



児童期の子どもにおける曲走路疾走の特徴

杉本, 祐太
篠原, 康男
前田, 正登

(Citation)

日本陸上競技学会誌, 11(1):29-37

(Issue Date)

2013-03

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90002699>



児童期の子どもにおける曲走路疾走の特徴

杉本祐太¹⁾, 篠原康男¹⁾, 前田正登²⁾

Curved track sprint characteristics in elementary school children

Yuta SUGIMOTO¹⁾, Yasuo SHINOHARA¹⁾, Masato MAEDA²⁾

Abstract

This study investigated the sprint characteristics of elementary school children when on a curved running track by comparing the sprint motion between 20 elementary school children and 10 university students. The participants performed 50 m sprints on a curved running track with radius 12.5 m (counterclockwise) and on a straight track. Here, the school children were equally divided into those with high and low sprint ability based on straight track sprint times. During both sprints, each participant's motion was videotaped by either two video cameras (elementary school children) or four video cameras (university students). This video footage was subsequently analyzed by the three-dimensional direct linear transformation - method.

The main results are summarized as follows:

- 1) All groups maintained their step frequency when sprinting on the curved track. Both groups of children correctly inclined their body during motion according to their sprinting ability and the centripetal force affecting their center of gravity when sprinting on a curved track.
- 2) The inclined motion of elementary school children sprinting on the curved track was not determined by cornering skill. However, direction change during left foot contact was considered to be determined by cornering skill, and children with superior cornering skill were able to perform correct directional changes during curved track sprints, matching the motion of the university students.

キーワード：曲走路，疾走動作，児童期の子ども，進行方向変更

1. 緒言

走運動は人間の基本的な運動の一つであり，児童期の子どもにとっては「走る」ことはごく日常的に行われている運動である．その走運動には，単に直線的に疾走することばかりではなく，運動会での徒競走やリレー種目においてみられるように，直走路ではない曲走路での疾走が求められることも少なくない．しかも，学校現場では運動場が狭い等の理由から，一般的な陸上競技場の曲

走路と比較するとはるかに急な曲走路での疾走を余儀なくされているのが現状である．曲走路では内傾動作など直走路とは異なる走動作技術が求められることから，発達段階かつ疾走動作が未習熟である児童期の子どもにおいては，急な曲走路での疾走は容易ではないと考えられ，ともすれば疾走中の転倒などにつながる危険性もある．しかし，曲走路での疾走は，主に徒競走やリレー種目などの学校行事に限られることもあり，その疾走の困難さに関わらず直走路での疾走ほど重要視されておらず，また指導上の留意点も明確にあるわけではない．したがって，学校現場でみられる急な曲走路での疾走動作を明らかにすることは，発達段階にある児童期の子どもの曲走路での指導に役立つと考えられる．

児童期の子どもの疾走動作に関する研究は数多く行われており，川本（1987）は疾走能力が高い小学生は回復局面前半での足首の最高点が高く，かつ，より身体に近く引き付けられていると報告している．また，小学生高学年男子児童（5・6年生）の疾走動作を調査した研究（伊藤，1984；1986）では，小学生男子児童は回復局面前半において足首を十分に腰に引き付け，より大きな走りを示すようになると報告している．さらに，優れた疾走能力を持つ小学生男子児童の疾走動作の特徴をみた研究（加藤ほか，2001）では，優れた疾走能力を持つ児童は脚の後方スイング速度が高く，疾走能力の高い成人と一致した特徴を持つことを報告している．このように，児童期の子どもの疾走動作の特徴が明らかになってきているが，これらの研究はすべて直走路での疾走を検討したものであり，曲走路での疾走動作を検討した研究はほとんど見られない．曲走路での疾走は，進行方向を変更し続けることが求められることから，その疾走動作は直走

1) 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University
〒 657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲 3-11

2) 神戸大学 Kobe University
〒 657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲 3-11

路のものとは異なると考えられる。

疾走能力は年齢とともに発達していくことが知られており、宮丸（2002）は6・7歳頃までに基本的な走運動形態が獲得されると報告し、齊藤・伊藤（1995）は、走運動の加齢に伴う発達が①下肢長の増加に伴ってストライドが増加するという形態的な発達と②下肢長が増加しても同じピッチを維持するという機能的な発達があることを報告している。また、小学生男子児童と成人男性の直走路での疾走動作を比較した研究（山田ほか，2010）によれば、児童は成人男性と比較して、足部が体幹のより前方で接地し、さらに接地直後に股関節が一時的に屈曲するといった特徴を持つと報告している。以上のように、児童期の子どもでも成人に近い走運動を行うことが可能であるが、動作に習熟している成人と比較すると下肢長によるストライドの差や、接地時の動作など明らかな違いが認められている。成人男性の陸上競技選手の曲走路疾走に関する研究（勝俣ほか，1975；1976；加藤ほか，1987；1989；横川，1976；加賀・高戸，1992；石村・桜井，2011）はいくつかみられるが、疾走動作が未習熟な児童期の子どもでは、曲走路疾走においても成人とは異なる特徴を有すると考えられる。つまり児童期の子どもの曲走路での疾走動作の特徴は、成人によるそれとの比較、さらには直走路疾走との比較から得ることができると考えられる。

本研究では、直走路疾走と曲走路疾走の比較および小学生男子児童と成人である大学生男子の疾走動作の比較から、発達段階である児童期の子どもにおける曲走路疾走動作の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

(1) 被験者

被験者は全力疾走に支障のない健常な小学生5, 6年生の男子児童20名および健常な一般の男子大学生10名とした。児童は直走路での50m疾走タイムから上位群(n=10)および下位群(n=10)に分けた。被験者群をそれぞれ児童上位群、児童下位群および大学生群とし、その身長、体重および直走路での50m疾走タイムを表1に示す。なお本研究は、神戸大学大学院人間発達環境学研究科研究倫理委員会の承認を得て行われた。

