

## 原著論文

## 幼児の運動能力の発達速度曲線の分類

## Classification on developmental velocity curve of motor ability in early childhood

池田 孝博<sup>1)</sup>・青柳 領<sup>2)</sup>Takahiro IKEDA<sup>1)</sup> and Osamu AOYAGI<sup>2)</sup>

## Abstract

The development of motor ability in early childhood varies markedly and there does not appear to be a single pattern of development. The purpose of this study was to classify the developmental velocity curves of motor ability in early childhood. Subjects were 209 preschool children (104 boys and 105 girls, young grade, 3-4 years of age; middle grade, 4-5 years of age; and old grade, 5-6 years) who completed 23 test items. Mixed longitudinal data were collected six times over three years. The mean and standard deviation of data at each time were used for calculating effect size in order to standardize developmental velocity. Factor analysis was used to classify the form of all velocity curves of motor ability. Furthermore, in a second classification by cluster analysis, the velocity curves were grouped based on distance. The results indicated there are four patterns of velocity curves in boys, and three patterns in girls. A slowdown pattern was observed in both boys and girls. This pattern was observed for throwing skills and manipulation. A slowdown and acceleration pattern was also observed in both boys and girls. This pattern was observed for body weight and locomotion. Locomotion by means of jumping demonstrated similar patterns of velocity curves as physique in both boys and girls. A variety of patterns of developmental velocity curves were observed in the first half of early childhood. The velocity of development in motor ability tends to become stable with aging.

**Key words :** cluster analysis, effect size, factor analysis, mixed longitudinal data, preschool-aged children

[Received November 19, 2009 ; Accepted March 12, 2010]

## 1. 緒言

発育発達の加齢に伴う変化を検討する場合、変化の把握とその法則性を導くために発育発達曲線を描くことが有効とされる(松浦・青柳, 1985)。また、発育発達傾向を体系づけるために、類似性の高い曲線を類型化する必要性にせまられる。松浦(1993)は、曲線の類型化の方法として「距離」と「形状」による2つの方法を提示している。市村(1973)は、10-20歳の体格と運動能力の発達曲線をいくつかの部分集合に設定する方法としてクラスター分析を適用している。また、Matsuura(1985)は6-14歳の形態と運動能力の曲線を、渡辺ほか(1986)は12-18歳の男性の身長発育についてクラスター分析を用いて分類している。クラスター分析は、時間経過が作り出す変化曲線を、その「距離」に基づいて分類する手法である。一方、松浦・青柳(1985)は幼児の平衡運動に関与する調整力を9つの因子で解釈し、双対尺度法を用いてこれらの発達曲線の分類と特徴の検

討を行っている。また、Aoyagi(1993)は因子分析を用いて幼児の運動能力の発達パターンを類型化している。これらは、曲線の「形状」を考慮した分類方法である。しかしながら、どちらか一方の方法のみでは人間の直観的分類にはそぐわない。図1に示すように、曲線の「距離」で類似性を定義すれば、3つの曲線は[A, B]と[C]に分類されるが、AとBでは「形状」が異なる。また、「形状」で類型化すれば、[A]と[B, C]に分類されるが、BとCの「距離」は遠い。つまり、視覚的に類似した発達曲線を統計学的手法に基づいて分類する場合、曲線の「距離」と「形状」の双方を考慮する必要がある。

さて、発育発達パターンの研究では、発達変化や性差が著しい思春期およびその前後が対象とされることが多い。思春期と比較すると、就学前の子どもは性ホルモンの影響はほとんどない(松浦, 1982, p. 44)。しかし、幼児期は基本的運動課題のパフォーマンスが向上する重要な時期にある(Malina & Bouchard, 1991, pp. 187-

1) 福岡県立大学人間社会学部 Faculty of Integrated Human Studies and Social Sciences, Fukuoka Prefectural University

2) 福岡大学スポーツ科学部 Faculty of Health and Sport Science, Fukuoka University

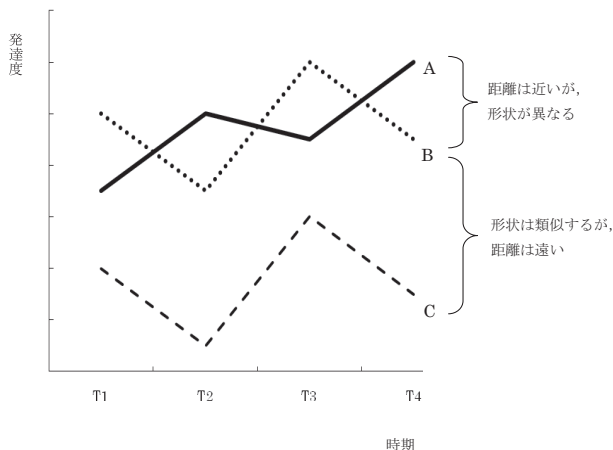


図 1. 発達曲線の例

189)。よって、運動能力の発達も著しく、個人またはパフォーマンスによって発達の遅速や様々なパターンが考えられる。幼児の運動能力の発達に関する研究において現量値によるものは数多く存在する。しかし、現量値は発達傾向がほとんど一様で特徴を詳細に捉えることが難しい。そのため藤井・松浦（1994；1996）や Tanner et al.（1966a；1966b）は成長速度に注目している。速度曲線は、「如何なる変化」が「何時生起するか」という問題の検討に有効である（松浦，2005，p. 394）。

幼児の運動能力の発達速度に着目した研究として、西山ほか（2008）による半年間の変化率の報告がある。しかしながら、この研究は、縦断的観察はされているが、観察期間が短いという課題を残している。また、現量値に基づく速度であるため、項目の類型化には言及できていない。

そこで本研究では、標準化された発達速度を用いて幼児の運動能力の発達速度曲線を記述することを目的とする。さらに、因子分析とクラスター分析の2つの手法を用いて曲線を類型化し、その特徴について検討する。

