

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 ～

Study on the Motor Ability in the Infants

— the actual conditions and problems
in the motor pattern at the jumping movement —

鹿児島女子短期大学 大 村 一 光
鹿 屋 体 育 大 学 森 司 朗

研究目的

わが国において、子どもの体力低下が叫ばれて久しい。杉原ら（2004）は、幼児の運動能力について1966年以降、約40年にわたり調査研究を行ってきたが、それによると、調査開始から1986年頃までは、総体的に運動能力値が向上する種目もみられ、必ずしも幼児の運動能力が低下しているとはいえなかったとしている。しかしながら、1986年以降については、ほとんどの種目において低下が認められるようになり、近年においても、その傾向は継続していると報告されている。これは、屋内外での遊びや集団遊びなど、幼児の日常生活における活動量の不足により、幼児の体力そのものが低下したことなどが原因の一つとされている。その一方で、上述した様々な運動遊びの不足が、運動の動作獲得の遅延や未熟性、運動の動作様式の変容など、運動の習熟の遅れや運動の質的な低下を引き起こし、これらが運動能力の低下に影響を及ぼしているという指摘もある。しかしながら、近年の幼児の運動能力低下に対して、運動の動作様式との関係から検討したものはあまりみられず、特に跳躍運動に関しては、ほとんどないようである。

本研究で研究対象とした立幅跳は、多くの跳躍運動のなかでも、乳幼児が最初に獲得していく基本的運動技能の一つとされている。そのため、乳幼児の運動能力種目において跳能力を測定する種目として選択される代表的な種目でもある。したがって、立幅跳の運動技能の発達や運動の習熟度などについて検討していくことは、幼児に対する立幅跳の効果的な指導法のみならず、その後のさまざまな跳躍運動の発達を考える上でも意味があると思われる。

幼児の立幅跳を含めた跳運動に関する研究では、発達バイオメカニクスの領域から、年齢別にみられる立幅跳の運動パターンを分類し、定性的に評価しているものがみられる（Hellebrandt(1961)）。これは、指導現場へのフィードバックということを前提に考えると、きわめて有効であるとされているが、運動パターンにみられる動きの評価、力学的効果・有効性、エネルギーの流れなど定量的分析による科学的裏づけは得られにくいとされている（深代（1990））。一方、力学的変位や変量など定量的検討を行った研究としては、Phillips(1985)、Hirota(1991)、窪ら（1999）などいくつかみられるものの、動作開始から踏切足離地までの踏切局面に限定した分析や成人を対象にした研究が多く、幼児を対象とした立幅跳の研究はほとんどみられない。さらに、基本的運動技能の一つである疾走動

作に関しては、宮丸ら(1976)、加藤ら(1997)などが研究を行っており、幼児の疾走動作を運動学的、キネティクス、キネマティクスの、横断的、縦断的観点などからさまざまに検討しているのに対し、跳躍動作に関しては、非常に立ち遅れている状況にあるとみられる。

そこで、本研究では、幼児の基本的跳躍運動の一つとされる立幅跳に着目し、身体特性などが跳躍記録に及ぼす影響について検討するとともに、特に、踏切準備動作における身体各部の動きが跳躍記録や跳躍動作に与える影響をキネマティクスの視点からもあわせて検討することで、今日の運動能力低下に対する動作の課題、問題点などを明らかにし、運動能力向上へ向けての動作様式のあり方や効果的な運動習得に関する基礎的知見を得ることを目的とした。

方 法

1. 研究対象

2007年2月、鹿児島女子短期大学附属N幼稚園における年長児2クラス(男児27名、女児34名)を研究対象とした。

2. 撮影方法および撮影試技

N幼稚園リズム室に体操用マット2枚を床に敷き、マット中央部より、跳躍方向に対して矢状面(側方)15m地点にデジタルビデオカメラ(60フィールド/秒)を高さ1m00で設置し、運動の開始から着地動作終了までが完全に入るように撮影範囲を設定した(図1)。試技に先立ち、立幅跳の運動形態について、「両足で踏み切る」、「なるべく両足で着地する」など最低限の指示を加えながら模範試技(幼児に運動観察させる)を行い、その後幼児に1回ずつ練習をさせた後、原則として1回の試技を実施させ撮影を行った(図2)。その際、研究者が幼児の運動を観察し、片足着地など明らかに失敗と認める場合は再度試技を行なわせた。

