

手こぎ漁舟の研究—I

カヌーの一例について

柴田 恵司・真野 季弘・高山 久明

Studies on Rowing Boat for Fisheries—I

A canoe from Solomon Is.

Keishi SHIBATA, Suehiro MANO and Hisaaki TAKAYAMA

A canoe which was given at Turagi, British Solomon Is., was made by hand with a single wooden trunk showing a common profile around the tropical Pacific.

The canoe is 362cm in length, 46.2cm in breadth, 27.1cm in depth and 43kgms in dry weight. The metacentric height (GM) of it was given as 6.6cm after an inclining experiment in a fish pond and also the height of the gravity center for human body of 168cm tall weighting 70kgms in rowing aspect was assumed to be 25cm after a test as above.

A series of measurements was carried out on the hull body for drawing hull line. And after thickness measurements around the hull, it was found that the thickness was about 5cm above the keel and about 1 to 2cm at the top of the each side.

Some calculations and considerations based on the above measurements were made on the static stability of the canoe:

- i) The metacentric height would be largely affected even by minimal change of the rowing aspect of a paddle man.
- ii) The righting lever (GZ) would be greatly reduced when only a paddle-man of 70kgms is on board.

1975年11月、英領 Solomon 群島、Turagi において、現地で海上交通および漁業に用いられていた単殻構造の「カヌー」1隻を入手した。本艇は、太平洋熱帯域全般における「カヌー」の平均的な外形を持っており、古い沖縄のくり舟もこれとよく似ている。

購入後、学生らに試乗させた際、櫂走はおろか船体の安定を保つことすら困難であり、船体の復原性が極

めて悪いと想像された。そこで、本艇の静的復原性を数的に明らかにするため、船型計測および重心査定を実施し、静的復原力に関する考察を行ない、「カヌー」が不安定になるのは船体そのものの復原性より、むしろ排水量が小さいため漕ぎ手の体重、重心が復原力に大きく影響するためと考えた。

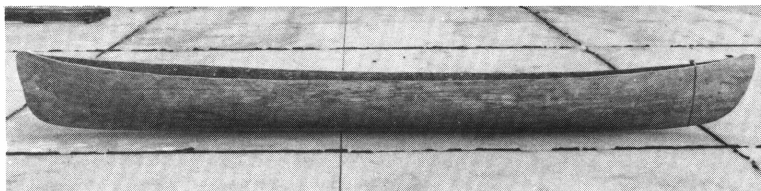


Fig. 1 Lateral view of the canoe from Turagi, Solomon Is.

資料および計測方法

本艇は白ラワン材と思われる木質の単殻構造であり、船殻に対する補強材は全く用いられていない。「カヌー」は一般に原木が立っていた付近で建造され、完成後最寄りの海岸まで搬出する由である。従って船殻重量はこの作業上の制約を受けるらしく、三人乗り以上の大型艇は Honiara および Turagi 付近では全く見られなかった*。

また、建造には簡単な工具が使用されるが焚火によって原木を炭化させ、工作を容易にする方法が特に内部の工作において採られている由である。

本艇の場合、原木の芯に当たる部分は船首尾高さのほぼ中央よりやや下を通るように配置されており、この部分を中心にそれぞれ内側に達するほぼ水平な亀裂を生じていた。またこの亀裂は「パンヤ」綿を打込んだ上、天然樹脂と「おがくず」を練り合わせた材料で補修してある。

Fig. 1 に正横より見た形を示すが、船体中央に関して船首尾方向にはほぼ対称的に作られているが、両端において龍骨相当部に連続する部分の曲率半径が大きい方を船首とした。

○船殻の厚さの計測

腕の長さ約50cmの特製パスを用いて、船殻11ヶ所の部分について5cmの水線毎に厚みの計測を行なった。なお、本計測にあたり、船体外側の曲線に関する法線方向における内外側の間隔を厚さとした。厚さは船体の両端または龍骨部から遠ざかる程薄くなる傾向を示すが、部位によって相対する部分間においても可成りのバラツキが見られた。なお、船殻において最も厚い部分は船首尾の船底に近い部分で5~4.6cm、最も薄い部分は船体中央における舷端で約1.0cmである。そこでこの厚さの分布傾向を検討するため、測定部位および水線毎の平均を求め Fig. 2 に示した。この図において縦軸は厚さ、横軸は各測定点番号(図中の*印)と水線の高さ(X印)を示す。図中の*印およびX印はそれぞれ各測定点毎および水線毎の平均厚さで、これを中心とした縦の線は左右舷別の数値を結んでいる。また水線毎の平均において、2cmの点は龍骨上方の船底厚さ、30cmに相当する部分は両舷端における厚さである。この図によれば、船殻の厚さは、龍骨から舷端

