

## カッターの動特性に関する実験的研究—II.\*

プーリング中のオール動きとそれにかかる力について

貞包 弘之・高島 末夫・橋本 市雄・本間辰太郎

### Some Experimental Studies on Dynamic Characteristics of a Cutter—II. The Operation of an Oar and Forces Acting on It under Pulling

By

Hiroyuki SADAKANE, Sueo TAKASHIMA, Ichio HASHIMOTO,  
and Tatsutaro HONMA

In order to clear the relations between the operation of an oar and the forces acting on it under pulling a cutter, the authors has tried to measure not only the forces acting on an oar and boat's speed but also the motion of an oar, i.e., horizontal and vertical angle of the oar.

These experiments were carried out for various methods of pulling as showed in Table 1 by using an actual cutter described in the previous report. The results obtained are summarised as follows:

(1) The variation of the forces acting on an oar under pulling may be classified into the two large types, i.e., type A and B, as showed in Fig. 6.

(2) In the case of pulling adopted the method of start dash, the forces acting on an oar are nearly twice larger than in normal pulling.

(3) On the assumption that the forces acting on an oar are average, the propulsive efficiency  $\eta$  carrying on Exp. No. 1 was obtained as mean  $\eta = 0.2186$ .

## 1. 緒 言

前報によって、静水中におけるカッターの抵抗と排水量、横傾斜、およびトリム等の関係が若干明らかになり、実用的な範囲内で、これらの要素から抵抗を推定する近似式が得られた。

\*水産大学校研究業績 第748号, 1975年7月17日 受理.

Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No.748.

Received July 17, 1975.

カッターの抵抗は排水量や艇の釣合状態によって変化するが、前進するためにはこの抵抗に打ち勝つ推力が必要で、もちろんこの推力は水中で動くオールによって供給されている。艇員がオールを動かすことによって推力を得ているのであるから、そこには個人差の問題がはいる。さらに艇員がオールに与えた力と、オールが発生した推力さらにカッターの前進のための有効推力等、明らかでない点が多く含まれている。カッターのより合理的なプーリングの方法あるいは訓練方法を見出すためには、オールの動きやオールにかかる力の変動を知ることも重要であると考えられる。

厳密に考えると、この問題解決のための実験、計測、解析方法は非常に難しいが、ここでは1つのアプローチとして以上のような考えのもとに、プーリング中のオールの動きとオールにかかる力を計測し、その解析結果を得たので報告する。

## 2. 実験および計測方法

この実験に使用したカッターは、前報と同じ艇で、通常のプーリングに必要な装備と端艇部の学生が乗艇し、計測器具を含めた実験中の全重量は、2316.7kgであった。

実験水域は湾内、水深十分な海面で、風波については特に注意を払い、極めて平穏な日を選んだので風波の影響は考慮の必要がないと思われる。

カッターの速力計測のために前報で使用した電流速計は、流速計の抵抗がカッターに影響するため、今回の実験に使用するの是不適当と考えられる。そこでカッターの艇尾舷側から40cm離し、直径1cm長さ150cmの丸鋼棒を、水中に40cm漬けて垂直に立てて固定した。艇が航走するとこの丸鋼棒に流体抵抗を受け、進行方向の反対向きに曲げモーメントがかかる。この丸鋼棒の艇体との固着部の下にストレインゲージを貼り付け、ゲージの歪と流速との較正值を実験の前後に測定し、以後ゲージの歪量を計測することによってカッターの速力を求めた。この方法による歪量すなわちオッシログラフのふれの長さで速力の較正值の一例を第1図に示す。

オールにかかる力や動きの測定は、12本のオール全部について同時測定するのが理想ではあるが、今回は最も力のかけ易いと思われる場所、すなわち右舷中央部スワート No. 7のオールを指定して代表的に計測した。

プーリング中のオールの動き、すなわちオールの水平角（前後運動）と垂直角（上下運動）は次のような方法で計測した。

オールのブレードを水面と垂直にして、ローロックからオールを水平に突き出す。ローロックの内側、艇内のオールのハンドル部分に近い位置でオールの下面に垂直角計測用スプリングの一端を固定し、それと直角方向艇尾側に水平角計測用スプリングの一端を固定する。ローロック直下の船底付近に垂直角計測用鉄片の一端を固定し、ローロックと同一高さでローロックの艇尾側に水平角計測用鉄片の一端を固定する。この2つの鉄片はそれぞれ巾3cm長さ30cmの大きさで、いずれもストレインゲージを貼り付ける。前述のスプリングの他端をそれぞれの鉄片の他端に固着する。このようにオールとストレインゲージをスプリングで連結すると、オールが動くことによって、水平角用のゲージおよび垂直角用のゲージにそれぞれある大きさの歪を生じる。オールを通常の方法で動かしたとき、その水平、垂直の角度とそれぞれの歪量の関係を較正值として求めておく。以後はこの歪量を計測するとそれぞれの角が計測できる。その較正值の一例を第2図に示す。

オールにかかる力は、ハンドルの部分から約130cm先端寄りを中心に、長さ1m厚さ約0.7mmの鉄板をオールの全周にわたって巻付け、オール本体と鉄板がスリップしないように鉄板全面にわたって密に釘止めた。プレートを水面と平行に保持した状態で、オールの上面側の鉄板にストレインゲージを貼り付けた。オールのブレードに力がかかるとオールの鉄板に曲げモーメントがかかりストレインゲージにある大きさの歪ができる。この歪量、すなわちオッシログラフの振れと作用した力の関係を較正值として実験前に計測しておけ

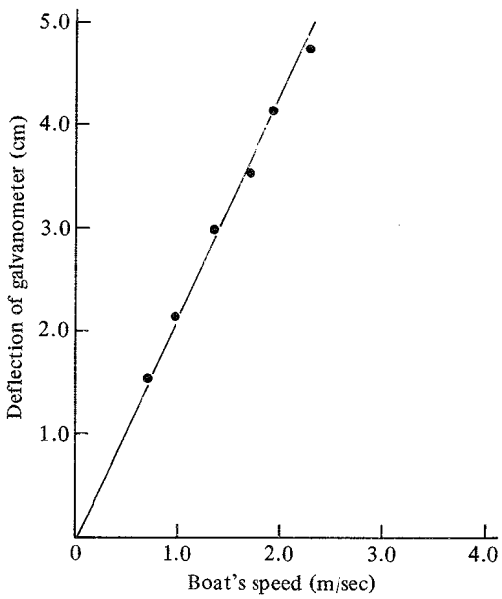


Fig. 1. An example of the calibration of the speed.

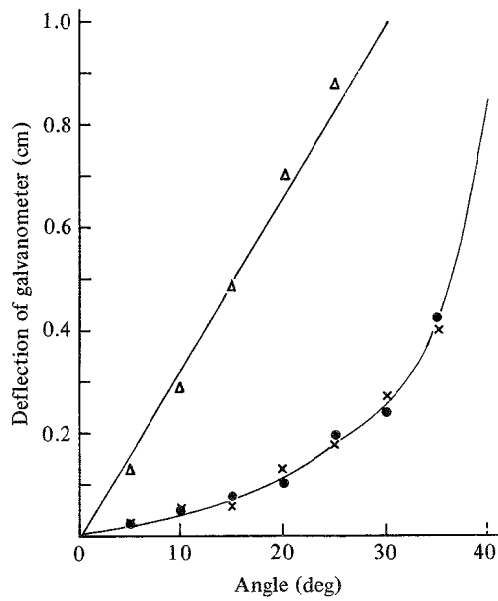


Fig. 2. An example of the calibration of the horizontal and vertical angle of the setting oar on rowlock.

