

# 幼児の跳躍動作におけるキネマティクス的研究

— 3歳男児を対象として —

Study of kinematics analysis for jumping in young children

— Three-years old boys —

濱口幸亮<sup>1)</sup>・春日晃章<sup>2)</sup>・福富恵介<sup>2)</sup>・内藤 譲<sup>3)</sup>

Kohsuke Hamaguchi<sup>1)</sup>, Kosho Kasuga<sup>2)</sup>, Keisuke Fukutomi<sup>2)</sup> and Yuzuru Naito<sup>3)</sup>

1) 岐阜大学大学院教育学研究科

Graduate School of Education, Gifu University

2) 岐阜大学教育学部保健体育講座

Department of Physical Education, Faculty of Education, Gifu University

3) 岐阜県スポーツ科学トレーニングセンター

Gifu Sports Science Training Center

キーワード：幼児，跳躍動作，キネマティクス，関節，身体重心

## I. 緒言

平成24年3月に文部科学省が策定した幼児期運動指針<sup>1)</sup>によると，幼児期は神経機能の発達が著しく，タイミングよく動いたり，力の加減をコントロールしたりする運動を調整する能力が顕著に向上する時期であり，この時期に走る，跳ぶ，投げるなどといった基本的な動きを獲得しておくべきであると述べられている．基本的な動きは系統発生的に獲得される動作であり，跳躍動作は2歳頃から可能となる<sup>7)</sup>．また，立ち幅跳びのような遠くへ跳ぶという運動課題が要求されるものとなると，その獲得は7，8歳頃になる<sup>8)</sup>．しかし，近年では幼児の立ち幅跳び跳躍距離が低下傾向にあり，加えて遊びが質的に変化していることから，跳躍動作の発達過程にも遅延が生じている可能性が危惧される．

これまで，幼児期における跳躍動作の発達過程を観察的に捉えた研究が多く報告されている<sup>9)12)</sup>．また，発達バイオメカニクスの観点からもキネマティクスの動作分析が行われ，幼児期における跳躍動作の特性が詳細に示されつつある<sup>11)14)</sup>．しかし，跳躍動作を獲得し始めたばかりで，まだ未熟と考えられる年少期において，跳躍距離の優劣に関して身体部位のどのような動きに違いがあるのかについてはいまだに解明されていない．そこで，年少期における跳躍動作の特性を明らかにすることで，跳躍距離の獲得に向けた明確な運動課題を提示し，その指導ポイントを見出すことが重要であると考える．

本研究は，跳躍距離の大きい子と小さい子の動作にどのような違いがあるのかを比較検討し，幼児期における跳躍動作をキネマティクスの観点から明らかにすることを主たる目的とした．

## II. 研究方法

### 1. 対象

本研究は幼稚園に在籍する年少男児105名を対象に実施した立ち幅跳びテストの結果からその跳躍距離の上位6名(109.7±7.5cm, 以下, 上位群)と下位6名(53.2±4.8cm, 以下, 下位群)の合計12名を対象として選択した．なお，上位群および下位群の選定方法については跳躍距離をTスコア化し，65以上を上位群，35未満を下位群とした．両群の跳躍距離の平均値に有意な差が認められた(p=0.004)．両群の年齢(上位群:4.2±0.4歳, 下位群:4.1±0.3歳), 身長(上位群:103.0±3.5cm, 下

位群：100.6±3.8cm) および体重（上位群：16.9±1.6kg，下位群：16.9±2.6歳）に有意な差は認められなかった。

## 2. 動作解析

立ち幅跳びテストにおける跳躍動作をCASIO EX-F1 4台を用いてハイスピードモードにてシャッタースピード1/1000秒，毎秒300コマで撮影した。カメラの設置場所は図1で示したように対象者から向かって右側方，前方，左前方および左後方とした。試技跳躍方向は縦3.0m，横2.0mおよび高さ1.5mの空間内で行わせ，高さ1.5mのキャリブレーションポールを用いて9か所でキャリブレーションを実施した（写真1）。試技前に，分析の手助けとなるように，全身21か所に白色マーカーを貼付した<sup>16)</sup>。

