



Title	漁船の船舶操縦性流体力に関する実験的研究(2)
Author(s)	烏野, 慶一; 稲葉, 恭人; 蛇沼, 俊二
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 37(1), 50-57
Issue Date	1986-02
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/23904">http://hdl.handle.net/2115/23904</a>
Type	bulletin (article)
File Information	37(1)_P50-57.pdf



[Instructions for use](#)

## 漁船の船舶操縦性流体力に関する実験的研究 (2)

烏野 慶一\*・稲葉 恭人\*\*・蛇沼 俊二\*\*\*

### Experimental Studies on Hydrodynamic Forces and Moment for Maneuvering Motions of a Fishing Vessel (2)

Keiichi KARASUNO\*, Yasuhito INABA\*\*  
and Syunji JYANUMA\*\*\*

#### Abstract

One of the remarkable features of a fishing boat in ship handling is their maneuverability at various speed, i.e., from slow speed while fishing to high speed en route from port to the fishing ground.

Authors have tested the hydrodynamic forces and moment due to maneuverability of fishing boat. [1]

This paper describes the experimental results of tests on a vessel at slow speed using a 1/6.5 scaled model of the 6.5 GT. small-sized fishing boat.

#### 緒 言

漁船は港から漁場への出漁、漁場から漁場への移動、漁場からの帰港といった航行において、船の大きさの割には比較的高速(フルード数0.5以上)で移動する。漁船の高速化の傾向は魚資源の減少や魚価の低下などによる漁業経営上の問題とからんで近年ますます強まっていると考えられるが、漁船を用いた漁労作業では、トロール漁法、刺網、延縄、定置網の作業など、船速がほとんどゼロかまたは低速での操船が求められる。このように高速、または低速という船速から見て二つの異なった状態で一つの船が運用される事は、漁船の大きな特徴である。ちなみに現在の漁船船型は大まかに言って、高速性が必要な船型と低速で作業するに安全な船型との相反する船型要素の妥協点としてあり、その利用目的による重みの置き方で漁船の多様な船型があると言える。

一方、船体運動の面からみると、漁労作業時に船体に働く力、例えばプロペラ推力、舵力、曳網によって船体に加わる曳索力、または風、波浪、潮流などの外力は時間の経過に対して非定常な力で、それらは多く重なって作用する。そのために漁労作業時の船体運動を解析あるいは予測するには、より困難な問題が生じる。このような非定常な運動へアプローチする方法として運動をシミュレーションにより解析することは有効な方法の一つであろう。これには船体に働く流体力を船体の運動特性に関するパラメータで記述する必要がある。特に操業時の船体運動をシミュ

\* 北海道大学漁船工学講座(Division of Fishing Boat Engineering, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

\*\* 北海道大学漁船運用学講座(Laboratory of Fishing Boat Semanship, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

\*\*\* 財団法人水産科学研究奨励会研究員

レートする場合、船体の状態や外力の状態は通常の船舶の航行時の範囲を大きくはずれることを考えると、パラメータのあるものは理論式やすでに報告されている実験式より求めることも可能な場合があるが、多くは模型実験によって得なければならない。

本研究では水槽での漁船模型曳航実験により、低速域で前進、後進または大きい横運動に基づく流体力を計測し、この結果より低速域での実験の問題点について検討した結果、一つの知見を得たので報告する。

### 供試模型船と実験システム

このような目的のために、6.5 GT 小型漁船 ( $L_{pp} \times B \times D = 11.5 \text{ m} \times 2.9 \text{ m} \times 0.95 \text{ m}$ ) の縮尺 1/6.5 模型を用いて曳航実験を行った。

この漁船は前浜において主に雑刺網、延縄漁業に従事する漁船である。

本供試船の線図を図 1 に示す。本供試船は AP から船尾後端までに長いトランサム船尾を持ち、船底には大きな縦断面積を有する方形キールとハードチェーンを有している。この船型は一般的小型漁船の特徴といえる。

本供試船の船体主要目および実験時の船体状態を表 1 に示す。今回の実験ではベースラインに

Table 1. Principal dimensions of fishing vessel and its model test condition.

