

# 男児児童における疾走能力の分析

## Biomechanical analysis of sprinting performance for elementary school boys

有川秀之\*・太田 涼\*\*・中西健二\*\*\*・駒崎弘匡\*\*\*・上園竜之介\*\*\*

### I はじめに

走運動は、生後17ヶ月から24ヶ月頃にその原初形態が発生し、6、7歳頃までには基本的な走運動形態が定着する(宮丸2001)といわれ、走運動は基本的な運動のひとつであり、成長や運動の経験により成人の走運動へと変化していく。一般的に児童の走能力の把握は、昭和39年以降実施されている文部科学省の「スポーツテスト」による運動能力テストの50m走で行なわれている。

疾走速度は、1秒間に足が接地する回数で表されるピッチ(stride frequency)と片方の足の接地から逆足の接地までの歩幅で表されるストライド(stride length)の2つの要因から成立っている。つまり、 $\text{疾走速度(m/秒)} = \text{ピッチ(歩/秒)} \times \text{ストライド(m)}$ であり、歩幅(以後「ストライド」という)を大きく、かつ脚の回転(以後「ピッチ」という)を速くすると疾走速度が高まる。阿江ら(1994)が1991年東京で行われた世界選手権大会で、100m走の一流選手は最高疾走速度が50m-60m区間であったことや、これまでに短距離走の疾走能力に関する研究は、疾走速度、ピッチ、ストライドなどについて数多く報告されている(Gundlach, 1963; 岡野ら, 1988; 有川ら, 1999)。

しかしながら、これらの多くは、一流選手や成人を対象としたものが多く、児童を対象にしたものは、加賀谷(1985)、加藤ら(1990)、小木曾ら(1994)が100mレースの分析から、短距離走の適正距離を提言している程度である。

したがって、本研究は、小学校1年生から6年生までの男児児童を対象に横断的に、疾走速度、

ピッチ、ストライドなどを分析することによって、発育発達による疾走能力の基礎的知見を得ることを目的とした。

### II 方法

#### 1 被検者

被検者は、S大学教育学部附属小学校1年生から6年生男児児童であった。被検者の身体特性を学年別に表1に示した。

表1. 被検者の身体特性

	人数	身長(cm)	体重(kg)
		平均値±標準偏差	平均値±標準偏差
1年生	55	117.83±3.60	21.93±2.53
2年生	56	123.74±4.89	24.58±3.50
3年生	57	129.55±5.17	27.48±3.93
4年生	56	134.84±5.47	31.28±6.87
5年生	53	139.66±6.50	34.63±6.58
6年生	53	146.56±6.87	38.65±5.94
分散分析		p<0.001	p<0.001

#### 2 撮影方法及びデータ処理

2003年5月に同小学校の整備された土のグラウンドで文部科学省新体力テスト実施時に、50m走を撮影した。なお、50m走のゴールの5m先にラインを引き、スタンディングスタートから55mまで全力で走るよう指示した。撮影は、図1のように、40m地点側方のカメラと走路の10mごとの地点とを結ぶ線上にポールを立てて、被検者の左側方からソニー社製のデジタルビデオカメラ(DCR-VX1000)によってシャッタースピード1/1000秒でパンニング撮影を行なった。