表 1. 被験者の身長、体重および 50m 疾走タイム

	身長 (cm)	体重 (kg)	50m 疾走タイム (s)
児童上位群 (n=10)	143.6 ± 7.4	34.4 ± 5.3	8.51 ± 0.17
児童下位群 (n=10)	137.9 ± 5.6	36.9 ± 14.3	9.91 ± 0.44
大学生群 (n=10)	170.4 ± 6.1	63.1 ± 5.1	6.75 ± 0.23

身長：大学生群>児童上位群，児童下位群 (p<0.01)
体重：大学生群>児童上位群，児童下位群 (p<0.01)
50m 疾走タイム：大学生群>児童上位群>児童下位群 (p<0.01)

(2) 実験試技

本研究では、曲走路（曲率半径 12.5m）および直走路での疾走を各試技1本ずつ行わせた。曲走路での疾走は、曲走路外側に大きくふくらまないよう指示した。各試技の疾走距離は 50m であるが、曲走路は直走路部分 10m に続き、曲走路部分 39.25m と最終の直走路部分 0.75m の計 50m となっている。また試技は、全被験者共通して曲走路、直走路の順に行わせた。さらに、疲労の影響が出ないように試技間には十分な休息を取らせた。なお、児童対象と大学生対象の実験は日を分けて行った。

(3) 撮影方法

試技の撮影には、曲走路および直走路疾走とも完全に同期された2台のビデオカメラ(XC-009:SONY)を用い、疾走している被験者の左斜め前方および左斜め後方から毎秒60コマの撮影速度、シャッタースピード250分の1秒で疾走動作を撮影した。なお、大学生を対象とした撮影には、被験者の右前方1台および右後方1台のビデオカメラを配置し計4台で撮影した。撮影範囲として、曲走路は曲走路の頂上付近の10m区間で曲走路のレーン幅1.2mの範囲をカバーできるように(図1)、また、直走路はスタートラインから20m～30m区間の10m間でレーン幅1.2mの範囲をカバーできるように設定した。

撮影された画像から、走動作2サイクル(連続した4歩)とその前後10コマの身体21測定点(頭頂、頭中心、胸骨上縁、左右肩峰、左右肘関節中心、左右手関節中心、左右第三中手指関節、左右大転子、左右膝関節中心、左右足関節中心、左右つま先、左右踵骨隆起)を、三次元動作解析ソフト(Frame-DIAS IV, DKH社)を用いてデジタイズを行った。これらの座標値から3次元DLT法

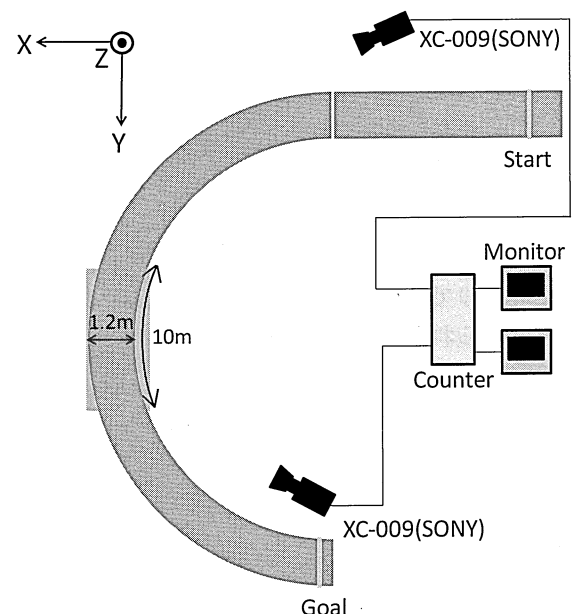


図 1. 曲走路の撮影範囲

により、実空間座標における身体各部および身体重心の位置座標を算出した。身体重心の位置座標算出に必要な身体部分慣性係数は、児童については横井（1986）が報告した日本人幼少年の値を、大学生は阿江（1996）が報告した日本人アスリートの値をそれぞれ用いた。なお、3次元実座標構築に必要なキャリブレーションボールは、直走路は、撮影区間進行方向に2m間隔、左右方向に0.5m間隔の計18本、曲走路は、撮影区間の曲走路に沿って2m間隔、左右方向に0.5m間隔で、計18本をそれぞれ設置した。本実験における実測値とDLT法による推定値との誤差は、児童での実験においては、曲走路ではX軸（左右）方向が0.98cm、Y軸（前後）方向が0.92cm、Z軸（鉛直）方向が0.98cmであり、直走路ではX軸（左右）方向が0.99cm、Y軸（前後）方向が0.87cm、Z軸（鉛直）方向が0.82cmであった。大学生の実験においては、曲走路、直走路ともX軸（左右）方向が1.19cm、Y軸（前後）方向が2.07cm、Z軸（鉛直）方向が0.69cmであった。

(4) 分析項目

遮断周波数6Hzでのバターワース法によるデータの平滑化処理を行った後、児童上位群、児童下位群および大学生群それぞれで以下の分析項目を算出した。また本研究では、児童上位群および大学生群それぞれの群内での曲走路疾走の技術を検討するために、両群それぞれで相対疾走速度（左右の平均値）が高い被験者をskilled群（5名）、低い被験者をpoor群（5名）として、各分析項目の値を算出した。

疾走速度：左足離地時（右足離地時）の合成身体重心速度を左疾走速度（右疾走速度）と定義した。

ストライド：左足離地時（右足離地時）の左足のつま先（右足のつま先）から右足接地時（左足接地時）の右足のつま先（左足のつま先）までの距離の、疾走2サイクル（各足2歩分）における平均値を左ストライド（右ストライド）と定義した。