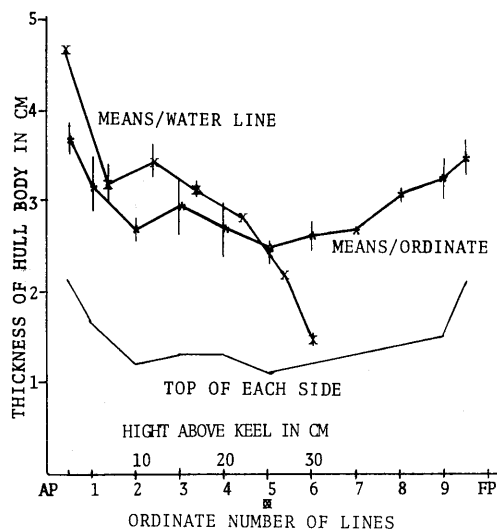


Fig. 2 Distribution of mean thickness of hull body. Short vertical lines show the mean differences between port and starboard sides.

に近づくに従って減少し、船体中央から船尾または船首へ近づくに従って増加する傾向を示している。舷端厚さも同様である。また船殻の厚さは4.4~1.1cmの範囲にあり、平均値において右舷2,565cm、左舷2,749cm、全体の平均で2,657cmを示し、両舷ともほぼ等しい値を示した。

○船型の計測

十分に水準を保った実験台上に、「カヌー」を置き、船体中央において両舷の上縁を結ぶ線が水平になるように固定し、龍骨相当部下端を基線として、基線上5cm毎の水線面および舷の上縁における船殻寸法を両側に設けた測定用基準線から船殻外面までの水平距離を、 L_{pp} の $\frac{1}{10}$ 分割点および船首尾の $\frac{1}{4}$ と $\frac{1}{2}$ 点において、それぞれ計測して求めた。またそのほか、各点における龍骨および船殻上縁の基線上の高さも計測した。次いで糸ハンダを使用して前述の15測定点毎の断面輪郭をとり、計測値による現寸横断面線図の校正を行なって Fig. 3~5の線図を作製した。これらの図における、AP, FPは、それぞれ吃水25cmにおける船尾および船首からの基線に対する垂線の基線との交点を示す。また測定点には、APから順に番号を付してある。

* Honiara 博物館には、やや大型の Outrigger 付のものがあるが、Custom Story(1)におけるきし絵には Outrigger は1隻のみで、他はすべて single canoe である。また「カヌー」の構造は島によってそれぞれの特徴を持っているらしい。なお、本艇は2人乗りと称している。

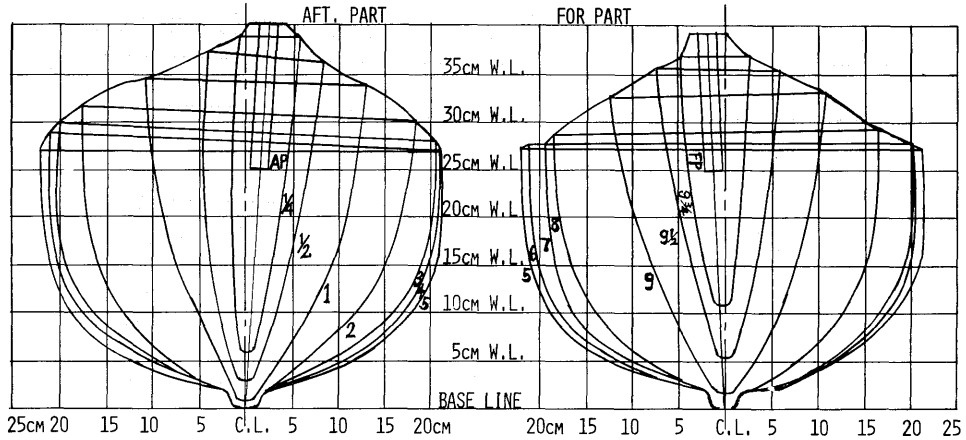


Fig. 3 Body plan.