分析には，Frame-DIASIV（DKH社製）を用いて，100Hzでデジタイジングし，バターワース型ローパスフィルターで平滑化を行った（4.5～8.4Hz）。

## 3. 動作分析項目

### （1）分析区間

膝関節が屈曲し始めたところを動作開始時とし，そこから離地までを分析区間とした。

### （2）各関節角度および角速度

図2に示したように，膝関節（下腿と大腿とがなす角度），股関節（大腿と上体とがなす角度），体幹（上体とy軸とがなす角度）および肩関節（上腕とy軸とがなす角度）に着目した。膝関節の屈曲角度の最小値を最大屈曲角度，伸展角度の最大値を最大伸展角度および伸展角速度の最大値を最大伸展角速度とした。同様に股関節，体幹および肩関節も定義した。

### （3）身体重心速度および跳躍角

身体重心に関しては，離地時（離地から3コマの平均値）の動きを比較分析した。図2に示したように，身体重心水平速度（y軸方向への速度），身体重心垂直速度（z軸方向への速度），身体重心初速度（水平速度と垂直速度の合成方速度）および跳躍角（y軸と初速度ベクトルとのなす角度）について検討した。

## 4. 統計解析

Excel統計2012（SSRI社製）を用いて，各分析項目における上位群と下位群の差を検討するために，マン・ホイットニーのU検定を適用した。統計的有意水準は全て5%未満とした。

## III. 結果

### 1. 各関節の動き

表1は分析結果を表している。膝関節は最大屈曲角度および最大伸展角速度において，股関節は最大伸展角度および最大伸展角速度においてそれぞれ有意な差が認められた。さらに，肩関節は最大伸展角度および最大伸展角速度において有意な差が認められ，いずれも上位群が高い値を示した。しかし，体幹については全項目で有意な差は認められなかった。つまり，上位群は最も沈み込んだときの最大屈曲角度で膝関節を大きく屈曲したあと，膝関節，股関節および肩関節の全身を速く伸展させて跳躍していた。特に，離地時付近にみられる最大伸展角度で股関節と肩関節を大きく伸展するように跳躍していた。

表1 各関節の分析結果

関節	分析項目	上位群		下位群		検定結果
		平均	S.D	平均	S.D	
膝関節	最大屈曲角度 (deg)	79.7	5.8	99.3	10.1	**
	最大伸展角度 (deg)	151.4	16.4	144.9	19.6	n.s.
	最大伸展角速度 (deg/sec)	725.3	152.3	433.6	117.0	**
股関節	最大屈曲角度 (deg)	64.4	17.2	68.1	21.0	n.s.
	最大伸展角度 (deg)	179.1	15.8	155.4	13.1	*
	最大伸展角速度 (deg/sec)	714.8	152.9	536.6	72.8	*
体幹	最大屈曲角度 (deg)	25.1	10.7	22.0	23.4	n.s.
	最大伸展角度 (deg)	63.3	7.4	61.7	5.3	n.s.
	最大伸展角速度 (deg/sec)	212.4	26.9	210.9	48.2	n.s.
肩関節	最大屈曲角度 (deg)	78.6	38.0	86.5	44.5	n.s.
	最大伸展角度 (deg)	232.3	46.1	138.0	60.8	*
	最大伸展角速度 (deg/sec)	762.2	167.5	279.3	159.6	**

注) \*:p<0.05, \*\*:p<0.01, n.s.:no significant

## 2. 身体重心の動き

身体重心の動きについて、上位群と下位群の間で身体重心水平速度が5%水準で、身体重心初速度に有意な差が認められた(表2)。身体重心垂直速度および跳躍角においては両群間に有意な差は認められなかった。つまり、上位群は離地時に身体を水平方向へ速く移動させていた。

表2 重心の分析結果

分析項目	上位群		下位群		検定結果
	平均値	S.D	平均値	S.D	
重心水平速度 (m/s)	1.7	0.3	1.1	0.4	*
重心垂直速度 (m/s)	1.1	0.2	0.8	0.4	n.s.
重心初速度 (m/s)	2.0	0.2	1.4	0.2	**
跳躍角 (deg)	31.8	6.3	37.0	20.7	n.s.

