

# 競泳200m自由形種目における5m毎の 泳速度とストローク変数の変化

松井 健 (Takeshi Matsui)	吉備国際大学社会福祉学部
寺田 晶裕 (Akihiro Terada)	神戸YMCA学院専門学校
立貞 栄司 (Eiji Tatesada)	城内高校非常勤
本部 洋介 (Yohsuke Honbu)	大阪教育大学大学院教育学研究科
生田 泰志 (Yasushi Ikuta)	大阪教育大学教育学部
若吉 浩二 (Kohji Wakayoshi)	奈良教育大学教育学部
野村 照夫 (Teruo Nomura)	京都工芸繊維大学繊維学部

## 【要旨】

本研究は200m自由形種目のストローク局面を5m毎の区間に分割し、泳速度ストローク頻度（SR）およびストローク長（SL）の変化を詳細に観察した。各ストローク変数は5台のVHSビデオカメラによって撮影したレース映像から分析した。分析の対象は1997年度日本選手権大会の200m自由形種目における決勝進出者（男子8名、女子8名）ならびに予選下位の者（男子8名、女子5名）とした。泳速度は競技レベルや性別に関係なく第1局面の最初の5m区間（10～15m）で最も高く、30m通過付近まで漸減した。その後、競技レベルによる泳速度の差がみられ、決勝進出群が第2から第4局面まで同レベルの速度を維持するのに対し、予選下位群は徐々に減少する傾向を示した。SLは全群において第2局面の中盤でピークとなり、その後、第4局面へ向けて漸減する傾向にあった。SRは第2局面の中盤付近までは速度と同様な変化パターンを示し、その後決勝群においては増加に転じる傾向がみられた。以上のことから、200m自由形レースの競技レベルを向上させるためにはSLが減少し始める2局面の中盤付近（75m付近）からSRを漸増させ、泳速度の低下を抑えることが重要であると考えられた。

◆キーワード：競泳、200m自由形、泳速度、ストローク長、ストローク頻度

## 1. 緒言

競泳のレース分析は、宮下ら<sup>8)</sup>、East<sup>9)</sup>、Craig and Pendergast<sup>3)</sup>をはじめとして、国内外の多くの研究者によって行われている。日本水泳連盟・医科学委員会が日本選手権および国内開催の国際大会で行っているレース分析<sup>9,10,11,12)</sup>も十数回を数え、大会運営の効率化あるいは分析システムの効率化によって、より多くの分析データを扱うことができるようになってきた。こうしたレース分析においては、ストローク局面の泳速度が競技パフォーマンスを決定する重要な変数として位置づけられており、泳速度は「1回のストロークで進む距離」（ストローク長：以下「SL」と略す）および「1分間あたりのストローク数」（ストローク頻度：以下「SR」と略す）の積として考えられている<sup>2,3,4,6,7)</sup>。Kennedy et al.<sup>7)</sup>は

100m自由形種目の泳記録とSLの間に有意な負の相関関係（ $r=-0.76$ ）を見だし、記録の良い者ほど長いSLで泳ぐことを示した。一方、SRについてはSLに比べて低い相関関係（ $r=0.43$ ）であったとしている。Cappaert et al.<sup>1)</sup>とCraig and Pendergast<sup>3)</sup>も同様に100m種目におけるSLの重要性を報告し、泳速度の速い者ほどSLが長く、かつSRが低くなることを示した。一方、200m種目あるいはそれ以上の距離のレースについては、筋持久力あるいは全身持久力などの影響によって、後半に向けて力強く泳ぐことが難しくなると考えられる。すなわち、ストローク毎のSL（＝推進効率）が減少すると考えられる。したがって、200m以上の種目において高い泳速度を維持するためには後半に減少するSLを補うようにSRを増加させる必要がある。しかし、SLおよびSRは、従来のレース分析報告では、各

