

「投げる動作の発達」  
～これまでの分類法を用いた比較検討～

山崎雅史

目次

1. 序論
  - 1-1 緒言
  - 1-2 本研究の目的
  
2. 方法
  - 2-1 被験者
  - 2-2 計測手順および方法
  - 2-3 データの統計処理
  
3. 結果
  - 3-1 ボール投距離
  - 3-2 ボール初速度
  - 3-3 スナップ比
  - 3-4 宮丸の分類
  
4. 考察
  - 4-1 本研究と先行研究における、被験者の身体的特徴の比較
  - 4-2 ボール飛距離・ボール初速度について
  - 4-3 スナップ比・フォームについて
  
5. 結論

参考文献

「投げる動作の発達」  
～これまでの分類法を用いた比較検討～

山崎雅史

体力・運動能力調査にも用いられている、投距離というのは量的な成果であり、その成果を生み出している原因については明らかにすることができない。そこで、本研究では、量的な成果である投距離を生み出している質的な原因として、投球フォームを取り上げ、量的・質的の両面から投動作の発達にどのような違いが生じているのか検討することを目的とした。

被験者（小学生195名）には半径1mの円の中から上手投げ（overarm throwing）で、できるだけ遠くまでボールを投げるように指示した。試技は2回行い、遠くまで飛んだ試技についてのみ投距離の記録をとった。ボールは、他の研究との比較を考慮して、テニスボールを用いた。同時に、投球方向に垂直な方向で、被験者から5mの距離にデジタルビデオカメラを設置し、投球フォームを撮影し（60 Hz）、ボールのリリース前後の、ボール・手首の速度の変化（ボール初速度・スナップ比）を求めた。

本研究の結果から、男子において著しい投動作の獲得を行う6，7，8歳までの発達は以前と比べても同様であるが、9歳以降の発達が不十分であることが明らかとなった。女子では全ての年齢で獲得が不十分であった。しかし先行研究と同程度のフォームの獲得（宮丸の分類より）ができていたことから、男女共に、より腰を捻転させる、スナップを使うなどの‘巧み’な動作の獲得ができていないことが投距離の低下の原因として示唆された。

勤務先 豊中市立桜井谷東小学校

1. はじめに

## 1-1 緒言

子どもの運動能力がここ 10 年で急激に低下していると叫ばれる昨今、その原因を探求することが必要であろう。

平成 15(2003)年度の体力・運動能力調査報告書には、今回のデータのみならず、以前との比較が行われていた(図 1)。その中で投能力(ソフトボール投げ)の低下に目を向けざるをえなかった。それは以前に比べ、明らかに低下していたからである。

多くの先行研究で認められる、投能力の向上に伴う、投動作の急速な変化が見られる幼児期(2 歳前後から 6 歳過ぎぐらい)<sup>4),9),10)</sup>でも、同様の現象が平成 14 年度体力・運動能力調査報告書より明らかにされた。3~6 歳までの幼児の体格や運動能力を現在と 30 年前とで比較すると、体格の大型化に伴い、20m 走や立ち幅跳びの記録は伸びているが、投距離は低下している。<sup>8)</sup> また、ソフトボール投げ、ハンドボール投げの結果を見てみると、体格や筋力発揮に性差がない、幼少期から男女に差があり、その差は縮まることなく成人まで次第に拡大していく傾向にある。

このことは、「人間というものはそもそも投球可能なわけではない。投げる可能性を与えられた動物である」<sup>12)</sup> や「学習によって投動作は急速に発達し、合目的なヒト特有の投動作を可能にする」<sup>4)</sup> が表しているように、投動作の獲得は大いに文化的・社会的な影響を受けることが考えられるのである。<sup>1),2)</sup> すなわち、幼児・児童期で練習が不足すれば、それは生涯にわたって影響を及ぼし、子どもたちはせつかくの身体的能力を十分に発達させないまま大人になっていきつつある。<sup>8),12)</sup> それがまさに今、体力・運動能力調査の投距離の結果として明らかにされた。

## 1-2 本研究の目的

体力・運動能力調査にも用いられている、投距離というのは量的な成果であり、その成果を生み出している原因については明らかにすることができない。そこで、本研究では、量的な成果である投距離を生み出している質的な原因として、投球フォームを取り上げる。

「投げる」という動作は‘偶然の手放し(accidental letting go)’<sup>1)</sup> から始まり、加齢とともにオーバーハンドスローが多くなる<sup>9)</sup> というように、投動作を発達のステージによって捉えようとする研究が行われてきた。<sup>4),9),10)</sup> そこで本研究では、以前分類した方法と同様の手法を用い、現代の子どもを分類し、結果を比較することで、「投げる」動作のフォームの発達にどのような違いが生じているのかを明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

