

# 水中の漁具の流体抵抗低減に関する研究

## Research of drag reduction of fishing gear

坪井 涼\*

Ryo TSUBOI

### Summary

In the fishery, there is high percentage of fuel costs for the expenses in comparison with other industries and the increase in fuel prices has given a serious impact on the business. Rope used in the manufacture of fishing ropes is made by twisting fibers, whereby the mechanical properties such as strength and elongation are different. Depending on the type of fishing, the size of the fishing net is sometimes up to several kilometers, it is possible to improve the fuel consumption if it is possible to reduce the fluid resistance of the rope nets. And it is also possible to reduce the number of fishing if it is possible to catch more amount of the fish at one-time. In this study, a major objective is the reduction of drag from fluid by applying improvements to fishing gear. In this paper, as its initial stages, the basic properties of the fishing gear are investigated by measuring the drag and visualizing the flow.

キーワード：漁具，抵抗低減，可視化

Keywords：fishing gear, drag reduction, visualization

### 1. はじめに

現在，漁業は他の産業と比較して経費に対する燃料費の割合が高く，燃料価格の高騰は経営に深刻な影響を与えている．また，発泡スチロール等の漁業の資材も石油製品が多いため，漁業者はさらにダメージを受けることとなる．価格上昇の理由として，中国やインドなどの新興国の経済発展による石油需要の増加や原油産出国の情勢不安，世界の投機資金が原油市場に投入されたことなど，複数の原因が絡み合っていると考えられている．漁業経費に占める燃料の割合は，2005年は10%から20%程度だったが，近年では30%程度といわれている．漁の種類によってはエンジンとは別に集魚灯を利用することもあるため，発電機にも燃料を利用するので，より大きな影響を受ける。

漁船に使用されるロープは繊維を撚り合わせて製造されており，それによって強度や伸びなどの機械的特性が異なる．対象とする魚によっては，漁網の大きさ

は数 km に及ぶこともあり，そこに使用されるロープ・漁網の流体抵抗を減らすことが出来れば漁船の燃費を向上することが可能となる。

漁業の目的は魚を捕獲することであり，1回の漁獲量が多ければ出漁回数を減らすことも可能となる．漁業に用いられる漁網は，単純に漁船から曳航しているわけではなく，漁網を適切な形状に開口するためのオッター・ボード（トロール・ドア）と呼ばれる翼型をした漁具が使用されており，その形状によって漁網の開口の仕方が異なることが知られている．このオッターボードの設計は経験則によりなされており，シェブロンノズルのような航空機のエンジンに適応されるような知見を用い，理解に苦しむ設計がなされている場合もある。

本研究では，漁具に改良を施し，流体抵抗の削減，漁網の開口形状の制御などを行い，新しい漁具形状の提案をすることを大きな目的としている．本報ではその初期段階として，回流水槽を用いたロープ・翼まわ

\* 機械工学

りのながれの可視化・抗力の測定を行うことにより、それぞれの基本的な性質を調査することを目的とした。

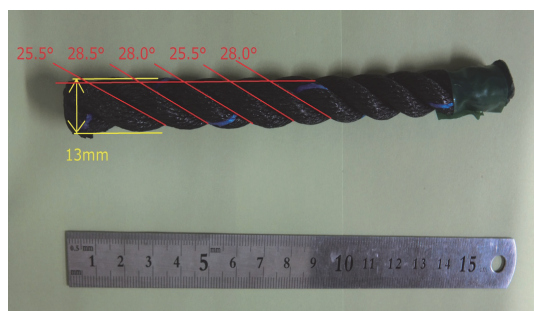
## 2. 実験概要

本研究では、実際のロープ、金属製丸棒、3次元造形機により製作したロープのモデルを使用した。実際のロープはポリエチレン製で、どのロープも似たような撚りの角度ではあるが、実験する前に各ロープの撚りの角度と溝の深さを測定した。水平に対するストランドの撚り角度を $\alpha$ と定義し、ロープの5箇所から平均値 $\alpha_{AVE}$ を算出した。長さは治具の幅に合わせ147mm～150mmとなっている。

