

バタフライ及び平泳ぎにおける100M全力泳時のストローク特性とペース配分との関係：泳力群別の比較

著者	春日 晃章, 出村 慎一, 佐藤 進, 中田 征克, 香城 諭
雑誌名	サーキュラー = circular
巻	59
ページ	39-47
発行年	1998-01-01
URL	http://hdl.handle.net/2297/29370

バタフライ及び平泳ぎにおける100m全力泳時の
ストローク特性とペース配分との関係
— 泳力群別の比較 —

春日 晃章¹⁾ 出村 慎一²⁾ 佐藤 進³⁾
中田 征克⁴⁾ 香城 諭⁵⁾

The relationship between stroke-characteristics and race pace
in 100m swimming on butterfly and breast strokes:
— comparison between 2 different swimming-ability groups —

Kohsho KASUGA¹ Shinichi DEMURA² Susumu SATO³
Masakatsu NAKADA⁴ Satoshi KOJO⁵

Abstract

The purpose of this study was to examine the relationship between race pace and stroke-characteristics in 100m swimming of butterfly (BT) and breast (BR) strokes based on comparison between different swimming-ability groups. A total of 28 high school and college competitive swimmers, representing excellent group (G1, N = 18; BT = 7, BR = 11) with having experience of national swim meets, and normal group (G2, N = 10; BT = 5, BR = 5) with not having its experience, were selected as subjects. In this study, the 100m swimming was divided into 4 sections; S1: 0m-25 m, S2: 25m-50m, S3: 50m-75m, and S4: 75m-100m. Three special 25m swimming tests (test 1-3) corresponding to S1 to S4, and a 100m swimming test (test 4) were carried out. Swimming time (ST), stroke number (SN), and stroke length (SL) of each test were measured, and then ST rate (STR), SN rate (SNR), and SL rate (SLR) were calculated for each section of the test 4 (eg., STR of S1 = ST of S1 in test 4 / ST of test 1). Two-way (section × group) ANOVA with repeated measures on one factor (section) was applied for 3 variables (STR, SNR, and SLR). If the main effect was significant, multiple comparisons using Tukey's HSD method were applied.

The main findings of this study may be summarized as follows.

1. In G2, swimming speed decreases with increasing swimming distance in 100m swim, whereas G1 does not show a significant decrease because of controlling

1) 岐阜聖徳学園大学
2) 金沢大学教育学部
3) 金沢工業大学
4) 金沢大学大学院
5) 筑波大学医学研究科

1. Gifu Shotoku Gakuen University
2. Kanazawa University, Faculty of Education
3. Kanazawa Institute of Technology
4. Graduate School, Kanazawa University
5. Doctoral Program in Medical Science Graduate School, University of Tsukuba

swimming speed consciously.

2. In BT and BR, the relationship between swimming speed and stroke-characteristics is close, and it is important to hold more efficient swimming form with a small number of stroke and a longer stroke to keep swimming speed.

3. In BR, the stroke-characteristics is resemble between G1 and G2, but BT shows difference between two groups, and G1 indicates efficient swimming form.

Key words: race pace, stroke-characteristics, butterfly stroke, breast stroke

I. 緒 言

レース中のストローク特性の変動は、泳タイムの変動と密接に関係しており^{3, 6, 14, 15)}、水泳パフォーマンスを決定する重要な要因と言える。したがって、単に泳タイムの変動だけでなく、経時的な水泳パフォーマンスの変動を捉え、両者を関係づけてレース分析を行うことは非常に有意義である。さらに、その変動を前述のような客観的指標を用いて示すことは、レースでのパフォーマンスに関する情報を、選手及び指導者に、的確にわかりやすく提供することが可能と考えられる。

従来のレース分析に関する研究^{3, 6, 8, 9, 10, 14)}では、レース中における泳タイムやストローク特性の実測値の変動を手掛かりとして分析が行われてきた。この手法は、レース中になされたパフォーマンス(現象)を把握するには有効であるが、それら各変量の変動を生じさせる原因について言及することは困難である。レース時のペース配分は、主に選手の身体能力や泳能力により規定され、レース中における各区間のパフォーマンスは相互に密接な関連がある。したがって、レース時のペース配分が選手にとって適当であったか否かを評価するには、選手が、自己の最大能力に対してどの程度の能力発揮によりレースを展開したかを評価する必要がある¹⁵⁾。さらに、最大泳パフォーマンス発揮時と実際のレース時のストローク特性との比較の観点から、レース中のストローク特性を評価することにより、ペース配分に及ぼすストローク特性の影響をより明確に言及することが可能と考えられる。また、競泳4泳法のうち、泳動作が左右対称であるバタフライ及び平泳ぎと、そうでな