	Ship	Model
Scale	—	1/6.5
Gross tonnage	6.5	—
$L_{pp}$	11.5 m	1.769 m
B	2.90 m	0.446 m
D	0.95 m	0.146 m
Displacement	15.87 ton	57.77 kg
$d_a^{**}$	0.75 m	0.11 m
$d_r^{**}$	0.75 m	0.11 m
$d_m^{**}$	0.75 m	0.11 m
$d_a^*$	1.09 m	0.168 m
$d_r^*$	0.84 m	0.129 m
$d_m^*$	0.90 m	0.138 m
Initial trim*	0.43 m	0.066 m
$C_b^{**}$	0.715	0.715
$C_p^{**}$	0.760	0.760
$C_b^*$	0.596	0.596
Ship speed	14 k't	—
$F_n$	0.67	—
Bar keel height at midship	0.15 m	0.023 m
Bilge keel	without	whithout
Water Temp. (deg)	—	9.0

\*: draft from bottom of bar keel

\*\* : draft from base line

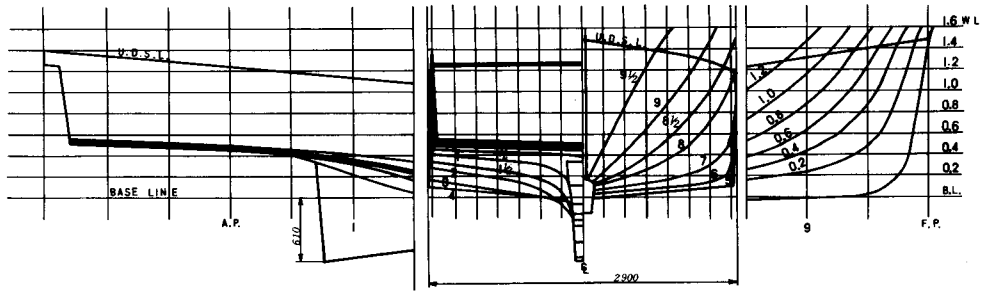


Fig. 1. Lines of a fishing vessel 6.5 GT.

Table 2. Characteristics of 3 components load cell.

	定格負荷	定格出力 strain	非直線性 % F.S.	ヒステリシス % F.S.	干渉度
X	+20 (Kg)	$+1053.2 \times 10^{-6}$	0.02	0.06	$F_x, F_y, M_z$ 間の干渉度
X	-20 (Kg)	$-1053.4 \times 10^{-6}$	0.02	0.05	定格負荷に対し最大 0.6% F.S.
Y	+20 (Kg)	$+1056.2 \times 10^{-6}$	0.01	0.03	
Y	-20 (Kg)	$-1055.2 \times 10^{-6}$	0.02	0.11	
N	+ 8 (Kg-m)	$+1040.1 \times 10^{-6}$	0.02	0.05	
N	- 8 (Kg-m)	$-1039.9 \times 10^{-6}$	0.02	0.05	

対してトリムをゼロ (初期トリム 3.7% aft. である) とし、この状態でトランサムがわずかに水没する。

実験水槽は北大水産学部大型水理実験水槽を使用した。模型船にはロール、ピッチ計測のための運動計測装置と船体に加わる前進抵抗、横力、回頭モーメントを計測するための一体型三分力検出器を midship に取りつけた。なお、三分力検出器の性能を表 2 に示す。

また、計測データを曳引車上で電子計算機により AD 変換し、図形表示を行なって実験と同時に解析した。本実験の計測システムを図 2 に示す。

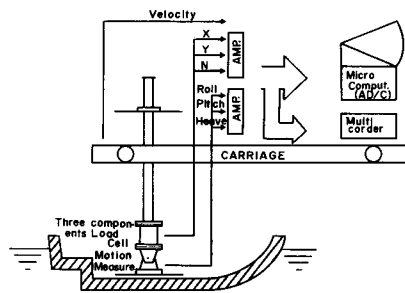


Fig. 2. Measuring system of hydrodynamic and moment for towing tests of a model ship

### 座標系および測定した流体力

図 3 に示す座標系に対して X, Y, N の各力とモーメントおよびロール、ピッチ、ヒープの各運動を、曳航速度 U と横流れ角  $\beta$  を変えた組み合わせで計測した。