丸棒は5000系アルミ合金で、径及び長さは、実験で用いたロープに数値的に類似したものを使用した。丸棒の長さは150mmである。

3Dモデルは実際に使用したロープと径、及び巻き数を数値的に近づけた値になっている。この3Dモデルとロープに掛かる負荷と、それらの周りの流れを可視化によって視覚的に比較する。これらの実験から、たわみによる流れの影響を調べる。

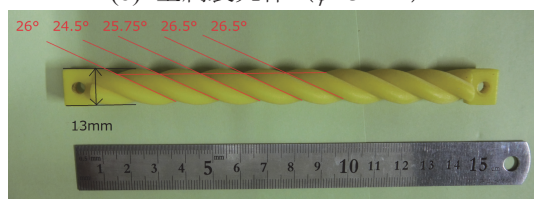
図1に使用した実際のロープ、金属製丸棒、モデルロープの例を示す。



(a) 実際のロープ ( $\phi 13\text{ mm}$ ,  $\alpha_{AVE} = 27.1^\circ$ )



(b) 金属製丸棒 ( $\phi 13\text{ mm}$ )



(c) モデルロープ ( $\phi 13\text{ mm}$ ,  $\alpha_{AVE} = 25.9^\circ$ )

図1 使用されたモデル

## 2.1 流体抵抗の測定

図2に実際のロープを用いたときの実験結果を示す。どの径においても流速0.4m/s～0.5m/sを境にグラフの傾きが大きくなっていることがわかる。また、流速が上がるとエラーバーが大きくなる傾向が出ている。このエラーバーは測定された流体抵抗の最大値と最小値を表しており振動による影響が出ていると考えられる。

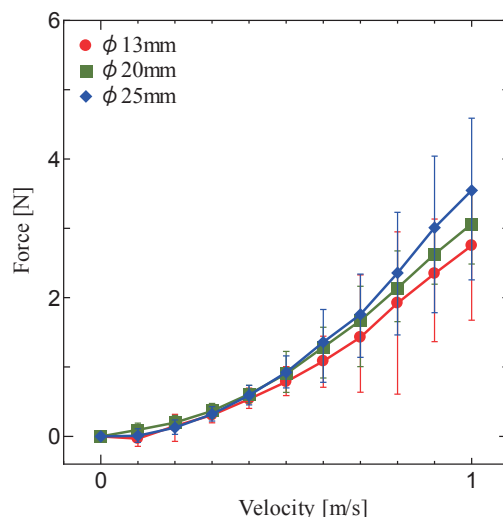


図2 抗力の測定結果 (実際のロープ)

図3は金属製丸棒を用いたときの実験結果を示す。一般的なことから、同流速の時、径が大きくなるにつれて流体抵抗が大きくなることがわかる。また、どの径においても流速が上がるごとに流体抵抗が大きくなることが確認できる。

どの径の結果においても流速0.7m/sから傾きが急になっていることがわかる。エラーバーは流速0.5m/sから次第に大きくなっていることから、実験時の治具の振動の影響が出始めたと考えられる。

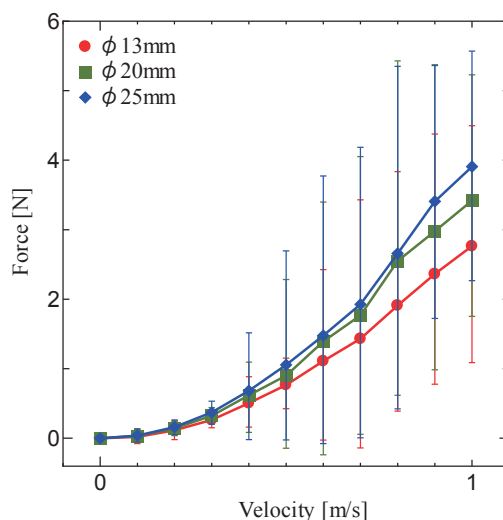


図3 抗力の測定結果 (金属製丸棒)