3. データの収集および測定項目

跳躍記録の測定は、巻き尺を用いて、各幼児の踏切時のつま先と着地時の踵の位置をもとに実測値を計測した。

また、撮影により得られたビデオテープを再生し、運動の習熟度について

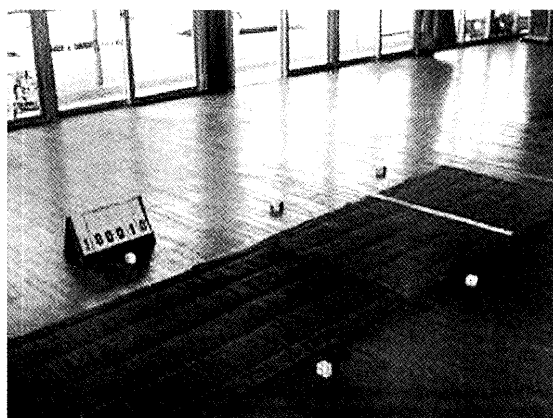


図1 実験風景1

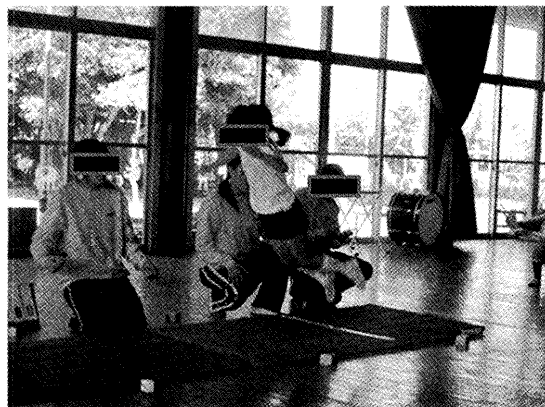


図2 実験風景2

Hellebrandt(1961) による発達過程における動作の変容をもとに分類を試みた。さらに、立幅跳の動作様式を検討するために、男女児それぞれのなかから、跳躍記録の優れていた幼児（男女1名ずつ）と跳躍記録の劣っていた幼児（男女1名ずつ）を抽出し、動作分析を行なった。分析はフレームディアシステムⅡ（DKH社）2次元分析法を用いて、立幅跳の踏切前30コマ前（0.5秒）の踏切準備動作から着地後10コマまでの各コマについて行った。得られた座標をもとに、図3～6に示す速度および跳躍角に関する項目（踏切時の水平、垂直方向の速度および跳躍角（ $\theta 1$ ）、着地時の接地角（ $\theta 2$ ）、跳躍高に関する項目（踏切時の身体重心高（ $h 1$ ）、最大跳躍高（ $h 2$ ）、着地時の身体重心高（ $h 3$ ）、跳躍距離に関する項目（踏切時の身体重心とつま先の水平距離（ $L1$ ）、空中距離（ $L2$ ）、着地時の身体重心高と踵の水平距離（ $L3$ ）について算出した。また、踏切準備局面における身体各部の使い方について検討するために、上腕垂直角度（肩と肘を結ぶ線分が肩関節からおろした垂直線となす角度とし、マイナス値は上腕が垂直線よりも後方にあることを示す（図5参照）、膝関節角度（図4参照）および大腿垂直角度（大転子と膝関節を結ぶ線分が大転子からおろした垂直線となす角度とし、マイナス値は大腿が前方にあることを示す（図6参照）の各関節角度および角速度を求めた。

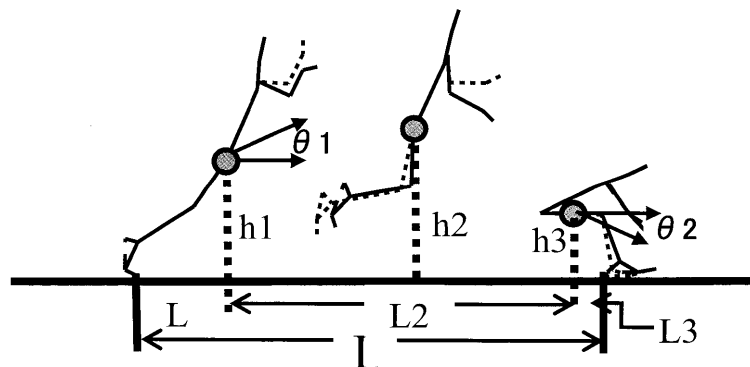


図3 跳躍区分および身体重心高、跳躍角、接地角の定義

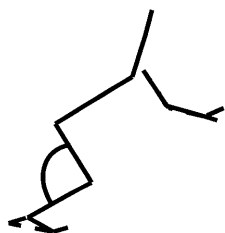


図4 膝関節角度

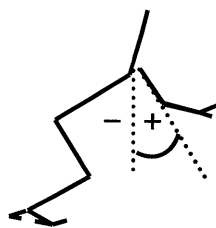


図5 上腕垂直角

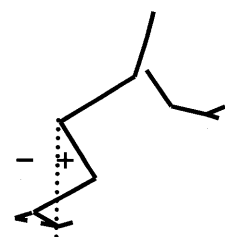


図6 大腿垂直角

4. 統計処理

男女児間および各グループ別にみた結果は、統計処理（t 検定）を実施し、有意水準は5%とした。

結果と考察

1 幼児の身体特性および立幅跳記録について

表1は、本研究において研究対象とした幼児について男女別に身長、体重および立幅跳の記録を平均値と標準偏差で示したものである。

表1 幼児の身体特性

	人数(人)	身長(cm)	体重(kg)	立幅跳(cm)
男 児	29	+ 114.8(4.4)	+ 20.8(3.8)	116.1(15.8)
女 児	35	+ 115.2(3.9)	+ 20.7(2.7)	103.6(15.3)

+;5%水準で全国値と有意差あり

*;5%水準で男女の有意差あり

身長は女児の方がやや大きい傾向にあった。体重には、ほとんど男女差はみられなかったものの、立幅跳の跳躍記録は、男児の方が116.1cmと女児

の103.6cmを大きく上まわり、両者の間には5%水準で統計的有意差がみられた。なお、男児、女児の最大値、最小値は、それぞれ男児が1m48、85cmであったのに対し、女児では1m42、80cmであった。本研究の各測定値を全国平均値と比較してみると、身長、体重では、男女とも大きく全国値を上まわり、いずれも5%水準で統計的に有意差がみられた。また、立幅跳の記録についても全国値は、男児が112.4cm、女児が101.3cmと本研究値の方が高い傾向を示したが、統計的有意差はみられなかった。このように、本研究値と全国値の間に大きな差がみられたのは、1つには、本研究値の値が幼稚園卒園前の2月に測定されたものであるのに対し、全国値は、新年度開始後の4月の値であることが影響しているとみられる。したがって、小学1年生の値を適用したほうがより望ましいとも考えられる。文部科学省が毎年発表している身体計測値や運動能力値に関する資料によると、年長児（5歳）から小学校1年生（6歳）にかけて、身長は男女児ともに約6cm伸び、体重が約2.5kg増加すると報告されている。小学校1年生（6歳児）の身長、体重の全国値を本研究対象児と比較すると、ほとんど差がみられないことや、立幅跳の記録も同様に小学校1年生（6歳児）の値と比較してみると、全国値は男児では115.0cm、女児では103.3cmと報告され、本研究値とほぼ一致することなどをもとにすると、本研究における幼児は標準的な発達をしていることが伺えた。