The fore half is shown on the right and the after half on the left.

The numerical figures show respective ordinate numbers.

Water line interval: 5 cm, bow & buttock line interval: 5 cm, ordinate interval: 36.2cm.

Fig. 3は正面図を示すが、船体のねじれを示すため、通常の方法と異なり、前半部(右側)および後半部(左側)に分けて示してある。またこの図および水平断面図 Fig. 5で明らかなように、本艇は龍骨線を基準にした場合、船首前端で3.54度左側に、船首端は基線から

2.4cm左に偏し、船尾端は2.77度、1.9cm右側に偏っていた。^{*}また Fig. 3によれば、船型は厳密には左右対称でない。例えば、船体中央に近い測定点第4番の船体上縁間寸法は、左舷が約1.7cm長い。

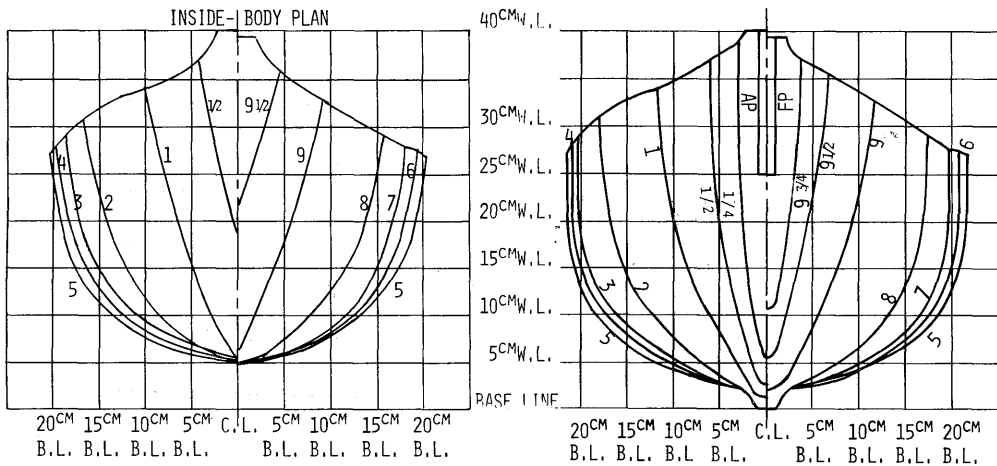


Fig. 4 Body plans corrected from Fig. 3.

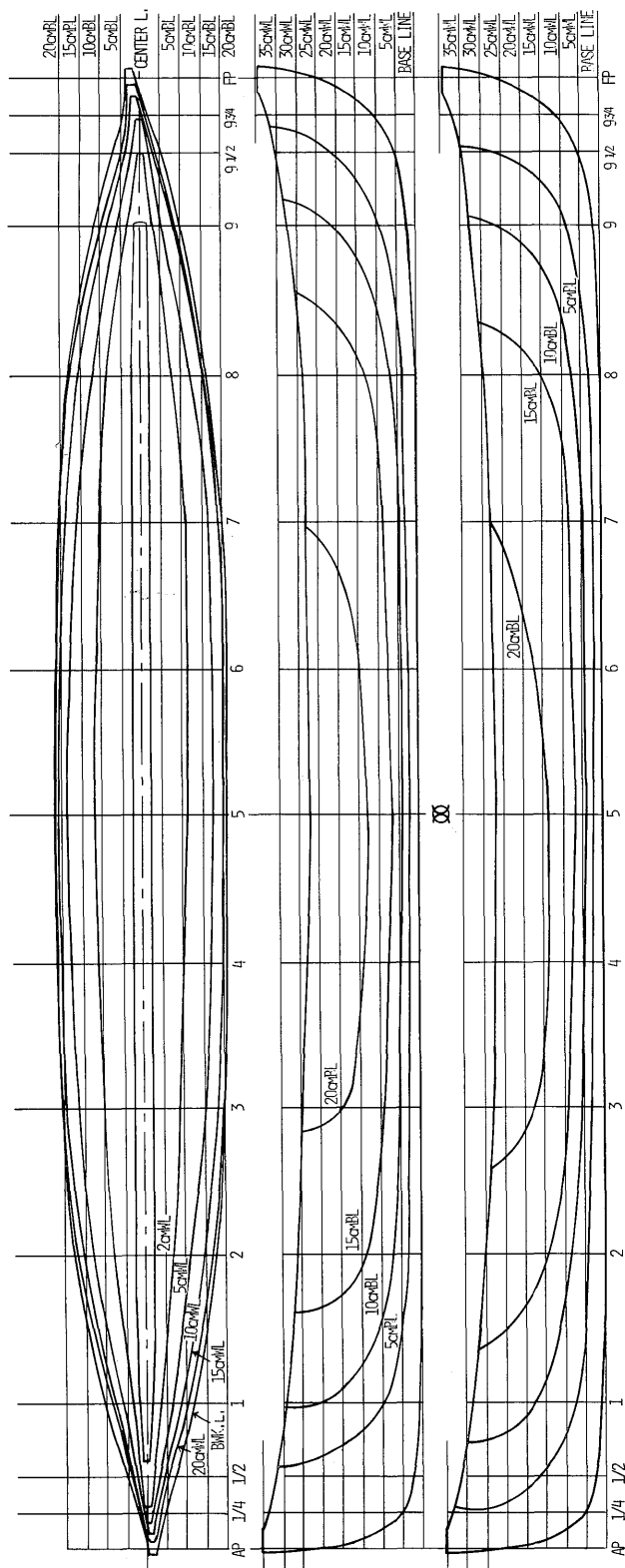
The right one is outside and left one, inside.