### 2-1 被験者

本研究における被験者は表1. に示す通り、大阪府豊中市にある小学校に通う6歳から12歳の児童、男女計195名であった。この小学校ではこれまで子ども達の投球技能の発達を意図した特別なトレーニングプログラムは実施していなかった。

被験者の身体的特徴は、表1. に平均値と標準偏差で示されている。身長および体重に見られる男女差は、全ての年齢において統計的に有意なものではなかった。

表1. 被験者の身体的特徴

age	sex	n	height	weight
6	boy	13	117.18±4.35	20.94±2.09
	girl	19	114.22±4.84	21.05±2.79
7	boy	15	120.45±4.26	22.25±1.91
	girl	17	120.08±6.03	22.46±2.70
8	boy	18	126.57±4.59	25.41±3.62
	girl	15	125.13±4.69	25.17±3.26
9	boy	19	133.75±5.69	32.09±7.94
	girl	17	131.19±3.88	27.46±3.00
10	boy	20	138.74±7.45	37.00±15.38
	girl	15	136.51±6.36	29.87±4.97
11	boy	15	144.62±7.10	38.29±14.87
	girl	12	143.74±7.62	36.28±5.33

### 2-2 計測手順および方法

被験者には半径 1mの円の中から上手投げ (overarm throwing) で、できるだけ遠くまでボールを投げるように指示した。試技は2回行い、遠くまで飛んだ試技についてのみ投距離の記録をとった。ボールは、他の研究との比較を考慮して、テニスボールを用いた。同時に、投球方向に垂直な方向で、被験者から 5mの距離にデジタルビデオカメラを設置し、投球フォームを撮影した。サンプリング周波数60Hzであった。

遠くまで飛んだ試技の動作記録フィルムから、ボールのリリース前後の、ボール・手首の速度の変化(ボール初速度・スナップ比)を求めた。この解析には、新大阪商会の Dynas2D を用いた。

また、撮影したデジタルビデオより、本研究児童における宮丸の分類を行った。宮丸の分類はパターン1からパターン6までの6段階である。詳細は以下の通りである。

パターン1ー上体の前後方向の動きと手と肘の伸展だけでボールを投げる

パターン2ーパターン1の投げ方で手が頭の後方へ引き上げられるようになる

パターン3ーパターン2の段階に肘と肩を後方に引く動作と体幹部の回転を加えて投げる

パターン4ーさらに、投げ手側の脚の投方向へのステップが加わり、体重を移動して投げる

パターン5ー投げ手と反対側の脚の投方向へのステップがあり、体重移動をしながら体幹部を捻転させ投げる

パターン6ー野球のピッチングのワインドアップモーションが加わる

### 2-3 データの統計処理

測定値は各年齢群、性別で分け、平均値と標準偏差を計算した。各測定値の年齢間および男女差の比較については、一元配置の分散分析 (ANOVA) を行った。年齢間において主効果が有意な場合、その後 Turkey の多重比較法により群間の差の検定を行った。危険率は全て5%未満を有意とした。

## 3. 結果

### 3-1 ボール投距離

ボール飛距離の各年齢群の男女それぞれの平均値と標準偏差は表2. と図1. に示した通りである。一元配

置の分散分析を行った結果、男女ともに年齢群間に優位さが認められ、年齢とともに大きくなる傾向にあった。(男子  $F_b=15.37 > F(5,80)=2.33$ , 女子  $F_b=7.95 > F(5,82)=2.33$ )。これは、学年進行とともに、ボールを遠くに投げることができるようになっていくことを表している。次いで Turkey 法による多重比較を行った結果、男子では全ての群間において、女子では7歳から8歳にかけて、9歳から10歳にかけて有意に大きいことが認められた(図1.)。また、全ての年齢群において有意な男女差が認められた。これは男子のボール飛距離は女子のそれより全ての年齢で有意に大きかったことを表している。

表2. ボール飛距離・ボール初速度・スナップ比の結果

age	sex	n	ボール飛距離(m)	ボール初速度(m/s)	スナップ比
6	boy	13	11.15±2.91	11.38±1.74	1.35±1.47
	girl	19	7.89±2.51	9.12±1.62	1.32±1.79
7	boy	15	16.07±7.01	12.90±4.08	1.56±2.02
	girl	17	9.18±4.89	9.44±2.73	1.37±1.58
8	boy	18	18.89±6.64	15.22±3.83	1.48±1.54
	girl	15	11.33±3.44	12.05±1.71	1.42±1.20
9	boy	19	21.74±7.34	17.73±3.31	1.50±1.99
	girl	17	13.12±4.39	11.84±2.52	1.40±1.24
10	boy	20	24.85±7.75	18.62±3.21	1.59±1.66
	girl	15	14.93±3.65	12.18±2.35	1.48±1.29
11	boy	15	28.20±6.70	18.59±3.61	1.57±1.74
	girl	12	14.17±4.02	12.48±2.54	1.49±1.51