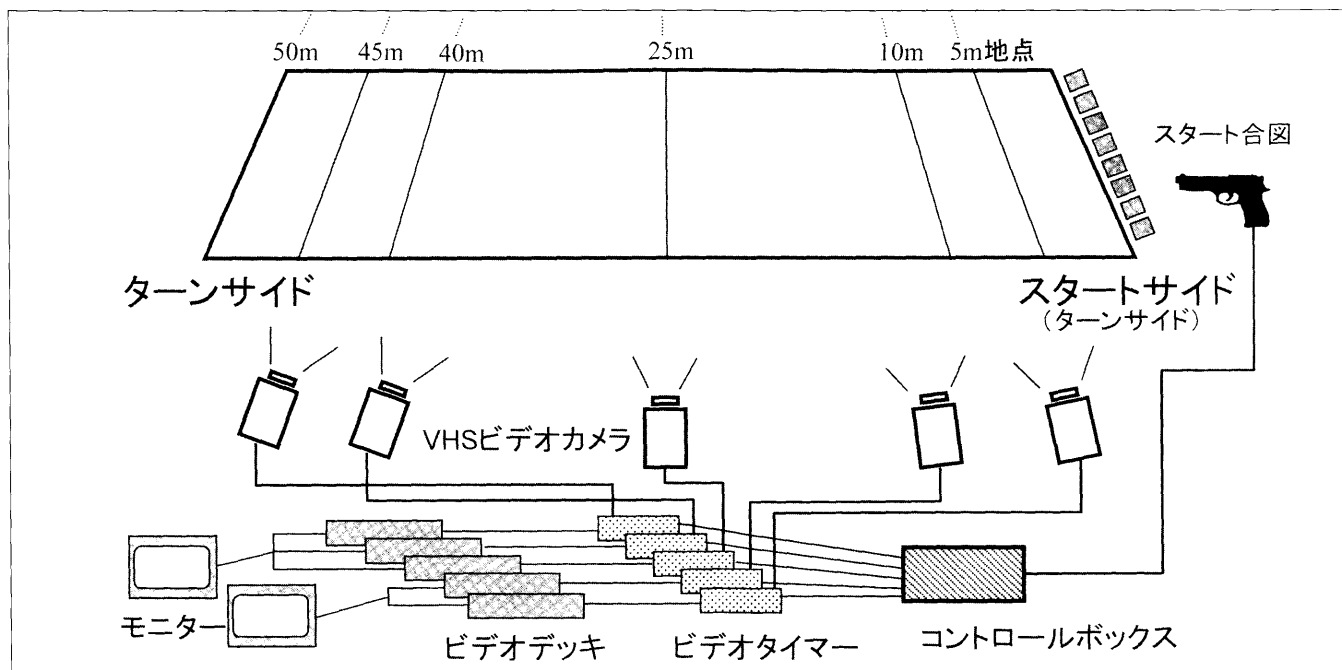


図1 撮影・録画システムの構成

ストローク局面あるいはレースの平均値として算出されることが多いため、どの時期からSR依存型に切り替わるかという詳細なポイントを示すことはできない。そこで本研究は、すみやかなSL、SR依存の切り換えが必要になるであろう200m自由形種目に焦点をあてて、各ラップのストローク局面を5m毎に分割し、泳速度と、その構成要素であるSL、SRの変化を分析し、競技レベル別にレース中のSLとSRの組み合わせパターンを明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

### 1)分析対象

第73回日本選手権（東京辰巳国際水泳場、1997年6月）において、200m自由形種目決勝レースに出場した男子8名（以下「FM群」と略す）および女子8名（以下「FF群」と略す）を分析の対象とした。なお、競技力別にデータを比較するため、予選で下位の者（男子8名：以下「LM群」と略す、女子5名：以下「LF群」と略す）についても同様に分析した。LMおよびLF群は、決勝進出者を除く予選出場者全員の平均タイムに1標準偏差を加えたタイムより遅い者とした。各群の平均記録はそれぞれ、1'52.71±0.75(FM)、2'04.68±2.50(FF)、

2'00.62±1.30(LM)、および2'10.23±0.66(LF)であった。

### 2)撮影システムおよび分析方法

レースの撮影は5台のビデオカメラを用いて、図1に示すシステム<sup>9,11,12)</sup>によって行った。カメラは観客席上方に配置し、一連のレース映像を各カメラで分割して撮影できるように適当な間隔で固定した。各カメラ映像には、ピストルによるスタート合図と同期したビデオタイマー（朋栄VTG-33）のタイム表示（1/100秒）をオーバーラップさせ、各画像におけるレース経過時間が読みとれるようにした。

