

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 ——

松浦 義行・青柳 領

A Study on the classification of growth and
developmental curves with metrical procedure
—— Coordination concerned balancing performance in childhood ——

Yoshiyuki MATSUURA, Osamu AOYAGI

The purposes of this study were 1) to discuss the method for classification of growth and developmental curves, and 2) to apply this method to the developmental curves of the coordination concerned balancing performance in childhood.

Total of 22 test variables were administered to 234 kindergarten children. Principal factor solution was applied to the correlation matrix which was calculate with 22 test variables and the resulted factor pattern was rotated with Normal Varimax procedure. Nine factor were extracted and interpreted. The formulae for estimating each factor score were derived with complete estimation procedure, and developmental curves were drawn with these factor scores according to the age increase.

In terms of developmental pattern, 11 developmental curves were classified into 4 clusters with the criterion of internal consistency.

Four clusters were interpreted as follows;

Cluster 1 ; monotony increase pattern

Cluster 2 ; decrease at initial phase pattern

Cluster 3 ; decrease at middle phase pattern

Cluster 4 ; decrease at last phase pattern

The developmental tendencies of coordination concerned balancing performance in childhood were generally classified into cluster 1.

1. 緒言

身体的属性が加齢に伴ないどのように変化していくのかを検討することは発育発達研究の中心的課題である。その量的変化を直観的に把握でき、かつ容易にその法則性・規則性を導きやすくする方法の1つは発育発達曲線を描くことであろう。こういった意味から従来より発育発達の傾向は1本の曲線(直線)によって表現され、さらにはその関数型をも検討されてきている。例えば、人口増加・経済成長のモデルであるLogistic curveやGompertz curve¹¹⁾¹²⁾、そして、相対成長という観

点からはAllometry formula⁹⁾である。さらには2つのLogistic curveの和といった複雑な関数型も発表されている²⁰⁾。これらの関数型は生物学的意味を配慮しているものもあり、よく当てはまる属性や時期もあるという報告も多い。ただし、これらの関数型は乳児から成人までの比較的長い期間を対象にしているのが普通であり、乳児期、あるいは児童期のみといった比較的短い期間についてもよく当てはまるかどうかは定かではない。

しかし、このように特定の関数型のあてはめが適切ではない期間についてもその時期の発育発達

の傾向を知ることは必要であり、測定されたデータから発育発達曲線を描き、いくつかの代表的曲線に分類し、その傾向を整理・認識することは重要な問題の1つである。ただし、従来の多くの研究は既存の規則性・関数型について未知の場合、その発育発達曲線の分類は原則として研究者自身の主観的パターン認識によって行なわれていた⁸⁾といえる。

よって本研究では、計量的立場からその発育発達曲線の分類についての方法論を検討し、次いでその方法論をもとに幼児期という比較的短い年齢段階の平衡運動に關与する調整力の発達曲線を分類し、その発達の傾向を検討する。

計量的立場から発育発達曲線の分類を試みた研究には市村⁹⁾の報告がある。彼はm個の測定値からなる曲線iのベクトルを X_i とすると、曲線iと曲線jの非類似性を表わす距離dを

$$d^2_{ij} = (X_i - X_j)(X_i - X_j) \dots\dots\dots(1)$$

とし、この d_{ij} を用いて非階層的クラスター分析を行ない、早熟型と晩熟型の2つのクラスターを見出ししている。ただし、この場合測定値の単位の違いを克服するために、曲線がm個の時点で測定されたものであるならばそれをm次ベクトルと考え、そのノルムを1に規準化するか、あるいは測定の最終時点をもとにするか等の規準化が必要となる。この研究は発育発達曲線の量の変化に注目したアプローチをとっているといえる。それに対して、本研究は発達曲線のパターンに注目し、その類似性を定義しようとするものである。パターンに注目する限り、単位の違いは重要な問題とはならない。

2. 発達曲線分類の理論的背景

(1) パターンについて

本研究では発達曲線のパターンに注目する立場をとるわけだが、一般にパターン (pattern) という語のもつ意味合いは非常に広いものがあり、極端な場合には形態性そのものであり、全体から切り離して比較の側面を持ち得ない統合的な特徴を意味している。このようにパターンが各々の対象の独自の性質を示すと考える、パターンの統合的な特徴を強調する立場をとるならば、パターンの類似・非類似性、さらには数量化を施すこと

は全く意味がない。しかし、実際問題としてはパターンには相互に似たものと似ていないものがあると考える方がより自然な場合が多く、そう仮定することにより、より多くの知見を得ることができる。

さらに、パターンの類似・非類似を統計学の問題として扱うために、特に本研究ではパターンを次のように狭義の意味から定義することにする。つまり、「問題とする対象を特定の複数個の次元でとらえたとき、各次元で計測された数値の系列¹⁴⁾」と考えることにする。このように考えた場合、各対象での計測値を x_i としたとき、これらのパターンは数値のベクトル $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m)$ として表すことができる。特に最も単純な場合は、ある特性に関して各対象がその特性をもつか、もたないかであり、特性ありを1、なしを0とすれば $(0, 1, 0, 1, \dots, 1)$ というようなパターンとすることも可能である。

本研究では発達曲線において各測定点から次の測定点までに増加 (パフォーマンスの向上) が認められた場合は+、反対に減少 (パフォーマンスの低下) が認められた場合は-として発達曲線の特性を+および-からなるパターンとして記述することにする。