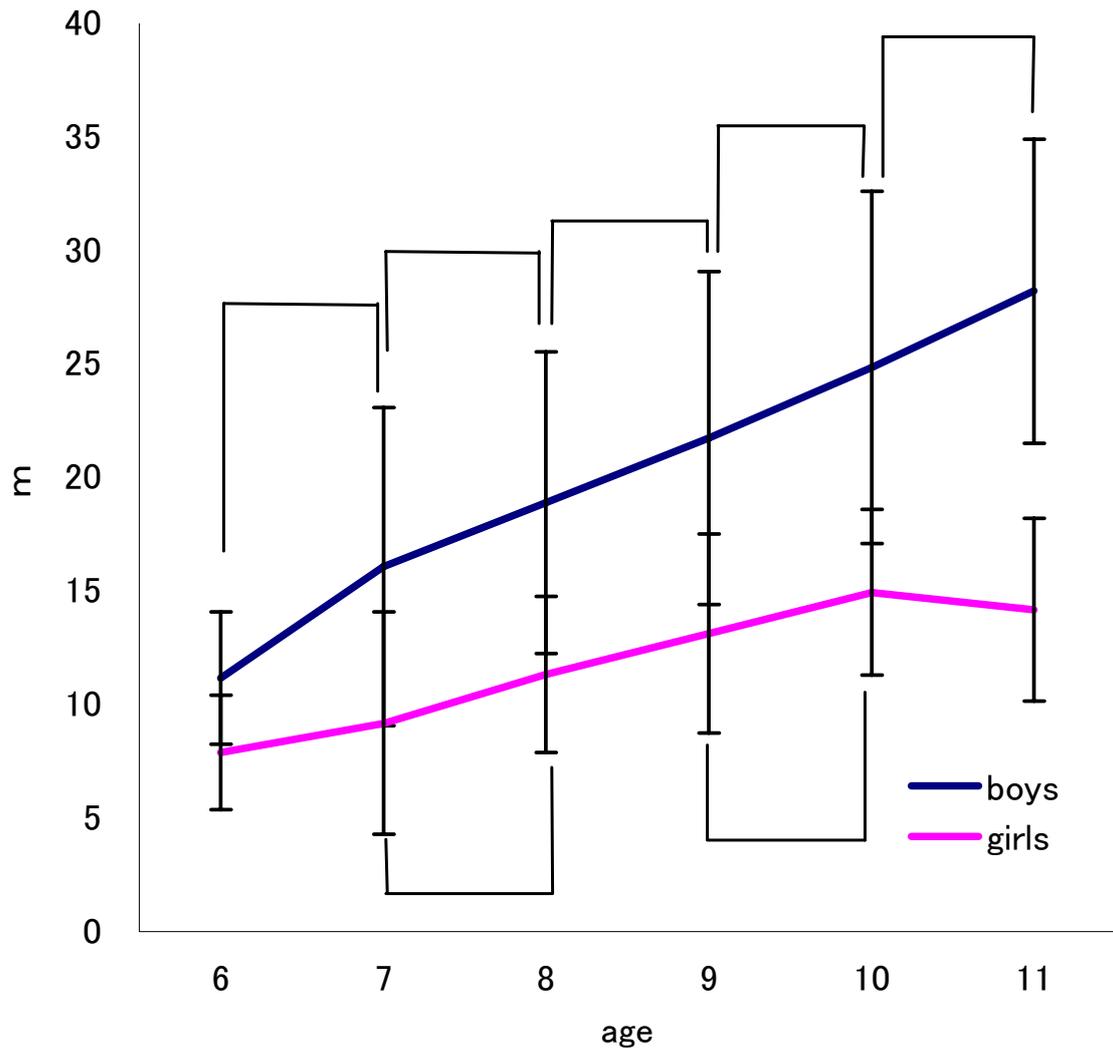


図1. ボール飛距離

### 3-2 ボール初速度

ボールリリース直後のボールスピード(ボール初速度)の各年齢群の男女それぞれの平均値と標準偏差は表2. と図3. に示した通りである。一元配置の分散分析を行った結果、男女ともに年齢群間に有意さが認められ、年齢とともに大きくなる傾向にあった。(男子  $F_b=11.51 > F(5,80)=2.33$ , 女子  $F_b=6.70 > F(5,82)=2.33$ )。これは、学年進行とともに、ボールをリリースする際のボール初速度が上がっていくことを表している。次いで Turkey 法による多重比較を行った結果、男子では6歳から7歳、7歳から8歳、8歳から9歳にかけて有意に大きいことが認めら

れたが、女子では隣り合う群間に有意さは認められなかった。(図3.)。また、全ての年齢群において有意な男女差が認められた。これは男子のボール初速度は女子のそれより全ての年齢で有意に大きかったことを表している。