## 2. 方法

### 2.1. 対象及び測定時期

本研究で対象とする幼児は、S幼稚園に在籍する209名（男児104名，女児105名）である。測定は2006年5月から2007年11月まで、2年間、年間2回行った。これらの幼児は、2つのグループで構成される。2005年に入園した118名（男児60名，女児58名）は、年中児から年長児にかけて測定を行ったグループである。2006年に入園した91名（男児44名，女児47名）は、年少児から年中児にかけて測定を行ったグループである。な

お、欠席などですべて項目の測定値が揃わなかった標本が存在する場合は、項目ごとに対象者を除外した。測定に先立ち、幼児の保護者に対し、研究の趣旨・目的に関する説明を行い、協力への同意を得た。

### 2.2. 運動能力測定項目

測定項目は、身長と体重と運動能力テスト21項目の合計23項目である。運動能力テスト21項目は、先行研究において用いられ、信頼性・妥当性・実用性の観点で項目分析がなされている（青柳，1987；栗本ほか，1981；Ikeda & Aoyagi, 2008；松田，1961；松田・近藤，1968；Murase & Demura, 2005；竹内ほか，1968）。各項目の名称および測定方法は表1に示している。運動能力テストの測定は、保育者養成の教育研究機関に在籍し、幼児の運動能力を専門とする研究者および同じ教育機関に在学し、講義の中で幼児の運動能力測定法について学習した大学生および幼稚園教諭によって実施した。また、身長と体重は幼稚園教諭によって計測されているデータのうち、運動能力テストの測定日に最も近い時期の測定値を利用した。

### 2.3. データ集計および統計処理

#### 2.3.1. 混合縦断的データの作成

発育発達研究では縦断的観察が理想とされる（高石，1971）。しかし、縦断的研究は、研究対象数が減少しやすく、データ収集に時間がかかるなどの問題が存在するため、短期間の測定によって、より長期で大規模な標本データを確保することが可能な混合縦断的データ（Malina & Bouchard, 1991, pp. 11-13；松浦，2005, pp. 385-387）が用いられる。本研究では、2005年入園児と2006年入園児の両群の2年4期の測定データをもとに、年少児5月（T<sub>1</sub>）から年長児11月（T<sub>6</sub>）の3年6期にわたる男女それぞれの混合縦断的データを作成した。

混合縦断的データの作成方法は、まず、両群に共通する年中児5月（T<sub>3</sub>）のデータを合算し、その平均値  $M_{3(2005+2006)}$  を算出した。次に、この平均値と年中児5月における両群の平均値  $M_{3(2005)}$  と  $M_{3(2006)}$  との差を用いて、図2に示すように両群のデータ全体の補正を行った。よって標本数は男女合算で、T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>が91名、T<sub>3</sub>が209名、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>、T<sub>6</sub>が118名である。

作成された混合縦断的データにおける「偶然による不規則変動」を除去するため、重みづけなしの単純3点移動平均法（松浦，2005, pp.392-393）を用いて曲線の平

表 1. 23 項目の測定方法

No.	テスト項目	測定方法および評価
1・2	身長・体重	(定期身体測定データを使用)
3	25m 走	スタートから 30m をダミーゴールとして 2 人ずつ走らせ、25m 地点の通過タイムを 1/10 秒単位で記録する。
4	往復走 (ポテトレース)	3m 前方に置かれた 3 つの玉入用玉を 1 つずつ持って帰ってくる際のタイムを 1/10 秒単位で測定する。
5	反復横跳び	30cm 巾の 2 本の平行ラインを踏むように立ち、10 秒間のうちに左右に繰り返し跳ぶ回数 (実際にラインを踏めなくても回数に加算) を計測する。
6	垂直跳び	気をつけ姿勢で腰に巻いたベルトと足元まで距離と、上方の目標物を目指して 1 回跳躍した後のメジャーの目盛を測定する。2 つの測定値の差を跳躍距離として記録する。
7	立ち幅跳び	専用マット使用して両足踏み切りで跳んだ距離 (両足親指の中間から踵までの距離) を cm 単位で記録する。
8	前後跳び	30cm 巾の 2 本の平行ラインの 1 本をラインを踏むように立ち、10 秒間のうちに前後に繰り返し跳ぶ回数 (実際にラインを踏めなくても回数に加算) を計測する。
9	ケンケンバ跳び	直径 50cm のフープを使用し、けんけんばを連続 3 回行うタイムを 1/10 秒単位で測定する。
10	両手投げ	サッカーのスローインの要領で頭上から両手でボール (文部科学省教育用ボール D-1) を投げる距離を 0.5m 単位で記録する。
11	テニスボール投げ	硬式テニスボールを上手投げ (片手) で遠投する距離を 0.5m 単位で記録する。
12	まりつき	直径 2m の円内で、連続してボール (文部科学省教育用ボール D-1) がつづいた回数を最高 50 回まで測定する。
13	ティーボール	ティーに乗せたボール (直径約 7cm ビニール製) をバットで打って飛ばした距離を 1m 単位で計測する。
14	キック距離	プリンカップの上に置いたボール (文部科学省教育用ボール D-1) を蹴って飛ばした距離 (ダイレクトで地面についた地点までの距離) を 0.5m 単位で測定する。
15	フープ転がし	フープ (70cm) を転がしたときの最も遠い到達点までの距離を 0.5m 単位で測定する。
16	平均台歩き	3m の平均台の両端に台を置き、台→平均台→台→平均台→台と往復する時間を 1/10 秒単位で記録する。
17	とび越しくぐり	高さ 30cm に張ったゴムひもをとび越してくぐる動作 3 回の所要時間を 1/10 秒単位で測定する。
18	ハードル走	12m の走路に 2m ごとに置かれた 6 つの障害 (発泡スチロール製ブロック [縦 19×横 39×厚 10cm]) を 2 個横並びに設置) をハードルの要領で跳び越えながら走る。最後の障害を跳び越えて着地したときのタイムを 1/10 秒単位で記録する。
19	起き上がりダッシュ	うつ伏せに寝て、気をつけ姿勢から合図で起き上がり 3m 先の目印を折り返して戻ってくるまでのタイムを 1/10 秒単位で測定する。
20	パターゴルフ	グランドゴルフの用具・要領でボールを打つ。ボールが止まった地点と目標との距離を 0.5m 単位で測定する。目標までの距離は 10m とし、6m を上限として記録する。
21	そんきよバランス	蹲踞の姿勢を保持できる時間を秒単位で最高 120 秒まで記録する。蹲踞姿勢が保持できていないと判断する基準は、①脊柱の直立、②膝の開き、③踵上がりのいずれかの条件が欠ける、または④手やひざを床につく、とする。
22	長座体前屈	テーブル移動式長座体前屈計を使用する。記録は cm 単位で計測する。
23	全身反応時間	光刺激の反応開始合図から、跳躍動作によって足が床から離れるまでに要した時間を 3 回測定する。記録は 1/1000 秒単位とする。

