沖縄サバニの船型と船体抵抗について

アレックス マセンギ*・高山 久明**

西田 英明**・林田 滋***

Some Experimental Studies on Hull-types and Total Resistance of Fishing Boat of Sabani in Okinawa

K. W. Alex MASENGI, Hisaaki TAKAYAMA,
Hideaki NISHIDA and Shigeru HAYASHITA

Abstract

The traditional small fishing boat of Sabani in Okinawa is well known to have a less resistance and good surf-ridings. Till the beginning of Showa era some fishermen took an offing to fish sharks by sailing on a slim shaped Sabani.

A series of resistance tests was made on this Sabani and compared with other small fishing crafts, i. e., two Wasens of Japan and two Canoes of Indonesia.

From the results of tank tests, we found that the Sabani has very less total resistance coefficient of under 0.04 in γt (five-ton displacement) between 0.2 and 0.9 of $F_n \nabla$ (speed and volume of displacement ratio = $v/\sqrt{\rho^{1/3} \cdot g}$) and between 0.09 and 0.38 of F_n (Froude's number = $v_m/\sqrt{l_{wl} \cdot g}$). The peak values of γt at the last hump is near 0.09 at 1.3 of $F_n \nabla$ (same as 0.53 of F_n). Therefore the resistance coefficient of Sabani stands in between Wasens and Canoes. To explain the resistance coefficient curves and their relationships, we consider that the prismatic-curves of each craft are very important and helpful.

1. はじめに

沖縄のサバニ⁽¹⁾は、古い時代から沿岸ばかりでなく外洋にも繰り出し、小型ながら凌波性も良く、抵抗の小さい船として知られている。また、サバニの船型に関する報告^{(2)~(4)}も少なくないが、本船について航走中の抵抗を計測した報告はまだない。そこで、1988年5~6月にかけて、石垣・西表・奄美で実船のサバニを計測した資料のうち、西表島で計測した糸満ハギに属する全長7.68mの1隻を選んで、その2m級の模型を作り、長さ60mの曳航水槽にて抵抗実験を行なって全抵抗を計測した。この結果と従来試験を行なった小型和船****ならびにインドネシア・カヌーなどと全抵抗係数を比較し、サバニがこれら小型漁船の中で、どのような位置付けにあるのかを検討した結果、若干の知見を得たので報告する。

* 学生会員 長崎大学大学院海洋生産科学研究科 (〒852 長崎市文教町1-14)

** 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)

**** 和船のうち、巾着網漁船についてはその船体図面(a)、排水量等曲線図(b)、模型実験における基本船型要素(c)、曳航試験結果(d1-2)として本文後に参考としてまとめて示す。

2. サバニの由来・工法および歴史

沖縄のサバニの工法等に関する文献⁽⁶⁾によると、サバニの名称は、一つにはその使用場所、形、大きさによる「瀬船（セブネ）」、「素船（スブネ）」、「小船（サブネ）」からなまったものと、もう一方はサバニの本場、糸満地方において鰻（フカ）のことをサバと称し、その漁に使う船の「サバブニ」からなまって「サバニ」となったとの二説がある。また、サバニはかつて大木の丸木をくり抜いて造られ、船材としては地元沖縄の松、杉、もみの木を用いていたが、材料不足により割り船からはぎ船へと変化した。また、すでに江戸期には、宮崎県油津に産するオビ杉を輸入して船用材とした記録が残っている。

船大工はサバニを造るのに、使用海面、漁業種などの用途により大体の船の長さ・幅を決めて依頼主と相談しながら図面なしで造った。その方法はまず、船材の杉材厚さ 1.5～2 寸（45～60mm）の舷側板（棚板）を 2 枚用意し、船底を上にして船首および船尾舷端部を固定し、その中央部を拡げながら棚板の上部および下部の幅や板の開き具合を決め、そこに大木をけずった船底板のカーラ（和船の航「かわら」、敷「しき」）を削り、形を整えながらはぎ合わせ、最後に船首板、船尾板をはぎ合わせた。こうした、製造過程から生じた舷側材の自然の「たわみ」や「反り」で船の形が決まるとともに、これらから得られる外板の「曲げ」および「ねじれ」がサバニに十分な船体の強度（はり）と流線形の船型的特徴を与えている。