\* 埼玉大学教育学部保健体育講座

\*\* 埼玉大学非常勤講師

\*\* 埼玉大学教育学部附属小学校

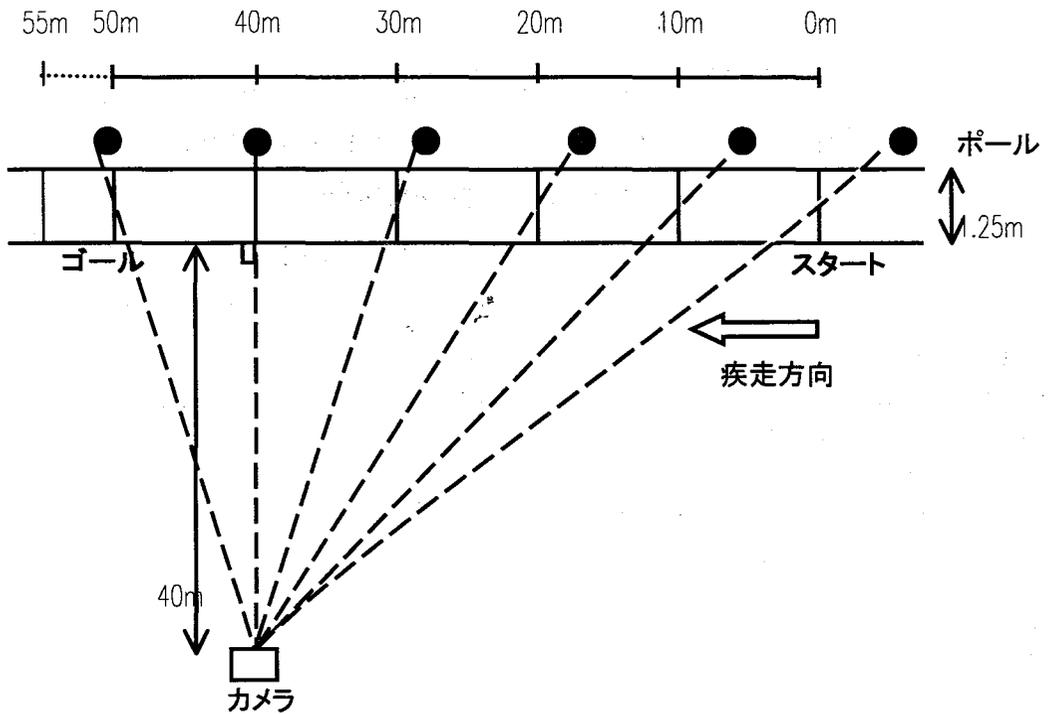


図1. 実験設定図

ビデオ分析は、ビクター社製のデジタルビデオカメラ (GR-DV500K) の再生画像からコマ送り (1/60コマ) することによって行った。旗によるスタートの合図から左右どちらかの足が動き出すまでの時間を反応時間とし、これは疾走能力から除外し50m走の記録には含めなかった。足が動き出してから10mのポールに被検者のトルソーが重なった位置までを最初の10m区間、さらに次のポールにトルソーが重なるまでを次の10m区間とし、5区間それぞれの所要時間を求めた。また歩数は、10mのそれぞれの区間で足が接地した回数を数え、2区間にまたがった場合は、歩幅の比率によって求めた。途中で走れなくなったり、撮影ができなかったりした児童を除き330名を分析対象とした。そして、以下のように50m走の、そして各区間の疾走速度、ピッチ、ストライドを求めた。また、各区間の疾走速度、ピッチ、ストライドの最高値をもとに、それぞれ各区間の相対疾走速度、相対ピッチ、相対ストライドを求めた。分析項目は、以下の通りである。

50m走疾走速度(m/s)：走距離(50m)÷所要時間

(秒)

50m走ピッチ(歩/秒)：歩数(歩)÷所要時間(秒)

50m走ストライド(m)：走距離(50m)÷歩数(歩)

区間疾走速度(m/s)：走距離(10m)÷区間所要時間(秒)

区間ピッチ(歩/秒)：歩数(歩)÷区間所要時間(秒)

区間ストライド(m)：走距離(10m)÷歩数(歩)

身長比ストライド(%)：ストライド(m)÷身長(m)

相対速度(%)：各区間の疾走速度÷区間最高疾走速度

相対ピッチ(%)：各区間のピッチ÷区間最高ピッチ

相対ストライド(%)：各区間のストライド÷区間最高ストライド

### 3 統計処理

すべての測定値は、平均値±標準偏差(SD)で示した。平均値の比較については、一元配置の分散分析を用い、F値が有意であった場合には、多重比較(Fisher's PLSD)を行なった。測定値の関係は、Pearsonの相関分析を用いて検討した。統計

