

第38回全国小学生陸上競技交流大会 100m において
上位入賞した児童の疾走動作の特徴

比留間 浩介¹⁾ 森 健一²⁾ 村山 凌一³⁾ 福地 修也⁴⁾ 澤田 尚吾⁵⁾
1) 山形県立米沢女子短期大学 2) 武蔵大学 3) 国際武道大学 4) 福島大学非常勤講師
5) 群馬県立太田工業高等学校

Characteristics of the sprinting movements of children who placed high in the 100m at the 38th National Primary School Athletics Exchange Meet

Kosuke Hiruma¹⁾ Kenichi Mori²⁾ Ryoichi Murayama³⁾ Shuya Fukuchi⁴⁾ Shogo Sawada⁵⁾
1) Yamagata Prefectural Yonezawa Women's Junior College
2) Musashi University
3) International Budo University
4) Part-time lecturer at Fukushima University
5) Gunma Prefectural Ota Technical High School

Abstracts

The aim of this study was to elucidate the characteristics of the sprinting motions of boys and girls who achieved top accolades in the 100m at the 38th National Elementary School Track and Field Exchange Tournament. To accomplish this aim, we compared the sprinting motions of the top 8 runners in the top group and the bottom 8 runners who failed to pass the qualifying round by sex.

The findings revealed that the angular velocity of thigh lift and swing back of the swing leg of the boys in the upper group was significantly greater than that in the lower group ($p < 0.05$), and the correlation coefficient between the thigh angle at ground contact and the overall sprinting speed of the boys showed a negative trend, although it was not significant ($r = -0.427$, $p = 0.09$), suggesting that the upper group may have actively recovered the recovery leg and executed the scissors movement more appropriately than the lower group. However, there was no significant difference between the upper group and the lower group in terms of the supporting leg, indicating that the children in the upper group did not necessarily acquire a rational kicking motion. On the other hand, unlike the boy subjects, no significant differences were found between the upper and lower groups in the swing leg of the girl subjects. However, in the supporting leg, the maximum ankle joint flexion angle during ground contact, the maximum hip extension angular velocity, and the maximum swing velocity of the whole leg were significantly greater in the upper group than in the lower group ($p < 0.05$), and a significant positive correlation (Maximum ankle joint flexion angle during ground contact $r = 0.576$, $p < 0.05$ Maximum hip extension angular velocity ($r = 0.638$, $p < 0.05$) Maximum swing velocity of the whole leg ($r = 0.500$, $p < 0.05$) was found between these items and the sprinting speed of all girls (upper group + lower group). And, A significant negative correlation ($r = -0.499$, $p < 0.05$) was found between sprinting speed and the amount of ankle joint extension during ground contact for all girls (upper group + lower group), and a negative trend, although not significant, was observed in the maximum ankle joint extension angular velocity ($r = -0.450$, $p < 0.08$). These results suggest that the upper group of girls may have had a more rational kicking motion than the lower group.

1. 緒言

我が国の優れた小学生スプリンターの疾走動作の特徴を明らかにした研究として、全国大会で入賞経験のある男子 10 名を対象とした加藤ら (2001) の研究がある。この研究では、優れた小学生男子スプリンターの疾走動作の特徴は、必ずしも成人スプリンターの疾走動作の特徴とは類似しておらず、優れた疾走能力を発揮する小学生においても疾走技術を改善する必要性があることを示唆している。この研究結果は、小学生スプリンターを育成する指導現場に有益な知見を提供したと考えられる。しかし、加藤ら (2001) の研究は、おおよそ 30 年以上前 (1990 年～1993 年に開催された大会で入賞) の児童を対象にしており、その間、加藤ら (2001) の研究も含め、幼児期から成人一流選手を対象とした短距離走研究の発展により、疾走能力の向上に資する有益な知見が明らかになった (伊藤ら, 1998 ; 宮下編, 2012 ; 日本スプリント学会編, 2018)。それに伴い、日本のスプリント界のレベルもこの十数年で飛躍的に向上した (高野, 2018)。

このことに関連して、福田ら (2008) は、一流短距離選手の疾走動作について、1991 年の世界陸上東京大会のデータと 2007 年の世界陸上大阪大会のデータの比較を行い、競技記録の面だけでなく、疾走動作の観点からも、日本選手は前回 (1991 年) に比べ、世界レベルに近づいていることを明らかにしている。これらのことから、過去 30 年間の短距離走に関する研究やそれに伴うトレーニングの変化により成人スプリンターだけでなく、小学生スプリンターの疾走動作にも何らかの変化があった可能性も考えられる。実際に過去の全国小学生大会の 100m の記録を見ると、男女とも優勝記録および 8 位入賞記録の平均値は 30 年以上前 (1985～1999 年) よりも 2010 年以降 (2022 年まで) の方が有意に短縮され (表 1, 大会プログラムを基に著者作成, 公認記録のみ)、この 30 年間で出場選手の疾走能力が向上したことを示している。仮に、最近の小学生スプリンターの疾走動作にも変化がみられた場合、指導方法やトレーニング方法について再考する必要があると考えられるが、加藤ら (2001) の研究以降、記録の優れた小学生スプリンターの疾走動作の特徴を明らかにした研究はみられない。

