インドネシア・カヌーの船型と船体抵抗について

高山 久明*・林田 滋**・アレックス マセンギ***

Some Experimental Studies on Hull-types and Total Resistances
of Coastal Fishing Canoes in Indonesia

Hisaaki TAKAYAMA, Shigeru HAYASHITA and Alex MASENGI

Abstract

Coastal fishing canoes with outriggers in both sides, locally called "londe" in North Sulawesi have a very long snout extended from the lower corner of stem which is slightly curved upward, and well resembles to an elephant tusk in shape.

A series of resistance tests on three models; two londes with or without the snout and a dugout canoe with no outrigger of Kendari in Southeast Sulawesi, was undertaken to prove respective contributions of the hull body itself, outriggers and snout.

Conclusions of the tank tests are the following:

- 1) The snout hardly contributes to the resistance. It however has an effect to restrain trim changes by the head at a range of high speed of 1.4 of $F_n \nabla$ or more.
- 2) The total resistance coefficient, c_{ST} of outriggers is estimated as 0.01 between 0.4 and 1.5 of $F_n \nabla$, from resistance differences among three outrigger conditions; a londe model with outriggers on one side, one on both sides, and another without an outrigger.
- 3) The resistance of londes which have very slim bodies, is greatly small as about 1/2 of Japanese coastal fishing boats, called Wasen [Takayama, 1988].

1. はじめに

東南アジア各地で交通および漁業用に供せられている在来型カヌーは、一般に伝統的な細長い船型^{(1)~(7)}で、櫂、または帆によって推進されて極めて抵抗の小さい船とされる。しかし、近年その材料不足、船外機の採用等に伴って、従来の船型が変わりつつある⁽⁸⁾。

ところで、これらの在来型伝統カヌーの船体抵抗と船型要素であるその主要寸法等の比率や外部形状との関係を明らかにすることは、和船等を含めた今後の小型漁船を考えるのに有益な面も多いと思われる。そこで曳航試験水槽⁽⁸⁾においてこのカヌー縮尺模型の抵抗試験を行なった。その結果、アウトリガーの抵抗値のほか、船首外部形状の違いによる抵抗変化などについて若干の知見を得たのでここに報告する。

* 正会員 長崎大学水産学部 (〒 852 長崎市文教町 1—14)

** 正会員 長崎総合科学大学工学部船舶工学科 (〒851—01 長崎市網場町536)

*** 学生会員 長崎大学水産学部 (〒 852 長崎市文教町 1—14)

2. 資料および方法

東南アジアの漁船調査⁽⁶⁾の船型計測資料に基づいて、縮尺2.5分の1、全長約2mの模型船3隻*を作製し、これらを台車速度0.4~2.5m/sの範囲で曳航し、全抵抗⁽⁹⁾を計測した。

実験は、実船が現地で通常使用されている稼動時のイーブンキール状態を基本とし、次いで、これのトリム、排水量のほか、両舷にアウトリガー（以下O/Rとする）があるダブルO/Rの場合、この据付け位置を変化させた状態でも行なった。

この実験の各船の試験状態を船の種類毎に表1-1~1-3にまとめた。また、試験船の基本状態の線図およびプリズマカーブを付録1-1, 2, 同排水量等曲線図を付録2-1, 2として本文の後に示す。

3. 結果および考察

抵抗値は、それぞれ模型実験から得られた全抵抗を実船相当の排水容積に対応させた全抵抗係数に変換⁽⁹⁾し、これを比較した。

3.1.1 喫水を変えた場合

模型Cのイーブンキールの稼動、満載の二状態の場合（表1-1）の抵抗変化について、排水量0.5t換算の全抵抗係数 $0.5 \gamma T \sim F_n \nabla$ 曲線と船首尾の上昇沈下量曲線のdipping curve（上半部）を図1に示す。横軸は速度排水容積係数 $F_n \nabla$ ⁽⁹⁾と、対応速度（ノット）を並べて示し、縦軸には同排水量換算の全抵抗係数（図の左側の目盛り）と船首尾の上昇沈下量（図の右側の目盛り）を船の長さに対する%で示す。

この場合、排水量が大きければ、明らかに抵抗が大きい傾向を示す。これは、その他の模型A, Bの場合も同様であった。船首尾の上昇沈下（以下、大きな変化がない場合、イーブンキールの状態のものを代表させた）の傾向は、半滑走状態の始まる $F_n \nabla = 1.0$ 付近を境に船尾が沈下、船首が上昇する傾向が認められた。

3.1.2 トリムを変えた場合

図1と同様にして描いた模型Cの稼動状態における $0.5 \gamma T \sim F_n \nabla$ 曲線を図2-1に、模型A, Bの場合を図2-2, 2-3にそれぞれ示す。図2-1の模型Cの場合、トリムを変えた事により抵