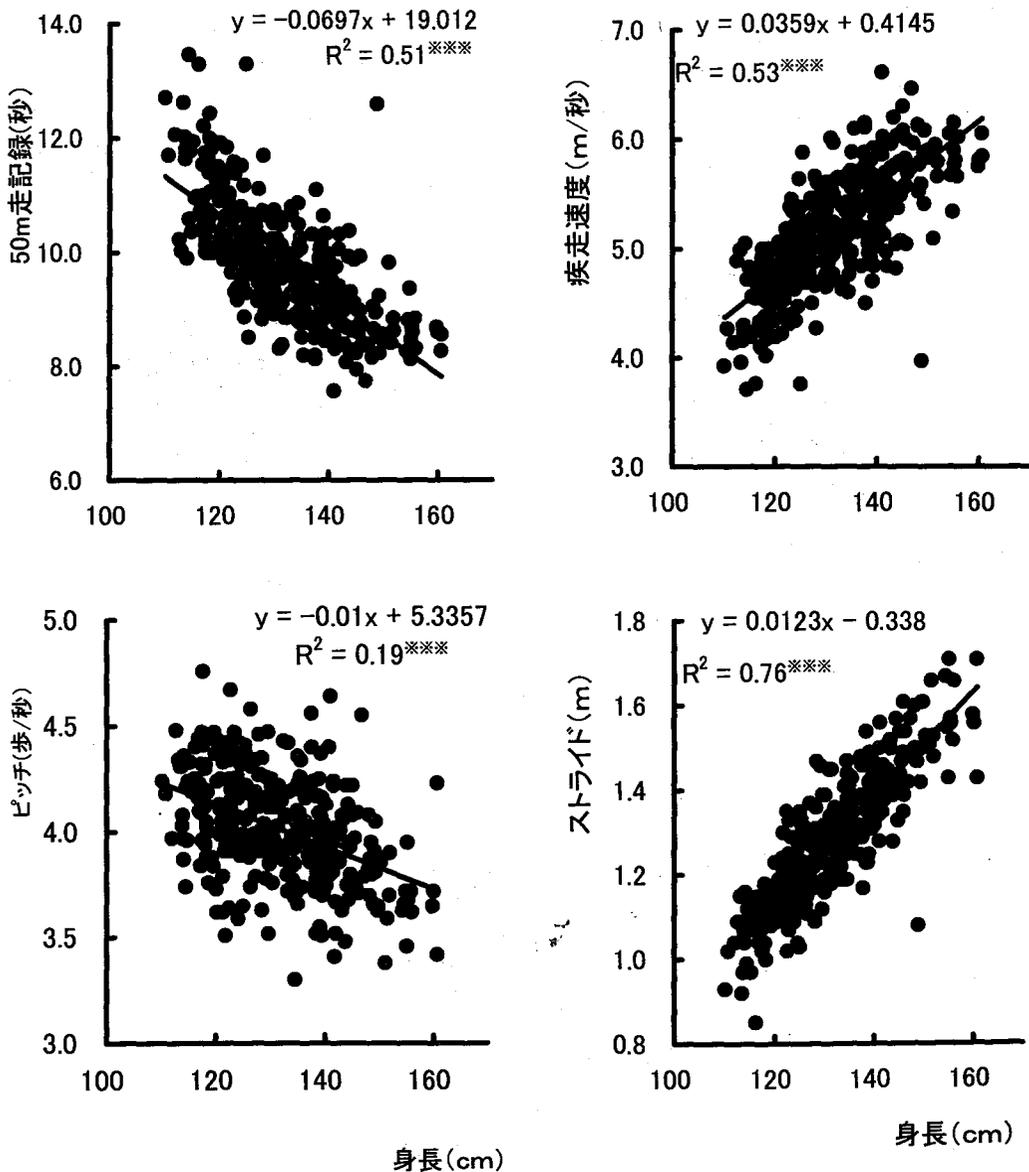
的な有意水準は、すべて5%( $p < 0.05$ )とした。

### Ⅲ 結果と考察

#### 1 発育からみた疾走能力

図2は、小学校1年生から6年生までの身長と50m走記録、疾走速度、ピッチ、ストライドとの関係を示したものである。50m走記録は、身

長の増大に伴い直線的に向上し、有意な相関関係( $r^2 = 0.51$ ,  $p < 0.001$ )を示した。疾走速度は、身長が増大に伴い直線的に増加し、有意な相関関係( $r^2 = 0.53$ ,  $p < 0.001$ )を示した。ピッチについては、身長が増大に伴い減少し、弱い相関関係( $r^2 = 0.19$ ,  $p < 0.001$ )を示した。ストライドについては、身長が増大に伴い直線的に増大し、有



\*\*\*  $p < 0.001$

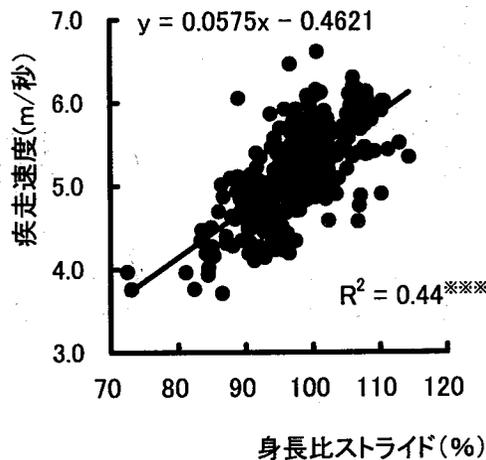
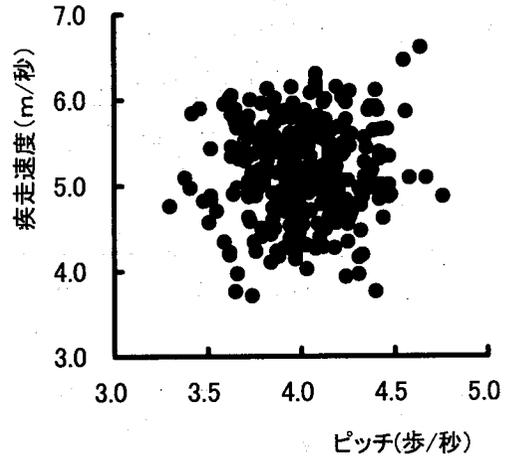
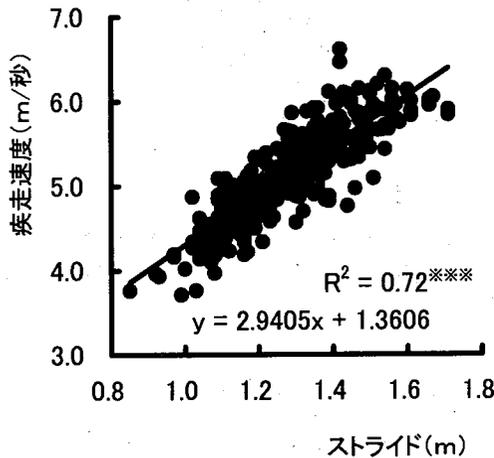
図2. 身長と50m走記録、疾走速度、ピッチ、ストライドとの関係

