234 斜航する船体の船尾流場計測

船舶技術研究所 二村 正〇 野中 晃二 原口 富博 上野 道雄

Measurement of Stern Flow Field around Ships in Oblique Towing Motion

Tadashi NIMURA*, Koji NONAKA*, Tomihiro HARAGUCHI*, Michio UENO*

In this paper, we describe on the results of our investigation of a stern flow field around a ship in oblique towing motion. The purpose of this investigation is to get basic data available for developing, improving and verifying an estimation method of hydrodynamic forces acting on a ship in manoeuvring motion. Kinds of experiments which we carried out on three VLCC model ships are measurements of flow field by 5 hole Pitot tube, observation of flow field by tuft and measurements of hydrodynamic forces acting on a model ship. By these experiments, we investigated characteristics of flow field around a ship in oblique towing motion, and discussed relation between stern shape, flow field and hydrodynamic forces.

1. はじめに

現在、船舶の操縦性能を推定する場合、船体に関しては船の長さや幅等の主要な寸法比から推定しているが、主要寸法は同じでも船尾の形状が違っていると操縦性能が大きく変化する例が報告されている。ところで、船体に働く操縦流体力を推定するためには、横力発生の主要因となる剥離渦を含む船尾付近の流場の把握が特に重要である。そこで、斜航する船体の船尾形状と船尾流場、流体力との関係の把握、操縦流体力推定法開発のための資料収集を目的として、主要寸法が同じで船尾形状のみが異なる3隻のタンカー船型について、蛍光タフトグリッド法による船尾流場の可視化、5孔ピトー管による船尾流場の計測、流体力計測等を行った。本論では、蛍光タフトグリッド法による船尾流場の可視化結果をビデオで紹介すると共に、船尾形状の違いによる船尾流場や流体力への影響について報告する。

2. 供試模型船及び実験内容

供試模型船の主要寸法をTable 1に、船体形状をFig.1に示す。上から船尾の断面形状がV型、中間型、U型の船型である。実験は曳航水槽で船体単独について行った。本論で述べる実験内容をTable 2に示す。流場計測は直径12mmの球

Table 1 Principal Particulars of Models

	V Shape	Medium Shape	U Shape
Length (m)	3.50	3.50	3.50
Breadth (m)	0.634	0.634	0.634
Draft (m)	0.211	0.211	0.211
Disp. (m ³)	0.3770	0.3765	0.3758

(Model Scale = 1/91.43)

Fig.1 Body Plans

* Ship Research Institute, 6-38-1 Sinkawa Mitaka Tokyo 181 Japan.

形5孔ピトー管を使用し、Fig.2に示すように曳引車の進行方向に垂直な断面を、上下左右とも20mm間隔で計測を行った。計測結果は5秒間の圧力の平均値から求めた流場である。計測断面は船体のA.P.(舵軸)位置である。流場観測は蛍光タフトグリッド法により行った。最近タフト法の新しい手法として、航空機や自動車分野で蛍光ミニタフト法が用いられているが、通常のタフト法に比べ鮮明な画像が得られている⁴⁾。そこで、水中にもこの方法の適用を試みた。グリッド部の寸法は幅400mm、深さ240mm、20mm間隔の格子である。タフトは、水中での紫外線の減衰が大きいことを考慮して、太さ0.8mm、長さ50mmの蛍光染料で染色したナイロン製を使用した。比重は水よりも僅かに重い。観察はタフトグリッドの後方に置いた水中ビデオカメラにより行った。照明は水銀灯の外球に紫外線透過フィルターを使用した市販品で、400W2燈を水中に設置した。なお観察断面は船体があるためA.P.断面よりも140mm後方の断面を観察している。流体力は船体固定座標で計測した。

3. 計測結果

3.1 蛍光タフトグリッド法による流場観察

今回行った蛍光タフトグリッド法と蛍光ミニタフト法との主な相違点は、紫外線の減衰を考慮してタフトをかなり太めにしたことである。しかし、可視化画像から見ると今回使用したタフトよりもかなり細いタフトでも十分な光量が得られると考えられ、水槽での可視化法として十分適用可能であると思われる。可視化実験のビデオ観察によれば、直進状態では左右対称な船尾縦渦が見られ、斜航角の増加と共に左舷側の船尾縦渦が弱くなり、右舷側の縦渦及び船体前半部から発生した渦が強くなっていく様子が把握できる。また、どの状態においてもかなり周期の

短い流場のゆらぎが観察される。このため後述する5孔管による流場計測では流場の細部構造までは計測できていないと考えられるが、ゆらぎの周期が短いことから平均的な流場としては計測できていると思われる。