なお、測定された力とモーメントは次式によって無次元化した。

$$C_t = R_t / (1/2 \times \rho \times S_w \times U^2)$$

$$X' = X / (1/2 \times \rho \times L_{pp} \times d_m \times U^2)$$

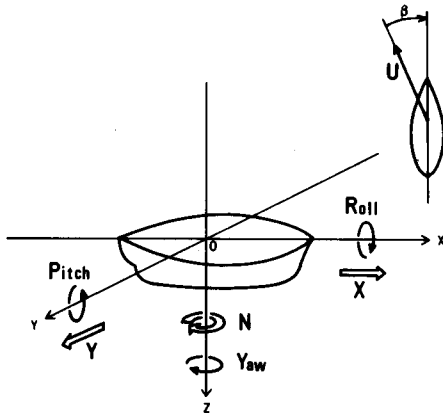


Fig. 3. Coordinate system of ship

$$Y' = Y / (1/2 \times \rho \times L_{pp} \times d_m \times U^2)$$

$$N' = N / (1/2 \times \rho \times L_{pp}^2 \times d_m \times U^2)$$

ここで  $R_t$  は直進全抵抗 ( $\beta=0$ ),  $S_w$  は方形キールを含む浸水表面積,  $\rho$  は清水の密度,  $L_{pp}$  は垂線間長,  $d_m$  は船体中央における方形キール下端からの吃水である。

本実験の特徴は極く低い船速で, 0度から 360度までの広い範囲にわたる横流れ角  $\beta$  について, 各力と各運動を計測している点である。 $\beta$  が 0度では, すなわち直進状態では通常の航行の直進抵抗のデータがえられる。 $\beta$  が 20度程度までは船の通常の操縦性能に関するデータが得ら

れる。また  $\beta$  がそれ以上の角度では漁船の操業時の漁労作業による横流れ, 後進あるいは波浪, 風による漂流時に船体に働く流体力が得られる。

本実験は低速域での流体力を計測する事が目的であるが, 実船との対応を念頭におきながら水の粘性影響を調査するために数種類の低速度で, すなわち,

$$U = 0.1 \text{ m/s (Fn} = 0.024, R_n = 1.354 \times 10^5)$$

$$U = 0.2 \text{ m/s (Fn} = 0.048, R_n = 2.708 \times 10^5)$$

$$U = 0.3 \text{ m/s (Fn} = 0.072, R_n = 4.062 \times 10^5)$$

$$U = 0.4 \text{ m/s (Fn} = 0.096, R_n = 5.416 \times 10^5)$$

で模型船を曳航した。

なお, 本実験は後進を含む直進実験と揚力発生を伴う斜航実験を主眼としたので本供試模型船には乱流促進装置は取りつけていない。この効果については今後検討する予定である。

## 実験結果と考察

### 1. 直進抵抗

本研究では直進前進と直進後進の二つの直進状態で実験を行っている。前進では船速の最大を約 1.5 m/s ( $Fn=0.36$ ), 後進では約 0.6 m/s ( $Fn=0.16$ ) として計測した。図 4 および図 5 にそれぞれ前進および後進の全抵抗値  $R_t$  と全抵抗係数  $C_t$  を示す。

船速が非常に低い 0.1 m/s-0.3 m/s までは全抵抗値は船速  $U$  の一乗に比例し, 0.4 m/s を超えるあたりから船速  $U$  の二乗に比例している。この結果全抵抗係数  $C_t$  は非常に低速ではレイノルズ数の逆数に比例して変化していることが見られる。

また船速 0.4 m/s まででは後進時の抵抗値は前進時のそれよりも小さい。これは前進と後進で船体周りの水の流れがそれぞれ異なっているためであり, 抵抗係数  $C_t$  から判断すると, 三次元摩擦抵抗および渦による抵抗がこの差の主要な要因となっていることがわかる。また  $C_t$  曲線から後進時には造波影響は前進時よりも早い時期から (より低い船速で) 現われることがわかる。

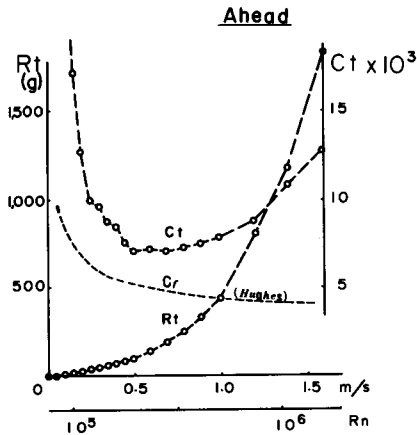


Fig. 4. Dimensional total resistance  $R_t$  and non-dimensional coefficient of one  $C_t$  for the model ship moving ahead ( $\beta = 0$  deg) by means of straight tow test.

