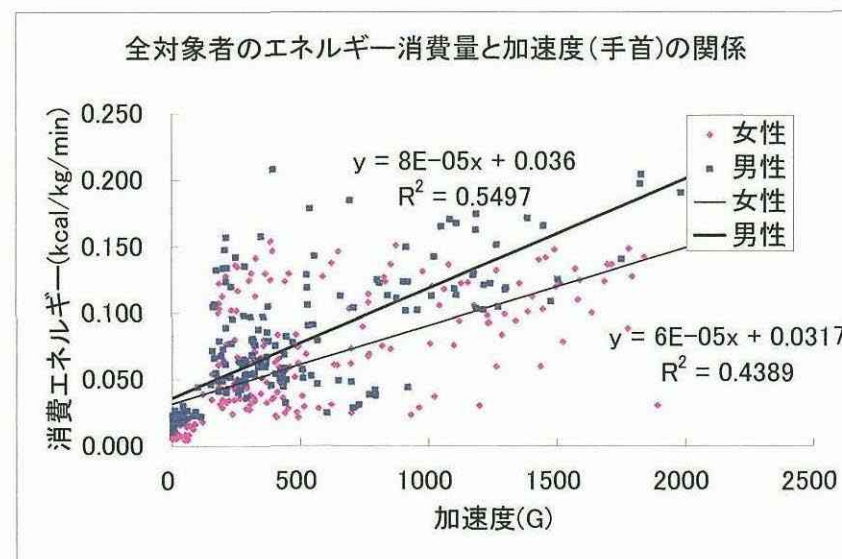
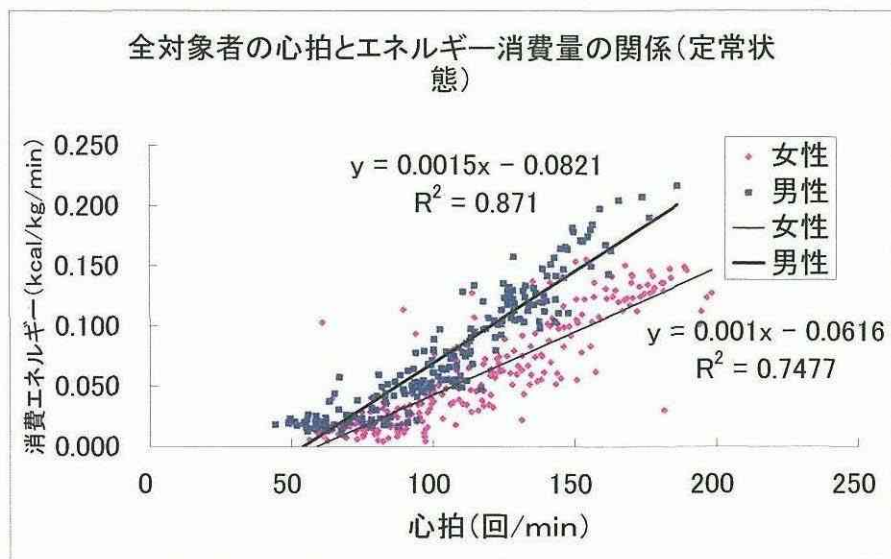


図3 日常生活活動時の加速度、心拍数、エネルギー消費量の経時的变化(被験者
 〇)