The input data for calculations is the readings on the figure.

そこで、Fig. 3に示した、横断面の現寸図において、各測定番号毎に、水線1cm毎の船殻の水平半幅を読みとり、その左右舷の値の平均を排水量等曲線計算のためのデータとした。この値はFig. 4の右側に、船体の正面図として示す。なお、この図の左側に

はFig. 3における計測値と、船殻厚さの計測値を兼案して求めた船体の内側の正面線図を示す。この両者とも、右半部が船体中央より前半部、左側半部は後半部のものを示している。

^{*}この船首尾部における振れ現象は、必ずしも建造当初からのものではなく、恐らく船殻を構成する木質の不均質によって生じたものと推定される。



○船体の重心

本艇の破損部分を完全に修理した後、本学の養魚池に浮べて、重錘（1kg）の移動により傾斜試験を行って、メタセンター高さGMを求めた。測定時から控除すべき重量を除いた船殻についてGM=6.6cm, KG=13.95cmと決定した。また、計測前後の船体重量は共に42.5kgであった。しかし本艇は約6ヶ月室内において充分乾燥させてあるので実際の使用状態の船体重量を60kgと考えた。

一方「カヌー」や伝馬船等の小型舟艇は、船体自身の重量と搭載荷重（主として人）が接近するか時には後者の方が大きくなるため、静的復原力において、その重量と重心高さkgが最も重要な要素となっている。そこで、本学の子々川臨海研修所のFRPボート（L×B×D, 3.46m×1.1m×0.43m, 重量56.2kg）の傾斜試験によって人体の重心計測を行なった。

Table 1. Height of gravity center of human body (168cm, 70kg) in various aspect.

Aspect	KG estimated cm
Standing, up-right	100 to 110
Half standing	70 to 80
Sitting on bottom floor	30 to 40
Ibid., with round back	20
Rowing Japanese scull	75

まず、10kgの重錘によって無人のFRPボートの傾斜試験を行ないGM。=93.3cmを得た。次いで体重70kg, 体長168cmの人を乗せ、立位・座位・中腰、等船上作業を行なう姿勢で固定させたまま、同様の傾斜試験を行ない、それぞれ5種の姿勢におけるGMを求めた。但し、この測定の間人体自身の重心が移動しないよう充分な注意を払った。

Fig. 5 Water plane lines and sheer plan, corresponding to Fig. 3.

The upper is the water plane and numerals in the figure show respective water line numbers. The middle and bottom ones are the sheer plans of the port and starboard sides. The numerals show the buttock lines.