## IV 考察

本研究の目的は、跳躍距離の大きい幼児と小さい幼児の立ち幅跳び動作をキネマティクスの観点から比較し、年少期における動作の特徴を明らかにすることであった。

立ち幅跳びの跳躍動作は、大きく分けると離地前と離地後の2局面によって構成される<sup>7)</sup>。そのうち、大きな跳躍距離を獲得するためには離地前の動作が重要となる<sup>15)</sup>。宮丸<sup>12)</sup>は、2歳から6歳の子どもの立ち幅跳び動作を分析し、離地前の膝関節の大きな屈曲が跳躍距離の獲得につながっていると報告している。本研究で対象とした3歳児においても同様の結果が認められ、跳躍距離の大きな上位群は下位群と比較して、膝の屈曲が有意に大きかった(上位群:79.7deg, 下位群:99.3deg)。幼児

を対象とした宮丸<sup>12)</sup>の報告と、小学生を対象とした陳<sup>10)</sup>の報告から、立ち幅跳びにおける膝屈曲角度は2歳児の96.5degから小学1年生の約80.0degまで加齢に伴って小さくなり、その後6年生まで約80.0degで推移する。これらの先行研究と比較すると、本研究の3歳児の上位群は、既に小学生と同様に膝を大きく屈曲させて跳躍できていたことが窺える。また、膝関節の最大伸展角速度をみると、上位群は下位群よりも有意に大きな角速度で膝を伸展させていた。3歳児の跳躍距離の大きな子どもは、膝を大きく屈曲させた状態から速い角速度で伸展させることができていると考えられる。

股関節および体幹の動作を上位群と下位群で比較した結果、体幹の動作に差は認められなかったが、股関節を伸展させる動作に有意な差が認められた。つまり、3歳児においては、体幹の前傾や股関節の屈曲動作よりも、股関節を離地に向けて大きく伸展させていく動作が跳躍距離の大小に影響していると推測される。

一方、肩の動作に関して、湯浅<sup>15)</sup>は、立ち幅跳びにおいて跳躍距離を伸ばす“よい動き”の条件として、肩関節のより速い伸展動作が重要であると述べている。本研究の結果、肩を後方に振り上げる最大屈曲角度には上位群と下位群との間に有意な差は認められなかったが、前方に振り込む最大伸展角度および最大伸展角速度に有意な差が認められた。このことは、図3に示した上位群と下位群の典型的な跳躍動作のスティックピクチャーを見ても明らかであった。腕を前方に大きく振り込むことで、股関節の大きな伸展を伴った跳躍ができていると考えられる。3歳児においては、肩関節の屈曲動作よりも、肩関節を勢よく伸展する動作が跳躍距離の獲得に関係する動作であると示唆された。

離地時の身体重心の動きについて、大村ら<sup>1)</sup>の年長児を対象とした研究では、跳躍距離の優れていた子ほど、離地時の身体重心初速度が速く、跳躍角が小さかったと報告している。また、窪<sup>6)</sup>の大学陸上競技選手を対象とした研究では、沈み込み時に身体を前方へ倒し、後半に身体全体を前方へ伸ばすことによって、離地時の身体重心の水平加速度を増加させることができ、跳躍距離獲得につながっていた。加賀田ら<sup>2)</sup>も身体重心を水平方向へ速く移動することで跳躍距離が長くなることを示唆している。本研究で対象とした3歳児においては、身体重心垂直速度や跳躍角に、上位群と下位群の間で有意な差は認められなかったが、身体重心水平速度にのみ有意な差が認められ、上位群の方が高い水平速度で離地していた。つまり、離地時に高い身体重心水平速度を持って飛び出すことが跳躍距離の増大に関連していると考えられる。

