

## 原著論文

## 項目応答理論による幼児の投動作フォームの主観的評価法

**A Subjective Evaluation of the Throwing Form of Young Children  
by Item Response Theory**

青柳 領<sup>1)</sup>

Osamu AOYAGI<sup>1</sup>

**Abstract**

The purpose of this study is to create a subjective test to evaluate the throwing form of young children, in which Item Response Theory is used. Test subjects included one hundred and sixty young children, who threw a tennis ball. The throwing distance was measured and their motions were videotaped. Twenty items pertaining to body movement were categorically evaluated into three areas, such as 'success', 'no opinion', or 'failure'. The correlation matrix among the body movement items was analyzed using a principal factor solution, and a one-dimensional structure was confirmed among the items. Next, applying the partial credit model of Item Response Theory into the data, step-difficulty parameters and ability estimates were obtained. From this information, the following results were obtained.

- 1) The difficulty correlation coefficient obtained from specimens, which had been randomly divided into two, was very high. In addition, the correlation coefficient of the ability parameters obtained from items, which had been randomly divided into two, was also very high. Therefore, specimen invariance and item invariance were considered.
  - 2) There was a significant difference in the mean values of ability estimates between the older children and younger children. It is considered that the obtained ability parameters could uniformly become higher as the age of the child increases. In addition, there was a high correlation between the ability parameters and the throwing distance.
  - 3) It is considered that the estimation method encompassing all items is appropriate for evaluating groups of test subjects with an average ability or a slightly better ability.
- Finally, a new scoring sheet for evaluation which wouldn't require complicated calculation was proposed. It is simple and easy because it only requires totaling test points.

**Key words** : Child, Throw Performance, Item Response Theory, Partial Credit Model

[Received May 11, 2006 ; Accepted November 20, 2006]

## 1. 緒言

幼児期の運動パフォーマンスは基本的技能においても未熟であり、成人同様に、安全で、美しく、目的にかなった動作フォームで成就することが不可能であ

る。したがって、その運動技能の評価は成人同様の観点、つまりパフォーマンステストの記録 (Product) からではなく、その運動フォームの可否<sup>15,16)</sup> やフォームの優劣 (Process)<sup>12)</sup> から行われることの方が妥当である。そういった観点から、幼児の運動フォームをいくつ

---

1) 福岡大学 スポーツ科学部 *Department of Health and Sport Science, Fukuoka University*

かの典型的なパターンに分類し、それらのパターンの推移から運動技能の発達を捉える試みが行われている<sup>5, 7, 10, 17, 18, 19, 27)</sup>。しかし、それら典型的なパターンへの分類では、いずれのパターンにも分類できない中間型が出現したり、短い年齢間隔ではほとんどの幼児が1つのパターンに分類されてしまい、細やかな年齢差や個人差を弁別できない場合がある。このような問題を解決するためには、相矛盾する評価項目間で優先して判断するキー項目を設定するなどの便宜的な処置が行われている<sup>18, 19)</sup>。また、身体各部の動作の可否を比尺度で得点化し、限定された年齢段階の個人の技能をより積極的に弁別しようとする評価法が提案されている<sup>1, 2)</sup>。

しかし、これら従来の評価法は個人の能力推定値を求めるための尺度が提案されているが、項目の難易度<sup>註1)</sup>との関連については言及されておらず、項目の難易度と個人の能力推定値<sup>註2)</sup>を同一尺度上で直接比較することはできない。項目の難易度と個人の能力推定値が同一尺度上に表現可能であれば、特定の能力水準にある個人に対して、特定の項目の成就の可・不可が予測可能になり、運動指導上有益な知見を提供することができる。項目の難易度と個人の能力推定値を同時に尺度化 (calibration) する方法は response-centered approach<sup>29)</sup> と呼ばれ、最も代表的な手法は項目応答理論であるといわれている。また、項目応答理論では、推定に用いられるデータ (標本) の能力水準の高低に依存しないで安定した

(invariant) 難易度を推定することが可能であるといわれている。

よって、本研究では、標本に依存しないで項目の難易度を推定でき、同じ尺度上で能力推定値と項目の難易度を比較することが可能な項目応答理論を用い、幼児の投動作フォームの評価法を提案する。特に、項目応答理論は、主観評価が順序尺度であり、困難度パラメタの推定に比較的少ない標本数でも安定した値が得られ、かつ、能力特性値が簡便な方法により推定可能な部分反応モデル<sup>13)</sup>を用いた。

## 2. 研究方法

### 2.1. 対象および評価項目

福岡市内のS幼稚園の園児160名(4歳児80名, 5歳児80名)を対象に硬式テニスボール投げの距離投げの測定を実施した。測定はソフトボールを用いて通常行われている方法<sup>23, 24)</sup>を用いた。その際の様子を、斜め前方からVTRに撮影し、後日再生し、20項目の主観評価項目について「できている」「どちらともいえない」「できていない」という3段階の評価を体育系学部生1名が行なった。

評価項目は、DeOreo<sup>5)</sup>, Galahue<sup>7)</sup>, 金・松浦<sup>10)</sup>, 宮丸・平木場<sup>17)</sup>, 中村<sup>18)</sup>, 中村ら<sup>19)</sup>, Wickstrom<sup>26)</sup>などの投動