い背泳ぎ及びクロールとではレース中のストローク特性やそのペース配分に及ぼす影響が異なることが考えられる。

本研究では、これらを踏まえた上で、バタフライ及び平泳ぎについて、100m 全力泳中のペース配分及びストローク特性(ストローク数及びストローク長)の変動を、最大泳パフォーマンス発揮時との比較の観点から検討した。そして、その特徴を泳力別に比較・検討し、100m 全力泳中のペース配分とストローク特性との関連について明らかにすることを目的とした。

II. 方 法

1. 標 本

本研究の標本は、北陸3県の高校または大学の水泳部及びスイミングスクールに所属する男子競泳選手28名であった。これらの標本のうち、上位群として全国大会出場経験を持つ18名(バタフライ7名、平泳ぎ11名)、下位群として全国大会出場経験を持たない10名(バタフライ5名、平泳ぎ5名)を選択した。両群間の100m 全力泳の泳タイムには有意差が認められ、上位群が泳力に優れていた。

2. 泳力テスト

実験は短水路プールを使用して行った。本研究では、100m を25m ずつ4区間に分類し、さらに各区間からスタート及びターンの影響が大きと思われる局面を除いたストローク局面を分析区間とした。各区間におけるストローク局面は、第1区間(10~20m)、第2区間(30~45m)、第3区間(55~70m)及び第4区間(80~100m)であった。

そして、各区分における最高泳スピードを計測するために、各区分の条件に対応するテストとして、泳テスト1;25m+ターン後5m 泳(第1区分に対応)、泳テスト2;ターン前5m+25m 泳+ターン後5m 泳(第2, 3区分に対応)、及び泳テスト3;ターン前5m+25m 泳(第4区分に対応)の3つの区分泳テストを実施した。また、泳テスト4として100m 泳を実施した。各泳テストおよびストローク局面については図1に示した。

各テストでは、ストローク局面における泳タイム(以下, ST), ストローク数(以下, SN)及びストローク長(以下, SL)を計測した。そして、泳テスト1~3において計測された値を被験者の各区分における最大泳スピード発揮時の値であると解釈し、この値を基準として、泳テスト4で得られる各区分の測定値との比(泳タイム比:以下 STR, ストローク数比:以下 SNR, ストローク長比:以下 SLR)を算出した。各指標の算出方法は表1に示した。

3. 撮影方法及びビデオ解析

本研究では、被験者の泳パフォーマンスをビデオ撮影し、その映像に基づいて各変量を算出した。撮影は、ソニー製8mm ビデオカメラ1台を使用し、被験者の泳ぎに合わせて各ストローク局面を移動し撮影する、移動撮影法によって実施した(図1)。ビデオ解析は、スタート及びターンの影響を除いた各ストローク局面(第1区分~第4区分)について行った。検者は、各泳テストのストローク局面における ST 及び SN を計測した。ビデオ解析の信頼性は再テスト法、客観性は、異なる2名の検者により同一被験者を計測した際の測定値の一致度を相関係数により検討した。その結果、信頼性及び客観性はそれぞれ0.86及び0.79以上の有意に高い値が認められ、本研究のビデオ解析における信頼性及び客観性は高いと考えられた。

4. 解析方法

100m 泳中のストローク特性の変化を泳力群別に比較・検討するために、STR, SNR, および

SLR の各変量について、区分にのみ対応のある二要因(区分×泳力群)分散分析を行った。有意な交互作用が認められた場合には各要因の水準ごとに単純主効果を検定した。また、有意な主効果が認められた場合には、Tukey の HSD 法に基づく多重比較検定を行った。なお、各群のストローク特性の変化を詳細に検討するために、各要因の全ての水準について多重比較検定を行った。本研究の有意水準は5%とした。

III. 結 果

表2は、泳テスト1~3、表3は泳テスト4(100m 泳)の各区分の泳速度における上位群及び下位群の基礎統計値、及び平均値の有意差検定結果を泳法別に示している。検定の結果、いずれの泳法においても全区分で上位群の方が有意に小さい値を示し、上位群の泳スピードは下位群と比較して優れると考えられた。