また、これまでの研究で、疾走動作には比較的早い段階から性差が認められ、男子と女子では第二次性徴期を境に疾走能力の発達過程が異なる (宮丸, 2001) こと、疾走速度に影響を及ぼす体力要因は男

表 1 年代別の優勝記録および 8 位入賞記録の平均値の比較

		優勝記録 (秒)	8位記録 (秒)
男子	1985-1999年	12.4 ± 0.2 *	12.9 ± 0.2 *
	2010-2022年	12.1 ± 0.2	12.6 ± 0.2
女子	1985-1999年	13.1 ± 0.2 *	13.8 ± 0.2 *
	2010-2022年	12.8 ± 0.2	13.4 ± 0.2

*: p < 0.05

女で異なること (渡邊ら, 2000) が明らかにされている。更に、高校陸上競技者の受傷経験部位を調査した研究 (松尾ら, 2020) によると、ハムストリングの受傷は短距離女子で顕著に多いことが明らかにされ、その要因として、内転筋群の筋量や筋力不足、あるいはハムストリングによる膝関節屈曲位な疾走動作が影響している可能性を示唆している。これらのことから、形態的、体力的な性差が大きくなる小学校高学年 (高石ら, 1993) においては、男子だけでなく女子スプリンターの疾走動作の特徴についても検討する必要があると考えられるが、これまで小学生女子スプリンターを対象とした研究はみられない。

本研究の目的は、第 38 回全国小学生陸上競技交流大会 100m において上位入賞した児童の疾走動作の特徴を男女別に明らかにすることであった。

2. 方法

2.1 対象者

第 38 回全国小学生陸上競技交流大会の 6 年 100m に出場した選手 32 名 (男子 16 名, 女子 16 名) とした。本研究では、上位入賞者 (8 位以内) の疾走動作の特徴を明らかにするため、男女それぞれの上位入賞者 8 名 (以下, 上位群) と予選を通過しなかった者の中から記録の低い順に 8 名 (以下, 下位群) を選出し、分析の対象とした。なお、撮影については日本陸上競技連盟に研究趣旨と内容説明を行い、了承を得た上で実施した。

2.2 撮影方法

バックストレート側に設置したハイスピードカメラ (CASIO 社製, EX-F1, 毎秒 300 コマ) を用い、最大疾走速度局面である 30-40m 付近 (加藤ら, 2002) の疾走動作を撮影した。また、実長換算を