表1 項目名と客観性係数

no.	項目名	省略した表現	部位	局面	客観性係数	
1	ワインドアップモーションがある	ワインドアップモーション	腕	準備局面	0.981	
2	主要局面で肘の曲げ伸ばしを使っている	肘の曲げ伸ばし		主要局面	0.997	
3	主要局面で、腕に前後左右の動きがある	腕の前後左右の動き			0.900	
4	主要局面で、ボールを持つ手の反対側の手が体の脇に曲げられ、脇が閉まっている	反対側の腕の屈曲と閉まり			0.850	
5	スウィングにスピードがある	スウィングのスピード			0.875	
6	主要局面で、手首を使っている	手首の使用			0.819	
7	主要局面で、ボールから手を離すタイミングがいい	ボールから手を離すタイミング			0.685	
8	ステップ(助走)を使っている	ステップ(助走)の使用	脚	準備局面	0.948	
9	足の振り上げができています	足の振り上げ		主要局面	0.960	
10	主要局面で、後方から前方の足へ体重移動がある	後方から前方の足への体重移動			0.931	
11	主要局面で、投げる側の反対の足が出ている	反対側の足の踏み出し			0.754	
12	主要局面で、膝の曲げ伸ばしを使っている	膝の曲げ伸ばし			0.749	
13	投げた後、投げた手の方の足が前に出る	投げた側の足踏み出し			0.791	
14	準備局面で、上体がボールを持っている側へひねられる	投げる側への上体のひねり			準備局面	0.889
15	主要局面で、上体が投げる側へ回転する	上体の投げる側への回転	上体	主要局面	0.961	
16	主要局面で、頭は投げる方向を向いている	投げる方向への頭の変換			0.856	
17	投げる動作のタイミングがいい(リズムがある)	投げる動作のタイミング			0.791	
18	上体の屈曲がある	上体の屈曲			0.958	
19	終末局面で、ボールを投げた後、上体がボールを持つ手の反対側にひねられる	投げた後の上体のひねり			終末局面	0.728
20	終末局面で、ボールを投げた後、フォロースルーがある	ボールを投げた後のフォロースルー			0.628	

注1) 項目応答理論のパラメタ $\delta$ の名称として「(ステップ) 困難度」を用い、成就率なども含めた、より一般的な概念として「難易度」を用いている。

注2) 項目応答理論のパラメタ $\theta$ の名称として「能力特性値」を用い、その他の尺度を含めた、より一般的な概念として「能力推定値」を用いている。また、「能力得点」は、「できない」を0点、「どちらともいえない」を1点、「できる」を2点とした場合の合計点を意味している。

作フォームの典型的な発達パターン<sup>25</sup>の記述を参考に、身体各部・局面別に細分化したものを設定した。評価項目は、項目名の省略形、身体部位、運動局面、客観性係数とともに表1に示した。客観性は全標本の中の30名の被評定者に対して、先の評定者に同様の体育系学部生2名を加えた3名の評定者の評価の級内相関係数<sup>4)</sup>である。

## 2.2. 部分反応モデル

項目応答理論は、評価が3段階の順序尺度である点を考慮し、比較的少ない標本数でも安定したパラメータが求められる部分反応モデルを適用して、困難度パラメータを求めた。部分反応モデルは、隣接するカテゴリ<sup>注3)</sup>間に注目するのが特徴で、対象者がカテゴリ $(k-1)$ よりもカテゴリ $k$ を選択する確率を、それぞれ $P_{k-1}$ と $P_k$ を用いてラッシュモデルで定義すると、

$$\frac{P_k}{P_k + P_{k-1}} = \frac{\exp(\theta - \delta_k)}{1 + \exp(\theta - \delta_k)} \quad (1)$$

となる。式1を移項・整理すると<sup>25, pp.98-100</sup>,

$$P_k = \exp(\theta - \delta_k) P_{k-1} \quad (2)$$

となり、同様に、 $P_{k-1} = \exp(\theta - \delta_{k-1}) P_{k-2}$ ,  $P_{k-2} = \exp(\theta - \delta_{k-2}) P_{k-3}$ , ……、 $P_1 = \exp(\theta - \delta_1) P_0$ となる。したがって、 $P_k$ は

$$P_k = \exp(\theta - \delta_k) \exp(\theta - \delta_{k-1}) \exp(\theta - \delta_{k-2}) \cdots \exp(\theta - \delta_1) P_0 \quad (3)$$

と表現される。ここですべてのカテゴリの出現確率の合計が1であることを考慮して

$$P_0 + P_1 + \cdots + P_m = 1 \quad (4)$$

(ただし、 $m$ は0を含む総カテゴリ数)

式4を分母とすると、 $P_k$ は

$$P_k = \frac{\exp(\theta - \delta_k)}{\sum_{l=0}^m \exp(\theta - \delta_l)} \quad (5)$$

(ただし、 $\exp(\theta - \delta_0) = 0$ )

となり、これを項目 $i$ 、被検者 $j$ について拡張して表現すると、式6ようになる。

$$P_{ijk} = \frac{\exp(\theta_j - \delta_{ih})}{\sum_{l=0}^m \exp(\theta_j - \delta_{lh})} \quad (6)$$

式6はカテゴリ特性関数と呼ばれる。ただし、段階応答モデル<sup>20,21)</sup>のように「困難度は単調的に増加する」という制約を課さなくてもよく、また、ラッシュモデルを用いているので、「できる=2」「どちらともいえない=1」「できない=0」というような得点ごとに能力特性値を推定することが可能(十分統計量)になり、かなり実用的になる利点がある(Harris et al.<sup>8)</sup>, Masters<sup>14)</sup>, Wilson & Iventosch<sup>28)</sup>)。図1はカテゴリ数が4つで、 $\delta_1 = -2$ ,  $\delta_2 = 0$ ,  $\delta_3 = 1.8$ で、困難度が単調的に増加している場合のカテゴリ特性曲線を示している。特に、隣接するカテゴリ特性曲線との交点を「ステップ困難度」といい、この点では両カテゴリのどちらに含まれるかは各々50%の確率となる。したがって、このステップ困難度は、いわゆるカテゴリの困難度を示していることになる。