意な相関関係 ( $r^2=0.76$ ,  $p<0.001$ ) を示した。したがって、身長は、50m 走記録、疾走速度、ピッチ、ストライドのいずれにも関係していることが示唆された。

8~20歳の男女について、身長と疾走速度との関係を調べた研究(福永1984)によれば、疾走速度は身長の増大とともにほぼ直線的に増加し、その最高値は男子では身長165cmの頃であると報告している。斉藤ら(1981)の報告は、歩数は経年的に変わらないとしている。一方、宮丸(1995)は、歩数は経年的にみると減少する傾向にあると報告している。本研究でも、宮丸の報告を支持する結果となり、身長が増大がピッチを減少させる

傾向にあると示唆される。

図3は、小学校1年生から6年生までのストライド、ピッチ、身長比ストライドと疾走速度との関係を示したものである。ストライドの増大に伴って、疾走速度は直線的に増加し、有意な相関関係 ( $r^2=0.72$ ,  $p<0.001$ ) を示した。ピッチについては、疾走速度との関係はみられなかった。身長比ストライドと疾走速度の関係についても有意な相関関係 ( $r^2=0.44$ ,  $p<0.001$ ) がみられた。したがって、これらのことから、児童期においては、疾走速度の増加は、身長の発育によるストライドの増大、そしてさらに身長の要因を除いた身長比ストライドにも関係していることが明らか



\*\*\*  $p<0.001$

図3. ストライド、ピッチ、身長比ストライドと疾走速度との関係

になった。

## 2 50m 走の疾走速度、ピッチ、ストライド

表2は、各学年の50m走記録、50m走の平均疾走速度、ピッチ、ストライド、および分散分析、多重比較の結果を示した。50m走記録は、1年生11.31秒、2年生10.33秒、3年生9.95秒、4年生9.52秒、5年生8.98秒、6年生8.77秒であった。疾走速度は、1年生4.45m/秒、2年生4.86m/秒、3年生5.04m/秒、4年生5.28m/秒、5年生5.59m/秒、6年生5.73m/秒であった。ピッチは、1年生から4.08歩/秒、4.12歩/秒、4.01歩/秒、3.98歩/秒、4.00歩/秒、3.87歩/秒であった。ストライドは、1年生から6年生まで、1.09m、1.18m、1.26m、1.33m、1.40m、1.48mであった。各分析項目の分散分析の結果、50m走記録、疾走速度、ピッチ、ストライドとも、学年間に有意な差 ( $p < 0.001$ ) が認められた。

50m走の記録は、多重比較の結果から5年生と6年生では有意な差が認められないが、学年が進むにつれて短縮していることが明らかになった。疾走速度は、全ての学年で有意な差がみられ、学年が上がるにつれて向上していた。加藤ら(1990)によると縦断的なデータで、1年生時に5.17m/秒、6年生時に6.90m/秒と報告しており、本研究は若干それに比べると低い値であった。ピッチは、有意な差が認められない学年もあるが、学年

が上がるにつれて減少する傾向にあり、ストライドは、学年が上がるにつれて増大していた。

以上のことから、疾走速度はピッチとストライドの積であるので、学年が進むことに伴う疾走速度の増加は、ストライドの増大によるものであることが明らかになった。生徒を対象にした加藤ら(1985)は、「中学生の疾走能力向上はストライドの増大によるものであり、これは、身長発育による影響が大きい」との報告がある。本研究は被検者が小学生であり、身長発育や体重増加の両方がみられるが、身長発育による影響がストライドの増大に繋がっていると考えられる。