図 4 は 3 次元造形機で製作されたロープのモデルでの実験結果である。丸棒と同様な結果が確認できる。流速 0.6 m/s あたりからいずれのグラフも傾きが大きくなり、流速が 0.1 m/s 上がると抵抗値が 0.5 N 程度上昇することがわかる。

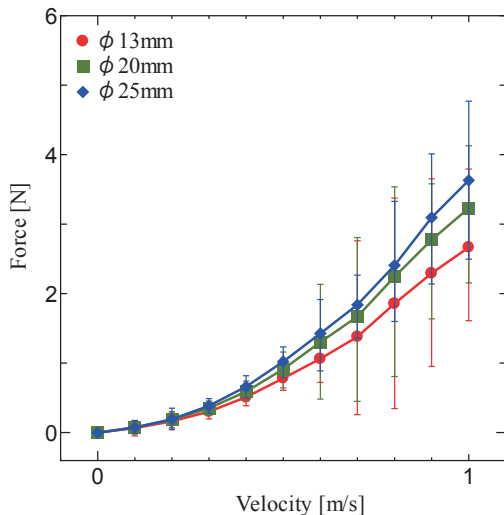


図 4 抗力の測定結果 (モデルロープ)

図5は $\phi 13$  mm の各モデルの比較を示している。図より、3 種類のモデルの抵抗値の差は 0.1 N に満たないことから、撓りやたわみによる抗力の違いは確認できなかった。 $\phi 20$  mm のモデル (図 6) では、流速 0.4~1.0 m/s においては丸棒の抵抗値が一番大きかった。撓りやたわみによって流体抵抗の軽減された可能性がある。 $\phi 25$  mm のモデルの結果 (図 7) においても、流速 0.4~1.0 m/s において、丸棒の抵抗値が一番大きかった。また、流速が上がるにつれ、丸棒と他の二つのモデルとの抵抗値の差も大きくなっていることがわかる。

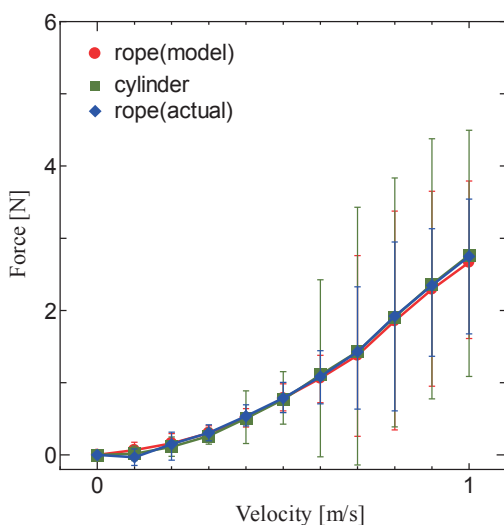


図 5 異なるモデルでの比較 ( $\phi 13$  mm)

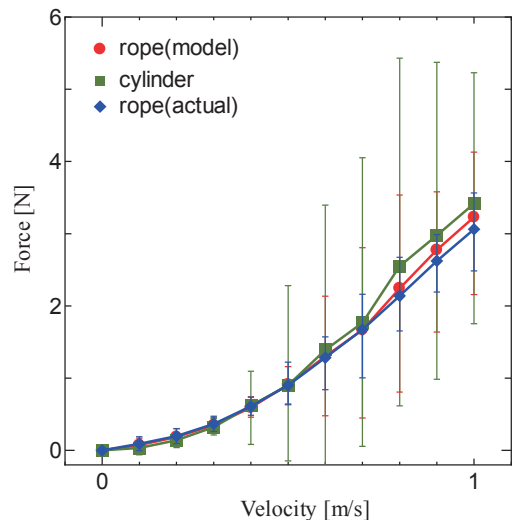


図 6 異なるモデルでの比較 ( $\phi 20$  mm)

