

漁船の船舶操縦性流体力に関する実験的研究(5)

トリム,喫水の影響について

誌名	北海道大学水産学部研究彙報
ISSN	00183458
著者名	烏野,慶一 蛇沼,俊二 木村,司
発行元	北海道大学水産学部
巻/号	40巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 125-137
発行年月	1989年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



漁船の船舶操縦性流体力に関する実験的研究 (5)
トリム, 喫水の影響について

鳥野 慶一*・蛇沼 俊二*・木村 司**

Experimental studies on Hydrodynamic Forces and Moment for
Maneuvering Motions of Fishing Vessels (5)
On the effects of ship trim and draft conditions

Keiichi KARASUNO*, Syunji JANUMA*
and Tsukasa KIMURA**

Abstract

Recently, there has been much discussion concerning estimates of the maneuverability of merchant ships moving with low speed in shallow water, narrow waterways and so on.

For fishing boats actively fishing, this maneuverability is very important because they are strongly affected by wind, waves, current and lines, etc.

Using the small sized fishing boat with a large skeg, wide breadth and small draft, studied in previous papers, oblique tow tests were conducted in various conditions of drafts and trims. It was found that the lateral forces calculated by INOUE'S formula were in close agreement with the experimental results. On the other hand the part of INOUE'S formula concerned with the yaw moment was not applicable to this fishing boat.

緒 言

船舶の操縦性研究では通常の航海時のものに加えて、近年港内での航行の安全確保や離着岸時の曳船による安全確保が研究課題となって来ている。港内での船舶の動きは低速で、そのために高速時と比べると相対的に風圧力や波浪力による横漂流力が大きく作用して、前後運動に比べて大きな横運動を伴うことがしばしばであり、時には船体が正横へ横流れする。さらにこのような船体運動は、水深の比較的浅い浅水域で問題とされるため、浅水影響が加わっている場合が多い。

一方漁船でも、このような低速で大角度斜航の運動研究は一般船舶と変わるところはなく重要である。むしろ商船よりも、洋上において長時間の漂流をしながら漁労作業を行なう特有の操船形態と比較的大きな受風面積をもつ漁船の方で、風・波・潮流等の外力の下での低速大角度斜航運動はより重要と言えよう。

このような漁船における流体力の研究のために、著者らは漁船模型を用いて、これに働く流体力の実験計測を行なってきたが^{1,2)}、この結果、旋回モーメントに関する線形操縦微係数の実験値は井上³⁾の推定値と大きく異なっていることを指摘した。これは、実験に用いた漁船が相対的に大

* 北海道大学水産学部漁船工学講座
(Laboratory of Engineering of Fishing Boat, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

** 小樽水産高校 研究当時、北海道大学漁船工学講座研究生
(Otaru Fisheries senior High school)

きなキールとスケグを持ち、かつ常に船尾トリム持つという船型上および運用上の特徴があるためと考えられる。本論文では、前述の実験から更に、喫水およびトリム状態を系統的にかえた曳行実験を行って、線形操縦微係数に関する井上推定式の漁船模型への適合の程度を確かめ、その相違を追求した。

供試模型船の実験状態について

本供試模型船は前浜の定置網漁業において使用する漁船であり、長時間の航海をすることは無く、定置網を海中に投入したり船上に引き上げたり、また大量の漁獲物をばら積みするなど、作業船としての性格が強い。そのため設計に当たっては喫水に比べて船幅を広くして、乾舷を小さくしデッキを水面に近づけ作業性を良くすると共に、船体に強い横復原力を持たせようとしている。またこのような漁船の船尾部分は、船上での種々の作業をする上で大変重要な場所であり、本漁船は A.P. から後方へ張り出す広いデッキとトランサムスターンをもっている。設計者や船主は、このような幅広の船体の操縦性能を良くすることと船尾管及びプロペラ軸支持を兼ねて、本供試船は図 1 に示すように本船のほぼ船体中央から S.S. 3/4 の間の船尾船底部分に三角形状の大きなスケグを取り付けており、これは大きな船体付加物となっている。また S.S. 6 付近を境にして、前方船首部分は丸形船型であるのに対して、船尾部分はほぼ直角のハードチェーンをもつ角形船型である特徴をもつ。

本漁船の主要目比は、 $L_{pp}/B=3.97$, $L_{pp}/D=12.78$, $B/D=3.22$ であるが、本実験時の船幅喫水比状態は B/d_m で 3.35 から 4.79 の範囲であるうに、船尾トリムの為に水面下の船体形状は船首部で幅喫水比の大きい偏平な形状となっている。

この模型を用いて図 2 および表 1 で示すように、喫水を変えた 9 状態について、前進および後

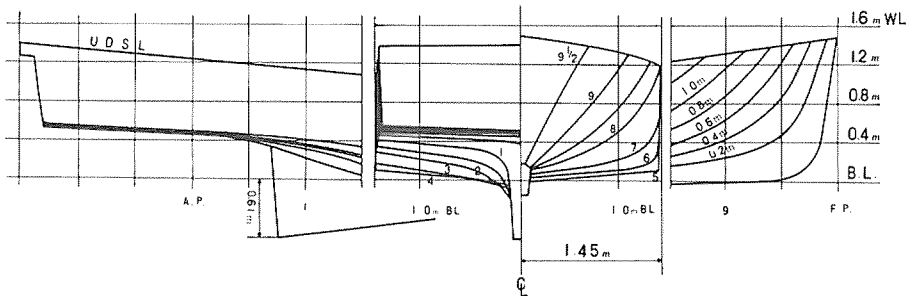


Fig. 1. Lines of a fishing vessel 6.5 G.T.