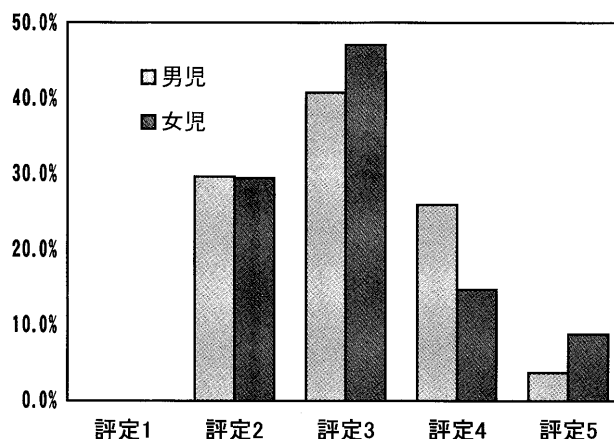
2 運動能力判定基準でみたN幼稚園児の特徴

杉原ら（2004）は、幼児の運動能力に関する全国調査を1966年より約10年毎に実施してきており、5回目の調査を2002年に実施している。そして、この結果をもとに、個人やクラス、各幼稚園の運動能力を全国標準値と比較できるよう、幼児の運動能力判定基準表を作成している。それによると、判定基準は累積百分率をもとに5段階評

定となっており、それぞれの評定点の理論的出現率は評定5（評定より非常に進んでいる）が7%、評定4（標準より進んでいる）で24%、評定3（標準的な発達である）で38%、評定2（標準より少し遅れている）で24%、評定1（標準よりかなり遅れている）で7%とされている。図7は、上述した運動能力判定基準表をもとに本研究の幼児の記録を男女児別に各評定別に分類し、全体に対する割合で示したものである。男女児とも、評定1（標準よりかなり遅れている）の幼児はみられなかったが、評定2（標準より少し遅れている）が男児、

図7 運動能力判定基準別にみた幼児の分布

女児でそれぞれ29.6%、29.4%みられ、評定1、2を合計した理論的出現率31%に近い値を示した。一方、評定4（標準より進んでいる）、評定5（標準より非常に進んでいる）の合計は、男児では29.6%と理論的出現率の31%にほぼ類似する結果を示したものの、女児では23.5%と、理論的出現率を大きく下回る傾向にあった。これらのことから、本研究対象児は、跳能力が極端に遅れている幼児はみられ



ないものの、特に、女児では、男児と比較して標準よりも進んでいる（跳能力がすぐれている）幼児が少ないことが明らかとなった。研究対象としたN幼稚園は、鹿児島市内の団地内に位置しており、多くの遊具や「なでしこの森」と呼ばれる広大なフィールドを有する園である。このような恵まれた環境の中で、幼児が日頃どのような身体活動を行っているのか今回の調査では検討できていないが、本結果をもとにするならば、男女児間で活動内容に差があるともみられ、このことが、跳能力の差に表れたとも考えられる。今後立幅跳の記録など経年的に測定しつつ、日常の遊びや活動量なども踏まえて明らかにしていく必要がある。

3 生まれ月や身体特性が立幅跳の記録におよぼす影響

表2は、生まれ月や身長、体重など身体特性が立幅跳におよぼす影響について男女児別に相関係数を示したものである。

男児では、身長と体重について、立幅跳の記録との間にそれぞれ低い相関関係がみられた。一方、女児では、生まれ月について、同様に低いながらも相関関係がみられ、男女児間でやや異なる結果となった。このことは、男児の場合、立幅跳の記録が誕生後の体の発育状況に影響されやすいことを、一方、女児の場合には、体格的なものよりも運動や動作の習熟度などに記録が影響されたとも考えることができる（4月生まれ

表2 男女別にみた立幅跳記録と各項目値の相関係数

	男児	女児
生まれ月	-0.29	-0.41
身長	0.47	0.15
体重	0.40	0.13

の幼児は3月生まれの幼児と比較して、知的発達や運動能力の発達にやや有利であるとみられる)。これまで報告されている幼児期や児童期における立幅跳に関する研究によると、立幅跳の記録は、年齢との間に比較的高い関係がみられることが報告されている(湯浅(1984))。しかし、身長や体重など身体特性と跳躍記録について、その関連性を報告したものはあまりみられないようであるが、乳幼児期においては、立幅跳の記録は経年的に増加する傾向にあり、また、身長、体重なども発育発達により経年的に増加することが報告されている。従って、立幅跳の記録の増加に身体特性がある程度影響を及ぼしているとも考えられる。今後は、幼児数をさらに増やして男女にみられる違いなど明らかにしていくことが必要であろう。

4 立幅跳の動きについて

図8は、本研究において記録の優れていた幼児と記録の劣る幼児について男女それぞれ2名ずつ抽出し、踏切準備期から踏切、空中動作、着地までの一連の動作をステックピクチャーで示したものである。

