

発育発達にともなうスポーツパフォーマンスの  
変容に関する縦断的研究

—卵性および二卵性双生児一組ずつの事例—

「デサントスポーツ科学」Vol.14 別刷

愛知教育大学	合 屋 十四秋
(共同研究者) 同	天 野 義 裕
愛知県立大学	星 川 保
スポーツ医・ 科学研究所	松 井 秀 治

# 発育発達にともなうスポーツパフォーマンスの 変容に関する縦断的研究

— 一卵性および二卵性双生児一組ずつの事例 —

愛知教育大学 合 屋 十四秋

(共同研究者) 同 天 野 義 裕

愛知県立大学 星 川 保

スポーツ医・  
科学研究所 松 井 秀 治

## Longitudinal Study on the Variation and Development of Selected Sports Performance in Twins

— Case Study for one Pair of Female

Monozygous (MZ) and Dizygous (DZ) Twins —

by

Toshiaki Goya, Yoshihiro Amano

*Aichi University of Education*

Tamotsu Hoshikawa

*Aichi Prefectural University*

Hideji Matsui

*Institute of Sports Medicine and Science*

### ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the similarity and differential of the characteristics and selected sport performances (running, throwing and swimming) in monozygous (MZ) and dizygous (DZ) twins. furthermore a significance of the heritability and trainability in determining the individual variation of those parameters by means of longitudinal design.

In this study, each one pair of female MZ and DZ twins employed as subjects measured for 7 to 9 years successively. Comparison of the differences between MZ and DZ twins were made by intrapair difference computed through the following equation:  $\{|A-B|\} / \{(A+B) / 2\} * 100 = \text{Intrapair difference : ID (\%)}$

Anthropometric parameters were little differences between MZ and DZ twins in the series of the growth and development respectively (ID= 0.1 ~ 3.5% for MZ, 1.2 ~ 6.5% for DZ). However, girth and weight parameters indicated from 2.4% to 12.9% for MZ, from 0.5% to 21.7% for DZ respectively.

The percentage of ID for PWC 170 and PWC 170 /wt in D 02 increased from 30.6% to 76.6%, from 42.2% to 84.1% at the age from 15 to 16 respectively. This findings may be considered that aerobic power might be relied on not only the genetic factor but also the difference of the usual physical activities. As evaluate the magnitudes of the influence of phylogenetic and ontogenetic types, kinematic variables in running were related with genetic factors based on the discussion of intrapair difference and motor patterns between MZ and DZ twins by longitudinal viewpoint. However, motor patterns and kinematic variables in throwing and swimming performances seemed to be influenced by a total amount of individual activities and experiences, especially by learning and training, Because of the values of performances in swimming could be improved the time as the extra exercise was provided. In addition, overhand throwing patterns for both twins could not be developed without extra training.

## 要 旨

本研究では、7～9年間継続的に測定を行ってきた、一卵性双生児女子 (MZ) および二卵性双生児女子 (DZ) の、それぞれ各一組ずつを事例として、個々の発育発達の経過や特徴を身体特性、機能および各種動作様式の変容を中心に、縦断的に検討した。その結果、走動作パターンの変化は、双方ともに2児間ではほぼ類似したパターンであ

り、追跡対象組の走動作様式は、急激なからだの変化がない限り、大きな変化はみられないようである。走動作は身体特性や機能との関連が強いが、全身持久性能力は、発育発達の完成以降の働きかけ如何によって変わる可能性が示唆された。また、投動作では、MZ では投運動の主動作に先立つ脚、腰の準備動作がほとんどみられず、DZ では最終段階での特徴的な主動作でもある腰や肩のひねり、投方向へのステップが、ごくわずかに

みられた程度であった。投動作パターンは、双方とも測定最終年齢の段階ではさほど改善されていないように思われた。一方、泳動作では、特別な働きかけがなされた時のみにパフォーマンスが向上し、泳ぎのかたちの変容は、年齢にともなって必ずしもよくなるとは限らないことが明らかになった。すなわち、水泳運動は個々の学習経験量によって、出来ばえが左右されることが示唆された。

## はじめに

発育・発達の研究分野では、Cross-sectional な手法よりも Longitudinal な手法による方が、その経過や個々の特徴を明確にすることが可能であり<sup>1,4,9,14,27)</sup>、その重要性は従来から指摘され続けている。しかし、継続追跡研究が多くの労力と、同一条件での測定やデータの積み重ねが、長年に渡って強いられるため、ほとんど着手されていないのが現状であろう。また、教材の適時性やカリキュラムの構成の再検討などは、縦断的研究による成果が期待される<sup>15,30,32)</sup>。すなわち、発育発達の個人差を踏まえて、いつ頃、どのような運動を、どのように与えれば最大限の体育科教育の効果が得られるか、が縦断的研究によって指摘できるか<sup>3,5,8,31)</sup>。このような取り組みの研究例は、まったく皆無に近いといえる。一方、ヒトの種々の動作様式にみられる特徴や、運動の成果の内的要因と外的要因の影響力については、双生児研究法によって、さまざまなアプローチが行われてきている。機能的適応性の遺位率<sup>19)</sup>、思春期前後のトレーニング効果<sup>36)</sup>、遺伝と年齢の関係<sup>18)</sup>、エアロビックパワーとその能力<sup>7)</sup>、骨格筋のタイプ、筋パワーおよび機能の遺伝の影響<sup>21,22)</sup>など生理学的側面からの検討や、中高年の身体諸機能および健康指標を取り扱った報告<sup>11,12,13)</sup>、さらに一卵性双生児の体格、運動能力の類似度についての報告<sup>26)</sup>などがある。しかしほとんどの報告が横断的手法によ

るものであり、スポーツパフォーマンスとの関連を、発育発達の視点から検討した研究はまったく皆無に近い。

本研究では、これまで7～9年間継続的に測定を行ってきた一卵性双生児、および二卵性双生児各一組づつを事例として、身体特性や各種動作様式の変容を、縦断的に検討することによって、個々の発育発達の経過や特徴を明らかにし、からだの教育可能性を意図的に追求する手段としての、体育科教育の方法論や体育カリキュラムの構成に貢献する、一資料を提供することを目的とした。

## 1. 方法

被検者は追跡研究対象組として、一卵性双生児女子一組 (MZ 26)、二卵性双生児女子一組 (DZ 02) の7～9年間のデータを縦断的に検討を加えた。卵性診断については、医学的見地から詳細な判断等がなされているが<sup>28)</sup>、簡潔かつ多くの労力や費用を要せず、確度の高い質問紙法(両親および友人らが見間違えた頻度など)によって、卵性の判断がなされている<sup>6,29)</sup>。

本研究では、保護者の自己申告と質問紙法に基づいて、卵性の判断を行った。アンケート内容は、被検者の日常生活に関する対問の一致・不一致について類似度を調べた。主な項目として、1) 1日の生活時間帯の差異、2) 規則的な運動やスポーツの有無、3) 学校外での活動(運動)量の差異、4) 性格面や物事に熱中する度合いなど、合計30項目にわたって、5段階評価を保護者に行ってもらった。測定・分析項目は、形態、機能および運動技能(走動作、投動作、泳動作)について縦断的に検討した。30 m 走、オーバハンドスローおよび25 m 泳は、BOLEX 16 mm カメラ・NAC ハイスピードビデオ HSV 400 を用いて撮影し、解析は NACMOVIAS・NAC 200 システムによって行った。結果は MZ 26 女子の8歳から14

歳までの7年間と、DZ 02 女子の10歳から18歳までの9年間のデータを代表例として抽出し、経年的測定データ、対差百分率：ID：Intra-Pair Difference =  $\{|A-B|\} / \{(A+B) / 2\} \times 100$ 、および Motor Pattern をもとに検討した。

## 2. 結 果

表1, 2にMZ 26, DZ 02の身体特性の経年的

変化を示した。対差百分率の経年的変化は表3, 4の通りである。図1, 2にMZ 26とDZ 02の身長の変化を示した。MZの身長の変化には、まったく対間の差が見られないのに対して、DZでは対間の差はあるものの、ほぼ等間隔で成長していた。長育のIDは、MZが0.1～3.5%、DZが1.2～6.5%と非常に小さな範囲の変動であった。量育および幅育のIDは、MZが