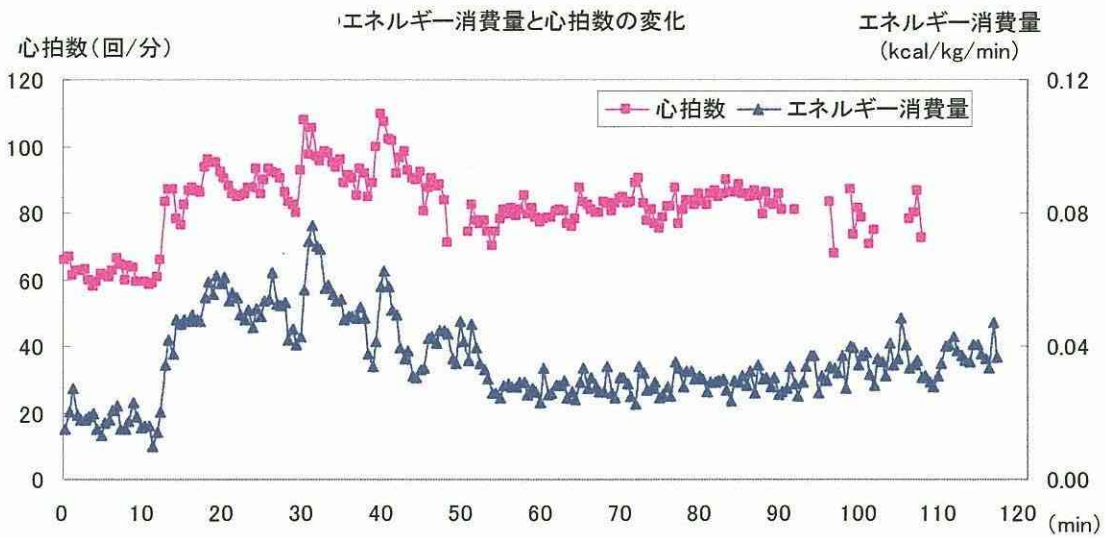
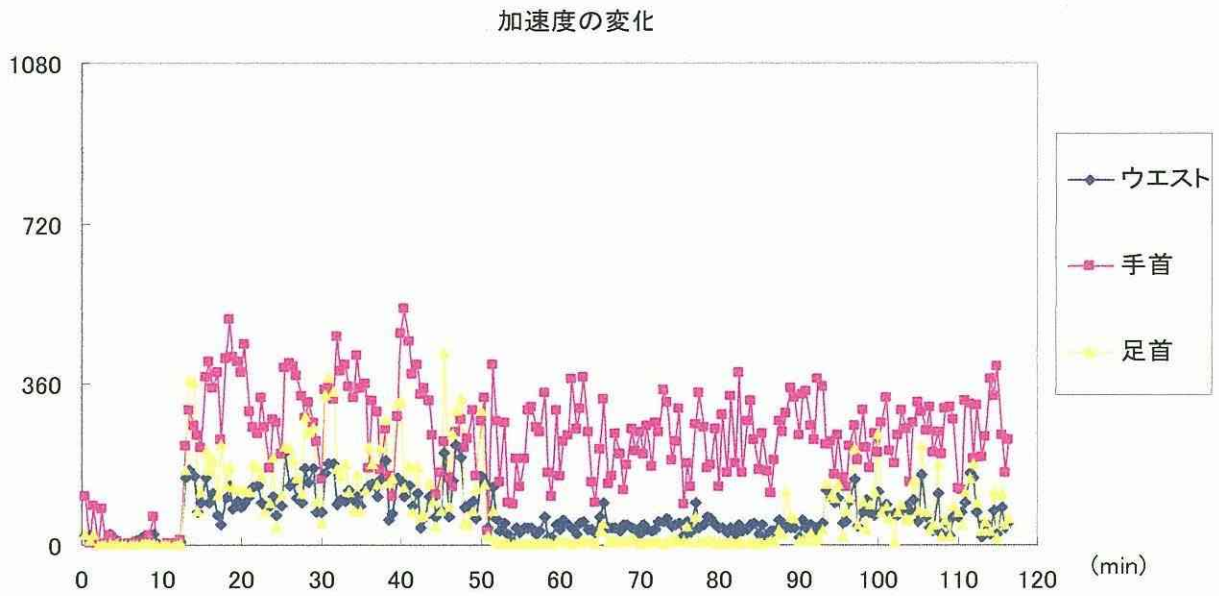
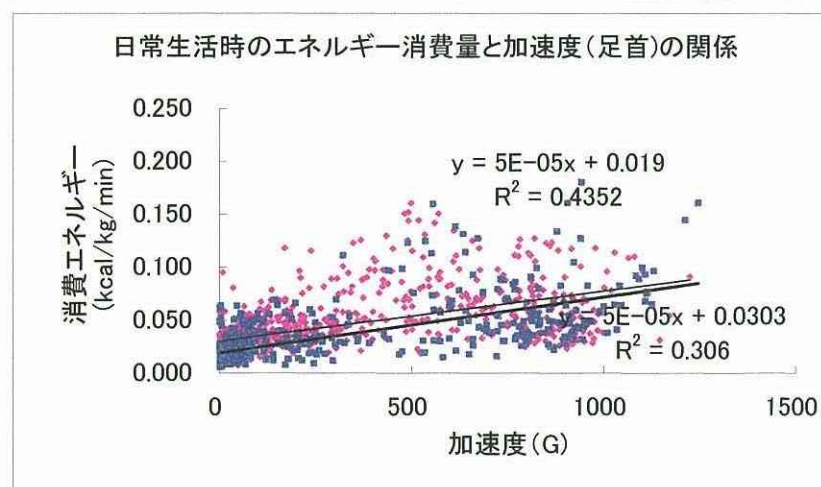
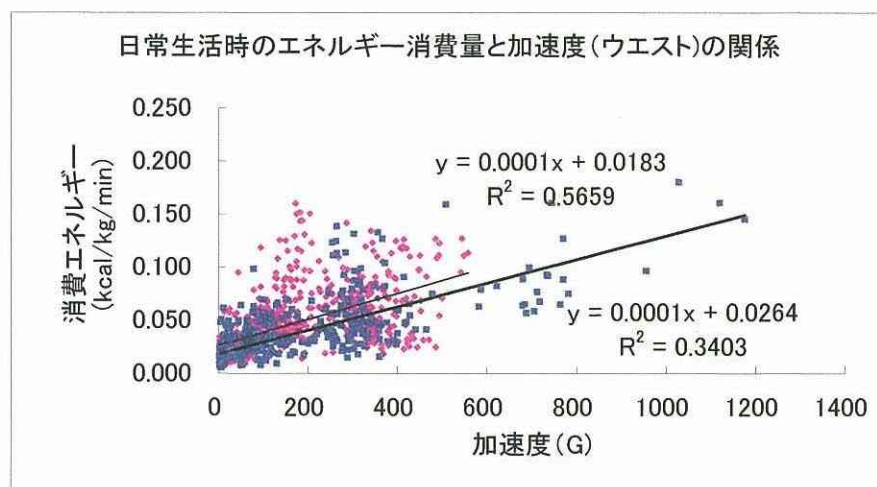
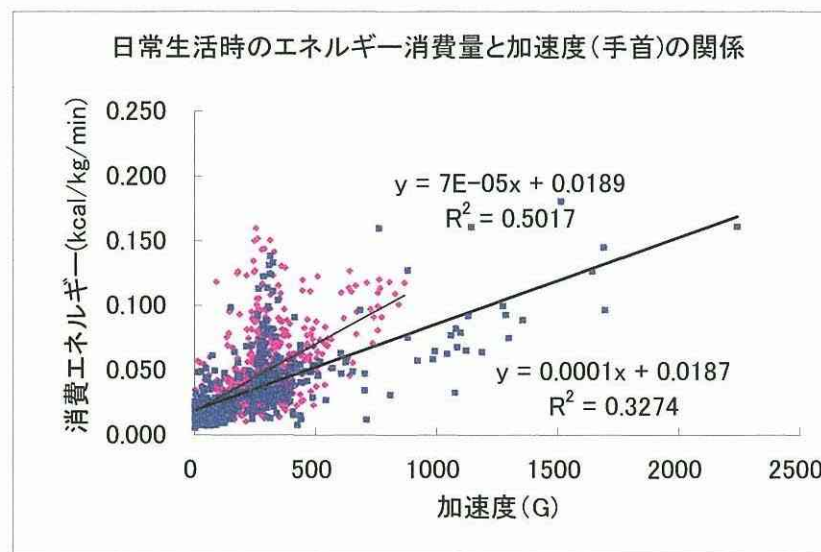
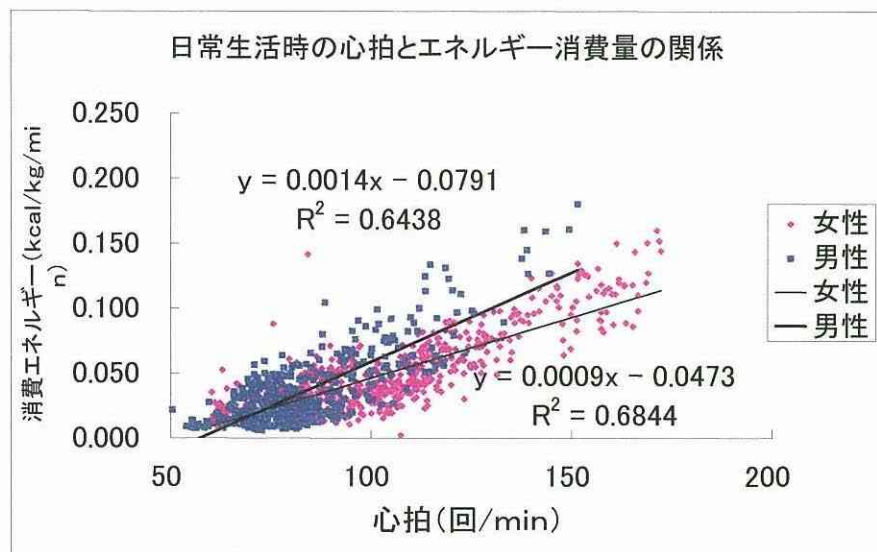