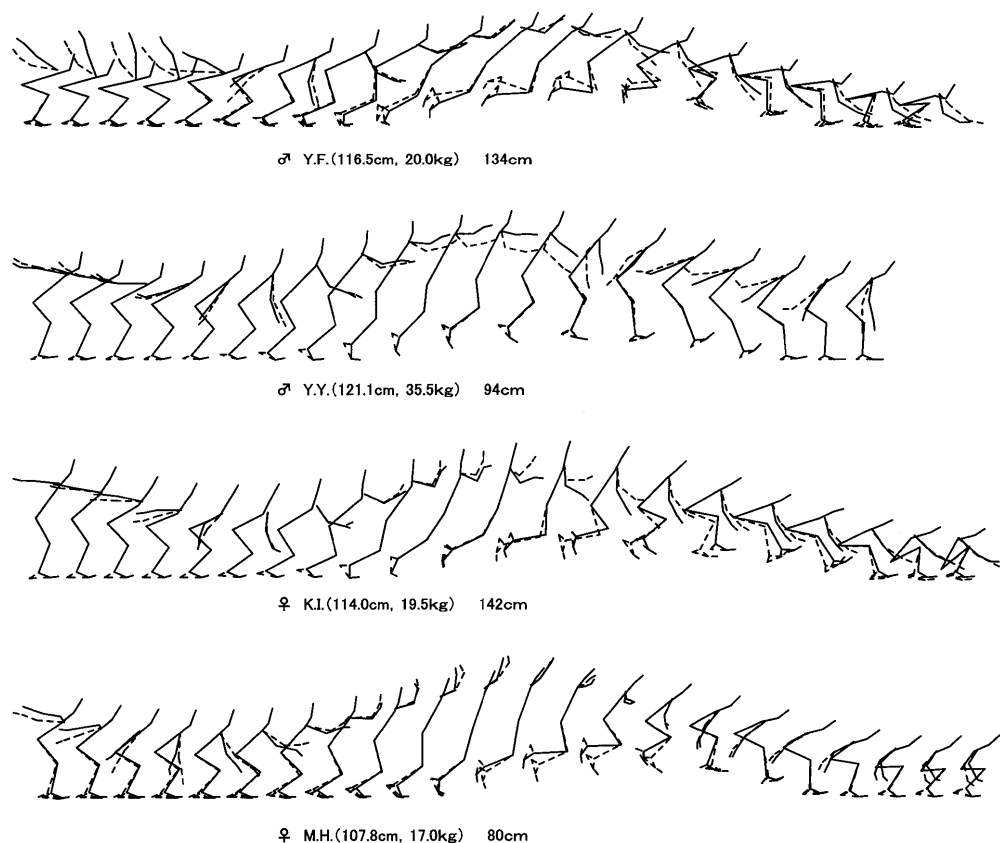


図8 記録の優れていた幼児、記録の劣る幼児の立幅跳のステックピクチャー

いずれの幼児も踏切準備期においては、腕を体幹よりも後方へ振上げ、その後大腿や膝の伸展と共に腕を前方へ振上げて、踏切を行っていた。その後、空中動作では、振上げた腕を後方へ振り戻しつつ、膝を屈曲させ、着地へ移行していた。跳躍記録の優れている幼児と、跳躍記録の劣る幼児の動きに着目してみると、記録の優れている幼児の場合、記録の劣る幼児と比較して、踏切準備期での腕の後方への振上げが大きく、また、踏切時の身体がより斜め前方へ投射され、着地時も膝を大きく屈曲するなど、よりダイナミックな跳躍を行っていることが観察された。Hellebrandt(1961)は、発達バイオメカニクスの領域から、年齢別にみられる立ち幅跳びの運動パターンを分類し、定性的に評価することを試みているが、それによると、2歳では、片足先行踏切で両足をそろえて踏み切れないが、経年的に踏切動作を習得していき、6歳の時点で両足同時踏切が確立されるとしている。また、2歳から6歳にかけて踏切動作での各関節（腰、膝）の運動範囲が著しく増大し、踏切時の身体および下腿の前傾も経年的に増大するとしている。さらに、宮丸ら（1976）は、腕の動作について経年的分類を試みている。それによると、3歳頃までは踏切時に運動方向とは反対（後方）に腕を動かし、その後、5、6歳頃にはバランスを保持する平衡器として働くようになるとしている。そして、10歳以降になると、腕が運動量を増やすための推進器として用いられるようになる」と報告している。

これらのことをもとにすると、図8で示した本研究の幼児は、Hellebrandt(1961)の示す、両足同時踏切や宮丸（1976）のいう、腕のバランスを保持する平衡器としての機能は獲得しているようにみられる。しかしながら、踏切動作での各関節の運動範囲については、記録の優れている幼児と記録の劣る幼児で差があるようにみられ、また腕の使い方についても図には示さなかったものの、踏切時に運動方向とは反対（後方）に動かす3歳頃にみられる動作様式を示した幼児も数名みられたことなどから、幼児の立幅跳の運動様式の獲得には個人差がかなりみられることが推測された。今日、幼児の運動能力の低下とともに、運動の上手な幼児、下手な幼児などいわゆる運動能力の二極化も広がりつつある現状を踏まえると、運動様式の個人差は拡大しているとも考えられる。今後、多くの幼児を対象にHellebrandt(1961)や宮丸（1976）による動作パターンをもとに分類を行い、それぞれのカテゴリーに属する幼児の比率の変化など経年的に検討していくことで運動習得に関する経年的な変化を注意深く検討していくことが必要であろう。

5 立幅跳の踏切準備動作におけるキネマティクス分析結果

表3は、立幅跳跳躍動作中の身体重心高や踏切初速度など各分析項目値について、4名の幼児別に示したものである。

踏切距離（踏切足が離地する瞬間の身体重心と踏切足のつま先の水平距離；L1）、飛行距離（L2）は、記録の優れている男女児2名の距離が、記録の劣る2名よりも長い傾向にあったが、着地距離（着地瞬間の踵と身体重心の水平距離；L3）には、傾向はみられなかった。また、跳躍距離（L）に対する各距離の割合をみると、4名とも飛行