ピッチ：左足接地（右足接地）から次の左足接地（右足接地）までかかる時間の逆数の1/2を左ピッチ（右ピッチ）と定義し、疾走2サイクル（各足2歩分）における平均値をそれぞれ算出した。

相対値：曲走路での疾走速度およびストライド、ピッチについてそれぞれ直走路での値を100%とした時の相対値を左右それぞれ算出した。

接地時間および滞空時間：左足（右足）が地面に接地してから離地するまでの時間を左接地時間（右接地時間）、左足離地時（右足離地時）から右足接地時（左足接地時）までの時間を左滞空時間（右滞空時間）と定義し、映像のコマ数からそれぞれ算出した。

内傾角度：左つま先（右つま先）と身体重心を結ぶ線とZ軸（上下方向）とがなす角で、左つま先（右つま先）

が接地中に重心の真下に来た時点の角度を左（右）内傾角度としてそれぞれ求めた。なお、接地中に身体重心と各つま先の距離が最小になった時を各つま先が重心の真下に来た時点とした。

接地中の進行方向変更角度：水平面（XY平面）での身体重心速度ベクトル（XY成分の合成ベクトル）の方向の時間変化を算出し、左足（右足）接地時と左足（右足）離地時の差分を左足（右足）接地中の進行方向変更角度としてそれぞれ算出した。

(5) 統計分析

各分析項目の3群間の比較には一元配置分散分析を用いた。分散分析で有意差が認められた項目に関してはTukey-Kramer法を用いて多重比較検定を行った。また、各群内での各分析項目の左右間、試技間の有意差の検定には対応のあるt検定を、各群内のskilled群とpoor群の各分析項目の有意差の検定には対応の無いt検定をそれぞれ用いた。なお、本研究における統計処理の有意水準はすべて5%未満とした。

3. 結果

(1) 疾走速度、ストライドおよびピッチ

児童群と大学生群の疾走速度、ストライドおよびピッチを図2に示す。

曲走路での疾走速度は左右とも大学生、児童上位群、児童下位群の順で高く、直走路での疾走速度も同様であった。試技間についてみると、全群で曲走路の疾走速度が直走路のものより有意に遅かった。左右差についてみると、児童上位群の曲走路および直走路、児童下位群の直走路での左疾走速度が右疾走速度よりも有意に高かった。

曲走路でのストライドは、大学生群の左ストライドが児童両群よりも有意に大きく、右ストライドは児童下位群よりも有意に大きかった。直走路でのストライドは左右とも大学生群が児童の両群よりも有意に大きく、児童上位群の右ストライドは児童下位群よりも有意に大きかった。試技間についてみると、児童上位群および大学生群の曲走路での左右のストライドは直走路のものより有意に小さく、児童下位群は左ストライドのみ有意に小さかった。ストライドの左右差はすべての群でみられなかった。

曲走路でのピッチは左右とも大学生群が児童両群よりも有意に高く、直走路でのピッチも同様であった。試技間についてみると、全群で曲走路と直走路で有意な差は認められなかった。また、ピッチの左右差もすべての群で認められなかった。