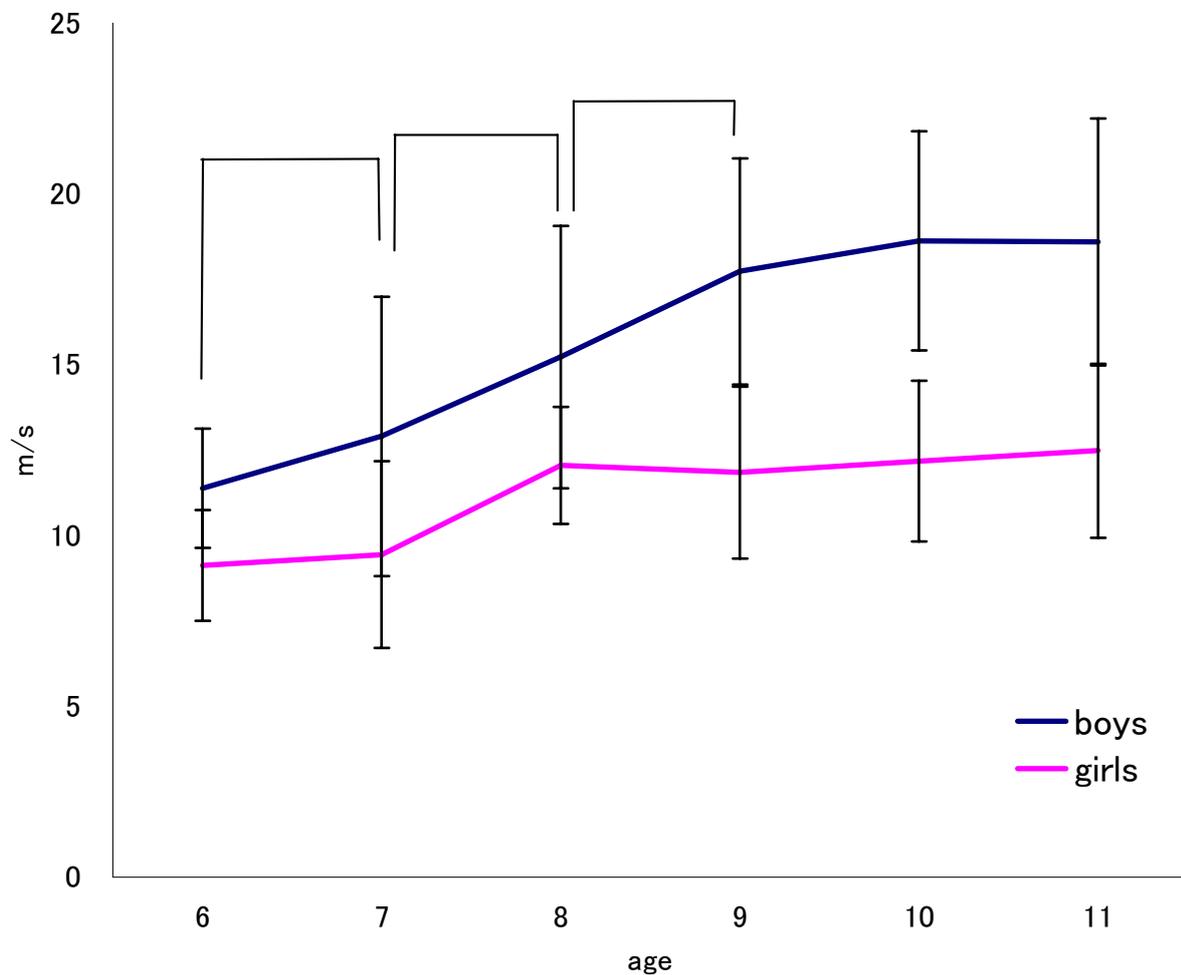


図3. ボール初速度の変化

### 3-3 スナップ比

本研究におけるスナップ比は、Sakurai and Miyashita が用いたスナップ比と同様に、各被験者のリリース時の手首のスピードを求め(手首の速さ)、手首のスピードとボール初速度との比で求めた。

$$\text{スナップ比} = \text{ボール初速度} / \text{手首の速さ}$$

スナップ比の各年齢群の男女それぞれの平均値と標準偏差は表2. と図4. に示した通りである。一元配置の

分散分析を行った結果、男女ともに年齢群間に有意さは認められなかった(男子  $F_b=1.49 < F(5,80)=2.33$ , 女子  $F_b=1.38 < F(5,82)=2.33$ )。これは、学年進行とともに、スナップ比はそれほど変化が見られないということを表している。(図4.)。また、各年齢群において、有意な男女差が認められなかった。これは、スナップ比において男女の差はほとんどないことを表している。