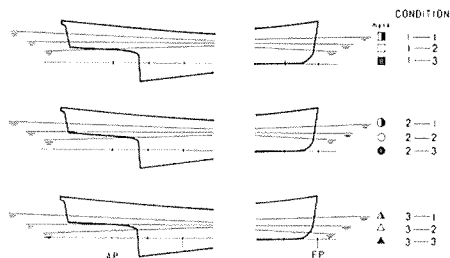


Fig. 2. Profile

Table 1. Principal dimensions and test conditions of a fishing vessel

	model	ship							
L_{pp}	1.769 m	11.5 m							
B	0.446 m	2.9 m							
D	0.138 m	0.9 m							
B/L_{pp}	0.252	0.252							
Cond.	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3
W (ton)	17.25	17.25	17.25	12.96	12.96	12.96	8.95	8.95	8.95
d_m (m)*	0.865	0.865	0.865	0.635	0.635	0.635	0.605	0.605	0.605
τ (m)*	0.0	0.42	0.86	0.0	0.43	0.86	0.0	0.43	0.86
C_b *	0.565	0.656	0.565	0.511	0.511	0.511	0.433	0.433	0.433
k	0.150	0.150	0.150	0.128	0.128	0.128	0.105	0.105	0.105
B/d_m	3.353	3.353	3.353	3.946	3.946	3.946	4.793	4.793	4.793
τ/d_m	0.0	0.503	1.006	0.0	0.585	1.170	0.0	0.711	1.421
x'_0	0.008	-.058	-.112	0.006	-.052	0.005	-.040	-.125	-.116

τ : Trim

k: aspect ratio ($=2 \cdot d_m/L_{pp}$)

x'_0 : Nondimensional position of center of ship's profile from midship

$x'_0 = x_0/L_{pp}$

*: from bottom of bar keel

進の抵抗試験, 斜行角 0 度から 180 度の斜行試験を行なった。

なお, 実験装置等は文献 1) のものと同じであり, ここではその詳細を省略する。

実験結果と考察

1. 直進および後進抵抗

トリム, 喫水が異なる各船体状態に対して直進 (横流れ角 $\beta=0^\circ$) での前進および後進抵抗実験を模型船速 1.6 m/s ($F_n=0.4$) の範囲で行い無次元全抵抗係数 C_T を求め, 前進については図 3, 4, 5 に, 後進については付録 1, 2, 3 に示した。これらの結果を考察する上で, 本漁船は喫水, トリムの値によっては船尾部の水面下形状が大きく変化することを考慮にしておく必要がある。まず大きな船尾トリム時について見ると, 実験時の観察から各喫水状態とも船尾部は水没していた。このため水面下形状は平均喫水が変わっても似たものとなり, この状態の Conditions 1-3, 2-3, 3-3 (前の数字は平均喫水状態を, 後の数字はトリム状態を示す) の C_T 曲線はそれぞれほぼ同じ大きさであり, また形状影響係数 K が 0.8 から 0.9 に近いものが計測されている。一方, 喫水が浅い場合のトリムのちがいによる水面下形状の変化は大きく, 更に航走時の喫水状態は静止時のそれとは異なるために, 全抵抗係数 C_T の大きさは静止時のトリムで一義に説明できない場合もみられる (図 4)。

このような抵抗特性は, 本漁船のような小型の和船船型とよばれる漁船船尾のハードチェーンと大きなトランサムをもつ船型に起因する特徴の一つと考えられる。

以上は前進抵抗についてのものであるが, 一方後進抵抗についてはトランサムの水没している状態は造波抵抗係数が前進時より大きくなる。しかし, 喫水が浅くなりトリムが小さくなると, 船

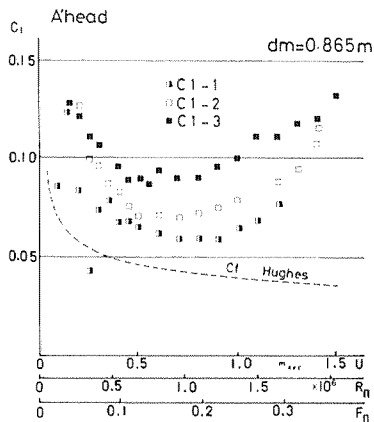


Fig. 3. Ahead resistance in ship loading conditions 1-1, 1-2, 1-3 ($C_1 = R_1 / (0.5 \rho S_w U^2)$)