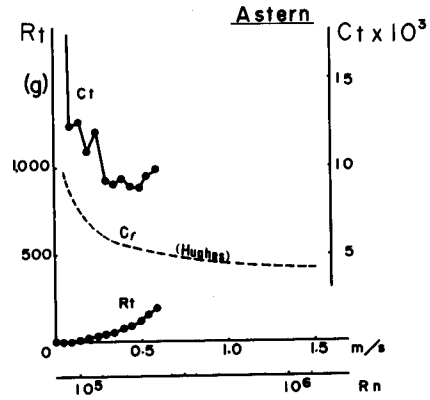


Fig. 5. Dimensional total resistance  $R_t$  and non-dimensional coefficient of one  $C_t$  for the model ship moving astern ( $\beta = 180$  deg) by means of straight tow test.

### 2. 斜航時の流体力 (横流れ角が小さい時)

$\beta = 0$  度,  $\pm 2.5$  度,  $\pm 5.0$  度,  $\pm 7.5$  度,  $-10.0$  度,  $-15.0$  度,  $-20.0$  度の各々について計測した  $X$ ,  $Y$ ,  $N$  を, それぞれ  $X'$ ,  $Y'$ ,  $N'$  として無次元化した。測定した有次元データの例を図 6 に示す。データは近似曲線に対して少しばらつきがある。これについてデータの精度を確認するために同一条件のもとで複数回の実験を行った。この結果本実験で得られたデータの精度は  $\beta$ ,  $U$  の値によって異なり,  $\beta$  が 5 度程度の微小角で約 5 g, 大きい  $\beta$  では約 15 g であった。

模型船の前進時の無次元値を, 図 7 に, また後進時の無次元値を, 図 8 に示した。それぞれのグラフは上から  $U = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$  m/s に対応するが各グラフの実線, 破線, 一点鎖線はそれぞれ,  $U = 0.4$  m/s の  $X'$ ,  $Y'$ ,  $N'$  近似曲線であり, この図より  $U = 0.4$  m/s と他の曳航速度のデータとの関係がわかる。なお, 横軸は  $v' = (-U \sin \beta) / U$  とした無次元化横流れ速度である。

例えば,  $U = 0.1$  m/s では  $U = 0.4$  m/s の近似曲線とのずれは大きい  $U = 0.2$  m/s,  $0.3$  m/s となるにつれてそれとのずれは僅少になってくるのが分かる。したがって, これらの図から, 曳航速度の無次元値への影響は,  $U = 0.1-0.3$  m/s では大きいと言えるであろう。また, 前進時と後進時との無次元値を比較すると,  $U = 0.4$  m/s で  $Y'$  の値にはさほどの差はないが, これに対して,  $N'$  において大きい差があることが分かる。すなわち, 前進と後進では揚力そのものは変わらないがその分布は大きく変化していると言える。

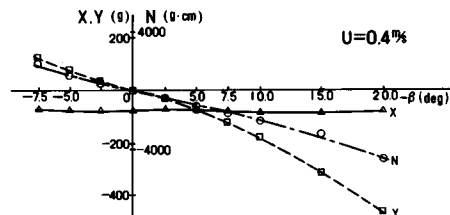


Fig. 6. An example of dimensional hydrodynamic forces and moment  $X$ ,  $Y$ ,  $N$  for the model ship by means of oblique tow test.