G_0M と $G'M$ の間で KM の変動($KM=104\sim 114cm$)は無視できると仮定し、人の乗艇による重心の変化量 $G_0G'=G'M-G_0M$ から人体の KG を求め、Table 1に括めた。

この実験結果からみると、人体の重心は背中を充分に伸ばした場合に較べて、同じ姿勢でも頭をたれるとか背中を曲げるとかすると20~40%も重心を低くすることが出来る。また背中を充分伸ばした時、それぞれの姿勢で重心はおおよそ「ヘソ」附近にあると近似的に考えることができる。本実験結果からみると「カヌー」の艇内で腰を充分低くおろし、背中を丸めると、人体の \bar{kg} は20cm近くになると考えられる。また伝馬船を漕いでいる姿勢での \bar{kg} は約75cmであった。

考察および結果

「カヌー」の幅(B)、および深さ(D)の長さに対する比はそれぞれ0.128、および0.075である。伝馬船の場合 $B/L=0.3$ 、 $D/L=0.12$ と2倍近い値を示すのに対して、大型貨物船(2)は、 $B/L=0.15$ 、 $D/L=0.09$ 、30~500総トンの漁船(3)でそれぞれ0.18~0.23、および0.08~0.1と「カヌー」の場合に近似する、つまり、本艇は可成り痩せ形の船型と言える。

本艇の静的復原性について考察するため、Fig. 3に示した生のデータに基づき、重心高さ KG を16cmと仮定して、計算(4.5)を行なって、静的復原力交叉曲線Fig. 6を得た。本図において縦軸は復原挺、横軸は排水重量を示し、傾斜角をパラメーターとして画いてある。

また同じデータとこの図から排水重量に対する舷端水没角 Fig. 7を画いた。本艇のような無甲板船の場合、この角度を超えると、海水が艇内に流入するから、海水流入角曲線とも言える。この図は縦軸に流入角度、横軸に排水重量を示す。「カヌー」の船体重量を60kgとすると、本図によれば海水流入角は47°であり、130kg、160kgに対して、それぞれ27.2°および20.2°である。

次に Fig. 3を補正して画かれた Fig. 4の読取り値によって排水量等曲線図を計算(4)し、Fig. 8に示した。

この図は縦軸に吃水を取り横軸は各係数群毎に別々に取っている。なお此の図の場合、一般船舶と異なり重量の単位にキログラム、長さにcm、面積では cm^2 の単位を用いた。例えばTPCの場合 kg/cm 、MTCは、 $kg\ cm/cm$ を単位とする。

また、本図において、軽荷吃水、稼動吃水および満

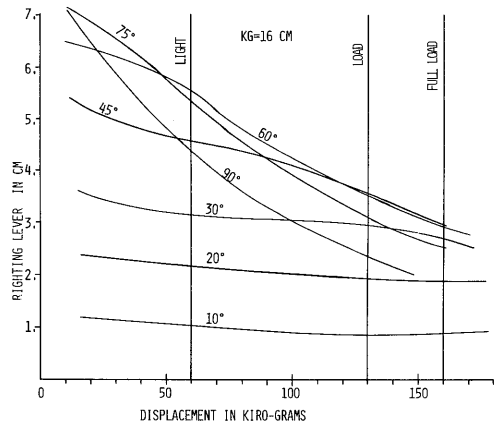


Fig. 6 Static stability cross curve with parameter of inclining angle. The ordinate and abscissa respectively show the righting lever(GZ) in cm and displacement (D/W).

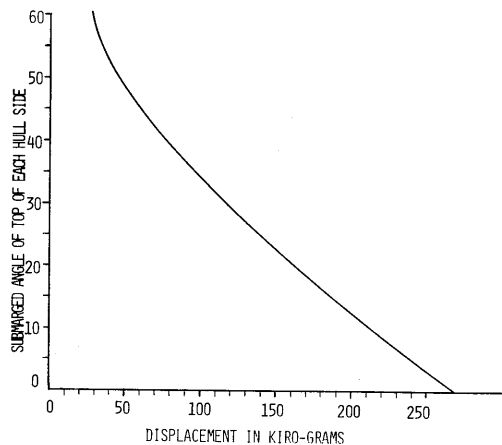


Fig. 7 Submerged angle of the top of the hull side.