なお、身長発育を除いた身長比ストライドについて、1年生から6年生の値は、92.6%、95.4%、97.4%、98.5%、100.3%、101.1%であり、発育による身長発育を除いた身長比ストライドであっても、記録の向上がみられた。このことは、筋力の発達などによるストライドの増大によるものと示唆される。

## 3 50m 走の区間疾走速度、区間ピッチ、区間ストライドの変化

表3は、各学年について50mを10m毎に5区間に分けた場合の区間記録、区間疾走速度、区間ピッチ、区間ストライドの平均値を示したものである。また、図4左側は、上から疾走速度変化、ピッチ、ストライドの変化を学年別に示したもの

表2. 各学年における分析項目の平均値

分析項目	1年生(n=55) 平均値±標準偏差	2年生(n=56) 平均値±標準偏差	3年生(n=57) 平均値±標準偏差	4年生(n=56) 平均値±標準偏差	5年生(n=53) 平均値±標準偏差	6年生(n=53) 平均値±標準偏差	分散分析	多重比較 (学年)
50m 走記録 (秒)	11.31±0.88	10.33±0.62	9.95±0.54	9.52±0.72	8.98±0.53	8.77±0.58	***	1<2<3<4 <5=6
平均疾走速度 (m/秒)	4.45±0.34	4.86±0.29	5.04±0.27	5.28±0.37	5.59±0.33	5.73±0.36	***	1<2<3<4 <5<6
平均ピッチ (歩/秒)	4.08±0.23	4.12±0.24	4.01±0.24	3.98±0.22	4.00±0.27	3.87±0.24	***	1>4>6 2>3>6 2>4, 2>5
平均 ストライド (m)	1.09±0.08	1.18±0.08	1.26±0.09	1.33±0.08	1.40±0.08	1.48±0.11	***	1<2<3<4 <5<6
身長比平均 ストライド (%)	92.6±5.8	95.4±5.3	97.4±5.8	98.5±6.4	100.3±5.1	101.1±5.0	***	1<2<4<6 1<3<5 2<5

\*\*\*  $p < 0.001$

表3 各学年における区間ごとの記録、疾走速度、ピッチ、ストライドの平均値 (SD)

	区間	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生
		平均値 (SD)					
区間記録 (秒)	0-10m	2.89 (0.22)	2.76 (0.23)	2.63 (0.16)	2.57 (0.19)	2.48 (0.14)	2.46 (0.15)
	10-20m	1.99 (0.16)	1.82 (0.12)	1.78 (0.11)	1.73 (0.12)	1.61 (0.10)	1.56 (0.10)
	20-30m	2.10 (0.18)	1.90 (0.12)	1.83 (0.11)	1.72 (0.15)	1.61 (0.10)	1.58 (0.12)
	30-40m	2.11 (0.20)	1.90 (0.13)	1.84 (0.12)	1.73 (0.15)	1.62 (0.12)	1.57 (0.13)
	40-50m	2.20 (0.22)	1.95 (0.15)	1.87 (0.13)	1.78 (0.19)	1.65 (0.13)	1.60 (0.14)
区間 疾走速度 (m/秒)	0-10m	3.47 (0.26)	3.65 (0.30)	3.81 (0.22)	3.92 (0.27)	4.05 (0.23)	4.08 (0.25)
	10-20m	5.05 (0.41)	5.51 (0.35)	5.63 (0.34)	5.82 (0.37)	6.22 (0.39)	6.46 (0.41)
	20-30m	4.79 (0.41)	5.29 (0.32)	5.49 (0.32)	5.85 (0.47)	6.24 (0.41)	6.37 (0.45)
	30-40m	4.77 (0.43)	5.29 (0.36)	5.47 (0.35)	5.81 (0.47)	6.19 (0.44)	6.40 (0.48)
	40-50m	4.58 (0.45)	5.16 (0.39)	5.37 (0.36)	5.68 (0.55)	6.08 (0.47)	6.29 (0.52)
区間ピッチ (歩/秒)	0-10m	4.04 (0.26)	4.07 (0.31)	3.99 (0.29)	3.92 (0.23)	4.00 (0.31)	3.81 (0.25)
	10-20m	4.26 (0.28)	4.33 (0.31)	4.15 (0.27)	4.13 (0.27)	4.13 (0.28)	4.03 (0.29)
	20-30m	4.14 (0.27)	4.15 (0.25)	4.04 (0.28)	4.04 (0.25)	4.08 (0.28)	3.95 (0.26)
	30-40m	4.09 (0.25)	4.13 (0.26)	3.98 (0.26)	4.01 (0.26)	3.97 (0.27)	3.86 (0.25)
	40-50m	3.93 (0.26)	3.99 (0.27)	3.89 (0.28)	3.87 (0.25)	3.85 (0.30)	3.78 (0.28)
区間 ストライド (m)	0-10m	0.86 (0.06)	0.90 (0.08)	0.96 (0.07)	1.00 (0.08)	1.02 (0.08)	1.07 (0.09)
	10-20m	1.19 (0.10)	1.28 (0.09)	1.36 (0.11)	1.41 (0.09)	1.51 (0.10)	1.61 (0.14)
	20-30m	1.16 (0.09)	1.28 (0.09)	1.37 (0.11)	1.45 (0.11)	1.53 (0.10)	1.62 (0.12)
	30-40m	1.17 (0.10)	1.28 (0.09)	1.38 (0.11)	1.45 (0.11)	1.56 (0.10)	1.66 (0.13)
	40-50m	1.17 (0.11)	1.30 (0.10)	1.39 (0.12)	1.47 (0.11)	1.58 (0.11)	1.67 (0.13)

