

## 9 人の泳ぎと水中で働く力の関係Ⅲ

### 1 研究の動機

私は中学校で水泳部に所属しており、日々の練習の中で速く泳ぐためには体力をつけることも必要だが、それ以上に水をしっかりとらえた泳ぎをすることが重要であることを感じていた。そこで、より多くの推進力を得るための泳ぎ方について、模型を使った実験を通して調べてみることにした。

また、最近は水着も新しい素材のものが出てきており、繊維によって水の抵抗はどれほど違うかについても調べてみることにした。

### 2 研究の内容

研究は6つの内容から構成されている。各研究ごとに方法および結果と考察をまとめた。

#### 《研究1》指の広げ方と水をとりえる力の関係

水をしっかりとつかむためには、手の指は開いた方がよいのか、それとも閉じた方がよいのかということは、いろいろな水泳の解説書を見ても明確には書かれていない。指を広げれば指の間から水がもれて、水をしっかりとらえることができないように思うが、解説書の模範の写真では指を軽く開いて泳いでいるものが多い。そこで、手の形をした木製の模型を製作し、いろいろな状態で水中を動かしたときに、水をとりえる力がどのように違うか、比べてみることにした。

#### 〈方法〉

木製の模型で「指の開き方」や「おわん」のように曲げたときの形など、条件を変えられるようにした。

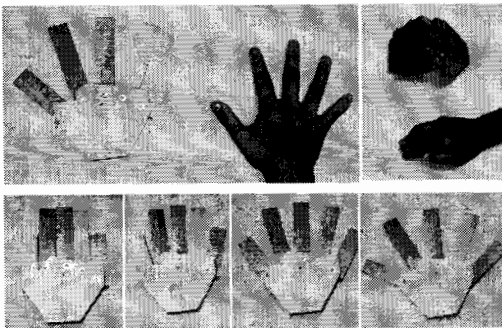


写真1 手の形をした木製の模型

この手のひらの下に200g、400g、600gと質量を変えておもりをつらし、水中を動かす力を変えた。(写真2)これが水中を沈んでいくときの速さから、手のひらが水をとりえる力を比べた。大型のゴミ箱を水そうとして使用し、記録タイマーで沈む速さを測定した。(写真3)

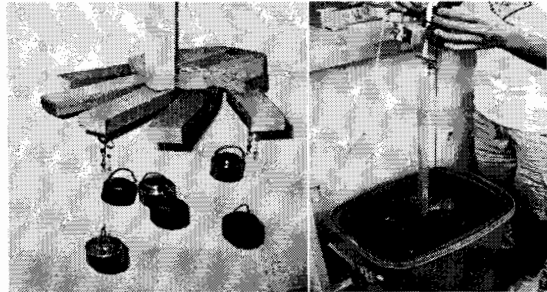
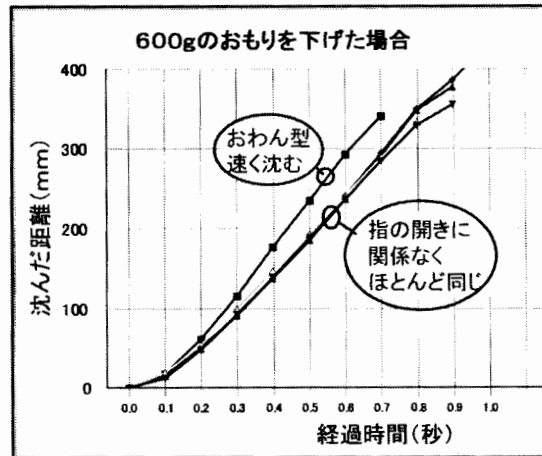


写真2  
模型に付けたおもり



写真3  
水そうと記録タイマー

#### 〈結果と考察〉



グラフ1 600gのおもりで沈めたときのような  
グラフ1は600gのおもりをつけて沈めたときのもので、強い力で水をかいたときにあたる。沈む速さはほとんど同じだが、手を「おわん型」にしたものだけが速く沈んだ。この理由として考えられることは、指を丸めるため水を押す面積が小さくなるためではないかと思われる。このほかは指の開きに関係なく沈む速さはほとんど同じであっ

た。このことから、競泳のときのように速く強く水をかいたときは、指は広げていても閉じていてもほとんど水をとらえる力は変わらないので、指を閉じるための無駄な力を使わないで自然に開いた状態がよいのではないかと考えられる。また、指の形はおわんのように丸めるのは、水をとらえる面積が小さくなって、よくないこともよくわかった。