距離 (L2) が全体の 60% 程度とかなりの比率を占めていた。これまでの成人を対象とした立幅跳に関する報告をみても、本研究と同様に飛行距離 (L2) が跳躍記録に大きく影響をおよぼすことを示したものが多くみられることから、幼児においても飛行距離 (L2) を大きくすることが跳躍距離を増大させる上で望ましいことが示唆された。

表3 幼児別にみた各分析項目結果

	跳躍距離			踏切時		身体重心高(身長比)			着地
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	初速度(合成) (m/sec)	跳躍角 $\Theta 1$ (deg.)	踏切時 h1 (%)	最大値 h2 (%)	接地時 h3 (%)	接地角 $\Theta 2$ (deg.)
♂(Y.F) 1m34	47	87	0	2.54	19.7	50.6	53.2	30.0	38.3
♂(Y.Y) 0.94m	29	56	9	1.99	33.4	61.1	66.1	45.4	47.6
♀(K.I) 1m42	39	89	14	2.46	25.7	56.1	61.4	34.2	47.1
♀(M.H) 0.80m	27	50	3	1.76	36.9	64.0	67.7	40.8	54.8

また、着地距離 (L3) については、記録の優れていた男児 (Y. F) においても、他の幼児と比較してほとんど距離を獲得できていなかったが、この時の着地局面における動きをみると、上体が被りすぎており、下肢を十分に前方へ振り出すことができなかったとみられる。一方、記録の劣る男女の幼児について接地角（足が着地した瞬間の身体重心と踵を結んだ線分が踵を通る水平線となす角度）をみると、男児 (Y. Y) が 47.6 度、女児 (M. H) が 54.8 度と記録の優れていた幼児よりも大きい傾向にあり、姿勢がより直立した状態で着地を行っていたとみられる。本研究におけるこのような着地動作結果をもとにすると、幼児の場合、着地技術に未熟さや課題があることが示唆された。

踏切時の合成速度をみると、記録の高い幼児の踏切時の合成速度は、踏切時に男児 (Y. F) が 2.54m/sec、女児 (K. I) が 2.46m/sec で、記録の劣る幼児の値（男児 (Y. Y) が 1.99m/sec、女児 (M. H) が 1.76m/sec）を大きく上回る傾向にあった。一方、踏切時の跳躍角をみると、記録の優れた 2 名は、それぞれ 19.7 度（男児 Y. F）、25.7 度（女児 K. I.）で、記録の劣る幼児 2 名の 33.4 度（男児 Y. Y）、36.9 度（女児 M. H.）の跳躍角よりも逆に小さい傾向にあった。立幅跳のみならず、走り幅跳び、走り高跳びといった、跳躍種目における跳躍種目では、跳躍距離は踏切時の初速度と跳躍角によって決定されるとされており、走り幅跳びでは、一流選手で踏切初速度が 10～11 m/sec、跳躍角は 20 度前後になると報告されている。一方、立幅跳に関しては、踏切初速度や跳躍角などこれまでにほとんど報告されていない。本研究結果をもとにするならば、幼児の場合、高い跳躍記録を達成するためには、踏切初速度が 2.5m/sec、跳躍角は 20～25 度程度が必要であるとみられるが、今後さらに分析数を増やして明らかにしていく必要がある。

図 9 は、踏切前 0.4 秒から、踏切足離地直前における踏切準備動作中の身体重心の

水平（上図）および垂直（下図）速度の変化を示したものであり、横軸の数値は、0が踏切を示している。

水平速度は、踏切前0.25秒（上図の影の部分）までは、記録の優れている幼児、劣る幼児ともほとんど差はみられないものの、0.25秒を過ぎて、踏切へ向かうにつれて記録の優れた幼児2名の水平速度は、急激に増加する傾向を示した。一方、垂直速度をみると、記録の優れた男児（Y. F）の最高速度は、他の幼児と比較して低い傾向にあったものの、その他の幼児の垂直速度の最高値はほとんど差がみられなかった。これらのことをもとにすると、幼児の場合、立幅跳で良い記録を達成するためには、特に踏切前（0.2～0.3sec.）あたりでの身体の使い方による身体重心の水平速度の増大に大きく影響していることが示唆された。従って、この局面における身体各部の使い方を詳細に検討することで幼児の立幅跳の効果的な技術についての知見を得ることが可能となるとみられる。

また、上述した踏切準備動作以前（図中の網掛けの部分）における水平、垂直方向の助走速度の変化を立幅跳の記録の優れていた男女児それぞれについてみると、男児（Y. F.）の場合、すでにこの局面において水平、垂直方向の速度が増大する傾向にあったことから、身体が跳躍方向へ向けて動作を開始していることが推測された。一方、女児（K. I.）では、同じ局面において水平速度はほとんど0（ゼロ）を示し、垂直速度はマイナスを示しており、この後踏切へ向けて急速に増大していた。これらのことをもとにすると、2名の幼児の跳躍記録はほぼ同じであったにもかかわらず、踏切前の動作はかなり異なるものであったと考えられる。これら2つの動作のいずれが良い記録を達成する上で効果的な動きであるのか、あるいはこのような動きの違いは、男女差によるものであるのかについては、今後多くの幼児の動作を分析し、さらに詳細に検討して明らかにしていくことが必要であろう。

踏切前から踏切にかけての膝関節、上腕、大腿の動作について、前述したように、踏切前から踏切にかけての踏切準備動作における身体重心の水平速度の変化をみると、踏切前0.2～0.3sec付近を1つのポイントにして、記録の優れた幼児と記録の劣る幼児で大きな差が生じていた。このことから、この地点における身体各部の動き

