



幼児における投能力の発達に関する バイオメカニクス的研究

山田 洋 (体育学部体育学科) 井上実奈子 (東海大学大学院)
知念嘉史 (体育学部生涯スポーツ学科) 内田匡輔 (体育学部体育学科)
小河原慶太 (体育学部体育学科) 小澤治夫 (体育学部体育学科)

Biomechanics Research on Development of Throwing Ability in Infants

Hiroshi YAMADA, Minako INOUE, Yoshifumi CHINEN, Kyosuke UCHIDA,
Keita OGAWARA and Haruo OZAWA



Abstract

The purpose of this study was to examine a development of ability to throw in infants by using picture analysis. The point of view was velocity of a throw arm and twist of body trunk.

Subjects were 44 children (27 boys and 17 girls) who belong to a preschool of Nagano prefecture. Throw distance of a tennis ball was measured based on a new physical fitness test of Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. Throw movement of subjects were photographed by using two video cameras. The pictures were analyzed using three-dimensional DLT method by a picture analysis system (Frame DIASIV, DKH company). The velocity of a throw arm was defined as maximum velocity of a wrist / an elbow / a shoulder of a throw arm. Twist of body trunk was defined as an angle that a line to tie both shoulders to and a line binding both waists together make.

As a result, throw distance increased with an increase of the age of the month. Factors to affect throw distance were ball initial rate and height of projection. The ball initial rate and height of projection were increased with an increase of class. Velocities of throw arm increased with an increase of class. Twist of body trunk increased with middle class from young class, velocity of twist of body trunk increased with elder class. It was thought that the infant was an early stage of the acquisition of throwing ability.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 23, 51-56, 2011)

I. はじめに

ヒトの基本的運動として、「走る」・「跳ぶ」・「投げる」などがある。「走る」・「跳ぶ」は、移動運動として日常生活では欠かせない動作である。一方、「投げる」は、スポーツ場面では見ること

があるが、日常生活ではほとんど見られない動作である。また、「走る」・「跳ぶ」は系統発生的な運動、「投げる」は個体発生的な運動とも呼ばれ、動作の発達・獲得の様相が違うとされる¹⁾。

投運動の特徴は、その目的として、速く投げる、遠くへ投げる、正確に投げると多目的であることや、投てき物の形や大きさによっても動作が

表1 被験者の月齢および身体特性

Table 1 Age and physical characteristics in all subjects

学年	n	月齢(月)	身長(cm)	体重(kg)	投距離(m)
年少	16	43±4	97±5	15±2	4±3
年中	11	55±5	103±2	17±2	5±2
年長	17	68±4	112±6	20±3	7±2

異なることである²⁻⁴⁾。このような理由から投運動は、様々な観点から研究が行われている。幼児の投動作の“かたち”を調べた研究では、宮丸⁵⁾が投動作を6つの典型的パターン分けで示している。このパターンは多くの研究で参考にされ、パターンの出現率を年齢ごとに示し、投動作の発達過程をみている研究が多い⁵⁻⁷⁾。しかし、この幼児の投動作のパターンにみられる、動作の“かたち”、およびその発達過程を具体的に数値化した研究は少ない。

成長が著しく、多様な基礎的運動パターンの習得・洗練がされていき、運動能力が急激に発達する幼児期⁶⁾は、ボールを握れるようになり、投運動が未成熟から成熟へ、投動作が獲得される初期段階にあり、投動作の発達・獲得をみる上で適齢期であると考えられる。

そこで本研究では、幼児における投能力の発達過程に関してバイオメカニクス的に検討することを目的とした。その際、三次元DLT法を用いて算出した腕の振りと体幹の捻りに着目し、年少・年中・年長の幼児間で横断的に比較・検討を行った。

Ⅱ. 方 法

1. 被験者

被験者はN県W町の幼稚園に通う幼児44名であった。被験者の身体特性、および月齢を表1に示す。被験者及び保護者、学校には、予め測定 of 趣旨を十分に説明し、同意を得た。

