

# 初心者における平泳ぎのバイオメカニクスの分析

中京大学体育方法学研究室

陶 山 三 千 也

湯 浅 景 元

鶴 峯 治

浅 川 正 一

齐 藤 昌 久

三 宅 一 郎

榎 木 茂

## THE BIOMECHANICAL ANALYSIS OF THE BREASTSTROKE IN THE UNSKILLED FEMALE COLLEGE STUDENTS

M. SUYAMA,  
K. YUASA,  
O. TSURUMINE,  
M. ASAKAWA,  
M. SAITO,  
I. MIYAME  
and S. ENOKI

Six unskilled female college students and one female competitive breaststroker was asked to swim 25m with best efforts in the breaststroke. The movements of the swimmer were filmed through the under-water window with 16 mm cine-camera. The filming speed was 50 frames per second.

Mean horizontal velocity during a stroke cycle was 0.73 m/sec in the unskilled subjects. This value was corresponded to about 50% of the skilled swimmer. The unskilled subjects swam with a shorter stroke length and a more stroke rate than the competitive breaststroker. The negative correlation was observed between the stroke rate and the stroke length in the unskilled females.

The angle between the trunk and the horizontal plane was less in the unskilled than in the skilled. This indicated that the unskilled subjects could not have their bodies as near horizontal as they could during swimming. During the kicking phase, the angle velocity of the knee was greater in the unskilled than in the skilled. However, less horizontal velocity was obtained in the unskilled. From these results, it might be suggested that the unskilled subjects swam at lower velocity during the kicking phase because they could not dorsiflex the ankles during this phase.

### 緒 言

水泳をバイオメカニクスの面から分析した研究は多い。<sup>1,2,4,7,8,9,13)</sup>平泳ぎに関しても、Miyashita, M.<sup>9)</sup>の1ストローク中の速度とパワー変化の測定、田口<sup>12)</sup>やCzabański, B.<sup>5)</sup>らの協応動作の分析、辻野<sup>14)</sup>のキック動作と速度変化の分析、吉沢<sup>15)</sup>の筋電図解析などが報告されている。しかし、従来の水泳研究の大部分においては対象として水泳選手が選ばれていた。体育の実技授業で水泳を指導するときには、水泳選手の泳動作を理解するだけでなく、初心者の特徴的な泳動作を知ることが大切であると考えられる。そこで、本研究では女子学生の水泳初心者を被検者として、彼女らの平泳ぎ動作を16mmシネ・フィルム法で分析し、その結果を女子平泳ぎ選手の動作と比較することによって女子初心者の平泳ぎ動作の

特徴を明らかにしようとした。

### 方 法

#### ①被検者

水泳の実技授業に参加している女子学生6名と平泳ぎを専門とする女子水泳選手1名を本実験の被検者として用いた。いずれの被検者も、体育を専攻している健康な女子大学生であった。水泳授業に参加している6名の女子学生は、平泳ぎで25~50mを泳ぐことのできる者たちであった。本研究では彼女らを初心者とした。女子水泳選手の100mと200m平泳ぎの最高記録はそれぞれ1分21秒6と2分59秒4であり、彼女を熟練者とした。被検者らの年齢、身長、体重および泳能力は表1に示した。

表1 各被検者の年齢、身長、体重および泳能力

被 検 者	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	泳 能 力 (平泳ぎ泳法での最大泳距離)	
未 熟 練 者	Hat	19.1	161.5	61.3	30m
	Hay	18.5	155.2	52.0	25m
	Hin	18.7	150.8	43.5	25m
	Ito	19.2	160.7	54.8	50m
	Kad	18.4	150.6	47.0	25m
	Kam	18.5	150.5	52.0	50m
	平 均 値 ±標準偏差	18.73 ±0.309	154.82 ±4.574	51.63 ±5.582	34.2 ±11.3
熟 練 者	Hir	18.5	156.0	48.0	(平泳ぎ泳法での100m200mのベストタイム) 100m 1'21"6 200m 2'59"4