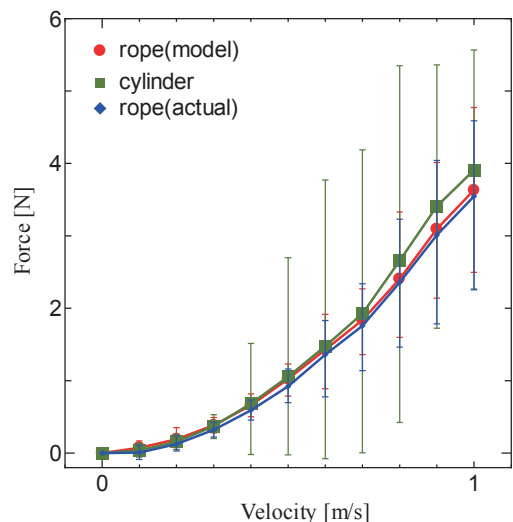


図 7 異なるモデルでの比較 ( $\phi 25$  mm)

## 2.2 流れの可視化

流れの可視化は、高速度カメラ (Photron, FASTCAM Mini AX-50)、レーザー発生装置 (Laser Quantum, CW Laser elite) を用いて行った。水槽にモデルを固定し、水中に散布したトレーサ (ナイロン粒子, 平均径  $10 \mu\text{m}$ ) にレーザーシートを照射し高速度カメラで撮影した。その画像をソフトウェア (西華 DI, Koncerto II) を用い PIV 処理し<sup>2)</sup>、各モデルの周り流れ及び後流の可視化を行った。実験の概略を図 8 に示す。

使用したモデル、条件は流体抵抗の測定と同様である。

本実験で得られた可視化の結果の一例を図 9, 図 10 に示す。

図 9 は流れ場の瞬時値を解析した結果であり、それぞれの物体の後流におおきなうねり、渦ができていることが確認できる。



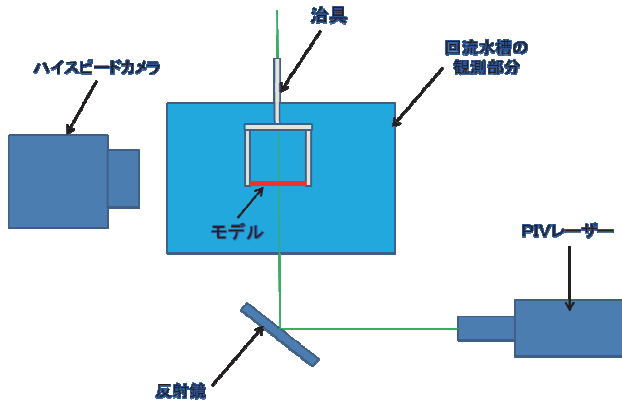


図 8 可視化装置の概略

図 10 は流れ場を時間平均した結果であり、金属製丸棒の後流は上下方向にほぼ対象であり、一般的に知られる円柱後流の構造と同じである。実際のロープやロープモデルを使用した場合、時間平均を施した流れ場においても流れに偏りが見られ、3次元の構造を有することが影響していることがわかる。

今回の実験ではある代表する面を 2 次元 PIV により解析しているため、この結果だけで流体特性を論じることが出来ない。3 次元的な流れの解析や、奥行方向に撮影面を移動させることにより、さらに詳細な解析が

可能であると考えられる。

### 3. 結言

本研究では、ロードセルを用いて流体抵抗の測定、PIV 法を用いた流れの可視化及び解析を行い、実際のロープ、3D モデルのロープ、丸棒を比較し流体特性の調査を行い、次の知見が得られた。

- (1) 流体抵抗の計測より、撚りやたわみの有無で流体抵抗が減ることが確認できた。
- (2) 流体抵抗の計測より、各モデルの流体抵抗の差は 1.0 N 以上ないことから、撚りやたわみの流体抵抗への影響は小さいことが確認できた。
- (3) 可視化実験より、撚りやたわみによってモデルの周りや後流の流れが変化することが確認できた。

