

じゃれつき遊びの測定と評価

白水重憲, 片山宗哲, 正木健雄

冷水摩擦・じゃれつき遊び・土ふまずの形成のために子ども達を良く歩かせる保育と長年に亘る証拠に基づいて有効な保育・教育を探ることで名高い栃木県のさつき幼稚園（当時は「さつき幼児園」）では、これまでの歩数計では“3次元的な運動”である「じゃれつき遊び」の活動量評価ができない”という不満があった。この問題を解決する為に、我々が開発した超小型加速度・温度データロガーを用いて「じゃれつき遊び」の運動量の調査を行った。

さつき幼稚園における「じゃれつき遊び」は、朝の登園直後から始まる。8時半から9時20分までの間に、親に連れられて園児達がやってくる。8時半に来る子もいれば、9時ごろ来る子どももいる。それぞれが、登園の手続きを行ってから、じゃれつき遊びに参加する。終了は9時20分である。

親と本人に、再度この調査への参加の意思を確認したのち、園児達の胸部中央にこの装置を両面テープで貼り付け、更に落下防止の為に防水テープで補強した。装置は、あらかじめサンプリング周波数8 Hzで8時半から9時20分まで測定を行う様に設定しておいた。

測定した日の朝は寒かったので、装置内蔵の温度センサーの温度は18℃程度になっていた。子どもが到着して、装置を貼り付けると、温度の値は、子どもの皮膚温度まで急激に上昇する。測定された温度が20℃を超えた点をじゃれつき遊びの開始とし、測定終了までのデータの長さを、じゃれつき遊びの持続時間とした。

じゃれつき遊びの持続時間は最短の18.4分から、最長の49.9分まで分布していた。20分以下のものが

5名、20分台が15名、30分台が11名で、40分以上は2名であった。

さて、これまでの万歩計では「じゃれつき遊びの活動量」が評価できないという事を考えてみると

- 1) バネで支えられた水平アームが人の上下動を検出するタイプの万歩計は装着方向が重要であり、歩行でも傾けて装着すると信頼性に欠ける事が報告されている。じゃれつき遊びのような3次元的運動で運動の方向がいろいろと変わる場合には、これらの動きを検出する機構が作動できない。
- 2) 加速度センサータイプの万歩計は方向が変化しても測定可能であるが、子ども達の動きが歩数カウントに対応していないので、子どもの動きはカウントできない。
- 3) 歩数や消費エネルギーの値は得られても、子ども達の運動の実像と一致しない。

等、様々な問題があった。

さつき幼稚園における「じゃれつき遊び」のデータ解析を考えるに当たり、“では、この装置で、歩行や走行を特徴づけることができるだろうか？”を問う事から始めた。というのも、歩行の解析等では、数10 Hz以上のサンプリング周波数が使用されており、我々も歩行や走行の研究にはサンプリング周波数の大きな装置を使用しているからである。そこで、まず、この装置を装着して、多摩川辺を歩いたり、走ったりしてみた。

加速度波形を目視観察した限りでは、図1に示すように波形の特徴を議論できるものでは無かった。しかし、16秒分の128点のデータで周波数解析を行ってみると、図2に示すように、より高サンプリング周波数の装置で測定したものと同様に、歩行と走行の