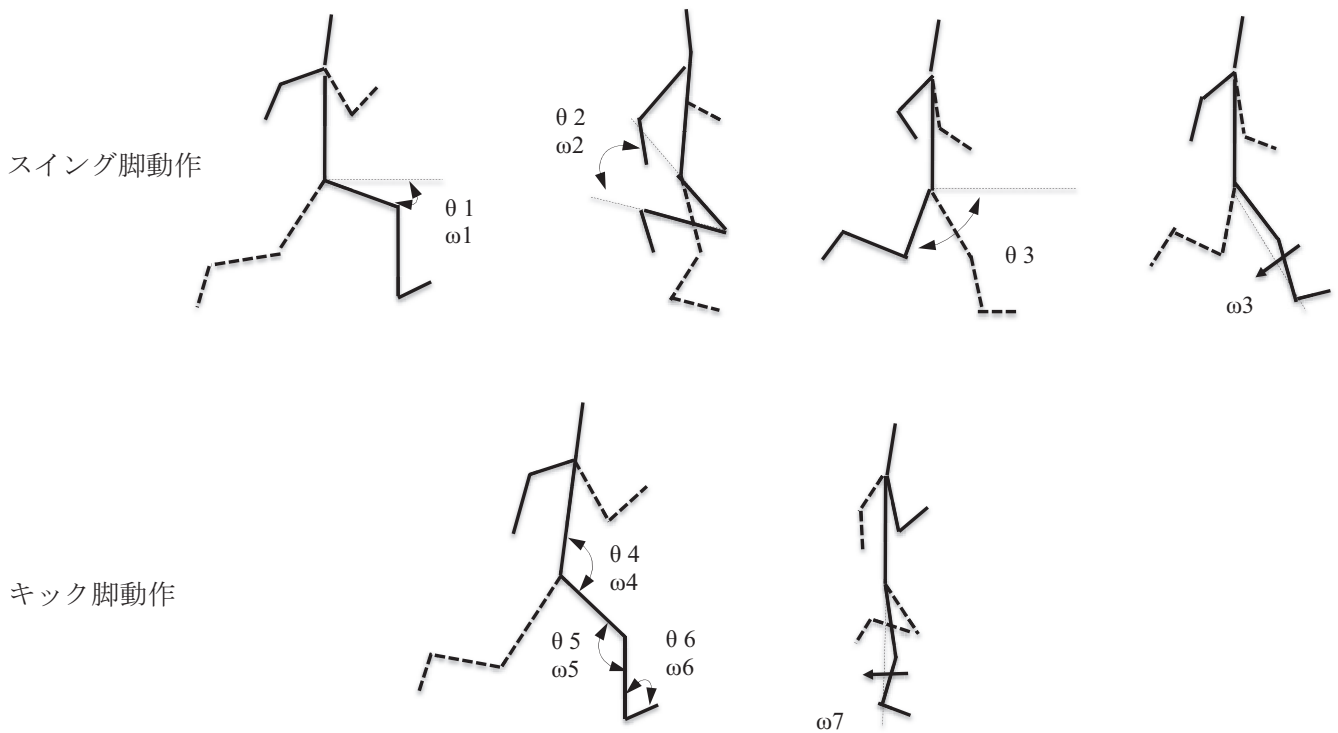


図1 動作分析項目

行うために各レーンの内側と外側に 2m 間隔で校正マークを置いた。

分析は、上位群では、予選または決勝レースにおいて、1 サイクル（右足が接地後、再び右足が接地するまで）の動作が他の児童と重ならないことを確認できた映像を用いた。予選、決勝の両レースで1 サイクルの動作が確認できた場合は、記録の良いレースを対象とした。なお、男子の入賞者の中に予選、決勝ともに他の選手と重なり、分析が困難であった児童が1名いたため、当該児童は除外し、入賞外(B 決勝進出者)の中から最も記録が優れていた児童1名を上位群として扱った。

2.3 分析方法

撮影した映像をもとに1 サイクルの疾走動作について、身体23点と校正マークをビデオ動作解析システム(Frame-DIAS VI, DKH社製)を用いてデジタル化した。その後、校正マークをもとに実長換算した後、デジタルフィルターを用いて10Hzで平滑化した。

2.4 分析項目

疾走速度はピッチとストライドの積とし、ピッチは1 サイクルに要した時間を2等分したものの逆数、ストライドは身体重心の水平移動距離を2等分した距離とした。

動作分析は、先行研究(伊藤ら, 1998; 加藤ら,

2001)を参考に図1に示した項目とした。スイング脚動作(離地してから再び接地するまでの脚の動き)は、腿上げ角度($\theta 1$):腿上げ動作における大腿(大転子と膝関節中心を結んだ線分)と水平線のなす角度,最大腿上げ角速度($\omega 1$):水平線と大腿のなす角度の最大角速度,膝の引きつけ角度($\theta 2$):離地後の膝関節角度(大転子と膝関節中心とを結んだ線分と外果と膝関節中心とを結んだ線分とがなす角度)の最小値,最大膝引きつけ角速度($\omega 2$):膝関節の最大屈曲角速度,接地時大腿角度($\theta 3$):支持脚が接地した時点での遊脚の大腿部分角度,最大振り戻し角速度($\omega 3$):接地する直前の脚全体(大転子と果点を結んだ線)の角速度を求めた。キック脚動作(接地中の脚の動き)は、接地した瞬間と離地する瞬間の股関節($\theta 4$),膝関節($\theta 5$),足関節($\theta 6$)の角度および角度変位(離地時と接地時の関節角度の差)を求め、膝関節と足関節については、接地中の関節角度の最小値および伸展量(離地時の角度と最小角度の差)をそれぞれ求めた。また、股関節($\omega 4$),膝関節($\omega 5$),足関節($\omega 6$)の最大伸展角速度および脚全体の最大スイング速度($\omega 7$)を求めた。