(2) パターン数量化の原理

いま、加齢に伴ない各年齢段階 t_1, t_2, t_3, t_4 において (+), (+), (-), (-) というパターンをとる発達曲線Aと、(-), (-), (+), (+) というパターンをとる発達曲線Bがあったとする。ここでAの各年齢段階のパターン (+)(+)(-)(-) を x_1, x_2, x_3, x_4 、そしてBの各年齢段階のパターン (-)(+)(+)(-) を x_5, x_6, x_7, x_8 によって数量化しようとする時、(+)(+)(-)(-) は同一発達曲線の特性であるから (x_1, x_2, x_3, x_4) 同士はできるだけ似かよった数値を与え、同様に (x_5, x_6, x_7, x_8) 同士にもできるだけ似かよった数値を与えるべきである。しかし、 (x_1, x_2, x_3, x_4) と (x_5, x_6, x_7, x_8) は無関係の別々の発達曲線の特性であるからできるだけ異なった数値を与えるべきである。これはHorst, P.⁴⁾によってCriterion of maximum dispersion,あるいは西里¹⁷⁾¹⁹⁾により内的整合性の原理と呼ばれている。そして、これらの操作は統計学的には8個の数値 $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_8)$ について同一発達曲線の級内平方和を最小に、かつ別々の発達曲線

間の級間平方和を最大にすることと同値である。つまり、相関比を最大にするように $(\chi_1, \chi_2, \chi_3, \dots, \chi_s)$ に数値を与えることである²²⁾。

Table 1. Data matrix

	t_1	t_2	t_3	t_4
	-	+	-	+
a	0	1	0	1
b	1	0	1	0
c	0	1	0	1
.....
.....
.....

 \Rightarrow

0	1	0	1	0	1	0	
1	0	1	0	0	1	0	1
0	1	1	0	0	1	1	0
.
.
.

 \Rightarrow
 $\begin{pmatrix} 01011010 \\ 10100101 \\ 01100110 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} = \mathbf{P}$

ここで表1のような1-0型のデータ行列を考え、このデータ行列を \mathbf{P} とする。つまり各年齢段階で+であれば+の列に1を入れ、-の列には0を入れる。同様に-であれば、-の列に1を入れ、+の列に0を入れる。これを各発達曲線について繰り返したものである。さらに \mathbf{M}_c を \mathbf{P} の列の周辺度数を要素とするベクトル、 \mathbf{D}_c を \mathbf{P} の列の周辺度数を対角線要素に対する対角行列、 \mathbf{D}_R を \mathbf{P} の行の周辺度数を対角線要素にする対角行列、 p_c を総反応数、 \mathbf{x} を列の重みベクトルとする。

このとき、全平方和 S_t 、発達曲線間平方和 S_b は次のように表わされる。

$$S_t = \mathbf{x}' \mathbf{D}_c \mathbf{x} - \frac{\mathbf{x}' \mathbf{M}_c \mathbf{M}_c' \mathbf{x}}{p_c} \dots\dots\dots(2)$$

$$S_b = \mathbf{x}' \mathbf{P}' \mathbf{D}_R^{-1} \mathbf{P} \mathbf{x} - \frac{\mathbf{x}' \mathbf{M}_c \mathbf{M}_c' \mathbf{x}}{p_c} \dots\dots\dots(3)$$

ここで相関比 η を最大にするわけだが、 η は数量化されたデータの1次変換に対して不変であるので、重みづけられた得点の和が0であると一般性を失わず仮定できる。つまり、

$$\mathbf{M}_c' \mathbf{x} = 0 \dots\dots\dots(4)$$

とすると、(4)より(2)(3)は各々第2項が消え、(5)(6)となる。

$$S_t = \mathbf{x}' \mathbf{D}_c \mathbf{x} \dots\dots\dots(5)$$

$$S_b = \mathbf{x}' \mathbf{P}' \mathbf{D}_R^{-1} \mathbf{P} \mathbf{x} \dots\dots\dots(6)$$

又、相関比 η を最大にすることは S_t を一定

(例えば $\mathbf{x}' \mathbf{D}_c \mathbf{x} = p_c$) という条件のもとで S_b を最大にすることと同値である。これをラグランジュの未定乗数法によって解くと、ラグランジュ関数は

$$Q(\mathbf{X}, \lambda) = \mathbf{x}' \mathbf{P}' \mathbf{D}_R^{-1} \mathbf{P} \mathbf{x} - \lambda (\mathbf{x}' \mathbf{D}_c \mathbf{x} - p_c) \quad (7)$$

ここで(7)式を \mathbf{x} で微分して0とおき、整理すると、

$$\mathbf{P}' \mathbf{D}_R^{-1} \mathbf{P} \mathbf{x} = \lambda \mathbf{D}_c \mathbf{x} \dots\dots\dots(8)$$

ここで

$$(\mathbf{w} = \mathbf{D}_c^{1/2} \mathbf{x} \text{ (つまり, } \mathbf{x} = \mathbf{D}_c^{-1/2} \mathbf{w})) \dots\dots\dots(9)$$

を用いて整理し、かつ両辺に $\mathbf{D}^{-1/2}$ をかけると、

$$(\mathbf{D}^{-1/2} \mathbf{P}' \mathbf{D}_R^{-1} - \eta \mathbf{I}) \mathbf{w} = 0 \dots\dots\dots(10)$$

となり、 $\mathbf{D}^{-1/2} \mathbf{P}' \mathbf{D}_R^{-1} \mathbf{P} \mathbf{D}^{-1/2}$ の固有方程式の固有値に対応する固有ベクトルとして \mathbf{w} を求めることができる。 \mathbf{x} は求められた固有ベクトル \mathbf{w} を用いて(9)式より求められる。

ここで、(8)式の両辺に \mathbf{x}' をかけ、 λ について解くと、

$$\lambda = \frac{\mathbf{x}' \mathbf{P}' \mathbf{D}_R^{-1} \mathbf{P} \mathbf{x}}{\mathbf{x}' \mathbf{D}_c \mathbf{x}} = \frac{S_b}{S_t} = \eta^2 \dots\dots\dots(11)$$