### 《研究2》ひじの角度と推進力の関係

#### 〈方法〉

1ストロークだけかいて進む「いかだ」のような模型を製作して調べた。「いかだ」の真中にヒトの腕に見立てた、オールのようなものを取り付け、これがひとかきするときの進み方を調べた。このひじに見たてたオールは、角度を変えられるようにして、まっすぐ伸ばしたときを角度0度として、30度、45度、60度と条件をかえ、直角に曲げたときを90度として調べた。

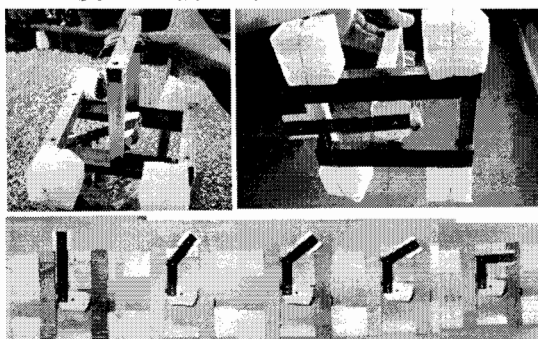


写真4 「いかだ」と角度の変化

腕を動かす力については、釣り糸でおもりとつなぎ、おもりの下がる力で動かすようにした。おもりも重さを変えて、動かす力も変化させた。

進むようすはビデオにとり、コマ送りで再生して0.1秒間隔で進んだ距離を求めた。

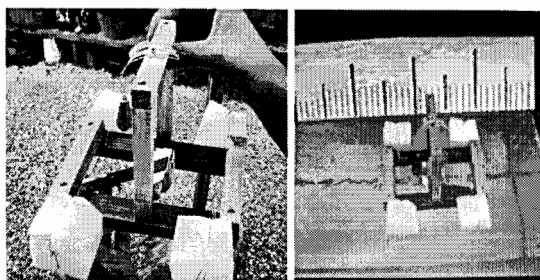
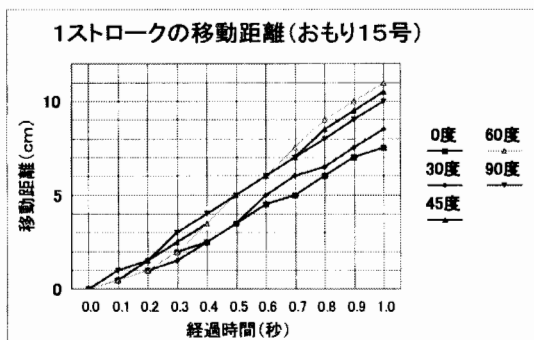


写真5 「いかだ」の進むしくみと

測定のビデオ画像

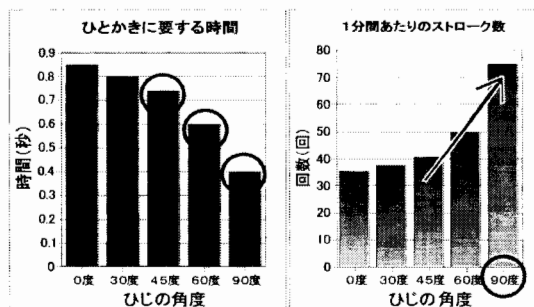
#### 〈結果と考察〉

グラフ2は一番強い力で動かしたときのものである。1ストロークが終わる0.4秒から0.8秒の間では、45度・60度・90度がほとんど同じ進み方をしている。30度と0度は、少し進み方が遅い。これは、手を伸ばしている腕を回転させるために大きな力が必要になるため、同じ力で動かした場合、ひじを曲げた方がすばやく動かすことができるからであると考えられる。



グラフ2 強い力でかいたときの進み方

また、45度・60度・90度はほとんど同じ進み方をしているが、ひとかきする間の時間はずいぶんちがう。(グラフ3)



グラフ3

グラフ4

グラフ3より、直角に曲げた90度では0.4秒でひとかきするが、60度だと1.5倍の0.6秒、45度だと0.74秒かかる。これを1分間あたりのストローク数にしたのがグラフ4である。1分間あたりのストローク数は、ひじを曲げるほど多くなるので、1ストロークに進む速さが同じぐらいでもストローク数が多くなる分、ひじを曲げた方が速く進むことができると考えられる。