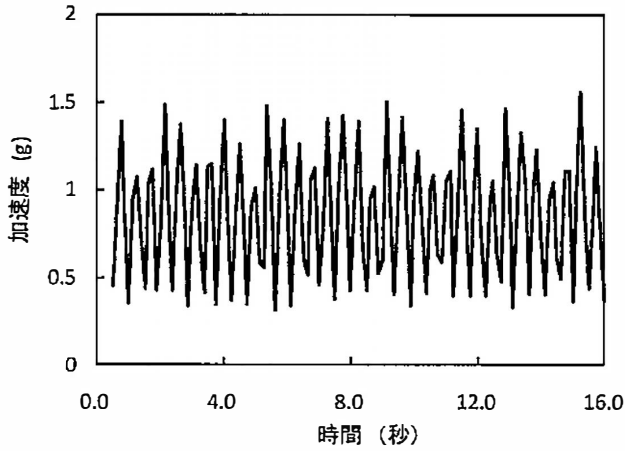


図1 歩行時の加速度波形

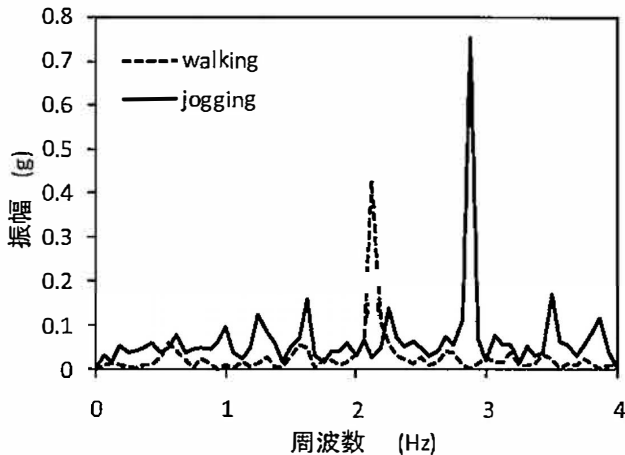


図2 垂直方向加速度の周波数スペクトラム

ピッチと強度を特徴づけるピークが得られる事が判った。このように、8 Hz サンプリングを使用しても、歩数、速度、距離を求める事ができるのである。

これは、より実用的な歩行・走行評価装置への可能性を示す重要なデータであると共に、じゃれつき遊びの評価に関しては、10 秒間隔や 1 秒間隔でのサンプリングとは異なり、加速度の連続的な変化をとらえていると考えて良い事を示唆する。従って、これらの平均値や最大値等を求める事に意味がある。また、運動の速さもとらえられる事が判った。

さて、「じゃれつき遊び」は 3 次元的な運動であるので、3 軸加速度センサーの 3 つの加速度から加速度ベクトルの大きさを求め、その変化で議論する必要がある。図 3 に示すように、じゃれつき遊びと歩行・走行のデータをこの形式で比較してみると、「じゃれつき遊び」のデータの前半は、装置を子どもに装着していない為に、1g (g は加速度の単位。重力加速度が

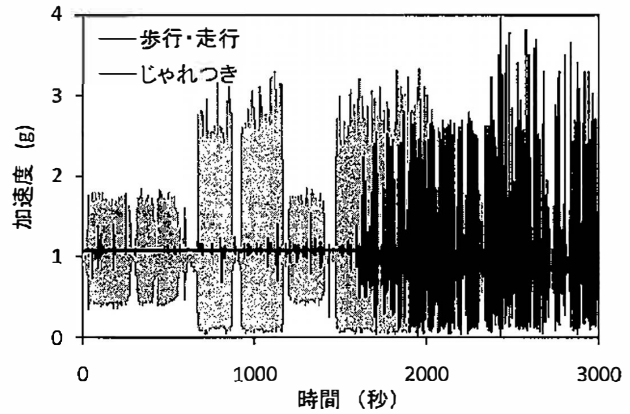


図3 歩行・走行とじゃれつき遊びの加速度レベル

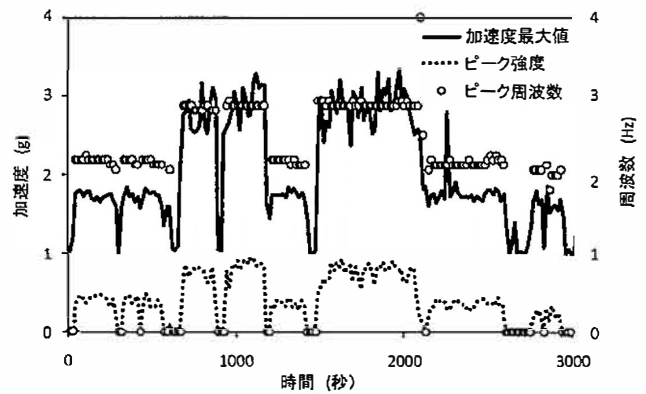


図4 歩行・走行のパラメータ

1g) のレベルが続いており、時々ノイズが入っている。

歩行・走行のデータでは、加速度の大きさが 1g レベルを中心に 0.4g 程度から 1.7g 程度まで変動している領域が「歩行」で、0g 近くから 3.0g 程度まで変動している領域が「ジョギング」である。子どもが「じゃれつき遊び」を開始すると加速度の大きさはすぐに私のジョギングレベルと同等になり、遊びが佳境に入った後半には更にこれより 1g 程度大きな値が記録されている。つまり、3 次元的な激しい動きをしている事が判る。従って、加速度の大きさを定量化すれば、「じゃれつき遊び」の運動量を評価できることになる。