2.5 統計処理

測定,分析項目の値は平均値±標準偏差で示した。すべての測定,分析項目における正規性の検定には,Shapiro-Wilk検定を用いた。正規性が確認

表2 上位群と下位群における分析項目の比較

		男子		女子		
		上位群	下位群	上位群	下位群	
	タイム (sec)	12.45 ± 0.27	13.48 ± 0.26 ***	13.24 ± 0.32	14.59 ± 0.35 ***	
	ストライド (m)	1.99 ± 0.07	1.88 ± 0.08 *	1.93 ± 0.10	1.86 ± 0.11	
	ピッチ (Hz)	4.61 ± 0.13	4.34 ± 0.18 **	4.47 ± 0.21	4.12 ± 0.24 **	
	疾走速度 (m/s)	9.17 ± 0.22	8.15 ± 0.21 ***	8.61 ± 0.26	7.64 ± 0.20 ***	
スイング脚	腿上げ角度 (deg)	29.0 ± 4.52	30.5 ± 3.30	31.4 ± 5.87	33.1 ± 5.4	
	腿上げ角速度 (deg/s)	767.6 ± 98.5	671.2 ± 36.1 *	697.0 ± 35.48	657.8 ± 65.1	
	膝の引きつけ角度 (deg)	41.5 ± 6.4	40.7 ± 6.0	41.9 ± 6.73	36.8 ± 7.4	
	膝の引きつけ角速度 (deg/s)	1006.3 ± 80.1	939.4 ± 80.1	1022.4 ± 54.34	1034.9 ± 103.5	
	振り戻し角速度 (deg/s)	389.9 ± 33.4	328.0 ± 58.1 *	342.1 ± 56.44	300.0 ± 65.2	
	接地時大腿角度 (deg)	94.3 ± 11.5	97.6 ± 9.3	102.5 ± 3.63	105.6 ± 5.9	
支持脚	接地時	股関節角度 (deg)	142.6 ± 7.7	140.8 ± 8.7	138.0 ± 4.54	135.0 ± 11.1
		膝関節角度 (deg)	147.9 ± 9.5	149.0 ± 9.1	148.5 ± 5.26	141.4 ± 10.2
		足関節角度 (deg)	115.9 ± 7.4	111.6 ± 7.3	115.1 ± 5.44	109.2 ± 9.1
	接地中	膝関節最大屈曲角度 (deg)	141.9 ± 10.1	144.9 ± 7.3	142.8 ± 3.28	137.9 ± 7.8
		膝関節角度屈曲量 (deg)	6.0 ± 6.5	4.1 ± 5.6	5.8 ± 4.95	3.5 ± 3.5
		足関節最大屈曲角度 (deg)	105.3 ± 9.6	100.4 ± 8.3	99.6 ± 6.99	90.1 ± 7.6 *
	離地時	足関節屈曲量 (deg)	10.6 ± 8.7	11.2 ± 7.5	15.5 ± 7.50	19.1 ± 12.9
		股関節角度 (deg)	190.1 ± 6.1	194.8 ± 7.3	194.1 ± 5.77	191.4 ± 6.7
		膝関節角度 (deg)	151.3 ± 6.5	154.4 ± 10.4	156.1 ± 4.22	155.1 ± 5.4
		足関節角度 (deg)	139.0 ± 8.3	138.3 ± 4.6	132.1 ± 17.41	136.4 ± 9.3
		接地中膝関節角度伸展量 (deg)	9.4 ± 12.5	9.6 ± 8.2	13.4 ± 3.54	17.3 ± 8.2
		接地中足関節伸展量 (deg)	33.7 ± 7.8	38.0 ± 7.7	32.5 ± 16.54	46.3 ± 11.3
支持脚	接地中	股関節最大伸展角速度 (deg/s)	488.4 ± 79.1	497.6 ± 69.1	552.4 ± 56.08	460.8 ± 76.3 *
		膝関節最大伸展角速度 (deg/s)	109.3 ± 240.5	130.0 ± 68.5	175.3 ± 54.92	244.0 ± 140.2
		足関節最大伸展角速度 (deg/s)	540.4 ± 142.5	608.9 ± 120.8	584.3 ± 163.85	693.9 ± 134.6
		脚全体の最大スイング速度 (deg/s)	561.5 ± 23.8	550.0 ± 31.8	558.3 ± 21.53	525.9 ± 30.2 *

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

された場合、群間（上位群と下位群）の比較には対応のないt検定を用いた。一方、正規性から逸脱していると判断された場合は、Wilcoxonの符号付き順位検定を用いた。また、項目間の相関係数の算出には正規性が確認された場合 Pearsonの積率相関分析、正規性から逸脱していると判断された場合は Spearmanの順位相関係数を用いた。なお、いずれの統計処理においても、有意性は危険率5%未満で判定した。

3. 結果

表2は、分析項目に関する結果を群別、男女別に示したものである。疾走速度やピッチ、ストライドといった疾走能力を示す指標は、女子のストライドを除き、群間で有意差が認められ、いずれも上位群の方が優れた値であった。

スイング脚では、男子の腿上げ角速度および振り戻し角速度に有意差が認められ、いずれも上位群の方が大きかった。支持脚については、女子の接地中の足関節最大屈曲角度、股関節最大伸展角速度およ

び脚全体の最大スイング速度に有意差が認められ、いずれも上位群の方が大きかった。

表3は、各分析項目と疾走速度との関係を示したものである。男子においては、疾走速度と上位群の接地時の足関節角度 ($r=-0.724$, $p<0.05$)、下位群の脚全体のスイング速度 ($r=-0.708$, $p<0.05$)、男子全体（上位群+下位群）のストライド ($r=0.746$, $p<0.01$)、ピッチ ($r=0.593$, $p<0.05$)、腿上げ角速度 ($r=-0.498$, $p<0.05$) に有意な相関関係が認められた。