滑化を行った。与えられた時系列データ、 $X_1$  (年少児 5 月),  $X_2$  (年少児 11 月), ...,  $X_6$  (年長児 11 月) とする時、 $X_i$  の移動平均値  $X'_i$  は、式 (1) の通りである。

$$\left. \begin{aligned}
 X'_1 &= X_1 \\
 X'_2 &= \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3} \\
 &\vdots \\
 X'_5 &= \frac{X_4 + X_5 + X_6}{3} \\
 X'_6 &= X_6
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

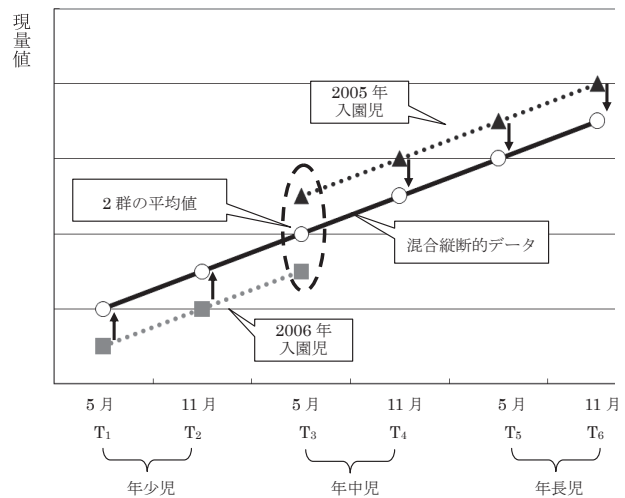


図 2. 混合縦断的データの作成方法

### 2.3.2. 発達速度の算出

移動平均法によって修正されたデータを用いて各項目の発達速度を算出した。現量値に基づく時間当たりの変化量（速度）は、測定単位の違うテスト項目の発達曲線を同一グラフ上に布置して分類することが難しい。本研究では項目間で発達パターンを類型化することが目的であるため、式（2）に示すように、ある測定時点  $T_i$  から次の測定時点  $T_{(i+1)}$  までの変化を  $T_i$  の標準偏差あたりで検討する効果量（ $ES_i$ ）を用いて、発達速度の標準化を試みた。

$$ES_i = \frac{M_{T(i+1)} - M_{T_i}}{SD_{T_i}} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $M_{T_i}$  : ある測定時期の平均値  
 $M_{T(i+1)}$  :  $M_{T_i}$  の測定時期の平均値  
 $SD_{T_i}$  :  $M_{T_i}$  の測定時期の標準偏差  
 $i=1, 2, \dots, 6$ ,  $ES$  の場合  $I, II, \dots, V$

この  $ES$  は、各測定期間（6ヶ月）当たりの発達の大さを表すため、その値が大きければ、前の測定時期から次の時期までの発達速度が速いことを示す。「25m走」のようにタイムの短縮が発達していることを示す項目は、符号の修正を行った。各測定期間の間は、年少児5月から11月をI期、年少児11月から年中児5月までをII期、以下同様に年長児5月から11月までをV期とした。よって  $ES$  は、I期に算出される  $ES_I$ 、II期が  $ES_{II}$  で、V期の  $ES_V$  まで5つの値が算出された。なお、 $ES$  の値については、Cohen (1969) や Thomas & French (1985) の基準を参考に、0.2未満は「現量値の変化なし（速度=0）」、0.2以上0.5未満は「小さい速度」、0.5以上0.8未満は「中程度の速度」、0.8以上は「大きな速度」とした。

### 2.3.3. 発達速度曲線の分類

算出された  $ES_I$  から  $ES_V$  が描く速度曲線の変化傾向の分類を行うため、不完全主成分分析法、ノーマルバリマックス回転によるQ技法の因子分析を適用した。分析によって得られた因子について、因子負荷量の大きさから共通する項目群を分類した。なお、同一因子で符号の違う両極因子は、発達速度が「減速」と「加速」のように正反対であることを意味する。よって、発達速度曲線の分類においては、別の項目群を形成すると判断した。また、項目を重複なく分類する観点から、因子負荷量が複数の因子で高い値を示している場合は、絶対値が最も高い因子の項目群に分類した。逆にいずれの因子におい

ても因子負荷量が小さい場合、特殊なパターンを示すテスト項目として分析対象から除外した。

因子分析を用いて分類された項目群について、 $ES$  の大きさ、すなわち曲線の距離を考慮した分類を行うため、クラスター分析を実施した。均等な数からなる複数のクラスターを作成するのではなく、できるだけ1つの中心となるクラスターを抽出する点を考慮して、クラスター分析の方法は最短距離法を用いた。典型的なパターンを抽出するため、分析によって作成されたデンドログラムを用いて、距離が遠いと判断された項目を除外し、類似する発達速度曲線を描く項目群を決定した。最終的に分類された項目群の各期の  $ES$  の平均値の差は反復測定による一元配置の分散分析を用い、球面性の仮定が棄却された場合は Huynh-Feldt の有意確率を用いて判断した。なお、項目群を形成するテスト項目が2つの場合は、ノンパラメトリックの Friedman 検定を用いて検討した。

