

# 連載 速く泳ぐことを科学的に 考えてみよう！

第6回

セントジョセフ国際大学工学部  
教授 河合正治

## 水中ドルフィンキックや バサロを考える

水中をドルフィンキックで進行するのは、泳ぐより速いと言われている。バサロキックもそうである。

日本のトップを目指す全国の選ばれたジュニアの選手が、何年前かまで修善寺のサイクルスポーツセンターの温水プールで年末に強化合宿を行っていた。いわゆる中央合宿である。この合宿のさなかでスタート練習が行われたが、背泳ぎの種目ではバサロのデータが取られた。図1は、その時のデータであるが、5mから10mの通過時間は、バサロを使った選手の平均が2・93秒であったのに対し、使わなかった(使えなかった?)選手の平均は3・47秒間で、実に5mから10mまでの5m間で0・54秒も違ったのである。現在のルールではスタート時15mまでバサロキックを使っているだけで、

上手に行くとスタート浮き上がりで使わない場合に比べて1・5秒も速いことになる。バサロのテクニクは極めて重要である。また、水中ドルフィンキックも重要である。

アトラクタオリピック時代だが、女子の100mバタフライで日本人女性として初めて58秒台の日本記録を樹立した青山選手は、スタート時に水中ドルフィンキックを35mも行つてその速さを活用していた。残念なことに、スタート時の水中ドルフィンキック使用は、その後のルール改正で15mまでと制限されてしまった。

## 速く進む バサロや 水中ドルフィン

水中ドルフィンキックやバサロキックは速い。両者は上向きと下向きの違いはあるが、基本的テクニクは同じである。かきによる手の動作は加速時には効果があるのだが、

かき開始時や戻し(リカバリー)動作時に肩が水を受けてしまい、ストリームラインを作った姿勢に対し大きなブレーキになってしまう。

バサロや水中ドルフィンを手を伸ばしてしっかりと組んで水を肩に当てない(ストリームラインをつくつて)ため、流体解析の結果によると水からの抵抗は2・3倍も違うことが分かっている。極めて抵抗の少ない水中進行ができるのである(詳しくは、インターネット上の競泳技術情報データベース“TRIS”を参照のこと)。そのため、手のかきに比べてキックの小さな加速でも結果的には速く進むのである。

バサロや水中ドルフィンキックを上手にやるコツと、世界の驚くべきテクニクを考えてみよう。

## 水中ドルフィン キック

水中ドルフィンキックがレースで

使われるのは、自由形やバタフライ種目のスタート

やターンの浮き上がり局面である。バタフライは明らかに泳ぐより速いので、ルールの許す範囲の15mまでに使われる。クロール種目では、スタートで水中に飛び込んだ直後のまだ水中進行速度の速い時に、その勢いを保ちながら泳ぎ始めのきつかけを掴むために行われることが多い。図2は、ソープが2001年の世界選手権で、今年アメリカのフェルプス選手

図1. 背泳ぎスタート連取でのバサロの計測  
スタート後5m通過から10m通過での所要時間の測定

92年修善寺中央合宿にて

選手	所要時間(秒)	バサロ使うか	
女子			
Aさん	3.12	○	
Dさん	2.99	○	
Fさん	3.06	○	女子平均 3.06
男子			
I君	2.73	○	男子平均 2.73
K君	2.74	○	バサロ平均 2.93
女子			
Tさん	3.52	×	
Bさん	3.42	×	
Cさん	3.53	×	
Eさん	3.52	×	女子平均 3.50
男子			
J君	3.52	×	
M君	3.29	×	男子平均 3.41
			バサロなし平均 3.47

に破られる前の200m自由形で世界記録を出した決勝のスタート直後の10m付近での水中の速度の変化を表わしたものである。

ソープ選手は今やドーピングで黒い影がさしているが、図3-4の写真のキック開始時の足首を見て欲しい。キックでの足の変形からみて、この足首の柔らかさは並大抵ではない。本当に天才的な選手だったのだ。ドーピング問題は、多分その後の記録の低迷時代に打ち負けてしまったのであろう。