表1 MZ26の身体特性の経年的変化

項目 \ 年齢	Twin	8	9	10	11	12	13	14
	身長 (cm)	A B	122.0 123.0	127.6 128.9	135.0 135.2	140.9 141.6	146.6 147.5	150.1 150.0
体重 (kg)	A B	22.8 25.7	26.0 29.6	29.9 33.2	34.2 38.1	39.9 43.8	48.0 53.0	53.2 55.2
Rohrer Index	A B	125 138	125 138	121 134	122 134	126 136	141 157	153 159
座高 (cm)	A B	67.9 68.0	70.2 70.7	72.5 74.2	76.0 76.4	78.7 80.0	80.2 82.3	82.0 81.7
胸囲 (cm)	A B	57.3 62.8	60.5 64.8	65.6 67.2	67.0 69.8	69.9 75.6	85.2 78.9	86.0 83.0
重心高 (cm)	A B	68.9 68.1	71.6 71.8	73.8 74.3	77.9 78.7	80.6 81.2	81.3 81.2	81.3 84.2

表2 DZ02の身体特性の経年的変化

項目 \ 年齢	Twin	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	身長 (cm)	A B	130.3 135.6	138.0 146.0	142.7 149.0	147.1 151.3	148.2 151.6	148.3 151.8	149.0 152.7	149.5 152.7
体重 (kg)	A B	30.4 32.8	36.4 43.3	42.4 51.4	46.8 58.2	51.0 62.4	53.3 60.0	54.6 59.7	55.6 63.2	55.8 64.2
Rohrer Index	A B	137 131	138 139	145 155	147 168	156 179	163 171	165 167	166 177	166 180
座高 (cm)	A B	71.6 73.8	75.0 80.0	77.6 81.3	81.3 83.6	81.7 83.7	80.4 82.3	82.5 84.8	81.4 83.1	82.5 84.5
胸囲 (cm)	A B	68.5 69.0	72.2 79.5	78.8 79.2	82.0 84.5	83.1 84.3	82.9 82.5	87.5 86.2	91.0 91.8	86.5 88.5
重心高 (cm)	A B	73.7 77.2	77.4 81.8	79.3 82.4	81.0 82.6	81.5 84.5	81.3 83.9	82.1 84.0	83.1 84.1	82.2 85.2

表3 MZ26の身体特性の対差百分率の経年的変化 (%)

項目	年齢							
	8	9	10	11	12	13	14	
身長(cm)	0.8	1.0	0.1	0.5	0.6	0.1	0.1	
体重(kg)	12.0	12.9	10.5	10.8	9.3	9.9	3.7	
Rohrer Index	9.9	9.9	10.2	9.4	7.6	10.7	3.8	
座高(cm)	0.1	0.7	2.3	0.5	1.6	2.6	0.4	
胸囲(cm)	9.2	6.9	2.4	4.1	7.8	7.7	3.6	
重心高(cm)	1.1	0.3	0.7	1.0	0.7	0.1	3.5	

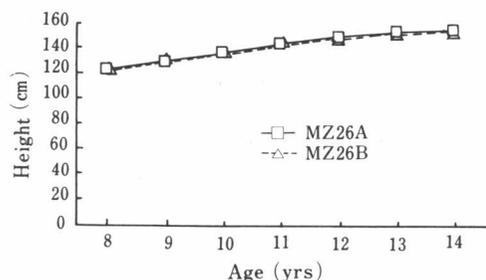


図1 Successive Changes of Body Height Monozygous Twins : MZ 26

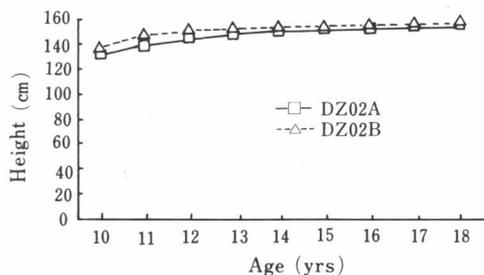


図2 Successive Changes of Body Height Dizygous Twins : DZ 02

表4 DZ02の身体特性の対差百分率の経年的変化 (%)

項目	年齢								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
身長(cm)	4.0	5.6	4.3	2.8	2.3	2.3	2.5	2.1	2.1
体重(kg)	7.6	17.3	19.2	21.7	20.1	11.8	8.9	12.8	14.0
Rohrer Index	4.5	0.7	6.7	13.3	13.7	4.8	1.2	6.4	8.1
座高(cm)	3.0	6.5	4.7	2.8	2.4	2.3	2.7	2.1	2.4
胸囲(cm)	0.7	9.6	0.5	3.0	1.4	0.5	1.5	0.9	2.3
重心高(cm)	4.6	5.5	3.8	2.0	3.6	3.1	2.3	1.2	3.6

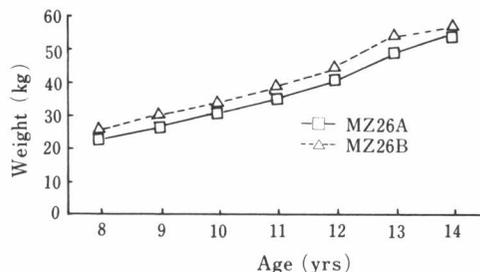


図3 Successive Changes of Body Weight Monozygous Twins : MZ 26

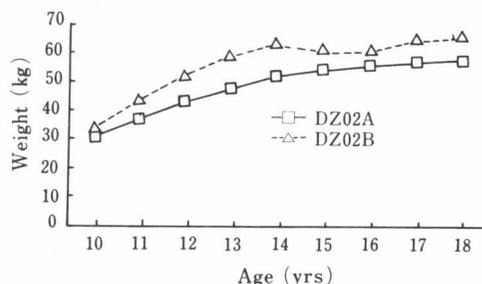


図4 Successive Changes of Body Weight Dizygous Twins : DZ 02

2.4～12.9%, DZが0.5～21.7%と、長育に比べて変動幅が大きく、DZの範囲はMZよりも大きかった。

図3, 4, にMZ 26とDZ 02の体重の経年的変化を示した。身長とはほぼ同様の傾向を示したが、一方が他方を追い越すことはなかった。MZ 26, DZ 02の身長の間年発育量をみると、MZ 26ではA児が9～10歳(7.4 cm)に、B児が10～11歳(6.4 cm)に最大の伸びを示した。DZ 02では10～11歳の伸び(A児: 7.3 cm, B児: 10.4 cm)が最大であった。体重の間年発育量のピークはMZ 26では、12～13歳の伸び(A児: 8.1 kg, B児: 9.2 kg)が最大であり、DZ 02ではA児が10～12歳でそれぞれ6.0 kg, B児が10～11歳で10.5 kgであった。MZ, DZの双方ともに身長と体重の間年発育量のピーク以降に、

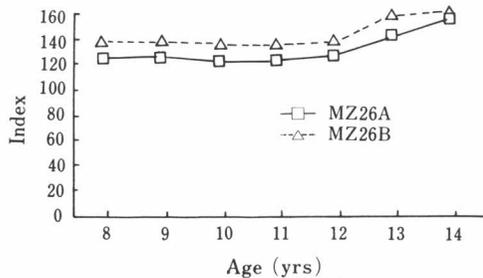


図5 Successive Changes of Rohrer index

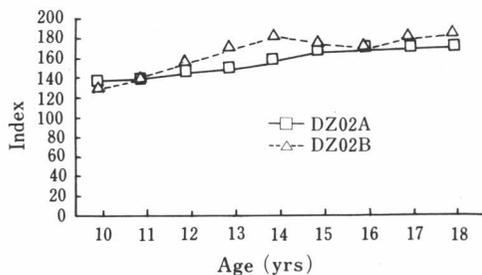


図6 Successive Changes of Rohrer index

最大値が出現した。図5, 6にMZとDZのローレル指数を示した。MZは体重とほぼ同様の傾向を示した。DZでは11歳時にAB児の逆転がみられ、15, 16歳で接近したが、再度差が開きつつあった。