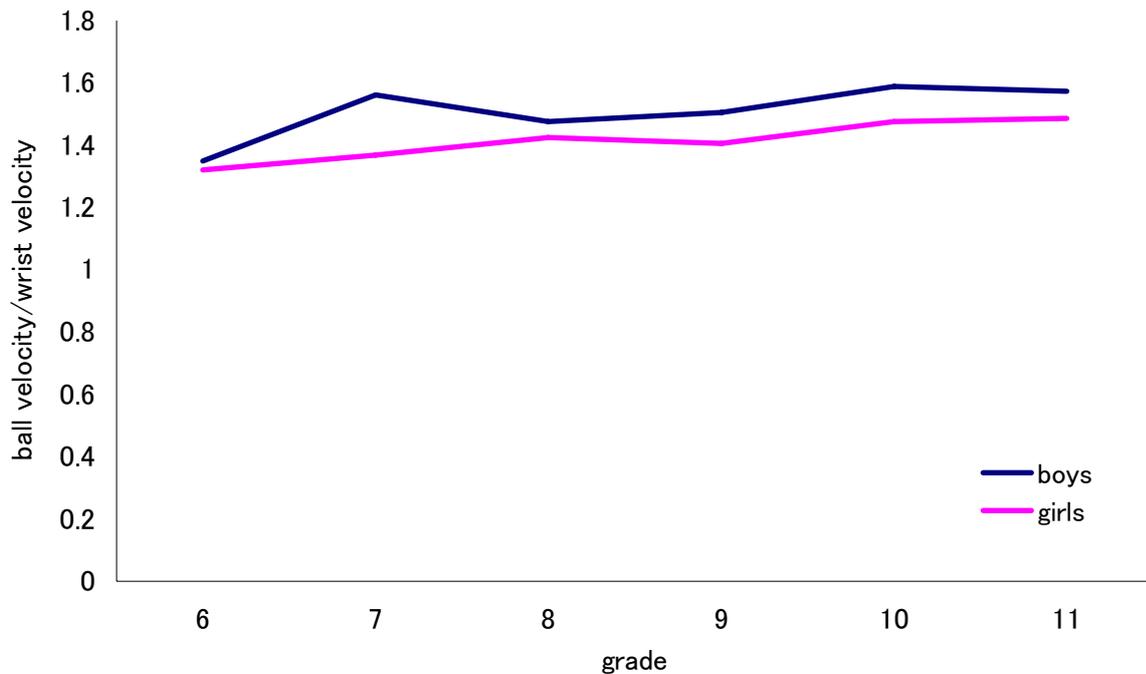


図4. スナップ比

### 3-4 宮丸の分類

図5-1. 5-2. に宮丸の投球フォームの成熟度分類に従った、被験者の投球パターンの割合を各学年で男女別に示した。

男女ともにパターン1, 2に属している児童はいなかった。女子では6・7・8歳で、約半数がパターン5に属し、9歳以降ではパターン5に属する児童が多くなった。しかし、パターン6に属する児童はほとんど見られなかった。また、パターン3・4に属する児童も各学年で見られた。それに対し、男子では6・7・8歳でパターン5・6に属する児童が多かったが、9歳以降ではほとんど全員がパターン6に属した。6歳以降の男子においてパターン1から4に属する児童はほとんど見られなかった。

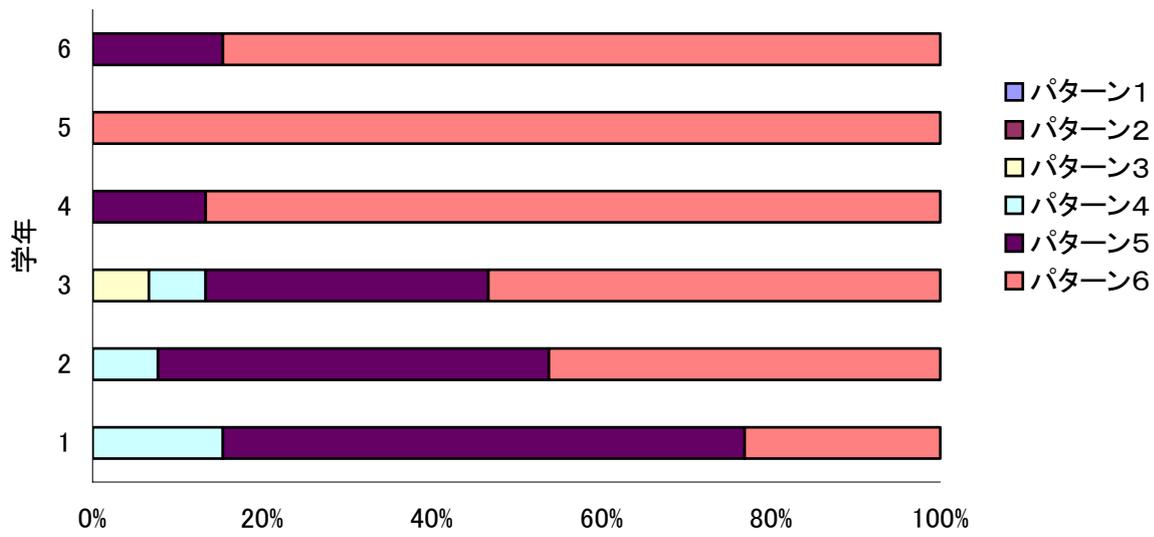


図5-1. 宮丸の分類(男子)