女子においては、疾走速度と上位群の膝の引きつけ角度 ($r=-0.746$, $p<0.05$)、接地時大腿角度 ($r=0.863$, $p<0.01$)、下位群の腿上げ角度 ($r=-0.952$, $p<0.01$)、膝の引きつけ角度 ($r=-0.857$, $p<0.01$)、接地時の股関節角度 ($r=-0.762$, $p<0.05$) に有意な相関関係が認められた。また、女子全体（上位群+下位群）では、ピッチ ($r=0.639$, $p<0.01$)、接地中の足関節最大屈曲角度 ($r=0.576$, $p<0.05$)、足関節伸展量 ($r=-0.499$, $p<0.05$)、股関節最大伸展角速度 ($r=0.638$, $p<0.01$)、脚全体の最大スイング速度 ($r=0.500$, $p<0.05$) に有意な相関関係が認めら

表3 分析項目と疾走速度との関係

		男子			女子			
		上位群 (n=8)	下位群 (n=8)	全体 (n=16)	上位群 (n=8)	下位群 (n=8)	全体 (n=16)	
	ストライド	0.557	0.407	0.746 **	0.543	0.286	0.430	
	ピッチ	0.144	0.227	0.593 *	0.049	-0.036	0.639 **	
スイング脚	腿上げ角度	-0.124	0.050	-0.193	-0.041	-0.952 **	-0.255	
	腿上げ角速度	-0.306	0.133	0.498 *	-0.131	0.476	0.202	
	膝の引きつけ角度	0.281	0.444	0.109	-0.746 *	-0.857 **	-0.024	
	膝の引きつけ角速度	-0.400	-0.233	0.197	0.016	0.000	-0.118	
	振り戻し角速度	-0.418	-0.383	0.376	0.170	0.214	0.385	
	接地時大腿角度	-0.199	-0.317	-0.427	0.863 **	-0.167	-0.116	
支持脚	接地時	股関節角度	-0.692	-0.385	-0.258	-0.013	-0.762 *	0.183
		膝関節角度	-0.204	0.000	-0.136	-0.287	-0.143	0.202
		足関節角度	-0.724 *	0.162	0.167	0.486	-0.144	0.435
	接地中	膝関節最大屈曲角度	-0.010	-0.250	-0.241	0.152	0.209	0.445
		膝関節角度屈曲量	0.158	0.348	0.248	-0.406	-0.319	0.000
		足関節最大屈曲角度	-0.376	0.051	0.210	0.635 #	0.071	0.576 *
		足関節屈曲量	-0.225	0.117	-0.142	-0.239	0.156	-0.062
	離地時	股関節角度	-0.025	-0.267	-0.356	0.069	0.096	0.114
		膝関節角度	0.225	-0.538	-0.148	-0.034	0.167	0.193
		足関節角度	0.296	0.494	0.377	-0.026	-0.095	-0.060
		接地中膝関節角度伸展量	0.117	-0.209	-0.048	-0.182	-0.071	-0.201
		接地中足関節伸展量	0.017	0.133	-0.139	-0.296	-0.024	-0.499 *
支持脚	接地中	股関節最大伸展角速度	0.624	0.433	0.213	-0.145	0.524	0.638 **
		膝関節最大伸展角速度	0.061	-0.083	-0.115	-0.171	-0.167	-0.293
		足関節最大伸展角速度	0.490	-0.033	-0.113	-0.513	-0.095	-0.450
		脚全体の最大スイング速度	-0.148	-0.708 *	0.319	-0.114	0.524	0.500 *

*: p < 0.05, **: p < 0.01

れた。

4. 考察

1) 男子について

ピッチ、ストライド、疾走速度は、いずれにおいても上位群の方が下位群よりも有意に大きかった。また、全体（上位群+下位群）の疾走速度とピッチおよびストライドとの間にも有意な正の相関関係が認められた（ストライド： $r=0.746$, $p<0.01$, ピッチ： $r=0.593$, $p<0.05$ ）。このことから、上位群と下位群の疾走速度の差は、ピッチとストライドの両方に影響を受けていたと考えられる。本研究の男子の値と加藤ら（2001）の先行研究の値を比較すると、本研究の値の方がやや優れていた（ピッチ：本研究, 4.61 ± 0.13 (Hz), 先行研究, 4.50 ± 0.13 (Hz), ストライド：本研究, 1.99 ± 0.07 (m), 先行研究, 1.96 ± 0.08 (m), 疾走速度：本研究, 9.17 ± 0.22 (m/s), 先行研究, 8.81 ± 0.31 (m/s)）。本研究は競技会の100mであったのに対し、先行研究では実験的な50m走であったため、単純比較はできないが、いずれにせよ、本研究の対象者も小学生の中では優れた疾走

