

連載 速く泳ぐことを科学的に 考えてみよう！

第4回

セントジョセフ国際大学工学部
教授 河合正治

科学的根拠に 基づくテク ニク(技術) が記録を作る

1

競泳では記録を作ることが目標になる。記録を作ることとは、速く泳いでよいタイムを出すことである。速く泳ぐには、テクニクと体力がいる。多少体力が劣った選手でも、短い距離では速く泳げる。しかし、テクニクがないと短い距離でも速く泳げない。

つまり、速く泳ぐにはテクニクは絶対必要なものということになる。残念ながら現状では、テクニクを向上させる訓練よりも体力アップの練習に偏ってしまっているケースが多く見られる。勿論、テクニクの向上にも訓練が必要である。練習時に、今やっている訓練が、テクニク向上のためか、体力向上のためかを見分けて、程よくバランス

させることが大切なのである。

様々な泳ぎのテクニクがあるが、効果的なテクニクには必ず科学的な根拠がある。この連載の第1回目では、平泳ぎの進行停止問題とその4つの抵抗抗技術を解説した。第2回と第3回目には、クロールの手のかきによる加速技術として4つの速度ピークの秘密、きっかけ重視型加速技術、アンカー(錨)状態を作り出す技術などを解説した。それぞれ科学的根拠に基づいた世界の最先端技術である。科学的根拠に基づいた技術は、必ず定量的に数値としてその状況や効果を表すことができる。

しかし残念ながら、日本の社会には、科学的な根拠を考えて、それを実現していくという習慣が乏しいようである。例として、クロールのかきを考えてみよう。手をまっすぐ後に押してかくのをプッシュによるプルという。蛇行させてS字のようにかくのは、その最中に斜めにかくことが入るのでスカーリ

ングプルと呼ぶ。プッシュがよいのか、スカーリングがよいのか、よく議論の対象になる。しかし、多くのコーチや選手たちはその科学的根拠を知っているだろうか。どっちがどのく

らい効率が良いかを定量的に数値的に説明できるだろうか。

実際は、プッシュは水を押すことでの抵抗を利用しての加速で、スカーリングは流体としての水に生じ

る揚力を利用しての加速技術である。後日、流体解析の結果を示してじっくり解説してみよう。

この例からみて、「よくわからないことでもそう思ったら信念を持って行う」というのがどうも日本人の特性のようである。世界は違う。我々が解析して「分かった。そうか、こうだったのか」と感心して調べてみると、世界はすでに多くのアプローチをしていたということが多い。平泳ぎの進行停止問題がしかりである。とにかく、科学的根拠のあるテクニクが重要である。当分の間、それを解説してみることにする。今回はバタフライを考えてみよう。

図1. 典型的なバタフライの速度変動

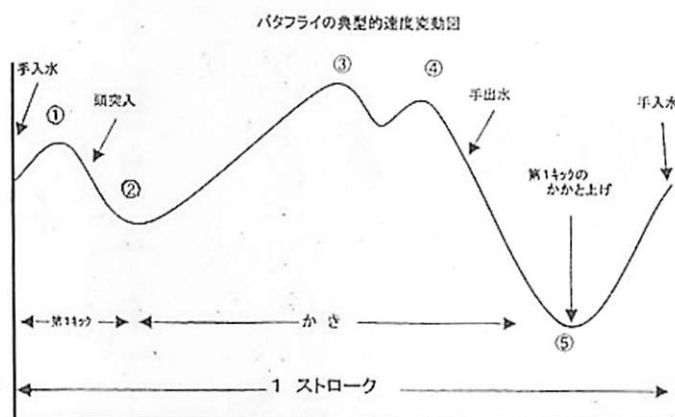
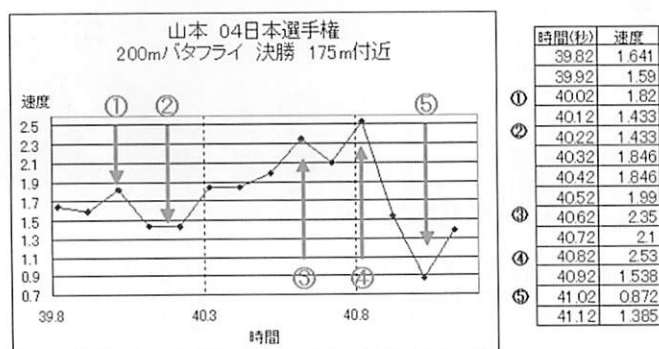