表5, 6にMZとDZの身体諸機能の経年的変化を示した。また、IDの経年的変化は表7, 8に示した。機能におけるMZのIDは0.1~32.3%, DZのIDは0~84.1%と身体特性に比べ大きな範囲で変動した。MZの脚パワーや全身反応時間のIDは10%前後を示し、筋力、持久力のIDは20~30%前後であった。DZ02では全体的にMZより大きな値を示し、筋力、脚パワーに比べ、持久力の変動が顕著に大きかった。とくに、15歳時から16歳時のPWC170およびPWC170/wtのIDは、PWC170が30.6%から76.6%に、PWC170/wtは42.2%から84.1%へと大きく変動した。

表5 MZ26の身体諸機能の経年的変化

項目	年齢	Twin	8	9	10	11	12	13	14
	握力(右+左) (kg)	A		13.5	12.0	17.0	15.4	22.0	24.0
	B		14.5	13.8	19.4	17.3	25.3	23.0	22.5
背筋力 (kg)	A		39.0	43.0	65.5	51.0	75.5	71.0	82.0
	B		54.0	55.0	67.5	66.5	70.5	76.0	75.5
脚Power (kgm/sec)	A		*12.0	—	*28.1	*32.5	*38.8	**32.1	**43.3
	B		*12.9	*32.0	*30.6	—	*40.2	**34.2	**40.0
脚Power/wt (kgm/sec/wt)	A		0.5	—	0.9	1.0	1.0	0.7	0.8
	B		0.5	1.1	0.9	—	0.9	0.6	0.7
PWC170 (kgm/min)	A		285.3	250.0	303.9	439.0	521.8	350.0	459.4
	B		283.5	318.6	368.3	530.8	573.2	425.7	578.6
PWC170/wt (kgm/min/wt)	A		12.5	9.6	10.2	12.8	13.1	7.3	8.6
	B		11.1	10.7	11.1	13.9	13.1	8.0	10.5
全身反応時間 (sec)	A		0.37	0.36	0.41	0.33	0.37	0.37	0.33
	B		—	0.37	0.41	0.35	0.34	0.37	0.32

\*モナーク社製ergometerによる値 \*\*コンビ社製Power Maxの値から換算

表6 DZ02の身体諸機能の経年的変化

項目	年齢	Twin	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	握力(右+左) (kg)	A	—	19.8	27.0	23.3	29.9	25.4	29.4	25.5	25.0
	B	—	24.0	24.5	26.3	29.5	26.6	29.8	30.8	29.8	
背筋力 (kg)	A	—	57.0	100.0	113.0	105.5	108.0	102.5	111.0	95.0	
	B	—	58.0	95.0	84.0	109.5	91.0	82.5	94.0	93.0	
脚Power (kgm/sec)	A	—	*30.5	*34.9	*60.0	—	*65.8	*57.5	**47.7	**51.6	
	B	—	*33.0	*29.4	*60.0	—	*58.8	*45.9	**46.3	**50.8	
脚Power/wt (kgm/sec/wt)	A	—	0.8	0.8	1.3	—	1.2	1.1	0.9	**0.9	
	B	—	0.8	0.6	1.0	—	1.0	1.1	0.7	**0.9	
PWC170 (kgm/min)	A	—	343.0	—	663.9	806.2	778.2	1062.2	888.6	730.9	
	B	—	320.6	336.6	461.1	630.9	571.5	474.0	673.4	484.3	
PWC170/wt (kgm/min/wt)	A	—	9.4	—	14.2	15.8	14.6	19.5	16.0	13.1	
	B	—	7.4	6.6	7.9	10.1	9.5	7.9	10.7	7.5	
全身反応時間 (sec)	A	0.43	0.44	0.32	0.28	0.30	0.33	0.32	0.32	0.29	
	B	0.44	0.37	0.32	0.33	0.32	0.33	0.33	0.35	0.33	

\*モナーク社製ergometerによる値 \*\*コンビ社製Power Maxの値から換算

表7 MZ26の身体諸機能の対差百分率の経年的変化

項目	年齢	8 y	9	10	11	12	13	14
	握力(平均: kg)		7.1	14.0	13.2	11.6	14.0	4.3
背筋力(kg)		32.3	24.5	3.0	26.4	6.8	6.8	8.3
脚Power(kgm/sec)		*7.2	—	*8.5	—	*3.5	**6.3	**7.9
Power/wt(kgm/sec/wt)		*4.0	—	*2.2	—	*10.5	**15.4	**13.3
PWC170(kgm/min)		0.6	24.1	19.2	18.9	9.4	19.5	23.0
PWC170/wt(kgm/min/wt)		11.8	11.3	8.8	8.1	0.1	9.3	19.3
全身反応時間(sec)		—	1.92	1.96	5.04	8.43	0.54	4.29

\*モナーク社製ergometerによる値 \*\*コンビ社製Power Maxの値から換算

表9, 10にMZ, DZの走, 投, 泳動作の経年的変化を, 表11, 12にそれぞれのIDの経年的変化を示した。MZの走動作の対差は, 1~10%以内で小さな変動を示した。しかし, 投, 泳動作は8~10歳頃までは変動幅が大きく, それ以降は小さくなった。一方, DZの走動作の対差は約5~

20%の範囲であったが, 膝角度(最小)は20~40%程度であった。投, 泳動作のIDは, 走動作に比べて全体面に対差が大きく, 変動する範囲も大きかった。また, MZの対差全体と比べても大きな値を示した。

図7~11にMZの, 図12~16にDZの30m

表8 DZ02の身体諸機能の対差百分率の経年的変化

項目 \ 年齢	10	11	12	13	14	15	16	17	18
握力(平均: kg)	—	19.4	9.7	12.1	1.3	4.6	1.5	18.8	17.5
背筋力(kg)	—	1.7	5.1	29.4	-3.7	17.1	21.6	16.6	2.1
脚Power(kgm/sec)	—	*7.6	*17.1	*0.0	—	*11.2	*22.4	**3.0	**1.6
脚Power/wt(kgm/sec/wt)	—	*10.0	*36.0	*21.6	—	*23.4	*6.5	**25.0	**0.0
PWC170(kgm/min)	—	6.8	—	36.1	24.4	30.6	76.6	27.6	40.6
PWC170/wt(kgm/min/wt)	—	23.9	—	57.3	44.0	42.2	84.1	39.9	53.8
全身反応時間(sec)	0.69	15.54	2.54	14.08	3.71	0.92	4.31	9.27	10.66

※10歳時は全身反応時間のみ測定 \*モナーク社製ergometerによる値 \*\*コンピ社製Power Maxの値から換算

表9 MZ26の走、投、泳動作の経年的変化

項目 \ 年齢	Twin	8	9	10	11	12	13	14
30m走Time (sec)	A	7.2	7.0	6.3	6.2	6.0	7.2	7.7
	B	6.9	6.6	6.5	6.3	6.2	7.3	6.9
ストライド (cm)	A	128.0	141.0	143.9	161.4	156.0	164.4	144.7
	B	132.0	136.7	145.9	152.2	150.4	153.4	154.4
ストライド比 (stride/ht)	A	1.0	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.0
	B	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
膝関節角度(最小) (degree)	A	42.1	43.0	45.5	44.8	48.5	49.4	68.4
	B	43.3	42.9	43.0	41.7	45.4	46.7	41.4
ボールの初速度 (m/sec)	A	10.5	9.6	11.6	11.3	11.6	16.7	14.3
	B	13.8	11.7	14.5	11.2	15.6	15.7	13.1
Time(25m Crawl) (sec)	A	52.0	40.7	26.7	25.3	21.8	23.5	24.8
	B	*	38.6	26.8	25.7	21.2	24.9	—
Time(25m Breast) (sec)	A	(3m)	49.9	—	38.2	30.4	33.0	36.5
	B	*	56.2	—	32.5	26.1	28.3	—
ストローク数(Crawl) (times)	A	32.0	31.0	34.0	30.0	32.0	29.0	32.0
	B	*	33.0	28.0	30.0	31.0	31.0	—
ストローク数(Breast) (times)	A	(3m)	32.0	—	34.0	25.0	22.0	25.0
	B	*	46.0	—	32.0	20.0	21.0	—
ピッチ(Crawl) (times/sec)	A	(3m)	0.8	0.6	0.6	1.5	1.2	1.3
	B	*	0.9	0.5	0.6	1.5	1.2	—
ピッチ(Breast) (times/sec)	A	(3m)	0.6	—	0.9	0.8	0.7	0.7
	B	*	0.8	—	1.0	0.8	0.7	—