Table 1-1 Model condition of Kendari dugout canoe (scale 20/50)

condition	load	load	load	full load	
Trim	cm	-4	0	+4	0
L	m		1.956		
Lpp	m		1.884		
B	m		0.264		
D	m		0.128		
L/B			7.409		
d	m	0.061	0.064	0.065	0.080
B/d		4.314	4.125	4.074	3.300
L _{WL}	m	1.831	1.828	1.826	1.843
D/W	kg		11.2		16.00
∇	m ³		0.0112		0.016
A _B	m ²	.0096	.0102	.0104	.0141
S	m ²	.3474	.3608	.3642	.4264
S/∇ ^{2/3}		6.955	7.223	7.292	6.715
L _{OB} (+)aft(%)		-8.453	-5.755	-3.176	-4.818
L _{WL} /∇ ^{1/3}		8.194	8.180	8.171	7.315
Cb		.346	.351	.349	.403
C _B		.595	.608	.611	.665
Cp		.583	.577	.571	.606
Cvp		.615	.602	.595	.633

Temperature

Tank water	11°	11°	13°	13°
Fig. no.	2-1	1,2-1	2-1	1

Table 1-2 Model of Manado double outrigger canoe with a snout in load condition (scale 20/50)

outrigger	2	2	2	0	1	
Trim	cm	-4	0	+4	0	+4
L	m		1.880			
Lpp	m		1.772			
B	m		0.148			
D	m		.178			
L/B			12.702			
d	m	.096	.096	.096	.1188	.960
B/d		1.542	1.542	1.542	1.246	1.542
L _{WL}	m	1.856	1.836	1.813	1.984	1.813
D/W	kg		11.2		14.18	10.76
∇	m ³		.0112		.0142	.0108
A _∅	m ²	.0104	.0104	.0104	.014	.0104
S	m ²	.331	.330	.330	.4114	.330
S/∇ ^{2/3}		6.612	6.592	6.592	7.016	6.771
L _{CB} (+)aft(%)		-2.974	-1.416	+0.221	+1.030	+2.221
L _{WL} /∇ ^{1/3}		8.295	8.206	8.103	8.197	8.212
Cb		.412	.411	.410	.455	.410
C _B		.735	.735	.735	.773	.735
C _p		.561	.559	.558	.589	.558
C _{vp}		.664	.651	.650	.698	.650

Temperature

Tank water	14°	13.5°	14°	14°	14°
Fig. no.	2-2	2-2,3,4	2-2	4	4

* 模型A：マナド（Manado）のダブルO/Rカヌー（地方名 londe）船首突起物付き、模型B：Aから船首突起物を除いたもの、模型C：ケンダリ（Kendari）の単胴型（丸木船）

Table 1—3 Model of Manado double outrigger canoe without a snout in load condition (scale 20/50)

Trim	cm	-4	0	+4
L	m		1.880	
Lpp	m		1.772	
B	m		0.148	
D	m		0.178	
L/B			12.702	
d	m	0.096	0.096	0.096
B/d		1.542	1.542	1.542
L _{WL}	m	1.606	1.686	1.694
D/W	kg		11.16	
∇	m ³		0.0112	
A ₀	m ²	.0105	.0105	.0104
S	m ²	.327	.325	.324
<hr/>				
S/ ∇	2/3	6.540	6.501	6.488
L _{CB} (+)aft(%)		-4.247	-0.980	+2.182
L _{WL} / ∇	1/3	7.396	7.764	7.800
C _b		.406	.406	.408
C ₀		.735	.735	.734
C _p		.553	.552	.556
C _{vp}		.678	.664	.662
<hr/>				
Temperature				
Tank water		11.6°	11°	11.6°
Fig. no.		2-3	2-3,3	2-3

抗は小さい順に

stern trim < even keel < head trim であり、これは速度が大きければより明らかとなる。これはこの船の場合、前後方向の浮心 (X_B) 位置やプリズマ曲線の中心が船首側にあり (付録 1—1 参照)、船首トリムにすると浸水面積部分が他の場合に比べより大となり、これに伴う造波抵抗の増大が認められた。

また、図 2—2、2—3 のダブル O/R の場合、図 2—3 の模型 B の船首トリムにおいては、O/R 先端が $F_n \nabla$ の全般に渡って没入した状態で曳航され (写真 1)、これが抵抗に大きく作用したと考えられる。しかし、模型 A の場合、同様の船首トリムでこの傾向が現われなかったのは、速度が大となり、半滑走状態となった場合でも、本体船首部突起 (snout) がカヌー船体の船首沈下を抑制する作用があったことが認められる (写真 2)。

その他の場合は、船型がほぼ前後対称であり、

Fig. 1 Changes of coefficient of total resistance converted to a craft of 0.5 t in D/W, $0.5 \gamma T$ with Froude's number, $F_n \nabla$ and of fore and after drafts (solid marks in upper half, on right scale) on a dugout canoe without outrigger of Kendari, Sulawesi of Indonesia. Triangle and square marks are given for full load and working conditions respectively.