## 3. 結果

### 3.1. 効果量の算出

表2に、 $T_1$  から  $T_6$  までの現量値の平均値と標準偏差を用いて算出した  $ES$  を示している。パフォーマンスの測定値が前の測定時期より低下していることを示すマイナスの  $ES$  が見られるのは、男女とも「長座体前屈」（項目 No.22）のみである。「長座体前屈」が測定している柔軟性は、加齢とともに発達する運動能力とは考えにくい。よって、「長座体前屈」以外の項目は全体として加齢に伴い発達するパフォーマンスを測定していると考えられる。

### 3.2. 因子分析による項目の分類

各項目の  $ES$  を経年齢的な変化のパターンによって分類するため、まず男児について不完全主成分分析法、ノーマルバリマックス回転を用いて因子分析を行った。その結果、表3に示すように寄与率 80.96% を示す2つの因子が抽出された。第1の因子で因子負荷量が絶対値 0.4以上を示したのは、「キック距離 (0.986)」「フープ転がし (0.980)」「全身反応時間 (0.967)」「まりつき (0.957)」「垂直跳び (0.933)」「両手投げ (0.778)」「テニスボール投げ (0.764)」「25m 走 (-0.988)」「立ち幅跳び (-0.901)」「とび越しくぐり (-0.881)」「身長 (-0.798)」「ケンケンパ跳び (-0.481)」の12項目であった。また、第2の因子に高い因子負荷量を示したのは、「パターゴルフ



表 2. 混合縦断的データに基づく効果量

No.※	男児					女児				
	ES <sub>I</sub>	ES <sub>II</sub>	ES <sub>III</sub>	ES <sub>IV</sub>	ES <sub>V</sub>	ES <sub>I</sub>	ES <sub>II</sub>	ES <sub>III</sub>	ES <sub>IV</sub>	ES <sub>V</sub>
1	0.654	0.639	0.740	0.719	0.737	1.006	0.846	0.872	0.818	0.856
2	0.585	0.484	0.478	0.502	0.549	0.690	0.591	0.538	0.583	0.601
3	0.430	0.477	0.521	0.577	0.684	0.509	0.604	0.601	0.510	0.648
4	0.372	0.597	0.880	0.648	0.474	0.475	0.576	0.799	0.588	0.472
5	1.016	1.013	0.538	0.691	0.714	2.194	1.351	0.500	0.627	0.568
6	0.895	1.071	0.766	0.714	0.503	1.201	1.108	0.731	0.642	0.425
7	0.469	0.621	0.866	0.989	1.037	0.316	0.348	0.747	0.865	0.911
8	0.972	0.604	0.629	0.672	1.057	1.802	0.979	0.830	0.661	1.005
9	0.491	0.618	0.512	0.667	0.606	0.818	0.728	0.506	0.756	0.726
10	0.520	0.481	0.642	0.387	0.243	0.661	0.529	0.579	0.449	0.417
11	0.554	0.568	0.674	0.465	0.371	0.653	0.651	0.712	0.481	0.342
12	1.072	0.923	0.730	0.523	0.397	0.909	0.508	0.564	0.529	0.472
13	0.754	0.237	0.165	0.140	0.282	0.250	0.090	0.341	0.240	0.354
14	1.234	1.144	0.989	0.465	0.112	0.840	0.800	0.584	0.267	0.022
15	0.804	0.949	0.636	0.305	0.013	0.648	0.647	0.766	0.360	0.235
16	0.493	0.549	0.433	0.427	0.482	0.508	0.674	0.563	0.463	0.393
17	0.317	0.325	0.362	0.339	0.560	0.498	0.482	0.445	0.454	0.651
18	0.541	0.562	0.522	0.421	0.608	0.808	0.801	0.559	0.430	0.598
19	0.475	0.459	0.406	0.367	0.541	0.477	0.615	0.704	0.331	0.277
20	0.147	0.097	0.067	0.085	0.128	0.170	0.094	0.109	0.068	0.136
21	1.206	0.372	0.513	0.432	0.552	0.682	0.472	0.431	0.490	0.647
22	0.755	-0.177	-0.420	-0.176	0.138	0.814	-0.133	-0.292	-0.053	0.292
23	0.539	0.564	0.473	0.469	0.352	0.660	0.657	0.567	0.495	0.376

※No.は表 1 のテスト項目に対応している。

(0.999)「長座体前屈 (0.931)」「体重 (0.921)」「前後跳び (0.868)」「ティーボール (0.837)」「起き上がりダッシュ (0.768)」「そんきょバランス (0.744)」「反復横跳び (0.626)」「ハードル走 (0.590)」「平均台歩き (0.456)」「ポテトレース (-0.941)」の 11 項目であった。

女児における発達速度曲線をその形状から分類した因子分析の結果を表 4 に示している。男児と同様に、不完全主成分分析法、ノーマルバリマックス回転を用いて分析を行い、寄与率 81.61% を示す 2 つの因子が抽出された。第 1 の因子において、因子負荷量の絶対値が 0.4 以上を示した項目は、「テニスボール投げ (0.972)」「キック距離 (0.960)」「全身反応時間 (0.960)」「フープ転がし (0.948)」「平均台歩き (0.889)」「起き上がりダッシュ (0.876)」「垂直跳び (0.849)」「両手投げ (0.806)」「立ち幅跳び (-0.791)」「とび越しくぐり (-0.743)」「ティーボール (-0.551)」の 11 項目であった。また、第 2 の因子に高い因子負荷量を示した項目は、「体重 (0.988)」「長座体前屈 (0.983)」「前後跳び (0.931)」「そんきょバランス (0.901)」「身長 (0.855)」「反復横跳び (0.830)」「パ