ただし、このステップ困難度は必ずしも、カテゴリの増加とともに単調的に増加するとは限らない。図2は単調的に増加しない場合( $\delta_1 = 0$ ,  $\delta_2 = -1.5$ ,  $\delta_3 = 1.8$ )

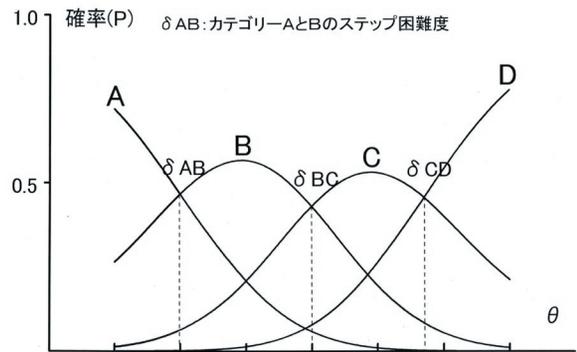


図1 部分反応モデルのカテゴリ特性関数

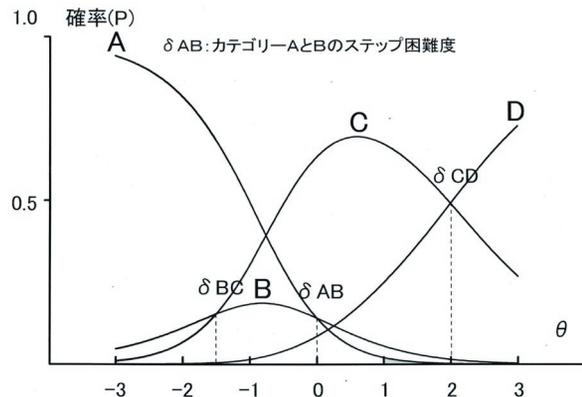


図2 ステップ困難度が単調増加でない場合

注3) 部分反応モデルの説明では、一般性を持たせるために、「できない」「どちらともいえない」「できる」などの評価をカテゴリと呼ぶことにする。

$\lambda = 2$ ) を示している。このような事例は、カテゴリ 2 の難易度が低く、カテゴリ 1 をクリアすれば、ほとんどの者がカテゴリ 3 まで到達してしまうような場合におこる。

ステップ困難度  $\delta$  および能力特性値  $\theta$  の計算は、Masters<sup>13)</sup> のアルゴリズムをもとに、F-BASIC (富士通) による筆者自身のプログラムを用いて行った。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1. 項目応答理論の適用可能性

$\theta$  という 1 つのものさし、つまり、1 次元尺度で能力を特定しようとしているので、全ての項目が 1 つの潜在的な能力を測定しているとみなせるかを検討した。「できる」「どちらともいえない」「できない」という順序尺度の評価を考慮して、グッドマンクラスカルの順序関連指数<sup>9, P.101)</sup> から相関行列を求め、それに対して、主因子解を適用した。図 3 はその次元別の固有値の変化を示している。第 1 因子の固有値は 12.38 と、第 2 因子以降と比較して著しく大であり、また、全ての項目は 0.5 以上の有意な負荷量であった。よって、これらの項目は同質性が高く、1 次元性が認められと考えることができる。

次に、 $\chi^2$  検定を用いて適合度の検討を行った。 $\chi^2$  値は  $\theta$  の存在する範囲を 0.3 間隔に区分し、実際に含まれる標本数とカテゴリ特性曲線から推定される期待値から求めた。ただし、期待値が 5 未満の場合は  $\chi^2$  分布からの乖離が著しい<sup>9, P.95)</sup> ので除外した。したがって、除外した区分だけ自由度は少なくなっている。 $\chi^2$  値と自由度は表 2 に示した。結果は、1% の有意水準で有意差がみられたのは 1 項目のみで、概ね適合度は良好と考えることができる。

そして、項目パラメタが標本に依存しないか、そして、能力特性値が特定の項目に依存した値ではないのかを検討した。まず、標本をランダムに 2 分割して、各々について求められた困難度パラメタ間の相関係数、そして、能力特性値  $\theta$  に関しても、項目をランダムに 2 分割して、各々について求められた  $\theta$  間の相関係数を求めた。困難度パラメタ間の相関係数は 0.859 であり、能力特性値間の相関係数は 0.999 であった。つまり、どちらの標本から求められたパラメタであっても、大差がなく、標本に依存しない値であると考えることができ、どちらの項目群から求められた  $\theta$  であっても、大差がなく、特定の項目に依存しない能力特性値であると考えることができる。