Fig. 2—1 $0.5 \gamma T$ — $F_n \nabla$ curves at three trim conditions (lower half) of the Kendari dugout canoe and changes of fore and after draft on the even keel at various speeds.

Fig. 2—2 $0.5 \gamma T$ — $F_n \nabla$ curves at three trim conditions (lower half) of the outrigger canoe with a snout in Manado and changes of fore and after draft on the even keel at various speeds.

O/R先端の没入等がなかったためか試験範囲内においては、トリムを変えた事による抵抗の違いはほとんど認められなかった。

また、O/R浮木もその据付け高さを変えて船尾トリムとして使用した場合、試験した $F_n \nabla$ の全般に渡り、抵抗値は他の基本状態のものより小さくなる傾向があった。

3.1.3 船首形状の違い

そこで、snoutの有無の影響について、稼動時の等喫水で抵抗試験を行なった結果を同様に図3に示す。これによれば、snoutのある場合、 $F_n \nabla$ の全範囲に渡って抵抗はやや小さいと言える。この船型は、潜水漁業の必要性等から現在迄踏襲されて来た⁽⁶⁾ものと考えられるが、前述したように航行時における船首の波中への突っ込みを防ぐと共に、船長を長くする効果もあるように思われる。

3.1.4 O/Rの有無

O/Rの抵抗を推定するために模型Aについて、表1—2に示すようなO/R1本の場合(但し船尾トリム)、O/Rを取り去った単体の場合と、基準となるダブルO/Rの稼動状態における抵抗値とを比較して、図4に示す。なお、この場合、両者の喫水が等しくなるように調整した*。但し、この単体の場合は、同喫水では安定しないため、安定するまで船底に重量を加えた結果、予定より2.3cm(実船換算5.7cm)喫水が増加した。よって単体の場合、図に示す抵抗係数よりもまだ小さな値を示すと考えられる。図によると $F_n \nabla$ の1.0以下の比較的低速部では、ダブルあるいはシングルO/Rが造る波と船体が造る波との干渉による抵抗値の起伏が見られるが、これらの干渉を無視して考えると全 $F_n \nabla$ を通して、全抵抗係数値は、およそ0.01程度と見積られる。但し、この場合、船体に対するO/R浮木(2本)の浸水面積比は約35%(初期値、静止状態)であった。

また、O/Rが1本の場合、抵抗値はこれらの中間

Photo 1 Side view of the Manado double O/R without a snout under resistance tank test. Tram speed is 1.3m/s. The model is loaded and trimmed by the head.

Photo 2 Side view of the Manado double O/R with a snout under resistance tank test, and another condition is same as photo 1.

Fig. 2—3 $0.5\gamma T$ — $F_n \nabla$ curves at three trim conditions (lower half) of the same model as in Fig. 2—2, from which the snout removed.

Fig. 3 $0.5\gamma T$ — $F_n \nabla$ curves for comparing two models of Manado canoes, with (◇) and without a snout (○) and changes of fore and after drafts with speeds.

* O/R浮木の浮力のため重量を揃えても喫水が等しくならない。

に位置している。

3.2 他船との比較

インドネシア・カヌーと他船と比較すると、last hump⁽⁹⁾ 付近の抵抗係数は、和船の $0.10^{(10)}$ と比べ 0.05 と小さく、およそ半分の値を示している。なお、競争用として発達した競船等の抵抗係数は、インドネシアのこれら漁舟より更に小さい。例えば、原田等⁽¹¹⁾ によるペーロン船の抵抗試験結果では、last hump 時における抵抗係数は 0.044 未満となっている。しかし、小型和船と比較して、これらカヌーの抵抗係数はかなり小さいと言える。

4. ま と め

以上の抵抗試験を通して、インドネシア・カヌーの船型特性と抵抗値の関係をみると、

1) 船体抵抗は水線下断面積の形状と関係があ

り、船首側に膨らんだ船型であれば、速度が大となった場合、造波抵抗上船尾トリムが有利である。しかし、通常船首尾が対称船型の場合は、同速度では、トリムを変えたことによる抵抗変化はほとんどない。

2) 船首の伝統的な突起物は、船体抵抗にはほとんど影響を与えていないが、 $Fn_{\nabla} < 1.4$ では船首沈下を抑制する効果が認められる。

3) O/R船の低速部では船体とO/R浮木から発生する波による干渉のため、抵抗係数に多少の起伏が認められるが、O/R浮木自身の抵抗は、 Fn_{∇} の 0.5~1.5 の計測範囲では、約 0.01 と見積もられた。