である。

疾走速度は、4年生と5年生が20-30m区間で、他の学年は10-20m区間で最高速度を出現し、その後、各学年とも減少していた。最高速度は、学年順に高くなり、1年生で5.05m/秒、6年生で6.46m/秒であった。加賀谷(1985)の報告から、1年生で約5.36m/秒、6年生で約6.36m/秒であり、同様の範囲であった。一方、加藤ら(2002)は、小学5・6年生の100mを分析し、最高速度は8.5m/秒程度、最高速度到達区間は30-40m区間であり、80m以降の速度の低下が顕著であると報告している。加藤らの報告は、陸上競技のトレーニングを行なっている全国レベルの被検者であり、最高速度が高く、最高速度到達区間も一流競技者に近づく30-40m区間になったと考えられる。

ピッチは、各学年とも10-20m区間に最高値を示した。1年生で4.26歩/秒、6年生で4.03歩

/秒であった。高学年のピッチが、低学年よりも低い値であった。

ストライドは、各学年とも10-20m区間までに急激に増大し、その後維持あるいは若干の向上が見られた。10-20m区間に1.19mの最高値が見られた1年生を除き、2年生1.30mから6年生1.67mと各学年とも40-50m区間に最高値を記録していた。

表4と図4右側は、各学年について、疾走速度、ピッチ、ストライドのそれぞれ最高値が出現した区間に対する各区間の相対疾走速度、相対ピッチ、相対ストライドを示した。相対疾走速度は、図4右側上から高学年について20-30m区間以降の速度の低下が小さく、一方低学年については、速度の減少が著しい。加藤ら(2002)は、小学6年生の100m分析で、相対速度をみると10-20m区間で約95%、20-30m区間で95%以上になり、70-80m区間まで95%以上を維持しているが、80