となり、ラグランジュの未定乗数 λ は相関比 η の2乗となる。つまり、相関比は固有値の平方根に等しい。又、同時に列(発達曲線)について最適化された重み係数ベクトル \mathbf{Y} は

$$\mathbf{y} = \frac{\mathbf{D}_R^{-1/2} \mathbf{P} \mathbf{x}}{\eta} \dots\dots\dots(12)$$

によって求められる。

又、第1次元解の残差行列 \mathbf{R} は

$$\mathbf{R} = \mathbf{D}^{-1/2} \mathbf{P}' \mathbf{D}_R^{-1} \mathbf{P} \mathbf{D}^{-1/2} - \eta \frac{\mathbf{w} \mathbf{w}'}{\mathbf{w}' \mathbf{w}} \dots\dots\dots(13)$$

によって求められ、第2次元解はこの \mathbf{R} を用いて先に述べた方法を繰り返すことによって得られる。以下、第3次元解以降も同様の操作を繰り返すことによって得られる¹⁶⁾⁽¹⁹⁾。

以上、これまで述べた理論的背景はPのx(列)についての最適化をはかるためのものであるが、同時にy(行)についても同時に相関比を最大にすることが証明されており、xとyを同時に最適化していることからHorst, P.⁹⁾によってReciprocal average method,あるいはNishisato²⁰⁾²¹⁾によってDual Scalingと呼ばれている。

3. 幼児の平衡運動に関与する調整力の発達曲線の分類

(1) 幼児の平衡運動に関与する調整力の発達曲線

幼児期における平衡運動に関する調整力の発達曲線は次のような手続きによって求めた。

標本は筑波研究学園都市のN幼稚園及び土浦市内のM幼稚園の男児127名、女児107名の計234名である。表2は各年齢段階ごとの標本数である。

Table 2. Sample size

AGE (YEARS)	BOYS	GIRLS	TOTAL
3.5 - 4.5	11	5	16
4.5 - 5.0	24	24	48
5.0 - 5.5	29	23	52
5.5 - 6.0	29	28	57
6.0 - 6.5	34	27	61
	127	107	234

テスト項目は勝部⁶⁾、遊佐²⁷⁾、Bass, R. I.²⁾を参考に、かつGallahue, D. L.³⁾の幼児の遊びのパターンをもとに平衡運動に関与する調整力がそのパフォーマンスに大きく関与しているであろうと考えられる運動パターンを選択して構成した20項目の運動成就テストである。テスト項目名及びその測定方法・評価法は表3に示した。分析にあたっては体格も運動能力の一領域であることから身長と体重を加えた22項目を用いて行なった。

因子分析は選ばれたテスト項目間について計算された相関行列に共通性をSMCで推定し、主因子解を求め、得られた因子負荷行列にNormal Varimax規準による直交回転を適用して多因子解を求めた。得られた因子負荷行列は表4に示し、各因子は次の様に解釈した。

第1因子：「体格 (Physique)」

第2因子：「膝つき立ちバランス (Kneeling balance)」

第3因子：「回転バランス (Turning balance)」

第4因子：「ジャンプ中のバランス (Jumping balance)」

第5因子：「回転ジャンプバランス (Jump and turn balance)」

第6因子：「静的バランス (Static balance)」

第7因子：「片足とびバランス (Foot Jumping balance)」

第8因子：「敏捷性因子 (Agility factor)」

第9因子：「閉眼歩行バランス (Walking balance with eyes closed)」

これらの因子は各因子に高い負荷量を示す項目が2項目あるいは1項目と少ないことから、ここで取り挙げたテスト項目は因子構造から見ても比較的独立性が高いものと考えられる。すなわち、各種平衡運動は各々独自の調整力を必要とすると推測され、現在の調整力に対する理解である一般的調整力というものがないとする考え方¹⁰⁾とよく一致した結果といえる。

そして、この因子構造を妥当性規準として各個人の因子得点を完全推定法により求め、推定された因子得点をその能力得点とした。次に、各年齢段階(表2参照)ごとに平均値をプロットし、平均値曲線を求めた。ただし、この曲線が発達曲線として発達の傾向を示すためには各年齢段階内の分散が、年齢段階間の分散に対して適当な範囲内であることが必要条件となる。この点について分散分析を行なった結果、第2因子女児、第6因子、第8～第10因子については5%水準で年齢効果が有意とはならず、発達曲線とみなすことは適当ではないと考えられる。したがって以後分析の対象となるのは第1～5因子(第2因子女児は除く)と第7因子について行なう。対象となる発達曲線は図3に示した。又、求められた発達曲線について先に述べた方法により求められたパターン及び頻度は表5に示した。

(2) 発達曲線の一般的傾向

先に述べた方法により発達曲線と各年齢段階の変化の両方について相関比を最大にするような重み係数を求めた。結局、相関比は1次元解では $\eta_1=0.61453$ 、2次元解では $\eta_2=0.58588$ 、3次元解では $\eta_3=0.44721$ であった。相関比の変化からは3次元解は2次元解に比べてかなり低くなり、累積説明率も2次元解ですでに72%以上を越える。し