以上のことから、3歳児の立ち幅跳びにおいて、跳躍距離の大きい幼児においては、深い膝の屈曲姿勢から、離地に向かって肩の前方への振り込み動作と股関節の伸展動作が見られ、水平方向により高い速度を持って飛び出しているといえる。本研究でみられた跳躍動作の差は、佐々木<sup>8)</sup>が述べるように、発育量の個人差やこれまでの運動経験の違いによるものであると考えられ、3歳児以前における活動的なライフスタイルや様々な動作経験が重要であると思われる。

3歳児の跳躍動作はまだまだ未発達な段階であると考えられるため、今後、加齢に伴う動作を縦断的に追跡し、跳躍距離の大きな子どもの動作の特性を明らかにして、効果的な指導につなげていく必要がある。

## V 参考文献

- 1) 大村一光, 森司朗: 幼児の運動能力に関する研究～跳運動における運動様式の実態と課題～, 南九州地域科学研究所所報, 第24号, 27-40, 2008
- 2) 加賀田直樹, 袴田智子, 船渡和男: 幼児の立ち幅跳び能力に関する運動学的分析, 日本体育大学体育研究所雑誌33, 116-119, 2008
- 3) 春日晃章: 子どものゆとり体力を育む英才教育, 子どもと発育発達 (5), 208-211, 2008
- 4) 春日晃章: 幼児期における体力差の縦断的推移: 3年間の追跡データに基づいて, 発育発達研究 (41), 17-27, 2009

- 5) 春日晃章：子どもの活動と性格の育ち，子どもと発育発達 (8)，94-99，2010
- 6) 窪康之，阿江通良，藤井範久：立幅跳の踏切および空中動作に関するキネティクスの研究，第14回日本バイオメカニクス学会大会論文集，344-348，1999
- 7) 国土将平：動作評価チェックシートの試案，子どもと発育発達3 (1)，21-27，2005
- 8) 佐々木玲子：跳ぶ動作の発達，子どもと発育発達3 (3)，182-184，2005
- 9) 中村和彦，武長理栄，川路昌寛，川添公仁，篠原俊明，山本敏之，山縣然太郎，宮丸凱史：観察的評価法による幼児の基本的動作様式の発達，発育発達研究2011 (51)，51-1-51-18，2011
- 10) 陳周業：児童における基本動作発達に関する運動学的研究—立ち幅跳びに着目して—，広島大学大学院教育学研究科紀要，第二部，第57号，2008，309-315
- 11) 比留間浩介，植屋清見：発達バイオメカニクスからみた児童の立ち幅跳びの動作特性，山梨大学教育人間科学部紀要9，55-62，2007
- 12) 宮丸凱史：幼児期の基礎的運動技能におけるMotor Patternの発達：—2—幼児の立幅跳におけるJumping Patternの発達過程，東京女子体育大学紀要8，40-54，1973
- 13) 文部科学省幼児期運動指針策定委員会：幼児期運動指針ガイドブック～毎日，楽しく体を動かすために～，1-60，2012
- 14) 山田洋，加藤達郎，知念嘉史，相澤慎太，三上恭史，植村隆志，塩崎知美，長堂益丈：幼児の跳躍動作における「巧みさ」の獲得過程に関する縦断的研究—二次元映像解析より求めた下肢関節の屈伸の順序性—，東海大学スポーツ医科学雑誌 (21)，51-58，2009
- 15) 湯浅景元：立幅跳における“よい動き”を評価するためのParameterの検討，第7回日本バイオメカニクス学会大会論文集，80-84，1984
- 16) 横井孝志，渋川侃二，阿江通良：日本人幼少年の身体部分係数，体育学研究，31 (1)，53-66，1986