### 3. 斜航時の流体力 (横流れ角が大きい時)

前項と同様の図で横軸を  $v' = \pm 1.0$  ( $\beta = \pm 90$  度) まで広げた斜航時の流体力を図 9, 図 10 に示

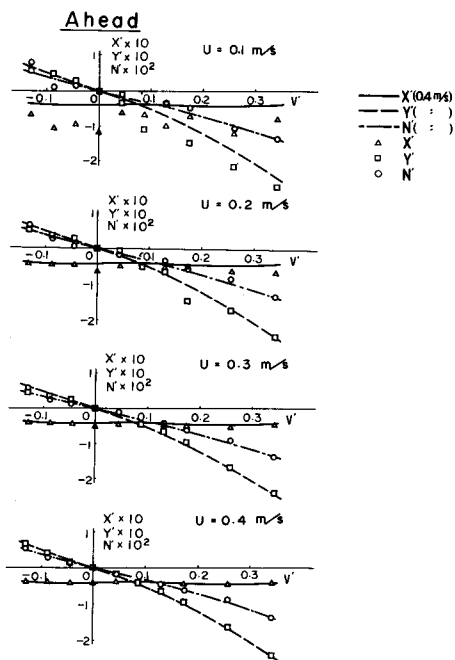


Fig. 7. Comparison of non-dimensional forces  $X'$ ,  $Y'$  and moment  $N'$  for the model ship moving ahead ( $\beta = -7.5 \sim 20.0$  deg) by means of changing model ship speeds ( $U = 0.1 \sim 0.4$  m/sec) on oblique tow tests.

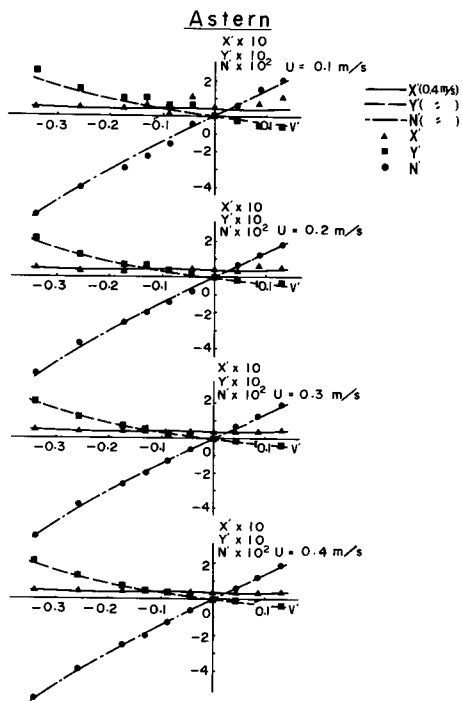


Fig. 8. Comparison of non-dimensional forces  $X'$ ,  $Y'$  and moment  $N'$  for the model ship moving astern ( $\beta = 160 \sim 187.5$  deg) by means of changing model ship speeds ( $U = 0.1 \sim 0.4$  m/sec) on oblique tow tests.

した。この図では前進時と後進時のデータを同一のグラフ上に表わしている。したがって本図は船体の直進前進から微小角斜航，大角度斜航，正横流れ，直進後進までの状態を表わし， $\beta$  が 0 度から 360 度までの流体力の特性を示す。本図で白抜きマークは前進時のデータを示し黒は後進時のそれを示す。前進時と後進時との  $N'$  の値の大きな違いがさらに良くわかるであろう。

$\beta = -90$  度の横流れで  $X'$  が負で出ているが，これについては  $\beta = -90$  度にて測定し，次いで曳航方向を反転して  $\beta = +90$  度の計測をしてこのデータの値を確認した。この結果，検力計の船体取り付け精度において，その設定誤差は微小であることを確認している。また，表 2 より検力計の干渉も小さい。なお，この横行の実験時には船首および船尾と水槽側壁との距離が 86 cm，および 61 cm であったので  $X'$  が負となることは水槽の側壁影響による可能性もある。

#### 4. 井上式との比較

一般船舶の操縦性流体力を推定するものとして井上の式が広く参考にされている。これと本実験の値を比較することは漁船の操縦性流体力の特徴を知るために意義のあることと考える。井上式によれば  $Y'_v = -0.591$ ， $N'_v = -0.091$  となり本実験の  $Y'_v = -0.432$ ， $N'_v = -0.0366$  と比較すると， $Y'_v$  は大略合致するが  $N'_v$  には大きな差があると考えられる。