能力を発揮していたといえる。

疾走動作において、上位群と下位群との間に有意差が認められた動作項目は、スイング脚の腿上げ角速度と振り戻し角速度のみであり、上位群の方が大きかった。また、腿上げ角速度は、全体（上位群+下位群）の疾走速度との間に有意な相関関係が認められた ($r=0.498$, $p<0.05$)。腿上げ角速度の大きさは、小学生および成人短距離選手の疾走速度の高い選手の特徴として示されており（伊藤ら, 1998；加藤ら, 2001）、本研究でも同様の結果が得られた。振り戻し角速度についても、続く接地局面の脚のスイング速度を予め高め、高い疾走速度を得るために重要な動作であることが指摘されており（伊藤ら, 1998；尾縣と中野, 1991）、この点についても先行研究と同様の結果であった。

また、接地時大腿角度と疾走速度との関係は、男子全体において、有意ではなかったが負の傾向となる様子がみられた ($r=-0.427$, $p=0.09$)。これは、疾走速度の高い者ほど大腿部が前方に位置している傾向があることを示している。このような動作は、接地前から両脚をはさみつける「シザース動作」（阿江, 2001）と呼ばれ、疾走パフォーマンスを高める

ために必要な動作であると言われている（信岡ら，2016）．実際に，世界一流短距離選手は，離地時から大きな股関節屈曲トルクを發揮して，回復脚大腿の前方への引き付けを早めている（矢田ら，2012）．また，一般男子児童を対象とした関ら（2016）は，回復脚の前方スイング速度（本研究では腿上げ角速度と表現）が大きくなると，左右の脚の間のエネルギー伝達が促進されることによって，高い疾走速度の獲得につながることを指摘しており，回復脚の積極的な回復を優先して習得する必要があることを示唆している．上述したように腿上げ角速度においては，下位群よりも上位群の方が有意に大きく，疾走速度との間にも有意な相関関係が認められたことから，上位群は，下位群よりも回復脚の積極的な回復が行われ，疾走速度を高めるために必要なシザース動作が適切に行われていた可能性があると考えられた．

その一方，合理的なキック動作の指標として示されている（伊藤ら，1998），接地中の脚全体の最大スイング速度，膝関節の伸展量と最大伸展角速度および足関節の屈曲量と最大伸展角速度には，上位群と下位群で有意差は認められなかった．このことは，上位群と下位群との疾走能力の差は，少なくともキック動作に差があるわけではないことを示している．また，成人スプリンターでは，疾走速度と脚全体のスイング速度，股関節伸展角速度（男子のみ）との間に有意な正の相関関係，膝関節および足関節最大伸展角速度との間には，有意な負の相関関係が認められている（伊藤ら，1998）が，本研究では，いずれにおいても有意な相関関係は認められなかった．さらに，支持脚の接地時および接地中の足関節最大屈曲角度は，いずれも負の相関係数が示され（疾走速度の高い児童ほど屈曲位），接地時においては有意な負の相関関係が認められた（ $r=-0.724$, $p<0.05$ ）．

これらのことから，加藤ら（2001）の報告と同様に本研究における男子のキック動作は，膝関節の伸展動作を少なくし，足関節を固定させた上で股関節の伸展速度を効果的に脚全体のスイング速度に転換する合理的な動作（Bezodis et al., 2008 ; Dorn et al., 2012 ; Kuitunen et al., 2002 ; 伊藤ら，1998）を習得しているわけではなく，上位群と下位群の疾走能力の差を説明する要因でもなかった．

2) 女子について

女子においては，全国大会入賞者の疾走能力のデータを確認することはできなかったが，一般の6

年生女子児童の50m走における最大疾走速度局面の値（信岡ら，2015，ピッチ： 3.87 ± 0.23 (Hz)，ストライド： 1.58 ± 0.08 (m)，疾走速度： 6.11 ± 0.43 (m/s))よりも，大幅に上回っていたため（ピッチ： 4.47 ± 0.21 (Hz)，ストライド： 1.93 ± 0.10 (m)，疾走速度： 8.61 ± 0.26 (m/s))，本研究における女子の対象者も小学生の中では優れた疾走能力を發揮していたといえる．ピッチおよび疾走速度は，上位群と下位群との間に有意差が認められ，ピッチと疾走速度との間に有意な相関関係が認められた．しかし，ストライドにおいては，男子とは異なり上位群と下位群との間に有意差は認められず，疾走速度との間にも有意な相関関係は認められなかった．すなわち，女子における上位群と下位群との疾走速度の差は，ピッチの大小に影響を受けると考えられる．