2. ボール投げの測定

文部科学省の新体力測定の実施要項に準拠し、

テニスボール投げの遠投距離を測定した。被験者には、できるだけ遠くにボールを投げるように指示をし、半径1mの円の中で投球を行わせた。測定には硬式テニスボールを使用した。投球は一人2回実施し、記録の良い方の投球を対象試技とした。測定値は、センチメートル以下を四捨五入し、メートルで求めた。

3. 投動作の撮影方法

被験者の投球方向に向かって、右側方と左斜め前方にビデオカメラ(DCR-HC62, SONY社)を設置し、動作を毎秒30コマで撮影した。撮影範囲は、被験者から投球方向に向かって前後2m、左右2m、高さ2mとし、前後方向をX軸、左右方向をY軸、鉛直方向をZ軸と定義した(図1)。

得られた映像データを画像取り込みシステム(Ultra EDIT, Canopus社)を用いてコンピュータ(Dimension 3000, Dell社)に取り込んだ後、映像解析システム(Frame DIAS IV, DKH社)を用いて、3次元DLT法により三次元座標を求めた。なおデータは、Bryant: 6 Hzで平滑化処理を行い、以下のデータを算出した。

ボール初速度: リリース時のボールの水平成分と垂直成分の合成速度

ボール投射高: リリース時におけるボールの中心から、地面までの垂直距離

ボール投射角: ボールの速度ベクトルと水平面のなす角度

投球腕速度: 投球腕の肩、肘、手首の水平速度

体幹捻角度: 左右大転子を結ぶ線と左右肩峰を結ぶ線を水平面に投影して現れる角度(図2)

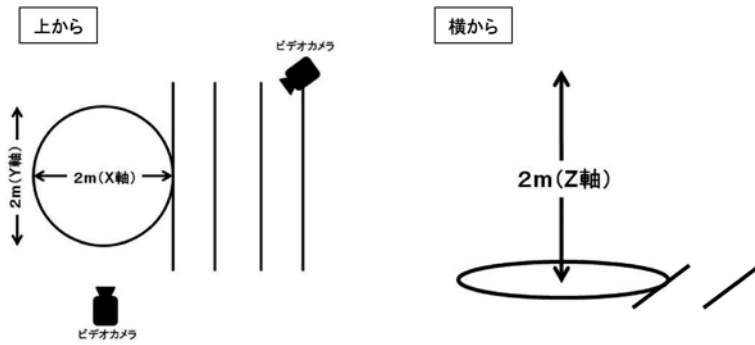


図1 測定風景
Fig. 1 Setting for the measurement

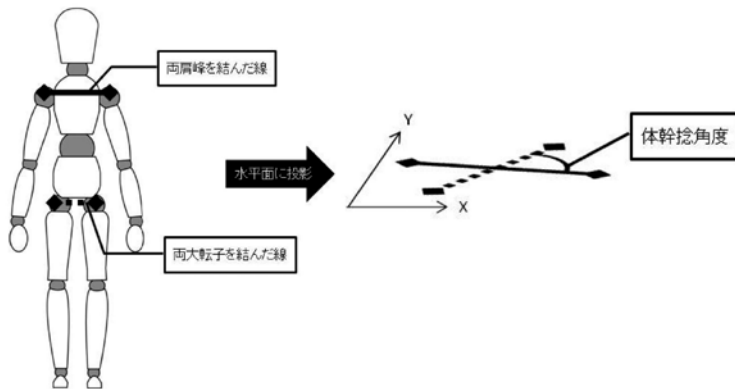


図2 体幹の捻角度（水平面）
Fig. 2 The definition of twist of body trunk in horizontal plane

表2 全被験者における各項目と投距離の関係 (n=44)
Table 2 Relations between each item and throw distance in all subjects (n=44)