図4 日常生活時のエネルギー消費量と心拍数・加速度の関係



3次元加速度計による身体活動量の定量的評価

－小・中学生を対象とした研究－

I. 3次元加速度を用いた身体活動量を推定する方法の検討

1. 目的

日常生活における身体活動量を簡便かつ精度よく推定する方法を開発することを目的として身体活動のエネルギー消費量、心拍数、3次元加速度を測定するとともにエネルギー消費量を推定する式を算出した。

2. 方法

(1) 調査対象及び調査時期

調査対象者は埼玉県及び神奈川県内在住の小・中学生 18名（男子 8名、女子 10名）であり、調査時期は 2005 年 4 月～7 月である。小・中学生と保護者には測定の内容等について事前に口頭及び文書で説明し、同意が得られたものを対象とした。対象者の年齢、身長、体重、体脂肪率、除脂肪量を表 1 に示した。

(2) 測定方法

① エネルギー消費量

エネルギー消費量は Cortex 社製の携帯式呼気ガス代謝モニター (Meta Max3B) を用いて酸素及び二酸化炭素濃度を測定した。活動中のエネルギー消費量は 1 分間の平均値を算出し体重で補正した値を分析に用いた。

② 3次元加速度

3次元加速度は GMS 社製のアクティブトレーサー (AC210) を被験者の利き腕の手首、ウエスト、右足首の計 3 箇所に着用し測定した。本機器では活動中の前後、左右、上下の加速度を 1 分刻みで記録し、3 方向の加速度を合計した合成加速度を算出し分析に用いた。

③ 心拍数

心拍数の測定は Polar 社製の 810i を用いた。被験者の胸部にモニター用ベルトを固定し、1 分毎に心拍数を測定し Meta Max3B で受信した。分析には心拍数変化率を算出してその値を用いた（心拍数変化率＝活動時の心拍数／仰臥安静時の心拍数×100）。

(3) 測定の内容

30分間の仰臥安静の後、以下に示す動作を適宜休憩をはさみながら順次行った。

動作は椅座安静(10分間)、準備運動(5分間)、階段昇降(5分間)、歩行(5分間)、走行(5分間)、スキップ(4分間)、読書(5分間)、簡単な文章の書き写し(5分間)、立位での会話(5分間)、簡単な家事(5分間)とした。椅座安静は背もたれのない椅子を使用した。準備運動は屈伸、伸脚、ストレッチ等の動作を見本を見ながら行った。階段昇降、歩行、走行、スキップの速度は被験者の普段どおりのペースとした。歩行については2kgの荷物を背負った状態も同様なペースで行った。簡単な家事は掃除や食器洗いを行った。

3. 結果および考察

(1) エネルギー消費量と心拍数変化率、3次元加速度との関係

性の違いによるエネルギー消費量と心拍数変化率の関係を検討するために回帰係数の差を検定したところ、有意な違いはみられなかった(男子 $y = 0.00078x - 0.073$, $r = 0.86$ 、女子 $y = 0.00061x - 0.057976$, $r = 0.79$)。そこで全対象者のエネルギー消費量と心拍数変化率の関係を検討した(図1)。その結果、エネルギー消費量と心拍数変化率は相関係数が0.8の有意な正の相関関係を示した($p < 0.05$)。エネルギー消費量とウエスト、手首、足首に装着したそれぞれの合成加速度との関係では、3箇所とも男女の回帰係数の差には有意な違いはみられなかった。全対象者のエネルギー消費量とウエスト、手首、足首のそれぞれの合成加速度は有意な正の相関関係($p < 0.05$)がみられた(図1)。エネルギー消費量と心拍数変化率、3箇所の3次元加速度との相関係数の中でも足首の合成加速度($r = 0.85$)、ウエストの合成加速度($r = 0.84$)とエネルギー消費量の相関係数がやや大きかった。大学生を対象に同様な測定を行った成人の結果と小・中学生の結果を比べると回帰係数には有意な違いがみられなかった。しかし、3次元加速度との相関係数は3箇所とも小・中学生が0.1~0.2大きい結果であった。

(2) エネルギー消費量の推定

エネルギー消費量を従属変数として独立変数に性、身長、体重、心拍数変化率、ウエスト、手首、足首のそれぞれの合成加速度を代入し強制投入法により重回帰分析を行った。その結果自由度調整済み決定係数が0.843の有意な重回帰式がえられた($p < 0.05$)。独立変数のなかでも足首の合成加速度と心拍数変化率の標準回帰係数は約0.4であり

エネルギー消費量への寄与率が大きかった。成人の結果と比べて小・中学生の結果は合成加速度の寄与率が 0.1~0.2 大きく、心拍数変化率の寄与率は 0.2 小さかった。