本研究では、従来の報告<sup>11)</sup>に従い、10-45m区間（第1局面）、57.5-95m区間（第2局面）、107.5-145m区間（第3局面）および157.5-195m区間（第4局面）をストローク局面と定め、通過時間の分析を各区間の最初の5m単位のポイント（第1:10m地点、第2:60m地点、第3:110m地点、第4:160m地点）から5m毎に行った。また、各5m区間のストロークタイム（1回のストロークサイクルに要する時間：以下「ST」と略す）を計測した。なお、通過時間は、泳者の頭頂部が測定地点に達したときの時間<sup>10)</sup>とし、SRはそのST値から1分間当たりのストローク回数として計算した。また、SLは泳速度をSRで除して求めた。

### 3. 結果

SLとSRの関係について、5 m毎の推移を図2及び3に示した。各プロットの数字は局面を示すが、泳速度は全群において第1局面の最初の5 m区間

(10~15 m)で最も高く、その後、ストローク頻度の減少に伴って30 m通過付近(●印の4番目のプロット付近)まで減少していく傾向にあった。決勝進出のFMおよびFF群のプロットは第2から第4局面にかけて同様な速度範囲内で推移した。しかし、

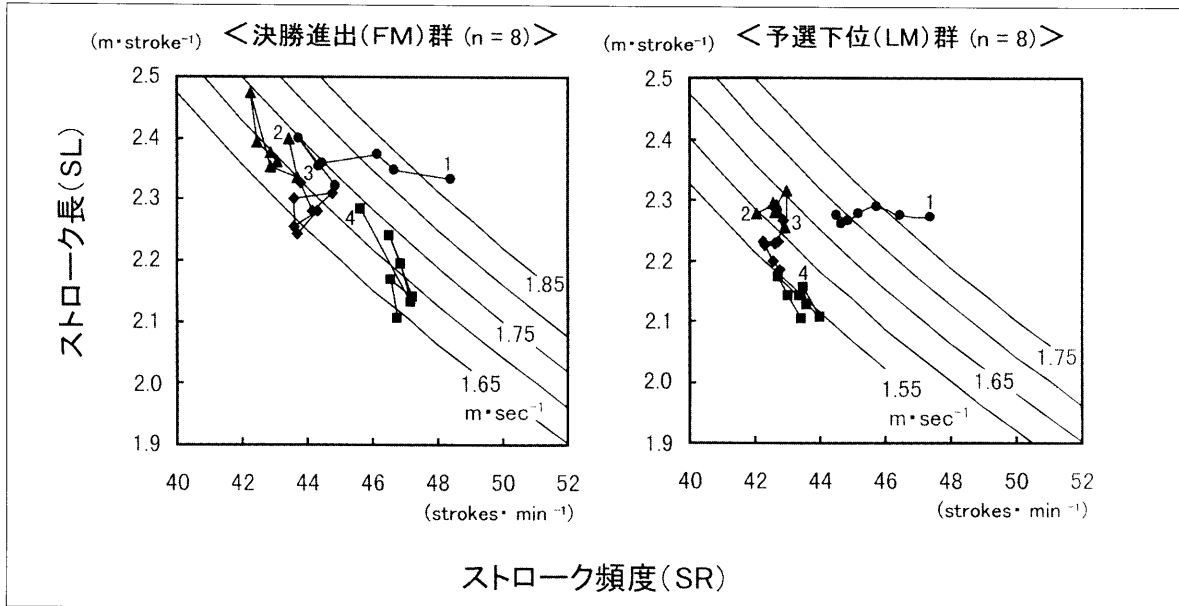


図2 決勝進出者(FM群)と予選下位者(LM群)のストローク頻度とストローク長の関係—男子—  
各プロットは群の平均値を示す。曲線は同一速度のときのSRとSLの関係を示し、各プロットにおける速度の目安になる。●は第1局面、▲は第2局面、◆は第3局面、■は第4局面をそれぞれ示す。各局面の最初のプロットには局面数を示す数値を添付した。