Note The horizontal angle of an oar is put as positive in case of the oar placed fore part from abeam.

- △: Vertical angle
- : Horizontal angle (+)
- ×: " (-)

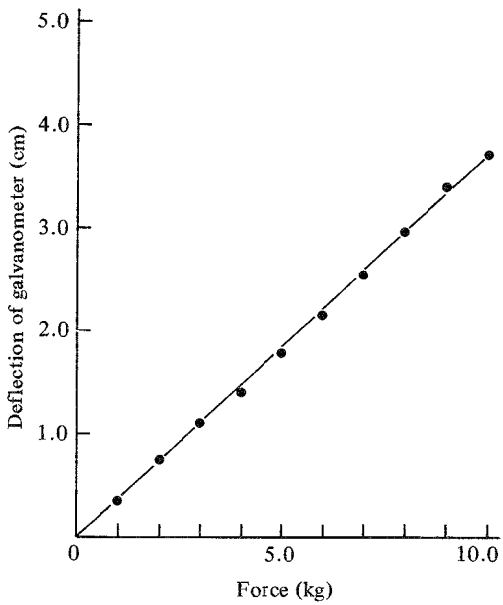


Fig. 3. An example of the calibration of the forces acting on oar.

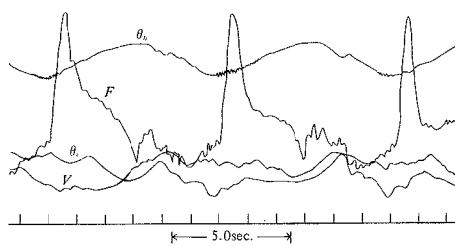


Fig. 4. An example of records.

- Note  $\theta_h$ : Horizontal angle
- $\theta_v$ : Vertical angle
- $F$ : Force acting on oar
- $V$ : Boat's speed

ばよい。オールを計測するための較正值曲線の一例を第3図に示す。

今回の実験で力、角度、流速等の計測に前述のようにストレインゲージを使用した。この方法で特に重要なことは較正值である。したがって実験開始の直前および終了時に慎重に、それぞれの較正值を求め、オッシログラフの数値読取りに当ってこれを使用した。計測値はすべてオッシログラフに記録したがその一例を第4図に示す。なお水平角はオールを艇首尾線と90°に出しているときを零とし、オール先端がそれより艇首側に振られた場合を+とした。また垂直角は俯角のみを測定した。計測は実験6を除きいずれもその状態をしばらく続け、速力がほぼ定常になってから実施した。

なお実験の種類は、個人差の問題、プーリングの速さ、艇速、旋回中等を考慮して第1表のように種類分けをして実施した。

Table 1. Classification of the experiments.

Exp. No.	Pulling methods
1	Pulling with common pitch, blade depth and using 12 oars under straight line course without special assigned
2	Pulling pitch decreased from the Exp. No. 1
3	Blade depth decreased from the Exp. No. 1
4	Assigned to pull paying attention to keep the blade depth exactly
5	Blade depth increased from the Exp. No. 1
6	Pulling by the method of start dash from boat's speed at a stop till about 2.0m/sec under going straight course
7	Pulling continued from Exp. No. 6 with nealy constant speed at 2.0m/sec under going straight course
8	Simultaneously with the port side turning, port side all the oars were layed out and pulling by the other side all the oars only under turning
9	Simultaneously with the port side turning, the oars of thwart Nos. 2, and 4 were layed out and pulling by other 10 oars under turning
10	The oars of thwart Nos. 6 and 8 were layed out in stead of thwart Nos. 2 and 4 in Exp. No. 9
11	The oars of thwart Nos. 10 and 12 were layed out in stead of thwart Nos. 2 and 4 in Exp. No. 9

### 3. オールにかかる力の解析方法

水中で動いているオールのブレードにかかる流体力の合力およびその作用点を直接計測することは困難である。この実験の初期には合力と作用点を求めるために2枚のストレインゲージ法を用いたが、作用点の位置に不安定な結果を得たのでこの方法を改め、次の方法によった。すなわちオールの全長に比べてブレードの部分が短かく、通常のプーリングではオールの垂直角がほぼ一定していることを考慮して、便宜的に流体力の作用点はブレードの先端から50cm内側にあり固定している、と仮定した。プーリング中はオールがローロックに当る部分が支点になるが、較正值を求めるときはオールの同じ場所に支点を設けた。オールの各部の仕様は第5図に示す。

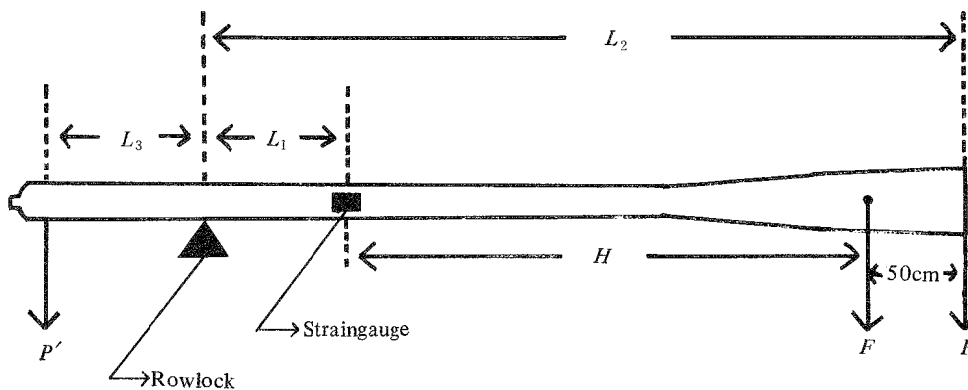


Fig. 5. Outline of an oar.

Note  $L_1$ : 49(cm)  $L_2$ : 321(cm)  $L_3$ : 80(cm)  $H$ : 222(cm)

いまオールの先端でブレードに直角方向に力  $P$  (kg) を加えると、ストレインゲージに歪を生じ、オッシログラフの上では輝点が  $a$  (cm) 振れる。その振れの量がゲージと力の作用点までの距離  $L_2 - L_1$  (cm) に比例するものとする。すなわち  $\alpha$  を比例定数とすれば、

$$a \text{ (cm)} = \alpha P (L_2 - L_1)$$

$$\therefore \alpha = \frac{a}{P (L_2 - L_1)} \left( \frac{1}{\text{kg}} \right)$$

次に仮定した作用点に力  $F$  (kg) が作用したとすると、オッシログラフの振れ  $A$  (cm) は

$$A \text{ (cm)} = \alpha F H$$

$$\therefore F = \frac{A}{\alpha H} \text{ (kg)}$$

但し、 $H$  = ゲージから作用点までの距離 (cm)

ゆえにキャリブレーションにより  $\alpha$  を求めておけば、実験中のオッシログラフの振れ  $A$  (cm) を読み取ることにより合力の大きさ  $F$  (kg) を推定することができる。また艇員がオールを引く力  $P'$  (kg) は

$$P' = \frac{F (L_1 + H)}{L_3} \text{ (kg)}$$

にて推定することができる。

## 4. 結 果

### 4・1 通常プーリング中のオール動きとそれに加わる力 (実験No. 1, 2)

#### 4・1・1 オールに加わる力

カッターのプーリング中の速力あるいは艇員の疲労は、オールの動かし方すなわちピッチおよびストロークに大きく関係している。ここでは艇員が割合無理なく長時間プーリングのできるピッチすなわち1分間に約20回の速さで漕いでいる場合をプーリングの標準状態と考え、この状態で漕いでいる場合および標準状態からピッチを約12%少なくした、いわゆるゆっくり漕いでいる場合について検討を加える<sup>1)</sup>。もちろん個人差も当然考えられるので艇員12名中8名について計測を実施した。プーリング中にオールのハンドル部分に加えた力、ブレードに加わった力、オールの水平、垂直角と艇速の関係およびその変化のようすを検討してみると、艇員の個人差によって変化のようすは極く僅かの差がみられるが大体2つの型に分けることができる。その1つの型の代表例を第6図1～1'(以後A型と呼ぶ)に、他の型の代表例を第6図2～2'(以後B型と呼ぶ)に示し、その平均的な変化を第6図3～3'に示す。