図2および図3はバタフライおよび平泳ぎのストローク特性(STR, SNR, SLR)における区分ごとの変化と二要因分散分析の結果を示している。

バタフライに関する二要因分散分析の結果(図2), STR に有意な交互作用が認められたため、水準ごとに単純主効果の検討を行った結果、下位群にのみ有意な区分差が認められた。多重比較検定の結果、第4区分が他の区分よりも、第3区分が第1区分よりもそれぞれ有意に大きな値を示した。群間差に関しては、第4区分にのみ有意差が認められ、多重比較検定の結果、下位群が有意に大きな値を示した。SNR および SLR はいずれも、区分および群間の両要因について有意な主効果が認められた。多重比較検定の結果、SNR における群間差は、第3区分以降に認められ、下位群が有意に大きな値を示した。区分差は、下位群にのみ認められ、第4区分が第2区分および第1区分よりも有意に大きな値を示した。SLR では、第2区分以降に有意な群間差が認められ、上位群が有意に大きな値を示した。区分差は、下位群にのみ認められ、第4区分が第1区分および第2区分よりも有意に小さい値を示した。

平泳ぎに関する分析の結果(図3), いずれの

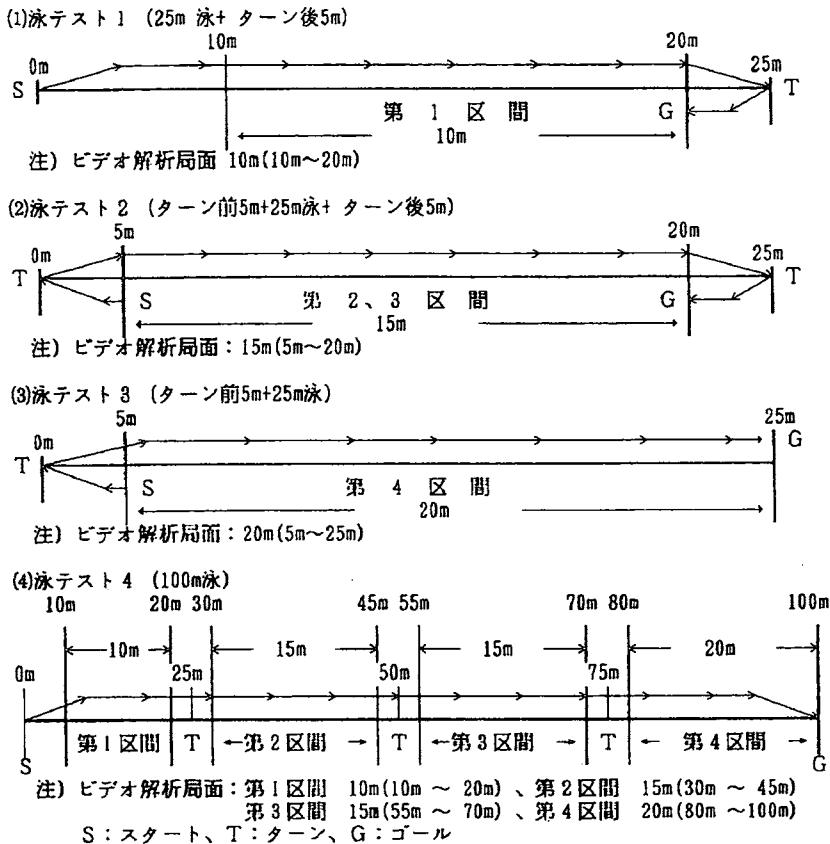


図1 変形25m泳及び100m泳のビデオ解析局面

STR では上位群および変異も区間にも有意な主効果が認められ、群間差は認められなかった。多重比較検定の結果、び下位群ともに有意な区間差が認められ、上位群では第4区間が第1区間および第2区間、第3区間が第2区間よりも有意に大きな値を示した。下位群では、第4区間が第1区間~第3区間、第3区間が第1区間よりも有意に大きな値を示した。SNR および SLR では、下位群にのみ有意な区間差が認められた。SNR は、第4区間が第1区間および第2区間、第3区間が第1区間よりも有意に大きな値を示し、SLR は、下位群にのみ有意な区間差が認められ、第4区間が第1区間および第2区間、第3区間が第1区間よりも有意に小さい値を示した。