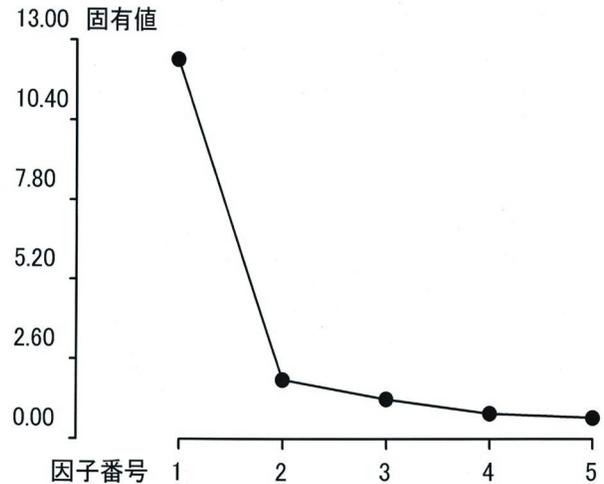


図3 因子による固有値の変化

表2 適合度

no.	項目名	$\chi^2$ 値 注1)	自由度 注2)
1	windアップモーション	4.014	8
2	肘の曲げ伸ばし	7.236	11
3	腕の前後左右の動き	7.357	12
4	反対側の腕の屈曲と閉まり	22.181	13
5	スウィングのスピード	12.510	9
6	手首の使用	8.228	11
7	ボールから手を離すタイミング	11.704	12
8	ステップ(助走)の使用	21.238	9
9	足の振り上げ	19.423	10
10	後方から前方の足への体重移動	15.510	11
11	反対側の足の踏み出し	17.175	13
12	膝の曲げ伸ばし	8.086	11
13	投げた側の足踏み出し	19.838	13
14	投げる側への上体のひねり	17.548	12
15	上体の投げる側への回転	12.221	12
16	投げる方向への頭の変換	29.110 **	12
17	投げる動作のタイミング	10.663	11
18	上体の屈曲	12.795	11
19	投げた後の上体のひねり	19.632	12
20	ボールを投げた後のフォロースルー	8.193	12

注1) \*\*: P<0.01

注2) 期待値が5未満のセルは除いたので自由度はそれに依りて変わる

また、推定された  $\theta$  は年齢と有意な相関 0.360 ( $P < 0.01$ ) を示した。つまり、成熟とともに発達するであろう幼児の運動能力を  $\theta$  が測定していると考えられる。また、テニスボール投げの測定値との相関も 0.627 と有意な関連 ( $P < 0.01$ ) を示した。

#### 3.2. ステップ困難度

表 3 は求められたステップ困難度とその推定の標準誤差を「できない」から「どちらともいえない」、そして「どちらともいえない」から「できる」のカテゴリ一別に示したものである。「windアップモーション」「ステップ(助走)の使用」「足の振り上げ」はその大小が単調増加ではなく、比較的判断が容易で「どちらともいえない」という評価がほとんどなかったことがわかる。そして、各項目の 2 つのステップ困難度から判断すると、「windアップモーション」「反対側の腕の屈曲と閉まり」

表3 ステップ困難度と標準誤差

no.	項目名 <sup>注1</sup>	「できない」から「どちらともいえない」		「どちらともいえない」から「できる」	
		ステップ困難度	標準誤差	ステップ困難度	標準誤差
1	ワインドアップモーション	2.157	0.253	0.861	0.394
4	反対側の腕の屈曲と閉まり	0.627	0.184	1.535	0.334
14	投げる側への上体のひねり	0.589	0.182	0.926	0.273
8	ステップ(助走)の使用	0.985	0.188	0.156	0.240
18	上体の屈曲	-0.484	0.175	1.499	0.273
13	投げた側の足踏み出し	0.170	0.176	0.820	0.246
10	後方から前方の足への体重移動	-0.077	0.175	0.822	0.237
12	膝の曲げ伸ばし	-0.503	0.176	1.233	0.251
17	投げる動作のタイミング	-0.412	0.176	1.077	0.243
7	ボールから手を離すタイミング	-0.500	0.177	1.052	0.239
20	ボールを投げた後のフォロースルー	-0.797	0.181	1.096	0.234
19	投げた後の上体のひねり	-0.917	0.184	1.027	0.227
15	上体の投げる側への回転	-1.083	0.188	1.177	0.233
9	足の振り上げ	0.692	0.182	-0.619	0.198
3	腕の前後左右の動き	-0.943	0.185	0.983	0.224
6	手首の使用	-1.481	0.206	0.838	0.208
11	反対側の足の踏み出し	-0.619	0.193	-0.378	0.182
5	スウィングのスピード	-2.055	0.241	0.771	0.199
16	投げる方向への頭の変換	-2.351	0.267	0.654	0.193
2	肘の曲げ伸ばし	-3.747	0.461	0.779	0.193

注1) 項目の順位はステップ困難度の平均値の降順

注2) ※印は困難度が単調増加していないことを示す

「投げる側への上体のひねり」などは高く、成就が困難な項目であり、逆に、「肘の曲げ伸ばし」「投げる方向への頭の変換」「スウィングのスピード」などは低く、多くの者が成就可能な項目であった。

### 3.3. 得点別の能力特性値の推定値

さて、これらの項目から個人の能力値 $\theta$ を求めるためには、通常の項目応答理論や段階応答モデルでは、成就の可否に応じた、各パターンごとに非線形最適化法を用いて求めた。これは、通常、コンピュータを利用してしか実際には求められず、実用的であるとはいえない。また、可否のパターンの組み合わせは無限に近く存在するのでそれぞれのパターンに対する $\theta$ をあらかじめ計算しておくこともできない。しかし、部分反応モデル(Raschモデル)の特徴である「得点が $\theta$ 推定の十分条件である」という性質から、得点別の $\theta$ を求めておくことができる。こうすることにより、一度すべての得点に対する $\theta$ を求めておけば、それ以後コンピュータを使わなくても $\theta$ を求めることができる。得点別の場合、無限に近くある $\theta$ のパターンがかなり減るので実用的である。表4は求められた $\theta$ と得点の対応表である。得点は、できたは2点、どちらともいえないは1点、できないは0点として、全項目を合計した点数と能力特性値 $\theta$ との対応を示している。ただし、最尤法を用いているので、合計点が0点と満点については求めることができない。図4は得点と推定された能力特性値との関係をグラフに示したものである。単調的ではあるが直線的ではなく、平均的なレベル