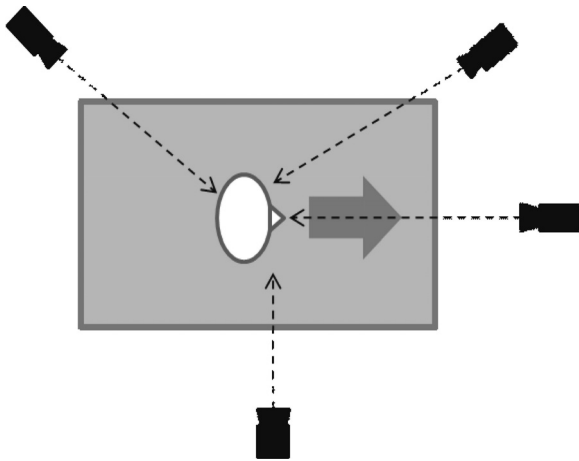


図1 カメラの設置場所

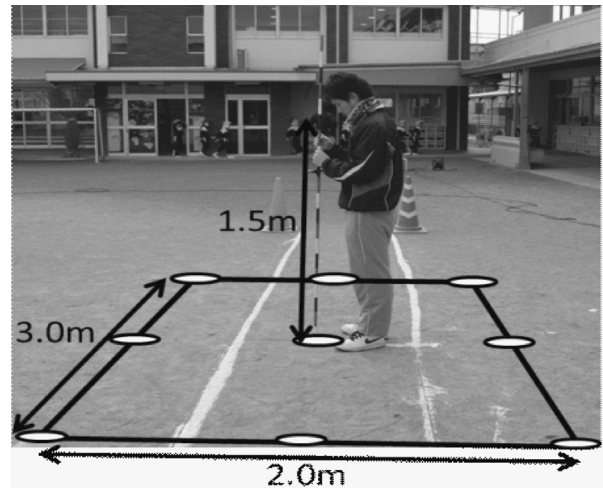


写真1 キャリブレーションを行う様子

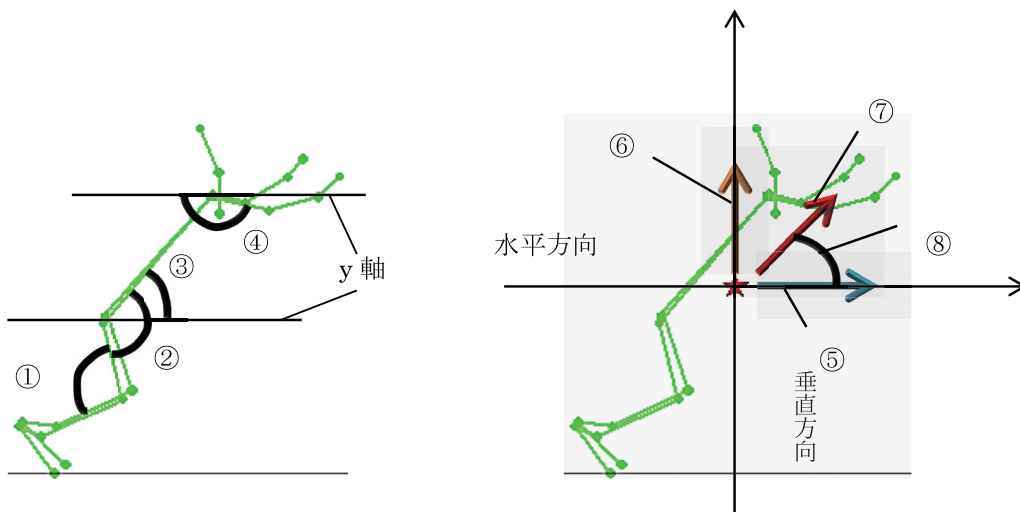