すなわちA型のプーリング方法は、オールには瞬間に(約66kg)(本人の体重の約1倍)と非常に大きい力をかけるが、その加えている時間は極めて短い。オールを引ききり、再び前に突き出すときも反動的急激に返すために、オールにかかる負の力も大きい。

一方B型ではオールを引くときにかかる力は(52.3kg)(本人の体重の約0.83倍)と割合小さいが、それを加えている時間が長く、オールを前に返すときも無理なく返しているため、オールにかかる負の力も極めて小さい。ブレードにかかる力がすべて有効に推力として作用するわけではないが、概略的にみて、この力は大きくしかも長い時間作用した方が有効とみられる。この考えからブレードに作用する力の曲線の座標軸上の面積を求めてみると、A型では平均8.25kg・sec、平均速力2.11m/sec B型では平均14.78kg・sec、平均速力2.15m/secとなっている。しかもプーリングのピッチはA型では20.34回/分B型では20.0回/分であった。このようなことから長時間のプーリングを考えれば疲労、速力の点からA型よりB型が好ましく、艇員がオールに加える力の瞬間的な大きさに着目するより、ブレードにかかる力の曲線が囲む面積の増加に注目するのが合理的と考えられる。

オールにかかる力は代表的に二つの型に分けられるが、力をかける時機等について今回の計測例を平均すると第6図3～3'のようになる。艇員がオールのハンドル部分にかかる力の最大値の平均は59.11kgで、このときブレード面に直角に作用した力の最大値の平均は17.43kgであった。したがって艇員がハンドル部分にかかる力の約29.5%しかブレードには力が伝わらないことになる。またオールを突き出しの状態から、漕ぎ始めて引き終るまでの平均時間は1.59秒で、これはオールの1周期の約53%の時間が水をかくことに使われていることになる。またこの時のオールのブレードの部分における平均周速度は1.65m/secであった。

プーリング中の1周期において瞬間的な最大の力をかける時機は、水平角(+)2.84°の所であり、これはオールが船首尾線と直角になる位置より、やや船首側で現われている。プーリング中艇員にピッチを指定することは難しいが、少しピッチを落して漕がせた状態すなわち結果的に標準状態より約12%少ないピッチで漕がせた場合の計測例を第6図4～4'に示す。

この図から明らかなように、全体的な傾向は変わらないが、オールのハンドル部分にかかる力の最大値の平均は約41.50kg、ブレードの面にかかる力の最大値の平均は約15.45kgとなり、これらの力は標準状態より小さくなっている。しかし無理なく漕げるのでブレード面にかかる力の変化曲線の囲む面積は約9.6kg・secとなり、プーリングの型としてはA型からB型に移行する傾向がみられる。

#### 4・1・2 オールの動き

カッターにおけるオールの動き、すなわちその水平角、垂直角の変化のようすは、艇の指揮者によって調整されているわけであるが、艇員の個人差についてみれば若干の差がみられる。

垂直角はブレードの水中部分の面積の大小を支配し、カッターの軽荷排水量の状態で設計上は約8度でブレードの先端が水面に接し、約17度でブレード部分は全没する。プーリング中のブレード先端のカッターに対する相対的な動きは第6図1'~4'の垂直角、水平角の変化から明らかなように単純な運動ではない。艇員がオールを後に引ききり、続いて前に最大水平角まで突き出した直後に垂直角は最大値を示し、その後垂直角で1~2度の変動をしながら引ききり、次の運動にはいつている。垂直角の最大値は11°~12°でありこの角度ではブレード面積の約43%が水中に漬かり、ブレード先端の中央部の深さは水面から約22cmの所である。垂直角の最大値には個人差の影響は明らかではないが、A型のプーリングの場合にはブレードが水中深く漬っている時間が長い。

オールの水平角の変動はもちろんプーリングのストロークを支配する重要な要素である。今回の計測例では第6図3'より明らかなように、艇員がオールを引ききったときの水平角の平均は約35°(設計上も35°)であるが、オールを突き出したときの水平角の平均は約20°(設計上では35°)となっており、オールの突き出し量が明らかに不足していること示している。このことは、経験的にとられている方法であるが、オールを完全に突き出すということがプーリング訓練の一つの目標であろう。また個人的な特徴はあまり見られないが、水平角の変化のようすは第6図1'~2'に見られるように、オールを突き出してから引きになるときに急激な変化をするが、引きから突き出しになるときはゆるやかな動きをしている。

プーリングのピッチを落してもオールの動きには目立つような変化は見られなかった。

#### 4・1・3 カッターの速力

カッターの速力は第6図1~4に示されるように、プーリングのピッチおよびストロークによって時間的に見れば周期的に変動している。

ここで用いた速力検出装置では、装置そのものの時定数が考えられるが、これは微小なものとして省略する。

今回の計測例では標準状態でプーリング中の平均速力は2.15m/secであったが、周期的に増減し、速力曲線の山または谷の値は、平均速力±7~9%であった。

速力曲線の山が現われる時期は、オールのブレードを水中に漬けて漕ぎ始めて1.35秒、ブレードに最大の力が作用した時から0.95秒遅れて現われ、この状態はブレードが水中から空中に出る直前である。その後は抵抗によって速力は減少し、再び推力を得て速力曲線の山が現われる。

プーリングのピッチを落してもカッターの速力変化のようすは標準状態の場合とほぼ同じで今回の測定例では平均速力1.90m/secで速力曲線の山または谷は平均速力±8%であった。

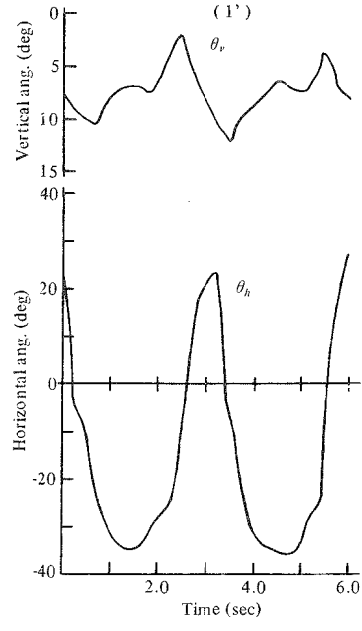
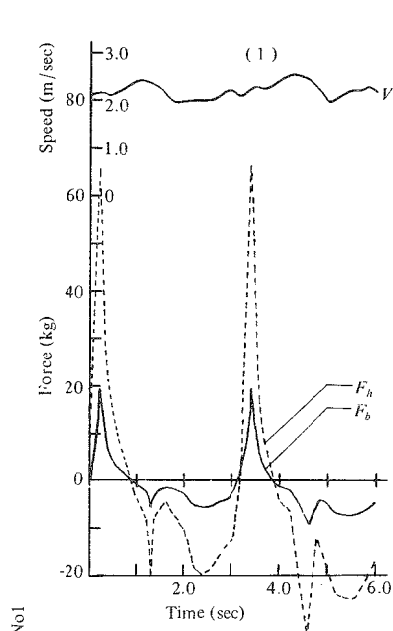
#### 4・2 オールの垂直角の影響(実験No.3, 4, 5, )