ターゴルフ (0.813)」「まりつき (0.794)」「ケンケンパ跳び (0.750)」「ハードル走 (0.626)」「ポテトレース (-0.783)」の 11 項目であった。しかし、「25m 走」は、いずれの因子においても低い因子負荷量を示した。

### 3.3. クラスター分析による項目の分類と発達速度の変化

因子分析で分類された項目群の再分類では、両極因子を考慮して因子負荷量が正の項目群と負の項目群を分けて分析を行った。また、本研究は典型的な速度曲線の類型化を目的としているため、項目群を形成できないテスト項目は特殊なパターンとして分析対象から除外した。

男児は第 2 因子で唯一負を示した「ポテトレース」を除く、第 1 因子の正 7 項目、負 5 項目、第 2 の因子の正 10 項目の 3 つの項目群について、最短距離法を用いてクラスター分析を行った。図 3 にはその一例として、第 1 因子の正の項目群のデンドログラムを示している。

デンドログラムから各項目の距離を検討した結果、最

表 3. 回転後の因子負荷行列 (男児)

項目名	F1	F2	共通性
キック距離	0.986	0.002	0.971
フープ転がし	0.980	-0.051	0.963
全身反応時間	0.967	-0.065	0.939
まりつき	0.957	0.276	0.993
垂直跳び	0.933	-0.081	0.877
両手投げ	0.778	-0.390	0.758
テニスボール投げ	0.764	-0.461	0.796
25m 走	-0.988	-0.078	0.982
立幅跳び	-0.901	-0.431	0.998
とび越しくぐり	-0.881	0.311	0.873
身長	-0.798	-0.401	0.797
ケンケンパ跳び	-0.481	-0.311	0.328
パターゴルフ	0.032	0.999	0.999
長座体前屈	0.182	0.931	0.900
体重	-0.065	0.921	0.852
前後跳び	-0.438	0.868	0.946
ティーボール	0.441	0.837	0.896
起き上がりダッシュ	-0.307	0.768	0.685
そんきょバランス	0.368	0.744	0.690
反復横跳び	0.602	0.626	0.754
ハードル走	-0.134	0.590	0.366
平均台歩き	0.404	0.456	0.372
ポテトレース	0.018	-0.941	0.885
寄与	10.473	8.147	18.620
寄与率 (%)	45.536	35.422	80.958

註) 網掛けは、負の因子負荷量が大きいことを示す

表 4. 回転後の因子負荷行列 (女児)

項目名	F1	F2	共通性
テニスボール投げ	0.972	-0.073	0.950
キック距離	0.960	0.274	0.996
全身反応時間	0.960	0.241	0.979
フープ転がし	0.948	-0.076	0.905
平均台歩き	0.889	-0.231	0.843
起き上がりダッシュ	0.876	-0.322	0.871
垂直跳び	0.849	0.478	0.950
両手投げ	0.806	0.443	0.846
立幅跳び	-0.791	-0.525	0.902
とび越しくぐり	-0.743	0.354	0.678
ティーボール	-0.551	-0.045	0.306
体重	0.084	0.988	0.983
長座体前屈	-0.129	0.983	0.983
前後跳び	0.299	0.931	0.956
そんきょバランス	-0.408	0.901	0.978
身長	0.357	0.855	0.857
反復横跳び	0.532	0.830	0.972
パターゴルフ	-0.042	0.813	0.663
まりつき	0.437	0.794	0.821
ケンケンパ跳び	-0.200	0.750	0.603
ハードル走	0.552	0.626	0.697
ポテトレース	0.440	-0.783	0.806
25m 走	-0.325	-0.342	0.223
寄与	9.623	9.146	18.769
寄与率 (%)	41.840	39.765	81.605

註) 網掛けは、負の因子負荷量が大きいことを示す

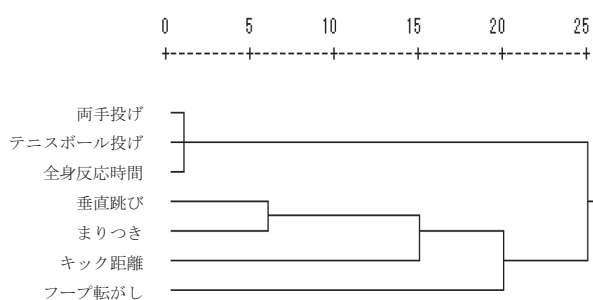


図 3. 最短距離法によるデンドログラム (男児の第 1 因子の正の項目群)

も距離が遠い「フープ転がし」を除外し、「両手投げ」「テニスボール投げ」「全身反応」と「垂直跳び」「まりつき」「キック距離」の 2 群が抽出された。「両手投げ」「テニスボール投げ」「全身反応時間」の ES の各時期における平均値を Huynh-Feldt に基づく反復測定による一元配置の分散分析を用いて比較した結果、有意な差が示された ( $F_0=9.536$ ,  $df_1=1.545$ ,  $df_2=3.089$ ,  $p=0.049$ )。Cohen

(1969) や Thomas & French (1985) の基準に従えば、I—V 期の速度は、[中・中・中・小・小] の変化を示した。また、「垂直跳び」、「まりつき」、「キック距離」の ES の平均値について Huynh-Feldt に基づく分散分析を行った結果、有意な差が認められた ( $F_0=9.536$ ,  $df_1=2.344$ ,  $df_2=4.687$ ,  $p=0.017$ )。速度の変化は、[大・大・大・中・小] であった。