ソープ選手の素晴らしい様子が図3の一連の写真に見られる。図2のグラフの右肩の表で、時刻はスタートピストルが打たれたからの時刻、値はその瞬間の速度である。表の左の○数字は識別のためにつけたものである。一連の動作はキックの足上げ開始からで、表の①からである。途中⑤を経過し、⑧でかかとが最も高い位置になる。表からこの時、大きなブレイキがかかり速度が1.2m/秒まで下がってしまった。飛び込んだ後の高速期間ではこんなに遅くまで落ちないので、このあとソープは強いキックをして泳ぎ始めた。その強いキックは⑩~⑫までで、最高速度は⑫の2.85m/秒まで上がっている。

図2. ソープ選手のスタート直後の水中進行の速度変動

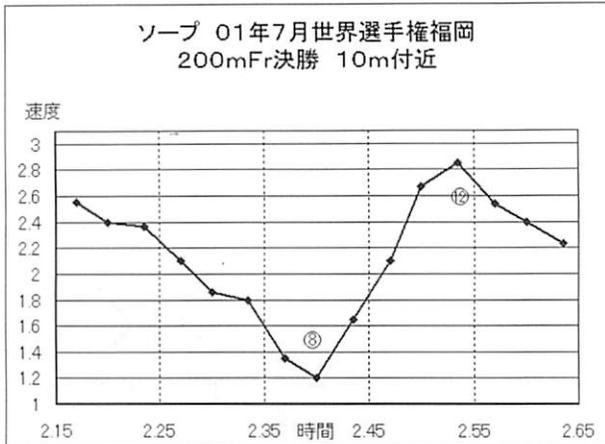
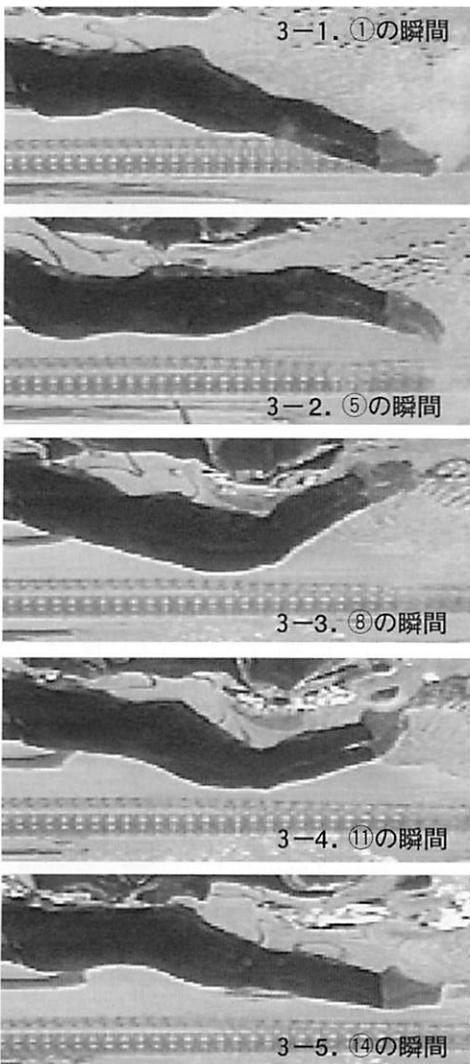


図3. ソープ選手の水の中ドルフィンキックの連続写真



## 足上げ時の大きなブレイキ

4

グラフの⑧あたりの落ち込みで分かったように、水中ドルフィンでは、足上げ時の水流抵抗での大きなブレイキがかかる。図4のように、かかととふくらはぎが水をまともに受けて抵抗が大きくなってしまっている。