## ②実験方法

実験は中京大学屋内プール（長さ25m，幅17m，深さ1.3～1.5m）で行なった。被検者はデッドスタートによって25mを全力で泳いだ。デッドスタートとは，水中でプール壁をけて行なうスタート法である。泳法は平泳ぎとした。撮影には16mm Miliken Model DBM 55 カメラを用いた。16mmシネ・カメラはプール槽の横に設けた部屋に設置した。そして，ガラス製の水中窓を通して被検者の泳動作を撮影した。撮影はスタート壁から10～15mの範囲で行なった。カメラ・レンズと被検者までの距離は5.5mであった。フィルム・スピードは50コマ/secとした。フィルム・スピードの補正は，パルス・ジェネレーターでフィルムの端にマークを記録することによって行なった。フィルム分析は，NAC SPORTIAS Model GP 2000 を用いて行なった。実験場面の模式図は図1に示した。また，撮影風景を図2に示した。ストローク長，ストローク時間，および水平速度は，被検者の大転子点について測定した。角度の分析は，体幹と水面のなす角度と膝関節角度について行なった（図3）。1ストロークの動作をキック，グライド，プル，およびリカバリーの4局面に分け，各局面の開始時間と終了時間，および所要時間を求めた。本研究では，キック局面は膝関節が最大に屈曲した時点から最大に伸展されるまで，プル局面は手掌部が水をかき始める瞬間から手掌部が水をかき終わって前方に移行する直前までとした。そして，キック終了時点からプル開始直前までをグライド局面，プル終了時点からキック開始直前までをリカバリー局面とした。（図4）。