図2. 山本選手の速度変動



バタフライを 考えてみる

2

バタフライは、平泳ぎと同様に左右対称動作を行わなくてはならないというルールである。そこでドルフィンキックによる加速動作と手のかきの動作の間に惰性で進む局面が存在することになり、間欠的な加速が行われることになる。惰性で進むときには身体が大きな水の抵抗を受けブレーキがかかる。加速とブレーキの繰り返しという種目である。速く泳ぐには、加速の効率を高めて高速度を実現することと同じくらい大切なのが、惰性で進む時に水の抵抗を避けて速度を落とさない技術に習熟することである。

バタフライの 1ストロークに おける速度変動

3

図1は典型的なバタフライの1ストロークにおける速度変動図である。一般的なバタフライの1ストロークにおける速度変動をみてみよう。まず、手先の入水前後①のところで第一キックによってやや速度が上がり、小さ目のピークが生ずる。その後、②で再突入後の姿勢のために水からの抵抗を受け大

図3. 第1キックのけり下げのあたり



図4. 最も深く入った局面

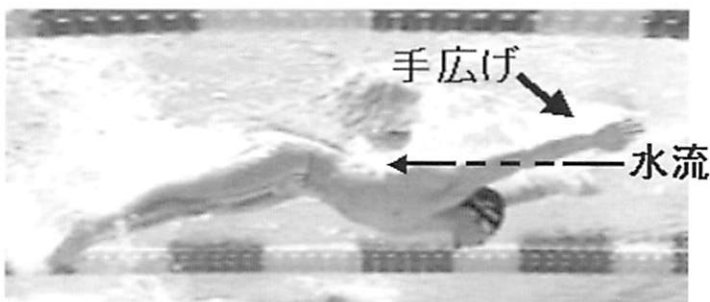
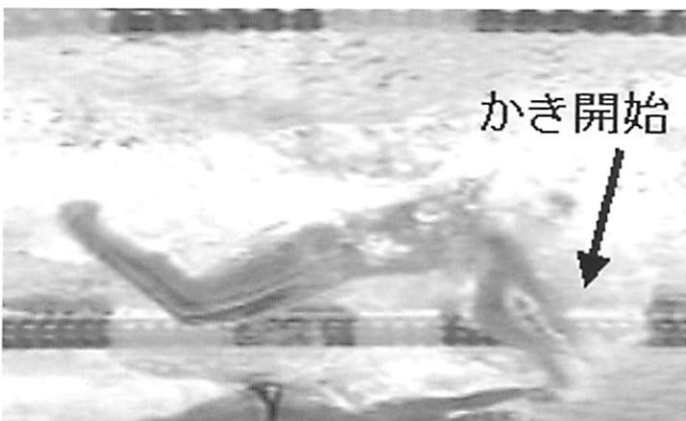


図5. かき開始(キャッチ直後)



充実した時期の速度変動を調べてみよう。
図2は2004年度アテネオリンピックの選考会であった日本選手権での男子2000mバタフライ決勝の175m付近の1ストロークの速度の変動である。①、②、③、④、⑤はそれぞれ図1の模式図の番号に対応している。①では、キックの効果で速度が上がっているところである。

彼の場合1・82m/秒で、世界のトップ水準であるといえる。図3はその瞬間の映像である。②あたりでは、

きなブレーキがかかり速度が低下する。プルによる加速での最高速度が生じる。③はキャッチ、④はフイニッシュである。その後、かき終つての手のリカバリー時、第一キックのための足上げ動作による最大のブレーキ⑤がかかり大きく速度が下がる。

プルの動作を、キャッチ、フイニッシュというふうにしつかりやると、最高速度のピークが2つ生じてくる。バタフライのように左右対称の動作というルールの元では、プルやキックなどの加速動作の合間に、惰性で進む局面が生じるので、姿勢のとり方次第では水の抵抗によるブレーキの大きさが違ってしまいい、速度変動の幅が選手によって大きく異なるのが一般的である。

山本選手の 華麗な泳ぎ

4

日本選手の中で世界と戦うバタフライの山本貴司選手は素晴らしい。1000mの彼の日本記録は52秒27で、2000m種目は1分54秒56である。特にアテネオリンピックで出した2000mのタイムは、世界記録に0・63秒と迫っている大記録である。

日本の生んだこの名選手の最もは、秒速1・43m/秒と20%以上も速度が下がっている。これは素晴らしい彼の泳ぎの中でもつたいない部分である。図4は、その辺りの水中映像である。③あたりでは、速度が大きく上がっており、2・35m/秒になった。1000mレースのタイムに換算すると42秒5ほどになる高速である。図5はその瞬間の映像で、ちょうどキャッチ直後の手を絞り始めたあたりになる。④では最高速度の2・53m/秒になった。1000mレースに換算すると39秒5にもなる速度である。