(2) 疾走速度、ストライドおよびピッチの相対値

児童群と大学生群の疾走速度、ストライドおよびピッ

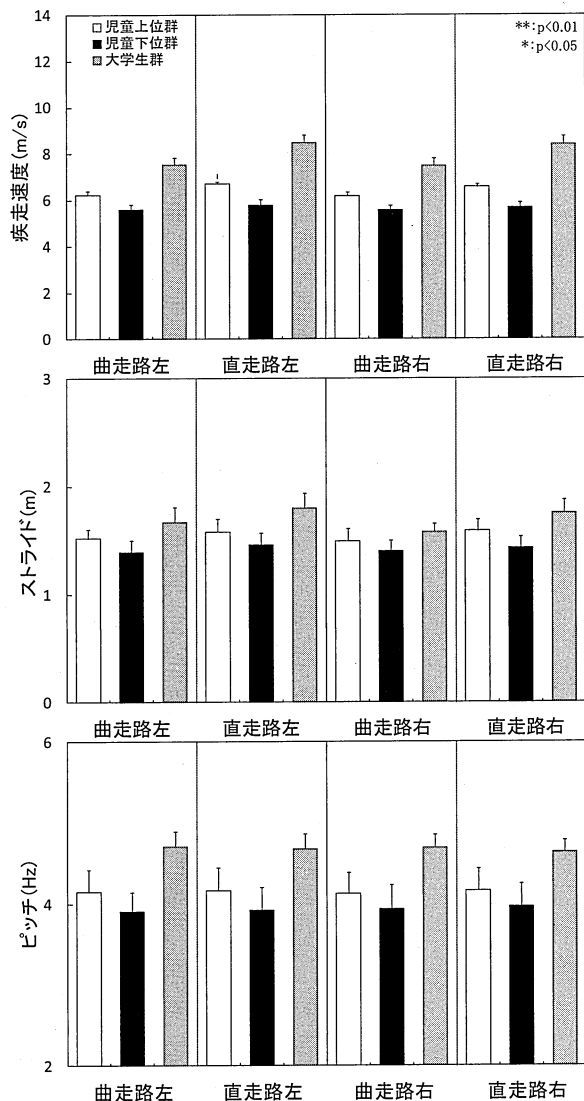


図 2. 疾走速度，ストライドおよびピッチ

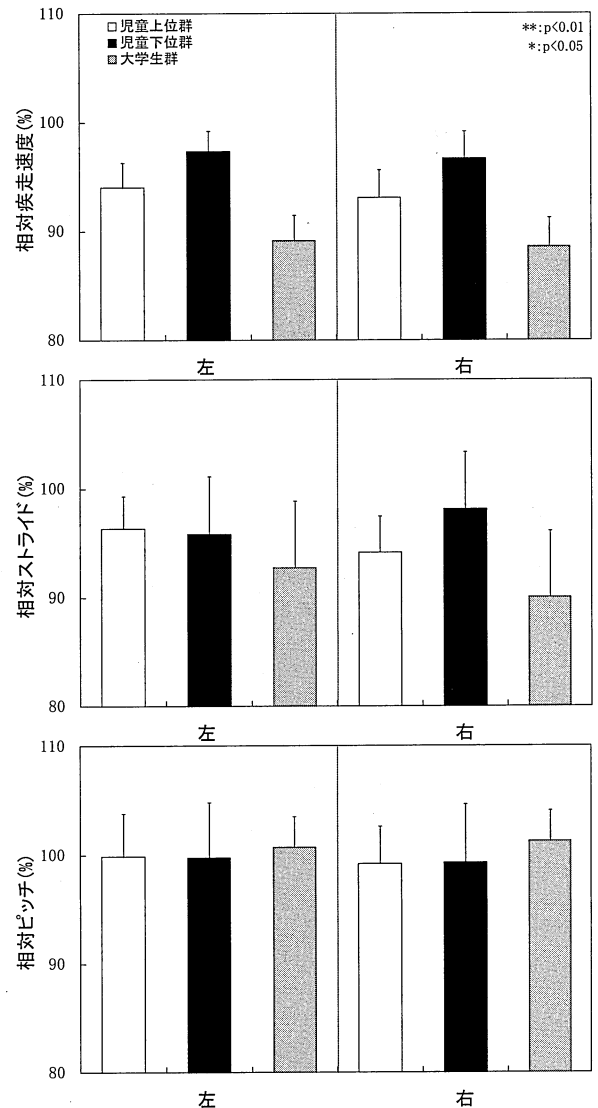


図 3. 相対疾走速度，相対ピッチおよび相対ストライド

チの相対値を図 3 に示す。

相対疾走速度は左右とも児童下位群，児童上位群，大学生の順で高かった。相対ストライドは大学生群の右が児童下位群よりも有意に低かった。相対ピッチは全群で有意な差が認められなかった。

(3) 接地時間および滞空時間

児童群と大学生群の接地時間および滞空時間を図 4 に示す。

接地時間は，曲走路では，右接地時間は直走路と同様であったが，左接地時間は群間で有意な差が認められなかった。直走路では児童上位群および大学生群の左右の接地時間が児童下位群よりも有意に短かった。試技間についてみると，児童上位群は曲走路では直走路よりも左接地時間のみに有意に増加し，大学生群は左右の接地時間が有意に増加した。児童下位群は変化が認められなかった。接地時間の左右差はすべての群で認められなかった。

滞空時間は，曲走路では左右とも大学生群が児童両群よりも有意に短かった。直走路では大学生群の右滞空時間が児童両群よりも有意に短かった。試技間についてみると，大学生群および児童上位群において，右滞空時間が曲走路では直走路よりも有意に減少した。滞空時間の左右差はすべての群で認められなかった。

(4) 曲走路疾走における内傾角度

児童群と大学生群の曲走路疾走時の内傾角度を図 5 に示す。

内傾角度は左右とも大学生，児童上位群，児童下位群の順で大きかった。また，全群で左よりも右内傾角度が大きかった。

(5) 曲走路疾走における接地期の進行方向変更角度

児童群と大学生群の曲走路疾走時の接地期の進行方向変更角度を図 6 に示す。

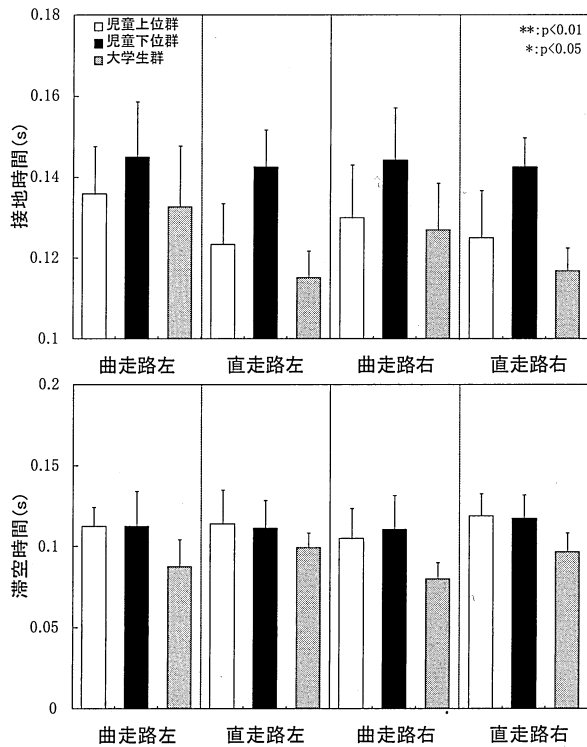


図4. 接地時間および滞空時間

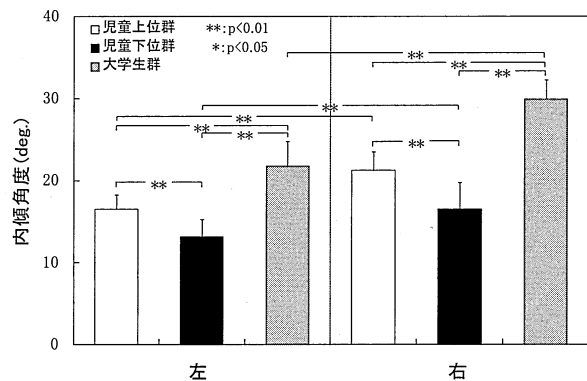


図5. 内傾角度

児童（上位群）の左足接地中の進行方向変更角度は、大学生群より有意に大きかった。

(6) skilled 群と poor 群の曲走路疾走における各分析項目値

児童上位群における skilled 群と poor 群の各分析項目の値を表 2-1 に、大学生群における skilled 群と poor 群の各分析項目の値を表 2-2 に、それぞれ示す。相対疾走速度（左右の平均値）は、両群とも skilled 群が poor 群よりも有意に大きかったが、直走路での疾走速度、ストライドおよびピッチは両群の skilled 群と poor 群の間で有意差は認められなかった。また、曲走路での左疾走速度および右疾走速度は、児童上位群では skilled 群が有