4) 小型和船と比較してもかなり抵抗係数の小さい船型と判明した。

本稿を草するに当たり、ご校閲を賜った北海道大学水産学部、稲葉恭人教授に深謝する。また、本実験に対して、数々の御助言と御便宜を図って戴いた、長崎大学水産学部、柴田恵司教授、長崎総合科学大学工学部、神中龍雄教授に合わせしてお礼申し上げる。更に木船の抵抗試験について種々の御教示を戴いた、漁船協会、小林務博士に合わせしてお礼申し上げる。

この研究の一部は財団法人トヨタ財団による研究助成によった。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) Spoehr A.: The Double Outrigger Sailing Canoe of Zamboanga and the Sulu Archipelago, Southern Philippines, Occasional Papers, B. P. Bishop Museum, 24 (7), pp 116—126, 1971
- (2) Horridge G.: The Perahu—Traditional sailing boat of Indonesia, Oxford Univ. Press, Singapore, 1975
- (3) Gunawan G. A. and Shibata K.: Comparative Studies on Indonesian Fishing Crafts in Various Fishing Villages Around Java, 長崎大水研報, 59, pp 35—97, 1986
- (4) 西田英明・高山久明他: ラバウルで計測したアウトリガーカヌーの形状について, 長崎大水研報, 61, pp 37—49, 1987
- (5) Matsuoka T.: Structure of Traditional Canoes in Northern Papua New Guinea, 日航論文集, 77, pp 185—198, 1987
- (6) Shibata K., H. Takayama et al.: Comparative Studies on Indigenous Fishing Crafts in Selected Areas in Sulawesi and Aparri of Northern Luzon, 長崎大水研報, 63, pp 35—54, 1988
- (7) 多田納久義: 東南アジアの木船に関する資料(I), 海事史研究, 44, pp 52—70, 1987
- (8) 長崎総合科学大学編: 工学研究所の紹介, p 14, 1987

Fig. 4 $0.5\gamma_T$ — Fn_{∇} curves to prove outrigger effects on Manado canoe with outriggers in both sides (⊙), with an outrigger in one side (▽) or no outrigger (◇).

- (9) 高山久明：在来型漁船（和船）の性能に関する研究—I，和船模型の抵抗実験，日航論文集，78，pp 83—94，1988
- (10) 高山久明：在来型漁船（和船）の性能に関する研究—II，船型要素を用いた統計解析による抵抗値の推定，日航論文集，79，pp 208—209，1988
- (11) 原田大道・池尾智久ほか：抵抗試験に基づくペーロン船の船型改良について，長崎総合科学大学紀要，27(2)，pp 235—242，1986

質疑応答

高橋 肇（東京商船大学）：大変興味深い講演を發表下さいまして有難うございました。次の二点について質問させて戴きます。

I) 發表の前刷りの結果3の3)に「snout 付きの方が抵抗が小さい」とありますが，速度の基準として速度排水容積係数($F_n \nabla$)を使用されたとのことですが，フルード数(F_n)を使用した場合，同じように snout 付きの方が小さい値を示すでしょうか。

II) カヌーについての十分な知識を持ち合わせておりませんが，漕ぎ手，同乗者の乗る位置により，かなりトリムがつくと思われます。もしそうであれば，これらを考慮して実験が行なわれたでしょうか。

高山久明：御討論有難うございます。I)の質問ですが，今回は同じ水線長で実験を行なっておりませんが，実験を行なった設定状態で， F_n で比較した場合，速度が増加し半滑走状態となる， $F_n=0.4$ 付近を除いて snout 付きの方がやはり小さい抵抗係数を示しております。また，二次元法，三次元法で実船の全抵抗係数を比較した場合，いずれも snout 付きの方が小さい抵抗値を示します。

II)については，御指摘の通り，乗船者の乗る位置によりかなりのトリムがつきますが，これらも実際の使用状態に対応する船尾トリム（実船換算10cm）で実験を行ないました。また比較のために，これと反対の船首トリムでも行なっています。結果は船首の膨らんだ dugout canoe では，trim by the stern が有利であり，船首尾同型船型のダブルO/Rでは，通常の場合，トリムを変えても抵抗の違いはないといえます。

高橋 肇：昭和30年代前半に競争用モーターボートの模型実験を行ないました。抵抗の面から考えまして速度に

よって最適トリム（乗員の姿勢）が存在することが分かりました。参考にして戴ければと思います。
高山久明：貴重な御意見有難うございました。

Appendix 1—2 Hull line and prismatic curve of Manado double O/R canoe

Appendix 2—1 Hydro-static curves of Kendari dugout canoe

Appendix 2—2 Hydro-static curves of Manado double O/R canoe with a snout