現用のサバニは、糸満ハギ（本ハギ）、中間ハギ、南洋ハギに分類され、本ハギは長さ 8 m 前後、フンドウ（鼓形の楔接材）と竹クギではぎ合わせられる。南洋ハギは糸満ハギより小さく長さ 4 m 前後、鉄釘やボルトを使用して造られ、伝馬船（和船）に近く断面も角張っており、板を継ぎ合わせた構造である。中間ハギは両者の中間に位置し、長さ 6 m 前後である。帆走していた当時（昭和 20 年代初め頃）の記録によれば、糸満ハギに木綿の帆（帆桁 5～6 本）を立て、かなり遠方にまで漁に出て、その船速が 6～8 ノットに達した例もある。

3. 実験の資料および方法

3.1 実船の船型計測の方法

小型漁船の船型の実船計測に関しては、従来より種々の方法^{(6)～(8)}がある。このうち筆者等は、かつて、幅 1 m 未満のカヌーの計測に、考古学でよく用いられる通称“マーコ”⁽⁹⁾の大型のものを作製しこれを利用して計測

図 1 実験に用いたサバニ実船の正面線図

表 1 抵抗試験に用いた沖縄サバニ模型船の基本船型要素など (縮尺 1/4)

Condition	Trim cm	Full load			Light load		
		-3	0	+3	-3	0	+3
L	m		1.920			1.920	
Lpp	m		1.828			1.828	
B	m		.375			.375	
D	m		.157			.157	
L/B			5.120			5.120	
d	m	.105	.105	.105	.094	.095	.095
B/d			3.571		3.989	3.947	3.947
LWL	m	1.746	1.779	1.822	1.715	1.750	1.788
DW	kg		24.422			22.355	
∇	m ³		.02383			.02045	
Δ	m ²	.0232	.0234	.0234	.0199	.0205	.0205
S	m ²	.5080	.5097	.5107	.4672	.4665	.4662
S/ ∇	2/3	6.136	6.155	6.169	6.248	6.239	6.234
Lcb(+)/aft (%)		-9.60	-1.46	+6.92	-2.37	-.22	+1.96
LWL/ ∇	1/3	6.067	6.182	6.332	6.271	6.399	6.538
Cb		.350	.348	.347	.334	.332	.331
Cm		.623	.624	.624	.606	.607	.608
Cp		.562	.558	.557	.550	.546	.545
Cvp		.688	.678	.676	.699	.692	.693
Temperature							
Tank water		23.5°	23.3°	23.6°	24.0°	23.4°	23.6°

Stop

模型重量 22.355 kg 実船換算重量 1.43 t

 $Lwl \times B \times d = 7.00 \times 1.50 \times 0.38(m)$

図 2 静止状態のサバニ模型船 (半載・等喫水)

図 3 実船サバニの等喫水における排水量等曲線図

してきたが、これは装備が大がかりで断面の原寸しか得られず機能的でなかった。今回はパンタグラフ⁽⁷⁾(⁽¹⁰⁾ (比率 1 : 4)) を作製し、これによる計測法に改めて実測を行なったものである。この方法で計測した実験用サバニの実船正面線図を図 1 に示す。

3.2 模型船の曳航実験

表 1 にサバニ模型船の実験時の基本船型要素を示す。この表に示すように、载荷状態を 2 種、同トリムをそれぞれ 3 種変えて、長崎総合科学大学の長さ 60m の大型水槽にて、速度 0.4~2.5 m/s まで 0.1 ないし 0.2 m/s 毎に曳航実験を実施した。同船の軽荷時の等喫水の静止時における状態を図 2 に、同実船の排水量等曲線図を図 3 に示す。