IV. 考 察

競泳の場合、50m のレースであっても最低20秒前後の時間を要し、無酸素性代謝のみでのエネルギー供給は困難である⁴⁾。すなわち、100m のレース時には最初から最後までを最高スピードを維持して泳ぐことは困難であり、一定の距離の中で自己の能力を最大限発揮可能なペース配分を考慮して泳いでいると考えられる。そして、そのペースは、選手の身体能力や泳力に規定され、個々に適したペース配分が存在すると考えられる。ペース配分は全力泳中の泳タイム(泳スピード)の変化により捉えられるが、泳パフォーマンスを表す指標である、ストローク数、ストローク長、ストローク頻度などのストローク特性の変化と合わ

表1 本研究において用いる指標

泳タイム	(sec.)	ST (Swim Time)
ストローク数	(times)	SN (Stroke Number)
ストローク長	(m)	SL (Stroke Length), 泳距離 ÷ SN
泳タイム比	(STR)	100m 全力泳時における各区間の ST ÷ 区間全力泳時の ST
ストローク数比	(SNR)	100m 全力泳時における各区間の SN ÷ 区間全力泳時の SN
ストローク長比	(SLR)	100m 全力泳時における各区間の SL ÷ 区間全力泳時の SL

注) STR>1.0 : 100m 泳における ST が区間全力泳時に比べて遅いことを意味する。
 SNR>1.0 : 100m 泳における SN が区間全力泳時に比べて多いことを意味する。
 SLR<1.0 : 100m 泳における SL が区間全力泳時に比べて短いことを意味する。
 ST, SN 及び SL はストローク局面における値。区間全力泳は図1 参照。

表2. 各区間全力泳時における泳速度の群間差

		上位群			下位群			t-value
		N	Mean	S D	N	Mean	S D	
バタフライ	泳テスト1	7	1.69	0.063	5	1.49	0.071	5.625 **
	泳テスト2	7	1.54	0.076	5	1.46	0.043	3.969 **
	泳テスト3	7	1.58	0.071	5	1.41	0.040	5.335 **
平泳ぎ	泳テスト1	11	1.40	0.077	5	1.20	0.052	4.696 **
	泳テスト2	11	1.25	0.045	5	1.14	0.047	4.642 **
	泳テスト3	11	1.26	0.035	5	1.15	0.071	3.854 **

注) 表中の数値は各区間泳におけるストローク局面の値。 **: P<0.01
 泳テスト1は第1区間, 泳テスト2は第2及び第3区間, 泳テスト3は第4区間にそれぞれ対応する(図1参照)。

表3. 100m 全力泳時の各区間における泳速度の群間差

		上位群			下位群			t-value
		N	Mean	S D	N	Mean	S D	
バタフライ	第1区間	7	1.62	0.071	5	1.45	0.079	4.832 **
	第2区間	7	1.46	0.086	5	1.35	0.096	4.592 **
	第3区間	7	1.40	0.059	5	1.24	0.127	4.448 **
	第4区間	7	1.42	0.150	5	1.04	0.162	4.684 **
平泳ぎ	第1区間	11	1.33	0.077	5	1.16	0.067	5.293 **
	第2区間	11	1.23	0.064	5	1.08	0.054	5.700 **
	第3区間	11	1.17	0.081	5	1.04	0.072	4.737 **
	第4区間	11	1.13	0.078	5	0.96	0.083	4.767 **