加速度の大きさを 16 秒分 128 データ毎に解析し、パラメータとして加速度の大きさの最大値及び周波数解析を行い、ピーク値とピーク周波数を求めてみた。これは運動の速さを示すパラメータになる。

図 4 に示した「歩行・走行」のパラメータと、図 5 の「じゃれつき遊び」のパラメータを比較すると、「じゃれつき遊び」の「加速度の大きさの最大値」は結構大きい事、「動きのピーク周波数」は 1 ~ 4 Hz に

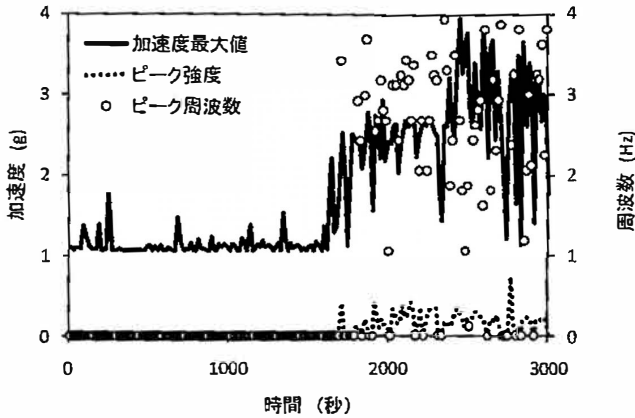


図5 ジャれつき遊びのパラメータ

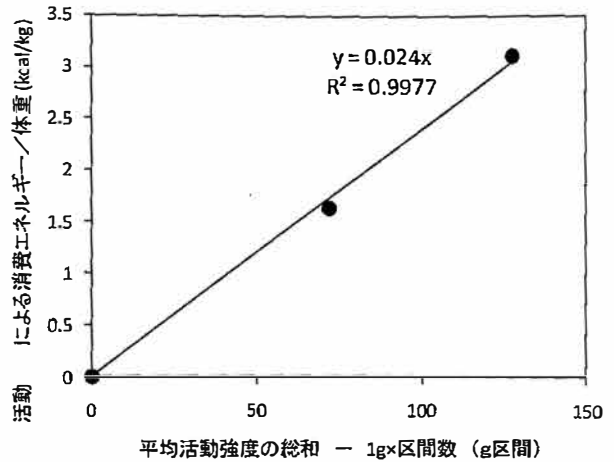


図6 平均強度の総和と消費エネルギーの関係

亘るが、その“ピーク強度”は加速度の最大値に比較して小さい事が判る。これは運動が規則的ではなく、また、“16秒の区間”にわたって持続していない事を意味する。

従って、じゃれつき遊びが行われた時間範囲で、16秒毎の最大値の最大値と、最大値、ピーク強度、ピーク周波数の平均値を求めれば、じゃれつき遊びを特徴化する事ができることになる。そのパラメータとしては、

- 1) 最大強度：最大値（16秒毎）の最大値（じゃれつき遊びの時間範囲）
 - 2) 平均強度：最大値（16秒毎）の平均値（じゃれつき遊びの時間範囲）
 - 3) 最大強度の持続度：最大値の最大値を平均値で割ったもの。
 - 4) 周波数：ピーク周波数の平均値
 - 5) 区間内持続性・規則性指数
（ピーク強度の平均値を最大値の平均値で割った比を、更に、歩行・走行の場合の値で割って規格化する。）
 - 6) 持続時間
 - 7) 活動総量：平均強度の総和
- として、「じゃれつき遊び」の運動量を特徴化できる。

図3に示した歩行・走行のデータの場合では、以下の値となる。

- 1) 最大強度は 3.33 g,
- 2) 平均強度は 2.23 g
- 3) 最大強度の持続度は 0.67,
- 4) 周波数は 2.46 Hz,
- 5) 区間内持続性・規則性指数は 1.0.