II 3次元加速度計を用いた日常生活での測定による検討

1. 目的

日常生活における身体活動量の推定式を評価することを目的として、日常生活での身体活動量を測定し、同時に測定した 3次元加速度、心拍数を用いてエネルギー消費量を推定し実測値との比較を行った。

2. 方法

(1) 調査対象及び調査時期

調査対象は小学生 1名と中学生 3名であり、対象の年齢、身長、体重を表 1 に示した。なお 4名は「I. 3次元加速度を用いた身体活動量を推定する方法の検討」の対象でもあった。測定時期は 2006年 4月である。

(2) 測定方法

① エネルギー消費量

エネルギー消費量は Cortex 社製の携帯式呼気ガス代謝モニター (Meta Max3B) を用いて酸素及び二酸化炭素濃度を測定した。活動中のエネルギー消費量は 1分間の平均値を算出し体重で補正した値を分析に用いた。

② 3次元加速度

3次元加速度は GMS 社製のアクティブトレーサー (AC210) を被験者の利き腕の手首、ウエスト、右足首の計 3箇所に着用し測定した。本機器では活動中の前後、左右、上下の加速度を 1分刻みで記録し、3方向の加速度を合計した合成加速度を算出し分析に用いた。

③ 心拍数

心拍数の測定は Polar 社製の 810i を用いた。被験者の胸部にモニター用ベルトを固定し、1分毎に心拍数を測定し Meta Max3B で受信した。分析には心拍数変化率を算出し、その値を用いた (心拍数変化率 = 活動時の心拍数 / 仰臥安静時の心拍数 × 100)。仰臥安静時の心拍数は「I. 3次元加速度を用いた身体活動量を推定する方法の検討」で得られた値を用いた。

(3) 測定内容

測定は休日に約 90 分間行った。測定場所は被験者の自宅及び自宅周辺とした。測定中は験者が被験者と行動をともにしながら活動内容を記録した。活動の内容を表 2 に示した。

3. 結果および考察

(1) 日常生活でのエネルギー消費量と心拍数変化率、加速度との関係

日常生活中でのエネルギー消費量と心拍数変化率、合成加速度との関係を図 2 に示した。対象者ごとに相関関係を検討したところ、全ての対象者でエネルギー消費量と心拍数変化率、合成加速度は有意な正の相関関係を示した(表 5)。「I. 3次元加速度を用いた身体活動量を推定する方法の検討」の結果と比べると相関係数がやや小さかったことから、日常生活ではより複雑な動きをしていることが推察された。また、全ての時間を室内で過ごした小 6 男と中 3 女のエネルギー消費量とウエスト、手首、足首の合成加速度との相関係数は 0.3~0.5 であり、室外で約 30 分間過ごした中 2 女と比べてやや小さかった。

(2) 日常生活の身体活動量の推定値

推定値は「I. 3次元加速度を用いた身体活動量を推定する方法の検討」の重回帰分析の結果得られた推定式 1 (エネルギー消費量 = $-3.6628 + \text{性} \times 0.2236 + \text{身長} \times 0.0088 + \text{体重} \times 0.0270 + \text{心拍数変化率} \times 0.0140 + \text{ウエスト合成加速度} \times 0.00036 + \text{手首合成加速度} \times 0.00064 + \text{足首合成加速度} \times 0.0018$) と、個人毎に重回帰分析を行い得られた推定式 2 に合成加速度、心拍数変化率の実測値を代入し算出した(表 6)。推定式 1 では実測値の約 70% 推定することができた。なかでも中 2 女 a は約 100% 推定することができた。個人毎の推定式で推定した中 2 女と中 3 女のエネルギー消費量は実測値を 20~30% 過小評価していたが、小 6 男は約 100% 推定することができた。今回、エネルギー消費量の推定値の差に違いがみられたことは、測定を行ったのが日常生活のある一部分であったため活動内容が限られていたことが考えられる。また、エネルギー消費量には年齢や体重、身長等といった体格が大きく関係するため、エネルギー消費量を推定する重回帰式の精度を上げるとともに、より多くの対象者で日常生活でのエネルギー消費量を測定することも重要であると考えられた。

表1 対象の年齢と身長、体重、体脂肪率、除脂肪量

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)	除脂肪量(kg)
男子	12.3	152.0	42.6	16.4	35.8
(n=8)	2.1	17.5	13.2	3.2	12.0
女子	12.9	152.2	47.1	22.6	36.2
(n=10)	0.9	4.3	6.4	5.5	3.0

値は上段が平均値、下段が標準偏差値を示している

表2 重回帰分析によるエネルギー消費量(kcal/min)の推定

	係数	標準誤差	標準回帰係数	t値
(定数)	-3.6628	0.3004		-12.19 *
性	0.2236	0.0373	0.068	5.99 *
身長 (cm)	0.0088	0.0027	0.062	3.24 *
体重 (kg)	0.0270	0.0033	0.158	8.08 *
心拍数変化率 (%)	0.0140	0.0006	0.368	22.83 *
ウエスト加速度 (mG/min)	0.0004	0.0003	0.054	1.41
手首加速度 (mG/min)	0.0006	0.0001	0.114	4.53 *
足首加速度 (mG/min)	0.0018	0.0001	0.442	16.82 *
自由度調整済み決定係数	0.843			

性は男子=1、女子=0をダミー変数として代入した。

*: 有意差有り(P<0.05)