### 《研究3》繊維による水の抵抗の比較

#### 〈方法〉

水と小石をつめて水中に沈むようにしたペット

ボトルに色々な種類の布を巻きつけ、研究1と同じように水中に沈む速さを記録タイマーで調べた。

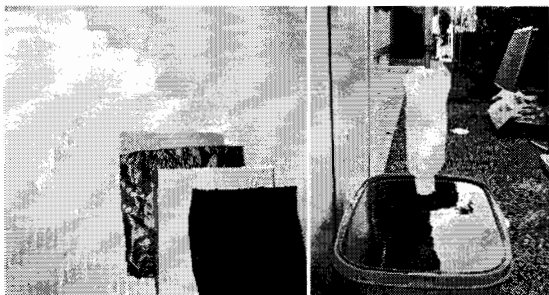
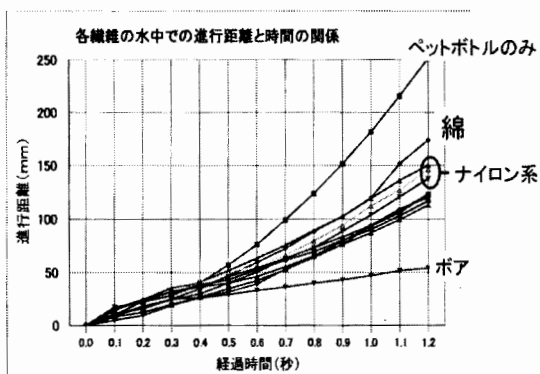


写真6 各種の布と測定の様子

〈結果と考察〉



グラフ5 布の種類と沈む早さ

予想通り、ナイロン・ポリエステルのような表面のなめらかなものは比較的水の抵抗が少なく、速く沈んでいったが、一番速かったのは綿であった。綿は、ナイロンほど表面はなめらかではないが、最近評判の「さめはだ」水着のように、多少表面がざらざらしている。表面の細かなおうとつは、水の抵抗を減らす効果があるのではないかと考えられる。ちりめんやジーンズなど表面のでこぼこが大きいものは、抵抗も大きくなっている。特に毛でおおわれたようなポアは大きな抵抗を受けていた。

#### 《研究4》手の甲の形と力の関係

〈方法〉

手のひらと同じ面積の板の後ろの形状を様々に変化させ、ひとかきに要する時間の測定を行った。その時の水流の様子が見えるように、水そうに昆虫飼育用の木くずを浮かべ、後ろにできる水流の様子を観察した。

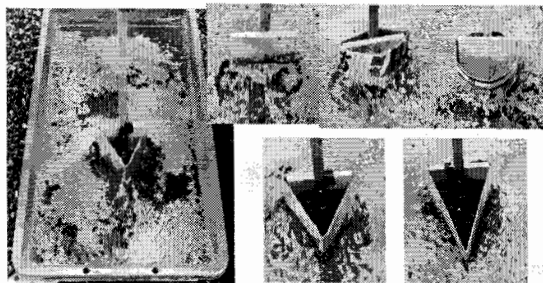


写真7 測定の様子と各種の形状

〈結果と考察〉

後ろにつける形が長いほど速く動かすことができた。これを水流の様子から見ると、平らな板の後ろには大きな渦ができて大きな抵抗になっているが、後ろの形が長くなっていくに従って渦としての回転ははっきりしなくなっていき、抵抗が小さくなっていくことが観察された。