第 1 因子の負の 5 項目についてクラスター分析を行った結果、距離の遠い「立ち幅跳び」が除外され、「25m 走」「ケンケンパ跳び」「身長」「とび越しくぐり」が 1 つのパターンを形成した。4 項目の速度の平均値の大きさは、[小・中・中・中・中] と変化し、Huynh-Feldt の分散分析で ES の平均値に有意な差が認められた ( $F_0=5.040$ ,  $df_1=4$ ,  $df_2=12$ ,  $p=0.013$ )。

第 2 因子の正 10 項目の分析では 6 項目が除外され、「体重」「起き上がりダッシュ」「平均台歩き」「ハードル走」で項目群が形成された。速度変化は、[中・小・小・小・小] で平均値に有意な差が認められた ( $F_0=5.990$ ,  $df_1=4$ ,

df<sub>2</sub>=12, p=0.007)。なお、被験者内対比の検定を行った結果、関数の次数は2次曲線に有意性を示した (F<sub>0</sub>=20.280, df<sub>1</sub>=1, df<sub>2</sub>=3, p=0.020)。

女兒については、因子分析によっていずれの因子においても因子負荷量が低かった「25m走」と第2因子で唯一負の因子負荷量を示した「ポテトレース」を分析から除外し、第1因子の正8項目、負3項目、第2因子の正10項目の合計21項目を対象に再分類を行った。男児と同様にデンドログラムを用いて項目間の距離による分類を行った結果、第1因子の正の項目群のうち、「キック距離」「平均台歩き」「全身反応時間」「両手投げ」「テニスボール投げ」「フープ転がし」「起き上がりダッシュ」が類似する発達速度曲線を描くことが示された。I—V期の速度は、[中・中・中・小・小]の大きさで変化し、平均値に有意差が認められた (F<sub>0</sub>=12.964, df<sub>1</sub>=4, df<sub>2</sub>=20, p=0.001)。

第1因子で負の因子負荷量を示した3項目について再分類を行った結果、「ティーボール」「とび越しくぐり」が項目群を形成した。発達速度は[小・小・小・小・中]と変化した。ESの平均値は2項目であるため、ノンパラメトリックのFriedman検定で判断し、各期に有意な差はみとめられなかった ( $\chi^2=5.200$ , df=4, p=0.267)。

第2因子の正10項目の再分類では、「身長」「体重」「そんきょバランス」「まりつき」「ハードル走」「ケンケンパ跳び」が類似する曲線を描くことが示された。速度は[大・中・中・中・中]と変化し、ESの平均値は時期によって有意な差が認められた (F<sub>0</sub>=6.628, df<sub>1</sub>=4, df<sub>2</sub>=20, p=0.001)。なお、被験者内対比の検定を行った結果、関数の次数は2次曲線に有意性を示した (F<sub>0</sub>=43.105, df<sub>1</sub>=1, df<sub>2</sub>=5, p=0.001)。

## 4. 考察

### 4.1. 男児の発達速度パターンとその特徴

因子分析およびクラスター分析を用いて発達速度曲線をその形状と距離から分類した結果、男児は4パターン、女兒は3パターンに類型化された。図4には各項目群のI—V期のESの平均値を求め、それらが描く発達速度曲線を示している。

男児の1つ目のパターン(曲線①)は、投技能と敏捷性に関わるテスト項目である。各時期のESの平均値の有意差と速度の変化から、「緩やかな減速型」と解釈できる。船川ほか(1983)は、男児のボール投げの能力は加齢に伴い急速に発達すると述べ、乾ほか(1993)は、

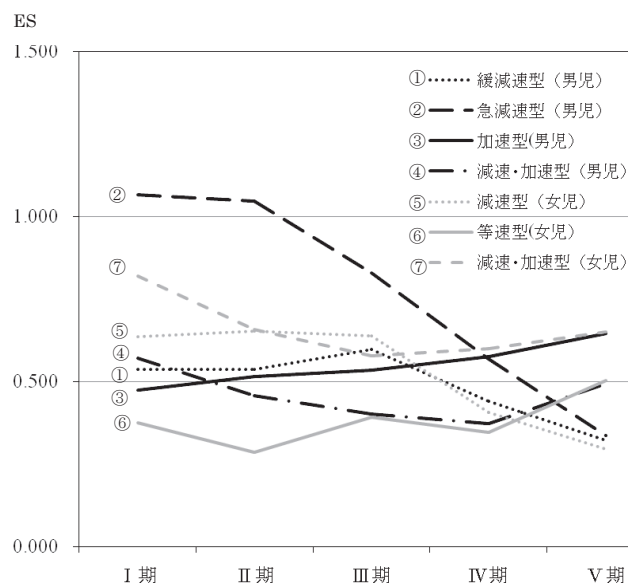


図4. 発達速度曲線のパターン

1年間の伸びは幼児期後期の速度が大きいことを報告している。しかしながら、西山ほか(2008)は、3-6歳の半年間の変化率は若年齢ほど大きいと報告している。発達速度が緩やかに下降するという事は、幼児期前期の発達が著しく、後期は速度が低下することを示しており、西山(2008)の報告と一致する結果が得られた。

2つ目のパターン(曲線②)は、跳躍および操作運動の項目で構成される。ESの平均値と速度の変化から、「急激な減速型」の特徴を示している。松浦(1982, p. 50)は幼児期の跳躍力の発達について、「脚の瞬発筋力の発達ではなく、協調が発達の主要な理由である」と述べている。また、「垂直方向へ跳ぶ協調能力の発達は4歳頃まで急激である」(松浦, 2005, p. 91)とも述べている。つまり、動作を修得する過程での発達は著しいが、協調能力が修得されると発達速度が低下すると考えられる。「キック距離」も成人であれば筋力に由来する項目であるが、幼児期においては「蹴る」という協調能力に依存するため、「垂直跳び」と同様に、動作修得を境に発達速度が低下すると考えられる。