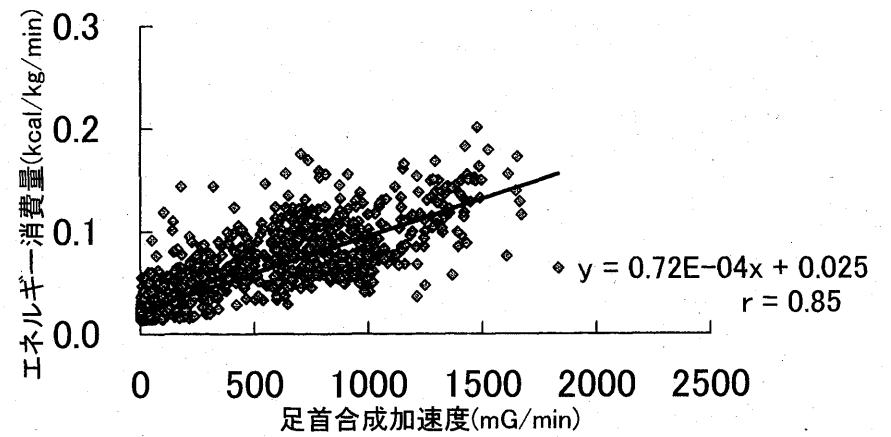
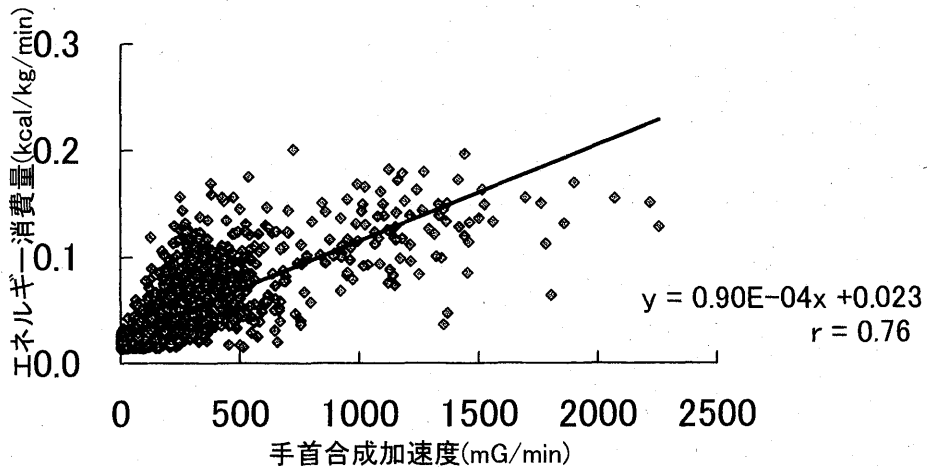
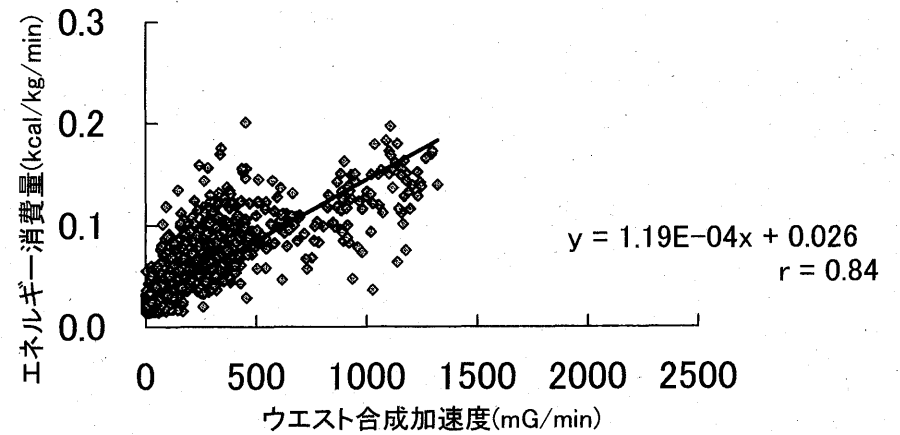
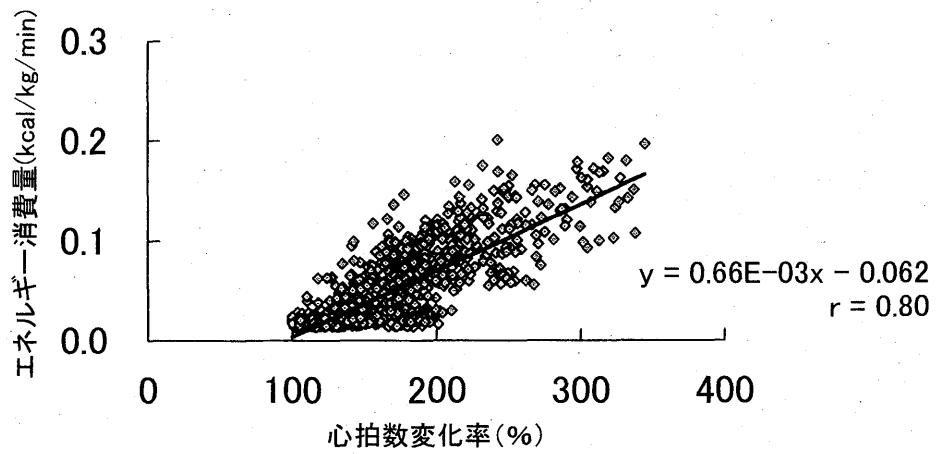


図1 エネルギー消費量と心拍数変化率、ウエスト、手首、足首の合成加速度との関係

表3 対象の年齢、身長、体重

	小6男	中2女a	中2女b	中3女
年齢(歳)	11	13	13	14
身長(cm)	137.5	157.0	150.0	147.0
体重(kg)	34.0	55.0	45.0	55.0

表4 活動内容

	活動内容	時間(分)
小6男	座って勉強	35
	寝ながら読書	25
	テレビゲーム(ダンス系)	42
中2女a	座って勉強	23
	柔軟体操	10
	寝ころがる	10
	縄跳び、サッカーをして遊ぶ	30
	座っておしゃべり	5
中2女b	座っておしゃべり	7
	座って勉強	31
	身支度、荷物の整理	20
	サッカー、野球をして遊ぶ	31
	テレビを見る	15
中3女	座って勉強	20
	コンピューターで勉強	34
	テレビゲーム(ダンス系)	29

