画像解析によるアウトリガーカヌー 櫓漕ぎ推進の分析と評価

塩飽 朋之¹・Vivanda Modaso¹・高山 久明²・清水 健一²

Analysis and Evaluation of Propelling Outrigger Canoe by Working a Ro-Scull from Image Analysis

Tomoyuki SHIWAKU, Vivanda MODASO,

Hisaaki TAKAYAMA and Kenichi SHIMIZU

Abstract

In the previous report, the authors examined the potential of transfer of the skill of working a Ro-scul to traditional Indonesian outrigger canoe (hereinafter just called canoe). Since the "Ro-scul" has been primarily used in traditional Japanese Wasen boat, it is difficult to apply Ro-scul directly to canoe with the hull form different from that of Wasen. The authors intended to find from image analysis the way of working a Ro-scul of canoe in comparison with Wasen and the suitable way of working that. The authors also intended to search the impact of varied skill level to work a Ro-scul on the introduction of working a Ro-scul to canoe from the comparison among testees with different skill level. In consequence, the following became apparent: (1) the motion of working a Ro-scul of canoe is smaller than that of Wasen since a testee could not plant its feet firmly on a canoe floor because of narrower breadth than Wasen; and (2) as for the difference of skill level, there was no clear distinction by testee because of the narrow range in which the blade apex of Ro-scul moved.

Keywords : *Propulsion performance, Indonesian canoe, Ro-scul, image analysis*

キーワード: 推進効率, インドネシアカヌー, 櫓漕ぎ, 画像解析

1. 緒言

インドネシアなど東南アジアには古くからカヌーという削り船特有の船型構造を持つ木造船が存在しており, 漁業や海上交通, その他の雑用等に利用されてきた⁽¹⁾。こうしたカヌーは主として櫓や帆を用いた推進方法が主流であったが近年では船外機の使用も増えつつあり, 伝統的なカヌーおよびそれと付随した伝統的な櫓や帆を用いた推進方法は将来消

えゆく可能性がある。

一方, かつて日本では従来から木造小型漁船「和船」およびその人力推進具として「櫓」が用いられてきたが, 日本でもカヌー船型の小型漁船と同様に船外機の動力機関の普及により「櫓」の使用が殆どなくなるとともに, 「和船」の造り手である船大工の高齢化及び材料の木材不足からプラスチックの FRP 船へと転換が進み, 日本独自の在来型木造漁船も消

1) 学生会員 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 (〒852-8521) 長崎県長崎市文教町 1-14

2) 正会員 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 (〒852-8521) 長崎県長崎市文教町 1-14

滅の危機にある。

このような背景のなかで、近年、特にインドネシアでは燃料油高騰の折から油に頼らない人力推進の需要が高まるものと思われる。そこで日本の「和船櫓」の新たな展開を見据え、カヌーへの櫓漕ぎ技術移転の可能性について考えた。

ところで本来「櫓」は伝統的な和船で使用されてきており、船型の異なったカヌーへの適用はそのままでは難しい。カヌーに櫓を技術移転した場合の櫓漕ぎについて、和船の場合と比較してどのように漕ぎ方が異なるのか、和船における熟練者の櫓漕ぎ方法はカヌーにおいても十分通用するのかについて画像解析から明らかにするとともに、熟練度の異なった複数名の被験者による櫓漕ぎ比較から熟練度の違いがカヌー櫓漕ぎ法に違いがあるのかについても調査することを目的とした。

2. 方法

2.1 供試船、供試櫓及び被験者

櫓漕ぎ実験を行うに当たり用いたカヌーは、長崎大学水産学部所有の単胴型カヌー (Loa = 3.6m, B = 0.43m, D = 0.272m), 空中重量 45.0Kgf である。また、供試櫓は、和船によく使用される一般的な 10 号櫓⁽²⁾ (全長 4.7m) を用いたが、重量低減と櫓漕ぎ動作の利便性を考えて櫓下部を若干切り取った全長約 4.2m のものとし、Fig.1 に示すように櫓下が水中にとどまりやすくするため櫓下先端に 1kgf の錘を巻き付けて使用した。

本実験ではあらかじめアンケート調査を行い、和船の櫓漕ぎに対する熟練度別に上級者、中級者、初級者の異なる 3 つの区分わけを行った被験者延べ 6 名に対して櫓漕ぎ実験を実施した。