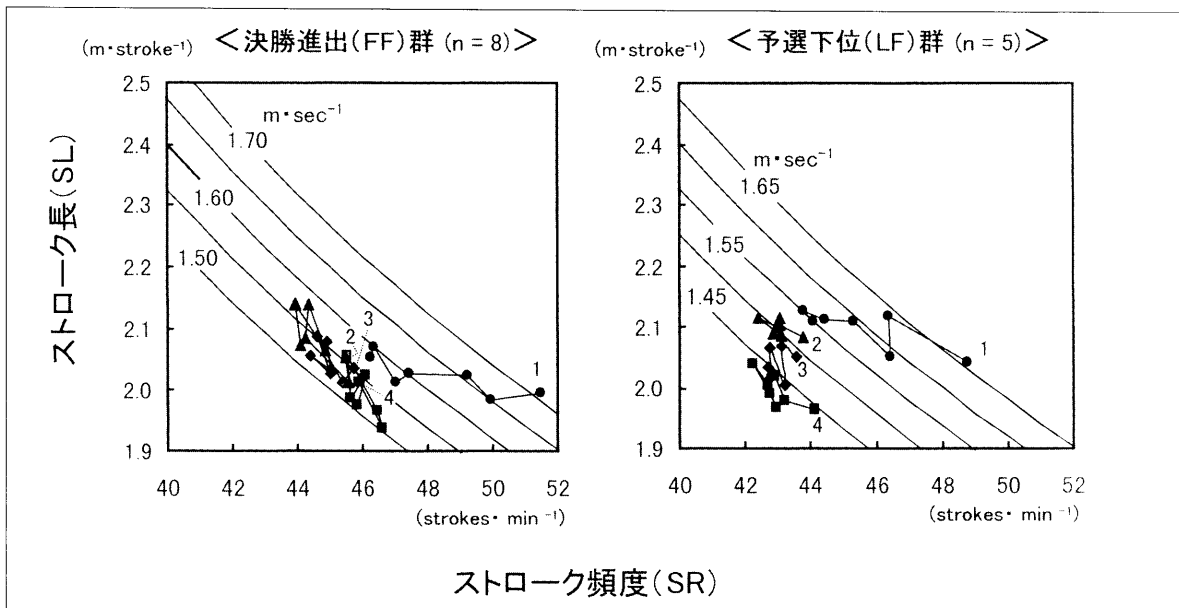


図3 決勝進出者(FF群)と予選下位者(LF群)のストローク頻度とストローク長の関係—女子—  
各プロットは群の平均値を示す。曲線は同一速度のときのSRとSLの関係を示し、各プロットにおける速度の目安になる。●は第1局面、▲は第2局面、◆は第3局面、■は第4局面をそれぞれ示す。各局面の最初のプロットには局面数を示す数値を添付した。

予選下位であったLMおよびLF群は局面が進むにしたがって速度が減少する方向にプロットが推移した。SLは全群においておおむね第2局面の中盤でピークとなり、その後、第4局面へ向けて漸減する傾向にあった。一方、SRは第1局面の最初の5m区間から第2局面の中盤あるいは終盤に向けて漸減し、その後FMおよびFF群においては速度を維持しながら、徐々に増加に転じる傾向がみられた。

ストローク局面別に決勝進出群と予選下位群のSRならびにSLを比較した結果を図4および5に示した。図中に示す曲線 ( $y = 1/x$ ) はSR比とSL比を掛け合わせた値が1となる曲線であり、その線上ではSRとSLの積で示される泳速度が両群で等しくなる。また、その曲線の上方では決勝進出群の泳速度が上回り、下方では予選下位群の速度が上回る領域となる。決勝進出群は全ストローク局面において速度が速いため(図2, 3参照)、男女とも曲線の上方に全てのプロットが位置していた。

図4, 5に示す  $x = 1$  および  $y = 1$  の直線はそれぞれSR比およびSL比が等しくなる直線であり、線を境にしてプラス方向 ( $x > 1$  or  $y > 1$ ) の領域では決勝進出群のSRあるいはSLが予選下位群を上回ることになる。前述の曲線と組み合わせると、今回のデータプロットは①SRとSLの両方が優位で速度が高い領域 ( $x > 1, y > 1$ )、②SRのみが優位で速度が高い領域 ( $x > 1/y, 0 < y < 1$ )、③SLのみが優位で速度が高い領域 ( $y > 1/x, 0 < x < 1$ ) の3領域に位置付けられる(図4, 5参照)。男子のSR比は第1および第2局面の中盤付近で1を下回ったが、後半局面では常に1より大きく、特に第4局面の後半に高いSR比が示された。一方、SL比は第4局面の180~185m区間を除く各区間で1を上回っていた。また、第1, 第3局面のSL比の変動は小さく、第2, 第4局面での変動は大きかった。女子のSR比は常に1より大きかったが、第2, 第3局面に比べて第1, 第4局面でプロットが右寄りに位置した。一方、SL比についてみると、第1局面では全プロットが1を下回ったが、第2から第4にかけて1を上回るプロット数が増加する傾向にあった。