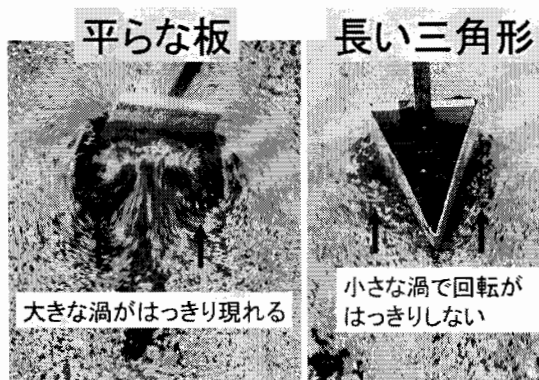


写真8 背後にできる流水の様子

#### 《研究5》頭の角度と力の関係

〈方法〉

木製の模型を製作し、頭の角度を変えいろいろな力で引いたときの進む速さを比較した。

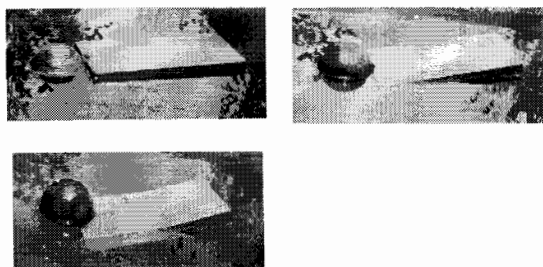


写真9 頭の角度の変化

〈結果と考察〉

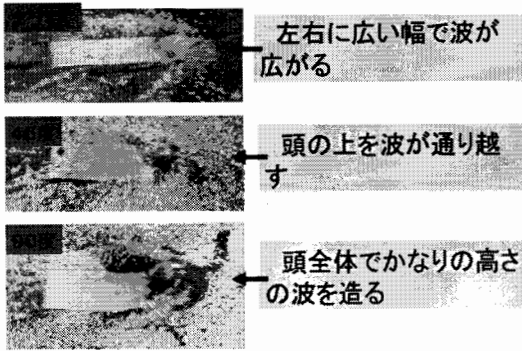


写真10 後ろにできる流水のようす

頭を45度に持ち上げたときが、どんな力で引いても一番速く進んだ。

このことについて、水流のようすを見ると、頭と胴体がまっすぐの場合、左右に広い幅で波が広がっている。

一番速かった45度のときは、頭の上を波が通り越すようなかたちで、周りに広がる波は少ないことがわかる。

90度に持ち上げたときは、頭全体でかなり高さのある波を造っている。

これらのことから、手で水をかいた後ろや頭の後ろには渦が発生するが、その渦が大きいと力がその渦を発生させるために使われてしまうため力が効果的に利用できない。そこで手や腕の動かし方で渦を小さくすることは、力を効率よく使う点で大切なことがわかった。また、体から波を発生することも大きな力のロスとなるので、波の発生をおさえる姿勢や体の動きを考えることも大切であると思った。

《研究6》平泳ぎにおける水の抵抗

〈方法〉

木製の模型を使い、ひざを曲げたときに水から受ける抵抗について、模型の進む速さから比較をした。大腿部が水平に対し0度(真っ直ぐ)から90度(直角)まで15度間隔で変化させ、次の3通りの方法で実験を行った。

(その1)ばねはかりで引く。引く力を0.25Nから2.00Nまで、0.25Nずつ大きくしていき、速さの変化のようすを調べた。

(その2)模型にモーターで回転する腕の部分を

取り付け、実際の平泳ぎのように継続的に推進力を加え、速さの変化のようすを記録タイマーで調べた。

(その3)模型を水槽内で動かしたときの水流を、昨年度同様に木くずを浮かべて観察した。

〈結果と考察〉

水中ではできるだけ真っ直ぐな姿勢をとり、流線型を保つことが水から受ける抵抗を小さくするためには必要だが、実験の結果から大腿部の曲げ方は15度以内に抑えるとほとんど抵抗を受けないことがわかった。しかし、実際は15度以内ではキックすること(ひざから下を引き戻して水を捉えてけり出すこと)が難しいが、できるかぎり15度に近づけて大腿部の抵抗を少なくすることが望まれる。また、キック後やプル後の推進力のないときは、からだをしっかりと伸ばして抵抗を極力減らすことがスピードを落とさないことにつながるということがわかった。水泳でこのようにからだを伸ばした状態を保って水の抵抗を減らすことを「ストリームラインをつくる」というが平泳ぎにおいてその大切さが実験によってよくわかった。昔は、大腿部でも水を後にかくことも考えられていたようだが、大腿部を引き戻す抵抗はるかに大きいのでそのような泳法は今は行われていない。平泳ぎのキックは膝から下で水をけり出しているが、このわけもこの研究から明らかになった。

3 終わりに

昔は、オリンピックに出るような選手でも、練習というところがむしやりに長い距離を泳ぐだけだったという話を聞くが、今は科学的に分析され研究された泳法を取り入れた練習が進められているようだ。特に、水泳のように水の抵抗や水流のようすなど、目に見えない部分が重要なスポーツは、流れのようすを見えるようにする工夫や流体力学的な研究がいつそう重要になっていくものと思われる。そんなスポーツも高度なレベルになると水の流れや空気の流れを無視できないので、スポーツにおける科学的な研究は、今後いつそう盛んになっていくと思われる。今後まだまだ研究の余地はたくさんあると思われるので、私の好きなスポーツと科学を関連させた研究を今後も進められたらと思っています。