カッターのプーリングの場合、ブレードの水没面積はオールの動きおよびピッチと同様に艇の指揮者によってほぼ調整されているが、個人差も有りしかも海面の状態によっても大きく変化する。ブレードの水没面積が艇の速力および艇員の疲労と関係していることはいうまでもない。

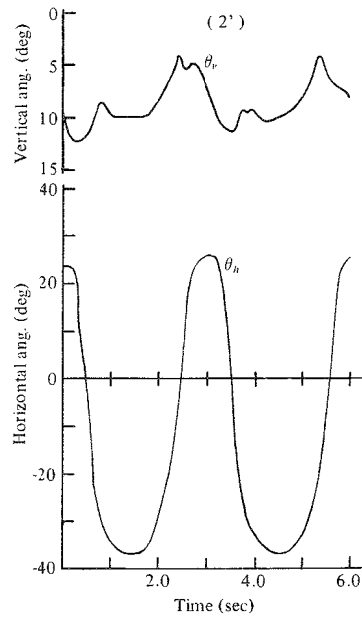
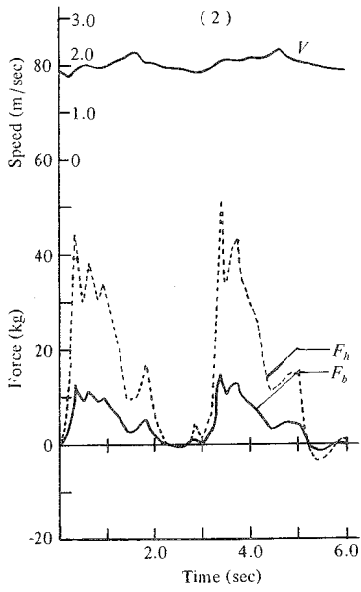
今回の実験では、通常のプーリング中にブレードの水没面積を、浅い状態(実験3)、普通の状態(実験4)、深い状態(実験5)の3状態で漕がせて計測した。計測例を第7図1~3'に示す。

その結果、オールのブレードの浅い状態から深い状態までの最大垂直角度の差は3.5°で、これに対応するオールのハンドル先の上下動は、僅か5.0cmにしかすぎない。しかしブレードの水没面積を見てみると、実験3はブレードの全面積の約23%、実験4は約43%、実験5は約70%、と実験3から実験5までには約47%の増加が見られる。これはプーリングする際、艇員の僅かなハンドルの上下動が、ブレードの水没面積に大きく影響していることが示されている。

プーリング中のオールのブレードの水没面積が変化するとき、ブレードに直角に作用する力の曲線の座標軸上の面積、および平均速力は、実験3では4.73kg. sec, 1.80m/sec, 実験4は8.34kg. sec, 2.04m/sec, 実験5は10.00kg. sec, 2.13m/sec, となりブレードの水没面積が増加するにつれ座標軸上の面積、



Exp. No 1





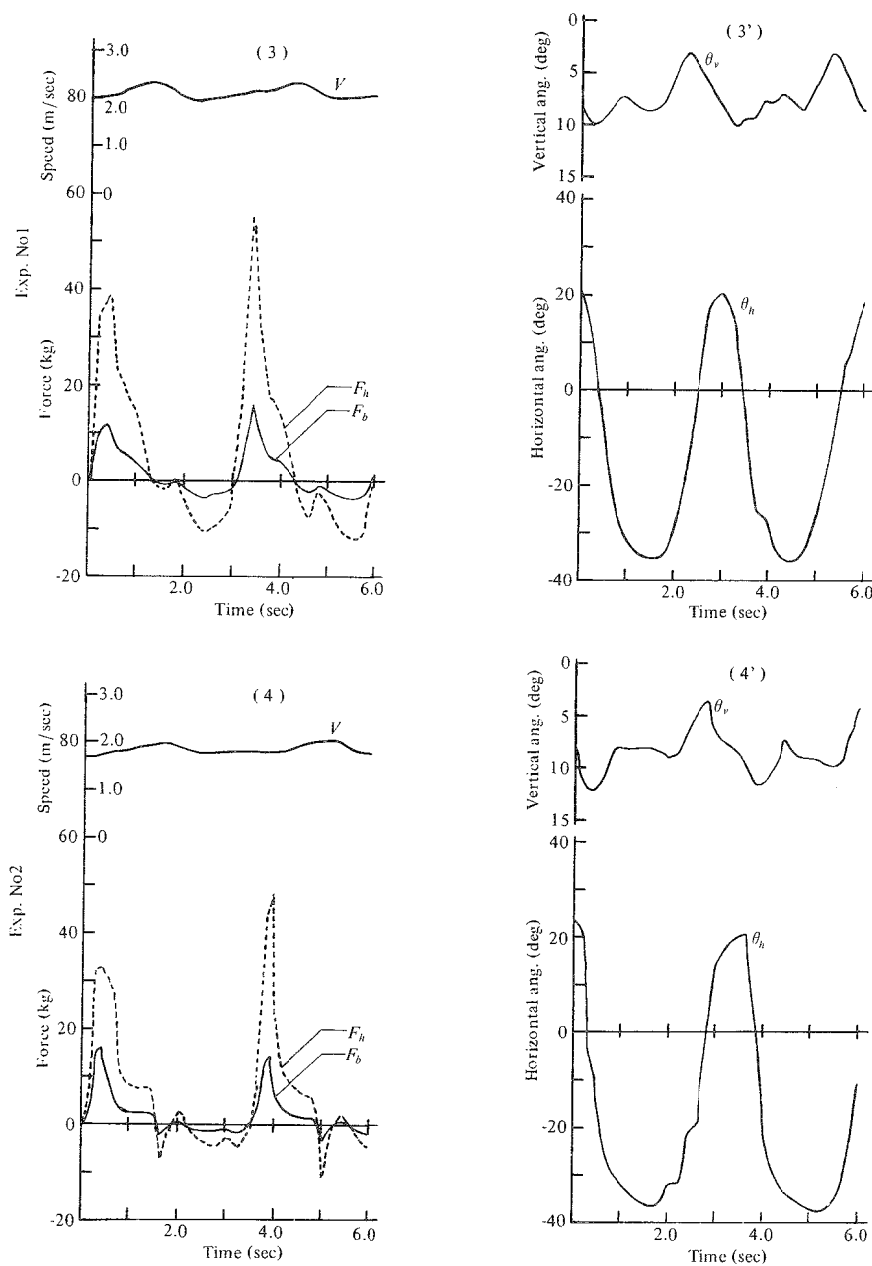


Fig. 6. Variation the forces acting on an oar, angle and boat's speed under carrying on Exp. No.1 and No.2.