\*Non Swimmer

表10 DZ02の走、投、泳動作の経年的変化

項目	年齢	Twin	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	30m走Time (sec)	6.205	Treadmill	6.5	6.2	5.9	5.7	5.2	5.6	5.7	5.6
	6.555	—	6.9	6.6	6.2	6.0	5.8	5.9	5.9	6.0	
ストライド (cm)	A	131.3	162.0	164.8	167.6	165.7	163.8	167.9	166.4	167.9	
	B	118.8	138.0	151.0	149.6	148.2	155.6	158.1	160.5	152.2	
ストライド比 (stride/ht)	A	1.0	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
	B	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	
膝関節角度(最小) (degree)	A	57.6	53.0	26.0	40.7	43.3	45.6	46.1	43.8	45.3	
	B	92.3	41.7	35.1	49.1	46.0	64.1	66.7	59.5	55.9	
ボールの初速度 (m/sec)	A	—	—	16.3	16.8	16.3	14.0	18.6	16.7	21.5	
	B	—	—	13.9	16.1	13.7	12.7	16.1	22.1	18.1	
Time(Crawl) (sec)	A	24.8	29.2	19.8	21.9	21.1	22.1	20.9	22.1	22.2	
	B	15.4	32.7	24.5	24.6	24.0	25.2	24.6	25.1	—	
Time(Breast) (sec)	A	20.8	37.4	26.7	26.4	—	25.8	26.7	30.1	30.0	
	B	43.2	33.2	30.9	32.1	—	30.3	31.2	32.4	—	
ストローク数(Crawl) (times)	A	16.0	37.0	34.0	30.0	32.0	36.0	33.0	35.0	39.0	
	B	8.0	32.0	28.0	24.0	24.0	26.0	27.0	29.0	—	
ストローク数(Breast) (times)	A	24.0	31.0	25.0	25.0	—	23.0	22.0	22.0	21.0	
	B	45.0	23.0	22.0	23.0	—	23.0	23.0	24.0	—	
ピッチ(Crawl) (times/sec)	A	0.7	1.3	0.9	1.0	0.8	0.8	1.6	1.6	1.8	
	B	0.5	1.0	0.6	1.0	0.5	0.5	1.1	1.2	—	
ピッチ(Breast) (times/sec)	A	1.2	0.8	0.9	0.7	—	0.9	0.8	0.7	0.7	
	B	1.0	0.7	0.7	0.7	—	0.8	0.7	0.7	—	

走タイム、ストライド、ボールの初速度、25 mクロールタイム、ストロークの経年的変化をそれぞれ示した。

図17にMZの8歳から14歳、およびDZの12歳から18歳までの走る動作の経年的変化を、スティックピクチャーで示した。大転子を固定した時の膝、足先をスティック像であらわし、果点を破線で結んだものである。MZの走タイムは双方とも、12歳までは向上したが、それ以降はむしろ後退する傾向にあった。ランニングストライドも

同様の傾向にあった。MZの走動作パターンには顕著な差はみられず、DZではMZに比べ、その差が若干あるように見受けられた。DZの走タイムは、双方ともに15歳まで向上し、その後、停滞または下降傾向にあった。ランニングストライドは、11歳以降双方ともにほぼ一定であり、一方が他方を追い越すことはなかった。

図18はMZ、DZのオーバハンドスローのスティック像を示したものである。MZ26の軸足(右足)を固定した時の腕、体幹、脚部の投動作パ

表11 MZ26のパフォーマンスの対差百分率の経年的変化

種目	項目	年齢						
		8	9	10	11	12	13	14
走	30m走Time(sec)	4.3	6.1	3.1	1.6	3.0	0.8	11.0
	ストライド(cm)	3.1	3.1	1.4	5.9	3.7	6.9	6.5
	ストライド比(stride/ht)	2.3	4.6	0.9	7.2	4.8	6.9	6.4
	膝関節角度(最小: degree)	2.8	0.2	5.6	7.0	6.6	5.6	49.2
投	ボールの初速度(m/sec)	27.2	19.7	22.2	0.9	29.4	6.2	8.8
泳	25m Crawl Time(sec)	*	5.3	0.4	1.6	2.5	5.8	—
	25m Breast Time(sec)	*	11.9	—	16.1	15.3	15.3	—
	ストローク数(Crawl: 回)	*	6.3	19.4	0.0	3.2	6.7	—
	ストローク数(Breast: 回)	*	35.9	—	6.1	22.2	4.7	—
	Crawlピッチ(回/sec)	*	11.2	20.7	1.7	0.7	0.9	—
	Breastピッチ(回/sec)	*	24.7	—	9.6	6.3	10.7	—

\*完泳不可

表12 DZ02のパフォーマンスの対差百分率の経年的変化

種目	項目	年齢								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
走	30m走Time(sec)	Treadmill	5.4	6.2	5.6	5.1	10.9	4.2	3.2	7.0
	ストライド(cm)	10.0	16.0	8.7	11.3	11.2	5.1	6.0	3.6	9.8
	ストライド比(stride/ht)	14.0	21.6	13.0	14.2	13.4	7.5	8.5	5.7	11.9
	膝関節角度(最小: degree)	46.4	23.9	29.8	18.7	6.0	33.7	36.5	30.4	20.9
投	ボールの初速度(m/sec)	—	—	15.9	4.3	17.3	9.7	14.4	27.8	17.2
泳	25m Crawl Time(sec)	*	11.4	21.2	11.6	13.1	13.1	16.3	12.7	—
	25m Breast Time(sec)	*	12.0	14.6	19.5	—	16.0	15.6	7.4	—
	ストローク数(Crawl: 回)	*	14.5	19.4	22.2	28.6	32.3	20.0	18.8	—
	ストローク数(Breast: 回)	*	29.6	12.8	8.3	—	0.0	4.4	8.7	—
	Crawlピッチ(回/sec)	*	25.8	40.6	5.0	41.3	43.6	35.8	31.3	—
	Breastピッチ(回/sec)	*	18.4	27.9	4.3	—	15.8	10.3	1.3	—

\*完泳不可

ターンは、未熟なパターンのレベルにとどまっております。DZ 02ではMZに比べ、若干改善された様子が伺えたが、発育にともなう初速度の伸びは、あまりみられなかった (MZ 26 A : 9.6 m/sec ~ 16.7 m/sec, MZ 26 B : 11.2 m/sec ~ 15.7 m/

sec, DZ 02 A : 14.0 ~ 21.5 m/sec, DZ 02 B : 12.7 ~ 22.1 m/sec). また、投運動の最終段階での特徴的な動作でもある、腰や肩のひねり、投方向へのステップはあまりみられず、MZ, DZの動作パターンは、男子に比べてさほど改良されてい