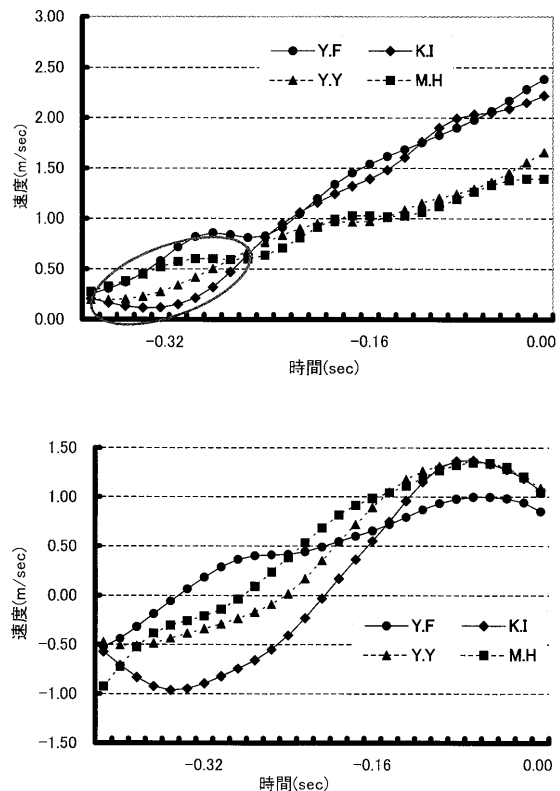


図9 踏切準備から踏切にかけての
身体重心速度の変化
(上図;水平速度、下図;垂直速度)

を検討することで、水平速度を増大させ、結果として跳躍距離を大きくするための効果的な身体の使い方に関するいくつかの知見を得ることができるとみられる。

そこで、本研究では、立幅跳のパフォーマンスに大きく影響を及ぼしているとみられる膝関節、上腕、大腿の動作についてそれぞれ角度変化、角速度変化をもとに検討することとした。

図10は、踏切前(0.4sec)から、踏切にかけての上腕垂直角度(上図)および上腕垂直角速度(下図)の変化を示したものである。上腕垂直角度は、肩関節と肘関節を結ぶ線分が、肩関節から降ろした垂直線となす角度と定義し、マイナスの値は上腕が垂直線に対して後方(背中側)にあることを示している。また、上腕垂直角速度のマイナス値は、上腕が後方へ振られていることを示している。

上腕垂直角は踏切前0.4secの地点では、4人の幼児とも-75.4~-104度の範囲にあり、ほぼ同じ値を示していたが、その後、Y. F、K. I、Y. Yの3名は、その角度を維持あるいは、さらに小さく(後方へ引く)した後、前方へ振り込んでいたのに対し、M. Hについては振り込みが早い傾向にあった。一方、4人の幼児の上腕垂直角速度をみると、上腕垂直角と同様にY. F、K. I、Y. Yの3名の角速度は、類似した傾向にあった。また、3幼児とも踏切前0.2~0.3sec付近でいずれも最大角速度に到達し、特に記録の優れていた男女2名の幼児(Y. F、K. I)の値は、大きい傾向にあり、その局面は、先に図9で示した身体重心の水平速度の増大の地点とほぼ一致していた。さらに、これら2名の最大角速度達成後の角速度は徐々に減少しながらも、記録の劣る幼児と比較して高い値を示していたことから、腕の効果的な振込み動作や、踏切へ向けて振上げ動作が行えていたとみられる。これらのことをもとにすると、立幅跳の記録達成において重要な要素である、踏切初速度の増大に対して、腕が大きな影響を及ぼしていることが推測された。

一方、記録の劣る女児(M. H)の上腕角をみると、他の3名と異なり、踏切前0.4secからすぐに前方へ向かって腕が振込まれていることが伺えた。また、その時の上腕の角速度をみると、踏切前0.3secあたりで最大値を示したが、その後は徐々に減少し、他の3名の幼児とはピーク値がずれていた。このことから、女児(M. H)の

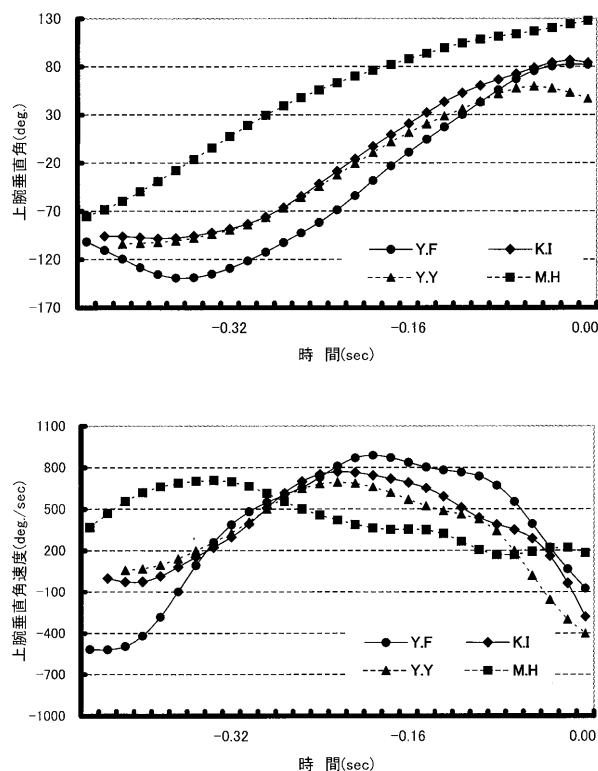


図10 踏切準備から踏切にかけての上腕垂直角および角速度の変化(上図;角度、下図;角速度)