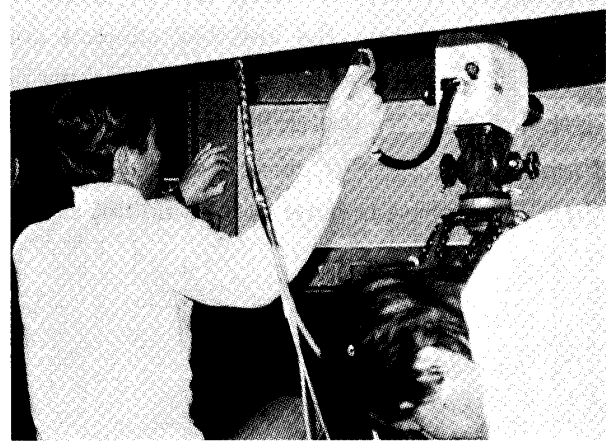


図1 撮影風景

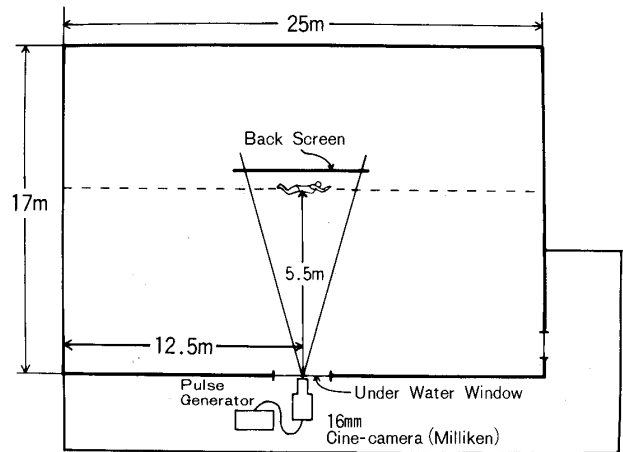


図2 実験場面の模式図

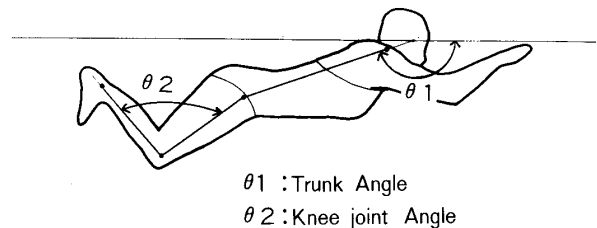


図3 角度の分析

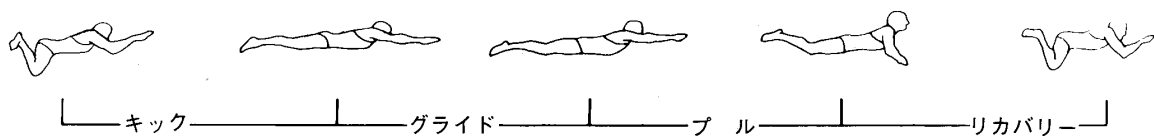


図4 1ストローク中の動作局面

結果と論議

本研究の25m平泳ぎで得られた泳タイム、平均速度、ストローク長、ストローク数、およびストローク時間は表2に示した。

大転子点の移動より求めた1ストロークの平均水平速度は、初心者では0.73±0.02 (平均値±標準偏差)m/secであり、熟練者の1.10m/secよりも著しく低かった。それぞれの局面の速度変化についてみると、初心者も熟練者もキックからプルの局面にかけて速度は高まり、リカバリ局面で著しい減速が生じた。これは以前の研究結果と一致した。<sup>2,9,11,14)</sup> また、いずれの局面においても、初心者の方が速度は低かった。

6名の初心者のストローク長は、平均すると0.94mであり、これは熟練者の約2/3に相当した。一方、ストローク数は初心者では平均0.88回/secであり、熟練者の0.72回/secよりも多かった。このことは、初心者ではストローク長の短いことをストローク数で補う、ピッチの早い泳ぎ方であることを示唆するものである。また、初心者についてストローク数とストローク長との関係を求めたところ両者の間には負の相関がみられた(図4)。この結果は、Craig, A; Jr. らが水泳選手を対象に行なった研究報告と一致した。さらに、平均泳速度(V)、ストローク長(SL)、およびストローク数(SF)の間には次の

公式が成立すると報告されている。<sup>6)</sup>

$$V = SL \times SF$$

本研究の初心者について3者の関係を求めたところ、上記の公式が成立することが明らかとなった。

水泳で高い速度を得るための条件の1つとして、造波抵抗、摩擦抵抗(粘性抵抗)、および圧力抵抗(造渦抵抗)などの水抵抗の小さいことがあげられる。<sup>6,9)</sup> として、水抵抗は水中姿勢によって影響されることが報告されている。Counsilman, J. E.<sup>2)</sup> は体幹と水面のなす角度は水抵抗を決定する重要な因子の1つであることを明