疾走動作についても，男子とは異なりスイング脚では，上位群と下位群で有意差が認められた項目はみられなかった．一方，支持脚においては，接地中の足関節最大屈曲角度，股関節最大伸展角速度，脚全体の最大スイング速度に上位群と下位群との間に有意差が認められ，これらの項目と女子全体（上位群+下位群）の疾走速度との間に有意な正の相関関係が認められた（接地中の足関節最大屈曲角度， $r=0.576$, $p<0.05$ ，股関節最大伸展角速度， $r=0.638$, $p<0.01$ ，脚全体の最大スイング速度， $r=0.500$, $p<0.05$)．これは，成人スプリンターを対象とした先行研究（伊藤ら，1998）と同様の傾向であった．一方，女子全体（上位群+下位群）の疾走速度と接地中の足関節伸展量との間に有意な負の相関関係が認められ（ $r=-0.499$, $p<0.05$ ），足関節最大伸展角速度においては，有意ではなかったが負の傾向となる様子がみられた（ $r=-0.450$, $p=0.08$)．すなわち，疾走速度が低い者ほど，足関節を伸展するようなキック動作になっていたことを示唆するものであり，これは身体重心の上下動を生むため好ましくないとされている「足首をかえす」（伊藤と石川，2000）動作になっていたと考えられる．

以上のことから，女子においては，疾走速度の高い者ほど先行研究（伊藤ら，1998 ; 伊藤と石川，2000）で示された合理的なキック動作になっていた可能性が示唆された．ただし，本研究における女子下位群の疾走能力や股関節最大伸展角速度，脚全体の最大スイング速度は男子を含めた他の群よりも劣っており，接地中の足関節最大屈曲角度も他の群と比べより屈曲位であった．また，疾走速度の高い者ほど低値を示す接地中の足関節最大伸展角速度（伊藤ら，1998）は，他の群よりも大きかった．す

なわち、上位群の疾走動作が優れていたというわけではなく、下位群が相対的に劣っていたと考えられる。このことから、本研究における下位群のように100mのタイムが14秒中盤の女子児童における指導のポイントの一つとして、接地中における支持脚の足関節の屈曲動作を少なくすることと、離地にかけての足関節の伸展を少なくすることが重要であると考えられた。

最後に、本研究における上位群の特徴として、疾走速度と接地時大腿角度との間に有意な正の相関関係 ($r=0.863$, $p<0.01$) が認められたことが挙げられる。このことは、本研究における男子の全体 (上位群+下位群) や先行研究 (信岡ら, 2016; 関ら, 2016; 矢田ら, 2012) とは異なり、接地時の大腿が後方に位置している者ほど疾走速度が高いことを示している。加えて、女子の接地時大腿角度は、男子よりも大きく (より後方に位置)、また、100mタイムが同程度の男子の下位群 (13.48 ± 0.26 秒) と女子の上位群 (13.24 ± 0.32 秒) を比較した場合でも、有意ではなかったが女子の上位群の方が大きい様子がみられた (男子下位群, 97.6 ± 9.3 deg, 女子上位群, 102.5 ± 3.6 deg, $p=0.06$)。これらのことについては、陸上競技の短距離選手ではないものの、大学サッカー選手における短距離走中の下肢関節角度の男女差について検討した先行研究 (田村ら, 2019) においても、男子よりも女子の方が接地時に大腿が後方に位置していたことを報告している。このことから、接地時の大腿の位置は、疾走動作における性差の一つとして挙げられ、比較的早い段階からみられる可能性が考えられるが、現段階では情報が少なく結論づけることはできない。したがって、今後、この点について詳細に検討していく必要があるだろう。

5. まとめ

本研究の目的は、全国小学生陸上競技交流大会100mにおいて上位入賞した児童の疾走動作の特徴を男女別に明らかにすることであった。この目的を達成するために、上位入賞した上位群8名と予選を通過しなかった下位群8名の疾走動作の比較を男女別に行なった。

その結果、男子のスイング脚の腿上げ角速度および振り戻し角速度は、上位群の方が下位群よりも有意に大きく ($p<0.05$)、腿上げ角速度は、男子全体 (上位群+下位群) の疾走速度との間にも有意な正の相関関係が認められた ($r=0.498$, $p<0.05$)。また、接

地時大腿角度と男子全体 (上位群+下位群) の疾走速度の相関係数が有意ではなかったが負の傾向となる様子がみられた ($r=-0.427$, $p=0.09$) ことから、上位群は下位群よりも回復脚の積極的な回復が行われ、シザース動作が適切に行われていた可能性が示唆された。しかし、支持脚については、上位群と下位群との間に有意差が認められた項目はなく、上位群の児童が必ずしも合理的なキック動作を習得しているわけではなかった。