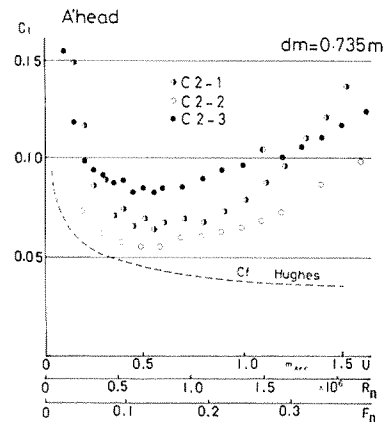


Fig. 4. Ahead resistance in ship loading conditions 2-1, 2-2, 2-3 ($C_1 = R_1 / (0.5 \rho S_w U^2)$)

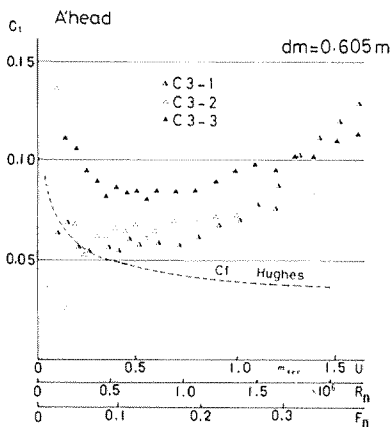


Fig. 5. Ahead resistance in ship loading conditions 3-1, 3-2, 3-3 ($C_1 = R_1 / (0.5 \rho S_w U^2)$)

尾張り出し部分やトランサムが水面上に露出した状態となつて、このような場合には造波抵抗係数が同じ喫水状態の前進時のものより小さくなる場合もみられた(付録 1, 2, 3)。

2. トリム、喫水の斜行時流体力への影響について

斜行実験は、直進時抵抗係数がほぼ最小となる船速 0.5 m/s で行なつた。計測した無次元横流体力 Y' に及ぼす喫水の影響を斜行角をパラメータとして図 6 に示した。横軸の喫水の増加に伴つてアスペクト比 $k (= 2 \cdot d_m / L_{pp})$ は 0.105 ($d_m = 0.605$ m) から 0.150 ($d_m = 0.865$ m) まで変化しておりこの時また方形係数 C_b 値も喫水の増加と共に 0.576 から 0.683 まで変化している。それにもかかわらず、各トリム状態とも Y' の値には大きな変化が無いように見受けられる。ここから得られる線形操縦微係数 Y'_b には喫水の影響は無いと言える。井上の式によれば、アスペクト比の増加、 C_b の増

加に対して Y'_b は増加する関係にあるが、本模型ではこの線形操縦微係数 Y'_b にはアスペクト比の影響は大きくは無いと言えよう。

一方、図 7 によるとトリムの増加に伴つて Y' はわずかに増加するが、微小な斜行角 $\beta = 2.5^\circ$ 程度の Y' の値にはトリムによる変化が少ないことから、線形微係数 Y'_b に及ぼすトリム影響はわずかである。

ヨーモーメント N' に対する喫水、およびトリムの影響は大きく、喫水の増加に伴つて不安定ヨーモーメントが強まる(図 8)。一方、トリムの増加によって不安定ヨーモーメントは弱まり、あるトリム状態からは安定ヨーモーメントとなる(図 9)。これは前述したように Y' が喫水、トリムの影響をさほど受けないことを考えると、側圧力中心の位置が喫水、トリムによって大きく変化

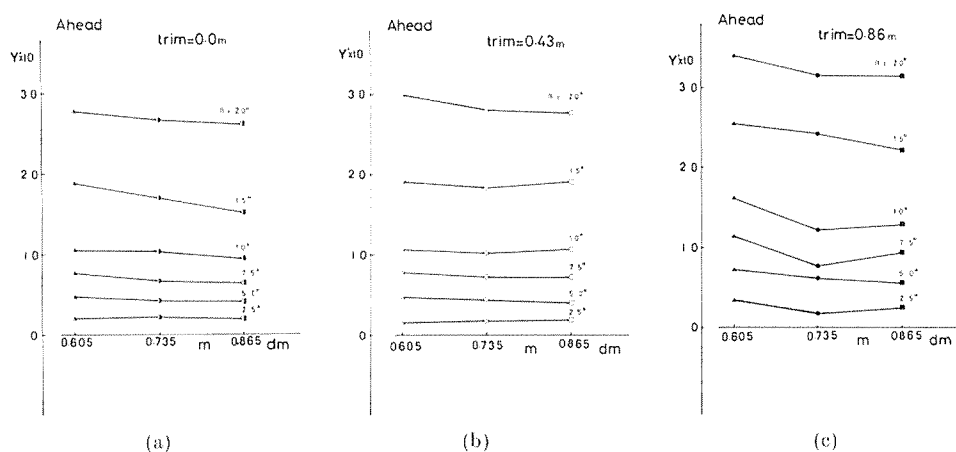


Fig. 6. The effects of draft conditions on nondimensional force Y'