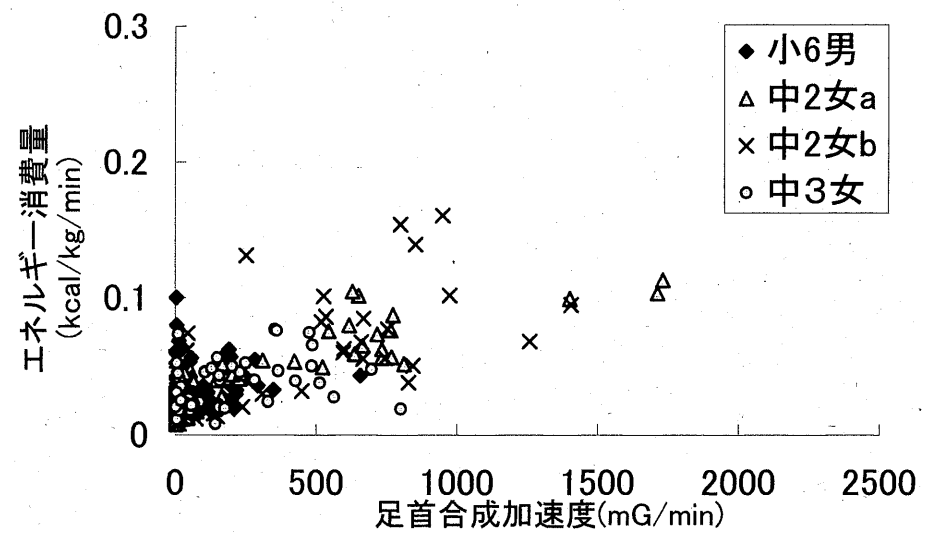
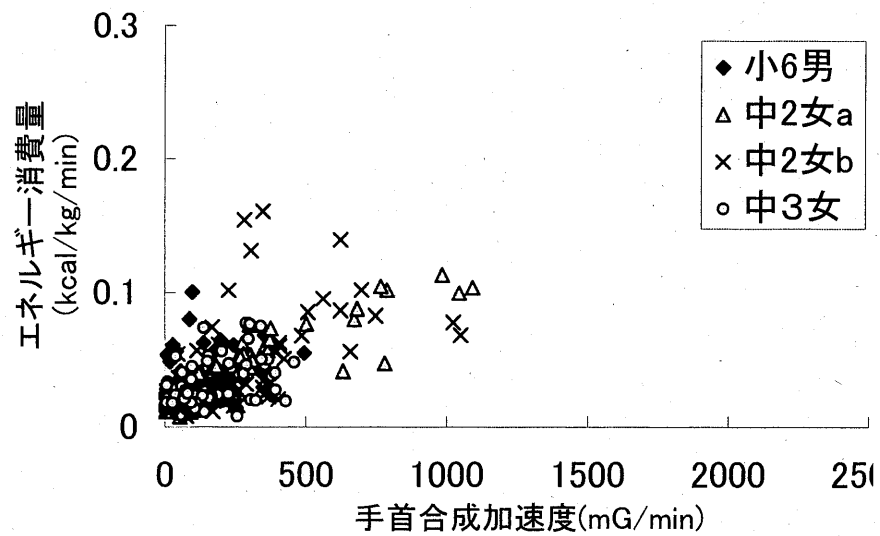
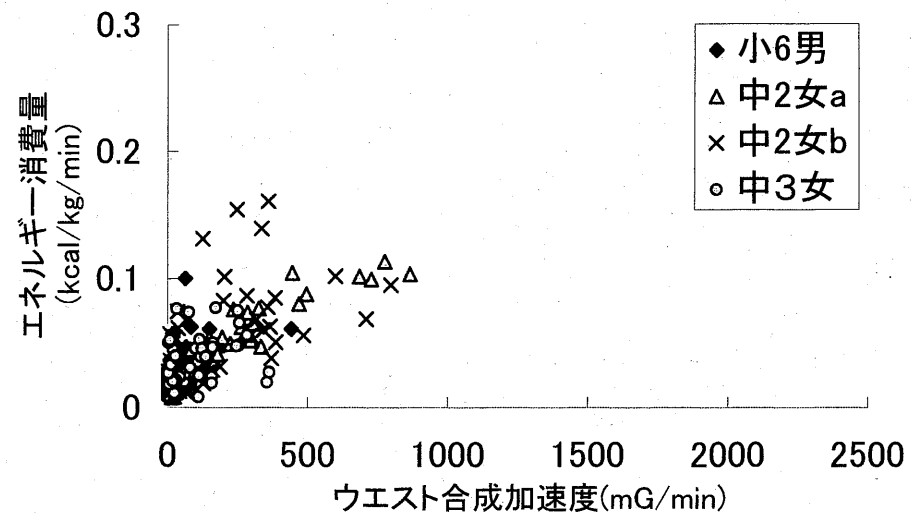
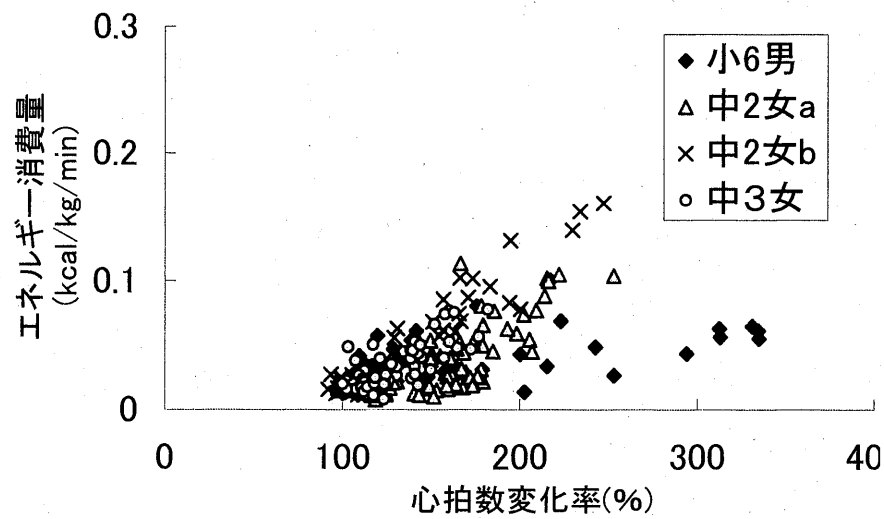