載吃水に相当する部分には横線を付してある。

本図の一般的傾向は、一般の大型船舶に近似している様であるが、前後がほとんど対称的であるから、浮心および浮面心の前後位置は殆ど船体中央附近にある。

ちなみに傾斜試験におけるトリムは1.0cmと極めて小さく、又このときの読取吃水9.2cmに対する Fig. 6の値は43kgと、測定した重量とよく一致した。

以上述べた Fig. 6, 7, 8と傾斜試験の結果とを総合して、静的復原性に関係ある諸原を、上記の三つの状態についてそれぞれ Table 2に括めた。

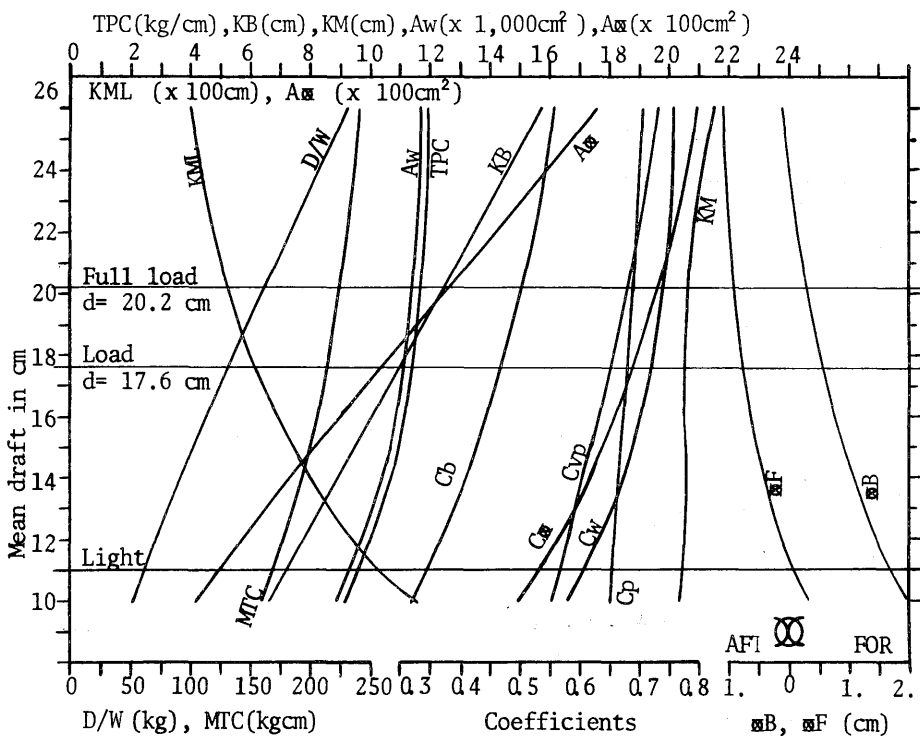


Fig. 8 Hydrostatic curve of the canoe.

Table. 2 Static stability in various conditions.

Condition	light	load	full load	
Displacement, kg	(D/W) 60	130	160	
Draft, cm	(d) 11.0	17.6	20.2	
Free board, cm	(f) 16.1	9.5	6.9	
Height of buoyancy, cm	(KB) 7.2	11.1	12.6	
Height of metacenter in cm	(KM) 20.6	20.5	20.6	
Metacentric height, cm	(GM) 6.6	0.65*	3.34**	1.56*
Height of gravity center, cm	(KG) 14.0	19.83*	17.14**	19.01*
Submarging angle of bullwork top	43°	27.4°	20.2°	

* : The height of gravity center, \bar{kg} , of common paddle man of 168cm tall and 70kg in weight is assumed to be 25cm.

** : \bar{kg} for a skillfull paddle man with above conditions, 20cm.

Load condition : $D / W = 60 + 70\text{kg}$ $K G' = (60 \times 13.98 + 70 \times \bar{kg}) / (60 + 70)\text{cm}$

Full load cond. : $D / W = 60 + 70 + 30$ $K G' = (60 \times 13.98 + 70 \times \bar{kg} + 30 \times 15) / (60 + 70 + 30)$ where, baggage weight is 30kg.