注) 表中の値はストローク局面の値。 **: P<0.01
 各区間は図1(泳テスト4)参照。

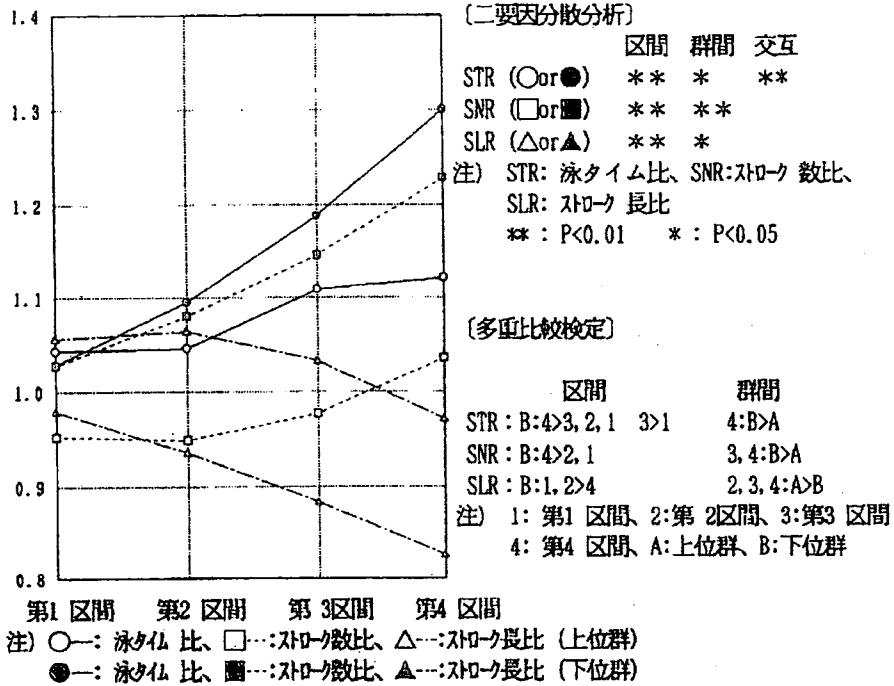


図2 バタフライにおける STR, SNR, SLR 及び二要因分散分析の結果

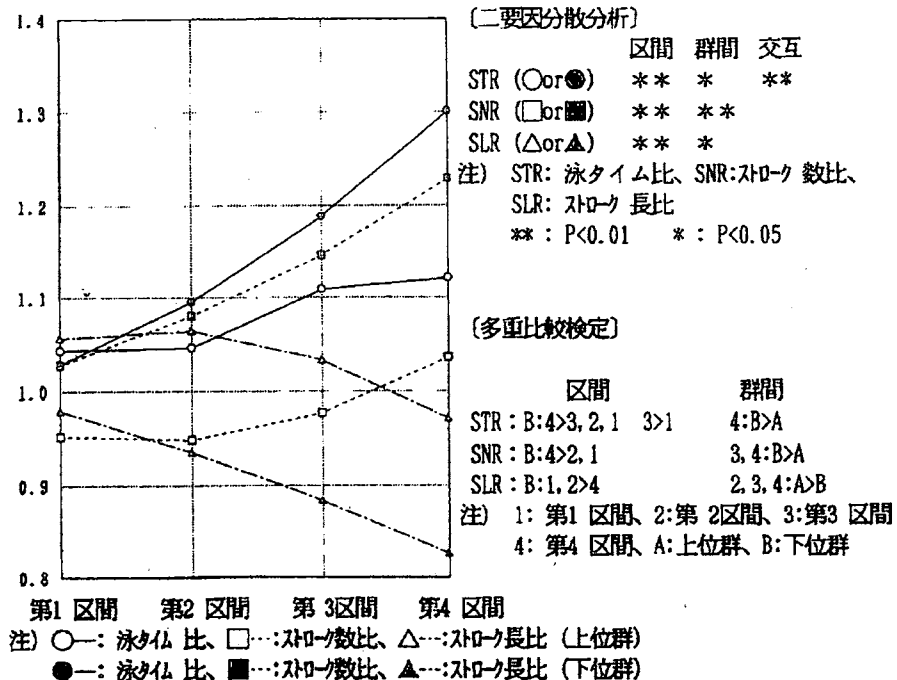


図3 平泳ぎにおける STR, SNR, SLR 及び二要因分散分析の結果

せて分析されることが多い^{3, 6, 8, 9, 10, 11)}。しかし、従来の研究では、レース中の ST およびストローク特性の実測値における変化を経時的に捉えているにすぎず、レース中の各局面において、選手が最大能力に対してどの程度の能力を発揮したかを捉えることは困難であった。また、この手法の場合、測定値における個人間の比較は意味を持たず、競技力が高い選手におけるレース時のペース配分およびストローク特性についてのみ事例研究的に報告されることが多い^{3, 6, 11, 12)}。本研究では、春日ら¹³⁾の報告と同様に、25m 全力泳時の泳パフォーマンスを選手の最高泳パフォーマンスと仮定し、100m 泳中の泳スピードおよびストローク特性を最高泳パフォーマンスに対する相対値として表すことにより、100m 泳中のペース配分およびストローク特性について検討した。