	月齢	身長	体重	ボール初速度	投射高	投射角
相関係数	0.547**	0.379*	0.362:	0.686**	0.296	0.488**

** : $p < 0.01$ * : $p < 0.05$

4. 統計処理

データの統計処理は、統計処理ソフト (SPSS16.0, SPSS 社) を用いて行った。相関関係の検討についてはピアソンの積率相関係数を用いた。各学年間の比較については、一元配置の分散分析を用い、多重比較には Tukey の方法を採用した。有意水準は 5 % 未満とした。

Ⅲ. 結果および考察

1. 被験者の身体特性

表 1 に被験者の月齢と身体特性を示す。身長、体重、投距離は、学年に伴い大きくなっていた。

2. 各項目と投距離の関係について

表 2 は、各項目と投距離の関係を示している。

月齢と投距離の間には有意な正の相関が認められ ($r=0.547$, $p<0.01$)、月齢の増大に伴って投距離が増大していた。身長と投距離間 ($r=0.379$, $p<0.05$)、体重と投距離間 ($r=0.362$, $p<0.05$) にも有意な正の相関が認められ、発育、発達に伴って投距離も増大していた。

投距離獲得要因であるボール初速度、投射高、投射角と投距離の関係では、ボール初速度と投距離間 ($r=0.686$, $p<0.01$)、投射角と投距離間 ($r=0.488$, $p<0.01$) には、それぞれ有意な正の相関が認められたが、投射高においては認められなかった。投距離獲得要因のボール初速度、投射高、投射角の中でも、ボール初速度と投射角が投距離に影響し、特にボール初速度の影響が大きいことを意味している。

3. ボール初速度、投射高、投射角の学年ごとの比較

図3は、ボール初速度、投射高、投射角の学年ごとの平均値を示している。ボール初速度 ($p<0.05$)、投射高 ($p<0.01$) において有意差が認められた。多重比較では、ボール初速度は年少よりも年長の方が有意に大きく ($p<0.05$)、投射高においては年少・年中よりも年長の方が有意に大きいことが認められた ($p<0.01$)。投射高の増大は身長の増大が影響し、ボール初速度の増大は、体格外の投動作の影響もあると考えられた。

4. 投球腕の速度

図4は、手首最大速度、肘最大速度、肩最大速度の学年ごとの平均値を示している。手首最大速

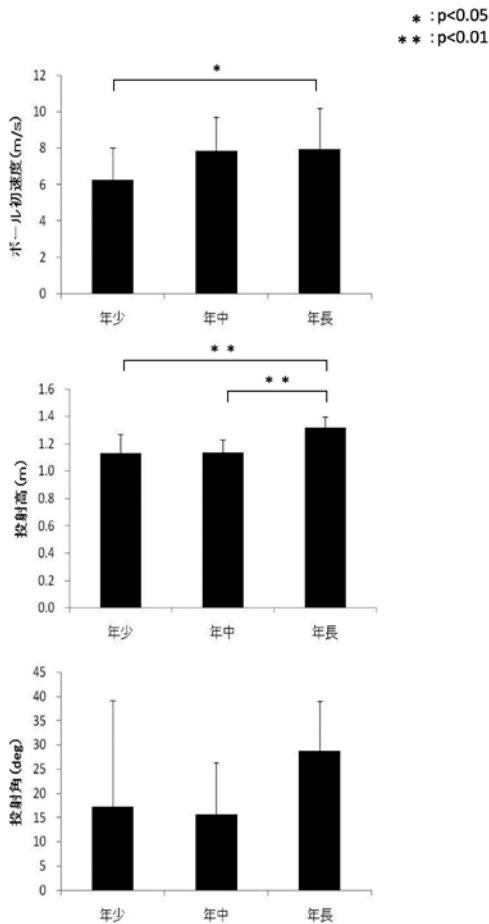


図3 ボール初速度・投射高・投射角の各学年における比較
Fig. 3 The ball initial rate/height of projection/projection degree in each class year