3.2 5孔管による流場計測結果

Fig.3に各船型の直進状態と斜航角 18° の伴流分布(X方向速度 u) / (前進方向速度 U) を、Fig.4に渦度分布(渦度 ω) $\times$ (船長 L) / (前進速度 U) を示す。伴流分布についてみると、どちらの状態でも船型の違いが明瞭に現れており、U型船型ほど伴流の遅い部分が広がっている。渦度分布では、直進状態についてみると、U型船型ほど船尾縦渦が強くなっている。斜航角がついた場合、V

Table 2 Experimental Conditions

Kind of Experiment	Wake Measurement A.P.	Flow Visualization A.P.	Measurement of Surge Force and Sway Force and Yaw Moment
Measurement Apparatus	5-Hole Pitot Tube	Tuft Grid	Force Gauge
Ship Speed	$U = 0.81 \text{ m/s}$ ($F_n = 0.138$)	$U = 0.43 \text{ m/s}$ ($F_n = 0.073$)	$U = 0.81 \text{ m/s}$ $U = 0.43 \text{ m/s}$
V Shape	$\beta = 0^\circ, 9^\circ, 18^\circ$		$\beta = -24^\circ \sim +24^\circ$
Medium Shape	$\beta = 0^\circ, 9^\circ, 18^\circ$	$\beta = 0^\circ, 4.5^\circ, 9^\circ, 13.5^\circ, 18^\circ$	$\beta = -24^\circ \sim +24^\circ$
U Shape	$\beta = 0^\circ, 9^\circ, 18^\circ$		$\beta = -24^\circ \sim +24^\circ$

(β : Drift Angle)

Fig.2 Cross Sections
for Flow Field
Measurements

 Fig.3 Wake Distribution ($u' = u/U$)

 Fig.4 Vorticity Distribution ($\omega' = \omega.L/U$)

型船型ほど船尾渦、船体前方で発生した渦とも集中度が強い。また、渦の中心位置も船型によって異なり、計測された船尾流場には、船尾形状の違いが明瞭に現れてる。

3.3 流体力計測結果

流体力計測結果として、Fig.5に船体抵抗 X' 、Fig.6に横力 Y' 、Fig.7に回頭モーメント N' 、Fig.8に N'/Y' で求めた圧力中心 I' を示す。 $I' = 0$ が船体中心で、0.5が船首である。

Fig. 6 には5孔管流場計測の循環値より求めた横力 ($Y = \rho U \Gamma Z_0$) を併せて示す。循環より求めた横力は流体力計測結果と良く一致しており、5孔管による流場計測は定量的にも精度良く計測されていると考えられる。流体力の抵抗値に関して見るとV型船型ほど抵抗値は小さく、推進性能の観点からはV型船型の方が良い性能であると言える。この傾向は、V型船型ほど伴流の遅い面積が小さかったことと一致している。横力及びモーメントには船型の違いが余り現れていない。しかし、圧力中心として見るとその差ははっきり現れてくる。斜航角が大きい場合には船型の違いによる差は余りなく、斜航角が小さくなるに従いV型船型ほど圧力中心が船体前方へ移動している。この傾向は、針路安定性上重要となる小さな斜航角に置いて、V型船型は圧力中心がかなり船体前方にあり、針路不安定になりやすいと考えられ、操縦性能の観点から考えるとU型船型の方が好ましい性質を持っていると言える。

4. おわりに

船体主要目は同じで、船尾の断面形状が異なる、V型、中間型、U型の3船型について流場計測や流体力計測を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 可視化実験や5孔管による流場計測により、斜航船体の船尾流場の様子、船尾形状による流場の違いが把握できた。
- 2) 5孔管による流場計測により、流場計算等と比較できる精度の良い流場データが得られた。
- 3) 船尾形状の違いによる流体力への影響は、圧力中心位置の変化として顕著に現れる。

参考文献

- 1) 二村 他：斜航船体についての伴流と流体力の測定、船研講演会、第62回、1993.11
- 2) 二村 他：斜航船体の船尾流場計測、船研講演会、第64回、1994.12
- 3) 野中 他：斜航船体流場と流体力の計測、西部造船会会報、第72号、1986.8
- 4) 高木 他：自動車における流れの可視化、流れの可視化、Vol.5 No.19、1985.10

Fig.5 Surge Force ($F_n=0.138$)

Fig.6 Sway Force ($F_n=0.138$)

Fig.7 Yaw Moment ($F_n=0.138$)

Fig.8 Center of Pressure ($F_n=0.138$)