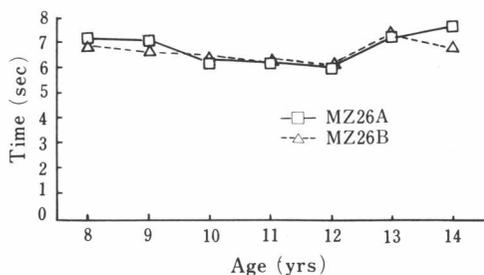


図7 Successive Changes of 30 m Running Time Monozygous Twins : MZ 26

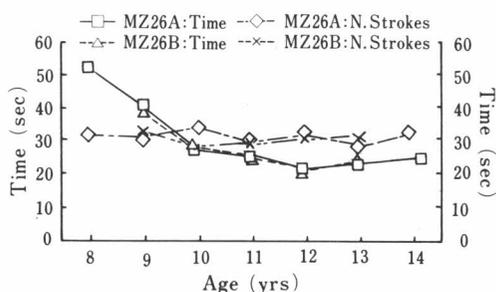


図11 Successive Changes of 14 m Crawl Time Monozygous Twins : MZ 26

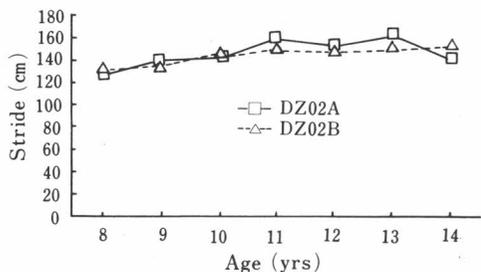


図8 Successive Changes of Running Stride Monozygous Twins : MZ 26

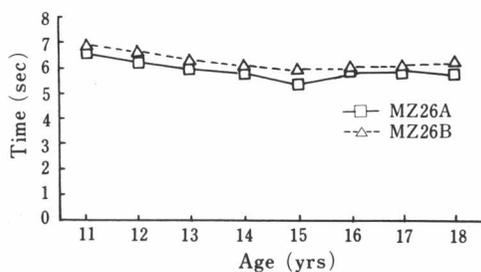


図12 Successive Changes of 30 m Running Time Dizygous Twins : DZ 02

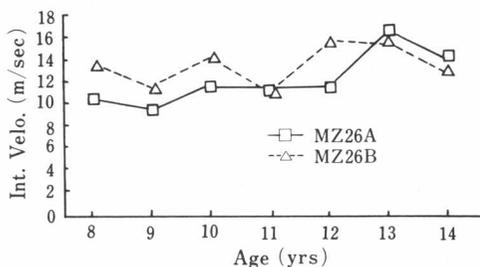


図9 Successive Changes of Overhand Throwing

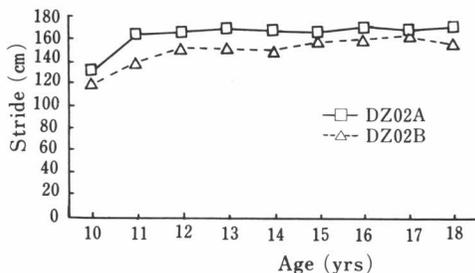


図13 Successive Changes of Running Stride Dizygous Twins : DZ 02

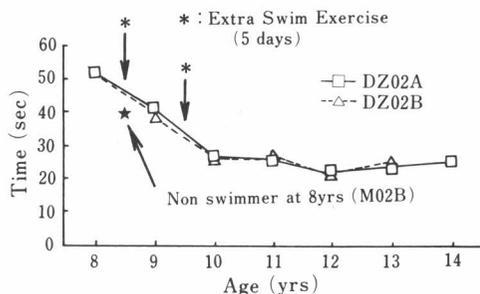


図10 Successive Changes of 25 m Crawl Time Monozygous Twins : MZ 26

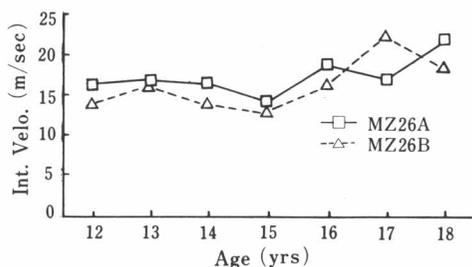


図14 Successive Changes of Overhand Throwing Dizygous Twins : DZ 02

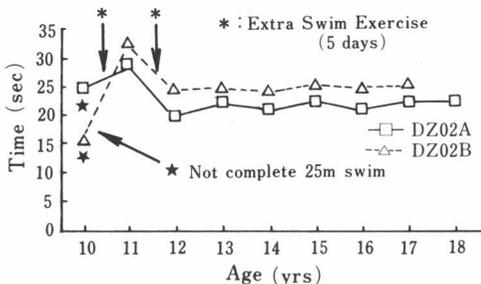


図15 Successive Changes of 25 m Crawl Time Dizygous Twins : DZ 02

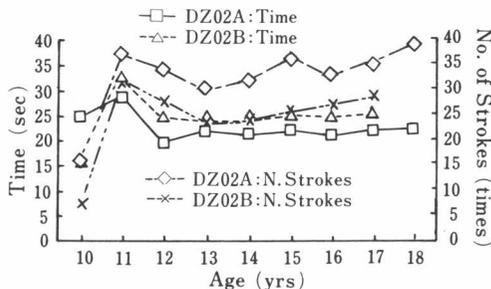


図16 Successive Changes of 25 m Crawl Dizygous Twins : DZ 02

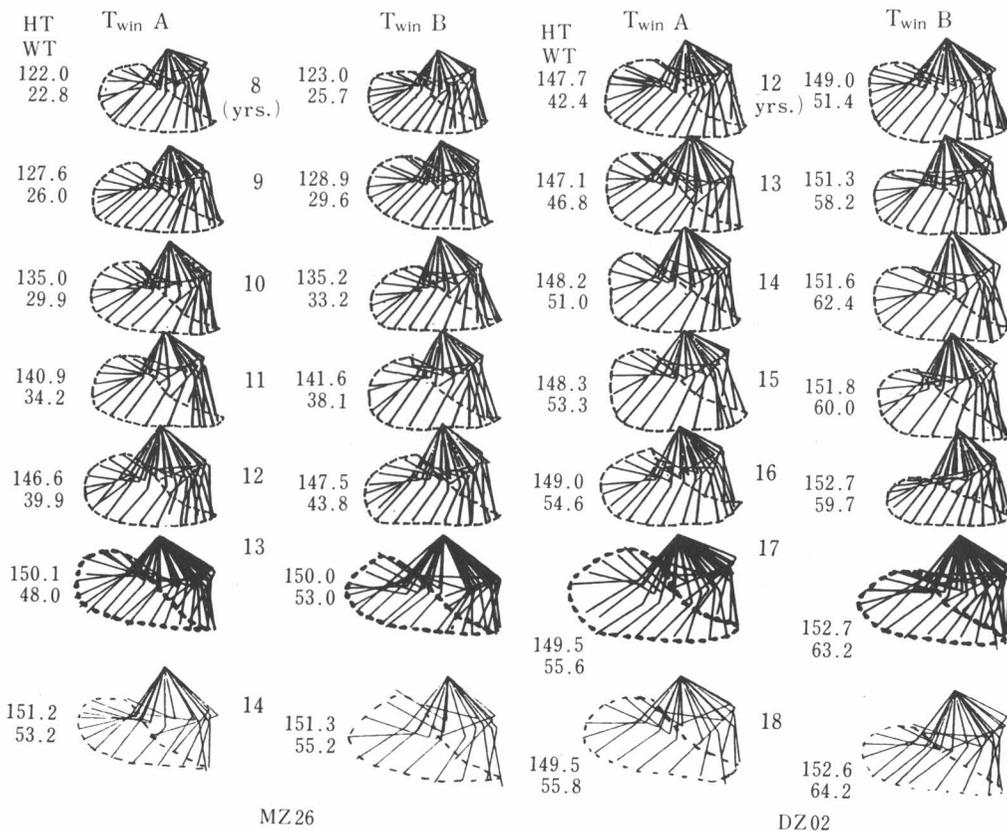


図17 Successive running stick picture in MZ and DZ twins

ないようであった。

図 19 に腰を固定した時の泳フォームのスティック像を示した。MZ の A 児は 8 歳時に 25 m を完泳できなかったが、B 児は完泳できてい

た。25 m 泳タイムは、2 児ともに 9 ~ 10 歳にかけて大きく短縮した (MZ 26 A : 40.7 sec ~ 26.7 sec, MZ 26 B : 38.6 sec ~ 26.8 sec)。ストローク数はタイムの短縮ともなって減少したが、それ