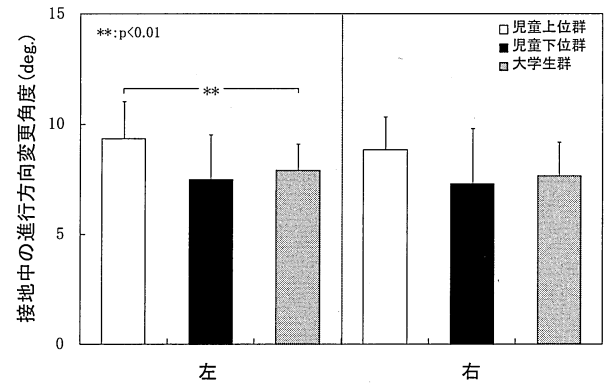


図6. 接地中の進行方向変更角度

表 2-1. 児童上位群の skilled 群と poor 群の各分析項目の値

	skilled 群 (n=5)	poor 群 (n=5)	
相対疾走速度 (%)	95.5 ± 1.1	91.8 ± 1.6	**s>p
直走路左疾走速度 (m/s)	6.65 ± 0.11	6.77 ± 0.08	
直走路右疾走速度 (m/s)	6.54 ± 0.11	6.58 ± 0.13	
直走路左ストライド (m)	1.57 ± 0.12	1.59 ± 0.13	
直走路右ストライド (m)	1.58 ± 0.09	1.60 ± 0.13	
直走路左ピッチ (Hz)	4.12 ± 0.28	4.20 ± 0.33	
直走路右ピッチ (Hz)	4.15 ± 0.27	4.18 ± 0.30	
曲走路左疾走速度 (m/s)	6.32 ± 0.10	6.17 ± 0.12	*s>p
曲走路右疾走速度 (m/s)	6.27 ± 0.11	6.09 ± 0.11	*s>p
曲走路左ストライド (m)	1.53 ± 0.09	1.51 ± 0.09	
曲走路右ストライド (m)	1.50 ± 0.11	1.49 ± 0.13	
ストライド左右差 (m)	0.02 ± 0.05	0.02 ± 0.07	
曲走路左ピッチ (Hz)	4.19 ± 0.27	4.11 ± 0.30	
曲走路右ピッチ (Hz)	4.18 ± 0.26	4.08 ± 0.28	
左内傾角度 (deg.)	17.2 ± 0.9	15.9 ± 2.3	
右内傾角度 (deg.)	22.9 ± 2.3	20.6 ± 2.3	
左足接地中の進行方向変更角度 (deg.)	8.62 ± 1.42	10.09 ± 1.74	
右足接地中の進行方向変更角度 (deg.)	8.70 ± 0.88	8.98 ± 2.07	

*p>0.05, **p>0.01

表 2-2. 大学生群の skilled 群と poor 群の各分析項目の値

	skilled 群 (n=5)	poor 群 (n=5)	
相対疾走速度 (%)	90.9 ± 1.3	86.9 ± 1.2	**s>p
直走路左疾走速度 (m/s)	8.44 ± 0.30	8.53 ± 0.40	
直走路右疾走速度 (m/s)	8.35 ± 0.35	8.45 ± 0.41	
直走路左ストライド (m)	1.78 ± 0.07	1.82 ± 0.19	
直走路右ストライド (m)	1.74 ± 0.12	1.77 ± 0.13	
直走路左ピッチ (Hz)	4.70 ± 0.20	4.66 ± 0.19	
直走路右ピッチ (Hz)	4.66 ± 0.18	4.62 ± 0.13	
曲走路左疾走速度 (m/s)	7.63 ± 0.20	7.41 ± 0.40	
曲走路右疾走速度 (m/s)	7.62 ± 0.24	7.33 ± 0.38	
曲走路左ストライド (m)	1.62 ± 0.14	1.71 ± 0.13	
曲走路右ストライド (m)	1.63 ± 0.03	1.52 ± 0.08	*s>p
ストライド左右差 (m)	-0.01 ± 0.15	0.20 ± 0.12	*s<p
曲走路左ピッチ (Hz)	4.79 ± 0.22	4.62 ± 0.11	
曲走路右ピッチ (Hz)	4.72 ± 0.19	4.67 ± 0.14	
左内傾角度 (deg.)	24.2 ± 1.5	19.3 ± 2.0	*s>p
右内傾角度 (deg.)	30.0 ± 3.1	29.9 ± 1.7	
左足接地中の進行方向変更角度 (deg.)	7.99 ± 1.61	7.89 ± 1.45	
右足接地中の進行方向変更角度 (deg.)	7.89 ± 1.45	7.44 ± 1.73	

*p>0.05, **p<0.01

意に高く、右ストライドは、大学生群では skilled 群が有意に大きかった (図 7)。そのほか、曲走路でのストライドの左右差は、大学生群では skilled 群が有意に小さく (図 8)、左内傾角度は、大学生群では skilled 群が有意に大きかった (図 9)。