ペース配分に関して見ると、バタフライでは、上位群および下位群ともに、100m 泳中に25m 全力泳時の ST を上回った区間はみられなかった。両群とも第1区間が最も高い泳スピードを示したが、下位群は第1区間以降、第4区間までほぼ直線的に STR が増加しているのに対し、上位群では、第1区間から第2区間、および第3区間から第4区間では STR がほとんど変化していない(図2)。第4区間において下位群の STR が上位群よりも有意に大きな値を示したが、STR は25m 全力泳時の ST に対する相対値であるため、実際の ST 差は非常に大きいと考えられる。両群間におけるこれらの差異の原因としては、上位群の身体能力や泳力が下位群と比較して優れていることが挙げられる。つまり、下位群は疲労により泳距離の延長に伴って泳スピードが低下するのに対し、上位群では、100m 泳の中で高い泳スピードを保ち、且つ、意識的に泳スピードを調節することが可能であり、このことが全体としての高い泳スピードの維持に貢献していると推測される。平泳ぎに関しても、両群の STR はいずれの区間においても1.0以上の値を示し、25m 全力泳時の泳スピードを下回った。また、STR に有意な群間差はなく、両群とも泳距離の延長に伴って泳スピードが低下する傾向にあった。しかし、上位群では第2区間において最も高い泳スピードを示し、

意識的に泳スピードを調節している傾向が窺えた。

神前³⁾は1982年から1986年の4年間に行われた世界大会及びオリンピックの100m 決勝レースを対象に、前後半のタイム較差からペース配分について検討し、バタフライにおけるペース配分は65%以上の者が、平泳ぎにおいては90%以上の者がファースト・スローペース(レース前半を後半より速く泳ぐペース)に定着していることを明らかにしている。このことは、バタフライや平泳ぎは、国際競技会で決勝に進出する一流選手でも、泳距離の延長に伴って高い泳スピードを維持することが困難となる泳法であることを示唆している。本研究の結果から、泳力に優れる者はその低下を意識的に泳スピードを調節することによって最小限にとどめていると推測される。

ストローク特性に関して、バタフライでは、下位群の SN および SL が、泳距離の延長に伴ってほぼ直線的に増加および減少している。上位群では、両変数に有意な区間差は認められなかった。若吉ら^{11, 12)}は、オリンピック代表選手を対象とした研究において、バタフライにおける後半の泳スピード低下の原因として、後半の SL の短縮を挙げている。本研究の結果からも、上位群における SL の維持が、高い泳スピードの維持に貢献していることが窺えた。平泳ぎにおいても、下位群は泳距離の延長に伴い、SL が短縮し、SN が増加する傾向にあり、バタフライと同様、泳スピードとストローク特性は密接な関係にあると考えられる。

また、バタフライにおいて、下位群では、100m 泳中の全区間を通して、 $SNR > 1.0$ 、 $SLR < 1.0$ であったのに対し、上位群では、第3区間まで、 $SNR < 1.0$ 、 $SLR > 1.0$ であった(図2)。つまり、上位群は100m 泳時において、25m 全力泳時よりも SL が長く、SN が少ない、より効率的な泳フォームをしており、またその泳フォームをより長く維持していると考えられる。これより、バタフライは泳力の違いによるストローク特性の差異が大きい泳法であることが示唆される。春日ら¹³⁾は、100m クロール泳中のペース配分とストローク特性との関係を検討し、高い泳スピードを維持するには長い SL と少ない SN を維持すること

が重要と報告している。本研究の結果から、このことはクロールだけではなく、バタフライについても同様であると推測される。さらに、バタフライ上位群のストローク特性をみると、ST に変化のない第1区間から第2区間では少ないSNおよび長いSLが維持され、第3区間から第4区間では、SNが増加し、SLが短縮する傾向にある。このことから、疲労の蓄積が少ない区間ではSLを維持することにより、また、疲労が蓄積され、SLの維持が困難になった区間では、SNを増加させることにより泳スピードを維持する傾向にあると推察される。