4. 結果および考察

図 4-1(a)~(c) と図 4-2(a)~(c) に軽荷時の等喫水における曳航試験の航走状態と、曳航時の船速、フルード数 (Fn)、速度排水容積係数 (Fnp)、実船での対応速力、同有効馬力を示した。これらによると、文献⁽¹⁾による記録から図 4-1 では、槽漕ぎによる 1.5~4.5 ノットでの航走状態、図 4-2(a)(b) では 6~8 ノットまでの帆走速力および図 4-2(c) のそれ以上の速力での航走中の船体の姿勢および航走によって引き起こされる波の様子を示している。特に、図 4-2(c) では $Fn=0.577$ となり、船首船底もすでに浮き上がり半滑走状態の状況を示している。

これらの等喫水での抵抗変化を図 5 に示す。これは各 Fnp における排水量を 5 t とした時の $Fnp \sim \gamma_t$ 曲線 (全抵抗係数・速度排水容積係数曲線) を示し、図の上部には船首尾垂線で船体の浮上・沈下量を示す曲線 (dipping curve) を水線長に対するパーセントで示す。下に示す 2~10 の数字は実船 ($Lwl=7.12m$) の満載時の船速である。これらによれば、満載・半載の両者の抵抗係数に大きな違いはない。また、ここには示していないが、両者ともトリム (角度約 1 度) を変えたことによる抵抗係数の違いもほとんどなかった。

次に、このサバニと既に実施した小型船の満載状態の等喫水における 5 t 換算の同様な $Fnp \sim \gamma_t$ 曲線を図 6

(a)

Speed 0.39 m/s
 $F_n=0.094$ $F_n\gamma=0.23$
 実船換算 1.5(Kt)
 実船有効馬力 0.013 PS

(b)

Speed 0.79 m/s
 $F_n=0.190$ $F_n\gamma=0.48$
 実船換算 3.1(Kt)
 実船有効馬力 0.092 PS

(c)

Speed 1.18 m/s
 $F_n=0.286$ $F_n\gamma=0.71$
 実船換算 4.6(Kt)
 実船有効馬力 0.36 PS

図 4—1 サバニ半載時等喫水の曳航試験状態

(a)

Speed 1.58 m/s
 $F_n=0.383$ $F_n\gamma=0.95$
 実船換算 6.2(Kt)
 実船有効馬力 1.32 PS

(b)

Speed 1.98 m/s
 $F_n=0.480$ $F_n\gamma=1.19$
 実船換算 7.7(Kt)
 実船有効馬力 4.83 PS

(c)

Speed 2.39 m/s
 $F_n=0.577$ $F_n\gamma=1.44$
 実船換算 9.3(Kt)
 実船有効馬力 8.42 PS

図 4—2 サバニ半載時等喫水の曳航試験状態

図5 沖縄サバニの曳航試験による $F_n \sim 5\gamma_t$ 曲線および船首尾の浮上・沈下量 図6 小型漁船等の曳航試験による $F_n \sim 5\gamma_t$ 曲線

に示す。ここで小型和船^{(11),(12)}、インドネシア・カヌー⁽¹³⁾とともにそれぞれの記号で示した。以上の結果から見ると、サバニは F_n の 0.9 付近まではシングル・カヌーと同程度に抵抗係数が非常に小さく、それ以後は和船とカヌーが示す抵抗曲線の間中に位置し、全抵抗係数 $5\gamma_t$ は、半滑走状態となる F_n の 1.3 付近では 0.10 未満とカヌーには及ばないものの、高速域まで極めて抵抗の小さい船型であると判明した。また、通常のサバニの船速をこの全抵抗曲線から 6 ノット程度と仮定すれば、 F_n では 0.9~1.0 が相当し、この範囲では、抵抗係数も 0.04 未満、実船換算で 25~35 kg 程度の抵抗となり、有効馬力でも 2 馬力未満と非常に小さい値を示した。