Note Fig. 6-1, 1' : Showed type A at pulling

〃-2, 2' : Showed type B at pulling

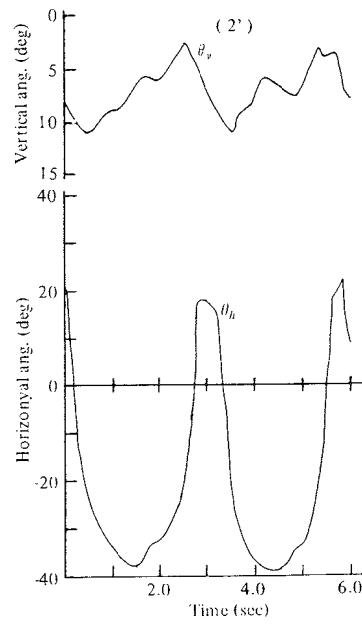
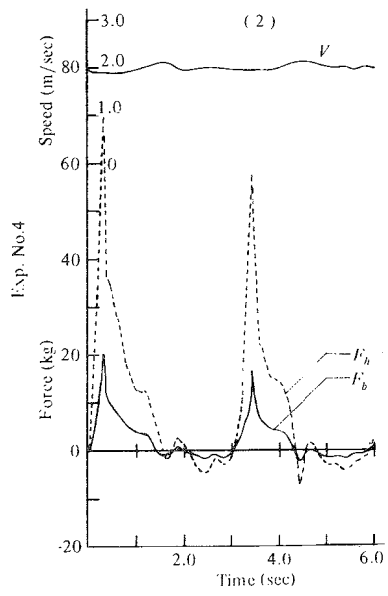
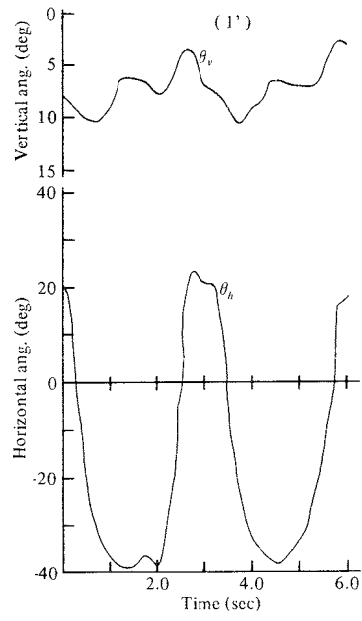
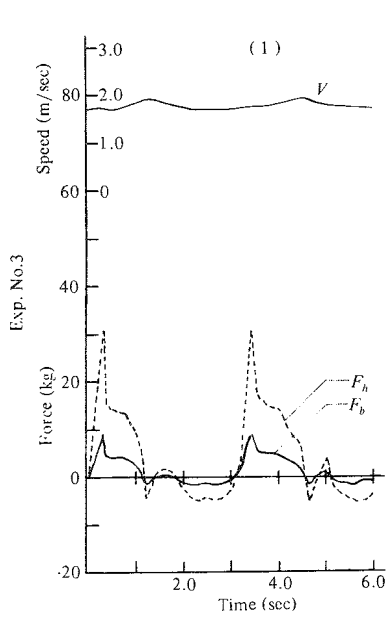
〃-3, 3' : Mean values on the Exp. No.1

〃-4, 4' : Typical example on the Exp. No.2

$F_h$  : Force acting on the handle part of an oar

$F_b$  : Force acting on the blade part of an oar

And other symbols are the same in Fig. 4.



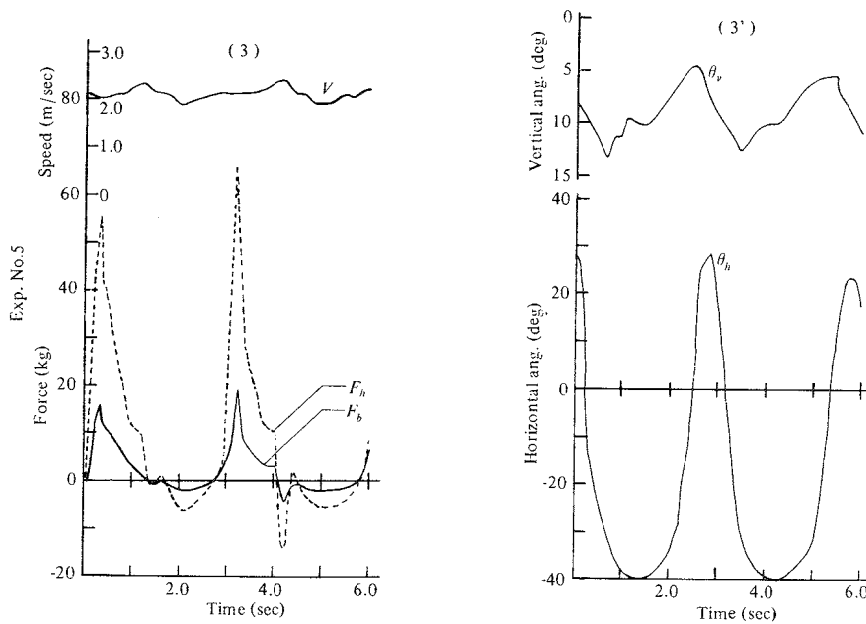


Fig. 7. Variation the forces acting on an oar, angle and boat's speed under carrying on Exp. No.3, 4 and No.5. Symbols are the same in Fig. 6.

および平均速力も増加している。また速力曲線の変動は、実験3は平均速力 $\pm 5\%$ 、実験4は平均速力 $\pm 6\sim 7\%$ 、実験5は平均速力 $\pm 12\%$ 、と速力曲線の変動も、ブレードの水没面積の増加に伴い大きくなっている。

第7図1'~3'に見られるように、水平角の形状はブレードの水没面積の差による変化があまり認められない。しかし、(+)側すなわちオール突き出しの状態では、実験5の方が実験3よりも約 $6^\circ$ 大きかった。これはオールのブレードを水中深く漕ごうと意識する結果、身振りも大きくなり、結局オールの突き出しも大きくなったものと思われる。(一)側すなわちオールの引ききりの状態では、平均約 $35^\circ$ で他の実験と同様である。

このように通常のプーリングで同じピッチの場合、ブレードの水没面積が多い方が、カッターの速力に明らかに有利であるが、実験4のようにブレードの水没面積が普通の状態では、オールの垂直角は約 $11^\circ$ 、ブレードの水没面積は約43%という結果に終わっている。ブレードの水没面積が艇員のハンドルの僅かな上下動に左右されるだけに、なんらかの原因が考えられるわけである。しかし今回の実験では解明することができなかった。

#### 4・3 スタートダッシュ中のオールの動きとそれに加わる力 (実験No. 6, 7)

##### 4・3・1 オールに加わる力

4・2までは通常の、およびこれに類するプーリングについて検討を加えてきたが、ここではプーリング中に考えられる最大の力を、オールに加えた状態について実験検討した。カッターレースで行なわれているスタートダッシュ法では、オールに最大の力が加えられていると考えられるので、レースの要領でスタートさせ、艇の停止状態から速力がほぼ一定となるまで(実験6)と艇の速力がほぼ一定となった状態(実験7)の2状態を計測した。その計測例を第8図1~2'に示す。