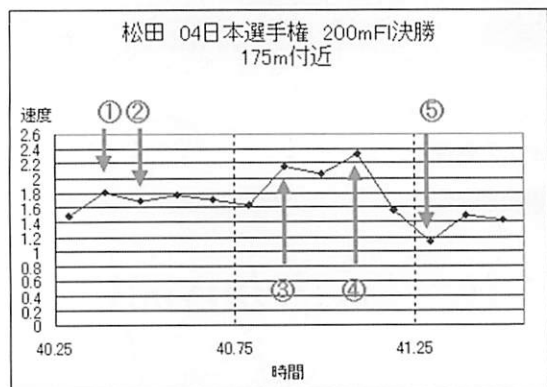
図6. フィニッシュ



図7. 第1キックのための足上げと頭頂のブレーキ



図8. 松田選手の速度変動



時間(秒)	速度
40.29	1.489
40.39	1.807
40.49	1.689
40.59	1.773
40.69	1.702
40.79	1.631
40.89	2.157
40.99	2.057
41.09	2.328
41.19	1.56
41.29	1.135
41.39	1.489
41.49	1.418

彼のかきの技術が世界の超一流であることを示している。図6がその瞬間の映像で、素晴らしいフィニッシュである。⑤は、最大のブレーキがかかった局面で、0.87m/秒と非常に低下が大きい。世界的に見てもトップ選手でこんなに落ち込むのは珍しいほどである。図6がそのときの瞬間の映像で、第1キックのための足上げでかかととフラハギの水流に対する逆行動作での抵抗と頭頂での水の抵抗で大きなブレーキが生じていることがうかがい知れる。この変動図から、山本選手の泳ぎは、多少ブレーキがかかっているものの素晴らしい

加速技術(特にプル)で世界のトップ水準を保っていることがわかった。

**抵抗の少ない
松田選手**

図8は松田選手と隣のコースで泳いだ同じ2004年度日本選手権での男子200mバタフライ決勝の175m付近の1ストロークの速度の変動である。①、②、③、④、⑤はそれぞれ図2の山本選手

と対応している。①では、キックの効果で速度が上がっているところである。彼の場合1.80m/秒で山本選手と大差ないのだが、②あたりでは秒速1.69m/秒と、③に比べて速度はあまり下がっていない。これが彼の強さを生んでいる素晴らしい再突入技術である。④、⑤のかきではキャッチ2.15m/秒、フィニッシュでは2.32m/秒と山本選手に対し迫力がない。しかし⑤をみると、最大の大きなブレーキがかかるはずの局面で、1.13m/秒とあまりブレーキがかかっていない。このレースは、結局ブレーキがかかっている

ない松田選手が体力を最後まで持たせて勝利した。松田選手の泳ぎは、加速能力を高めるより抵抗の少ない泳ぎの技術でタイムを出すという泳ぎであると言える。

**エネルギーが
水面上への
水の持ち上げ
作業に使われる**

図9を見てみよう。両者の②の瞬間の映像に。頭とお尻を結んだ補助線をいれたものである。ドルフィンキックの加速では1.82と

1.80と両者ではほぼ同じ位の速度になったのだが、②の時点では1.43と1.69と大きく違う。この違いは図からよく分かる。頭の入れ方(深さ)の違いなのである。再突入でグッと頭を入れるのは、イルカのようにスムーズに泳いでいるように美しく見えるのだが、背中の部分の水は逃げ場がなく、大きなブレーキをかけることになってしまう。結果として速度が20%も落ちていく。両者の速度差は0.26m/秒もあり、それが0.2秒間継続するので1ストロークあたり5.2cmの進み方の差に相当し、この分だけで200mレースでは5m分の差になってしまふ。凄く大きいのである。

山本選手は大きな損をしているのである。勿論、彼は世界的プル技術での加速で差をつけ、結局この差を相殺してしまう。結果的には2人はよい勝負をすることになるのであるが。

さらに重大なのがこの図の3に見られる山本選手の背中に背負った水である。楔状になったこの水は逃げ場がないのである。このあとのバタフライの動作は、かきによって水面上に身体を上げるのである。逃げ場のない水はこの動作で身体と一緒に水面上へ持ち上がることになる。水につけて冷やしたスイカの例を考えると、水面上に持ち上げるとすごく重たい。彼の場合、背中の水は8.9リットルに