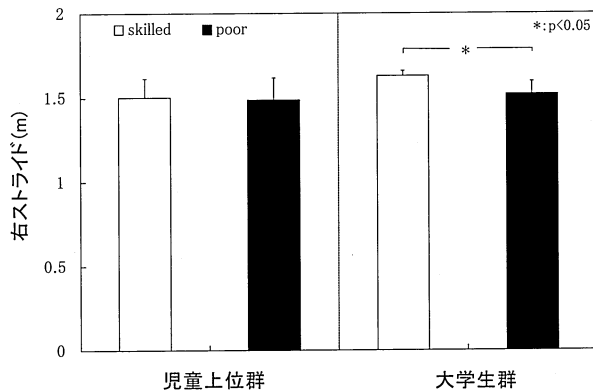


図 7. 右ストライド

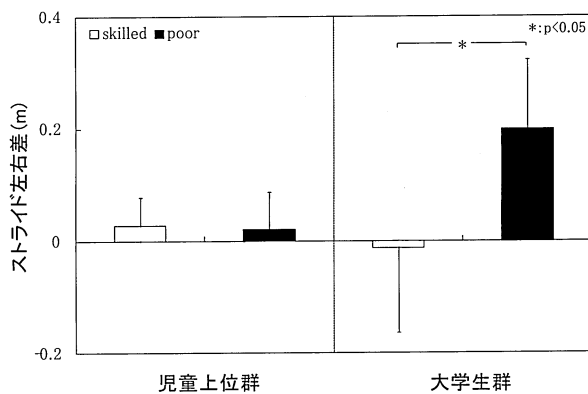


図 8. ストライドの左右差

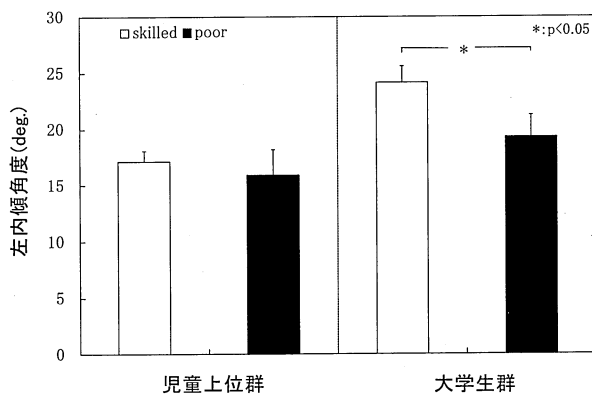


図 9. 左内傾角度

4. 考 察

(1) 児童期の子どもの曲走路疾走の特徴

曲走路疾走時には、身体を曲走路内側に内傾させることで遠心力に抗しながら疾走することが求められる。本研究ではすべての群の被験者で曲走路疾走時に内傾動作がみられ、その角度は左右とも大学生、児童（上位群）、児童（下位群）の順に大きくなっていった (図 5)。遠心力は、

$$F = \frac{mV^2}{R} \quad (m: \text{質量}, V: \text{疾走速度}, R: \text{曲走路の半径}) \dots \textcircled{1}$$

で表されるので、疾走速度が高い被験者ほど曲走路疾走時により大きな遠心力が作用し、曲走路を疾走するにはその遠心力に応じた内傾動作が必要になる。つまり、疾走速度が低い児童群では大学生ほどの内傾動作を必要としなかったと考えられる。また、児童上位群と下位群の内傾角度の違いから、走運動に熟練しているとは言えない児童期の子どもであっても、作用する遠心力に応じた内傾角度で疾走していることがわかった。さらに、内傾角度はすべての群で左よりも右の角度が大きい結果になったが、これは曲走路疾走において、曲走路の外側となる右足が内側となる左足よりも、身体重心の外側に接地しているからであろうと考えられる。

曲走路での疾走速度は、いずれの群で直走路疾走時のものより有意に低かった (図 2)。この時、ストライドおよびピッチの変化をみると、すべての群においてピッチは直走路疾走から曲走路疾走にかけて変化はみられなかったが、ストライドは有意に減少していた。したがって、曲走路での疾走速度の低下は主にストライドの減少によるものであり、また、児童群も大学生と同様にストライドは減少させながらもピッチは維持することで曲走路の疾走に対応していたことが分かった。

曲走路疾走時の動作の左右差について着目すると、すべての群においてピッチおよびストライドに左右の差は認められなかった (図 2)。しかし、大学生群においては、左ストライドが右ストライドよりも 30cm (右ストライドの 120%) 以上長い被験者もあり、ストライドの左右差は個人差が著しく大きかった。勝俣ほか (1976) によれば、曲走路疾走においては、遊脚期の右脚は膝を内側前方へ大きく動かしており、右脚の動作範囲は大きいと言う。本研究の大学生は、児童群よりも内傾動作が大きく曲走路内側に体が傾いており (図 5)、それに伴い骨盤も大きく曲走路内側に傾いているものと考えられる。そして、骨盤が曲走路内側に大きく傾いたままで曲走路に沿って疾走するために、曲走路外側の右脚は遊脚期には膝を内側前方へ大きく動かしているものとみられ、そのことがストライドの左右差の要因となっているのではないかと考えられる。他方、児童群ではストライドの左右差が最も大きい被験者でも 10cm 程度 (右ストライド

の107%)であり、大学生群ほど左右差が顕著に大きい被験者はみられなかった。児童群では、疾走速度が低く大学生ほどの内傾動作が必要ではないことから、遊脚期における脚の動作に大学生群ほどの左右差はないものと考えられ、そのことが大学生のような顕著なストライドの左右差が表れなかった原因ではないかと考えられる。