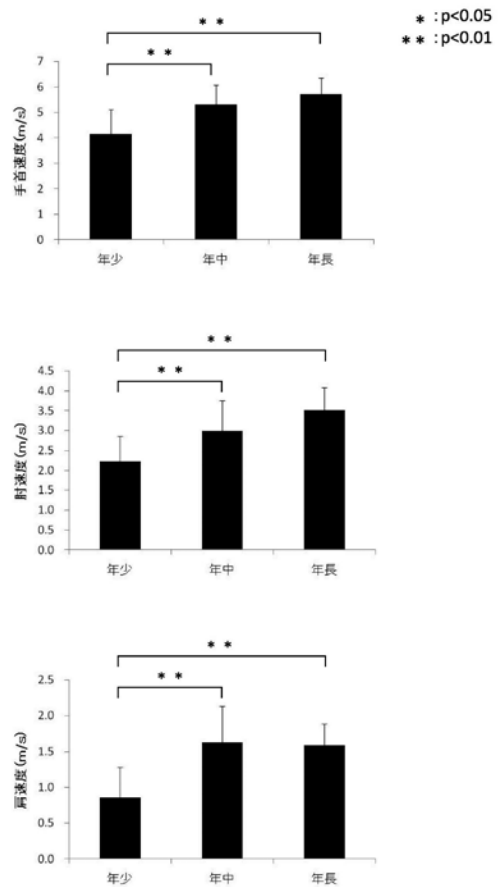


図4 投球腕の各測定点の最大速度における各学年における比較
Fig. 4 Maximum velocity of throwing arm at each measure point in each class year

度、肘最大速度、肩最大速度においてそれぞれ有意な差が認められた ($p < 0.01$)。多重比較では、全ての項目において年少より年中・年長の方が有意に大きいことが認められた ($p < 0.01$)。これらの結果は、年少から年中の学年が上がる段階で、投球腕の速度が増大することを意味していた。

5. 体幹の捻り

図5は、動作開始からリリースまでの体幹の捻りの角度変化曲線の一例である。スティックピクチャーで見てわかるように通常の動作においては、動作開始から後方への捻りがされ最小捻角度が出現し、最小捻角度から前方へ捻りがされ最大捻角度が出現しリリースに至る。角度変化曲線において、投球方向である前方への捻りをプラス、後方への捻りをマイナスとし、最大捻角度から最小捻角度をひいて算出した値を捻角度変化値とすると、その値が概ね40度である様子が見てとれる。

図6は、体幹の捻りの学年ごとの平均値を示している。捻角度変化値 ($p < 0.05$)、最大捻角速度 ($p < 0.05$) において有意な差が認められた。多重比較では、最大捻角速度において年少より年長の方が有意に大きいことが認められた ($p < 0.05$)。これらの結果は、年少から年長に上がると体幹の捻りの速度が増大することを意味していた。

本研究の結果から、幼児で投球腕の速度の増大、体幹の捻りの速度の増大は、投動作の発達の特徴を示していたと考えられる。この2つの動作は、ボール初速度の増加、末端である手首速度の増加に影響する重要な動作である、体幹で生み出された速度が、肩、肘、手首そしてボールへと伝わり、末端の速度を大きくできるという、体幹から末端へ速度が順次加算されていくことを運動連鎖の原則 (kinetic chain principle)⁹⁾ の獲得を示すものと考えられる。