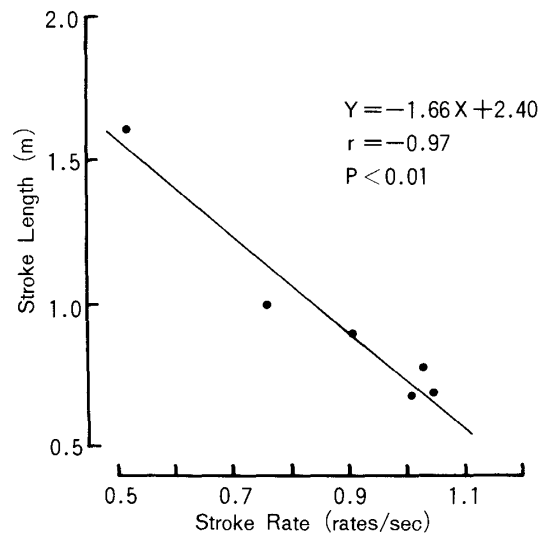


図5 初心者におけるストローク数とストローク長との関係

表2 25m平泳ぎのタイム、ストローク長、ストローク頻度、ストローク時間および、1ストロークの平均スピード

被 検 者	25m平泳ぎ タイム (sec)	ストローク長 (m)	ストローク頻度 回/sec	ストローク時間 (sec)	1ストローク 平均スピード (m/S)	
未 熟 練 者	Hat	30"8	1.61	0.52	2.12	0.76
	Hay	32"8	0.68	1.01	0.96	0.70
	Hin	33"0	0.96	1.04	0.96	0.72
	Ito	34"1	0.90	0.91	1.22	0.73
	Kad	31"4	1.00	0.76	1.40	0.71
	Kam	30"0	0.78	1.03	1.07	0.73
	平均値 ±標準偏差	32"0 1.41	0.94 0.32	0.88 0.19	1.29 0.40	0.73 0.02
熟 練 者	Hir	22"0	1.53	0.72	1.09	1.10

表3 各局面における水面と体幹のなす角度変化

被 検 者		キ ッ ク	グ ラ イ ド	プ ル	リ カ バ リ ー
		最大値—最小値	最大値—最小値	最大値—最小値	最大値—最小値
未 熟 練 者	Hat	165.1 — 151.2	—————	163.4 149.7	164.4 — 152.2
	Hay	135.9 — 124.3	—————	135.5 — 121.9	124.9 — 116.5
	Hin	151.6 — 145.7	—————	149.8 — 141.4	141.3 — 137.0
	Ito	169.3 — 154.7	167.4 — 164.9	167.4 — 142.5	152.2 — 135.1
	Kad	154.4 — 142.4	156.4 — 149.7	159.0 — 141.7	141.9 — 133.2
	Kam	157.3 — 145.8	—————	166.2 — 154.8	172.5 — 155.6
熟 練 者	Hir	172.5 — 168.0	172.1 — 170.0	172.0 — 162.3	172.9 — 161.4

らかにしている。本研究でこの角度変化を求めたところ、いずれの局面においても初心者は熟練者よりも20度近く小さい値となった(表3)。このことから、初心者では熟練者よりも上体が立った姿勢で泳いでおり、水抵抗を大きくする泳動作であったことが明らかになった。

平泳ぎにおいては、キックとプルの局面が推進期であり、グライドとリカバリーの局面が減速期となる。平泳ぎでは、とくにキックの方がプルよりも大きな推進力を与える。キック局面における膝関節の平均角速度を測定したところ、被検者 Hat 以外の5名の初心者はいずれも300 deg./sec 以上の値を示しており、熟練者の273 deg/sec よりも大きかった(表4)。また、膝関節の運動範囲(最大伸展角度と最大屈曲角度の差)は初心者も熟練者もほぼ127°であり、差はみられなかった(表5)。一方、このキック局面における平均水平速度は初心者の方が熟練者よりも低かった。平泳ぎで腕をかく場合、肘関節の角度変化を速くすることが高い速度を与えることになる<sup>9)</sup>と報告されている。しかし、キック時の膝関節運動については、初心者では熟練者よりも膝関節の角速度が大きいにもかかわらず、水平速度は低かったことになる。この原因として、初心者ではキック脚の筋力が弱いことが考えられる。さらにその他の原因として初心者では足部の動きが未熟であったことがあげられる。すなわち、初心者ではキック局面での足背が十分に行なわれず、足裏での水のキャッチが不十分であったために足底から受ける反力は小さく、

このために膝関節が早く運動しているにもかかわらず高い速度が得られなかったと考えられる。初心者では、いわゆるカラゲリ動作<sup>11)</sup>が行なわれていたと考えられる。

表4 キック局面における膝関節の平均角速度

被 検 者		膝関節角速度(deg./sec)
未熟練者	Hat	78.0
	Hay	342.0
	Hin	324.0
	Ito	309.5
	Kad	316.3
	Kam	362.2
	平均値 ±標準偏差	288.7 95.8
熟練者	Hir	273.3