表3 測定項目、測定方法及び評価

テスト項目	測定方法及び評価
1. ボディ・スピニング	片足でつま先立ちになり、その足を軸として一回転する。手は自由でよい。回転の方向は前まわりとする。軸足が完全に一回転しているかをみる。0°~180°の間で両足が床についた時は0点、180°~360°の間は1点、完全にできた場合は2点。
2. 両足膝まげとび a	両足で同時にジャンプし、膝を曲げて両踵を臀部につける。両踵が完全につかない時は0点、膝が前に高く上がってついた時は1点、完全にできた時は2点。
3. 両足膝まげとび b	aの動作に加えてジャンプ中に手を2回たたく。両方でできなかった時は0点、片方ができた時は1点、両方でできた時は2点。
4. 目かくし直線歩行	巾30cm、長さ3mのラインの中をはみ出さずに目かくしをして歩く。片方が完全にライン外へ出るまでの距離をcm単位で記録する。最後まで行けた時は300とする。
5. 前 転	マット上に引いた50cm巾の規準線からはみ出さないように前転する。できれば1点。できなければ、0点。
6. スリー・ステップ・ターン	図1の中心にあるサークルに左足をのせて軸とし、右足で1→2→3を確実に踏んで一回転する。この時、検者が「いち、に」の号令を出すので、これに合わせて足を踏み変えなければならない。サークル1つを確実に踏んだ時、それと同時に軸足もはみ出ない時、各々1点ずつ与えられる。
7. V字バランス	長座の姿勢から両手を横に広げ、両足をそろえて床から10cmの高さに持ち上げ、その姿勢を3秒間保持する。できれば1点、できなければ0点。
8. 膝つき立ち a	両手を背後で組み、両膝を床につけ、足首をまげた姿勢から両手を離さずに立ち上る。足が動いたり、手が離れた時は0点、両膝が交互にもち上がった時は1点、完全にできた時は2点。
9. 膝つき立ち b	両手を頭の後で組む。後はaと同じ。
10. 右一回旋とび	十字ラインのうちの1本をまたぎ、両足立ちの姿勢から90°、180°、270°、360°回転する。90°回転ができれば0点、90°回転ができれば1点、180°は2点、270°は3点、360°は4点とする。
11. 左一回旋とび	右と同じ要領で行なう。
12. 平均台上方向転換	平均台の端から他方の端まで往復する時間を測定する。
13. 両足とび	巾2cm長さ1mのラインの左側に立ち、合図でラインを踏まないように左右にとぶ。10秒間の回数を記録する。
14. 両足立ち	ビーム上に、前足の踵と後足の爪先が合うように立ち、両手を腰にあて、この姿勢を5秒間保つ。できれば1点、できなければ0点。
15. 連続横転	マット上に巾50cmの規準線を引き、この線上を両手を頭の上で組み左右2回ずつ、3回横転する。規準線からはみ出さず横転できれば左右1点ずつ、又手を離さず横転できれば左右1点ずつ与える。全くできなければ0点、全てできれば4点となる。
16. 片足立ち	ビーム上に片足で立ち、他方の足は前にもち上げる。後は両足立ちと同じ。
17. ステッピング・ストーン・テスト	図2の様なサークルを配置する。検者の号令に合わせて足を踏み変えずサークルを踏んで行く。確実に踏めたサークルの数を得点とする。完全にできれば6点。
18. 起き上りダッシュ	うつ伏せに寝て両手を伸ばした姿勢から合図で起き上り、旗を左回りに回って5m走る。その時間を測定する。
19. 往復走	長さ5m、巾10cmのライン上をはみ出さないように、1往復半走る時の時間を測定し、同時にラインからはみ出した回数も数える。90/タイムー (はみ出した回数) を得点とする。
20. 片足とび	30cmごとに印をつけた長さ3m、巾2cmのライン上を片足とびで印を踏むことを原則として行く。全体の歩数(3m行くのにかかった歩数)とはみ出した歩数を測定する。(はみ出した歩数) / (全体の歩数) × 100を得点とする。

※以下 テスト項目の番号と変数の番号とは一致する。

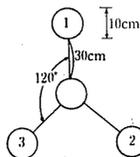


Figure 1. Three step turn

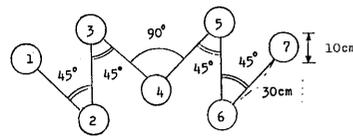


Figure 2. Stepping stone test

Table 4. Significant factor loadings

item\factor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	communality
1			.505							.357
2				.340						.284
3				.749						.689
4									.569	.411
5										.259
6			.683							.577
7						.813				.781
8		.813								.762
9		.527								.407
10					.606					.537
11					.561					.427
12					.382					.349
13					.446					.375
14										.216
15										.251
16					.342					.365
17							.696			.598
18					.389					.350
19								.634		.563
20										.300
21	.559									.481
22	.723									.609
contribution	1.094	1.382	1.231	1.009	1.949	.861	.835	.634	.491	

たがって2次元解が適当であろうと考えられた。表6、表7は求められた発達曲線と各年齢段階の変化の重み係数行列で、図5は発達パターンの重み係数、図4は各年齢段階の変化(+&-)の重み係数を2次元平面にプロットしたものである。

図4から各年齢段階において増加(+)のパターンがほぼセントロイド付近に布置しており、反対に減少(-)のパターンが各々セントロイドから離れた位置にあることがわかる。これはセントロイド付近はすべての布置とも一様に近い位置にあることから増加パターンはより一般的な特性をもっているといえる。²⁴⁾つまり(+)(+)(+)(+)というパターンが幼児の平衡運動に関する調整力の最も一般的な発達パターンであるといえる。反対に、このような一般的傾向の中であって各年齢段階で(-)の変化をとることはどの年齢段階においても特殊な変化であるといえる。ただし、それらの中であっては5.0歳及び6.0歳では(-)の変化は他の2つの年齢段階に比べれば極端でないことが布置の上からわかる。つまり、一般的傾向として5.0歳や6.0歳には(-)のパターンをとりうる可能性がかなりあることを意味し、反対に4.5歳や5.5歳には(-)のパターンをとる可能性がかなり少ないことを意味している。特に4.5歳では減少(-)の変化をとることは極めて異例の変化で、一般的にはこの年齢段階には(+)の変化をとるといえる。この時期は中村ら¹⁹⁾や勝部²⁾によ

り「幼児期において性差がみられ始める年齢」といわれている時期と一致がみられる。又、青柳¹⁾によると、この時期には幼児の運動能力構造に最も変化がみられ、この運動能力の質的側面の変化する時期に量的側面においても一般的傾向として運動能力の向上がみられる。