図2の疾走速度の左右差についてみると、児童上位群および児童下位群では、直走路において疾走速度の左右差が認められた。したがって児童群では、わずかながら、疾走速度に元々左右差があったことになるが、児童下位群では、曲走路で疾走速度の左右差がみられなくなっていた。これは、児童下位群の曲走路疾走では、左疾走速度の低下が右疾走速度の低下よりも大きかったためであると考えられる。加賀・高戸(1992)は、曲走路では求心力を発揮するために接地中は右方向(曲走路外側)への力発揮がみられ、その右方向への力発揮は左足接地中が右足接地中よりも大きいと報告していることから、本研究の下位群児童も曲走路疾走時の左足接地中の右方向への力発揮が右足接地時よりも大きかったと推察される。したがって、下位群は左足接地中の右方向への力発揮が大きくなることで、疾走速度獲得に必要な進行方向への力積の減少が右足接地中よりも大きくなり、元々あった疾走速度の左右差が曲走路では小さくなったのではないかと考えられる。他方、上位群の児童は曲走路でも疾走速度の左右差が認められていた。児童上位群の曲走路では、直走路疾走時よりも左接地時間のみが有意に増加している(図4)ことから、曲走路疾走時の左足は、直走路疾走時よりも地面への力発揮は長い時間行っているものと推察される。陸上競技短距離走選手を対象とした石村・桜井(2011)の報告によれば、曲走路疾走時には左疾走速度が右疾走速度よりも有意に高く、それは左足接地時間が右足接地時間よりも長く、かつ、左足接地中に獲得される進行方向成分の力積が右足接地中のものよりも大きいことが要因であるという。本研究の児童上位群も児童下位群と同様、右方向への力発揮が大きくなっていてと考えられるが、接地時間が増加した分、左足接地中に右足接地中よりも大きな進行方向への力積を得、そのことが曲走路においても疾走速度に左右差がみられた要因であると考えられる。

曲走路での疾走は直走路での疾走と異なり、曲走路に沿って走るためには常に進行方向を少しずつ変えながら疾走しなければならない。図6の結果からも曲走路疾走時には曲走路に沿って進行していることが窺える。接地中の進行方向変更角度を各群間で比較すると、児童下位群と大学生群では同程度の値を示し、児童上位群と大学生群では、児童上位群の左足接地中の進行方向変更角度が大学生群のものよりも有意に大きい結果であった(図6)。曲走路疾走時のストライドは大学生群が児童群よりも有意に大きいことから、同じ区間の曲走路を疾走する

際の必要歩数は、大学生群が児童群よりも少ないことになる。したがって、1歩あたりの進行方向変更角度は大学生群が児童群よりも大きくなるはずであるが、本研究では逆の結果が認められた。これには大学生群と児童上位群の疾走速度の違いに伴う内傾動作の大小が関係していると考えられる。鈴木・阿江(2010)によれば、できるだけ疾走速度を維持しながら身体重心速度の方向を変えるには、進行していこうとする方向とは反対方向に地面反力の成分を大きくする必要がある、そのためには身体を進行していこうとする側に傾けることが重要であるという。つまり、疾走速度の高い大学生群は、その速度に合った大きさの内傾動作により進行方向(身体重心速度の向き)を変えながら曲走路を疾走しているのに対し、児童上位群は、大学生群よりも疾走速度が低いために内傾角度が小さく疾走時の姿勢が直立位に近くなっていたと考えられる。曲走路疾走では求心力を発揮するために右方向(曲走路外側)への力発揮がみられる(加賀・高戸, 1992)と報告されており、また堀川・藤原(2012)は、方向変更角度が増加すると進行しようとする方向と反対方向(本研究では曲走路外側方向)への力発揮が大きくなると報告している。このように、児童上位群は内傾動作を行うことなく、接地中に右方向(曲走路外側)への力発揮を大きくすることで、1歩ごとに大きな進行方向の変更を行いながら曲走路を疾走していたのではないかと推察される。

以上のことから、児童期の子どもの曲走路疾走の特徴についてまとめると、曲走路での疾走速度の違いから、児童期の子どもでは大学生ほど内傾動作は大きくないが、大学生と同様に直走路疾走でのピッチを維持することで曲走路疾走に対応していることがわかった。また、児童期の子どもでは接地中の進行方向の変化が大学生群よりも大きくなっていたが、これは内傾動作を大きくすることなく一歩ごとに大きく進行方向を変更しながら曲走路疾走がなされていたからではないかと考えられた。

(2) 曲走路疾走の巧拙にみる児童期の子どもの特徴

図2および図3からわかるように、直走路の疾走速度が高い大学生群は、相対疾走速度が児童上位群よりも低かった。これは、直走路での疾走速度が高いと、曲走路での疾走速度の低下が大きいことを示している。しかし、各群のskilled群とpoor群の間では、直走路の疾走速度に有意差はなく(表2-1および表2-2)、群内のskilled群とpoor群の相対疾走速度の差に、直走路での疾走速度が与える影響は小さいと考えられる。したがって、群内のskilled群とpoor群の相対疾走速度の差を曲走路疾走の技術の差とみなして、skilled群とpoor群との比較から、児童期の子どもの曲走路疾走の巧拙について、以下に検討していく。

大学生群では、曲走路の右ストライドはskilled群が

有意に大きく (表 2-2 および図 7), かつ, ストライドの左右差は skilled 群が有意に小さかった (表 2-2 および図 8). 前述したように大学生群は内傾動作が大きいので右ストライドが獲得しにくいと考えられるが, 本研究の結果からは, 曲走路疾走に優れている大学生は, 大きな内傾動作でありながらも右ストライドを獲得し曲走路での左右差を少なくして疾走していると考えられる. さらに左内傾角度についてみると, 大学生群では skilled 群が有意に大きかった (表 2-2 および図 9). 疾走速度が高い大学生ではより大きな遠心力が身体重心に作用し, その分内傾角度を大きくする動作が一層必要となることから, 曲走路疾走においてできる限り疾走速度を低下させることなく, かつ, その速度にみあった内傾動作を行うことは, 児童よりも困難なことであると考えられる. したがって, より高い疾走速度で疾走するためには, その疾走速度にみあった内傾動作を行えることが曲走路疾走の動作技術となると考えられる. 他方, 児童上位群では, skilled 群と poor 群でストライドの左右差および左内傾角度に有意差は認められなかった (表 2-1, 図 8 および 9). 児童上位群は, 大学生群と比較して直走路での疾走速度が低く, 曲走路での疾走速度の低下も少ない. そのため, 児童上位群では, ストライドの左右差を少なくすることや内傾角度といった要因が, 曲走路の疾走技術に求められなかったと考えられる.