泳いでいる時のバタ足では、身体後に足が入って水流をあまり受

けないので大して問題にはならないが、ストリームラインを作っている水中姿勢では、足だけが飛び出してしまい、ちょうど帆掛け舟の帆のように水流をまともに受けてしまう。したがって、キックの足上げの時に、あまり身体からはみ出さないように行うのがいい。

つまり、足上げを少なくした小刻みなキックをすることである。キックは鋭くないと加速が十分に行えないので、水中ドルフィンキックでは、小さな足上げと柔らかい足首と強力な筋力が要求されるのである。

## バサロキックも水の抵抗を受ける

5

森田選手は、男子背泳ぎ界では世界ランキングのトップ争いをしてる日本の代表選手である。事実、日本記録のほとんどを出している。図5は、その森田選手の2004年の日本選手権男子100m背泳ぎ決勝のスタート時のバサロキックの速度変動図である。ソープの図と同様に○番号をつけてある。

図6は、各々の瞬間の映像である。バサロはドルフィンキックと同じキックを身体が上向きになって行うのである。ドルフィンキックと同様に、③の足の甲が水を後の押した瞬間が最も進行が早くなっており、図5の右肩の表から2.3m/秒の速度になっている。100mレースに換算すると43秒5もの速度である。凄いキックである。そして、やは

図4. かかととふくらはぎが受ける水の抵抗



り問題なのは⑩のところ、かかととふくらはぎが水流を受けて大きなブレイキがかかってしまい、1.2m/秒まで速度が落ちてしまっている。

背泳ぎは、姿勢の関係で一部足が身体の後に入っているため、水中ドルフィンほどの影響はないがやはり大きな速度低下である。したがって、キックを打つ際には足下げ時にかかとがあまり身体からはみ出さないように行う。水中ドルフィンと同様に、小刻みで強いキックをす

図6. 森田選手のバサロキックの連続写真



6-1. ③の瞬間



6-2. ⑤の瞬間



6-3. ⑧の瞬間



6-4. ⑩の瞬間

図5. 森田選手のバサロキックの速度変動

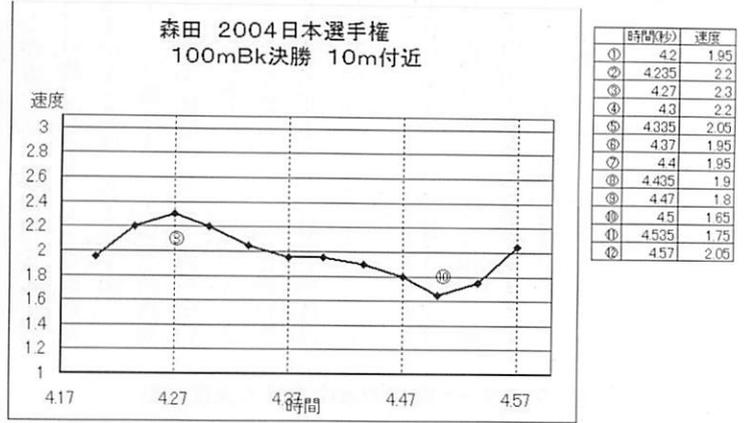
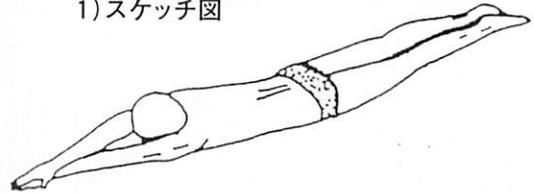


図7. 水中進行のモデリング

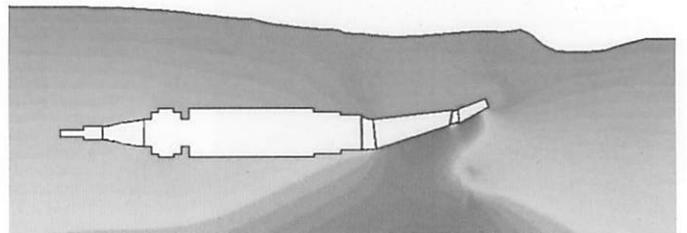
1) スケッチ図



2) モデリングしたもの



図8. 計算結果(水深50cm、けり下げ時:暖色が高圧のところ)