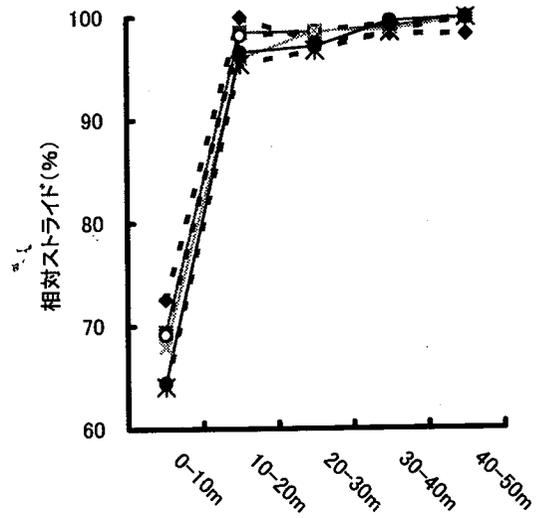
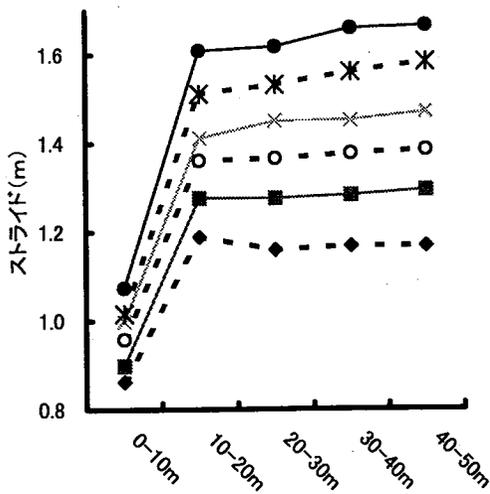
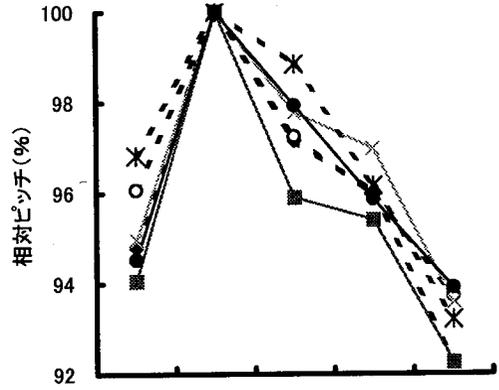
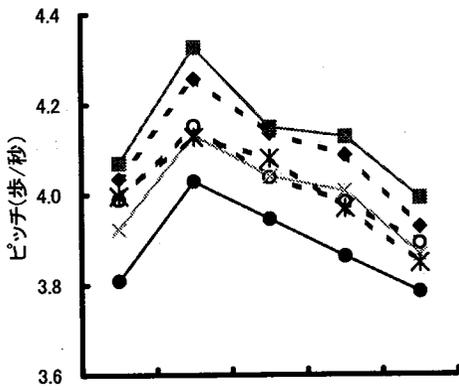
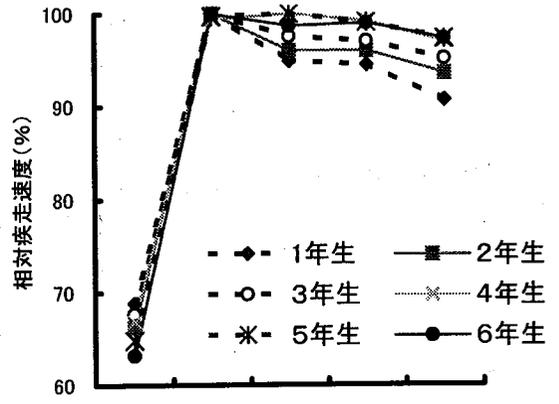
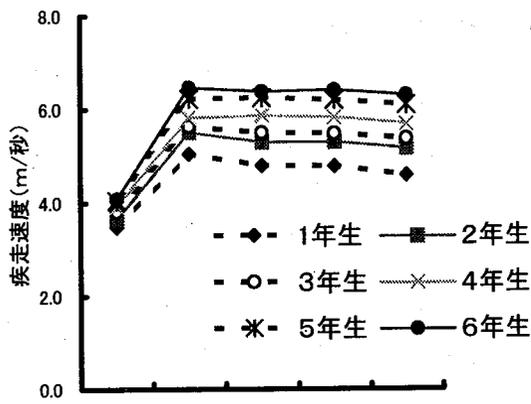


図4 学年別疾走速度、ピッチ、ストライド(左側)とそれぞれの相対値(右側)の変化

表4 各学年における各区間の相対疾走速度、相対ピッチ、相対ストライド

		1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生
区間相対疾走速度 (%)	0-10m	68.8	66.2	67.7	66.9	64.8	63.2
	10-20m	100.0	100.0	100.0	99.4	99.7	100.0
	20-30m	94.9	96.0	97.5	100.0	100.0	98.7
	30-40m	94.5	96.1	97.1	99.3	99.2	99.1
	40-50m	90.8	93.7	95.3	97.1	97.4	97.4
区間相対ピッチ (%)	0-10m	94.8	94.1	96.1	95.0	96.8	94.5
	10-20m	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	20-30m	97.2	95.9	97.3	97.8	98.8	97.9
	30-40m	96.0	95.4	95.9	97.0	96.2	95.9
	40-50m	92.3	92.3	93.7	93.6	93.2	93.9
区間ストライド (%)	0-10m	72.6	69.4	69.2	68.0	64.1	64.5
	10-20m	100.0	98.5	98.2	95.9	95.4	96.6
	20-30m	97.6	98.6	98.6	98.6	96.8	97.2
	30-40m	98.4	99.1	99.4	98.8	98.6	99.7
	40-50m	98.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

※  は、学年別、各項目ごとの最高値出現区間を示している。

90m 区間では92.7%、90-100m 区間では91.5%となり顕著に低下したと報告している。本研究で最高速度の95%以下となった区間は、1年生は20-30m 区間以降、2年生は40-50m 区間、3年生から6年生は最高速度が出現されてから95%以下になる区間は表われなかった。

相対ピッチについては、各学年とも10-20m 区間で最高値を示したが、その区間後、どの学年も低下が著しく、40-50m 区間では最高値の95%以下となっていた。一方相対ストライドについては、1年生を除いたほかの学年は、最終区間の40-50m 区間で最高値に達しており、低下はみられない。1年生は、10-20m 区間で最高値を示したが、その後の区間でも低下は著しくなかった。