表4 得点別能力特性値の換算表

得点 <sup>注1)</sup>	$\theta$	標準誤差
1	-2.465	1.100
2	-1.970	0.816
3	-1.659	0.683
4	-1.429	0.601
5	-1.246	0.544
6	-1.094	0.501
7	-0.962	0.468
8	-0.846	0.441
9	-0.742	0.420
10	-0.647	0.402
11	-0.560	0.387
12	-0.479	0.375
13	-0.402	0.364
14	-0.329	0.355
15	-0.260	0.348
16	-0.193	0.342
17	-0.128	0.337
18	-0.065	0.334
19	-0.003	0.331
20	0.058	0.329
21	0.119	0.328
22	0.179	0.328
23	0.240	0.329
24	0.301	0.331
25	0.363	0.333
26	0.426	0.337
27	0.491	0.342
28	0.558	0.348
29	0.627	0.356
30	0.700	0.365
31	0.778	0.377
32	0.861	0.392
33	0.951	0.412
34	1.052	0.437
35	1.168	0.471
36	1.305	0.519
37	1.477	0.592
38	1.714	0.718
39	2.111	1.007

注1) 得点は「できない」を0点、「どちらともいえない」を1点、「できる」を2点とした場合の合計点

注2) 0点と満点は推定できない

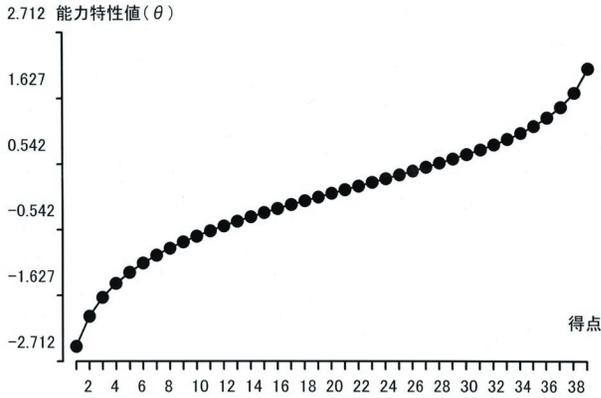


図4 得点と $\theta$ との関係

では得点の増加に対してそれほど能力特性値は増加しないのに対して、高得点のレベルでは能力特性値の向上は著しいことを示している。

### 3.4. 情報関数

図5は全項目からなるテストの情報関数を示したものである。情報関数とは推定の精度の高さを示したもので、この値が大であればあるほど、その尺度上の点で能力特性値の推定精度が高いことを示している。今回のテストでは、最大値が0.430付近の正の値であった。情報量の最大値が9.292となり、これは信頼性係数に直すと0.903になる<sup>25, pp.124-126</sup>。また、信頼性係数0.85に対応する情報量は5.66であり、この値をカバーする領域は概ね-1.0から+1.5であるので、この範囲で信頼性係数0.85以上の推定が可能と考えられる。つまり、中程度の者、そして、それよりやや優れている者の能力をより精度高く推定可能であり、これらの能力の個人差を弁別するに効果的であると考えられる。

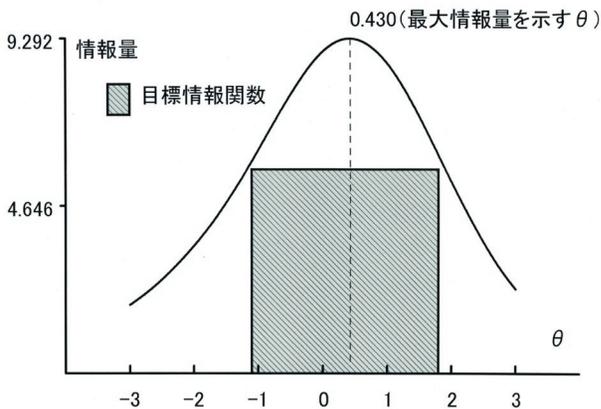


図5 テスト情報関数

### 3.5. 投動作フォーム診断シート

項目応答理論を用いた評価では、非線形最適化法により能力特性値を求めたり、すべての項目を使わなくても情報量を最大にする項目のみを適宜選択して実施する適応形テスト<sup>3,11</sup>が用いられるので、パソコンの利用が前提である。しかし、部分反応モデルがRaschモデルであることから、パソコンを利用しなくとも本研究で得られた結果をまとめ、より簡便で、実用的な評価を行うことが可能である。図6はそのような観点から、Zhu and Cole<sup>29</sup>を参考に作成された投動作フォーム診断シートである。このシートはVisual Basicによってプログラムされ、数値を精度よく反映している。この図の下部は図4の縦軸と横軸を交換し、表3の推定の標準誤差を左右に付け加えたものである。中央部はステップ困難度を同一尺度上にプロットしたものである。図中の△は「できない」から「どちらともいえない」へのステップ困難度、○は「どちらともいえない」から「できた」へのステップ困難度である。ただし、▲は±3の範囲を越えた値であることを示している。そして、上部は求められた能力特性値 $\theta$ の男女・年齢別の平均と標準偏差から求められた正規分布を示している。「平均±0.5×標準偏差」を境に、A(優れている)、B(普通)、C(劣っている)の3群に区分している。