#### 4. 考察

本研究は200m自由型におけるストローク局面を5m毎の区間に分割し、泳速度、SRおよびSLの変化を詳細に観察した。各群の平均値でみると、泳速度はすべての群において第1局面の最初の5m区間(10~15m)で最も高く、4番目のプロットとなる30m通過付近まで速やかに減少した(図2及び3参照)。このような顕著な速度変化は第1局面特有の変化であり、主にSRの変動に対応するものであった(つまり、プロットがX軸に平行に、マイナス方向に推移する)。第2局面以降の泳速度に関しては、男女とも決勝進出群(FM, FF)では第4局面終了時まで一定レベルが維持され、予選下位群(LM, LF)では徐々に減少する傾向が示された。この両群の速度変動の違いが生じたのは、第2局面中盤以降にみられる疲労によるSL低下を決勝進出群がピッチ(SR)を上げることによって補っていたためと考えられる。決勝進出群におけるプロットは、第2局面中盤以降、第1局面のプロット推移と逆方向、すなわちSRが増加する方向(右斜め下方)に折り返す傾向にあった。一方、予選下位群におけるプロットは、第1局面のプロット推移に対して直交する方向、すなわちSRが変化しない方向(下方)に推移する特徴がみられた。

各ストローク局面で5m毎のSRおよびSLについて、群間の比をとり、男女別に決勝進出群と予選下位群を比較したのが図4および図5である。若古ら<sup>10)</sup>が経年変化を調べる際に用いた図を応用して、本研究では各パラメータの群間差を比によって表した。つまり、この図ではプロットの位置によって、予選下位群を基準にしたときの決勝進出群のSRレベルとSLレベルを把握でき、また、 $y = 1/x$ の曲線からの位置によって速度差と各変数の差との関連性が容易に確認できる。男子の第1, 第2局面においては、それぞれの中盤でSR比が1を下回り、 $y = 1/x$ の曲線に近づく(泳速度の差が縮まる)プロットがみられるが、第3, 第4局面においてはSR比が高まり、 $y = 1/x$ の曲線から遠ざかる(泳速度の差が拡大する)様子が観察された。このことは、FM群がLM群に比べて第1, 第2局面の中盤ではSLのみを優位にし、後半局面においては両者を高め、特に、SR増加に重点を置く泳ぎになることを示すと思われる。一方、女子においては第