表5 各局面における膝関節角度変化

被 検 者		キ ッ ク	グ ラ イ ド	プ ル	リカバリー
		最大値—最小値	最大値—最小値	最大値—最小値	最大値—最小値
未 熟 練 者	Hat	183.5 — 59.8	—————	173.1 — 115.0	91.9 — 70.2
	Hay	175.4 — 49.9	—————	172.4 — 119.8	99.3 — 61.4
	Hin	178.2 — 49.0	—————	176.1 — 145.9	129.9 — 59.6
	Ito	194.5 — 42.1	194.5 — 187.4	187.4 — 149.7	127.8 — 69.3
	Kad	179.1 — 48.1	180.7 — 162.8	173.0 — 143.7	124.7 — 66.4
	Kam	180.7 — 67.9	—————	181.8 — 172.8	178.1 — 48.4
熟 練 者	Hir	179.4 — 52.9	181.6 — 179.4	180.6 — 171.6	172.3 — 37.7

ま と め

25m平泳ぎ中にみられた女子初心者の水泳技術の特徴をまとめると次のようになる。

①泳速度は0.73m/secであり、これは熟練者の約70%に相当した。

②ストローク長が短かくストローク数の多い泳ぎ方であった。

③上体の立った水抵抗の大きい水中姿勢であった。

④キック局面での膝関節の角速度は熟練者よりも初心者の方が大きかった。

謝 辞

本実験の被検者として参加していただいた中京大学体育学部1年H・I組の諸君に記して感謝の意を表します。また、実験を実施するにあたり、御協力いただいた東レSCの河野修武氏と福田伸恵氏、研究生の竹本均氏および水泳部員の諸君に感謝いたします。

引 用 文 献

- 1) Counsilman, J.E., "Forces in Swimming Two Type of Crawl Stroke", Res. Quart. 26:127-137, 1955.
- 2) Counsilman, J.E., "The Science of Swimming", Prentice-Hall, Inc., 1968.
- 3) Craig, A.B., Jr. and D.R. Pendergast, "Relationships of Stroke Rate, Distance per Stroke, and Velocity in Competitive Swimming", Med. Sci. Sports, 11(3): 278-283, 1979.
- 4) Cureton, T.K., "Mechanics and Kinesiology of Swimming (The Crawl Flutter Kick)", Res. Quart. 1:87-121, 1930.
- 5) Czabanski, B. and T. Koszczyc, "Relationship between Stroke Asymmetry and Speed of Breaststroke Swimming", Nelson, R.C. and C.A. Morehouse (ed.), Swimming III, University Park Press, 1979, pp. 148-152.
- 6) Hay, J.G., "The Biomechanics of Sports Techniques", Prentice-Hall, Inc., 1973, pp. 352-388.
- 7) Karpovich, P.V., "Water Resistance in Swimming", Res. Quart. 4:21-28, 1933.
- 8) Miyashita, M., "Methods of Calculating Mechanical Power in Swimming the Breaststroke", Res. Quart., 45: 128-137, 1974.
- 9) 宮下充正, 「クロールストロークにおける腕のかきの方向と速さ」, 体育の科学17(5): 278-281, 1967.
- 10) 宮下充正, 「水泳の科学」, 杏林書院, 1970,
- 11) 岡本勉, 徳山広, 吉澤正尹, 小平明子, 辻野昭, 熊本水頼, 「幼小児の水泳の筋電図的研究」, 日本バイオメカニクス学会編, 杏林書院, 1980, pp. 115-126,

- 12) 田口正公, 「ミニコンピューター動体解析システム導入による平泳の協応動作の分析的研究」, 福岡大学体育学研究 5 (2) : 181—192, 1975, □
- 13) 田口正公, 梶山彦三郎, 宮下充正, 「泳法の分析 — 水中写真による — 」, 体育の科学 28(6) : 374—380, 1978.
- 14) 辻野昭, 「水泳のキネシオロジー的考察 — 平泳ぎのキック動作について — 」大阪教育大学紀要 22 : 181—191, 1973.
- 15) 吉澤正尹, 「筋電図による平泳ぎの泳法分析」, 体育の科学, 28(6) : 381—384, 1978.