又、4.5歳及び5.5歳においては(+)の変化が一般的であり、5.0歳及び6.0歳のパターンの変化にそれほど弁別力がないことから、発達段階は概ね(3.5~4.5歳)、(4.5歳~5.5歳)、(5.5~6.5歳)の3つの段階に分けて考えられる。つまり、これは測定月が10月であることを考えれば、幼稚園の年少組、年中組、年長組という学年(School age)に対応するもので、その年齢段階の保育内容等の影響が考えられる。

(3) 発達曲線の分類

図5からその布置をみると(++++)のパターンがほぼセントロイド付近に位置し、図4の考察同様、単純増加曲線が幼児の平衡運動に関する調整力の発達曲線の一般的傾向であることがわかる。そして、これを取り囲むように(+++-)、(+--+)、(-+++)といった1年齢段階のみに減少(-)がみられるパターンが位置している。そして、(+++-)の外側に(+--+),のパターンが位置し、同様に(+++-)の外側に(+--+)のパターンが

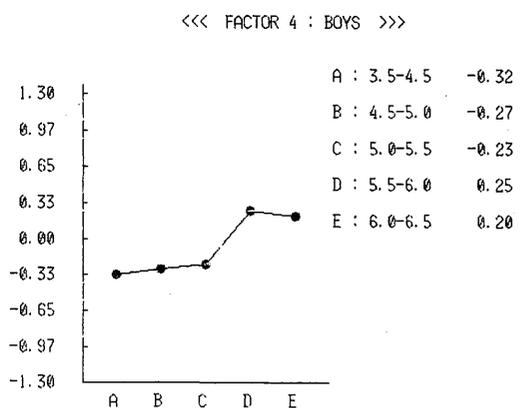
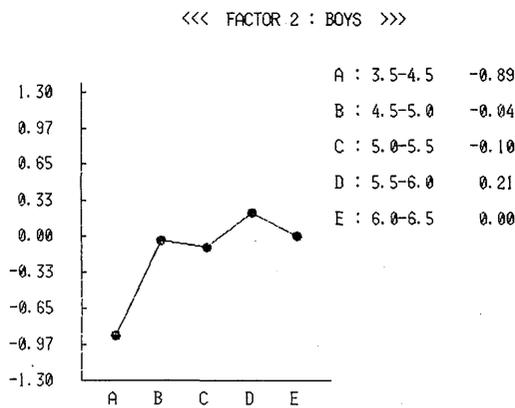
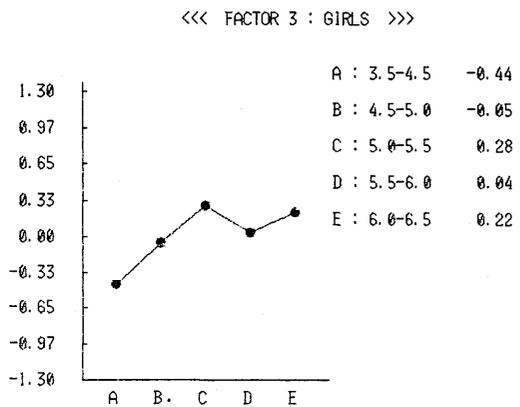
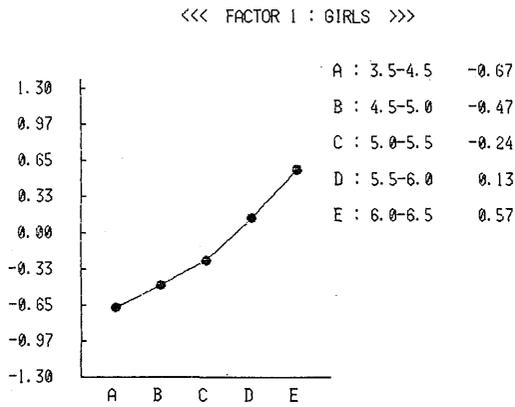
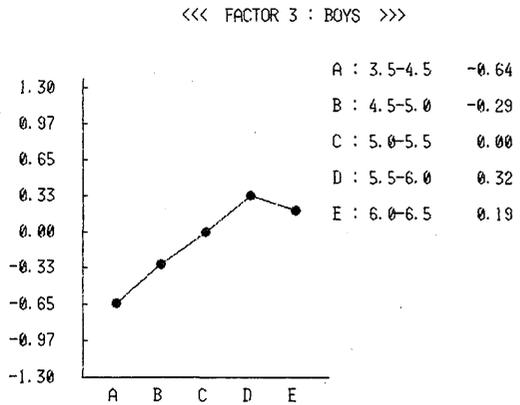
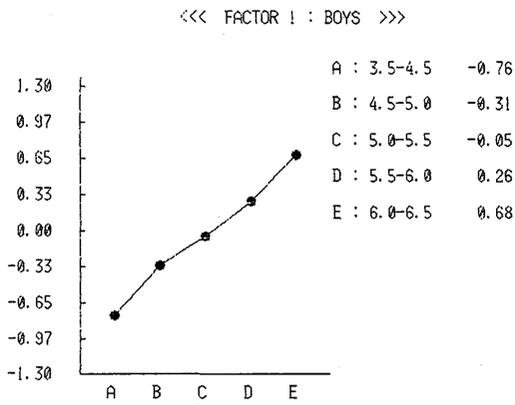