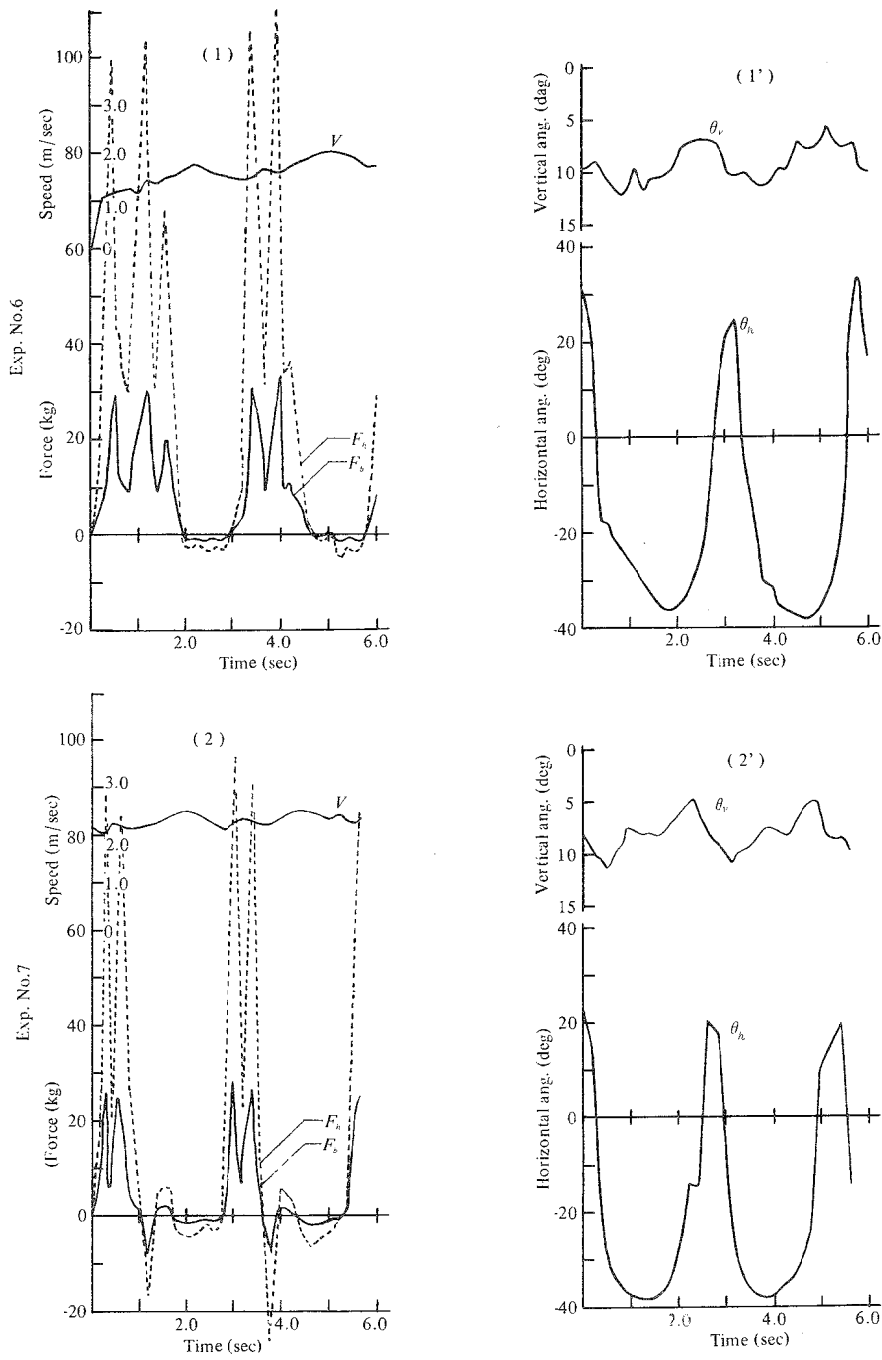


Fig. 8. Typical examples of variation the forces acting on an oar, angle and boat's speed under carrying on Exp. No.6 and No.7. Symbols are the same in Fig. 6.

これを検討してみると、前述したB型と実験6、A型と実験7の類似を認めることができる。

すなわち実験6は、オールに力を加わえている時間が長く、オールを前に返すときも無理なく返しているために、オールにかかる負の力も小さい—B型。一方実験7ではオールに力を加えている時間は短かく、オールを前に突き出すときは反動的急激に返すために、オールにかかる負の力が大きい—A型。本実験では交代なしで1人の艇員にプーリングさせたものであるのもので、個人差は考えられず、この艇員の漕ぎ方は、艇の速力が増し一定してくるにつれてB型からA型に徐々に変化しているものと考えられる。

オールに加わる力は、実験6では最高112.00kgにもなり体重の1.6倍、B型の約2倍となっている。実験7ではオールに加わる力は、最高97.00kgで体重の1.4倍、A型の1.5倍となっておりカッターレースのスタートの際に、ときにオールを折ることがあるのもうなずける。

実験6、実験7ともに通常のプーリングその他の実験の場合と異なり、オールに加わる力およびブレードに加わる力の曲線に顕著な力の山が2個から3個現われ、2番目3番目の力の山は水平角(一)30°~32°付近において最高を示している。これはオールの返しにはいる準備として、オールにすがって体を起こそうとする際に、通常のプーリングの場合よりも急激に、オールに体重をかけて起きたものと思われる。

実験6ではブレードに加わる力の座標軸上の面積は、平均28.18 kg・secでB型の座標軸上の面積の約2倍となり、実験7では平均13.03 kg・secでA型の約1.6倍となっている。しかしカッターの速力は実験7の場合、A型よりも1.13倍しか増加しない。

#### 4・3・2 オールの動き

オールの垂直角は、実験6では最高13°で、ブレードの約70%が水没していて、実験5とほぼ同じであるが、その水中での動きは不規則で連続性がない。オールの引ききりから突き出しの状態に移動するときの垂直角も大きく、オールは水面に近いところを移動している。一方実験7では、オールの垂直角最高11.5°でブレードの約43%が水没し実験4とほぼ同じである。またブレードの水中での動きも、通常のプーリングその他の実験に類似していて、規則的連続的である。

実験6、7いずれもオールを引ききったときの水平角の平均は約35°で他の実験と同じであり形状も変りはない。しかしオールを突き出したときは、実験6では約30°を示し、今回の実験では最大であった。また突き出しの形状は他の実験の形状と比較して鋭い形となっている。これはオールを突き出し、漕ぎの状態に移る場合に、他の実験よりも、短い時間で瞬間的に移行していることを示している。

#### 4・3・2 カッターの速力

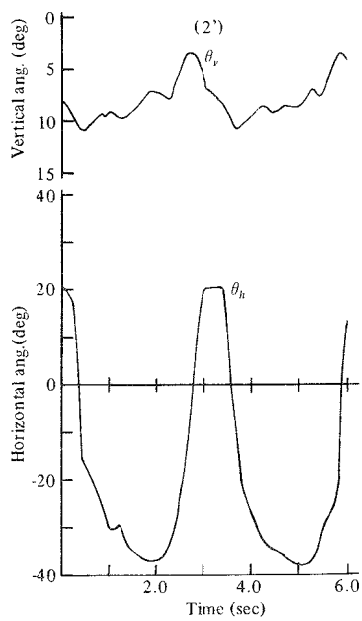
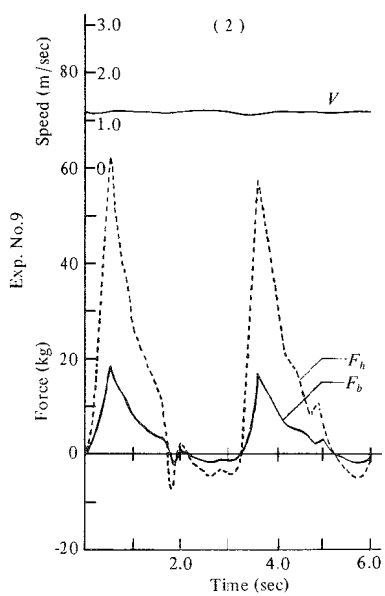
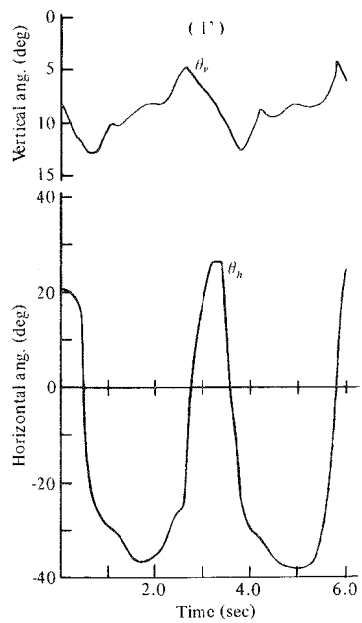
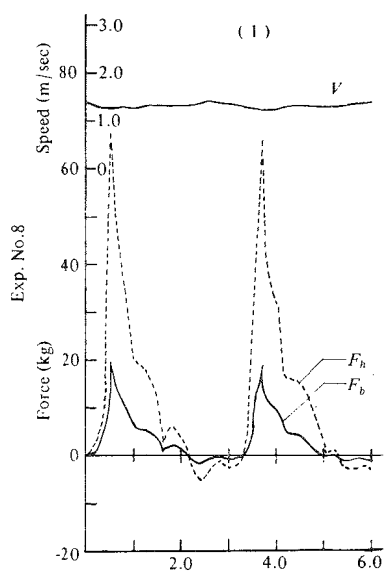
カッターの速力は、第8図1~2'で見られるように、停止状態から、速力1.0m/secまでの所要時間は0.2秒で急激に上昇し、 $v(\text{m/sec})=5.0t$  ( $t$ =所要時間:秒),で表わされるが、その後の速力の上昇率は緩やかになり速力2.40m/secまでは、 $v \text{ m/sec}=0.17t$ で表わされる。またスタートダッシュ漕法の最高速力2.40m/secまで、約8.3秒を必要とし、ダッシュのストロークは艇の速力がほぼ一定するまでには、最低3回は必要である。