Fig.1 Shape of outrigger canoe and Ro-scul

2.2 データの収録及び解析

櫓漕ぎ実験は 2013 年 3 月以降、長崎県西彼杵郡時津町の大村湾地先の海上で行った。実験は、いずれも風がなく静穏な状態のときに行った。

被験者に対する櫓漕ぎ動作の収録は、1 秒間に 30 コマの収録が可能な市販のデジタルビデオカメラ (Canon 社製: IXY 10S) を使用し、船首部に三脚を用いて固定し、収録した。

各被験者の櫓漕ぎ動作について約 30 回分を撮影した。撮影した動画は 2 次元ビデオ画像解析ソフト (DippMotion2D V.3.20KP) を用い、Fig. 2 に示すように頭、櫓腕先端 (以下、櫓先)、右ひじ、腰、右ひざ、左ひざの計 6 点を解析した。

解析ポイントを 6 点としたのは和船の櫓漕ぎ実験⁽³⁾と比較するためであり、得られた画像から櫓杭位置を基準点とし、船尾両舷端内側間隔を実測して校正値として用い、解析ポイントの座標点を求めた。

また、得られたデータから各解析ポイントの移動量を算出し、和船における熟練者の櫓漕ぎとの比較、およびそれぞれの被験者間での漕ぎ方の違いを比較した。

Fig.2 Analysis points (six points)

3. 結果

3.1 カヌーの改良

カヌーは本来、櫓での推進を考慮していないため、そのままでは櫓漕ぎを行うことは不可能である。そこで櫓漕ぎ実験を行う前に、船体に対していくつかの改良を行った。

改良点としては、Fig.3 に示すように、①船尾に櫓漕ぎを行うための櫓杭、および櫓杭を取り付けるための櫓床を取り付けた。②船体の安定性と浮力を増すために船尾部に浮体を取り付けた。③同じく船体

の安定性と浮力を増すために両舷にアウトリガー（直径 10cm の塩化ビニル製パイプ）、およびそれを固定するための腕木を取り付けた（いずれも Fig.1）。なお、アウトリガーの長さは前報⁽⁴⁾を参考に、インドネシアで実際に用いられているカヌーに使用されているアウトリガー長を考慮して船体長に対するアウトリガー長の比が同程度となるようにおよそ 2.5m とした。アウトリガーの間隔については最小幅 110cm から最大幅 170cm まで 3 段階に任意に変更できるようにしたが、今回の実験では全て一番広い状態（アウトリガー間隔 170cm）として行った。こうして改良したカヌーの安定性を考慮⁽⁵⁾した上で実際の櫓漕ぎ実験を行った。

Fig.3 Setting the "Ro Gui" on the bed "Ro-Doko"

3.2 櫓漕ぎ動作の動きの比較

Fig.4 に一例として熟練度別の各被験者 3 名の櫓漕ぎ動作の連続写真を示した。図は左から上級者、中級者及び初級者の順で並べたもので、櫓漕ぎでは櫓を手前から押し出す動作（押さえ）と、手前に引き込む動作（控え）を交互に繰り返しながら推進する。熟練度別の被験者の動きを比較すると、図中の丸で囲んだ押さえの際に櫓を最も外側に振り出すところで被験者ごとの違いが明確になっていた。すなわち、一番左の上級者と比較すると中間の中級者や右端の初級者ではいずれも腰が引けたような格好になっている。

また Fig.5 に各被験者の 1 周期分の各部の動きを記す。図は、頭と腰、腰と右肘、右肘と櫓先、腰と左膝、腰と右膝をそれぞれ直線で結び各部位の 1/30 秒ごとの動きを図示したものである。すなわち図は、正面から見たときの各被験者の 1/30 秒ごとの体の動きを示している。

(Testee B
Veteran

Testee A
Middle class

Testee I)
Beginner

Fig.4 Motion of working a Ro-scul for three testees

これを見ると、いずれの被験者も櫓先と右肘を結んだ線は密になっているところと粗になっているところに分かれている。これは櫓漕ぎ動作の「押さえ」から「控え」に入る動きと、反対に「控え」から「押さえ」に入る動きを示している。

次に腰と右膝、腰と左膝を結んだ線に着目すると、被験者 B では腰と右膝を結んだ線が腰と左膝を結んだ線に対して左側にずれており、両膝を結んだ線が船首尾線に対して角度をもって開いていることを示