もなる。重さでは8〜9 kgにもなる。毎回のストロークで10 kg近い水を腕のかきの力で水面上へ持ち上げているのである。手のかきのエネルギーの多くの部分を推進だけでなく水の持ち上げ作業に使っていることになる。

これは甚大な損失である。これだけの仕事をした200 mレースの最後は、背中に水を入れていないため体力の残っている松田選手の勝利になったわけである。

フラット バタフライ

7

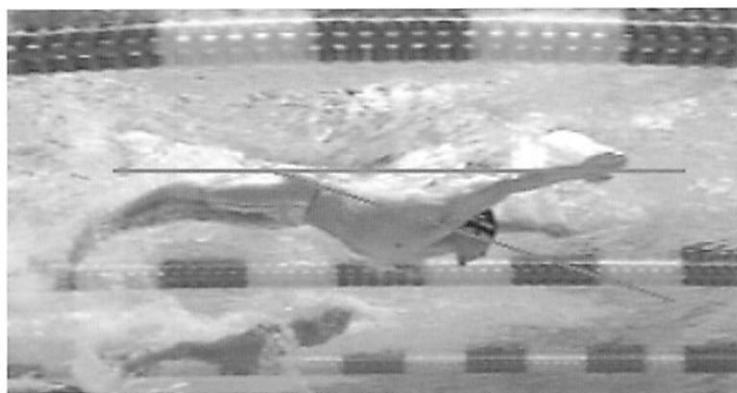
この対策として、再突入時の背中には水の楔を入れないのがいいことになる。そこで考えられるのが、松田選手のように、再突入時に頭を深く水中に入れ込まないようにすることである。

再突入時に視線を下に向けると、頭が下向きになってしまふ。重い頭の関係で身体の重心が前になってしまふ、結果として深く突入してしまふ。

視点を前方にすると、あごが出た状態で入水することになり、重心を後方に保つことができ、頭を深く入れなくてすむようである。おでこの線が水面になるくらいの気持ちで再突入するのがよいようである。

図9. 頭の位置による背中の水の違い

1) 山本選手、大きな抵抗(1.43m/秒)



2) 松田選手、少ない抵抗(1.69m/秒)



3) 山本選手の背中の水



水の楔を作らないバタフライは、結果的に上下動が少なくなり、平らに泳いでいるように見える。そこで、このような泳ぎはフラットバタフライと呼ばれる。

フラットバタフライは水の楔を作らないためなのである。フラットバタフライの歴史は古く、バルセロナオリンピックで活躍した女子の第一人者の司東利恵選手が取り入れて、それまでの日本記録を大幅に短縮したのが記録として残っている。最近では欧米でも、体力温存型の泳ぎが積極的に取り込まれるよ

うになり、現代バタフライの先端技術として注目されている。現在、日本のトップ選手の多くが取り入れており、山本選手もこのスタイルに転向してよいタイムを出している。女子のトップ選手の中西悠子選手もこのスタイルを取り入れ、日本記録を更新している。

欧米選手に対して体力の劣る日本選手のバタフライにとって重大技術である。勿論、ジュニアや熟年スイマーにとっても大切なのは言うまでもない。ぜひフラットバタフライを研究してみよう。

もう1つの ブレーキ、 第1キックの 足上げ抵抗

8

バタフライは、惰性進行時の抵抗を上手に排除することで大幅なタイムアップが図れる種目である。

もうひとつの重大なポイントの第1キックの足上げ抵抗は、バタフライでは避けて通れない局面で

ある。これについては、ドルフィンキックそのもののメカニズムを考えなくてはならない。
今回はコンピュータの流体解析を使って、ドルフィンキックのシミュレーションを行い、いかに効率のよい、そしてブレーキのかからないキックをするかを考えてみよう。

筆者プロフィール



河合正治氏

東京工業大学理学部応用物理学科卒業後、日本光学工業(株)(現ニコン)入社。システムエンジニアとしてコンピュータを駆使した自動化や効率化に従事。精密工学会事業担当理事を経て(株)ヒューマンテクノロジ社を創立。06年10月、セントジョセフ国際大学工学部教授に就任。工学博士。日本水泳連盟競泳委員として泳ぎの動作をコンピュータで開発、競泳技術の専門家として世界で戦う選手の育成を支援する活動を展開。岩崎恭子、萩原智子、田島寧子、北島康介選手らを担当。JOC(日本オリンピック委員会)競泳強化コーチ、(財)日本水泳連盟競泳委員。62歳。