次に、船種間の抵抗曲線の違いについてその原因を探る一つの方法として、図 7 に示すような各供試船のプリズマ曲線を描き、図 5~6 の抵抗曲線と対照させて検討した。これによると低速域から高速域にかけて比較的抵抗係数が小さいインドネシアのカヌーのうち、ダブルリガーカヌーの船体部が示すプリズマ曲線とサバニが示す曲線が船体中央部を中心としてほぼ対称的な曲線を示し、船首尾方向のバランスが取れ、よく一致している。一方のシングルカヌーは、船首部が膨らんだ船型を示しているが、同船の場合、 F_n が 1.3 前後の高速域では大きな船尾トリムとなって船首部肥大の影響が減少するためかダブルカヌーと同様に抵抗係数は小さい。しかし、和船の例として示す巾着網漁船や釣り船（伝馬船）などは、船体船首側の水面下断面積率が、カヌーやサバニ等に比べて比較的小さく、初期状態において既に船尾側に膨らんだ船型を示していること。また、これに加えて高速域においては船尾トリムへの移行とこれによる浮心前後位置の後方移動、浸水面積および肥せき係数増加等の原

図7 小型漁船等の曳航試験時におけるプリズマ・カーブ

以上の実験結果から、サバニの抵抗係数は低速域では、インドネシア・カヌーとほぼ等しい非常に小さな値を示し、高速域においても和船とカヌーの中間に位置しているとみなされる。

沖縄、糸満地方の伝統漁船であるサバニが、いつ頃から現在のような工法で製作されて来たかは不明であるが、船大工とサバニ使用者が協同で使用上の実態に応じ、数々の試行錯誤を経て現在の船型を形造って来たと考えられる。この船大工の長年の経験と伝統技術とに支えられたサバニが、速力性能上、小型漁船の中でも優れた性能を持っていることが明らかとなった。

現在、沖縄石垣島から8m前後のサバニ（糸満ハギ）の実船を導入することが計画されているので、この実船を用いた諸性能試験を行ない、実船抵抗の検証並びに波浪中の船体運動性能を明らかにし、サバニ漁業者に操船上有益な資料を提供したいと考えている。

終わりに、以上の実験の機会を与えて下さり、御指導戴いた、長崎大学水産学部名誉教授、柴田恵司先生に深謝する。また、研究上、終始有益な御教授、御討論戴いた北海道大学水産学部教授、稲葉恭人先生に心よりお礼申し上げます。さらに実験水槽使用の便宜ならびに貴重な御意見を賜った、長崎総合科学大学教授、神中龍雄先生に感謝します。また、沖縄でのサバニ調査で数々の情報を仰ぐとともに御協力頂いた、沖縄県漁連、前城統氏に感謝致します。

なお、この研究調査の一部は財団法人トヨタ財団による研究助成により行なった。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- (1) 西原松生・神谷明仁：沖縄／ニライの海，pp. 115—121，月刊沖縄社，1974
- (2) 柴田恵司・真野季弘・高山久明：櫓櫓舟について—I，長崎近郊伝馬船の若干例，日航論文集，56，pp. 59—68，1977
- (3) 前城統：沖縄のサバニについて，長崎大学水産学部卒業論文（未刊），1977
- (4) 柴田恵司・真野季弘・高山久明：手こぎ漁舟の研究—Ⅲ，ペーロンおよびその類似船の船型，長大水研報，45，pp. 33—42，1978
- (5) 白石勝彦編：サバニ，pp. 26—41，1985
- (6) 佐々木寛・川島利兵衛：レーザーセオドライトによる小型漁船の船型測定について，日航論文集，55，pp. 143—148，1976
- (7) 日本小型船舶検査機構編：小型船舶の船型に関する調査研究報告書，pp. 4—10，1981
- (8) Gunawan G. A., & K. Shibata: Comparative Studies on Indigenous Fishing Crafts in Various Fishing Villages Around Java, Bul. Fac. Fish., Nagasaki Univ., 59, pp. 36—79, 1986

因が重なり、造波抵抗を増大させたものと考えられる。

他の方法で抵抗係数の違いの原因を検討する場合、具体的な方法として、各船速で抵抗係数を求めるのに、既報⁽¹²⁾に示したような重回帰分析に使用した速力に影響すると思われる船型要素の比較が必要であると考えますが、今のところ、この解析に必要な十分なデータがない。今後、更にこの種の実験を継続して行ない、データを蓄積する必要がある。