一方、平泳ぎでは、25m全力泳時よりもSLが短く、SNが多くなる時点(変換点)の出現が上位群と下位群でほぼ同時期であり、SNRおよびSLRに有意な群間差は認められなかった。このことから、本研究で用いたバタフライと平泳ぎの標本における上位群と下位群間の泳力差が同程度と仮定した場合、平泳ぎはバタフライとは異なり、泳力の違いによるストローク特性の差異は小さいと推測される。平泳ぎは、競泳4泳法の中で、キック動作による泳推進力の泳推進力全体に占める割合が最も大きい泳法であり、キック動作による泳推進力の変動が泳スピードやストローク特性の変化に及ぼす影響が他の泳法と比較して大きいと考えられる。したがって、このような泳法の違いがストローク特性の差異に影響したと推測される。

V. まとめ

本研究の結果から以下の知見が得られた。

1. いずれの泳法においても、下位群では泳距離の延長に伴い、泳スピードは低下するが、上位群では、100mの中で泳スピードを意識的に調節する傾向にある。
2. いずれの泳法においても、SL及びSNは泳スピードと密接な関係にあり、泳スピードの維持にはSLが長くSNの少ない泳フォームを維持することが重要である。
3. 平泳ぎでは、両群のストローク特性が類似しているが、バタフライでは、ストローク特性が両群間で異なり、上位群はSLが長くSNが少ない泳フォームを維持することができる。

文 献

- 1) 出村慎一・松浦義行(1979)筋力と水泳パフォーマンスとの関係。体育学研究 24:59-69.
- 2) 伊藤雅浩・中川信敬・田口信教(1991)高校男子選手の100m平泳ぎのトレーニング法—世界一流選手と九州の高校生選手の比較から—。体育の科学 41-4:299-304.
- 3) 神前知弘(1988)競泳100mレースにおけるペース配分に関する研究。水泳研究 13-3:22-34.
- 4) Maglischo, E. W: Swimming faster. Mayfield, Cal. (1982) 野村武男・糸山直文・楢本昇三・野村照夫訳(1986)スイミングファースター。ベースボールマガジン社 pp. 355-368.
- 5) 野村照夫・松浦義行(1987)水泳パフォーマンスに關与する能力の抽出とその相対的貢献度—大学一流選手の場合—。体育学研究 31-4:293-302.
- 6) 野村照夫・宮下充正・武藤芳照ほか(1993)日本選手権並びにパンパシフィック大会におけるレース分析。日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No. II, NIQUE 競技種目別競技力向上に関する研究 165-176.
- 7) 上野貞一(1988)100m自由形における記録とストロークの關係。水泳研究 13-4:46-57.
- 8) 若吉浩二・野村照夫(1990)昭和62年度日本選手権競泳競技大会におけるSWIMMING TECHNIQUEの研究。体育の科学 26-41.
- 9) 若吉浩二・野村照夫・立浪 勝・石川雄一(1990)オリンピック代表選手のレース分析—オリンピック代表選手会100m種目から—。水泳研究 10-23.
- 10) 若吉浩二・野村照夫・高橋伍郎・宮下充正(1987)ビデオ撮影による競泳競技のレース分析—1987年日本選手権水泳競技大会において—。日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No. II, 競技種目別競技力向上に関する研究 27-33.
- 11) 若吉浩二・野村照夫・高橋伍郎・宮下充正(1988)ビデオ撮影による競泳競技のレース分析(第2報)—1988年ソウルオリンピック代表選手選手会において—。日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No. II, 競技種目別競技力向上に関する研究 225-231.
- 12) 若吉浩二・野村照夫・立浪 勝・高橋伍郎・宮下充正(1989)ビデオ撮影による競泳競技のレース分析(第3報)—1989年パンパシフィック水泳大会において—。日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No. II, 競技種目別競技力向上に関する研究 83-90.
- 13) 若吉浩二・宮下充正・野村照夫・小堀優子(1992)泳速度増加に伴うストローク頻度とストローク長の変化—1991年及び1992年度日本選手権レース分析結果200m種目より—。日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. II, 競技種目別競技力向上に関する研究 189-194.
- 14) 松井 健・寺田晶裕・立貞栄司・本部洋介・生田

泰志・若吉浩二・野村照夫 (1998) 競泳200m 自由形における5m 毎の泳速度とストローク変数の変化. 水泳水中運動科学 1:7-12.

- 15) 春日晃章・出村慎一・佐藤 進 (1996) 100m 全力クロール泳時のストローク特性とペース配分との関係. 日本体育学会測定評価専門分科会機関誌 CIRCULAR 57:137-144.