本表によれば、人を搭載した場合乾舷が著しく小さくなる。このことは海水流入角を著しく小さくしている。また本表の下方に示すごとく、稼動状態とは60kg重量の本艇に体重70kg、重心高さ $\bar{kg}=25\text{cm}$ の人を搭載したとき(*印)および同じ条件で $\bar{kg}=20\text{cm}$ とした場合(**印)であり、満載状態とは更に重量30kg、重心高さ15cmの荷重を加えた場合である。

この人の \bar{kg} における20と25cmの差は、既に述べた人

の重心測定 (Table 1) において、同様な「カヌー」を漕ぐ場合に近い姿勢でも背中を充分伸ばした姿勢で30cm、背中を丸めたり、頭を下げたりした姿勢で25cm以下であったためである。すなわち後者の場合熟練者がとる姿勢と考えた。尚此の点については今後更に検討したい。

本表によれば同一人物でも僅かに姿勢を変えるだけでも、重心位置が、約3cmも変り得ることが明らかで

ある。

また、人を搭載した場合、未熟練者ならばGMがほとんど中立に近い釣合いを示し、可成り不安定状態と言える。これに加えて本艇を櫂で漕ぐ動作を機面の水を圧する力も生ずるので艇の安定を保つには相当の熟練を要するものと想像される。

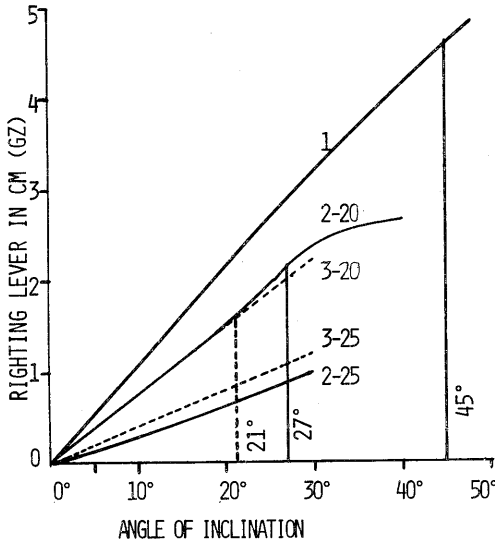


Fig. 9 Static stability curve in various conditions; 1) light condition ($D/W = 60$ k grms), 2) load condition (130 k grms), and 3) full load condition (160 k grms). Numerals represent the conditions when the height of gravity center of a paddle man 20 cm or 25 cm.

一方、以上の結果を総合して、静的復原力曲線を作製し Fig. 9 に示した。この図において、縦軸は復原力、横軸は傾斜角を示す。また海水流入角を超えると直ちに復原力を失うものとして、この角を限界として示した。

また搭載すべき人の重量が、船体の自重より大きいので、人の重量と重心が復原性を大きく劣化させることおよび、乗艇した人の姿勢の変化すら復原力に影響

を与えることを本図でも明らかに指摘される。

ま と め

本研究に用いた「カヌー」は漕手が乗った場合、漕手の姿勢によってさえGMが約3cmも変り、最悪の場合、静的復原性は、ほとんど中立に近い釣合いになる。従ってその「カヌー」の復原性は漕手の熟練した体重配置のみに依存しているといっても過言ではない。

伝馬船と較べて復原性が著しく劣る「カヌー」のような船型が現存していることは、

- i) 船体自重に作業上の制限があること。
- ii) 使用海面が平水状態であること。
- iii) 周年高い水温を示す海域であるから、我国の場合程転覆した際、人が海上に投出された場合でもさほど危険視されていないことによるものと考えられる。

本研究にあたり、「カヌー」の輸送に協力された鶴洋丸乗組員各位、ならびに購入の際お世話を頂いた大洋漁業ツラギ駐在員各位に深く感謝する。なお本研究に用いた「カヌー」および人体の重心に関する資料は、本学4年次生 蓮香・前城両君の資料を使用させて頂いた。

文 献

- 1) Solomon Is. Museum Ass. (1972) Custom Story (Brit. Solomon) 1~3.
- 2) 関西造船協会編 (1960) 造船設計便覧. 海文堂, 東京. 418~425.
- 3) 漁船協会編 (1976) 漁船. 202. 105.
- 4) 大串雅信 (1964) 理論船舶工学 (上). 海文堂, 東京, 133~153, 194~195.
- 5) 池田勝 (1964) 小型船の設計と製図. 海文堂, 東京, 103~110.