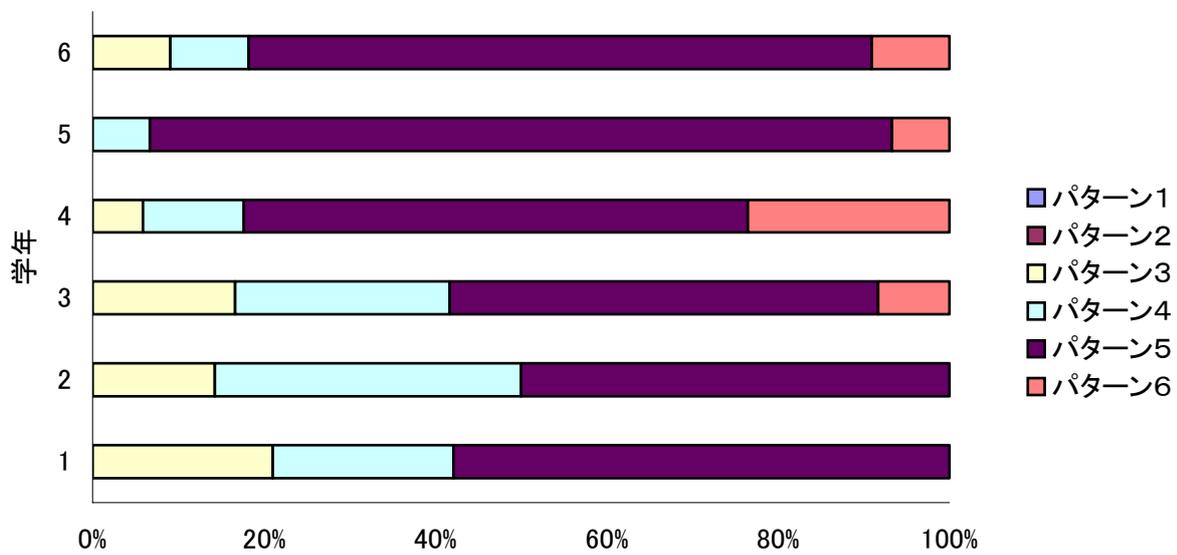


図5-2. 宮丸の分類(女子)

## 4. 考察

### 4-1 本研究と先行研究における、被験者の身体的特徴の比較

本研究で論じる投動作には、身体的特徴も少なからず関連する。したがって、本研究で用いた年齢の異なる被験者の身体的特徴が、それぞれの年齢における日本人の標準値の範囲内に含まれるのかということについて検討する必要がある。そこで、これまで多くの研究において形態の比較に用いられている、「新・日本人の体力標準値」に記載されている日本人の形態標準値と本研究における各年齢群の被験者の形態との比較を行った。その結果、各年齢群における身長、体重の平均値は「新・日本人の体力標準値」に記載されている値とほぼ同じ値を示した。したがって、本研究で用いた被験者は、日本人の平均的な身体的特徴を有しており、本研究の被験者として妥当であったと考えられる。

### 4-2 ボール投距離・ボール初速度・スナップ比について

本研究では以下の指標を用い、投能力を検討した。

- ① 投距離
- ② ボール初速度
- ③ スナップ比
- ④ 投球パターン分類(宮丸,)

これらの指標において、男子が女子より有意に優れていた年齢を見ると、①・②においては6歳から11歳の全ての年齢で、③では有意差は見られなかった。これらの結果は、これまでの先行研究と同様に、投能力に見られる男女差は6歳から7歳の間に男子の有意が明確となり、それ以後、より一層大きくなっていく傾向にある、と言えるだろう。以下では各項目ごとに検討していくこととする。

小学生を対象に、投距離の発達の過程を追った研究は数多く、中でも角田ら(1976)は男子で6歳の約11mから11歳の約31mまで、また女子で約7mから約17mまで増加し、特に男子の7, 8, 9歳で増加が著しいことを報告している。本研究では、男子で6歳の約11mから11歳の約28mまで、また女子で約8mから約14mまで増加し、男子では各年齢において、女子では7歳から8歳、9歳から10歳にかけて増加が著しかった。この2つの結果を比較すると、6歳の段階ではそれほどなかった差が、11歳と年齢が進むにつれ大きくなっている。女子においては、本研究では10歳、11歳では変化がほとんどなかったのに対して、先行研究では10歳から11歳にか