まず、この診断シートの中央部にある評価項目について、「どちらともいえない」場合は△のみに、「できる」場合は△と○にチェックをつけていく(図では中を塗りつぶしている)。すべてチェックが終わったら、チェックの数を数える。この数がテスト得点となる。次に、下部の縦軸上のテスト得点から当該点数の点を見つけ、その地点から横に直線を描き、曲線との交点を見つける。この交点に対応する横軸上の値が能力特性値 $\theta$ として求められる。そして、その交点から垂直に当該年齢・性別の正規分布まで直線を描く。垂直線は3本描かれるが、左右の線は「±推定の標準誤差」なので判断の許容範囲とみなすことができる。中央部のステップ困難度においては、垂直線の左側は成就可能、右側は成就不可能という予測が許容範囲内で通常は成り立つことになる。上部の年齢・性別の正規分布間では、加齢とともに能力特性値の平均値は右側に移行するが、Dohrmann<sup>6</sup>などが指摘するように、女兒よりも男児の方が全体的に優れており、投技能には明確な性差がみられている。また、バラツキも女兒は少なく、男児の方が個人差は著しい。上部の年齢と性差を考慮した相対評価はこのような状況を考慮して行うことができる。

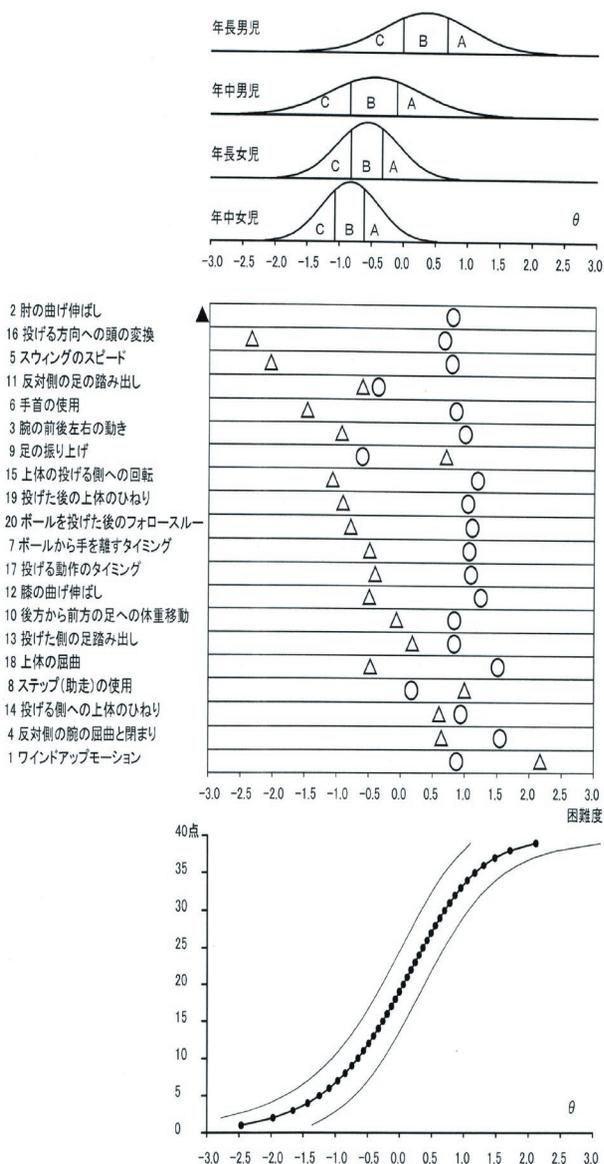


図6 投動作フォーム診断シート

注) △は「できない」から「どちらともいえない」のステップ困難度, ○は「どちらともいえない」から「できる」のステップ困難度。▲は範囲外の値。  
A: 優れている B: 普通 C: 劣っている

### 3.6. 診断例と現場での活用例

この診断シートを用いて、図7は得点が12点の年長女児の場合の診断例、図8は得点が28点の年長男児の診断例を示している。

図7の場合は、3本の垂直線の中に4個の黒マーク(達成)と4個の白マーク(未達成)がある。これはステップ困難度が各々隣接するカテゴリーの発現が50%であることを考えれば典型的な技能の発揮パターンであるとみなすことができる。ただし、「足の振り上げ」では3本線の右側に黒マーク(達成)があり、3本線中に

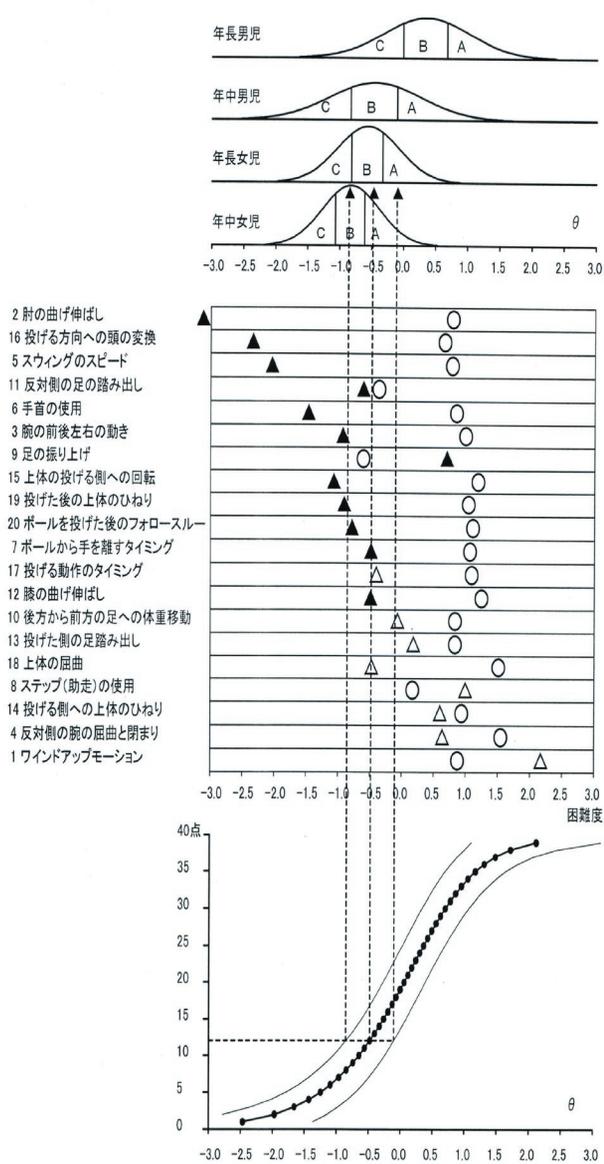


図7 診断シートによる診断例(年長女児, 得点12の場合)