#### 4・4 旋回の影響 (実験No. 8, 9, 10, 11, 12)

今まではカッターが、プーリングによって、まっすぐ航走している場合のオールについて検討を試みたが、ここではカッターがプーリング中、旋回にはいったときのオールに加わる力について検討してみた。

現在おこなわれているカッターレースでは、左回頭が義務づけられているが、回頭方法は規定されていない。そのために今回の実験も左旋回とし、実験8~11のように各場合にわけ、回頭の号令と同時に舵を45°左偏し、指定のオールを上げさせ旋回の終期に計測した。その計測例を第9図1~4'に示す。また旋回前の直航の計測の平均を第10図1~1'に示す。

旋回中のオールのブレードに加わる力の曲線の型は、前述のB型に近いが、その座標軸上の面積は、実験8~11の平均11.49 kg・sec、第10図1に見られる旋回前の直進の平均は18.52 kg・sec、と旋回によりブレードに加わる力は約35%も増加している。実験8では左舷のオールをすべて上げたために旋回中は、6本



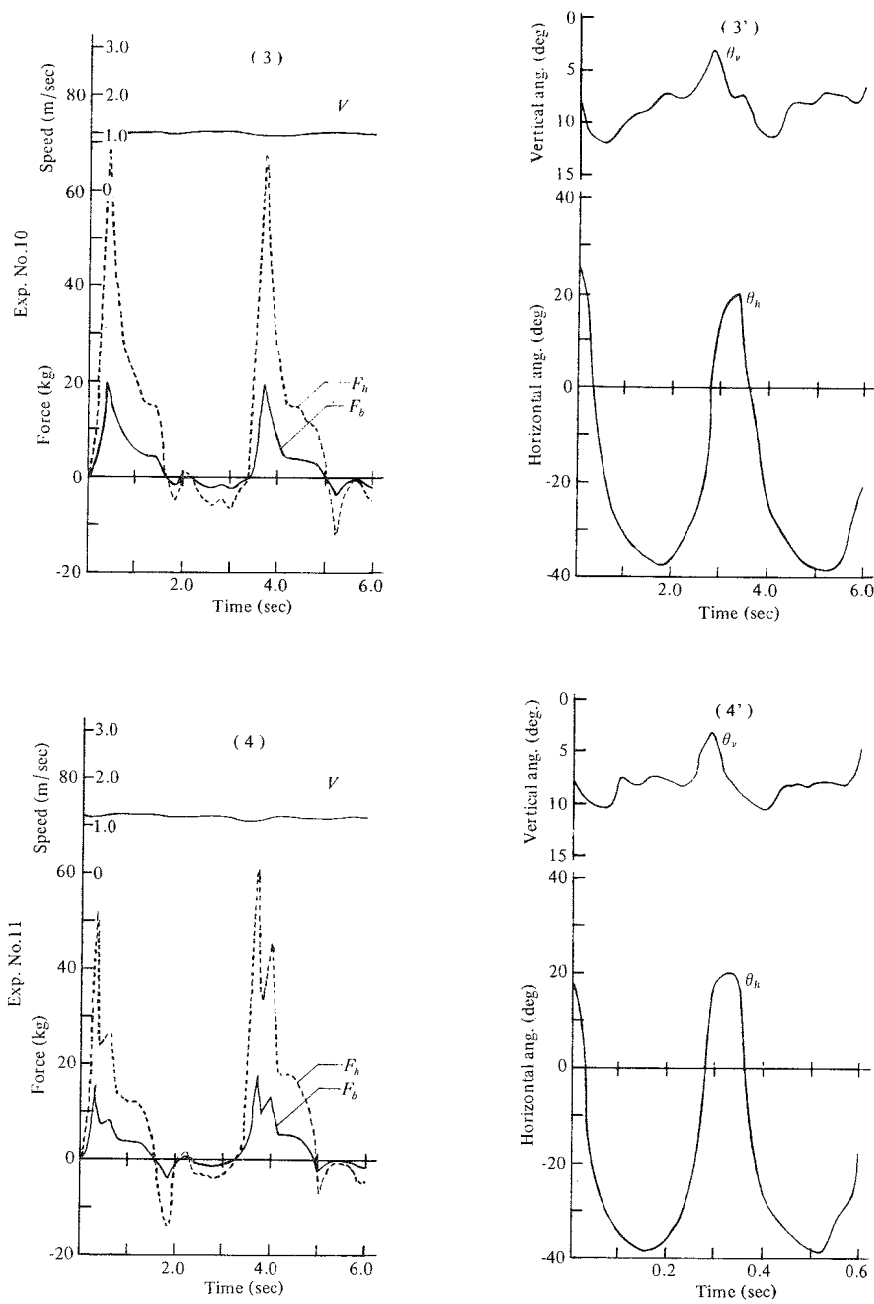


Fig. 9. Typical examples of variation the forces acting on an oar, angle and boat's speed under carrying on Exp. Nos.8, 9, 10 and No.11. Symbols are the same in Fig. 6.

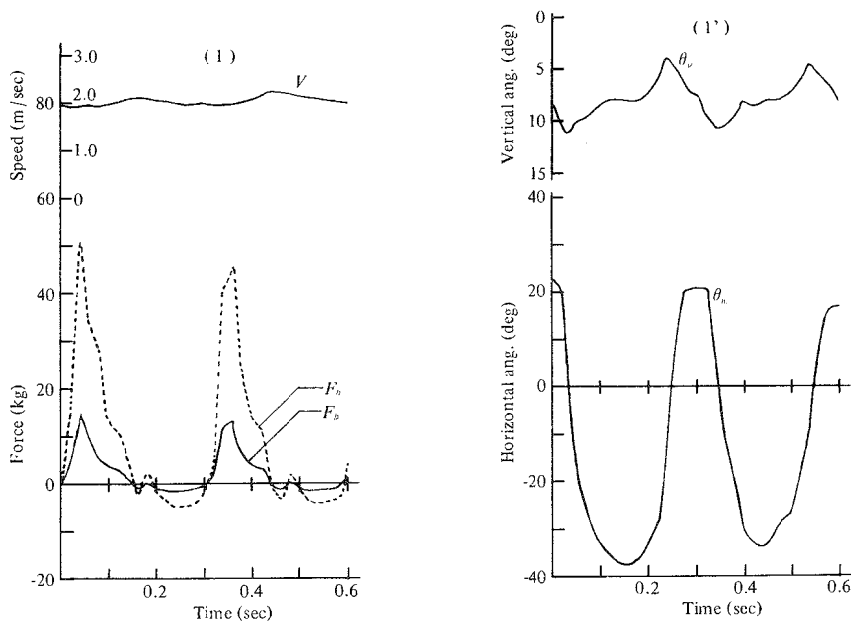


Fig. 10. Variation the forces acting on an oar, angle and boat's speed under going straight line course just before turning. Symbols are the same in Fig. 6.