活動総量に関して、もう少し考察してみよう。図4のデータを測定する際に、実は、他の装置でも同時に

測定しており、そのデータの解析結果より、歩行区間と走行区間の活動による消費エネルギーの総量が、それぞれ 141.7 kcal, 280.3 kcal と得られていた。

16秒間を1区間とすると、歩行、走行区間は、それぞれ 97 及び 71 区間あり、活動総量に対応する平均強度の総和は、それぞれ、168.9 g 区間、198.8 g 区間である。活動による消費エネルギーに対応させる為には、元来、各区間で何も活動していない時の加速度 1g を超える成分のみを総和する必要があるが、これは、現在得ている平均強度の総和と区間数より、総和 - 1g × 区間数として求める事ができる。従って、歩行、走行区間に対する値は、71.9 g 区間、128.8 g 区間になる。

活動による消費エネルギーは体重に比例するから、私の体重 90 kg で割って、体重 1kg 当たりのものに規格化しておく必要がある。そうすると、歩行の場合は 71.9 g 区間と 1.63 kcal/kg が、走行の場合 128.8 g 区間と 3.12 kcal/kg が対応し、活動が無い時は 0 g 区間と 0 kcal/kg である。図6にそれらの関係を示す。

平均強度の総和から区間長に 1g を掛けたものを引いて、0.024 をかければ体重 1kg あたりの活動による消費エネルギーを得る事ができる。一方、厚生労働省の統計によれば、5歳児の平均体重は 19 kg 弱である。簡単に計算する為には全被験者の体重を 20 kg と仮定すると、平均活動強度の総和から区間数に 1g を掛けたものを引いて、体重 1kg あたりの係数 0.024 を 20 倍した 0.48 をかけたものが消費エネルギーとなる。7) の活動総量は、こうして求めた消費エネルギーで表し、パラメータ名も「消費エネルギー」とする。

表1には各被験者の性別・所属ホームの区別とこ

表 1 ジャれつき遊びを特徴化するパラメータ

ファイル名	性別 男性=1	ホーム	最高強度 (g)	平均強度 (g)	最高強度の 持続度	周波数 (Hz)	区間内規則性・ 持続性指数	持続時間 (分)	活動による消費 エネルギー (kcal)
29	1	1	3.4	1.3	0.39	2.13	0.10	49.9	29.2
35	1	1	2.9	1.7	0.58	2.51	0.20	29.3	36.4
40	1	1	3.2	1.6	0.50	2.56	0.17	25.1	27.6
46	1	1	3.2	1.8	0.58	2.45	0.19	42.4	64.4
59	1	1	3.1	1.7	0.56	2.59	0.18	30.7	40.0
22	1	2	3.8	1.7	0.46	2.61	0.21	30.7	39.8
26	1	2	3.8	2.2	0.59	2.60	0.23	26.4	58.0
32	1	2	1.7	1.0	0.56	1.52	0.03	33.3	0.0
49	1	2	3.7	2.2	0.58	2.49	0.24	37.3	78.9
50	1	2	3.0	2.0	0.67	2.53	0.25	35.7	63.7
58	1	2	3.6	2.2	0.61	2.52	0.28	31.5	67.1
19	1	3	2.5	1.3	0.52	1.83	0.08	18.7	10.5
20	1	3	2.7	1.8	0.66	2.42	0.21	19.7	28.1
28	1	3	3.7	2.0	0.55	2.50	0.23	24.0	44.7
36	1	3	2.9	1.9	0.65	2.80	0.24	21.3	33.5
38	1	3	2.9	2.1	0.73	2.84	0.35	23.2	45.6
39	1	3	3.8	1.6	0.42	2.33	0.14	24.0	25.5
16	2	1	3.2	2.0	0.62	2.43	0.27	19.2	35.2
18	2	1	3.2	2.2	0.68	2.77	0.33	18.4	39.7
23	2	1	3.9	2.1	0.54	2.75	0.29	29.3	59.2
24	2	1	3.8	1.6	0.41	2.35	0.12	28.3	28.7
55	2	1	3.2	2.0	0.62	2.47	0.27	34.9	63.0
57	2	1	3.4	2.4	0.70	2.89	0.33	32.3	79.5
21	2	2	3.9	1.8	0.46	2.37	0.18	32.3	48.0
30	2	2	3.1	2.3	0.74	3.10	0.36	25.9	61.1
31	2	2	3.7	2.4	0.66	2.97	0.31	26.1	68.0
48	2	2	4.0	1.9	0.47	2.37	0.23	38.1	60.8
15	2	3	4.0	2.7	0.68	2.68	0.30	20.8	62.9
17	2	3	3.3	2.3	0.71	2.77	0.30	19.2	45.8
25	2	3	2.9	1.8	0.64	2.57	0.25	27.2	41.3
33	2	3	3.1	2.3	0.75	2.57	0.35	27.7	66.1
34	2	3	3.1	2.1	0.67	2.69	0.35	28.8	57.5
47	2	3	3.3	1.8	0.54	2.59	0.20	39.7	56.3