以上のことにより、疾走速度が10-20m 区間で最高に達した後、疾走速度の減少は、ピッチの著しい減少によることが明らかになった。

#### IV まとめ

本研究は、男児児童1年生から6年生まで330名を対象に疾走能力を分析した。主な結果は次の

とおりである。

- 1 50m 走の記録は、5年生と6年生では差はみられないが、学年が進むにつれて短縮し、特に低学年では顕著であった。
- 2 児童期において、疾走速度の増加は、ストライドの増大、つまり身長が増大が関係していることが明らかとなった。
- 3 疾走速度の変化について、疾走速度は、10-20m 区間あるいは20-30m 区間で最高に達した後、疾走速度の減少が起こり、その原因として、ピッチの著しい減少によるものであることが示唆された。

以上のことにより、男児の児童期における疾走速度は、学年が進むに伴い増加し、それは身長が発育によってストライドが増大するためであることが明らかとなった。

#### 謝辞

本研究は、埼玉大学教育学部附属小学校の教職員と児童の全面的な協力を得てなされたものである。記して深謝の意を表します。

## 文献

- 阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田英孝・平野敬靖  
(1994) 世界一流スプリンターの100m レースパターンの分析—男子を中心に—. 佐々木秀幸・小林寛道・阿江通良監修. 世界一流陸上競技者の技術. ベースボールマガジン社：東京, pp. 14-28.
- 有川秀之・太田涼 (1999) 100M 走における疾走速度変化の分析. 埼玉大学紀要教育学部 (教育科学Ⅲ). 48 (1) : 141-150.
- 福永哲夫・松尾彰文・浅見俊雄 (1984) 地面反力からみた発育期男女の走能力特性. 星川保・豊島進太郎編. 第7回日本バイオメカニクス学会大会論集. 走・跳・投・打・泳運動における“よい動き”とは. 名古屋大学出版会：名古屋, pp. 46-49.
- Gundlach, H (1963) 走巾・歩数からみた100m 疾走速度の研究. *Olympia* 20 : 303-305.
- 加賀谷熙彦・黒田道夫・松井庸 (1985) 児童の短距離走の距離及び時間の至適条件. *体育の科学* 13 : 70-77.
- 加藤謙一・川本和久・関岡康雄 (1985) 中学生疾走能力の発達に関する縦断的研究. *体育の科学* 35 : 858-862
- 加藤謙一・宮丸凱史・阿江通良・横井孝志・中村和彦 (1990) 児童の疾走フォームの縦断的発達. 日本バイオメカニクス学会編. *バイオメカニクス研究* 1990. メディカルプレス：東京, pp. 24-29.
- 宮丸凱史 (1995) 成長にともなう走能力の発達. *J.J.Sports Sci.* 14 : 427-434.
- 宮丸凱史 (2001) 児童期の疾走能力の発達. 宮丸凱史編著者. 疾走能力の発達. 杏林書院：東京, pp. 70-80
- 小木曾一之・天野義裕 (1994) スプリント走の特性が生かされる至適条件—疾走能力の発達から—. *J.J.Sports Sci.* 13 : 115-123
- 岡野進・渡部誠・品田龍吉 (1988) 100m レース (競技会) における男子スプリンターのタイム、ピッチ、ストライド. *陸上競技紀要* 1 : 12-18.
- 斉藤昌久・宮丸凱史・湯浅景元・三宅一郎・浅川正一 (1981) 2-11歳児の走運動における脚の動作様式. *体育の科学* 31 : 357-361.

(2003年 9月26日提出)

(2003年10月15日受理)

## Biomechanical analysis of sprinting performance for elementary school boys

ARIKAWA Hideyuki  
OHTA Ryo  
NAKANISHI Kenji  
KOMASAKI Hiromasa  
KAMIZONO Ryunosuke

This study investigated the biomechanical analysis of sprinting performance for elementary school. The subjects were 330 elementary school boys who aged 6 to 12 (the 1<sup>st</sup> form to the 6<sup>th</sup> form). They were filmed in VTR picture during 50 m sprinting, with a pole located every 10 m. Using the VTR pictures, average speed ; stride frequency ; stride length between the start point and the marked distance point of each were calculated. The results obtained were as follows :

- 1 Times of 50 m sprinting were decreased from the 1<sup>st</sup> form to the 6<sup>th</sup> form, the 1<sup>st</sup> form to the 3<sup>rd</sup> form particularly.
- 2 The increased sprinting velocity cause by increased stride length, and by increased height in elementary school boys.
- 3 The period of maximum sprinting velocity shows 10–20m or 20–30m, and then the sprinting velocity was decreased the period of latter part of the sprint, because stride frequency decreased.

Based on these findings, the sprinting velocity was increased the 1<sup>st</sup> form to the 6<sup>th</sup> form, because stride length increased by their increased height.