注) ●▲はそのレベルまで達している状態。○△は達していない状態。その他は図6と同様。

白マーク(未達成)があり、典型的なパターンではない。しかし、この項目自体のステップ困難度が単調的ではないことからすれば、その中間付近が実質的な評価になると考えられるので、必ずしも特異な反応パターンというわけでもない。

図8の場合は、ほとんどが3本線の間と左側に黒マークがある。唯一、「ワインドアップモーション」の項目で、3本線の右側に黒マーク(達成)があるが、これも図7同様に、ステップ困難度自体が逆転している項目であることから、実質的にはこの中間付近が能力特性値に相当する位置になると考えられる。ただし、「反対側

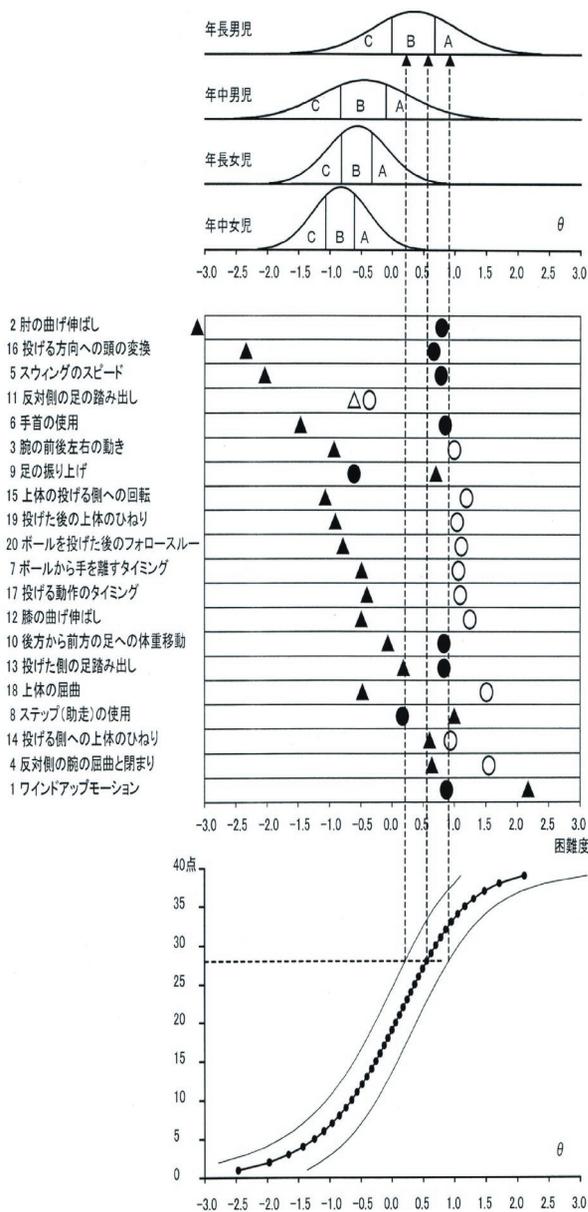


図8 診断シートによる診断例（年長男児，得点 28）

注）●▲はそのレベルまで達している状態。○△は達していない状態。その他は図6と同様。

の足の踏み出し」だけは3本線の左側にもかかわらず、白マーク（未達成）であった。これは得点28点に相当する能力特性値  $\theta = 0.558$  であれば、当然「できる」という評価でなければならないはずである。しかし実際は達成していないことになり、何らかの原因で特異な反応パターンを示していることになる。原因としては、成熟という点からは十分レディネスがあるにもかかわらず、たまたまそのような知識・運動経験が不足していたことが考えられる。もし、運動経験が不足しているだけであれば、そのような指導を行い、運動経験を増加させる働きかけが必要であろう。また、そのような働きかけに対

しても向上がみられないのであれば、発育発達上の問題や身体各部の障害も考えなければならないであろう。

この診断例のように、本研究の成果はこのような指導者が幼児の基礎運動技能の指導をする場合、個人別の指導方針を考える基礎資料を提供するものと考えられる。

#### 4. まとめ

幼児の投動作のフォームを評価するテストを作成するために、幼稚園の園児160名を対象にテニスボール投げの測定を行い、その際の身体各部20項目の動作の可否を「できる」「どちらともいえない」「できない」という3段階で調査した。主因子解の固有値の変化から、このデータはお互いに同質性が高く、1次元の構造を持っていたので、さらに項目応答理論を適用して、困難度パラメタと能力特性値を求めた。項目応答理論は、評価が順序尺度で得られ、標本数が限定され、かつ、能力特性値が簡便な方法により推定可能な点を考慮し、部分反応モデルを用いた。これらの分析結果から以下のような知見を得た。