一方、女子は、男子とは異なり、スイング脚においては、上位群と下位群との間に有意差が認められた項目はみられなかった。しかし、支持脚において、接地中の足関節最大屈曲角度、股関節最大伸展角速度、脚全体の最大スイング速度は、上位群の方が下位群よりも有意に大きく ($p<0.05$)、これらの項目と女子全体 (上位群+下位群) の疾走速度との間に有意な正の相関関係 (接地中足関節最大屈曲角度: $r=0.576$, $p<0.05$, 股関節最大伸展角速度: $r=0.638$, $p<0.05$, 脚全体の最大スイング速度: $r=0.500$, $p<0.05$) が認められた。また、女子全体 (上位群+下位群) の疾走速度と接地中の足関節伸展量との間に有意な負の相関関係 ($r=-0.499$, $p<0.05$) が認められ、足関節最大伸展角速度においては、有意ではなかったが負の傾向となる様子がみられた ($r=-0.450$, $p<0.08$)。これらのことから、女子の上位群は、下位群よりも合理的なキック動作になっていた可能性が示唆された。

以上のことから、全国大会で上位入賞した児童の疾走動作の特徴は男女で異なることが明らかになった。したがって、それぞれの特徴を考慮した上で、この時期の短距離走の指導やトレーニング方法を立案していく必要があることが示唆された。

参考文献

- 阿江通良 (2001) スプリントに関するバイオメカニクス的研究から得られるいくつかの示唆. スプリント研究, 11: 15-26.
- Bezodis, I. N., Kerwin, D. G., Salo, A. I. (2008) Lower-limb mechanics during the support phase of maximum velocity sprinting, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40: 707-715.
- Dorn, T. W., Schache, A. G., Pandy, M. G. (2012) Muscular strategy shift in human running: dependence of running speed on hip and ankle muscle performance, *J. Exp. Biol.*, 215: 1944-1956.

- 福田厚治, 伊藤章, 貴嶋孝太 (2008) 男子一流スプリンターの疾走動作の特徴 - 世界陸上東京大会との比較から. バイオメカニクス研究, 12 (2): 91-98.
- 伊藤章, 市川博啓, 斉藤昌久, 佐川和則, 伊藤道郎, 小林寛道 (1998) 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係. 体育学研究, 43(5-6): 260-273.
- 伊藤章, 石川昌紀 (2000) 短距離走におけるスナップの意味. バイオメカニクス研究, 4 (2): 159-163
- 加藤謙一, 宮丸凱史, 松元 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.
- 加藤謙一, 佐藤里枝, 内原登志子, 杉田正明, 小林寛道 (2002) 小学生スプリンターにおける短距離走の適正距離の検討. 体育学研究, 47 (3): 231-241.
- Kuitunen, S., Komi, P. V., Kyrolainen, H. (2002) Knee and ankle joint stiffness in sprinting, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34: 166-173.
- 松尾信之介, 藤川浩喜, 松本彰生 (2020) 高校陸上競技者の受傷経験部位とその対応. 陸上競技研究. 123: 32-40.
- 宮丸凱史 (2001) 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.
- 宮下憲編 (2012) スプリント&ハードル. 陸上競技社.
- 日本スプリント学会編 (2018) スプリント学ハンドブック. 西村書店.
- 信岡沙希重, 樋口貴俊, 中田大貴, 小川哲也, 加藤孝基, 中川剣人, 土江寛裕, 磯繁雄, 彼末一之 (2015) 児童の疾走速度とピッチ・ストライド・接地時間・滞空時間の関係. 体育学研究 60 (2): 497-510.
- 信岡沙希重, 樋口貴俊, 中田大貴, 彼末一之 (2016) 児童の走運動における調整力. バイオメカニクス研究, 20(4): 177-181.
- 尾縣貢, 中野正英 (1991) 疾走能力に影響を及ぼす動作要因. 奈良教育大学紀要, 自然科学 40(2): 21-28.
- 関慶太郎, 鈴木一成, 山元康平, 加藤彰浩, 中野美沙, 青山清英, 尾縣貢, 木越清信 (2016) 小学校5, 6年生男子児童における短距離走の回復脚の動作と疾走速度との関係: 回復脚の積極的な回復と膝関節の屈曲はどちらを優先して習得すべきか. 体育学研究, 61(2): 743-753.
- 高石昌弘, 樋口満, 小島武次 (1993) からだの発達 - 身体発達学へのアプローチ. 大修館書店.
- 高野進 (2018) 日本スプリント界のこれまでと今後の展望. 日本スプリント学会編, スプリント学ハンドブック. 西村書店, pp. 2-3.
- 田村雄志, 布目寛幸, 伊賀崇人, 當眞裕樹, 福嶋洋, 杉秋成 (2019) 大学生サッカー選手における短距離疾走中の下肢関節動作の男女差に関する一考察. 福岡大学スポーツ科学研究, 49(2): 1-10.
- 渡邊信晃, 榎本好孝, 大山卞圭悟, 狩野豊, 安井年文, 宮下憲, 久野譜也, 勝田茂 (2000) スプリンターの股関節筋力とスプリント走パフォーマンスとの関係. 体育学研究, 45 (4): 520-529.
- 矢田恵大, 阿江通良, 谷川聡 (2012) 世界一流および学生短距離選手の回復脚におけるキネティクスの相違. 陸上競技研究, 90: 9-16.