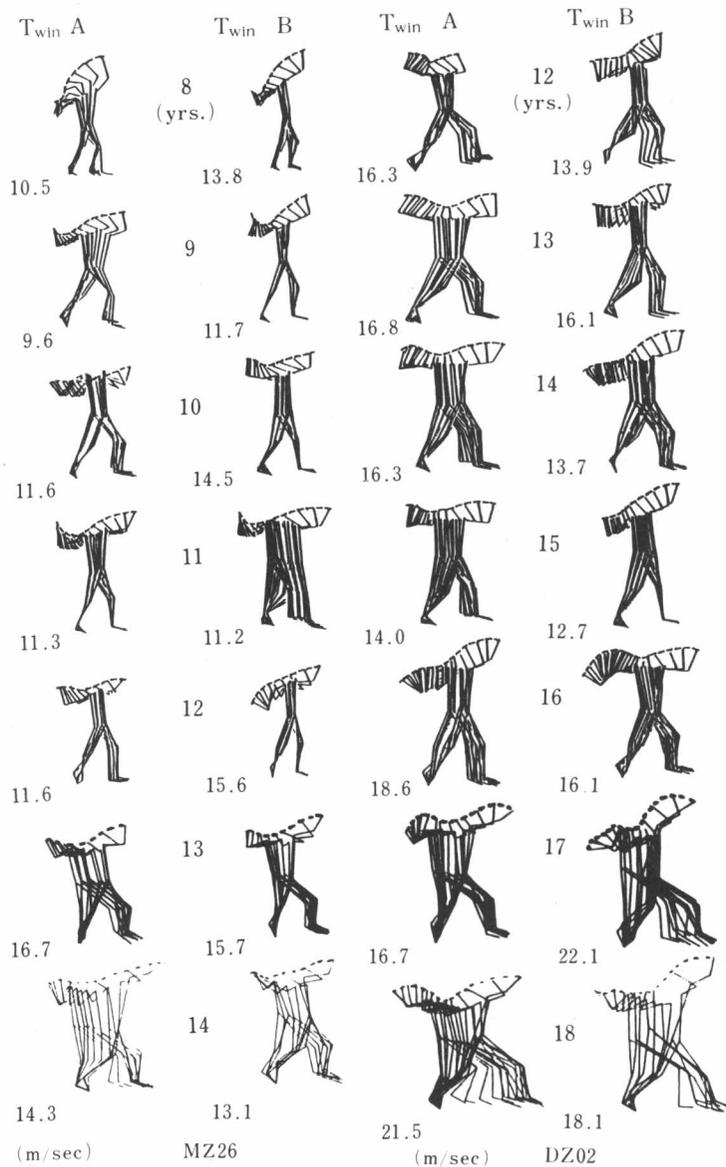


図18 Successive overhand throwing stick picture in MZ and DZ twins

以降はタイムの停滞とともに、ほぼ一定であった。泳フォームには若干の違いがみられたが、双方のタイムの差はほぼ同じであった。しかし、走タイムおよび疾走フォームに比べ、2児間の対差およびフォームの差異は大きかった。DZ 02では10～12歳にかけて、25 mの完泳とタイムの大幅な短縮が見られた (DZ 02 A: 29.2 sec～19.8 sec, DZ 02 B: 32.7 sec～24.5 sec)。しかし、13～16歳では双方とも、泳タイムおよび動作パターンにあまり変化はなかった。タイムの差は、A児とB児が逆転することはなかった。ストローク数はMZと同様、タイムの短縮ともなって減少したが (11歳～12歳)、12歳から18歳にかけて、泳タイムが一定に近い値を示したのに対し

sec, DZ 02 B: 32.7 sec～24.5 sec)。しかし、13～16歳では双方とも、泳タイムおよび動作パターンにあまり変化はなかった。タイムの差は、A児とB児が逆転することはなかった。ストローク数はMZと同様、タイムの短縮ともなって減少したが (11歳～12歳)、12歳から18歳にかけて、泳タイムが一定に近い値を示したのに対し

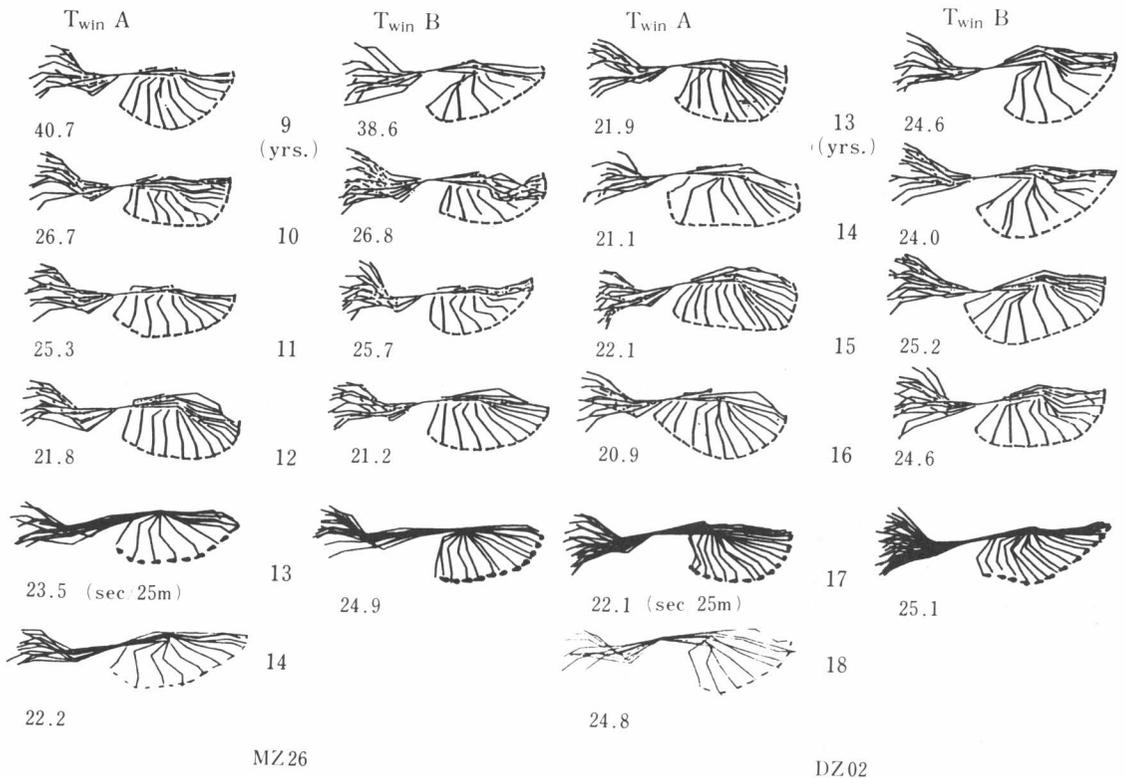


図19 Successive swimming stick picture in MZ and DZ twins

て、ストローク数はやや増加していく傾向にあった。

性格面についてのアンケート調査結果からは、物事に熱中する度合いや勇気、嗜好、自信などについてはMZ、DZともに顕著な差がみられたが、その他の項目については、DZがMZより不一致の項目が多くみられる程度であった。

### 3. 考 察

#### 3.1 アンケート調査

アンケート調査による運動とのかかわりをみると、(表13)、MZ 26は小学校、中学校ともに運動クラブなど、特別な活動を行っておらず、9歳、10歳の時に、双方ともに5日間の水泳教室を受けた。一方、DZ 02では、A児が小学校5、6年生に担任の先生(体育)の影響を受け、B児に比べてジョギングなどの運動量が多かったようであ

る。中学校では、A児は陸上クラブの長距離を、1日2時間(除く日曜日)程度行っていたのに対し、B児は1日2時間バレーボール(除く日曜日)を行っていた。高校では、A児が1日2時間(除く日曜日)ハンドボールクラブに属していたのに対して、B児は運動系クラブには入らず、文化系のクラブに属していた。これらのことから児童期、すなわち小中学校時代までの双生児の生活様式は、日常生活とともに、学校生活でもほとんど同じようなライフスタイルであることが多い<sup>6)</sup>ため、対間での差異は環境的要因にさほど左右されず、むしろ高校生時代からお互いの性格や、嗜好の違いなどからさまざまな環境と出会うと考えられる。