水中進行の  
流体解析

6

水中ドルフィンやバサロは水中進行をするので、その深さによる違いを調べてみるため流体解析を行った。

計算の手法は前回と同じである

ることである。やはりキックは鋭くないと加速が十分に行えないので、小さな足上げと柔らかい足首と強力な筋力が要求されるのである。さらに、姿勢を上手にとつて、足の身体からはみ出しを小さくする工夫も効果があることになる。

い、プール水深2mで、水底は固定面、水面は液体の境界面とし、水面が水流で盛り上がりたり凹んだりすることを考慮した。

図8は、その計算結果の図の1つで、水中進行が水深75cmの場合のけり下げ時の場合である。図を見ると蹴り下げ時なので、足の下のほうが高圧になっている。注目すべきは水面で、足の動きによって水が水底方向へ引きずられるため、足のすぐ上のちよつと後方(水を後に押している)ので影響は少し後方(水の一部は凹んでしまっている。水の抵抗が水面の飛び出しや凹みで大きく影響を受けていることが推察できる。

計算値そのものより、比を見る方が分かりやすい。ケース(1)の水面に近い進行の場合は、キックで生じる水流が水面の盛り上がりや凹みで逃げてしまい、十分に水を押しせないようである。効率が本来の77%しかないことになる。水面下75cmでは86%、ちよつと中間の1mでは90%になる。水底に近くなると水面から遠くなり、水底からの跳ね返りもあるため97%と無限遠とほぼ同じである。

ずいぶん効率が違うものである。1mの深さで進行すればいいと思っていたが10%も効率が下がっていたのだ。水深の影響は大き

が、詳しいことは省略する。図7は、計算するためのモデリングである。(1)は水中進行のスケッチで、(2)はそのモデリングした形態である。キックは足上げと蹴り下げは等速で、足首は柔らかいことを前提にした。キック1サイクルでどのくらい水を後に押しやるかを計算し、数値(単位ニュートン)で出した。最先端の動体解析手法を使

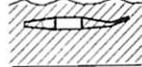
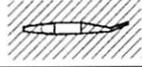
深さと向きで  
効果が  
大きく違う

7

計算は水中進行の深さを買って算出した。(1)では水面から50cmの進行、(2)は75cm、(3)は1m、(4)は1m25cm、(5)は身体の上下が無限遠(つまり深さを考慮しない)の5つのケースについて計算をした。

図9はその計算結果である。(5)の身体の上両側が無遠の場合、水面の盛り上がり凹みや水底の反射などが無いので、何も影響のない本来の水中進行の状況である。この計算結果を1・0として他のケースの計算値を比較してみた。

図9. 計算のケースと結果

計算条件(水深2m)	計算値	比
1) 1.5m 	183.5N	0.77
2) 1.25m 	206.0	0.86
3) 1m 	215.6	0.90
4) 0.75m 	232.3	0.97
5) 上下無限 	239.5	1.0

なものがあることが分かった。結果から、深いところを進めばいいと思われるが、最後は浮き上がって泳ぎ始めなければならない。急に浮き上がるのでは上手に泳ぎ始められない。一般に、泳ぎ始めは徐々に浮き上がって進行し、水面に達した時に泳ぎを開始するのが抵抗はなくていいとされている。すなわち、水面の浅いところをかすりの間進行しなくてはならないのである。

水中進行に関しては、選手のうちでも同じ条件なので、気にしなくてもいいと考えられるので、深刻にはならなくてもいいかもしれない。しかし、上手にやって効率がよいと得をすることに。アメリカでは、幾人かの選手達が知的な工夫をしているのである。