けても増加傾向を示している。このような原因として、9歳以降の投動作の発達の低さが考えられる。その背景に経験不足や社会的背景の変化があるのは否めない。

投距離が以前に比べ、低下している原因の一つとして、投動作の未発達を上げたが、ボールをリリースする際のボール初速度についてはどうなのか検討をする。桜井と宮下(1982, 1983)は3歳から9歳の幼児児童男女計180名についてテニスボールの遠投動作を高速度映画撮影し、ボールと上肢各部の速度変化を求めた。ボール初速度は、男子で3歳の約4m/sから9歳の約18m/sまで、また女子で約4m/sから約11m/sまで増加し、特に男子の7, 8, 9歳で増加が著しいことを報告している。本研究では、男子で6歳の約11m/sから11歳の約18m/sまで、また女子で約9m/sから約12m/sまで増加している。男子において6, 7, 8歳において著しい増加を示したが、それ以外においてはほぼ変化をしないという結果が得られた。また先行研究と比較する9歳においては、男子では約17m/s、女子では約11m/sとなっておりほぼ同様の結果となった。この結果から、9歳まではボール初速度があがるような投動作を獲得しているが、それ以降ボール初速度という点における投動作の獲得が行われていないことがわかる。

桜井と宮下(1982, 1983)はボールの初速とリリース字の手首の速さの比を「スナップ比」と呼ぶとき、スナップ比は女子では全年齢を通じて1.5前後の値でほぼ一定であったが、男子では7歳ごろからこの値が大きくなり、9歳では約2.0となっていたと報告している。また男子における9歳児の投動作は体幹中心の動作から肘、手首を使った、投動作を獲得していることも報告している。本研究においては、男子では全年齢で約1.5、女子では全年齢で約1.4となった。先行研究との違いは、9歳以降の男子の結果である。9歳以降、ボール初速度があがっていないのが、この結果につながっているものと考えられる。

これら3つの指標の結果から、男子において7, 8歳の著しい投動作の発達は先行研究と同様であり、似た結果が得られた。しかし大きく違うところは9歳以降の発達の度合いである。先行研究では、9歳以降も著しい発達が見られたのに対し、本研究では停滞の傾向が見られた。投距離については明らかに増加の傾向を示したが、それは体幹から遠い手首などを使った巧みな投動作を獲得しているからではなく、身体の発達筋力の増加からであると考えられる。女子においては先行研究よりも全体的に低い値を示した。以上より、女子においては幼児期からの経験の不足、男子においては9歳以降の発達の不十分さが明らかとなった。全体的な投動作の獲得、フォームについて以下検討を行う。また、このような背景には、近年盛んになっている、少年期におけるスポーツ団体があると考えられる。野球やサッカー、水泳、バスケットボールなどの各種スポーツを習いに子どもたちが参加する時期は9歳ぐらいが多いのではないか。

#### 4-3 フォームについて

投距離を生み出している投動作、フォームについてはどのような発達が見られるのであろうか。これまでの先行研究を一言でまとめると、幼児期の投動作は、上肢の動きだけによる動作範囲の小さな段階から、年齢の増加につれて脚や体幹部といった大きな大節の投動作への参加が見られるような方向で発達するということである。宮丸(1980)では男子では7歳ごろには多くの児童がパターン6に属しており、女子では6, 7歳ではパターン6に属する児童はおらず、パターン3, 4, 5に多く属したと報告している。本研究の結果は、男子では8歳まではばらつきがあるものの、9歳になるとほとんどの児童がパターン6に属した。女子では先行研究同様、6, 7歳ではパターン6の児童がおらず、8歳でパターン6が出現した。以後9, 10, 11歳では、9歳よりは発達したが、それほど変化はなかった。これらの違いはやはり分類を行うものに違いがあるということが大きな要因であろう。しかし、男子の6, 7, 8歳のパターン6に属していない児童のほとんどがパターン5に属しているということから、先行研究と同様の結果であると考えてもいまいだろ。また、女子特有の投げ手側の脚を出してボールを投げるという動作も先行研究と同様に、どの年齢においても見られた。この結果から、小学生の男子ではほとんどの児童が投動作を獲得しているということ、また女子では、パターン6がない6, 7歳、パターン6が表れる8歳、以後あまり発達しない9, 10, 11歳の3つのグループに大きく分類されるということが明らかとなった。この結果が投距離、ボール初速度の男女差につながっており、やはり幼児期の投動作の経験が大きく影響していると考えられる。