#### 3.2 身体特性および機能について

保志は<sup>15)</sup>双生児対間の身長、体重の経年的変化にはいくつかのパターンがみられたと報告してい

表13 アンケート調査によるMZ、DZの運動とのかかわり

School	Zygoty	DZ02	
	MZ26	Twin A	Twin B
Elementary School	Nothing Extra Exercise	1. Class teacher was physical educator 2. Jogging at every morning	Nothing Extra Exercise
J.High School	Nothing Extra Exercise	Long Distance running Exercise at every day  A.M. 1 h P.M. 1-2 h	Volley Ball Player at every day  A.M. 1 h P.M. 1-2 h
Hight School		Hand Ball Player at every day  P.M. 2 h	Cultural Excecise of Calligraphy at every day  P.M. 2 h

るが、本研究の対象児もそれぞれ一卵性、二卵性の特徴的なパターンの一例に該当した。身長や体重において、年間発育量が急激に増えたのは、思春期における第二次性徴の発育促進によるものである。一般に、体重の年間発育量のピークは、身長とのピーク以降に発現する<sup>17,27)</sup>といわれているが、対象組の双方児も同じ結果となった。ローレル指数の年間増加量のピークは、MZ、DZとも体重の年間発育量のピーク以降に出現した。このように、発育のスパートの時期や増加量は、個々にバラバラではあるが、一定の法則にしたがって発現していることがわかる。

ところで、水野ら<sup>26)</sup>は体格と運動の敏捷性は、先天的素質に支配されることが大きく、筋力と投、跳のような瞬発的運動は、後天的な練習によるところが大きいと報告している。Komiら<sup>21)</sup>は神経筋のパラメータを対差百分率で求めた結果、双生児の最大メカニカルパワーの遺伝寄与率(Hest)は99.2%、膝蓋腱反射は97.5%、反応時間は85.7%であったと報告している。また、双生児

の $\dot{V}O_{2max}$ 、HR、骨格筋の酵素活性および筋タイプに関する研究<sup>22)</sup>では、ST%が96.5% (男女)、筋パワーが97.8%の遺伝寄与率であったと報告され、遺伝的要因が大きいことを示唆している。

本研究では身体諸機能のIDは、MZが0.1～32.3%、DZが0～84.1%であったが、脚パワーや全身反応時間のIDは、MZの方がDZより小さな値を示し、遺伝的な要因の大きさを伺わせた。しかし、DZの全身持久力の指標としたPWC170、およびPWC170/wtは、15歳から16歳にかけてそれぞれ30.6%～76.6%、42.2%～84.1%と顕著に増大した。小林<sup>17)</sup>は、女子の全身持久性能力( $\dot{V}O_{2max}$ )は、身長発育速度(PHV)がピークになる年齢以前の、身体トレーニングの影響を受けることは少なく、ピークから3～4年後では、一般の女子に比べトレーニングを継続した女子には、年次的な増大が見られると報告している。

また、Weberら<sup>36)</sup>も、双生児を対象としたトレーニング開始時期の適時性について検討した結

果、成長の進度が最も大きい時に、特別なトレーニングをすると、その向上がみられるとは限らないことを指摘している。さらに、樋口ら<sup>14)</sup>は、正課体育の身体活動ではなく、運動部活動の運動量の大小が対間の差異に影響を与えると考察している。Klissouras<sup>20)</sup>も、長期間にわたる激しい運動の有無が、MZの有酸素性能力に顕著な差をもたらすことを報告している。

以上のことより、DZの15歳から16歳にかけての全身持久持能力の差は、遺伝的な差異に加えて、A児が中学校3年間に陸上の長距離練習を、運動クラブで行っていた結果であると考えられた。すなわち、全身持久性能力は、身長発育速度がピークになる年齢以降（体重の年間発育量のピーク以降）の、運動習慣や運動種目、およびその運動量によって、変わりやすいことが示唆された。

### 3.3 走、投、泳動作について

走動作パターンの発達は、5～6歳頃にすでに大人のパターンに近づくといわれている<sup>23)</sup>。また、形態や機能とのかかわりが強く、日常の運動習慣にも影響されるという報告もある<sup>4)</sup>。さらに、縦断的な追跡研究<sup>3)</sup>によって、個々人の固有の発達経過が明らかにされてきているが、いまだにその例数は少ない。MZの走成績は、12～13歳頃からストライドと走タイムの低下がみられた。これは体重の年間増加量のピーク以降にあたり、同時にローレル指数も増大する傾向にあった。すなわち、過体重（肥満傾向）が、脚パワーの減少からくる相対的なキック力の低下を招き、歩幅の伸びを押さえてしまったためであろう<sup>5)</sup>。

一方、DZでは11～15歳までは、走タイムの向上がみられた。これは双方ともに中学校時代には、運動部活動を積極的に行っていた結果と考えられた。しかし、それ以降B児は、日常的な運動の減少と、ローレル指数の増加傾向によって、走成績は低下の兆しを見せている。つまり、遺伝的

な差異に加え、A児が高校に入ってハンドボールを始めたのに対して、B児は運動クラブに属していなかった差による影響ではないかと考えられる。スティックピクチャーにみる走動作パターンの変化は、双方ともに、2児間ではほぼ類似したパターンであり、追跡対象組の走動作様式は、急激なからだの変化がない限り、大きな変化はみられない<sup>3)</sup>ようである。これは、MZの走動作の対差の経年的変化が約5～10%、DZのそれが約10%程度と、比較的小さな値を示したことや、双生児の走動作のキネマティックスは、遺伝的要因が大きいという報告<sup>16)</sup>、および走動作パターンが低年齢で、すでに大人のパターンに近づくことなどからも推察できよう。

投動作の発達は、おおよそ6歳以降に、協応のみられる動作様式に達成する<sup>2,24)</sup>とされている。しかし、投動作の習得には、性差が大きく関与するという報告<sup>32)</sup>もみられるが、投経験の豊かな女子では、男子より優れた投動作を示すものが少ないとの指摘もある<sup>25)</sup>。双生児を対象とした研究<sup>33,34)</sup>では、投運動におけるフォームの類似度は低く、個々の学習経験量によって特徴的であり、外的要因が大きいと報告されている。本研究の対象組はMZ、DZともに女子であったが、双方とも投動作パターンは、測定最終年齢の段階では、さほど改善されていないように思われた。すなわち、MZでは投運動の主動作に先立つ脚、腰の準備動作<sup>35)</sup>がほとんどみられず、DZでは最終段階での特徴的な主動作でもある腰や肩のひねり、投方向へのステップ<sup>24)</sup>がごくわずかにみられた程度であった。また、投動作における初速度は、投能力の重要な要素のひとつであるが、MZでは年齢を経るにしたがって、顕著な増加がみられず、アンケート調査からも、投動作にかかわる特別な練習もなされていなかった。

MZの最終年齢の初速度（約16 m/sec）は、ほぼ小学校6年女子のレベル<sup>35)</sup>に相当し、DZの初

速度(約 20 m/sec)は, MZ を少し上回る程度であった。DZ の A 児が, 高校時代にハンドボールをやっていたにもかかわらず, B 児と同程度の初速度であったのは, 投動作の改善の最適期, つまり女子の投動作パターンの改善は, 5~6 歳以降顕著にみられなくなることや, 身体資源の大きさとの関係<sup>24, 25)</sup>であると推察されるが, 今後の検討課題として残された。

泳動作では MZ, DZ ともに特別な働きかけ(水泳教室)を集中的に行った結果, 双方ともに大幅なタイムの短縮と, ストローク数の減少がみられた。しかし, それ以降, 双方ともに学校の授業以外に, 特別な水泳トレーニングは行っておらず, 結果として, 泳タイムとストローク数はほぼ一定のままとなった。これは泳ぎのかたちは, 年齢とともに必ずしもよくなるとは限らない<sup>10)</sup>ことを支持するものである。