これらのパラメータの値をまとめている。

3つのホームに属する男児・女児、あわせて6つのグループに分けて、一元配置分散分析を行い、その後、Bonferroni と Tukey の多重比較を行った。(SPSS Ver12.0) 表 2 に各グループ毎の主なパラメータの記述統計量を示す。

グループ間に有意差があったのは、持続時間のみであった。ホーム 1 とホーム 3 の男児の間に有意差があり、ホーム 3 の男児のグループは全体で最も短く、ホーム 1 の男児は最も長かった。どちらのグループも他の 4 つのグループとは有意差が無かった。

表2 主なパラメータのグループ毎の記述統計量

	ホーム	性別	度数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
最高強度 (g)	1	男児	5	3.2	0.2	2.9	3.4
	2	男児	6	3.3	0.8	1.7	3.8
	3	男児	6	3.1	0.6	2.5	3.8
	1	女児	6	3.5	0.3	3.2	3.9
	2	女児	4	3.7	0.4	3.1	4.0
	3	女児	6	3.3	0.4	2.9	4.0
	全体		33	3.3	0.5	1.7	4.0
平均強度 (g)	1	男児	5	1.6	0.2	1.3	1.8
	2	男児	6	1.9	0.5	1.0	2.2
	3	男児	6	1.8	0.3	1.3	2.1
	1	女児	6	2.0	0.3	1.6	2.4
	2	女児	4	2.1	0.3	1.8	2.4
	3	女児	6	2.2	0.3	1.8	2.7
	全体		33	1.9	0.4	1.0	2.7
周波数 (Hz)	1	男児	5	2.45	0.19	2.13	2.59
	2	男児	6	2.38	0.42	1.52	2.61
	3	男児	6	2.45	0.37	1.83	2.84
	1	女児	6	2.61	0.22	2.35	2.89
	2	女児	4	2.70	0.39	2.37	3.10
	3	女児	6	2.64	0.08	2.57	2.77
	全体		33	2.53	0.30	1.52	3.10
持続時間 (分)	1	男児	5	35.5	10.3	25.1	49.9
	2	男児	6	32.5	3.9	26.4	37.3
	3	男児	6	21.8	2.3	18.7	24.0
	1	女児	6	27.1	6.8	18.4	34.9
	2	女児	4	30.6	5.8	25.9	38.1
	3	女児	6	27.2	7.3	19.2	39.7
	全体		33	28.8	7.4	18.4	49.9
活動による消費 エネルギー (kcal)	1	男児	5	39.5	14.8	27.6	64.4
	2	男児	6	51.2	28.2	0.0	78.9
	3	男児	6	31.3	13.1	10.5	45.6
	1	女児	6	50.9	19.5	28.7	79.5
	2	女児	4	59.5	8.3	48.0	68.0
	3	女児	6	55.0	9.7	41.3	66.1
	全体		33	47.4	18.7	0.0	79.5