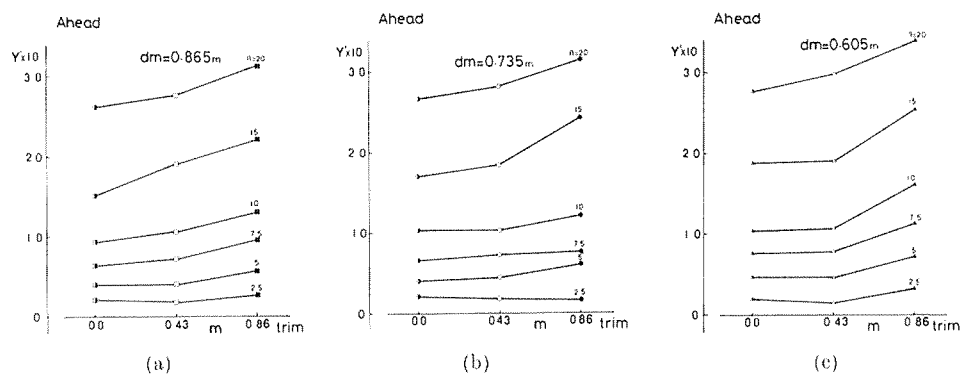


Fig. 7. The effects of trim conditions on nondimensional force Y'

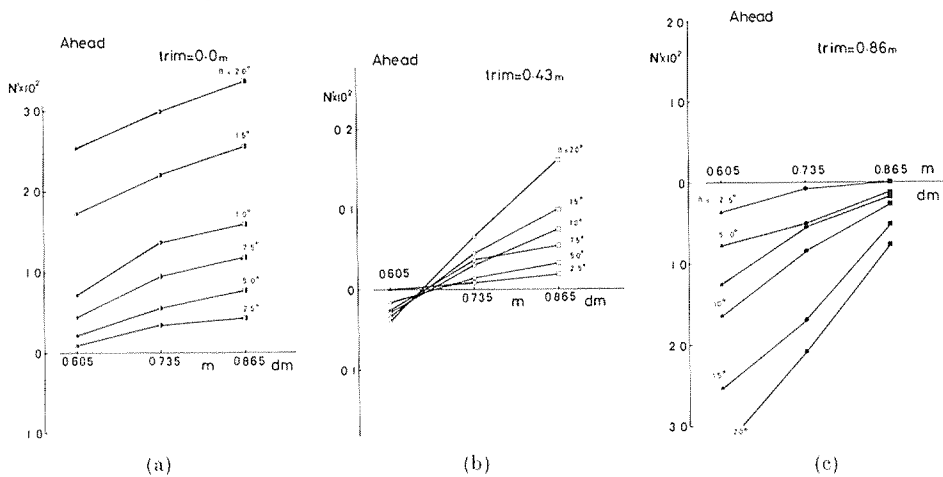


Fig. 8. The effects of draft conditions on nondimensional moment N'

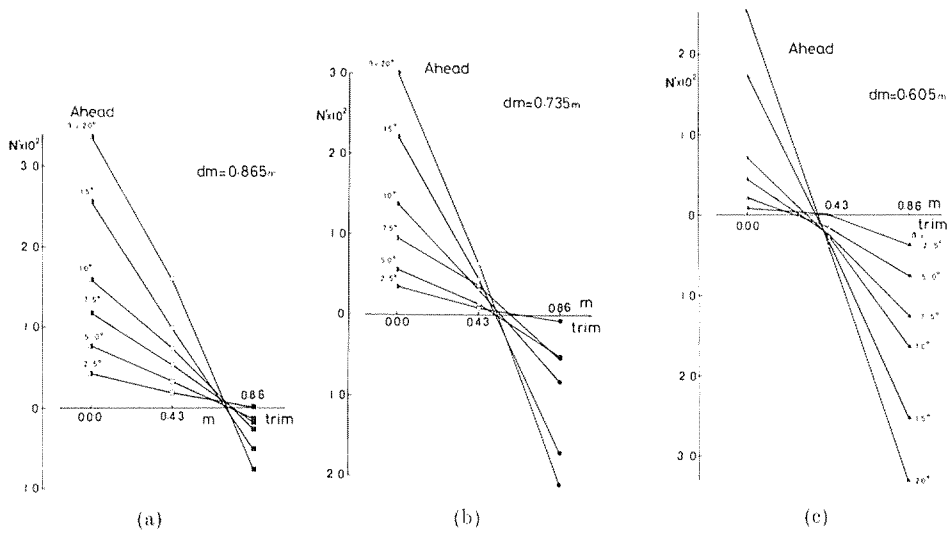


Fig. 9. The effects of trim conditions on nondimensional moment N'

していると考えられ、これがヨーモーメント変動の原因となっている。

3. 大角度斜行時の流体力

後進までをも含む大きな斜行角 ($\beta = -5.0^\circ \sim 180.0^\circ$) における流体力を、喫水 $d_m = 0.865$ m (condition 1-) のトリム 3 状態について図 10, 11, 12 に示した。なお、他の喫水状態のものにつ

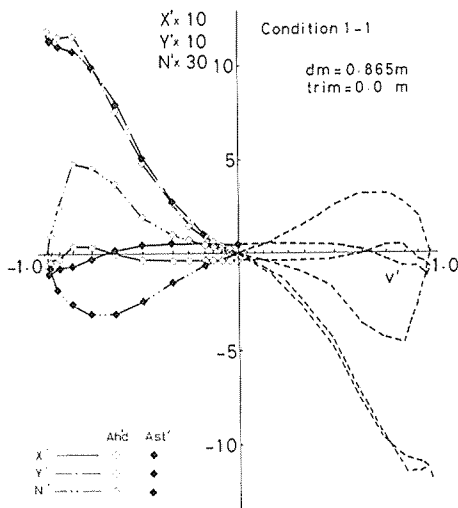


Fig. 10. Longitudinal force X' , lateral force Y' and yaw moment N' with large drift angles in ahead and astern motions (condition 1-1)