3つ目のパターン(曲線③)は、長育と移動運動のテスト項目である。速度の大きさの変化から、「加速型」と考えられる。走能力には身長に寄与率が大きく、共に直線的に発達するという小澤(2003)の報告と一致する結果が示された。また、乾ほか(1993)は、本研究の「ケンケンパ跳び」と類似する「連続片足跳び」は年少児から年中児、年中児から年長児で有意に向上すると報告している。本研究では、これについても支持する結果が示されたと考えられる。

最後のパターン（曲線④）は、量育と移動運動が含まれる。ESの変化が2次曲線であることから、「減速・加速型」の傾向を示すと考えられる。松浦（1982, p. 34）は体重について、「3-4歳ごろまで増加量は減少傾向を示すが、以後再び増大量が増加を示す」と述べており、本研究も同様の結果を示したと考えられる。

#### 4.2. 女児の発達速度パターンとその特徴

女児の1つ目のパターン（曲線⑤）は、操作運動および敏捷性に関する項目で構成される。ESの変化は、「減速型」と考えられる。投技能については男児と同様、西山（2008）の報告と一致している。

2つ目のパターン（曲線⑥）は、操作運動と移動系の複合運動である。ESの平均値に有意な差はみとめられなかった。そこで「等速型」と判断した。

最後のパターン（曲線⑦）は、体格と移動運動・操作運動・安定運動の項目が含まれている。ESの平均値は2次曲線を示している。よって、「減速・加速型」と考えられる。松浦（2005, p. 98）によれば、「まりつき」

は4歳まで性差はないが、以後女児の技能が加速的に発達し、男児との性差が拡大する。男児の「まりつき」が急激な減速傾向であるのに対して女児の減速は緩やかであり、この差異がパフォーマンスの性差と関連していると考えられる。また、「ケンケンパ跳び」は「3-4歳では性差はないが、4.5-6歳に女児が著しく発達する」（松浦, 1982, p. 58）と考えられているが、本研究でもこれらを支持する結果が得られた。

#### 4.3. 発達速度パターンと項目群の性差および共通点

男女の速度変化のパターンの比較を表5に示している。

「減速型」は男女に共通するパターンであるが、投技能を中心とする操作運動と敏捷性に関するパフォーマンスという点でも共通性が見出せる。一般に現量値では投技能の性差は大きく、加齢に伴いその差が拡大する（松浦, 1982, p. 60）。しかし、本研究でみられた発達速度パターンでは同じ「減速型」に分類され、性差は見られな

表5. 男児女児の各パターンの項目とその対応関係

テスト項目（男児）	発達速度のパターン	テスト項目（女児）
両手投げ テニスボール投げ 全身反応時間 キック距離 垂直跳び まりつき	(緩やか) (急激)	両手投げ テニスボール投げ 全身反応時間 キック距離 フープ転がし 平均台歩き 起き上がりダッシュ
とび越しくぐり ケンケンパ跳び 身長 25m 走	加速型	
平均台歩き 起き上がりダッシュ 体重 ハードル走	減速・加速型	まりつき 身長 ケンケンパ跳び そんきょバランス 体重 ハードル走
	等速型	とび越しくぐり ティーボール



かった。よって、投技能の発達は、幼児期前期が著しく、後期の速度低下がみられる点では男女で同じ傾向であるが、その中で徐々に現量値に開きが生じてくるものと考えられる。

男女に共通するもう1つのパターンとして「減速・加速型」が抽出された。個々の項目を細かく比べれば小異はあるが、量育と移動運動に関するパフォーマンスという共通点がある。体格の発育には性差がないという報告があり（小澤，2003），本研究の発達速度パターンでも、体重についてはこれを支持する結果が示された。

男女で異なるパターンとして、男児のみの「加速型」、女児のみの「等速型」が確認された。ただし、これらのパターンの速度は、小から中の範囲で変化している。共通する項目は「とび越しくぐり」で、敏捷性・複合運動に関わる調整力の発達速度パターンに性差があることを示している。小林ほか（1990, p. 121）は、「とび越しくぐり」などの調整力には動作上の制約があり、「4, 5歳において早期発達が生じ、その後の成績の『頭打ち現象』がみられる」と述べている。しかし、本研究では女児が一定の速度で発達するのに対して、男児は緩やかではあるが加速的に発達する傾向を示した。

体格では、男児の場合、身長が「加速型」で体重が「減速・加速型」と異なるパターンに、女児は身長、体重とも「減速・加速型」に分類された。ただ、男児の「加速型」と女児の「減速・加速型」の幼児期後期における曲線の形状は類似し、距離も近い。一般に、身長の発育速度に性差はないと考えられる（小林，1990, pp. 11-13）。体格と同じパターンに分類され、かつ男女で共通する項目は、「ケンケンバ跳び」と「ハードル走」である。これらは跳躍を伴う移動運動であり、体格の発育と関連が高いパフォーマンスと考えられる。

図4の発達速度曲線では、幼児期の初期から中期にかけての速度の差は大きく、特徴的变化を示している。しかし、幼児期後期の発達速度はまとまっている。このことから、各パターンは幼児期の前半はパフォーマンスによって多様な発達速度や変化パターンを示すが、後期に至って全体的に発達速度が一定化していくと考えられる。

## 5. まとめ

幼児の運動能力の発達速度曲線を類型化するため、幼稚園児209名（男児104名、女児105名）を対象に体格および運動能力に関する23項目の測定を行い、年少児から年長児までの3年6期にわたる混合縦断的データを

作成した。発達速度の標準化は、各期の平均値と標準偏差に基づいて効果量（ES）を算出した。ESが描く発達速度曲線の変化の形状による分類には不完全主成分分析法、ノーマルバリマックス回転による因子分析を適用した。さらに、得られた項目群の曲線の距離による分類には、最短距離法を用いたクラスター分析を適用した。結果は以下の通りである。