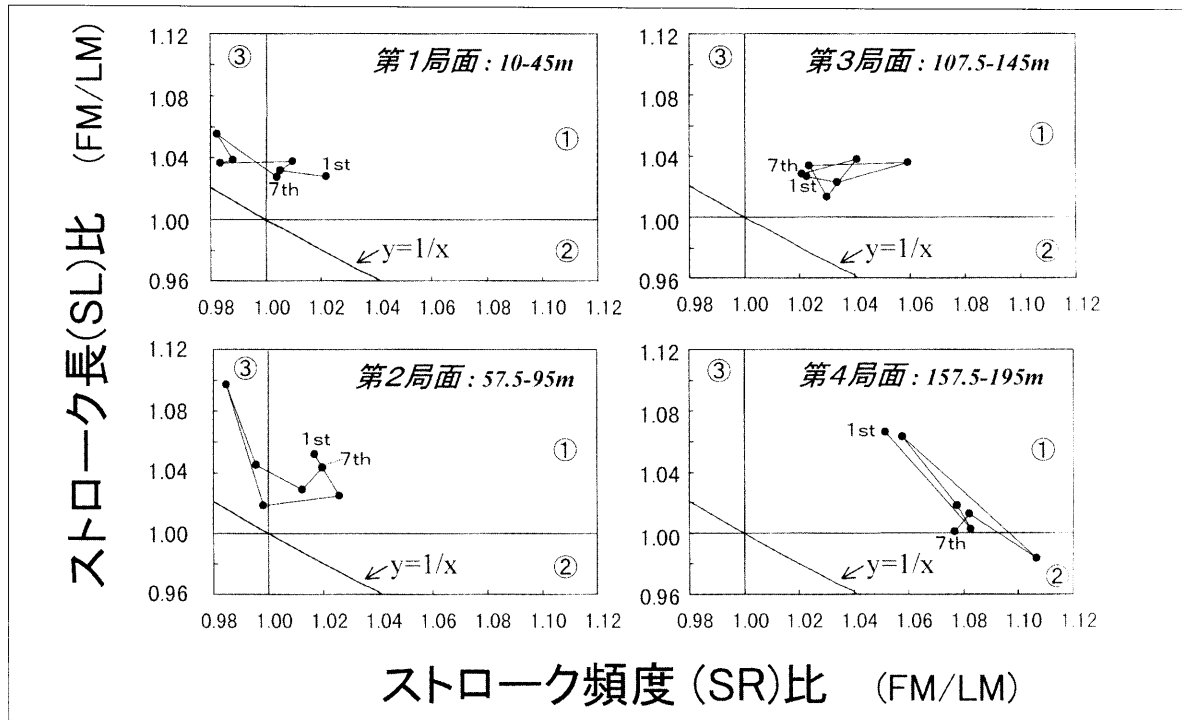


図4 ストローク局面別にみた決勝進出者（FM群）と予選下位者（LM群）のストローク頻度およびストローク長の比—男子—  
 ①：SRとSLの両方が優位で速度が高くなる領域 ( $x > 1, y > 1$ ) ②：SRのみが優位で速度が高くなる領域 ( $x > 1/y, 0 < y < 1$ ) ③：SLのみが優位で速度が高くなる領域 ( $y > 1/x, 0 < x < 1$ )

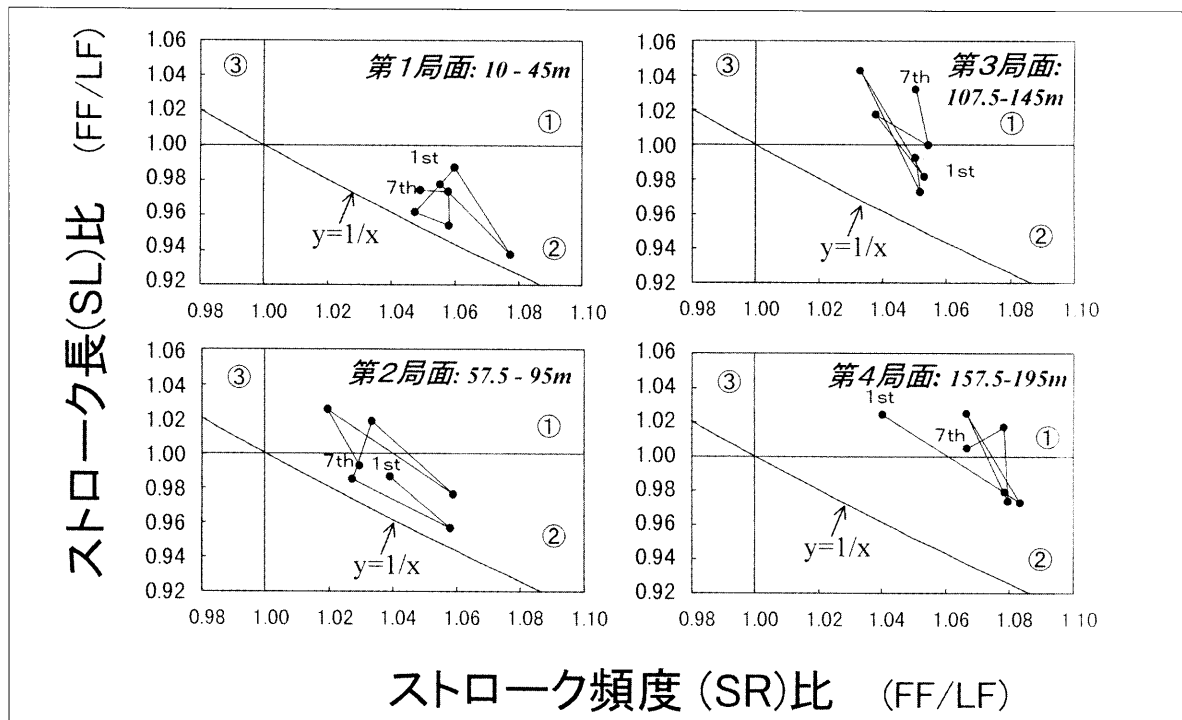


図5 ストローク局面別にみた決勝進出者（FF群）と予選下位者（LF群）のストローク頻度およびストローク長の比—女子—  
 ①：SRとSLの両方が優位で速度が高くなる領域 ( $x > 1, y > 1$ ) ②：SRのみが優位で速度が高くなる領域 ( $x > 1/y, 0 < y < 1$ ) ③：SLのみが優位で速度が高くなる領域 ( $y > 1/x, 0 < x < 1$ )