場合、腕の振り込み、振上げのタイミングがズレていたと推察された。

図11は、踏切前(0.4sec)から、踏切にかけての膝関節角度(上図)および膝関節角速度(下図)の変化を示したものである。膝関節の最大屈曲は、記録の優れていた男児(Y. F)が67.3度で最も大きかったものの、跳躍記録と最大屈曲の間には傾向はみられなかった。最大屈曲の出現地点をみると、跳躍記録の最も良かった男児(Y. F)が最も早く、踏切前0.4secの地点で出現しており、その他の幼児は踏切前0.18～0.24sec付近で出現していた。また、踏切直前の膝の最大伸展は、記録の優れていた男女児2名(それぞれ、147.1度(男児; Y. F)、157.1度(女児; K. I))が大きい傾向にあり、膝関節を十分に伸ばして踏切へ移行していることが伺えた。

一方、膝関節角速度をみると、記録の優れていた男児(Y. F)の角速度曲線は、他の幼児と異なり、踏切準備局面においてピーク値が2回出現していた。このうち、最初のピーク値は、2回目のピーク値よりも値は小さいものの、踏切前0.25sec付近で出現し身体重心の水平速度の増大がみられた地点とほぼ一致していた。また、この付近の男児(Y. F)の上腕垂直角速度(図10)と膝関節角速度の速度曲線をみると、両方の角速度のピークはほぼ一致していたが、膝関節角速度の方が、上腕垂直角速度のピーク値よりもわずかに早くピーク値が出現していた。一方、その他の3名の幼児の角速度をみると、いずれも踏切直前に1回の大きなピーク値を示しており、なかでも記録の優れていた男女児(Y. F、K. I)の最大値は、記録の劣る男女児(Y. Y、M. H)の最大値を上回っていた。このことから、3名の幼児はまず、上腕の振上げ動作により身体重心の水平速度を引き起こし、その後膝の伸展動作により水平速度のさらなる増大を行っていたことが推測された。

図12は、踏切前(0.4sec)から、踏切にかけての大腿垂直角度(上図)および大腿垂直角速度(下図)の変化を示しており、大腿垂直角度のマイナスは大腿が大転子よりも後方にあることを表している。

大腿垂直角度は、踏切前0.4～0.5secあたりでは、記録の優れていた男児(Y. F)

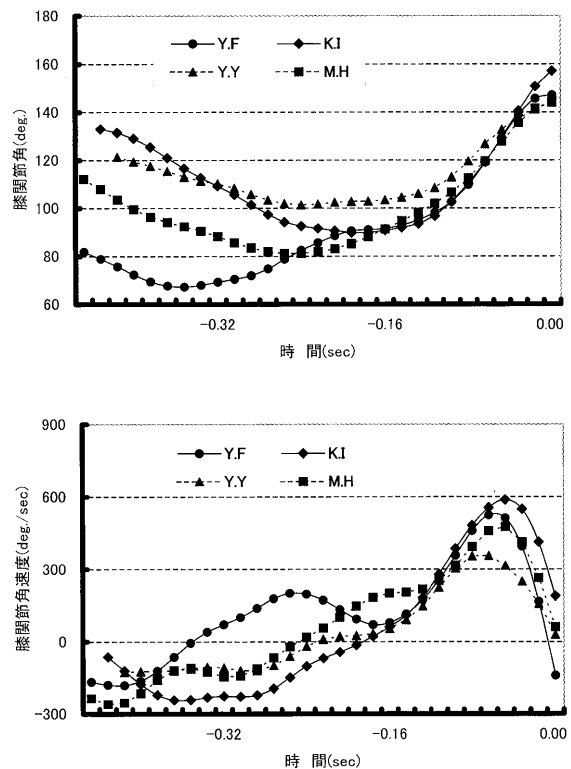


図11 踏切準備から踏切にかけての膝関節角および角速度の変化(上図;角度、下図;角速度)

が-72.3度で最も大きく、大腿を大きく屈曲していることを示していたが、その他の幼児の値をみると、跳躍記録と大腿角の間には傾向はみられなかった。大腿垂直角はその後、踏切まで伸展されつづけ、踏切直前的大腿の伸展角は、記録の優れていた男女児2名が大きい傾向にあり、大腿を十分に伸ばして（後方へ押して）踏切へ移行していることが伺えた。

一方、大腿垂直角速度をみると、記録の優れていた男児（Y. F）の角速度曲線は、膝関節角速度の場合と同様に、他の幼児と異なり、踏切準備局面においてピーク値が2回出現していた。このうち、最初のピーク値は、2回目のピーク値よりも値は小さいものの、踏切前0.30sec付近で出現し身体重心の水平速度の増大がみられた地点とほぼ一致していた（図9）。また、この付近の男児（Y. F）の上腕垂直角速度（図10）と膝関節角速度（図11）、大腿垂直角速度の速度曲線をみると、大腿垂直角速度が、他の2つの角速度のピーク値よりもわずかに早くピーク値が出現していた。これらのことをもとにすると、記録の優れていた男児（Y. F）の場合、他の幼児と異なり、身体重心の水平速度増大に対して、膝関節のみならず、大腿の伸展運動も影響を及ぼしていたとみられる。まず大腿の伸展動作により水平速度が発生し、その後、膝の伸展動作や腕の振上げ動作により水平速度がさらに増大されたものと推測された。男児（Y. F）にみられたこのようなピーク値の2峰性は、筋力などの劣る幼児の場合、力を分散させつつまた身体各部を連動させながら、結果として大きな力を生み出す上で効果的な動きであるとみられるが、この動きには微妙なタイミングなども伴うと考えられる。従って、幼児に習得できる動きであるかどうかは今後、さらに検討をしていく必要がある。