Figure 3-1. Developmental curves

Figure 3-2. Developmental curves

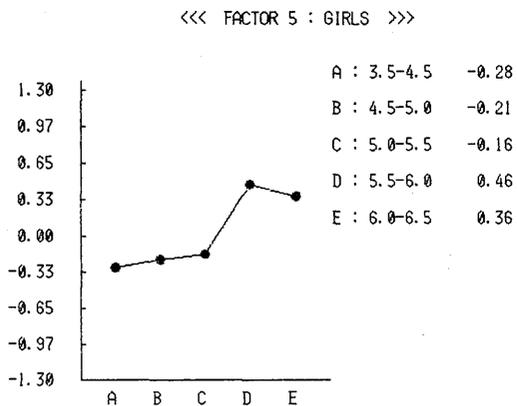
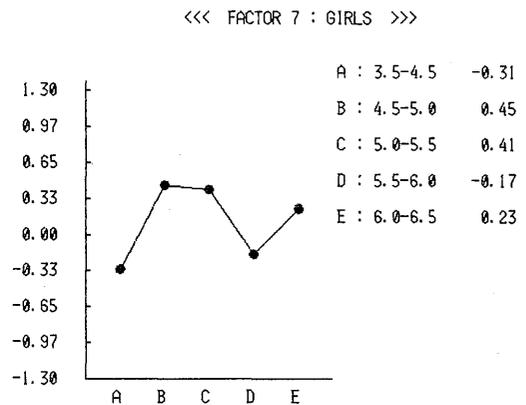
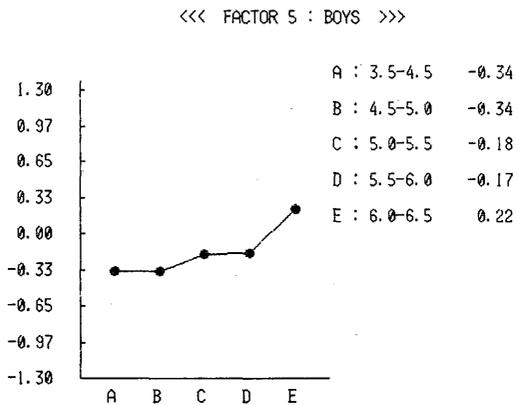
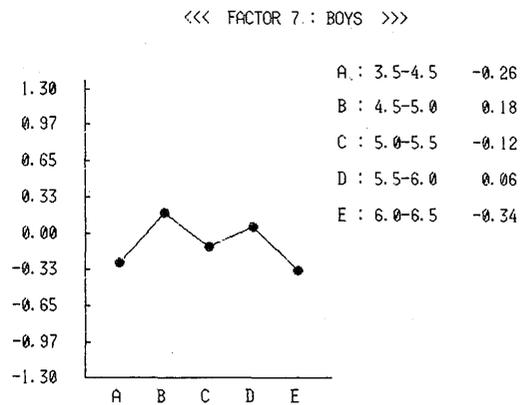
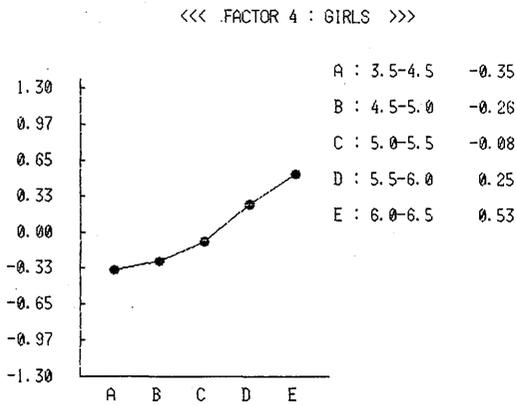


Figure 3-4. Developmental curves

Figure 3-3. Developmental curves

Table 5. Developmental patterns

pattern	fleq.	factor
- - - -	0	
- - - +	0	
- - + -	0	
- - + +	0	
- + - -	0	
- + - +	0	
- + + -	0	
- + + +	1	factor 5 (boys)
+ - - -	0	
+ - - +	1	factor 7 (girls)
+ - + -	2	factor 2 (boys), factor 7 (boys)
+ - + +	0	
+ + - -	0	
+ + - +	1	factor 3 (girls)
+ + + -	3	factor 3 (boys), factor 4 (boys), factor 5 (boys)
+ + + +	3	factor 1 (boys), factor 1 (girls), factor 4 (girls)

位置している。つまり、(+--+)のパターンは(++++)のパターンと類似し、かつ、(++++)の特性をさらにより特殊にした特性をもっているといえる。同様に(+--+)のパターンは(+--+)のパターンと類似し、かつ(+--+)

のパターンをより特殊にしたものと考えられることができる。つまり、これらの位置関係から各パターンを分類するとすれば4つのクラスターに分けて考えられるであろう。第1クラスターは(++++)のパターンであり、単調増加型と解釈できる。第

Table 6. Configuration of stages of age

AGE (YEARS)	SYMBOL	1	2
(3.5 - 4.5) - (4.5 - 5.0)	(-)	A	1.9146
	(+)	B	-0.1915
(4.5 - 5.0) - (5.0 - 5.5)	(-)	C	-0.8664
	(+)	D	0.3249
(5.0 - 5.5) - (5.5 - 6.0)	(-)	E	0.6591
	(+)	F	-0.1465
(5.5 - 6.0) - (6.0 - 6.5)	(-)	G	-0.9588
	(+)	H	0.7990

Table 7. Configuration of patterns

pattern	Symbol	1	2
(++++)	A	0.3197	0.1503
(+--+)	B	-0.8800	-0.1261
(+++)	C	-0.3957	0.4170
(+--+)	D	0.6475	-0.8317
(-+++)	E	1.1765	0.7567
(+--+)	F	0.1628	-1.3748