5. ま と め

以上の実験結果から、サバニの抵抗係数は低速

- (9) 江坂輝爾：考古実測の技法，pp. 17—18，ニュー・サイエンス社，1985
- (10) Masengi K. W. A. and K. Shibata：Comparative Studies on Fishing Canoes in North Sulawesi, Indonesia, Bul. Fac. Fish., Nagasaki Univ., 67, pp. 78—80, 1990
- (11) 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
- (12) 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. 203—212, 1988
- (13) 高山久明・林田滋・Alex Masengi：インドネシア・カヌーの船型と船体抵抗について，日航論文集，80, pp. 1—8, 1989

質疑応答

定兼廣行(神戸商船大学)：船の種類別の抵抗係数の違いは， C_b ， C_w などによって説明できないのでしょうか。

高山久明：低速域での抵抗係数の比較であれば，その曳航時喫水での肥せき係数の活用も十分考えられますが，実験船のような小型船の場合特に高速域においては，船の姿勢（著しい船尾トリムとなる）やそれに応じて浮心の前後位置や船首の水線面への入射角度等の初期設定状態が変わるため，静止時の肥せき係数 C_b や C_p の比較のみでは抵抗係数が十分説明できなかった事は，既報⁽¹²⁾ で抵抗係数を船型諸要素を使用して重回帰分析で

参考(a)図 小型巾着網漁船の船体線図

参考(c)表 抵抗試験に用いた小型巾着網漁船模型の基本船型要素など（縮尺1/6.67）

Condition		Full load			Load		
Trim	cm	-3	0	+3	-3	0	+3
L	m		2.073			2.073	
Lpp	m		1.770			1.770	
B	m		.390			.390	
D	m		.192			.192	
L/B			5.315			5.315	
d	m	.0885	.0855	.0825	.078	.075	.072
B/d		4.407	4.561	4.753	5.000	5.200	5.417
LWL	m	1.775	1.746	1.724	1.756	1.713	1.704
DW	kg		23.54			18.93	
∇	m ³		.02354			.01893	
A _a	m ²	.0219	.0208	.0196	.0182	.0172	.0161
S	m ²	.5586	.5590	.5535	.5048	.5109	.5079
S/∇ ^{2/3}		6.800	6.805	6.739	7.105	7.192	7.149
L _{CB} (+)aft(%)		+6.286	+9.279	+12.341	+5.596	+9.032	+12.421
LWL/∇ ^{1/3}		6.191	6.092	6.013	6.596	6.427	6.393
C _b		.386	.400	.416	.350	.364	.383
C _a		.634	.624	.613	.599	.587	.575
C _p		.609	.640	.679	.585	.620	.667
C _{vp}		.579	.590	.618	.564	.569	.600
Temperature							
Tank water		10.3°	10.9°	10.3°	10.2°	10.4°	10.2°

参考(b)図 小型巾着網漁船の等喫水における排水量等曲線図

推定しようとした折に示した通りです。しかし、段階をおった船速毎に数種の船型要素の組み合わせが抵抗係数のある程度有効に説明できることが判明していますので、今後この小型船の抵抗試験を累積し、同一尺度で相互に比較出来る体制を整えておく必要があると考えています。

桑島 進(東京商船大学)：沖縄サバニは現在でも造られ、使用されているものでしょうか。

高山久明：沖縄サバニの御指摘の件に関して正確な数を回答できる程の調査は行なっておりませんが、従来の木製によるはぎ合わせのサバニは現在でも、近代設備を持たない小型造船所で年老いた船大工により細々と造られております。しかし、この木造新造船の依頼は伝統のハーリー競争用に使用するサバニが主なもので、通常、漁に使う1t前後のサバニは、最近ではFRP製のものになって来ており、伝統の木造サバニ漁船は20年以上も経った古い船を修理しながら使っていると言うのが現状のようです。なお、従来からFRP製サバニ漁船を製造している中小造船所においては、サバニの船型の大型化・高速化が進み、それにつれて船型、特に船尾形状が変化し、5～10t級で高馬力を据え、20～30ノットで航行しているものもあると聞いております。

参考(d1)図 小型巾着網漁船の曳航試験による $Fn \sim \gamma_t$ 曲線 (等喫水の2載荷状態)

参考(d2)図 小型巾着網漁船の曳航試験による $Fn \sim \gamma_t$ 曲線 (載荷状態の3種トリム)