している。一方、被験者 A や被験者 I では腰と右膝、腰と左膝を結んだ線がいずれもほぼ平行していることから両膝を結んだ線が船首尾線に対して平行になっていることを示している。このことから被験者 A や被験者 I では船首尾線に対して平行に足を開いて立っていた、すなわち体を船首尾線に対して真横を向けながら漕いでいたのに対して、被験者 B では船首尾線に対して右足をやや引いた格好で、すなわち体をやや右側に向きながら漕いでいたことがわかる。

櫓を漕ぐ場合には「押さえ」「控え」に伴い船体が横揺れを繰り返すが、この時船首尾線に平行に足を開いて立っているとこの横揺れに対して体のバランスをとりにくくなることから被験者 A や被験者 I ではいずれも腰が引けたような格好となっている。一方、被験者 B では体をやや右側に向けることで体のバランスをうまく保ちながら櫓漕ぎを行っていたことがわかる。

また、頭の動きについて着目すると 3 人の被験者の中で被験者 B の頭が最も大きく動いていることがわかる。これは 3 人の被験者の中で被験者 B が最も大きく頭を舷側に移動させていたことを示しており、その分他の 2 人と比較して漕ぎの動作が大きくなっていたことを示している。和船の櫓漕ぎを調査した結果でも述べたとおり、大きくゆったりと漕いだときの方がピッチを速くして漕ぐよりも長距離を漕ぐことができる^{(3), (6)-(8)}。したがって、櫓で長距離を漕ぐ場合は、被験者 A や被験者 I の漕ぎに比べ、被験者 B のような両足をある程度開いて踏ん張る漕ぎのほうが漕ぎやすく、また長続きするものと考えられる。

Fig.5 Three testees' motion of working a Ro-scul for one cycle

3.3 櫓漕ぎ時の櫓先軌跡の比較

また一例として被験者 3 名の櫓先の軌跡を Fig.6 に示す。この図は被験者の櫓漕ぎ動作からおよそ 4 周期分を抜き出したものである。参考に過去長崎近郊の網場で実施した和船の櫓漕ぎ動作における熟練者 G の軌跡⁽³⁾も示した。ただし、被験者 G の軌跡は今回の実験での軌跡と比較が容易になるよう、1m 鉛直上方に平行移動させている。

図から過去に網場で行った実験と比較すると本実験の被験者 B、被験者 A、被験者 I はいずれも櫓先の軌跡の運動範囲が小さくなっており、押さえ・控えの運動が狭い範囲で行われていたことがわかる。これは前述したように本供試カヌーにおいては船幅が狭く、漕ぎにおいて足元がふらつくなどバランスが悪いため、和船よりも狭い範囲でしか操作できなかったためと考えられる。

一方、本実験から被験者ごとに比較すると被験者 B で移動範囲が最小となっていたことがわかる。また、被験者 B は、3 名中最も画面の中心付近で漕いでいたが、被験者 A では一番外側で漕いでいた。また、被験者 B は、同様に 3 名中最も低位置で櫓を操作していたが、被験者 A では最も高位置で漕いでいた。艇速を出すため櫓下部を大きく振出して漕ごうとすると押さえの際に櫓先を外側に振り出す必要があるが、カヌーの場合は和船と比較して船が大きく横揺れするだけでなく、早緒の長さとの兼ね合いから櫓先が外側になるように漕ぐためにはどうしても櫓先を低位置まで伸ばして漕がざるを得ないことになる。しかし櫓先を低位置まで伸ばすと櫓先端部は水面近くにしか没しないため、海面近くを掻くことになり推進力にはあまり寄与しないと思われる。実際、被験者 A 及び I では櫓下が水面から浮き上がってしまうため、しばしば Fig.2 に示す櫓漕ぎの際の支点である「入れ子」が櫓杭からはずれてしまうということがあった。このことから、本供試船のカヌーの場合、効率よく漕ぐためには船の中心付近で櫓を小刻みに操作して推進する必要がある。

また、軌跡の形状を比較してみると和船の場合は櫓先がほぼ八の字を描いているが、被験者 B では若干その傾向はみられるものの他の被験者 2 名は円運動に近い形状になっている。これらの違いは櫓先の移動量が狭い範囲にとどまっていることから熟練度の違いによるものではないかと言え難い。