のオールでプーリングしているが、実験 9、10、11、ではオール 2 本を上げ、残り 10 本でプーリングし旋回している。しかし第 9 図 1～4'に見られるように、その差は顕著に認められなかった。

ブレードにかかる力の曲線の座標軸上の面積では、実験 8～10 の平均が 12.65 kg·sec で実験 11 は平均 7.99 kg·sec となり、最後部のオールである、スワート No. 10、12 のオールを上げたほうが、その他の場合の約 63% の力で旋回できることが認められる。

オールの水平角、垂直角の直進中と旋回中を比較しても大きな変化はなく、水平角は (+) 側が平均約 20°、(-) 側が平均約 35° と、ここでもオールの突き出しが足りないことが示されている。また垂直角の最大の平均は約 11° で実験 4 とほぼ同じである。

カッターの速力は旋回前の直進中の平均速力が 2.04 m/sec であったものが旋回中の計測では平均 1.24 m/sec と約 38% も遅くなり、速力曲線の山または谷の値は、直進中が、平均速力 ± 8～10% で周期的に増減していたものが、旋回中は、平均速力 ± 4～5% とほとんど周期的な増減がない状態となった。

#### 4・5 プーリングの推進効率

一般の船舶では機関で発生した馬力がどの程度の損失で最終的な有効馬力になるか、ということは極めて重要な問題である。ここではプーリング中のカッターについてこの問題を考えてみる。

艇員がオールのハンドルの部分に  $F_h$  (kg) の力をかけてオールを引くと、ブレードの部分にはブレード面に直角に流体から  $F_b$  (kg) の力を受ける。この  $F_b$  の力を受けて流体を加速するが、オールのブレードは 1 サイクルの間、水面に対し常に直角でなく、しかもブレードの部分はローロックを中心にして円弧状に動くので流体の加速方向は、常に艇首尾線に一致していない。したがって、ハンドル部分に艇員が  $F_h$  の力をかけても、その一部が実際に有効な推力として作用し、カッターを前進させているにしかすぎない。艇員がオールのハンドル部分に力をかけて引くために発生している馬力と、その速力における有効馬力の比をカッターのプーリングの推進効率とすると、この効率はある程度推定することができる。



前報<sup>2)</sup>から、カッターの任意の速力  $v$  (m/sec) で航走しているときの全抵抗  $R$  (kg) は推定できるので、そのときの有効馬力 E. H. P. は、 $E. H. P. = \frac{Rv}{75}$  で求められる。

プーリングの周期を  $T$  (sec) とすると、艇員が実際に前進のためにする仕事は、オールの手柄部分を引いている間だけで、その時間は近似的に  $T/2$  とする。手柄部分にかかる力  $F_h$  のようすは第6図～第10図から明らかのようにピークをもって  $\Delta t$  時間だけ作用している。この  $F_h$  が囲む面積を  $A_h$  (kg·sec) とすると、時間平均的に作用する力は  $A_h / \frac{T}{2}$  となる。またそのときのオールの手柄部分の移動速力を  $v_h$

(m/sec) とする。これらの値を用いて艇員が発生している時間平均的馬力 H. H. P. は、 $H. H. P. = \frac{\frac{A_h}{T} \times v_h}{75}$  となる。ここで計測例の力が、艇員の平均的な力と仮定すると、全艇員が発生している馬力 H. H. P. が求まり、結局プーリング中の推進効率  $\eta$  は次式にて推定することができる。

$$\eta = E. H. P. / H. H. P. = Rv / \frac{A_h}{T} \cdot v_h \times 12 = Rv / \frac{24A_h \cdot v_h}{T}$$

この考えのもとに、前述の標準状態としたプーリング中の計測例から  $\eta$  を計算してみると  $\eta = 0.180 \sim 0.281$  で平均  $\eta = 0.2186$  となった。

この値は、もちろん艇員の個人差やプーリングの時間等影響する要因は極めて多く、機械的に推定できる一般船舶の値と単純に比較はできないが、プロペラ方式の一般船舶では  $\eta = 0.5 \sim 0.6$  の値<sup>3)</sup> に対しこの計測例

Table 2. The relation between the effective total thrust for an instant, obtained from the impulse way, and the total resistance.

Exp. No. 1.	$v$	$F$	$R$	$F/R$
Individual a	2.30	193.81	23.70	8.18
b	2.23	164.97	22.30	7.40
c	2.05	116.74	18.80	6.21
d	2.17	117.24	21.20	5.53
e	2.08	99.39	19.50	5.10
f	2.15	220.18	20.70	10.64
g	2.10	117.77	19.60	6.01
h	2.15	125.77	20.70	6.08
Mean	2.15	144.48	20.81	6.94

Note  $v$  : Boat's speed (m/sec)  
 $F$  : Total thrust (kg)  
 $R$  : Total resistance (kg)

における効率は低い。プーリング中のこのような効率の、より普遍的な値を求めるためには、同時計測を増加させる必要がある。

カッターでは前述のとおり、プーリングの1サイクル中で極く短時間 $\Delta t(\text{sec})$ だけ推力 $F(\text{kg})$ を出し、その結果、速力が $\Delta v(\text{m/sec})$ だけ変動をしている。ここに力積の考えを入れて12名の艇員が発生した合計の推力 $F$ は次式で推定できる。

$$F = \frac{mW}{g} \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} + R$$

但し、 $m$ =見掛質量係数、 $W$ =カッターの排水量(kg)、 $g=9.80\text{m/sec}^2$ 、 $R$ =平均速力で航走している時の全抵抗(kg)である。

今回の実験のうち実験 No. 1の各個人についてこの方法で、瞬間的に発生している合計推力 $F$ を求めると第2表のようになる。

この合計推力 $F(\text{kg})$ とカッターが任意の速力 $v(\text{m/sec})$ で航走している時の全抵抗 $R(\text{kg})$ との比 $F/R$ は合計推力 $F$ が抵抗 $R$ の何倍必要か、ということを示すことになり、今回の実験の場合標準のプーリングでは平均2.15m/secの速力をだすために、全抵抗 $R$ の、平均6.94倍の合計推力 $F$ が必要であった。

## 5. 結 論

カッターのプーリング中におけるオール動きとそれに加わる力、およびカッターの速力について、若干の仮定のもとに考察したところを要約すると、次のようである。

(1) 通常のプーリングの場合、オールに加わる力の個人差は、第6図のA型、B型のように2つの型に大別することができる。

(2) プーリング中のオールのブレードの水没面積の増加にしたがって、ブレードに作用する力、カッターの速力も増加する。

(3) スタートダッシュのプーリングでは、通常のプーリングの約2倍の力が、オールに加えられる。

(4) カッターの通常のプーリング中の推進効率は平均 $\eta=0.2186$ であった。

今回の報告では、ブレードに作用する力の作用点、カッターの旋回中の角速度等を計測することができず、また計測に使用したオールはスワート No. 7のオール1本だけであったので、今後はこれらを考慮に入れて実験する必要があると思われる。

## 文 献

- 1) 杉浦昭典, 1966: カッターとライフボート, 海文堂, 10~28.
- 2) 橋本市雄・貞包弘之・高島末夫, 1975: カッターの動特性に関する実験的研究 - I, 本報告, 24 (1).
- 3) 大串雅信, 1958: 理論船舶工学 (下巻), 海文堂, 161~164.