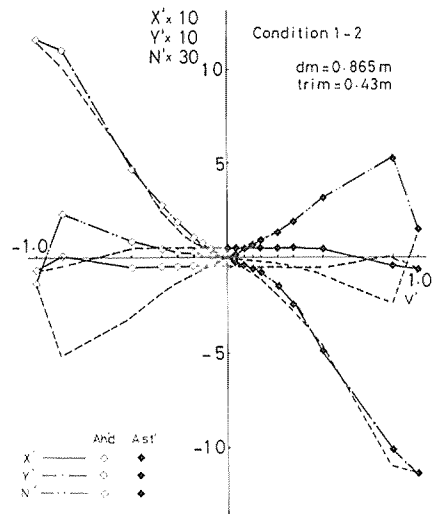


Fig. 11. Longitudinal force X' , lateral force Y' and yaw moment N' with large drift angles in ahead and astern motions (condition 1-2)

いては Appendices 4~9 に示す。図中の破線は船体が左右対称であるとの仮定で実験値を転写したものである。なお、無次元化は次のように、 $X' = X$, $Y' = Y / (0.5 \rho L d U^2)$, $N' = N / (0.5 \rho L^2 d U^2)$ でおこなった。

図の横軸は無次元横流れ速度 v' ($= -U \sin \beta$) で表わしているの、一つの v' には前進と後進が対応している。無次元横流体力 Y' は前進でも後進でも右下がりの曲線となり、しかも前進後進を問わず、 v' に対してほぼ同じ値をとる。

一方、ヨーモーメント N' は 8 の字形状となるが、船尾トリムが大きくなるにしたがって、前進では安定モーメントが、後進では不安定モーメントが強まる。

前節では小さな斜行角の範囲 (20 度まで) において、喫水を浅くすること及び船尾トリムとすることは本漁船の安定ヨーモーメントを強めると述べたが、斜行角 90 度の横行までの範囲においても同様のことが言える。

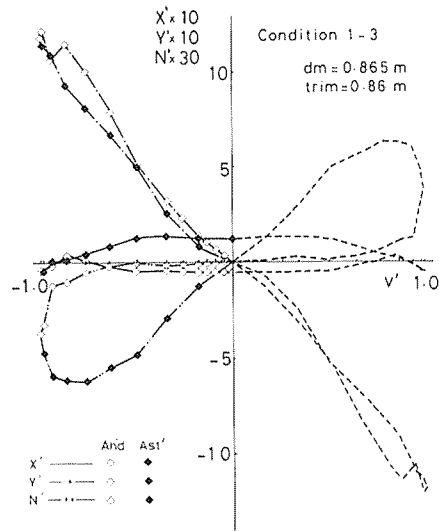


Fig. 12. Longitudinal force X' , lateral force Y' and yaw moment N' with large drift angles in ahead and astern motions (condition 1-3)

4. 斜行角の変化に伴う側圧中心の変化

次式によって斜行時横流体力の側圧中心を求めた (図 13)。

$$l_p(\beta) = N'(\beta) / Y'(\beta) \quad (\text{midship から船首側を正})$$

ほとんど直進に近いような斜行角の小さい状態では、喫水が大きいほど側圧中心は前方へ、船尾トリムが大きいほど側圧中心は後方へ位置する。斜行角 60° ぐらいまでは斜行角が大きくなるに従ってその位置は一般船型と異なって前方へ移動する傾向があり、 60° を越えると船尾方向へ移動する。特に β が 90° では、横投影面積の面積中心よりやや船体中央寄りに位置し、この面積中心は側圧中心位置の目安となる。

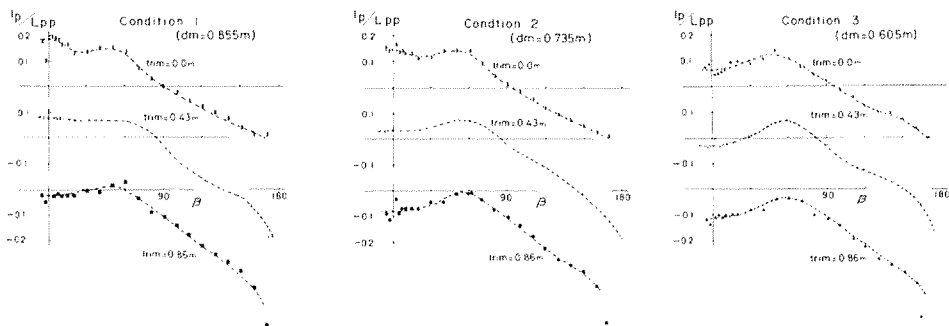


Fig. 13. Longitudinal center of hydrodynamic lateral force l_p vs. drift angle β

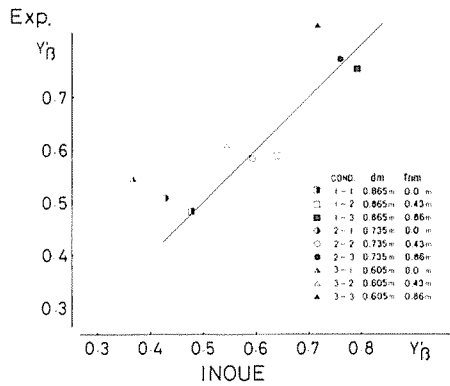


Fig. 14. Comparisons between the non-dimensional derivatives Y'_β of the experiments and Inoue's formula