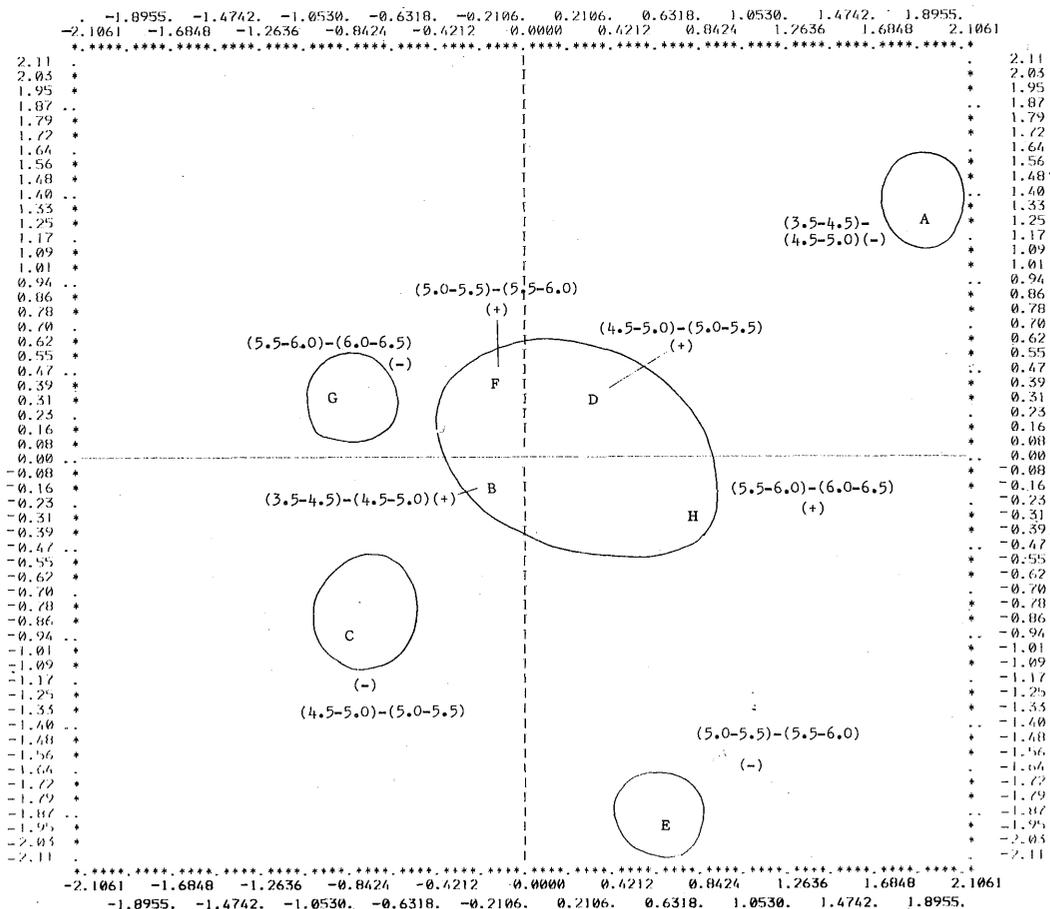


Figure 4. Configuration of stages of age

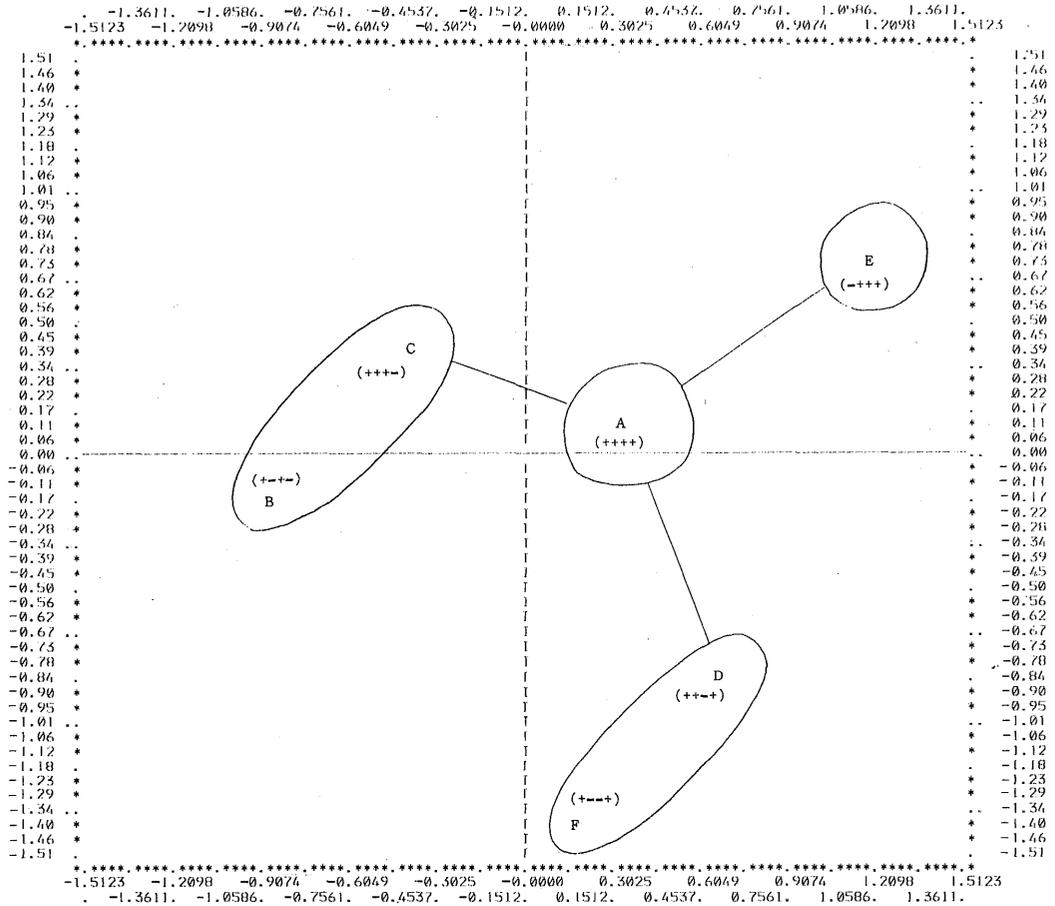


Fig. 5. Configuration of developmental patterns

2 クラスターは (+-+-) と (++++) であり、後期停滞型と解釈できる。第3クラスターは (++++) と (++++) であり、中期停滞型と解釈できる。そして、第4クラスターは (++++) であり、前期停滞型と解釈できる。これは空間の距離をもとに階層的クラスター分析(ワード法)を施こした結果であり、このクラスターの数の相関比は0.85739であり、このクラスター数を3つにすると相関比は0.42653となり、かなりの低下がみられることから妥当なクラスタリングであろう。