図2 日常生活でのエネルギー消費量と心拍数変化率、ウエスト、手首、足首合成加速度との関係

表5 日常生活でのエネルギー消費量と心拍数、合成加速度との単回帰係数

		a	b	r
1 ¹⁾	小6男	1.72E-04	6.63E-03	0.62 *
	中2a	6.37E-04	-6.38E-02	0.78 *
	中2b	9.31E-04	-7.65E-02	0.96 *
	中3女	6.46E-04	-5.08E-02	0.77 *
2 ²⁾	小6男	1.17E-04	2.45E-02	0.50 *
	中2a	1.27E-04	2.02E-02	0.93 *
	中2b	1.34E-04	2.13E-02	0.67 *
	中3女	8.77E-05	2.48E-02	0.47 *
3 ³⁾	小6男	8.25E-05	2.36E-02	0.45 *
	中2a	9.42E-05	1.56E-02	0.90 *
	中2b	9.10E-05	1.62E-02	0.61 *
	中3女	6.54E-05	2.05E-02	0.47 *
4 ⁴⁾	小6男	4.08E-05	2.90E-02	0.26 *
	中2a	6.24E-05	2.14E-02	0.89 *
	中2b	7.64E-05	2.12E-02	0.76 *
	中3女	4.35E-05	2.55E-02	0.50 *

1¹⁾X=心拍数変化率(%), Y=エネルギー消費量(kcal/kg/min)

2²⁾X=ウエスト合成加速度(mG), Y=エネルギー消費量(kcal/kg/min)

3³⁾X=手首合成加速度(mG), Y=エネルギー消費量(kcal/kg/min)

4⁴⁾X=足首合成加速度(mG), Y=エネルギー消費量(kcal/kg/min)

*:p<0.05

表6 実測した日常生活でのエネルギー消費量と
3次元加速度、心拍数から推定したエネルギー消費量との差¹⁾

	実測値(kcal)	推定式1 ²⁾		推定式2 ³⁾	
		推定値(kcal)	差(%)	推定値(kcal)	差(%)
小6男	83.9	64.6	77.0	84.7	101.0
中2女a	155.5	155.5	100.0	123.7	79.6
中2女b	129.5	91.7	70.8	93.6	72.3
中3女	137.9	98.2	71.2	86.1	62.4

1)エネルギー消費量の差(%)=推定値(kcal)/実測値(kcal)*100

2)推定式1は「I. 3次元加速度による身体活動量を推定する方法の検討」の結果から得られた重回帰式を用いた

3)推定式2は推定式1を個人毎に算出した重回帰式を用いた

小6男(エネルギー消費量=-1.5793+心拍数変化率×0.0190+ウエスト合成加速度×0.0019-手首合成加速度×0.001732+足首合成加速度×0.00073) $r^2=0.82$

中2a女(エネルギー消費量=-1.0776+心拍数変化率×0.0131+ウエスト合成加速度×0.0025-手首合成加速度×0.000037+足首合成加速度×0.0013) $r^2=0.88$

中2b女(エネルギー消費量=-1.3807+心拍数変化率×0.0169+ウエスト合成加速度×0.00078+手首合成加速度×0.00089+足首合成加速度×0.0010) $r^2=0.88$

中3女(エネルギー消費量=-1.8057+心拍数変化率×0.0209+ウエスト合成加速度×0.000022+手首合成加速度×0.00053+足首合成加速度×0.0013) $r^2=0.90$

古泉佳代¹⁾, 鈴木智恵美²⁾, 渥美圭子²⁾ 金子佳代子²⁾

¹⁾ 東京学芸大学大学院, ²⁾ 横浜国立大学

成人における日常生活のエネルギー消費量について

【目的】日常生活における身体活動量を把握するための簡便な方法として, 24 時間の生活活動記録をもとにした要因加算法, 心拍数法, 加速度計法などが検討されている. 加速度計法では1次元の加速度計を用いた報告は多いが, 3次元加速度計による報告は少ない. そこで本研究では, 成人における各種身体活動のエネルギー消費量を携帯式呼気ガス代謝モニターを用いて測定するとともに, 3次元加速度計と心拍計による測定を行い, 心拍数と3次元加速度によって日常生活の身体活動量を推定する方法について検討を行った. 【方法】健康な成人男性6名(20.5±0.5才), 女性7名(24.9±6.7才)を対象として, 安静時から日常生活中に多く出現するとみられる各種身体動作を行い, エネルギー消費量及び加速度を測定した. 各種身体動作は仰臥安静30分間後, 横臥, 座位, 立位の安静状態, 上肢動作(腕動作, パソコン操作), 下肢動作(足踏み)を, 間に休憩を入れて5分間ずつ行った. また, 歩行(ゆっくり, 普通, 早足, スキップ), 走行(ゆっくり, 普通), その他(掃き掃除, 拭き掃除, 階段昇降など)の各種身体動作を順次3~5分間行った. エネルギー消費量は, 携帯式呼気ガス代謝モニター(Cortex社Meta Max 3B)を用い, 酸素及び二酸化炭素濃度を測定し算出した. 加速度は3次元加速度計(アクティブトレーサーAC-210)を手首, ウエスト, 足首の3ヶ所に装着し, それぞれの合成加速度を計測した. 心拍数の測定は心拍モニター用ベルト(Polar社)を用いた. また身長, 体重及び体脂肪率(タニタ社TBF300)を測定した. 【結果】対象の身体特性は身長(男子170.3±6.4cm, 女子155.9±4.4cm), 体重(男子62.6±6.2kg, 女子50.5±5.2kg), 体脂肪率(男子14.6±4.3%, 女子25.1±4.6%), BMI(男子21.6±2.3, 女子20.8±1.9)であった. 全対象者の活動時のエネルギー消費量は心拍数, 手首の合成加速度, ウエストの合成加速度, 足首の合成加速度と有意な正の相関関係がみられた. さらに, エネルギー消費量と心拍数, 手首, ウエスト, 足首の合成加速度との関連について検討を行った.