図2 分析項目（左：各関節，右：身体重心）

注) ①膝関節，②股関節，③体幹，④肩関節，

⑤身体重心水平速度，⑥身体重心垂直速度，⑦身体重心初速度，⑧跳躍角

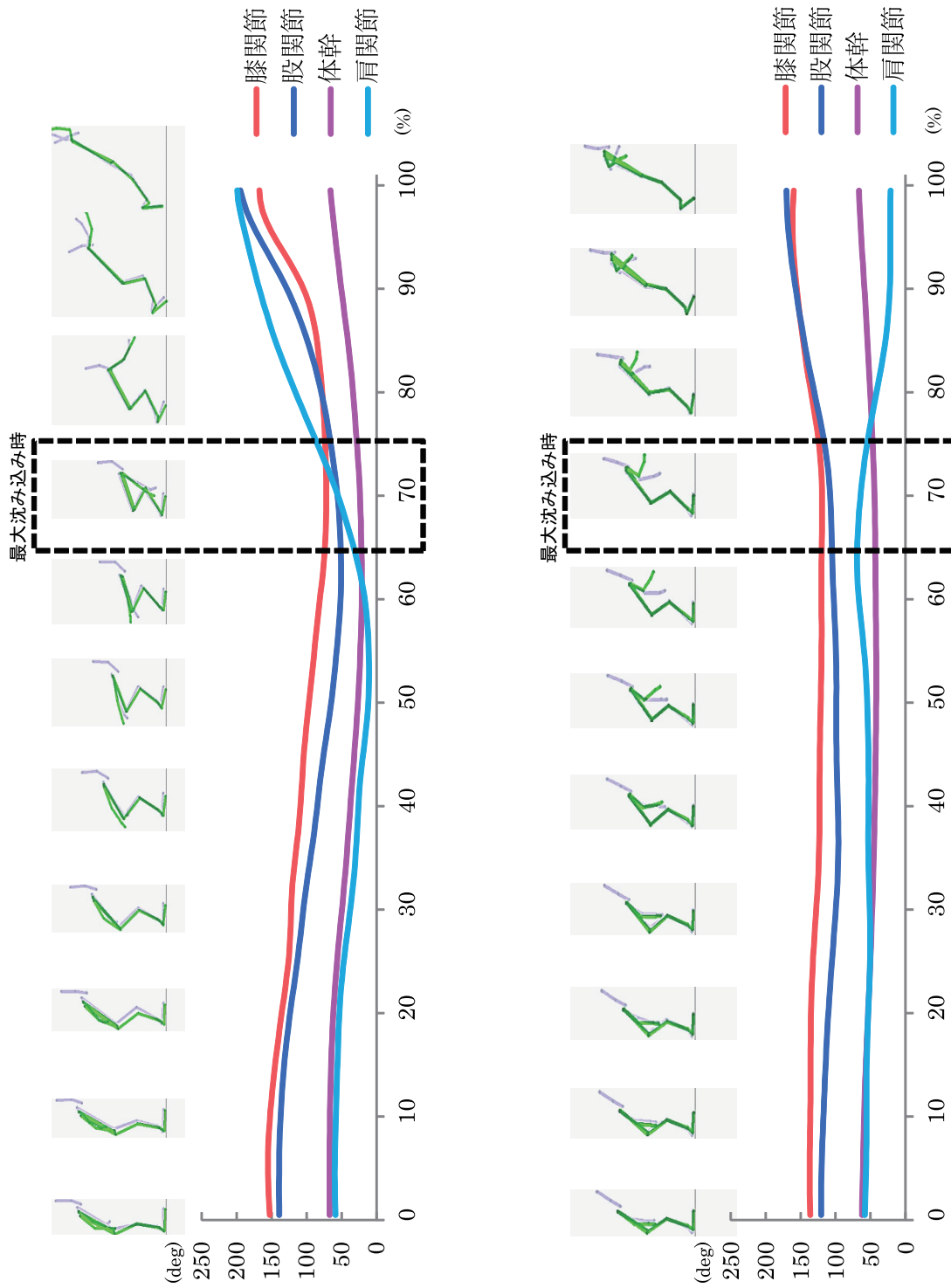


図3 スティックピクチャによる動作開始から離地までの連続図および角度変化 (上図：上位群, 下図：下位群)