以上のことから, 水泳のパフォーマンスは, ひとかきに進む距離の増大によって向上していく<sup>10)</sup>ことと, 適切な働きかけが, 個々になされた時のみに発達していくと考えられる。つまり, 水泳運動は, 個々の学習経験量によって出来ばえが左右されることを示唆している<sup>9)</sup>。

#### 4. まとめ

発育発達を考慮した体育指導, すなわち, それぞれの年齢や発育段階に応じた教育方法論の論議や検討の必要性は, 個性を重要視する時代においては, 必須の課題であろう。画一化教育の中で, 体育指導の場合, 少しでも発育段階を踏まえた指導の開発が望ましく, 不可欠である<sup>30)</sup>。

本研究では, 7~9 年間継続的に測定を行ってきた, 一卵性双生児(MZ 26)および二卵性双生児(DZ 02), それぞれ各一組ずつを事例として縦断的に検討し, 個々の発育発達の経過や特徴を明らかにし, からだの教育可能性を追求する手段としての体育の方法論や, カリキュラムを考えてい

くための, 一資料を提供することであった。その結果, 走動作は身体特性や機能との間連が強いが, 全身持久性能力は, 発育発達の完成以降の働きかけ如何によって, 変わる可能性が示唆された。また, 投動作は個々に特徴的ではあるが, 女子の投動作の改善の最適期や, 身体資源の大きさとの関連が, 今後の課題として残された。一方, 泳動作では, 特別な働きかけがなされた時のみに, パフォーマンスが向上し, 泳ぎのかたちの変容は, 年齢にともなって必ずしもよくなるとは限らないことが明らかになった。

#### 文 献

- 1) 浅見高明, 渡川侃二, 石島 繁; 年間増加量からみた児童の体力発達に関する研究, 体育科学, 14, 81-90 (1986)
- 2) A. ゲゼル著, 山下俊郎訳; 乳幼児の心理学-出生より 5 歳まで, 家政教育社, 168-177 (1979)
- 3) Amano, Y., Mizutani, S., Hoshikawa, T. ; Longitudinal study of running of 58 children over a four-year period, In Matsui, H and Kobayashi, K (Eds), Biomechanics VIII-B, Human Kinetic Publishers, Inc., 663-668 (1983)
- 4) 天野義裕; 走動作の習熟, 体育の科学, 35 (2), 115-121 (1985)
- 5) 天野義裕; 幼児の動作の発達-走る-4 歳児からの発達過程の 4 事例, 体育の科学, 40 (2), 853-858 (1990)
- 6) 天羽幸子; ふたごの世界-双生児の 25 年間の追跡研究, ブレーン出版, 15-21 (1987)
- 7) Bouchard, C.; Genetics of aerobic power and capacity, In Sports and Human Genetics, R. M Malina and C. Bouchard (Eds), The 1984 Olympic Scientific Congress Proceedings, Human Kinetic Publishers, Vol. 4, 59-88 (1986)
- 8) 古畑和孝; 双生児研究概観, 東京大学教育学部紀要, 1, 158-178 (1956)
- 9) 合屋十四秋, 天野義裕, 星川 保, 松井秀治; 双生児を対象としたスポーツパフォーマンスの発達に関する縦断的研究, 第 9 回日本バイオメカニクス学会大会論集, スポーツパフォーマンスの環境, 149-154 (1989)
- 10) 合屋十四秋, 野村照夫, 松井敦典, 高木英樹; クロール泳動作の発達, 日本バイオメカニクス学会

- 第11回大会論集, 286-291 (1992)
- 11) 早川和生, 由良晶子; 中高年齢に達した双生児100組を用いた身体精神機能の老化現象に関する研究, とくに運動活動の老化抑制効果について, デサントスポーツ科学, **4**, 63-67 (1983)
  - 12) 早川和生, 清水忠彦, 大國美智子, 三戸秀樹, 由良晶子; 中高年齢に達した双生児の研究 (第2報), 質問紙法による既往歴および健康状態の調査成績, 日本公衛誌, **30** (8) 349-357 (1984)
  - 13) 早川和生, 由良晶子; 中高年双生児の生理機能からみた健康指標の研究, 体力研究, **62**, suppl. 10-16 (1986)
  - 14) 樋口 満, 水野忠文, 武田武雄, 宇都宮護, 岡野好伸; 双生児の身体発達に関する縦断的研究, 東京大学教育学部紀要, **16**, 347-362 (1976)
  - 15) 保志 宏; 発達曲線を読み直す, 自然, **3**, 64-73 (1977)
  - 16) Hoshikawa, T., Amano, Y., Kito, H., Matsui, H.; Kinematic analysis of walking and running in twins, In Matsui, H., Kobayashi, K (Eds) ., Biomechanics VIII-B, *Human Kinetic Publishes, Inc.*, 498-502 (1983)
  - 17) 小林寛道; 日本人のエアロビックパワー, 杏林書院, 100-102 (1982)
  - 18) Klissouras, V., Pimay, F., Petit, J. M. ; Adaptation to maximal effort: genetics and age, *J. of Appl. Physiol.*, **35** (2), 288-293 (1973)
  - 19) Klissouras, V.; Heritability of adaptive variation, *J. Appl. Physiol.*, **31** (3), 338-344 (1971)
  - 20) Klissouras, V.; Genetic limits of functional adaptability, *Int. Z. angew. Physiol.*, **30**, 85-94 (1972)
  - 21) Komi, P. V., Klissouras, V., Karvinen, E.; Genetic variation in neuromuscular performance, *Int. Z. angew. Physiol.*, **31**, 289-304 (1973)
  - 22) Komi, P. V., Karlsson, J.; Physical performance, skeletal muscle enzyme activities and fiber types in monozygous and dizygous twins of both sexes, *Acta Physiologica Scandinavica, Suppl.*, **462**, 1-28 (1979)
  - 23) 宮丸凱史; 幼児の走技能, 体育の科学, **33** (2), 90-97 (1983)
  - 24) 宮丸凱史; 投げの動作の発達, 体育の科学, **30** (7), 464-471 (1980)
  - 25) 宮丸凱史; 投動作の発達, 体育の科学, **35** (3), 211-218 (1985)
  - 26) 水野忠文; 双生児の体格, 筋力, 運動能力の類似度に関する研究, 東京大学教育学部紀要, **1**, 136-157 (1956)
  - 27) 中山健太郎編, 小児科学, 第4版, 文光堂, 15-30 (1980)
  - 28) Nichols, R. C., Bilbro, W. C.; The diagnosis of twin zygosity, *Acta genet., Basel* **16**, 265-275 (1966)
  - 29) Schoenfeldt, L. F.; A comparison of twin analytic procedures for estimating twin zygosity, *Human Heredity*, **19**, 343-353 (1969)
  - 30) 高石昌弘; 発達段階の把握と体育指導, 新体育, **43** (9), 690-693 (1973)
  - 31) 高石昌弘, 樋口 満, 小島武次; からだの発達-身体発達学へのアプローチ, 大修館書店, 63-72 (1981)
  - 32) Tanner, J. M., Whitehouse, R. H., Marubini E., Resele, L. F. ; The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden Growth Study, *Annals of Human Biology*, **3** (2), 109-126 (1976)
  - 33) 豊島進太郎, 合屋十四秋, 星川 保, 松井秀治; 双生児における投運動の運動学的分析, 東海保健体育科学, **4**, 45-54 (1982)
  - 34) Toyoshima, S., Hoshikawa, T., Goya, T., Matsui, H.; Biomechanical analysis of throwing in twins, In Matsui, H., Kobayashi, K. (Eds); Biomechanics VIII-B, *Human Kinetic Publishers Inc.*, 683-687 (1983)
  - 35) 豊島進太郎, 星川 保, 松井秀治; 女子の投運動からよい動作の基準を探る, 第7回日本バイオメカニクス学会大会編, 走・跳・投・打・泳動作における“よい動きとは”, 102-108 (1984)
  - 36) Weber, G., Kartodihardjo, W. Klissouras, V. ; Growth and physical training with reference to heredity., *J. Appl. Physiol.*, **40** (2), 211-215 (1976)