3次元加速度計を用いた小・中学生の身体活動量に関する検討

古泉佳代 金子佳代子

【目的】

日常生活における身体活動量を把握するための簡便な方法として、24時間の生活活動記録をもとにした要因加算法、心拍数法、加速度計法等が検討されている。昨年、3次元加速度計を用いた成人のエネルギー消費量を把握する方法について報告した。そこで本研究では、自己の成長にエネルギーが必要である小学生及び中学生の身体活動量を3次元加速度計を用いて把握する方法について検討した。

【方法】

9～15歳の健康な小学生及び中学生18名(男子8名、女子10名)を対象として、日常生活中に多く出現するとみられる動作を行いエネルギー消費量、3次元加速度、心拍数を測定した。動作は30分間の仰臥安静状態の後、休憩をはさみながら順次5～10分間行った。動作の種類は椅座安静、準備運動、階段昇降、歩行、2kgの荷物を背負っての歩行、走行、スキップ、読書、立位状態での会話、簡単な家事(掃除、皿洗いなど)とした。エネルギー消費量は携帯型呼気ガス代謝モニター(Meta Max 3 B, Cortex社製)を用い、酸素及び二酸化炭素濃度を測定し算出した。加速度は3次元加速度計(AC210, GMS社製)を手首、ウエスト、足首の3ヶ所に装着し計測した。心拍数の測定は心拍モニター用ベルト(810i, Polar社製)を用いた。また身長、体重及び体脂肪率(TBF300, タニタ社製)も測定した。

【結果】

エネルギー消費量はウエスト、手首、足首に装着した3次元加速度計のそれぞれの合成加速度、身長、体重、安静時を基準とした心拍数の変化率を説明変数とする重回帰式で説明することができた。このときの標準偏回帰係数を成人の場合と比較すると心拍数の変化率は小さく、3ヶ所に装着したそれぞれの合成加速度は大きい傾向であった。

PHYSICAL ACTIVITY IN CHILDREN: A CASE STUDY ABOUT JAPANESE ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS

K. Omori, T. Fujita and K. Kaneko

Faculty of Education, Yamagata University

1-4-12 Kojirakawa, Yamagata-city, Yamagata, Japan 990-8560

omorik@e.yamagata-u.ac.jp

INTRODUCTION Today, not only adults but also children tend to have less physical activity than before in Japan. Enhancing physical activity level becomes an important issue to reduce the risk of life-style related diseases such as diabetes and osteoporosis. However, there has been a dearth of research in children's physical activity. Also, developing simple and reliable methods to assess physical activity will support health education and contribute to healthy communities around the world. The purpose of this case study is to investigate physical activity in children and to get information for developing a questionnaire to assess their physical activity.

METHODS Activities at school in eleven elementary school students were observed and recorded individually in every minute. Their activities after school were investigated by interviewing. Contents and frequency of the activities, physical activity level and energy expenditure were analyzed.

RESULTS AND IMPLICATIONS We could classify the students' activities by combination of the body posture, movements of upper part and lower part of the body and load during the activity. It is suggested that increasing children's physical activity after school is important as well as increasing their physical activity at school. Measuring energy expenditure of the activities in each classification which we obtained in this study will provide useful information to develop a questionnaire to assess children's physical activity.

ENERGY EXPENDITURE OF PHYSICAL ACTIVITY IN YOUNG ADULTS

Kayo KOIZUMI, The United Graduated School of Education, Tokyo Gakugei University, Katsura OMORI, Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University, Kayoko KANEKO, Faculty of Education and Human Sciences, Yokohama National University

Purpose: We measured energy expenditure (EE) of various physical activities in university students to estimate EE from three dimensional accelerations and heart rate (HR).

Methods: Subjects were six males (20.5 ± 0.5 yr) and 7 females (24.9 ± 6.7 yr). They wore a HR monitor (S810i, Polar) on chest and three accelerometers (ACTIVETRACER, AC210, GMS) on wrist, waist and ankle which measured the integrated acceleration of the unit in three dimensions (x, y, z) at 1-min intervals. EE was calculated from measured O_2 and CO_2 concentration by using the portable expiration gas metabolic monitor (Meta Max 3B, CORTEX). We measured EE of each action for 3–5 minutes after the subject was lying for 30 minutes. Those actions were lying, sitting, actions which the arms were mainly used (typing with a personal computer and lifting hands up and down), actions which the legs were mainly used (standing still), walking (marking time, slow pace, usual pace, trotting, skipping), running (slow pace, usual pace), and various additional actions (sweeping, wiping, and going up and down the stairs).

Results: There were positive significant ($p < 0.01$) correlations between EE and HR or accelerations. EE was explained three dimensional accelerations, HR, sex, height and body weight.

ASSESSMENT OF PHYSICAL ACTIVITY IN CHILDREN BY TRIAXIAL ACCELEROMETERS

Katsura OMORI, Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University, Kayo KOIZUMI, The United Graduate School of Education, Tokyo Gakugei University, Kayoko KANEKO, Faculty of Education and Human Sciences, Yokohama National University

Purpose: We assessed children's physical activity using triaxial accelerometers and a heart rate (HR) monitor to develop an accurate and simple method to estimate energy expenditure (EE) of everyday activities.

Methods: The subjects were 2 junior high school students and 3 elementary school students. They wore a HR monitor (S810i, Polar) on chest and three triaxial accelerometers (ACTIVETRACER, AC210, GMS) on wrist, waist and ankle which measured the integrated acceleration of the unit in three dimensions (x, y, z) at 1-min intervals. HR and accelerations were continuously measured from morning till night.

Results: The trends of accelerations on three body parts during walking were different between elementary school students and junior high school students. Elementary school children moved more actively all three body parts during walking than junior high school students. There were significant ($p < .001$) correlations between HR and accelerations on all three body parts. Compared to HR changing amount (HR during activity - HR during resting), HR changing ratio (HR during activity / HR during resting \times 100) showed higher correlation coefficient with accelerations. HR changing ratio had higher correlation coefficient ($r = .620$) with the acceleration on waist than those on wrist and ankle. Correlation coefficient between accelerations on waist and ankle was high ($r = .802$) compared to those between waist and wrist ($r = .775$), wrist and ankle ($r = .727$).

Conclusions and Recommendations: Our findings suggest that a combination of the accelerometer and the HR monitor has the potential to provide accurate estimates of EE. Further research needs to establish regression equations with HR, acceleration and measured EE.