図10は、2001年福岡での世界選手権の男子1000m背泳ぎ決勝でのアメリカ選手のスタート映像である。10-1の入水は同じなのであるが、直後の10-2では横向き(向こう向き)に姿勢を変えて、10-3では正に横向きバサコを行っている。

この状態でバサコを続け、10-4の浮き上り直前まで継続する。浮き上って泳ぎ始める時は、ルール通り仰向けて背泳ぎを泳ぎ開始している。スタートやターンの時の水中ではルール上でも仰向けになってはならないというのではなく、これである。

バタフライでも同じくOKが適用されている。驚きなのは、彼らが水面近いところでのキックの効率のロスを知っているのであること、横を向くことで身体の下が無限遠になつて100%の効率を得ることができると考えた出したことである。少しでも効率を高めて速く泳ぐという努力、正に戦いは頭脳であることを示している。

横向きキックで問題なのは、下向きや仰向きでは、方向性は上下だけ気を使えばいいのであつて、速すぎる浮き上りや深すぎを注意すればいい。しかし、横向きでは横方向のコントロールをしなければならぬ。下手をするとコースの逸脱を起こしかねない。コースロープを目標にかなりの訓練をしたものだと思う。それにしても、強いアメリカの努力、発想の転換である。脱帽である。

考えてみると魚はよく出来ている。外洋で深く潜るイルカや鯨は水面を気にすることはないのである。ヒラメやカレイは底にいますので水面からは遠く、水底の反射があるので必要はない。しかし、磯の魚や水面すれすれを泳ぐ魚は必ず縦に細長い身体で、泳ぎは横向き加速である。速く泳ぐための身体の構造を魚に学べ、とはよく言ったものである。

あの強いアメリカの水泳は、少しでも速く泳ごうと、トレーニングは勿論、技術的な点に精力的にアプローチが行われている。水中進行が横向きで行われることは、そのメリツトが最先端の流体解析で始めて分か

る。彼らは研究しているのである。そして、速く泳ぐことは高いテクニクに習熟することであると考えている。多分、日本の選手は練習量も心肺機能も、体力でさえも大して変わらないであろう。違うのは水に対するテクニクが違うのである。基本的なテクニク、先端的なテクニクを考えて、研究して習熟することがタイムアップの鍵である。

競泳技術の先端から基本まで、流体解析や映像分析などの手法を駆使しての解説や情報がインターネットの“TRIS”というデータベースに保存されている。競泳技術について大いに参考になるであろう。興味があればこの研究ネットに参加してみるといいと思う。

次回からは、種目別に泳ぎの技術を基礎から先端までじっくりと解説してみたい。

## 横向きキック

# 8

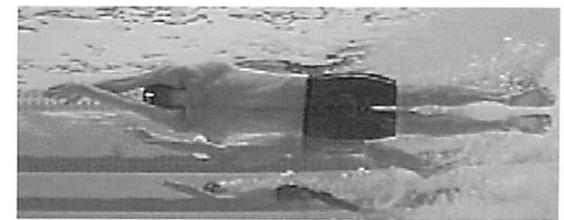
図10. 福岡の世界選手権でみたアメリカ背泳ぎ選手のスタートバサコ



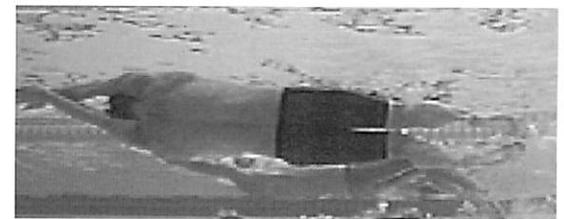
10-1. 入水



10-2. すぐ横向き



10-3. 横向きバサコ



10-4. 浮き上り直前



10-5. 仰向けて泳ぎ開始

## 考えた テクニクを 生かそう

# 9