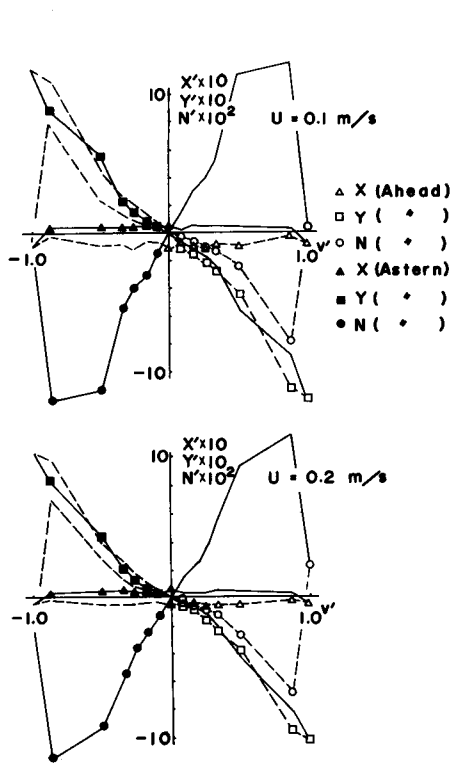


Fig. 9. Comparison of non-dimensional forces  $X'$ ,  $Y'$  and moment  $N'$  for the model ship with drift angles ( $\beta=0 \sim 360$  deg) by means of changing model ship speeds ( $U=0.1 \sim 0.2$  m/sec) on oblique tow tests.

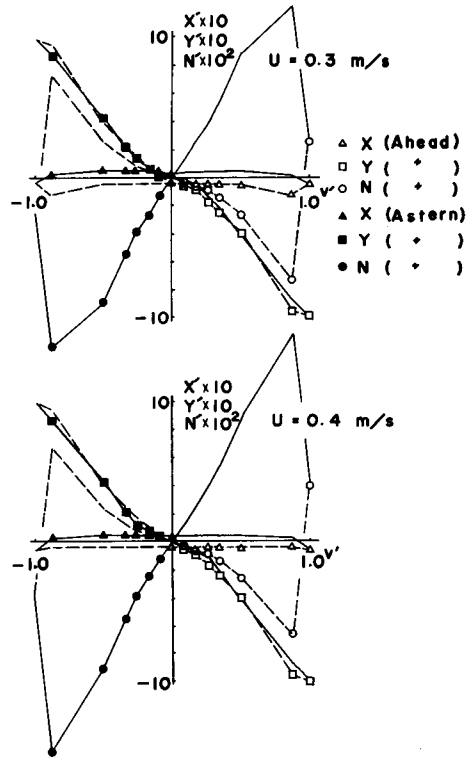


Fig. 10. Comparison of non-dimensional forces  $X'$ ,  $Y'$  and moment  $N'$  for the model ship with drift angles ( $\beta=0 \sim 360$  deg) by means of changing model ship speeds ( $U=0.3, 0.4$  m/sec) on oblique tow tests.

### ま と め

本研究を次のようにまとめることができる。

- (1) 低船速域での模型実験をおこなった。この結果によると、揚力が主となる斜航においても  $X'$ ,  $Y'$ ,  $N'$  に船速の影響があり、 $C_t$  の変化が小さくなる船速(本模型船では約  $U=0.4$  m/s) 付近からこの影響は少なくなる(但し、高速での造波影響は除外する)。
- (2) 流体力  $X'$ ,  $Y'$ ,  $N'$  について横流れ角  $\beta$  を 0 度から 360 度までの広い範囲にわたって一連に計測した。とくに全角度の斜航において、前進時と後進時の無次元絶対値において  $N'$  に特に大きい差があり、揚力の分布は大きく変化しているのが分かる。また横行時において船速の影響が大きい。
- (3) 供試模型船は大きい方形キールとハードチェーンを有しており、本実験結果は商船船型を対象とする井上式による微係数とは  $N'$  で大きな差がある。



## 謝 辞

本研究を遂行するにあたって、計測器の貸与に快く御協力頂いた漁具設計学講座および研究船うしお丸の関係各位に感謝します。また水槽実験の実施に直接関与して協力を惜しまれなかった漁業学科四年目学生香山祐司、深川喜一、平佐浩司、田沢宏武、岡山義和諸氏と計算機による解析プログラムの作成に御協力頂いた浅野一彦講師に心から感謝の意を表します。さらに、実験結果の検討に際し、御討論頂いた漁具設計学講座佐藤修教授に感謝致します。

## 文 献

- 1) 烏野慶一・稲葉恭人(1984). 漁船の船舶操縦性流体力に関する実験的研究 (1). 北海道大学水産学部研究彙報. **35**, 117-131.