Fig.6 Trajectories of the motion of blade apex of Ro-scul by testee

(※ Testee G was indicated by reference ⁽³⁾)

4. まとめ

前報より著者らは、カヌーに対して櫓漕ぎの技術移転が可能であるかどうかについて考察してきた。本来「櫓」は伝統的な和船で使用されてきており、船型の異なったカヌーでの適用はそのままでは難しい。そこで本報ではカヌーにおいても櫓漕ぎが行えるよう船型及び櫓に若干の改良を行うとともに、被験者のべ6名の櫓漕ぎ動作を収録及び画像解析することで櫓漕ぎについて、和船の場合と比較してどのように漕ぎ方が異なるのか、和船における熟練者の櫓漕ぎ方法はカヌーにおいても十分通用するのかについて明らかにするとともに、熟練度の異なった複数名の被験者による櫓漕ぎ比較から熟練度の違いがカヌー櫓漕ぎ法に違いがあるのかについても調査することを目的とした。

その結果、以下の点が明らかとなった。

(1) 和船の櫓漕ぎと比較するとカヌーでは船幅が狭く、したがって両足を踏ん張って大きく漕ぐことができないため、漕ぎの動作そのものが和船の場合と比較すると小さくなっていた。

(2) 熟練度の違いについては櫓先の動く範囲が狭いため被験者ごとの明確な違いは見出せなかった。しかし、推進効率の観点から両足をある程度開いた漕ぎ方は、姿勢が安定し櫓先を低位置まで伸ばす必要がないことから櫓下がもっとも水中深くまで没することができていたと考えられ、従って効率よい漕ぎ方であったと見做された。

(3) カヌーにおいて和船と同様な櫓漕ぎを展開するには、両足の間隔が少なくとも肩幅程度保持することが必要と思われた。

謝辞

本研究を行うに当たり、櫓漕ぎ被験者として協力して頂きました長崎大学水産学部水産海事情報学研究室4年次生、および講演会において質疑を頂いた、北海道大学大学院水産科学研究所の木村暢夫教授に深くお礼申し上げます。

参考文献

- (1) Kawilarang Warouw ALEX MASENGI : Studies on the Characteristics of a Small Fishing Boat from the Viewpoint of Seakeeping Quality, Doctoral Thesis of Graduate School of Marine Science and Engineering, Nagasaki University, 1992.
- (2) 海上幕僚監部編:短艇教範(海自教範36-01), pp69-86, 1958.
- (3) 清水健一, 高山久明, 合田政次, 山脇信博:和船人力推進における熟練者の櫓漕ぎ技量評価-V, -櫓漕ぎ動作の画像解析-, 日本航海学会論文集, 第117号, pp.245-251, 2007.
- (4) Vivanda MODASO, Hisaaki TAKAYAMA, Kenichi SHIMIZU and Masaji GODA : Potential of Transfer of the Propelling Skill of Working a Ro-Scull to the Indonesian Canoe, The Journal of Japan Institute of Navigation, Vol.128, pp15-19, 2013.
- (5) Vivanda MODASO, Hisaaki TAKAYAMA, Kenichi SHIMIZU, Mituharu YAGI: Potential of Transfer of the Skill of Working a Ro-Scull to Indonesian Canoe - II- Evaluation of the Stability due to the Difference of Distance between Two Outriggers after Mounting a Floating Structure on the After Part of Canoe -. The pre-paper of Japan Institute of Navigation, vol.1, No.2, pp47-50, 2013.
- (6) 高山久明・清水健一・山脇信博・合田政次:長崎市網場在来の木造和船を用いた熟練者の櫓漕ぎ技量の分析と評価, 日本航海学会論文集, 第110号, pp.125-133, 2004.
- (7) 高山久明・清水健一・山脇信博・合田政次:和船人力推進における熟練者の櫓漕ぎ技量評価-III.木造和船推進抵抗と被験者の櫓漕ぎ推進効率に関する個人評価, 日本航海学会論文集, 第111号, pp.17-23, 2004.
- (8) 清水健一・高山久明・合田政次・山脇信博:和船人力推進における熟練者の櫓漕ぎ技量評価-IV.櫓杭3分力計の製作とその櫓漕ぎ出力から見た評価, 日本航海学会論文集, 第115号, pp.115-121, 2006.