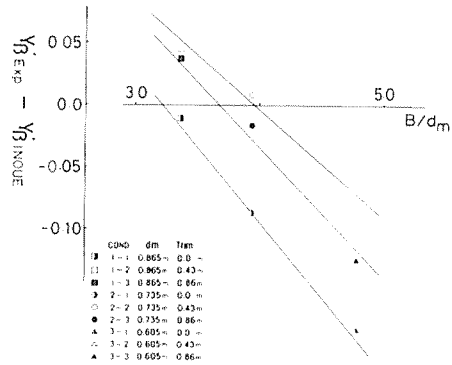


Fig. 15. The effects of B/L ratio on the differences between nondimensional derivatives Y'_β of experiments and Inoue's formula

5. 井上式との比較

井上³¹⁾によればトリム時の線形操縦微係数は等喫水時のものをトリム喫水比 τ/d_m で修正して次式のように得られる。

$$Y'_v = -(0.5 \cdot \pi \cdot k + 1.4 C_b \cdot B/L)(1 + 2/3 \cdot \tau/d_m)$$

$$N'_v = -k(1 - 0.27/l'_v \cdot \tau/d_m)$$

ここに

$$k = 2d_m/L_{pp}$$

$$l'_v = N'_v(0)/Y'_v(0)$$

この井上の式の背景となっている船型と本供試船型について概略の比較を行なっておくと、井上らは油槽船や貨物船などを含む10隻の一般商船を使用しており、 B/L 比で0.222が最も大きく他は0.147から0.193の間に含まれている。これに比べると本供試模型の $B/L = 0.252$ は比較的大きな値である。また本模型のアスペクト比 ($2 \cdot d_m/L_{pp}$) は0.105~0.150で井上らの0.057~0.147の範囲では大きい側にある。そのほか、井上らの方形係数 C_b が0.512~0.835、 B/d が2.381~6.240に対して本模型ではそれぞれ $C_b = 0.576 \sim 0.683$ 、 $B/d = 3.353 \sim 4.793$ で井上らと大差はない。しかしトリムについてはトリム喫水比 τ/d_m で、井上らが0.0からはば0.8まで、本実験では0.0から1.421までとトリム変化が大きい。

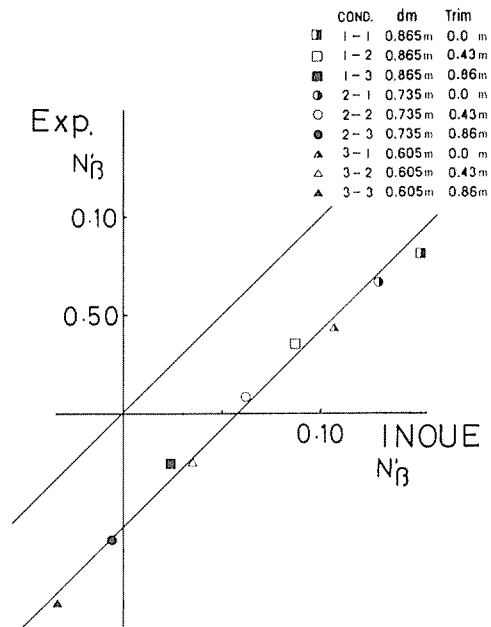


Fig. 16. Comparisons between the non-dimensional derivatives N'_β of the experiments and Inoue's formula

結局、これらの数値をみる限りでは、本供試模型船は井上らのものより少々船幅の広い船であることのほかは特に違いは無く、実験状態のトリムのみが異なっている。

さて図 14 において、本実験で得た線形微係数 Y'_e と井上式による推定値とを比較すると、推定値はほぼ実験値と合っているが喫水が浅くなるほど井上式は Y'_e を過小に見積る傾向がみられる。この推定差を B/d_m をベースにプロットすると図 15 のようになり、本供試船では実験値に B/d_m の影響が含まれていると推定できる。

N'_e についても Y'_e と同様に実験値と井上の式との比較を行なった (図 16)。井上式は本漁船の N'_e を大きく見積っていて、井上式の推定値と実験値の差は各喫水状態においても共に一定である。これは本漁船の船尾船底部にあるスケグが船体に対してあたかも矢羽のような機能を持っているためであると推定できる。

ま と め

角型ハードチャイン、スケグ付きの 6.5GT 小型漁船模型を用い、系統的に船体状態を変えた斜行実験を実施した。その際、前進、横行、後進を含む横流れ角が 0 度から 180 度までの広い範囲にわたって前後力、横力および旋回モーメントを計測した。この結果から次のような事が明らかになった。