## 6. 結論

本研究の結果から以下のことが明らかとなった。

1. 投距離は、男子では全ての年齢において、女子では7歳から8歳、9歳から10歳にかけて著しく発達した。しかし、先行研究に比べ、男子では9歳以降、女子では10歳以降の値、増加が明らかに少なかった。
2. ボール初速度は、男子では6, 7, 8歳で著しく増加した。ここまでは先行研究と同様であるが、男女とも9歳以降の発達に大きな差が見られた。
3. スナップ比は、男女ともに全年齢とも同様の値をしめした。手首を使った投動作の獲得が本研究児童はできていないことが明らかになった。
4. 先行研究と同程度のフォームの獲得ができていた。

本研究より、男子において著しい投動作の獲得を行う6, 7, 8歳までの発達は以前と比べても同様であるが、9歳以降の発達が不十分であることが明らかとなった。女子では投動作の獲得も不十分であった。しかし先行研究と同程度のフォームの獲得ができていたことから、男女共に、より腰を捻転させる、スナップを使うなどの‘巧み’な動作の獲得ができていないことが投距離の低下の原因として示唆された。

## 参考資料

- (1) Cratty, B.J.: Skill with balls. Perceptual and motor development in infants and children. 2<sup>nd</sup> ed., pp.91-94, Macmillan: New York, 1979.
- (2) Cratty, B.J.: Quality aspects of movement. Remedial motor activity for children. 1<sup>st</sup> ed., pp.125-128, Lea & Febiger: Philadelphia, 1975.
- (3) Espenschade, A.S. and H.M. Eckert : Motor behavior in early childhood. Motor development. 1<sup>st</sup> ed., pp.123-126, Charles E. Merrill: Columbus, 1967.
- (4) Gesell, A. 著, 山下俊郎訳 : 握ることと手先の動作. 乳幼児の心理学. pp.154-174, 家政教育社: 東京, 1961.
- (5) MaClenaghan, B.A. and Gallahue, D.L.: Fundamental movement.-A developmental and remedial approach. W.B. Saunders Company. Chapter 4-6, 1978.
- (6) 宮丸凱史, 平木場浩二: 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, 1982.
- (7) Wickstrom, R.L.: Fundamental motor patterns. Second edition, Lea & Febiger, 91-117, 1977.
- (8) Wild, M.R.: The behavior pattern of throwing and some observations concerning its course of development in children. Res. Quart. 9(3):20-24, 1938.

- (9) 桜井伸二, 宮下充正: 子どもにみられるオーバーハンド投げの発達. Jap.J.Sports Sci.1:152-156,1982.
- (10)Roverton, M.A.:Changing motor patterns during childhood, Motor development during childhood and adolescence.(editor:Thomas,J.R.)Burgess Publishing Company,pp70-75,1984.
- (11)宮丸凱史: 投げの動作の発達. 体育の科学 30(7):pp464-471,1980.
- (12)Miyashita, M. and S. Sakurai: Sex-difference in throwing patterns related to age. Post Congress Tokyo Satellite Meeting of 8<sup>th</sup> International Congress of Biomechanics. July 28,1981.
- (13)神事努,桜井伸二: 投動作の発達パターン. 子どもと発育発達 1(5):pp320-325,2003.
- (14)Robertson MA: Stability of stage categorization across trials: Implications for the 'stage theory' of overarm throw development. J Hum Move Stud,3:49-59,1977.
- (15)Robertson MA: Longitudinal evidence for developmental stages in the forceful overarm throw. J Hum Mov Stud,4:167-175,1978.
- (16)海老原修: 投動作の主観的評価と客観的評定基準の関係について. バイオメカニクス研究 1990,メディカルプレス,pp252-255,1990.
- (17)Halverson LE, Robertson MA, Langendorfer S: Development of the overarm throw: movement and ball velocity changes by seventh grade. Res Q,53:198-205,1982.
- (18)深代千之, 稲葉勝弘, 小林規, 宮下充正: 幼児にみられる投能力の発達. Jpn J Sports Sci,1: 231-236,1982.

(19)桜井伸二:「基本の運動」とバイオメカニクス. 体育の科学, 31:383-387,1981.

(20)角田俊幸, 稲葉勝弘, 宮下充正: 投能力の発達. 昭和 51 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No.1 投能力の向上に関する研究, pp13-23,1976.

(21)渡辺哲司, 正木浩之, 千葉生子, 平野裕一: 年齢にともなう投能力発達に関する横断的研究. 体育の科学, 48(10):845-848,1998.

(22)桜井伸二: 投げる科学. 大修館書店, 63-210, 1982.

(23)正木浩之, 千葉生子, 渡辺哲司, 平野裕一: 小学校 1 年生及び 4 年生児童における投動作の練習の効果, JJBSE, 1(3):222-227,1997.