- 1) 無作為に2分割された標本から別々に求められた困難度パラメタの相関は高く、標本に依存しない項目パラメタであった。また、無作為に2分割された項目群から別々に求められた  $\theta$  の相関も高く、項目に依存しない能力特性値であった。
- 2) 求められた  $\theta$  の年齢別の平均値には有意な差がみられ、求められた  $\theta$  は成熟と共に向上する能力を測定していると考えられ、また、テニスボール投げの測定値とも相関が高く、投技能を測定していると考えられる。
- 3) 20項目からなるテスト情報関数からみれば、中程度からやや能力の高いレベルで最大となり、それらの範囲で個人差を識別するのに適したものであった。
- 4) 最後に、得点別の能力特性値  $\theta$  を求め、さらに、より実用的な投動作フォーム診断シートを提案し、それらの活用例を示した。これらの事例から、項目応答理論が投動作フォームの評価・診断に有効であることを示した。

#### 引用・参考文献

- 1) 青柳領（1999）幼児の跳動作の主観的評価法の検討．日本体育学会第49回大会号：424.
- 2) 青柳領（2003）幼児の25m走の観察的評価法．九

- 州体育・スポーツ学研究 17(1) : 1-8.
- 3) 青柳領 (2005) 項目応答理論による運動能力の測定. 権歌書房 : 福岡, pp. 105-117.
- 4) Baumgartner, T.A. and Jackson, A.S. (1984) Measurement for Evaluation in Physical Education. 2nd edition, Wm. C. Brown Company Publishers : Dubuque, Iowa, pp.119-124.
- 5) DeOreo, K. (1980) Refining Nonlocomotor Skills. In Corbin, C.B. (ed), A Textbook of Motor Development, 2nd edition, Wm. C. Brown Company Publishers : Dubuque, Iowa, pp.67-70.
- 6) Dohrmann, P. (1964) Throwing and Kicking Ability of 8-year-old Boys and Girls. Research Quarterly 35-4 : 464-471.
- 7) Gallahue, D.L. (1982) Understanding Motor Development in Children, John Wiley & Sons, Inc. : New York, pp.207-210.
- 8) Harris, J., Laan, S. and Mossenson, L. (1988) Applying Partial Credit Analysis to the Construction of Narrative Writing Tests. Applied Measurement in Education 1(4) : 335-346.
- 9) 池田央 (1989) 統計ガイドブック. 新曜社 : 東京.
- 10) 金善応・松浦義行 (1988) 幼児及び児童における基礎運動技能の量的変化と質的变化に関する研究 一走, 跳, 投運動を中心に. 体育学研究 33 : 27-38.
- 11) Koch, W.R. and Dodd, B.G. (1989) An Investigation of Procedures for Computerized Adaptive Testing Using Partial Credit Scoring. Applied Measurement in Education 2(4) : 335-357.
- 12) Malina, R.M. and Bouchard, C. (1991) Growth, Maturation, and Physical Activity. Human Kinetics Books : Champaign. pp.178-183.
- 13) Masters, G.N. (1982) A Rasch Model for Partial Credit Scoring. Psychometrika 47 : 149-174.
- 14) Masters, G.N. (1984) Constructing an Item Bank Using Partial Credit Scoring. Journal of Educational Measurement 21(1) : 19-32.
- 15) 松浦義行 (1975) 新体育学講座 67 発達運動学. 逍遙書院 : 東京, pp. 141-142.
- 16) 松浦義行 (1982) 体力の発達. 朝倉書店 : 東京, pp. 45-67.
- 17) 宮丸凱史・平木場浩二 (1982) 幼児のボールハンドリング技能における協応性の発達 (3) 投動作様式の発達とトレーニング効果. 体育科学 10 : 111 - 124.
- 18) 中村和彦 (2001) 観察的評価による幼児の走動作の発達. 宮丸凱史編 疾走能力の発達. 杏林書院 : 東京, pp. 61-69.
- 19) 中村和彦・宮丸凱史・久野譜也 (1987) 幼児の投動作様式の発達とその評価に関する研究. 筑波大学体育科学系研究紀要 10 : 157-166.
- 20) Samejima, F. (1969) Estimation of Latent Ability Using a Response Pattern of Graded Scores. Psychometrika Monograph 17 : 1-100.
- 21) Samejima, F. (1997) Graded Response Theory. In : van der Linden, W.J. and Hambleton, R.K. (Eds.) Handbook of Modern Item Response Theory. Springer : New York, pp.85-100.
- 22) 芝祐順 (1991) 項目反応理論基礎と応用. 東京大学出版会 : 東京, pp. 44-45.
- 23) 東京教育大学体育心理学研究室 (1974) 行動観察と運動能力テストからみた幼児の運動能力の発達. 東京教育大学体育心理学研究室. pp. 1-45.
- 24) 東京都立大学 (1980) 日本人の体力標準値. 第3版, 不味堂出版 : 東京, P. 450.
- 25) 豊田秀樹 (2002) 項目反応理論入門編 ーテストと測定の科学ー. 朝倉書店 : 東京.
- 26) Wickstrom, R.L. (1977) Fundamental Motor Patterns. 2nd edition, Lea & Febiger : Philadelphia, pp. 59-90.
- 27) Wild, M.R. (1938) The Behavior Pattern of Throwing and Some Observations concerning Its Course of Development in Children. Research Quarterly 9 : 20-25.
- 28) Wilson, M. and Iventosch, L. (1988) Using the Partial Credit Model to Investigate Responses to Structured Subtests. Applied Measurement in Education 1(4) : 319-334.
- 29) Zhu, W. and Cole, E. (1996) Many-Faceted Rasch Calibration of a Gross Motor Instrument. Research Quarterly for Exercise and Sport, 67(1) : 24-34.