1、第2局面で曲線付近のプロットが多く、SL比が1を下回るプロットが多く見られた。しかし、第3、第4局面ではSL比が1を越えるプロットが増え、SR比も高まり、徐々に曲線から遠ざかる傾向を示した。このことは男子(FM群)とは逆に女子(FF群)は、前半にSRのみに依存した泳ぎとなり、後半にSLを伸ばしながら、さらにSR増加に重点を置く泳ぎになることを示すと思われる。

SL、SRの組み合わせパターンにおける競技レベル別の比較は、パンパシフィック大会決勝進出群と日本選手権決勝進出群のレース平均値<sup>10)</sup>あるいはストローク局面平均値<sup>9)</sup>を調べた先行研究において報告されている。いずれの報告においても、200m自由形種目の場合、パンパシフィック群の泳速度の方が高く、その要因として男子はSLの差が、女子はSRの差がそれぞれ示されていた。このことは前述の本研究の結果と一致するものであり、200m自由形競技でレベルが異なる2群を比較した場合、基本的に男子はSLレベルが、女子はSRレベルが高い方が有利であることが明らかとなった。また、図2、3に示す5m毎のストローク変数の関係から、決勝進出群においては、第2局面中盤以降に減少するSLをSRの増加で補って速度レベルを保っていること、予選下位群においては、第2局面中盤からのSRの増加がみられず、SL漸減による速度低下が生じていることがそれぞれ特徴づけられた。したがって、総合的に判断すると、男子はSLレベルを、女子はSRレベルを高めることを基本とし、その上で第2ストローク局面の中盤(75m付近)にストロークパターンを切り換え(SL、SRの組み合わせパターンを変える)、SRを増加させていくことが200m自由形種目の競技力向上につながるとと思われる。

以上の結果から、5m毎のSL及びSRの情報は、個人差はあるものの、泳局面における選手のストロークパターンの特徴をより明確に示し、泳速度ならびに記録を向上させるための有益な指標となることが示唆された。

#### 〈参考文献〉

- 1) Cappaert, J.M., Pease, D.L., and Troup, J.P. (1995) Three-dimensional analysis of the men's 100-m freestyle during the 1992 Olympic Games, *Journal of Applied Biomechanics* 11:103-112.
- 2) Clarys, J.P., Jjskoot, J., Rijken, H., and Brouwer, P.J. (1974) Total resistance in water and its relationship to body form. In R.C. Nelson & C.A. Morehouse (Eds.) *Biomechanics IV*. University Park Press: Baltimore, 187-196.
- 3) Craig, A.B., Jr., and Pendergast, D.R. (1979) Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming, *Medicine and Science in Sport* 11:278-283.
- 4) Craig, A.B., Jr., Skehan, P.L., Pawelczyk, J.A., and Boomer, W.L. (1985) Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition, *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17:625-634.
- 5) East, D.J. (1970) Swimming, an analysis of stroke frequency, stroke length and performance, *New Zealand J. Health, Phys. Educ. Recreation* 3:16-25.
- 6) Grimston, S.K., and Hay, J.C. (1986) Relationship among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers, *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18:60-68.
- 7) Kennedy, P.K., Brown, P.L., Chengalur, S.N., and Nelson, R.C. (1990) Analysis of male and female Olympic swimmers in the 100-meter events. *International Journal of Sport Biomechanics* 6:187-197, 1990.
- 8) 宮下充正ほか(1964)ピッチとスピードについて、*日本体育協会研究報告集*：145-151.
- 9) 野村照夫ほか(1994)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、平成5年度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—第17報—:165-176.
- 10) 若吉浩二ほか(1988)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—、昭和62年度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—第11報—：27-33.
- 11) 若吉浩二ほか(1992)競泳競技におけるレース分析—1991年度日本選手権およびパンパシフィック国際大会について—、平成3年度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—第15報—：65-70.
- 12) 若吉浩二ほか(1993)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年および1992年度日本選手権レース分析結果200m種目より—、平成4年度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—第16報—：189-194.