### 文献

- 1) 平成 20 年度、北海道水産白書 北海道水産業・漁村のすがた
- 2) 可視化情報学会編：PIV ハンドブック，森北出版株式会社，2013。

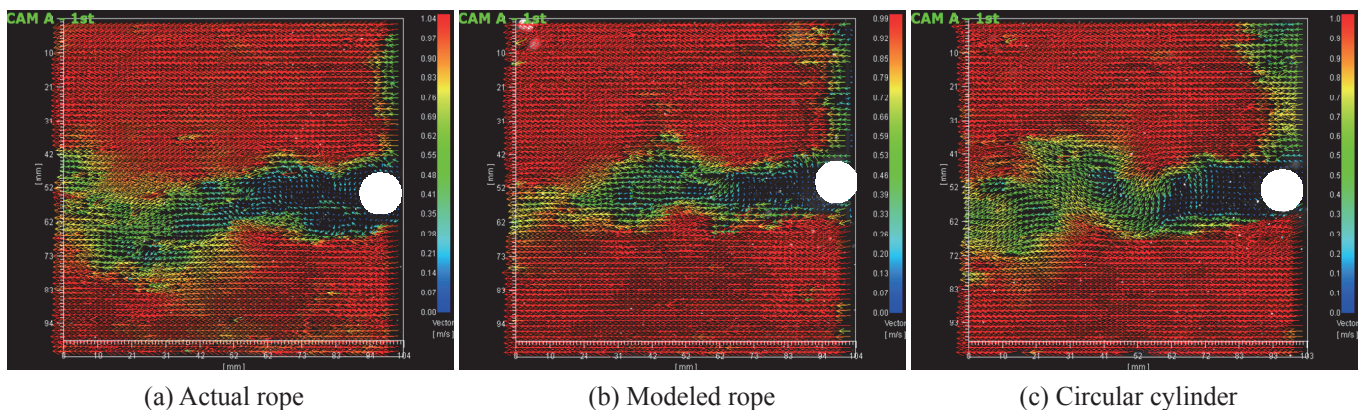


図 9 速度ベクトルの瞬時値 ( $U=1.0$  m/s,  $\phi=13$  mm)

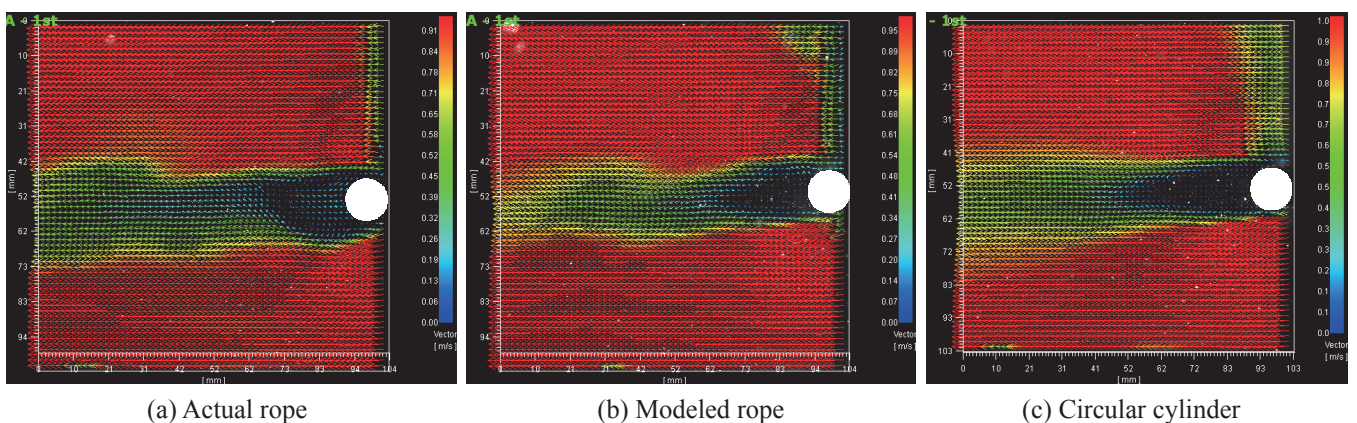


図 10 速度ベクトルの時間平均値 ( $U=1.0$  m/s,  $\phi=13$  mm)