1) 直進航走時の喫水状態は静止時のそれとは大きく異なることがある為に、全抵抗係数 C_t は静止時のトリムだけで一義に説明できない場合もみられる。このような航走時の船体姿勢をも考慮しなければならない抵抗特性は、本漁船のようなハードチャインと大きなトランサムおよび船尾張り出し部をもつ船型に起因する特徴の一つと考えられる。

2) トリムが線形微係数 Y'_e に及ぼす影響はわずかであるが、ヨーモーメント N' に対する喫水、およびトリムの影響は大きく、喫水の増加に伴って不安定ヨーモーメントが強まり、またトリムの増加によって安定ヨーモーメントが強まる。

3) 線形微係数 Y'_e の井上式はほぼ実験値を推定しているが、喫水が浅くなるほど Y'_e を過小に見積る傾向がみられる。一方、 N'_e については井上の推定は本漁船の各喫水状態において N'_e を過大に見積り、その実験値との差は各状態でも共に一定であった。スケグが船体に対してあたかも矢羽のような機能を持っているためであると推定される。

4) 斜行角 90° の横行までの範囲においても喫水を浅くすること、船尾トリムとすることは本漁船の安定ヨーモーメントを強める。このモーメント変動の原因は横流れ体力 Y の側圧中心の変化が主要因であるといえ、またこの側圧中心は斜行角が大きくなるにつれて、船首方向へ移動する特異な傾向を示すと共に、斜行角 60° あたりを境にして大きく変化している。

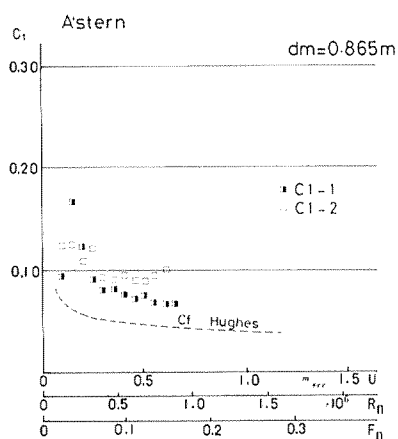
本文中大角度斜行時の前後力 X' を図中に示したが、解析するまでには至らなかった。今後は、この船体の前後非対称性による前後力 X' の発生機構の解明などに取り組む予定である。

謝 辞

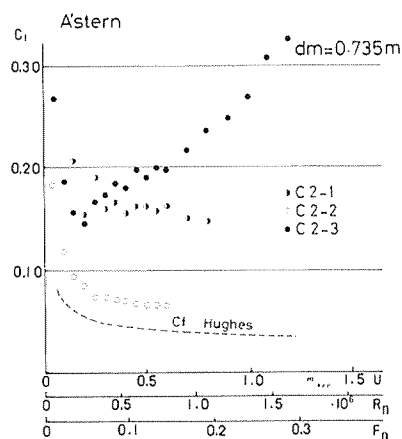
本研究の実験は昭和 61 年度漁業学科卒業生、大角創、黒光真司、佐藤雅彦、田村浩一、松山秀樹、八木和彦、矢本 諭、若林文明、平佐浩司学生諸氏の協力の下で実施されたものであり、また解析においては、漁業学科米田国三郎助手の助言を得た。以上の関係各位に深甚な感謝の意を表す。

文 献

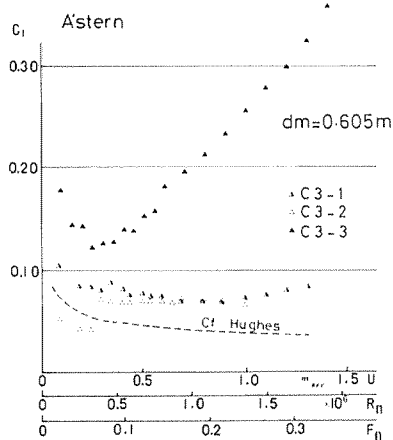
- 1) 烏野慶一・稲葉恭人・蛇沼俊二 (1986). 漁船の船舶操縦性流体力に関する実験的研究 (2), 北海道大学水産学部会報, 37, 50-57.
- 2) 烏野慶一・稲葉恭人・蛇沼俊二 (1986). 漁船の船舶操縦性流体力に関する実験的研究 (3), 一載貨状態の影響について一, 北海道大学水産学部会報, 37, 207-221.
- 3) 井上雅祐・貴島勝郎・森山文雄 (1978). トリム時の船体操縦微係数の推定, 西部造船会会報 No. 55, MARCH, 1978.
- 4) 井上正祐・平野雅祥・平川雄二・向井一浩 (1979). 等喫水船体の操縦微係数について, 西部造船会会報 No. 57, MARCH, 1979.