一方、その他の3名の幼児の角速度をみると、いずれも踏切直前に1回の大きなピーク値を示しており、なかでも記録の優れていた男女児（Y. F、K. I）の最大値は、記録の劣る男女児（Y. Y、M. H）の最大値を大きく上回っていた。このことから、3名の幼児はまず、上腕の振上げ動作により身体重心の水平速度を引き起こし、その後大腿や膝の伸展動作により水平速度のさらなる増大を行っていたことが推測された。

本研究では、跳躍記録をもとに男女児4人の踏切準備動作について上腕、膝、大腿の角変位や角速度をもとに検討を行ったが、4人の立幅跳の動作様式はさまざまであ

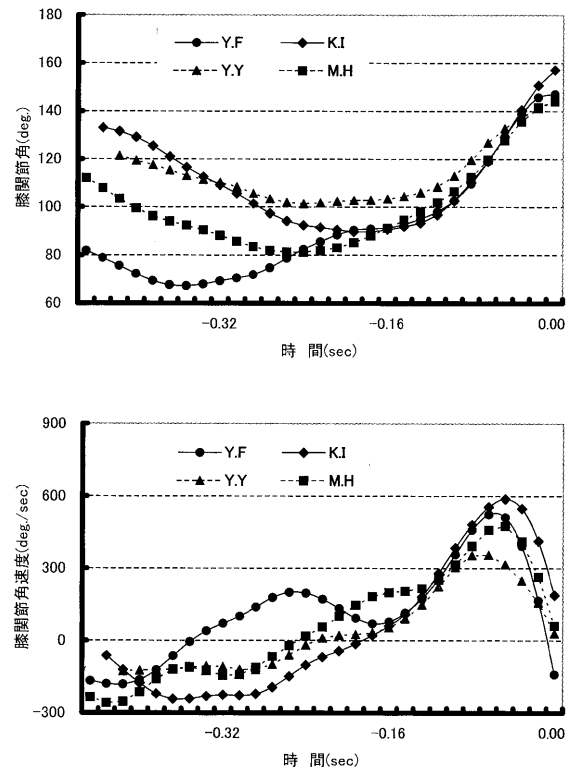


図12 踏切準備から踏切にかけての
大腿垂直角および角速度の変化
（上図；角度、下図；角速度）

り、かなり高度な技術を有しているとみられる幼児もみられた。今後はさらに多くの幼児について動作分析を行うことにより、幼児に適した効果的な立幅跳について知見を蓄積していくことが必要であろう。

また、立幅跳に関するこれまでの研究の多くは、踏切局面や空中動作、着地といった跳躍動作そのものを対象としたものであり、踏切準備動作に着目したものはほとんどみられない。しかしながら、本研究結果をもとにするならば、踏切準備動作を検討することにより、跳躍動作（主要局面）で引き起こされた動きの原因（要因）を明らかにすることができると思われる。

結 論

本研究では、幼児の基本的跳躍運動の一つとされる立幅跳に着目し、身体特性などが跳躍記録に及ぼす影響について検討するとともに、特に、踏切準備動作における身体各部の動きが跳躍記録や跳躍動作に与える影響をキネマティクスの視点からもあわせて検討することで、今日の運動能力低下に対する動作の課題、問題点などを明らかにし、運動能力向上へ向けての動作様式のあり方や効果的な運動習得に関する基礎的知見を得ることを目的とした。

その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 男女児別にみた、立幅跳の記録は、男児が116.1cm、女児が103.6cmで両者の間には1%水準で統計的有意差がみられたが、全国値とは、ほぼ一致する値であった。
- 2) 女児の運動能力判定基準は、評定4（標準より進んでいる）、評定5（評定より非常に進んでいる）に属する割合が男児と比較して少なかった。
- 3) 跳躍記録の優れている幼児の踏切時の初速度は記録の劣る幼児と比較して大きく、跳躍角は、逆に記録の劣る幼児の値が大きかった。
- 4) 跳躍記録の優れている幼児の踏切準備期における身体重心の水平速度は、踏切前0.25秒付近で大きく増大する傾向にあった。
- 5) 踏切準備期における身体重心の水平速度は、上腕の振り上げ動作によって引き起こされ、その後大腿や膝の伸展動作により増大されると推測された。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、実験に快くご協力いただきました、鹿児島女子短期大学附属なでしこ幼稚園副園長の永山義昭先生はじめ年長組の園児のみなさんに感謝いたします。

参考・引用文献

- 1) 阿江通良ら (2006) : 幼少期に身につけておくべき基本運動 (基礎的動き) に関する研究—第1報—. 財団法人日本体育協会スポーツ医・科学専門委員会
- 2) 深代千之 (1990) : 跳ぶ科学、大修館
- 3) Hellebrandt F.A. et al. (1961) : Physiological analysis of basic motor skills. American Journal of Physical Medicine 40, 14-25
- 4) Hirota T. et al. (1991) : Body configuration and joint moment analysis during standing long jump in 6-yr-old children and adult males. Medicine and Science in Sports and Exercise 23(9), 1068-1077
- 5) 加藤謙一 (1997) : 疾走運動における発達バイオメカニクスの役割, 第13回日本バイオメカニクス学会大会論文集, 30-34
- 6) 窪康之ら (1999) : 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
- 7) 宮丸凱史 (1976) : 幼児の基礎的運動技能における Motor Pattern の発達過程, 身体運動の科学Ⅱ, 杏林書院, 96-114
- 8) 宮丸凱史 (1986) : 短距離走, 金原勇編, 陸上競技のコーチングⅠ, 大修館, 250-254
- 9) Phillips S.J et al. (1985) : Developmental differences in standing long jump take off parameters. J. of Human Movement Studies, 11, 75-87
- 10) 杉原隆他 (2004) : 幼児の運動能力2002, 体育の科学, 54巻, 2月号
- 11) 湯浅景元ら (1984) : 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集, 80-84

(平成19年11月13日 受理)