幼児では、投能力の発達過程の初期段階であると考えられる。今後は、幼児から更に年齢が増大

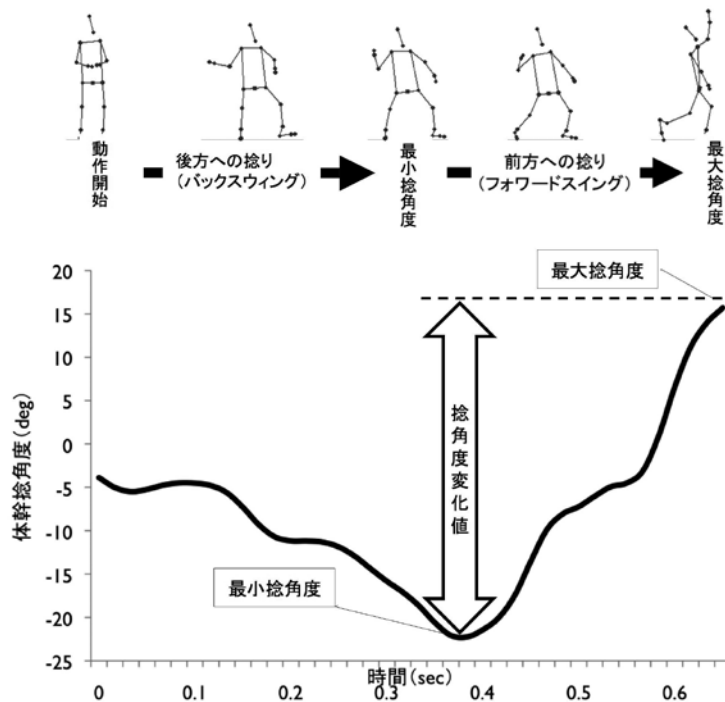


図5 体幹の捻りの角度変化
Fig. 5 Degrees of twist of body trunk

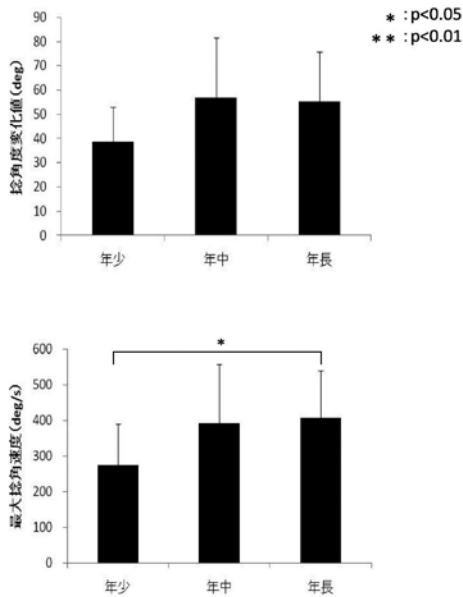


図6 体幹の捻りの各学年における比較

Fig. 6 Comparison of a twist of body trunk in each class year

するごとに投能力がどのように変化していくか、今回得られた知見を基にし、小学生や中学生まで年齢層を広げていくと共に、腕と体幹だけでなく下肢の動作にも着目し検証していく必要がある。

引用・参考文献

- 1) 桜井伸二, オーバーハンド投球動作のバイオメカニクス, バイオメカニクス研究 1 (3), 287-306, 1997.
- 2) 笹倉清則, 難波俊夫, 高橋和之, 大門芳行, ボールの大きさ・質量の変化が投動作に及ぼす影響, 日本女子体育大学紀要(20), 11-23, 1990.
- 3) 森田茂男, 宮口和義, 異なるボールを使用する投動作の分析, 金沢大学教育学部教科教育研究 第24号, 53-61, 1988.
- 4) 星川 保, 大きさと重さの異なるボールの投げ, J. J. Sports Sci 1 (2), 104-109, 1982.
- 5) 宮丸凱史, 投げの動作の発達, 体育の科学(30), 464-471, 1980.
- 6) 宮丸凱史, 投動作の発達, 体育の科学35(3), 211-218, 1985.
- 7) 中村和彦, 宮丸凱史, 久野謙也, 幼児の投動作様の発達とその評価に関する研究, 筑波大学体育科学系紀要10, 157-166, 1987.
- 8) 杉原 隆, 新版幼児の体育, 建帛社, 27-30, 2000.
- 9) 阿江通良, 藤井範久, スポーツバイオメカニクス20講, 朝倉書店, 119-121, 2002.
- 10) 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, J. J. Sports Sci 1 (1), 152-156, 1982.
- 11) 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, J. J. Sports Sci 1 (3), 231-236, 1982.
- 12) 豊島進太郎, 陸上運動技能の学習Ⅲ投運動, 体育の科学25(5), 300-304, 1975.
- 13) 渡辺悦男, 幼児の投動作の発達に関するモルフォロジー的研究, 島根大学教育学部紀要第19巻, 17-25, 1985.