図 6 に示したとおり, 児童上位群は大学生群よりも左足接地中の進行方向変更角度が大きいことがわかっている. その左足接地中の進行方向変更角度をみると, 児童上位群では, 有意な差ではないものの poor 群が大きい値を示した (表 2-1). 前述したように児童上位群は, 内傾動作を大きくすることなく, 曲走路外側への力発揮を大きくし進行方向を変更していたと考えられる. 進行方向変更角度が大きい児童上位群の poor 群は, 左足接地中にその傾向が強い可能性があり, そのため進行方向への力積の減少が大きくなり, 曲走路疾走での疾走速度が獲得できなかったのではないかと推察される.

以上のことから, 疾走速度が低い児童期の子どもは, 成人と比較して曲走路での速度低下が少ないだけでなく, 曲走路疾走に求められる技術が異なることがわかった. 児童期の子どもの曲走路疾走の巧拙は, ストライドの左右差や内傾角度の大小が影響するのではなく, 曲走路外側への力発揮を過度に大きくすることなく, 進行方向への疾走速度を獲得できるかどうかに関わっている可能性があるといえる.

5. 総括

本研究では小学生男子児童と大学生の比較から, 児童期の子どもの曲走路疾走時の疾走動作の特徴を明らかにすることを目的とした. 20 名の小学生男子児童 (上位群 10 名, 下位群 10 名) と男子大学生 10 名を対象に,

曲走路 (曲率半径 12.5m) と直走路 (いずれも 50m) のそれぞれを用いて全力疾走を行わせ, その疾走動作を複数のビデオカメラで撮影し, 3 次元動作分析を行った.

その結果, 児童群も大学生群と同様にストライドは低下させながらもピッチを維持することで曲走路を疾走していることがわかった. また, 内傾動作を大きくすることなく 1 歩ごとの進行方向を大きく変更することにより曲走路を疾走していることがわかった. さらに曲走路疾走の巧拙という観点からみると, 成人よりも疾走速度が低い児童期の子どもの曲走路疾走の巧拙には, ストライドの左右差や内傾動作の大小は大きく影響しておらず, 曲走路外側への力発揮を大きくし過ぎることなく, 疾走速度を獲得できるかどうか曲走路疾走の巧拙に大きく関わっているといえる.

以上の結果をまとめると, 児童期の子どもの曲走路疾走の指導においては, 内傾動作は無理なく自然に行える範囲で良いものと考えられ, その程度の内傾動作をしながら曲走路外側への力発揮を過度に大きくすることなく曲走路に沿って疾走することが児童期の子どもの曲走路疾走に求められるものと考えられる.

文献

- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数, Jpn. J. Sports. Science 15 : 155-162.
- 堀川麻那・藤原素子 (2012) サイドステップからの素早い走方向変更動作, 奈良女子大学スポーツ科学研究 14 : 13-23.
- 伊藤宏 (1984) 小学校 5 年生における走運動の分析, 静岡大学教育学部研究報告. 自然科学篇 35 : 67-75.
- 伊藤宏 (1986) 小学校 6 年生における走運動の分析, 静岡大学教育学部研究報告. 自然科学篇 36 : 9-17.
- 石村和博・桜井伸二 (2011) 陸上競技場曲走路における最大努力走時の接地期の左右比較, 中京大学体育学論叢 52 (1) : 7-12.
- 加賀勝・高戸仁朗 (1992) カーブ走に関する力学的研究, 岡山大学教育学部研究抄録, 89 (1) : 91-95.
- 加藤謙一・宮丸凱史・阿江通良・横井孝志・中村和彦 (1987) 疾走能力の発達に関する縦断的研究 (1), 日本体育学会大会号 (38A) : 391.
- 加藤謙一・宮丸凱史・阿江通良・横井孝志・中村和彦 (1989) 疾走能力の発達に関する縦断的研究 (2), 日本体育学会大会号 (40A) : 389.
- 加藤謙一・宮丸凱史・松本剛 (2001) 優れた小学生スプリンターにおける疾走動作の特徴, 体育学研究 46 (2) : 179-194.
- 勝俣紘一・小林一敏・金子今朝秋・菅原秀二 (1975) 曲走路における走法のキネオロジー的研究 : 6. キネオロジーに関する研究, 日本体育学会大会号 (26) : 366.
- 勝俣紘一・小林一敏・金子今朝秋 (1976) 曲走路におけ

- る走法のキネオロジー的研究－2報－, 日本体育学会大会号(27):313.
- 川本和久(1987)小学生の疾走動作に関する研究, 福島大学教育学部論集第41号:1-13.
- 宮丸凱史(2002)疾走能力の発達:走り始めから成人まで, 体育学研究47(6):607-614.
- 斉藤昌久・伊藤章(1995)2歳児から世界一流短距離選手までの疾走能力の変化, 体育学研究40:104-111.
- 鈴木雄太・阿江通良(2010)スポーツにおける方向転換方向転換走における地面反力および支持脚関節トルク, 体育の科学60(11):751-755.
- 山田敦志・村木里志・古達浩志・濱中伸介・平田靖幸(2010)小学生男子と成人男性との全力疾走時における動作の違い, 第31回バイオメカニズム学術講演会予稿集31, 235-238.
- 横井孝志・渋谷侃二・阿江通良(1986)日本人幼少年の身体部分係数, 体育学研究31(1):53-66.
- 横川和幸(1976)直走路・曲走路におけるスピードおよびストライドに関する一考察, 仙台大学紀要8:79-84.
-