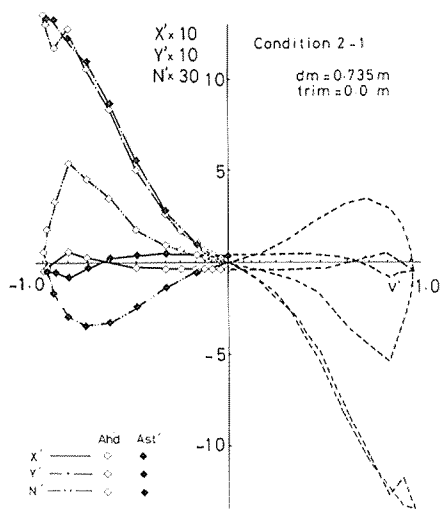
Appendix 1. Astern resistance in ship loading conditions 1-1, 1-2 ($C_t = R_t / (0.5 \rho S_w U^2)$)



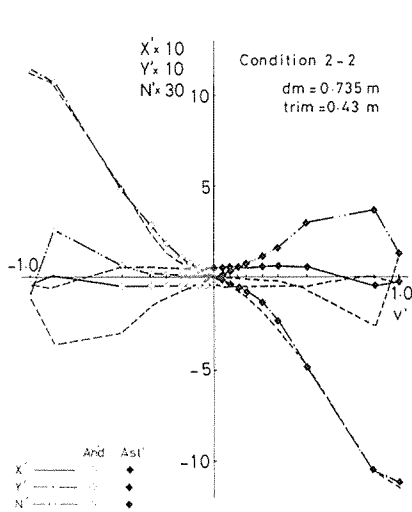
Appendix 2. Astern resistance in ship loading conditions 2-1, 2-2, 2-3 ($C_t = R_t / (0.5 \rho S_w U^2)$)



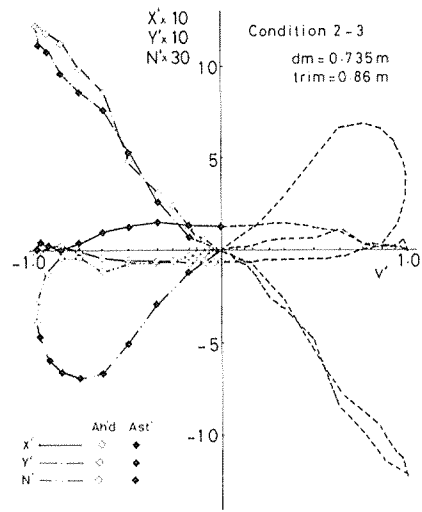
Appendix 3. Astern resistance in ship loading conditions 3-1, 3-2, 3-3 ($C_t = R_t / (0.5 \rho S_w U^2)$)



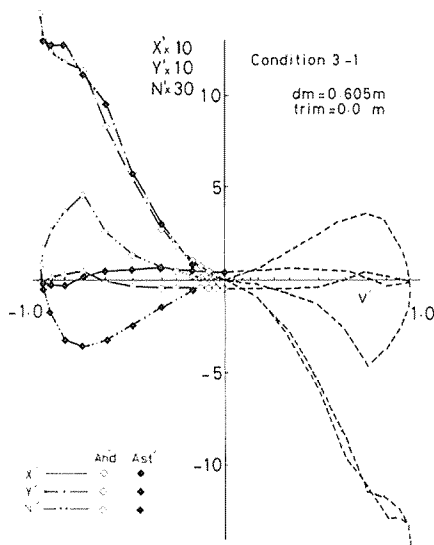
Appendix 4. Longitudinal force X' , lateral force Y' and yaw moment N' with large drift angles in ahead and astern motions (condition 2-1)



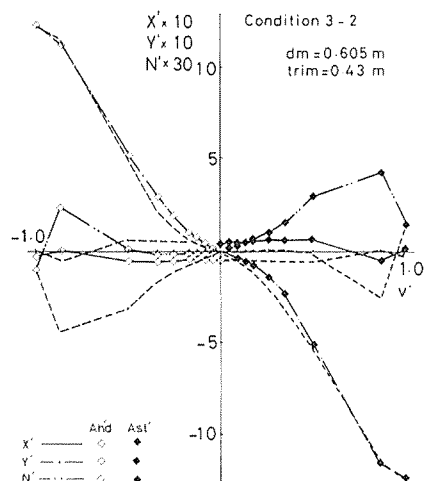
Appendix 5. Longitudinal force X' , lateral force Y' and yaw moment N' with large drift angles in ahead and astern motions (condition 2-2)



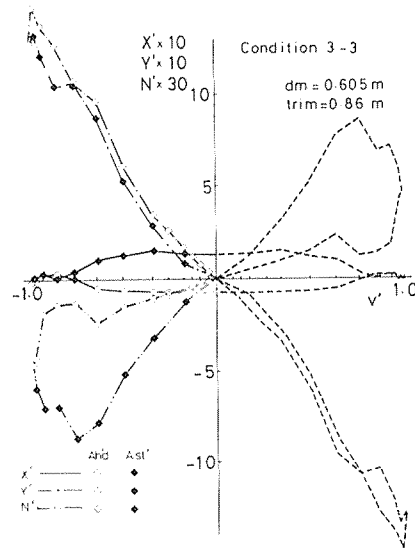
Appendix 6. Longitudinal force X' , lateral force Y' and yaw moment N' with large drift angles in ahead and astern motions (condition 2-3)



Appendix 7. Longitudinal force X' , lateral force Y' and yaw moment N' with large drift angles in ahead and astern motions (condition 3-1)



Appendix 8. Longitudinal force X' , lateral force Y' and yaw moment N' with large drift angles in ahead and astern motions (condition 3-2)



Appendix 9. Longitudinal force X' , lateral force Y' and yaw moment N' with large drift angles in ahead and astern motions (condition 3-3)