第1クラスターは「体格」(男女児)と「回転ジャンプバランス」(女児)が含まれる。第2クラスターは「膝つき立ちバランス」(男児),「片足とびバランス」(男児),「回転バランス」(男児),「ジャンプ中のバランス」(男児),「回転ジャンプバランス」(女児)が含まれる。第3クラスターは「回

転バランス」(女児),「片足とびバランス」(女児)が含まれる。そして、第4クラスターには、「回転ジャンプバランス」(男児)より構成されている。

このように、体格以外には男女児で同じパターンを示すものではなく、又、同一クラスターにも同じ因子の男女児の発達曲線が分類されることはない。つまり、平衡運動に關与する調整力の発達パターンはかなり明確な性差がみられる。

4. 結論

本研究は特定の関数型のあてはめが適切でない比較的短期間の発達傾向を知るため、その発達パターンに注目し、そのパターンにおける内的整合性の規準による数量化理論の適用を試み、発達曲線の一般的傾向及びその分類を行なった。

結果、幼児期における平衡運動に関与する調整力の発達傾向は一般的には単調増加型が基本で、その増加パターンによる年齢段階の区分は幼稚園の学年 (School age) に対応がみられた。又、発達曲線は (I) 単調増加型、(II) 前期停滞型 (III) 中期停滞型 (IV) 後期停滞型の 4 つに分類して、その発達傾向を把握することが適切であろうと考えられた。

引用及び参考文献

- 1) 青柳領「幼児の運動能力構造の加齢に伴う変化」未発表博士論文、筑波大学、1984.
- 2) Bass, R. I., "An Analysis of the Components of Tests of Semicircular Canal Function and of Static and Dynamic Balance," *Research Quarterly*, 10: 33-52, 1939.
- 3) Gallahue, D. L., "Motor Development and Movement Experience for Young children," John Wiley & Sons, inc., 1976. pp.129-150.
- 4) Horst, P., "Measuring Complex Attitude," *Journal of Social Psychology*, 6: 369-374, 1935.
- 5) 市村操一「発達曲線の分類法について——主成分分析とクラスターアナリシの適用の比較——」*東京教育大学体育学部紀要*, 12: 29-32, 1973.
- 6) 勝部篤美, *幼児体育の理論と実際*, 杏林書院, 1971. pp.48-53
- 7) 勝部篤美「幼児の運動能力についての12章」*体育の科学*, 22-6: 374-378, 1972.
- 8) 岸元肇, 馬場桂一郎「児童の運動機能の発達に関する一考察」*体育学研究*, 23-2: 141-151, 1978.
- 9) 小宮秀一「少年期における身長発育 pattern と運動能力の発達について」*体育学研究*, 16-2: 75-84, 1971.
- 10) 松浦義行「調整力について」*体育科学センター公開講演会概要*, 4: 9-23, 1977.
- 11) 松浦義行, *体育学研究法*, 逍遙書院, 1960. pp.236-247.
- 12) 松浦義行, *発達運動学*, 逍遙書院, 1975. pp.188-199.
- 13) 松浦義行「幼児期における運動能力の発達 ポー
ルハンドリング技能について」*体育学研究*, 23-2: 129-140, 1978.
- 14) 水野欽司「型 (パタン) の分析」東洋 (編), *データ解析 I*, 東京大学出版会, 1975. pp.217-243
- 15) 中村栄太郎, 松浦義行「4~8歳の幼児・児童の基礎運動能力の発達に関する研究」*体育学研究*, 24-2: 127-135, 1979.
- 16) 西里静彦, *質的データの数量化*, 朝倉書店, 1982. pp. 28-60
- 17) 西里静彦「双対 (最適) 尺度法」*数理科学*, 190: 76-83, 1979.
- 18) Nishisato, S., "Optimal Scaling of Paired Comparison and Rank order data: An Alternative to Guttman's Formulation," *Psychometrika*, 43-2: 263-271, 1978.
- 19) 西里静彦, *応用心理尺度構成法*, 誠信書房 1975. pp.167-202.
- 20) Nishisato, S., "Dual Scaling of Successive Categories Data," *Japanese Psychological Research*, 22-3: 134-143, 1980.
- 21) Nishisato S. and Sheu, W. J., "Piecewise Method of Reciprocal Average for Dual Scaling of Multiple-choice Data," *Psychometrika*, 45-4: 467-478. 1980.
- 22) Shiba, S., "The Generalized Method for Principal Components of Scale Analysis," *Japanese Psychological Research*, 7-4: 163-165, 1965.
- 23) Shiba, S., "A Method for Scoring Multicategory Items," *Japanese Psychological Research*, 7-2: 75-79, 1965.
- 24) 杉山明子「ラジオ嗜好とテレビ嗜好」*NHK放送文化研究所年報*, 8: 59-80, 1963.
- 25) 高田典衛, 松浦義行, 近藤充夫, 森下はるみ, 吉川和利「幼児期における調整力の生活との関連からみた構造と発達」*体育科学*, 5: 162-182, 1977.
- 26) 高石昌弘, 樋口満, 小島武次, *からだの発達——身体発達学へのアプローチ——*, 大修館書店, 1981. PP.49-50.
- 27) 遊佐清有「バランステストの検討」*体育の科学*, 4: 254-255, 1974.