- 1) 測定された項目は全体として加齢に伴い発達するパフォーマンスである。
- 2) 男児の発達速度曲線は、投技能と敏捷性の「緩やかな減速型」、跳躍および操作運動の「急激な減速型」、長育と移動運動の「加速型」、量育と移動運動の「減速・加速型」の4つパターンに分類される。
- 3) 女児は、操作運動と敏捷性が「減速型」、体格と移動運動・操作運動・安定運動は「減速・加速型」、操作運動と移動系複合運動が「等速型」と3つパターンに分類される。
- 4) 「減速型」は男女共通のパターンで、投技能を中心とする操作運動と敏捷性に関するパフォーマンスが該当する。投技能の発達においては、現量値の性差は顕著であるが、発達速度の変化において性差は認められない。
- 5) 「減速・加速型」も男女に共通して抽出された発達速度パターンであり、量育と移動運動に関するパフォーマンスという点でも共通性がある。
- 6) 体格と同じパターンに分類され、かつ男女で共通するパフォーマンスは跳躍を伴う移動運動である。よって、これらは体格の発育との関連が高いと考えられる。
- 7) 発達速度パターンは、幼児期前半が多様であるが、加齢に伴い発育発達速度が一定化する傾向が認められる。

## 文献

- 青柳領（1987）幼児の運動成就能力の特徴に関する文献的研究。福岡大学体育学研究 17(2)：1-9.
- Aoyagi, O. (1993) Classification of development patterns of motor performance in childhood. Fukuoka University Review of Physical Education 23(2): 9-21.
- Cohen, J. (1969) Statistical power analysis for the behavioral science. Academic Press: New York.
- 藤井勝紀，松浦義行（1994）男子における身長の高低別発育パターンの検討；distance curveおよびvelocity

- curveからの分析. 体育学研究 39: 213-224.
- 藤井勝紀, 松浦義行 (1996) 男子体格の平均発育曲線から導き出される発達速度の解析. 体育学研究 41: 247-260.
- 船川幡夫, 石川悦子, 畠山トミ, 川原ゆり (1983) 幼児の活動性と運動機能の発達に関する縦断的な研究. 日本女子大学児童研究所紀要 6: 205-228.
- 市村操一 (1973) 発達曲線の分類法について; 主成分分析法とクラスター・アナリシスの適用の比較. 東京教育大学体育学部紀要 12: 29-32.
- Ikeda, T. and Aoyagi, O. (2008) Relationships between test characteristics and movement patterns, physical fitness, and measurement characteristics: Suggestions for developing new test items for 2- to 6-year-old children. *Human Performance Measurement* 5: 9-22.
- 乾道生, 野崎泰彰, 山形修, 新宅幸憲, 赤塚勲 (1993) 幼児期における形態と運動能力について. 体力科学 42(6): 718.
- 小林寛道, 脇田裕久, 八木規夫 (1990) 幼児の発達運動学. ミネルヴァ書房: 京都.
- 栗本関夫, 浅見高明, 渋川侃二, 松浦義行, 勝部篤美 (1981) 体育科学センター調整力フィールドテストの最終形式; 調整力テスト検討委員会報告. 体育科学 9: 207-212.
- Malina, R. M. and Bouchard, C. (1991) Growth, maturation, and physical activity. *Human Kinetics: Champaign*.
- 松田岩男 (1961) 幼児の運動能力の発達に関する研究. 東京教育大学体育学部紀要 1: 38-53.
- 松田岩男, 近藤充夫 (1968) 幼児の運動能力検査に関する研究; 幼児の運動発達基準の作成. 東京教育大学体育学部紀要 7: 33-45.
- 松浦義行 (1982) 体力の発達. 朝倉書店: 東京.
- Matsuura, Y. (1985) Comparison and classification of growth and developmental pattern of physical fitness elements. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 34(6): 524.
- 松浦義行 (1993) 数理体力学. 朝倉書店: 東京, pp. 116-117.
- 松浦義行 (2005) 身体的発育発達序説. 不昧堂出版: 東京.
- 松浦義行, 青柳領 (1985) 発育発達曲線の計量的分類法; 幼児の平衡運動に関与する調整力について. 筑波大学体育科学系紀要 8: 193-203.
- Murase, T. and Demura, S. (2005) Discussion on further studies to measure and evaluate fitness and motor performance for preschool children; Summary and previous studies in Japan and future consideration. *Human Performance Measurement* 2: 10-21.
- 西山哲成, 佐藤孝之, 大石健二, 菅伸江, 野村一路 (2008) 幼児の運動能力の縦断的变化. 日本体育大学体育研究所雑誌 33: 89-101.
- 小澤教子 (2003) 幼児の体格・運動能力発達に関する縦断的研究. 名古屋女子大学紀要 49: 155-162.
- 高石昌弘 (1971) 思春期身体発育のパターンに関する研究 (第3報); 身長発育速度曲線のパターン, 特に, 思春期急増の開始と発育終了年齢について. 小児保健研究 29: 259-263.
- 竹内一二三, 川畑愛義, 松浦義行 (1968) 幼児のための運動能力組テストに関する研究. 体育学研究 13: 49-57.
- Tanner, J. M., Whitehouse, R. H. and Takaishi, M. (1966a) Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity; British children, 1965 part 1. *Archives of Disease in Childhood* 41: 454-471.
- Tanner, J. M., Whitehouse, R. H. and Takaishi, M. (1966b) Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity; British children, 1965 part 2. *Archives of Disease in Childhood* 42: 613-635.
- Thomas, J. R. and French, K. E. (1985) Gender differences across age in motor performance; A meta-analysis. *Psychological Bulletin* 98: 260-282.
- 渡辺隆嗣, 正田啓吉, 青柳領, 松浦義行 (1986) 身長の発育パターンの違いによる体力の発達パターンの検討; 青少年期男子について. 体育学研究 31: 213-226.